

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



BİLGİSAYAR DESTEKLİ 10. SINIF MODERN FİZİK
ÜNİTESİ ÖĞRETİMİNİN ÖĞRENCİLERİN KAVRAMSAL VE
DUYUŞSAL DEĞİŞİMLERİNE ETKİSİ

DOKTORA TEZİ

ERDOĞAN ÖZDEMİR

BALIKESİR, ŞUBAT - 2015

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



BİLGİSAYAR DESTEKLİ 10. SINIF MODERN FİZİK
ÜNİTESİ ÖĞRETİMİNİN ÖĞRENCİLERİN KAVRAMSAL VE
DUYUŞSAL DEĞİŞİMLERİNE ETKİSİ

DOKTORA TEZİ

ERDOĞAN ÖZDEMİR

BALIKESİR, ŞUBAT - 2015

KABUL VE ONAY SAYFASI

Erdogan ÖZDEMİR tarafından hazırlanan "BİLGİSAYAR DESTEKLİ 10. SINIF MODERN FİZİK ÜNİTESİ ÖĞRETİMİNİN ÖĞRENCİLERİN KAVRAMSAL VE DUYUSSAL DEĞİŞİMLERİNE ETKİSİ" adlı tez çalışmasının savunma sınavı 06.02.2015 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği 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. M. Sabri KOCAKÜLAH



Üye
Prof. Dr. Mustafa EROL



Üye
Doç. Dr. R. Sunat İŞILDAK



Üye
Doç. Dr. Hüseyin KÜÇÜKÖZER



Üye
Doç. Dr. Murat SAĞLAM



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

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Prof. Dr. Cihan ÖZGÜR



Bu tez alışması Balıkesir Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) koordinatrlği tarafından 2012/45 nolu proje ile desteklenmiştir.

ÖZET

BİLGİSAYAR DESTEKLİ 10. SINIF MODERN FİZİK ÜNİTESİ ÖĞRETİMİNİN ÖĞRENCİLERİN KAVRAMSAL VE DUYUŞSAL DEĞİŞİMLERİNE ETKİSİ

DOKTORA TEZİ

ERDOĞAN ÖZDEMİR

BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORTAÖĞRETİM FEN VE MATEMATİK ALANLAR EĞİTİMİ

ANABİLİM DALI

FİZİK EĞİTİMİ

(TEZ DANIŞMANI: DOÇ. DR. M. SABRİ KOCAKÜLAH)

BALIKESİR, ŞUBAT - 2015

Kavramsal değişim teorisi yapılandırıldığında, kavramsal değişimi bilişsel değişkenlere bağlı olarak açıklamıştır. İlerleyen yıllarda teorinin bu hali duyuşsal değişkenleri ihmal etmesi nedeni ile eleştirilmeye başlanmış ve yapısındaki mekanikliği ifade etmek için soğuk kavramsal değişim teorisi olarak adlandırılmıştır. Bu teoriye duyuşsal değişkenlerin eklenmesi ile oluşan ve soğuk kavramsal değişime göre öğrencilerin kavramsal değişiminde daha etkili olduğu düşünülen teori ise sıcak kavramsal değişim teorisi olarak adlandırılmıştır. Sıcak kavramsal değişim teorisine uygun kuramsal öğretim modelleri geliştirilmesine rağmen bu modellerin öğretimde nasıl uygulanacağı belirgin değildir. Bu araştırma ile alan yazındaki bu boşluğu doldurmak amaçlanmıştır. Araştırmada sıcak kavramsal değişim teorisini temel alan üstbiliş ve motivasyon stratejileri ile ısıtılan tartışma tabanlı bir öğretim modeli geliştirilmiş ve modelin kavramsal değişim öğretiminde nasıl uygulanacağı detaylı olarak tanımlanmıştır. Model öğrencilerin klasik fizikten modern fizik kavramlarına geçişte ilk karşılaştıkları konu olması nedeni ile modern fizik ünitesi özel görelilik kuramı konusunun ortaöğretim düzeyindeki öğretimine göre düzenlenmiştir. Bu araştırmanın, araştırma modelini karma model oluşturmaktadır. Araştırmaya 2012-2013 öğretim yılı içerisinde ortaöğretim 10. sınıfta öğrenim görmekte olan 51 öğrenci katılmıştır. Araştırmada veriler özel görelilik kuramı-tanı testi, üstbiliş, öz-yeterlilik ve öğrenme süreçleri ölçeği, fizik dersi motivasyon ölçeği ve özel görelilik kuramı yarı-yapılandırılmış görüşme formu ile toplanmıştır. Özel görelilik kuramı-tanı testinin analizinde betimsel analiz, ölçeklerin analizinde frekans dağılımı, görüşme verilerinin analizinde ise içerik analizi kullanılmıştır. Araştırma sonucunda, öğretim modelinin öğrencilerin kavramsal değişimine, üstbiliş ve motivasyon düzeylerine olumlu katkıları olduğu görülmüştür. Öğretim modeli, araştırma sonuçları ışığında tartışılmış ve model özel görelilik kuramı kavramlarının daha anlamlı yapılandırılması ve daha etkili kavramsal değişim sağlaması için tekrar düzenlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELELER: kavramsal değişim, üstbiliş, motivasyon, özel görelilik kuramı

ABSTRACT

EFFECTS OF INSTRUCTION OF COMPUTER SUPPORTED 10.TH GRADE MODERN PHYSICS UNIT ON CONCEPTUAL AND AFFECTIVE CHANGES

PH.D THESIS

ERDOĞAN ÖZDEMİR

BALIKESİR UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE

SECONDARY SCIENCE AND MATHEMATICS EDUCATION

PHYSICS EDUCATION

(SUPERVISOR: ASSOC. PROF. DR. M. SABRİ KOCAKÜLAH)

BALIKESİR, FEBRUARY 2015

The Conceptual Change Theory was originally developed based on only cognitive variables. In the following years, the theory had been criticized due to neglecting affective variables and it was named as cold conceptual change theory to express the structure mechanistic. The new theory was developed in the meantime by addition of affective variables and was named as warm conceptual change theory and the new theory was considered as more effective than cold conceptual change theory on students' conceptual change. In spite of developing some appropriate theoretical instruction models in accordance with the warm theory, the detailed application of the models is not clear at all. This study aims to bridge this gap. In the literature with this study discussion based warm conceptual change model, which is warmed up with metacognition and motivation strategies, has been developed and how such a model can be applied during conceptual change based teaching is described in detail. Model was organized specifically on teaching of the special theory of relativity at the secondary science level, since it is the first topic of modern physics units in which students encountered with a shift to modern physics concepts from classical physics concepts. Mixed methods research design was used in this study. 51 Grade 10 students participated in the study in the spring semester of academic year 2012/13. Data were collected with theory of special relativity diagnostic test, metacognition, self-efficacy and learning processes scale, physics lesson motivation scale and semi-structured interviews. Descriptive analysis method was chosen to analyze diagnostic test whereas frequency distribution and content analysis methods were used to analyze, data obtained from scales and interviews respectively. Analysis results showed that teaching model made a positive contribution to students' conceptual change, metacognition and motivation levels. Finally, a brief discussion about developed teaching model was in the light of results of this study presented, and suggestions were made to restructure the teaching model to support, meaningful understanding of special relativity concepts and more affective conceptual change.

KEYWORDS: conceptual change, metacognition, motivation and theory of special relativity.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
TABLO LİSTESİ.....	x
ÖNSÖZ.....	xiv
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Dünden Bugüne Öğrenme.....	1
1.1.1 Davranışçılık Kuramına Göre Öğrenme.....	1
1.1.2 Bilişsel Kurama Göre Öğrenme	2
1.1.3 Sosyal Bilişsel Kurama Göre Öğrenme.....	3
1.1.4 Yapılandırmacı Kurama Göre Öğrenme.....	3
1.2 Kavramsal Değişim.....	4
1.2.1 Soğuk Kavramsal Değişim	5
1.2.2 Sıcak Kavramsal Değişim.....	6
1.3 Üstbilgi ve Üstbilgi ile Kavramsal Değişim İlişkisi.....	7
1.3.1 Üstbilgi.....	8
1.3.1.1 Üstbilişsel Bilgi	9
1.3.1.2 Bilginin Düzenlenmesi	10
1.3.2 Üstbilginin Kavramsal Değişim ile İlişkisi	12
1.4 Motivasyon ve Motivasyon, Kavramsal Değişim ve Üstbilgi İlişkisi	13
1.4.1 Motivasyon	13
1.4.2 Motivasyon, Üstbilgi ve Kavramsal Değişim İlişkisi.....	18
1.5 Kavramsal Değişimde Üstbilgi ve Motivasyonu Dikkate Alan Sıcak Kavramsal Değişim Modelleri	21
1.6 Üstbilgi ve Motivasyon Stratejileri ile Desteklenmiş Tartışma Tabanlı Kavramsal Değişim Modelinin Kuramsal Temelleri.....	27
1.7 Kavramsal Değişim Kuramları Açısından Modern Fizik Öğretiminin Değerlendirilmesi.....	32
1.7.1 Bilimsel Devrim Teorisine Göre Klasik Fizikten Modern Fiziğe Geçişte Bilim Adamlarının Rolü	32
1.7.2 Kavramsal Değişim Teorisine Göre Klasik Fizik Kavramlarından Modern Fizik Kavramlarına Geçişte Öğrencilerin Rolü.....	34
1.8 Araştırmanın Amacı.....	35
1.9 Araştırmanın Problem Cümlesi	36
1.10 Sayıtlar	36
1.11 Sınırlılıklar	37
2. İLGİLİ YAYIN VE ARAŞTIRMALAR	38
2.1 Kavramsal Değişim, Üstbilgi ve Motivasyon ile İlgili Araştırmalar	38
2.1.1 Kavramsal Değişim ile ilgili Araştırmalar.....	38
2.1.2 Fen Eğitiminde Üstbilgi ile ilgili Araştırmalar.....	44
2.1.3 Fen Eğitiminde Motivasyon ile ilgili Araştırmalar	50
2.2 Fen Eğitiminde Modern Fizik: Özel Görelilik Kuramı ile İlgili Araştırmalar	55

2.2.1	Özel Görelilik Kuramı Kavram Yanılgıları ve Öğrenme Güçlüklerini Belirlemeye Yönelik Araştırmalar	56
2.2.2	Özel Görelilik Kuramının Öğretimine Yönelik Araştırmalar	59
3.	ÖĞRETİM MODELİNİN ÖZEL GÖRELİLİK KURAMININ ÖĞRETİMİNE UYARLANMASI	65
3.1	Öğretim Öncesi Hazırlık Çalışmaları	66
3.1.1	Kavramsal Değişimde Üstbilis Yönlendirmeler ile ilgili Hazırlık Çalışması.....	66
3.1.2	Öğretim Gruplarının Oluşturulması	74
3.1.3	Grupların Oturma Düzenlerinin Belirlenmesi	74
3.1.4	Araştırmanın Öğretim Materyallerinin Geliştirilmesi	75
3.1.5	Öğretim Modelinin ve Grup Rollerinin Tanıtılması	76
3.1.6	Araştırmanın Yenilik Etkisinin Giderilmesi	82
3.2	Öğretim Modelinin Uygulanması	83
3.2.1	Problemin Tanıtılması (Present Problem Context)	83
3.2.2	Ön Kavramlarının Ortaya Çıkarılması (Elicit Preconceptions)	85
3.2.3	Bilişsel Çatışmanın Yaratılması (Create Cognitive Conflict).....	88
3.2.4	Bilimsel Bilginin İnşası (Construct Scientific Notions)	91
3.2.5	Bilimsel Bilginin Savunulması (Defend Scientific Notion)	95
3.2.6	Değerlendirme (Evaluation: compare, apply, metaknowledge).....	99
4.	YÖNTEM	102
4.1	Araştırma Modeli.....	102
4.2	Araştırmanın Örneklemi	103
4.3	Veri Toplama Araçlarının Geliştirilmesi	104
4.3.1	Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testi	104
4.3.1.1	İçerik ve Kapsamın Belirlenmesi.....	104
4.3.1.2	Özel Görelilik Kuramı Açık Uçlu Testi Sorularının Geliştirilmesi	106
4.3.1.3	Özel Görelilik Kuramı Açık Uçlu Testinin Kodlama Tutarlılığının Hesaplanması	113
4.3.1.4	Özel Görelilik Kuramı Taslak Tanı Testinin Geliştirilmesi.....	115
4.3.1.5	Özel Görelilik Kuramı Taslak Tanı Testi Sorularının oluşturulması	116
4.3.1.6	Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin Geliştirilmesi ve Analizi	156
4.3.2	Üstbilis, Öz-yeterlilik ve Öğrenme Süreçleri Ölçeğinin Geliştirilmesi ve Analizi	158
4.3.2.1	Üstbilis, Öz-yeterlilik ve Öğrenme Süreçleri Ölçeğinin Tanıtılması.....	158
4.3.2.2	Fizik Dersi Motivasyon Ölçeğinin Analiz Sonuçları.....	169
4.3.3	Görüşme Sorularının Geliştirilmesi ve Analizi.....	175
4.4	Veri Analizleri	176
4.4.1	Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testi Verilerinin Analizi	176
4.4.2	Fizik Dersi Motivasyon ve Üstbilis, Özyeterlilik ve Öğrenme Süreçleri Ölçeğinin Analizi.....	181
4.4.3	Özel Görelilik Kuramı Görüşme Sorularının Analizi	182
5.	BULGULAR ve YORUMLAR	183
5.1	Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testi Bulguları.....	183
5.1.1	Işık Hızı Kavramı İle İlgili Bulgular	183
5.1.1.1	Işık Hızı Kavram ve Gerekçe Sorusu için Doğru Yanıtların Dağılımı	186

5.1.1.2	Kavram ve Gerekçe Sorusunun Doğru Yapıldığı Çerçeve Yanıt Kategorisi	188
5.1.1.3	Işık hızı Kavram ve Gerekçe Sorusu için Yanlış Yanıtların Dağılımı	190
5.1.1.4	Kavram ve Gerekçe Sorusunun Yanlış Yapıldığı Çerçeve Yanıt Kategorisi	191
5.1.1.5	Işık hızı Kavram Sorusu için Doğru Gerekçe Sorusu için Yanlış Yanıtların Dağılımı	198
5.1.1.6	Kavram Sorusunun Doğru Gerekçe Sorusunun Yanlış Yapıldığı Yanıt Kategorileri.....	199
5.1.1.7	Işık hızı Kavram Sorusu için Yanlış Gerekçe Sorusu için Doğru Yanıtların Dağılımı	201
5.1.1.8	Işık Hızı Kavramı ile ilgili Elde Edilen Bulguların Bütün Olarak Yorumlanması	202
5.1.2	Mutlak Zaman Kavramı ile İlgili Bulgular	205
5.1.2.1	Mutlak Zaman Kavram ve Gerekçe Sorusu için Doğru Yanıtların Dağılımı	207
5.1.2.2	Kavram ve Gerekçe Sorusunun Doğru Yanıtlandığı Çerçeve Yanıt Kategorisi.....	208
5.1.2.3	Mutlak Zaman Kavram ve Gerekçe Sorusu için Yanlış Yanıtların Dağılımı	211
5.1.2.4	Kavram ve Gerekçe Sorusunun Yanlış Yanıtlandığı Çerçeve Yanıt Kategorisi.....	211
5.1.2.5	Mutlak Zaman Kavram Sorusu için Doğru Gerekçe Sorusu için Yanlış Yanıtların Dağılımı.....	215
5.1.2.6	Mutlak Zaman Kavramı ile ilgili Elde Edilen Bulguların Bütün Olarak Yorumlanması.....	216
5.1.3	Eşanlılık Kavramı ile İlgili Bulgular	218
5.1.3.1	Eşanlılık Kavram ve Gerekçe Sorusu için Doğru Yanıtların Dağılımı	221
5.1.3.2	Kavram ve Gerekçe Sorusunun Doğru Yanıtlandığı Çerçeve Yanıt Kategorisi	223
5.1.3.3	Eşanlılık Kavram ve Gerekçe Sorusu için Yanlış Yanıtların Dağılımı	226
5.1.3.4	Kavram ve Gerekçe Sorusunun Yanlış Yanıtlandığı Çerçeve Yanıt Kategorisi	226
5.1.3.5	Eşanlılık Kavram Sorusu için Doğru Gerekçe Sorusu için Yanlış Yanıtların Dağılımı	228
5.1.3.6	Kavram Sorusunun Doğru Gerekçe Sorusunun Yanlış Yapıldığı Yanıt Kategorileri.....	229
5.1.3.7	Eşanlılık Kavram Sorusu için Yanlış Gerekçe Sorusu için Doğru Yanıtların Dağılımı	232
5.1.3.8	Eşanlılık Kavramı ile ilgili Elde Edilen Bulguların Bütün Olarak Yorumlanması	233
5.1.4	Görelî Zaman Kavramı ile İlgili Bulgular	236
5.1.4.1	Görelî Zaman Kavram ve Gerekçe Sorusu için Doğru Yanıtların Dağılımı	238
5.1.4.2	Kavram ve Gerekçe Sorusunun Doğru Yanıtlandığı Çerçeve Yanıt Kategorisi.....	239

5.1.4.3	Görelî Zaman Kavram ve Gerekçe Sorusu için Yanlış Yanıtların Dağılımı	242
5.1.4.4	Kavram ve Gerekçe Sorusunun Yanlış Yanıtlandığı Çerçeve Yanıt Kategorisi.....	243
5.1.4.5	Görelî Zaman Kavram Sorusu için Doğru Gerekçe Sorusu için Yanlış Yanıtların Dağılımı	245
5.1.4.6	Kavram Sorusunun Yanlış Gerekçe Sorusunun Doğru Yanıtlandığı Yanıt Kategorileri	246
5.1.4.7	Görelî Zaman Kavramı ile ilgili Elde Edilen Bulguların Bütün Olarak Yorumlanması	254
5.1.5	Görelî Uzunluk Kavramı ile İlgili Bulgular.....	257
5.1.5.1	Görelî Uzunluk Kavram ve Gerekçe Sorusu için Doğru Yanıtların Dağılımı	261
5.1.5.2	Kavram ve Gerekçe Sorusunun Doğru Yanıtlandığı Çerçeve Yanıt Kategorisi.....	263
5.1.5.3	Görelî Uzunluk Kavram ve Gerekçe Sorusu için Yanlış Yanıtların Dağılımı	265
5.1.5.4	Kavram ve Gerekçe Sorusunun Yanlış Yanıtlandığı Çerçeve Yanıt Kategorisi.....	267
5.1.5.5	Görelî Uzunluk Kavram Sorusu için Doğru Gerekçe Sorusu için Yanlış Yanıtların Dağılımı.....	271
5.1.5.6	Kavram Sorusunun Doğru Gerekçe Sorusunun Yanlış Yanıtlandığı Yanıt Kategorisi.....	272
5.1.5.7	Görelî Uzunluk Kavram Sorusu için Yanlış Gerekçe Sorusu için Doğru Yanıtların Dağılımı	275
5.1.5.8	Kavram Sorusunun Yanlış Gerekçe Sorusunun Doğru Yanıtlandığı Yanıt Kategorileri	277
5.1.5.9	Görelî Uzunluk Kavramı ile ilgili Elde Edilen Bulguların Bütün Olarak Yorumlanması.....	279
5.1.6	Kütle ve Enerji Kavramı ile İlgili Bulgular	281
5.1.6.1	Kütle ve Enerji Kavram ve Gerekçe Sorusu için Doğru Yanıtların Dağılımı	284
5.1.6.2	Kavram ve Gerekçe Sorusunun Doğru Yanıtlandığı Çerçeve Yanıt Kategorisi.....	286
5.1.6.3	Kütle ve Enerji Kavram ve Gerekçe Sorusu için Yanlış Yanıtların Dağılımı	290
5.1.6.4	Kavram ve Gerekçe Sorusunun Yanlış Yanıtlandığı Çerçeve Yanıt Kategorisi.....	291
5.1.6.5	Kütle ve Enerji Kavram Sorusu için Doğru Gerekçe Sorusu için Yanlış Yanıtların Dağılımı.....	300
5.1.6.6	Kavram Sorusunun Doğru Gerekçe Sorusunun Yanlış Yanıtlandığı Yanıt Kategorileri	301
5.1.6.7	Kütle ve Enerji Kavram Sorusu için Yanlış Gerekçe Sorusu için Doğru Yanıtların Dağılımı	303
5.1.6.8	Kütle ve Enerji Kavramları ile ilgili Elde Edilen Bulguların Bütün Olarak Yorumlanması.....	304
5.2	Özyeterlilik ve Üstbilîş Öğrenme Ölçeği Bulguları	307
5.3	Fizik Dersi Motivasyon Ölçeği Bulguları.....	310
6.	SONUÇ VE ÖNERİLER	315
6.1	Sonuçlar	315

6.1.1	Özel Görelilik Kuramı ile ilgili Alternatif Kavramlar ve Öğretim Modelinin Kavramsal Değişime Etkisi.....	315
6.1.1.1	Işık Hızı ile ilgili Alternatif Kavramlar.....	315
6.1.1.2	Öğretim Modelinin Işık Hızı ile İlgili Kavramsal Değişimine Etkileri	318
6.1.1.3	Mutlak Zaman ile ilgili Alternatif Kavramlar	320
6.1.1.4	Öğretim Modelinin Mutlak Zaman ile ilgili Kavramsal Değişimine Etkileri	322
6.1.1.5	Eşanlılık ile ilgili Alternatif Kavramlar	324
6.1.1.6	Öğretim Modelinin Eşanlılık ile İlgili Kavramsal Değişimine Etkileri	325
6.1.1.7	Mutlak Zaman ile ilgili Alternatif Kavramlar	328
6.1.1.8	Öğretim Modelinin Mutlak Zaman ile ilgili Kavramsal Değişimine Etkileri	330
6.1.1.9	Görelilik Zaman ile ilgili Alternatif Kavramlar	332
6.1.1.10	Öğretim Modelinin Görelilik Zaman ile ilgili Kavramsal Değişimine Etkileri	334
6.1.1.11	Görelilik Uzunluk ile ilgili Alternatif Kavramlar	336
6.1.1.12	Öğretim Modelinin Görelilik Uzunluk ile ilgili Değişimine Etkileri	339
6.1.1.13	Kütle ve Enerji ile ilgili Alternatif Kavramlar	340
6.1.1.14	Öğretim Modelinin Kütle ve Enerji ile ilgili Kavramsal Değişimine Etkileri	343
6.1.2	Öğretim Modelinin Üstbilgi Etkisi	348
6.1.3	Öğretim Modelinin Motivasyona Etkisi	349
6.2	Öneriler	351
6.2.1	Ders Kitabı ve Program Yazarlarına Yönelik Öneriler	352
6.2.2	Öğretmenlere Yönelik Öneriler.....	353
6.2.3	Araştırmacılara Yönelik Öneriler.....	354
7.	KAYNAKLAR	356
8.	EKLER.....	371

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1: Anlaşılrlık terimi birinci kısa metin.....	67
Şekil 3.2: Anlaşılrlık terimi ikinci kısa metin.....	67
Şekil 3.3: Hoşnutsuzluk terimi problem durumu.....	70
Şekil 3.4: Üstbiliş öğretiminden bir görüntü.....	72
Şekil 3.5: İşe yararlılık terimi benzetimi (analojisi).....	73
Şekil 3.6: Sınıf oturma düzeni.....	75
Şekil 3.7: Sınıf oturma düzenini gösteren bir görüntü.....	76
Şekil 3.8: Problemin tanıtılması aşaması görelî uzunluk kavramı problemi. ...	85
Şekil 3.9: Ön kavramların ortaya çıkarılması aşaması grup çalışması görüntüsü.....	87
Şekil 3.10: Görelî uzunluk kavramı roket animasyonu görüntüsü.....	90
Şekil 3.11: Görelî uzunluk kavramı çubuk paradoksu animasyon görüntüsü. .	90
Şekil 3.12: Bilimsel bilginin inşası aşaması görelî uzunluk kavramı çalışma metni.....	93
Şekil 3.13: Bilimsel bilginin savunulması aşaması görelî uzunluk kavramı problem yaprağı.	97
Şekil 3.14: Görelî uzunluk kavramı öğrenci günlüklerinin bir sayfası.	101
Şekil 4.1: Özel görelilik kuramı kavram haritası.	105
Şekil 4.2: Özel görelilik kuramı açık uçlu testinin ışık hızı kavramı ile ilgili sorusu.....	107
Şekil 4.3: Özel görelilik kuramı açık uçlu testinin mutlak zaman kavramı ile ilgili sorusu.	108
Şekil 4.4: Özel görelilik kuramı açık uçlu testinin eşanlılık kavramı ile ilgili sorusu.....	109
Şekil 4.5: Özel görelilik kuramı açık uçlu testinin görelî zaman kavramı ile ilgili sorusu.....	110
Şekil 4.6: Özel görelilik kuramı açık uçlu testinin görelî uzunluk kavramı ile ilgili sorusu.....	111
Şekil 4.7: Özel görelilik kuramı açık uçlu testinin kütle ve enerji kavramı ile ilgili sorusu.	112
Şekil 4.8: Özel görelilik kuramı taslak tanı testinin ışık hızı soruları ile ilgili açıklama.	119
Şekil 4.9: Özel görelilik kuramı taslak tanı testi mutlak zaman kavramı ile ilgili sorularının açıklaması.	125
Şekil 4.10: Özel görelilik kuramı taslak tanı testinin eşanlılık kavramı ile ilgili sorularının açıklaması.	130
Şekil 4.11: Özel görelilik kuramı taslak tanı testinin görelî zaman kavramı ile ilgili sorularının açıklaması.	136
Şekil 4.12: Özel görelilik kuramı taslak tanı testinin görelî uzunluk kavramı ile ilgili sorularının açıklaması.	142
Şekil 4.13: Özel görelilik taslak tanı testi kütle ve enerji kavramı ile ilgili sorularının açıklaması.	149
Şekil 4.14: Üstbiliş, öz-yeterlilik ve öğrenme süreçleri ölçeğine ilişkin yol şeması ve faktör yükleri.	165
Şekil 4.15: Araştırmada kullanılan betimsel analizin şematik gösterimi.	177

Şekil 4.16: Klasik veriler için örnek şekil.....	180
Şekil 4.17: Görüşme verileri için örnek şekil.	181
Şekil 5.1: Özel görelilik kuramı-tanı testi ışık hızı kavramı ile ilgili durum. .	184
Şekil 5.2: Işık hızı ile ilgili doğru yanıt örneği.	189
Şekil 5.3: Işık hızı kavramı ile ilgili klasik yanıt örneği.	193
Şekil 5.4: A, B ve C grubu sorular için gerekçelerini yazarak açıklayan öğrencilerin kategori 2'ye uygun yanıt örnekleri.	196
Şekil 5.5: Özel görelilik kuramı-tanı testi ışık hızı kavramı çerçeve bulguları ve değişimi.	203
Şekil 5.6: Özel görelilik kuramı-tanı testi mutlak zaman kavramı ile ilgili durum.	206
Şekil 5.7: Mutlak zaman kavramı ile ilgili doğru yanıt örneği.	209
Şekil 5.8: Mutlak zaman kavramı ile ilgili yanıt örneği.	213
Şekil 5.9: Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testi Mutlak Zaman Kavramı ile İlgili Bulgular.	217
Şekil 5.10: Özel görelilik kuramı-tanı testi eşanlılık kavramı ile ilgili durum. ..	219
Şekil 5.11: Eşanlılık ile ilgili doğru yanıt örneği.	224
Şekil 5.12: Eşanlılık kavramı ile ilgili klasik yanıtlar.	228
Şekil 5.13: Özel görelilik kuramı-tanı testi eşanlılık kavramı ile ilgili bulgular.	234
Şekil 5.14: Özel görelilik kuramı-tanı testi görelilik zaman kavramı ile ilgili durum.	236
Şekil 5.15: Görelilik zaman ile ilgili doğru yanıt örneği.	241
Şekil 5.16: Görelilik zaman ile ilgili yanlış yanıt örneği.	245
Şekil 5.17: Öğretim öncesi görelilik zaman kavramı ile ilgili B grubu sorulara verilen klasik yanıt örnekleri.	250
Şekil 5.18: Özel görelilik kuramı-tanı testi görelilik zaman kavramı ile ilgili bulgular.	254
Şekil 5.19: Özel görelilik kuramı-tanı testi görelilik uzunluk kavramı ile ilgili durum.	258
Şekil 5.20: Görelilik uzunluk ile ilgili doğru yanıt örnekleri.	264
Şekil 5.21: Özel görelilik kuramı-tanı testinin görelilik uzunluk ile ilgili öğrenci yanıtları.	269
Şekil 5.22: Özel görelilik kuramı tanı testinin görelilik uzunluk ile ilgili öğrenci yanıtları.	273
Şekil 5.23: Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testi Görelilik uzunluk kavramı ile ilgili bulgular.	279
Şekil 5.24: Özel görelilik kuramı-tanı testi kütle ve enerji kavramı ile ilgili durum.	282
Şekil 5.25: Kütle kavramı ile ilgili doğru yanıt örneği.	288
Şekil 5.26: Görelilik kütle ve enerji kavramı ile ilgili klasik yanıt örneği.	297
Şekil 5.27: Özel görelilik kuramı-tanı testi görelilik uzunluk kavramı ile ilgili bulgular.	304
Şekil 5.28: Özyeterlilik ve üstbilgi öğrenme ölçeğinde öğrenci yanıtlarının dağılımı.	307
Şekil 5.29: İzleme, değerlendirme ve planlama ile ilgili maddeler için öğrenci yanıtlarının dağılımı.	309
Şekil 5.30: Fizik dersi motivasyon anketi öğrenci yanıtlarının dağılımı.	311
Şekil 5.31: Özyeterlilik ile ilgili maddeler için öğrenci yanıtlarının dağılımı.	313

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 3.1: Öğretimi yapılan konular ve haftalara göre dağılımları.	65
Tablo 3.2: Görelî uzunluk kavramı izleme klavuzu.....	78
Tablo 3.3: Görelî uzunluk kavramı planlama klavuzu.....	80
Tablo 3.4: Görelî uzunluk kavramı değerlendirme klavuzu.....	82
Tablo 3.5: Problemin tanıtılması aşaması problem durumları.	84
Tablo 3.6: Bilişsel çatışmanın yaratılması aşaması problem durumu görsel materyalleri	89
Tablo 3.7: Öğretim modelinde kullanılan çalışma metinleri.....	92
Tablo 3.8: Bilimsel bilginin savunulması aşaması problem durumları.	96
Tablo 4.1: Özel görelilik kuramı açık uçlu testi kodlama tutarlılık yüzdeleri.	114
Tablo 4.2: Özel görelilik kuramı açık uçlu testi ışık hızı kavramı tutarlılık yüzdeleri.	117
Tablo 4.3: Işık hızı ile ilgili görüşme sorusundan elde edilen kategoriler.	118
Tablo 4.4: Özel görelilik kuramı taslak tanı testinin ışık hızı kavramı ile ilgili kategorileri.	123
Tablo 4.5: Özel görelilik kuramı açık uçlu testi mutlak zaman kavramı tutarlılık yüzdeleri.	124
Tablo 4.6: Mutlak zaman ile ilgili görüşme sorusundan elde edilen kategoriler.	124
Tablo 4.7: Özel görelilik kuramı taslak-tanı testinin mutlak zaman kavramı ile ilgili kategorileri.....	127
Tablo 4.8: Özel görelilik kuramı açık uçlu testi eşanlılık kavramı tutarlılık yüzdeleri.	128
Tablo 4.9: Eşanlılık kavramı ile ilgili görüşme sorusundan elde edilen kategoriler.	129
Tablo 4.10: Özel görelilik kuramı taslak tanı testi eşanlılık kavramı ile ilgili sorularında yer alan seçenekler ve bu seçeneklere ait kategoriler.....	133
Tablo 4.11: Özel görelilik kuramı açık uçlu testi görelî zaman kavramı tutarlılık yüzdeleri.....	134
Tablo 4.12: Görelî zaman ile ilgili görüşme sorusundan elde edilen kategoriler.	135
Tablo 4.13: Özel görelilik kuramı taslak tanı testi görelî zaman kavramı kategorileri.....	139
Tablo 4.14: Özel görelilik kuramı açık uçlu testi görelî uzunluk kavramı tutarlılık yüzdeleri.	140
Tablo 4.15: Görelî uzunluk ile ilgili görüşme sorusundan elde edilen kategoriler.	141
Tablo 4.16: Özel görelilik kuramı taslak tanı testi görelî uzunluk kavramı kategorileri.....	146
Tablo 4.17: Özel görelilik kuramı açık uçlu testi kütle ve enerji kavramları tutarlılık yüzdeleri.	147

Tablo 4.18: Kütle ve enerji ile ilgili görüşme sorusundan elde edilen kategoriler.	148
Tablo 4.19: Özel görelilik kuramı taslak tanı testi kütle ve enerji kavram kategorileri.	153
Tablo 4.20: Özel görelilik kuramı taslak tanı testi kütle ve enerji kavram kategorileri.	154
Tablo 4.21: Özel görelilik kuramı-tanı testi madde güçlük ve ayırdedicilik indeks değerleri.	155
Tablo 4.22: Gözden geçirilmiş özel görelilik kuramı-tanı testinin madde güçlük ve ayırt edicilik indeks değerleri.	157
Tablo 4.23: Üstbilis, öz-yeterlilik ve öğrenme süreçleri ölçeğinin uygulandığı öğrencilerin sınıflara göre dağılımı.	159
Tablo 4.24: Ölçeğin İngilizce ve Türkçe formlarına verilen cevaplar arasındaki ilişki.	160
Tablo 4.25: Yapısal eşitlik modelinde uyum indekslerinin kriterleri ve kabulü için kesme noktaları.	162
Tablo 4.26: Üstbilis, öz-yeterlilik ve öğrenme süreçleri ölçeği için anlamlılık düzeyleri.	164
Tablo 4.27: Alt %27 ve Üst %27 gruplarının madde ortalamalarına ait bağımsız örneklem t-testi ve madde-toplam puan korelasyonu sonuçları.	166
Tablo 4.28: Özgün ve uyarlanan üstbilis, öz-yeterlilik ve öğrenme süreçleri ölçeklerinin faktörlere göre cronbach alfa katsayıları.	167
Tablo 4.29: Üstbilis, öz-yeterlilik ve öğrenme süreçleri ölçeği faktörleri ve faktörlerin korelasyon katsayısı.	168
Tablo 4.30: Fizik dersi motivasyon ölçeği açımlayıcı faktör analizi sonuçları.	171
Tablo 4.31: Fizik dersi motivasyon ölçeği faktörler arası korelasyon katsayıları.	172
Tablo 4.32: Fizik dersi motivasyon ölçeği doğrulayıcı faktör analizi sonuçları.	173
Tablo 4.33: Fizik dersi motivasyon ölçeği faktörlerinin düzeltilmiş madde toplam korelasyonları ve %27'lik grupların toplam puanları ile yapılan t-testi sonuçları.	174
Tablo 4.34: Fizik dersi motivasyon ölçeği faktörlerinin cronbach alpha katsayısı.	175
Tablo 4.35: Özel görelilik kuramı-tanı testi için gruplandırma çerçevesi.	178
Tablo 4.36: Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testi Kategoriler.	179
Tablo 5.1: Işık hızı ile ilgili kavram ve gerekçe sorusu için doğru yanıtların dağılımı.	187
Tablo 5.2: Işık hızı ile ilgili kavram ve gerekçe sorusu için yanlış yanıtların dağılımı.	190
Tablo 5.3: Işık hızı için kategori 2 kapsamına giren yanıt kombinasyonları ve öğrenci sayıları.	192
Tablo 5.4: A grubu sorular için gerekçelerini yazarak açıklayan öğrencilerin kategori 2'ye uygun yanıtları.	194
Tablo 5.5: B Grubu sorular için gerekçelerini yazarak açıklayan öğrencilerin kategori 2'ye uygun yanıtları.	194
Tablo 5.6: C grubu sorular için gerekçelerini yazarak açıklayan öğrencilerin kategori 2'ye uygun yanıtları.	195

Tablo 5.7: Işık hızı ile ilgili kavram sorusu için doğru, gerekçe sorusu için yanlış yanıtların dağılımı.	198
Tablo 5.8: Işık hızı ile ilgili kategori 3 kapsamına giren yanıt kombinasyonları ve öğrenci sayıları.	199
Tablo 5.9: Işık hızı ile ilgili kavram sorusu için yanlış, gerekçe sorusu için doğru yanıtların dağılımı.	201
Tablo 5.10: Işık hızı ile ilgili kategoriler ve dağılımları.	204
Tablo 5.11: Mutlak zaman kavramı ile ilgili kavram ve gerekçe sorusu için doğru yanıtların dağılımı.	208
Tablo 5.12: Mutlak zaman kavramı ile ilgili kavram ve gerekçe sorusu için yanlış yanıtların dağılımı.	211
Tablo 5.13: Mutlak zaman kavramı için Kategori 5 kapsamına giren yanıt kombinasyonları ve öğrenci sayıları.	212
Tablo 5.14: Mutlak zaman kavramı için kategori 6 kapsamına giren yanıt kombinasyonları ve öğrenci sayıları.	215
Tablo 5.15: Mutlak zaman kavramı ile ilgili kavram sorusu için doğru, gerekçe sorusu için yanlış yanıtların dağılımı.	216
Tablo 5.16 : Mutlak Zaman ile ilgili kategoriler ve dağılımları.	218
Tablo 5.17: Eşanlılık ile ilgili kavram ve gerekçe sorusu için doğru yanıtların dağılımı.	222
Tablo 5.18: Eşanlılık ile ilgili kavram sorusu ve gerekçe sorusu için yanlış yanıtların dağılımı.	226
Tablo 5.19: Eşanlılık için kategori 2 kapsamına giren yanıt kombinasyonları ve öğrenci yüzdeleri.	227
Tablo 5.20: Eşanlılık ile ilgili kavram sorusu için doğru gerekçe sorusu için yanlış yanıtların dağılımı.	229
Tablo 5.21: Eşanlılık için kategori 8 kapsamına giren yanıt kombinasyonları ve öğrenci sayıları.	230
Tablo 5.22: Eşanlılık ile ilgili kavram ve gerekçe sorusu yanlış yanıtların dağılımı.	233
Tablo 5.23: Eşanlılık ile ilgili kategoriler ve dağılımları.	235
Tablo 5.24: Göreli zaman kavramı ile ilgili kavram ve gerekçe sorusu için doğru yanıtların dağılımı.	239
Tablo 5.25: Göreli zaman kavramı ile ilgili kavram ve gerekçe sorusu için yanlış yanıtların dağılımı.	243
Tablo 5.26: Göreli zaman için kategori 10 kapsamına giren yanıt kombinasyonları ve öğrenci sayıları.	244
Tablo 5.27: Göreli zaman kavramı ile ilgili kavram sorusu için doğru, gerekçe sorusu için yanlış yanıtların dağılımı.	246
Tablo 5.28: Göreli zaman ile ilgili kategori 10 kapsamına giren yanıt kombinasyonları ve öğrenci sayıları.	247
Tablo 5.29: Göreli zaman ile ilgili Kategori 11 kapsamına giren yanıt kombinasyonları ve öğrenci sayıları.	249
Tablo 5.30: Göreli zaman ile ilgili kavram sorusu için yanlış, gerekçe sorusu için doğru yanıtların dağılımı.	253
Tablo 5.31: Göreli ile ilgili kategoriler ve dağılımları.	255
Tablo 5.32: Göreli uzunluk ile ilgili kavram ve gerekçe sorusu için doğru yanıtların dağılımı.	262
Tablo 5.33: Göreli uzunluk ile ilgili kavram ve gerekçe sorusu için yanlış yanıtların dağılımı.	266

Tablo 5.34: Kavram ve gerekçe sorusunun yanlış yapıldığı çerçeve yanıt kategorisi.....	268
Tablo 5.35: Görelî uzunluk kavramı ile ilgili kavram sorusunu doğru gerekçe sorusunu yanlış yanıtlayan öğrenci dağılımının incelenmesi.....	271
Tablo 5.36: Öğretim öncesi ve öğretim sonrası görelî uzunluk ile ilgili Kategori 14 kapsamına giren yanıt kombinasyonları ve öğrenci sayıları.....	272
Tablo 5.37: Görelî uzunluk kavramı ile ilgili kavram sorusunu yanlış gerekçe sorusunu doğru yanıtlayan öğrenci dağılımının incelenmesi.....	276
Tablo 5.38: Öğretim öncesi ve öğretim sonrası görelî uzunluk ile ilgili yanıt kombinasyonları ve öğrenci sayıları.....	277
Tablo 5.39: Görelî uzunluk ile ilgili kategoriler ve dağılımları.....	280
Tablo 5.40: Kütle ve enerji ile ilgili kavram ve gerekçe sorusu için doğru yanıtların dağılımı.....	285
Tablo 5.41: Kütle ve enerji ile ilgili kavram ve gerekçe sorusu için yanlış yanıtların dağılımı.....	290
Tablo 5.42: Kütle için Kategori 18 kapsamına giren yanıt kombinasyonları ve öğrenci sayıları.....	291
Tablo 5.43: Kütle kavramı için kategori 19 kapsamına giren yanıt kombinasyonları ve öğrenci sayıları.....	294
Tablo 5.44: Kütle kavramı için kategori 20 kapsamına giren yanıt kombinasyonları ve öğrenci sayıları.....	297
Tablo 5.45: Kütle ve enerji ile ilgili kavram sorusu için doğru, gerekçe sorusu için yanlış yanıtların dağılımı.....	300
Tablo 5.46: Görelî kütle için kategori 21 kapsamına giren yanıt kombinasyonları ve öğrenci sayıları.....	301
Tablo 5.47: Kütle ve enerji ile ilgili kavram sorusu için yanlış, gerekçe sorusu için doğru yanıtların dağılımı.....	303
Tablo 5.48: Enerji ve kütle kategoriler ve dağılımları.....	305
Tablo 5.49: Özyeterlilik ve üstbilîş öğrenme ölçeği ön-test son test ortalama puanları.....	308
Tablo 5.50: Fizik dersi motivasyon anketinin ön-test son test ortalama puanları.....	312
Tablo 6.1: Işık hızı ile ilgili alternatif kavramlar ve alan yazında karşılaşma durumu.....	316
Tablo 6.2: Mutlak zaman ile ilgili alternatif kavramlar ve alan yazında karşılaşma durumu.....	321
Tablo 6.3: Mutlak zaman ile ilgili alternatif kavramlar ve alan yazında karşılaşma durumu.....	329
Tablo 6.4: Görelî Zaman ile ilgili alternatif kavramlar ve alan yazında karşılaşma durumu.....	333
Tablo 6.5: Görelî uzunluk ile ilgili alternatif kavramlar ve alan yazında karşılaşma durumu.....	338
Tablo 6.6: Işık hızına yakın hızlarda kütle ve enerji ile ilgili alternatif kavramlar ve alan yazında karşılaşma durumu.....	342

ÖNSÖZ

Öncelikle tez danışmanım Doç. Dr. M. Sabri KOCAKÜLAH'a araştırma sürecinin her aşamasında göstermiş olduğu yakın ilgiden, karşılaştığım problemlerin aşılmasındaki yardımlarından ve araştırmanın niteliğini artıran yönlendirmelerinden dolayı çok teşekkür ediyorum. Ayrıca araştırmanın tamamlanmasında manevi desteğini her zaman hissettiğim Yrd. Doç. Dr. Aysel KOCAKÜLAH'a teşekkür ederim.

Tez danışmanım ile birlikte tez izleme toplantılarında yaptıkları öneriler ile araştırmanın bütünselliğine ve özgünlüğüne katkı sağlayan hocalarım Doç. Dr. Hüseyin KÜÇÜKÖZER, Doç. Dr. Murat SAĞLAM ve Doç. Dr. Neşet DEMİRCİ'ye teşekkür ederim.

Bu araştırmanın tamamlanmasında önemli olduğunu düşündüğüm modern fizik öğretimi ile ilgili bilgi birikiminin oluşmasında katkılarından dolayı yüksek lisans tez danışmanım Prof. Dr. Mustafa EROL'a teşekkür ederim.

Araştırmanın en zor bölümünü oluşturacağını düşündüğüm öğretim modelinin uygulanması aşamasını araştırmanın en kolay bölümü haline getiren dostluğuna her zaman ihtiyaç duyduğum Mehmet KURAL'a, güzel yemeklerinden dolayı Eşi Nalan KURAL'a, evlerinde kaldığım süre içinde uygulamanın stresini atmak için şakalarımı sinirlendirdiğim küçük kızları Zeynep Bilgeye sabrından dolayı teşekkür ederim.

Yardımlarını yazmaya kalktığım zaman her biri için bu tez sayfası kadar sayfa yazmam gerekecek Mustafa ÇORAMIK, İlyas AYDINALP ve Serkan BÜYÜKKÖSE'ye dostum oldukları için sonsuz teşekkür ediyorum.

Öğretim modelinin uygulanması aşamasında göstermiş oldukları kolaylaştırıcı yaklaşımdan dolayı araştırmanın Uygulama aşamasını gerçekleştirdiğim Okulun Müdürü İsmet KILAVUZ'a, ve Müdür Başyardımcısı Mesut GÜLLÜ'ye teşekkür ederim. Ayrıca araştırmanın katılımcılarını oluşturan uygulama okulu 10. Sınıf öğrencilerine ilgili ve sabırlarından dolayı teşekkür ederim.

Arařtırmanın tamamlanması konusunda göstermiř olduđu destek ile motivasyonumu artıran bařta Okan Üniversitesi Sađlık Hizmetleri Meslek Yůksek Okulu Můdůrům Yrd.Doç.Dr. Onur YARAR olmak ۆzere tům çalıřma arkadařlarıma teřekkůr ederim.

Benim için her gůn dua ettiđini bildiđim sevgili annem Bengi ÖZDEMİR, ve babam Cahit ÖZDEMİR ile kardeřlerim Gamze ve Mehmet ÖZDEMİR'e ve varlıklarından dolayı yeđenlerim Hazal, Dicle ve Nil'e teřekkůr ederim.

Son olarak araştırmanın başından sonuna kadar her aşamasında emeiği olan Derya KATIOğLU'na duygularımı ifade etmenin bir yolu olarak bu tezi adadığımı belirtmeliyim. İyi ki varsın...

1. GİRİŞ

Bu bölümde araştırmanın kuramsal yapısı ile bu kuramsal yapının oluşturulması ile ilgili araştırmalara yer verilmiştir.

1.1 Dünden Bugüne Öğrenme

Bu bölümde geçmişten günümüze kadar öğrenme üzerine oluşturulan kuramlar açıklanmıştır.

1.1.1 Davranışçılık Kuramına Göre Öğrenme

Öğrenmenin nasıl gerçekleştiği uzun yıllar merak konusu olmuştur. Yüzyılın başından beri öğrenmeyi açıklamak için yapılan çalışmalar 60'lı yıllara kadar davranışçı akımın etkisi altında kalmıştır. Davranışçı kuram, öğrenmeyi bir etkiye karşı oluşan tepkileri inceleyerek açıklamaya çalışmıştır. Davranışçı öğrenme kuramında öğrenme ancak kişinin davranışlarında gözlenen değişimlere göre belirlenebilir. Davranışçı kurama göre kişiler davranışlarının sonucunda ödüllendirilirse davranışı tekrar ederler, cezalandırılırlarsa davranışı tekrar etmezler. Davranışın sonucunda ödüle götüren ya da cezadan kurtaran bir davranış öğrenilmektedir. Davranışçı kuram, öğretimde öğrencilerin etkin katılımına önem vermektedir ve öğrencilerin hep başarılı olma zorunluluğu vardır. Davranışçı kurama göre motivasyon (güdü) kavramı ödül ve ceza kavramlarına bağlı olarak açıklanmaktadır. Öğrencilerin güçlükleri aşmaları ve bunun sonucunda ödül kazanmaları bir sonraki öğrenme görevini başarmaları için onları güdülendirecektir. Bu nedenle öğrencilerin öğrenme sırasında oluşan yanlış davranışlarının anında düzeltilmesi gerekmektedir. Öğrenci davranışlarının anında pekiştirilmesi veya cezalandırılması öğrenmeyi olumlu olarak etkiler. Davranışçı öğrenme kuramına göre öğrenmede dereceli ilerleme ve bireysel hız da önemli kavramlardır. Öğrenilecek bilginin kolaydan zora, basitten karmaşığa, bilinenden bilinmeyene

doğru dzenlenmesi öğrenmeyi kolaylaştırmaktadır. Davranışçı öğrenme kuramına göre kişi öğrenme hızını kendisi ayarlayabilmelidir (Özden, 2005).

1.1.2 Bilişsel Kurama Göre Öğrenme

Öğrenmeyi gözlenebilen davranış değişikliği olarak tanımlayan davranışçı kuram, algılama, benlik, dikkat, problem çözme gibi karmaşık bilişsel süreçleri açıklamada yetersiz kalmış ve 70’li yıllardan itibaren etkisini yitirmeye başlamıştır. Bu tarihten itibaren davranışçı kuramdan bilişsel öğrenme kuramına doğru geçiş yaşanmıştır. Araştırmalar, öğrenme sırasında algı, düşünme, akıl yürütme gibi zihinsel süreçlerin nasıl gerçekleştiği üzerine yoğunlaşmıştır (Açıkgöz, 2003). Bilişsel öğrenme kuramı ile davranışçı öğrenme kuramını ayıran temel farklılık öğrenme sürecinin ürünü ile ilgilidir. Davranışçı kuramda öğrenme ürünü olarak davranış değişikliğini, bilişsel kuramında öğrenme ürünü olarak zihinsel bilgi yapılarındaki değişim tanımlanmaktadır (Greeno, 1980).

Bilişsel öğrenme kuramına göre bireyler davranışçı kuramın iddia ettiği gibi dış dünyada olup bitenlere körü körüne tepki vermezler (şirin, 2008). İnsanlar ancak çevresinde olup bitenleri algılama, düşünöme, seçme, ilişki kurma gibi zihinsel süreçlerden geçirdikten sonra tepki verir. Bu süreçler Piaget (1970) tarafından özümseme (assimilation), uyum (accommodation) ve dengelenme (equilibration) kavramları ile açıklanmıştır. Piaget (1970)’e göre kişiler karşılaştıkları yeni durumu eski bilgi ve geçmiş tecrübeleri ile şekillenmiş zihinsel şemaları ile anlamaya çalışır. Buna özümseme denir. Kişinin şemaları yeni durumu açıklamada yetersiz kalırsa kişi var olan şemalarında değişiklik yapmaya çalışır. Buna uyum denir. Kişi var olan şemasında değişiklikler yaparak var olan durumu açıklamayı başarırsa tekrar dengeye ulaşmış olur (Özden, 2005). Buna dengelenme denir. Piaget (1970) bilişsel gelişim kuramında bilişsel gelişim çevresel değişkenlerden etkilenmez. Bir başka ifade ile bilişsel öğrenme kuramına göre öğrenme sürecinin ürünü yapılandırılmış bilgidir.

1.1.3 Sosyal Bilişsel Kurama Göre Öğrenme

Piaget (1970) ile aynı dönemlerde yaşamış bilişsel öğrenme kuramcılarında olan Vygotsky (1978) ise Piaget (1970) den farklı olarak bilişsel öğrenmenin sosyal yönünü ön planda tutmuştur. Vygotsky (1978) bireyin bilişsel gelişiminin içinde yaşadığı sosyal ve kültürel ortamdan etkilendiğini ifade etmiştir. Vygotsky (1978) öğrencilerin öğrenme sırasında akranları ve yetişkinler ile iletişimde bulunmalarının öğrenmeye katkısı olduğunu ifade etmiştir. Vygotsky (1978)'ye göre her insan yeni bilgiyi geçmiş bilgileri ile ilişkilendirebilecek bir bütünleştirme miktarına (Zone of Proximal Development) sahiptir. Kişilerin çevrelerindeki diğer insanlar ile etkileşimi sonucunda bu bütünleştirme miktarı artabilir Bu sayede kişiler kendi başlarına yapabilecekleri öğrenmeden fazlasını akran veya yetişkinler ile olan etkileşimleri sayesinde yapabilirler. (Obukhova ve Korepanova, 2009).

1.1.4 Yapılandırmacı Kurama Göre Öğrenme

Öğrenme sürecini açıklayabilmek için yukarıda ifade edilen Piaget (1970) ve Vygotsky (1978)'nin bilişsel öğrenme kuramlarından beslenen ve son yıllarda en çok kabul gören öğrenme kuramı yapılandırmacı öğrenme kuramıdır. Yapılandırmacı öğrenme kuramı öğrenmeyi etkileyen en önemli faktör olarak öğrencinin bilgi birikimini ifade etmektedir (Hand ve Treagust, 1991). Bu kurama göre öğrenciler öğrenme sırasında yeni karşılaştığı bilgileri eski bilgileri ile karşılaştırarak zihinlerinde yeniden düzenler. Öğrenme kişinin var olan bilgileri ile yeni bilgilerini ilişkilendirme süreci olarak tanımlandığı için bilgi her öğrenen tarafından bireysel olarak yapılandırılır. Bu nedenle okullarda öğretmenler çok iyi öğreticiler olsalar dahi öğrenciler yeni bilgiyi her zaman öğrenemeyebilirler (Bodner, 1986). Yapılandırmacı öğrenme kuramına göre öğrenmede ön bilgiler önemli olduğundan öğrencilerin öğrenme sırasında ön bilgileri ve yanlış kavramaları ortaya çıkarılmalı ve öğretim bu ön bilgi ve kavramlara göre şekillendirilmelidir (Özmen, 2004). Çünkü ön bilgilerin ve kavramların yanlışlık içeriyor olması yeni bilginin de yanlış bir şekilde inşa edilmesine neden olabilir (Hewson ve Hewson, 1984). Yine bu teoriye göre öğretim sırasında öğrencinin yeni bilgiyi mevcut bilgi birikimi ile açıklayamayacağını fark etmesi öğrenmenin gerçekleşebilmesi için önemli

olmaktadır. Çünkü yapılandırmacı öğrenme kuramına göre öğrenci yeni bilginin mevcut bilgi birikimi ile açıklanamayacağını fark etmesi durumunda öğrenme süreci başlamaktadır. Bilişsel anlamda gelişme sosyal etkileşimler sonucunda meydana geldiğinden yapılandırmacı öğrenme kuramına göre sosyal öğrenme de önemlidir. Öğrencilerin öğrenme ortamındaki etkileşim ve paylaşımları öğrenmeyi olumlu yönde etkilemektedir.

1.2 Kavramsal Değişim

Yapılandırmacı yaklaşım ile ilgili yapılan araştırmaların büyük bir bölümü öğrencilerin kavramlarının analizi ve tanımlanması üzerinedir (Pfundt ve Duit, 1991). Bu araştırmalarda öğrencilerin fen ile ilgili kavramlarının büyük ölçüde yanlış yapılandırıldığı görülmüş. Öğrenciler öğrenme ortamına kendi zihinsel süzgeçlerinin ürünü olan algı ve kavramları ile birlikte gelirler (Driver ve ark, 1985;). Alan yazında bilimsel anlamda doğru olmayan ve bilimsel gerçeklerle çatışabilen kavramlar ön kavram (Clement, 1982; Carlsen ve Andre, 1992; Zhou, 2010), kavram yanlışlığı (Helm, 1980), pür veya sezgisel fikirler (McCloskey, 1983), alternatif çerçeveler (Driver ve Erickson, 1983) veya alternatif kavramlar (Gilbert ve Watts, 1983) gibi farklı isimlerde adlandırılmıştır. Bu araştırmada öğrencilerin öğretim öncesinde sahip olduğu kavramlar ön kavram (preconception) olarak ele alınmıştır. Ön kavramlar kişinin ilgili kavramla ilgili yeterli bilgisi olmadan önce sahip olduğu fikir ve düşünceleri ifade etmektedir. Geleneksel öğretimin, yanlış kavramların iyileştirilmesi amacı ile uygulanmasında öğretimde etkisi olmadığının fark edilmesi ile birlikte bilim öğretimi büyük ölçüde bir kavramsal değişim süreci olarak ele alınmıştır. Kavramsal değişim süreci ile ilgili birçok tanım oluşturulmuştur. Öğrenmenin gerçekleşebilmesi için öğretim yolu ile öğrencilerin zihinlerindeki bu ön kavramların yerini doğru kavramların alması beklenir. Bir başka ifade ile öğrenmenin gerçekleşmesi için öğrencilerin öğretim öncesinde sahip olduğu ön kavramlarının yeniden yapılandırılması gerekmektedir. Ön kavramların yapılandırılarak doğru kavramların oluşturulması süreci kavramsal değişim olarak tanımlanabilir (Posner, Strike, Hewson ve Gertzog, 1982).

1.2.1 Soğuk Kavramsal Değişim

Kavramsal değişim sürecini açıklamak için ortaya atılan kuramların temelinde Piaget'in bilişsel gelişim teorisi (Piaget,1970) yer almaktadır. Piaget'in bilişsel gelişim teorisini temel alan ve kavramsal değişim için ortaya atılmış en önemli kuramlardan biri Posner vd. (1982) tarafından oluşturulmuştur. Posner vd. (1982) Kavramsal Değişim Modelinin (KDM) ilham kaynağı Kuhn (1970) 'un bilimsel devrim teorisidir. Bu nedenle KDM'yi anlayabilmek için Bilimsel Devrim Teorisini incelemek gerekir. Kuhn bilimsel devrimin oluşabilmesi için bazı ön koşulların gerçekleşmesi gerektiğini ifade etmektedir (Zhou, 2010). Bu ön koşullar kullanılan paradigmanın (değerler dizisi) bilimsel gerçekleri açıklamada yetersiz kalması ile ortaya çıkar. Yetersiz kalan paradigmlar bilim adamlarını aykırılığa (anomaly) sürükler. Bu süreçte bilim adamları bir dengesizlik durumuna sürüklenir ve bilimsel düşünme sürecinden uzaklaşır. Felsefi tartışmalara yönelirler. Daha sonra tekrar bilimsel düşünme sürecine giren bilim adamları bilimsel gerçekleri açıklamada yetersiz kalan eski paradigmayı terk ederek yerine yeni bir paradigma oluşturmaya çalışırlar. Yeni paradigmanın bilim adamları tarafından kabul görebilmesi için yeni paradigmanın eski paradigma ile çözülemeyen sorunları çözebilir olması gerekmektedir. Yeni paradigma ile birlikte bilim adamları kendileri için stres oluşturan süreçten uzaklaşır ve bu paradigma ile karşılaştıkları sorunları sürekli olarak çözmeye çalıştıkları yeni bir sürece girerler. Piaget'in (1970) bilişsel öğrenme kuramına benzeyen bir kuram ortaya atan Khun (1970) bu kuramı ile bilimsel gelişim sürecini gelişim temasına uygun bir şekilde gelişen bir süreç olarak değil devrim temasına uygun olarak değişen bir süreç olarak tanımlamıştır.

Khun (1970)'un kuramında ifade ettiği bilimsel ilerleme tablosunda, bilimsel devrimin gerçekleşebilmesi için bazı gerekli ön koşullar tanımlanmıştır. Bu ön koşullardan en önemlisi aykırılığa (anomaly) bağlı olarak bilim adamlarının eski paradigmadan tatmin olmamaları ve kendilerine daha fazla problem çözdüren, daha doğru tahminler yaptıran bir paradigmayı oluşturabilme zorunluluğudur. Benzer şekilde Posner vd. (1982) kavramsal değişim sürecini açıklamak için uyum koşulları (conditions of accommodation) tanımlamıştır. Bu koşullar öğrencilerin yeni kavramı anlaşılır (intelligible), akla yatkın (plausible) ve verimli (fruitful) bulmaları bununla birlikte eski kavramı problem çözmede tatmin edici (dissatisfactory) bulmamalarıdır

(Zhou, 2010). Posner vd. (1982) kavramsal değişimi eski kavramın bir çatışma sonucunda yeni kavrama benzeşmesi (assimilation) süreci olarak değil daha radikal bir değişimi ifade eden uyum sağlama süreci (accomodation) olarak ifade etmiştir. Posner vd. (1982) kavramsal değişim için ilk koşulun oğrencinin eski kavram ile ilgili memnuniyetsizlik yaşamaları olduğunu belirtmiştir. Bu memnuniyetsizliğin oğrenciler tarafından kk radikal değişimler ile ortadan kaldırılamayacak boyutlarda olması gerekmektedir. Çünkü oğrenciler n kavramlarını koruma eğilimi içindedir ve kavramlarında büyük değişimler yapabilmeleri için n kavramlarından büyük oranda memnuniyetsizlik yaşamaları gerekir. Yani oğrencilerde uyum (accommodation) süreci görünene kadar, oğrencilerin sahip oldukları kavramın yetersiz kaldığı birçok durumla karşı karşıya kalmaları gerekir. Posner vd. (1982) kavramsal değişimin ikinci koşulu olarak yeni kavramın anlaşılır olmasını ifade etmiştir. Oğrencilerin yeni kavramı anlaşılır bulmaları için kavramın hangi deneyler ve uygulamalar sonucunda yapılandırıldığıının kavranması gerekmektedir. Yazarlar sık sık anoloji ve metaforların (mecazların) yeni kavramın anlaşılır bulunmasında etkili olduğunu ifade etmektedir (Posner vd., 1982). Kavramsal değişimin nc koşulu yeni kavramın akla yatkın olmasıdır. Oğrenciler tarafından ilk başta hiçbir yeni kavramın daha önce oluşturulan kavramlar ile ilgili problemleri zme kapasitesine sahip olduğu kabul edilmez. Bir başka ifade ile yeni kavram akla yatkın bulunmaz. Akla yatkınlık bireyin bir kavramı doğru bulması ya da sahip olduğu düşüncelerle o kavram arasında bir uyum sağlayabilmesidir (Yıldız, 2008). Örneğin 20 yy'nın başında fizikçiler jeologların dünyanın yaşı ile ilgili iddialarını kabul etmekte isteksiz davranmıştır. Çünkü bu iddiaları doğrulayacak kadar deneysel sonuçla karşılaşmamışlardır. Kavramsal değişimin son basamağı ise yeni bilginin araştırmalar için öneri sağlaması koşuludur. Bir başka ifade ile yeni kavram bilimsel bir genişlemeye ve yeni araştırmaların yapılmasına ön ayak olabilmelidir.

1.2.2 Sıcak Kavramsal Değişim

Posner vd. (1982) modelinde kavramsal değişimin sosyokültürel yönü çok az vurgulanmıştır. Posner vd. (1982)'ne göre oğrenciler ancak orijinal inanışlarından tatmin olmamaları durumunda anlaşılır, akla yatkın ve işe yarar alternatif bir inanışı kabul ederler. Bu yaklaşım kavramsal değişimi bireysel ve zihinsel bir süreç olarak

ele alır. Fakat Piaget (1970) öğrenme gerçekleşirken yaşanan bilişsel dengesizlik ile birlikte kavramların yeniden yapılandırılması sürecinde sosyal etkileşimin öneminden söz etmiştir. Vygotsky (1978) bilişsel öğrenme kuramını daha radikal bir şekilde sosyal öğrenmeye bağlamış ve tüm üst düzey zihinsel fonksiyonların sosyal iletişimden meydana geldiğini ifade etmiştir. Kavramsal değişim ile ilgili birçok araştırmacı kavramsal değişimin bilişsel boyutuna ek olarak bir de sosyal boyutunun olduğunu vurgulamışlardır (Vosniadou, 2008; Zhou, 2010; Pintrich, Marx ve Boyle, 1993).

1990'lı yıllara gelindiğinde kavramsal değişim ile ilgili araştırmalarda Posner vd. (1982)'nin kavramsal değişim modelinin kavramsal değişimi ağırlıklı olarak bilişsel süreçlere bağlı olarak ele almasından dolayı eleştirildiği görülmektedir. Bu araştırmalarda kavramsal değişimde bilişsel süreçlerin yanı sıra öğrencilerin duyuşsal özelliklerini de dikkate almasının önemli olduğu vurgulanmıştır. (Pintrich vd., 1993; Dole ve Sinatra, 1998; Sinatra ve Pintrich, 2003; Sinatra; 2005).

Posner vd. (1982)'nin kavramsal değişim modelini oluştururken yararlandıkları Khun (1970)'nun bilimsel gelişim süreci ile ilgili kuramı bilim adamlarının sürekli olarak paradigmaları yargıladıkları (judgements) ve değerlendirdikleri (evaluations) mekanik bir süreç olarak ele alınmasından dolayı eleştirilmiştir. Pintrich vd. (1993) bu eleştirilerden yola çıkarak Posner vd. (1982)'nin kavramsal değişim modelini mekanik bir zihinsel süreç özelliğine vurgu yapmak için bu modeli soğuk kavramsal değişim olarak değerlendirmiştir. Pintrich vd. (1993) araştırmacıların Khun (1970)'nun bilimsel gelişim sürecine kişisel ilgiler, motivasyon ve sosyal tarihsel sürecin de dahil edilmesi gerektiği düşüncesinden yola çıkarak Posner vd. (1982)'nin kavramsal değişim modelinde öğrencilerin kişisel (personal) ve motivasyonel özelliklerini de dikkate alınmasının gerekliliğini ifade etmişlerdir. Kişisel ve motivasyonel özellikleri de içeren kavramsal değişim süreci bu özelliğine vurgu yapmak için sıcak kavramsal değişim olarak tanımlanmıştır.

1.3 Üstbilis ve Üsbilis ile Kavramsal Değişim İlişkisi

Bu bölümde üstbilis ve üsbilisin kavramsal değişim ile olan ilişkisi açıklanmıştır.

1.3.1 Üstbilif

Üstbilif ilk kez 70'li yıllarda özellikle Flavell'in yapmış olduğu araştırmalar ile ortaya atılmıştır. Flavell, 1979 yılında çocukların bellek yetenekleri konusunda yaptığı bir araştırmada üstbellek terimini kullanmıştır. Flavell'in ifade ettiği üstbilif kavramı kişinin kendi düşünme süreçlerinin farkında olması ve bu süreçleri kontrol etmesi olarak ifade edilebilir. Flavell'e (1979) göre bilgilerin sözlü olarak aktarılması (oral communication), sözlü olarak fikirlerin savunulması (oral persuasion), sözlü ve yazılı edinimler (language acquisition), dikkat, hafıza, problem çözme, sosyal bilif, kendini kontrol etme biçimleri ve öz talimat (self-instruction) üstbilif kavramının göstergeleridir. Bu yönü ile üstbilif kavramı sosyal öğrenme teorisi, bilişsel davranışların değiştirilmesi, kişisel gelişim ve eğitim alanları ile ilişkili bir kavramdır.

Flavell (1979) bilişsel sürecin izlenmesinin (cognitive monitoring) üstbilişsel bilgi, üstbilişsel deneyimler, hedefler ve eylemler (veya stratejiler) ile harekete geçirilebileceğini ifade etmiştir. Flavell (1979), üstbilişsel bilgiyi üçlü bir sınıflama yaparak modellemiştir. Bunlar; birey, görev ve stratejidir.

Flavell (1979) birey değişkenini (person variable) insanların birer bilgi işlemcisine benzeterek açıklamıştır. Birey değişkenini kişilerin bilişsel sınırlılıklarının olduğunun farkında olması yeteneği olarak ifade etmiştir. Flavell (1979) birey değişkenini üç alt bileşen ile açıklamıştır: Birey içi (within person), bireyler arası (between person) ve bilişsel genellemeler (cognitive universal) dir. Birey içi kişilerin kendisi ile ilgili bilgisini ifade eder. Birey içi bileşenini bir kişinin birçok bilgiyi dinleyerek öğrenmesi, yazarak olduğundan daha iyi öğrendiğini bilmesi örnek olarak verilebilir. Bireyler arası kişinin akranlarının bilgi ve becerileri ile ilgili bilgisini tanımlar. Bireyler arası kategorisine bir öğrencinin sınıftaki bir arkadaşının diğer arkadaşlarına göre daha sosyal duyarlılığa sahip olduğunu bilmesi örnek verilebilir. Bilişsel genellemeler insanların tümünün sahip olduğu bilişsel özellikler hakkındaki bilgiyi ifade eder. Bilişsel genellemelere örnek olarak tüm insanların kısa süreli belleğin veya bilişsel kapasitesinin sınırlı olduğunun bilinmesi örnek olarak verilebilir.

Flavell (1979) görev değişkenlerini (task variables) bireyin bir görevin gerektirdikleri hakkındaki bilgisi olarak ifade etmiştir. Görev değişkeni kişinin her görevin aynı zorluk düzeyinde olmadığını ve farklı görevlerin gerçekleştirilebilmesi için farklı bilişsel kuralların yerine getirilmesi gerektiğini bilmesidir (Victor, 2004). Bu duruma uzun bir cümleyi hatırlama zorluğunun zor olduğu bilgisi örnek olarak verilebilir. Bu zor durumun üstesinden gelmek için kişinin cümleyi parçalara ayırarak öğrenmeye çalışılması ise bireyin bu zor durumu aşmak için farklı bir zihinsel işleme ihtiyaç duyduğunun bilgisine sahip olduğu şeklinde yorumlanabilir.

Flavell (1979)'e göre strateji değişkeni (strategy variables) bireyin, bir problemi çözmekte ya da bir görevi yerine getirmekte kullanabileceği stratejileri bilmesi olarak tanımlanmıştır. Örneğin eğer bir öğrencinin amacı, elektrik akımı kavramını öğrenmekse, bu işi yapması için ihtiyacı olan bilişsel strateji, benzetme (analoji) yapmak veya kavram haritası kullanabilir.

Flavell (1979)'in üstbilişle ilgili sınıflandırmasından sonra yapılan araştırmalarda üstbiliş kavramı temel olarak üstbilişsel bilgi (bir kişinin biliş hakkındaki bilgisi) ve üstbilişin düzenlenmesi (biliş düzenleyen bilgilerin kullanımı) olarak iki başlık altında sınıflandırıldığı görülmüştür (Pintrich, 2002; Schraw ve Dennison, 1994).

1.3.1.1 Üstbilişsel Bilgi

Üstbilişsel bilgi, bireyin kendi bilişleriyle ilgili ya da genel olarak biliş hakkında ne bildiğiyle ilgilidir. Üstbilişsel bilgi demeçsel (declarative), yöntemsel (procedural) ve koşulsal (conditional) bilgi olmak üzere üç alt kategoriye ayrılır (Brown, 1987; Jacobs ve Paris, 1987).

Demeçsel bilgi öğrencinin öğrenme sırasında performansına etki eden faktörler hakkındaki bilgisi anlamına gelmektedir. Bir başka ifade ile öğrencinin bilişsel faaliyetleri sırasında kullanabileceği stratejileri ve edimlerini etkileyecek unsurları bilmesidir (Schraw, 1998; Schraw, Crippen ve Hartley, 2006; Schraw ve Moshman, 1995). Öğrencinin zihinsel olarak güçlü ya da zayıf yönlerini veya bir bilgiyi öğrenmeye çalışırken kullanması gereken stratejileri bilmesi (Schraw ve Dennison, 1994) demeçsel bilgiye örnek olarak verilebilir.

Garner (1987) tarafından yapılan araştırmaya göre kolay öğrenen öğrencilerin zor öğrenen öğrencilere göre kendi bellekleri ile ilgili daha fazla bilgiye sahip oldukları görülmektedir (Scraw ve Moshman, 1995).

Yöntemsel bilgi demeçsel beceriler bilgisinin yürütülmesi ile ilgili bilgileri içerir. Yöntemsel bilgi, öğrencilerin bir bilgiyi öğrenmek için hangi stratejiyi kullanacağını bilmesidir (Jacobs ve Paris, 1987; Pintrich, 2002; Schraw, 1998). Öğrencinin yöntemsel bilgiye sahip olması öğrenme sırasında doğru stratejilerin etkili kullanılma olasılığını artırabilir ve öğrencilere problem çözümü sırasında farklı stratejileri kullanma imkanı sağlayabilir (Stanovich, 1990). Öğrencinin kavramların birbiri ile olan ilişkisini kavrayabilmek için strateji olarak kavram haritası çizebileceğini bilmesi yöntemsel bilgiye örnek olarak verilebilir. Araştırmalar yöntemsel bilgi düzeyi yüksek olan öğrencilerin problem çözümü için daha fazla stratejiye sahip olduklarından problemleri daha hızlı çözdüklerini göstermektedir (Presley ve ark, 1987).

Koşulsal bilgi ise kişinin bilişsel öğrenme aktivitelerine (demeçsel ve yöntemsel bilgilere) ne zaman ve nasıl başvuracağını bilmesidir (Lorch, Lorch ve Klusewitz, 1993). Yapılan araştırmalarda koşulsal bilgileri yüksek olan öğrencilerin düşük olan öğrencilere göre uygun stratejiyi kullanmada daha başarılı olduğu ifade edilmektedir (Scraw, 1998; Schraw vd., 2006). Ayrıca yaşları büyük öğrencilerin ve yetişkinlerin yaşları küçük olan öğrencilere göre öğrenme sırasında öğrenmesini sağlayıcı doğru stratejileri belirlemede daha başarılı oldukları sonucuna ulaşmıştır (Reynolds, 1992). Bireyin sahip olduğu tüm stratejiler her durum için uygun olmayacağından, öğrenenin farklı koşullar ve farklı işler için farklı stratejileri kullanma bilgisini geliştirmesi gerekmektedir (Pintrich, 2002; Schraw, 1998).

1.3.1.2 Bilişin Düzenlenmesi

Üstbilişle ilgili sınıflandırmanın ikinci kategorisini bilişin düzenlenmesi kategorisi oluşturmaktadır. Bilişin düzenlenmesi (regulation of cognition) üstbilişsel aktiviteler ile öğrencilerin öğrenmelerini ve düşünme süreçlerini kontrol etmelerini ifade eder. Üstbilişsel stratejiler ve üstbilişsel kontrol üstbiliş süreçlerin önemli zihinsel işlemleridir Bir kişi yeni bir problemle karşılaştığında, yukarıda sözü edilen

üstbilisel stratejiler bireyin başarılı bir sonuca ulaşmasında önemli rol oynar. Bu nedenle üstbilişsel stratejiler üstbilişle ilgili araştırmaların önemli bir bölümünü oluşturur (Deseote ve Roeyers, 2002). Çünkü bilişi düzenleme ve kontrol edebilme yeteneği, öğrenciler için bilgiyi esnek bir biçimde kullanabilme olanağı sağlar.

Bilişin düzenlenmesi ile ilgili bir dizi düzenleme becerisi tanımlanmasına rağmen, üç önemli beceri tüm bu becerileri kapsar. Bu beceriler planlama (planning), izleme, (monitoring) ve değerlendirme (evaluation) (Jacobs and Paris, 1987; Kluwe 1987).

Planlama uygun stratejinin seçilmesi ve etkin performans için kaynakların etkin kullanılmasını ifade eder. Bir başka ifade ile planlama probleme uygun strateji ve kaynakların seçilmesi anlamına gelir. Planlama, uzun bir tatile çıkmadan önce yapılan hazırlıklara benzetilebilir. Önce nasıl bir tatil yapabileceğimizi düşünürüz, nereye gideceğimize karar verebilmek için alternatifler ararız, tatilin ekonomik bilançosunu çıkarır ve alternatifleri buna göre eleyebiliriz. Önceden gittiğimiz bir yere gideceksek önceki yaşantılarımızı anımsarız. Önceden gidilmemiş bir yere gideceksek ve yolu bilmiyorsak bir harita arar ya da bir bilene danışarak yolla ilgili eksik bilgilerimizi tamamlamaya çalışırız (Yıldız ve Ergin, 2007a). Bir problemin çözümüne başlamadan sonuçla ilgili tahminde bulunma, çözüme başlamadan önce bir strateji belirleme, sonuca ulaşmak için bir tahmini süre tanımlama gibi faaliyetler planlama stratejisine örnek olarak verilebilir (Scraw, Moshman, 1995). Araştırmalar planlama ve planlama süreci bilgisinin önemli ölçüde çocukluktan ergenliğe geçiş dönemi olan 10 ve 14 yaşları arasında arttığını göstermektedir.

İzleme, öğrencilerin performanslarını ve anlamalarını anında idrak edebilmelerini ifade eder. İzleme bir problemi çözerken kişinin kendi performansının farkında olması ve düzenli aralıklarla bilişsel süreçlerini kontrol etmesi anlamına gelir. İzleme yeni kavramın öğrenilmesi sırasında aktif olan bir zihinsel süreçtir. Örneğin bir kişinin zihinsel süreçlerini izlemesi yeni bir kavramı anlama çabası sırasında yaşamakta olduğu başarı ve başarısızlıkları düşünmesi (Yörük, 2005), öğrenemediği noktaları fark etmesi, bu noktaları öğrenmek için çaba harcaması gerektiğini düşünmesi zihinsel süreçlerini izleyebildiğini göstermektedir. Araştırmalar çocukların hatta yetişkinlerin bilişsel süreçlerini izleyebilme yeteneğinden oldukça yoksun olduklarını ve bu yeteneğin çok yavaş geliştiğini

ortaya koymaktadır (Glenberg, Sanocki ve Epstein, 1987; Pressley ve Ghatala, 1990). İzleme becerisi uygulama yaparak geliştirilebilir bir beceridir.

Değerlendirme öğrencinin öğrenme sürecini düzenleme ve ortaya koyduğu ürünü değerlendirmesi ona değer biçmesi anlamına gelmektedir (Schraw ve Moshman, 1995). Öğrencinin problem çözümünü gerçekleştirdikten sonra geriye dönüp baktığında hedeflere ulaşma açısından göstermiş olduğu performansını eleştirel bir gözle ele alması üst bilişin değerlendirme basamağına uygun bir davranıştır. Bireyin kendini değerlendirirken öğrenmesini zorlaştıran ya da kolaylaştıran iş ve strateji değişkenlerinin farkına varması beklenir.

1.3.2 Üstbilişin Kavramsal Değişim ile İlişkisi

Kavramsal değişimin gerçekleşebilmesi için öğrencilerin ön kavramları ile açıklayamadıkları bir durum ile karşı karşıya kalmaları ve bunun sonucunda bilişsel çatışma yaşamaları gerekmektedir. Öğrencinin ön kavramına alternatif olarak sunulan bilimsel kavramın işlevselliği ölçüsünde ön kavramının yerine bilimsel olarak doğru kavramın geçmesi ile kavramsal değişim süreci tamamlanır. Öğrencilerin bu bilişsel sürecin bir parçası olabilmeleri için sahip olduğu kavramlar ile yeni kavramı karşılaştırabilmeleri (engagement), kendi öğrenmelerini izleyebilmeleri, değerlendirebilmeleri, problemleri çözüme ulaştırabilmeleri için ise planlayabilmeleri ve bilimsel bilgiyi öğrendiklerini yeni alanlarda kullanarak içselleştirebilmeleri gerekmektedir (Victor, 2004). Bu nedenle üstbiliş kavramsal değişim sürecinin her aşamasında yer almaktadır (Azevedo ve Hadwin, 2005).

Araştırmalar üstbilişsel destekleyicilerin kullanıldığı durumlarda öğrencilerin akademik başarılarının arttığını (Hmelo-Silver Duncan ve Chinn, 2007), kavramları daha kolay öğrenebildiklerini göstermektedir (Lee ve Butler, 2003; Yıldız, 2008). Kavramsal değişim için üstbilişin gerekliliğini ortaya koyan en çarpıcı araştırmalardan biri Gauld (1986) tarafından yapılan çalışmadır. Bu çalışmada öğrencilerin basit elektrik devresindeki lamba üzerinde akımın harcandığı biçiminde bir ön kavrama sahip olduğu görülmüştür. Öğrencilere bu ön kavramları ile açıklayamayacakları bir deney hazırlanmıştır. Deney sonrasında öğrencilerin zihinsel modelleriyle ilgili uyumsuzluk yaşadıklarını ifade ettikleri çalışmada Gauld (1986)

öğrencilerin deneyden üç ay sonra akımla ilgili bir soruyu deneyden önce ifade ettikleri gibi yanıtladıklarını görmüştür. Yapılan deney somut bir şekilde öğrencilerin sahip oldukları kavramla çelişmesine rağmen öğrenciler ön kavramlarını korumuştur. Bu araştırma sonucunda kavramsal değişim süreci yalnızca bilişsel bir süreç olarak ele alınsa bile kavramsal değişimin gerçekleşebilmesi için Posner vd. (1982)'nin ifade ettiği kavramsal değişim koşullarının (anlaşılır, akla yatkın, verimli, tatmin edici) yeterli olmadığı ifade edilmiştir. Bilişsel açıdan kavramsal değişim koşullarına ek olarak bilginin doğru biçimde yapılandırılabilmesi için, öğrencilerin kendi bilişsel yapılarını fark etmelerini ve üzerinde düşünmeleri gerekmektedir (Gauld,1986). Kısaca öğrencilerin kendilerine sunulan öğretim materyalini anlayabilmeleri için de üstbiliş gereklidir. Mason (1994) da öğretim sırasında benzetimin (analoji) öğrenciler tarafından başarılı bir şekilde kullanabilmesi için, kullanılacak analoginin yapısı ve amacı ile ilgili üstbilişsel farkındalığın gerekli olduğunu vurgulamıştır.

1.4 Motivasyon ve Motivasyon, Kavramsal Değişim ve Üstbiliş İlişkisi

Bu bölümde motivasyon ve motivasyonun kavramsal değişim ve üstbiliş ile olan ilişkisi açıklanmıştır.

1.4.1 Motivasyon

Motivasyon en basit tanımı ile davranışların altında yatan nedenleri ifade eder (Guay ve ark, 2010). Gredler ve ark (2004) motivasyonu bir kişiyi bir işi yapmak için harekete geçiren veya hiçbir şey yapmamasını sağlayan bir etken olarak tanımlamıştır. Öğretim açısından motivasyon öğrenme davranışını sürdüren aktivitelerdir (Palmer, 2005). Motivasyon kavramının ortaya atıldığı ilk yıllarda davranışçı öğrenme kuramından yola çıkılarak dış etkenlere bağlı bir kavram olarak ifade edilmiştir. Davranışçı kurama uygun olarak istenilen düzeyde davranış ortaya konulması durumunda sağlanabilecek ödül ve iyi not gibi dış pekiştiriciler ile öğrencinin motivasyonunun artırılacağı ifade edilmektedir. Fakat ödül ve iyi not gibi dış pekiştiricilerin her öğrencide aynı etkiyi yapmadığı ve bu ödüllerin sürekli verilmesi durumunda etkisini giderek yitirdiği görülmüştür (Stipek, 1996). Dışsal

pekiştireçlerin bu sınırlılıklarından dolayı davranışçı kuramın ifade ettiği bu motivasyon kavramı eleştirilmeye başlanmıştır. Daha sonra motivasyon pekiştireçlere değil bilişsel etkenlere bağlı olarak ele alınmıştır. Bilişsel Davranışın Değişimi (Cognitive Behavior Modification) adı verilen bu yaklaşıma göre öğrencilerin bilişsel süreçlerini izlemeleri, hedeflerini tanımlamaları, üstbilişsel stratejilerini geliştirmeleri ve pekiştireçlerini belirlemelerinin gerekliliği vurgulanmıştır. Bu yaklaşıma göre öğrencilerin kendi öğrenmeleri üzerindeki kontrollerinin artması durumunda öğrenmeye karşı motivasyonlarının artacağı buna bağlı olarak öğrenme davranışının devam edeceği ve öğrenme davranışının yeni kavramların öğrenilmesine aktarılacağı düşünülmektedir. Fakat bu yaklaşıma uygun olarak gerçekleştirilen deneysel çalışmalarda bu yaklaşımın birçok dezavantajının olduğu ortaya konulmuştur. Örneğin öğrenciler düşük performans standartları ortaya koymalarına rağmen ödül almak için araştırmacıları aldatmaya çalıştıkları görülmüştür (Speidel and Tharp, 1980; Wall, 1983).

Bilişsel ve davranışçı motivasyon yaklaşımları motivasyon için dış motivasyon (extrinsic) ve iç motivasyon (intrinsic) kavramlarının oluşmasına öncülük etmiştir. Ryan ve Deci (2000) iç motivasyonda bir şeyi yapma isteğinin nedeni olarak o şeyin ilginç, hoşlanılabilir olmasını, dış motivasyonda ise başarıyla tamamlanan görevin sonunda alınacak ödül, ayrıcalık ve dikkati göstermektedir. İç motivasyonda bir şeyi yapma isteğinin nedeni o şeyin ilginç, hoşlanılabilir olması; dış motivasyonda ise başarıyla tamamlanan görevin sonunda alınacak ödül, ayrıcalık ve dikkat olmasıdır. Öğrenmeye teşvik ve başarı açısından iç motivasyon dış motivasyona göre daha etkilidir (Deci ve ark, 2001).

Lepper ve Hodell (1989) iç motivasyonu meydan okuma (challenge), merak (curiosity), düşlem (fantasy) ve kontrol kavramları tarafından desteklenebilen bir kavram olarak ele almıştır. Meydan okuma öğrencilerin ustalık ve yetkinliklerini sergileyebilecekleri güçlük düzeyindeki öğrenme görevlerini, merak ise öğrenme görevinin öğrencilerin merak duygusunu harekete geçirebilir olmasını ifade etmektedir. Öğrenme sırasında tutarsız veya beklenmedik olan deneyler ve uygulamalar öğrencilerin merak duygusunu harekete geçirebilir (Banet ve Nunez, 1997; Nussbaum ve Novick, 1982). Lepper ve Hodell (1989) öğrencilerin düşünce ve hayal güçlerini geliştiren etkinliklerin iç motivasyonu artıran bir başka etken olduğunu ele almıştır. Kontrol ise öğrencilerin öz-düzenleme ve özerkliğini ifade

etmektedir. Öğrencilere öğrenme ortamının düzenlenmesinde etkin rol verilmesi iç motivasyonu etkileyen bir etken olarak tanımlanmıştır.

Motivasyon ile ilgili araştırmacıların ilgisini çeken bir başka yaklaşım ise başarı hedef teorisi (achievement goal theory)'dir (Ames, 1992; Kaplan ve Maehr, 1999; Pintrich, 2000; Urdan ve Maehr, 1995). Bu teoriye göre öğrencilerin kişisel, sosyal (akran ve öğretmenin takdirini toplama), ustalık (bir işi öğrenmek ve ustalaşma çabası) ve performans (sınıf arkadaşlarından daha yüksek not almak) hedefleri olabilir. Öğrencilerin motivasyonuna etki eden bu hedefler içinde öğrencilerin öğrenmesine en fazla katkı sağlayan ve daha derinlemesine öğrenme davranışı sergilenmesini sağlayan performans hedefleridir (Anderman ve Maehr, 1994; Pintrich, 2000). Aynı zamanda, performans hedefi aynı zamanda öğrencilerin motivasyonunu olumsuz etkileyebilir. Performans hedefinde öğrenci kendi başarısından çok arkadaşlarının başarısına odaklandığı için minimum çaba harcayarak sınıf arkadaşlarından daha başarılı olabilir. Bu tür bir performans hedefi öğrencilerin motivasyonuna negatif etki yapabilir. Bu nedenle sınıf aktivitelerinde öğrencileri birbiri ile yarıştıracabilecek etkinliklerden kaçınmak gerekir. Fakat son zamanlarda yapılan bazı araştırmalar öğrencilerin birden fazla hedefi olabileceğini ifade etmektedir. Örneğin bazı öğrenciler ustalık hedeflerine sahip olabilir ve sınıf arkadaşlarından daha iyi performans sergilemek isteyebilir. Bu açıdan ele alındığında ise performans hedefi öğrenci motivasyonunu artıran bir etken olarak değerlendirilebilir.

Birçok araştırma ise motivasyonun ilgi (interest) ile ilişkisinin önemini vurgulamıştır. İlgiler kişilerin dikkatini çeken durumlar olarak ifade edilebilir. İlgi biliş, etkili işlevler (effective function) ve öğrenmede ısrar (persistent effort) ile ilgilidir (Ainley, Hidi ve Berndorff, 2002). Hidi (1990) iki tür ilgi tanımlamıştır. Birincisi şahsi ilgilere (personal interest). Şahsi ilgilere öğrencilerin belirli özel konulara yönelik ilgilerini tanımlar. Öğrencinin özel görelilik kuramına karşı özel bir ilgisi varsa bu şahsi ilgiye örnek olabilir. İkincisi ise durumsal ilgidir (situational interest). Durumsal ilgilere özel durumlarda ortaya çıkan kısa süreli ilgilere dir. Örneğin öğrencinin şahsi ilgisi olmayan özel görelilik kuramı ile ilgili bir simülasyon izlemesi durumunda ilgisi olduğu ortaya çıkabilir. Şahsi ilgilere daha kalıcıdır fakat öğretmenin tüm öğrencilerinin şahsi ilgilerini bilmesine ve öğretimini bu ilgilere uygun olarak planlamasına imkan yoktur. Bununla birlikte, öğretim sırasında durumsal ilgileri

hareketlendirebilecek öğrenme stratejileri kullanılabilir (Flowerday ve ark, 2004). Anderman ve ark (2004) öğrencilerin ilgilerini çekmede yeniliklerin (novelty) etkili olduğunu ifade etmiştir (Palmer, 2004). Gariplik ilginç ama doğru olan aktiviteler olarak tanımlanabilir (Palmer, 2005).

Motivasyon ile ilgili bir başka kuram ise motivasyonun öğrencilerin davranışlarının sonuçları yerine karmaşık bilişsel değişkenlerle ilişkili bir kavram olduğu yaklaşımına dayanır (Stipek, 1996). Broussard ve Garrison (2004) motivasyon kavramını ve bu kavramın bilişsel değişkenler ile ilişkisini üç soru çevresinde organize etmiştir. Bu sorular; “Bu görevi yapabilir miyim? Ben bu görevi yapmak ister miyim ve neden? Bu görevi başarmak için ne yapmak zorundayım?” Şeklindedir.

Broussard ve Garrison (2004) “Bu görevi yapabilir miyim?” sorusunu üç bilişsel kavram ile ilişkilendirmiştir. Bu kavramlar; öz-yeterlilik (self-efficacy), kontrol merkezi (locus of control), öz-değer (Self-worth) dir. Bandura (1982) öz-yeterlilik kavramını öğrencilerin belli bir performansla ulaşabilmelerini sağlayacak eylemler, örgütlenme ve sergileme becerileri olarak ele almıştır. Bandura’ya göre öz-yeterlilik öğrenme çabasının, öğrenme sürekliliğinin, hedef belirlemenin önemli belirleyicilerindedir. Deneysel çalışmalar öğrencilerin yüksek öz-yeterlilik düzeyinin verilen bir öğrenme görevini tamamlamada daha fazla motivasyon ve daha fazla başarı eğilimi göstermelerine katkı sağladığını göstermektedir. Motivasyon için diğer önemli kavram ise denetim odağıdır (Locus of Control) (Covington ve Omelich, 1979). Denetim odağı sosyal öğrenme teorisinde, J. B. Rotter’in davranışları kontrol eden merkez için kullandığı bir terimdir. Kişinin yaşadığı olayların sorumluluğunu iç (örneğin çaba) ve dış (örneğin şanssızlık) etkenlere bağlı olarak açıklaması şeklinde ele alınabilir. Bu kurama göre öğrenciler başarılarını ve başarısızlıklarını doğru etkenlere bağlayabiliyorlarsa motivasyonlarını öğrenme süresince devam ettirebilirler (Eccles ve Wigfield, 2002). Öz-değer kavramı öz-yeterlilik ve kontrol merkezi kavramları ile birlikte motivasyon açısından önemli bir diğer kavramdır. Öz-değer benliğin değerlendirici yönünü temsil eder ve bireylerin kendine verdiği değer düzeyini yansıtır Öz-değerlerini akademik yeterlilik alanında yapılandıran bireylerin, diğer bireylerle karşılaştırıldığında başarılı olmak için çalışmaya ve başarısızlıktan kaçınmaya daha çok güdülendiklerini göstermektedir (Blascovich ve Tomaka, 1991).

Broussard ve Garrison (2004) “Ben bu görevi yapmak ister miyim ve neden?” sorusuna verilecek yanıt motivasyonun değişkenleri olarak beklenti-değer (expectancy-value) teorisi, iç motivasyon (intrinsic motivation) teorisi ve öz-belirtim (self-determination) teorisini işaret etmiştir. Broussard ve Garrison (2004) beklenti-değer teorisinin dört bileşeni olduğunu ifade etmiştir. Bu dört bileşenden biri erişme değeridir (attainment value). Erişme değeri öğrencilerin bir öğrenme görevini iyi bir şekilde gerçekleştirmeleri durumunda kendilerine verdikleri kişisel değeri tanımlar. Beklenti-değer teorisinin diğer bileşeni ise içsel değer (intrinsic value) dir. İçsel değer öğrencilerin bir görevi icra etmekten hoşlanmaları veya icra etmeye karşı ilgili olmaları anlamına gelmektedir. Beklenti-değer teorisinin üçüncü kavramı fayda değeri (utility value) dir. Fayda değeri öğrencilerin tamamladıkları bir görevi gelecek hedeflere genelleyebilmelerini ifade eder. Beklenti-değer teorisinin sonuncu kavramı ise maliyet (cost) tir. Maliyet ise öğrenciler için bir öğrenme görevinin negatif yönünü ifade eder. Öğrenme görevinin başarısızlık ile sonuçlanacağını düşünülmesi karşısında yaşanan kaygı ve korku (Eccles ve Wigfield, 2002; Stipek, 1996) maliyete örnek olarak verilebilir. Broussard ve Garrison (2004)’nun vurguladığı diğer iki bileşen ise iç motivasyon ve öz-belirtimdir. İç motivasyon kişisel zevkler, ilgili ve memnuniyetlerle ilişkili bir kavramdır. Öğrenciler ilgilerini çeken ve öğrenmekten mutlu oldukları konulara motive olurlar. Dış motivasyon ise öğrenciler hoşlarına gidecek bir ödülü elde etmek için öğrenmeye motive olurlar. Dış motivasyonda öğrenciler ödül elde etmek için veya bir cezadan kaçınmak yolu ile dışsal düzenleme (external regulation) söz konusudur. Dışsal düzenleme ise öğrencilerin bağımsız hareket edebilme yeteneklerinin (self-determination) gelişmesini engellemektedir. İç motivasyonda ise öğrenciler kendi istekleri ile ve kendi iç mekanizmaları ile öğrenmeye güdülendikleri için bağımsız hareket edebilme yetenekleri gelişebilmektedir.

Broussard ve Garrison (2004)’a göre motivasyon ile ilgili olan üçüncü soru; “Bu öğrenme görevini başarmak için ne yapmak zorundayım?” sorusudur. Broussard ve Garrison (2004) bu sorunun motivasyon açısından yanıtını şekillendiren değişkenler olarak öz-düzenleme (self-regulation) ve istem teorisini (volition theory) işaret etmiştir. Örneğin öz-düzenleme seviyesi yüksek olan öğrencilerin farklı stratejiler kullandığı, yüksek özyeterlilik sergiledikleri ve kendi hedeflerini belirleyebildikleri görülmüştür. Ayrıca öz-düzenleme yeteneği yüksek

olan öğrencilerin ulaşılabilir ve kabul edilebilir hedefler belirleyebildikleri, kendi öğrenme süreçlerini izleyebildikleri ve performanslarını değerlendirebildikleri görülmüştür (Schunk ve Zimmerman, 2007). Broussard ve Garrison (2004)'a göre öğrencilerin motivasyon ile ilgili üçüncü soruya verdikleri yanıtları şekillendiren bir diğer değişken istekliliktir. Corno (1993) istek gücünü dürüstlük, disiplin, kendini yönlendirme, beceriklilik ve çabalama kavramları ile ilişkilendirerek açıklamıştır.

1.4.2 Motivasyon, Üstbilis ve Kavramsal Değişim İlişkisi

Üstbilis ve motivasyon birbiri ile ilişkilidir. Yapılan araştırmalar üstbilis ve motivasyonun öz-yeterlilik, öz-düzenleme, birey değişkenleri (person variables), ve strateji değişkenleri (strategy variables) ile birbirine bağlı olduğunu göstermektedir (Linnenbrink ve Pintrich, 2002; Cross ve Paris, 1998; Flavell, 1987; Paris ve Winograd, 1990; Rohrkemper ve Cono, 1988).

Linnenbrink ve Pintrich (2002) motivasyon değişkenleri (beklentiler, değerler, ilgiler vb) ile üstbilisel değişkenlerin (geçmiş bilgiler, öğrenme stratejileri, üstbilis, öz-düzenleme) arasında ilişki olduğunu ifade eden bir model oluşturmuştur. Bu model üstbilis hem etken hem de motivasyon üzerinde etkili bir kavram olarak ele alınmıştır. Bu teoriye göre motivasyon hedeflerin saptanmasına yardımcı olsa bile bu hedeflerin yürütülmesi ve idaresi isteklilik sayesinde olur. Öğrencilerin duygularını, motivasyonel durumlarını yönetebilmeleri ve öğrenme görevlerinin üstesinden gelebilmeleri için üstbilisel stratejileri etkin bir şekilde kullanmaları gerekmektedir (Cross ve Paris, 1998). Öğretim sırasında öğrencilerin düşük akademik başarı sergilemeleri öğrencilerin kendilerini mutsuz hissetmelerine sebep olur. Öğrenci bir öğrenme görevini başaramaması durumunda geçmiş başarısızlıklarını da göz önünde bulundurarak okul eğitimi için yeterince zeki olmadığı şeklinde bir inanişe kapılabilir. Bu tür düşük öz-yeterlilik algısı öğrencinin öğrenmeye karşı motivasyonunu engeller. Bu öğrencilerin kendilerini başarılı olmak için güçlü hissetmeleri ve zorlu görevlerin üstesinden gelmek için çaba harcamaları ancak motivasyon sayesinde olabilmektedir (Paris ve Winograd,1990).

Bu araştırmacılar genel olarak üstbilisin öz-yeterliliği artırarak motivasyon üzerinde dolaylı etkiye sahip olduğunu ifade etmektedir. Üstbilis ile motivasyon

ilişkinini öz-yeterlilikle başlayarak açıklayan diğer bir araştırmacı ise Flavell (1987) dir. Flavell birey değişkenini (person variables), üstbiliş kategorisi altında tanımlamıştır. Flavell (1987) öğrencilerin öğrenme sırasında yaşadıkları bilişsel güçlükleri bilmeleri ve kendi bilişsel yapılarını tanımları gerektiğini ifade etmiştir. Paris ve Winograd (1990) düşük başarıya sahip öğrencilerin öğrenme sırasında yaşadıkları hayal kırıklıklarını anlamalarının ve benzer başarısızlıklara sahip öğrenciler ile hayal kırıklıklarını paylaşmalarının öz-yeterlilik düzeylerini artırabileceğini ifade etmiştir. Öğrencilerin düşük akademik başarılarını sınıf ortamında paylaşmaları yalnız olmadıklarını fark etmelerini sağlayabilir. Ayrıca bireysel değişkenlerin fark edilmesi; öğrencilerin başarılarına etki eden genellenmiş başarısızlıklarını fark etmelerini, duygularını yönetmelerine ve çözüm bulmalarına yardımcı olur. Öğrencilerin zayıflıklarını tanımlamaları ve başkalarının da benzer zayıflıklara sahip olabileceklerini anlamaları üstbiliş sayesinde gerçekleşir. Üstbilişsel değişkenlerden biri olan bireysel değişkenler öğrencilerin öz-yeterlilik düzeylerini artırarak öğrenmeye karşı motivasyonlarını artırabilir. Bunun sonucunda öğrenciler başarılı olmak için umutlanır ve motivasyonları artar.

Öğrencilerin öz-düzenleme yeteneklerinin bilişsel sonucu problemleri seçebilmesi ve stratejik olarak çözmeye çalışmasıdır. Öğrencilerin bir öğrenme görevinin üstesinden gelebilecekleri ile ilgili algılarını belirleyen etkenlerden biri öğrencilerin öz düzenleme düzeyleridir. Öğretim öğrencilerin bir bilgiyi yüzeysel olarak öğrenmeleri ve bu bilginin basit anlamda işe yararlılığını görmeleri yerine öğrencilerin bu bilgiyi uygulayarak problem çözebilmeleri ve bilgiyi uygulama becerilerini başka öğrenme görevlerine transfer edebilmelerini amaçlar. Bilginin uygulanabilmesi ve uygulama yeteneğinin transfer edilebilmesi için öz-düzenleme öğretimi büyük öneme sahiptir. Çünkü öğrenme görevinin üstesinden gelmek için çaba harcama, öğrenmede güçlüğü çekilen noktaları fark etme, öğrenme sırasında karşılaşılan güçlüklerin üstesinden gelme, öğretim süreci sırasında ne zaman yardıma ihtiyacı olduğunu bilme, zihinde olan ve olmayan tüm öğrenme verilerini yönetme ile ilişkilidir.

Öz-düzenlemenin bilişsel boyutunu tek başına vurgulamak yerine eşit öneme sahip olan motivasyon kavramı ile ilişkisini ele almak gerekir. Çünkü kişinin öz-düzenleme becerilerini öğrenebilmesi, yeterliliklerine olan pozitif inancına ve

başarılı olacağına yönelik umutlarına bağlıdır. Öğrenme sırasında ortaya konulan çaba ve azim iç motivasyona bağlıdır. (Rohrkemper ve Cono, 1988). Öz-düzenleme sırasında öğrencinin hedeflere ulaşma çabasını güçlendirmek ve etkililiğini artırmak gerekir.

Öğrencinin öz-yeterliliği ile ilgili inanışlarına olumlu yaklaşım öğrencilerin planlarının üstesinden gelme ve zorlu görevlerin seçilmesine yardımcı olur. Flavell (1987) ise üstbiliş değişkenlerinden biri olarak strateji değişkenini (strategy variables) tanımlamıştır. Strateji değişkeni öğrencilerin kendileri için en uygun ve etkili olan öğrenme stratejisini belirlemeleri anlamına gelmektedir. Strateji değişkeni öğrencinin hangi öğrenme ve anlama stratejisinin kendi özgün yapısına en uygun olanını belirleyebilmesi anlamına gelmektedir. Örneğin bazı öğrenciler için not kartları öğretici olurken bir başka öğrenci için kavramların akran öğretimi ile tartışılması daha öğretici olabilir. Tüm bu stratejilerin ortak özelliği öğrencilerin öğrenme becerilerini artırma olasılığına sahip olmalarıdır. Öğrencilerin birçok stratejiyi denemeleri, hangi stratejinin kendisi için daha etkili olduğunu, hangisinin ise daha etkisiz olduğunu belirlemeleri gerekir. Üstbilişin kullanıldığı bu tarz etkinlikler, öğrencilerin öğrenmenin sabit bir biçimde gerçekleşmediğini anlamalarına yardımcı olur. Öğrenme sırasında sürekli olarak başarısızlık yaşayan öğrencilerin kendilerine uygun öğrenme stratejilerini kullanmaları durumunda başarılı olabileceklerini fark etmeleri zeka ve yeteneklerine yönelik olumsuz algılarını azaltabilir. Bu sayede o ana kadar riskli görevler almaktan kaçınan ve üstesinden gelebileceği görevler alarak zeki olduğunun düşünülmesini sağlamaya çalışan öğrencilerin gelişimlerine katkı sağlayabilecek daha zorlu görevlere yönelmeleri sağlanabilir. Zeka ve yeteneklerin artabileceğini düşünen öğrencilerin ise öğrenmeye karşı daha fazla motive olabilecekleri düşünülebilir. Paris ve Winograd (1990)'da üstbilişin öğrencilerin başarılı olmasını sağladığını ifade etmiştir. Bu durumu öğrencilerin kendilerinin ve arkadaşlarının bilişsel süreçlerini bilmesinin kendilerine uygun stratejileri belirleyerek sağlayacakları şeklinde açıklanmaktadır ve öğrencilerin kendi öğrenmelerini yönetmelerinin, kendi öğrenmeleri üzerinde daha fazla hakimiyet kurmalarının motivasyonları üzerinde etkili olduğunu vurgulamaktadırlar.

Araştırmalar öğrencilerin öğrenme sırasında üstbilişsel aktiviteleri kullanmalarının, kavramsal değişimlerine olumlu etkileri olduğunu ifade etmektedir (Beeth ve Hewson, 1999; White ve Gunstone, 1989). Üstbilişin kavramsal değişime etkisi ile üstbiliş ve motivasyon arasındaki ilişki anlaşıldıktan sonra motivasyonun da kavramsal değişim için etkin bir değişken olduğu fark edilmiştir. İlk olarak Pintrich vd. (1993) kavramsal değişim kuramında motivasyon kavramının önemini vurgulayarak motivasyon değişkeninin dikkate alındığı bir kavramsal değişim modelini soğuk kavramsal değişim modeli olarak tanımlamıştır. Pintrich vd. (1993)'na göre motivasyon kavramı üç faktörün etkisi altındadır. Bu faktörler; görev seçimi (choice to engage in the task), görev düzeyi (level of engagement in the task), görevi tamamlamak için ısrar (willingness to persist at the task) dır. Sinatra ve Pintrich (2003) üstbiliş, motivasyon ve duyuşsal süreçlerin öğrencilerin bilişleri üzerindeki kontrollerini etkilediğini ve kavramsal değişim olasılığını artırdığını ifade etmiştir. Bu araştırmada motivasyonun kavramsal değişim sürecinde önemli bir yönetme faktörü (controlling factor) olduğu ifade edilmiş ve yönlendirilebilir kavramsal değişim (intentional conceptual change) fikri tanımlanmıştır.

1.5 Kavramsal Değişimde Üstbiliş ve Motivasyonu Dikkate Alan Sıcak Kavramsal Değişim Modelleri

Kavramsal değişim için önerilen modeller incelendiğinde kuramların düşük bilişsel etkileşimden üstbilişsel etkileşime dayalı yüksek bilişsel etkileşime doğru değiştiği görülmektedir.

Kavramsal değişim için tanımlanmış modellerde iki kavramsal değişim modeli temel alınmıştır. Kavramsal değişim modellerinde temel alınan ilk model Posner vd. (1982)'nin yukarıda ayrıntılarına yer verilen kavramsal değişim modelidir. Bu model kavramsal değişim sürecini yeni kavramın anlaşılır (intelligible), akla yatkın (plausible) ve verimli (fruitful) oluşuna bağlı olarak öğrencilerin eski kavramla tatmin olmamaları (dissatisfaction) bunun sonucunda eski kavram ile doğru kavramın yer değiştirmesi şeklinde açıklar. Posner vd. (1982) oluşturdukları bu model geliştirilen kavramsal değişim modellerinin iskeletini oluşturur. Sıcak veya soğuk tüm kavramsal değişim modellerinde kavramsal değişim süreci yeni kavram ile eski kavramın bilişsel çatışması sonucunda yeni kavramın eski

kavramın yerini alması ile gerçekleşen bir süreç olarak ele alınmıştır. Araştırmacılara rehberlik eden ikinci kavramsal değişim modeli Pintrich vd. (1993) tarafından önerilen ve yukarıda ayrıntılarına yer verilen kavramsal değişim modelidir. Pintrich vd. (1993) kavramsal değişim için Posner vd. (1982)'nin kavramsal değişim modelini rasyonel bularak öğrencilerin kişisel ve motivasyonel özelliklerini de dikkate alan bir model oluşturmuştur (Duit ve Treagust, 2003). Kavramsal değişim için önerilen aşağıda detayları verilmiş modeller ise bu iki model temel alınarak geliştirilmiştir.

