

T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORTAÖĞRETİM FEN VE MATEMATİK ALANLAR EĞİTİMİ
ANABİLİM DALI
FİZİK EĞİTİMİ



FEN BİLGİSİ ÖĞRETMEN ADAYLARININ KUANTUM
FİZİĞİ TEMEL KAVRAMLARINI ANLAMA DÜZEYLERİNE
7E ÖĞRETİM MODELİNİN ETKİSİ

DOKTORA TEZİ

MERYEM GÖRECEK

BALIKESİR, AĞUSTOS - 2013

**T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORTAÖĞRETİM FEN VE MATEMATİK ALANLAR EĞİTİMİ
ANABİLİM DALI
FİZİK EĞİTİMİ**



**FEN BİLGİSİ ÖĞRETMEN ADAYLARININ KUANTUM
FİZİĞİ TEMEL KAVRAMLARINI ANLAMA DÜZEYLERİNE
7E ÖĞRETİM MODELİNİN ETKİSİ**

DOKTORA TEZİ

MERYEM GÖRECEK

BALIKESİR, Ağustos - 2013

KABUL VE ONAY SAYFASI

MERYEM GÖRECEK tarafından hazırlanan “**FEN BİLGİSİ ÖĞRETMEN ADAYLARININ KUANTUM FİZİĞİ TEMEL KAVRAMLARINI ANLAMA DÜZEYLERİNE 7E ÖĞRETİM MODELİNİN ETKİSİ**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 29.08.2013 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanlar Eğitimi Anabilim Dalı Fizik Eğitimi Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman

Doç. Dr. Hüseyin KÜÇÜKÖZER

.....

Üye

Doç. Dr. Neşet DEMİRCİ

.....

Üye

Doç. Dr. Kemal YÜRÜMEZOĞLU

.....

Üye

Doç. Dr. R. Suat İŞILDAK

.....

Üye

Doç. Dr. Gamze SEZGİN SELÇUK

.....

Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez BAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca onanmıştır.

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Prof. Dr. Hilmi NAMLI

.....

ÖZET

**FEN BİLGİSİ ÖĞRETMEN ADAYLARININ KUANTUM FİZİĞİ TEMEL
KAVRAMLARINI ANLAMA DÜZEYLERİNE 7E ÖĞRETİM MODELİNİN
ETKİSİ
DOKTORA TEZİ
MERYEM GÖRECEK
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORTAÖĞRETİM FEN VE MATEMATİK ALANLAR EĞİTİMİ ANABİLİM
DALI
FİZİK EĞİTİMİ
(TEZ DANIŞMANI:DOÇ. DR. HÜSEYİN KÜÇÜKÖZER)**

BALIKESİR, 2013

Anlamalı öğrenmenin gerçekleşebilmesi için değişik öğrenme faaliyetleri düzenlenebilir. Tasarlanan faaliyetler; öğrencilerin düşünme ve plan yapma yeteneğini geliştirmeli, bireyin kendi bilgisini kurması ve geliştirmesine fırsat vermelidir. Bu noktada yararlanılabilecek öğrenci merkezli öğretim modellerinden bir tanesi de 7E öğretim modelidir.

Bu araştırma Fen Bilgisi öğretmen adaylarının kuantum fiziği temel kavramlarına ilişkin kavramsal anlama düzeylerini belirlemek ve 7E öğretim modelinin bilimsel kavramlara ulaşmada etkisini ortaya koymak amacı ile yapılmıştır. Araştırmada örnek olay tarama modeli kullanılmıştır. Araştırma Fen Bilgisi öğretmenliği 2. sınıfta öğrenim gören 48 öğrenci ile yürütülmüştür. Veriler, kuantum fiziği kavram testi, kuantum olgu anketi, sınıf gözlemleri (kamera kayıtları), yapılandırılmış ve yarı yapılandırılmış görüşmelerden elde edilmiştir. Araştırma sonucunda, öğretim öncesinde Fen Bilgisi öğretmen adaylarının kuantum fiziği temel kavramlarına ilişkin alternatif kavramlara sahip olduğu belirlenmiştir. Öğretim sonrasında ise Fen Bilgisi öğretmen adaylarının çoğunun kuantum fiziği temel kavramlarına ilişkin bilimsel kavramlara sahip olduğu ve kavramsal anlamının gerçekleştiği görülmüştür.

Sosyal yapılandırmacı yaklaşımın temel ilkelerine dayandırılarak oluşturulan etkinlikler çerçevesinde öğretmen adaylarının çoğunun her aşamada kendi kavramlarını yapılandığı ayrıca kavramlar arasındaki benzerlikleri, farklılıkları ve ilişkileri kurabildiği, kavramların başka ortamlara transfer edilebildiği ve problem çözümünde kullanılabildiği belirlenmiştir. Ders içi etkinliklerin, süreç üzerinde kalıcılık ve motivasyon noktasında etkili olduğu, yapılan etkinliklerin, öğrenciler tarafından ilginç ve eğlenceli bulunduğu, öğretim sürecinde kullanılan uygulamaların öğrencileri araştırmaya sevk ettiği belirlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELELER: Yapılandırmacı kuram, 7E öğretim modeli, kuantum fiziği, kavramsal anlama

ABSTRACT

THE EFFECT OF THE 7E TEACHING MODEL ON SCIENCE TEACHER CANDIDATES' UNDERSTANDING OF BASIC CONCEPTS IN QUANTUM PHYSICS

PH.D THESIS

MERYEM GÖRECEK

**BALIKESİR UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
SECONDARY SCIENCE AND MATHEMATICS EDUCATION
PHYSICS EDUCATION**

(SUPERVISOR:ASSOC. PROF. DR. HÜSEYİN KÜÇÜKÖZER)

BALIKESİR, AUGUST 2013

Different learning activities can be organized to ensure meaningful learning among students. These activities should develop the students' ability to think and plan, and provide them with the opportunity to acquire and develop their own knowledge. One of the student-centered teaching models that might be used to this end is the 7E teaching model.

This study was conducted in order to determine science teacher candidates' conceptual understanding of basic concepts in quantum physics, and to demonstrate the effect of the 7E teaching model on the learning of scientific concepts. A case study model was used within the context of this study. The study was conducted with 48 second-year university students receiving their education at the Department of Science Teaching. The study data were obtained by using class observations (camera records), a conceptual test for quantum physics, a quantum phenomenological questionnaire, structured and semi-structured interviews. Based on the study results, it was observed that, prior to receiving their science education, the science teacher candidates had alternative concepts regarding the basic concepts of quantum physics. Following their education, the science teacher candidates had acquired scientific concepts regarding the basic concepts of quantum physics, and had also developed a conceptual understanding of the subject.

Within the context of activities developed according to the basic principles of the social constructivist approach; it was determined that the teacher candidates structured their own concepts at every stage of their education, and that they were able to identify similarities, differences and relationships between concepts. The teacher candidates were also able to transfer these concepts to different contexts and environments, and utilize them for problem-solving. The in-class activities were effective in ensuring student motivation and the continuity of the activities, and the students considered these activities as both interesting and entertaining. In addition, it was observed that the activities and applications used within the context of the students' education encouraged them to perform further research on the subject.

KEYWORDS:Constructivist theory, 7E teaching model, quantum physics, conceptual understanding.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	vi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	x
ÖNSÖZ.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Problem Durumu.....	1
1.2 Araştırmanın Amacı ve Önemi	3
1.3 Problem Cümlesi	4
1.3.1 Alt Problemler.....	4
1.4 Sayıtlar	5
1.5 Sınırlılıklar	5
2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE.....	6
2.1 Yapılandırmacı Öğrenme Kuramı.....	6
2.1.1 Sosyo-Kültürel Yapılandırmacılık.....	9
2.2 7E Öğretim Modeli	11
2.3 Kavram, Alternatif Kavram ve Kavramsal Değişim	21
2.3.1 Kavram.....	21
2.3.2 Alternatif Kavram	22
2.3.3 Kavramsal Değişim.....	25
2.4 Kavramsal Değişim Modellerine Genel Bir Bakış.....	25
2.4.1 Posner, Strike, Hewson ve Gertzog Tarafından Ortaya Konulan Model	26
2.4.2 Üç Bileşenli Kavramsal Değişim Modeli	29
2.4.3 diSessa Tarafından Ortaya Konulan Model: Organize Etme.....	31
2.4.4 Chi ve Roscoe Tarafından Ortaya Konulan Model: Doğrusu İle Değiştirme.....	31
2.4.5 Vosniadou Tarafından Ortaya Konulan Model: Sentez.....	32
2.4.6 Kavramsal Değişimin Gerçekleşmesini Engelleyen Faktörler	34
2.4.7 Kavramsal Değişim Sürecinde Bir Diğer Faktör: Öğretmen.....	36
3. LİTERATÜRDE YER ALAN ÇALIŞMALAR.....	38
3.1 Kuantum Fiziği İle İlgili Çalışmalar	38
3.2 Kuantum Fiziği Öğretimi İle İlgili Çalışmalar	48
4. YÖNTEM	56
4.1 Araştırmanın Yöntemi	56

4.2	Araştırmanın Tasarlanması	58
4.3	Araştırmanın Örneklemi	61
4.4	Araştırmacının Rolü.....	63
4.5	Veri Toplama Araçları ve Veri Toplama Araçları İle İlgili Geçerlik- Güvenirlik Çalışmaları	63
4.6	Kuantum Fiziği Kavram Testi	65
4.7	Kuantum Olgu Anketi.....	68
4.8	Görüşme	69
4.9	Kamera Kayıtları	70
4.10	Geçerlik ve Güvenirliği Sağlamak Amacı ile Kullanılan Stratejiler	71
4.10.1	İç geçerliği sağlamaya yönelik kullanılan stratejiler.....	71
4.10.2	Dış geçerliği sağlamaya yönelik kullanılan stratejiler	72
4.10.3	İç güvenirliği sağlamaya yönelik kullanılan stratejiler	72
4.10.4	Dış güvenirliği sağlamaya yönelik kullanılan stratejiler.....	72
4.11	Uygulama Süreci.....	73
4.11.1	Araştırmanın Uygulama Basamakları	73
4.11.2	Öğretim Sürecinin Oluşturulması	75
4.12	Verilerin Analizi	78
4.12.1	Kavram Testi Veri Analizi	78
4.12.2	Kuantum Olgu Anketi Veri Analizi	84
4.12.3	Görüşme Veri Analizi	84
4.12.4	Ders İçi Kamera Kayıtlarının Veri Analizi	86
5.	BULGULAR VE YORUM.....	88
5.1	Birinci ve İkinci Alt Probleme İlişkin Bulgular.....	88
5.1.1	Kuantum Fiziğine Giriş Konusuna Ait Bulgular	89
5.1.2	Siyah Cisim Işınması Konusuna Ait Bulgular	99
5.1.3	Fotoelektrik Olay Konusuna Ait Bulgular	106
5.1.4	Işık (Dalga-Parçacık İkilemi) Konusuna Ait Bulgular	117
5.1.5	Atom Konusuna Ait Bulgular	127
5.1.6	De Broglie: Madde Dalgaları Konusuna Ait Bulgular	138
5.1.7	Belirsizlik İlkesi Konusuna Ait Bulgular.....	146
5.2	Üçüncü ve Dördüncü Alt Probleme İlişkin Bulgular	156
5.2.1	Kuantum Fiziğine Giriş Konusunda Öğrencilerin Kavramsal Anlama Düzeylerine Ait Bulgular	157
5.2.2	Siyah Cisim Işınması Konusunda Öğrencilerin Kavramsal Anlama Düzeylerine Ait Bulgular	160
5.2.3	Fotoelektrik Olay Konusunda Öğrencilerin Kavramsal Anlama Düzeylerine Ait Bulgular	162

5.2.4	Atom Konusunda Öğrencilerin Kavramsal Anlama Düzeylerine Ait Bulgular	166
5.2.5	Işık Konusunda Öğrencilerin Kavramsal Anlama Düzeylerine Ait Bulgular	169
5.2.6	de Broglie; Madde Dalgaları Konusunda Öğrencilerin Kavramsal Anlama Düzeylerine Ait Bulgular	172
5.2.7	Belirsizlik İlkesi Konusunda Öğrencilerin Kavramsal Anlama Düzeylerine Ait Bulgular	175
5.2.8	Kavram Testinin Genel Değerlendirilmesi	179
5.2.9	Kuantum Olgu Anketinin Değerlendirilmesine Ait Bulgular	180
5.3	Beşinci Alt Probleme İlişkin Bulgular	185
5.3.1	Kuantum Fizikine Giriş	185
5.3.2	Siyah Cisim Işıması	191
5.3.3	Fotoelektrik Olay	197
5.3.4	Atomların Kararlılığı	205
5.3.5	De Broglie; Madde Dalgaları	215
5.3.6	Işığın İkili Yapısı	221
5.3.7	Heisenberg Belirsizlik İlkesi	224
5.4	Altıncı Alt Probleme İlişkin Bulgular	235
6.	SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER	244
7.	KAYNAKLAR	263
EKLER	281

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: 7E Modeli, (Eisenkraft'tan uyarlanmıştır, 2003)	14
Şekil 2.2: 7E Modeli, (Bybee'den uyarlanmıştır, 2003)	17
Şekil 2.3: Kavramsal değişim teorisi	28
Şekil 2.4 Kavramsal değişimin çok boyutlu çerçevesi.....	30
Şekil 2.5 Kavramsal değişimin dinamik yapısı.....	30
Şekil 4.1 Araştırmanın aşamaları	60
Şekil 4.2 Fotoelektrik olay ön bilgileri yoklama aşaması etkinliği.....	76
Şekil 4.3: Fotoelektrik olay simülasyon ekranı.....	77
Şekil 5.1: Öğretim öncesi kuantum olgu anketine ait ağaç grafiği	182
Şekil 5.2: Öğretim sonrası kuantum olgu anketine ait ağaç grafiği	184
Şekil 5.3: Ö38'in keşfetme aşaması çalışma yaprağı.....	202
Şekil 5.4: Ö38'e ait kavram testi ön test uygulaması.....	206
Şekil 5.5: Ö38'e ait merak uyandırma aşaması çalışma yaprağı	208
Şekil 5.6: Ö38'e ait keşfetme aşaması çalışma yaprağı	211
Şekil 5.7: Ö38'e ait değerlendirme aşaması çalışma yaprağı	212
Şekil 5.8: Ö38'in çizmiş olduğu atom modeli	214
Şekil 5.9: Ö38'e ait değerlendirme aşaması çalışma yaprağından alıntı	218
Şekil 5.10: Ö38'e ait ilişkilendirme aşaması çalışma yaprağından alıntı.	219
Şekil 5.11: Ö38'e ait ön bilgileri yoklama aşaması çalışma yaprağı	224
Şekil 5.12: Ö38'e ait genişletme aşaması çalışma yaprağı	229
Şekil 5.13: Ö38'e ait değerlendirme aşaması çalışma yaprağı	230
Şekil 5.14: Ö38'e ait ilişkilendirme aşaması çalışma yaprağı	232

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1:7E Öğretim modeli uygulama örneği	15
Çizelge 2.2: 7E'lerin karşılaştırılması.....	18
Çizelge 4.1: Farklı araştırma stratejileri için uygun durumlar (COSMOS Corporation, Yin (2003).....	58
Çizelge 4.2: Öğrenci dağılımı	62
Çizelge 4.3: Veri toplama araçları	63
Çizelge 4.4: Kuantum fiziği kavram testi soru dağılımı ve soru kaynakları.....	66
Çizelge 4.5: Kuantum fiziği kavram testi soru içeriği	68
Çizelge 4.6: Araştırma takvimi	74
Çizelge 4.7: 7E öğretim modelinin fotoelektrik olay uygulama süreci	75
Çizelge 4.8: Kodlar ve kodların anlamları (Fotoelektrik olay)	80
Çizelge 4.9: Kavramsal Kategori Puan Çizelgesi	82
Çizelge 5.1: Alt problemler.....	88
Çizelge 5.2: Öğrencilerin kuantum fiziği giriş konusuyla ilgili açıklamalarından elde edilen yanıt türleri	89
Çizelge 5.3: Öğrencilerin siyah cisim ışınması konusuyla ilgili açıklamalarından elde edilen yanıt türleri	99
Çizelge 5.4: Öğrencilerin fotoelektrik olay konusuyla ilgili açıklamalarından elde edilen yanıt türleri	107
Çizelge 5.5: Öğrencilerin ışık konusuyla ilgili açıklamalarından elde edilen yanıt türleri	118
Çizelge 5.6: Öğrencilerin atom konusuyla ilgili açıklamalarından elde edilen yanıt türleri	128
Çizelge 5.7: Öğrencilerin de Broglie: madde dalgaları konusuyla ilgili açıklamalarından elde edilen yanıt türleri	138
Çizelge 5.8: Öğrencilerin, belirsizlik ilkesi konusuyla ilgili açıklamalarından elde edilen yanıt türleri	147
Çizelge 5.9: Öğrencilerin kavramsal anlama düzeylerini gösteren puanlarına ait betimsel istatistikler.....	157
Çizelge 5.10: Öğrencilerinin uygulama öncesinde ve sonrasındaki kavramsal anlama düzeyleri.	157
Çizelge 5.11: Öğretim öncesi ve sonrası kuantum fiziğine giriş konusuna ait puanların Wilcoxon işaretli sıralar testi sonuçları.....	159
Çizelge 5.12: Öğrencilerin kavramsal anlama düzeyleri	160
Çizelge 5.13: Öğrencilerinin uygulama öncesinde ve sonrasındaki kavramsal anlama düzeyleri	160
Çizelge 5.14: Öğretim öncesi ve sonrası siyah cisim ışınması konusuna ait puanların Wilcoxon işaretli sıralar testi sonuçları.....	162
Çizelge 5.15: Öğrencilerin kavramsal anlama düzeyleri	163
Çizelge 5.16: Öğrencilerin fotoelektrik olay konusuna ait kavramsal anlama düzeyleri	163
Çizelge 5.17: Öğretim öncesi ve sonrası fotoelektrik olay konusuna ait puanların Wilcoxon işaretli sıralar testi sonuçları.....	165
Çizelge 5.18: Öğrencilerin kavramsal anlama düzeyleri	166
Çizelge 5.19: Öğrencilerin atom konusuna ait kavramsal anlama düzeyleri ..	166

Çizelge 5.20: Öğretim öncesi ve sonrası atom konusuna ait puanların Wilcoxon işaretli sıralar testi sonuçları	169
Çizelge 5.21: Öğrencilerin kavramsal anlama düzeyleri	169
Çizelge 5.22: Öğrencilerin ışık konusuna ait kavramsal anlama düzeyleri	170
Çizelge 5.23: Öğretim öncesi ve sonrası ışık konusuna ait puanların Wilcoxon işaretli sıralar testi sonuçları	172
Çizelge 5.24: Öğrencilerin kavramsal anlama düzeyleri	173
Çizelge 5.25: Öğrencilerin de broglie; madde dalgaları konusuna ait kavramsal anlama düzeyleri	173
Çizelge 5.26: Öğretim öncesi ve sonrası de broglie; madde dalgaları konusuna ait puanların Wilcoxon işaretli sıralar testi sonuçları ..	175
Çizelge 5.27: Öğrencilerin kavramsal anlama düzeyleri	175
Çizelge 5.28: Öğrencilerin belirsizlik ilkesi konusuna ait kavramsal anlama düzeyleri	176
Çizelge 5.29: Öğretim öncesi ve sonrası belirsizlik ilkesi konusuna ait puanların Wilcoxon işaretli sıralar testi sonuçları	178
Çizelge 5.30: Kavram testinde yer alan soruların ortalama puan değerleri	179
Çizelge 5.31: Öğretim öncesi ve sonrası kavram testi puanlarının Wilcoxon işaretli sıralar testi sonuçları	179
Çizelge 5.32: Öğretim öncesinde tespit edilen kümeler ve içerikleri	180
Çizelge 5.33: Öğretim sonrasında tespit edilen kümeler ve içerikleri	183
Çizelge 5.34: Kavramsal durum kategorileri	183
Çizelge 5.35: Kavramsal durum kategorileri	192
Çizelge 5.36: Kavramsal durum kategorileri	197
Çizelge 5.37: Kavramsal durum kategorileri	205
Çizelge 5.38: Kavramsal durum kategorileri	215
Çizelge 5.39: Kavramsal durum kategorileri	221
Çizelge 5.40: Kavramsal durum kategorileri	225
Çizelge 5.41: Ders işlenişlerinin karşılaştırılması	236
Çizelge 5.42: Ders içi etkinliklerin öğrenme sürecine etkisi	237
Çizelge 5.43: Konuların günlük yaşam ile bağdaştırılması	239
Çizelge 5.44: Uygulanan yöntemin araştırmaya teşvik düzeyi	240
Çizelge 5.45: Uygulanan yöntemin derse yönelik ilgi ya da tutumda oluşturduğu farklılık	241

ÖNSÖZ

Öncelikle danışmanlığımı üstlenerek her konuda yardım ve desteğini esirgemeyen, araştırmamın her aşamasında sorularıma çözüm bulmaya çalışarak önerileri ile doğru yolu bulmamı sağlayan değerli hocam, sayın Doç. Dr. Hüseyin KÜÇÜKÖZER'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamın bütün aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, mesleki ve kişisel tecrübeleri ile yol gösteren Doç. Dr. Neşet DEMİRCİ ve Doç. Dr. Kemal YÜRÜMEZOĞLU'na teşekkürü bir borç bilirim. Doktora çalışmalarımın her aşamasında her ihtiyaç duyduğumda yardımlarını esirgemeyen, Doç. Dr. Suat İŞILDAK, Doç. Dr. Sabri KOCAKÜLAH, Doç. Dr. Saime KERMAN ve Yrd. Doç. Dr. Asuman KÜÇÜKÖZER'e teşekkür eder ve saygılarımı sunarım. Adını burada sayamadığım bugünlere gelmemde emeği geçen herkese sonsuz teşekkürler.....

Ve son söz onlara; değerli ailem ve eşim.....

Canım annem, bana her zaman sadece ve sadece okumamı öğütleyen, koluma bir altın bilezik takmamı isteyen, vefakar annem, umarım dileklerini yerine getirmişimdir.

Canım babam, maddi manevi her zaman desteğini yanımda hissettiğim, bana her zaman dağın öteki yüzünü görmemi öğütleyen, yüce insan, umarım emeklerini karşılıksız bırakmamışım.

Ve Bir tanem, benim için planlarını değiştiren, hayatını bana göre yaşamak zorunda kalan, maçı bana göre izleyen, yemeğini bana uygun saatte yemek zorunda kalan, hayatımın en güzel altı yılını alıp götüren doktora tezim süresince bir an olsun bile elimi bırakmayan, eşsiz insan, umarım beklentilerini karşılamışım.

Hepinize sonsuz teşekkürler.....

Meryem GÖRECEK

1. GİRİŞ

1.1 Problem Durumu

19. yüzyılın sonlarına doğru pek çok bilim adamı fizik alanında öğrenilmesi gereken olayların tamamının bilindiğine inanıyorlardı. Bilim adamlarına göre artık keşfedecek bir şey kalmamıştı. Özellikle Isaac Newton'ın ve James Clerk Maxwell'in matematik biçimciliğinin kusursuz bulunmasının yanı sıra, bu teorilere dayandırılan tahminler titiz, ayrıntılı deneylerle yıllarca teyit edilmişti. Klasik fizikçiler fikirlerini odaklayan ve yeni fikirlerin kabulünü çok zorlaştıran bir dizi varsayım oluşturmuşlardı. Klasik fizikçilere göre evren, bir mutlak zaman ve uzay çatısı içinde kurulu dev bir makine gibiydi. Karmaşık bir hareket makinesinin iç parçalarının basit bir hareketi olarak anlaşılabilirdi. Newton'a göre her hareketin bir nedeni vardı ve bu neden sonuç çerçevesi içerisinde gerçekleşiyordu. Tüm durumlarda determinizm hakimdi yani eğer hareketlinin durumu belirli bir noktada biliniyorsa, çok rahatlıkla gelecekteki ve hatta geçmişteki herhangi bir noktada da belirlenebilirdi. Işığın özellikleri Maxwell'in elektromanyetik dalga teorisi ile tamamen ortaya koyulmuştu. Bir sistemin sıcaklık sürat gibi özelliklerini de istenilen doğruluk ile ölçmek mümkündü, gözlemcinin ölçümleri etkilemesi söz konusu bile değildi. Klasik fizikçiler tüm bu ifadelerin mutlak biçimde doğru olduğuna inanıyorlardı (McEVOY ve Zarate, 2010). Tüm bu kabullerin ardından genel görelilik kuramı ile klasik fizik zirve yapmıştı (Cushing, 2003).

20. yüzyılın başlarında ise beklenmedik gelişmeler oldu ve çoğu kişi tarafından devrim olarak adlandırılan gelişmeler yaşandı. 1900 yılında Planck, kuantum teorisine öncülük eden fikirleri oluşturdu. Bu andan sonra özellikle 1900-1930 yılları arasında bu alanda yapılan çalışmalar hız kazandı ve kuantum mekaniği adı verilen yeni teori atom, molekül ve çekirdeklerin davranışlarını açıklamada oldukça başarılı hale geldi.

Kuantum fiziğinin ortaya çıkışı sadece yeni teoriler oluşturmamış, aynı zamanda yeni bir bakış açısının oluşmasını da sağlamıştır. Kuantum fiziği doğaya ait bakış açımızı da yeni bir biçimde şekillendirmiştir. Artık doğanın nasıl işlediğini sadece fizikçiler anlamamalıdır (Müller ve Wiesner, 2002). Kuantum fiziğini anlamak, fizikçiler kadar, mühendisleri, biyologları ve kimyagerleri de içine alan bir yapı haline gelmiştir. Çünkü günlük yaşama baktığımızda pek çok konu nanoteknoloji, iletkenlik gibi kuantum ilkeleri ile açıklanabilmektedir.

Tüm bu nedenlerden dolayı kuantum fiziği ve kuantum fiziği öğretimine olan ilgi son yıllarda hızla artmaktadır. Özellikle kuantum fiziğinin öğretimi ile ilgili çalışmalar son yıllarda fizik eğitimcilerinin oldukça ilgi gösterdikleri bir alan haline gelmiştir. Ancak fizik alanında yapılan tüm çalışmalara baktığımızda, kuantum fiziği öğretimine yönelik yapılan çalışmalar, fiziğin diğer alanlarında yapılan çalışmalara göre daha az sayıdadır (Singh, 2001).

Fizik eğitimi alanında yapılan çalışmaların konulara göre dağılımları incelendiğinde, çalışmaların % 49'luk kısmını mekanik, % 17'lik kısmını ise elektrik ve manyetizma konuları oluşturmaktadır. Optik ve ışık konusu % 13, maddenin özellikleri konusu ise % 12'lik bir dilime sahiptir. Dalgalar ve ses konusu % 4'lük bir dilime sahip iken, modern fizik konularının sadece % 1'lik bir dilime sahip olduğu gözlenmektedir (Özcan, 2009). Tüm alanlar içerisinde % 1'lik kısım oldukça az bir alan içermektedir. Bu alanda yapılan çalışmalar incelendiğinde ise çoğunun lise düzeyinde olduğu anlaşılmaktadır (Johnson vd., 1998, Petri ve Niedderer 1998; Ireson 1999 a; Ireson 1999 b; Singh 2001; Zollman vd., 2001).

Ülkemizde yapılan çalışmalar incelendiğinde ise yine diğer fizik alanları ile kıyaslandığında, kuantum fiziği ile ilgili yapılan çalışmaların oldukça az düzeyde olduğunu görmekteyiz. Ülkemizde, kuantum fiziği öğretimi ile ilgili çalışmalar, özellikle son yıllarda artış göstermekle beraber, yapılan çalışmalar üniversite düzeyindedir (Didiş vd., 2007; Didiş, Özcan ve Abak, 2008; Özdemir, 2008; Özcan, 2009; Yıldız, 2009; Çalışkan vd., 2009; Akarsu vd., 2011).

1.2 Araştırmanın Amacı ve Önemi

Kuantum fiziği, fizikte ve hatta genel olarak bilimde çok önemli alanlardan birisidir. Bununla beraber kuantum fiziği soyuttur ve birçok konusunun anlaşılması oldukça zordur (Steinberg vd., 1999). Öğrenciler tarafından anlaşılması oldukça zor olmasına rağmen, doğayı daha iyi anlayabilmek için, fizikte öğrenilmesi gereken en önemli konular arasındadır. Klasik fizikte yer alan kavramlarla öğrenciler neredeyse ilköğretim 4. sınıfta karşılaşmaya başlarken, kuantum kavramları ile karşılaşmaları ortaöğretim sınıflarına denk gelmektedir. Ortaöğretime kadar öğrenciler günlük hayatta karşılaştıkları olayları klasik fizik ile ilişkilendirmek durumundadırlar.

Özellikle kuantum fiziğinin günlük yaşam uygulamalarına baktığımızda, bu sadece fizikçilerin bilmesi gereken bir konu olmaktan çıkmıştır. Bu nedenle bir fen bilgisi öğretmenin de bu alanda donanımlı bir şekilde yetişmesi ayrıca önem kazanmaktadır.

Bu araştırmanın iki farklı şekilde alana katkı sağlayacağı düşünülmektedir. İlk olarak bu alanda yapılan çalışmalara baktığımızda yurtdışı çalışmalarının daha çok lise düzeyinde olduğunu görmekteyiz, yurtiçi çalışmaları oldukça sınırlı sayıda olup daha çok üniversite düzeyinde, genellikle fizik bölümü veya fizik öğretmenliği öğrencileri ile gerçekleştirilmiştir. Bu araştırma Fen Bilgisi öğretmen adayları ile gerçekleştirildiği için ayrıca önem taşımaktadır.

İkinci olarak ise Fen Bilgisi öğretmen adaylarının kuantum fiziği temel kavramlarında sahip olduğu kavramsal anlamaları belirleyen ender çalışmalardan biridir. Bu alanda literatürde yer alan bir diğer çalışma Yıldız (2009) tarafından gerçekleştirilmiştir. Yıldız (2009), çalışmasında, modern fiziğe giriş dersi alan Fen Bilgisi öğretmen adaylarının kuantum fiziği temel kavramlarını anlama düzeyleri üzerinde durmuş ve öğrenme amaçlı yazma aktivitelerinin öğretmen adaylarının akademik başarısına etkisini araştırmıştır. Ülkemizde yapılan çalışmalar incelendiğinde, çalışmalarda daha çok öğrencilerin kuantum fiziğini betimleme yolları, nasıl ve hangi yollarla betimledikleri üzerinde durulmuş, kuantum fiziğinin öğretimi ile ilgili noktalara çok fazla değinilmemiştir. Araştırmanın en önemli amaçlarından biri de fen bilgisi öğretmen adaylarının kuantum fiziği temel kavramlarını anlama düzeylerinin belirlenmesidir. Bu doğrultuda öğrencilerin bu

alanda sahip olduğu alternatif kavramların belirlenmesi, kavramsal anlama sürecinin nasıl gerçekleştiği ve uygulanan öğretim yönteminin kavramsal anlama sürecine nasıl bir katkısı olduğu belirlenmeye çalışılmıştır. Bu araştırma kuantum fiziği öğretiminde öğrenme evreleri yaklaşımını kullanması bakımından da ayrıca önemli bir yere sahiptir.

Bu araştırmanın amacı fen bilgisi öğretmen adaylarının kuantum fiziği temel kavramlarına ilişkin sahip oldukları alternatif kavramların belirlenmesi ve yapılacak olan öğretimin kavramsal anlamaya etkisinin incelenmesidir.

1.3 Problem Cümlesi

7E Öğretim Modeli, Fen Bilgisi öğretmen adaylarının, Kuantum Fiziği temel kavramları ile ilgili kavramsal anlamalarını nasıl etkilemektedir?

1.3.1 Alt Problemler

- Fen Bilgisi öğretmen adaylarının, öğretim öncesinde, kuantum fiziği temel kavramları ile ilgili sahip oldukları fikirleri nelerdir?
- Fen Bilgisi öğretmen adaylarının, öğretim sonrasında, kuantum fiziği temel kavramları ile ilgili sahip oldukları fikirleri nelerdir?
- Fen Bilgisi öğretmen adaylarının öğretim öncesi ve öğretim sonrası kavramsal anlama düzeyleri nedir?
- Fen Bilgisi öğretmen adaylarının öğretim öncesi ve öğretim sonrasında kavramsal anlama testinden aldıkları puanlar arasında istatistiksel olarak fark var mıdır?
- Kavramsal değişim süreci nasıl gerçekleşmektedir?
- Fen Bilgisi öğretmen adaylarının öğretimde kullanılan materyallerin etkililiği hakkındaki düşünceleri nelerdir?

1.4 Sayılılar

Araştırmanın sayılıları aşağıda maddeler halinde belirtilmiştir.

- ❖ Öğrenciler öğrenme ortamlarına çeşitli ön bilgiler ile gelirler ve bu bilgiler daha sonraki öğrenmelerini etkiler.
- ❖ Öğrencinin kendi bilgisini oluşturma sürecinde, sosyal çevresi ile olan etkileşimleri rol oynamaktadır.
- ❖ Bilginin oluşturulma sürecinde, yapılandırılacak bilginin niteliği öğrencilerin öğrenmesini etkiler. Konu ile ilgili kavramların özellikleri, kavramlar arası ilişkiler ve bağıntılar öğrenmede rol oynar.
- ❖ Araştırmacı tarafından geliştirilen kavram testi, yarı-yapılandırılmış görüşmeler ve ses - kamera kayıtları öğrencilerin sahip oldukları bu bilgilerin ortaya çıkarılmasında yeterlidir.
- ❖ Katılımcılar veri toplama araçlarını içtenlikle yanıtlamışlardır.

1.5 Sınırlılıklar

- ❖ Bu araştırma 2009–2010 Eğitim-Öğretim Yılı'nın 2. yarısında Balıkesir Üniversitesi Necatibey Eğitim Fakültesi Fen Bilgisi Öğretmenliği 2. sınıfına devam eden toplam 48 öğrenciyle gerçekleştirilmiştir.
- ❖ Öğretim ortamının tasarımı ve öğretimin uygulanması aşamaları araştırmacı tarafından yürütülmüştür.
- ❖ Araştırmanın öğretim süresi 6 haftadır.
- ❖ Araştırma verileri; kavram testi, olgu anketi, öğrencilerle öğretim öncesi ve sonrası yapılan görüşmelerle ve öğretim sürecinin kamera kayıtları ile sınırlıdır.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

2.1 Yapılandırmacı Öğrenme Kuramı

Bilgi nedir? Gerçek nedir? Doğru nedir? Öğrenme nasıl gerçekleşir? gibi sorular uzun yıllardan beri, filozofların, olgu bilimcilerin, fen, dil, eğitim psikolojisi gibi pek çok alanda çalışan bireylerin yanıt aradığı sorulardandır. Bilgi önceleri mutlak ve öğrenenden bağımsız bir durum olarak ele alınırken, zamanla bilginin bireye hazır olarak aktarılamayacağı, bireyin bireysel deneyimlerinin ve çevresi ile olan ilişkisinin bilgiyi özümlemede etkili olduğu belirlenmiştir (Murphy, 1997).

Bu süreç içerisinde öğrenmenin nasıl gerçekleştiği ile ilgili birçok öğrenme teorisi de ortaya atılmıştır. Bu teorilerden bir tanesi de yapılandırmacılıktır.

Yapılandırmacılık son yüzyılın, en önemli teorilerindendir ve kökleri felsefe, psikoloji, sibernetik (canlı ve cansız tüm karmaşık sistemlerin denetlenmesi ve yönetilmesini inceleyen bilim dalı) ve bireyin dünyayı nasıl anladığına kadar dayanır (von Glasersfeld, 1989; akt: Merrill, 1992). Yapılandırmacılık ilk defa İtalyan düşünür Giambattista VICO (1668-1744) tarafından formüle edilmiştir. Ancak yapılandırmacılığın gelişmesi, daha çok James Mark Baldwin (1861-1934) ve Jean Piaget'nin (1896-1980) çalışmaları sonucunda gerçekleşmiştir (Husen ve Postlethwaite, 1989).

Yapılandırmacılığın tam olarak ne olduğunu anlayabilmek için, yapılandırmacılığın diğer kuramlar arasındaki yerini bilmek gerekir. Bu noktadan bakıldığında, yapılandırmacılık aslında, davranışçı öğrenme yaklaşımının karşısında yer alır. Çünkü davranışçı yaklaşımda zihin doldurulmayı bekleyen boş bir yapı olarak görülür. Bilgiler öğrenen kişiden bağımsız olarak bulunan dış gerçeklerdir. Öğretmen konuyu parçalar halinde düzenler ve öğrencilerde bunu hafızalarına alırlar. Bu yaklaşımda, öğretim sonunda oluşan ürün üzerinde durulur (Çepni ve Çil, 2009).

Yapılandırmacılık, tek bir şey gibi algılanmamalıdır (Perkins, 1999). Yapılandırmacılığa göre gerçek, öğrenenin zihnindedir ve öğrenen kendi gerçeklerini yapılandırır ya da en azından kendi algı ve deneyimlerine dayanarak anlamını

yorumlar. Yapılandırmacılık bizim bilgiyi nasıl yapılandırdığımızla ilgilenir (Jonassen, 1999).

Geleneksel kuramlar öğrencinin “NE” öğrendiği ile ilgilenirken, yapılandırmacı kuram ise “NASIL” öğrendiği ile ilgilenir. Eğitimcilerin ne öğrettikleri konusunda güçlü bir kontrolleri mümkün iken, öğrencinin ne öğrendiği üzerinde kontrolleri çok azdır. “Learners control their learning” “Öğrenenler kendi öğrenmelerini kontrol ederler.” Bu basit gerçek aslında yapılandırmacılığın kalbini oluşturmaktadır (Brooks ve Brooks, 1999).

Yapılandırmacılık daha çok, bilginin doğasını ve insanın nasıl öğrendiğini açıklayan bir öğrenme kuramıdır. Bu kuramda, bireyler kendi anlamalarını ya da bilgilerini kendileri yapılandırır. Bu süreçte, sorgulama, problem çözme, diğer bireylerle işbirliği yapma gibi, bireyin aktif katılımının sağlandığı öğrenme etkinliklerine yer verilir ve tüm bu noktalarda öğretmen bir rehber ve bir kolaylaştırıcı (facilitator) rolündedir (Abdal-Haqq, 1998).

Brooks ve Brooks (1993) yapılandırmacı bir öğretmenin sınıf ortamında kuramın gereklerini nasıl sağlayacağını aşağıda verilen 5 maddede belirlemişlerdir. Bunlar;

❖ Yapılandırmacı öğretmen öğrencilerinin bakış açılarını ortaya çıkarır ve bu bakış açlarına değer verir. Öğrencilerin kavramlar hakkında ne bildiğini bilmek, öğretmene öğrenci ihtiyaç ve ilgisine göre dersi yapılandırmasını sağlar.

❖ Tüm öğrenciler sınıfa geldiklerinde, bilgi ve deneyimleri ile ilişkili bir dünya görüşüne sahiptir. Öğretmen öğrencilerinin bilgiyi yapılandırabileceği ortamlar hazırlamalıdır.

❖ Yapılandırmacı öğretmen, eğitim programını öğrenen görüşlerine göre değiştirebilmelidir. Öğrenenler, günlük yaşam etkinlikleri ile öğrendikleri arasındaki bağlantıyı görünce, öğrenmeye karşı ilgileri artar.

❖ Yapılandırmacı öğretmen, dersleri büyük fikirler çerçevesinde yapılandırır, öğrenciler bütünü oluşturan parçaları anlamlandırmaya teşvik edilir.

❖ Yapılandırmacı öğretmen, öğrenme süreci içerisinde öğrencilerini değerlendirir. Öğrenciler edindikleri bilgileri çok farklı yollardan gösterebilir, bu noktada yalnızca kağıt kalem testleri ile değerlendirmeye gidilmemelidir (Brooks ve Brooks, 1999).

Wilson ve Cole (1991) geliştirdikleri bilişsel öğretim modeli ile bazı yapılandırmacı kavramların somut hale getirilmesini sağlamışlardır. Buradan yola çıkarak, yapılandırmacı tasarım, öğretim ve öğrenmenin bazı kilit kavramlara sahip olduğunu vurgulamışlardır. Wilson ve Cole (1991)'a göre, öğrenme zengin otantik problem çözüme ortamlarında somutlaştırılmalı, öğrenme için akademik içeriğe karşı otantik içerik sağlanmalı, öğrenen kontrolüne önem verilmeli ve sağlanmalı, hatalar, öğrenen anlamalarından geri bildirim sağlayan mekanikler olarak kullanılmalıdır (Murphy, 1997).

Honebein (1996) yapılandırmacı öğrenme çevrelerinin dizaynına yönelik yedi ilke belirlemiştir. Yapılandırmacı öğrenme çevresi oluşturulurken,

- ❖ bilgiyi yapılandırma süreci sağlanmalı
- ❖ çoklu perspektiflere yönelik deneyim ve takdir sağlanmalı
- ❖ gerçekçi ve uygun bağlamda öğrenme somutlaştırılmalı
- ❖ öğrenme sürecinde söz hakkı ve sorumluluk cesaretlendirilmeli
- ❖ öğrenme, sosyal deneyimlerle somutlaştırılmalı
- ❖ çeşitli sunumların kullanımı cesaretlendirilmeli
- ❖ bilginin yapılandırılması sürecinde, bireyler kendi farkındalıkları noktasında cesaretlendirilmelidir.

Literatür incelendiğinde, yapılandırmacılığın farklı tiplerinin ortaya çıktığını görmekteyiz. Bunlara radikal, sosyal, post modern yapılandırmacılık örnek olarak verilebilir (Heylingen, 1993; Steffe ve Gale, 1995; Prawat, 1996, akt; Murphy, 1997). Yapılandırmacılığı bu kadar çeşitlendiren nedir?. D.C. Phillips (1995), yapılandırmacılıkta 3 ayırıcı rol belirlemiştir. Bunlar; aktif, sosyal ve yaratıcı öğrenenler olarak sınıflandırılabilir (Perkins, 1999). Aktif öğrenende, bilgi ve anlama aktif bir şekilde ortaya çıkar. Birey dinleyen, yazan, rutin egzersizleri takip eden değil, tartışan, hipotez üreten, araştıran, düşünün bireydir. Sosyal öğrenende, bilgi ve anlama sosyal olarak yapılandırılır. Bilgi ve anlama bireysel olarak yapılandırılmaz, diğer bireylerle diyalog halinde ise, bilgi ve anlamayı yapılandırabiliriz. Yaratıcı öğrenen de ise, bilgi ve anlama yaratılır ya da tekrar yapılandırılır. Birey aktif bir tutum içerisinde bilgiyi kendisi için yaratır ya da yeniden organize eder (Perkins, 1999).

Ernest (1995), “Ne kadar çok araştırmacı varsa, o kadar çok yapılandırmacılık çeşidi vardır.” ifadesi ile bu noktada oluşabilecek karışıklığı bir anlamda sonlandırmıştır.

Bu araştırmada kullanılan 7E öğretim modeli yapılandırmacı kuram çeşitlerinden, sosyo-kültürel yapılandırmacılığa dayandığından, burada sadece bu yaklaşım üzerinde durulmuştur.

2.1.1 Sosyo-Kültürel Yapılandırmacılık

Sosyal yapılandırmacılığın, yapılandırmacılık kuramına en büyük katkısı öğrenmede sosyal çevrenin ve dilin önemini vurgulamasıdır (Longino, 1993). Sosyal yapılandırmacı kuram, öğrenmeyi açıklamada Lev Vygotsky’nin teorilerini kullanır. Vygotsky öğrenmenin sosyal bir çevrede gerçekleştiğini ve bu nedenle çocuğun yaşça büyük arkadaşları ve yetişkinlerin rehberliğinde neler başarabileceğini ve öğrenenin sahip olduğu öğrenme potansiyeli gibi konularla fazlaca ilgilenmiştir (Philips ve Soltis, 2005).

Vygotsky (1978)’e göre, öğrencinin problem çözme aşaması üç kategoride incelenebilir. Bunlar; öğrencinin yapamayacağı beceriler, öğrencinin yapabileceği beceriler ve öğrencinin yardım alarak gerçekleştireceği becerilerdir (Murphy, 1997).

Vygotsky çocuklardaki zihinsel gelişim basamaklarını iki aşamada incelemiştir. Birinci basamak çocuğun gerçek zihinsel seviyesini, ikinci basamak ise potansiyel zihinsel seviyesini oluşturmaktadır. Gerçek zihinsel seviyenin tanımı çocuğun anne, babasından veya öğretmeninden yardım almadan kendi başına yapabildiği zihinsel işlemlerdir yani öğrencilerin yapabileceği becerilerdir. Potansiyel zihinsel seviye yani ikinci basamak ise çocuğun anne, babasından veya öğretmeninden yardım alarak gerçekleştirdiği daha üst zihinsel becerileridir yani öğrencilerin yardım alarak gerçekleştirebileceği becerilerdir. Vygotsky’e göre eğitimciler çocuklara rehberlik yaparak potansiyel zihinsel seviyelerini, gerçek zihinsel seviyeleri haline getirmelidir. Bu aşamada önemli olan çocuğun gerçek zihinsel seviyesi ile potansiyel zihinsel seviyesinin sınırlarını ve arasındaki mesafeyi bilmektedir. Vygotsky iki seviye arasındaki mesafeye yakınsal gelişim alanı adını verir (Watson, 2001).

Bu süreç içerisinde, kişinin gelişimi sonsuzdur. Birey yapabileceği becerilerden başlayıp, öğretmenin ya da arkadaşlarının yardımı ile yakınsal gelişim alanının daha üst noktalarına ulaşabilir. Süreç içerisinde bireylerin yardım alarak çözebilecekleri ve ne kadar yardım alsada çözemeyeceği problemler olacaktır. Bu noktada öğretmenin yapılandırıcı (scaffolding) rolü devreye girer ve öğrenene ne bildiği ve ne bilmesi gerektiği konusunda rehberlik eder (Murphy, 1997).

Yine literatürde öğretmenin yapılandırıcı rolüne ilişkin çalışmalarda, öğretmenden öğrenmeyi kolaylaştırıcı bir yardımcı, sınıfta işbirliği ve etkileşimi kolaylaştırıcı tutum ve davranışlar sergilemesi beklendiği belirtilmektedir. Öğretmen bu süreçte grupların projelerini formüle etmelerine yardım eder, gruplarla toplantı yapar, gerekli materyalleri ve kaynakları bulmalarına yardım eder. Bu amaçla gruplar arasında dolaşır, yardıma gereksinme duyan grubun yanına giderek gruba yardımcı olur ve gerektiğinde grubun doğal üyesiymiş gibi öğrenme-öğretme etkinliklerine katılarak öğrencilerin öğrenmelerini kolaylaştırmaya çalışır. Öğretmen, öğrenenleri cesaretlendirir, fikirleri dayatmak yerine, alternatifleri göstermeye odaklanır. Araştırma ve çalışma becerilerinin geliştirilmesine yardım eder, temel süreci ve grupları kontrol eder (Murphy, 1997; Yaşar, 1998; Abdal-Haqq, 1998; Demirhan ve Demirel, 2002; Tezci ve Dikici, 2003; İşman, 2003; Kesal ve Aksu, 2005; Koç, 2007; Savaş, 2007).

Dollard ve Christensen (1996), sosyal yapılandırmacı kuramda öğretmen rolleri üzerinde durmuştur. Öğretmenler sınıf içinde sosyal yapılandırmacı kurama göre aşağıdaki şekilde davranmalıdır.

1- Öğretmenler, öğrencilerin öz denetim kazanmalarına yönelik cesaretlendirici olmalıdır. Öğretmen sınıf içerisinde baskıcı, kontrol edici bir tarz benimserse öğrenciler de akranları arasında bu biçimi yansıtacaklardır. Buna göre öğretmenler, işbirlikli öğrenme etkinliklerine ağırlık vermeli, öğrencilerin kültürel özelliklerini göz önünde bulundurarak eğitim-öğretim sürecini yapılandırmalıdır.

2- Sosyal yapılandırmacılıkta öğretmen etkilidir. Öğretmen, yaşama bakış açısıyla ve sosyal değerleriyle öğrencilere model olmaktadır.

3- Öğretmenler, sınıf içerisinde yaşanan çatışmaların çözümünde yapıcı stratejiler kullanarak öğrencilere rehberlik etmelidir ve onları akranlarıyla yaşadıkları çatışmaların çözümünde yapıcı stratejileri kullanmaları için cesaretlendirmelidir.

Sonuç olarak öğrencinin yakınsal gelişim alanını etkili bir şekilde kullanmasında öğretmenlerin, yetişkinlerin ve arkadaşlarının önemli katkıları bulunmaktadır.

Ernest (1995), sosyal yapılandırmacılığın ilkelerini bazı başlıklar altında belirlemiştir. Ernest (1995)'e göre, öğrenenin geçmiş yapılandırmalarına karşı duyarlı ve dikkatli olunmalı, öğrenen hataları ve alternative kavramları düzeltebilmek için diagnostik (tanılayıcı) öğretim yapılmalıdır. Öğrenenlerin sahip olduğu kişisel düzenleme stratejilerine ve biliş üstü becerilerine dikkat edilmeli, kavramların çoklu tanımları kullanılmalıdır. Amaçların öğrenciler için öneminin farkında olunmalı ve öğrenen ve öğretmen amaçları arasındaki ikileme (dichotomy) dikkat edilmelidir. Ayrıca dikkat edilmesi gereken noktalardan bir tanesi de, sosyal bağlamın öneminin farkında olmaktır.

Öğrenme kuramlarının ana hatlarını temel alarak geliştirilen birçok öğretim yöntemi bulunmaktadır. Bu yöntemlerin içerisinde bir konunun en verimli şekilde hangi öğretim yönteminin kullanılarak öğretilbileceği, dersin ve konunun doğasına, öğrencilerin ön bilgi düzeyine, öğretmen yeterliliklerine ve ortamın fiziksel şartlarına bağlıdır.

Öğrenme, öğretme ve fen bilimleri eğitimi alanlarındaki araştırmaların yanında fiziğin ve fizik konularının doğası bu dersin öğretiminde bazı yöntemlerin kullanımını ön plana çıkarmaktadır. Ön plana çıkan öğretim yöntemlerinden bir tanesi de araştırmamızda kullanılan 7E öğretim modelidir.

2.2 7E Öğretim Modeli

Yapılandırmacı sınıflarda anlamlı öğrenmenin gerçekleşebilmesi için değişik öğrenme modelleri ile öğrenme faaliyetleri düzenlenebilir. Tasarlanan öğrenme faaliyetleri; öğrencilerin düşünme ve plan yapma yeteneğini geliştirmeli, bireysel deneyimleri öne çıkararak sorgulama, keşfetme, yansıtma ve tartışma uygulamalarını

desteklemeli, bireyin kendi bilgisini kurması ve geliştirmesine fırsat vermelidir (Wheatley, 1991; Marlowe ve Page, 1998).

Bu noktada yararlanılabilecek öğrenci merkezli öğretim modellerinden bir tanesi de 7E öğretim modelidir. Bu model, öğrenme ortamının yapılandırılması sürecinde öğretmene yardımcı olabilecek bir modeldir. 7E öğretim modeli; araştırma merakını artırıp, öğrenci beklentilerini tatmin eden, bilgi ve anlama için aktif bir araştırmaya odaklandıran beceri ve etkinlikleri içermektedir. 7E öğretim modelinin her aşamasında, öğrencilerin etkinlik içerisine dahil edilmesi ve öğrencilerin kendi kavramlarını yapılandırmaları mümkün olmaktadır. Bilginin öğrenci tarafından yapılandırılabilmesine, içerikten bağımsız ve tutarlı bir kavramsal değişimin sağlanabilmesine imkân veren; öğrencilerin ilgilerini çekerek deneyime dayalı öğrenmeyi teşvik eden bu model, üst düzey düşünme sürecine katkıda bulunmaktadır. Bu bilgiler ışığında araştırmada, öğrenme ortamının yapılandırılmasında kullanılacak model olarak; öğretmenlere öğrencilerin ön bilgilerini belirleme fırsatı, öğrencilere ise yeni kavramları geliştirmelerine yardımcı olacak deneyimler sağlayan, yapılandırmacı kurama dayalı “7E öğretim modeli” tercih edilmiştir.

7E öğretim modeli tarihsel süreç içerisinde, 3E, 4E ve 5E'nin revize edilmesi ile oluşmuş bir modeldir. Bu model Bybee (2003) ve Eisenkraft (2003) tarafından geliştirilmiş ve yorumlanmıştır.

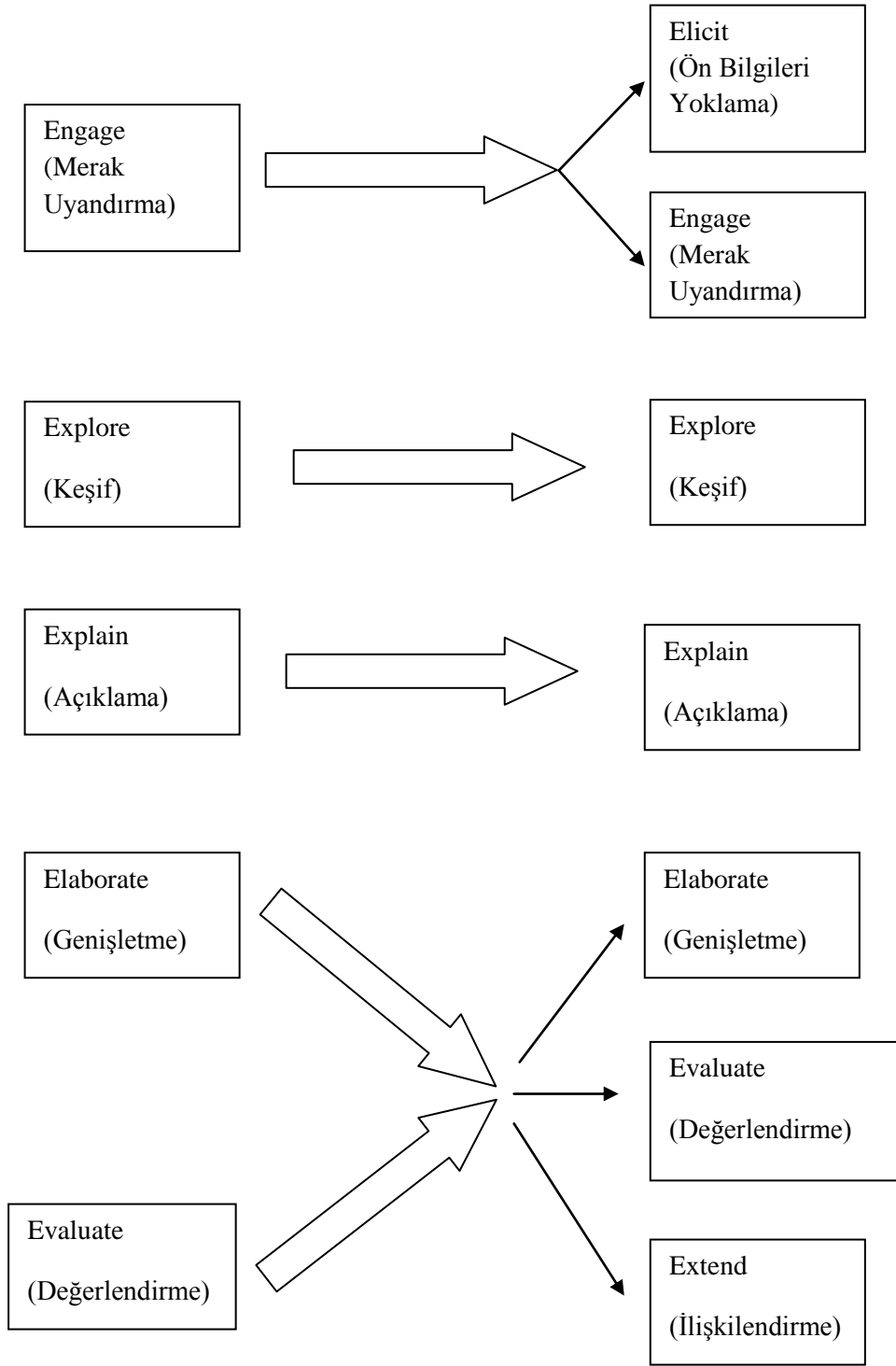
Şekil 2.1'de görüldüğü gibi, Eisenkraft 7E'ye geçiş sürecinde “Ön Bilgileri Yoklama” aşamasını ve “İlişkilendirme” aşamasını E'lere dahil etmiştir. Eisenkraft'a (2003) göre, öğrencilerin var olan mevcut bilgidan yeni bilgileri yapılandırabilmesi için, öğretmen öğrencilerinin sahip olduğu mevcut bilgiyi ortaya koymalıdır. Öğretmen bunu gerçekleştirmez ise, öğrencilerinin geliştirdiği kavramlar öğretmenin beklentilerinden çok farklı olabilir. Bu nedenle ön bilgilerin açığa çıkarılması aşaması öğrenme ve bilgilerin anlamlı yapılandırmasında önem taşımaktadır.

Eisenkraft keşfetme ve açıklama aşamalarını aynen almış, genişletme ve değerlendirme aşamalarına ek olarak ilişkilendirme aşamasına yer vermiştir. Genişletme aşaması öğrencilere edinmiş oldukları yeni bilgileri, farklı disiplinlere uygulama şansı verir. Öğretmen bu aşamada öğrencilerine sınırsız sayıda problem çözdürebilir.

Genişletme aşaması öğrenmenin transfer edilmesidir (Thorndike,1923 akt: Eisenkraft, 2003). Öğrenmenin transfer edilmesi bir kavramdan diğetine, bir konudan diğetine, okuldan okul dışı aktivitelere şeklinde olmalıdır. Örneğın; Newton'un çekim kanunu ve Coulomb'un elektrostatik kanunu, matematiksel uygulamaların bilimsel araştırmalarda kullanılması, kimya kavramlarının fizikte kullanılması gibi (Bransford vd., 2000 ; akt: Eisenkraft, 2003).

Değerlendirme aşaması ise öğrenci öğrenmesini biçimlendirici ve özetleyici bir biçimde ele alır. Bu aşamada uygulanacak testlerde daha önce yapılan laboratuvar çalışmalarını ile ilgili sorular yer alabilir. Öğrencilere daha önce yapmış oldukları uygulamalara benzer uygulamalar yaptırılabilir. Ancak burada dikkat edilmesi gereken nokta biçimlendirici değerlendirmenin evrelerden biri ile sınırlandırılmamasıdır. Yani evreler lineer olmamalıdır. Biçimlendirmeci değerlendirme, öğrencilerle olan tüm etkileşimlerde yer almalıdır.

İlişkilendirme aşamasının genişletme aşamasına eklenmesi, öğrenme transferinin pratiğı şeklinde dir. Öğretmenler edinilmiş bilginin yeni bir alanda uygulanabildiğinden emin olmalıdır. Öğrenme evrelerinde özellikle genişletme ve değerlendirme aşamasının genişletme, değerlendirme ve ilişkilendirme şeklinde yer değıştirmesi öğrenmenin transfer edilmesinin önemini vurgulamaktadır (Eisenkraft, 2003).



Şekil 2.1: 7E Modeli, (Eisenkraft'tan uyarlanmıştır, 2003)

Eisenkraft tarafından önerilen 7E öğretim modeli Çizelge 2.1'de verilmiştir.

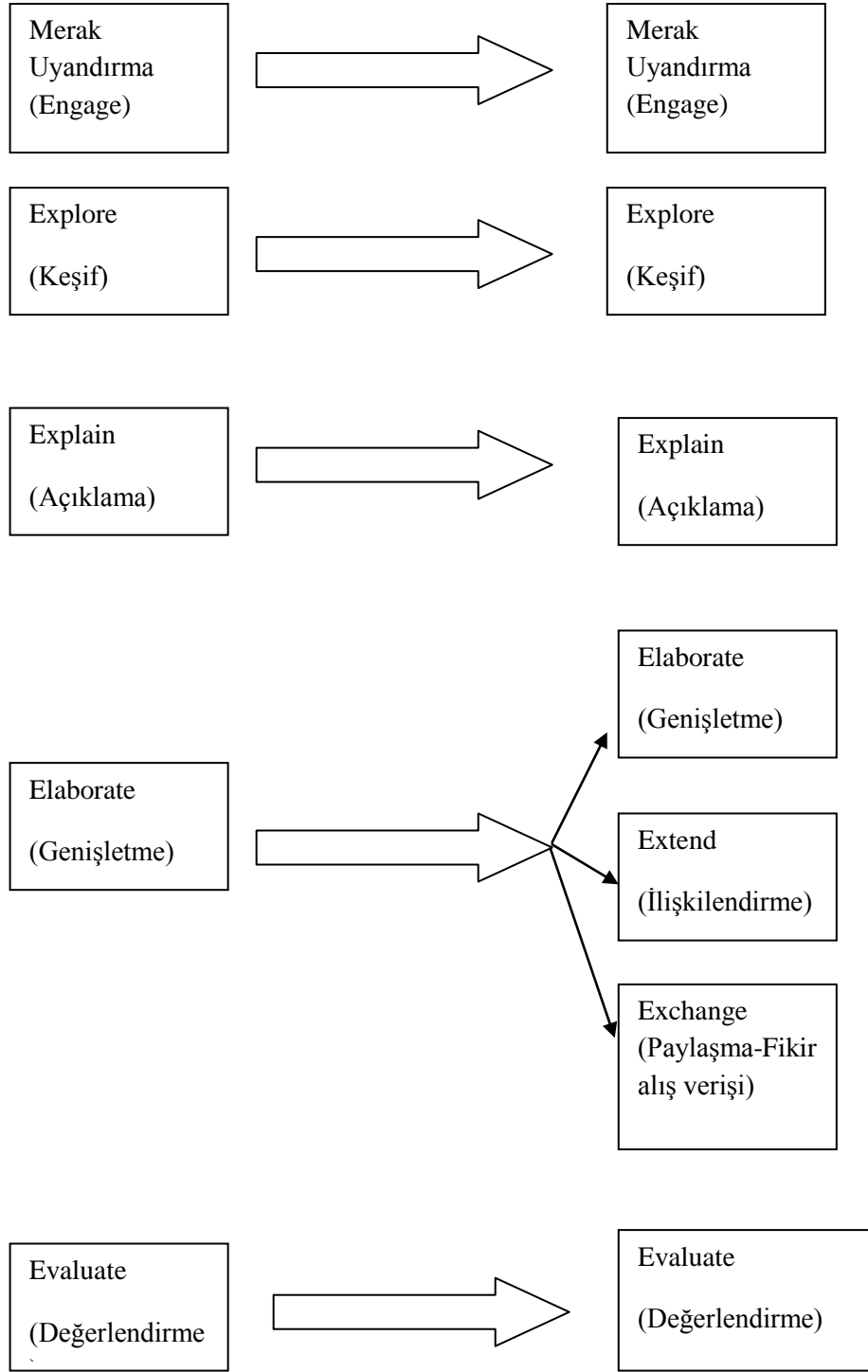
Çizelge 2.1:7E Öğretim modeli uygulama örneği

7E öğrenme basamağı	Ders: Emniyet kemeri
Ön bilgileri yoklama (Elicit)	Yüksek hız yapabilen bir yarış arabası için emniyet kemeri tasarlamamız gerektiğini farz edin. Tasarlayacağınız kemerin, şu an kullanılanlardan ne farkı olabilir? Şeklinde bir soru öğrencilere yöneltilir. Öğrencilerden ne düşündüklerini açık bir biçimde yazmaları istenir. Daha sonra bu bilgileri sıra arkadaşı ile paylaşması istenir. Bir kaç dakika süre içinde bazı öğrencilerin cevaplarını sınıfla paylaşması sağlanır.
Merak uyandırma (Engage)	Öğrencilerin sinema ya da gerçek hayatta karşılaştıkları kazaları ilişkilendirmesi istenir.
Keşif aşaması (Explore)	Keşif aşamasının ilk bölümünde öğrencilerden, oyun hamuru ile oyuncak arabaya oturabilecek bir insan figürü yapmaları istenir. Daha sonra hazırlamış oldukları oyuncak arabayı duvara çarpmaları istenir böylece öğrenciler insan figürünün de duvara çarptığını gözleyebilirler.
Merak uyandırma (Engage)	Öğrencilere araba kaza testleri ile ilgili videolar izlettirilir.
Keşif aşaması (Explore)	Öğrencilere hazırlamış oldukları insan figürünü çarpma esnasında nasıl koruyabilecekleri sorulur. Burada başka bir deney gerçekleştirilir. Emniyet kemeri olarak ince bir tel kullanılır. Deney tekrarlanır. Araba tekrar duvara çarptırılır. İnsan figürü çarpmadan kurtulmuştur ancak bu sefer de ince tel tarafından ikiye bölünmüştür.
Açıklama aşaması (Explain)	Bu aşamada öğrenciler daha geniş bir emniyet kemeri kullanmaları gerektiğinin farkına varırlar. Burada öğrenciler basınç, kuvvet ve yüzey alanı kavramları ile karşılaşırırlar.

Genişletme aşaması (Elaborate)	Öğrencilerin Newton'un birinci yasaını ve kuvveti dikkate alarak, daha iyi bir emniyet kemeri tasarlaması sağlanır.
Değerlendirme aşaması (Evaluate)	Bu aşamada öğrencilerden 250 km/h hızla gidebilen bir yarış arabası için bir kemer tasarlamaları ve bu kemeri NASCAR yarışlarında kullanılan kemerlerle kıyaslamaları istenir.
İlişkilendirme aşaması (Extend)	Öğrencilerden hava yastığı çalışma prensibini araştırmaları ve emniyet kemeri ile karşılaştırma yapmaları istenir. Burada cevap bekleyen sorulara örnek olarak "Hava yastığının çalışmasını sağlayan nedir? Hava yastığı küçük bir darbeye çalışmazken, bir ağaca çarptığında neden çalışır?" verilebilir.

5E'den 7E'ye geçiş sürecine katkı sağlayan bir diğer kişi ise Bybee'dir. Şekil 2.2'de de görüldüğü gibi, Bybee (2003) 7E'yi merak uyandırma, keşfetme, açıklama, genişletme, ilişkilendirme, fikir alış verişi-paylaşma ve değerlendirme aşamalarına ayırmıştır. Ön bilgilerini yoklama aşamasına merak uyandırma aşaması içerisinde yer vermiş, ayrı bir aşama olarak vurgulamamıştır. Eisenkraft'tan farklı olarak "Fikir Alışverişi/Paylaşma" aşamasını ilave etmiştir.

Bybee 'e (2003) göre, yeni bir Şey öğrenme lineer bir süreç değildir. Bu süreç içerisinde önceki deneyimlerimiz ve ilk elden elde ettiğimiz bilgiler büyük önem taşır. Başlangıçta kavramlar bizi heyecanlandırabilir ama kavram hakkında araştırma yaptıkça ve yeni bilgiler öğrendikçe kavram daha az gizemli hale gelir. Yeni bir Şeyler keşfetmeye başladıkça, önceki deneyimlerimizle bunları bir araya getirir ve bilgiyi adım adım yapılandırırız.



Şekil 2.2: 7E Modeli, (Bybee'den uyarlanmıştır, 2003)

Eisenkraft (2003) ve Bybee (2003) tarafından yorumlanan E'ler bir bütün olarak Çizelge 2.2' de verilmiştir.

Çizelge 2.2: 7E'lerin karşılaştırılması

7E	
Eisenkraft	Bybee
Elicit (Ön bilgileri yoklama)
Engage(Merak uyandırma)	Engage(Merak uyandırma)
Explore(Keşfetme)	Explore(Keşfetme)
Explain (Açıklama)	Explain (Açıklama)
Elaborate (Genişletme)	Elaborate (Genişletme)
Evaluate (Değerlendirme)	Extend (İlişkilendirme)
Extend (İlişkilendirme)	Exchange (Paylaşma-Fikir alış veriş)
.....	Evaluate (Değerlendirme)

Çizelge 2.2 'de görüldüğü gibi, Eisenkraft “ön bilgileri yoklama” aşamasını ayrı bir aşama olarak vurgularken, Bybee bu aşamayı “merak uyandırma aşaması” içerisinde ifade etmiştir. Eisenkraft “ilişkilendirme” aşamasına “değerlendirme” aşamasından sonra yer verirken, Bybee ise “ilişkilendirme” ve “paylaşma-fikir alış veriş” aşamalarına “değerlendirme” aşamasından önce yer vermiştir.

7E öğretim modeli ile ilgili çalışmalara baktığımızda, Eisenkraft (2003), 5E Modelinin genişletilmesi (Expanding the 5E Model) isimli çalışmasında, 5E ve 7E öğretim modeli arasındaki benzer ve farklı yönleri ortaya koymuştur. Çalışmada 5E Modelinin 7E Modelinden ayrıldığı ve ortak olduğu noktalar belirtilmiştir. 5E Modelindeki Giriş-Katılım (Engage) aşaması, 7E Modelinde Elicit, Engage aşamaları ile ikiye bölünmüş, Explore ve Explain aşamaları aynı, Elaborate aşaması, 7E Modelinde Elaborate, Evaluate, Extend aşamaları ile karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca bu çalışmada E'lerin artışının yararları araştırılmıştır. Uygulamada daha çok 7E Modelinin katkısını incelemek için daha önce öğrencilerin, bildiklerinin ortaya çıkarılması, öğrencilerin öğrendiklerini başka olaylara aktarması istenmiştir. Yapılan yabancı literatür taramasında 7E Modeli ilgili başka çalışmalara rastlanmamıştır.

Gönen vd., (2006) tarafından yapılan “Bilgisayar destekli öğretim ile bütünleştirici öğretimin 7E modelinin lise öğrencilerinin başarı ve tutumlarına etkisi” isimli çalışmada iki modelin etkisi karşılıklı olarak incelenmiş ve 7E modelinin öğrencilerin bilişsel alanın bilgi ve kavrama düzeyinde öğrenci başarısını arttırdığı gözlenmiştir.

Mecit (2006) tarafından, 7E öğretim modelinin ilköğretim beşinci sınıf öğrencilerinin eleştirel düşünme yeteneği gelişimine etkisi incelenmiştir. Çalışmada yer alan deney grubunda sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımını temel alan 7E öğretim modeli kullanılmıştır. Sorgulamaya dayalı 7E öğretim modelinin öğrencilerin eleştirel düşünme becerilerinin gelişimini olumlu yönde etkilediği belirlenmiştir.

Kanlı ve Yağbasan (2008), 7E modeli merkezli laboratuvar yaklaşımı ile tündengelim laboratuvar yaklaşımının temel fizik laboratuvarı alan üniversite birinci sınıf öğrencilerinin bilimsel süreç becerilerini geliştirmedeki etkililiğini araştırmışlardır. 7E öğretim modelinin uygulandığı deney grubu öğrencilerinin değişkenleri belirleme-kontrol etme, işe vuruk tanımlama ve hipotez kurma becerilerinde istatistiksel olarak anlamlı şekilde; grafiği ve verileri yorumlama ile araştırma tasarlama becerilerinde ise anlamlı olmasa da daha yüksek bir başarı ortalamasına sahip olduğu belirlenmiştir.

Balım vd.(2008), kavram karikatürlerinin öğrencilerin akademik başarı ve sorgulayıcı öğrenme becerisi algıları üzerindeki etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Araştırma yedinci sınıf fen dersi “Ya Basınç Olmasaydı?” ünitesi üzerinde yürütülmüş ve dört hafta boyunca deney ve kontrol grubunda ders planları ve etkinlikler, yapılandırmacı kurama dayalı 7E öğretim modeli temel alınarak hazırlanmıştır. Deney grubu ön test-son test sorgulayıcı öğrenme becerileri algı puanları arasında anlamlı bir farklılık gözlenirken, deney ve kontrol grubu son test sorgulayıcı öğrenme becerileri algısı ölçeği puanları ile akademik başarı testi puanları arasında anlamlı bir ilişkinin olmadığı belirlenmiştir.

Bülbül (2010), bilgisayar animasyonları destekli 7E öğretim modelinin 9. sınıf öğrencilerinin difüzyon ve osmoz konuları ile ilgili kavramları anlamalarına, başarılarına ve biyolojiye karşı tutumlarına etkisini geleneksel biyoloji öğretim yöntemi ile karşılaştırmıştır. Analiz sonuçları, bilgisayar destekli 7E öğretim

modelinin, öğrencilerin difüzyon ve osmoz konularına yönelik kavramları anlamalarında ve başarılarında geleneksel biyoloji öğretim yöntemine göre daha etkili olduğunu göstermiştir. Ayrıca 7E öğrenme döngüsü modeline dayalı öğretim yönteminin öğrencilerin biyoloji dersine karşı olan tutumlarının gelişmesinde daha etkili olduğu gözlenmiştir. Soylu (2011), çalışmasında, Fen ve Teknoloji dersinde “Yaşamımızdaki Elektrik” ünitesinde 7E öğretim modeline göre düzenlenmiş kavram karikatürlerinin kullanılarak oluşturulan etkinlik örneklerini incelenmiştir. Çalışmada; kavram karikatürleriyle ilgili daha önceden yapılan çalışmalar incelenmiş, kavram karikatürlerinin eğitim ortamlarında kullanılmasının avantajları ele alınmaya çalışılmış ve çalışma literatür taraması haline getirilmiştir.

Özbek ve diğerleri (2012) 5E ve 7E öğretim modellerinin fen okuryazarlığı üzerine etkisini inceledikleri araştırmalarında öğretmen adaylarının görüşlerine başvurmuşlardır. Araştırma sonucunda öğretmen adaylarının bu modelleri bilimsel süreç becerisi kazandırmakta etkili buldukları belirtilmiştir. Özbek vd., (2012), çalışmalarında bilimsel süreç becerilerinden hipotez kurma ve değişken belirleme üzerinde durmuşlardır. Bu kapsamda sorgulama temelli öğrenmeye bağlı 7E modelinin ilgili becerilere etkisi incelenmiştir. Bu amacı gerçekleştirmek için 2011–2012 öğretim yılında Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilgisi Öğretmenliği Bölümünde 40 öğrenci ile bir çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmanın verileri öğrenciler tarafından deneysel etkinlikler sırasında doldurulan raporlardan Hipotez ve Değişken Belirleme Rubriği ile toplanmıştır. Çalışma sonucunda, 7E öğretim modelinin hipotez kurma ve değişken belirleme becerisi üzerinde etkili olduğu bulunmuştur.

Araştırma kapsamında kullandığımız öğretim modeli Eisenkraft (2003) tarafından ortaya konulan 7E öğretim modeli olmuştur. 7E öğretim modelinin seçilme nedenleri arasında, sosyal yapılandırmacı yaklaşımın genel felsefesini yansıttığı düşünülmektedir. Model çerçevesinde yer alan her bir aşamanın ayrı bir önemi vardır. Bu modelin en önemli seçilme nedeni, “ön bilgileri yoklama” aşamasını içeriyor olmasıdır. Ön bilgileri yoklama aşamasında öğrencinin yeni kavram ve konu hakkında ne bildiği ortaya çıkarılmaya çalışılır. Aslında bu aşama bir anlamda dersin başlangıç noktasını belirleme aşamasıdır. Ön bilgileri belirlenen öğrencilerin, ders süresince gerçekleştirilen etkinlikler ile aktif katılımı sağlanabilmekte ve bilgiyi kendilerinin yapılandırması gerçekleşebilmektedir. Sosyal yapılandırmacı kurama göre, öğrenme ve öğretme süreçleri sosyal etkileşimi

destekleyecek şekilde belirlenmelidir. 7E öğretim modeli, öğrenme ortamlarının sosyal etkileşimi destekleyecek şekilde düzenlenmesine imkan sunmaktadır. Özellikle öğrencilerin kuantum fiziği temel kavramlarına ilişkin ön bilgilerinin belirlenmesi, bu ön bilgilerden bilimsel bilgilere geçişte kullanılacak etkinliklere yer vermesi bakımından 7E öğretim modeli tercih edilmiştir.

2.3 Kavram, Alternatif Kavram ve Kavramsal Değişim

2.3.1 Kavram

Kavram, kısaca nesnel gerçekliğin insan beyinde yansıma biçimi şeklinde tanımlanabilir (Hançerlioğlu, 1967). Ülgen (2004)'e göre ise kavram, insan zihninde anlaşılan, farklı obje ve olguların değişebilen ortak özelliklerini temsil eden bir bilgi yapısıdır. Morgan (1977) ise kavramları, “belli bir uyarıcının bir ya da daha fazla özelliğinin soyutlanmasıdır” şeklinde tanımlamıştır.

Kavramla ilgili tanımları arttırmak mümkündür ancak tüm bu tanımları dikkate aldığımızda kavramların en önemli özelliğinin öğelerin özelliklerine göre gruplandırma yapılması olduğu söylenebilir. Kavramlara ait özelliklerin belirlenmesi, kavram öğretiminde son derece önemlidir.

Kavram öğretimi, ilgili kavramın çocuğun zihninde yapılandırılmasını sağlama işidir. Kavram öğrenme ise, hem sınıflandırılmış uyaranlar temel alınarak zihinde bilgiler oluşturma, hem de bir çeşit problem çözme sürecidir (Morgan, 1977).

Kavramlar tanımla öğrenilebilecek bilgi parçaları değildir. Kavram öğretimi konusunda yapılan hatalardan bir tanesi de kavramların sadece tanımla öğretilebileceğine inanılmasıdır. Kavramlar insanlarda doğuştan itibaren gelişmeye başlar. Kavramlar geliştikçe bilginin yapıtaşları oluşur. Oluşan bu yapıtaşları farklı şekillerde birleştirilerek yeni bilgilerin kavranması veya zihinde üretilmesi sağlanabilir (Çepni, 2005).

Eğitim programlarında kavram öğrenmenin oldukça önemli bir yeri vardır. Kavram öğretiminin önemi Driver ve Erickson (1983)'a göre şu şekildedir;

- ❖ Kalıcı öğrenme işlemsel değil, kavramsaldır.
- ❖ Öğrenci ancak bilgilerini karşılaştığı durumlara uygulayabilirse öğrenmiş yani kavramış sayılır.
- ❖ Öğrencilerin sahip olduğu ön bilgiler daha sonra öğrenecekleri bilgiler üzerinde oldukça fazla etki yapmaktadır. Özellikle öğrencide var olan yanlış kavramalar yeni kavramların öğrenilmesi olumsuz yönde etkiler.
- ❖ Her gün yeni bilgiler keşfedilmektedir. Bu keşifler öylesine hızlı olmaktadır ki insanların algı sınırını aşmaktadır. Bundan dolayı bütün bilgileri öğrenmek mümkün olamamaktadır. Bu nedenle kavramsal olarak temel kavramları öğrenmek daha önemlidir.
- ❖ Bilimsel olarak kabul edilebilir seviyede kavramsal öğrenmenin gerçekleşmesi için öğrencilerin alternatif kavramlarının bilimsel fikirlere doğru değişiminin sağlanması gerekir.
- ❖ Sınıf içindeki öğrencilerin öğrenme hızları birbirinden farklıdır. Bu nedenle öğretmenler kavram öğretimine önem vermeli ve her düzeye uygun öğretim planı yapmalıdır.
- ❖ Kavram öğretimi basitten karmaşığa doğru ilerlemelidir. Öğretmenin öğrencilerin hiyerarşik yerini tespit ederek kavramları öğretmesi daha etkili olur.

2.3.2 Alternatif Kavram

Birey dünyaya geldiği andan itibaren, kavram öğrenmeye başlar ve bu kavram öğrenme süreci bireyin yaşamı boyunca devam eder. Yani bir birey okula başlamadan önce, öğretilecek olgu ve kavramlarla ilgili bilgi ve inanışlara sahiptir. Burada dikkat edilmesi gereken asıl nokta, bireylerin sahip olduğu bu kavram ve inanışlar, oldukça köklü ve bilimsel olarak kabul edilen görüşlerle uyumlu olmayabilir (Osborne, 1985; Gunstone ve Champagne, 1990; Duit ve Treagust, 2003).

Literatürde yer alan farklı çalışmalar incelendiğinde, bireyin kavramlarla ilgili sahip olduğu bu fikirler; yanlış algılamalar, alternatif kavramlar, ön kavramlar, alternatif çerçeveler gibi isimler ile kullanılmaktadır. Novak “ön kavramlar”; Driver ve Easley (1978) “alternatif kavramlar”; Helm “kavram yanılgıları”; Sutton “çocukların bilimsel içgüdüleri”; Gilbert, Watts ve Osborne (1982) “çocukların

bilimi”; Halloun ve Hestenes “genel duyu kavramları”; Pines ve West (1986) “kendiliğinden oluşan bilgiler”; olarak adlandırmışlardır. Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde, en yaygın olarak kullanılan terimlerin “kavram yanılgısı” ve “alternatif kavram” olduğu belirlenmiştir. Bu araştırmada “alternatif kavram” terimi tercih edilmiştir.

Güneş (2011), alternatif kavramı, kişilerin olaylar hakkında bilimsel olarak tamamen yanlış olan fikir ve anlayışları olarak tanımlarken, Stepan (1996) ise alternatif kavramı, bir kişinin bir kavramı anladığı şeklin ortaklaşa kabul edilen bilimsel anlamından önemli derecede farklılık göstermesi şeklinde tanımlamaktadır (Yağbasan ve Gülçiçek, 2003).

Sanders (1993)’ a göre ise alternatif kavram, günlük yaşam deneyimleri sonucu ortaya çıkan, bilimsel anlamdan uzak, günlük dilden kaynaklanabilen, okul ortamında öğrencinin bilgiyi yanlış yapılandırması sonucu veya bir bilginin yanlış öğretilmesi sonucu öğrenilen hatalı fikirler şeklinde tanımlanmaktadır. Trundle vd., (2002) alternatif kavramı, belirli bir olay için geçerli olan bilimsel açıklama ile uyumlu olmayan kavramsal anlama tipi olarak ifade etmektedir.

Wandersee vd., (1994) tarafından, öğrencilerin sahip olduğu alternatif kavramların özellikleri sekiz başlık altında toplanmıştır. Bunlar;

1- Öğrenciler, öğrenme ortamlarına doğal nesne ve olaylarla ilgili bir dizi alternatif kavramla gelirler.

2- Öğrencilerin öğrenme ortamlarına getirdikleri bu alternatif kavramlar, yaş, cinsiyet, yetenek ve kültürel yaşantıdan bağımsızdır.

3- Alternatif kavramlar köklü bir yapıya sahiptir ve bu nedenle geleneksel öğretim stratejileri ile değiştirilmeye dirençlidir.

4- Alternatif kavramlar, daha önceki bilim adamları ve filozofların açıklamalarına paraleldir.

5- Alternatif kavramlar, öğrencilerin, yapmış olduğu gözlemler, akran kültürü, dil, öğretmen açıklamaları ve öğretim materyalleri geçmiş deneyimlerinden kaynaklanabilir.

6- Öğretmenler sıklıkla, öğrencilerinin sahip olduğu alternatif kavramlara sahiptirler.

7- Öğrencilerin sahip oldukları alternatif kavramlar, ders esnasındaki bilimsel kavramlarla etkileşerek tahmin edilmeyecek öğrenme çıktılarına sebep olabilirler.

8- Öğretim yaklaşımları, kavramsal değişimi kolaylaştıracak etkili sınıf araçları olabilir.

Bu alternatif kavramlar hiç şüphesiz ki, bireyin öğrenmesini engelleyebilecek, bireyin karşılaştığı durumları yanlış yorumlamasına sebep olabilecektir. Bu nedenle, bireylerde var olan bu alternatif kavramların kaynaklarının belirlenmesi gerekmektedir.

Öğrencilerde var olan alternatif kavramların kaynakları Committee of Undergraduate Science Education (CUSE) (1997) tarafından şu şekilde sıralanmaktadır;

1- Günlük deneyimlerden kaynaklanan ön yargılı düşünceler

Bu düşünceler günlük deneyimlerimizden kaynaklanan köklü düşüncelerdir.

2- Bilimsel olmayan inançlar

Bilimsel bilgi kaynakları dışındaki kaynaklardan öğrenilen bilgilerdir. Bu kaynaklar, din veya mitolojik öğretiler olabilir.

3- Kavramsal yanlış anlamalar

Bilimsel bilgiler öğrencilere doğrudan verilmeye çalışılırsa, onların ön yargılı düşünceleri, bilimsel olmayan inançları göz ardı edilirse kavramsal yanlış anlamalar oluşabilir. Bu durumda öğrenciler, kendilerini güvenli hissettikleri hatalı modeller oluşturabilirler.

4- Yerel (yöresel) alternatif kavramlar

Kelimelerin günlük yaşam kullanım ile bilimsel anlamları birbirinden farklı olduğu durumlarda ortaya çıkar. Örneğin, iş kavramı, erime ve çözünme kavramları.

5- Gerçeklere dayanan alternatif kavramlar

Bireylerin çok erken yaşlarda edindikleri ve yetişkinlikte değiştirmekte güçlük çektikleri kavramlardır. Örneğin, yıldırım aynı noktaya iki kere düşmez düşüncesi size açıkça saçma gelebilir ancak bu düşünce inanç sisteminizin bir

köşesine yer etmiş olabilir. Bireylerin sahip oldukları bu alternatif kavramlar, ortadan kaldırılmak isteniyorsa, bireylerin zihinlerinde kavramsal değişim sürecini başlatacak olanaklar sağlanmalı ve kavramsal değişimlerine olanak sağlanmalıdır (Pines ve West, 1986).

2.3.3 Kavramsal Değişim

Kavramsal değişim modelinin, yapılandırmacılığa dayanan öğretim yaklaşımından (Georghiades, 2000) veya alternatif kavramlar ile ilgili yapılan çalışmalardan (Wandersee vd., 1994) köken aldığı düşünülmektedir (Uçar, 2010). Kavramsal değişim modeli 1980'lerden beri fen eğitiminde ele alınan teorilerden biri olmuştur ve kavramsal değişim ile ilgili ilk model Posner ve arkadaşları tarafından 1982 yılında ileri sürülmüş, daha sonraları Hewson (1982) tarafından geliştirilmiştir. Kavramsal değişim, bilimsel kavramların ve ilkelerin öğrenilmesi için, öğrencilerin öğretim öncesi sahip oldukları kavramların yeniden yapılandırılması şeklinde tanımlanabilir (Duit ve Treagust, 1998; White ve Gunstone, 1989). Kavramsal değişim, Chi ve Roscoe (2002) tarafından, alternatif kavramların düzeltilmesi şeklinde tanımlanırken, Smith vd. (1993) kavramsal değişim sürecini alternatif kavramların giderilmesi ve anlamlı öğrenmenin gerçekleştirilmesi için mevcut bilgilerin gözden geçirilmesi ve yeni bilgilerle uyum sağlamak amacı ile yanlış bilgilerin değiştirilmesi olarak tanımlamışlardır.

2.4 Kavramsal Değişim Modellerine Genel Bir Bakış

Literatürü incelediğimizde çeşitli kavramsal değişim modellerinin yer aldığını görmekteyiz. Bu modellerin en önemli ayırım noktası kavramsal değişimi farklı yönlerden ele alması ve kavramsal değişimi tanımlama biçimleridir. Bazı araştırmacılar, kavramsal değişime epistemolojik açıdan bakarken (Posner vd., 1982; Hewson ve Hewson, 1984), Chi vd., (1993) kavramsal değişimi ontolojik açıdan ele almışlardır.

Hewson ve Hewson (1992), kavramsal değişim teriminde kullanılan “değişim” kelimesini daha iyi anlayabilmek için, üç farklı örnek sunmuştur. Birinci

durum, sanki bir peri masalı gibi, prensesin kurbağayı öpmesi ve kurbağanın prensese dönüşmesidir. Buradaki değişimde, ilk durumun tamamen ortadan kalkması ve yeni bir durumun oluşması söz konusudur. İkinci durum ise, bireyin (Jane) birikimlerini değerlendirmesi ile ilgilidir. Bireyin hisseleri artıstadır ve bakiyesi artmaktadır. Birey parasından harcarsa bakiyesi azalır. Burada değişim, bir şeyin miktarının artması veya azalması şeklindedir. Üçüncü durumda ise, aynı şehirde yaşayan 2 rakip politikacıdan bahsedilmiştir. Görevdeki belediye başkanı seçimleri kaybettiği zaman, yerine rakip belediye başkanı seçimleri kazanmaktadır. Her ikisi de aynı şehirde yaşamaktadır. Değişen sadece bireylerin statüleridir. Bu değişimde tamamen yer değiştirme yoktur.

Kavramsal değişimde birinci örnekteki gibi tamamen yok olma kabul edilmezken, ikinci örnek, kavramsal ele geçirme (Hewson, 1981) ve üçüncü örnek, kavramsal değiş tokuş (Hewson, 1981) olarak tanımlanmıştır (Hewson ve Hewson, 1992).

Gaddis (2001), farklı adlandırılmalarına rağmen, kavramsal değişim modellerinin üç ortak özelliğini, alternatif kavramların belirlenmesi, bilişsel çelişki ve uygulama olarak ortaya koymuştur.

2.4.1 Posner, Strike, Hewson ve Gertzog Tarafından Ortaya Konulan Model

Posner vd., (1982) kavramsal değişimin bir tanımını yapmamışlardır sadece kavramsal değişim için gerekli koşullardan bahsetmişlerdir. Posner vd., (1982) tarafından geliştirilen kavramsal değişim teorisinde, özümleme ve düzenleme süreçleri ön plandadır. Özümleme, yeni olgulara ulaşmada ön bilgilerden yararlanmayı ifade ederken, düzenleme ise öğrencilerin var olan ön bilgilerinin yeni bir olguyu açıklamada yetersiz kaldığında veya çeliştiklerinde, bu ön bilgilerin öğrenci tarafından yeniden düzenlenmesini ve organize edilmesini ifade eder.

Kavramsal değişimin gerçekleşebilmesi için bazı şartların gerçekleşmesi gerekir. Bu şartlar, (Posner vd., 1982; Hewson ve Hewson, 1983; Smith vd., 1993; Beeth, 1998) şu şekilde gruplandırılmıştır;

1- Ön kavramlarla ilgili hoşnutsuzluk olmalıdır.

Bilim adamları ve öğrenciler, karşılaşılan bir problemin çözümünde, mevcut bilgilerin yetersiz kaldığını hissetmediği sürece, var olan alternatif kavramların değiştirilmesi mümkün olmamaktadır. Bu nedenle, mevcut kavramın yetersiz olduğu görülmelidir. Hoşnutsuzluğun en temel kaynağı bireyin yaşadığı anomalilerdir. Birey, yeni kavramı, var olan kavram ağı içerisinde özümseyemediğinde, anomali yaşar. Bireyin anomali ile karşılaştığı durumda bazı yapabileceği şeyler vardır (Posner vd., 1982). Chinn ve Brewer (1993), bireyin yaşadığı dengesizlik durumuna sekiz farklı şekilde yanıt verebileceğini belirtmektedir. Bunlar; anomali oluşturan bilgiyi göz ardı etme, anomali oluşturan bilgiyi reddetme, anomali oluşturan bilgiyi kabul etme ve teoriyi değiştirme, anomali oluşturan bilgiyi kabul etme ve yüzeysel değişiklikler yapma, anomali oluşturan bilgiyi ilk verileri ile yeniden yorumlama, anomali oluşturan bilgiyi askıya alma, anomali oluşturan bilgiyi dışlama, anomali oluşturan bilginin geçerliliği hakkındaki belirsizliği kabul etme şeklindedir (Zimmerman, 2007).

2- Yeni kavram anlaşılır olmalıdır.

Öğrencinin yeni bir kavramı dikkate alması için, öncelikle o kavramı anlaması gereklidir. Anlaşılabilirlik, özümleme için gereklidir ancak özümlemeye eşdeğer değildir. Anlaşılabilirlik, kavramın açıklanmasında kullanılan semboller, terimleri ve söz dizinlerini anlamayı gerektirir. Başka bir deyişle, anlaşılabilirlik, bireyin kavramla ilgili kendine özgü tutarlı bir tanıma ve zihinde canlandırma sürecini gerektirir (Posner vd., 1982). Hewson ve Hennessey (1992)'e göre bir kavramın anlaşılır olması, bireyin kavramın anlamını bilmesi ve kendi ifadeleri ile kavramı açıklayabilmesidir.

3- Yeni kavram akla yatkın (mantıklı) olmalıdır.

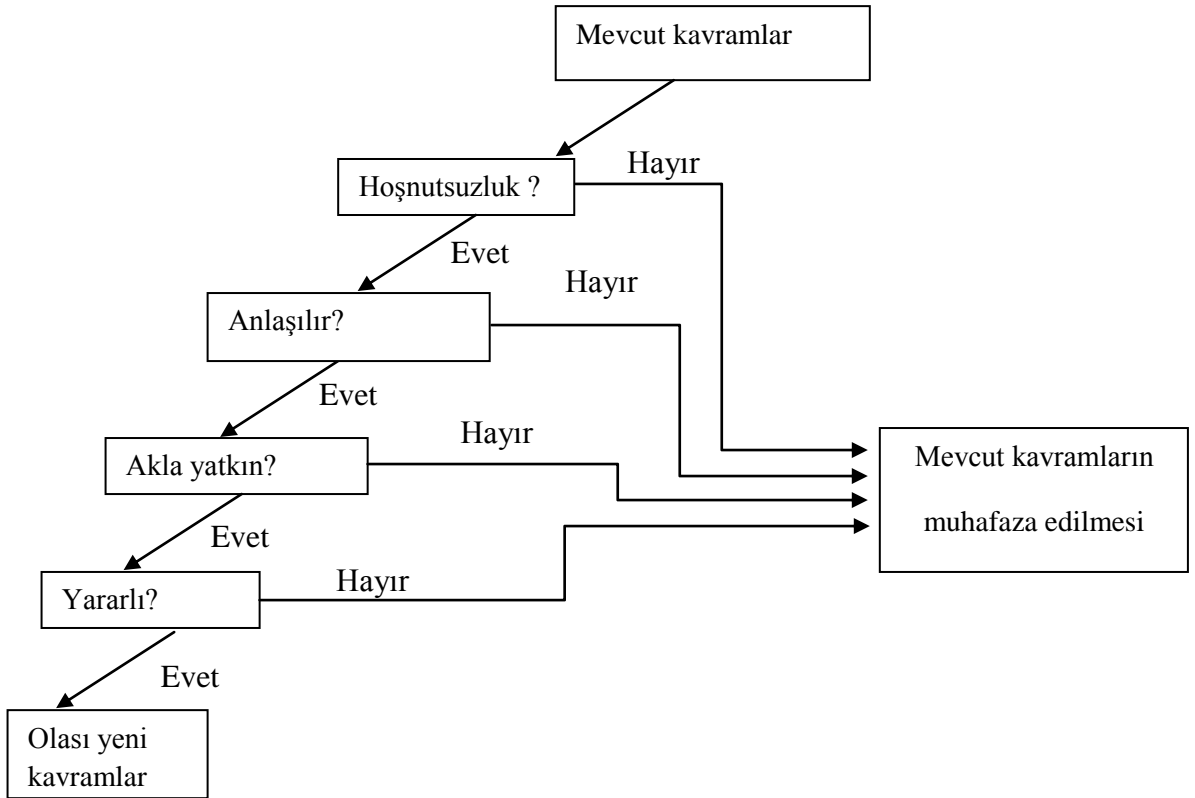
Bir kavramın mantıklı olması için, öncelikle kavramın anlaşılır olması ve bireyin dünya görüşü ile uyumlu olması gerekir (Hewson ve Hennessey, 1992). Posner vd., (1982) tarafından bir kavramın akla yatkın kabul edilebilmesi için bazı koşulların oluşması gerektiği belirlenmiştir. Bu koşullar;

- ❖ Kavram kişinin sahip olduğu metafiziksel inançlarla, epistemolojik vaatlerle tutarlı olmalıdır.

- ❖ Kavram, diğer bilgi ve teorilerle tutarlı olmalıdır.
- ❖ Kavram, geçmiş deneyimlerle tutarlı olmalıdır.
- ❖ Kavram, problem çözümünde kullanılabilir olmalıdır.
- ❖ Birey, kavram ile ilgili, zihninde imge oluşturabilmelidir.

4-Yeni kavram yararlı olmalıdır.

Bireyin karşılaştığı yeni kavram, anlaşılır, mantıklı ve kullanışlı olmalı ve birey bu kavramı kullanarak açıklamalar yapabilmelidir (Hewson ve Hennessey, 1992). Edinilen yeni kavram, okul dışındaki, günlük yaşantıda da kullanılabilir olmalıdır. Yeni kavram sadece anomalileri çözmemeli, aynı zamanda bireye yeni bir bakış açısı ve keşfetme yeteneği kazandırmalıdır. Böylelikle, yeni kavram birey tarafından işe yarar görülecek ve kavramın özümsemesi daha ikna edici bir hal alacaktır (Posner vd., 1982). Posner vd., (1982) tarafından ön görülen kavramsal değişim teorisinin gösterimi Şekil 2.3'teki gibidir.



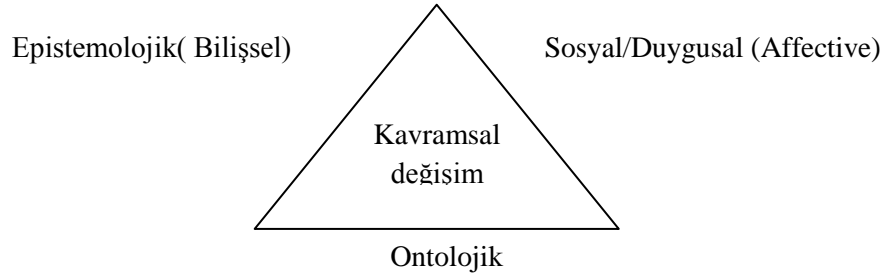
Şekil 2.3: Kavramsal Değişim Teorisi (Dole ve Sinatra (1998)'dan uyarlanmıştır.)

Şekil 2.3'te görüldüğü gibi, öğrencide kavramsal değişimin sağlanabilmesi için bir takım şartların yerine getirilmesi gerekmektedir. Bu aşamada, öğrenci mevcut bilgilerine karşı hoşnutsuzluk içerisinde olmalıdır ve bu hoşnutsuzluğun neden olduğu sorunları bilimsel kavramların çözebileceğini düşünmelidir. Yeni kavram öğrenci için anlaşılır olmalıdır. Anlaşılır olmayan kavram öğrenci tarafından içselleştirilememekte ve doğru anlamlandırılmamaktadır. Ayrıca yeni kavram akla yatkın ve yararlı olmalıdır. Yeni kavramın problemleri çözmedeki verimliliği öğrencinin eski bilgiyi terk etmesini çabuklaştırmaktadır (Posner vd., 1982).

Posner vd., tarafından ortaya atılan kavramsal değişim teorisi, Pintrich vd., (1993) tarafından “soğuk” olarak nitelendirilmiştir. Zaman içerisinde teori gözden geçirilmiş ve bazı noktalara açıklık getirilerek, Posner ve Strike tarafından revize edilmiştir. Yeni model de vurgu, motivasyon, alternatif kavram ve kavramsal ekoloji üzerine yoğunlaşmıştır.

2.4.2 Üç Bileşenli Kavramsal Değişim Modeli

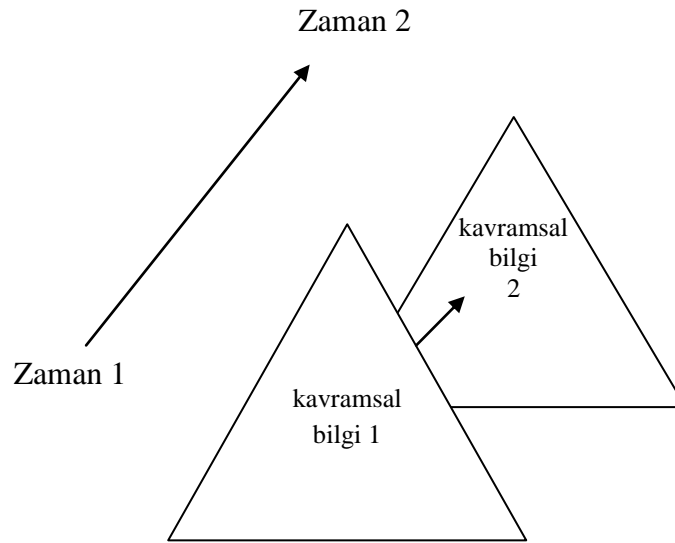
Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde, araştırmacılar tarafından kavramsal değişimin tanımında çok farklı terimler kullanıldığı görülmektedir. Bunlardan bazıları özümleme ve uyum sağlama (Posner vd., 1982; Strike ve Posner, 1992; Smith vd., 1993), zayıf yeniden yapılanma ve güçlü yeniden yapılanma (Carey, 1985), dal atlama ve ağaç değiştirme (Thagard, 1991), kavramsal yakalama ve kavramsal değişim (Hewson ve Hewson, 1992), farklılaştırma ve yeniden kavramsallaştırma (Dykstra, 1992), zenginleştirme ve revizyon (Vosniadou, 1994) şeklindedir (Tyson vd., 1996). Farklı terimler kavramsal değişimi tanımlamak için kullanılsa da aslında bu terimlerin hepsi ortak bir noktadan köken alır (Dagher, 1994; akt: Tyson vd., 1996). Tyson vd. (1996) tarafından “Sınıftaki kavramsal değişim olayları için çok boyutlu bir çerçeve” isimli çalışmada, kavramsal değişim sürecini değerlendirmede kullanılabilecek çok boyutlu bir kavramsal değişim çerçevesi sunulmuştur. Kavramsal değişimin boyutları, Şekil 2.4'te de görüldüğü gibi, bir üçgenin köşeleri olarak ifade edilmiş ve her bir köşe bir kavramsal değişim boyutuna karşılık getirilmiştir.



Şekil 2.4 Kavramsal değişimin çok boyutlu çerçevesi

Kavramsal değişimin ontolojik bakış açısında, öğrencilerin olayların doğası ve dış dünyayı nasıl algıladıkları önem taşır. Epistemolojik bakış açısında ise öğrencilerin var olan bilgilerini nasıl algıladıkları ile ilgilidir. Sosyal/Duygusal bakış açısı ise kavramsal değişimin gerçekleşmesi için gerekli olan sosyal/duygusal şartlar ile ilgilidir.

Kavramsal değişim, öğrencinin öğretim öncesi sahip olduğu kavramların dikkate alınması ve bu kavramlardan bilimsel içeriğe geçişte kendi öğrenmesini gerçekleştirmesi şeklinde tanımlanır. Bu yüzden kavramsal değişim durağan değildir aksine belirli zamanlarda gerçekleşebilecek dinamik bir süreçtir. Şekil 2.5'te yer alan kavramsal bilgi 1, öğrencinin öğretim öncesi anlayışlarını belirtirken, kavramsal bilgi 2 ise öğrencilerin sahip oldukları ön kavramlarının gelişmesini hatta bilimsel anlayışa dönüşmesini temsil etmektedir. Bu ikisi arasındaki okta, kavramsal değişim sürecini temsil eder (Tyson vd., 1996).



Şekil 2.5 Kavramsal değişimin dinamik yapısı

2.4.3 diSessa Tarafından Ortaya Konulan Model: Organize Etme

diSessa (1993), kavramsal değişimi olgusal prensiplerin dzenlenmesi açısından ele almıştır. diSessa (2002), kavramsal değişimi, bireylerin zihninde var olan, bilgi çeşitlerini yeniden organize etmek şeklinde tanımlamaktadır. Kısaca bilginin parçalardan yapılandırılmasıdır. Bu modelde öğrenenler, bilgi organizatörü gibi, çeşitli bilgileri ve kompleks sistemlere yeniden organize ederler (Mayer, 2002). Bu modelde ne çıkan nokta, p-prims olarak ta ele alınan ilkel primitivlerdir (diSessa, 1993; Mayer, 2002). Bunlar olgusal ilkeller, deneyimler ve gözlemsel olgulara dayanır (diSessa, 1993) ve kavramsal değişimin temelini oluştururlar (Mayer, 2002). İlkel primitivler, kavramsal değişime imkan tanırlar çünkü kavramsal değişim var olan bilgi parçalarının yeniden organize edilmesidir (Mayer, 2002).

2.4.4 Chi ve Roscoe Tarafından Ortaya Konulan Model: Doğrusu İle Değiştirme

Chi ve Roscoe (2002), kavramsal değişimi, alternatif kavramların düzeltilmesi şeklinde tanımlamışlardır. Bu modelde, alternatif kavramlar, yanlış dzenlenmiş kavram olarak ele alınır ve yapılması gereken, kavramın, yanlış kategoriden doğru kategoriye geçişinin sağlanmasıdır (Mayer, 2002). Chi (2008) ve Chi vd., (1994) evremizde gördüğümüz her şeyi üç kategoride toplamış ve bu kategorileri de ontolojik kategoriler olarak adlandırmışlardır. Ontoloji, varlığı bir bütün olarak ele alan ve varlığın en temel niteliklerini inceleyen felsefi bir disiplindir (Hançerlioğlu, 1994). Ontolojik zellik ise, bir varlığın yer aldığı ontolojik kategori sonucu sahip olma potansiyelini taşıdığı özelliktir (Chi vd., 1994). Bu bakış açısı, dünyadaki tüm varlıkları madde-süreç ve zihinsel aşamalar olmak üzere ontolojik kategorilerde değerlendirmiştir. Bu ontolojik kategorilerde yer alan her bir kategori kendi içinde de alt dallara ayrılmaktadır. Ontolojik kategoriler nasıl birbirinden farklı ise alt kategorilerde birbirinden farklıdır. Madde kategorisi doğal ve yapay, süreç kategorisi prosedür, olay ve sınırlı etkileşim, zihinsel aşamalar kategorisi ise duygusal ve kasıtlı alt dallarını içermektedir (Chi, 2008). Chi ve Roscoe (2002)'ya göre alternatif kavram, bir kavramı yanlış ontolojik kategoriye atama sonucu oluşur.

Örneğin, birey elektrik kavramını süreç kategorisi yerine madde kategorisine dahil ederse, madde kategorisindeki kavramların kutu ya da tenekede depolanabilme özelliğinden dolayı, elektriğinde bataryada depolandığı düşüncesinde olduğunu söylemek mümkündür. Yine birey bir telden geçen elektrik akımını, sıvıların akışı gibi düşünmekte ve bataryadan sızıntı oluşturduğunu söylemektedir. Bireyin elektrik konusundaki bu alternatif kavramının elektrik kavramının yanlış kategoride yer almasından köken aldığı söylenebilir.

Ontolojik kategoriler yanal olarak birbiri ile ilişki içerisindedir. Eğer bir kavram bulunduğu ontolojik kategoriden olması gereken ontolojik kategoriye geçiş yaparsa kavramsal değişim gerçekleşmiş olur (Chi ve Roscoe, 2002). Öğrenenler, aynı bir tamirci gibi, zihinlerinde var olan alternatif kavramları onarırlar. Öğrenenler, tamir sürecinde, öncelikle alternatif kavramlarını (yanlış kategorize edilmiş kavramları) belirlerler ve bu alternatif kavramlarına yerleşebilecekleri yeni kategoriler oluştururlar. Kısacası, bu modelde, bilişsel süreç, alternatif kavramların taşınması, başka yere götürülmesi şeklinde ortaya çıkar. Bu model, özümleme ve revizyon ile hatalı modellerden, doğru modellere ulaşma anlamına gelir (Mayer, 2002).

2.4.5 Vosniadou Tarafından Ortaya Konulan Model: Sentez

Vosniadou tarafından ortaya konulan bu modelde, öğrenenler, bir sistemin nasıl işlediğine dair, tutarlı, açıklayıcı zihinsel modeller inşa etmek isterler (Mayer, 2002). Kavramsal değişim sadece içsel bilişsel bir süreç değil, daha geniş bir perspektifte, kültürden, eğitim içeriklerinden etkilenen ve sosyal süreç içerisinde ortaya çıkan bir durumdur (Hatano ve Inagaki, 1997; akt: Vosniadou, 2007).

Vosniadou ve Brewer (1994) fiziksel dünya hakkında bilgi elde etme süreçlerinin, varsayım (presupposition) gibi birkaç özel alan prensibi tarafından sınırlandırıldığını belirtmektedirler (ör: desteklenmeyen cisimler düşer). Varsayımlar doğuştan olabileceği gibi, erken bebeklik döneminden de köken alabilir. Bilgi elde etme sürecine tam bir açıklama getirmek için inançlar ve zihinsel modeller olarak isimlendirdikleri ikinci-sıra sınırlama dizisinin var olduğunu varsaymak gerektiğini vurgulamaktadırlar. İnançlar ve zihinsel modeller daha önce elde edilen bilgi

yapılarının içinden çıkan sınırlamalardır ve yeni bilgi elde etme süreci üzerinde etkilidirler. Bu bağlamda, kavramsal değişimin zenginleşmeden daha fazlasını içerdiğini düşünmektedirler. Kavramsal değişim, bilgi elde etme süreci boyunca eklenen, elenen, ertelenen veya gözden geçirilen varsayımlar, inançlar ve zihinsel modeller gibi sınırlılıkların aşamalı kaldırılması olarak görülmektedir.

Kavramsal değişim iki türde gerçekleşebilir. En basit kavramsal değişim, mevcut kavramsal yapıların zenginleştirilmesidir. Zenginleştirme en basit şekilde, mevcut yapıya yeni bilgilerin basit eklenmesi şeklinde tanımlanabilir. Revizyon ise elde edilen bilginin mevcut inanç ve varsayımlar ile ya da ilgili teorinin yapısı ile tutarsız olduğu zaman gerçekleşir. Teoriler özel (spesifik) ve çerçeve teorisi şeklinde ikiye ayrılır. Özel (spesifik) teoriler, fiziksel objenin özelliklerini ve davranışlarını açıklayan birbiri ile ilişkili önerme veya inançlardan oluşur. Özel (spesifik) teorinin revizyonu çerçeve teorisinin revizyonundan daha kolaydır (Vosniadou, 1994). Örneğin, Ay'da su ve hava olduğunu varsayan öğrencilere, astronotların aya yolculuklarında su ve oksijen götürdükleri bilgisi verildiğinde, öğrencilerin bu durumu anlamada zorlanmadığı belirlenmiştir (Vosniadou ve Matthews, 1992 akt: Vosniadou, 1994). Çünkü ay hakkındaki özel (spesifik) teoriler, fiziğin naif çerçeve teorisinden değil, ay ve dünya arasındaki benzetmelerden köken alır. Özel (spesifik) teorinin inançları çerçeve teorisi tarafından kısıtlanırsa, kavramsal değişimi elde etmek çok zor olabilir. Çerçeve teorisinin değişimi oldukça zordur çünkü ontolojik ve epistemolojik varsayımlar devreye girer (Vosniadou, 1994). Ontolojik varsayımlar, var olduğunu farz ettiğimiz yapılardır. Örneğin, ontolojimizde fiziksel cisimler gibi birimlerimiz vardır ve fiziksel birimler canlı ve cansız olarak sınıflandırılır. Fiziksel birimlerin bir takım özellikleri olduğu kabul edilir ve örneğin kuvvet fiziksel birimlerin özelliklerinden biridir. Epistemolojik varsayımlar ise bilginin doğası ile ilgili varsayımlardır. Bu varsayımlar açıklamanın doğası ve öğrenmenin doğası ile ilgili varsayımlardır (Vosniadou ve Ioannides, 1998).

Vosniadou ve Brewer (1987), zayıf ve radikal kavramsal değişim olmak üzere iki modelden bahsetmişlerdir. Zayıf kavramsal değişim modeli, merkez kavramın değiştirilmeden, yeni kavram edinimi ve bu yeni kavram ile eski kavram arasındaki ilişkinin oluşturulmasını kapsar. Radikal kavramsal değişimde ise, merkez kavramın değişimi söz konusudur. Vosniadou'ya göre, kavramsal değişim sürecinde en etkili faktörlerden biri de, ön bilgilerdir. Çünkü ön bilgiler, kavramsal değişimin

gerçekleşmesinde hem engel-çünkü revize edilmesi gerekli- hem de araçtır-çünkü yeni çelişkili bilgilerin özümsemesinde rol oynar (Mayer, 2002).

Vosniadou ve Brewer (1992), öğrencilerin her hangi bir konu hakkında sahip olduğu kavramları başlangıç, sentez ve bilimsel modeller altında gruplandırmışlardır. Öğrenci bilimsel gerçeklerle uyumlu zihinsel model geliştirmiş ise, bilimsel modelde, öğrenci mevcut kavramsal yapısını değiştirmeden bilimsel bilgilerini eklemiş ise sentez modelde, öğrencinin sahip olduğu kavramlar bilimsel bilgi ve gerçekler ile uyum göstermiyor ise başlangıç modelde yer almaktadır. Alternatif kavramlar bu süreçte, tutarsız bilgi parçaları ve sentez zihinsel modeller arasında oluşturulur (Vosniadou, 1994).

Vosniadou ve Ioannides (1998), kavramsal değişimi, spontan (kendiliğinden gerçekleşen) ve öğretim temelli olmak üzere ikiye ayırmışlardır. Kendiliğinden gerçekleşen kavramsal değişim, bireyin sahip olduğu ilk kavramsal yapıların öğretimden ziyade kültürel içerikte gerçekleşmesidir. Öğretim sonucu gerçekleşen kavramsal değişim ise, sentez zihinsel modellerin değişimidir. Sentez modeldeki bilimsel gerçekler ile uyumlu olmayan ilk zihinsel modellerde öğretim sonucu değişim gerçekleşmesi amaçlanır.

Yukarıda yer alan açıklamalarda da görüldüğü gibi, birçok araştırmacı kavramsal değişim teorilerini farklı isimlendirse de aslında hepsinin temelinde öğrencilerin yanlış olan bilgilerinin bilimsel bilgilere doğru değişiminin nasıl olabileceğine ilişkin bilgiler sunulmaktadır. Araştırma kapsamında, Vosnidou (1994) tarafından ortaya atılan kavramsal değişim modeli dikkate alınacaktır. Öğretim öncesi ve öğretim sonrasında uygulanan kavramsal anlama testinin sonuçları, başlangıç, sentez ve bilimsel zihinsel modeller kapsamında ele alınacak ve öğrencilerin yapılan öğretim ile bu modeller arasındaki geçişleri yorumlanacaktır. Ayrıca öğrencilerin kavramsal değişimlerinin gerçekleşip gerçekleşmediği ve hangi tür kavramsal değişim gerçekleştirdiği belirlenmeye çalışılacaktır.

2.4.6 Kavramsal Değişimin Gerçekleşmesini Engellenen Faktörler

Geleneksel öğretimin kavramsal değişimi sağlamadaki yetersizliği pek çok araştırmacı tarafından ortaya konulmuştur (Strike ve Posner, 1976; Osborne ve

Cosgrove, 1983; Stavy, 1991; Yılmaz vd., 1999; Tekkaya, 2002). Vosniadou (2003)'ya göre, kavramsal değişim aniden gerçekleşmez, kavramsal değişim oldukça uzun zaman isteyen bir süreçtir.

Bu sürecin en verimli bir şekilde gerçekleşmesini sağlamak için gerekli şartlar yerine getirilmelidir. Literatürü incelediğimizde kavramsal değişimin gerçekleşmesini engelleyen pek çok faktör ortaya konulmuştur. Bunlar;

1- İnatçılık: Çocuklar, fikirlerindeki hataları kabullenmeye isteksizdirler ve yeni fikirleri özümsemek yerine önceki fikirlerini yeniden düzenlemenin ve duruma uyarlamanın yollarını ararlar. Öğrencilerin bu inatçı fikirlerini değiştirmek veya kendisinin değiştirmesi oldukça zordur. Öğrencilerden, onlarla ters düşen ve onların mevcut bilgileri ile açıklanamayan bir olayı açıklamaları istendiğinde, genellikle bahsedilen olayın bir şekilde gerçekleştiğini ifade ederler, ancak onu açıklamaktan sakınırlar (Watson ve Konicek, 1990).

2- Dil: Diğer bir engel de dildir. Kavramsal değişim isteyen bir öğretmen kelimeler konusunda dikkatli olmalıdır. Çünkü yeni terimlere hakim olma ve bir kavramla ilgili yeni bir düşüncüyü anlama zorluğu bireyin eski inançlarına inatla tutunmasına neden olabilir (Watson ve Konicek, 1990).

3- Gelişim Düzeyi: Kavramsal değişimin gerçekleşmesinde bir diğer engel ise öğrencilerin gelişim düzeyleridir (Watson ve Konicek, 1990).

4- Destekte Sürekliliğin Sağlanamaması: Kavramsal değişime karşı çocuklarda var olan direncin üstesinden gelebilmek şüphesiz uzun zaman alan ve devamlılık gerektiren bir mücadeledir. Çocuklar dikkatli bir biçimde yapılandırılmış oldukları düşünce yapılarının, onlarla çelişen yeni bilgilerle yer değiştirmesine izin vermezler. Öğretim esnasında kavramsal değişimi gerçekleştirmeyi amaçlayan, bunun için çeşitli model ya da teknikleri kullanan ve sürekli bir gayret içerisinde olan öğretmenler, öğrencilerinin kavramsal değişimi gerçekleştirebilmelerine yardım edebilirler (Watson ve Konicek, 1990, akt: Ünal, 2007).

2.4.7 Kavramsal Değişim Sürecinde Bir Diğer Faktör: Öğretmen

Kavramsal değişim sürecinde öğretmenin rolüne bakıldığında, öğretmenler öğrencilerinin zihinlerinin boş bir yazı tahtası olduğunu düşünmemelidirler. Bu süreçte öğretmene düşen en önemli görev, öğrencilerinin sahip olduğu ön bilgilerin ve alternatif kavramların farkına varmasıdır. Bilimsel fikirleri açıkça ortaya koyan ve bilgileri direkt olarak sunan öğretmenlerin yeni kavramları düzenlemeye çalışan öğrencilere bir yardımcı olmaz (Posner vd., 1982).

Hewson ve Hewson (1988) ise, öğretmenlerin, öğretim etkinlikleri sırasında kavramsal değişimi sağlayabilmeleri için aşağıdaki etkinlikleri yapmaları gerektiğini savunmuşlardır:

- 1- Öğrencilerin ilgili konudaki mevcut bilgileri belirlenmelidir.
- 2- Öğrencilerin kendi düşüncelerini, iyi planlanmış sorular rehberliğinde yürütülen grup tartışmaları veya bireysel çalışma yoluyla açığa çıkarabilmek için hazırlık yapılmalıdır.
- 3- Öğrencilerin bakış açısı ile bilimsel fikirler arasında tam bir çelişki oluşturulmalıdır. Yani kavramsal değişim modeline göre, öğrenciler mevcut kavramlarından hoşnutsuzluk duymalıdır.
- 4- Bilimsel fikirlerin bir olay ya da problem durumunun açıklanmasında kullanılabilmesi için fırsatlar sağlanmalıdır. Bu, bir gösteri deneyi sırasında ya da herhangi bir laboratuvar uygulaması sonrasında öğrenciye yöneltilecek dikkatlice planlanmış sorular sayesinde başarılabilir. Bu sayede öğrencilerin, bilimsel fikirlerin mantıklılığını görmeleri sağlanır.
- 5- Öğrencilere, bilimsel olarak kabul gören yeni bilgilerini, çeşitli problem durumlarına uygulayabilmeleri için fırsatlar sağlanmalıdır. Bu, öğrencilerin yeni bilgilerinin verimli olduğunu görmelerini sağlar (Hewson, 1992).

Beeth (1998) ise kavramsal değişim yaklaşımının ilkelerini içeren bir öğretimde öğretmenlerin üstlenmesi gereken görevleri şu şekilde sıralamaktadır;

- 1- Herhangi bir konunun öğretiminden önce öğrencilerin o konu hakkındaki ön fikirlerini belirlemek
- 2- Belirlenen bu fikirleri öğrencilere açık bir şekilde ifade etmek
- 3- Öğrencilerin sahip olduğu fikirler ile bilimsel bilgiler arasındaki çelişkileri ortaya koymak
- 4- Bir olguyu açıklamada kullanılan bilimsel bilgilerin kullanılacağı fırsatlar oluşturmak
- 5- Öğrencilerin elde ettikleri bilgileri farklı durumlarda kullanmalarını sağlayacak aktiviteler hazırlamak.

3. LİTERATÜRDE YER ALAN ÇALIŞMALAR

Bu bölümde kuantum fiziği ve kuantum fiziği öğretimi alanında yapılan çalışmalara ulaşılabilen literatür çerçevesinde yer verilmiştir.

3.1 Kuantum Fiziği İle İlgili Çalışmalar

Fizik eğitimi alanında yapılan çalışmaların konulara göre dağılımları incelendiğinde, çalışmaların çok az bölümünün kuantum fiziği ve kuantum fiziği öğretimi ile ilgili olduğu gözlenmektedir. Son yıllarda fizik eğitimi araştırmacılarının yoğun olarak ilgilendikleri alanlardan birisi kuantum fiziği ile ilgili çalışmalardır. Bu konudaki pedagojik çalışmaların kavramsal öğrenme, görselleştirme, matematiksel düşünme ve problem çözme üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir (Didiş vd., 2008). Bu bölümde kuantum fiziği ile ilgili çalışmalara yer verilmiştir.

Pendrill (2012), “Kuantum Fiziği öğretiminin bir parçası olarak drama” isimli çalışmasında, bazı popüler bilim kitaplarının sınıf içi drama etkinliklerinde kullanılabileceğini belirtmektedir. Bu kitaplar arasında “Çılgın mucidin akşam partisi”, “Alice kuantum diyarında”, “Albert amca ve kuantum araştırmaları” yer almaktadır. Bu yolla öğrencilerin, sadece kuantum fiziğini öğrenmekle kalmayacağı, aynı zamanda fizikçilerin çalışmaları ve fiziğin nasıl geliştiği ile ilgili bilgi sahibi olabilecekleri yönünde görüş bildirmiştir.

Ayene vd., (2011) tarafından Etiyopya’da gerçekleştirilen çalışmada, 25 lisans fizik öğrencisinin bazı kuantum kavramlarını nasıl betimledikleri üzerinde durulmuştur. Çalışma sonucunda yapılan fenomenografik veri analizi, öğrencilerin dalga parçacık ikilemi ile ilgili üç kategoride “klasik, klasik-kuantum karma, yarı kuantum” betimleme yaptıklarını ortaya koymuştur. Ayrıca belirsizlik ilkesi ile ilgili olarak ta dört farklı kategoride betimlemelere ulaşılmıştır. Bunlar; belirsizlik ölçüme ait dışsal bir özelliktir, belirsizlik ilkesi ölçüm hatası veya ölçüm belirsizliğidir, ölçüm rahatsızlığı (bozukluğu) olarak belirsizlik ve kuantum mekaniğinde var olan

belirsizlik ilkesi şeklindedir. Ayrıca çalışmada öğrencilerin kuantum mekaniğini yorumlarken daha klasik çerçevede yorumlar kullandıkları belirtilmiştir.

Akarsu vd., (2011) üniversite öğrencilerinin kuantum fiziğinin kavramsal anlama düzeylerini belirlemek için Wuttiptom (2008) tarafından geliştirilen kuantum kavram testi kullanmışlardır. Kavram testi Erciyes Üniversitesinde öğrenim gören, 394 öğrenciye uygulanmıştır. Öğrencilerden 83 tanesi 3.sınıf ve 55 tanesi ise 4.sınıfta okuyan fen bilgisi öğretmen adayı, 102 tanesi 3.sınıf ve 72 tanesi 4.sınıfta okuyan fizik bölümü öğrencileri, diğer öğrenciler ise kimya bölümünde okuyan 3.sınıf üniversite öğrencisidir. Elde edilen verilerin analizi sonucunda, kavram testine verilen cevaplar incelendiğinde en başarılı grup fizik grubu olmuştur. Bu grubu fen bilgisi bölümü izlemiş, en son sırayı ise kimya bölümü öğrencileri almıştır. Çalışmada yer alan sorulardan bir tanesi de Heisenberg belirsizlik ilkesi ile ilgilidir. Öğrenciler, belirsizlik ilkesinin sadece elektron, proton gibi nesnelere uygulandığını, büyük objelerde Newton kurallarının geçerli olduğunu belirtmişlerdir. Yani sadece mikroskopik dünyada geçerli olduğunu düşünmektedirler. Öğrencilerin testteki sorulara verdikleri yanıtlar incelendiğinde (5-9. sorular), öğrencilerin deterministik düşüncede olduğu gözlenmiştir. Dalga parçacık ikilemi öğrenciler için karmaşık bir problem olmaya devam etmektedir. Özellikle elektronun ikili yapısı anlaşılmayan noktalar arasındadır.

Özcan (2009), doktora tez çalışmasını iki aşamada yürütmüştür. Tez çalışmasının birinci aşamasında üniversite öğrencilerinin kuantum mekaniği ile ilgili kavramsal ve matematiksel zorluklarını belirlemeye çalışmıştır. İkinci aşamasında ise üniversite öğrencilerinin özel görelilik kavramına yönelik kavramsal ve matematiksel zorluklarını belirlenmeye çalışmıştır. Birinci aşaması için, kuantum mekaniğinin temel kavramlarını (işlemciler, dalga fonksiyonu, dalga fonksiyonunun normlanması, potansiyel kuyu, potansiyel engeli problemleri, olasılık yoğunluğu) içeren çoktan seçmeli bir test uygulanmıştır. Ayrıca sonuçları daha derinlemesine incelemek için seçilen öğrencilerle yarı yapılandırılmış görüşmeler yapılmıştır. Çalışmada öğrencilerin büyük çoğunluğunun kuantum mekaniğinin matematiksel yapısına ve kavramlarına yönelik zorluklara sahip olduğu belirlenmiştir. Bu zorluklar; dalga fonksiyonunun normlanması, işlemcilerin sıra değişim bağıntılarında, bir boyutlu potansiyel kuyusu problemlerinde ve tünelleme olayındaki enerji kavramında kendini göstermektedir. Çalışmanın en önemli sonuçlarından bir tanesi de, potansiyel kuyu

kavramının öğrenciler tarafından somut bir kuyu olarak düşünülmesidir. Toplanan veriler incelendiğinde öğrencilerin, “olasılık genliği”, “olasılık yoğunluğu” ve “bulunma olasılığı” kavramlarını tam olarak birbirlerinden ayıramadıkları tespit edilmiştir.

Çalışkan vd., (2009) tarafından yapılan, öğrencilerin bazı kuantum kavramlarını anlamaları isimli çalışmada, veriler, kuantum kavram testi ile elde edilmiştir. Çalışmada elektron, dalga fonksiyonu, dalga parçacık ikiliği ve atomun yapısı kavramları ele alınmış ve veriler istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Çalışma 9 Eylül Üniversitesi Buca Eğitim Fakültesinde 76 kuantum fiziğini almış öğrenci ile gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonuçlarına bakıldığında, öğrencilerin çoğunun kuantum fiziğini olasılıklar ve istatistiksel bir dünya olarak görmektedir. Çalışmanın önemli sonuçlarından bir tanesi de, öğrencilerin, elektronun konumunun kesin olmadığını ve kesin olarak konumunun belirlenemeyeceğinin altını çizmeleridir.

Didiş, Özcan ve Abak (2008), çalışmalarında öğrencilerin kuantum fiziğini betimleme ve betimleme yollarındaki çeşitliliği ortaya çıkartılmıştır. Orta Doğu Teknik Üniversitesi ve Hacettepe Üniversitesi’nde öğrenim gören 65 öğrenci çalışmaya katılmıştır. Öğrencilere 3 açık uçlu sorudan oluşan bir test uygulanmıştır. Nitel veriler fenomenografik analiz yoluyla analiz edilmiştir. Verilerden öğrencilerin kuantum fiziğini betimlemelerine ilişkin iki kategori (‘Kuantum fiziği bir derstir’ ve ‘Kuantum fiziği fiziğin bir dalıdır’), betimleme yollarına ilişkin üç kategori (‘diğer derslerle ilişkilendirerek’, ‘operasyonel olmayan betimlemeler’ ve ‘operasyonel betimlemeler’) belirlenmiştir. Öğrencilerin betimlemelerinde en çok kullanılan kavram “mikroskobik sistem” ve en önemli görülen kavram ise “heisenberg belirsizlik ilkesi” şeklinde tespit edilmiştir.

Kara vd., (2008) fen bilgisi öğretmen adaylarının ışık kavramları ile ilgili bilgi düzeylerini araştırmışlardır. Çalışma Mehmet Akif Ersoy ve Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Fen Bilgisi Öğretmenliği bölümünde okuyan 99 öğretmen adayı ile gerçekleştirilmiştir. Katılımcılar daha önceki yıllarda genel fizik dersi alıp başarılı olmuşlardır. Veriler “Işık nedir?”, “Işık deyince ne anlıyorsunuz?” sorularına yazı ve çizimlerle yanıt vermeleri istenmiştir. Öğrenci yanıtları hiçbir teorik bilgi ve çizim yok, yalnız teorik bilgi ve çizim, kısmen teorik bilgi ve çizim, eksik teorik bilgi ve çizim, tamamen doğru teorik bilgi ve çizim olmak üzere beş

kategoride analiz edilmiştir. Analizler yedi kişiden oluşan uzman ekip tarafından yapılmıştır. Öğrencilerin ışık konusuyla ilgili bilgi seviyelerinin oldukça düşük olduğu, ışık konusunda öğrencilerin büyük çoğunluğunun yanlış ve eksik bilgilere sahip olduğu tespit edilmiştir (Çil, 2010).

Didiş vd., (2007) fizik öğretmenliği öğrencilerinin kuantum mekaniği postullarının açıklanmasına olanak veren bazı kavramların nasıl algılandığını nitel bir çalışma ile araştırmış, öğretmen adaylarının temel kavramları açıklama, ayırt etme, ilişkilendirme ve matematiksel olarak ifade etmede zorlandıklarını ortaya koymuşlardır.

Akarsu (2007) yaptığı çalışmada daha önce Ireson (1999) tarafından kullanılan kavram testinden yararlanmışır. Kuantum fiziği öğretimini güçleştiren etkenleri belirlemek ve öğretimindeki kaliteyi artırmak için A.B.D.'de 5 farklı fizik öğretim üyesi ve 43 üniversite öğrencisi ile görüşmeler yapmıştır. Öğrencilerin yaş aralığı 19 ile 21'dir. Çalışma 2005–2006 eğitim öğretim yılında 2 aşamada yürütülmüştür. Birincil veri kaynakları, görüşmeler, kuantum olgu anketine verilen yanıtlar ve öğretim üyeleri ile yapılan görüşmelerdir. İkincil veri kaynakları ise test kitapları, sınavlar ve laboratuvar aktiviteleridir. Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre kuantum fiziğinin öğretimini güçleştiren konular, kuantum fiziğinin sahip olduğu matematiksel alt yapı, kuantum fiziğinin içerdiği soyut ve birbirine paralel olmayan kavramlar, kuantum fiziğine karşı var olan ön yargı ve kuantum fiziği programının oldukça hızlı işleniyor olması şeklindedir. Ayrıca çalışmaya katılan öğretim üyeleri kuantum fiziğinin daha etkili öğretilmesi için, özellikle soyut kavramların öğretimi ile ilgili bol problem çözülmesinin gerekli olduğunu vurgulamışlardır. Ayrıca kuantum fiziği öğretim programında değişikliğe gidilmelidir.

Sadaghiani ve Bao (2005), öğrencilerin kuantum mekaniğini öğrenirken karşılaştıkları en temel matematiksel ve kavramsal zorlukları belirlemeye çalışmışlardır. Çalışmada geleneksel yöntemlerin yanı sıra bireysel görüşmeler, yazılı sorular, çoktan seçmeli testler, sınıf gözlemi ve ev ödevleri kullanılmıştır. Çalışmada 3 ayrı ders formatı kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar ışığında, öğrencilerin beklenen değer, olasılık yoğunluğu ve belirsizlik ilkesi konularında kavramsal ve matematiksel zorluklara sahip olduğu belirlenmiştir. Öğrencilerin çok

büyük bir kısmında olasılık kavramı ve bu kavramla ilgili terminolojiyi anlama konusunda sıkıntı söz konusudur.

Sadaghiani (2005), kuantum fiziği kavramlarından ölçme kavramı ve olasılık kavramlarının öğrenilmesi en güç kavramlardan olduğunu belirtmiştir. Bu araştırmada beklenen değer, olasılık yoğunluğu, belirsizlik ilkesi ve klasik olasılık kavramlarının öğrencilerce anlaşılmadığı belirtilmiştir. Bu çalışmada öğrencilerin kuantum fiziği dalga fonksiyonu ile ilgili öğrenme güçlükleri şu şekilde sıralanabilir:

1- Dalga fonksiyonundan olasılık yoğunluğu ve beklenen değeri hesaplamakta güçlük çektikleri görülmüştür.

2- Dalga fonksiyonunun olasılık yoğunluğu bulunurken dalga fonksiyonunun karesini almama eğilimi vardır.

3- Dalga fonksiyonu ile enerji öz değerleri arasındaki ilişki algılanamıyor.

Bu çalışmada öne çıkan bir başka durum öğrencilerin beklenen değer ile ölçmedeki olasılık yoğunluğu kavramını birbirine karıştırdıklarıdır. Ayrıca birçok öğrencinin olasılığın fonksiyonel anlamını ve bu kavramın terminolojiyle olan ilişkisini anlayamadıkları görülmüştür. Özellikle bu kavramla ilgili yanılgıların Heisenberg'in Belirsizlik İlkesi konusunda ortaya çıkmakta olduğu belirtilmiştir. Yine bu çalışmada öğrencilerin çoğunun beklenen değer kavramını ve ölçmedeki belirsizlik miktarını reddetme eğiliminde olduklarını, bazı öğrencilerin ise olasılık yoğunluğu ve olasılık genliği kavramlarını reddettiği veya olasılık dalgalarını bölge veya alan olarak tanımladıkları görülmüştür. Bu kavramların öğrenilmesindeki güçlük ise bu kavramların yabancı kavramlar olması ve bu kavramların hesaplanması sırasında öğrencilerin alışık olduklarından daha fazla matematiğe ihtiyaç duyulması olduğu belirtilmiştir (Özdemir, 2008).

Abhang (2005), "Kuantum fiziğini daha ilginç ve anlaşılır hale getirme" isimli çalışmasında, kuantum fiziğini öğrenmenin bağlı olduğu zorlukları aşağıdaki maddelerde bir araya getirmiştir.

❖ Öğrenciler öğrenme ortamına gerek yaşamdaki deneyimlerinden gerekse klasik fizikte öğrendikleri belirlenebilirlik, nedensellik gibi algılanması kolay klasik

fizik kavramlarıyla gelirler. Bu nedenle kuantum fiziğinin belirsizlik, olasılık gibi kavramlarını algılamakta güçlük çekerler.

❖ Kuantum fiziğinde yer alan Heisenberg matris mekaniği ve Schrödinger dalga mekaniği birbirinden oldukça farklıdır. Öğrenciler bu 2 yaklaşımın nasıl oluyor da aynı fiziği açıkladığını anlamakta zorlanmaktadırlar.

❖ Genellikle kuantum fiziğinde güvenilebilir bir görsel model yoktur.

❖ Kuantum fiziği genellikle tarihsel süreçte ardışık bir şekilde öğretilir. Bu yüzden kuantum fiziğini yeni öğrenmeye başlayanlar için kuantum fiziğinin farklı bölümleri arasında ilişki kurmak oldukça zordur.

Müller ve Wiesner (2002) “Başlangıç seviyesinde kuantum mekaniği öğretimi” isimli çalışmada öğrencilerin kuantum mekaniğini doğru anlamalarını sağlamak için geleneksel öğretimin sebep olduğu alternatif kavramların neler olduğunun belirlenmesinin önemi üzerinde durmuşlardır. Çalışmada yer alan sorular;

Klasik bir nesnenin temel özellikleri nelerdir?

Kuantum nesnesinin temel özellikleri nelerdir?

Klasik ve kuantum nesnesi arasındaki en temel fark nedir?

Foton kavramından ne anlıyorsunuz?

Atom içerisindeki elektronu nasıl imgellersiniz?

Atom içerisindeki elektronun herhangi bir zamanda kesin bir yeri var mıdır?

Heisenberg belirsizlik ilkesinin anlamı nedir? şeklindedir. Elde edilen bazı sonuçlar şu şekildedir. Öğrencilerin birinci soruya verdikleri yanıtta çoğu (%85) kütle ifadesini kullanmıştır, kuantum nesnelere için sorulan soruda ise kütle çok baskın bir yanıt değilken, yük en belirgin yanıtlardan bir tanesidir. Öğrenciler, klasik fizik ile kuantum fiziği arasında düz bir geçiş olduğunu düşünmekte ve nesnelere küçüldükçe kuantum davranışlarının daha net gözlemlendiğini ifade etmektedir. Klasik fizik ve kuantum fiziği arasındaki farklılıklarda öğrencilerin % 15'i kuantum nesnelere çok büyük hızlara sahip olduğunu, % 11'i de kuantum nesnelere konumunun olmadığı yönünde görüş bildirmişlerdir. Foton nedir sorusuna verilen yanıtlar incelendiğinde, öğrencilerin %25'lik bir kısmı fotonun sadece ışık hızı ile hareket ederken bir kütleye sahip olduğunu, durgun kütlelerinin olmadığını, %17'si

fotonun enerji parçacığı olduğunu, 1/3'lük kesim ise fotonun ışığın parçası olduğunu ifade etmişlerdir. Atom içindeki elektronla ilgili soruya, öğrencilerin pek çoğu Bohr atom modelini kullanarak yanıt vermiştir. Atom içerisinde yer alan elektronun konumu ile ilgili soruya, %18'lik öğrenci Heisenberg belirsizlik ilkesi ile yanıt verirken, %21'lik öğrenci grubu ise elektronun belirli ama bilinmeyen bir konumu vardır şeklinde yanıt vermiştir. Heisenberg belirsizlik ilkesi ile ilgili soruya ise öğrenciler, ölçümdeki belirsizliktir, istatistiksel dağılımın standart sapmasıdır ve ölçüm sırasındaki karışıklıktır şeklinde yanıt vermişlerdir.

Singh (2001) tarafından yapılan bir araştırma, öğrencilerin kuantum ölçümleri ve zaman genişlemesi konularında sahip oldukları zorlukları belirlemek amacı ile gerçekleştirilmiştir. Aynı zamanda bu zorlukların öğrenme stili, çalışma yeri ve kitap kaynaklı olup olmadığını ortaya çıkarmak amaçlanmıştır. Bunun için 6 üniversiteden 89 öğrenci ile çalışma yürütülmüş ve bu öğrencilerden 9 tanesi ile görüşme yapılmıştır. Elde edilen verilerin analizi ile pek çok öğrencinin geçmiş bilgileri ne olursa olsun temel zorluklara ve alternative kavramlara sahip olduğu belirlenmiştir. En belirgin sonuç, öğrencilerin kuantum ölçümleri ve zaman genişlemesi konusunda temel zorluklarının ve alternative kavramlarının olduğu tespit edilmiştir.

Şen (2000) kuantum fiziği dersleri üzerine yaptığı çalışmada, konuların lise düzeyindeki fizik derslerinde anlatılmasının önemli olacağı üzerinde durmuştur. Bu çalışmada, Almanya'da kuantum fiziği öğretimi üzerine sunulan önemli öneriler incelenmiş ve Türkiye için de bu önerilerin gerekliliği üzerinde durulmuştur.

Ireson (2000), tarafından 1998 yılında yapılan çalışmada 40 maddeden oluşan 5'li likert tipindeki kuantum olgu anketi 342 öğrenciye uygulanmıştır. Anketten elde edilen veriler kümeleme analizi ile elde edilmiştir. Ayrıca öğretim öncesi ve sonrasında farklılığı ortaya koymak için Kruskal Wallis H testi uygulanmıştır. Ön testlerin analizinde 29 ifadenin 4 kümede toplandığı gözlenirken, son testte küme sayısının 3 olduğu gözlenmiştir. Ön testte oluşan kümeler; nesnelerin yapısı ve zihinsel imajı, mekanistik düşünce, kuantum düşünce, mekanistik düşünme çatışması şeklinde iken son testte oluşan kümeler, kuantum düşünce, kuantum düşünce çatışması ve mekanistik düşünce çatışması şeklindedir. Çalışma sonunda, Fischler ve Lichtfelt(1992) tarafından yapılan öneriler tekrarlanmıştır.