Dole ve Sinatra (1998) bilişsel ve motivasyonel süreçleri içeren sosyal etkileşime bağlı bir kavramsal değişim modeli oluşturmuştur. Dole ve Sinatra (1998)'nin Bilginin Bilişsel olarak Yeniden Yapılandırılması Modelinde (BBYM) (Cognitive Reconstruction of Knowledge Model, CRKM) kavramsal değişim için öğrencilerin var olan kavram özelliklerinin ve öğrenmeye olan motivasyonunun önemini vurgulamışlardır. BBYM'de öğrencilerin var olan ön kavramlarının (existing conceptions) kavramsal değişime olan direncini etkileyen bileşenleri tanımlanmıştır. Bu bileşenler ön kavramın güçlülüğü (strength) veya zenginliği, tutarlılığı (coherence) ve bağlantılama (commitment) düzeyidir. Dole ve Sinatra (1998) ön kavramın güçlülük veya zenginlik özelliğini öğrencinin ön kavramını geçmiş bilgileri ile yapılandırmalarına bağlı bir özellik olarak ifade etmiştir. Öğrencinin ön kavramları ne kadar güçlü ve zengin bağlar ile oluşturulmuşsa bu kavramların değişimi de o kadar zor olur (Eagly ve Chaiken, 1993). Ön kavramlarının tutarlılığı (coherence) kavramsal değişim için önemli bir başka bileşendir. Öğrencilerin ön kavramları diğer bilgi ve kavramları ile uygunluk göstermiyorsa öğrencinin bu kavramdan vazgeçmesi kolay olmaktadır. Dole ve Sinatra (1998)'ya göre var olan kavramın kavramsal değişim için önemli olan diğer bir özelliği ise kavramın bağlantılama (commitment) düzeyidir. Örneğin ön kavram eski fikirler ve geçmiş bilgiler (deneyimler, sosyal ilişkiler ve kültürel altyapı) ile güçlü bağlantılara sahipse ve tutarlı ise bu kavramın değişimi güçtür.

Dole ve Sinatra (1998)'ya göre kavramsal değişim için öğrencinin ön kavramları kadar önemli bir başka kavram ise öğrencinin öğrenmeye olan motivasyonudur. BBYM'de, Petty ve Cacioppo (1986) tarafından önerilen Dikkat Olasılıklı Model'de tanımlanan yüzeysel işlem (Heuristic Processing) ve derin işlemin (Deep Processing) kavramsal değişimde etkili olduğunu ileri sürülmektedir.

BBYM'ye göre, düşük güdülenme yüzeysel – derin olmayan işlem düzeyi ile sonuçlanırken, yüksek düzeyde güdülenme derin işlem düzeyi ile sonuçlanır. BBYM'de motivasyon için dört bileşen tanımlanmıştır. Bu bileşenler memnuniyetsizlik (dissatisfaction), kişisel ilgi (personal relevance), sosyal bağlam (social context) ve bilişsel ihtiyaçlar (need for cognition) dır. BBYM'ye göre öğrencilerin ön kavramlarından memnuniyetsiz olmaları yeni kavramı öğrenmek için onların motivasyonunu artıran bir etkidir. BBYM'de ifade edilen ve motivasyonu etkileyen ikinci bileşen kişisel ilgilidir. Kişisel ilgiler öğrencinin konuya olan ilgisi, duyuşsal özellikleri, yeteneği, gücü ve becerisine ilişkin duyguları (self-efficacy) dır. BBYM'de motivasyonu etkileyen üçüncü bileşen ise sosyal bağlam olarak ifade edilmiştir. Sosyal bağlam öğrencilerin akranlarından etkilenmelerini tanımlar. Örneğin öğretim sırasında motivasyonu düşük bir öğrenci sınıf arkadaşının konuya olan motivasyonundan etkilenecek öğrenmeye motive olabilir. BBYM'de ifade edilen ve motivasyonu etkileyen son bileşen ise bilişsel ihtiyaçlardır. Öğrencilerin konuyu öğrenmeye bilişsel olarak ihtiyaç duyması iç motivasyonu artıran bir unsur olarak değerlendirilmiştir. BBYM'de bileşenler dışında mesajın (bilimsel kavramın) sunum biçimi de ifade edilmiştir. BBYM'de kavramsal değişim için mesajın anlaşılır (comprehensible), akla yatkın (plausible), tutarlı (coherent) ve zorlayıcı (rhetorically compelling) olması gerekmektedir. Eğer mesaj bu karakterler açısından zayıfsa öğrencinin yeni kavrama karşı düşük bir motivasyona sahip olacağı bunun sonucunda güçlü bir kavramsal değişimin gerçekleşmeyeceği ifade edilmiştir.

Pintrich vd (1993)'nin, Posner vd. (1982)'nin kavramsal değişim modeline yönelik eleştirilerinden yola çıkarak oluşturdukları bir başka model ise Gregoire (2003)'nin Kavramsal Değişim için Bilişsel Duyuşsal Model (KDBDM)' dir. BBYM'ye benzeyen bu modelde BBYM'den farklı olarak öğrencilerin kaygı ve korkularının kavramsal değişimi etkileyen birer değişken olarak tanımlandığı görülmektedir. KDBDM'ye göre öğrenciler kaygı ve korkularından dolayı mesajı (yeni bilgiyi) güçlü bir reddetme eğilimi içine girmişse BBYM'de ifade edilen mesaj karakterleri (anlaşılır, akla yatkın, tutarlı ve zorlayıcı) kavramsal değişim sürecinin tümünü temsil edemeyebilir. BBYM ve KDBDM'nin her ikisi de ön kavram yeni kavram bilişsel çatışması sürecinin yeni kavram lehine sonuçlanması için bilişsel, motivasyonel ve duyuşsal unsurların önemini vurgulamıştır.

Kavramsal öğretimde bilişsel unsurların dışındaki etkenlerin önemini vurgulayan bir başka kavramsal öğretim modeli Tyson, Venville, Harrison ve Treagust (1997) tarafından geliştirilmiştir. Bu modelin iki özelliği dikkat çekmektedir. Bunlardan birincisi kavramsal değişimi aniden değil, bir sürecin sonunda gerçekleşen bir durum olarak ele alması diğeri ise kavramsal değişimin her zaman istenilen yönde gerçekleşmeyeceğini, ön kavramın kavram yanlışlarına dönüşebileceğini ifade eder. Tyson vd. (1997) kavramsal değişim süreci içinde kavramın gerçekte olması gereken kategori yerine yanlış bir kategoriye yerleşmesi durumunun göz önünde bulundurulması gerektiğini ifade etmiştir. Öğrencinin yanlış kategoride olan kavramının doğru kategoriye getirilmesi için bilişsel unsurların yanı sıra bilginin doğasına yönelik bakış açılarının ve öğrenmeye olan motivasyonlarının önemli olduğu ifade edilmiştir.

Alsop ve Watts (1997) kavramsal değişim için bilişin (anlaşılabilirlik, akla yatkınlık ve işe yararlık), duyusun (ilgi, dikkat, akla uygunluk), gayretin (kontrol, eylem ve güven) ve benlik saygısının (imge, güven ve özerklik) önemini vurgulayan dört bileşenli bir model önermiştir. Modelde duyusal bileşenler ilgi, dikkat ve akla uygunluk olarak ifade edilmiştir. Alsop ve Watts (1985) öğrencilerin bilimsel bilgiye olan ilgisinin azalmasının öğrencileri bilimsel bilgiden uzaklaştıracağını savunmaktadır. Bu durumda bilimsel bilgi artık öğrenciler için akla uygun gelmemeye başlayacaktır. Alsop ve Watts (1997)'in modellerinin kavramsal değişimi etkileyen diğer bileşeni ise gayrettir. Gayret kontrol, eylem ve güven başlıkları ile ifade edilmiştir. Kontrol bilginin uygulanabilme düzeyi, eylem bilginin öğrencileri harekete geçirme düzeyi, öğrencinin öğrenmeye karşı anlayışı ise güven olarak ifade edilmiştir. Modelde gayret bileşeni bilişsel bir özellikten çok motivasyonel bir özellik olarak ele alınmıştır. Örneğin “Bir bilgiyi nasıl kullanabilirim? Bu bilgi eyleme geçmemi sağlayacak mı? Bu bilgi problem çözmede işime yarayacak mı?” soruları gayret ile ilgili sorulardır. Modelde üstbiliş doğrudan değinilmemiştir fakat motivasyonu tanımlamak için ifade edilen gayret üstbiliş ile benzer özellikler sergilemektedir.

Kavramsal değişim için ele alınan tüm bu modeller incelendiğinde kavramsal değişimin birçok bileşeni olduğu ve bu bileşenler arasında ilişkiler bulunduğu görülmektedir. Kavramsal değişim üzerine yapılan çalışmalar büyük ölçüde kavramsal değişimi etkileyen bileşenlerin belirlenmesi üzerinde yoğunlaşmaktadır.

Fakat bu modellerin yeni kavramın (mesajın) nasıl sunulacağı ile ilgili çok az açıklama içerdiği görülmektedir. Ayrıca kavramsal değişim modellerinde öğrencilerin yeni kavram ile ön kavram arasında bir pozisyonda mücadele etmeden önce mesajın (yeni kavramın) nasıl farkına varılacağı sorusunun da yanıtı olmadığı görülmektedir. Bir başka ifade ile kavramsal değişim ile ilgili yapılan çalışmalarda bilişsel çatışmanın ve ön kavramın yerini alması istenilen bilimsel kavramının sunumunun önemi vurgulanmış fakat öğrenciler için bilimsel bilginin nasıl uygun, işe yarar veya kullanışlı (available) olmaya başlayacağı ihmal edilmiştir.

Zhou (2010) kavramsal değişim modellerindeki bu eksikliği göz önünde bulundurarak kavramsal değişimde tartışma sürecinin (process of argumentation) önemini vurgulayan Bilim Öğretiminde Tartışma Yaklaşımı modelini geliştirmiştir. Bilim Öğretiminde Tartışma Yaklaşımı modelinin en önemli özelliği tartışma-uslamlamayı (argumentation) kavramsal değişimin önemli bir değişkeni olarak tanımlamasıdır. Zhou (2010)'da Posner vd. (1982) ile Pintrich vd. (1993) gibi kavramsal değişim sürecinde tartışma yaklaşımını Khun (1970)'un Bilimsel Devrimin Yapısı yaklaşımına atıfta bulunarak düzenlemiştir.

Zhou (2010) bilimsel gelişimde deneyin önemini vurguladıktan sonra bilim adamlarının deneyleri yalnızca sezgi ve tahminlerini doğrulamak için gerçekleştirmediğini ifade etmiştir. Zhou (2010) bilimsel gelişim sürecinde bilim adamlarının gerçekleştirdiği tartışmaların önemi vurgulamış deneylerin ise sadece hipotezleri doğrulamak için değil yapılan tartışmalardaki düşünceleri ve içgörülerini haklı çıkarmak için gerçekleştirildiğini ifade etmiştir. Bilimsel sonuçların birçoğunun bu tartışmaların sonucunda gerçekleştiğini ifade etmiştir. Bilimsel gelişim sürecinde tartışmanın önemini vurgulamak için Franck-Hertz deneyinin gerçekleşme süreci incelenebilir. Franck-Hertz deneyi 11 yıllık bir sürecin sonunda gerçekleştirilebilmiştir. Bu süreç boyunca Bohr, Franck-Hertz'in deneysel çalışmalarına, Frank-Hertz ise Bohr'un kuramsal çalışmalarına karşılık makaleler yayımlamıştır. Bu bilimsel tartışma ortamında ünlü Franck-Hertz deneyi gerçekleştirilmiştir (Zhou, 2010). Zhou (2010) bilimsel gelişim için ifade edilen bu yaklaşıma benzer şekilde kavramsal değişim sürecini ele almış ve öğrencilerin tıpkı bilim adamları gibi kavramsal değişim süreci sırasında gerçekleştirdikleri tartışmalar ile kavramsal değişim yaşadıklarını ifade etmiştir. Bu yeni kavramsal değişim yaklaşımında öğrencileri bilimsel bilgiyi takdir etmesi için zorlamak yerine ikna

etmek amaçlanmıştır. Zhou (2010) tartışma ortamının öğrencilerin öz düzenleme (self-regulation) etkinliklerini sosyal ve demokratik bir ortamda (process of social construction) gerçekleştirmelerine izin verecek şekilde düzenlenmesi gerektiğini ifade etmiştir.

Zhou (2010; s:108) tartışma yaklaşımının kavramsal değişim sürecinde kullanılmasını şu şekilde ifade etmiştir:

“Tartışmanın etkin kullanıldığı bir ortamda öğrenciler tıpkı bilim adamlarının bilimsel gelişim sürecinde yaptıkları gibi ilk önce kendi fikirlerini açığa çıkarırlar yeni fikri kabul etmeden önce yeni fikri eleştirel bir yaklaşımla ele alırlar. Tartışma sonucunda öğrenciler bilimsel kavramı ön kavramına tercih edebilir veya en azından bilimsel bilgiye bir adım daha yaklaşabilirler. Ayrıca tartışma ile öğrenciler fikirlerini savunma imkanı da elde ederler. Bu süreç öğrencilerin kendilerini saygın hissetmelerine ve sonuç olarak derse katılmak için motive olmalarına sebep olacaktır. Tartışma yaklaşımı sosyal bir süreçtir. Çünkü tartışma en az iki kişi tarafından yapılabilir. Tartışma sınıfta öğrenme görevinin doğasına uygun olarak bireysel olarak veya grup çalışması şeklinde gerçekleştirilebilir. Örneğin zor konuların öğretimi sırasında öğrenciler gruplara ayrılıp işbirliği içinde fikirlerini tartışabilirler. Kolay konularda ise öğrenciler sınıf ortamında bireysel olarak fikirlerini paylaşabilirler. Hem grup hem de bireysel olarak yürütülen tartışmalarda öğretmenin görevi bilimsel bilgiyi savunmak ve öğrencilerin öğrenmesini kolaylaştırıcı bir görev üstlenmektir.”

Zhou (2010)'un Bilim Öğretiminde Kavramsal Değişim için Tartışma Yaklaşımı problemin tanıtılması (present problem context), bilişsel çatışma yaratma (create cognitive conflict), bilimsel bilginin inşası (construct scientific notions), bilimsel bilginin savunulması (defend the scientific notion) ve değerlendirme (evaluation) aşamalarından oluşmaktadır. Her aşamada bireysel ve grup tartışmalarının etkili bir şekilde kullanılması gerektiği ifade edilmiştir.

1.6 Üstbilis ve Motivasyon Stratejileri ile Desteklenmiş Tartis ma Tabanlı Kavramsal Değişim Modelinin Kuramsal Temelleri

Bu bölümde önceki bölümlerde detayları verilen kavramsal değişim kuramlarının araştırmanın öğretim modeli olan Üstbilis ve Motivasyon Stratejileri ile Desteklenmiş Tartis ma Tabanlı Kavramsal Değişim Modeli ile olan ilişkisine yer verilmiştir.

Posner vd. (1982)'nin Kavramsal Değişim Modelinin (KDM) ilham kaynağı Kuhn (1970) 'un bilimsel devrim teorisidir. Kuhn (1970) bilim tarihi üzerine yaptığı analizde paradigmların bilimsel gerçekleri açıklamaya yetmemesine bağlı olarak oluşan aykırılıkların ortadan kaldırılabilmesi için bilim insanlarının yeni paradigmlar oluşturmaya motive olunduğunu belirtmektedir. Yeni paradigmların oluşturulması ile birlikte bilimsel devrim gerçekleşmektedir. Kuhn (1970)'nun bu teorisi eğitim psikologlarını çok etkilemiş ve kavramsal değişim teorisi üzerine yapılan tüm teoriler bu teorinin kavramsal değişim süreci için yorumlanması ile oluşturulmuştur. Benzer şekilde Posner vd. (1982) kavramsal değişim sürecini açıklamak için uyum koşullarını (conditions of accommodation) tanımlamıştır. Bu koşullar öğrencilerin eski kavramı problem çözmede tatmin edici (dissatisfaction) bulmamaları buna karşılık yeni kavramı anlaşılır (intelligibility), akla yakın (plausibility) ve verimli (fruitfulness) bulmalarındır. Posner vd. (1982) kavramsal değişimi eski kavramın keskin bir çatışma sonucunda benzeşme (assimilation) süreci olarak değil daha radikal bir değişimi ifade eden uyum sağlama süreci (accomodation) olarak ele almıştır. Posner vd. (1982)'nin kavramsal değişim modelini oluştururken yararlandıkları Khun (1970)'nun bilimsel gelişim süreci ile ilgili kuramı bilim adamlarının sürekli olarak paradigmları yargıladıkları (judgements) ve değerlendirdikleri (evaluations) mekanik bir süreç olarak ele alınmasından dolayı eleştirilmiştir. Pintrich vd. (1993) bu eleştirilerden yola çıkarak Posner vd. (1982)'nin kavramsal değişim modelini mekanik bir zihinsel süreç özelliğine vurgu yapmak için soğuk kavramsal değişim olarak değerlendirmiştir. Pintrich ve ark (1993) araştırmacıların Khun (1970)'nin bilimsel gelişim sürecine kişisel ilgiler, motivasyon ve sosyal tarihsel sürecinin de dahil edilmesi gerekliliği düşüncesinden yola çıkarak Posner vd. (1982)'nin kavramsal değişim modelinde öğrencilerin kişisel (personal) ve motivasyonel özelliklerinin de dikkate alınmasının

gerekliliğini ifade etmiştir. Kişisel ve motivasyonel özellikleri de içeren kavramsal değişim süreci bu özelliğine vurgu yapmak için sıcak kavramsal değişim olarak tanımlamışlardır.

Kavramsal değişimin bilişsel yönü kadar duyuşsal yönünün de olduğunu vurgulayan sıcak kavramsal değişimi temel alan çeşitli modeller geliştirilmiştir (Dole ve Sinatra,1998; Gregoire, 2003; Tyson vd., 1997; Alsop ve Watts, 1985). Bu çalışmaların büyük ölçüde kavramsal değişimi etkileyen bileşenlerin belirlenmesi üzerine yoğunlaştığı görülmektedir. Fakat bu modellerin yeni kavramın (mesajın) öğrencilere nasıl sunulacağı ile ilgili çok az açıklama bulunduğu görülmektedir. Ayrıca kavramsal değişim modellerinde öğrencilerin yeni kavram ile ön kavram arasında bir pozisyonda mücadele etmeden önce mesajın (yeni kavramın) nasıl farkına varılacağı sorusunu da yanıtızsız bıraktıkları görülmektedir. Zhou (2010) kavramsal değişim modellerindeki bu eksikliği göz önünde bulundurarak kavramsal değişimde tartışma sürecinin (process of argumentation) önemini vurgulayan Bilim Öğretiminde Tartışma Yaklaşımı modelini geliştirmiştir. Bilim Öğretiminde Tartışma Yaklaşımı modelinin en önemli özelliği tartışmayı (argumentation) kavramsal değişimin önemli bir değişkeni olarak tanımlamasıdır. Zhou (2010) da Posner vd. (1982) ve Pintrich vd. (1993) gibi kavramsal değişim sürecinde tartışma yaklaşımını Khun (1970)'un bilimsel devrimin yapısı yaklaşımına atıfta bulunarak düzenlemiştir. Zhou (2010) bilimsel gelişim için ifade edilen bu yaklaşıma benzer şekilde kavramsal değişim sürecini ele almış ve öğrencilerin tıpkı bilim adamları gibi kavramsal değişim süreci sırasında gerçekleştirdikleri tartışmalar ile kavramsal değişim yaşadıklarını ifade etmiştir. Zhou (2010) modelinde tartışmaya bu kadar ağırlık vermesini Pintrich vd. (1993) ve Posner vd. (1982) nin yaptığı gibi Khun'un teorisine atıfta bulunarak açıklamıştır. Zhou (2010) bilimsel gelişimde deneyin önemini vurguladıktan sonra bilim adamlarının deneyleri yalnızca sezgi ve tahminlerini doğrulamak için gerçekleştirmediklerini tartıştıkları düşüncelerinin ve iç görülerinin doğruluğunu test etmek için gerçekleştirdiklerini ifade etmiştir. Bilimsel sonuçların birçoğunun bu tartışmaların sonucunda gerçekleştiğini ifade etmiştir. Zhou (2010) kavramsal değişim yaklaşımında öğrencileri bilimsel bilgiyi taktir etmesi için zorlamak yerine ikna etmek gerektiğini ifade etmiştir. Bu yeni kavramsal değişim yaklaşımında öğrencileri bilimsel bilgiyi taktir etmesi için zorlamak yerine ikna etme amaçlamaktadır.

Araştırmacı tarafından geliştirilen Üstbiliş ve Motivasyon Stratejileri ile Desteklenmiş Tartışma Tabanlı Kavramsal Değişim Modelinin Kuramsal Temelleri Zhou (2010)'un Bilim Öğretiminde Tartışma Yaklaşımı modeli temel alınarak oluşturulmuştur. Çünkü bu model kavramsal değişim için şimdiye kadar ifade edilen kuramsal çalışmaları içermektedir. Model, Posner vd. (1982)'nin oluşturduğu uyum koşulları göz önünde bulundurularak yapılandırılmıştır. Bu kapsamda model problemin sunulması (present problem context), öğrencilerin fikirlerinin ortaya çıkarılması (elicit preconceptions), bilişsel çatışma yaratma (create cognitive conflict), bilimsel fikrin inşası (construct scientific notions), bilimsel fikrin savunulması (defend scientific notion) ve değerlendirme (evaluation) basamaklarını içermektedir. Ayrıca modelde Pintrich vd. (1993)'nin ifade ettiği ve daha sonraki araştırmalar tarafından da desteklenen duyuşsal bileşenlerin önemi de vurgulanmaktadır. Zhou (2010) öğrencilerin sınıf ortamında gerçekleştirdiği tartışmaların kavramsal değişim için önemli bir değişken olduğunu ifade etmiştir. Zhou (2010) kavramsal değişimi etkileyen tüm bu bilişsel ve duyuşsal değişkenleri tartışmanın (argumentation) sınıf ortamında etkili kullanımı ile harekete geçirilebileceğini ifade etmektedir. Bu modelde kavramsal değişim süresince yapılan tartışmaların öğrencilerin fikirlerini açığa çıkarma ve savunma imkanı bulmalarına yardımcı olacağı ifade edilmiş ve bu tür bir öğrenme ortamının öğrencilerin kendilerine saygı duymalarına ve öğrenme sürecine daha aktif katılmak için motive olmalarına yardımcı olacağını ifade etmiştir. Ayrıca tartışmanın öğrencilerin bilişsel farkındalıklarını ve düşünmenin motivasyonel karakterini aktif tutacağını belirtmiştir. Zhou (2010) kuramında tartışma yönteminin üstbilişsel yetenekleri uygulama ve üstbilişsel bilgiyi öğrenme becerisini artıran bir süreç olarak da ele almaktadır.

Araştırmacı tarafından kavramsal değişim sırasında tartışmanın etkin kullanımının öğrencilerin motivasyon ve üstbilişlerine katkı sağlayacağı göz önünde bulundurularak araştırmanın her basamağında öğrencilerin de bilim adamları gibi fikirlerini ifade edebilmeleri, savunabilmeleri ve paylaşabilmeleri için tasarlanan öğretim modelinin her basamağında tartışmaya ağırlık verilmiştir. Fakat araştırmada kullanılan öğretim modeli ile Zhou (2010)'nun öğretim modeli arasında farklılıklar vardır. Kavramsal değişim kuramları Khun (1970)'un bilimsel devrim süreci göz önünde bulundurularak oluşturulmuştur. Khun (1970)'un ifade ettiği bilimsel devrim

süreci yerine kavramsal değişim süreci, bilim adamı yerine ise öğrenciler arasında benzetim kurulmuştur. Bilim tarihinde bilim adamlarının bilimsel çalışmaları oluşturma süreçleri düşünöldüğünde bilim adamlarının bilişsel süreçlerini izleyebildikleri, problemleri aşabilmek için plan yapabildikleri ve bilişsel süreçlerini değerlendirme becerilerinin gelişmiş olduğu görölmektedir. Fakat bu benzetimlerde göz ardı edilen nokta öğrencilerin bütöünün bilim adamlarının duyuşsal düzeyinde sahip olamayacağıdır. Öğrencilerin hepsinin bilim adamları gibi üstbiliş becerilere sahip oldukları ve öğrenmeye karşı motive oldukları düşünölemez. Bu durumda öğrenciler öğretim sırasında bilimsel devrim sürecinde bilim adamlarının yaptığı ölçüde nitelikli bir tartışma ortamı oluşturamayabilirler. Bu nedenle araştırmanın öğretim modeline tartışmanın öğrencilerin motivasyonu ve üstbilişini artıracığı kabul edilmesine rağmen öğrencilerin tartışmalara daha etkin katılımını sağlamak için öğrencilerin üstbiliş becerilerini geliştirecek ve motivasyonlarını artıracak bir yapılandırmaya gidilmiştir. Motivasyon ve üstbilişin ortak bileşenleri öz-yeterlilik ve öz-düzenlemedir. Bu nedenle öğretim modelinde öğrencilerin motivasyon düzeylerini artırmak ve üstbiliş becerilerini geliştirmek için öz-düzenleme becerilerini ve öz-yeterlilik düzeylerini artıracak öğrenme görevlerine yer verilmiştir. Öğretim sırasında öğrencilerin öğrendikleri bilgileri başka bir öğrenme görevine transfer etmelerini sağlayacak durumlar oluşturulmuştur. Ayrıca öğretim sırasında öğrencilerin bir öğretim görevinin üstesinden gelmeleri için çaba harcamaları, öğrenme güçlüğü çektikleri noktaları fark etmeleri ve öğrenme sırasında karşılarına çıkan güçlüklerin üstesinden gelmelerini sağlayacak faaliyetler organize edilmiştir. Bu şekilde öğrencilerin öz-düzenleme becerileri geliştirilmeye çalışılmıştır. Ayrıca öğrenme görevleri öğrencilerin ustalık ve yetkinlikle üstesinden gelebilecekleri güçlükte düzenlenmiştir. Öğrencilerin öğretim sırasında bilimsel bilgiyi kullanarak problemlerin üstesinden gelmeleri öz-yeterlilik düzeylerini artırmaktadır (Banet ve Nunez, 1997; Nussbaum ve Novicik, 1982). Buna ek olarak öğrencilerin öz-yeterlilik düzeylerini artırmak için öğrenme görevleri öğrencilerin bilişsel güçlüklerini birbirleri ile paylaşabilecekleri şekilde organize edilmiştir. Bu paylaşımlar ile öğrencilerin öğrenme çabası sırasında yaşamış oldukları öğrenme güçlüklerini yalnızca kendilerinin yaşamadığını fark etmeleri sağlanarak öğrenme sırasında yaşayacakları güçlükler karşısında öz-yeterlilik düzeylerinin olumsuz etkilenmesi önlenmeye çalışılmıştır (Paris ve Winograd, 1990).

Öğretim modelinde öğrenme görevleri öğrencilerin üstbiliş becerilerini geliştirebilmeleri ve derse olan motivasyonlarını artırabilmeleri için tartışma, akran öğretimi (Backer, Keer ve Valcke, 2012), işbirlikçi öğrenme grupları (Jayapraba, 2013; Kayashima, Inaba ve Mizoguchi, 2004; Alexandrov ve Velarde, 2007) grupla problem çözümü (Chalmers, 2009) çerçevesinde organize edilmiştir. Ayrıca öğrencilerin öğretim sırasında üstbiliş becerileri kullanmalarını sağlamak için ise grup rollerine (Chalmers, 2009), üstbiliş yönlendirmeli sorulara, eleştirel düşünme (Facione, 1990), sesli özetleme ve öğrenci günlükleri (Schmitz ve Perels, 2011) etkinliklerine yer verilmiştir. Bu etkinlikler vasıtasıyla öğrencilerin öğrenme görevlerini yerine getirirken kendi bilişsel performanslarının farkında olmaları, düzenli aralıklarla bilişsel süreçlerini kontrol etmeleri, başarı ve başarısızlıklarını fark etmeleri, karşılaştığı problemlerin üstesinden gelmek için strateji seçimi yapabilmeleri, öğrenme süreci sonunda ortaya koyduğu ürünü değerlendirmeleri sağlanmaya çalışılmıştır.

Öğretim modelinin motivasyon yapılandırılması oluşturulurken öğrenme üzerinde dış motivasyona göre daha etkili olduğu bilinen iç motivasyon göz önünde bulundurulmuştur. Öğretimin öğrencilerin iç motivasyonunu artıracak biçimde olmasına özen gösterilmiştir. Öğretim görevlerinin öğrencilerin ilgisini çekebilecek ve hoşlarına gidebileceği düşünülen düşünce deneyleri ve problemler şeklinde düzenlenmiştir (Deci ve ark, 2001). Ayrıca öğretim modelinde kullanılan düşünce deneyleri ve problemler öğrencilerin durumsal ilgisini (Hidi, 1990; Flowerday ve ark, 2004) çekebilmesi için başta çelişkili gibi görünen durumlardan seçilmiş ve animasyon ve simülasyonlarla desteklenmiştir (Flowerday ve ark, 2004). Öğrencilerin iç motivasyonunu artırmak için yapılan bir başka düzenleme ise öğretimin görevinin öğrencinin merak duygusunu harekete geçirebilecek nitelikte olmasına dikkat edilmiş olmasıdır (Banet ve Nunez, 1997; Nussbaum ve Novick, 1982). Bu öğrenme görevlerinin ilk başta tutarsız gibi görünmesi daha sonra bilimsel bilgi ile anlaşılır hale gelmesi öğrencilerin merak duygusunu harekete geçirebilecek niteliktedir.

Öğretim modelinin motivasyon yapılandırılması öğrenme görevlerinin niteliğinin iç motivasyonu artırıcı nitelikte olması ile sınırlandırılmamıştır. Öğretim modelinin uygulanması planlanırken öğrenme ortamının monotonluktan uzak tutulmasına dikkat edilmiştir. Öğrenme görevleri farklı öğretim yöntem ve teknikleri

çerçevesinde organize edilmiştir (Palmer, 2005). Öğretimin önemli bir bölümünü grup çalışmaları oluşturmuştur. Öğretim gruplarının oluşturulmasında grupların heterojen yapısını bozmayacak ölçüde öğrencilerin grup arkadaşlarını belirlemesine izin verilmiş ve gruplar oluşturulurken öğrencilerin birbiri ile iletişim durumları göz önünde bulundurulmuştur (Palmer, 2005). Grup çalışmaları sırasında ise grup atmosferi öğrencilerin öğrenmeye olan motivasyonlarını sınırlandırmaması için sınıf arkadaşlarının başarısına odaklanmayacakları şekilde organize edilmiştir (Anderman ve Maehr, 1994; Pintrich, 2000). Grup çalışmaları ile öğrencilerin birbirinin öğretimine katkı sağladıkları bir ortam oluşturulmuştur. Öğretim modelinde başarılı sonuçlar elde eden veya iyi performans sergileyen gruplara karşılaştırma içermeyecek biçimde geri bildirimde bulunulmuş ve simgesel ödüller verilmiştir.

1.7 Kavramsal Değişim Kuramları Açısından Modern Fizik Öğretiminin Değerlendirilmesi

Modern fizik öğretimini kavramsal değişim kuramları açısından değerlendirebilmek için öncelikli olarak modern fiziğin doğuşu sürecini incelemek gerekir. Bu nedenle bu bölümde ilk olarak modern fiziğin doğuşu süreci kavramsal değişim kuramcılarının esin kaynağı olduğu için Khun (1970) bilimsel gelişim süreci açısından incelenmiş daha sonra ise öğrencilerin klasik fizik kavramlarından modern fizik kavramlarına geçişin nasıl olması gerektiği kavramsal değişim kuramları açısından değerlendirilmiştir.

1.7.1 Bilimsel Devrim Teorisine Göre Klasik Fizikten Modern Fiziğe Geçişte Bilim Adamlarının Rolü

19. Yüzyılın sonunda, doğanın fiziksel yapısının bütünü ile çözümlendiği düşünülüyordu. Newton'un hareket yasaları ve evrensel çekim kuramı, Maxwell'in elektrik ve manyetizmayı birleştiren kuramsal çalışması, termodinamik yasaları ve kinetik kuram birçok olayı açıklayabiliyordu. Bununla birlikte 20. Yüzyıla gelindiğinde büyük bir devrim fizik dünyasını sarstı. Planck 1900'de kuantum kuramını geliştiren temel düşünceleri oluşturdu. Einstein ise 1905'te özel görelilik

kuramını formüle etti. Bu kuramlar birkaç on yıl içinde atom fiziğinde, çekirdek fiziğinde ve yoğun madde fiziğinde yeni gelişmelere ve yeni kuramlara esin kaynağı oldu. Bu iki kuramın ışığında birçok kuram oluşturuldu ve fizik alanında bilimsel çalışmaların hız kazandığı bir döneme girildi. Einstein o günlerin heyecanını “Yaşamak için olağanüstü bir zamandı” sözleri ile açıklamıştır (Serway, 2003).

Modern fiziğin doğduğu 1900 yıllar Khun (1970)’un bilimsel gelişim süreci çerçevesinde değerlendirilirse ışık hızına yakın hızlarda ve atomik boyutlarda klasik fizik paradigmaları ile açıklanamayan olayların Planck ve Einstein’da ve onların kuramına öncülük eden bilim adamlarında aykırılığa neden olduğu söylenebilir. Buna bağlı olarak klasik fizik paradigmalarından tatmin olmayan bu bilim adamları kendilerine daha fazla bilimsel problemin çözümünü sağlayacak ve daha doğru tahminler yaptıracak modern fizik paradigmalarının oluşmasına öncülük eden ilk fikirleri ortaya atmıştır. Bu kuramlarla birlikte yoğun bilimsel tartışmaların yaşandığı bir dönem başlamıştır. Bilim adamları yapılan tartışmalardaki düşüncelerini ve içgörülerini haklı çıkarmak için Plank ve Einstein’in oluşturduğu yaklaşımlar üzerinden klasik fizikle açıklanamayan olayları açıklamaya başlamıştır. Rutherford 1910 yılında yaptığı deneylerle atomun pozitif yüklerinin belirli bir bölgede toplandığını, elektronların ise bu bölgenin çevresinde dolaştığını bulmuştur. Heisenberg belirsizlik ilkesi ile fiziksel olayların klasik fiziğin ifade ettiği gibi determinist ve kesin sonuçları yerine olasılık ve belirsizlik içeren sonuçları ortaya konulmuştur. Schrödinger, atomik parçacıkların klasik fiziğin ifade ettiği gibi tanecik yerine dalga şeklinde olduğunu ifade eden Schrödinger Dalga fonksiyonunu oluşturmuştur. de Broglie atomik parçacıkların tanecik ve dalga özelliklerini birleştiren de Broglie hipotezini oluşturmuştur. Daha sonra atomik parçacıkların hem dalga hem de tanecik özelliği sergiliyor olmaları Kopenhag, paralel evreler teorisi gibi farklı yorumların oluşmasına neden olmuştur (Özdemir ve Erol, 2008). 1900’lü yılların ortasına kadar bilimsel tartışmalarla gelişilen bu dönem teorilerin deneylerle desteklenmesi ile kabul görmüş ve günümüz fizik çalışmalarına yön vermiştir. Modern fiziğin doğuşu bilimsel devrim teorisi açısından incelendiğinde bilim adamlarının modern fizik ile birlikte kendilerine daha fazla problem çözdüren yeni bir paradigma oluşturdukları söylenebilir. Modern fiziğin gelişimi ile birlikte bilim adamları kendileri için stres oluşturan klasik fizik kuramlarından uzaklaşmış ve

modern fizik kuramları ile karşılaştıkları sorunları sürekli olarak çözmeye başladıkları sakin üretken bir döneme geçmiştir.

1.7.2 Kavramsal Değişim Teorisine Göre Klasik Fizik Kavramlarından Modern Fizik Kavramlarına Geçişte Öğrencilerin Rolü

Kavramsal değişim kuramcılarının bilimsel devrim teorisindeki süreci kavramsal değişim süreci açısından ele aldıkları (Pintrich vd., 1993; Posner vd., 1982) belirtilmişti. Bu yaklaşımı göz önünde bulundurarak kavramsal değişim süreci değerlendirilirse öğrencilerin modern fizik kavramlarını öğrenmeleri sırasında ilk olarak problem durumunu fark etmeleri ve bu problemi ön kavramları ile açıklayamadıkları durumlarla karşı karşıya kalmaları gerekmektedir. Modern fiziğin olduğu dönemlerde bilim adamlarının yaşadığı bu aykırılık bilim adamlarını tartışmalı ve birbirlerinin ortaya koyduğu yaklaşımlara göre şekillenen bir bilişsel süreç içine girmelerine neden olmuştur. Benzer şekilde öğrencilerin de ön kavramlarının problem durumunu açıklayamaması gibi durumlarda, görüşlerini ifade ettikleri, sınıf arkadaşlarının görüşlerini dinledikleri tartışmalı bir öğretim ortamının içinde olmaları gerekir. Modern fiziğin doğuşu süreci bilim adamları açısından motivasyonu yüksek ve üstbiliş becerilerinin etkin olduğu bir süreç olarak ele alınabilir. Bilişsel çatışmanın sonucunda modern fiziğin işe yararlığının anlaşılması ile birlikte birçok bilim adamı klasik fizikle açıklanamayan olayları modern fizikle açıklayarak kuramı geliştirmiştir. Bu süreç bilim adamları için motivasyonu yüksek ve üstbiliş becerilerin etkin olduğu bir süreçtir. Modern fizik kavramlarının öğretiminde de öğrencilerin ön kavramları ile açıklayamadıkları olayları modern fizik kavramları ile açıklayabildiklerini görmeleri gerekmektedir. Kavramsal değişim sürecinin başarılı olabilmesi için ise öğrencilerin de bilim adamları gibi motivasyonu yüksek, bilişsel süreçlerini aktif olarak kullanabildikleri bir öğrenme ortamı içine çekilmeleri gerekmektedir.

1.8 Araştırmanın Amacı

Bu araştırmada Üstbilis ve Motivasyon Stratejilerini ile Desteklenmiş Tartışma Tabanlı Kavramsal Değişim Modelinin 10.sınıf öğrencilerinin modern fizik ünitesi özel görelilik kuramı konusu ile ilgili kavramsal değişimlerine, üstbilis ve motivasyon düzeylerine etkisini belirlemek amaçlanmıştır.

Araştırmada öğretim modelinin özel görelilik kuramı konusuna uyarlanmasında kuramın öğretiminin güç olması, öğrenciler modern fizikle ilk kez bu konu ile karşılaşmaları ve kuramın öğretimi için alan yazında çok fazla araştırmaya rastlanamaması etkili olmuştur.

Özel görelilik kuramının öğretimi sırasında sınıf ortamında deney yapma ve günlük hayatta tecrübe etme imkanı yoktur. Ortaya koyduğu sonuçlar soyuttur. Bu özelliklerinden dolayı özel görelilik kuramını kavramlarının öğretimi zordur (Christian ve Dancy, 2004). Özel görelilik kuramının öğretiminin zor olmasının yanı sıra kuram ortaöğretim programına yeni eklenmiştir. Bu durum özel görelilik kuramının öğretimin güç olmasına ek olarak ortaöğretim öğretmenlerinin kuramın öğretimine yabancı olmasına sebep olmaktadır. Bu araştırma ile ortaöğretim fizik öğretmenleri için geliştirilen öğretim modelinin rehber, öğretim materyallerinin ise kaynak özelliği teşkil etmesi amaçlanmıştır. Özel görelilik kuramı ortaöğretim programı modern fizik ünitesinin ilk konusudur ve Ortaöğretim 10. Sınıf programında yer almaktadır. Öğrenciler klasik fizikten farklı bir fizikle ilk kez bu kuram ile karşı karşıya kalmaktadırlar. Bu özellik özel görelilik kuramını öğrencilerin klasik fizik kavramlarından modern fizik kavramlarına geçişte kritik bir noktaya taşımaktadır. Bu nedenle araştırmacı öğretim modelinin kavramsal değişime olan etkisini ilk kez modern fizik kavramları ile karşılaşan öğrencilerin klasik fizik kavramlarından modern fizik kavramlarına geçiş imkanı vermesi açısından özel görelilik kuramının öğretimine uygulamak istemiştir. Kavramsal değişim süreci bilimsel gelişim süreci üzerine oluşturulan kuramlardan yola çıkarak oluşturulmuştur. Bilimsel gelişim sürecinde Einstein'in özel görelilik kuramı kilit bir rol oynamaktadır. Öğrencilerin klasik fizikten modern fiziğe geçişinde de özel görelilik kuramının kilit bir rol oynayacağı düşünülmüştür. Özel görelilik kuramı fiziğin çığır açan kuramlarından biri olmasına rağmen ortaöğretim düzeyinde çok fazla araştırmaya rastlanamamıştır. Bu nedenle araştırmanın bir diğer amacı ise alan

yazındaki bu boşluğu doldurmaktır (Scherr, Shaffer ve Vokos, 2001; McDermott ve Redish, 1999; Özcan, 2009; Selçuk (2011).

1.9 Araştırmanın Problem Cümlesi

Üstbilis ve Motivasyon Stratejilerini ile Desteklenmiş Bilgisayar Destekli ve Tartışma Tabanlı Kavramsal Değişim Modelinin 10.sınıf öğrencilerinin kavramsal değişimine, üstbilis ve motivasyon düzeylerine etkisi nedir?

Araştırma problemlini yanıtlayabilmek için aşağıdaki araştırma sorularına yanıt aranmıştır.

- 1) Özel görelilik kuramı kavramları ile ilgili ön kavramları nelerdir?
- 2) Araştırmanın öğretim modeli öğrencilerin ön kavramlarını bilimsel kavramlara dönüştürmede etkili midir?
- 3) Araştırmanın öğretim modeli öğrencilerin üstbilis düzeylerini artırmada etkili midir?
- 4) Araştırmanın öğretim modeli öğrencilerin fizik dersine olan motivasyon düzeylerini artırmada etkili midir?

1.10 Sayıtlar

1) Araştırmaya katılan öğrencilerin ölçme araçlarına verdikleri yanıtlar onların gerçek görüşlerini yansıtmaktadır.

2) Tanı testi ve ölçeklerin uygulanma koşulları öğrenciler arasındaki etkileşimleri önleyecek şekilde ve genel sınav kurallarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

1.11 Sınırlılıklar

1) Bu araştırma ortaöğretim 10. Sınıf Fizik dersi Modern Fizik Ünitesi Özel Görelilik Kuramı konusu ile sınırlıdır.

2) Bu araştırma Manisa ilinde bulunan bir Anadolu Öğretmen Lisesinde öğrenim görmekte olan 51 öğrenci ile sınırlıdır.

3) Araştırmada ortaya çıkan bulgular araştırmaya katılan öğrencilerin ölçeklere ve görüşmelere verdikleri yanıtlarla sınırlıdır.

4) Araştırmada uygulanan öğretim yönteminin niteliği araştırmacının bilgi, yetenek ve tecrübesi ile sınırlıdır.

5) Öğretim sırasında kullanılan araç ve gereçler öğretimin yapıldığı okulun imkanları ile sınırlıdır.

Araştırmanın giriş bölümünde öğretim modelinin kuramsal temellerine, araştırmanın amacına ve problem cümlesine yer verilmiştir. Bir sonraki bölümde ise araştırmanın ilgili olduğu kavramsal değişim, motivasyon ve üstbilis ile ilgili uygulamalı araştırmalar ile öğretimin yapıldığı özel görelilik kuramı konusu ile ilgili araştırmalara yer verilmiştir.

2. İLGİLİ YAYIN VE ARAŞTIRMALAR

Bu bölümde giriş bölümünde kuramsal temelleri ifade edilen öğretim modeli ile ilgili fen ve matematik eğitimi alanlarında yapılan kavramsal değişim, üstbilgi, motivasyon ve özel görelilik kuramı hakkında diğer araştırmacılara ait uygulamalı öğretim çalışmalarına yer verilmiştir.

2.1 Kavramsal Değişim, Üstbilgi ve Motivasyon ile İlgili Araştırmalar

Araştırmanın giriş bölümünde kavramsal değişim ile ilgili araştırmaların büyük ölçüde kavramsal değişimi etkileyen bileşenlerin belirlenmesi ve modellenmesi üzerine kuramsal çalışmalar olduğu belirtilmiştir. Bu modellerde kavramsal değişimi etkileyen üstbilgi ve motivasyon değişkenlerinin nasıl harekete geçirileceği ve modelin öğretim ortamına nasıl yansıtılacağı sorularının yanıtız bırakıldığı ifade edilmiştir (Zhou, 2010). Bu bölümde ise kavramsal değişim, üstbilgi ve motivasyon kavramları ile ilgili yayınlanmış kuramsal çalışmalara göre az sayıda bulunan uygulamalı çalışmalara yer verilmiştir. Çalışmalar incelendiğinde bu çalışmaların büyük ölçüde yapılandırmacı öğretime uygun yöntem ve tekniklerin kavramsal değişime, üstbilgi ve motivasyona etkisini araştıran çalışmalar olduğu görülmüştür. Bu çalışmada ise genel olarak giriş bölümünde ifade edilen kuramsal tartışmalardan bağımsız olarak yapılandırmacı öğretime uygun yöntem ve tekniklerin kavramsal değişim, motivasyon ve üstbilgiye olumlu katkıları olduğunun ifade edildiği görülmüştür.

2.1.1 Kavramsal Değişim ile ilgili Araştırmalar

Alan yazında yer alan bilim eğitiminde kavramsal değişim ile ilgili araştırmalar incelendiğinde araştırmaların yapılandırmacı öğretim yöntem ve tekniklerinin geleneksel öğretime göre kavramsal değişim üzerine etkilerini belirlemeyi amaçlayan çalışmalar olduğu görülmektedir. Aşağıda bu araştırmalara ve bu araştırmaların sonuçlarına yer verilmiştir.

Yıldız (2008) 5E modelinin kullanıldığı kavramsal değişime dayalı öğretimin, öğrencilerin üstbilişlerine, üst biliş yönelimli sınıf çevresine yönelik tutumlarına, kavramsal anlamalarına ve öğrenme yaklaşımlarına etkisini araştırmıştır. Araştırmada ön test son test kontrol gruplu yarı deneysel desen kullanılmıştır. Deneysel gruba olarak belirlenen gruba üstbiliş stratejileri ile zenginleştirilmiş 5E modeli uygulanmıştır. Kontrol grubuna ise geleneksel öğretim uygulanmıştır. Deneysel grubunda öğretime başlamadan önce öğrencilere üstbiliş eğitimi yapılmıştır. Araştırmanın öğretim modeli 5E modelinin dikkat çekme, keşfetme, açıklama, derinleştirme, değerlendirme basamaklarına öğrencilerin bilişsel süreçlerini izleyebilecekleri, değerlendirebilecekleri ve planlayabilecekleri üstbilişsel yönlendirmeler eklenmesi ile oluşturulmuştur. Üstbiliş stratejileri ile desteklenmiş 5E modeli çalışma yaprakları, yalanlayıcı metinler, günlük ve poster çalışmaları ile uygulanmıştır. Araştırmada veriler Üstbiliş Yönelimli Sınıf Çevresi Ölçeği, Üstbiliş, Derinlemesine Öğrenme Yaklaşımı Ölçeği, Yüzeysel Öğrenme Yaklaşımı Ölçeği, Üstbiliş Dökümanı ve Kuvvet ve Hareket Kavram Testi ile toplanmıştır. Araştırmanın örneklemini 7. Sınıftaki 52 öğrenci oluşturmuştur. Öğretim sonucunda 5E modelinin kullanıldığı kavramsal değişime dayalı öğretimin, geleneksel öğretime göre öğrencilerin kuvvet ve hareket ünitesi ile ilgili kavram yanlışlarının giderilmesinde etkili olduğu ancak öğrencilerin bazı durumlarda öğretimden önce sahip oldukları yanlış kavramları bazı durumlarda ise bilimsel kavramları kullandıkları görülmüştür. Bu durum araştırmacı tarafından kavramsal değişimin gerçekleşmesi için öğrencilerin bireysel yapılarının dikkate alınması gerektiği şeklinde yorumlanmıştır (Dikici, Türker ve Özdemir, 2010; Feyzioğlu ve Ergin ve Kocakulah, 2012). Ayrıca araştırmada 5E modelinin kullanıldığı kavramsal değişime dayalı öğretimin öğrencilerin biliş bilgisi düzeylerinde artışa neden olmasına rağmen, biliş düzenlenmesi düzeyinde artışa neden olmadığı ifade edilmiştir. Araştırma boyunca görüşme yapılan öğrencilerin ise üstbiliş kategorilerini farklı düzeylerde yansıttığı görülmüştür. Üstbiliş stratejilerinin kullanıldığı bir öğretim gerçekleştirilmesine rağmen üstbiliş gelişiminin öğrenciye özgü olduğu ifade edilmiştir. Bu durum aynı sınıfta yapılan öğretime rağmen, öğrencilerin sahip olduğu bireysel farklılıkların, üst bilişlerindeki değişimin farklılaşmasına neden olduğu şeklinde yorumlanmıştır (Feyzioğlu ve Engin, 2012; Yörük, 2005; Case, Gunstone ve Lewis, 2001). Bununla birlikte geleneksel öğretimin öğrencilerin hem bilişin bilgisi, hem de bilişin düzenlenmesi düzeylerine katkısı olmadığı ifade edilmiştir.

Araştırmanın diğer sonuçları ise üstbiliş yönelimi ve öğrenme düzeyleri ile ilgilidir. Araştırma sonucunda öğrencilerin 5E modelinin kullanıldığı kavramsal değişim modelini geleneksel öğretime göre daha fazla üstbilişe yönelimli bulduğu görülmüştür. Araştırmanın bir başka sonucu ise 5 E modelinin kullanıldığı kavramsal değişime dayalı öğretimin öğrencilerin derinlemesine öğrenme düzeylerinde geleneksel öğretime göre daha fazla artış sağladığıdır.

Sackes (2010) üstbiliş, motivasyon ve kavramsal değişim arasındaki etkileşimi belirlemek için bir araştırma gerçekleştirmiştir. Araştırmada ön test son test kontrol grupsuz yarı deneysel desen kullanılmıştır. Araştırmanın örneklemini 52 okul öncesi öğretim öğrencisi oluşturmuştur. Araştırmada öğrencilere ayın evreleri konusu ile ilgili bilgisayar destekli ve sorgulama tabanlı bir öğretim gerçekleştirilmiştir. Araştırmada öğretim modeli McDermott (1996)'un soruşturma tabanlı fizik yaklaşımına *Starry Night Backyard* software programının eklenmesi ile oluşturulmuştur. Araştırmada veri toplama aracı olarak görüşme ve öz-raporlama kullanılmıştır. Ayrıca öğrencilerin motivasyon düzeylerini belirlemek için motivasyon ölçeği kullanılmıştır. Araştırma sonucunda bilgisayar destekli kavramsal değişim öğretiminin öğrencilerin ayın evrelerini öğrenmelerini kolaylaştırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Araştırmanın bir diğer sonucu ise öğretimde kullanılan motivasyon stratejilerinin öğrencilerin bilişsel ve üstbilişsel strateji kullanımına olumlu etki ettiği şeklindedir. Araştırmada motivasyonun bilişsel ve üstbilişsel stratejilerle ilişkili olmasına bağlı olarak kavramsal değişimle de ilişkili olduğu vurgulanmıştır. Son olarak araştırmada üstbilişsel farkındalığın kavramsal değişimde etkili olduğu kadar kavramların kalıcılığında da etkili olduğu vurgulanmıştır.

Kural (2008) yapılandırmacı yaklaşım temel alınarak tasarlanmış öğretimin öğrencilerin ışığın yapısı ile ilgili kavramsal değişimlerine etkilerini araştırmıştır. Araştırmada ön test son test kontrol gruplu yarı deneysel desen kullanılmıştır. Deneysel gruba olarak belirlenen gruba yapılandırmacı yaklaşıma uygun olarak tasarlanmış öğretim uygulanırken kontrol grubuna geleneksel öğretim uygulanmıştır. Deneysel gruba Cosgrove ve Osborne (1982) tarafından geliştirilmiş Üretken Öğretim Modeli (Generative Learning Model of Teaching) uygulanmıştır. Bu modelde öğretim başlangıç fazı, odaklanma fazı, cesaretlendirilme fazı ve uygulama fazından oluşmaktadır. Araştırmanın öğretiminde bu basamaklar işbirlikli çalışma grupları ve deneysel çalışmalarla desteklenerek sosyal yapılandırmacı kurama uygun bir öğretim

tasarlanmıştır. Araştırmada veriler kavramsal anlama testi ve yarı-yapılandırılmış görüşmelerle toplanmıştır. Araştırmanın örneklemini 41 11. Sınıf öğrencisi oluşturmuştur. Araştırma bulgularına göre sosyal yapılandırmacı kurama dayalı öğretimin geleneksel öğretime göre öğrencilerin ışığın dalga modeli ile ilgili kavramsal anlamalarına daha fazla katkı sağladığı sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca araştırmada neden sonuç ilişkisi kurma, bilgiyi transfer etme ve bilgiyi yapılandırmada sosyal yapılandırmacı yaklaşıma dayalı öğretimin geleneksel öğretime göre daha etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Berber ve Sarı (2010) kavramsal değişim ile duyuşsal özellikler arasındaki etkileşimi araştırmıştır. Araştırmada ön test son test kontrol gruplu yarı deneysel desen kullanılmıştır. Araştırmada deney grubu olarak belirlenen gruba kavramsal değişim metinleri ve bilgisayar destekli analogik modellerle desteklenmiş bir öğretim uygulanırken kontrol grubuna geleneksel öğretim uygulanmıştır. Araştırmada veriler fizikle ilgili seçilmiş duyuşsal karakteristikler ölçeği (Abak, Eryılmaz ve Fakıoğlu, 2002) ile toplanmıştır. Araştırmanın örneklemini 105, 10. Sınıfta öğrenim gören 105 öğrenci oluşturmuştur. Araştırmanın kontrol grubunda sunum, soru-yanıt, problem çözme tekniklerini içeren geleneksel öğretim teknikleri uygulanmıştır. Deney grubunda yer alan alt gruplardan birinde kavram değiştirme metinleri, diğerinde pedagojik analogik modeller diğerinde ise kavram değiştirme metinleri ile birlikte pedagojik-analogik modeller uygulanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre deney gruplarındaki öğrencilerin kontrol grubundaki öğrencilere göre, fizik dersine olan ilgi ve tutum düzeylerinin daha fazla arttığı görülmüştür. Fakat diğer duyuşsal özelliklerde (önem, kaygı, motivasyon, öz yeterlilik algısı, fizik öz kavramı) iki grup arasında anlamlı bir farklılığa rastlanamamıştır.

Başer ve Çataloğlu (2005) kavram değişimine dayalı bir öğretimin kavramsal öğrenmeye ve fen bilgisine karşı tutum üzerine etkilerini araştırmıştır. Araştırmada ön test son test kontrol gruplu yarı deneysel desen kullanılmıştır. Deney grubu öğrencilerine laboratuvar eğitiminin yanı sıra kavram değişim yöntemi uygulanmıştır. Kontrol grubuna ise yalnızca laboratuvar eğitimi yapılmıştır. Araştırmanın verileri ısı sıcaklık kavramsal anlama testi ve fen bilgisi dersine karış tutum ölçeği ile toplanmıştır. Araştırmanın örneklemini 74 fen bilgisi 7. sınıf öğrencisi oluşturmuştur. Araştırmanın kontrol grubuna düz anlatım ve tartışma yöntemleri uygulanırken deney grubuna ön kavramlarının ortaya çıkarılması ve

öğretimin bu ön kavramlar üzerine kurgulanmasına dayalı bir öğretim uygulanmıştır. Bu öğretim ile öğrencilerin bilişsel çatışma yaşayarak kavramlarını değiştirmeleri amaçlanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre kavramsal değişime dayalı öğretimin geleneksel öğretime göre öğrencilerin kavramsal anlama düzeyleri ve fen bilgisi dersine karşı tutumlarının daha fazla arttırdığı görülmüştür.

Gök (2012) akran öğretiminin üniversite öğrencilerinin elektrik ve manyetizma kavramları ile ilgili kavramsal öğrenmelerine etkilerini araştırmıştır. Araştırmada ön test son test kontrol gruplu yarı deneysel desen kullanılmıştır. Araştırmada deney grubu olarak belirlenen gruplarda akran öğretimi uygulanırken kontrol grubuna geleneksel öğretim uygulanmıştır. Araştırmanın verileri Elektrik ve Manyetizma Kavramsal Anketi, Colorado Bilim Öğrenme Tutum Ölçeği ile toplanmıştır. Akran öğretimi yapılan gruplarda öğrencilerin fikirlerini sesli olarak tartışmaları ve birlikte çalışmaları sağlanmıştır. Araştırmanın örneklemini üniversitede öğrenim gören 138 öğrenci oluşturmuştur. Araştırma sonuçlarına göre akran öğretiminin geleneksel öğretime göre öğrencilerin kavramsal öğrenmelerinde daha etkili olduğu ve öğrencilerin istenilen yönde kavramsal değişim gerçekleştirmesine daha fazla katkı sağladığı görülmüştür.

Kapartzianis (2012) kavramsal değişim modelini temel alan aktivitelerin basit elektrik devrelerinin öğretiminde etkilerini araştırmıştır. Karma araştırma metodunun kullanıldığı araştırmanın nicel bölümünde kontrol grupsuz ön test son test araştırma deseni kullanılmıştır. Araştırmanın verileri Elektrik Devreleri Kavram Testi ve yarı yapılandırılmış görüşmeler ile toplanmıştır. Araştırmanın örneklemini 10 ve 11. sınıftan öğrenim gören 73 öğrenci oluşturmuştur. Araştırmada uygulanan kavramsal değişim öğretim modeli öğrencilerin ön kavramlarının açığa çıkarılması, tartışılması, değerlendirilmesi, bilişsel çatışma yaratılması ve kavramların yeniden yapılandırılması için öğrencilerin cesaretlendirilmesi ve öğrencilere rehberlik edilmesi, gerçek deney ve simülasyon kombinasyonları (Nussbaum ve Novick, 1982) basamaklarından oluşmaktadır. Araştırma sonuçlarına göre uygulanan kavramsal değişim öğretim modelinin öğrencilerin kavramsal öğrenmelerini artırdığı fakat bazı öğrencilerin ön kavramlarını korumayı sürdürdüğü sonucuna ulaşılmıştır. Bu durum araştırmacı tarafından her öğrencinin yanlış olan kavramlarını bütünü ile tedavi edebilecek her derde deva bir öğretim modelinin olmadığı şeklinde yorumlanmıştır.

Vatansever (2006) kavramsal değişim metinlerinin kavramsal öğrenmeye etkisini araştırmıştır. Araştırmada ön test son test kontrol gruplu yarı deneysel desen kullanılmıştır. Deneysel gruba kavramsal değişim metinlerini dayalı bir öğretim uygulanırken kontrol grubuna geleneksel öğretim uygulanmıştır. Araştırma verileri Elektriksel Potansiyel ve Elektriksel Potansiyel Enerji Kavram Testi ile Fizik Dersine Karşı Olan Tutum Ölçeği ile toplanmıştır. Araştırmanın örneklemini 37, 10. sınıf öğrencisi oluşturmuştur. Araştırma sonuçlarına göre kavramsal değişim metinlerinin kullanılmasının geleneksel öğretime göre kavramsal öğrenme açısından daha etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Fakat kavramsal değişim metinlerinin kullanıldığı bir öğretimin öğrencilerin fiziğe karşı tutumlarına etkisinin olmadığı bulunmuştur.

Planinic, Krsnik, Pecina, ve Susac (2005) kavramsal değişim için dört temel teknik içeren bir öğretim modelinin öğrencilerin kavramsal değişimine etkisini araştırmıştır. Öğretim modeli üniversite fizik laboratuvarında uygulanmıştır. Araştırma verileri görüşme ve öğretim sırasında yapılan gözlemlerle toplanmıştır. Araştırma temel fizik deneyleri bilişsel çatışma, kavramsal ilişkilendirme, analogi, sokratik diyalog tekniklerinin kombinasyonu ile gerçekleştirilmiştir. Araştırma sonucunda uygulanan öğretimin öğrencilerin istenilen yönde kavramsal değişim yaşamalarında etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca araştırmada bilişsel çatışmanın öğrencilerin öğretime olan motivasyonunu artırdığı fakat bazı öğrenciler için bilişsel çatışmanın rahatsız edici olduğu ifade edilmiştir. Araştırmanın öğretim tekniklerinden kavramsal ilişkilendirme (substitution) ve analogilerin öğrenciler tarafından bilimsel kavramların kabul edilmesinde etkili olduğu sokratik diyalogların ise kavramsal değişim sırasında öğrencilerin mevcut bilgilerini gözden geçirmesine katkı sağladığı ifade edilmiştir.

Taşlıdere (2013) simülasyon ile kavram karikatürü çalışma yapraklarının birlikte kullanıldığı bir öğretimin öğrencilerin elektrik konusu ile ilgili kavramsal değişimlerine etkisini araştırmıştır. 139 üniversite öğrencisinin katıldığı araştırmada ön test son test kontrol gruplu yarı deneysel desen kullanılmıştır. Öğrencilerin kavramsal anlamaları ve kavram yanılgıları üç aşamalı kavram yanılgıları testi ile belirlenmiştir. Deneysel grubunda öğretim simülasyon ve kavram karikatürleri ile, kontrol grubunda ise geleneksel öğretim ile yapılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre simülasyon ve kavram karikatürlerinin kullanıldığı öğretimin geleneksel öğretime

göre öğrencilerin kavramsal anlamalarında ve kavram yanılgılarının giderilmesinde daha etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Yukarıda ayrıntıları verilen araştırmalar incelendiğinde araştırmaların çoğunlukla sosyal yapılandırmacı kurama dayalı, görsel materyallerle desteklenmiş öğretim modelleri ve yaklaşımları olduğu görülmektedir. Araştırmalarda bu model ve yaklaşımlarının öğrencilerin çoğunda kavramsal değişim yaşanmasında etkili olduğu fakat bazı öğrencilerin öğretimden sonrada ön kavramlarını korudukları görülmüştür (Dikici, Türker ve Özdemir, 2010; Feyzioğlu ve Ergin ve Kocakulah, 2012).

2.1.2 Fen Eğitiminde Üstbilis ile ilgili Araştırmalar

Zohar ve Barzilai (2013) bilim eğitiminde üstbilis ile ilgili 2000-2012 yılları arasında yayınlanmış 178 makaleyi incelemiştir. Tarama modelinin kullanıldığı araştırmada son yıllarda üstbilis ile ilgili araştırmaların sayısının arttığı ve bilim eğitimi ile ilgili çalışmalarda üstbilisin önemli bir noktaya taşınmaya başladığı vurgulanmaktadır. Zohar ve Barzilai (2013) üstbilis ile ilgili yapılan araştırmaların büyük bir bölümünün fen eğitiminde kavramsal anlama üzerine üstbilisin etkilerinin araştırıldığı çalışmalar olduğunu ifade etmiştir. Araştırmada üstbilis ile ilgili çalışmaların büyük bir bölümünün üstbilis stratejileri ile ilgili olduğu vurgulanmıştır.

Yörük (2005) üstbilis ile kavramsal değişim arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Araştırmada ön test son test kontrol gruplu yarı deneysel desen kullanılmıştır. Deney grubu olarak belirlenen gruba üstbilis öğrenme etkinlikleri ile desteklenmiş bir öğretim modeli uygulanırken kontrol grubuna ise geleneksel öğretim uygulanmıştır. Deney grubu öğrencilerine bilişsel süreçlerini izleyebilecekleri, değerlendirebilecekleri ve planlayabilecekleri öğrenme aktiviteleri poster hazırlama, makale yazma, grup görüşmesi, kavram haritası, grup tartışması ve sınıf tartışması ile sağlanmıştır. Kontrol grubuna ise öğretim laboratuvar deneyleri, gösteri ve problem çözme etkinlikleri yapılmıştır. Araştırmada veriler Kuvvet Kavramı Envanteri ve yarı yapılandırılmış görüşmelerle toplanmıştır. Araştırmanın örneklemini 11 ve 12. Sınıfta öğrenim görmekte olan 45 öğrenci oluşturmuştur. Araştırma sonuçlarına göre üstbilisel yönlendirmelerin yer aldığı kavramsal öğretim modelinin geleneksel öğretime göre öğrencilerin kavramsal anlamalarına daha fazla katkı sağladığı

sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca deney grubuna yapılan etkinliklerin (poster çizimi, makale yazımı vb) öğrencilerin üstbilişsel bilgi düzeylerine ve üstbilişsel strateji kullanımlarına katkı sağladığı görülmüştür. Araştırmacı tarafından bu etkinliklerin öğrencilerin eski kavramları ile yeni kavramlarının farkında olmalarına, düşüncelerini fark etmelerine, öğrenme süreçlerini izleyebilmelerine, eski kavramlarının değişime olan direncini görebilmelerine etkisi olduğu iddia edilmiştir. Kung ve Linder (2007) laboratuvar çalışmaları sırasında öğrencilerin üstbilişlerini kullanma becerilerini araştırmıştır. Araştırmada nitel veri toplama araçları kullanılmıştır. Öğrencilerin laboratuvardaki grup çalışmaları kaydedilmiş daha sonra ise kayıtlar yazılı hale getirilerek kodlara ayrılmış ve kod şemaları oluşturulmuştur. Bu şemalardan deney yapan grupların genel davranışları ve üstbilişsel aktiviteleri tanımlanmıştır. Araştırma sonuçları üstbilişsel faaliyetin çok kullanılmasının öğrencilerin laboratuvar başarısına etkisinin olmadığı fakat öğrencilerin davranış değişikliklerine etkisi olduğunu göstermiştir. Bu sonuçlardan yola çıkarak araştırmacılar kavramsal öğrenmede üstbilişsel faaliyetlerin niceliğinin değil niteliğinin önemli olduğunu vurgulamıştır.

Anandaraj ve Ramesh (2014) problem çözme becerisi ile üstbiliş arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Araştırmada ön test son test kontrol gruplu yarı deneysel desen kullanılmıştır. Tarama modelinin kullanıldığı araştırmanın örneklemini 636 üniversite fizik öğrencisi oluşturmuştur. Araştırma verileri fizik üstbilişsel envanteri ve fizik problemi çözme beceri testi ile toplanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre problem çözme yeteneği ile üstbiliş arasında pozitif bir ilişki olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca araştırmada bayan öğrencilerin erkek öğrencilere göre ve şehir merkezlerinde yaşayan öğrencilerin kırsalda yaşayan öğrencilere göre üstbiliş düzeylerinin ve problem çözme becerilerinin daha yüksek olduğu ifade edilmiştir.

Tüysüz, Karakuyu ve Bilgin (2008) öğretmen adaylarının üst biliş yeteneklerini sınıf düzeyi ve cinsiyet açısından incelemişlerdir. Araştırmada yöntem olarak tarama yöntemi kullanılmıştır. Çalışmanın örneklemini 871 öğretmen adayı oluşturmuştur. Araştırmada veriler Üst Biliş Etkinlik Ölçeği ile toplanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre öğrencilerin sınıf düzeyi arttıkça üstbiliş düzeylerinin arttığı görülmüştür. Buna rağmen üst biliş düzeyi ile cinsiyet arasında anlamlı bir ilişkiye rastlanamamıştır.

Altınsoy (2012) üstbiliş stratejilerinin akademik başarıya ve fiziğe yönelik tutuma etkisini araştırmıştır. Araştırmada ön test son test kontrol gruplu yarı deneysel desen kullanılmıştır. Araştırmanın deney grubunda üstbiliş stratejileri ile destekli problem çözme etkinlikleri uygulanırken kontrol grubunda geleneksel öğretim uygulanmıştır. Araştırma verileri Özel Görelilik Teorisi Başarı Testi, Bilişötesi Farkındalık Envanteri ve Kuantum Fiziği Dersi Tutum Ölçeği ile toplanmıştır. Araştırmanın örneklemini Fen Bilgisi Öğretmenliği programının 2. sınıfında öğrenim gören 71 öğrenci oluşturmaktadır. Araştırmanın deney ve kontrol gruplarına aynı materyaller kullanılarak düz anlatım yöntemi ile öğretim yapılmıştır. Dersin problem çözme bölümünde ise deney grubunda problemler üstbiliş stratejileri ile destekli etkinlikler ile çözülmüştür. Kontrol grubunda ise problemler geleneksel yöntem ile çözülmüştür. Araştırma sonuçlarına göre üstbiliş stratejileri ile desteklenmiş problem çözümünün geleneksel problem çözümüne göre öğretmen adaylarının akademik başarılarına ve derse yönelik tutumlarına daha fazla katkı sağladığı görülmüştür.

Bozan, (2008) problem çözme etkinliklerinin öğrencilerin akademik başarısına, fen bilimlerine, problem çözmeye karşı ve üstbiliş beceri geliştirmeye karşı tutumlarına etkisini araştırmıştır. Araştırmada ön test son test kontrol gruplu yarı deneysel desen kullanılmıştır. Araştırmada deney grubunda yer alan öğrencilere problem çözme etkinliklerini içeren bir öğretim uygulanırken kontrol grubunda geleneksel öğretim uygulanmıştır. Araştırma verileri başarı testi, fene ve problem çözmeye karşı tutum anketi, üstbiliş becerileri geliştirmeye karşı tutum anketi ve görüşmeler ile toplanmıştır. Araştırmanın örneklemini, 7. Sınıfta öğrenim gören 269 öğrenci oluşturmuştur. Araştırma sonuçlarına göre problem çözme etkinliklerinin kullanıldığı öğretim, geleneksel öğretime göre öğrencilerin akademik başarısına ve fen bilimlerine karşı tutumuna daha fazla katkı sağlamıştır. Ayrıca problem çözme etkinliklerinin kullanıldığı sınıflardaki öğrencilerin gözlem yapma, bilgilerini düzenleme, değerlendirme ve planlama yapma gibi üstbilişsel stratejileri daha sık ve bilinçli kullandıkları görülmüştür.

Duru (2007) beyin fırtınasının öğrencilerin akademik başarılarına, kavram öğrenmelerine ve üstbiliş becerilerine etkisini araştırmıştır. Araştırmada ön test son test kontrol gruplu yarı deneysel desen kullanılmıştır. Araştırmada deney grubunda basınç konusu ile ilgili beyin fırtınası tekniğini içeren bir öğretim uygulanırken kontrol grubunda yer alan öğrencilere geleneksel öğretim uygulanmıştır. Araştırma

verileri bilgi testi, açık uçlu sorular, kavram haritası ve bilişüstü beceriler anketi kullanılarak toplanmıştır. Araştırmanın örneklemini 84, 7. sınıf öğrencisi oluşturmuştur. Araştırma sonuçlarına göre beyin fırtınasının kullanıldığı öğretimin geleneksel öğretime göre öğrencilerin akademik başarısına ve kavramsal öğrenmesine daha fazla katkı sağladığı görülmüştür. Ancak beyin fırtınası tekniğinin bilişüstü becerileri geliştirmede geleneksel öğretime göre herhangi bir üstünlüğünün olmadığı vurgulanmıştır.

Çoramık (2012) bilgisayar destekli ve deney destekli etkinlikler kullanarak gerçekleştirdiği öğretim yönteminin öğrencilerin akademik başarılarına, fizik dersine yönelik tutumlarına, özyeterlilik ve üstbilis düzeylerine, akademik güdülenmelerine ve kavramsal anlamalarına etkisini araştırmıştır. Araştırmada ön test son test kontrol gruplu yarı deneysel desen kullanılmıştır. Araştırmanın 1. deney grubunda yer alan öğrencilere laboratuvar deneylerini içeren bir öğretim uygulanırken, 2. Deney grubunda yer alan öğrencilere bilgisayar simülasyonlarını içeren bir öğretim uygulanmıştır. Araştırmanın kontrol grubunda ise geleneksel öğretim uygulanmıştır. Araştırma verileri fizik dersi tutum ölçeği, akademik güdülenme ölçeği, özyeterlilik ve üstbilis öğrenme ölçeği ve manyetizma ünitesi kavram testi kullanılarak toplanmıştır. Araştırmanın örneklemini 41, 11. sınıf öğrencisi oluşturmuştur. Araştırma sonuçlarına göre bilgisayar destekli öğretimin öğrencilerin manyetizma ile ilgili akademik başarısına, kavramsal anlama düzeyine olumlu katkı sağladığı fakat öğrencilerin fizik dersine yönelik tutumuna, akademik güdüsüne, özyeterlilik ve üstbilis seviyelerine olumlu bir katkı sağlamadığı sonucuna ulaşılmıştır. Bununla birlikte deney destekli öğretimin öğrencilerin fizik dersine yönelik tutumuna, akademik güdülenmesine, özyeterlilik ve üstbilis seviyesine, akademik başarısına ve kavramsal anlama düzeyine olumlu katkı sağladığı görülmüştür. Deney destekli ve bilgisayar destekli öğretim karşılaştırıldığında ise deney destekli öğretiminin uygulandığı öğrencilerin tüm testlerde son test puanlarının bilgisayar destekli öğretimin uygulandığı öğrencilerin son test puanlarından daha yüksek olduğu görülmüştür.

Çakar (2013) soruşturma tabanlı öğrenme yaklaşımını temel alan öğretimin öğrencilerin kavramsal öğrenmelerine, üstbilis farkındalıklarına, fen ve teknoloji dersine yönelik tutumlarına etkisini araştırmıştır. Araştırmada ön test son test kontrol gruplu yarı deneysel desen kullanılmıştır. Araştırmada deney grubu öğrencilerine

soruşturma tabanlı öğretim uygulanırken kontrol grubuna geleneksel öğretim uygulanmıştır. Araştırma verileri Başarı Testi, Üstbiliş Farkındalık Ölçeği, Kavram Haritası Puanlama Yönergesi ve Fen ve Teknoloji Dersine Yönelik Tutum Ölçeği kullanılarak toplanmıştır. Araştırmanın örneklemini 59, 7. sınıf öğrencisi oluşturmuştur. Araştırma sonuçlarına göre soruşturma tabanlı öğretimin geleneksel öğretime göre öğrencilerin kavramsal anlamalarına ve fen ve teknoloji dersine yönelik tutumlarına daha fazla katkı sağladığı görülmüştür. Buna rağmen soruşturma tabanlı öğretimin geleneksel öğretime göre öğrencilerin üstbiliş farkındalıklarına daha fazla katkı sağladığına yönelik bir bulguya rastlanamamıştır.

Kramarski ve Mevarech (2003) üstbiliş destekli yapılandırmacı yaklaşıma dayalı öğretim yöntemlerinin öğrencilerin matematik muhakeme ve üstbiliş düzeylerine olan etkisini araştırmıştır. Araştırmada karşılaştırma gruplu deneysel deseni kullanılmıştır. Araştırmada üstbilişsel stratejiler ile destekli işbirlikli (İŞBİR+ÜST), üstbilişsel stratejiler ile destekli bireysel (BİREY+ÜST), işbirlikli (İŞBİR) ve bireysel (BİREY) öğretim olmak üzere dört farklı öğretim yöntemi uygulanmıştır. Her bir gruba öğretim sırasında grafik yorumlama, akıcı ve esnek doğru matematiksel açıklama yapma, matematiksel nedenler için mantıklı argümanlar kullanma etkinlikleri uygulanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre (İŞBİR+ÜST) öğretimi yapılan gruptaki öğrenciler (BİREY+ÜST) öğretim yapılan gruptaki öğrencilere göre matematiksel açıklama ve grafik yorumlamada daha yüksek performans sergilemiştir. Ayrıca öğretim sonrasında üstbilişsel stratejilerin kullanıldığı grupların (İŞBİR+ÜST, BİREY+ÜST) grafik çizme (bilginin transfer edilmesi) becerilerinin ve üstbilişsel bilgi düzeyinin diğer gruplara göre (İŞBİR-BİREY) daha fazla arttığı görülmüştür.

White ve Frederiksen, (1998) üstbilişsel bilgi ve yeteneklerin temel alındığı soruşturma tabanlı bilgisayar destekli öğretim modelinin soruşturma becerisine, fiziğe karşı tutuma ve akademik başarıya etkisini araştırmıştır. Araştırmada ön test son test kontrol gruplu yarı deneysel desen kullanılmıştır. Model üç öğretmen tarafından iki okulun 7. ve 8. Sınıfında öğrenim görmekte olan toplam 106 öğrenciye uygulanmıştır. Araştırmanın deney grubunda soruşturma, yansıtılmalı değerlendirme, soruşturma ve yansıtılmalı genelleme olmak üzere üç aşamalı bir öğretim uygulanmıştır. Araştırma verileri soruşturma yeteneği, fizik bilgisi ve bilimsel tutum ölçeği ile toplanmıştır. Araştırmanın nitel veri toplama araçlarını derslerin video

kayıtları oluşturmuştur. Araştırma modelinin yansıtılmalı-değerlendirme (reflective assesment) aşamasında öğrencilerin öğretim sırasında kendilerinin ve sınıf arkadaşlarının bilişsel süreçlerini izlemelerini sağlayacak etkinliklere yer verilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre üstbilişsel bilgi ve yeteneklerin temel alındığı soruşturma tabanlı bilgisayar destekli öğretimin geleneksel öğretime göre öğrencilerin soruşturma yeteneklerini daha fazla artırdığı görülmüştür. Araştırmanın bir başka sonucu ise öğretim sonrasında deney grubundaki ön test puanı düşük öğrencilerin ön test puanı yüksek öğrenciler kadar soruşturma becerilerini geliştirebilmeleridir. Kontrol grubunda böyle bir sonuca rastlanamamıştır. Ayrıca deney grubunda yapılan öğretimin geleneksel öğretime göre öğrencilerin akademik başarısını ve fen öğrenmeye karşı tutumunu daha fazla artırdığı görülmüştür.

Jayapra (2013) üstbilis ve işbirlikli öğretim stratejilerinin öğrencilerin akademik başarılarına etkisini araştırmıştır. Araştırmada ön test son test kontrol gruplu yarı deneysel desen kullanılmıştır. Araştırmada yer alan deney gruplarından birinde işbirlikli öğrenme stratejileri uygulanırken diğerinde üstbilis stratejileri ile desteklenmiş öğretim uygulanmıştır. Araştırmada veri toplama aracı olarak insan anatomisi başarı testi kullanılmıştır. Araştırmanın örneklemini 105, 10. sınıf öğrencisi oluşturmuştur. Araştırma sonuçlarına göre üstbilis stratejileri ile desteklenmiş öğretim işbirlikli ve geleneksel öğretime göre öğrencilerin akademik başarısını daha fazla artırmıştır. Araştırma sonucunda akademik başarı ile üstbilis farkındalık arasında önemli bir ilişki olduğunu vurgulanmıştır ve üstbilis farkındalık artıkça akademik başarının arttığı ifade edilmiştir.

Seraphin, Philippoff, Kaupp and Vallin (2012) üstbilis stratejilerin kullanıldığı sorgulama tabanlı bir öğretimin öğrencilerin bilimsel sorgulama süreçlerine etkilerini araştırmıştır. Araştırmada veri toplama araçları olarak bilimsel sorgulama aşama diyagramı ve görüşmeler kullanılmıştır. Araştırmada kullanılan diğer ölçme araçları ise bilimin doğasına yönelik düşünceler anketleridir. Araştırmada ön test son test kontrol grupsuz yarı deneysel desen kullanılmıştır. Araştırmanın örneklemini iki yıl süren bir meslek içi eğitim kapsamında 28 öğretmen rehberliğindeki 648 üniversite öğrencisi oluşturmuştur. Araştırmada öğrencilere üstbilis stratejileri ile desteklenmiş dört öğretim modülü (yorumlama, başlama, araştırma, buluş) uygulanmıştır. Öğrencilerin öğretim sırasında çizdikleri bilimsel sorgulama aşama diyagramlarını üstbilis stratejiler (izleme,

değerlendirilme ve düzenleme) açısından incelemeleri sağlanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre üstbilgi stratejilerinin kullanımının öğrencilerin gözlem yapma yeteneklerini, bilimsel kavramları anlamak için ihtiyaç belirleme farkındalıklarını arttığı görülmüştür. Ayrıca üstbilgi stratejilerinin öğrencilerin konsantrasyonunu, tartışmalara katılımını artırdığı ve öğrencilerin araştırma sonuçlarını değerlendirmeye güdülediği kritik düşünme becerilerini ve bilimsel okuryazarlıklarını geliştirdiği görülmüştür.

Üstbilgi ile ilgili yukarıda ifade edilen araştırma sonuçları incelendiğinde üstbilgi stratejilerinin eklenmesi ile oluşturulan öğretim yaklaşım ve modellerinin öğrencilerin problem çözme becerisine, akademik başarısına ve kavramsal değişimine olumlu katkı sağladığını görülmektedir.

2.1.3 Fen Eğitiminde Motivasyon ile ilgili Araştırmalar

Motivasyon öğrenme için bir ön ve eş koşul özelliği taşır. Bu nedenle öğretim sırasında öğretmenlerin öğrencilerin motivasyonlarını göz önünde bulundurarak öğretimin tüm basamaklarında planlamaları gerekir. Son yıllarda öğretimde öğrencilerin motivasyonunun önemine yönelik algı gelişmiştir. Giriş bölümünde ifade edildiği gibi motivasyon ile ilgili araştırmalar büyük ölçüde motivasyonu etkileyen bileşenlerin tanımlanması ve öğrencilerin öğretim sırasında motivasyonunu artıracak stratejilerin belirlenmesi ile ilgili çalışmalar olduğu görülmektedir. Fakat alan yazında kuramsal olarak tanımlanan bu bileşenler ile motivasyon arasındaki ilişkiyi ifade eden ve stratejilerin etkililiğini ortaya koyan yeterince kanıt yer almamaktadır (Palmer, 2005). Bununla birlikte alan yazında yapılandırmacı kuram ile motivasyon arasındaki yakın ilişkiden dolayı yapılandırmacı öğretime uygun öğrenme ortamlarının öğrencilerin motivasyonu üzerine etkilerini belirlemeye yönelik çalışmalara rastlamak mümkündür. Bu araştırma sonuçları incelendiğinde ise yapılandırmacı öğretiminin öğrencilerin motivasyonunu artırmada geleneksel öğretimde göre daha başarılı olduğu görülmektedir. Bu bölümde bu araştırmalara yer verilmiştir.

Barak, Ashkar ve Dori (2011) animasyonlarla desteklenmiş öğretimin öğrencilerin akademik başarılarına ve motivasyonlarına etkisini araştırmıştır.

Araştırmada ön test son test kontrol gruplu yarı deneysel desen kullanılmıştır. Araştırmada deney grubunda yer alan öğrencilere animasyon filmleri ile desteklenmiş bir öğretim uygulanırken kontrol grubuna ders kitabında yer alan etkinliklere uygun bir öğretim uygulanmıştır. Araştırma verileri bilimsel düşünme becerileri ölçeği ve bilim öğrenmeye karşı motivasyon ölçeği ile toplanmıştır. Araştırmanın örneklemini 1335 ilköğretim dördüncü ve beşinci sınıf öğrencisi oluşturmuştur. Araştırmanın deney grubunda iş ve enerji kavramları ile ilgili animasyon videoları izletilmeden önce öğrencilere günlük yaşamları ile ilişkili bir soru yöneltilmiş ve animasyon film üzerine kurgulanan öğretim sınıf tartışması, sesli özetleme, işbirlikli çalışma teknikleri ile gerçekleştirilmiştir. Araştırma sonuçları animasyon videoları ile desteklenmiş öğretimin geleneksel öğretime göre öğrencilerin öğrenmeye karşı motivasyonunu daha fazla artırmaktadır. Animasyon ve videolar ile desteklenmiş öğretim motivasyonun öz-yeterlilik, ilgi ve hoşlanma, günlük yaşamla bağlantı kurma, bileşenlerine daha fazla artırmaktadır. Ayrıca öğretim ortamında görsel, işitsel ve kinestetik özelliklere sahip olan animasyonlarla desteklenmiş çoklu ortamların (multimedya) kullanımının öğrencilerin yeni kavramları keşfetmesini kolaylaştırdığı görülmüştür.

Taasoobshirazi ve Sinatra (2011) kavramsal değişim ile motivasyon arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Araştırmada tarama modeli kullanılmıştır. Ön test son test kontrol grupsuz yarı deneysel desenin kullanıldığı araştırmada öğrencilere fizik problemlerinin nasıl çözülmesi gerektiği öğretilmiştir. Öğrencilerin bu eğitimi almaları zorunlu tutulmamıştır ve bu nedenle eğitime isteyen öğrenciler katılmıştır. Araştırma verileri Kuvvet Kavramı Envanteri ile toplanmıştır. Araştırmanın örneklemini 132 üniversite öğrencisi oluşturmaktadır. Araştırma sonunda bilişsel ve hedef yaklaşımının (approach goal) motivasyon üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Ayrıca motivasyonun doğrudan kavramsal değişimi dolaylı olarak ise öğrencilerin sınav başarılarını ve kavramsal değişimlerini etkilediği ifade edilmiştir.

Bayram, Oskay, Erdem, Özgür ve Şen (2013) soruşturma tabanlı laboratuvar öğretiminin öğrencilerin motivasyonuna etkisini araştırmıştır. Araştırmada ön test son test kontrol gruplu yarı deneysel desen kullanılmıştır. Araştırmada deney grubunda yer alan öğrencilere soruşturma tabanlı kimya deneyleri ile öğretim uygulanırken kontrol grubunda aynı deneyler geleneksel öğretim ile gerçekleştirilmiştir. Araştırma verileri Öğrenmede Motivasyon Stratejileri Ölçeği ile

toplanmıştır. Araştırmanın örneklemini 37 üniversite öğrencisi oluşturmuştur. Araştırmanın deney grubunda ilk olarak soruşturma tabanlı öğretime bir deney ile başlanmıştır. Ardından öğrencilere ön bilgilerini harekete geçirecek deneyle ilgili sorular yöneltilmiştir. Daha sonra öğrencilerden deneyle ilgili bağlantılı bir başka problemin çözümü için hipotez geliştirmeleri istenmiştir. Son olarak öğrencilerin hipotezlerini deneysel uygulamalar ile sınaması ile öğretim tamamlanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre soruşturma tabanlı öğretimin geleneksel öğretime göre öğrencilerin dış motivasyonu daha fazla artırdığı ve rekabet için yüksek performans gösterme çabalarını artırdığı görülmüştür. Kuhn ve Müller (2014) bilimsel problem içeren gazete haberlerini kullandıkları bağlam tabanlı öğretimin öğrencilerin akademik başarılarına ve motivasyonlarına etkisini araştırmıştır. Araştırmada ön test son test kontrol gruplu yarı deneysel desen kullanılmıştır. Araştırmada deney grubunda yer alan öğrencilere 10. sınıf iş gücü enerji ünitesi ile ilgili yaşam bağlamlı gazete haberlerini içeren problem çözme etkinlikleri uygulanırken, kontrol grubuna geleneksel öğretim uygulanmıştır. Araştırmanın örneklemini 122 10. sınıf öğrencisi oluşturmuştur. Deney grubunda öğretim yaşam bağlamlı gazete haberlerinden oluşan enerji, güç, rüzgar enerjisi ve atomik enerji çalışma yaprakları ile gerçekleştirilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre bilimsel problem içeren gazete haberlerinin kullanıldığı bağlam tabanlı öğretimin geleneksel öğretime göre öğrencilerin akademik başarıları ve motivasyonu daha fazla artırdığı görülmüştür.

Raes ve Schellens (2012) işbirlikçi soruşturma ve web tabanlı öğretimin öğrencilerin öğrenme motivasyonları üzerine etkisini araştırmıştır. Araştırmada ön test son test kontrol grupsuz yarı deneysel desen kullanılmıştır. Araştırma verileri Öz-Düzenleme Ölçeği ile toplanmıştır. Araştırmanın örneklemini 9. ve 10. Sınıfta öğrenim gören 220 öğrenci oluşturmuştur. Araştırmada fizik, kimya ve biyoloji derslerinin kapsamında değerlendirilebilecek küresel ısınma konusu ele alınmıştır. Araştırmada yer alan öğrencilere problem çözme etkinlikleri içeren bir öğretim uygulanmıştır. Bu öğretim kapsamında öğrenciler ilk olarak ikili gruplar halinde öğretim aktivitelerini gerçekleştirmişlerdir. Ardından öğrenciler araştırma problemlerini yanıtlamak ve hipotezlerini sınamak için ikili gruplar halinde araştırma yapmışlardır. Öğrencilere araştırma sırasında kullanmaları için küresel ısınma ile ilgili modeller, simülasyonlar ve video materyalleri verilmiştir. Daha sonra tüm öğrenci grupları araştırma problemi ile ilgili çözümlerini diğer gruplarla paylaşmışlardır. Araştırma

sonuçları işbirlikçi soruşturma ve web tabanlı öğretimin öğrencilerin güdümlü (dış) motivasyonlarını artırdığı fakat özerk (iç) motivasyonlarını artırmadığını göstermektedir.

Sarıbaş ve Bayram (2009) üstbilis stratejileri ile desteklenmiş kimya laboratuvar uygulamalarının öğretmen adaylarının bilimsel süreç becerileri, motivasyonları ve kimyaya karşı tutumları üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Araştırmada ön test son test kontrol gruplu yarı deneysel desen kullanılmıştır. Araştırmanın deney grubunda üstbilis stratejileri ile desteklenmiş laboratuvar etkinlikleri uygulanırken, kontrol grubunda geleneksel öğretim uygulanmıştır. Araştırma verileri bilimsel süreç becerileri testi, kimyaya karşı tutum ölçeği ve öğrenme için motivasyon stratejileri ölçeği ile toplanmıştır. Araştırmanın örneklemini 54 kimya öğretmenliği bölümünün birinci sınıfında öğrenim gören 54 kimya öğretmen adayı oluşturmuştur. Araştırmada deney grubunda yer alan öğrencilerin üstbilisel farkındalıklarını artırmak için deney öncesinde ve sonrasında tartışma yapmaları sağlanmıştır. Buna ek olarak deney grubuna hazırlık, farkındalık ve planlama, deneyin gerçekleştirilmesi, öz-denetim, öz-değerlendirme ve yansıtma aşamalarından oluşan bir öğretim uygulanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre tartışma tabanlı kimya laboratuvar uygulamaları geleneksel kimya laboratuvarı uygulamalarına göre öğrencilerin üstbilisel farkındalıklarını daha fazla artırmıştır. Fakat tartışma tabanlı deney uygulamalarının öğrencilerin motivasyonuna katkı sağlamadığı bununla birlikte motivasyonun bileşenleri olan öğrenme inançları ve öz-yeterlilik düzeylerine katkı sağladığı görülmüştür.

Johnson, Changeiywo, Wambugu ve Wachanga (2011) tam öğrenme modelinin öğrencilerin motivasyonlarına etkisini araştırmıştır. Ön test son test kontrol gruplu yarı deneysel desenin kullanıldığı araştırmada deney grubunda yer alan öğrencilere problem çözme etkinliklerini içeren bir öğretim uygulanırken kontrol grubuna geleneksel öğretim uygulanmıştır. Araştırma verileri Motivasyon Testi ile toplanmıştır. Araştırmanın örneklemini 161 ilköğretim öğrencisi oluşturmuştur. Araştırmanın deney grubunda öğretim içeriği belirli modüllere ayrılmış ve öğrenciler ancak bir modül ile ilgili sınavdan başarılı olmaları durumunda ikinci modül eğitimine alınmıştır. Öğrencilerin modül sınavını geçememesi durumunda ise öğrencilere başarılı olana kadar ek eğitim yapılmıştır. Araştırma sonucunda tam öğrenme modelinin geleneksel öğretime göre öğrencilerin

motivasyonları üzerinde daha etkili olduğu görülmüştür. Ayrıca araştırmada fizik öğrenmede cinsiyet ile motivasyon arasında ilişkiye rastlanamamıştır.

Sungur ve Tekkaya (2008) problem tabanlı öğretiminin öğrencilerin motivasyonuna etkisini araştırmıştır. Araştırmada ön test son test kontrol gruplu yarı deneysel desen kullanılmış ve deney grubunda yer alan öğrencilere problem tabanlı öğretim uygulanırken kontrol grubuna 10. sınıf ders kitabı temel alınarak geleneksel öğretim uygulanmıştır. Araştırma verileri Öğrenme için Motivasyon Stratejileri Ölçeği (Pintrich, Smith, Garcia, ve McKeachie, 1991) ile toplanmıştır. Araştırmanın örneklemini 61, 10 sınıf öğrencisi oluşturmuştur. Araştırmanın deney grubunda öğretim solunum ve boşaltım sistemi konuları ile ilgili hastalıkları içeren problemlerin çalışma grupları tarafından çözülmesi ile gerçekleştirilmiştir. Problemlerin grup çözümleri okuyucu, katip, doktor ve hasta olarak görevlendirilmiş grup üyelerince gerçekleştirilmiştir. Araştırma sonuçları problem tabanlı öğretimin geleneksel öğretime göre öğrencilerin motivasyonları üzerinde daha etkili olduğunu göstermiştir. Ayrıca problem tabanlı öğretimin motivasyonun bileşenlerini oluşturan içsel hedef belirleme (intrinsic goal orientation), öğrenme görevine değer verme (task value), öğrenme stratejisi kullanma (use of elaboration learning strategies), eleştirel düşünme (critical thinking), üstbilişsel öz-düzenleme sergileme (metacognitive self-regulation), öğrenmeye karşı çaba sarf etme (effort regulation) ve akran öğrenimine katılım (peer learning) konularında geleneksel öğretime göre daha etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Berger ve Hânze (2009) işbirlikli öğrenme tekniklerinden Jigsaw tekniği ile periyodik döngülü öğretim metodunun öğrencilerin motivasyonu üzerine etkisini araştırmıştır. Araştırma gruplarından birine Jigsaw tekniği diğerine ise periyodik döngülü öğretim metodu uygulanmıştır. Araştırmanın felsefi temellerini motivasyonun bir bileşeni olarak ele alınan özerklik (autonomy), yetki (competence) ve sosyal ilişkiler olarak tanımlanan temel ihtiyaçların tatmin edilmesine dayalı öz-düzenleme teorisi oluşturmuştur. Araştırma verileri motivasyon testi ile toplanmıştır. Araştırma sonuçları periyodik döngülü öğretimin Jigsaw tekniğinin kullanıldığı öğretime göre öğrencilerin özerkliklerini daha fazla desteklediğini göstermektedir. Bununla birlikte Jigsaw tekniğinin kullanıldığı öğretime göre ile periyodik döngülü öğretim arasında öğrencilerin motivasyonunu artırma açısından bir farklılığa rastlanmamıştır.

Motivasyonla ilgili yukarıda ifade edilen araştırma sonuçları incelendiğinde görsel meteryallerle desteklenmiş yapılandırmacı yaklaşımına uygun öğretim modellerinin öğrencilerin motivasyonuna etkisini belirlemeye yönelik çalışmalar olduğu görülmektedir. Bu çalışmalar bir bütün olarak değerlendirildiğinde yapılan bu öğretimimin motivasyona etkilerinin net olmadığı görülmektedir. Bazı araştırmalarda uygulanan öğretim modelinin öğrencilerin motivasyonunda belirgin bir artışa neden olmadığı veya motivasyonun bazı alt boyutlarında artışa neden olduğu görülmüştür.

2.2 Fen Eğitiminde Modern Fizik: Özel Görelilik Kuramı ile İlgili Araştırmalar

Bilim eğitiminde ile ilgili yapılan araştırmalar incelendiğinde bu araştırmaların mekanik, elektrik ve manyetizma, optik ve ışık, maddenin özellikleri, dalga ve ses, modern fizik konularının ile ilgili çalışmalar olduğu görülmektedir. Bu çalışmaların çok az bir bölümünü modern fizik konuları üzerine yapılan çalışmalar oluşturmaktadır (McDermott ve Redish, 1999; Özcan, 2009). Modern fizik ile ilgili yapılan çalışmanın ise çoğunlukla kuantum fiziğinin doğuşu (siyah cisim ışınması, fotoelektrik olay, Compton olayı) ve kuantum fiziği (Schrödinger dalga fonksiyonu, olasılık yoğunluğu, belirsizlik ilkesi, kuantum tünel olayı) ile ilgili araştırmalar oluşturmaktadır (Özdemir, 2008). Bununla birlikte alan yazındaki fizik eğitimi çalışmalarının çok az bir bölümünü oluşturan özel görelilik kuramı çalışmalarının son yıllarda arttığı görülmektedir. Bu bölümde bu araştırmalara yer verilmiştir.

Alan yazın incelendiğinde ise araştırmacıların sonra yıllarda özel görelilik kuramına ilgilerinin arttığı söylenebilir (Scherr, 2001). Özel görelilik kuramı ile ilgili yapılan bu araştırmalar iki kategoride toplanabilir. Bu kategoriler özel görelilik kuramı ile ilgili öğrenme güçlüğü ve kavram yanlışlarının belirlendiği çalışmalar ve özel görelilik kuramının öğretimi ile ilgili çalışmalardır. Aşağıda bu çalışmalar ve sonuçları ifade edilmiştir.

2.2.1 Özel Görelilik Kuramı Kavram Yanılgıları ve Öğrenme Güçlüklerini Belirlemeye Yönelik Araştırmalar

Özcan (2009) fizik öğretmen adaylarının özel görelilik kuramı ile ilgili kavramsal ve matematiksel öğrenme güçlüklerini araştırmıştır. Araştırmaya 45 fizik öğretmen adayı katılmıştır. Araştırmada veri toplama araçlarını açık uçlu sorular ve öğrencilerle yapılan görüşmeler oluşturmuştur. Ölçme araçları Galileo ve Einstein göreliliği referans çerçeveleri ve zaman göreliliği kavramlarını içermektedir. Araştırma sonucunda öğrencilerin özel görelilik kuramında yer alan zaman, gözlemci ve referans çerçeveleri ve farklı referans çerçevelerinde meydana gelen olayların eş zamanlılığı kavramlarını öğrenmede güçlük yaşadıkları ifade edilmiştir. Ayrıca aynı araştırmada öğrencilerin bu kavramları öğrenmede yaşadıkları güçlüğü Lorentz dönüşümlerini kullanabilme becerilerini olumsuz yönde etkilediği ifade edilmiştir. Araştırmada öğrencilerin bir nesnenin hareket ettiği bir durumda referans sisteminin de o nesne ile birlikte hareket edeceğini düşündükleri bulunmuştur. Buna ek olarak öğrencilerin referans sistemlerini hareket eden nesnelerin terk ederek dışarı çıkabilecekleri kapalı bir mekan gibi algıladıkları görülmüştür (Panse, Ramadas ve Kumar, 1994; Ramadas, Barve and Kumar, 1996). Araştırmaya katılan öğrencilerin klasik fizik ve özel görelilik için referans kavramlarını ayrı ayrı açıkladıkları görülmüştür. Öğrenciler klasik fizik için tanımladıkları referans sisteminin durgun olduğunu, özel görelilik kuramı için tanımladıkları referans sisteminin ise hareketli olduğunu düşündükleri görülmüştür. Son olarak öğrencilerin özel görelilik kuramında zaman boyutu varken, klasik görelilikte zaman boyutunun olmadığı şeklinde bir düşünceye sahip oldukları görülmüştür.

Scherr vd. (2001) öğrencilerin özel görelilik kuramı zaman kavramı ile ilgili kavramsal anlama düzeylerini araştırmıştır. Araştırmanın örneklemini 800 öğrenci oluşturmaktadır. Araştırmada veriler açık uçlu sorular ve görüşmeler ile toplanmıştır. Araştırma sonucunda tüm akademik seviyedeki öğrencilerin eşanlık kavramı ile ilgili öğrenme güçlüğü yaşadıkları belirtilmiştir. Öğrencilerin eşanlık ile ilgili öğrenme güçlüklerinin temel sebeplerinden biri olarak referans sistemi kavramının öğrenciler tarafından yanlış anlaşılması olduğu ifade edilmiştir. Araştırma sonucunda birçok öğrencinin eşanlığın göreliliğini ışık ışınlarını algıladıkları kabul edilen gözlemcilerin bir olayın olduğu ana yönelik ölçümlerinin eşanlığı anlamına

geldiğini ifade ettikleri görülmüştür. Öğrencilerin çoğunun eşanlılığın göreliliğini farklı gözlemciler için ışık sinyallerinin farklı zamanlarda algılanması olarak yorumladıkları görülmüştür. Araştırmaya katılan öğrencilerin büyük bir bölümünün eşanlılık kavramını eşanlılığın göreliliği kavramı olarak yorumladıkları ve eşanlılıkta yaşanabilecek bir görelilik durumunun ancak özel göreliliğin teorik başarısızlığı olabileceğini düşündükleri görülmüştür. Ayrıca araştırmacılar öğrencilerin farklı referans sistemlerindeki gözlemci ölçümlerini anlama konusunda güçlük çektiklerini ifade etmiştir. Tüm öğrenciler hatta üst sınıflarda öğrenim gören fizik öğrencileri için bile özel görelilik kuramının temel kavramlarını doğru ifade etmenin oldukça güç olduğu görülmüştür. Öğrencilerin büyük bir bölümünün ışık hızının değişmezliğini tam olarak anlamadıkları ifade edilmiştir. Ayrıca araştırmaya katılan tüm düzeydeki öğrencilerin referans sistemi kavramını anlamakta güçlük yaşadığı ve özellikle birçok öğrencinin referans sistemini verilen herhangi bir olayın olma anının gözlemciler tarafından aynı ölçüldüğü bir sistem olarak düşünmediği görülmüştür. Araştırmada öğrencilerin özel görelilik kuramı kavramları ile ilgili öğrenme güçlüklerinin yalnızca eşanlılığın göreliliğini anlamalarını engellemediği aynı zamanda Lorenz dönüşümlerini doğru uygulamalarını da engellediği ifade edilmiştir. Araştırmada özel görelilik kuramı kavramları ile birçok öğrencilerin sezgisel düşüncelerinin çatıştığı görülmüştür. Araştırmacılar çatışmayı fark eden öğrencilerin ise yeni kavramı kabul edebilmek için güçlü kanıtlara ihtiyaç duyduklarını belirtmiştir. Bir olayın oluş zamanının ölçüm basamakları ile ilgili uygun formüllerin anlaşılır bir şekilde ifade edilmesinin, belirli bir referans sistemi için ölçüm prosedürlerinin iyi tanımlanmasının ve farklı gözlemciler tarafından yapılan ölçümler arasındaki ilişkilerin net bir şekilde açıklanmasının öğrencilerin sezgisel kavramları yerine bilimsel kavramları kabul etmelerini kolaylaştıracağı ifade edilmiştir.

Sezgin (2011) fizik öğretmen adaylarının özel görelilik kuramı ile ilgili bazı temel kavramlara yönelik kavramsal anlamaları ve öğrenme güçlüklerini araştırmıştır. Araştırmaya 185 fizik öğretmen adayı katılmıştır. Araştırmada veri toplama aracı olarak açık uçlu sorular ile öğrencilerin problemlere verdikleri yanıtlara göre yapılan yarı yapılandırılmış görüşmeler kullanılmıştır. Veri toplama aracı olarak kullanılan açık uçlu sorular özel görelilik kuramının uzunluk, zaman, kütle ve yoğunluk kavramları ile ilgilidir. Araştırma sonucunda öğretmen adaylarının mutlak zaman, zaman genişlemesi, mutlak uzunluk, kütle ve yoğunluk ile ilgili

öğrenme güçlüğü ve kavram yanılgısı yaşadıkları görülmüştür. Araştırma sonucunda öğretmen adaylarının zaman genişlemesinin klasik hızlarla hareket eden parçacıklar için de geçerli olduğunu ifade ettikleri ortaya çıkmıştır. Benzer şekilde öğrencilerin mutlak zaman ve mutlak uzunluk kavramları ile ilgili de kavram yanılgıları yaşadıkları görülmüştür. Bu sonuçlar öğrencilerin zaman ve uzunluk kavramları ile ilgili yalnızca ışık hızına yakın hızlarla (özel görelilik kuramı sınırları içinde) hareket eden sistemler için değil ışık hızına kıyasla küçük hız değerleri için de benzer kavram yanılgılarına sahip oldukları görülmüştür. Araştırmanın eşanlılık kavramı ile ilgili sonucu ise öğrencilerin eşanlılık kavramını her durumda görelî bir kavram olarak ifade ettikleri şeklinde açıklanmaktadır. Öğrencilerin ışık hızına yakın hızlarda hareket eden cisimlerin uzunluklarındaki değişimin tüm boyutlarda olduğunu ifade ettikleri kütle kavramı ile ilgili ise iki farklı görüşe sahip olduklarını görülmüştür. Bu öğrencilerden bir bölümü kütlelenin hiçbir zaman değişmeyeceğini ifade ederken diğer bir bölümü ise kütlelenin hıza bağlı olarak değişebileceğini ifade etmiştir. Araştırmacılar öğrencilerin kütle ile ilgili böylesine farklı iki görüşü savunmalarını yerli (Özdoğan, Kara, Gümüş ve Orbay, 2005) ve yabancı (Hawking, 2001; Jammer, 2000; Stannard, 2008; Young ve Freedman, 2008) fizik ders kitaplarında kütlelenin hıza bağlı olarak değişeceğinin ifade edilmesine bağlamıştır. Bu kitaplarda durgun kütle (m_0) ve görelî kütle (m) olmak üzere iki farklı kütle tanımlanmıştır (Okun, 1989; 2009; Hecht, 2009). Araştırmacılar öğrencilerin kütle kavramı ile ilgili bu tür bir yanılgıya sahip olmalarını engellemek için öğrencilere hıza bağlı olarak değişen bir kütle kavramından söz edilmemesini önerilmektedir (MEB, 2009).

Özcan (2011) fizik öğretmen adaylarının özel görelilik kuramı ile ilgili problemlerin çözümüne yönelik, problem çözme yaklaşımlarını araştırmıştır. Araştırmaya 34 fizik öğretmen adayı katılmıştır. Araştırmada veri toplama aracını öğrencilerle yapılan görüşmeler ile öğrencilerin problemlere verdikleri yanıtlar oluşturmuştur. Veri toplama aracı olarak kullanılan bu problemler özel görelilik kuramının uzunluk, zaman ve referans çerçeveleri temel kavramlarını içermektedir. Araştırma sonunda öğretmen adaylarının büyük bir kısmının problem çözme yaklaşımlarının bilimsel ve stratejik çözüm yaklaşımlarını içermediği görülmüştür. Özellikle benzer problem yaklaşımı ve formülde yerine koyma kategorilerindeki öğrencilerin, araştırmada kullanılan problemi, daha önce derste çözümü yapılan

problemlere benzeterek çözdükleri veya deneme yanılma yoluyla problem için uygun denklemi bulmaya çalıştıkları şeklinde bir çözüm yaklaşımı geliştirdikleri tespit edilmiştir.

2.2.2 Özel Görelilik Kuramının Öğretimine Yönelik Araştırmalar

Belloni, Christian ve Dancy (2004) Java tabanlı Physlets Physics programını kullanarak özel görelilik kuramının öğretimi için simülasyonlar geliştirmiştir. Simülasyonlar Scherr (2001) tarafından ifade edilen öğrencilerin özel görelilik kuramı ile ilgili öğrenmekte güçlüğü çektikleri kavramlar olan zaman göreliliği, uzunluk göreliliği, eşanlılık ve referans sistemleri kavramları ile ilgili olarak hazırlanmıştır. Araştırmacılar geliştirmiş oldukları bu materyallerin interaktif okuma ödevlerinde, sınıf ortamında gösteri etkinliklerinde, etkileşimli derslerde öğretim materyali veya özel görelilik kuramı sanal fizik laboratuvarına giriş materyali olarak kullanılabileceğini ifade etmiştir. Villian ve Arruda (1998) ortaöğretim ve üniversite düzeyinde özel görelilik kuramı öğretimi Posner vd., (1982) tarafından ifade edilen kavramsal değişim modeli ile bilimin tarihsel gelişim süreci arasında benzetim kurarak analiz etmiştir. Araştırmacı bilimin tarihsel süreci ile ilgili olarak Lorenz dönüşüm denklemlerinin oluşturulma süreci, elektron teorisi ile ilgili yorumlar, Einstein'in özel görelilik kuramı için ifade ettiği ön kabuller, elektron teorisinin reddi ve özel görelilik kuramının doğuşu konularına yer vermiştir. Daha sonra bilimin tarihsel süreci ile öğrenme süreci arasında bir benzetimi oluşturmuş ve bu benzetim göz önünde bulundurarak özel görelilik kuramı öğretiminin etkililiğini artırmak için önerilerini ifade etmiştir. Araştırmada ortaöğretim düzeyinde öğrencilerin özel görelilik kuramı kavramlarını öğrenebilmesi için ilk olarak özel görelilik kuramı ile Newton fiziği arasındaki kavramsal kopmaları fark etmesi gerektiği vurgulanmıştır. Ayrıca özel görelilik kuramının akla yatkın bulunabilmesi için öğrencilerin kuramla ilgili deney ve uygulamaları anlaması gerektiği ifade edilmiştir. Öğrencilerin bilimsel bilgiyi akla yatkın ve işe yarar bulabilmesinin otomatik olarak gerçekleşebilecek bir süreç olarak ele alınmaması gerektiği öğrencilerin klasik fizik kavramları ile özel görelilik kavramları arasındaki farklılıkları anlayabilmelerinin bilim tarihindeki kavramsal değişim sürecini anlayabilmelerine ve bu değişimin modern teknolojinin gelişimine öncülük ettiğini bilmelerine bağlı olduğu ifade edilmiştir. Araştırmada

Lorenz dönüşüm denklemlerinin ve Einstein eşitliklerinin bu açıdan değerlendirilerek ele alınmasının gerekliliği vurgulanmıştır. Özel görelilik kuramının akla yatkın bulunması için videolar, özel öğrenme araç gereçleri ve öğrencileri tartışmaya teşvik edecek ilginç materyaller kullanmanın etkili olabileceği ifade edilmiştir. Araştırmada özel görelilik kuramının etkili öğretimi için öğrencilerin klasik fizik ile modern fizik arasındaki farklılıkları anlayabilmelerinin gerekliliği önemle vurgulanmıştır. Bunun için ise Aristotle, Galileo, Newton ve Einstein'nin orijinal yazılarının öğretim ortamında kullanılmasının ve bu bilgiler üzerine sınıf tartışmalarının kurgulanmasının gerekliliği ifade edilmiştir. Öğrencilerin sınıf tartışmalarına etkin katılımı için ise küçük grup tartışmalarının gerçekleştirilebileceği ifade edilmiştir.

Kavramsal değişim sürecinin birden gerçekleşen bir süreç olmadığını ifade eden bir başka araştırma ise Levrini ve diSessa (2008) tarafından gerçekleştirilmiştir. Araştırmacılar eşgüdümlü sınıf modelinin (Coordination Class Model) kavramsal değişim üzerine etkilerini araştırmıştır. Eşgüdümlü sınıf modelinde kavramsal değişim birden bire gerçekleşen (snapshot) bir süreç olarak ele alınmamaktadır. Eşgüdümlü sınıf modeli kavramsal değişimi kademeli bir yapıya sahip olan yeniden örgütlenme süreci olarak ele almaktadır. Araştırmada 12 fizik öğretmen adayının özel görelilik kuramını öğrenme süreci derinlemesine incelenmiştir. Araştırmada ilk olarak öğrencilerin özel görelilik kuramı açısından zaman kavramı ile ilgili güçlükleri açığa çıkarılmıştır. Ardından model öğrencilere uygulanmıştır ve daha sonra modelin anlaşılabilirliği kontrol edilmiştir. Kontrol sonrasında model uygulanabilirlik açısından değerlendirilmiş ve geliştirilmiştir.

Selçuk ve Çalışkan (2010) çalışmalarında üniversite modern fizik dersinin öğrencilerin özel görelilik kuramı ile ilgili kavramsal öğrenmelerine ve derse karşı tutumlarına etkisini araştırmıştır. Araştırmaya 46 fizik öğretmen adayı katılmıştır. Araştırmada veri toplama aracını açık uçlu sorular kullanılmıştır. Bu sorular görelilik kuramının uzunluk, zaman, hız ve referans çerçeveleri temel kavramlarını içermektedir. Öğrencilerin öğretime yönelik tutumları ise Fizik Tutum Ölçeği ile toplanmıştır. Araştırma sonucunda öğretmen adaylarının büyük bir kısmının görelilik zaman, kütle ve referans sistemleri ile ilgili problemleri doğru çözdükleri görülmüştür. Ayrıca öğrencilerin derse karşı tutum puanlarının ise yüksek olduğu görülmüştür.

Smith (1988) bilgisayar yolu ile konferans gerçekleştirilen öğretimin etkilerini araştırmıştır. Araştırmada dokuz katılımcı ile 13 hafta boyunca özel görelilik kuramı ile ilgili 400 ayrı tartışma yapılmıştır. Öğretim sırasında yapılan tartışmalar özel görelilik kuramının olay, zaman aralıkları, mutlak zaman, görelilik zaman, galileo dönüşümleri, hız parametreleri, zaman genişlemesi, lorenz dönüşümleri ve eşanlılık konuları ile ilgilidir. Konular ile ilgili tartışmalar üç aşamada gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada öğrenci konu ile yeni karşılaştığı için yavaş bir giriş yapılmıştır. İkinci hafta konunun en yoğun anlatıldığı ve tartışıldığı haftadır. Üçüncü hafta ise aktiviteler azaltılarak tartışma sonlandırılmıştır. Araştırmacı bilgisayar konferansı şeklinde yürütülen öğretimin geleneksel öğretime göre üstünlükleri olduğunu ifade etmiştir. Bilgisayar konferansı şeklinde yapılan öğretimler ile öğretimin yaygın etkisinin artacağını ve bu öğretim tekniği ile öğrencilerin geleneksel sınıflarda yapılamayan konuşma yeteneklerini geliştireceği belirtilmiştir. Ayrıca araştırmacı tarafından uygulanan öğretimin dersi dinleyen ama fikir beyan etmeyen öğrencilerin ortaya çıkarılması ve öğretime katılması açısından etkili bir yöntem olduğu vurgulanmıştır. Bilgisayar konferansı ile öğretimde öğrencilerin fikirlerini yazılı olarak ifade etmelerinden dolayı fikirlerini daha dikkatli yapılandırdıkları görülmüştür.

McGrath, Savage, Williamson, Wegener ve McIntyre (2008) bilgisayar tabanlı deneylerin öğretimin etkilerini araştırmıştır. Araştırmada ön test son test kontrol grupsuz yarı deneysel desen kullanılmıştır. Araştırmanın örneklemini 45 üniversite öğrencisi oluşturmaktadır. Veri toplama aracı olarak, gözlem, odak grup görüşmesi, görüşmeler ve testler kullanılmıştır. Araştırmada özel görelilik kuramı referans sistemleri, zaman genişlemesi, uzunluk büzülmesi ve eşanlılık kavramları ile ilgili bilgisayar tabanlı deneyler ve grup çalışmalarını içeren karma bir öğretim uygulanmıştır. Öğretim sırasında ilk olarak öğrencilere tamamlamaları için bir dizi soru verilmiştir. Öğrenciler küçük gruplara ayrılarak öğretmen destekli bir çalışma gerçekleştirmiştir. Öğrenciler grup çalışmalarında Doppler etkisi, ışık hızı, zaman genişlemesi, uzunluk büzülmesi ve eşanlılık kavramları ilgili çeşitli etkinlikler gerçekleştirmiştir. Öğretim sırasında özel görelilik kuramı ile ilgili Einstein'in Gözü (Through Einstein's Eyes) adlı bilgisayar tabanlı bir simülasyon yazılımı kullanılmıştır. Öğrenciler simülasyonda yer alan uzay gemisinin hızı ve referans sistemini değiştirerek zaman genişlemesi ve uzunluk büzülmesini kavramlarını

inceleyebilmiştir. Araştırma sonucunda yapılan öğretimin öğrencilerin özel görelilik kuramı kavramlarını öğrenmelerinde olumlu katkıları olduğu ifade edilmiştir.

Scherr (2001) öğrencilerin özel görelilik kuramının zaman ve uzay kavramları ile ilgili kavramsal anlamalarını belirlemiştir. Araştırmaya katılan 800 kişinin bir bölümü birinci sınıf fizik öğrencilerinden, bir bölümünü daha üst sınıftaki öğrencilerden ve diğer bir bölümü ise fizik öğrencisi olmayan öğrencilerden oluşmaktadır. Araştırmada veri toplama aracı olarak açık uçlu sorular ve görüşmeler kullanılmıştır. Araştırmada ön test son test kontrol gruplu yarı deneysel desen kullanılmıştır. Araştırmada özel görelilik kuramının öğretimi için referans sistemi kavramının önemi göz önünde bulundurulmuştur. Öğrencilerin özel görelilik kuramı sınırlarının dışında kalan (klasik fiziğin geçerli olduğu) durumlar için referans sistemine bağlı ölçüm aşamalarını anlamalarını sağlayacak etkinliklere başvurulmuştur. Benzer şekilde eşanlılık kavramının öğretimi de referans sistemi kavramı üzerine kurgulanarak yapılmıştır. Öğretimin tüm basamaklarında, öğrencilerin referans sistemi ile ilgili algıları göz önünde bulundurularak hazırlanmış güçlü senaryolarla öğrencilerin bu algıları değiştirilmeye çalışılmıştır. Öğretim sırasında yapılan grup çalışmaları ise öğretmenler rehberliğinde gerçekleştirilmiştir. Araştırma sonucunda deney grubu öğrencilerinin kontrol grubu öğrencilerine göre daha başarılı oldukları görülmüştür. Araştırmada öğretim öncesinde ve öğretim sonrasında öğrencilerin özel görelilik kuramı kavramları ile ilgili yaşadıkları öğrenme güçlükleri ise şu şekilde ifade edilmiştir; Öğrencilerin popüler kültürden edindikleri her şeyin görelisi olduğu şeklindeki düşünceleri özel görelilik kuramını öğrenirken kullandıkları görülmüştür. Buna bağlı olarak gözlemcilerin bir olayın yeri ve zamanı ile ilgili anlaşmazlıklarını öğrencilerin her şeyin görelisi olması durumunun doğal bir sonucu olarak yorumladıkları görülmüştür. Ayrıca öğrencilerin herhangi bir nesnenin uzunluğunu ve hızını ölçerken bir referans sistemine başvurmadıkları görülmüştür. Bunun yerine bir olayın yerini belirlemek için pratik olarak koordinat sisteminden bağımsız bir şekilde olayın olduğunu kabul ettikleri hayali bir noktayı kullandıkları belirlenmiştir. Bu nedenle öğrencilerin bir olayın olduğu yer hakkında güvenilir bir bilgiye sahip olmadıkları ifade edilmiştir. Araştırmada öğrencilerin fiziksel ölçümlerde referans sistemlerini kullanmamalarının özel görelilik kuramına ait referans sistemi, eşanlılık ve eşanlılığın göreliliği kavramlarını öğrenmelerini güçleştirdiği şeklinde yorumlanmıştır. Son olarak öğrencilerin Lorenz dönüşümlerini

doğru kullanamamasının uzunluk göreliliği kavramını anlamalarını da güçleştirdiği ifade edilmiştir.

Kural, zdemir ve Kocakülah (2013) sırası değiştirilerek uygulanan yapılandırmacı ğretim tekniklerinin kavramsal değişime etkisini araştırmıştır. Araştırmada n test son test kontrol gruplu yarı deneysel desen kullanılmıştır. Araştırmanın örneklemini 50, 10. sınıf ğrencisi oluşturmuştur. Araştırma verileri zel Görelilik Kuramı Açık Uçlu Testi ve yarı yapılandırılmış görüşmeler ile toplanmıştır. Araştırmanın kontrol grubunda özel görelilik kuramı konusunun ğretimi simülasyon, örnek olay, bireysel ve grup çalışması, problem çözme ve tartışma tekniklerinin her hafta aynı sırada uygulanması ile gerçekleştirmiştir. Araştırmacılar tekniklerin her hafta aynı sıralamada uygulanmasının ğrenci motivasyonunu olumsuz yönde etkileyeceğini buna bağlı olarak öğretimin kavramsal değişime olan etkisinin azalacağını düşündüklerini ifade etmişlerdir. Bu nedenle deney grubunda ğretim kontrol grubunda uygulanan tekniklerin her hafta sırasını değiştirilerek gerçekleştirilmiştir. Araştırmada sonucunda hem deney hem de kontrol grubunda bulunan öğrencilerin eylemsiz referans sistemi ve ışık hızı kavramları ile ilgili öğrenme güçlükleri ve kavram yanılgılarına sahip oldukları grlmştur. Araştırmada ğrencilerin referans sistemi ile ilgili çok az bilgiye sahip oldukları ve öğrencilerin ışık hızının kaynağın ve gözlemcinin hızına bağlı olduğunu düşündükleri grlmştur. Araştırmacılar ğrencilerin öğrenmede güçlük çektikleri diğer bir kavramının ise eşanlılık olduğunu ifade etmiştir. Öğrencilerin zel görelilik kuramı konusundan önceki fizik konularında eşanlılık kavramı ile hiç karşılaşmamalarının bu kavramı öğrenmelerini güçleştirdiği ifade edilmiştir. Araştırmada ğrencilerin eşanlılık kavramının anlaşılması için gerekli olan olay kavramı ile ilgili eksik bilgiye sahip oldukları grlmştur. Araştırma sonucunda tekniklerin sıralamasının değiştirildiği öğretimin, tekniklerin aynı sırada uygulandığı öğretime göre öğrencilerin ışık hızı ve eylemsiz referans sistemi kavramları ile ilgili kavramsal değişimlerine daha fazla katkı sağladığı bulunmuştur.

zdemir, Kural ve Kocakülah (2014) stbiliş stratejilerinin öğrencilerin kavramsal öğrenmelerine etkisini araştırmıştır. Araştırmada n test son test kontrol gruplu yarı deneysel desen kullanılmıştır. Araştırmada deney grubunda yer alan öğrencilere üstbiliş stratejileri ile desteklenmiş kavramsal değişim için tartışma yaklaşımını uygulanırken kontrol grubuna bilim ğretiminde kavramsal değişim için

tartışma yaklaşımı (Zhou, 2010) uygulanmıştır. Araştırma verileri Özel Görelilik Kuramı Açık Uçlu Testi ve görüşmeler ile toplanmıştır. Araştırmanın örneklemini 10. sınıfta öğrenim gören 44 oluşturmuştur. Araştırma sonuçlarına göre hem deney hem de kontrol grubunda bulunan öğrenciler ışık hızı ve görelî zaman kavramları ile ilgili kavram yanlışlığına sahiptir. Araştırmada öğrencilerin ışık hızı ile ilgili yanlış yanıtları klasik yanıt, hibrit yanıt ve aşırı genelleme içeren yanıt olmak üzere üç kategoride toplanmıştır. Klasik yanıtta öğrenciler ışık hızını kaynağın ve gözlemcinin hızına bağlı olarak hesaplamıştır. Hibrit yanıtta ise öğrenciler ışık hızının değişmeyeceğini ifade etmelerine rağmen Galileo dönüşümlerine uygun işlemler yapmış veya ifadeler kullanmıştır. Aşırı genelleme içeren yanıtlarda ise öğrencilerin ışık hızının gözlemcinin ve kaynağın hızından bağımsız olması durumunu ışık hızının her ortamda aynı hız değerine sahip olacağı şeklinde yorumlandıkları görülmüştür. Araştırmanın görelî zaman kavramı ile ilgili sonuçları incelendiğinde ise öğrencilerin görelî zaman kavramı ile ilgili farklı düşüncelere sahip oldukları görülmüştür. Araştırmada öğrencilerin zaman kavramı ile ilgili olarak öne çıkan yanıtları ise zamanın hiçbir koşulda değişmeyeceği ile zamandaki görelîliğin yalnızca dünyanın dışında gerçekleştiğidir. Araştırma sonucunda görelî zaman ve ışık hızı kavramlarının öğrencilerin öğrenmekte güçlük çektikleri kavramlar olduğu vurgulanmıştır. Araştırma sonucunda hem üstbilîş stratejileri ile desteklenmiş tartışma tabanlı öğretim modelinin hem de tartışma tabanlı öğretim modelinin öğrencilerin ışık hızı ve görelî zaman kavramlarını öğrenmesine katkı sağladığı görülmüştür. Bununla birlikte üstbilîş stratejilerinin uygulandığı öğretim grubundaki öğrencilerin tartışma tabanlı öğretiminin uygulandığı öğrencilere göre kavramları doğru yapılandırmada daha başarılı oldukları ortaya çıkmıştır.

Özel görelîlik kuramı ile ilgili çalışmalar incelendiğinde öğrencilerin ön kavramlarını belirlemeye yönelik araştırmaların özellikle eşanlılık, eylemsiz referans sistemleri ve kütle kavramlarına yoğunlaştığı görülmüştür. Buna ek olarak özel görelîlik kuramının öğretimi için düzenlenen yapılandırmacı yaklaşıma uygun öğretimlerin öğrencilerin kavramsal öğrenmesinde etkili olduğu vurgulanmıştır.

Bu bölümde giriş bölümünde kuramsal temelleri ifade edilen öğretim modeli ile ilgili bilim eğitimi alanında yapılan kavramsal değişim, üstbilîş, motivasyon ve özel görelîlik kuramı ilgili uygulamalı öğretim çalışmalarına yer verilmiştir. Bir sonraki bölümde ise öğretim modelinin uygulanması detaylı olarak açıklanmıştır.

3. ÖĞRETİM MODELİNİN ÖZEL GÖRELİLİK KURAMININ ÖĞRETİMİNE UYARLANMASI

Bu bölümde araştırmanın öğretim modelinin özel görelilik kuramının öğretiminde nasıl uygulandığı ifade edilmiştir. Araştırmanın öğretim modelinin deneme uygulaması 2011/2012 öğretim yılında gerçekleştirilmiştir. Deneme uygulamasında kontrol grubuna Zhou (2010)'nun Bilim Öğretiminde Kavramsal Değişim için Tartışma Yaklaşımı uygulanırken ve deney grubunda ise araştırmanın öğretim modeli olan üstbilgi stratejileri ile desteklenmiş tartışma tabanlı öğretim modeli uygulanmıştır. Deneme uygulamasında görünen eksikliklere göre revize edilen öğretim modeli 2012/2013 öğretim yılının nisan ve mayıs aylarında toplam yedi hafta ve 14 ders saatini kapsayan bir sürede uygulanmıştır. Öğretim modelinin iki ders saatlik bölümünü kavramsal değişimde üstbilgi yönlendirmelerle ilgili hazırlık çalışması, iki saatlik bölümünü ise alıştırma öğretimi oluşturmuştur. Toplam sürenin 10 ders saatlik bölümünü ise özel görelilik kuramının öğretimi oluşturmuştur. Bu ders saatinin belirlenmesinde 10. Sınıf Fizik Dersi Öğretim Programında bu ünite için önerilen 9 saatlik süre göz önünde bulundurulmuştur (MEB, 2008). Tablo 3.1.'de öğretimi yapılan konular ve süre dağılımları yer almaktadır.

Tablo 3.1: Öğretimi yapılan konular ve haftalara göre dağılımları.

Öğretim Öncesi Hazırlık Çalışmaları		
Hafta	Ders Saati	Konu
1	2	Kavramsal değişimde üstbilgi yönlendirmeler ile ilgili hazırlık çalışması
2	2	Araştırmanın yenilik etkisinin giderilmesi: EMK ve pillerin seri ve paralel bağlanması konusunun öğretimi
Öğretim Çalışması		
Hafta	Ders Saati	Konu
3	2	Işık hızı kavramı
4	2	Eylemsiz referans sistemleri ve eşanlılık kavramları
5	2	Zaman göreliliği kavramı
6	2	Uzunluk göreliliği kavramı
7	2	Kütle ve enerji kavramları

3.1 Öğretim Öncesi Hazırlık Çalışmaları

Ülkemizde ortaöğretim fizik konularının öğretimi çoğunlukla geleneksel öğretime uygun olarak yapılmaktadır. Araştırmalar geleneksel öğretimin öğrencilerin üstbiliş düzeylerini istenilen düzeyde artırmadığını ortaya koymaktadır (Bozan, 2008; Çoramık, 2012). Bu nedenle araştırmaya katılan öğrencilerin üstbiliş ile ilgili bilgilerinin ve üstbilişsel stratejileri kullanma becerilerinin düşük olabileceği durumu göz önünde bulundurulmuştur. Bu durumun oluşturabileceği olumsuz etkileri azaltabilmek için araştırmaya katılan öğrencilere öğretime başlamadan önce üstbiliş öğretimi yapılmıştır. Ayrıca araştırmanın öğretim modelinin öğrencilerin alışkın oldukları geleneksel öğretimden farklı özelliklere sahip olması durumu göz önünde bulundurularak özel görelilik kuramı konusunun öğretiminden önceki elektrik ünitesinin bir bölümü araştırmanın öğretim modeline uygun olarak işlenmiştir.

3.1.1 Kavramsal Değişimde Üstbiliş Yönlendirmeler ile ilgili Hazırlık Çalışması

Kavramsal Değişimde Üstbiliş Yönlendirmeler ile ilgili Hazırlık Çalışmasının temelleri Hennesey (1993)'in oluşturduğu öğretim basamaklarına dayanmaktadır. Bu basamaklar Yıldız (2008) tarafından anlaşılabilirlik ve mantıklılık terimlerinin öğretimi için yapılan öğretime benzer şekilde uygulanmıştır. Araştırmanın üstbiliş öğretimi Posner ve ark (1982)'nin kavramsal değişim sürecini açıklamak için ifade ettiği anlaşılabilirlik, akla yatkınlık, hoşnutsuzluk ve işe yararlılık terimlerinin öğretimini içermektedir. Aşağıda bu kavramların öğretiminin nasıl gerçekleştirildiği ifade edilmiştir.

Anlaşılabilirlik Tanımının Oluşturulması

- Araştırmacı ilk iki ders boyunca bazı terimlerin ne anlama geldiğinin öğrenileceğini ifade ederek derse başlamıştır. İlk olarak anlaşılabilirlik teriminin ne anlama geldiğinin tartışılacağını belirtmiştir.
- Araştırmacı öğrencilere anlaşılabilirlik teriminden ne anladıklarını sormuştur. Öğrencilerden gelen yanıtlar tahtaya yazmıştır.

- Araştırmacı projeksiyon cihazı ile tahtaya yansıtığı Şekil 3.1’de yer alan kısa metin örneğinin okunmasını istemiştir.

Desloratadin santral sinir sistemine kolayca penetre olmaz. Önerilen 5 mg dozda, somnolans insidansında, plaseboya kıyasla bir artış olmamıştır. Aeriüs, klinik araştırmalarda 7.5 mg klinik dozda bile psikomotor performansı etkilememiştir. Tek doz desloratadin 5 mg, sübjektif uykululuk halinin şiddetlenmesi veya uçuşla ilgili faaliyetler de kapsayan, uçuş performansının standart ölçümlerini etkilemez.

Şekil 3.1: Anlaşılırlık terimi birinci kısa metin.

- Metin okunduktan sonra öğrencilere metni anlaşılır bulup bulmadıkları sorusu yöneltilerek sınıf tartışması başlatılmıştır. Bu tartışmada öğrencilerin metni anlaşılır bulmadıklarını ifade ettikleri görölmüştür.
- Araştırmacı projeksiyon cihazı ile tahtaya yansıtığı Şekil 3.2’de yer alan ikinci kısa metin örneğinin okunmasını istemiştir.

Atatürk’ün doğayı, ağacı sevmesinin en belirgin örneklerinden birisi de kuşkusuz Atatürk Orman Çiftliği’dir. Atatürk, 1925 yılında kendi aylığından ödeyerek çiftliğin bugünkü yerini satın almıştır. O yıllarda bu topraklar, ortasından demiryolu geöen bataklık ve boş bir araziydi. O toprağa karşı zafer kazanabileceğini de kanıtlayarak çiftliği burada kurdu. Bugün, Ankaralılar için çiftlik bir dinlenme yeri haline gelmiş, Atatürk’ün önderliğinde dikilen ağaölar büyümüş, gölgesinde insanlar dinlenir olmuştur.

Şekil 3.2: Anlaşılırlık terimi ikinci kısa metin.

- Metin okunduktan sonra öğrencilere metni anlaşılır bulup bulmadıkları sorusu yöneltilerek tekrar sınıf tartışması başlatılmıştır. Bu tartışmada ise öğrencilerin metni anlaşılır bulduklarını ifade ettikleri görölmüştür.
- Araştırmacı öğrencilere dersin başında sormuş olduğu soruyu tekrar sormuş ve anlaşılırlık terimi ile ilgili vermiş oldukları yanıtları tahtaya sıralamıştır.
- Araştırmacı öğrencilerden anlaşılırlık terimi ile ilgili tahtaya yazmış olduğu tüm ifadelerin incelenmesini istemiştir.

- Araştırmacı öğrencilerden yanlarında oturan arkadaşları ile birlikte ikişerli gruplar oluşturarak anlaşılabilirlik terimi ile ilgili tahtaya yazılmış olan ifadelerden hangilerinin kalması gerektiğine karar vermelerini istemiştir.
- Öğrenci gruplarına söz verilerek anlaşılabilirlikla ilgili düşünceleri dinlenmiştir. Sınıfça ortak bir karara varılarak anlaşılabilirlik terimi ile ilgili ortak bir tanım oluşturulmuştur. Öğrenciler bir bilginin günlük hayatla ilişkisinin kurulabilmesi, var olan bilgi birikimleri ile açıklanabilmesi, detaylı olarak ifade edilebilmesi, bilinen sözcüklerle açıklanabilmesi, seviyelerine uygun olması durumunda anlaşılır olduğunu kabul etmiştir. Araştırmacı öğrencilerden bundan sonraki derslerde karşılarına çıkan bilgileri, kendisinin veya arkadaşlarının ifade ettiği görüşleri anlaşılabilirlik için belirlenen bu ölçütleri göz önünde bulundurarak değerlendirmelerini istemiştir. Öğrencilerden anlaşılır bulmadıkları bilgi ve düşünceleri sorgulamalarını, detaylandırmalarını ve anlaşılır hale getirmek için soru sormalarını istemiştir.

Akla Yatkinlik Tanımının Oluşturulması

- Araştırmacı akla yatkinlik teriminin ne anlama geldiğinin tartışılacağını belirtmiştir.
- Öğrencilere akla yatkinlik teriminden ne anladıkları sorulmuş ardından öğrencilerden gelen yanıtlar tahtaya yazılmıştır.
- Araştırmacı projeksiyon cihazı ile tahtaya yansıttığı aşağıda yer alan metnin okunmasını istenmiştir.

Ne Yapmalı?

Psikolog: Çocuğunuz kaç yaşında

Anne: 5 yaşında

Psikolog: Okula gidiyor mu?

Anne: Evet anaokuluna gidiyor.

Psikolog: Bana çocuğunuzun okuldan geldikten sonraki zamanını nasıl geçirdiğini anlatabilir misiniz?

Anne: Okuldan saat 5 civarında geliyor. Ellerini yüzünü yıkıyor yemek yiyoruz. Akşamları uzun süre çizgi film izliyor. Sonra sütünü içip yatıyor.

Psikolog: Çizgi film izleme süresi ne kadar acaba?

Anne: 3-4 saat kadar izliyor.

Psikolog: *Bu sürenin ne kadar uzun olduğunu biliyor musunuz?*

Anne: *Biliyorum bana da biraz uzun gibi geliyor ama engel olamıyoruz.*

Psikolog: *Bakın bu süre çocuğunuzda ciddi sağlık sorularına yol açabilir. Ayrıca bu kadar uzun süresini televizyondaki çizgi filme vermektense sizlerle beraber etkinlikler yapsa, onunla kitap okusanız. Daha iyi bir fikir değil mi sizce?*

Anne: *İlk söylediğiniz bana mantıklı gelmedi. Çünkü çocuğumda bu zamana kadar en ufak bir sağlık sorunu görmedim. Ama ikinci söylediğinizi akla yatkın buldum. Haklısınız. Onun bizlerle zaman geçirmesi daha iyi fikir. Çocuğum ne gibi zararlar görebilir? Biraz açar mısınız?*

Psikolog: *Bakın çocuğunuzun iletişim ortamından sürekli uzak olması onun sosyal gelişimini olumsuz etkiler. Ayrıca çocukların sürekli hızlı çizgi filmler izlediklerinde hızlı ilerleyen şeylere konsantre olabildiklerini bunun ileride hiperaktivite bozukluklarına yol açabileceğini biliyor musunuz? Çocuğunuzun sürekli hızlı nesnelere konsantre olması ileride öğretmene konsantre olamaması ile sonuçlanabilir. Geçenlerde okuduğum bir profesöre ait kitapta 15 dakika televizyon izleyen bir çocuğun beyin fonksiyonlarının eski haline gelebilmesi için 3-4 saat kitap okuması gerektiği yazıyordu.*

Anne: *Az önce size katılmamıştım. Çünkü söyledikleriniz, bildiklerime ve gözlemlerime pek uymamıştı. Ama evet şimdi hak verdim size. Bilim insanları, söyledikleri bilgilere deneyler yaparak ulaşıyorlar. Bu kitabı alıp ben de hemen okumak istiyorum.*

- Metin okunduktan sonra öğrencilere annenin ilk başta psikoloğun ifade ettiği görüşü neden akla yatkın bulmadığı ve daha sonra neden akla yatkın bulunduğu sorusu yöneltilerek sınıf tartışması başlatılmıştır.
- Araştırmacı öğrencilere dersin başında sormuş olduğu akla yatkınlık teriminden ne anlıyorsunuz? sorusunu tekrar yöneltilmiş ve öğrencilerden gelen yanıtları tahtaya yazarak sıralamıştır.
- Araştırmacı öğrencilerin akla yatkınlık terimi ile ilgili tahtada yazan tüm yanıtları incelemelerini istemiştir. Öğrencilerden yanlarında oturan arkadaşları ile birlikte ikiye bölünmüş gruplar oluşturularak akla yatkınlık terimi ile ilgili tahtaya yazılmış olan ifadelerden hangilerinin kalması gerektiğini belirlemeleri istenmiştir.

- Öğrenci gruplarına söz verilerek akla yatkınlık terimi ilgili düşünceleri dinlenmiştir. Sınıfça ortak bir karara varılarak akla yatkınlık terimi ile ilgili ortak bir tanım oluşturulmuştur. Öğrenciler bir bilginin tüm detaylarının ifade edilmesi, bilimsel deney ve gözlemlerle doğrulanması durumunda akla yatkın olacağını kabul etmiştir. Araştırmacı öğrencilerden bundan sonraki derslerde karşlarına çıkan bilgileri ve arkadaşlarının ifade ettiği görüşleri akla yatkınlık için belirlenen bu ölçütleri göz önünde bulundurarak değerlendirmelerini istemiştir. Araştırmacı öğrencilerden akla yatkın bulmadıkları bilgi ve düşünceyi sorgulamalarını, deneysel sonuç ve gözlemlerle doğrulanıp doğrulanmadığını öğrenmelerini istemiştir.

Hoşnutsuzluk Tanımının Oluşturulması

- Araştırmacı hoşnutsuzluk teriminin ne anlama geldiğinin tartışılacağını belirtmiştir.
- Öncelikle, öğrencilere hoşnutsuzluk teriminden ne anladıkları sorulmuştur. Öğrencilerden gelen yanıtlar tahtaya yazılmıştır.
- Araştırmacı projeksiyon cihazı ile tahtaya yansıttığı Şekil 3.3'te yer alan problem durumunun ve öğretmenle öğrenci arasında geçen diyalogların incelenmesini istenmiştir. Öğrencilerden gelen yanıtlar tahtaya yazılmıştır.

Aşağıdaki devrede 1 ve 2 noktalarındaki akım şiddetleri ile ilgili olarak verilen yanıtların başındaki kutucuklardan size göre doğru olanın içine X işareti koyunuz. Verdiğiniz cevabı kısaca açıklayınız.

$1 > 2$

$1 = 2$

$1 < 2$

Açıklamanız:

Şekil 3.3: Hoşnutsuzluk terimi problem durumu.

Öğretmen: Hangi seçeneğin doğru olduğunu düşünüyorsun?

Öğrenci: $1 > 2$ seçeneği doğru.

Öğretmen: Neden akım şiddetinin 1 noktasında 2 noktasından daha büyük olacağını düşünüyorsun?

Öğrenci: Çünkü 1 noktasına gelen elektronlar lambayı geçtikten sonra 2 noktasına ulaşırlar. Lambadan geçen elektronların bir bölümü ışık enerjisi oluşturmak için harcanacaktır.

Öğretmen öğrencisi ile birlikte bir adet lamba, bir adet pil, iki adet tel ve bir akım şiddeti ölçer kullanarak bir elektrik devresi kurmuştur. Öğrencisinden ölçü aletini devreye seri bağlayarak 1 noktasındaki ve 2 noktasındaki akım şiddetlerini ölçmesini istemiştir. Her iki durumda da ampermetrenin aynı sayısal değeri gösterdiğini görülmüştür.

Öğretmen: Bu deneyin sonuçlarını göz önünde bulundurarak vermiş olduğun yanıtı bir daha gözden geçirir misin?

Öğrenci: Bu deneysel sonuç benim işaretlediğim seçenek ile çelişiyor. Ben $1 > 2$ demiştim ama bu deneysel sonuçlara göre $1 = 2$ seçeneğinin doğru olması gerekiyor. Bu sonuç benim için şaşırtıcı oldu.

- Öğrenciler problem durumunu ve diyalogları inceledikten sonra çocuğun içinde bulunduğu bilişsel durum ile ilgili bir sınıf tartışması başlatılmıştır.
- Araştırmacı öğrencilere dersin başında sormuş olduğu soruyu tekrar sormuş ve tahtaya öğrencilerin hoşnutsuzluk terimi ile ilgili vermiş oldukları yanıtları sıralamıştır.
- Öğrencilerden hoşnutsuzluk teriminden ne anladıkları ile ilgili vermiş oldukları ve tahtaya yazılan tüm yanıtların incelenmesi istenmiştir ve ardından yanlarında oturan arkadaşları ile birlikte ikişerli gruplar oluşturarak hoşnutsuzluk terimi ile ilgili tahtaya yazılan ifadelerden hangilerinin kalması gerektiğini belirlemeleri istenmiştir.

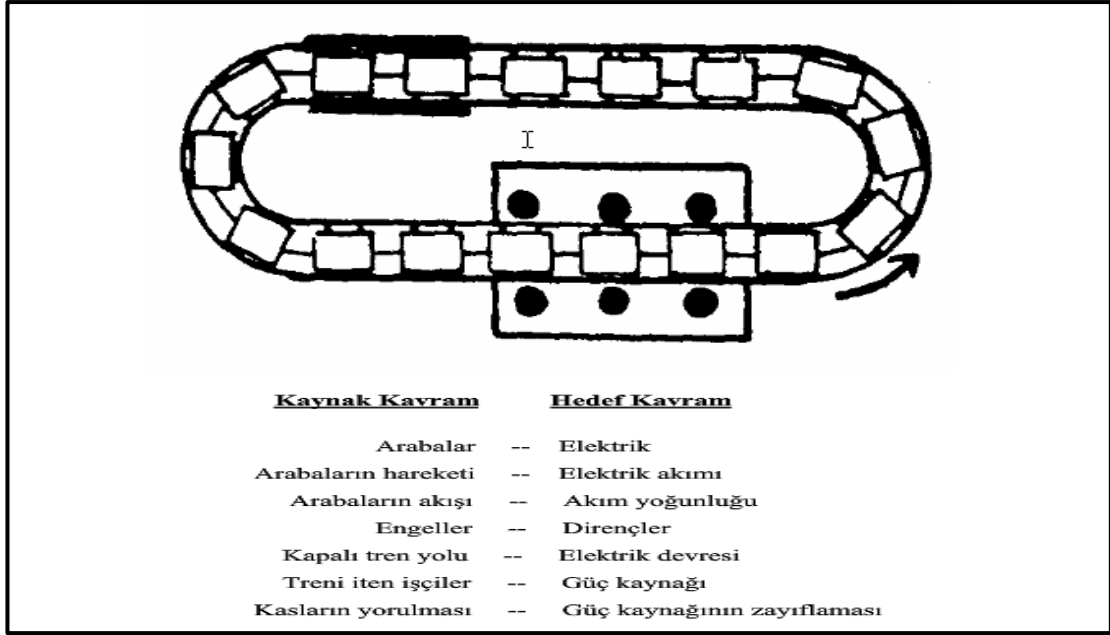


Şekil 3.4: Üstbiliş öğretiminden bir görüntü.

- Öğrenci gruplarına söz verilerek hoşnutsuzluk ile ilgili düşünceleri dinlenmiştir. Sınıfça ortak bir karara varılarak hoşnutsuzluk terimi ile ilgili ortak bir tanım oluşturulmuştur. Öğrenciler bir problemin mevcut bilgi birikimi ile açıklanamaması, var olan bilgilerin deneysel sonuçlarla ve gözlemlerle uyuşmaması durumunda hoşnutsuzluk yaşanacağını ifade etmiştir. Öğretmen öğrencilerden bundan sonraki derslerde karşlarına çıkan bilgileri var olan bilgi birikimleri ile açıklayıp açıklayamadıkları açısından sorgulamalarını, kendilerinin ve sınıf arkadaşlarının var olan bilgi birikimi ile ilgili bir hoşnutsuzluk yaşayıp yaşamadıklarını fark etmeye çalışmalarını ve var olan bilginin hangi noktalarda hoşnutsuzluğa sebep olduğunu düşünmelerini istemiştir.

İşe Yararlılık Tanımının Oluşturulması

- Araştırmacı öğrencilere işe yararlılık teriminden ne anladıklarını sormuştur. Öğrencilerden gelen yanıtlar tahtaya yazılmıştır.
- Araştırmacı öğrencilerden tahtaya yansıttığı Şekil 3.5'te yer alan benzetim örneğini okumalarını istenmiştir.



Şekil 3.5: İşe yararlılık terimi benzetimi (analojisi).

- Benzetim incelendikten sonra araştırmacı öğrencilere benzetimin bir önceki öğretimde ifade edilen hoşnutsuzluk yaşayan öğrencinin hoşnutsuzluk durumunun giderilmesinde işine yarayıp yaramayacağı sorusu yöneltilmiştir.
- Araştırmacı öğrencilere dersin başında sormuş olduğu soruyu tekrar sormuş ve tahtaya öğrencilerin işe yararlılık terimi ile ilgili vermiş oldukları yanıtları sıralamıştır.
- Öğrencilerden işe yararlılık teriminden ne anladıkları ile ilgili vermiş oldukları ve tahtaya yazılan tüm yanıtları incelemelerini ve yanlarında oturan arkadaşları ile birlikte ikişerli gruplar oluşturarak işe yararlılık terimi ile ilgili tahtaya yazmış olduğu ifadelerden hangilerinin kalması gerektiği belirlemelerini istenmiştir.

Öğrenci gruplarına söz verilerek işe yararlılık ile ilgili düşünceleri dinlenmiştir. Sınıfça ortak bir karara varılarak işe yararlılık terimi ile ilgili ortak bir tanım oluşturulmuştur. Öğrenciler bir bilginin bir problemin çözümünü sağlaması ve deneysel sonuçlarla örtüşmesi durumunda işe yarar kabul edilebileceğini ifade etmiştir. Öğretmen öğrencilerden bundan sonraki derslerde karşılarına çıkan bilgileri bir problemin çözümüne sağladığı katkı, başka problemlerin çözümünde

kullanılması ve bilimsel verilerle desteklenmesi durumları açısından sorgulamalarını istemiştir.

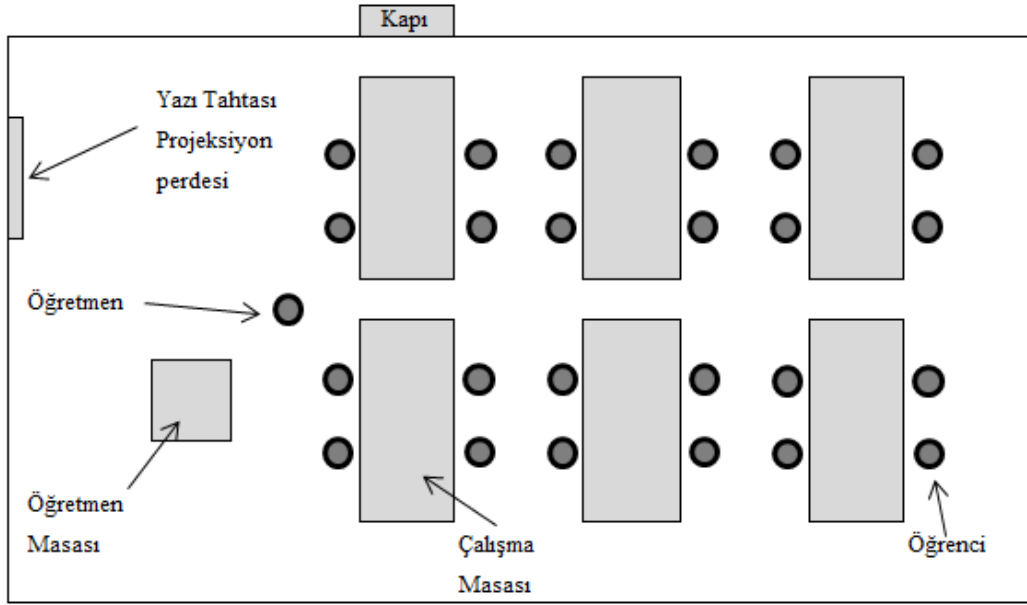
3.1.2 Öğretim Gruplarının Oluşturulması

Öğretim gruplarının oluşturulmasında ve oturma düzeninin belirlenmesinde dersin fizik öğretmeninin yardımı alınmıştır. Öğrencilerin okulda uygulamanın yapıldığı dönemde yapılan fizik dersi sınavından aldıkları puanlar ile öğretmenin öğrencilerin akademik başarıları ile ilgili izlenimlerinden yola çıkılarak öğrenciler yüksek, orta ve düşük başarı grupları olmak üzere üç gruba ayrılmıştır. Öğretim gruplarına öğrenciler atanırken mümkün olduğu kadar bir yüksek, bir düşük ve iki orta başarı grubunda yer alan öğrencilerin bir arada olmasına dikkat edilmiştir. Öğrencilerin gruplandırılmasında özen gösterilen bir başka nokta ise öğrencilerin birbirleri ile olan ilişkileridir. Öğrencilerin büyük bir bölümü yatılı olduğundan dersin öğretmeni tarafından öğrenciler arasındaki iletişim durumları bilinmektedir. Gruplar oluşturulurken öğrencilerin okul dışında iletişimde olduğu ve iyi anlaştığı arkadaşları ile aynı grupta olmalarına özen gösterilmiştir. Öğretim grupları oluşturulduktan sonra öğrencilere belirli ölçülerde gruplarında değişiklik yapma izni verilmiştir. Öğretim boyunca birlikte çalışacakları arkadaşlarının öğretime olan motivasyonlarını etkileyeceği düşünülerek bir motivasyon stratejisi olarak (Palmer, 2005) grupların oluşturulması sürecine öğrenciler de dahil edilmiştir ve öğrencilerin istedikleri arkadaşları ile aynı grupta olması organize edilmeye çalışılmıştır. Grupların oluşturulması aşamasında yalnızca iki öğrenci grup değişikliği talebinde bulunmuştur. Bu taleplerde yerine getirilerek öğrenciler dörderli çalışma gruplarına ayrılmıştır. Öğrencilerin gruba olan aidiyet duygularını ve öğrenmeye karşı motivasyonlarını artırmak için öğrencilerin gruplarına bir isim vermeleri sağlanmıştır (Aktaş, 2013).

3.1.3 Grupların Oturma Düzenlerinin Belirlenmesi

Araştırmanın öğretim modeli okulun fizik laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Laboratuvarda projeksiyon aleti, yazı tahtası ve öğrencilerin

gruplar halinde karşılıklı veya yan yana oturabilecekleri sabit laboratuvar masaları yer almaktadır. Şekil 3.6’da sınıf oturma düzeni yer almaktadır.



Şekil 3.6: Sınıf oturma düzeni.

Öğretime başlamadan önce gruplar çalışma masalarına dağıtılmıştır. Bundan sonraki derslerde bu düzene uygun olarak oturmaları istenmiştir.

3.1.4 Araştırmanın Öğretim Materyallerinin Geliştirilmesi

Araştırmanın öğretim materyalleri araştırmacı tarafından geliştirildikten sonra bir fizik öğretmenin ve bir de fizik eğitimi uzmanı tarafından uzman görüşü alınmıştır. Daha sonra öğretim materyalleri 2010-2011 öğretim yılında Balıkesir ilinde öğrenim görmekte olan 50, 10. sınıf öğrencisine uygulanmıştır. Bu öğretim ile öğretimden elde edilen izlenimlere göre öğretim materyalleri yeniden yapılandırılmıştır. Öğrencilerin düzeyine uygun olmayan, öğrencilerin motivasyonunu azaltan materyaller değiştirilmiş veya tekrar yapılandırılmıştır. Materyallerin düzenlenmiş hali deneme uygulaması sırasında kullanılmıştır. Deneme uygulaması sırasında elde edilen izlenimlere göre tekrar ele alınan materyaller son haline getirilmiştir.



Şekil 3.7: Sınıf oturma düzenini gösteren bir görüntü.

3.1.5 Öğretim Modelinin ve Grup Rollerinin Tanıtılması

Öğretime başlamadan önce öğrencilere özel görelilik kuramı konusunun öğretimi için nasıl bir öğretim tasarlandığı anlatılmış ve grup görevleri öğrencilere tanıtılmıştır. Araştırmacı öğrencilere özel görelilik kuramı öğretimi boyunca bir önceki elektrik ünitesinin öğretiminde olduğu gibi çeşitli animasyonlar, simülasyonlar, videolar izleyeceklerini, problemler çözeceklerini, grup ve bireysel tartışmalar gerçekleştireceklerini ifade etmiştir. Öğretim boyunca tüm öğrencilerden bol bol düşünmeleri, düşüncelerini özgürce paylaşmaları, anlamadıkları yerler olduğu zaman çekinmeden sormaları istenmiştir. Öğretmen grup çalışmalarını sırasında grup üyelerinin çeşitli roller üstleneceğini ifade etmiştir.

Grup Rollerinin Tanıtılması

Grup rolleri öğretim modelinin üstbilgi ve motivasyon stratejilerinden birini oluşturmaktadır. Tanımlanan İzleme, Planlama ve Değerlendirme Uzmanlığı rolleri ile öğrencilerin kendilerinin ve grup arkadaşlarının üstbilgi stratejilerini kullanmalarını sağlamak amaçlanmıştır. Araştırmacı grup rollerini öğrencilerin kendi kendilerini ve grup arkadaşlarının öğrenme süreçlerini kontrol etmeleri, planlamaları

ve değerlendirmelerini sağlamak amacı ile oluşturulmuştur. Öğretim süresince araştırma gruplarındaki öğrenciler bu rolleri dönüşümlü olarak üstlenmiştir. Öğretim boyunca her öğrencinin bu rollerden birini en az bir kez üstlenmesi sağlanmıştır. Bu roller ile öğrencilerin dersin aktif katılımcıları olmalarını sağlamak, öğrencilerin yarışmadan uzak birbirlerinin düşüncelerini dinleyerek, karşılaştırarak ve değerlendirerek öğrenmelerini teşvik etmek ve grup çalışmalarını çeşitlendirmek amaçlanmıştır. Aşağıda her bir rol kısaca açıklanmıştır.

İzleme Uzmanı

Araştırmacı öğrencilere, izleme uzmanı rolünü alan grup üyesinin grup çalışmaları sırasında grup arkadaşlarının ve kendisinin bilişsel süreçlerini izlemesinin gerektiğini ifade etmiştir. İzleme uzmanının bilişsel süreçleri izleme faaliyetinin yalnızca kendisi ile sınırlı olmadığı grup arkadaşlarının düşünme süreçlerini de kapsadığı ifade edilmiştir. İzleme uzmanının grup çalışması sırasında grup ve bireysel performansının farkında olmasını sağlayacak çalışmalar yapması gerektiği vurgulanmıştır. İzleme uzmanının görevini yerine getirirken öğrenme aktivitesini durdurabileceği, grup arkadaşlarının bilişsel anlamda ne durumda olduklarını fark etmeleri için sorular sorabileceği ifade edilmiştir. Daha sonra araştırmacı öğrencilere izleme uzmanının öğretim sırasında gerçekleştirmesi beklenen faaliyetlerini sıralamıştır.

İzleme Uzmanının Gerçekleştirmesi Beklenen Faaliyetler

- 1) Düzenli aralıklar ile duyulan veya okunan materyalin anlaşılıp anlaşılmadığını görmek için süreci izlemek.
- 2) Grubun en baştaki görüşleri ile gerçekleştirilen etkinliklerden sonraki görüşleri arasındaki farklılıkları ifade etmek ve grup üyelerine aktarmak.
- 3) Grup içinde öne sürülen görüşlerin farklılığını ve benzerliğini izlemek ve ifade etmek.

Öğrencilere öğretim sırasında izleme uzmanlarının gerçekleştirmesi beklenen faaliyetler ile ilgili kılavuzluk yapması için Tablo 3.2’de bir örneği verilen İzleme Kılavuzlarının dağıtılacağı ifade edilmiş ve tüm öğrencilerin İzleme Kılavuzunu incelemeleri istenmiştir. Öğretmen öğrencilere izleme uzmanının grup çalışmaları

sırasında klavuzda yer alan basamakları tamamlamaya çalışmasının gerekliliğini ifade etmiştir.

Tablo 3.2: Görelî uzunluk kavramı izleme klavuzu.

İZLEME KILAVUZU		
Açıklama: İzleme Uzmanı olarak problemin çözümü sırasında aşağıdaki aşamaları tamamlayınız. Aşamaların tamamlanması sırasında grup arkadaşlarınıza çeşitli sorular yönelterek onların düşüncelerini açığa çıkarınız.		
Grup Adı: Grup Üyeleri: 1. İzleme Uzmanı:		
Nurmara	Aşamalar	Tamamlandı (√) Tamamlanamadı (x)
1	Çubuk paradoksu sonucuna yönelik kendi düşünceleriniz ile grup arkadaşlarınızın düşüncelerini karşılaştırınız.	
2	Grup arkadaşlarınızın her birinin çubuk paradoksu ile ilgili düşüncelerini belirlemek için onlara sorular yöneltiniz. Düşüncelerinin sebeplerini açıklamalarını sağlayınız.	
3	Grup etkinliği sırasında uygun gördüğünüz aralıklarla tartışmayı durdurup arkadaşlarınızın çubuk paradoksunun sonucuna yönelik fikirlerindeki değişimleri gözlemlemeye çalışınız. Sorular yöneltiniz.	
4	Grup tartışması sonucu sizin ve grup arkadaşlarınızın çubuk paradoksu sonucuna yönelik fikirlerinizde değişim olup olmadığını anlamaya çalışınız.	
5	Grup tartışması sonucunda sizin ve grup arkadaşlarınızın çubuk paradoksunun sonucuna yönelik fikirlerinde değişim olup olmaması durumunda bu durumun sebeplerini düşününüz.	

Planlama Uzmanı

Öğretmen öğrencilere planlama uzmanının diğer grup üyelerine problem çözümü sırasında klavuzluk edeceğini açıklamıştır. Planlama uzmanının problem çözümü sırasında problem çözüm stratejilerinin ve problem çözümü için gerekli kaynakların belirlenmesinde, çalışma planının hazırlanmasında etkin rol oynayacağı

ifade edilmiştir. Daha sonra araştırmacı öğrencilere planlama uzmanının öğretim sırasında gerçekleştirmesi beklenen faaliyetlerini sıralanmıştır.

Planlama Uzmanının Görevleri

1) Problem çözümü sırasında yapılması gereken işleri grup üyeleri ile birlikte belirlemek ve bir çözüm planı oluşturmak.


2) Çözüm planını grup üyelerine özetlemek. Tüm grup üyelerinin çözüm planından haberdar olmasını sağlamak.

3) Çözüm planın aşamaları için grup üyeleri ile birlikte süre belirlemek ve belirlenen süreyi grup üyelerine duyurmak.

4) Problemin çözüm aşamasında gerekli görürse diğer grup üyelerini görevlendirmek ve diğer grup üyelerine sorumluluk vermek.

Öğrencilere planlama uzmanlarının gerçekleştirmesi beklenen faaliyetler ile ilgili klavuzluk yapması için her hafta öğretim öncesinde Tablo 3.3'te yer alan Planlama Kılavuzlarının dağıtılacağı ifade edilmiş ve öğrencilerden Planlama Kılavuzunu incelemeleri istenmiştir. Öğretmen öğrencilere planlama uzmanının grup çalışmaları sırasında kılavuzda yer alan basamakları tamamlamaya çalışmasının gerektiğini belirtmiştir. Tablo 3.3'te örnek olması açısından öğretimin standart planlama kılavuzuna yer verilmiştir.

Tablo 3.3: Görelî uzunluk kavramı planlama kılavuzu.

PLANLAMA KLAVUZU		
Açıklama: Planlama uzmanı olarak problemin çözümüne başlamadan önce arkadaşlarınızla birlikte aşağıdaki boşlukları doldurunuz ve aşamaları tamamlayınız. Daha sonra ise problemin çözüm sürecinizin planınıza uygun bir şekilde devam etmesini sağlayınız.		
Grup Adı:		Plan Uzmanı:
Problemdede ne sorulmaktadır:		
Çözümeye Yönelik Grup Tahmininiz:		
Problemin çözümü için bir süre belirleyiniz:dakika		
	Aşamalar	Tamamlandı (√) Tamamlanamadı (x)
1	Problemdede ne sorulduğunu grup arkadaşlarınızla birlikte belirleyiniz.	
2	Grup arkadaşlarınızı problemin çözümüne yönelik bir tahminde bulunmasını sağlayınız. Grup olarak ortak bir tahminde uzlaşma sağlayınız.	
3	Problemin çözümü için süre belirleyiniz.	
4	Grup arkadaşlarınız ile birlikte problemin çözümü için ders boyunca öğrendiğiniz bilgileri gözden geçiriniz.	
5	Problemin çözümü için gerekli olan başka bir bilgiye ihtiyacınız varsa belirleyiniz.	
6	Grup olarak problemin çözümünü gerçekleştiriniz. Çözümünüzü gözden geçiriniz.	
7	Problemin çözümünde yeterli ilerlemeyi sağlayamadıysanız planınızı tekrar düzenleyiniz.	
Tahmininiz doğru çıktı mı:.....		

Değerlendirme Uzmanı

Araştırmacı öğrencilere değerlendirme uzmanının ilk görevinin kendi öğrenme sürecini daha sonra da sınıf arkadaşlarının öğrenme sürecini değerlendirmek ve kendi öğrenme süreci ile karşılaştırmak olduğunu ifade etmiştir. Bu nedenle tüm öğretim boyunca değerlendirme uzmanının kendilerinin ve grup üyelerinin ne düşündüğüne, düşüncelerini hangi noktada değiştirdiklerine dikkat


etmesi ve bu durumu izlemesi gerektiği belirtilmiştir. Ayrıca değerlendirme uzmanlarının kendilerinin ve grup arkadaşlarının öğrenmesini güçleştiren ve kolaylaştıran etkenlerin neler olduğuna dikkat etmesi gerektiği belirtilmiştir. Öğrencilere değerlendirme uzmanının öğretim sırasında gerçekleştirmesi beklenen faaliyetler aşağıda sıralanmıştır.

Değerlendirme Uzmanının Görevleri:

- 1) Grup çalışmasının sonuçlarının değerlendirilmesinde görev alır.
- 2) Grup çalışmasına grup üyelerinin katkısını ifade eder.
- 3) Grup çalışmaları sırasındaki düşünceleri ile grup arkadaşlarının düşüncelerini karşılaştırır.
- 4) Uygulama ilerledikçe kendisinin ve grup arkadaşlarının görüşlerinde yaşanan değişimi ifade eder.
- 5) Grubun çalışması sırasında yaşadıkları temel güçlükleri açıklar.
- 6) Grup olarak başarılı ve başarısız oldukları noktaların neler olduğunu belirler.

Öğrencilere değerlendirme uzmanlarının gerçekleştirmesi beklenen faaliyetler ile ilgili kılavuzluk yapması için her hafta öğretim öncesinde Tablo 3.4'te yer alan Değerlendirme Klavuzlarının dağıtılacağı ifade edilmiş ve öğrencilerden Değerlendirme Klavuzunu incelemeleri istenmiştir. Öğretmen öğrencilere değerlendirme uzmanının grup çalışmaları sırasında klavuzda yer alan basamakları tamamlamaya çalışması gerektiğini ifade etmiştir.

Tablo 3.4: Görelî uzunluk kavramı değerlendirme kılavuzu.

DEğERLENDİRME KILAVUZU	
Açıklama: Değerlendirme uzmanı olarak ders sonunda aşağıdaki soruları yanıtlayınız.	
Grup Adı: Grup Üyeleri: İzleme Uzmanı:	
 A graphic showing a person pointing to a performance scale with four levels: Excellence (checked), Good, Average, and Poor.	
1	Grup üyelerinin çalışma süresince başarılı ve başarısız olduğu noktaları belirleyiniz.
2	Grup olarak çalışma süresince yaşadığınız öğrenme güçlükleri tanımlayınız.
3	Grup performansınızı ve grup üyelerinin bireysel performanslarını değerlendirmeye çalışınız.
4	Grup olarak belirlediğiniz yaklaşım, hipotez vb. nin problemlerin çözümündeki katkısının neler olduğunu açıklayınız.
5	Bu ders boyunca grup olarak bireysel olarak konunun ne kadarını öğrendiğinizi açıklayınız.
6	Bu ders boyunca kendinizin ve grup arkadaşlarınızın yaptığınız uygulama ve etkinliklere katılım performansını değerlendiriniz.
7	Uygulama ve etkinliklerdeki performansınızı artırmak için neler yapmanız gerektiğini düşününüz.
8	Grup arkadaşlarınızın ve kendinizin öğretim başındaki düşüncelerini ifade ediniz.
9	Grup arkadaşlarınızın ve kendinizin öğretim süresince düşüncelerinizdeki değişimi nedenleri ile birlikte düşününüz.
10	Grup arkadaşlarınızın ve kendinizin öğretim sonundaki düşüncelerini ifade ediniz.

3.1.6 Araştırmanın Yenilik Etkisinin Giderilmesi

Araştırmanın öğretim modeli öğrencilerin alışmış oldukları öğretimden oldukça farklıdır. Öğretim modeline öğrencilerin yabancı olmasından kaynaklanabilecek dezavantajları azaltabilmek ve öğrencilerin öğretim modeline alışabilmelerini sağlamak için özel görelilik kuramının öncesinde yer alan elektrik ünitesinin elektromotor kuvveti ve pillerin seri ve paralel bağlanması konularının öğretilmesi araştırmanın öğretim modeli ile gerçekleştirilmiştir. Özel Görelilik Kuramının öğretilmesi öncesinde yapılan bu öğretim ile öğretim modelinin

uygulanmasında yaşanabilecek güçlükler tespit edilerek telafi edilmeye çalışılmıştır. Bu öğretim sırasında öğrencilerin öğretim modeline adapte olmalarında, grup ve sınıf tartışmalarına katılmalarında ve grup rollerinin gerektirdiği görevleri yerine getirmekte güçlük yaşadıkları görülmüştür. Bu öğretimler boyunca öğretmen gruplar arasında dolaşarak grup rollerinin gerektirdiği görevlerin yerine getirilmesinde ve öğrencilerin görüşlerini birbiri ile paylaşmaları konusunda onları yönlendirmeye çalışmıştır. Öğretim modeline direnen öğrencileri tespit ederek sınıf tartışmalarına katılmaları için çaba harcamıştır.

3.2 Öğretim Modelinin Uygulanması

Bu bölümde öğretim modelinin basamaklarına yer verilmiştir. İlk olarak her bir basamağın öğretim ortamına nasıl aktarılacağı detaylı bir biçimde açıklanmış daha sonrada basamakların Özel Görelilik Kuramının Öğretiminde nasıl uygulandığını ifade edilmiştir. Bunun için modelin özel görelilik kuramı konusu uzunluk göreliliği kavramının öğretiminde nasıl uygulandığı örnek olarak açıklanmıştır.

3.2.1 Problemin Tanıtılması (Present Problem Context)

Öğretimin bu basamağı bir problem durumu ile başlatılmıştır. Öğretimin bu basamağındaki problem veya soru çeşitli şekillerde olabilir. Örneğin problem durumu olarak bir olay verilebilir, bir gösteri deneyi izletilebilir veya bir düşünce deneyi sunulabilir. Bu basamakta seçilen problem veya soru öğretim modelinin etkililiğine önemli ölçüde etki etmektedir. Çünkü öğrenciler öğretim modeli ile ilk kez bu problem durumu ile karşı karşıya gelirler. Seçilen bu problem durumuna göre öğrenmeye karşı pozitif veya negatif bir yaklaşım içine girebilirler. Problemin tanıtılması aşamasının bu özelliği dikkate alınarak özel görelilik kuramının öğretiminde öğrencilerin öğrenmeye karşı ilgisini çekecek, popüler düşünce deneylerine yer verilmiştir. Düşünce deneylerinin ilgi çekici olması nedeni ile öğrencilerin öğrenmeye karşı motivasyonunu arttıracakı düşünülmüştür.

Problemin Tanıtılması Aşamasının Uygulanması

Öğretim sırasında problemin tanıtılması aşaması bir ders saatinin 10 dakikalık bölümünü oluşturmuştur. Bu basamakta ilk olarak öğretim materyali perdeye yansıtılarak öğrencilerin problem durumunu bireysel olarak incelemeleri sağlanmıştır. Araştırmacı öğretim modelinin bu basamağında öğrencilere çeşitli sorular yönelterek problem durumunu doğru anlamalarını sağlamaya çalışmıştır. Tablo 3.5'te özel görelilik kuramının öğretimi sırasında problemin tanıtılması basamağında kullanılan öğretim materyalleri ifade edilmiştir.

Tablo 3.5: Problemin tanıtılması aşaması problem durumları.

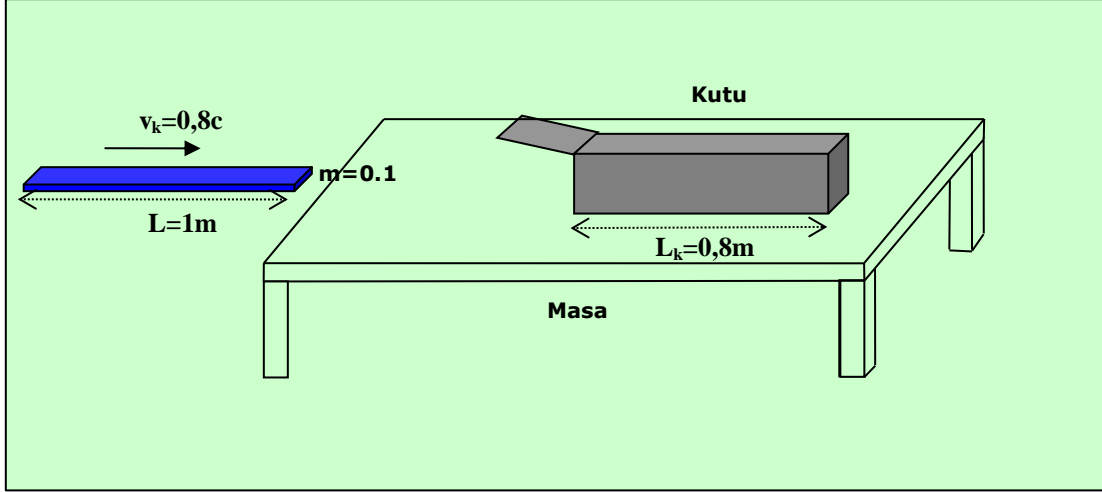
Konu	Problemin tanıtılması aşaması problem durumu
Işık Hızı	Michelson Morley Deneyi
Eşanlılık	Düşünce Deneyi: Tren paradoksu
Zaman Göreliliği	Düşünce Deneyi: İkizler paradoksu
Uzunluk Göreliliği	Düşünce Deneyi: Kutuya çubuk sığdırma paradoksu
Görelilik Kuramı Kütle ve Enerji	Düşünce Deneyi: Işık atması paradoksu

Problemin tanıtılması aşaması problem durumu için kullanılan deneyler seçilirken öğrencilerin merakını canlı tutacak ve öğrencilerin birbirinden farklı görüşler ileri sürebileceği ve hayal güçlerini canlı tutabilecekleri türde olmasına dikkat edilmiştir. Bu nedenle ağırlıklı olarak ilk bakışta paradoks içeren düşünce deneylerine başvurulmuştur. Aşağıdaki bölümde problemin tanıtılması aşamasının uzunluk göreliliği kavramının öğretiminde nasıl uygulandığı örnek olarak açıklanmıştır.

Uzunluk Göreliliği Kavramının Öğretiminde Problemin Tanıtılması Aşamasının Uygulanması

Uzunluk göreliliği kavramının öğretiminde problemin tanıtılması aşaması aşağıda ifade edildiği şekilde uygulanmıştır.

Araştırmacı Şekil 3.8'deki problem durumunu projeksiyon cihazı ile tahtaya yansıtmıştır.



Açıklama: Şekilde arka yüzüne içeriden dokunulduğu zaman kapağı kapanabilen uzunluğu 0.8 m olan bir metal kutu görülmektedir. Durgun haldeki boyu 1m ve eni 0.1 m olan kalasın kutuya ışık hızının %80'ni bir hız ile ($0,8c$) gönderilmesi durumunda kutunun içine tamamen sığması mümkün müdür? Yorumunuzu önce kutuya göre (Bu gözlem çerçevesinde, kutu yerinde sabit duruyor ve çubuk hareket ediyor) sonra çubuğa göre (Bu gözlem çerçevesinde, çubuk yerinde sabit duruyor ve kutu çubuğa doğru hareket ediyor) yapınız. (Çubuğun kutuyu sürüklemeyeceğini ve kutunun çok sağlam olduğunu kabul ediniz).

Şekil 3.8: Problemin tanıtılması aşaması göreliliğin uzunluk kavramı problemi.

- Araştırmacı öğrencilerden problemi okumalarını istemiştir.
- Tüm öğrenciler problemi okuduktan sonra öğrencilere problem durumunu fark etmeleri için “Buradaki problem nedir? Problem ile ilgili anlaşılmayan bir yer var mı? Problemin kutuya ve çubuğa göre değerlendirilmesi ne anlama gelmektedir? soruları yöneltilmiştir.
- Araştırmacı öğrencilerin vermiş olduğu yanıtlardan yola çıkarak yeni sorular sormuş ve öğrencilerin problem durumunu fark etmelerini sağlamıştır.

3.2.2 Ön Kavramlarının Ortaya Çıkarılması (Elicit Preconceptions)

Bu aşamada öğrencilerden bir önceki basamakta verilen problem durumu için çözüm önerisinde bulunmaları istenir. Öğretimin bu aşamasında öğrenciler problem ile ilgili çözüm önerisini tek başına oluştururlar daha sonra ise tahminlerini grup

üyeleri ile paylaşarak grup adına tek bir çözüm önerisinde uzlaşırlar. Öğretim sırasında öğrencilerden bir çözüm önerisinde uzlaşmalarını istenmesinin nedeni öğrencilerin birbirlerinin görüşlerini dinlemelerini ve tüm görüşleri eleştirel bir biçimde ele almalarını sağlamaktır. Öğrencilerin grup olarak çözüm önerisinde uzlaştıkları basamakta her öğrenci problemin çözümü ile ilgili düşüncesini açıklar ve grup arkadaşının görüşünü dinler. Daha sonra grup tartışması ile bir çözüm önerisinde uzlaşmaya çalışırlar. Grup tartışmalarında tüm grup üyelerinin problemin çözümü ile ilgili düşüncelerini sesli olarak detaylı bir biçimde açıklamaları istenmiştir. Grupların izleme uzmanları ise grup tartışmalarını sırasında kendisinin ve grup arkadaşlarının görüşlerini bilişsel açıdan izler. Grup tartışmaları sırasında öğretmen ise gruplar arasında dolaşarak grup üyelerinin ön kavramlarını ortaya çıkaracak sorular sorar. Grupların tartışmaları sonlandıktan sonra izleme uzmanları grupça uzlaştıkları çözüm veya çözüm önerilerini sınıf arkadaşlarına açıklar. İzleme uzmanı grup görüşlerini ifade ederken grup arkadaşlarının düşüncelerinin neler olduğunu, tartışmadan sonra kimlerin düşüncesini değiştirdiğini veya değiştirmedini, izleme klavuzunda ifade edilen başlıkları göz önünde bulundurularak açıklar. Öğretmen tüm grupların düşüncelerini dinler fakat öğrencilerin görüşleri ile ilgili doğru veya yanlış şeklinde bir geri bildirimde bulunmaz yalnızca grup görüşlerini tahtaya özetler ve dersin ilerleyen bölümlerinde bu probleme geri dönüleceğini açıklar.

Ön Kavramların Ortaya Çıkarılması Aşamasının Uygulanması

Öğretim sırasında ön kavramların ortaya çıkarılması aşaması bir ders saatinin 15 dakikalık bölümünü oluşturmuştur. Bu basamakta araştırmacı öğrencilerden problemin tanıtılması aşamasında kullanılan problemin çözümü ile ilgili bir grup çalışması yapmalarını istemiştir. Bu grup tartışması sırasında tüm grup üyelerinin görüşlerini ifade etmesi ve grup adına tek bir çözüm önerisi geliştirmeleri beklenmektedir.

Aşağıdaki bölümde uzunluk göreliliği kavramının öğretiminde ön kavramların ortaya çıkarılması aşaması aşağıda ifade edildiği şekilde uygulanmıştır.

Uzunluk Göreliliği Kavramının Öğretiminde Ön Kavramların Ortaya Çıkarılması Aşamasının Uygulanması

- Araştırmacı öğrencilerden kutuya çubuk sığdırma problem durumunu için grup çalışması ile çözümlenmelerini istemiştir.



Şekil 3.9: Ön kavramların ortaya çıkarılması aşaması grup çalışması görüntüsü.

- Araştırmacı izleme uzmanlarından tartışma sürecini izleme kılavuzuna uygun olarak izlemeleri istenmiştir.
- Öğrenciler grup çalışmasını sürdürürken araştırmacı gruplar arasında dolaşarak öğrencilerin ön kavramlarını harekete geçirecek problemde ifade edilen çok hızlı hareket eden bir çubuk yerine bir araba olsaydı araba garaja sığabilir miydi? Neden gibi sorular yönelmiştir. Araştırmacı bu sorular ile öğrencilerin klasik fizik bilgilerini harekete geçirmeye çalışmış ve gruplarda öğretime katılmak istemeyen öğrencileri grup aktivitelerinin bir parçası olmasını sağlamaya çalışmıştır.
- Öğrencilerin grup çalışmaları bittikten sonra tüm grupların izleme uzmanlarına söz verilerek grupların grup çözümleri dinlenmiştir. İzleme uzmanının grup arkadaşlarının tartışmadan önceki ve sonrasındaki görüşlerini ifade etmesi kendi görüşleri ile karşılaştırması, grup arkadaşlarının görüşünü değiştirmesinde nelerin etkili olduğu açıklaması sağlanmıştır.
- Araştırmacı öğrencilerin grup görüşlerini tahtaya özetlemiştir ve dersin ilerleyen bölümlerinde kutunun çubuk deneyine geri döneceklerini ifade etmiştir.

3.2.3 Bilişsel Çatışmanın Yaratılması (Create Cognitive Conflict)

Bir önceki basamakta öğrenciler problemin çözümü ile ilgili düşüncelerini netleştirmiş, organize etmiş ve arkadaşlarının düşünceleri ile karşılaştırma imkanı bulmuştur. Öğrencilerin problem durumu ile ilgili düşünceleri, görüşleri ve çözüm önerileri ortaya çıkarılmıştır. Bu basamak ise öğrencilerin problem durumu ile ilgili çözüm önerilerinin problemin çözümünü sağlayıp, sağlamadığını görmelerini sağlamayı hedeflemektedir. Öğretimin bu basamağı bilimsel bilginin öğretime hakim olmaya başladığı bölüm olarak ele alınabilir. Bu bölümde problemin tanıtılması aşamasında öğrencilere iletilen düşünce deneyinin veya problemin sonucu öğrencilere açıklanmıştır. Özel Görelilik kuramının öğretimi sırasında öğrencilerin deney yapma imkanı bulunmadığından bu aşamada problem çözümü animasyonlarla gerçekleştirilmiştir.

Bilişsel Çatışmanın Yaratılması Aşamasının Uygulanması

- Bilişsel çatışmanın yaratılması bir ders saatinin 20 dakikalık bölümünü oluşturmuştur. Bu aşamada öğrencilere problemin tanıtılması aşamasında sunulan deney veya düşünce deneyinin çözümü animasyon veya simülasyon kullanılarak ifade edilmiştir. Sınıf tartışması yapılarak öğrencilerin ön kavramları ile animasyon veya simülasyonda ifade edilen bilimsel sonuç arasındaki uyumsuzluğu fark etmeleri sağlanmıştır. Öğretmen öğrencilerin bilişsel çatışma yaşayıp yaşamadığını belirlemek için çeşitli sorular yöneltmiştir. Öğrencilerin vermiş olduğu yanıtlarda bilişsel çatışmayı reddetmesi veya görmezden gelmesi durumları ile karşılaşılması durumunda bilişsel çatışmanın kaçınılması gereken bir durum olmadığı belirtilerek öğrencilere bilişsel çatışmanın cesaretle üzerine gidilmesi gereken bir durum olduğunu ifade edilmiştir. Bu öğretim süresince öğrenmek için bol bol hata yapma hakları olduğu ifade edilmiştir.
- Tablo 3.6'da öğretim süresince bilişsel çatışmanın yaratılması basamağında öğrencilere uygulanan öğretim materyalleri görülmektedir.

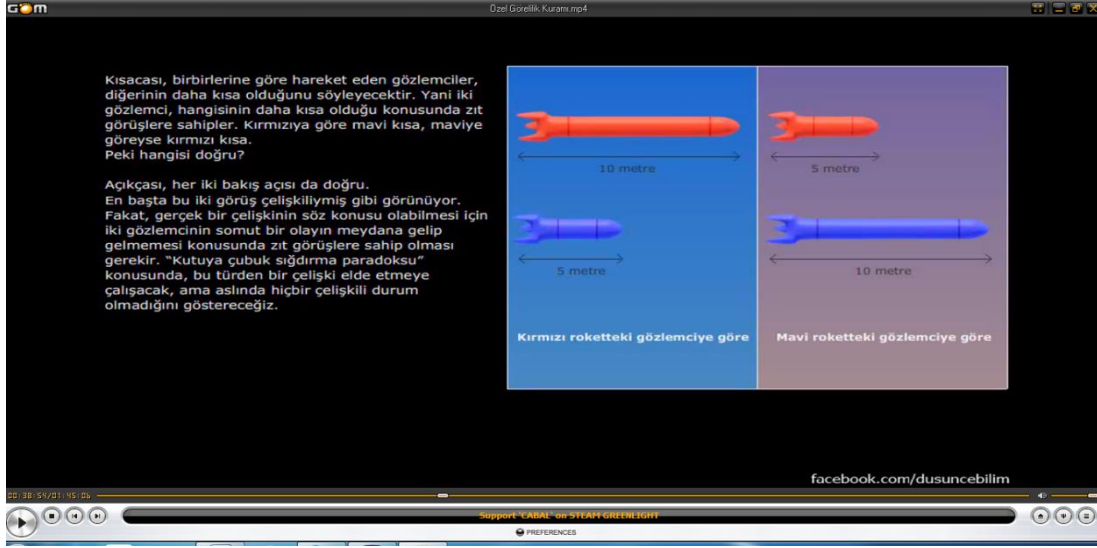
Tablo 3.6: Bilişsel çatışmanın yaratılması aşaması problem durumu görsel materyalleri

Konu	Problem	Görsel Materyal
Işık Hızı	Michelson-Morley deney sonucu	Simülasyon http://galileoandstein.physics.virginia.edu/more_stuff/flashlets/mmexpt6.htm
Eşanlılık	Tren Paradoksu deney sonucu	Animasyon http://www.youtube.com/watch?v=tl7-oiRukHs http://www.youtube.com/watch?v=wteiuqxqtoM
Zaman Göreliliği	İkizler Paradoksu deney sonucu	Animasyon http://www.youtube.com/watch?v=uIWyg5oMs5M
Uzunluk Göreliliği	Çubuk paradoksu deney sonucu	Animasyon http://www.youtube.com/watch?v=tl7-oiRukHs
Görelilik Kuramı Kütle ve Enerji	Işık Atması Paradoksu deney sonucu	Animasyon http://www.youtube.com/watch?v=tl7-oiRukHs

Aşağıdaki bölümde görelî uzunluk konusunun öğretiminde kullanılan kutuya çubuk sığdırma düşünce deneyinin bilişsel çatışmanın yaratılması aşamasında uygulanması örnek olarak açıklanmıştır.

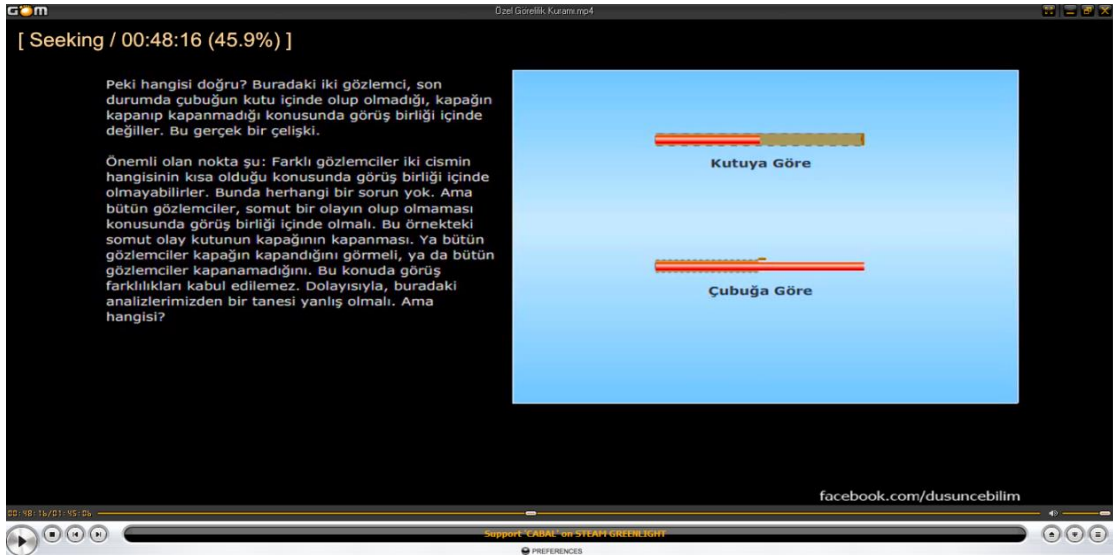
***Uzunluk Göreliliği Kavramının Öğretiminde Bilişsel Çatışmanın Yaratılması
Aşamasının Uygulanması***

- Öğrencilere ilk olarak biri durgun diğeri hareketli iki roketin uzunluk ölçümü ile ilgili animasyon izletilmiştir. Bu animasyonda her iki roketteki gözlemci diğerrinin uzunluğunu daha küçük ölçmektedir.



Şekil 3.10: Görelî uzunluk kavramı roket animasyonu görüntüsü.

- Öğrencilere ikinci olarak kutuya çubuk sığdırma probleminin sonucu animasyon olarak izletilmiştir. Bu animasyonda yüksek hızlarda cisimlerin uzunluklarındaki değişimi görsel olarak sunulmaktadır.



Şekil 3.11: Görelî uzunluk kavramı çubuk paradoksu animasyon görüntüsü.

- Öğrenciler animasyonu izledikten sonra sınıf tartışması gerçekleştirilmiştir. Bu sınıf tartışmasında öğrencilerin probleme yönelik çözüm önerileri ile animasyonda ifade edilen sonucun uyuşup uyuşmadığını görmeleri amaçlanmıştır.

- Sınıf tartışması sırasında öğrencilerin görüşleri dinlenmiştir. Öğrencilerin fikirlerinin ortaya çıkarılması aşamasında ifade ettikleri çözümler ile düşünce deneylerinin sonuçları arasında var olan çelişkileri görmeleri sağlanmıştır.

Aşağıdaki bölümde görelî uzunluk konusunun öğretiminde kullanılan kutuya çubuk sığdırma düşünce deneyinin bilişsel çatışmanın yaratılması aşamasında uygulanması örnek olarak açıklanmıştır.

3.2.4 Bilimsel Bilginin İnşası (Construct Scientific Notions)

Bu aşamada öğrencilerden bir önceki basamakta verilen düşünce deneyi, olay veya deneyin sonuçlarını tahmin etmeleri istenir. Zhou (2010)'nun Bilim Öğretiminde Kavramsal Değişim için Tartışma Yaklaşımı'nda bu basamakta öğrencilere bilimsel bilgiyi söylemek yerine soruşturma tabanlı öğretim ile öğrencilerin bilimsel bilgiye kendilerinin ulaşmasının gerektiği vurgulanmıştır. Özel görelilik kuramının soyut ve karmaşık bir kuram olması ve bilişsel bilginin inşası aşaması için ayrılan sürenin soruşturma tabanlı etkinlikler için yeterli bir süre olmaması nedeni ile bu basamakta soruşturma tabanlı öğretim yapılmamıştır. Özel görelilik kuramını ile ilgili deney yapma imkanı bulunmadığından bilimsel bilginin inşası aşamasında görsel materyallerle (simülasyon, video, gösteri deneyi vb) desteklenmiş grup çalışması ve sunuş yolu ile öğretim tercih edilmiştir.

Bilimsel Bilginin İnşası Aşamasının Uygulanması

Bilimsel bilginin inşası aşaması bir ders saatinin 20 dakikalık bölümünü oluşturmuştur. Öğrencilere çalışma metinleri her bir grupta bir adet olacak şekilde dağıtılmıştır. Çalışma metinlerinde özel görelilik kuramı kavramları ile ilgili bilgiler yer almaktadır. Araştırmacı ise bu aşamada gruplar arasında dolaşarak öğrencilerin sorularını yanıtlamış ve metinlerdeki anlaşılmayan bölümleri öğrencilere açıklamıştır. Öğrencilere çeşitli sorular sorarak çalışma metninde yer alan bilgileri anlamalarına yardımcı olmuştur. Öğrenciler çalışma metnindeki çalışmayı bitirdiklerinde araştırmacı çalışma metnindeki bilgiyi özetlemiştir. Problemin

tanıtılması aşamasında öğrencilere sunulan probleme ve problemle ilgili animasyona geri dönmüş ve problemin çözümü gerçekleştirilmiştir. Tablo 3.7’de öğretim süresince bilimsel bilginin inşası basamağında öğrencilere uygulanan öğretim materyalleri sunulmuştur.

Tablo 3.7: Öğretim modelinde kullanılan çalışma metinleri

Konu	Çalışma Metni
Işık Hızı	Işık Hızı Çalışma Metni
Eşanlılık	Eşanlılık Çalışma Metni
Zaman Göreliliği	Görelî Zaman Çalışma Metni
Uzunluk Göreliliği	Görelî Uzunluk Çalışma Metni
Görelilik Kuramı Kütle ve Enerji	Kütle ve Enerji Çalışma Metni

Aşağıdaki bölümde bilimsel bilginin inşası aşamasının uzunluk göreliliği kavramının öğretiminde nasıl uygulandığı örnek olarak açıklanmıştır.

Uzunluk Göreliliği Kavramının Öğretiminde Bilimsel bilginin İnşası Aşamasının Uygulanması

- Çalışma gruplarına aşağıdaki çalışma metninden birer tane verilmiştir.

GÖRELİ UZUNLUK ÇALIŞMA METNİ



Önceki derste ölçülen zaman aralıklarının mutlak olmadıklarını gördük. Yani iki olay arasındaki zaman aralığı, ölçüldüğü referans çerçevesine bağlıdır. Benzer şekilde, iki nokta arasında ölçülen uzunlukta referans çerçevesine bağlıdır. Bir nesnenin has uzunluğu, *nesnenin durgun olduğu referans çerçevesinde ölçülen uzunluğu* olarak tanımlanır. Has uzunluğun, has zamana benzer şekilde tanımlandığına dikkat ediniz. Burada has zaman, her iki olaya göre durgun bir saat tarafından ölçülen zamandır. Bununla birlikte, has uzunluk, aynı anda ölçülen iki nokta arasındaki uzaklık *değildir*. Nesnenin, hareket ettiği bir referans çerçevesinde ölçülen uzunluğu, has uzunluktan daima kısadır. Bu etki **uzunluk büzülmesi** olarak bilinir.

Uzunluk büzülmesini nicel olarak anlamak için, v hızıyla bir yıldızdan diğerine giden bir uzay gemisi ve iki gözlemci düşünelim. Yerde bulunan durgun bir gözlemci yıldızlar arası uzaklığı L' olarak ölçüyor. Burada L' has uzunluktur. Bu gözlemciye göre, uzay gemisinin yolculuğunu tamamlaması için gerekli zaman $\Delta t' = L' / v$ dir. Hareketli uzay gemisindeki bir gözlemci, yıldızlar arası uzaklık için ne ölçer? Uzay yolcusu, zaman genişlemesi nedeniyle, daha küçük bir yolculuk zamanı ölçer: $\Delta t = \Delta t' / (1 - v^2/c^2)^{1/2}$ uzay yolcusu kendisinin durgun olduğunu iddia eder ve hedef yıldızın uzay gemisine v hızıyla yaklaştığını görür. Uzay yolcusu, yıldızda bir Δt süresinde ulaştığı için, yıldızlar arası L uzaklığının L' den daha kısa olduğu sonucuna varır. Uzay yolcusu tarafından ölçülen bir uzunluk $L = v\Delta t = v\Delta t' / \gamma$ ile verilir.

Şekil 3.12: Bilimsel bilginin inşası aşaması görelî uzunluk kavramı çalışma metni.

Durgun gözlemciye göre uzunluk $L = v\Delta t$ olduğu göz önünde bulundurulursa bu iki eşitlik aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$\Delta t' = \frac{L'}{v} \Rightarrow L' = \Delta t' v = \frac{\Delta t}{\gamma} v$$

$$L' = L \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = \frac{L}{\gamma} \quad \text{UZUNLUK BÜZÜLMESİ}$$

Bu sonuca göre eğer bir cisme göre durgun olan bir gözlemci onun uzunluğunu L olarak ölçerse, cisme göre bağıl bir v hızıyla hareket eden gözlemci onun uzunluğunu durgun uzunluğundan $(1 - v^2/c^2)^{1/2}$ çarpanı kadar daha kısa (L') bulacaktır.

Şekil 3.12 (Devam): Bilimsel bilginin inşası aşaması görelilik kavramı çalışma metni.

- Araştırmacı tüm gruplara birer adet Görelilik Uzunluk Çalışma Metnini dağıtmıştır.
- Öğrencilerden çalışma metninde yer alan bilgileri grup halinde çalışmalarını istenmiştir. Öğrencilere çalışma metnine çalışmalarını için 10 dakika süre verilmiştir.
- Tüm gruplar çalışmalarını bitirdikten sonra dersin başında ifade edilen problem durumuna tekrar dönülerek gruplar halinde problemin çözümünü tekrar yapmalarını istenmiştir.
- İzleme uzmanından grup çalışması sırasında grup üyelerinin ve kendisinin bilişsel süreçlerini izlemesi istenmiştir.
- İzleme uzmanları grupların problemin çözümü ile ilgili düşüncelerini ifade etmiştir.
- Araştırmacı sınıf tartışması başlatarak problemin çözümünü gerçekleştirmiştir.

3.2.5 Bilimsel Bilginin Savunulması (Defend Scientific Notion)

Öğrencilerin bilimsel bilgiyi hemen kabul etmeleri beklenemez. Bu nedenle araştırmanın bu aşamasında bilimsel bilginin işe yarar olduğunun çeşitli durumlar üzerinde gösterilmesi gerekmektedir. Öğretim yaklaşımının bu basamağında bilimsel bilginin inşası aşamasında öğrenilen yeni bilgi ve kavramlar farklı bir problem durumu üzerinde uygulanarak bilimsel bilginin işe yararlığı ortaya konulur. Bu uygulamada öğrencinin ön kavramlarının işe yaramadığını fakat bilimsel bilginin işe yaradığını görmesi gerekmektedir. Bu aşamada bilimsel bilginin daha iyi savunulması için ele alınan problem durumunun gözlem ve deneylerle doğrulanması gerekmektedir.

Bilimsel bilginin Savunulması Aşamasının Uygulanması

Bilimsel bilginin savunulması aşaması bir ders saatinin ortalama 15 dakikalık bölümünü oluşturmuştur. Sınıf ortamında özel görelilik kuramı ile ilgili deney yapılamaması ve kuramın sonuçlarının günlük hayatta gözlemlenememesi öğrencilerin kavramsal değişimini ve motivasyonunu olumsuz yönde etkilemektedir. Özel görelilik kuramı ile ilgili 10.sınıf düzeyinde açıklanabilecek müonların atmosfer yolculuğu dışında problem durumu olarak kullanılacak gerçek deneye rastlanamamıştır.

Tablo 3.8’te öğretim süresince bilimsel bilginin savunulması aşamasında öğrencilere uygulanan problem durumları ifade edilmiştir. özel görelilik kuramı ile ilgili bu aşamada öğrencilerin bilimsel bilgiyi kullanarak bir problemi çözmeleri sağlanmıştır. Bu aşamada planlama uzmanının planlama kılavuzundan yararlanarak problem çözümüne başlamadan önce grup üyeleri ile birlikte bir plan yapmaları istenmiştir. Grup üyelerinden problemin çözümünü bu plana uygun olarak gerçekleştirmeleri ve problem çözümü sırasında öğrencilerin problemin çözümü ile ilgili düşüncelerini birbirlerine sesli olarak ifade etmeleri istenmiştir.

Tablo 3.8: Bilimsel bilginin savunulması aşaması problem durumları.

KONU	Problem Durumu
Işık Hızı	Işığın farklı ortamlardaki hızı
Eşanlılık	Eşanlılık
Zaman Göreliliği	Müonların Atmosfer Yolculuğu
Uzunluk Göreliliği	
Görelilik Kuramı Kütle ve Enerji	Kütle enerji ilişkisi

Aşağıdaki bölümde bilimsel bilginin savunulması aşamasının uzunluk göreliliği kavramının öğretiminde nasıl uygulandığı örnek olarak açıklanmıştır.

Uzunluk Göreliliği Kavramının Öğretiminde Bilimsel Bilimin Savunulması Aşamasının Uygulanması

- Araştırmacı her bir grupta bir adet olacak şekilde Şekil 3.13'te yer alan problem yaprağını gruplara dağıtmıştır.
- Araştırmacı problem durumunu tahtaya yansıtarak öğrencilerden ilk önce problem durumunu bireysel olarak okumalarını istemiştir.
- Araştırmacı tüm öğrencilerin problemin çözümü ile ilgili olarak tek başına düşüncelerini istemiştir.

ÖZEL GÖRELİLİK KURAMI PROBLEM YAPRAĞI



Şekil

Açıklama: Uzaydan Dünya'ya gelen yüksek enerjili kozmik parçacıklar, atmosferin üst tabakasında atomlarla çarpıştıklarında çeşitli yeni parçacıkların ortaya çıkmasına neden olur. Bu parçacıklardan biride müonlardır. Çarpışmalar yüksek enerjili olduğu içinde müonlar yüksek hızlarla yani ışık hızına çok yakın (0,99c) $2.97 \cdot 10^8$ m/s hız ile hareket edebilirler ve ortalama $2.2 \cdot 10^{-6}$ s de bozunurlar (bozunmayı müonun içindeki bir saatin işleme olarak yorumlarsak müon oluşuktan $2.2 \cdot 10^{-6}$ s sonra yok olur şeklinde ifade edebiliriz). 1940'larda yapılan bir deneyde, bu müonların miktarı 4300 m yükseklikte bir dağın zirvesinde ve deniz seviyesinde ölçülmüştür. Dağın zirvesindeki müon miktarı ile deniz seviyesindeki müon miktarı arasında çok az bir fark bulunabilmiştir. Bu deneyin sonucu dağın zirvesinden geçen müonların çok azının bozulduğu büyük çoğunluğunun deniz seviyesine ulaştığı şeklindedir. Yalnızca $2.2 \cdot 10^{-6}$ s ömrü olan bu parçacıkların nasıl 4300 m yol alabildiğini, uzunluk büzülmesi kavramından yararlanarak açıklayınız (Işık boşlukta $3 \cdot 10^8$ m/s hız ile ilerler).

Şekil 3.13: Bilimsel bilginin savunulması aşaması görelî uzunluk kavramı problem yaprağı.

- Ardından öğrencilerin problemin çözümü ile ilgili düşüncelerini grup arkadaşları ile paylaşmaları istenmiştir.
- Gruplardaki tüm öğrenciler görüşlerini ifade ettikten sonra öğrencilerden problemin çözümüne başlamadan önce planlama uzmanının rehberliğinde

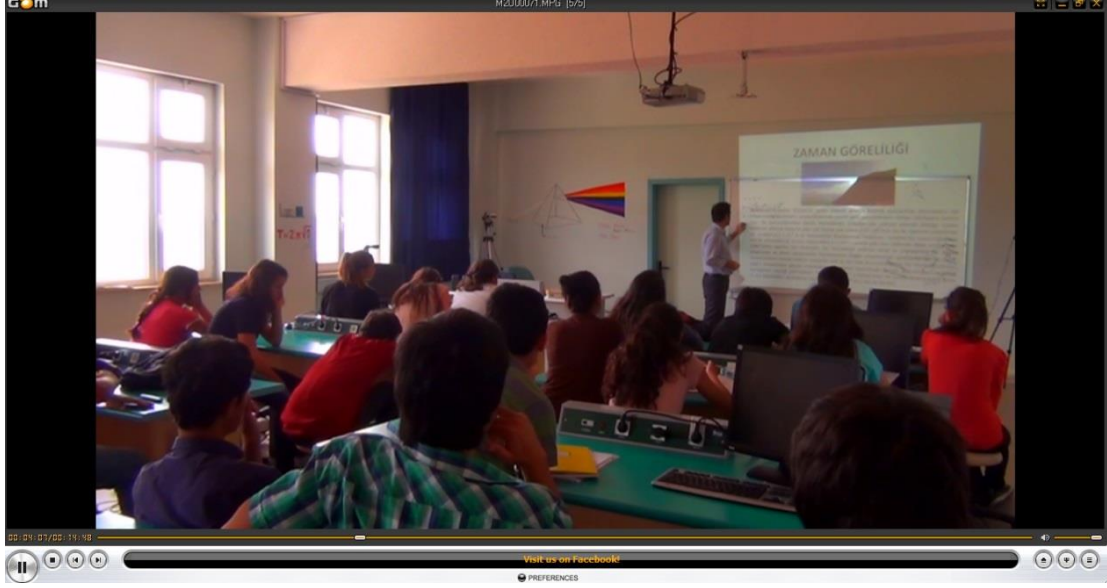
planlama kılavuzunu kullanarak bir problem çözüm planı oluşturmaları istenmiştir.

- Araştırmacı gruplar arasında dolaşarak öğrencilerin çözüm planı oluşturmalarına yardımcı olmuştur.
- Araştırmacı planlama uzmanlarına problemin çözümü sırasında planlarını gözden geçirmelerini, istenilen noktaya ulaşılmadığında bunun farkına varmalarını ve grup arkadaşlarını bilgilendirmelerini istemiştir.
- Problem çözümü sırasında araştırmacı öğrencilere yapmış oldukları planın işleyip işlemediğini, planlarına uygun bir şekilde ilerleyip ilerlemediklerini fark etmelerini sağlayacak sorular yöneltmiştir.
- Problem çözümü bittikten sonra planlama uzmanları problem ile ilgili bulmuş oldukları sonucu ifade etmiş ve yapmış oldukları planı değerlendirmişlerdir.
- Araştırmacı tüm grupların problem çözümünü dinledikten sonra müonların atmosfer yolculuğu ile ilgili animasyonun tamamını izletip problem çözümünü yaparak bu aşamayı sonlandırmıştır.



Şekil 3.14: Bilimsel bilginin savunulması aşaması görelî uzunluk kavramı animasyon görüntüsü.

- Aşağıda problem çözümü sırasında çekilmiş bir görüntü yer almaktadır.



Şekil 3.15: Bir problem çözümünün sırasında çekilmiş bir görüntü.

3.2.6 Değerlendirme (Evaluation: compare, apply, metaknowledge)

Bu basamakta açık bir tanımlama ile öğrencilerin yanlışlarını keşfetmeleri ve bilimsel bilgiyi daha iyi anlamalarına yardımcı olmak hedeflenmiştir. Değerlendirme aşamasında öğrencilerin dersin başındaki görüşleri ile dersin sonundaki görüşlerini karşılaştırmaları ve farklılıkları yorumlamaları istenmiştir. Öğrenciler bu aşamada grup olarak ve bireysel olarak ön kavramların ortaya çıkarılması aşamasında ifade ettikleri ön kavram ve görüşleri ile dersin sonundaki kavram ve görüşlerini arasındaki değişimi ifade etmektedirler. Bu aşamada öğretim boyunca öğrencilerin düşüncelerindeki değişimde nelerin etkili olduğunu açıklamaları istenmiş ve öğretmen öğrenci gruplarının performanslarını grupları birbiri ile karşılaştırmadan değerlendirmiştir. Grup ve bireysel performanslar hakkında geri bildirimde bulunarak performanslarını beğendiği gruplara teşekkür edilmiştir.

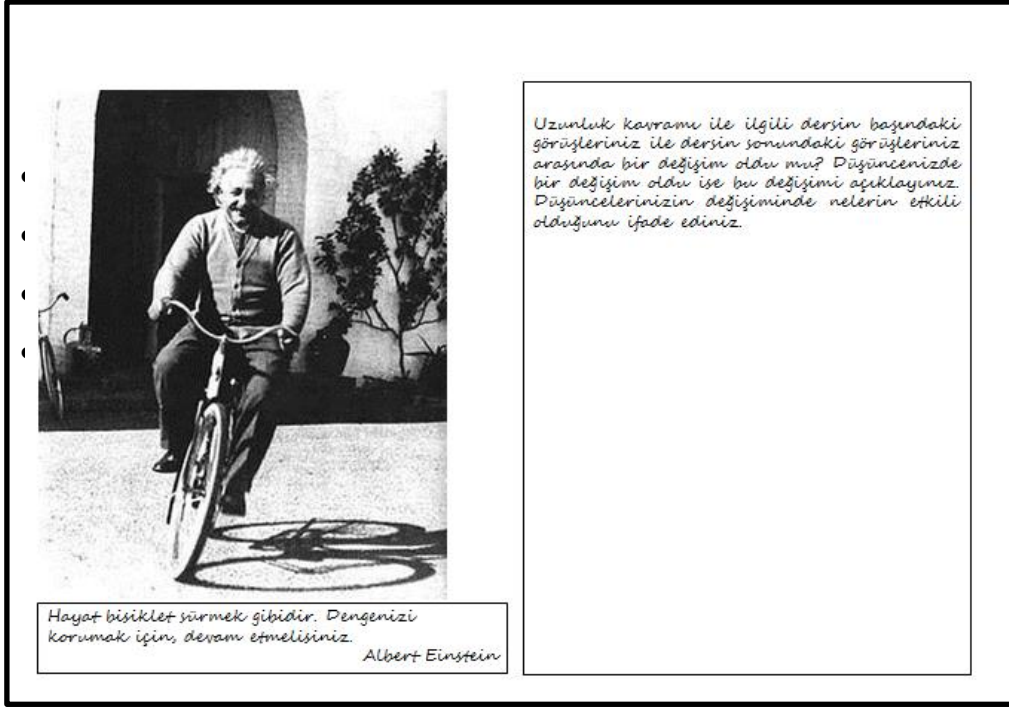
Değerlendirme Aşamasının Uygulanması

Değerlendirme aşaması ikinci dersin bir ders saatinin yaklaşık 10 dakikalık bölümünü oluşturmuştur. Bu aşamada öğrencilerden iki ders saati boyunca gerçekleştirilen öğretim sonunda yaşadıkları kavramsal değişimi değerlendirmeleri istenmiştir. Öncelikle grup tartışması ile öğrenciler öğrenmelerini sözlü olarak özetlemiştir. Değerlendirme uzmanlarına söz verilerek tüm grup üyelerinin ve

kendisinin öğretimi yapılan kavramla ilgili dersin başındaki düşünceleri ile dersin sonundaki düşüncelerini arasında bir farklılık olup olmadığını, öğretim sırasında neyin görüşlerinde değişime neden olduğunu değerlendirme klavuzundan yararlanarak açıklamaları istenmiştir. Öğretim sonunda öğrencilere ev ödevi olarak günlük dağıtılmıştır. Bu günlüklerle öğrencilerin bireysel olarak öğrenme süreçlerini değerlendirmeleri sağlanmıştır.

Uzunluk Göreliliği Kavramının Öğretiminde Değerlendirme Aşamasının Uygulanması

- Araştırmacı değerlendirme uzmanından grup üyelerinin ilgili kavram için ayrılan iki ders saatlik süre içinde sahip oldukları düşüncelerini özetlemelerini istemiştir.
- Daha sonra uzunluk göreliliği kavramının öğretimi sırasında araştırmacı tüm grupların değerlendirme uzmanlarına söz vererek öğrenme süreçlerini değerlendirmelerini istemiştir.
- Değerlendirme uzmanları görelilik kavramı ile ilgili kendilerinin ve sınıf arkadaşlarının dersin başındaki görüşlerinin neler olduğunu sırasıyla ifade etmişlerdir. Öğretim sırasında uzunluk göreliliği ile ilgili düşüncelerinde oluşan değişimleri nedenleri ile birlikte tanımlamışlardır.
- Öğrencilere Şekil 3.16'da bir sayfası yer alan günlükler dağıtılarak öğretim tamamlanmıştır. Öğrencilerden bir hafta sonra günlükte istenilen görevi tamamlayarak getirmeleri istenmiştir. Aşağıda öğrenci günlüklerinin bir sayfası örnek olarak verilmiştir.



Şekil 3.14: Görelî uzunluk kavramı öğrenci günlüklerinin bir sayfası.

Bu bölümde öğretim modelinin ortaöğretim modern fizik ünitesi özel görelilik konusuna nasıl uyarlandığı ifade edilmiştir. Bir sonraki bölümde ise modelin öğrencilerin kavramsal değişim, üstbiliş ve motivasyonlarına etkisini belirlemek için yapılan çalışmalar ifade edilmiştir. Araştırmanın araştırma modeli, örnekleme, veri toplama araçları, deney deseni ve veri çözümleme teknikleri detaylı olarak açıklanmıştır.

4. YÖNTEM

Bu bölümde araştırmanın araştırma modeli, örnekleme, araştırmada kullanılan veri toplama araçları, deney deseni ve veri çözümleme teknikleri açıklanmıştır.

4.1 Araştırma Modeli

Araştırmanın, araştırma modelini karma model oluşturmaktadır. Araştırmada hem nicel hem de nitel veri toplama araçları kullanılmıştır (Greene, Caracelli ve Graham, 1989; Leech ve Onwuegbuzie, 2007). Araştırmada karma modelin kullanılması araştırmaya çeşitli avantajlar sağlamıştır. İlk olarak araştırma da nitel ve nicel veri toplama araçlarının kullanılması araştırma verilerinin karşılaştırılarak değerlendirilmesine imkan sağlamıştır. Böylece araştırma sonuçlarının geçerliliği artmıştır. İkinci olarak araştırma verilerinin birbirini tamamlayan ölçme araçları ile birlikte toplanması araştırma problemlerine dolu bir anlam kazandırdığı gibi araştırma sonuçlarının netleşmesine de katkı sağlamıştır. Üçüncü olarak, araştırmada nicel ve nitel verilerin birlikte kullanılması araştırmaya etkileşimli bir yapı kazandırmış ve araştırmayı geliştirmiştir. Örneğin nicel ölçme araçları ile toplanan istatistiksel veriler araştırmanın nitel veri toplama aracı olan görüşme sorularını şekillendirebilmesine katkı sağlamıştır (Hesse ve Biber, 2010).