Troncoso ve Chrobak (2000) Arjantin Ulusal Üniversitesi Mühendislik bölümü I., II., III. ve IV. sınıf öğrencileri ile 2 aşamada (problem çözme ve laboratuvar aktiviteleri) çalışmalarını yürütmüşlerdir. Ele alınan temel noktalar, heisenberg belirsizlik ilkesi, schrödinger dalga denklemleri ve potansiyel kuyulardır. Öğrencilere kuantum fiziği ile ilgili kavramlar sorulduğunda, diğer kavramlara nazaran belirsizlik ilkesine sıklıkla değinilmiştir. Burada dikkati çeken nokta ise öğrencilerin, teknolojinin ilerlemesi ile elektronun ve diğer küçük parçacıklarının konumunun belirleneceğini düşünmesidir. Çoğu öğrenci için basit, akademik ve şiirsel isimden dolayı belirsizlik ilkesi daha hatırdadır. Öğrencilerden zamandan bağımsız Schrödinger Dalga Denklemini yazmaları istenmiş fakat hiçbir öğrenci doğru yazamamıştır. Bu durumun sebebi olarak kuantum fiziği öğretimi sırasında dalga fonksiyonunun fiziksel anlamı üzerinde durulmaması gösterilmiştir. Potansiyel kuyu kavramı ise öğrencilerin klasik fizikteki bilgilerinden tamamen farklı bir konudur.

Ireson (1999) tarafından, üniversite öğrencilerinin kuantum fiziği kavramlarına ilişkin görüşlerini belirlemek üzere kuantum olgu anketinin kullanıldığı bir çalışma yürütülmüştür. Çalışma Birleşik Krallıkta yer alan 6 üniversiteden 338 öğrenci ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilen verilerin analizinde “*Işık daima dalgadır. Elektron daima parçacıktır. Elektron çekirdeğin çevresinde belirli orbitallerde yüksek hızlarla hareket eder. Coulomb kanunu, elektromagnetizma ve Newton mekaniği atomların neden kararlı yapıda olduğunu açıklayamaz. Elektronlar çekirdeğin çevresinde yüklü bulutlar şeklinde dolanırlar.*” sonuçları ön plana çıkmıştır. Çalışma sonunda, öğrencilerin kuantum fiziği kavramlarını daha iyi öğrenebilmeleri için bazı önerilerde bulunulmuştur.

1- Kuantum fiziği kavramlarını açıklarken, klasik fizik referans gösterilmemelidir.

2- Fotoelektrik olay öğretimine elektronlarla başlanmalıdır, protonlarla değil.

3- Kuantum fiziği öğretimi istatistiksel yorum kullanılmalıdır, parçacıkların ikili yapısından söz etmekten uzak durmak gerekir.

4- Kuantum fiziği öğretimi sırasında Heisenberg’in Belirsizlik İlkesi’nin ilk bölümlerde anlatılması gerekir.

5- Bohr atom modeli ile hidrojen atomunun yapısının açıklanmasından uzak durulmalıdır.

Euler (1999) tarafından Almanya'daki öğretmen adaylarının modern fizik konuları hakkındaki kavramsal bilgilerini belirlemek amacı ile bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın temel konusunu atom modelleri oluşturmaktadır. Öğretmen adayları deney ve kontrol grubu olmak üzere iki gruba ayrılmışlardır. Ön test sonuçlarına göre gruplar arasında anlamlı bir farklılık olmamasına rağmen, son testte deney grubu lehine kavramsal değişim gözlemlendiği görülmektedir.

Müller ve Wiesner (1999) fizik öğretmen adaylarıyla yaptıkları görüşmelerle, adaylarının atomun yapısı, belirsizlik ilkesi, olasılık fonksiyonu, olasılık yorumu üzerine bilgi düzeylerini belirlemişlerdir. Bu araştırmanın bulgularına göre öğrencilerin %17'si atomun yapısını Bohr Atom Modelini kullanarak açıklarken, %24'ü ise atomun yapısını olasılık yorumuyla karışık bir Bohr Modeli ile açıklamışlardır. Bu tür öğrenci görüşlerinden yola çıkarak öğrencilerin atomun yapısına ilişkin gezegenlerin güneş çevresindeki hareketine benzer bir modele sahip oldukları belirtilmiştir. Bu çalışmanın diğer bir bulgusu ise elektronun konumuna yöneliktir. Elektronun konumuyla ilgili olarak öğrenciler elektronun kesin fakat belirlenemeyen bir konumu olduğu yönündeki görüşü en fazla paylaşmışlardır (%21). Δx ve Δp fiziksel anlamına yönelik olan soruya verilen yanıtlarda öğrencilerin büyük çoğunluğu belirsizlik ilkesinin ölçme hatası olduğu yönündeki görüşü paylaştığı görülmektedir (%15). Belirsizlik ilkesi ile ilgili olan diğer öğrenci görüşleri şu şekildedir: belirsizlik ilkesinde konum ölçümü parçacığın momentumunu değiştirir (%21), Δx yerleşme alanıdır (Dalga fonksiyonunun genişliğidir) (%18). Parçacığın momentumunun gerçek değeri Δp aralığında bir yerdedir (%18). Δx ve Δp istatistiksel dağılımın standart sapmasıdır (%13).

Steinberg vd., (1999) yapmış oldukları çalışmada kuantum mekaniğini öğrenmede klasik fiziği anlamının önemi üzerinde durmuşlardır. Çalışmada öğrencilerin kuantum mekaniği öğrenirken klasik kavramları anlamalarının etkilerinden bahsedilmiştir. Ayrıca fizikte yer alan üst düzey kavramları öğrenirken, güçlü bir kavramsal alt yapının önemine dikkat çekilmiştir. Çalışmada ele alınan örneklerden bir tanesi; modern fizik ya da kuantum fiziği çalışmadan önce öğrencilerin ilk olarak mekaniksel dalgaları ve fiziksel optiği çalışmaları şeklindedir.

Çünkü maddenin dalga özelliği, dalga parçacık ikilemi ve atomik spektroskopi gibi konular, süper pozisyon, dalga betimlemeleri ve kırınım gibi konular anlaşılmadığında bir anlam ifade etmez. Çalışmada ayrıca öğrencilerin yarısından fazlasının ışığın dalga kuramına yönelik kabul edilebilir bir model geliştiremedikleri görülmüştür.

Mashhadi ve Woolnough (1999) çalışmalarında, lise öğrencilerinin zihinlerinde elektron ve foton kavramlarını nasıl canlandırdıklarını araştırmışlardır. Bunun için yarı yapılandırılmış formlar ile görüşmeler yapılmıştır. Öğrencilerin zihinlerinde çok çeşitli, bilimsel olmayan temsillerin olduğu ortaya konulmuştur. Öğrencilerin büyük bir çoğunluğunun elektronu bir çeşit parçacık, fotonu ise parlak küresel bir parçacık olarak düşündükleri belirlenmiştir. Araştırmada birçok öğrenci elektronun ikili yapısını bilmesine rağmen, elektronu küçük parlak bir top olarak nitelendirmiştir. Bu bilginde geçmiş deneyimlerle ilgili olduğu ortaya konulmuştur.

Fletcher ve Johnson (1999) tarafından yapılan çalışma temelde 4 soru içermektedir. Sorular fotoelektrik olay, belirsizlik, dalganın doğası ve enerji düzeylerini içermektedir. Çalışma 1995 yılında Sydney Üniversitesinden 231 fizik öğrencisi ile yürütülmüştür. Öğrencilere belirsizlik ilkesi ile ilgili kuantum dünyasında yer alan bir otobüs ile ilgili soru yöneltilmiştir. Öğrencilerin 1/3'ü doğru şikkı işaretlemiş ancak açıklama kısmında sadece % 9 öğrenci doğru açıklamayı yapabilmıştır. Fenomenografik analiz sonuçlarına göre öğrencilerin %90 belirsizlik ilkesinin önceki bilgilerinden bağımsız yeni bir kavram olduğunu bilmedikleri yönündedir. Buradaki temel problemin öğrencilerin yeni edindikleri bilgileri zihinlerinde yanlış yerlerde tutmakta ve günlük deneyimlerden elde ettikleri bilgilerinin bu durumun oluşmasında önemli etkiye sahip olduğu belirtilmiştir. Ayrıca bu çalışmada öğrencilerin %8'inin elektronun dalga şeklinde bir yörüngede ilerlediğini düşündükleri ortaya konulmuştur. Sonuç olarak öğrencilerin önceki derslerde elde ettikleri bilgileri kuantum fiziği dalga kuramını oluştururken kullanmakta olduklarını ortaya koymuştur. Enerji seviyeleri ile ilgili soruya öğrenciler, 6 kategoride yanıt vermişlerdir. En belirgin kategoriler, % 46'lık oranla orbital ve % 44 oranla gizemli enerji şeklindedir. Öğrencilere dalganın sahip olduğu özelliklerle ilgili yöneltilen soruda, her şey dalgadır seçeneği % 33 oranında işaretlenmiştir. Fotoelektrik olay ile ilgili soruda hem analogiden hem de görsel modelden yararlanılmıştır. Öğrencilerin % 45'i doğru seçeneği işaretlemiştir. Yazılı

yanıtların değerlendirilmesinde ise öğrencilerin sadece % 7'si şiddetle ilişkilendirebilmişken, sadece % 1'lik kısım frekansla doğru bir şekilde ilişki kurabilmiştir. Öğrencilerin zihinlerinde olan modelleri yeni duruma uygulamada zorlandıkları tespit edilmiştir.

Johnson vd., (1998) Sidney Üniversitesi lisans öğrencileriyle yaptıkları çalışmada, “Parçacık nedir? Dalga nedir? Belirsizlik nedir?” sorularına yanıt bulmaya çalışmışlardır. Araştırmada içerik, kategori ve doğru/yanlış olmak üzere üç değişik türde analiz yapılmıştır. Parçacık nedir sorusuna verilen yanıtlar; parçacık bir maddedir, parçacık belirli bir yörünge boyunca hareket eden bir maddedir, parçacık belirli bir yörünge boyunca hareket eden ve dış kuvvetlere duyarlılık gösteren bir maddedir, kategorilerinde toplanmıştır. Öğrencilerin dalga nedir sorusuna verdikleri yanıtlar incelendiğinde, 17 öğrencinin kuantum mekaniği kitaplarındaki tanımlardan yola çıkarak dalgayı lokalize olmuş bir kavram olarak açıklarken, 31 öğrenci dalga özelliklerinden bahsetmiştir. Parçacık için “momentum kavramı” sıkça kullanılan kavram olurken, dalga için “Fourier analizi” sıkça kullanılan kavram olarak tespit edilmiştir.

Bethge ve Niedderer (1996), çalışmalarında, öğrencilerin kuantum fiziği ile ilgili kavramlarını belirlemişlerdir. Çalışma bir Alman lisesindeki 13 öğrenci ile gerçekleştirilmiş olup, nitel ve nicel verileri barındırmaktadır. Elde edilen ilk sonuç, öğrencilerin modellere ilişkin inanışları ile ilgilidir. Öğrenciler modeli daha çok görsellik ve düşünme aracının doğru resmi olarak kullanmaktadırlar. Öğrencilerin orbitaller hakkındaki kavramları analiz edilmiştir. Sonuçlara bakıldığında öğrencilerin % 25'i modern fiziğe yakın yanıtlar vermişken, % 50'si de klasik modeli (Bohr atom modeli) kullanmıştır. Çalışmada ayrıca öğrencilerin enerji, olasılık ve atomun durgunluğu kavramlarını anlamaları üzerinde durulmuştur.

3.2 Kuantum Fiziği Öğretimi İle İlgili Çalışmalar

Kuantum fiziğinin genel olarak bilimde çok önemli bir yerinin olduğu kabul edilen bir gerçektir. Bu nedenle artık sadece fizikçilerin bilmesi gereken bir konu olmaktan çıkmış ve kuantum fiziğini anlamak herkes için büyük önem taşır hale gelmiştir. Bu noktadan hareketle ülkemizde de son birkaç yılda kuantum fiziği

öğretimi ile ilgili çalışmalarda az da olsa bir artış gözlenmektedir. Bu bölümde, yurt içi ve yurt dışında kuantum fiziği öğretimi ile ilgili çalışmalara, ulaşılabilen literatür çerçevesinde yer verilmiştir.

Zhu (2011), çalışmasını 2 aşamada gerçekleştirmiştir. Birinci aşamada öğrencilerin lisans kuantum mekaniği dersinde karşılaştığı zorlukları belirlemeye çalışmıştır. Bu aşama için yazılı testler ve bireysel görüşmelerden yararlanmıştır. İkinci aşamada ise bu elde ettiği verilerden yola çıkarak, Kuantum interaktif öğrenme araçları ve akran öğretim araçları geliştirmiştir. Çalışma sonucunda öğrencilerin kuantum mekaniğini anlama düzeylerinin arttığı ortaya konulmuştur.

Özdemir ve Erol (2011), çalışmalarında, birçok öğrenme tekniğini farklı oranlarda içeren hibrit öğretim yaklaşımının öğrencilerin akademik başarısına, hatırd tutma düzeylerine ve belirsizlik ilkesi ile ilgili öğrenme güçlüklerine olan etkilerini araştırmışlardır. Hibrit öğretim yaklaşımında, akran öğretimi, grup ve sınıf tartışması, grupla problem çözme etkinlikleri, gösteri tekniği ve ev ödevleri yer almaktadır. Hibrit öğretim deney grubu öğrencilerine uygulanmıştır. Kontrol grubu öğrencilerine ise düz anlatım ve problem çözme etkinliklerinin yer aldığı geleneksel öğretim yaklaşımı uygulanmıştır. Çalışmada veriler, “belirsizlik ilkesi klasik sınavı ve dalga paketi-belirsizlik ilkesi görüşme formu” ile toplanmıştır. Çalışmada hibrit öğretim yaklaşımının akademik başarı ve kalıcılıkta oldukça etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Kurt ve Sarı (2010), kuantum fiziğinde kullanılan metaforların öğrencilerin fizik algısı üzerindeki etkisini inceleyen, bir örnek olay çalışması gerçekleştirmişlerdir. Uygulamanın ilk aşaması Fizik Öğretmenliği Anabilim Dalı’nda öğrenim gören 21 üçüncü sınıf öğrencisiyle yapılmıştır. Kuantum fiziğinde kullanılan metaforlarla tasarlanmış 10 açık uçlu sorudan oluşan ölçek kullanılmış, bu metaforların anlamları arasındaki gerilim öğrencilerin fizik algıları üzerinde incelenmiş ve öğrencilerin verdikleri cevaplar yapılan kodlamalarla değerlendirilmiştir. Uygulamanın ikinci bölümünde ise, birinci bölümden en yüksek puanı alan 5 öğrenci ile görüşme yapılmıştır. Öğrencilerdeki yaratıcılık, ilişki kurabilme, kavram yanlışlarını belirleyebilme, bir metaforu kavramlarla açıklama, bir metafordan bir modele ulaşma, somut kavramlardan soyut kavramlara ulaşma, bir metafordan bir modele ulaşma gibi özellikleri öğrenciler arasında paralellik

göstermiştir. Öğrencilerin kavram haritaları, sorular ve soruların alt problemleriyle ortaya çıkarıldığında, öğrencilerin önbilgilerinin paralel olmasına rağmen farklı özellikte kavramsal haritalara ulaşıldığı gözlenmiştir.

Wuttiptom vd., (2009) 25 çoktan seçmeli sorudan oluşan bir kavram testi geliştirmişlerdir. Hazırlanan kavram testi 2006 yılında Sydney üniversitesinden iki gruba uygulanmıştır. Birinci grup hazırlık seviyesinde, ikinci grup ise ikinci sınıf öğrencilerinden oluşmaktadır ve bu grubun dersleri 2 saatlik bilgisayar laboratuvarı uygulamaları ile desteklenmiştir. Tüm gruplara kavram testi ön test ve son test olarak uygulanmıştır. Son testte her iki grubun ortalama puanlarında yükselme gözlenmiştir. İkinci sınıf öğrencilerinin dalgalar, de Broglie dalga boyu, belirsizlik ilkesi gibi konularda orta düzeyde başarılı olduğu, fotoelektrik olay ve çift yarık deneyi ile ilgili sorularda ise başarı gösteremedikleri belirlenmiştir.

Yıldız (2009), “Üniversite öğrencilerinin kuantum fiziği konularını anlama düzeyleri ve öğrenme amaçlı yazma aktivitelerinin başarıya etkisi” isimli doktora tez çalışmasında, bir devlet üniversitesinin eğitim fakültesi fen bilgisi öğretmenliği programında öğrenim görmekte olan ve modern fiziğe giriş dersi alan öğrencilerin kuantum fiziği konularını anlama düzeyleri ve öğrenme amaçlı yazma aktivitelerinin öğrencilerin akademik başarısına etkisini araştırmıştır. Araştırma 2007–2008 eğitim öğretim yılında gerçekleştirilmiş olup, toplamda 111 öğrenci katılmıştır. Araştırmanın verileri araştırmacı tarafından hazırlanan ve nitel sorulardan oluşan bir anket yardımı ile elde edilmiştir. Araştırma modeli, kontrol gruplu ön test son test yarı deneysel modeldir. Çalışma Fotoelektrik olay, Compton olayı ve Heisenberg Belirsizlik ilkesini kapsamaktadır. Deney grubunda kontrol grubundan farklı olarak, öğrenme amaçlı yazma aktivitelerine yer verilmiştir. Elde edilen verilerin analizinde, öğrencilerin kuantum fiziği konuları ile ilgili anlama düzeylerinin düşük olduğu belirlenmiştir. Deney ve kontrol gruplarının son test sonuçlarının nitel ve nicel olarak karşılaştırılması ve yazılı sınavdaki başarı yüzdeleri dikkate alındığında deney grubu lehine anlamlı farklar tespit edilmiştir.

Mckagan vd., (2009) tarafından fotoelektrik olayın öğretimiyle ilgili bir çalışma yapılmıştır. Fotoelektrik olay öğrencilerin zihinlerinde ışığın yapısını canlandırmaları için oldukça önemli bir araçtır. Gerek tarihsel gerekse kavramsal boyutta, hem foton kavramının hem de ışığın ikili yapısının anlaşılmasında en temel

ve gerekli deneydir. Çalışma 2005–2006 eğitim öğretim yılında mühendislik fakültesi öğrencileri ile gerçekleştirilmiştir. Çalışma da interaktif bilgisayar simülasyonları, akran öğretimi ve işbirlikli ev ödevleri kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan bilgisayar simülasyonuna PHET internet adresinden ulaşılabilir. Çalışmanın iki temel amacı vardır. Bunlar;

- 1- Fotoelektrik olay deney sonuçlarını doğru bir şekilde tahmin etme
- 2- Bu sonuçların ışığın foton modeli ile ilişkisini açıklayabilme

Uygulamanın etkisini değerlendirmek için öğrencilere 2 soru yöneltilmiştir. Birinci soru amaç 1 ile ikinci soru ise amaç 2 ile ilişkilidir. Birinci sorunun analizine bakıldığında pek çok öğrencinin birinci amaca ulaştığı yani fotoelektrik deney sonuçlarını doğru tahmin ettiklerini göstermektedir. Ancak ikinci soruya verilen yanıtlar analiz edildiğinde sonuçlar daha belirsizdir. Çalışmada öğrencilerin sıklıkla sordukları sorular

- ❖ İş fonksiyonunu elementin periyodik çizelgedeki yeri ile ilgisi var mı?
- ❖ Işığın şiddeti neden frekansa bağlı ama sesin ki değil?
- ❖ İki fotonun tek bir elektrona enerji vermesi mümkün mü?
- ❖ Foton, metalde nereye çarpacağına nasıl karar veriyor?
- ❖ Işık neden elektronları söküyor, protonları sökmüyor? şeklindedir.

Singh (2008), yapmış olduğu çalışmada kuantum mekaniğinde interaktif araçların geliştirilmesi ve değerlendirilmesi (Interactive learning tutorials on quantum mechanics-QuILTs) üzerinde durmuştur. Çalışmada ön test son test deneysel deseni kullanılmıştır. Ön test ve son testten elde edilen veriler interaktif araçların değerlendirilmesi ve modifiye edilmesine de katkı sağlamıştır. Ayrıca çalışmada öğrenme evreleri yaklaşımı kullanılmıştır.

Kontogeorgiou vd., (2008) çalışmalarını Ioannia Üniversitesinde öğrenim gören 38 birinci sınıf öğrencisi ile gerçekleştirmişlerdir. İlk olarak öğrencilere hidrojen atomunun yapısı, elektronların özellikleri ve atomun şekli ile ilgili sorular içeren bir anket ön test olarak uygulanmıştır. Sonrasında öğrencilerin “Kuantum Atom” simülasyonunu kullanmaları sağlanmış ve öğrencilerle yarı yapılandırılmış görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Simülasyon sonrasında ikinci bir anket uygulanmıştır. Uygulama sonrasında öğrencilerin % 84,2’sinin güneş sistemi

modelini terk ederek, kuantum mekaniği ile uyumlu imgeler oluşturdukları belirlenmiştir. Çalışma sonrasında öğrenciler elektronun konumunu belirlemek imkansız olduğu için, yörünge çizmekte imkansızdır şeklinde görüş bildirmişlerdir.

Kopman vd., (2005) kuantum fiziği kursu ve kuantum kimyası kursu düzenlemişlerdir. Kuantum fiziği kursuna 40 öğrenci katılmış ve kaynak olarak Griffiths (2005) kullanılmıştır. Kursta sadece kuantum teorisinin temelleri ele alınmıştır. Kuantum kimyası kursuna 10 öğrenci katılmıştır ve kaynak olarak Atkins ve Paula (2002) kullanılmıştır. Burada ise kuantum teorisinin ilkeleri, atomik ve moleküler yapı ele alınmıştır. Elde edilen sonuçlara bakıldığında klasik fiziğin kuantum fiziği kavramlarının öğretiminde bir engel olduğu gözlenmiştir. Kuantum fiziği kursundan bir öğrenci 4 haftalık kurs sonunda, kuantum fiziksel bir parçacığın yörüngesini kesin olarak belirleyecek bir fonksiyonu tanımlayabileceğini ifade etmiştir. Born'un istatistiksel yorum farkına rağmen, Born'un tanımını verebilmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta öğrencinin determinist bir yaklaşıma sahip olduğudur. Determinist yaklaşım öğrencilerin kuantum fiziği problemlerini çözmeleri açısından bir engel oluşturmaktadır. Kuantum kimya kursuna katılan öğrencilerden belirsizlik ilkesinin tanımını yapmaları istendiğinde, öğretmenin yaptığı tanımı yaptıkları ve ölçümlerin sistemi etkilediğini söyledikleri belirlenmiştir. Belirsizlik ilkesinin öğrenciler tarafından anlaşılması önemlidir çünkü bu ilke kuantum teorisinin belirlenemezlik içerdiğini gösterir. Kuantum fiziği kursuna katılan öğrencilere öğretmen tarafından Kopenhag yorumu verilmiştir. Ayrıca çalışmada kuantum fiziksel parçacıklara yönelik öğrencilerin zihinsel modelleri belirlenmeye çalışılmıştır. Kuantum kimya kursundan bir öğrenciye çekirdeğin çevresinde dolanan bir elektronun nerede bulunma olasılığı sıfırdır? şeklinde bir soru yöneltilmiştir. Öğrenci tarafından bir çekirdeğin çevresinde dolanan elektronun atomun çevresinde dolanan bir dalga şeklinde tanımlandığı ifade edilmiştir. Kurs boyunca öğrencilerden gelen sorular dikkate alındığında, ulaşılan sonuç, kuantum mekaniğinin zor olduğudur. Öğretimden sonra bile öğrencilerin deterministik görüşlerinin kaybolmadığı gözlenmiştir.

Kandil vd., (2005) tarafından yapılan araştırmada, uygulama konusu olarak modern fiziğin en temel konularından ve parçacık modeli ile kuantum kuramının yapı taşı olan "Fotoelektrik Olay" seçilmiştir. Bu çalışmada bilgisayar ve internet

destekli fizik öğretiminin, Fotoelektrik Olay konusunda öğrencilerin başarı ve tutumlarına etkisi araştırılmıştır.

Zollman vd., (2002) yapmış oldukları çalışmada öğrenme evreleri yaklaşımını dikkate almışlardır. Çalışmalarının asıl amacı, kuantum mekaniğini bu alanda çok bilgisi olmayan ya da bu konuyu çalışmamış öğrencilerin anlamalarını arttırmaktır. Bu amaçla özellikle kavramsal düzeyde anlama ve günlük yaşam örnekleri üzerinde durulmuştur. Çalışmada görsel kuantum mekaniği (Visual Quantum Mechanics) paket programı kullanılmıştır. Çalışma sonuçlarında görsel kuantum mekaniği materyallerinin fen ve matematik alt yapısı olmayan öğrencilere bazı soyut kavramları öğretmede başarılı olduğu gözlenmiştir. Materyaller fen ve matematik alt yapısı olan öğrencilerde de özellikle kuantum mekaniğinin kavramsal yapısını öğretmede oldukça başarılı olmuştur.

Koponen ve Heikkinen (2005) ışığın kuantum doğasını ve foton kavramını öğrenmenin hem lise hem de üniversite öğrencileri için oldukça zor olduğu gerekçesiyle bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada öğretmen adaylarının bu kavramları daha iyi anlamaları için öğretim tasarlanmıştır. Öğretimde analogi tekniğinden yararlanılmış, öğretim sırasında kavramların sürekli geliştiği vurgulanmıştır. Öğretmen adayları foton kavramını nasıl tanımlıyor ve bu tanım öğretimden sonra nasıl değişti sorularına yanıt aranmıştır. Çalışmanın verileri öğrencilerin içerisinde dört görev bulunan nitel problemlere verdikleri yanıtlar ile toplanmıştır. Veriler analiz edildiğinde öğretimin etkili olduğu tespit edilmiştir (Çil, 2010).

Niedderer vd., (1999) kuantum fiziği öğretimi için yeni bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Yaklaşımın geliştirilmesi yaklaşık 10 yıl sürmüştür. Çalışmanın temel noktaları: Bohr'dan Schrödinger'e, matematiksel yapının azaltılması, çeşitli fenomenlerin ölçüm teorileri ve öğrencilerin oryantasyonudur. Çalışma Bremen'deki 3 farklı lisede 3 sınıfta ve ileri fizik kursu kapsamında yürütülmüştür. Çalışmada; kuantum fiziğinin matematiksel boyutundan çok fiziksel anlamı üzerinde durulmuştur. Kuantum fiziği öğretilirken matematiksel yapısı azaltılmıştır. Kuantum fiziğinin atom fiziği, kimya ve katıhal fiziğindeki uygulamalarından yararlanılmıştır. Çalışma sonunda öğrencilerin orbital, elektron bulutu, kuantum fiziği hal ve kabuk kavramlarının öğreniminde artış sağlandığı gözlenmiştir. Ayrıca bu yaklaşım yoluyla

öğrencilerin orbital kavramı üzerine kabul edilebilir bir model oluşturabildikleri ortaya konulmuştur. Uygulama sonucu öğrencilerin kuantum fiziğinin temel kavramları hakkında kabul edilebilir düzeyde ilerleme sağladıkları görülmüştür.

Euler vd., (1999) fizik öğretmen adaylarının kuantum fiziği kavramlarını anlama düzeylerini belirlemek için uygulama öncesinde ve uygulama sonrasında deney ve kontrol grubu öğrencilerine açık uçlu ve evet hayırlı sorular yöneltmişlerdir. (Heisenberg belirsizlik ilkesinin anlamı nedir? Hidrojen atomu ile ilgili bildiklerinizi yazınız gibi) Çalışmanın amacı öğrencilerin modellere ilişkin algılarını ve modern fizik ile ilgili sahip oldukları kavramları belirlemektir. Ön testten sonra deney ve kontrol grupları oluşturulmuştur. Deney grubuna dersler Thomson modeli, Bohr modeli, kuantum kuramı ve bu kuramın tarihsel ve felsefi açılımlarını içerecek şekilde anlatılmıştır. Son test sonuçlarına göre deney grubu öğrencileri kontrol gurubu öğrencilerine göre %40 oranında sorulara daha doğru yanıtlar vermişlerdir. Deney grubu öğrencilerinin kavramsal değişimi daha açık bir şekilde ortaya konulmuştur.

Robblee vd., (1999) yapmış oldukları çalışmada, kimya öğretmenlerinin pedagojik alan bilgilerini ve kuantum fiziği öğretiminde bilgisayar görsellerinden ne düzeyde yararlandıklarını ortaya koymaya çalışmışlardır. Çalışmaya biyoloji, kimya ve fizik öğretmenleri katılmıştır. Çalışma workshop şeklinde gerçekleştirilmiştir. Workshop süresince öğretmenler, eğitimcilere programla ilgili sorular yöneltmişler, programla yapabileceklerini kavramışlardır. Öğretmenler workshop sonrasında, eğitimleri ile ilgili geri dönüt alınabilmesi için çalışma sorularını yanıtlamışlar, ayrıca bilimin doğası ile ilgili algılarının ortaya konulması için için VOSTS (Views on science technology and society) anketini yanıtlamışlardır. Katılımcılar, hem uygulama başında hem de uygulama sonunda kavram haritası çizmişlerdir. Kavram haritaları daha 54 onar yapılan görüşmelerde öğretmenlerin alan bilgilerinin ve kavrama ilişkin bilgilerinin değerlendirilmesi amacı ile kullanılmıştır. Elde edilen verilerin analizi ile öğretmenlerin kuantum fiziği kavramlarını sınırlı düzeyde bildikleri ortaya çıkmıştır. Ayrıca çalışma kuantum fiziğinin bilgisayar teknolojisinden yararlanarak öğretmenin kuantum fiziği kavramlarını anlama düzeylerini artırdığını ortaya koymuştur.

Rebello ve Zollman (1999) çalışmalarında, öğrencilerin kuantum olgusu ile ilgili sahip oldukları kavramsal yapıyı belirlemek istemişlerdir. Bu amaçla geliştirdikleri görsel materyalleri bilgisayar yardımıyla lise öğrencilerine uygulamışlardır. Çalışmada temel konular; atomun sunumu, enerji düzeyleri ve spektrumlar, katılardaki enerji bantları, dalga fonksiyonu ve kuantum tünelleme şeklindedir. Uygulama bitiminde öğrencilerden derste öğrendikleri kavramlarla ilgili kavram haritası çizmeleri istenmiştir. Kavram haritalarında ana kavramın yer almadığı gözlenmiştir. Ayrıca öğrenciler, enerji seviyeleri, dalga fonksiyonu, Schrödinger eşitliği gibi kavramlara kavram haritasında yer vermemişlerdir.

Yukarıda yer alan çalışmalar incelendiğinde, liseden üniversiteye çeşitli öğrenim kademelerinde öğrenci, öğretmen aday ve öğretmenlerin kuantum fiziğinde yer alan çeşitli kavramlara yönelik uygulamaların gerçekleştirildiği gözlenmektedir. Araştırmamız, burada yer alan çalışmalardan farklı olarak, 7E öğretim modeli çerçevesinde, sosyal yapılandırmacılık kuramı ilkelerine dayandırılarak gerçekleştirilmiştir.

4. YÖNTEM

Bu bölümde, araştırmanın yöntemi, uygulama basamakları ve verilerin analizi ile ilgili bilgilere yer verilmektedir.

4.1 Araştırmanın Yöntemi

Araştırmanın amacı, temel problemi ve yanıt aranan alt problemler dikkate alınarak bu araştırmada tarama modellerinden örnek olay tarama modeli kullanılmıştır.

Örnek olay, karmaşık ve özel bir durumun, önemli şartlar içerisinde anlaşılmaya çalışılmasıdır (Stake, 1995). Örnek olay, sosyal bilimlerde çalışmalarda sıklıkla kullanılan, genellikle nasıl ve neden sorularına yanıt aranan, araştırmacının olaylar üzerinde çok fazla etkisinin olmadığı, güncel bir olguyu kendi gerçek yaşam çerçevesi içinde çalışan bir yöntem olarak tanımlanabilir (Yin, 2003).

Örnek olay, evrendeki belli bir ünitenin (birey, aile, okul vb.) kendisini ve/veya çevresiyle olan ilişkilerini derinlemesine ve oldukça geniş bir şekilde inceleyerek, o ünite hakkında bir yargıya varmayı amaçlayan tarama düzenlemeleridir (Tütengil, 1975; akt: Karasar, 2011).

Gomm vd., (2002) aslında tüm çalışmaların örnek olay içerdiğini, çünkü her çalışmada verilerin toplandığı ve analiz edildiği birim ya da birimlerin olduğunu ifade etmişlerdir (Scott ve Morrison, 2006).

Verilen örnek olay tanımlarına baktığımız zaman, örnek olay metodolojisi izlenerek yürütülen bir araştırmadan elde edilen veriler yalnızca inceleme konusu olan kişi, durum veya olay için geçerli olup, bir genelleme amacı taşımaz. Ancak, incelenen örnek olay sayısının çoğaltılması ile genelleme imkanı sağlanabilir (Karasar, 2011). Örnek olay metodolojisi, genel tarama modelleri ile yapılan çalışmalara oranla daha ayrıntılı ve gerçeğe yakın bilgiler verir. Olayların nasılları ve nedenleri üzerinde daha detaylı çalışma olanağı sunar. Bu nedenle bu

metodolojinin kullanıldığı çalışmaların en önemli özelliği kapsamının dar, ancak çalışmanın sonunda elde edilen verilerin oldukça zengin olmasıdır (Karasar, 2011).

Örnek olay metodolojisi, belirlenmiş bir durum ya da olay etrafında derinlemesine araştırmaları içeren geniş kapsamlı bir metodoloji olduğundan, araştırma metotlarının tümünü içerebilir. Literatürde bu metodoloji, nitel ve nicel araştırma metotlarını aynı anda içerebilmesinden dolayı bir şemsiyeye benzetilmektedir (Yin, 1994; Cohen ve Manion, 1994; Çepni, 2005). Örnek olay metodolojisi ile yürütülen bir çalışma, genellikle bünyesinde, doküman, arşiv incelemesi, görüşmeler, katılımcı gözlemler ve doğrudan yapılan gözlemleri içerir. Bu nedenle örnek olay metodolojisi özellikle tek bir metotla araştırılması güç olan durumlarda, birden fazla metodun kullanılmasıyla problemin daha derinlemesine ve farklı yönlerden araştırılmasına imkan verir. Pek çok metodun kullanılması sonucu elde edilen verilerin birbirlerini desteklemesi, çalışmanın güvenilirliğini artıracak gibi olay veya durum hakkında daha ayrıntılı veri elde edilmiş olacaktır (Yin, 2003).

Örnek olay metodolojisi; bir olayın, sürecin veya birey(ler)in özelliklerinin kısa bir sürede resmedilmesini sağladığından dolayı, eğitim çalışmalarında “uygun”, “yararlı” ve “geçerli” bir teknik olarak kabul edilmektedir (Bachor, 2000).

Hitchcock ve Hughes (1995), eğer olaylar üzerinde etkimiz az ise örnek olay yaklaşımının kullanılması gerektiğini belirtmiştir. Hitchcock ve Hughes (1995) örnek olayın bazı özelliklerini aşağıdaki gibi gruplandırmıştır;

- 1- İncelenen durumla ilgili zengin ve yalın açıklamalar sunar.
- 2- İncelenen durumla ilgili kronolojik bilgi sağlar.
- 3- Analizler ile olayların harmanlanarak açıklanmasını sağlar.
- 4- Bireylere veya gruplara odaklanarak, onların olayı nasıl algıladıklarını anlamamızı sağlar.
- 5- İncelenen durum ile ilgili belirli noktaları vurgular.
- 6- Araştırmacının, örnek duruma bütünsel bir şekilde dahil olmasını sağlar (Cohen vd., 2007).

Çizelge 4.1: Farklı araştırma stratejileri için uygun durumlar (COSMOS Corporation, Yin (2003))

Yöntem	Araştırma sorusu	Davranışsal olayların kontrolü gerekir mi?	Güncel olaylara odaklanma
Deney	Nasıl, neden	Evet	Evet
Survey (tarama)	Kim, ne, ne zaman, kaç tane, ne kadar	Hayır	Evet
Arşiv analizi	Kim, ne, ne zaman, kaç tane, ne kadar	Hayır	Evet/ Hayır
Tarihsel doküman analizi	Nasıl, neden	Hayır	Hayır
Örnek olay	Nasıl, neden	Hayır	Evet

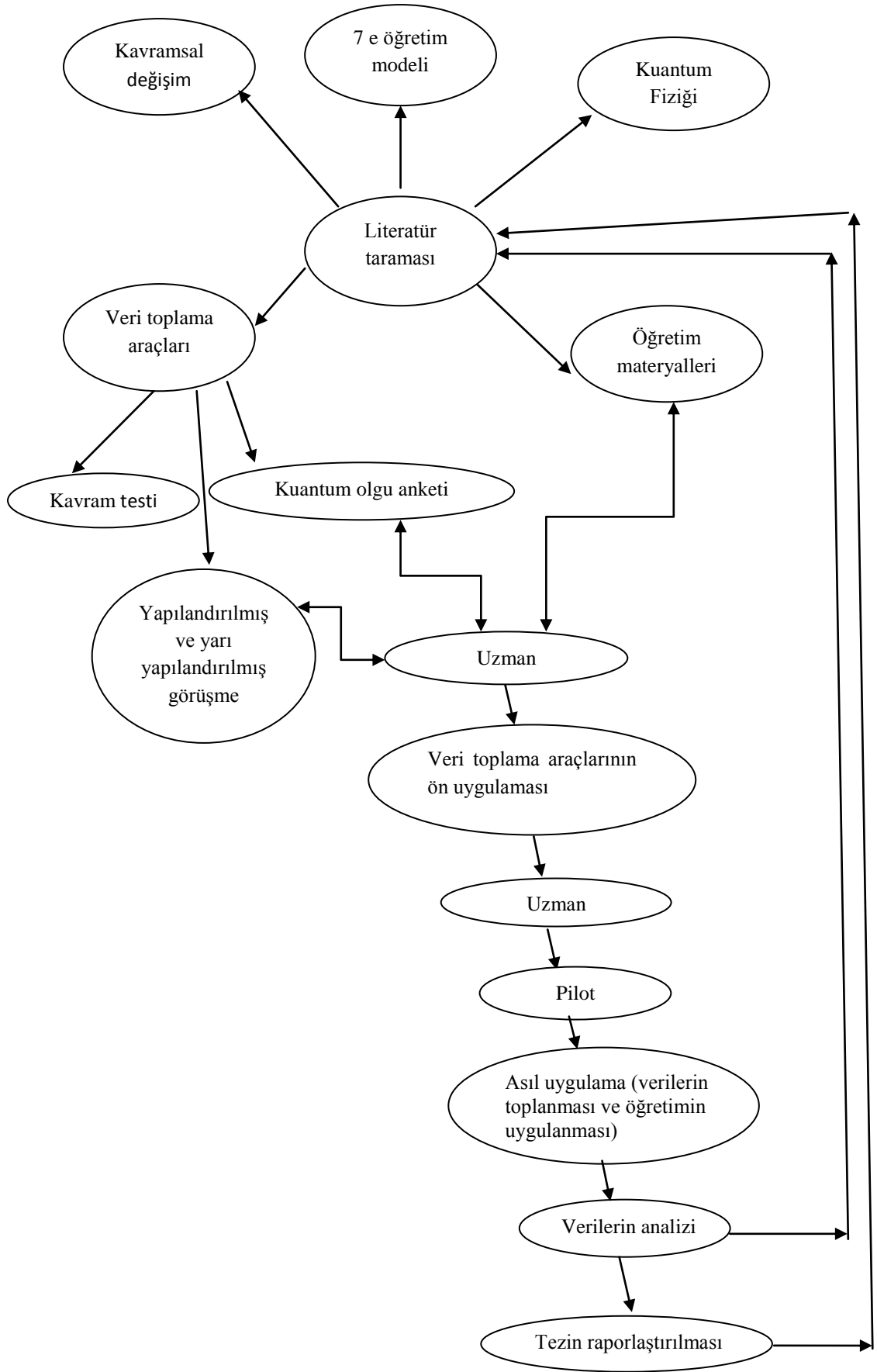
Yukarıda yer alan Çizelge 4.1 incelendiğinde hangi durumlarda örnek olay çalışmalarının kullanılabilmesine dair fikir vermektedir. Araştırma sorumuzun ne olduğu, davranışsal olayların kontrolünün gerekli olup olmadığı ve çalışmada güncel olaylara odaklanma durumu araştırma metodolojisinde örnek olay seçimini etkileyen faktörler arasındadır.

Araştırmamızda örnek olay tarama modelinin seçilmesinde yukarıdaki faktörlerin yanı sıra; örneklemin az sayıdaki öğrenci grubundan oluşması, derinlemesine bilgiye ihtiyaç duyulması, nitel ve nicel verilerin birlikte ele alınması ve genelleme kaygımızın olmaması gibi birçok faktör etkili olmuştur.

4.2 Araştırmanın Tasarlanması

Araştırmada öncelikle 7E öğretim modeli, kuantum fiziği öğretimi ve kavramsal değişim ile ilgili literatür incelenmiştir. Daha önceki çalışmalarda kullanılmış olan veri toplama araçları, fizik öğretim programları, kuantum fiziği öğretiminde kullanılan ders kitapları ve yardımcı materyaller (simülasyon, animasyon gibi) incelenmiştir. Araştırmanın ilk aşamasında kuantum fiziğinde

yapılan önceki çalışmalara odaklanılmış, bu çalışmalarda kullanılan kavram testleri ve öğretim yöntemleri incelenmiş ve ayrıca yine bu çalışmalardan elde edilen alternatif kavramlar da dikkate alınarak “Kuantum Kavram Testi” oluşturulmuştur. Daha önce yapılan çalışmalarda kullanılan (Mashhadi, 1996, Ireson, 1999, Akarsu, 2007) kuantum olgu anketi, İngilizceden Türkçeye çevrilmiştir. Araştırmada kullanılacak olan öğretim materyalleri 7E öğretim modeline uygun olarak geliştirilmiştir. Hazırlanan veri toplama araçları iki akademisyen tarafından kontrol edilmiş ve gerekli düzeltmeler yapılmıştır. Daha sonra veri toplama araçlarının ön uygulaması yapılmıştır. Ön uygulamadan elde edilen veriler ışığında bazı düzeltmeler yapılarak, 2009–2010 eğitim öğretim yılında Balıkesir Üniversitesi Necatibey Eğitim Fakültesi Fen Bilgisi Öğretmenliği 2. sınıf öğrencileri ile hem veri toplama araçlarının hem de öğretim materyallerinin pilot uygulaması gerçekleştirilmiştir. Pilot uygulama sonrası gerekli düzeltmeler yapılarak, 2010–2011 eğitim öğretim yılında Balıkesir Üniversitesi Necatibey Eğitim Fakültesi Fen Bilgisi Öğretmenliği 2. sınıf öğrencileri ile asıl uygulama gerçekleştirilmiştir. Araştırmadan elde edilen veriler analiz edilerek raporlaştırılmaya gidilmiştir. Araştırmanın aşamaları ile ilgili akış diyagramı Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1 Araştırmanın Aşamaları

4.3 Araştırmanın Örnekleme

Bir araştırma deseninde, araştırmacının örnekleme belirlerken dikkat etmesi gereken bazı noktalar vardır. Bunlar;

- Evrenin türü
- Örnekleme birimi
- Örnek boyutu
- Örnekleme çerçevesi (sampling frame)
- Ele alınacak özellikler
- Bütçe durumu şeklinde sıralanabilir (Kothari, 2004).

Yukarıda yer alan noktalar incelendiğinde, bir araştırma deseninde örnekleme belirlerken ilk adım, çalışılacak olan evrenin belirlenmesidir. Evren sınırlı olabilir sınırsızda. Sınırlı evrenlerde çalışılacak sayı belirli iken (Bir şehrin nüfusu, fabrikada çalışan işçi sayısı gibi, vb.) sınırsız evrenlerde kesin bir sayı yoktur (Gökyüzünde bulunan yıldızlar ya da özel radyo programlarının dinleyici sayısı gibi.). Örnekleme birimi ise, coğrafi olarak bir devlet, köy, mahalle olabileceği gibi, sosyal yapı olarak aile, kulüp, okul olabilir veya örnekleme birimi tek bir birey olabilir. Araştırmacı çalışma için seçeceği bir ya da daha fazla birime karar vermelidir. Sınırlı evren ile çalışılıyorsa, evren içerisinde yer alan her bir birimin ismi bilinmelidir. Eğer bu yönde bir kaynak yok ise, araştırmacı hazırlamalıdır. Böyle bir liste doğru, kapsamlı, güvenilir ve uygun olmalıdır. Bu liste evreni temsil ettiği için oldukça önemlidir. Örnek boyutu, bir araştırmacı için büyük bir sorundur çünkü örnek boyutu ne çok geniş ne de çok dar olmamalı, uygun bir değerde seçilmelidir. Seçilen bu uygun değer, verimli, güvenilir ve gereksinimleri karşılayabilir olmalıdır. Örnek seçiminde araştırma kapsamında ele alacağımız yapılar ya da maliyette önemlidir. Tüm bu aşamalardan sonra araştırmacı örneklemini hangi teknik ile seçeceğine karar vermelidir. Örnekleme yöntemi kendi içerisinde olasılık temelli ve olasılık temelli olmayan örnekleme (amaçlı örnekleme) yöntemi olarak ikiye ayrılır (Kothari, 2004).

Araştırmada amaçlı örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Amaçlı örnekleme yöntemi, tam anlamı ile nitel araştırma geleneği içinde ortaya çıkmıştır (Yıldırım ve Şimşek, 2006). Patton'a (1987) göre amaçlı örnekleme yöntemi zengin bilgiye sahip olduğu düşünülen durumların derinlemesine çalışılmasına olanak vermektedir. Başlıca amaçlı örnekleme yöntemleri şu şekilde sıralanabilir:

- ❖ Aşırı veya aykırı durum örnekleme
- ❖ Maksimum çeşitlilik örnekleme
- ❖ Benzeşik örnekleme
- ❖ Tipik durum örnekleme
- ❖ Kritik durum örnekleme
- ❖ Kartopu veya zincir örnekleme
- ❖ Ölçüt örnekleme
- ❖ Doğrulayıcı veya yanlışlayıcı örnekleme
- ❖ Kolay ulaşılabilir (convenient) durum örnekleme (Patton,1987).

Tüm bu örnekleme tipleri incelendiğinde araştırmamızda kullanılan örnekleme tipi kolay ulaşılabilir durum örneklemesidir. Çünkü bu yöntemde araştırmacı yakın olan ve erişilmesi kolay olan bir durumu seçer. Araştırmacılar için, zaman ve maliyetin önemli olduğu durumlarda da, kolay ulaşılabilir örneklem tercih edilebilir.

Bu araştırma, Balıkesir Üniversitesi Necatibey Eğitim Fakültesi Fen Bilgisi Öğretmenliği öğrencileri ile yürütülmüştür. Araştırmanın örneklemini ise, Fen Bilgisi Öğretmenliği 2. sınıfta öğrenim gören toplam 48 öğrenci (I. ve II. öğretim) oluşturmaktadır.

Çizelge 4.2: Öğrenci Dağılımı

Öğrencilerin Dağılımı			
Şube	Öğrenci Sayısı (n)	Kız	Erkek
I. Öğretim	24	11	13
II. Öğretim	24	14	10

Araştırma kapsamında 48 öğrenciden 10 tanesi ile yarı yapılandırılmış görüşme gerçekleştirilmiştir. Bu öğrenciler, kavram testine öğretim öncesi vermiş oldukları yanıtlara göre seçilmiştir. Ayrıca araştırmada kavramsal değişim süreci bir öğrenciye ait ders içi kamera ve ses kayıtları, ön ve son görüşme kayıtları, kavram testi ve olgu anketi ön test ve son test verilerinin analizi çerçevesinde incelenmiştir. Bu öğrencinin seçilme nedenleri arasında kendini ifade etme yeteneği, araştırmanın her aşamasında gönüllü ve istekli oluşu ve bunu çalışmalarına yansıtması gösterilebilir.

4.4 Araştırmacının Rolü

Nitel araştırmalarda, araştırmacının veri kaynağına yakın olması, alanda oluşan gerçeklikleri yaşaması ve araştırma verisinin doğasına uygun yöntem ve süreçler ile veri toplaması nitel araştırma sonuçlarının geçerliğini arttıran özelliklerdir. Bu noktada doğru bilgiye ulaşma konusunda gereken önlemlerin alınması, araştırma süreci ve verilerinin açık ve ayrıntılı bir biçimde tanımlanması, araştırmacının karşılaması gereken en önemli beklentilerden biridir (Yıldırım ve şimşek, 2006). Tüm bu noktalar dikkate alındığında, araştırmanın öğrenme çevresinin tasarlanması, kavramsal çerçevesinin oluşturulması ve 7E ğretim modeline uygun ders içeriklerinin hazırlanması, veri toplama araçlarının oluşturulması ve yapılandırılması, öğretimin uygulanması aşamalarının her biri araştırmacı tarafından planlanmış ve yürütülmüştür. Özellikle, araştırmadan elde edilen bulgular, veri toplama araçlarından doğrudan yapılan alıntılar ile desteklenmiştir. Böylece araştırmacıdan kaynaklanabilecek tehditlerin ortadan kaldırılarak, araştırmanın geenirliğini sağlamaya katkıda bulunulacağı düşünülmüştür.

4.5 Veri Toplama Araçları ve Veri Toplama Araçları İle İğili Geçerlik- Geenirlik alışmaları

Bu bölümde araştırmada kullanılan veri toplama araçlarının özellikleri, hazırlanma süreçleri ve hazırlanmaları aşamasında yapılan geçerlik ve geenirlik çalışmaları ile ilgili detaylı bilgi verilmiştir.

Araştırma süresince öğrencilere uygulanan veri toplama araçları izelge 4.3'te görülmektedir.

Çizelge 4.3: Veri Toplama Araçları

Uygulama ncesi	Uygulama aşaması	Uygulama sonrası
Kavram Testi Kuantum olgu anketi Yarı Yapılandırılmış Görüşme	Kamera kaydı Ses kayıt cihazı	Kavram Testi Kuantum olgu anketi Yarı Yapılandırılmış Görüşme Yapılandırılmış Görüşme (7E modeli)

Etkili bir araştırma için geçerlik en önemli noktalardan bir tanesidir ve hem nicel hem de nitel araştırmalar için bir gerekliliktir (Cohen, 2007). Geçerlik, testin bireyin ölçülmek istenen özelliğini ne derecede doğru ölçtüğüdür (Büyüköztürk, 2007). Geçerlik, bilimin özü olup bilimsel olduğu kadar felsefi bir sorun olarak ta karşımıza çıkmaktadır (Kerlinger, 1964, Thorndike ve Hagen, 1967, akt: Karasar, 2011). Literatürde yer alan pek çok geçerlik ölçütü bulmak mümkündür. Bunlar; içerik, yapı, iç, dış, sistemik, kültürel, açıklayıcı ve değerlendirme geçerliği şeklinde sıralanabilir (Cohen, 2007). Pek çok geçerlik ölçütü ortaya konulmuş olsa da, sıklıkla karşılaştığımız geçerlik ölçütleri, içerik geçerliği, uygulama (deneysel) geçerliği ve yapı geçerliğidir (Karasar, 2011).

Bu araştırmada, tüm ölçme araçlarının içerik (kapsam) geçerliğini sağlayıp sağlamadığının belirlenmesi için gerekli çalışmalar yapılmış ve kullanılan ölçme araçları konularının uzmanı olan öğretim elemanlarınca incelenmiştir.

Geleneksel olarak güvenilirlik, bir kalite ölçüsü, tekrarlanabilirlik ve tutarlılık demektir. Yapılan bir ölçümün güvenilir olması demek, iki veya daha fazla ayrı olayda aynı sonuca ulaşılması demektir (Scott ve Morrison, 2006).

Güvenirlik, bireylerin test maddelerine verdikleri yanıtlar arasındaki tutarlılık (Büyüköztürk, 2007) veya aynı şeyin bağımsız ölçümleri arasındaki kararlılık (Karasar, 2011) şeklinde tanımlanabilir. Güvenirlik bilimsel bir çalışmanın ilk koşullarındandır. Güvenirliği düşük bir ölçmenin hiçbir bilimsel değerinin olmadığı gibi, güvenirlüğün yüksek olması yapılan ölçümlerin amaca uygunluğunu garanti etmez (Karasar, 2011). Yapılan bir ölçümde dört tür güvenilirlik ölçütü aranabilir. Bunlar:

- 1- Gözlemciler arası güvenilirlik
- 2- Test tekrar test güvenirligi
- 3- İç tutarlılık güvenirligi
- 4- Paralel form güvenirligidir (Scott ve Morrison, 2006).

Burada bahsedilen bağımsız gözlemciler arası uyum, birden çok gözlemcinin bağımsız olarak aynı şeyleri ölçmeye çalıştıkları durumlarda uygulanan bir ölçüttür (Karasar, 2011). Test tekrar test güvenirligi ise, bir testin aynı gruba belirli aralıklarla

iki kez uygulanması sonucu elde edilen puanlar arasındaki korelasyon ile sağlanır (Büyüköztürk, 2007). İç tutarlılık ise her ölçme aracının belirli bir amacı gerçekleştirmek üzere, birbirinden deneysel olarak bağımsız ünitelerden oluştuğu ve bunların, bütün içinde, bilinen ve birbirlerine eşit ağırlıklara sahip olduğu varsayımıdır. İç tutarlılığı belirlemeye yönelik olarak Kuder Richardson-20 ve Cronbach alfa güvenilirliği, bölünmüş test güvenilirliği ve paralel form güvenilirliği kullanılabilir (Karasar, 2011). Paralel form güvenilirliği ise, aynı özelliği ölçmeye yönelik hazırlanan iki eş değer formun bir gruba aynı zamanda veya iki farklı zamanda uygulanması ile elde edilen test puanları arasındaki korelasyon ile açıklanır (Büyüköztürk, 2007).

Bu araştırmada kullanılan veri toplama araçlarının içerik (kapsam) geçerliği, yapı geçerliği ve güvenilirlik çalışmalarının nasıl yapıldığından her bir ölçme aracının başlığı altında bahsedilmiştir.

4.6 Kuantum Fiziği Kavram Testi

Kuantum fiziği alanında yapılan çalışmalar incelendiğinde çok çeşitli veri toplama araçlarının kullanıldığı görülmektedir. Bu araştırmada öğrencilerin kuantum fiziği temel kavramlarına ilişkin kavramsal anlamalarını belirleyebilmek için Kuantum Fiziği Kavram Testi (EK-1) kullanılmıştır.

Araştırmada yer alan kavram testinin amacı, uygulama öncesinde öğrencilerin kuantum fiziğinin temel kavramları konusunda ön bilgilerini ve alternatif kavramlarını belirlemek, uygulama sonrasında ise uygulanan öğretim modelinin öğrencilerin kavramsal anlama düzeylerini nasıl etkilediğini ortaya çıkarmaktır. Kavram testi oluşturulurken, literatürde yer alan çalışmalar incelenmiş, bu çalışmalarda kullanılan sorular değerlendirilmiş, gerek kaynak kitaplardan gerek araştırmacı tarafından geliştirilen sorulardan, gerekse literatürde yer alan bazı sorulardan seçim yapılarak kavram testi oluşturulmuştur. Kavram testinde 14 soru yer almaktadır. Bu soruların konulara göre dağılımı ve soruların kaynağı Çizelge 4.4'de yer almaktadır.

Çizelge 4.4: Kuantum fiziği kavram testi soru dağılımı ve soru kaynakları

Kuantum fiziği kavram testi soru dağılımı ve soru kaynakları		
Soru no	İlişkili konu	Soru kaynağı
1	Kuantum fiziğine giriş	Araştırmacı tarafından geliştirilmiştir.
2	Kuantum fiziğine giriş	Araştırmacı tarafından geliştirilmiştir.
3	Kuantum fiziğine giriş	Araştırmacı tarafından geliştirilmiştir.
4	Siyah cisim ışıması	Fen ve mühendislik için Fizik 3- Modern Fizik, Palme yayıncılık, 2005 (1292)
5	Fotoelektrik olay	Fletcher, 1997 (How students learn quantum mechanics) Master of Science, University of Sydney
6	Fotoelektrik olay	Wuttiptom, S., Sharma, M., D., Johnston , I. D., Chitaree, R, 2007, Development and Use of a Conceptual Survey in Introductory Quantum Physics. International Journal of Science Education
7	Fotoelektrik olay	Araştırmacı tarafından geliştirilmiştir.
8	Atomun yapısı	Araştırmacı tarafından geliştirilmiştir.
9	Dalga-parçacık ikilemi	Fletcher, 1997 (How students learn quantum mechanics) Master of Science, University of Sydney
10	Dalga-parçacık ikilemi (de broglie: madde dalgaları)	Fletcher, 1997 (How students learn quantum mechanics) Master of Science, University of Sydney
11	Dalga-parçacık ikilemi	Araştırmacı tarafından geliştirilmiştir.
12	Heisenberg belirsizlik ilkesi	Özdemir, 2008 (Kuantum Fiziğinde belirsizlik ilkesi: Hibrit yaklaşımla öğretimin akademik başarıya etkisi, Yüksek lisans tezi, İzmir
13	Heisenberg belirsizlik ilkesi	Fletcher, 2004 (How tertiary level physics students learn and conceptualize quantum mechanics) Doctor of Philosophy in the school of Physics, University of Sydney
14	Heisenberg belirsizlik ilkesi	Fletcher, 1997 (How students learn quantum mechanics) Master of Science, University of Sydney

Çizelge 4.4 incelendiğinde, kuantum fiziğine giriş bölümü ile ilgili 3 soru, siyah cisim ışıması ile ilgili 1 soru, fotoelektrik olay ile ilgili 3 soru, atomun yapısı ile ilgili 1 soru, dalga-parçacık ikilemi ile ilgili 3 soru ve Heisenberg belirsizlik ilkesi ile ilgili 3 sorunun yer aldığı gözlenmektedir. Soruların 10 tanesi açık uçlu, 4 tanesi ise çoktan seçmeli soru tipinde, açık uçlu iki aşamalı testtir. Çoktan seçmeli sorularda öğrencilerin seçmiş oldukları şıkların nedenini de yazmaları istenmiştir. Kavram testi öğrencilere hem uygulama öncesi hem de uygulama sonrası uygulanmıştır.

Kavram Testi'nin, içerik (kapsam) geçerliğini sağlayıp sağlamadığını belirlemek için “uzman görüşü”ne başvurulmuştur. Bu amaçla Kuantum Fiziği Kavram Testi, konunun uzmanı olan iki fizik eğitimi öğretim elemanı tarafından incelenmiştir. Uzman görüşüne dayanarak gerekli düzenlemeler yapılmıştır. Kavram Testi'nin yapı geçerliği için ise yarı yapılandırılmış görüşmeler yapılarak, kuantum fiziğinin temel kavramları konusunda, testte başarılı olan öğrencinin görüşmelerde de başarılı olup olmadığına, aynı şekilde başarısız öğrencinin görüşmelerdeki sorularda da başarısız olup olmadığına bakılarak test sonuçları ve görüşmeler karşılaştırılmıştır.

Kavram Testi'nin ilk hali 24 sorudan oluşmaktadır. Kavram testinin ön pilot çalışması, 2009–2010 eğitim öğretim yılında Muğla Üniversitesi Eğitim Fakültesi Fen Bilgisi Öğretmenliği ve Balıkesir Üniversitesi Necatibey Eğitim Fakültesi Fen Bilgisi Öğretmenliği'nde öğrenim gören 230 öğrenci ile gerçekleştirilmiştir. Bu ön pilot uygulamanın yapılmasının amacı, pilot uygulama öncesi uygulanacak olan kavram testine son şeklini verebilmektir. Ön pilot uygulamadan seçilen 20 anket üzerinde ayrıntılı bir çalışma yapılmış, soruların öğrenciler tarafından anlaşılıp anlaşılmadığı veya öğrencilerin soruya yanıt verip vermediğine dikkat edilmiştir. Özellikle ön pilot uygulamada öğrencilerin kavram testini bir ders saatinde yanıtlamakta zorlandıkları gözlenmiştir. Kavram testinde yer alan bazı sorular, öğretim sürecinde değerlendirme veya ilişkilendirme basamaklarında kullanılmaktadır. Tüm bu nedenler göz önünde bulundurulduğunda, kavram testinden 10 tane sorunun çıkartılmasına karar verilmiştir. Testin güvenilirlik çalışmaları 14 soru üzerinden yapılmıştır. Testin güvenilirliği için 230 öğrenci üzerinde yapılan ön pilot çalışma sonrasında Cronbach alfa güvenilirlik katsayısı .70 olarak bulunmuştur. 2009–2010 eğitim öğretim yılı bahar döneminde Balıkesir

Üniversitesi Necatibey Eğitim Fakültesi Fen Bilgisi Öğretmenliği 2. sınıf öğrencileri (95 öğrenci) ile pilot çalışma yürütülmüştür. Pilot çalışmaya göre kavram testinin Cronbach Alfa güvenilirlik katsayısı ,64 olarak bulunmuştur. Güvenilirlik katsayısı, 0 ile 1 arasında değerler alır. Bu değer 1,00'e yakın olması testin güvenilirliğinin yüksek olduğuna işaret ederken, 0,00'a yakın olması da testin güvenilirliğinin düşük olduğunu gösterir (Ural ve Kılıç, 2006). Bu nedenle araştırmada kullanılan kavram testinin güvenilir olduğu söylenebilir.

Pilot çalışmada kullanılan kavram testinde hiçbir değişiklik yapılmamış ve kavram testi asıl uygulamada da aynen kullanılmıştır. Asıl uygulama 2010–2011 eğitim öğretim yılı bahar döneminde gerçekleştirilmiş olup, kavram testi ön test ve son test olarak uygulanmıştır.

Kavram testinde yer alan her bir sorunun içeriği ve hangi amaçla teste konulduğu ve nasıl geliştirildiği ilk iki soru üzerinden Çizelge 4.5'te açıklanmıştır. Çizelge 4.5'in tamamı EK-2'de sunulmuştur.

Çizelge 4.5: Kuantum Fiziği Kavram Testi Soru İçeriği

Soru 1: Kuantum fiziği nedir? Kısaca açıklayınız.
Araştırmacı tarafından geliştirilen bu soru öğrencilerin kuantum fiziğinin ne olduğu ile ilgili düşüncelerini belirlemek ve “üniversite öğrencileri kuantum fiziğini nasıl ve hangi yollarla betimliyorlar?” sorusuna yanıt bulmak amacı ile oluşturulmuştur.
Soru 2: Kuantum fiziğinin klasik fizikten farkı var mıdır? Varsa nelerdir? Kısaca açıklayınız.
Bu soru öğrencilerin kuantum fiziği ve klasik fizik arasında en temel farklılıkları bilip bilmediklerini ortaya çıkarmak amacı ile açıklanmıştır

4.7 Kuantum Olgu Anketi

Kuantum olgu anketi, 40 ifadeden oluşan bir testtir. Bu 40 ifadeden 29 tanesi, kuantum olgusunu anlama ile ilgili iken, 11 tanesi de modellerle ilgilidir. Bu anket daha önce pek çok çalışmada kullanılmıştır (Ireson, 1999; Mashaddi ve Woolnough, 1996; Akarsu, 2007). Araştırmanın genel çerçevesi düşünüldüğünde, ölçeğin sadece

kuantum olgusunu anlama kısmı kullanılmıştır. Araştırmada kullanılan ölçek 29 maddeden oluşan, 5'li Likert tipinde bir ölçektir (EK-3). Kuantum olgu anketi, iki İngilizce öğretmeni tarafından Türkçeye çevrilmiştir. Daha sonra iki alan uzmanı tarafından ifadeler kontrol edilmiş, bazı kelimeler tartışılarak, ifadeler yeniden düzenlenmiştir. Türkçeleştirilen bu yapı, özel bir üniversitede görev yapan İngilizce okutmanına verilerek tekrar İngilizceye çevrilmiştir. Orijinal hal ve çeviri formu karşılaştırıldığında, ifadeler arasında yüksek düzeyde benzerlik olduğu görülmüştür. Kuantum olgu anketi, geçerlilik güvenilirlik çalışması kapsamında, ön pilot uygulama olarak, Muğla Üniversitesi ve Balıkesir Üniversitesi Necatibey Eğitim Fakültesi Fen Bilgisi Öğretmenliği öğrencilerine uygulanmıştır. Toplam 230 öğrenci çalışmaya katılmıştır. Anketin Cronbach alfa değeri, ,69 bulunmuştur. Bu uygulamanın amacı, ankette anlaşılmayan noktaları belirlemek ve pilot çalışma öncesi ankete son şeklini verebilmektir. Bu aşamadan sonra, anketin pilot uygulaması 2009–2010 eğitim öğretim yılı bahar dönemi Balıkesir Üniversitesi Necatibey Eğitim Fakültesi Fen Bilgisi Öğretmenliği öğrencileri ile gerçekleştirilmiştir. Pilot uygulamaya katılan öğrenci sayısı ise 95'tir. Anketin Cronbach alfa değeri ,71 bulunmuştur.

4.8 Görüşme

Görüşme nitel araştırmada en sık kullanılan veri toplama araçlarından bir tanesidir. Stewart ve Cash (1985) görüşmeyi, “önceden belirlenmiş ve ciddi bir amaç için yapılan, soru sorma ve yanıtlama tarzına dayalı karşılıklı ve etkileşimli bir iletişim süresi” olarak tanımlamıştır (Yıldırım ve Şimşek, 2006). Patton'a (1987) göre görüşmenin amacı, bir bireyin iç dünyasına girmek ve onun bakış açısını anlamaktır (Yıldırım ve Şimşek, 2006). Görüşme yolu ile düşünceler, deneyimler, tutumlar, niyetler, yorumlar, zihinsel algılar ve tepkiler anlaşılmaya çalışılır (Yıldırım ve Şimşek, 2006). Literatüre baktığımızda genellikle görüşme, yapılandırılmış, yapılandırılmamış ve yarı yapılandırılmış olmak üzere 3'e ayrılır. Yapılandırılmış görüşme, görüşülen bireylerin verdikleri bilgiler arasındaki paralellik ve farklılığı saptayarak, karşılaştırmalar yapmamızı sağlar. Açık uçlu sorular bu tip görüşmede nadiren kullanılır. Yapılandırılmamış görüşme ise, keşfe yönelik bir süreçtir. Bu tip görüşmede önceden belirlenmiş her hangi bir soru yoktur,

doğal olarak yanıtlaıa ilişkin bir beklenti de olmamalıdır (Yıldırım ve Şimşek, 2006). Yarı yapılandırılmış görüşme ise, görüşme sorularının önceden hazırlandığı, ancak görüşme sırasında esneklik sağlayarak soruların yeniden düzenlenmesine ve tartıőılmasına imkân sağlayan görüşme Şeklidir.

Araştırmada, hem yapılandırılmış hem de yarı yapılandırılmış görüşmelere yer verilmiştir. Araştırmada, ğrencilerin kuantum fiziğinde yer alan temel kavramlara ilişkin alternatif kavramlarını belirlemek ve daha derinlemesine incelemek için yarı yapılandırılmış görüşmelere yer verilirken, ğrencilerin 7E ğretim modeline ilişkin görüşlerini belirlemek için yapılandırılmış görüşmelere yer verilmiştir. Öğrencilerin kuantum fiziği temel kavramları ile ilgili ön kavramlarını ve alternatif kavramlarını belirlemek için uygulanan kuantum fiziği kavram testinden elde edilen veriler incelenmiştir. Öğrencilerin n kavramlara nasıl ulaőtıklarını ortaya koymak ve sahip oldukları alternatif kavramları daha derinlemesine inceleyebilmek için öğrencilerle yarı yapılandırılmış görüşmeler hem uygulama öncesi hem de uygulama sonrası yapılmıştır (EK-4).

Öğrencilerin ğretim yöntemine ilişkin görüşlerini belirlemek için kullanılan yapılandırılmış görüşme formu Anıl (2010) tarafından kullanılan görüşme formundan yararlanılarak oluşturulmuştur. Yapılandırılmış görüşme formunda; 5 soru yer almaktadır. Sorular, 7E ğretim yönteminin, derslerde uygulanan diğer yöntemlerden farklılık ve benzerliklerini, sınıf içi etkileőtini, öğrenilen konunun günlük yaşamla ilişkilendirilmesini, öğrenciyi araştırmaya teşvik edip etmeme durumunu ve derse ilişkin tutumda her hangi bir deđiőtiklik olup olmadığını belirlemeye yöneliktir (EK-5). Gerçekleştirilen görüşmelerin hepsi ses kayıt cihazı ile kayıt altına alınmıştır. Çalışma süresince ayrıca kamera kayıtlarına da yer verilmiştir.

4.9 Kamera Kayıtları

Uygulama aşamasında, iki öğrenciden oluşan beş farklı çalışma grubunun yaptıkları etkinlikler kamera ile kayıt altına alınmıştır. Toplam kayıt süresi yaklaşık 3500 dakika sürmüştür.

Bu sayede sınıf ortamında gerçekleşen sözel olmayan davranışların da analizi yapılmış ve bu veriler öğrenme ortamlarının değerlendirilmesinde kullanılmıştır. Öğretim süresince sınıf ortamının kameraya çekilmesi ile elde edilen veriler yazılı bir forma dönüştürülerek, bu verilerin içerik analizi yapılmıştır.

4.10 Geçerlik ve Güvenirliği Sağlamak Amacı ile Kullanılan Stratejiler

Bilimsel araştırmalarda geçerlik ve güvenilirlik en önemli ölçütlerden biridir. Genel anlamda geçerlik araştırma sonuçlarının doğruluğunu ifade ederken, güvenilirlik ise araştırma sonuçlarının tekrar edilebilirliği ile ilgilidir. Araştırma kapsamında geçerliği sağlamaya yönelik kullanılan stratejiler iç ve dış geçerliği, güvenilirliği sağlamaya yönelik kullanılan stratejiler ise iç ve dış güvenilirliği sağlamaya yönelik olarak ele alınmıştır.

4.10.1 İç geçerliği sağlamaya yönelik kullanılan stratejiler

Araştırmacı esnek bir uygulama süreci ile öğretimi yapılandırmıştır. Araştırmacı Fen Bilgisi öğretmen adayları ile uzun süreli etkileşim halinde bulunarak, veri kaynakları üzerinde araştırmacının varlığından ve öznel algılarından kaynaklanabilecek etkiler en aza indirilmeye çalışılmıştır. Araştırmacı öğretim öncesinde gerçekleştirilen derslere de katılarak Fen Bilgisi öğretmen adayları ile aynı ortamı paylaşmış ve araştırmacının öğretmen adayları üzerindeki başlangıç etkisi azalarak, öğretim süreci kendi doğal ortamında gerçekleşmiştir.

Araştırma kapsamında Fen Bilgisi öğretmen adaylarının farklı algı, deneyim ve bakış açısına sahip olduğu göz ardı edilmemiştir. Bu noktada araştırmacı çeşitlemeye giderek farklı özelliklere sahip Fen Bilgisi öğretmen adayı ile görüşmeler gerçekleştirmiştir. Böylece farklı algı ve bakış açılarından yola çıkarak çoklu gerçekliklere ulaşılmaya çalışılmıştır.

Araştırmacı süreç içerisinde kendisini ve araştırma sürecini sürekli olarak eleştirel bir gözle sorgulamış ve bulguların gerçeği yansıtıp yansıtmadığını kontrol etmeye çalışmıştır.

4.10.2 Dış geçerliği sağlamaya yönelik kullanılan stratejiler

Araştırmada ayrıntılı betimlemeye özen gösterilmiştir. Özellikle bulgular kısmında kavram testi, görüşme ya da ders içi kamera kaydından yapılan doğrudan alıntılar bu amaçla kullanılmıştır. Araştırmacı tarafından araştırma süreci (ön hazırlıklar, pilot uygulama, öğretim süreci) ayrıntılı bir şekilde tanımlanmıştır. Yapılan ayrıntılı betimleme ile okuyucunun verilerin elde edildiği ortamı zihninde canlandırması amaçlanmıştır.

4.10.3 İç güvenilirliği sağlamaya yönelik kullanılan stratejiler

Araştırmacı veri toplama araçlarından elde ettiği bilgileri herhangi bir yorum katmadan okuyucuya sunmuştur. İç güvenilirlik konusunda ortaya konulması gereken noktalardan bir tanesi de tutarlıktır. Bu tutarlık veri toplama araçlarının oluşturulması, verilerin toplanması ve analiz aşamalarında kendini göstermelidir (Yıldırım ve Şimşek, 2006). Bu noktada araştırmacı örneğin, veri toplama sürecinde görüşmelerde benzer bir yaklaşımla sorularını sormuş, tüm görüşmeleri kayıt altına almıştır. Aynı türden bulgulara aynı yorumların yapıp yapılmadığı ve benzer sonuçlara ulaşıp ulaşılmadığı kontrol edilmiştir.

4.10.4 Dış güvenilirliği sağlamaya yönelik kullanılan stratejiler

Öğretim öncesinde, öğretim sürecinde kullanılan tüm materyallerin pilot uygulaması gerçekleştirilmiştir. Öğretim öncesi ve sonrası gerçekleştirilen görüşmeler ses kayıt cihazı ile kayıt altına alınmıştır. Ayrıca öğretim süreci kamera ve ses kayıt cihazı ile kayıt altına alınarak veri kaybı önlenmiştir.

Araştırmanın her aşaması araştırmacı tarafından yürütülmüştür. Araştırmacı süreç içerisinde izlediği aşamaları ayrıntılı bir şekilde sunmuştur. Özellikle veri toplama ve analiz yöntemleri ile ilgili ayrıntılı açıklama yapılmış ve veri analizinde kullanılan kodlar, kodların anlamları ve kavramsal kategori puanları eklerde sunulmuştur.

Araştırma sürecinde kullanılan öğretim materyalleri ve verilerin elde edildiği kavram testleri, kuantum olgu anketleri, ders içi kamera ve ses kayıtları, görüşme kayıtları arşivlenerek saklanmıştır.

4.11 Uygulama Süreci

Bu bölümde; 7E Öğretim Modeli çerçevesinde yapılandırılan araştırmanın uygulama basamaklarına ve bu doğrultuda öğrenme planının tasarlanması sürecine yer verilmiştir.

4.11.1 Araştırmanın Uygulama Basamakları

1- Araştırma 2010–2011 Eğitim-Öğretim Yılında Balıkesir Üniversitesi Necatibey Eğitim Fakültesi Fen Bilgisi Öğretmenliği ikinci sınıf öğrencileri ile gerçekleştirilmiş olup, toplam 9 haftalık bir zaman dilimini kapsamaktadır. Araştırmanın uygulama takvimi Çizelge 4.6'daki gibidir.

2- Uygulamaya başlamadan önce veri toplama araçlarının geçerlik güvenilirlik çalışmaları yapılmıştır. Bu süreç iki aşamada gerçekleşmiş olup, ön pilot ve pilot uygulama şeklinde yapılmıştır. Ayrıca 2009–2010 eğitim öğretim yılının bahar döneminde yapılan pilot uygulama ile 7E öğretim modelinin de uygulama çalışması yapılmıştır.

3- Uygulamanın yapıldığı Balıkesir Üniversitesi Necatibey Eğitim Fakültesi Fen Bilgisi Öğretmenliği ikinci sınıf öğrencilerine 18.03.2011 tarihinde 7E öğretim modeli ve gerçekleştirilecek çalışma hakkında bilgi verilmiştir.

4- Balıkesir Üniversitesi Necatibey Eğitim Fakültesi Fen Bilgisi Öğretmenliği ikinci sınıf öğrencilerinin tamamı araştırmaya dahil edilmemiştir. Araştırmada bilgisayar laboratuvarının kullanılacak olmasından ve laboratuarda yeterli sayıda bilgisayar olmamasından dolayı çalışma öncesinde öğrenciler 3 gruba ayrılmıştır. Gruplardaki öğrenci dağılımı 24, 32 ve 24 şeklindedir. Bu gruplardan ilk ve son gruplarla çalışma yürütülmüştür. Toplamda 48 öğrenci araştırmaya dahil edilmiştir.

5- Öğrencilerin kuantum fiziğinin temel kavramlarına ilişkin ön bilgilerini belirlemek amacı ile Kuantum Fiziği Kavram Testi ve öğrencilerin düşünme

düzeylerini belirlemeye yönelik Kuantum Olgu Anketi 18.03.2011 tarihinde öğrencilere uygulanmıştır.

Çizelge 4.6: Araştırma Takvimi

Tarih		Süre	Yapılan Uygulama
1. hafta	18.03.2011	2 saat	Öğrencilere çalışma hakkında bilgi verilmesi Kavram testi ve kuantum olgu anketi ön uygulamalarının yapılması
2. hafta	24.03.2011 25.03.2011	2 saat	Ön görüşmelerin yapılması Kuantum fiziğine giriş
3. hafta	01.04.2011	2 saat	Siyah cisim
4. hafta	22.04.2011	2 saat	Fotoelektrik olay
5. hafta	29.04.2011	2 saat	Atomların kararlılığı
6. hafta	06.05.2011	2 saat	Dalga-parçacık ikilemi
7. hafta	13.05.2011	2 saat	Heisenberg belirsizlik ilkesi
8. hafta	27.05.2011	2 saat	Kavram testi ve kuantum olgu anketi son uygulamalarının yapılması
9. hafta	01.06.2011		Son görüşmelerin yapılması

6- Kavram testinden elde edilen veriler 1 hafta içerisinde değerlendirilerek, 10 öğrenci belirlenmiştir. Bu öğrenciler kavram testine verdikleri yanıtlar doğrultusunda seçilmiştir. Seçilen bu öğrenciler ile 24.03.2011 tarihinde yarı yapılandırılmış görüşmeler yapılmıştır. Yarı yapılandırılmış görüşmeler ortalama 10 ile 15 dakika arasında sürmüş olup, ses kayıt cihazı ile kayıt altına alınmıştır.

7- Öğrenme sürecinin hazırlanmasında, literatürde yer alan alternatif kavramlar ve kavram testi ve kuantum olgu anketinin pilot uygulamasından elde edilen veriler dikkate alınmıştır. 7E öğretim modeliyle yapılan ders işleniş 25.03.2011–13.05.2011 tarihleri arasında kapsamaktadır.

8- 27.05.2011 tarihinde kavram testi ve kuantum olgu anketi son uygulamaları yapılmıştır. Uygulanan testlerden elde edilen veriler 1 hafta içerisinde değerlendirilerek, ön görüşme yapılan 10 öğrenci ile son görüşmeler 01.06.2011 tarihinde gerçekleştirilmiştir. 7E öğretim modelinin uygulama sürecinin nasıl gerçekleştiğini belirlemek ve öğrencilerin kavramsal değişimlerini nasıl etkilediğini ortaya koymak için, yapılandırılmış görüşme yapılmıştır.

4.11.2 Öğretim Sürecinin Oluşturulması

Öğretim sürecinin oluşturulmasında, öncelikle 5E ve 7E öğretim modeli ile ilgili literatür incelenmiş, 7E öğretim modeline uygun farklı uygulamalar geliştirilmiştir.

Öğretim modelinin farklı aşamalarında uygulanmak üzere hazırlanan etkinlikler, süreç içerisinde öğrencilere çalışma yaprağı olarak verilmiştir. Araştırma kapsamında kullanılan tüm ders içerikleri EK-6'da sunulmuştur. Çizelge 4.7'de Fotoelektrik Olay uygulama süresince gerçekleştirilen faaliyetler örnek olarak verilmiştir.

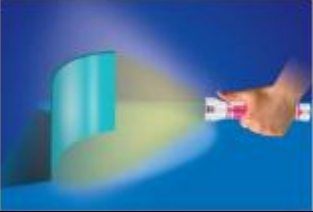

Çizelge 4.7: 7E Öğretim modelinin fotoelektrik olay uygulama süreci

7E Öğretim Modeli Aşamaları	Gerçekleştirilen faaliyetler
Elicit (Ön bilgileri yoklama)	“Ne Bildiğini fark et” isimli etkinlik
Engage (Merak uyandırma)	“Hangisi haklı??” İsimli etkinlik
Explore (Keşfetme)	http://phet.colorado.edu/en/simulation/photoelectric#translated-versions Öğrencilerin belirtilen adresteki simülasyona yönlendirilmesi Fotoelektrik olay çalışma yaprağı
Explain (Açıklama)	Öğrencilerin, öncelikle kendi düşünceleri ve simülasyondan elde ettikleri veriler yardımıyla konuyu açıklamaya çalışmaları. Bilimsel olmayan açıklamalara yeniden değinilmesi. Öğretmen tarafından konu ile ilgili açıklama yapılması ve örnek soru çözümü
Elaborate (Genişletme)	Fotoelektrik olayın günlük yaşam uygulamalarına örnekler verilmesi Öğrencilerin örnekleri ve bu örneklerin fotoelektrik olay ile ilişkisi
Evaluate (Değerlendirme)	Konuya ilişkin tanımlar, açıklamalar ve kavramların yeni etkinliklere uygulanmasını sağlayan değerlendirme aşaması çalışma yaprağının uygulanması
Extend (İlişkilendirme)	İlişkilendirme aşaması çalışma yaprağı

Çizelge 4.7’de görüldüğü gibi, ön bilgileri yoklama aşamasında “Ne bildiğini fark et” adı altında bir çalışma yaprağı uygulanmıştır (Şekil 4.2). “Ne Bildiğini Fark et” başlığı altında öğrencilerin var olan ön bilgilerini ölçmeyi hedefleyen ve öğrencilerin konu ile ilgili var olan alternatif kavramlarının belirlenmeye çalışıldığı bir aşamadır. Anlamli öğrenmenin gerçekleşebilmesi için öğrencilerde var olan eski bilgilerle yeni bilgilerin ilişkilendirilmesi gerekmektedir. Bu amaçla, konuya başlamadan önce öğrencilerin konu ile ilgili ne tür bilgilere sahip olduğunu belirleyebilmek için, belirtilen sorular yöneltilmiştir. Burada veri kaybını önlemek için, öğrencilerin verdiği yanıtlar, önce çalışma kağıdına yazılı olarak alınmıştır. Sonra öğrencilerin yanıtlarla ilgili kendi aralarında tartışmalarına izin verilmiştir. Bu süre içerisinde ikili gruplar şeklinde çalışan öğrenciler sürekli iş birliği ve iletişim içerisinde olmuştur.

Ne Bildiğini fark et:

Işık kelimesini duyduğunuzda aklınızda oluşan ilk imaj nedir?
Foton kelimesini duyduğunuzda aklınızda oluşan ilk imaj nedir?



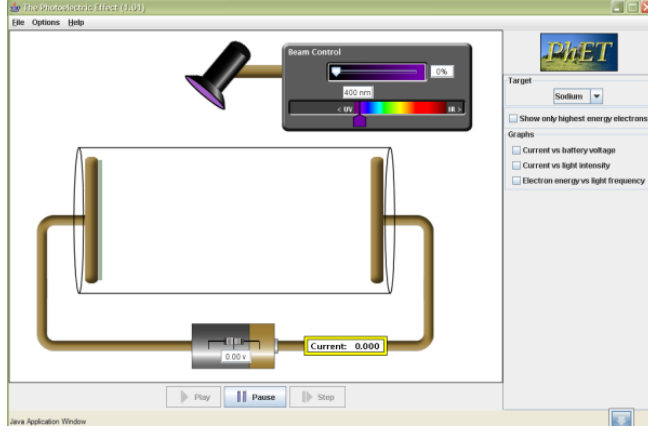
Metal bir yüzeye (örneğin Na) mor ötesi bölge ışığı düşürürsek ne olmasını beklersiniz?

Şekil 4.2 Fotoelektrik olay ön bilgileri yoklama aşaması etkinliği

Merak uyandırma aşamasında, bir önceki bölümde sunulan soruların yanıtları tarihsel süreçte öğrencilere ‘Hangisi haklı??’ isimli bölüm ile sunulmuştur. Etkinlik ile öğrencilerin ilgi ve motivasyonları arttırılmaya çalışılmış ve ayrıca öğrencilerde öğrenme ihtiyacı oluşturulmuştur. Çünkü etkinlik ışığın yapısının ne olduğu ile ilgili bir soru ile başlamıştır ve tarihsel süreç içerisinde bu alana katkı sağlayan bilim adamlarının bu alandaki görüşlerine yer verilmiştir. Etkinlik sonunda ise kesin bir yanıt verilmemiş, Einstein’ın bu alana katkısı ile etkinlik sonlandırılmıştır.

Keşif aşamasında ise, öğrenciler belirtilen adresteki <http://phet.colorado.edu/en/simulation/photoelectric#translated-versions> simülasyona yönlendirilmiştir. Öncelikle öğrencilere simülasyonu incelemeleri, simülasyonda yapabilecekleri değişiklikleri fark etmeleri ve bağımlı bağımsız değişkenleri bulabilmeleri için 5 dakikalık bir inceleme süresi verilmiştir.

Simülasyonun Türkçe çevirisi araştırmacı tarafından yapılmıştır. Öğrencilerin karşılaştıkları simülasyon ekranı Şekil 4.3'teki gibidir.



Şekil 4.3: Fotoelektrik olay simülasyon ekranı

Daha sonra öğrencilere simülasyonla ilgili Fotoelektrik Olay Çalışma Yaprağı sunulmuştur. Çalışma yaprağı 2 adımdan oluşmaktadır ve simülasyonla beraber kullanılmıştır. Öğrenciler simülasyon üzerinde bazı değişikliklere yönlendirilmiş ve yanıtlarını çalışma kağıdına kaydetmeleri istenmiştir. Bu aşamada öğrencilerin grup arkadaşları ile tartışmasına ve iletişim halinde olmasına izin verilmiştir. Öğrencilere Fotoelektrik Olayın içeriğini keşfetmesi için fırsat tanınmış ve kendi görüşlerini anlamlandırmaları sağlanmıştır.

Öğrencilerin simülasyondan yola çıkarak genel bir yargıya varmaları için, simülasyonla ilgili bulguları yorumlamaları ve fotoelektrik olayı kendi düşünce ve ifadeleri ile açıklamaları istenmiştir. Daha sonra öğretmen tarafından açıklama yapılmıştır. Açıklama esnasında çeşitli görsellerden ve grafiklerden yararlanılmıştır. Böylece öğrencilerin edindikleri yargıları kavramsallaştırmasına katkı sağlanmıştır. Açıklama sonunda öğrencilerin mevcut bilgilerini pekiştirmek amacı ile örnek çözümüne yer verilmiştir.

Genişletme aşamasında, öncelikle öğrencilere fotoelektrik olayın günlük yaşam uygulamaları ile örnekler bulmaları istenmiş sonrasında öğretmen tarafından “Yaşam ve Fizik” başlığı altında öğrencilere fotoelektrik olayın günlük yaşam uygulamalarından bahsedilmiştir. Burada gözlenen durum, öğrencilerin çoğunun kuantum fiziği günlük yaşam uygulamalarından haberdar olmayışıdır.

Öğrencilerden, fotoelektrik olayın, başka günlük yaşam uygulamalarını bir sonraki haftaya araştırması istenmiştir.

Değerlendirme aşaması aslında sürecin başından (Örneğin; ön bilgileri yoklayan sorular) sonuna kadar devam etmektedir. Süreç içerisinde öğrencilerin bilimsel kavramları ne ölçüde anladıkları, öğrendiklerini uygulayabilme becerileri ele alınmıştır. Değerlendirme aşamasında açık uçlu sorulardan oluşan çalışma yaprağı öğrencilere sunulmuş böylece öğrencilerin yeni kavram ve becerileri ne ölçüde uygulayabildikleri belirlenmeye çalışılmıştır.

İlişkilendirme aşamasında, öğrencilere tek bir soru yer alan çalışma yaprağı sunulmuştur. Öğrenciler, çalışma yaprağı ile ilgili önce grup arkadaşı sonra ise sınıfla tartışmışlar ve çözümler bulmaya çalışmışlardır. Bu soru, özellikle fotoelektrik olayın dalga modeli ile değil de, parçacık modeli ile açıklanmasını ortaya koyması bakımından önemli bir sorudur.

4.12 Verilerin Analizi

4.12.1 Kavram Testi Veri Analizi

Öğrencilerdeki alternatif kavramları belirli kodlamalar dahilinde standartlaştırılması ve bu şekilde veri analizi yapılması daha kolaydır. Hewitt-Taylor'a (2001) göre kodlama oluşturularak yapılan çalışmalar ile yeni düşüncelerin gelişimi sağlanmakta ve daha düzenli bilgi toplanılması gerçekleşmektedir. Buna ek olarak Charmaz (1983) ve Straus ve Corbin (1990)'e göre kodlama olunca kategoriye ayırmak ve veri analizlerini de yapmak kolaylaşmaktadır (Öztürk ve Uçar, 2012). Trundle, Atwood ve Christopher (2002), Uçar (2007), Saçkes (2010) yaptığı çalışmada kodlar oluşturularak veri analizi yapmıştır. Verilerin analizi Trundle (2006)'ın kullandığı analiz yöntemi ile yapılmıştır. Trundle'ın metodolojisinin seçilme nedeni, nitel araştırma yöntemlerinden görüşme tekniğini kullanmış olması ve örnek olay veri analizi metodunu içermesidir.

Öğrencilerin kavram testinde yer alan sorulara verdikleri yanıtlar, tek tek incelenmiştir. Görüşme videolarındaki görüntüler ve ses kayıt cihazındaki sesler

teker teker yazılı metin haline dönüştürüldükten sonra, kodlamalar belirlenmiş ve öğrencilerin verdikleri yanıtlar bu kodlamalara göre değerlendirilmiştir. Ön test ve son test yanıtları bu oluşturulan kodlama sistemine göre değerlendirilip, aradaki fark analiz edilmiştir. Kodlar ve anlamları oluşturulurken, “BİL.” ile başlayan kodlar bilimsel kavramları, “ALT.” ile başlayan kodlar alternatif kavramları ifade edecek şekilde düzenleme yapılmıştır. Kodlama sisteminde literatürde yer alan çalışmalardan farklı olarak, kuantum fiziği kavram testinde yer alan sorular konularına göre gruplandırılmış ve her grup için ayrı kod oluşturulmuştur. Öğrenci yanıtlarının analizi, ilgili olduğu grup koduna göre yapılmıştır. Gruplara ait kodlar ve kodların anlamları EK-9’da verilmiştir. Örneğin, Fotoelektrik olay konusu ile ilgili kavram testinde 3 soru yer almaktadır. Bu sorulardan 5. ve 6. sorular Fotoelektrik olay ile ilgili iken, 7. soru foton kavramı ile ilişkilidir. Bu nedenle 5. ve 6. sorular ayrı bir grup olarak ele alınmış ve bu sorulardan elde edilen yanıtlar Çizelge 4.8’de yer alan kodlamalara göre analiz edilmiştir. Foton kavramı ile ilgili olan 7. soru ise Işık ve ışığın yapısı konusu çerçevesinde ele alınmış ve 9 ve 11. sorular ile gruplandırılmıştır.

Çizelge 4.8: Kodlar ve Kodların Anlamları (Fotoelektrik Olay Bölümü İçin Düzenlenmiştir.)

Kodlar	Kodların anlamları
BİL. MODEL	Hem dalga hem parçacık modelinde, yeterli yüksek frekanslı tek renkli ışık için, saniyede saçılan elektronların oranı, ışığın şiddeti arttıkça artar. Bu nedenle birinci ifade her iki modele de uyar.
BİL. FREKANS	Parçacık modelinde, yüzeyden elektronların saçılabilmesi için, sadece tek renkli ışığın belirli bir frekans değerinin üstünde olması gerekir. Eğer tek renkli ışık, bu frekans değerinin üzerinde olmazsa, ışığın şiddeti ne kadar fazla olursa olsun hiç elektron saçılmaz. Bu nedenle ikinci ifade yalnız ikinci modeli açıklar.
BİL. PARÇACIK	Parçacık modelinde elektronların salınması fotonlarla çarpışması ile açıklanır. Her çarpışma tek bir elektrona yetecek enerjiyi verir.
BİL. DALGA	Dalga modelinde elektronların salınması elektromanyetik dalgaların elektronları titreştirmesi ile açıklanır.
BİL. FOTON	Düşük frekanslarda fotonlar düşük enerjiye sahiptir ve tek foton elektronu koparmak için yeterli enerjiye sahip değildir.
BİL. EŞİK	Dalga modelinde eşik frekansından bahsedilmez.
ALT. MODEL12	Birinci ve ikinci ifadeler sadece birinci modeli açıklar.
ALT. MODEL21	Birinci ve ikinci ifadeler sadece ikinci modeli açıklar.
ALT. GÜNLÜK	Teldeki kuşu uçurabilmek için günlük yaşam örneklerinin kullanılması
ALT. GENLİK	Dalga teorisinde, düşük frekansa sahip dalga çok yüksek genliğe sahip olsa bile elektronları titreştirebilir.
ALT. FREKANS	Elektronların koparılması için yüksek frekanslı ışığa ihtiyaç vardır. Bu nedenle elektronların titreşmesi onların koparılması için gerekli enerjiyi oluşturmaz.
ALT. DALGA	Dalga modelinde elektronların salınması yüksek frekanslı ışığın materyal üzerine düşürülmesi ile açıklanır, elektromanyetik dalganın elektronları titreştirmesi ile değil.
ALT. BAŞKA	Başka bir sebeple yanılğı varsa
YOK. MAN.	Mantıksal açıklama ya da yanıt yoksa
YOKSAY	Kodlanacak yanıt oluşmamışsa

Kodlamalar tamamlandıktan sonra Çizelge 4.8’de belirtilen kriterler altında öğrencilerin kavramsal anlamaları gruplanmış ve buna bağlı olan frekans çizelgeleri ve yüzde çizelgeleri oluşturulmuştur. “BİL. MODEL, BİL. FREKANS, BİL. PARÇACIK, BİL. DALGA, BİL. FOTON ve BİL. EŞİK” kodlarına uygun yanıtları yazılı olarak veya sözel bir şekilde gösteren öğrenciler bilimsel olarak kategorize edilmiştir. Eğer öğrenci bu altı kodun hepsini içermeyecek şekilde yazılı veya sözel olarak ifadelerde bulunmuşsa, öğrenci bilimsel bölümlü olarak kategorize edilmiştir. Öğrenci yazılı veya sözel olarak hem bilimsel kavramları hem de alternatif kavramları içeren durumlar ifade etmişse bilimsel bölümlü ve alternatif olarak kategorize edilmiştir. Bilimsel kodlarına uygun açıklama yapmayan öğrenciler alternatif olarak kategorize edilmiştir. “ALT. MODEL12, ALT. MODEL21, ALT. GÜNLÜK, ALT. GENLİK, ALT. FREKANS, ALT. DALGA, ALT. BAŞKA” kodlarına uygun yanıtları yazılı olarak ya da sözel olarak gösteren öğrenciler alternatif bölümlü olarak kategorize edilmiştir. “YOK. MAN. ve YOK. SAY” kodlarına uygun yanıtları çizim veya sözel olarak ifade eden öğrenciler hiçbir şey kategorisinde gruplandırılmıştır. Geliştirilen bu kavramsal kategorileri istatistiksel açıdan karşılaştırabilmek amacıyla kategoriler puanlanmıştır. Bilimsel kategori 14 puan ve diğerleri azalan puanlar olacak şekilde Çizelge 4.9’da gösterilmiştir.

Çizelge 4.9: Kavramsal Kategori Puan Çizelgesi

Kavramsal kategori	Puan	Kriterler
Bilimsel	14	6 kriteri de içeriyorsa; Yazılan açıklamanın doğru yanıtın bütün bileşenlerini içermesidir.
Bilimsel Bölümlü	Bu 6 kriterin hepsini içermeyen durumlar; bireyde alternatif model gelişmemiş.	
	13	Bilimsel kategoriden 5'ini yazanlar
	12	Bilimsel kategoriden 4'ünü yazanlar
	11	Bilimsel kategoriden 3'ünü yazanlar
	10	Bilimsel kategoriden 2'sini yazanlar
	9	Bilimsel kategoriden 1'ini yazanlar
Bilimsel ve alternatif	8	Bilimsel kategorideki 6 kriteri de içeriyor ancak bunun yanı sıra alternatif kavramlara da sahip olunan durumlar
Bilimsel Bölümlü ve Alternatif	Hem bilimsel hem de alternatif kavramlara sahip olunan durumlar	
	7	Bireyde alternatif kavram gelişmiş, bunun yanında bilimsel kriterlerin 5'inde sahip
	6	Bireyde alternatif kavram gelişmiş, bunun yanında bilimsel kriterlerin 4'ünde sahip
	5	Bireyde alternatif kavram gelişmiş, bunun yanında bilimsel kriterlerin 3'ünde sahip
	4	Bireyde alternatif kavram gelişmiş, bunun yanında bilimsel kriterlerin 2'sinde sahip
	3	Bireyde alternatif kavram gelişmiş, bunun yanında bilimsel kriterlerin 1 tanesine sahip
Alternatif	2	Bilimsel anlatımın hiçbirini içermeyen durumlar, 1 alternatif kavrama sahip
Alternatif Bölümlü	1	Alternatif kavramlardan birden çoğunu içeren
Kavramsal Anlama yok	0	Hiçbir anlama, hiçbir cevap ya da kodlama için yeterli bilgi yok

Kullanılan kodların ve puanlamanın daha iyi anlaşılabilmesi için Fotoelektrik Olay ile ilgili örnek veri analizi aşağıda sunulmuştur. Aşağıda yer alan örneklerde de görüldüğü gibi, öğrencilerin aynı grup altında yer alan farklı sorulara verdikleri yanıtlar “/” işareti ile ayrılmıştır. Ö20’ye ait yanıt incelendiğinde, Ö20’nin Fotoelektrik Olay ile ilgili 5. soruya yanıt verdiği, 6. soruyu ise yanıtı bırakarak görülmektedir. Ö47 ise her iki soruya da yanıt vermiştir. Ayrıca öğrenci yanıtlarından yapılan direkt alıntılarda cümledeki ifadenin hangi kategoride yer aldığı parantez içinde verilmektedir. Aşağıda yer alan öğrenci yanıtlarında da görüldüğü gibi, Ö20, Fotoelektrik Olay olgusu ile ilgili açıklamalarında günlük yaşam örneklerini kullanmıştır. Bu nedenle Ö20, “alternatif” kavramsal anlama kategorisinde değerlendirilmiştir. Ö20’nin bu sorudan aldığı puan 2’dir. Ö47’nin yanıtı incelendiğinde Fotoelektrik Olay ile ilgili belirlenmiş olan 6 kriterde içerdiğinden “bilimsel” kavramsal anlama kategorisinde değerlendirilmiştir. Ö47’nin aldığı puan 14’tür.

Ö20: “Kuşu uçurabilmek için teli sallamak gerekir çünkü sallanan telde ısınma olur, ısınan tele sürtünen kuşun uçuşması sağlanabilir (**ALT. GÜNLÜK**). /-/”

Ö47: “Birinci ifade her iki resmi, ikinci ifade ise sadece 2. resmi açıklar (**BİL. MODEL**). Çünkü parçacık modelinde frekans taşın enerjisine bağlıdır (**BİL. FREKANS**). Ne kadar çok taş attığımız ise sayıya bağlıdır. Dalga modelinde ise eşik frekansından bahsedilmez./ “Parçacık modelinde elektronların salınması fotonlarla çarpışması ile açıklanır. Her çarpışma tek bir elektrona yetecek enerjiyi verir (**BİL. PARÇACIK**). Dalga modelinde elektronların salınması elektromanyetik dalgaların elektronları titreştirmesi ile açıklanır (**BİL. DALGA**). Parçacık modelinde eşik frekansı şöyle açıklanır; düşük frekanslarda fotonlar düşük enerjiye sahiptir ve tek foton elektronu saçmak için yeterli enerjiye sahip değildir (**BİL. FOTON**). Cevap d seçeneğidir. Bir önceki soruda olduğu gibi, dalga modelinde eşik frekansından bahsedilmez (**BİL. EŞİK**).”

4.12.2 Kuantum Olgu Anketi Veri Analizi

Araştırmada kullanılan “Kuantum Olgu Anketi” 29 sorudan oluşan, 5’li likert tipinde bir ankettir. Ankette yer alan ifadeler, “Kesinlikle Katılıyorum”, “Katılıyorum”, “Kararsızım”, “Katılmıyorum”, “Kesinlikle Katılmıyorum” şeklindedir. Öğrencilerin ankete verdikleri yanıtların istatistiksel olarak sıralanmasında, “Kesinlikle Katılıyorum” ifadesine 5, “Katılıyorum” ifadesine 4, “Kararsızım” ifadesine 3, “Katılmıyorum” ifadesine 2, “Kesinlikle Katılmıyorum” ifadesine 1 puan verilmektedir.

Anketin analizinde kümeleme analizinden yararlanılmıştır. Kümeleme analizi gruplanmış verileri benzerliklerine göre sınıflandırmada sıklıkla kullanılan çok değişkenli istatistiksel yöntemlerden birisidir (Kalaycı, 2006). Kümeleme analizi, bir araştırmada incelenen birimleri aralarındaki benzerliklerine göre belirli gruplar içinde toplayarak sınıflandırma yapmayı, birimlerin ortak özelliklerini ortaya koymayı ve bu sınıflar ile ilgili genel tanımlar yapmayı sağlayan bir yöntemdir (Kaufman ve Rousseuw, 1990). Kümeleme analizi 2’ye ayrılır. Bunlar, hiyerarşik ve hiyerarşik olmayan kümeleme analizleridir. Hiyerarşik kümeleme analizi, aşama sıralı kümeleme yöntemi olarak da bilinir. Gruplayıcı ve bölücü olmak üzere iki hiyerarşik yöntem mevcuttur (Kalaycı, 2006). Gruplayıcı hiyerarşik yöntemde her birim başlangıçta bir küme olarak kabul edilir. Daha sonra en yakın iki küme yeni bir kümede toplanarak birleştirilir. Bu süreç ağaç grafiği adı verilen şekilde gösterilebilir. Uygulamalarda çoğunlukla gruplayıcı hiyerarşik kümeleme yöntemi kullanılmaktadır. Gruplayıcı hiyerarşik yöntemler arasında en çok tek bağlantılı, tam bağlantılı, grup ortalama yöntemi ve Ward yöntemi kullanılmaktadır. Yaptığımız araştırmada da hiyerarşik kümeleme-Ward yöntemi kullanılmıştır. Ward yönteminin seçilme nedeni, aykırı noktalara duyarlı olmasıdır (Everitt vd., 2001).

4.12.3 Görüşme Veri Analizi

Öğrencilerin kavram testine verdikleri yanıtları daha derinlemesine sorgulayabilmek için öğretim öncesi ve öğretim sonrasında yapılan yarı yapılandırılmış görüşmelere ait ses kayıtlarının tamamı, araştırmacı tarafından dinlenerek yazılı dokümana dönüştürülmüştür (EK-7).

Öğretim öncesi ve öğretim sonrasında yapılan yarı yapılandırılmış görüşmelerden elde edilen verilerin analizinde EK-9'da yer alan kodlar kullanılmıştır. Öğrenci yanıtlarının analizi, ilgili olduğu grup koduna göre yapılmıştır. Ayrıca öğrenci yanıtlarından yapılan direkt alıntılarda cümledeki ifadenin hangi kategoride yer aldığı parantez içinde verilmektedir. Kullanılan kodların daha iyi anlaşılabilmesi için örnek veri analizi aşağıda sunulmuştur.

A: Heisenberg belirsizlik ilkesi nedir?

Ö42: Belirsizlik deyince aslında matematikte belirsizlik deyince birazcıkta sonsuza doğru gitme, devam etme gibi açıklanabilir ama fizikte belirsizlik deyince sanırım ölçüm aletlerinde ya da yaptığımız ölçümlerin yeterli gelmediğini (ALT. ÖLÇÜM) düşünüyorum. Onun için belirsizlik olarak tanımlanıyor.

A: Heisenberg belirsizlik ilkesini günlük yaşamda uygulayabiliyor muyuz?

Ö42: Tüm nesnelere..... çok böyle çok hızlı hareket eden nesnelere (ALT. HIZ) uygulanamadığını düşünüyorum.

A: (Öğrenciye kavram testinde yer alan otobüs sorusu hatırlatılır.) Heisenberg bu otobüs örneğinde belirsizlikten bahsederken ne demek istemiştir?

Ö42: Aslında biz klasik fizikte kesin yargılar kullanmaya daha çok önem veriyoruz. Kuantum fiziğinde bu duruma, ortama ve bazı koşullara göre değişebilir. Mesela, o dediğiniz otobüs örneğinde, tekerleği patlayabilir ya da bir kaza olabilir ve otobüs gelmeyebilir (ALT. TAHMİN). Kuantum fiziği sanırım her ihtimali göze alıyor, klasik fizikte olması gereken her ihtimal göz önünde bulunduruluyor

Yarı yapılandırılmış görüşmelerden elde edilen veriler, kavram testinden elde edilen sonuçların desteklenmesi amacı ile kullanılmıştır.

Öğrencilerin uygulanan öğretim modeline ilişkin düşüncelerinin analizinde yapılandırılmış görüşme formundan yararlanılmıştır. Yapılandırılmış görüşme formunda yer alan sorulara verilen yanıtlar “Ders işlenişlerinin karşılaştırılması, ders içi etkinliklerin öğrenme sürecine etkisi, konuların günlük yaşam ile bağdaştırılması, uygulanan yöntemin araştırmaya teşvik düzeyi, uygulanan yöntemin derse yönelik ilgi ya da tutumda oluşturduğu farklılık” boyutunda analiz edilmiştir.

4.12.4 Ders İçi Kamera Kayıtlarının Veri Analizi

Öğrencilerin ders içi diyaloglarının transkripsiyonu yapılmış ve EK-8'de sunulmuştur. Transkripsiyonlar 4 sütundan oluşmaktadır. Bunlardan 1. sütun söz sırasını, 2. sütun dersin başlangıcından itibaren bir dakikalık aralıklarla geçen zamanı, 3. sütun sözü söyleyen kişinin kısaltılmış sembollerle gösterimini ve 4. sütun kişiler arası diyalogları göstermektedir. Transkripsiyonlarda, diyalogların, zaman akışının, gruptaki tartışmaların, jestlerin anlaşılmasını kolaylaştıracak bir takım kodlar kullanılmıştır. Transkripsiyonda kullanılan kodlar ve karşılıkları aşağıdadır.

Ö38, Ö39; Video kaydı yapılan gruptaki öğrencileri belirtir.

A; Araştırmacıyı temsil eder.

? ; Cümle soru niteliği taşıyor ise kullanılmıştır.

! ; Cümle hayret içeren bir ifade ise kullanılmıştır.

aaa ; Öğrenciler aynı anda konuşuyor ise diyalogların altı çizilmiştir.

.....? ; Öğrencinin ne söylediği anlaşılamamış ise kullanılmıştır.

<<...>> ; Öğrenci ders dışı ya da günlük yaşantıdan konuşuyor ise kullanılmıştır.

+ ; 5-10 saniyelik sessizlik olduğunda kullanılmıştır.

(...) ; Diyaloglarda uzun süreli sessizlik olduğunda kullanılmıştır.

Öğrencinin doğrudan çalışma kağıdından okuduğu cümleler *italik* ve altı çizili olarak yazılmıştır.

Konuşmanın sonuna parantez içine jestler *italik* olarak yazılmıştır.

Kullanılan kodların daha iyi anlaşılabilmesi için Heisenberg belirsizlik ilkesi konusunun işlendiği derse ait örnek transkripsiyon Çizelge 4.10'da sunulmuştur.

Çizelge 4.10: Örnek Transkripsiyon

13		Ö39	Bir olayın aynı anda iki tane sonucunun olmayacağı gibi bir şey diyeceğiz anladın mı?
14	4	Ö38	Ben şöyle diyeceğim, belirsizlik bir olayın, kesin, bir yargı ile ifade edilemeyeceği, ortam şartlarına göre, bu hız olabilir, farklı
15	5	Ö39	Özelliklerinin değişebilmesidir.
16		Ö38	<u><i>Bir ölçümün belirsiz olması sizin için ne ifade eder?</i></u> Değişken olabileceğini ifade eder. <<Bugün üzerimde bir dinginlik var.>> Şimdi, 1927 yılında.

Öğretim sürecinde sınıf içi kamera kayıtlarının transkripsiyonundan elde edilen verilerin analizinde EK-9'da yer alan kodlar kullanılmıştır. Ayrıca ders içi konuşmalardan yapılan direkt alıntılarda cümledeki ifadenin hangi kategoride yer aldığı parantez içinde verilmektedir. Sınıf içi kamera kaydı transkripsiyon örnekleri aşağıda sunulmuştur.

12-Ö38: Ya bu şey değil mi belirsizlik, cismin bulunduğu konuma göre, fiziksel özelliklerinin değişmesine denilmiyor muydu? Mesela astronot belirsizlik anladın mı? Ne belirsizliği vardı, boy uzaması, kısalması işte, zamanda belirsizlik vardı, boyda belirsizlik vardı (ALT. GÖRELİLİK).

101-Ö38: Ben bi de şey yazdım, Heisenberg formülü ile de açıklanabilir bu dedim çünkü biraz önce de çok kütleli bir şey de yaptık (BİL. BELİRSİZLİK). Bizim bile vardır yani. Sanki kütle arttıkça Δp artıyor, Δp arttığı için de konumundaki değişiklik milimetrelilik oluyor, buda bizim hayatımızda çok önemsenmiyor yani. Doğru değil mi? mesela bak, orada Δp çok küçük olmasına rağmen (.....), bizim ki her halde nanometre falan çıkar (BİL. BÜYÜK).

Kamera kayıtlarının transkripsiyonundan, öğrencinin kavramsal değişim sürecini takip edebilmek ve bu süreçteki düşünce biçimini net olarak ortaya koymak amacı ile yararlanılmıştır. Elde edilen verilerden ve öğrencinin diğer veri toplama araçlarına verdiği yanıtlardan yararlanarak kavramsal değişim sürecine ilişkin sonuçlara ulaşılmıştır.

5. BULGULAR VE YORUM

Bu bölüm 4 farklı kısımdan oluşmaktadır. Her bir bölümde ele alınan alt problemler Çizelge 5.1’te verildiği gibidir.

Çizelge 5.1: Alt Problemler

1	1. alt problem	Fen Bilgisi öğretmen adaylarının, öğretim öncesinde, kuantum fiziği temel kavramları ile ilgili sahip oldukları fikirleri nelerdir?
	2. alt problem	Fen Bilgisi öğretmen adaylarının, öğretim sonrasında, kuantum fiziği temel kavramları ile ilgili sahip oldukları fikirleri nelerdir?
2	3. alt problem	Fen Bilgisi öğretmen adaylarının öğretim öncesi ve öğretim sonrası kavramsal anlama düzeyleri nedir?
	4. alt problem	Fen Bilgisi öğretmen adaylarının öğretim öncesi ve öğretim sonrasında kavramsal anlama testinden aldıkları puanlar arasında istatistiksel olarak fark var mıdır?
3	5. alt problem	Kavramsal değişim süreci nasıl gerçekleşmektedir?
4	6. alt problem	Fen Bilgisi öğretmen adaylarının öğretimde kullanılan materyallerin etkililiği hakkındaki düşünceleri nelerdir?

5.1 Birinci ve İkinci Alt Probleme İlişkin Bulgular

Araştırmada alt problemlerden biri olarak; “Fen Bilgisi öğretmen adaylarının, öğretim öncesinde, kuantum fiziği temel kavramları ile ilgili sahip oldukları fikirleri nelerdir?” ve “Fen Bilgisi öğretmen adaylarının, öğretim sonrasında, kuantum fiziği temel kavramları ile ilgili sahip oldukları fikirleri nelerdir?” sorularına yanıt aranmıştır. Bu noktada çizelge ve ifade tekrarını önlemek için 1. ve 2. alt problemler aynı başlık altında ele alınmıştır.

5.1.1 Kuantum Fiziğine Giriş Konusuna Ait Bulgular

Bu bölümde, kavram testinde, kuantum fiziği giriş konusuyla ilgili olarak öğrencilere yöneltilen 3 adet sorunun değerlendirilmesine yer verilmiştir. Bu sorular “1-Kuantum fiziği nedir? Kısaca açıklayınız. 2-Kuantum fiziğinin klasik fizikten farkı var mıdır? Varsa nelerdir? Kısaca açıklayınız. 3- Kuantum fiziği ile ilgili temel kavramlar nelerdir?” şeklindedir. Öğrenci yanıtlarından oluşturulan kodlar EK-9’da yer almaktadır.

Öğrencilerin kavram testinde yer alan kuantum fiziğine giriş konusuyla ilgili sorulara öğretim öncesi ve öğretim sonrasında verdikleri yanıtlar ile bu yanıtlara ait öğrenci sayıları ve yüzdeleri Çizelge 5.2’de yer almaktadır.

Çizelge 5.2: Öğrencilerin kuantum fiziği giriş konusuyla ilgili açıklamalarından elde edilen yanıt türleri

Yanıt Türleri	Ön test		Son test	
	N	%	N	%
Bilimsel	-	-	2	4,2
Bilimsel Bölümlü	-	-	36	75
Bilimsel ve Alternatif	-	-	-	-
Bilimsel Bölümlü ve Alternatif	5	10,4	10	20,8
Alternatif	24	50	-	-
Alternatif Bölümlü	9	18,8	-	-
Hiçbir şey	10	20,8	-	-
Genel Toplam	48	100	48	100

Öğrenci yanıtları, belirlenmiş olan 6 kriteri de içeriyorsa, bu öğrenciler bilimsel kavrama düzeyi grubuna dahil edilmektedir. Öğrenciden beklenen 6 kriter şunlardır.

- 1) Atom, atom altı parçacıklar ve temel parçacıkları inceler (BİL. TEMEL).
- 2) Klasik fiziğin açıklayamadığı olayları açıklayan bilim dalıdır (BİL. KFİZİK).

- 3) Klasik fizik ile kuantum fiziği arasında bazı temel farklar vardır; Planck sabiti (BİL. PLANCK).
- 4) Klasik fizik ile kuantum fiziği arasında bazı temel farklar vardır; Enerjinin kesikli olması (BİL. ENERJİ).
- 5) Kuantum fiziğinde belirsizlik vardır (BİL. BELİRSİZLİK).
- 6) Işığın yapısı ile ilgili kabullerde farklılık vardır (BİL. IŞIK).

Öğretim öncesi:

Öğrencilerin öğretim öncesi verdikleri yanıtlar incelendiğinde, “bilimsel”, “bilimsel bölümlü”, “bilimsel ve alternatif” olarak kabul edilebilir yanıtlara rastlanmamıştır. Öğrencilerin sadece % 12,5’i “bilimsel bölümlü ve alternatif” kategorisinde yanıt vermiştir. Öğrencilerin verdikleri yanıtlar değerlendirildiğinde en fazla yüzdeye “alternatif” kodlu yanıt türünün (% 37,5) sahip olduğu gözlenmektedir. Yanıtların % 18,8’i “alternatif bölümlü” kategorisinde yer almaktadır. Öğrencilerin % 20,8’inde ise kodlama için yeterli bilgi yer almamıştır. Aşağıda öğrencilerde tespit edilen kavramsal kategorilere örnekler sunulmuştur.

Bilimsel bölümlü ve alternatif:

Eğer öğrenciler hem bilimsel hem de alternatif kavramları birlikte kullanıyorsa, bu durumda olan öğrenciler, “bilimsel bölümlü ve alternatif” kategorisine dahil edilmektedir. Aşağıda “bilimsel bölümlü ve alternatif” düzeye bir örnek verilmiştir.

Ö41: “Işık gibi uzaydaki olayları (ALT. ASTRONOMİ) inceleyen bilim dalı olabilir ya da atom ve atom altı parçacıkları (BİL. TEMEL) araştıran bilim dalı da olabilir. Kuantum fiziğinin klasik fizikten farkı vardır. Bizim algılayamadığımız, dokununca hissedemediğimiz, gözümüzle göremediğimiz olayları inceler (ALT. ALGI).”

Yukarıda yer alan alıntıda da gözlendiği gibi, Ö41, bir taraftan kuantum fiziğini temel parçacıklarla ilişkilendirirken, bir taraftan da kuantum fiziğini astronomi ve algımız dışında gerçekleşen olaylar ile ilişkilendirmektedir. Görüşme verileri incelendiğinde de Ö41’in benzer açıklamalarda bulunduğu gözlenmiştir.

A: Kuantum fiziği nedir?

Ö41: *Kuantum fiziği tam olarak bilmiyorum ama işte bu elektronlarla falan ilgilenen maddenin parçacıkları ile ilgilenen bir araştırma şeyi olarak (BİL. TEMEL).*

A: *Kuantum fiziği ve klasik fizik arasında fark var mı?*

Ö41: *Olabilir gördüğümüz klasik fizikte genellikle gözlemlediğimiz olaylar ele alınıyor da ama bunda gözle görülemeyen (ALT. ALGI), bizim ölçemeyeceğimiz küçük ölçümler yapılıyor olabilir.*

A: *Kuantum fiziğinin ortaya çıkmasına ne sebep olmuştur?*

Ö41: *Mesela kuantum fiziği olmasaydı, elektronmuş, protonmuş atom altı parçacıkları tespit edemezdik. Bunun incelenmesi için ortaya çıkmış olabilir.*

A: *Kuantum fiziğindeki temel kavramlar nelerdir?*

Ö41: *Gezegener, onların arasındaki ilişki, uzaklık (ALT. ASTRONOMİ), atom altı parçacıklar.*

Bu açıklamadan da görüldüğü gibi, Ö41 görüşme verilerinde de kuantum fiziğini astronomi ile ilişkilendirmekte ve klasik fizikten farkını da insanların algıları dışında gerçekleşen olaylar ile açıklamaktadır. Bu kategoride yer alan diğer öğrencilerde de (Ö6, Ö18, Ö34, Ö35) benzer açıklamalar gözlenmiştir.

Alternatif:

Bilimsel kavramlardan hiç birini içermeyen durumlarda öğrenciler alternatif kategorisine dahil edilmiştir. Aşağıda “alternatif” düzeye örnekler verilmiştir.

Ö19: *“Einstein’ın ışık (ALT. GÖRELİLİK) ile ilgili çalışmaları yaptığı bilim dalıdır. Kuantum fiziği klasik fizikteki sabit sınırların aşılmasında oluşmuştur. Klasik fiziğin kurallarının gerçekleşmemesinin anlaşılması ile oluşmuştur.”*

Ö47: *“Olayların düşünceye bağlı (ALT. ALGI) olarak değiştiğini açıklar.”*

Bu kategoride yer alan diğer öğrencilerde de (Ö4, Ö13, Ö21, Ö22, Ö23, Ö24, Ö26, Ö27, Ö29, Ö31, Ö39) Ö19’a benzer açıklamalar gözlenmiştir. Ö7, Ö25, Ö33, Ö42, Ö45 ise Ö47’ye benzer açıklamalarda bulunmuştur. Görüşme verilerinin analizinde de bazı öğrencilerin “alternatif” kategorisinde yanıt verdiği gözlenmiştir.

Görüşme verileri incelendiğinde Ö39'un benzer açıklamalarda bulunduğu gözlenmektedir.

A: Kuantum fiziği nedir?

Ö39: Işık hızı aklıma geliyor (ALT. GÖRELİLİK).

A: Kuantum fiziği ile klasik fizik arasındaki en temel fark nedir?

Ö39: Evet, en önemli fark zaten hız farkı. Newton daha küçük hızlarla hareket eden parçacıkları incelerken Einstein ışık hızında hareket eden parçacıkları inceliyor(ALT. GÖRELİLİK). Bu yönden de orada fark oluşuyor. Newton' un kullandığı yasalar Einstein' a uyuyor. O yüzden kuantum fiziği yasaları oluşuyor.

A: Kuantum fiziğindeki temel kavramlar nelerdir?

Ö39: Işık hızı (ALT. GÖRELİLİK) var, elektromanyetik dalgaları söyleyebiliriz.

Yukarıda yer alan görüşme alıntısında da gözlendiği gibi, Ö39, üç soruda da kuantum fiziğini ve kuantum fiziğinde yer alan temel kavramları görelilik ile ilişkilendirmektedir. Ö39 ışık hızı kavramını kullanarak açıklamalarda bulunmuştur.

Yukarıda yer alan alıntılarda da görüldüğü gibi, öğrenciler öğretim öncesinde kuantum fiziği ile ilgili, bilimsel olarak kabul edilebilir düşünceye sahip değildir. Tüm yanıtlarda öğrencilerin “görelilik, algı ve boyut” kavramları üzerinde yoğunlaştığı gözlenmektedir.

Alternatif bölümlü:

Eğer öğrenci alternatif kavramlardan birden çoğuna sahipse, bu durumda bu öğrenciler “alternatif bölümlü” düzey kategorisine dahil edilmektedir. Aşağıda “alternatif bölümlü” düzeye ait örnekler verilmiştir.

Ö46: “Fiziksel olayları felsefi açıdan (ALT. ALGI) inceleyen, farklı bakış açısı ile bakan bilim dalıdır. Klasik fizikte belirli konular vardır (Formül veya kesin sonuçlar) Ama kuantum fiziğinde bu kadar net şeyler yoktur, görelidir(ALT. GÖRELİLİK).”

Ö8: “İnsan aklının algılamasının zor olduğu, ışık, ses gibi olayları, soyut konuları inceler (ALT. ALGI). Kuantum fiziği normal fiziğe göre daha soyut

konuları ele alır. Kuantum fiziği ile ilgili temel kavramlar astronomi (ALT. ASTRONOMİ) ile ilgili kavramlar olabilir.”

Tüm “alternatif bölümlü” yanıtlar incelendiğinde, öğrencilerin sahip oldukları alternatif kavramlar arasında en sık gözlenen fikirlerin “İnsanların algıları dışında gerçekleşen soyut olayları inceler. Kuantum fiziği daha düşüncesel, soyut ve yorumsaldır.” ve “Kuantum fiziğinde görelilik vardır. (Zaman genişlemesi, ışık hızında hareket eden parçacıklar ile ilgilenir.)” olduğu görülmektedir. Bu kategoride yer alan diğer öğrencilerinde (Ö8, Ö9, Ö16, Ö28, Ö30, Ö38, Ö43, Ö44) benzer yanıtlar verdiği gözlenmektedir.

Görüşme verileri incelendiğinde Ö44’ün benzer açıklamalarda bulunduğu görülmüştür.

A: Kuantum fiziği nedir?

Ö44: Kuantum fiziği bana göre, fizik dalında enerjinin uygulanma şeklidir (ALT. BAŞKA).

A: Biraz açıklayabilir misin?

Ö44: İnsan vücudunda belirli bir enerji vardır. Bu sıcaklıkla doğru orantılıdır. Sıcak olduğunda enerjimiz yükselir mesela kızgınlık anında, koştuğumuz zamanlarda bana göre.

A: Kuantum fiziği ile klasik fizik arasındaki en temel fark nedir?

Ö44: Kuantum fiziği mesela klasik fizikteki hızlar kütleler ya da birimler daha gözle görülebilir ve ölçülebilir ama kuantum fiziğinde hızlar, kütleler büyük, insanların gözleyemeyeceği büyükte (ALT. BOYUT).

A: Kuantum fiziğindeki temel kavramlar nelerdir?

Ö44: Kesinlikle enerji, kinetik enerji en başında ehh, ondan sonra başka tek enerji geliyor aklıma(ALT. BAŞKA).

Yukarıda yer alan görüşme alıntısında da gözlendiği gibi, Ö44, kuantum fiziğini ve kuantum fiziğinde yer alan temel kavramları enerji ile

ilişkilendirmektedir. Ö44, kuantum fiziği ile klasik fizik arasındaki en temel farkı da ilgilendikleri boyut şeklinde belirtmektedir.

“Alternatif” ve “alternatif bölümlü” kategorilerinde yer alan yanıtlar incelendiğinde, öğrenciler, kuantum fiziğini klasik fiziğe göre daha düşüncesel ve soyut olarak ifade etmektedirler. Yine yanıtlarda göze çarpan en belirgin noktalardan bir tanesi de, kuantum fiziği ve klasik fizik arasındaki en temel farklardan bir tanesinin ışık hızı olarak görülmesidir. Tüm yanıtlar incelendiğinde, öğrencilerin kuantum fiziğini normal şartlarda gözlemleyebileceğimiz günlük olayların dışında tutarak sadece üst düzey laboratuvarlarda, üst düzey deneylerle veya çok yüksek hızlarla ilişkilendirdikleri gözlenmektedir. Öğrencilerin kuantum fiziği ve klasik fizik arasında yer alan en belirleyici farklardan “*Belirsizlik, enerjinin kesikli olması, Planck sabiti vb.*” bilimsel fikirlerine sahip olmadığı gözlenmiştir. Öğrenciler ile yapılan ön görüşmeler de bu verileri destekler niteliktedir.

Öğretim sonrası:

Öğrencilerin öğretim sonrasında, kavram testinde yer alan sorulara verdikleri yanıtlar incelendiğinde, yanıtların “bilimsel”, “bilimsel bölümlü”, “bilimsel bölümlü ve alternatif” kategorilerinde olduğu gözlenmiştir. Öğrencilerin öğretim sonrasında verdikleri yanıtlar incelendiğinde, “alternatif” ve “alternatif bölümlü” kategorilerinde yanıt gözlenmemiştir. Öğrencilerin kavram testinde yer alan sorulara verdikleri yanıtlar incelendiğinde; öğretim öncesinde “bilimsel” ve “bilimsel bölümlü” yanıt yok iken, öğretim sonrasında yanıtların % 4,2’sinin “bilimsel”, % 75’nin ise “bilimsel bölümlü” olduğu gözlenmiştir. “Bilimsel bölümlü ve alternatif” kategorisinde yanıt veren öğrenci yüzdesi öğretim öncesinde %12,5 iken öğretim sonrasında % 20,9 olmuştur.

Bilimsel:

Öğrenci yanıtları belirlenmiş olan 6 kriteri de içeriyorsa, bu öğrenciler “bilimsel” kavrama düzeyi grubuna dahil edilmektedir. Öğretim sonrasında “bilimsel” kategoride değerlendirilen yanıtlara örnek aşağıda sunulmuştur.

Ö46: “*Klasik fiziğin açıklayamadığı (BİL. KFİZİK) olayları açıklar, olayların derinliğine iner, maddeleri tanecik boyutunda ele alır. Öncelikle siyah*

cisim ışıması sebep olmuştur. Klasik fizik siyah cisim ışımasının grafiklerini çözememiştir. Temel parçacıkların hareketini (**BİL. TEMEL**) inceler. Planck sabiti ayırım noktasıdır. (**BİL. PLANCK**) kuantum fiziği ile klasik fizik arasındaki fark; klasik fizikte her şey belirli iken, kuantum fiziğinde belirsizlik vardır (**BİL. BELİRSİZLİK**). Kuantum fiziğinde enerjinin kesikli (**BİL. ENERJİ**) olduğu anlaşılmıştır. Bir de h Planck sabiti vardır. Kuantum fiziğinin temel kavramları foton (**BİL. IŞIK**), belirsizlik ve h Planck sabitidir.”

Ö46, öğretim öncesinde “Fiziksel olayları felsefi açıdan (**ALT. ALGI**) inceleyen, farklı bakış açısı ile bakan bilim dalıdır. Klasik fizikte belirli konular vardır (Formül veya kesin sonuçlar) Ama kuantum fiziğinde bu kadar net şeyler yoktur, görelidir (**ALT. GÖRELİLİK**). ” alternatif fikirlere sahip iken, öğretim sonrasında yukarıdaki alıntıda da görüldüğü gibi, bilimsel olarak kabul edilebilir düzeyde yanıtlar vermiştir. Öğretim sonrasında öğrencilerle yapılan görüşmeler sonucu, bilimsel olarak kabul edilebilir yanıt veren öğrenciye rastlanmamıştır.

Bilimsel bölümlü:

Öğrenci bilimsel düzeyde belirtilen 6 kriterden en az birini veya birkaçını, hiçbir alternatif kavram kullanmadan kullanıyorsa, bu öğrenciler “bilimsel bölümlü” düzeye dahil edilmektedir.

Öğretim sonrasında, “bilimsel bölümlü” kategoride yer alan yanıtlara örnekler aşağıda sunulmuştur.

Ö13: “Kuantum fiziği klasik fiziği de içine alır. Klasik fiziğe ek olarak maddenin temel parçacıklarını inceleyen bilim dalıdır (**BİL. TEMEL**). Klasik fiziğin açıklayamadığı yerlerde kuantum fiziği devreye girmiştir. h Planck sabiti klasik fizik ve kuantum fiziği arasında bir köprü vazifesi görür. h Planck sabiti en temel kavramdır (**BİL. PLANCK**).”

Ö31: “Kuantum fiziği yasaları doğanın en temel yasalarıdır. Kuantum fiziği en temel parçacıkları (**BİL. TEMEL**) inceleyen bilim dalıdır. Kuantum fiziğinin klasik fizikten farkı vardır. Kuantum fiziği doğanın en temel yasasıdır. En temel parçacıklarla ilgilenir. Klasik fizik çerçevesinden bakarsak örneğin, bir elektronun yerini ve momentumunu bilebildiğimizi düşünsek te, kuantum için bu doğru değildir,

elektronun momentumu ve konumu aynı anda tam olarak belirlenemez (BİL. BELİRSİZLİK). ”

Öğretim sonrasında, öğrencilerin kuantum fiziğine giriş konusu ile ilgili sorulara verdikleri yanıtlarda en çok gözlenen kavramlar “Planck sabiti ve belirsizlik” şeklindedir. Öğretim sonrasında öğrencilerle yapılan görüşmeler sonucu, bazı öğrencilerin yanıtlarının “bilimsel bölümlü” kategoride olduğu gözlenmiştir. Bu yanıtta örnek aşağıda sunulmuştur.

A: Kuantum fiziği nedir?

Ö40: Kuantum fiziği günümüzde, 1900’ lü yılların başlarında ortaya çıkan klasik fiziğin yetersiz kaldığı yerlerde ortaya çıkmış fizik bilimi (BİL. KFİZİK).

A: Ehh, peki kuantum fiziği ve klasik fizik birbirinden farklı mı?

Ö40:Ehh, klasik fizik, çevremizde gördüğümüz temel yapıları, büyük kütleli cisimleri incelerken, kuantum fiziği bu cisimlerin temel yapılarını, küçük en küçük yapı birimlerini inceliyor. 1900’ lü yıllarda planck’ ında açıkladığı gibi temel fark planck sabiti (BİL. PLANCK).

A: Kuantum fiziği ile ilgili temel kavramlar nelerdir?

Ö40: ehh, Kuantum fiziği ile ilgili en başta Kuantum, foton fotoelektrik olay (BİL. IŞIK), planck sabiti, planck ehh, başka.....

Yukarıda yer alan alıntıda da görüldüğü gibi, Ö40’ın, öğretim öncesinde yapılan görüşmede, sahip olduğu “İnsanların algıları dışında gerçekleşen soyut olayları inceler. Kuantum fiziği daha düşüncesele, soyut ve yorumsaldır.” alternatif fikrinden vazgeçtiği ve “bilimsel bölümlü” düzeyde kabul edilebilir yanıtlar verdiği gözlenmiştir.

Bilimsel bölümlü ve alternatif:

Eğer öğrenciler hem bilimsel bölümlü hem de alternatif kavramları birlikte kullanıyorsa, bu durumda olan öğrenciler, “bilimsel bölümlü ve alternatif” grubuna dahil edilmektedir.

Öğretim sonrasında “bilimsel bölümlü ve alternatif” kategoride yer alan yanıtlara örnekler aşağıda sunulmuştur.

Ö45: “Kuantum fiziği temel parçacıkların(BİL. TEMEL) davranışını inceler. Maddenin sahip olduğu enerjiyi inceler. h Planck sabiti ile klasik fizikten

ayrılır(**BİL. PLANCK**). Klasik fizik küçük parçacıkları ele almamıştır. Işık hızında (**ALT. GÖRELİLİK**) hareket eden cisimlerde, klasik fiziğin ortaya attıkları geçersiz kalmıştır. Kuantum fiziği ile temel ilgili kavramlar, görelilik kuramı, enerji ve momentumdur (**ALT. BAŞKA**).”

Ö15: “Klasik fiziğin yeterli olmadığı durumlarda yani ışık hızına yakın hızla (**ALT. GÖRELİLİK**) hareket eden çok küçük parçacıkların hareketini açıklayan, klasik fiziği de içine alan geniş kapsamlı bir fizik alanıdır. Kuantum fiziği klasik fiziği kapsar. Klasik fiziğin bazı görüşleri kuantum tarafından kabul edilmez. Örneğin, bağıl hız kavramı, klasik fiziğin görüşüne göre, ışık hızını geçen maddeler olmalıdır. Ancak kuantum bunu kabul etmez. Kuantum ile ilgili temel kavramlar, de broglie dalga boyu, h Planck sabiti (**BİL. PLANCK**), siyah cisim ışıması, fotoelektrik olay ve atom modelleridir.”

“Bilimsel bölümlü ve alternatif” kategorisinde yer alan tüm yanıtlar değerlendirildiğinde, öğrencilerin bilimsel kavramlardan “Planck sabiti” üzerinde, alternatif kavramlardan ise daha çok “Görelilik” kavramı üzerinde durduğu gözlenmektedir.

Öğretim sonrasında öğrencilerle yapılan görüşmeler sonucu, bazı öğrencilerin yanıtlarının “bilimsel bölümlü ve alternatif” kategorisinde olduğu gözlenmiştir. Bu yanıtta örnek aşağıda sunulmuştur.

A: Kuantum fiziği nedir?

Ö41: Maddenin iç yapısını içindeki elektron proton nötronları yani atom altı parçacıkların hareketini inceleyen bilim dalı...(**BİL. TEMEL**)

A: Kuantum fiziği ile Klasik fizik arasında fark var mıdır?

Ö41: Var. Kuantum fiziğinde h planck sabitine (**BİL. PLANCK**) geçiş var bir kere, ondan sonra klasik fizik küçük parçaların hareketlerini açıklamakta, yetersiz kalıyordu, Kuantum fiziği bu küçük parçacıkların hareketini açıklayabildi. Himm, şey mesela bu ışığın dalga olduğunu söylüyorlar klasik fizikteki onlara Kuantum fiziğinde tanecik yapısı da ortaya çıkıyor.

A: Başka var mı?

Ö41: Hatırlamıyorum.

A: Kuantum fiziğinin ortaya çıkmasına neler sebep olmuştur?

Ö41: *Klasik fizik işte dediğim gibi bu büyük kütleli parçacıkların hareketlerini çözmeye çok iyi ama işte birde bu klasik fizik maddenin hep dış görünüşü ile ilgileniyor (ALT. BOYUT). Maddenin içyapısı ile ilgilenmiyor ve bunları açıklamada yetersiz kalıyordu. Maddenin içyapısındaki araştırmalar daha derinleşince Kuantum fiziği burada devreye giriyor. Bir tane hatırladığım fotoelektrik olayda klasik fizikte oradan elektronların koptuğunu biliyor ama bunu açıklayamıyor, açıklamaları deney sonuçları ile çelişiyor hep. Ama Kuantum fiziğinde Einstein devreye giriyor, burada Einstein diyor ki Planck'ın bu tanecik şeyini biliyor, enerjinin kesikli hallerde olduğunu biliyor. Bunu da ışığa uyarlıyor ve diyor ki ışığında tanecikli yapısı vardır. İşte bu ışığın kütlesi olmayan birim enerji paketçiklerine foton (BİL. IŞIK) adını veriyor.*

A: *Başka var mı?*

Ö41: *Planck diyor ki, moleküller diyor, $E=h.v$ formülü vardı, burada enerji kuantumlanmıştır (BİL. ENERJİ) diyor, her şeyi açıklıyor.*

A: *Kuantum fiziği önemli midir? Neden?*

Ö41: *Çok önemli. Aslında büyük kütlelerin açıklanmasında hiç ilişkisi yokmuş gibi görünüyor ama aslında bütün fiziğin doğasının temel kanunları bence kuantum fiziği.*

A: *Kuantum fiziğindeki temel kavramlar nelerdir?*

Ö41: *Elektron, proton, atom altı parçacıklar geliyor aklıma. Siyah cisim, planck sabiti geliyor, Heisenberg bilim adamları geliyor. Foton falan.*

Yukarıda yer alan görüşme alıntısında da görüldüğü gibi, Ö41, kuantum fiziği ile ilgili açıklamalarında, Planck sabitinden, temel parçacıklardan, enerjinin kesikliliği ve ışığın yapısı ile ilgili kabullerden bahsetmiş aynı zamanda, kuantum fiziğinde, “Klasik fizik makro parçacıklarla ilgilenirken kuantum fiziği mikro parçacıklar ile ilgilenir.” şeklinde yer alan alternatif boyut kavramını kazanmıştır. Ö41, öğretim öncesinde görüşme verilerinde de kuantum fiziğini astronomi ile ilişkilendirmekte ve klasik fizikten farkını da insanların algıları dışında gerçekleşen olaylar ile açıklamaktadır. Öğrencinin öğretim öncesinde sahip olduğu alternatif kavramlardan vazgeçtiği, bunun yerine boyut ile ilgili yeni bir alternatif kavram kazandığı söylenebilir.

5.1.2 Siyah Cisim Işıması Konusuna Ait Bulgular

Bu bölümde, kavram testinde, siyah cisim ışıması konusuyla ilgili olarak öğrencilere yöneltilen 1 adet sorunun değerlendirilmesine yer verilmiştir. Soru mavi ve kırmızı renkte gözlenen 2 ayrı yıldızın sıcaklıklarının değerlendirilmesi ile ilgilidir. Öğrenci yanıtlarından oluşturulan kodlar EK-9’da yer almaktadır.

Öğrencilerin kavram testinde yer alan siyah cisim ışıması konusuyla ilgili sorulara öğretim öncesi ve öğretim sonrasında verdikleri yanıtlar ile bu yanıtlara ait öğrenci sayıları ve yüzdeleri Çizelge 5.3’te yer almaktadır.

Çizelge 5.3: Öğrencilerin siyah cisim ışıması konusuyla ilgili açıklamalarından elde edilen yanıt türleri

Yanıt Türleri	Ön test		Son test	
	N	%	N	%
Bilimsel	-	-	1	2,1
Bilimsel Bölümlü	5	10,4	31	64,5
Bilimsel ve Alternatif	-	-	-	-
Bilimsel Bölümlü ve Alternatif	-	-	8	16,7
Alternatif	36	75	8	16,7
Alternatif Bölümlü	2	4,2	-	-
Hiçbir şey	5	10,4	-	-
Genel Toplam	48	100	48	100

Öğrenci yanıtları belirlenmiş olan 3 kriteri de içeriyorsa, bu öğrenciler bilimsel kavrama düzeyi grubuna dahil edilmektedir. Öğrenciden beklenen 3 kriter şunlardır.

- 1) Mavi yıldız daha sıcaktır (BİL. MAVİ).
- 2) Wien yer değiştirme yasasına göre dalga boyu kısa olanın sıcaklığı daha fazladır. Dalga boyu kısa olanın enerjisi fazladır (BİL. WIEN).

3) Frekansı fazla olan daha sıcaktır ve enerjisi fazladır (BİL. FREKANS).

Öğretim öncesi:

Öğrenci yanıtlarının % 75'lik kısmının “alternatif” yanıtlardan oluştuğu görülmektedir. Öğrencilerin % 10,4'ü “bilimsel bölümlü” kategoride yanıt verirken, % 4,2'si ise “alternatif bölümlü” kategoride yanıtlar vermiştir. Öğrencilerin % 10,4'ünde ise kodlama için yeterli bilgi yer almamıştır.

Aşağıda öğrencilerde tespit edilen kavramsal kategorilere örnekler sunulmuştur.

Bilimsel bölümlü:

Öğrenci bilimsel düzeyde belirtilen 3 kriterden en az birini veya ikisini, hiçbir alternatif kavram kullanmadan kullanıyorsa, bu öğrenciler “bilimsel bölümlü” düzeye dahil edilmektedir.

Öğretim öncesinde, “bilimsel bölümlü” kategoride yer alan yanıtlara örnekler aşağıda sunulmuştur.

Ö23: “Mavi ışık yayan yıldızın enerjisi daha fazla olduğu için kırmızı ışık yayan yıldızdan daha sıcak olabilir (**BİL. MAVİ**).”

Ö14: “Mavi yıldız daha sıcaktır, enerjisi daha yüksektir (**BİL. MAVİ**).”