Araştırmada nitel araştırma ile nicel araştırma yöntemleri çeşitli şekillerde bir arada kullanılmıştır. Fakat araştırmanın nitel yönü daha ağır basmaktadır. Nitel veri toplama araçları çoğunlukla nicel veri toplama araçlarından elde edilen bulguları doğrulamak ve detaylandırmak için kullanılmıştır. Araştırmadanın nitel yönü ağır bastığından ve veri toplama araçları katılımcılara öğretim öncesinde ve öğretim sonrasında aynı anda uygulandığından araştırmanın nitel modeli zaman sırası açısından aynı anda, statü açısından nitel baskın statülüdür (Johnson ve Christensen, 2008). Araştırmada kullanılan nitel ve nicel veri toplama araçları öğretim modelinin uygulanmasından önce ve uygulamasından sonra aynı gruba uygulanmıştır.

4.2 Araştırmanın Örnekleme

Araştırmanın örnekleme, nitel araştırma amaçlı örneklem seçimlerinden biri olan kolay ulaşılabilir durum örneklemesine uygun olarak belirlenmiştir (Patton, 1987). Kolay ulaşılabilir örnekleme yöntemi ile belirlenen araştırmaların evreni temsil etme gücü zayıftır. Bu nedenle bu örneklem seçiminin kullanıldığı araştırmaların sonuçlarını evrene genellemek güçtür. Örneklem seçim yönteminin bu dezavantajını azaltmak için araştırmanın yapıldığı ortaöğretim kurumunun Türkiye'deki ortaöğretim kurumlarının birçoğuna benzer özellikler taşımasına dikkat edilmiştir. Araştırmanın sürdürüldüğü ortaöğretim kurumu 2013-2014 Seviye Belirleme Sınavında (SBS) 'nda 391.173 taban puanı ile öğrenci kabul etmiştir (T.C. MEB, 2013). Bu sınavda alınabilecek en yüksek puan 500.000 puandır. En yüksek 500.000 puan alınan bir sınavda, 391.173 taban puanı ile öğrenci kabul eden bir ortaöğretim kurumunda öğrenim gören öğrenciler ortalama başarıya sahip öğrenciler olarak yordanabilir. Bu nedenle örneklem öğrenci başarı profilinin Türkiye öğrenci başarı profilini yansıttığını iddia edilebilir. Ayrıca araştırmanın yürütüldüğü ortaöğretim kurumu 20.350'si ilçe merkezinde, 29.212'si beldelerde olmak üzere toplam 49.562 nüfusa sahip ve nüfusunun ağırlıklı geçim kaynağının tarım ve hayvancılık olduğu bir ilçede yer almaktadır (TÜİK, 2012). Ortaöğretim kurumunun bulunduğu ilçe Türkiye'nin ortalama sosyo-ekonomik düzeyine sahip bir ilçesidir. Bu verilere dayanarak örnekleme yer alan öğrencilerin sosyo-ekonomik durumlarının ülkemizin bütünündeki birçok öğrencinin sosyo-ekonomik düzeyine benzer özellikler sergilediği söylenebilir. Araştırmanın yürütüldüğü örneklemin bu özellikleri araştırma sonuçlarının evreni temsil etme gücünü artırmaktadır.

Araştırmanın örneklemini Manisa ilinin bir ilçesindeki bir Anadolu Öğretmen Lisesinin 10. sınıfının A ve B şubelerinde öğrenim gören 51 öğrenci oluşturmaktadır. Okulun A şubesinde 12 kız ve 15 erkek olmak üzere 27 öğrenci öğrenim görmektedir. B şubesinde ise 14 kız, 10 erkek olmak üzere 24 erkek öğrenci öğrenim görmektedir. Araştırmanın bu ortaöğretim kurumunda uygulanması için gerekli izinler Manisa İl Milli Eğitim Müdürlüğünden alınmıştır. Müdürlüğün ilgili yazısı Ek E'de yer almaktadır.

4.3 Veri Toplama Araçlarının Geliştirilmesi

Bu bölümde araştırmanın veri toplama araçları tanıtılmaktadır. Araştırmanın veri toplama araçlarını Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testi, Üstbiliş, Özyeterlilik ve Öğrenme Süreçleri Ölçeği, Fizik Dersi Motivasyon Anketi, ve Özel Görelilik Kuramı Görüşme Soruları oluşturmaktadır.

4.3.1 Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testi

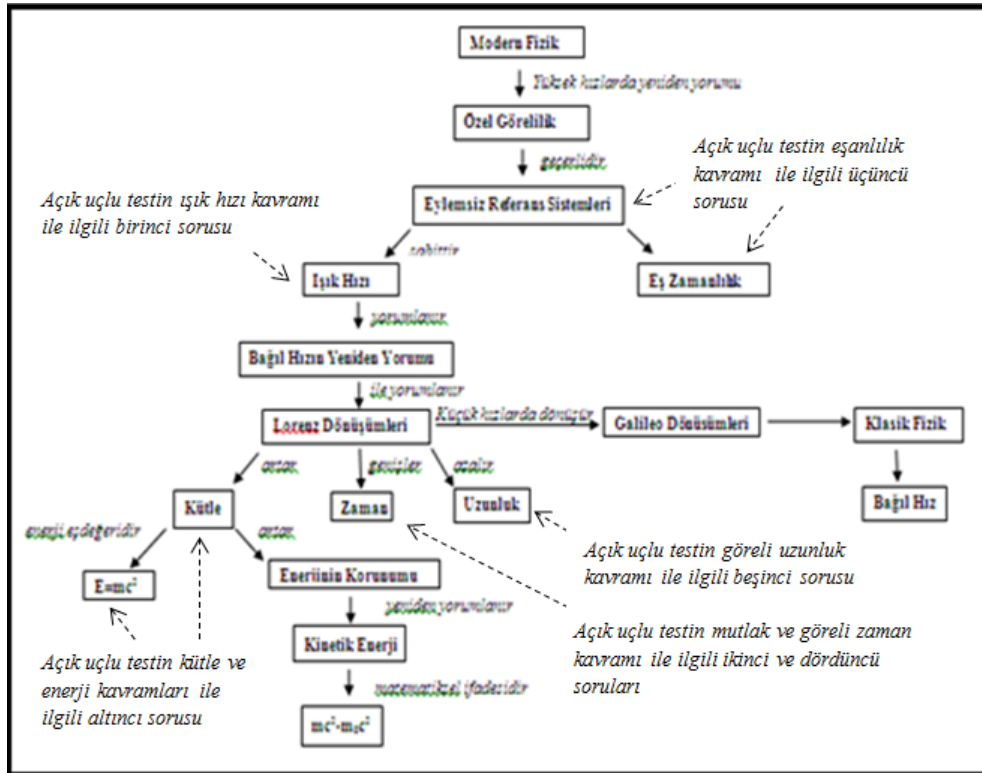
Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinde ışık hızı, klasik zaman, eşanlılık, görelilik zaman, görelilik uzunluk ve kütle-enerji kavramları ile ilgili birer durum yer almaktadır. Testte yer alan bu durumlar öğrencilerin ilgisini çekebilecek senaryolar şeklindedir. Her bir durumun altında ise durumun açıklamasından yararlanılarak çözülebilecek sorular yer almaktadır. Sorular üç aşamalıdır. Soruların ilk aşamasını çoktan seçmeli bir kavram sorusu, ikinci aşamasını ise bu kavram sorusu ile ilgili bir gerekçe sorusu oluşturmaktadır. Gerekçe sorusunun son seçeneğinde ise öğrencilerin testte yer alan seçenekler dışında bir görüşü var ise yazmaları için boş bırakılmıştır. Bir başka ifade ile öğrenciler herhangi bir seçeneği işaretlemeyip bu seçeneğe gerekçelerini yazarak kendi seçeneklerini oluşturabilmektedir. Ölçme aracının nitel yönünü bu seçenek oluşturmaktadır. Soruların üçüncü aşamasını ise öğrencilerin kavram ve gerekçe sorularına verdikleri yanıtlardan emin olma durumlarını belirlemek amacı ile hazırlanmış bir soru oluşturmaktadır. Testte ışık hızı, görelilik uzunluk, kütle-enerji kavramları ile ilgili üçer, eşanlılık ve görelilik zaman kavramları ile ilgili ikişer, klasik zaman kavramı ile ilgili ise bir soru olmak üzere toplam 14 soru yer almaktadır. Araştırmada öğrencilerin kavramsal değişim sürecini detaylı incelemek için üç aşamalı test kullanılmıştır. Aşağıdaki bölümde Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin geliştirilme süreci açıklanmıştır.

4.3.1.1 İçerik ve Kapsamın Belirlenmesi

Araştırmacı tarafından tanı testinin geliştirilmesi sırasında testin içerik ve kapsamının belirlenmesinde iki kriter (Adadan ve Savaşçı, 2012) göz önünde bulundurulmuştur. Bunlardan ilki, soru içeriğinin oluşturulması sırasında 10. sınıf

modern fizik dersi öğretim programında ve ders kitaplarında yer alan içeriğin göz önünde bulundurulmasıdır. İkinci kriter olarak soruların öğrencilerin modern fizik ile klasik fizik bilgilerini karşılaştırabilmelerine imkan verecek şekilde oluşturulması belirlenmiştir.

Testin içerik ve kapsamını belirlerken ilk olarak Şekil 3.1’de yer alan kavram haritası geliştirilmiştir. Kavram haritası ortaöğretim kurumları için hazırlanmış 10. sınıf ders kitabı ve Fen ve Mühendislik fakülteleri için hazırlanmış olan fizik ders kitabında (Serway ve Beichner, 2010) yer alan içerik göz önünde bulundurularak oluşturulmuştur. Daha sonra kavram haritasında bulunan kavramlar, 10.sınıf fizik dersi öğretim programı ve Milli Eğitim Bakanlığının hazırladığı 10.sınıf fizik kitaplarında yer alan içerik göz önünde bulundurularak sınırlandırılmıştır. (MEB-TTKB, 2008; Kalyoncu ve ark, 2011). Ders kitapları ve program içeriğinde Lorenz Dönüşüm Denklemleri olmadığından Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinde bu denklemlere yer verilmemiştir.



Şekil 4.1: Özel görelilik kuramı kavram haritası.

Şekil 4.1’de yer alan kavram haritası incelendiğinde eylemsiz referans sistemleri, ışık hızı ve eşanlık (eşzamanlılık) kavramlarının özel görelilik kuramı için temel teşkil ettiği görülmektedir. Bağlı hız kavramının Lorenz Dönüşüm Denklemlerine (modern fizik) göre yorumlanması durumunda boyut ve zaman, Galileo dönüşüm denklemlerinin (klasik fizik) kullanılması durumundaki boyut ve zaman kavramlarına göre farklılık göstermektedir. Bu nedenle tanı testinde ışık hızı, eşanlık, klasik zaman, görelî zaman, görelî uzunluk, yüksek hızlarda kütle ve enerji kavramları ile ilgili sorulara yer verilmiştir. Testte klasik zaman kavramı ile ilgili soruya yer verilmesinin sebebi zaman kavramının klasik ve modern fizik için diğer kavramların yapısını belirlemede temel bir kavram olmasıdır. Öğrenme süreci geçmiş bilgiler ile yeni gelen bilgilerin karşılaştırılması süreci olduğundan tanı testinde yer alan soru maddeleri öğrencilerin klasik fizik ile modern fizik kavramlarını karşılaştırabilecekleri biçimde oluşturulmuştur.

Testin geliştirilmesi sırasında ilk olarak Özel Görelilik Kuramı Kavram ünitesine ait kavrama haritası ve alan yazında yer alan çalışmalar göz önünde bulundurularak ışık hızı, mutlak zaman, görelî zaman, eşanlık, görelî uzunluk, kütle ve enerji kavramları ile ilgili altı adet açık uçlu soru oluşturulmuş ve test bu hali ile iki fizik eğitimi uzmanı tarafından incelenmiştir. Uzman görüşü sonucu yapılan düzeltmeler ile birlikte test son haline getirilmiştir. Açık uçlu testte yer alan her bir sorunun ilgili olduğu kavram Şekil 4.1’de görülmektedir.

4.3.1.2 Özel Görelilik Kuramı Açık Uçlu Testi Sorularının Geliştirilmesi

Aşağıda Özel Görelilik Kuramı Açık Uçlu Testinde yer alan ışık hızı, eşanlık, mutlak zaman, görelî zaman, görelî uzunluk, yüksek hızlarda kütle ve enerji kavramları ile ilgili sorular açıklanmıştır.

Açık Uçlu Testin Işık Hızı ile İlgili Sorusu

1. Gözlem

Şekil 1

2. Gözlem

Şekil 2

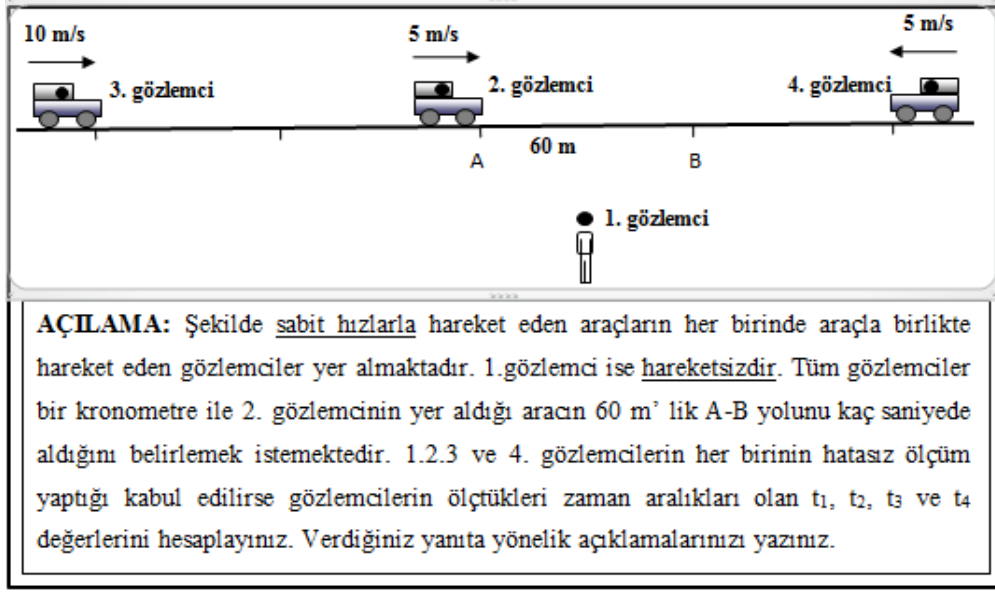
AÇIKLAMA: Şekil 1'de yerdeki durgun gözlemci (Einstein), elindeki radarı kullanarak, durmakta olan bir uzay gemisinin farlarından çıkan ışığın hızını $3 \cdot 10^8$ m/s olarak ölçüyor. Şekil 2'de yer alan uzay gemisi ise Einstein'e doğru $v_0 = 2 \cdot 10^8$ m/s hızla hareket ediyor. 2. Gözlemci, ışık hızını kaç m/s ölçer. Verdiğiniz yanıtı konuşma balonuna yazınız. Bu sonuca ilişkin açıklamanızı ise ayrıntılı olarak yazınız.

Şekil 4.2: Özel görelilik kuramı açık uçlu testinin ışık hızı kavramı ile ilgili sorusu.

Özel Görelilik Kuramı Açık Uçlu Testinin bu sorusu ışık hızının kaynağın ve gözlemcinin hızına bağlı olmaksızın sabit olduğu bilgisini sınamak için hazırlanmıştır.

Soruda 1. gözlemcinin yorumu verilmiş ve ışık kaynağının hareket etmesi durumunda 2. gözlemcinin ışık hızını kaç m/s ölçeceği sorulmuştur. Işık hızı gözlemcinin ve kaynağın hızından bağımsız olduğu için sorunun doğru yanıtı $3 \cdot 10^8$ m/s'dir. Öğrencilerin sorunun çözümü için ışık hızına kıyasla küçük hızlar için geçerli olan Galileo Dönüşüm Denklemlerini kullanması durumunda ışık hızını $5 \cdot 10^8$ m/s olarak hesaplamaları beklenebilir.

Açık Uçlu Testin Mutlak Zaman Kavramı ile İlgili Sorusu

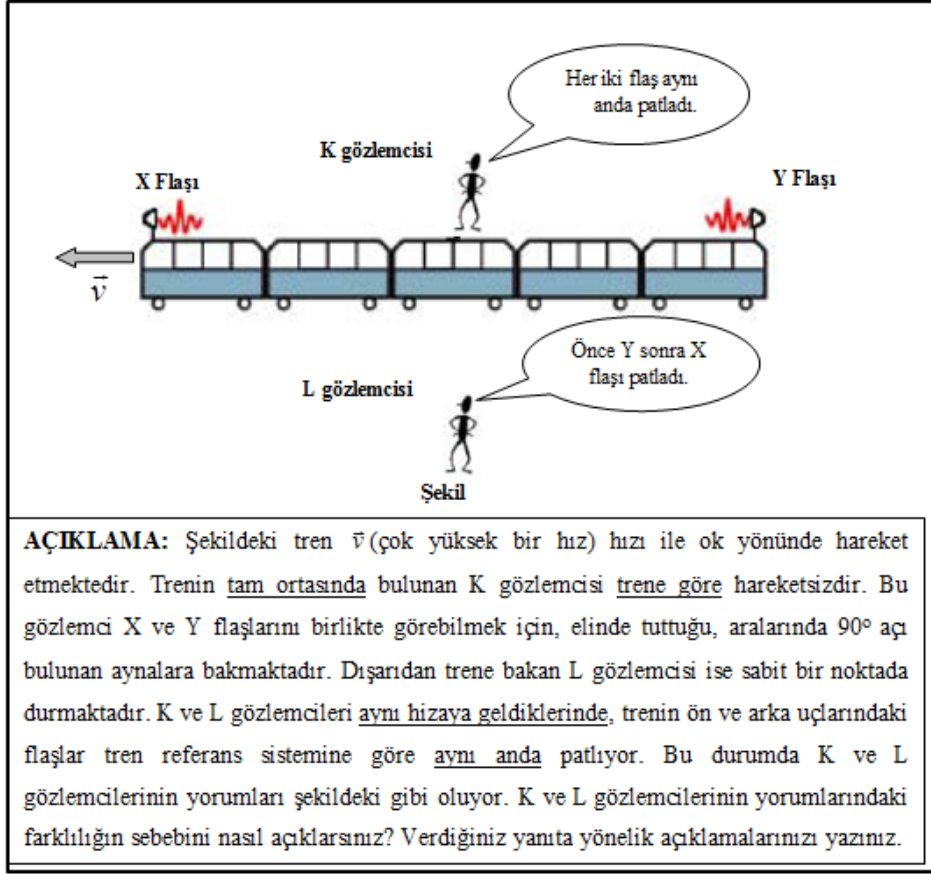


Şekil 4.3: Özel görelilik kuramı açık uçlu testinin mutlak zaman kavramı ile ilgili sorusu.

Açık uçlu testin bu sorusu klasik fizikte zaman kavramının gözlemciden gözlemciye değişmeyen bir kavram olduğu bilgisini sınamak için hazırlanmıştır. Öğrencilerin görelî zaman kavramını anlayabilmeleri için klasikte tanımlı olan mutlak ve hiçbir zaman değişmeyen zaman kavramını bilmeleri gerekir. Özel Görelilik Kuramının temelini zaman göreliliği oluşturduğu için Özel Görelilik Kuramı Açık Uçlu Testinde mutlak zaman kavramı ile ilgili bu soruya yer verilmiştir.

Sorunun doğru yanıtı tüm gözlemcilerin 2. gözlemcinin A-B arasındaki mesafeyi 12 saniyede aldığını hesaplamalarıdır. Öğrencinin mutlak zaman kavramı ile ilgili eksik veya yanlış bilgiye sahip olması durumunda bu yanıt dışında kalan yanıtlar vermesi beklenebilir.

Açık Uçlu Testin Eşanlılık Kavramı ile İlgili Sorusu



Şekil 4.4: Özel görelilik kuramı açık uçlu testinin eşanlılık kavramı ile ilgili sorusu.

Açık uçlu testin bu sorusu bir gözlemci için aynı anda olabilecek bir olayın bir başka gözlemci için aynı anda olamayabileceği bilgisini sınamak için hazırlanmıştır. Eşanlılık kavramı öğrenciler için yabancı bir kavramdır. Öğrenciler Özel Görelilik Kuramı konusundan önce böyle bir fiziksel kavram ile karşılaşmamıştır.

Eşanlılık, ışık hızının kaynağın ve gözlemcinin hızına bağlı olmaması ile bir fiziksel olayın tüm gözlemciler için aynı şekilde sonuçlanması durumlarının birlikte ele alınması sonucunda ortaya çıkan bir kavramdır. Bu kavramın en kolay ele alınabileceği durumlardan biri tren paradoksu olduğundan bu soruda tren paradoksundan yararlanılmıştır. Soruda ışık hızı gözlemcinin ve kaynağın hızından bağımsız olduğundan K gözlemcisine ışınlar aynı anda ulaşır. Işınlardan K gözlemcisine aynı anda ulaşmaları fiziksel bir olaydır ve L gözlemcisinin de bu

fiziksel olayı aynı gözlemlemesi gerekir. L gözlemcisinin K gözlemcisi ile aynı yorumu yapabilmesi için Y flaşından çıkan ışının daha fazla yol alması gerekir. Bu nedenle L gözlemcisine göre Y flaşı X flaşından önce patlar. Öğrencilerin klasik fizik bilgilerinden yararlanarak soruyu çözmeleri durumunda her iki gözlemci için X ve Y flaşlarının aynı anda patlaması gerektiğini ifade etmeleri beklenebilir. Klasik fizikte bir gözlemci için eşanlı olan bir olayın bir başka gözlemci için de eşanlı olması beklenen bir durumdur.

Açık Uçlu Testin Görelî Zaman Kavramı ile İlgili Sorusu

AÇIKLAMA: Bir elektrik teknisyeni, NASA'nın arıza yapan uzay istasyonuna, bir uzay mekiği ile gönderilmiştir. Teknisyen ışık hızına yakın hızlarla gerçekleşen bir yolculuk sonunda uzay istasyonuna varmıştır. Onarımı yaptıktan sonra aynı şekilde Dünya'ya geri dönmüştür. NASA, teknisyene uzayda bulunduğu süre üzerinden ödeme yapmıştır. Teknisyenin, ödeme zarfını

Şekil 4.5: Özel görelilik kuramı açık uçlu testinin görelî zaman kavramı ile ilgili sorusu.

Açık uçlu testin bu sorusu eylemsiz referans sistemlerinde ışık hızına yakın hızlarda zaman kavramının görelî bir kavram olduğu bilgisini sınamak için hazırlanmıştır. Bu soru fen ve mühendislik öğrencileri için hazırlanmış olan üniversite fizik ders kitabından (Serway ve Beichner, 2000) alıntı yapılarak hazırlanmıştır.

Özel Görelilik Kuramının en temel kavramı görelî zaman kavramıdır. Açık uçlu testin bu sorusunda Dünya'da bulunan görevliye göre kendi saati uzay mekiğinde bulunan saate göre daha hızlı çalışır. Bu nedenle teknisyen Dünya'ya döndüğünde kendisine ödenen tutarı fazla bulup şaşıracaktır. Öğrencilerin klasik fizikte öğrendikleri mutlak zaman kavramını kullanarak soruyu çözmeleri durumunda teknisyenin ödeme miktarını hesapladığı gibi bulacağını ifade etmeleri beklenebilir.

Açık Uçlu Testin Görelî Uzunluk Kavramı ile İlgili Sorusu

Trenin uzunluğu, durağın uzunluğuna eşit

Şekil 1

Trenin uzunluğu, A.Durağın uzunluğuna eşit B.Durağın uzunluğundan küçük C.Durağın uzunluğundan büyük

Şekil 2

Trenin uzunluğu, A.Durağın uzunluğuna eşit B.Durağın uzunluğundan küçük C.Durağın uzunluğundan büyük

Şekil 3

AÇIKLAMA: Yukarıda, 2040'lı yılların hızlı treni görülmektedir. Tren yolu üzerinde belirli aralıklarla özdeş duraklar ve bu duraklarda bekleyen durgun gözlemciler bulunmaktadır. Eşit uzunluktaki durakların başlangıç ve bitiş noktaları lambalarla şekillerdeki gibi belirlenmiştir. Şekil 1'de tren durmaktadır. Tren hızlanarak Şekil 2'deki duraktan 10 m/s, Şekil 3'teki duraktan ise 2.10^8 m/s hızla geçiyor. Şekil 1'deki gözlemcinin yorumu konuşma balonu içinde verilmiştir. Şekil 2 ve Şekil 3'teki gözlemciler, kendilerine ait konuşma balonlarındaki yorumlardan hangisini ifade eder? Doğru olduğunu düşündüğünüz yorumu yuvarlak içine alarak işaretleyiniz. Şekil 2 ve Şekil 3'te verdiğiniz yanıtla ilgili açıklamalarınızı yazınız.


Şekil 4.6: Özel görelilik kuramı açık uçlu testinin görelî uzunluk kavramı ile ilgili sorusu.

Açık uçlu testin bu sorusu eylemsiz referans sistemlerinde ışık hızına yakın hızlarda uzunluk kavramının görelî bir kavram olduğu bilgisini sınamak için hazırlanmıştır. Işık hızına yakın hızlarda zaman görelî bir kavram haline geldiği için zaman kavramı ile doğrudan ilişkili olan hareketli bir nesnenin uzunluk ölçümü de görelî hale gelmektedir.

Sorunun doğru yanıtı Şekil 4.6'da yer alan durgun gözlemcinin trenin uzunluğunu durağın uzunluğu ile aynı ölçmesi, Şekil 3'te yer alan gözlemcinin ise trenin uzunluğunu durağın uzunluğundan kısa ölçmesidir. Öğrencilerin soruyu klasik

fizikten öğrendikleri uzunluk kavramının hiçbir zaman değişmeyeceği bilgisi ile çözmeleri durumunda tüm gözlemcilerin trenin uzunluğunu durağın uzunluğu ile aynı ölçeceğini ifade etmeleri beklenebilir.

Açık Uçlu Testin Kütle ve Enerji ile İlgili Sorusu



Parçacığa kuvvet uygulanmasına rağmen parçacığın hızı belirli bir değerden sonra artmamış. Bu durum enerjinin korunumu yasasına aykırı değil midir?

.....
.....
.....

Şekil

AÇIKLAMA: Dünyanın en büyük parçacık fiziği laboratuvarı olan CERN’de protonlar şekilde bir kısmı görülen çembersel platform içinde net kuvvetin etkisinde bırakılarak hızlandırılmaktadır. Elde edilen deneysel sonuçları şaşkınlıkla dinleyen gezi grubundaki öğrencilerden biri öğretmenine konuşma balonunda görülen soruyu yöneltmiştir. “Sizce öğretmen öğrencisine bu durumu nasıl açıklamış olabilir? Yanıtınızı konuşma balonuna yazdıktan sonra, bu yanıtla ilişkin açıklamalarınızı yazınız.

Şekil 4.7: Özel görelilik kuramı açık uçlu testinin kütle ve enerji kavramı ile ilgili sorusu.

Açık uçlu testin bu sorusu ile öğrencilerin yüksek hızlarda hareket eden bir parçacık için kütle ölçümünün durgun haldeki kütle ölçümünden farklı olduğu fakat kütledeki bu artışın maddesel bir artış olmadığı kütle iç enerji eşdeğerliğinin bir sonucu olduğu bilgisini sınamak için hazırlanmıştır.

Şekildeki parçacığa hızlandırıcı platform içinde sürekli net kuvvet uygulanmış ve parçacığın hızının belirli bir değerden sonra artmadığı görülmüştür.

$F = m \left(\frac{\Delta V}{\Delta T} \right)$ eşitliğinin geçerli olabilmesi için eşitlikteki parçacığın kütlelerinin sürekli

artması gerekmektedir. Fakat ışık hızına yakın hızlarla hareket eden cisimlerin kütlelerinin hıza bağlı olması durumu çelişkili bir durumdur ve anlamlı değildir. Bu nedenle öğrencilerin bu soru için parçacığın kütledeki bu değişimin iç enerjinin kütle özelliği sergilemesine bağlı olduğu bilgisini ifade etmeleri beklenir. Öğrencilerin bu soruya klasik fizik bilgileri ile yanıt vermesi durumunda kütle hiçbir koşulda değişmeyeceğini ve parçacığın kütlelerinin hiçbir koşulda farklı ölçülemeyeceğini ifade etmesi beklenir.

4.3.1.3 Özel Görelilik Kuramı Açık Uçlu Testinin Kodlama Tutarlılığının Hesaplanması

Özel görelilik kuramı açık uçlu testi geliştirildikten sonra Balıkesir ilinde 2010-2011 eğitim yılında bir Anadolu Öğretmen Lisesinin 10. sınıfında öğrenim gören öğrencilere uygulanmıştır. Bu çalışmada veri toplama aracı olarak özel görelilik kuramı açık uçlu testi ve görüşmeler kullanılmıştır. Açık uçlu test ve görüşme verileri içerik analizi yöntemi ile çözümlenmiştir. Testten elde edilen öğrenci yanıtları bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar, bilimsel olarak kabul edilemez yanıtlar ve kodlanamaz yanıtlar olarak ana kategorilere ayrılmıştır (Kocakulah, 1999). Alt kategoriler ise öğrenci yanıtlarına göre oluşturulmuştur. Öğrencilerin herhangi bir bilimsel bilgiye dayanmayan veya boş bırakılan yanıtları ise yanıtız olarak değerlendirilmiştir. Kodlama güvenilirliğinin sağlanması için, veriler araştırmacı ve bir fizik eğitimi uzmanı tarafından ayrı ayrı kodlanmıştır. Araştırmacı öğrenci yanıtlarına göre oluşturmuş olduğu kod ve kategorileri içeren boş tablolar ile öğrencilerin açık uçlu teste verdikleri yanıtları, fizik eğitimi uzmanına vermiş ve öğrencilerin yanıtlarını tek tek okuyarak, boş tabloları doldurmasını istemiştir (Kural, 2008). Fizik eğitimi uzmanı ve araştırmacının her bir soru için aynı kodladığı yanıt sayısı 100 ile çarpılıp toplam öğrenci sayısına bölünerek kodlamaya ilişkin tutarlılık yüzdeleri hesaplanmıştır.

Tablo 4.1’de özel görelilik kuramı açık uçlu testinde yer alan her bir soruya ait ön test ve son test yanıtları kodlama tutarlılık yüzdeleri verilmiştir.

Tablo 4.1: Özel görelilik kuramı açık uçlu testi kodlama tutarlılık yüzdeleri.

Kavram	Ön test Tutarlılık Yüzdesi	Son test Tutarlılık Yüzdesi	Tutarlılık Ortalaması
Işık Hızı	84	80	82
Eşanlilik	76	72	74
Mutlak Zaman	82	86	84
Görelî Zaman	78	78	78
Görelî Uzunluk	88	86	87
Görelî Kütle ve Enerji	82	80	81
Tutarlılık Ortalaması	82	80	81

Özel Görelilik kuramı açık uçlu testinin ortalama kodlama tutarlılık katsayısı %81'dir. Nitel araştırmalarda iki araştırmacı arasındaki tutarlılık yüzdesi %70'ten az olmaması gerektiği değişik kaynaklarda belirtilmiştir. Bu değerden daha az tutarlılık yüzdesinin söz konusu olduğu durumlarda kodlamayı gerçekleştiren araştırmacıların birlikte yeni bir kod düzenlemesine gitmeleri gerektiği belirtilmektedir. Tablo 4.1'de yer alan kodlama tutarlılık yüzdelerine bakarak açık uçlu testin kodlama güvenilirliğinin yüksek olduğu söylenebilir (Yıldırım ve şimşek, 2008). Açık uçlu test verileri incelendikten sonra araştırmacı tarafından araştırmanın esas uygulamasında bir açık uçlu test yerine öğrencilerin görüşlerini daha net bir şekilde toplayabilecek bir ölçme aracı oluşturulma yoluna gidilmiştir. Bu kararın alınmasında öğrencilerin özel görelilik kuramı açık uçlu testine verdikleri bazı yanıtların özel görelilik kuramı ile ilgili doğru kavramdan mı yoksa bir alternatif kavramdan mı kaynaklandığının anlaşılamaması etkili olmuştur. Örneğin öğrencilerin ışık hızı ile ilgili açık uçlu soruya ışık hızı hiçbir zaman değişmez şeklinde yanıt verdiği ve yapılan öğretimden sonra ise bu yanıt miktarının arttığı görülmüştür. Fakat öğrencilerle yapılan görüşmelerde ışık hızının hiçbir zaman değişmeyeceği görüşünün ışık hızının gözlemcinin ve kaynağın hızna bağlı olmadığı şeklinde açıklandığı gibi ışık hızının her ortamda aynı hızla yayıldığı şeklinde de açıklandığı görülmüştür. Bu nedenle öğrencilerin açık uçlu test ve görüşme sorularına verdikleri yanıtlar ışığında kavram, gerekçe ve emin olup olmama durumunu içeren üç aşamalı özel görelilik kuramı taslak tanı testi geliştirilmiştir.

4.3.1.4 Özel Görelilik Kuramı Taslak Tanı Testinin Geliştirilmesi

Araştırmanın deneme uygulaması 2011-2012 öğretim yılında esas uygulamanın yapıldığı lisede uygulanmıştır. Deneme uygulaması bu lisenin iki 10. sınıf şubesinde öğrenim görmekte olan 43 öğrenci ile gerçekleştirilmiştir. Deneme uygulamada özel görelilik kuramı ile ilgili veri toplama araçları olarak özel görelilik kuramı açık uçlu testi ve görüşmeler kullanılmıştır. Toplam sekiz öğrenci ile öğretim öncesinde ve öğretim sonrasında görüşme yapılmıştır. Açık uçlu test okunup görüşme verileri yazılı hale getirildikten sonra her bir yanıtı kod verilmiş sonra ise birbirine benzer kodlar belirli kategoriler altında toplanmıştır. (Kural, 2008). Özel Görelilik Kuramı Görüşme verileri araştırmacı tarafından altı ay sonra ikinci kez kod ve kategorilere ayrılmıştır. İki okuma arasındaki tutarlılık (uyuşum) yüzdesi aşağıdaki bağıntıya uygun olarak hesaplanmıştır (Robson, 1993).

$$p = \frac{N_a \times 100}{N_t}$$

P: Tutarlılık yüzdesi; N_a: Araştırmacının aynı kodladığı yanıt sayısı, N_t: Toplam öğrenci sayısı

Daha sonra Özel Görelilik Kuramı Açık Uçlu Testi ve görüşme verilerinin çözümlenmesi ile elde edilen kategorilere uygun olarak Özel Görelilik Kuramı Taslak Tanı Testi sorularına ait seçeneklerin oluşturulmasına çalışılmıştır. Aşağıdaki bölümlerde Özel Görelilik Kuramı Taslak Tanı Testi Testinde yer alan her bir sorunun açık uçlu test ve görüşmelerden elde edilen kategorilere uygun olarak geliştirilme süreci açıklanmıştır.

Özel Görelilik Kuramı Taslak Tanı Testinin Tanıtılması

Özel Görelilik Kuramı Taslak Tanı Testinde ışık hızı, mutlak zaman, görelî zaman, eşanlılık, görelî uzunluk, görelî kütle ve enerji kavramları ile ilgili sorular yer almaktadır. Testte bu kavramların her biri ile ilgili bir durum ve açıklama bulunmaktadır. Durumlar ve açıklamalar Özel Görelilik Kuramı Açık Uçlu Testinde yer alan klasik sorulardan yararlanılarak oluşturulmuş ve öğrencilerin açık uçlu testte verdikleri yanıtlardan yola çıkarak geliştirilmiştir. Testte yer alan durumlar açıklama ve şekillerle desteklenmiştir. Testte, ışık hızı, görelî uzunluk, kütle-enerji kavramları ile ilgili üçer, eşanlılık ve görelî zaman kavramları ile ilgili ikişer, mutlak zaman

kavramı ile ilgili bir soru olmak üzere toplam 14 soru grubu yer almaktadır. Her bir soru grubu üç sorudan oluşmaktadır. Bu anlamda test toplam 42 sorudan oluşmaktadır. Her bir grupta yer alan birinci soru çoktan seçmeli bir kavram sorusudur. İkinci soru öğrencilerin birinci soruda vermiş oldukları yanıtlarının gerekçelerini açıkladıkları çoktan seçmeli bir gerekçe sorusudur. Üçüncü soru ise öğrencilerin birinci ve ikinci soruya verdikleri yanıtlardan emin olup olmama durumlarını eminim ya da emin değilim şeklinde ifade ettikleri iki seçenekli (eminim/emini değilim) bir durum sorusudur.

Özel Görelilik Kuramı Taslak Tanı Testin Işık Hızı Kavramı ile ilgili Sorularının Oluşturulması

Aşağıda, Özel Görelilik Kuramı Taslak Tanı Testin ışık hızı kavramı ile ilgili kavram, gerekçe sorularında yer alan maddelerin oluşturulma süreci ifade edilmiştir. İlk olarak Tablo 4.2’de Özel Görelilik Kuramı Açık Uçlu Testinin ışık hızı kavramı ile ilgili sorusuna verilen yanıtlar ve okuyucu tutarlılık yüzdeleri verilmiştir.

4.3.1.5 Özel Görelilik Kuramı Taslak Tanı Testi Sorularının Oluşturulması

Bu bölümde Özel Görelilik Kuramı Taslak Tanı Testi sorularının Özel Görelilik Kuramı Açık Uçlu Testi ve görüşmelerden elde edilen veriler ışığında nasıl geliştirildiği açıklanmıştır.

Özel Görelilik Kuramı Taslak Tanı Testin ışık hızı kavramı ile ilgili sorularının oluşturulması

Tablo 4.2: Özel görelilik kuramı açık uçlu testi ışık hızı kavramı tutarlılık yüzdeleri.

Kategori	Açıklama	Öntest Tutarlılık Yüzdesi	Sontest Tutarlılık Yüzdesi
Doğru Yanıt	Gözlemci ışık hızını 3.10^8 m/s ölçer. Işık hızı uzay gemisinin hızından etkilenmez.	88	82
Eksik Yanıt	Gözlemci ışık hızını 3.10^8 m/s ölçer. Işık hızı hiçbir zaman değişmez.	100	91
Yanlış Yanıt	Gözlemci ışık hızını 3.10^8 m/s dışında bir değerde ölçer.	84	82
Yanlış Yanıt	Klasik Yanıt: Işık hızı ışık kaynağının hızından etkilenir.	78	80
Alt Kategoriler	Hibrit Yanıt: Işık hızı değişmez ama daha çabuk yol alır.	72	70
	Değişim İhmal edilir: Işık hızındaki değişim ihmal edilir.	80	76

Tablo 4.2. incelendiğinde ön test ve son test tutarlılık yüzde ortalamalarının %70 ve üzerinde olduğu görülmektedir. Bu durum açık uçlu testin ışık hızı ile ilgili sorusuna verilen yanıtların kodlama tutarlılığının yüksek olduğunu göstermektedir.

Klasik yanıt kategorisinde öğrenciler ışık hızını Galileo dönüşüm denklemlerini kullanarak hesaplamıştır. Klasik fizik bilgisi ile sorunun bu şekilde yanıtlanması beklenmektedir. Hibrit yanıt kategorisinde ise öğrencilerin ışık hızının değişmeyeceğini ifade etmelerine rağmen ardından ışık kaynağının hareket etmesi durumunda ışık hızının iki nokta arasındaki mesafeyi daha kısa sürede alacağı şeklinde ifadeler kullandıkları görülmüştür. Bu kategoride yanıt veren öğrenciler ışık hızının gözlemcinin hızından bağımsız olarak sabit bir hız değerine sahip olduğu bilgisine sahip olmalarına rağmen bu bilgi ile uyumsuz ifadeler kullanmışlardır. Işık hızındaki değişim ihmal edilir kategorisindeki yanıtlarda ise öğrenciler ışık hızının kaynağın hızına bağlı olduğunu fakat ışık hızının kaynağın hızı ile kıyaslandığında çok büyük olmasından dolayı ihmal edildiğini düşündükleri görülmüştür. Bu öğrencilerin ışık hızının hiçbir zaman değişmeyeceğini ifade

etmelerine rağmen ayrıntılı bilgi vermedikleri görülmüştür. Bu nedenle bu kategoride yer alan öğrencilerin sadece açık uçlu testten gelen verilerine bakarak ne düşündüklerini anlamak güçtür.

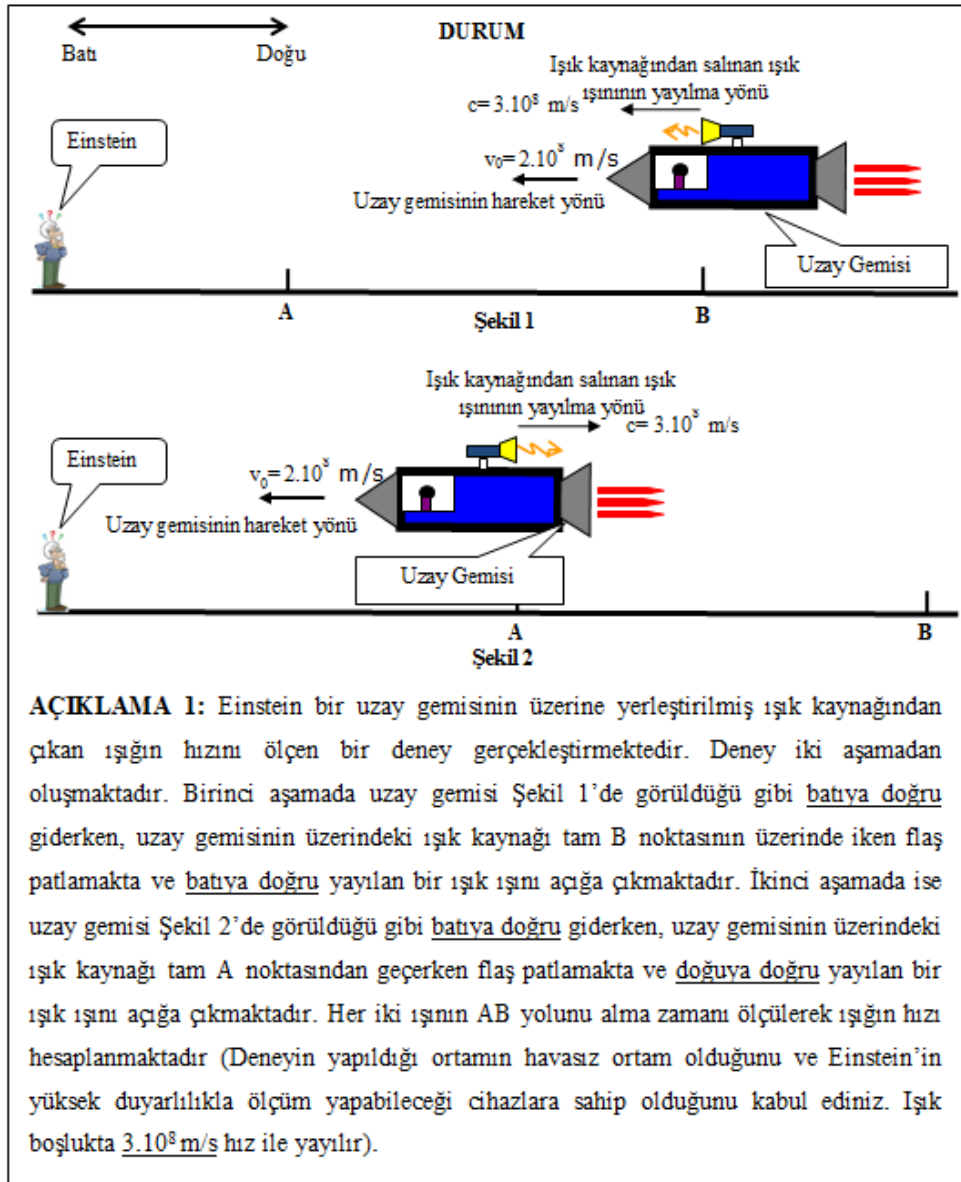
Aşağıda görüşme yapılan öğrencilerin ışık hızı ile ilgili soruya verdikleri yanıtlar ve bu yanıtlara ait kategorileri yer almaktadır.

Tablo 4.3: Işık hızı ile ilgili görüşme sorusundan elde edilen kategoriler.

Kategoriler
Doğru Yanıt: Işık hızı gözlemcinin hareket yönüne ve hızına bağlı değildir.
Klasik Yanıt: Işık hızı gözlemcinin hızına bağlıdır.
Hibrit Yanıt: Işık hızı değişmez ama daha çabuk yol alır.
Aşırı Genelleme: Işık her ortamda (hava, su vb) aynı hız değerine sahiptir.

Tablo 4.3'te yer alan yanıtlar incelendiğinde öğrencilerin ışık hızını gözlemcinin hızına bağlı olarak değişeceğinin ifade edildiği klasik yanıt türünde yanıt verdiği görülmektedir. Bu yanıt türünde yanıt veren öğrenciler ışık hızını hesaplarken Galileo Dönüşüm Denklemlerini kullanmıştır. Hibrit yanıtlar türünde yanıt veren öğrencilerin ışık hızının sabit olduğu yönünde bir bilgiye sahip olmalarına rağmen aynı zamanda ışık hızının gözlemcinin hızına bağlı olduğunu ifade ettikleri görülmüştür. Aşırı genellemeye dayanan yanıt grubunda yer alan öğrenciler, ışık hızının her ortamda (hava,su vb) sabit olduğunu ifade ettikleri görülmüştür.

Özel Görelilik Kuramı Açık Uçlu Testinden ve görüşmelerden elde edilen tüm bu veriler göz önünde bulundurularak Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin ilk versiyonu olan Özel Görelilik Kuramı Taslak Tanı Testinin ışık hızı ile ilgili sorularının soru kökü ve çeldiricileri oluşturulmuştur. Açık uçlu testte yer alan ışık hızı ile ilgili soruda yalnızca ışık kaynağının hareketi durumunda ışık hızı ölçümü sorulmuştur. Taslak Tanı Testinde bu soru öğrencilerin görüşlerini daha fazla detaylandırabilmek için ışık kaynağının ve gözlemcinin farklı yönlerde hareket etmesi durumlarını da içerecek şekilde geliştirilmiştir. Aşağıda Özel Görelilik Kuramı Taslak Tanı Testinin açıklama ve sorularına yer verilmiştir.



Şekil 4.8: Özel görelilik kuramı taslak tanı testinin ışık hızı soruları ile ilgili açıklama.

Aşağıda taslak tanı testinin ışık hızı kavramı ile ilgili kavram, gerekçe ve emin olma durumu ile ilgili A grubu soruları yer almaktadır.

1. Einstein, Şekil 1'de $2 \cdot 10^8$ m/s sabit hızla batı yönüne doğru hareket eden uzay gemisinin üzerinde bulunan ışık kaynağından batı yönünde salınan ışık ışınının hızını kaç m/s olarak ölçer?
A) $1 \cdot 10^8$ m/s ölçer.
B) $2 \cdot 10^8$ m/s ölçer.
C) $3 \cdot 10^8$ m/s ölçer.
D) $5 \cdot 10^8$ m/s ölçer
E) $6 \cdot 10^8$ m/s ölçer
2. Aşağıdaki açıklamalardan hangisi yukarıda yer alan 1. soruya yönelik vermiş olduğunuz yanıtı en iyi açıklar?
A) Çünkü Einstein'in bir hızı yoktur.
B) Çünkü uzay gemisi batı yönünde $2 \cdot 10^8$ m/s sabit hızla ilerlemektedir.
C) Çünkü ışık hızı uzay gemisinin hızından etkilenmez.
D) Çünkü ışık hızı hiçbir zaman değişmez.
E) Çünkü uzay gemisinin hızından dolayı ışığın A noktasına ulaşma süresi azalır.
F) Diğer (Yazınız).....
3. Üstte yer alan 1. ve 2. soruya yönelik vermiş olduğunuz yanıtlardan emin misiniz?
A) Eminim.
B) Emin değilim.

Aşağıda Taslak Tanı Testinin ışık hızı kavramı ile ilgili kavram, gerekçe ve emin olma durumu ile ilgili B grubu soruları yer almaktadır.

1. Einstein, Şekil 2’de $2 \cdot 10^8$ m/s sabit hızla batı yönüne hareket eden uzay gemisinin üzerinde bulunan ışık kaynağından doğu yönünde salınan ışık ışınının hızını kaç m/s olarak ölçer?
A) $1 \cdot 10^8$ m/s ölçer.
B) $2 \cdot 10^8$ m/s ölçer.
C) $3 \cdot 10^8$ m/s ölçer.
D) $5 \cdot 10^8$ m/s ölçer
E) $6 \cdot 10^8$ m/s ölçer
Aşağıdaki açıklamalardan hangisi yukarıda yer alan 2. soruya yönelik vermiş olduğunuz yanıtı en iyi açıklar?
A) Çünkü Einstein’in bir hızı yoktur.
B) Çünkü uzay gemisi batı yönünde $2 \cdot 10^8$ m/s sabit hızla ilerlemektedir.
C) Çünkü ışık hızı uzay gemisinin hızından etkilenmez.
D) Çünkü ışık hızı hiçbir zaman değişmez.
E) Çünkü ışığın B noktasına ulaşma süresi uzay gemisinin hızından dolayı artar.
F) Diğer(Yazınız).....
3. Üstte yer alan 1. ve 2. soruya yönelik vermiş olduğunuz yanıtlardan emin misiniz?
A) Eminim.
B) Emin değilim.

Aşağıda Taslak Tanı Testinin ışık hızı kavramı ile ilgili kavram, gerekçe ve emin olma durumu ile ilgili C grubu soruları yer almaktadır.

1. Einstein, Şekil 1'de 2.10^8 m/s sabit hızla batıya yönünde hareket eden uzay gemisinin üzerinde bulunan ışık kaynağından batı yönünde salınan ışık ışınının hızını, 1.10^8 m/s sabit hızla doğuya yönüne giden bir uzay gemisinin içinde iken ölçerse ışık ışının hızını kaç m/s olarak ölçer?
A) 1.10^8 m/s ölçer.
B) 2.10^8 m/s ölçer.
C) 3.10^8 m/s ölçer.
D) 4.10^8 m/s ölçer.
E) 5.10^8 m/s ölçer.
F) 6.10^8 m/s ölçer.
2. Aşağıdaki açıklamalardan hangisi yukarıda yer alan 1.7. soruya yönelik vermiş olduğunuz yanıtı en iyi açıklar?
A) Çünkü Einstein doğu yönünde 1.10^8 m/s sabit hızla ilerlemektedir.
B) Çünkü uzay gemisi batı yönünde 2.10^8 m/s sabit hızla ilerlemektedir.
C) Çünkü hem Einstein'ın hem de uzay gemisinin sabit bir hızı vardır.
D) Çünkü ışık hızı uzay gemisinin hızından etkilenmez.
E) Çünkü ışık hızı, uzay gemisinin ve Einstein'ın hızından etkilenmez.
F) Çünkü ışık hızı hiçbir zaman değişmez.
G) Çünkü ışığın A noktasına ulaşma süresi uzay gemisinin ve gözlemcinin hızından dolayı kısaldır.
H) Diğer(Yazınız).....
3. Üstte yer alan 1. ve 2. soruya yönelik vermiş olduğunuz yanıtlardan emin misiniz?
A) Eminim.
B) Emin değilim.

Tablo 4.4'te Özel Görelilik Kuramı Taslak Tanı Testinin ışık hızı kavramı ile ilgili soru maddelerinin açık uçlu test ve görüşmelerden elde edilen kategoriler ile ilişkisine yer verilmiştir.

Tablo 4.4: Özel görelilik kuramı taslak tanı testinin ışık hızı kavramı ile ilgili kategorileri.

Soru Grubu	Kavram Sorusu	Gerekçe Sorusu	Kategori
A,B	$3 \cdot 10^8$ m/s ölçer.	Einstein'in bir hızı yoktur.	Klasik Yanıt
A,B	$1 \cdot 10^8$ / $5 \cdot 10^8$ m/s ölçer.	Uzay gemisi $2 \cdot 10^8$ m/s sabit hızla batıya ilerlemektedir.	
A,B	$3 \cdot 10^8$ m/s ölçer.	Işık hızı uzay gemisinin hızından etkilenmez.	Doğru Yanıt
A,B	$3 \cdot 10^8$ m/s ölçer.	Işık hızı hiçbir zaman değişmez.	Genelleme
A,B	$5 \cdot 10^8$ / $6 \cdot 10^8$ m/s ölçer.	Uzay gemisinin hızından dolayı ışığın A noktasına ulaşma süresi azalır.	Klasik Yanıt
C	$1/2/5/4/6 \cdot 10^8$ m/s ölçer.	Einstein doğu yönünde $1 \cdot 10^8$ m/s sabit hızla ilerlemektedir.	Klasik Yanıt
C	$1/2/5/4/6 \cdot 10^8$ m/s ölçer.	Uzay gemisi batı yönünde $2 \cdot 10^8$ m/s sabit hızla ilerlemektedir.	Klasik Yanıt
C	$1/2/5/4/6 \cdot 10^8$ m/s ölçer.	Hem Einstein'in hem de uzay gemisinin sabit bir hızı vardır.	Klasik Yanıt
C	$3 \cdot 10^8$ m/s ölçer.	Işık hızı, uzay gemisinin ve Einstein'in hızından etkilenmez.	Doğru Yanıt
C	$3 \cdot 10^8$ m/s ölçer.	Işık hızı hiçbir zaman değişmez.	Genelleme
C	$4/5/6 \cdot 10^8$ m/s	Işığın A noktasına ulaşma süresi uzay gemisinin ve gözlemcinin hızından dolayı kısalmır.	Hibrit Yanıt

Özel Görelilik Kuramı Taslak Tanı Testin mutlak zaman kavramı ile ilgili sorularının oluşturulması

Aşağıda, Özel Görelilik Kuramı Taslak Tanı Testinin mutlak zaman kavramı ve gerekçe sorularında yer alan maddelerin oluşturulma süreci ifade edilmiştir. ile ilgili kavram, gerekçe sorularında yer alan maddelerin oluşturulma süreci ifade edilmiştir. Tablo 4.5'de Özel Görelilik Kuramı Açık Uçlu Testinin mutlak zaman kavramı ile ilgili sorusuna verilen yanıtlar ve okuyucu tutarlılık yüzdeleri verilmiştir.

Tablo 4.5: Özel görelilik kuramı açık uçlu testi mutlak zaman kavramı tutarlılık yüzdeleri.

Kategori	Açıklama	Öntest Tutarlılık Yüzdesi	Sontest Tutarlılık Yüzdesi
Doğru Yanıt	Gözlemcilerin hızları aracın A-B noktaları arasındaki mesafeyi alma süresini etkilemez. Tüm gözlemciler aynı ölçümü yapar.	84	82
Bağlı hıza bağlı zaman değişimi	Gözlemcilerin hızları aracın A-B noktaları arasındaki mesafeyi alma süresini etkiler.	80	80

Tablo 4.5 incelendiğinde öntest ve son test tutarlılık yüzdelerinin %70'in üzerinde olduğu görülmektedir. Bu durum açık uçlu testin mutlak zaman kavramı ile ilgili sorusuna verilen yanıtların kodlama tutarlılığının yüksek olduğunu göstermektedir.

Öğrenciler Tablo 4.5'de yer alan bağlı hıza bağlı zaman değişimi kategorisinde yanıt veren öğrencilerin açık uçlu testin ikinci sorusunda yer alan hareketli ve durgun gözlemcilerin bir aracın A-B noktaları arasındaki mesafeyi alma süresini farklı ölçeceğini ifade ettikleri görülmüştür.

Aşağıda ise öğrencilerin görüşme sorularına verdikleri yanıtlar yer almaktadır.

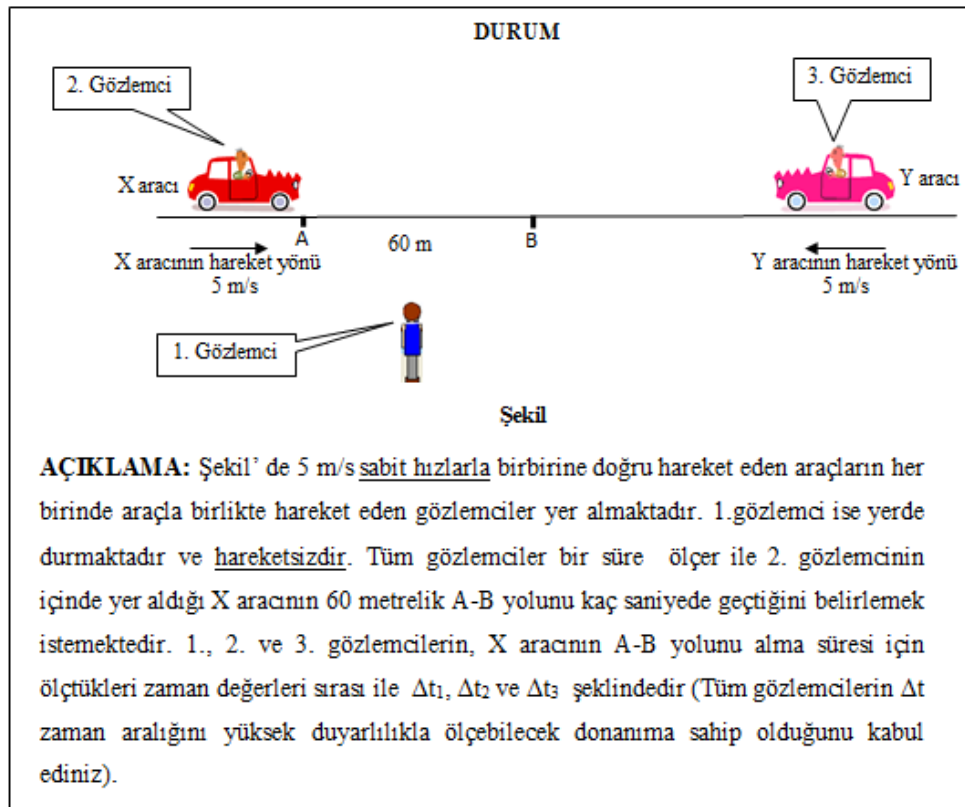
Tablo 4.6: Mutlak zaman ile ilgili görüşme sorusundan elde edilen kategoriler.

Kategoriler
Bağlı hıza bağlı zaman değişimi: Gözlemcilerin hızları aracın A-B noktaları arasındaki mesafeyi alma süresini etkiler.
Doğru yanıt: Gözlemcilerin hızları aracın A-B noktaları arasındaki mesafeyi alma süresini etkilemez. Tüm gözlemciler aynı ölçümü yapar.

Tablo 4.6'da yer alan yanıtlar incelendiğinde ise öğrencilerin bağlı hıza bağlı zaman değişimi kategorisinde yanıt verdiği görülmüştür. Özel görelilik kuramı açık

uçlu testinden ve öğrencilerle yapılan görüşmelerden elde edilen tüm bu veriler göz önünde bulundurularak Özel Görelilik Kuramı Taslak Tanı Testinin mutlak zaman ile ilgili sorusuna ait açıklamaya yer verilmiştir. Şekil 4.9 ve Tablo 4.7’de Özel Görelilik Kuramı Taslak Tanı Testinin mutlak zaman ile ilgili madde ve çeldiricilerine yer verilmiştir.

Özel Görelilik Kuramı Taslak Tanı Testinin mutlak zaman ile ilgili sorusunun açıklaması açık uçlu testin Şekil 4.3’te ifade edilen mutlak zaman ile ilgili sorusuna benzer şekilde hazırlanmıştır. Açık uçlu testte gözlemci sayısı dört iken tanı testinde üç gözlemci yer almaktadır. Gözlemci sayısının fazla olması açık uçlu testte aslında aynı kategoriyi temsil eden çok farklı seçenek kombinasyonları oluşturduğundan tanı testinde seçenekleri sınırlama yoluna gidilmiştir. Bu şekilde belirli kategoriye ait düşüncelerin belirli seçeneklerde toplanması sağlanmaya çalışılmıştır.



Şekil 4.9: Özel görelilik kuramı taslak tanı testi mutlak zaman kavramı ile ilgili sorularının açıklaması.

Aşağıda Özel Görelilik Kuramı Taslak Tanı Testinin mutlak zaman kavramı ile ilgili soruları yer almaktadır.

1. Tüm Gözlemcinin, X aracının A-B yolunu alma süresi ölçümlerinin büyüklük ilişkisi aşağıdaki seçeneklerin hangisinde doğru ifade edilmiştir?
A) $\Delta t_1 > \Delta t_2 > \Delta t_3$
B) $\Delta t_1 > \Delta t_3 > \Delta t_2$
C) $\Delta t_1 = \Delta t_2 > \Delta t_3$
D) $\Delta t_2 > \Delta t_3 > \Delta t_1$
E) $\Delta t_3 > \Delta t_1 > \Delta t_2$
F) $\Delta t_1 = \Delta t_2 = \Delta t_3$
2. Aşağıdaki açıklamalardan hangisi yukarıda yer alan 1. soruya yönelik vermiş olduğunuz yanıtı en iyi açıklar?
A) Çünkü X aracının A-B yolunu alma süresi gözlemcilerin hızlarına ve hareket yönlerine bağlıdır.
B) Çünkü zaman gereli (gözlemciden gözlemciye değişen) bir kavramdır.
C) Çünkü 2.ve 3. gözlemcilerin konumlarında dolayı tam ve doğru ölçüm yapmaları imkansızdır.
D) Çünkü tüm gözlemciler duruyor veya sabit hızla hareket ediyor.
E) Çünkü A-B yolunun uzunluğu gözlemciden gözlemciye değişir.
F) Diğer(Yazınız).....
3. Üstte yer alan 1. ve 2. soruya yönelik vermiş olduğunuz yanıtlardan emin misiniz?
A) Eminim.
B) Emin değilim.

Yukarıda yer alan soruya ait seçenekler büyük ölçüde açık uçlu test ve görüşme verilerinden elde edilen kategorilerden yararlanılarak oluşturulmuştur.

Tablo 4.7’de Özel Görelilik Kuramı Taslak Tanı Testinin mutlak zaman kavramı ile ilgili soru maddelerinin açık uçlu test ve görüşmelerden elde edilen kategoriler ile ilişkisine yer verilmiştir.

Tablo 4.7: Özel görelilik kuramı taslak-tanı testinin mutlak zaman kavramı ile ilgili kategorileri.

Kavram Sorusu (X aracının A-B yolunu alma süresi)	Gerekçe Sorusu (çünkü...)	Kategori
$\Delta t_1 > \Delta t_2 > \Delta t_3$ $\Delta t_2 > \Delta t_3 > \Delta t_1$	Çünkü X aracının A-B yolunu alma süresi gözlemcilerin hızlarına ve hareket yönlerine bağlıdır.	Bağıl hızla bağlı zaman değişimi
	Çünkü zaman görelî (gözlemciden gözlemciye değişen) bir kavramdır.	Aşırı genelleme: Süre
	Çünkü A-B yolunun uzunluğu gözlemciden gözlemciye değişir.	Aşırı genelleme: Uzunluk
$\Delta t_1 > \Delta t_2 > \Delta t_3$ $\Delta t_1 = \Delta t_2 > \Delta t_3$ $\Delta t_3 > \Delta t_1 > \Delta t_2$	Çünkü 2.ve 3. gözlemcilerin konumlarında dolayı tam ve doğru ölçüm yapmaları imkansızdır.	Ölçüm hatası
$\Delta t_1 = \Delta t_2 = \Delta t_3$	Çünkü tüm gözlemciler duruyor veya sabit hızla hareket ediyor.	Doğru yanıt

Özel Görelilik Kuramı Taslak Tanı Testinin Eşanlılık Kavramı ile ilgili Sorularının Oluşturulması

Aşağıda, Özel Görelilik Kuramı Taslak Tanı Testinin eşanlılık kavramı ile ilgili kavram ve gerekçe sorularında yer alan maddelerin oluşturulma süreci ifade edilmiştir. Tablo 4.8’de Özel Görelilik Kuramı Açık Uçlu Testinin eşanlılık kavramı ile ilgili sorusuna verilen yanıtlar ve okuyucu tutarlılık yüzdeleri verilmiştir.

Tablo 4.8: Özel görelilik kuramı açık uçlu testi eşanlılık kavramı tutarlılık yüzdeleri.

Kategori	Açıklama	Öntest Tutarlılık Yüzdesi	Sontest Tutarlılık Yüzdesi
Doğru yanıt	Her iki gözlemci ışınlarının, algılayıcıya aynı anda ulaşacağını ifade eder. Çünkü trenin hızı ışığın hızını etkilemez. 2. Gözlemcinin ışınların algılayıcıya aynı anda ulaştığını gözlemleyebilmesi için geride kalan flaşın (y flaşının) önce patlaması gerekir.	66	86
Eksik yanıt	İki gözlemciden biri için doğru açıklamalar yapmış.	70	74
Klasik yanıt	Trenin hızından dolayı ışık hızının değişeceğini ifade eden açıklamalar yapmış.	80	78

Tablo 4.8 incelendiğinde ön test ve son test tutarlılık yüzdelerinin ön testte verilen doğru yanıt yüzdesi haricinde %70'in üzerinde olduğu görülmektedir. Doğru yanıt tutarlılık yüzdesinin %70'in altında kalması durumu araştırmacı tarafından incelenmiştir. Bu yanıtın %70'in altında çıkmasında öğrencilerin öğretim öncesindeki açıklamalarının net olmamasından kaynaklandığı görülmüştür. Öğrencilerin öğretim sonrasındaki açıklamaları daha belirgin olduğu için iki değerlendirme arasındaki tutarlılık yanıtlarının arttığı görülmektedir. Öntest ve son test tutarlılık yüzdeleri birlikte değerlendirildiğinde tüm yanıt kategorilerinde tutarlılık yüzdelerinin yüksek olduğu görülmektedir. Öğrenciler Tablo 4.8'de yer alan kategoriler incelendiğinde eksik yanıt ve klasik yanıt kategorisinde yanıtlar verildiği görülmektedir. Klasik yanıt kategorisi Galileo dönüşüm denklemlerinin kullanılması sonucu ortaya çıkan bir yanıt kategorisini ifade etmektedir.

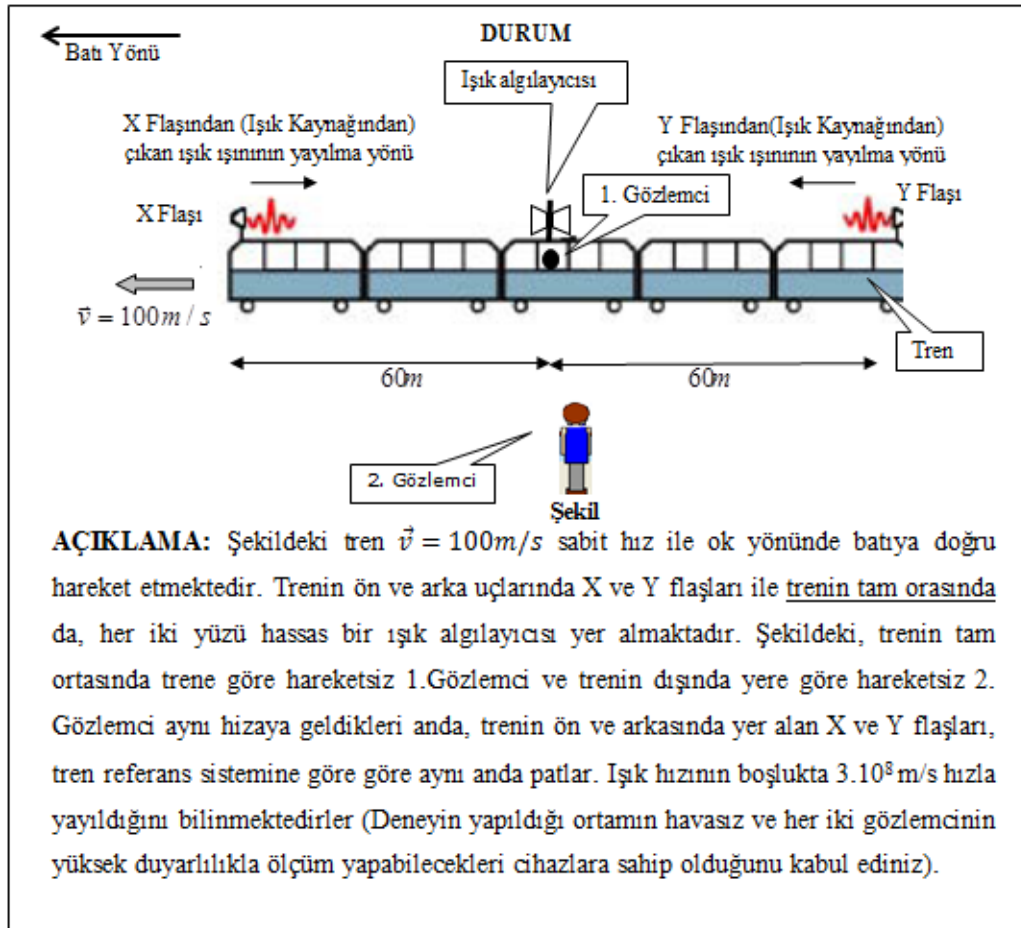
Tablo 4.9’da görüşmelerden elde edilen kategoriler ve frekansları yer almaktadır.

Tablo 4.9: Eşanlılık kavramı ile ilgili görüşme sorusundan elde edilen kategoriler.

Kategoriler
Doğru ifade: Durgun gözlemci flaşların aynı anda patladığını görür. Hareketli gözlemci ise A flaşının D flaşından önce patlayacağını görür.
Klasik yanıt: Işık hızını hesaplarken roketin hızı ile toplayarak veya çıkararak hesaplama yapmış ve açıklamış.
Değişim ihmal edilir: Işık hızı karşısında trenin hızını ihmal ederek hesaplama yapmış ve açıklamış.

Öğrencilerin Tablo 4.9’da yer alan kategoriler incelendiğinde Galileo dönüşüm denklemlerine dayalı klasik yanıtlar ile eşanlılık kavramının ışık hızı karşısında diğer hızların ihmal edilmesine bağlı olarak açıklanmasına dayalı değişimin ihmal edildiği kategorisindeki yanıtlar olduğu görülmektedir. Şekil 3.10’da Özel Görelilik Kuramı Taslak Testinin eşanlılık ile ilgili sorusuna ait açıklamaya yer verilmiştir.

Özel Görelilik Kuramı Taslak Testinin eşanlılık ile ilgili sorusunun açıklaması açık uçlu testin Şekil 4.4’te ifade edilen eşanlılık ile ilgili sorusuna benzer şekilde hazırlanmıştır. Fakat bazı temel farklılıklar içermektedir. Açık uçlu testte yer alan klasik bağlı hız ile ilgili durumda gözlemcilerin yorumu verilip gözlemcilerin yorumları arasındaki farklılığın nedeni sorulmuştur. Özel Görelilik Kuramı Taslak Testinde ise her iki referans sistemindeki gözlemcilerin X ve Y flaşlarının patlama anları ile ilgili düşünceleri ve gerekçeleri sorulmuştur. Bu şekilde eşanlılık kavramı ile ilgili sorusunun daha kapsamlı bir soru olması sağlanmaya çalışılmıştır. Çünkü açık uçlu testte verilen yanıtlardan tren referans sistemindeki ve durgun referans sistemindeki gözlemcilerin X ve Y flaşlarını aynı anda görmelerinin mümkün olmadığını ifade eden öğrenci yanıtlarına rastlanmıştır. Bu nedenle Özel Görelilik Kuramı Taslak Tanı Testinde X ve Y ışık ışınlarının trenin ortasında duran iki yüzü ışık algılayıcısı özelliği sergileyen bir detektöre aynı anda veya farklı anlarda ulaşma durumları sorularak bu tür yanıtların önüne geçilmeye çalışılmıştır.



Şekil 4.10: Özel görelilik kuramı taslak tanı testinin eşanlılık kavramı ile ilgili sorularının açıklaması.

Aşağıdaki bölümde Özel Görelilik Kuramı Taslak Tanı Testinin eşanlılık kavramı ile ilgili A grubu soruları yer almaktadır.

1. Şekildeki 1. gözlemci X ve Y flaşından çıkan ışınların algılayıcıya ulaşma anları için ne söyler?
A) Her iki ışık kaynağından çıkan ışık, algılayıcıya aynı anda ulaşır.
B) X ışık kaynağından çıkan ışık algılayıcıya daha çabuk ulaşır.
C) Y ışık kaynağından çıkan ışık algılayıcıya daha çabuk ulaşır.
2. Aşağıdaki açıklamalardan hangisi yukarıda yer alan 1. soruya yönelik vermiş olduğunuz yanıtı en iyi açıklar?
A) Çünkü trenin hızının etkisi ile X ve Y kaynaklarından çıkan ışınların hızlarının mutlak değeri birbirinden farklıdır.
B) Çünkü trenin hızının sayısal değeri, ışık hızının sayısal değeri ile kıyaslandığında trenin hızı çok küçük olduğundan X ve Y flaşından çıkan ışınların hızlarının sayısal değerindeki değişim ihmal edilir.
C) Çünkü gözlemci ve ışık algılayıcısı trenle birlikte batı yönünde hareket eder.
D) Çünkü trenin hızı X ve Y kaynaklarından çıkan ışınların hızlarının sayısal değerini etkilemez.
E) Çünkü trenin hızından dolayı X ve Y flaşından çıkan ışınların 1. gözlemciye ve ışık algılayıcısına olan mesafeleri farklıdır.
F) Çünkü 1. Gözlemci trenin hızından dolayı Y flaşının X flaşından önce patladığını görür.
G) Diğer (yazınız):.....
3. Üstte yer alan 1. ve 2. soruya yönelik vermiş olduğunuz yanıtlardan emin misiniz?
A) Eminim.
B) Emin değilim.

Aşağıda Özel Görelilik Kuramı Taslak Tanı Testinin eşanlılık kavramı ile ilgili B grubu soruları yer almaktadır.

1. Şekildeki 2. gözlemci X ve Y flaşından çıkan ışınların algılayıcıya ulaşma anları için ne söyler?
A) Her iki ışık kaynağından çıkan ışık algılayıcıya aynı anda ulaşır.
B) X ışık kaynağından çıkan ışık algılayıcıya daha çabuk ulaşır.
C) Y ışık kaynağından çıkan ışık algılayıcıya daha çabuk ulaşır.
2. Aşağıdaki açıklamalardan hangisi yukarıda yer alan 1. soruya yönelik vermiş olduğunuz yanıtı en iyi açıklar?
A) Çünkü trenin hızının sayısal değeri, ışık hızının sayısal değeri ile kıyaslandığında çok küçük olduğundan X ve Y flaşından çıkan ışınların hızlarının mutlak değerindeki değişim ihmal edilir.
B) Çünkü trenin hızı X ve Y kaynaklarından çıkan ışınların hızlarının sayısal değerini etkilemez.
C) Çünkü 2. gözlemci durgundur.
D) Çünkü trenin hızının etkisi ile X ve Y kaynaklarından çıkan ışınların hızlarının sayısal değeri birbirinden farklıdır.
E) Çünkü trenin hızından dolayı X ve Y flaşından çıkan ışınların 2. gözlemciye ve ışık algılayıcısına olan mesafeleri farklıdır.
F) Çünkü 2. Gözlemci trenin hızından dolayı Y flaşının, X flaşından önce patladığını görür.
G) Diğer (yazınız):.....
3. Üstte yer alan 1. ve 2. soruya yönelik vermiş olduğunuz yanıtlardan emin misiniz?
A) Eminim
B) Emin değilim.

Tablo 4.10'da Özel Görelilik Kuramı Taslak Tanı Testinin eşanlılık kavramı ile ilgili soru maddelerinin açık uçlu test ve görüşmelerden elde edilen kategoriler ile ilişkisine yer verilmiştir.

Tablo 4.10: Özel görelilik kuramı taslak tanı testi eşanlılık kavramı ile ilgili sorularında yer alan seçenekler ve bu seçeneklere ait kategoriler.

Soru	Kavram Sorusu	Gerekçe Sorusu	Kategori
A,B	Her iki ışık kaynağından çıkan ışık, algılayıcıya aynı anda ulaşır.	Çünkü trenin hızı X ve Y kaynaklarından çıkan ışınların hızlarının sayısal değerini etkilemez.	Doğru yanıt
A,B	X/Y ışık kaynağından çıkan ışık algılayıcıya daha çabuk ulaşır.	Çünkü trenin hızının etkisi ile X ve Y kaynaklarından çıkan ışınların hızlarının mutlak değeri birbirinden farklıdır.	Klasik yanıt
A, B	Her iki ışık kaynağından çıkan ışık, algılayıcıya aynı anda ulaşır.	Çünkü trenin hızının sayısal değeri, ışık hızının sayısal değeri ile kıyaslandığında çok küçük olduğundan X ve Y flaşından çıkan ışınların hızlarının sayısal değerindeki değişim ihmal edilir.	Değişim ihmal edilir
B	Her iki ışık kaynağından çıkan ışık, algılayıcıya aynı anda ulaşır.	Çünkü 2. Gözlemci durgundur.	Yanlış yanıt
A, B	X/Y ışık kaynağından çıkan ışık algılayıcıya daha çabuk ulaşır.	Çünkü 2. Gözlemci durgundur.	
		Çünkü trenin hızından dolayı X ve Y flaşından çıkan ışınların 1. gözlemciye ve ışık algılayıcısına olan mesafeleri farklıdır.	
		Çünkü 1./2. Gözlemci trenin hızından dolayı Y flaşının X flaşından önce patladığını görür	

Özel Görelilik Kuramı Taslak Tanı Testinin Görelî Zaman Kavramı ile ilgili Sorularının Oluşturulması

Aşağıda, Özel Görelilik Kuramı-Taslak Tanı Testinin görelî zaman kavramı ile ilgili kavram ve gerekçe sorularında yer alan maddelerin oluşturulma süreci ifade edilmiştir. Tablo 4.11’de Özel Görelilik Kuramı Açık Uçlu Testinin görelî zaman kavramı ile ilgili sorusuna verilen ve okuyucu tutarlılık yüzdeleri verilmiştir.

Tablo 4.11: Özel görelilik kuramı açık uçlu testi görelî zaman kavramı tutarlılık yüzdeleri.

Kategori	Açıklama	Öntest Tutarlılık Yüzdesi	Sontest Tutarlılık Yüzdesi
Doğru yanıt	Durgun gözlemci tarafından ışık hızına yakın hızla ilerleyen gözlem çerçevesinde iki olay arasında geçen zaman, kendi gözlem çerçevesinde aynı olay için geçen zamana göre daha az ölçülür. Bu nedenle teknisyen ücreti fazla bulur.	60	80
Işık hızına yakın hızlarda zaman yavaş akar.	Işık hızına yakın hızlarda ilerleyen gözlem çerçevelerinde zaman yavaş ilerler.	70	82
Mekana bağlı zaman kavramı	Işık hızına yakın hızlarda ilerleyen gözlem çerçevelerinde zamanın yavaş ilerleyeceğini açıklar. Fakat gerekçe olarak uzayda zamanın daha yavaş ilerleyeceğini belirtmiştir.	90	100
Doğru fakat eksik yanıt	Teknisyenin ücreti fazla bulacağını ifade etmiştir fakat herhangi bir gerekçe belirtmemiştir.	81	92
Zaman artar	Teknisyenin ücreti az bulacağı ifade edilmiş fakat gerekçe belirtilmemiştir.	90	90

Tablo 4.11 incelendiğinde ön test ve son test tutarlılık yüzde ortalamalarının %70 ve üzerinde olduğu görülmektedir. Bu durum genel olarak açık uçlu testin görelî zaman ile ilgili sorusuna verilen yanıtların kodlama tutarlılığının yüksek olduğu söylenebilir. Tablo 4.11’de yer alan yanıtlar incelendiğinde öğrencilerin uzaydaki zaman kavramının dünyadaki zaman kavramından farklı olduğu, ışık hızına yakın hızlarda zaman kavramının yavaşladığı şeklinde farklı görüşlere sahip oldukları görülmüştür. Aşağıda yer alan Tablo 4.12’de ise öğretim öncesinde ve öğretim sonrasında görüşme yapılan öğrencilerden elde edilen kategoriler yer almaktadır.

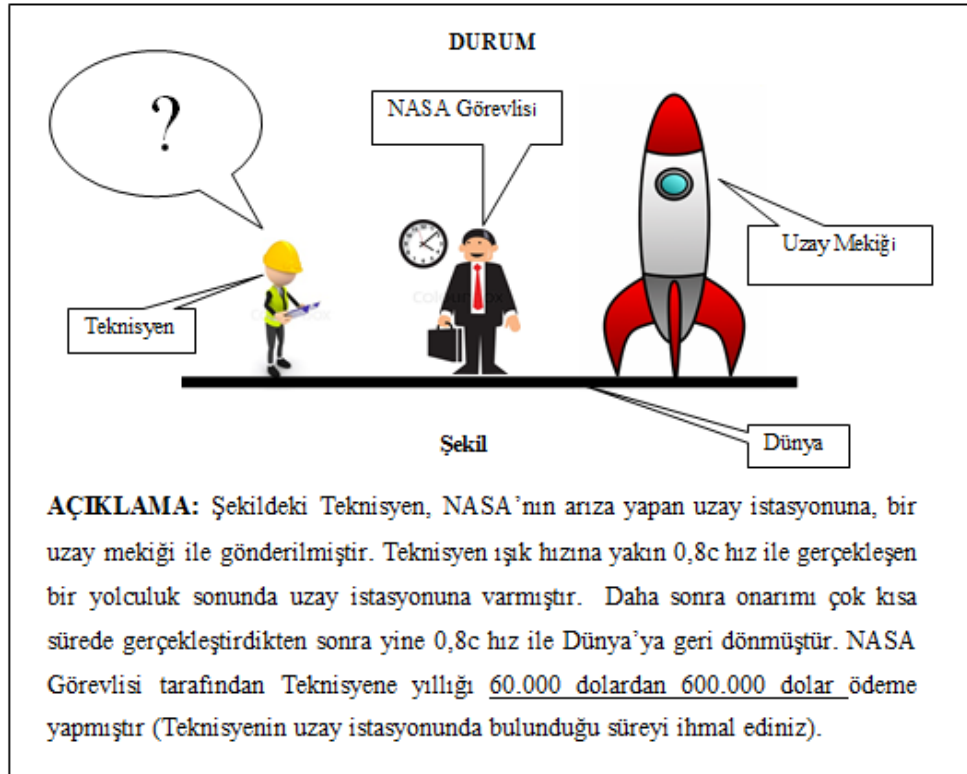
Tablo 4.12: Görelili zaman ile ilgili görüşme sorusundan elde edilen kategoriler.

Kategori	
Doğru yanıt	Hareketli saatin durgun saate göre iki olay arasında geçen süreyi daha büyük ölçeceğini bilir. Bu durumun zaman kavramındaki görelilik ile ilişkisini net olarak açıklar.
Eksik yanıt	Hareketli saatin durgun saate göre iki olay arasında geçen süreyi daha büyük ölçeceğini bilir fakat bu durumun zaman kavramındaki görelilik ile ilişkisini net olarak açıklayamaz.
	Hareketli ve durgun saatlerin farklı ölçüm yapacağını ifade eder fakat açıklayamaz.
Mutlak zaman	Hareketli ve durgun saatlerin zaman ölçümlerinin aynı olacağını ve hıza bağlı olmayacağını ifade eder.

Tablo 4.12’de yer alan yanıtlar incelendiğinde Tablo 4.11’deki yanıtlara ek olarak öğrencilerin zaman kavramının hiçbir koşulda değişmeyeceğini ifade ettikleri bir görüş daha eklenmiştir. Özel Görelilik Kuramı Taslak Tanı Testinin görelili zaman kavramı ile ilgili soruları incelendiğinde açık uçlu test ve görüşme verilerinden elde edilen kategoriler dışında da seçenek kombinasyonları olduğu görülmektedir. Bu kategorilerin belirlenmesinde deneme öğretimi sırasında öğrencilerin ifade ettikleri görüşlerden de yararlanılmıştır. Öğretim sırasında öğrencilerin bir bölümü yüksek hızlarda zaman aralığındaki genişlemeyi sadece mekanik bir değişim olarak tanımlamıştır. Bu öğrencilere göre zaman göreliliği biyolojik bir görelilik değildir. Öğretim sırasında ortaya çıkan bir başka görüş ise yüksek hızlarda zamanda bir değişim olmadığı fakat yüksek hıza bağlı olarak ölçme hatası yaşandığı şeklindedir. Ayrıca öğretim sırasında öğrenciler zaman göreliliğinin hangi referans sistemine göre olduğunu belirlemede güçlük çektikleri görülmüştür. Bu nedenle Özel Görelilik Kuram Taslak Tanı Testinin zaman göreliliği ile ilgili sorusuna mekanik değişim, ölçme hatası ve referans sistemi hatalarına yönelik maddelerde eklenmiştir. Ayrıca Tanı Testine, açık uçlu testten farklı olarak ikizler paradoksu ile ilgili bir soru daha eklenmiştir. Özel Görelilik Kuramı Açık Uçlu Testinden, öğrencilerle yapılan görüşmelerden ve deneme öğretimi sırasında öğrenci düşüncelerinden elde edilen tüm bu veriler göz önünde bulundurularak Özel Görelilik Kuramı Taslak Tanı Testinin görelili zaman ile ilgili açıklama, soru kökü ve çeldiricileri oluşturulmuştur.

Şekil 4.11’de Özel Görelilik Kuramı Taslak Tanı Testinin görelî zaman ile ilgili sorularına ait açıklamaya yer verilmiştir.

Özel Görelilik Kuramı Taslak Tanı Testinin görelî zaman kavramı ile ilgili açıklaması açık uçlu testinde yer alan durum ve açıklamanın tekrar düzenlenmesi ile oluşturulmuştur. Açık uçlu testte yer alan görelî zaman sorusu şekil içermemektedir. Özel Görelilik Kuramı Taslak Tanı Testinde yer alan görelî zaman sorusuna öğrencilerin ilgisini daha fazla çekebilmek ve ilgili durumu daha rahat anlayabilmelerini sağlayabilmek için şekil eklenmiştir.



Şekil 4.11: Özel görelilik kuramı taslak tanı testinin görelî zaman kavramı ile ilgili sorularının açıklaması.

Aşağıda Özel Görelilik Kuramı-Taslak Tanı Testinin görelî zaman kavramı ile ilgili A grubu soruları yer almaktadır.

1. Teknisyenin, ödeme zarfını açtığında ödeme miktarına bakarak tepkisi ne olmuştur?
A) Ödeme miktarını az bulmuştur.
B) Ödeme miktarı beklediği gibidir.
C) Ödeme miktarını fazla bulmuştur.
2. Aşağıdaki açıklamalardan hangisi yukarıda yer alan 1. soruya yönelik vermiş olduğunuz yanıtı en iyi açıklar?
A) Çünkü uzay mekiğindeki saatin çalışma hızındaki değişim mekanik bir değişimdir.
B) Çünkü uzay mekiğindeki saat yüksek hızından dolayı yanlış ölçüm yapmıştır.
C) Çünkü Teknisyen'e göre uzay mekiğindeki bir saat, Dünya'daki özdeş durgun bir saatten daha hızlı çalışır.
D) Çünkü Teknisyen'e göre uzay mekiğindeki bir saat ile Dünya'daki özdeş durgun bir saat aynı hızda çalışır.
E) Çünkü uzaydaki zaman kavramı ile Dünya'daki zaman kavramı birbirinden farklıdır.
F) Çünkü NASA Görevlisine göre uzay mekiğindeki saat, Dünya'daki özdeş durgun bir saatten daha yavaş çalışır.
G) Çünkü NASA Görevlisine göre uzay mekiğindeki saat, Dünya'daki özdeş durgun bir saatten daha hızlı çalışır.
H) Çünkü Teknisyen'e göre uzay mekiğindeki saat, Dünya'daki özdeş durgun bir saatten daha yavaş çalışır.
I) Diğer(Yazınız).....
3. Üstte yer alan 1. ve 2. soruya yönelik vermiş olduğunuz yanıtlardan emin misiniz?
A) Eminim.
B) Emin değilim.

Aşağıda Özel Görelilik Kuramı-Taslak Tanı Testinin görelî zaman kavramı ile ilgili B grubu soruları yer almaktadır.

1. Teknisyen uzay yolculuğundan sonra ikiz kardeşinin yanına gitmiştir. Kardeşinin görünümü ile ilgili yorumu ne olmuştur?
A) Kardeşinin kendisinden daha genç göründüğünü söylemiştir.
B) Kardeşinin kendisi ile aynı yaşta göründüğünü söylemiştir.
C) Kardeşinin kendisinden daha yaşlı göründüğünü söylemiştir.
2. Aşağıdaki açıklamalardan hangisi yukarıda yer alan 1. soruya yönelik vermiş olduğunuz yanıtı en iyi açıklar?
A) Çünkü teknisyen'in kardeşine göre uzay mekiğinin yüksek hızından dolayı, uzay mekiğindeki saatte oluşan çalışma hızındaki değişimi yalnızca mekanik bir değişimdir. Biyolojik bir değişim değildir.
B) Çünkü Teknisyen'e göre uzay mekiğindeki saat, Dünya'daki özdeş durgun bir saatten daha yavaş çalışır.
C) Çünkü teknisyen'in kardeşine göre uzay mekiğindeki saat, Dünya'daki özdeş durgun bir saatten daha hızlı çalışır.
D) Çünkü Teknisyen'e göre uzay mekiğindeki saat, Dünya'daki özdeş durgun bir saatten daha hızlı çalışır.
E) Çünkü Teknisyen'e veya teknisyenin kardeşine göre uzay mekiğindeki saat ile Dünya'daki özdeş durgun bir saat aynı hızla çalışır.
F) Çünkü uzaydaki zaman kavramı ile Dünya'daki zaman kavramı birbirinden farklıdır.
G) Çünkü teknisyen'in kardeşine göre uzay mekiğindeki saat, Dünya'daki özdeş durgun bir saatten daha yavaş çalışır.
H) Çünkü uzay mekiğindeki saat yüksek hızından dolayı yanlış ölçüm yapmıştır.
I) Diğer(Yazınız).....
3. Üstte yer alan 1. ve 2. soruya yönelik vermiş olduğunuz yanıtlardan emin misiniz?
A) Eminim.
B) Emin değilim.

Tablo 4.13'te Özel Görelilik Kuramı Taslak Tanı Testinin görelî zaman kavramı ile ilgili soru maddelerinin açık uçlu test ve görüşmelerden elde edilen kategoriler ile ilişkisine yer verilmiştir.

Tablo 4.13: Özel görelilik kuramı taslak tanı testi görelili zaman kavramı kategorileri.

Soru Grubu	Kavram Sorusu Seçenekleri	Gerekçe Sorusu Seçeneği	Kategori
A, B	Ödeme miktarını az/fazla veya kardeşi genç/yaşlı	Uzay mekiğindeki saatin çalışma hızındaki değişim mekanik bir değişimdir.	Mekanik değişim
		Uzay mekiğindeki saat yüksek hızından dolayı yanlış ölçüm yapmıştır.	Ölçme hatası
		Uzaydaki zaman kavramı ile Dünya'daki zaman kavramı birbirinden farklıdır.	Uzayda zaman farklıdır.
Ödeme miktarını az/kardeşini genç bulmuştur.	Çünkü Teknisyen'e göre uzay mekiğindeki bir saat, Dünya'daki özdeş durgun bir saatten daha hızlı çalışır.	Çünkü NASA Görevlisine göre/teknisyenin kardeşine göre uzay mekiğindeki saat, Dünya'daki özdeş durgun bir saatten daha hızlı çalışır.	Referans sistemi hatası
		Çünkü Teknisyen'e göre uzay mekiğindeki bir saat, Dünya'daki özdeş durgun bir saatten daha hızlı çalışır.	Zaman kısalmı
Ödeme miktarı beklediği gibi/kardeşini beklediği yaşta bulur.	Çünkü Teknisyen'e göre uzay mekiğindeki bir saat ile Dünya'daki özdeş durgun bir saat aynı hızda çalışır.	Mutlak zaman	
Ödeme miktarını fazla/kardeşini yaşlı bulmuştur.	Çünkü NASA Görevlisine göre/teknisyenin kardeşine göre uzay mekiğindeki saat, Dünya'daki özdeş durgun bir saatten daha yavaş çalışır.	Çünkü Teknisyen'e göre uzay mekiğindeki saat, Dünya'daki özdeş durgun bir saatten daha yavaş çalışır.	Doğru yanıt
		Çünkü Teknisyen'e göre uzay mekiğindeki saat, Dünya'daki özdeş durgun bir saatten daha yavaş çalışır.	Referans sistemi hatası

Özel Görelilik Kuramı Taslak Tanı Testinin görelili uzunluk kavramı ile ilgili sorularının oluşturulması

Aşağıda, Özel Görelilik Kuramı Taslak Tanı Testinin görelili uzunluk kavramı ile ilgili kavram ve gerekçe sorularında yer alan maddelerin oluşturulma süreci ifade

edilmiştir. Tablo 4.14'te Özel Görelilik Kuramı Açık Uçlu Testinin görelî uzunluk kavramı ile ilgili sorusuna verilen yanıtlar ve okuyucu tutarlılık yüzdeleri verilmiştir.

Tablo 4.14: Özel görelilik kuramı açık uçlu testi görelî uzunluk kavramı tutarlılık yüzdeleri.

Kategori	Açıklama	Öntest Tutarlılık Yüzdesi	Son Test Tutarlılık Yüzdesi
Doğru yanıt	Durgun bir gözlemci tarafından ışık hızına yakın hızlarda ilerleyen bir cisimlerin uzunluğu durgun boyundan daha kısa ölçüleceğini açıklamış. Bu durumu özel görelilik kuramı çerçevesinde yorumlamış.	90	90
Göz yanılması	Durgun gözlemci tarafından ışık hızına yakın hızlarda ilerleyen bir cisimlerin uzunluğundaki değişimi (uzun veya kısa ölçülmesi) göz yanılması olarak açıklamış.	80	88
Eksik yanıt	Durgun bir gözlemci tarafından ışık hızına yakın hızlarda ilerleyen bir cisimlerin uzunluğu durgun boyundan daha kısa ölçüleceğini ifade etmiş fakat gerekçesini açıklamamış.	82	86
Ölçümü imkansızdır .	Işık hızına yakın hızlarda ilerleyen bir cisimlerin uzunluğunu ölçmenin imkansız olduğunu belirtmiş.	100	100

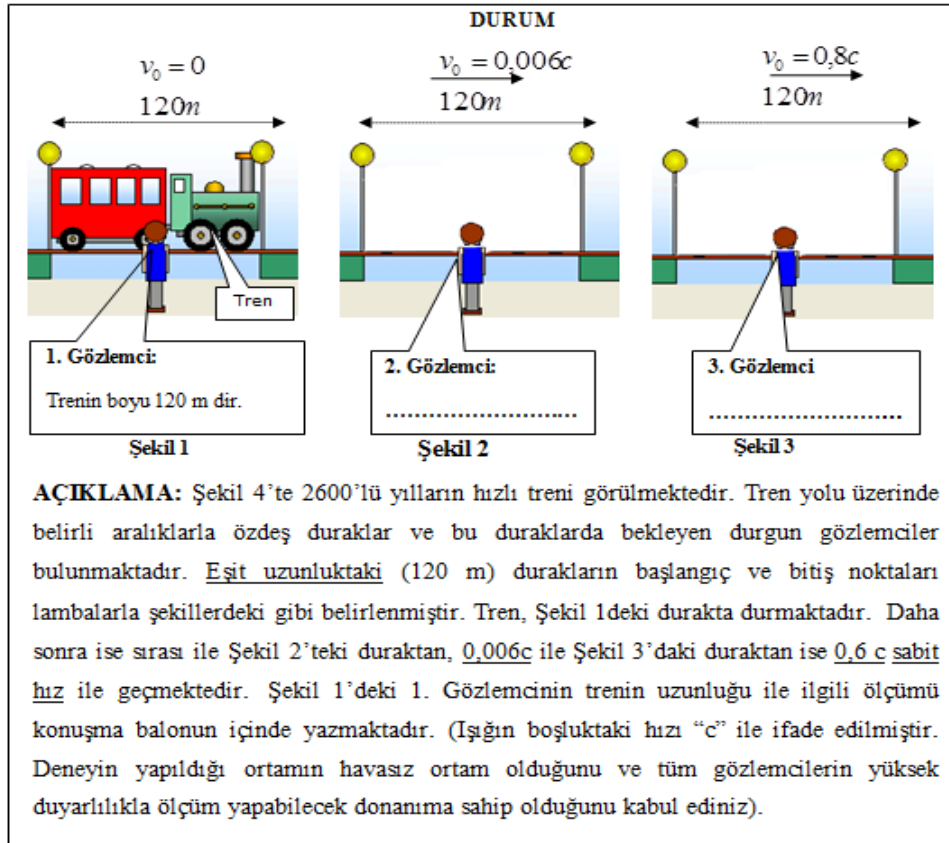
Tablo 4.14 incelendiğinde ön test ve son test tutarlılık yüzdelerinin %70'in üzerinde olduğu görülmektedir. Bu durum açık uçlu testin görelî uzunluk ile ilgili sorusuna verilen yanıtların kodlama tutarlılığının yüksek olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.15'de görelî uzunluk kavramı ile ilgili görüşme verileri ve frekansları yer almaktadır.

Tablo 4.15: Görelî uzunluk ile ilgili görüşme sorusundan elde edilen kategoriler.

Kategoriler	
Doğru yanıt	Durgun bir gözlemci tarafından ışık hızına yakın hızlarda ilerleyen bir cisimlerin uzunluğu durgun boyundan daha kısa ölçüleceğini açık bir şekilde ifade etmiş.
Göz yanılması	Durgun gözlemci tarafından ışık hızına yakın hızlarda ilerleyen bir cisimlerin uzunluğundaki değişimi (uzun veya kısa ölçülmesi) göz yanılması olarak açıklamış.
Eksik yanıt	Durgun bir gözlemci tarafından ışık hızına yakın hızlarda ilerleyen bir cismin uzunluğunun durgun boyundan daha kısa ölçüleceğini ifade etmiş fakat eksik açıklama yapmış.
Mutlak uzunluk	Cisimlerin uzunluklarının hızlarından bağımsız olduğunu ifade eden yanıt

Yukarıda ifade edilen tüm veriler göz önünde bulundurularak Özel Görelilik Kuramı Taslak Tanı Testinin ilk versiyonunun görelî uzunluk ile ilgili sorularının açıklaması, soru kökü ve çeldiricileri oluşturulmuştur. Şekil 3.12’de Tanı Testinin görelî uzunluk kavramı ile ilgili sorularına ait açıklama yer almaktadır.



Şekil 4.12: Özel görelilik kuramı taslak tanı testinin görelî uzunluk kavramı ile ilgili sorularının açıklaması.

Aşağıda Özel Görelilik Kuramı Taslak Tanı Testinin görelî uzunluk kavramı ile ilgili kavram, gerekçe ve emin olup olmama durumu ile ilgili A grubu soruları yer almaktadır.

1. Şekil 2'deki 2. Gözlemci trenin uzunluğunu kaç m olarak ölçtüğünü söyler?
A) Trenin uzunluğu 120 m'den daha azdır.
B) Trenin uzunluğu 120 m'dir.
C) Trenin uzunluğu 120 m'den daha fazladır.
2. Aşağıdaki açıklamalardan hangisi yukarıda yer alan 1. soruya yönelik vermiş olduğunuz yanıtı en iyi açıklar?
A) Çünkü 2. Gözlemci treni, trenin hızından dolayı olduğundan farklı uzunluktaymiş gibi görür.
B) Çünkü trenin 2. Gözlemci tarafından ölçülen uzunluğu trenin hızına bağlı değildir.
C) Çünkü trenin 2. Gözlemci tarafından ölçülen uzunluğu trenin hızına bağlı olarak değişir.
D) Çünkü 2. Gözlemcinin trenin hızından dolayı, trenin uzunluğunu doğru ölçmesi mümkün değildir.
E) Çünkü trenin hızı ışık hızı ile kıyaslandığında çok küçük olduğundan trenin boyundaki değişim ihmal edilir.
F) Diğer (Yazınız):.....
3. Üstte yer alan 1. ve 2. soruya yönelik vermiş olduğunuz yanıtlardan emin misiniz?
A) Eminim.
B) Emin değilim.

Aşağıda Özel Görelilik Kuramı Taslak Tanı Testinin görelî uzunluk kavramı ile ilgili kavram, gerekçe ve emin olup olmama durumu ile ilgili B grubu soruları yer almaktadır.

1. Şekil 3'teki 3. Gözlemci trenin uzunluğunu kaç m olarak ölçtüğünü söyler?
A) Trenin boyu 120 m'den daha azdır.
B) Trenin boyu 120 m'dir.
C) Trenin boyu 120 m'den daha fazladır.
2. Aşağıdaki açıklamalardan hangisi yukarıda yer alan 1. soruya yönelik vermiş olduğunuz yanıtı en iyi açıklar?
A) Çünkü 3. Gözlemci trenin hızından dolayı treni olduğundan farklı uzunluktaymış gibi görür.
B) Çünkü trenin 3. Gözlemci tarafından ölçülen uzunluğu trenin hızına bağlı değildir.
C) Çünkü trenin 3. Gözlemci tarafından ölçülen uzunluğu trenin hızına bağlı olarak değişir.
D) Çünkü 3. Gözlemcinin trenin hızından dolayı trenin uzunluğunu doğru ölçmesi mümkün değildir.
E) Diğer (Yazınız):.....
3. Üstte yer alan 1. ve 2. soruya yönelik vermiş olduğunuz yanıtlardan emin misiniz?
A) Eminim.
B) Emin değilim.

Aşağıda Özel Görelilik Kuramı Taslak Tanı Testinin görelî uzunluk kavramı ile ilgili kavram, gerekçe ve emin olup olmama durumu ile ilgili C grubu sorular yer almaktadır.

1. Şekil 3'teki 4. Gözlemci trenin uzunluğunu kaç m olarak ölçtüğünü söyler?
A) Durağın uzunluğu 120 m'den daha azdır.
B) Durağın uzunluğu 120 m'dir.
C) Durağın uzunluğu 120 m'den daha fazladır.
2. Aşağıdaki açıklamalardan hangisi yukarıda yer alan 1. soruya yönelik vermiş olduğunuz yanıtı en iyi açıklar?
A) Çünkü 4. Gözlemci, trenin hızından dolayı durağın uzunluğunu olduğundan farklı uzunluktaymiş gibi görür.
B) Çünkü durağın 4. Gözlemci tarafından ölçülen uzunluğu trenin hızına bağlı olarak değişmez.
C) Çünkü durağın 4. Gözlemci tarafından ölçülen uzunluğu trenin hızına bağlı olarak değişir.
D) Çünkü trenin hızından dolayı 4. Gözlemcinin durağın boyunu doğru ölçmesi mümkün değildir.
E) Diğer (Yazınız):.....
3. Üstte yer alan 1. ve 2. soruya yönelik vermiş olduğunuz yanıtlardan emin misiniz?
A) Eminim.
B) Emin değilim.

Özel Görelilik Kuramı Taslak Tanı Testinin görelî uzunluk kavramı ile ilgili sorusu, açık uçlu testin görelî uzunluk kavramı ile ilgili sorusuna büyük ölçüde benzerlik göstermektedir. Farklı olarak tanı testine trenin içinde yer alan ve durağın boyunu ölçen dördüncü bir gözlemci daha eklenmiştir. Tanı testine bu gözlemcinin eklenmesinde deneme uygulamasının öğretimi sırasında öğrencilerin ışık hızına yakın hızlarla hareket eden bir referans sistemindeki gözlemcinin durgun bir cismin uzunluğunu ölçmesi istenildiğinde uzunluğun görelî bir kavram olduğunu algılamakta güçlük çekmesinin gözlenmesi etkili olmuştur.

Tablo 4.16'de Özel Görelilik Kuramı Taslak Tanı Testinin seçenek kombinasyonları ile açık uçlu test ve görüşme verilerinden gelen kategorilerin karşılaştırılması yer almaktadır.

Tablo 4.16: Özel görelilik kuramı taslak tanı testi görelî uzunluk kavramı kategorileri.

Soru Grubu	Kavram Sorusu Seçeneği	Gerekçe Sorusu Seçeneği	Kategori
A, B ve C	Trenin/durağın uzunluğu 120 m'den azdır/fazladır.	Çünkü 2. ve 3. / 4. gözlemci treni/durağı, trenin hızından dolayı olduğundan farklı uzunluktaymış gibi görür.	Göz yanılması
A, B ve C	Trenin/durağın uzunluğu 120 m'den azdır/fazladır	Çünkü 2. 3. / 4. gözlemcinin trenin hızından dolayı, trenin durağın uzunluğunu doğru ölçmesi mümkün değildir.	Ölçümü imkansız
A	Trenin uzunluğu 120 m'dir.	Çünkü trenin hızı ışık hızı ile kıyaslandığında çok küçük olduğundan trenin boyundaki değişim ihmal edilir.	Doğru yanıt
B ve C	Trenin/durağın uzunluğu 120 m'den daha azdır.	Trenin 3. / Durağın 4. gözlemci tarafından ölçülen uzunluğu trenin hızına bağlı olarak değişir.	
A, B ve C	Trenin/durağın uzunluğu 120 m'dir.	Çünkü trenin/durağın 2.3. / 4. gözlemci tarafından ölçülen uzunluğu trenin hızına bağlı değildir.	Mutlak uzunluk

Özel Görelilik Kuramı Taslak Tanı Testinin Yüksek Hızlarda Kütle ve Enerji Kavramı ile ilgili Sorularının Oluşturulması

Aşağıda, Özel Görelilik Kuramı Taslak Tanı Testinin görelî kütle ve enerji kavramı ile ilgili kavram ve gerekçe sorularında yer alan maddelerin oluşturulma süreci ifade edilmiştir. Tablo 4.17'de Özel Görelilik Kuramı Açık Uçlu Testinin yüksek hızlarda kütle ve enerji kavramı ile ilgili sorusuna öğrencilerin verdiği yanıt kategorileri ve tutarlılık yüzdeleri yer almaktadır.

Tablo 4.17: Özel görelilik kuramı açık uçlu testi kütle ve enerji kavramları tutarlılık yüzdeleri.