Bilimsel bölümlü kategoride yer alan yanıtlar incelendiğinde, öğrencilerin mavi yıldızın daha sıcak olduğunu belirttikleri ve bunu da enerji ile ilişkilendirdikleri görülmektedir. Öğrenciler yanıtlarında, yıldız frekansı, dalga boyu veya Wien yer değiştirme yasasından bahsetmemişlerdir. Bu kategoride yer alan diğer öğrencilerde de (Ö14, Ö23, Ö29) benzer açıklamalar gözlenmiştir. Görüşme verilerinin analizinde bu kategoride yer alan yanıt rastlanmamıştır.

Alternatif:

Bilimsel kavramlardan hiç birini içermeyen durumlarda öğrenciler “alternatif” kategorisine dahil edilmiştir. Alternatif kategoride değerlendirilen öğrenci yanıtları çeşitlilik göstermektedir. Aşağıda “alternatif” düzeye örnekler verilmiştir.

Ö33: “Kırmızı renkli yıldız daha sıcak olur. Çünkü kırmızı ışığın kırılma indisi maviye göre daha büyüktür ve kırmızı görülür. Bu nedenle daha sıcaktır (**ALT. İNDİS**).”

Ö15: “Kırmızı yıldızın daha sıcak olduğunu söyleyebilirim. Yıldızlar ışıklarını güneşten alırlar. Güneş kırmızı ve sıcaktır. Bundan dolayı kırmızı yıldız daha sıcaktır (**ALT. GÜNEŞ**).”

Ö48: “Kırmızı yıldız daha sıcaktır. Çünkü günlük yaşantıda kırmızı insana ateşi, sıcaklığı çağrıştırır (**ALT. GÜNLÜK**).”

Ö46: “Bu renk değişimi yıldızın sıcaklığı ile ilgili değil, yıldızın dünyaya uzaklığı ile ilgilidir (**ALT. UZAKLIK**).”

Alternatif kategoride yer alan öğrenci yanıtları incelendiğinde, bu kategoride yer alan öğrenci yanıtlarının daha çok günlük yaşantıda kırmızı rengin sıcak kavramı ile birlikte kullanılmasından dolayı, kırmızı yıldız daha sıcaktır şeklindeki yanıtlardan oluştuğu gözlenmektedir. Ayrıca tüm alternatif kategoride yer alan yanıtlar incelendiğinde, yıldız sıcaklığını kırılma indisi ve dünyaya olan uzaklık ve güneş ile ilişkilendiren yanıtlar göze çarpmaktadır.

Öğrencilerle yapılan görüşmelerde, bu konu ile ilgili öğrencilere “Siyah cisim nedir? Güneş bir siyah cisim olabilir mi?” ve kavram testinde yer alan 4. soru yöneltilmiştir. Elde edilen veriler incelendiğinde, öğrenci yanıtları günlük yaşantı ile ilişkilendirildiğinden dolayı kırmızı yıldız şeklinde olmuştur. Öğrenci 44’ün siyah cisim ve siyah cisim ışıması ile ilgili sahip olduğu düşünceler aşağıda verilen görüşme alıntılarında tartışılmıştır.

A: Siyah cisim nedir?

Ö44: Siyah cisimlerin bütün gelen ışınları soğurduğunu biliyorum. Onunla alakalı bir şey olabilir.

A: Örnek verebilir misin?

Ö44: Üzerimize giydiğimiz kıyafetlerde.

A: Güneş bir siyah cisim olabilir mi?

Ö44: Olabilir.

A: Neden?

Ö44: *Çünkü ısıtıyor, ısınmıyor. Soğuruyor birçok şeyi, hacmi ve kütlesi çok büyük, evrendeki en büyük yeri kaplayan gök cisimlerinden biri.*

A: *Kavram testinde ben size bununla ilgili bir soru yöneltmiştim (Öğrenciye kavram testinde yer alan soru hatırlatılır.) Hangi yıldız daha sıcaktır? Neden?*

Ö44: *Yaydıkları sıcaklığın kuvveti ile orantılı olabilir, enerji ile kırmızı olan daha sıcaktır. Genelde her şeyin çeşmelerde bile sıcak su kırmızı, mavi soğuk oluyor (ALT. GÜNLÜK).*

Yukarıda verilen alıntıda da görüldüğü gibi, öğrenci 44 siyah cisim, siyah renk ile ilişkilendirmekte, güneşi ise ısıtma özelliği ve çok büyük oluşundan dolayı siyah cisim olarak kabul etmektedir. Öğrenci 44 günlük yaşantıdaki deneyimlerinden yola çıkarak kırmızı yıldızın daha sıcak olduğu şeklinde görüş bildirmiştir. Görüşme yapılan diğer öğrencilerinde (Ö45) benzer alternatif kavramlara sahip olduğu gözlenmiştir.

Alternatif bölümlü:

Eğer öğrenci alternatif kavramlardan birden çoğuna sahipse, bu durumda bu öğrenciler “alternatif bölümlü” düzey kategorisine dahil edilmektedir. Alternatif bölümlü düzeyde yer alan öğrenciler, Ö8 ve Ö38’dir. Aşağıda Ö8 ve Ö38’e ait “alternatif bölümlü” yanıtlara yer verilmiştir.

Ö8: *“Kırmızı renkteki yıldız daha sıcaktır (ALT. KIRMIZI). Bu durum ışığı soğurması ile alakalıdır. Mavi renge göre daha az yansıtır (ALT. BAŞKA).*

Ö38: *“Kırmızı daha sıcaktır (ALT. KIRMIZI).Kırmızının frekansı daha yüksektir. Işın yayma hızı daha yüksektir. Tıpkı güneşin kırmızımsı ışık yayması gibi (ALT. GÜNEŞ).*

Yukarıda yer alan alıntılarda da görüldüğü gibi, her iki öğrenci “Kırmızı yıldız daha sıcaktır.” alternatif kavramına sahiptir. Ö8, yıldız sıcaklığını yıldızların ışığı soğurma miktarı ile ilişkilendirirken, Ö38, yıldız sıcaklığı ile güneşin kırmızımsı ışık yaymasını ilişkilendirmiştir.

Öğretim sonrası:

Öğrencilerin öğretim sonrasında, kavram testinde yer alan sorulara verdikleri yanıtlar incelendiğinde, yanıtların “bilimsel”, “bilimsel bölümlü”, “bilimsel bölümlü

ve alternatif”, “alternatif” ve “alternatif bölümlü” kategorilerinde olduğu gözlenmiştir. Öğrencilerin öğretim sonrasında verdikleri yanıtlar incelendiğinde, “bilimsel ve alternatif” kategorisinde yanıt gözlenmemiştir. Öğrencilerin 4. soruya verdikleri yanıtlar değerlendirildiğinde en fazla yüzdeye “bilimsel bölümlü” kodlu yanıt türünün (% 64,5) sahip olduğu gözlenmektedir. Yanıtların % 16,7’si “bilimsel bölümlü ve alternatif” kategorisinde, % 12,5’i ise, “alternatif” kategorisinde yer almaktadır. Öğrenci yanıtları değerlendirildiğinde 1 öğrencinin “bilimsel”, 2 öğrencinin de “alternatif bölümlü” yanıt verdiği gözlenmiştir. Aşağıda öğrencilerde öğretim sonrasında tespit edilen kavramsal kategorilere örnek sunulmuştur.

Bilimsel:

Öğrencilerin öğretim sonrasında kavram testinde yer alan 4. soruya verdikleri yanıtlar incelendiğinde bilimsel kategoride yanıt veren yalnızca 1 öğrenci olduğu görülmektedir. Bu öğrencinin yanıtı aşağıda sunulmuştur.

Ö46: “Mavi ışığın dalga boyu kırmızı ışığın dalga boyundan küçüktür. $\lambda_{max} \cdot T = 0,2898$ formülüne (**BİL. WIEN**) göre dalga boyu küçük olanın sıcaklığı yüksektir (**BİL. FREKANS**) ve mavi daha sıcaktır (**BİL. MAVİ**).”

Ö46, görüşme yapılan öğrencilerden birisidir. Öğretim sonrasında Ö46 ile yapılan görüşmeden alıntılar aşağıda sunulmuştur.

A: Siyah cisim nedir?

Ö46: Siyah cisim üzerine düşen tüm ışığı soğuran maddedir. İdeal bir sistem aslında. Sonuçta sürekli soğuracak, belirli bir süre sonra yansıtması gerekecek, güneş gibi.

A: Kavram testinde ben size bununla ilgili bir soru yöneltmişim. (Öğrenciye kavram testinde yer alan yıldız sorusu hatırlatılır.) Hangi yıldız daha sıcaktır?

Ö46: Mavinin sıcak olması (**BİL. MAVİ**) gerekiyor çünkü Wien yer değiştirme yasasında λ ’nın T ’nin bir sabite eşit olduğunu buluyor (**BİL. WIEN**), oradan bulduğumuzda kısa dalga boyuna ait renk, sıcaklıkta artma oluyor (**BİL. FREKANS**).

Öğrenci 46’nın öğretim öncesinde verdiği yanıt aşağıda sunulmuştur.

Ö46: “Bu renk değişimi yıldızın sıcaklığı ile ilgili değil, yıldızın dünyaya uzaklığı ile ilgilidir (**ALT. UZAKLIK**).”

Ö46'nın görüşme verileri ve kavram testinde yer alan yanıtı incelendiğinde, öğrencinin öğretim öncesinde sahip olduğu “*Bu renk değişimi yıldızın sıcaklığı ile ilgili değil, yıldızın dünyaya uzaklığı ile ilgilidir.*” alternatif düşüncesinden vazgeçtiği ve bilimsel olarak kabul edilebilir düzeyde yanıt verdiği görülmektedir.

Bilimsel bölümlü:

Öğrenci bilimsel düzeyde belirtilen 3 kriterden en az birini veya ikisini, hiçbir alternatif kavram kullanmadan kullanıyorsa, bu öğrenciler “bilimsel bölümlü” düzeye dahil edilmektedir.

Öğrenci yanıtları incelendiğinde; öğretim sonrasında “bilimsel bölümlü” kategoride yanıt veren öğrencilerin oranı % 64,5'tir. Bu oran öğretim öncesinde % 10,4 iken, öğretim sonrasında % 54,1'lik bir artış olduğu gözlenmektedir. Bu kategoriye dahil edilen öğrenci yanıtlarına örnekler aşağıda sunulmuştur.

Ö31: “*Mavi renkte olan yıldızlar daha sıcaktır (BİL. MAVİ). Bunu şöyle açıklayabiliriz. Dalga boyu ile sıcaklık (T) ters orantılıdır. Biz yüksek sıcaklık gözlüyorsak dalga boyunun küçük olmasını bekleriz (BİL. WIEN). Mavi ışığın dalga boyu kırmızıdan daha küçüktür. Bu yüzden mavi yıldızlar daha sıcaktır deriz.*”

Ö44: “*Yıldızlar yaydıkları enerjiden dolayı, değişik ışıklar yayarlar. Enerjilerini de sıcaklıkları belirler. Mavi ışık yayan yıldızın kırmızıya göre daha sıcak olduğu düşünülür (BİL. MAVİ). Çünkü bakır teli aleve tuttuğumuzu düşündüğümüzde önce turuncu → kırmızı → mavi en sonunda da beyaz renk aldığını gözlemledik.*”

Öğretim sonrasında öğrencilerle yapılan görüşmeler sonucu, bazı öğrencilerin yanıtlarının “bilimsel bölümlü” kategoride olduğu gözlenmiştir. Bu yanıtta örnek aşağıda sunulmuştur.

A: *Kavram testinde ben size bununla ilgili bir soru yöneltmiştim. (Öğrenciye kavram testinde yer alan yıldız sorusu hatırlatılır.) Hangi yıldız daha sıcaktır?*

Ö44: *Ben buna en başında kırmızı olan demiştim. Hani çeşmelerde bile kırmızı sıcak mavi soğuksa bu da öyle olur demiştim ama en sıcak olanın beyaz sonra mavi (BİL. MAVİ) sonra en son kırmızı olduğunu öğrendik. Şey örnek vermiştiniz bir tel, teli aleve tuttuğumuzda ilk önce turuncu kırmızı ve çok yüksek*

ısılar verebilirsek biz buna mavi oluyor sonra beyaz oluyordu. Bunu günlük yaşamda uygulamak zor ama.

Yukarıda yer alan alıntı incelendiğinde, öğrenci 44'ün “*Mavi yıldız daha sıcaktır.*” bilimsel bölümlü düşüncesine sahip olduğu söylenebilir. Öğrenci açıklamalarını yaparken ders içi etkinliklerden yararlanmıştı. Ö44'ün öğretim öncesinde sahip olduğu “*Kırmızı yıldız daha sıcaktır.*” alternatif düşüncesinden vazgeçtiği görülmektedir.

Bilimsel bölümlü ve alternatif:

Eğer öğrenciler hem bilimsel hem de alternatif kavramları birlikte kullanıyorsa, bu durumda olan öğrenciler, “bilimsel bölümlü ve alternatif” kategorisine dahil edilmektedir.

Öğrenci yanıtları incelendiğinde 8 öğrencinin “bilimsel bölümlü ve alternatif” kategoride yanıtlar verdiği gözlenmiştir. Bu yanıtlara örnek aşağıda sunulmuştur.

Ö7: “*Mavi yıldızlar (BİL. MAVİ) canlı ve sıcak yıldızlardır. Kırmızı yıldızlar sönmekte ve ölmekte olan yıldızlardır (ALT. BAŞKA). Hatta güneş ölmekte olan bir yıldızdır.*”

Ö18: “*Mavi olursa çok uzaktadır. Çünkü mavi ışığın frekansı en yüksektir (BİL. FREKANS). Çok uzağa yayılmaz. Kırmızı ışık daha uzağa gider ve hızlıdır (ALT. BAŞKA). Bu yüzden kırmızı ışık olan gezegen daha soğuktur. Mavi olan gezegen daha sıcaktır(BİL. MAVİ).*”

Yukarıda yer alan öğrenci yanıtları incelendiğinde, öğrencilerin “*Mavi yıldız daha sıcaktır.*” bilimsel bölümlü düşüncesine sahip olduğu ancak sahip oldukları bu düşünceyi bilimsel olarak kabul edilebilir şekilde açıklayamadıkları görülmektedir. Bu kategoride yer alan diğer öğrencilerinde (Ö19, Ö28, Ö32, Ö33, Ö40, Ö45) benzer yanıtlar verdiği gözlenmektedir.

Alternatif:

Bilimsel kavramlardan hiç birini içermeyen durumlarda öğrenciler alternatif kategorisine dahil edilmiştir. Öğrenci yanıtlarının % 16,7'si alternatif kategorisinde yer almaktadır. Bu kategoride değerlendirilen öğrenciler, Ö1, Ö3, Ö26, Ö27, Ö36, Ö37, Ö39 ve Ö48'dir. Bu kategoride değerlendirilen öğrencilerden Ö37, öğretim

öncesinde “kavramsal anlama yok” düzeyinde yer alırken, diğer öğrenciler (Ö1, Ö3, Ö26, Ö27, Ö36, Ö39, Ö48), öğretim öncesinde “alternatif” düzeyde yer almaktadır. Bu kategoride yer alan öğrenciler öğretim öncesinde “ALT. GÜNLÜK” alternatif kavramına sahiptir. Aşağıda “alternatif” düzeye örnekler verilmiştir.

Ö26: “Kırmızı renk daha sıcaktır (ALT. KIRMIZI). Çünkü dalga boyu daha büyüktür (ALT. DALGA BOYU).”

Ö39: “Söyleyebiliriz. Çünkü kırmızı ve mavi ışık yaydıklarına göre dalga boyu fazla olan daha sıcak olur (ALT. DALGA BOYU). Çünkü dalga boyu fazla ise enerjisi büyüktür. Kırmızı daha sıcaktır (ALT. KIRMIZI).”

Bu kategoriye dahil edilen yanıtlarda “Kırmızı yıldız daha sıcaktır. Dalga boyu büyük olan daha sıcaktır.” alternatif düşüncelerinin yer aldığı görülmektedir. Öğretim öncesinde öğrenci yanıtlarında gözlenen “Günlük yaşantıda kırmızı sıcak olanı ifade eder, örneğin, musluklarda. Bu nedenle kırmızı yıldız daha sıcaktır.” alternatif düşüncesine öğretim sonrasında rastlanılmamıştır.

5.1.3 Fotoelektrik Olay Konusuna Ait Bulgular

Bu bölümde, kavram testinde, fotoelektrik olay konusuyla ilgili olarak öğrencilere yöneltilen 2 adet sorunun (5–6) değerlendirilmesine yer verilmiştir. Öğrenci yanıtlarından oluşturulan kodlar EK-9’da yer almaktadır. Öğrencilerin kavram testinde yer alan fotoelektrik olay konusuyla ilgili sorulara öğretim öncesi ve öğretim sonrasında verdikleri yanıtlar ile bu yanıtlara ait öğrenci sayıları ve yüzdeleri Çizelge 5.4’te yer almaktadır.

Çizelge 5.4: Öğrencilerin fotoelektrik olay konusuyla ilgili açıklamalarından elde edilen yanıt türleri

Yanıt Türleri	Ön test		Son test	
	N	%	N	%
Bilimsel	-	-	2	4,2
Bilimsel Bölümlü	-	-	22	46
Bilimsel ve Alternatif	-	-	-	-
Bilimsel Bölümlü ve Alternatif	-	-	19	39,4
Alternatif	9	18,8	3	6,2
Alternatif Bölümlü	24	50	1	2,1
Hiçbir şey	15	31,2	1	2,1
Genel Toplam	48	100	48	100

Öğrenci yanıtları belirlenmiş olan 6 kriteri de içeriyorsa, bu öğrenciler bilimsel kavrama düzeyi grubuna dahil edilmektedir. Öğrenciden beklenen 6 kriter şunlardır.

1) Hem dalga hem parçacık modelinde, yeterli yüksek frekanslı tek renkli ışık için, saniyede saçılan elektronların oranı, ışığın şiddeti arttıkça artar. Bu nedenle birinci ifade her iki modele de uyar (BİL. MODEL).

2) Parçacık modelinde, yüzeyden elektronların saçılabilmesi için, sadece tek renkli ışığın belirli bir frekans değerinin üstünde olması gerekir. Eğer tek renkli ışık, bu frekans değerinin üzerinde olmazsa, ışığın şiddeti ne kadar fazla olursa olsun hiç elektron saçılmaz. Bu nedenle ikinci ifade yalnız ikinci modeli açıklar (BİL. FREKANS).

3) Parçacık modelinde elektronların salınması fotonlarla çarpışması ile açıklanır. Her çarpışma tek bir elektrona yetecek enerjiyi verir (BİL. PARÇACIK).

4) Dalga modelinde elektronların salınması elektromanyetik dalgaların elektronları titreştirmesi ile açıklanır (BİL. DALGA).

5) Düşük frekanslarda fotonlar düşük enerjiye sahiptir ve tek foton elektronu saçmak için yeterli enerjiye sahip değildir (BİL. FOTON).

6) Dalga modelinde eşik frekansından bahsedilmez (BİL. EŞİK).

Öğretim öncesi:

Öğrencilerin öğretim öncesi verdikleri yanıtlar incelendiğinde, “bilimsel”, “bilimsel bölümlü”, “bilimsel ve alternatif” ve “bilimsel bölümlü ve alternatif” olarak kabul edilebilir yanıtlara rastlanmamıştır. Öğrenci yanıtları değerlendirildiğinde en fazla yüzdeye “alternatif bölümlü” kodlu yanıt türünün (% 50) sahip olduğu gözlenmektedir. Yanıtların % 18,8’i ise “alternatif” kategorisinde yer almaktadır. Öğrencilerin % 31,2’sinde ise kodlama için yeterli bilgi yer almamıştır. Aşağıda öğrencilerde tespit edilen kavramsal kategorilere örnekler sunulmuştur.

Alternatif:

Bilimsel kavramlardan hiç birini içermeyen durumlarda öğrenciler “alternatif” kategorisine dahil edilmiştir. Bu kategoride yer alan öğrencilerin (Ö6, Ö18, Ö20, Ö21, Ö31, Ö35, Ö39, Ö41, Ö42) benzer açıklamalar yaptıkları gözlenmiştir. Aşağıda “alternatif” düzeye örnekler verilmiştir.

Ö41: “İlk şekil gözlemler ile uyar. Çünkü teli salladığımızda uzun süreli bir enerji akışı olur, taş atmada ise enerji anlaktır (ALT. GÜNLÜK). /-”

Ö21: “ikinci model ile açıklanır. Kuşu uçurabilmek için taş atmak gerekir, bu da kuşun harekete geçmesi için gerekli en küçük etkidir (ALT. GÜNLÜK). /-”

Ö20: “Kuşu uçurabilmek için teli sallamak gerekir çünkü sallanan telde ısınma olur, ısınan tele sürtünen kuşun uçması sağlanabilir (ALT. GÜNLÜK). /-”

Yukarıda yer alan öğrenci yanıtları incelendiğinde, öğrencilerin telde oturan kuşu, metal yüzeyde yer alan elektronlar gibi değil de, günlük yaşantıda yer alan gözlemleri ile açıklamaya çalıştıkları görülmektedir.

Öğrencilerle yapılan görüşmelerde, bu konu ile ilgili öğrencilere “Fotoelektrik olay nedir? ve kavram testinde yer alan 5. Soru” yöneltilmiştir. Elde

edilen veriler incelendiğinde, öğrenci yanıtları kavram testinden elde edilen verileri destekler niteliktedir. Ö39 ve Ö42'nin sahip olduğu düşünceler aşağıda verilen görüşme alıntılarında tartışılmıştır.

A: Fotoelektrik olay nedir?

Ö39: Evet, fotoelektrik olayı duymuştum. Fotoelektrik olayda enerji seviyeleri vardı, elektron ışına yaparak enerjisinden bir kısmını kaybetmesiydi.

A: Bu konu ile ilgili kavram testinde bir sorumuz vardı. (Öğrenciye kavram testinde yer alan 5. soru hatırlatılır.) hangi model gözlemlerle uygunluk gösterir?

Ö39: Kuşun enerjisi olmadığı zaman zaten uçamaz bir enerji vermemiz (ALT. GÜNLÜK) gerekir.

Ö42: Normal bakarsak bir kuş telde durduğunda rüzgarda tel hafif sallandığında kuş uçmuyor (ALT. GÜNLÜK). Fotoelektrik olay sanırım taş attığımızda olması gerekiyor.

Görüşme verileri incelendiğinde öğrencilerin, teldeki kuşu uçurabilmek için, günlük yaşamdaki çözümlerden bahsettikleri görülmektedir.

Tüm öğrenci yanıtları incelendiğinde, öğrencilerin, “Tanecik modelinde, frekans taşın enerjisine, şiddet ise fırlatılan taşın sayısına bağlıdır, dalga modelinde ise frekans telin ne sıklıkla sallandığına, şiddet ise sallama hareketinin genliğine bağlıdır. Bu nedenle, birinci ifade her iki modeli açıklarken, ikinci ifade sadece ikinci şekli açıklar.” bilimsel düşüncesine sahip olmadığı gözlenmiştir.

Alternatif bölümlü:

Eğer öğrenci alternatif kavramlardan birden çoğuna sahipse, bu durumda bu öğrenciler “alternatif bölümlü” düzey kategorisine dahil edilmektedir. Bu kategoride yer alan öğrencilerin (Ö2, Ö3, Ö4, Ö5, Ö8, Ö9, Ö11, Ö16, Ö17, Ö23, Ö24, Ö25, Ö27, Ö28, Ö29, Ö32, Ö33, Ö36, Ö37, Ö38, Ö43, Ö44, Ö45) benzer açıklamalar yaptıkları gözlenmiştir. Aşağıda “alternatif bölümlü” düzeye ait örnekler verilmiştir.

Ö13: “Teli sallamak elektronları harekete geçirmek demektir. Bu elektronlar çarpışarak yüksek enerjiye ulaşacaktır (ALT. GÜNLÜK). / Dalga teorisinde

elektronların salınması elektromanyetik dalgaların elektronları titreştirmesi ile açıklanmaz (ALT. DALGA).”

Ö24: *“Taş atmak. Çünkü ifadeye göre tele bir madde verelim ki bir madde geri alabilelim (ALT. BAŞKA) /Parçacık teorisinde, elektronların salınması fotonlarla çarpışması ile açıklanmaz. Her çarpışma o enerjiyi vermeyebilir, eşik değerinin altında enerji verebilir (ALT. PARÇACIK).”*

Tüm “alternatif bölümlü” yanıtlar incelendiğinde, öğrencilerin sahip oldukları alternatif kavramlar arasında en sık gözlenen “Teldeki kuşu uçurabilmek için günlük yaşam örneklerinin kullanılması. /Dalga teorisinde, düşük frekansa sahip dalga çok yüksek genliğe sahip olsa bile elektronları titreştirebilir./ Elektronların koparılması için yüksek frekanslı ışığa ihtiyaç vardır. Bu nedenle elektronların titreşmesi onların koparılması için gerekli enerjiyi oluşturmaz./ Dalga modelinde elektronların salınması, yüksek frekanslı ışığın materyal üzerine düşürülmesi ile açıklanır, elektromanyetik dalganın elektronları titreştirmesi ile değil./ Parçacık teorisinde her çarpışma sonucu elektrona salınması için yetecek enerji verilmeyebilir.” olduğu görülmektedir. Bu kategoride yer alan diğer öğrencilerinde benzer yanıtlar verdiği gözlenmektedir.

Öğretim sonrası:

Öğrencilerin öğretim sonrasında, kavram testinde yer alan sorulara verdikleri yanıtlar incelendiğinde, “bilimsel ve alternatif” hariç tüm kategorilerde yanıt olduğu gözlenmiştir. Öğrencilerin kavram testinde yer alan sorulara verdikleri yanıtlar incelendiğinde; öğretim sonrasında yanıtların % 4,2’sinin “bilimsel”, % 46’sının ise “bilimsel bölümlü” olduğu gözlenmiştir. “Bilimsel bölümlü ve alternatif” kategorisinde yanıt veren öğrenci yüzdesi öğretim öncesinde yok iken öğretim sonrasında % 39,4 olmuştur. Öğretim sonrasında 3 öğrenci “alternatif”, 1 öğrenci “alternatif bölümlü” yanıt vermiştir. Öğretim sonrasında 1 öğrenci ise sorulara yanıt vermemiştir. Aşağıda öğretim sonrasında öğrencilerde tespit edilen kavramsal kategorilere örnekler sunulmuştur.

Bilimsel:

Öğretim sonrasında “bilimsel” kategoride yanıt veren 2 öğrenci (Ö47, Ö36) vardır. Öğretim sonrasında “bilimsel” kategoride değerlendirilen yanıtlar aşağıda sunulmuştur.

Ö47: “Birinci ifade her iki resmi, ikinci ifade ise sadece 2. resmi açıklar (**BİL. MODEL**). Çünkü parçacık modelinde frekans taşın enerjisine bağlıdır (**BİL. FREKANS**). Ne kadar çok taş attığımız ise sayıya bağlıdır. Dalga modelinde ise eşik frekansından bahsedilmez./ “Parçacık modelinde elektronların salınması fotonlarla çarpışması ile açıklanır. Her çarpışma tek bir elektrona yetecek enerjiyi verir (**BİL. PARÇACIK**). Dalga modelinde elektronların salınması elektromanyetik dalgaların elektronları titreştirmesi ile açıklanır (**BİL. DALGA**). Parçacık modelinde eşik frekansı şöyle açıklanır; düşük frekanslarda fotonlar düşük enerjiye sahiptir ve tek foton elektronu saçmak için yeterli enerjiye sahip değildir (**BİL. FOTON**). Cevap d seçeneğidir. Bir önceki soruda olduğu gibi, dalga modelinde eşik frekansından bahsedilmez (**BİL. EŞİK**).”

Ö36: “Teli sallamak 1. İfadeye uyar. Taş atmak 1. ve 2. İfadeye uyar (**BİL. MODEL**). Teli sallamak, klasik fizik ile açıklanırken, kuşa taş atmak kuantum fiziği ile açıklanır. Çünkü fotoelektrik olayda, eşik frekansından bahsedilir (**BİL. FREKANS**), ancak klasik fiziğin elektromanyetik teorisine göre, dalga modelinde eşik frekansından bahsedilmez. Fotoelektrik olayda ve dalga modelinde, şiddet arttıkça saçılan elektronların sayısı da artar./ a, b, c seçenekleri doğrudur ancak d seçeneği gözlemler ile uyumsuz. Çünkü dalga modelinde eşik frekansı yoktur (**BİL. EŞİK**)”

Yukarıda yer alan öğrenci yanıtları incelendiğinde, öğrencilerin konu ile ilgili “bilimsel” olarak kabul edilebilir açıklamalar yaptıkları görülmektedir. Öğretim sonrasında öğrencilerle yapılan görüşmeler sonucu, Ö47’nin görüşme verilerinde de “bilimsel” olarak kabul edilebilir yanıtlar verdiği gözlenmiştir. Görüşme verilerinden alıntılar aşağıda sunulmuştur.

A: Fotoelektrik olay nedir?

Ö47: Fotoelektrik olay (öğrenci bir süre düşünür). Bu bir deneydi, ışığın tanecik yapısında olduğunu ortaya koyan bir deneydi.

A: Peki, fotoelektrik olay önemli bir deney mi? Ne katkısı olmuş?

Ö47: Aslında tüm deneyler önemli ama fotoelektrik olaydan önce ışığın yapısıyla ilgili bir takım sorunlar vardı, yani klasik fiziğin çözemediği sorunlar, ilk derste de görmüştük, fotoelektrik olay buna son noktayı koydu.

A: Bu konu ile ilgili kavram testinde bir sorumuz vardı. (Öğrenciye kavram testinde yer alan 5. soru hatırlatılır.) hangi model gözlemlerle uygunluk gösterir?

Ö47: Bu soruya öğretim öncesinde çok ilginç şeyler yazmıştım, aslında soru ilk bakışta biraz karmaşık gibi, ama modellediğinde kolay oluyor. Sallanan telde duran kuş, klasik fiziğe göre açıklama yapıyor, taş atılan kuş fotoelektrik olaya göre açıklıyor. Burada ehhhh,bir kere dalga modelinde eşik frekansından bahsedilmiyordu, bu nedenle ikinci ifade sadece taş atılan kuşu açıklıyordu, birinci ifade ise her iki modeli de açıklıyordu.

Yukarıda yer alan alıntıda da görüldüğü gibi, Ö47, öğretim sonrasında kavram testi ve görüşmelerde bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar vermiştir. Ö47, öğretim öncesinde “kavramsal anlama yok” düzeyinde yer alırken, öğretim sonrasında “bilimsel” düzeyde yer almıştır. Yukarıda yer alan alıntılar incelendiğinde, Ö47 fotoelektrik olayı, ışığın parçacık yapısını ortaya koyan deney olarak ifade etmekte ve fotoelektrik olayın neden dalga modeli ile değil de parçacık modeli ile açıklandığını bilimsel olarak ifade edebilmektedir.

Bilimsel bölümlü:

Öğrenci bilimsel düzeyde belirtilen 6 kriterden en az birini veya birkaçını, hiçbir alternatif kavram kullanmadan kullanıyorsa, bu öğrenciler “bilimsel bölümlü” düzeye dahil edilmektedir. Öğretim sonrasında “bilimsel bölümlü” düzeyde yanıt veren öğrencilerin (Ö6, Ö10, Ö11, Ö12, Ö13, Ö15, Ö21, Ö25, Ö26, Ö27, Ö28, Ö30, Ö31, Ö32, Ö33, Ö38, Ö39, Ö43, Ö44, Ö45, Ö46, Ö48) benzer açıklamalar yaptığı gözlenmektedir.

Öğretim sonrasında, “bilimsel bölümlü” kategoride yer alan yanıtlara örnekler aşağıda sunulmuştur.

Ö6 : “2. Model yukarıda anlatılan gözlemlere uyar. Enerji paketlerinin akışı gibi düşünülürse teldeki kuşu düşürmek için yeterli frekansta ona ışık göndermemiz

yani taş atmamız gerekir. Bu ışığın tanecik özelliğidir (**BİL. FREKANS**). / “Parçacık modelinde elektronların salınması fotonlarla çarpışması ile açıklanır. Her çarpışma tek bir elektrona yetecek enerjiyi verir (**BİL. PARÇACIK**). Dalga modelinde elektronların salınması elektromanyetik dalgaların elektronları titreştirmesi ile açıklanır (**BİL. DALGA**). Parçacık modelinde eşik frekansı şöyle açıklanır; düşük frekanslarda fotonlar düşük enerjiye sahiptir ve tek foton elektronu saçmak için yeterli enerjiye sahip değildir (**BİL. FOTON**).D şıkkı. Dalga teorisinde elektronların salınması için eşik frekansına ihtiyaç yoktur. Çok az bir frekansla gelse bile elektronları titreştirebilir (**BİL. EŞİK**).”

Ö30 : “2. model uyar. Bir yüzeye ışık gönderildiğinde, yüzeyi uyarılmış oluruz. Yüzeyden elektron kopartabilmek için $f \geq f_0$ sağlanması gerekir. Bu şart sağlanmadıkça elektron kopartılamaz. $f = f_0$ durumunda elektron koparılır ancak maksimum kinetik enerjiye sahip olduğunda elektronlar katottan anoda geçer. $f \geq f_0$ sağlanmadığında ışığın şiddeti ne olursa olsun elektron koparılamaz ve fotoelektrik olay gerçekleşmez (**BİL. FREKANS**). / Bir yüzeye ışık düşürüldüğünde fotonlar yüzeye çarparak oradaki elektronlara enerji aktarırlar. Bu ışığın tanecik özelliği gösterdiğini açıklar. Ancak d şıkkında ışığın dalga özelliğinden bahsedilmiştir. Bu seçenekler gözlemlerle uyumsuz(**BİL. EŞİK**).”

Ö33 : “Frekansın yüksek olması gerekir. 2. Şekil ile eşleştirilebilir. Fotonu taş parçası olarak düşünelim. Foton bir elektronu koparabiliyorsa eşik frekansının üstündedir. Şiddet kısmı da 2. Şekil ile eşleştirilir (**BİL. FREKANS**)/ d şıkkı. Dalga teorisinde eşik frekansından bahsedilmez (**BİL. EŞİK**).”

Öğretim sürecinin sonunda, öğretim öncesinde alternatif düşünceye sahip olan öğrenciler ile görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Görüşme verileri incelendiğinde öğrencilerde öğretim öncesinde, kodlanacak yanıtın oluşmadığı gözlenmiştir. Görüşmede öğrencilere kavram testinde yer alan 5. soru ile “Fotoelektrik olay nedir? Neden ışığın tanecik yapısına delil gösterilir?” gibi sorularda yöneltilmiştir. Öğretim sonrasında öğrencilerle yapılan görüşmelerden alıntılar aşağıda sunulmuştur.

A: Fotoelektrik olay nedir?

Ö38: Fotoelektrik olay, ehh,...bir tane levha alınmış, bununla bir devre oluşturuyorlar ve bunu bir elektroskoba bağlamışlar ve bunun negatif

yüklendiğinden emin olmuşlar. Ondan sonra üzerine ışık tutmuşlar, sonra bu ışık sebebiyle elektroskobun yapraklarının kapandığı gözlenmiş yani negatif yüklerin fotonlar tarafından söküldüğü gözlenmiş daha sonra bu deneyi daha iyi inceleyerek, derste simülasyon da da görmüştük frekansını arttırdık, şiddetini arttırdık, ışığın rengini değiştirdik, dolayısıyla frekansı değişiyor λ değişiyor. Kaç tane elektron söküyor, elektronların sayısı mı değişiyor hızı mı değişiyor. Böylece fotoelektrik olayda fotonların belirli bir özelliği olduğunu bulmuşlar.

A: Fotoelektrik olay neden ışığın tanecik yapısına delil gösterilir?

Ö38: Çünkü her bir foton tek bir elektron söküyor, elektronu sökmesi içinde belirli bir enerji gerekiyor. Bu enerjiye de bağlanma enerjisi deniyor. Bu olayı düşünerek tanecik özelliği ortaya konulmuş.

A: Kavram testinde ben size bununla ilgili bir soru yöneltmiştim. (Öğrenciye kavram testinde yer alan 5. soru hatırlatılır.) modellerden hangisi gözlemlerle uyuyor?

Ö38: Evet, biz bunu simülasyon da da yapmıştık, birinci dalga modelini anlatıyor çünkü belirli bir λ sınırı olması gerekiyor. Şiddetten bahsediyor, şiddette λ ile alakalıdır. λ ' da dalgaların bir özelliğidir. Dalga'nın boyu ile ilgili bir özelliğidir. İkincisinde ise frekanstan bir enerjiden bahsediyor. İşte eşik enerjisinden bahsetmiş, eşik frekansından (**BİL. PARÇACIK**) bahsetmiş bu da tanecik özelliğini gösteriyor.

Yukarıda yer alan görüşme verileri incelendiğinde öğrencinin fotoelektrik olay ile ilgili genel anlamda bilimsel olarak doğru açıklamalarda bulunduğu görülmektedir. Öğrenci ışığın tanecik modeline ilişkin doğru açıklamalar yapmaktadır. Öte yandan fotoelektrik olayın ışığın dalga modeli ile açıklanamaması noktasında öğrencinin bilimsel açıklamalarda bulunamadığı görülmektedir. Yukarıda yer alan alıntı incelendiğinde, öğrencinin “bilimsel bölümlü” düşünceye sahip olduğu gözlenmiştir.

Bilimsel bölümlü ve alternatif:

Eğer öğrenciler hem bilimsel hem de alternatif kavramları birlikte kullanıyorsa, bu durumda olan öğrenciler, “bilimsel bölümlü ve alternatif” kategorisine dahil edilmektedir. Bu kategoride yer alan öğrenciler Ö3, Ö4, Ö5, Ö7,

Ö8, Ö13, Ö14, Ö16, Ö19, Ö20, Ö23, Ö24, Ö29, Ö32, Ö35, Ö37, Ö40, Ö41, Ö42'dir. Öğretim sonrasında "bilimsel bölümlü ve alternatif" kategorisinde yer alan yanıtlara örnekler aşağıda sunulmuştur.

Ö34: "Teli sallamak 1 ve 2 olayları ile uyuşur. Tel sallanırsa belli bir frekansa sahip olur ve ışığın frekansı artarsa elektron saçılır (**ALT. DALGA**). Kuşa taş atmak 2 durumuyla uyuşur. Fotonlar belli bir frekansa sahipse kuş uçar (**BİL. PARÇACIK**)/b şıkkı. Elektronların salınması elektromanyetik dalgaların elektronları titreştirmesi ile değil gönderilen fotonların yüksek frekansa sahip olmaları ile açıklanır (**ALT. DALGA**)."

Ö17: "Şekil 1, 2. açıklamaya uygundur. Teli sallamamızı frekans olarak düşünürsek yeterli frekansta sallamazsak kuş uçmayacaktır (**ALT. FREKANS**). Şekil 1'de hem 1 hem 2. açıklar. Işığın şiddetini arttırsak foton sayısı artar yani attığımız taş sayısı artar ama kuşu uçurabilmek için belirli bir eşik enerjisini aşması gereklidir. Belli bir frekansta yani belli bir enerji değerinin üstünde atılmalıdır taşlar (**BİL. FREKANS**)/ d şıkkı. "Parçacık modelinde elektronların salınması fotonlarla çarpışması ile açıklanır. Her çarpışma tek bir elektrona yetecek enerjiyi verir (**BİL. PARÇACIK**). Dalga modelinde elektronların salınması elektromanyetik dalgaların elektronları titreştirmesi ile açıklanır (**BİL. DALGA**). Parçacık modelinde eşik frekansı şöyle açıklanır; düşük frekanslarda fotonlar düşük enerjiye sahiptir ve tek foton elektronu saçmak için yeterli enerjiye sahip değildir (**BİL. FOTON**). Dalga teorisine göre elektronların enerjisi ışık şiddetine bağlıdır (**BİL. EŞİK**)."

Ö14: "1. açıklama şekil 2'ye karşılık gelir. Işık şiddetini yani gönderilen foton sayısını ne kadar arttırsak o kadar çok elektron koparır yani kuş uçurabiliriz. 2. açıklama ise şekil 1'e aittir. Kuşun uçabilmesi için belirli bir frekansta dalga yollanmalıdır. Yoksa kuş uçmaz yani elektron kopmaz(**ALT. BAŞKA**)/ a seçeneği gözlemler ile uyuşmaz. Çünkü her çarpışma tek bir fotona salınmak için yeterince enerji vermeyebilir (**ALT. FREKANS**). Frekansına bağlı olarak bu durum hakkında yorum yapabiliriz. Eğer f_0 'dan büyükse elektron salınımı yapabilir."

Ö29: "Saniyede saçılan elektron sayısı ışığın şiddeti arttıkça artar. Teli sallamak kuşun uçmasına yetiyorsa önceden belirli bir eşik enerjisi vardı. Şu anda ışık şiddeti arttıkça saçılan elektron sayısı artar. Yüzeyden elektron saçılması için

$f > f_0$ olmalıdır. (f -fotonun enerjisi, f_0 - eşik frekansı). Ama bu resimde $f < f_0$ olduğundan, tele enerji vermek gerekir. Böylece eşik frekansı aşılabacak ve elektronlar saçılacak. (**BİL. FREKANS**)/ b şıkkı (dalga teorisinde elektronların salınması elektromanyetik dalgaların elektronları titreştirmesi ile açıklanır.) (**ALT. DALGA**) çünkü bu olaylar ışığın tanecik özelliği ile ilgilidir. Enerji alış verişi olduğunda ışık tanecik özelliği gösterir(**ALT. BAŞKA**).”

Yukarıda yer alan öğrenci yanıtları incelendiğinde, öğrencilerin “Dalga modelinde eşik enerjisinden bahsedilmez.” bilimsel düşüncesine sahip olmadıkları söylenebilir. Öğrenciler telin belirli frekansta sallanması ile telde duran kuşu uçurabilecekleri düşüncesine sahiptir. Öğrenciler, dalga modeli ile ilgili açıklamalarında foton kavramını ve eşik frekansı kavramını kullanmışlardır.

Öğrencilerle yapılan görüşmelerde bu kategoride yanıt veren öğrenciye rastlanılmamıştır.

Alternatif:

Bilimsel kavramlardan hiç birini içermeyen durumlarda öğrenciler alternatif kategorisine dahil edilmiştir. Bu kategoride yer alan öğrenciler Ö2, Ö9 ve Ö22’dir. Bu öğrencilerden Ö22, öğretim öncesinde “kavramsal anlama yok” düzeyinde yer alırken, Ö2 ve Ö9, öğretim öncesinde “alternatif bölümlü” düzeyde yer almaktadır. Aşağıda “alternatif” düzeye örnekler verilmiştir.

Ö2: “-/ a şıkkı (Parçacık modelinde elektronların salınması fotonlarla çarpışması ile açıklanır. Her çarpışma tek bir elektrona yetecek enerjiyi verir.) (**ALT. PARÇACIK**).”

Ö9: “-/ c şıkkı uyuşmamaktadır. (Düşük frekanslarda fotonlar düşük enerjiye sahiptir ve tek foton elektronu saçmak için yeterli enerjiye sahip değildir) (**ALT. PARÇACIK**).”

Bu kategoride yer alan diğer öğrencide de (Ö22) benzer açıklamalar gözlenmiştir. Yukarıda yer alan alıntılarda da görüldüğü gibi, öğrenciler öğretim sonrasında fotoelektrik olay ile ilgili, bilimsel olarak kabul edilebilir düşünceye sahip değildir. Görüşme yapılan öğrencilerde ise bu kategoride yanıt veren öğrenciye rastlanılmamıştır.

Alternatif bölümlü:

Eğer öğrenci alternatif kavramlardan birden çoğuna sahipse, bu durumda bu öğrenciler “alternatif bölümlü” düzey kategorisine dahil edilmektedir. “Alternatif bölümlü” kategoride yanıt veren 1 öğrenci (Ö18) vardır. Aşağıda Ö18’e ait yanıt verilmiştir.

Ö18: “Sallamak bir titreşim meydana getirir ve kuş uçar. Ayrıca kuşa taş atmakta olabilir. Ama belirli bir hız ile atmak ve belirli bir sıklıkla atmak gerekir (**ALT. GÜNLÜK**). O yüzden frekans ve şiddetin önemi anlaşılır./ c şıkkı doğrudur. Çünkü eşik enerjisine sahip olmayan fotonlar, elektronu saçacak enerjiye sahip değildir (**ALT. PARÇACIK**).”

Yukarıda yer alan alıntıda da görüldüğü gibi, Ö18, öğretim sonrasında, modellemeler ile ilgili açıklamalarını günlük yaşam ile ilişkilendirmiş ve fotoelektrik olayın neden tanecik modelini desteklediği ile ilgili soruya alternatif bölümlü kategoride yanıtlar vermiştir. Ö18, öğretim öncesinde “alternatif” kategorisinde değerlendirilmiştir.

Kavram testinde sadece 1 öğrenci (Ö1), öğretim sonunda yanıt vermemiştir.

5.1.4 Işık (Dalga-Parçacık İkilemi) Konusuna Ait Bulgular

Bu bölümde, kavram testinde, “ışık” konusuyla ilgili olarak öğrencilere yöneltilen 3 adet sorunun değerlendirilmesine yer verilmiştir. Sorular; “7- *Foton kelimesini duyduğunuzda aklınızda oluşan ilk imaj nedir? Şekil çizerek açıklayınız. 9- Günümüzde, ışığın dalga karakteri yanında tanecik gibi davrandığını kabul ediyoruz. Bu durumu nasıl açıklarsınız? 11- Işık nedir?*” şeklindedir. Bu sorular, öğrencilerin ışık ve ışığın yapısına ilişkin düşüncelerini belirlemek ve zihinlerinde canlandırdıkları modelin ne olduğunu ortaya koymak amacı ile kavram testinde yer almıştır. Öğrenci yanıtlarından oluşturulan kodlar EK-9’da yer almaktadır.

Öğrencilerin kavram testinde yer alan 7,9 ve 11. sorulara öğretim öncesi ve öğretim sonrasında verdikleri yanıtlar ile bu yanıtlara ait öğrenci sayıları ve yüzdeleri Çizelge 5.5’te yer almaktadır.

Çizelge 5.5: Öğrencilerin ışık konusuyla ilgili açıklamalarından elde edilen yanıt türleri

Yanıt Türleri	Ön test		Son test	
	N	%	N	%
Bilimsel	-	-	5	10,4
Bilimsel Bölümlü	3	6,2	26	54,2
Bilimsel ve Alternatif	-	-	2	4,2
Bilimsel Bölümlü ve Alternatif	26	54,2	15	31,2
Alternatif	7	14,6	-	-
Alternatif Bölümlü	11	22,9	-	-
Hiçbir şey	1	2,1	-	-
Genel Toplam	48	100	48	100

Öğrenci yanıtları belirlenmiş olan 4 kriteri de içeriyorsa, bu öğrenciler “bilimsel” kavrama düzeyi grubuna dahil edilmektedir. Öğrenci yanıtında var olması beklenen 4 kriter şunlardır.

1) Elektromanyetik dalga paketi (BİL. PAKET).

2) Açıklamada doğru şekil çizilmişse (BİL. ŞEKİL).

3) Bazen parçacık bazen dalga yapısındadır (BİL. İKİLEM).

4) Işık yapılan deneye göre parçacık ya da dalga gibi davranabilir. Kırınım girişim gibi olaylarda dalga, fotoelektrik olayında ise parçacık özelliği gösterir (BİL. DENEY).

Öğretim öncesi:

Öğrencilerin öğretim öncesi verdikleri yanıtlar incelendiğinde, “bilimsel”, “bilimsel ve alternatif” olarak kabul edilebilir yanıtlara rastlanmamıştır. Öğrencilerin % 6,2’si “bilimsel bölümlü”, % 54,1’i ise “bilimsel bölümlü ve alternatif”

kategorisinde yanıt vermiştir. Öğrenci yanıtları değerlendirildiğinde “alternatif” kodlu yanıt türünün oranının % 14,6, “alternatif bölümlü” yanıt oranının ise % 22,9 olduğu gözlenmektedir. Bir öğrenci ise soruya yanıt vermemiştir.

Aşağıda öğrencilerde tespit edilen kavramsal kategorilere örnekler sunulmuştur.

Bilimsel bölümlü:

Öğrenci bilimsel düzeyde belirtilen 4 kriterden en az birini veya ikisini, hiçbir alternatif kavram kullanmadan kullanıyorsa, bu öğrenciler “bilimsel bölümlü” düzeye dahil edilmektedir. Bu kategoride değerlendirilen 3 öğrenci (Ö10, Ö19, Ö31) bulunmaktadır. Bu öğrencilerden Ö19 ve Ö31’e ait yanıtlar aşağıda sunulmuştur.

Ö19: “Foton denince aklıma ışığı oluşturan küçük yapılar aklıma geliyor. / Işık, bazen küçük bilardo topları ya da küçük kütleli yapıların gösterdiği özelliklerin bazılarını gösterebilir. /Işık bazen parça bazen dalga yapısındadır(**BİL. İKİLEM**). ”

Ö31: “Foton ile ilk aklıma gelen ilk şey ışık ışını oluyor./ Işık, bazen küçük bilardo topları ya da küçük kütleli yapıların gösterdiği özelliklerin bazılarını gösterebilir. Işığın tanecik modeli kırınım, saçılma, girişim olaylarını açıklayamaz. Bu etkileri göstermediği zaman tanecik gibi davrandığını kabul ederiz. Işığın dalga modeli ise fotoelektrik olayı açıklayamıyor (**BİL. DENEY**). Işık, bazen parçacık bazen dalga özelliği gösterir. Işık ışınları belirli yüzeylerde kırılıp girişime uğrayabilir bu dalga özelliğine bir örnektir (**BİL. İKİLEM**). ”

Yukarıda yer alan alıntılarda da görüldüğü gibi, her iki öğrencinin de ışığın ikili yapısından haberdar olduğu söylenebilir. Ö31’e ait yanıt incelendiğinde, öğrencinin ışığın ikili yapısı ile ilgili olarak deneylerden bahsettiği gözlenmektedir.

Bilimsel bölümlü ve alternatif:

Eğer öğrenciler hem bilimsel hem de alternatif kavramları birlikte kullanıyorsa, bu durumda olan öğrenciler, “bilimsel bölümlü ve alternatif” kategorisine dahil edilmektedir. Bu yanıtlar incelendiğinde öğrencilerin zihinlerinde foton ve ışığın yapısına dair bir model olduğu, ancak öğrencilerin zihinlerinde var olan bu modeli açıklamakta güçlük çektikleri gözlenmiştir. Bu kategoride

değerlendirilen öğrenci sayısı 26'dır. "Bilimsel bölümlü ve alternatif" kategorisinde yer alan öğrenci yanıtlarına örnekler aşağıda sunulmuştur.

Ö12: "Foton denildiğinde aklıma gelen grup grup enerji akışıdır (**ALT. BAŞKA**)/ Işık, bazen küçük bilardo topları ya da küçük kütleli yapıların gösterdiği özelliklerin bazılarını gösterebilir. Çünkü ışık belirli durumlarda tanecik özelliğini gösterir./ Işık bazen parçacık bazen dalga özelliğindedir. Çünkü ışığın gösterdiği olayları bazen tanecik modeli bazen de dalga modeli açıklayabiliyor (**BİL. İKİLEM**)"

Ö15: "Işının yaydığı enerjinin foton olduğunu düşünüyorum (**ALT. BAŞKA**)/ Bazen ışık ölçülebilecek bir hıza, momentuma ve enerjiye sahip olabilir (**ALT. ÖZELLİK**). Bazen ışık, kırınım ve girişim etkilerini göstermez. Tanecikler kırınım ve girişim olayı göstermez. / Işık bazen parçacık bazen dalga özelliği gösterir. Yapılan çalışmalarda hem dalga hem parçacık özelliği gösterdiği görülmüştür (**BİL. İKİLEM**)."

Ö21: "Foton deyince ışık demeti aklıma geliyor (**ALT. BAŞKA**)/ Bazen ışık, kırınım ve girişim etkilerini göstermez. Her zaman ışıkta kırınım ve girişim olmaz. Demek ki ışık daha farklı boyutlara da sahip ki en küçük yerlere bile girebiliyor (**ALT. KIRINIM**). / Işık, bazen parçacık bazen de dalgadır. Bazı durumlarda dalga gibi, kırınım ve girişime uğrayabiliyor. Bazen de tanecik özelliği gösteriyor (**BİL. İKİLEM**)."

Yukarıda yer alan öğrenci yanıtlarında da görüldüğü gibi, öğrenciler foton ile ilgili bilimsel olarak kabul edilebilir düşünceye sahip değildir, öğrenciler fotonu enerji akışı ya da ışının yaydığı enerji olarak düşünmektedir. Ayrıca bu kategoride değerlendirilen yanıtlarda göze çarpan bir diğer nokta da, öğrencilerin ışığın dalga parçacık yapısından haberdar olduğudur. Bunun yanında, öğrencilerin dalga parçacık yapısını örnekleyemediği gözlenmiştir. Bu grupta yer alan öğrencilerden sadece Ö23 ve Ö26'nın ışığın bu ikili yapısını ortaya koyan deneylerden bahsettikleri görülmektedir.

Alternatif:

Bilimsel kavramlardan hiç birini içermeyen durumlarda öğrenciler "alternatif" kategorisine dahil edilmiştir. Bu kategoride yanıt veren öğrenciler Ö4,

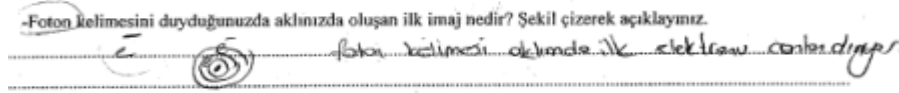
Ö11, Ö16, Ö18, Ö25, Ö32, Ö43'tür. Bu öğrencilerden Ö25 ve Ö32, (ALT. DALGA) alternatif kavramına sahiptir. Diğer öğrenciler ise (ALT. BAŞKA) kategorisinde değerlendirilmiştir. (ALT. BAŞKA) alternatif kategorisinde değerlendirilen öğrenci yanıtlarına örnek aşağıda sunulmuştur.

Ö43: “Yüksek enerjili bir atom parçası, yüksek enerjili (ALT. BAŞKA)/-/”

Alternatif bölümlü:

Eğer öğrenci alternatif kavramlardan birden çoğuna sahipse, bu durumda bu öğrenciler “alternatif bölümlü” düzey kategorisine dahil edilmektedir. Bu kategoride yanıt veren öğrenci sayısı 11'dir. Bu kategoride değerlendirilen öğrenciler, Ö2, Ö7, Ö9, Ö13, Ö14, Ö29, Ö34, Ö37, Ö42, Ö45, Ö47'dir. Aşağıda “alternatif bölümlü” düzeye ait örnekler verilmiştir.

Ö13:



(ALT. ELEKTRON) / -/ Işık, özel olasılık dağılımına sahip parçacıktır. Çünkü her maddenin üzerinde aynı dağılım olmuyor. Metal bir levhada elektronları hareket ettirebildiği gibi, gözümüzün görebildiği dalga boylu renklerin algılanmasını sağlar (ALT. BAŞKA).

Ö37: “Foton bir katmandan başka bir katmana geçen elektrondur (ALT. ELEKTRON/ Bazen ışık ölçülebilecek bir hıza, enerjiye ve momentuma sahip olabilir. Hız enerji momentum için, kütle yani tanecik miktarı gereklidir (ALT. ÖZELLİK)/-/.”

Bu kategoride yer alan yanıtlar incelendiğinde, öğrencilerin fotonu elektron ya da elektrona ait bir özellik olarak düşündükleri gözlenmektedir.

Öğrencilerle yapılan ön görüşmelerde, bu konu ile ilgili öğrencilere “Işık nedir? Foton nedir? ve ışığın ikili yapısını açıklayan deneylere örnek verebilir misiniz?” şeklinde sorular yöneltilmiştir. Elde edilen veriler incelendiğinde, öğrencilerin ışığın ikili yapısından haberdar olduğu ancak bunu destekler örnekler sunamadıkları gözlenmiştir.

Öğretim sonrası:


Öğrencilerin öğretim sonrası verdikleri yanıtlar incelendiğinde, “alternatif” ve “alternatif bölümlü” yanıtlara rastlanmamıştır. Öğrencilerin % 10,4’ü “bilimsel”, % 54,2’si ise “bilimsel bölümlü” kategorisinde yanıt vermiştir. Öğrenci yanıtları değerlendirildiğinde “bilimsel ve alternatif” kodlu yanıt türünün oranının % 4,2 olduğu gözlenmektedir. Öğrencilerin % 31,3’ü ise “bilimsel bölümlü ve alternatif” kategorisinde yanıt vermiştir. Aşağıda öğrencilerde tespit edilen kavramsal kategorilere örnekler sunulmuştur.

Bilimsel:

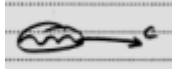
Öğrenci yanıtları belirlenmiş olan 4 kriteri de içeriyorsa, bu öğrenciler “bilimsel” kavrama düzeyi grubuna dahil edilmektedir. Bu kategoriye dahil edilen öğrenci yanıtlarına örnek aşağıda sunulmuştur.

Ö5: (BİL. ŞEKİL) (BİL. PAKET)

Foton kelimesini duyduğunuzda aklınızda oluşan ilk imaj nedir? Şekil çizerek açıklayınız.

 Foton denildiği zaman aklıma bu fotoğraf geldi. Fotonun enerji paketleri olarak ifade edilebilir.

a şıkkını tanecik olma özelliği ile b ve c şıklarını ise dalga olma özelliği ile açıklarız. / Işık bazen bilardo topu ya da küçük kütleli cisimlerin gösterdiği özelliklerin bazılarını gösterir (Parçacık). Bazen de ışık, kırınım ve yayılma özelliklerini gösterir (Dalga) **(BİL. İKİLEM) (BİL. DENEY)**”

Ö47:  **(BİL. ŞEKİL)** Elektromanyetik dalga paketidir **(BİL. PAKET)**. / Bazen, ışık bilardo topları ya da küçük kütleli yapıların gösterdiği özelliklerin bazılarını gösterebilir. Fotoelektrik olayda ışık tanecik gibi davranır **(BİL. DENEY)**. / Işık, bazen dalga bazen parçacıktır **(BİL. İKİLEM)** Fotoelektrik olayda parçacık, çift yarık deneyinde dalgadır **(BİL. DENEY)**.

Bu kategoride değerlendirilen diğer öğrenciler, Ö13, Ö44 ve Ö45’tir. Bu öğrencilerden Ö5 ve Ö44, öğretim öncesinde “bilimsel bölümlü ve alternatif” kategorisinde yer alırken, Ö13, Ö45 ve Ö47, öğretim öncesinde “alternatif bölümlü” kategoride yer almaktadır. Bu kategoride değerlendirilen tüm yanıtlar incelendiğinde,

öğrencilerin ışık ve ışığın ikili yapısına dair bilimsel olarak kabul edilebilir zihinsel bir modele sahip olduğu söylenebilir.

Öğrencilerle yapılan görüşmelerde, bu konu ile ilgili öğrencilere “*Işık nedir Foton nedir? ve ışığın ikili yapısını açıklayan deneylere örnek verebilir misiniz?*” şeklinde sorular yöneltilmiştir. Elde edilen veriler incelendiğinde, öğrenci yanıtları kavram testinden elde edilen verileri destekler niteliktedir. Ö47’nin sahip olduğu düşünceler aşağıda verilen görüşme alıntılarında tartışılmıştır.

A: Işık nedir?

Ö47: Işık dalga ve parçacık özelliği gösterir. Doğanın ikili yapısına uyar. Dalga yapısında kırınım ve girişim olayları gözlenir. Parçacık yapısında işte fotoelektrik olayda bahsettiğimiz davranışları gösterir (BİL. İKİLEM) (BİL. DENEY)

A: Foton nedir?

Ö47: Foton enerji paketçigidir. Mesela elektronları metal yüzeyden, elektron koparması...burada ışığın,...fotonların enerji paketleri şeklinde bir enerji seviyesinden diğer enerji seviyesine geçmesi durumudur (BİL. PAKET).

Ö47’nin görüşme sorularına verdikleri yanıtlar incelendiğinde, kavram testine verdiği yanıtlarla tutarlılık gösterdiği görülmüştür.

Bilimsel bölümlü:

Öğrenci bilimsel düzeyde belirtilen 4 kriterden en az birini veya ikisini, hiçbir alternatif kavram kullanmadan kullanıyorsa, bu öğrenciler “bilimsel bölümlü” düzeye dahil edilmektedir. Bu kategorideki yanıtlar incelendiğinde öğrencilerin ışık ve ışığın yapısı ile ilgili doğru ancak eksik açıklamalar yaptıkları gözlenmiştir. Bu kategoride değerlendirilen öğrenciler; Ö3, Ö4, Ö6, Ö7, Ö8, Ö9, Ö10, Ö11, Ö12, Ö13, Ö14, Ö15, Ö16, Ö17, Ö18, Ö19, Ö24, Ö28, Ö30, Ö37, Ö38, Ö39, Ö41, Ö42, Ö43 ve Ö46’dır. Bu öğrencilerden, Ö7, Ö9, Ö14, Ö37 ve Ö42 öğretim öncesinde “alternatif bölümlü”, Ö4, Ö11, Ö16, Ö18 ve Ö43 öğretim öncesinde “alternatif” diğer öğrenciler ise “bilimsel bölümlü ve alternatif” kategorisinde yer almaktadır.

Öğretim sonrasında, “bilimsel bölümlü” kategoride yer alan yanıtlara örnekler aşağıda sunulmuştur.

Ö4: *Foton deyince aklıma enerji paketi ifadesi geliyor (BİL. PAKET). / Bazen ışık bilardo topları ya da küçük kütleli yapıların gösterdiği özelliklerin bazılarını gösterebilir. Işık hem parçacık hem dalga özelliği gösterir (BİL. İKİLEM).*

Ö14: *Foton enerji paketidir. (BİL. PAKET). / Bazen ışık bilardo topları ya da küçük kütleli yapıların gösterdiği özelliklerin bazılarını gösterebilir. / Işık hem parçacık hem dalga özelliği gösterir (BİL. İKİLEM) Örneğin, girişim ve kırınım olayları ışığın dalga modelinde olduğunu açıklar (BİL. DENEY).*

Öğrencilerle yapılan görüşme verileri incelendiğinde, bazı öğrencilerin bilimsel bölümlü düzeyde yanıtlar verdiği gözlenmiştir. Ö41, görüşme yapılan öğrencilerden bir tanesidir. Ö41, kavram testinde yer alan sorulara bilimsel bölümlü kategoride yanıt veren öğrenciler arasındadır. Ö41'in konu ile ilgili sahip olduğu düşünceler aşağıda verilen görüşme alıntılarında tartışılmıştır.

A: *Işık nedir?*

Ö41: *Bir enerjidir. Baktığımız bakış açısına göre değişiyor aslında. Bazı şeylerde mesela dalga modeli açıklarken, bazı konularda dalga modeli açıklayamıyor, o zaman diyoruz ki tanecik modeli açıklar ya da tam tersi oluyor (BİL. İKİLEM).*

A: *Işığın dalga ve tanecik yapısını ortaya koyan deneylere ayrı ayrı örnek verebilir misin?*

Ö41: *Hi, hı...dalga yapısına mesela young deneyi, çift yarıқта, işte ışığı yolluyorlar, yüzeyde aydınlık ve karanlık saçaklar oluşuyor, burda da deniyor ki bu aynı su dalgalarında olduğu gibi girişim deseni oluşuyor. O zaman diyorlar ki ışığın bir dalga modeli var. Ya da tanecik yapısına örnek verecek olursam, fotoelektrik olay dışında, compton deneyi vardı (BİL. DENEY).*

A: *Peki güzel, foton deyince ne anlıyorsun?*

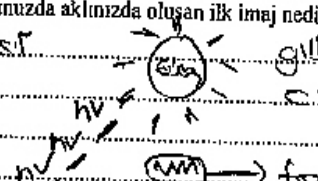
Ö41: Işığın işte kütlesi olmayan, birim enerji paketleri işte c ışık hızı var
(**BİL. PAKET**).

Yukarıda yer alan alıntıda da görüldüğü gibi, Ö41, öğretim sonrasında gerçekleştirilen görüşmelerde “bilimsel bölümlü” kategoride yanıtlar vermiştir. Ö41, öğretim öncesinde bilimsel bölümlü ve alternatif kategorisinde yer alırken, öğretim sonrasında, öğretim öncesinde sahip olduğu “**ALT. DALGA**” alternatif kavramından vazgeçtiği söylenebilir.

Bilimsel ve alternatif:

Eğer öğrenciler bilimsel kavramların tamamını ve alternatif kavramları birlikte kullanıyor ise, bu durumda öğrenciler “bilimsel ve alternatif” kategorisine dahil edilmektedir. Bu kategoride yanıt veren öğrenciler Ö27 ve Ö40’tır. Bilimsel ve alternatif kategorisinde yer alan öğrenci yanıtlarına örnek aşağıda sunulmuştur.

Ö27:

Foton kelimesini duyduğunuzda aklınızda oluşan ilk imaj nedir? Şekil çizerek açıklayınız.
foton kelimesi ışık güneşten gelen enerji parçalarıdır.


(**BİL. ŞEKİL**) (**BİL. PAKET**) / Bazen ışık bilardo topları ya da küçük kütleli yapıların gösterdiği özelliklerin bazılarını gösterebilir. Işık bazen tanecik bazen dalga modelini gösterir (**BİL. İKİLEM**) Bazen ışık ölçülebilecek hızla, enerjiye ve momentuma sahip olabilir (**ALT. ÖZELLİK**) / Girişim ve kırınım yaptığı için dalgadır. Fotoelektrik olay olduğu için tanecik özelliği gösterir (**BİL. DENEY**).

Ö40, görüşme yapılan öğrencilerden bir tanesidir. Ö40, kavram testinde yer alan sorulara “bilimsel ve alternatif” kategorisinde yanıt vermiştir. Ö40’ın konu ile ilgili sahip olduğu düşünceler aşağıda verilen görüşme alıntılarında tartışılmıştır.

A: Foton deyince aklınızda oluşan ilk imaj nedir?

Ö40: Foton, ışığın en temel, mesela, maddenin en küçük yapı birimi atom ve onun altında elektron proton ise fotonda ışığın en küçük yapı birimi olarak tanımlayabilirim, yani en küçüktür foton.

A: Peki, ışık nedir?

Ö40:Ehh, yine dünyadaki tüm cisimlerde olduğu gibi yerine göre dalga yerine göre taneciktir.

A:Işığın dalga ve parçacık yapısının gözlemlendiği durumlara örnek verebilir misin?

Ö40:Ehh, her iki özelliğini aynı anda gösteremiyor diye biliyorum. Mesela fotoelektrik olayda tanecik yapısını gözlemlerken çift yarıktaki girişim olayında burda dalga yapısını gözlemleyebiliyoruz (**BİL. DENEY**) (**BİL. İKİLEM**).

Yukarıda yer alan görüşme verileri incelendiğinde, Ö40'ın foton ve ışığın yapısı ile ilgili bilimsel olarak doğru kabul edilebilir açıklamalar yaptığı gözlenmiştir. Ancak Ö40, kavram testinde “bilimsel ve alternatif” kategoride yanıt verdiği için “bilimsel” yerine “bilimsel ve alternatif” kategorisinde değerlendirilmiştir.

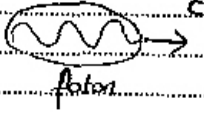
Bilimsel bölümlü ve alternatif:

Eğer öğrenciler hem bilimsel hem de alternatif kavramları birlikte kullanıyorsa, bu durumda olan öğrenciler, “bilimsel bölümlü ve alternatif” kategorisine dahil edilmektedir. Bilimsel bölümlü ve alternatif kategorisinde yer alan öğrenci sayısı öğretim öncesinde 26 iken, öğretim sonrasında 15 olmuştur. Bu kategoride değerlendirilen öğrenciler; Ö2, Ö20, Ö21, Ö22, Ö23, Ö25, Ö26, Ö29, Ö31, Ö32, Ö33, Ö34, Ö35, Ö36, Ö48'dir. Bu öğrencilerden, Ö2, Ö29 ve Ö34, öğretim öncesinde “alternatif bölümlü”, Ö25 ve Ö32, öğretim öncesinde “alternatif”, Ö31, öğretim öncesinde “bilimsel bölümlü(1)” ve diğer öğrencilerden Ö20, Ö21, Ö22, Ö23, Ö26, Ö33, Ö35, Ö36, Ö48 öğretim öncesinde “bilimsel bölümlü ve alternatif” kategorisinde değerlendirilmiştir. Öğretim sonrasında “bilimsel bölümlü ve alternatif” kategorisinde değerlendirilen yanıtlara örnekler aşağıda sunulmuştur.

Ö2: “Işığın en küçük tanecikli yapısıdır (**ALT. PARÇACIK**). / ışıktaki bazen hızdan, enerjiden ve momentumdan bahsedebiliriz. Bu yüzden de tanecik gibi davrandığından bahsedebiliriz (**ALT. ÖZELLİK**) / Işık bazen parçacık, bazen dalgadır. (**BİL. İKİLEM**) Işık, kırınım meydana getirdiği için dalga gibidir. Tanecikleri titreştirdiği için momentumdan bahsedebiliriz.”

Ö31:

Foton kelimesini duyduğunuzda aklınızda oluşan ilk imaj nedir? Şekil çizerek açıklayınız.



Fotonlar bir sesit enerji paketi olarak hareketebilir.

(BİL. ŞEKİL) (BİL. PAKET)/ Bazen ışık kırınım ve girişim etkilerini göstermez. Kırınım ve girişim olayları ışığın dalga karakteri ile açıklanan olaylardır. Işık bu etkileri göstermiyorsa tanecik gibi davrandığı düşünülebilir. Fakat çift yarık deneyini düşünürsek ışığın bir girişim deseni oluşturarak dalga karakterini gözlemleyebileceğimizi söyleyebiliriz. / Işığın doğasının ne olduğu yani parçacık mı yoksa dalga mı olduğu yürütülen deneye bağlıdır. Young deneyinde gözlemlediğimiz gibi kırınım ve girişim olayları ışığın dalga özelliği göstermesindedir **(BİL. İKİLEM) (BİL. DENEY)** Fakat ışığın kırılması ve yayılması gibi olaylar ise tanecik özelliği ile açıklanır **(ALT. BAŞKA)**.

Ö32: “Fotonlar enerji paketidir. Metal yüzeye çarpıyordu. Eşik değerinden fazla ise elektron kopuyordu **(BİL. PAKET)** / Bazen ışık ölçülebilecek bir hıza, enerjiye ve momentuma sahip olabilir. Bu özellikler tanecik gibi davrandığını gösterir **(ALT. ÖZELLİK)** / Işık bazen dalga bazen parçacık özelliği gösterir. Yürütülmekte olan deneye göre değişir **(BİL. İKİLEM)**.”

Yukarıda yer alan öğrenci yanıtları değerlendirildiğinde, bazı öğrencilerin ışık ve yapısı hakkında bilimsel olarak kabul edilebilir açıklamalar yaptıkları, ancak ışığın ikili yapısına örnek gösterilebilecek deneylerde zorlandıkları görülmektedir. Bazı öğrencilerin de foton ve fotonun yapısı ile ilgili bilimsel olarak kabul edilebilir düzeyde yanıt vermediği gözlenmiştir.

5.1.5 Atom Konusuna Ait Bulgular

Bu bölümde, kavram testinde, “Atom” konusuyla ilgili olarak öğrencilere yöneltilen 1 adet sorunun değerlendirilmesine yer verilmiştir.

Araştırmacı tarafından geliştirilen bu soru, öğrencilerin atom ve atomun yapısına ilişkin düşüncelerini belirlemek ve zihinlerinde canlandırdıkları atom modelinin ne

olduğunu ortaya koymak amacı ile kavram testinde yer almıştır. Öğrenci yanıtlarından oluşturulan kodlar EK-9'da yer almaktadır.

Öğrencilerin kavram testinde yer alan 8. soruya öğretim öncesi ve öğretim sonrasında verdikleri yanıtlar ile bu yanıtlara ait öğrenci sayıları ve yüzdeleri Çizelge 5.6'da yer almaktadır.

Çizelge 5.6: Öğrencilerin atom konusuyla ilgili açıklamalarından elde edilen yanıt türleri

Yanıt Türleri	Ön test		Son test	
	N	%	N	%
Bilimsel	-	-	5	10,4
Bilimsel Bölümlü	2	4,2	23	47,9
Bilimsel ve Alternatif	-	-	-	-
Bilimsel Bölümlü ve Alternatif	18	37,5	13	27,1
Alternatif	10	20,8	3	6,2
Alternatif Bölümlü	5	10,4	-	-
Hiçbir şey	13	27,1	4	8,4
Genel Toplam	48	100	48	100

Öğrenci yanıtları belirlenmiş olan 3 kriteri de içeriyorsa, bu öğrenciler bilimsel kavrama düzeyi grubuna dahil edilmektedir. Öğrenci yanıtında var olması beklenen 3 kriter şunlardır.

- 1) Açıklamada doğru şekil çizilmişse (BİL. ŞEKİL).
- 2) Çekirdekte proton ve nötron, çekirdek etrafında elektronlar elektron bulutu şeklinde yer alır (BİL. BULUT).
- 3) Elektronların yeri belirsizlik ilkesine göre tam olarak belirlenemez (BİL. BELİRSİZLİK).

Öğretim öncesi:

Öğrencilerin öğretim öncesi verdikleri yanıtlar incelendiğinde, “bilimsel”, “bilimsel ve alternatif” olarak kabul edilebilir yanıtlara rastlanmamıştır. Öğrencilerin % 4,2’si “bilimsel bölümlü”, % 37,5’i ise “bilimsel bölümlü ve alternatif” kategorisinde yanıt vermiştir. Öğrenci yanıtları değerlendirildiğinde “alternatif” kodlu yanıt türünün oranının % 20,8, “alternatif bölümlü” yanıt oranının ise %10,4 olduğu gözlenmektedir. Öğrencilerin % 27,1’inde ise kodlama için yeterli bilgi yer almamıştır.

Aşağıda öğrencilerde tespit edilen kavramsal kategorilere örnekler sunulmuştur.

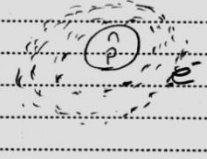
Bilimsel bölümlü:

Öğrenci bilimsel düzeyde belirtilen 3 kriterden en az birini veya ikisini, hiçbir alternatif kavram kullanmadan kullanıyorsa, bu öğrenciler “bilimsel bölümlü” düzeye dahil edilmektedir. Bu kategorideki yanıtlar incelendiğinde öğrencilerin atomun yapısı ile ilgili doğru ancak eksik açıklamalar yaptıkları gözlenmiştir.

Öğretim öncesinde, “bilimsel bölümlü” kategoride yer alan yanıtlar aşağıda sunulmuştur.

Ö12:(BİL. ŞEKİL)(BİL. BULUT)

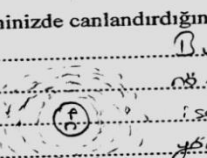
12- Zihninizde canlandırduğunuz atom modelini çizerek açıklayınız.



Proton ve nötronun çevresini sarmalayan bulut gibi olan yapı aklıma geliyor. e- lar çekirdek etrafında farklı katmanlar da dolanıyor.

Ö40: (BİL. ŞEKİL)(BİL. BULUT)

12- Zihninizde canlandırduğunuz atom modelini çizerek açıklayınız.



Bu atom modeline göre merkezde proton ve nötron bulunmaktadır ve çekirdeğin etrafında ise elektronlar vardır. Elektronlar belli bir yörüngeye sahip olmamakla birlikte çekirdek etrafında dönerler.

Yukarıda yer alan iki öğrencinin yanıtları ve çizimleri incelendiğinde, öğrencilerin çekirdekte proton ve nötron, çekirdek etrafında ise bir bulut şeklinde elektronların yerini gösterdikleri, ancak elektronların yerinin belirsizlik ilkesine bağlı olarak belirlenemediğinden bahsetmedikleri gözlenmiştir. Bu yüzden bu öğrencilerin yanıtları “bilimsel bölümlü” kategorisinde değerlendirilmiştir.

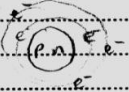
Bilimsel bölümlü ve alternatif:

Eğer öğrenciler hem bilimsel bölümlü hem de alternatif kavramları birlikte kullanıyorsa, bu durumda olan öğrenciler, “bilimsel bölümlü ve alternatif” kategorisine dahil edilmektedir. Bu yanıtlar incelendiğinde öğrencilerin gerek açıklamalarında gerekse çizimlerinde güneş sistemine benzer ifade ve çizimler kullandığı gözlenmiştir. Bilimsel bölümlü ve alternatif kategorisinde yer alan öğrenci yanıtlarına örnek aşağıda sunulmuştur.

Ö35: (ALT. YÖRÜNGE)(BİL. BULUT)

12- Zihninizde canlandığınız atom modelini çizerek açıklayınız.

Çekirdek ve etrafındaki e^- lerden oluşur. Elektronların belli bir yörüngelerde hareket ederler. Proton ve nötronlar çekirdektedir. Elektronlar bir bulutun şeklini de gösterirler.

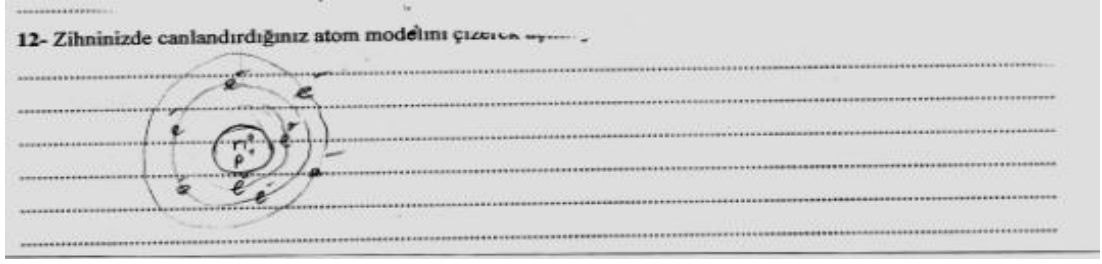


Ö35’in yanıtı incelendiğinde, atomun yapısına ilişkin “Çekirdekte proton ve nötron çekirdek etrafında elektronlar elektron bulutu şeklinde bulunur.” bilimsel bölümlü düşüncesine sahip olduğu söylenebilir. Ancak Ö35 çiziminde, proton ve nötronu çekirdekte elektronları ise çekirdek etrafında belirli yörüngelerde gösterdiği için “bilimsel bölümlü ve alternatif” kategorisine dahil edilmiştir. Bu kategoride yer alan tüm öğrenci yanıtları değerlendirildiğinde, diğer öğrencilerin de (Ö5, Ö7, Ö14, Ö17, Ö23, Ö24, Ö25, Ö30, Ö31, Ö33, Ö34, Ö35, Ö36, Ö37, Ö38, Ö41, Ö42) çizimlerinde Ö35’in çizimine benzer gösterimler yaptığı gözlenmiştir.

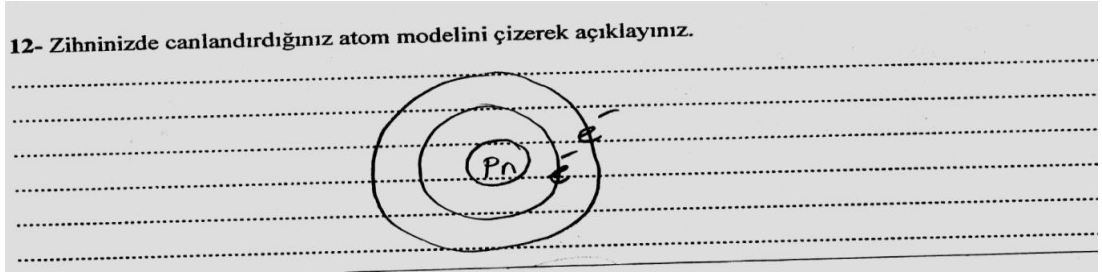
Alternatif:

Bilimsel kavramlardan hiç birini içermeyen durumlarda öğrenciler alternatif kategorisine dahil edilmiştir. Alternatif kategoride değerlendirilen öğrenci yanıtlarına örnekler aşağıda sunulmuştur.

Ö13: (ALT. YÖRÜNGE)



Ö4:(ALT. YÖRÜNGE)



Yukarıda yer alan öğrenci yanıtları incelendiğinde, öğrencilerin atomun yapısı ile ilgili sözel açıklama yapmadıkları, sadece şekil çizdikleri gözlenmektedir. Öğrenci yanıtlarında yer alan şekiller incelendiğinde, öğrencilerin proton ve nötronu çekirdekte elektronları ise çekirdek etrafında belirli yörüngelerde gösterdiği görülmektedir. Bu kategoride yer alan diğer öğrencilerde de (Ö1, Ö2, Ö8, Ö18, Ö21, Ö39, Ö43, Ö45) benzer çizimlerin yapıldığı gözlenmiştir. Bu model gerek ders kitaplarında gerekse diğer kaynak kitaplarda sıklıkla yer alan bir model olup, atomun yapısını bilimsel anlamda açıklamada yetersizdir.

Görüşme verileri incelendiğinde, öğrencilerin (Ö43, Ö45) genelde zihinlerindeki modelin, proton ve nötronu çekirdekte elektronları ise çekirdek etrafında belirli yörüngelerde gösterdiğimiz güneş sistemi modeli olduğu gözlenmiştir. Öğrencilerin atoma ilişkin olarak sahip olduğu düşünceler aşağıda verilen görüşme alıntılarında tartışılmıştır.

A: Atom nedir? Atom deyince zihninde oluşan yapıyı açıklayabilir misin?

Ö45: Atom, aslında eskiden bakılınca maddenin en küçük yapıtaşı ama artık değil çünkü atom altı parçacıkları bulduk. Atom işte bu atom altı parçacıkları içeren ve maddenin yapıtaşlarının bir araya gelmesi ile oluşmuş bir yapı. Zihnimdeki atom

modeli ehhh..... genelde eski modeller var. Merkezde proton ve nötronların bulunduğu etrafında ise elektronların dolaştığı bir model (**ALT. YÖRÜNGE**).

Ö42: Atom dediğimiz zaman aslında kimya dersleri aklıma geliyor direkt. Maddenin en küçük parçacıklarından, bölünebilen en küçük parçası olduğu geliyor aklıma. Bunu daha küçük parçacıkları var tabii. Maddenin yapısı, temel taşı, maddenin özelliğini gösteren en küçük birim. Merkezde çekirdek kısmında proton ve nötronlar var. Elektronlar belirli enerji katmanlarında hareket ediyor (**ALT. YÖRÜNGE**).

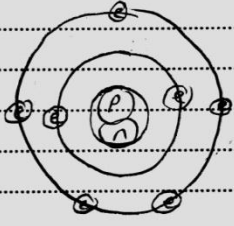
Yukarıda verilen alıntılarda görüldüğü gibi öğrenciler, atomu açıklarken güneş sistemi modelinden yararlanmışlardır. Kavram testine verilen yanıtlar ve görüşme verileri incelendiğinde öğrencilerin “Atomun yapısında çekirdekte proton ve nötron, çekirdek etrafında bulunma olasılığının en fazla olduğu yerlerde elektronlar yer alır. Elektronların yeri heisenberg belirsizlik ilkesine göre tam olarak belirlenemez.(Doğru şekil çizimi)” bilimsel düşüncesine sahip olmadıkları söylenebilir.

Alternatif bölümlü:

Eğer öğrenci alternatif kavramlardan birden çoğuna sahipse, bu durumda bu öğrenciler “alternatif bölümlü” düzey kategorisine dahil edilmektedir. Aşağıda “alternatif bölümlü” düzeye ait örnek verilmiştir.

Ö5: (ALT. YÖRÜNGE) (ALT. BAŞKA)

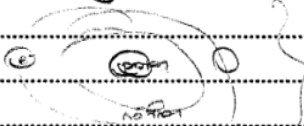
12- Zihninizde canlandırdığınız atom modelini çizerek açıklayınız.



Çekirdekte sabit proton ve nötron vardır. Protonun + yük sayısı - yük sayısından fazladır. Nötronun ise + yük sayısı - yük sayısına eşittir. Çekirdeğin etrafında yörüngeler vardır ve bu yörüngelerde elektronlar hareket eder. Elektronların - yük sayısı daha fazladır.

Ö19: (ALT. BAŞKA)

Kişisel görüşünüzde nasıl sistemler varken önce söyle ve sonrasında diğer proton gezegenler nötron ve elektron sistemler atom diye düşünürüm.



Kişisel olarak

Bu kategoride yer alan yanıtlarda, öğrencilerin (Ö3, Ö11, Ö15, Ö19) bilimsel olarak kabul edilebilir açıklamalar yapmadıkları ve bilimsel olarak kabul edilebilir şekil çizmedikleri gözlenmektedir. Ö5'e ait yanıt incelendiğinde, öğrencinin merkezde proton ve nötron, onun etrafında belirli yörüngelerde elektronları çizdiği gözlenmektedir. Ayrıca, Ö5, proton, nötron ve elektronun sahip olduğu yük değerleri ile ilgili karşılaştırma yapmaktadır. Ö19'a ait yanıt incelendiğinde ise öğrenci küresel güneş sistemi adı altında bir modelden bahsetmiştir. Bu modele göre Ö19, protonun merkezde, nötron ve elektronların ise yörüngelerde yer aldığını ifade etmektedir. Ö3, Ö11 ve Ö15'in ise bilimsel olarak kabul edilebilir açıklamalar yapmadıkları ve bilimsel olarak kabul edilebilir şekil çizmedikleri belirlenmiştir.

Öğretim sonrası:

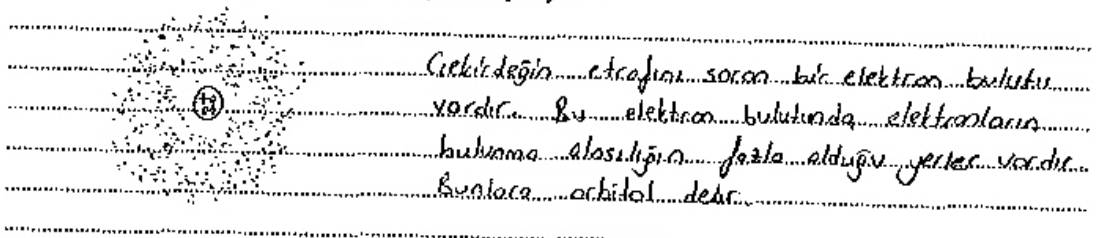
Öğrencilerin öğretim sonrası verdikleri yanıtlar incelendiğinde, “bilimsel ve alternatif” olarak kabul edilebilir yanıtlara rastlanmamıştır. Öğrencilerin % 10,4'ü “bilimsel”, % 47,9'u ise “bilimsel bölümlü” kategorisinde yanıt vermiştir. “bilimsel bölümlü ve alternatif” kodlu yanıt türünün oranının % 27,1, “alternatif” yanıt oranının ise % 6,2 olduğu gözlenmektedir. Öğrencilerin % 8,3'ünde ise kodlama için yeterli bilgi yer almamıştır. Aşağıda öğrencilerde tespit edilen kavramsal kategorilere örnek sunulmuştur.

Bilimsel:

Öğrenci yanıtları belirlenmiş olan 3 kriteri de içeriyorsa, bu öğrenciler bilimsel kavrama düzeyi grubuna dahil edilmektedir. Bu kategoride yer alan öğrenciler; Ö1, Ö3, Ö30, Ö31, Ö33'tür. Bu öğrencilerden Ö1, öğretim öncesi “alternatif”, Ö3, öğretim öncesi, “alternatif bölümlü”, Ö30, Ö31 ve Ö33 ise öğretim öncesi “bilimsel bölümlü ve alternatif” kategorisinde yer alan yanıtlar vermiştir. Bu kategoriye dahil edilen öğrenci yanıtlarına örnek aşağıda sunulmuştur.

Ö31: (BİL. ŞEKİL) (BİL. BULUT) (BİL. BELİRSİZLİK)

12- Zihninizde canlandırdığımız atom modelini çizerek açıklayınız.



Yukarıda yer alan öğrenci yanıtı incelendiğinde, öğrencinin atomun yapısı ile ilgili bilimsel olarak kabul edilebilir açıklamalar yaptıkları görülmektedir. Bu kategoride yer alan diğer öğrencilerde (Ö1, Ö3, Ö30, Ö33) benzer açıklamalar yapmışlardır.

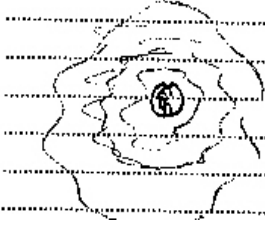
Bilimsel bölümlü:

Öğrenci bilimsel düzeyde belirtilen 3 kriterden en az birini veya ikisini, hiçbir alternatif kavram kullanmadan kullanıyorsa, bu öğrenciler “bilimsel bölümlü” düzeye dahil edilmektedir.

Öğretim sonrasında, “bilimsel bölümlü” yanıtların oranının öğretim öncesine göre % 43,7’lik artış ile % 47,9’a yükseldiği görülmektedir. Bu kategoriye dahil edilen yanıtlara örnekler aşağıda sunulmuştur.

Ö47: (BİL. ŞEKİL) (BİL. BULUT)

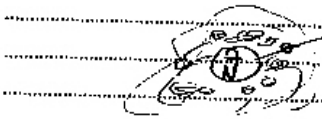
12- Zihninizde canlandırdığınız atom modelini çizerek açıklayınız.



çevresinde proton ve nötron, onun etrafında ise elektron bulutu şeklinde elektronlar yer alır

Ö22: (BİL. ŞEKİL) (BİL. BULUT)

12- Zihninizde canlandırdığınız atom modelini çizerek açıklayınız.



çevresinde nötron ve proton etrafında ise elektron bulutu şeklinde elektronlar yer alır

Yukarıda yer alan öğrenci yanıtları incelendiğinde, öğrencilerin atomun yapısı ile ilgili bilimsel olarak kabul edilebilir ancak eksik açıklamalar yaptıkları görülmektedir. Bu kategoride yer alan diğer öğrencilerinde (Ö4, Ö5, Ö6, Ö8, Ö9, Ö11, Ö12, Ö13, Ö24, Ö34, Ö35, Ö36, Ö38, Ö39, Ö40, Ö42, Ö43, Ö44, Ö45, Ö46) benzer açıklamalar yaptığı gözlenmektedir.

Öğretim sonrasında görüşme yapılan öğrencilerden Ö41 hariç, tüm öğrencilerin bilimsel bölümlü kategoride değerlendirilebilecek yanıtlar verdikleri

gözlenmiştir. Öğrenciler görüşme esnasında ön testte vermiş oldukları yanıtlara da yer vererek açıklamalarını yapmışlardır. Öğrencilere görüşme esnasında çizim yaptırılmamıştır. Görüşme alıntıları aşağıda verilmiştir.

Ö40: Atom, şimdi derste de bunu animasyonlarla görmüştük, ehh, en sondan bir önce Bohr atom modeli vardı. Bohr diyordu ki merkezde çekirdek var, çekirdeğin içinde proton ve nötron var ve çekirdeğin etrafında da belirli yörüngelerde dönen elektronlar vardır. Fakat Kuantum fiziği ortaya çıktıktan sonra belirsizlik ilkesi (**BİL. BELİRSİZLİK**) ile birlikte elektronların sabit bir yeri olmadığı belirlendi ve modern atom teorisi ortaya atıldı. Bu şekilde çekirdek etrafında belirli yörüngede elektronların olmadığı anlaşıldı. Sadece elektron bulutu (**BİL. BULUT**) şeklinde olduğu düşünülüyor.

Ö42: Elektronların yerinin tam olarak belirlenemeyeceğini düşünüyorum. Bazı enerji düzeyleri var atomda, enerji katmanları var. Elektronda bu enerji katmanında bulunma ihtimali var. Ama bunu da tam yerini belirleyemiyoruz. Bunun içinde merkezde proton nötron, etrafında elektron bulutunun (**BİL. BULUT**) olduğu bir atom modeli düşünüyorum. Aslında önce böyle düşünmüyordum ve ön teste güneş sistemi modelini çizmiştim, ama Heisenberg belirsizlik ilkesini (**BİL. BELİRSİZLİK**) öğrenince fikrim değişti. Elektronun bulunma ihtimalinin olabileceği yerler var, çünkü elektronun tam yerini kestiremiyoruz biz. Tam yerini kestirseydik gerçekten yörünge olurdu. Elektronlar belirli bir yörüngede hareket etmiyor sonuçta.

Ö47: Atom dediğimizde, çekirdeğinde atom altı parçacıklar bulunuyor. Etrafında elektron bulutları (**BİL. BULUT**) var. Yani belirli bir yörüngede olmadığını söyleyebiliriz. Modern atom teorisi bunu söylüyor.

A: (Testteki cevabı yöneltiyor)

Ö47: Buradaki ifade işte enerjinin kesikli değerler alabileceğini söylüyor. Mesela diyelim $\frac{1}{2} hv$ gibi bir değer olmayacaktır. Mesela $n=1$ 1.enerji seviyesinde hv olur, $n=2$ 2.enerji seviyesinde $2 hv$ olacaktır.

A: Güneş sistemi modeli doğru bir model midir?

Ö47: Ehh, belirli yörüngelerinde elektronların olması yanlış. Çünkü elektronların yörüngelerde belirli bir yeri yoktur. Heisenberg belirsizlik ilkesi (**BİL. BELİRSİZLİK**) bunu açıklıyor zaten.

Ö44: Çok yanlış bildiğimi anladım. Ben yörünge hayal ediyordum hani böyle şey var ya güneş sistemi gibi kabul ediyordum. Hayır, ama doğru değilmiş. Şu an modern atom teorisi var zihnimde. Çünkü bu kuantum devreye girdiğinde şeyi öğrenmiştik ya parçacıkların hem momentimi hem konumu aynı anda bilinemez (**BİL. BELİRSİZLİK**). Bu yüzden bizim atom teorimizde modern atom teorisidir şu an kabul edilen. Protonlar ve nötronlar çekirdek içerisinde elektronlar etrafında belirsiz yörüngelerde, toz bulutu (**BİL. BULUT**) halinde olduğunu hayal ediyorum çok değişti fikrim. Yoksa böyle çizgi çizgi yörünge üzerinde de elektron değil.

Yukarıda yer alan görüşme alıntılarında da görüldüğü gibi, öğrenciler atomun yapısı ile ilgili olarak yaptıkları açıklamalarında heisenberg belirsizlik ilkesinden yararlanmışlardır. Aynı zamanda öğrenciler, elektronların çekirdek etrafında elektron bulutu şeklinde yer alabileceğinden bahsetmişlerdir.

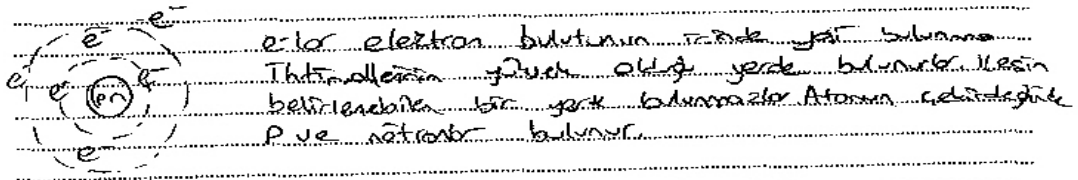
Bilimsel bölümlü ve alternatif:

Eğer öğrenciler hem bilimsel hem de alternatif kavramları birlikte kullanıyorsa, bu durumda olan öğrenciler, “bilimsel bölümlü ve alternatif” kategorisine dahil edilmektedir.

Öğretim sonrasında “bilimsel bölümlü ve alternatif” kategoride yer alan yanıtlara örnek aşağıda sunulmuştur.

Ö14: (ALT. ŞEKİL) (BİL. BULUT)

12- Zihninizde canlandırdığınız atom modelini çizerek açıklayınız.



Öğrenci yanıtları değerlendirildiğinde, öğrencilerin genellikle açıklamalarında doğru ifadeler kullandıkları ancak zihinlerinde var olan atom modellerinin çizim aşamasında elektronların belirli yörüngelerde kullanıldığı gözlenmektedir. Bu kategoride yer alan diğer öğrencilerinde (Ö2, Ö7, Ö14, Ö15,

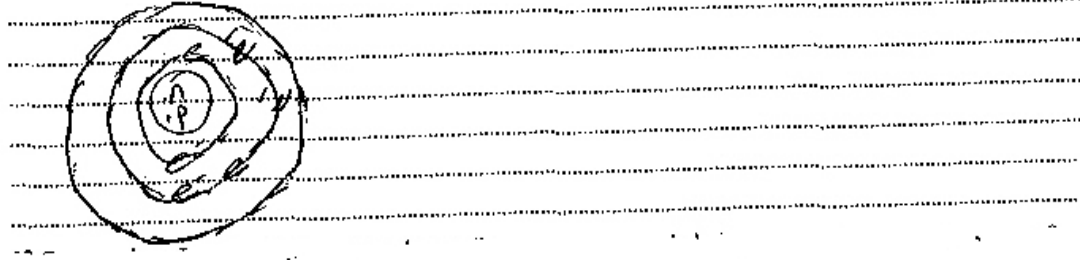
Ö18, Ö19, Ö20, Ö21, Ö25, Ö27, Ö28, Ö29, Ö32) benzer açıklamalar yaptığı gözlenmektedir.

Alternatif:

Bilimsel kavramlardan hiç birini içermeyen durumlarda öğrenciler “alternatif” kategorisine dahil edilmiştir. “Alternatif” kategoride değerlendirilen yanıtların oranı öğretim öncesinde % 20,8 iken, öğretim sonrasında bu oran % 6,2’ye gerilemiştir. Bu kategoride yer alan öğrenci yanıtları incelendiğinde, Ö16 ve Ö10 tarafından sadece şekil çizildiği, Ö41’in ise açıklamalarında “*ALT. ELEKTRON*” alternatif kavramının yer aldığı görülmektedir. Bu kategoride değerlendirilen yanıtlara örnekler aşağıda sunulmuştur.

Ö10: (ALT. YÖRÜNGE)

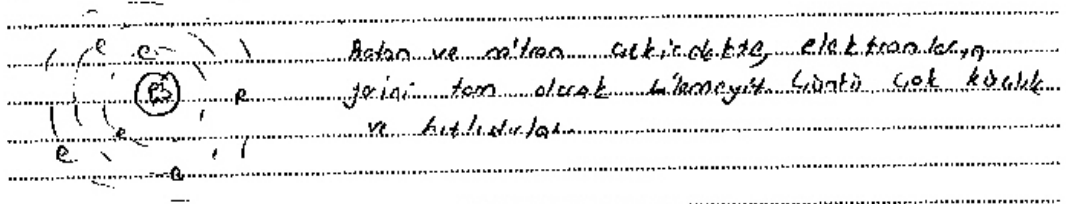
12- Zihninizde canlandırdığınız atom modelini çizerek açıklayınız.



Ö10 ve Ö16’nın yanıtı incelendiğinde, öğrencilerin çizim ile ilgili açıklama yapmadığı, çizimlerinde de elektronları belirli yörüngelerde gösterdikleri gözlenmiştir. Her iki öğrenci de öğretim öncesinde bu soruyu yanıtızsız bırakmıştır.

Ö41: (ALT. ELEKTRON)

12- Zihninizde canlandırdığınız atom modelini çizerek açıklayınız.



Ö41 ise, öğretim öncesinde de “alternatif” kategoride yer almaktadır. Öğretim sonrasında öğrenci elektronların yerinin belirlenememesini çok küçük ve çok hızlı olması ile ilişkilendirmektedir.

5.1.6 De Broglie: Madde Dalgaları Konusuna Ait Bulgular

Bu bölümde, kavram testinde, de Broglie: madde dalgaları konusuyla ilgili olarak öğrencilere yöneltilen 1 adet sorunun değerlendirilmesine yer verilmiştir. Kavram testinde yer alan soru, “Günümüzde, elektron ve protonların, tanecik karakteri yanında dalga gibi davrandığını kabul ediyoruz. Bu durumu nasıl açıklarsınız?” şeklindedir. Öğrenci yanıtlarından oluşturulan kodlar EK-9’da yer almaktadır.

Öğrencilerin kavram testinde yer alan de Broglie: madde dalgaları konusuyla ilgili soruya öğretim öncesi ve öğretim sonrasında verdikleri yanıtlar ile bu yanıtlara ait öğrenci sayıları ve yüzdeleri Çizelge 5.7’de yer almaktadır.

Çizelge 5.7: Öğrencilerin de Broglie: madde dalgaları konusuyla ilgili açıklamalarından elde edilen yanıt türleri

Yanıt Türleri	Ön test		Son test	
	N	%	N	%
Bilimsel	-	-	9	18,8
Bilimsel Bölümlü	13	27,1	30	62,4
Bilimsel ve Alternatif	-	-	-	-
Bilimsel Bölümlü ve Alternatif	6	12,5	7	14,6
Alternatif	17	35,4	-	-
Alternatif Bölümlü	5	10,4	2	4,2
Hiçbir şey	7	14,6	-	-
Genel Toplam	48	100	48	100

Öğrenci yanıtları, belirlenmiş olan 3 kriteri de içeriyorsa, bu öğrenciler “bilimsel” kavrama düzeyi grubuna dahil edilmektedir. Öğrenciden beklenen 3 kriter şunlardır.

1) Kırınım ve girişim dalganın karakteristik özellikleridir. Elektron ve protonlar bu özellikleri gösteriyor ise parçacık özelliği yanında dalga özelliği de vardır (BİL. DALGA).

2) Bu olay De Broglie dalgaları ile açıklanabilir (BİL. De BROGLİE).

3) Çift yarık deneyi elektronlarla gerçekleştirildiğinde elektronların girişim yaptığı gözlenir (BİL. DENEY).

Öğretim öncesi:

Öğrencilerin öğretim öncesi verdikleri yanıtlar incelendiğinde, “bilimsel” ve “bilimsel ve alternatif” olarak kabul edilebilir yanıtlara rastlanmamıştır. “Bilimsel bölümlü” kategoride yanıt veren öğrenci yüzdesi % 27,1’dir. Öğrencilerin % 12,5’i “bilimsel bölümlü ve alternatif” kategorisinde, % 35,4’ü “alternatif”, % 10,4’ü ise “alternatif bölümlü” kategoride yanıt vermiştir. Aşağıda öğrencilerde tespit edilen kavramsal kategorilere örnekler sunulmuştur.

Bilimsel bölümlü:

Öğrenci bilimsel düzeyde belirtilen kriterden en az birini veya birkaçını, hiçbir alternatif kavram kullanmadan kullanıyorsa, bu öğrenciler “bilimsel bölümlü” düzeye dahil edilmektedir.

Öğretim öncesinde, “bilimsel bölümlü” kategoride yer alan öğrenci sayısı 13’tür. Bu kategoride yer alan yanıtlara örnekler aşağıda sunulmuştur.

Ö2: “Bazen, elektron ve protonlar, kırınım ve girişim etkilerini gösterirler (c şıkkı). Elektron ve protonlarda kırınım ve girişim etkilerini gösterebilirler, aynı dalgalar gibi (BİL. DALGA).”

Ö6: “ Bazen, elektron ve protonlar, kırınım ve girişim etkilerini gösterirler (c şıkkı). Kırınım ve girişim birer dalga olayıdır, günümüzde elektron ve protonlar, tanecik karakteri yanında dalga gibi davrandığı kabul edilir, bu yüzden elektron ve protonlar kırınım ve girişim etkilerini gösterir (BİL. DALGA).”

Ö40: “Bazen, elektron ve protonlar, kırınım ve girişim etkilerini gösterirler (c şıkkı). Eğer proton ve elektronlar dalga gibi davranabiliyorlarsa, kırınım ve girişim etkileri gözlenebilir (BİL. DALGA).”

Yukarıda verilen öğrenci yanıtlarında da görüldüğü gibi, öğrenciler elektron ve protonların tanecik karakteri yanında, dalga gibi davrandığını kabul etmekte fakat bu duruma bilimsel olarak açıklık getirememektedir. Bu kategoride değerlendirilen diğer öğrencilerde de (Ö12, Ö16, Ö17, Ö20, Ö24, Ö25, Ö29, Ö34, Ö36, Ö41) benzer yanıtlara rastlanmıştır.

Bilimsel bölümlü ve alternatif:

Eğer öğrenciler hem bilimsel hem de alternatif kavramları birlikte kullanıyorsa, bu durumda olan öğrenciler, “bilimsel bölümlü ve alternatif” grubuna dahil edilmektedir.

Öğrenci yanıtlarında, “bilimsel bölümlü ve alternatif” yanıtların oranı % 12,5’tir. Bu kategoride, doğru şık işaretlenmiş ancak açıklaması bilimsel olarak kabul edilebilir düzeyde olmayan yanıtlar yer almıştır. Bu kategoride değerlendirilen yanıtlara örnekler aşağıda sunulmuştur.

Ö43: “ *Bazen, elektron ve protonlar, kırınım ve girişim etkilerini gösterirler (c şıkkı). (BİL. DALGA). Elektron ve protonların tanecikli yapıda olması ve öyle davranması normal, çünkü belli bir kütle ve momentum sahibidir (ALT. KÜTLE).* ”. *Ama dalgali yapıda gibi davranması çok hızlı yüksek hızda olduğu zaman olabilir.*

Ö39: “*Bazen, elektron ve protonlar, kırınım ve girişim etkilerini gösterirler (c şıkkı). (BİL. DALGA). Elektron ve protonlar yeterli enerjiye sahip olmadıklarında bulunduğu konumu koruyabilir. Ya da elektronlar bulunduğu enerji seviyesindeki (ALT. BAŞKA) yere göre kırınım ve girişimde de bulunabilirler.*”

Yukarıda verilen öğrenci yanıtlarında da görüldüğü gibi, öğrenciler doğru şıkkı işaretlemiş ancak elektron ve protonların tanecik karakteri yanında dalga gibi davranmasını yüksek hız, büyük kütle ve enerji seviyesi gibi nedenlerle ilişkilendirmişlerdir. Bu kategoride değerlendirilen diğer öğrencilerde (Ö13, Ö21, Ö31, Ö33), yanıtta ışık ile ilgili açıklamalar gözlenmiştir.

Alternatif:

Bilimsel kavramlardan hiç birini içermeyen durumlarda öğrenciler “alternatif” kategorisine dahil edilmiştir. Öğrenci yanıtlarında “alternatif” kategoride yer alan yanıtların oranı % 35,4 ‘tür. Bu kategoride değerlendirilen öğrenciler; Ö4,

Ö7, Ö14, Ö15, Ö18, Ö26, Ö27, Ö28, Ö30, Ö32, Ö37, Ö38, Ö42, Ö44, Ö45, Ö47, Ö48'dir. Bu kategoride değerlendirilen yanıtlara örnek aşağıda sunulmuştur.

Ö14: “Elektromanyetik dalgaları yıllarca duyduk, bir etkileşim var bunu kabul ediyorum ama tam olarak sebebin ne olduğunu bilmiyorum, tahminim hızıdır (**ALT. HIZ**) çünkü bir parçacığın hızı yoksa elektromanyetik dalga oluşturamaz.”

Ö4: “Kırınım ve girişim hareketleri ışığın dalga yapısı ile ilgili bir durumdur, elektronlar bu yapıyı gösteremez (**ALT. PARÇACIK**).”

Bu kategoride yer alan diğer öğrencilerde de benzer açıklamalar gözlenmiştir. Öğrenciler ile yapılan ön görüşme verileri incelendiğinde, kavram testinden elde edilen sonuçları destekler niteliktedir. Aşağıda öğrenci görüşmelerinden elde edilen alıntılar sunulmuştur.

A: *Günlük yaşantıda elektron proton gibi yapıları tanecik olarak adlandırıyoruz. Son zamanlarda bu yapıların tanecik karakteri yanında bir de dalga karakterinin olduğu ortaya çıktı. Bu durumu nasıl açıklarsın?*

Ö44: *Elektron gösteriyor olabilir ama proton ve nötron göstermiyordur (**ALT. BAŞKA**).*

Yukarıda yer alan görüşme alıntıları incelendiğinde, Ö44'ün elektron ve protonun dalga yapısını açıklayamadığı görülmektedir. Ö44, elektronun bu özellikleri gösterebileceği ancak protonun gösteremeyeceği şeklinde görüş bildirmiştir.

Alternatif bölümlü:

Eğer öğrenci alternatif kavramlardan birden çoğuna sahipse, bu durumda bu öğrenciler “alternatif bölümlü” düzey kategorisine dahil edilmektedir. Öğretim öncesinde “alternatif bölümlü” yanıtların oranı % 10,4'tür. Bu kategoride değerlendirilen öğrenciler Ö3, Ö5, Ö11, Ö22 ve Ö46'dır. Bu kategoride değerlendirilen yanıtlara örnek aşağıda sunulmuştur.

Ö46: “Bazen elektron ve protonlar ölçülebilecek bir hıza, enerjiye ve momentuma (**ALT. ÖZELLİK**) sahip olmayabilirler. Moleküller birlikte hareket ederler ve böylece ölçüm alınamayabilir (**ALT. BAŞKA**).”

Alternatif ve alternatif bölümlü kategoride yer alan yanıtlar incelendiğinde, öğrencilerin bazılarının elektron ve protonların tanecik karakterli olduğu ve dalga yapısında olamayacağı düşüncesinde oldukları gözlenmiştir. Bazı öğrenciler ise bu durumu ölçümler, hız ve enerji ile ilişkilendirmiştir.

Tüm yanıtlar incelendiğinde, öğrencilerin öğretim öncesinde “*Elektron ve protonlarda tanecik özelliği yanında dalga özelliği gösterebilir.*” bilimsel düşüncesine sahip olmadıkları söylenebilir. Yanıtların hiçbirinde öğrenciler, çift yarık deneyinden ya da de Broglie dalgalarından bahsetmemiştir. Öğrencilerin daha çok “*Elektron ve protonlar taneciktir ve dalga özelliği göstermez.*” alternatif düşüncesine sahip oldukları gözlenmiştir.

Öğretim sonrası:

Öğrencilerin öğretim sonrasında, kavram testinde yer alan sorulara verdikleri yanıtlar incelendiğinde, yanıtların “bilimsel”, “bilimsel bölümlü”, “bilimsel bölümlü ve alternatif” kategorilerinde olduğu gözlenmiştir. Öğrencilerin öğretim sonrasında verdikleri yanıtlar incelendiğinde, “bilimsel ve alternatif” ve “alternatif bölümlü” kategoride yanıt gözlenmemiştir. Öğrencilerin kavram testinde yer alan sorulara verdikleri yanıtlar incelendiğinde; öğretim öncesinde “bilimsel” kategoride yanıt yok iken, öğretim sonrasında yanıtların % 18,8’inin “bilimsel” olduğu gözlenmiştir. “Bilimsel bölümlü” kategorisinde yanıt veren öğrenci yüzdesi öğretim öncesinde % 27,1 iken öğretim sonrasında ise % 62,5 olmuştur.

Bilimsel:

Öğrenci yanıtları, belirlenmiş olan 3 kriteri de içeriyorsa, bu öğrenciler “bilimsel” kavrama düzeyi grubuna dahil edilmektedir. Öğretim sonrasında “bilimsel” kategoride değerlendirilen yanıtların oranı % 18,8 olmuştur. Bu kategoride değerlendirilen öğrenciler; Ö7, Ö17, Ö34, Ö40, Ö41, Ö43, Ö44, Ö45, Ö46’dır. Bu öğrencilerden Ö46 öğretim öncesinde “alternatif bölümlü”, Ö7, Ö44 ve Ö45 “alternatif”, Ö17, Ö34, Ö40, Ö41 ve Ö43 “bilimsel bölümlü ve alternatif” kategorilerinde yer almıştır. Bu kategoride yer alan yanıtlara örnek aşağıda sunulmuştur.

Ö17: “*Bazen, elektron ve protonlar, kırınım ve girişim etkilerini gösterirler (c şıkkı) (BİL. DALGA). Dalgalara has olan kırınım ve girişim özelliklerini*

gösterirler. Elektron tabancası kullanılarak yapılan Young çift yarık deneyinde, dalgalar gibi girişim deseni göstermiştir (BİL. DENEY). Bu ilk defa de broglie tarafından ortaya konulmuştur (BİL. De BROGLİE).”

Öğretim sonrasında görüşme yapılan öğrencilerde “bilimsel” olarak kabul edilebilir yanıt veren öğrenciye rastlanmamıştır. Yukarıda yer alan alıntıda da görüldüğü gibi, Ö17, öğretim öncesi sahip olduğu “bilimsel bölümlü ve alternatif” düşüncesini yapılandırmış ve öğretim sonrasında elektronların da kırınım ve girişim etkilerini gösterebileceği yönünde görüş bildirmiştir.

Bilimsel bölümlü:

Öğrenci bilimsel düzeyde belirtilen kriterden en az birini veya birkaçını, hiçbir alternatif kavram kullanmadan kullanıyorsa, bu öğrenciler “bilimsel bölümlü” düzeye dahil edilmektedir. Öğretim sonrasında, “bilimsel bölümlü” kategoride yer alan öğrenci sayısı 30’dur. Bu kategoride yer alan yanıtlara örnek aşağıda sunulmuştur.

Ö37: “Bazen, elektron ve protonlar, kırınım ve girişim etkilerini gösterirler (c şıkkı) (BİL. DALGA). Çift yarık deneyinde dalga gibi kırınım ve girişim yapar (BİL. DENEY).”

Ö32: “Bazen, elektron ve protonlar, kırınım ve girişim etkilerini gösterirler (c şıkkı) (BİL. DALGA). Derste öğrendiğimiz gibi elektron ve protonlar tanecik karakteri olduğu gibi dalga gibi de davranıyordu. Elektronların kırınımını gözlemlemiştik. Simülasyonda da bunu öğrenmiştik(BİL. DENEY).”

Ö29: “Bazen, elektron ve protonlar, kırınım ve girişim etkilerini gösterirler (c şıkkı) (BİL. DALGA). Elektron ve protonlar normalde tanecik gibi davranırlar. Fakat derste izlediğimiz simülasyondaki gibi dalga gibi de davranırlar(BİL. DENEY).”

Ö47: “Bazen, elektron ve protonlar, kırınım ve girişim etkilerini gösterirler (c şıkkı) (BİL. DALGA). Çift yarık deneyinde (Simülasyon) gözlenmiştir(BİL. DENEY)..”

Öğretim sonrasında öğrencilerle yapılan görüşmeler sonucu, Ö47, Ö45 ve Ö38'in yanıtlarının “bilimsel bölümlü” kategoride olduğu gözlenmiştir. Öğrencilerle yapılan görüşmelerden alıntılar aşağıda sunulmuştur.

A: Günümüzde, elektron ve protonların, tanecik karakteri yanında dalga gibi davrandığını kabul ediyoruz. Bu durumu nasıl açıklarsınız?

Ö47: Burda ...yani her bir elektrona dalga eşlik ediyor(BİL. De BROGLİE). Yani gece ve gündüz gibi düşünüyor. Işığın ikili yapısı olduğu içinde bunların üzerinde deneyler yapıyor. Zaten bu deneylerde, çift yarıktaki girişim deneyinde, elektron tabancası kullandığında dalga özelliği gösteriyor, normalde parçacık gibi davranması gerekirken, girişim ve kırınım özelliği gösterdiğinde çok şaşıyorlar. Normalde girişim ve kırınım dalganın özelliği Bu bir çığır açıyor (BİL. DENEY).

Ö45: Onu hatırlıyorum. O da işte yine yaptığımız deneyde, tek yarıktaki elektronları göndermiştik arkada tek bir oluşum gördük ama çift yarıktaki koyduğumuzda bu sefer dalga modeli gibi girişim özelliği göstermişti.. Öncesinde elektronun sadece tanecik olduğunu düşünüyordum, Gördüğüm çift yarıktaki deneyi, derste izlettiğiniz o doktor kuantum etkili oldu bu noktada(BİL. DENEY).

Ö38: Evet, şey,...young deneyi var. Young deneyi normalde dalgalarla yapılan bir deney dalgalarla yapıldığı için de ilk yapıldığında saçaklar meydana gelmiş ama elektron ile yapıldığında tek yarıktaki yapıldığında tanecik modeli gözlemlenmiş ama sizin izlettiğiniz simülasyonda da gördük. Elektronlar çift yarıktaki deneyinde bu sefer onlar dalga özelliği gösteriyorlar, girişim özelliği gösteriyorlar (BİL. DENEY) Böylece elektronun hem tanecik hem dalga özelliğinde olduğu biliniyor. Daha önce tanecik olan bir şeyin dalga özelliği olabileceği aklıma gelmiyordu. Bir de çift yarıktan nasıl dalga haline geldi önce aklıma gelmezdi. Hatta çift yarıktan geçebilecekleri bile aklıma gelmiyordu. İlk simülasyonda çarpıp geri döner diye düşünüyordum.

Yukarıda yer alan alıntılarda da görüldüğü gibi, öğrenciler elektron ve protonun dalga karakterini açıklamada ders içi etkinliklere değinmişlerdir. Öğrencilerin elektron ve protonların dalga karakterini açıklarken, deneysel kanıtlara başvurduğu gözlenmiştir.

Bilimsel bölümlü ve alternatif:

Eğer öğrenciler hem bilimsel hem de alternatif kavramları birlikte kullanıyorsa, bu durumda olan öğrenciler, “bilimsel bölümlü ve alternatif” grubuna dahil edilmektedir.

Öğrencilerin verdikleri yanıtlar incelendiğinde “bilimsel bölümlü ve alternatif” kategoride yer alan yanıtların oranı % 14,6’dır. Bu kategoride yer alan öğrenciler; Ö5, Ö12, Ö18, Ö23, Ö26, Ö28 ve Ö39’dur. Öğrencilerden Ö5 öğretim öncesinde “alternatif bölümlü”, Ö18, Ö26 ve Ö28 öğretim öncesinde “alternatif” kategorisinde yer almaktadır. Diğer öğrenciler ise öğretim öncesinde de “bilimsel bölümlü ve alternatif” kategorisinde yer almıştır. Bu kategoride yer alan yanıtlara örnekler aşağıda sunulmuştur.

Ö28: “c şıkkı. Bazen elektron ve protonlar, kırınım ve girişim etkilerini gösterirler. (**BİL. DALGA**). Elektronlar ve protonlarda dalga ve tanecik gibi davranabilirler. Aslında her madde dalga ve tanecik gibi davranabilir. Fakat büyük kütleli maddelerin momentumları büyük olduğundan dalga yapısı görülmemektedir (**ALT. KÜTLE**).”

Ö39: “c şıkkı. Bazen elektron ve protonlar, kırınım ve girişim etkilerini gösterirler. (**BİL. DALGA**). Çünkü elektronun yeri, yönü, momentumu bilinemez, çok küçük taneciklerdir. Yine buldukları olaylara göre her iki karakteri de ayrı ayrı gösterirler (**ALT. KÜTLE**).”

Bu kategorideki yanıtlarda, öğrenciler, elektron ve protonun dalga yapısı göstermemesini kütle ile ilişkilendirmişlerdir.

Alternatif bölümlü:

Eğer öğrenci alternatif kavramlardan birden çoğuna sahipse, bu durumda bu öğrenciler “alternatif bölümlü” düzey kategorisine dahil edilmektedir. Öğretim sonrasında “alternatif bölümlü” yanıtların oranı 4,2’dir. Bu kategoride değerlendirilen öğrenciler Ö22 ve Ö27’dir. Ö22 öğretim öncesinde de aynı kategoride yer alırken, Ö27 öğretim öncesinde “alternatif” kategorisinde yer almıştır. Bu kategoride değerlendirilen yanıtlarda öğrenciler soruda yer alan üç şıkkı da işaretlemişlerdir. Bu nedenle alternatif bölümlü kategoriye dahil edilmişlerdir.

5.1.7 Belirsizlik İlkesi Konusuna Ait Bulgular

Bu bölümde, kavram testinde, belirsizlik ilkesi konusuyla ilgili olarak öğrencilere yöneltilen 3 adet sorunun değerlendirilmesine yer verilmiştir. Bu sorular “12-Öyle bir dünya hayal ediniz ki bu dünyada planck sabiti $h = 1 \text{ j.s}$ olsun. Bu dünyada yaşamının ne gibi zorlukları olabilir? Heisenberg belirsizlik ilkesinden yararlanarak açıklayınız. 13- Heisenberg belirsizlik ilkesi çoğunlukla, elektron, proton gibi çok küçük nesnelere uygulanmaktadır. Belirsizlik ilkesini araba, tenis topu gibi büyük nesnelere neden uygulayamayız? 14- 1927 yılında Werner Heisenberg tüm ölçümlerin belirsizlikle ilişkili olduğunu ortaya koyan, belirsizlik ilkesini yayınladı. Kuantum mekaniğin dünyada bir otobüsü yakalamayla ilgili bir ölçümü hayal edelim. Sizin zaman çizelgeniz otobüsün 9 da geleceğini söylüyor. Heisenberg ise otobüsün geliş saatinin belirsizlik içerdiğini söyler. Heisenberg burada belirsizlik ile ne ifade eder? Lütfen cevabınızın nedenini kısaca açıklayınız. ” şeklindedir. Öğrenci yanıtlarından oluşturulan kodlar EK-9’da yer almaktadır.

Öğrencilerin kavram testinde yer alan, belirsizlik ilkesi konusuyla ilgili sorulara öğretim öncesi ve öğretim sonrasında verdikleri yanıtlar ile bu yanıtlara ait öğrenci sayıları ve yüzdeleri Çizelge 5.8’de yer almaktadır.

Öğrenci yanıtları belirlenmiş olan 5 kriteri de içeriyorsa, bu öğrenciler bilimsel kavrama düzeyi grubuna dahil edilmektedir. Öğrenciden beklenen 5 kriter şunlardır.

- 1) Heisenberg belirsizlik ilkesine göre belirsizlik artardı (BİL. BELİRSİZLİK).
- 2) Açıklamalarda heisenberg belirsizlik ilkesinin formülü kullanılmış ise (BİL. FORMÜL).
- 3) Kuantum fiziğinin sınırları genişler, klasik fiziğin yeterli olduğu yerlerde de kuantum fiziği kullanılır (BİL. SINIR).
- 4) Belirsizlik ilkesi aslında büyük yapıları nesnelere de uygulanabilir ancak belirsizlik çok küçük olduğu için biz bunu fark edemeyiz (BİL. BÜYÜK).
- 5) Belirsizlik kuantum dünyasının doğası ile ilgilidir. Belirsizlik ne ölçüm aletlerinden ne de teknolojik yetersizlikten kaynaklanır (BİL. DOĞA).

Çizelge 5.8: Öğrencilerin, belirsizlik ilkesi konusuyla ilgili açıklamalarından elde edilen yanıt türleri

Yanıt Türleri	Ön test		Son test	
	N	%	N	%
Bilimsel	-	-	1	2,1
Bilimsel Bölümlü	-	-	24	50,1
Bilimsel ve Alternatif	-	-	-	-
Bilimsel Bölümlü ve Alternatif	7	14,7	23	47,8
Alternatif	23	47,8	-	-
Alternatif Bölümlü	15	31,3	-	-
Hiçbir şey	3	6,2	-	-
Genel Toplam	48	100	48	100

Öğretim öncesi:

Öğrencilerin öğretim öncesi verdikleri yanıtlar incelendiğinde, “bilimsel”, “bilimsel bölümlü” ve “bilimsel ve alternatif” olarak kabul edilebilir yanıtlara rastlanmamıştır. Öğrenci yanıtları değerlendirildiğinde en fazla yüzdeye “alternatif” kodlu yanıt türünün (% 47,8) sahip olduğu gözlenmektedir. Yanıtların % 31,3’ü “alternatif bölümlü” kategorisinde yer almaktadır. Öğrencilerin % 14,7’si “bilimsel bölümlü ve alternatif” kategorisinde değerlendirilen yanıt verirken, % 6,2’sinin yanıt vermediği gözlenmiştir. Aşağıda öğrencilerde öğretim öncesinde tespit edilen kavramsal kategorilere örnekler sunulmuştur.

Bilimsel bölümlü ve alternatif:

Eğer öğrenciler hem bilimsel hem de alternatif kavramları birlikte kullanıyorsa, bu durumda olan öğrenciler, “bilimsel bölümlü ve alternatif” kategorisine dahil edilmektedir. Bu kategoride yanıt veren öğrenci sayısı 7’dir. Bu öğrenciler; Ö32, Ö33, Ö36, Ö38, Ö41, Ö43 ve Ö44’tür.

Öğretim öncesinde “bilimsel bölümlü ve alternatif” kategoride yer alan yanıtlara örnek aşağıda sunulmuştur.

Ö44: “- / Aslında büyük objelere de uygulanabilir ancak belirsizlik çok küçük olduğu için biz bunu fark edemeyiz (**BİL. BÜYÜK**). Büyük cisimlerin her hangi bir andaki konumu tam anlamı ile belirlenemez. Bu yüzden bu ilke daha atomik cisimlere uygulanıyor (**ALT. NEWTON**)./ Zaman kavramı bulunulan konuma, duruma, frekansa göre değişebileceğini ifade eder. Yani saatin ne zaman tam 9 olacağına aslında belirsiz olduğunu savunur (**ALT. ZAMAN**) ”.

Bu kategoride yer alan Ö32, Ö33, Ö36 ve Ö38’de Ö44’e benzer yanıtlar vermiştir. Bu kategoride yer alan Ö41, belirsizlik ilkesinin büyük nesnelere de uygulanabileceğini ifade etmiş ancak bunu sistematik hata ile ilişkilendirmiştir. Aynı kategoride değerlendirilen Ö43 ise, belirsizlik ilkesinin büyük nesnelere uygulanabildiğini ancak bu durumun yüksek hızlarda geçerli olduğunu ileri sürmüştür. Bu kategoride yer alan yanıtlar incelendiğinde, öğrencilerin Planck sabiti ve belirsizlik ilkesini açıklamada bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar vermedikleri gözlenmiştir.

Alternatif:

Bilimsel kavramlardan hiç birini içermeyen durumlarda öğrenciler alternatif kategorisine dahil edilmiştir. Aşağıda “alternatif” düzeye örnekler verilmiştir.

Ö48: “-/Büyük nesnelere Newton’un hareket kanunlarına uyarlar (**ALT. NEWTON**). /Saatin 9 olarak belirtilmiş olması bir kabuldür. Heisenberg belirsizlik ilkesi çok küçük parçalara uygulanmaktadır. Saat dilimi bu büyüklük çerçevesine sahip değildir.”

Ö2: “-/Proton elektron gibi yapılar hareketli yapılardır. Bunlarda kesin bir konum ve momentumdan bahsedemeyiz. Bu yüzden Heisenberg belirsizlik ilkesi küçük nesnelere uygulanır (**ALT. NEWTON**).-/”

Ö3: “-/Çünkü belirli bir kütleye sahip büyük cisimlerin nicelikleri kolay bulunabilir(**ALT. NEWTON**). /-”

Bu kategoride yer alan yanıtlar incelendiğinde, öğrencilerin Planck sabitinin değeri ve Heisenberg belirsizlik ilkesi arasında bir ilişki kuramadığı gözlenmektedir. Öğrencilerin, “Heisenberg belirsizlik ilkesine göre belirsizlik artardı. Kuantum fiziğinin sınırları genişler, klasik fiziğin yeterli olduğu yerlerde de kuantum fiziği

kullanılırdı.” bilimsel düşüncesine sahip olmadığı gözlenmiştir. Bu kategoride yer alan tüm öğrencilerde, öğrencilerin, daha çok büyük nesnelere belirsizlik ilkesine uymadığı, büyük nesnelere için Newton kanunlarının geçerli olduğu, bazı öğrencilerin ise bunun teknolojik yetersizlikle alakalı olduğu alternatif düşüncesine sahip oldukları gözlenmiştir. Bu bölümde değerlendirilen 3. soru yanıtları incelendiğinde öğrencilerin bu konu ile ilgili daha çok alternatif düşünceye sahip oldukları gözlenmiştir. Özellikle bu durumun yolda arabanın karşılaşılabileceği güzergah, arabanın hızı, trafik durumu, benzin miktarı gibi olaylardan etkilenebileceği düşüncesinde oldukları gözlenmiştir. Bazı öğrenciler ise belirsizliği görelilik ve ışık hızında hareket eden nesnelere ilişkilendirmişlerdir. Öğrencilerin, belirsizlik ilkesinin doğanın bir özelliği olduğu ve bir cismin konumunun ve hızının aynı anda belirlenemeyeceği bilimsel fikrine sahip olmadıkları söylenebilir.

Alternatif bölümlü:

Eğer öğrenci alternatif kavramlardan birden çoğuna sahipse, bu durumda bu öğrenciler alternatif bölümlü düzey kategorisine dahil edilmektedir. Bu kategoride yer alan öğrenciler; Ö1, Ö7, Ö8, Ö13, Ö14, Ö15, Ö18, Ö28, Ö30, Ö34, Ö35, Ö39, Ö42 ve Ö47’dir. Aşağıda “alternatif bölümlü” düzeye ait örnekler verilmiştir.

Ö30: “*Tam bilmiyorum ama ömür kısalır diye tahmin ediyorum (ALT. BAŞKA).* / *Büyük nesnelere Newton’un hareket kanunlarına uyarlar (ALT. NEWTON).* / *Işık hızına yakın değerlerde hareket ettiği için, kütle değişir. Bu yüzden belirsizlik olabilir (ALT. GÖRELİLİK).*”

Ö8: “*/-/ Bir tenis topu bir elektron gibi değildir. Bir şekilde hacmini ölçeriz, hızını hesaplarız. O yüzden büyük nesnelere belirsizlik ilkesi kullanılmaz (ALT. NEWTON).* / *Belki saat kavramında ortak bir saat kullansak bile hepimizin saati farklı, kiminin 5 dakika ileri, kiminin 5 dakika geri ya da hangi ülkede olduğumuza göre de, kime göre, neye göre değişir (ALT. GÖRELİLİK).*”

Ö42: “*/-/ Çünkü büyük nesnelere Newton’un hareket kanununa uyarlar (ALT. NEWTON).* / *Otobüsün hızının değişiminin kesin olarak bilinmemesi olabilir. Hız değişimi dememin sebebi, aracın önüne bir şey çıktığında durması ve sonra hızlanması veya aracın çok hızlı gelmesi zamanda belirsizliğe sebep olur (ALT. TAHMİN).*”

Yukarıda yer alan “alternatif bölümlü” yanıtlar incelendiğinde, öğrencilerin Planck sabitinin değeri ve Heisenberg belirsizlik ilkesi arasında bir ilişki kuramadığı gözlenmektedir. Öğrencilerin, belirsizlik ilkesi büyük nesnelere uygulanabilir mi sorusuna, “Uygulanamaz çünkü büyük nesnelere Newton’un hareket kanunlarına uyarlar.” alternatif yanıtını verdikleri gözlenmiştir. Ayrıca bir diğer soru için, öğrencilerin, belirsizlik ilkesi ile görelilik kavramını ilişkilendirdikleri gözlenmiştir. Bazı öğrenciler ise yanıtlarında, dış etkenlerin arabanın geliş saati üzerine etkisine dikkat çekmişlerdir.

Öğrencilerle yapılan görüşmelerden elde edilen veriler incelendiğinde, kavram testinden elde edilen verileri destekler nitelikte olduğu gözlenmiştir. Öğrenciler ile yapılan görüşmelerde “*Heisenberg belirsizlik ilkesi nedir? Günlük yaşantıda uygulanabilir mi?*” gibi sorular yöneltilmiştir. Bu görüşmelerden yapılan alıntılar aşağıda sunulmuştur.

A: Heisenberg belirsizlik ilkesi nedir?

Ö42: Belirsizlik deyince aslında matematikte belirsizlik deyince birazcıkta sonsuza doğru gitme, devam etme gibi açıklanabilir ama fizikte belirsizlik deyince sanırım ölçüm aletlerinde ya da yaptığımız ölçümlerin yeterli gelmediğini (ALT. ÖLÇÜM) düşünüyorum. Onun için belirsizlik olarak tanımlanıyor.

A: Heisenberg belirsizlik ilkesini günlük yaşantıda uygulayabiliyor muyuz?

Ö42: Tüm nesnelere..... çok böyle çok hızlı hareket eden nesnelere (ALT. HIZ) uygulanamadığını düşünüyorum.

A: (Öğrenciye kavram testinde yer alan otobüs sorusu hatırlatılır.) Heisenberg bu otobüs örneğinde belirsizlikten bahsederken ne demek istemiştir?

Ö42: Aslında biz klasik fizikte kesin yargılar kullanmaya daha çok önem veriyoruz. Kuantum fiziğinde bu duruma, ortama ve bazı koşullara göre değişebilir. Mesela, o dediğiniz otobüs örneğinde, tekerleği patlayabilir ya da bir kaza olabilir ve otobüs gelmeyebilir (ALT. TAHMİN). Kuantum fiziği sanırım her ihtimali göze alıyor, klasik fizikte olması gereken her ihtimal göz önünde bulunduruluyor.

Yukarıda verilen alıntıda da görüldüğü gibi, Ö42 belirsizliği ölçüm aletleri ile ilişkilendirmiş ve çok hızlı giden cisimlere uygulanamadığını ifade etmiştir. Ayrıca

Ö42'nin, otobüsün geç kalmasını dış etkenlere (tekerlek patlaması, kaza yapması, otobüsün hızı gibi) bağladığı gözlenmektedir.

Öğretim öncesinde Ö4, Ö9 ve Ö11 “kavramsal anlama yok” kategorisinde değerlendirilmiştir.

Öğretim sonrası:

Öğrencilerin öğretim sonrasında, kavram testinde yer alan sorulara verdikleri yanıtlar incelendiğinde, yanıtların “bilimsel”, “bilimsel bölümlü”, “bilimsel bölümlü ve alternatif” kategorilerinde olduğu gözlenmiştir. Öğrencilerin öğretim sonrasında verdikleri yanıtlar incelendiğinde, “alternatif”, “alternatif bölümlü” ve “bilimsel ve alternatif” kategorilerinde yanıt gözlenmemiştir.

Bilimsel:

Öğrenci yanıtları belirlenmiş olan 5 kriteri de içeriyorsa, bu öğrenciler bilimsel kavrama düzeyi grubuna dahil edilmektedir. Öğretim sonrasında “bilimsel” kategoride değerlendirilen bir öğrenci mevcuttur. Öğrenci yanıtı aşağıda sunulmuştur.

Ö47: “*h normalde çok küçüktür. eğer $h=Ij.s$ olursa, kuantumun sınırları genişler (BİL. SINIR). Çünkü belirsizlik formülüne göre belirsizlik artar (BİL. BELİRSİZLİK)./Belirsizlik ilkesi aslında büyük objelere de uygulanabilir ancak çok küçük olduğu için biz bunu fark edemeyiz (BİL. BÜYÜK). Çünkü belirsizlik doğa ile alakalıdır. Ölçüm aleti ve teknoloji ile değildir (BİL. DOĞA)./ belirsizlik ilkesine göre bir cisme ait 2 özellik aynı anda belirlenemez. Bu nedenle tam 9'da gelemez. $\Delta X. \Delta P \geq h/4\pi$ formülüne göre(BİL. FORMÜL).”*

Öğretim sonrasında Ö47 ile yapılan görüşmeden alıntılar aşağıda sunulmuştur.

A: *Belirsizlik ilkesi teknolojik yetersizlikten-ölçüm aletlerinden kaynaklanıyor olabilir mi?*

Ö47: *Ehh,...doğaya ait bir özelliktir. Doğanın temel yasalarını içerdiği için ölçüme ya da teknoloji aletlerine...ehh...nasıl desem teknoloji aletlerine bağlı olarak değişmeyecektir (BİL. DOĞA).*

A: *Belirsizlik ilkesi büyük yapıları nesnelere uygulanabilir mi?*

Ö47: *Hı, hı,...Belirsizlik ilkesi doğanın temel yasası olduğu için uygulayabiliyoruz. Ama ölçüm aldığımızda, büyük olaylarda çok küçük bir değer olduğu için kayda almıyoruz, önemsemiyoruz (BİL. BÜYÜK).*

A: *(Öğrenciye kavram testinde yer alan otobüs sorusu hatırlatılır.) heisenberg bu otobüs örneğinde belirsizlikten bahsederken ne demek istemiştir?*

Ö47: *Burada, işte, formülde de bulduğu gibi, momentumu ve yerini aynı anda belirlenemeyeceğini (BİL. BELİRSİZLİK) ifade ediyor. Kuantum dünyasında bu şekilde (BİL. DOĞA).*

A: *Planck sabiti önemli midir? Planck sabiti 1 olsaydı ne olurdu?*

Ö47: *Önemli çünkü Planck sabiti 1 olsaydı kuantum fiziğinin alanı genişlerdi (BİL. SINIR), belirsizlik artardı, olayları gözlemleyebilmemiz daha zor olurdu.*

Ö47, *öğretim öncesinde “Heisenberg ilkesinde 1 orbitalde 2 elektron vardır ve zıt hareket ederler. Eğer aynı yönde hareket ederlerse enerjilerinden dolayı dışarı fırlayabilirler (ALT. BAŞKA)/ Çünkü teknoloji bunu doğrulayabilecek kadar güvenilir değildir. Ama büyük nesnelere dikkatli gözlemlerimiz ile kesin sonuca ulaşılabilir (ALT. TEKNOLOJİ)/ Çünkü Heisenberg’e göre kesin bir sonuç yoktur. Bunun nedeni otobüsün belki kaza yapmış veya trafik sorunları nedeni ile o saatte gelebilmesi kesin değildir (ALT. TAHMİN). ” alternatif bölümlü düşünceye sahip iken, öğretim sonrasında yukarıdaki alıntıda da görüldüğü gibi, bilimsel olarak kabul edilebilir düzeyde yanıtlar vermiştir.*

Bilimsel bölümlü:

Öğrenci bilimsel düzeyde belirtilen 5 kriterden en az birini veya birkaçını, hiçbir alternatif kavram kullanmadan kullanıyorsa, bu öğrenciler “bilimsel bölümlü” düzeye dahil edilmektedir. Öğretim sonrasında “bilimsel bölümlü” kategoride yanıt veren öğrenci yüzdesi % 50,1’dir. Aşağıda bu kategoride değerlendirilen farklı öğrencilerin yanıtlarından örnekler sunulmuştur.

Ö46: *“Kuantum fiziğinin alanı genişler (BİL. SINIR). Klasik fiziğin yeterli olduğu yerlerde de kuantum fiziği kullanılır. Belirsizlik daha da çok artar (BİL. BELİRSİZLİK). Çünkü $\Delta X \cdot \Delta P \geq h/4\pi$ (BİL. FORMÜL) burada h artacağı için konum ve momentumdaki belirsizlik artar./ Belirsizlik ilkesi büyük objelere de uygulanabilir, belirsizlik çok küçük olur, biz bunu önemsemeyiz. Ama bu ilke büyük*

nesnelere için de geçerlidir (**BİL. BÜYÜK**). / Bir cismin konumu ve momentumu aynı anda belirlenemez, bu yüzden kesin olarak saat belirlenemez.”

Ö46, öğretim öncesinde “*j* akım yoğunluğu olarak düşünülürse, çok yoğun ortamda yaşamak zordur. Bir suda birde havada hareket etmeyi göz önünde bulundurabiliriz (**ALT. BAŞKA**)/ Büyük nesnelere Newton'un hareket kanunlarına uyarlar, ışık hızına yakın olduğunda Newton geçerli değildir (**ALT. NEWTON**)/ Otobüsün hızının değişebileceğini veya yolda bir sorun ile karşılaşabileceği ihtimalini düşünürüz (**ALT. TAHMİN**).” alternatif bölümlü fikirlere sahip iken, öğretim sonrasında yukarıdaki alıntıda da görüldüğü gibi, “bilimsel bölümlü” olarak kabul edilebilir düzeyde yanıtlar vermiştir.

Ö48: “ $\Delta X \cdot \Delta P \geq h/2$ $h=h/2\pi$ Planck sabiti çok küçüktür, bu nedenle, belirsizlik tam olarak fark edilemez, fakat h 1 olduğu zaman belirsizlik artardı (**BİL. BELİRSİZLİK**)/ Belirsizlik ilkesi büyük objelere de uygulanabilir, belirsizlik çok küçük olur, biz bunu fark edemeyiz (**BİL. BÜYÜK**). Heisenberg belirsizlik ilkesi kuantum fiziğinin içinde yer alır. Kuantum fiziği mikroskobik olayların dışında makroskobik olayları da inceler./ Bir parçacığın tam doğrulukla konumunu ve momentumunu aynı anda ölçmek olanaksızdır. Bu nedenle otobüsün geliş saati belirsizlik içerir.”