Kategori	Açıklama	Öntest Tutarlılık Yüzdesi	Sontest Tutarlılık Yüzdesi
Işık hızı limit hızdır.	Işık hızından daha hızlı gidemeyeceği için adamın hızı belirli bir hız değerinden daha fazla artmamıştır.	92	90
Doğru yanıt	Enerjinin korunumuna aykırı değildir. Aktarılan enerji hızı artamayacağı için kütle artışı olarak ölçülür. Fakat madde miktarı artmaz.	80	80
Kütle değişir.	Enerjinin korunumuna aykırı değildir. Aktarılan enerji hızı artıramayacağı için kütle artışı olarak ölçülür.	68	77
Enerjinin üst sınırı vardır.	Kütleli bir cisim belli bir hızı geçemez çünkü evrende parçacığın bu hızı aşmasını sağlayacak miktarda bir enerji yoktur.	72	70
Sürtünme kuvveti cisimlerin külesini değiştirir.	Kütle değişiminde sürtünme kuvvetinin etkisi vardır.	66	88
Kuvvet cisimlerin yapısını bozar	Kuvvet parçacığın yapısını bozmuştur.	76	70

Tablo 4.17 incelendiğinde ön test ve son test tutarlılık yüzde ortalamalarının %70'in üzerinde olduğu görülmektedir. Bu durum açık uçlu testin kütle ve enerji ile ilgili sorusuna verilen yanıtların kodlama tutarlılığının yüksek olduğu söylenebilir. Öğrencilerin ön test ve son test tutarlılık yüzdeleri arasındaki farklılık öğrencilerin ön testte yeterince açıklama yapmamalarına bağlı olarak araştırmacının öğrencinin görüşünü hangi çerçevede değerlendirmesi gerektiğini belirlemede güçlük çekmesi ile açıklanabilir.

Aşağıda yer alan Tablo 4.18'de ise öğretim öncesinde ve öğretim sonrasında görüşme yapılan öğrencilerden elde edilen kategoriler yer almaktadır.

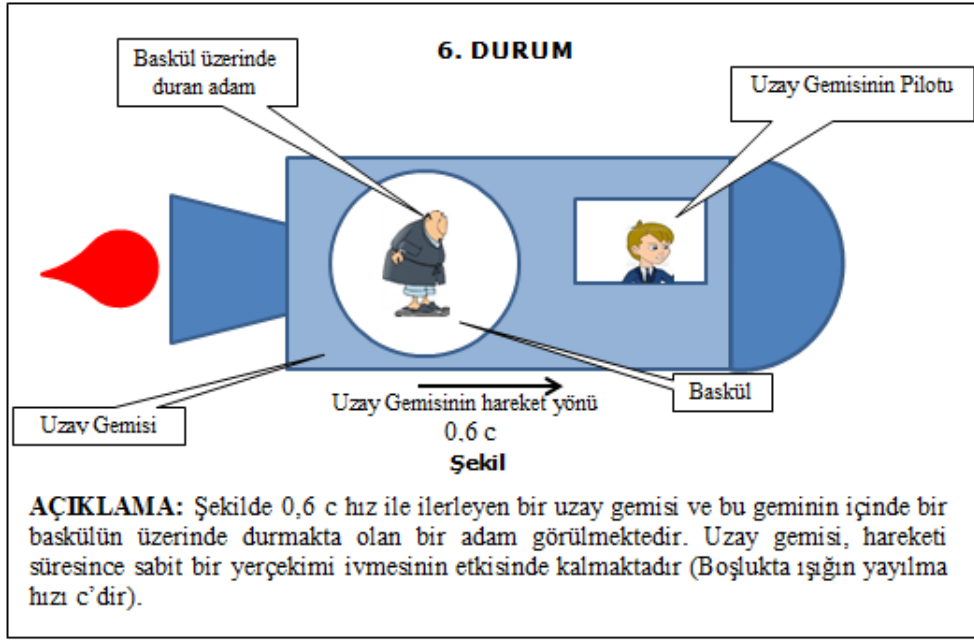
Tablo 4.18: Kütle ve enerji ile ilgili görüşme sorusundan elde edilen kategoriler.

Kategori ve Açıklaması	
Kütle değişmez.	Kütle değişmeyen madde miktarıdır.
Enerji kütleyle dönüşür.	Hıza bağlı olarak maddelerin kütlesi artar.
Doğru yanıt	Enerjinin korunumuna aykırı değildir. Aktarılan enerji hızı artamayacağı için kütle artışı olarak ölçülür. Fakat madde miktarı artmaz.
Kütle-ağırlık ilişkisi	Hıza bağlı olarak yerçekimi kuvveti buna bağlı olarak da ağırlık değişir.
Kütle azalır	Hıza bağlı olarak kütle azalır. Açıklama yok.

Tablo 4.18 incelendiğinde öğrencilerin ağırlıklı olarak ışık hızına yakın hızlarla ilerleyen maddelerin kütlelerinin değişmeyeceğini veya enerjinin kütleyle dönüşeceğini düşündüklerini ifade ettikleri görülmektedir.

Özel Görelilik Kuramı Açık Uçlu Testinden ve görüşmelerden elde edilen tüm bu veriler göz önünde bulundurularak Özel Görelilik Kuramı Taslak Tanı Testinin ilk versiyonunun yüksek hızlarda kütle ve enerji kavramları ile ilgili sorularının soru kökü ve çeldiricileri oluşturulmuştur. Şekil 4.13'te Özel Görelilik Kuramı Taslak Tanı Testinin görelilik yüksek hızlarda kütle ve enerji kavramları ile ilgili sorularına ait açıklama yer almaktadır.

Özel Görelilik Kuramı Taslak Tanı Testinde yer alan kütle ve enerji kavramı ile ilgili sorusu, açık uçlu testte yer alan kütle ve enerji kavramı ile ilgili sorudan farklı oluşturulmuştur. Soru tipinin değiştirilmesinin birinci sebebi öğrenciler için daha somut bir durum oluşturmaktır. Bir diğer sebebi ise ışık hızına yakın hızlarda ilerleyen cisimler için kütle değişimi ve sebebinin incelenbilmesidir. Özel Görelilik Kuramı Taslak Tanı Testinde yer alan görelilik kütle ile ilgili sorunun bir benzeri Selçuk (2010) tarafından kullanılmıştır.



Şekil 4.13: Özel görelilik taslak tanı testi kütle ve enerji kavramı ile ilgili sorularının açıklaması.

Aşağıda Özel Görelilik Kuramı Taslak Tanı Testinin kütle ve enerji kavramları ile ilgili A grubu soruları yer almaktadır.

1. Uzak gemisi hareketsizken kütesini 100 kg olarak ölçen Şekil deki adam, uzay gemisi 0,6 c sabit hızda hareket ederken kendi kütesini kaç kg ölçer?
A) 100 kg'dan daha az ölçer.
B) 100 kg olarak ölçer.
C) 100 kg'dan daha fazla ölçer.
2. Aşağıdaki açıklamalardan hangisi yukarıda yer alan 1. soruya yönelik vermiş olduğunuz yanıtı en iyi açıklar?
A) Çünkü uzay gemisi çok hızlı olduğundan dolayı adamın kütesini doğru ölçmesi mümkün değildir.
B) Çünkü uzay gemisinin çok hızlı olmasından dolayı adamın kinetik enerjisi kütle özelliği gösterir.
C) Çünkü kütle değişmeyen madde miktarıdır.
D) Çünkü uzay gemisinin yüksek hızından dolayı adamın kütesi değişmiştir.
E) Çünkü uzay gemisinin yüksek hızından dolayı adama etki eden çekim kuvveti daha küçük olacaktır.
F) Çünkü uzay gemisinin yüksek hızından dolayı adamın kinetik enerjisi kütesine dönüşmüştür.
G) Diğer(Yazınız).....
3. Üstte yer alan 1. ve 2. soruya yönelik vermiş olduğunuz yanıtlardan emin misiniz?
A) Eminim.
B) Emin değilim.

Aşağıda Özel Görelilik Kuramı Taslak Tanı Testinin kütle ve enerji kavramları ile ilgili kavram, gerekçe ve emin olup olmama durumu ile ilgili B grubu soruları yer almaktadır.

1. Uzay gemisi $0,6c$ sabit hızda hareket ederken, Dünya üzerindeki durgun bir gözlemci Şekil'deki adamın kütleini kaç kg olarak ölçer?
A) 100 kg'dan azdır.
B) 100 kg'dır.
C) 100 kg'dan fazladır.
Aşağıdaki açıklamalardan hangisi yukarıda yer alan 1. soruya yönelik vermiş olduğunuz yanıtı en iyi açıklar?
A) Çünkü uzay gemisi çok hızlı olduğundan dolayı Dünya'daki gözlemcinin adamın kütleini doğru ölçmesi mümkün değildir.
B) Çünkü uzay gemisinin çok hızlı olmasından dolayı adamın kinetik enerjisi kütle özelliği göstermiştir.
C) Çünkü uzay gemisinin yüksek hızından dolayı adamın kütlei değişmiştir.
D) Çünkü uzay gemisinin yüksek hızından dolayı adama etki eden çekim kuvveti değişmiştir.
E) Çünkü uzay gemisinin yüksek hızından dolayı adamın kinetik enerjisi kütleine dönüşmüştür.
F) Diğer(Yazınız).....
3. Üstte yer alan 1. ve 2. soruya yönelik vermiş olduğunuz yanıtlardan emin misiniz?
A) Eminim.
B) Emin değilim.

Aşağıda Özel Görelilik Kuramı Taslak Tanı Testinin kütle ve enerji kavramları ile ilgili kavram, gerekçe ve emin olup olmama durumu ile ilgili C grubu soruları yer almaktadır.

1. Uzay gemisi sabit hızla giderken, uzay gemisinin pilotu, yakıt tankında yakılan sıvı yakıtın alevini sürekli olarak yüksek hızla ve devamlı olarak dışarı püskürtmeye başlar. Yakıt alevinin dışarı püskürtülmesi ile oluşan net kuvvetin etkisi ile uzay gemisi sürekli hızlanmaya başlar. Uzay gemisinin hareketini inceleyen yerdeki bir gözlemci uzay gemisinin alabileceği hız değerleri için ne söylenebilir? (Uzay gemisinin çok miktarda yakıtı olduğunu ve gözlemcinin çok uzun bir süre uzay gemisinin bu hareketini izleyebildiğini kabul ediniz).
A) Uzay gemisi en fazla ışık hızından (c) daha küçük hız değerlerine ulaşmıştır.
B) Uzay gemisi en fazla ışık hızına (c) eşit bir hız değerine ulaşmıştır.
C) Uzay gemisi ışık hızından (c) daha büyük hız değerlerine ulaşmıştır.
2. Aşağıdaki açıklamalardan hangisi yukarıda yer alan 1. soruya yönelik vermiş olduğunuz yanıtı en iyi açıklar?
A) Çünkü enerjinin korunumu yasasına göre uzay gemisine etkiyen net kuvvetin etkisi ile uzay gemisi sürekli hızlanmıştır.
B) Çünkü uygulanan kuvvetin etkisi ile uzay gemisinin yapısı bozulur.
C) Çünkü zamanla uzay gemisi hızlandıkça uzay gemisinin hareket yönüne zıt olan sürtünme kuvvetinin değeri artar.
D) Çünkü uzay gemisinin enerji üst limitinden dolayı net kuvvet uygulanmaya devam etse bile uzay gemisi enerjinin belirli bir miktarından daha fazlasını kazanamaz.
E) Çünkü uzay gemisinin bir kütlesi olduğundan dolayı daha fazla hızlanabilmesi için uzay gemisine sonsuz miktarda enerji aktarılması gerekir.
F) Diğer(Yazınız).....
3. Üstte yer alan 1. ve 2. soruya yönelik vermiş olduğunuz yanıtlardan emin misiniz?
A) Eminim.
B) Emin değilim.

Tablo 4.19 ve Tablo 4.20’de ise Özel Görelilik Kuramı Taslak Tanı Testinin seçenek kombinasyonları ile açık uçlu test ve görüşme verilerinden gelen kategorilerin karşılaştırılmasına yer almaktadır.

Tablo 4.19: Özel görelilik kuramı taslak tanı testi kütle ve enerji kavram kategorileri.

Soru Grubu	Kavram Sorusu	Gerekçe Sorusu	Kategori
A,B	100 kg'dan daha az/fazla ölçer.	Çünkü uzay gemisi çok hızlı olduğundan dolayı adamın kütlelerini doğru ölçmesi mümkün değildir.	Ölçme hatası
B	100 kg'dan daha az/fazla veya aynı ölçer.	Çünkü uzay gemisi çok hızlı olduğundan dolayı Dünya'daki gözlemcinin adamın kütlelerini doğru ölçmesi mümkün değildir.	
A	100 kg'dan daha az/fazla ölçer.	Çünkü uzay gemisinin çok hızlı olmasından dolayı adamın kinetik enerjisi kütle özelliği gösterir.	Enerji kütleye dönüşür.
B	100 kg'dan daha fazla ölçer.	Çünkü uzay gemisinin çok hızlı olmasından dolayı adamın kinetik enerjisi kütlelerine dönüşmüştür.	
B	100 kg'dan daha fazla ölçer.	Çünkü uzay gemisinin çok hızlı olmasından dolayı adamın kinetik enerjisi kütle özelliği göstermiştir.	
A	100 kg olarak ölçer.	Çünkü kütle değişmeyen madde miktarıdır.	Doğru yanıt
B	100 kg'dan daha fazla ölçer.	Çünkü uzay gemisinin yüksek hızından dolayı adamın, durgun gözlemci tarafından ölçülen kütleleri değişmiştir.	
A, B	100 kg'dan daha az/fazla ölçer.	Çünkü uzay gemisinin yüksek hızından dolayı adamın madde miktarı değişmiştir.	Kütle gözlemcinin hızına bağlı olarak değişir
A	100 kg'dan daha az ölçer.	Çünkü uzay gemisinin yüksek hızından dolayı adama etki eden çekim kuvveti daha küçük olacaktır.	Kütle ağırlık ilişkisi
B	100 kg'dan daha az/fazla ölçer.	Çünkü uzay gemisinin yüksek hızından dolayı adama etki eden çekim kuvveti değişmiştir.	

Tablo 4.20: Özel görelilik kuramı taslak tanı testi kütle ve enerji kavram kategorileri.

Soru Grubu	Kavram Sorusu	Gerekçe Sorusu	Kategori
C	Uzay gemisi ışık hızından (c) daha büyük hız değerlerine ulaşmıştır.	Çünkü enerjinin korunumu yasasına göre uzay gemisine etkiyen net kuvvetin etkisi ile uzay gemisi sürekli hızlanmıştır.	Cisimler ışık hızından daha büyük hız değerlerine sahiptir.
	Uzay gemisi ışık hızından (c) daha büyük/eşit hız değerlerine ulaşmıştır.	Çünkü uygulanan kuvvetin etkisi ile uzay gemisinin yapısı bozulur.	Uygulanan kuvvetin etkisi ile cisimlerin yapısı bozulur.
		Çünkü zamanla uzay gemisi hızlandıkça uzay gemisinin hareket yönüne zıt olan sürtünme kuvvetinin değeri artar.	Sürtünme kuvvetinin ihmal edilmesi
C	Uzay gemisi ışık hızından (c) daha büyük/eşit hız değerlerine ulaşmıştır.	Çünkü uzay gemisinin enerji üst limitinden dolayı net kuvvet uygulanmaya devam etse bile uzay gemisi enerjinin belirli bir miktarından daha fazlasını kazanamaz.	Enerji limiti
C	Uzay gemisi ışık hızından (c) daha küçük hız değerlerine ulaşmıştır.	Çünkü uzay gemisinin bir kütlesi olduğundan dolayı daha fazla hızlanabilmesi için uzay gemisine sonsuz miktarda enerji aktarılması gerekir.	Doğru yanıt

Özel Görelilik Kuramı Taslak Tanı Testinin Madde Analizi Sonuçları

Özel Görelilik Kuramı Taslak Tanı Testinin güvenilirlik katsayısının hesaplanması amacı ile test ilk önce ilgili konuları öğrenmiş ortaöğretim 10. ve 11. Sınıfta öğrenim gören toplam 404 kişiye uygulanmıştır. Testin KR-20 güvenilirlik katsayısı 0.86 olarak hesaplanmıştır. Tablo 4.21’de testin madde güçlük ve ayırdedicilik indeks değerleri yer almaktadır.

Tablo 4.21: Özel görelilik kuramı-tanı testi madde güçlük ve ayırtedicilik indeks değerleri.

Soru Grubu	Maddenin ilgili olduğu Kavram	Soru Grubu ve Türü	Madde Güçlük İndeksi		Ayırt Edicilik İndeksi	
			KS	GS	KS	GS
1	Işık Hızı	A	.752	.267	.376	.158
		B	.735	.262	.393	.168
		C	.686	.109	.401	.020
2	Eşanlılık	A	.740	.431	.361	.366
		B	.592	.156	.272	.020
3	Uzunluk Göreliliği	A	.285	.208	.144	.218
		B	.693	.287	.277	.099
		C	.488	.193	.243	.020
4	Mutlak zaman	A	.438	.349	.282	.312
5	Zaman Göreliliği	A	.755	.297	.233	.188
		B	.109	.141	.080	.114
6	Görelilik Kütlesi ve Enerji	A	.574	.507	.208	.203
		B	.193	.151	.050	.094
		C	.592	.166	.252	.094

Tablo 4.21’de yer alan madde güçlük indeksi incelendiğinde testin kavram sorusu için madde güçlük indeksinin (.109 ile .755) arasında değiştiği görülmektedir. Genel olarak öğrencilere kavram soruları orta güçlükte gelmiştir. Testin gerekçe sorusu için madde güçlük indeksi (.141 ile .431) arasında değişmektedir. Bu değerlere göre genel olarak testin gerekçe sorusunun öğrencilere güç geldiği söylenebilir. Testin ortalama güçlük indeksi .45 değerindedir. Bu nedenle test orta güçlükte kabul edilebilir.

Tablo 4.21’de yer alan ayırt edicilik indeksi incelendiğinde testin kavram sorusu için ayırt edicilik indeksinin (.050 ile .401) arasında değiştiği görülmektedir. Testin gerekçe sorusu için ayırt edicilik indeksi (-.020 ile .366) arasında değişmektedir. Testin genelinde 0.30 ayırt edicilik indeksinin üzerinde değere sahip olan oldukça iyi ve iyi düzeyinde maddeler yer almaktadır. Bununla birlikte testte. 0.20 ayırt edicilik indeksinin altında değere sahip ve gözden geçirilmesi gereken

maddeler yer almaktadır. Bu nedenle Özel Görelilik Kuramı Taslak Tanı Testi tekrar revize edilmiştir. Özel Görelilik Kuramı Taslak Tanı Testinde yer alan bazı çeldiriciler testten çıkarılmış, yeni çeldiriciler eklenmiştir. Seçenek sayısı fazla olan sorularda seçenek sayısı azaltılarak test standartize edilmiştir. Bu bölümde verilen Özel Görelilik Kuramı Taslak Tanı Testi ile bir sonraki bölümde verilen Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testi farklılıklar açısından karşılaştırılabilir. Testte yer alan kavram soruları üç, gerekçe soruları beş seçenekten oluşacak şekilde düzenlenmiştir. Gerekçe soruları için E seçeneği öğrencilerin herhangi bir seçeneği işaretlememesi durumunda gerekçelerini yazılı olarak açıklaması için boş bırakılmıştır.

4.3.1.6 Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin Geliştirilmesi ve Analizi

Özel Görelilik Kuramı Taslak Tanı Testinin madde güçlük ve ayırt edicilik indisi değerleri göz önünde bulundurularak Özel Görelilik Kuramı Taslak Tanı Testinin açıklama ve soruları tekrar ele alınmıştır. Testin revize edilen hali madde analizlerinin hesaplanması için ilgili konuları öğrenmiş ortaöğretim 10. ve 11. sınıfta öğrenim gören toplam 212 kişiye yeniden uygulanmıştır. Özel Görelilik Kuramı Tanı Testinin tamamının KR-20 güvenilirlik katsayısı 0.88 olarak hesaplanmıştır. Tablo 4.22’de testin madde güçlük ve ayırt edicilik indeks değerleri yer almaktadır.

Tablo 4.22: Gözden geçirilmiş özel görelilik kuramı-tanı testinin madde güçlük ve ayırt edicilik indeks değerleri.

Soru Grubu	Maddenin ilgili olduğu Kavram	Soru Grubu ve Türü	Madde Güçlük İndeksi		Ayırt Edicilik İndeksi	
			KS	GS	KS	GS
1	Işık Hızı	A	.758	.312	.399	.312
		B	.784	.202	.413	.416
		C	.725	.219	.438	.320
2	Eşanlılık	A	.744	.531	.309	.346
		B	.568	.356	.302	.420
3	Uzunluk Göreliliği	A	.280	.408	.308	.334
		B	.698	.292	.381	.392
		C	.542	.393	.421	.312
4	Mutlak zaman	A	.438	.349	.387	.304
5	Zaman Göreliliği	A	.750	.497	.412	.402
		B	.234	.241	.384	.414
6	Kütle ve Enerji	A	.612	.307	.306	.443
		B	.232	.351	.452	.382
		C	.598	.366	.488	.398

Tablo 4.22’de yer alan madde güçlük indeksleri incelendiğinde testin kavram sorusu için madde güçlük indeksinin (.232 ile .784) arasında değiştiği görülmektedir. Genel olarak öğrencilere kavram soruları orta güçlükte gelmiştir. Testin gerekçe sorusu için madde güçlük indeksi (.202 ile .531) arasında değişmektedir. Bu verile ışığında genel olarak testin gerekçe sorusu öğrencilere güç gelmiştir denilebilir. Testin ortalama güçlük indeksi ise 0.52 değerindedir. Test orta güçlükte kabul edilebilir.

Tablo 4.23’de yer alan ayırt edicilik indeksi değerleri incelendiğinde testin kavram sorusu için ayırt edicilik indeksinin (.302 ile .488) arasında değiştiği görülmektedir. Testin gerekçe sorusu için ise ayırt edicilik indeksinin (.304 ile .443) arasında değiştiği görülmektedir. Testin genelinde 0.30 ayırt edicilik indeksinin üzerinde değere sahip olan oldukça iyi ve iyi düzeyinde maddeler yer almaktadır. Buna rağmen yine de öğrencilerden gelen yanıtlara ve açıklamalara göre Özel

Görelilik Kuramı Testinin açıklama ve sorularında bir takım gözden geçirilmesi gereken değişiklikler yapılmıştır. Bu değişiklikler genel olarak tanı testindeki açıklamaların daha anlaşılır ve soruların ise daha bilimsel bir zemine oturmasına yönelik düzeltmeler şeklindedir. Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin açıklama ve sorularının son hali bulgular ve yorumlar bölümünde sunulmuştur.

4.3.2 Üstbiliş, Öz-yeterlilik ve Öğrenme Süreçleri Ölçeğinin Geliştirilmesi ve Analizi

Aşağıdaki bölümde Üstbiliş, Öz-yeterlilik ve Öğrenme Süreçleri Ölçeğinin geliştirilmesi açıklanmıştır.

4.3.2.1 Üstbiliş, Öz-yeterlilik ve Öğrenme Süreçleri Ölçeğinin Tanıtılması

Araştırmada veri toplama aracı olarak Thomas ve ark. (2008) tarafından, öğrencilerin üstbiliş, öz-yeterlilik ve yapılandırmacı fen öğrenme süreçlerini belirlemek amacı ile geliştirilen Üstbiliş, Öz-Yeterlilik ve Öğrenme Süreçleri Ölçeği kullanılmıştır. Araştırmada kullanılmak için ölçeğin Türkçe uyarlaması araştırmacı ve diğer iki çalışma arkadaşı tarafından gerçekleştirilmiştir.

Ölçek beşli Likert tipinde 30 maddeden oluşan bir ölçek olup maddeler 5 faktör altında toplanmıştır. Ölçekte yer alan bu faktörler, yapılandırmacı bağlantılama (constructivist connectivity), denetleme, değerlendirme ve planlama (monitoring, evaluation and planning), fen öğrenmede öz-yeterlilik (science learning self-efficacy), öğrenme riskleri farkındalığı (learning risks awareness) ve konsantrasyon kontrolü (control of concentration) şeklindedir. Ölçeğin araştırmada kullanılan halinin bir bölümü EK A'da yer almaktadır.

Araştırmada ölçeğin hangi bir maddesinin hangi faktörün (örtük değişken) ögesi olacağı belirli olduğundan yapısal eşitlik modeli ile doğrulayıcı faktör analizi yapılmıştır.

Üstbiliş, Öz-Yeterlilik ve Öğrenme Süreçleri Ölçeğinin geçerlilik ve güvenilirlik çalışmaları iki farklı çalışma grubu üzerinden yürütülmüştür. Birinci çalışma grubu ile ölçeğin dilsel eşdeğerlik çalışmaları yapılmıştır. Bu grup Balıkesir Üniversitesi Necatibey Eğitim Fakültesi Yabancı Diller Eğitimi Bölümü İngilizce Öğretmenliği Anabilim Dalı 3. ve 4. sınıfında öğrenim gören 113 öğrenciden oluşmaktadır. İkinci çalışma grubu ile Doğrulayıcı Faktör Analizi (DFA) ve iç tutarlılık güvenilirlik analizleri yapılmıştır. Bu grubu İstanbul, Giresun, İzmir ve Karabük'te öğrenim gören 913 ortaöğretim öğrencisi oluşturmaktadır. Tablo 4.23'de bu öğrencilerin öğrenim gördükleri sınıflara göre dağılımı yer almaktadır.

Tablo 4.23: Üstbiliş, öz-yeterlilik ve öğrenme süreçleri ölçeğinin uygulandığı öğrencilerin sınıflara göre dağılımı.

Sınıf	Yanıt Yüzdesi (N)	Frekans (%)
9	408	44.7
10	214	23.4
11	157	17.2
12	134	14.7
Toplam	913	100

Ölçeğin uygulandığı 913 öğrenciden 292 (%32)' si kız, 621 (%68)' i erkektir. Örnekleme yer alan öğrenciler 15-18 yaş grubu aralığındadır. Orijinal ölçekte ise bu yaş aralığı 13-18'dir.

Bu bölümde “Üstbiliş, Öz-Yeterlilik ve Öğrenme Süreçleri Ölçeğinin Türkçe’ ye uyarlanması amacı ile yapılan Dilsel Eşdeğerlik Çalışması, Doğrulayıcı Faktör Analizi, Cronbach Alpha ve Pearson korelasyon katsayısının hesaplanması ile ilgili iç tutarlılık güvenilirlik analiz sonuçlarına yer verilmiştir.

Üstbiliş, Öz-yeterlilik ve Öğrenme Süreçleri Ölçeğinin Dilsel Eşdeğerlik Çalışması

Ölçek çevirilerinde yapılmış olan hatalar araştırma sonuçlarını bütünüyle etkileyebilmektedir (Hançer, 2005). Bu nedenle araştırmada ölçeğin dil eşdeğerliğini sağlayabilmek için Üstbiliş, Öz-yeterlilik Öğrenme Süreçleri Ölçeğinin Türkçe ve İngilizce formları arasındaki ilişkiyi belirleyerek ölçeğin Türkçe ve İngilizce formları arasındaki anlamlılık düzeyine bakılmıştır. Alan yazında yer alan çeviri ölçek çalışmalarında da benzer yöntemle dil eşitliğinin yapıldığı görülmektedir (Hazır Bıkmaç, 2002; Üstüner ve ark., 2009). Öncelikle Üstbiliş, Öz-yeterlilik ve Öğrenme Süreçleri Ölçeği her iki kültüre ve dile aşina olan bir alan uzmanı, bir yüksek lisans öğrencisi ve bir doktora öğrencisi tarafından Türkçe'ye çevrilmiştir. Ölçeğin Türkçe hali bir dil uzmanı tarafından tekrar İngilizce'ye çevrilmiş, elde edilen ikinci İngilizce form bir İngilizce öğretmeni tarafından Türkçe'ye çevrilmiştir. Türkçe'ye çevrilen bu iki form birbiri ile karşılaştırılmış ve bir Türk Dili uzmanı tarafından incelenerek, imla ve yazım konusunda gerekli değişiklikler yapılarak ölçeğe son hali verilmiştir.

Dil eşdeğerlik çalışması yapılan ölçek 913 ortaöğretim öğrencisine uygulanmıştır. Öğrencilerin Türkçe ve İngilizce formlarına vermin oldukları yanıtlar arasındaki ilişki pearson korelasyon katsayısının bulunması ile belirlenmiştir. Tablo 4.24'da ölçeğin iki formuna verilen cevaplar arasındaki ilişkiye ait veriler sunulmaktadır.

Tablo 4.24: Ölçeğin İngilizce ve Türkçe formlarına verilen cevaplar arasındaki ilişki.

		İngilizce Form	Türkçe Form
İngilizce Form	r	1	0.929**
	P		0.000
	N	113	113
Türkçe Form	R	0.929**	1
	P	0.000	
	N	113	113

**0.01 düzeyinde anlamlı.

Üstbiliş, Öz-Yeterlilik ve Öğrenme Süreçleri Ölçeğinin İngilizce ve Türkçe formu arasında 0.01 anlamlılık düzeyinde pozitif bir ilişki ($r=0.929$) belirlenmiştir. Ölçeğin dil uzmanları tarafından çift çeviri ile Türkçe'ye çevrilmesi ve Pearson korelasyon katsayısının hesaplanması sonucunda ölçeğin yapı, kavram ve dil eşitliğinin sağlandığı söylenebilir.

Üstbiliş, Öz-yeterlilik ve Öğrenme Süreçleri Ölçeğinin Doğrulayıcı Faktör Analizi Sonuçları

Üstbiliş, Öz-yeterlilik ve Öğrenme Süreçleri Ölçeğinin psikometrik özelliklerin değerlendirilmesi amacı ile öncelikle Doğrulayıcı Faktör Analizi yapılmıştır. Doğrulayıcı faktör analizi, daha önceden belirlenmiş bir yapının, bir model olarak doğruluğunun sınındığı, kuramsal bilgilere bağlı olarak tanımlanan gözlenen değişkenlerin gizil değişkenlerle ve gizil değişkenlerin de kendi aralarında ilişkili olduğunun gösterilmeye çalışıldığı analiz bir türüdür (Şimşek, 2007). Bu doğrultuda yapısal eşitlik modelinde yer alan, χ^2 , χ^2/sd , GFI, AGFI, RMSEA, RMR, SRMR, CFI, NFI ve NNFI uyum indeksleri (Çokluk, Şekercioğlu ve Büyüköztürk, 2010) kullanılmıştır. Bu uyum indekslerine yönelik kriterler ve kabul için kesme noktaları Tablo 4.25'de verilmiştir.

Tablo 4.25: Yapısal eşitlik modelinde uyum indekslerinin kriterleri ve kabulü için kesme noktaları.

Uyum İndeksi	Kriterler	Kabul için kesme noktaları	Kaynak
χ^2	$p > 0.05$	-	-
χ^2 / sd	≤ 3 = mükemmel uyum ≤ 5 = orta düzeyde uyum		(Kline 2005; Sümer,2000)
GFI/ AGFI	0 (Uyum yok) 1 (mükemmel uyum)	≥ 0.90 = iyi uyum ≥ 0.95 = mükemmel uyum	(Schumacker ve Lomax, 1996; Hooper, Coughlan ve Mullen, 2008)
RMSEA	0 (mükemmel uyum) 1 (Uyum yok)	≤ 0.05 = mükemmel uyum	(Brown, 2006)
RMR/SR MR	0 (mükemmel uyum) 1 (Uyum yok)	≤ 0.05 = mükemmel uyum ≤ 0.08 = iyi uyum	(Brown, 2006)
CFI	0 (Uyum yok) 1 (mükemmel uyum)	≥ 0.90 = iyi uyum ≥ 0.95 = mükemmel uyum	(Tabachnick ve Fidell, 2001)
NFI / NNFI	0 (Uyum yok) 1 (mükemmel uyum)	≥ 0.90 = iyi uyum ≥ 0.95 = mükemmel uyum	(Thompson, 2004)

Tablo 4.25’da yer alan kriterler ve kabul için kesme noktaları Çokluk, Şekercioğlu ve Büyüköztürk (2010)' dan alınmıştır. Verilerin faktör analizi için uygunluğunun ölçülmesi amacıyla Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) ve Bartlett Sphericity testi kullanılmıştır. Analizler sonucunda KMO değeri .954 ve Bartlett testi anlamlı [

$\chi^2_{(435)}=9917.668, p=.000]$ bulunmuş ve verilerin faktör analizi için uygun olduğu belirlenmiştir. Ardından Üstbiliş, Öz-Yeterlilik ve Öğrenme Süreçleri Ölçeğinin psikometrik özelliklerinin değerlendirilmesi ve orijinal formda bulunan faktörlerin doğrulanması amacı ile Doğrulayıcı Faktör Analizi (DFA) uygulanmıştır. Uygulanan DFA sonuçları şu şekildedir; χ^2 (sd=395, p=.000)=1137.10, χ^2 /sd=2.88, RMR (Root Mean-Square Residual)=0.053, SRMR (Standardized Root Mean-Square Residual)=0.043, GFI (Goodness-of-Fit Index)=0.92, AGFI (Adjusted Goodness-of-Fit Index)=0.91, RMSEA (Root Mean Square Error of Approximation)=0.045, CFI (Comparative Fit Index)=0.93, NNFI (Non-Normed Fit Index)=0.92. Elde edilen tüm bu değerler göz önüne alındığında χ^2 değerinin anlamlı çıktığı görülmektedir. Fakat bu durum büyük örneklem için beklenen kovaryans matrisi ile gözlenen kovaryans matrisi arasındaki önemsiz farklar sebebi ile oluşmaktadır. Bu durumlarda χ^2 /sd oranının 3'ün altında olması yeterli uyum olarak kabul edilebilir (Şencan, 2005). Ölçeğin analizi sonucunda bu oran 2.88 olarak bulunmuştur. Bu oranın 3'ten küçük olması mükemmel uyuma, 5'ten küçük olması ise orta düzeyde uyuma işaret etmektedir (Marsh ve Hocevar, 1988). GFI ve AGFI değerleri ise sırası ile 0.92 ve 0.91 olarak belirlenmiştir. Her iki değerinn 0.90'ın üzerinde yer alması çevrilen ölçeğin özgün ölçek ile iyi uyuma sahip olduğunu göstermektedir. Bu değerlerin 1'e yaklaşması uyumun arttığının göstergesidir (Anderson ve Gerbing, 1984; Cole, 1987; March, Balla ve McDonald, 1988). DFA'dan elde edilen sonuçlar RMSEA=0.045, RMR=0.053 ve SRMR=0.043 tür. Tüm bu değerlerin 0'a yaklaşması uyumun arttığını göstermektedir. RMSEA 0.05'ten küçük olduğu için mükemmel, RMR ve SRMR değerleri ise sırası ile iyi ve mükemmel uyum göstermektedir. NNFI ve CFI değerleri ise 1'e yaklaştıkça uyum artmaktadır. Elde edilen sonuçlar ölçeğin her iki değerinin de iyi derecede uyuma sahip olduğunu göstermektedir.

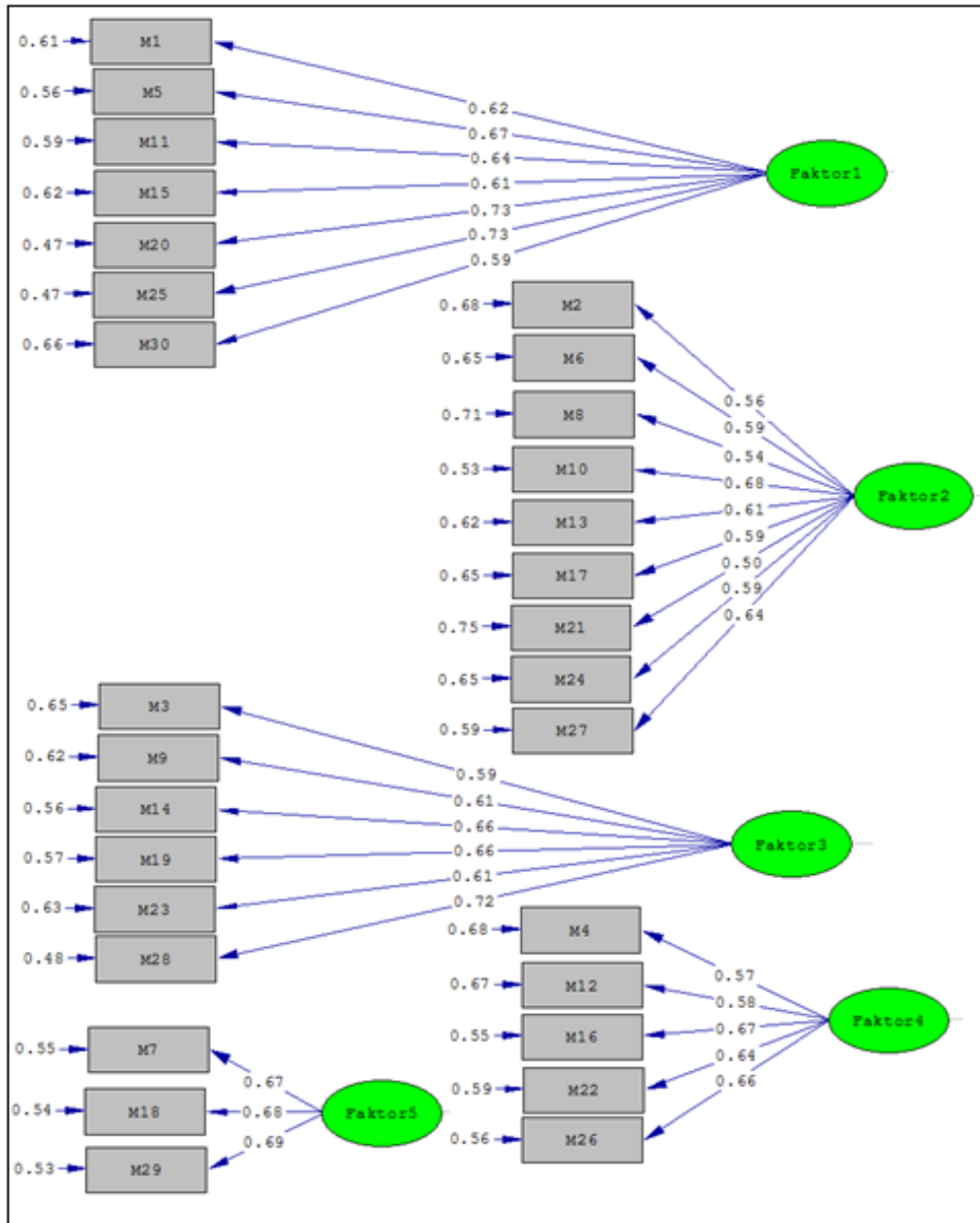
Ölçeğe ait iç tutarlılığın belirlenmesi amacı ile toplam puanlara göre oluşturulan alt %27' lik ve üst %27' lik grupların madde ortalama puanları arasındaki farklar bağımsız t-testi kullanılarak sınanmıştır (Büyüköztürk, 2010).

Tablo 4.26: Üstbiliş, öz-yeterlilik ve öğrenme süreçleri ölçeği için anlamlılık düzeyleri.

Faktör 1	t	Faktör 2	t	Faktör 3	t	Faktör 4	t	Faktör 5	t
M01	19.73	M02	17.61	M03	18.32	M04	16.75	M07	20.85
M05	21.51	M06	18.76	M09	19.17	M12	17.11	M18	21.39
M11	20.53	M08	16.67	M14	21.13	M16	20.53	M29	21.57
M15	19.40	M10	22.53	M19	20.86	M22	19.27		
M20	24.13	M13	19.58	M23	18.97	M26	20.20		
M25	24.22	M17	18.62	M28	23.67				
M30	18.25	M21	15.51						
		M24	18.57						
		M27	20.58						

Tablo 4.26 incelendiğinde t değerlerinin 2.576'nın üzerinde olduğu görülmektedir. Bu sebeple t-değerlerinin 0.01 düzeyinde tüm maddeler için anlamlı olduğu söylenebilir (Şimşek, 2007).

Her bir maddenin bu tanımlamaya göre ilgili faktördeki faktör yükü hesaplanmıştır. Modele ilişkin faktör yükleri Şekil 4.14' te gösterilmiştir.



Şekil 4.14: Üstbiliş, öz-yeterlilik ve öğrenme süreçleri ölçeğine ilişkin yol şeması ve faktör yükleri.

Şekil 4.14'te görüldüğü gibi maddeler için faktör yük değerleri 0.50 (M21) ile 0.73 (M20; M25) arasında değişmektedir. Ayrıca hata değerleri 0.47 (M 20:25) ile 0.75 (M 21) arasında değişmektedir. Tüm bu hata değerlerinin 0.90' ın altında çıkması hata değerlerinin de istenilen düzeyde olduğunu göstermektedir.

Üstbiliş, Öz-yeterlilik ve Öğrenme Süreçleri Ölçeğinin Güvenilirlik Analizi

Ölçeğe ait iç tutarlılık anlamında güvenilirliğin sınanması için madde-toplam puan korelasyonu ile toplam puanlara göre oluşturulan alt %27'lik ve üst %27'lik grupların madde ortalama puanları arasındaki farklar bağımsız örneklem t-testi kullanılarak sınanmıştır. Madde-toplam puan korelasyonuna ait veriler Tablo 4.27 'de yer almaktadır.

Tablo 4.27: Alt %27 ve Üst %27 gruplarının madde ortalamalarına ait bağımsız örneklem t-testi ve madde-toplam puan korelasyonu sonuçları.

Madde Numarası	t (alt%27-üst%27) ²	Madde-toplam korelasyonu ¹	Madde Numarası	t (alt%27-üst%27) ²	Madde-toplam korelasyonu ¹
M01	16.73***	.50	M16	15.00***	.46
M02	16.52***	.52	M17	17.83***	.54
M03	17.02***	.51	M18	18.89***	.57
M04	12.77***	.39	M19	18.53***	.55
M05	19.78***	.55	M20	22.25***	.56
M06	17.89***	.54	M21	14.79***	.47
M07	18.20***	.57	M22	13.32***	.40
M08	17.75***	.51	M23	18.05***	.50
M09	19.68***	.55	M24	19.12***	.56
M10	24.47***	.65	M25	23.76***	.61
M11	20.19***	.55	M26	16.66***	.49
M12	18.42***	.52	M27	21.08***	.59
M13	19.46***	.57	M28	21.38***	.62
M14	19.37***	.54	M29	21.80***	.60
M15	20.73***	.59	M30	18.82***	.51

¹n=913, ²n₁=n₂=247, p<.001

Tablo 4.27 incelendiğinde ölçekte yer alan tüm maddeler için madde-toplam puan korelasyonlarının 0.39 ile 0.65 arasında değiştiği ve t değerlerinin anlamlı ($p < .001$) olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar ölçekte yer alan maddelerin ölçülen davranış bakımından bireyleri ayırt etmede yeterli olduğunu göstermektedir.

Beş faktörlü yapının faktörlerinin birbirleri ile arasındaki ilişki ise pozitif yönlü ve 0.01 anlamlılık seviyesinde 0.432 ile 0.668 arasında çıkmıştır. Ayrıca ölçeğin tamamı ile faktörler arasında da 0.693 ile 0.903 arasında değişen pozitif yönlü bir ilişki belirlenmiştir. Bu değerlerden ölçeğin faktörleri arasında ve tüm ölçek ile faktörler arasında iyi bir uyumun olduğu, bir faktörden alınan yüksek puanın testin tümünde de pozitif yönde etki yaptığı söylenebilir.

Ölçeğin iç tutarlılığı aynı zamanda her bir faktör ve ölçeğin tamamı için hesaplanan Cronbach alpha katsayıları ile incelenmiştir. Tablo 4.28’ de özgün ve uyarlanan ölçeklerin her bir faktörünün ve uyarlanan ölçeğin tamamının Cronbach alfa değerleri verilmiştir.

Tablo 4.28: Özgün ve uyarlanan üstbilgi, öz-yeterlilik ve öğrenme süreçleri ölçeklerinin faktörlere göre cronbach alfa katsayıları.

Özgün Ölçek		Uyarlanan Ölçek	
Faktör Adı	Cronbach Alfa	Faktör Adı	Cronbach Alfa
Constructivist connectivity	0.84	Yapılandırmacı bağlantılama	0.84
Monitoring, evaluation & planning	0.84	Denetleme, değerlendirme ve planlama	0.83
Science learning self-efficacy	0.85	Fen öğrenmede özyeterlilik	0.81
Learning risks awereness	0.77	Öğrenme riskleri farkındalığı	0.76
Control of concentration	0.68	Konsantrasyon kontrolü	0.72

Özgün ölçekte yer alan faktörlere ait Cronbach alfa değerleri ile karşılaştırıldığında 1 faktörde daha yüksek, 3 faktörde daha düşük, 1 faktör için ise aynı değerler ortaya çıktığı görülmektedir. Uyarlanan ölçeğin faktörlerine ait güvenilirlik katsayıları da 0.72 ile 0.84 arasında değişmektedir. Bu sonuçtan ölçeğin alt faktörlerinin de kabul edilebilir değer olan 0.70'den büyük katsayılara sahip oldukları ve güvenilir oldukları görülmektedir. Uyarlanan ölçeğin tümü için hesaplanan Cronbach alfa katsayısı ise 0.93 olarak bulunmuştur. Bu değerler göz önüne alındığında uyarlanan ölçeğin Türkçe formunun güvenilir olduğu söylenebilir.

Analizin bir sonraki aşamasında her bir faktör ile ölçeğin tamamı ve faktörlerin kendi arasındaki ilişkisini belirten Pearson korelasyon katsayısı kullanılmıştır. Ayrıca ölçeğe ve faktörlere ait betimleyici istatistikler de (\bar{x} ve S) hesaplanmıştır. Üstbilis, Öz-Yeterlilik ve Öğrenme Süreçleri Ölçeği ile faktörler arasındaki ve faktörlerin kendi arasındaki ilişkiyi belirlemek amacı ile Pearson korelasyon katsayısı hesaplanmıştır. Analiz sonuçları Tablo 4.29'da yer almaktadır.

Tablo 4.29: Üstbilis, öz-yeterlilik ve öğrenme süreçleri ölçeği faktörleri ve faktörlerin korelasyon katsayısı.

Faktörler	\bar{x}	S	Pearson Korelasyon Katsayıları				
			Faktör1	Faktör2	Faktör3	Faktör4	Faktör5
Faktör1	21.72	5.93	-	.668**	.583**	.432**	.534**
Faktör2	29.37	6.33		-	.658**	.564**	.670**
Faktör3	19.26	4.68			-	.450**	.616**
Faktör4	18.87	3.76				-	.477**
Faktör5	10.31	2.64					-
Toplam	99.59	19.12	.833**	.903**	.817**	.693**	.770**

**p<.01

Tablo 4.29 da görüldüğü gibi faktörler arası ilişkileri belirlemek üzere hesaplanan korelasyon katsayılarının .670 ile .432 arasında değerler aldığı

görülmektedir. Yüksek düzeyde ilişki göstermeyen bu bulgular, faktörlerin kendi arasında ayrıştığına işaret etmektedir (Tavşancıl ve Önen, 2009). Ayrıca faktörler ve toplam puan arasındaki korelasyon 0.693 ile 0.903 arasındadır. Bu durum her bir faktörden alınan puanlar arasında yüksek ve anlamlı bir ilişki olduğunu göstermektedir.

Tüm bu bulgular ve sonuçlar ışığında uyarlanan ölçeğin öğrencilerin üstbilmiş, öz-yeterlilik ve öğrenme süreçlerine yönelik duyuşsal özelliklerinin belirlenmesinde kullanılması için hazır olduğuna karar verilmiştir.

4.3.2.2 Fizik Dersi Motivasyon Ölçeğinin Analiz Sonuçları

Araştırmada öğretim öncesi ve öğretim sonrasında öğrencilerin motivasyon düzeylerini belirlemek amacıyla Fizik Dersi Motivasyon Ölçeği (FDMÖ) kullanılmıştır¹. Ölçek, Tuan, Chin ve Shieh (2005), Dede ve Yaman (2008) ile Glynn, Taasooobshirazi ve Brickman (2009) tarafından geliştirilen ölçeklerden seçilen maddelerin birleştirilmesi ile oluşturulmuştur. Ölçeğin araştırmada kullanılan hali EK B’de yer almaktadır. Ölçek, beşli likert tipindedir ve 38 maddeden oluşmaktadır. Ölçek özyeterlilik, fiziğı öğrenmenin değeri, etkin öğrenme stratejileri, başarı hedefi, öğrenme ortamı teşviğı, iletişim ve işbirlikli çalışma ve fizikle ilgili araştırma yapma olmak üzere yedi alt boyuttan oluşmaktadır.

Ölçeğın geliştirilmesi sırasında ilk olarak diğeri ölçek maddelerinden yararlanılarak bir madde havuzu oluşturulmuştur. Ardından maddeler ile ilgili uzman görüşüne başvurulmuş ve ölçeğın 55 maddeden oluşan ilk versiyonu oluşturulmuştur. Ölçek bu hali ile 492 ortaöğretim öğrencisine uygulanmıştır.

Ölçeğın analizi SPSS 17 ve Lisrel 8.54 paket programları ile yapılmıştır. FDMÖ nün faktör yapısının belirlenmesi amacı ile açımlayıcı faktör analizi (AFA), yapı geçerliliğini test etmek amacı ile ise doğrulayıcı faktör analizi (DFA) yapılmıştır. FDMÖ'nün faktör yapılarını belirlemek için döndürülmemiş temel bileşen analizi ardından da döndürülmüş (varimax) bileşenler analizi kullanılmıştır. DFA ile belirlenen faktörlerin öğrencileri motivasyon düzeyleri bakımından ne

¹ Fizik Dersi Motivasyon Anketi Kocakulah, M. S., Kural, M., Özdemir, E. tarafından geliştirilmiştir.

derecede ayırt edici olduğunun belirlenmesi amacı ile ölçeğe yanıt veren alt ve üst %27'lik grupların madde toplam korelasyonları hesaplanmıştır. Grupların madde puanları arasında anlamda bir fark olup olmadığını belirlemek için t testi uygulanmıştır. FDMÖ'nin güvenilirliğini belirlemek için her bir faktör için ve ölçeğin tümü için Cronbach Alfa iç tutarlık katsayıları hesaplanmıştır.

İlk olarak FDMÖ'deki maddelere öğrencilerin verdikleri yanıtların puanlanması ile elde edilen veriler ile faktör analizi yapıp yapılamayacağını test etmek amacı ile KMO (Kasier - Meyer - Olkin) ve Bartlett Küresellik Testleri kullanılmıştır. FDMÖ puanlarının KMO değeri 0,91 ve Bartlett's Sphericity Testi sonucu ise 7466,84 ($p < 0,00$) olarak bulunmuştur. Elde edilen Bartlett's Küresellik Testi sonucuna göre veriler normal dağılım göstermektedir. KMO değerine göre de verilerin faktör analizi için uygun olduğu anlaşılmaktadır (Ural ve Kılıç, 2005). Açımlayıcı Faktör Analizi sonuçlarına göre FDMÖ'nin 55 maddelik ilk halinde sekiz faktör belirlenmiştir. Varimax temel bileşenler döndürme işlemi ile elde edilen döndürülmüş bileşenler matrisinde binişik ve faktör yük değeri 0.40'ın altında olan maddeler tespit edildiğinden 12 madde ölçekten çıkarılmıştır. Ayrıca ölçekteki maddelerden alınan toplam puanlardan elde edilen alt %27 ve üst %27 gruplar arasında istatistiksel anlamda fark olup olmadığına t testi ile bakılmış, üç maddenin ayırt ediciliklerinin düşük olduğu ($p > 0,05$) tespit edilmiştir. Bu üç madde de ölçekten çıkarıldıktan sonra faktör analizi tekrarlanmış bu defa iki maddenin de, bulunduğu faktör içindeki ve ölçekteki diğer maddelerle negatif korelasyon gösterdiği anlaşıldığından bu maddeler de ölçekten çıkarılmıştır. Böylelikle beş madde daha ölçekten çıkarıldığından ölçeğin son hali 38 maddeden oluşmuştur. Maddelerin faktör yükü alt sınırları 0,40 olarak alınmıştır. FDMÖ'nün son halindeki yedi faktörün, toplam varyansının %55,7' sini açıkladıkları görülmüştür. Açımlayıcı faktör analizi sonuçları Tablo 4.30'da aktarılmıştır. Büyüköztürk'e (2008) göre maddelerin ortak faktör varyanslarının 1'e yakın ya da 0,66' nin üzerinde olması iyi bir çözümdür, ancak uygulamada bunu karşılamak genellikle zordur. Bu nedenle alanında uzman başka bir araştırmacı ile görüşülerek maddelerin ortak varyanslarının alt sınırı olarak 0,40 alınmıştır. Böylelikle deneme çalışması öncesinde 55 maddeden oluşan FDMÖ, açımlayıcı faktör analizi sonunda Tablo 4.30 'da faktör yükleri ve madde numaraları verilen toplam yedi faktörde yer alan 38 madde ile son şeklini almıştır.

Tablo 4.30: Fizik dersi motivasyon ölçeği açımlayıcı faktör analizi sonuçları.

Madde No	Ortak Faktör Varyansı	Döndürülmüş Faktörler İçin Yük Değerleri						
		Fak.1	Fak.2	Fak.3	Fak.4	Fak.5	Fak.6	Fak.7
1	.52	.64						
2	.58	.72						
3	.51	.68						
4	.59	.73						
5	.46	.59						
6	.43	.56						
7	.55	.62						
8	.54		.61					
9	.69		.72					
10	.55		.65					
11	.44		.57					
12	.47		.55					
13	.59			.64				
14	.51			.65				
15	.46			.61				
16	.41			.50				
17	.50			.64				
18	.52			.68				
19	.56			.72				
20	.53			.68				
21	.42			.49				
22	.55				.65			
23	.74				.85			
24	.53				.70			
25	.51				.61			
26	.59					.71		
27	.60					.74		
28	.69					.81		
29	.53					.47		
30	.54					.63		
31	.50						.65	
32	.60						.69	
33	.60						.74	
34	.58							.60
35	.75							.83
36	.78							.84
37	.71							.77
38	.57							.55

FDMÖ'den elde edilen veriler ile gerçekleştirilen açımlayıcı faktör analizi sonunda ortaya çıkan yedi faktör arasındaki korelasyonlar Tablo 4.30'de aktarılmıştır. Büyüköztürk'e (2005) göre .70 ve üzeri yüksek düzeyde, .30 ve .70 arası orta düzeyde ve .30 altı düşük düzeyde korelasyonu işaret etmektedir. Buna dayalı olarak Tablo 4.31 incelendiğinde FDMÖ'de yer alan tüm faktörlerin birbiri ile ve ölçeğin toplamı ile yüksek ve orta düzeyde korelasyon gösterdikleri görülmektedir. Tablo 4.31'de verilen katsayılar ($p < 0,01$) düzeyinde anlamlı korelasyonu göstermektedir. Böylelikle FDMÖ'deki tüm faktörlerin ölçeğin tümüyle ve kendi aralarında anlamlı korelasyon gösterdikleri anlaşılmaktadır.

Tablo 4.31: Fizik dersi motivasyon ölçeği faktörler arası korelasyon katsayıları.

Faktör	Toplam	1	2	3	4	5	6	7
Toplam	-							
1	.751**	-						
2	.701**	.493**	-					
3	.744**	.388**	.496**	-				
4	.672**	.362**	.358**	.479**	-			
5	.753**	.468**	.473**	.549**	.531**	-		
6	.525**	.406**	.210**	.216**	.252**	.284**	-	
7	.432**	.252**	.135**	.285**	.254**	.259**	.294**	-

FDMÖ'nün deneme çalışmasından elde edilen verilerin açımlayıcı faktör analizi ile analiz edilmesi ile oluşturulan yapının doğrulanması için doğrulayıcı faktör analizi yapılmıştır. Büyüköztürk vd. (2004) göre önceden belirlenmiş bir yapının eldeki verilerle ne derece doğrulandığını tespit edilmesi için doğrulayıcı faktör analizi kullanılabilir. FDMÖ'nün açımlayıcı faktör analizi sonucunda elde edilen yedi faktörlü yapısı LISREL 8.54 paket programına girilmiş ve doğrulayıcı faktör analizi yapılmıştır. Doğrulayıcı faktör analizinde örtük özellikler teorisi kullanılmıştır. Birinci düzey doğrulayıcı faktör analizinden sonra negatif korelasyon gösteren iki madde ölçekten çıkarılarak ikinci düzey doğrulayıcı faktör analizi yapılmıştır. Yeniden DFA yapmadan önce ölçekten çıkarılan iki madde için modifikasyon gündeme gelmiş, ancak bu iki maddenin χ^2 değerine anlamlı katkı yapmayacağı görüldüğünden modifikasyon yapılmamasına karar verilmiştir. DFA

ile yapısal eşitlik modelinde yer alan, χ^2 , χ^2/sd , GFI, AGFI, RMSEA, RMR, CFI ve NFI uyum indeksleri hesaplanmıştır. Doğrulayıcı faktör analizi sonunda elde edilen faktörlerin t değerleri tablosu ve tahminler (estimates) değerleri tablosu EK C de verilmiştir. Uyum indekslerine yönelik kriterler Tablo 4.25’de verilmiştir (Çokluk, Şekercioğlu ve Büyüköztürk, 2010).

Tablo 4.32: Fizik dersi motivasyon ölçeği doğrulayıcı faktör analizi sonuçları.

Değerlendirme Ölçütleri	Sonuçlar
χ^2 değeri	1763,01 (p < 0,0)
Serbestlik derecesi (df)	658
χ^2 /df	2,68
GFI	0,84
RMSEA	0,058
AGFI	0,82
CFI	0,86
NFI	0,79
RMR	0,076

Tablo 4.32’da görüldüğü gibi χ^2 değeri anlamlıdır (p < 0,000). GFI değerinin 1’e yaklaşması modelin verilere uygunluk derecesinin mükemmel yaklaşması anlamı taşımaktadır (Hu ve Bentler, 1999). Elde edilen bu değere göre, yedi faktörlü model, veriler ile uyumludur. Hair, Anderson, Tattam ve Black’e (1998) göre GFI, AGFI, CFI ve NFI uyum indekslerine ait hesaplanan değerlerin 0,90’a yaklaşması mükemmel uyumu göstermektedir. Böylelikle yedi faktörlü modelin FDMÖ’ den elde edilen verilerle uyumlu olduğu anlaşılmaktadır.

Ölçekte yer alan maddelerin her birinin, ölçtüklere özellik açısından kişileri ayırt etmede ne derece yeterli olduklarının belirlenmesi ve faktörlerin güvenilirliklerinin hesaplanması amacıyla düzeltilmiş madde toplam korelasyonları hesaplanmıştır. Ardından toplam puana göre belirlenmiş üst % 27 ve alt % 27’lik grupların madde toplam puanları arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığına t testi ile bakılmıştır. Ölçeğin t testi sonuçları Tablo 4.33’ta yer

almaktadır. Ölçekteki maddelerin tümünün üst ve alt grubu anlamlı olarak ayırt ettiği anlaşılmaktadır.

Tablo 4.33: Fizik dersi motivasyon ölçeği faktörlerinin düzeltilmiş madde toplam korelasyonları ve %27'lik grupların toplam puanları ile yapılan t-testi sonuçları.

Fakt.	Madde Nu	Madde Toplam Korelasyon	t değeri	Fakt	Madde Nu	Madde Toplam Korelasyon	t Değeri
Faktör 1	1	.50	11.98	Faktör 4	22	.45	9.10
	2	.43	9.52		23	.28	5.96
	3	.45	10.35		24	.23	4.91
	4	.47	10,78		25	.39	8,40
	5	.46	11.70	Faktör 5	26	.47	10.18
	6	.45	11.57		27	.39	7.74
	7	.56	13.04		28	.40	8.28
Faktör 2	8	.52	13.05		29	.60	15.24
	9	.59	15.50		30	.50	11.27
	10	.52	12.11	Faktör 6	31	.27	5.73
	11	.44	9.87		32	.35	7.70
	12	.51	11.46		33	.24	6.57
Faktör 3	13	.55	10.51	Faktör 7	34	.61	15.77
	14	.48	10.36		35	.49	12.77
	15	.48	11.40		36	.54	13.78
	16	.42	9.40		37	.58	15.90
	17	.49	10.14		38	.65	17.60
	18	.45	9.25				
	19	.45	10.03				
	20	.46	10.65				
	21	.48	11.15				

Ölçekte yer alan maddelerin, ölçtükları özellik açısından kişileri ayırt etmede ne kadar yeterli olduklarını ve güvenilirliklerinin düzeyini belirleme amacıyla faktörlerin Croanbach alpha iç tutarlılık katsayıları Tablo 4.34 'de yer almaktadır.

Tablo 4.34: Fizik dersi motivasyon ölçeği faktörlerinin cronbach alpha katsayısı.

Faktörler	Faktördeki Madde Sayısı	Cronbach Alpha Değerleri
Özyeterlilik	7	.83
Fiziği öğrenmenin değeri	5	.77
Etkin öğrenme stratejileri	9	.85
Başarı hedefi	4	.74
Öğrenme ortamı teşviği	5	.80
İletişim ve işbirlikli çalışma	3	.60
Fizikle ilgili araştırma yapma	5	.87

Ölçeğin faktörlerinin güvenilirliği için hesaplanan Cronbach alpha katsayıları .60 ile .87 arasında değişmektedir. Ölçeğin tümü için Croanbach alpha iç tutarlılık katsayısı .92 olarak hesaplanmıştır. Bu bulgular ışığında FDMÖ'nün ve örneklemdaki öğrencilerin motivasyon düzeylerini belirleme amaçlı kullanıma hazır olduğuna karar verilmiştir.

4.3.3 Görüşme Sorularının Geliştirilmesi ve Analizi

Aşağıdaki bölümlerde araştırmanın nitel veri toplama aracını oluşturan Özel Görelilik Kuramı Görüşme Sorularının geliştirilme süreci ifade edilmiştir.

Özel Görelilik Kuramı Görüşme Sorularının Geliştirilmesi

Hedef öğrencilerin öğrenme yaklaşımlarındaki değişimin incelenmesi amacıyla bu öğrencilere öğretim öncesinde ve öğretim sonrasında yarı yapılandırılmış görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Görüşmeler öğretimin yapıldığı ortaöğretim kurumunun fizik laboratuvarında gerçekleştirilmiştir ve yaklaşık 25 dakika sürmüştür.

Özel Görelilik Kuramı Görüşme Sorularının geliştirilmesi iki aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk olarak Balıkesir il merkezindeki bir Anadolu Öğretmen Lisesinde 2010-2011 öğretim yılında yapılan görüşmelerden elde edilen verilerden yararlanılmıştır. Görüşmeler Özel Görelilik Kuramı Açık Uçlu Testine öğrencilerin

vermiş olduğu yanıtlar göz önünde bulundurularak gerçekleştirilmiştir. İkinci olarak öğrencilerin Özel Görelilik Kuramı Açık Uçlu Testine vermiş oldukları yanıtlar, Tablo 4.1’de yer alan kavram haritası ve alan yazında özel görelilik kuramı ile yapılan çalışmalar göz önünde bulundurularak altı sorudan oluşan taslak bir görüşme formu oluşturulmuştur. Taslak görüşme formu soruları Manisa ilinin bir ilçesindeki Anadolu Öğretmen Lisesinde 2011-2012 öğretim yılında yapılan deneme uygulaması sırasında deney ve kontrol grubunda bulunan sekiz öğrenciye öğretim öncesinde ve öğretim sonrasında uygulanmıştır. Öğrenci verileri çözümlenerek sorular gözden geçirilmiştir ve EK D’de yer alan görüşme formu geliştirilmiştir. Özel görelilik kuramı görüşme formundaki soruların Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testi verilerini destekleyecek şekilde hazırlanılmasına dikkat edilmiştir. Bu nedenle hem görüşme sorularında hem de tanı testinde benzer kavramlar ile ilgili sorulara yer verilmiştir. Görüşme formunda ışık hızı, eylemsiz referans sistemi, eşanlılık, görelili zaman, görelili uzunluk ve yüksek hızlarda kütle ve enerji kavramlarını içeren birer soru yer almaktadır. Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinden farklı olarak görüşme sorularında eylemsiz referans sistemi kavramı ile ilgili bir soru yer almaktadır. Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin eşanlılık ile ilgili sorusunun doğru çözümü için öğrencilerin eylemsiz referans sistemi kavramına hakim olması gerektiğinden görüşme formuna eylemsiz referans sistemi ile ilgili bir soru eklenerek öğrencilerin bu kavramla ilgili kavramsal anlama düzeyleri belirlenmeye çalışılmıştır.

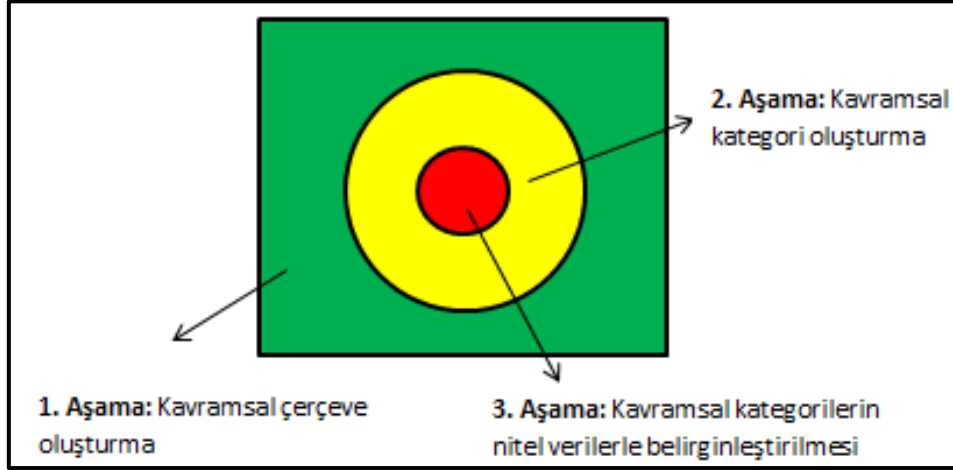
4.4 Veri Analizleri

Bu bölümde her bir veri toplama aracından elde edilen verilerin analizlerinin nasıl gerçekleştirildiği açıklanmıştır.

4.4.1 Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testi Verilerinin Analizi

Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin analizinde betimsel analiz kullanılmıştır. Betimsel analizde veriler önceden belirlenen kategorilere (temalara) göre özetlenir ve yorumlanır. Araştırma verileri Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinde yer alan ve daha önceden belirlenen kavram ve gerekçe sorularına verilen belirli yanıtların temsil

ettiği kategorilere göre çözümlenmiştir. Öğrencilerin bu yanıtları vererek bu kategorideki bilgiye sahip olduklarını doğrulamak için de Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testine verilen yazılı yanıtlara ve görüşme verilerinden alıntılara yer verilmiştir. Verilerin betimsel analize göre çözümlenmesi üç aşamada gerçekleştirilmiştir (Yıldırım ve Şimşek, 2008). Bu aşamalarla her seferinde öğrencilerin kavramsal açıdan gerçek düşüncelerine ulaşmaya çalışılmıştır. Şekilde 4.15'te araştırmada kullanılan betimsel analiz şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.15: Araştırmada kullanılan betimsel analiz şematik gösterimi.

Birinci aşamada öğrencilerin yanıtları kavram, gerekçe ve eminlik durumu ile ilgili yapılan seçime göre gruplandırılmıştır. İkinci aşamada bu gruplar içinde yer alan anlamlı kategoriler belirlenmiştir. Üçüncü aşamada ise ilgili kategoriler tanı testinin açık uçlu seçeneğine verilen yanıtlar ve görüşme verileri ile daha belirgin hale getirilmiştir. Aşağıda bu aşamalar detaylı olarak açıklanmıştır.

1. Aşama: Betimsel analiz için bir çerçeve oluşturma

Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin geliştirilmesi için Özel Görelilik Kuramı Açık Uçlu Testi ve ardından Özel Görelilik Kuramı Taslak Tanı Testi geliştirilmiştir. Bu testler ile öğrencilerden veriler toplanmıştır. Bu veriler, öğretim sırasında edinilen tecrübeler ve alan yazında yer alan çalışmalarla birlikte Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin kavram ve gerekçe sorularına verilen belirli yanıt kombinasyonlarının belirli kategorileri ifade etmesi sağlanmıştır. Öğretim öncesinde ve öğretim sonrasında bulgular önceden belirlenen bu gruplara ve kategorilere göre yorumlanmıştır. Aşağıda bu grup ve kategoriler ifade edilmiştir.

Tablo 4.35 'de öğrencilerin kavram, gerekçe ve eminlik durumlarına göre vermiş oldukları yanıtlar için oluşturulan kavramsal çerçeve verilmiştir.

Tablo 4.35: Özel görelilik kuramı-tanı testi için gruplandırma çerçevesi.

Kavram	Gerekçe	Eminlik Durumu	Yorum	Alt Yorum
Doğru	Doğru	Emin	Doğru Kavramsal Yapılandırma	Derinlemesine doğru kavramsal öğrenme
Doğru	Doğru	Emin Değil		Yüzeysel doğru kavramsal öğrenme
Doğru	Yanlış	Emin	Nitel veriler ile detaylandırılması gereken yanıtlar	
Doğru	Yanlış	Emin değil		
Yanlış	Doğru	Emin Değil		
Yanlış	Doğru	Emin		
Yanlış	Yanlış	Emin Değil	Yanlış Kavramsal Yapılandırma	Yüzeysel yanlış kavramsal öğrenme
Yanlış	Yanlış	Emin		Derinlemesine yanlış kavramsal öğrenme

Özel Görelilik Kuramı-Tanı Tesine verilen yanıtların çözümlenmesi Tablo 4.35'te ifade edilen kavramsal çerçeveye göre yapılmıştır. Kavram ve gerekçe sorusunu doğru yapan ve verdiği yanıtta emin olan öğrenciler kavramsal olarak derinlemesine doğru kavramsal öğrenme, emin olmayanlar ise yüzeysel doğru kavramsal öğrenmeye sahip olarak değerlendirilmiştir. Kavram ve gerekçe sorusunu yanlış yapan ve verdiği yanıtta emin olan öğrenciler kavramsal olarak derinlemesine yanlış kavramsal öğrenme, emin olmayanlar ise yüzeysel yanlış kavramsal öğrenmeye sahip olarak değerlendirilmiştir. Gruplandırma çerçevesinde derinlemesine doğru kavramsal öğrenme kavramsal olarak en üst durumu temsil ederken, derinlemesine yanlış kavramsal öğrenme ise en alt durumu temsil etmektedir. Kavram ve gerekçe soruları için doğru ve yanlış yanıtlar ise gruplandırmada detaylandırılması gereken yanıtlar çerçevesinde ele alınmıştır. Öğrencilerin kavram veya gerekçe sorularından birini doğru yanıtlamış olması kavramsal açıdan her iki soruyu yanlış yanıtlama durumuna göre bir üst durum özelliği sergilemesine rağmen öğrencilerin doğru, eksik, yanlış veya hibrit bir

kavramsal yapıya sahip olup olmadıkları nitel veriler ile desteklenerek nihai karara ulaşılması kararlaştırılmıştır.

2. Aşama: Kategorilerin Oluşturulması ve Yorumlanması

Araştırmacı tarafından derinlemesine öğrenme olarak yorumlanan yanıtların temsil ettiği kavramlar değişimi güç olan kavramlar olarak yorumlanmıştır. Araştırmacı tarafından yüzeysel öğrenme olarak yorumlanan yanıtların temsil ettiği kavramlar değişimi daha kolay kavramlar olarak yorumlanmıştır. Tablo 4.36 'da verilerin çözümlenmesi için oluşturulan kategoriler ifade edilmiştir.

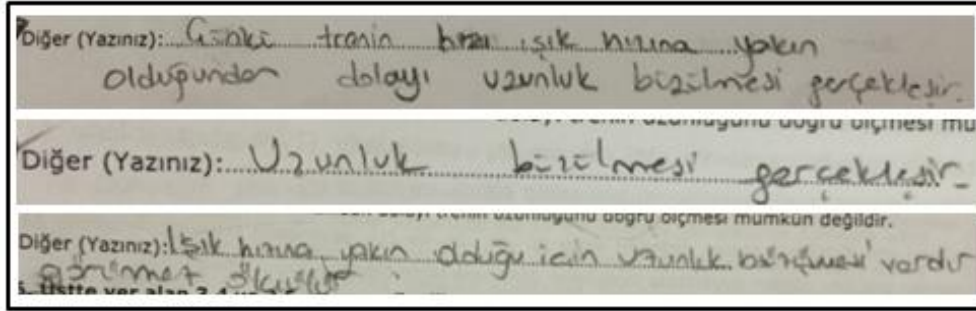
Tablo 4.36: Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testi Kategoriler.

Işık Hızı Kavramı ile ilgili kategoriler
Işık hızı gözlemcinin ve kaynağın hızından etkilenmez.
Işık hızı kaynağın veya gözlemcinin hızından etkilenir.
Işık tüm ortamlarda aynı hız değerine sahiptir.
Mutlak Zaman Kavramı ile ilgili kategoriler
Küçük hız değerleri için zaman ölçümü, tüm eylemsiz referans sistemlerinde aynıdır.
Küçük hız değerleri için zaman kavramı gözlemcinin hızına ve hareket yönüne bağlı olarak değişir.
Küçük hız değerleri için zaman gerekli bir kavramdır.
Eşanlılık Kavramı ile ilgili kategoriler
Bir gözlemciye göre aynı anda (eşanlı) olan iki olay bir başka gözlemciye göre aynı anda meydana gelmeyebilir.
Işık hızı kaynağın hızından etkilenir. Fakat ihmal edilir.
Görelilik Zaman Kavramı ile ilgili kategoriler
Durgun bir gözlemciye göre ışık hızına yakın hızlarla hareketli bir saat, özdeş durgun bir saatten daha yavaş çalışır.
Uzaydaki zaman kavramı ile Dünya'daki zaman kavramı birbirinden farklıdır.
Işık hızına yakın hızla ilerleyen referans çerçevesine göre iki olay arasında geçen zaman farkı, durgun referans çerçevesinde aynı olay için geçen zaman farkından daha büyüktür.
Uzunluk Göreliliği Kavramı ile ilgili kategoriler
Işık hızına yakın hızlarla hareket eden bir cisim için iki nokta arasında ölçülen uzunluk referans çerçevesine bağlı olarak azalır.
Işık hızına yakın hızla hareket eden bir cismin uzunluğu olduğundan farklı algılanır.
Işık hızına yakın hızlarla hareket eden bir cismin uzunluğunu doğru ölçmek mümkün değildir.
Kütle ve Enerji Kavramı ile ilgili kategoriler
Kütle değişmeyen madde miktarıdır.
Işık hızına yakın hızlarla ilerleyen cisimlerin kütlelerini doğru ölçmek mümkün değildir.
Işık hızına yakın hız değerlerinde kinetik enerji kütleyle dönüşür.
Işık hızına yakın hız değerlerinde kütle değişir.
Bir cisim üzerine iş yaparak belirli bir enerji değerinden daha fazlasını aktarmak mümkün değildir.

Tablo 4.36 'te yer alan kategoriler Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin geliştirilmesi sürecinde elde edilen bulgular, yapılan öğretimler sırasında ortaya çıkan öğrenci görüşleri, alan yazında yer alan çalışmalar sonucunda elde edilmiş ve Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testine entegre edilmiştir. Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin kavram ve gerekçe sorularına verilen belirli yanıt kombinasyonları bu kategorilere karşılık gelmektedir. Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testine verilen yanıt kombinasyonlarının hangi kategorilere karşılık geldiği bulgular bölümünde detaylı olarak açıklanmıştır. Araştırma verileri Tablo 4.35'de yer alan gruplara ve Tablo 4.36 'te yer alan kategorilere göre tekrar gruplandırılarak analiz edilmiştir.

3. Aşama: Özel Görelilik Kuramının Gerekçe Sorusuna Verilen Açık Uçlu Yanıtların Kategoriler ile İlişkilendirilmesi

Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin gerekçe sorularının son şıkkı gerekçe sorusunun herhangi bir seçeneğini uygun bulmayan öğrencilerin yanıtlarını yazılı olarak açıklayabilmeleri için boş bırakılmıştır. Öğrencilerin problemin çözümüne yönelik işlem ve yazılı ifade şeklinde kendi oluşturdukları yanıtlar (bkz. Şekil 4.16) grup ve kategorileri detaylandırmak ve doğrulamak amacı ile frekans dağılımlarına göre analiz edilmiş ve ilgili olduğu kategori ile ilişkilendirilerek sunulmuştur.



Şekil 4.16: Klasik veriler için örnek şekil.

Görüşme verileri Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testi grup, kategori ve klasik verileri öğretim öncesinde ve öğretim sonrasında öğrencilerle yapılan görüşme verileri ile ilişkilendirilerek Şekil 4.17 'deki gibi sunulmuştur.

A: Şekilde iki optik saat görülmektedir. Saatlerin çalışma prensibi şu şekildedir: Işığa duyarlı yüzeyden salınan bir ışık atması aynada yansdıktan sonra geri ışığa duyarlı yüzeye gelmektedir. Işık aynaya çarpıp geri ışığa duyarlı yüzeye geldiğinde oluşan bir elektrik sinyali kayıt bandını işaretler. Her işaret bildiğimiz saatlerin bir tik takına karşılık gelir. Saatlerden biri durgundur. Diğeri ise yere göre yatay doğrultuda v hızı ile hareket eden bir aracın içindedir. Durgun bir gözlemci her iki saati de izlerse saatlerin ölçtüğü zaman aralıkları arasında bir farklılık gözlemleyecek midir?

Ö8: Bunu (durgun saati işaret ediyor) doğrusal olarak görür diğeri ise zik zak çizdiğini görür bu nedenle daha uzun sürede bu hareketini tamamlar.

A: Birincide ışık atması hareketini 2s tamamlarsa diğeri kaç saniyede tamamlar?

Ö8: 2s uzun sürede gerçekleşir.

A: Bu durumu nasıl yorumlaya bilirsin?

Ö8: Bir şey hız kazandığında zamanda genişleme oluyor o yüzden daha uzun sürede ölçüyor. Bu durum ona benziyor. Işık hızına yakın hızlarla hareket edildiğinde Dünya'ya göre zaman genişlemesi olur. Yani iki olay arasındaki zaman daha uzun olur.

Şekil 4.17: Görüşme verileri için örnek şekil.

Verilerin betimsel analize göre çözümlenmesi aşaması tamamlandıktan sonra elde edilen bulguların açıklanması, ilişkilendirilmesi ve anlamlandırılması gerçekleştirilmiştir. Araştırmacı tarafından her bir tablonun altında bulgular arasındaki neden sonuç ilişkileri açıklanmış ve farklı olgular arasında karşılaştırma yapılmıştır. Ayrıca Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinde yer alan her bir kavrama yönelik veriler yukarıdaki ifade edildiği gibi analiz edildikten sonra verilere ait genel bir resim ortaya çıkarmak için bulgular her bölümün sonunda bir bütün olarak ele alınmış ve yorumlanmıştır.

4.4.2 Fizik Dersi Motivasyon ve Üstbilis, Özyeterlilik ve Öğrenme Süreçleri Ölçeğinin Analizi

Üstbilis, Özyeterlilik Öğrenme Ölçeği ve Fizik Dersi Motivasyon Anketine öğrencilerin vermiş oldukları yanıtların bütünü ve öne çıkan faktörlere verdikleri yanıtlar frekans dağılımlarına göre tablolar halinde sunulmuştur. Her bir tablonun altında bulgular yorumlanmıştır.

4.4.3 Özel Görelilik Kuramı Görüşme Sorularının Analizi

Görüşme yapılan öğrencilerin belirlenmesinde temel kriter olarak akademik başarı alınmıştır. Öğrencilerin öğretim yapılmadan önceki konulara ilişkin almış olduğu sınav notları göz önünde bulundurularak akademik başarı açısından üst ve alt başarı düzeyinde ikişer ve orta başarı düzeyinde dört öğrenci seçilmiştir. Daha sonra seçilen öğrenciler, dersin öğretmeni ile değerlendirilmiş ve öğretmenin önerilerine göre öğrenci değişikliği yapılarak akademik başarı açısından heterojen olabilecek sekiz öğrenci görüşmeye alınmıştır. Bu sekiz öğrenci ile öğretim öncesinde ve öğretim sonrasında görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Özel Görelilik kuramı konusunda öğrencilerle yapılan görüşmeler yazılı hale getirilmiş ve ses kayıtlarıyla karşılaştırılarak yazılı metinlerin kontrolleri yapılmıştır. Yazılı metin haline getirilen görüşme verileri içerik analizi ile incelenmiştir. Görüşme verileri dört aşamada analiz edilmiştir. Bu aşamalar verilerin kodlanması, kategorilerin bulunması, kodların ve kategorilerin düzenlenmesi, bulguların tanımlanması ve yorumlanması şeklindedir.

1. Basamak (Kodlama): Verilerin kodlanması tümevarımcı bir analizle yapılmıştır. Veriler satır satır okunduktan sonra verilen ifadelerden ortaya çıkan anlama göre o ifadeye ait belirli kodlar oluşturulmuştur.

2. Basamak (Kategorilerin bulunması): Araştırmada ortaya çıkan kodların benzerlik ve farklılıkları saptanmıştır. Bu benzerlik ve farklılıklara göre birbiri ile ilişkili kodları bir araya getirilebilecek türden kategoriler oluşturulmuştur.

3. Basamak (Verilerin kategorilere göre düzenlenmesi ve tanımlanması): Ortaya çıkan kategoriler frekans dağılımları ve örnek öğrenci cümleleri ile birlikte sunulmuştur.

4. Basamak (Bulguların Yorumlanması): Elde edilen bulgular Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinden gelen veriler ile ilişkilendirilerek araştırmacının yorumu ve alan yazındaki bulgular ışığında ele alınmıştır (Yıldırım ve Şimşek, 2008).

5. BULGULAR VE YORUMLAR

Bu bölümde araştırmanın veri toplama araçları ile elde edilen bulgulara ve bu bulguların yorumlarına yer verilmiştir.

5.1 Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testi Bulguları

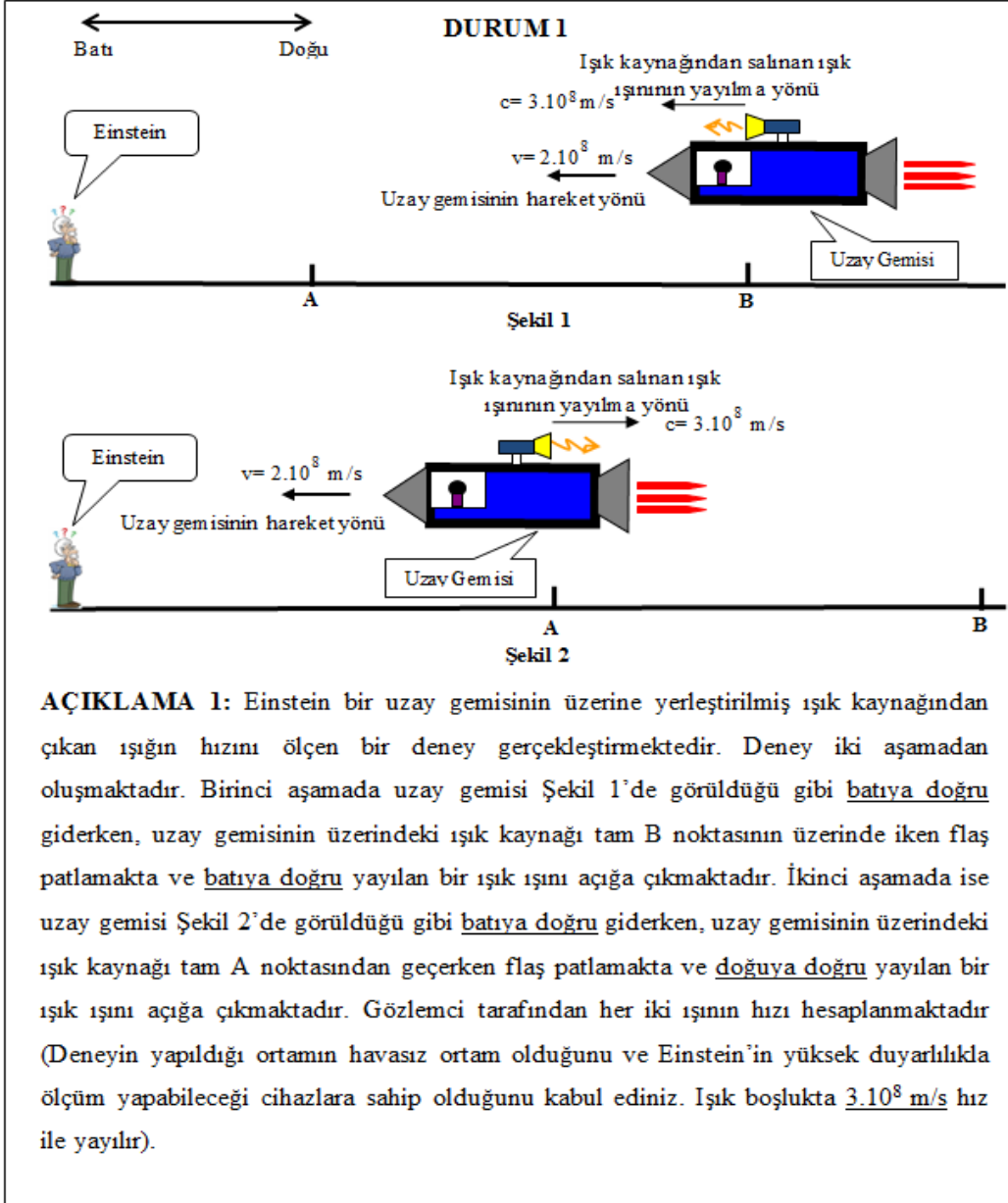
Aşağıda öğrencilerin Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin ışık hızı, eşanlılık, klasik zaman, görelî zaman, görelî uzunluk, kütle ve enerji kavramları ile ilgili sorularına verdikleri yanıtlar yer almaktadır. Tanı Testinde yer alan sorular yöntem bölümünde ifade edilen çerçeve ve kategorilere göre çözümlenmiştir. Elde edilen kategoriler nitel verilerle desteklenerek sunulmuş ve öğretim modelinin kavramsal değişime etkisi açısından değerlendirilmiştir.

5.1.1 Işık Hızı Kavramı ile İlgili Bulgular

Bu bölümde Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin ışık hızı ile ilgili sorusuna ve bu soruya öğrencilerin vermiş oldukları yanıtlara yer verilmiştir.

Özel Görelilik Kuramının Işık Hızı ile İlgili Sorusu

Aşağıda Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin ışık hızı kavramı ile ilgili oluşturulmuş durum, açıklama ve sorulara yer verilmiştir. Yukarıda ifade edilen durum ve açıklamaya uygun olarak yanıtlaması istenilen A, B ve C grubu sorular yer almaktadır.



Şekil 5.1: Özel görelilik kuramı-tanı testi ışık hızı kavramı ile ilgili durum.

Aşağıda Tanı Testinin ışık hızı kavramı ile ilgili kavram, gerekçe ve emin olup olmama durumu ile ilgili A grubu soruları yer almaktadır.

1. Einstein, Şekil 1’de $2 \cdot 10^8$ m/s sabit hızla batı yönüne doğru hareket eden uzay gemisinin üzerinde bulunan ışık kaynağından batı yönünde salınan ışık ışınının hızını kaç m/s olarak ölçer?
A) $1 \cdot 10^8$ m/s ölçer. B) $3 \cdot 10^8$ m/s ölçer. C) $5 \cdot 10^8$ m/s ölçer.
2. Aşağıdaki açıklamalardan hangisi yukarıda yanda yer alan 1. Soruya yönelik vermiş olduğunuz yanıtı en iyi açıklar
A) Çünkü Einstein’in bir hızı yoktur. B) Çünkü uzay gemisi batı yönünde $2 \cdot 10^8$ m/s sabit hızla ilerlemektedir. C) Çünkü ışık hızı uzay gemisinin hızından etkilenmez. D) Çünkü ışık tüm ortamlarda aynı hız değerine sahiptir. E) Diğer (yazınız).....
3. Üstte yer alan 1. ve 2. soruya yönelik vermiş olduğunuz yanıtlardan emin misiniz?
A) Eminim. B) Emin değilim.

Aşağıda Tanı Testinin ışık hızı kavramı ile ilgili kavram, gerekçe ve emin olup olmama durumu ile ilgili B grubu soruları yer almaktadır.

1. Einstein, Şekil 2’de $2 \cdot 10^8$ m/s sabit hızla batı yönüne hareket eden uzay gemisinin üzerinde bulunan ışık kaynağından doğu yönünde salınan ışık ışınının hızını kaç m/s olarak ölçer?
A) $1 \cdot 10^8$ m/s ölçer. B) $2 \cdot 10^8$ m/s ölçer. C) $3 \cdot 10^8$ m/s ölçer.
2. Aşağıdaki açıklamalardan hangisi yukarıda yer alan 1. soruya yönelik vermiş olduğunuz yanıtı en iyi açıklar?
A) Çünkü uzay gemisi batı yönünde $2 \cdot 10^8$ m/s sabit hızla ilerlemektedir. B) Çünkü ışık hızı uzay gemisinin hızından etkilenmez. C) Çünkü ışık tüm ortamlarda aynı hıza sahiptir. D) Çünkü ışığın B noktasına ulaşma süresi uzay gemisinin hızından dolayı artar. E) Diğer (yazınız).....
3. Üstte yer alan 1. ve 2. soruya yönelik vermiş olduğunuz yanıtlardan emin misiniz?
A) Eminim. B) Emin değilim.

Aşağıda Tanı Testinin ışık hızı kavramı ile ilgili kavram, gerekçe ve emin olup olmama durumu ile ilgili C grubu soruları yer almaktadır.

1. Einstein, Şekil 1’de 2.10^8 m/s sabit hızla batı yönünde hareket eden uzay gemisinin üzerinde bulunan ışık kaynağından batı yönünde salınan ışık ışınının hızını, 1.10^8 m/s sabit hızla doğuya yönüne giden bir uzay gemisinin içinde iken ölçerse ışık ışının hızını kaç m/s olarak ölçer?
A) 4.10^8 m/s ölçer. B) 3.10^8 m/s ölçer. C) 6.10^8 m/s ölçer.
2. Aşağıdaki açıklamalardan hangisi yukarıda yer alan 1. soruya yönelik vermiş olduğunuz yanıtı en iyi açıklar?
A) Çünkü Einstein doğu yönünde 1.10^8 m/s sabit hızla ilerlemektedir. B) Uzay gemisinin sabit bir hızı vardır. C) Çünkü ışık hızı, uzay gemisinin ve Einstein’ın hızından etkilenmez. D) Çünkü ışık tüm ortamlarda aynı hıza sahiptir. E) Diğer (yazınız).....
3. Üstte yer alan 1. ve 2. soruya yönelik vermiş olduğunuz yanıtlardan emin misiniz?
A) Eminim. B) Emin değilim.

Bu bölümde, Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin ışık hızı kavramı ile ilgili bulgulara yer verilmiştir.

5.1.1.1 Işık Hızı Kavram ve Gerekçe Sorusu için Doğru Yanıtların Dağılımı

Tablo 5.1’de, Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin ışık hızı kavramı ile ilgili A,B ve C grubunda yer alan hem kavram ve hem de gerekçe sorusunu doğru yapan öğrencilerin öğretim öncesi ve öğretim sonrası yanıtlarının dağılımı görülmektedir.

Tablo 5.1: Işık hızı ile ilgili kavram ve gerekçe sorusu için doğru yanıtların dağılımı.

Işık Hızı Kavramı	Kavram Sorusu Yanıt Türü	Gerekçe Sorusu Yanıt Türü					
		Doğru					
		Öğretim Öncesi Yanıt Yüzdesi		Toplam	Öğretim Sonrası Yanıt Yüzdesi		Toplam
A Grubu	Doğru	10	10	20	66	2	68
		Emin	Emin Değil		Emin	Emin Değil	
B Grubu		14	10	24	56	0	56
		Emin	Emin Değil		Emin	Emin Değil	
C Grubu		2	0	2	18	0	18
		Emin	Emin Değil		Emin	Emin Değil	
Ortalama Yanıt Yüzdesi		8.6	6.6	15.3	46.6	0.66	47.3

Tablo 5.1 incelendiğinde öğrencilerin ışık hızı ile ilgili olan A, B ve C grubu sorulara verdikleri doğru yanıt yüzdelerinin öğretim sonrasında, arttığı görülmektedir. Öğrencilerin A, B ve C grubu sorular için doğru yanıtlarındaki artış ise birbirinden farklılık göstermektedir. Öğrencilerin öğretim sonrasında doğru yanıtlarında en fazla artış A grubu sorulara verdikleri yanıtlarda, en az artış ise C grubu sorulara verdikleri yanıtlarda görülmüştür. Testte yer alan A ve B grubu sorularda ışık kaynağı hareketli, gözlemci ise durgundur. C grubu sorularda ise ışık kaynağının hareketinin yanı sıra gözlemci de hareket etmektedir. Bu nedenle C grubu soruların A ve B grubu sorulara göre öğrencilere daha karmaşık geldiği söylenebilir. Öğrencilerin C grubu soruları doğru yanıtlama oranının A ve B grubu soruları doğru yanıtlama oranından daha düşük olması bu duruma bağlanabilir. Öğretim sonrasında ışık hızı ile ilgili doğru yanıtlardaki artış, öğretim modelinin öğrencilerin ışık hızı ile ilgili doğru kavramlar oluşturmasında etkili olduğu göstermektedir.

5.1.1.2 Kavram ve Gerekçe Sorusunun Doğru Yanıtlandığı Çerçeve Yanıt Kategorisi

Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testi kavram ve gerekçe sorularına verilen belirli yanıt kombinasyonları belirli Kategorileri tanımlamaktadır. Kategori 1, Tablo 5.1’de yer alan kavram ve gerekçe sorularının doğru işaretlenmesi durumu içinde yer almaktadır. Aşağıda bu Kategori ye ait açıklamalar ve bulgular yer almaktadır.

Kategori 1: Işık hızı gözlemcinin ve kaynağın hızından etkilenmez.

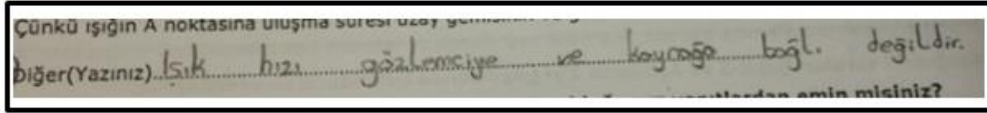
Kategori 1, öğrencilerin ışık hızı kavramı ile ilgili sahip olması beklenen doğru bilgiyi içermektedir. Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin ışık hızı kavramına yönelik A, B ve C grubunda yer alan kavram ve gerekçe sorularını doğru yanıtlayan bir öğrencinin bu kategorinin ifade ettiği düşünceye sahip olduğunu kabul edilmiştir.

Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinde yer alan A, B ve C grubu sorular için Kategori 1 kapsamına giren yanıt kombinasyonları aşağıda ifade edilmiştir.

- **A grubu sorular da kavram sorusu için B, gerekçe sorusu için C seçeneğinin işaretlenmesi şu anlama gelmektedir:** Gözlemci ışık hızını 3.10^8 m/s ölçer. Çünkü ışık hızı uzay gemisinin hızından etkilenmez.
- **B grubu sorular da kavram sorusu için C, gerekçe sorusu için B seçeneğinin işaretlenmesi şu anlama gelmektedir:** Gözlemci ışık hızını 3.10^8 m/s ölçer. Çünkü ışık hızı uzay gemisinin hızından etkilenmez.
- **C grubu sorularda kavram sorusu için B, gerekçe sorusu için C seçeneğinin işaretlenmesi şu anlama gelmektedir:** Gözlemci ışık hızını 3.10^8 m/s ölçer. Çünkü ışık hızı, uzay gemisinin ve Einstein’in (gözlemcinin) hızından etkilenmez.

Tablo 5.1’de yer alan doğru yanıtlar, yukarıda ifade edilen yanıt kombinasyonlarının işaretlenmesi ile oluşmuştur. Tablo 5.1’deki yanıtlar incelendiğinde öğretim sonrasında Kategori 1 kapsamına giren yanıtların arttığı görülmektedir. Öğrencilerin kategori 1 kapsamında vermiş oldukları doğru yanıtlardaki artış öğretim modelinin öğrencilerin ışık hızı ile kavramsal değişimine olumlu katkı sağladığı şeklinde yorumlanabilir.

Tanı testinin e şıkkı öğrencilerin verilen seçenekler dışında görüşleri olması durumunda yazmaları için boş bırakılmıştır. Araştırma verileri incelendiğinde doğru yanıt kombinasyonlarını işaretleyen veya boş bırakan öğrencilerin kendi seçeneklerini oluşturdukları görülmüştür. Öğrencilerin kendi görüşlerini yazılı olarak ifade ettikleri bu yanıtlar kavram testinin nitel verisi olarak değerlendirilmiştir. Bu veriler çerçeve ve kategorilere ayrılmış düşünceleri detaylandırmak için verilmiştir. Aşağıda bir öğrencinin vermiş olduğu yanıt yer almaktadır.



Şekil 5.2: Işık hızı ile ilgili doğru yanıt örneği.

Öğretim öncesi yapılan görüşmelerde, öğretim öncesinde görüşme yapılan sekiz öğrenciden hiçbiri Kategori 1 kapsamında değerlendirilebilecek bir yanıt vermemiştir. Bununla birlikte altı öğrenci, ışık hızının gözlemcinin ve kaynağın hızına bağlı olarak değişeceğini ifade etmiştir. Bir öğrenci ışık hızının gözlemcinin hızına bağlı olacağını ifade etmiş fakat bu yanıtından emin olmadığı belirlenmiştir. Bir başka öğrenci ise ışık hızının hiçbir zaman değişmeyeceği yönünde bir görüş ifade etmiştir. Öğrencilerle öğretim sonrası yapılan görüşmelerde ise yedi öğrenci ışık hızının kaynağın ve gözlemcinin hızından bağımsız olarak sabit olacağı ve tüm gözlemcilerin ışık hızını aynı değerde ölçeceğini belirtmiştir. Görüşme sonuçları tanı testinin yukarıda ifade edilen verileri ile paralellik göstermektedir. Aşağıda görüşme yapılan bir öğrencilerin Ek 4.1’de yer alan yarı yapılandırılmış görüşme formunun ışık hızı ile ilgili sorusuna verdiği yanıtlar yer almaktadır. Aşağıda yanıtlarına yer verilen öğrencinin ışık hızının kaynağın ve gözlemcinin hızından bağımsız olduğunu ifade ettiği görülmüştür.

Öğrencinin öğretim öncesindeki görüşlerine ise bir sonraki bölümde yer verilmiştir.

A (Araştırmacı): Şekilde iki gözlemci yer almaktadır. Bu gözlemcilerden biri uzay gemisinin içindedir ve uzay gemisi ile birlikte hareket etmektedir. Diğeri ise durgundur. Bu iki gözlemci bir ışık atmasının hızını ölçecektir. Bu iki gözlemcinin ışık atmasının hızı ile ilgili ölçüm sonuçları için ne söyleyebilirsin?

Ö2 (Ö2 kodu verilen öğrenci): İkisi de (görüşme sorusunda yer alan biri sabit diğeri hareketli gözlemcileri ifade ediyor) aynı ölçümü yapmaz mı? Çünkü ışık hızı gözlemcinin hareket etmesine bağlı değildir.

A: Işık kaynağı hareket ediyor olsaydı?

Ö2: Değişmezdi. Yine sabit olurdu çünkü ışık hızı kaynağın ve gözlemcinin hızından etkilenmez.

5.1.1.3 Işık hızı Kavram ve Gerekçe Sorusu için Yanlış Yanıtların Dağılımı

Tablo 5.2’de Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin ışık hızı kavramı ile ilgili A,B ve C grubunda yer alan hem kavram ve hem de gerekçe sorusunu yanlış yapan öğrencilerin öğretim öncesi ve öğretim sonrası yanıtlarının dağılımı görülmektedir.

Tablo 5.2: Işık hızı ile ilgili kavram ve gerekçe sorusu için yanlış yanıtların dağılımı.

Işık Hızı Soru Grupları	Kavram Sorusu Yanıt Türü	Gerekçe Sorusu Yanıt Türü					
		Yanlış					
		Öğretim Öncesi Yanıt Yüzdesi		Toplam	Öğretim Sonrası Yanıt Yüzdesi		Toplam
A Grubu	Yanlış	28	24	52	2	0	2
		Emin	Emin Değil		Emin	Emin Değil	
B Grubu		36	26	62	0	2	2
		Emin	Emin Değil		Emin	Emin Değil	
C Grubu		32	24	56	2	0	2
		Emin	Emin Değil		Emin	Emin Değil	
Ortalama Yanıt Yüzdesi		32	24.6	56.6	1.3	0.66	2

Öğrenci yanıtları öğretim sonrasında ışık hızı kavramı ile ilgili yanlış yanıtların öğretim öncesine göre belirgin bir şekilde azaldığı görülmektedir.

Öğrencilerin ışık hızı kavramı ile ilgili öğretim öncesinde ifade ettiği yanlış yanıtların azalmasını buna karşılık bir önceki bölümde ifade edildiği gibi doğru yanıtların artması öğretim modelinin öğrencilerin yanlış kavramlarının doğru kavramlara dönüşmesinde etkili olduğunu göstermektedir.

5.1.1.4 Kavram ve Gerekçe Sorusunun Yanlış Yanıtlandığı Çerçeve Yanıt Kategorisi

Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testi kavram ve gerekçe sorularına verilen belirli yanıt kombinasyonları belirli Kategorileri ifade etmektedir. Kategori 2, Tablo 5.2’de yer alan kavram ve gerekçe sorularının yanlış işaretlenmesi durumu içinde yer almaktadır. Kategori 2 ışık hızı kavramı ile ilgili yanlış bilgiyi içermektedir. Aşağıda bu Kategoriye ait açıklamalar ve bulgular sunulmaktadır.

Kategori 2: Işık hızı kaynağın veya gözlemcinin hızından etkilenir.

Aşağıdaki Tablo 5.3’te öğrencilerin Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin ışık hızı kavramı ile ilgili sorularına, öğretim öncesinde ve öğretim sonrasında verdikleri Kategori 2 kapsamına giren yanıt kombinasyonları ve öğrenci sayıları yer almaktadır.

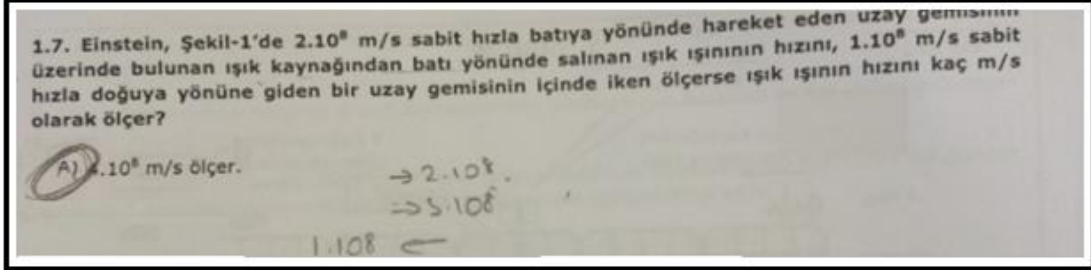
Tablo 5.3: Işık hızı için kategori 2 kapsamına giren yanıt kombinasyonları ve öğrenci sayıları.

Kategori 2 Kapsamına Giren Yanıtlar	Soru Grubu	Yanıt Kombinasyonu	Öğretim Öncesi Yanıt Yüzdesi	Öğretim Sonrası Yanıt Yüzdesi
Gözlemci ışık hızını 5.10^8 m/s ölçer çünkü uzay gemisi (ışık kaynağı) batı yönünde 2.10^8 m/s sabit hızla ilerlemektedir.	A	KS: C-GS: B	14	0
Gözlemci ışık hızını 1.10^8 m/s ölçer çünkü uzay gemisi (ışık kaynağı) batı yönünde 2.10^8 m/s sabit hızla ilerlemektedir.	B	KS: A -GS: A	20	0
Gözlemci ışık hızını 6.10^8 m/s ölçer çünkü Einstein (gözlemci) doğu yönünde 1.10^8 m/s sabit hızla ilerlemektedir veya uzay gemisinin sabit bir hızı vardır.	C	KS: A GS:A/B	0	0
Toplam Yanıt Yüzdesi			17	0

Tablo 5.3'te sunulan veriler incelendiğinde Kategori 2 kapsamındaki yanıtların öğretim sonrasında öğretim öncesine göre azaldığı görülmektedir. Kategori 2 türü yanıtların azalması kavramsal değişim açısından olumlu bir durumdur. Öğrencilerin öğretim öncesinde A ve B grubu sorulara verdikleri yanıtlardan Galileo Dönüşüm Denklemlerini kullandıkları anlaşılmaktadır. Fakat öğrencilerin, öğretim öncesinde A ve B grubu soruları yanıtlarken Galileo dönüşüm denklemlerini kullanmalarına rağmen, C grubu soruları yanıtlarken Galileo dönüşüm denklemlerini kullanmamaları şaşırtıcı bir durumdur. Bu durumu açıklayabilmek için öğrencilerin Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin ışık hızı ile ilgili C grubu sorularına verdikleri yanıtları incelenmiştir.

Öğrencilerin C grubu sorularına verdikleri yanlış yanıt kombinasyonları incelendiğinde öğretim öncesinde beş öğrencinin kavram sorusu ve gerekçe sorusu

için A seçeneğini işaretlediği görülmüştür. Öğretim sonrasında ise yalnızca bir öğrenci bu yanıt kombinasyonuna uygun yanıt vermiştir. Bu seçenek kombinasyonu şu ifadeyi içermektedir: *Gözlemci ışık hızını $4 \cdot 10^8$ m/s ölçer. Çünkü Einstein (gözlemci) doğu yönünde $1 \cdot 10^8$ m/s sabit hızla ilerlemektedir.* Bu ifadeyi göz önünde bulundurarak öğrencilerin soruyu çözebilmek için Galileo Dönüşüm Denklemlerini kullandığını fakat işlemleri yanlış hesapladıklarını söylenebilir. Bir başka ifade ile bu öğrencilerin ışık hızının değerini $6 \cdot 10^8$ m/s yerine $4 \cdot 10^8$ m/s olarak hesaplamış olabilirler. Bu öğrencilerin cevap kağıtlarının yanına yaptıkları çeşitli işlemler ve açıklamalar bu yorumu doğrular niteliktedir. Şekil 5.3'te bu işlemlerden biri yer almaktadır.



Şekil 5.3: Işık hızı kavramı ile ilgili klasik yanıt örneği.

Öğretim öncesinde beş öğrenci C grubu sorularda kavram sorusu için A, gerekçe sorusu için ise E seçeneğini işaretleyerek, kavram sorusuna yönelik gerekçesini yazarak açıklamıştır. Bu yanıtlarda seçenek kombinasyonu şu ifadeyi içermektedir: *$4 \cdot 10^8$ m/s ölçer çünkü...*(noktalı bölüme öğrenci kendi görüşünü yazmıştır). Öğretim öncesinde dokuz, öğretim sonrasında ise bir öğrenci C Grubu sorular için Kategori 2 kapsamında değerlendirilebilecek gerekçeler yazmıştır.

Tablo 5.4, Tablo 5.5. ve Tablo 5.6'da öğrencilerin Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinde yer alan ışık hızı kavramı ile ilgili A, B ve C grubu gerekçe sorularının e şikkı olarak ifade ettikleri yazılı yanıtları yer almaktadır.

Tablo 5.4: A grubu sorular için gerekçelerini yazarak açıklayan öğrencilerin kategori 2'ye uygun yanıtları.

Öğrencilerin Yazılı Olarak İfade Ettikleri Yanıtlar	Yanıt Yüzdesi
A grubu kavram sorusu için yapılan açıklama/işlem	
$3 \cdot 10^8 + 2 \cdot 10^8 = 5 \cdot 10^8$	2
A grubu gerekçe sorusu için yapılan açıklama/işlem	
Einstein'ın ışıktan hızlı bir madde yoktur sözü dikkate alınmaz ise olan cevaplar. Bize öğretilene göre toplarız.	1
Birleşik hareket vardır. Tamam, ışığın hızı uzayda hiçbir zaman değişmez ama fazladan kuvvette yoktur, kendi başına gelir. Buradaysa uzay gemisinin hızı vardır. Bu yüzden hızları toplarız.	1
Einstein (Gözlemci) yerde durağan olduğu için ve ışıkla uzay gemisi aynı yönde hareket ettiği için ikisinin toplamını gözlemler.	1
Eğer roketin hızı ışıktan fazla olsaydı etkilenebilirdi.	1
Işık hızı ile uzay gemisi aynı yöne gittiği için toplarız.	1
Toplam	7

Tablo 5.5: B Grubu sorular için gerekçelerini yazarak açıklayan öğrencilerin kategori 2'ye uygun yanıtları.

B Grubu Gerekçe Sorusu için Yapılan Açıklama/İşlem	
Einstein'ın ışıktan hızlı bir madde yoktur sözü dikkate alınmaz ise olan cevaplar. Bize öğretilene göre çıkarılmalı.	1
Işık kaynağı ve gözlemci zıt yönlüdür.	1
Birleşik hareket var.	1
Einstein (Gözlemci) yine yerde durağan ama ışıkla uzay gemisi farklı yönde hareket ettiği için ikisini farklı gözlemler.	1
Çünkü ışık hızı ile uzay gemisinin yönleri farklıdır.	1
Bileşke kuvvetler diye düşünüyorum. Çünkü uzay gemisi hareket etmiyor olsaydı sadece ışığın hızı olurdu $3 \cdot 10^8$ derdik. Ama uzay gemisi geriye doğru giderken ışık nasıl kendi hızında ilerlesin ki?	1
Uzay gemisi $2 \cdot 10^8$ hızla gidiyor. Işık hızı da $3 \cdot 10^8$ ikisi de ters yönde olsa da ışık hızı ikisinin toplamına eşittir.	1
Toplam	7

Tablo 5.6: C grubu sorular için gerekçelerini yazarak açıklayan öğrencilerin kategori 2'ye uygun yanıtları.

C Grubu Gerekçe Sorusu için Yapılan Açıklama/İşlem	
Einstein'in ışıktan hızlı bir madde yoktur sözü dikkate alınmaz ise olan cevaplar. Bize öğretilene göre toplanmalı	1
Bağıl hareket var. Çıkarırız hızları	1
Einstein (Gözlemci) uzay gemisinin içinde olduğu için ölçümünde bir fark olmaz. Eğer dışarıdan bir gözlemci olsaydı fark olurdu.	1
Işık hızı uzay gemisinden dolayı $1 \cdot 10^8$ dir. Einstein (Gözlemci)'in hızı da ışığa ters yöndedir. Bu yüzden $2 \cdot 10^8$ m/s ölçer.	1
Çünkü Einstein (gözlemci) ve uzay gemisinin ters yönde hızları vardır.	1
Çünkü ışık hızı ile uzay gemisinin yönleri aynı Einstein'in (gözlemcinin) yönü farklı	1
Uzay gemisi $1 \cdot 10^8$ giderken ışık $3 \cdot 10^8$ hızla gidiyor. Aradaki fark alınırsa Einsteinin (gözlemcinin) ölçümü $2 \cdot 10^8$ olur.	1
Gözlenen yani şekil 1'deki uzay aracımız ve ışık batı yönünde hareket ederken, gözlemci olan uzay aracı doğruya doğru hareket eder. Gözlenen-gözlemci yaparsak sonuç doğrulanır.	1
Işığın hızı kendimize göre hangi konumda olursa olsun sabittir. Fakat hareketli bir gözlemciye göre bu durum değişebilir.	1
Çünkü ışık hızını $5 \cdot 10^8$ olarak almamız isteniyor. Bağıl hız hesabı yapmış.	1
Toplam	10

öğrenciler Kategori 2 kapsamında yanıtlar vermiştir. Bir öğrenci ise ışık hızının hiçbir zaman değişmeyeceği yönünde bir görüş ifade etmiştir.

Aşağıda bu öğrencilerden birinin öğretim öncesinde yapılan görüşmede yöneltilen sorulara verdiği yanıtlar yer almaktadır.

A: Şekilde iki gözlemci yer almaktadır. Bu gözlemcilerden biri uzay gemisinin içinde ve hareketlidir. Diğeri ise durgundur. Bu iki gözlemci bir ışık atmasının hızını ölçecektir. Bu iki gözlemcinin ışık atmasının hızı ile ilgili ölçüm sonuçları için ne söyleyebilirsin?

Ö2: İlyas (görüşmede geçen durgun gözlemci) $3 \cdot 10^8$ ölçer çünkü kendisi hareketsizdir.

A: Diğeri gözlemci (araştırmacı hareketli gözlemciyi ifade ediyor)?

Ö2: Yalçın (görüşmede geçen hareketli gözlemci) onun gibi görmez hareketli çünkü $1 \cdot 10^8$ görür. $3 \cdot 10^8$ den $2 \cdot 10^8$ 'i çıkardım.

A: Tüm koşullar aynı kalmak koşulu ile uzay aracı başlangıçtaki hareketine zıt yönde hareket etseydi?

Ö2: O zaman toplardım. $5 \cdot 10^8$ çıkardı.

Işık hızı ile ilgili görüşmelerde elde edilen bulgular, öğrencilerin büyük bir bölümünün öğretim öncesinde ışık hızını hesaplarken Galileo dönüşüm denklemlerini kullandıklarını ve cisimlerin ışığın boşluktaki hızından daha büyük hız değerlerine sahip olabileceğini düşündüklerini ortaya koymaktadır.

Bu bölüm ve bir önceki bölümdeki bulgular birlikte değerlendirildiğinde bir önceki bölümde ifade edilen doğru yanıtlardaki artış ile bu bölümde ifade edilen yanlış yanıtlardaki azalış öğretim modelinin öğrencilerin ışık hızı ile ilgili klasik kavramının görelilik kuramının öngördüğü ışık hızı kavramına dönüşmesinde etkili olduğunu göstermektedir.

5.1.1.5 Işık hızı Kavram Sorusu için Doğru Gerekçe Sorusu için Yanlış Yanıtların Dağılımı

Aşağıda yer alan Tablo 5.7’de öğretim öncesi ve öğretim sonrası Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin ışık hızı ile ilgili kavram sorusunu doğru ancak gerekçe sorusuna yanlış yanıtlayan öğrencilerin dağılımı yer almaktadır.

Tablo 5.7: Işık hızı ile ilgili kavram sorusu için doğru, gerekçe sorusu için yanlış yanıtların dağılımı.

Işık Hızı Kavramı	Kavram Sorusu Yanıt Türü	Gerekçe Sorusu Yanıt Türü					
		Yanlış					
		Öğretim Öncesi Yanıt Yüzdesi		Toplam	Öğretim Sonrası Yanıt Yüzdesi		Toplam
A Grubu	Doğru	16	8	24	18	4	22
		Emin	Emin Değil		Emin	Emin Değil	
B Grubu		12	8	20	24	6	30
		Emin	Emin Değil		Emin	Emin Değil	
C Grubu		8	16	24	58	6	64
		Emin	Emin Değil		Emin	Emin Değil	
Ortalama Yanıt Yüzdesi		12	11	23	34	5	39

Tablo 5.7’de sunulan veriler incelendiğinde öğrencilerin öğretim sonrasında kavram sorusunu doğru fakat gerekçe sorusunu yanlış yanıtlama miktarlarının arttığı görülmektedir. A grubu sorular için bu seçeneğin işaretlenme miktarı azalırken, B ve C grubu sorular için arttığı görülmektedir. Öğrencilerin kavram sorusunu doğru fakat gerekçe sorusunun yanlış yanıtlamaları, öğrencilerin ışık hızının boşlukta 3.10^8 m/s hızla yayılacağı bilgisine sahip olduklarını göstermektedir. Fakat öğrenciler bu bilgilerini doğru gerekçelerle ifade edememişlerdir.

5.1.1.6 Kavram Sorusunun Doğru Gerekçe Sorusunun Yanlış Yanıtlandığı Yanıt Kategorileri

Kategori 3, Tablo 5.7’de yer alan kavram sorusunun doğru, gerekçe sorusunun yanlış işaretlenmesi durumu içinde yer almaktadır. Aşağıda bu Kategoriye ait açıklamalar ve bulgular sunulmaktadır.

Kategori 3: Işık tüm ortamlarda aynı hız değerine sahiptir.

Aşağıdaki Tablo 5.8’de öğrencilerin Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin ışık hızı kavramı ile ilgili sorularına, öğretim öncesinde ve öğretim sonrasında verdikleri Kategori 3 kapsamına giren yanıt kombinasyonları ve öğrenci sayıları yer almaktadır.

Tablo 5.8: Işık hızı ile ilgili kategori 3 kapsamına giren yanıt kombinasyonları ve öğrenci sayıları.

Kategori 3 kapsamına giren yanıt	Soru Grubu	Yanıt Kombinasyonu	Öğretim Öncesi Yanıt Yüzdesi	Öğretim Sonrası Yanıt Yüzdesi
Gözlemci ışık hızını $3 \cdot 10^8$ m/s ölçer. Çünkü ışık tüm ortamlarda aynı hız değerine sahiptir.	A Grubu	KS: B-GS: D	18	18
	B Grubu	KS: B-GS: C	12	22
	C Grubu	KS: B-GS: D	4	26
Ortalama Yanıt Yüzdesi			11	22

Tablo 5.8 incelendiğinde öğrencilerin öğretim sonrasında Kategori 3 kapsamına giren yanıtlarının arttığı görülmektedir. Öğrencilerin Kategori 3 türündeki yanıtlarının artması kavramsal değişim açısından olumsuz bir durumdur. Bu kategoriye uygun yanıt veren öğrencilerin ışık hızının gözlemcinin ve kaynağın hızından bağımsız olması durumunu ışık hızının her ortamda aynı hız değeri ile hareket etmesi şeklinde genelledikleri görülmektedir.

Öğrencilerle yapılan görüşmeler incelendiğinde bu yorumu doğrulayacak verilere rastlanmıştır. Öğretim sonrasında bir öğrenci ışık hızının her durumda sabit olacağını ifade etmiştir. Aşağıda bu öğrencinin öğretim öncesi ve öğretim sonrası yapılan görüşmede yöneltilen sorulara verdiği yanıtlar yer almaktadır.

Görüşme yapılan öğrencinin öğretim öncesindeki görüşleri aşağıdaki gibidir.

A: (Öğrenci, görüşme formundaki soruyu okuduktan sonra) Şekilde iki gözlemci yer almaktadır. Bu iki gözlemci bir ışık atmasının hızını ölçecektir. Bu gözlemcilerden biri uzay gemisinin içinde ve hareketlidir. Diğeri ise durgundur. Bu iki gözlemcinin ışık atmasının hızı ile ilgili ölçüm sonuçları için ne söyleyebilirsin?

Ö1: Durgun olan 10^8 ölçer.

A: Gözlemci zıt gitseydi kaç ölçerdi?

Ö1: $5 \cdot 10^8$ ölçerdi. Diğeri $3 \cdot 10^8$ ölçer.

Görüşme yapılan öğrencinin öğretim sonrasındaki görüşleri aşağıdaki gibidir:

A: (Öğrenci görüşme formundaki soruyu okuduktan sonra) Şekilde iki gözlemci yer almaktadır. Bu gözlemcilerden biri uzay gemisinin içinde ve hareketlidir. Diğeri ise durgundur. Bu iki gözlemci bir ışık atmasının hızını ölçecektir. Bu iki gözlemcinin ışık atmasının hızı ile ilgili ölçüm sonuçları için ne söyleyebilirsin?

Ö1: Durgun olan $3 \cdot 10^8$ ölçer. Hareketli gözlemcide bence $3 \cdot 10^8$ ölçer. Çünkü ışık hep $3 \cdot 10^8$ hıza sahip olur.

A: Uzay mekiği zıt yönde hareket etseydi ne söyleyebilirdin?

Ö1: Yine aynı ölçer ışık hızı hep sabittir.

A: Uzay mekiği su ortamında bulunsaydı gözlemci ışık hızını kaç ölçerdi?

Ö1: Yine aynı ölçerdi çünkü ışık hızı her zaman sabittir. Hiçbir zaman değişmez.

Yukarıda görüşlerine yer verilen öğrencinin öğretim öncesinde ışık hızı kavramı ile ilgili Kategori 2 kapsamında değerlendirilebilecek yanıtlar verdiği görülmektedir. Bu öğrencinin öğretim sonrasındaki yanıtları ise Kategori 3 kapsamına girmektedir. Öğrencinin öğretim sonrasındaki ifadelerinden ışığın boşluktaki yayılma hızı olan $3 \cdot 10^8$ m/s bilgisinin tüm fiziksel ortamlara genellediği görülmektedir. Öğrencinin öğretim öncesinde ve öğretim sonrasında yapmış olduğu

açıklamalar incelendiğinde öğrencinin öğretim öncesinde sahip olduğu kategori 2 türü yanıtlarından vazgeçtiği görülmüştür. Öğretim modeli bu öğrencinin klasik ışık hızı kavramının yok edilmesinde etkili olmuş fakat ışık hızı ile ilgili doğru kavramın oluşmasında etkili olamamıştır. Bunun yerine ışık hızının tüm ortamlarda aynı hız değeri ile hareket edeceği şeklinde aşırı genellemeye dayalı yeni bir kavramın oluşmasına katkı sağlamıştır.

Bu bölüm ve bir önceki bölümlerdeki bulgular birlikte değerlendirildiğinde öğretim sonunda öğrencilerin ışık hızı ile ilgili klasik kavramlarını terk ettiği, öğrencilerin büyük bir bölümü ışık hızı ile ilgili doğru kavramları oluşturduğu bir bölümünün ise ışık hızının her ortadamda aynı hızda yayılacağı şeklinde aşırı genellemeye dayalı bir başka yanlış kavram oluşturduğu görülmüştür.

5.1.1.7 Işık hızı Kavram Sorusu için Yanlış Gereke Sorusu için Doğru Yanıtların Dağılımı

Aşağıdaki Tablo 5.9’da öğretim öncesi ve öğretim sonrası Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin ışık hızı ile ilgili kavram sorusuna yanlış ancak gereke sorusunu doğru yanıtlayan öğrencilerin dağılımı yer almaktadır.

Tablo 5.9: Işık hızı ile ilgili kavram sorusu için yanlış, gereke sorusu için doğru yanıtların dağılımı.

Işık Hızı Kavramı	Kavram Sorusu Yanıt Türü	Gereke Sorusu Yanıt Türü					
		Doğru					
		Öğretim Öncesi Yanıt Yüzdesi		Toplam	Öğretim Sonrası Yanıt Yüzdesi		Toplam
A Grubu	Yanlış	0	2	2	2	0	2
		Emin	Emin Değil		Emin	Emin Değil	
B Grubu		0	0	0	2	2	4
		Emin	Emin Değil		Emin	Emin Değil	
C Grubu		4	8	12	2	0	2
		Emin	Emin Değil		Emin	Emin Değil	
Toplam Yanıt Yüzdesi		1.3	3.3	4.7	2.0	0.66	2.6

Tablo 5.9’da sunulan veriler incelendiğinde öğretim öncesinde ve öğretim sonrasında az sayıda öğrencinin bu tür yanıtlar verdikleri görülmektedir.

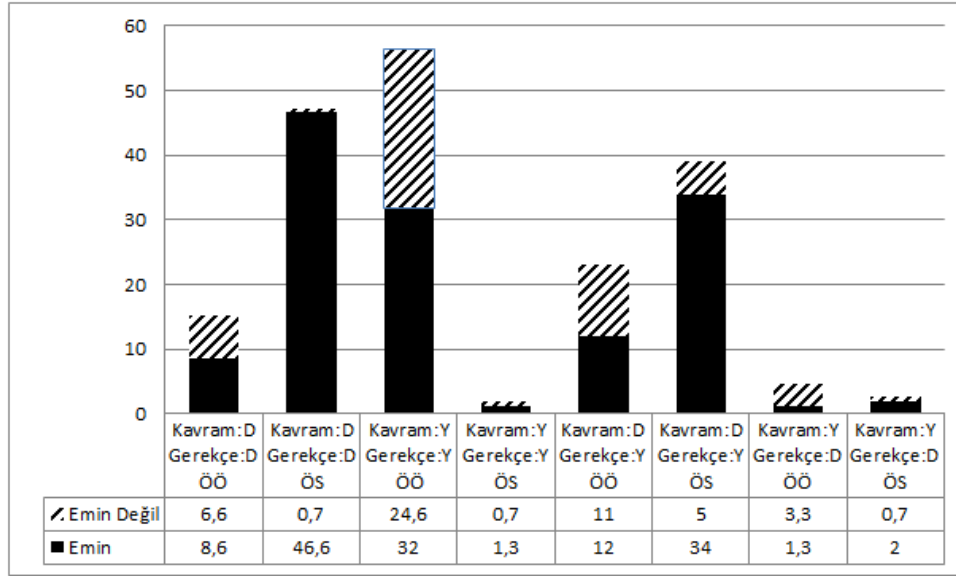
Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinde yer alan A, B ve C grubu sorular için yanıt kombinasyonları aşağıda ifade edilmiştir.

- **A grubu sorular için:** Işık hızı $1.10^8 / 5.10^8$ m/s ölçülür. Çünkü ışık hızı uzay gemisinin hızından etkilenmez.
- **B grubu sorular için:** $1.10^8 / 5.10^8$ m/s ölçülür. Çünkü ışık hızı uzay gemisinin hızından etkilenmez.
- **C grubu sorular için:** $4.10^8 / 6.10^8$ m/s ölçülür. Çünkü ışık hızı, uzay gemisinin ve Einstein’in (gözlemcinin) hızından etkilenmez.

Tablo 5.9 incelendiğinde hem öğretim öncesinde hem de öğretim sonrasında kavram sorusunun yanlış gerekçe sorusunun doğru yanıtlanma oranlarının az olduğu görülmektedir ve öğretim sonunda bu tür yanıtlar daha da azalmıştır. Öğretim öncesinde ve öğretim sonrasında bu yanıt kombinasyonlarının az işaretlenmesi kombinasyonlarının anlamlı bir bütün oluşturmamalarına bağlanabilir. Öğrencilerle yapılan görüşmelerde de yukarıda ifade edilen seçenek kombinasyonlarına uygun yanıtlara rastlanamamıştır.

5.1.1.8 Işık Hızı Kavramı ile ilgili Elde Edilen Bulguların Bütün Olarak Yorumlanması

Şekil 5.5’te bir önceki bölümlerde ayrı ayrı ifade edilen doğru doğru yanıt (DD) yanlış yanlış yanıt (YY), doğru yanlış yanıt (DY) ve yanlış doğru (YD) çerçeveleri bulguları bir bütün olarak ifade edilmiştir.



Şekil 5.5: Özel görelilik kuramı-tanı testi ışık hızı kavramı çerçeve bulguları ve değişimi.

Şekil 5.5 te sunulan veriler incelendiğinde, öğretim sonrasında DD ve DY yanıt çerçevesi yüzdelerinin artarken, YY ve YD yanıt çerçeve yüzdelerinin azaldığı görülmektedir. Öğretim sonrasında DD yanıt yüzdelerinin artmasına paralel olarak YY yanıt yüzdelerinin azalması öğretim modelinin öğrencilerin ışık hızı ile ilgili yanlış kavramlarının yerine doğru kavramların oluşmasında etkili olduğu göstermektedir. Öğrencilerin DY ve YD yanıt çerçeve yüzdelerindeki değişimi yorumlayabilmek için ise bu çerçeve kapsamındaki anlamlı kategorilere bakmak gerekir. YD yanıt çerçevesinde öğrencilerin yoğunlaştığı anlamlı bir yanıt kategorie yer almamaktadır. DY yanıt çerçevesindeki yanıt yüzdelerinin artışı ise öğretim sonunda bazı öğrencilerin bu çerçevenin içinde yer alan kategorilere kaydığını göstermektedir. Bu çerçevede toplanan öğrencilerin ışık hızı ile ilgili görüşlerini açıklayabilmek için bu çerçeve içindeki anlamlı kategorileri incelemek gerekir.

Şekil 5.5 de yer alan yanıtlar incelendiğinde öğrencilerin öğretim sonrasında vermiş olduğu tüm yanıt gruplarındaki emin olma miktarlarının arttığı görülmektedir. Öğrencilerin doğru yanıtlar için emin olma miktarlarının artması kavramsal değişim açısından olumlu bir durum olarak değerlendirilebilir. Doğru yanıtlarından emin olan öğrencilerin, doğru yanıtlarından emin olmayan öğrencilere göre kavramsal açıdan

daha iyi durumda olduğu iddia edilebilir. Bu durumda yapılan öğretimle birlikte öğrencilerin doğru yanıtlarından emin olma miktarlarının artması, öğrencilerin güçlü bir kavramsal düzeye ulaşmalarına katkı sağladığını göstermektedir. Bununla birlikte öğrencilerin yapılan öğretimle birlikte yanlış yanıtlardan emin olma miktarlarının öğretim öncesine göre biraz daha arttığı görülmektedir. Bu durum ise yapılan öğretimin bazı öğrencilerin yanlış kavramlarını güçlendirdiğini şeklinde yorumlanabilir. Diğer taraftan öğrencilerin öğretim sonrasında tüm yanıt gruplarında vermiş oldukları yanıtlardan emin olma miktarlarının artması, öğrencilerin yapılan öğretim sonunda vermiş oldukları yanıtlara yanlış bile olsa güvendikleri şeklinde değerlendirilebilir.

Tablo 5.10’da öğrencilerin, öğretim öncesi ve öğretim sonrasında tanı testinin ışık hızı kavramı ile ilgili A, B ve C grubu sorulara verdikleri yanıtlara göre oluşan kategoriler ve dağılımları yer almaktadır.

Tablo 5.10: Işık hızı ile ilgili kategoriler ve dağılımları.

Kategorinin Bulunduğu Bölüm	Kategori	Öğretim Öncesi Yanıt Yüzdesi	Öğretim Sonrası Yanıt Yüzdesi	Değişim Yüzdesi
KS: Doğru GS: Doğru	Kategori 1: Işık hızı gözlemcinin ve kaynağın hızından etkilenmez.	15.3	47.3	32
KS: Yanlış GS: Yanlış	Kategori 2: Işık hızı kaynağın veya gözlemcinin hızından etkilenir.	5.7	0	-5.7
KS: Doğru GS: Yanlış	Kategori 3: Işık tüm ortamlarda aynı hız değerine sahiptir.	11	22	11

Tablo 5.10’da sunulan veriler incelendiğinde Kategori 1 türü yanıtların öğretim sonrasında, öğretim öncesine göre arttığı, bununla birlikte Kategori 2 türü yanıtların azaldığı görülmektedir. Bir başka ifade ile yapılan öğretimin etkisi ile Kategori 1 türü doğru yanıtların işaretlenme miktarı artarken, Kategori 2 türü yanlış yanıtların işaretlenme miktarı azalmıştır. Öğretim öncesinde ve öğretim sonrasında öğrencilerle yapılan görüşmeler ve öğrencilerin klasik ifadelerinden elde edilen verilerde bu değişimi doğrulayacak niteliktedir. Öğrenciler öğretim öncesinde tanı

testinin ışık hızı ile ilgili sorularını Galileo dönüşüm denklemlerini kullanarak (düz bir yolda ilerleyen bir kamyonetin kendisine zıt yönde ilerleyen bir aracın hızını belirlemesi durumunda kendi hızı ile aracın hızını toplaması durumu gibi) çözümlemişlerdir. Öğretim sonrasında ışık hızı ile ilgili soruları ışık hızının kaynağın ve gözlemcinin hızına bağımsız olduğunu ifade ederek yanıtlamışlardır. Tüm bu verilerden yola çıkarak yapılan öğretimin öğrencilerin ışık hızı ile ilgili kavramsal değişimlerine olumlu katkı sağladığı söylenebilir. Tablo 5.10'da sunulan veriler incelendiğinde ise Kategori 3 türü yanıtların öğretim sonrasında öğretim öncesine göre arttığı görülmektedir. Bu kategori incelendiğinde öğrencilerin ışık hızının kaynağın ve gözlemcinin hızından bağımsız olarak sabit bir hız değerine sahip olduğu bilgisini genelleyerek ışığın tüm ortamlarda aynı hız değeri ile ilerlediğini şeklinde yapılandırdıkları görülmektedir.

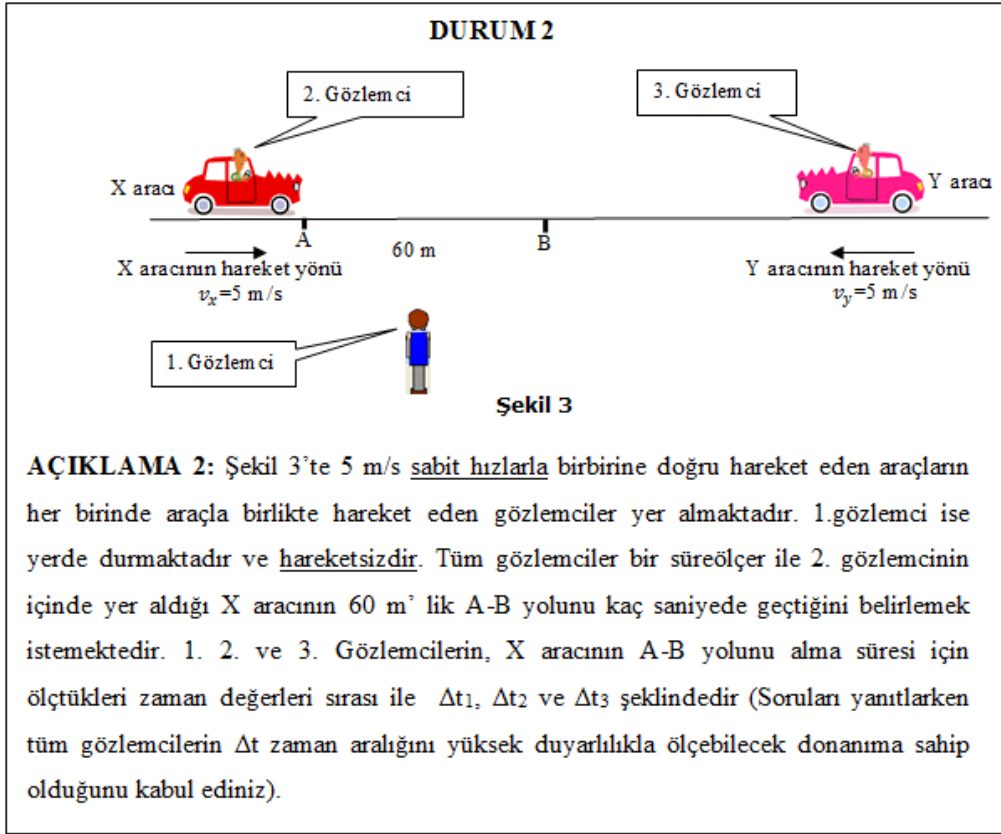
Öğretim modeli öğrencilerin ışık hızı ile ilgili klasik fizik bilgilerinden gelen ön kavramlarının yerine bilimsel kavramların oluşmasında etkili olduğu kadar ışık hızı ile ilgili hibrit veya aşırı genellemeye dayanan yanıtların oluşmasında da etkilidir. Öğretim modelinin ışık hızı ile ilgili aşırı genellemeye dayalı bu yanıtlarında göz önünde bulundurularak yeniden düzenlenmesi ile öğrencilerin doğru kavramlara ulaşması sağlanabilir.

5.1.2 Mutlak Zaman Kavramı ile İlgili Bulgular

Bu bölümde ilk olarak Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin klasik zaman kavramı ile ilgili kavram ve gerekçe sorularına yer verilmiş ardından Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin mutlak zaman kavramı ile ilgili bulgularına yer verilmiştir.

Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin mutlak zaman ile ilgili sorusu

Şekil 5.6'da Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin mutlak zaman kavramı ile ilgili durum, açıklama ve sorularına yer almaktadır.



Şekil 5.6: Özel görelî kuramı-tanı testi mutlak zaman kavramı ile ilgili durum.

Aşağıda öğrencilerin yukarıda ifade edilen durum ve açıklamaya uygun olarak yanıtlanması istenilen sorular yer almaktadır.

Özel Görelilik Kuramı Tanı Testinin mutlak zaman kavramı ile ilgili soruları

Aşağıda Tanı Testinin klasik zaman kavramı ile ilgili kavram, gerekçe ve emin olup olmama durumu ile ilgili soruları yer almaktadır.

1. Tüm Gözlemcinin, X aracının A-B yolunu alma süresi ölçümlerinin büyüklük ilişkisi aşağıdaki seçeneklerin hangisinde doğru ifade edilmiştir?
A) $\Delta t_1 > \Delta t_2 > \Delta t_3$ B) $\Delta t_2 > \Delta t_3 > \Delta t_1$ C) $\Delta t_1 = \Delta t_2 = \Delta t_3$
2. Aşağıdaki açıklamalardan hangisi yukarıda yer alan 4.1. soruya yönelik vermiş olduğunuz yanıtı en iyi açıklar?
A) Çünkü X aracının A-B yolunu alma süresi gözlemcilerin hızlarına ve hareket yönlerine bağlıdır. B) Çünkü zaman gereli (gözlemciden gözlemciye değişen) bir kavramdır. C) Çünkü küçük hız değerleri için zaman gözlemciden gözlemciye değişmez. D) Çünkü A-B yolunun uzunluğu gözlemciden gözlemciye değişir. E) Diğer(Yazınız).....
3. Üstte yer alan 1. ve 2. soruya yönelik vermiş olduğunuz yanıtlardan emin misiniz?
A) Eminim. B) Emin değilim.

Bu bölümde, Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin mutlak zaman kavramı ile ilgili bulgularına yer verilmiştir.

5.1.2.1 Mutlak Zaman Kavram ve Gerekçe Sorusu için Doğru Yanıtların Dağılımı

Tablo 5.11’de Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin mutlak zaman kavramı ile ilgili hem kavram ve hem de gerekçe sorusunu doğru yapan öğrencilerin öğretim öncesi ve öğretim sonrası yanıtlarının dağılımı görülmektedir.

Tablo 5.11: Mutlak zaman kavramı ile ilgili kavram ve gerekçe sorusu için doğru yanıtların dağılımı.

Mutlak zaman kavramı	Kavram Sorusu	Gerekçe Sorusu					
		Doğru					
		Öğretim Öncesi Öğrenci Yanıt Yüzdesi		Toplam	Öğretim Sonrası Öğrenci Yanıt Yüzdesi		Toplam
Doğru		4	18	22	8	24	32
		Emin	Emin Değil		Emin	Emin Değil	

Tablo 5.11 incelendiğinde öğretim sonrasında öğrencilerin doğru yanıtlarda bir artış olduğu görülmektedir. Bu artış kavramsal değişim açısından değerlendirildiğinde, yapılan öğretimin öğrencilerin mutlak zaman kavramı ile ilgili doğru kavram oluşturulmasında etkili olduğu ifade edilebilir. Aşağıda bu yanıt çerçevesi içinde yer alan Kategori 4 açıklanmıştır.

5.1.2.2 Kavram ve Gerekçe Sorusunun Doğru Yanıtlandığı Çerçeve Yanıt Kategorisi

Kategori 4: Küçük hız değerleri için zaman aralığı ölçümü, tüm eylemsiz referans sistemlerinde aynıdır.

Kategori 4, öğrencilerin klasik zaman kavramı ile ilgili sahip olması beklenen doğru bilgiyi içermektedir. Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin klasik zaman kavramı ile ilgili kavram ve gerekçe sorularını doğru yanıtlayan bir öğrencinin bu kategorinin ifade ettiği düşünceye sahip olduğunu kabul edilebilir.

Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinde yer alan sorular için Kategori 4 kapsamına giren yanıt kombinasyonları aşağıda ifade edilmiştir.

- **Kavram sorusu için C, gerekçe sorusu için C seçeneğinin işaretlenmesi şu anlama gelmektedir:** $\Delta t_1 = \Delta t_2 = \Delta t_3$ çünkü küçük hızlar için zaman gözlemciden gözlemciye değişmez.

Tablo 5.11’de yer alan doğru yanıt, yukarıda ifade edilen yanıt kombinasyonlarının işaretlenmesi ile oluşmuştur. Tablo 5.11’deki yanıtlar incelendiğinde öğretim sonrasında Kategori 4 kapsamına giren yanıtların arttığı görülmektedir.

Kategori 4 ile ilgili Açık Uçlu Veriler

Aşağıda kavram sorusunu e şikkını olarak işaretleyen ve gerekçesini yazılı olarak ifade eden bir öğrencinin yanıtı örnek olarak yer verilmiştir. Bu öğrencilerden öğretim öncesinde ve öğretim sonrasında dört öğrenci kategori 4 kapsamında değerlendirilebilecek yanıtlar vermiştir. Şekil 5.7’de bu yanıtlardan biri örnek olarak verilmiştir.



Şekil 5.7: Mutlak zaman kavramı ile ilgili doğru yanıt örneği.

Şekil 5.7’de yer alan yanıt değerlendirildiğinde öğrencinin görelili zaman kavramının ışık hızına yakın hız değerlerinde oluşacağını ifade ettiği görülmektedir.

Öğretim öncesinde ve öğretim sonrasında yapılan görüşmelerde sekiz öğrenciye EK4.1’de yer alan yarı yapılandırılmış görüşme formunun klasik zaman sorusu yöneltilmiştir. Öğrencilerin Kategori 4 kapsamındaki değerlendirilebilecek yanıtlar verdikleri görülmüştür. Öğretim öncesinde görüşme yapılan öğrencilerin dördü Kategoride 4 kapsamında değerlendirilebilecek yanıtlar vermiştir. Üç öğrenci ise durgun ve hareketli gözlemciler için küçük hız değerlerinde zaman ölçümünün birbirinden farklı olacağını ifade etmiştir. Bir öğrenci ise sarkacın periyodunun tüm gözlemciler için aynı olması gerektiğini ifade etmiş fakat yanıtından emin değildir. Öğretim sonrası yapılan görüşmelerde ise yedi öğrenci tüm gözlemcilerin sarkacın periyodunu aynı değerde ölçeceğini ifade etmiştir.

Aşağıda bu öğrencilerden birinin öğretim öncesinde ve öğretim sonrasında yapılan görüşmede yöneltilen sorulara verdiği yanıtlar yer almaktadır.

A: Şekildeki uzun yol otobüsü İzmir ve Sivas arasında yolculuk yapmaktadır. Otobüs Ankara Elmadağı bölgesinde eğimi 37^0 olan bir yolda sabit 40 km/sa hızla ilerlemektedir. Bu sırada bagaj bölümünde bulunan kütlesi 2kg olan durgun çanta ön tarafa doğru kayarak 2m yer değiştirmiştir. Bu çantanın hareketi süresi Erdoğan'a göre, aracın arkasına doğru sabit 2 km/s hızla ilerleyen otobüs görevlisine göre ve araçların güvenli olarak hareket etmesi için bölgede bulunan Trafik polisine göre nedir ($\sin \alpha=0.6$, $\cos \alpha=0.8$ çanta ile zemin arasındaki sürtünme kuvvetini ihmal ediniz).

Ö5: Görevli 38 km/saat ölçer. Durgun olan 40 km/saat dışardaki gözlemci otobüsün bir hızı olduğundan dolayı 40 km/saat olarak ölçer.

A: Süre için?

Ö5: Süre için şimdi...ya süreler şimdi eşit olmaz mı...bi dakika...bunda bir yorum yapamadım ama...(öğrenci bekliyor) bilemiyorum.

Aşağıda bu öğrencinin öğretim sonrasında yapılan görüşmede yöneltilen sorulara verdiği yanıtlar yer almaktadır.

A: Şekilde sabit 400 km/sa ilerleyen bir aracın içinde sürtünmesiz ortamda hareket eden bir basit sarkaç görülmektedir. Aracın içindeki bir gözlemci sarkacın periyodunu (bir tam tur yapması için geçen süreyi) 2s ölçüyor. Sarkacın periyodunu aracın dışındaki durgun gözlemci ile 2 km/sa hız ile batı yönünde (araçla zıt yönde) ilerleyen bir başka gözlemci kaç saniye olarak ölçer?

Ö5: Durgun gözlemci ve hareketli gözlemci...hııı onlarda aynı ölçer. Durgun ve hareketli referans sistemleri sabit bir hız veya durgun olduğundan mutlak zaman düşük hız sonuçta...hımm aynı ölçümü yapar.

Yukarıda görüşlerine yer verilen öğrenci öğretim öncesinde mutlak zaman kavramı ile ilgili soruya yönelik net bir yanıt veremezken öğretim sonrasında doğruya yakın ifadeler kullanmıştır. Yukarıda ifade edilen Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testi ve görüşme verilerinden elde edilen bulgular göz önünde bulundurularak uygulanan öğretim modelinin öğrencilerin mutlak zaman kavramı ile ilgili doğru kavramlar oluşturmasında etkili olduğu ifade edilebilir.

5.1.2.3 Mutlak Zaman Kavram ve Gerekçe Sorusu için Yanlış Yanıtların Dağılımı

Tablo 5.12’de Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin mutlak zaman kavramı ile ilgili kavram ve gerekçe sorusunu yanlış yapan öğrencilerin öğretim öncesi ve öğretim sonrası yanıtlarının dağılımı görülmektedir.

Tablo 5.12: Mutlak zaman kavramı ile ilgili kavram ve gerekçe sorusu için yanlış yanıtların dağılımı.

Mutlak zaman kavramı	Kavram Sorusu	Gerekçe Sorusu					
		Yanlış					
		Öğretim Öncesi Yanıt Yüzdesi		Toplam	Öğretim Sonrası Yanıt Yüzdesi		Toplam
Yanlış	10	26	36	16	8	24	
	Emin	Emin Değil		Emin	Emin Değil		

Tablo 5.12 incelendiğinde öğrencilerin Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinde yer alan sorulara verdikleri yanlış yanıtlarda bir azalma olduğu görülmektedir. Öğrencilerin mutlak zaman kavramı ile ilgili öğretim sonrasında ifade ettiği yanlış yanıtların öğretim öncesine göre azalması bununla birlikte Tablo 5.11’de ifade edilen doğru yanıtların artması öğretim modelinin klasik zaman kavramı ile ilgili yanlış kavramların yerine doğru kavramların oluşturulmasında etkili olduğunu gösterir. Aşağıda bu yanıt çerçevesi içinde yer alan Kategori 5 açıklanmıştır.

5.1.2.4 Kavram ve Gerekçe Sorusunun Yanlış Yanıtlandığı Çerçeve Yanıt Kategorisi

Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testi kavram ve gerekçe sorularına verilen belirli yanıt kombinasyonları belirli kategorileri ifade etmektedir. Kategori 5, Tablo 5.12’de yer alan kavram ve gerekçe sorularının yanlış işaretlenmesi durumu içinde yer almaktadır. Kategori 5 mutlak zaman kavramı ile ilgili yanlış bilgiyi içermektedir. Aşağıda bu kategoriye ait açıklamalar ve bulgular sunulmuştur.

Kategori 5: Küçük hız değerleri için zaman aralığı ölçümü gözlemcinin hızına ve hareket yönüne bağlı olarak değişir.

Aşağıdaki Tablo 5.13'te öğrencilerin öğretim öncesi ve öğretim sonrası Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin mutlak zaman kavramı ile ilgili sorusuna verdikleri Kategori 5 kapsamına giren yanıt kombinasyonları ve öğrenci sayıları yer almaktadır.

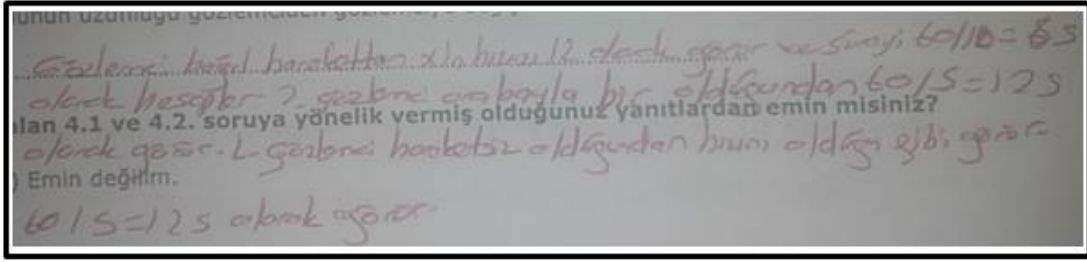
Tablo 5.13: Mutlak zaman kavramı için Kategori 5 kapsamına giren yanıt kombinasyonları ve öğrenci sayıları.

Kategori 5 kapsamına giren yanıt	Yanıt Kombinasyonu	Öğretim Öncesi Yanıt Yüzdesi	Öğretim Sonrası Yanıt Yüzdesi
$(\Delta t_2 > \Delta t_3 > \Delta t_1)$ $(\Delta t_1 > \Delta t_2 > \Delta t_3)$ Çünkü X aracının A-B yolunu alma süresi gözlemcilerin hızlarına ve hareket yönlerine bağlıdır.	KS: A-B GS: A	18	6

Tablo 5.13 incelendiğinde, öğrencilerin Kategori 5 türü yanıtların azaldığı görülmektedir.

Kategori 5 ile ilgili Açık Uçlu Veriler

Öğretim öncesinde ve öğretim sonrasında Özel Görelilik Kuramı Tanı Testinde yer alan seçenekleri işaretlemeyip kendi gerekçesini kendisi ifade eden öğrencilerin vermiş oldukları yanıtlar içinde öğretim öncesinde dört, öğretim sonrasında ise iki öğrenci Kategori 5'e uygun yanıt vermiştir. Aşağıda bu öğrencilerden birinin öğretim öncesinde ifade ettiği yanıt yer almaktadır.



Şekil 5.8: Mutlak zaman kavramı ile ilgili yanıt örneği.

Şekil 4.8’de yer alan öğrencinin yanıtı incelendiğinde öğrencinin bağıl hız kavramını kullanarak araçların A-B arasındaki yolu alma sürelerini hesapladığı görülmüştür.

Kategori 5 ile İlgili Görüşme Verileri

Öğrencilerle yapılan görüşmelerde de yukarıda ifade edilen öğrenci görüşlerine benzer ifadelere rastlanmıştır. Aşağıda bu öğrencilerden birinin öğretim öncesinde yapılan görüşmede yöneltilen mutlak zaman kavramı ile ilgili soruya verdiği yanıt yer almaktadır.

A: Şekildeki uzun yol otobüsü İzmir ve Sivas arasında yolculuk yapmaktadır. Otobüs Ankara Elmadağı bölgesinde eğimi 37^0 olan bir yolda sabit 40 km/sa hızla ilerlemektedir. Bu sırada bagaj bölümünde bulunan kütlesi 2kg olan durgun çanta ön tarafa doğru kayarak 2m yer değiştirmiştir. Bu çantanın hareketi süresi Erdoğan’a göre, aracın arkasına doğru sabit 2 km/s hızla ilerleyen otobüs görevlisine göre ve araçların güvenli olarak hareket etmesi için bölgede bulunan Trafik polisine göre nedir ($\sin \alpha=0.6$, $\cos \alpha=0.8$ çanta ile zemin arasındaki sürtünme kuvvetini ihmal ediniz).

Ö7: En küçük durgun gözlemci görür. Görevli aynı görür dışardaki daha kısa sürede görür.

A: Neden?

Ö7: Bunlar zaten içinde olduğu için aynı görür. Diğeri dışında olduğundan aracın hızından dolayı daha hızlı gittiğini görür. Sonuçta araçların hızları var.

Aşağıda bu öğrencinin öğretim sonrası yapılan görüşmede yöneltilen sorulara verdiği yanıtlar yer almaktadır.

A: Şekilde sabit 400 km/sa ilerleyen bir aracın içinde sürtünmesiz ortamda hareket eden bir basit sarkaç görülmektedir. Aracın içindeki bir gözlemci sarkacın periyodunu (bir tam tur yapması için geçen süreyi) 2s ölçüyor. Sarkacın periyodunu aracın dışındaki durgun bir gözlemci ile sabit 2 km/sa hız ile batı yönünde (araçla zıt yönde) ilerleyen bir başka gözlemci kaç saniye olarak ölçer?

Ö7: Araç yavaş olduğu için hemen hemen hepsi aynı ölçerler. Ama çok hassas ölçersek bu gerçekleşir.

A: Araç yavaş bir hızla ilerlediği için mi?

Ö7: Evet.

A: Aracın hızı ışık hızına yakın bir değerde olsa ne söyleyebilirsin?

Ö7: Bu (aracın içindeki gözlemci) gene 2s ölçer. Bu uzaklaştı olarak gördüğü için 2s (aracın dışındaki durgun gözlemci) daha uzun süre bir süre ölçer. Bu zıt yönlü gittiği için 402 km gidiyor görecek. Daha uzun bir süre ölçecek.

Yukarıda görüşlerine yer verilen öğrenci öğretim öncesinde gözlemcilerin hızlarına bağlı olarak zaman ölçüm değerlerinin değişeceğini ifade ettikleri görülmektedir. Fakat öğretim sonrasında öğrenci küçük hız değerleri için zaman ölçümünün gözlemcinin hızına bağlı olmadığını belirtmiştir.

Bu bölüm ve bir önceki bölümdeki bulgular birlikte değerlendirildiğinde bir önceki bölümde ifade edilen doğru yanıtlardaki artış ile bu bölümde ifade edilen yanlış yanıtlardaki azalış öğretim modelinin öğrencilerin klasik zaman kavramı ile ilgili doğru kavram oluşturmada etkili olduğunu göstermektedir.

Kategori 6 ile ilgili Bulgular

Tablo 5.12’de yer alan kavram ve gerekçe sorularının yanlış işaretlenmesi durumu içinde yer alan diğer bir kategori aşağıda ifade edilmiştir.

Kategori 6: Küçük hız değerlerinde zaman gerekli bir kavramdır.

Aşağıdaki Tablo 5.14'te öğrencilerin Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin mutlak zaman kavramı ile ilgili sorularına, öğretim öncesinde ve öğretim sonrasında verdikleri Kategori 6 kapsamına giren yanıt kombinasyonları ve öğrenci sayıları yer almaktadır.

Tablo 5.14: Mutlak zaman kavramı için kategori 6 kapsamına giren yanıt kombinasyonları ve öğrenci sayıları.

Kategori 6 kapsamına giren yanıtlar	Yanıt Kombinasyonu	Öğretim Öncesi Yanıt Yüzdesi	Öğretim Sonrası Yanıt Yüzdesi
$\Delta t_2 > \Delta t_3 > \Delta t_1$ veya $\Delta t_1 > \Delta t_2 > \Delta t_3$ çünkü zaman gerekli (gözlemciden gözlemciye değişen) bir kavramdır.	KS: A-B-GS: B	10	18

Tablo 5.14 incelendiğinde, öğrencilerin öğretim sonrasında Kategori 6 türü yanıtlarının arttığı görülmektedir. Öğrencinin öğretim sonrasında Kategori 6 türündeki yanıtlarının artması bazı öğrencilerin ışık hızına yakın hızlar için zaman kavramının göreliliği olduğu bilgisini tüm hız değerlerine genelledikleri şeklinde yorumlanabilir. Fakat öğretim öncesinde ve öğretim sonrasında Özel Görelilik Kuramı Tanı Testinde yer alan seçenekleri işaretlemeyip kendi gerekçesini kendisi ifade eden öğrencilerin vermiş oldukları yanıtlarda ve öğrencilerle yapılan görüşmelerde Kategori 6 kapsamında değerlendirilebilecek bir yanıtla rastlanamamıştır.

5.1.2.5 Mutlak Zaman Kavram Sorusu için Doğru Gerekçe Sorusu için Yanlış Yanıtların Dağılımı

Aşağıda yer alan Tablo 5.15'te öğretim öncesi ve öğretim sonrası Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin mutlak zaman kavramı ile ilgili kavram sorusunu doğru ancak gerekçe sorusunu yanlış yanıtlayan öğrencilerin dağılımı yer almaktadır.

Tablo 5.15: Mutlak zaman kavramı ile ilgili kavram sorusu için doğru, gerekçe sorusu için yanlış yanıtların dağılımı.

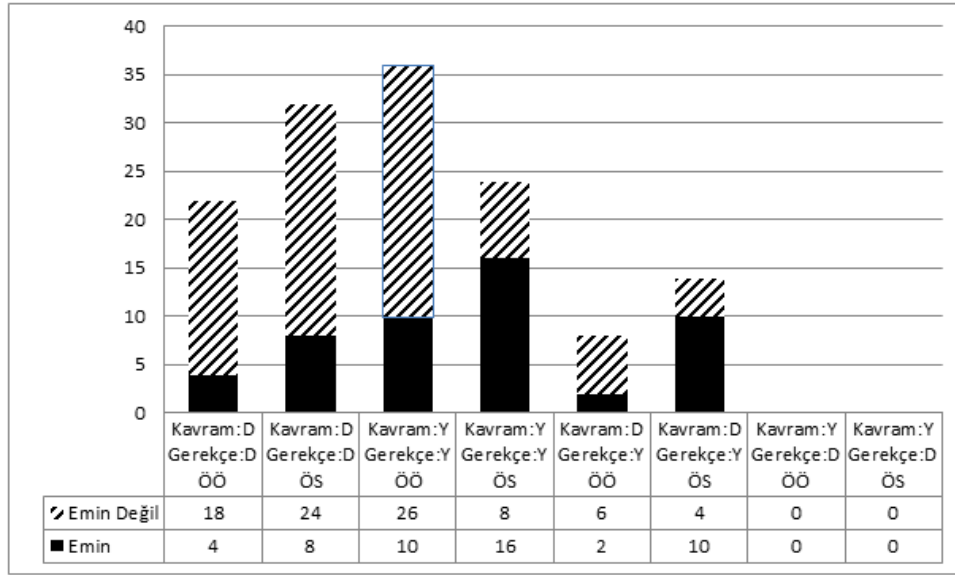
Mutlak zaman kavramı	Kavram Sorusu	Gerekçe Sorusu					
		Yanlış					
		Öğretim Öncesi Yanıt Yüzdesi		Toplam	Öğretim Sonrası Yanıt Yüzdesi		Toplam
Doğru	2	6	8	10	4	14	
	Emin	Emin Değil		Emin	Emin Değil		

Tablo 5.15'te sunulan veriler incelendiğinde genel olarak öğrencilerin öğretim sonrasında kavram sorusunu doğru fakat gerekçe sorusunu yanlış yanıtlama miktarlarının arttığı görülmektedir. Öğrencilerin kavram sorusunu doğru fakat gerekçe sorusunun yanlış yanıtlamaları, küçük hız değerleri ile hareket eden gözlem çerçeveleri için zaman ölçümlerinin değişmeyeceği bilgisine sahip olduklarını fakat bu düşüncelerini doğru gerekçelerle ifade edemediklerini göstermektedir. Öğretim öncesinde ve öğretim sonrasında bu yanıt kombinasyonlarının az işaretlenmesi kombinasyonlarının anlamlı bir bütün oluşturmamalarına bağlanabilir. Öğrencilerle yapılan görüşmelerde de yukarıda ifade edilen seçenek kombinasyonlarına uygun yanıtlara rastlanamamıştır.

5.1.2.6 Mutlak Zaman Kavramı ile ilgili Elde Edilen Bulguların Bütün Olarak Yorumlanması

Öğretim öncesi ve öğretim sonrasında Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin mutlak zaman kavramı ile ilgili kavram sorusunu yanlış ancak gerekçe sorusunu doğru yanıtlayan öğrencilere rastlanamamıştır.

Şekil 5.9'da öğrencilerin, öğretim öncesi ve öğretim sonrasında Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin mutlak zaman kavramı ile ilgili sorusuna verdikleri yanıtların dağılımı yer almaktadır.



Şekil 5.9: Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testi Mutlak Zaman Kavramı ile İlgili Bulgular.

Şekil 5.9’da yer alan veriler incelendiğinde, öğretim sonrasında DD (kavram ve gerekçe sorusunun doğru yanıtlanması) ve DY (kavram sorusunun doğru, gerekçe sorusunun yanlış yanıtlanması) yanıt yüzdelerinin artarken, YY (kavram ve gerekçe sorusunun yanlış yanıtlanması) yanıt yüzdelerinin azaldığı görülmektedir. Öğretim sonrasında DD yanıt yüzdelerinin artmasına paralel olarak YY yanıt yüzdelerinin azalması öğretim modelinin öğrencilerin mutlak zaman ile ilgili yanlış kavramlarının yerine doğru kavramların oluşmasında etkili olduğu göstermektedir. Öğrencilerin öğretim sonrasında DY yanıtlarının artması kavramsal açıdan olumlu bir durum olarak değerlendirilebilir çünkü bu çerçevede yanıt veren öğrenciler tüm gözlemcilerin aracın A-B noktalarını aynı sürede alacağını ifade etmiştir. Öğrencilerin bu çerçevedeki yanıtları içinde tutarlı bir kategori oluşturulamamıştır.

Tablo 5.16’da öğrencilerin, öğretim öncesi ve öğretim sonrasında tanı testinin mutlak zaman kavramı ile ilgili sorusuna verdikleri yanıtlara göre oluşan kategoriler ve dağılımları yer almaktadır.

Tablo 5.16 : Mutlak Zaman ile ilgili kategoriler ve dağılımları.

Kategorinin Bulunduğu Bölüm	Kategori	Öğretim Öncesi Yanıt Yüzdesi	Öğretim Sonrası Yanıt Yüzdesi	Değişim Yüzdesi
KS: Doğru GS: Doğru	Kategori 4: Küçük hız değerleri için zaman ölçümü, tüm eylemsiz referans sistemlerinde aynıdır.	22	32	10
KS: Yanlış GS: Yanlış	Kategori 5: Küçük hız değerleri için zaman kavramı gözlemcinin hızına ve hareket yönüne bağlı olarak değişir.	18	6	-6
	Kategori 6: Küçük hız değerleri için zaman gerekli bir kavramdır.	10	18	8

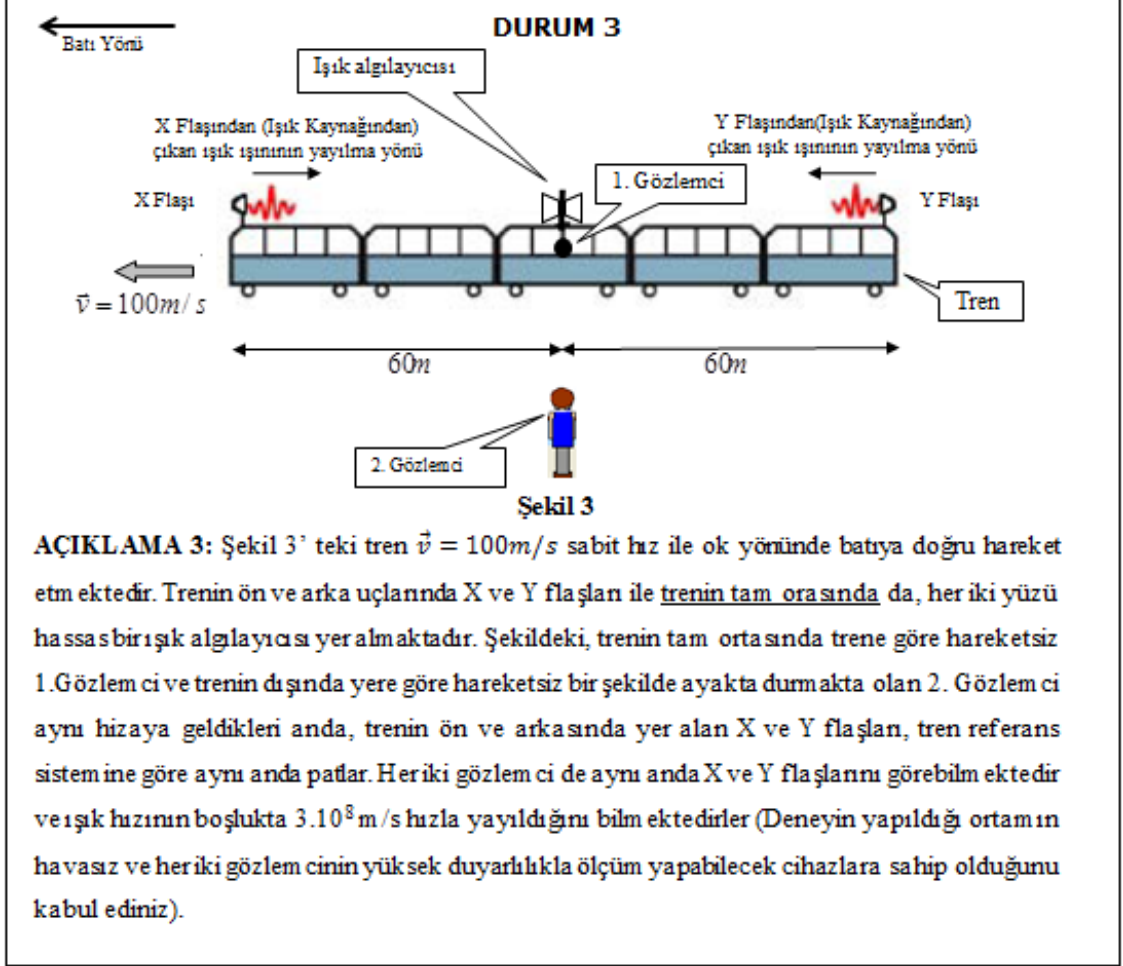
Tablo 5.16’da sunulan veriler incelendiğinde Kategori 4 ve Kategori 6 türü yanıtların öğretim sonrasında, öğretim öncesine göre arttığı görülmektedir. Buna ek Kategori 5 türü yanıtların azaldığı görülmektedir. Kategori 4 ve Kategori 5 türü yanıtlardaki değişime bakarak yapılan öğretimin öğrencilerin mutlak zaman ile ilgili kavramsal değişimlerine olumlu katkı sağladığı söylenebilir. Fakat öğretim sonrasında Kategori 6 türü yanıtların artması, öğretim sonrasında öğrencilerin bir bölümünün büyük hız değerleri için zaman kavramının referans sistemine göre farklılık göstermesini durumunu tüm hız değerlerine genelledikleri şeklinde yorumlanabilir. Öğretim modelinin özel görelilik kuramının öğretimi ile birlikte oluşmaya başlayan bu tür yanıtların oluşumunu engelleyecek şekilde yapılandırılması gerekebilir.

5.1.3 Eşanlık Kavramı ile İlgili Bulgular

Bu bölümde Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin ışık hızı kavramı ile ilgili oluşturulmuş durum, açıklama ve sorulara yer verilmiştir.

Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin Eşanlılık ile İlgili Sorusu

Şekil 5.10'da Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin ışık hızı kavramı ile ilgili oluşturulmuş durum ve açıklamaya yer verilmiştir.



Şekil 5.10: Özel görelilik kuramı-tanı testi eşanlılık kavramı ile ilgili durum.

Aşağıda öğrencilerin yukarıda ifade edilen durum ve açıklamaya göre yanıtlanması istenilen sorular yer almaktadır.

Özel Görelilik Kuramı Tanı Testi Eşanlılık Kavramı A Grubu Soruları

Aşağıda Tanı Testinin eşanlılık kavramı ile ilgili kavram, gerekçe ve emin olup olmama durumu ile ilgili A grubu soruları yer almaktadır.

1. Şekil 4'teki 1. gözlemci X ve Y flaşından çıkan ışınların algılayıcıya ulaşma anları için ne söyler?
A) Her iki ışık kaynağından çıkan ışık, algılayıcıya aynı anda ulaşır. B) X ışık kaynağından çıkan ışık algılayıcıya daha önce ulaşır. C) Y ışık kaynağından çıkan ışık algılayıcıya daha önce ulaşır.
2. Aşağıdaki açıklamalardan hangisi yukarıda yer alan 1. soruya yönelik vermiş olduğunuz yanıtı en iyi açıklar?
A) Çünkü trenin hızının sayısal değeri, ışık hızının sayısal değeri ile kıyaslandığında çok küçük olduğundan X ve Y flaşından çıkan ışınların hızlarının sayısal değerindeki değişim ihmal edilir. B) Çünkü gözlemci ve ışık algılayıcısı trenle birlikte batı yönünde hareket eder. C) Çünkü trenin hızı X ve Y kaynaklarından çıkan ışınların hızlarının sayısal değerini etkilemez. D) Çünkü boşluğu dolduran bir madde ışık hızını etkiler. E) Diğer (yazınız):.....
3. Üstte yer alan 1. ve 2. soruya yönelik vermiş olduğunuz yanıtlardan emin misiniz?
A) Eminim B) Emin değilim.

Özel Görelilik Kuramı Tanı Testi Eşanlılık kavramı B grubu soruları

Aşağıda Tanı Testinin eşanlılık kavramı ile ilgili kavram, gerekçe ve emin olup olmama durumu ile ilgili B grubu soruları yer almaktadır.

1. Şekil 4'teki 2. gözlemci X ve Y flaşından çıkan ışınların algılayıcıya ulaşma anları için ne söyler?
A) Her iki ışık kaynağından çıkan ışık algılayıcıya aynı anda ulaşır. B) X ışık kaynağından çıkan ışık algılayıcıya daha önce ulaşır. C) Y ışık kaynağından çıkan ışık algılayıcıya daha önce ulaşır.
2. Aşağıdaki açıklamalardan hangisi yukarıda yer alan 1. soruya yönelik vermiş olduğunuz yanıtı en iyi açıklar?
A) Çünkü trenin hızının sayısal değeri, ışık hızının sayısal değeri ile kıyaslandığında trenin hızı çok küçük olduğundan X ve Y flaşından çıkan ışınların hızlarının mutlak değerindeki değişim ihmal edilir. B) Çünkü 2. Gözlemci durgundur. C) Çünkü trenin hızının etkisi ile X ve Y kaynaklarından çıkan ışınların hızlarının sayısal değeri birbirinden farklıdır. D) Çünkü 2. Gözlemci trenin hızından dolayı Y flaşının, X flaşından önce patladığını görür. E)Diğer (yazınız).....
3. Üstte yer alan 1. ve 2. soruya yönelik vermiş olduğunuz yanıtlardan emin misiniz?
A) Eminim. B) Emin değilim.

Aşağıda öğrencilerin Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin eşanlılık kavramı ile ilgili sorusuna vermiş olduğu yanıtlarla ilgili bulgulara yer verilmiştir.

5.1.3.1 Eşanlılık Kavram ve Gerekçe Sorusu için Doğru Yanıtların Dağılımı

Tablo 5.17'de, Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin eşanlılık kavramı ile ilgili A ve B grubunda yer alan kavram ve gerekçe sorusunu doğru yapan öğrencilerin, öğretim öncesi ve öğretim sonrası yanıt dağılımı görülmektedir.

Tablo 5.17: Eşanlılık ile ilgili kavram ve gerekçe sorusu için doğru yanıtların dağılımı.

Eşanlılık kavramı	Kavram Sorusu Yanıt Türü	Gerekçe Sorusu Yanıt Türü					
		Doğru					
		Öğretim Öncesi Yanıt Yüzdesi		Toplam	Öğretim Sonrası Yanıt Yüzdesi		Toplam
A Grubu	Doğru	4	20	24	32	6	38
		Emin	Emin Değil		Emin	Emin Değil	
B Grubu		0	2	2	30	2	32
		Emin	Emin Değil		Emin	Emin Değil	
Ortalama Yanıt Yüzdesi		2	11	13	31	4	35

Tablo 5.17 incelendiğinde öğrencilerin öğretim sonrasında eşanlılık ile ilgili olan A ve B grubu sorulara verdikleri doğru yanıtların, öğretim öncesine göre artmış olduğu görülmektedir. A ve B grubu sorular için doğru yanıtlardaki bu artış aynı oranda değildir. Testte yer alan A grubu sorularda hareketli gözlemci (trenin içindeki gözlemci) için trenin ön ve arkasında yer alan ve tren referans sistemine göre aynı anda patlayan flaşlardan çıkan ışınların, trenin ortasında yer alan ışık algılayıcısına ulaşma anları sorulmaktadır. B grubu sorularda ise durgun gözlemci (trenin dışındaki gözlemci) için flaşlardan çıkan ışınların ışık algılayıcısına ulaşma anları sorulmaktadır. Öğretim öncesinde öğrencilerin A grubu soruları doğru yanıtlama oranı yüksek iken B grubu soruları doğru yanıtlama oranları çok düşüktür. Bu sonuçlara bakılarak öğrencilerin öğretim öncesinde durgun gözlemci için eşanlılık kavramı ile ilgili soruyu yanıtlamada daha fazla güçlük çektikleri söylenebilir. Bununla birlikte öğrencilerin öğretim öncesinde B grubu soruların doğru yanıtlanma oranı çok düşükken öğretim sonrasında bu oranın yüksek olması dikkat çekicidir. Öğrencilerin doğru yanıtlarındaki bu artış yapılan öğretimin öğrencilerin eşanlılık kavramını doğru yapılandırmasında etkili olduğunu göstermektedir. Aşağıda bu yanıt çerçevesi içinde yer alan Kategori 7 ifade edilmiştir.

5.1.3.2 Kavram ve Gerekçe Sorusunun Doğru Yanıtlandığı Çerçeve Yanıt Kategorisi

Aşağıda kavram ve gerekçe sorularının doğru yapılmasına karşılık gelen kategori yer almaktadır.

Kategori 7 ile ilgili Bulgular

Kategori 7, Tablo 5.17’de yer alan kavram ve gerekçe sorularının doğru işaretlenmesi durumu içinde yer almaktadır. Kategori 7 ışık hızı kavramı ile ilgili doğru bilgiyi içermektedir. Aşağıda bu kategoriye ait açıklamalar ve bulgular sunulmaktadır.

Kategori 7: Bir gözlemciye göre aynı anda (eşanlı) olan iki olay bir başka gözlemciye göre aynı anda meydana gelmeyebilir.

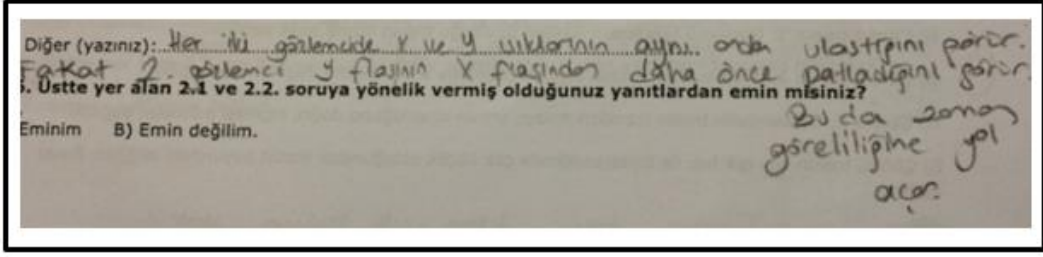
Kategori 7 için yanıt kombinasyonları şu şekildedir:

- **Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testi’nde A grubu sorular da kavram sorusu için A, gerekçe sorusu için C seçeneğini işaretlenmesi:** 1. Gözlemci için her iki ışık kaynağından çıkan ışık, algılayıcıya aynı anda ulaşır. Çünkü trenin hızı X ve Y kaynaklarından çıkan ışınların hızlarının sayısal değerini etkilemez.
- **Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testi’nde B grubu sorular da kavram soru için A, gerekçe sorusu için D seçeneğini işaretlemesi:** Her iki ışık kaynağından çıkan ışık, algılayıcıya aynı anda ulaşır. Çünkü 2. Gözlemci (trenin dışındaki gözlemci) trenin hızından dolayı Y flaşının, X flaşından önce patladığını görür.

Tablo 5.17’de yer alan doğru yanıtlar, yukarıda ifade edilen yanıt kombinasyonlarının işaretlenmesi ile oluşmuştur. Tablo 5.17’deki yanıtlar incelendiğinde öğretim sonrasında Kategori 7 kapsamına giren yanıtların arttığı görülmektedir.

Kategori 7 ile ilgili Açık Uçlu Veriler

Aşağıda kavram sorusunun gerekçesini kendisi ifade eden (gerekçe sorusu için diğer seçenekleri işaretlemeyip e şikkını işaretleyen) bir öğrencinin yanıtı yer almaktadır.



Şekil 5.11: Eşanlılık ile ilgili doğru yanıt örneği.

Öğrencinin, Şekil 5.11’de yer alan açıklamalarına göre, eşanlılık kavramı ile ilgili soruda yer alan biri hareketli diğeri durgun iki gözlemci için aynı fiziksel olay (ışınların ışık algılayıcısına ulaşış ulaşmamaları) farklı gözlemlemez.

Kategori 7 ile İlgili Nitel Bulgular

Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testine dışında öğretim öncesinde ve öğretim sonrasında sekiz öğrenci ile EK 4.1’de yer alan görüşme formundan yararlanılarak görüşmeler yapılmıştır. Eşanlılık kavramının öğretimi sırasında tren paradoksu düşünce deneyi olarak kullanıldığından, öğretim sonrasındaki görüşmelerde öğrencilere öğretim öncesinde yöneltilen sorudan farklı bir soru yöneltilmiştir.

Aşağıda bu öğrencilerden birinin öğretim öncesi ve öğretim sonrasında yapılan görüşmelerde yöneltilen sorulara verdiği yanıtlar yer almaktadır.

A: Şekildeki uzay gemisinin A ve D noktalarında flaşlar yer almaktadır. Uzay mekiğinin tam ortasında ise bir gözlemci vardır. A ve D noktalarındaki flaşlar uzay mekiği sistemine göre aynı anda patlamaktadır. Işık hızının %80’ni hızla ilerleyen uzay mekiğinin tam orasındaki gözlemci ve durgun gözlemciye göre flaşların patlama anları için ne söylenebilir?

Ö8: Birinciye (Durgun gözlemciyi ifade ediyor) için aynı anda patlar. Diğesine (Hareketli gözlemciyi ifade ediyor) D flaşının daha önce patladığını görür.

A: Neden?

Ö8: Flaşa doğru hareket ettiği için daha yakın olacak.

Aşağıda yukarıda görüşlerine yer verilen öğrencinin öğretim sonrası yapılan görüşmelerde eşanlılık kavramı ile ilgili soruya vermiş olduğu yanıtlar yer almaktadır.

A: Öğrenci yarı yapılandırılmış görüşme formundaki soruyu okuduktan sonra araştırmacı soruyu öğrenciye açıklamaktadır: Şekildeki durgun uzay mekiğinin A ve D noktalarında flaşlar yer almaktadır. Şekildeki uzay mekiğindeki orta ucunda bir gözlemci yer almaktadır. A ve D noktalarındaki flaşlar uzay mekiği sistemine göre anda patlamaktadır. Işık hızının %80'ni hızla ilerleyen bir başka uzay mekiğinin içindeki gözlemci ve durgun gözlemciye göre flaşların patlama anları ve ışınların kaynaklara ulaşma anları için ne söylenebilir?

Ö8: Durgun gözlemciye göre aynı anda patlar ama diğeri ışık kaynaklarının da hareket ettiğini gördüğü için birinin daha erken patlayacağını görür.

A: Bu durumda hangisi daha önce patlar?

Ö8: A en erken patlar sonra D

A: Neden?

Ö8: Dersteki tren paradoksunda böyle bir durum hatırlıyorum. İki gözlemciye aynı sonuca ulaşıyordu. Fakat biri Y flaşının daha önce patladığını görüyordu. Aynı andalık kavramının göreceli olduğu anlamına geliyordu.

Yukarıda görüşlerine yer verilen öğrenci, öğretim öncesinde ve öğretim sonrasında durgun gözlemci için flaşların aynı anda patlayacağını, hareketli gözlemci için ise farklı anlarda patlayacağını ifade etmiştir. Fakat öğrencinin öğretim öncesinde ve öğretim sonrasında D flaşının daha önce patlamasının nedenlerini ışık hızının gözlemcinin ve kaynağın hızından bağımsız olarak sabit olduğu bilgisi ile ilişkilendirerek açıklamadığı görülmüştür.

5.1.3.3 Eşanlılık Kavram ve Gerekçe Sorusu için Yanlış Yanıtların Dağılımı

Tablo 5.18’de Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin eşanlılık kavramı ile ilgili A ve B grubunda yer alan hem kavram ve hem de gerekçe sorusunu yanlış yapan öğrencilerin öğretim öncesi ve öğretim sonrası yanıtlarının dağılımı görülmektedir.

Tablo 5.18: Eşanlılık ile ilgili kavram sorusu ve gerekçe sorusu için yanlış yanıtların dağılımı.

Eşanlılık Kavramı	Kavram Sorusu Yanıt Türü	Gerekçe Sorusu Yanıt Türü					
		Yanlış					
		Öğretim Öncesi Yanıt Yüzdesi		Toplam	Öğretim Sonrası Yanıt Yüzdesi		Toplam
A Grubu	Yanlış	4	10	14	2	0	2
		Emin	Emin Değil		Emin	Emin Değil	
B Grubu	Yanlış	10	26	36	12	6	18
		Emin	Emin Değil		Emin	Emin Değil	
Ortalama Yanıt Yüzdesi		7	18	25	7	3	10

Tablo 5.18 incelendiğinde öğretim sonrasında eşanlılık kavramına yönelik verilen yanlış yanıtların, öğretim öncesine göre belirgin bir şekilde azaldığı görülmektedir. Öğrencilerin eşanlılık kavramı ile ilgili öğretim öncesinde ifade ettiği yanlış yanıtların öğretim sonrasında azalması bununla birlikte doğru yanıtların artması kavramsal değişim açısından olumlu bir durum olarak yorumlanabilir.

5.1.3.4 Kavram ve Gerekçe Sorusunun Yanlış Yanıtlandığı Çerçeve Yanıt Kategorisi

Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testi kavram ve gerekçe sorularına verilen belirli yanıt kombinasyonları belirli kategorileri ifade etmektedir. Kategori 2, Tablo 5.18’de

yer alan kavram ve gerekçe sorularının yanlış işaretlenmesi durumu içinde yer almaktadır. Kategori 2 ışık hızı kavramı ile ilgili bulguların açıklandığı bölümde de yer aldığından yeni bir isimle tanımlanmamıştır.

Kategori 2 ile ilgili Bulgular

Aşağıdaki Tablo 5.19’da öğrencilerin Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin eşanlılık kavramı ile ilgili sorularına öğretim öncesinde ve öğretim sonrasında verdikleri Kategori 2 kapsamına giren yanıt kombinasyonları ve öğrenci sayıları yer almaktadır.

Tablo 5.19: Eşanlılık için kategori 2 kapsamına giren yanıt kombinasyonları ve öğrenci yüzdeleri.

Kategori 2 kapsamına giren yanıtlar	Soru Grubu	Yanıt Kombinasyonu	Öğretim Öncesi	Öğretim Sonrası
X/Y ışık kaynağından çıkan ışık algılayıcıya daha çabuk ulaşır. Çünkü gözlemci ve ışık algılayıcısı trenle birlikte batı yönünde hareket eder.	A	KS: B/C-GS:B	8	0
X/Y ışık kaynağından çıkan ışık algılayıcıya daha çabuk ulaşır. Çünkü trenin hızının etkisi ile X ve Y kaynaklarından çıkan ışınların hızlarının sayısal değeri birbirinden farklıdır.	B	KS: B/C-GS: C	20	8
Ortalama Yanıt Yüzdesi			14	4

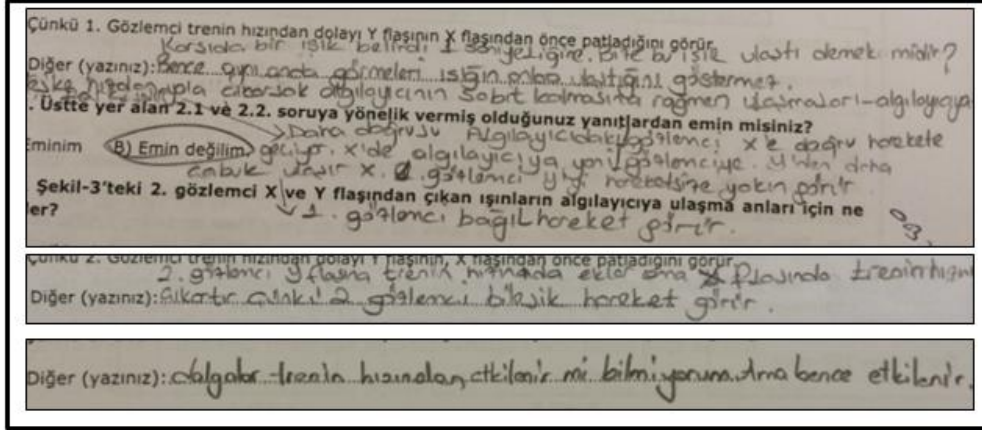
Tablo 5.19 incelendiğinde öğrencilerin A ve B grubu sorularını yanıtlarken Galileo dönüşüm denklemlerini kullandıkları görülmektedir. Tablo 5.19’da görüldüğü gibi öğrencilerin öğretim sonrasında Kategori 2 kapsamındaki yanıtlarında azalma olmuştur. Bu durum yapılan öğretimin ışık hızı ile ilgili kavramsal öğrenmede etkili olduğunu göstermektedir.

Kategori 2 İle İlgili Nitel Bulgular

Aşağıda Özel Görelilik Kuramı Tanı Testinin gerekçe sorusu için belirli bir seçeneği işaretleyip kendi görüşlerini yazılı olarak açıklayan ve herhangi bir seçeneği

işaretlemeyip e şikkını işaretleyen (kendi gerekçesini kendisi açıklayan) öğrencilerin ifadeleri yer almaktadır.

Şekil 5.12’de öğrencilerin kendi ifadeleri ile vermiş oldukları kategori 2’ye uygun olan yanıtlar yer almaktadır.



Şekil 5.12: Eşanlılık kavramı ile ilgili klasik yanıtlar.

Şekil 5.12 incelendiğinde, öğretim öncesinde Kategori 2 yanıt türüne uygun yanıt kombinasyonlarını işaretlemeyen bunun yerine kendi gerekçesini yazılı olarak açıklayan öğrencilerin, Kategori 2 yanıt türüne uygun ifadeler kullandıkları görülmektedir. Şekil 5.12’deki öğrenci yanıtlarından anlaşılacağı gibi bu öğrenciler kaynağın (trenin) hızının ışık hızını etkilediğini düşünmektedirler. Eşanlılık kavramı ile ilgili açıklamalarını bu bilgiye dayandırmaktadır. Bu yanıtlar eşanlılık kavramının doğru yapılandırılabilmesi için ışık hızı kavramı doğru yapılandırılmasının ön koşul olduğunu göstermektedir.

5.1.3.5 Eşanlılık Kavram Sorusu için Doğru Gerekçe Sorusu için Yanlış Yanıtların Dağılımı

Tablo 5.20’de Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin öğretim öncesi ve öğretim sonrasında eşanlılık ile ilgili kavram sorusunu doğru gerekçe sorusunu yanlış yanıtlayan öğrencilerin dağılımı yer almaktadır.

Tablo 5.20: Eşanlılık ile ilgili kavram sorusu için doğru gerekçe sorusu için yanlış yanıtların dağılımı.

Eşanlılık kavramı	Kavram Sorusu Yanıt Türü	Gerekçe Sorusu Yanıt Türü					
		Yanlış					
		Öğretim Öncesi Yanıt Yüzdesi		Toplam	Öğretim Sonrası Yanıt Yüzdesi		Toplam
A Grubu	Doğru	22	24	46	38	16	54
		Emin	Emin Değil		Emin	Emin Değil	
B Grubu		8	24	32	28	8	36
		Emin	Emin Değil		Emin	Emin Değil	
Ortalama Yanıt Yüzdesi		15	24	39	33	12	45

Tablo 5.20’de yer alan veriler incelendiğinde öğrencilerin öğretim sonrasında kavram sorusunu doğru gerekçe sorusunu yanlış yanıtlama miktarlarının arttığı görülmektedir. Öğretim sonrasında A grubu sorular için bu seçenek kombinasyonunun işaretlenme miktarı B grubu sorulara göre daha fazla artmıştır. Bu öğrencilerin kavram sorusunu doğru yanıtlaması bir fiziksel olayın her iki gözlemci için aynı şekilde değerlendirileceği (örneğin bir gözlemci bir bombanın patladığını görüyorsa aynı olayı gözlemleyen bir başka gözlemci de bu bombanın patladığını görür) bilgisine sahip olduklarını göstermektedir. Fakat öğrencilerin gerekçe sorusunun yanlış yanıtlanması, bir gözlemciye göre eşanlı olan bir fiziksel durumun bir başka gözlemciye göre eşanlı olmayacağı bilgisine sahip olmadıkları şeklinde yorumlanabilir. Bu çerçevedeki görüşlerin anlamlandırılabilmesi için bu çerçevedeki kategorileri incelemek gerekmektedir.

5.1.3.6 Kavram Sorusunun Doğru Gerekçe Sorusunun Yanlış Yanıtlandığı Yanıt Kategorileri

Bu bölümde kavram sorusunun doğru gerekçe sorusunun yanlış yapıldığı yanıt kategorisi ifade edilmiştir.

Kategori 8 ile ilgili Bulgular

Aşağıda açıklanan Kategori 8, kavram sorusunun doğru, gerekçe sorularının yanlış işaretlenmesi durumu içinde yer almaktadır. Aşağıda bu kategoriye ait açıklamalar ve bulgular sunulmaktadır.

Kategori 8: Işık hızı kaynağın hızından etkilenir. Fakat ihmal edilir.

Tablo 5.21’de öğrencilerin Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin eşanlılık kavramı ile ilgili sorularına öğretim öncesinde ve öğretim sonrasında verdikleri Kategori 8 kapsamına giren yanıt kombinasyonları ve öğrenci sayıları yer almaktadır.

Tablo 5.21: Eşanlılık için kategori 8 kapsamına giren yanıt kombinasyonları ve öğrenci sayıları.

Kategori 8 kapsamına giren yanıt	Soru Grubu	Yanıt Kombinasyonu	Öğretim Öncesi	Öğretim Sonrası
Her iki ışık kaynağından çıkan ışık algılayıcıya aynı anda ulaşır. Çünkü trenin hızının sayısal değeri, ışık hızının sayısal değeri ile kıyaslandığında çok küçük olduğundan X ve Y flaşından çıkan ışınların hızlarının mutlak değerindeki değişim ihmal edilir.	A	KS: A- GS:A	16	8
	B		32	30
Ortalama Yanıt Yüzdesi			24	19

Tablo 5.21 incelendiğinde, öğrencilerin öğretim sonrasında Kategori 8 kapsamındaki yanıtlarında bir azalma olduğu görülmektedir. Öğrencilerin öğretim öncesinde ve öğretim sonrasında daha çok durgun gözlemci için bu kategoriye uygun yanıt vermeleri dikkat çekicidir. Kategori 8’a uygun yanıt veren bu öğrenciler, yüksek hızlarda kaynağın hızının ışık hızını etkileyeceğini düşünmektedirler. Bu yanıtlara göre öğrenciler kaynağın hızının ışık hızını, durgun gözlemci için hareketli gözlemciye göre daha fazla etkileyeceğini düşünmektedirler. Öğretim sonrasında

durgun gözlemci için bu oranın yüksek olması ise bu düşüncenin değişime dirençli bir düşünce olduğunu göstermektedir.

Kategori 8 ile İlgili Görüşme Verileri

Öğrencilerle yapılan görüşmelerde ise öğretim öncesinde iki öğrenci bu kategoriye uygun yanıtlar vermişlerdir. Öğretim sonrasında hiçbir öğrenci bu kategoriye uygun yanıt vermemiştir.

Görüşme yapılan öğrencinin öğretim öncesindeki görüşleri aşağıda yer almaktadır.

A: Öğrenci yarı yapılandırılmış görüşme formundaki soruyu okuduktan sonra araştırmacı soruyu öğrenciye açıklamaktadır: Şekildeki trenin X ve Y noktalarında flaşlar yer almaktadır. Gözlemci trenin ortasında yer almaktadır. Flaşlar tren referans sistemin göre aynı anda patlamaktadır. Her iki gözlemciye göre flaşların patlama anları için neler söyleyebilirsiniz.

Ö1:Durgun olan gözlemci aynı anda görür.

A: Diğeri

Ö1:Aynı anda. Çünkü ışık hızında bir değişme olmaz. Gözlemcide ileri geri hareket etmiyor.

A: Hareket etseydi etkilenir miydi?

Ö1: Bence etkilemez ışık hızı çok büyük bir hız ya ihmal edilebilir.

Görüşme yapılan bu öğrencinin öğretim sonrasındaki görüşleri aşağıdaki gibidir:

A: Öğrenci yarı yapılandırılmış görüşme formundaki soruyu okuduktan sonra araştırmacı soruyu öğrenciye açıklamaktadır: Şekildeki çubuğun A ve D noktalarında flaşlar yer almaktadır. Şekildeki uzay mekiğindeki ortasında bir gözlemci yer almaktadır. A ve D noktalarındaki flaşlar çubuk sistemine göre aynı anda patlamaktadır. Işık hızının %80'ni hızla ilerleyen uzay mekiğinin tam orasındaki

gözlemci ve çubuğun tam ortasındaki durgun gözlemciye göre flaşların patlama anları için ne söylenebilir?

Ö1: Bence hepsi aynı görür çünkü bu zaten içinde bu da durgun sabit hızlı gitmesi ile durması arasında bir fark olmaz demiştik. Ama şu biraz şey...oda sabit hızla gittiği için etkilenmez.

A: Biraz daha açık ifade edebilir misin?

Ö1: Eylemsiz referans sistemine göre yaparız. Fizik yasaları değişmiyordu. Gözlem sonucu değişmez.

Yukarıda yarı yapılandırılmış görüşme yapılan öğrencinin öğretim öncesi ve öğretim sonrası görüşlerine yer verilmiştir. Öğretim öncesinde Kategori 6 türünde yanıt veren bu öğrencinin öğretim sonrasında her iki gözlemcinin eylemsiz referans sistemi olmasından dolayı aynı ölçüm sonucuna ulaşacağını ifade ettiği görülmektedir. Öğretim öncesinde bu öğrencinin ışık hızının kaynağın hızına bağlı olarak değişen bir büyüklük olduğunu düşündüğü fakat ışık hızının çok yüksek bir hız değerine sahip olmasından dolayı trenin hızının ihmal edileceğini ifade ettiği görülmektedir. Öğretim sonrasında ise bu öğrencinin görüşleri değişmiştir. Öğrenci eylemsiz referans sistemlerinde fizik yasalarının aynı olması bilgisini genelleyerek hareketli gözlemci için flaşların aynı anda patlaması gerektiğini ifade ettiği görülmektedir.

5.1.3.7 Eşanlılık Kavram Sorusu için Yanlış Gerekçe Sorusu için Doğru Yanıtların Dağılımı

Tablo 5.22’de Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testi’nin eşanlılık kavramı ile ilgili A ve B grubunda yer alan, kavram sorusunu yanlış ve gerekçe sorusunu doğru yapan öğrencilerin öğretim öncesi ve öğretim sonrası yanıtlarının dağılımı görülmektedir.

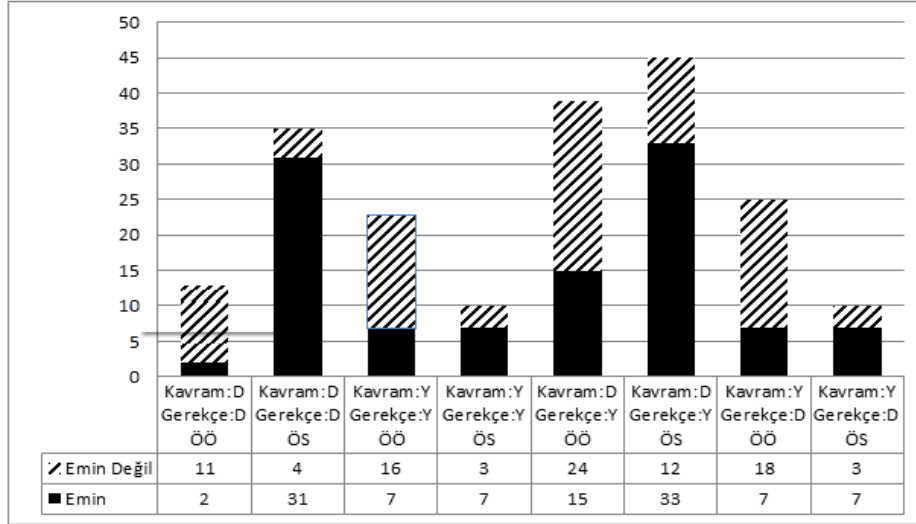
Tablo 5.22: Eşanlılık ile ilgili kavram ve gerekçe sorusu yanlış yanıtların dağılımı.

Eşanlılık Kavram	Kavram Sorusu Yanıt Türü	Gerekçe Sorusu Yanıt Türü					
		Yanlış					
		Öğretim Öncesi Yanıt Yüzdesi		Toplam	Öğretim Sonrası Yanıt Yüzdesi		Toplam
A Grubu	Yanlış	4	12	16	2	0	2
		Emin	Emin Değil		Emin	Emin Değil	
B Grubu		10	24	34	12	6	18
		Emin	Emin Değil		Emin	Emin Değil	
Ortalama Yanıt Yüzdesi		7	16	25	7	3	10

Tablo 5.22’de öğretim öncesi ve öğretim sonrası kavram ve gerekçe sorusunu yanlış yanıtlayan öğrenci yüzdeleri yer almaktadır. Tablo 5.22 incelendiğinde öğretim sonrasında bu çerçevedeki yanıtların azaldığı görülmektedir.

5.1.3.8 Eşanlılık Kavramı ile ilgili Elde Edilen Bulguların Bütün Olarak Yorumlanması

Şekil 5.13’te öğrencilerin, öğretim öncesi ve öğretim sonrasında Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin mutlak zaman kavramı ile ilgili sorusuna verdikleri yanıtların dağılımı yer almaktadır.



Şekil 5.13: Özel görelilik kuramı-tanı testi eşanlılık kavramı ile ilgili bulgular.

Şekil 5.13'te sunulan veriler incelendiğinde, öğretim sonrasında DD (kavram ve gerekçe sorusunun doğru yanıtlanması) ve DY (kavram sorusunun doğru, gerekçe sorusunun yanlış yanıtlanması) yanıt yüzdelerinin artarken, YY (kavram ve gerekçe sorusunun yanlış yanıtlanması) ve YD yanıt yüzdelerinin azaldığı görülmektedir. Öğretim sonrasında DD yanıt yüzdelerinin artmasına paralel olarak YY yanıt yüzdelerinin azalması öğretim modelinin öğrencilerin eşanlılık ile ilgili yanlış kavramlarının yerine doğru kavramların oluşmasında etkili olduğu göstermektedir. Öğrencilerin öğretim sonrasında DY yanıtlarının artması kavram sorusunu doğru yapmaları açısından olumlu bir durum olarak değerlendirilebilir. Fakat öğrencilerin yanıtlarının altında yatan nedenleri belirleyebilmek için bu çerçevedeki anlamlı yanıt kombinasyonlarını yani kategorileri incelemek gerekir.

Öğrencilerin öğretim sonrasında tüm yanıt çerçevelerinde öğrencilerin emin olma oranlarının arttığı görülmektedir. Fakat bu artış en fazla DD ve DY yanıtlarda görülmektedir. Özellikle öğrencilerin büyük bölümünün DD yanıtlarından emin olması öğretim modelinde bu kavramın öğretimi için yapılan etkinliklerin kavramın doğru öğrenilmesinde katkısı olduğu söylenebilir. YY ve YD yanıtlardaki emin olma oranlarındaki artış ise yapılan öğretim bu çerçevedeki kavramları güçlendirdiği şeklinde yorumlanabilir. Öğretim öncesinde eşanlılık ile ilgili yanlış kavramını koruyan veya öğretim sonunda yanlış kavram oluşturan öğrencilerin yanlış

kavramlarından daha fazla emin olduklarını göstermektedir. Bu durum yapılan öğretimin dirençli yanlış kavramları güçlendirebileceği şeklinde yorumlanabilir.

Tablo 5.23’da öğrencilerin, öğretim öncesi ve öğretim sonrasında tanı testinin eşanlılık kavramı ile ilgili sorusuna verdikleri yanıtlara göre oluşan kategoriler ve dağılımları yer almaktadır.

Tablo 5.23: Eşanlılık ile ilgili kategoriler ve dağılımları.

Kategorinin Bulunduğu Bölüm	Kategoriler	Öğretim Öncesi Yanıt Yüzdesi	Öğretim Sonrası Yanıt Yüzdesi	Değişim Yüzdesi
KS: Doğru GS: Doğru	Kategori 7: Bir gözlemciye göre aynı anda (eşanlı) olan iki olay bir başka gözlemciye göre aynı anda meydana gelmeyebilir.	13	35	22
KS: Yanlış GS: Yanlış	Kategori 2: Işık hızı kaynağın ve/veya gözlemcinin hızından etkilenir.	14	4	-12
KS: Doğru GS: Yanlış	Kategori 8: Işık hızı kaynağın hızından etkilenir. Fakat ihmal edilir.	14	19	5

Tablo 5.23’te sunulan veriler incelendiğinde Kategori 7 ve Kategori 8 türü yanıtların öğretim sonrasında, öğretim öncesine göre arttığı Kategori 2 türü yanıtların ise azaldığı görülmektedir. Kategori 7 yanıt türündeki artışa ile kategori 2 yanıt türündeki azalışa bakılarak yapılan öğretimin öğrencilerin eşanlılık ile ilgili kavramlarına olumlu katkı sağladığı söylenebilir. Kategori 8 yanıt türü incelendiğinde hibrit bir yanıt olduğu söylenebilir. Bu yanıt türünde öğrenci ışık hızının kaynağın hızından bağımsız olması durumunu öğrenmiştir fakat bu durumun kaynağın hızının ihmal edilmesine bağladığı görülmüştür. Öğretim sonrasında Kategori 8 türü yanıtların artması öğretim modelin hibrit yanıtlar oluşmasında etkili olduğu şeklinde yorumlanabilir. Bu sonuçlar göz önünde bulundurularak öğretim

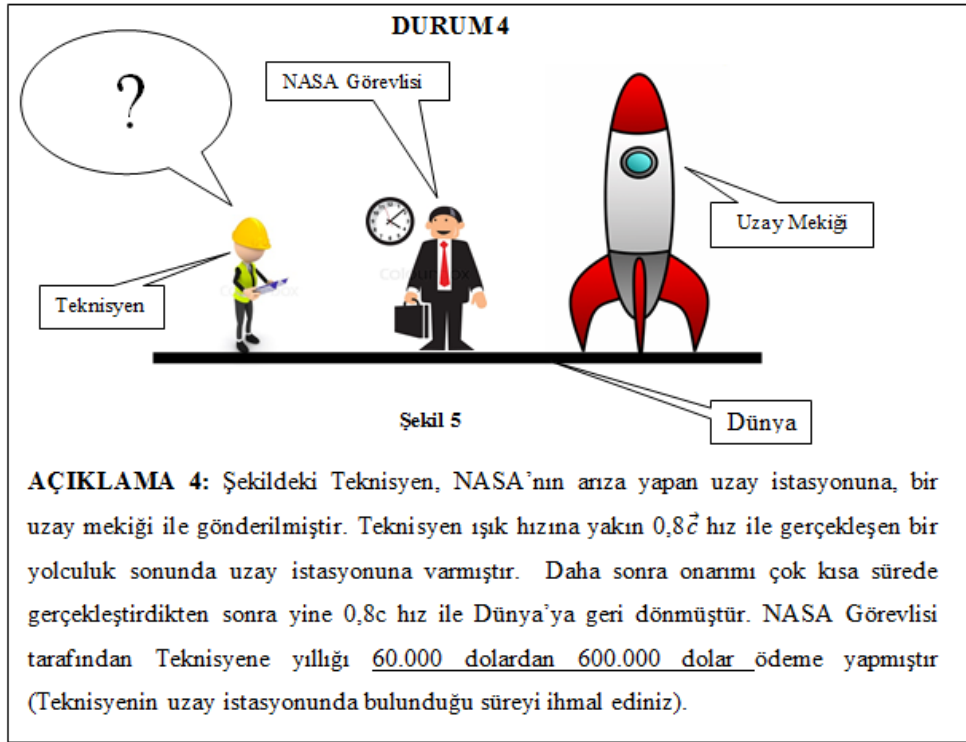
modelinin hibrit yanıtları bir basamak olarak ele alıp öğretim sırasında oluşabilecek bu tür yanıtları giderecek etkinliklerle güçlendirilmesi gerektiği savunulabilir.

5.1.4 Görelî Zaman Kavramı ile İlgili Bulgular

Aşağıda Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin ışık hızı kavramı ile ilgili oluşturulmuş durum, açıklama ve sorulara yer verilmiştir.

Özel Görelî Kuramı-Tanı Testinin Görelî Zaman İle İlgili Sorusu

Şekil 5.14'te Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin ışık hızı kavramı ile ilgili oluşturulmuş durum ve açıklamaya yer verilmiştir.



Şekil 5.14: Özel görelilik kuramı-tanı testi görelî zaman kavramı ile ilgili durum.

Aşağıda öğrencilerin yukarıda ifade edilen durum ve açıklamaya uygun olarak yanıtlaması istenilen A ve B grubu sorular yer almaktadır.

Özel Görelilik Kuramı Tanı Testi Görelî Zaman Kavramı A Grubu Soruları

Aşağıda Tanı Testinin zaman kavramı ile ilgili kavram, gerekçe ve emin olup olmama durumu ile ilgili A grubu soruları yer almaktadır.

1. Teknisyenin, ödeme zarfını açtığında ödeme miktarına bakarak tepkisi ne olmuştur?
A) Ödeme miktarını az bulmuştur. B) Ödeme miktarı beklediği gibidir. C) Ödeme miktarını fazla bulmuştur.
2. Aşağıdaki açıklamalardan hangisi yukarıda yer alan 1. Soruya yönelik vermiş olduğunuz yanıtı en iyi açıklar?
A) Çünkü Teknisyen'e göre uzay mekiğindeki bir saat, Dünya'daki özdeş durgun bir saatten daha hızlı çalışır. B) Çünkü uzaydaki zaman kavramı ile Dünya'daki zaman kavramı birbirinden farklıdır. C) Çünkü NASA Görevlisine göre uzay mekiğindeki saat, Dünya'daki özdeş durgun bir saatten daha yavaş çalışır. D) Çünkü Teknisyen'e göre uzay mekiğindeki saat, Dünya'daki özdeş durgun bir saatten daha yavaş çalışır. E) Diğer(Yazınız).....
3. Üstte yer alan 1. ve 2. soruya yönelik vermiş olduğunuz yanıtlardan emin misiniz?
A) Eminim. B) Emin değilim.

Özel Görelilik Kuramı Tanı Testi görelî zaman kavramı B grubu soruları

Aşağıda Tanı Testinin görelî zaman kavramı ile ilgili kavram, gerekçe ve emin olup olmama durumu ile ilgili B grubu soruları yer almaktadır.

1. Teknisyen uzay yolculuğundan sonra ikiz kardeşinin yanına gitmiştir. Kardeşinin görünümü ile ilgili yorumu ne olmuştur?
A) Kardeşinin kendisinden daha genç göründüğünü söylemiştir. B) Kardeşinin kendisi ile aynı yaşta göründüğünü söylemiştir. C) Kardeşinin kendisinden daha yaşlı göründüğünü söylemiştir.
2. Aşağıdaki açıklamalardan hangisi yukarıda yer alan soruya yönelik vermiş olduğunuz yanıtı en iyi açıklar?
A) Çünkü teknisyene göre uzay mekiğindeki saat, Dünya'daki özdeş durgun bir saatten daha yavaş çalışır. B) Çünkü teknisyenin kardeşine göre uzay mekiğindeki saat, Dünya'daki özdeş durgun bir saatten daha hızlı çalışır. C) Çünkü uzaydaki zaman kavramı ile Dünya'daki zaman kavramı birbirinden farklıdır. D) Çünkü teknisyenin kardeşine göre uzay mekiğindeki saat, Dünya'daki özdeş durgun bir saatten daha yavaş çalışır. E) Diğer(Yazınız).....
3. Üstte yer alan 1. ve 2. soruya yönelik vermiş olduğunuz yanıtlardan emin misiniz?
A) Eminim. B) Emin değilim.

Bu bölümde, Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin görelî zaman kavramı ile ilgili sorusuna öğrencilerin vermiş olduğu yanıtlarla ilgili bulgulara yer verilmiştir.

5.1.4.1 Görelî Zaman Kavram ve Gerekçe Sorusu için Doğru Yanıtların Dağılımı

Tablo 5.24'te, Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin görelî zaman kavramı ile ilgili A ve B grubunda yer alan, kavram ve gerekçe sorularını doğru yapan öğrencilerin öğretim öncesi ve öğretim sonrası yanıtlarının dağılımı görülmektedir.

Tablo 5.24: Görelî zaman kavramı ile ilgili kavram ve gerekçe sorusu için doğru yanıtın dağılımı.

Görelî zaman kavramı	Kavram Sorusu Yanıt Türü	Gerekçe Sorusu Yanıt Türü					
		Doğru					
		Öğretim Öncesi Öğrenci Sayı		Toplam	Öğretim Sonrası Yanıt Yüzdesi		Toplam
A Grubu	Doğru	10	4	14	24	2	26
		Emin	Emin Değil		Emin	Emin Değil	
B Grubu		2	4	6	14	2	16
		Emin	Emin Değil		Emin	Emin Değil	
Ortalama Yanıt Yüzdesi		6	4	10	17	2	21

Tablo 5.24 incelenirse, öğrencilerin görelî zaman kavramı ile ilgili olan A ve B grubu sorulara verdikleri doğru yanıtın öğretim sonrasında arttığı görülmektedir. Öğrencilerin doğru yanıtında en fazla artış, A grubu yanıtlarda olmuştur. A ve B grubu sorulara verilen doğru yanıtlarda artış olması, kavramsal değişim açısından olumlu bir durum olarak değerlendirilebilir ve yapılan öğretimin öğrencilerin kavramsal değişimini olumlu yönde etkilediği söylenebilir.

5.1.4.2 Kavram ve Gerekçe Sorusunun Doğru Yanıtlandığı Çerçeve Yanıt Kategorisi

Aşağıda kavram ve gerekçe sorusunun doğru yapıldığı çerçeve yanıt kategorileri ifade edilmiştir.

Kategori 9 ile İlgili Bulgular

Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testi kavram ve gerekçe sorularına verilen belirli yanıt kombinasyonları belirli kategorileri ifade etmektedir. Kategori 9, Tablo 4.25'te yer alan kavram ve gerekçe sorularının doğru işaretlenmesi durumu içinde yer almaktadır. Bir başka ifade ile Kategori 9 görelî zaman kavramı ile ilgili doğru bilgiyi içermektedir. Aşağıda bu kategoriye ait açıklamalar ve bulgular sunulmaktadır.

Kategori 9: Durgun bir gözlemciye göre ışık hızına yakın hızlarla hareketli bir saat, özdeş durgun bir saatten daha yavaş çalışır.

Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin göreliliği zaman kavramı ile ilgili A ve B grubu sorularını doğru yanıtlayan bir öğrencinin Kategori 9’da ifade ettiği düşünceye sahip olduğunu kabul edilebilir.

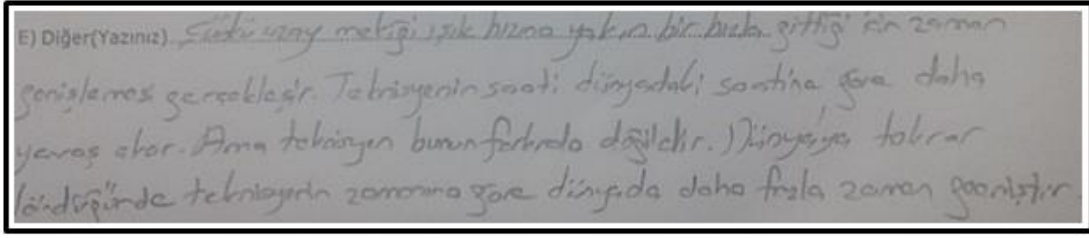
Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinde yer alan A ve B grubu sorular için Kategori 9 kapsamına giren yanıt kombinasyonları aşağıda ifade edilmiştir.

- **A grubu sorular da kavram sorusu için C, gerekçe sorusu için C seçeneğinin işaretlenmesi şu anlama gelmektedir:** Teknisyen uzay yolculuğu sonunda kendisine yapılan ödeme miktarını fazla bulmuştur. Çünkü NASA Görevlisine göre uzay mekiğindeki saat, Dünya’daki özdeş durgun bir saatten daha yavaş çalışır.
- **B grubu sorular da kavram sorusu için C, gerekçe sorusu için D seçeneğinin işaretlenmesi şu anlama gelmektedir:** Teknisyen uzay yolculuğu sonunda kardeşinin kendisinden daha yaşlı görüldüğünü söylemiştir. Çünkü teknisyen’in kardeşine göre uzay mekiğindeki saat, Dünya’daki özdeş durgun bir saatten daha yavaş çalışır.

Tablo 4.25’te yer alan doğru yanıtlar, yukarıda ifade edilen yanıt kombinasyonlarının işaretlenmesi ile oluşmuştur. Tablo 4.25’teki yanıtlar incelendiğinde öğretim sonrasında Kategori 9 kapsamına giren yanıtların arttığı görülmektedir.

Kategori 9 ile İlgili Nitel Bulgular

Aşağıda kavram sorusunun gerekçesini kendisi ifade eden bir öğrencinin klasik yanıtı örnek olarak verilmiştir. Bu öğrenci öğretim sonrasında testte verilen seçenekleri işaretlemeyerek kendi görüşünü yazılı olarak açıklamıştır.



Şekil 5.15: Görelî zaman ile ilgili doğru yanıt örneği.

Şekil 5.15'teki öğrenci ifadesinde olduğu gibi Dünya'daki bir gözlemci için ışık hızına yakın hız değerlerinde hareket edilen bir referans sistemindeki zaman, Dünya referans sistemine göre hissedilir ölçüde yavaş akar. Bir başka ifade ile iki olay arasında geçen zaman farkı artar.