Ö45: “Cisimlerin sahip olduğu enerji miktarı çok fazla artar, eğer h 1 olsaydı her şey kuantum fiziği ile açıklanır (**BİL. SINIR**)/ Belirsizlik ilkesi büyük objelere de uygulanabilir, belirsizlik çok küçük olur, biz bunu fark edemeyiz (**BİL. BÜYÜK**). Belirsizlik her kütle için geçerlidir, çünkü büyük parçalarda sonuçta temel parçacıklardan oluşmuştur fakat belirsizlik önemsenmeyecek kadar küçüktür./ Heisenberg burada iki durumu da aynı anda belirleyemeyeceğimizi söyler. Heisenberg belirsizlik ilkesinde de ifade ettiği gibi, cisimlerin momentumu ve konumunu aynı anda bilemeyiz.”

Ö45 ve Ö48 öğretim öncesinde “alternatif” kategoride yer alan öğrencilerdendir. Ö45 ve Ö48 öğretim öncesinde, “**ALT. NEWTON**” alternatif kavramına sahiptir. Öğretim sonrasında öğrencilerin bu düşüncesini yapılandırdığı ve “bilimsel bölümlü” olarak kabul edilebilir düzeyde yanıtlar verdiği gözlenmiştir.

Bilimsel bölümlü ve alternatif:

Eğer öğrenciler hem bilimsel hem de alternatif kavramları birlikte kullanıyorsa, bu durumda olan öğrenciler, “bilimsel bölümlü ve alternatif” kategorisine dahil edilmektedir.

Öğretim sonrasında “bilimsel bölümlü ve alternatif” kategoride yer alan yanıtların oranı % 47,8’dir. Bu kategoride değerlendirilen yanıtlara örnek aşağıda sunulmuştur.

Ö42: “ $\Delta X. \Delta P \geq h/4\pi$ Planck sabiti 1 olsaydı belirsizlik dediğimiz bir şey kalmazdı. Duymadığımız sesleri duyar, görmediklerimizi görür hale geldik, hayat çekilmez olurdu (**ALT. ALGI**)/ Belirsizlik aslında büyük objelere de uygulanır ancak çok küçük olduğu için biz bunu fark etmeyiz. Örneğin, termometre ile bir suyun sıcaklığını ölçtüğümüzde suyun enerjisinin bir kısmı cama geçer, fakat biz bu olasılığı ihmal ederiz, ölçüm daha kolay olsun diye (**BİL. BÜYÜK**)/ Otobüsün konumunu belirlese bile hızını tam kestiremeyiz. Hızı belirli olsa bile konumunu tam belirleyemeyiz. Bu yüzden bir belirsizlik söz konusudur. Çünkü hızının ve konumunun belirsizlik içermesinden dolayı bunu Heisenberg açıklamıştır. $\Delta X. \Delta P \geq h/4\pi$ (**BİL. BELİRSİZLİK**). ”

Öğretim sonrasında Ö42 ile yapılan görüşmeden alıntılar aşağıda sunulmuştur.

A: Planck sabitinin değeri 1 olsa idi ne olurdu?

Ö42: Böyle bir dünya çekilmez hale gelirdi diye düşünüyorum, Planck sabiti çok küçük bir değer biz bunu büyük bir değere 1’ e çıkartıyoruz. Kapsamı tamamen genişletmiş oluyoruz. Planck sabitine göre görmememiz gerekenleri görebileceğiz duymamamız gerekenleri duyabiliriz. Mesela ultrason dalgalarını duyar hale geleceğiz (**ALT. ALGI**).

A: Belirsizlik ilkesi nedir?

Ö42: Belirsizlik ilkesi dediğimizde öncelikle belirsizlik ilkesinin formülüne baktığımızda, konumunun belirli olduğunu düşündüğümüz bir parçacığın momentumunu tam olarak kestiremiyoruz. Ya da momentumu tam olarak belirli bir parçacığın konumunu tam olarak kestiremiyoruz. Belirsizlik ilkesinde mutlaka bir

yerde bir kopukluk oluşuyor. Yani ehh, iki değişkeni de aynı anda belirleyemiyoruz (**BİL. FORMÜL**).

A: Belirsizlik ilkesi teknolojik yetersizlik ya da ölçü aletlerinden mi kaynaklanmaktadır?

Ö42: Ölçü aletleriyle alakalı bir şey değil bu çünkü maddenin yapısıyla alakalı olduğunu öğrendik (**BİL. DOĞA**). Teknolojik gelişmeler ne kadar ileri olursa olsun, sonuçta biz bir ışıkla da yapsak çanla da yapsak (derste işlenen düşünce deneyinden bahsediyor) aynı deneyi, sonuçta yine bir belirsizlik bir miktar sapma oluyor. Bunun için tam olarak kestiremiyoruz.

A: (Öğrenciye kavram testinde yer alan otobüs sorusu hatırlatılır.) Heisenberg bu otobüs örneğinde belirsizlikten bahsederken ne demek istemiştir?

Ö42: Aslında ben bir önceki testle aynı cevabı vermişim. Çok açıklayamadım aslında bunu Otobüse uyarlıysak ehh...makro boyutta olduğu için ihmal ediliyor olabiliriz. Şey diye düşünüyorum, konumu belirli olduğunda hızını tam olarak belirleyemiyoruz (**BİL. BELİRSİZLİK**). Ya da tam tersi de olabilir. Biz bunları makro boyutta ihmal ediyoruz (**BİL. BÜYÜK**).

Yukarıda yer alan görüşme verileri değerlendirildiğinde, öğrencinin öğretim öncesinde sahip olduğu “Belirsizlik ölçüm aletleri ile ilişkilidir ve çok hızlı giden cisimlere uygulanamamaktadır.” alternatif kavramından vazgeçtiği, bunun yerine “ALGI” ile ilgili yeni bir alternatif kavram kazandığı söylenebilir. Bununla birlikte, Ö42’nin, öğretim sonrasında, belirsizliği kuantum dünyasının doğası ile ilişkilendirdiği, ölçüm aletleri ile alakalı olmadığı ve bir cisme ait iki değişkenin aynı anda belirlenemeyeceği bilimsel bölümlü düşüncesine sahip olduğu görülmektedir.

Bu kategoride değerlendirilen öğrencilerden Ö1, Ö3, Ö5, Ö7, Ö10 ve Ö15, Ö42 gibi bilimsel kavramların yanı sıra “ALGI” ile ilgili alternatif kavrama sahiptir. Ö2 ve Ö32, diğer öğrenciler gibi, “BİL. BÜYÜK” kavramına sahiptir. Ancak bu öğrencilerin Planck sabitinin 1 olması durumunda klasik fiziğin her şeyi açıklayabileceği şeklinde alternatif düşünceye sahip olduğu belirlenmiştir. Aşağıda Ö2’ye ait yanıt sunulmuştur.

Ö2: “Eğer h 1 j.s olursa kuantum fiziğine gerek kalmazdı, her şeyi klasik fizik ile açıklardık (**ALT. BAŞKA**)/ Belirsizlik aslında büyük objelere de uygulanır ancak çok küçük olduğu için biz bunu fark etmeyiz (**BİL. BÜYÜK**)/Otobüsün 9’da değil de, 9:10’da geleceğinden bahseder,ama biz buradaki 0,10 saniyelik gecikmeyi dikkate almıyoruz. Bu tür gecikmeleri mekaniksel dünyada dikkate almıyoruz. ”

Bu kategoride değerlendirilen diğer öğrenciler de “**BİL. BÜYÜK**” kavramına sahiptir. Ancak öğrenciler belirsizlik ilkesinin teknolojik yetersizlikten kaynaklandığı ve büyük hızlarda geçerli olduğu şeklinde alternatif düşünceye sahiptir. Bu kategoride değerlendirilen Ö29’a ait yanıt aşağıda sunulmuştur.

Ö29: “-/Belirsizlik aslında büyük objelere de uygulanır ancak çok küçük olduğu için biz bunu fark etmeyiz (**BİL. BÜYÜK**) Günümüzdeki teknoloji çok küçük parçaların hızlarını ve hareketlerini tam doğru şekilde ölçemez (**ALT. TEKNOLOJİ**)/ Kuantumda çok küçük belirsizliklerle çalıştığımız için geliş saatini tam olarak bulamayız. Kuantumda belirsizlik çok büyük hızlarda geçerlidir (**ALT. BAŞKA**).”

5.2 Üçüncü ve Dördüncü Alt Probleme İlişkin Bulgular

Araştırmada alt problemlerden biri olarak; “Fen Bilgisi öğretmen adaylarının öğretim öncesi ve öğretim sonrası kavramsal anlama düzeyleri nedir?” ve “Fen Bilgisi öğretmen adaylarının öğretim öncesi ve öğretim sonrasında kavramsal anlama testinden aldıkları puanlar arasında istatistiksel olarak fark var mıdır?” sorularına yanıt aranmıştır. Bu noktada çizelge ve ifade tekrarını önlemek için 3. ve 4. alt problemler aynı başlık altında ele alınmıştır.

“Fen Bilgisi öğretmen adaylarının öğretim öncesi ve öğretim sonrası kavramsal anlama düzeyleri nedir?” sorunun yanıtı iki ayrı bölümde ele alınmıştır. İlk bölümde kavram testinde yer alan sorulara öğrencilerin öğretim öncesinde ve öğretim sürecinin bitiminde vermiş olduğu yanıtlar, EK-10’da verilen sayısal değerlendirme ölçütleri yardımı ile değerlendirilmiştir. İkinci bölümde ise öğrencilere, uygulama öncesi ve uygulama sonrasında uygulanan kuantum olgu anketinin değerlendirilmesi ile elde edilen bulgulara yer verilmiştir.

5.2.1 Kuantum Fiziğine Giriş Konusunda Öğrencilerin Kavramsal Anlama Düzeylerine Ait Bulgular

Bu bölümde öğrencilerin kuantum fiziğine giriş konusunda kavramsal anlama düzeyine ilişkin bulgulara yer verilmiştir. Öğrencilerin kavramsal anlama düzeylerini gösteren puanlarına ait betimsel istatistikler Çizelge 5.9’da gösterilmiştir.

Çizelge 5.9: Öğrencilerin kavramsal anlama düzeylerini gösteren puanlarına ait betimsel istatistikler

	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart sapma
Ön test	48	,00	3,00	1,5000	,94531
Son test	48	3,00	14,00	9,1042	3,22384

Çizelge 5.9’da görüldüğü gibi, öğrencilerin kavram testinde yer alan kuantum fiziğine giriş konusuna ait sorulara verdikleri yanıtlardan elde edilen puanların aritmetik ortalaması öğretim öncesinde 1,5 iken öğretim sonrasında 9,1042 olduğu gözlenmektedir.

Çizelge 5.10’da ise öğrencilerinin uygulama öncesinde ve sonrasındaki kavramsal anlama düzeyleri gösterilmiştir.

Çizelge 5.10: Öğrencilerinin uygulama öncesinde ve sonrasındaki kavramsal anlama düzeyleri.

Öğrenci	Öğretim öncesi	Aldığı puan	Öğretim sonrası	Aldığı puan
Ö1	Kavramsal anlama yok	0	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3
Ö2	Kavramsal anlama yok	0	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3
Ö3	Kavramsal anlama yok	0	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3
Ö4	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(2)	10
Ö5	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(3)	11
Ö6	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(2)	10
Ö7	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(2)	10
Ö8	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel Bölümlü(3)	11
Ö9	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel Bölümlü(2)	10
Ö10	Kavramsal anlama yok	0	Bilimsel Bölümlü(3)	11

Ö11	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(2)	10
Ö12	Kavramsal anlama yok	0	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3
Ö13	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(3)	11
Ö14	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(2)	10
Ö15	Kavramsal anlama yok	0	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3
Ö16	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3
Ö17	Kavramsal anlama yok	0	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3
Ö18	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3
Ö19	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(2)	10
Ö20	Kavramsal anlama yok	0	Bilimsel Bölümlü(2)	10
Ö21	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3
Ö22	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(2)	10
Ö23	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(3)	11
Ö24	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(3)	11
Ö25	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(3)	11
Ö26	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(2)	10
Ö27	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(3)	11
Ö28	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel Bölümlü(3)	11
Ö29	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(2)	10
Ö30	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel Bölümlü(3)	11
Ö31	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(2)	10
Ö32	Kavramsal anlama yok	0	Bilimsel Bölümlü(2)	10
Ö33	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(3)	11
Ö34	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3	Bilimsel Bölümlü(3)	11
Ö35	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3	Bilimsel Bölümlü(3)	11
Ö36	Kavramsal anlama yok	0	Bilimsel Bölümlü(2)	10
Ö37	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(2)	10
Ö38	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel Bölümlü(3)	11
Ö39	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3	Bilimsel Bölümlü(2)	10
Ö40	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(2)	10
Ö41	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3	Bilimsel Bölümlü(3)	11
Ö42	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(3)	11
Ö43	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel Bölümlü(3)	11

Ö44	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel Bölümlü(3)	11
Ö45	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(2) ve Alternatif	4
Ö46	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel	14
Ö47	Alternatif	2	Bilimsel	14
Ö48	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(2)	10

Çizelge 5.10'a göre, ön testte on öğrencide “kavramsal anlama yok”, dokuz öğrenci “alternatif bölümlü”, yirmi dört öğrenci “alternatif” düzeyde ve 5 öğrenci “bilimsel bölümlü ve alternatif” düzeyde bulunmuştur. Son testte ise, iki öğrenci “bilimsel” düzeyde, otuz altı öğrenci “bilimsel bölümlü” ve on öğrenci “bilimsel bölümlü ve alternatif”, kavramsal anlamaya sahiptir.

Öğretim öncesinde ve sonrasında kavram testinden elde edilen puanlar SPSS 16.0 programına girilmiş, puanlar arasındaki farklılık “parametrik olmayan testlerden Wilcoxon Signed Rank Test (Wilcoxon İşaretli sıralar testi)” kullanarak incelenmiştir. İstatistiksel veri analizleri yardımıyla elde edilen sonuçlar Çizelge 5.11’de sunulmuştur.

Çizelge 5.11: Öğretim öncesi ve sonrası Kuantum fiziğine Giriş konusuna ait puanların Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi Sonuçları

Sontest-öntest	n	Sıra Ortalaması	Sıra Toplamı	z	p
Negatif sıra	0	,00	,00	-6,009*	,00
Pozitif sıra	47	24,00	1128,00		
Eşit	1	-	-		

* negatif sıralar temeline dayalı

Analiz sonuçları öğrencilerin öğretim öncesi ve öğretim sonrası kavram testinde yer alan kuantum fiziğine giriş konusu ile ilgili aldıkları puanları arasında anlamlı bir fark olduğunu göstermektedir ($z=6,009$, $p<.05$). Fark puanlarının sıra ortalaması ve toplamı dikkate alındığında, gözlenen bu farkın pozitif sıralar, yani son test puanı lehine olduğu görülmektedir.

5.2.2 Siyah Cisim Işıması Konusunda Öğrencilerin Kavramsal Anlama Düzeylerine Ait Bulgular

Bu bölümde öğrencilerin siyah cisim ışması konusunda kavramsal anlama düzeyine ilişkin bulgulara yer verilmiştir. Öğrencilerin kavramsal anlama düzeylerini gösteren puanlarına ait betimsel istatistikler Çizelge 5.12’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.12: Öğrencilerin kavramsal anlama düzeyleri

	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart sapma
Ön test	48	,00	7,00	2,2708	1,74721
Son test	48	1,00	8,00	5,3333	1,98219

Çizelge 5.12’de görüldüğü gibi, öğrencilerin kavram testinde yer alan siyah cisim ışması konusuna ait sorulara verdikleri yanıtlardan elde edilen puanların aritmetik ortalaması öğretim öncesinde 2,2708 iken öğretim sonrasında 5,3333 olduğu gözlenmektedir.

Çizelge 5.13’de ise öğrencilerinin uygulama öncesinde ve sonrasındaki kavramsal anlama düzeyleri gösterilmiştir.

Çizelge 5.13: Öğrencilerinin uygulama öncesinde ve sonrasındaki kavramsal anlama düzeyleri

Öğrenci	Öğretim öncesi	Aldığı puan	Öğretim sonrası	Aldığı puan
Ö1	Alternatif	2	Alternatif Bölümlü	1
Ö2	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(2)	7
Ö3	Alternatif	2	Alternatif Bölümlü	1
Ö4	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(1)	6
Ö5	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(2)	7
Ö6	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(1)	6
Ö7	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3
Ö8	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel Bölümlü(2)	7
Ö9	Kavramsal anlama yok	0	Bilimsel Bölümlü(1)	6
Ö10	Bilimsel	7	Bilimsel Bölümlü(2)	7
Ö11	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(1)	6
Ö12	Kavramsal anlama yok	0	Bilimsel Bölümlü(1)	6
Ö13	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(2)	7
Ö14	Bilimsel	7	Bilimsel Bölümlü(2)	7
Ö15	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(2)	7

Ö16	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(1)	6
Ö17	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(2)	7
Ö18	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(2) ve Alternatif	4
Ö19	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(2) ve Alternatif	4
Ö20	Bilimsel	7	Bilimsel Bölümlü(1)	6
Ö21	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(1)	6
Ö22	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(1)	6
Ö23	Bilimsel	7	Bilimsel Bölümlü(1)	6
Ö24	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(2)	7
Ö25	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(2)	7
Ö26	Alternatif	2	Alternatif	2
Ö27	Alternatif	2	Alternatif	2
Ö28	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(2) ve Alternatif	4
Ö29	Bilimsel	7	Bilimsel Bölümlü(1)	6
Ö30	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(1)	6
Ö31	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(2)	7
Ö32	Kavramsal anlama yok	0	Bilimsel Bölümlü(1)	6
Ö33	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(1)	6
Ö34	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(2)	7
Ö35	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(1)	6
Ö36	Alternatif	2	Alternatif	2
Ö37	Kavramsal anlama yok	0	Alternatif	2
Ö38	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3
Ö39	Alternatif	2	Alternatif	2
Ö40	Kavramsal anlama yok	0	Bilimsel Bölümlü(1)	6
Ö41	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(2)	7
Ö42	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(2) ve Alternatif	4
Ö43	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(2) ve Alternatif	4
Ö44	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(2)	7
Ö45	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(1)	6
Ö46	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(2)	7
Ö47	Alternatif	2	Bilimsel	8
Ö48	Alternatif	2	Alternatif	2

Çizelge 5.13 'e göre, ön testte on öğrencide “kavramsal anlama yok”, dokuz öğrenci “alternatif bölümlü”, yirmi dört öğrenci “alternatif” düzeyde ve 5 öğrenci

“bilimsel bölümlü ve alternatif” düzeyde bulunmuştur. Son testte ise, on öğrenci “bilimsel bölümlü ve alternatif”, otuz altı öğrenci “bilimsel bölümlü” ve iki öğrenci “bilimsel” düzeyde kavramsal anlamaya sahiptir.

Öğretim öncesinde ve sonrasında kavram testinden elde edilen puanlar SPSS 16.0 programına girilmiş, puanlar arasındaki farklılık “parametrik olmayan testlerden Wilcoxon Signed Rank Test (Wilcoxon İşaretli sıralar testi)” kullanılarak incelenmiştir. İstatistiksel veri analizleri yardımıyla elde edilen sonuçlar Çizelge 5.14’te sunulmuştur.

Çizelge 5.14: Öğretim öncesi ve sonrası siyah cisim ışıması konusuna ait puanların Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi Sonuçları

Sontest-öntest	n	Sıra Ortalaması	Sıra Toplamı	z	p
Negatif sıra	5	3	17,50	-5,382*	,00
Pozitif sıra	36	23,43	843,50		
Eşit	7				

* negatif sıralar temeline dayalı

Analiz sonuçları öğrencilerin öğretim öncesi ve öğretim sonrası kavram testinde yer alan siyah cisim ışıması konusu ile ilgili aldıkları puanları arasında anlamlı bir fark olduğunu göstermektedir ($z=5,382$, $p<.05$) Fark puanlarının sıra ortalaması ve toplamları dikkate alındığında, gözlenen bu farkın pozitif sıralar, yani son test puanı lehine olduğu görülmektedir.

5.2.3 Fotoelektrik Olay Konusunda Öğrencilerin Kavramsal Anlama Düzeylerine Ait Bulgular

Bu bölümde öğrencilerin fotoelektrik olay konusunda kavramsal anlama düzeyine ilişkin bulgulara yer verilmiştir. Öğrencilerin kavramsal anlama düzeylerini gösteren puanlarına ait betimsel istatistikler Çizelge 5.15’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.15: Öğrencilerin kavramsal anlama düzeyleri

	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart sapma
Ön test	48	,00	2,00	,8542	,71428
Son test	48	,00	14,00	7,4375	3,47579

Çizelge 5.15’de görüldüğü gibi, öğrencilerin kavram testinde yer alan fotoelektrik olay konusuna ait sorulara verdikleri yanıtlardan elde edilen puanların aritmetik ortalaması öğretim öncesinde ,8542 iken öğretim sonrasında 7,4375 olduğu gözlenmektedir.

Çizelge 5.16’da ise öğrencilerinin uygulama öncesinde ve sonrasındaki kavramsal anlama düzeyleri gösterilmiştir.

Çizelge 5.16: Öğrencilerin Fotoelektrik Olay Konusuna Ait Kavramsal Anlama Düzeyleri

Öğrenci	Öğretim öncesi	Aldığı puan	Öğretim sonrası	Aldığı puan
Ö1	Kavramsal anlama yok	0	Kavramsal anlama yok	0
Ö2	Alternatif Bölümlü	1	Alternatif	2
Ö3	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3
Ö4	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3
Ö5	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel Bölümlü(5) ve Alternatif	7
Ö6	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(5)	13
Ö7	Kavramsal anlama yok	0	Bilimsel Bölümlü(5) ve Alternatif	7
Ö8	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel Bölümlü(5) ve Alternatif	7
Ö9	Alternatif Bölümlü	1	Alternatif	2
Ö10	Kavramsal anlama yok	0	Bilimsel Bölümlü(1)	9
Ö11	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel Bölümlü(2)	10
Ö12	Kavramsal anlama yok	0	Bilimsel Bölümlü(1)	9
Ö13	Kavramsal anlama yok	0	Bilimsel Bölümlü(2) ve Alternatif	4

Ö14	Kavramsal anlama yok	0	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3
Ö15	Kavramsal anlama yok	0	Bilimsel Bölümlü(2)	10
Ö16	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel Bölümlü(5) ve Alternatif	7
Ö17	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel Bölümlü(5) ve Alternatif	7
Ö18	Alternatif	2	Alternatif Bölümlü	1
Ö19	Kavramsal anlama yok	0	Bilimsel Bölümlü(4) ve Alternatif	6
Ö20	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(3) ve Alternatif	5
Ö21	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(2)	10
Ö22	Kavramsal anlama yok	0	Alternatif	2
Ö23	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel Bölümlü(3) ve Alternatif	5
Ö24	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel Bölümlü(4) ve Alternatif	6
Ö25	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel Bölümlü(2)	10
Ö26	Kavramsal anlama yok	0	Bilimsel Bölümlü(2)	10
Ö27	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel Bölümlü(2)	10
Ö28	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel Bölümlü(2)	10
Ö29	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3
Ö30	Kavramsal anlama yok	0	Bilimsel Bölümlü(2)	10
Ö31	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(2)	10
Ö32	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel Bölümlü(2)	10
Ö33	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel Bölümlü(2)	10
Ö34	Kavramsal anlama yok	0	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3
Ö35	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(5) ve Alternatif	7
Ö36	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel	14
Ö37	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel Bölümlü(4) ve Alternatif	6
Ö38	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel Bölümlü(2)	10
Ö39	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(2)	10
Ö40	Kavramsal anlama yok	0	Bilimsel Bölümlü(5) ve Alternatif	7

Ö41	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(5) ve Alternatif	7
Ö42	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(5) ve Alternatif	7
Ö43	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel Bölümlü(2)	10
Ö44	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel Bölümlü(1)	9
Ö45	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel Bölümlü(1)	9
Ö46	Kavramsal anlama yok	0	Bilimsel Bölümlü(3)	11
Ö47	Kavramsal anlama yok	0	Bilimsel	14
Ö48	Kavramsal anlama yok	0	Bilimsel Bölümlü(4)	12

Çizelge 5.16 ‘ya göre, ön testte on altı öğrencide “kavramsal anlama yok”, yirmi üç öğrenci “alternatif bölümlü”, on öğrenci “alternatif” düzeyde bulunmuştur. Son testte ise, bir öğrenci “alternatif bölümlü”, üç öğrenci “alternatif”, on dokuz öğrenci “bilimsel bölümlü ve alternatif”, yirmi iki öğrenci “bilimsel bölümlü” ve iki öğrenci “bilimsel” düzeyde kavramsal anlamaya sahiptir.

Öğretim öncesinde ve sonrasında kavram testinden elde edilen puanlar SPSS 16.0 programına girilmiş, puanlar arasındaki farklılık “parametrik olmayan testlerden Wilcoxon Signed Rank Test (Wilcoxon İşaretli sıralar testi)” kullanılarak incelenmiştir. İstatistiksel veri analizleri yardımıyla elde edilen sonuçlar Çizelge 5.17’de sunulmuştur.

Çizelge 5.17: Öğretim öncesi ve sonrası fotoelektrik olay konusuna ait puanların Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi Sonuçları

Sontest-öntest	n	Sıra Ortalaması	Sıra Toplamı	z	p
Negatif sıra	1	2,00	2,00	-5,958*	,00
Pozitif sıra	46	24,48	1126,00		
Eşit	1	-	-		

* negatif sıralar temeline dayalı

Analiz sonuçları öğrencilerin öğretim öncesi ve öğretim sonrası kavram testinde yer alan fotoelektrik olay konusu ile ilgili aldıkları puanları arasında anlamlı

bir fark olduğunu göstermektedir ($z=5,958$, $p<.05$) Fark puanlarının sıra ortalaması ve toplamları dikkate alındığında, gözlenen bu farkın pozitif sıralar, yani son test puanı lehine olduğu görülmektedir.

5.2.4 Atom Konusunda Öğrencilerin Kavramsal Anlama Düzeylerine Ait Bulgular

Bu bölümde öğrencilerin atom konusunda kavramsal anlama düzeyine ilişkin bulgulara yer verilmiştir. Öğrencilerin kavramsal anlama düzeylerini gösteren puanlarına ait betimsel istatistikler Çizelge 5.18’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.18: Öğrencilerin kavramsal anlama düzeyleri

	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart sapma
Ön test	48	,00	7,00	2,0625	1,74315
Son test	48	2,00	8,00	5,6458	1,91844

Çizelge 5.18’de görüldüğü gibi, öğrencilerin kavram testinde yer alan atom konusuna ait sorulara verdikleri yanıtlardan elde edilen puanların aritmetik ortalaması öğretim öncesinde 2,0625 iken öğretim sonrasında 5,6458 olduğu gözlenmektedir.

Çizelge 5.19’da ise öğrencilerinin uygulama öncesinde ve sonrasındaki kavramsal anlama düzeyleri gösterilmiştir.

Çizelge 5.19: Öğrencilerin atom konusuna ait kavramsal anlama düzeyleri

Öğren ci	Öğretim öncesi	Aldığı puan	Öğretim sonrası	Aldığı puan
Ö1	Alternatif	2	Bilimsel	8
Ö2	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3
Ö3	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel	8
Ö4	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(2)	7
Ö5	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel Bölümlü(1)	6
Ö6	Kavramsal Anlama Yok	0	Bilimsel Bölümlü(2)	7
Ö7	Bilimsel Bölümlü(2) ve Alternatif	4	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3

Ö8	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(2)	7
Ö9	Kavramsal Anlama Yok	0	Bilimsel Bölümlü(1)	6
Ö10	Kavramsal Anlama Yok	0	Alternatif	2
Ö11	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel Bölümlü(2)	7
Ö12	Bilimsel Bölümlü(2)	7	Bilimsel Bölümlü(2)	7
Ö13	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(2)	7
Ö14	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3
Ö15	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3
Ö16	Kavramsal Anlama Yok	0	Alternatif	2
Ö17	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3	Bilimsel Bölümlü(2)	7
Ö18	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(2) ve Alternatif	4
Ö19	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel Bölümlü(2) ve Alternatif	4
Ö20	Kavramsal Anlama Yok	0	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3
Ö21	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3
Ö22	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3	Bilimsel Bölümlü(2)	7
Ö23	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3	Bilimsel Bölümlü(2)	7
Ö24	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3	Bilimsel Bölümlü(1)	6
Ö25	Bilimsel Bölümlü(2) ve Alternatif	4	Bilimsel Bölümlü(2) ve Alternatif	4
Ö26	Kavramsal Anlama Yok	0	Bilimsel Bölümlü(1)	6
Ö27	Kavramsal Anlama Yok	0	Bilimsel Bölümlü(2) ve Alternatif	4
Ö28	Kavramsal Anlama Yok	0	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3
Ö29	Kavramsal Anlama Yok	0	Bilimsel Bölümlü(2) ve Alternatif	4
Ö30	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3	Bilimsel	8
Ö31	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3	Bilimsel	8
Ö32	Kavramsal Anlama Yok	0	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3
Ö33	Bilimsel Bölümlü(2) ve	4	Bilimsel	8

	Alternatif			
Ö34	Bilimsel Bölümlü(2) ve Alternatif	4	Bilimsel Bölümlü(2)	7
Ö35	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3	Bilimsel Bölümlü(2)	7
Ö36	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3	Bilimsel Bölümlü(1)	6
Ö37	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3	Bilimsel Bölümlü(1)	6
Ö38	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3	Bilimsel Bölümlü(2)	7
Ö39	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(2)	7
Ö40	Bilimsel Bölümlü(2)	7	Bilimsel Bölümlü(2)	7
Ö41	Bilimsel Bölümlü(2) ve Alternatif	4	Alternatif	2
Ö42	Bilimsel Bölümlü(2) ve Alternatif	4	Bilimsel Bölümlü(2)	7
Ö43	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(2)	7
Ö44	Kavramsal Anlama Yok	0	Bilimsel Bölümlü(2)	7
Ö45	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(1)	6
Ö46	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3	Bilimsel Bölümlü(2)	7
Ö47	Kavramsal Anlama Yok	0	Bilimsel Bölümlü(2)	7
Ö48	Kavramsal Anlama Yok	0	Bilimsel Bölümlü(1)	6

Çizelge 5.19'a göre, ön testte on üç öğrencide “kavramsal anlama yok”, beş öğrenci “alternatif bölümlü”, on öğrenci “alternatif”, on sekiz öğrenci “bilimsel bölümlü ve alternatif” ve iki öğrenci “bilimsel bölümlü” düzeyde bulunmuştur. Son testte ise, üç öğrenci “alternatif”, on üç öğrenci “bilimsel bölümlü ve alternatif”, yirmi üç öğrenci “bilimsel bölümlü” ve beş öğrenci “bilimsel” düzeyde kavramsal anlamaya sahiptir.

Öğretim öncesinde ve sonrasında kavram testinden elde edilen puanlar SPSS 16.0 programına girilmiş, puanlar arasındaki farklılık “parametrik olmayan testlerden Wilcoxon Signed Rank Test (Wilcoxon İşaretili sıralar testi)” kullanarak incelenmiştir. İstatistiksel veri analizleri yardımıyla elde edilen sonuçlar Çizelge 5.20’de sunulmuştur.

Çizelge 5.20: Öğretim öncesi ve sonrası atom konusuna ait puanların Wilcoxon İşaretili Sıralar Testi Sonuçları

Sontest-öntest	n	Sıra Ortalaması	Sıra Toplamı	z	p
Negatif sıra	2	4,00	8,00	-5,704*	,00
Pozitif sıra	42	23,38	982,00		
Eşit	4	-	-		

* negatif sıralar temeline dayalı

Analiz sonuçları öğrencilerin öğretim öncesi ve öğretim sonrası kavram testinde yer alan atom konusu ile ilgili aldıkları puanları arasında anlamlı bir fark olduğunu göstermektedir ($z=5,704$, $p<.05$) Fark puanlarının sıra ortalaması ve toplamı dikkate alındığında, gözlenen bu farkın pozitif sıralar, yani son test puanı lehine olduğu görülmektedir.

5.2.5 Işık Konusunda Öğrencilerin Kavramsal Anlama Düzeylerine Ait Bulgular

Bu bölümde öğrencilerin ışık konusunda kavramsal anlama düzeyine ilişkin bulgulara yer verilmiştir. Öğrencilerin kavramsal anlama düzeylerini gösteren puanlarına ait betimsel istatistikler Çizelge 5.21' de gösterilmiştir.

Çizelge 5.21: Öğrencilerin kavramsal anlama düzeyleri

	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart sapma
Ön test	48	,00	7,00	2,6875	1,51806
Son test	48	4,00	10,00	7,0833	2,04037

Çizelge 5.21' de görüldüğü gibi, öğrencilerin kavram testinde yer alan ışık konusuna ait sorulara verdikleri yanıtlardan elde edilen puanların aritmetik ortalaması öğretim öncesinde 2,6875 iken öğretim sonrasında 7,0833 olduğu gözlenmektedir. Çizelge 5.22'de ise öğrencilerinin uygulama öncesinde ve sonrasındaki kavramsal anlama düzeyleri gösterilmiştir.

Çizelge 5.22: Öğrencilerin Işık Konusuna Ait Kavramsal Anlama Düzeyleri

Öğrenci	Öğretim öncesi	Aldığı puan	Öğretim sonrası	Aldığı puan
Ö1	Kavramsal anlama yok	0	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	9
Ö2	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel Bölümlü(2) ve Alternatif	4
Ö3	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3	Bilimsel Bölümlü(1)	7
Ö4	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(3)	9
Ö5	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3	Bilimsel	10
Ö6	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3	Bilimsel Bölümlü(1)	7
Ö7	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel Bölümlü(1)	7
Ö8	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3	Bilimsel Bölümlü(2)	8
Ö9	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel Bölümlü(2)	8
Ö10	Bilimsel Bölümlü(1)	7	Bilimsel Bölümlü(2)	8
Ö11	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(3)	9
Ö12	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3	Bilimsel Bölümlü(2)	8
Ö13	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel	10
Ö14	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel Bölümlü(3)	9
Ö15	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3	Bilimsel Bölümlü(1)	7
Ö16	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(3)	9
Ö17	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3	Bilimsel Bölümlü(3)	9
Ö18	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(2)	8
Ö19	Bilimsel Bölümlü(1)	7	Bilimsel Bölümlü(2)	8
Ö20	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3	Bilimsel Bölümlü(3) ve Alternatif	5
Ö21	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3	Bilimsel Bölümlü(2) ve Alternatif	4
Ö22	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3	Bilimsel Bölümlü(2) ve Alternatif	4
Ö23	Bilimsel Bölümlü(2) ve Alternatif	4	Bilimsel Bölümlü(2) ve Alternatif	4
Ö24	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3	Bilimsel Bölümlü(2)	8
Ö25	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(3) ve Alternatif	5

Ö26	Bilimsel Bölümlü(2) ve Alternatif	4	Bilimsel Bölümlü(3) ve Alternatif	5
Ö27	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3	Bilimsel ve Alternatif	6
Ö28	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3	Bilimsel Bölümlü(2)	8
Ö29	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel Bölümlü(3) ve Alternatif	5
Ö30	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3	Bilimsel Bölümlü(1)	7
Ö31	Bilimsel Bölümlü(1)	7	Bilimsel Bölümlü(3) ve Alternatif	5
Ö32	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(2) ve Alternatif	4
Ö33	Bilimsel Bölümlü(2) ve Alternatif	4	Bilimsel Bölümlü(2) ve Alternatif	4
Ö34	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel Bölümlü(3) ve Alternatif	5
Ö35	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3	Bilimsel Bölümlü(3) ve Alternatif	5
Ö36	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3	Bilimsel Bölümlü(2) ve Alternatif	4
Ö37	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel Bölümlü(1)	7
Ö38	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3	Bilimsel Bölümlü(3)	9
Ö39	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3	Bilimsel Bölümlü(3)	9
Ö40	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3	Bilimsel ve Alternatif	6
Ö41	Bilimsel Bölümlü(2) ve Alternatif	4	Bilimsel Bölümlü(3)	9
Ö42	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel Bölümlü(1)	7
Ö43	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(2)	8
Ö44	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3	Bilimsel	10
Ö45	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel	10
Ö46	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3	Bilimsel Bölümlü(3)	9
Ö47	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel	10
Ö48	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3	Bilimsel Bölümlü(2) ve Alternatif	4

Çizelge 5.22 'ye göre, ön testte bir öğrencide “kavramsal anlama yok”, on bir öğrenci “alternatif bölümlü”, yedi öğrenci “alternatif”, yirmi altı öğrenci “bilimsel bölümlü ve alternatif” ve üç öğrenci “bilimsel bölümlü” düzeyde bulunmuştur. Son testte ise, on beş öğrenci “bilimsel bölümlü ve alternatif”, iki öğrenci “bilimsel ve alternatif”, yirmi altı öğrenci “bilimsel bölümlü” ve beş öğrenci “bilimsel” düzeyde kavramsal anlamaya sahiptir.

Öğretim öncesinde ve sonrasında kavram testinden elde edilen puanlar SPSS 16.0 programına girilmiş, puanlar arasındaki farklılık “parametrik olmayan testlerden Wilcoxon Signed Rank Test (Wilcoxon İşaretili sıralar testi)” kullanılarak incelenmiştir. İstatistiksel veri analizleri yardımıyla elde edilen sonuçlar Çizelge 5.23'te sunulmuştur.

Çizelge 5.23: Öğretim öncesi ve sonrası ışık konusuna ait puanların Wilcoxon İşaretili Sıralar Testi Sonuçları

Sontest-öntest	n	Sıra Ortalaması	Sıra Toplamı	z	p
Negatif sıra	1	9,50	9,50	-5,813*	,00
Pozitif sıra	45	23,81	1071,50		
Eşit	2	-	-		

*negatif sıralar temeline dayalı

Analiz sonuçları öğrencilerin öğretim öncesi ve öğretim sonrası kavram testinde yer alan ışık konusu ile ilgili aldıkları puanları arasında anlamlı bir fark olduğunu göstermektedir ($z=5,813$, $p<.05$). Fark puanlarının sıra ortalaması ve toplamları dikkate alındığında, gözlenen bu farkın pozitif sıralar, yani son test puanı lehine olduğu görülmektedir.

5.2.6 de Broglie; Madde Dalgaları Konusunda Öğrencilerin Kavramsal Anlama Düzeylerine Ait Bulgular

Bu bölümde öğrencilerin de broglie; madde dalgaları konusunda kavramsal anlama düzeyine ilişkin bulgulara yer verilmiştir. Öğrencilerin kavramsal anlama düzeylerini gösteren puanlarına ait betimsel istatistikler Çizelge 5.24'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.24: Öğrencilerin kavramsal anlama düzeyleri

	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart sapma
Ön test	48	,00	6,00	2,8125	2,14035
Son test	48	1,00	8,00	6,1458	1,90173

Çizelge 5.24'te görüldüğü gibi, öğrencilerin kavram testinde yer alan de broglie; madde dalgaları konusuna ait sorulara verdikleri yanıtlardan elde edilen puanların aritmetik ortalaması öğretim öncesinde 2,8125 iken öğretim sonrasında 6,1458 olduğu gözlenmektedir.

Çizelge 5.25'te ise öğrencilerinin uygulama öncesinde ve sonrasındaki kavramsal anlama düzeyleri gösterilmiştir.

Çizelge 5.25: Öğrencilerin de broglie; madde dalgaları Konusuna Ait Kavramsal Anlama Düzeyleri

Öğrenci	Öğretim öncesi	Aldığı puan	Öğretim sonrası	Aldığı puan
Ö1	Kavramsal Anlama Yok	0	Bilimsel Bölümlü(1)	6
Ö2	Bilimsel Bölümlü(1)	6	Bilimsel Bölümlü(1)	6
Ö3	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel Bölümlü(2)	7
Ö4	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(1)	6
Ö5	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3
Ö6	Bilimsel Bölümlü(1)	6	Bilimsel Bölümlü(2)	7
Ö7	Alternatif	2	Bilimsel	8
Ö8	Kavramsal Anlama Yok	0	Bilimsel Bölümlü(2)	7
Ö9	Kavramsal Anlama Yok	0	Bilimsel Bölümlü(2)	7
Ö10	Kavramsal Anlama Yok	0	Bilimsel Bölümlü(1)	6
Ö11	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel Bölümlü(2)	7
Ö12	Bilimsel Bölümlü(1)	6	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3
Ö13	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3	Bilimsel Bölümlü(1)	6
Ö14	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(1)	6
Ö15	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(1)	6
Ö16	Bilimsel Bölümlü(1)	6	Bilimsel Bölümlü(2)	7
Ö17	Bilimsel Bölümlü(1)	6	Bilimsel	8
Ö18	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3
Ö19	Kavramsal Anlama Yok	0	Bilimsel Bölümlü(2)	7

Ö20	Bilimsel Bölümlü(1)	6	Bilimsel Bölümlü(2)	7
Ö21	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3	Bilimsel Bölümlü(2)	7
Ö22	Alternatif Bölümlü	1	Alternatif Bölümlü	1
Ö23	Kavramsal Anlama Yok	0	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3
Ö24	Bilimsel Bölümlü(1)	6	Bilimsel Bölümlü(2)	7
Ö25	Bilimsel Bölümlü(1)	6	Bilimsel Bölümlü(1)	6
Ö26	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3
Ö27	Alternatif	2	Alternatif Bölümlü	1
Ö28	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3
Ö29	Bilimsel Bölümlü(1)	6	Bilimsel Bölümlü(2)	7
Ö30	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(1)	6
Ö31	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3	Bilimsel Bölümlü(2)	7
Ö32	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(2)	7
Ö33	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3	Bilimsel Bölümlü(2)	7
Ö34	Bilimsel Bölümlü(1)	6	Bilimsel	8
Ö35	Kavramsal Anlama Yok	0	Bilimsel Bölümlü(1)	6
Ö36	Bilimsel Bölümlü(1)	6	Bilimsel Bölümlü(2)	7
Ö37	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(2)	7
Ö38	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(2)	7
Ö39	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3
Ö40	Bilimsel Bölümlü(1)	6	Bilimsel	8
Ö41	Bilimsel Bölümlü(1)	6	Bilimsel	8
Ö42	Alternatif	2	Bilimsel	8
Ö43	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3	Bilimsel	8
Ö44	Alternatif	2	Bilimsel	8
Ö45	Alternatif	2	Bilimsel	8
Ö46	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel	8
Ö47	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(2)	7
Ö48	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(1)	6

Çizelge 5.25'e göre, ön testte bir öğrencide “kavramsal anlama yok”, on bir öğrenci “alternatif bölümlü”, yedi öğrenci “alternatif”, yirmi altı öğrenci “bilimsel bölümlü ve alternatif” ve üç öğrenci “bilimsel bölümlü” düzeyde bulunmuştur. Son testte ise, on beş öğrenci “bilimsel bölümlü ve alternatif”, iki öğrenci “bilimsel ve

alternatif”, yirmi altı öğrenci “bilimsel bölümlü” ve beş öğrenci “bilimsel” düzeyde kavramsal anlamaya sahiptir.

Öğretim öncesinde ve sonrasında kavram testinden elde edilen puanlar SPSS 16.0 programına girilmiş, puanlar arasındaki farklılık “parametrik olmayan testlerden Wilcoxon Signed Rank Test (Wilcoxon İşaretli sıralar testi)” kullanılarak incelenmiştir. İstatistiksel veri analizleri yardımıyla elde edilen sonuçlar Çizelge 5.26’da sunulmuştur.

Çizelge 5.26 Öğretim öncesi ve sonrası de broglie; madde dalgaları konusuna ait puanların Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi Sonuçları

Sontest-öntest	n	Sıra Ortalaması	Sıra Toplamı	z	p
Negatif sıra	2	11,25	22,50	-5,534*	,00
Pozitif sıra	42	23,04	967,50		
Eşit	4				

*negatif sıralar temeline dayalı

Analiz sonuçları öğrencilerin öğretim öncesi ve öğretim sonrası kavram testinde yer alan de broglie; madde dalgaları konusu ile ilgili aldıkları puanları arasında anlamlı bir fark olduğunu göstermektedir ($z=5,534$, $p<.05$). Fark puanlarının sıra ortalaması ve toplamları dikkate alındığında, gözlenen bu farkın pozitif sıralar, yani son test puanı lehine olduğu görülmektedir.

5.2.7 Belirsizlik İlkesi Konusunda Öğrencilerin Kavramsal Anlama Düzeylerine Ait Bulgular

Bu bölümde öğrencilerin belirsizlik ilkesi konusunda kavramsal anlama düzeyine ilişkin bulgulara yer verilmiştir. Öğrencilerin kavramsal anlama düzeylerini gösteren puanlarına ait betimsel istatistikler Çizelge 5.27’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.27: Öğrencilerin kavramsal anlama düzeyleri

	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart sapma
Ön test	48	,00	3,00	1,7083	,79783
Son test	48	3,00	12,00	6,9375	3,18511

Çizelge 5.27’de görüldüğü gibi, öğrencilerin kavram testinde yer alan belirsizlik ilkesi konusuna ait sorulara verdikleri yanıtlardan elde edilen puanların aritmetik ortalaması öğretim öncesinde 1,7083 iken öğretim sonrasında 6,9375 olduğu gözlenmektedir.

Çizelge 5.28’de ise öğrencilerinin uygulama öncesinde ve sonrasındaki kavramsal anlama düzeyleri gösterilmiştir.

Çizelge 5.28: Öğrencilerin belirsizlik ilkesi Konusuna Ait Kavramsal Anlama Düzeyleri

Öğrenci	Öğretim öncesi	Aldığı puan	Öğretim sonrası	Aldığı puan
Ö1	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel Bölümlü(3) ve Alternatif	5
Ö2	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3
Ö3	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3
Ö4	Kavramsal Anlama Yok	0	Bilimsel Bölümlü(2) ve Alternatif	4
Ö5	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(2) ve Alternatif	4
Ö6	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(3)	10
Ö7	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3
Ö8	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3
Ö9	Kavramsal Anlama Yok	0	Bilimsel Bölümlü(2)	9
Ö10	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(2) ve Alternatif	4
Ö11	Kavramsal Anlama Yok	0	Bilimsel Bölümlü(3)	10
Ö12	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3
Ö13	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel Bölümlü(4)	11
Ö14	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel Bölümlü(4)	11
Ö15	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel Bölümlü(3) ve Alternatif	5
Ö16	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(2)	6
Ö17	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(3)	10
Ö18	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel Bölümlü(3) ve	5

			Alternatif	
Ö19	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3
Ö20	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel Bölümlü(2)	9
Ö21	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(2) ve Alternatif	4
Ö22	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(2)	9
Ö23	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(2)	9
Ö24	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3
Ö25	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(2) ve Alternatif	4
Ö26	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(2) ve Alternatif	4
Ö27	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3
Ö28	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3
Ö29	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3
Ö30	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel Bölümlü(1)	8
Ö31	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3
Ö32	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3	Bilimsel Bölümlü(2) ve Alternatif	4
Ö33	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3	Bilimsel Bölümlü(2)	9
Ö34	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel Bölümlü(2)	9
Ö35	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel Bölümlü(2)	9
Ö36	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3	Bilimsel Bölümlü(4)	11
Ö37	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(2) ve Alternatif	4
Ö38	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3	Bilimsel Bölümlü(3)	10
Ö39	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel Bölümlü(2)	9
Ö40	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(4)	11
Ö41	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3	Bilimsel Bölümlü(4)	11
Ö42	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel Bölümlü(3)	10
Ö43	Bilimsel Bölümlü(1) ve Alternatif	3	Bilimsel Bölümlü(2)	9
Ö44	Bilimsel Bölümlü(1)	3	Bilimsel Bölümlü(3)	10

	ve Alternatif			
Ö45	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(3)	10
Ö46	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(3)	10
Ö47	Alternatif Bölümlü	1	Bilimsel	12
Ö48	Alternatif	2	Bilimsel Bölümlü(3)	10

Çizelge 5.28'e göre, ön testte bir öğrencide “kavramsal anlama yok”, on bir öğrenci “alternatif bölümlü”, yedi öğrenci “alternatif”, yirmi altı öğrenci “bilimsel bölümlü ve alternatif” ve üç öğrenci “bilimsel bölümlü” düzeyde bulunmuştur. Son testte ise, on beş öğrenci “bilimsel bölümlü ve alternatif”, iki öğrenci “bilimsel ve alternatif”, yirmi altı öğrenci “bilimsel bölümlü” ve beş öğrenci “bilimsel” düzeyde kavramsal anlamaya sahiptir.

Öğretim öncesinde ve sonrasında kavram testinden elde edilen puanlar SPSS 16.0 programına girilmiş, puanlar arasındaki farklılık “parametrik olmayan testlerden Wilcoxon Signed Rank Test (Wilcoxon İşaretli sıralar testi)” kullanarak incelenmiştir. İstatistiksel veri analizleri yardımıyla elde edilen sonuçlar Çizelge 5.29'da sunulmuştur.

Çizelge 5.29: Öğretim öncesi ve sonrası belirsizlik ilkesi konusuna ait puanların Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi Sonuçları

Sontest-öntest	n	Sıra Ortalaması	Sıra Toplamı	z	p
Negatif sıra	0	,00	,00	-6,054*	,00
Pozitif sıra	48	24,50	1176,00		
Eşit	0				

*negatif sıralar temeline dayalı

Analiz sonuçları öğrencilerin öğretim öncesi ve öğretim sonrası kavram testinde yer alan de belirsizlik ilkesi konusu ile ilgili aldıkları puanları arasında anlamlı bir fark olduğunu göstermektedir ($z=6,054$, $p<.05$). Fark puanlarının sıra ortalaması ve toplamı dikkate alındığında, gözlenen bu farkın pozitif sıralar, yani son test puanı lehine olduğu görülmektedir.

5.2.8 Kavram Testinin Genel Değerlendirilmesi

Bu bölümde öğrencilerin kavram testinin genel değerlendirilmesine ilişkin bulgulara yer verilmiştir.

Değerlendirme sonucunda, kavram testinde yer alan sorular için elde edilen puan değerleri Çizelge 5.30'da verilmiştir.

Çizelge 5.30: Kavram testinde yer alan soruların ortalama puan değerleri

Konu	X (Öğretim Öncesi)	X (Öğretim Sonrası)
Kuantum fiziğine giriş (1-2-3)	1,5000	9,1042
Siyah cisim ışıması (4)	2,3750	6,1250
Fotoelektrik olay (5-6)	,8542	7,4375
Atom (7)	2,0625	5,6458
Işık (8-9-10)	2,6875	7,0833
Madde dalgaları (11)	2,8125	6,1458
Heisenberg belirsizlik ilkesi (12-13-14)	1,7083	6,9375

Öğretim öncesinde ve sonrasında kavram testinden elde edilen puanlar SPSS 16.0 programına girilmiş, puanlar arasındaki farklılık “parametrik olmayan testlerden Wilcoxon Signed Rank Test (Wilcoxon İşaretili sıralar testi)” kullanılarak incelenmiştir. İstatistiksel veri analizleri yardımıyla elde edilen sonuçlar Çizelge 5.31’de sunulmuştur.

Çizelge 5.31: Öğretim öncesi ve sonrası Kavram testi puanlarının Wilcoxon İşaretili Sıralar Testi Sonuçları

Sontest-öntest	n	Sıra Ortalaması	Sıra Toplamı	z	p
Negatif sıra	0	,00	,00	-6,033*	,00
Pozitif sıra	48	24,50	1176,00		
Eşit	0	-	-		

* negatif sıralar temeline dayalı

Analiz sonuçları öğrencilerin öğretim öncesi ve öğretim sonrası kavram testinden aldıkları puanları arasında anlamlı bir fark olduğunu göstermektedir ($z=6,033$, $p<.05$) Fark puanlarının sıra ortalaması ve toplamları dikkate alındığında, gözlenen bu farkın pozitif sıralar, yani son test puanı lehine olduğu görülmektedir.

5.2.9 Kuantum Olgu Anketinin Değerlendirilmesine Ait Bulgular

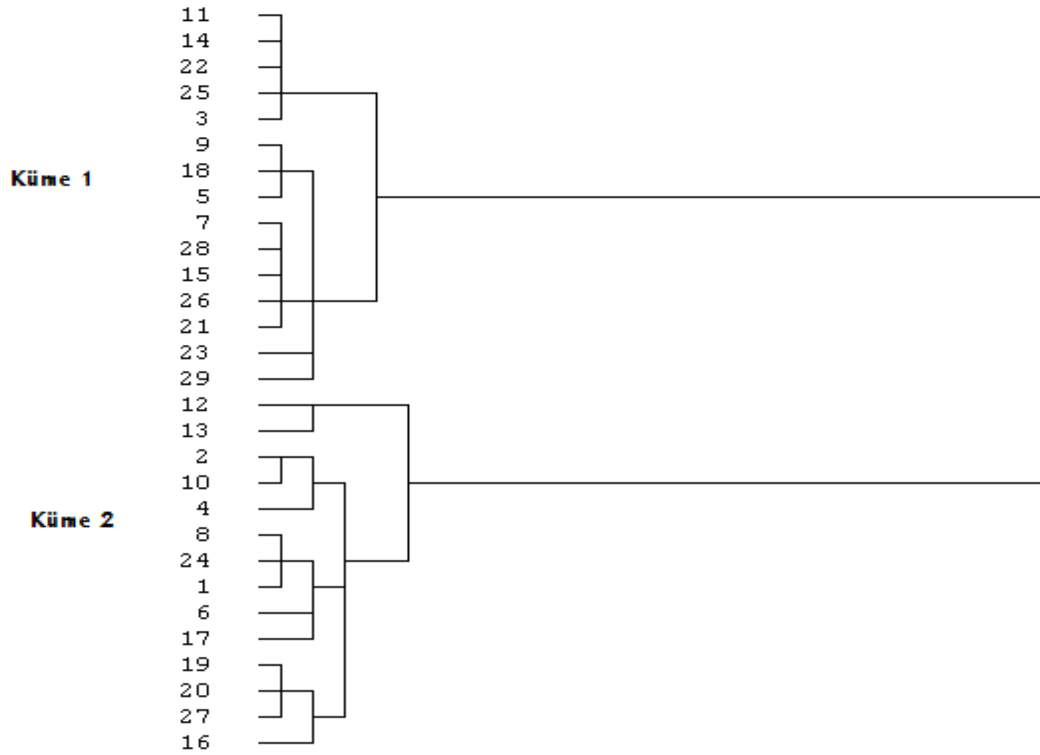
Öğretim öncesinde uygulanan kuantum olgu anketinin kümeleme analizi sonucunda 2 ayrı küme olduğu gözlenmiştir (Şekil 5.1). Şekil 5.1 incelendiğinde küme 1'in "Bir atomun enerjisi herhangi bir değerde olabilir./ Foton elektromanyetik alandan transfer edilen ya da oraya taşınan bir enerji paketidir./ Elektronlar dalgadır./ Foton çok küçük ve küresel bir parçacıktır." şeklinde ifadeler içerdiği gözlenmiştir. Küme 2 ise; "Bir elektronun görsel bir şeklinin olması mümkündür./ Atomun yapısı, güneş sistemiyle benzerlik gösterir./ Işık her zaman dalga gibi davranır./ Elektronlar her zaman bir parçacık gibi davranırlar." şeklinde olduğu gözlenmiştir.

Öğretim öncesinde tespit edilen kümeler ve içerikleri Çizelge 5.32'de verilmiştir.

Çizelge 5.32: Öğretim öncesinde tespit edilen kümeler ve içerikleri

Küme 1	
11	Elektronlar dalgadır.
14	Elektronlar, çekirdek etrafında dalgalı yörüngeler boyunca hareket ederler.
22	Elektronlar çekirdek etrafında belli bir bölgede ya da belli bir mesafede rastgele hareket ederler.
25	Atomdan ışık yayılma sürecince, elektronlar bir enerji seviyesinden diğerine geçtiğinden sabit bir yol izlerler.
3	Bir atomun enerjisi herhangi bir değerde olabilir.
9	Bir yarıktan geçen elektronlar düz çizgiler boyunca hareket etmeye devam ederler.
18	Tek bir fotonun kendi kendisiyle yapıcı ve yıkıcı bir girişim yapması mümkündür.
5	Colomb'un kanunu, Elektromanyetizma ve Newton mekaniği atomun neden kararlı olduğunu açıklayamıyor.
7	Bir atom görsel olarak canlandırılmaz.
28	Elektronların yörüngeleri tam olarak belirlenemez.

15	Foton elektromanyetik alandan transfer edilen ya da oraya taşınan bir enerji paketidir.
26	Bireysel elektronlar dar bir aralığa doğru fırlatılır. Diğer tarafta ise fotoğraflık bir plak vardır. Elektronlar plağa bir bir çarpar ve aşamalı olarak kırınım saçaklarını oluştururlar.
21	Bir elektron demetinin kırınım saçakları oluşturması, elektronların yapıcı ya da yıkıcı girişim yapmalarındandır.
23	Elektronu bir parçacık ya da dalga olarak adlandırmak, yürütülen deneyin özelliğine bağlıdır.
29	Foton çok küçük ve küresel bir parçacıktır.
Küme 2	
12	Bir elektron bir foton yayarak yüksek yörüngeden daha düşük bir yörüneye atladığında, iki yörünge arasında herhangi bir noktaya uğramaz
13	Işığın doğasının ne olduğu yürütülmekte olan deneye bağlıdır.
2	Bir elektronun görsel bir şeklinin olması mümkündür.
10	Fotonlar bir çeşit enerji parçacığdır.
4	Atom; elektronun hareketi ile çekici bir elektriksel kuvvet arasındaki dengeden dolayı kararlıdır.
8	Işık her zaman dalga gibi davranır.
24	Eğer bir kap birkaç gaz molekülü içeriyorsa ve o andaki pozisyon ve hızlarını biliyorsak, o zaman Newton mekaniğini kullanarak zaman içerisinde nasıl hareket edeceklerini tahmin edebiliriz.
1	Atomun yapısı, güneş sistemiyle benzerlik gösterir.
6	Elektronlar her zaman bir parçacık gibi davranırlar.
17	Elektronlar çok küçük ve hızlı hareket ettiklerinden dolayı, hiç kimse çekirdek etrafındaki yerlerini bilemez.
19	Elektronlar özdeş olduğundan onları ayırt etmek güçtür.
20	Elektronlar çekirdek etrafında belirli yörüngelerde yüksek hızlarla hareket ederler.
27	Elektronlar kendi kabuklarında yerleşmişlerdir.
16	Elektronlar çekirdeği çevreleyen yüklü toz bulutundan oluşur.



Şekil 5.1: Öğretim öncesi kuantum olgu anketine ait ağaç grafiği

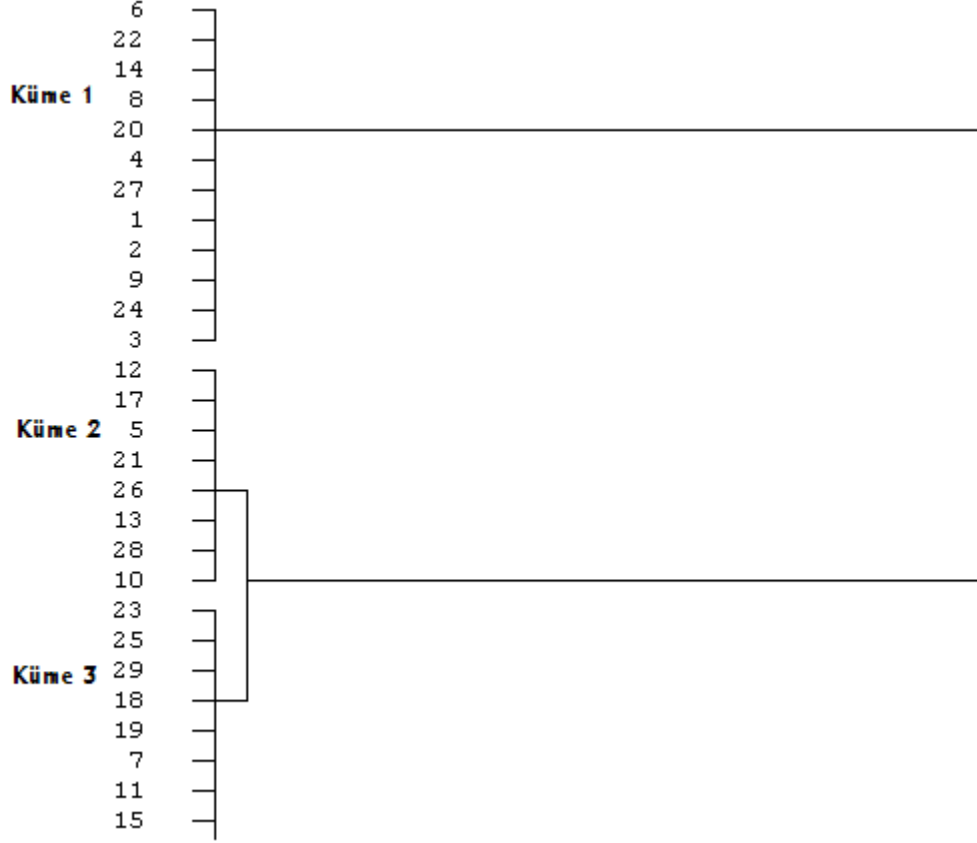
Öğretim sonrasında ise, uygulanan kuantum olgu anketinin kümeleme analizi sonucunda 3 ayrı küme olduğu gözlenmiştir (Şekil 5.2). Şekil 5.2 incelendiğinde küme 1'in "Elektronlar her zaman bir parçacık gibi davranırlar./ Işık her zaman dalga gibi davranır./ Atomun yapısı, güneş sistemiyle benzerlik gösterir." şeklinde ifadeler içerdiği gözlenmiştir. Küme 2 ise; "Bir elektron bir foton yayarak yüksek yörüngeden daha düşük bir yörüngeye atladığında, iki yörünge arasında herhangi bir noktaya uğramaz./ Işığın doğasının ne olduğu yürütülmekte olan deneye bağlıdır./ Fotonlar bir çeşit enerji parçacığdır." şeklinde olduğu gözlenmiştir. Küme 3 ise; "Elektronu bir parçacık ya da dalga olarak adlandırmak, yürütülen deneyin özelliğine bağlıdır./ Foton çok küçük ve küresel bir parçacıktır." şeklinde ifadeler içermektedir.

Öğretim sonrasında tespit edilen kümeler ve içerikleri Çizelge 5.33'te verilmiştir.

Çizelge 5.33: Öğretim sonrasında tespit edilen kümeler ve içerikleri

Küme 1	
6	Elektronlar her zaman bir parçacık gibi davranırlar.
22	Elektronlar çekirdek etrafında belli bir bölgede ya da belli bir mesafede rastgele hareket ederler.
14	Elektronlar, çekirdek etrafında dalgalı yörüngeler boyunca hareket ederler.
8	Işık her zaman dalga gibi davranır.
20	Elektronlar çekirdek etrafında belirli yörüngelerde yüksek hızlarla hareket ederler.
4	Atom; elektronun hareketi ile çekici bir elektriksel kuvvet arasındaki dengeden dolayı kararlıdır.
27	Elektronlar kendi kabuklarında yerleşmişlerdir.
1	Atomun yapısı, güneş sistemiyle benzerlik gösterir.
2	Bir elektronun görsel bir şeklinin olması mümkündür.
9	Bir yarıktan geçen elektronlar düz çizgiler boyunca hareket etmeye devam ederler.
24	Eğer bir kap birkaç gaz molekülü içeriyorsa ve o andaki pozisyon ve hızlarını biliyorsak, o zaman Newton mekaniğini kullanarak zaman içerisinde nasıl hareket edeceklerini tahmin edebiliriz.
3	Bir atomun enerjisi herhangi bir değerde olabilir.
Küme 2	
12	Bir elektron bir foton yayarak yüksek yörüngeden daha düşük bir yörüngeye atladığında, iki yörünge arasında herhangi bir noktaya uğramaz
17	Elektronlar çok küçük ve hızlı hareket ettiklerinden dolayı, hiç kimse çekirdek etrafındaki yerlerini bilemez.
5	Colomb'un kanunu, Elektromanyetizma ve Newton mekaniği atomun neden kararlı olduğunu açıklayamıyor.
21	Bir elektron demetinin kırınım saçakları oluşturması, elektronların yapıcı ya da yıkıcı girişim yapmalarındandır.
26	Bireysel elektronlar dar bir aralığa doğru fırlatılır. Diğer tarafta ise fotoğraflık bir plak vardır. Elektronlar plağa bir bir çarpar ve aşamalı olarak kırınım saçaklarını oluştururlar.
13	Işığın doğasının ne olduğu yürütülmekte olan deneye bağlıdır.
28	Elektronların yörüngeleri tam olarak belirlenemez.
10	Fotonlar bir çeşit enerji parçacığdır.
Küme 3	
23	Elektronu bir parçacık ya da dalga olarak adlandırmak, yürütülen deneyin özelliğine bağlıdır.
25	Atomdan ışık yayılma sürecince, elektronlar bir enerji seviyesinden diğerine geçtiğinden sabit bir yol izlerler.
29	Foton çok küçük ve küresel bir parçacıktır.

18	Tek bir fotonun kendi kendisiyle yapıcı ve yıkıcı bir girişim yapması mümkündür.
19	Elektronlar özdeş olduğundan onları ayırt etmek güçtür.
7	Bir atom görsel olarak canlandırılmaz.
11	Elektronlar dalgadır.
15	Foton elektromanyetik alandan transfer edilen ya da oraya taşınan bir enerji paketidir.
16	Elektronlar çekirdeği çevreleyen yüklü toz bulutundan oluşur.



Şekil 5.2: Öğretim sonrası kuantum olgu anketine ait ağaç grafiği

Şekil 5.2 genel olarak incelendiğinde öğretim sonrasında küme 1'in daha çok klasik fiziğe ait ifadeler içerdiği, küme 2'nin hem klasik hem kuantum fiziğine ait ifadeler içerdiği, küme 3'ün ise daha çok kuantum fiziğine ait ifadeler içerdiği gözlenmektedir.

5.3 Beşinci Alt Probleme İlişkin Bulgular

Bu kısımda beşinci alt problem olarak; “Kavramsal değişim süreci nasıl gerçekleşmektedir?” sorusuna yanıt aranmıştır. Bu bölümün verileri Ö38 ve Ö39’dan oluşan iki kişilik öğrenci grubundan elde edilmiştir. Bu öğrencilerden Ö38’in kavramsal değişim süreci ele alınmıştır. Ö38’e ait ders içi kamera ve ses kayıtları, ön ve son görüşme kayıtları, kavram testi ve olgu anketi ön test ve son test verilerinin analizinden elde edilen bulgular ışığında kavramsal değişim süreci incelenecektir. Kavramsal değişimin incelenmesi, “Kuantum Fiziğine giriş, Siyah Cisim Işıması, Fotoelektrik olay, Atomların Kararlılığı, de Broglie; madde dalgaları, Heisenberg Belirsizlik İlkesi” olmak üzere 6 başlık altında sunulmaktadır.

5.3.1 Kuantum Fiziğine Giriş

Kuantum fiziğine giriş konusu çerçevesinde yapılan öğretim 2 ders saati sürmektedir. Bulgular, öğretim etkinlikleri boyunca izlenen grubun öğrencilerinden Ö38’in öğretim sırasında kuantum fiziği ile klasik fizik ayrımı konusunda kavramsal bir değişim gösterdiğini ortaya koymaktadır. Çizelge 5.34’te de görüldüğü gibi, Ö38, öğretim öncesinde konuya ilişkin alternatif kavramlar ortaya koyarken, öğretim sonrasında kavramları bilimsel bölümlü olarak doğru kabul edilebilecek şekilde kullanmaktadır.

Çizelge 5.34: Kavramsal durum kategorileri

	<u>Öğretim öncesi</u>	<u>Öğretim sonrası</u>
Ö38	Alternatif Bölümlü (<i>ALT. ALGI</i>) (<i>ALT. BAŞKA</i>) (<i>ALT. GÖRELİLİK</i>)	Bilimsel Bölümlü (<i>BİL. TEMEL</i>) (<i>BİL. PLANCK</i>) (<i>BİL. KFİZİK</i>)

Ö38’in öğretim öncesinde uygulanan öntestte “*Kuantum fiziği maddelerin taneciklerinin hareketli olduğunu ve uygun ortamda cismin birden çok yerde bulunabileceğini vurgular (ALT. BAŞKA). Zamanın bir yanılısama olduğunu vurgular (ALT. ALGI)./ kuantum fiziği ile klasik fizik arasında fark vardır. Maddenin aynı anda iki yerde bulunması, ışık hızında kütlelerinin değişmesi (ALT. GÖRELİLİK)/ Kuantum fiziği ile ilgili temel kavramlar hız, zaman yanılısaması,*

kütle, ortam.” düşüncesine sahip olduğu görülmektedir. Öğrenci ile yapılan öğretim öncesi görüşme de

A: Kuantum fiziği nedir?

Ö38: Kuantum fiziği fiziğin bir alt dalı olmakta birlikte, nasıl diyeyim, maddelerin içyapılarını inceleyip, içyapılarından bunların enerjilerinden yola çıkarak çeşitli uygulamalarını söyleyen bir fizik dalı (ALT. BAŞKA).

öğrenci alternatif düşüncesini açıkça ifade etmektedir.

Sınıf içi öğretim esnasında öğrencilerin konuyla ilgili ön bilgilerinin farkına varması amacıyla yapılan etkinlikte Ö38’in grup arkadaşıyla konuşmasında görüldüğü gibi;

8-Ö38: Ortaya çıkan bu bakış açısı nedir?

9-Ö39: Görelilik kuramı dedim. İşte ışık hızına yakın hızlar dikkate alınarak

10-Ö38: Bende şey dedim, ortaya çıkan bu bakış açısı görelilik kuramıdır dedim, ışık hızındaki cisimlerin klasik fiziğe uymadığı ve cisimlerin taneciklerindeki enerji ile birbirlerini kontrol edebileceği ...(ALT.BAŞKA).

11-Ö39: Hı hı

12-Ö38: Kuantum fiziğinin temelleri ortaya çıktı dedim.

13-Ö39: Hı, hı.

14-Ö38: Yani kuantum fiziğini daha dikkate aldım. Sonra bu bakış açısının ortaya çıkmasına neler sebep olmuştur? Işık hızının fark edilmesi, atom parçacıklarının keşfedilmesi ama atom parçacıklarının net olarak yerlerinin belirlenememesi (ALT. BAŞKA).

Ö38 kuantum fiziğini ışık hızı ve atom parçacıklarının keşfedilmesiyle ilişkilendirmektedir ve Ö38 kuantum fiziği ile ilgili alternatif bölümlü düşünceye (ALT. BAŞKA) (ALT. GÖRELİLİK) sahiptir.

Öğretim sürecinde, öğrencilere bu konu ile ilgili merak uyandırma aşamasında, kuantum fiziğine katkı sağlamış bilim adamlarının düşüncelerinin yer aldığı bir çalışma yaprağı ve günlük yaşamda kuantum fiziğinden yararlanılarak

oluşturulmuş yapılara ait resimler sunulmuştur. Keşfetme aşamasında ise öğrencilere kuantum fiziğinin ne olduğu ve kuantum fiziği ve klasik fizik arası farklar ve karşılaştığımız bir problemin çözümünde klasik fizik mi kuantum fiziği mi kullanacağız sorularına yanıt bulunabilecek bir video izlettirilmiştir. Daha sonra açıklama aşamasında kısaca kuantum fiziğinin kapsamı, temel parçacıklar ve klasik fiziğin uygulanabilirlik sınırları üzerinde durulmuş ve konu ile ilgili örnek çözümüne yer verilmiştir.

Yapılan etkinlikler ve açıklama evresi sonrasında örnek çözümünde grupta konuyla ilgili olan konuşmalarda Ö38'in Kuantum fiziğinin en önemli kavramı hakkında konuştukları;

194-Ö38: Planck sabiti çok küçük o zaman, çok küçük bir parçacık olması lazım değil mi?

195-Ö39: Hımm.

196-Ö38: Baksana, $6,62 \cdot 10^{-27}$

197-A:.....

198-Ö38: Enerji çarpı zaman..... şimdi bu çarpımlar Planck sabitine yakın ise kuantum fiziği (BİL. PLANCK) .

199-Ö39: Çok büyükse klasik fizik uygulanacak.

199-Ö38: Çok büyük, hı, hı.

Ö38'in Planck sabitinin kuantum fiziği ve klasik fizik arasında bir sınır değer olduğunu vurguladığı görülmektedir. Öğretim sırasında yapılan etkinlik ve açıklama Ö38'de Planck sabiti kavramını ve bu kavramın kuantum fiziği içinde önemini anlamaya başladığını göstermektedir.

Öğrencilere genişletme aşamasında, gerek kuantum fiziğine katkı sağlamış bilim adamları, gerekse kuantum fiziğinin günlük uygulamaları ve kuantum fiziğinin tarihsel gelişimi hakkında bilgi verilmiştir. Bu noktada öğrencilerin ders içi konuşmaları aşağıda sunulmuştur.

237 - A: *Acaba buraya kadar olan noktalara baktığımızda kuantum fiziğinin günlük yaşam uygulamaları hakkında bilgi sahibi oldunuz mu? Ya da ben daha önce bunu klasik fizik diye düşünüyordum ama kuantum fiziği geçerliymiş dediğiniz bir durum var mı?*

238-Ö38: *Günlük yaşantımızda diyorsunuz değil mi?*

239 - A: *Hı, hı.*

240-Ö38: *Barkod sistemi, güvenlik sistemleri. Şu yaylada da falan olduğumuzda üzerinde metal var yok onu kontrol eden sistemler, apartmanlara girdiğimizde otomatik yanan ışıklar.*

241 - A: *Ne diyoruz biz onlara?*

242-Ö38: *Fotosel lambalar. Bunlar günlük yaşantımızda kuantum fiziğinin örnekleri.*

Yukarıda verilen alıntıda da görüldüğü gibi Ö38, kuantum fiziğini günlük yaşam ile ilişkilendirmekte ve örneklerden yararlanmaktadır.

Değerlendirme aşamasında ise öğrencilere 2 adet soru yöneltilmiştir. Sorular Planck sabiti ve kuantum fiziğinin uygulanabilirlik sınırının değerlendirmesi ile ilgilidir. Soruların çözülmesi esnasında grup içinde kavramlarla ilgili tartışmalar olmuştur.

Grup içindeki konuşmalardan elde edilen bulgular aşağıdaki gibidir.

256-Ö38: *Okuyalım, beraber yapalım. Şimdi Planck sabiti çok büyük olsa idi böyle bir dünya da yaşamının ne gibi zorlukları olurdu? Hadi bakalım, ne gibi zorlukları olurdu? Şimdi önce kolaylıklarını düşünelim.*

257-Ö39: *Şey olmaz mıydı her şey nokta olarak değil de içyapısı incelenmeye başlayacaktı, zor olacak, baksana bunu incelemek için bir sürü aletler geliştirmişler. Olay daha da zorlaşacaktı.*

258-Ö38: *Planck sabiti büyük olsaydı zaten klasik fiziğe yakın bir şey olurdu.*
(BİL. PLANCK)

259 -Ö39: *Yani anlatabildim mi bu kadar aşağılara inmeye gerek yoktu.*

260-Ö38: *Hımmm, o zaman.*

261-Ö39: *Bak hayır hayır değer büyük olursa, klasik fiziğe yakın değerler çıkacak değil mi? Yani, nasıl diyeyim, artık kuantum fiziği hiç denmeyecekti yani atom altı parçacıklar incelenmeyecekti.*

262-Ö38: *Zorlukları olurdu. Atom altı olayların gerçekleşmesi zorlaşacak.*

263-Ö39: *Olayların incelenmesi*

264-Ö38: *Kimyasal tepkimeler zorlaşacak, her şey zorlaşacak. Doğru değil mi?..... güneş ışınlarının bize gelmesi bile zorlaşacak.*

Ö38'in yukarıda da görüldüğü gibi h Planck sabiti kavramını doğru bir şekilde kullandığını ve Planck sabitiyle kuantum fiziği arasındaki ilişkiyi kurduğunu ve bilimsel olarak doğru kabul edilebilir bir şekilde açıkladığını ortaya koymaktadır.

Öğretim sürecinin sonunda uygulanan sonda Ö38'in, "Maddeleri mikroskopik düzeyde inceleyip, onların iç yapılarını, (**BİL. TEMEL**) parçacıkların hareketini inceleyerek, çeşitli olayları açıklayan, siyah cisim ışıması, fotoelektrik olay gibi, (**BİL. KFİZİK**) fiziğin bir alanıdır./ Kuantum fiziği ile klasik fizik arasında fark vardır. Klasik fiziğin çözüm bulamadığı olayları çözmüştür. Bir olayın kuantum fiziğinde olması için Planck sabitine yakın değerde olması gerekir (**BİL. PLANCK**)/ Kuantum fiziğindeki temel kavramlar Planck sabiti, elektronların kesikli hareketleri, enerji paketleridir." düşüncesine sahip olduğu görülmektedir. Öğrenci ile yapılan son görüşmede aşağıdadır.

A: *Kuantum fiziği nedir?*

Ö38: *Kuantum fiziği fiziğin bir bölümü olup, maddeleri daha ayrıntılı yapıda inceleyen, işte maddelerin parçacıkların hareketini inceleyen bilim dalı. (**BİL. TEMEL**) Kuantum fiziğinin girdiği yere klasik fizik giremiyor, klasik fiziğin girdiği yere de kuantum fiziği giremiyor?*

A: *Neden peki, orada bir sınır mı var?*

Ö38: *Arada, evet bir sınır var. Kuantum fiziğinde bir olayın olması için planck sabitine (**BİL. PLANCK**) yakın bir değerde olması gerekiyor. Eğer planck*

sabitinden çok büyük bir değerde ise Kuantum fiziği yerine klasik fizik kullanıyoruz. Planck sabiti çok çok küçük bir değer.

A: Kuantum fiziğinin günlük yaşam uygulamaları nelerdir?

Ö38: Evet. Derslerimizde de öğrendik. Ehh, ...işte termal kameralar, otomatik açılıp kapanır kapılar, otomatik lambalar, daha sonra barkod sistemleri, bunlar günlük yaşamda kullanılan kuantum fiziğinin uygulamaları.

A: Kuantum fiziği ile klasik fizik arasında fark var mı?

*Ö38: Var, mesela kuantum fiziğini düşününce, onun kavramları ile normal klasik fiziğinin kavramları farklı mesela. Kuantum fiziğinin atıyorum planck sabiti var(**BİL. PLANCK**), klasik fizikte atıyorum Newton' un yasaları var ya da farklı bir sabit var, işte burda enerjiden bahsediyoruz. Enerjinin farklı bir formülü var. $E=h.f$, diğerinde mesela bir potansiyel enerjiden bahsediyoruz veya kinetik enerji $\frac{1}{2}mv^2$ den bahsediyoruz. Veya işte klasik fizikle çözülen bir olay kuantum fiziği ile çözülemiyor mesela, siyah cisim. Biz siyah cismin ne olduğunu kuantum fiziğinde öğrenebiliyoruz. Klasik fizik bu konuda eli kolu bağlı kalıyor, mesela fotoelektrik olayda diyor ki şiddete bağlı çoğu özelliğinin şiddete bağlı olduğunu söylüyor. Ama kuantum fiziği de tam tersine frekansa bağlı olduğunu söylüyor. Yani klasik fiziği bir yerde çürütüyor. Mesela kuantum fiziğinde enerjinin kesikli olduğunu söylüyor (**BİL. ENERJİ**). Hani böyle belirli seviyelerde olduğunu söylüyor. Fakat klasik fizikte enerjinin maddeye ait olduğunu, enerjinin depolanabileceğinden ve enerjinin sürekli olduğundan bahseder.*

A: Kuantum fiziğindeki temel kavramlar nelerdir?

Ö38: Aklıma gelen temel kavramlar planck sabiti ilk aklıma gelen, ehh, siyah cisim çünkü onu da ilk kuantum fiziğinde duydum, Hersenberg belirsizlik ilkesi enerji kavramı ama kuantum fiziğinin enerji kavramı $E=h.v$ yani enerjinin kesikli olması, ehh, birkaç yani olay geliyor aklıma fotoelektrik olay, elektronların davranışı.

Yukarıda da görüldüğü gibi Ö38, bilimsel olarak doğru açıklamalarda bulunmaktadır. Sontest ve öğretim sonrası görüşmelerden elde edilen bulgular Ö38'in kuantum fiziğini maddenin parçacık düzeyini inceleyen bir bilim dalı olarak ifade ettiğini ve klasik fizik ve kuantum fiziği arasındaki sınır değeri, Planck sabitini kavradığını göstermektedir. Ö38, öğretim öncesinde sahip olduğu alternatif bölümlü (**ALT. ALGI**) (**ALT. BAŞKA**) (**ALT. GÖRELİLİK**) düşüncesini yapılandırmış,

öğretim sonrasında; “(BİL. TEMEL) (BİL. PLANCK) (BİL. KFİZİK)” kavramsal anlamasını ortaya koymuştur.

Bulgularda ortaya konulduğu gibi Ö38 kuantum fiziği ve Planck sabiti kavramlarına ilişkin bir kavramsal değişme ortaya koymuştur. Bu değişim iki önemli kavrama ilişkin olarak görülmüştür. Bir yandan öğrenci kuantum fiziği kavramına ilişkin bir gelişme göstermiş, kuantum fiziği hakkında öğretim öncesi sahip olduğu düşünceler maddelerin içyapıları ve ışık hızıyla sınırlıyken, kuantum fiziğinin incelediği olguları kavramış ve kuantum fiziğinin günlük yaşam örneklerinden haberdar duruma gelmiştir. Diğer taraftan, öğretim öncesinde öğrenci Planck sabiti kavramına sahip değilken yapılan öğretim etkinlikleri esnasında bu kavramı yapılandırmış, kavramsal değişimin gerçekleştiğini gösterecek ölçütlerden birisi olan, farklı durumlarda kavramı doğru bir şekilde kullanmış, diğer kavramlarla ve günlük hayatla ilişkilendirmiştir. Ayrıca kavramsal değişimin ne derece gerçekleştiğinin ve kalıcılığının bir diğer ölçüsü, kavramın farklı zaman dilimlerinde farklı olgularda kullanımını incelemektir. Elde edilen bulgular, örneğin, Ö38’in Planck Sabiti kavramını sonraki bir derste ve farklı bir olgu olan Siyah cisim ışımasıyla ilgili olan sınıf içi tartışmada kullandığı aşağıdaki alıntıda görülmektedir.

175- Ö38: Burada Planck sabiti var arada yok.

176-A: Peki, Planck sabitinin bizim için ne önemi vardı?

177-Ö38: Bir olay klasik fiziğe mi uygun, yoksa kuantum fiziğine mi uygun diye baktığımızda Planck (BİL. PLANCK) sabitine yakın ise kuantum fiziği geçerli idi.

Ortaya konulan bulgular, Ö38’in ilgili kavramları yapılandırıldığını ve bir kavramsal değişim gösterdiğini, ayrıca yapılan öğretim etkinliklerinin bu kavramsal değişimde etkili olduğunu göstermektedir.

5.3.2 Siyah Cisim Işıması

Siyah cisim ışıması konusu çerçevesinde yapılan öğretim iki ders saati sürmektedir. Öğretim etkinlikleri siyah cisim kavramı hakkında gelişim sağlamayı amaçlamaktadır.

Bulgular, öğretim etkinlikleri boyunca izlenen grubun öğrencilerinin öğretim sırasında siyah cisim ışıması konusunda kavramsal bir gelişim gösterdiğini ortaya koymaktadır. Çizelge 5.35’te de görüldüğü gibi, Ö38 öğretim öncesinde konuya ilişkin “alternatif bölümlü” düşünceye sahip iken, öğretim sonrasında “bilimsel bölümlü ve alternatif” kategorisinde değerlendirilmiştir.

Çizelge 5.35: Kavramsal durum kategorileri

	<u>Öğretim öncesi</u>	<u>Öğretim sonrası</u>
Ö38	Alternatif Bölümlü (<i>ALT. KIRMIZI</i>) (<i>ALT. GÜNLÜK</i>)	Bilimsel Bölümlü ve alternatif (<i>ALT. KIRMIZI</i>) (<i>BİL. FREKANS</i>)

Ö38’in öğretim öncesinde uygulanan önteste “*Kırmızı daha sıcaktır. Kırmızının frekansı daha yüksektir. Işın yayma hızı daha yüksektir. Tıpkı güneşin kırmızı ışık yayması gibi.*(*ALT. KIRMIZI*)(*ALT. GÜNLÜK*)” alternatif bölümlü düşüncesine sahip olduğu görülmektedir. Öğrenci ile yapılan öğretim öncesi görüşme de

A: Siyah cisim nedir?

Ö38: Frekanstan kaynaklanıyor diye düşünüyorum. Yayınladıkları ışınların frekansından kaynaklanıyor.

A: Sıcaklıkla bir bağlantısı olabilir mi?

*Ö38: Şöyle bir şey diyeyim. Sıcak olan bir şey daha çok enerjiye sahiptir. Doğru değil mi? Onunda frekansı yüksektir. Sıcak olan bir şey kırmızıdır (*ALT. KIRMIZI*) Günlük yaşantılarda sıcak olan bir şey ile hep kırmızı arasında bağlantı kurarız (*ALT. GÜNLÜK*).*

Öğrenci siyah cisim ile ilgili “alternatif bölümlü” düşüncesini açıkça ifade etmektedir.

Öğretim sürecinde, öğrencilere bu konu ile ilgili merak uyandırma aşamasında, günlük yaşamdan örneklerin ve soruların yer aldığı bir çalışma yaprağı sunulmuştur. Sınıf içi öğretim esnasında yapılan etkinlikte Ö38’in grup arkadaşıyla konuşmasında görüldüğü gibi;

44-Ö38: Sıcaklık burada bir enerjidir. Demir çubuk enerji aldıkça rengi değişmiştir. Kızıl ötesiydi, kırmızı değil mi?

45-Ö39: Hı,hı.

46-Ö38: Demir çubuk enerji aldıkça rengi değişir, çünkü enerjisi değişir.

47-Ö39: Frekansı en küçük olan. Değil mi? Frekans değeri en küçük kırmızının.

48-Ö38: Turuncu ve sarıya doğru gidildikçe frekans artıyor.

Ö38 siyah cisimi, enerji ve frekans ile ilişkilendirmektedir ve Ö38 siyah cisim ile ilgili alternatif bölümlü düşünceye (**ALT. KIRMIZI**)(**ALT. BAŞKA**) sahiptir.

Keşfetme aşamasında ise öğrencilerden, bir siyah cisim oluşturmaları istenmiştir. Daha sonra öğrenciler simülasyon adresine yönlendirilerek, beraberinde sunulan siyah cisim aşaması çalışma yaprağı ile keşfetme aşamasını sürdürmüşlerdir.

Sınıf içi öğretim esnasında öğrencilerin konuyla ilgili simülasyon etkinliğinde, Ö38'in grup arkadaşı ile konuşmasında görüldüğü gibi,

113-Ö38: Sıcaklığı azalttığımızda

114-Ö39: E....m, E....m, rengindeki değişim diyor.

115-Ö38: Tamam. Bak, daha büyükken, enerji büyükken maviye doğru gidiyor (**BİL. MAVİ**).

116-Ö39: Hı, tamam.

117-Ö38: Enerji küçükken bak kırmızı ile sarı arasında.

118-Ö39: Anladım, anladım. Renkte nereye baktığımı anlayamamıştım da, ondan.

119-Ö38: Enerji azaldıkça renk daha kırmızı.

Ö38 cisimlerin enerjisini sıcaklık ve dalga boyu ile doğru bir biçimde ilişkilendirmektedir.

Açıklama aşamasında kısaca siyah cisim ışıması ve bununla ilgili grafikler üzerinde durulmuş ve konu ile ilgili örnek çözümüne yer verilmiştir.

Öğrencilere genişletme aşamasında, siyah cisim ışıması bilimsel temeline dayalı günlük yaşam uygulamaları hakkında bilgi verilmiştir. Özellikle öğrencinin motivasyonunu sağlamak ve öğrenilen dersin günlük hayatta önemli olduğunu vurgulamak açısından günlük yaşam ile ilişkilendirme çalışmamız içerisinde ayrı bir önem taşımaktadır.

Değerlendirme aşamasında ise öğrencilere iki adet soru yöneltilmiştir. Sorular Wien yer değiştirme yasası ve günlük yaşantıda cisimlerin yayınladığı enerjinin gözlenebilirlik durumu ile ilgilidir. İlişkilendirme aşamasında ise öğrencilere üç adet soru içeren çalışma yaprağı sunulmuştur. Soruların çözülmesi esnasında grup içinde ve sınıf içerisinde kavramlarla ilgili tartışmalar olmuştur.

Bu konuşmalardan elde edilen bulgular Ö38'in aşağıda da görüldüğü gibi;

248-Ö38: *Evet. Güneş siyah cisimdir.*

249-Ö39: *Sıcaklığı ve enerjisi fazladır.*

250-Ö38: *Işıma yapar. Engerek yılanı karanlık ortamlarda bile.....*

251-Ö39: *Görünür dalga boyu farklı olduğu için.*

252-Ö38: *Hayır, kesikli enerjiden yararlanıyor.*

253-Ö39: *Hayır, hayır, sıcaklığından dolayı kızılötesi.*

254-Ö38: *Termal kameralar gibi olacak işte.*

267-A: *Evet aynen, peki gelelim son noktaya, güneş bir siyah cisim mi? Evet diyenler?*

268-Ö1: *Evet ama açıklayamıyorum.*

269-Ö2: *Olabilir diyorum çünkü çok yüksek enerjili.*

270-A: *başka?*

271-Ö38: *Biz siyah cisim diye düşündük.*

272-A: Neden?

272-Ö38: Enerjisi, sıcaklığı fazla olduğu için. (**BİL. FREKANS.**)

278-Ö3: Siyah cisim ışıma yapabiliyor ama...

279-A: Siyah cisim ışıma yapabiliyor zaten onu söylemiştik. Dikkat ederseniz simülasyonda çeşitli kaynaklar vardı, oradaki grafik ideal bir siyah cisim tarafından yapılan ışıma grafiği idi, kaynak olarak ta fırın, güneş vardı. O zaman diyorsunuz

280-Ö38: O zaman duruma göre her şey siyah cisim olabiliyor?

281-A: Olabilir.

282-Ö38: O zaman bir şömine de siyah cisim. Eğer sizin enerjiniz çok fazlaysa görebiliyorsak sizde bir siyah cisimsiniz bende siyah cisim olacağım.

283-A: Şimdi zaten ideal bir siyah cisim yok. Çoğu cisim siyah cisimdir bunu kabul ediyoruz zaten, tüm cisimler termal ışıma yaptığına göre de, eğer yapıyorsa zaten ne olarak kabul ediyoruz, siyah cisim. Anlaşıldı mı? Tek bir şey soracağım bununla ilgili, siyah cisim ile kuantum fiziğinin ne alakası var?

287-Ö38: Kesikli ışımlar yapıyor demiştik. Kesikli kuantum ışıması demiştik. Kesikli olması olabilir. Enerji yayınlaması.

cisimlerin sıcaklığı ve enerjisi arasındaki ilişkiyi, siyah cisim ışıması ve kuantum fiziği arasındaki ilişkiyi kurduğu ve bilimsel olarak doğru bir şekilde açıkladığını ortaya koymaktadır.

Öğretim sürecinin sonunda uygulanan sonestte Ö38'in, "Her cisim enerjisinden dolayı ışıma yapar. Yıldızlarda ışıma yapar. Kırmızı ışık yayınlayan daha sıcaktır (**ALT. KIRMIZI**). Frekansı daha fazladır (**BİL. FREKANS**)."

düşüncesine sahip olduğu görülmektedir. Öğrenci ile yapılan son görüşmede de;

A: Peki, Siyah cisim nedir ?

Ö38: Siyah cisim üzerine düşen ışığı soğurabilen bu enerjiyi gerektiği zaman yayınlatabilen cisimlere deniyor. Siyah cisim herhangi bir cisim olabilir.

A: Siyah cisme bir örnek verebilir misin?

Ö38: *Günlük yaşantıda işte ehh,...güneşi örnek verebiliriz. Derste bir kutu örneği vermiştik. Ama şöyle bir şey var şu siyah cisim bu değil denilemez çünkü bence her cisim siyah cisimdir. Bence her cisim siyah cisim gibi davranabilir.*

A: *Kavram testinde ben size bununla ilgili bir soru yöneltmişim. (Öğrenciye kavram testinde yer alan yıldız sorusu hatırlatılır.) Hangi yıldız daha sıcaktır?*

Ö38: *Ben onu şey,...her cisim ısı yansıma yapar, ehh, ısı ışımaya yapar. Bu ışımadan dolayı hani frekansı yüksek olanın, tabii doğal olarak $E=h.f$ den enerjisi daha fazla olacak. Enerjisi fazla olan daha fazla yansıma yapacak, mavi daha sıcaktır.**(BİL. MAVİ)** Bu tarafa gidince mavi, mor frekansları daha fazla dolayısıyla enerjileri fazla o yüzden daha sıcaklar **(BİL. FREKANS)***

A: *Genel olarak, siyah cisim ile ilgili kısımda düşüncelerinde bir farklılaşma oldu mu?*

Ö38: *Burada ehhhh,.....her cismin bir siyah cisim olabileceğini bilmiyordum bununla ilgili zaten ön yapmış olduğunuz testte de kırmızı daha sıcaktır demiştim ama bununla ilgili simülasyonda yaptığımız uygulamalar ile mavi yıldızın daha sıcak olduğunu anladım, siyah cisim ışımasını daha önce duydum mu hatırlamıyorum, yani uygulamadan önce, ama simülasyonlar çok eğlenceli idi. Özellikle yanımdaki arkadaşım ile beraber deneyerek bazı şeylere ulaşmak derse olan ilgimizi arttırdı. Siyah cisim ile ilgili hesaplamaları artık yapabilirim.*

Bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamalarda bulunmaktadır. Son test ve öğretim sonrası görüşmelerden elde edilen bulgular Ö38'in siyah cisim ve siyah cisim ve kuantum fiziği arasındaki ilişkiyi kavradığını göstermektedir. Ö38, öğretim öncesinde sahip olduğu "alternatif bölümlü" düşüncesini yapılandırmış, öğretim sonrasında; "bilimsel bölümlü ve alternatif" kavramsal anlamasını ortaya koymuştur.

Bulgularda ortaya konulduğu gibi Ö38 siyah cisim ışımasına ilişkin bir kavramsal değişim ortaya koymuştur. Öğretim öncesinde öğrenci siyah cisim kavramına sahip değilken yapılan öğretim etkinlikleri esnasında bu kavramı yapılandırmış, kavramsal değişimin gerçekleştiğini gösterecek ölçütlerden birisi olan, farklı durumlarda kavramı doğru bir şekilde kullanmış, diğer kavramlarla ve günlük hayatla ilişkilendirmiştir.

Ortaya konulan bulgular, Ö38'in ilgili kavramları yapılandırıldığını ve bir kavramsal değişim gösterdiğini, ayrıca yapılan öğretim etkinliklerinin bu kavramsal değişimde etkili olduğunu göstermektedir.

5.3.3 Fotoelektrik Olay

Fotoelektrik olay konusu çerçevesinde yapılan öğretim iki ders saati sürmüştür. Öğretim etkinlikleri fotoelektrik olay hakkında gelişim sağlamayı amaçlamaktadır.

Kavram testinde bu konu ile ilgili 2 soru (5-6) yer almaktadır. Bu sorular fotoelektrik olay deneyi ile ilgilidir. Çizelge 5.36'da görüldüğü gibi, Ö38, öğretim öncesinde “alternatif bölümlü” öğretim sonrasında ise “bilimsel bölümlü” kategoride yer alan yanıtlar vermiştir.

Çizelge 5.36: Kavramsal durum kategorileri

	<u>Öğretim öncesi</u>	<u>Öğretim sonrası</u>
Ö38	Alternatif Bölümlü (<i>ALT. FREKANS</i>) (<i>ALT. BAŞKA</i>)	Bilimsel Bölümlü (<i>BİL. MODEL</i>) (<i>BİL. PARÇACIK</i>) (<i>BİL. DALGA</i>) (<i>BİL. EŞİK</i>)

Kavram testinde yer alan sorular, fotoelektrik olay deneyi ve fotoelektrik olayın neden ışığın parçacık yapısı ile açıklandığı ile ilişkilidir. Ö38 öğretim öncesinde uygulanan öntestte “*Bence ikisi de olmalıdır. Hem kuş sallanmalı belli bir frekansı olmalı hem de belli bir enerjiye sahip olmalıdır. Fotoelektrik olay hem klasik modelde hem de enerjinin paketlerin akışı gibi düşünülmelidir (ALT. BAŞKA) ./ Dalga teorisinde elektronların salınması, dalgaların elektronları metal yüzeyden koparılması, belli enerjiye sahip eşik frekansını geçmiş fotonlar yüzeyden elektron koparabilir (ALT. FREKANS).*” düşüncesine sahip olduğu görülmektedir. Öğrenci ile yapılan öğretim öncesi görüşme de de benzer sorular yöneltilmiştir.

A: Fotoelektrik olay nedir?

Ö38: *Bunu daha önce duymuştum. Bir tane levha aklıma geliyor. Bu levhanın üzerinde metal var, bu metalin elektronları var. Ben bu metale ışık tutuyorum veya*

işte foton yolluyorum. Bu fotonun enerjisi ile oradaki elektronu koparıyor. Buna fotoelektrik olay diyorum.

A: Bu konu ile ilgili kavram testinde bir sorumuz vardı. (Öğrenciye kavram testinde yer alan 5. soru hatırlatılır.) hangi model gözlemlerle uygunluk gösterir?

Ö38: Bence ikisi de açıklar, çünkü fotonların hem dalga özelliği gösteriyorlar hem de belirli bir enerjileri var. Aynı taşla atmak diye bir şey ikisinin de özelliğini gösteriyor (ALT. BAŞKA).

Yukarıda verilen alıntıda da görüldüğü gibi, öğrenci fotoelektrik olayı daha önceki bilgilerine dayanarak açıklayabilmekte ancak fotoelektrik olayın modellenmesi konusunda bilimsel olarak doğru kabul edilebilir açıklamalar yapamamaktadır.

Öğretim sürecinde, öğrencilere bu konu ile ilgili ön bilgileri yoklama aşamasında, “Ne bildiğini fark et” isimli bir çalışma yaprağı uygulanmıştır. Çalışma yaprağında, “Işık kelimesini duyduğunuzda aklınızda oluşan ilk imaj nedir, Foton kelimesini duyduğunuzda aklınızda oluşan ilk imaj nedir” gibi sorular yer almaktadır. Öğrenci yanıtında ışığın elektromanyetik olduğundan ve ikili yapısından bahsetmiştir. Foton için ise belirli bir frekans ve enerjileri vardır açıklamasını yapmıştır. Öğretime başlamadan önce Ö38’in ışık ve ışığın yapısına ilişkin bilimsel olarak kabul edilebilecek açıklamalar yaptığı gözlenmiştir.

Öğretim sürecinde, öğrencilere bu konu ile ilgili merak uyandırma aşamasında, “Hangisi haklı?” isimli bir çalışma yaprağı sunulmuştur. Bu çalışma yaprağı Huygens ve Newton’un ışığın yapısına dair görüşlerini tarihsel süreçte ele almaktadır. Keşfetme aşamasında ise öğrenciler fotoelektrik olay ile ilgili bir simülasyon adresine yönlendirilmiştir. Simülasyon programına öğrencilerin müdahale olanağı bulunduğu için, öğrencilere öğrenmenin değişik yollarından biri olan keşfederek öğrenme olanağı sağlamaktadır. Öğrencilere simülasyon ekranı ile ilgili bir çalışma yaprağı sunulmuştur.

Çalışma yaprağında ışığın frekansı ve saçılan elektronların sayısı, ışığın şiddeti ve saçılan elektronların sayısı, ışığın şiddeti ve saçılan elektronların kinetik enerjisi, saçılan elektronların kinetik enerjisi ve ışığın frekansı gibi konuları öğrencilerin gözlemleyerek keşfetmeleri amaçlanmıştır.

Grup içindeki konuşmalardan elde edilen bulgular Ö38'in aşağıda da görüldüğü gibi;

39-Ö38: Işığın dalga boyu değerinde değişiklik yapınız. Dalga boyu nerede?

40-Ö39: Bak, şu ekranda gösteriyor, şu nanometreli olan dalga boyu.

41-Ö38: Hımmmm, tamam, şimdi ne yapalım. Fark etmiyor (sonra ekranda bir değişiklik yapıyor) hayır fark ediyor. Büyük dalga boylarında

42-Ö39: Azalıyor.

43-Ö38: Mordayken kopuyor. Dalga boyu büyüdükçe

44-Ö39: Dalga boyu büyüdükçe yüzeyden elektron kopmuyor.

45-Ö38: Yüzeyden elektron kopmasını sağlayan nedir? Frekanstır, frekans yani enerjidir. Ohhhh, şiddeti bir arttırdım nasıl çıldırdı elektronlar.....değildir. belirli bir eşik frekansı vardır (BİL. FREKANS).

10^9 her halde oda. Işığın frekansı ve saçılan elektronların sayısı arasındaki ilişkiyi açıklayınız. Şimdi frekansı arttırmak için, şeyi düşürmek gerekir, dalga boyunu düşürünce daha hızlanıyor.

Ama..... (Öğrenci bir noktada duraksıyor) dur bakalım. (tekrar simülasyon ekranına dönüyor) Işığın frekansını arttırınca ya da düşürünce yine bir tane oluyor ama sadece şeyi değiştiriyor.....

46-Ö39: Işığın frekansı arttığında enerjisi artıyor peki saçılan elektronların sayısı ne olur?

47-Ö38: Aynı olur. Saçılan elektronların sayısı şiddete bağlıdır,(BİL. FREKANS) bak!

48-Ö39: Şiddetin diğer adı frekans değil miydi? Öyle bir şey yok muydu?

49-Ö38: Hımmm, şiddet lamda ile ilgili değil mi? Şimdi lamdası ile oynuyorum, doğru değil mi, lamdasına göre frekansı değişmeyecek mi?

50-Ö39: Hı, hı...

51-Ö38: Niye oynamıyor bu değişmiyor.

52-A:.....

53-Ö38: Frekans arttıkça saçılan elektron değişiyor (**BİL. FREKANS**) Bazı frekans değerlerinde hiç yokken.....bak, şimdi bir şey yaptım.

54-Ö39: Hımmm.

55-Ö38: Lamda ile oynuyoruz ya, daha düşük bir değere getirince (iki öğrencide simülasyon ekranını gözlemliyor.) hızlı hızlı geliyor, kopuyor ayrıca

56-Ö39: Hı, hı.

57-Ö38: Dalga boyunu arttırdım diyelim artık kopma yok, hızda yok, eh, şöyle bir değere getirdim. Baksana çok hızlı.

58-Ö39: Çünkü enerjisi fazla, frekans arttı, frekans artınca enerjide arttı.

59-Ö38: Şimdi ışığın şiddetini arttıracamız.

60-Ö39: Işığın şiddetini arttırınca enerji artar, saçılan elektron sayısı artar. Kinetik enerji arasındaki ilişkiye bakalım, yine arttı mı, kinetik enerji artacak.

61-Ö38: Işığın frekansı arttıkça kinetik enerjisi artar Ahhh, elektronlar gidemiyor ekside olunca (öğrenci gülüyor) geri çekiliyor.

62-Ö39: Artıda olunca artıyor.

63-Ö38: Ohhhhhh, artıda hıp hızlı oluyor. Şunlara baksana ya, depar attılar.

64-Ö39: Çok güzel oluyor.

65-Ö38: Çarpışıyorlar. Dur. Şiddeti de arttırcam şimdi...ohhh, gerilime bak, şiddet bayağı artmış ama. Akımda dörtte, akım için fark etmez zaten

66-Ö39: Akım şöyle değişiyor ya, elektronların akış miktarı ile, elektron çok geçerse artar.

67-Ö38: Akımda bir değişiklik yok ya.

bilimsel kavrama ilişkin olarak deney ve gözlemler yardımı ile doğru kabul edilebilir açıklamalar yapmıştır. Yukarıda verilen alıntıda da görüldüğü gibi, öğrenciler deneyleri bizzat kendileri istedikleri sıklıkta gerçekleştirmişler ve adım adım tekrar etmişlerdir. Zaman zaman deneyin önceki basamaklarına geri dönmüşlerdir. Öğrenciler aktif olarak öğrenme sürecine katılmışlar ve simülasyonun öğrencileri etkileme ve motivasyonlarını arttırma da etkili olduğu söylenebilir. Ö38, simülasyonların etkisini görüşme sorularına verdiği yanıtta açıkça ifade etmiştir. Ö38'in görüşme sorularına verdiği yanıtlardan alıntılar aşağıda sunulmuştur.

Ö38: “....mesela simülasyonda öğrendiğimiz gibi beynimize işledi. Siz bana bir olay soruyorsunuz hemen aklıma simülasyonlar geliyor. Görsel olduğu için daha iyi oldu, kalıcı oldu, ama bildiğim kadarıyla kuantum fiziğinin onda birini gördük görmedik gibi bir şey hani devam etseydik çok çok güzel bir ders olurdu.

Ö38'in keşfetme aşaması çalışma yaprağı Şekil 5.3'te sunulmuştur.

Adım 1:

Işık şiddetini çok küçük bir değerde tutunuz (örneğin % 1 ya da % 2), voltaj değeri de 0 volt olsun. Işığın dalga boyu değerinde değişiklik yapınız ve simülasyon ekranını gözlemleyiniz. Elektronların yüzeyden kopmasını gözlemleyiniz. Elektronların yüzeyden kopmasını sağlayan nedir?

Dalga boyu büyüdükçe yüzeyden e kopmuyor
frekans yani enerjidir

(Simülasyon üzerinde ışık şiddeti, ışığın dalga boyu, hedef metal, batarya voltajı gibi noktalarda değişiklikler yapınız. Yapmış olduğunuz değişiklikleri gözlemleyerek aşağıda yer alan ifadeleri açıklayınız.)

Adım 2:

Her frekans değerinde metal yüzeyden elektron koparmak mümkün mü? Gözlemleyiniz.

Değildir. Belirli bir evik frekansı vardır.
Her bir metalin farklı frekans değeri vardır.

Adım 3: Işığın frekansı ve saçılan elektronların sayısı arasındaki ilişkiyi açıklayınız.

frekans arttıkça saçılan elektron sayısı artıyor.
Bazı frekans değerlerinde hiç elektron kopulmuyor.

Adım 4: Işığın şiddeti ve saçılan elektronların sayısı arasındaki ilişkiyi açıklayınız.

Şiddet arttıkça saçılan elektron sayısı artıyor.
ve ışık şiddeti arttıkça

Adım 5: Işığın şiddeti ve saçılan elektronların kinetik enerjisi arasındaki ilişkiyi açıklayınız.

Işığın şiddeti arttıkça elektronların kinetik enerjisi artıyor.
Işığın şiddeti arttıkça elektronların kinetik enerjisi artıyor.

Adım 6: Saçılan elektronların kinetik enerjisi ve ışığın frekansı arasındaki ilişkiyi açıklayınız.

f → Kinetik enerji →

Adım 7: Bataryanın voltajı +8 ve -8 volt arasında değer alabilmektedir. Bataryanın voltajını +8 den -8 e kadar değiştirerek elektronların hareketini gözlemleyiniz.

(-) değerlerde elektronlar hareket etmiyor.
(+) değerlere gidildikçe e lenin hızları artıyor.

Şekil 5.3: Ö38'in keşfetme aşaması çalışma yaprağı

Şekil 5.3'te de gözlendiği gibi, Ö38, çalışma yaprağındaki adımlarla birer birer ilerleyerek, fotoelektrik olayda ışığın frekansı ve elektronların saçılması, saçılan elektronların sayısı ve ışığın şiddeti, saçılan elektronların kinetik enerjisi ve ışığın frekansı arasındaki ilişki ile ilgili bilimsel olarak kabul edilebilir açıklamalarda bulunmuştur. Daha sonra açıklama aşamasında öğrencilerin keşfetme aşamasından yola çıkarak fotoelektrik olayı açıklamaları istenmiş ve araştırmacı tarafından kısaca fotoelektrik olay açıklanmış ve örnek soru çözümüne gidilmiştir. Burada özellikle fotoelektrik olayın neden parçacık yapısına uygun olduğu ve neden dalga modeli ile açıklanamadığı üzerinde durulmuştur.

Öğrencilere genişletme aşamasında, "Hayatımızın neresinde? isimli bölüm altında fotoelektrik olayın günlük yaşam uygulamaları hakkında bilgi verilmiştir.

Değerlendirme aşamasında ise öğrencilere bir çalışma yaprağı sunulmuştur. Çalışma yaprağı simülasyon ekranına paralel sorular içermektedir. Grup içindeki konuşmalardan elde edilen bulgular Ö38'in aşağıda da görüldüğü gibi;

235-Ö39: *Şiddet artarsa fotonun enerjisi, değişmez.*

236-Ö38: *Şiddet artarsa fotonun enerjisi değişmez. Aynı kalır, C.*

237-Ö39: *Saçılan elektron sayısı artar*

238-Ö38: *A.*

239-Ö39: *Saçılan elektronların hızı / değişmez, C. Bir fotonun hızı, her bir fotonun hızı +*

240-Ö38: *Aynı kalır. Her bir fotonun frekansı arttırılırsa artar.*

241-Ö39: *A, elektronun sayısı değişmez.*

242-Ö38: *Değişmez. C. Her bir fotonun hızı artar.*

243-Ö39: *Bir fotoelektrik etki deneyi gerçekleştirdiğinizi düşününüz, yüzeyden elektron koparmayı sağlayacak(.....?)*

244-Ö38: *Durdurucu potansiyel, q_e V_k demek değil mi?*

245-Ö39: *Evet.*

246-Ö38: *O zaman, q_e ile oynuyorum değil mi?*

247-Ö39: *Frekans sabit tutuluyor, şiddet artıyor, şiddet artınca saçılan elektron sayısı artacak, azalıyor o zaman.*

248-Ö38: *Durdurucu +*

249-Ö39: *Durdurucu potansiyel azalır, daha çok enerji var çünkü.*

250-Ö38: *Şiddeti arttırırsan enerjiye bir şey yapamazsın.*

Fotoelektrik olay ile ilgili kavramları doğru bir şekilde kullandığını ve bilimsel olarak doğru bir şekilde açıkladığını ortaya koymaktadır.

Öğretim sürecinin sonunda uygulanan sönestte Ö38'in, "Birinci ifade her iki modele de uyar, ikinci ifade ise sadece parçacık modeline uyar, dalga modeli ile açıklanamaz (**BİL. MODEL**). Parçacık modelinde frekans taşın enerjisine, şiddet ise fırlatılan taşın sayısına bağlıdır (**BİL. PARÇACIK**). Dalga da ise şiddet sallama hareketinin genliğine, frekans ise telin sallanma sıklığına bağlıdır (**BİL. DALGA**). / Dalga teorisinde eşik frekansı şöyle açıklanır; düşük frekansa sahip dalga çok yüksek genliğe sahip olsa bile elektronları yeteri kadar titreştiremez (**BİL. EŞİK**) elektronların saçılması fotonların frekansı ile ilgilidir. Tek bir foton 1elektron koparır. Ancak enerjisinin yeterli olması gerekir. "düşüncesine sahip olduğu görülmektedir.

Öğrenci ile yapılan son görüşmede de;

A: Fotoelektrik olay nedir?

Ö38: Fotoelektrik olay, ehh,...bir tane levha alınmış, bununla bir devre oluşturuyorlar ve bunu bir elektroskoba bağlamışlar ve bunun negatif yüklendiğinden emin olmuşlar. Ondan sonra üzerine ışık tutmuşlar, sonra bu ışık sebebiyle elektroskobun yapraklarının kapandığı gözlenmiş yani negatif yüklerin fotonlar tarafından söküldüğü gözlenmiş daha sonra bu deneyi daha iyi inceleyerek, derste simülasyon da da görmüştük frekansını arttırdık, şiddetini arttırdık, ışığın rengini değiştirdik, dolayısıyla frekansı değişiyor lamdası değişiyor. Kaç tane elektron söküyor, elektronların sayısı mı değişiyor hızı mı değişiyor. Böylece fotoelektrik olayda fotonların belirli bir özelliği olduğunu bulmuşlar.

A: Fotoelektrik olay neden ışığın parçacık yapısına delil gösterilir?

Ö38: Çünkü her bir foton tek bir elektron söküyor, elektronu sökmesi içinde belirli bir enerji gerekiyor. Bu enerjiye de bağlanma enerjisi deniyor. Bu olayı düşünerek parçacık özelliği ortaya konulmuş.

A: Kavram testinde ben size bununla ilgili bir soru yöneltmiştim. (Öğrenciye kavram testinde yer alan 5. soru hatırlatılır.) modellerden hangisi gözlemlerle uyuyor?

Ö38: Evet, biz bunu simülasyon da da yapmıştık, birinci dalga modelini anlatıyor çünkü belirli bir lamdasının olması gerekiyor. Şiddetten bahsediyor,

şiddette lamda ile alakalıdır. Lamda' da dalgaların bir özelliğidir. Dalganın boyu ile ilgili bir özelliğidir. İkincisinde ise frekanstan bir enerjiden bahsediyor. İşte eşik enerjisinden bahsetmiş, eşik frekansından bahsetmiş bu da tanecik özelliğini gösteriyor (BİL. MODEL).

Fotoelektrik olay ile ilgili genel anlamda bilimsel olarak doğru kabul edilebilir açıklamalarda bulunmaktadır. Bulgularda ortaya konulduğu gibi Ö38 fotoelektrik olaya ilişkin bir kavramsal değişim ortaya koymuştur. Bir yandan öğrenci ışığın parçacık modeline ilişkin bir gelişme göstermiştir. Öte yandan fotoelektrik olayın ışığın dalga modeli ile açıklanamaması noktasında öğrencinin bilimsel açıklamalarda bulunamadığı görülmektedir.

5.3.4 Atomların Kararlılığı

Atomların kararlılığı konusu çerçevesinde yapılan öğretim iki ders saati sürmektedir. Öğretim etkinlikleri atom kavramı hakkında gelişim sağlamayı amaçlamaktadır.

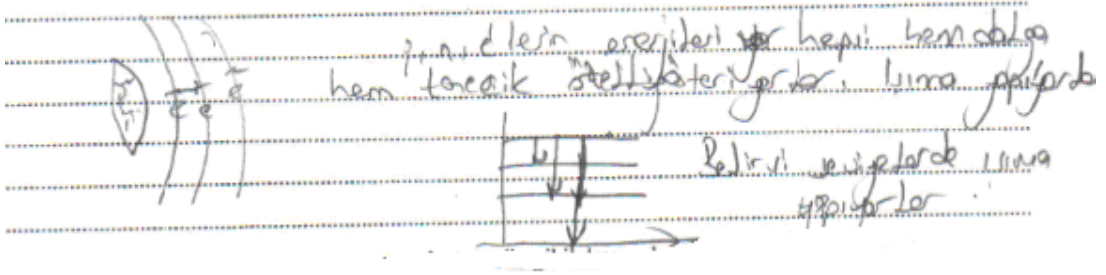
Bulgular, öğretim etkinlikleri boyunca izlenen grubun öğrencilerinin öğretim sırasında atom konusunda kavramsal bir gelişim gösterdiğini ortaya koymaktadır. Ö38'in gösterdiği kavramsal gelişim derinlemesine incelenecektir. Çizelge 5.37'de görüldüğü gibi, Ö38 öğretim öncesinde konuya ilişkin alternatif düşünceye sahip iken, öğretim sonrasında kavramları bilimsel olarak doğru şekilde kullanmaktadır.

Çizelge 5.37: Kavramsal durum kategorileri

	<u>Öğretim öncesi</u>	<u>Öğretim sonrası</u>
Ö38	Alternatif (ALT. YÖRÜNGE)	Bilimsel Bölümlü (BİL. BULUT) (BİL. BELİRSİZLİK)

Ö38'in öğretim öncesinde uygulanan öntestte, "*p, n ve e'lerin enerjileri var. Hepsi hem dalga hem tanecik özelliği gösteriyor. Işıma yapıyorlar. Belirli seviyelerde ışıma yapıyorlar.*" düşüncesine sahip olduğu ve öğrencinin zihnindeki atom modelinin çiziminde proton ve nötronları ortada elektronları ise belirli yörüngelerde gösterdiği görülmektedir (Şekil 5.4).

Zihninizde canlandırdığınız atom modelini çizerek açıklayınız.



Şekil 5.4: Ö38'e ait kavram testi ön test uygulaması

Öğrenci ile yapılan öğretim öncesi görüşme de

A: Atom nedir? Atom deyince zihninde oluşan yapı?

Ö38: Atom deyince çok şey geliyor aklıma, yanılmaları geliyor. Mesela ben atomu proton, nötron elektrondan oluşuyor sanıyordum. Ama 16 tane atom altı parçacık varmış. Ben atomu parçalanamaz diye düşünürdüm eskiden şimdi parçalanabildiğini, 16 parçaya bölünebildiğini ve yayılabildiğini düşünüyorum. Şöyle bir şey, şöyle bir tane çekirdeğim var ortada (öğrenci eliyle de gösteriyor), bu biraz ağır, içinde proton nötron var. Ondan sonra etrafı böyle karmaşık, bir yığın şey var etrafında ve bunlar yüksek enerjililer, birbirlerini çekiyorlar falan. Ama çekirdeğin bir kapalı kutu gibi olduğunu düşünüyorum (**ALT. BAŞKA**).

atom altı parçacıklardan bahsetmesine rağmen, Ö38'in atom ile ilgili bilimsel olarak kabul edilebilir düzeyde yanıt vermediği görülmektedir.

Sınıf içi öğretim esnasında öğrencilerin konuyla ilgili ön bilgilerinin farkına varması amacıyla yapılan etkinlikte öğrencilere atomun yapısı ile ilgili katkı sağlamış bilim adamları ve atom modellerinin tarihsel gelişimi hakkında çalışma yaprağı sunulmuştur. Bu noktada öğrencilerin grup içi konuşmaları aşağıda verilmiştir.

2-Ö39: Atom, merkezde proton ve nötron etrafında ise yörüngelerde elektronlar böyle nokta nokta. Sence?

3-Ö38: Şurada şöyle bir şey var, atom maddenin en küçük taneciği olmayıp, pek çok atom altı tanecikten oluşur ve parçalanabilir.....ve elektronun.....

5-Ö39: Dalton...dalton ne diyordu atoma?

6-Ö38: Kek modeli değil mi?

7-Ö39: Hayır, o Thompson. O zaman Dalton katı bir parçacık diyordu değil mi? Hatırlıyor musun? Katıdır, parçacık şeklindedir. Ehhh, maddenin en küçük yapısıdır.

8-Ö38: Yörüngeleri vardır diyordu, çekirdeği vardı diyordu.

9-Ö39: Yok, onlar sonra belli olacak.

10-Ö38: Thompson mı diyordu onları?

11-Ö39: Rutherford diyecek. Çekirdek var, artı yükler var falan diyecek.

12-Ö38: Hımmm.

13-Ö39: Thompson artı ve eksi yükler var diyor, kek gibi.

14-Ö38: Tamam, Rutherford şey diyor.

15-Ö39: Bohr da artık enerji seviyelerini diyordu. Dalton katıdır ve yuvarlaktır diyordu. Bohr son modeldi değil mi?

16-Ö38: Hı, hı.

17-Ö39: Ama şu an araştırmalar var.

18-Ö38: Atom için maddenin en küçük yapıtaşı diyor değil mi?

19-Ö39: Thompson üzümlü kek modelini sunuyor.

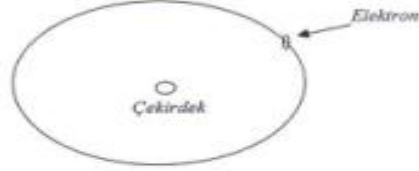
20-Ö38: İçerisinde artı ve eksi yükler dağınık haldedir.

Yukarıda verilen alıntıda da görüldüğü gibi öğrenciler atom modellerini tarihsel süreçte ilişkilendirebilmekte ve modelleri örnekleyebilmektedir.

Öğretim sürecinde, öğrencilere bu konu ile ilgili merak uyandırma aşamasında, atomun yapısı ile ilgili çizimlerin ve atomun yapısı ile ilgili soruların yer aldığı bir çalışma yaprağı sunulmuştur (Şekil 5.5).

Merak uyandırma aşaması

Birçok test kitabında atomun yapısı ile ilgili aşağıdaki şekli görebilirsiniz. (elektron, atomun çekirdeği etrafında belirli bir yörüngede yer alır)



Sizce bu atomun yapısı ile ilgili doğru bir gösterim midir? Açıklayınız.

Doğrudur. Bir elektronun hangi yörüngede yer tam bilinmez. Çekirdek tam göbekte olmayabilir. Atomun yapısı, sadece elektronlar değildir.

Atomun yapısını anlamak neden önemlidir?

Hayatı kolaylaştırır, anlamlandırır. Teknolojinin gelişimini sağlar.

Şekil 5.5: Ö38'e ait merak uyandırma aşaması çalışma yaprağı

Çalışma yaprağında, ders kitaplarında sıklıkla karşılaşılan atom modeli ile ilgili olarak, öğrencilere bu doğru bir gösterim midir açıklayınız ve atomun yapısını anlamak neden önemlidir gibi sorular yöneltmiştir. Ö38, çalışma kağıdında ki yanıtında, atomun yapısını anlamamanın hayatı kolaylaştıracağını, teknolojinin gelişimini sağlayacağını belirtmiş ancak bu ifadelerini açıklamamıştır. Atomun yapısı ile ilgili görsel için ise, doğru bir gösterim olmadığı şeklinde görüş bildirmiştir. Ancak Ö38, açıklamasında çekirdeğin tam ortada olmayabileceği, atomların yapıtaşlarının sadece elektronlar olmadığı ve elektronların yörüngelerdeki yerlerinin tam olarak belirlenemeyeceğini ifade etmiştir.

Keşfetme aşamasında ise öğrenciler, atom modellerinin tarihsel gelişimini ayrıntılı bir biçimde ortaya koyan bir simülasyona yönlendirilmiştir. Aynı zamanda simülasyon ile ilgili çeşitli adımlar içeren bir çalışma yaprağı sunulmuştur.

Grup içi ve sınıf içi konuşmalardan elde edilen bulgular Ö38'in aşağıda da görüldüğü gibi;

75-Ö38: *Allow mu diyeceğiz? Silahı ateşle, neymiş bu ya çok ilginç.*

76-A: Şimdi yine öncelikle simülasyon ekranını bir gözlemleyin ve neleri değiştirebileceğimize bir göz atın. Bununla ilgili çalışma yaprağı ile adım adım ilerleyeceğiz.

77-Ö39: Baksana E..., üzümlü kek, de Broglie, güneş sistemi.

79-Ö38: Aaa, baksana çok ilginç.

80-Ö39: Bak bak, Bohr da çok güzel.

81-Ö38: Güneş sistemini aç.

82-Ö39: De Brogli'ye baksana, en güzeli Bohr.

83-Ö38: Güneşe bak, güneş pathiyor. Bende aynı şeyi yapıyorum.

84-Ö39: Biraz oynayalım bakalım

85-Ö38: Bilardo topu.

86-A: Şimdi isterseniz şöyle yapalım, orada bir deney ve tahmin butonu var. Tahmin butonuna gelin, atom modellerini tarihsel süreçte ele almış, ilk olarak kim var?

87-Ö39: Bilardo topu.

88-A: Yani kim?

89-Ö39: Dalton modeli. Biz modelleri iyi hatırlamışız ama değil mi?

90-A: Evet, şimdi devam edelim. Dalton modelinde neden bahsetmemişti?

91-Ö38: Elektrondan bahsetmemişti.

92-A: (Simülasyon ekranı ile ilgili açıklama yapıyor.)

93-Ö39: Vaaaavvv, bak bak bak

94-Ö38: Bohr'a bak. Kırmızıya gitti.

95-Ö39: Kırmızıda bak, enerji seviyesi.....de broglie ne yapıyor? Ayyy, canım çok güzel, bak bak, nasıl atlıyorlar, seviyesine bak.

96-Ö38: *Oh, oh, çok güzel.*

.....

118-Ö39: *Dalton atom modelini gözlemlemeliyiz önce ne diyordu?*

119-Ö38: *Katı haldedir.*

120-Ö39: *Katı halde, yüklerden bahsetmiyor, eh, daire şeklinde.*

121-Ö38: *İkinci aşama olarak Thompson, üzümlü kek modeli idi.*

122-Ö39: *Artı ve eksi yüklerin atom içinde serbest şekilde bulunduğunu söylüyordu. Ekranda yavaş hızlı butonlarını kullanarak.....*

123-Ö38: *Şurası yavaş hızlı mı?*

124-A: *Evet, bu butonları kullanarak spektrometreyi daha yavaş veya hızlı oluşturabilirsiniz.*

125-Ö38: *Huu, anladım.*

126-Ö39: *Daha hızlı şekilde enerji atlıyor.*

127-Ö38: *Hı, hı.....Rutherford atom modeli, şey, Rutherford'da gözlemleyemiyorduk, çünkü Rutherford'da hani elektronlar ivmeli hareket ediyordu.*

128-Ö39: *Bu modelin bir diğer adı da güneş sistemi modeli idi.*

129-Ö38: *Elektronlar ivmeli hareket ettiği için patlama gerçekleşiyor.*

130-Ö39: *Patlamalar, eh, diyagramda bir şey oluşmaz, çünkü elektron eder, enerjisi sıfır olunca yok olur böylece teoride kendi kendini çürütür. Dördüncü aşamada Bohr modeli.*

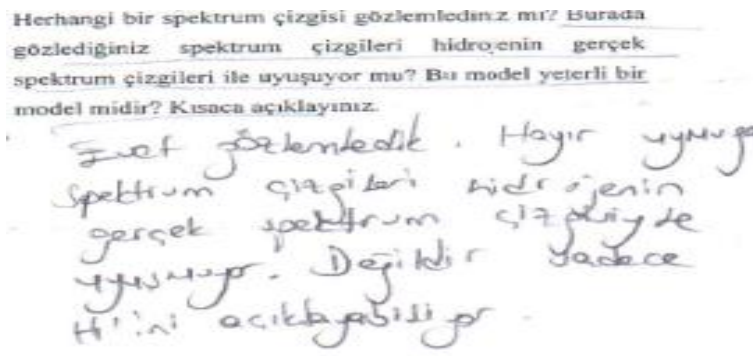
131-Ö38: *n, bir, iki, üç ne anlama gelmektedir?*

132-Ö39: *Elektronun enerji seviyesi.*

133-Ö38: *Simülasyonu yavaş hızlı yapın diyor, hızlı yapalım. Daha çok enerji seviyesine daha hızlı geçiş yapıyor. Yani enerji seviyelerine geçiş daha hızlıdır.*

Şöyle diyor; Herhangi bir spektrum çizgisi gözlemlediniz mi? Burada.....Evet, gözlemledik. Mesela bunda 500 de durmuş, bunda, hayır, uymuyor.

Atom modellerini tarihsel süreçte doğru bir şekilde açıkladığını ortaya koymaktadır. Aşağıda Ö38'in keşif aşaması çalışma yaprağından bir bölüm sunulmuştur (Şekil 5.6).



Şekil 5.6: Ö38'e ait keşfetme aşaması çalışma yaprağı

Çalışma yaprağında yer alan ifadeler incelendiğinde, Ö38'in keşif aşamasında elde ettikleri spektrum çizgileri ile hidrojen atomuna ait spektrum çizgilerini karşılaştırarak Bohr atom modelinin sadece H atomunu açıklamada başarılı olduğunu diğer durumlarda yetersiz kaldığını kavradığı görülmektedir.

Daha sonra açıklama aşamasında kısaca bohr atom modeli, modelin açıkladığı ve yetersiz kaldığı noktalar ve örnek çözümüne yer verilmiştir.

Öğrencilere genişletme aşamasında, modern atom teorisi ve atomun yapısını anlamının günlük yaşam için önemi hakkında bilgi verilmiştir.

Değerlendirme aşamasında ise öğrencilere üç adet soru yöneltilmiştir. Sorular atomun yapısı ve Bohr kuramını kullanarak He^{+1} iyonunun çeşitli değişkenler açısından değerlendirmesi ile ilgilidir. Soruların çözülmesi esnasında grup içinde kavramlarla ilgili tartışmalar olmuştur.

Grup içindeki konuşmalardan elde edilen bulgular Ö38'in aşağıda da görüldüğü gibi;

162-Ö39: Elektronlar, orbitaller de bulunurlar yani,

163-Ö38: Elektronların yerleri tam olarak belirli değildir ki? (**BİL. BULUT**)

164-Ö39: Orbitalleri zaten o anlamda, bulunma olasılığının en yüksek olduğu yerler.

165-Ö38: Yani yeri tam olarak belirli değildir.

elektronların yeri ile ilgili görüşünü ortaya koymaktadır. He⁺ iyonu ile ilişkili olan soruda ise Ö38, ders içinde öğrendiği formüllerden yararlanarak soruların çözümünü gerçekleştirmiştir (Şekil 5.7).

3) He⁺ iyonundaki elektron 2. uyarılmış durumdadır. Bohr kuramını kullanarak elektronun,

- Yörünge yarıçapını
- Hızını
- Toplam enerjisini hesaplayınız.

a) $r_n = n^2 \cdot \frac{h^2}{m_e k_e z^2} = 92$ $r_n = \frac{n^2}{z} \cdot 0,523 \text{ \AA}$
 $r_n = \frac{2^2}{1} \cdot 0,523 \text{ \AA} \Rightarrow 4 \cdot 0,523 \text{ \AA}$

b) $E_n = z^2/n^2 \cdot 13,6 \text{ eV}$ Toplam enerji:
 $mvr = n \cdot \frac{h}{2\pi} = \frac{m \cdot v \cdot r}{4} = 2 \cdot \frac{4,63 \times 10^{-34}}{2 \cdot 3,14}$

c) $E_n = z^2/n^2 \cdot 13,6 \text{ eV}$
 $E_n = 2^2/2^2 \cdot 13,6 \text{ eV}$
 $\frac{1}{4} \times 13,6 \text{ eV}$

Şekil 5.7: Ö38'e ait değerlendirme aşaması çalışma yaprağı

Şekil 5.7'de görüldüğü gibi, Ö38, He⁺ iyonu ile ilgili olarak bohr kuramını kullanarak, elektronun yörünge yarıçapını, hızını ve toplam enerjisini doğru bir şekilde hesaplamıştır.

İlişkilendirme aşamasında ise öğrencilere üç soru içeren bir çalışma yaprağı sunulmuştur. Sorular atomun yapısını bilmenin hayatımızdaki önemi, Bohr atom modeli ile kuantum fiziği arasındaki ilişki ve bir atom modeli önerme ile ilgilidir.

194-Ö38: Atomun yapısını bilmek ne kazandırır? Atomun yapısını bilmek etrafımızdaki tüm cisimleri anlamlandırabilmemizi, teknolojik gelişmeler konusunda ilerleyebilmeyi sağlar.

195-Ö39: Bir sonrakine kesikli enerji düzeyi dedim.

196-Ö38: Ben şey dedim, kesikli enerji düzeyleri ve spektrumlardaki kesikli enerji geçişlerinden bahsetmiştir dedim (**BİL. ENERJİ**) . Kendi adınız ile bilimsel bilgiler ışığında nasıl bir atom modeli önerirdiniz?

197-Ö39: Atomu toz bulutu şeklinde, çekirdeğin yeri tam olarak bilinmemekle beraber

198-Ö38: Kütlece yoğunluğun fazla olduğu, elektronların yerinin tam olarak bilinmediği fakat tahmin edilebildiği, atom altı taneciklerden oluşan yüksek enerjili,.....

201-A: Evet, son olarak bununla ilgili, Bohr atom modeli ile kuantum fiziği arasındaki ilişki nedir? Evet, hadi bakalım.

202-Ö:.....

203-A: Arada bir şey vardı?

204-Ö38: Planck sabiti var (**BİL. PLANCK**).

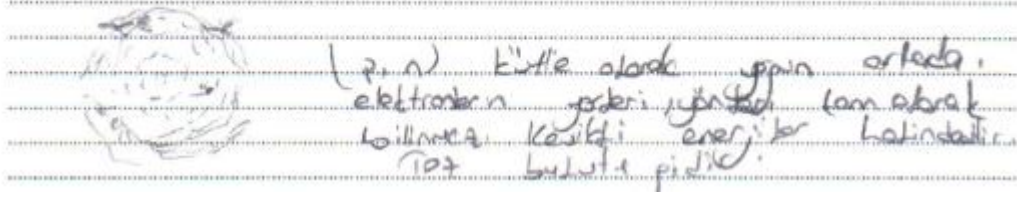
205-A: Evet. Yine enerjinin neyinden yararlandı?

206-Ö38: Kesikli olduğundan (**BİL. ENERJİ**).

Elde edilen bulgularda Ö38'in daha önceki derslerde edinmiş olduğu kavramları doğru bir şekilde kullandığı görülmektedir.

Öğretim sürecinin sonunda uygulanan son testte Ö38'in "p,n kütle olarak yoğun ortada, elektronların yerleri yönleri tam olarak bilinemez, kesikli enerjiler halindedir, toz bulutu (**BİL. BULUT**) gibidir." düşüncesine sahip olduğu ve bilimsel şekil (**BİL. ŞEKİL**) çizdiği görülmektedir (Şekil 5.8).

12- Zihninizde canlandırđınız atom modelini çizerek açıklayınız.



Şekil 5.8: Ö38'in çizmiş olduğu atom modeli

Öğrenci ile yapılan son görüşmede de;

A: Atom deyince ne anlıyorsun? Zihnindeki atom modeli nedir?

Ö38: Atom deyince, ehh, atom zaten bir belirsizlikten ibaret. Proton, nötron veya 16 tane atom altı tanecik olduğunu söylüyorlar. O yüzden belirli bir yoğun kütle var bir yerde. Kütle olarak yoğun bir bölge olduğu için ona çekirdek kavramı verilmiş. Kütleli yoğun olduğu için ama bunların her biri tanecik ve dalga özelliği gösteriyor. Proton, nötronlarda tanecik özelliği gösterir. Elektronlar zaten bir toz bulutu gibi düşünebiliriz. (BİL. BULUT) Yerleri tam yeri belli değil sadece olma olasılığı yüksek yerlerde işte bu elektron şu bölgede bulunabilir deniliyor. Derslerde de gördüğümüz gibi hiçbir elektronun momentumu sabit değil. Sabit olmadığı içinde atom hakkında çok birşey söylenemiyor. Söylenemezde zaten elektron adına çünkü yerini bilmiyoruz (BİL. BELİRSİZLİK).

A: Peki, atomun yapısını bilmek önemli mi?

Ö38: Aslında daha önce bu kadar önemli olduğunu düşünmüyordum ama,....., çünkü bize hep bir atom modeli yerleştirdiler zihnimize, benim zihnimde öyle değil ama genelde bilinen ehhhh, neydi, güneş sistemi modeli, derste de işlemiştik, aslında hepimiz atomlardan oluşuyoruz, o zaman canlı cansız her şeyi anlamak için önemli.

bilimsel olarak doğru kabul edilebilir açıklamalarda bulunmaktadır. Ö38, öğretim öncesinde sahip olduğu alternatif düşüncesini yapılandırmış, öğretim sonrasında; bilimsel bölümlü kavramsal anlamasını ortaya koymuştur. Ö38'in yapılan son görüşmede, yanıtlarında “BİL. BELİRSİZLİK” kavramını kullandığı görülmektedir. Son görüşme tüm öğretim bittikten sonra gerçekleştirildiği için Ö38, heisenberg belirsizlik ilkesinden haberdardır ve bunu diğer kavramlara ilişkin açıklamalarında kullanmıştır.

Bulgularda ortaya konulduğu gibi Ö38 atom kavramı ve atom modelleri ile ilgili bir kavramsal değişim ortaya koymuştur. Bu değişim iki önemli kavrama ilişkin olarak görülmüştür. Bir yandan öğrenci atom kavramına ilişkin bir gelişme göstermiş, diğer taraftan, atomun yapısını anlamının önemini ve Bohr atom modelinin klasik fizikten kuantum fiziğine geçişte oynadığı rolü kavramıştır. Ortaya konulan bulgular, Ö38'in ilgili kavramları yapılandırdığını ve bir kavramsal değişim gösterdiğini, ayrıca yapılan öğretim etkinliklerinin bu kavramsal değişimde etkili olduğunu göstermektedir.

5.3.5 De Broglie; Madde Dalgaları

De Broglie; madde dalgaları konusu çerçevesinde yapılan öğretim iki ders saati sürmektedir. Bu çerçevede yapılan etkinlikler de broglie; madde dalgaları konusunda gelişim sağlamayı amaçlamaktadır. Kavram testinde De Broglie; madde dalgaları ile ilgili 1 soru (11) yer almaktadır. Bulgular, öğretim etkinlikleri boyunca izlenen grubun öğrencilerinden Ö38'in öğretim sırasında De Broglie; madde dalgaları konusunda kavramsal bir gelişim gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Çizelge 5.38'de görüldüğü gibi, Ö38 öğretim öncesinde konuya ilişkin daha çok alternatif düşünceye sahip iken, öğretim sonrasında kavramları bilimsel olarak doğru şekilde kullanmaktadır.

Çizelge 5.38: Kavramsal durum kategorileri

	<u>Öğretim öncesi</u>	<u>Öğretim sonrası</u>
Ö38	Alternatif <i>(ALT. KÜTLE)</i>	Bilimsel Bölümlü <i>(BİL. DALGA) (BİL. DENEY)</i>

Ö38'in öğretim öncesinde uygulanan önteste yer alan soruya verdiği yanıt incelendiğinde “*elektron ve protonların küçük kütlelerinden dolayı dalga gibi davranabileceği*” *(ALT. KÜTLE)* alternatif düşüncesine sahip olduğu görülmektedir.

Öğrenci ile yapılan öğretim öncesi görüşmede de kavram testinde yer alan sorulara benzer sorular yönlendirilmiştir.

A: Günlük yaşantıda elektron proton gibi yapıları parçacık olarak adlandırıyoruz. Son zamanlarda elektron, proton gibi yapıların parçacık özelliklerinin yanında bir de dalga karakterinin olduğu ortaya çıktı. Bunu nasıl açıklarsın?

Ö38: Yani aynı demek ki foton özelliğini taşıyor gibi elektronlar protonlarda aynı şekilde enerjileri var. Dalga oldukları için belirli frekansları, belirli dalga boyları var. Protonlar belki enine dalgadır, belki elektromanyetik dalgadır, öyle olduğunu düşünüyorum. Farklı olayları gerçekleştirebildiklerini düşünüyorum. Hem yansıma hem girişim.

Yukarıda verilen alıntıda da görüldüğü gibi, öğrenci alternatif düşüncesini açıkça ifade etmektedir.

Sınıf içi öğretim esnasında öğrencilerin konuyla ilgili ön bilgilerinin farkına varması amacıyla yapılan etkinlikte Ö38'in grup arkadaşıyla konuşmasında görüldüğü gibi;

2-Ö38: Işığın tanecik yapısını ortaya koyan deneye örnek vererek, bu deneyin neden tanecik modelini desteklediğini açıklayınız. Bir saniye. Ehhhh, neydi,....., tanecik modeli.

3-Ö39: Tanecik yapısı işte,.....hiç aklıma gelmiyor

4-Ö38: O zaman fotoelektrik olay. Deney olarak yazacaksak. O zaman şöyle fotoelektrik olay.

5-Ö39: Fotoelektrik olayda ışığın tanecik yapısı rol oynar çünkü.

6-Ö38: Çünkü her bir foton bir elektron koparır.

7-Ö39: Ve enerjilerine göre

8-Ö38: Işığın dalga yapısını ortaya koyan deneye örnek vererek, bu deneyin neden dalga modelini desteklediğini açıklayınız. Deneyini bilmiyorum ki, kırınım, girişim, yansıma,

9-Ö39: *Bir delikten ışık tuttuğunu düşün, dalga modelinde böyle kırılıyor, yayılıyor ondan sonra.....şey mi yazalım ki E...hani delik düşün ışığı yansıtıyorsun ya.*

10-Ö38: *Işık doğrusal yolla yayılır mı?*

11-Ö39: *Hani kırınım oluyor delikten geçerken ama yine de yayılıyor gibi düşün. Hani git gide böyle geniş yayılıyordu.*

12-Ö38: *O deneyin adı yoktu ki. Kırınım olayı işte o.*

Yukarıda görüldüğü gibi 4, 6, ve 8. satırlarda Ö38 bilimsel kavramların sunumu sürecinde daha önceki derslerde öğrendiği diğer bilgi ve kavramlardan yararlanmaktadır.

Öğretim sürecinde, öğrencilere bu konu ile ilgili merak uyandırma aşamasında, içinde resimlerin yer aldığı bir çalışma yaprağı sunulmuştur. Keşif aşamasında öğrencilere konu ile ilgili bir düşünce deneyi sunulmuştur. Düşünce deneyi çeşitli aşamalardan oluşmaktadır. Birinci aşama kurşunlarla (Tanecik) gerçekleştirilirken, ikinci aşama elektron ile gerçekleştirilmiş ama deney sonuçları benzer çıkmamıştır. Öğrencilerin bu sonucu yorumlamaları istenmiştir. Bu noktada ders içi konuşmalar aşağıda sunulmuştur.

61-A: *Her iki delikte açık iken ortaya çıkan durumun aşağıda gösterilen grafiksel şekli Young'ın çift yarık deneyindeki girişim desenine çok benzemektedir. Ne deseni bu?*

62-Ö38: *Saçak değil mi?*

63-A: *Adı neydi onun?*

64-Ö38: *Çift yarıklı Young deneyi.*

65-A: *Evet, Young yapmış olduğu bu deneyde ne gözlemliyordu, ortada parlak bir bölüm, yanlarda da aydınlık ve karanlık bölgeler gözlemlemiştiniz. Elektronla yapmış olduğunuz deneyde de bir girişim deseni elde ediyorsunuz. Bunu nasıl açıklarsınız?*

66-Ö38: Young o zaman dalga deneyi yapmıştı, dalgaların iki tane yarıktan meydana gelen girişimini yapmıştı, demek ki elektronlar dalga özelliği göstermiş ki burada böyle bir desen çıkmış diyeceğiz.

Yukarıda verilen alıntıda da görüldüğü gibi, Ö38, sunulan düşünce deneyini maddenin ikili yapısı ile ilişkilendirebilmiştir. Daha sonra açıklama aşamasında öğrencilere parçacıkların dalga özelliklerini ortaya koyan Louis de Broglie'nin çalışmalarından kısaca bahsedilmiş, de Broglie dalga boyunun çıkarımı verilmiş ve konu ile ilgili örnek çözümüne gidilmiştir.

Öğrencilere genişletme aşamasında, önce konu ile ilgili bir animasyon (Dr. Quantum) sunulmuştur. Animasyonun belirli bir bölümü izlettirilmiştir. Sonrasında öğrencilere acaba de Broglie'nin ortaya attığı bu öngörü deneysel olarak doğrulanmış mıdır? Yoksa bir spekülasyon olarak mı kalmıştır? soruları yöneltilerek, Davisson-Germer deneyi hakkında bilgi verilmiştir.

Değerlendirme aşamasında ise öğrencilere 2 adet soru yöneltilmiştir. Çalışma yaprağında yer alan birinci soru, 40 m/s'lik hızla atılan 50 kg kütleli taşın de Broglie dalga boyunun bulunması ve sonucun yorumlanması ile ilgilidir. Öğrenci açıklama aşamasında edindiği bilgileri sorunun çözümünde kullanmış ve sonucu doğru bir şekilde yorumlamıştır (Şekil 5.9).

1. 40 m/s'lik hızla atılan 50 kg kütleli bir taşın de Broglie dalga boyunu bulunuz. Sonucu yorumlayınız.

$$\frac{h}{m \cdot v} = \frac{6,62 \times 10^{-34}}{50 \times 40} = \frac{6,62 \times 10^{-34}}{2 \times 10^3} = 3,31 \times 10^{-37} \text{ m} \rightarrow \lambda$$

α Normal kayatta bile fotonik özelliği gösteren taşın aynı zamanda dalga özelliğini de gösterdiği. Fakat dalga boyu çok küçük olduğu için gözlemlenemiyor. Farklı yapılar kullanılarak çift yarıklı deney gerçekleştirilmek isteniyor, yandaki şekil deney düzenini göstermektedir. bu

Şekil 5.9: Ö38'e ait değerlendirme aşaması çalışma yaprağından alıntı

İlişkilendirme aşamasında ise öğrencilere 3 adet soru içeren bir çalışma yaprağı sunulmuştur. Çalışma yaprağında yer alan sorular, elektronun ikili yapısı, madde ve ışığın doğası arasındaki benzerlik ve maddenin dalga tabiatının günlük

yaşantı da ne ölçüde gözlenebilir olduğu ile ilgilidir. Öğrencinin çalışma yaprağından alıntı aşağıda sunulmuştur.

Bir elektron, bir parçacık mı yoksa bir dalga mıdır? Deneysel sonuçlarla yanıtınızı destekleyiniz.

Elektron hem parçacık hem dalga özelliği gösterir. Çünkü fotoelektrik olayda tenecek özelliği gösterirken çift-yarıklı yang deneyinde dalga özelliği göstermiştir. Gerçekleştirilen deneylere göre farklı bir özelliğini göstermiştir.

Maddenin ve ışığın doğası arasında bir benzerlik kurabilir miyiz?

Yık da tıpkı elektronlar gibi hem tenecek hem dalga özelliği gösterir. Madde de aynı şekilde tenecek özelliğinin yanında elektron gibi atom altı teneceklerden oluştuğu için ve maddenin en küçük parçesi atom olduğu için, ve maddeler atomların oluştuğundan dolayı madde tıpkı elektron ve yık gibi hem dalga hem tenecek özelliği gösterir.

Eğer maddenin bir dalga tabiatı varsa, günlük deneyimlerimizde bu dalga özelliği niçin gözlenemez?

Maddeler büyüdükçe kütleleri arttıkça momentumları büyük ve de boylu'nun $\lambda = \frac{h}{mv}$ formülünden de yola çıkılarak momentum büyüdükçe dalga boyu küçülür. ve insanın görebileceği görünür dalga boyundan uzaktır. ve biz bu dalgaları göremeyiz.

Şekil 5.10: Ö38'e ait ilişkilendirme aşaması çalışma yaprağından alıntı.

Yukarıda verilen alıntıda da görüldüğü gibi, Ö38, elektronun hem dalga hem parçacık özelliği ortaya koyduğunu belirtmiş fakat yanıtını deneysel sonuçlarla destekleyememiş ve elektronun ikili yapısını ışığın ikili yapısı ile karıştırmıştır. Çalışma yaprağında yer alan 3. sorunun yanıtında görüldüğü gibi, Ö38 maddenin dalga tabiatını günlük yaşantıda gözlemleyemememizin sebebini bilimsel kavram ve düşünceler çerçevesinde kendi ifadeleri ile açıklayabilmiştir.

Öğretim sürecinin sonunda uygulanan sonteste Ö38'in,

“Bazen, elektron ve protonlar, kırınım ve girişim etkilerini gösterirler (**BİL. DALGA**) Bazı olaylarda (deneylerde) elektronlar dalga özelliği gösterirler. (**BİL. DENEY**)” düşüncesine sahip olduğu görülmektedir.

Öğrenci ile yapılan son görüşmede de;

A: Işığın dalga ve tanecik özelliğini ortaya koyan deneye örnek.

Ö38: Evet, şey,...young deneyi var. Young deneyi normalde dalgalarla yapılan bir deney dalgalarla yapıldığı için de ilk yapıldığında saçaklar meydana gelmiş ama elektron ile yapıldığında tek yarıktaki yapıldığında tanecik modeli gözlemlenmiş ama sizin izlettiğiniz simülasyonda da gördük. Elektronlar çift yarıktaki deneyinde bu sefer onlar dalga özelliği gösteriyorlar, girişim özelliği gösteriyorlar.(**BİL. DALGA**) (**BİL. DENEY**) Böylece elektronun hem tanecik hem dalga özelliğinde olduğu biliniyor. Daha önce tanecik olan birşeyin dalga özelliği olabileceği aklıma gelmiyordu. Bir de çift yarıktan nasıl dalga haline geldi önce aklıma gelmezdi. Hatta çift yarıktan geçebilecekleri bile aklıma gelmiyordu. İlk simülasyonda çarpıp geri döner diye düşünüyordum.

A: Elektronun dalga ve parçacık özelliğini ortaya koyan deneylere örnek verebilir misin diyeceğim ama biraz önce yanıtladın sanırım bunu.

Ö38: Evet.

A: Bununla ilgili yani ışığın yapısı, elektronun her iki yapıda olması gibi konularda düşüncende bir değişiklik oldu mu?

Ö38: Işığın yapısını daha önceki derslerde biliyordum yani elektromanyetik dalga paketi olarak adlandırmıştık daha önceleri ehhehe,,ama elektron konusunda evet öyledir diyebileceğim bir şey yoktu, ama duymuştum da tam bilmiyordum, bu noktada ehhehehe, gözlenen deneye göre yapılarının değişmesi oldukça ilginç, bunu bilmiyordum mesela ışık için, hani fotoelektrik olayda tanecik, girişim ve kırınım da dalga özelliği gibi. Elektron ile ilgili animasyon izlemiştik, neydi, doktor kuantummm!, o çok eğlenceli idi.

bilimsel olarak doğru kabul edilebilir açıklamalarda bulunmaktadır. Son görüşmede Ö38 bilimsel kavrama ilişkin olarak sınıf içinde yapılan etkinliklere değinmiştir. Ö38'in yanıtında da açık bir şekilde ders içi etkinliklerin önemine vurguda

bulunmuştur. Sınıf içi deneyimler öğrencilerin bilimsel kavramları akla yatkın bulmalarında etkin bir role sahiptir. Sontest ve öğretim sonrası görüşmelerden elde edilen bulgular Ö38'in de broglie; madde dalgaları konusunu kavradığını göstermektedir.

Ortaya konulan bulgular, Ö38'in ilgili kavramları yapılandırdığını ve bir kavramsal değişim gösterdiğini, ayrıca yapılan öğretim etkinliklerinin bu kavramsal değişimde etkili olduğunu göstermektedir.

5.3.6 Işığın İkili Yapısı

Işığın ikili yapısı konusunda başlı başına bir öğretim yapılmamış, bu konu fotoelektrik olay ve de broglie; madde dalgaları konusunda ele alınmıştır. Kavram testinde ışık ve ışığın yapısı ile ilgili 3 soru (7-9-11) yer almaktadır. Bulgular, öğretim etkinlikleri boyunca izlenen grubun öğrencilerinden Ö38'in kavramsal bir gelişim gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Çizelge 39'da görüldüğü gibi, Ö38 öğretim öncesinde konuya ilişkin “bilimsel bölümlü ve alternatif” düşünceye sahip iken, öğretim sonrasında “bilimsel bölümlü” düşünceye sahiptir.

Çizelge 5.39 Kavramsal durum kategorileri

	<u>Öğretim öncesi</u>	<u>Öğretim sonrası</u>
Ö38	Bilimsel Bölümlü ve Alternatif (BİL. İKİLEM) (ALT. BAŞKA)	Bilimsel Bölümlü (BİL. ŞEKİL) (BİL. DENEY) (BİL. İKİLEM)

Ö38'in öğretim öncesinde uygulanan önteste yer alan sorulara verdikleri yanıtlar incelendiğinde “/

-Foton kelimesini duyduğunuzda aklınızda oluşan ilk imaj nedir? Şekil çizerek açıklayınız
foton diyince akla ilk ışık geliyor.

(ALT. BAŞKA)/ ışık duruma göre her üç olayı da gösterebilir. Bazen dalga özelliklerini gösterir bazen tanecik gibi davranarak dalgaların özelliklerini göstermez./ Işık, bazen dalga bazen parçacık halinde davranabilir **(BİL. İKİLEM)**

“bilimsel bölümlü ve alternatif” düşüncesine sahip olduğu görülmektedir. Yukarıda yer alan alıntıda da gözlendiği gibi, Ö38, ışığın ikili yapısından haberdardır ancak bunu bilimsel olarak kabul edilebilir düzeyde açıklayamamaktadır. Ö38’in foton kavramına ilişkin de bilimsel olarak kabul edilebilir açıklamalar yapmadığı gözlenmiştir.

Öğrenci ile yapılan öğretim öncesi görüşmede de kavram testinde yer alan sorulara benzer sorular yönlendirilmiştir.

A: Işık nedir?

Ö38: Işık, ... çok güzel. Işığa bir madde diyemeyiz Çünkü bir kütlesi yok, hacmi yok, ehh...nasıl diyeyim, madde madde dediğimiz zaman özellikleri yok, dalga dalga diyemem, elektromanyetik bir dalga diyebilirim belki.

A: Foton nedir?

Ö38: Bir tane ışın olduğunu düşünüyorum ve bu ışının böyle enerjisi olduğunu düşünüyorum ve bu ışının böyle enerjisi olduğunu düşünüyorum. Yani hem enerjisi var hem dalga özelliği gösteriyor diye düşünüyorum foton için.

Yukarıda yer alan alıntıda da görüldüğü gibi, Ö38 öğretim öncesinde yapılan görüşmede kavram testinden elde edilen yanıtları destekler nitelikte yanıtlar vermiştir.

Sınıf içi öğretim esnasında öğrencilerin fotoelektrik olay konusuyla ilgili ön bilgilerinin farkına varması amacıyla yapılan etkinlikte Ö38’in sınıf içi konuşmasında görüldüğü gibi;

19-Ö38: Işık demetinin sadece bir tanesi.

fotonu ışık demetinin sadece bir tanesi şeklinde tanımlamaktadır.

Foton kavramı ve ışığın ikili yapısı konusunda fotoelektrik olay konusu kapsamında öğrencilere bilgi verilmiştir. Öğretim sonrasında uygulanan son testte Ö38, bilimsel olarak doğru kabul edilebilir yanıtlar vermiştir. Ö38’in yanıtı aşağıda verilmiştir.

“(BİL. ŞEKİL)/ Bazen, ışık bilardo topları ya da küçük kütleli yapıların gösterdiği özelliklerin bazılarını gösterebilir. Işık bulunduğu olaya göre tanecik yapısında (fotoelektrik olay), çift yarıklı young deneyinde ise dalga özelliği gösterir. Yani her iki karaktere de sahiptir (BİL. DENEY) (BİL. İKİLEM)./ Işık bazen parçacık bazen dalgadır.

Foton kelimesini duyduğunuzda aklınızda oluşan ilk imaj nedir? Şekil çizerek açıklayınız.



Belli bir enerjisi vardır.
Tanecik özelliği de gösterir
Dalga " " " " " "

Öğrenci ile yapılan son görüşmede de, bilimsel olarak doğru kabul edilebilir açıklamalarda bulunmaktadır. Öğrenci ile yapılan son görüşmeden alıntılar aşağıda sunulmuştur.

A: Işık nedir?

Ö38: Fotonlardan oluşur, fotonların belirli bir enerjisi vardır. İşte belirli bir frekansları vardır. Belirli bir hızları da vardır. Işık olduğuna göre hatta ışık hızı.

A: Işığın dalga ve tanecik özelliğini ortaya koyan deneye örnek.

Ö38: eh,bir saniye bunu hep unutuyorum, hımm, fotoelektrik olaydı tanecik yapısına örnek, başka da yok sanırım, girişim kırınım da tanecik, şey dalga özelliğine örnekti (BİL. DENEY),

A: Bununla ilgili yani ışığın yapısı, elektronun her iki yapıda olması gibi konularda düşüncende bir değişiklik oldu mu?

Ö38: Işığın yapısını daha önceki derslerde biliyordum yani elektromanyetik dalga paketi (BİL. PAKET) olarak adlandırmıştık daha önceleri eh,ama elektron konusunda evet öyledir diyebileceğim bir şey yoktu, ama duymuştum da tam bilmiyordum, bu noktada eh, gözlenen deneye göre yapılarının değişmesi oldukça ilginç, bunu bilmiyordum mesela ışık için, hani fotoelektrik olayda tanecik, girişim ve kırınım da dalga özelliği gibi (BİL. DENEY).
.....

Bulgularda ortaya konulduğu gibi Ö38 ışık ve ışığın ikili yapısına ilişkin kavramsal değişim ortaya koymuştur. Kavramsal değişimin gerçekleştiğini

gösterecek ölçütlerden birisi olan, farklı durumlarda kavramı doğru bir şekilde kullanmış, diğer kavramlarla ve günlük hayatla ilişkilendirmiştir. Örneğin, de broglie; madde dalgaları konusunda öğrencilere ön bilgileri yoklama aşamasında ışığın dalga ve tanecik yapısını örneklemeleri istenmiştir. Öğrenci, Şekil 5.11’de görüldüğü gibi, ışığın tanecik yapısının fotoelektrik olay ile ilişkisini ve dalga yapısının da ilişkili olduğu durumları doğru bir şekilde ifade etmiştir.

Ne Bildiğini fark et:

Işığın tanecik yapısını ortaya koyan deneye örnek vererek, bu deneyin neden tanecik modelini desteklediğini açıklayınız.

~~İnşaa, kırılma tanecik özelliği~~
Fotoelektrik olayda ışığın tanecik özelliği olduğunu gösterir.
Çünkü her bir foton bir elektron kopardı ve bu yüzden ışık tanecik özelliği gösterir.

Işığın dalga yapısını ortaya koyan deneye örnek vererek, bu deneyin neden dalga modelini desteklediğini açıklayınız.

Kırınım, girişim, difraksiyon olaylarında dalga modelini destekler.
Young'ın çift yarıklı girişim deneyi.

Şekil 5.11: Ö38’e ait ön bilgileri yoklama aşaması çalışma yaprağı

Ortaya konulan bulgular, Ö38’in ilgili kavramları yapılandırıldığını ve bir kavramsal değişim gösterdiğini ortaya koymaktadır.

5.3.7 Heisenberg Belirsizlik İlkesi

Heisenberg Belirsizlik İlkesi konusu çerçevesinde yapılan öğretim iki ders saati sürmektedir. Öğretim etkinlikleri belirsizlik kavramı hakkında gelişim sağlamayı amaçlamaktadır. Kavram testinde belirsizlik ilkesi ile ilgili 3 soru (12-13-14) yer almaktadır.

Bulgular, öğretim etkinlikleri boyunca izlenen grubun öğrencilerinden Ö38’in öğretim sırasında Heisenberg belirsizlik İlkesi konusunda kavramsal bir gelişim

gösterdiğini ortaya koymaktadır. Çizelge 40’ta görüldüğü gibi, Ö38 öğretim öncesinde konuya ilişkin “bilimsel bölümlü ve alternatif” düşünceye sahip iken, öğretim sonrasında kavramları “bilimsel bölümlü” olarak doğru şekilde kullanmaktadır.

Çizelge 5.40: Kavramsal durum kategorileri

	<u>Öğretim öncesi</u>	<u>Öğretim sonrası</u>
Ö38	Bilimsel Bölümlü ve Alternatif (BİL. BÜYÜK) (ALT. GÖRELİLİK) (ALT. BAŞKA)	Bilimsel Bölümlü (BİL. BELİRSİZLİK) (BİL. BÜYÜK) (BİL. DOĞA)

Ö38’in öğretim öncesinde uygulanan önteste yer alan sorulara verdiği yanıtlar incelendiğinde “Zaman kavramında belirsizlikler olur. Planck sabiti çok küçük olduğu için ışınlar, zaman, olaylar daha hızlı olur.” (ALT. BAŞKA) “Büyük objelere de uygulanabilir fakat bunun farkına varamayız.” (BİL. BÜYÜK) “Her olayda bir olasılık vardır. Bulunduğun ortama koşullara göre zamanda değişimler, yanlısamalar, belirsizlikler gözlemlenir(ALT. BAŞKA).” düşüncesine sahip olduğu görülmektedir.

Öğrenci ile yapılan öğretim öncesi görüşme de kavram testinde yer alan sorulara benzer sorular yönlendirilmiştir.

A: Belirsizlik nedir?

Ö38: Belirsizlik...ehh, bir şeyin tam olarak net olamayacağı ortama göre, zaman göre veya koşullara göre değişebileceğidir (ALT. GÖRELİLİK). Heisenberg belirsizliği duymuştum ama aklımda bir şey yok.

A: Büyük nesnelere uygulanabilir mi?

Ö38: Olabilir. Çünkü biz o kadar hızlı değiliz. Ayrıca net bir kütleimiz var. Bu kütleimiz bizim hızlanmamıza nasıl diyeyim, enerjimize etki ediyor. Çünkü enerji nedir hareketlilik, hareketli isen enerjin var demektir. Dünya üzerinde olduğumuz için yer çekimi engel oluyor. O kadar büyük enerjiye sahip olmadığımızı düşünüyorum o kadar büyük hıza da sahip değiliz o yüzden biz belirsiz olamayız (ALT. NEWTON).

A: Hersenberg Belirsizlik ilkesi 1927 yılında ortaya atılmıştır. Acaba bu belirsizlik teknolojik yetersizlikten(ölçüm aletlerinden...) kaynaklanıyor olabilir mi?

Ö38: Tabii canım olabilir. Ama fizikte doğrular 100 yılda bir yıkılabilir. 100 yıl bile değil 20 yılda da yıkılabilir (ALT. TEKNOLOJİ).

A:(Öğrenciye kavram testinde yer alan otobüs sorusu hatırlatılır.) heisenberg bu otobüs örneğinde belirsizlikten bahsederken ne demek istemiştir?

Ö38: Belirsizlik içeriyor diyor ehh, otobüsün ehh demek ki şimdi düşünemiyorum ama Hersenbergin belirsizliği demek ki zamana mekana göre değişebilir demek istiyor (ALT. GÖRELİLİK). 9' da geliyorsa araç mesela 60 km/s hızla geliyordur. Sizin yolunuz 30 km' dir. Bu klasik fizikte olduğu için bir belirsizlik durumu yok. Ama işte zaman ne 9, hangi aralık, belirsizlik ilkesi vardır diye düşünüyorum (ALT. TAHMİN).

Yukarıda verilen alıntıda da görüldüğü gibi, öğrenci belirsizlik ilkesinin ne olduğunu bilmemekte, belirsizliğin teknolojik yetersizlikten kaynaklanabileceğini ve fizikte doğruların sürekli değişim içinde olduğu için belirsizlik ilkesinin de çözümlenebileceği şeklinde alternatif düşüncesini ifade etmektedir. Ayrıca Ö38, büyük nesnelerin zamanın herhangi bir anında kesin bir kütleyle sahip olduğu ve belirsizliğin de yüksek hızlarda geçerli olduğu şeklindeki alternatif düşüncesini açıkça ifade etmektedir.

Sınıf içi öğretim esnasında öğrencilerin konuyla ilgili ön bilgilerinin farkına varması amacıyla yapılan etkinlikte Ö38'in grup arkadaşıyla konuşmasında görüldüğü gibi;

8-Ö38: Belirsizlik bir şeyin, ehhhh.

9-Ö39: Aynı anda bir olayın...

10-Ö38: İki ya da daha farklı açıklaması olabileceği.

11-Ö39: Açıklaması olamayacağı.

12-Ö38: Ya bu şey değil mi belirsizlik, cismin bulunduğu konuma göre, fiziksel özelliklerinin değişmesine denilmiyor muydu? Mesela astronot belirsizlik

anladın mı? Ne belirsizliği vardı, boy uzaması, kısalması işte, zamanda belirsizlik vardı, boyda belirsizlik vardı. (ALT. GÖRELİLİK)

13-Ö39: Bir olayın aynı anda iki tane sonucunun olmayacağı gibi bir şey diyeceğiz anladın mı?

14-Ö38: Ben şöyle diyeceğim, belirsizlik bir olayın, kesin, bir yargı ile ifade edilemeyeceği, ortam şartlarına göre, bu hız olabilir, farklı

15-Ö39: Farklı özelliklerinin değişebilmesidir.

Ö38 belirsizliği görelilik kuramı ile ilişkilendirmektedir ve Ö38 belirsizlik ile ilgili alternatif düşünceye sahiptir.

Öğretim sürecinde, öğrencilere bu konu ile ilgili merak uyandırma aşamasında, bir animasyon izlettirilmiştir. Bu noktada öğrencilere animasyonun tamamı izletilerek gözlemcinin yalnızca gözleyerek olayı etkileyip etkilemeyeceği sorusu yöneltirilmiştir. Keşfetme aşamasında ise öğrencilere George Gamow'un Bay Thompkins'in Serüvenleri isimli kitabından bir düşünce deneyi sunulmuştur. Düşünce deneyi belirsizlik ilkesinin ölçüm aletlerinden ya da teknolojik yetersizlikten kaynaklanmadığı ve kuantum dünyasının doğası gereği var olduğunu ortaya koymaktadır.

Daha sonra açıklama aşamasında kısaca Heisenberg Belirsizlik İlkesinin kapsamı üzerinde durulmuş ve konu ile ilgili örnek çözümüne yer verilmiştir.

Öğrencilere genişletme aşamasında, iki soru içeren bir çalışma yaprağı sunulmuştur. Sorular belirsizlik ilkesinin büyük nesnelere uygulanabilirliği ve Bohr atom modelinin belirsizlik ilkesi çerçevesinde değerlendirilmesi ile ilgilidir. Bu noktada öğrencilerin ders içi konuşmaları aşağıda sunulmuştur.

55-Ö38: Bohr'da yeri belli idi, ama modern atom teorisinde belli değildi, yeri. Bulunma olasılığı yüksek olan yerde idi (BİL. BELİRSİZLİK).

56-A: Evet.

57-Ö38: Bohr atom modelinde elektronun bulunduğu enerji düzeyi belli idi ama modern atom teorisinde elektronun bulunduğu yer, yeri yönü belli değildi, bulunma olasılığının yüksek olduğu yer belirli idi.

58-A: Belirsizlik ilkesi ile ilişkilendirdiğinizde.

59-Ö38: Şimdi elektronun yeri tam olarak belli olmadığına göre buda bir atom altı tanecik olduğuna göre yani enerjisi de belli olmadığına göre yani bu olaylarda veya Heisenberg belirsizliğinde de her hangi bir cismin ya da yapının tam olarak nerede olduğu, yeri atom altı taneciğinden dolayı belli olamaz.

.....

66-Ö38: Ben şey dedim, uygulanabilir çünkü her madde atomlardan oluşur ve atomlarda atom altı taneciklerden oluşur ancak günlük yaşamda belirsizlikler çok küçük olduğu için göz önünde bulundurulmazlar dedim (**BİL. BÜYÜK**).

67-Ö39:Hımm.

68-Ö38: Hani şey $h/2\pi$ çok küçük bir şey zaten h çok küçük bir değer.

69-Ö39: Gerçekçi değildir.

70-Ö38: Çünkü Bohr atom modelinde elektronun yeri bellidir, ama Heisenberg'te elektronun yeri belli değildir.

Yukarıdaki alıntı da da görüldüğü gibi Ö38, bohr atom modelini belirsizlik ilkesi çerçevesinde ele almış ve elektronların belirsizlik ilkesine göre yerlerinin belirlenemeyeceği şeklindeki düşüncesini açıkça ifade etmiştir. Aynı zamanda belirsizlik ilkesinin tüm maddelere uygulanabileceğini ve günlük yaşantıda bu belirsizliklerin çok küçük olmasından dolayı ihmal edilebileceğini belirtmektedir.

Ö38'e ait genişletme aşaması çalışma yaprağı Şekil 5.12'de sunulmuştur.

Genişletme Aşaması:

Heisenberg belirsizlik ilkesi çoğunlukla, elektron, proton gibi çok küçük nesnelere uygulanmaktadır. Belirsizlik ilkesini araba, tenis topu gibi büyük nesnelere uygulanabilir mi?

Uygun olabilir. Çünkü her madde atomların
oluşturulmuştur. Ancak atomlarda atom altı taneciklerden
ancak günlük yaşamda bu belirsizlikler
çok küçük olduğu için göz önünde bulundurulmaz.

Heisenberg belirsizlik ilkesi çerçevesinde düşünöldüğünde Bohr atom modeli gerçekçi midir?

Yorumlayınız.

Değerlidir. Çünkü Bohr atom modelinde
elektronun yeri belirsizdir. Heisenberg elektronun
yerinin ve momentumunun belli olamadığını söyler.

şekil 5.12: Ö38'e ait genişletme aşaması çalışma yaprağı

Yukarıda verilen alıntıda ve öğrenci çalışma yaprağında da göröldüğü gibi Ö38, daha önceki derslerde görmüş olduğu Bohr atom modeli ile belirsizlik ilkesini ilişkilendirmektedir. Aynı zamanda Ö38'in günlük yaşamda belirsizlikler çok küçük olduğu için göz önünde bulundurulmaz bilimsel düşünöncesine sahip olduğu görölmektedir.

Değerlendirme aşamasında ise öğrencilere 2 adet soru yöneltilmiştir. Ö38'e ait değerlendirme aşaması çalışma yaprağı şekil 5.13'te sunulmuştur.

Değerlendirme aşaması

1- Kuantum mekaniksel bir ördeğin $h = 2\pi$ js olan bir dünyada yaşadığını varsayınız. Bu ördeğin 2,0 kg lık bir kütleye sahip olduğu ve başlangıçta 1,0 m genişlikte bir bölge içinde bulunduğu biliniyor.

a) Hızındaki minimum belirsizlik nedir?

$$\Delta x = \Delta p = \frac{h}{4\pi}$$
$$2 \times 1 - \Delta p = h = \frac{2\pi j s}{4\pi} \quad \Delta p = m \cdot \Delta v$$
$$\Delta p = 0,25 j s \quad \Delta p = 2 \cdot \Delta v$$
$$\Delta p = 0,125 j s = \Delta v$$

b) Hızındaki bu belirsizliğin 5,0 s sürdüğünü varsayarak bu kadar zaman sonra konumundaki belirsizliği bulunuz.

$$\Delta x = \Delta v \cdot \Delta t$$
$$\Delta x = 0,125 j s \cdot 5,0$$
$$\Delta x = 0,625$$

2- Konumundaki belirsizlik $\Delta x = 1.10^{-4}$ m olan bir hareketlinin hızındaki belirsizliği, hareketlinin:

a) elektron

b) kütlesi 0,01g olan bir toz zerresi olması halinde hesaplayınız. ($m_e = 9,1.10^{-31}$ kg)

$$a) \Delta x \cdot \Delta p = \frac{h}{2\pi}$$
$$1,10^{-4} \cdot m \cdot \Delta v = \frac{h}{2\pi}$$
$$1,10^{-4} \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} = \frac{6,62 \times 10^{-34}}{2\pi}$$
$$\Delta v = \frac{6,62 \times 10^{-34}}{2\pi \cdot 10^{-4} \cdot 9,1 \cdot 10^{-31}}$$
$$b) \Delta x \cdot \Delta p = \frac{h}{2\pi}$$
$$1,10^{-4} \cdot 0,01 \cdot \Delta v = \frac{h}{2\pi}$$

Şekil 5.13: Ö38'e ait değerlendirme aşaması çalışma yaprağı

Soruların çözülmesi esnasında grup içinde kavramlarla ilgili tartışmalar olmuştur. Grup içindeki konuşmalardan ve değerlendirme aşaması çalışma yaprağından elde edilen bulgular Ö38'in h Planck sabiti kavramını doğru bir şekilde kullandığını ve Planck sabitiyle kuantum fiziği arasındaki ilişkiyi kurduğu ve bilimsel olarak doğru bir şekilde açıkladığını ortaya koymaktadır.

İlişkilendirme aşamasında ise öğrencilere 2 adet soru içeren bir çalışma yaprağı sunulmuştur. Çalışma yaprağında yer alan sorular, belirsizlik ilkesinin ne gibi bir fiziksel anlamı olduğu ve makro evrende belirsizlik ilkesinin uygulanıp uygulanamayacağı ile ilgilidir. Grup içindeki konuşmalardan elde edilen bulgular Ö38'in aşağıda da görüldüğü gibi;

90-Ö38: Ölçülememesinin sebebi.....ölçü aletlerinden kaynaklanmıyor.

Hayır

91-Ö39: Hayır.

92-Ö38: Aletten değil, maddelerin yapısından kaynaklanmaktadır (**BİL. DOĞA**)

93-Ö39:.....

94-Ö38: Günlük yaşamdaki belirsizlikler çok küçük olduğu için önemsenmiyor.

95-Ö39: Mikroskobik evrende bir parçacığın konumunu, momentumunu ya da enerjisini tam olarak ölçemeyiz. Bunun temel sebebi bu küçük parçacıkların hızlarının fazla olmasıdır. Parçacık çabuk yer değiştirdiğinden rahat gözlem yapılamaz.

96-Ö38: Hızından kaynaklanmıyor ki.

97-Ö39: Heisenberg'in Belirsizlik İlkesi makroskobik evrende uygulanamaz çünkü makroskobik evrende ölçüm alması daha kolaydır. Mikroskobik evrende ölçüm yapmak zordur. Heisenberg'in Belirsizlik İlkesi makroskobik evrende uygulanamaz. Mikroskobik evrende parçacıklar çok hızlı hareket ettiğinden mikroskobik parçacıklar ölçülemiyor fakat makroskobik evrende böyle hızlı hareket eden bir şey yok...Sizce bu ifadeler doğru mudur? İrdeleyiniz.

98-Ö38: Bence ikisi de doğru değil.

99-Ö39: İkisi de yanlış.

101-Ö38: Ben bi de şey yazdım, Heisenberg formülü ile de açıklanabilir bu dedim çünkü biraz önce de çok kütleli bir şey de yaptık (**BİL. BELİRSİZLİK**). Bizim bile vardır yani. Sanki kütle arttıkça Δp artıyor, Δp arttığı için de konumundaki değişiklik milimetrelilik oluyor, buda bizim hayatımızda çok önemsenmiyor yani. Doğru değil mi? mesela bak, orada Δp çok küçük olmasına rağmen (.....), bizim ki her halde nanometre falan çıkar (**BİL. BÜYÜK**).

belirsizlik ilkesi kavramını doğru bir şekilde kullanmakta ve makro evren ve belirsizlik ilkesi arasındaki ilişkiyi doğru bir şekilde açıklayabilmektedir. Ayrıca Ö38 bilimsel kavramın sunumu sürecinde, söz ve sembollerden yararlanarak, bilimsel

kavram ve düşünceleri açıklamaya çalışmıştır. Ö38'e ait ilişkilendirme aşaması çalışma yaprağı aşağıda sunulmuştur.

İlişkilendirme Aşaması

1- Bir grup öğrenciye Heisenberg'in Belirsizlik İlkesi ile ilgili olarak şu soru yöneltilmiştir. "Heisenberg'in Belirsizlik İlkesinin ne gibi bir fiziksel anlamı vardır? Açıklayınız." Öğrencilerin verdikleri yanıtlardan bir kısmı aşağıdaki gibidir. Bu yanıtları tek tek irdeleyiniz. İfadeler doğru mudur? Nedenleri ile birlikte açıklayınız.

• "Heisenberg'in Belirsizlik İlkesi" momentumun x bileşeni ile x konumunun aynı anda ölçülemeyeceği anlamına gelir. Sebebi teknolojik yetersizliktir. Teknolojik olarak yeterli düzeye ulaşabilirsek ölçebiliriz."

Doğrudur. Ölçülemedinin sebebi elektronun yerinin ve momentumunun belli alınmasından kaynaklanır.

• "Bir parçacığın konumu ile momentumu aynı anda kesin olarak belirlenemez. Bunun sebebi ölçü aletleridir. Bir ölçü aletinin aynı anda iki ölçüme odaklanamamasından kaynaklanır. Aynı anda mikroskopik bir parçacığın hem konumuna, hem de momentumuna odaklanabilen bir ölçü aleti geliştirilebilirse ölçmek mümkün olur."

Hayır. Aletten değil, maddelerin yapısından kaynaklanmaktadır.

• "Ölçme işi sırasında ölçmek istediğimiz sistemin fiziksel durumunu değiştiriyoruz örneğin; bir suyun sıcaklığını ölçmek için derece soktuğumuzda, suyun sıcaklığını değiştirmiş oluyoruz. Ölçmek istediğimiz şeyi ölçemiyoruz." Belirsizlik ilkesi budur.

Bu Heisenberg'e belirsizlik tipi değil günlük yaşamdaki belirsizlikleri açıklar. Çok büyük ölçü için.

• "Mikroskopik evrende bir parçacığın konumunu, momentumunu ya da enerjisini tam olarak ölçemeyiz. Bunun temel sebebi bu küçük parçacıkların hızlarının fazla olmasıdır. Parçacık çabuk yer değiştirdiğinden rahat gözlem yapılamaz."

Hızından kaynaklıdır. Parçacığın tam olarak yer belirlenemez.

2- Bir grup öğrenciye şu soru yöneltilmiştir: "Heisenberg'in belirsizlik ilkesi makro evrende uygulanabilir mi?"


Aşağıda öğrencilerin bu soruya yönelik yanıtları yer almaktadır.

• "Heisenberg'in Belirsizlik İlkesi makroskopik evrende uygulanamaz çünkü makroskopik evrende ölçüm alması daha kolaydır. Mikroskopik evrende ölçüm yapmak zordur."

• "Heisenberg'in Belirsizlik İlkesi makroskopik evrende uygulanamaz. Mikroskopik evrende parçacıklar çok hızlı hareket ettiklerinden mikroskopik parçacıklar ölçülemiyor fakat makroskopik evrende böyle hızlı hareket eden bir şey yok..."

Sizce bu ifadeler doğru mudur? İrdeleyiniz.

Doğrudur. Belirsizlik hem mikroskopik hem de makroskopik evrende vardır. $\Delta x \cdot \Delta p = \frac{h}{4\pi}$ ile de hesaplanabilir.



Şekil 5.14: Ö38'e ait ilişkilendirme aşaması çalışma yaprağı

Ö38'e ait ilişkilendirme aşaması çalışma yaprağı incelendiğinde, belirsizlik ilkesinin maddenin doğası ile alakalı olduğu ve hiçbir şekilde teknoloji ya da ölçümlerle ilgili olmadığı ve belirsizliğin hem makro hem de mikro sistemler için geçerli olduğu bilimsel düşüncesini açık bir şekilde ifade etmektedir.

Öğretim sürecinin sonunda uygulanan sonteste Ö38'in, "Çevremizdeki tüm olaylar çok enerjili ve çok hızlı olur, algılanamazlar. Böylece Heisenberg

belirsizliğinde denildiği gibi elektronun yeri ve yönü belli olmaz.”(**BİL. BELİRSİZLİK**) /“Belirsizlik her madde için geçerlidir. Ancak büyük cisimlerde çok küçük olduğu için biz bunu fark edemiyoruz.” (**BİL. BÜYÜK**) /“Otobüsün 9 da geleceği tahmin ediliyor. Bu tıpkı elektron gibi olma olasılığı yüksek olan olaydır. Ama kesin değildir. Elektronların yerleri belli değildir. Bu yüzden maddeler içinde belirsizlikler vardır. Olma olasılığı yüksek olan tahmini bir şey söylenebilir.” (**BİL. BELİRSİZLİK**) düşüncesine sahip olduğu görülmektedir.

Öğrenci ile yapılan son görüşmede de;

A: Belirsizlik ilkesi nedir? Heisenberg Belirsizlik ilkesinin ne gibi bir fiziksel anlamı vardır?

Ö38: Belirsizlik ilkesi ilk Heisenberg tarafından ortaya atılmış. Diyor ki cisimlerin tam olarak nerde bulunduğu, yerleri, tam olarak hesaplanamaz. Bununla ilgili belirsizlikler vardır ve bu maddenin yapısından kaynaklanmaktadır(**BİL. DOĞA**). İşte en son dersimizde de öğrenmiştik, maddenin tam yerinin belli olmadığını, formüllerle de çözüyorduk. Formül tam olarak aklımda değil. Ama işte belirli bir kaymalarının olduğu işte çok küçük cisimlerin bile momentumlarının kaymalarının çok küçük olduğunu gözlemlemiştik.

A: Heisenberg Belirsizlik ilkesi 1927 yılında ortaya atılmıştır. Acaba bu belirsizlik teknolojik yetersizlikten(ölçüm aletlerinden...) kaynaklanıyor olabilir mi?

Ö38: Hayır, yok, bence çözülemeyecek bu belirsizlik ilkesi çünkü önce elektronun nerde olduğu bulunmalı onu da çeşitli deneylerle yapmışlar işte ampulü yakıyorlardı elektronun momentumunu belirlemek için ama foton ile elektron çarpışıyordu çarpıştığında fotonun bir enerjisi vardı. Enerjisinin çok küçük olması o yüzden ışığın şiddeti az oluyordu buna rağmen bu kadar hassas deneyler yapılmasına rağmen, sonra çanlarla ilgili deneyler yapıldı, simülasyonda gördük hani bunlara rağmen elektronun yeri, yönü, momentumu kesin belli olmuyor. Belli olmadığına görede belirsizlik her zaman sürecek. (**BİL. DOĞA**)

A: Peki, genel anlamda belirsizlik ilkesi ile ilgili düşüncelerinde bir farklılaşma oldu mu? Hatırlıyor musun ön uygulamalarda ne dediğini?

Ö38: Evet, evet, hatırlıyorum, ehhhh, ben belirsizliği hız ile kütle ile ilgili bir şey sanıyordum ama öyle olmadığını öğrendim, aslında neydi doğanın bir parçasıydı ve çözümlenemeyecek. Mesela otobüsle ilgili soruda da günlük yaşantıda karşılaşabileceğimiz şeylerden dolayı dokuzda gelemeyeceğini söylemişim meğer öyle değilmiş. Şey çok ilginç aslında bizde de var ama biz bunu önemsemiyoruz. Bir de yöntemle alakası yok hani vardı ya bununla ilgili düşünce deneyi, orada görmüştük (**BİL. DOĞA**)

A: Anladım, peki, Planck sabitinin değeri 1 olsaydı ne olurdu? Planck sabitinin değerini hatırlıyor musun?

Ö38: Evet. Planck sabitinin değeri 1 olsaydı hepimiz enerji topu olurduk.

A: Neden?

Ö38: Çünkü mesela enerjiden bahsediyoruz. h çarpı f den bahsediyoruz. h çok büyük olursa hepimiz feci bir enerji yayınlayacaktık. Doğal olarak hepimizin momentumu çok büyük olduğu için h çok büyük olduğu için hiç birimizin yeri belli olmayacaktı, belirsizlik çok artacağı (**BİL. BELİRSİZLİK**) için hiçbir şey yani sizin benim yanımda oturduğunuz bile belli olmayabilirdi.

A: Peki, çok mu önemli bu planck sabiti?

Ö38: (gülüyor.) hocam, önemli olmaz mı, bir dönem boyunca her konuda sordunuz, olayların kuantumla ilişkisi ne diye, tabii ki planck sabiti.

A: Eklemek istediğin başka birşey var mı?

Ö38: Ben, biz yöntemi beğendik en azından derste daha rahatız, görsel birşeyler öğreniyoruz, siz bize normal tahtaya çıkıp bu formülleri verseydiniz veya elektronun tanecik özelliği de var dalga özelliği de var deseydiniz, mesela simülasyonda öğrendiğimiz gibi beynimize işledi. Siz bana bir olay soruyorsunuz hemen aklıma simülasyonlar geliyor. Görsel olduğu için daha iyi oldu, kalıcı oldu, ama bildiğim kadarıyla kuantum fiziğinin onda birini gördük görmedik gibi bir şey hani devam etseydik çok çok güzel bir ders olurdu.

bilimsel olarak doğru kabul edilebilir açıklamalarda bulunmaktadır. Son görüşmede Ö38 bilimsel kavrama ilişkin olarak sınıf içinde yapılan etkinliklere

değirmiştir. Ö38'in yanıtında da açık bir şekilde ders içi etkinliklerin önemine vurguda bulunmuştur. Sınıf içi deneyimler öğrencilerin bilimsel kavramları akla yakın bulmalarında etkin bir role sahiptir. Sontest ve öğretim sonrası görüşmelerden elde edilen bulgular Ö38'in belirsizlik ilkesini kavradığını göstermektedir.

Bulgularda ortaya konulduğu gibi Ö38 Heisenberg belirsizlik ilkesine ilişkin bir kavramsal değişim ortaya koymuştur. Öğrenci öğretim öncesinde belirsizlik kavramına sahip değilken yapılan öğretim etkinlikleri esnasında bu kavramı yapılandırmış, kavramsal değişimin gerçekleştiğini gösterecek ölçütlerden birisi olan, farklı durumlarda kavramı doğru bir şekilde kullanmış, diğer kavramlarla ve günlük hayatla ilişkilendirmiştir.

Ortaya konulan bulgular, Ö38'in ilgili kavramları yapılandırıldığını ve bir kavramsal değişim gösterdiğini, ayrıca yapılan öğretim etkinliklerinin bu kavramsal değişimde etkili olduğunu göstermektedir.

5.4 Altıncı Alt Probleme ilişkin Bulgular

Araştırmada altıncı alt problem olarak; "7E öğretim modeli öğretim sürecini nasıl etkilemiştir?" sorusuna yanıt aranmıştır. Bu süreç; "öğrencinin öğretim modeline ilişkin düşünceleri" boyutunda irdelenmiştir. Veri toplama aşamasında; öğretim modeline yönelik olarak gerçekleştirilen yapılandırılmış görüşmelerden yararlanılmıştır. Görüşme formunda yer alan sorular ve bu sorulara ilişkin yanıtlar aşağıda sunulmuştur.

Yapılandırılmış görüşme formunun ilk sorusu, "*Bu yöntemle işlediğiniz dersler ile daha önceki fizik derslerinizi farklılıkları ve benzerlikleri yönünden karşılaştırınız.*" şeklindedir. Öğrencilerin yanıtlarından elde edilen bulgular Çizelge 5.41'de yer almaktadır. Öğrenci yanıtları incelendiğinde, öğrencilerin diğer derslerle benzerliklerin yerine daha çok farklılıklar üzerinde durdukları belirlenmiştir.

Çizelge 5.39: Ders işlenişlerinin karşılaştırılması

<i>Diğer derslerle farklılık</i>	<i>f</i>
<i>Aktiflik</i>	<i>38</i>
<i>Kullanılan yöntem ve etkinlikler</i>	<i>41</i>
<i>Öğrenci merkezli</i>	<i>33</i>
<i>Yaşayarak öğrenme</i>	<i>27</i>

Çizelge 5.41’de görüldüğü gibi, araştırmaya katılan 48 öğrenciden 38’i, öğrencinin derse aktif katılımı üzerinde, 41 öğrenci kullanılan yöntem ve etkinlikler üzerinde, 33 öğrenci, öğrenci merkezli olması noktasında, 27 öğrenci ise yaşayarak öğrenme üzerinde durmuştur.

Yapılandırılmış öğrenci görüşmelerinden alıntılar aşağıda sunulmuştur.

Ö41: *Bu yöntemle işlediğimiz tek ders belki de bu dersti. Bence bu yöntemde öğrenci sürekli aktif olduğu için, ders saati çok uzamadığı sürece hiç sıkıcı bir hal almadı. Daha önceki fizik derslerinde doğru yanlış hayal ettik hep ama bu yöntemde kullanılan simülasyonlar bazı kavramları daha kolay anlaşılır hale getirdi.*

Ö11: *Daha önceki fizik derslerinde hocamız anlatıyor, bizde dinliyorduk. Bu yöntem ile ön bilgilerimiz sorgulandıktan sonra konuya giriş yapıyoruz. Yani öğrencide merak uyandıran bir yöntem. Daha önceki derslerde aktif katılım yoktu. Bu derste geleneksel yöntemin dışında başka yöntemlerde gördük. Ezberlememe değil öğrenmeme neden oldu bu yöntemler.*

Ö33: *Daha önceki derslerde sadece öğretmen etkindi, sadece öğretmen anlatıyordu. Ama bu yöntem de öğrenci yani biz etkindik ve bilgisayar ile görsellik katıldı derse ve daha kalıcı idi. Ama bu yöntemin daha etkili olması içinde bizlerin her zaman derse hazırlıklı gelmesi gerekiyor idi.*

Ö11, Ö33 ve Ö41’in yanıtları incelendiğinde, öğrenme sürecinde öğrencinin aktif olarak rol alması ve kullanılan yöntem ve etkinlikler ön plana çıkmaktadır. Özellikle yöntemin öğrenme sürecine katkı sağladığı söylenebilir.

Diğer öğrencilerin yanıtları incelendiğinde, daha önceki derslerde geleneksel öğretim metotlarının kullanıldığı ve bilginin ezbere dayalı olduğu vurgusu ön plana

çıkılmaktadır. Bu kategoride değerlendirilen yapılandırılmış öğrenci görüşmelerinden alıntılar aşağıda sunulmuştur.

Ö19: *Daha önceki fizik derslerinde ezbere dayalı işlemler yapıldı. Ayrıca biz, normal fizikten ayıran kuantum fiziğini hiç bilmiyoruz. Hiçbir bilgimiz yok. Diğerlerinde bir bilgi birikimi olduğundan her seferinde aynı şeyleri görüp onları tekrar ediyorduk. Bu derste ezber yanı değil, düşünme yanını kıyaslama yanını geliştirdik.*

Ö44: *Daha önceki fizik derslerinde hocamız anlatıyor bizde dinliyorduk, bu yöntem ile ön bilgilerimiz sorgulandıktan sonra konuya giriş yapıyoruz. Yani öğrenci de merak uyandıran bir yöntem. Daha önceki derslerde aktif katılım yoktu. Bu derste geleneksel yöntemin dışında başka yöntemlerde gördük, bu yöntemler ezberlememe değil, öğrenmeme neden oldu.*

Ö27: *Farklılıklar var. Bu öğretim yöntemi daha kalıcı oldu. Diğer fizik derslerinde üniteye yer alan formüller verilir soru çözmeye yönelirken, bu işleyiş sisteminde fiziğin çevremizdeki hayatta uygulamalarına daha çok değinildiği için daha faydalı oldu.*

Öğrenci görüşmelerinden elde edilen alıntılar incelendiğinde, öğrencilerin ortak görüşünün bilgiyi yapılandırma sürecinde öğrencinin aktif olarak rol aldığı şeklindedir. Özellikle ders süresince uygulanan yöntemlerin, öğrencilerin uygulama sürecine ilişkin olumlu tutum kazanmalarını sağladığı ve ezbere dayalı, bilginin öğretmen tarafından aktarıldığı diğer dersler ile karşılaştırıldığında, öğrencilerin 7E modelini tercih ettikleri gözlenmektedir.

Yapılandırılmış görüşme formunun ikinci sorusu, “*Ders işleniş süresince arkadaşlarınız ile olan etkileşiminiz nasıldı? Ne tür çalışmalar yaptınız? Bu çalışmaların öğretim sürecine ne gibi etkileri oldu?*” şeklindedir. Öğrencilerin yanıtlarından elde edilen bulgular Çizelge 5.42’de yer almaktadır.

Çizelge 5.42: Ders içi etkinliklerin öğrenme sürecine etkisi

<i>Öğrenme sürecine etkisi</i>	<i>f</i>
<i>Kalıcılık</i>	38
<i>Motivasyon</i>	41

Öğrenci yanıtları incelendiğinde, öğrenciler, özellikle ders içi etkinliklerin süreç üzerinde kalıcılık ve motivasyon noktasında etkili olduğu yönünde görüş bildirmişlerdir. Öğrenci görüşmelerinden alıntılar aşağıda sunulmuştur.

Ö41: Arkadaşım ile hep iletişim halindeydik. Konular hakkında birbirimize fikirlerimizi söyleyip tartıştık. Sonunda doğru olanı öğrendik. Çalışma yaprakları ile ön bilgilerimiz sınandı. Sonra geliştirme ve değerlendirme aşamalarımız vardı. Simülasyonlarla çalışmalarımızı pekiştirdik. Konuları daha iyi anlamamı sağladı. Yapılan yöntemi belki bende ileride kullanabilirim.

Ö11: İletişimin maksimum olduğu bir dersti. Karşımdaki kişinin neden öyle düşündüğünü öğrendim. Onlar sayesinde farklı bakış açısı geliştirdim. Bol bol tartışarak düşüncelerimizin nedenlerini anlattık birbirimize. Adım adım derste etkin haldeydim. Adımların birbirini tetiklemesi merak duygumu ve bilgilerimi kontrol edip neden öyle düşündüğümü sorgulamamı sağladı.

Ö35: Arkadaşlarımız ile işlediklerimizi tartışmak daha güzel oldu. Anladığım yerleri fark etmemi sağladı etkinlikler. Sorulardan önce tartışmalar yaptık. Bu dersti daha etkili öğrenmemi sağladı. Diğer derslere oranla dersten daha çok şey anlamış olarak çıktım.

Ö19: Tartışma ortak yön bulma gibi davranışların kazanımını sağladı. İkili gruplaşarak çalışmanın bazen senin düşünemediğini arkadaşının düşünmesi ile aklına gelmesi ile sağlandı. Videolar izledik sonucuna bakmadan tahminler yürüttük. Bilmediğimiz konular hakkında yorum yapmaya çalıştık. Sonuca ulaşmaya çalıştık.

Ö44: Bu derste arkadaşımızla fikirlerimizi paylaşabiliyorduk. Daha önceki derslerde sınıf içi etkileşimimiz yoktu. Tüm etkinlikleri önce yanımdaki arkadaşım ile tartıştım sonra da tüm sınıf ile. Anlayamadığım konularda arkadaşım ile tartışmam doğru bilgiye ulaşmamda yardımcı oldu. Daha fazla bilgi edindim.

Ö35: Beraber konuşup tartışarak işlediğimiz için sıkılmadan daha zevkli hale geldi.

Öğrenci görüşmelerinden elde edilen alıntılar incelendiğinde, öğrencilerin, öğrenme çevresinde arkadaşları ile gerçekleştirdikleri etkileşimin bilginin yapılandırılması sürecine katkı sağladığını düşündükleri gözlenmektedir. Özellikle

öğrenme sürecinde kullanılan çalışma yaprakları ve simülasyonların bilginin yapılandırılmasına olan katkısı ve sosyal etkileşimler ile doğru bilgiye ulaşmanın ve bilginin kalıcılığının sağlandığı vurgulanmaktadır.

Yapılandırılmış görüşme formunun üçüncü sorusu, “*Anlatılan konuları günlük yaşamla nasıl bağdaştırıyorsunuz? Öğretim süresince bu yönde bir uygulama içerisinde yer aldınız mı? Bu uygulamanın size katkıları nelerdir?*” şeklindedir. Öğrencilerin yanıtlarından elde edilen bulgular Çizelge 5.43’de yer almaktadır.

Çizelge 5.43: Konuların günlük yaşamla bağdaştırılması

<i>Günlük yaşam uygulamaları</i>	<i>f</i>
<i>Günlük yaşam ile ilişkilendirebilme</i>	36
<i>Günlük yaşam ile ilişkilendirememe</i>	12

Çizelge 5.43 incelendiğinde, 48 öğrenciden 38 öğrenci anlatılan konuları günlük yaşam ile ilişkilendirebildiği, 12 öğrenci ise ilişkilendiremediği yönünde görüş bildirmiştir. Konuları günlük yaşam ile ilişkilendirebilen öğrenci yanıtlarına örnekler aşağıda sunulmuştur.

Ö26: *Bu konuları farkında olmadan hepsini günlük yaşantıda kullanıyormuşuz. Kullandığımız aletlerin çalışması bu konular ile ilgiliymiş. Öğretim süresince günlük yaşam örneklerinden bahsedildi, ilk defa böyle bir uygulamaya bu derste katıldım. Merak eden bir birey haline geldim araştıran sorgulayan bir birey olmamı sağladı.*

Ö41: *Neredeyse hayatımın tümünde olan bu konuları bu dersle farkına vardım. Günlük yaşantımızı kolaylaştırmada önemli yerleri var. Normal bir ders gibi işlenseydi bu kadar dikkatimi çekmezdi. Bu uygulama ile bu konuları daha iyi anladım.*

Ö11: *Derste konuların bol bol günlük yaşamdaki yerini irdeledik. Şimdi fotoselli ışıkları gördükçe, alış veriş kapılarından içeri girerken aklıma geliyor. Bu uygulamaların katkısını sınavda göreceğim ama bu konuda kişisel anlamda ilginç izlenimlerim oldu ama dersi tam anlamı ile kavramış olmayı diliyorum.*

Ö19: *Mesela demirin yanmasındaki renk değişimini güncel hayatta gözlemliyoruz. Burada bilinçli olarak gözlemledik, daha güzel oldu. Hayatımızdaki olayları göz ardı etmeden, ilgili konuları bilerek yaşamayı öğreniyoruz.*

Ö44: *Daha önce bu konu ile ilgili bilgi sahibi değildim. Dersten sonra nerede ise günlük yaşantıda her alanda var olduğunu gördüm. Her derste işlenen konu ile ilgili olarak hayatımızın neresinde isimli bir bölüm vardı. Böylece dersin günlük yaşamda var olduğunu gördüm. İşleyiş mekanizmalarını merak ettim, araştırdım.*

Öğrenci görüşmelerinden elde edilen veriler incelendiğinde, öğrencilerin öğretim sürecinde edindikleri bilgileri günlük yaşamda karşılaştıkları olayları anlamada kullandıkları gözlenmektedir. Ayrıca günlük yaşam uygulamalarının etkinliklerde yer alması öğrencilerin derse olan ilgi ve isteklerini olumlu yönde etkilemiştir. Öğrenciler öğretim süreci sonunda günlük yaşantıda karşılaştığı uygulama alanlarının dikkatini daha çok çektiğini vurgulamıştır.

Öğrencilerin yanıtlarından elde edilen bulgular incelendiğinde 12 öğrencinin günlük yaşam uygulamalarına örnek veremediği gözlenmiştir. Bu grupta yer alan öğrenciler, kuantum fiziği konuları ile ilk kez karşılaştıkları için günlük yaşamda bağdaştırmakta zorlandıklarını ifade etmişlerdir.

Yapılandırılmış görüşme formunun dördüncü sorusu, “*Bu yöntem ile dersi işlemek sizi araştırmaya teşvik etti mi? (Yanıtınız evet ise nasıl ve neler yaptınız?)*” şeklindedir. Öğrencilerin yanıtlarından elde edilen bulgular Çizelge 5.44’te yer almaktadır.

Çizelge 5.44: Uygulanan yöntemin araştırmaya teşvik düzeyi

<i>Araştırmaya teşvik düzeyi</i>	<i>f</i>
<i>Teşvik etti</i>	40
<i>Teşvik etmedi</i>	8

Çizelge 5.44 incelendiğinde, 48 öğrenciden 40 öğrenci uygulanan yöntemin araştırmaya teşvik ettiği noktasında görüş bildirirken, 8 öğrenci ise teşvik etmedi şeklinde görüş bildirmiştir.

Öğrenci yanıtlarından örnekler aşağıda sunulmuştur.

Ö41: *Evet. Çünkü konular ilgimi çekti. Hocanın sorduğu sorular merakımı arttırdı. Elimdeki bilgiler yeterli gelmedi bazen. Bu nedenle internetten de araştırma yaptım.*

Ö21: *Teşvik etti. Kuantum fiziğinin nerelerde kullanıldığını araştırdım.*

Ö19: *Teşvik etti ve merak uyandırdı. Mesela termal kameraları merak etmişim, araştırdım.*

Ö44: *Kesinlikle teşvik etti. Genelde internette araştırmalar yaptım. Verdiğim cevapların doğruluğunu araştırdım. Simülasyonları adreslerinden tekrar tekrar izledim. Genelde günlük yaşam uygulamaları ile ilgili araştırmalar yaptım.*

Ö5: *Kesinlikle. Kuantumla ve ilgimi çeken başka konularla ilgili bilgi topladım. Videolar izledim. Yaşamdaki yerlerini öğrenmeye çalıştım.*

Ö34: *Evet, kuantum fiziğinin yaşamımızda başka nerelerde kullanıldığını araştırmıştım.*

Görüşme verileri değerlendirildiğinde, öğrenciler, öğrenme sürecinde elde ettikleri bilgilerden yararlanarak, günlük yaşam uygulamaları ile ilgili araştırmalar yaptıklarını vurgulamaktadır. Teşvik etmedi kategorisinde, öğrencilerin “çok fazla teşvik etmedi ve araştırma yapmadım” şeklinde ifadeler kullandığı gözlenmiştir. Genel olarak, öğretim sürecinde kullanılan uygulamaların öğrencileri araştırmaya sevk ettiği söylenebilir.

Yapılandırılmış görüşme formunun beşinci sorusu “*Derse ilişkin ilginizde ya da tutumunuzda bir değişiklik oldu mu? (Yanıtınız evet ise nasıl bir değişiklik gerçekleşti?)*” şeklindedir. Öğrencilerin yanıtlarından elde edilen bulgular Çizelge 5.45’te yer almaktadır.

Çizelge 5.45: Uygulanan yöntemin derse yönelik ilgi ya da tutumda oluşturduğu farklılık

<i>Derse yönelik ilgi ya da tutumda farklılık</i>	<i>f</i>
<i>Evet</i>	39
<i>Hayır</i>	9

Çizelge 5.45 incelendiğinde, 48 öğrenciden 39 öğrenci derse yönelik ilgi ya da tutumunda bir farklılık olduğunu belirtirken, 9 öğrenci herhangi bir farklılık

olmadığı yönünde görüş bildirmiştir. Öğrenci yanıtlarından örnekler aşağıda sunulmuştur.

Ö41: *Elbette oldu. Hiç bilenle bilmeyen bir olur mu? Bilmezken daha itici gelirdi. Derse daha istekli hale geldim. Günlük hayatımla daha çok bağdaştırdım. Bu tür konuları sevdiğim için ilgim aynı kaldı.*

Ö11: *Konu fizik olunca tutum değişikliği çabuk olacak bir şey değil. Ama dersten gerçekten zevk aldım. Bu yeterince güzel.*

Ö19: *Evet. İlk girdiğimde çok garipsedim. Çünkü hiçbir şey bilmiyordum daha sonra farklı şeyler öğrendim. Güzeldi.*

Ö5: *Başta modern fizikten korkmuştum. Çokta yapabileceğimi düşünmüyordum. Ama sınıfta kullanılan yöntemler ile derste başarılı olduğumu gördüm.*

Ö27: *Fizik dersini zaten kolay anlayamıyorum. Sınıfta oturmak işkence gibi geliyordu. En azından bu derste, dersi dinlerken bu sıkıntıdan kurtuldum. Birazcıkta olsa sevmemi sağladı.*

Diğer grupta yer alan öğrenci yanıtları değerlendirildiğinde, öğrencilerin “Oldu” ifadesini kullanıp açıklama yapmadıkları gözlenmiştir. Bazı öğrencilerde bu dersi ilk defa aldığını ve öncesinde herhangi bir tutumları olmadığı şeklinde görüş bildirmiştir.

Öğrenci yanıtları incelendiğinde, öğrencilerin fizik dersine karşı öğretim öncesinde olumsuz bir tutum içerisinde olduğu söylenebilir. Öğrenciler görüşme sorularına verdikleri yanıtlarda, ilgi ve tutumlarının olumlu yönde geliştiğini ve dersten zevk aldıklarını ifade etmişlerdir. Özellikle ders konularının günlük yaşamla bağdaştırılması ve süreç içerisinde kullanılan yöntemler, derse olan ilgi ve tutumun olumlu yönde şekillenmesini sağlamıştır.

Yapılandırılmış görüşme sorularına verilen tüm yanıtlar incelendiğinde, genel anlamda öğrencilerin 7E öğretim modelini yararlı buldukları sonucu çıkarılabilir. Öğrenciler, yanıtlarında 7E öğretim modeli ile işlenen dersler ile daha önceki fizik dersleri arasında karşılaştırma yapmışlar ve 7E öğretim modelinin uygulandığı derslerde daha etkin rol aldıklarını ve bilgilerinin kalıcılığına olumlu katkı

sağladığını belirtmişlerdir. Özellikle ders içi kullanılan etkinliklerin, simülasyonların önemine değinmişlerdir. Öğrencilerin dersin işlenişi ile ilgili olumlu düşüncelere sahip olduğu söylenebilir.

6. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu araştırma Fen Bilgisi öğretmen adaylarının kuantum fiziği temel kavramlarına ilişkin kavramsal anlama düzeylerini belirlemek ve uygulanan öğretim yönteminin bilimsel kavramlara ulaşmada etkisini ortaya koymak amacı ile yapılmıştır. Araştırma Fen Bilgisi öğretmenliği 2. sınıfta öğrenim gören 48 öğrenci ile yürütülmüştür. Araştırma kapsamında veriler, kavram testi, kuantum olgu anketi, yapılandırılmış ve yarı yapılandırılmış görüşmelerden elde edilmiştir.

Sonuçlar, araştırmadan elde edilen bulgulardan yararlanarak dört bölüm şeklinde sunulmuştur.

Bu bölümler;

- 1) Sonuç ve tartışma
- 2) Kavramsal değişime ilişkin tartışma
- 3) Öğretim yöntemine ilişkin tartışma
- 4) Öneriler şeklindedir.

1) Sonuç ve tartışma

Öğretim öncesinde fen bilgisi öğretmen adaylarının kuantum fiziği temel kavramlarına ilişkin alternatif kavramlara sahip olduğu belirlenmiştir. Öğretim öncesinde, siyah cisim ışıması ve fotoelektrik olay konusunda öğrenciler, “alternatif” veya “alternatif bölümlü” kavramsal anlama düzeyine sahip iken, kuantum fiziğine giriş ve belirsizlik ilkesi konularında öğrenciler, “alternatif”, “alternatif bölümlü” veya “bilimsel bölümlü ve alternatif” kavramsal anlama düzeyine sahiptir. Işık, atom ve de broglie;madde dalgaları konularında ise öğrencilerin büyük bir kısmı “alternatif”, “alternatif bölümlü” ve “bilimsel bölümlü ve alternatif” düzeyde iken, çok az öğrenci “bilimsel bölümlü” düzeyde yer almıştır. Literatürde yer alan bazı çalışma sonuçları ile araştırma sonuçlarımız tutarlılık göstermektedir (Fletcher (1998), Mashhadi ve Woolnough (1999), Ireson (1999), Olsen, (2002), Müller ve Wiesner (2002), Didiş vd., (2008), Özdemir (2008), Yıldız (2009), Kaya (2010), Akarsu vd.,(2011)).

Kuantum fiziğine giriş konusu ile ilgili olarak öğretim öncesinde hiçbir öğrencinin “bilimsel” kavramsal anlama düzeyinde olmadığı gözlenmiştir. Öğrencilerin kuantum fiziği ile ilgili “Klasik fizik daha çok makro parçacıklarla ilgilenirken, kuantum fiziği daha çok mikro parçacıklarla ilgilenir. / İnsanların algıları dışında gerçekleşen, açıklayamadığımız sezgisel olayları inceler. / Işık hızında hareket eden parçacıkların hareketini inceler ve açıklar. / Yıldızları, galaksileri ve uzayı inceleyen bilim dalıdır. / Kuantum fiziği deneyleri özel laboratuvarlarda yapılır, klasik fizik deneyleri ise normal ortamlarda basit deneylerle yapılır. / Kuantum fiziği klasik fiziğe göre daha düşünceseldir, soyuttur ve yorumsaldır.” alternatif kavramlarına sahip olduğu belirlenmiştir. Elde edilen bu alternatif kavramlardan bazılarının “Klasik fizik daha çok makro parçacıklarla ilgilenirken, kuantum fiziği daha çok mikro parçacıklarla ilgilenir.” Didiş vd., (2008) tarafından yapılan çalışma sonuçları ile tutarlı olduğu gözlenmiştir. Didiş vd., (2008), iki farklı üniversiteden toplam 65 öğrenci ile çalışma yürütmüş olup, öğrenciler fizik eğitimi ve fizik bölümü öğrencileridir. Çalışmaya katılan tüm öğrenciler kuantum fiziği zorunlu dersini almıştır. Öğrencilerin sadece kuantum fiziğini betimlemeleri üzerinde durulmuştur. Benzer sonuçlar Müller ve Wiesner (2002) tarafından da ortaya konulmuştur. Müller ve Wiesner (2002) çalışmalarında, öğrencilerin, klasik fizik ile kuantum fiziği arasında düz bir geçiş olduğunu düşündüklerini ve nesnelere küçüldükçe kuantum davranışlarının daha net gözlendiğini ifade ettiklerini, aynı zamanda kuantum nesnelere çok büyük hızlara sahip olduğu düşüncesinde olduklarını ortaya koymuştur.

Araştırma sonuçlarımız ile tutarlılık gösteren bir diğer çalışma Yıldız (2009) tarafından yapılan çalışmadır. Yıldız (2009), çalışmada fen bilgisi öğretmenliği programında öğrenim görmekte olan ve modern fiziğe giriş dersi alan öğrencilerin kuantum fiziği konularını anlama düzeyleri ve öğrenme amaçlı yazma aktivitelerinin öğrencilerin akademik başarısına etkisini araştırmıştır. Elde edilen verilerin analizinde, öğrencilerin kuantum fiziği konuları ile ilgili anlama düzeylerinin düşük olduğu belirlenmiştir. Yıldız (2009) çalışmasında araştırmamızdan farklı olarak deney ve kontrol grubu kullanmış ve uygulamış olduğu yöntemin geleneksel yaklaşıma göre daha etkili olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Bu alternatif kavramlardan “İnsanların algıları dışında gerçekleşen, açıklayamadığımız sezgisel olayları inceler. / Kuantum fiziği klasik fiziğe göre daha

düşünceseldir, soyuttur ve yorumsaldır.” alternatif kavramlarının oluşmasında, son yıllarda kuantum kuramının sosyal yaşamda ön plana çıkması etkili olmuş olabilir.

Modern fizik dersi, kuantum mekaniği, özel ve genel görelilik kuramından oluşmaktadır. Araştırma kapsamında öğrencilerin modern fizik dersi içerisinde yer alan görelilik kuramı ile kuantum fiziğini ilişkilendirdikleri gözlenmiştir. Bu noktada tespit edilen alternatif kavramlar, “Işık hızında hareket eden parçacıkların hareketini inceler ve açıklar. / Kuantum fiziğinde görelilik vardır (zaman genişlemesi gibi kavramları açıklar.) / Kuantum fiziği ile ilgili temel kavramlar; c ışık hızı, Görelilik teorisi” şeklindedir.

Bir diğer alternatif kavram ise “Kuantum fiziği deneyleri özel laboratuarlarda yapılır, klasik fizik deneyleri ise normal ortamlarda basit deneylerle yapılır.” şeklindedir. Öğrenciler ilköğretim birinci kademedan itibaren klasik fizik konu ve deneyleri ile karşılaşmaktadır. Öğrenciler kuantum fiziği konuları ile ortaöğretim 11. sınıf kapsamında ilk olarak karşılaşmaktadır. Öğrencilerde bu alternatif kavramın oluşmasında geçmiş deneyimleri etkili olmuş olabilir.

Siyah cisim ışıması konusu ile ilgili olarak öğretim öncesinde hiçbir öğrencinin “bilimsel” kavramsal anlama düzeyinde olmadığı gözlenmiştir. Öğrencilerin siyah cisim ışıması ile ilgili “Dalga boyu büyük olan daha sıcaktır. / Isınan her şey kırmızı rengi aldığı için kırmızı daha sıcaktır. /Günlük yaşantıda kırmızı sıcak olanı ifade eder (Musluklarda...)/ Kırılma indisleri ile ilgilidir.” alternatif kavramlarına sahip olduğu belirlenmiştir. Literatürde siyah cisim ışıması ile ilgili çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu nedenle kavram testinde yer alan soruya paralel çalışmalar değerlendirilmiştir. Kaya (2010), çalışmasında, “Isınan cisim renk değiştirir, madde ısınınca kızarır, daha da ısınınca bütün renkleri oluşturur. Bu renklerin birleşmesi sonucu beyaz ışık görülür.” sonucuna ulaşmıştır. Bu sonuç araştırma sonuçlarımızdan “Isınan her şey kırmızı rengi aldığı için kırmızı daha sıcaktır.” ile paralellik göstermektedir. Bu sonuçlar incelendiğinde, öğrencilerin, günlük yaşamdan elde ettikleri deneyimlerin etkisi ile “Günlük yaşantıda kırmızı sıcak olanı ifade eder (Musluklarda...). Isınan her şey kırmızı rengi aldığı için kırmızı daha sıcaktır.” alternatif kavramlarını edindikleri söylenebilir.

Fotoelektrik olay ile ilgili olarak öğretim öncesinde hiçbir öğrencinin “bilimsel” kavramsal anlama düzeyinde olmadığı gözlenmiştir. Öğrencilerin

fotoelektrik olay ile ilgili “Fotoelektrik olayda, ışığın frekansı şiddeti ile doğru orantılıdır. / Fotoelektrik olayda, ışığın frekansı genlik ile doğru orantılıdır. / Dalga teorisinde, düşük frekansa sahip dalga çok yüksek genliğe sahip olsa bile elektronları titreştirebilir. / Elektronların koparılması için yüksek frekanslı ışığa ihtiyaç vardır. Bu nedenle elektronların titreşmesi onların koparılması için gerekli enerjiyi oluşturmaz. / Dalga modelinde elektronların salınması, yüksek frekanslı ışığın materyal üzerine düşürülmesi ile açıklanır, elektromanyetik dalganın elektronları titreştirmesi ile değil. / Parçacık teorisinde, eşik frekansı şöyle açıklanır, düşük frekanslarda fotonlar yüksek enerjiye sahiptir ve tek foton elektronu saçmak için yeterli enerjiye sahiptir.” alternatif kavramlarına sahip olduğu belirlenmiştir. Öğretim öncesinde ayrıca kavram testinde yer alan 5. soruda öğrencilerin telde duran kuşu uçurabilmek için günlük yaşam yöntemlerine başvurduğu gözlenmiştir.

Araştırmadan elde edilen “Fotoelektrik olayda, ışığın frekansı şiddeti ile doğru orantılıdır. / Fotoelektrik olayda, ışığın frekansı genlik ile doğru orantılıdır.” alternatif kavramlarının Fletcher (1998) tarafından yapılan çalışmada da belirlenmiştir. Fletcher çalışmasını fizik bölümü öğrencileri ile gerçekleştirmiştir. Öğrencilerin yaklaşık yarısı (% 45) teldeki kuşu uçurabilmek için günlük yaşam örneklerine başvurmuştur. Ayrıca, öğrencilerin % 35 oranında şiddetin frekansa bağlı olduğu, % 3'lük bir kısım ise ışığın frekansı ve genliği arasında ilişki kurduğu belirlenmiştir. Araştırmada öğrencilerin daha önceki yıllarda fotoelektrik olayı bildiği ancak fotoelektrik olayın ışığın parçacık doğasının bir ispatı olarak görülmediği belirlenmiştir. Ayrıca öğrencilerin fotoelektrik olayın neden ışığın dalga modeline uygun olmadığı noktasında da yeterli açıklama yapamadıkları gözlenmiştir. Fotoelektrik olay kapsamında öğrencilerin, ışığın enerjisinin ve frekansı, elektronların yüzeyden kopmasının ışığın frekansına bağlı olduğu çıkarımını yapamadıkları gözlenmiştir.

Işık, ışığın yapısı, foton ve de broglie; madde dalgaları konularına ilişkin olarak öğretim öncesinde öğrencilerin çoğunun “alternatif” kavrama sahip olduğu gözlenmiştir. Öğrencilerin ışık ve ışığın yapısı ile ilgili “Işık hız, enerji, momentum gibi özelliklere sahip olduğu için parçacık özelliği gösterir. / Işık dalga yapısındadır, tanecik özelliği göstermez. / Işık parçacık yapısındadır. / Işık ortamın yoğunluğuna göre farklılık gösterir./ Aydınlıktır.” alternatif kavramlarına sahip olduğu belirlenmiştir. Araştırma kapsamında elde edilen “Işık dalga yapısındadır, tanecik

özelliği göstermez./ Işığ parçacık yapısındadır. / Işığ, aydınlıktır.” alternatif kavramları Kaya (2010) tarafından gerçekleştirilen çalışmada da elde edilmiştir. Bu konuda, araştırma kapsamında elde edilen en genel sonucumuz, öğretmen adaylarının çeşitli alternatif kavramlara sahip olduğu ve ışığın hem dalga hem de parçacık özelliği gösterdiği bilgisine sahip olmadıklarıdır.

Kara vd., (2008) Fen bilgisi öğretmen adayı öğrencileri ile yürüttükleri çalışmada benzer sonuçlar elde etmişlerdir. Çalışmaya katılan öğretmen adaylarına, “Işığ nedir? Işığ denince ne anlıyorsunuz?” sorusuna yazıyla ve çizimle yanıt vermeleri istenmiştir. Öğrencilerin yanıtlarında ışık kavramını foton, ışık hızı, aydınlatma, görme, ışık kaynakları, tanecik-dalga özelliği ile ilişkilendirmeleri beklenmiştir. Çalışma sonucunda “Fotonların elektron koparması ile oluşan enerjidir. Çevresine ısı ve enerji yayabilen kaynaklara ışık denir. Evrendeki en özgür parçacıktır ve depolanamaz.” gibi yanıtlar elde etmişlerdir. Ramadas ve Driver (1989), araştırmalarında öğrencilerin ışık için "uzun, ince, parlayan çizgiler" şeklinde tarifler yaptıklarını tespit etmişlerdir. Akdeniz (2001) tarafından yapılan çalışma ilköğretim 6. sınıf öğrencileri ile yürütölmüş olup, öğrencilerin % 70'e yakınının ışık ve ışık ile ilgili kavramları anlamakta ve ifade etmekte güçlük çektikleri belirlenmiştir. Çalışmaya katılan öğrencilerin yaklaşık % 30'ununda ışık ile ilgili alternatif kavramlara sahip olduğu belirlenmiştir.

Işığ konusu ile ilgili literatürde ilköğretimden üniversiteye kadar çok sayıda çalışma ile karşılaşılabilir. Bu noktada tüm çalışmalar incelendiğinde ışık ve ışığın yapısının öğrenciler tarafından anlaşılmakta zorlanılan konular arasında olduğu söylenebilir.

Literatürde “foton” kavramının ele alındığı çok sayıda çalışma mevcuttur (Mashhadi ve Woolnough (1999), Olsen, (2002), Müler ve Wiesner (2002)). Araştırma kapsamında öğrencilerin foton kavramı ile ilgili “Elektronların çarpışması ile ortaya çıkan enerjidir./ Çok küçük küresel şey. /Çok hızlı hareket eden parçacık.” alternatif kavramlarına sahip olduğu gözlenmiştir. Araştırma sonucu elde edilen alternatif kavramlardan “Çok küçük küresel şey.” literatürde yer alan Mashhadi ve Woolnough (1999)'un çalışma sonuçları ile tutarlılık göstermektedir. Mashhadi ve Woolnough (1999) çalışmasını İngiltere ve Galler bölgesinde üç farklı lisede 16–18 yaş aralığındaki 83 lise öğrencisi ile yürütmüştür. Çalışma sonuçlarında, öğrencilerin

% 28'inin fotonu "çok küçük küresel şey", % 38'inin ise parlak küresel top olarak tanımladıkları belirlenmiştir.

Araştırma kapsamında de broglie; madde dalgaları konusuna ilişkin "Büyük kütleli maddelerin momentumları büyük olduğundan dalga yapısı gözlenmez. Elektron ve protonlar küçük kütleli olduğu için olabilir. / Elektron ve protonlar taneciktir ve dalga özelliği göstermez." alternatif kavramları elde edilmiştir. Bazı öğrenciler ise elektronun ve protonun küçük kütleli olmasından dolayı dalga özelliği gösterebileceği şeklinde görüş bildirmiştir. Araştırmada öğrencilerin ışığın ikili yapısından haberdar olduğu ancak elektronu sadece parçacık olarak tanımladıkları belirlenmiştir. Elde ettiğimiz bu sonuç Olsen (2002) tarafından Norveç'te yapılan çalışma sonuçları ile tutarlıdır. Olsen (2002) çalışmasını 18-19 yaş aralığındaki 236 lise öğrencisi ile yürütmüştür. Akarsu vd.,(2011) üniversite öğrencilerinin kuantum fiziğinin kavramsal anlama düzeylerini belirlemek için yaptıkları çalışmada, dalga parçacık ikileminin öğrenciler için karmaşık bir problem olmaya devam ettiği ve elektronun ikili yapısının anlaşılmayan noktalar arasında olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Ireson (1999) tarafından, üniversite öğrencilerinin kuantum fiziği kavramlarına ilişkin görüşlerini belirlemek üzere kuantum olgu anketinin kullanıldığı çalışmada "Işık daima dalgadır. Elektron daima parçacıktır." sonucunun ön plana çıktığı gözlenmektedir. Mashhadi ve Woolnough (1999) çalışmalarında, lise öğrencilerinin zihinlerinde elektron ve foton kavramlarını nasıl canlandırdıklarını araştırmışlardır. Öğrencilerin zihinlerinde çok çeşitli, bilimsel olmayan temsillerin olduğu ortaya konulmuştur. Öğrencilerin büyük bir çoğunluğunun elektronu bir çeşit parçacık, fotonu ise parlak küresel bir parçacık olarak düşündükleri belirlenmiştir.

Farklı öğrenim seviyelerinde gerçekleştirilen çalışmalar incelendiğinde, öğrencilerin elektronu sadece parçacık olarak tanımladıkları sonucuna ulaşılabilir. Araştırma sonucumuzda da öğrencilerin çoğunun elektron ve protonu parçacık olarak tanımladıkları sonucuna ulaşılmıştır. Öğrencilerin ilköğretimden üniversiteye kadarki süreçte elektron kavramı ile çeşitli kademelerde karşılaştığı bilinmektedir. Ancak bu kademelerin çoğunda elektron ve protonun atom altı parçacıklar olduğu bilgisi yer almaktadır. Sonuç olarak, tüm bu alternatif kavramların oluşmasında, daha önceki öğretim süreçleri neden olmuş olabilir.

Atom konusuna ilişkin olarak öğretim öncesinde öğrencilerin çoğunun “alternatif” kavrama sahip olduğu gözlenmiştir. Öğretim öncesinde sadece iki öğrenci “bilimsel bölümlü” düzeyde yanıt vermiştir. Öğrencilerin atom ile ilgili “Proton ve nötron çekirdekte, elektronlar çok küçük ve hızlı olduğundan yerlerini tam olarak belirtemeyiz. / Proton ve nötron çekirdekte elektronlar ise çekirdek etrafında belirli yörüngelerde bulunur.” alternatif kavramlarına sahip olduğu belirlenmiştir. Araştırmada elde edilen “Proton ve nötron çekirdekte elektronlar ise çekirdek etrafında belirli yörüngelerde bulunur.” alternatif kavramı pek çok çalışma sonucunda elde edilmiştir (Ireson (1999), Müller ve Wiesner (2002), Gülçiçek vd., (2003), Kaya (2010), Kahraman ve Demir (2011)). Bu çalışmalardan bir tanesi Kahraman ve Demir (2011) tarafından fen bilgisi öğretmenliği 1. sınıfta öğrenim gören 145 öğretmen adayı ile gerçekleştirilen çalışmadır. Öğrencilerden H atomunu Modern atom modeline göre çizmeleri istenmiş ve elde edilen verilerin analizi sonucunda, öğrencilerin elektronları çekirdek etrafındaki yörüngelerde hareket eden tanecik olarak zihinlerinde canlandırdıkları tespit edilmiştir. Kaya (2010), çalışmasında, atom kavramı ile ilgili “Elektronlar belli yörüngelerde hareket ederler.” alternatif kavramını elde etmiştir. Ireson (1999) tarafından yapılan çalışmada “Elektron çekirdeğin çevresinde belirli orbitallerde yüksek hızlarla hareket eder.” sonucu ön plana çıkmıştır.

Ayrıca araştırma sonucunda, öğrencilerin atomun yapısı ve belirsizlik ilkesi arasında ilişki kuramadıkları gözlenmiştir.

Öğrencilerin ilköğretim 5. sınıftan üniversiteye kadarki süreçte neredeyse her yıl atom kavramı ile karşılaştığı bilinmektedir. Atom kavramının iyi anlaşılması fen bilgisi, kimya ve fizik dersleri için önemlidir. Öğretmenlerin sahip oldukları alternatif kavramların öğrencilerde de benzer alternatif kavramların oluşmasında etkili olduğu bilinmektedir. Sonuç olarak, tüm bu alternatif kavramların oluşmasında, daha önceki öğretim süreçleri neden olmuş olabilir.

Heisenberg belirsizlik ilkesi konusuna ilişkin olarak öğretim öncesinde öğrencilerin çoğunun “alternatif” kavrama sahip olduğu gözlenmiştir. Öğrencilerin belirsizlik ilkesi ile ilgili “Büyük nesnelere momentumları da büyüktür fakat kuantum kuralları sadece küçük momentum değerleri için geçerlidir. Büyük yapıları nesnelere Newton hareket kanunlarına uyarlar. / Belirsizlik teknolojik gelişme ile

alakalı bir durumdur. / Belirsizlik çok büyük hızlarda geçerlidir.” alternatif kavramlarına sahip olduğu belirlenmiştir. Öğretim öncesinde öğrencilerin belirsizlik kavramını günlük yaşantıda kullandığımız net olmama, kesin olmama ifadeleri ile açıkladığı gözlenmiştir. Bu sonuçlar literatürde yer alan çalışma sonuçları ile uyumludur (Müler ve Wiesner (2002), Özdemir (2008), Akarsu vd.,(2011)).

Araştırma kapsamında, belirsizlik ilkesinin teknolojik yetersizlikten kaynaklandığı görüşü ön plana çıkmaktadır. Teknoloji yetersiz olduğu için ölçüm almak güçleşmekte ve ölçüm sonuçları yaklaşık olarak ifade edilmektedir. Bu noktada belirsizliğin çok yüksek hızlarda geçerli olması durumu da, teknoloji ile ilişkilendirilebilir. Newton kurallarının geçerli olduğu sistemlerde, cismin tüm özelliklerinin ölçülebildiği ve bu nedenle büyük yapıli nesnelere Newton kuralları çerçevesinde ele alındığı düşünülmektedir. Öğrenciler Heisenberg belirsizlik ilkesi konusu ile sadece ortaöğretim 11. sınıfta karşılaşmaktadırlar. Ortaöğretim 11. sınıf ders kitapları incelendiğinde belirsizlik ilkesinin çok geniş yer bulmadığı ve diğer konulara oranla daha yüzeysel ele alındığı söylenebilir. Öğrenciler üniversite 2. sınıfa kadar aldıkları derslerde daha çok klasik fizik konularını ele almaktadır. Bu nedenle öğrencilerin zihninde daha çok defalarca ölçüm alabileceği klasik bir sistemin var olduğu söylenebilir. Öğrenciler klasik bir sistemin özelliğini belirlerken defalarca ölçüm olarak ya da daha hassas ölçüm aletleri kullanarak daha belirgin daha kesin sonuçlar elde edebileceklerini düşünmektedirler.

Öğretim sonrasında fen bilgisi öğretmen adaylarının çoğunun kuantum fiziği temel kavramlarına ilişkin bilimsel kavramlara sahip olduğu ve kuantum fiziği temel kavramlarına ilişkin olarak kavramsal anlamının gerçekleşmiş olduğu belirlenmiştir.

Kuantum fiziğine giriş konusuna ilişkin sonuçlar

Öğrencilerin kuantum fiziğine giriş bölümü ile ilgili kavramsal anlama düzeyi sonuçları Çizelge 5.10’da sunulmuştur.

Çizelge 5.10 incelendiğinde, öğretim öncesinde “kavramsal anlama yok” düzeyinde olan on öğrenci, öğretim sonrasında dört tanesi “bilimsel bölümlü”, altı tanesi ise “bilimsel bölümlü ve alternatif” düzeyde yer alacak şekilde kavramsal anlama gerçekleşmiştir. Öğretim öncesinde dokuz öğrenci “alternatif bölümlü”

kategoride yer alırken, öğretim sonrasında bu öğrencilerin bir tanesi “bilimsel”, bir tanesi “bilimsel bölümlü ve alternatif” ve yedi tanesi de “bilimsel bölümlü” düzeyde yer almıştır. Öğretim öncesinde “alternatif” düzeyde yer alan öğrenci sayısı yirmi dördtür. Öğretim sonrasında bu öğrencilerden yirmi bir tanesi “bilimsel bölümlü”, iki tanesi “bilimsel bölümlü ve alternatif”, bir tanesi ise “bilimsel” kavramsal anlama düzeyinde yer almıştır. Tüm bu sonuçlar dikkate alındığında, öğrencilerin kavram testinde ve görüşmelerde yapmış oldukları açıklamalar doğrultusunda, kuantum fiziğine giriş konusuna ilişkin olarak kavramsal anlamının gerçekleşmiş olduğu söylenebilir.

Siyah cisim ışıması konusuna ilişkin sonuçlar

Öğrencilerin siyah cisim ışıması ile ilgili kavramsal anlama düzeyi sonuçları Çizelge 5.13’te sunulmuştur.

Çizelge 5.13 incelendiğinde, öğretim öncesinde “kavramsal anlama yok” düzeyinde olan beş öğrenci, öğretim sonrasında dört tanesi “bilimsel bölümlü” düzeyde yer alacak şekilde kavramsal anlama gerçekleşmiş bir öğrenci de ise bilimsel anlamda bir gelişme gözlenmemiş öğrenci “alternatif” düzeyde yer almıştır. Öğretim öncesinde iki öğrenci “alternatif bölümlü” kategoride yer alırken, öğretim sonrasında bu öğrencilerin bir tanesi “bilimsel bölümlü”, bir tanesi “bilimsel bölümlü ve alternatif” düzeyde değerlendirilmiştir. Öğretim öncesinde “alternatif” düzeyde yer alan öğrenci sayısı otuz altıdır. Öğretim sonrasında bu öğrencilerden ikisi “alternatif bölümlü”, beşi “alternatif”, yirmi yedisi “bilimsel bölümlü”, altısı “bilimsel bölümlü ve alternatif”, bir tanesi ise “bilimsel” kavramsal anlama düzeyinde yer almıştır.

Öğrencilerin kavram testinde, kuantum olgu anketinde, görüşmelerde yapmış oldukları açıklamalar doğrultusunda, siyah cisim ışıması konusuna ilişkin olarak kavramsal anlamının gerçekleşmiş olduğu söylenebilir.

Fotoelektrik olay konusuna ilişkin sonuçlar

Öğrencilerin fotoelektrik olay konusu ile ilgili kavramsal anlama düzeyi sonuçları Çizelge 5.16’da sunulmuştur.

Çizelge 5.16 incelendiğinde öğretim öncesinde on altı öğrenci fotoelektrik olay ile ilgili sorulara yanıt vermezken, öğretim sonrasında bu öğrencilerden biri “bilimsel”, yedisi “bilimsel bölümlü”, altısı “bilimsel bölümlü ve alternatif”, bir tanesi “alternatif” ve bir tanesi de “kavramsal anlama yok” kategorisinde yer almıştır. Öğretim öncesinde yirmi üç öğrenci “alternatif bölümlü” kategoride yanıt verirken, öğretim sonrasında bu öğrencilerden, ikisi “alternatif”, on’u “bilimsel bölümlü ve alternatif”, on’u “bilimsel bölümlü”, bir öğrenci ise “bilimsel” kategoride yanıt vermiştir. Tüm bu sonuçlar dikkate alındığında, öğrencilerin kavram testinde, kuantum olgu anketinde, görüşmelerde yapmış oldukları açıklamalar doğrultusunda, fotoelektrik olay konusuna ilişkin olarak kavramsal anlamının gerçekleşmiş olduğu söylenebilir.

Atom konusuna ilişkin sonuçlar

Öğrencilerin atom ile ilgili kavramsal anlama düzeyi sonuçları Çizelge 5.19’da sunulmuştur. Çizelge 5.19 incelendiğinde, öğretim öncesinde, on üç öğrenci “kavramsal anlama yok”, beş öğrenci “alternatif bölümlü”, on öğrenci “alternatif”, on sekiz öğrenci ise “bilimsel bölümlü ve alternatif” kavramsal anlama düzeyine sahiptir. Öğretim sonrasında ise bu öğrencilerden ikisinin “alternatif”, altısının “bilimsel bölümlü”, beşinin ise “bilimsel bölümlü ve alternatif” kavramsal anlama düzeyine sahip olduğu gözlenmiştir. Öğretim öncesinde “alternatif bölümlü” düzeyde değerlendirilen beş öğrencinin, öğretim sonrasında, biri “bilimsel”, ikisi “bilimsel bölümlü”, ikisi de “bilimsel bölümlü ve alternatif” kavramsal anlama düzeyinde değerlendirilmiştir. Öğretim öncesinde “alternatif” kategoride yer alan on öğrenciden, öğretim sonrasında bir tanesi “bilimsel”, üç tanesi “bilimsel bölümlü ve alternatif”, altı tanesi ise “bilimsel bölümlü” kavramsal anlama düzeyinde değerlendirilmiştir. Tüm bu sonuçlar değerlendirildiğinde, öğrencilerin atom konusuna ilişkin olarak kavramsal anlamının gerçekleşmiş olduğu söylenebilir.

Işık konusuna ilişkin sonuçlar

Öğrencilerin ışık ile ilgili kavramsal anlama düzeyi sonuçları Çizelge 5.22’de sunulmuştur. Çizelge 5.22 incelendiğinde, öğretim öncesinde, bir öğrenci “kavramsal anlama yok”, on bir öğrenci “alternatif bölümlü”, yedi öğrenci “alternatif”, yirmi altı öğrenci ise “bilimsel bölümlü ve alternatif” kavramsal anlama kategorisindedir. Öğrencilerin büyük bir bölümü öğretim sürecinin sonunda bilimsel olarak kabul

edilebilir yanıtlar vermiştir. Öğrencilerin kavram testinde, kuantum olgu anketinde, görüşmelerde yapmış oldukları açıklamalar doğrultusunda, ışık konusuna ilişkin olarak kavramsal anlamının gerçekleşmiş olduğu söylenebilir.

De Broglie; madde dalgaları konusuna ilişkin sonuçlar

Öğrencilerin De Broglie; madde dalgaları konusuna ilişkin kavramsal anlama düzeyi sonuçları Çizelge 5.25'te sunulmuştur. Çizelge 5.25 incelendiğinde, ön testte yedi öğrencini “kavramsal anlama yok” kategorisinde olduğu gözlenmiştir. Öğretim sonrasında bu öğrencilerden, bir tanesi “bilimsel bölümlü ve alternatif”, altısı ise “bilimsel bölümlü” kategorisinde değerlendirilmiştir. Öğretim öncesinde beş öğrenci “alternatif bölümlü” kavramsal anlama düzeyine sahip iken, öğretim sonrasında bu öğrencilerden ikisi “bilimsel bölümlü”, biri “bilimsel”, biri “bilimsel bölümlü ve alternatif” kavramsal anlama düzeyinde değerlendirilirken bir öğrencide de değişim gözlenmemiştir. Öğretim öncesinde “alternatif” düzeyde kavramsal anlamaya sahip öğrenci sayısı on yedidir. Bu öğrencilerin dördü öğretim sonrasında “bilimsel” düzeyde, yedisi “bilimsel bölümlü” düzeyde, üç tanesi ise “bilimsel bölümlü ve alternatif” düzeyde kavramsal anlamaya sahip olmuştur. Tüm bu sonuçlar değerlendirildiğinde, öğrencilerin de broglie;madde dalgaları konusuna ilişkin olarak kavramsal anlamının gerçekleşmiş olduğu söylenebilir.

Heisenberg Belirsizlik İlkesi konusuna ilişkin sonuçlar

Öğrencilerin Heisenberg Belirsizlik İlkesi konusuna ilişkin kavramsal anlama düzeyi sonuçları Çizelge 5.28'de sunulmuştur. Çizelge 5.28 incelendiğinde, ön testte üç öğrencinin “kavramsal anlama yok” kategorisinde olduğu gözlenmiştir. Öğretim sonrasında bu üç öğrencinin ikisinin “bilimsel bölümlü” bir tanesinin ise “bilimsel bölümlü ve alternatif” kavramsal anlama düzeyinde olduğu gözlenmiştir. Öğretim öncesinde on beş öğrenci “alternatif bölümlü” düzeyde değerlendirilirken, öğretim sonrasında bu öğrencilerden bir tanesi “bilimsel”, sekiz tanesi “bilimsel bölümlü”, altı tanesi ise “bilimsel bölümlü ve alternatif” kategorisinde değerlendirilmiştir. Öğretim öncesinde yirmi üç öğrenci “alternatif” kavramsal anlama düzeyine sahip iken, öğretim sonrasında bu öğrencilerden on dört tanesinin “bilimsel bölümlü ve alternatif”, dokuz tanesinin ise “bilimsel bölümlü” kavramsal anlama düzeyine sahip olduğu belirlenmiştir. Öğretim öncesinde yedi öğrenci “bilimsel bölümlü ve alternatif” kavramsal anlama düzeyine sahip iken, öğretim

sonrasında altı öğrencinin “bilimsel bölümlü”, bir öğrencinin ise “bilimsel bölümlü(2) ve alternatif” kavramsal anlama düzeyine sahip olduğu söylenebilir. Tüm bu sonuçlar değerlendirildiğinde, öğrencilerin Heisenberg Belirsizlik İlkesi konusuna ilişkin olarak kavramsal anlamının gerçekleşmiş olduğu söylenebilir.

Genel olarak tüm bölümler incelendiğinde, öğrencilerin öğretim öncesinde daha çok alternatif kavramlara öğretim sonrasında ise daha çok bilimsel kavramlara sahip olduğu gözlenmiştir. Bu süreç içerisinde öğretim haricinde, öğrenciler kuantum fiziği temel kavramları ile ilgili farklı bir uygulama içerisinde yer almamışlardır. Bu nedenle araştırmada kullanılan 7E öğretim modelinin ve 7E öğretim modeli içerisinde yer alan etkinliklerin kavramsal anlamada etkili olduğu belirlenmiştir. Özellikle sosyal yapılandırmacı yaklaşımın temel ilkelerine dayandırılarak oluşturulan etkinlikler çerçevesinde, öğrencilerin her aşamada kendi kavramlarını yapılandırmaları sağlanmıştır. Sosyal ortam içerisinde öğretmen adaylarının kavramlar arasındaki benzerlikleri, farklılıkları ve ilişkileri kurabildiği ayrıca bu kavramların başka ortamlara transfer edilebildiği ve problem çözümünde kullanılabildiği belirlenmiştir. Öğretmen adaylarının kendi bilgilerini oluşturma sürecinde sosyal çevresi ile olan etkileşimlerinin rol oynadığı gözlenmiştir.

2) Kavramsal değişime ilişkin tartışma ve sonuç

Araştırma kapsamında kavramsal değişim süreci, Ö38’e ait, kavram testi, ders içi kamera kayıtlarının analizi ve görüşme sorularına verilen yanıtlar çerçevesinde analiz edilmiştir.

Kavramsal değişim Vosniadou (1994)’a göre iki türde gerçekleşebilir. Bunlar zenginleştirme ve revizyondur. En basit kavramsal değişim, mevcut kavramsal yapıların zenginleştirilmesidir. Zenginleştirme en basit şekilde, mevcut yapıya yeni bilgilerin basit eklemesi şeklinde tanımlanabilir. Bu ekleme öğretim sürecinde gerçekleşir. Aşağıda yer alan örneklerde zenginleştirmeye ilişkin elde edilen sonuçlara değinilecektir.

Ö38, öğretim öncesinde ışık ve ışığın yapısına ilişkin “bilimsel bölümlü ve alternatif” düzeyde kavramsal anlamaya sahiptir. Öğretim öncesinde, Ö38’in, açıklamalarında ışığın ikili yapısına delil olarak ortaya konabilecek deneylerden

bahsetmediği ve foton kavramına değinmediği belirlenmiştir. Öğretim sonrasında ise, Ö38'in kavramları “bilimsel bölümlü” (*BİL. ŞEKİL*) (*BİL. DENEY*) (*BİL. İKİLEM*) düzeyde ifade ettiği gözlenmiştir. Ö38, öğretim öncesi sahip olduğu alternatif kavramdan vazgeçmiştir. Öğretim sonrasında ise Ö38'in foton kavramına değindiği ve ışığın ikili yapısına örnek verilen deneylerden bahsettiği gözlenmiştir.

Ö38, öğretim öncesinde siyah cisim ışıması konusuna ilişkin “alternatif bölümlü” düzeyde kavramsal anlamaya sahip iken, öğretim sonrasında Ö38'in “bilimsel bölümlü ve alternatif” düzeyde kavramsal anlamaya sahip olduğu gözlenmiştir. Ö38, siyah cisim ışıması konusu ile ilgili olarak, öğretim öncesinde konuya ilişkin “alternatif” kavramlar (*ALT. KIRMIZI*, *ALT. GÜNLÜK*) ortaya koyarken, öğretim sonrasında kavramları “bilimsel bölümlü ve alternatif” (*ALT. KIRMIZI*, *BİL. FREKANS*) düzeyde ifade ettiği gözlenmiştir. Öğretim öncesinde öğrenci siyah cisim kavramına sahip değilken yapılan öğretim etkinlikleri esnasında bu kavramı yapılandırmıştır.

Yukarıda yer alan örneklerde Ö38'in, ışık ve siyah cisim ile ilgili mevcut kavramsal yapılarını zenginleştirdiği söylenebilir.

Bir diğer kavramsal değişim türü olan revizyon ise, Vosniadou (1994)'a göre elde edilen bilginin mevcut inanç ve varsayımlar ile ya da ilgili teorinin yapısı ile tutarsız olduğu zaman gerçekleşir. Aşağıda yer alan örneklerde revizyona ilişkin elde edilen sonuçlara değinilecektir.

Ö38, öğretim öncesinde kuantum fiziğine giriş bölümü ile ilgili olarak “alternatif bölümlü” düzeyde kavramsal anlamaya sahip iken, öğretim sonrasında Ö38'in “bilimsel bölümlü” düzeyde kavramsal anlamaya sahip olduğu belirlenmiştir. Ö38, kuantum fiziğine giriş konusu ile ilgili olarak, öğretim öncesinde konuya ilişkin “alternatif” kavramlar (*ALT. ALGI*, *ALT. GÖRELİLİK*, *ALT. BAŞKA*) ortaya koyarken, öğretim sonrasında kavramları “bilimsel bölümlü” (*BİL. TEMEL*, *BİL. PLANCK*, *BİL. KFİZİK*) olarak doğru kabul edilebilecek şekilde kullanmaktadırlar. Ö38, öğretim öncesinde yer alan hiçbir açıklamasında Planck sabitinden veya Planck sabitinin kuantum fiziği ve klasik fizik arasındaki öneminden bahsetmemiştir. Ö38'in öğretim öncesi sahip olduğu düşünceler maddelerin içyapıları ve ışık hızıyla sınırlıyken öğretim sonrasında kuantum fiziğinin incelediği olguları kavramış ve kuantum fiziğinin günlük yaşam örneklerinden haberdar duruma gelmiştir. Diğer

tarafından, öğretim öncesinde Ö38, Planck sabiti kavramına sahip değilken yapılan öğretim etkinlikleri esnasında bu kavramı yapılandırmış, kavramsal değişimin gerçekleştiğini gösterecek ölçütlerden birisi olan, farklı durumlarda kavramı doğru bir şekilde kullanmış, diğer kavramlarla ve günlük hayatla ilişkilendirmiştir. Ayrıca kavramsal değişimin ne derece gerçekleştiğinin ve kalıcılığının bir diğer ölçüsü, kavramın farklı zaman dilimlerinde farklı olgularda kullanımını incelemektir. Elde edilen bulgularda, Ö38'in Planck Sabiti kavramını sonraki bir derste ve farklı bir olgu olan Siyah cisim ışımasıyla ilgili olan sınıf içi tartışmada kullandığı görülmektedir.

Ö38, öğretim öncesinde fotoelektrik olay konusuna ilişkin “alternatif bölümlü” düzeyde kavramsal anlamaya sahip iken, öğretim sonrasında Ö38'in “bilimsel bölümlü” düzeyde kavramsal anlamaya sahip olduğu gözlenmiştir. Ö38, fotoelektrik olay konusu ile ilgili olarak, öğretim öncesinde konuya ilişkin “alternatif” kavramlar (*ALT. FREKANS*, *ALT. BAŞKA*) ortaya koyarken, öğretim sonrasında kavramları “bilimsel bölümlü” (*BİL. MODEL*) (*BİL. PARÇACIK*)(*BİL. DALGA*) (*BİL. EŞİK*) düzeyde ifade ettiği gözlenmiştir. Bulgularda ortaya konulduğu gibi Ö38 fotoelektrik olaya ilişkin bir kavramsal değişim ortaya koymuştur. Bir yandan öğrenci ışığın tanecik modeline ilişkin bir gelişme göstermiştir. Öte yandan fotoelektrik olayın ışığın dalga modeli ile açıklanamaması noktasında öğrencinin bilimsel açıklamalarda bulunamadığı görülmektedir.

Ö38, öğretim öncesinde atom konusuna ilişkin “alternatif” düzeyde kavramsal anlamaya sahip iken, öğretim sonrasında Ö38'in “bilimsel bölümlü” düzeyde kavramsal anlamaya sahip olduğu gözlenmiştir. Ö38, atom konusu ile ilgili olarak, öğretim öncesinde konuya ilişkin “alternatif” kavramlar (*ALT. YÖRÜNGE*) ortaya koyarken, öğretim sonrasında kavramları “bilimsel bölümlü” (*BİL. BULUT*) (*BİL. BELİRSİZLİK*) düzeyde ifade ettiği gözlenmiştir. Öğretim öncesinde öğrencinin atomun yapısından bahsederken belirsizlik ilkesini kullanmadığı gözlenmiştir. Öğretim sonrasında ise Ö38, atomun yapısı ile ilgili açıklamalarında belirsizlik ilkesinden de yararlanmış. Bulgularda ortaya konulduğu gibi Ö38 atom kavramı ve atom modelleri ile ilgili bir kavramsal değişim ortaya koymuştur. Bu değişim iki önemli kavrama ilişkin olarak görülmüştür. Bir yandan öğrenci atom kavramına ilişkin bir gelişme göstermiş, diğer taraftan, atomun yapısını anlamının önemini ve Bohr atom modelinin klasik fizikten kuantum fiziğine geçişte oynadığı

rolü kavramıştır. Ortaya konulan bulgular, Ö38'in ilgili kavramları yapılandırıldığını ve bir kavramsal değişim gösterdiğini, ayrıca yapılan öğretim etkinliklerinin bu kavramsal değişimde etkili olduğunu göstermektedir.

Ö38, öğretim öncesinde de broglie; madde dalgaları konusuna ilişkin “alternatif” düzeyde kavramsal anlamaya sahip iken, öğretim sonrasında Ö38'in “bilimsel bölümlü” düzeyde kavramsal anlamaya sahip olduğu gözlenmiştir. Ö38, de broglie; madde dalgaları konusu ile ilgili olarak, öğretim öncesinde konuya ilişkin “alternatif” kavramlar (*ALT. KÜTLE*) ortaya koyarken, öğretim sonrasında kavramları “bilimsel bölümlü” (*BİL. DALGA*) (*BİL. DENEY*) düzeyde ifade ettiği gözlenmiştir. Ortaya konulan bulgular, Ö38'in ilgili kavramları yapılandırıldığını ve bir kavramsal değişim gösterdiğini, ayrıca yapılan öğretim etkinliklerinin bu kavramsal değişimde etkili olduğunu göstermektedir.

Ö38, öğretim öncesinde Heisenberg belirsizlik ilkesi konusuna ilişkin “alternatif bölümlü” düzeyde kavramsal anlamaya sahip iken, öğretim sonrasında Ö38'in “bilimsel bölümlü” düzeyde kavramsal anlamaya sahip olduğu gözlenmiştir. Ö38, Heisenberg belirsizlik ilkesi konusu ile ilgili olarak, öğretim öncesinde konuya ilişkin “alternatif” kavramlar (*ALT. GÖRELİLİK*) (*ALT. BAŞKA*) ortaya koyarken, öğretim sonrasında kavramları “bilimsel bölümlü” (*BİL. BELİRSİZLİK*) (*BİL. BÜYÜK*) (*BİL. DOĞA*) düzeyde ifade ettiği gözlenmiştir. Ö38, öğretim öncesinde belirsizliği görelilik kuramı ile ilişkilendirmiştir. Öğretim öncesi yanıtlarında, Ö38'in belirsizliği bir şeyin tam olarak net olamayacağı ortama göre, zamana göre veya koşullara göre değişebileceği şeklinde ifade etmiş, belirsizlik ilkesini duyduğunu ama net bilgisinin olmadığını belirtmiştir. Ayrıca Ö38, öğretim öncesinde, belirsizliğin teknolojik ilerlemelerle ortadan kaldırılabileceği şeklinde görüş bildirmiştir.

Öğretim sonrasında ise, Ö38, belirsizlik ilkesinin maddenin doğası ile alakalı olduğu ve hiçbir şekilde teknoloji ya da ölçümlerle ilgili olmadığı ve belirsizliğin hem makro hem de mikro sistemler için geçerli olduğu bilimsel düşüncesini açık bir şekilde ifade etmiştir.

Bulgularda ortaya konulduğu gibi Ö38'in Heisenberg belirsizlik ilkesine ilişkin bir kavramsal değişim ortaya koyduğu söylenebilir.

Yukarıda yer alan örneklerde de görüldüğü gibi, Ö38, öğretim öncesinde kuantum fiziğinde yer alan bazı temel kavramlara ilişkin “alternatif” düzeyde kavramsal anlamaya sahiptir. Öğretim sonrasında ise Ö38’in sahip olduğu “alternatif” kavramları revize ettiği ve kuantum fiziği temel kavramlarına ilişkin “bilimsel bölümlü” olarak kabul edilebilir kavramsal anlamalar ortaya koyduğu gözlenmiştir.

3) Öğretim yöntemine ilişkin tartışma ve sonuç

Araştırmada Eisenkraft (2003) tarafından ortaya koyulan 7E öğretim modelinin seçilmesinin nedenleri arasında, sosyal yapılandırmacı yaklaşımın genel felsefesini yansıtması sayılabilir. Bir diğer neden “ön bilgileri yoklama aşaması” içeriyor olmasıdır. Aslında bu aşama bir anlamda dersin başlangıç noktasını belirleme aşamasıdır. Ön bilgileri belirlenen öğrencilerin, ders süresince gerçekleştirilen etkinlikler ile aktif katılımı sağlanabilmekte ve bilgiyi kendilerinin yapılandırması gerçekleşebilmektedir. Sosyal yapılandırmacı kurama göre, öğrenme ve öğretme süreçleri sosyal etkileşimi destekleyecek şekilde belirlenmelidir. 7E öğretim modeli, öğrenme ortamlarının sosyal etkileşimi destekleyecek şekilde düzenlenmesine imkan sunmaktadır. Özellikle öğrencilerin kuantum fiziği temel kavramlarına ilişkin ön bilgilerinin belirlenmesi, bu ön bilgilerden bilimsel bilgilere geçişte kullanılacak etkinliklere adım adım yer vermesi bakımından 7E öğretim modeli tercih edilmiştir.

Literatürde yer alan bazı çalışmalarda 7E öğretim modelinin etkileri ortaya konulmuştur (Gönen vd., (2006), Mecit (2006), Kanlı ve Yağbasan (2008), Balım vd.(2008), Bülbül (2010), Soylu (2011), Özbek vd., (2012)). Bu çalışmalar, 7E öğretim modelinin öğrencilerin kavramları anlamalarında ve başarılarında geleneksel öğretim yöntemine göre daha etkili olduğunu göstermiştir. Ayrıca 7E öğretim modelinin öğrencilerin derse karşı olan tutumlarının gelişmesinde daha etkili olduğu gözlenmiştir (Bülbül, 2010).

Araştırma kapsamında fen bilgisi öğretmen adaylarının öğretim öncesi ve öğretim sonrası kuantum fiziği kavram testinden aldıkları puanlar arasında anlamlı bir farklılık olduğu belirlenmiştir. Araştırmada yer alan fen bilgisi öğretmen adaylarının birçoğunun kavramsal anlama düzeyi öğretim sonrasında “bilimsel” düzeyde yer almıştır. Bu süreç içerisinde öğretim haricinde, öğrenciler kuantum

fiziği temel kavramları ile ilgili farklı bir uygulama içerisinde yer almamışlardır. Bu nedenle uygulanan yöntemin etkili olduğu belirlenmiştir.

7E öğretim modeli uygulamasında, her bir adım ayrı bir öneme sahiptir. Bu aşamalardan keşif aşaması öğrencinin bilgiyi yapılandırma sürecinde aktif rol almasını sağlamıştır. Uygulama kapsamında keşif aşamasında genelde interaktif simülasyonlardan yararlanılmıştır. Böylece öğrencilerin ders dışında da simülasyonları kullanabilmesi sağlanmıştır. Genişletme aşamasında daha çok günlük yaşam örneklerine yer verilmiştir. Günlük yaşamda pek çok kuantum fiziği uygulaması ile karşı karşıya kalmamıza veya pek çok uygulamayı kullanmamıza rağmen öğrencilerin bu konudan haberdar olmadığı belirlenmiştir. Günlük yaşam uygulamalarının etkinliklerde yer alması öğrencilerin derse olan ilgi ve isteklerini olumlu yönde etkilemiştir. Tüm aşamalarda öğrencilerin diğer öğrenciler ile fikir alış veriş yapabilmeye imkan sağlayan ortamların hazırlanmasına özen gösterilmiştir. Öğrencilerin, öğrenme çevresinde arkadaşları ile gerçekleştirdikleri etkileşimler bilginin yapılandırılması sürecine katkı sağlamıştır. Öğrencilerle gerçekleştirilen yapılandırılmış ve yarı yapılandırılmış görüşme verilerine göre de; ders içi etkinliklerin, süreç üzerinde kalıcılık ve motivasyon noktasında etkili olduğu, yapılan etkinliklerin, öğrenciler tarafından ilginç ve eğlenceli bulunduğu, öğretim sürecinde kullanılan uygulamaların öğrencileri araştırmaya sevk ettiği belirlenmiştir..

4) Öneriler

Araştırma sonuçlarına dayalı öneriler

Bu bölümde ilk olarak öğrencilerin kuantum fiziği temel kavramlarına ilişkin olarak sahip oldukları alternatif kavramların giderilmesine yönelik önerilere yer verilmiştir.

Kuantum fiziğine giriş konusu kapsamında, öğrencilerin kuantum fiziği ve klasik fizik arasındaki temel farklardan haberdar olmadığı belirlenmiştir. Bu noktada klasik fizikten kuantum fiziğine geçişte özellikle tarihsel süreçte yer alan olaylardan yararlanılarak adım adım ilerleme sağlanmalıdır.

Öğretim çerçevesinde kuantum fiziği modern fizik dersi kapsamında yer aldığı için, öğrenciler kuantum fiziğini görelilik kuramı ile karıştırmakta ve kuantum

fiziğinin sadece ışık hızı ile hareket eden cisimler için geçerli olduğunu düşünmektedir. İki konu arasındaki ayırım öğrencilere kavratılmalıdır.

Öğrencilerin siyah cisim ışıması, fotoelektrik olay, atomun kararlılığı gibi konularda bilimsel düşüncelere sahip olmasını sağlamak amacı ile literatürde yer alan interaktif bilgisayar programları araştırılmalı ve gerektiğinde ders kapsamında kullanılmalıdır.

Işığın ikili yapısı konusunda, dalga ve parçacık modeli deney örneklerinden yararlanılmalı ve fotoelektrik olayın neden parçacık modeli ile açıklandığı, dalga modelinin hangi noktalarda yetersiz kaldığı öğrenciye kavratılmalıdır.

Öğrenciler öğrenme ortamına gerçek yaşamdaki deneyimlerinden veya klasik fizikte öğrendikleri belirlenebilirlik, nedensellik gibi algılanması kolay klasik fizik kavramlarıyla gelirler. Bu nedenle kuantum fiziğinin belirsizlik kavramını anlamakta güçlük çekmişlerdir. Bu noktada belirsizlik ilkesinin doğanın bir özelliği olduğu ve teknolojik gelişmelerle ilgili olmadığı öğrencilere kavratılmalıdır. Bu noktada literatürde bu konu ile ilgili düşünce deneyleri ve animasyonlardan yararlanılabilir.

Özellikle dalga parçacık ikilemi konusunun öğrencilere daha iyi kavratılmasında ya da atomun yapısından bahsederken elektronun yerinin kesin olarak belirlenememesi noktasında belirsizlik ilkesinden yararlanılabilir. Bu nedenlerden dolayı, Heisenberg belirsizlik ilkesi kuantum fiziği dersi kapsamında daha önceki bölümlerde yer alabilir.

Yapılabilecek araştırmalara yönelik öneriler

Ülkemizde kuantum fiziği ve kuantum fiziği öğretimi ile ilgili çalışma sayısı çok fazla olmamakla birlikte, yapılan çalışmalar da daha çok üniversite düzeyinde gerçekleştirilmiştir. Kuantum fiziği temel kavramları ile öğrenciler ortaöğretim 11. sınıftan itibaren karşı karşıya gelmektedir. Bireylerin bilişsel yapılarının küçük yaşlarda oluşmaya başladığı kabul edilirse, ortaöğretim kurumları da bu noktada önem arz etmektedir. Bireylerin bu dönemde edindikleri alternatif kavramların sonraki yıllarda değiştirilmesi oldukça zor olduğundan özellikle ortaöğretim öğrencilerinin sahip olduğu alternatif kavramlar belirlenmeli ve bu kavramların ortadan kaldırılması için yapılması gerekenler üzerinde durulmalıdır.

Araştırma kapsamında sadece bir üniversitede öğrenim gören fen bilgisi öğretmen adayları ile çalışma yapılmış olup, daha fazla çalışma grubu ile uygulama yapıp, araştırma sonuçları desteklenebilir ve genellenebilir.

Araştırma kapsamında literatürde yer alan bazı alternatif kavramlar belirlenmiş, literatürde olmayan bazı alternatif kavramlar tespit edilmiştir. Yeni belirlenen alternatif kavramlar ile ilgili gerekli çalışmalar yapılabilir.

Öğretmenler geleneksel öğretim yöntemleri yerine, bilginin yapılandırılması sürecinin öğrenciler tarafından yürütüldüğü yapılandırmacı kuram uygulamalarını tercih etmelidir. Bu noktada 7E öğretim modeli, öğrenme ortamının yapılandırılması sürecinde kullanılabilir.

Araştırma kapsamında elde edilen sonuçlardan birisi de, öğrencilerin fizik dersine karşı ön yargılı oldukları yönündedir. Bu noktada özellikle yapılan etkinliklerin ilgi çekici olması, günlük yaşama ilişkin problemlere yer verilmesi ve öğrencilerin derslerde edindikleri bilgileri günlük yaşamda bağdaştırabilmeleri sağlanmalıdır. Bu noktada derslerde özellikle bilgisayar teknolojilerinden ve ders kapsamında konularla ilgili simülasyon, animasyon gibi yardımcı öğelerden yararlanılmalıdır. Böylece öğrencilerin derse karşı ilgi ve tutumları olumlu yönde değişebilir.

7. KAYNAKLAR

Abdal-Haqq, I. (1998). Constructivism in Teacher Education: “Considerations for Those Who Would Link Practice to Theory” Source:Clearinghouse on Teaching and Teacher Education Washington Dc. (27 Mart 2008), <http://www.eric.ed.gov/>

Abhang, R.Y. (2005). Making Introductory Quantum Physics Understandable and Interesting. *Resonance*, 10, 63–73.

Akarsu, B. (2007). Students’ Misconceptual Understanding of Quantum Physics in College Level Classroom Environments. Unpublished Doctoral Dissertation, *Indiana Universty, Faculty of the Graduate School*.

Akarsu, B., oşkun, H. ve Kariper, A. İ. (2011). An Investigation on College Students’ Conceptual Understanding of Quantum Physics Topics. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 8 (15), 349–362.

Akdeniz, A. R. (2001). İlköğretim 6. Sınıf Öğrencilerinin Işık Ünitesindeki Kavram Yanılgıları. *Çukurova Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 2(10).

Akyüz, Ö. R. (2000). Kuantum Kuramı 100 Yaşında. *Bilim ve Teknik*, Ekim 2000, 34-36.

Allegre, C. (2007). *Herkes Biraz Bilim*. (Çev: A. H. Durukal), Yapı Kredi Yayınları, İstanbul, 70–74.

Ambrose, B. S., Shaffer, P. S., Steinberg, R. N. and Mc Dermott, L. C. (1999). An Investigation of Student Understanding of Single-Slit Diffraction and Double-Slit Interference. *American Journal of Physics*, 67, 146–155.

Anıl, Ö. (2010). Öğrenme Sarmalına Göre Tasarlanan 5e Öğretim Modeli Uygulamaları ile Dokuzuncu Sınıf Öğrencilerinin Aynalar Konusundaki Kavramsal Değişimlerinin İncelenmesi. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Balıkesir.

Ayene, M., Kriek, J. and Dantie, B. (2011). Wave-particle Duality and Uncertainty Principle: Phenomenographic Categories of Description of Tertiary Physics

Students' Depictions. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research* 7, 020113.

Bachor, D.G. (2000). Rethinking Case Study Research Methodology. *Special Education National Research Forum*, 2000-Mayıs, Helsinki, Finland.

Balım, A. G., İnel, D. ve Evrekli, E. (2008). Fen Öğretiminde Kavram Karikatürü Kullanımının Öğrencilerin Akademik Başarılarına ve Sorgulayıcı Öğrenme Becerileri Algısına Etkisi, *İlköğretim Online*, 7(1), 188–202.

Bay, E., Adnan T., Erdoğan, K., Kaya, H., Gündoğdu, K., Sönmez, S. ve Kaya, Ş. (2009). Öğretmen Adaylarının Sosyal Yapılandırmacı Yaklaşımına Dayalı Öğrenme Ortamında Öğretmen Rollerine İlişkin Algıları. *I. Uluslararası Türkiye Eğitim Araştırmaları Kongre Kitabı*, 1-3 Mayıs 2009. Çanakkale. oc.eab.org.tr/egtconf/pdfkitap/pdf/438.pdf.

Beeth, M. E. (1998). "Teaching for Conceptual Change: Using Status as a Metacognitive Tool". *Science Education*, 82(3), 343–356.

Bethge, T. and Niedderer, H. (1996). *Students' Conceptions in Quantum Physics*. (13 Mart 2009) <http://www.idn.uni-bremen.de/pubs/Niedderer/1995-AJP-TBHN.pdf>

Bransford, J.D., Brown, A.L. and Cocking, R.R., (2000). *How People Learn*, National Academy Press, Washington.

Brooks, J.G. and Brooks, M.G., (1993). *In Search of Understanding: The Case for Constructivist Classrooms*, Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.

Brooks, J.G. and Brooks, M.G., (1999). The Courage to be Constructivist, *Educational Leadership*, 18–24.

Bülbül, Y. (2010). The Effect of 7E Learning Cycle Model on the Ninth Grade Students' Understanding of the Concepts Related to the Diffusion and Osmosis in Biology, Doktora tezi, *Orta Doğu Teknik Üniversitesi*, Türkiye.

Büyüköztürk, S., (2007). *Sosyal Bilimler İçin Veri Analizi El Kitabı*. 8. baskı, PegemAYayıncılık, Ankara.

Bybee, R. W. (2003). *Why The Seven E's*, (12 Ocak 2009), <http://www.miamisci.org/ph/lpintro7e>

Carey, S. (1985). *Conceptual Change in Childhood*. Cambridge, MA: MIT Press.

Çataloğlu, E. and Robinett, R. (2002), Testing the Development of Student Conceptual and Visualization Understanding in Quantum Mechanics Through the Undergraduate Career, *American Journal of Physics*, 70 (3), 238–251.

Cushing, T. J. (2003). *Fizikte Felsefî Kavramlar-1*. (Çev: B. Ö. Sarioğlu), Sabancı Üniveristesi Yayınları, İatanbul.

Charmaz, K. (1983). The Grounded Theory Method: An Explication and Interpretation. In r. M. Emerson (ed.), *Contemporary Field Research: A Collection of Readings*. 109-126. Boston: Little Brown.

Chi, M. and Slotta, J. D. (1993). The Ontological Coherence of Intuitive Physics. *Cognition and Instruction*, 10(2-3), 249–260.

Chi, M., Slotta, J., and de Leeuw, N. (1994). From Things to Processes: A Theory of Conceptual Change for Learning Science Concepts. *Learning and Instruction: Journal of European Association for Research on Learning and Instruction*, 4, 27–43.

Chi, M. and Roscoe, R. D. (2002). The Process and Challenges of Conceptual Change. In M. Limón & L. Mason (Eds.), *Reconsidering Conceptual Change: Issues in Theory and Practice*, 3–27. Dordrecht: Kluwer.

Chinn, C. A. and Brewer, W. F., (1993). “The Role of Anomalous Data in Knowledge Acquisition: A Theoretical Framework and Implications for Science Education”. *Review of Educational Research*, 63, 1–49,

Cohen, L. and Manian, L. (1994). *Research Methods in Education*. London: Routledge.

Cohen, L., Manion, L., and Morrison K. (2000). *Research Methods in Education* (5th Edition). London: Routledge Falmer.

Committee on Undergraduate Science Education. (1997). *Misconceptions as Barriers to Understanding Science*. In *Science Teaching Reconsidered: A Handbook* (Chapter 4) National Academy Press.

Çalışkan, S., Selçuk, G. and Erol, M. (2009). Student Understanding of Some Quantum Physical Concepts, *Lat. American Journal of Physics Education*. 3(2), 2–15.

Çepni, S., Ayas, A., Johnson, D. ve Turgut, F. (1997). *Fizik Öğretimi*, YÖK Yayınları, Ankara, 4.1-4.

Çepni, S. (2005). *Fen ve Teknoloji Öğretimi*. Ankara: Pegem A Yayınları.

Çepni, S. (2007). *Araştırma ve Proje Çalışmalarına Giriş* (Gözden geçirilmiş baskı). Trabzon: Celepler Matbaacılık.

Çepni S. ve Çil E. (2009). *Fen ve Teknoloji Programı İlköğretim Birinci ve İkinci Kademe Öğretmen El Kitabı*, Ankara: Pegem A Yayıncılık.

Çil, E. (2010). Bilimin Doğasının Kavramsal Değişim Pedagojisi ve Doğrudan Yansıtıcı Yaklaşım ile Öğretilmesi: Işık Ünitesi Örneği, Doktora Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon.

Dagher, Z. R. (1994). Does the Use of Analogies Contribute to Conceptual Change? *Science Education*, 78, 601–614.

Demirhan, C. ve Demirel, Ö. (2002) Program Geliştirmede Proje Tabanlı Öğrenme Yaklaşımı. *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*. (3)5, 48–61.

Didiş, N., Eryılmaz, A., ve Erkoç, Ş., (2007). Students' Comprehension of Fundamental Concepts in Quantum Mechanics: A Qualitative Study. *GIREP-EPEC Conference- Frontiers of Physics Education*, Croatia.

Didiş, N., Özcan, Ö. ve Abak, M. (2008). Öğrencilerin Bakış Açısıyla Kuantum Fiziği: Nitel Çalışma. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 34, 86–94.

DiSessa, A. (1993). “Toward an Epistemology of Physics”, *Cognition and Instruction*, 10, 105-225.

- DiSessa, A. (2002). Why Conceptual Ecology is a Good Idea, In M. Limon and L. Mason (Eds.), *Reconsidering Conceptual Change: Issues in Theory and Practice* (29–60), Kluwer, Dordrecht.
- Dole A. J. and Sinatra M.G. (1998). Reconceptualizing Change in the Cognitive Construction of Knowledge, *Educational Psychologist*, 33(2/3), 109-128.
- Dollard, N. and Christensen, L. (1996). Constructive Classroom Management. *Focus on Exceptional Children*, 29(2), 1-12.
- Driver, R. and Erickson, G. (1983). “Theories – in Action: Some Theoretical and Empirical Issues in The Study of Students’ Conceptual Frameworks in Science”, *Studies in Science Education*, 10, 37-60,
- Duit, R. and Treagust, D. (1998). *Learning in Science - From Behaviourism Towards Social Constructivism and Beyond*, B. J. Fraser ve K. G. Tobin (Eds.), Kluwer Academic Publishers.
- Duit, R. and Treagust, D. (2003). “Conceptual Change: A Powerful Framework for Improving Science Teaching and Learning”, *International Journal of Science Education*, 25(6), 671–688.
- Dykstra, D. (1992). Studying Conceptual Change. In R. Duit, F. Goldberg, ve H. Niedderer (Eds.), *Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies* (40–58). Kiel, Germany: Institute for Science Education at the University of Kiel.
- Eisenkraft, A. (2003). “Expanding the 5E Model” □ *Science Teacher*, 70 (6), 56–59.
- Ernest, P. (1995). The One and The Many. In L. Steffe and J. Gale (Eds.) *Constructivism in Education*. 459–486. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Euler, M. (1999). *Students’ Views of Models and Concepts in Modern Physics*. (13 Mart 2009), <http://www.idn.uni-bremen.de/pubs/Niedderer/1999-NARSTWKSQAP>.
- Everitt, B., Landau, S., and Leese, M. (2001). *Cluster Analysis*. Oxford University Press, London.

- Fletcher, J. (1997). How Students Learn Quantum Mechanic. *Master of Science, University of Sydney, Australia.*
- Fletcher, P. and Johnson, I. (1999). *Quantum Mechanics: Exploring Conceptual Change.* (13 Mart 2009), <http://www.idn.uni-bremen.de/pubs/Niedderer/1999-NARSTWKSQAP>.
- Fletcher, J. (2004). How Tertiary Level Physics Students Learn and Conceptualise Quantum Mechanics. *Doctor of Philosophy in the School of Physics, University of Sydney, Australia.*
- Gaddis, B. A. (2001). Conceptual Change in an Organic Chemistry Laboratory: A Comparison of Computer Simulations and Traditional Laboratory Experiments. *Unpublished Doctoral Dissertation, University of Colorado, Denver.*
- Gamow, G. (1998). *Bay Thompkins'in Serüvenleri.* (Çev: T. İncesu), Evrim Yayınevi, İstanbul.
- Georghiades, P. (2000). Beyond Conceptual Change Learning in Science Education: Focusing on Transfer, Durability and Metalearning. *Educational Research, 42*, 119–139.
- Gönen S., Kocakaya S. ve İnan C. (2006). The Effect of The Computer Assisted Teaching and 7E Model of The Constructivist Learning Methods on the Achievements and Attitudes of High School Student, *The Turkish Online Journal of Educational Technology- TOJET, 5*(4), 11.
- Gunstone, R. F. and Champagne, A. B. (1990). Promoting Conceptual Change in the Laboratory. In E. Hegarty-Hazel (Ed). *The Student Laboratory and The Science Curriculum* (159–182). London: Rutledge.
- Gülçiçek, Ç. ve Yağbasan, R. (2003). Fen Eğitiminde Kavram Yanılgılarının Karakteristiklerinin Tanımlanması, *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 1*, 13, 102-120.
- Güneş, B. (2011). *Fizikte Kavram Yanılgıları*, (30 Mart 2011), http://w3.gazi.edu.tr/~bgunes/files/kavramyanilgi_lari/kavramyanilgilari.html
- Hançerlioğlu, O. (1994). *Felsefe Sözlüğü*, (439), Remzi Kitabevi, İstanbul.

- Harland, T. (2003). Vygotsky's Zone of Proximal Development and Problem Based Learning: Linking a Theoretical Concept with Practice Through Action Research, *Teaching in Higher Education*, 8 (2), 263-272.
- Hatano, G. and Inagaki, K. (1997). Qualitative Changes in Intuitive Biology. *European Journal of Psychology of Education*, 12, 111–130.
- Heylingen, F. (1993). Epistemology, Introduction. Principia Cybernetica. <http://pespmel.vub.ac.be/EPISTEMI.html>.
- Hewitt-Taylor J. (2001). Use of the Constant Comparative Analysis in Qualitative Research. *Art & Science Research Methods*, 15, 39–42.
- Hewson, P.W. and Hewson, M. G. (1984). The Role of Conceptual Conflict in Conceptual Change and the Design of Science Instruction, *Instructional Science*, 13, 1–13.
- Hewson, P. W. and Hewson, M. G. (1988). An Appropriate Conception of Teaching Science: A View From Studies of Science Learning. *Science Education*, 72(5), 597-614.
- Hewson, P.W. (1992). Conceptual Change in Science Teaching and Teacher Education, “*Research and Curriculum Development in Science Teaching*” Under the Auspices of The National Centre for Educational Research, Documentation, and Assessment, Ministry for Education and Science, Madrid, Spain.
- Hewson, P. W. and Hennessey, M. G. (1992). Making Status Explicit: A Case Study of Conceptual Change. In R. Duit, F. Goldberg, and H. Niedderer (Eds.), *Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies*. Proceedings of an International Workshop at University of Bremen, Germany.
- Hewson, P. W. and Hewson, M. G. (1992). “The Status of Students' Conceptions”, R. Duit, F. Goldberg and H. Niedderer (Eds.), *Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies*, Kiel, 59-73.
- Hitchcock, G. and Hughes, D. (1995) *Research and the Teacher*. (2nd edition) London: Routledge.

- Honebein, P. C. (1996). "Seven Goals for the Design of Constructivist Learning Environments", in *Constructivist Learning Environments: Case Studies in Instructional Design*, B. G. Wilson (Ed), Educational Technology Publications, NJ.
- Hubert, L. 1974, "Approximate Evaluation Techniques for the Single-Link and Complete-Link Hierarchical Clustering Procedures", *Journal of the American Statistical Association*, 69, 698-704.
- Husen T. and T. N. Postlethwaite, (eds.) (1989) *The International Encyclopedia of Education, Supplement Vol. I*. Oxford/New York: Pergamon Press, 162–163.
- Ireson, G. (1999a). A Multivariate Analysis of Undergraduate Physics Students' Conceptions of Quantum Phenomena. *European Journal of Physics*, 20, 193–199.
- Ireson, G. (1999b). The Quantum Understanding of Pre-University Physics Students. *Physics Education*. 35 (1),15–21.
- Ireson, G. (2000). The Quantum Understanding of Pre-University Physics Students. *Physics Education*, 35(1), 15–21.
- İşman, A. (2003). *Öğretim Teknolojileri ve Materyal Geliştirme*. Değişim Yayınları. İstanbul.
- Johnson, I. et al. (1998). Student Difficulties in Learning Quantum Mechanics. *International Journal of Science Education*, 20 (4), 427–446.
- Jonassen, D. (1991). "Objectivism vs. Constructivism", *Educational Technology Research and Development*, 39(3), 5–14.
- Jonassen, D. (1999). Designing Constructivist Learning Environments. In C. Reigeluth (Ed.), *Instructional Design Theories and Models: A New Paradigm of Instructional Theory* (Vol. II, 215-239). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Kalaycı, Ş., (Ed.) (2006). *SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri*, 2. Baskı, Asil Yayın Dağıtım, Kızılay-Ankara.
- Kanlı, U. ve Yağbasan, R. (2008). 7E Modeli Merkezli Laboratuvar Yaklaşımının Öğrencilerin Bilimsel Süreç Becerilerini Geliştirmedeki Yeterliliği. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 28 (1), 91–125.

- Kandilli, E., Ünal, R., Kandilli, C. ve Ellez, M. (2005). Fotoelektrik Olay Konusunun Bilgisayar ve İnternet Destekli Öğretiminin, Öğrenci Başarı ve Tutumlarına Etkisinin Değerlendirilmesi. (Eds: A. İşman ve F. Dabaj), *Proceedings of V. International Educational Technologies Conference* 21 – 23 September 2005, Sakarya, Türkiye.
- Kara, İ., Erduran-Avcı, D. ve Çekbaş, Y. (2008). Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Işık Kavramları ile İlgili Bilgi Düzeylerinin Araştırılması, *Mehmet Akif Ersoy Eğitim Fakültesi Dergisi*, 8(16), 46–57.
- Karasar, N. (2011). *Bilimsel Araştırma Yöntemi*. (22. Basım). Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- Kaufman, L. and Rousseeuw, P.J. (1990). *Finding Groups in Data: An Introduction to Cluster Analysis*, John Wiley and Sons.
- Kesal, F. ve Aksu, M. (2005). Constructivist Learning Environment in Elt Methodology II Course. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*. 28,118–132.
- Kerlinger, Fred N. (1964). *Foundations of Behavioral research*. New York, Holt, Rinehart ve Winston.
- Koç, G. (2007). Yapılandırmacı Öğrenme Kuramı. *Eğitim Psikolojisi*, Anı Yayıncılık. Ankara
- Kontogeorgiou, A. M., Bellou, J., and Mikropoulos, T. A. (2008). Being Inside the Quantum Atom. *Psychology Journal*, 6(1), 83–98.
- Kopman, L. (2005). Understanding Student Difficulties in First Year Quantum Mechanics Courses. *The First European Physics Education Conference EPEC-1 Bad Honnef*, Germany (4-6 July 2005). (23 Nisan 2007), <http://www.physik.uni-mainz.de/lehramt/epec/koopman.pdf>
- Koponen, I., T. and Heikkinen, M., H. (2005). Understanding The Photon Concept and The Quantum Nature of Light: A Case Study of Learning During an Instructional Unit Designed for Student Teachers, *Journal of Baltic Science Education*, 2,8, 46–54.

- Kothari, C. R. (2004). *Research Methodogy Methods and Techniques* (Second Edition), New age International Publishers.
- Kurt, S. H. ve Sarı, M. (2010). Kuantum Fiziğinde Kullanılan Meteforların Öğrencilerin Fizik Algısı Üzerine Etkisi, *IX. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi*, 23–25 Eylül 2010, Dokuz Eylül Üniversitesi, Buca Eğitim Fakültesi, İzmir.
- Liang, L. L. and Gabel, D. L. (2005). Effectiveness of a Constructivist Approach to Science Instruction for Prospective Elementary Teachers. *International Journal of Science Education*. 27 (10), 1143–1162.
- Marlowe, A.B. and Page, L. M. (1998). *Creating and Sustaining the Constructivist Classroom*. California: Corvin Press,
- Mcevoy, P. J. and Zarate, O. (2010). *Kuantum Teorisi*. (Çev: Nedim Çatlı), NTV Yayınları, İstanbul.
- Mckagan, B. S., Handley, W., Perkins, K. K. and Wieman, E. C. (2009). A Research Based Curriculum for Teaching the Photoelectric Effect. *American Journal Of Physics*. 20, 511–516.
- Masshadi, A. and Woolnough, B. (1999). Insights into Students' Understanding of Quantum Physics: Visualizing Quantum Entities. *European Journal of Physics*. 20, 511–516.
- Mayer, R. E. (2002). Understanding Conceptual Change: A Commentary. In *Reconsidering Conceptual Change: Issues in Theory and Practice* (101–111). Dordrecht London: Kluwer Academic Publishing.
- Mecit, Ö. (2006). The Effect of 7E Learning Cycle Model on the Improvement of Fifth Grade Students' Critical Thinking Skills. Doktora tezi, *Orta Doğu Teknik Üniversitesi*, Türkiye.
- Merrill, M. D. (1992). Constructivism and Instructional Design. In Duffy, T.M. & Jonassen, D.H. (Eds.), *Constructivism and the Technology of Instruction: A Conversation*, Hillsdale: Lawrence Erlbaum, 99–114.

Millar, R. (1998). Student's Understanding of the Procedures of Scientific Enquiry, *Connecting Research in Physics Education with Teacher Education*, Section C4, An I.C.P.E. Book, USA.

Morgan, C. T. (1977). *Psikolojiye Giriş Ders Kitabı*. (İngilizceden Çeviren: H. Arıca vd.) (7. Baskı). Ankara: Meteksan.

Murphy, E. (1997). "Constructivism From Philosophy To Practice". (15 Mart 2009), <http://www.cdli.ca/~elmurphy/emurphy/cle2b.html>

Müller, R. and Wiesner, H. (2002). Teaching Quantum Mechanics on An Introductory Level. *American Journal of Physics*. 70(3), 200–209.