Öğrencilerle yapılan görüşmelerde de yukarıda ifade edilen öğrenci görüşlerine benzer ifadelere rastlanmıştır. Öğrencilerle öğretim öncesinde yapılan görüşmelerde, öğrencilerin hiçbiri Kategoride 9 kapsamında değerlendirilebilecek bir yanıt vermemiştir. Bununla birlikte beş öğrenci, her iki gözlem çerçevesi için zaman aralığının değişmeyeceğini ifade etmiştir. Bir başka ifade ile bu öğrenciler zaman kavramının hiçbir koşulda değişmeyeceğini belirtmiştir. İki öğrenci, her iki gözlem çerçevesi için (durgun ve hareketli gözlem çerçeveleri) zaman aralığının farklı olacağını ifade etmiş fakat bu görüşünü destekleyebilecek net bir açıklama yapamamıştır. Bir öğrenci ise herhangi bir görüş ifade etmemiştir. Öğretim sonrası yapılan görüşmelerde ise yedi öğrenci iki olayın olma anları için durgun gözlemcinin ölçtüğü zaman aralığının, hareketli gözlemcinin ölçtüğü zaman aralığından daha büyük olacağını ifade etmiştir. Bu öğrencilerden biri bütünü ile doğru, beş öğrenci ise kısmen doğru açıklamalarda bulunmuş, bir öğrenci ise vermiş olduğu yanıtlardan emin olmadığını ifade etmiştir. Görüşme yapılan bir öğrenci ise ışık hızının her iki gözlem çerçevesi için aynı olduğunu ifade etmiştir.

Aşağıda bu öğrencilerden birinin, öğretim sonrası yapılan görüşmede yöneltilen sorulara verdiği yanıtlar yer almaktadır. Bu öğrenci, öğretim öncesi yapılan görüşmelerde aynı soru için “bilmiyorum” yanıtını vermiştir.

A: Şekilde iki optik saat görülmektedir. Saatlerin çalışma prensibi şu şekildedir: Işığa duyarlı yüzeyden salınan bir ışık atması aynada yansdıktan sonra geri ışığa duyarlı yüzeye gelmektedir. Işık aynaya çarpıp geri ışığa duyarlı yüzeye

geldiğinde oluşan bir elektrik sinyali kayıt bandını işaretler. Her işaret bildiğimiz saatlerin bir tik takına karşılık gelir. Saatlerden biri durgundur. Diğeri ise yere göre yatay doğrultuda v hızı ile hareket eden bir aracın içindedir. Durgun bir gözlemci her iki saati de izlerse saatlerin ölçtüğü zaman aralıkları arasında bir farklılık gözlemleyecek midir?

Ö8: Bunu (durgun saati işaret ediyor) doğrusal olarak görür diğeri ise zikzak çizdiğini görür bu nedenle daha uzun sürede bu hareketini tamamlar.

A: Birincide ışık atması hareketini 2s tamamlarsa diğeri kaç saniyede tamamlar?

Ö8: 2s uzun sürede gerçekleşir.

A: Bu durumu nasıl yorumlaya bilirsin?

Ö8: Bir şey hız kazandığında zamanda genişleme oluyor o yüzden daha uzun sürede ölçüyor. Bu durum ona benziyor. Işık hızına yakın hızlarla hareket edildiğinde Dünya'ya göre zaman genişlemesi olur. Yani iki olay arasındaki zaman daha uzun olur.

Yukarıda ifade edilen Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testi ve görüşme verilerini göz önünde bulundurarak yapılan öğretimin, öğrencilerin göreliliğin zaman ile ilgili doğru kavramlara sahip olduğu söylenebilir.

5.1.4.3 Göreliliğin Zaman Kavramı ve Gerekçe Sorusu için Yanlış Yanıtların Dağılımı

Tablo 5.25'te Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin göreliliğin zaman kavramı ile ilgili A ve B grubunda yer alan sorularını yanlış yapan öğrencilerin öğretim öncesi ve öğretim sonrası yanıtlarının dağılımı görülmektedir.

Tablo 5.25: Göreli zaman kavramı ile ilgili kavram ve gerekçe sorusu için yanlış yanıtların dağılımı.

Görelî Zaman Kavramı	Kavram Sorusu Yanıt Türü	Gerekçe Sorusu Yanıt Türü					
		Yanlış					
		Öğretim Öncesi Yanıt Yüzdesi		Toplam	Öğretim Sonrası Yanıt Yüzdesi		Toplam
A Grubu	Yanlış	10	22	32	2	0	2
		Emin	Emin Değil		Emin	Emin Değil	
B Grubu		8	12	20	2	0	2
		Emin	Emin Değil		Emin	Emin Değil	
Ortalama Yanıt Yüzdesi		9	17	26	2	0	2

Tablo 5.25'te yer alan öğrenci yanıtları incelendiğinde, öğretim sonrasında göreli zaman kavramına yönelik verilen yanlış yanıtların, öğretim öncesine göre belirgin bir şekilde azaldığı görülmektedir. Öğrencilerin göreli zaman kavramı ile ilgili öğretim öncesinde ifade ettiği yanlış yanıtların azalmasını ve bununla birlikte Tablo 5.25'te ifade edilen doğru yanıtların artması, yapılan öğretimin göreli zaman ile ilgili yanlış kavramların yerini doğru kavramların almasında etkili olduğu şeklinde yorumlanabilir.

5.1.4.4 Kavram ve Gerekçe Sorusunun Yanlış Yapıldığı Çerçeve Yanıt Kategorisi

Bu bölümde kavram ve gerekçe sorusunun yanlış yapıldığı çerçeve yanıt kategorisi içinde yer alan kategori ifade edilmiştir.

Kategori 10 ile ilgili Bulgular

Tablo 5.26'daki kavram ve gerekçe sorularına verilen belirli yanıt kombinasyonları belirli kategorileri ifade etmektedir. Kategori 10, Tablo 5.26'da yer alan kavram ve gerekçe sorularının yanlış işaretlenmesi durumu içinde yer almaktadır. Kategori 10 göreli zaman kavramı ile ilgili yanlış bilgiyi içermektedir. Aşağıda bu kategoriye ait açıklamalar ve bulgular sunulmaktadır.

Kategori 10: Uzaydaki zaman kavramı ile Dünya'daki zaman kavramı birbirinden farklıdır.

Tablo 5.26'da öğrencilerin öğretim öncesinde ve öğretim sonrasında görelî zaman kavramı ile ilgili sorulara verdikleri Kategori 10 kapsamına giren yanıt kombinasyonları ve öğrenci sayıları yer almaktadır.

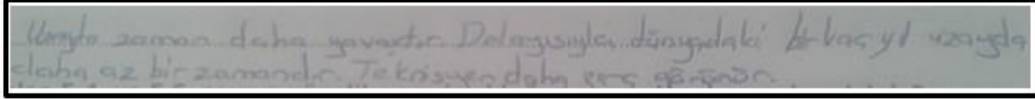
Tablo 5.26: Görelî zaman için kategori 10 kapsamına giren yanıt kombinasyonları ve öğrenci sayıları.

Kategori 10 kapsamına giren yanıtlar	Soru Grubu	Yanıt Kombinasyonu	Öğretim Öncesi Yanıt Yüzdesi	Öğretim Sonrası Yanıt Yüzdesi
Ödeme miktarını az bulmuştur. Çünkü uzaydaki zaman kavramı ile Dünya'daki zaman kavramı birbirinden farklıdır.	A	KS: A-GS: B	10	0
Kardeşinin kendisinden daha genç görüldüğünü söylemiştir. Çünkü uzaydaki zaman kavramı ile Dünya'daki zaman kavramı birbirinden farklıdır.	B	KS: A-GS: C	2	0
Ortalama Yanıt Yüzdesi			6	0

Tablo 5.26 incelendiğinde, öğrencilerin öğretim öncesinde ışık hızına yakın hızla ilerleyen hareketli ve durgun gözlemciler için zaman aralığının farklı ölçüleceği bilgisine sahip oldukları görülmektedir fakat ışık hızına yakın hızla ilerleyen kardeş için zamanın daha hızlı ilerleyeceğini düşündükleri görülmektedir. Gerekçe sorusuna verdikleri yanıt ise öğrenciler zaman aralığı ölçümleri arasındaki bu farkı Uzaydaki ve Dünyadaki zaman kavramlarının birbirinden farklı olması düşüncesine bağladıklarını göstermektedir. Tablo 5.26'deki yanıtlar incelendiğinde, öğretim sonrasında öğrencilerin bu kategoride yanıt vermediği görülmektedir.

Kategori 10 ile ilgili Açık Uçlu Veriler

Testte yer alan herhangi bir seçeneği işaretlemeyerek e şikkını işaretleyerek kendi görüşünü açıklayan öğrencilerin yanıtları incelendiğinde ise öğretim öncesinde üç öğrencinin A grubu sorular için Kategori 10'a uygun yanıtlar verdiği görülmüştür. Şekil 5.16'da bu öğrencilerden birinin, öğretim öncesinde görelî zaman kavramı ile ilgili B grubu sorulara verdiği klasik yanıt yer almaktadır.



Şekil 5.16: Görelî zaman ile ilgili yanlış yanıt örneği.

Şekil 5.16'da yer alan öğrenci ifadeleri incelendiğinde öğrencinin uzayda zaman kavramının değişeceğini ifade etmiştir. Öğrencilerle öğretim öncesinde yapılan görüşmelerde Kategori 10 kapsamında değerlendirilebilecek bir yanıt rastlanamamıştır. İki öğrenci, her iki gözlem çerçevesi için (durgun ve hareketli gözlem çerçeveleri) zaman aralığının farklı olacağını ifade etmiş fakat bu görüşünü destekleyebilecek net bir açıklama yapamamıştır. Bir öğrenci ise herhangi bir görüş ifade etmemiştir.

5.1.4.5 Görelî Zaman Kavram Sorusu için Doğru Gerekçe Sorusu için Yanlış Yanıtların Dağılımı

Aşağıda yer alan Tablo 4.27'de öğretim öncesi ve öğretim sonrası Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin görelî zaman kavramı ile ilgili, kavram sorusunu doğru ancak gerekçe sorusunu yanlış yanıtlayan öğrencilerin dağılımı yer almaktadır.

Tablo 5.27: Görelî zaman kavramı ile ilgili kavram sorusu için doğru, gerekçe sorusu için yanlış yanıtların dağılımı.

Görelî Zaman Kavramı	Kavram Sorusu Yanıt Türü	Gerekçe Sorusu Yanıt Türü					
		Yanlış					
		Öğretim Öncesi Yanıt Yüzdesi		Toplam	Öğretim Sonrası Yanıt Yüzdesi		Toplam
A Grubu	Doğru	26	24	50	52	10	62
		Emin	Emin Değil		Emin	Emin Değil	
B Grubu		40	30	70	64	10	74
		Emin	Emin Değil		Emin	Emin Değil	
Ortalama Yanıt Yüzdesi		33	27	60	58	10	68

Tablo 5.27’de yer alan veriler incelendiğinde, öğrencilerin öğretim sonrasında kavram sorusunu doğru, gerekçe sorusunu yanlış yanıtlama miktarlarının arttığı görülmektedir. Ayrıca A grubu sorular için bu artışın B grubu sorulara göre daha fazla olduğu görülmektedir. Öğrencilerin kavram sorusunu doğru, gerekçe sorusunu yanlış yanıtlamaları, öğrencilerin zamanın görelî bir kavram olduğu bilgisine sahip olduklarını fakat bu bilgiyi doğru gerekçelerle ifade edemediklerini göstermektedir. Öğrencilerin bu çerçevedeki yanıtlarındaki artışı yorumlayabilmek için bu çerçevedeki kategorileri incelemek gerekir.

5.1.4.6 Kavram Sorusunun Yanlış Gerekçe Sorusunun Doğru Yanıtlandığı Yanıt Kategorileri

Aşağıda kavram sorusunun yanlış gerekçe sorusunun doğru yapılmasına bağlı yanıt kategorileri ifade edilmiştir.

Kategori 10 ile ilgili Bulgular

Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testi kavram ve gerekçe sorularına verilen belirli yanıt kombinasyonları belirli kategorileri ifade etmektedir. Aşağıda ifade edilen yanıtlar, bir önceki bölümde ifade edilen Kategori 10 türü yanıtlara benzer özellikler

taşımaktadır. Bu yanıt kombinasyonlarının bir önceki bölümde ifade edilen yanıt kombinasyonlarından farkı kavram sorusunun doğru, gerekçe sorusunun yanlış işaretlenmesidir.

Aşağıdaki Tablo 5.28’de, öğrencilerin Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin görelî zaman kavramı ile ilgili sorularına, öğretim öncesinde ve öğretim sonrasında verdikleri Kategori 10 kapsamına giren yanıt kombinasyonları ve öğrenci sayıları yer almaktadır.

Tablo 5.28: Görelî zaman ile ilgili kategori 10 kapsamına giren yanıt kombinasyonları ve öğrenci sayıları.

Kategori 10 kapsamına giren yanıt	Soru Grubu	Yanıt Kombinasyonu	Öğretim Öncesi Yanıt Yüzdesi	Öğretim Sonrası Yanıt Yüzdesi
Teknisyen ödeme miktarını fazla bulmuştur. Çünkü uzaydaki zaman kavramı ile Dünya’daki zaman kavramı birbirinden farklıdır.	A	KS: C- GS: B	26	42
Teknisyen kardeşinin kendisinden daha yaşlı görüldüğünü söylemiştir. Çünkü uzaydaki zaman kavramı ile Dünya’daki zaman kavramı birbirinden farklıdır.	B	KS: C-GS: C	28	32
Ortalama Yanıt Yüzdesi			27	37

Tablo 5.28 incelendiğinde öğretim sonrasında Kategori 10 kapsamına giren yanıtların arttığı görülmektedir. Bu kategoriye uygun yanıt veren öğrenciler ışık hızına yakın hız değerleri için zamanın görelî bir kavram olduğunu ifade etmişler fakat bu kavrama yönelik gerekçeyi yanlış açıklamışlardır. Bu öğrenciler zaman kavramındaki değişimi mekandaki değişime bağlamaktadırlar. Uzaydaki zaman ve Dünyadaki zaman olarak iki farklı mekana bağlı zamandan söz etmektedirler. Öğrencilerin bu düşüncelerinin sebebi zaman göreliliğinin popüler bir kavram olması ile açıklanabilir. Bilim kurgu filmlerinde ve ikizler paradoksu ile ilgili video ve görsellerde zaman göreliliği genellikle bir uzay aracı ile uzayda yolculuk yapılıp

Dünya'ya geri dönmesi öğrencilerin görelî zaman kavramını mekânsal olarak ifade etmelerinde etkili olduğu ileri sürülebilir. Tanı Testinin görelî zaman ile ilgili sorusunda da buna benzer bir durum söz konusudur. Öğrenciler, öğretim öncesinde ve öğretim sonrasında Kategori 11 kapsamında değerlendirilebilecek klasik bir yanıt vermedikleri görülmektedir. Ayrıca yapılan görüşmelerde de bu kategoriye uygun ifadelere rastlanamamıştır.

Kategori 11 ile ilgili Bulgular

Aşağıda ifade edilen Kategori 11, Tablo 5.29'de yer alan kavram sorusunun doğru, gerekçe sorularının yanlış işaretlenmesi durumu içinde yer diğer bir kategoridir. Aşağıda bu kategoriye ait açıklamalar ve bulgular sunulmaktadır.

Kategori 11: Işık hızına yakın hızla ilerleyen referans çerçevesine göre iki olay arasında geçen zaman farkı, durgun referans çerçevesinde aynı olay için geçen zaman farkından daha büyüktür.

Aşağıdaki Tablo 5.29'da öğrencilerin Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin görelî zaman kavramı ile ilgili sorularına, öğretim öncesinde ve öğretim sonrasında verdikleri Kategori 11 kapsamına giren yanıt kombinasyonları ve öğrenci sayıları yer almaktadır.

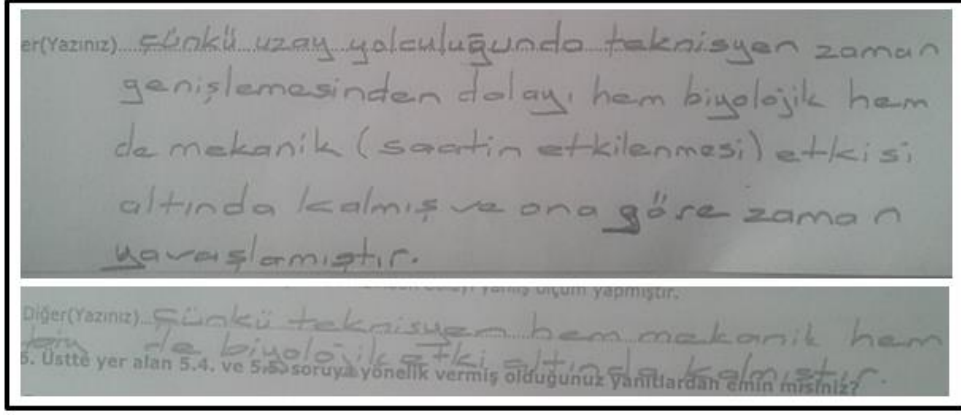
Tablo 5.29: Göreli zaman ile ilgili Kategori 11 kapsamına giren yanıt kombinasyonları ve öğrenci sayıları.

Kategori 11 kapsamına giren yanıtlar	Soru Grubu	Yanıt Kombinasyonu	Öğretim Öncesi Yanıt Yüzdesi	Öğretim Sonrası Yanıt Yüzdesi
Ödeme miktarını fazla bulmuştur Çünkü Teknisyene göre uzay mekiğindeki saat, Dünya'daki özdeş durgun bir saatten daha yavaş çalışır.	A	KS: C-GS: D	6	26
Kardeşinin kendisinden daha yaşlı göründüğünü söylemiştir. Çünkü Teknisyene göre uzay mekiğindeki saat, Dünya'daki özdeş durgun bir saatten daha yavaş çalışır.	B	KS: C-GS:A	30	34
Ortalama Yanıt Yüzdesi			18	30

Tablo 5.29 incelendiğinde öğrencilerin öğretim sonrasında, Kategori 11 kapsamına giren yanıtlarının öğretim öncesine göre arttığı görülmektedir. Bu kategoriye uygun yanıt veren öğrenciler, uzay yolculuğuna çıkan teknikerin Dünya'ya döndüğünde hesapladığından daha fazla zaman geçtiğini fark edeceğini düşünmektedir. Fakat bu öğrenciler bu durumun gerekçesini, ışık hızına yakın hızla ilerleyen referans sistemine göre değerlendirerek teknikerin kendi saatinin Dünya'daki durgun bir saate göre daha yavaş çalışacağı bilgisine dayandırmıştır.

Kategori 11 ile ilgili Nitel Veriler

Öğrencilerle yapılan görüşmeler incelendiğinde bu yorumu doğrulayacak verilere rastlanmıştır. Aşağıda öğretim öncesinde bir öğrencinin Kategori 11 kapsamında değerlendirilebilecek yanıtı yer almaktadır.



Şekil 5.17: Öğretim öncesi görelî zaman kavramı ile ilgili B grubu sorulara verilen klasik yanıt örnekleri.

Aşağıda bir öğrencinin öğretim öncesi ve öğretim sonrası yapılan görüşmede yöneltilen sorulara verdiği yanıtlar yer almaktadır.

Görüşme yapılan öğrencinin öğretim öncesi görüşleri aşağıdaki gibidir.

A: Şekilde iki optik saat görülmektedir. Saatlerin çalışma prensibi şu şekildedir: Işığa duyarlı yüzeyden salınan bir ışık atması aynada yansdıktan sonra geri ışığa duyarlı yüzeye gelmektedir. Işık aynaya çarpıp geri ışığa duyarlı yüzeye geldiğinde oluşan bir elektrik sinyali kayıt bandını işaretler. Her işaret bildiğimiz saatlerin bir tik takına karşılık gelir. Saatlerden biri durgun referans sistemindedir. Diğeri ise yere göre yatay doğrultuda v hızı ile hareket eden bir aracın içindedir. Durgun bir gözlemci her iki saati de izlerse saatlerin ölçtüğü zaman aralıkları arasında bir farklılık gözlemleyecek midir?

Ö1: Eşit çıkar bunun ışık hızına bir etkisi olmaz.

A: Sistem daha hızlı olsaydı?

Ö1: Yine aynı ölçerdi. Bir etkisi olmaz. O şekilde hareket etmesi ne gibi bir etki yapar bilemiyorum.

A: Zaman görelî midir? Değişir mi?

Ö1: Bur da değişmez.

A: Saat yukarı doğru hareket etseydi değişir miydi?

Ö1: Yine olmazı herhalde bilemiyorum.

Görüşme yapılan öğrencinin öğretim sonrası görüşleri aşağıdaki gibidir.

A: Şekilde iki optik saat görülmektedir. Saatlerin çalışma prensibi şu şekildedir: Işığa duyarlı yüzeyden salınan bir ışık atması aynada yansdıktan sonra geri ışığa duyarlı yüzeye gelmektedir. Işık aynaya çarpıp geri ışığa duyarlı yüzeye geldiğinde oluşan bir elektrik sinyali kayıt bandını işaretler. Her işaret bildiğimiz saatlerin bir tik takına karşılık gelir. Saatlerden biri durgundur. Diğeri ise yere göre yatay doğrultuda v hızı ile hareket eden bir aracın içindedir. Durgun bir gözlemci her iki saati de izlerse saatlerin ölçtüğü zaman aralıkları arasında bir farklılık gözlemleyecek midir?

Ö1: Bu v hızı ne kadar?

A: İlk önce ışık hızı ile kıyaslanmayacak mertebede bir hız düşün, daha sonra ise ışık hızı mertebesinde bir hız değeri ile hareket ettiğini düşünerek soruyu yanıtlayalım.

Ö1: Küçük bir hız olursa eğer ikisi de aynı anda gibi ölçer. Yani hiçbir farklılık olmaz. Ama eğer hız büyürse ışığın alacağı yol giderek artacağı için dışındaki tik takları daha uzun olarak görür.

A: Bu ne anlama gelir?

Ö1: Zaman kavramında değişiklik olduğu anlamına gelir.

A: Hareketli saatin yanındaki gözlemci (hareketli gözlemci) açısından durumu incelersen neler söyleyebilirsin?

Ö1: Eğer hız düşükse aynı gibi görür. Eğer gözlemcinin hızı artarsa onun için zaman genişleyeceğinden... hımm...

A: Zaman genişlemesi nasıl bir kavram?

Ö1: Çok yüksek hızlarda hareket edildiğinde o kişi için zaman anlamında ve biyolojik anlamda yavaşlamalar oluşuyor.

A: Hangi gözlem çerçevesi için bu geçerli yani bu yavaşlama söz konusu? Yani kime göre bu zaman yavaşlaması

Ö1: Dünyada bir değişme olmazken uzaydaki için hem biyolojik hem de mekanik yavaşlama olur. Uzayda hareket eden kişi daha yavaş hareket eder. Hareket eden için zaman algısı yavaşlar fakat dünyadaki için her şey normaldir. Örneğin bir yerden bir yere daha yavaş gittiğini düşünür.

Yukarıda görüşlerine yer verilen öğrenci, öğretim öncesinde tüm referans çerçeveleri için zaman değişiminin aynı olacağını ifade etmiştir. Öğretim sonrasında ise hareketli referans sistemleri için zaman değişiminin farklı olacağını ifade etmiştir. Öğrenci hareketli referans sistemi açısından fiziksel ve biyolojik bir yavaşlamanın söz konusu olduğu ifade etmiştir.

Bu bölümde yer alan Tanı Testi ve görüşme verilerinden öğrencilerin öğretim sonrasında ışık hızına yakın hızlarda zamanın göreliliği kavramı olduğunu ifade ettikleri görülmektedir. Fakat bu zamandaki değişiminin durgun gözlemciye göre olduğu bilgisine sahip olmadıkları görülmektedir. Öğrencilerin vermiş oldukları yanıtlardan ve ifadelerinden anlaşıldığına göre öğrencilerin bir bölümü ışık hızına yakın hızlarla hareket eden bir gözlemciye göre zaman hem mekanik hem de biyolojik açıdan yavaşlamaktadır. Bu kişi bu yavaşlamanın etkisi ile yavaş hareket etmektedir.

Kavram Sorusunun Yanlış Gereke Sorusunun Doğru Yanıtlandığı Kategoriler

Aşağıdaki Tablo 5.30'da öğretim öncesi ve öğretim sonrası Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin göreliliği kavramı ile ilgili kavram sorusunu yanlış ancak gerekçe sorusunu doğru yanıtlayan öğrencilerin dağılımı yer almaktadır.

Tablo 5.30: Görelî zaman ile ilgili kavram sorusu için yanlış, gerekçe sorusu için doğru yanıtların dağılımları.

Görelî Zaman Kavramı	Kavram Sorusu Yanıt Türü	Gerekçe Sorusu Yanıt Türü					
		Doğru					
		Öğretim Öncesi Yanıt Yüzdesi		Toplam	Öğretim Sonrası Yanıt Yüzdesi		Toplam
A Grubu	Yanlış	2	0	2	0	0	0
		Emin	Emin Değil		Emin	Emin Değil	
B Grubu		0	2	2	2	0	2
		Emin	Emin Değil		Emin	Emin Değil	
Ortalama Yanıt Yüzdesi		1	1	2	1	0	1

Tablo 5.30 incelendiğinde öğretim öncesinde ve öğretim sonrasında az sayıda öğrencinin bu tür yanıtlar verdikleri görölmektedir.

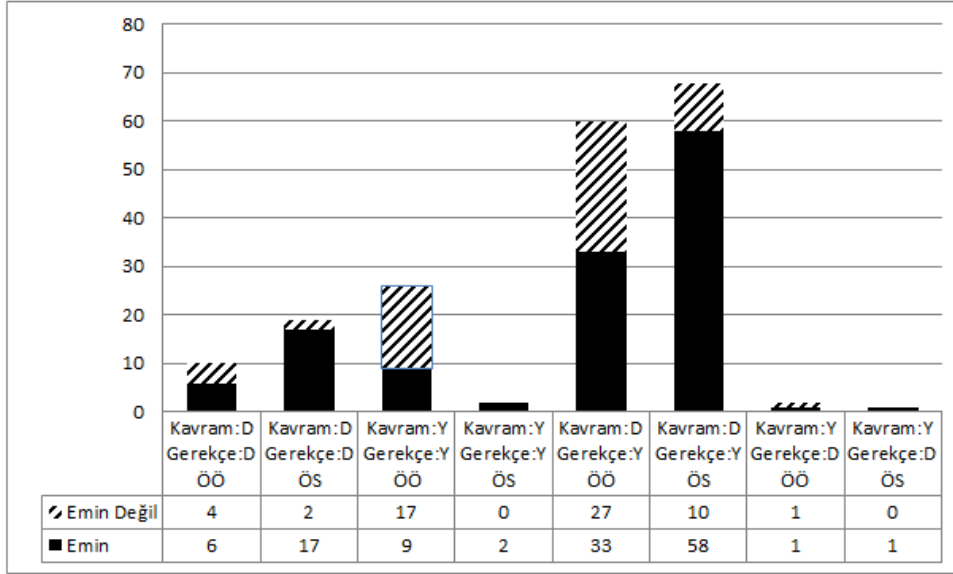
Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinde yer alan A ve B grubu sorular için yanıt kombinasyonları aşağıda ifade edilmiştir.

- **A grubu sorular için:** Ödeme miktarı beklediği gibidir/az bulmuştur. Çünkü NASA Görevlisine göre uzay mekiğindeki saat, Dünya'daki özdeş durgun bir saatten daha yavaş çalışır.
- **B grubu sorular için:** Kardeşinin kendisinden daha genç göründüğünü söylemiştir/kendisi ile aynı yaşta göründüğünü söylemiştir. Çünkü teknisyenin kardeşine göre uzay mekiğindeki saat, Dünya'daki özdeş durgun bir saatten daha yavaş çalışır.

Tablo 5.30 incelendiğinde öğretim öncesinde ve sonrasında kavram sorusunun doğru gerekçe sorusunun yanlış yanıtlandığı yanıt kombinasyonlarına çok fazla rastlanamadığı görölmektedir. Öđrencilerle yapılan görüşmeler yukarıda ifade edilen sečenek kombinasyonlarına uygun yanıtlara rastlanamamıştır.

5.1.4.7 Görelî Zaman Kavramı ile ilgili Elde Edilen Bulguların Bütün Olarak Yorumlanması

Şekil 5.18’de öğrencilerin, öğretim öncesi ve öğretim sonrasında Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin görelî zaman kavramı ile ilgili sorusuna verdikleri yanıtların dağılımı yer almaktadır.



Şekil 5.18: Özel görelilik kuramı-tanı testi görelî zaman kavramı ile ilgili bulgular.

Şekil 5.18’de sunulan veriler incelendiğinde, öğretim sonrasında DD (kavram ve gerekçe sorusunun doğru yanıtlanması) ve DY (kavram sorusunun doğru, gerekçe sorusunun yanlış yanıtlanması) yanıt yüzdelerinin artarken, YY (kavram ve gerekçe sorusunun yanlış yanıtlanması) ve YD yanıt yüzdelerinin azaldığı görülmektedir. Öğretim sonrasında DD yanıt yüzdelerinin artmasına paralel olarak YY yanıt yüzdelerinin azalması öğretim modelinin öğrencilerin görelî zaman ile ilgili yanlış kavramlarının yerine doğru kavramların oluşmasında etkili olduğu göstermektedir. Öğrencilerin öğretim sonrasında DY yanıtlarının artması kavram sorusunu doğru yapmaları açısından olumlu bir durum olarak değerlendirilebilir. Fakat öğrencilerin yanıtlarının altında yatan nedenleri belirleyebilmek için bu çerçevedeki anlamlı yanıt kombinasyonlarını yani kategorileri incelemek gerekir.

Öğrencilerin öğretim sonrasında tüm yanıt çerçevelerinde emin olma oranlarının arttığı görülmektedir. Fakat bu artış en fazla DD ve DY yanıtlarda görülmektedir. Özellikle öğrencilerin büyük bölümünün DD yanıtlarından emin olması öğretim modelinde bu kavramın öğretimi için yapılan etkinliklerin kavramın doğru öğrenilmesinde katkısı olduğu söylenebilir.

Tablo 5.31’de öğrencilerin, öğretim öncesi ve öğretim sonrasında tanı testinin görelî zaman kavramı ile ilgili sorusuna verdikleri yanıtlara göre oluşan kategoriler ve dağılımları yer almaktadır.

Tablo 5.31: Görelî ile ilgili kategoriler ve dağılımları.

Kategorinin Bulunduğu Bölüm	Kategoriler	Öğretim Öncesi Yanıt Yüzdesi	Öğretim Sonrası Yanıt Yüzdesi	Değişim Yüzdesi
KS: Doğru GS: Doğru	Kategori 9: Durgun bir gözlemciye göre ışık hızına yakın hızlarla hareketli bir saat, özdeş durgun bir saatten daha yavaş çalışır.	10	21	11
KS: Yanlış GS: Yanlış	Kategori 10: Uzaydaki zaman kavramı ile Dünya’daki zaman kavramı birbirinden farklıdır.	6	0	-6
KS: Doğru GS: Yanlış		27	37	10
Kategori 10 ortalama yanıt yüzdesi		17	18	2
KS: Yanlış GS: Yanlış	Kategori 11: Işık hızına yakın hızla ilerleyen referans çerçevesine göre iki olay arasında geçen zaman farkı, durgun referans çerçevesinde aynı olay için geçen zaman farkından daha büyüktür.	18	30	12

Tablo 5.31’de sunulan veriler incelendiğinde DD çerçevesi altında yer alan Kategori 9 ile DY ve YY çerçevesi altında yer alan Kategori 10 ve Kategori 11 türü yanıtların öğretim sonrasında, öğretim öncesine göre arttığı görülmektedir. Tüm kategorideki artış öğretim modelinin görelî zaman kavramı ile ilgili doğru kavramların oluşmasını sağladığını gibi farklı kavramların oluşmasında da etkili olduğu söylenebilir. Kategori 10 türü yanıtlardaki artış öğrencilerin öğretim sonrasında görelîlik kuramının Dünya dışında geçerli bir kavram olduğunu düşündükleri şeklinde yorumlanabilir. Bu kategoride yanıt veren öğrencilerin zaman kavramındaki görelîliği mekansal bir durum olarak ele aldıkları söylenebilir. Bu durumun oluşmasına zaman görelîliği kavramının ikizler paradoksundan yararlanılarak kurgulanmasının etkisi olabilir. Örneğin öğrenciler uzaya gönderilen kardeşin daha genç dönmesi durumunu fiziksel olarak Dünya’dan uzaklaşması durumuna bağlamış olabilirler. Tanı-Testinin oluşturulması aşasında bu tür kavramlaştırma durumu olacağı göz önünde bulundurularak Müonların atmosfer yolculuğunu konu alan bir problem durumunun çözümü gerçekleştirilmiştir. Fakat öğrencilerin müonların uzaydan gelmesi nedeni ile görüşlerini koruduğu düşünülebilir. Öğretim modelinde laboratuvarın Dünyada olması nedeni ile CERN deneyleri üzerine kurgulanmış problem durumları ile zenginleştirilmesi durumunda öğrencilerin bu tür kavramsal yapılandırmalarının önüne geçilebilir.

Öğretim sonrasında öğrencilerin Kategori 11 türü yanıtlarının da artmış olduğu görülmektedir. Bu kategoriye uygun yanıt veren öğrenciler zaman görelîliği kavramını doğru gözlem çerçevesine göre açıklayamamışlardır. Öğretim sonunda öğrencilerin bir bölümünün istenilen yönde kavramsal değişim yaşayamamalarının nedenlerinin başında öğrencilerin zaman kavramı ölçümü ve diğer fiziksel büyüklükler ile olan ilişkisinin net anlaşılabilmesi gelmektedir. Öğrencilerin mutlak zaman kavramı ile ilgili kavramsal öğrenmeleri yeterli düzeyde olmadığı için görelî zaman kavramını öğrenmeleri de güç olmaktadır. Öğrencilerin yanıtları incelendiğinde öğrencilerin görelî zaman kavramı ile ilgili doğru ifadeler kullandıkları fakat doğru gözlemciye göre ifade etmekte güçlük çektikleri görülmektedir. Bu durum görelîlik kuramının öğretimi sırasında kullanılan ikizler paradoksunda iki gözlemci ve iki saat olmasından kaynaklanmaktadır. Bu durumda durgun gözlemci-durgun saat, durgun gözlemci-hareketli saat, hareketli gözlemci-durgun saat, hareketli gözlemci-hareketli saat olmak üzere dört farklı ölçüm

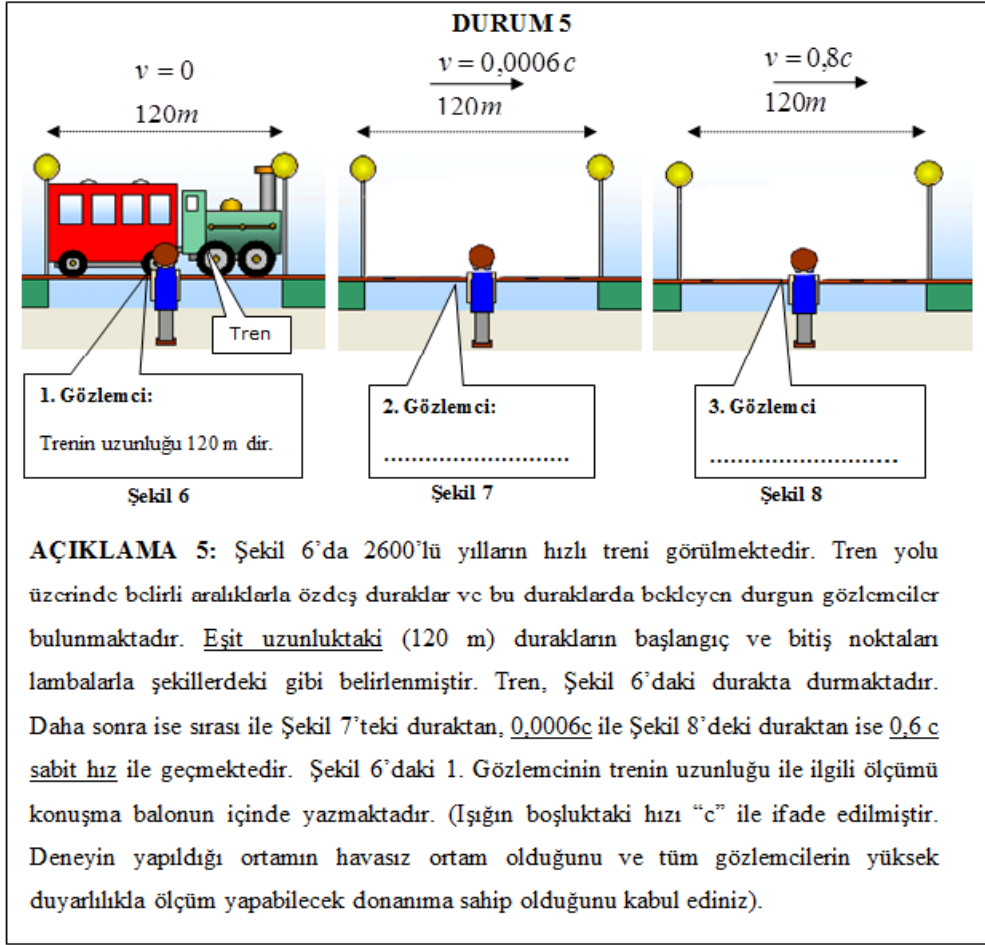
kombinasyonu oluşmaktadır. Bu durum öğrencilerin hangi gözlemci ve hangi saate göre göreliliğin söz konusu olmadığını anlamasını zorlaştırmaktadır. Hareketli gözlemcinin eylemsiz referans sistemi sergilemediğini bu nedenle gözlem sonuçlarını durgun gözlemciye göre ifade edildiği bilgisi öğrencilere karmaşık gelmektedir. Bu nedenle göreliliğin zaman kavramının öğretiminde referans sistemi ve referans sistemlerine göre zaman ölçümlerinin daha net bir şekilde tanımlanması gerekmektedir.

5.1.5 Göreliliğin Zaman Kavramı ile İlgili Bulgular

Bu bölümde ilk olarak Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin göreliliğin zaman kavramı ile ilgili kavram ve gerekçe sorularına yer verilmiştir. Ardından bu sorulardan elde edilen bulgular açıklanmıştır.

Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin Göreliliğin Zaman Kavramı ile İlgili Sorusu

Aşağıda Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin göreliliğin zaman kavramı ile ilgili oluşturulmuş durum, açıklama ve sorulara yer verilmiştir.



Şekil 5.19: Özel görelilik kuramı-tanı testi görelilik uzunluk kavramı ile ilgili durum.

Aşağıda, öğrencilerin yukarıda ifade edilen durum ve açıklamaya uygun olarak yanıtlaması istenilen A, B ve C grubu sorular yer almaktadır.

Özel Görelilik Kuramı Görelî Uzunluk Kavramı Tanı Testi A grubu soruları

Aşağıda Tanı Testinin görelî uzunluk kavramı ile ilgili kavram, gerekçe ve emin olup olmama durumu ile ilgili A grubu soruları yer almaktadır.

1. Şekil 7'deki 2. Gözlemci trenin uzunluğunu kaç m olarak ölçtüğünü söyler?
A) Trenin uzunluğu 120 m'den daha azdır. B) Trenin uzunluğu 120 m'dir. C) Trenin uzunluğu 120 m'den daha fazladır.
2. Aşağıdaki açıklamalardan hangisi yukarıda yer alan 1. soruya yönelik vermiş olduğunuz yanıtı en iyi açıklar?
A) Çünkü 2. Gözlemci, trenin hızından dolayı, treni farklı uzunluktaymiş gibi görür. B) Çünkü trenin 2. Gözlemci tarafından ölçülen uzunluğu trenin hızına bağlı değildir. C) Çünkü 2. Gözlemcinin trenin hızından dolayı, trenin uzunluğunu doğru ölçmesi mümkün değildir. D) Çünkü trenin hızı ışık hızı ile kıyaslandığında çok küçük olduğundan trenin uzunluğundaki değişim ihmal edilir. E) Diğer (Yazınız):.....
3. Üstte yer alan 1. ve 2. soruya yönelik vermiş olduğunuz yanıtlardan emin misiniz?
A) Eminim. B) Emin değilim.

Özel Görelilik Kuramı Tanı Testi görelî uzunluk kavramı B grubu soruları

Aşağıda Tanı Testinin görelî uzunluk kavramı ile ilgili kavram, gerekçe ve emin olup olmama durumu ile ilgili B grubu soruları yer almaktadır.

1. Şekil 8'deki 3. Gözlemci trenin uzunluğunu kaç m olarak ölçtüğünü söyler?
A) Trenin uzunluğu 120 m'den daha azdır. B) Trenin uzunluğu 120 m'dir. C) Trenin uzunluğu 120 m'den daha fazladır.
2. Aşağıdaki açıklamalardan hangisi yukarıda yer alan soruya yönelik vermiş olduğunuz yanıtı en iyi açıklar?
A) Çünkü 3. Gözlemci trenin hızından dolayı treni olduğundan farklı uzunluktaymış gibi görür. B) Çünkü trenin 3. Gözlemci tarafından ölçülen uzunluğu trenin hızına bağlı değildir. C) Çünkü trenin 3. Gözlemci tarafından ölçülen uzunluğu trenin hızına bağlı olarak değişir. D) Çünkü 3. Gözlemcinin trenin hızından dolayı trenin uzunluğunu doğru ölçmesi mümkün değildir. E) Diğer (Yazınız):.....
3. Üstte yer alan 1. ve 2. soruya yönelik vermiş olduğunuz yanıtlardan emin misiniz?
A) Eminim. B) Emin değilim.

Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testi ışık hızı kavramı C grubu soruları

Aşağıda Tanı Testinin görelilik uzunluk kavramı ile ilgili kavram, gerekçe ve emin olup olmama durumu ile ilgili C grubu soruları yer almaktadır.

1. Trenin içinde ve tam ortasında bulunan 4. bir gözlemcinin tren şekil 8'deki duraktan geçerken durağın uzunluğunu ölçtüğünü kabul ediniz. Gözlemci durağın uzunluğu kaç m olarak ölçmüştür?
A) Durağın uzunluğu 120 m'den daha azdır. B) Durağın uzunluğu 120 m'dir. C) Durağın uzunluğu 120 m'den daha fazladır.
2. Aşağıdaki açıklamalardan hangisi yukarıda yer alan soruya yönelik vermiş olduğunuz yanıtı en iyi açıklar?
A) Çünkü 4. Gözlemci, trenin hızından dolayı durağın uzunluğunu olduğundan farklı görür. B) Çünkü durağın 4. Gözlemci tarafından ölçülen uzunluğu trenin hızına bağlı olarak değişmez. C) Çünkü durağın 4. Gözlemci tarafından ölçülen uzunluğu trenin hızına bağlı olarak değişir. D) Çünkü trenin hızından dolayı 4. Gözlemcinin durağın uzunluğunu doğru ölçmesi mümkün değildir. E)Diğer (Yazınız).....
3. Üstte yer alan 1. ve 2. soruya yönelik vermiş olduğunuz yanıtlardan emin misiniz?
A) Eminim. B) Emin değilim.

5.1.5.1 Görelilik Uzunluk Kavram ve Gerekçe Sorusu için Doğru Yanıtların Dağılımı

Tablo 5.32'de, Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin görelilik uzunluk kavramı ile ilgili A,B ve C grubunda yer alan hem kavram ve hem de gerekçe sorusunu doğru yanıtlayan öğrencilerin öğretim öncesi ve öğretim sonrası yanıtlarının dağılımı görülmektedir.

Tablo 5.32: Görelî uzunluk ile ilgili kavram ve gerekçe sorusu için doğru yanıtlaşın dağılımlı.

Görelî uzunluk kavramı	Kavram Sorusu Yanıt Türü	Gerekçe Sorusu Yanıt Türü					
		Doğru					
		Öğretim öncesi Yanıt Yüzdesi		Toplam	Öğretim Sonrası Yanıt Yüzdesi		Toplam
A Grubu	Doğru	2	2	4	12	0	12
		Emin	Emin Değil		Emin	Emin Değil	
B Grubu		2	6	8	32	4	36
		Emin	Emin Değil		Emin	Emin Değil	
C Grubu		0	6	6	6	2	8
		Emin	Emin Değil		Emin	Emin Değil	
Ortalama Yanıt Yüzdesi		1.3	4.6	6	16.6	2	18.6

Tablo 5.32 incelendiğinde öğrencilerin öğretim sonrasında görelî uzunluk kavramına ile ilgili doğru yanıtlaşın öğretim öncesine göre arttığı görölmektedir. Fakat bu artış her bir soru grubu için eşit değildir. Öğrencilerin doğru yanıtlaşında en fazla artış B grubu yanıtlaşda, en az artış ise C grubu yanıtlaşda görölmektedir. Her bir grup yanıtlaştaki artış kavramsal değişim açasından değerlendirilirse, yapılan öğretimin öğrencilerin kavramsal değişimini olumlu yönde etkilediğini ifade edilebilir. Görelî uzunluk ile ilgili B grubu sorularda öğrenciler ışık hızına yakın hızda ilerleyen bir trenin duraktaki bir gözlemci tarafından ölçölen uzunluğu sorulmaktadır. Öğrencilerin B grubu soruları doğru yanıtlaşa miktarlaşındaki artış öğrencilerin ışık hızına yakın hızlaşla ilerleyen cisimlerin uzunluklaşının durgun haldeki uzunluğundan farklı olacağını öğrendikleri şeklinde yorumlanabilir. Görelî uzunluk ile ilgili C grubu sorularda ise öğrencilere ışık hızına yakın hızda ilerleyen trenin içindeki bir gözlemcinin durağın uzunluğu ne kadar ölçeceği sorulmaktadır. C grubu sorularda A ve B grubu sorulardan farklı olarak gözlemci hareket halindedir. Öğrencilerin C grubu soruları daha az doğru yanıtlaşması görelî uzunluk kavramının gözlemcinin hareket ettiği durumlara için daha zor algıladıkları şeklinde değerlendirilebilir.

5.1.5.2 Kavram ve Gerekçe Sorusunun Doğru Yanıtlandığı Çerçeve Yanıt Kategorisi

Bu bölümde kavram ve gerekçe sorusunun doğru yapıldığı çerçeve yanıt kategorilerine yer verilmiştir.

Kategori 12 ile ilgili Bulgular

Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testi kavram ve gerekçe sorularına verilen belirli yanıt kombinasyonları belirli kategorilerle ifade edilmiştir. Görelilik uzunluk kavramı ile ilgili kategorilerden birincisi aşağıda ifade edilmiştir.

Kategori 12 öğrencilerin görelilik uzunluk kavramına yönelik olarak sahip olması beklenen doğru bilgiyi içermektedir.

Kategori 12: Işık hızına yakın hızlarla hareket eden bir cisim için iki nokta arasında ölçülen uzunluğu referans çerçevesine bağlı olarak kısalır.

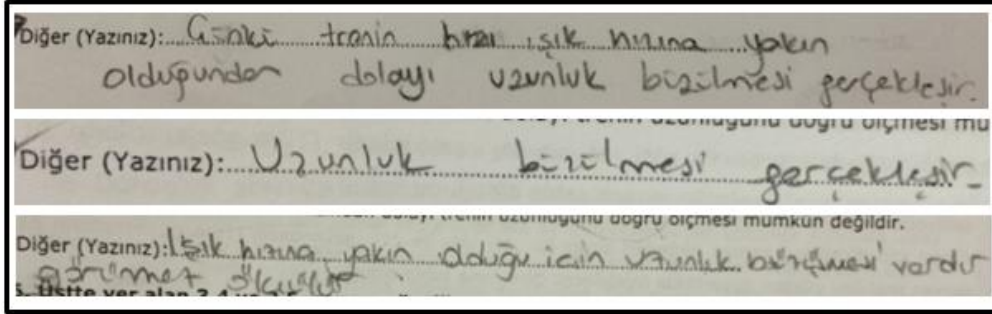
Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testi'nde yer alan A, B ve C grubu soru gruplarında Kategori 12 için yanıt kombinasyonları şu şekildedir:

- **A Grubu:** Kavram sorusu için B, gerekçe sorusu için D seçeneği Bu seçenek kombinasyonunun Özel Görelilik Kuramı Tanı Testindeki karşılığı: Trenin uzunluğu 120 m'dir. Çünkü trenin hızı ışık hızı ile kıyaslandığında çok küçük olduğundan trenin uzunluğundaki değişim ihmal edilir.
- **B Grubu:** Kavram sorusu için A, gerekçe sorusu için C seçeneği Özel Görelilik Kuramı Tanı Testindeki karşılığı: Trenin uzunluğu 120 m'den daha azdır. Çünkü trenin 3. Gözlemci tarafından ölçülen uzunluğu trenin hızına bağlı olarak değişir.
- **C Grubu:** Kavram sorusu için A, gerekçe sorusu için C seçeneği Özel Görelilik Kuramı Tanı Testindeki karşılığı: Durağın uzunluğu 120 m'den daha azdır. Çünkü durağın 4. Gözlemci tarafından ölçülen uzunluğu trenin hızına bağlı olarak değişir.

Tablo 4.33 incelenirse öğrencilerin öğretim sonrasında Kategori 12 türü yanıtlarının arttığı görülmektedir.

Kategori 12 ile ilgili nitel bulgular

Şekil 5.20’te öğretim sonrasında gerekçe sorusu için gerekçesini yazılı olarak açıklayan öğrencilerin kategori 12’ye uygun yanıtları yer almaktadır.



Şekil 5.20: Göreli uzunluk ile ilgili doğru yanıt örnekleri.

Şekil 5.20 kendi ifadesi ile göreli uzunluk kavramı ile ilgili görüşleri yer alan öğrencinin ifade ettiği gibi ışık hızına yakın hız değerlerinde cisimler durgun haldeki uzunluklarından daha kısa ölçülürler.

Kategori 12 ile İlgili Görüşme Verileri

Öğrencilerle yapılan yarı yapılandırılmış görüşmelerde de Tanı Testinden elde edilen verilere benzer verilere rastlanmaktadır. Öğretim öncesinde görüşme yapılan sekiz öğrenciden hiçbiri görüşme sorularına Kategori 12 kapsamında değerlendirilebilecek yanıtlar vermemiştir. Öğretim sonrası yapılan görüşmelerde ise dört öğrencinin göreli uzunluk ile ilgili doğru ifadeler kullandığı görülmektedir.

Aşağıda bu öğrencilerden birinin öğretim sonrası EK 4.1’de yer alan yarı yapılandırılmış görüşme formunun göreli uzunluk ile ilgili soruya vermiş olduğu yanıtlar yer almaktadır.

A: Birbirine özdeş 10 m uzunluğundaki iki roketten biri duruyorken diğeri doğu yönünde ışık hızının %80’i bir hızla ilerlemektedir. Her iki rokette bulunan gözlemciler diğer roketin ve kendi roketlerinin boyunu ölçerse nasıl bir sonuç elde ederler? Durgun gözlemciden başlayalım.

Ö7: Kendisini 10 m diğerini 10 m’den kısa

A: Neden?

Ö7: Işık hızına yakın hızla gittiği için içinde bulunan gözlemci bir farklılık görmez. Diğerine baktığında küçülüyor görür. Diğer durgunda yanından ışık hızıyla geçen roketi kısalıyor görür...

A: Kısalıyor görür derken aslında o boyda değil kısalıyor görür mü yoksa gerçekten kısalır mı?

Ö7: Gerçekten kısalıyor.

A: Ölçüm yaparsa daha mı kısa ölçer?

Ö7: Daha kısa ölçer.

A: Hareketli gözlemci diğerini neden kısalıyor görür?

Ö7: Kendi o hızla gittiği için diğerini o hızla zıt yöne gidiyor görür.

Yukarıda görüşlerine yer verilen öğrenci öğretim sonrasında Kategori 12 ye uygun ifadeler kullanmıştır. Yapılan görüşmelerden ve tanı testinden elde edilen veriler öğretim modelinin öğrencilerin görelî uzunluk kavramının öğretiminde etkili olduğunu göstermektedir.

5.1.5.3 Görelî Uzunluk Kavram ve Gerekçe Sorusu için Yanlış Yanıtların Dağılımı

Tablo 5.33'te Özel Görelîlik Kuramı-Tanı Testinin Görelî uzunluk kavramı ile ilgili A, B ve C grubunda yer alan hem kavram ve hem de gerekçe sorusunu yanlış yapan öğrencilerin öğretim öncesi ve öğretim sonrası yanıtlarının dağılımı görülmektedir.

Tablo 5.33: Görelî uzunluk ile ilgili kavram ve gerekçe sorusu için yanlış yanıtların dağılımları.

Görelî uzunluk kavramı	Kavram Sorusu Yanıt Türü	Gerekçe Sorusu Yanıt Türü					
		Yanlış					
		Öğretim Öncesi Yanıt Yüzdesi		Toplam	Öğretim Sonrası Yanıt Yüzdesi		Toplam
A Grubu	Yanlış	26	38	64	38	10	48
		Emin	Emin Değil		Emin	Emin Değil	
B Grubu		14	26	40	2	6	8
		Emin	Emin Değil		Emin	Emin Değil	
C Grubu		18	30	48	32	8	40
		Emin	Emin Değil		Emin	Emin Değil	
Ortalama Yanıt Yüzdesi		19.3	31.3	50.6	24	8	32

Tablo 5.33'te yer alan öğrenci yanıtları incelendiğinde, öğretim sonrasında görelî uzunluk kavramına yönelik verilen toplam yanlış yanıtların azaldığı görölmektedir. Ayrıca öğrencilerin öğretim sonrasında görelî uzunluk ile ilgili olan A, B ve C grubu sorulara verdikleri yanlış yanıtların her birinde azalma olduğu görölmektedir. Öğrencilerin öğretim öncesi ve öğretim sonrası A, B ve C grubu sorularına verdikleri yanlış yanıtlarındaki azalmanın tutarlı olmadığı görölmektedir. Tablo 4.34'te öğrencilerin yanlış yanıtlarında en fazla azalmanın B grubu sorularda, en az azalmanın ise C grubu sorularda olduğu görölmektedir. Görelî uzunluk ile ilgili B grubu sorularda öğrencilere ışık hızına yakın hızda ilerleyen bir trenin duraktaki bir gözlemci tarafından ölçölen uzunluğu sorulmaktadır. C grubu sorularda ise trenin içindeki bir gözlemcinin trenin uzunluğunu ne kadar ölçeceği sorulmaktadır. Bu durum gözlemcinin de hareket ettiği C grubu soruların öğrenciler için A ve B grubu sorulara göre daha karmaşık gelmiştir.

5.1.5.4 Kavram ve Gerekçe Sorusunun Yanlış Yanıtlandığı Çerçeve Yanıt Kategorisi

Aşağıda kavram ve gerekçe sorusunun yanlış yapıldığı çerçeve yanıt kategorileri yer almaktadır.

Kategori 13 İle İlgili Nitel Bulgular

Aşağıda ifade edilen Kategori 13'e görelilik uzunluk ile ilgili yanlış bir bilgiyi içermektedir.

Kategori 13: Işık hızına yakın hızla hareket eden bir cismin uzunluğu olduğundan farklı algılanır.

Aşağıda Kategori 13 için değerlendirilen yanıt kombinasyonları ve bu yanıt kombinasyonunun neyi ifade ettiği açıklanmıştır.

- **A grubu sorular da kavram sorusu için A-C, gerekçe sorusu için C seçeneği işaretlenmesi şu anlama gelmektedir:** Trenin uzunluğu 120 m'den daha azdır/fazladır. Çünkü 2. Gözlemci, trenin hızından dolayı, treni olduğundan farklı uzunluktaymiş gibi görür.
- **B ve C grubu sorular da kavram sorusu için C, gerekçe sorusu için A seçeneğinin işaretlenmesi:** Trenin uzunluğu 120 m'den daha fazladır. Çünkü 3. Gözlemci trenin hızından dolayı treni olduğundan farklı uzunluktaymiş gibi görür.

Aşağıdaki Tablo 5.34'te öğrencilerin Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin görelilik uzunluk kavramı ile ilgili sorularına öğretim öncesinde ve öğretim sonrasında verdikleri Kategori 13 kapsamına giren yanıt kombinasyonları ve öğrenci sayıları yer almaktadır.

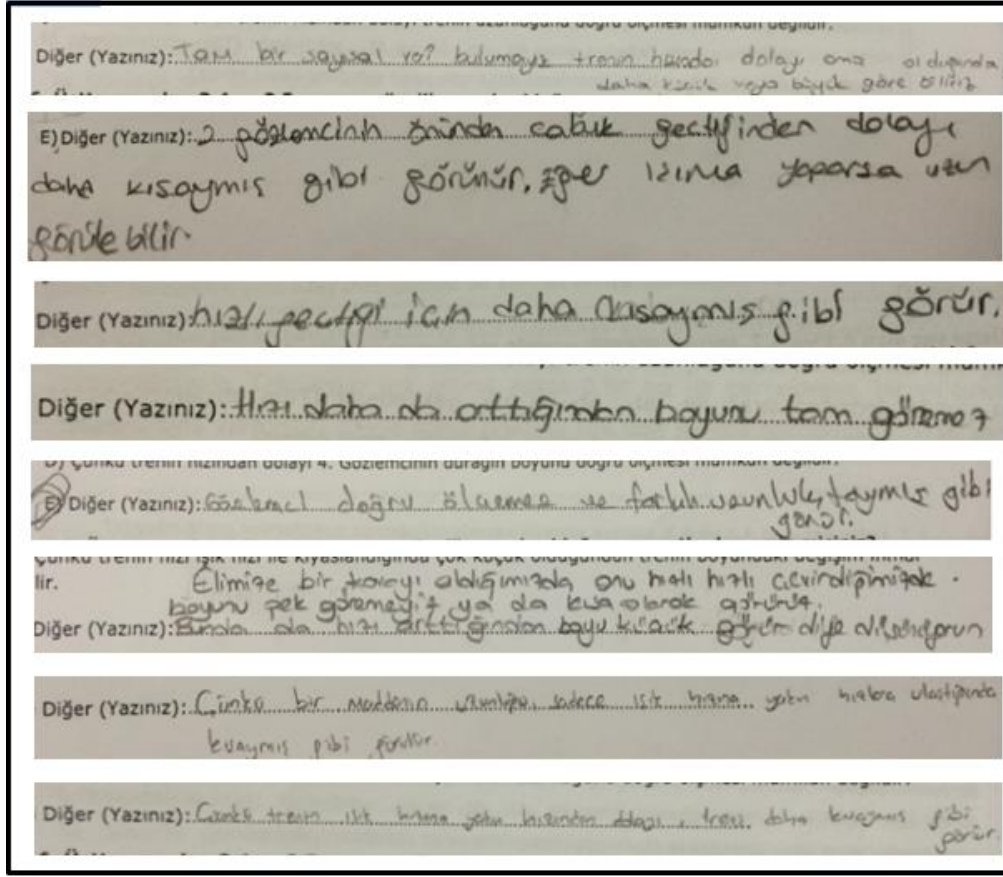
Tablo 5.34: Kavram ve gerekçe sorusunun yanlış yapıldığı çerçeve yanıt kategorisi.

Kategori 13 kapsamına giren yanıtlar	Soru Grubu	Yanıt Kombinasyonu	Öğretim Öncesi	Öğretim Sonrası
Trenin uzunluğu 120 m'den daha azdır/fazladır. Çünkü 2. Gözlemci, trenin hızından dolayı, treni olduğundan farklı uzunluktaymış gibi görür.	A	KS: A-C-GS: C	8	2
Trenin uzunluğu 120 m'den daha fazladır. Çünkü 3. Gözlemci trenin hızından dolayı treni olduğundan farklı uzunluktaymış gibi görür.	B	KS: C- GS: A	16	0
	C	KS: C-GS: A	12	0
Ortalama Yanıt Yüzdesi			12	0.6

Tablo 5.34 görüldüğü gibi öğrencilerin öğretim sonrasında Kategori 13 kapsamındaki yanıtlarında azalma olmuştur.

Kategori 13 ile ilgili Nitel Veriler

Aşağıda Özel Görelilik Kuramı Tanı Testinin gerekçe sorusu için belirli bir seçeneği işaretleyip kendi görüşlerini yazılı olarak açıklayan ve herhangi bir seçeneği işaretlemeyip e şikkını işaretleyen (kendi gerekçesini kendisi açıklayan) öğrencilerin yanıtları yer almaktadır.



Şekil 5.21: Özel görelilik kuramı-tanı testinin görelilik uzunluk ile ilgili öğrenci yanıtları.

Şekil 5.21’de öğrencilerin öğretim öncesinde ve öğretim sonrasında görelilik uzunluk kavramı ile ilgili yanıtları yer almaktadır. Öğrencilerin yanıtları incelendiğinde öğretim öncesinde altı öğretim sonrasında ise iki öğrencinin Kategori 13 kapsamında değerlendirilebilecek yanıtlar verdiği görülmektedir. Öğrencilerin ifadelerinden de anlaşılacağı gibi Kategori 13 türü yanıt veren öğrenciler ışık hızına yakın hız değerlerinde bir cismin uzunluğunun olduğundan farklı algılanacağını düşünmekte oldukları görülmektedir.

Kategori 13 ile ilgili Görüşme Verileri

Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testine ek olarak öğretim öncesinde ve öğretim sonrasında sekiz öğrenci ile yarı yapılandırılmış görüşmeler yapılmıştır. Aşağıda görüşme yapılan bu öğrencilerden birinin öğretim öncesinde ve öğretim sonrasında eşanlılık kavramı ile sorulara vermiş olduğu yanıtlar görülmektedir.

A: Birbirine özdeş 10 m uzunluğundaki iki roketten biri duruyorken diğeri doğru yönünde ışık hızının %80'i bir hızla ilerlemektedir. Her iki rokette bulunan gözlemciler diğeri roketin ve kendi roketlerinin boyunu ölçerse nasıl bir sonuç elde ederler? Durgun gözlemciden başlayalım.

Ö7: Bir anda yanından geçeceği için 10 m daha kısa ölçer.

A: Diğeri kaç ölçer.

Ö7: O hızlıca geçip gittiği için o uzar. Hızlı gittiği için ışık gibi yayılarak uzar.

A: Öylemi görür öylemi ölçer.

Ö7: Öyle görür ama her ikisi de aynı boydadır.

Yukarıda yanıtlarına yer verilen öğrencinin öğretim öncesinde Kategori 13 kapsamında değerlendirilebilecek ifadeler kullandığı görülmektedir. Öğrencinin vermiş olduğu ifadeler öğrencilerin Kategori 13 türü yanıtlarının altında yatan nedenleri açıklamaktadır. Yukarıdaki öğrencinin açıklamaları incelendiğinde öğrencinin öğretim öncesinde ışık hızında hareket eden cisimlerin uzunluklarının değişmeyeceğini fakat hızlı hareket etmesinden dolayı uzun görüneceği görüşüne sahip oldukları görülmektedir. Bu öğrencinin öğretim sonrası ifadelerine bir önceki bölümde yer verilmiştir. Öğrenci öğretim sonrasında ise Kategori 12 kapsamında değerlendirilebilecek yanıtlar vermiştir.

Bu bölüm ve bir önceki bölümdeki bulgular birlikte değerlendirildiğinde bir önceki bölümde ifade edilen doğru yanıtlardaki artış ile bu bölümde ifade edilen yanlış yanıtlardaki azalış öğretim modelinin öğrencilerin görelî uzunluk ile ilgili klasik kavramının görelîlik kuramının öngördüğü ışık hızı kavramına dönüşmesinde etkili olduğunu göstermektedir.

5.1.5.5 Görelî Uzunluk Kavram Sorusu için Doğru Gerekçe Sorusu için Yanlış Yanıtların Dağılımı

Aşağıdaki Tablo 5.35’de öğretim öncesi ve öğretim sonrası Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testi’nin görelî uzunluk ile ilgili kavram sorusuna doğru ancak gerekçe sorusunu yanlış yanıt veren öğrencilerin dağılımı yer almaktadır.

Tablo 5.35: Görelî uzunluk kavramı ile ilgili kavram sorusunu doğru gerekçe sorusunu yanlış yanıtlayan öğrenci dağılımının incelenmesi.

Görelî uzunluk kavramı	Kavram Sorusu Yanıt Türü	Gerekçe Sorusu Yanıt Türü					
		Yanlış Yanıt					
		Öğretim Öncesi Yanıt Yüzdesi		Toplam	Öğretim Sonrası Yanıt Yüzdesi		Toplam
A Grubu	Doğru	10	18	28	2	0	2
		Emin	Emin Değil		Emin	Emin Değil	
B Grubu		12	30	42	36	10	46
		Emin	Emin Değil		Emin	Emin Değil	
C Grubu		14	22	36	16	14	30
		Emin	Emin Değil		Emin	Emin Değil	
Ortalama Yanıt Yüzdesi		12	23.3	35.3	18	8	26

Tablo 5.35’de ifade edilen veriler incelendiğinde genel olarak öğrencilerin öğretim sonrasında kavram sorusunu doğru fakat gerekçe sorusunu yanlış yanıtlama miktarlarının azaldığı görülmektedir. A, B ve C grubu yanıtları kendi içinde incelendiğinde ise öğretim sonrasında A ve C grubu sorular için kavram sorusunu doğru gerekçe sorusunu yanlış yapan öğrenci sayısı azalırken, öğretim sonrasında B grubu sorular için bu yanıt türünde bir artış olduğu görülmektedir.

Tablo 5.35’e göre öğrencilerin öğretim öncesi ve öğretim sonrası A, B ve C grubu sorulara vermiş oldukları yanıtlardan emin olma durumlarını incelenirse; öğrencilerin öğretim sonrasında vermiş oldukları yanıtlardan emin olma durumlarının, öğretim öncesinde vermiş oldukları yanıtlardan emin olma

durumlarına göre artmış olduğu görülmektedir. Öğrencilerin öğretim sonrasında vermiş oldukları yanıtlardan emin olmaları görece uzunluk ile ilgili sahip oldukları bilgilere güvendikleri şekilde yorumlanabilir.

5.1.5.6 Kavram Sorusunun Doğru Gerekçe Sorusunun Yanlış Yanıtlandığı Yanıt Kategorisi

Aşağıda kavram sorusunun doğru gerekçe sorusunun yanlış işaretlenmesi kapsamında yer alan Kategori 14 tanımlanmıştır.

Kategori 14: Işık hızına yakın hızlarla hareket eden bir cismin uzunluğunu doğru ölçmek mümkün değildir.

- B ve C grubu sorular da kavram sorusu için A, gerekçe sorusu için A seçeneğinin işaretlenmesi: *Trenin uzunluğu 120 m'den daha azdır. Çünkü gözlemcinin trenin hızından dolayı trenin uzunluğunu doğru ölçmesi mümkün değildir.*

Aşağıdaki Tablo 5.36'da öğrencilerin Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin görece uzunluk kavramı ile ilgili sorularına öğretim öncesinde ve öğretim sonrasında verdikleri Kategori 14 kapsamına giren yanıt kombinasyonları ve öğrenci sayıları yer almaktadır.

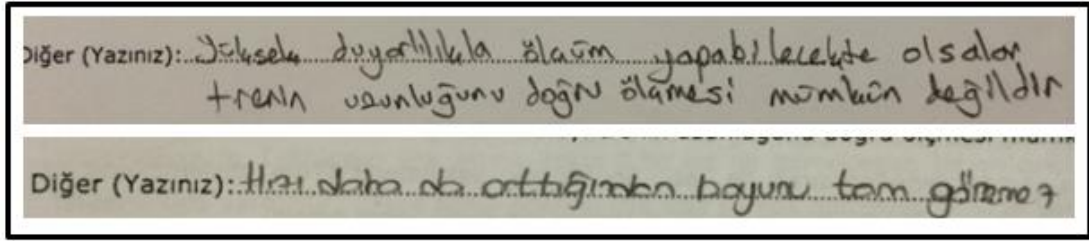
Tablo 5.36: Öğretim öncesi ve öğretim sonrası görece uzunluk ile ilgili Kategori 14 kapsamına giren yanıt kombinasyonları ve öğrenci sayıları.

Kategori 14 kapsamına giren yanıtlar	Soru Grubu	Yanıt Kombinasyonu	Öğretim Öncesi	Öğretim Sonrası
Işık hızına yakın hızlarla hareket eden bir cismin uzunluğunu doğru ölçmek mümkün değildir.	B Grubu	KS: A GS: A	32	36
	C Grubu		30	26
Toplam			31	31

Tablo 5.36 incelendiğinde öğretim sonrasında Kategori 14 kapsamına giren yanıtların değişmediği görülmektedir. Bu kategoride yer alan yanıtlarda, öğrenciler ışık hızına yakın hızlarla hareket eden bir cismin uzunluğunda kısalma olacağını ifade etmiştir fakat bu kısalmanın o hızda hareket eden bir cismin uzunluğunun doğru ölçülememesinden kaynaklandığını belirtmişlerdir. Bir başka ifade Kategori 14 yanıt türüne göre gerçekte cismin uzunluğu değişmemiş fakat ölçmedeki hatadan dolayı cisim olduğundan daha kısa ölçülmüştür.

Kategori 14 ile ilgili Açık Uçlu Veriler

Aşağıda Özel Görelilik Kuramı Tanı Testinin gerekçe sorusu için belirli bir seçeneği işaretleyip kendi görüşlerini yazılı olarak açıklayan ve herhangi bir seçeneği işaretlemeyip e şikkını işaretleyen (kendi gerekçesini kendisi açıklayan) öğrencilerin Kategori 14'e uygun yanıtları yer almaktadır.



Şekil 5.22: Özel görelilik kuramı tanı testinin görelilik uzunluk ile ilgili öğrenci yanıtları.

Öğretim öncesinde iki öğrenci yukarıda yer alan yanıtları vermiştir. Öğretim sonrasında bu tür yazılı yanıtlara rastlanamamıştır. Öğrencilerle yapılan görüşmeler incelendiğinde, öğretim öncesinde iki öğrencinin Kategori 14 kapsamında değerlendirilebilecek yanıtlar verdiği görülmektedir. Öğretim sonrasında yapılan görüşmelerde ise bu kategori kapsamında değerlendirilebilecek bir yanıt rastlanamamıştır.

Görüşme yapılan öğrencinin öğretim öncesindeki görüşleri aşağıdaki gibidir:

A: Öğrenci yarı yapılandırılmış görüşme formundaki soruyu okuduktan sonra araştırmacı soruyu öğrenciye açıklamaktadır: Birbirine özdeş 10 m uzunluğundaki iki

roketten biri duruyorken diğeri doğu yönünde ışık hızının %80'i bir hızla ilerlemektedir. Her iki rokette bulunan gözlemciler diğeri roketin ve kendi roketlerinin boyunu ölçerse nasıl bir sonuç elde ederler? Durgun gözlemciden başlayalım.

Ö: Duran gözlemci hareketliyi 20 m den büyük ölçer

A: Neden?

Ö2: Bir şeyi çok hızlı hareket ettirdiğimizde etrafındaki şeyleri göremeyiz ya

A: Örnek verebilir misin?

Ö2: Mesela çarkı çok hızlı çevirdiğimizde hangisi yeşil hangisi mavi fark edemeyiz ya insan gözü bunu algılayamaz... tam başladığı yer ile tam bittiği yeri kestiremez. Ölçüm araçları çok hassas olsaydı belki ayırt ederdik. Her ölçümde bir hata vardır. Bunu geçen yıl öğrenmiştik. Ölçü aletinden ölçümden kaynaklanan hatalar her zaman vardır.

A: Hareketli uzak mekiğindeki gözlemcide durgun uzay mekiğinin uzunluğunu kaç ölçer?

Ö2: Buda 20 m den fazla ölçer. Çünkü bu kendisini duruyor farz edersek bunu (durgun olanı kastediyor) hareketli görür. O yüzden bunu 20 den büyük ölçer.

Görüşme yapılan öğrencinin öğretim sonrasındaki görüşleri aşağıdaki gibidir.

Ö2: Durgun roketteki gözlemci hareketli roketin boyunu daha kısa ölçer.

A: Kendi roketinin boyunu kaç ölçer?

Ö2: Kendi roketinin boyunu aynı ölçer.

A: Hareketli gözlemci açısından soruyu yanıtlayabilir misin?

Ö2: Hareketli gözlemci durgun roketin boyunu aynı ölçer?

A: Kendi roketin boyunu kaç ölçer.

Ö2: Kendi bulunduğu roketin boyu için pek bir şey söyleyemiyorum. Çünkü kendisi de hareket halinde ya değişmeyebilir aslında ama hızdan dolayı da kısalması gerekiyor. Durgun gözlemciden eminim ama ikincisi aslında...

A: İki gözlemci arasındaki bu farkı nasıl açıklarsın?

Ö2: Böyle ölçer ama sebebini çokta açıklayamıyorum.

Yukarıda görüşlerine yer verilen öğrencinin öğretim öncesinde görelî uzunluk kavramı ile ilgili Kategori 14 kapsamında değerlendirilebilecek yanıtlar verdiği görülmektedir. Bu öğrenci öğretim sonrasında ki yanıtlar ise Kategori 12 kapsamına girmektedir.

Bu bölümdeki veriler genel olarak değerlendirildiğinde öğrencilerin ışık hızına yakın hızlarda uzunluk ölçümlerinin hatalı olacağı şeklinde yaygın bir görüş olduğunu görülmektedir. Öğretim sonucunda bu görüşün varlığını koruduğu görülmüştür. Bu tür kavramlaştırmaları engellemek için öğretim modeline yüksek hızlarda ölçme işleminin nasıl yapıldığının anlaşılmasını sağlayacak örnek olaylar eklenebilir.

5.1.5.7 Görelî Uzunluk Kavram Sorusu için Yanlış Gerekeç Sorusu için Doğru Yanıtların Dağılımı

Aşağıdaki Tablo 5.37’de öğretim öncesi ve öğretim sonrası tanı testinin görelî uzunluk ile ilgili kavram sorusunu yanlış ancak gerekeç sorusunu doğru yanıtlayan öğrencilerin dağılımı yer almaktadır.

Tablo 5.37: Görelî uzunluk kavramı ile ilgili kavram sorusunu yanlış gerekçe sorusunu doğru yanıtlayan öğrenci dağılımının incelenmesi.

Görelî Uzunluk	Kavram Sorusu Yanıt Türü	Gerekçe Sorusu Doğru Yanıt					
		Öğretim Öncesi Yanıt Yüzdesi		Toplam	Öğretim Sonrası Yanıt Yüzdesi		Toplam
A Grubu	Yanlış Yanıt	8	4	12	22	4	26
		Emin	Emin Değil		Emin	Emin Değil	
B Grubu		2	8	10	0	0	0
		Emin	Emin Değil		Emin	Emin Değil	
C Grubu		0	0	0	2	0	14
		Emin	Emin Değil		Emin	Emin Değil	
Ortalama Yanıt Yüzdesi		3.3	4	7.3	8	1.3	13.3

Tablo 5.37’de ifade edilen veriler incelendiğinde genel olarak öğrencilerin öğretim sonrasında kavram sorusunu yanlış fakat gerekçe sorusunu doğru yanıtlama miktarlarının arttığı görölmektedir. A, B ve C grubu yanıtları kendi içinde incelendiğinde ise öğretim sonrasında A ve C grubu yanıtların arttığı, B grubu yanıtların ise azaldığı görölmektedir.

Tablo 5.37’de yer alan yanıt kombinasyonları aşağıdaki gibidir.

- **A grubu sorular için:** Trenin uzunluğu 120 m’den daha azdır/fazladır. Çünkü trenin hızı ışık hızı ile kıyaslandığında çok küçük olduğundan trenin uzunluğundaki değişim ihmal edilir.
- **B grubu sorular için:** Trenin uzunluğu 120 m’dir/120m’den daha fazladır. Çünkü trenin 3. Gözlemci tarafından ölçölen uzunluğu trenin hızına bağlı olarak değişir.
- **C grubu sorular için:** Trenin uzunluğu 120 m’dir/120m’den daha fazladır. Çünkü trenin 4. Gözlemci tarafından ölçölen uzunluğu trenin hızına bağlı olarak değişir.

5.1.5.8 Kavram Sorusunun Yanlış Gerekçe Sorusunun Doğru Yanıtlandığı Yanıt Kategorileri

Aşağıda kavram sorusunun yanlış gerekçe sorusunun doğru yapıldığı yanıt çerçevesi içinde yer alan kategorilere yer verilmiştir.

Kategori 15 ile İlgili Nitel Bulgular

Yukarıdaki yanıt kombinasyonları incelendiğinde A grubu soru kombinasyonunun anlamlı olmadığı görülmektedir. B ve C grubu soruların ise bir bölümü anlamlıdır. B ve C grubu sorularda trenin uzunluğunun 120 m'den fazla olduğu seçeneğin işaretlenmesi durumunda yanıtlar anlamlıdır. A, B ve C grubu yanıtlar için anlamlı olan ifadeler Kategori 15 kapsamında değerlendirilmiştir.

Kategori 15: Işık hızına yakın hızlarla hareket eden bir cisim için iki nokta arasında ölçülen uzunluk gözlem çerçevesine bağlı olarak artar.

Tablo 5.38: Öğretim öncesi ve öğretim sonrası görelî uzunluk ile ilgili yanıt kombinasyonları ve öğrenci sayıları

Kategori 15 kapsamına giren yanıtlar	Soru Grubu	Yanıt Kombinasyonu	Öğretim Öncesi	Öğretim Sonrası
Trenin/durağın uzunluğu 120 m'den daha fazladır. Çünkü trenin 2./3./4. gözlemci tarafından ölçülen uzunluğu trenin hızına bağlı olarak değişir.	A Grubu	KS: C GS:C	6	0
	B Grubu		0	10
	C Grubu		10	0
Ortalama Yanıt Yüzdesi			5.3	3.3

Tablo 5.38'deki yanıtlar incelendiğinde öğretim sonrasında Kategori 15 türü yanıtların azaldığı görülmektedir. Bununla birlikte A ve C grubu sorular için Kategori 15 türü yanıtlar azalırken B grubu yanıtlar artmıştır.

Kategori 15 ile ilgili Görüşme Verileri

Aşağıda bir öğrencinin öğretim öncesindeki ifadeleri yer almaktadır.

A: Öğrenci yarı yapılandırılmış görüşme formundaki soruyu okuduktan sonra araştırmacı soruyu öğrenciye açıklamaktadır: Birbirine özdeş 10 m uzunluğundaki iki roketten biri duruyorken diğeri doğu yönünde ışık hızının %80'i bir hızla ilerlemektedir. Her iki rokette bulunan gözlemciler diğeri roketin ve kendi roketlerinin boyunu ölçerse nasıl bir sonuç elde ederler? Durgun gözlemciden başlayalım.

Ö1: Elinde yeterli bir teknoloji varsa eşit ölçer. Hareketli araçtaki 20 m den daha kısa ölçer. Yolculuk sırasında bana öyle geliyor ama çevremizdeki ağaçlar daha küçük görülür.

A: Gerçekte daha mı kısadırlar?

Ö1: Tam bilemiyorum ama öyle gelir heralde.....(kesin söyleyemiyor)

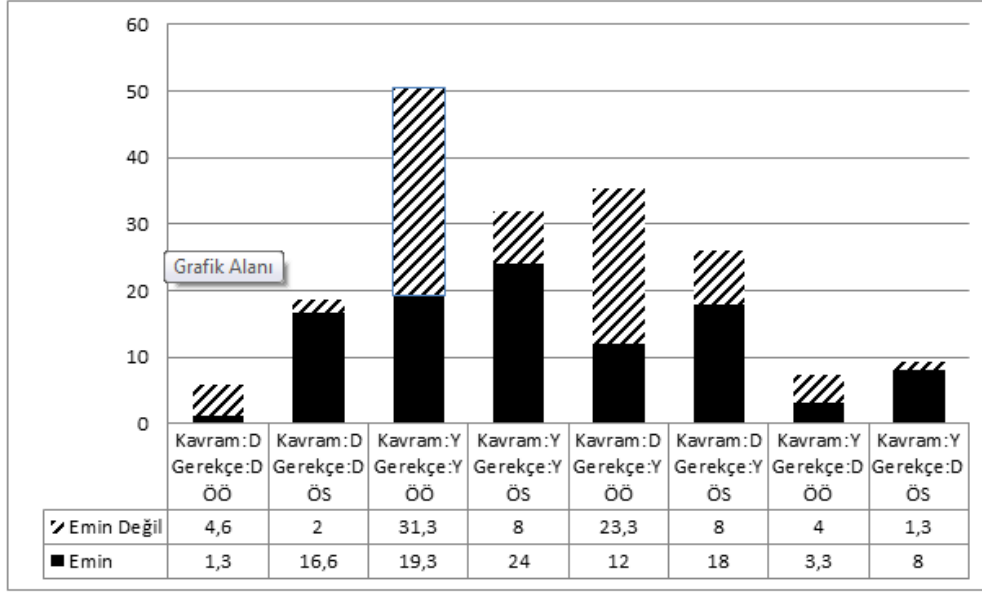
A: Durgun araçtaki diğeri uzunluğunu nasıl görür?

Ö1: bu sefer daha büyük görür. Dediğim gibi çizgi filmlerde oluyor ya bi tilkinin kovaladığı şey... uzun görür yani.

Yukarıda yanıtlarına yer verilen öğrencinin ifadeleri Kategori 15 olarak ifade edilen yukarıdaki görüşü açıklar niteliktedir. Öğrenciler günlük tecrübelerinden elde ettikleri yanlış gözlemlerini uzunluk göreliliği kavramını öğrenirken kullandıkları ifade edilebilir. Öğretim sonrasında öğrencilere ışık hızı ile hareket eden bir cismin uzunluğundaki değişim ifade edilirken öğrencilerin bu bilgiyi günlük hayattan edindikleri yanlış gözlemlere dayandırarak kavramsallaştırmış olduğu söylenebilir.

5.1.5.9 Görelî Uzunluk Kavramı ile ilgili Elde Edilen Bulguların Bütün Olarak Yorumlanması

Şekil 5.23'te öğrencilerin, öğretim öncesi ve öğretim sonrasında Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin görelî zaman kavramı ile ilgili sorusuna verdikleri yanıtların dağılımı yer almaktadır.



Şekil 5.23: Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testi Görelî uzunluk kavramı ile ilgili bulgular.

Şekil 5.23'te sunulan veriler incelendiğinde, öğretim sonrasında DD yanıt yüzdesi artarken diğêr çerçeve yanıtların yüzdelerinin azaldığı görülmüştür. Öğretim sonrasında DD yanıt yüzdelerinin artmasına paralel olarak YY yanıt yüzdelerinin azalması öğretim modelinin öğrencilerin görelî uzunluk ile ilgili yanlış kavramlarının yerine doğru kavramların oluşmasında etkili olduğu göstermektedir. Öğrencilerin öğretim sonrasında YD yanıtlarının artması kavram sorusunu doğru yapmaları açısından olumlu DY yanıtların azalması ise gerekçe sorusunu doğru yapmaları açısından olumsuz bir durum olarak değerlendirilebilir. Fakat öğrencilerin yanıtlarının altında yatan nedenleri belirleyebilmek için bu çerçevedeki anlamlı yanıt kombinasyonlarını yani kategorileri incelemek gerekir.

Öğrencilerin öğretim sonrasında tüm yanıt çerçevelerinde emin olma oranlarının arttığı görülmektedir. Fakat bu artış en fazla DD ve YD yanıtlarda görülmektedir. Özellikle öğrencilerin büyük bölümünün DD yanıtlarından emin olması öğretim modelinde bu kavramın öğretimi için yapılan etkinliklerin kavramın derinlemesine öğrenilmesinde katkısı olduğu söylenebilir.

Tablo 5.39’da öğrencilerin, öğretim öncesi ve öğretim sonrasında tanı testinin görelî zaman kavramı ile ilgili sorusuna verdikleri yanıtlara göre oluşan kategoriler ve dağılımları yer almaktadır.

Tablo 5.39: Görelî uzunluk ile ilgili kategoriler ve dağılımları.

Kategorinin Bulunduğu Bölüm	Kategoriler	Öğretim Öncesi Yanıt Yüzdesi	Öğretim Sonrası Yanıt Yüzdesi	Değişim Yüzdesi
KS: Doğru GS: Doğru	Kategori 12: Işık hızına yakın hızlarla hareket eden bir cisim için iki nokta arasında ölçülen uzunluğu referans çerçevesine bağılı olarak azalır.	18	56	38
KS: Yanlış GS: Yanlış	Kategori 13: Işık hızına yakın hızla hareket eden bir cismin uzunluğu olduğundan farklı algılanır.	34	2	-32
KS: Doğru GS: Yanlış	Kategori 14: Işık hızına yakın hızlarla hareket eden bir cismin uzunluğunu doğru ölmek mümkün değildir.	62	62	0
KS: Yanlış GS: Doğru	Kategori 15: Işık hızına yakın hızlarla hareket eden bir cismin uzunluğu artar.	16	10	-6

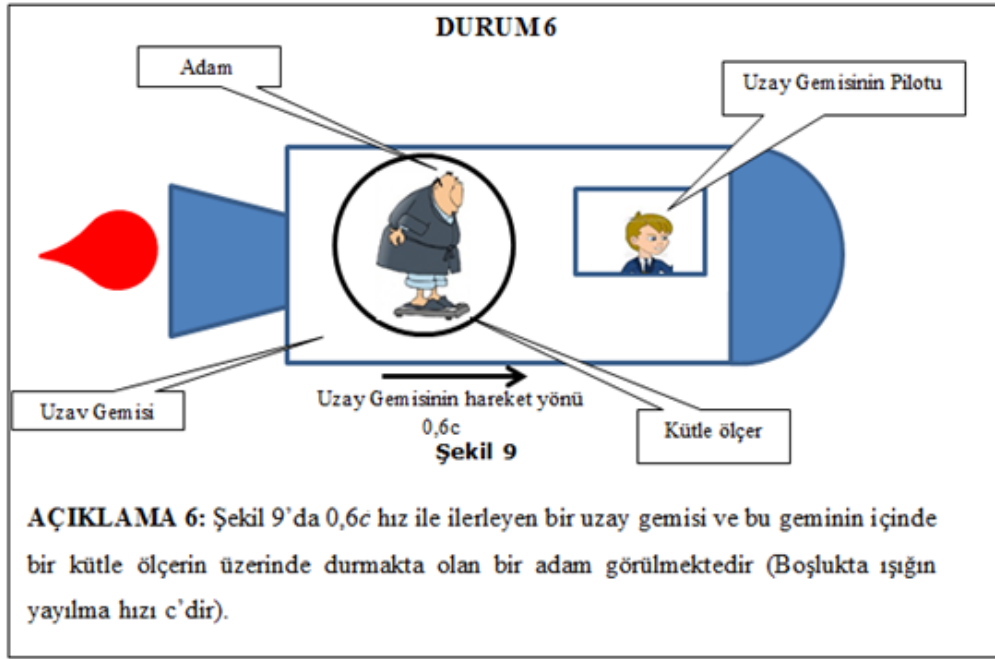
Tablo 5.39’da sunulan veriler incelendiğinde DD çerçevesindeki Kategori 12 türü yanıtların öğretim sonrasında, öğretim öncesine göre arttığı görülmektedir. Öğrencilerin Kategori 12 türü yanıtlarının artması öğrencilerin öğretim sonrasında ışık hızına yakın hızlarda bir cismin uzunluğunun durgun haldeki uzunluğundan daha kısa ölçüleceği düşüncesine sahip olduklarını göstermektedir. Bununla birlikte YY çerçevesindeki Kategori 13 ve YD çerçevesindeki Kategori 15 türü yanıtların öğretim sonrasında, öğretim öncesine göre azaldığı görülmektedir. Kategori 13 ışık hızına yakın hızlarla hareket eden bir cismin uzunluğunun olduğundan farklı algılanacağı yönünde klasik fizik ve modern fizik için anlamlı olmayan bir görüştür. Kategori 15 ise ışık hızına yakın hızlarda cisimlerin uzunluğunun artacağını ifade eden bir görüştür. Bu görüşle ilgili olabilecek öğrenci yanıtlarında ise hızlı hareket ettiğimizde çevremizdeki nesnelere olduğundan daha uzun göreceğimiz şeklinde öğrenci yanıtlarına rastlanmıştır. Bu yanıtlardan yola çıkarak Kategori 15 de klasik ve modern fizik için anlamlı olmayan bir görüş olarak değerlendirilebilir. Bu nedenle öğretim sonrasında öğretim öncesine göre Kategori 12 türü yanıtların artması ve Kategori 13 ile Kategori 15 türü yanıtların azalması durumu kavramsal değişim açısından olumlu bir durum olarak değerlendirilebilir. Kavram sorusunun doğru gerekçe sorusunun yanlış işaretlenmesi ile oluşan Kategori 14 türü yanıtlar ise öğretim öncesinde ve öğretim sonrasında değişmemiştir. Bu durum ışık hızı ile hareket eden cisimlerin uzunluklarının doğru ölçülemeyeceği düşüncesinin güçlü bir düşünce olduğu yapılan öğretim ile değişmediği şeklinde yorumlanabilir.

5.1.6 Kütle ve Enerji Kavramı ile İlgili Bulgular

Bu bölümde ilk olarak Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin kütle ve enerji ile ilgili kavram ve gerekçe sorularına yer verilmiştir. Ardından bu sorulardan elde edilen bulgular açıklanmıştır.

Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin Kütle ve Enerji ile İlgili Sorusu

Şekil 5.24’te Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin ışık hızı kavramı ile ilgili oluşturulmuş durum ve açıklamaya yer verilmiştir.



Şekil 5.24: Özel görelî kuramı-tanı testi kütle ve enerji kavramı ile ilgili durum.

Aşağıda Tanı Testinin kütle ve enerji kavramı ile ilgili kavram, gerekçe ve emin olup olmama durumu ile ilgili A ve B grubu soruları yer almaktadır.

Özel Görelilik Kuramı Tanı Testi kütle ve enerji kavramı A grubu soruları

1. Uzay gemisi hareketsizken kütleini 100 kg olarak ölçen Şekil 9'daki adam, uzay gemisi 0,6 c sabit hızda hareket ederken kütleini kaç kg ölçer?
A) 100 kg'dan daha az ölçer. B) 100 kg olarak ölçer. C) 100 kg'dan daha fazla ölçer.
2. Aşağıdaki açıklamalardan hangisi yukarıda yanda yer alan 1. Soruya yönelik vermiş olduğunuz yanıtı en iyi açıklar?2. Aşağıdaki açıklamalardan hangisi yukarıda yer alan 1. soruya yönelik vermiş olduğunuz yanıtı en iyi açıklar?
A) Çünkü kütle değişmeyen madde miktarıdır. B) Çünkü uzay gemisinin yüksek hızından dolayı adamın kütlesi değişmiştir. C) Çünkü uzay gemisi çok hızlı olduğundan dolayı adamın kütleini doğru ölçmesi mümkün değildir. D) Çünkü uzay gemisinin yüksek hızından dolayı adamın kinetik enerjisi kütleine dönüşmüştür. E) Diğer(Yazınız).....
3. Üstte yer alan 1. ve 2. soruya yönelik vermiş olduğunuz yanıtlardan emin misiniz?
A) Eminim. B) Emin değilim.

Özel Görelilik Kuramı Tanı Testi kütle ve enerji kavramı B grubu soruları

Aşağıda Tanı Testinin kütle ve enerji kavramı ile ilgili kavram, gerekçe ve emin olup olmama durumu ile ilgili B grubu soruları yer almaktadır.

1. Uzay gemisi sabit hızla giderken, uzay gemisinin pilotu, yakıt tankında yakılan sıvı yakıtın alevini sürekli olarak yüksek hızla ve devamlı olarak dışarı püskürtmeye başlar. Yakıt alevinin dışarı püskürtülmesi ile oluşan net kuvvetin etkisi ile uzay gemisi sürekli hızlanmaya başlar. Uzay gemisinin hareketini inceleyen yerdeki bir gözlemci uzay gemisinin alabileceği hız değerleri için ne söylenebilir? (Uzay gemisinin çok miktarda yakıtı olduğunu ve gözlemcinin çok uzun bir süre uzay gemisinin bu hareketini izleyebildiğini kabul ediniz).
A) 100 kg'dan daha az ölçer. B) 100 kg olarak ölçer. C) 100 kg'dan daha fazla ölçer.
2. Aşağıdaki açıklamalardan hangisi yukarıda yer alan 1. soruya yönelik vermiş olduğunuz yanıtı en iyi açıklar?
A) Çünkü enerjinin korunumu yasasına göre uzay gemisine etkiyen net kuvvetin etkisi ile uzay gemisinin hızı sonsuza kadar artar. B) Çünkü zamanla uzay gemisi hızlandıkça uzay gemisinin hareket yönüne zıt olan sürtünme kuvvetinin değeri artar. C) Çünkü uzay gemisinin enerji üst limitinden dolayı uzay gemisine net kuvvet uygulanmaya devam edilse bile uzay gemisi belirli bir miktardan daha fazla enerji kazanamaz. D) Çünkü uzay gemisinin bir kütlesi olduğundan dolayı daha fazla hızlanabilmesi için uzay gemisine sonsuz miktarda enerji aktarılması gerekir. E) Diğer(Yazınız).....
3. Üstte yer alan 1. ve 2. soruya yönelik vermiş olduğunuz yanıtlardan emin misiniz?
A) Eminim. B) Emin değilim.

Bu bölümde, Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin kütle ve enerji kavramı ile ilgili sorusuna öğrencilerin vermiş olduğu yanıtlarla ilgili bulgulara yer verilmiştir.

5.1.6.1 Kütle ve Enerji Kavram ve Gerekçe Sorusu için Doğru Yanıtların Dağılımı

Tablo 5.40'ta, Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin kütle ve enerji kavramı ile ilgili A ve B grubunda yer alan hem kavram ve hem de gerekçe sorusunu doğru

yapan öğrencilerin öğretim öncesi ve öğretim sonrası yanıtlarının dağılımı görülmektedir.

Tablo 5.40: Kütle ve enerji ile ilgili kavram ve gerekçe sorusu için doğru yanıtların dağılımı.

Kütle ve Enerji Kavramı	Kavram Sorusu Yanıt Türü	Gerekçe Sorusu Yanıt Türü					
		Doğru					
		Öğretim Öncesi Yanıt Yüzdesi		Toplam	Öğretim Sonrası Yanıt Yüzdesi		Toplam
A Grubu	Doğru	30	20	50	8	4	12
		Emin	Emin Değil		Emin	Emin Değil	
B Grubu		0	4	4	18	6	24
		Emin	Emin Değil		Emin	Emin Değil	
Toplam Yanıt Yüzdesi		15	12	27	13	5	18

Tablo 5.40 incelendiğinde öğrencilerin görelî kütle ile ilgili olan A grubu sorulara verdikleri toplam doğru yanıtlarda öğretim sonrasında azalma olduğu görülmektedir. Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin A grubunda yer alan sorularda 0,6 c hızla ilerleyen bir uzay gemisinin içindeki bir adamın kendi kütlelerini kaç kg ölçeceği sorulmaktadır. A grubu yanıtların öğretim sonrasında azalması, öğrencilerin ışık hızına yakın hızla ilerleyen cisimlerin kütlelerinin değişeceğini düşündüklerini göstermektedir. Özel görelilik kuramı kavramları arasında öğrencilerin en fazla zorlandıkları kavramların başında kütle kavramı gelmektedir. Öğrenciler tüm öğretim hayatlarında kütle değişmediği bilgisini öğrenmişken özel görelilik kuramı ile birlikte öğrencilere kütle ve iç enerji arasındaki ilişki ile birlikte kütle ve enerjinin birbirine dönüşebilecek büyüklükler olduğu ifade edilmeye başlanmaktadır. Öğretim boyunca bu noktaya dikkat edilmesine ve iki ayrı kütle tanımlamanın doğru olmayacağı göz önünde bulundurulmuştur. Fakat özel görelilik kuramının popüler bir kuram olmasına bağlı olarak öğrencilerin kolaylıkla ulaşabileceği internet tabanlı kaynaklarda ve bilimsel kitaplarda kütle ve görelî kütle olarak iki farklı kütle kullanılmaktadır. Tüm bu veriler ışığında kütle maddenin değişmeyen özelliği

olması ve kütle enerji arasındaki ilişki öğrencilerin öğretim sonrasında kütle kavramını istenilen ölçüde kavramsallaştıramadığı şeklinde yorumlanabilir.

Tablo 5.40 incelendiğinde öğrencilerin görelî kütle ile ilgili olan B grubu sorulara verdikleri toplam doğru yanıtlarda öğretim sonrasında bir artma olduğu görülmektedir. Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin B grubunda yer alan sorularda 0,6 c hızla ilerleyen bir uzay gemisine sürekli enerji aktarılması durumunda uzay gemisinin alabileceği hız değerleri sorulmuştur. Öğrencilerin B grubu kavram ve gerekçe sorularını doğru yanıtlamaları öğrencilerin hiçbir cismin ışık hızından daha büyük bir hıza ulaşamayacağı bilgisine sahip olduklarını göstermektedir.

5.1.6.2 Kavram ve Gerekçe Sorusunun Doğru Yanıtlandığı Çerçeve Yanıt Kategorisi

Aşağıda kavram ve gerekçe sorusunun doğru yapıldığı çerçeve yanıtlar içinde yer alan yanıt kategorileri yer almaktadır.

Kategori 16 ve Kategori 17 ile ilgili Bulgular

Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testi kavram ve gerekçe sorularına verilen belirli yanıt kombinasyonları, belirli kategorileri ifade etmektedir. Kategori 16 ve Kategori 17, Tablo 5.40'da yer alan kütle ile ilgili kavram ve gerekçe sorularının doğru işaretlenmesi durumunu temsil etmektedir.

Kategori 16: Kütle değişmeyen madde miktarıdır.

Kategori 16, Özel Görelilik Kuramı Tanı Testinde yer alan kütle kavramı ile ilgili doğru bilgiyi içermektedir. Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin kütle kavramı ile ilgili A grubunda yer alan sorularını doğru yanıtlayan bir öğrencinin bu kategoride ifade edilen düşünceye sahip olduğu kabul edilebilir.

Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinde yer alan A grubu sorular için Kategori 16 kapsamına giren yanıt kombinasyonu aşağıda ifade edilmiştir.

- **A grubu sorular da kavram sorusu için B, gerekçe sorusu için A seçeneğinin işaretlenmesi şu anlama gelmektedir:** Durgun gözlemci kütlelerini 100 kg olarak ölçer. Çünkü kütle değişmeyen madde miktarıdır.

Tablo 5.40 incelendiğinde öğretim sonrasında Kategori 16 kapsamına giren yanıtların azaldığı görülmektedir.

B grubu sorular için Tablo 4.40’da yer alan doğru yanıtlar ise Kategori 17 olarak ifade edilmiştir.

Kategori 17: Kütleli olan cisimler ışık hızına eşit bir hız değerine ulaşamazlar.

Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinde yer alan B grubu sorular için Kategori 17 kapsamına giren yanıt kombinasyonu aşağıda ifade edilmiştir.

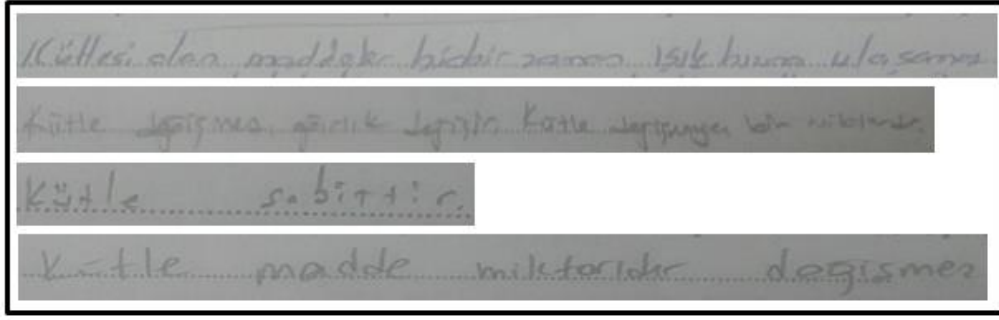
B grubu sorular da kavram sorusu için A, gerekçe sorusu için D seçeneğinin işaretlenmesi şu anlama gelmektedir: Uzay gemisi en fazla ışık hızından (c) daha küçük hız değerlerine ulaşabilir. Çünkü uzay gemisinin bir kütleli olduğundan dolayı daha fazla hızlanabilmesi için uzay gemisine sonsuz miktarda enerji aktarılması gerekir.

Tablo 5.41’deki yanıtlar incelendiğinde öğrencilerin öğretim sonrasında Kategori 17 kapsamına giren yanıtlarının arttığı görülmektedir.

Kategori 16 ve Kategori 17 ile ilgili Nitel Veriler

Öğrencilerin bir bölümü ise gerekçe sorusu için verilen seçenekleri işaretlemeyip kendi görüşlerini e şıkında açıklamışlardır. Bu öğrencilerin öğretim öncesinde ve öğretim sonrasında Tablo 5.40’da yer alan veriler ile ilişkili görüşleri aşağıda ifade edilmiştir.

Öğretim öncesinde beş öğrenci Kategori 16’ya uygun ifadeler kullanırken hiçbir öğrenci kategori 17’ye uygun ifadeler kullanmamıştır. Öğretim sonrasında ise iki öğrenci Kategori 16’ya uygun ifadeler kullanırken bir öğrenci Kategori 17’ye uygun yanıt vermiştir. Şekil 5.25’te bu öğrencilerin bir bölümünün kendi cümleleri ile kütle kavramı ile ilgili doğru açıklamalarına yer verilmiştir.



Şekil 5.25: Kütle kavramı ile ilgili doğru yanıt örneği.

Öğrencilerle yapılan görüşmelerde de kategori 16 ve kategori 17 kapsamında değerlendirilebilecek yanıtlara rastlanmıştır. Öğretim sonrası yapılan görüşmelerde, beş öğrenci ışık hızına yakın hızlarda cisimlerin kütlelerinin durgun haldeki kütleyle göre daha fazla ölçüleceğini belirtmiş fakat bu artışı parçacığın madde miktarının artışı olmadığını enerjinin kütle özelliği sergilemesine bağlı bir durum olduğunu ifade edememiştir. İki öğrenci ise kütle korunumu kanunundan dolayı kütlelerin ışık hızına yakın hızlarda da aynı değerde ölçüleceğini ifade etmiştir. Bir öğrenci ise yüksek hızla hareket eden parçacıkların külesinin azalacağını ifade etmiştir.

Aşağıda bir öğrencinin öğretim öncesinde yapılan görüşmede yöneltilen sorulara verdiği yanıtlar yer almaktadır.

A: İsviçre'nin CERN laboratuvarında atom altı parçacıkların yapısını açıklamak için bir dizi deney yapılmaktadır. Protonlar şekildeki hızlandırıcıda süperiletken mıknatıslar yardımıyla çembersel tüpte döndürülerek ışık hızına çok yakın hızlara kadar hızlandırılabilir. Durgun haldeki kütlesi $9.1 \cdot 10^{-31}$ kg olan protonların 0.6c hıza kadar hızlandırılması durumunda, protonların kütleleri için ne söylenebilir?

Ö1: Kütle korunduğu için bir değişme olmaz.

A: Parçacığa sürekli kuvvet uygularsak ne olur? Parçacığı ışık hızına ulaştırmak veya üzerine çıkarmak mümkün mü?

Ö1: Hiç bilmiyorum. Belki ulaşır. Elimizde öyle imkanlar varsa ulaşır geçedebilir.

A: teknoloji ile ilişkilimi

Ö1: Evet. Einstein ışık hızına ulaşamaz diyor ama bilmiyorum geçebilir. Sürtünme vb ihmal edilirse yeterince kuvvet uygulanırsa olabilir.

Aşağıda yukarıda öğretim öncesinde görüşlerine yer verilen öğrencini öğretim sonrasında yapılan görüşmede yöneltile sorulara verdiği yanıtlar yer almaktadır.

A: İsviçre'nin CERN laboratuvarında atom altı parçacıkların yapısını açıklamak için bir dizi deney yapılmaktadır. Protonlar şekildeki hızlandırıcıda süperiletken mıknatıslar yardımıyla çembersel tüpte döndürülerek ışık hızına çok yakın hızlara kadar hızlandırılabilir. Durgun haldeki kütlesi $9.1 \cdot 10^{-31}$ kg olan protonların $0.6c$ hıza kadar hızlandırılması durumunda, protonların kütleleri için ne söylenebilir?

Ö1: Enerji arttığı için enerji artışını doğrulamak amacıyla kütle artıyor. hııı.. Bir formülü vardı.

A: Bu maddenin maddesel olarak kütesinin artacağı anlamına mı gelir?

Ö1: Maddesel artış değildir. Maddesel olarak kütlesi aynı kalır ama kütle artışı gibi davranır.

A: Bu parçacık ışık hızına ulaştırılabilir mi?

Ö1: Enerji verilirse belli bir limite kadar gelir yani ama o limiti aşamaz. Kütle artışı kadar gelir yani... Ulaştırırsak enerji olur madde kalmaz ortada Hız belirli bir limite kadar gelir fakat daha fazla artamaz. Kütle artışı dolay böyle bir durum oluşur.

Yukarıda yanıtlarına yer verilen öğrenci öğretim öncesinde kütle korunacağını ve teknoloji çok gelişirse parçacıkların ışık hızına ulaşabileceğini ifade ettiği görülmektedir. Öğrenci öğretim sonrasında ise kütle artışı maddesel bir

artış olmadığını ifade etmiştir. Öğrencinin görüşme verileri incelendiğinde öğretim sonrasında parçacıklar için bir hız üst sınırı ifade ettikleri fakat bu bilgilerini doğru ifadeler ile açıklayamadıkları görülmüştür.

5.1.6.3 Kütle ve Enerji Kavram ve Gerekçe Sorusu için Yanlış Yanıtların Dağılımı

Tablo 5.41’de Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin kütle ve enerji kavramı ile ilgili A ve B grubunda yer alan hem kavram ve hem de gerekçe sorusunu yanlış yapan öğrencilerin öğretim öncesi ve öğretim sonrası yanıtlarının dağılımı görülmektedir

Tablo 5.41: Kütle ve enerji ile ilgili kavram ve gerekçe sorusu için yanlış yanıtların dağılımı.

Kütle ve Enerji kavramı	Kavram Sorusu Yanıt Türü	Gerekçe Sorusu Yanıt Türü					
		Yanlış					
		Öğretim Öncesi Yanıt Yüzdesi		Toplam	Öğretim Sonrası Yanıt Yüzdesi		Toplam
A Grubu	Yanlış	12	6	18	40	26	66
		Emin	Emin Değil		Emin	Emin Değil	
B Grubu		16	34	50	2	2	4
		Emin	Emin Değil		Emin	Emin Değil	
Ortalama Yanıt Yüzdesi		14	20	34	21	14	35

Tablo 5.41’i incelendiğinde öğrencilerin kütle kavramına yönelik A grubu yanlış yanıtlarında öğretim sonrasında öğretim öncesine göre arttığı, B grubu yanıtlarında ise bir azaldığı görülmektedir. Öğrencilerin öğretim sonrası A grubu sorulara verdikleri yanlış yanıtların artması kavramsal değişim açısından olumsuz, B grubu sorulara verdikleri yanlış yanıtların azalması ise olumlu bir durum olarak değerlendirilebilir.