Müller, R. and Wiesner, H (1999). *Students' Conceptions of Quantum Physics*. Papers presented at the annual meeting National Association for Research in Science Teaching. (13 Mart 2009) <http://www.idn.uni-bremen.de/pubs/Niedderer/1999-NARSTWKSQAP>

Niedderer, H. vd., (1999). *Evaluation of A New Approach in Quantum Atomic Physics in High School*. (13 Mart 2009) http://www.phys.ksu.edu/perg/papers/narst/QM_papers.pdf

Osborne, R. (1985). 'Building on Children's Intuitive Ideas'. In R. Osborne and P. Freyberg (Eds) *Learning in Science*, Auckland, NZ: Heinemann.

Osborne, R. J., and Cosgrove, M. M. (1983). Children's Conceptions of the Changes of State of Water. *Journal of Research in Science Education*, 20(9), 825–838.

Olsen, R. V. (2002). Introducing Quantum Mechanics in The Upper Secondary School: A Study in Norway. *International Journal of Science Education*. 24 (6), 565–574.

Özbek, G., Çelik, H., Ulukök, Ş. ve Sarı, U. (2012). 5E ve 7E Öğretim Modellerinin Fen Okur-Yazarlığı Üzerine Etkisi. 3. Uluslararası Eğitimde Yeni Yaklaşımlar Kongresi, 26–29 Nisan, Antalya.

Özcan, Ö. (2009). Kuantum Mekaniği ve Görelilik Öğreniminde Karşılaşılan Kavramsal ve Matematiksel Zorlukların Araştırılması. Doktora Tezi. *Hacettepe Üniversitesi Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanlar Eğitimi*, Ankara.

- Özdemir, E. ve Erol, M. (2011). Kuantum Fiziğinde Belirsizlik İlkesi. *Buca Eğitim Fakültesi Dergisi*, 29, 20-35.
- Öztürk, D. ve Uçar, S. (2012). İlköğretim Öğrencilerinin Ayın Evreleri Konusunda Kavram Değişimlerinin İşbirliğine Dayalı Ortamda İncelenmesi. *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, 9, 2, 98-112.
- Patton, M. Q. (1987). *How to Use Qualitative Methods in Evaluation*. California: Sage Publications, Inc.
- Pendrill A.M. M. (2012). Drama as Part of Quantum Physics Teaching. *44th Conference of the European Group on Atomic Systems*. (9–13 July). University of Gothenburg, Sweden.
- Perkins D. N., (1999). “The Many Faces of Constructivism”, *Educational Leadership*, 199, 6-11.
- Petri, P. and Niedderer, H. (1998). A Learning Pathway in High-School Level Quantum Atomic Physics. *International Journal of Science Education*. 20 (9), 329–347.
- Phillips, D. C. (1995). The Good, The Bad and the Ugly: The Many Faces of Constructivism. *Educational Researcher*, 24 (7), 5–12.
- Philips, D.C. and Soltis, J.F. (2005). *Perspectives on Learning*, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- Pines, A. and West, L. (1986). Conceptual Understanding and Science Learning: An Interpretation of Research Within a Sources-of Knowledge Framework. *Science Education*, 70(5) 583–604.
- Pintrich, P. R., Marx, R. W., and Boyle, R. A. (1993). Beyond Cold Conceptual Change: The Role of Motivational Beliefs and Classroom Contextual Factors in the Process of Conceptual Change. *Review of Educational Research*, 63 (2), 167–200.
- Posner, G.J., Strike, K.A., Hewson, P.W. and Gertzog, W.A. (1982). Accommodation of a Scientific Conception: Toward Theory of Conceptual Change, *Science Education*, 66, 211-227.

Prawat, R. (1996). Constructivism, Modern and Post Modern in Educational Psychology, 31 (3/4), 215–225.

Postholm, M. B. (2006). The Teacher's Role When Pupils Work on Task Using ICT in Project Work. *Educational Research*, 48 (2), 155–175.

Rebello, N.S. and Zollman, D. (1999). Conceptual Understanding of Quantum Mechanics After Using Hands-On and Visualization Instruction Materials. Papers presented at The Annual Meeting National Association for Research in Science Teaching. (12 Mayıs 2008),

http://www.phys.ksu.edu/perg/papers/narst/QM_papers.pdf.

Robblee, K. M. vd. (1999). *Using Computer Visualization Software to Teach Quantum Science: The Impact on Pedagogical Content Knowledge*. Papers presented at the annual meeting National Association for Research in Science Teaching. (13 Mart 2009), <http://www.idn.uni-bremen.de/pubs/Niedderer/1999-NARSTWKSQAP>

Saçkes, M. (2010). The Role of Cognitive, Metacognitive, and Motivational Variables in Conceptual Change: Preservice Early Childhood Teachers' Conceptual Understanding of the Cause of Lunar Phases. Unpublished Doctoral Dissertation, *Graduate Program in Education, The Ohio State University, The Ohio State*.

Sadaghiani H. R. (2005). Conceptual and Mathematical Barriers to Students Learning Quantum Mechanics. Unpublished Doctoral Dissertation, *The Ohio State University, The Ohio State*.

Sadaghiani H. R. and Bao, L. (2005). Student Difficulties in Understanding Probability in Quantum Mechanics. *Physics Education Research Conference, Part of the PER Conference series*, Salt Lake City, Utah: August 10–11, 818, 61–64.

Sanders, M. (1993). Erroneous Ideas About Respiration: The Teacher Factor. *Journal of Research in Science Teaching*, 30: 919-934.

Savaş, B. (2007). Yapılandırmacı Öğrenme (Ed: Alim Kaya) *Eğitim Psikolojisi*. Pegem yayıncılık. Ankara

Strauss, A. L. and Corbin, J. (1990). *Basics of Qualitative Research: Grounded Theory Procedures and Techniques*. Newbury Park, CA: Sage.

- Scott, D. and Morrison, M. (2005). *Key Ideas in Educational Research*. London: Continuum International Publishing.
- Serway, R. A. and Beichner, R. J. (2002). *Fen ve Mühendislik için Fizik 3*. (5.Basımdan Çeviri). Ankara: Palme Yayıncılık.
- Sinan, O. (2007). Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Proteinler ve Protein Sentezi İle İlgili Kavramsal Anlamaları, Yayımlanmamış Doktora Tezi, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Balıkesir, Türkiye.
- Singh, C. (2001). Student' Understanding of Quantum Mechanics. *American Journal of Physics*. 69, 885–895.
- Singh, C. (2008). Interactive Learning Tutorials on Quantum Mechanics. *American Journal of Physics*. 76, 4-5.
- Smith, E. L., Blakeslee, T. D., and Anderson, C. W. (1993) Teaching Strategies Associated With Conceptual Change Learning in Science, *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 2, 111-126.
- Stake, R. (1995). *The Art of Case Study Research*. Thousand Oaks: Sage
- Stavy, R. (1991). Using Analogy to Overcome About Conservation of Matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 28 (4), 305–313.
- Steinberg R. vd., (1999). *The Influence of Student Understanding of Classical Physics When Learning Quantum Mechanics*. Papers presented at the annual meeting National Association for Research in Science Teaching. (13 Mart 2009),
http://www.phys.ksu.edu/perg/papers/narst/QM_papers.pdf
- Steinberg, R., Oberem G., and McDermott, L. (1996). Development of a Computer Based Tutorial on the Photoelectric Effect, *American Journal Physics* .64 (11), 1370–1379.
- Steffe, L. and Gale, J. (Eds.) (1995). *Constructivism in Education*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Stepans, J. (1996). *Targeting Students' Science Misconceptions: Physical Science Concepts Using the Conceptual Change Model*. Riverview, Fla.: Idea Factory

Stewart J. C. and Cash Jr. D. (1985). *Interviewing: Principles And Practices*. IA: William C. Brown Publishers, Fourth Edition.

Strike, K. A. and Posner, G. J. (1976). Epistemological Perspectives on Conceptions of Curriculums Organization and Learning. *Review of Research in Education*, 4, 106–141.

Soylu, C. H. (2011). Fen ve Teknoloji Öğretiminde Kavram Karikatürlerinin 7E Öğrenme Modeline Göre Hazırlanmış Bir Etkinlik Örneği: Yaşamımızdaki Elektrik. *2nd International Conference on New Trends in Education and Their Implications*, Antalya-Türkiye, Siyasal Kitabevi, Ankara, ISBN: 978–605–5782–62–7.

Şen, A. İ. (2000). Kuantum Fiziği Alan Öğretimi Konusunda Almanya’da Yapılan Tartışmaların Son Durumu. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 19, 122–127.

Tekkaya, C. (2002). Misconceptions as Barrier to Understanding Biology. *Journal of Hacettepe University Education Faculty*, 23, 259–266.

Tezci, E. ve Dikici, A. (2003) Yaratıcı Düşünmeyi Geliştirme ve Yapılandırıcı Öğretim Tasarımı. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*. (13) 1, 251–260.

Thorndike, E.L. (1923). *Educational Psychology*, Vol. II: *The Psychology of Learning*. New York: Teachers College, Columbia University.

Thorndike, R.L. and Hagen, E. (1971). *Measurement and Evaluation in Psychology and Education*.

Trundle, K. C., Atwood, R. K. and Christopher, J. E. (2002). Preservice Elementary Teachers' Conceptions of Moon Phases Before and After Instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(7), 633–655.

Troncoso, C. E. and Chrobak, R. (2000). Modern Physics in Engineering Carrers. (21 Nisan 2009), <http://www.ineer.org/Events/ICEE2000/Proceedings/papers/WD1-3.pdf>

Tütengil, C. O. (1975). *Sosyal Bilimlerde Araştırma ve Metod*. Yeniden Genişletilmiş ve Gözden Geçirilmiş Üçüncü Baskı. İstanbul: İ. Ü. İktisat Fakültesi.

- Tyson, L.M., Venville, G.J., Harrison, A.G. and Treagust, D.F. (1997). A Multidimensional Framework for Interpreting Conceptual Change Events in The Classroom, *Science Education*, 81, 387–404.
- Uçar, S. (2007). Using Inquiry-Based Instruction with Web-Based Data Archives to Facilitate Conceptual Change About Tides Among Preservice Teachers, Ph. D. Thesis, *Ohio State University*.
- Ural, A. ve Kılıç, İ. (2006). *Bilimsel Araştırma Süreci ve SPSS İle Veri Analizi*. Ankara: Detay Yayıncılık.
- Ülgen, G. (2004). *Kavram Geliştirme, Kavram Öğrenme*, Ankara: Pegem A Yayınevi.
- Ünal, S. (2007). Atom ve Molekülleri Bir Arada Tutan Kuvvetler Konularının Öğretilmesinde Yeni Bir Yaklaşım: BDÖ ve KDM'nin Birlikte Kullanımının Kavramsal Değişime Etkisi. Yayımlanmış Doktora Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon.
- Wandersee, J.H., Mintzes, J.J. and Novak, J.D. (1994). Research on Alternative Conceptions in Science, In D.L. Gabel (Ed.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, Macmillan, New York, 177–210.
- Watson, J. (2001). Social Constructivism in the Classroom. *Support for Learning*, Vol. 16, no:3.
- Watson, B. and Konicek, R. (1990). Teaching for Conceptual Change: Confronting Children's Experience. *Phi Delta Kappan*, 71, 680-685.
- Wheatley, G. H. (1991). Constructivist Perspectives on Science and Mathematics Learning, *Science Education*, 75 (1), 9–21.
- White, R. T. and Gunstone, R. F. (1989). Metalearning and Conceptual Change. *International Journal of Science Education*, 11 (Special Issue), 577–586.
- Wichmann, H. E. (1967). *Kuantum Fiziği Berkeley Fizik Dersleri-Cilt 4*, (Çev:T. N. Durlu ve Y. Elerman), Bilim Yayıncılık, Ankara.

- Wilson, B. and Cole, P. (1991). A Review of Cognitive Teaching Models. *Educational Technology Research and development*, 39(4), 47–64.
- Wuttiprom, S., Sharma, M. D., Johnston, I. D., Chitaree, R. and Soankwan, C. (2009). Development and Use of a Conceptual Survey in Introductory Quantum physics. *International Journal of Science Education*, 31(5), 631–654.
- Von Glasersfeld, E. (1989). Constructivism in Education. In T. Husen and N. Postlewaite (Eds.) *International Encyclopedia of Education*, 162–163, Oxford, England: Pergamon Press.
- Vosniadou, S. (1994). Introduction. *Learning and Instruction*, 4, 3–6.
- Vosniadou, S. (2003). Exploring the Relationships Between Conceptual Change and Intentional Learning. In G.M. Sinatra & P.R. Pintrich (Eds.), *Intentional Conceptual Change* (377–406). Mahwah: Erlbaum.
- Vosniadou, S. (2007). The Conceptual Change Approach and Its Reframing. In: S. Vosniadou, A. Baltas and X. Vamvakoussi (Eds.), *Reframing the Conceptual Change Approach in Learning and Instruction* (1–15). Oxford, UK: Elsevier.
- Vosniadou, S. and Brewer, W. (1987). Theories of Knowledge Restructuring in Development. *Review of Educational Research*, 37 (1), 51–67.
- Vosniadou, S. and Brewer, W. F. (1992). Mental Models of the Earth: A Study of Conceptual Change in Childhood. *Cognitive Psychology*, 24(4), 535–585.
- Vosniadou, S. and Matthews, D. B. (1992). Elementary School Children's Comprehension of Science Text. *Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association*, San Francisco.
- Vosniadou, S. and Brewer, W. F. (1994). Mental Models of the Day/night Cycle. *Cognitive Science*, 18, 123–183.
- Vosniadou, S. and Ioannides, C. (1998). From Conceptual Development to Science Education: A Psychological Point of View. *International Journal of Educational Research*, 20(10), 1213–1230.

Vosniadou, S. (1999). Conceptual Change Research: The State of the Art and Future Directions In W. Schnotz, S. Vosnidaou and M. Carretero (Eds.), *New Perspective on Conceptual Change*, 1-13, Amsterdam, Pergamon.

Yaşar, Ş. (1998). Yapısalcı Kuram ve Öğrenme Öğretme Süreci. *Anadolu Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*. (8) 1–2, 68–75.

Yıldırım, A. ve Simsek, H. (2006). *Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri*, 6.baskı, Seçkin Yayıncılık, Ankara.

Yıldız, A. (2009). Üniversite Öğrencilerinin Kuantum Fiziği Konularını Anlama Düzeyleri ve Öğrenme Amaçlı Yazma Aktivitelerinin Akademik Başarıya Etkisi, Doktora tezi, *Atatürk üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Erzurum.

Yılmaz, Ö., Tekkaya, C., Geban, Ö. ve Özden, Y. (1999). Lise 1. Sınıf Öğrencilerinin Hücre Bölünmesi Ünitesindeki Kavram Yanılgılarının Tespiti ve Giderilmesi. *III. Fen Bilimleri Eğitimi Sempozyumu*. M.E.B. ÖYGM.

Yin, R. K. (1994). *Case study research: Design and methods*. (2nd Ed.) Newbury Park: CA: Sage.

Yin, R. K. (2003). *Case study research: Design and methods* (3rd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.

Zhu, G. (2011). Improving Students' Understanding Of Quantum Mechanics. *School of arts and sciences, Department of physics and astronomy University of Pittsburgh*.

Zimmerman, C. (2007). The Development of Scientific Thinking Skills in Elementary and Middle School. *Developmental Review*, 27, 172–223.

Zollman, D., vd. (2002). Quantum Mechanics For Everyone: Hands-On Activities Integrated With Technology. *American Journal of Physics*, 70(3).252–260.

<http://www.phet.colorado.edu/> (20 Aralık 2009)

<http://www.zambakegitim.com> (12 Ocak 2010)

EKLER

EK- 1

Kavramsal Anlama Testi

Bu ölçme aracı bir test olmayıp, sizin kuantum fiziği ve kuantum fiziği temel kavramlarına ilişkin görüşlerinizi belirlemek amacı ile hazırlanmıştır. Bu konuda sizin görüşleriniz çok önemli olup yanıtlarınızın doğru ya da yanlış olması önemli değildir. Bu nedenle her bir soru için ne düşündüğünüzü, sorular için ayrılan boş satırlara yazınız ve gerekiyor ise şekil çiziniz. Yanıtlamaya istediğiniz sorudan başlayabilir, sayfalar üzerindeki boş yerleri kullanabilirsiniz. Çalışmaya katıldığınız için teşekkür ederim.

Meryem Görecek

Balıkesir Üniversitesi

OFMA Fizik Eğitimi Doktora Öğrencisi

0-507-668 668 9 / mgorecek@hotmail.com

Adınız Soyadınız:

Cinsiyetiniz: Kız

Erkek

1- Kuantum fiziği nedir? Kısaca açıklayınız.

.....

2- Kuantum fiziğinin klasik fizikten farkı var mıdır? Varsa nelerdir? Kısaca açıklayınız.

.....

3- Kuantum fiziği ile ilgili temel kavramlar nelerdir?

.....

4- Bulutsuz bir gecede, şehir ışıklarından uzakta bir yere giderek, gökyüzünde yer alan herhangi bir takımyıldızını gözlemlediğinizi düşünelim. (Örneğin; Orion takımyıldızı) Takımyıldızında yer alan yıldızlar kırmızı ve mavi renkteler, buna göre hangi yıldızın daha sıcak olduğunu söyleyebilir misiniz? Açıklayınız.

.....

5-Tek renkli ışık, devamlı bir elektromanyetik dalga ya da enerji paketlerinin (foton) akışı gibi düşünülebilir. Fotoelektrik etki, bir metal yüzey üzerine düşen ışınların, metal yüzeyden elektron yayma olayıdır. Işındaki enerji, metal yüzeydeki elektronların bazılarını transfer edilir ve elektronlar saçılır. Burada gözlenen 2 durum vardır:

1. Yeterli yüksek frekanslı tek renkli ışık için, saniyede saçılan elektronların oranı, ışığın şiddeti arttıkça artar.

2.Yüzeyden elektronların saçılabilmesi için, sadece tek renkli ışığın belirli bir frekans değerinin üstünde bir frekansa sahip olması gerekir. Eğer tek renkli ışık, bu frekans değerinden daha düşük bir frekansa sahip ise ışığın şiddeti ne kadar fazla olursa olsun hiç elektron saçılmaz.

Aşağıdaki şekilleri zihninizde canlandırınız. Metal yüzeydeki elektronları, telefon telinde oturan bir kuş gibi düşününüz. Işığın etkisi 2 ayrı yolla resmedilmiştir. Klasik elektromanyetik dalgaya göre, tel üzerindeki kuşu uçurabilmek için, teli sallamak gerekir. Enerji paketlerinin akışı gibi

düşünülürse, kuşu uçurabilmek için, kuşa taş atmak gerekir. Açıklanan bu modellerden hangisi yukarıdaki gözlemlere uyar?



Yanıtınızı kısaca açıklayınız.

.....

6-Fotoelektrik etki deneyinde aşağıdaki durumlar gözlenmiştir:

- Yüksek frekanslı ışık, materyaller üzerine düşürüldüğünde elektronlar salınır ve
- Işığın frekansı düşürülürse, eşik frekansın altında, elektronlar salınmazlar.

Bu gözlemlerin, ışığın dalga yapısından çok tanecik yapısını desteklediğine inanılmaktadır. Aşağıdaki durumlardan hangisi gözlemlerle uyumsuz?

a) parçacık teorisinde, elektronların salınması fotonlarla çarpışması ile açıklanır. Her çarpışma tek bir elektrona salınmak için yetecek enerjiyi verir.

b) dalga teorisinde, elektronların salınması, elektromanyetik dalgaların elektronları titreştirmesi ile açıklanır.

c) parçacık teorisinde, eşik frekansı şöyle açıklanır; düşük frekanslarda fotonlar düşük enerjiye sahiptirler ve tek foton elektronu saçmak için yeterli enerjiye sahip değildir.

d) dalga teorisinde, eşik frekansı şöyle açıklanır; düşük frekansa sahip dalga, çok yüksek genliğe sahip olsa bile, elektronları yeteri kadar titreştiremez.

Yanıtınızı kısaca açıklayınız.

.....

7-Foton kelimesini duyduğunuzda aklınızda oluşan ilk imaj nedir? Şekil çizerek açıklayınız.

.....

.....

8-- Zihninizde canlandırdığımız atom modelini çizerek açıklayınız.

.....

.....

9-Günümüzde, ışığın dalga karakteri yanında tanecik gibi davrandığını kabul ediyoruz. Bu durumu nasıl açıklarsınız?

a) Bazen, ışık, bilyardo topları ya da küçük kütleli yapıların gösterdiği özelliklerin bazılarını gösterebilir.

b) Bazen, ışık, ölçülebilecek bir hıza, enerjiye ve momentuma sahip olabilir.

c) Bazen, ışık, kırınım ve girişim etkilerini göstermez.

Yanıtınızı kısaca açıklayınız.

.....

10- Günümüzde, elektron ve protonların, tanecik karakteri yanında dalga gibi davrandığını kabul ediyoruz. Bu durumu nasıl açıklarsınız?

- a) Bazen, elektron ve protonlar, bilardo topları ya da küçük kütleli yapıların gösterdiği özelliklerin bazılarını göstermeyebilir.
- b) Bazen, elektron ve protonlar, ölçülebilecek bir hıza, enerjiye ve momentuma sahip olmayabilirler.
- c) Bazen, elektron ve protonlar, kırınım ve girişim etkilerini gösterirler.
- Yanıtınızı kısaca açıklayınız.

.....

11- Işık nedir? Lütfen yanıtınızı kısaca açıklayınız.

.....

12- Öyle bir dünya hayal ediniz ki bu dünyada planck sabiti $h = 1j.s$ olsun. Bu dünyada yaşamın ne gibi zorlukları olabilir? Heisenberg belirsizlik ilkesinden yararlanarak açıklayınız

.....

13- Heisenberg belirsizlik ilkesi çoğunlukla, elektron, proton gibi çok küçük nesnelere uygulanmaktadır. Belirsizlik ilkesini araba, tenis topu gibi büyük nesnelere neden uygulayamayız?

- a) Çünkü günümüzdeki teknoloji, çok küçük nesnelere özelliklerini yeterli doğrulukla belirleyebilecek kadar gelişmiş/ bilgili değil.
- b) Çünkü büyük nesnelere zamanın herhangi bir anında, yeterli bir dikkatle, kesin bir şekilde ölçebileceğimiz kesin bir konum ve kesin bir momentuma sahiptir.
- c) Çünkü büyük nesnelere, belirsizlik ilkesinin uymadığı, Newton'un hareket kanunlarına uyarlar.
- d) Aslında büyük nesnelere de uygulanabilir ancak belirsizlik çok küçük olduğu için biz bunu fark edemeyiz.
- Lütfen yanıtınızın nedenini kısaca açıklayınız.

.....

14- 1927 yılında Werner Heisenberg tüm ölçümlerin belirsizlikle ilişkili olduğunu ortaya koyan, belirsizlik ilkesini yayınladı. Kuantum mekaniksel dünyada bir otobüsü yakalamayla ilgili bir ölçümü hayal edelim. Sizin zaman çizelgeniz otobüsün 9 da geleceğini söylüyor. Heisenberg ise otobüsün geliş saatinin belirsizlik içerdiğini söyler. Heisenberg burada belirsizlik ile ne ifade eder?

Lütfen yanıtınızın nedenini kısaca açıklayınız.

.....

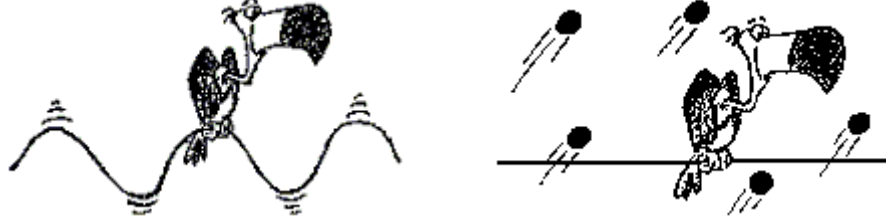
Lütfen yanıtlarınızı kontrol ediniz.

Kavram Testi Soru İçeriği

Soru 1: Kuantum fiziği nedir? Kısaca açıklayınız.
Araştırmacı tarafından geliştirilen bu soru öğrencilerin kuantum fiziğinin ne olduğu ile ilgili düşüncelerini belirlemek ve “üniversite öğrencileri kuantum fiziğini nasıl ve hangi yollarla betimliyorlar?” sorusuna yanıt bulmak amacı ile oluşturulmuştur.
Soru 2: Kuantum fiziğinin klasik fizikten farkı var mıdır? Varsa nelerdir? Kısaca açıklayınız.
Bu soru öğrencilerin kuantum fiziği ve klasik fizik arasında en temel farklılıkları bilip bilmediklerini ortaya çıkarmak amacı ile açıklanmıştır
Soru 3: Kuantum fiziği ile ilgili temel kavramlar nelerdir?
Bu soru, öğrencilerin kuantum fiziğinde hangi kavramları önemli kavramlar olarak nitelendirdiğini belirlemek amacı ile araştırmacı tarafından oluşturulmuştur.
Soru 4: Bulutsuz bir gecede, şehir ışıklarından uzakta bir yere giderek, gökyüzünde yer alan herhangi bir takımyıldızını gözlemlediğinizi düşünelim. (Örneğin; Orion takımyıldızı) Takımyıldızında yer alan yıldızlar kırmızı ve mavi renkteler, buna göre hangi yıldızın daha sıcak olduğunu söyleyebilir misiniz? Açıklayınız.
Bu soru “Fen ve Mühendislik için fizik 3- modern fizik” kitabından alınmıştır. Bu soruda amaç, öğrencilerin yıldız sıcaklığı ve yıldızın rengi yani dalga boyu arasındaki ilişkiyi nasıl ilişkilendirdiklerini ortaya koymaktır.
Soru 5: Tek renkli ışık, devamlı bir elektromanyetik dalga ya da enerji paketlerinin (foton) akışı gibi düşünülebilir. Fotoelektrik etki, bir metal yüzey üzerine düşen ışınların, metal yüzeyden elektron yayma olayıdır. Işındaki enerji, metal yüzeydeki elektronların bazılarına transfer edilir ve elektronlar saçılır. Burada gözlenen 2 durum vardır:
1. Yeterli yüksek frekanslı tek renkli ışık için, saniyede saçılan elektronların oranı, ışığın şiddeti arttıkça artar.
2. Yüzeyden elektronların saçılabilmesi için, sadece tek renkli ışığın belirli bir frekans değerinin üstünde bir frekansa sahip olması gerekir. Eğer tek renkli ışık, bu frekans değerinden daha düşük bir frekansa sahip ise ışığın şiddeti ne kadar fazla olursa olsun hiç elektron saçılmaz.
Aşağıdaki şekilleri zihninizde canlandırınız. Metal yüzeydeki elektronları, telefon telinde oturan bir kuş gibi düşününüz. Işığın etkisi 2 ayrı yolla resmedilmiştir. Klasik

elektromanyetik dalgaya göre, tel üzerindeki kuşu uçurabilmek için, teli sallamak gerekir. Enerji paketlerinin akışı gibi düşünülürse, kuşu uçurabilmek için, kuşa taş atmak gerekir.

Açıklanan bu modellerden hangisi yukarıdaki gözlemlere uyar? Yanıtınızı kısaca açıklayınız.



Burada ışığın dalga ve parçacık modelleri üzerinde durulmuştur. Dalga modelinde; frekans telin ne sıklıkla sallandığına, şiddet ise sallama hareketinin genliğine bağlıdır. Parçacık modelinde ise frekans taşın enerjisine, şiddet ise fırlatılan taşın sayısına bağlıdır.

Soru 6: Fotoelektrik etki deneyinde aşağıdaki durumlar gözlenmiştir:

- Yüksek frekanslı ışık, materyaller üzerine düşürüldüğünde elektronlar salınır ve
- Işığın frekansı düşürülürse, eşik frekansın altında, elektronlar salınmazlar.

Bu gözlemlerin, ışığın dalga yapısından çok tanecik yapısını desteklediğine inanılmaktadır. Aşağıdaki durumlardan hangisi gözlemlerle uyumsuz?

a) parçacık teorisinde, elektronların salınması fotonlarla çarpışması ile açıklanır. Her çarpışma tek bir elektrona salınmak için yeterli enerjiyi verir.

b) dalga teorisinde, elektronların salınması, elektromanyetik dalgaların elektronları titreştirmesi ile açıklanır.

c) parçacık teorisinde, eşik frekansı şöyle açıklanır; düşük frekanslarda fotonlar düşük enerjiye sahiptirler ve tek foton elektronu saçmak için yeterli enerjiye sahip değildir.

d) dalga teorisinde, eşik frekansı şöyle açıklanır; düşük frekansa sahip dalga, çok yüksek genliğe sahip olsa bile, elektronları yeteri kadar titreştiremez.

Yanıtınızı kısaca açıklayınız.

Bu soru dalga modelinin fotoelektrik olayı açıklamadaki başarısızlığını ortaya koymak amacı ile teste yer almıştır.

Soru 7: Foton kelimesini duyduğunuzda aklınızda oluşan ilk imaj nedir? Şekil çizerek açıklayınız.

Bu soru araştırmacı tarafından, öğrencilerin zihinlerinde foton kavramını nasıl yapılandırdıklarını belirlemek amacı ile geliştirilmiştir.

Soru 8: Zihninizde canlandirdığınız atom modelini çizerek açıklayınız.
Araştırmacı tarafından geliştirilen bu soru, öğrencilerin atom ve atomun yapısına ilişkin düşüncelerini belirlemek ve zihinlerinde canlandirdıkları atom modelinin ne olduğunu ortaya koymak amacı ile kavram testinde yer almıştır.
Soru 9: Günümüzde, ışığın dalga karakteri yanında tanecik gibi davrandığını kabul ediyoruz. Bu durumu nasıl açıklarsınız?
<p>a) Bazen, ışık, bilardo topları ya da küçük kütleli yapıların gösterdiği özelliklerin bazılarını gösterebilir.</p> <p>b) Bazen, ışık, ölçülebilecek bir hıza, enerjiye ve momentuma sahip olabilir.</p> <p>c) Bazen, ışık, kırınım ve girişim etkilerini göstermez.</p> <p>Yanıtınızı kısaca açıklayınız.</p>
Öğrencilerin ışığın ikili yapısını zihinlerinde nasıl anlamlandırıldığını belirlemek amacı ile Fletcher 'in (1997) tez çalışmasından alınmıştır.
Soru 10: Günümüzde, elektron ve protonların, tanecik karakteri yanında dalga gibi davrandığını kabul ediyoruz. Bu durumu nasıl açıklarsınız?
<p>a) Bazen, elektron ve protonlar, bilardo topları ya da küçük kütleli yapıların gösterdiği özelliklerin bazılarını göstermeyebilir.</p> <p>b) Bazen, elektron ve protonlar, ölçülebilecek bir hıza, enerjiye ve momentuma sahip olmayabilirler.</p> <p>c) Bazen, elektron ve protonlar, kırınım ve girişim etkilerini gösterirler.</p> <p>Yanıtınızı kısaca açıklayınız.</p>
Öğrencilerin elektron ve protonların ikili yapısını zihinlerinde nasıl anlamlandırıldığını belirlemek amacı ile Fletcher 'in (1997) tez çalışmasından alınmıştır.
Soru 11: Işık nedir? Lütfen cevabınızı kısaca açıklayınız.
Bu soru araştırmacı tarafından, öğrencilerin zihinlerinde ışık kavramını nasıl yapılandırdıklarını belirlemek amacı ile geliştirilmiştir.
Soru 12: Öyle bir dünya hayal ediniz ki bu dünyada planck sabiti $h = 1j.s$ olsun. Bu dünyada yaşamın ne gibi zorlukları olabilir? Heisenberg belirsizlik ilkesinden yararlanarak açıklayınız
Bu soru, Planck sabitinin önemini ortaya koymak amacı ile teste eklenmiştir. Öğrencilerin klasik fizik ve kuantum fiziği arasında ayırım noktası olan Planck sabitinden

ne kadar haberdar olduğunu belirlemek amacı ile sorulmuştur.

Soru 13: Heisenberg belirsizlik ilkesi çoğunlukla, elektron, proton gibi çok küçük nesnelere uygulanmaktadır. Belirsizlik ilkesini araba, tenis topu gibi büyük nesnelere neden uygulayamayız?

- a) Çünkü günümüzdeki teknoloji, çok küçük nesnelere özelliklerini yeterli doğrulukla belirleyebilecek kadar gelişmiş/ bilgili değil.
 - b) Çünkü büyük nesnelere zamanın herhangi bir anında, yeterli bir dikkatle, kesin bir şekilde ölçebileceğimiz kesin bir konum ve kesin bir momentuma sahiptir
 - c) Çünkü büyük nesnelere, belirsizlik ilkesinin uymadığı, Newton'un hareket kanunlarına uyarlar.
 - d) Aslında büyük nesnelere de uygulanabilir ancak belirsizlik çok küçük olduğu için biz bunu fark edemeyiz.
- Lütfen yanıtınızın nedenini kısaca açıklayınız.

Belirsizlik ilkesinin, doğanın bir özelliği olduğunu ve hiçbir şekilde ne ölçüm araçları ne de teknolojik yetersizlikle alakalı olmadığını ortaya koymak için eklenmiş bir sorudur.

Soru 14: 1927 yılında Werner Heisenberg tüm ölçümlerin belirsizlikle ilişkili olduğunu ortaya koyan, belirsizlik ilkesini yayınladı. Kuantum mekaniksel dünyada bir otobüsü yakalamayla ilgili bir ölçümü hayal edelim. Sizin zaman çizelgeniz otobüsün 9 da geleceğini söylüyor. Heisenberg ise otobüsün geliş saatinin belirsizlik içerdiğini söyler. Heisenberg burada belirsizlik ile ne ifade eder?

Lütfen yanıtınızın nedenini kısaca açıklayınız.

Bu soru belirsizlik ilkesinin ne olduğu ile ilgilidir. Öğrencilerin belirsizlik ve belirsizlik ilkesi ile ilgili düşüncelerini belirlemek adına teste eklenmiştir.

EK-3**Kuantum Olgu Anketi**

Adınız-Soyadınız:

İfadeler	Kesinlikle Katılıyorum	Katılıyorum	Kararsızım	Katılmıyorum	Kesinlikle Katılmıyorum
1-Atomun yapısı, güneş sistemiyle benzerlik gösterir.					
2-Bir elektronun görsel bir şeklinin olması mümkündür.					
3-Bir atomun enerjisi herhangi bir değerde olabilir.					
4-Atom; elektronun hareketi ile çekici bir elektriksel kuvvet arasındaki dengeden dolayı kararlıdır.					
5-Colomb'un kanunu, Elektromanyetizma ve Newton mekaniği atomun neden kararlı olduğunu açıklayamıyor.					
6-Elektronlar her zaman bir parçacık gibi davranırlar.					
7-Bir atom görsel olarak canlandırılmaz					
8-Işık her zaman dalga gibi davranır.					
9-Bir yarıktan geçen elektronlar düz çizgiler boyunca hareket etmeye devam ederler.					
10-Fotonlar bir çeşit enerji parçacığıdır.					
11-Elektronlar dalgadır.					
12-Bir elektron bir foton yayarak yüksek yörüngeden daha düşük bir yörüngeye atladığında, iki yörünge arasında herhangi bir noktaya uğramaz					
13-Işığın doğasının ne olduğu yürütülmekte olan deneye bağlıdır.					
14-Elektronlar, çekirdek etrafında dalgalı yörüngeler boyunca hareket ederler.					
15-Foton elektromanyetik alandan transfer edilen ya da oraya taşınan bir enerji paketidir.					

16-Elektronlar çekirdeği çevreleyen yüklü toz bulutundan oluşur.					
17-Elektronlar çok küçük ve hızlı hareket ettiklerinden dolayı, hiç kimse çekirdek etrafındaki yerlerini bilemez.					
18-Tek bir fotonun kendi kendisiyle yapıcı ve yıkıcı bir girişim yapması mümkündür					
19-Elektronlar özdeş olduğundan onları ayırt etmek güçtür.					
20-Elektronlar çekirdek etrafında belirli yörüngelerde yüksek hızlarla hareket ederler.					
21-Bir elektron demetinin kırınım saçakları oluşturması, elektronların yapıcı ya da yıkıcı girişim yapmalarındandır.					
22-Elektronlar çekirdek etrafında belli bir bölgede ya da belli bir mesafede rastgele hareket ederler.					
23-Elektronu bir parçacık ya da dalga olarak adlandırmak, yürütülen deneyin özelliğine bağlıdır.					
24-Eğer bir kap birkaç gaz molekülü içeriyorsa ve o andaki pozisyon ve hızlarını biliyorsak, o zaman Newton mekaniğini kullanarak zaman içerisinde nasıl hareket edeceklerini tahmin edebiliriz.					
25-Atomdan ışık yayılma sürecince, elektronlar bir enerji seviyesinden diğerine geçtiğinden sabit bir yol izlerler.					
26-Bireysel elektronlar dar bir aralığa doğru fırlatılır. Diğer tarafta ise fotoğraflık bir plak vardır. Elektronlar plağa bir bir çarpar ve aşamalı olarak kırınım saçaklarını oluştururlar.					
27-Elektronlar kendi kabuklarında yerleşmişlerdir.					
28-Elektronların yörüngeleri tam olarak belirlenemez.					
29-Foton çok küçük ve küresel bir parçacıktır.					

EK-4

Alternatif Kavramların Belirlenmesine Yönelik Yarı Yapılandırılmış Görüşme Soruları

Tarih ve saat (başlangıç – bitiş):

Görüşmeci:

1- Kuantum fiziği nedir?

- Kuantum fiziği ile klasik fizik arasında fark var mıdır?
- Kuantum fiziğinin günlük yaşantıdaki uygulama alanları nelerdir?
- Kuantum fiziğindeki temel kavramlar nelerdir?
- Kuantum fiziği önemli midir? Neden?

2- Siyah cisim nedir?

- Siyah cisme bir örnek verebilir misin?
- Kavram testinde ben size bununla ilgili bir soru yöneltmiştim. (Öğrenciye kavram testinde yer alan yıldız sorusu hatırlatılır.) Hangi yıldız daha sıcaktır?

3- Işık nedir?

- Işığın dalga ve parçacık özelliğini ortaya koyan deneye örnek verebilir misin?
- Foton nedir?
- Günlük yaşantıda elektron proton gibi yapılan parçacık olarak adlandırıyoruz. Son zamanlarda elektron, proton gibi yapıların tanecik özelliklerinin yanında bir de dalga karakterinin olduğu ortaya çıktı. Bunu nasıl açıklarsın?

4- Fotoelektrik olay nedir?

- Fotoelektrik olay neden ışığın parçacık yapısına delil gösterilir?
- Bu konu ile ilgili kavram testinde bir sorumuz vardı. (Öğrenciye kavram testinde yer alan 5. soru hatırlatılır.) hangi model gözlemlerle uygunluk gösterir?

5- Atom nedir? Atom deyince zihninde oluşan yapı?

- Atomun yapısını bilmek önemli mi?

6- Belirsizlik nedir?

- Belirsizlik ilkesi nedir?
- Hersenberg Belirsizlik ilkesinin ne gibi bir fiziksel anlamı vardır?
- Büyük nesnelere uygulanabilir mi?
- Hersenberg Belirsizlik ilkesi 1927 yılında ortaya atılmıştır. Acaba bu belirsizlik teknolojik yetersizlikten(ölçüm aletlerinden...) kaynaklanıyor olabilir mi?
- Öğrenciye kavram testinde yer alan otobüs sorusu hatırlatılır.) heisenberg bu otobüs örneğinde belirsizlikten bahsederken ne demek istemiştir?

7- Planck sabitinin değeri 1 olsaydı ne olurdu?

EK-5

7E Öğretim Modeline Yönelik Yapılandırılmış Görüşme

Tarih ve saat (başlangıç – bitiş):

Görüşmeci:

Giriş:

Bu görüşmede amacım; uygulanan öğretim modeli ile ilgili öğrencilerin fikirlerini ortaya çıkarmaktır. Bu nedenle sizin düşüncelerinizi öğrenmek istiyorum. Bu görüşmede söyleyeceklerinizin tümü gizlidir. Bu bilgileri herhangi bir kimsenin görmesi mümkün değildir. Ayrıca, araştırma sonuçları yazılırken bireylerin isimleri rapora yansıtılmayacaktır. Başlamadan önce söylediklerimle ilgili sormak istediğiniz bir soru var mı?

* Görüşmeyi izin verirseniz kaydetmek istiyorum. Bunun sizce bir sakıncası var mı?

* Bu görüşmenin yaklaşık 10 dk. süreceğini tahmin ediyorum. İzin verirseniz sorulara başlamak istiyorum.

GÖRÜŞME SORULARI (7E Öğretim Modeli)

1. Bu yöntemle işlediğiniz dersler ile daha önceki fizik derslerinizi nasıl karşılaştırırsınız?

- Farklılıklar ve benzerlikler nelerdir?

2. Dersin işleniş süresince arkadaşlarınızla olan etkileşiminiz nasıldı?

- Ne tür çalışmalar yaptınız?
- Bu çalışmaların öğretim sürecinize ne gibi etkileri oldu?

3. Anlatılan konuları günlük yaşamla nasıl bağdaştırıyorsunuz?

- Öğretim süresince, bu yönde bir uygulama içerisinde yer aldınız mı?
- Bu uygulamanın size katkıları nelerdir?

4. Bu yöntemle dersi işlemek sizi araştırma yapmaya teşvik etti mi?

- Nasıl? Neler yaptınız?

5. Derse ilişkin ilginizde ya da tutumunuzda herhangi bir değişiklik oldu mu?

- (yanıt evet ise) Nasıl bir değişiklik gerçekleşti?

Kuantum Fiziğine Giriş

Ön bilgileri yoklama aşaması

Önceki bölümde ışık hızına yakın hızlara sahip parçacıklarla ilgilendiğimizde, Galileo göreliliği yerine Einstein'ın özel görelilik kuramının geçmesi gerektiği gerçeğini tartıştık. 20. yüzyıl ilerledikçe pek çok deneysel ve teorik problem özel görelilik kuramı ile çözüldü. Ancak bilim adamları klasik fiziğin cevap bulamadığı pek çok başka problemle karşı karşıya kaldı, bu problemlerin çözümünde klasik fizik yasalarını uygulama girişimleri sürekli olarak başarısız kalıyordu. Dönemin fizikçileri bu bilmeceyi çözmek için yeni yollar ararken fizikte yepyeni bir akış açısı ortaya çıktı,

Öğrencilerin yeni kavram ve konu hakkında ne bildiklerini ortaya çıkarmak amacı ile yapılan kısa açıklamadan sonra 'Ne bildiğini fark et' etkinliği yapılır. Bu aşamada öğrencilere aşağıda yer alan sorular yöneltilecektir.


Ne Bildiğini fark et:

- 1- Ortaya çıkan bu bakış açısı nedir?
- 2- Bu bakış açısının ortaya çıkmasına neler sebep olmuştur?
- 3- Bu bakış açısının klasik fizikten farkı var mıdır? Varsa nelerdir?

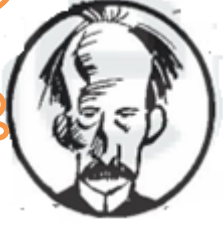
Merak uyandırma aşaması:

Merak uyandırma aşaması çalışma yaprağı (Bu bölüm Mcevoy, P. J. and Zarate, O. (2010). Kuantum Teorisi. (Çev: Nedim Çatlı), NTV Yayınlarından uyarlanmıştır.)


Kuantum teorisi nedir?
Kuantum teorisi hakkında farklı bilim adamlarının düşünceleri aşağıda yer almaktadır.

 Einstein


Kuantum teorisi dolaysız kavranacak bir şey olmayıp, sağduyuya da terstir. Tanrı asla evrenle zar atmaz.

 Planck


Kuantum teorisi esas itibari ile matematiğe dayalıdır.

 Schrödinger


Kuantum teorisi hiçbir zaman başarısız olmamıştır.

 Born

Teorinin yapısı fiziksel dünyaya bakışta bir devrim yaratmıştır.

 Heisenberg

Klasik teoride p ile q nun çarpımı daima q ile p nin çarpımına eşittir fakat kuantum teorisinde illede böyle olması gerekmez.

 De Broglie

Kuantum teorisinin temel fikri belli bir frekansla ilişkilendirmeden kendi başına bir enerji miktarını hayal etmenin imkânsızlığı olsa gerek.....

Aslında kuantum teorisini sıfırdan başlayan birine anlatmak bir klasik fizikçiye anlatmaktan daha kolaydır. Neden mi?

Kuantum teorisi nedir? Çalışma yaprağından sonra öğrencilere yöneltilecek sorular aşağıda yer almaktadır:

- 1- Peki sınırlarımız ne olacak? Nereye kadar klasik fiziği kullanacağız?
- 2- -Nasıl ki görelî ve göresiz fizik arasında sınırı belli eden 'c ışık hızı' ise acaba kuantum fiziğini kullanma alanımızda da böyle bir sabit var mıdır?

Keşif aşaması:

Bu aşamada öğrencilere Kuantum Fiziği giriş dersi video gösteriminden belirlenen bölümler sunularak, öğrencilerin bu gizemli dünyayı keşfetmeleri sağlanır. (Suat Işıldak hocanın 1. dersinin 14.15 ile 23.50 dakikaları arası izletilecektir. Burada Klasik fizik ve kuantum fiziği arasındaki fark üzerine değinilmiştir.) (Suat Işıldak hocanın 2. dersinin 5.40 ile 11 dakikaları arası izletilecektir. Burada eylem boyutundan bahsedilmektedir. Ayrıca yine aynı dersin 14.45 ile 17 arası izletilecektir. Burada herhangi bir problemin klasik fizikle mi kuantum fiziği ile mi işlenmesi gerektiği üzerinde durulmuştur. Aynı bölümde yer alan 19.54 ve 26 dakikalarında ise Planck sabitinin kavramsal anlamından ve küçük değerinden bahsedilmektedir.)

Açıklama aşaması:

Açıklama bölümüne 'Kuantum fiziği ne ile uğraşır?' sorusu öğrencilere yöneltilerek başlanır. Öğrencilerden cevaplar alındıktan sonra, öğrencilerin, klasik fizik ve kuantum fiziği kavramları arasındaki farkları kendi cümleleri ile açıklamaları istenir. Bu noktada öğrencilerin tartışmalarına izin verilebilir. Öğrenciler birbirlerinin açıklamaları ile ilgili sorular sorabilir, öğrencilerden açıklamalarına deliller istenebilir.

Daha sonra öğretmen tarafından;

Kuantum fiziğinin kapsamı

Atomlar ve temel parçacıklar (kısaca)

Klasik teorinin uygulanabilirlik sınırları (h Planck sabiti üzerinde durulacak) konuları sırası ile kısaca açıklanır.

KUANTUM FİZİĞİNİN KAPSAMI: *(Bu bölüm Wichmann, H. E. (1967). Kuantum Fiziği Berkeley Fizik Dersleri-Cilt 4, 'den derlenmiştir.)*

Kuantum fiziğinin günümüzde geçerli olan matematiksel teorisi kuantum mekaniği olarak bilinir. Kuantum fiziğini makroskobik sistemleri ilgilendirmeyen bir konu olduğunu düşünmemek gerekir. Gerçekte kuantum fiziğinin tümü ele alındığında, kuantum fiziği yasaları doğanın en temel yasalarıdır.

Çünkü temel parçacıkları yöneten temel yasaları bilirsek, ilke olarak çok büyük parçacıklardan oluşan makroskobik sistemlerin davranışlarını da kestirebiliriz. Bu, klasik fizik yasalarının mikrofizik yasalarından geldiği anlamını taşır ve böylece kuantum mekaniği mikroskobik dünya için geçerli olduğu kadar makroskobik dünya için de geçerlidir.

Örnek; katı bir cismin hareketini bu cismin tümünü dikkate alarak inceleriz. Ancak bunun içerisinde yer alan temel parçacıkların hareketini göz önüne almayız. Yani sistemi oluşturan daha ince ayrıntılar unutulur ve sistemin tüm özellikleri ele alınmamış olur. Yani klasik teoriler yalnızca dış görünüm ile ilgilenen görünüme dayalı (fenomolojik) teorilerdir.

Görünüme dayalı teoriler, fiziğin pek çok alanında bizlere pratik bilgiler sunar. Çünkü karşılaştığımız sıra dışı bir durumda, en basit yolu ilk önce denemekte yani görünüm olarak benzer bir

olayda başarılı olmuş bir teori veya modeli dikkate alırız. Modelimiz başarılı olursa bazı bilgiler elde ederiz, başarısız olursa da bilgi elde etmiş oluruz.

Kuantum mekaniğinden söz edilirken fizikte yaptığı devrimden söz edilir. Oysa devrim kelimesi bazı şeylerin tümü ile tersine çevrildiği bir anlayışa hakimdir ancak kuantum fiziğinde böyle bir şey söz konusu değildir yani klasik fizik yasaları tersine çevrilmemektedir.

Klasik fizik yasalarından yararlanarak yoğunluk, esneklik modülü gibi malzeme sabitleri verilirse yaylar, kaldıraçlar, çarklar gibi araçlardan oluşan sistemlerin davranışlarını açıklayabiliriz ancak yoğunluk neden var? Ya da yoğunluk nedir? ya da esneklik sabiti neden bu değerde ya da belirli bir değeri aştığında çubuk neden kırılır gibi sorularda klasik fizik cevap veremez. Klasik fizik bakırın neden 1083 derecede eridiğini neden sodyum buharının sarı ışık yaydığını, hidrojenin neden bu kimyasal özelliklere sahip olduğunu, güneşin neden parladığını, gümüşün neden elektriksel olarak iletken olduğunu, kükürtün yalıtkanlığının nedenini, neden kalıcı mıknatısların çelikten yapıldığını söyleyemez.

ATOMLAR VE TEMEL PARÇACIKLAR

Eski filozofların düşündükleri atom ile günümüz atomunun aynı olmadığını kesin bir şekilde söyleyebiliriz. Maddenin atomlardan oluştuğunu varsayarsak şu deneysel oluşumları anlayabiliriz; kimyasal bileşikler moleküllerden moleküller ise az sayıda atomların birleşik yapılarıdır. Örneğin; iki hidrojen atomu bir oksijen atomu ile birleşerek bir su molekülü oluşturur. Atom hipotezine ek bir kanıt, Maxwell ve Boltzmanın geliştirdiği gazların kinetik teorisi verilebilir. Bu teoride gazların pek çok özelliği , gazı bir kap içerisinde gelişigüzel hareket eden hem birbirleri hemde kabın duvarları ile çarpışan molekül topluluğu olarak ele alınarak açıklanıyordu. Kinetik teori bunu da ötesinde avogadro sayısını ortaya çıkarmak için kullanıldı.

Eski filozofların atom tanımını günümüze uymaz.

Temel parçacıklar nelerdir?

Bir parçacık daha temel parçacıkların bir araya geldiği bir sistem olarak tanımlanamıyorsa, temel parçacıktır. Yani cisimleri yapıldıkları parçacıklar cinsinden sonuna kadar küçük parçalara ayıramayız sonunda daha küçüğe indirgenemeyen varlıklarla karşı karşıya geliriz ve bunlar temel parçacıklardır.

Elektron gerçekten temel bir parçacık mıdır? İleride farklı yapısı ortaya konulabilir mi? Tarih kendisini tekrar edemez mi?

(19. yüzyılda atomlar temel parçacık kabul ediliyordu.) tarihin kendisini tekrar etmeyeceğini gösteren pek çok deneysel kanıt vardır.

Örneğin; 2 mermer parçası yeterince yüksek hızla çarpışırsa daha küçük parçalara ayrılır. Aynı şekilde hidrojen molekülleride yüksek hızlarla çarpıştıklarında parçalara ayrılacaklardır. Hız çok büyük değilse, bu parçalar arasında hidrojen atomları protonlar veya elektronları buluruz. Başka bir ifade ile hidrojen molekülünü oluşturan bileşenler bulunur. Mermerde ya da hidrojen molekülünde çarpışmanın şiddeti parçaları bir arada tutan bağlanma kuvvetlerini yener ve bunlar parçalarına ayrılır. Aynı açıklama pek çok çekirdek reaksiyonu içinde verilebilir. Çekirdek proton ve nötronlardan yapılmıştır ve yeterince büyük enerjili bir proton çekirdekle çarpışınca çekirdekten birkaç proton ve nötron dışarı atabilir.

Ancak 2 proton gibi 2 temel parçacık çarpışmasını incelersek durum farklılaşır. Örneğin; yüksek enerjili bir proton başka bir proton ile çarpıştığında çarpışma sonrasında 2 proton kalmış olabilir ve reaksiyon ürünleri arasında fazlalık olarak bir ya da daha çok sayıda pi mezon bulunabilir. Yani reaksiyonda pi mezonlar oluşmaktadır.

Deneysel olarak bir parçacığın temel parçacık mı yoksa bileşik mi olduğunu belirleyebilmek için onu başka bir parçacıkla çarpıştırır ve reaksiyon sonunda çıkan ürünleri gözleriz. Bu şekilde molekülleri atomlara ve atomları da elektronlara ve çekirdeğe parçalayabiliriz. Böylece moleküllerin atomlardan, atomların da elektron ve çekirdekten oluştuğunu söylemek doğru olur. Aynı şekilde bir çekirdekte parçalanabilir ve çekirdeğin proton ve nötronlardan yapılmış olduğunu söyleyebiliriz. Ancak bir çekirdeği parçalamak bir atomu parçalamak için gerekenden daha fazla enerji ister bu nedenle çekirdek atomdan çok daha az 'parçalanabilir' özelliğindedir.

Yapılan çalışmalara bakıldığında düşünce sistemimizin ön yargılı olduğu ve başta edinilen düşüncelerin kolayca terk edilmediği belirlenmiştir. Fiziksel olaylarla ilgili olarak ilk anlamlı gözlemlerimiz makroskobik sistemler üzerinde olduğu için bunları kuantum mekaniği öğrenirken geride bırakmak zorlaşmaktadır.

KLASİK TEORİNİN UYGULANABİLİRLİK SINIRLARI

Daha önceki derslerimizde ışık hızının, özel görelilik teorisinde temel bir rol oynadığını belirtmiştik. Bu hızın varlığı bize, fiziksel bir olayın ne zaman göreliliğe ne zaman göreliliğe olmayan şekilde dikkate alınması gerektiğini gösterebilen basit ve doğal bir kıyaslama yöntemidir.

Kuantum mekaniğinin ne zaman uygulanması gerektiğini ve klasik fizik teorisinin ne zaman yeterli olduğunu söyleyen benzer bir yöntem var mıdır?

Benzer bir yöntemin ortaya konulabilmesini sağlayacak, c sabitine benzer bir doğa sabiti var mıdır?

Böyle bir sabit vardır ve Planck sabiti olarak adlandırılır, h ile gösterilir ve büyüklüğü

$$h = 6.6 \times 10^{-27} \text{ erg.s}$$

$$h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ joule.s 'dir.}$$

Planck sabitinin fiziksel boyutu;

(zaman)x(enerji)= (uzunluk)x(momentum)=(açısal momentum) olur. Bu tür bir fiziksel büyüklüğü eylem olarak tanımlayabiliriz ve bu durumda Planck sabitini de (temel) eylem kuantumu denilebilir. Yani; fiziksel bir sistemde, eylem boyutundaki herhangi bir doğal dinamik değişken h Planck sabiti yakınlarında bir değere sabit ise, bu sistemin davranışı kuantum mekaniği çerçevesinde incelenebilir. Öte yandan, eylem boyutundaki herhangi bir değişken h yanında çok büyükse, bu durumda klasik fizik yasaları yeterli bir doğrulukla geçerlidir.

Öğretmen tarafından yapılan açıklamalar sırasında da, öğretmen soracağı sorular ile öğrencilerin fikir alış verişini yapmalarını sağlayacaktır. Bu sorular öğrencilere yöneltilerek, cevaplar alınır, sonrasında öğretmen konu ile ilgili açıklamalarına devam eder. Bu aşamada öğrencilere, edindikleri bilgileri uygulamalarını sağlayacak problemler verilir ve öğrencilerin Planck sabitinin küçük olmasından dolayı makroskobik fizikte önemli olmadığını fark etmeleri sağlanır. Verilen örneklerde öğrenciler eylem boyutuna bakacaklarını kavrayacaklardır.



Örnek :Sarkaçlı bir saatteki sarkacı düşününüz. Eylem boyutuna sahip bir büyüklük bulabilmek için, sarkacın salınırken sahip olduğu toplam enerji ile periyodunun çarpımını ele alınız. Burada periyot saniye basamağında ve enerjide kesinlikle 1 erg'den

büyüktür. Bu durumda, iki büyüklüğün çarpımı h 'ın 10 katından çok daha büyüktür. Bu noktada, salınan sarkacın klasik fizikle anlatımı tümü ile yeterlidir.

Soru 1:

Bir harmonik salıncıyı dikkate aldığımızı düşünelim. Kütlesi 1 gram, maksimum hızı 1 cm/sn ve maksimum genliği $x= 1$ cm olsun. Bu durumda maksimum momentum ne olur? Eylem değişkeni olan xp 'yi bularak, bulduğunuz büyüklüğü h ile karşılaştırınız. Elde ettiğiniz sonucu açıklayınız.

Genişletme aşaması:

Ayrıca bu aşamada, öğrencilere Bilim ve Teknik dergisinden alınmış, '21. yüzyıl Kuantum Fiziği', 'Minyatür deney aletleri' okuma parçaları sunulacaktır. Bu okuma parçalarında öğrenciler, kuantum fiziğinin gelişimine katkı sağlamış tarihsel olayları kronolojik sırada kısaca bulabilecekler ayrıca, öğrencilerin kuantum fiziğinin yaşamla iç içe olduğunu fark etmeleri sağlanacaktır.



Armin Hermann Kuantum 'Kuramının Yaratılışı (1899-1913)' adlı kitabında , Martin Klein ise 'Max Planck ve Kuantum Kuramının Başlayışı' adlı makalesinde kuantum kuramının doğum tarihini 14 Aralık 1900 olarak belirtirken, Lloyd Motz ile Jefferson Weaver, Fiziğin Öyküsü adlı kitaplarında 19 Ekim 1900 tarihini öne çıkarıyor; Hermann ayrıca 18 Mayıs 1899'un da böyle düşünülebileceğini ayrıca ekliyor. Bu tarihlerin her birisi özel bir aşamaya karşılık geliyor. Aşağıda bunları, gelişmelerini ve birbirleriyle ilişkilerini özetleyeceğim.

GÜNÜMÜZÜN belki de en başarılı ve verimli fen bilimi olan fiziğin artık genel alt yapısını oluşturduğu (buna Thomas Kuhn'un, daha çok fen bilimleri için önerdiği ama sosyal bilimcilerin daha çok sevdiği paradigma nitelemesini yapmak belki de yerinde olur) rahatlıkla söylenebilen kuantum kuramının simgesel temsilcisi olan h Planck sabiti, önce 18 Mayıs 1899'da a' adıyla ortaya çıktı (yoksa buna "ana rahmine düştü" mü demeliyiz?). 19 Ekim 1900 ise, *Karacisim Enerji Dağılımının* "doğru" dalgaboyu-sıcaklık ilişkisini veren formülün ileri sürüldüğü tarih (belki "erken doğum?"). Günümüzde bildiğimiz şekil ve anlamıyla ($\epsilon = h\nu$) ilk ortaya çıkışı ("küvezden çıkış?") 14 Aralık 1900. Bunların hepsi Planck'ın, ilgili çalışmalarının sonuçlarını Berlin'de Alman Fizik

Derneği'ne (Physikalische Gesellschaft) sunuş tarihleridir.

Son adımı atıp, son sözü söyleyen ve de son noktayı koyan Planck olmuştu ama, o da, 200 yıl kadar önce bir diğer *paradigmayı* getiren Isaac Newton'un sözleriyle "devlerin omuzlarında" idi. Bu devleri saymaya *termodinamiğin* temellerini atan Sadie Carnot, Rudolf Clausius, Lord Kelvin gibilerle başlayabiliriz. Sonra *istatistik mekaniğin* temellerini atan Ludwig Boltzmann, *karacisim ışımasının* önemini kuramsal ve deneysel olarak ortaya koyan *spektroskopinin* ilk ustası Gustav Kirchhoff ve Friedrich Paschen; ilk kuramsal sonuçları veren Boltzmann ve özellikle Wilhelm Wien'i sayabiliriz. Bir bakıma en etkilileri olan Josef Stefan'dan başlayarak, Otto Lummer, Ernst Pringsheim, Heinrich Rubens, Ferdinand Kurlbaum gibi usta *spektroskopistleri* ve bunlara en

önemli ölçü yöntemi olarak *reststrahlen* (artık ışımlar yöntemini veren Ernest Nichols'u ve en önemli ölçü aleti olarak *bolometreyi* sağlayan Samuel Langley'i de unutmamalıyız. Özellikle 19 Ekim sonucunda spektroskopistlerin çeşitli ölçümleriyle uyum çok önemli rol oynadığından, bunu; tıpkı Johannes Kepler'in her *üç yasa*sına da ustası Tycho Brahe'in özenli gözlemlerine olan inancı sonunda varışına benzetebiliriz.

Açıklamalı Kronoloji

(Aşağıdaki bağıntılarda: T , mutlak sıcaklık; S , entropi; U , ortalama enerji; ν , frekans ya da dalgaboyu aralığı başına birim hacimdeki elektromanyetik enerji; v , frekans, λ , dalgaboyu; c , ışık hızı, $k \equiv R/N_A$,

Boltzmann sabiti; R , Joule sabiti; N_A , Avogadro sayısı. *Karacisim* ise üzerine düşen tüm elektromanyetik ışınları hiç yansıtmadan soğuran, ve ısı dengesine varduktan sonra *kendi* ışımalarını salan ideal bir cisimdir. Kirchhoff, iç duvarları iyi yansıtıcı olan içi boş bir cismin yani bir *kovuk* yüzeyindeki küçük bir deliğin, ideal karacisimden eşdeğeri olarak gerçekleştirilip incelenebileceğini gösterdi. Rezonatörler, kovuk duvarlarında bulunduğu varsayılan yüklü Lorentz salıncıdır.)

1791 Pierre Prévost ısı ışımasının ilk kuramını ortaya koydu: "Her cisim sürekli ısı ışıır ve soğurur; soğuk oluş, soğurmanın ışımadan çok olduğunu gösterir. Işıma olmaması çevreyle denge hali demektir."

1824 Sadi Carnot ısı makinelerinin verimliliğini anlamaya çalışırken termodinamiğin temellerini oluşturan yasalardan önce ikincisini sonra da birincisini buldu.

1834 Benoit-Pierre Clapeyron termodinamiğin ikinci yasasının değişik bir şeklini geliştirdi, *entropi* nin ilk belirtilerini farkettiler.

1844 Ludwig Boltzmann termodinamiğin ikinci yasasının istatistiksel yorumunu vererek istatistik mekaniği geliştirmeye başladı.

1847 John Draper her maddenin 525 °C sıcaklıkta soluk kırmızı renk almaya başladığını, ve sıcaklık arttıkça rengin giderek beyaza vardığını gösterdi.

1850 Rudolf Clausius, ikinci yasa için Clapeyron'un verdiği biçimi geliştirdi.

1851 William Thomson (Lord Kelvin) 1848'de önerdiği mutlak sıcaklık ölçeğinin, ısının dinamik kuramı çerçevesinde tanımladığı "termodinamik sıcaklık" kavramıyla aynı olduğunu gösterdi.

1860 Gustav Kirchhoff, aynı sıcaklıkta ısı ışıması yapan değişik maddelerin bu ışımayla ayırdedilemeyeceğini termodinamiğin ikinci yasasının bir sonucu olarak gösterdi.

1860 James Maxwell ve John Waterston enerjinin üleşimi teoremini ortaya koydular.

1865 Clausius, *entropi* kavramını geliştirdi ve adını koydu.

1877 Boltzmann istatistik mekaniği geliştirdi.

Planck'ın Yaşamı

Max Karl Ernst Ludwig Planck, 23 Nisan 1858'de Almanyanın Kiel kentinde doğdu. Babası seçkin bir hukukçu ve hukuk profesörü olup Prusya'nın "Yurttaşlar Yasası" nı hazırlayanlar arasındaydı. Bilim ve kültürde mükemmellik, sağlam karakterlilik, koruyuculuk, ülkücülük, güvenilirlik ve cömertlik Planck'a ailesinden çok derin işlenmiş niteliklerdi. Babasının Münih Üniversitesi'nde görev alması üzerine ünlü Maximilian Gimnaziyumu'nda öğrenime başladı. Orada Hermann Müller adındaki bir öğretmeni fizik ve matematiğe derin ilgi duymasını sağladı. 17 yaşında gimnaziyumu bitirdiğinde, klasik filoloji ya da müzik yerine fiziği seçmesinin sebebi, en büyük özgülüğün fizikte olduğu varsısını edinmiş olmasıdır. Ancak, müzik hep hayatının önemli bir parçası olarak kaldı. Özellikle Schubert, Beethoven ve Brahms'in eserlerinde sükunet ve keyif buluyordu. Açık havada her gün yürüyüş yapmaktan hoşlandığı gibi ileri yaşlarına kadar dağlara tırmanmayı sürdürdü.

1874 yılı güz aylarında Münih Üniversitesi'ne girdi. *wanderjahr/gezinme* yılını 1877-78'de Berlin Üniversitesi'nde geçirdi. Ancak, çoğu ünlü kimşeler olan hocalarının hiç birisinin derslerinden pek zevk almadı. Gene de kendi entelektüel yetileriyle, özellikle hayran olduğu Rudolf Clausius'un termodinamik kitaplarını okudu. 1879'da Münih'te doktorasını, ertesi yıl da *Habilitationsschrift*/doçentlik sınavını vererek Berlin Üniversitesi'nde *Privatdozent*/öğretim görevlisi oldu. 1885'te de Kiel Üniversitesi'ne *Professor extra ordinarius*/doçent olarak öğretim üyesi yapıldı. 1889'da Kirchhoff'un ölümü üzerine Berlin'e çağırıldı, 1892'de *Professor ordinarius/profesör* oldu. Etkin yaşamı bundan sonra hep Berlin'de geçti.

Planck öğrenimi için fiziği seçişini şu sözlerle dile getiriyor, "... kendimi bilime adanmaya ilk kararım, insanların usavurmalarındaki yasalarn çevremizdeki dünyadan edindiğimiz izlenim dizilerini yöneten yasalara aynı olduğunu; dolayısıyla da salt usavurmayla insanın [dünyanın işleyişindeki] mekanizmaya ilişkin önsözler kazandıracağını keşfetmemin... doğrudan bir sonucuydu." Demek ki henüz kuramsal fiziğin bir disiplin olarak tanınmaya başlanmadığı bir dönemde kuramsal fizikçi olmaya karar vermişti. Fizik yasalarnın varlığının "... dış dünyanın, insandan bağımsız olarak varolan, mutlak bir şey" ve "bu mutlaklığa uygulanan yasalarn ardına düşmenin ... hayatına peşine düşülebilecek en ulu amaç" olduğunu varsayıyordu.



Onu ilk etkileyen yasa daha gimnaziyumdayken hayranlıkla öğrendiği enerji korunumu yasasıydı. Bu, termodinamiğin birinci yasasından sonra üniversitede karşılaştığı entropi, yani termodinamiğin ikinci yasasının da doğanın mutlak bir yasası olduğuna kanısı derindi. Doktora tezini bu konuda yaptı. Eylem kuantumu adını vereceği h'ya götürülen yolun başlangıcı da bu sayılabilir.

Planck'ın 42 yaşındayken çözdüğü karacisim problemi ona 1918 yılı Nobel Fizik ödülünü ve daha bir çok onur ve ödül getirdi. Ancak o kuantum kuramından hep rahatsız oldu hattâ 1913 yılında Einstein'ın Berlin'de görev alması için yaptığı girişim sırasında yazdığı tavsiye mektubuna, bu konuda bayrağı kendisinden alarak epeyce ilerleri götürün Einstein'ın ilgili çalışmalarını "... o çapta bir insanın yapmasına göz yumulacak fantaziler..." olarak nitelemişti. (İlginçtir ki, Einstein'a da Nobel Ödülü, özel ve genel görellik üzerine yaptığı devrimci çalışmalar değil, bu fantazileri için verildi.)

Yılarca direndiği Boltzmann kuramını kullanmak zorunda kalmasını ise şöyle yorumladı: "... yeni bir bilimsel doğru, ona karşı olanların ikna edilerek ışığı görmeleri sağlanmakla değil, daha çok karşı olanların sonunda ölmesi ve yeni bir kuşağın buna alışkın olarak yetişmesiyle olur."

Planck 1928 yılında emekli oldu. Yerine Schrödinger seçildi. Berlin'deki parlak fizik çalışma ortamı 1933'te Hitler rejimi başlayınca dek sürdü. Planck sonraki yıllarında felsefi, estetik ve teolojik konularda yazılar yazdı. 1912 yılında seçildiği Prusya Bilimler Akademisi başkanlığını 1938 yılına dek sürdürdü. Aynı zamanda 1930-37 yılları arasında, şimdi kendi adını taşıyan Kaiser Wilhelm Enstitüsü'nün de başkanlığını yürüttü. Adil davranışları, kişilik bütünlüğü ve bilgeliği, onun Hitler'e giderek yıkıcı ırkçı politikalarını değiştirmesi için uyarılarda bulunmasının ve rejim sırasında Almanya'yı terketmeyecek Alman fizikçiden ne kaldıysa korumaya çalışmasının temelindedir. Hayatında pek çok trajediyle karşılaştı. Önce 22 yıllık karısı öldü, sonra büyük oğlu I. Dünya Savaşı'nda, ikiz kızları ise peş peşe doğum yapıparkeren öldüler. Bunlardan da acısı, küçük oğlunun 20 Mayıs 1944'te Hitler'e yapılan suikasta ilişkisi görülerek Gestapo tarafından öldürülmesidir. Kendisine yapılan, "Nazileri destekleyeceğini söylerse oğlunun affedileceği" önerisini ise Planck reddetti! Bu olaydan sonra hayata küsen Planck, savaştan sonra mütefakkerce, yaşadığı savaş bölgesinden alınarak Göttingen'e götürüldü. Orada 89 yaşında öldü.

Kesmen Encyclopaedia Britannica'dan derlenmiştir.

1879 Josef Stefan, karacisim toplama ışıma şiddetini değişik sıcaklıklarda ölçerek bunun mutlak sıcaklığın 4. kuvvetiyle orantılı olduğunu gösterdi.

1884 Boltzmann, Stefan'ın deneysel bulgusunun termodinamik temelini gösterdi: Stefan-Boltzmann yasası.

1883 Wilhelm Wien karacisim ışımasının sıcaklık ve frekansa/dalgaboyuna bağlılığını verecek fonksiyonun genel kısıtlamalarını veren *yerdeğiştirme yasasını* buldu:

$$u = v^3 f(T/v), \quad u = g(\lambda T) / \lambda^5$$

1896 Friedrich Paschen ve Wien f ve g fonksiyonlarının "açık" biçimlerini veren bir enerji dağılımı yasasını önerdiler:

$$u = c_1 e^{-c_2 / \lambda T} / \lambda^5, \quad u = b v^3 e^{-a/vT}$$

1897 Paschen, Wien yasasının kısa dalgaboyları/yüksek frekanslar için geçerli olduğunu, uzun dalgaboylarında uyumun bozulduğunu gösterdi.

1899 18 Mayıs: Max Planck, elektromanyetik ışımanın termodinamiğinden

$$u = \frac{8\pi}{c^3} v^2 U \quad \text{ve} \quad b = \frac{8\pi}{c^3} a', \quad U = a' v e^{-a'/vT}$$

bağıntılarını buldu, Wien yasasının evrensel olduğuna dikkat çekerek *a* ve *a'* sabitlerinin, belli cisim ve maddelerden bağımsız bir birimler sistemi –uzunluk, kütle, zaman, sıcaklık ölçekleri- elde edilmesinde ışık hızı ve kütleçekimi sabitleriyle birlikte kullanılabileceğini önerdi.

1900-Haziran Lord Rayleigh (William Strutt) karacisim ışımasının enerji dağılımını verecek

$$u = \left(\frac{8\pi}{c^3}\right) v^2 T$$

bağıntısını, parantez içindeki katsayı dışında buldu; bunu, 1905'te önce Albert Einstein bağıntısının tamamıyla birlikte bağımsız olarak buldu, sonra Rayleigh 8 sayısı eksik olarak hesapladı, James Jeans bunu tamamladığı için bu bağıntı *Rayleigh-Jeans yasası* olarak bilinir (Planck, eğer Maxwell ve Boltzmann'ın salıncılar için geçerli $U = kT$, üleşim bağıntısına inanıp kullanmış olsaydı bunu bir yıl önce bulmuş olacaktı. Abraham Pais, Rayleigh'in daha sonra buna Wien

yasasındakine benzer bir sönmü çarpanı eklediğini ve asıl R-J yasasının bu olduğunu yazıyor.)

1900-19 Ekim: Planck, Rayleigh bağıntısından habersiz olarak ve yalnızca Rubens'in $T/v \rightarrow \infty$ için $u \approx C \cdot T$ olarak davrandığını söylemesi üzerine, *bunun ve Wien yasasının* termodinamik sonuçlarını "interpole" ederek

$$u = C v^2 \frac{1}{e^{a/vT} - 1}$$

sonucunu elde etti. (Bunun $T/v \rightarrow \infty$ limiti, Rubens'in önerisine ya da Rayleigh bağıntısına, $T/v \rightarrow 0$ limiti ise Wien yasasına uyuyordu.)

-20 Ekim: Rubens bir gece içinde bu bağıntıyı elindeki tüm deneysel verilerle kıyaslayarak uyumun "*mükemmel*" olduğunu bildirdi.

-14 Aralık: Planck, 19 Ekim sonucunun mükemmel oluşunu sağlayan interpolasyonun ardındaki fiziksel anlamı ortaya çıkartmaya uğraşırken Boltzmann'ın kuramını uygulayarak,

$$u = \frac{8\pi v^2}{c^3} \frac{h v}{e^{h v / k T} - 1} \quad (h = 6.55 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}),$$

elektromanyetik ışıma ile karacisim arasındaki enerji alışverişinin $h v$ birimleriyle yapılmak gerektiğini ortaya koydu. (Planck'ın 1899 hesabı $a' = 6.85 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ değerini vermişti.) Planck boyutuna bakarak *h* sayısına *eylem kuantumu* adını verdi.

(1902 Planck, 1899'da düşündüğü "mutlak" birimler kavramı çerçevesinde, elektron yükü vb. çeşitli doğa sabitlerini hesapladı. 4.69×10^{-10} esu olarak bulduğu elektron yükü, Millikan'ın 1913'te doğrudan bulduğu 4.81×10^{-10} esu değerinden önceki en doğru değeri, N_A Avogadro sayısı için de *ilk* sağlıklı değeri buldu: 6.125×10^{23} Ayrıca, bugün *Planck kütlesi* ve *Planck uzunluğu* dediğimiz "elementer" nicelikleri hesapladı.)

R. Ömür Akyüz,
Boğaziçi Üniversitesi Fizik Bölümü.

Kaynaklar
The Genesis of Quantum Theory (1899-1913), MIT Press, Boston, 1971.
Max Planck and the Beginnings of the Quantum Theory, Archive for the History of Exact Sciences 1(1962)459.
The Story Of Physics, Avon Books, NY, 1992
Rev. Mod. Phys. 51(1979)861.
Akyüz, R. Ö., Amer. Jour. Phys. 56(1988)997
V. Ulusal Mekanik Simpozyumu Bildirileri, 1992, s.228.

Değerlendirme Aşaması:

Öğrenciler değerlendirme aşamasında; yine delillere ve kanıtlara dayanarak farklı sorulara cevap bulmaya çalışırlar. Bu sorular yorumlardan, günlük yaşamdan örneklerden ya da problemlerden oluşabilir. Bu amaçla öğrencilere değerlendirme aşaması çalışma yaprağı sunulur.

Değerlendirme Aşaması Çalışma Yaprağı

Planck sabitinin değeri çok büyük olsaydı (örneğin 1 j.s), böyle bir dünyada yaşamın ne gibi zorlukları olurdu?

.....



Bir kol saatindeki hareketli paçalar oldukça küçüktür. Tipik bir kol saatinin belirleyici fiziksel parametrelerinin büyüklüklerini uygun bir şekilde belirleyerek (örneğin: $m=1$ gr., $r=3$ mm, $w=1$ rad/sn alabilirsiniz), saat yapımında kuantum mekaniğinin tümü ile gereksiz olduğunu gösteriniz.

.....

İlişkilendirme aşaması

Bu aşamada öğrencilerden Kuantum fiziğinin uygulama alanları ve günlük yaşamda karşılaştığımız örnekleri ile ilgili bir araştırma ödevi hazırlamaları istenecektir. Öğrencilerin hazırladıkları ödevi sınıf ortamında arkadaşları ile paylaşımları sağlanacaktır.

İlişkilendirme aşaması çalışma yaprağı

Kuantum fiziğinin uygulama alanı nedir? Günlük yaşantınızdan bir örnek verebilir misiniz?

Siyah Cisim Işıması

Ön bilgileri yoklama aşaması

“Ne Bildiğini fark et” başlığı altında öğrencilerin var olan ön bilgilerini ölçmeyi hedefleyen ve kavram yanlışlarının sorulduğu bir aşamadır. Konuya başlamadan öğrenciler bu sorulara verdikleri cevapları kaydeder. Yeri geldiğinde sınıf içi tartışmalar sağlanarak fikirler öğrenciler arasında açıkça savunulur ancak tartışma bir sonuca bağlanmadan bitirilir ve öğrencilere açıklama aşamasının sonunda bu kavramlara tekrar dönüleceği hatırlatılır.

Ne Bildiğini fark et:



Beyaz ve siyah renkte 2 arabamız olduğunu düşünelim. Sıcak bir yaz günü arabaların her ikisini de bahçeye park ettiğimizi kabul edelim. Hangi araba daha çok ısınır? Neden?

.....

Neden yazın açık renk, kışında koyu renk giysi giyilmesi önerilir?

.....

Arda'nın ödevi:

Öğretmeni Arda'dan elektromanyetik dalgaları ve siyah cisim araştırmasını istemiştir. Arda yapmış olduğu araştırmasında, 19. yüzyılın son yarısında Maxwell'in laboratuvarında elektromanyetik dalgaları deneysel olarak elde etmeyi başardığını ve ayrıca elektromanyetik bir dalga'nın frekansının ν ve dalga boyunun λ ile karakterize edildiğini öğrenmiştir. Arda ödevinin siyah cisim ile ilgili kısmını yapamamıştır. Arda'ya bu noktada yardım edebilir misiniz?

Dalga boyu:.....

Frekans:.....

Siyah cisim:.....

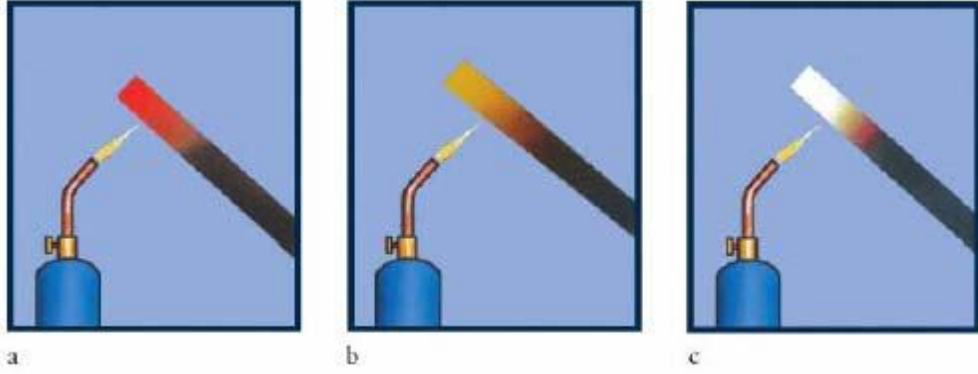
Merak uyandırma aşaması

Merak uyandırma aşamasında, öğrencilere günlük yaşamdan örnekler ve sorular sunularak, öğrencilerin zihinlerinde kavramsal bir çelişki yaratmak hedeflenmektedir. Aynı zamanda, öğrencilerin konu üzerinde düşünmeye başlamaları sağlanmaya çalışılmıştır yine bu aşamada öğrencilere aşağıdaki çalışma yaprağı sunulacaktır.

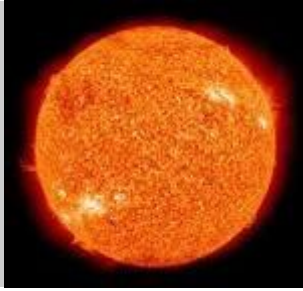
Merak uyandırma aşaması çalışma yaprağı

Bir demir çubuğu resimdeki gibi ocakta ısıttığımızı düşünelim.

Demir çubuğun renginde meydana gelen değişimi gözlemleyiniz. Isıtılan demirde gözlediğiniz renkler elektromanyetik spektrumun hangi bölgesinde yer almaktadır? Renklerin diziliminin (kırmızı, sarı, beyaz) bir anlamı var mı?



Resimdeki gibi bir alev topunu andıran güneş acaba bir siyah cisim olabilir mi?



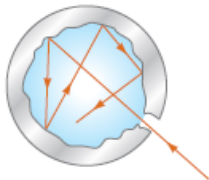
Keşif aşaması

Bu aşamada öğrencilerden bir siyah cisim oluşturmaları istenecektir. Burada amaç, öğrencilerin deliğin bir siyah cisim gibi davrandığını keşfetmelerini sağlamaktır. Malzemeler öğretmen tarafından temin edilecektir.



Deney:

Siyah bir bant veya siyah izolasyon bant kullanarak bir ayakkabı kutusunun dışında çok karanlık bir kısım yapınız. Karanlık bölgenin ortasında kurşun kalem ile delik açınız ve kutuyu aydınlatınız. Deliğin siyahlığını çevresindeki kısmın siyahlığı ile kıyaslayınız.

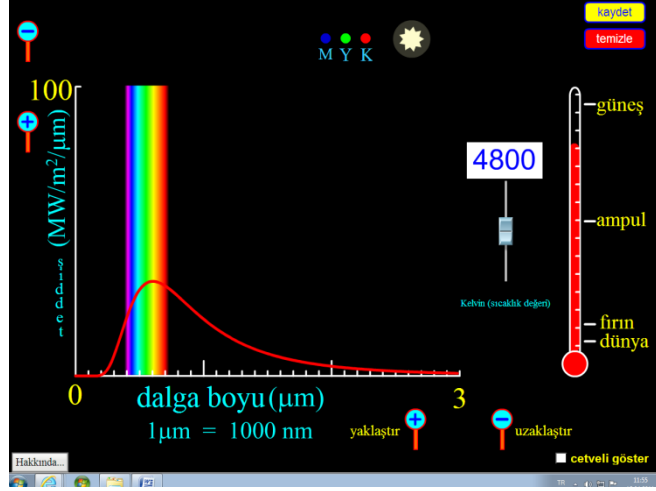


Gözlemlerinizi kısaca yazınız.



Öğrenciler bu aşamada, belirtilen adresteki simülasyona yönlendirilecektir. Öğrencilerin karşılaşacakları ekran görüntüsü şekildedeki gibi olacaktır. Öğrencilerin simülasyonu incelemeleri ve simülasyon ekranında nelerin değişebileceğini fark etmeleri sağlanır. Simülasyonun Türkçe çevirisi araştırmacı tarafından yapılmıştır.

<http://phet.colorado.edu/en/simulation/blackbody-spectrum#translated-versions>



Bu simülasyonda hangi değerleri değiştirebilirsiniz?

Daha sonra hazırlanan Siyah cisim çalışma yaprakları aracılığı ile olayı keşfetmeleri sağlanır. Çalışma yaprakları simülasyon ile ilgilidir, beraber kullanılacaktır.

Siyah cisim çalışma yaprağı:



Ocağınızın levhasını ısıttığınızda, onun önce siyahken sonra koyu kırmızı, ardından da turuncumsu bir renk aldığını gözlemlersiniz. Isıtmaya devam ederseniz sonunda mutlaka mavimsi olacaktır. 19. yüzyılın sonlarına doğru Klasik fizik tarafından açıklanamayan olaylardan bir tanesi buydu. Böyle bir olayın sayısal bir açıklaması olabilir miydi? Bu olay farklı bilim insanları tarafından açıklanmaya çalışıldı ancak bu noktada başarılı olan Alman Fizikçi Max Planck oldu.....

Bu şaşırtıcı noktaları birlikte keşfetmeye ne dersiniz? Bunun için size verilen adımları takip ediniz.

Adım 1:

1) Bunun için belirtilen adresteki simülasyonu çalıştırınız.

<http://phet.colorado.edu/en/simulation/blackbody-spectrum#translated-versions>

2) Simülasyonu inceleyiniz, simülasyon üzerinde değiştirilebilecek değişkenleri belirleyiniz.

Adım 2:

3) Sıcaklık değerini azaltınız.

—Bu aşamada, kaynağın rengindeki değişimi gözleyiniz. Gözlemlerinizi kısaca not ediniz.



— Bu aşamada, oluşan eğriyi ve eğrinin şeklindeki değişimi gözleyiniz. Gözlemlerinizi kısaca not ediniz.



—Eğrinin tepe yaptığı dalga boyu değerini(λ_{\max}) gözlemleyiniz. Gözlemlerinizi kısaca not ediniz.



—Sıcaklığın azaltılması ile λ_{\max} değeri nasıl değişir?

4) Sıcaklık değerini arttırınız.

—Bu aşamada, kaynağın rengindeki değişimi gözleyiniz. Gözlemlerinizi kısaca not ediniz.



— Bu aşamada, eğrinin şeklindeki değişimi gözleyiniz. Gözlemlerinizi kısaca not ediniz.



— Bu aşamada, oluşan eğriyi ve eğrinin şeklindeki değişimi gözleyiniz. Gözlemlerinizi kısaca not ediniz.



—Eğrinin tepe yaptığı dalga boyu değerini(λ_{\max}) gözlemleyiniz. Gözlemlerinizi kısaca not ediniz.

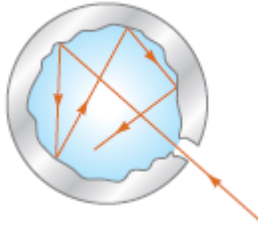


—Sıcaklığın arttırılması ile λ_{\max} değeri nasıl değişir?

Açıklama aşaması(Bu bölüm Wichmann, H. E. (1967). Kuantum Fiziği Berkeley Fizik Dersleri-Cilt 4, 'den derlenmiştir.)

Bu aşamada öğrenciler, öğretmen tarafından siyah cisim ışıması ile ilgili açıklama yapılacaktır ve formüller verilecektir.

19. yüzyılda klasik fiziğin çözüm bulamadığı sorunlardan bir tanesi de siyah cisim ışıması idi. Bir önceki aşamada oluşturduğumuz, üzerinde delik bulunan kutular buna örnek olarak verilebilir. Üzerine düşen tüm ışınımı soğuran yüzeye bir siyah cisim yüzeyi denir. Özellikle oyuğun iç çeperleri girintili çıkıntılı ve siyaha boyanmış ise, dışarıdan bakan bir gözlemciye bir oyuğun çeperindeki küçük bir delik nerede ise bir siyah cisim yüzeyi gibi görünür. Bunu nedeni, basitçe, dışarıdan deliğe gelen herhangi bir ışınımın iç çeperler tümü ile soğurucu olmasa da, oyuğun içindeki çoklu yansımalarından dolayı nerede ise tümü ile soğurulmasıdır.



Bu koşullar nedeni ile bir oyuğun çeperinde bulunan bir delikten yayınlanan ışınımına siyah cisim ışıması denir.

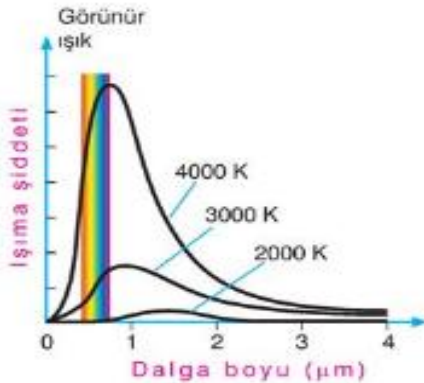
Siyah cisim ışıması problemini ele aldığımızda, öncelikle deneysel gerçeklere bir göz atmak gerekir.

Herhangi bir sıcaklığa sahip bir cisim bazen ısı(termal) ışıma olarak isimlendirdiğimiz ışınımı yapar. Düşük sıcaklıklarda ısı ışımanın dalga boyları, çoğunlukla elektromanyetik spektrumun kızılötesi bölgesindedir ve bu nedenle ışıma gözlenmez. Cismin sıcaklık derecesi yükseldikçe cisim kızarmaya başlar başka bir deyişle yeteri kadar görülebilir ışınım yayınladığı için cisim kırmızı renkte parlaklık kazanır. Yeteri kadar yüksek sıcaklıkta cisim ampulün sıcak flamanı gibi beyaz renkte parlar.

19. yüzyılın sonlarında ısı ışımanın klasik teorisinin yetersiz olduğu ortaya çıktı. Ana problem bir siyah cisim tarafından yayınlanan ışımadaki dalga boylarının gözlenen dağılımını anlayabilmektir. Daha öncede ifade ettiğimiz gibi siyah cisim üzerine düşen tüm ışınımı yutan ideal bir sistemdir. İçi boş bir cisim üzerindeki delik siyah cisim için iyi bir örnektir. Cisim içindeki oyuğa açılan delikten yayınlanan ışınımın doğası yalnızca oyuk duvarlarının sıcaklık derecesine bağlıdır ve duvarları oluşturan maddenin cinsinden bağımsızdır. Grafik siyah cisim ışıma enerjisinin sıcaklık ve dalga boyu ile nasıl değiştiğini göstermektedir. Siyah cismin sıcaklığı arttıkça iki belirgin özellik gözlenmektedir. Bunlardan birincisi dağılımın tepesinin daha kısa dalga boylarına doğru kaymasıdır. Bu cismin ışık vermeme durumundan, kızarıp ışık vermeye başlaması ve beyaz ışık vermesi haline değişmesinin nedenidir. Bu kayma Wien tarafından Wien yer değiştirme yazası ile ortaya koyulmuştur.

$$\lambda_{\max} \cdot T = 2,898 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$$

Burada yer alan λ_{\max} eğrinin tepe yaptığı dalga boyu değeri T ise ışıma yapan cismin mutlak sıcaklık derecesidir. Eğrinin tepe noktasındaki dalga boyu mutlak sıcaklık derecesi ile ters orantılıdır yani sıcaklık yükseldikçe tepe daha kısa dalga boylarına kayar.



İkinci etki cismin yayınladığı toplam enerji miktarının sıcaklık ile artmasıdır. Bu özellik $P=\partial AeT^4$

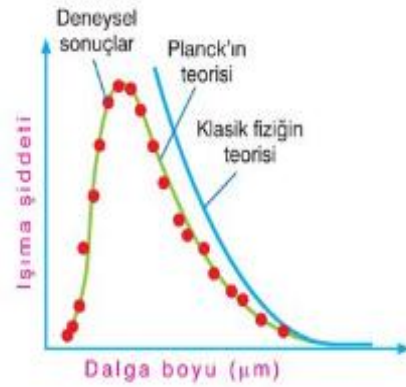
Şeklinde ifade edilen Stefan yasası ile belirlenir. $I=P/A$ cisim için $e=1$ olduğunu hatırlayarak Stefan yasası $I=-\partial T^4$ şeklinde yazılabilir.

Rayleigh-Jeans yasası olarak bilinen siyah cisim ışımasının klasik modele dayalı hesabın sonucunda;

$$I(\lambda, T) = \frac{2\pi k_b T}{\lambda^4}$$

Bağıntısı elde edilir. Siyah cisim ışımasının deneysel grafiği Rayleigh-Jeans yasasının teorik öngörü ile birlikte gösterilmiştir. Uzun dalga boylarında yasa deneysel verilerle oldukça uyumludur ancak kısa dalga boylarında belirgin bir uyumsuzluk söz konusudur. Teori ile deney arasındaki bu tutarsızlık öyle şaşırtıcıdır ki bilim adamları ona morötesi felaket adını vermişlerdir.

Morötesi felaket klasik fizik için ciddi bir sorun oldu çünkü eğer bu ifade doğru olsa idi şöminenin önünde oturmamız bile tehlikeli olabilirdi, yanar kavrulurduk!!!!!!!!!!!!!!!



Ve sahneye Planck çıkar.....

Max Planck, 14 Ocak 1900'de Berlin'deki Alman Fizik Derneği'nin bir toplantısında, siyah cisim ışıma yasasının çıkarılışını sundu, bu nedenle bu tarih kuantum fiziğinin doğum günü olarak bahsedilir. Planck, ışıma şiddetinin teorik tanımını dalga boyu ve sıcaklığın bir fonksiyonu olarak çıkarırken, klasik fizikten saptı. Planck'ın önerdiği formül;

$$I(\lambda, T) = \frac{2\pi h c^2}{\lambda^5 (e^{hc/\lambda k_b T} - 1)}$$

Bu fonksiyon bir h parametresi içerir ve bu parametre tüm dalga boylarında deneysel verilerle uyumludur. Bu parametrenin değerinin siyah cismin yapıldığı maddeden ve sıcaklık derecesinden bağımsız olduğu bulunmuştur. Planck sabitinin değeri;

$$h=6,62.10^{-34} \text{ J.s}$$

Planck, teorisinde siyah cismin yüzeyindeki titreşen moleküllerin doğası ile ilgili 2 cesur varsayım yaptı;

1. Moleküller yalnızca $E=nh\nu$ olarak verilen kesikli enerji değerlerine sahip olabilirler, burada n kuantum sayısı adı verilen pozitif bir tamsayı, ν moleküllerin doğal titreşim frekanslarıdır. Bir molekülün enerjisi yalnızca bu eşitlik ile verilen kesikli değerleri alabileceği için enerji kuantumlanmıştır denir. Her bir kesikli enerji değeri molekül için farklı bir kuantum durumuna aittir ve her bir n değeri belirli bir kuantum durumunu temsil eder. Molekül $n=1$ kuantum durumunda iken enerjisi $h\nu$, $n=2$ kuantum durumunda iken enerjisi $2h\nu$ olur.

2. Moleküller kesikli paketler halinde enerji yayınlıyor ve yutarlar. Moleküller bir kuantum durumundan diğerine sıçrayarak bu fotonları yayınlıyor veya yutarlar. Sıçrama bir durumdan ona komşu daha aşağı duruma ise yayınlanacak enerji miktarı $h\nu$ ye eşit olacaktır. Bir molekül yalnızca kuantum durumu değiştiğinde enerji yayınlıyor veya yutar.

Planck kuramındaki kilit nokta kuantumlu enerji ifadesidir. Bu gelişme kuantum teorisinin doğuşunu oluşturmuştur. Planck teorisini ortaya attığında diğer bilim adamları ve hatta kendisi kuantum kavramının gerçekçi olmadığını düşünmüşlerdir.

Konu ile ilgili örnek soru çözümlerine yer verilecektir.

Örnek 1: Farklı cisimlerden ısı ışınımı

Aşağıdakilerden her birinin yayınladığı ışınım için tepe dalga boyunu bulunuz.

- Cilt sıcaklığı 35°C olan insan vücudu
- 2000 K de çalışan tungsten ampul filamanı
- Yüzey sıcaklığı 5800 K olan güneş

Açıklama aşamasının son kısmı artık genel bir yargıya varılan kısımdır. Öğrencilere ön bilgileri yoklama ve merak uyandırma aşamasında verdikleri cevaplar hatırlatılarak bu aşamayı sonlandırmaları beklenir.

Genişletme aşaması

Genişletme Aşaması'nda ise; öğrencilere siyah cisim ışıması bilimsel temeline dayalı, günlük yaşam uygulamaları hakkında bilgi verilecektir.



Termal Görüntüleme Teknolojisi

Termal Görüntüleme Teknolojisinin bilimsel temeli siyah cisim ışıması olmaktadır. Günümüzde görüntüleme alanında pek çok teknoloji kullanılmaktadır. Kızıl ötesi görüntüleme yapan termal kameralarda bunlardan biridir. Bu kameralar elektromanyetik spektrumun kızılötesi bölümünde yer alan elektromanyetik ışınımı tespit ederler ve bu ışımandan resimler oluştururlar. Her cisimden sıcaklığına göre farklı ışınım salındığından termal kameralar cisimlerin, görünür aydınlatma olmadan görülebilmelerini sağlar. Sıcak cisimler, bu kameralar aracılığı ile görüntülediklerinde daha soğuk arka planlarına göre daha çok göze çarpar. Bu nedenle insanlar ve sıcakkanlı hayvanlar gündüz ve gece termal kameralar tarafından rahatlıkla görünebilir.

Bu görüntüleme pek çok alanda kullanılmaktadır. İtfaiyeciler duman içerisinde kalan insanları bulmak ve yangının merkezini tespit etmek için kullanırlar. Güç hatları bakım teknisyenleri aşırı ısınmış bağlantıları ve parçaları bulup olası tehlikeleri engellemek için bu görüntülemeyi kullanırlar. İnşaat

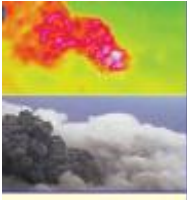
sahasında termal yalıtımda sorun olan yerlerin belirlenmesinde kullanılır. Bazı lüks araçlarda da bu sistemden yararlanılmıştır.



Domuz gribi termal kameraya yakalandı.....

Domuz Gribi 6 Havaalanında 11 Termal Kamera ile Takip Ediliyor. Sağlık Bakanlığı, Hastalığın Görüldüğü Ülkelerden Türkiye'ye Hastalığın Gelmesi Riskini Azaltmak Üzere Havaalanları Limanlar ve Kara Hudut Kapılarında Tedbirlerin Sürdürüldüğünü, Belirterek, Ankara ve İstanbul'daki Havaalanlarında Başlatılan Uygulamanın Antalya, İzmir, Bodrum, Dalaman Havaalanlarına da Yaygınlaştırılarak 10 Tane Sabit ve 1 Tane Mobil Termal Kamera ile Hizmet Verildiğini Bildirdi.

Yangın görüntüleme



Kızılötesi Termal görüntüleyici objelerin yüzey sıcaklıklarını yansıtarak buna bağlı olarak görüntü oluşturur. Bu özelliği sayesinde gece saha izlemesi için kullanılmakla birlikte etkili bir yangın alarm aracıdır. Büyük orman arazilerinde yayılan yangınlar çok zor belirlenir, konvansiyonel metotlarla ortaya çıkarılan küçük



ve gizli yangınlar çabuk fark edilemez. Kızılötesi görüntüleyici bu küçük ve gizli ateşleri anında görüntüleyerek tam ve kesin olarak yangının konum ve alanını görüntüde işaretleyerek belirtir. Tutuşturulma noktaları dumanın algılanması yoluyla ortaya çıkartılır. Önlem almak ve söndürme çalışmaları için erken uyarı çok gerekli ve çok önemlidir.



Termal kamerayla çek yalıtım sorununu gör.....

SICAKLIK ölçüm özelliğine sahip kızılötesi termal kameralar, binaların yalıtım ve ısı sorunlarını ortaya çıkarıyor. Duvarların ve betonların arkasının görülmesini sağlayan termal kameralar gece kullanılıyor. Isıl değere göre fotoğraf ya da kamerayla çekim yapıyor. Ölçümlerde termal kamera kullanımı 800 TL'den başlıyor. İZODER de, yeni kampanyası 'Dört Hayati Yalıtım' kapsamında termal görüntüleme sistemlerini kullanarak, binalardaki ısı kayıplarını gösterecek.

Değerlendirme aşaması

Öğrenciler uygulama boyunca edindikleri kavramlar ışığında; Değerlendirme aşamasında; yine delillere ve kanıtlara dayanarak farklı sorulara cevap bulmaya çalışırlar. Bu sorular yorumlardan, günlük yaşamdan örneklerden ya da problemlerden oluşmaktadır. Bu aşamada da öğrencilere çalışma yaprağı sunulur

Siyah cisim ışıması değerlendirme soruları

Bu bölümden edindiğiniz bilgi ve becerilerden yola çıkarak, aşağıda verilen sorulara cevap arayınız.

1. Mutlak sıfır sıcaklığı dışında sıcaklığa sahip her cisim ışıma yaptığına ve vücut sıcaklığımız 36 C olduğuna göre etrafımızda ışıma göremememizin sebebi nedir?

2. Fatih'in vücut sıcaklığı 36 C⁰ iken Fatih hastalanıyor ve vücut sıcaklığı 39 C⁰'ye çıkıyor. Fatih'in vücut sıcaklığının artması ile yaymış olduğu ışımının dalga boyundaki değişim kaç m. olmuştur?

3. Wien yer değiştirme yasasını dikkate alarak, 2500 K sıcaklıkta tutulan bir siyah cisim ışıyıcısı olduğunu düşününüz. Işınımın maksimum olduğu dalga boyunu, Wien yasasında verildiği şekilde Angström birimleri ile bulunuz. Bu dalga boyu görünür bölgede midir?



4. Bulutsuz bir gecede, şehir ışıklarından uzak bir yere giderek, Orion takımı yıldızına baktığınızı hayal ediniz. (gözlemlemeniz gereken şekil yandaki gibidir.) Çok dikkatle Betelgeuse ve Rigel'in renklerine bakınız. İkisi de aynı uzaklık ve aynı parlaklığa sahip olduğuna göre, renkleri arasındaki bu farklılığın sebebi ne olabilir?

Yine şekle bakarak, hangi cismin daha sıcak olduğunu söyleyebilir misiniz?

İlişkilendirme aşaması

İlişkilendirme Aşamasında öğrencilerden mevcut kavramları günlük yaşamdan diğer alanlarla ve/veya diğer kavram/konularla ilişkilendirmelerinin istendiği aşamadır. Bu aşamada öğrencilere tartışma fırsatı da verilecektir. Böylece öğrenciler, diğer arkadaşlarının buldukları sonuçları eleştirel bir şekilde inceler, sonuçları ve çıkarımlarını karşılaştırarak değerlendirirler.

Günümüzde sadece biyolojinin değil tüm bilim dallarının araştırma yaptığı konulardan bir tanesi de, kainattaki yaşam arayışıdır. Kısa süreliğine bir astronot olduğunuzu düşünelim ve göreviniz yaşanabilir bir gezegen bulmak olsun. Elinizde kâinatın belirli bölgelerinden elde edilmiş, bazı yıldızlara ait siyah cisim ışıma grafikleri var. Elinizdeki bu verilerden yola çıkarak, kâinatın belirli bölgelerinde yaşamı sürdürmek ya da yaşamın kaynağı olabilecek bir yıldız belirleyebilir misiniz?

Kısaca açıklayınız.



Güneş bir siyah cisim midir? Kısaca açıklayınız.

.....
.....



Engerek yılanı karanlık ortamlarda bile avını rahatlıkla bulabildiği bilinmektedir. Engerek yılanının avını bulabilmesini sağlayan nedir?

.....

Fotoelektrik olay

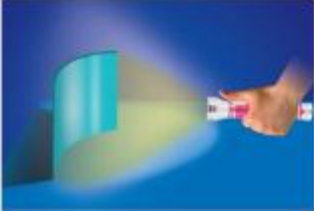
Ön bilgileri yoklama aşaması

“Ne Bildiğini fark et” başlığı altında öğrencilerin var olan ön bilgilerini ölçmeyi hedefleyen ve kavram yanlışlarının sorulduğu bir aşamadır. Konuya başlamadan öğrencilere belirtilen sorular yöneltilir, öğrenciler sorulara verdikleri cevapları kaydeder. Bu noktada öğrencilerin daha önceki üniteler ile bağlantı kurmaları düşünülmektedir. Öğrencilerin sorular hakkında kendi aralarında tartışmalarına izin verilecektir (5 dakika)

Ne Bildiğini fark et:

Işık kelimesini duyduğunuzda aklınızda oluşan ilk imaj nedir?

Foton kelimesini duyduğunuzda aklınızda oluşan ilk imaj nedir?



Metal bir yüzeye (örneğin Na) mor ötesi bölge ışığı düşürürsek ne olmasını beklersiniz?

Merak uyandırma aşaması

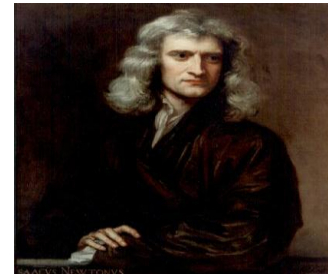
Merak uyandırma aşamasında, bir önceki bölümde sunulan soruların cevapları tarihsel süreçte öğrencilere ‘Hangisi haklı?? isimli bölüm ile sunulacaktır. Aynı zamanda, öğrencilerin konu üzerinde düşünmeye başlamaları sağlanmaya çalışılmıştır. (Allegre, C. Herkese Biraz Bilim,s:70–75)

Hangisi haklı???

Işınım ve maddenin temel doğası dalga ile mi yoksa parçacıkla mı daha iyi tarif edilir? Yoksa ikisine de mi ihtiyaç duyarız?



Huygens



Newton

Işık hakkındaki görüşler:

İlk çağlarda Platon ve Euclides gibi düşünürler, ışığın gözden yayıldığını ve görmenin böyle olduğunu savundular. Daha sonraları Pythagoras ışığın, ışık kaynaklarından taneler şeklinde, Empedocles ise ışığın bir çeşit yüksek hızlı dalgalar şeklinde yayıldığı fikrini ileri sürdü. Fakat ışığın, taneciklerle yayıldığı fikri ilk defa Sir Issac Newton tarafından ciddi bir şekilde savunuldu. Newton'a göre ışık, kaynaktan tanecikler şeklinde çıkmakta ve oldukça hızlı olarak yayılmaktadır. Yansıma ve kırılma gibi olayları da bu model ile açıklayan Newton'un tanecik modeli daha sonra ki aksi görüşlere rağmen kabul gördü.

Henüz Newton hayatta iken, ışığın tanecikli yapıda oluşundan daha ziyade, dalga özelliği gösterdiği fikri ileri sürüldü. Bu görüşü ilk defa savunan Huygens, "Işık dalgalar şeklinde yayılır." diyerek yansıma ve kırılma olaylarının dalga modeli ile açıklanabileceğini gösterdi. Her yeri kaplayan "eter" isimli görünmez, kütsüz ve statik bir kavram olarak açıkladığı yapıyı ortaya attı.

Tüm zamanların en büyük bilim adamlarından biri olan (ortaya koyduğu çalışmalar bunu doğruluyor) Christiaan Huygens'a göre ise ışık bir dalgadır, bir taş atıldığında suyun yüzeyinde oluşan biçim bozulması gibi, uzayın bir dalgalanması ile yayılan titreşimdir. Bir dalganın maddeyi taşımadan yayıldığını anımsayalım. Denizin dalgalarını gözlemlediğimizde ve onları ilerlerken gördüğümüzde, size doğru gelen su değil, dalgadır, dalgalanmadır, harekettir. Dalganın maddeyi yerinde (ama eylemsiz değil) bırakarak yayılması kavramı, bir titreşimin katı bir madde içinde nasıl yayıldığına baktığımızda daha iyi anlaşılır. Tokyo'daki bir deprem bize ulaştığında 30000 ya da 40000 km/s hızla yer değiştirmiş olan, yeryüzünü oluşturan katı madde değil, sismograflarında kaydettiği gibi titreşimdir, dalgalanmadır.

Christiaan Huygens, titreşimleri ve dalgaları iyi biliyordu. Bunları uzun zamandır inceliyordu. Işığın bir titreşim, bir dalga olduğunu tasarlıyordu ama bunun bir sıkıştırma dalgası (ses gibi) olduğunu ve önündeki maddeyi sıkıştırarak yayıldığını düşünüyordu. Çok geçmeden Newton, yıldızları gözlemleyebildiğimize göre, ışığın uzay boşluğunda yayıldığını açıklayarak bu düşüncüyü geri çevirdi!! Boşlukta titreştirecek hiçbir şey olmadığına göre, ışığın bir titreşim olamayacağını ortaya koydu. Huygens ise, tüm uzayın ve boşluğun da, eter adını verdiği gizemli, elle tutulmaz bir madde ile dolu olduğunu ve bu maddenin titreşmeye ve dalgalar yaymaya elverebileceğini açıklayarak cevap verdi.

Bu 'Işık, dalga mı parçacık mı?' tartışması 20. yüzyıl başına, Einstein'ın yaptığı çalışmalara kadar devam etti.....

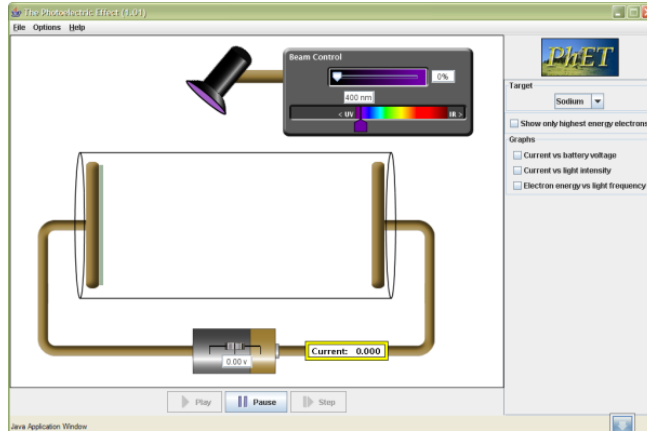
(Olayların özeti Çizelgedeverilmiştir.)

Olay	Newton	Huygens
Işığın neden oluştuğu:	Parçacıklardan	Bir ortamda yayılan darbelerden
Yansımanın nedeni:	Parçacıkların sekmesidir.	Dalga yüzünün yansımasıdır.
Kırılmanın nedeni:	Havayla cam arasındaki ayırıcı yüzeyin çekiminden; parçacıklar camın içinde daha hızlı yer değiştirir.	Dalga yüzünün camın içinde havaya göre daha yavaş yayılmasından.
Girişim ve kırınım olaylarının(Newton halkaları, ince filmlerin renkli sınırları vb.) nedeni:	Parçacıklarla eter arasındaki etkileşim: eterin dalgalanmaları süreliliklerini parçacıklara aktarır.	Huygens bunlara az değinir. Girişim ve kırınım olayları ışığın bir darbeler serisi değil, sürekli bir dalga olduğu bir dalgalanma kuramında daha iyi açıklanır.

Keşif aşaması:

Bu aşamada, öğrenciler belirtilen adresteki simülasyona yönlendirilecektir. Öncelikle öğrencilere simülasyonu incelemeleri, simülasyonda yapabilecekleri değişiklikleri fark etmeleri ve bağımlı bağımsız değişkenleri bulabilmeleri için 5 dakikalık bir inceleme süresi verilir. Simülasyonun Türkçe çevirisi araştırmacı tarafından yapılmıştır.

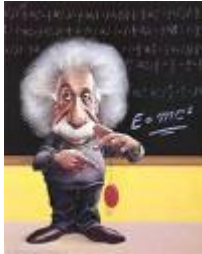
<http://phet.colorado.edu/en/simulation/photoelectric#translated-versions>



(Öğrencilerin karşılaştıkları ekran şekildeki gibi olacaktır.)

Daha sonra hazırlanan Fotoelektrik olay çalışma yaprakları aracılığı ile olayı keşfetmeleri sağlanır. Çalışma yaprakları simülasyon ile ilgilidir, beraber kullanılacaktır.

Fotoelektrik olay çalışma yaprağı:



Geçen yüzyılın sonlarında, ışığın (görünür veya morötesi bölgede) metal bir yüzeye düşmesi ile, yüzeyden elektron koparılacağı deneysel olarak biliniyordu. Bu olay, ışığın elektromagnetik bir ışınım olduğunu ve ışığın elektrik alanının metal yüzeyinde bulunan elektronlara bir kuvvet uygulayarak bunlardan bazılarını sökebileceğini bildiğimiz için şaşırtıcı değildi. Ancak, burada şaşırtıcı olan,Bu şaşırtıcı noktaları birlikte keşfetmeye ne dersiniz? Bunun için size verilen adımları takip ediniz.



Adım 1:

Işık şiddetini çok küçük bir değerde tutunuz(örneğin % 1 ya da % 2), voltaj değeri de 0 volt olsun. Işığın dalga boyu değerinde değişiklik yapınız ve simülasyon ekranını gözlemleyiniz. Elektronların yüzeyden kopmasını gözlemleyiniz. Elektronların yüzeyden kopmasını sağlayan nedir?

Adım 2:

Simülasyon üzerinde ışık şiddeti, ışığın dalga boyu, hedef metal, batarya voltajı gibi noktalarda değişiklikler yapınız. Yapmış olduğunuz değişiklikleri gözlemleyerek aşağıda yer alan ifadeleri açıklayınız.

1) Fotonun frekansı ve saçılan elektronlar arasındaki ilişkiyi açıklayınız.

2) Fotonun frekansı, eşik frekansı ve saçılan elektronlar arasındaki ilişkiyi açıklayınız. (Ek bilgi: Yüzeyden elektron kopabilmesi için ışık frekansının belirli bir değerde olması gerekir ki bu değere eşik frekansı adı verilir ve ν_0 ile gösterilir. Eşik frekansı metalin cinsine bağlıdır.)

3) Saçılan elektronların kinetik enerjisi ve ışığın frekansı arasındaki ilişkiyi açıklayınız.

4) Işığın şiddeti ve saçılan elektronların kinetik enerjisi arasındaki ilişkiyi açıklayınız.

5) Işığın şiddeti ve saçılan elektronların sayısı arasındaki ilişkiyi açıklayınız.

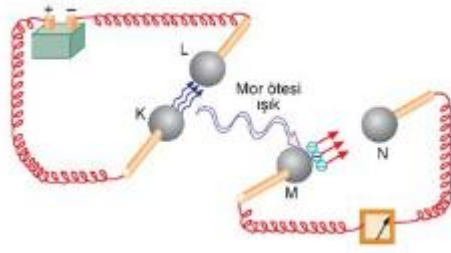
6) Işığın frekansı ve saçılan elektronların sayısı arasındaki ilişkiyi açıklayınız.

7) Bataryanın voltajı +8 ve -8 volt arasında değer alabilmektedir. Bataryanın voltajını +8 den -8 e kadar değiştirerek elektronların hareketini gözlemleyiniz.

Açıklama Aşaması:

Öğrencilerin simülasyondan yola çıkarak genel bir yargıya varmaları için, simülasyonla ilgili bulguları yorumlayarak, fotoelektrik olayı açıklamaları beklenir. Öğretmen tarafından aşağıda yer alan açıklama yapılacaktır. (Bu bölüm www.zambakegitim.com/kitaplar adresinden yararlanılarak hazırlanmıştır.)

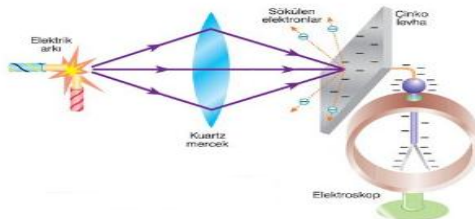
Şekil 1



açıklanabilirdi.

Maxwell 1873 yılında ışığın bir elektromanyetik dalga olduğunu buldu. Hertz tarafından yapılan deneylerde Maxwell'in bu teorisini desteklemiştir. 1887 de ilk defa şekil 1 de görüldüğü gibi, yüklü K ve L küreleri arasındaki kıvılcım atlaması ile oluşan arkta çıkan mor ötesi ışığın diğer M ve N iletken küreleri arasında elektron atlamasına sebep olduğu gözlemlendi. Bu olay ancak ışığın metalden elektron koparması sonucu

Şekil 2



Işığın metalden elektron sökmeye olayı, şekil 2 deki gibi bir deney düzeni ile açıklanabilir. Negatif yüklü bir elektroskopun topuzuna sabitlenen çinko levha, elektroskopla birlikte negatif yüklenir. Karbon arkı ile elde edilen ışık kuartz mercekten geçirilerek çinko levha üzerine düşürülür. Kuartz mercek elektron

koparabilecek enerjiye sahip olan mor ötesi ışınları geçirebilmektedir. Başlangıçta yüklü olduğundan dolayı açık olan elektroskopun yapraklarının zamanla açıklığı azalır. Yaprakların açıklığının azalması yükün azaldığını gösterir. Negatif yüklerin azalması çinkodan yüklü elektronların azalması ile mümkün olacağından bize ışığın çinkodan elektron söktüğü fikrini verir.

Bu şekilde gerçekleşen olayda, belirli frekansa sahip ışığın metal yüzeye düşürülmesi sonucu yüzeyden elektron kopmasına fotoelektrik olay adı verilir. Metal yüzeyden koparılan elektronlara fotoelektron, bir fotoelektrik devrede fotoelektronlar ile elde edilen akıma ise fotoelektrik akım denir.

Aslında bu olay klasik fizikçiler tarafından da biliniyordu. Ancak klasik fizikçilerin varsayımları ile deney sonuçları çelişiyordu. Çizelgede bu çelişkiler özetlenmiştir.

Olay	Klasik fiziğe göre	Deney sonuçları
Fotoelektronların kopup kopmaması	Işık şiddetine bağlı	Işığın frekansına bağlı
Düşük şiddetli ışıkta fotoelektronların kopması	Daha uzun zaman alır	Belirli bir frekansın üzerinde eş zamanlı gerçekleşir- 10^{-9} saniye gibi kısa bir sürede
Fotoelektronların kinetik enerjisi	Işık şiddetine bağlı	Işığın frekansına bağlı

Ve sahneye Albert Einstein çıkar.....

Bu sefer problemi çözen kendini ispatlamış saygın bir üniversite profesörü değil, Bern'deki İsviçre patent bürosunda çalışan genç bir memurdu. 1905 yılında daha 25 yaşında iken Annalen der Physik dergisinin tek bir sayısında 3 makale yayınladı. Einstein fotoelektrik deneyinin muammalarına aşınaydı ve Planck'ın çalışmasından ve ışınım yasasından da haberdardı. Einstein Planck'ın enerji paketçikleri kavramını, ışığa uyarlayarak fotonu tanımladı.

Işığın kütlesi olmayan, birim enerji paketçiklerine foton adı verilir.



Fotonun temsili gösterimi

Einstein, foton olarak tanımladığı enerjinin elektronların bir enerji seviyesinden diğer bir enerji seviyesine atlaması sonucu soğurulan ya da yayılan enerji olduğunu açıkladı.

Işık frekansı

Fotoelektrik olay ile yapılan deneyler, metal yüzeylerden elektron koparılmasının ışığın frekansına bağlı olduğunu göstermiştir. Yüzeyden elektron kopabilmesi için ışık frekansının belirli bir değerde olması gerekir ki bu değere eşik frekansı adı verilir ve ν_0 ile gösterilir. Eşik frekansı metalin cinsine bağlıdır. Örneğin görünür ışığın hiçbir rengi çinko yüzeyden elektron koparamaz, çinko yüzeyden elektron koparabilmek için yüksek frekanslı ultraviyole ışık gerekmektedir.

Işık şiddeti

Fotoelektronların sayısı ise ışık şiddeti ile doğru orantılıdır. Işık şiddeti ne kadar büyükse yüzeyden o kadar fazla elektron kopar. Çünkü ışık şiddeti foton sayısı ile doğru orantılıdır böylece ışık şiddeti ne kadar büyük ise fotoelektrik akımda o kadar fazla olur. Metal yüzeye uygun frekanslı ışık gönderilmeye başlanması ile yüzeyden de elektronlar kopmaya başlar yani elektronların kopması için bir bekleme süresi yoktur. Çünkü metalden kurtulan her bir elektronun enerjisini yalnızca bir foton arttırmıştır ve bir fotonun enerjisi ne kadar büyük olursa olsun yalnız bir elektronun kopmasını sağlayabilir, bu nedenle elektron ve fotonların etkileşimi eş zamanlı ve eşit sürede gerçekleşir..

Fotoelektronların maksimum kinetik enerjisi ışık şiddetinden bağımsızdır. Fotoelektronların maksimum kinetik enerjisi frekansa bağlıdır ve frekans arttıkça artar. Işık şiddeti düşük bile olsa, uygun frekanslı ışığın düştüğü metal yüzeyden yüksek kinetik enerjili elektronlar koparılabilir.

Levha yüzeyi

Fotoelektrik devrede ışığın düştüğü metal yüzey büyütülürse, yüzeye daha fazla ışık düşeceğinden daha fazla elektron kopar, kopan elektron sayısı arttığından akım da artar.

Potansiyel farkı

Fotoelektrik olayda metalden kopan elektronların kinetik enerjileri ışığın frekansına bağlı olarak farklı farklı olabilir. Eğer katotla anot arasında bir elektrik alan yoksa fotoelektronlardan yeterli kinetik enerjisi olanlar ancak anota ulaşabilir. Bu elektronların tamamının anota gelmesi için anot ile katot arasına potansiyel fark uygulanarak elektriksiz alan oluşturulur. Fotosel tüpün uçları arasındaki potansiyel fark sıfır olduğunda devrede akım oluşması için metale düşen ışık enerjisinin bağlanma enerjisinden büyük olması gerekir ki fotoelektronlar anota ulaşmak için ekstradan gerekli kinetik enerjiye sahip olabilsinler. Fotoselin uçları arasındaki potansiyel farkın büyük olması katot-anot arasındaki elektrik alan şiddetini arttıracığından katotdan anota geçen elektron sayısı artar buda daha büyük fotoelektrik akım anlamına gelir.

Eşik enerjisi (iş fonksiyonu)

Bir elektronun metalden kopabilmesi için kendisini metale bağlayan kuvveti yenmesi gerekir. Bir elektronun metal yüzeyden kurtulabilmesi için sahip olması gereken minimum enerjiye eşik enerjisi ya da iş fonksiyonu denir. $E_b = h \cdot \nu_0$ ile ifade edilir. Eşik enerjisine bağlanma enerjisi de denir.

Metallerin eşik enerjileri cinslerine bağlı olduğundan her metalden elektronların kurtulması farklı enerji gerektirir. Bazı metallere ait eşik enerjisi değerleri çizelgede yer almaktadır.

Metal	Eşik Enerjisi (eV)
Platinyum	6,4
Bakır	4,7
Gümüş	4,7
Demir	4,5
Çinko	4,3
Kurşun	4,1
Alüminyum	4,1
Sodyum	2,5

Bazı metallerin eşik enerjileri

Eşik enerjisi ve fotoelektronların maksimum kinetik enerjisi

Enerjinin korunumu ilkesine göre metalden kopan bir elektronun maksimum kinetik enerjisi

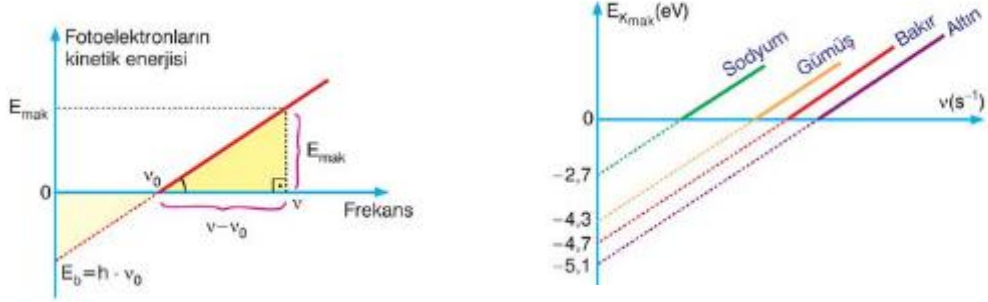
$$K_{\max} = h\nu - E_b$$

Bu bağıntıya göre enerjisi E_b değerine eşit ya da büyük olan fotonlar metal yüzeyden elektron koparabilir.

Kinetik enerji- frekans grafiği

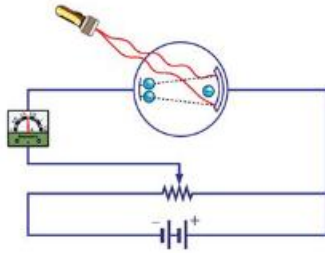
Metalden koparılan fotoelektronların maksimum kinetik enerjilerinin metale düşen ışığın frekansına bağlı değişim grafiği şekildeki gibidir. Bu grafiğin eğimi Planck sabitine eşittir. Her cins metal için grafiğin şekli yani eğimi aynıdır, sadece eşik frekans değerleri ve bağlanma enerjisi değerleri farklılık gösterir.

Bazı metallerin kinetik enerji-frekans grafikleri şekildeki gibidir.



Durdurma gerilimi

Oluşturduğu zıt elektriksel alan ile fotoelektronların kinetik enerjilerini sıfırlayan gerilime durdurma gerilimi ya da kesme potansiyel farkı (V_k) denir. Durdurma gerilimini elde etmek için bir fotoelektrik devresinde bataryanın uçları ters bağlanabilir. Bu durumda katottan kopan elektronlardan sadece yeterli kinetik enerjisi olanlar anota ulaşabilir. zıt yönlü olan potansiyel fark dolayısı ile elektriksel alan şiddeti arttırıldıkça katot yüzeyinden kopan elektronların anota ulaşması için daha fazla kinetik enerjiye sahip olmaları gerekir. Böylece elektron sayısı azalır ve eğer gerilim belirli bir değere ulaşırsa yeterli kinetik enerji olmadığından hiçbir elektron anota ulaşamaz ve akım durur.



Durdurma geriliminde fotoelektronların katodu terk ederken sahip oldukları maksimum kinetik enerji elektriksel alan tarafından elektronları durdurmak için yapılan işe eşit olur. Durdurma gerilimini V_k bir elektronun yükünü de q_e ile gösterirsek, kinetik enerji;

$$K_{\max} = q_e \cdot V_k \text{ ile ifade edilir.}$$

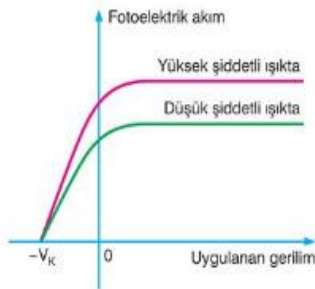
Daha önceki formül ile ilişkilendirirsek;

$$K_{\max} = h\nu - E_b \quad K_{\max} = q_e \cdot V_k \quad h\nu = E_b + K_{\max} \quad h\nu = E_b + q_e \cdot V_k$$

V_k elde edilir.

Fotoelektrik devrede akım-gerilim ilişkisi

Bir fotoelektrik devresinde katotun iki farklı şiddetteki ışık ile aydınlatılmasında, anot katot arasına uygulanan gerilime bağlı oluşan fotoelektrik akımının değişim, yandaki grafikteki gibidir. Grafiğe göre elde edilebilecek veriler şöyledir;



- Anot-katot arasına üreteç yardımı ile gerilim uygulanmadığı durumlarda da akım oluşur.

• Fotoelektrik akımı ışık şiddetine bağlıdır. Işık şiddeti ne kadar yüksek ise o kadar fazla foton var demektir. Foton sayısı fazla olunca metal yüzeyden koparılacak elektron sayısı da fazla olur buda oluşan akımın artmasını sağlar.

• Fotoelektrik akımı elektrotlara uygulanan gerilime bağlıdır. Gerilim arttıkça oluşan fotoelektrik akımda artar ve belirli bir maksimum değerine ulaşır. Bu andan sonra gerilim artsa da akım değişmez. Çünkü sabit ışık şiddetinin kopardığı elektronların tamamı oluşturulan güçlü elektriksel alan tarafından anota ulaştırılır. Işık şiddeti değişmediğinden koparılan elektron sayısı da sabit olur ve sabit akım oluşur.

• Üretcin uçları ters bağlanarak elektrotlar arasına artan bir gerilim uygulandığında ise akım gittikçe azalarak, durdurma gerilimi değerinde sıfır olur. Çünkü bu anda fotoelektronların hiç biri anota ulaşamaz ve akım oluşmaz. Farklı ışık şiddetleri için durdurma geriliminin aynı olması, durdurma geriliminin ışık şiddetine değil, ışık frekansına bağlı olduğunu gösterir.

Burada örnek çözümüne yer verilecektir.

1-Sodyum yüzeyi dalga boyu 300 nm olan ışıkla aydınlatılıyor. Sodyum metalinin iş fonksiyonu 2,46 eV dir.

Sodyum yüzeyinden koparılan fotoelektronların maksimum kinetik enerjilerini bulunuz.

2-Çizelgededi eksik noktaları doldurunuz.

Metal	İş fonksiyonu /eV	İş fonksiyonu /J	Frekans /Hz	Saçılan elektronların maksimum kinetik enerjisi /J
sodyum	2.28		6×10^{14}	
Lityum	2.9		1×10^{15}	
Çinko	4.3			1.12×10^{-19}

Genişletme Aşaması: (Bu bölüm www.zambakegitim.com/kitaplar

adresinden yararlanılarak hazırlanmıştır.)

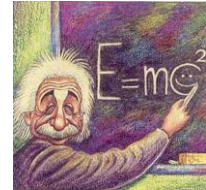
Yaşam ve fizik

Fotoselin kullanım alanları

Günümüzde fotoelektrik etki ışığın algılanması amacı ile pek çok elektronik araçta kullanılmaktadır. Bu devrelerde fotosel denilen devre elemanları kullanılmaktadır. Fotoseller üzerlerine düşen ışığın şiddeti ile orantılı olarak voltaj üreten ışık algılayıcılarıdır.

Fotoselin kullanım alanlarına bazı örnekler:

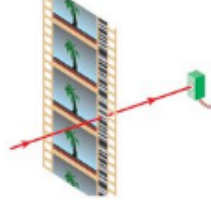
Otomatik kapılar: Başta alışveriş merkezleri olmak üzere hayatımızın pek çok alanına yerleşmiş olan kapıların çalışma sistemi de fotoelektrik olay ile açıklanabilir. Işığa duyarlı devre elemanları sayesinde kapıların açılıp kapanması sağlanır. Kapının hareketini sağlayan motorlar bir fotosel yardımı ile harekete geçirilir.





Bar kod okuyucu : Çok sayıda ürün çeşidinin bulunduğu mağaza ve marketlerde fiyatlandırma ve stok takibi ürünlerin üzerine yapıştırılan çizgili kodlarla yapılır. Bu çizgileri okumak için ışığa duyarlı bir elektronik sistem kullanılır.

saniyede 25 karelik bir sırada eş zamanlı devreleri ile sağlanır.



Sinema filmlerine ses kaydı: Sinemada hareketli bir görüntü oluşturmak için hızla çekilmiş görüntüler perdeye aksettirilir. Bu olarak filmim müzik ve seslerinin verilmesi fotosel



Bilgisayar faresi: Bilgisayar faresinin çalışması ışığa duyarlı fotosel sistemler ile el hareketlerinin bilgisayara iletilmesi sağlanır.



Güneş pillerinde: Güneş pilleri üzerine düşen ışık enerjisinin yaklaşık % 15 'ini elektrik enerjisine çeviren çok ince silikon tabakalardan yapılmıştır. Alarm devrelerinde, otomatik olarak yanıp sönen sokak lambalarının kontrolünde ve ışık enerjisinin algılanması gereken pek çok sistemde kullanılır.

Değerlendirme Aşaması:

Bu aşamada öğrencilere, yeni kavram ve becerileri uygulayabilmeleri için, açık uçlu sorulardan oluşan değerlendirme aşaması çalışma yaprağı verilir. Ayrıca bu noktada, öğrencilerde meydana gelen davranış ve düşünce değişikliklerini ortaya çıkarmak amaçlanmaktadır.

Fotoelektrik olay değerlendirme aşaması soruları

Bölüm 1

1-9 numaralı sorularda A,B ve C seçeneklerinden birini seçiniz.

- A- Artar
- B- Azalır
- C- Aynı kalır

Bir fotoelektrik etki deneyi gerçekleştirdiğinizi ve yüzeyden elektron koparmaya yetecek frekansta mor renkli ışık kullandığınızı kabul ediniz.

Eğer mor renkli ışık şiddetini arttırırsanız,

- 1) Her bir fotonun enerjisi.....
- 2) Her bir saniyede saçılan elektron sayısı.....

3) Saçılan elektronların hızı.....

4) Her bir fotonun hızı.....

Eğer ışığın şiddeti sabit tutulur, frekansı arttırılırsa,

5) Her bir fotonun enerjisi.....

6) Saçılan elektron sayısı.....

7) Her bir fotonun hızı.....

8) Bir fotoelektrik etki deneyi gerçekleştirdiğinizi düşününüz. Deneyde, yüzeyden elektron saçılmasını sağlayacak frekansta mor ışık kullanıyorsunuz. Eğer ışığın frekansını sabit tutup, şiddetini arttırırsanız, durdurucu potansiyel

9) Bir fotoelektrik etki deneyi gerçekleştirdiğinizi düşününüz. Deneyde, yüzeyden elektron saçılmasını sağlayacak frekansta mor ışık kullanıyorsunuz. Deneyde, aynı şiddette mor ışık yerine mor ötesi ışık kullanırsanız, durdurucu potansiyel

İlişkilendirme Aşaması:

Bu aşamada ise öğrencilerin yeni kavram ve konu hakkında bildiklerini diğer öğrenciler ile paylaşmalarına fırsat verilir.

Tek renkli ışık, devamlı bir elektromanyetik dalga ya da enerji paketlerinin (foton) akışı gibi düşünülebilir. Fotoelektrik etki, bir metal yüzey üzerine düşen ışınların, metal yüzeyden elektron yayma olayıdır. Işındaki enerji, metal yüzeydeki elektronların bazılarını transfer edilir ve elektronlar saçılır. Burada gözlenen 2 durum vardır:

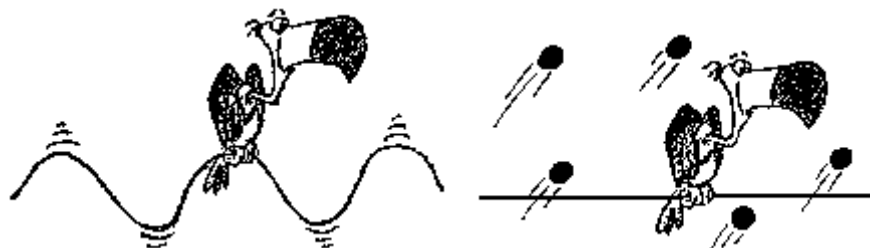
1. Yeterli yüksek frekanslı tek renkli ışık için, saniyede saçılan elektronların oranı, ışığın şiddeti arttıkça artar.

2. Yüzeyden elektronların saçılabilmesi için, sadece tek renkli ışığın belirli bir frekans değerinin üstünde bir frekansa sahip olması gerekir. Eğer tek renkli ışık, bu frekans değerinden daha düşük bir frekansa sahip ise ışığın şiddeti ne kadar fazla olursa olsun hiç elektron saçılmaz.

Aşağıdaki şekilleri zihninizde canlandırınız. Metal yüzeydeki elektronları, telefon telinde oturan bir kuş gibi düşününüz. Işığın etkisi 2 ayrı yolla resmedilmiştir. Klasik elektromanyetik dalgaya göre, tel üzerindeki kuşu uçurabilmek için, teli sallamak gerekir. Enerji paketlerinin akışı gibi düşünülürse, kuşu uçurabilmek için, kuşa taş atmak gerekir.

Açıklanan bu modellerden hangisi yukarıdaki gözlemlere uyar? Cevabınızı kısaca açıklayınız. (Ek Bilgi: dalga modelinde frekans telin ne sıklıkla sallandığına, şiddet ise sallama hareketinin genliğine bağlıdır.

Parçacık modelinde ise; frekans kuşa atılan taşın enerjisine, şiddet ise birim zamanda atılan taşa bağlıdır.)



Atom

Ön bilgileri yoklama aşaması

Öncelikle öğrencilerin, atom modelleri ile ilgili ön bilgilerini belirlemek için ne bildiğini fark et ve 'Atom modellerini hatırlayalım' isimli etkinlikler yaptırılır. Etkinliğin amacı, öğrencilerin atom modelleri hakkında öğrendikleri bilgileri hatırlamaları ve aralarındaki tarihsel gelişim süreçlerini fark etmeleridir. Öğrenciler cevapları kaydeder. Öğrencilerin atom modelleri hakkında kendi aralarında tartışmalarına izin verilecektir (5 dakika)

Ne Bildiğini fark et:

Zihninizde canlandırdığımız atom modelini çiziniz.

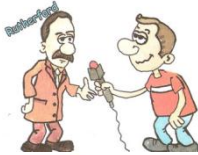
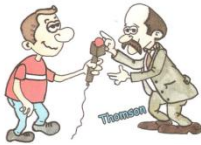
.....
.....
.....

Zihninizdeki atom modelini (yazarak) betimleyiniz.

.....
.....
.....

Atom modellerini hatırlayalım

Atomu tanımaya çalışan bir öğrenci zaman tüneline yolculuğa çıkarak, karşılaştığı bilim adamlarına atomu sorar. Öğrenciyle birlikte bu sürece dahil olduğunuzu kabul edelim, bilim adamlarının verdiği yanıtları yan tarafta yer alan boşluğa yazınız.

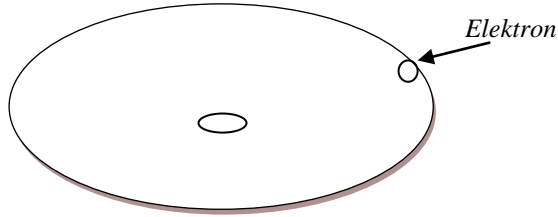


Bohr atom modeli son model midir?

Merak uyandırma aşaması

Bu aşamada öğrencilerden farklı test kitaplarında yer alan atomun yapısı ile ilgili şekli incelemeleri istenir. (Bu şekil, öğrencilerin atom yapısı ile ilgili sıklıkla karşılaşabilecekleri ve sıklıkla kullanılan bir gösterimdir.) Daha sonra öğrencilere belirtilen sorular yöneltilerek, öğrencilerin konu üzerinde düşünmeleri sağlanır.

Birçok test kitabında atomun yapısı ile ilgili aşağıdaki şekli görebilirsiniz. (elektron, atomun çekirdeği etrafında belirli bir yörüngede yer alır)



Sizce bu atomun yapısı ile ilgili doğru bir gösterim midir? Açıklayınız.

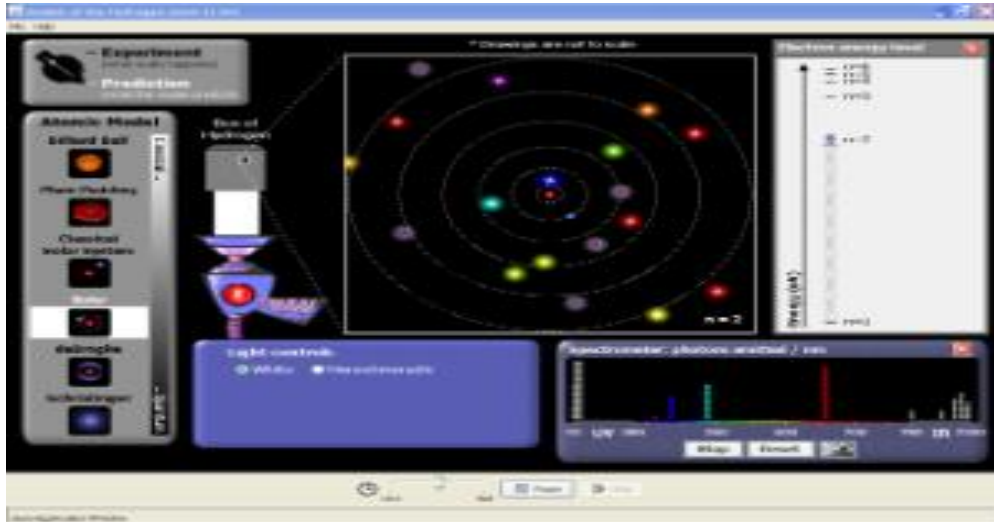
Atomun yapısını anlamak neden önemlidir?

Keşif aşaması:

Bu aşamada, öğrenciler,

http://phet.colorado.edu/simulations/sims.php?sim=Models_of_the_Hydrogen_Atom

adresine yönlendirilecektir. Öğrencilerin karşılıklarına gelecek olan simülasyon ekranı şekildeki gibidir. Bu simülasyonda çeşitli atom modelleri yer almaktadır. Bu simülasyon ile ilgili çalışma yaprağı sunulacaktır. Hazırlanan çalışma yaprağı atom modellerinin tarihsel gelişimine göre hazırlanmıştır, böylece öğrencilerin atom modellerini tarihsel süreçte ele alarak, atom modellerinin açıkladıkları ve yetersiz kaldıkları noktaları da keşfetmesi planlanmaktadır.



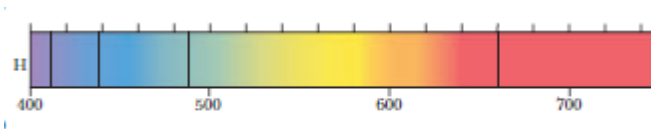
Simülasyon ekranının görüntüsü

Keşif Aşaması Çalışma Yaprağı

Yapılan deneylerde tüm gazların ışığı soğurduğu fakat bu soğurmanın sadece belli dalga boylarında olduğu ortaya çıktı. Eğer bir elementin seyreltilmiş gazından beyaz ışık geçirilirse, her element farklı dalga boylu ışığı soğurur. Gazın içinden geçen ışık bir prizmadan geçirilirse gökkuşağı renklerinin arasında karanlık çizgiler görünür. Bu karanlık çizgilerin yeri ve sayısı her element için farklıdır. Bu yolla elde edilen spektruma soğurma spektrumu denir. Bir elementin seyreltilmiş gazına yüksek voltaj uygulanırsa gaz ışık yaymaya başlar. Bu ışık yine prizmadan geçirilirse siyah bir fon üzerinde her element için değişik renk ve sayıda çizgiler oluşur. Bu spektruma yayılma spektrumu denir. Yüksek voltaj uygulanarak enerji verilen bir elementin gazının ışık yayması 19. Yüzyılda biliniyordu, fakat spektrumdaki çizgilerin sebebi anlaşılammıştır. Bu problemin çözümünde sahneye Bohr çıkar.....Şimdi bu noktaları birlikte keşfedelim....



Hidrojenin yayılma spektrumu



Hidrojenin soğurma spektrumu

Belirtilen adresteki simülasyonu çalıştırınız.

http://phet.colorado.edu/simulations/sims.php?sim=Models_of_the_Hydrogen_Atom

Simülasyonun sol üst köşesinde deney ve tahmin butonları yer almaktadır.



Birinci aşamada deney butonunu seçerek, burada yer alan atom modellerinden Dalton Atom modelini seçiniz.

Dalton atom modeli atomun iç yapısı hakkında ne söylüyordu? Gözlemleyiniz.



İkinci aşama olarak Thomson atom modelini seçiniz. Thomson atom modeli atomun iç yapısı hakkında ne söylüyordu? Gözlemleyiniz.

Ekranda yer alan spektrometreyi göster (show spectrometer) düğmesini tıklayınız. Simülasyonun aşağısında yer alan 'yavaş-----hızlı' butonunu hızlı konuma getiriniz. Simülasyonu 1 dakika çalıştırarak, gözlemlerinizi not ediniz.



Üçüncü aşama olarak Rutherford atom modelini seçiniz. Bu modelin bir diğer adı güneş sistemi modelidir. Simülasyonu gözlemleyiniz.

Daha sonra sağ üst köşede yer alan 'elektron enerji düzeyi diyagramını göster' butonuna basınız. Gözlemlerinizi kısaca not ediniz.





Dördüncü aşama olarak Bohr atom modelini seçiniz. Simülasyonda neler olduğunu kısaca gözlemleyiniz.

Daha sonra elektron enerji düzeyi diyagramını ve spektrometreyi göster düğmesini tıklayınız.. Elektron enerji düzeyi diyagramında yer alan $n=1,2,3\dots$ ifadeleri ne anlama gelmektedir?

Simülasyonun aşağısında yer alan 'yavaş-----hızlı' butonunu hızlı konuma getiriniz. Simülasyonu 1 dakika çalıştırarak, gözlemlerinizi not ediniz.



Herhangi bir spektrum çizgisi gözlemlediniz mi? Burada gözlediğiniz spektrum çizgileri hidrojenin gerçek spektrum çizgileri ile uyuyor mu? Bu model yeterli bir model midir? Kısaca açıklayınız.



Açıklama Aşaması: (Bu bölüm www.zambakegitim.com/kitaplar adresinden yararlanılarak hazırlanmıştır.)

Öğrencilere bohr atom modeli çalışma yaprağı sunulduktan sonra, bu modeli daha iyi kavratmak, modelin açıkladığı ve yetersiz kaldığı noktaları ortaya koymak için

-bohr yörüngelerinin yarıçapı

-bohr yörüngelerinin enerjisi

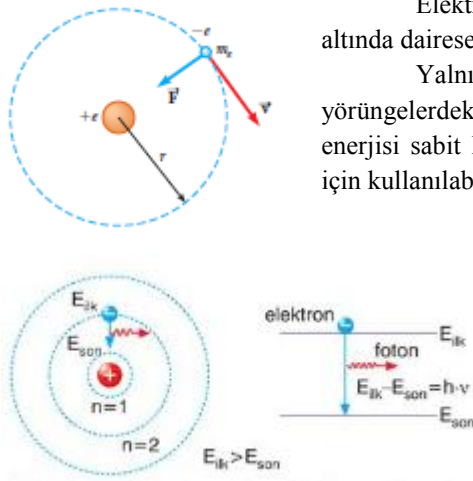
-bohr modelinin eksiği var mı? konularına değinilecektir. Ancak burada konular direkt olarak öğrencilere verilmeyecek, aşama aşama öğrenci katılımı ile, formüllerin türetilmesi şeklinde işlenecektir.

20. yüzyılın başında bilim adamları klasik fiziğin atom spektrumlarını açıklamadaki başarısızlığı ile karşı karşıya kaldılar. Klasik fiziğin cevap bulamadığı sorular: neden belirli bir elementin atomları yalnızca hep aynı spektrum çizgilerini veriyorlardı? Neden atomlar, yalnızca ışına yaptıkları dalga boylarını soğurmaktadır?

Tüm bu sorulara açıklık getiren Niels Bohr oldu. Bohr'un ortaya attığı teori, Planck'ın kuantum teorisini, Einstein'ın foton kuramını, daha önceki atom modelleri ve Newton mekaniğini bir araya getirmesi ile kurulmuştu. Bohr en basit atom olan hidrojen atomunu kullanarak atomların yapısının nasıl olması gerektiği konusunda bir model önerdi.bohr'un temel fikirleri aşağıdaki gibidir:

Elektron proton çevresinde çekici Coulomb kuvveti etkisi altında dairesel yörüngede hareket eder.

Yalnızca belirli elektron yörüngeleri karardır. Bu yörüngelerdeki elektronlar ışına yapmadığından, atomun toplam enerjisi sabit kalır ve klasik mekanik elektronun hareketini incelemek için kullanılabilir.



korunumundan:

$$E_{ilk}-E_{son}= hv \text{ şeklinde ifade edilir.}$$

Çekirdek çevresindeki yörüngelerin yerini belirleyen fiziksel büyüklük elektronların açıl momentumudur. İzinli yörüngeler elektronun çekirdeğe göre yörüngesel açıl momentumunun $\hbar = h/2\pi$ nin tam katlarına eşit olan yörüngelerdir:

$$m_e v r = n \hbar \quad n=1,2,3,\dots$$

Bu dört varsayımı kullanarak hidrojen atomunun izinli enerji seviyelerini ve yayınlanan dalga boylarını hesaplayabiliriz. Bohr elektrostatik kuvvet ve dairesel hareketin kuvvet bağıntılarından yararlanarak, hidrojen atomundaki elektrona ait 2 önemli hesaplama yapmıştır. Bunlardan birincisi elektronun çekirdek etrafında bulunabileceği yörüngelerin yarıçapları, ikincisi ise elektronların bu yörüngelerde sahip olabilecekleri toplam enerjileridir.

Elektronun dolandığı yörünge yarıçapı için;

Elektriksel kuvvet(Coulomb kuvveti): $F_e = \frac{k \cdot q_1 \cdot q_2}{r^2} = \frac{k \cdot Z \cdot e \cdot e}{r_n^2} = \frac{k \cdot Z \cdot e^2}{r_n^2}$

Dairesel hareketin merkezci kuvveti: $F_{mer} = \frac{m_e \cdot v^2}{r_n}$

$$L_n = n \cdot \hbar = m_e \cdot v \cdot r_n$$

Açıl momentum:

Bağıntılarını kullanarak elektronun dolandığı yörüngenin yarıçapını:

$$r_n = \frac{n^2 \cdot \hbar^2}{m_e \cdot k \cdot Z \cdot e^2}$$

elde etti, burada $n=1,2,3,\dots$ ile ifade edilir.

Bu eşitlik yarıçapların kesikli değer aldıklarını gösterir yani kuantumdur. Bu sonucun temeli elektronun yalnızca n tamsayısı ile tayin edilen belirli, izinli yörüngelere sahip olabileceği varsayımdır.

Bohr bu bağıntıyı elde edince en basit yapıli hidrojen atomunu ele alarak uygulamalarını yapmıştır. Çünkü hidrojen atomu bir tane elektrona bir tanede protona sahip basit bir yapıdadır. Hidrojen atomu için uyguladığında $Z=1$ ve birinci yörünge için $n=1$ olur ve bağıntı:

$$a_0 = \frac{\hbar^2}{m_e \cdot k \cdot e^2}$$

olur.

Bağıntıdaki değerler yerine yazılır ise $a_0=0,529$ A elde edilir. Elde edilen bu değer günümüzde hesaplanan değere oldukça yakın bir değerdir.

Burada yörünge yarıçaplarının kuantumlanması enerjinde kuantumlu olduğunu gösterir.

Bohr bir atomda çekirdek etrafında dolanan elektronların toplam enerjisinin bu elektronların sahip olduğu 2 farklı enerjinin toplamına eşit olduğunu düşündü.

Elektriksel potansiyel enerji: $E_p = \frac{k \cdot q_1 \cdot q_2}{r} = \frac{k \cdot Z \cdot e \cdot (-e)}{r_n} = -\frac{k \cdot Z \cdot e^2}{r_n}$

Kinetik enerji: $E_K = \frac{1}{2} \cdot m_e \cdot v^2$

Bağıntılarını kullanarak elektronun toplam enerjisinin: $E_n = E_p + E_K = -\frac{k \cdot Z \cdot e^2}{r_n} + \frac{1}{2} \cdot m_e \cdot v^2$

bağıntısına eşit olduğunu ortaya koydu.

Bu sisteme newtonun ikinci yasaını uygulayarak elektriksel kuvveti, dairesel hareketin merkezci kuvvetine eşitledi.

$$F_{mer} = F_e$$

$$\frac{m_e \cdot v^2}{r_n} = k \frac{q_1 \cdot q_2}{r_n^2}$$

$$\frac{1}{2} \cdot m_e \cdot v^2 = \frac{k \cdot Z \cdot e^2}{2r_n}$$

Buradan; elektronun toplam enerji bağıntısına geri dönersek;

$$E_n = -\frac{k \cdot Z \cdot e^2}{r_n} + \frac{k \cdot Z \cdot e^2}{2r_n} = -\frac{k \cdot Z \cdot e^2}{2r_n}$$

elde edilir. Bu eşitlikte daha önce bulduğumuz r_n bağıntısı yerine koyulup, düzenlemeler yapılırsa;

$$E_n = -\frac{m_e \cdot k^2 \cdot e^4}{2h^2} \left(\frac{Z^2}{n^2} \right)$$

bağıntısı elde edilir. Bağıntıda sabit değerler yerine yazılırsa;

$E_n = -Z^2/n^2 \cdot 13,6 \text{ eV}$ bulunur. Burada $n=1,2,3 \dots$ değerlerini alır. Bu bağıntı ile atom numarası Z olan bir atomun n . Yörüngesinde dolanan bir elektronun toplam enerjisi hesaplanabilir.

Bohr atom modelini ortaya koyarken bir elektronun yüksek enerjili yörüngeden düşük enerjili yörüngeye atarken ışımaya yapacağını varsaymıştı. Yayınlanan ışımının frekansı enerjinin korunumundan: $E_{ilk} - E_{son} = h\nu$ şeklinde elde etmişti. Burada yer alan frekans ifadesi çekilirse;

$\nu = (E_{ilk} - E_{son}) / h$ elde edilir. Bu eşitlikte daha önce elde edilen E_n ve a_0 değerleri kullanıldığında;

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{k^2 \cdot Z^2 \cdot e^2}{2a_0 \cdot h \cdot c} \left(\frac{1}{n_{son}^2} - \frac{1}{n_{ilk}^2} \right)$$

elde edilir. Burada yer alan

$$\frac{k^2 \cdot e^2}{2a_0 \cdot h \cdot c}$$

eşitliğini hesapladığımızda, bu eşitlik yerine Rydberg

sabiti olarak isimlendirilen bir sabit yazılabilir. Bu sabitin değeri $1,09737 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$ dir.

Bu sabit kullanılarak atom numarası Z olan bir atomda, ilk yörüngeden son yörüngeye atlayan bir elektronun yayacağı fotonun dalga boyu hesaplanabilir.

Bu açıklamalar yapıldıktan sonra, öğrencilere;

-Bohr atom modeli ile atomun yapısı tamamen ortaya konmuş mudur? Yoksa diğer atom modellerinde olduğu gibi Bohr atom modelinin de eksik tarafları, açıklayamadığı noktalar var mıdır?

şeklinde sorular yöneltilir. Öğrencilerden cevaplar alındıktan sonra, öğrencilere Bohr atom modelinin eksik yönleri sunulur.

BOHR TEORİSİNİN EKSİK TARAFLARI

Bohr modeli Rutherford atom modeline göre oldukça üstün tarafları olsa da bu kuramında eksik yönleri söz konusudur.

Bohr atom modeli yalnızca tek elektronlu sistemlerin spektrumlarını açıklayabilir. Ve çok elektronlu sistemlerin spektrumlarını açıklamakta yetersiz kalır. Çok elektronlu atomların spektrumlarında enerji düzeylerinin her birinin iki ya da daha fazla düzeye ayrıldığı görülmektedir.

Yine hidrojen gazı, bir elektrik alanı veya magnetik alanda soğurma spektrumları incelenirse, enerji düzeylerinin çok elektronlu sistemlerde olduğu gibi iki ya da daha fazla enerji düzeyine ayrıldığı görülür.

Burada örnek çözümüne yer verilir:

Örnek 1: Hidrojen atomunda elektron $n=2$ enerji durumundan taban durumuna $n=1$ e geçiş yapıyor. Yayınlanan fotonun dalga boyunu ve frekansını bulunuz.

Genişletme Aşaması:

Burada öncelikle hayatımızın neresinde bölümüne yer verilecek daha sonra öğrencilere kısaca modern atom teorisinden bahsedilecektir.

Hayatımızın neresinde?

Tayf çizgilerinin anlaşılması önemlidir. Çünkü bu çizgiler elementlerin ayırt edici bir özelliğidir. Her elementin kendine özgü tayf çizgisi vardır. Bu nedenle tayf analizi fizikçiler, kimyacılar ve astronomi ile ilgilenenler için oldukça sık kullanılan bir araştırma yöntemidir. Örneğin, güneş spektrumunun ilk incelenmesinde bilinen hiçbir elemente karşı gelmeyen bazı çizgiler bulunmuştur. Yani bir element keşfedilmiş ve bu elemente Yunancada güneş anlamına gelen helios kelimesinden türetilen helyum adı verilmiştir.

Yine bu spektrumların analizi, gıda zincirindeki ağır metal kirliliğinin analizinde kullanılır. Örneğin, ton balığında yüksek seviyede civa varlığının tespiti ilk defa atomik soğurma spektroskopisi kullanılarak yapılmıştır.

Modern atom teorisi

Bohr, elektronu hareket halinde yüklü tanecik olarak kabul edip, bir hidrojen atomundaki elektronun sadece bazı belirli enerjiye sahip olacağını varsayarak teorisini ortaya attı. Bu teori hidrojen gibi tek tek elektronlu He^+ , Li^{+2} iyonlarına da uymasına rağmen, çok elektronlu atomların ayrıntılı spektrumlarının, kimyasal özelliklerini açıklanmasına uymamaktadır. Yine de modern atom modelinin gelişiminde bir basamak teşkil etmiştir.

Modern atom teorisini kısaca şu şekilde özetleyebiliriz:

Atomda belirli bir enerji düzeyi vardır. Elektron ancak bu düzeyden birinde bulunabilir.

Elektron bir enerji düzeyindeki hareketi sırasında çevreye ışık yaymazlar.

Atoma iki düzey arasındaki fark kadar enerji verilirse elektron daha yüksek enerji düzeyine geçer.

Atoma verilen enerji kesilirse elektron enerjili düzeyinde kalmaz daha düşük enerji düzeyinden birine geçer. Bu sırada iki düzey arasındaki fark kadar enerjiyi ışık şekline çevreye verir.

Modern atom modeli dalga mekaniğindeki gelişmelerin elektronun hareketine uygulanmasına dayanmaktadır. Bu modelin öncüleri Werner Heisenberg ve Erwin Schrödinger gibi önemli bilim adamlarıdır.

Değerlendirme Aşaması:

Bu noktada, öğrencilerde meydana gelen davranış ve düşünce değişikliklerini ortaya çıkarmak amaçlanmaktadır. Bunun için ön bilgileri açığa çıkarma basamağındaki sorular tekrar yöneltilir. Ayrıca öğrencilere konu ile ilgili hazırlanmış çalışma yaprağı sunulur.

Değerlendirme Aşaması Çalışma Yaprağı

1) Zihninizde canlandırdığınız atom modelini çiziniz.

.....
.....

2) Zihninizdeki atom modelini (yazarak) betimleyiniz.

.....

- 3) He^{+1} iyonundaki elektron 2. uyarılmış durumdadır. Bohr kuramını kullanarak elektronun,
- Yörünge yarıçapını
 - Hızını
 - Kinetik enerjisini
 - Potansiyel enerjisini
 - Toplam enerjisini hesaplayınız.



İlişkilendirme Aşaması:

Bu aşamada, öğrencilerden kendi isimleri ile bir atom modeli önermeleri istenecektir. (Bu noktada öğrenciler şekil çizebilir, şekil üzerinde açıklama yapabilir ya da değişik materyaller kullanarak bir model oluşturabilirler.)

Daha sonra öğrencilerin önerdikleri modelleri arkadaşları ile paylaşımları istenecek, böylece öğrenciler, fikirlerini diğer öğrenciler ile paylaşma fırsatı elde edeceklerdir. Daha sonra öğrencilerin yapmış oldukları önerileri, modern atom teorisi ile kıyaslamaları istenecektir.

Atomun yapısını bilmek ne kazandırır?

Bohr atom modeli ile kuantum fiziği arasındaki ilişki nedir?

Sizden bir atom modeli önermeniz istense, kendi adınızla bilimsel bilgiler ışığında nasıl bir atom modeli önerirdiniz.

Fotonlar ve elektromanyetik dalgalar-parçacıkların dalga özellikleri

Ön bilgileri yoklama aşaması



“Ne Bildiğini fark et” başlığı altında öğrencilerin var olan ön bilgilerini ölçmeyi hedefleyen bir aşamadır. Konuya başlamadan öğrencilere belirtilen sorular yöneltilir, öğrenciler sorulara verdikleri cevapları kaydeder. Bu noktada öğrencilerin daha önceki üniteler ile bağlantı kurmaları düşünülmektedir. Öğrencilerin sorular hakkında kendi aralarında tartışmalarına izin verilecektir (5 dakika). Cevaplarla ilgili bu aşamada yargıda bulunulmaz.

Ne Bildiğini fark et:

Işığın tanecik yapısını ortaya koyan deneye örnek vererek, bu deneyin neden tanecik modelini desteklediğini açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

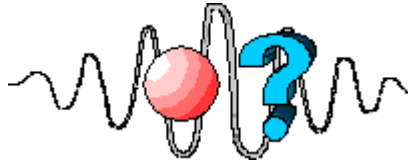
Işığın dalga yapısını ortaya koyan deneye örnek vererek, bu deneyin neden dalga modelini desteklediğini açıklayınız.

.....

.....

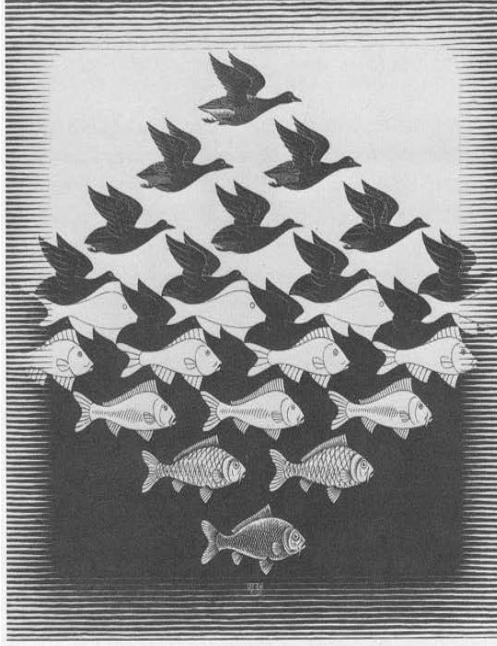
.....

.....



Merak uyandırma aşaması

Merak uyandırma aşamasında, resimler öğrencilere incelenir. Bu noktada öğrencilere 'Işık bir dalga mıdır? Yoksa Parçacık mıdır? Böyle bir soru sormak mantıklı mıdır?'. Soruları yöneltilir ve açıklama yapmaları istenir. Bu aşamada soruların yanıtına kısaca değinilecek, ışığın parçacık ve dalga modellerinin birbirinin tümleyicisi olduğu ve ışığın gerçek doğasının herhangi bir tek klasik model ile açıklanamaz olduğu kısaca belirtilecektir. Daha sonra fotoelektrik olay ve bir önceki yıl ışığın dalga modelini açıklayan kırınım ve girişim olayları öğrencilere hatırlatılacaktır.



M. C. Escher—Sky and Water II, 1938. Collection Haags Gemeentemuseum—The Hague, 1981. © BEELDRECHT, Amsterdam/V.A.G.A., New York.



Resimler incelendikten ve soruların cevaplarına kısaca değinildikten sonra öğrencilere aşağıda yer alan sorular yöneltilir;

Acaba parçacıklarda dalga özelliği gösterebilir mi?

'Elektron için ne söyleyebilirsiniz? Elektron parçacık mıdır? Yoksa dalga mıdır?'

Elektron dalga özelliğine sahip olabilir mi?

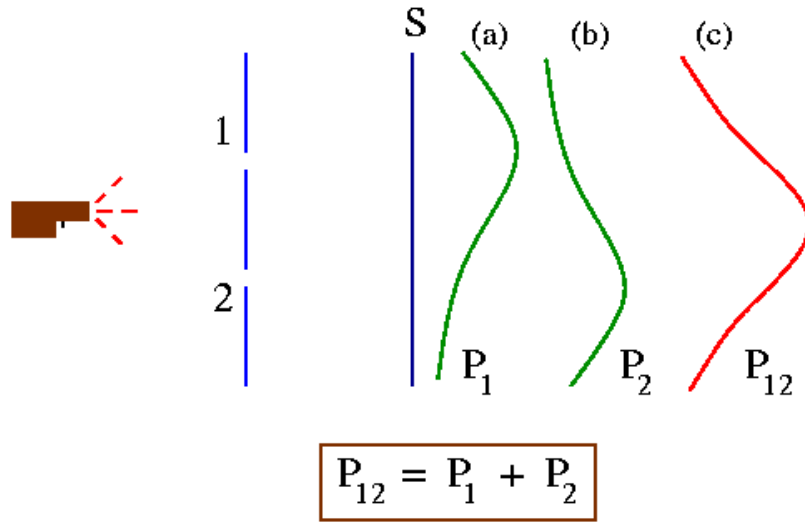
soruları yöneltilerek, yanıtlar alınır, böylece öğrencilerde konuya merak uyandırılır.

Keşif aşaması

Işığın ikili doğası ile karşılaşan öğrenciler genellikle bu kavramı kabullenmekte oldukça zorlanırlar. Çünkü bizler günlük yaşantımızda tenis topu gibi şeyleri parçacık, su dalgası gibi şeyleri de dalga olarak adlandırırız. Büyük ölçekli gözlemlerimizde dalga ve parçacık açıklamalarımız doğru olabilir ancak fotonlar ve elektronlar dünyasında bu gibi ayrımlar bu kadar kolay yapılabilir mi? Bu noktada keşif aşamasındaki temel amacımız parçacıkların dalga özelliğinin öğrencilere kavratılmasıdır ve bunun için öğrencilere ilk aşamada konu ile ilgili bir düşünce deneyi sunulur.

Yıkılmaz kurşunlar (Bu bölüm Feynman Lectures in Physics Volume III'ten yararlanılarak oluşturulmuştur.)

Arka arkaya mermiler atabilen çok hızlı bir makineli tüfeğimiz olduğunu düşünelim. Makineli tüfeğin önünde kurşunların geçebileceği kadar büyük olan iki deliğin bulunduğu bir duvar var olsun. Duvarın ardında, kendisine çarptığında kurşunların gömüleceği bir ekran var. Daha sonra deliklerden geçip bu ekrana saplanmış olan kurşunları sayabiliriz.



Deliklerden geçtikten sonra "x mesafesinde (ekranın merkezinden) ekranda bir kurşunun bulunabilme olasılığı nedir?

Bu türden bir denemenin sonucu yukarıda şekil (c) de yer alan grafikte gösterilmiştir. Olasılık P_{12} yi 1. ve 2. delikten kurşunların geçme olasılığı olarak tanımlamaktayız.

Şimdi aynı denemeyi yeniden yapıyoruz ancak bu sefer deliklerden birisini diyelim ki 2. deliği kapatıyoruz. Bu durumda kurşunların delik 1 den geçip ekrana çarpma olasılığı P_1 dir [yukarıda şekil (a)] .

Benzer bir biçimde delik 1 i kapatıyoruz ve kurşunların sadece 2. delikten geçmesini olanaklı kılıyoruz – bu durumda olasılık dağılımı P_2 [şekil. (b)] dir. Yukarıdaki şekilde ki bölüm (b) ve (c) yi kıyaslayarak şu önemli sonuca ulaşıyoruz:

$$P_{12} = P_1 + P_2.$$

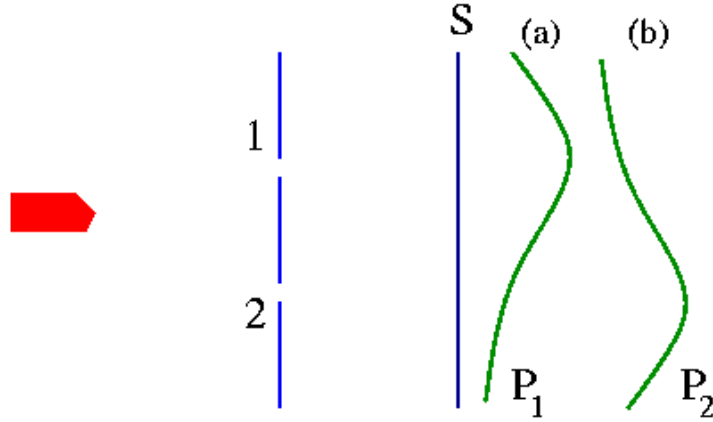
Olasılıklar basitçe bir birine eklenir. Böylece, her iki deliğinde açık olduğu durumda ortaya çıkan etkinin her bir delik açıkken ortaya çıkan etkilerin toplamı diyebiliriz. Bu deneme de var olan önemli bir gözlem “girişim” olmayışıdır.

Elektronlar ile ikinci düşünce deneyi:

Şimdi aynı deneyi, kurşun yerine elektron kullanarak tekrarlayalım. Makineli tüfek yerine bu sefer elektron tabancısı ile elektronları ateşliyoruz. Burada elektronlar delikten geçtikten sonra ekrana çarpar çarpmaz onları tespit edecek bir detektör (Geiger sayıcısı olabilir) kullanılmakta. Kurşunlar ile gerçekleşen denemede var olan üç adım burada da tekrarlanır.

(1) 2. delik kapatılır ve sadece 1. delik açıktır – elektronların sadece 1. delikten geçme şansları vardır. Ekranda elektron bulma olasılığı P_1 [Şekil. (a) aşağıda] dir.

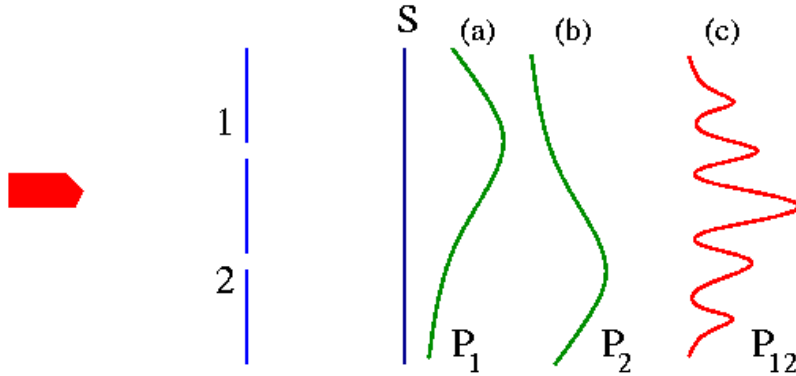
(2) 1. delik kapatılır ve sadece 2. delik açık bırakılır – elektronların sadece 2. delikten geçme şansları vardır. Şimdi ekran da elektron bulma olasılığı P_2 [Şekil (b) aşağıda] dir. .



(3) Her iki delikte açık - elektron ya delik 1 ya da delik 2 den geçer. Sonucun kurşunlar ile elde edilene benzer olacağını düşünebilirsiniz. Bu durumda olasılık P_{12} [şekil. (c) yukarı şekil] **dir**. $P_{12} = P_1 + P_2$.

Ancak aşağıda ki grafikte gösterildiği gibi öyle değildir. Her iki delikte açık iken ortaya çıkan durumun aşağıda gösterilen grafiksel şekli Young'ın çift yarık deneyindeki (yukarıda gösterilen) girişim desenine çok benzemektedir. Böylece şu sonuca varabiliriz “girişim söz konusudur ve P_{12} , P_1 ve P_2 nin toplamları değildir?

Bu noktada aklımıza şu soru gelebilir: Böyle bir şey nasıl mümkün olabilir?



Bu nasıl mümkün olur?

Eğer elektronları sadece parçacıklar olarak düşünürseniz fiziksel olarak girişim şeklini açıklamanın bir yolu yoktur. İlk olarak P_1 ve P_2 yi P_{12} ile ilişkilendiren matematik mantığını anlayalım. İlk olarak P_1 ve P_2 olasılıklarını j_1 ve j_2 dediğimiz iki karmaşık sayının mutlak kareleri bağlamında ifade edelim. Burada j_1 ve j_2 yi olasılık genişlikleri olarak ifade edeceğiz. Böylece,

$$P_1 = |j_1|^2, \quad P_2 = |j_2|^2.$$

Unutmayalım ki P_1 1. delik açıkken söz konusu olan etkiyi vermekte ve P_2 de 2. delik açık iken söz konusu etkiyi vermekte. Ve deliklerin birleşik etkisi şu biçimde ifade edilebilir:

$$P_{12} = |j_1 + j_2|^2.$$

Şimdi görebilmekteyiz ki:

$$P_{12} = |j_1|^2 + |j_2|^2 + 2|j_1||j_2|\cos q,$$

$$= P_1 + P_2 + 2(P_1 P_2)^{(1/2)} \cos q,$$

Bura da q , j_1 ve j_2 arasında yer alan faz farkıdır. Son ifade “girişim ifadesidir” ve bu Young'ın çift yarık deneyi ile aynıdır. Şu ifade ile sonucu ortaya koyabiliriz – elektronlar kümeler halinde gelirler ve parçacıklar gibi bu kümelerin gelme olasılığı bir dalga yoğunluğunun dağılımı gibi dağıtılır. Bir elektronun “bazen bir parçacık gibi bazen de bir dalga gibi davrandığını söyleyebiliriz.

Açıklama Aşaması:

Bu aşamada öğrencilere, parçacıkların dalga özelliklerini ortaya koyan Louis de Broglie'nin çalışmalarından kısaca bahsedilerek, de Broglie dalga boyunun çıkarımı verilecektir.

Louis de Broglie, 1923 yılında doktora tezinde fotonlar hem dalga hem de parçacık özelliklerine sahip oldukları için, belki maddenin her türlü şeklinin de her iki özelliğe sahip olabileceğini ortaya koydu. Bu o günlerde hiçbir deneysel dayanağı olmayan devrim yaratacak bir fikirdi. De Broglie'ye göre elektronlar, tıpkı ışık gibi ikili yapıya yani dalga-parçacık yapısına sahiptir ve her bir elektrona eşlik eden bir dalga vardır.

De Broglie dalga boyu çıkarımı:

Durgun enerjisi sıfır olan fotonun enerjisi ile doğrusal momentumu arasındaki bağıntı;

$$P=E/c \quad (1)$$

Fotonun enerjisi,

$$E=h\nu= hc/\lambda \quad (2)$$

Bu iki denkleme göre fotonun momentumu;2 nolu denklemi 1 nolu denklemde yerine yazarsak,

$P=E/c=hc/c\lambda$ olarak elde edilir. Bu eşitlikten fotonun dalga boyunun momentumu ile belirlenebileceğini görürüz: $\lambda=h/p$

De Broglie momentumu p olan maddesel parçacıkların $\lambda=h/p$ şeklinde bir dalga boyuna sahip olacaklarını önerdi. Kütlesi m ve hızı v olan bir parçacığın momentumu $p=mv$ olduğundan, o parçacığın de Broglie dalga boyu;

$$\lambda=h/p=h/mv \quad \text{olarak elde edilir.}$$

Ayrıca fotonlarda olduğu gibi, de Broglie madde dalgalarının frekansının $E=h\nu$ bağıntısına uyacağını postüle etti.

1923 yılında de Broglie'nin maddenin hem dalga hem parçacık özelliği sergileyeceği öngörüsü bütünüyle spekülasyon olarak karşılandı. Buradaki temel sorun eğer elektron gibi parçacıklar dalga özelliğine sahip iseler o zaman kırınım olayı sergilemelidirler.

Örnek: 1. $1,00 \times 10^7$ m/s hızla hareket eden bir elektronun ($m=9,11 \times 10^{-31}$ kg) de Broglie dalga boyunu hesaplayınız.

Genişletme Aşaması:

Bu aşamada öğrencilere ilk olarak keşif aşamasında sunulan düşünce deneyine paralel bir simülasyon izletilecektir. Simülasyon çift yarık deneyi ile ilgilidir ve Dr. Quantum (karakterimizin adı)'un anlatımı ile gerçekleşmektedir. Burada öncelikle parçacıkların davranışından sonra dalga davranışlarından söz edilmektedir. Burada akla gelen soru şudur? Acaba kuantum dünyasında da durum böyle midir?



Simülasyondan sonra öğrencilere aşağıdaki soru yöneltilir:

Acaba de Broglie'nin ortaya attığı bu öngörü deneysel olarak doğrulanmış mıdır? Yoksa bir spekülasyon olarak mı kalmıştır?

Öğrencilerden cevaplar alındıktan sonra kısaca Davisson-Germer deneyinden ve bu deneyin öneminden bahsedilir.

De Broglie nin önerdiği madde dalgaları, Davisson ve Germer tarafından düzenlenen bir deney sırasında tesadüfen doğrulanmıştır. ABD'den C.S. Davisson ve L.H. Germer adındaki bu iki bilim adamının ilk baştaki amaçları düşük enerjili elektronların boşlukta nikel bir metalden saçılmasını incelemektir. Ancak deneyi yaparlarken vakumu oluşturan kap kaza sonucunda kırıldı ve nikel yüzey hava ile temas ederek oksitlendi. Oksit tabakasını yok etmek için nikel plaka hidrojen buharı ile ısıtıldıktan sonra yerine yerleştirildi ve deney tekrarlandı. Ancak bu olaydan sonra sonuçlar hiç beklenmediği gibi çıkıyordu. Elektronlar belli bölgelerde oldukça yoğun iken belli bölgelere ise hiç elektron gelmiyordu. Bu beklenmeyen sonuçlar şu şekilde yorumlandı: Isıtma sonucunda nikel metalinde büyük kristal örgüleri oluşmuştu. Bu örgüler elektron için bir kırınım ağı gibi davranıyordu. Elektron nikelden geçerken bir dalga gibi davranarak kırınım ve girişim yapıyordu.

Değerlendirme Aşaması:



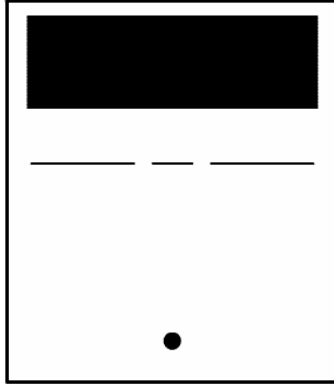
Öğrencilere konu ile ilgili hazırlanmış çalışma yaprağı sunulur.



Değerlendirme aşaması çalışma kâğıdı

1. 40 m/s 'lik hızla atılan 50 kg kütleli bir taşın de Broglie dalga boyunu bulunuz. Sonucu yorumlayınız.

2.



Farklı yapılar kullanılarak çift yarık deneyi gerçekleştirilmek isteniyor, yandaki şekil deney düzeneğini göstermektedir. Buna göre;

İlk deneyimizde elektronlar, kaynaktan çift yarığa doğru hareket etmektedir.

İkinci deneyde ışık, fotoğrafik yüzeyden, çift yarığa doğru hareket etmektedir.

Üçüncü deneyde ise bilye, kaynaktan çift yarığa doğru hareket etmektedir.

Deneyler ile ilgili olası durumlar A,B ve C seçeneklerinde verilmiştir.

A



B



C



Buna göre aşağıdaki durumlarda hangi durumun gözleneceğini beklersiniz;

ışık, çift yarıktan geçerken.....

bilye, çift yarıktan geçerken.....

elektron çift yarıktan geçerken.....

ışık, yarığın bir tanesi kapalı durumdaki yapıdan geçerken.....

elektron, yarığın bir tanesi kapalı durumdaki yapıdan geçerken.....

İlişkilendirme Aşaması:

İlişkilendirme Aşaması 'nda öğrencilerden mevcut kavramları günlük yaşamdan diğer alanlarla ve/veya diğer kavram/konularla ilişkilendirmelerinin istendiği aşamadır. Bu aşamada öğrencilere tartışma fırsatı da verilecektir. Böylece öğrenciler, diğer arkadaşlarının buldukları sonuçları eleştirel bir şekilde inceler, sonuçları ve çıkarımlarını karşılaştırarak değerlendirirler. Bu noktada öğrencilere sırası ile aşağıda yer alan 2 soru yöneltilecektir.



Işık ve madde arasında bir benzerlik kurabilir miyiz?

Bir elektron, bir parçacık mı yoksa bir dalga mıdır? Deneysel sonuçlarla yanıtınızı destekleyiniz.

Eğer maddenin bir dalga tabiatı varsa, günlük deneyimlerimizde bu dalga özelliği niçin gözlenemez?

Heisenberg belirsizlik ilkesi

Ön bilgileri yoklama aşaması

Ne Bildiğini fark et” başlığı altında öğrencilerin var olan ön bilgilerini ölçmeyi hedefleyen bir aşamadır. Konuya başlamadan öğrencilere belirtilen sorular yöneltilir, öğrenciler sorulara verdikleri yanıtları kaydeder. Bu noktada öğrencilerin daha önceki üniteler ile bağlantı kurmaları düşünülmektedir. Öğrencilerin sorular hakkında kendi aralarında tartışmalarına izin verilecektir (5 dakika). Yanıtlarla ilgili bu aşamada yargıda bulunulmaz.



Belirsizlik nedir? Bir ölçümün belirsiz olması sizin için ne ifade eder?

.....

Heisenberg’in Belirsizlik İlkesinin ne gibi bir fiziksel anlamı vardır?

Merak uyandırma aşaması

Bu aşamada öğrencilere bir önceki aşamada sunulan animasyon izletilecektir. Animasyon çift yarık deneyi ile ilgilidir ve Dr. Quantum (karakterimizin adı)’un anlatımı ile gerçekleşmektedir. Bir önceki bölümde animasyonun son kısmı yani gözlemcinin devreye girdiği kısım izletilmemiştir. Bu noktada öğrencilere animasyonun tamamı izletilerek gözlemcinin yalnızca gözleyerek olayı etkileyip etkilemeyeceği sorusu yöneltilecektir.

Keşif aşaması:

Keşif aşamasında, öğrencilere konu ile ilgili bir düşünce deneyi sunulur. Düşünce deneyi George Gamow’un ‘Bay Thompkins’in Serüvenleri’ isimli kitaptan alınmıştır.

Klasik kuramda hareket ile ilgili esas kavram şudur: Hareketli bir parçacık her an uzayda belirli bir yer işgal eder ve yörüngesi üzerinde yerinin zamanla değişimini karakterize eden bir hız sahiptir. Tüm klasik mekanik bu yer, hız ve yörünge gibi ana kavramların üzerine kurulmuştur. Bu kavramlar çevremizdeki olayların gözlenmesi sonucu şekillenmişlerdir. Hareket ederek, zamanla bir yörünge çizen bir cismin neden belirli bir anda belli bir yer işgal ettiğine inanıldığını sorarsak, verilen cevap çok muhtemelen şöyle olacaktır: ‘çünkü hareketi gözlediğim zaman ben öyle görüyorum’ şimdi bu noktayı analiz etmek için bir düşünce deneyi gerçekleştirelim ve bir fizikçi düşünelim. Bu fizikçi her türden en duyarlı aletlere sahip olsun ve küçük maddesel bir cismin laboratuvarın duvarından fırlatıldığı zamanki hareketini incelemeye çalışsın. Fizikçi gözlemlerini cismin nasıl hareket ettiğini görerek yapmaya karara versin ve bu amaçla çok hassas bir teodolit(hassas ölçüm aleti) kullansın. Kuşkusuz, fizikçinin hareketli cismi görebilmesi için onu aydınlatması gerekecektir. Ama genellikle ışığın cisim üzerinde bir basınç yaratacağını ve bu yüzden hareketini etkileyeceğini bildiğinden, fizikçi sadece gözlem yaptığı anlarda flaş gibi kısa süreli aydınlatmalarla yetinsin. Denemesi için yörünge üzerinde sadece on noktada gözlem yapmak istesin ve fenerini de öyle zayıf seçsin ki, on aydınlatmanın toplam ışık basıncı etkisi, ihtiyacı olan hassasiyet sınırları içinde kalsın. Böylece fenerini cismin düşüşü esnasında flaş gibi on defa yakarak istenen hassasiyet sınırı içinde, yörünge üzerinde on nokta elde edecektir. Fizikçi, şimdi deneyini yüz nokta elde edecek şekilde tekrarlamak isterse, el fenerini on kat daha zayıflatacaktır. Böylece aydınlatmayı sürekli azaltarak yörünge üzerinde istediği sayıda nokta elde edebilir ve başlangıçta kararlaştırdığı hata sınırının üzerine çıkmaz. Bu çok idealleştirilmiş ama prensipte yine de mümkün olan bir yöntemdir.

Acaba kuantum dünyasında durum böyle midir?

Deneyimizde, fizikçimiz, hareketli cismi aydınlatan ışık miktarını devamlı olarak azaltıyordu. Bu yüzden giderek bir kuantuma indiği zaman, artık ışık miktarını azaltamayacağını beklemek yerinde olur. O zaman hareketli cisim ya toplam ışık kuantumunun tamamını yansıtacak ya da hiçbir şey

yansıtmayacaktır. Hiçbir ışık kuantumu yansımayınca gözlem yapma imkanı kalmayacaktır. Kuşkusuz biliyoruz ki, ışık kuantumu ile çarpışmanın etkisi dalga boyu arttıkça azalacaktır. Fizikçimizde bunu bildiğinden, gözlemlerinde nokta sayısındaki artışı dengeleyebilmek için daha büyük dalga boylu ışığı kullanmak isteyecektir. Ancak bu noktada karşılaşılan bir güçlük vardır.

Belli dalga boylu olan bir ışıkla aydınlattığımız zaman o dalga boyundan daha küçük ayrıntıları seçemeyiz. Bu yüzden fizikçimiz daha uzun dalga boylarını kullanarak, giderek her bir noktanın yerini tespit ederken daha çok belirsizlikle karşılaşacak ve kısa zamanda her bir noktadaki belirsizlik, laboratuvarın boyutlarına yaklaşacak ve daha da büyük olacaktır.

Burada tartışılan yöntem optik yöntemdir. Şimdi mekanik bir yöntem kullanarak başka bir ihtimal deneyebiliriz. Bu amaçla fizikçimiz, küçük mekanik bir alet geliştirebilir ve yaylara bağlanmış küçük çanlardan oluşsun. Bu çanlar, yakınlarından maddesel bir cisim geçince bunu kaydetsinler. Çok sayıda çanı hareketli cismin geçmesi muhtemel olan uzay bölgesine dağıtmış olsun. Cisim geçince çanlar çalarak, onun izini belli etsinler. Klasik fizikte bu çanları istediğimiz kadar küçük ve yine istediğimiz kadar hassas yapabiliriz. Limit durumunda ise sonsuz sayıda sonsuz küçük çan kullanarak, yörünge kavramı istenen hassasiyetle yeniden şekillendirilebilir. Bununla beraber, mekanik sistemleri etkileyen kuantum sınırlamaları, durumu bozacaktır. Eğer çanlar çok küçük iseler hareketli cisimden alacakları momentum miktarı $p=h/l$ eşitliğine göre çok büyük olur ve sadece bir çana çarpmış olsa bile cismin hareketi önemli ölçüde etkilenir. Çanlar büyük olsa bu defa her bir noktadaki belirsizlik çok büyük olur. Buradan çıkarılan yörünge yine oldukça genişlemiş bir bant olur. Fizikçimizin daha karmaşık cihazlar yardımı ile istene sonuca ulaşabileceğini düşünebilirsiniz. Ancak böyle bir şey söz konusu değildir. Dünyamızda var olan herhangi bir etki, ya ışınım alanı sebebine atfedilebildiği ya da tamamen mekaniksel olarak sınıflandırıldığı için, çok ayrıntılı bile olsa her ölçme ister istemez bu iki yöntemle anlatılan kısımlara indirgenecek ve yine aynı sonuca ulaşılabilecektir.

Açıklama Aşaması:

Herhangi bir anda, bir parçacığın konumu ve hızı ölçülmek istenirse, ölçümlerde daima deneysel belirsizliklerle karşı karşıya kalınır. Klasik mekaniğe göre deney aletlerini veya deney yöntemini son derece hassaslaştırmaya hiçbir temel engel yoktur. Yani, klasik fizikte ölçümleri istenildiği kadar küçük belirsizlikle veya son derece doğrulukla yapmak olasıdır. Bununla beraber, kuantum teorisi, bir parçacığın konumunu ve hızını aynı anda son derece doğrulukla ölçmenin olanaksız olduğunu öngörür. Bu ilke ilk defa 1927 yılında Werner Heisenberg tarafından ortaya konulmuş olup, Heisenberg belirsizlik ilkesi olarak bilinmektedir. Heisenberg belirsizlik ilkesi şu şekilde ifade edilebilir;

Eğer bir konum ölçümü Δx duyarlılığı ile ve momentumun ölçümü de aynı anda bir Δp duyarlılığı ile yapılırsa, o zaman, iki belirsizliğin çarpımı asla $\hbar/2$ mertebesinde bir sayıdan daha küçük olamaz. Yani; $\Delta x \cdot \Delta p \geq \hbar/2$ 'dir. Burada $\hbar = h/2\pi$ dir.

Bu demektir ki, bir parçacığın tam doğrulukla konumunu ve momentumunu aynı anda ölçmek fiziksel olarak olanaksızdır. Heisenberg 1927 yılında ölçü aletlerinden kaynaklanmayan bu belirsizliğe dikkati çekmiştir. Bu belirsizlikler daha ziyade maddenin bizzat kuantumlu yapısından ileri gelir: Bir foton bir elektrona çarptığında, onun öngörülmeyle geri tepmesi veya küçük bir açıklıktan geçen elektronların veya ışığın saçılması gibi etkiler bu belirsizlikleri meydana getirir.

Heisenberg belirsizlik ilkesi bize, ışık ve maddenin dalga-tanecik ikili doğasını daha iyi anlamamıza olanak sağlar.

Bu ilke zaman aralığı verilen bir durum için ölçülecek olan enerji değerinin doğruluğu üzerine de bir sınırlama getirir. Bu enerji- zaman belirsizlik ilkesidir ve $\Delta E \cdot \Delta t \geq \hbar/2$ şeklinde ifade edilir.

Genişletme Aşaması

Bu aşamada öğrencilerin kavramları, açıklamaları ve tanımlamaları önceden edindikleri ile kullanmaları beklenir. Öğrencilerin yeni durumlara kavram ve becerileri uygulaması gerekmektedir. Bunun için öğrencilere konu ile ilgili sorular sunulur.

Heisenberg belirsizlik ilkesi çoğunlukla, elektron, proton gibi çok küçük nesnelere uygulanmaktadır. Belirsizlik ilkesini araba, tenis topu gibi büyük nesnelere uygulanabilir mi?

.....

Heisenberg belirsizlik ilkesi çerçevesinde düşünöldüğünde Bohr atom modeli gerçekçi midir? Yorumlayınız.

.....

Değerlendirme Aşaması

Öğrenciler uygulama boyunca edindikleri kavramlar ışığında; Değerlendirme aşamasında; yine delillere ve kanıtlara dayanarak farklı sorulara cevap bulmaya çalışırlar. Bu aşamada öğrencilere çalışma yaprağı sunulur.

Değerlendirme aşaması çalışma kâğıdı



1- Kuantum mekaniksel bir ördeğin $h = 2\pi$ js olan bir dünyada yaşadığını varsayınız. Bu ördeğin 2,0 kg lık bir kütleyle sahip olduğu ve başlangıçta 1,0 m genişlikte bir bölge içinde bulunduğu biliniyor.



a) Hızındaki minumum belirsizlik nedir?

.....

.....

b) Hızındaki bu belirsizliğin 5,0 s sürdüğünü varsayarak bu kadar zaman sonra konumundaki belirsizliği bulunuz.

.....

.....

2- Konumundaki belirsizlik $\Delta x = 1.10^{-4}$ m olan bir hareketlinin hızındaki belirsizliği, hareketlinin;

a) elektron

b) kütlesi 0,01g olan bir toz zerresi olması halinde hesaplayınız. ($m_e=9,1.10^{-31}$ kg)

.....

.....

İlişkilendirme Aşaması

Bu aşamada, öğrencilerin, mevcut kavramları diğer alanlarla veya diğer kavramlarla ilişkilendirmesi için öğrencilere sorular yöneltilir ve öğrencilerin yeni kavram ve konu hakkında bildiklerini diğer öğrenciler ile paylaşmalarına fırsat verilir.



1- Bir grup öğrenciye Heisenberg'in Belirsizlik İlkesi ile ilgili olarak şu soru yöneltilmiştir. "Heisenberg'in Belirsizlik İlkesinin ne gibi bir fiziksel anlamı vardır? Açıklayınız." Öğrencilerin verdikleri yanıtlardan bir kısmı aşağıdaki gibidir. Bu yanıtları tek tek irdeleyiniz. İfadeler doğru mudur? Nedenleri ile birlikte açıklayınız.

- "Heisenberg'in Belirsizlik İlkesi" momentumun x bileşeni ile x konumunun aynı anda ölçülemeyeceği anlamına gelir. Sebebi teknolojik yetersizliktir. Teknolojik olarak yeterli düzeye ulaşabilirsek ölçebiliriz."

- "Bir parçacığın konumu ile momentumu aynı anda kesin olarak belirlenemez. Bunun sebebi ölçü aletleridir. Bir ölçü aletinin aynı anda iki ölçüme odaklanamamasından kaynaklanır. Aynı anda mikroskobik bir parçacığın hem konumuna, hem de momentumuna odaklanabilen bir ölçü aleti geliştirilebilirse ölçmek mümkün olur."

- "Ölçme işi sırasında ölçmek istediğimiz sistemin fiziksel durumunu değiştiriyoruz örneğin; bir suyun sıcaklığını ölçmek için derece soktuğumuzda, suyun sıcaklığını değiştirmiş oluyoruz. Ölçmek istediğimiz şeyi ölçmüyoruz." Belirsizlik ilkesi budur.

- "Mikroskobik evrende bir parçacığın konumunu, momentumunu ya da enerjisini tam olarak ölçemeyiz. Bunun temel sebebi bu küçük parçacıkların hızlarının fazla olmasıdır. Parçacık çabuk yer değiştirdiğinden rahat gözlem yapılamaz."

2- Bir grup öğrenciye şu soru yöneltilmiştir: ' Heisenberg'in belirsizlik ilkesi makro evrende uygulanabilir mi?'

Aşağıda öğrencilerin bu soruya yönelik yanıtları yer almaktadır.

- "Heisenberg'in Belirsizlik İlkesi makroskobik evrende uygulanamaz çünkü makroskobik evrende ölçüm alması daha kolaydır. Mikroskobik evrende ölçüm yapmak zordur."

- "Heisenberg'in Belirsizlik İlkesi makroskobik evrende uygulanamaz. Mikroskobik evrende parçacıklar çok hızlı hareket ettiğinden mikroskobik parçacıklar ölçülemiyor fakat makroskobik evrende böyle hızlı hareket eden bir şey yok..."

Sizce bu ifadeler doğru mudur? İrdeleyiniz.

EK-7

(Ö38) İLK GÖRÜŞME

A: Kuantum fiziği nedir?

Ö38: Kuantum fiziği fiziğin bir alt dalı olmakta birlikte, nasıl diyeyim, maddelerin iç yapılarını inceleyip, iç yapılarından bunların enerjilerinden yola çıkarak çeşitli uygulamalarını söyleyen bir fizik dalı.

A: Kuantum fiziği ile klasik fizik arasında fark var mıdır?

Ö38: Tabi ki vardır. Klasik fizikte daha böyle değişmez doğrular var. Ama kuantum fiziğinde daha değişebilir doğrular var diye düşünüyorum. Klasik fizikte mesela zaman 5 saniye ölçüyorsam 5 saniyedir. Bir şeyin enerjisi 10 jaule ise 10 jaule olur. Kuantum fiziğinde ise değişebilen doğrular olduğunu düşünüyorum. Mesela kuantum fiziği ile ilgili bir kitap okumuştum ama anlayamadım çünkü dili çok ağır. Kitapta diyor du ki zaman bir yanılsamadır kuantum fiziğinde, demek ki gerçek yaşamdaki zamanla arasında bir fark var.

A: Peki, Kuantum fiziğinin günlük yaşantıdaki uygulama alanları nelerdir?

Ö38: Askeri alanda kullanıldığını duymuştum ama tam ismini bilmiyorum. Belki de nanoteknolojide kullanılabilir.

A: Kuantum fiziğindeki temel kavramlar nelerdir?

Ö38: Bildiğim temel kavramlar, ehh... bildiğim tam bir kavramım yok.

A: Siyah cisim nedir?

Ö38: Frekanstan kaynaklanıyor diye düşünüyorum. Yayınladıkları ışınların frekansından kaynaklanıyor.

A: Sıcaklıkla bir bağlantısı olabilir mi?

Ö38: Şöyle bir şey diyeyim. Sıcak olan bir şey daha çok enerjiye sahiptir. Doğru değil mi? Onunda frekansı yüksektir. Sıcak olan bir şey kırmızıdır. Günlük yaşantılarda sıcak olan bir şey ile hep kırmızı arasında bağlantı kurarız.

A: Işık nedir?

Ö38: Işık, ... çok güzel. Işığa bir madde diyemeyiz Çünkü bir kütlesi yok, hacmi yok, ehh...nasıl diyeyim, madde madde dediğimiz zaman özellikleri yok, dalga dalga diyemem, elektromanyetik bir dalga diyebilirim belki.

A: Foton nedir?

Ö38: Bir tani ışın olduğunu düşünüyorum ve bu ışının böyle enerjisi olduğunu düşünüyorum ve bu ışının böyle enerjisi olduğunu düşünüyorum. Yani hem enerjisi var hem dalga özelliği gösteriyor diye düşünüyorum foton için.

A: Fotoelektrik olay nedir?

Ö38: Bunu daha önce duymuştum. Bir tane levha aklıma geliyor. Bu levhanın üzerinde metal var, bu metalin elektronları var. Ben bu metale ışık tutuyorum veya işte foton yolluyorum. Bu fotonun enerjisi ile ordaki elektronu koparıyor. Buna fotoelektrik olay diyorum.

A: Bu konu ile ilgili kavram testinde bir sorumuz vardı. (Öğrenciye kavram testinde yer alan 5. soru hatırlatılır.) hangi model gözlemlerle uygunluk gösterir?

Ö38: Bence ikisi de açıklar, çünkü fotonların hem dalga özelliği gösteriyorlar hem de belirli bir enerjileri var. Aynı taşla atmak diye bir şey ikisinin de özelliğini gösteriyor.

A: Atom nedir? Atom deyince zihninde oluşan yapı?

Ö38: Atom deyince çok şey geliyor aklıma, yanılmaları geliyor. Mesela ben atomu proton, nötron elektrondan oluşuyor sanıyordum. Ama 16 tane atom altı parçacık varmış. Ben atomu parçalanamaz diye düşünürdüm eskiden şimdi parçalanabildiğini, 16 parçaya bölünebildiğini ve yayılabildiğini düşünüyorum. Şöyle bir şey, şöyle bir tane çekirğim var ortada (öğrenci eliyle de gösteriyor), bu biraz ağır, içinde proton nötron var. Ondan sonra etrafı böyle karmaşık, bir yığın şey var etrafında ve bunlar yüksek enerjililer, birbirlerini çekiyorlar falan. Ama çekirdeğin bir kapalı kutu gibi olduğunu düşünüyorum.

A: Günlük yaşantıda elektron proton gibi yapılan tanecik olarak adlandırıyoruz. Son zamanlarda elektron, proton gibi yapıların tanecik özelliklerinin yanında bir de dalga karakterinin olduğu ortaya çıktı. Bunu nasıl açıklarsın?

Ö38: Yani aynı demek ki foton özelliğini taşıyor gibi elektronlar protonlarda aynı şekilde enerjileri var. Dalga oldukları için belirli frekansları, belirli dalga boyları var. Protonlar belki enine dalgadır, belki elektromanyetik dalgadır, öyle olduğunu düşünüyorum. Farklı olayları gerçekleştirebildiklerini düşünüyorum. Hem yansıma hem girişim.

A: Belirsizlik nedir?

Ö38: Belirsizlik...ehh, bir şeyin tam olarak net olamayacağı ortama göre, zaman göre veya koşullara göre değişebileceğidir. Hersenberg belirsizliği duymuştum ama aklımda bir şey yok.

Ö: Büyük nesnelere uygulanabilir mi?

Ö38: Neden olabilir? Çünkü biz o kadar hızlı değiliz. Ayrıca net bir kütleimiz var. Bu kütleimiz bizim hızlanmamıza nasıl diyeyim, enrjimize etki ediyor. Çünkü enerji nedir hareketlilik, hareketli isen enerjin var demektir. Dünya üzerinde olduğumuz için yer çekimi engel oluyor. O kadar büyük enerjiye sahip olmadığımızı düşünüyorum o kadar büyük hızda sahip değiliz o yüzden biz belirsiz olamayız.

A: Hersenberg Belirsizlik ilkesi 1927 yılında ortaya atılmıştır. Acaba bu belirsizlik teknolojik yetersizlikten(ölçüm aletlerinden...) kaynaklanıyor olabilir mi?

Ö38: Tabi canım olabilir. Ama fizikte doğrular 100 yılda bir yıkılabilir. 100 yıl bile değil 20 yılda da yıkılabilir.

A:(Öğrenciye kavram testinde yer alan otobüs sorusu hatırlatılır.) heisenberg bu otobüs örneğinde belirsizlikten bahsederken ne demek istemiştir?

Ö38: Belirsizlik içeriyor diyor ehh, otobüsün ehh demek ki şimdi düşünemiyorum ama Hersenbergin belirsizliği demek ki zamana mekana göre değişebilir demek istiyor. 9' da geliyorsa araç mesela 60 km/s hızla geliyordur. Sizin yolunuz 30 km' dir. Bu klasik fizikte olduğu için bir belirsizlik durumu yok. Ama işte zaman ne 9, hangi aralık, belirsizlik ilkesi vardır diye düşünüyorum.

(Ö38) SON GÖRÜŞME

A: Kuantum fiziği nedir?

Ö38: Kuantum fiziği fiziğin bir bölümü olup, maddeleri daha ayrıntılı yapıda inceleyen, işte maddelerin parçacıkların hareketini inceleyen bilim dalı. Kuantum fiziğinin girdiği yere klasik fizik giremiyor, klasik fiziğin girdiği yere kuantum fiziği giremiyor?

A: Neden peki, orada bir sınır mı var?

Ö38: Arada, evet bir sınır var. Kuantum fiziğinde bir olayın olması için planck sabitine yakın bir değerde olması gerekiyor. Eğer planck sabitinden çok büyük bir değerde ise Kuantum fiziği yerine klasik fizik kullanıyoruz. Planck sabiti çok çok küçük bir değer.

A: Kuantum fiziğinin günlük yaşamdaki uygulama alanı nedir?

Ö38: Evet. Derslerimizde de öğrendik. Ehh,...işte termal kameralar, otomatik açılıp kapanır kapılar, otomatik lambalar, daha sonra barkod sistemleri, bunlar günlük yaşamda kullanılan kuantum fiziğinin uygulamaları.

A:

Ö38: Maddelerin enerjilerini tespit ederken böyle bir sabit bulmuş ve ondan sonra anlaşılıyor ki bu enerji değerlerine göre.....

A: Kuantum fiziği önemli midir? Neden?

Ö38: Günlük yaşantıyı düşünürsek her şey klasik fizik olarak geçiyor, klasik fizik ile çözümlenebiliyor. Ama şöyle bir şey var. Klasik fizik ile çözümlendiğimiz şeyin bir de kuantum boyutu var. Biz algılayamadığımız için kuantum boyutu yok diyoruz. Mesela titreşimlerinden...bizde mesela çeşitli hareketler yapıyoruz, hepimiz durağan değiliz ama çok küçük milimetreler hatta nanometreler kadar kaydığımız için kuantum fiziği yok gibi gözüküyor ama aslında var. Günlük yaşantı da teknoloji ile birleşince kuantum fiziğinin uygulama alanı çok iyi oluyor.

A: Kuantum fiziği ile klasik fizik arasında fark var mı?

Ö38: Var, mesela kuantum fiziğini düşününce, onun kavramları ile normal klasik fiziğinin kavramları farklı mesela. Kuantum fiziğinin atıyorum planck sabiti var, klasik fizikte atıyorum Newton' un yasaları var ya da farklı bir sabit var, işte burda enerjiden bahsediyoruz. Enerjinin farklı bir formülü var. $E=h.f$ değerinde mesela bir potansiyel enerjiden bahsediyoruz veya kinetik enerji $\frac{1}{2}mv^2$ den bahsediyoruz. Veya işte klasik fizikle çözülen bir olay kuantum fiziği ile çözülemiyor mesela, siyah cisim. Biz siyah cismin ne olduğunu kuantum fiziğinde öğrenebiliyoruz. Klasik fizik bu konuda eli kolu bağlı kalıyor, mesela fotoelektrik olayda diyorki şiddete bağlı çoğu özelliğinin şiddete bağlı olduğunu söylüyor. Ama kuantum fiziği de tam tersine frekansa bağlı olduğunu söylüyor. Yani klasik fiziği bir yerde çürütüyor. Mesela kuantum fiziğinde enerjinin kesikli olduğunu söylüyor. Hani böyle belirli seviyelerde olduğunu söylüyor. Fakat klasik fizikte enerjinin maddeye ait olduğunu, enerjinin depolanabileceğinden ve enerjinin sürekli olduğundan bahseder.

A: Kuantum fiziğindeki temel kavramlar nelerdir?

Ö38: Aklıma gelen temel kavramlar planck sabiti ilk aklıma gelen, ehh, siyah cisim çünkü onu da ilk kuantum fiziğinde duydum, Hersenberg belirsizlik ilkesi enerji kavramı ama kuantum fiziğinin enerji kavramı $E=h.v$ yani enerjinin kesikli olması, ehh, birkaç yani olay geliyor aklıma fotoelektrik olay, elektronların davranışı.

A: Genel olarak baktığımda, kuantum fiziği ile ilgili bildiklerinde ya da düşüncelerinde bir farklılaşma oldu mu? Ders öncesinde ve sonrasında?

Ö38: Genel anlamda oldu çünkü hatırlıyorum ders öncesi kuantum fiziğini duymuştum ama özellikle son zamanlarda çok popüler biliyorsunuz, ehhhh,mesela günlük yaşam uygulamalarını bilmiyordum yani hayatımızın her an her anında olabileceğini bilmiyordum, derslerdeki hayatımızın neresinde diye bir bölüm vardı, o bölümlerde bize anlatıldı. Bunun haricinde derslerde hep klasik fiziğe dayalı görüyoruz ya her şeyi, o yüzden klasik fizik her şeyi çözüyormuş gibi geliyor. Oysa çözemediği problemler sayesinde ortaya çıkmış.

A: Bu noktada çok ilginç çeken bir şey oldu mu?

Ö38: Evet, özellikle günlük yaşam uygulamaları, artık gazete ya da televizyonda bununla ilgili bir haberle karşılaşınca anlayabiliyorum, yine diğer derslerde de aktarma yapabiliyorum. Daha önce bununla ilgili kitapların dili ağır geliyordu ve anlayamıyordum ama şimdi kuantumla ilgili, gördüğümüz kadarı ile pek çok şeyi anlayabiliyorum.

A: Peki, Siyah cisim nedir ?

Ö38: Siyah cisim üzerine düşen ışığı soğurabilen bu enerjiyi gerektiği zaman yayınlayabilen cisimlere deniyor. Siyah cisim herhangi bir cisim olabilir.

A: Siyah cisme bir örnek verebilir misin?

Ö38: Günlük yaşantıda işte eh, ...güneşi örnek verebiliriz. Derste bir kutu örneği vermiştik. Ama şöyle bir şey var şu siyah cisim bu değil denilemez çünkü bence her cisim siyah cisimdir. Bence her cisim siyah cisim gibi davranabilir.

A: Kavram testinde ben size bununla ilgili bir soru yöneltmiştim. (Öğrenciye kavram testinde yer alan yıldız sorusu hatırlatılır.) Hangi yıldız daha sıcaktır?

Ö38: Ben onu şey, ...her cisim ısı yansıma yapar, eh, ısı ışıma yapar. Bu ışımadan dolayı hani frekansı yüksek olanın, tabii doğal olarak $E=h.f$ den enerjisi daha fazla olacak. Enerji si fazla olan daha fazla yansıma yapacak, mavi daha sıcaktır. Bu tarafa gidince mavi, mor frekansları daha fazla dolayısıyla enerjileri fazla o yüzden daha sıcaklar.

A: Biz ışıma yapıyor muyuz?

Ö38: Yapıyoruz, çünkü ışıma yapıyoruz ama lamdası çok küçük ışımlar yapıyoruz. Şöyle diyeyim mesela biz, kızıl ötesi eh görünür dalga boyu tarafında değilde mor ötesinde ışıma yapıyoruz. Ama çok küçük olduğu için gözle göremiyoruz bunu, hepimiz bir enerji olduğumuz için hepimizin bir enerjisi olduğu için hepimiz bir ışıma yapıyoruz aslında.

A: Genel olarak, siyah cisim ile ilgili kısımda düşüncelerinde bir farklılaşma oldu mu?

Ö38: Burada eh,her cismin bir siyah cisim olabileceğini bilmiyordum bununla ilgili zaten ön yapmış olduğunuz testte de kırmızı daha sıcaktır demiştim ama bununla ilgili simülasyonda yaptığımız uygulamalar ile mavi yıldızın daha sıcak olduğunu anladım, siyah cisim ışımasını daha önce duydum mu hatırlamıyorum, yani uygulamadan önce, ama simülasyonlar çok eğlenceli idi. Özellikle yanımdaki arkadaşım ile beraber deneyerek bazı şeylere ulaşmak derse olan ilgimizi arttırdı. Siyah cisim ile ilgili hesaplamaları artık yapabilirim.

A: Foton kavramı ilk defa hangi deneyde ortaya konuldu?

Ö38: Fotoelektrik olay.

A: Fotoelektrik olay nedir?

Ö38: Fotoelektrik olay, ehh,...bir tane levha alınmış, bununla bir devre oluşturuyorlar ve bunu bir elektroskoba bağlamışlar ve bunun negatif yüklendiğinden emin olmuşlar. Ondan sonra üzerine ışık tutmuşlar, sonra bu ışık sebebiyle elektroskobun yapraklarının kapandığı gözlenmiş yani negatif yüklerin fotonlar tarafından söküldüğü gözlenmiş daha sonra bu deneyi daha iyi inceleyerek, derste simülasyon da da görmüştük frekansını arttırdık, şiddetini arttırdık, ışığın rengini değiştirdik, dolayısıyla frekansı değişiyor lamdası değişiyor. Kaç tane elektron söküyor, elektronların sayısı mı değişiyor hızı mı değişiyor. Böylece fotoelektrik olayda fotonların belirli bir özelliği olduğunu bulmuşlar.

A: Fotoelektrik olay neden ışığın tanecik yapısına delil gösterilir?

Ö38: Çünkü her bir foton tek bir elektron söküyor, elektronu sökmesi içinde belirli bir enerji gerekiyor. Bu enerjiye de bağlanma enerjisi deniyor. Bu olayı düşünerek tanecik özelliği ortaya konulmuş.

A: Kavram testinde ben size bununla ilgili bir soru yöneltmiştim. (Öğrenciye kavram testinde yer alan 5. soru hatırlatılır.) modellerden hangisi gözlemlerle uyuyor?

Ö38: Evet, biz bunu simülasyon da da yapmıştık, birinci dalga modelini anlatıyor çünkü belirli bir lamdasının olması gerekiyor. Şiddetten bahsediyor, şiddette lamda ile alakalıdır. Lamda' da dalgaların bir özelliğidir. Dalganın boyu ile ilgili bir özelliğidir. İkincisinde ise frekanstan bir enerjiden bahsediyor. İşte eşik enerjisinden bahsetmiş, eşik frekansından bahsetmiş bu da tanecik özelliğini gösteriyor.

A: Atom deyince ne anlıyorsun? Zihnindeki atom modeli nedir?

Ö38: Atom deyince, ehh, atom zaten bir belirsizlikten ibaret. Proton, nötron veya 16 tane atom altı tanecik olduğunu söylüyorlar. O yüzden belirli bir yoğun kütle var bir yerde. Kütle olarak yoğun bir bölge olduğu için ona çekirdek kavramı verilmiş. Kütleli yoğun olduğu için ama bunların her biri tanecik ve dalga özelliği gösteriyor. Proton, nötronlarda tanecik özelliği gösterir. Elektronlar zaten bir toz bulutu gibi düşünebiliriz. Yerleri tam yeri belli değil sadece olma olasılığı yüksek yerlerde işte bu elektron şu bölgede bulunabilir deniliyor. Derslerde de gördüğümüz gibi hiçbir elektronun momentumu sabit değil. Sabit olmadığı içinde atom hakkında çok birşey söylenemiyor. Söylenemezde zaten elektron adına çünkü yerini bilmiyoruz.

A: Peki, atomun yapısını bilmek önemli mi?

Ö38: Aslında daha önce bu kadar önemli olduğunu düşünmüyordum ama,....., çünkü bize hep bir atom modeli yerleştirdiler zihnimize, benim zihnimde öyle değil ama genelde bilinen ehhhh, neydi, güneş sistemi modeli, derste de işlemiştik, aslında hepimiz atomlardan oluşuyoruz, o zaman canlı cansız her şeyi anlamak için önemli.

A: Genel düşüncende bir değişiklik oldu mu bu konu ile ilgili?

Ö38: Aslında olmadı, sadece spektrumları falan bilmiyordum öncesinde, birde bununda simülasyonu vardı, yapmış olduğum etkinlikler atom modellerinin tarihsel gelişimini ve atom modellerinin neleri açıklayıp neleri açıklayamadığını anlamamda yardımcı oldu. Aslında kimya derslerimizde de yardımcı olabilir.

A: Işık nedir?

Ö38: Fotonlardan oluşur, fotonların belirli bir enerjisi vardır. İşte belirli bir frekansları vardır. Belirli bir hızları da vardır. Işık olduğuna göre hatta ışık hızı.

A: Işığın dalga ve tanecik özelliğini ortaya koyan deneye örnek.

Ö38: Evet, şey,...young deneyi var. Young deneyi normalde dalgalarla yapılan bir deney dalgalarla yapıldığı için de ilk yapıldığında saçaklar meydana gelmiş ama elektron ile yapıldığında tek yarıktaki yapıldığında tanecik modeli gözlemlenmiş ama sizin izlettiğiniz simülasyonda da gördük. Elektronlar çift yarık deneyinde bu sefer onlar dalga özelliği gösteriyorlar, girişim özelliği gösteriyorlar. Böylece elektronun hem tanecik hem dalga özelliğinde olduğu biliniyor. Daha önce tanecik olan bir şeyin dalga özelliği olabileceği aklıma gelmiyordu. Bir de çift yarıktan nasıl dalga haline geldi önce aklıma gelmezdi. Hatta çift yarıktan geçebilecekleri bile aklıma gelmiyordu. İlk simülasyonda çarpıp geri döner diye düşünüyordum.

A: Sanırım yanlış oldu, ben ışığın dalga ve tanecik özelliğine örnek istemiştiniz? Yani söylediklerin doğru da onlar bir sonraki soru için?

Ö38: eh,bir saniye bunu hep unutuyorum, hımmm, fotoelektrik olaydı tanecik yapısına örnek, başka da yok sanırım, girişim kırınım da tanecik, şey dalga özelliğine örnekti.

A: Elektronun dalga ve tanecik özelliğini ortaya koyan deneylere örnek verebilir misin diyeceğim ama biraz önce cevapladın sanırım bunu.

Ö38: Evet.

A: Bununla ilgili yani ışığın yapısı, elektronun her iki yapıda olması gibi konularda düşüncende bir değişiklik oldu mu?

Ö38: Işığın yapısını daha önceki derslerde biliyordum yani elektromanyetik dalga paketi olarak adlandırmıştık daha önceleri eh,ama elektron konusunda evet öyledir diyebileceğim bir şey yoktu, ama duymuştum da tam bilmiyordum, bu noktada eh, gözlenen deneye göre yapılarının değişmesi oldukça ilginç, bunu bilmiyordum mesela ışık için, hani fotoelektrik olayda tanecik, girişim ve kırınım da dalga özelliği gibi. Elektron ile ilgili animasyon izlemiştik, neydi, doktor kuantummm!, o çok eğlenceli idi.

A: Belirsizlik ilkesi nedir? Heisenberg Belirsizlik ilkesinin ne gibi bir fiziksel anlamı vardır?

Ö38: Belirsizlik ilkesi ilk Heisenberg tarafından ortaya atılmış. Diyor ki cisimlerin tam olarak nerde bulunduğu, yerleri, tam olarak hesaplanamaz. Bununla ilgili belirsizlikler vardır ve bu maddenin yapısından kaynaklanmaktadır. İşte en son dersimizde de öğrenmiştik, maddenin tam yerinin belli olmadığını, formüllerle de çözüyorduk. Formül tam olarak aklımda değil. Ama işte belirli bir kaymalarının olduğu işte çok küçük cisimlerin bile momentumlarının kaymalarının çok küçük olduğunu gözlemlemiştik.

A: Heisenberg Belirsizlik ilkesi 1927 yılında ortaya atılmıştır. Acaba bu belirsizlik teknolojik yetersizlikten(ölçüm aletlerinden...) kaynaklanıyor olabilir mi?

Ö38: Hayır, yok, bence çözülemeyecek bu belirsizlik ilkesi çünkü önce elektronun nerde bulunduğu bulunmalı onu da çeşitli deneylerle yapmışlar işte ampulü yakıyorlardı elektronun momentumunu belirlemek için ama foton ile elektron çarpışıyordu çarpıştığında fotonun bir enerjisi

vardı. Enerjisinin çok küçük olması o yüzden ışığın şiddeti az oluyordu buna rağmen bu kadar hassas deneyler yapılmasına rağmen, sonra çanlarla ilgili deneyler yapıldı, simülasyonda gördük hani bunlara rağmen elektronun yeri, yönü, momentumu kesin belli olmuyor. Belli olmadığına görede belirsizlik her zaman sürecek.

A: (Öğrenciye kavram testinde yer alan otobüs sorusu hatırlatılır.) Heisenberg bu otobüs örneğinde belirsizlikten bahsederken ne demek istemiştir?

Ö38: İşte, şeyden bahsettiğini düşünüyorum ben burda zaten maddelerde elektronlardan kaynaklanan bir belirsizlik var. Hepimiz atomlardan oluşuyoruz eğer bunların birleşerek hani sadece küçük cisimlerde değil, hani büyük cisimlerde de belirsizliğe yol açabilir diye düşündüm.

A: Peki, genel anlamda belirsizlik ilkesi ile ilgili düşüncelerinde bir farklılaşma oldu mu? Hatırlıyor musun ön uygulamalarda ne dediğini?

Ö38: Evet, evet, hatırlıyorum, ehhhh, ben belirsizliği hız ile kütle ile ilgili bir şey sanıyordum ama öyle olmadığını öğrendim, aslında neydi doğanın bir parçasıydı ve çözümlenemeyecek. Mesela otobüsle ilgili soruda da günlük yaşantıda karşılaşılabileceğimiz şeylerden dolayı dokuzda gelebileceğini söylemişim meğer öyle değilmiş. Şey çok ilginç aslında bizde de var ama biz bunu önemsemiyoruz. Bir de yöntemle alakası yok hani vardı ya bununla ilgili düşünce deneyi, orada görmüştük.

A: Anladım, peki, Planck sabitinin değeri 1 olsaydı ne olurdu? Planck sabitinin değerini hatırlıyor musun?

Ö38: Evet. Planck sabitinin değeri 1 olsaydı hepimiz enerji topu olurduk.

A: Neden?

Ö38: Çünkü mesela enerjiden bahsediyoruz. h çarpı f den bahsediyoruz. h çok büyük olursa hepimiz feci bir enerji yayınlıyorduk. Doğal olarak hepimizin momentumu çok büyük olduğu için h çok büyük olduğu için hiç birimizin yeri belli olmayacaktı, belirsizlik çok artacağı için hiç birşey yani sizin benim yanımda oturduğunuz bile belli olmayabilirdi.

A: Peki, çok mu önemli bu planck sabiti?

Ö38: (gülüyor.)hocam, önemli olmaz mı, bir dönem boyunca her konuda sordunuz, olayların kuantumla ilişkisi ne diye, tabii ki planck sabiti.

A: Eklemek istediğin başka birşey var mı?

Ö38: Ben, biz yöntemi beğendik en azından derste daha rahatız, görsel birşeyler öğreniyoruz, siz bize normal tahtaya çıkıp bu formülleri verseydiniz veya elektronun tanecik özelliğide var dalga özelliği de var deseydiniz, mesela simülasyonda öğrendiğimiz gibi beynimize işledi. Siz bana bir olay soruyorsunuz hemen aklıma simülasyonlar geliyor. Görsel olduğu için daha iyi oldu, kalıcı oldu, ama bildiğim kadarıyla kuantum fiziğinin onda birini gördük görmedik gibi birşey hani devam etseydik çok çok güzel bir ders olurdu.

EK-8

1. DERS: KUANTUM FİZİĞİNE GİRİŞ

0	Zaman	Kişi	Diyaloglar
1	0	A	Bu derse kadar olan bölümlerde ne yapmıştınız hep, ışık hızına yakın parçacıklarla ilgilendiniz değil mi?
2		Ö	Evet.
3		A	Işık hızına yakın parçacıklarla ilgilendiğinizde ne olduğunu gördünüz klasik fizik yasalarının?
4		Ö38	Değiştiğini
5		A	Ve bu nokta da neyi kullanmaya başladınız? Newton mekaniği yerine ya da Galile göreliliği yerine Einstein'ın özel görelilik kuramını kullanmaya başladınız. 19. Yüzyılda pek çok problem klasik fizik ile çözülemiyordu, özellikle bahsettiğimiz ışık hızına yakın hızlardaki problemleri çözmeye kim devreye girdi?
6		Ö38	Einstein
7	1 2 3	A	Einstein'ın özel görelilik kuramı ortaya girdi.ama buda yeterli olmadı, bilim adamlarının yapmış olduğu çalışmalarda problemlerin artmasıyla bir de baktılar ki, ne klasik fizik kuralları ne de özel görelilik yasaları karşılaştıkları bu problemleri çözemedi. Bu noktada bilim adamlarının...ehhh... bilim adamları tarafından yepyeni bir bakış açısı ortaya atıldı. Şimdi bu bakış açısı ile ilgili olarak size küçük bir...ehhh... yaprakçık dağıtıyorum, hemen alanlar bununla ilgili düşüncelerinizi hızlı bir şekilde.
8	4	Ö38	<u>Ortaya çıkan bu bakış açısı nedir?</u>
9		Ö39	Görelilik kuramı dedim. İşte ışık hızına yakın hızlar dikkate alınarak
10	5	Ö38	Bende şey dedim, ortaya çıkan bu bakış açısı görelilik kuramıdır dedim, ışık hızındaki cisimlerin klasik fiziğe uymadığı ve cisimlerin taneciklerindeki enerji ile birbirlerini kontrol edebileceği ...
11		Ö39	Hı hı
12		Ö38	Kuantum fiziğinin temelleri ortaya çıktı dedim.
13		Ö39	Hı hı

14		Ö38	Yani kuantum fiziğini daha dikkate aldım. Sonra bu bakış açısının ortaya çıkmasına neler sebep olmuştur? Işık hızının fark edilmesi, atom parçacıklarının keşfedilmesi ama atom parçacıklarının net olarak yerlerinin belirlenememesi
15		Ö39	Anladım, ben dedim ki, ışık ışınlarının izlediği yol ve hızları neden olmuştur.
16		Ö38	Tamam.
17		Ö39	Kısa oldu benim ki ama, bu bakış açısının klasik fizikten farkı var mıdır? Varsa nelerdir? Vardır, çünkü İnsanın algıları dışında gerçekleşen olaylar keşfedilmiş ve bu parçacıkların ...
18		Ö38	Klasik fizikte
19		Ö39	Ben cevaplayayım mı bunu, keşfedilmiş ve ışığın izlediği yol incelenmeye başlanmıştır.
20	6	Ö38	Hı hı.
21		Ö39	Buna bağlı olarak Einstein'ın görelilik kuramı ortaya çıkmıştır.
22		Ö38	Vardır dedim ben, klasik fizikte her şey nettir, nettir, cismin yeri, konumu, nettir, ehh, hızları küçük hızlar için geçerlidir, hız kuramları küçük hızlar için geçerlidir. Küçük hızlar için geçerlidir dedim, sen ne dedin?
23	7	Ö39	Işığın hızındaki değişiklikler incelenmiş, ve işte klasik fiziğin işte küçük hız değerlerinden daha büyük hız değerleri olduğu fark edilmiş ve bunun içinde klasik fizik yasaları değiştirilmeye başlanmıştır.
24	8	Ö38	Ben de şey dedim, foton, fotonların, elektronların ışık hızına yakın hızlarla hareket etmesi sebebi ile klasik fiziğe uymamıştır. Uymadığından dolayı görelilik kuramına kuantum fiziğine uymuştur. İsim yazacak mıyız?
25		A	Evet. Şimdi bu kavramlar üzerinde hızlıca bir duralım. Ortaya çıkan bu bakış açısı neydi?
26	9	Ö39	Einstein'ın görelilik kuramı.
27		A	Evet. Düşüncelerinizi alalım bakalım, kağıtlara ne yazdıklarınızı.
28		Ö38	Görelilik kuramı ortaya çıkmıştır. Ehh, bunun sebebi de ışık hızının daha büyük hızlar ortaya çıktı. Biliyoruz ki maddeler işte atom, proton, nötron, elektronlardan veya atom altı parçacıklardan oluşuyor, bu atom altı parçacıklarda ışık hızına yakın hızlarda hareket ediyorlar ve yerleri belirli değil, belirli olmadığı için görelilik kuramı buna bağlı olarak ta kuantum kuramı ortaya çıkmıştır dedim. Klasik fizikten farklı olarak
29		A	Klasik fizikten farklı olarak, arkadaşınıza katılıyor musunuz? Katılmadığımız nokta var mı?

30	10	Ö39	Biz böyle düşündük.
31		A	Biraz dikkat edin bakalım, başka yazarlardan senin düşünceni alayım?
32		Ö	(.....?)
33		A	Senden de alayım.
34	11	Ö	Hocam bende katılıyorum az çok arkadaşımın dediğine, Galile göreliliğinde küçük hızlarda geçerli idi ve ışık hızına yakın hızlarda Galile göreliliği işlevini kaybetti ve Einstein'ın özel göreliliği çıktı işte bu bakış açısı ben kuantum fiziğidir dedim, bunlarında farklı olması klasik fizik görünüşte kişi, yani nasıl diyeyim, görünüşle alakalı, kuantum fiziğinde ise görünüşten çok atomik boyuttaki şeyleri de kuantum fiziği ele alıyor. Sadece gördüğümüz kadarı ile değil de, işte elektronları, protonları da düşünüyor, içindeki hareketleri de düşünüyor.
35	12	A	Aynı şey mi kuantum fiziği ile görelilik?
36		Ö	Farklı.
37		A	Hangi noktalarda farklı?
38		Ö	Kuantum fiziği göreliliği kapsayabilir.
39		A	Kuantum fiziği göreliliği kapsayabilir dedi arkadaşımız.
40		Ö38	Kuantum şey değil miydi?
41		Ö39	Kuantum daha geniş
42		Ö38	Hı hı, daha geniş.
43		A	Klasik fiziğin çözüm bulamadığı bazı problemler vardı, bunlardan bir tanesi de, ışık hızına yakın hızlarda hareket eden parçacıklardı, sonra bunların hareketini açıklayan Einstein tarafından ne ortaya atıldı?
44		Ö39	Özel görelilik kuramı
45	13	A	Yani, artık özel görelilik kuramı ne olmuş oldu, ışık hızına yakın hızlarda hareket eden parçacıkların davranışını açıklayabildi. Artık o bir tarafta, daha sonrasında yapılan çalışmalarda, bilim adamlarının yaptığı çalışmalarda hem klasik fizik hem de Einstein'ın özel görelilik kuramı ile açıklanamayan problemler ortaya çıktı, bu noktada bu problemlerin çözümünde yepyeni bir bakış açısı oluştu, şimdi siz bu söylediğimden ne anlıyorsunuz? Bu doğrultuda ne açığa çıkmış oluyor o zaman?

46		Ö39/ Ö	<u>Kuantum fiziği</u>
47		A	Kuantum fiziği, özel görelilik içinde mi?
48		Ö39	Hayır, özel görelilik ayrı, kuantum fiziği ayrı.
49		A	Birbirinden farklıdır, elbette bu bakış açısının ortaya çıkmasına sebep olan nedenler üzerinde duracağız ama, bu bakış açısının klasik fizikten farkı var mıydı? Elbette var, bununla ilgili size bilgi vereceğim ama bununla ilgili size birkaç resim göstermek istiyorum. Bu nedir?
50	14	Ö	Flaman.
51		A	Ampulun içindeki flaman, bu turuncu ışık yayıyor, daha önce öğrendiğiniz bilgiler çerçevesinde bunun neden turuncu ışık yaydığını açıklayabiliyor musunuz?
52		Ö	Soygaz olabilir mi?
53		A	Burada soygaz mı var? Armut ampul buradaki.
54		Ö38	Sıcaklıkla alakalı.
55		A	Sıcaklık arttıkça renginde bir değişim.
56		Ö39	Bir enerji alıyor sonuçta, o zaman elektronlar etrafa saçılmaya başlıyor o da renk değişimini, hani enerji dışarı verilince
57		A	Peki sen bu açıklamanı klasik fizik ile mi açıklıyorsun?
58		Ö39	Kuantum...fiziği, hani atom altı elektronlarını düşünerek açıkladığım için.
59	15	A	Gelelim, bakın başka bir resim. Arkadaşlarınızın biraz önce bahsettiği neon ışıklarından oluşan bir cadde resmi, burada neon ışıkları nasıl oluşuyor? Ve bu ışığın rengini ne belirliyor? Bu yine bizim klasik fizik çerçevesinde cevap bulamadığımız noktalardan birisidir. Şimdi gelelim bu sevimli yaratığa, herkes için sevimli olmayabilir de, bu kim? Tanıyan var mı?
60		Ö39	Tanıyor muyuz?
61		A	Aslında her gün haşır neşir oluyorsunuz bu canlı ile, aslında çok uzağımızda değil, çok yakınımızda, yastıklarımızda, halılarda
62		Ö39	Bakteriler
63		Ö	Maytlar

64		A	Evet, maytlar, ölü deri döküntülerimizi yiyerek besleniyorlar, genellikle de yastıklarda yaşıyorlar. Sizin bunu biyoloji laboratuvarındaki bir ışık mikroskobu ile gözleme şansınız var mı?
65		Ö39	Hayır.
66		A	Neyle gözlemleyebiliyorsunuz? Elektron mikroskobu ile, elektron mikroskopları klasik fizik çerçevesinde işlev yapan bir cihaz mı?
67	16	Ö39	Hayır.
68		A	Demek ki orada da ne işin içine giriyor, kuantum fiziği işin içine giriyor diyoruz, şimdi kuantum teorisi nedir diye biraz önce size sordum ya, aynı ifadeyi bilim adamlarına da sormuşlar, bilim adamları, size dağıttığım çalışma yaprağında bu alana en fazla katkı sağlayan kişiler, kimler var, Einstein gibi, Planck gibi, Schrödinger gibi, Heisenberg gibi, başka kim vardı. Bir de de Broglie, aslında ne yapabilirsiniz, sayıyı arttırabilirsiniz.
69		Ö38	Ne demişler? Einstein kuantum fiziği dolaysız kavranacak bir şey olmayıp, sağ duyuya da terstir.
70		Ö39	<i>Tanrı evrenle zar atmaz.</i>
71		A	Bunlar kalabilir sizde. Zar oyununda ne vardır?
72	17	Ö38	Olasılık vardır.
73		A	Einstein der ki her şey belirlidir, hiçbir şey olasılık dahilinde gerçekleşemez. Planck esas itibarı ile en fazla katkı sağlayan bilim adamlarından bir tanesi.
74		Ö39	Matematiğe dayalı demiş.
75	18	A	Kuantum teorisi matematiğe dayalıdır ifadesini ortaya koyan ve en çok katkı sağlayan çünkü nedir temel taşları ortaya koymuştur kuantum fiziğindeki. Heisenberg der ki kuantum fiziğinde belirsizlik vardır der, de Broglie ise (.....) dikkat ederseniz bilim adamlarının görüşleri birbirinden bazı noktalarda farklılık gösteriyor.
76		Ö38	Hatta bazı noktalarda birbirine ters düşmüş, Heisenberg ve Planck gibi.
77		A	Şimdi bu noktada (.....?) kuantum fiziğini hiç öğrenmemiş birine anlatmak klasik fizik bilen birine anlatmaktan daha kolaydır. Neden olabilir sizce bu?
78		Ö	Somut gördüğümüz şeylerle ilgilidir.
79		A	Bir örnek verebilir misin?
80		Ö	Caddedeki ışıklar
81		A	Caddedeki ışıklar, ama siz onun kuantum fiziği ile ilgili olduğunu

			bilmiyordunuz?
82	19	Ö	Klasik fizikle açıklayamıyoruz
83		A	Hımm, tamam başka... aslında siz ne yaptınız hep bugüne kadar böyle öğrendiniz, neyiniz var aslında bir ön yargınız var. Başka?
84		Ö	Klasik fiziğin ispatlanması daha kolay, kuantum fiziğinde düşünce deneyleri dediğimiz deneyler var mesela. Formüller farklı.
85		A	Yani o zaman siz ne diyorsunuz, klasik fizikle biz daha fazla günlük yaşamda karşılaşıyoruz, daha somut hale getirebiliyoruz ama kuantum fiziğini getiremiyoruz diyorsunuz?
86		Ö39	Hı hı.
87	20	A	Peki o zaman şöyle bir şey sorayım, günlük yaşantıda karşılaştığımız bir olayda kuantum fiziğini mi kullanacağız yoksa klasik fizik mi kullanacağız? Nasıl karar vereceğiz?
88		Ö38	Çok güzel.
89		Ö	Klasik fiziği kullanırız genelde.
90		A	Neden?
91		Ö39	Bence olaya göre değişir.
92		Ö38	Evet, olaya göre değişir. Hatta bence klasik fiziği kullanamayız.
93		Ö39	Klasik fiziği
94		Ö38	Evet, çünkü klasik fizik tanecik boyutunu açıklayamıyor ve hepimizde taneciklerden oluşuyoruz
95		Ö39	Bence de, klasik fizik hareketlerde ya da problemlerde olabilir ama daha sonra yine açıklayamayacak ve yardımcı olamayacak. Bir asansörü bile örneğin açıklayamıyor.
96		Ö38	Kuantum mu?
97		Ö39	Kuantum açıklıyor, klasik fizik
98	21	A	Peki şöyle sorayım göreliliği ve göresiz fizik arasında ışık hızı gibi bir sabitimiz vardı değil mi, c, acaba burada da bir sabitimiz olabilir mi? Mesela sana bir olay verdim ve o olayda dikkat etmen gereken sabit bir değer var mıdır? Ya da karşılaştırma yapman gereken? Çünkü siz ne yapıyorsunuz bulduğunuz hız değerinin (.....) acaba kuantum fiziği ile klasik fizik arasında böyle bir sabit var mı?
99		Ö39	Sadece maddeleri somut ehhh nasıl diyeyim, tek bir maddeymiş gibi kabul edince içindeki yapıya giremeyince bence klasik olabilir ama

100		Ö38	Olayları bir bütün olarak aldığımızda klasik fizik ama parçacık boyutuna indiğimizde kuantum fiziği
101	22	Ö39	Kuantum fiziği, olayları bir bütün olarak incelediğimizde klasik fizik geçerli iken parçacık boyutunda incelediğimizde kuantum fiziği devreye girecek.
102		Ö38	İleride klasik fizik yok olacak.
103		Ö39	O da olabilir, gerçekten ana bu gidişle olacak gibi.
104	23	Ö38	Yani, yazalım onu da. Ya da ileriki yıllarda bilim ilerledikçe diyelim klasik fizik yerini kuantum fiziğine bırakacak. Bakalım bilim adamları ne demiş? Kuantum fiziği dolaysız kavranacak, dolaysız?
105		Ö39	Dolaysız derken, yani hiçbir şeyin birbiri ile alakasız değil alakalı olduğunu söylüyor.
106		Ö38	Her şeyin birbiri ile etkileşim içinde olduğunu söylüyor, sağduyuya da terstir.
107		Ö39	Hani, ben bunu hissediyorum diye bir olay yok, gerçektende bir şey var diyor.
108		Ö38	<u>Tanrı evrenle zar atmaz.</u>
109		Ö39	Olasılık diye bir şey yok diyor. <u>Kuantum teorisi hiçbir zaman başarısız olmamıştır.</u>
110		Ö38	Yani kabul etmiş.
111		Ö39	<u>Teorinin yapısı fiziksel dünyaya bakışta devrim yaratmıştır.</u>
112		Ö38	Evet, doğru.
113	24	Ö39	de Broglie'yide biliyoruz. <u>Nasıl görelî ve göresiz fizik arasında sınırı belli eden c ışık hızı ise acaba kuantum fiziğinde böyle bir sabit var mıdır?</u>
114		Ö38	Sabit, sabit.
115		Ö39	Şöyle bir şey vardı hani, de Broglie diyorduya elektronların
116		Ö38	Planck sabiti
117		Ö39	Hayır, sabit derken aynı anda....yok yok de Broglie demiyordu, Heisenberg diyordu. Heisenberg diyorduya hani aynı zamanda bir elektronun örneğin yerini ve yönünü aynı anda tahmin edemeyiz tam olarak, onunla alakalı olabilir mi?

118		Ö38	Bence öyle.
119		Ö39	O zaman onu yazalım.
120	25	A	Evet arkadaşlar birazda birlikte konuşalım.
121		Ö39	Bunu göz önüne alarak ta sabit bir değere ulaşılabilir.
122	26	Ö38	Atom altı parçacıklara bakılarak ulaşılabilir.
123		A	Evet arkadaşlar var mı böyle bir sabit?
124		Ö	Planck sabiti.
125		A	Planck sabiti dedi arkadaşınız. Var mı bu sabiti daha önce duyan.
126		Ö38	h lamda bölü c
127		C	Hocam hani Heisenberg'in bir teorisi vardı aynı zamanda örneğin bir atom altı parçacığın yeri ve yönü tahmin edilemezdi. Hani buradan da belki sabit bir sayıya ya da işlemler sonucunda bir sayıya ulaşıp ta sürekli olarak geçerli olabilir.
128		A	İşte var mı bir sabit.
129	27	Ö39	Ama ama burada şu an için bir sabit yok ama ileriki deneylerde deneyerek elde edilebilir.
130		A	Şu an yok ama ileride elde edilebilir diyorsunuz? Başka?
131		Ö	Yoktur.
132		A	Yoktur. Peki o zaman şunu sorayım sana günlük yaşantıda karşılaştığın bir olayı kuantum fiziğinde mi yoksa hangisiyle inceleyeceğini nerden bileceksin? Herhangi bir sabit olmazsa?
133		Ö	(.....?)
134		Ö38	Belki kuantum fiziğini bilmediğimiz için olaylara öyle bakıyoruz.
135		Ö39	Bence vardır bir sabit, ışık hızı sürekli bir sabit ona göre değerlendiriyoruz aslında bütün formüllerde var.
136	28	Ö38	h lamda bölü c , doğru.
137		Ö39	Değil mi aslında sürekli var.
138		Ö	Heisenberg'in dediğine göre bir atom altı taneciğin (...) ve konumu aynı anda belirli olamaz buna göre klasik fiziği sabitleyen belirli değerler olduğuna göre kuantum fiziğini de sabitleyen belirli değerler olacaktır. Ama şu anki elimizde yeterli teknoloji olmadığından bilim adamlarının elinde yeterli teknoloji olmadığından dolayı bulunamamıştır diye düşünüyorum ama bulunabilir ama kesinlikle

	41		gibi kabul ettik ama hiçbir şekilde arabanın içerisinde yer alan temel parçacıkların hareketinden bahsetmedik, ya da futbol sahasında futbolcunun biri topa vurdu, eğik atış hareketi yapıyor dedik ama bu noktada hiçbir şekilde diğer parçacıkların hareketini düşünmüyoruz. Topu hep ne olarak düşünüyoruz, bir nokta gibi düşünüyoruz ve buna bağlı olarak ta diğer istenilen şeyleri hesaplayabiliyoruz. Ya da Bursa'dan İstanbul'a giden bir araçta da eğer bazı değerler bize verilirse hız zaman grafiği, konum zaman grafiği, istenilen her şeyi ne yapabiliyoruz klasik fizikte ifade edebiliyoruz. Ama iş hangi boyutta değişiyor? Biraz daha ayrıntıya girmeye başladığımızda, parçacık düzeyine girmeye başladığımızda ne oluyor klasik fizik çoğu şeye cevap veremiyor. İşte bunlardan bazıları; suyun yoğunluğunun bugüne kadar 1 olduğunu öğrendiniz, neden?...cevap var mı? Cevap yok. Gümüş elektriksel olarak iletken iken kükürt değil neden? Ne fark var aralarında?
147	42	Ö39	Yapısal olarak farklılık var? İç yapısı.
148		A	Ne gibi?
149		Ö38	Mesela gümüş iyonlaşabiliyor.
150		A	Kükürt?
151		Ö38	Kükürt iyon halinde bulunmuyor o yüzden gümüş elektrik akımını iletirken kükürt iletmiyor. Yani daha iç yapısına iniyoruz öyle bilebiliyoruz.
152		A	Peki
153		Ö38	Aslında kimyadan da biraz yardım alıyoruz, oradan bildiğimiz bilgiler ile.
154	43	A	Uranyum mesela neden parçalanıyor? Kendiliğinden bozunuyor gibi pek çok sorunun cevabını ne yapamıyoruz biz klasik fizik çerçevesinde cevaplayamıyoruz. Klasik fizik bu noktada cevap verebiliyorsa bile çok az düzeyde. Bu noktada karşımıza ne çıkıyor, kuantum fiziği devreye giriyor. Kuantum fiziğini de şöyle düşünmeyin. Klasik fizik makroskobik sistemler ile ilgileniyor da kuantum fiziği sadece mikroskobik sistemler ile ilgileniyor diye bir şey düşünmeyin. Aslında kuantum fiziği genel anlamda düşündüğümüzde doğanın en temel yasalarını oluşturur. Ama burada temel deyince neyi alıp almayacağınız çok önemli. Temel parçacık deyince siz ne anlıyorsunuz?

155		Ö	Temel parçacık deyince proton, nötron, elektron yani atom altı parçacıklar aklımıza geliyor.
156		A	Peki, atom temel parçacık mı?
157		Ö38	Değil.
158		A	Değil. Artık atom altı parçacık..
159		Ö38	18 tane mi atom altı parçacık. 16 tane atom altı parçacık var.
160		A	Ama bundan 100 sene önce atom da temel parçacık olarak biliniyordu ve bakın bu tanım kime ait bir tanımda, Democritos tarafından milattan önce 200 yılında ortaya konulmuş, atomu maddenin en küçük yapıtaşı olarak ifade etmiş ve yaklaşık 2000 yıl boyunca bilim adamları tarafından bu şekilde kabul görmüştü. Ama sonrasında yapılan çalışmalar, özellikle bakın klasik fizikte Hidrojen atomu modeli kim tarafından ortaya kondu.
161	44	Ö39	Bohr tarafından.
162		A	Bohr bu modeli ortaya koyduğu zaman klasik fizikçiler artık şöyle düşünüyorlar, tamam artık keşfedecek hiçbir şey kalmadı. Oysa bakın Bohr atom modeli sadece ve sadece Hidrojen atomunu çok iyi açıklar.
163		Ö39	Evet, daha karmaşık yapıda iş görmez.
164		A	Evet, helyuma, berilyuma, lityuma farklı atomlara uygulamaya katıldığımız zaman, ne yaparsınız?
165		Ö39	Geçerli olmaz.
166		A	Başarısız olursunuz ki zaten klasik fiziğin açıklayamadığı noktalardan bir tanesi de Hidrojen atomu ya da atom spektrumlarıdır. Yine buna ileriki konularda döneceğiz. Bu noktada şöyle bir genelleme yapabiliriz belki de, temel parçacıkları yöneten yasaları bilirsek temel parçacıklardan oluşan daha büyük sistemlerin hareketini ne yapabiliriz? Kolayca kestirebiliriz. Doğru mudur?
167		Ö39/ Ö38	<u>Evet.</u>
168	45	A	Peki temel parçacık deyince ne anlayacağız. Atomu temel parçacık değil dedik ya, ama atom zamanında ne olarak biliniyordu?
169		Ö39/ Ö38	<u>Temel parçacık.</u>
170		A	Temel parçacık olarak biliniyordu. Şimdi size sordum ben elektronun temel parçacık olduğunu söylediniz, acaba bir yüzyıl iki yüzyıl sonra elektron bir temel parçacık olmaktan çıkacak mı? Yani tarih tekerrür edecek mi? Şimdi bu noktada tarihin kendini tekerrür etmeyeceğine dair pek çok delil var. Eğer bir parçacığın temel parçacık olup olmadığını anlamak istiyorsanız ne yaparsınız, iki parçacığı

			çarpıştırırsınız ve açığa çıkan oluşan yapılara bakarsınız. Bu noktada siz molekülleri atomlara atomları nelere parçalayabilirsiniz? Pardon atomları çekirdek ve elektronlara parçalayabilirsiniz. Çekirdeği de?
171	46	Ö39	Proton ve nötronlara.
172		A	Ama bu noktada çekirdek nedir atoma göre daha az parçalanabilir düzeydedir. O nedenle biz onu ne yaparız, daha az parçalanır kabul ederiz. Bu noktada şöyle bir şeyde aklınıza gelmişti, kuantum fiziği ile klasik fizik arasında bir fark ya da belirleyici bir faktör var mı demiştik. Böyle bir faktör vardır aynı nasıl genel görelilik ve özel görelilik kuramı arasında c gibi bir ışık hızı sabitimiz varsa kuantum fiziği ile klasik fizik arasında da bizim Planck sabiti adını verdiğimiz ortalama 1900 lü yıllarda Planck tarafından ortaya konulmuş bir sabitimiz var. Şimdi bu sabitin değerini bilen var mı? Planck sabitini h ile gösteriyoruz biz, değerini bilen var mı aranızda? değeri $6,62 \cdot 10^{-27}$ erg/s ya da.
173	47	Ö38	Frekans mı bu?
174		A	$6,62 \cdot 10^{-34}$ j/s. Şimdi bakın Planck sabitine temel eylem kuantumu denir. Bu ne demek? Böyle bir durumda neye bakarsınız siz, Planck sabitinin birimine bakarsınız. Bu neyin birimi?
175		Ö	İş
176		A	Enerji çarpı zaman, o zaman yazalım. Şimdi bunu neden yazıyorum, hemen açıklayayım, çünkü ele aldığım bir olayda acaba ben bunu klasik fizikle mi çözeceğim, kuantum fiziği ile mi çözeceğim, kime bakacağım, Planck sabitine. O zaman ne bulmam lazım benim, Planck'a eş olan eylem boyutunda bir büyüklük bulmam lazım. O zaman bakıyorum, enerji çarpı zaman, ya da enerji yerine ne yazabilirsiniz? Kinetik enerji yazsak olur mu? Burada $\frac{1}{2}$ 'nin birimi var mı?
177	48	Ö	Yok.
178		A	O zaman değerlendirmesem olur mu?
179		Ö39	Olur.
180		A	M neyin birimi?
181		Ö39	Kütlenin.
182		A	Birimi ne?
183		Ö39	Kilogram.
184		A	Kilogram, v neydi?
185		Ö39/ Ö38	<u>Metre/saniye.</u>

186		A	O zaman m^2/s^2 . Sonuçta kilogram metre kare bölü saniye.
187	49	A	Yani o zaman siz ne yapacaksınız? Diyelim ki size bir olay verdim, bu olayla ilgili ya enerji çarpı zaman, ya momentum çarpı zaman, ya da açısal momentum cinsinden bir şey elde edeceksiniz. Daha sonra elde ettiğiniz bu değeri kimle kıyaslayacaksınız? Planck sabiti ile kıyaslayacaksınız, eğer ki değer Planck sabitine yakın bir değer ise o zaman olayı ne çerçevesinde inceleyeceğiz?
188		Ö39	Kuantum fiziği.
189		A	Eğer elde ettiğiniz değer Planck sabitinden çok büyükse o zaman hiçbir şekilde kuantum fiziğini ışın içine sokmaya gerek yok, sadece ve sadece bizim için ne olacaktır, klasik fizik yeterli olacaktır.
190		Ö39	Klasik fizik.
191	50	A	Kime benzettiniz olayı? Aynı görelî ve göresiz fizik arasında, ışık hızına yakın hızlarda görelî, eğer ışık hızına yakın değilse hız neyi kullanıyoruz?
192		Ö39/ Ö38	<u>Göresiz.</u>
193		A	Aynı mantık hiçbir fark yok, eğer burada da elde ettiğiniz eylem boyutundaki büyüklük Planck sabitine yakın bir değerse kuantum fiziğini kullanacağız...
194		Ö38	Planck sabiti çok küçük o zaman, çok küçük bir parçacık olması lazım değil mi?
195		Ö39	Hımmm.
196		Ö38	Baksana, $6,62 \cdot 10^{-27}$
197	51	A	Evet, bir tane örnek yapalım bununla ilgili.
198		Ö38	Enerji çarpı zaman..... şimdi bu çarpımlar Planck sabitine yakın ise kuantum fiziği
199		Ö39	Çok büyükse klasik fizik uygulanacak.
200	52	Ö38	Çok büyük, hı, hı.
201	53	A	Örneğimizi yazalım isterseniz bulunsun, Dönen bir cisim düşünelim. Eylemsizlik momenti 1 gr.cm^2 açısal hızı da 1 rad/sn olsun. Bu durumda açısal momentumu bularak, Planck sabiti ile karşılaştırınız.
202		Ö38	Momentum çarpı uzunluk değil mi?
203		Ö39	Hı, hı.
204	54	Ö38	Gramı kilografa çevireceğiz

205		Ö39	Ben şey dedim hani açısal momentum $2v\pi$ idi, formülü, Radyanı nasıl çevireceğiz ? Bir şeyi döndürüyor değil mi, π yi yok etmesi lazım böylece büyük bir değer çıkacak ve klasik fizikle incelenecek.
206	55	Ö38	m belli 1 gram, Radyan 36π miydi , onların arasındaki bağlantıyı kuramadık , dur dur dur , açısal momentum enerji çarpı zaman
207	56	Ö39	Açısal momentum?
208		Ö38	O zaman şey yapacağız, uzunluk çarpı mv diyeceğiz. M belli 1 gram, onu metre cinsinden alacağız.
209		A	Birim değişikliği yapabilirsiniz. Radyan var burada.
210		Ö38	Hı, hı ama onların arasındaki bağlantıyı nasıl kuracağız.
211		Ö39	Evet, o bağlantıyı biz kuramadık ama.
212	57	Ö38	Radyan...radyan...
213		Ö39	Radyan 180 derece.
214	58	Ö38	İşte. Momenti, momentini vermiş zaten. Moment mv değil mi? Tamam,
215		A	Evet, gelen var mı soruya?
216		Ö38	Radyan 180 derece değimliydi, açısal momentum da $2\pi v$, oradan kullanacağız, her saniyede 1 radyan kadar yol alıyorum demek, doğru değil mi? Dönüyorum, hızım var,
217		A	Yani?
218		Ö38	Onu anlayamıyorum, uzunluk ne ?
219	59/63	A	Sorunun çözümü öğrenciler ile birlikte adım adım yapıyor
230	63	Ö38	Ama yine de klasik fizik ile ele alacağız.
231		A	Sonucu Planck sabiti ile kıyaslayın.
232		Ö38	Çok çok büyük.
233		A	Çok büyük, o zaman vermiş olduğum bu dönen cisim örneğini klasik fizik çerçevesinde mi inceleyeceğiz, kuantum fiziği mi?
234		Ö39/ Ö38	<u>Klasik fizik</u>
235	64	A	Klasik fizik yeterlidir, bu dönen cisim bir kum tanesi bile olsa, klasik fizik çerçevesinde incelemem yeterli olacaktır. Şimdi arkadaşlar herkes Kuantum kuramı 100 yaşında isimli parçayı açsın. Buraya daha sonra bakarsınız ama biz kronolojik sıra ile ilgilenelim.

	65		
236	66-67- 68- 69-		(.....)
237	70	A	Acaba buraya kadar olan noktalara baktığımızda kuantum fiziğinin günlük yaşam uygulamaları hakkında bilgi sahibi oldunuz mu? Ya da ben daha önce bunu klasik fizik diye düşünüyordum ama kuantum fiziği geçerliymiş dediğiniz bir durum var mı?
238		Ö38	Günlük yaşantımızda diyorsunuz değil mi?
239		A	Hı, hı.
240		Ö38	Barkod sistemi, güvenlik sistemleri. Şu yaylada da falan olduğumuzda üzerinde metal var yok onu kontrol eden sistemler, apartmanlara girdiğimizde otomatik yanan ışıklar.
241		A	Ne diyoruz biz onlara?
242		Ö38	Fotosel lambalar. Bunlar günlük yaşantımızda kuantum fiziğinin örnekleri.
243	71	A	Başka var mı aklına gelen?..... hemen bu alanda ilginç aletler var tabii ki çalışma prensibi olarak kuantum fiziği ilkelerine bağlı. Bilgisayardan da takip edebilirsiniz, bazıları sizin alanınızla da ilgili,
244		Ö38	Optik cımbız!
245		A	Femtosaniye lazerler, şimdi bu aygıtlar da atomların ve moleküllerin titreşimleri ışık çakmaları ile dondurulabilmektedir. Böylece bu lazerler sodyum atomunun birleşerek tuzu nasıl oluşturduğu, hani hep duyarız ya sodyum atomu klor atomu ile bir araya gelir ve her gün tükettiğimiz yemek tuzunu oluşturur ama biz bir türlü ne yapamayız sodyum ve kloru bir araya getirip yemek tuzu yapamayız gibi düşünün. Bir diğeri fotosentez yolu ile bitkilerin güneş ışığını nasıl enerjiye dönüştürdüğü, bakın bunları açıklamakta femtosaniye lazerler kullanılıyor,
246	72		Işığın gözün retina tabakasına çarpması ile başlayan reaksiyon
247	73		Diğer bir yapımız radar tuzakları
248	74		Bir diğer ilginç deney aletimiz de optik cımbız.
249	75		(.....?)
250	76	Ö38	Vay, aktin miyozin ipliklerini ölçmüş.
251		Ö39	Biz bunu Osman hocaya söyleyelim.

252	77	A	Aslında bu örneklerden yola çıkarak günlük yaşamdaki uygulamaları hakkında az çok bilgi sahibi olabilirsiniz. Arkadaşınız da bununla ilgili örnekler verdi, o zaman ben bununla ilgili hemen size bir çalışma kağıdı vereyim konu ile ilgili.
253	78	Ö38	Demek ki neymiş, kuantum fiziğinin de bir sınırı varmış.
254		Ö38/ Ö39	<u>Planck sabiti.</u>
255		A	Evet, çalışma kağıdımız da iki soru var, bunlardan bir tanesi h Planck sabitinin değeri büyük olsaydı ne gibi bir farklılık gözlemlenirdi? Bir diğeri ise biraz önce çözdüğümüz soruya çok benzer bir soru.
256	79	Ö38	Okuyalım, beraber yapalım. Şimdi Planck sabiti çok büyük olsa idi böyle bir dünya da yaşamının ne gibi zorlukları olurdu? Hadi bakalım, ne gibi zorlukları olurdu? Şimdi önce kolaylıklarını düşünelim.
257		Ö39	Şey olmaz mıydı her şey nokta olarak değil de içyapısı incelenmeye başlayacaktı, zor olacak, baksana bunu incelemek için bir sürü aletler geliştirmişler. Olay daha da zorlaşacaktı.
258		Ö38	Planck sabiti büyük olsaydı zaten klasik fiziğe yakın bir şey olurdu.
259		Ö39	Yani anlatabildim mi bu kadar aşağılara inmeye gerek yoktu.
260		Ö38	Hımmm, o zaman.
261		Ö39	Bak hayır hayır değer büyük olursa, klasik fiziğe yakın değerler çıkacak değil mi? Yani, nasıl diyeyim, artık kuantum fiziği hiç denmeyecekti yani atom altı parçacıklar incelenmeyecekti.
262	80	Ö38	Zorlukları olurdu. Atom altı olayların gerçekleşmesi zorlaşacak.
263		Ö39	Olayların incelenmesi
264		Ö38	Kimyasal tepkimeler zorlaşacak, her şey zorlaşacak. Doğru değil mi?..... güneş ışınlarının bize gelmesi bile zorlaşacak.
265		Ö39	Bir dakika.
266		Ö38	Bir olduğunu bir düşünsene.
267	81	Ö39	Noktasal olur.
268		Ö38	Her şey noktasal olacak, her şey çok hımmm, nasıl diyeyim.
269		Ö39	Hiçbir şeyin iç yapısı incelenmeyecek.

270		Ö38	Atom, eh, ona bakılırsa o fotoğrafta gösterilen ışıklar olmayacak, mesela bir cisim ısındığında elektron yaymayacak
271		Ö39	Hı, hı.
272		Ö38	Her şey yok olacak, güneş ışınlarının bize ulaşması bile zorlaşacak.
273	82	Ö39	Sen ne yazdın?
274	83	Ö38	<u>Bir kol saatindeki hareketli parçalar oldukça küçüktür.</u> işte şu formülden.
275		Ö39	Bu değil miydi?
276		Ö38	Aynı formül, m'ini biliyoruz.
277		Ö39	Bir.
278	84	Ö38	Bunu şimdi ne cinsinden alıyorduk, m'i gram, şu radyan bölü saniye, tamam.
279	85	Ö39	Değer h'tan çok büyük olduğu için kuantum fiziğini kullanmak gereksizdir.
280	86	A	Evet hemen soruları beraber tartışalım, Planck sabitinin değeri büyük olsa idi acaba hayatımızda ne gibi değişiklikler olurdu?
281		Ö	Çok küçük parçacıkları inceleyemezdi.
282		A	Çok küçük parçacıkları inceleyemezdi diyor arkadaşınız.
283		Ö38	Planck sabiti çok büyük olduğunda, hayatımızdaki çoğu olay gerçekleşemeyecekti. Mesela eh, güneş ışınlarının bize gelmesi gibi, ne diyoruz, orda çok küçük parçacıkların hareketi var, olayları var diyoruz bize gelirken, ama Planck sabiti, böyle bir sabit, çok yüksek olduğunda bizim günlük hayatımızda etkilenecekti bundan.
284	87	A	Peki size şunu sorayım. Tamam sizden de alayım.
285		Ö	Ya ben şöyle düşündüm de, enerji artacak dedim, bu kadar küçük değil de daha büyük olduğunda daha büyük enerjiler olabilir diye düşündüm. Etrafımızda gerçekleşen çoğu olay ışık hızında gerçekleşiyor gibi olabilirdi yani.
286		A	Peki şöyle düşünün, biraz önce bir örnek çözmüştük ya, bu örnekte neydi, eylem boyutunda bulduğumuz değer kaçtı?
287		Ö38	Bir.
288		A	O zaman o olayı biz kuantum fiziği çerçevesinde mi inceleyecektik, klasik fizik mi?
289		Ö39/ Ö38	<u>Klasik fizik.</u>

290		Ö39	Her şey nokta olarak algılanacaktı.
291		A	Biraz önceki örnekte eylem boyutunda bir büyüklük bulduk ve büyüklük kaçtı, birdi. Eğer Planck sabiti de bir olsa idi, o zaman biz bu olayı.
292		Ö38	Kuantum da.
293		A	Kuantum da mı inceleyecektik, klasik fizikte mi?
294		Ö39/ Ö38/ Ö	<u>Kuantum da.</u>
295	88	A	Yani ne olacaktı, kapsadığı olaylar değişecekti değil mi? Günlük yaşantı da artık daha çok?
296		Ö	Göz önünde olacaktı.
297		A	Yani şöyle diyelim.
298		Ö38	Olgusal bakacaktı olaylara. Noktasal bakacaktı aynı klasik fizik gibi kuantum fiziği de.
299		A	Şöyle diyelim kuantum fiziğinin kapsamı genişleyecekti, hani şimdi biz günlük yaşantıda, soruda neyi örnek vermiştik, kum tanesinin hareketinde artık klasik fizik değil de neyi kullanacağız?
300		Ö38	Kuantum fiziğini
301	89	A	Ya da kuantum fiziğini. günlük yaşantı da daha kullanılabilir yapacaktık, kuantum fiziğini günlük yaşantımızda daha fazla uygulayacaktık.
302		Ö	Enerjiler daha yükselirdi diyebilir miyiz, h Planck sabitinin 1 olarak kabul edildiği bir dünya da?
303		A	Enerji bağıntısına geleceğiz, ona o zaman değinelim, şimdi biraz önce kuantum fiziğinin karşılaştığımız günlük yaşam uygulamaları var mı diye sormuştum. Bir arkadaşınız fotoselli lambalar demişti, bu konu ile ilgili başka örneği olan var mı?
304		Ö	Tıp alanında olabilir.
305		A	Tıp alanında olabilir dedi arkadaşınız, başka?.....biraz zorlayın kendinizi, eminim bir şeyler duymuşsunuzdur, nanoteknoloji diye bir şey duydunuz mu?
306	90	Ö39	Hı, hı.
307		Ö38	Askeri alanda da kullanılabilir.
308		A	Başka bir örnek daha vereyim, konuşmadığınız ve örnek vermediğiniz için zaten haftaya bununla ilgili ödev hazırlayıp geleceksiniz. Herkesin cep telefonu var her halde. Herkes mesaj çekiyordur her halde? Tüm bu

			<p>işlemleri kuantum fiziği ile yapıyorsunuz? O zaman ne yapıyorsunuz? Haftaya burada verdiğimiz örnekler dışında, kuantum fiziğinin günlük yaşam uygulamaları ile ilgili örnek bulup geliyorsunuz. Teşekkür ederim.</p>
--	--	--	--

2. DERS: SIYAH CISİM İŞİMASI

0	Zaman	Kişi	Diyaloglar
1	0	A	Bundan önceki derste kuantum fiziğinin nerelerde kullanıldığı ile ilgili bilgi edinmiştiniz. Bu nokta da klasik fiziğin cevap bulamadığı 3 temel problemten bahsetmiştik, bunlardan ilki siyah cisim, diğerleri de fotoelektrik olay ve atomların kararlılığı idi, bu dersimizde ilk problemten bahsedeceğiz. Bununla ilgili size dağıttığım çalışma kağıdında, ne bildiğini fark et bölümünü yapacaksınız? Bazı resimleri ekrandan da takip edebilirsiniz.
2	1	Ö38	Şimdi, beyaz ve sıcak renkte iki arabamız olduğunu düşünelim. Sıcak bir yaz gününde bahçeye park ettiğimizi düşünelim, hangi araba daha çok ısınır? Neden?
3		Ö39	Siyah
4		Ö38	Siyah dedik, neden? siyah cisim ışığı soğurur.
5	2	Ö39	Aynen. Koyu renkler ışığı daha çok üzerine çeker. Bunu açıklamaya gerek var mı?
6		Ö38	Arda'nın ödevi.
7	3	Ö39	Arda'nın ödevi Hımm , Arda ya bu nokta da yardım edebilir miyiz ?
8		Ö38	Siyah cisim, dalga boyu λ
9		Ö39	Aynı olmaz mı formülden.
10		Ö38	Dalga boyu $v = \lambda \cdot f$ diyelim. Dalga boyunu v/f ten değil mi?
11		Ö39	Hı,hı.
12		Ö38	Frekansını, frekans eşittir v bölü λ dan bulur desek, frekansı bence çok büyüktür, değil mi?
13		Ö39	Hı,hı, siyah cismin frekansı.
14	4	Ö38	Dalga boyu da tam tersine, görünür dalgadan diğer yöne doğru gidildiğinde dalga boyu küçülüyordu ya, hani böyle tehlikeli dalgalara doğru dalga boyu böyle küçülüyordu.
15		Ö39	Hımm, frekans artıyordu, ters orantı.
16		Ö38	Dalga boyu da daha küçük olur.
17	5	A	Çalışma yaprağınızda dalga boyu, frekansın açıklamalarını istedim, buralara kitap tanımını yazmanıza gerek yok, ne biliyorsanız yazarsanız olur.

18		Ö38	Tanım mı yazacak mıyız? Neyse bunlar dursun. Frekans bir saniyede oluşan atma sayısı,
19	6	Ö39	Dalga boyu, aynı özellik gösteren iki dalga, arasındaki uzaklık. Siyah cisim, ışığı soğuran, değil mi?
20		Ö38	Hı, hı. Işığı soğuran, enerjisi büyük cisimdir.
21		A	Hemen isterseniz sorulara dönelim, arabalardan hangisine binmeyi tercih edersiniz?
22		Ö39	Beyaz arabaya.
24		A	Neden?
25		Ö	Beyaz ışığı soğurmaz.
26		A	Siyah olan ışığı soğuracağı için, ne diyoruz? Siyah araba daha sıcaktır diyoruz. Peki yine aynı şekilde, ikinci ifade de de neden yazın açık renk giymemiz gerekir diye bir ifademiz var. Bunda yer alan mantık nedir?
27	7	Ö38	Aynısı. Aynı mantık. Koyu renkler daha çok ışığı soğurur yani sıcaklığı enerjisi daha fazla üzerinde tutar, açık renkler ise daha fazla yansıtır koyu renklere göre o yüzden daha serin tutar.
28		A	Bir diğer bölümde de Arda'nın ödevi vardı. Bununla ilgili ne söylemek istiyorsunuz? Burada dalga boyu ve frekans kavramları var. Dalga boyu nedir?
29		Ö	İki dalga teperi ya da bir dalga tepesi ile bir dalga çukuru arasındaki uzaklık.
30		A	Başka?
31		Ö39	Ya da aynı özelliği gösteren iki nokta arasındaki uzaklık
32	8	A	Kavramlara tekrar döneceğiz. Peki frekans neydi?
33		Ö39	Bir saniyedeki atma sayısı. Bir saniyedeki dalga sayısı.
34		A	Peki siyah cisim deyince ne anlıyorsunuz?
35		Ö	Üzerine düşen tüm ışınları soğuracak, geri yansıtmayacak cisim.
36		A	Başka aklına gelen.
37	9	Ö38	Enerjisi yüksek bütün enerjiyi içine çeken bir cisim dedik, frekansı konusunda da diğer cisimlere göre frekansı daha fazladır. Enerjisi daha fazla olduğu için öyle düşündük.
38		A	Başka var mı? Daha tekrar döneceğiz bu kavramlara. şimdi ikinci aşamaya geçmenizi istiyorum. Resimlerde ne var, bir demir çubuk ısı kaynağı ile ısıtılıyor, burada gözlemlemenizi istediğim,

			demir çubuğun renginde ki değişim.
39	10	Ö38	Kırmızı, turuncu, sarı olmuş.
40		Ö39	Hı,hı.
41		A	Bu renk değişiminde oluşan renkler dikkat ederseniz, bu renkler elektromanyetik spektrumun hangi bölgesindeydi? Bir de renkler neden bu şekilde sıralanmış?
42		Ö	Bu şeyle mi alakalı hocam, kızıl ötesi (.....)
42		A	Önce bir bakın, sonra üzerinde beraber konuşalım.
43		Ö39	Oluşan renklerin zaten dalga boyları, dalga boyu ilk kırmızının, en büyük o, frekansı en küçük olan kırmızı. Yani enerjisi en az olan kırmızı, o yüzden ondan başlıyor. Öyle düşünmeyecek miyiz?
44	11	Ö38	Sıcaklık burada bir enerjidir. Demir çubuk enerji aldıkça rengi değişmiştir. Kızıl ötesiydi, kırmızı değil mi?
45		Ö39	Hı,hı.
46		Ö38	Demir çubuk enerji aldıkça rengi değişir, çünkü enerjisi değişir.
47		Ö39	Frekansı en küçük olan. Değil mi? Frekans değeri en küçük kırmızının.
48	12	Ö38	Turuncu ve sarıya doğru gidildikçe frekans artıyor.
49		Ö39	Sonra enerji arttıkça.
50		Ö38	Bunlar kızıl ötesi ile mikro dalga arası bir şey.
51		Ö39	Hı,hı.
52		Ö38	Değil mi? Sonra mor ve ötesi geliyor, gamma geliyor.
53		Ö39	Aynen, tamam onların arasında.
54	13	A	Acaba güneş bir siyah cisim olabilir mi?
55		Ö39	Olabilir aslında enerjisi çok yüksek ya.
56		Ö	Hocam ben bir şey sorabilir miyim?
57		A	Hı,hı.
58		Ö	(.....?)
59		Ö38	Güneş ama.....bence olabilir.

60		Ö39	Bence de olabilir.
61	17	A	Evet, arkadaşlar, ifadelere kısaca bir bakalım. Neyle alakalı olabilirdi bu renk değişimi?
63		Ö38	Dalga boyu.
64		A	Peki, dalga boyunu değiştiren ne?
65		Ö38/ Ö39	<u>Enerji.</u>
66		A	Enerji nereden geliyor?
67		Ö38	Sıcaklık olarak.
68		A	Demek ki o zaman siz demir çubuğu ısıttığımız zaman bunda bir ne değişimi gözlemliyorsunuz?
69		Ö38	Enerji.
70		A	Bu gözlemlemiş olduğunuz renk değişimi elektromanyetik spektrum adını verdiğimiz spektrumda nerede olması lazım?
71		C	Görünür.
72		A	Peki, neden beyaz,sarı, kırmızı değil de bu şekilde renk değişimi?
73	18	Ö	Enerji (.....?)
74		C	Enerji farkından dolayı,..... kırmızı rengin
75		A	Enerjisi en az olan kim hatırlıyor musunuz?
76		Ö39/ Ö38	<u>Kırmızı.</u>
77		Ö39	Frekansı daha düşük.
78		A	Sıcaklığını arttırmaya başladığımız zaman cisim ne yapmaya başlıyor? Normalde siz demir de böyle bir ışıma gözlemliyor musunuz?
79		Ö39	Hayır.
80		A	Hayır. Normal demir. Ama sıcaklığını arttırdığımızda ışıma yapmaya başlıyor, işte sıcaklığı arttırmaya devam ederseniz sarı renge dönüyor, sarı renkten de beyaza doğru devam ediyor. Peki, güneş siyah cisim olabilir mi?
81		Ö39	Olabilir. Zaten ısı, sıcaklığı hapsediyor içine demek ki, sıcaklık enerji idi, oradan da soğuruyor.

82	19	Ö38	Hem soğuruyor hem yansıtıyor.
83		Ö39	Yansıtması da var, demek ki bir kısmını yok ediyor, kullanıyor o yüzden sarı algılıyoruz. Enerji düşüyor diye mi sarı algılıyoruz gelirken. Olabilir mi ki?
84	20	A	Bazılarınız boş bırakmış. O zaman öncelikle siyah cismin ne olduğunu zihninizde yapılandırmaya çalışalım. Bununla ilgili bir deneyimiz var. Siyah bir kutunun yüzeyinde, burada kutunun şekli önemli değil, dikdörtgen de olabilir yuvarlakta olabilir. Yüzeyine bir tane kalem ile delik açılıyorsunuz. Aydınlatma kaynağı ile o bölgeyi aydınlatacağım. Gözlemlemenizi istediğim, arkadaşınız gözlemlesin. Deliği aydınlattığım zaman dış ortamın siyahlığını karşılayacaksınız. Tamam. Hangisi daha siyah? Delik mi etrafı mı?
85	21	Ö	Delik.
86		A	Arkadaşınız delik dedi. Bir başka arkadaşınız da delik daha siyah dedi. Peki,
87		Ö38	Bizde görmek istiyoruz.
88	22	A	Şimdi balkın dikkatinizi çekmek istediğim bir nokta var siyah cisim ışması ile ilgili, burası önemli, sürekli siyah cisim siyah cisim diyoruz ama siyah cismin illa ki siyah renkte olması gerekmiyor. Şimdi şöyle düşünün, kutu siyah, ehhhh, deldim, sonuçta içerisi siyah mı? Değil ama ışıkla o deliği aydınlattığım zaman etrafı ne oldu? Siyahtan daha farklı bir renk, ama iç bölge yani delik daha siyah göründü. Demek ki o zaman siyah cisim diye ifade ediyoruz ama siyah cismin ne olmasına gerek yok illa ki siyah renkte olmasına gerek yok. Bu nokta da siyah cisim dediğimiz bizim ideal olan, biraz önce de dedik ya, üzerine düşen tüm ışınları soğurduğu için siyah cisim ifade etmek daha kolay, o yüzden siyah cisim kullanılmış ama dediğim gibi illa cismin siyah olmasına gerek yok. Ben burada deliği aydınlattığım zaman delikten içeri ışınlar giriyor ve kutu içerisinde çoklu yansımalarından sonra aynı ışınların dışarı çıkma olasılığı var mı?.....neredeyse yok. İşte bu nedenle biz üzerine düşen tüm ışınları soğuran cisimlere siyah cisim adını veriyoruz. Şimdi bununla ilgili bir simülasyonumuz var. Herkes simülasyonu bir çalıştırsın.
89	23	Ö38	Nereye tıklıyoruz. Hı, hı, tamam tıkladım.
90	24	A	Şimdi simülasyonu tıkladığınız zaman, çıkan ekranda, Türkçe kısmı var.
91	25	Ö38	Şimdi her halde bunu frekansı ile oynayacağız.
92		Ö39	Bana da öyle geldi, hani ilk ders söylemişlerdi ya.

93		A	Evet, şimdi, önce simülasyon ekranında hangi değişiklikleri yapabildiğinizi bir gözlemleyin. Bu değişiklikleri yaptığımız da neler değişiyor.
94		Ö39	Hadi oynayalım. Sıcaklık zaten direkt etkiliyor.
95		Ö38	Güneşi bile geçiyor.
96		Ö39	Şunlar.
97	26	Ö38	Yüzde mi kalsın, tamam. Güneşe geleyim mi tam güneşe.
98		Ö39	Güneşe gel. 5700.
99		A	Şimdi bununla ilgili size çalışma yaprağı dağıtacağım, paralelinde devam edeceğiz ama ekranı iyi analiz edin,
100	27	Ö38	Tamam, enerji azalınca frekans ne oluyor bak. İntensity ne bu?
101		Ö39	Hadi bu enerjisi E.? Bence şeydir bu, lamda frekans mı? Nanometre neydi?
102		Ö38	Dalga boyu olur, lamda olur bu.
103	28	Ö39	O zaman, hadi gel yapalım.
104		Ö38	Yine Planck.
105	29	A	Türkçesini açacağız.
106		Ö39	Şiddet, doğru hatırlamışız ama.
107		Ö38	Sıcaklık değerini azaltalım.
108		Ö39	Azaltalım.
109		Ö38	Sıcaklık değerini azalttım.
110		Ö39	Şiddet azalıyor.
111		Ö38	Şiddet azaldı,....., dalga boyu da azaldı. Değil mi? Şimdi şöyle iken, dalga boyu neymiş bunun
112	30	A	Şimdi bir şeyler söylemek istiyorum simülasyon ekranı ile ilgili. Burada bir şekil var ya o kaynak yani siz sıcaklığı arttırıp azalttığımızda, kaynağın rengini gözlemleyeceksiniz. Kaynak ampul olur, fırın olur, levha olur.
113		Ö38	Sıcaklığı azalttığımızda

114		Ö39	E....m, E....m, rengindeki değişim diyor.
115		Ö38	Tamam. Bak, daha büyükken, enerji büyükken maviye doğru gidiyor.
116		Ö39	Hı, tamam.
117		Ö38	Enerji küçükken bak kırmızı ile sarı arasında.
118	31	Ö39	Anladım, anladım. Renkte nereye baktığımı anlayamamıştım da, ondan.
119		Ö38	Enerji azaldıkça renk daha kırmızı.
120		Ö39	Şimdi eğriyi ve eğrinin şeklini gözlemleyelim. Eğri sıcaklık arttıkça tepe değer yükseliyor yani Genliği artıyor.
121		Ö38	Hı,hı.
122		Ö39	Arttıkça genliği artıyor çünkü enerjisi artıyor. Genlik enerji ile doğru orantılı.
123	32	Ö38	Lamda maksimum değeri nasıl değişiyor? Küçüldü.
124		Ö39	Tepe yaptığı dalga boyu değeri, tepe yaptığı.
125		Ö38	Tamam işte eğrinin tepe yaptığı dalga boyu değeri lamda maksimum, sıcaklık arttıkça genliği artıyor.
126	33	Ö39	Hayır hayır onu değil, net olarak mı istiyorlar. Sıcaklık arttıkça frekans artar oradan da genlik artar.
127		Ö38	Fırın da renk bile yok.
128		Ö39	Sıcaklığı azalttığımızda lamda azalıyor değil mi?
129		Ö38	Evet, evet, lamda maksimum değeri küçülür. Sıcaklığı arttırdım mesela ampul ile güneş arası yaptım.
130		Ö39	Ne renk?
131		Ö38	Daha sarımsı.
132	34	Ö39	Renk değiştirmeye başlıyor, sarı olur sonra da maviye döner. <u>Bu aşamada eğriyi ve eğrinin şeklindeki değişimi gözlemleyiniz.</u>
133		Ö38	Şimdi, sıcaklık 4845 olsun sonra biraz daha arttırdım.
134		Ö39	Eğri daha dikleşiyor. Yukarı doğru. Lamda maksimum değeri de büyür.
135		Ö38	Tamam, işte lamda maksimum değeri yine artıyor, ikinci soruda aynı.

136	35	Ö39	Tamam.
137		Ö38	Lamda maksimum değeri artıyor çünkü enerjisi artıyor.
138		Ö39	<i>Sıcaklığın artması ile lamda maksimum nasıl değişir?</i> Artar yine.
139		Ö38	Çok güzel.
140		Ö39	Ben böyle istiyordum hep bunlar çok eğlenceli, böyle yapalım bundan sonra. Ben bir de şeyi çok isterdim, şey, klasik fizik konularında yaptık ya onların böyle şeyleri olsa.
141		Ö38	Bilmem ben hiç görmedim.
142		Ö39	Fizik konularını kavramak için böyle şeyler oluyor duya. Hocalar oradan anlatsa.
143	36	Ö38	Yakınlaştır diyor.
144	37	A	Şimdi arkadaşlar, simülasyon ekranında ki, zoom bölgelerinde oynama yapmıyorsunuz. O noktaları değiştirirseniz eğer, eğriyi simülasyon ekranında tam olarak göremezsiniz.
145	38		(.....?)
146	39	A	Bitirdik mi?
147		Ö38	Evet.
148		A	Şimdi simülasyon ile ilgili ben birkaç şey söyleyeyim. Şimdi bakın, simülasyon ekranında dikkat etmeniz gereken nokta, sıcaklığı artırıp azalttığınız zaman, grafikte oluşan eğri ne yapıyor, değişiyor. Şimdi burada Kelvin cinsinden sıcaklığımız mesela, şöyle yaparsam 300 kelvin. Yani dünyanın ortalama sıcaklığını kaç santigrat derece almış? 27. Her hangi bir ışıma gözlemliyor musunuz?
149		Ö39/ Ö38	<u>Hayır.</u>
150		A	İşıma yapmıyor mu?
151		Ö	Yapıyor.
152		A	Yapıyor ama?
153		Ö39	Görünür bölgede değil.
154		A	Bakın sıcaklık değerini arttıralım, fırına getirdiniz, aslında şuanda renkte bir değişim oluştu, siz kendi ekranınızdan takip edin.
155		Ö39	Evet.

156	40	A	Cisim ne yapmaya başladı demek ki? Kızarmaya başladı. Kızarmaya başlaması ne demek aslında elektromanyetik spektrumun görünür bölgede olması anlamında. Kaynağın rengi değişiyor, kaynağın rengi arttıkça aşağıda oluşan eğriye de dikkat etmenizi istiyorum. Ehhh, eğrinin tepe yaptığı dalga boyuna dikkat etmenizi istiyorum. Sıcaklığı arttırmaya devam ediyorsunuz, bakın güneş için bu değer ortalama 5700. Bu değere geldiğiniz zaman kaynağın rengine bakıyorsunuz. Mavimsi bir renk ve eğrinin yapmış olduğu, altında kalan alana bakarsanız ışın şiddetini buluyorsunuz. Bu noktada tüm basamaklarda dikkat etmeniz gereken sıcaklık değiştikçe kaynağın rengi, dalga boyunun maksimum değeri ve ışın şiddetinin değiştiği. Bakın azaltıyorum, dikkat edin, ışın şiddeti ne oluyor?
157	41	Ö	Azalıyor.
158		A	Arttırıyorum, ışın şiddeti aynı zamanda ne oluyor?
159		Ö38	Artmış oluyor.
160	42 43	A	Çalışma kâğıtlarınızı alayım. Biraz çabuk olalım. Bununla ilgili biraz konuşalım. Klasik fiziğin çözemediği noktalardan birisi idi bu konu. Biraz önce biz siyah cisim ne olarak tarif ettik, üzerine düşen tüm ışığı soğuran yüzeye ideal bir siyah cisim yüzeyi denir dedik. Bu noktada siyah cismin illa ki siyah olması gerekiyor muydu?
161		Ö	Hayır.
162	44	A	Şimdi bu noktada siyah cisim ışıması ile ilgili biraz tarihsel sürece bakmak gerekiyor. Normalde biz ne biliyoruz herhangi bir sıcaklığa sahip cismin termal ışın şiddetini biliyoruz. Mesela ben şu anda bir ışın yapıyor muyum?
163		Ö38	Evet. Her cisim bir ışın yapar.
164		A	Yapıyorum siz bir ışın yapıyor musunuz?
165		Ö39	Hı,hı ama gözle görünür.....
166		A	Bu yapmış olduğunuz ışın görünür bölge de olmadığı için ne yapamıyoruz?
167		Ö39	Göremiyoruz.

168		A	Bunu gözlemleyemiyoruz. Bu nokta da cismin sıcaklık derecesi arttıkça ne olacaktır, bu gözlemleyemediğimiz ışımaya gözlenebilir hale gelecektir. İşte bu biraz önceki demir örneğinde olduğu gibi, yeteri kadar görünür bölge de ışımaya yayınladığı için ne olacaktır? Cisim kırmızı renk kazanacaktır. Bu noktada sıcaklığı arttırmaya devam ederseniz ne olur bu süreç beyaz renge kadar devam eder.
169	45	Ö39	Devam edecektir.
170		A	Şimdi burada 19. Yüzyılda klasik fiziğin açıklamakta yetersiz olduğu nokta biraz önceki grafikte, şöyle göstereyim. Aslında bu grafik biliniyordu, klasik fizikçiler bunu gözlemlemişti. Sıkıntı nerede idi, grafiği açıklamada. Bu alanda çalışan çok fazla bilim adamı var ama bir tanesi sadece kısa dalga boylarını bir tanesi sadece uzun dalga boylarındaki ışımaları açıklayabiliyorlar. Tamamen bir ışımaya eğrisini açıklayabilen o zamana kadar çıkmıyor. Tepe değer kim tarafından ortaya konuluyor?
171		Ö38	Planck.
172	46 47	A	Öncesine bir bakalım. Siyah cisim ışınması ile ilgili grafiğe baktığımız zaman sıcaklık ve dalga boyuna bağlı olarak nasıl değiştiğini görüyoruz. Neyi fark ettiniz? Siyah cisimde sıcaklık arttıkça 2 özellik ortaya çıkıyor. Bunlardan bir tanesi neydi? Dağılımın tepesi yani orada lamda maksimum ile ifade ettiğimiz yer. Ne oldu sıcaklığı arttırdığımız? Daha kısa dalga boylarına doğru kaydı, yani bahsettiğimiz kaynağın rengini ne olarak gözlemlediniz siz, kaynak kızarmaya başladı siz sıcaklığı arttırdıkça mavi ve beyaz renge dönüştü. Bu durum Wien tarafından ortaya konuluyor ve formülü debu önemli bir formül çünkü kısa dalga boyları için tamamen deneysel verilerle tutarlı bir formül. Ama uzun dalga boylarında işlemiyor. İkincisi ise cismin yayınladığı toplam enerji miktarının sıcaklık ile artması, aslında burada sizin daha önceden bildiğiniz bir yasa var, Stefan Yasası diye. Bu yasa ışımının cismin sıcaklığının dördüncü kuvveti ile orantılı olarak değiştiği ile alakalı. Bir diğer formülde Rayleigh-Jeans yasası, onların ortaya koyduğu formülde uzun dalga boylarında deneysel verilerle çok uyumlu. Ama kısa dalga boylarında çözüm üretilmiyor ve bilim adamları buna mor ötesi felaket adını veriyorlar. Eğer bu formül doğru olsa idi şöminenin karşısında oturup keyif yapmak imkansız hale gelirdi.çünkü oradan yayınlanan enerji sizin yanıp kavrulmanıza neden olacaktı. Bu noktada sahneye kim çıkıyor, Planck. Planck'ın teorisi kuantum fiziğinin doğuşu olarak kabul ediliyor, çünkü Planck bu ışımayı açıklarken tamamen klasik fizikten sapıyordu ve bambaşka bir bakış açısı ortaya koyuyordu. Ama öncelikle ben Planck'ın sunmuş olduğu formül (<i>tahtaya yazılıyor.</i>) bu iki formül yani Rayleigh-Jeans ve Planck'ın formülü arasında ne fark var?

	48		
	49		
173	50	Ö	c^2
174		A	Sabitler açısından bakın.
175		Ö38	Burada Planck sabiti var orada yok.
176		A	Peki, Planck sabitinin bizim için ne önemi vardı?
177		Ö38	Bir olay klasik fiziğe mi uygun, yoksa kuantum fiziğine mi uygun diye baktığımızda Planck sabitine yakın ise kuantum fiziği geçerli idi.
178		A	İlk olarak nerede kullanmış Planck bunu? İlk olarak siyah cisim ışınmasını açıkladığı formülde ortaya koyuyor. O yüzden zaten klasik fizikten ayrılıyor. Bakın bu Rayleigh-Jeans'in ortaya koymuş olduğu tamamen klasik fizik ile alakalı. Bu formül ise h Planck sabitini içeriyor ve bu sabit hiçbir şekilde cismin yapıldığı maddeye ve sıcaklık derecesine bağlı değil.
179	51	Ö39	Değil.
180		A	Ama bakıyorsunuz Rayleigh-Jeans'in formülü T'ye bağlı, T ne kadar artarsa ışınma şiddeti de o kadar artacaktır. Bu noktada Planck sabitinin değerini daha önceki derslerimizde öğrenmiştir. Bakın değer çok küçüktü ama sıfır değildi. Planck teorisi ile ilgili iki varsayım yaptı. Bunlardan bir tanesi, buralar önemli arkadaşlar, bu iki ifade, moleküller yalnızca $E=nh\nu$ ile verilen kesikli enerji değerlerine sahip olabilirler. Burada siz n'nin pozitif bir tam sayı olduğunu ve buna kuantum sayısı denildiğini kimya derslerinizden biliyorsunuz. v de..
181	52	Ö38	Frekanstır.
182		A	Moleküllerin doğal titreşim frekanslarıdır yani bir molekülün enerjisi sadece bu eşitlik ile verilen değerleri alabildiği için enerji kesiklidir denir. Ya da daha sonra ki ifadesi enerji kuantumlanmıştır şeklindedir. Şöyle düşünün n=1 ise molekülün

			enerjisi $E=h\nu$, $n=2$ ise molekülün enerjisi ne olacak?
183		Ö38	$2h\nu$.
184	53	A	$2h\nu$ olacaktır. Şimdi bakın şöyle bir noktaya geri dönelim, Planck bu eğriyi çok uzun sürelerde ortaya koymuş ve ortaya koyduktan sonra kendisi ve diğer bilim adamları bunu kabul etmekte zorlanıyorlar hatta uzunca bir süre kabul edemiyorlar. Buna en büyük deneysel destek, daha sonraki bölümde göreceğimiz Einstein tarafından ortaya konuluyor. Bu noktada Planck bu eğriyi açıklayabilmek için enerjiyi kesikli olarak kabul ediyor. Ben eğer enerjiyi sürekliymiş gibi kabul edersem bunu açıklayamıyorum diyorum. Bir diğer önemli nokta ise moleküllerin kesikli paketler halinde enerji yayınladığı veya yuttuğu. Tamam?
185	54	Ö39	Evet.
186		A	Burada moleküllerin enerji yayınlaması veya yutması için ne olması lazım, kuantum durumunun değişmesi lazım. Anlaşıldı mı arkadaşlar?
187		Ö	Anlaşıldı.
188	55	A	Şunu unutmuyorsunuz, Planck'ın ortaya atmış olduğu bu kuramın kilit noktası kuantumlu enerji ya da kesikli enerji ifadesi. Şimdi bununla ilgili birkaç soru çözelim. İlk olarak örnek 1 de yer alan sorudan başlayalım, hepsini çözmeye gerek yok. Gelmek isteyen var mı?
189	56	Ö38	Sıcaklığı şimdi Kelvin'e çevireceğiz. $273 + 35=308$ Kelvin. Sonra lamda maksimum..... bir de c seçeneğini yapalım.
190	57	A	$9,4 \cdot 10^{-6}$ metre. Peki bu sonuç görünür bölgede mi?
191		Ö38	Değil.
192	58	A	Normal bir kişinin vücut sıcaklığı 36-37 derecedir ve yükseldiğinde bu risk taşır. O zaman şu an ışıma yapıyor olsak ta görmememizin sebebi ne imiş o zaman, görünür bölgede olmaması diyebilirim. Bir kişi daha gelsin, c seçeneğini yapalım. Sıcaklığı 5800 K olan güneş.
193	59	Ö	Sıcaklık burada Kelvin cinsinden verilmiş, değiştirmeye gerek yok. (Öğrenci tarafından soru çözümü yapılıyor.)
194		A	Bu elde ettiğimiz sonucu bir yorumlayalım bakalım, görünür bölgede mi?

195	60	Ö38	Hayır. 10^{-7} değil mi?
196		A	Efendim.
197		Ö39	Güneşin bu görünür.
198		Ö38	Diğerine göre daha küçük bu rakam. $4,98.10^{-7}$ değil mi?
199		Ö39	Güneş görünür.
200		Ö38	Dalga boyu daha küçük çıktı evet.
201		A	Yani?
202		Ö	Yani mor ötesi bir ışıma bu.
203		A	Gözlemleyebiliyor musunuz siz bu ışımayı?
204		Ö	Hayır.
205		Ö38	Nasıl? Gözlüyoruz.
206		Ö39	Gözlüyoruz.
207	61	A	İsterseniz armstronga çevirin ve 4000-7000 arasında mı ona bakın. 1 armstrong 10^{-10} metre idi. Bu sayı kaç yapacaktır o zaman?
208		Ö38	4980.
209		A	4980 görülebilir bölgede mi?
210		Ö39/ Ö38	<u>Evet.</u>
211	62	A	Gelelim acaba günlük yaşantıda siyah cisim ışınması prensibine dayalı olarak kullandığımız herhangi bir yapı var mı?
212		Ö	Vardır.
213		A	Vardır dediniz. Nedir?
214		Ö38	İtfaiyeciler.
215		A	Daha belirgin şeyler istiyorum, temeli siyah cisim ışınmasına dayanan kullandığımız teknoloji var mı?
216		Ö	Termal görüntüleme kamerası.
217	63	A	Şimdi bu noktada günlük yaşantıda çok sık karşılaştığımız ama siyah cisim ışınması prensibine dayalı çalıştığını bilmiyorsunuz, termal görüntüleme teknolojisi günümüzde pek çok şekilde bunu kullanıyoruz. Özellikle kızılötesi görüntüleme yapan termal

			kameralarda bunlardan bir tanesi. (<i>Genişletme aşaması çalışma kağıdında yer alan 'Hayatımızın neresinde?' isimli bölüm paylaşıyor.</i>) bu teknolojinin nerede kullanıldığını biliyor musunuz?
218	64	Ö	Hava alanlarında.
219	65	A	Askeri alanda, savunma sanayinde ve pek çok alanda kullanılıyor. Özellikle itfaiyeciler duman içerisinde kalan insanların yerinin tespit edilmesi. Yine yangının merkezinin bulunmasında kullanılıyor özellikle büyük yangınlarda çünkü merkezde sıcaklık daha fazladır. Bunun haricinde güç hatlarına bakım yapan teknisyenler aşırı ısınmış bağlantı yerlerini tespit etmede kullanıyorlar. Özellikle evlerde yalıtımı ortaya koymada kullanılıyor. İşte domuz gribinin tespit edilmesinde
220	66	Ö39	Çok güzel.
221		A	Eğer buraya kadar anlaşıldı ise biraz önce çözdüğümüz soruların benzerini çözelim.
222	67	Ö39	Görünür dalga boyunda değildir.
223		Ö38	<i>Fatih'in vücut sıcaklığı.....</i> şimdi ilk önce
224		Ö39	lamda maksimum değil mi?
225		Ö38	$\lambda_{\max} \cdot T = 2,89 \cdot 10^{-3} \text{ K}$
226	68 69	Ö39	309 oluyor, işlemi yaptığımızda sıcaklık arttıkça λ_{\max} azalacak formüle göre, ne kadar azalacak. Paranteze aldım sabit sayıya, ondan sonra sonuç yaptık bunu. <i>Bir diğeri Wien yer değiştirme yasasını dikkate alarak 2500 K sıcaklıkta ışımanın maksimum olduğu dalga boyunu armstronga çevirerek.</i> Görünür mü görünmez mi?
227		Ö38	Wien bu şey değil mi?
228		Ö39	Aynıısı. $\lambda_{\max} \cdot T = 2,89 \cdot 10^{-3}$
229		Ö39/ Ö38	(.....?)
230	70	Ö38	Hesap makinesi yok ki,
231	71	Ö39	(.....?)ondan sonra dalga boyu görünür mü? Görünür değil mi?
232		Ö38	Görünür.

233		Ö39	Ara bir değer çünkü görünür. Görünür dalga boyudur. Diğer soruya geçeyim mi?
234	72	Ö38	Enerjilerinden dolayıdır. Farklı gözükür.
235	73	A	Son bir sorulara bakalım, bu sorunun siyah cisimle ne alakası var?
236		Ö38	Farklı renkteki cisimlerde siyah cisim olabilir. Aynı özelliği gösterebilir.
237		Ö39	Işıma yapıyorlar sonuçta. Oradan farklı olduklarını söyleyebiliriz.
238		A	Bu ışımanın farklı olmasının sebebi neydi?
239	74	Ö38	Enerjilerinin, enerjilerinden, sıcaklıklarından dolayı farklı.
240		A	Son bir aşamamız var.
241		Ö39	Matematiksel işlem yapmayı özlemişim çok hoşuma gitti.
242	75	Ö38	(.....?)
243		Ö39	Evet açıklayabiliriz sıcaklığa göre de yaşanılır olup olmadığına...
244		Ö38	Dünyanın sıcaklığı ile
245		Ö39	Açıklanabilir. Kaynağın sahip olduğu algıladığımız renkten enerjisi yani sıcaklığı tahmin edilir.
246	76	Ö38	Canlılar için uygun olup olmadığı.
247		Ö39	Tahmin edilir ve yaşam için uygun olup olmadığı belirlenir. <u>Güneş bir siyah cisim midir? Kısaca açıklayınız.</u> Evet. Değil mi?
248		Ö38	Evet. Güneş siyah cisimdir.
249	77	Ö39	Sıcaklığı ve enerjisi fazladır.
250		Ö38	Işıma yapar. <u>Engerek yılanı karanlık ortamlarda bile.....</u>
251		Ö39	Görünür dalga boyu farklı olduğu için.
252		Ö38	Hayır, kesikli enerjiden yararlanıyor.
253		Ö39	Hayır, hayır, sıcaklığından dolayı kızılötesi
254		Ö38	Termal kameralar gibi olacak işte.
255		Ö39	Aynen.

256	78	Ö38	Cisimleri gözü ile göremese bile
257		Ö39	Cisimlerin sahip olduğu enerjiden hissederek canlıları fark eder ve avını avlar.
258	79	Ö38	İlk güneş veya dünya güneşten koptuğu zaman çok sıcakmış ve o zaman yaşam ortamı yokmuş, çok sıcak olduğu için canlıların yaşam ortamı yokmuş ama mesela diğer yıldızlara baktığımızda canlıların yaşam oranı daha yüksektir işte suyun su buharlaşmamıştır, su vardır o yüzden sıcaklığa bakarak yaşanabilir mi yaşanamaz mı bakılabilir veya dünya ile de kıyaslanabilir. O gezegen.
259		A	Başka fikri olan?
260		Ö39	Hocam şöyle de olabilir mi? Dünyada yaşayan bu kişi o yıldızın rengine göre, enerjisini ve sıcaklığını tahmin ederek te orada yaşanılır mı yaşanılmaz mı bu şekilde tahmin edebilir.
261		A	Yıldızda yaşamayacaksınız, yaşam kaynağı olabilecek bir yıldız belirleyeceksiniz. Bizim yıldızımız kim?
262		Ö	Güneş.
263		A	O zaman siz, ne bulmanız gerekiyor bu grafikte güneşin sıcaklığına yakın bir yıldız tespit etmeniz gerekiyor. Sonrasında da o yıldızın etrafında.
264	80	Ö39	Gezegenele
265		A	Oradan yaşamı devam ettirecek bir alan tespit etmiş olursunuz. Şimdi engerek yılanlı soru ile ilgili cevabı ben vereyim. Engerek yılanları kızıl ötesi bölgeyi de görebilirler. Çok rahatlıkla avlanabilirler.
266		Ö38	Termal kamera gibi aynı.
267		A	Evet aynen, peki gelelim son noktaya, güneş bir siyah cisim mi? Evet diyenler?
268		Ö	Evet ama açıklayamıyorum.
269		Ö	Olabilir diyorum çünkü çok yüksek enerjili.
270		A	Başka?
271		Ö38	Biz siyah cisim diye düşündük.
272		A	Neden?
273	81	Ö39	Enerjisi, sıcaklığı fazla olduğu için.
274		Ö38	Belki yaşamını bitirdiğinde siyah cisim olacak ve soğuracak.

275	82	A	Başka fikri olan var mı?
276		Ö1	Evet arkadaşımızın dediği mantıklı, güneş yaşamını yitirdikten sonra, sonuçta çok yüksek enerjiye sahip, o yüksek enerjisini kaybetmemesi için etrafındaki enerjiyi soğuracak.
277		Ö2	Hocam şu an için değil ama ileride enerjisi bittiğinde siyah cisim olabilir.
278		Ö3	Siyah cisim ışıma yapabiliyor ama...
279	83	A	Siyah cisim ışıma yapabiliyor zaten onu söylemiştik. Dikkat ederseniz simülasyonda çeşitli kaynaklar vardı, oradaki grafik ideal bir siyah cisim tarafından yapılan ışıma grafiği idi, kaynak olarak ta fırın, güneş vardı. O zaman diyorsunuz
280		Ö38	O zaman duruma göre her şey siyah cisim olabiliyor?
281		A	Olabilir.
282	84	Ö38	O zaman bir şömine de siyah cisim. Eğer sizin enerjiniz çok fazlaysa görebiliyorsak sizde bir siyah cisimsiniz bende siyah cisim olacağım.
283		A	Şimdi zaten ideal bir siyah cisim yok. Çoğu cisim siyah cisimdir bunu kabul ediyoruz zaten, tüm cisimler termal ışıma yaptığına göre de, eğer yapıyorsa zaten ne olarak kabul ediyoruz, siyah cisim. Anlaşıldı mı? Tek bir şey soracağım bununla ilgili, siyah cisim ile kuantum fiziğinin ne alakası var?
284		Ö39	Hocam, elektromanyetik dalgalardan ötürü değil mi? Işıma yapıyorlar.
285	85	A	Alakası var mı?
286		Ö39	Işımlarla alakalı değil mi?
287		Ö38	Kesikli ışımlar yapıyor demiştik. Kesikli kuantum ışıması demiştik. Kesikli olması olabilir. Enerji yayınlaması.

3.DERS: FOTOELEKTRİK OLAY

0	Zaman	Kişi	Diyaloglar
1	1	A	Bugünkü dersimizde fotoelektrik olaydan bahsedeceğiz ve daha çok ışığın yapısı ile ilgileneceğiz. Bununla ilgili size verdiğim çalışma kâğıtlarında, açıklamaların yanı sıra şekilde çizebilirsiniz.
2		Ö38	Ne yazdın.
3		Ö39	Şey yazdım.
4		Ö38	Ben elektromanyetik yapıdır yazdım.
5		Ö39	Şekilde çizelim.
6		Ö38	Ben hem tanecik hem dalga özelliği olduğunu dedim, ehhhh..... Belirli frekansları vardır. Frekans ve enerjileri vardır. Şey, metal bir yüzeye mor ve ötesi bölge ışığı düşürülürse ne olmasını beklersiniz?
7		Ö39	Belirli bir enerjide ise dedim elektron koparır dedim.
8		Ö38	Hı, hı. Belirli bir enerji dedim ama frekanstaysa da olur çünkü enerjisi frekansa bağlı.
9	2		(.....?)
10	5	A	Kısaca etkinlikte yer alan sorulara bir göz atalım, bazılarınızın zorlandığını gördüm, oysa ışık konusu yabancı olduğunuz bir konu değil, bugüne kadar, ışığın yapısı ile ilgili bir şeyler gördünüz. Işık deyince ne anlıyorsunuz? Aklınıza ne geliyor?
11		Ö	Doğrusal olarak hareket eden ve aydınlanmayı sağlayan ışın demeti olarak düşünüyorum.
12		A	Başka
13	6	Ö38	Elektromanyetik dalga. Belirli bir frekansı var, dalga özelliği gösteriyor. Frekansı olması lazım işte şiddeti olması lazım aynı şekilde bir enerjisinin olması lazım. Bu enerjide frekansa bağlı olarak değişmesi lazım.
14		A	Başka var mı? Aslında buraya yazılanlarla ifadeler arasında.... Herkes bir şeyler yazmış. Peki foton?
15		Ö	Metal bir yüzeyden elektron koparılmasını sağlayan enerji paketidir.
16	7	A	Metal bir yüzeyden elektron kopmasını sağlayan derken
17		Ö	O kendi içinde bulundurduğu enerji ile ehhhh....metal atomları arasına girerek onun elektron saçmasına sebep oluyor.
18		A	Başka foton deyince.....
19		Ö38	Işık demetinin sadece bir tanesi
20		A	Işık demetinin sadece bir tanesi. Başka? Peki belirli özellikleri var mı fotonun?
21		Ö38	Evet.
22		A	Ne gibi mesela? Biraz açalım foton kavramını.
23		Ö38	Hem dalga hem de tanecik özelliği gösteriyordu.
24		Ö39	Enerji seviyeleri arasında geçiş sağlıyordu ışım sırasında.
25	8	A	Eminim hepimiz duymuşsunuzdur bugüne kadar. Duydunuz mu?
26		Ö39	Duydukta (Öğrenci gülümsüyor)
27		A	Peki 3. İfadeye geçeyim.
28		Ö	Fotonların metal yüzeyden elektron koparması

29		A	Metal bir yüzeye ışık düşürüldüğünde arkadaşımız diyor ki, duymayanlar için söylüyorum, fotonların metal yüzeyden elektron koparması. Peki bu olayın bir adı var mı?
30		Ö39- Ö38	<u>Fotoelektrik olay.</u>
31	9 10 11	A	Fotoelektrik olay. Bununla ilgili ışığın yapısına değineceğiz. Kısaca tarihsel sürece bakacağız. Ama bununla ilgili lütfen bilim tarihi kitaplarına bakın, çünkü hiçbir şey öyle pat diye bulunmuyor. (Bu aşamada “Hangisi haklı” isimli etkinliğe yer veriliyor. Öğretmen olayların tarihsel süreçte nasıl yer aldığından bahsediyor.) Bununla ilgili bilgisayar ekranınızda bir simülasyon göreceksiniz. Ben bu simülasyon ile ilgili bir çalışma yaprağı dağıtacağım.simülasyon ekranını öncelikle bir inceleyin ve neleri değiştirip neleri değiştiremediğinize dikkat edin.
32		Ö38	Akımımı değiştireceğiz.
33	12	Ö39	Hımmm. Bak.
34		Ö38	Voltaj değişiyor ama akımı değiştirmem gerekiyor. Hımmmm, şiddeti değiştirelim.
35		Ö39	Şiddeti değiştirdin mi?
36		Ö38	Değiştirdim.
37	13 14 15	A	(.....?)
38		Ö38	Kaç yapalım, % 24 yapalım, şiddeti değiştirdim. Ohhhhhh, renkleri değişti.
		A	(.....?)
39	16	Ö38	Işığın dalga boyu değerinde değişiklik yapınız. Dalga boyu nerede?
40		Ö39	Bak, şu ekranda gösteriyor, şu nanometreli olan dalga boyu.
41		Ö38	Hımmmm, tamam, şimdi ne yapalım. Fark etmiyor (sonra ekranda bir değişiklik yapıyor) hayır fark ediyor. Büyük dalga boylarında
42		Ö39	Azalıyor.
43		Ö38	Mordayken kopuyor. Dalga boyu büyüdükçe
44	17	Ö39	Dalga boyu büyüdükçe yüzeyden elektron kopmuyor.
45	18	Ö38	Yüzeyden elektron kopmasını sağlayan nedir? Frekanstır, frekans yani enerjidir. Ohhhh, şiddeti bir arttırdım nasıl çıldırdı elektronlar.....değildir. belirli bir eşik frekansı vardır. 10 ⁻⁹ her halde oda. Işığın frekansı ve saçılan elektronların sayısı arasındaki ilişkiyi açıklayınız. Şimdi frekansı arttırmak için, şeyi düşürmek gerekir, dalga boyunu düşürünce daha hızlanıyor. Ama..... (Öğrenci bir noktada duraksıyor) dur bakalım. (tekrar simülasyon ekranına dönüyor) Işığın frekansını arttırınca ya da düşürünce yine bir tane oluyor ama sadece şeyi değiştiriyor.....
46	19	Ö39	Işığın frekansı arttığında enerjisi artıyor peki saçılan elektronların sayısı ne olur?

47		Ö38	Aynı olur. Saçılan elektronların sayısı şiddete bağlıdır, bak (simülasyon ekranına dönüyor)
48		Ö39	Şiddetin diğer adı frekans değil miydi? Öyle bir şey yok muydu?
49		Ö38	Hımmm, şiddet lamda ile ilgili değil mi? Şimdi lamdası ile oynuyorum, doğru değil mi, lamdasına göre frekansı değişmeyecek mi?
50		Ö39	Hı, hı...
51		Ö38	Niye oynamıyor bu değişmiyor.
52	20	A	Burada simülasyon ekranında çoğunuz hedef yüzey olarak sodyumu seçmiş. Sodyumda 400 civarı elektron koptuğunu görüyorsunuz. Birde bakalım sodyum yerine çinkoyu seçin, aynı değerde mi elektron kopuyor mu kopmuyor mu? Birde çinkoda nerede koptuğuna bir bakın.
53	21	Ö38	Frekans arttıkça saçılan elektron değişiyor. Bazı frekans değerlerinde hiç yokken.....bak, şimdi bir şey yaptım.
54		Ö39	Hımmm.
55	22	Ö38	Lamda ile oynuyoruz ya, daha düşük bir değere getirince (iki öğrencide simülasyon ekranını gözlemliyor.) hızlı hızlı geliyor, kopuyor ayrıca
56		Ö39	Hı, hı.
57		Ö38	Dalga boyunu arttırdım diyelim artık kopma yok, hızda yok, eh, şöyle bir değere getirdim. Baksana çok hızlı.
58		Ö39	Çünkü enerjisi fazla, frekans arttı, frekans artınca enerjide arttı.
59	23	Ö38	Şimdi ışığın şiddetini arttıracamız.
60		Ö39	Işığın şiddetini arttırınca enerji artar, saçılan elektron sayısı artar. Kinetik enerji arasındaki ilişkiye bakalım, yine arttı mı, kinetik enerji artacak.
61		Ö38	Işığın frekansı arttıkça kinetik enerjisi artar.
62	24	Ö	(.....?)
63	25	Ö38	Ahhh, elektronlar gidemiyor ekside olunca (öğrenci gülüyor) geri çekiliyor.
64		Ö39	Artıda olunca artıyor.
65	26	Ö38	Ohhhhhh, artıda hıp hızlı oluyor. Şunlara baksana ya, depar attılar.
66		Ö39	Çok güzel oluyor.
67		Ö38	Çarpışıyorlar. Dur. Şiddeti de arttırcam şimdi...ohhh, gerilime bak, şiddet bayağı artmış ama. Akımda dörtte, akım için fark etmez zaten.
68		Ö39	Akım şöyle değişiyor ya, elektronların akış miktarı ile, elektron çok geçerse artar.
69		Ö38	Akımda bir değişiklik yok ya.
70		Ö39	Aaaa. Kıyamam baksana.
71	27 28 29 30	Ö39/ Ö38	<< - - >>
72	31	Ö38	Şiddeti bayağı arttırcam bakalım ne olacak, oooo, element diye bir şey kalmadı, bütün elektronları gitti.
73		Ö39	Evet.

74	32	A	Şimdi ikisi aynı şey olabilir mi?
75		Ö38	Bi bakalım.
76		A	Tamam bakalım.
77		Ö38	Şiddet
78		A	Şiddeti % 2 yapalım, çünkü böyle koparmayacaktır. Şimdi bu kim, bakır. Sodyumda daha rahat gözlemlersimiz.
79		Ö38	Tamam.
80		A	Bakın bu bu şekilde devam ediyor, hatta şunu da sıfır yapalım, tabii bu şu anda bir güç veriyor onlara.
81		Ö38	Tabi, şu tarafa gitmesi için bir güç veriyor onlara. Akım ile aynı yönde oluyorlar. (Öğrenci eli simülasyon ekranından gösteriyor.)
82		A	Şimdi kendi kendine gerçekleşiyor bu olay.
83	33	Ö38	Tamam.
84		A	Şu anda elektron kopuyor, frekansı arttırıyorum
85		Ö38	Daha hızlanıyor.
86		A	Tamam, frekansta hızlandı.
87		Ö38	Hı hı.
88		Ö39	Enerji artı..
89		A	Şimdi frekans artınca kinetik enerjisinin arttığını gözlemlediniz mi?
90		Ö38/ Ö39	<u>Evet.</u>
91		A	Şimdi frekans sabit dursun, şiddeti arttırıyorum...
92		Ö38	Sayısı artıyor, o zaman şiddet ve kinetik enerji arasında bir bağlantı yok, sayısı ile bir alakası var.
93		A	Hı, tamam.
94		Ö38	Işığın şiddeti arttıkça kinetik enerjisi değişmez, saçılan elektron sayısı
95		Ö39	Kinetik enerji değişmez, saçılan elektron sayısı artar.
96	34	Ö38	Artar.
97		Ö39	O zaman Ecem, bu altı da yanlış bizim.
98		Ö38	Tamam, frekans ile kinetik enerji doğru ki
99		Ö39	Frekans arttıkça kinetik enerji artar.
100		Ö38	Şiddetle alakası var
101		Ö39	Şiddet arttığında enerjide artıyor
102		Ö38	Enerjide bir değişiklik olmaz. Ama sayısı artar
103		Ö39	Tamam anladım.
104		Ö38	Ama frekans arttıkça kinetik enerji artar.
105		Ö39	Tamam anladım.
106		Ö38	Enerji sadece frekans ile ilgili, şiddet yüzeyden koparılan electron sayısını ilgilendiriyor.
107		Ö39	Şiddet ama enerjii etkilemiyor.
108		Ö38	Cıkkk.
109	35 36	A	Şimdi arkadaşlar simülasyonun açıklamasına geçeceğim ama öncelikle bilgi vereyim, bununla ilgili olarak, şimdi beni takip ederseniz arkadaşlar, ilk defa fotoelektrik olayın gözlemlendiği devre şuna benziyor. Negatif yüklü bir elektroskop aldığımızı düşünelim, bu elektroskopun topuzuna bir çinko levha sabitlediğimizi düşünelim. Çinko levha ne yüklenecektir?
110	37	Ö	eksi
111		Ö38	Negatif yüklenecektir.
112		A	Negatif yüklenecektir, güzel, şimdi, eğer bu çinko levha üzerine ışık

			düşürürseniz, elektroskopun yapraklarının ne olmasını beklersiniz?
		Ö38	Kapanacak.
		A	Biraz daha kapanmasını beklersiniz, neden? Çünkü ışık çinko levha üzerinden elektron sökecektir
113		Ö38	Yükü azalacak
114		A	Sökülen elektronlar elektroskopun yapraklarının daha ne yapmasına sebep olur, kapanmasına sebep olur, bu şekilde gerçekleşen olaya ne ad veriyoruz?
115	38	Ö38	Fotoelektrik olay
116		A	Burada metal yüzeyden kopan elektrona da foto elektron adı veriliyor. Şimdi burada dikkat etmenizi istediğim bir Çizelge var, aslında fotoelektrik olay klasik fizikçiler tarafından da biliniyordu ancak, klasik fizikçilerin kabul etmiş olduğu bir takım varsayımlar var, ne gibi, mesela, klasik fizikler diyor ki, foto elektronların kopup kopmaması, klasik fizikçilere göre ışığın şiddetine bağlı. Siz deneylerde ne olduğunu gördünüz? Işığın ?
117		Ö39	Frekansına
118		Ö38	Frekansına bağlı olduğunu
119		A	Frekansına bağlı olduğunu gördünüz. İşte bu noktada açıklama yapan, deney sonucunu açıklayan kim?
120		Ö	Kuantum fiziği
121	39	A	Kuantum fiziği devreye girmiş oldu. Klasik fizik foto elektronların kopmasının çok uzun zaman alır diye düşünüyordu ama deneysel sonuçlara bakıldığı zaman, foto elektronların kopmasının belirli bir frekans değeri üzerinde eş zamanlı gerçekleştiği ve bu değer 10^{-9} sn gibi çok küçük bir zaman aralığında gerçekleşmektedir. İkinci sorun bu idi, bir diğer sorun ise, foto elektronların yani metal yüzeyden sökülen elektronların kinetik enerjisi, klasik fizik bunun ışığın şiddetine bağlı olduğunu söylüyordu, deneysel sonuçlara bir bakıyorlar ki bu neye bağlı, sizde biraz önce gözlemlediniz, ışığın
122		Ö/ Ö38	Frekansına bağlı.
123	40 41	A	Işığın frekansına bağlı olduğunu gözlemlediniz. Bu noktada devreye kim giriyor, Einstein. Her halde en çok tanınan bilim adamlarından biri, adını izafiyet ile duyurmuş olabilir ama asıl ödül kazandıran fotoelektrik olaydı. Einstein Planck'ın yaptığı çalışmalardan haberdardı, enerji n.h.v kadar değer alabiliyordu. Einstein Planck'ın bu enerji paketçikleri kavramını neye uyarladı?
124		Ö38	Fotoelektrik olaya
125		A	Işığa uyarladı ve fotonu tanımladı, şimdi foton dediğimiz zaman biz neyi algılayacağız? Kütleli olmayan birim enerji paketlerini algılıyoruz ki, şekli de tahta da var, genelde şöyle ifade ediyoruz. Enerjiyi de h.v, değişik kaynaklarda h.f olarak ta karşımıza çıkabilir. o zaman ne oldu, bir fotonun enerjisi neye bağlı oldu?
126	42	Ö38	Planck sabitine.
127		A	Planck sabitine bir de neye bağlı oldu?
128		Ö38	Frekansına
129		A	Frekansına bağlı oldu, klasik fizikçiler ne olarak düşünüyordu bunu?
130		Ö38	Işığın şiddetine bağlı olduğunu

131	43	A	Çok güzel, ışığın şiddetine bağlı olduğunu düşünüyordu. Ama deneysel sonuçlar bunun frekansa bağlı olduğunu gösterdi, Einstein deneysel sonuçların açıklanmasını bu formül ile sağlamış oldu. Şimdi bu noktada simülasyona tekrar geri dönelim ve aşamaları tekrarlayalım. Mesela şeyi gözlemediniz değil mi? Sodyum için 350-400 civarında metalden elektron koparabiliyor iken çinkoda bu değer ne oldu? 200 lere kadar
132		Ö38	Düştü.
133		A	Yani o zaman her bir metal için
134		Ö38	Farklı frekans değeri var.
135		A	Farklı frekans değeri var. Buna biz eşik frekansı diyoruz ve bunu da v_0 ya da f_0 ile gösteriyoruz. Eğer göndermiş olduğunu ışığın frekansı eşik frekansından büyükse elektron
136	44	Ö/ Ö38	<u>Koparır</u>
137		A	Elektron koparır, değilse elektron kopamayacak, bunu da gözlemediniz. Bir diğer değiştirebileceğiniz değişkenimiz ne idi, ışığın şiddeti idi, burada ne gözlemediniz?
138		Ö38	Enerjide bir değişim olmuyor,
139		A	Enerjiden önce, adım adım gidelim,
140		Ö	Kopan elektron sayısı artıyor.
141		A	Şimdi kopan elektron sayısı artıyor, kopan elektron sayısının artmasının frekansla bir ilişkisi var mı?
142		Ö/ Ö38	<u>Yok</u>
143		A	Işık şiddetini arttırdığınız zaman ne yapıyor? Kopan elektron sayısı
144		Ö38	Artıyor.
145	45	A	Peki olay ne yapıyor? Gönderilen her bir foton tek bir elektronla etkileşiyor bu nedenle çok kısa sürede gerçekleşiyor. Peki gelelim o zaman foto elektronların kinetik enerjisine. Foto elektronların neye bağlı olduğunu gördünüz?
146		Ö	Şiddete.
147		Ö38	Frekansa.
148		A	Frekansa mı şiddete mi?
149		Ö38	Frekansa.
150		A	Arkadaşınız frekans dedi, siz şiddet dediniz. İsterseniz hemen bir çalıştıralım. Simülasyonları çalıştırın
151		Ö38	Evet.
152		A	Bakın sodyumu seçtim, saçılan foto elektronları gözlemliyorum, frekans değerini arttırıyorum
153		Ö38	Daha hızlanıyorlar
154	46	A	Gördünüz mü? İsterseniz benim yaptığımdan takip edin bakın 390 larda yeni yeni kopmaya başladı. Arttırıyorum frekans değerini, dikkat ediyor musunuz? Arttı mı?
155		Ö39	Hı hı.
156		A	Şimdi bu değerdeyken birde şiddeti arttırayım.
157		Ö39	Kinetik enerji değişmedi.
158		A	Acaba şiddeti arttırdığımda elektronların hızı mı arttı? Sayısı mı?

159		Ö39/ Ö	Sayısı arttı.
160		Ö38	Zaten enerji formülünde de Planck sabitinin değerini değiştiremeyeceğime göre bir tek frekansı değiştirebilirim, o da enerjiyi etkileyen tek şey frekans oluyor.
161	47	A	Evet. Güzel, o zaman ne olduğunu öğrendik, foto elektronların maksimum enerjisinin ışık şiddetinden bağımsız olduğunu, ne ile alakalı olduğunu öğrendik,
162		Ö39/ Ö38	<u>Frekans ile alakalı olduğunu.</u>
163		A	Frekans ile alakalı olduğunu öğrendik. Bir diğer dikkat etmenizi istediğim nokta gerilim değeri idi, burada dikkat ederseniz her hangi bir gerilim değeri olmadan da, belirli bir akım oluşuyor. Yani peki ben belirli gerilim uygularsam pozitif yönde olsun. Ne olacak ona bakalım. Karşı tarafa daha fazla elektron ulaştı, karşı tarafa daha fazla elektronun ulaşması ne demek? Akımın?
164	48	Ö39/ Ö38	<u>Artması</u>
165	49	A	Şimdi her bir metal için eşik frekansı değeri vardı hatırlıyorsanız. Bu frekans değerini geçtiğiniz de, metal yüzeyden elektron koparabiliyordunuz. Işık gönderiyorsunuz metale, sonuçta o elektronu metalden koparabilmeniz için, o elektronun bir bağlanma enerjisi yok mu?
166		Ö39/ Ö38	<u>Var.</u>
167		Ö39	Enerjisinin daha büyük olması
168	50	A	Göndermiş olduğunuz elektronun enerjisinin bağlanma enerjisinden daha büyük olması lazım ki, ya da en azından ona eşit olması lazım ki o elektron ne yapsın. Oradan koparılabilirsin. İşte biz bu enerjiye bağlanma enerjisi diyoruz. Bağlanma enerjisi karşınıza E_b olarak çıkabilir. Şimdi o zaman şöyle düşüneceğiz, metallerin eşik enerjileri birbirinden farklı, çünkü metallerin eşik frekansları birbirinden farklı, bununla ilgili de farklı metallere ait eşik enerjilerini hemen ben size göstereyim. Şimdi gelelim acaba, biraz öncede söyledik ya, kinetik enerjileri neyle değişiyor diye, yayınlanan foto elektronun kinetik enerjisi nedir? Var mı söyleyebilecek olan? Enerjinin korunumundan yol almaya çalışın.
169	51	Ö38	Kopardıktan sonra hızına giden değil mi? İlk eşik frekansı, eşik enerjisini geçmek için belirli bir enerjiye sahip olması gerekiyor, o eşik enerjisini kopardıktan sonra geri kalan enerji de o elektronun hareket etmesi için kullanılacak. Hız olarak ortaya çıkacak yani.
170		A	O zaman şöyle diyebilir miyiz, başlangıçta, gelen fotonun bir enerjisi var mı?
171		Ö	Var.
172		A	Onun enerjisi nedir? Bu. Bunun bir kısmını ne için kullanacak?
173		Ö38	Elektronu koparmak için
174		Ö39	Yüzeyden koparmak için
175		A	O zaman şöyle diyeyim, bu gelen fotonun enerjisi olsun, bir de metalin neyi var, bağlanma enerjisi var. Bu ikisi arasındaki fark ne olacak?
176	52	Ö39	Kinetik enerjiyi oluşturacak.

177		A	O zaman foto elektronun maksimum kinetik enerjisi $E-E_b$ dir diyebilirim, hatta işi biraz daha ilerletelim, zaman zaman bunlarla ilgili grafikte çıkabilir. Eğer siz kinetik enerji frekans grafiği ile karşılaşırsanız, eğimi bize yine kimi verdi?
178		Ö39	Planck sabitini
179	53	A	Planck sabitini vermiş oldu, ne olursa olsun, tüm metal yüzeyler için eğitim her zaman için neyi verecektir, Planck sabitini verecektir. Gelelim biraz önce potansiyel farktan bahsetmiştik, artı yönde ilerletmiştik. Simülasyonda da vardı, hemen bakalım, simülasyonda negatif yönde de ilerletebiliyorsunuz. Negatif yönde ilerlettiğiniz zaman bakın ne oldu, aynı pin pon topu geri dönüyor gibi, çekici bir güç varmış gibi geride, eksi sekize getiriyorum, bakın hiçbir foto elektron yüzeyden kopup karşıya geçmediği için akım ne oluyor, sıfır oluyor. Peki nasıl geçebilir karşıya? Ancak
180		Ö39	Enerjisi artarsa
181		Ö38	Frekans değişirse
182	55	A	Bakın böyle olduğu zamanda kinetik enerjisi yeterli olanlar karşıya geçebildi, ama
183		Ö38	Ama frekansı çok arttırdığımızda yüz sekize falan getirdiğimizde ulaşabiliyorlar.
184		A	Tamam, frekansı arttırdığımızda neden ulaşabiliyor? Çünkü?
185		Ö38	Enerjisi artmış oluyor.
186		A	Enerjisi artmış oluyor, nedir, bu bataryanın durdurma gerilimini ne yapmış oluyor?
187		Ö38	Aşmış oluyor.
188	56	A	Şimdi bakın o noktada da karşınıza bir formül çıkıyor, kinetik enerji formülü, hemen onu da yanına yazayım. Bir elektronun yükünün q_e olduğunu biliyorsunuz, o zaman kinetik enerjiyi $q_e \cdot V_k$ ile ifade edebiliriz. q_e kim? Elektronun
189		Ö	Yükü
190		A	V_k kim? Durdurma gerilimi, şimdi iki tane ne çıktı karşınıza, kinetik enerji formülü çıktı, bunları bir araya getirelim şu formülle o zaman
191		Ö38	E bağlanma artı durdurma enerjisi
192	57	A	E nedir o zaman?
193		Ö39	Bağlanma enerjisi + $q_e \cdot V_k$
194		A	Yani ancak durdurucu bir gerilim uygularsanız eğer, ancak kimler karşıya geçebilir?
195		Ö39	Hem durdurucu gerilimi, hem bağlanma enerjisini yenecek kadar enerjisi olursa geçebilir.
196		A	Anlaşıldı mı?
197		Ö39/ Ö38	<u>H₁, h₁</u> .
198		A	Burada bir şeye daha dikkat etmenizi istiyorum, arada potansiyel fark olmasa da akım geçiyor, devreden akım geçmesi neye bağlı? Işığın?
199		Ö39	Şiddetine bağlı.
200	58	A	Yani frekansla alakası yok. O zaman bir tane örnek çözelim bununla ilgili. Hemen bir numaralı örneği çözelim. Soruyu bilgisayarınızdan da görüyorsunuz, çözmek isteyen var mı?
201	59	Ö38	E eşittir, bir dakika, $E_b + q_e \cdot V_k$, e kaçtı, 2,46, E bağlanma (.....?)

202		A	Aslında formüller var tahta da ama
203		Ö38	Evet ama hesap makinası olmadığı için çözemiyoruz.
204		A	Dalga boyumuzdan yola çıkalım, kaçmış, 300 nanometre, nanometre 10^{-9} metre. O zaman, öncelikle benim neyi bulmam lazım, gelen ışığın
205	60	Ö38	Enerjisini
206		A	Enerjisini bulmam lazım, enerji neydi?
207		Ö39	h çarpı f
208		A	Frekansını bilmiyorum?
209		Ö	Dalga boyunu biliyoruz.
210	61	A	Frekansını bilmiyorum ama dalga boyunu biliyorum, neydi hc/λ , o zaman enerjisi verilenleri yerine yazarsak, enerjiyi joule olarak buluyoruz ama benden ne istenmiş, elektron volt cinsinden istenmiş, uzun uzadıya yazmıyorum. Buradan enerjiyi elektron volt cinsinden 4,14 eV buluyoruz. Şimdi formülümüz neydi, K_{max} değerini buluyoruz. Anlaşıldı mı?
211		Ö38	Evet, h_1 h_1 .
212			(.....?)
213	62	A	Bununla ikinci soru hakkında açıklama yapacağım, siz evde çözeceksiniz
214	63	Ö	Elektron volt orada bağlanma enerjisi mi?
215		A	Hayır, hayır. İş fonksiyonu, bağlanma enerjisi ve eşik enerjisi aynı şey, burada birimi elektron volt olarak vermiş, yan tarafta joule cinsinden istemiş.
216		Ö	Hangisi bağlanma enerjisi
217		A	İkisi de bağlanma enerjisi bunların sadece birim farklı. Yani birinde metre, birinde santimetre istemiş gibi. Tamam mı?
218		Ö	h_1 , h_1 .
219		A	Şimdi devam ediyoruz. Burada acaba bahsettiğimiz konular yaşantımızın neresinde? Buna değineceğiz. Fotoelektrik olay, acaba günlük yaşantıda bu olay ile nerede karşılaşılıyor. Bilen var mı?
220		Ö	Sokak lambaları.
221		A	Arkadaşınız sokak lambaları dedi, nasıl? Biraz açalım, hangi tip sokak lambası.
222		Ö	Fotoselli sokak lambası.
223		A	Fotoselli lambalar
224		Ö	Alışveriş merkezlerinin kapıları
225	64	A	Otomatik kapıların açılıp kapanma sistemlerinde, başka.
226		Ö	Mouselarda
227		A	Peki kapılarda var dediniz, sokak lambalarında
228		Ö	Sensörden gelen ışık insan vücuduna geliyor (.....?)
229	65	A	Sensörden çıkan ışık insandan nasıl yansıyor? Şeyde belki daha kolay açıklarsınız, hırsız alarmlarında. Fen bilgisi kitaplarında da var hırsız alarmları orada sistem daha basit. Görevimiz tehlike filminde de vardı, şöyle düşünelim, normalde fotoelektrik olay, bu bahsetmiş olduğumuz örneklerde fotosel devre adı altında işliyor. Otomatik kapılarda normalde ışık düşüyor, siz araya girdiğiniz zaman?

230		Ö38	Devre tamamlanmıyor.
231	66 67 68	A	Devre tamamlanmamış oluyor gibi, ya da bakın hırsız alarmlarında da aynı şey, hırsız alarmları iki ayrı devreden oluşuyor. Devrelerden bir tanesinde bir tane elektromıknatıs vardır. Siz ışığı düşürdüğçe ilk devre tamamlanır, oradaki bobin elektromıknatıs görevini görür, keşke getirseydim, iletkeni içinde tutar, siz araya girdiğiniz an ya da hırsız pencereyi açtığı an, ne olmayacaktır, devre tamamlanmayacaktır devre tamamlanmadığı içinde, o bobin tarafından çekilen iletken geri bırakılır. Böylelikle ikinci devre tamamlanır ve alarm çalar. Tamam. Hemen hızlıca bir hangi alanlarda kullanıyoruz, arkadaşlarımız da söyledi, özellikle alışveriş merkezlerinde çok fazla karşılaşıyoruz. Mağaza ve fiyatlandırmaların yapıldığı barkod sistemleri, barkod sistemleri de yine nedir? Fotosel devreler kullanılır. İlginç olan sinema filmlerine ses kaydı ekleme de, bununla ilgili haftaya herkes bunlardan bir tanesinin çalışma prensibini araştırıp geliyor. Peki bakalım, anlattıklarımızı ne kadar öğrenmişiz, yoksa boşuna mı konuşmuşuz?
232	69	Ö38	Evet, hemen başlayalım.
233		Ö39	Bunlardan her birini artar azalır aynı kalır diye, ona göre cevaplayacağız.
234		Ö38	Tamam.
235		Ö39	Şiddet artarsa fotonun enerjisi, değişmez.
236		Ö38	Şiddet artarsa fotonun enerjisi değişmez. Aynı kalır, C.
237		Ö39	Saçılan elektron sayısı artar
238		Ö38	A
239		Ö39	Saçılan elektronların hızı / değişmez, C. Bir fotonun hızı, her bir fotonun hızı +
240		Ö38	Aynı kalır. Her bir fotonun frekansı arttırılırsa artar.
241		Ö39	A, elektronun sayısı değişmez.
242		Ö38	Değişmez., C. Her bir fotonun hızı artar.
243		Ö39	Bir fotoelektrik etki deneyi gerçekleştirdiğinizi düşünüünüz, yüzeyden elektron koparmayı sağlayacak(.....?)
244	70	Ö38	Durdurucu potansiyel, $q_e \cdot V_k$ demek değil mi?
245		Ö39	Evet.
246		Ö38	O zaman, q_e ile oynuyorum değil mi?
247		Ö39	Frekans sabit tutuluyor, şiddet artıyor, şiddet artınca saçılan elektron sayısı artacak, azalıyor o zaman.
248		Ö38	Durdurucu +
249		Ö39	Durdurucu potansiyel azalır, daha çok enerji var çünkü.
250		Ö38	Şiddeti arttırırsan enerjiye bir şey yapamazsın.
251		Ö39	Elektron artıyor, değişmez ya.
252		Ö38	Elektronun yükü ne yapıyor, q_e ya da V_k nın değişmesi lazım, E_b ye etki edebilmesi için, E bağlanmaya, yani durdurucu potansiyel $q_e \cdot V_k$
253		Ö39	Evet işte o değil mi?
254		Ö38	Tamam. Şiddetini arttırırsan şiddet, neye bağlıdır şiddet?
255		Ö39	Elektron, parçacık sayısı artacak işte.
256		Ö38	Gerilime bağlı değil mi?
257	71	Ö39	Parçacık sayısı artacak, frekans sabit, enerji sabit, parçacık sayısı artacak artacak, durdurucu potansiyel ne olur?
258		Ö38	Ben artar diye düşünüyorum.

259		Ö39	Bir dakika.
260		Ö38	V yi arttırırsan ++
261		Ö39	Bir dakika ya, şiddeti arttırdım
262		Ö38	Hocam, bir bakar mısınız? Bir şey sorabilir miyim? Şimdi ışık şiddetini arttırdığımızda, şurada şey ne diyor?
263		A	Frekans sabit tutup, şiddeti arttırıyorsunuz.
264		Ö38	Hı hı. E durdurucu q_e . V_k ya bağlı, doğru değil mi? Şiddetini arttırdığımda, q da bir değişiklik olur mu?
265		A	Hayır, olmaz. Çünkü q elektronun yükü.
266		Ö38	Hı, hı. Bu zaten, yükü hep aynıdır bir elektronun V_k da bir değişiklik olur mu?
267		A	Şimdi, önce formülün tamamını yaz, tamamı neydi?
268	72	Ö39	Eeksi
269		Ö38	q_e . V_k , bu yani.
270		A	Bu neye eşitti?
271		Ö38	Bu durdurmaya.
272		A	Hayır hayır.
273		Ö38	Bu eşittir, E ye eşit.
274		A	Hımm, o zaman dikkat ederseniz, burada şiddet ile ilgili her hangi bir şey var mı?
275		Ö38	Yok, o zaman aynı kalır diyoruz, cevap C.
276		A	Evet, ama buna geldiğiniz zaman,
277		Ö38	Evet, burada frekansı ile oynuyorum,
278		Ö39	Enerji oynayınca, durdurucu potansiyelde, azalacak.
279		Ö38	Işık yerine demiş, mor ışık yerine demiş mor ötesi ışık, o zaman frekansı arttırıyorum, frekans arttığı için benim enerjim artıyor, enerjim arttığı içinde durdurucu potansiyelimde yine bir değişiklik olmuyor?
280		Ö39	Azalmaz mı?
281		Ö38	Burası arttı, durdurucu potansiyelim artar.
282		A	Bağlanma enerjin değişiyor mu?
283		Ö39	Değişmiyor.
284		A	Değişmiyor, o zaman
285		Ö39/ Ö38	<u>Artar., A</u>
286	73	Ö38	Bitti, zaten hep C, A, C, A, hiç azalır yok.
287	74	Ö39	Çok yavaşlar ya, çok yavaş cevaplıyorlar.
288	75	Ö39/ Ö38	<< - - >>
289	76	Ö39/ Ö38	<< - - >>
290	77 78	A	Herkes bitirdi herhalde? Alayım o zaman. Şimdi size bir soru daha yönelteceğim, aslında bu soru ile daha önce karşılaşmıştınız ama o zaman size çok karmaşık gelmişti.
291	79	Ö38	Diyeceğiz ki her ikisi birlikte.

4. DERS: ATOM

	Zaman	Kişi	Diyaloglar
1	0 1	A	Evet, arkadaşlar, ilk hafta size klasik fiziğin çözemediği 3 temel problemden bahsetmiştik, bunlardan ikisini geçmiş haftalarda ele aldık, bu hafta ise atomun yapısı ile ilgili kısmı ele alacağız. Tabii o zamana kadar, atomun yapısı ile ilgili yapılan çalışmaları ve bu süreçteki tarihsel gelişimi sizde biliyorsunuz, birazdan bununla ilgili bir çalışmamız olacak. Çok zorlanacağınızı da sanmıyorum. Sadece zihninizde atomu nasıl yapılandırdığınızı öğrenmek için bir çalışma yapacağız.
2	2	Ö39	Atom, merkezde proton ve nötron etrafında ise yörüngelerde elektronlar böyle nokta nokta. Sence?
3	3	Ö38	Şurada şöyle bir şey var, atom maddenin en küçük taneciği olmayıp, pek çok atom altı tanecikten oluşur ve parçalanabilir.....ve elektronun.....
4	4	A	Atomu modellendirmekte zorlanmanız var mı?
5		Ö39	Dalton...dalton ne diyordu atoma?
6		Ö38	Kek modeli değil mi?
7		Ö39	Hayır, o Thompson. O zaman Dalton katı bir parçacık diyordu değil mi? Hatırlıyor musun? Katıdır, parçacık şeklindedir. Ehhh, maddenin en küçük yapısıdır.
8		Ö38	Yörüngeleri vardır diyordu, çekirdeği vardı diyordu.
9		Ö39	Yok, onlar sonra belli olacak.
10		Ö38	Thompson mı diyordu onları?
11		Ö39	Rutherford diyecek. Çekirdek var, artı yükler var falan diyecek.
12	5	Ö38	Hımm.
13		Ö39	Thompson artı ve eksi yükler var diyor, kek gibi.
14		Ö38	Tamam, Rutherford şey diyor.
15		Ö39	Bohr da artık enerji seviyelerini diyordu. Dalton katıdır ve yuvaraktır diyordu. Bohr son modeldi değil mi?
16		Ö38	Hı, hı.
17		Ö39	Ama şu an araştırmalar var.
18	6	Ö38	Atom için maddenin en küçük yapıtaşı diyor değil mi?
19		Ö39	Thompson üzümlü kek modelini sunuyor.
20		Ö38	İçerisinde artı ve eksi yükler dağınık haldedir.
21	7	Ö39	Birde alfa ışımından yararlanıyor.
22		Ö38	Rutherford neydi, atomun yörüngesel olduğunu söylüyor değil mi?
23	8	Ö39	Hayır, şey yörüngesel olduğunu söylüyor. Alfa ışımından yararlanıyor ve buna göre atomun çekirdeğinin olduğunu ve artı yüklerden oluştuğunu ve etrafında elektronların bulunduğunu sunuyor. Bohr da elektronun çekirdek çevresinde belirli yörüngelerde belli enerjilere bağlı olarak belirli yörüngelerde bulunduğunu söylüyor. Bohr atom modeli şu anda geçerli olan son model,
24		Ö38	Bohr atom modeli son model midir? Hayır.
25		Ö39	Şu an geçerli olan modeldir ancak araştırmalar devam etmektedir. Değil mi?
26	9	Ö38	Hı, hı. Atom hakkında gelişmeler sürüyor.
27		A	Evet, biraz konuşalım bakalım atom deyince ne anlıyorsunuz?
28	10	Ö38	Ben atomun bir modeli olduğunu düşünmüyorum.

29		Ö39	Hı?
30		Ö38	Herhangi bir şekli olduğunu düşünmüyorum.
31		Ö39	Bende böyle bulut şeklinde değil mi?
32		Ö38	Hı, hı. Bulut.
33		A	Evet, fikri olan,
34		Ö	Atom küçük parçacıklardan oluşmuştur ben bir tek Bohr modelini yazdım, elektron, proton ve nötronları vardır.
35	11	A	Peki, eh, zihninde nasıl bir atom modeli var?
36		Ö	En iyi Bohr atom modeli
37		A	Bohr atom modelinde neler vardı?
38		Ö	Çekirdekte pozitif yükler var ve elektronların dairesel yörüngede hareket ettiğini söylüyor ama bu çürütülmüş.
39		A	Evet, başka var mıydı?
40		Ö2	Çekirdekte proton ve nötronların bulunduğu ve belirli yörüngede hareket eden elektronların olduğu, Bohr atom modeli vardı ama çürütüldü, şimdi modern atom modeli
41		A	Modern atom teorisi dedik, başka, sizden de alayım.
42	12	Ö38	Toz bulutu şeklinde olduğunu kütlece ağır olan kısmında ortada ve belki yerinin değişebileceğini yani çekirdeğinin olduğunu, bu çekirdeğinin içinde de sadece proton nötron değil, yaklaşık on altı çeşit atom altı parçacık olduğunu yani bunlarında çekirdeğin içinde olduğunu yani kütlelenin belirli bir yerde yoğunlaştığı elektronlarında onun etrafında rastgele saniyelik, hatta saniyeden bile daha kısa sürelerde hareket ettiği.
43		A	Evet, bakın dikkat ederseniz aynı süreçlerden geçmenize rağmen farklı düşüncelere sahipsiniz. Peki, atom modellerinden hatırladığınız var mıydı?
44		Ö	Thompson vardı.
45		A	Onu da herhalde üzümlü kekten hatırlıyorsunuz. Dalton hakkında bilgisi olan var mı?
46		Ö39	O daha böyle katı parçacık olarak görüyordu atomu, hareketsiz olduğunu
47		A	Dalton modelinde elektrondan falan bahsedilmiş miydi?
48	13	Ö38	Hayır.
49		A	Bunun haricinde üzümlü kek modelinde o üzümler neyi temsil ediyorlardı?
50		Ö	Artı eksi yükleri
51		Ö2	Elektronları
52		A	Peki, başka ne vardı? Rutherford vardı?
53		Ö38	O da alfa taneciklerini söylüyordu.
54		A	Onun meşhur bir deneyi var, bununla neyi buluyordu?
55		Ö39	Çekirdeğin yerini, alfa deneyi. Çekirdeğin olduğunu ve artı yüklü olduğunu söylüyordu. Etrafında elektronlar olabilir diyordu, sonra Bohr'da elektronları açıkladı, enerji seviyelerinin olduğunu.
56		A	Evet.
57		Ö39	O da sonra karmaşık yapıları açıklayamadığı için, o da geçersiz oldu.
58		A	Peki, Bohr tam olarak ne diyordu?
59	14	Ö38	Enerji seviyelerinden bahsediyordu. her elektronun bir seviyede bulunduğunu mesela bir seviyeden diğer seviyeye geçmesi için

			belirli bir enerjiyi aşması gerektiğini söylüyordu.
60		A	Peki, bizim şu anda kullandığımız model Bohr modeli mi?
61		Ö	Değil.
62		A	Hangisini kullanıyoruz?
63		Ö	Modern atom teorisini kullanıyoruz. Demek ki, o zaman tarihsel süreçte birinin açıklayamadığını diğeri açıklamış ve biz bugün Bohr atom modelini kullanmıyoruz ama Bohr'un önemli bir noktası var, kuantum fiziğine geçiş sürecinde en önemli modeldir diyoruz. Size dağıtmış olduğum çalışma kağıdında bir atomun gösterimi var, pek çok kaynakta bununla karşılaşabileceksiniz, sizce bu model doğru mudur?
64		Ö38	Bence doğru değildir, çünkü bir elektronun yeri tam olarak belirlenemez dedim.
65		A	Atomun ne olduğunu ya da atomun yapısını anlamak bizim ne işimize yarayacak? Anlamasak olmuyor mu?
66	15	Ö39	Hocam, yüklü enerjilere sahip olduğu için bunlarda hani enerji tepkimeleri olduğu için sanayide olsun birçok alanda kullanılıyor sonuçta, nükleer enerjilerde bile.
67		A	Dediğin gibi, günlük yaşantıda hücre kadar yapılara indiğimizde yine atomlarla karşı karşıya geliyoruz, bunun için biraz geniş perspektiften düşünün.
68		Ö38	O zaman hayatı kolaylaştırmak için her atomun özelliğini bilmek gerekecek. Hani nasıl diyeyim, soy gazların özelliğini biliyoruz, ya da herhangi bir atomun özelliğini biliyoruz, onu kullanarak yeni bir teknoloji üretebiliriz. Buna bağlı olarak hayatı kolaylaştırıyoruz.
69	16	Ö	Maddenin yapısını çözebilirsek eğer, maddeyi daha iyi anlayabiliriz.
70		A	Peki, çizimle ilgili ne söyleyebileceksiniz? Aslında hepimizin zihninde olan bir model değil mi?
71		Ö	Elektronlar belirli yörünge de değildir.
72		A	Elektronlar belirli yörüngede değildir diyor arkadaşımız. Belirli bir enerji düzeyinde bulunur diyor.
73	17	Ö38	Kesikli enerji.
74	18	A	Buraya baktığımızda yörünge tamamen belirli. Bitirenler fen kuantum klasöründe Hidrojen atomu ile ilgili tr uzantılı dosyayı çalıştırabilirsiniz.
75		Ö38	Allow mu diyeceğiz? Silahı ateşle, neymiş bu ya çok ilginç.
76		A	Şimdi yine öncelikle simülasyon ekranını bir gözlemleyin ve neleri değiştirebileceğimize bir göz atın. Bununla ilgili çalışma yaprağı ile adım adım ilerleyeceğiz.
77	19	Ö39	Baksana E..., üzümlü kek, de Broglie, güneş sistemi.
78		A	Biraz inceleyin.
79		Ö38	Aaa, baksana çok ilginç.
80		Ö39	Bak bak, Bohr da çok güzel.
81		Ö38	Güneş sistemini aç.
82		Ö39	De Brogli'ye baksana, en güzeli Bohr
83		Ö38	Güneşe bak, güneş patlıyor. Bende aynı şeyi yapıyorum.
84		Ö39	Biraz oynayalım bakalım.
85		Ö38	Bilardo topu,
86	20	A	Şimdi isterseniz şöyle yapalım, orada bir deney ve tahmin butonu var. Tahmin butonuna gelin, atom modellerini tarihsel süreçte ele

			almış, ilk olarak kim var?
87		Ö39	Bilardo topu.
88		A	Yani kim?
89		Ö39	Dalton modeli. Biz modelleri iyi hatırlamışız ama değil mi?
90	21	A	Evet, şimdi devam edelim. Dalton modelinde neden bahsetmemiştiniz?
91		Ö38	Elektrondan bahsetmemiştiniz.
92	22 23	A	Şimdi burada kilit noktalar var, simülasyon ekranının sağ alt köşesinde spektrometreyi göster diye bir buton var. Onu tıklayın. Çalışma yaprağınızda bununla ilgili açıklama var, spektrumla ilgili. Spektrumlar kesikli olabiliyor, sürekli olabiliyor, şimdi bu noktada hidrojen atomunun sahip olduğu spektrumlar gözleniyor, ama o ana kadar atom modelleri bunu açıklayamıyor. Bir bakıyorlar bunu kim açıklıyor, Bohr. Bohr bunu açıklarken de kuantum fiziğini kullandığı için hem bir geçiş görevi görüyor, hidrojen atomunun spektrumlu yapısını açıklamada oldukça başarılı olmuştur. Şimdi ikinci olarak Thompson'ın meşhur üzümlü kek modelini tıklayın, herkes tıklasın. Üzümlü kek modelini tıkladığınız zaman artık neyi gözlemliyorsunuz? Artık ne var bakın? Elektron var ve dikkat ederseniz ne oluşmaya başladı? Sağ alt köşede spektrometrede bakacaksınız.
93		Ö39	Vaaaavvv, bak bak bak
94		Ö38	Bohr'a bak. Kırmızıya gitti.
95	24	Ö39	Kırmızıda bak, enerji seviyesi.....de broglie ne yapıyor? Ayyy, canım çok güzel, bak bak, nasıl atlıyorlar, seviyesine bak.
96		Ö38	Oh, oh, çok güzel.
97		Ö39	Bak. Çarpıştıkça nasıl renk değiştiriyor. Bak, enerji seviyeleri de değişiyor.
98		A	Spektrumlar oluşmaya başladı mı?
99		Ö39/ Ö38	<u>Evet.</u>
100		A	Bakın, bazılarınızda oluşmuş, şimdi o spektrum ile tahta da hidrojen atomunun sahip olduğu spektrumu görüyorsunuz. Birbirini tutuyor mu?
101		Ö38	Bazılarında evet, bazılarında hayır.
102		Ö39	Tutmuyor.
103	25	A	Tutmuyor, o zaman ne diyeceğiz, Thompson atom modeli spektrumları açıklamada başarısızdır, yerine ne gelmiş, Rutherford atom modeli yani sizin, günlük yaşantıda çok karşılaştığımız, zihninizde yer eden, güneş sistemi modeli. Şimdi Rutherford atom modelini tıklıyorsunuz. Burada ilginç bir şey var, gözlemleyebiliyor musunuz her hangi bir spektrum çizgisi.
104		Ö38	Hayır.
105		A	Neden?
106		Ö38	Patlama oluyor,
107		A	Rutherford ne demişti atom modelinde? Elektron atomun çevresinde belirli yörüngelerde doluyor demişti ve bu dolmuş esnasında ne yapıyordu, ivmeli hareket yapıyordu. Ama siz daha önceki derslerden neyi biliyorsunuz, ivmeli hareket eden bir elektronun ışınım yaptığı ve ışınım yaptığı içinde belirli bir süre sonra 'Boom' yapıyor ya simülasyonda işte o anda enerjisi bitiyor, ivmeli hareket yaptığı, ışınım yaptığı için ve çekirdeğe düşüyor.

			Kendi teorisi kendi içinde ne yapmış oluyor.
108	26	Ö38	Çürümüş oluyor.
109		A	Tabii her teoriyi bazı noktaları çözemedi diye ne yapmıyoruz, çöpe atmıyoruz, Rutherford'da spektrometreyi göster dediğimizde oluşmadığını görüyorsunuz zaten bu noktaya da herhangi bir açıklık getirmemiştir. Bu noktada kim devreye girdi?
110		Ö	Bohr.
111		A	Bohr atom modeli, Bohr modelini tıklıyorsunuz hep beraber,
112		Ö38	Aaa, orada yörünge atlıyor.
113		Ö39	Evet.
114		A	Şimdi Bohr modelini tıkladığımızda sağ üst köşede elektron düzeylerini göster diye bir bölüm var, bunu da tıklayalım.
115		Ö39	Aaaa, bak.
116		Ö38	Şimdi birdeyiz, şu an altıdayız. Beş, dört, ikiye düştü.
117	27	A	Şimdi, spektrum çizgilerini gözlemlemenizi istiyorum, herkesin birde şuna dikkat etmesini istiyorum, elektron enerji seviyesi dediğimiz, burada elektron sadece belirli değerler arasında geçiş yapabiliyor dikkat edin. Bunlara dikkat ederken çalışma yapraklarınızı da dolduruyorsunuz.
118		Ö39	Dalton atom modelini gözlemlemeliyiz önce ne diyordu?
119		Ö38	Katı haldedir.
120		Ö39	Katı halde, yüklerden bahsetmiyor, eh, daire şeklinde.
121		Ö38	İkinci aşama olarak Thompson, üzümlü kek modeli idi,
122	28	Ö39	Artı ve eksi yüklerin atom içinde serbest şekilde bulunduğunu söylüyordu. Ekranda yavaş hızlı butonlarını kullanarak.....
123		Ö38	Şurası yavaş hızlı mı?
124		A	Evet, bu butonları kullanarak spektrometreyi daha yavaş veya hızlı oluşturabilirsiniz.
125		Ö38	Hııı, anladım.
126	29	Ö39	Daha hızlı şekilde enerji atlıyor.
127		Ö38	Hı, hı.....Rutherford atom modeli, şey, Rutherford'da gözlemleyemiyorduk, çünkü Rutherford'da hani elektronlar ivmeli hareket ediyordu.
128	30	Ö39	Bu modelin bir diğer adı da güneş sistemi modeli idi.
129		Ö38	Elektronlar ivmeli hareket ettiği için patlama gerçekleşiyor.
130	31	Ö39	Patlamalar, eh, diyagramda bir şey oluşmaz, çünkü elektron eder, enerjisi sıfır olunca yok olur böylece teoride kendi kendini çürütür. Dördüncü aşamada Bohr modeli.
131		Ö38	<u>n, bir, iki, üç ne anlama gelmektedir?</u>
132		Ö39	Elektronun enerji seviyesi.
133	32	Ö38	Simülasyonu yavaş hızlı yapın diyor, hızlı yapalım. Daha çok enerji seviyesine daha hızlı geçiş yapılıyor. Yani enerji seviyelerine geçiş daha hızlıdır. Şöyle diyor; <i>Herhangi bir spektrum çizgisi gözlemlediniz mi? Burada.....</i> Evet, gözlemledik. Mesela bunda 500 de durmuş, bunda, hayır, uymuyor.
134		Ö39	Energiler farklı değil mi? Hızlı yavaş olmasına bağlı olarak değişiyor.

135		Ö38	H ₁ , h ₁ .	
136		Ö39	Spektrum çizgileri oluyor fakat aynı şekilde olmuyor.	
137	33	A	Bohr modelinden sonraki modelleri tıklamıyorsunuz arkadaşlar. Onlar bugünün konusu değil, bizim için Bohr tarafından yapılan çalışmalar önemli.	
138	34	Ö38	Ne düşünüyorsun?	
139	35	A	Bitti mi arkadaşlar? Alayım kağıtlarınızı. Şimdi biraz önce spektrumdan bahsetmiştik, klasik fizikçiler bu spektrumları açıklayamıyorlar, neden her bir elementin atomları neden aynı spektrum çizgilerini veriyorlar ve neden atomlar sadece ışın yaptıkları dalga boylarını soğuruyorlar? Bu sorulara cevap bulamıyorlar. Tüm bu sorulara cevap bulan kim Niels Bohr. Bohr'un şöyle bir avantajı var, Planck'ın çalışmalarını çok iyi biliyor, Einstein'ın foton kavramını biliyor, bakın biz bu iki özelliği ne için kullanmıştık, kuantuma geçiş için kullanmıştık. Önceki atom modellerini de çok iyi biliyor. Tüm bunları bir araya getirerek iki temel noktaya açıklık getiriyor. Çalışmalarını hidrojen atomu ile yapıyor bunun nedeni de en basit yapılı atom olması. Bu noktadan hareketle dört varsayımda bulunuyor. Şimdi bu varsayımlarındaki kabulleri şunlar; diyor ki elektron proton çevresinde Coulomb kanunu ya da kuvveti etkisi ile belirli yörüngede dolanır. Dairesel yörüngelerde hareket eder yalnızca belirli elektron yörüngeleri kararlıdır. Bu yörüngelerdeki elektronlar kararlı olduğu için ışın yapmazlar ve atomun enerjisi sabit kalır. Bir diğeri de, elektronlar yüksek enerjili seviyeden düşük enerjili seviyeye geçiş yaparken daima ışın yaparlar. Bu durum klasik fizik tarafından açıklanamayan noktalardan biriydi. Ve yayınlanan fotonun enerjisi $h \cdot \nu$ kadardır diyor. Şimdi bakın yine karşınıza ne çıktı? 'h' Planck sabiti. Daha önce kuantuma geçiş sağlayan bilim adamları tarafından ortaya konulan kavramları kullanmış oldu. Bohr'un yapmış olduğu bir diğer kabullenme ise, elektronların çekirdek çevresinde bulunabileceği yörüngeler ile alakalı. Bu yörüngeleri belirlerken şöyle bir varsayımda bulundu, elektronların yörüngelerini belirlerken elektronların açısal momentumunu kullanırız dedi. Açısal momentum neydi daha önceki derslerinizden? 'mvr' idi, bunun tam katlarını,....., elektronun bulunabileceği yörüngeleri hesaplarken açısal momentumun tam katlarından yararlandı. Şimdi bakın m burada hangi değerleri alır? 1,2,3,4 yine nedir sürekli değil, kesiklidir. Kuantumlu olduğuna örneklerden bir tanesidir. Şimdi tüm bu varsayımları bir araya getirdiğinde 2 temel sorunu çözmüş oldu. Bunlardan bir tanesi yarıçap ile ilgili bir tanesi ise enerji ile ilgili. Öncelikle elektronun çekirdek çevresinde bulunabileceği yörüngelerin yarıçaplarını hesapladı, daha sonra elektronların bu yörüngelerde dolarken sahip olacakları toplam enerjiyi hesaplamış oldu. Burada biraz formüller yoğun ama bu bağıntıları kullandığı zaman yarıçapla ilgili şöyle bir formül ortaya koydu, formülümüz bu. Tabii formülleri incelediğiniz zaman neler var, yarıçap değerleri var.....	
	36			
	37			
	38			
	39			

	40		
140		Ö38	Planck sabiti var.
141	41	A	Planck sabiti var. Bohr bu bağıntıyı bulduğu zaman en basit yapılı hidrojen atomuna uyguluyor. Hidrojen atomu için uyguladığında formüldeki Z'yi kaç alıyor? Z ne idi daha önceki derslerden atom numarası, Z'yi bir alacak. O zaman yarıçap değerimiz değerlerimizi yerine yazdığımız zaman,, bulunan değer 0,529 Armstrong'dur. Bu değer önemli çünkü o dönemde hesaplanan değer ile günümüzdeki değer neredeyse aynıdır. Şimdi açıklık getirdiği bir diğer nokta da ne demiştik?
142		Ö39	Elektronun enerjisi.
143		A	Elektronun enerjisi acaba ne kadardır? Bunun çözümünde de Bohr iki formül kullanıyor, bunlardan bir tanesi elektriksel potansiyel, bir diğeri de?
144	42	Ö38	Kinetik enerji formülü
145		A	Kinetik enerji formülü, diyor ki, bu yörüngede dolanan elektronun enerjisi bu iki enerjinin toplamına eşittir diyor. Yaptığı işlemler sonucunda da elektronun enerjisini,, dikkat ederseniz, enerji ifadesinde yine 'n' var, n bize neyi veriyordu.
146		Ö38	Yörüngeyi.
147		A	Evet, yörüngeleri veriyor ve yörüngeler nasıl değerler alıyorlardı?
148		Ö38	Tam sayı.
149	43	A	1, 2, 3 şeklinde sayı değerlerini alıyorlardı, buradan yine neyi ortaya koyduk, enerjinin kuantumlu olduğunu. Bu bağıntı ile zaten atom numarası Z olan herhangi bir atomun, birinci yörüngesinde dolanan elektronun enerjisini toplam enerjisini bulmuş oldu. Şimdi bunu da hesapladıktan sonra o dönem, biraz öncede söyledik ya, ışımaların dalga boyları ile ilgili çalışmalar yapılıyordu. Bununla ilgili ilk çalışmayı yapan Balmer isimli bilim adamı.
150		Ö38	Evet, hatta ilk Balmer serisi....
151	45	A	Evet, bakın hatırladımız daha önceki derslerden, Bohr elde etmiş olduğu bu formülleri de kullanarak yayınlanan ışımaların dalga boyu ile ilgili bir formül üretti. Formülümüz karışık bir formül gibi görünse de, sabitleri yerine yazdığımız zaman, yapılan ışımaların dalga boyu elde edilir. $\frac{1}{\lambda} = \frac{k^2 \cdot Z^2 \cdot e^2}{2a_0 \cdot h \cdot c} \left(\frac{1}{n_{\text{son}}^2} - \frac{1}{n_{\text{ilk}}^2} \right)$ <p>Şimdi baktığımız zaman, Bohr atom modeli hidrojen atomunu çok iyi açıklıyor ama diğer atomlara geldiğinde ne yapıyor, tökezliyor. Bu noktada mesela, lityum atom numarası 3, lityumun elektron vermiş halini açıklayabiliyor çünkü lityumun iki elektron vermiş hali hidrojene benziyor. Yani hidrojen atomuna benzediği sürece açıklama yapabiliyor. Birde Bohr atom modelinin açıklayamadığı, biraz önce de spektrum çizgilerini de görmüştük ya, o spektrum çizgilerinde bazı spektrum çizgileri parlaklık gösteriyor. Bu parlaklığın nedenini ne yapamıyor, açıklayamıyor. Bu noktada demiştik ya, tarihsel</p>

	46		süreçte birisi açıklayamıyorsa, hemen çöpe atmıyoruz, sonuçta Bohr atom modeli de özellikle klasik fizik ile kuantum fiziğini birleştirip harmanlaması anlamında da oldukça önemli bir geçiş ehhhhh, modelidir aynı zamanda. Ama bugün bizim kullandığımız arada başka modellerde var, de Broglie gibi, hangi model devreye giriyor bugün, modern atom teorisi giriyor. Şimdi modern atom teorisinden çok uzun uzadıya bahsetmeyeceğim ama siz kimya derslerinizden biliyorsunuz, modern atom teorisinde artık biz neyi belirleyemiyoruz?
152		Ö38	Elektronların yerini,
153	47 48	A	Bizim yörünge ya da orbital diye bahsettiğimiz kavram artık ne halini aldı, elektronun bulunma ihtimalinin en fazla olduğu yer.şimdi bir tane örnek yapalım bununla ilgili. Hidrojen atomunda elektron n=2 enerji durumundan taban durumuna n=1 e geçiş yapıyor. Yayınlanan fotonun dalga boyunu ve frekansını bulunuz. Çözmek isteyen var mı soruyu? Gel bakalım.
154		Ö38	Frekansını
155	49 50	A	Elektron ikinci durumdan birinci duruma gidiyor. Şimdi dalga boyunu buldunuz, frekansa geçmek için dalga boyu ve frekans arasındaki ilişkiyi biliyoruz. Bizden frekansını istiyor. Diğer değerlerimiz zaten var. Buldunuz mu değeri?
156	51	Ö38	Evet, ama hesap makinemiz olmadığı için sonucu yazmadık.
157	52 53 54	A	Evet anlaşıldı herhalde, sadece formülde yerine koyduk. Biliyorsunuz her bölümümüzde hayatımızın neresinde isimli bir bölümümüz var. Burada Bohr en temel en önemlisi spektrum çizgilerini açıklamıştı. Şimdi atomu anlamak bizim için çok önemli idi, ama spektrum çizgilerine geldiği zaman biz yine bunu hayatımızın pek çok yerinde kullanıyoruz. Nerelerde kullanıyoruz bilen var mı?..... bir bilim adamı olduğunuzu düşünelim ve bir araştırma yapıyorsunuz ve bu araştırmada bir spektrum çizgisi elde ettiniz. Bu spektrum çizgileri biraz öncede söylediğimiz gibi her element için, farklıydı. Şimdi bakıyorsunuz, acaba elde ettiğim bu spektrum çizgisi daha önceki elementlere benziyor mu? Yeni elde ettiğiniz bir yapıda ne yapıyorsunuz öncekilerle karşılaştırıyorsunuz çünkü her element, periyodik cetveldeki, her bir elementin spektrumu farklı, helyumun keşfi de bu şekilde olmuştur. Ya da son zamanlarda özellikle sanayi bölgesinde yaşayan arkadaşlar daha iyi bilirler, geçenlerde bir haber vardı, Kocaeli ilimizde yeni doğmuş daha 40 günlük bebekte ağır civa tespit edildi diye. Şimdi nereden biliyorlar? Yine bu spektrum çizgilerinden, civanın kendine ait spektrumu var. Yine bu spektrumların analizi, gıda zincirindeki ağır metal kirliliğinin analizinde kullanılır. Aslında daha pek çok alanda kullanılıyor olabilir, deniz canlılarında kullanıldığını biliyorum, daha derin bilgileri araştırabilirsiniz. Şimdi gelelim, sondan iki önceki uygulamamıza. Biraz önce yapmış olduğumuz etkinliğin aynısı sayılır.

	55		
158	56	Ö38	Benzer şeyleri yapmıştık.
159		Ö39	Evet, aynı.
160		A	Bu arada şunu da söyleyeyim, üçüncü soruda helyumun üzerindeki artı bir olacak. Formüllere bakabilirsiniz.
161		Ö38	<u>Zihninizdeki atom modelini betimleyiniz.</u>
162		Ö39	Elektronlar, orbitaller de bulunurlar yani,
163		Ö38	Elektronların yerleri tam olarak belirli değildir ki.
164	57	Ö39	Orbitalleri zaten o anlamda, bulunma olasılığının en yüksek olduğu yerler.
165	58	Ö38	Yani yeri tam olarak belirli değildir. Canım üçüncü soruda hesaplayın diyor. Dur bakayım şurada bir saniye, başka formül var mıydı diye bakıyorum.
166		Ö39	Önce bütün enerjii bulacağız, E'yi.
167	59	Ö38	Oradan da kinetik E'yemi gideceğiz? Şu değil mi, E _n ?
168		Ö39	Evet, bu toplam enerjisi. Hızını bulamadım ben?
169		Ö38	Buradan
170		Ö39	E _n 'yi buraya yazacağız, tamam.
171	60	Ö38	Sonra toplam enerjisi bundan işte.
172		Ö39	Evet, doğru.
173		Ö38	Şimdi, ikinin karesi.neyi?
174		A	Bulamadığınız zamanlarda formüllerden yardım alabilirsiniz.
175	61	Ö38	Ondan sonra dur, ikinin karesi, Z kaçtı?
176		Ö39	Z bir.(.....)enerjii de bulalım. Bunu da
177	62	Ö38	Ama E ilk-Eson. İkinciden birinci seviyeye geçecek ya, aradaki fark
178		Ö39	Yani, 1-1/4 diyeceğiz.
179		Ö38	'h' kaçtı?
180	63	Ö39	(.....?)
181	64	Ö38	Şimdi şunu yapalım,.....
182	65	Ö39	Tam rakamları bulamadık ama öyle bıraktık hocam
183		A	Bu ne?
184		Ö39	Hocam, hız.
185		A	Hız mı? Frekans.
186	66	Ö39	Aaa, biz yanlış aldık.
187		Ö38	Sil sil, birde metre /saniye cinsinden bulduk. Hımmm, tamam, bu daha kolay. Burada n iki.
188	67	Ö39	Helyumun kütlesi kaçtı? Dört mü iki mi?
189		Ö38	Helyumun kütlesi mi? Dört.
190	68	Ö39/ Ö38	<<...>>
191		A	Tamam mı? Düzelttiniz mi?
192		Ö39	Evet hocam.
193	69	A	O zaman bir sonraki aşamaya geçin.
194		Ö38	<u>Atomun yapısını bilmek ne kazandırır?</u> Atomun yapısını bilmek etrafımızdaki tüm cisimleri anlamlandırabilmemizi, teknolojik gelişmeler konusunda ilerleyebilmeyi sağlar.

195	70	Ö39	Bir sonrakine kesikli enerji düzeyi dedim.
196	71	Ö38	Ben şey dedim, kesikli enerji düzeyleri ve spektrumlardaki kesikli enerji geçişlerinden bahsetmiştir dedim. <u>Kendi adınız ile bilimsel bilgiler ışığında nasıl bir atom modeli önerirdiniz?</u>
197		Ö39	Atomu toz bulutu şeklinde, çekirdeğin yeri tam olarak bilinmemekle beraber
198	72	Ö38	Kütlece yoğunluğun fazla olduğu, elektronların yerinin tam olarak bilinmediği fakat tahmin edilebildiği, atom altı taneciklerden oluşan yüksek enerjili,.....
199	73	Ö39/ Ö38	<<.....>>
200	74	Ö39 / Ö38	<<.....>>
201	75	A	Evet, son olarak bununla ilgili, Bohr atom modeli ile kuantum fiziği arasındaki ilişki nedir? Evet, hadi bakalım.
202		Ö	(.....?)
203	76	A	Arada bir şey vardı,
204		Ö38	Planck sabiti var.
205		A	Evet. Yine enerjinin neyinden yararlandı?
206	77	Ö39/ Ö38	<u>Kesikli olduğundan.</u>
207		A	Kesikli olduğundan yararlandı, hatta ve hatta yarıçapları açıkladı ve bir de bizim bahsetmiş olduğumuz ne vardı, spektrum çizgilerini açıklamıştı. Evet, teşekkür ederim emeğinize. Bitirenler çıkabilir.

5.DERS: de BROGLİE

	Zaman	Kişi	Diyaloglar
1	0 1	A	Geçen haftalarda Bohr atom modelinden bahsetmiştik, onun öncesinde ışığın yapısı ile ilgili bir takım deneylerden bahsetmiştik. Günlük yaşantıda karşılaştığımız yapıları biz kolaylıkla dalga ya da tanecik olarak kolaylıkla sınıflandırabiliyoruz. Size tanecik nedir diye sorsam, çok basit bir şekilde bir kum tanesini veya bilardo topunun özelliklerini söyleyebilirsiniz. Dalga deyince ise aklınıza ne gelecek, işte suyun yüzeyinde oluşan bir dalga, arkadaşınızın söylediği gibi ses dalgalarını örnek verebilirsiniz. Günlük yaşantıda yapıları gözlemlediğimizde, dalga ya da tanecik özelliklerini bu kadar net ayırt edebilirken, ışığa geldiğimizde ne yapmıştık çuvallamıştık hatırlayacaksınız özellikle klasik fizik açıklayamamıştı bu noktada kuantum fiziğinden yardım almıştık. O zaman sorumuz ışığın yapısı nedir? Bununla ilgili hemen bilgilerinizi alayım sonrasında biraz daha derinlemesine ele alırız.
2	2	Ö38	<u>İşğın tanecik yapısını ortaya koyan deneve örnek vererek, bu deneyin neden tanecik modelini desteklediğini açıklayınız.</u> Bir saniye. Ehhhh, neydi,....., tanecik modeli,
3		Ö39	Tanecik yapısı işte,.....hiç aklıma gelmiyor
4	3	Ö38	Dalga modelinde ehhe, girişim kırınım değil mi, o olaylar,
5		Ö39	Evet, girişim dalga özelliğini
6		Ö38	Dalga özelliğini anlatıyor, tanecik yapısını da hangi özelliği ya,
7		Ö39	Yansıma kırılma tanecik özelliğini gösteriyordu.
8		Ö38	Gerçekten mi?
9		Ö39	Öyle değil miydi? Yansıma ve kırılma. Tanecik diye hatırlıyorum ben. Hocam, biz böyle dedik ama.
10		A	Soruda deney olarak istiyor, bir daha bakın bakalım.
11		Ö38	O zaman fotoelektrik olay. Deney olarak yazacaksak. O zaman şöyle fotoelektrik olay.
12	4	Ö39	Fotoelektrik olayda ışğın tanecik yapısı rol oynar çünkü.
13		Ö38	Çünkü her bir foton bir elektron koparır
14		Ö39	Ve enerjilerine göre
15	5	Ö38	<u>İşğın dalga yapısını ortaya koyan deneve örnek vererek, bu deneyin neden dalga modelini desteklediğini açıklayınız.</u> Deneyini bilmiyorum ki, kırınım, girişim, yansıma,
16	6	Ö39	Bir delikten ışık tuttuğunu düşün, dalga modelinde böyle kırılıyor, yayılıyor ondan sonra.....şey mi yazalım ki E...hani delik düşün ışğı yansıtıyorsun ya.

17		Ö38	Işık doğrusal yolla yayılır mı?
18		Ö39	Hani kırınım oluyor delikten geçerken ama yine de yayılıyor gibi düşün. Hani git gide böyle geniş yayılıyordu.
19		Ö38	O deneyin adı yoktu ki. Kırınım olayı işte o.
20	7	Ö39	Bilmiyorum ki, hocaya bir soralım.
21		Ö38	Hocam, bir şey sorabilir miyim, bunlara hangi deney var?
22		A	Deneyleri bir düşünün?
23		Ö38	Young deneyi vardı, iki tane bant vardı.
24	8 9	A	Bitirenlerden alayım ama dikkat edin biraz önce söylediğim gibi, günlük yaşantıda karşılaştığımız büyük yapıları dalga ya da tanecik olarak sınıflandırma da zorlanmazken, ışığa geldiğinde örnek bulmakta ne yaptınız, zorlandınız. Bu nokta da.....alayım bitirenlerden. Şimdi biz ışığın tanecik yapısından bahsederken geçen haftalarda hangi deneyden bahsetmiştik?
25		Ö38	Fotoelektrik olay.
26	10	A	Bununla ilgili ben size geçen haftalarda 'hangisi haklı' isimli bir etkinlik sunmuştum. Işığın tanecik yapısına en büyük delil fotoelektrik olay ile çıkmıştı. Çünkü fotoelektrik olay sonrasında ne olmuştu artık ışık, nelerden oluşuyordu?
27		Ö	Foton.
28	11 12	A	Fotonlardan oluşuyordu. Bununla ilgili size iki tane şekil göstereceğim, ışığın yapısı ile ilgili değil de, günlük yaşantıdan iki örnek. (.....)şimdi bununla ilgili olarak sizin bilgisayarlarınızda da var, burada dördüncü sayfada iki tane resim var, kimse resimler hakkında bir şey söylemesin, herkes bir incelesin.
29	13	Ö	Neye göre değerlendireceğim, tanecik modeline göre mi?
30		A	Hayır, hayır, öyle bir şey değil bu. Sadece ne gördüğünüz ile ilgili.
31		Ö39	Yaşlı bir bayan.
32		Ö38	Genç bir bayan.
33		Ö	Yaşlı.
34		A	Yaşlı bir kadın görmüş arkadaşınız.
35		Ö	Nasıl görmüş.
36		Ö39	Evet. Bak yandan burunmuş gibi gör, gördün mü? Bak, kambur duran bir nine gibi duruyor. Başını öne eğmiş.

37		A	Peki, şöyle söyleyeyim, resimde her ikisini de gören var mı?
38	14	Ö	Ben ikisini de göremedim hocam.(Gülüyor.)
39	15	A	Şimdi, dikkat ederseniz, algılar nasıl farklılaşabiliyor bir sınıf içerisinde bile. Aslında benzer bir olay ışığın yapısında da var, gözlemlediğiniz deneye bağlı olarak ışığın yapısı değişiyor. Eğer fotoelektrik olaya gözlemlediğiniz ışığın tanecik yapısını, eğer girişim ve kırınım olayında ışığı dalga olarak kabul ediyorsunuz. Şimdi ikinci resme geçelim yine kimse söylemesin. Bu şekil biraz daha net. Evet ikinci şekle bakıyoruz. Sizden alayım. Ne görüyorsunuz.
40		Ö	Bir sürü balık ve kuş.
41		A	Zaten başka bir şey yok. Peki kuş ve balıkların ayrımını yapabiliyor musunuz?
42		Ö38	Şurada balık, şu arada kuş var ama araya balıklarda girmiş, aynı sırada hepsinden var.
43	16 17	A	Aynı ışığın yapısında olduğu gibi iki model birbirini tamamlar yani bir diğer modeli yokmuş gibi kabul edemezsiniz. Şimdi gelelim, ışığın yapısını ortaya koyduk, acaba ışığın yapısı için geçerli olan bu söylediklerimiz başka yapılar için geçerli olabilir mi? Mesela maddenin de, madde dediğimiz zaman ne anlıyorsunuz? Acaba maddenin de iki özelliği olabilir mi? Maddeyi siz tanecik olarak ele alıyorsunuz her halde değil mi, biraz önce de söyledik ya pinpon topu, tenis topu, kum tanesi olsun ya da siz olun, ben olayım hepimiz neyiz maddeyiz. Acaba ışığın ikili bir doğası varsa bizim de ikili bir yapımız olabilir mi?
44		Ö38	Olur.
45		Ö	Olabilir.
46		A	Neden?
47	18	Ö	Maddelerinde yansıttıkları bir enerjileri var, (.....)
48		Ö38	Geçen hafta hani atomların atom modellerini konuşurken söylemiştik hem enerji taşıyorduk, hem tanecik özelliği taşıyorduk, belirli frekanslarımız vardı, dalga boyları falan vardı, o yüzden, hepimiz taneciklerden oluştuğumuza göre, hepimizde madde olduğumuza göre hem dalga hem de tanecik özelliği gösterebiliriz diye düşünüyorum.
49		A	Başka var mı?
50		Ö39	Hocam, hani gaz halindeki maddeyi düşündüğümüzde, tanecikleri var, zaten yayılırlarken bir ortama dalga modeli halinde bir nevi yayılıyorlar.
51	19	A	Yok o yayılma ile alakalı. Şuradan yola çıkalım mesela elektronu ele alsak, elektron bir tanecik midir?

	24		<p>olasılığı P_1 [Şekil. (a)] dir.</p> <p>(2) 1. delik kapatılır ve sadece 2. delik açık bırakılır – elektronların sadece 2. delikten geçme şansları vardır. Şimdi ekran da elektron bulma olasılığı P_2 [Şekil (b)] dir. Her iki delikte açık - elektron ya delik 1 ya da delik 2 den geçer. Sonucun kurşunlar ile elde edilene benzer olacağını düşünebilirsiniz. Bu durumda olasılık P_{12} [şekil. (c)] dir. $P_{12} = P_1 + P_2$.</p> <p>Ancak grafikte gösterildiği gibi öyle değildir. Her iki delikte açık iken ortaya çıkan durumun aşağıda gösterilen grafiksel şekli Young'ın çift yarık deneyindeki girişim desenine çok benzemektedir. Ne deseni bu?</p>
62		Ö38	Saçak değil mi?
63		A	Adı neydi onun?
64		Ö38	Çift yarıklı Young deneyi.
65		A	Evet, Young yapmış olduğu bu deneyde ne gözlemliyordu, ortada parlak bir bölüm, yanlarda da aydınlık ve karanlık bölgeler gözlemlemiştiniz. Elektronla yapmış olduğunuz deneyde de bir girişim deseni elde ediyorsunuz. Bunu nasıl açıklarsınız?
66		Ö38	Young o zaman dalga deneyi yapmıştı, dalgaların iki tane yarıktan meydana gelen girişimini yapmıştı, demek ki elektronlar dalga özelliği göstermiş ki burada böyle bir desen çıkmış diyeceğiz.
67	25		Güzel, istediğim cevapta buydu. Şimdi, bununla ilgili bazı hesaplamalar var, bu girişim deseniyle ilgili, onlar notlarınızda var, bu elektronların dalga özelliği Louis de Broglie, 1923 yılında ortaya atılmıştır. De Broglie bunu ortaya atarken deneysel bir kanıtı yok, eğer ışık için bu durum geçerli ise madde için de geçerlidir demiştir. Doktora tezinde fotonlar hem dalga hem de parçacık özelliklerine sahip oldukları için, belki maddenin her türlü şeklinin de her iki özelliğe sahip olabileceğini ortaya koydu. Bu o günlerde hiçbir deneysel dayanağı olmayan devrim yaratacak bir fikirdi. Bu çalışma de Broglie'ye 6 yıl sonra Nobel ödülü kazandırmıştır. De Broglie'ye göre elektronlar, tıpkı ışık gibi ikili yapıya yani dalga-parçacık yapısına sahiptir ve her bir elektrona eşlik eden bir dalga vardır. De Broglie dalga boyu çıkarımına bakacak olursak eğer, durgun enerjisi sıfır olan fotonun enerjisi ile doğrusal momentumu arasındaki bağıntı;
	26	A	$P=E/c$ (1) Fotonun enerjisi,
	27		$E=h\nu= hc/\lambda$ (2) Bu iki denkleme göre fotonun momentumu;2 nolu denklemi 1 nolu denklemde yerine yazarsak,
			$P=E/c=hc/c\lambda$ olarak elde edilir. Bu eşitlikten fotonun dalga boyunun momentumu ile belirlenebileceğini görürüz, elde edeceğimiz yapı: $\lambda= h/p$
			De Broglie momentumu p olan maddesel parçacıkların $\lambda=h/p$

			<p>şeklinde bir dalga boyuna sahip olacaklarını önerdi. Kütlesi m ve hızı v olan bir parçacığın momentumu $p=mv$ olduğundan, o parçacığın de Broglie dalga boyu;</p> $\lambda=h/p=h/mv$ olarak elde edilir. <p>Ayrıca fotonlarda olduğu gibi, de Broglie madde dalgalarının frekansının $E=hv$ bağıntısına uyacağını postüle etti.</p> <p>1923 yılında de Broglie'nin maddenin hem dalga hem parçacık özelliği sergileyeceği öngörüsü bütünüyle spekülasyon olarak karşılandı. Buradaki temel sorun eğer elektron gibi parçacıklar dalga özelliğine sahip iseler o zaman kırınım olayı sergilemelidirler. O dönemde böyle bir şey gözlemlememişti. Bununla ilgili sorularımız var, biriniz gelsin.</p>
28			
68		Ö	Hocam, biraz bekleyebilir misiniz? Yerimizde çözelim.
69		A	Tabii.
70	29	Ö38	h/mv 'den değil mi bu?
71		A	Evet, evet, aynı. Formülümüz belli, formülün güzel noktası, can alıcı noktası neresi?
72		Ö38	Planck sabiti.
73		A	Güzel, yani işin içine yine kuantum girdi. Bu arada aklıma gelmişken, ilk derste size kuantum ile ilgili sorular sorduğumda çoğunuz bir şey yazamamıştınız, günlük yaşantımızda her an karşılaşabiliyoruz aslında, hafta sonu F1'i izleyen oldu mu?
74	30	Ö	Evet.
75		A	Mesela orada arabalarda termal kamera ile görüntüleme vardı.
76		Ö38	Evet, geçen biyoloji dersinde geçmişti, yılanlardan falan bahsediyorduk, onlarda termal kamera gibi demişti.
77		A	Engerek yılanı mı?
78		Ö38	Evet, o zaman aklıma gelmişti işlediklerimiz.
79		A	Daha güncel, demek ki artık kuantum fiziğinin hayatınızda yer ettiğini öğreniyorsunuz. Evet, sonucu bulan var mı?
80	31	Ö38	Hesap makinemiz yok bizim de o yüzden.
81		A	Tamam, zaten sadece yerine koyma, şimdi size bir şey izleteceğim, eminim sonrasında bu deneyi daha iyi anlayacaksınız. Ne demek istediğimizi, ama öncesinde sizi doktor kuantum ile tanıştırayım.
82	32/36		Dr. Quantum animasyonu izlettirilir.
83	36	A	Peki, şöyle sorayım size, her işlediğimiz konuda hayatımızın neresinde diye bir bölüm yapıyorduk acaba de Broglie'nin 1923 yılında ortaya

			koymuş bu deney doğrulanmış mıdır? Acaba şu teknolojide elektronlar kırınımına uğruyordur ya da dalga özelliği vardır dediğiniz bir örnek var mı? Var mı biraz daha teknik düşünün?
84		Ö38	Mikroskop diyormuşum ben.
85		A	Mikroskobun bir çeşidi ama.
86	37	Ö38	Elektron mikroskobu.
87	38	A	Tarama tünelleme mikroskobu diye bir mikroskobumuz var, sadece isim olay olarak bilin, yani bu gözlenmiş bir olay, De Broglie'nin önerdiği madde dalgaları, Davisson ve Germer tarafından düzenlenen bir deney sırasında tesadüfen doğrulanmıştır. ABD'den C.S. Davisson ve L.H. Germer adındaki bu iki bilim adamının ilk baştaki amaçları düşük enerjili elektronların boşlukta nikel bir metalden saçılmasını incelemektir. Ancak deneyi yaparlarken vakumu oluşturan kap kaza sonucunda kırıldı ve nikel yüzey hava ile temas ederek oksitlendi. Oksit tabakasını yok etmek için nikel plaka hidrojen buharı ile ısıtıldıktan sonra yerine yerleştirildi ve deney tekrarlandı. Ancak bu olaydan sonra sonuçlar hiç beklenmediği gibi çıkıyordu. Elektronlar belli bölgelerde oldukça yoğun iken belli bölgelere ise hiç elektron gelmiyordu. Bu beklenmeyen sonuçlar şu şekilde yorumlandı: Isıtma sonucunda nikel metalinde büyük kristal örgüleri oluşmuştu. Bu örgüler elektron için bir kırınım ağı gibi davranıyordu. Elektron nikelde geçerken bir dalga gibi davranarak kırınım ve girişim yapıyordu. İşin en ilginç tarafı atom modellerinde görmüştük elektronu ilk keşfeden kimdi? Thompson'du değil mi? Tanecik olduğundan ve belirli yörüngelerde bulunabileceğinden bahsetmişti. Junior Thompson ise elektronun dalga özelliği alanındaki çalışmalara katkı sağlayan en önemli bilim adamlarından biridir, bir anlamda babasının çalışmalarını sürdürmüştür demeyelim de, aynı ışıktaki olduğu gibi gözlemediğiniz olaya bağlı olarak değişim gösteriyor. Anlaşıldı mı?
88	39	Ö39/ Ö38	<u>Evet.</u>
89		A	Peki. Bakalım ne kadar anlamışsınız?
90		Ö38	Bu h/mv 'den değil mi? 'h' neydi?
91	40	A	Planck sabitinin değeri $6,62 \cdot 10^{-34}$ idi. Hatırlamayanlar için.
92		Ö39	(.....?)
93	41	Ö38	Işık çift yarıkta geçerken, ışık....elektron C, ışıkta C değil mi?
94		Ö39	Işık bence de C
95		Ö38	Bir tanesi kapalı durumda iken A olur herhalde.
96	42	Ö39	Evet, A olur.
97	43	Ö38	$3,31 \cdot 10^{-32}$ değil mi? Metre cinsinden mi oluyor bu?

98		A	Evet, ama sonucu yorumlayın demişim, boş bırakmıyorsunuz o kısmı.
99	44	Ö38	Yorumlayınız, dalga boyunun çok küçük olduğu, normal hayatta bile tanecik özelliği gösteren taşın,.....
100		A	Sonuçları yorumluyorsunuz, yorumlamadan bırakmıyorsunuz.
101		Ö38	Yorumladık.
102	45 46	Ö	(.....?)
103	47	Ö38	Normal hayatta tanecik özelliği gösterdiği dalga özelliğini dalga boyu çok küçük olduğu için fark edemeyiz dedik.
104	48	A	Tamam, olur. Bitti herhalde değil mi? Çok zorlanmadınız herhalde. Peki, ilk soruyu nasıl yorumladınız?
105		Ö	Yorumlayamadım.
106		A	Neden? Evet, kim yorumlayacak birinci sorunun cevabını?.... Arkadaşınız yorumlayacakmış.
107		Ö	Elli kilogramlık bir kütle düşündüğümüzde bunun tanecik özelliğinin daha baskın olduğunu görüyoruz, çünkü kütlece çok büyük bir miktar. Bunu kuantum ortamında düşünmemiz çok zor, dalga boyu da çok küçük olduğu için
108			(.....?)
109		A	Gözlemleyebiliyor musunuz dalga özelliğini?
110		Ö38	Hayır.
111		A	Gözlemleyemiyorsunuz çünkü 10^{-37} mertebesinde, günlük yaşantıda böyle bir değeri gözlemleyebiliyor musunuz?
112	49	Ö	Hayır.
113		A	Peki, son bir aşamamız daha var, sonrasında bitiriyoruz.
114		Ö39	<u>Elektron bir parçacık mı yoksa dalga mıdır? Deneysel sonuçlarla cevabınızı destekleyiniz.</u>
115	50 51 52 53 54 55	Ö	(.....?)

116	56		
117	57	Ö39	Çok güzel yapmışlar değil mi?
118		Ö38	Evet, 1938 yılında yapılmış.
119		Ö	(.....?)
120	58	A	Bitti mi?
121		Ö39/ Ö38	<u>Evet.</u>
122		A	Peki, son bir soru, her hafta sorduğumuz soru, kuantum fiziği ile ne alakası var bu konunun.
123		Ö	'h' Planck sabiti var.
124		A	Evet, artık bu kavrandı herhalde, h Planck sabiti varsa kuantum fiziği var, klasik fizik yok diyorum ve konuyu bitiriyorum.

6. DERS: HEISENBERG BELİRSİZLİK İLKESİ

0	Zaman	Kişi	Diyaloglar
1	1	A	Arkadaşlar, başlayalım isterseniz, son kısım belirsizlik ilkesiyle ilgili, bununla ilgili size dağıtmış olduğum çalışma kağıtlarınızı cevaplamanızı istiyorum.
2		Ö38	Hadi yapalım, beraber yapalım bunu. <i>Belirsizlik nedir?</i>
3	2	Ö39	<i>Bir ölçümün belirsiz olması sizin için ne ifade eder?</i>
4		Ö38	Belirsizlik,?
5		Ö39	Şey diyelim, bir dakika, Heisenberg belirsizliği şeydi değil mi, elektronun yeri ve yönü belli değil, aynı anda belli olmaz.
6		Ö38	Her madde de atomlardan oluştuğu için atomların alt yapısında da elektron olduğu için maddelerin de yerinin.....
7		Ö39	Onu diğer bölümde cevaplayacağız galiba.
8		Ö38	Belirsizlik bir şeyin, ehhhh.
9		Ö39	Aynı anda bir olayın...
10		Ö38	İki ya da daha farklı açıklaması olabileceği.
11	3	Ö39	Açıklaması olamayacağı.
12		Ö38	Ya bu şey değil mi belirsizlik, cismin bulunduğu konuma göre, fiziksel özelliklerinin değişmesine denilmiyor muydu? Mesela astronot belirsizlik anladın mı? Ne belirsizliği vardı, boy uzaması, kısalması işte, zamanda belirsizlik vardı, boyda belirsizlik vardı.
13		Ö39	Bir olayın aynı anda iki tane sonucunun olmayacağı gibi bir şey diyeceğiz anladın mı?
14	4	Ö38	Ben şöyle diyeceğim, belirsizlik bir olayın, kesin, bir yargı ile ifade edilemeyeceği, ortam şartlarına göre, bu hız olabilir, farklı
15	5	Ö39	Özelliklerinin değişebilmesidir.
16		Ö38	<i>Bir ölçümün belirsiz olması sizin için ne ifade eder?</i> Değişken olabileceğini ifade eder. Bugün üzerimde bir dinginlik var. Şimdi, <u>1927 yılında.</u>
17	6	Ö39/ Ö38	<<.....>>
18	7	Ö38	<u>1927 yılında Werner Heisenberg tüm ölçümlerin belirsizlikle ilişkili olduğunu ortaya koyan, belirsizlik ilkesini yayınladı. Kuantum mekaniksel dünyada bir otobüsü yakalamayla ilgili bir ölçümü hayal edelim. Sizin zaman çizelgeniz otobüsün 9 da geleceğini söylüyor. Heisenberg ise otobüsün geliş saatinin belirsizlik içerdiğini söyler. Heisenberg burada belirsizlik ile ne ifade eder? Açıklayınız.</u> Hocam biz şey yazdık, belirsizlik bir olayın kesin bir yargı ile ifade edilemeyeceği, ortam şartlarına göre, özelliklerini değiştirebilmesi dedik.
19		Ö39	Ne bileyim, otobüsün hızına göre de değişebilir ya.
20		A	Burada kuantum dünyasında düşünmeniz gerekiyor olayı.
21		Ö39	Enerjiler daha yüksek olduğu için kuantum da, öyle mi?
22		A	Tam olarak öyle değil, biraz aradaki farkları düşünün.
23	8	Ö38	Kesikli enerji seviyelerinden, ama bu maddenin yerinin

			yani ilk söylediğim elektronun yerinin tam olarak belirlenememesi ile aynı şey.
24		A	Evet, ama ilke olarak burada örneklerseniz.
25		Ö38	Ne diyelim.
26	9	Ö39	Modern atom teorisinde elektronların yeri tam olarak belirlenemeyeceği.
27		A	Evet, belirsizlik deyince ne anlıyorsunuz?
28		Ö	Kesin bilinememesi
29		A	Kesin bilinememesi, yani? Bir örnek verelim.
30		Ö	Bir ölçüm yaptığımızda ölçüm sonuçlarının sürekli olarak farklı çıkması verilebilir.
31	10	A	Peki, ikinci örnekte bahsedilen kuantum dünyasında yer alan bir otobüsün her gün okula gelirken bindiğiniz otobüsün kuantum dünyasında her gün tam olarak 9'da geleceğini Heisenberg söyleyemezsiniz diyor. Ben şöyle bir örnek vereyim, üç yıldır aynı okulda görev yapıyorum ve üç yıldır sabah 6.30 aracına biniyorum, bu nedir benim için belirlidir. Ama Heisenberg ne diyor, kuantum dünyasında sen otobüsün 6.30'da geleceğini kesin olarak belirleyemezsin diyor. Acaba burada ne demek istemiş?
32		Ö	(.....?)
33	11	A	Yani ölçümle alakalı mı diyorsun. Yani ölçü aletleri ya da teknoloji mi yetersiz? Öyle bir düşüncesi olan var mı?
34		Ö	(.....?)
35	12	A	Peki, Heisenberg belirsizlik ilkesinin tam olarak ne anlama geldiğini bilen var mı? Daha önceki derslerde görmüştünüz bunu. Kimya da değinmiş olmanız gerekiyor.
36		Ö	Bir cismin yeri ve konumu aynı anda belirlenemez.
37		A	Bir cismin momentumu ve konumu aynı anda belirlenemez dedi, geçen haftalarda biz bir tane animasyon izletmişim ben size.
38		Ö38	Çok güzeldi o, çift yarık, tek yarık
39	13	A	Orada elektronun ikili yapısından söz ediliyordu, ışığın ikili yapısından da daha önceki derslerde bahsetmiştik. Çift yarık deneyinde de elektronlarında böyle bir özelliği olduğunu öğrenmiştik, normalde elektronları ne olarak biliyorduk, tanecik olarak biliyorsunuz, bu animasyonda dalga özelliği olduğunu da görmüştük ama sonunu izletmemiştim size, şimdi sonunu da izleyelim.
40	14/21		Dr. Quantum animasyonu izlettiriliyor.
41	22	A	Geçen hafta son kısmını izlememiştik burada ne gördük elektronu izlediğimiz zaman davranışını değiştirdi, demek ki kuantum dünyasında ne var, gözlemciyi olaydan bağımsızmış gibi düşünemiyoruz. Ama normalde günlük yaşantıda böyle bir şey var mı? Yok, siz günlük yaşantıda olayları da belirlemek çok kolay değil mi? Duvarın boyunu ölçün dersek alırsınız elinize bir metre ölçüm yaparsınız, daha hassas bir ölçüm isterseniz santimetre, daha da hassas bir ölçüm isterseniz milimetre düzeyinde ölçüm yapabilirsiniz. Ya da herhangi bir arabanın hareketini takip ettiğiniz zaman 5 saat sonra şurada olabilir diyebilirsiniz,

23		<p>yani kesin ifadeler sunabilirsiniz. Şimdi bununla ilgili bir düşünce deneyi sunacağım size, aynı olayı hem klasik fizik hem de kuantum fiziği çerçevesinde ele alacağız. Şimdi bir tane bir fizikçi düşünelim. Bu fizikçi her türden en duyarlı aletlere sahip olsun ve küçük maddesel bir cismin laboratuvarın duvarından fırlatıldığı zamanki hareketini incelemeye çalışsın. Fizikçi gözlemlerini cismin nasıl hareket ettiğini görerek yapmaya karara versin ve bu amaçla çok hassas bir teodolit(hassas ölçüm aleti) kullansın. Kuşkusuz, fizikçinin hareketli cismi görebilmesi için onu aydınlatması gerekecektir. Ama genellikle ışığın cisim üzerinde bir basınç yaratacağını ve bu yüzden hareketini etkileyeceğini bildiğinden, fizikçi sadece gözlem yaptığı anlarda flaş gibi kısa süreli aydınlatmalarla yetinsin. Denemesi için yörünge üzerinde sadece on noktada gözlem yapmak istesin ve fenerini de öyle zayıf seçsin ki, on aydınlatmanın toplam ışık basıncı etkisi, ihtiyacı olan hassasiyet sınırları içinde kalsın.</p>
24		<p>Böylece fenerini cismin düşüşü esnasında flaş gibi on defa yakarak istenen hassasiyet sınırı içinde, yörünge üzerinde on nokta elde edecektir. Fizikçi, şimdi deneyini yüz nokta elde edecek şekilde tekrarlamak isterse, el fenerini on kat daha zayıflatacaktır. Böylece aydınlatmayı sürekli azaltarak yörünge üzerinde istediği sayıda nokta elde edebilir ve başlangıçta kararlaştırdığı hata sınırının üzerine çıkmaz. Bu çok idealleştirilmiş ama prensipte yine de mümkün olan bir yöntemdir.</p>
25		<p>Acaba kuantum dünyasında durum böyle midir?</p> <p>Deneyimizde, fizikçimiz, hareketli cismi aydınlatan ışık miktarını devamlı olarak azaltıyordu. Bu yüzden giderek bir kuantuma indiği zaman, artık ışık miktarını azaltamayacağını beklemek yerinde olur. O zaman hareketli cisim ya toplam ışık kuantumunun tamamını yansıtacak ya da hiçbir şey yansıtmayacaktır. Hiçbir ışık kuantumu yansımayınca gözlem yapma imkanı kalmayacaktır. Kuşkusuz biliyoruz ki, ışık kuantumu ile çarpışmanın etkisi dalga boyu arttıkça azalacaktır. Fizikçimizde bunu bildiğinden, gözlemlerinde nokta sayısındaki artışı dengeleyebilmek için daha büyük dalga boylu ışığı kullanmak isteyecektir. Ancak bu noktada karşılaşılan bir güçlük vardır. Belli dalga boylu olan bir ışıkla aydınlattığımız zaman o dalga boyundan daha küçük ayrıntıları seçemeyiz. Bu yüzden fizikçimiz daha uzun dalga boylarını kullanarak, giderek her bir noktanın yerini</p>
26		<p>tespit ederken daha çok belirsizlikle karşılaşacak ve kısa zamanda her bir noktadaki belirsizlik, laboratuvarın boyutlarına yaklaşacak ve daha da büyük olacaktır. Burada tartışılan yöntem optik yöntemdir. Şimdi mekanik bir yöntem kullanarak başka bir ihtimal deneyebiliriz. Bu amaçla fizikçimiz, küçük mekanik bir alet geliştirebilir ve yaylara bağlanmış küçük çanlardan oluşsun. Bu çanlar,</p>
27		

			ölçümü de aynı anda bir Δp duyarlılığı ile yapılırsa, o zaman, iki belirsizliğin çarpımı asla $\hbar/2$ mertebesinde bir sayıdan daha küçük olamaz. Yani; bu ilkeye göre $\Delta x \cdot \Delta p \geq \hbar/2$ 'dir. Burada $\hbar = h/2\pi$ dir. Dikkate ederseniz yine karşımıza kim çıktı?
51	32	Ö38	Planck sabiti.
52	33	A	Daha sonraki yıllarda bu ifade biraz daha genişletiliyor ve enerji içinde aynı şey ifade ediliyor. Enerji ile ilgili ifade de zaman var. Bu enerji- zaman belirsizlik ilkesidir ve $\Delta E \cdot \Delta t \geq \hbar/2$ şeklinde ifade edilir. Biz ışığın yapısını gözlemlerken aynı anda iki özelliğini gözlemleyemiyorduk, örneğin fotoelektrik olayda ışığın tanecik yapısını gözlemlerken dalga özelliğini gözlemleyemiyorduk ya da girişim olayında sadece dalga özelliğini gözlemledik. Aynı şey elektron içinde var, normalde elektronun tanecik özelliği olduğunu biliyorduk ama daha sonra deneyde dalga özelliğini gözlemledik. Aynı anda ikisini gözlemleyebiliyor muyuz?
53		Ö38	Olaylara göre değişiyor.
54		A	Şimdi, daha önce atom modelleri ile ilgili bir kısım işlemiştik, Bohr atom modeli için geçiş teşkil ediyor demiştik ve günümüzde Bohr atom modelini kullanmıyorduk ve yerine modern atom teorisini kullanıyorduk, neden? Şimdi bunu belirsizlik ilkesi ile ilişkilendirin bakalım.
55		Ö38	Bohr'da yeri belli idi, ama modern atom teorisinde belli değildi, yeri. Bulunma olasılığı yüksek olan yerde idi.
56	34	A	Evet.
57		Ö38	Bohr atom modelinde elektronun bulunduğu enerji düzeyi belli idi ama modern atom teorisinde elektronun bulunduğu yer, yeri yönü belli değildi, bulunma olasılığının yüksek olduğu yer belirli idi.
58		A	Belirsizlik ilkesi ile ilişkilendirdiğinizde.
59		Ö38	Şimdi elektronun yeri tam olarak belli olmadığına göre buda bir atom altı tanecik olduğuna göre yani enerjisi de belli olmadığına göre yani bu olaylarda veya Heisenberg belirsizliğinde de her hangi bir cismin ya da yapının tam olarak nerede olduğu, yeri atom altı taneciğinden dolayı belli olamaz.
60	35	A	Evet, modern atom teorisine geçiş sebeplerinden biri de, Bohr atom modelinde kesinlik vardı, ama Heisenberg'e göre cismin aynı anada konumu ve momentumunu belirleyemiyorsunuz. Demek ki Bohr atom modeli bu noktada yetersiz kalmıştır. Modern atom teorisinde kesin bir yerden bahsediyor muyuz? Sadece elektronların bulunma olasılığının en yüksek olduğu noktalardan bahsediyoruz. Bununla ilgili bir tane soru çözelim.
61	36	Ö38	Bohr atom modelinde.
62		Ö?

63		Ö38	Ben Heisenberg belirsizlik ilkesini yazdım direkt.
64	37 38	Ö?
65		Ö39	Tam olarak belirlenemez,
66		Ö38	Ben şey dedim, uygulanabilir çünkü her madde atomlardan oluşur ve atomlarda atom altı taneciklerden oluşur ancak günlük yaşamda belirsizlikler çok küçük olduğu için göz önünde bulundurulmazlar dedim.
67	39	Ö39?
68		Ö38	Hani şey $h/2\pi$ çok küçük bir şey zaten h çok küçük bir değer.
69		Ö39	Gerçekçi değildir.
70		Ö38	Çünkü Bohr atom modelinde elektronun yeri bellidir, ama Heisenberg'te elektronun yeri belli değildir.
71		Ö39	<u>Kuantum mekaniksel bir ördek....</u>
72	40 41	A	İsterseniz bununla ilgili bir soru yazalım sonra diğer aşamaya geçelim. Bir elektronun hızı % 0,003'lük hata ile 5.10 m/s olarak ölçülüyor. Bu elektronun konumunu belirlemedeki belirsizliği bulunuz. Elektronun kütleini de vereyim. Yani sizden Δx 'i belirlemedeki belirsizliği istiyor.
73	42	Ö38	$\Delta x \cdot \Delta p \geq \hbar/2$ değil mi? Δp neydi? Şöyle bir şey değil mi ya?
74		Ö39	'h' değerini yerine koy.
75	43	Ö38	'h' kaçtı ya. Şöyle değil mi? Şu ikisini çarpacağım, hata payını işin içine katacağım.
76	44	Ö?
77		Ö38	Sonucu hesaplamadım da Δx 'i çekeceğiz dedim.
78	45 46 47	A	İsterseniz bunu ben çözeyim. Elektronun momentumunu nasıl buluyorduk(...)şimdi bu bulduğunuz P değeri ama sizden istediği Δp . Bunu bulabilmeniz için Δp çarpı 0,003 diyeceğiz. Buradan formülümüz neydi? $\Delta x \cdot \Delta p \geq \hbar/2$ değerleri yerine yazdığınız zaman 0,083 çıkar. Değere baktığımız zaman momentum değeri (...) sonucu kim yorumlayacak?
79		Ö38	Konumunu iki çarpı bir mi dedin?
80		Ö?
81	48	A	Dikkat ederseniz p değerini hesaplariken önce p yi hesapladık sonra hata değerini? yani siz konumu belirlerken.....?
82	49	Ö38	Hızındaki bu belirsizliğin,ya bir şey sorabilir miyim? Ben burada bunu 0,25 buldum sen 0, 25 bulmuşsun nasıl olmuş? Konumunu iki çarpı bir demedin mi?
83	50	Ö39	Hımmm. Δp 'nin açılımı m.v ya.
84		Ö38	Tamam, aynı şeyi yaptım.
85	51	Ö?
86	52	Ö38/ Ö39?
87	53	A	Bir sonraki aşamayı bırakıyorum.
88		Ö38	Yazdık verelim hocaya, çokta uzunmuş yeni aşama, ne diyecekmışiz buna.

89	54	Ö39	Hayır, teknolojik yetersizlik değildir.
90		Ö38	Ölçülemedesinin sebebi.....?ölçü aletlerinden kaynaklanmıyor. Hayır.
91	55	Ö39	Hayır.
92		Ö38	Aletten değil, maddelerin yapısından kaynaklanmaktadır.
93	56	Ö39?
94		Ö38	Günlük yaşamdaki belirsizlikler çok küçük olduğu için önemsenmiyor.
95	57	Ö39	<u>Mikroskopik evrende bir parçacığın konumunu, momentumunu ya da enerjisini tam olarak ölçemeyiz. Bunun temel sebebi bu küçük parçacıkların hızlarının fazla olmasıdır. Parçacık çabuk yer değiştirdiğinden rahat gözlem yapılamaz.</u>
96		Ö38	Hızından kaynaklanmıyor ki.
97		Ö39	<u>Heisenberg'in Belirsizlik İlkesi makroskopik evrende uygulanamaz çünkü makroskopik evrende ölçüm alması daha kolaydır. Mikroskopik evrende ölçüm yapmak zordur. Heisenberg'in Belirsizlik İlkesi makroskopik evrende uygulanamaz. Mikroskopik evrende parçacıklar çok hızlı hareket ettiğinden mikroskopik parçacıklar ölçülemiyor fakat makroskopik evrende böyle hızlı hareket eden bir şey yok...Sizce bu ifadeler doğru mudur? İrdeleyiniz.</u>
98	58	Ö38	Bence ikisi de doğru değil.
99		Ö39	İkisi de yanlış.
100	59	Ö?
101	60	Ö38	Ben bi de şey yazdım, Heisenberg formülü ile de açıklanabilir bu dedim çünkü biraz önce de çok kütleli bir şey de yaptık. Bizim bile vardır yani. Sanki kütle arttıkça Δp artıyor, Δp arttığı için de konumundaki değişiklik milimetrelilik oluyor, buda bizim hayatımızda çok önemsenmiyor yani. Doğru değil mi* mesela bak, orada Δp çok küçük olmasına rağmen?, bizim ki her halde nanometre falan çıkar.
102	61	A	Var mı bitiren?
103	62	Ö38	Bugün ders çabuk geçti <<....>>
104	63	Ö?

EK-9**YANITLARA AİT KODLAR VE ANLAMLARI****1-Kuantum Fizikine Giriş**

Kodlar	Kodların anlamları
BİL. TEMEL	Atom, atom altı parçacıklar ve temel parçacıkları inceler.
BİL. KFİZİK	Klasik fiziğin açıklayamadığı olayları açıklayan bilim dalıdır.
BİL. PLANCK	Klasik fizik ile kuantum fiziği arasında bazı temel farklar vardır; Planck sabiti
BİL. ENERJİ	Klasik fizik ile kuantum fiziği arasında bazı temel farklar vardır; Enerjinin kesikli olması
BİL. BELİRSİZLİK	Kuantum fiziğinde belirsizlik vardır.
BİL. IŞIK	Işığın yapısı ile ilgili kabullerde farklılık vardır.
ALT. ALGI	İnsanların algıları dışında gerçekleşen, soyut olayları inceler.
ALT. ASTRONOMİ	Yıldızları, galaksileri ve uzayı inceleyen bilim dalıdır.
ALT. GÖRELİLİK	Kuantum fiziğinde görelilik vardır.(zaman genişlemesi gibi kavramları açıklar.)
ALT. BOYUT	Klasik fizik makro parçacıklarla ilgilenirken, kuantum fiziği mikro parçacıklarla ilgilenir.
ALT. BAŞKA	Başka bir sebeple yanılığın varsa
YOK. MAN.	Mantıksal açıklama ya da yanıt yoksa
YOKSAY	Kodlanacak yanıt oluşmamışsa

2- Siyah Cisim Işıması

Kodlar	Kodların anlamları
BİL. MAVİ	Mavi yıldız daha sıcaktır.
BİL. WIEN	Wien yer değiştirme yasasına göre dalga boyu kısa olanın sıcaklığı daha fazladır. Dalga boyu kısa olanın enerjisi fazladır.
BİL. FREKANS	Frekansı fazla olan daha sıcaktır ve enerjisi fazladır.
ALT. KIRMIZI	Kırmızı yıldız daha sıcaktır.
ALT. İNDİS	Kırılma indisleri ile ilgilidir.
ALT. DALGA BOYU	Dalga boyu büyük olan daha sıcaktır.
ALT. GÜNLÜK	Günlük yaşantıda kırmızı sıcak olanı ifade eder (Musluklarda....)
ALT. UZAKLIK	Yıldızın dünyaya uzaklığı ile ilgilidir.
ALT. GÜNEŞ	Güneş kırmızı ve sıcaktır. Bundan dolayı kırmızı yıldız daha sıcaktır.
ALT. BAŞ.	Başka bir sebeple yanılığ varsa
YOK. MAN.	Mantıksal açıklama ya da yanıt yoksa
YOKSAY	Kodlanacak yanıt oluşmamışsa

3- Fotoelektrik Olay

Kodlar	Kodların anlamları
BİL. MODEL	Hem dalga hem parçacık modelinde, yeterli yüksek frekanslı tek renkli ışık için, saniyede saçılan elektronların oranı, ışığın şiddeti arttıkça artar. Bu nedenle birinci ifade her iki modele de uyar.
BİL. FREKANS	Parçacık modelinde, yüzeyden elektronların saçılabilmesi için, sadece tek renkli ışığın belirli bir frekans değerinin üstünde olması gerekir. Eğer tek renkli ışık, bu frekans değerinin üzerinde olmazsa, ışığın şiddeti ne kadar fazla olursa olsun hiç elektron saçılmaz. Bu nedenle ikinci ifade yalnız ikinci modeli açıklar.
BİL. PARÇACIK	Parçacık modelinde elektronların salınması fotonlarla çarpışması ile açıklanır. Her çarpışma tek bir elektrona yetecek enerjii verir.
BİL. DALGA	Dalga modelinde elektronların salınması elektromanyetik dalgaların elektronları titreştirmesi ile açıklanır.
BİL. FOTON	Düşük frekanslarda fotonlar düşük enerjiye sahiptir ve tek foton elektronu saçmak için yeterli enerjiye sahip değildir.
BİL. EŞİK	Dalga modelinde eşik frekansından bahsedilmez.
ALT. DALGA	Dalga modelinde elektronların salınması, yüksek frekanslı ışığın materyal üzerine düşürülmesi ile açıklanır, elektromanyetik dalganın elektronları titreştirmesi ile değil.
ALT. FREKANS	Elektronların koparılması için yüksek frekanslı ışığa ihtiyaç vardır. Bu nedenle elektronların titreşmesi onların koparılması için gerekli enerjiyi oluşturmaz.
ALT. GÜNLÜK	Günlük yaşam örnekleri kullanmışsa.
ALT. PARÇACIK	Parçacık teorisinde her çarpışma sonucu elektrona salınması için yetecek enerji verilmeyebilir.
ALT. BAŞKA	Başka bir sebeple yanılığ varsa
YOK. MAN.	Mantıksal açıklama ya da yanıt yoksa
YOKSAY	Kodlanacak yanıt oluşmamışsa

4- Atom

Kodlar	Kodların anlamları
BİL. ŞEKİL	Açıklamada doğru şekil çizilmişse.
BİL. BULUT	Çekirdekte proton ve nötron, çekirdek etrafında elektronlar elektron bulutu şeklinde yer alır.
BİL. BELİRSİZLİK	Çekirdekte proton ve nötron, çekirdek etrafında bulunma olasılığının en fazla olduğu yerlerde elektronlar bulunur. Elektronların yeri belirsizlik ilkesine göre tam olarak belirlenemez.
ALT. ELEKTRON	Proton ve nötron çekirdekte, elektronlar çok küçük ve hızlı olduğundan yerlerini tam olarak belirtemeyiz.
ALT. YÖRÜNGE	Proton ve nötron çekirdekte elektronlar ise çekirdek etrafında belirli yörüngelerde bulunur.
ALT. GÜNEŞ	Öğrenci güneş sistemi modelini çizmiş ama açıklama yapmamış ise.
ALT. BAŞKA	Başka bir sebeple yanlıgı varsa
YOK. MAN.	Mantıksal açıklama ya da yanıt yoksa
YOKSAY	Kodlanacak yanıt oluşmamışsa

5-Işık

Kodlar	Kodların anlamları
BİL. PAKET	Elektromanyetik dalga paketi.
BİL. ŞEKİL	Açıklamada Şekil çizilmişse.
BİL. İKİLEM	Bazen parçacık bazen dalga yapısındadır.
BİL. DENEY	Işık yapılan deneye göre dalga ya da parçacık gibi davranabilir. Kırınım girişim gibi olaylarda dalga, fotoelektrik olayda ise parçacık özelliği gösterir.
ALT. ELEKTRON	Elektronların çarpışması ile ortaya çıkan enerjidir.
ALT. PARÇACIK	Foton, işığın parçacık halidir ve işık parçacık yapısındadır.
ALT. ÖZELLİK	Işık hız, enerji, momentum gibi özelliklere sahip olduğu için parçacık özelliği gösterir.
ALT. DALGA	Işık dalga yapısındadır, tanecik özelliği göstermez.
ALT. ORTAM	Işık ortama göre farklılık gösterir (ortamın yoğunluğu, kırılma indisi.)
ALT. BAŞKA	Başka bir sebeple yanılığı varsa
YOK. MAN.	Mantıksal açıklama ya da yanıt yoksa
YOKSAY	Kodlanacak yanıt oluşmamışsa

6-de Broglie; madde dalgaları

Kodlar	Kodların anlamları
BİL. DALGA	Kırınım ve girişim dalganın karakteristik özellikleridir. Elektron ve protonlar bu özellikleri gösteriyor ise parçacık özelliği yanında dalga özelliği de vardır.
BİL. de BROGLİE	Bu olay De Broglie dalgaları ile açıklanabilir.
BİL. DENEY	Çift yarık deneyi elektronlarla gerçekleştirildiğinde elektronların girişim yaptığı gözlenir.
ALT. KÜTLE	Büyük kütleli maddelerin momentumları büyük olduğundan dalga yapısı yoktur. Elektron ve protonlar küçük kütleli olduğu için olabilir.
ALT. ÖZELLİK	Bazen elektron ve protonlar ölçülebilecek bir hıza, enerjiye ve momentuma sahip olmayabilirler.
ALT. PARÇACIK	Elektron ve protonlar parçacıktır ve dalga özelliği göstermez.
ALT. HIZ	Cisimlerin hızı ile ilgilidir.
ALT. ÖLÇÜM	Ölçümler ile ilgilidir.
ALT. BAŞKA	Başka bir sebeple yanılığın varsa
ALT. MAN.	Mantıksal açıklama ya da yanıt yoksa
YOKSAY	Kodlanacak yanıt oluşmamışsa

7-Heisenberg belirsizlik ilkesi

Kodlar	Kodların anlamları
BİL. BELİRSİZLİK	Heisenberg belirsizlik ilkesine göre belirsizlik artardı.
BİL. FORMÜL	Açıklamalarda heisenberg belirsizlik ilkesinin formülü kullanılmış ise.
BİL. SINIR	Kuantum fiziğinin sınırları genişler, klasik fiziğin yeterli olduğu yerlerde de kuantum fiziği kullanılır.
BİL. BÜYÜK	Belirsizlik ilkesi aslında büyük yapıli nesnelere de uygulanabilir ancak belirsizlik çok küçük olduğu için biz bunu fark edemeyiz
BİL. DOĞA	Belirsizlik kuantum dünyasının doğası ile ilgilidir. Belirsizlik ne ölçüm aletlerinden ne de teknolojik yetersizlikten kaynaklanır.
ALT. ALGI	Belirsizlik dediğimiz bir şey kalmazdı, duymadıklarımızı duyar, görmediklerimizi görürdük.
ALT. NEWTON	Heisenberg belirsizlik ilkesi küçük yapıli nesnelere uygulanır, otobüs ise büyüktür, o nedenle belirsizlik içermez. Büyük yapıli nesnelere Newton hareket kanunlarına uyarlar.
ALT. TEKNOLOJİ	Bu teknolojik gelişme ile alakalı bir durumdur.
ALT. TAHMİN	Belirsizlik ilkesi günlük yaşamda karşılaşılabilecek durumlar ile ilişkilendirilmiş ise; güzergah, arabanın hızı, benzin miktarı gibi.
ALT. GÖRELİLİK	Uzayın farklı yerlerinde bulunan kişilere göre görelilik kuramı geçerlidir.
ALT. ÖLÇÜM	Ölçüm aletlerinden kaynaklanan bir durumdur.
ALT. BAŞKA	Başka bir sebeple yanılığın varsa
YOK. MAN.	Mantıksal açıklama ya da yanıt yoksa
YOKSAY	Kodlanacak yanıt oluşmamışsa

EK-10**KAVRAM TESTİ SORULARINDA KULLANILAN KAVRAMSAL KATEGORİLER**

1- Kuantum fiziğine giriş ve fotoelektrik olay konusuna ait sorularda kullanılan kavramsal kategori çizelgesi

Kavramsal kategori	Puan	Kriterler
Bilimsel	14	6 kriteri de içeriyorsa; Yazılan açıklamanın doğru yanıtın bütün bileşenlerini içermesidir.
Bilimsel Bölümlü		Bu 6 kriterin hepsini içermeyen durumlar; bireyde alternatif model gelişmemiş.
	13	Bilimsel kategoriden 5'ini yazanlar
	12	Bilimsel kategoriden 4'ünü yazanlar
	11	Bilimsel kategoriden 3'ünü yazanlar
	10	Bilimsel kategoriden 2'sini yazanlar
	9	Bilimsel kategoriden 1'ini yazanlar
Bilimsel ve alternatif	8	Bilimsel kategorideki 6 kriteri de içeriyor ancak bunun yanı sıra alternatif kavramlara da sahip olunan durumlar
Bilimsel Bölümlü ve Alternatif		Hem bilimsel hem de alternatif kavramlara sahip olunan durumlar
	7	Bireyde alternatif kavram gelişmiş, bunun yanında bilimsel kriterlerin 5'inde sahip
	6	Bireyde alternatif kavram gelişmiş, bunun yanında bilimsel kriterlerin 4'ünde sahip
	5	Bireyde alternatif kavram gelişmiş, bunun yanında bilimsel kriterlerin 3'ünde sahip
	4	Bireyde alternatif kavram gelişmiş, bunun yanında bilimsel kriterlerin 2'sinde sahip
	3	Bireyde alternatif kavram gelişmiş, bunun yanında bilimsel kriterlerin 1 tanesine sahip
Alternatif	2	Bilimsel anlatımın hiçbirini içermeyen durumlar, 1 alternatif kavrama sahip
Alternatif Bölümlü	1	Alternatif kavramlardan birden çoğunu içeren
Kavramsal Anlama yok	0	Hiçbir anlama, hiçbir yanıt ya da kodlama için yeterli bilgi yok

2- Siyah cisim ışıması, atom, de Broglie; madde dalgaları konularına ait sorularda aşağıda yer alan kavramsal kategori çizelgesi kullanılmıştır.

Kavramsal kategori	Puan	Kriterler
Bilimsel	8	3 kriteri de içeriyorsa; Yazılan açıklamanın doğru cevabın bütün bileşenlerini içermesidir.
Bilimsel Bölümlü	Bu 3 kriterin hepsini içermeyen durumlar; bireyde alternatif model gelişmemiş.	
	7	Bilimsel kategoriden 2'sini yazanlar
	6	Bilimsel kategoriden 1'ini yazanlar
Bilimsel ve alternatif	5	Bilimsel kategorideki 3 kriteri de içeriyor ancak bunun yanı sıra alternatif kavramlara da sahip olunan durumlar
Bilimsel Bölümlü ve Alternatif	Hem bilimsel hem de alternatif kavramlara sahip olunan durumlar	
	4	Bireyde alternatif kavram gelişmiş, bunun yanında bilimsel kriterlerin 2'sinde sahip
	3	Bireyde alternatif kavram gelişmiş, bunun yanında bilimsel kriterlerin 1'inde sahip
Alternatif	2	Bilimsel anlatımın hiçbirini içermeyen durumlar, 1 alternatif kavrama sahip
Alternatif Bölümlü	1	Alternatif kavramlardan birden çoğunu içeren
Kavramsal Anlama yok	0	Hiçbir anlama, hiçbir yanıt ya da kodlama için yeterli bilgi yok

3- Işık konusuna ait sorularda ise aşağıda verilen kavramsal kategori çizelgesi kullanılmıştır.

Kavramsal kategori	Puan	Kriterler
Bilimsel	10	4 kriteri de içeriyorsa; Yazılan açıklamanın doğru cevabın bütün bileşenlerini içermesidir.
Bilimsel Bölümlü	Bu 4 kriterin hepsini içermeyen durumlar; bireyde alternatif model gelişmemiş.	
	9	Bilimsel kategoriden 3'ünü yazanlar
	8	Bilimsel kategoriden 2'sini yazanlar
	7	Bilimsel kategoriden 1'ini yazanlar
Bilimsel ve alternatif	6	Bilimsel kategorideki 4 kriteri de içeriyor ancak bunun yanı sıra alternatif kavramlara da sahip olunan durumlar
Bilimsel Bölümlü ve Alternatif	Hem bilimsel hem de alternatif kavramlara sahip olunan durumlar	
	5	Bireyde alternatif kavram gelişmiş, bunun yanında bilimsel kriterlerin 3'ünde sahip
	4	Bireyde alternatif kavram gelişmiş, bunun yanında bilimsel kriterlerin 2'sinde sahip
	3	Bireyde alternatif kavram gelişmiş, bunun yanında bilimsel kriterlerin 1'inde sahip
Alternatif	2	Bilimsel anlatımın hiçbirini içermeyen durumlar, 1 alternatif kavrama sahip
Alternatif Bölümlü	1	Alternatif kavramlardan birden çoğunu içeren
Kavramsal Anlama yok	0	Hiçbir anlama, hiçbir yanıt ya da kodlama için yeterli bilgi yok

4- Belirsizlik ilkesi konusuna ait sorularda ise aşağıda verilen kavramsal kategori çizelgesi kullanılmıştır.

Kavramsal kategori	Puan	Kriterler
Bilimsel	12	5 kriteri de içeriyorsa; Yazılan açıklamanın doğru yanıtın bütün bileşenlerini içermesidir.
Bilimsel Bölümlü	Bu 5 kriterin hepsini içermeyen durumlar; bireyde alternatif model gelişmemiş.	
	11	Bilimsel kategoriden 4'ünü yazanlar
	10	Bilimsel kategoriden 3'ünü yazanlar
	9	Bilimsel kategoriden 2'sini yazanlar
	8	Bilimsel kategoriden 1'ini yazanlar
Bilimsel ve alternatif	7	Bilimsel kategorideki 5 kriteri de içeriyor ancak bunun yanı sıra alternatif kavramlara da sahip olunan durumlar
Bilimsel Bölümlü ve Alternatif	Hem bilimsel hem de alternatif kavramlara sahip olunan durumlar	
	6	Bireyde alternatif kavram gelişmiş, bunun yanında bilimsel kriterlerin 4'ünde sahip
	5	Bireyde alternatif kavram gelişmiş, bunun yanında bilimsel kriterlerin 3'ünde sahip
	4	Bireyde alternatif kavram gelişmiş, bunun yanında bilimsel kriterlerin 2'sinde sahip
	3	Bireyde alternatif kavram gelişmiş, bunun yanında bilimsel kriterlerin 1 tanesine sahip
Alternatif	2	Bilimsel anlatımın hiçbirini içermeyen durumlar, 1 alternatif kavrama sahip
Alternatif Bölümlü	1	Alternatif kavramlardan birden çoğunu içeren
Kavramsal Anlama yok	0	Hiçbir anlama, hiçbir yanıt ya da kodlama için yeterli bilgi yok