5.1.6.4 Kavram ve Gerekçe Sorusunun Yanlış Yanıtlandığı Çerçeve Yanıt Kategorisi

Aşağıda kavram ve gerekçe sorusunun yanlış yapıldığı kategori içinde yer alan kategorilere yer verilmiştir.

Kategori 18 ile ilgili Bulgular

Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testi kavram ve gerekçe sorularına verilen belirli yanıt kombinasyonları belirli kategorileri ifade etmektedir. Kategori 18, Kategori 19 ve Kategori 20 Tablo 5.41’de yer alan kavram ve gerekçe sorularının yanlış işaretlenmesi durumu içinde yer almaktadır. Aşağıda bu kategoriye ait açıklamalar ve bulgular sunulmaktadır.

Kategori 18: Işık hızına yakın hızlarla ilerleyen cisimlerin kütlelerini doğru ölçmek mümkün değildir.

Tablo 5.42’te öğrencilerin Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin kütle ve enerji kavramı ile ilgili sorularına öğretim öncesinde ve öğretim sonrasında verdikleri Kategori 18 kapsamına giren yanıt kombinasyonları ve öğrenci sayıları yer almaktadır.

Tablo 5.42: Kütle için Kategori 18 kapsamına giren yanıt kombinasyonları ve öğrenci sayıları.

Kategori 18 kapsamına giren yanıtlar	Soru Grubu	Yanıt Kombinasyonu	Öğretim Öncesi Yanıt Yüzdesi	Öğretim Sonrası Yanıt Yüzdesi
100 kg dan daha az ölçer. Çünkü uzay gemisi çok hızlı olduğundan dolayı adamın kütlelerini doğru ölçmesi mümkün değildir.	A	KS: A-C GS: C	4	6

Tablo 5.42’de yer alan yanıtlar incelendiğinde öğretim sonrasında kategori 18 türü yanıtların arttığı görülmektedir. Fakat öğretim öncesinde ve öğretim sonrasında bu kategoride yer alan çok fazla yanıtla rastlanamamıştır.

Kategori 18 ile ilgili Nitel Bulgular

Aşağıda öğretim öncesinde, ışık hızına yakın hızlarda hareket eden cisimlerin kütesinin doğru ölçülemeyeceğini ifade eden bir öğrencinin, öğretim öncesi ve öğretim sonrasında yapılan görüşme sırasında verdiği yanıtlar yer almaktadır.

Aşağıda öğrencinin öğretim öncesi görüşleri ifade edilmiştir.

A: Fotoğrafta İsviçre’nin CERN laboratuvarı yer almaktadır. Bu laboratuvarda atom altı parçacıkların yapısını açıklamak için deneyler yapılmaktadır. Protonlar şekildeki hızlandırıcıda süperiletken mıknatıslar yardımıyla kapalı tüpte döndürülerek ışık hızına çok yakın hızlara kadar hızlandırılabilir. Durgun haldeki kütesi $9.1.10^{-31}$ kg olan bir protonun bu laboratuvarda 0.6c hıza kadar hızlandırılması durumunda, protonların kütleleri için ne söyleyebilirsiniz?

Ö3: Bence azalır. Kütesi hızlı bir şey çok çabuk geçer. Bu nedenle de daha hafif ölçeriz. Ama değişir mi değişmez mi? Bunla ilgili bir şey söylemesem.

A: Bu parçacığa sürekli kuvvet uygularsak hızı sürekli artar mı?

Ö3: Artar.

A: Hızının bir üst değeri var mıdır?

Ö3: Yoktur sonsuza kadar artar.

Aşağıda öğrencinin öğretim sonrasında yapılan görüşmede yöneltilen sorulara verdiği yanıtlar yer almaktadır.

A: Fotoğrafta İsviçre’nin CERN laboratuvarı yer almaktadır. Bu laboratuvarda atom altı parçacıkların yapısını açıklamak için deneyler yapılmaktadır. Protonlar şekildeki hızlandırıcıda süperiletken mıknatıslar yardımıyla şekildeki kapalı tüpte döndürülerek ışık hızına çok yakın hızlara kadar hızlandırılabilir.

Durgun haldeki kütlesi $9.1 \cdot 10^{-31}$ kg olan bir proton bu laboratuvarında $0.6c$ hıza kadar hızlandırılması durumunda, protonların kütleleri için ne söyleyebilirsiniz?

Ö3: Bu protonların kütleleri artar. Çünkü çok hızlı ilerlediğimiz için $E=mc^2$ $F=m \cdot a$ dan onu hızlandırıyoruz. Onu hızlandırıyoruz ışık hızına enerjisinin artması gerekiyor c sabit olduğuna göre verilen enerji maddeleşirmiş gibi oluyor. Ama aslında kütle aynı fakat enerji fazlaştığı için enerji maddeleşiyor gibi o hareket durunca da normal haline geliyor. Davranıyor kütleymiş gibi davranıyor.

A: Bu durum kütle korunumuna aykırı mı?

Ö3: Değil çünkü bu enerji oluyor. Kütle değil.

Yukarıda görüşlerine yer verilen öğrenci, öğretim öncesinde hızlı hareket eden parçacıkların hafif ölçüleceğini ifade etmiştir. Öğrencinin yukarıdaki ifadelerinden yola çıkarak öğrencinin öğretim öncesinde kütle ile ağırlık kavramlarını birbirine karıştırdığı söylenebilir. Öğrencinin ifadelerinden anlaşılacağı gibi öğrenci öğretim öncesinde hızlı hareket eden parçacığa etki eden çekim kuvvetinin azalacağı ifade etmiştir. Bu yanıtta yola çıkarak öğrencinin klasik fizikle ilgili eksik bilgilerinin yeni karşılaştığı özel görelilik kuramı kavramlarını yorumlamasında etkili olduğu söylenebilir. Öğrenci ile öğretimin sonrasında yapılan görüşmelerde, durgun gözlemci için ışık hızına yakın hızlarla hareket eden protonun kütlelerinin durgun kütlelerinden daha fazla ölçüleceğini ifade etmiştir. Öğrencinin öğretim sonrasında bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek ifadeler kullandığı görülmektedir.

Kategori 19 ile ilgili bulgular

Kategori 19: Işık hızına yakın hız değerlerinde kinetik enerji kütleyle dönüşür.

Aşağıdaki Tablo 5.43'te Kategori 19 kapsamına giren yanıt kombinasyonları ve öğrenci sayıları yer almaktadır.

Tablo 5.43: Kütle kavramı için kategori 19 kapsamına giren yanıt kombinasyonları ve öğrenci sayıları.

Kategori 19 kapsamına giren yanıtlar	Soru Grubu	Yanıt Kombinasyonu	Öğretim Öncesi Yanıt Yüzdesi	Öğretim Sonrası Yanıt Yüzdesi
100 kg'dan daha fazla ölçer. Çünkü uzay gemisinin yüksek hızından dolayı adamın kinetik enerjisi kütesine dönüşmüştür.	A	KS:C GS:D	4	52

Tablo 5.43'te yer alan yanıtlar incelendiğinde, A grubu sorular için kategori 19 türü yanıtların büyük oranda arttığı görülmektedir. Kategori 19 türünde yanıt veren öğrencilerin öğretim sonrasında uzay gemisindeki gözlemci için ışık hızına yakın hızla ilerleyen cisimlerin kinetik enerjilerinin bir bölümünün kütleyle dönüştüğü için kütesinin artacağını ifade ettikleri görülmektedir. Öğretim sırasında öğrencilere bir cismin kütesinin hıza bağlı olmasının çelişiklere götürdüğü ve anlamlı olmadığı, dolayısıyla durgunluk kütesi kavramının gereksiz bir tanımlama olduğu ifade edilmiştir. Cisimler için tek bir kütlede söz edilebilmesi gerektiği vurgulanmıştır. Bu kütle için ise cismin iç enerjisinin (atom altı parçacıklar hariç) bir ölçüsü olduğu vurgulanarak kütle enerji ilişkisi ifade edilmiştir. Fakat Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinde hareketli gözlemcinin kendi kütesini durgun haldeki kütesi ile aynı ölçmesi gerektiğini ifade etmeleri beklenirken öğrencilerin gözlemcinin kinetik enerjisinin kütesine dönüştüğünü bu nedenle de durgun kütesinden daha fazla ölçeceğini ifade ettikleri görülmektedir.

Kategori 19 ile ilgili Nitel Veriler

Aşağıda bir öğrencinin öğretim öncesinde ve öğretim sonrasında kategori 19 kapsamında değerlendirilebilecek yanıtları yer almaktadır.

A: Fotoğrafta İsviçre'nin CERN laboratuvarı yer almaktadır. Bu laboratuvarda atom altı parçacıkların yapısını açıklamak için deneyler yapılmaktadır. Protonlar şekildeki hızlandırıcıda süperiletken mıknatıslar yardımıyla şekildeki kapalı tüpte döndürülerek ışık hızına çok yakın hızlara kadar hızlandırılabilir.

Durgun haldeki kütlesi $9.1.10^{-31}$ kg olan bir proton bu laboratuvarında $0.6c$ hıza kadar hızlandırılması durumunda, protonların kütleleri için ne söyleyebilirsiniz?

Ö4: Kütle değişmez. Hızın kütleyle etkileyeceğini düşünmüyorum.

A: Dışardan sürekli parçacığa bir kuvvet uygulanırsa hızı sürekli artar mı?

Ö4: Artmaz. Söyle düşünebiliriz. Biz derste de tartışmıştık. Yüksekten bir cisim bırakırsak bir süre sonra hız sabitlenir. O mantıkla düşünürsek bir süre sonra hızı sabitlenir.

A: Neden?

Ö4: Sürtünme olabilir.

A: Sürtünme olmasa sonsuza kadar artar mı?

Ö4: Evet sürekli artar.

Öğrencinin öğretim sonrasında yapılan görüşmede verdiği yanıtlar aşağıdaki gibidir.

A: Fotoğrafta İsviçre'nin CERN laboratuvarı yer almaktadır. Bu laboratuvarında atom altı parçacıkların yapısını açıklamak için deneyler yapılmaktadır. Protonlar şekildeki hızlandırıcıda süperiletken mıknatıslar yardımıyla şekildeki kapalı tüpte döndürülerek ışık hızına çok yakın hızlara kadar hızlandırılmaktadır. Durgun haldeki kütlesi $9.1.10^{-31}$ kg olan bir proton bu laboratuvarında $0.6c$ hıza kadar hızlandırılması durumunda, protonların kütleleri için ne söyleyebilirsiniz?

Ö4: Sürekli enerji verirsek ışık hızına yaklaşır. Fakat ışık hızına ulaşmadan sabit bir hıza ulaşır bunun sebebi verdiğimiz enerji hızdan dolayı kinetik enerji kütle etkisi yaratıyor. Normalde bir kütle artışı yok maddesel bir artış yok ama verdiğimiz enerji kütle özelliği gösterir.

A: Kütlelerinde artış var mı?

Ö4: Bu durum kütle korunumuna aykırı mıdır hımm...normalde olmuyor madde olarak bir artış yok ama kinetik enerji kütleymiş gibi davranır.

A: Bu durum kütlenin korunumuna aykırı mı?

Ö4: Hayır kütlede bir artış söz konusu değil. Kinetik enerji kütle özelliği sergiliyor.

Yukarıda ifadelerine yer verilen öğrenci öğretim öncesinde kütlenin hiçbir zaman değişmeyeceği ifade etmiştir. Öğretim sonrasındaki yanıtlarında ise derste öğrenmiş olduğu kütle ve enerji ilişkisini göz önünde bulundurarak ışık hızına yakın hızlarla ilerleyen cisimlerin kinetik enerjilerinin kütle özelliği sergileyeceğini bu nedenle durgun gözlemcilerin protonların kütesini durgun kütesinden daha büyük ölçeceğini ifade etmişlerdir. Öğrencilere Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinde hareketli gözlemcinin kendi kütesini ne kadar ölçeceği sorulurken, görüşme sorularında durgun gözlemcinin hareketli parçacığın kütesini ne kadar ölçeceği sorulmuştur. Öğrencilerin her iki teste verdikleri yanıtlardan yola çıkarak öğrencilerin durgun gözlemcilerin hareketli parçacıkların kütesini olduğundan büyük ölçmelerini fakat bu durumun kütleli bir artış olmadığını yorumlayabildikleri görülmektedir. Fakat öğrenciler ışık hızına yakın hızla hareket eden gözlemcinin kendi kütesini durgun kütesinden daha fazla ölçeceğini düşündükleri görülmektedir. Öğrenciler kütle kavramını hareketli gözlemci için yorumlamakta güçlük çekmektedirler. Kütleli hareketli ve durgun gözlemciler için farklı değerlere sahip olması ve bu durumu enerji açısından yorumlamak kolay değildir. Einstein'ın özel görelilik kuramı ile ilgili makelesinde yanlışlıkla m_0 yerine m kısaltmasını kullanması nedeni ile birçok kaynakta hıza bağlı görelili bir kütle (m) ve durgun kütle (m_0) olmak üzere bir cisim için iki farklı kütle ifade edilmiştir. Öğrencilerin rahatlıkla ulaşabileceği basılı ve internet tabanlı birçok kaynakta iki farklı kütle tanımını olduğu görülmektedir.

Kategori 20 ile ilgili Bulgular

Kategori 20: Işık hızına yakın hız değerlerinde kütle değişir.

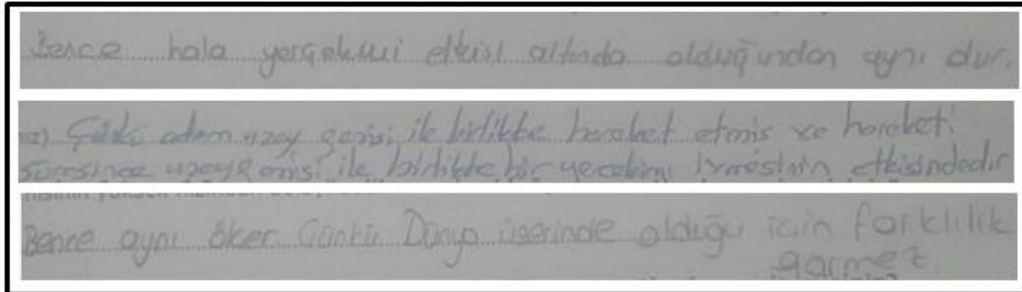
Aşağıdaki Tablo 5.44'te öğrencilerin Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin kütle ve enerji kavramları ile ilgili sorularına, öğretim öncesinde ve öğretim sonrasında verdikleri Kategori 20 kapsamına giren yanıt kombinasyonları ve öğrenci sayıları yer almaktadır.

Tablo 5.44: Kütle kavramı için kategori 20 kapsamına giren yanıt kombinasyonları ve öğrenci sayıları.

Kategori 20 kapsamına giren yanıtlar	Soru Grubu	Yanıt Kombinasyonu	Öğretim Öncesi Yanıt Yüzdesi	Öğretim Sonrası Yanıt Yüzdesi
100 kg'dan daha az/fazla ölçer. Çünkü uzay gemisinin yüksek hızından dolayı adamın kütlesi değişmiştir.	A	KS:A-C GS: B	6	4

Öğretim öncesinde ve öğretim sonrasında kategori 20 kapsamına giren yanıtlara çok fazla rastlanamamıştır. Tablo 5.44 incelendiğinde öğrencilerin öğretim sonrasında kategori 20 kapsamına giren A ve B grubu sorular için verilen yanıtlarında bir azalma olduğu görülmektedir. Aşağıda öğrencilerin bu yanıtlarının altında yatan nedenleri anlamak için öğretim öncesinde ve öğretim sonrasında Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinde herhangi bir seçeneği işaretlemeyip görüşlerini yazılı olarak açıklayan öğrencilerin yanıtlarına ve görüşme sırasındaki ifadelerine yer verilmiştir. Bu yanıtları göz önünde bulundurarak öğretim öncesinde ve öğretim sonrasında bazı öğrencilerin kütle kavramı ile ağırlık kavramını birbiri ile karıştırdıkları görülmüştür. Öğretim öncesinde iki öğrenci öğretim sonrasında ise bir öğrenci bu türde açıklamalarda bulunmuştur.

Kategori 20 İle İlgili Nitel Bulgular



Şekil 5.26: Görelî kütle ve enerji kavramı ile ilgili klasik yanıt örneği.

Öğrencilerin öğretim öncesi ve öğretim sonrasında yapılan görüşmelerde verdikleri yanıtlar incelendiğinde ise öğretim öncesinde iki öğrencinin kütle kavramını ağırlık kavramı ile karıştırarak açıkladığı görülmektedir. Aşağıda bu öğrencilerden birinin öğretim öncesinde ve öğretim sonrasında yapılan görüşmede yöneltilen sorulara verdiği yanıtlar yer almaktadır.

A: Fotoğrafta İsviçre'nin CERN laboratuvarı yer almaktadır. Bu laboratuvarda atom altı parçacıkların yapısını açıklamak için deneyler yapılmaktadır. Protonlar şekildeki hızlandırıcıda süperiletken mıknatıslar yardımıyla şekildeki kapalı tüpte döndürülerek ışık hızına çok yakın hızlara kadar hızlandırılabilir. Durgun haldeki kütlesi $9.1 \cdot 10^{-31}$ kg olan bir proton bu laboratuvarda $0.6c$ hıza kadar hızlandırılması durumunda, protonların kütleleri için ne söyleyebilirsiniz?

Ö7: Kütlesi azalmaz mı

A: Neden?

Ö7: Çok hızlı hareket ettiği için üzerindeki yerçekimi kuvveti azalır gibi olur onun için kütlesi düşük ölçülür.

Aşağıda bir öğrencinin öğretim sonrasında yapılan görüşmede yöneltilen sorulara verdiği yanıtlar yer almaktadır.

A: Fotoğrafta İsviçre'nin CERN laboratuvarı yer almaktadır. Bu laboratuvarda atom altı parçacıkların yapısını açıklamak için deneyler yapılmaktadır. Protonlar şekildeki hızlandırıcıda süperiletken mıknatıslar yardımıyla şekildeki kapalı tüpte döndürülerek ışık hızına çok yakın hızlara kadar hızlandırılabilir. Durgun haldeki kütlesi $9.1 \cdot 10^{-31}$ kg olan bir proton bu laboratuvarda $0.6c$ hıza kadar hızlandırılması durumunda, protonların kütleleri için ne söyleyebilirsiniz?

Ö7: Daha da hızlandırılabilir %99 kadar hızlandırılıyordu madde. Oraya kadar yaklaştırıldığında hala kütlesi aynı kalır. Ama hani bundan daha fazla hızlandırılmıyorsa sürekli bir kuvvet uyguladığımız için kütlesi artar.

A: Durgun ve hareketli kütlesi aynı mı olur?

Ö7: Artar bence

A: Peki kütle nasıl artıyor?

Ö7: Kütle ışık hızına çok yaklaştığında artık yani ivme kazanamıyor madde hızlanamıyor o yüzden bizim aktardığımız enerjinin bir yere gitmesi gerekiyor bu nedenle enerji kütleymiş gibi davranıyor.

A: Bu durumda kütle artmış mı oluyor?

Ö7: Yok. Kütle artıyormuş gibi görünür.

A: Kütlenin korunumu yasası neydi?

Ö7: Madde yani kaybolamaz ya da yoktan var olamaz.

A: Kütlenin korunumu açısından yanıtlarını tekrar gözden geçirirsen yanıtlarında çelişkili bir durum var mı? Yok mu?

Ö7: Yok. Kütle sabit sadece artıyormuş gibi görünür.

Yukarıda görüşlerine yer verilen öğrencinin öğretim öncesinde vermiş olduğu yanıtlarda hızlı hareket eden cisimlere etki eden yerçekimi kuvvetinin azalacağını bu nedenle cismin kütlelerinin küçük ölçüleceğini ifade ettiği görülmektedir. Görüşlerine bir önceki bölümde yer verilen öğrenci (Ö3) de öğretim öncesinde hızlı hareket eden cisimlerin hafif ölçüleceğini ifade etmiştir. Öğrencilerin yapmış oldukları bu açıklamalardan kütle kavramını net bir kuvvet olarak düşündükleri görülmektedir. Öğrencilerin kütle ve ağırlık kavramlarını birbirine karıştırmalarında günlük hayatta baskül kullanarak ağırlıklarını ölçmeleri fakat bir bakıma kolaylık sağlayan bir alışkanlık olması nedeni ile bu tartılarda ağırlık birimi olarak kilogramın (kg) kullanılmasının etkili olduğu söylenebilir. Yukarıda görüşlerine yer verilen öğrencinin öğretim sonrasında ise durgun gözlemcinin ışık hızına yakın hızla hareket eden parçacığın kütlelerini durgun haldeki kütlelerinden daha büyük ölçüleceğini fakat bu durumun maddesel bir artış olmadığını ifade ettiği görülmektedir.

5.1.6.5 Kütle ve Enerji Kavram Sorusu için Doğru Gerekçe Sorusu için Yanlış Yanıtların Dağılımı

Aşağıda yer alan Tablo 5.45'te öğretim öncesi ve öğretim sonrası Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin kütle ve enerji ile ilgili kavram sorusunu doğru ancak gerekçe sorusunu yanlış yanıtlayan öğrencilerin dağılımı yer almaktadır.

Tablo 5.45: Kütle ve enerji ile ilgili kavram sorusu için doğru, gerekçe sorusu için yanlış yanıtların dağılımı.

Görelilik Kütle ve Enerji kavramı	Kavram Sorusu Yanıt Türü	Gerekçe Sorusu Yanıt Türü					
		Yanlış					
		Öğretim Öncesi Yanıt Yüzdesi		Toplam	Öğretim Sonrası Yanıt Yüzdesi		Toplam
A Grubu	Doğru	0	0	0	2	2	4
		Emin	Emin Değil		Emin	Emin Değil	
B Grubu		4	26	30	26	20	46
		Emin	Emin Değil		Emin	Emin Değil	
Ortalama Yanıt Yüzdesi		2	13	15	14	11	25

Tablo 5.45'te yer alan öğrencilerin A ve B grubu sorulara verdikleri yanıtlardaki değişim incelendiğinde özellikle B grubu sorulara verilen kavram sorusu doğru gerekçe sorusu yanlış yanıtların arttığı görülmektedir.

Öğrencilerin kütle ve enerji kavramları ile ilgili olan yanıtları, öğrencilerin yanıtlarından emin olma ve olmama durumları açısından incelendiğinde; öğrencilerin A ve B grubu sorular için öğretim sonrasında vermiş oldukları yanıtlardan emin olma oranlarının öğretim öncesine göre arttığı görülmektedir.

5.1.6.6 Kavram Sorusunun Doğru Gerekçe Sorusunun Yanlış Yanıtlandığı Yanıt Kategorileri

Aşağıda kavram sorusunun doğru gerekçe sorusunun yanlış yapıldığı yanıt çerçevesinde yer alan kategorilere yer verilmiştir.

Kategori 21 İle İlgili Bulgular

Aşağıda, kavram sorusu için doğru gerekçe sorusu için yanlış yanıtlar içinde yer alan kategori ve bu kategori ile ilişkili görüşme verileri yer almaktadır.

Kategori 21: Bir cisim üzerine iş yaparak belirli bir enerji değerinden daha fazla enerji aktarılması mümkün değildir.

Aşağıdaki Tablo 5.46’de öğrencilerin Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin kütle ve enerji kavramı ile ilgili sorularına, öğretim öncesinde ve öğretim sonrasında verdikleri Kategori 21 kapsamına giren yanıt kombinasyonları ve öğrenci sayıları yer almaktadır.

Tablo 5.46: Görelî kütle için kategori 21 kapsamına giren yanıt kombinasyonları ve öğrenci sayıları.

Kategori 21 kapsamına giren yanıtlar	Soru Grubu	Yanıt Kombinasyonu	Öğretim Öncesi Yanıt Yüzdesi	Öğretim Sonrası Yanıt Yüzdesi
Uzay gemisi en fazla ışık hızından (c) daha küçük hız değerlerine ulaşmıştır. Çünkü uzay gemisinin enerji üst limitinden dolayı uzay gemisine net kuvvet uygulanmaya devam etse bile uzay gemisi belirli bir miktardan daha fazla enerji kazanamaz.	C	KS: A GS: C	22	40

Tablo 4.46 incelendiğinde öğrencilerin öğretim sonrasında kategori 21 kapsamına giren yanıtların öğretim öncesine göre arttığı görülmektedir. Öğretim öncesinde ve öğretim sonrasında bu tür yanıt veren öğrencilerin bir cisim üzerine iş yaparak belirli bir enerji değerinden daha fazla enerji aktarılmasının mümkün olmadığını düşündükleri görülmektedir.

Kategori 21 ile ilgili Nitel Bulgular

Öğrencilerle yapılan görüşmelerde ise bir öğrenci, teknolojik gelişmelere bağlı olarak cisimlerin ışık hızına ulaşabileceğini ifade etmiştir. İki öğrenci ise hız için bir üst sınır olmadığını belirtmiştir. Üç öğrenci ise maddelerin limit hız kavramından dolayı belirli bir hız değerinin üzerine çıkamayacağını ifade etmiştir. Öğretim sonrasında ise görüşme yapılan öğrencilerin hepsi özel görelilik kuramına göre hiçbir maddenin boşlukta ışık hızından daha büyük hız değerine ulaşamayacağını ifade etmiştir.

Aşağıda bir öğrencinin öğretim öncesinde yapılan görüşmede yöneltilen sorulara verdiği yanıtlar yer almaktadır.

A: Bu parçacığa sürekli kuvvet uygularsak hızı sürekli artar mı?

Ö6: Artar.

A: Hızının bir üst değeri var mıdır?

Ö6: Yoktur sonsuza kadar artar.

Aşağıda yukarıda öğretim öncesi görüşlerine yer verilen öğrencinin öğretim sonrasında yapılan görüşmede yöneltilen sorulara verdiği yanıtlar yer almaktadır.

A: Bu parçacığa sürekli kuvvet uygularsak hızı sürekli artar mı?

Ö6: Artmaz aslında hızın bir üst limiti var. Derste öğrendiğimize göre kütleli olan bir madde ışık hızından daha hızlı hareket edemez. Işık hızına da ulaşamaz. Tabi bu söylediklerim Özel görelilik kuramı için geçerli.

Öğretim sırasında kategori 21 türü yanıtların armasını kavramsal açıdan olumlu bir durumdur. Çünkü bu kategoriye uygun yanıt veren öğrenciler, parçacıkların ışık hızından daha hızlı hareket edemeyeceğini ifade etmiştir.

5.1.6.7 Kütle ve Enerji Kavram Sorusu için Yanlış Gerekçe Sorusu için Doğru Yanıtların Dağılımı

Aşağıdaki Tablo 5.47’de öğretim öncesi ve öğretim sonrası Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin kütle ve enerji ile ilgili kavram sorusuna yanlış ancak gerekçe sorusunu doğru yanıtlayan öğrencilerin dağılımı yer almaktadır.

Tablo 5.47: Kütle ve enerji ile ilgili kavram sorusu için yanlış, gerekçe sorusu için doğru yanıtların dağılımı.

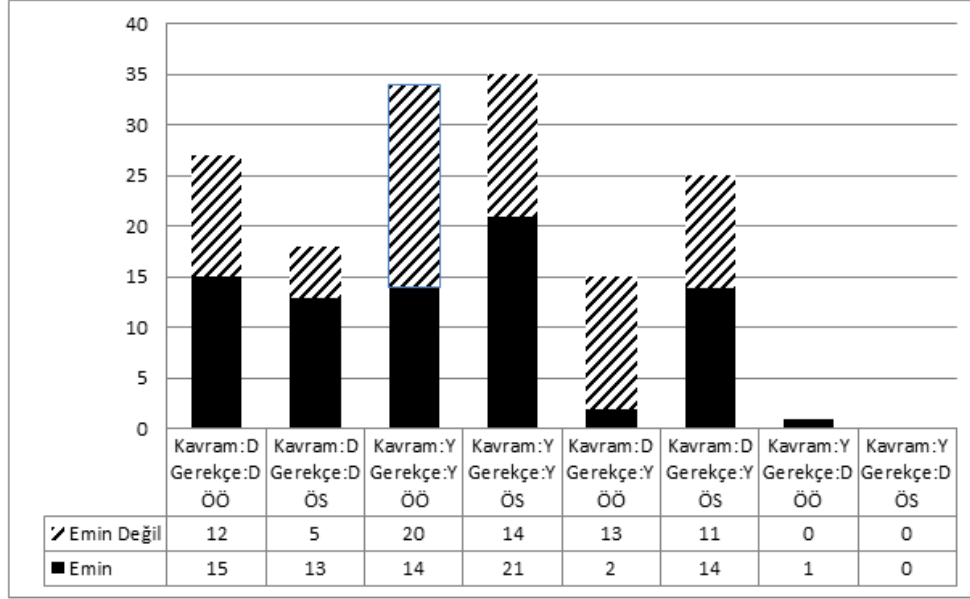
Görelilik Kütle ve Enerji kavramı	Kavram Sorusu Yanıt Türü	Gerekçe Sorusu Yanıt Türü					
		Doğru					
		Öğretim Öncesi Yanıt Yüzdesi		Toplam	Öğretim Sonrası Yanıt Yüzdesi		Toplam
A Grubu	Yanlış	0	0	0	0	0	0
		Emin	Emin Değil		Emin	Emin Değil	
B Grubu		2	0	2	0	0	0
		Emin	Emin Değil		Emin	Emin Değil	
Ortalama yanıt yüzdesi		1	0	1	0	0	0

Tablo 5.47 incelendiğinde çok az sayıda öğrencinin bu tür yanıtlar verdikleri görülmektedir. Öğrencilerin klasik yanıtlarında ve yapılan görüşmelerde bu bölüm içinde değerlendirilebilecek yanıtlara rastlanamamıştır.

Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin verileri genel olarak değerlendirildiğinde araştırmanın öğretim modelinin öğrencilerin kavramsal değişimine katkı sağladığı ifade edilebilir.

5.1.6.8 Kütle ve Enerji Kavramı ile ilgili Elde Edilen Bulguların Bütün Olarak Yorumlanması

Şekil 5.27’de öğrencilerin, öğretim öncesi ve öğretim sonrasında Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin görelî zaman kavramı ile ilgili sorusuna verdikleri yanıtların dağılımı yer almaktadır.



Şekil 5.27: Özel görelilik kuramı-tanı testi görelî uzunluk kavramı ile ilgili bulgular.

Şekil 5.27’deki yanıtlar incelendiğinde, YY (kavram ve gerekçe sorusunun yanlış yanıtlanması), DY (kavram sorusunun doğru gerekçe sorusunun yanlış yanıtlanması) yanıt yüzdelerinin arttığı görülmektedir. Buna ek olarak DD (kavram ve gerekçe sorusunun doğru yanıtlanması) yanıt yüzdelerinin azaldığı görülmektedir. Bu verileri kavramsal değişim açısından yorumlandığında yapılan öğretimin öğrencilerin kütle ve enerji kavramları ile ilgili kavramsal değişimine olumlu katkı sağlamadığı söylenebilir. Özel görelilik kuramı ile ilgili diğer kavramlarının yapılandırılmasında öğretim modeli etkili iken kütle ve enerji kavramlarının yapılandırılmasında olumsuz etki yapmış olması şaşırtıcı bir sonuçtur. Öğrencilerin bu tür görüşlerinin altında yatan nedenleri belirlemek için bu kavramlarla ilgili kategorileri incelemek gerekir.

Öğrencilerin öğretim sonrasında tüm yanıt çerçevelerinde emin olma oranlarının arttığı görülmektedir. Bu artış en fazla DD ve YY yanıtlarda görülmektedir. Öğrencilerin DD yanıtlarından emin olması öğretim modelinde bu kavramın öğretimi için yapılan etkinliklerin kavramın derinlemesine öğrenilmesinde katkısı olduğu söylenebilir. YY yanıtlardaki artış ise öğretim modelinin yanlış kavramların derinlemesine öğrenilmesine katkı sağladığı şeklinde yorumlanabilir.

Tablo 5.48’de öğrencilerin, öğretim öncesi ve öğretim sonrasında tanı testinin görel zaman kavramı ile ilgili sorusuna verdikleri yanıtlara göre oluşan kategoriler ve dağılımları yer almaktadır.

Tablo 5.48: Enerji ve kütle kategoriler ve dağılımları

Kategorinin Bulunduğu Bölüm	Kategori	Öğretim Öncesi Yanıt Yüzdesi	Öğretim Sonrası Yanıt Yüzdesi	Değişim Yönü
KS: Doğru	Kategori 16: Kütle değişmeyen madde miktarıdır.	50	12	-38
GS: Doğru	Kategori 17: Kütlesi olan cisimler ışık hızına ulaşamaz	4	24	-20
KS: Yanlış GS: Yanlış	Kategori 18: Işık hızına yakın hızlarla ilerleyen cisimlerin kütlelerini doğru ölçmek mümkün değildir.	6	4	-2
	Kategori 19: Işık hızına yakın hız değerlerinde kinetik enerji kütleyle dönüşür.	4	52	48
	Kategori 20: Işık hızına yakın hız değerlerinde kütle değişir.	6	4	-2
KS: Doğru GS: Yanlış	Kategori 21: Bir cisim üzerine iş yaparak belirli bir enerji değerinden daha fazla enerji aktarılması mümkün değildir.	22	40	18

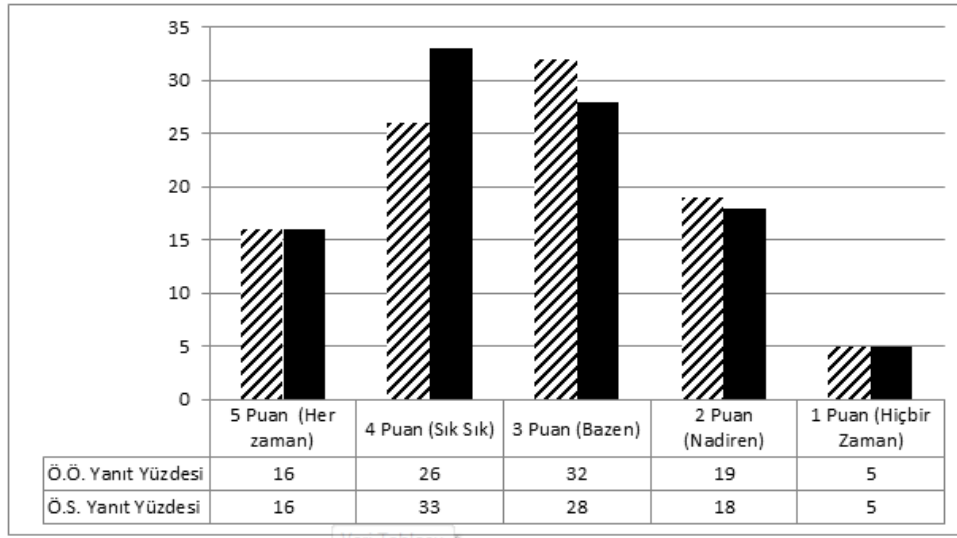
Kavram ve gerekçe sorusunun doğru yanıtlanması ile oluşan kategoriler kategori 16 ve kategori 17 olarak adlandırılmıştır. Öğretim sonrasında kategori 16

türü yanıtların azaldığı kategori 17 türü yanıtların ise arttığı görülmektedir. Kategori 16 türü yanıtların azalması kavramsal değişim açısından olumsuz bir durumdur bununla birlikte kategori 17 türü yanıtların artması kavramsal değişim açısından olumlu bir durumdur. Bu değişim, yapılan öğretim ile öğrencilerin ışık hızına yakın hız değerlerinde kütle sabit kalamayacağını ifade ettiklerini göstermektedir. Kavram ve gerekçe sorusunun yanlış yanıtlanması ile oluşan kategoriler kategori 18, kategori 19 ve kategori 20 olarak adlandırılmıştır. Öğretim sonrasında kategori 18 ve kategori 20 türü yanıtların azaldığı fakat kategori 19 türü yanıtların arttığı görülmektedir. Bu iki kategoriye verilen yanıtlardan yola çıkarak öğrencilerin ışık hızına yakın hız değerlerinde kinetik enerjinin kütle dönüşmesinden dolayı kütle artacağını sabit kalmayacağını düşündükleri görülmektedir. Öğrencilerin kütle kavramına yönelik düşüncelerini belirlemek için yapılan görüşmelerde öğretim öncesinde kütle kesinlikle değişmez diyen öğrencilerin öğretim sonrasında ise kütle değişebileceğini ifade ettikleri görülmüştür. Fakat öğrencilerin büyük bir bölümü kütledeki bu artışı maddesel bir artış olarak tanımlamamış parçacığın kinetik enerjisinden dolayı kinetik enerjinin kütle özelliği sergileyeceğini ifade etmişlerdir. Öğrencilerin, özel görelilik kuramı ile birlikte kütle ile enerji kavramlarının iç içe bir özellik kazanması öğrencilerin kütle kavramına yönelik kavramsal bir değişim yaşamasını güçleştirmektedir. Tanı testine verilen yanıtlar ile öğrencilerle yapılan görüşmelerdeki öğrenci ifadelerindeki tutarsızlık bu duruma bağlanabilir. Özel görelilik kuramının öğretimi sırasında bir yandan öğrenciye kütle (madde miktarının) hiçbir zaman değişmeyeceğini ifade edilirken bir yandan da ışık hızına yakın hızlarla hareket eden bir parçacığın durgun gözlemci tarafından ölçülen kütlelerinin durgun kütlelerinden farklı olacağını ifade ediliyor. Öğrencilere bu farklılığın maddenin kinetik enerjisinin enerji kütle ilişkisinden dolayı kütle özelliği sergileyeceği gerçek bir kütle artışı olmadığı belirtiliyor. Bu nedenle özel görelilik kuramı sırasında öğrencinin geçmiş bilgilerinden edindikleri kütle kavramından farklı kütle kavramı ile karşı karşıya kalmaktadırlar. Yeni kütle kavramını öğrenmek öğrenciler için güç olmaktadır. Kavram sorusunun doğru fakat gerekçe sorusunun yanlış yanıtlanması durumu içinde yer alan kategori, kategori 21 olarak adlandırılmıştır. Öğretim sonrasında kategori 21 türü yanıtların arttığı görülmüştür. Bu kategoride yanıt veren öğrenciler bir cisim üzerine iş yapılarak belirli bir enerji değerinden daha fazla enerji aktarılmasının mümkün olamayacağını ifade etmiştir. Bu kategoride yanıt veren öğrenciler bir cismin ışık hızından daha fazla bir hızla

sahip olamayacağı düşüncesini enerjinin korunumsuz olduğu düşüncesi ile ifade etmişlerdir.

5.2 Özyeterlilik ve Üstbilis Öğrenme Ölçeği Bulguları

Aşağıda öğrencilerin Özyeterlilik ve Üstbilis Öğrenme Ölçeği bulgularına yer verilmiştir. Şekil 5.28’de Özyeterlilik ve Üstbilis Öğrenme Ölçeğinin herbir seçeneğine verilen yanıtların yüzdelik dilimleri ifade edilmiştir.



Şekil 5.28: Özyeterlilik ve üstbilis öğrenme ölçeğinde öğrenci yanıtlarının dağılımı.

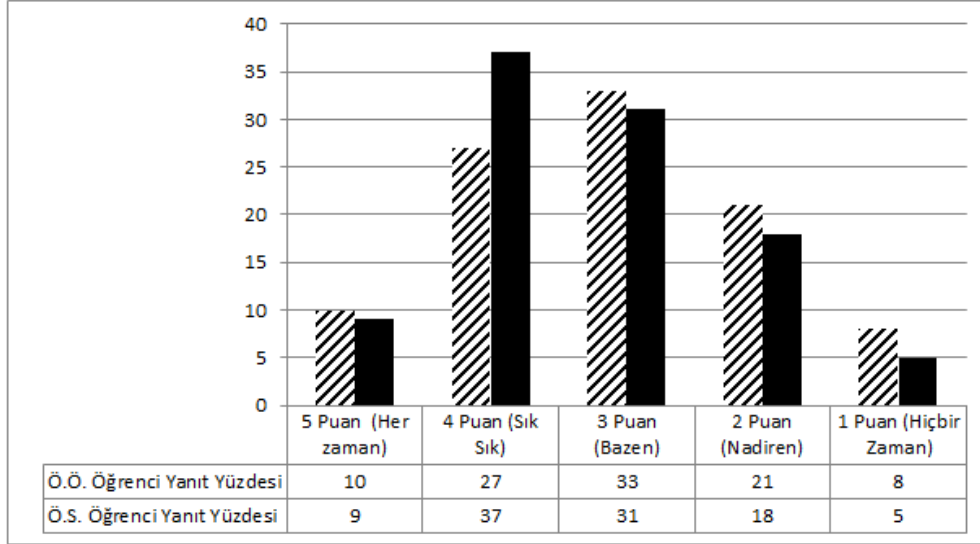
Şekil 5.28 de yer alan yanıtlar incelendiğinde Özyeterlilik ve Üstbilis Öğrenme Ölçeğindeki her zaman ve hiçbir zaman yanıtlarında çok fazla değişim yaşanmadığı görülmektedir. Bununla birlikte bazen ve nadiren yanıtlarında azalma sık sık yanıtlarında ise %7’lik bir artış yaşanmıştır. Öğrencilerin özel görelilik kuramı kavramsal değişimlerine paralel olarak üstbilis düzeylerinin artması öğretim modelinin kuramsal yapısı ile uyumlu bir sonuçtur.

Öğretim ile Özyeterlilik ve Üstbilis Öğrenme Ölçeğinin boyutlarındaki değişimi inceleyebilmek için Tablo 5.49’da Özyeterlilik ve Üstbilis Öğrenme Ölçeği Ön-Test Son Test Ortalama Puanlarına yer verilmiştir.

Tablo 5.49: Özyeterlilik ve üstbilis öğrenme ölçeği ön-test son test ortalama puanları.

Ölçek Boyutları	Alınabilecek En Yüksek Puan	Son-Test Ortalama Puan	Ön-Test Ortalama Puan
Yapılandırıcı Bağlantılama	35	23,35	22,02
İzleme, değerlendirme ve Planlama	45	32,35	27,77
Fizik öğrenmede özyeterlilik	30	22,75	18,77
Öğrenme riskleri farkındalığı	25	19,29	19,43
Konsantrasyon kontrolü	15	10,13	10,02
Toplam	150	107,87	98,02

Özyeterlilik, Üstbilis ve Öğrenme Süreçleri Ölçeğinde yer alan boyutlara verilen yanıtlar incelendiğinde öğrencilerin ön test ve son test puanları arasında en belirgin artışın izleme, değerlendirme ve planlama boyutunda yaşandığı görölmektedir. İzleme, Değerlendirme ve Planlama boyutu ile ilgili öğrenci yanıtlarının seçeneklere dağılımı Şekil 5.28’de ifade edilmiştir.



Şekil 5.29: İzleme, değerlendirme ve planlama ile ilgili maddeler için öğrenci yanıtlarının dağılımı.

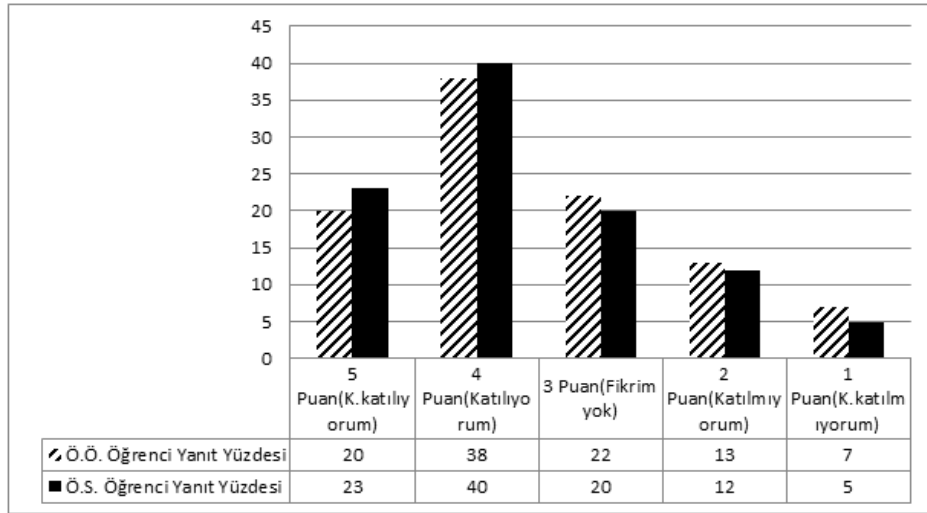
Şekil 5.29’da yer alan yanıtlar incelendiğinde öğrencilerin öğretim sonrasında ölçeğin izleme, değerlendirme ve planlama ile ilgili vermiş oldukları her zaman, bazen, nadiren ve hiçbir zaman yanıtında azaldığı, her zaman ve sık sık yanıtının ise arttığı görülmektedir. Bu yanıtlardan yola çıkarak yapılan öğretimin öğrencilerin bilişin düzenlenmesi becerilerini arttırdığı söylenebilir.

Özyeterlilik ve Üstbiliş Öğrenme Ölçeği verileri incelendiğinde araştırmamızın öğretimin modelinin öğrencilerin üstbilişlerini arttırdığı ifade edilebilir. Araştırma modeli öğrencilerin en fazla ölçekte üstbilişin bir alt boyutu olarak tanımlanan bilişin düzenlenmesi ve öz-yeterlilik boyutlarında etkili olduğu görülmüştür. Araştırmamızın öğretim modelinin üstbiliş yapılandırması ağırlıklı olarak öğrencilerin izleme, planlama ve değerlendirme becerilerini geliştirmeye yönelik etkinlik ve stratejilerle kurgulanmıştır. Öğrencilerin bu boyutlardaki puan artışları öğretim modelinin üstbilişsel yapılandırmasına bağlanabilir. Öğrencilerin bilişsel yapılarını düzenlemelerine bağlı olarak özyeterlilik düzeylerinin arttığı ifade edilebilir. Buna rağmen araştırma modelinin öğrencilerin yapılandırmacı bağlantılama, öğrenme riskleri farkındalığı ve konsantrasyon kontrolünde boyutları üzerinde çok fazla etkili olmadığı görülmektedir. Üstbiliş ölçeğinin yapılandırmacı bağlantılama boyutu derste öğrenilen bilgilerin ders dışı ortamlarla (günlük hayat, başka dersler, ders dışı

etkinlikler, gezi) aktarılması ile ilgilidir. Öğretim modelinin bu boyutta etkili olmaması özel görelilik kuramının ders dışı bir ortama aktarılma olanağı olmaması durumuna bağlanabilir. Fakat öğretim modelinin CERN deneyleri ile ilişkinendirilerek kurgulanmasının yapılandırmacı bağlantılama boyutunda daha etkili olmasına buna bağlı olarak üstbilis puanlarında daha fazla artışa neden olacağı ifade edilebilir. Öğrenme riskleri farkındalığı boyutu öğrencilerin fizik dersinde bir konuyu öğrenmeleri sırasında karşılarına çıkan engelleri fark etme düzeyleri ile ilgilidir. Öğretim modelinin genel yapısına ve öğrencilerin bilisin düzenlenmesi boyutundaki artışlarına bakarak öğretim modelinin bu boyuttada öğrencilerde belirgin bir artışın olmasına katkı sağlaması beklenmektedir. Buna rağmen belirgin bir artış olmaması durumu özel görelilik kuramının soyut ve zor bir kuram olmasına bağlanabilir. Öğretim modelinin somut materyallerle desteklenmesi yolu ile ilk önce ön kavramlarının sezgisel ve bilimsel olmayan yanıtlardan klasik fizik yanıtlarına kaydırılması ardından öğrencilerin özel görelilik kuramı ile karşı karşıya bırakılmaları durumunda öğrenme riskleri farkındalıklarının artacağı iddia edilebilir.

5.3 Fizik Dersi Motivasyon Anketi Bulguları

Aşağıda öğrencilerin Fizik Dersi Motivasyon Anketi bulgularına yer verilmiştir. Tablo 5.50’de Fizik Dersi Motivasyon Anketinin herbir seçeneğine verilen yanıtların yüzdeler dilimleri ifade edilmiştir.



Şekil 5.30: Fizik dersi motivasyon anketi öğrenci yanıtlarının dağılımı.

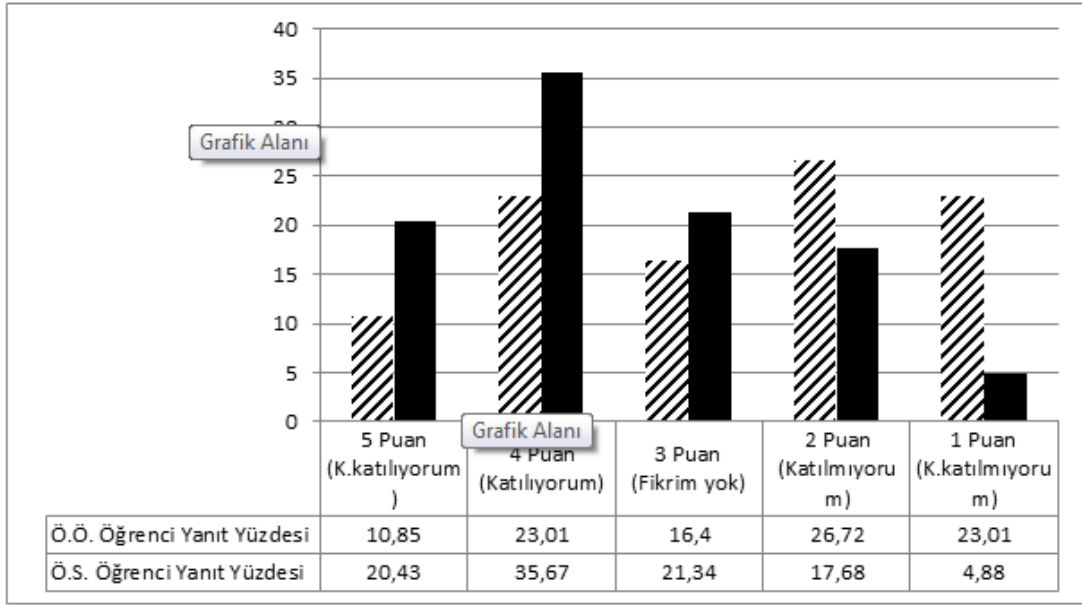
Şekil 5.30’da yer alan yanıtlar incelendiğinde Fizik Dersi Motivasyon Anketi kesinlikle katılıyorum ve katılıyorum yanıtlarında artma, fikrim yok, katılmıyorum ve kesinlikle katılmıyorum yanıtlarında ise azalma olduğu görülmektedir. Öğretim sonrasında motivasyon oranlarında %5’lik bir artış söz konusudur. Öğrencilerin özel görelilik kuramı kavramsal değişimlerine paralel olarak motivasyon düzeylerinin artması öğretim modelinin kuramsal yapısı ile uyumlu bir sonuçtur.

Öğretim ile Fizik Dersi Motivasyon Anketinin boyutlarındaki değişimi inceleyebilmek için Tablo 5.50’de Fizik Dersi Motivasyon Anketinin ön-test son test ortalama puanlarına yer verilmiştir.

Tablo 5.50: Fizik dersi motivasyon anketinin ön-test son test ortalama puanları.

Ölçek Boyutları	Alınabilecek En Yüksek Puan	Son-Test Ortalama Puan	Ön-Test Ortalama Puan
Özyeterlilik	35	24.36	20.81
Fizik Öğrenmenin Değeri	25	19.51	20.00
Etkin öğrenme stratejileri	45	34.91	34.53
Başarı Hedefi	20	19.38	19.87
Öğrenme Ortamı Teşviki	25	17.44	17.51
İletişim ve işbirlikli çalışma	15	10.62	10.87
Fizikle ilgili araştırma yapma	25	18.06	18.44
Toplam Puan	190	144.3	142.03

Fizik Dersi Motivasyon Anketinde yer alan boyutlara verilen yanıtlar incelendiğinde öğrencilerin ön test ve son test puanları arasında en belirgin artışın özyeterlilik boyutunda yaşandığı görülmektedir. Öz-yeterlilik boyutu ile ilgili öğrenci yanıtlarının seçeneklere dağılımı Şekil 5.31’de ifade edilmiştir.



Şekil 5.31: Özyeterlilik ile ilgili maddeler için öğrenci yanıtlarının dağılımı.

Şekil 4.31'deki yanıtlar incelendiğinde öğrencilerin öğretim sonrasında ölçeğin özyeterlilik boyutu ile ilgili vermiş oldukları kesinlikle katılıyorum, katılıyorum yanıtlarının belirgin bir şekilde arttığı görülmektedir. Fikrim yok yanıtının ise azaldığı görülmektedir. Katılmıyorum ve kesinlikle katılmıyorum şeklindeki olumsuz yanıtların ise öğretim sonrasında azaldığı görülmektedir. Tüm bu değişimlere bakarak yapılan öğretimin öğrencilerin öz-yeterlilik düzeylerini arttırdığı söylenebilir.

Fizik Dersi Motivasyon Anketinde verileri incelendiğinde araştırmanın öğretimin modelinin öğrencilerin motivasyonunu artırdığı ifade edilebilir. Araştırma modeli öğrencilerin en fazla ankette motivasyonun bir boyutu olarak tanımlanan öz-yeterlilik boyutlarında etkili olduğu görülmüştür. Araştırmanın öğretim modelinin motivasyon yapılandırması iki biçimde sağlanmaya çalışılmıştır. İlk olarak üstbilgin motivasyonun bir bileşeni olduğundan yola çıkarak öğrencilerin üstbilgin düzeylerini artırmak için yapılan tüm etkinlikler aynı zamanda motivasyonu artıran etkinlikler olarak kabul edilmiştir. Öz-yeterlilik motivasyon ve üstbilgin ortak bileşeni olduğundan birini artıracak etkinliklerin diğerini de artıracığı kabul edilebilir. İkinci olarak öğrencilerin öğretim öğrencilerin ilgisini çekebilecek, merak duygularını harekete geçirebilecek ve hoşlarına gidebileceği düşünülen düşünce deneyleri ve problemler şeklinde düzenlenmiş simülasyon ve animasyonlarla desteklenmiştir.

Motivasyonun öz-yeterlilik boyutundaki artış öğrencilerin merak ve ilgilerini harekete geçiren bir ortamda bilişsel süreçlerini izleme, değerlendirme ve planlama faaliyetlerini gerçekleştirmelerine bağlanabilir.

Öğretim modelinin öğrencilerin öz-yeterlilik düzeylerinde artışa neden olmasına rağmen fizik öğrenmenin değeri, etkin öğrenme stratejileri, başarı hedefi, öğrenme ortamı teşviki, iletişim ve işbirlikli çalışma boyutlarında belirgin bir etkisi olmadığı görülmüştür. Öğretim modelinde öğrencilerin bu boyutlarda artış yaşamasını sağlayacak bir öğretim ortamı oluşturulmuştur. Buna rağmen bu boyutlarda artış olmaması öğrencilerin geleneksel öğretime araştırmanın öğretim modeline göre daha alışık olmalarına bağlanabilir. Öğretim modelinin daha uzun süre uygulanması durumunda öğrencilerin etkin öğrenme stratejileri, öğrenme ortamı teşviki, iletişim ve işbirlikli çalışma boyutlarında artış yaşayacağı ifade edilebilir.

Bu bölümde araştırmanın kavramsal değişim, üstbilgi ve motivasyon ile ilgili bulgulara ve bulgular ile ilgili araştırmacının yorumlarına yer verilmiştir. Bir sonraki bölümde ise elde edilen bulgular başka araştırmacılar tarafından elde edilen sonuçlarla karşılaştırılarak tartışılmış ve öneriler sunulmuştur.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu bölümde araştırma sonuçlarına ve araştırmacılara, öğretmenlere ve ders kitabı ve program yazarlarına yönelik önerilere yer verilmiştir.

6.1 Sonuçlar

Bö bölümde araştırmanın giriş bölümünde ifade edilen araştırma sorularının yanıtlarına yer verilmiştir.

6.1.1 Özel Görelilik Kuramı ile İlgili Alternatif Kavramlar ve Öğretim Modelinin Kavramsal Değişime Etkisi

Bu bölümde öğretim öncesinde ve sonrasında ışık hızı, mutlak zaman, eşanlılık, görelî zaman, görelî uzunluk, kütle ve enerji kavramları ile ilgili alternatif kavramlara yer verilmiş ve alan yazında yer alan başka araştırma sonuçları ile karşılaştırılarak tartışılmıştır

6.1.1.1 Işık Hızı ile İlgili Alternatif Kavramlar

Işık hızı ile ilgili kavramsal çerçeve Tanı Testindeki kavram ve gerekçe sorusunun doğru yapıldığı doğru-doğru çerçeve yanıtları, kavram ve gerekçe sorusunun yanlış yapıldığı yanlış-yanlış çerçeve yanıtları olarak iki temel gruba ayrılmıştır. Doğru-doğru çerçeve yanıtları ışık hızının gözlemcinin ve kaynağın hızına bağlı olmaksızın boşlukta 3.10^8 m/s hızla yayıldığı doğru yanıt kategorisine karşılık gelmektedir. Yanlış-yanlış çerçeve yanıtları ise ışık hızının gözlemcinin ve kaynağın hızına bağlı olarak değiştiğini ifade eden klasik fizik tabanlı yanıt kategorisini, ışık hızının klasik bağıl hızla göre hesaplanamadığı veya anlamlı bir kategori altında toplanamayan yanıtları içermektedir. Doğru-yanlış çerçeve yanıtları ise ışık hızının boşlukta 3.10^8 m/s hızla ilerleyeceğinin ifade edildiği fakat

gerekçenin ışık hızının gözlemcinin veya kaynağın hızından bağımsız olması durumuna bağlanmadığı anlamlı ve anlamsız yanıt kategorilerini içermektedir. Bu yanıt kategorileri genellemeye dayalı alternatif yanıtlar ve hibrit yanıtlar kategorilerini içermektedir. Bu kategoriler dışında anlamlı bir kategoriye rastlanamamıştır. Yanlış-doğru yanıt çerçevesi ise ışık hızının yanlış hesaplandığı fakat gerekçesinin doğru açıklandığı yanıtları içermektedir. Tanı Testinde bu yanıt çerçevesinde anlamlı bir kategori yer almamaktadır.

Aşağıda yer alan Tablo 6.1’de öğretim sırasında ortaya çıkan ışık hızı ile ilgili alternatif kavramlara ve başka araştırmacılar tarafından benzer alternatif kavramın tespit edilme durumuna yer verilmiştir.

Tablo 6.1: Işık hızı ile ilgili alternatif kavramlar ve alan yazında karşılaşma durumu.

Çerçeve Kodu	Kategori Kodu	Alternatif kavram	Açıklama	Diğer Araştırmalar
Yanlış Yanlış	2	Klasik fizik tabanlı alternatif kavram	Işık hızı kaynağın veya gözlemcinin hızından etkilenir.	Scherr vd. (2001); Kural, Özdemir ve Kocakulah (2013)
Doğru Yanlış	3	Genellemeye dayalı alternatif kavram	Işık tüm ortamlarda aynı hız değerine sahiptir.	Kural, Özdemir ve Kocakulah (2013-2014)
	8	Hibrit alternatif kavram	Işık hızı kaynağın hızından etkilenir. Fakat ihmal edilir.	

Araştırmada nicel ve nitel verilerde ışık hızı ile ilgili üç alternatif kavrama rastlanmıştır. Kategori 2 ışık hızının kaynağın ve gözlemcinin hızına bağlı olduğunu ifade eden doğrudan öğrencilerin klasik fizik bilgisine dayanan bir alternatif kavramı temsil etmektedir. Kategori 2 türünde yanıt veren öğrencilerin ışık hızını klasik fizikte bir parçacığın (yere düşen bir taş veya bir otomobilin) hızını hesaplar gibi ışığın yayılma hızına ışık kaynağının ve gözlemcinin hızını ekledikleri görülmüştür. Alan yazında özel görelilik kuramı ile ilgili araştırmalarda da benzer sonuçlara rastlanmıştır. Scherr vd. (2001) ortaöğretim ve üniversite düzeyinde öğrencilerin büyük bir bölümünün ışık hızının değişmezliğini tam olarak anlamadıkları ifade edilmiştir. Kural, Özdemir ve Kocakulah (2013) öğrencilerin ışık hızı ile ilgili bir açık uçlu soruya verdikleri yanıtları bilimsel olarak tam doğru, bilimsel olarak

kısmen doğru ve bilimsel olarak kabul edilemez yanıtlar şeklinde üç başlıkta incelemiştir. Bu araştırmada öğrencilerin ışık hızının kaynağın ve gözlemcinin hızına bağlı olduğu şeklindeki yanıtlar bilimsel olarak kabul edilemez başlığı altında klasik bağıl hıza dayalı yanıtlar alt başlığında ele alınmıştır. Aynı araştırmada görüşme sorularında da bu kategoride yanıtlara rastlanmıştır. Bir öğrenci $3 \cdot 10^8$ m/s hızla yayılan bir ışının hızını ölçen ve ışınla aynı yönde $2 \cdot 10^8$ m/s hızla ilerleyen bir gözlemcinin ışık hızını $5 \cdot 10^8$ m/s ölçeceğini ifade etmiştir. Kural, Özdemir ve Kocakulah (2014) öğrencilerin ışık hızı ile ilgili bir açık uçlu soruya verdikleri yanıtları ise doğru yanıt, yanlış yanıt, kodlanamaz yanıt olarak üç başlıkta incelemiştir. Bu araştırmada öğrencilerin ışık hızının kaynağın hızına bağlı olduğu şeklindeki yanıtlar yanlış yanıt başlığı altında klasik yanıt alt başlığında ele alınmıştır.

Kategori 3 ışık hızının tüm ortamlarda aynı hız değerine sahip olduğu durumu temsil etmektedir. Araştırmada bu kategoride yanıt veren öğrencilerin ışık hızının gözlemcinin ve kaynağın hızına bağlı olmaksızın boşlukta $3 \cdot 10^8$ m/s hızla hareket etmesi durumunu ışığın farklı fiziksel ortamlarda (hava, su, cam, boşluk) $3 \cdot 10^8$ m/s hızla yayıldığı şeklinde genelledikleri görülmüştür. Kural, Özdemir ve Kocakulah (2013) kategori 3'e benzer görüşleri bilimsel olarak kabul edilemez yanıtlar başlığı, ışık hızının değişmezliği fikrini içeren yanıtlar alt başlığı altında ele almıştır. Bu araştırmada bu kategoride yanıt veren öğrencilerin ışık hızının her ortamda aynı hızda yayılması durumunu ışığın bir ağırlığı olmaması durumuna ve ışık hızının hiçbir koşulda değişmeyeceği görüşüne bağladıkları görülmüştür. Kural, Özdemir ve Kocakulah (2014) bu araştırmada öğrencilerin ışık hızının ışık hızının hiçbir zaman değişmeyeceği şeklindeki yanıtlar eksik yanıt kategorisi başlığında ele alınmıştır. Öğrencilerle yapılan görüşmelerde eksik yanıt kategorisi altında ele alınan ışık hızının değişmeyeceği görüşüne rastlanmıştır.

Araştırmada karşılaşılan diğer bir alternatif kavram ise ışık hızının ışık kaynağın hızından etkilendiğini fakat kaynağın hızının ışık hızı yanında küçük bir hız değerine sahip olması gerekçesi ile ihmal edildiği görüşünü içermektedir. Araştırmada bu kategoride yanıt veren öğrencilerin ışık hızının gözlemcinin ve kaynağın hızından bağımsız olduğunu ifade ettikleri görülmüştür. Bu yönü ile yanıt özel görelilik kuramının ışık hızı kavramı tanımına uygunluk göstermektedir. Fakat öğrencilerin bu yanıtlarının gerekçesi olarak ışık hızının mutlak değerinin kaynağın

ve gözlemcinin hızı ile kıyaslandığında çok büyük olması ve ihmal edilmesi durumuna bağlamaları özel görelilik kuramı ile örtüşmemektedir. Bu öğrencilerin yanıtlarına göre kaynak ve gözlemci çok daha hızlı hareket ettiğinde ışık hızının değeri değişecektir. Araştırmada bu yanıt ile ışık hızı kavramını sorgulayan soruda karşılaşılmamıştır. Çünkü bu soruda ışık kaynağının hızı ışık hızına yakın değerlerde verilmiştir. Bu kategoride yanıtta araştırmanın eşanlılık kavramını sorgulayan sorusunda rastlanmıştır. Bu soruda verilen trenin hızının ışık hızı ile kıyaslandığında küçük değerde olmasına bağlı olarak öğrencilerin böyle bir alternatif kavramı ifade ettikleri görülmüştür. Alan yazında bu alternatif kavrama yine Kural, Özdemir ve Kocakulah (2014)'ın yapmış olduğu araştırmada rastlanmıştır. Yanlış yanıt kategorisinde ihmal kategorisinde değerlendirilmiş yanıtta öğrenciler ışık hızındaki değişimin ihmal edildiğini ifade etmiştir.

Aşağıdaki bölümde, bu bölümde ele alınan ışık hızı ile ilgili alternatif kavramların yerine bilimsel kavramların almasındaki etkisi ifade edilmiştir.

6.1.1.2 Öğretim Modelinin Işık Hızı ile İlgili Kavramsal Değişime Etkileri

Bu bölümde öğretim öncesindeki ve öğretim sonrasında öğrencilerin ışık hızı ile ilgili veri toplama araçlarına verdikleri yanıtlardaki değişim ifade edilmiştir. İlk olarak öğrencilerin Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin çerçeve yanıtlardaki değişim daha sonra ise bir önceki bölümde ifade edilen kategorilerdeki değişim görüşme verilerinden elde edilen sonuçlarla ilişkilendirilerek ele alınmıştır. Araştırma sonuçları alan yazındaki benzer çalışmalar göz önünde bulundurularak tartışılmıştır.

Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin ışık hızı ile ilgili bulguları incelendiğinde öğretim öncesinde öğrencilerin ışık hızı ile ilgili yanıtlarının büyük bir bölümünün derinlemesine yanlış yanıt çerçevesinde, bir bölümünün ise ara yanıt çerçevesinde toplandığı ve doğru yanıt çerçevesinde çok az yanıtta rastlandığı görülmüştür. Öğretim sonrasında ise yanıtların büyük bir bölümünün derinlemesine doğru yanıt çerçevesinde, bir bölümünün ise ara yanıt çerçevesinde toplandığı ve yanlış yanıt çerçevesinde çok az yanıtta rastlandığı görülmüştür. Özel Görelilik Kuramı-

Tanı Testinden elde edilen bu bulgular öğretim modelinin öğrencilerin ışık hızı ile ilgili derinlemesine yanlış yanıt çerçevesindeki yanıtlarını derinlemesine doğru yanıt ve ara yanıt çerçevesinde değerlendirilebilecek yanıtlara dönüştüğünü göstermektedir. Bu sonuçlar öğretim modelinin öğrencilerin ışık hızı ile ilgili yanlış görüş ve kavramlarının doğru görüş ve kavramlara dönüşmesinde etkili olduğu göstermektedir. Öğretim sonrasında öğrencilerin ara yanıtlarındaki artış ise bu yanıt çerçevesine yer alan anlamlı kategorilerdeki değişime bakılarak yorumlanmıştır (bkz. Şekil 5.5).

Öğrencilerin ışık hızı ile ilgili görüşlerini daha detaylı bir şekilde inceleyebilmek için bu çerçeve içindeki anlamlı kategoriler incelenmiştir. Bu kategoriler incelendiğinde öğretim öncesinde öğrencilerin ışık hızı ile ilgili düşüncelerinin çoğunlukla klasik fizik bilgisine dayanan yanıtlar ile belirli bir kategori altında anlamlandırılmayan yanlış yanıtlardan oluştuğu görülmüştür (bkz. Şekil 5.5 ve Tablo 5.10). Öğrencilerin klasik fizik bilgisine dayanan yanlış yanıtları ışık hızının kaynağın veya gözlemcinin hızına bağlı olduğu düşüncesine dayanmaktadır. Bu düşünceye sahip olan öğrenciler ışık hızını hesaplariken ışık hızına kaynağın veya gözlemcinin hızını eklemiştir (bkz. Şekil 5.4). Ayrıca öğrencilerin belirli bir kategori altında toplanamayan yanlış yanıtlarının bir bölümünün de Galileo dönüşüm denklemlerinin kullanıldığı fakat ışık hızının yanlış hesaplandığı yanıtlar olduğu görülmüştür. Öğrencilerin öğretimden önce ışık hızını klasik fizik bilgilerine dayalı olarak açıklamaları beklenen bir sonuçtur. Öğretim sonrasında öğrencilerin ışık hızı ile ilgili yanıtları incelendiğinde bu yanıtların çoğunlukla özel görelilik kuramına dayanan doğru yanıtlar olduğu görülmüştür (bkz. Şekil 5.5 ve Tablo 5.10). Öğrencilerin doğru yanıtları ışık hızının kaynağın ve gözlemcinin hızına bağlı olmaksızın sabit olduğu düşüncesine dayanmaktadır. Öğretim öncesinde ışık hızı ile ilgili çoğunlukla klasik fizik bilgisine dayalı yanıt veren öğrencilerin öğretim sonrasında özel görelilik kuramına dayalı yanıt vermesi, araştırmanın öğretim modelinin öğrencilerde ışık hızı ile ilgili doğru kavram ve düşünceler oluşturmasında etkili olduğunu göstermektedir. Ayrıca öğrencilerin ara yanıt çerçevesinde ele alınan yanıtları incelendiğinde öğrencilerin öğretim sonrasında ışık hızının tüm ortamlarda aynı hız değerine sahip olduğu şeklindeki yanıtlarında bir artış olduğu görülmüştür. Öğretimin etkisi ile ışık hızı ile ilgili bu yanıtta artış, yapılan öğretimin öğrencilerin ışık hızı ile ilgili aşırı genellemeye dayalı bir kavram

oluşturmalarında etkili olduğunu göstermektedir (bkz. Şekil Tablo 5.10). Bu sonuçlara bakılarak öğretim modelinin ışık hızı ile ilgili klasik fizik bilgisine dayalı yanıtların özel görelilik kuramına dayalı bilimsel kavramlara dönüşmesinde etkili olduğu ifade edilebilir. Fakat öğretimin etkisi ile bazı öğrencilerin ışık hızının gözlemcinin ve kaynağın hızına bağlı olmaksızın sabit olması durumunu ışığın tüm ortamlarda aynı hız değeri ile hareket etmesi olarak anladıkları görülmüştür. Bu sonuçlara bakılarak öğretim modelinin öğrencilerde bu tür alternatif kavramların oluşmasını engelleyecek uygulamalarla güçlendirilmesinin öğrencilerde ışık hızı ile ilgili bilimsel kavramların oluşmasında etkili olacağı söylenebilir.

6.1.1.3 Mutlak Zaman ile ilgili Alternatif Kavramlar

Mutlak zaman ile ilgili kavramsal çerçeve Tanı Testindeki kavram ve gerekçe sorusunun doğru yapıldığı doğru-doğru çerçeve yanıtları, kavram ve gerekçe sorusunun yanlış yapıldığı yanlış-yanlış çerçeve yanıtları olarak iki temel gruba ayrılmıştır. Doğru-doğru çerçeve yanıtları ışık hızına göre küçük hız değerleri için zaman ölçümü, tüm eylemsiz referans sistemlerinde aynıdır kategorisine karşılık gelmektedir. Yanlış-yanlış çerçeve yanıtları ise ışık hızına göre küçük hız değerleri için zaman kavramı gözlemcinin hızına ve hareket yönüne bağlı olarak değişir ve ışık hızına göre küçük hız değerleri için zaman gerekli bir kavramdır kategorisine karşılık gelmektedir veya anlamlı bir kategori altında toplanamayan yanıtları içermektedir. Doğru-yanlış ve yanlış doğru çerçeve yanıtları içinde anlamlı kategorilere rastlanamamıştır.

Aşağıda yer alan Tablo 6.2.'de öğretim sırasında ortaya çıkan mutlak zaman ile ilgili alternatif kavramlara ve başka araştırmacılar tarafından benzer alternatif kavramın tespit edilme durumuna yer verilmiştir.

Tablo 6.2: Mutlak zaman ile ilgili alternatif kavramlar ve alan yazında karşılaşma durumu.

Çerçeve Kodu	Kategori Kodu	Alternatif kavram	Açıklama	Diğer Araştırmalar
Yanlış Yanlış	5	Bağıl zaman alternatif kavramı	Işık hızına göre küçük hız değerleri için zaman kavramı gözlemcinin hızına ve hareket yönüne bağlı olarak değişir.	Kural, Özdemir ve Kocakulah (2013)
	6	Genellemeye dayalı alternatif kavram	Işık hızına göre küçük hız değerleri için zaman göreliliği kavramıdır.	-

Araştırmada nicel ve nitel verilerde mutlak zaman ile ilgili iki alternatif kavrama rastlanmıştır. Kategori 5 ışık hızına göre küçük hız değerleri için zaman kavramının gözlemcinin hızına ve hareket yönüne bağlı olarak değiştiği düşüncesine dayanan bir alternatif kavramı temsil etmektedir. Kategori 5 ışık hızına göre küçük hız değerleri için tüm eylemsiz referans sistemlerinde aynı olan bir fiziksel olayın referans sisteminin hızın mutlak değerine ve yönüne göre değişeceği şeklindedir. Bu alternatif görüşe sahip öğrenciler bir basit sarkacın periyodunun bir sabit değeri ise hareketli iki gözlemci tarafından farklı sürede ölçüleceğini düşündükleri görülmüştür (bkz. Kategori 5 ile ilgili görüşme bulguları). Bu görüşe sahip öğrencilerin açık uçlu sorulara verdikleri yanıtlar incelendiğinde ise bir aracın iki nokta arası mesafeyi alma süresinin gözlemcinin hızına bağlı olarak hesapladıkları görülmüştür (bkz. Şekil 5.8). Bu durum öğrencilerin bağıl zaman alternatif kavramının altında yatan nedenin bağıl hız olduğunu göstermektedir. Araştırmanın bu sonuçları Kural, Özdemir ve Kocakulah (2013)'in yapmış olduğu araştırma sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Bu araştırmada bu alternatif kavram yanlış yanıt kategorisi altında ele alınmıştır. Bu araştırmada bu alternatif kavrama açık uçlu sorularda olduğu gibi öğrencilerle yapılan görüşmelerde de rastlanmıştır.

Kategori 6 türünde yanıt veren öğrencilerin ışık hızına göre küçük hız değerleri için zaman kavramının gerekli bir kavram olduğu görüşünü ifade ettikleri görülmüştür. Bu alternatif görüşe sahip öğrencilerin ışık hızına yakın hızlarda zaman kavramının gözlemciden gözlemciye değiştiği görüşünü ışık hızına göre çok küçük

hız değerlerine genellediklerini söylenebilir. Kategori 5 ile Kategori 6 birbirine yakın alternatif kavramlara karşılık gelmelerine rağmen birbirinden farklıdır. Kategori 5 öğrencinin klasik fizik bilgisinin eksikliğinden kaynaklanan bir alternatif kavramı ifade ederken kategori 6 özel görelilik kuramında ifade edilen göreliliğin zaman kavramının ışık hızına göre çok küçük hızlarla hareket eden sistemlere genellediğini göstermektedir.

Aşağıdaki bölümde, öğretim modelinin mutlak zaman ile ilgili çerçeve yanıtlar ve alternatif kavramların yerine bilimsel kavramların oluşturulmasındaki etkisi ifade edilmiştir.

6.1.1.4 Öğretim Modelinin Mutlak Zaman ile İlgili Kavramsal Değişime Etkileri

Bu bölümde öğretim öncesindeki ve öğretim sonrasında öğrencilerin mutlak zaman ile ilgili veri toplama araçlarına verdikleri yanıtlardaki değişim ifade edilmiştir. İlk olarak öğrencilerin Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin çerçeve yanıtlardaki değişim daha sonra ise kategorilerdeki değişim görüşme verilerinden elde edilen sonuçlarla ilişkilendirilerek ele alınmıştır. Araştırma sonuçları alan yazındaki benzer çalışmalar göz önünde bulundurularak tartışılmıştır.

Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin mutlak zaman ile ilgili bulguları incelendiğinde öğretim öncesinde öğrencilerin mutlak zaman ile ilgili yanıtlarının büyük bir bölümünün yüzeysel yanlış yanıt çerçevesinde, bir bölümünün ise yüzeysel doğru yanıt çerçevesinde toplandığı görülmüştür. Öğretim sonrasında ise yanıtların büyük bir bölümünün yüzeysel doğru yanıt çerçevesinde, bir bölümünün ise derinlemesine yanlış yanıt çerçevesinde toplandığı görülmüştür. Ayrıca kavram sorusunun doğru gerekçe sorusunun yanlış yapıldığı ara yanıt kategorisinde de öğretim sonrasında artış olduğu görülmüştür. Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinden elde edilen bu bulgular öğretim modelinin öğrencilerin mutlak zaman ile ilgili yüzeysel yanlış yanıt çerçevesindeki yanıtlarını yüzeysel doğru yanıt veya derinlemesine yanlış yanıt çerçevesinde değerlendirilebilecek yanıtlara dönüştüğünü göstermektedir (bkz. Şekil 5.9). Bu sonuçlar öğretim modelinin öğrencilerin ışık hızı ile ilgili yüzeysel yanlış görüş ve kavramlarının yüzeysel doğru görüş ve kavramlara

dönüşmesinde etkili olduğu göstermektedir. Bununla birlikte öğretim modelinin bazı öğrencilerin yüzeysel yanlış yanıtların derinlemesine yanlış yanıt dönüşmesi gibi beklenmedik bir etkisi olduğu görülmüştür. Öğrencilerin çerçeve yanıtlarındaki bu değişimlerin altında yatan nedenleri anlamak için bu çerçeve yanıtlar içinde bulunan anlamlı kategorileri incelemek gerekir.

Öğrencilerin mutlak zaman ile ilgili görüşlerini daha detaylı bir şekilde inceleyebilmek için bu çerçeve içindeki anlamlı kategoriler incelenmiştir. Bu kategoriler incelendiğinde öğretim öncesinde öğrencilerin mutlak zaman ile ilgili düşüncelerinin çoğunlukla ışık hızına göre küçük hız değerleri için eylemsiz referans sistemlerinde zaman aralığı ölçümlerinin farklı referans sistemlerinde aynı olduğunu ifade eden doğru yanıt kategorisindeki yanıtlar olduğu görülmektedir. Öne çıkan diğer kategoriler ise kategori 5 ve kategori 6 türündeki yanıtlardır. Öğretim sonrası yanıtlar incelendiğinde ise öğrenci yanıtlarının ağırlıklı olarak doğru yanıt kategorisinde toplandığı görülmektedir. Öğretim sonrasında öne çıkan diğer bir yanıt ise kategori 6 dır (bkz. Tablo 5.16) bununla birlikte kategori 5 türü yanıtlarada rastlanmıştır. Öğrencilerin öğretim öncesindeki yanıtları ile öğretim sonrasındaki yanıtları karşılaştırıldığında ise öğrencilerin doğru yanıtları ile birlikte kategori 6 türü yanıtlarının arttığı kategori 5 türü yanıtların ise azaldığı görülmüştür. Öğretim öncesinde ve öğretim sonrasında öğrencilerle yapılan görüşmelerde kategori 5 türünde yanıtlara rastlanmıştır. öğretim sonrasında kategori 5 türü yanıtların azaldığı görülmüştür (bkz. Kategori 5 ve Kategori 6). Bu sonuçlara bakarak öğretim modelinin mutlak zaman ile ilgili doğru kavramların öğretiminde etkili olduğu sonucuna ulaşılabilir. Öğretim sonrasında Kategori 6 türü yanıtların artması ise öğrencilerin ışık hızına yakın hızlarda zaman kavramının göreceli bir kavram olması durumunu ışık hızına göre küçük hız değerlerine genellediklerini göstermektedir. Kategori 5 türü yanıtların azalması ise yapılan öğretimin öğrencilerin mutlak zaman kavramını öğrenmelerine katkı sağladığı söylenebilir. Bu sonuçlara bakılarak bir önceki bölümde ifade edildiği gibi öğretim modelinin öğrencilerde bu tür alternatif kavramların oluşmasını engelleyecek şekilde yeniden yapılandırılması gerekmektedir.

6.1.1.5 Eşanlılık ile ilgili Alternatif Kavramlar

Eşanlılık ile ilgili kavramsal çerçeve Tanı Testindeki kavram ve gerekçe sorusunun doğru yapıldığı doğru-doğru çerçeve yanıtları, kavram ve gerekçe sorusunun yanlış yapıldığı yanlış-yanlış çerçeve yanıtları olarak iki temel gruba ayrılmıştır. Doğru-doğru çerçeve yanıtları bir gözlemciye göre aynı anda (eşanlı) olan bir olayın bir başka gözlemciye göre aynı anda meydana gelmeyebileceği bilgisine karşılık gelmektedir. Yanlış-yanlış çerçeve yanıtları ise eşanlılık kavramının ışık hızının kaynağın ve/veya gözlemcinin hızından etkilenmesine bağlı olarak ele alındığı veya bilimsel olarak anlamsız yanıtlar içermektedir. Doğru-yanlış yanıtlar ise eşanlılık kavramının ışık algılayıcısına ışınların aynı anda ulaşacağını ifade eden fakat bu durumun gerekçesinin trenin hızının ihmal edilmesi bilgisine bağlandığı veya bilimsel olarak anlamsız yanıt kategorilerini içermektedir.

Araştırmada nicel ve nitel verilerde eşanlılık ile ilgili iki alternatif kavrama rastlanmıştır. Araştırmada öğrencilerin eşanlılık ile ilgili yanlış düşünce ve kavramlarının ışık hızı ile ilgili Tablo 6.1’de yer alan Kategori 2 ve Kategori 8 alternatif kavramlarından kaynaklandığı görülmüştür (bkz. Tablo 5.23). Kategori 2 ve kategori 8 araştırmanın ışık hızı ile ilgili kategorileridir. Bu sonuçlara bakarak öğrencilerin eşanlılık ile ilgili alternatif kavramlarının oluşmasında ışık hızı ile ilgili alternatif kavramların olduğu söylenebilir. Bu durum eşanlılığın göreliliğinin ışık hızı ve eylemsiz referans sistemi kavramlarının sonucu olması açısından normal karşılanabilir. Eşanlılık kavramı ile ilgili alan yazın incelendiğinde ise eşanlılık kavramı ile ilgili alternatif kavramların altında yatan nedenin referans sistemi kavramının yanlış anlaşılması olduğu ifade edilmiştir. Scherr vd. (2001) eşanlılık kavramındaki göreliliğin öğrencilerin öğrenme güçlüğü yaşadıkları bir kavram olduğunu ifade etmiş ve eşanlılık kavramı ile ilgili öğrenme güçlüğüne sebep olan referans sistemi kavramının anlaşılabilmesi gerektiğini vurgulamıştır. Scherr vd. (2001) öğrencilerin eşanlılığın göreliliği kavramını, gözlemcilerin bir olayın olduğu ana yönelik zaman ölçümlerinin farklılığı olarak algıladıklarını ifade etmiş ve eşanlılık kavramında oluşabilecek bir görelilik durumunun ancak özel görelilik teorisinin başarısızlığı olabileceğini düşündükleri sonucuna ulaşmıştır. Ayrıca araştırmacılar öğrencilerin farklı referans sistemlerindeki gözlemci ölçümlerini anlama konusunda güçlük çektiklerini ifade etmiştir. Kural, Özdemir ve Kocakulah

(2013) öğrencilerin özel görelilik kuramı konusundan önceki fizik konularında eşanlılık kavramı ile hiç karşılaşmamalarının bu kavramı öğrenmelerini güçleştirdiği ifade edilmiştir. Araştırmada öğrencilerin eşanlılık kavramının anlaşılması için gerekli olan olay kavramı ile ilgili eksik bilgiye sahip oldukları görülmüştür. Bu araştırmadan ve diğer araştırmalardan elde ettiği sonuçlar eşanlılık göreliliği kavramının anlaşılması için olay, eşanlılık, ışık hızı ve eylemsiz referans sistemi kavramlarının doğru anlaşılmasının gerektiğini ortaya koymaktadır.

Aşağıdaki bölümde, öğretim modelinin mutlak zaman ile ilgili çerçeve yanıtlar ve alternatif kavramların yerine bilimsel kavramların oluşturulmasındaki etkisi ifade edilmiştir.

6.1.1.6 Öğretim Modelinin Eşanlılık ile İlgili Kavramsal Değişime Etkileri

Bu bölümde öğretim öncesindeki ve öğretim sonrasında öğrencilerin eşanlılık ile ilgili veri toplama araçlarına verdikleri yanıtlardaki değişim ifade edilmiştir. İlk olarak öğrencilerin Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin çerçeve yanıtlardaki değişim daha sonra ise kategorilerdeki değişim görüşme verilerinden elde edilen sonuçlarla ilişkilendirilerek ele alınmıştır. Araştırma sonuçları alan yazındaki benzer çalışmalar göz önünde bulundurularak tartışılmıştır.

Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin eşanlılık ile ilgili bulguları incelendiğinde öğretim öncesinde öğrencilerin eşanlılık ile ilgili yanıtlarının büyük bir bölümünün yüzeysel ara yanıt çerçevesinde (kavram sorusunun doğru veya gerekçe sorusunun doğru yapıldığı seçenekler) olduğu görülmüştür. Öğretim sonrasında ise yanıtların büyük bir bölümünün derinlemesine ara yanıt çerçevesinde bir bölümünün ise derinlemesine doğru yanıt çerçevesinde toplandığı görülmüştür. Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinden elde edilen bu bulgular öğretim modelinin öğrencilerin yüzeysel yanlış yanıt ve derinlemesine ara yanıt çerçevelerindeki yanıtlarını artırdığını göstermektedir. Öğretim sonrasında öğrencilerin derinlemesine doğru yanıtlarının artması kavramsal değişim açısından olumlu bir durum olarak değerlendirilebilir (bkz. Tablo 5.22). Ara yanıt çerçevesindeki yanıtlarda yaşanan

artışı yorumlamak için ise bu çerçevede yer alan anlamlı kategorileri incelemek gerekir.

Öğrencilerin eşanlılık ile ilgili görüşlerini daha detaylı bir şekilde inceleyebilmek için bu çerçeve içindeki anlamlı kategoriler incelenmiştir. Bu kategoriler incelendiğinde öğretim öncesinde öğrenci yanıtlarının yanlış-yanlış yanıt çerçevesinde yer alan kategori 2 ve ara yanıt çerçevesinde yer alan kategori 8 yanıt türünde toplandığı görülmüştür. Bu yanıtlarda öğrencilerin bir referans sistemine göre ışık ışınlarının ışık algılayıcısına farklı anlarda ulaşacağını veya kaynağın hızı ihmal edildiği için aynı anda ulaşacağını ifade ettikleri görülmüştür (Scherr vd. 2001). Öğretim sonrasındaki yanıtlar incelendiğinde ise öğrencilerin eşanlılık ile ilgili doğru yanıtlarının belirgin bir şekilde arttığı görülmüştür. Öğrenciler ışık hızına yakın hızlarda bir gözlemciye göre aynı anda olan bir olayın başka bir gözlemciye göre aynı anda meydana gelmeyeceğini ifade ettikleri görülmüştür.

Işık hızına göre küçük hız değerleri için eylemsiz referans sistemlerinde zaman aralığı ölçümlerinin farklı referans sistemlerinde aynı olduğunu ifade eden doğru yanıt kategorisindeki yanıtlar olduğu görülmektedir. Öne çıkan diğer kategoriler ise kategori 5 ve kategori 6 türündeki yanıtlardır. Öğretim sonrası yanıtlar incelendiğinde ise öğrenci yanıtlarının ağırlıklı olarak doğru yanıt kategorisinde toplandığı görülmektedir. Öğretim sonrasında öne çıkan diğer bir yanıt ise kategori 6 dır (bkz. Tablo 5.16) bununla birlikte kategori 5 türü yanıtlarada rastlanmıştır. Öğrencilerin öğretim öncesindeki yanıtları ile öğretim sonrasındaki yanıtları karşılaştırıldığında ise öğrencilerin doğru yanıtları ile birlikte kategori 6 türü yanıtlarının arttığı kategori 5 türü yanıtların ise azaldığı görülmüştür. Öğretim öncesinde ve öğretim sonrasında öğrencilerle yapılan görüşmelerde kategori 5 türünde yanıtlara rastlanmıştır. Öğretim sonrasında kategori 5 türü yanıtların azaldığı görülmüştür (bkz. Kategori 5 ve Kategori 6). Bu sonuçlara bakarak öğretim modelinin mutlak zaman ile ilgili doğru kavramların öğretiminde etkili olduğu sonucuna ulaşılabilir. Öğretim sonrasında Kategori 6 türü yanıtların artması ise öğrencilerin ışık hızına yakın hızlarda zaman kavramının göreliliği kavram olması durumunu ışık hızına göre küçük hız değerlerine genellediklerini göstermektedir. Kategori 5 türü yanıtların azalması ise yapılan öğretimin öğrencilerin mutlak zaman kavramını öğrenmelerine katkı sağladığı söylenebilir. Bu sonuçlara bakılarak bir

önceki bölümde ifade edildiği gibi öğretim modelinin öğrencilerde bu tür alternatif kavramların oluşmasını engelleyecek şekilde yeniden yapılandırılması gerekmektedir.

Araştırma bulguları öğretim öncesinde öğrencilerin eşanlılık ile ilgili çoğunlukla derinlemesine yanlış yanıt çerçevesinde değerlendirilebilecek yanıtlarının öğretim sonrasında derinlemesine doğru yanıt çerçevesinde değerlendirilebilecek yanıtlara dönüştüğünü göstermektedir. Ayrıca öğrencilerin öğretim sonrasındaki görüşlerinin bir bölümünün ise daha detaylı incelenerek yorumlanabilecek ara yanıtlara dönüştüğünü görülmüştür. Bu sonuç öğretim modelinin öğrencilerin mutlak zaman ile ilgili yanlış görüş ve kavramlarının doğru görüş ve kavramlara dönüşmesinde etkili olduğu şeklinde yorumlanabilir (bkz. Şekil 5.9).. Öğretim sonrasında öğrencilerin ara yanıtlarındaki artış ise ilerleyen bölümlerde bu yanıtlar kapsamındaki anlamlı kategorilere bakılarak tartışılmıştır.

Öğrencilerin mutlak zaman ile ilgili görüşlerini daha detaylı bir şekilde inceleyebilmek için bu çerçevedeki anlamlı kategoriler incelenmiştir. Bu kategoriler incelendiğinde öğretim öncesinde öğrencilerin mutlak zaman ile ilgili düşüncelerinin çoğunlukla klasik fizik bilgisine dayanan yanıtlar ile belirli bir kategori altında anlamlandırılmayan yanlış yanıtlardan oluştuğu görülmektedir (bkz. Şekil 5.9 ve Tablo 5.16).

Öğrencilerin öğretim öncesinde sık rastlanan klasik fizik bilgisine dayanan yanlış yanıtları küçük hız değerleri için zaman kavramının gözlemcinin hızına ve hareket yönüne bağlı olduğu düşüncesine dayanmaktadır. Bu düşünceye sahip olan öğrenciler ışık hızı ile kıyaslanmayacak ölçüde hıza sahip bir aracın iki nokta arasını alma süresini aracın gözlemciler göre bağlı hızını hesapladıktan sonra elde ettikleri hız değerine bağlı olarak hesaplamıştır. (bkz. Şekil 5.8). Öğrenciler özel görelilik kuramının öğretiminden önce klasik fizik bilgisine sahip olduklarından zaman kavramının gözlemcinin hızına bağımsız olarak değiştiği yönünde bir görüşe sahip olmaları beklenen bir durum değildir. Öğretim öncesinde bu yanıtın yaygın olması öğrencilerin mutlak zaman kavramı ile ilgili bilgilerinin zayıf olduğu şeklinde yorumlanabilir.

Öğrencilerin öğretim sonrasında sık rastlanan doğru yanıtları mutlak zaman kavramının gözlemcinin hızına bağlı olmadığı düşüncesine dayanmaktadır. Öğretim öncesinde mutlak zaman kavramının gözlemcinin hızına bağlı olduğu şeklindeki yanlış düşüncenin öğretim sonrasında mutlak zaman kavramının gözlemcinin hızına bağlı olmadığı yönündeki doğru düşünceye bırakması öğretim modelinin öğrencilerin mutlak zaman ile ilgili doğru kavram ve düşünceler oluşturmada etkili olduğunu göstermektedir. Ayrıca öğretim sonrasında öğrencilerin bir bölümünün mutlak zaman kavramının göreliliği bir kavram olduğu şeklindeki düşüncelerinde artış olduğu görülmüştür. Bu durum bu görüşe sahip olan öğrencilerin yapılan öğretimin etkisi ile ışık hızına yakın hız değerleri için anlamlı olan göreliliği kavramını tüm hız değerlerine genelleterek kavramsallaştırdıkları şeklinde yorumlanmıştır (bkz. Şekil Tablo 5.16).

6.1.1.7 Mutlak Zaman ile ilgili Alternatif Kavramlar

Mutlak zaman ile ilgili kavramsal çerçeve Tanı Testindeki kavram ve gerçek sorusunun doğru yapıldığı doğru-doğru çerçeve yanıtları, kavram ve gerçek sorusunun yanlış yapıldığı yanlış-yanlış çerçeve yanıtları olarak iki temel gruba ayrılmıştır. Doğru-doğru çerçeve yanıtları ışık hızına göre küçük hız değerleri için zaman ölçümü, tüm eylemsiz referans sistemlerinde aynıdır kategorisine karşılık gelmektedir. Yanlış-yanlış çerçeve yanıtları ise ışık hızına göre küçük hız değerleri için zaman kavramı gözlemcinin hızına ve hareket yönüne bağlı olarak değişir ve ışık hızına göre küçük hız değerleri için zaman gerekli bir kavramdır kategorisine karşılık gelmektedir veya anlamlı bir kategori altında toplanamayan yanıtları içermektedir. Doğru-yanlış ve yanlış doğru çerçeve yanıtları içinde anlamlı kategorilere rastlanamamıştır.

Aşağıda yer alan Tablo 6.3'de öğretim sırasında ortaya çıkan mutlak zaman ile ilgili alternatif kavramlara ve başka araştırmacılar tarafından benzer alternatif kavramın tespit edilme durumuna yer verilmiştir.

Tablo 6.3: Mutlak zaman ile ilgili alternatif kavramlar ve alan yazında karşılaşma durumu.

Çerçeve Kodu	Kategori Kodu	Alternatif kavram	Açıklama	Diğer Araştırmalar
Yanlış Yanlış	5	Bağlı zaman alternatif kavramı	Işık hızına göre küçük hız değerleri için zaman kavramı gözlemcinin hızına ve hareket yönüne bağlı olarak değişir.	Kural, Özdemir ve Kocakulah (2013)
	6	Genellemeye dayalı alternatif kavram	Işık hızına göre küçük hız değerleri için zaman gerekli bir kavramdır.	-

Araştırmada nicel ve nitel verilerde mutlak zaman ile ilgili iki alternatif kavrama rastlanmıştır. Kategori 5 Işık hızına göre küçük hız değerleri için zaman kavramının gözlemcinin hızına ve hareket yönüne bağlı olarak değiştiği düşüncesine dayanan bir alternatif kavramı temsil etmektedir. Kategori 5 ışık hızına göre küçük hız değerleri için tüm eylemsiz referans sistemlerinde aynı olan bir fiziksel olayın referans sisteminin hızın mutlak değerine ve yönüne göre değişeceği şeklindedir. Bu alternatif görüşe sahip öğrenciler bir basit sarkacın periyodunun biri sabit diğeri ise hareketli iki gözlemci tarafından farklı sürede ölçüleceğini düşündükleri görülmüştür (bkz. Kategori 5 ile ilgili görüşme bulguları). Bu görüşe sahip öğrencilerin açık uçlu sorulara verdikleri yanıtlar incelendiğinde ise bir aracın iki nokta arası mesafeyi alma süresinin gözlemcinin hızına bağlı olarak hesapladıkları görülmüştür (bkz. Şekil 5.8). Bu durum öğrencilerin bağlı zaman alternatif kavramının altında yatan nedenin bağlı hız olduğunu göstermektedir. Araştırmanın bu sonuçları Kural, Özdemir ve Kocakulah (2013)'ın yapmış olduğu araştırma sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Bu araştırmada bu alternatif kavram yanlış yanıt kategorisi altında ele alınmıştır. Bu araştırmada bu alternatif kavrama açık uçlu sorularda olduğu gibi öğrencilerle yapılan görüşmelerde de rastlanmıştır.

Kategori 6 türünde yanıt veren öğrencilerin ışık hızına göre küçük hız değerleri için zaman kavramının gerekli bir kavram olduğu görüşünü ifade ettikleri görülmüştür. Bu alternatif görüşe sahip öğrencilerin ışık hızına yakın hızlarda zaman kavramının gözlemciden gözlemciye değiştiği görüşünü ışık hızına göre çok küçük hız değerlerine genellediklerini söylenebilir. Kategori 5 ile Kategori 6 birbirine yakın

alternatif kavramlara karşılık gelmelerine rağmen birbirinden farklıdır. Kategori 5 öğrencinin klasik fizik bilgisinin eksikliğinden kaynaklanan bir alternatif kavramı ifade ederken kategori 6 özel görelilik kuramında ifade edilen göreliliğin zaman kavramının ışık hızına göre çok küçük hızlarla hareket eden sistemlere genellendiğini göstermektedir.

Aşağıdaki bölümde, öğretim modelinin mutlak zaman ile ilgili çerçeve yanıtları ve alternatif kavramların yerine bilimsel kavramların oluşturulmasındaki etkisi ifade edilmiştir.

6.1.1.8 Öğretim Modelinin Mutlak Zaman ile İlgili Kavramsal Değişime Etkileri

Bu bölümde öğretim öncesindeki ve öğretim sonrasında öğrencilerin mutlak zaman ile ilgili veri toplama araçlarına verdikleri yanıtlardaki değişim ifade edilmiştir. İlk olarak öğrencilerin Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin çerçeve yanıtlardaki değişim daha sonra ise kategorilerdeki değişim görüşme verilerinden elde edilen sonuçlarla ilişkilendirilerek ele alınmıştır. Araştırma sonuçları alan yazındaki benzer çalışmalar göz önünde bulundurularak tartışılmıştır.

Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin mutlak zaman ile ilgili bulguları incelendiğinde öğretim öncesinde öğrencilerin mutlak zaman ile ilgili yanıtlarının büyük bir bölümünün yüzeysel yanlış yanıt çerçevesinde, bir bölümünün ise yüzeysel doğru yanıt çerçevesinde toplandığı görülmüştür. Öğretim sonrasında ise yanıtların büyük bir bölümünün yüzeysel doğru yanıt çerçevesinde, bir bölümünün ise derinlemesine yanlış yanıt çerçevesinde toplandığı görülmüştür. Ayrıca kavram sorusunun doğru gerekçe sorusunun yanlış yapıldığı ara yanıt kategorisinde de öğretim sonrasında artış olduğu görülmüştür. Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinden elde edilen bu bulgular öğretim modelinin öğrencilerin mutlak zaman ile ilgili yüzeysel yanlış yanıt çerçevesindeki yanıtlarını yüzeysel doğru yanıt veya derinlemesine yanlış yanıt çerçevesinde değerlendirilebilecek yanıtlara dönüştüğünü göstermektedir (bkz. Şekil 5.9). Bu sonuçlar öğretim modelinin öğrencilerin ışık hızı ile ilgili yüzeysel yanlış görüş ve kavramlarının yüzeysel doğru görüş ve kavramlara dönüşmesinde etkili olduğu göstermektedir. Bununla birlikte öğretim modelinin bazı

öğrencilerin yüzeysel yanlış yanıtların derinlemesine yanlış yanıtla dönüşmesi gibi beklenmedik bir etkisi olduğu görülmüştür. Öğrencilerin çerçeve yanıtlarındaki bu değişimlerin altında yatan nedenleri anlamak için bu çerçeve yanıtlar içinde bulunan anlamlı kategorileri incelemek gerekir.

Öğrencilerin mutlak zaman ile ilgili görüşlerini daha detaylı bir şekilde inceleyebilmek için bu çerçeve içindeki anlamlı kategoriler incelenmiştir. Bu kategoriler incelendiğinde öğretim öncesinde öğrencilerin mutlak zaman ile ilgili düşüncelerinin çoğunlukla ışık hızına göre küçük hız değerleri için eylemsiz referans sistemlerinde zaman aralığı ölçümlerinin farklı referans sistemlerinde aynı olduğunu ifade eden doğru yanıt kategorisindeki yanıtlar olduğu görülmektedir. Öne çıkan diğer kategoriler ise kategori 5 ve kategori 6 türündeki yanıtlardır. Öğretim sonrası yanıtlar incelendiğinde ise öğrenci yanıtlarının ağırlıklı olarak doğru yanıt kategorisinde toplandığı görülmektedir. Öğretim sonrasında öne çıkan diğer bir yanıt ise kategori 6 dır (bkz. Tablo 5.16) bununla birlikte kategori 5 türü yanıtlarada rastlanmıştır. Öğrencilerin öğretim öncesindeki yanıtları ile öğretim sonrasındaki yanıtları karşılaştırıldığında ise öğrencilerin doğru yanıtları ile birlikte kategori 6 türü yanıtlarının arttığı kategori 5 türü yanıtların ise azaldığı görülmüştür. Öğretim öncesinde ve öğretim sonrasında öğrencilerle yapılan görüşmelerde kategori 5 türünde yanıtlara rastlanmıştır. öğretim sonrasında kategori 5 türü yanıtların azaldığı görülmüştür (bkz. Kategori 5 ve Kategori 6). Bu sonuçlara bakarak öğretim modelinin mutlak zaman ile ilgili doğru kavramların öğretiminde etkili olduğu sonucuna ulaşılabilir. Öğretim sonrasında Kategori 6 türü yanıtların artması ise öğrencilerin ışık hızına yakın hızlarda zaman kavramının görel bir kavram olması durumunu ışık hızına göre küçük hız değerlerine genellediklerini göstermektedir. Kategori 5 türü yanıtların azalması ise yapılan öğretimin öğrencilerin mutlak zaman kavramını öğrenmelerine katkı sağladığı söylenebilir. Bu sonuçlara bakılarak bir önceki bölümde ifade edildiği gibi öğretim modelinin öğrencilerde mutlak zaman ile ilgili bu tür alternatif kavramların oluşmasını engelleyecek şekilde yeniden yapılandırılması gerekmektedir.

6.1.1.9 Görelî Zaman ile ilgili Alternatif Kavramlar

Görelî zaman ile ilgili kavramsal çerçeve Tanı Testindeki kavram ve gerekçe sorusunun doğru yapıldığı doğru-doğru çerçeve yanıtları, kavram ve gerekçe sorusunun yanlış yapıldığı yanlış-yanlış çerçeve yanıtları olarak iki temel gruba ayrılmıştır. Doğru-doğru çerçeve yanıtları durgun bir gözlemciye göre ışık hızına yakın hızlarla hareketli bir saat, özdeş durgun bir saatten daha yavaş çalışır doğru yanıtına karşılık gelmektedir. Yanlış-yanlış çerçeve yanıtları ışık hızına yakın hızla hareket eden bir saatin, özdeş durgun bir saatle aynı hızda veya daha hızlı çalıştığı durumu içermektedir. Doğru-yanlış yanıt çerçeve yanıtları ise ışık hızına yakın hızlarla hareketli bir saat, özdeş durgun bir saatten daha yavaş çalışır yanıtını içeren fakat bu durumun gerekçesinin doğru açıklanmadığı yanıtları içermektedir. Yanlış-doğru çerçeve yanıtları ışık hızına yakın hızla hareket eden bir saatin, özdeş durgun bir saatle aynı hızda veya daha hızlı çalıştığı durumu içermektedir ve öğrenciler bu yanıtlarını doğru gerekçelerle ifade etmiştir. Öğrencilerin özellikle ara yanıt çerçevesindeki yanıtlarını detaylandırmak için anlamlı yanıtlar belirli kategoriler altında toplanmıştır. Aşağıda yer alan Tablo 6.4'te öğretim sırasında rastlanan görelî zaman ile ilgili alternatif kavramlara ve başka araştırmacılar tarafından benzer alternatif kavramın tespit edilme durumuna yer verilmiştir.

Tablo 6.4: Görelî Zaman ile ilgili alternatif kavramlar ve alan yazında karşılaşma durumu

Çerçeve Kodu	Kategori Kodu	Alternatif Kavram	Açıklama	Diğer Araştırmalar
Yanlış Yanlış	10	Mekana baēlı zaman alternatif kavramı	Uzaydaki zaman kavramı ile Dünya'daki zaman kavramı birbirinden farklıdır.	Kural, Özdemir ve Kocakūlah (2014)
Doēru Yanlış				
Yanlış Yanlış	11	Eylemli referans sistemine göre deēerlendirme	İşık hızına yakın hızla ilerleyen referans çerçevesine göre iki olay arasında geçen zaman farkı, durgun referans çerçevesinde aynı olay için geçen zaman farkından daha büyüktür.	

Araştırmada nicel ve nitel verilerde görelî zaman ile ilgili iki alternatif kavrama rastlanmıştır. Kategori 10 görelilik kuramının dünya dışında (uzay boşluēunda) geçerli bir kavram olduēunu düşünceğini içermektedir. Bu kategoride yanıt veren öērencilerin zaman kavramındaki göreliliēi mekansal bir durum olarak ele aldıkları söylenebilir. Bu alternatif kavramın altında özel görelilik kuramı konusu ile ilgili düşünce deneyleri, simūlasyonlar, problem ve örneklerin dünya dışında (uzay boşluēunda) geçmesinin bu şekilde bir genellemeye sebep olduēu iddia edilebilir. Kategori 11 zamandaki göreliliēin yanlış referans sistemine göre ele alınması ile ilgili bir alternatif kavramı temsil etmektedir. Öērencilerin bu kategoride yanıt vermesi zamandaki göreliliēin hangi referans sistemine (durgun referans sistemi, ışık hızına yakın hızda ilerleyen referans sistemi) göre alınması gerektiēini öērenmekte güçlük çektikleri şeklinde yorumlanabilir. Öērencilerin zamandaki göreliliēi doēru referans sistemine göre açıklamamaları zaman kavramını yanlış yorumlamalarına neden olduēu görülmüştür. Örneēin öērencilerin ışık hızına yakın hızlarla hareket eden bir gözlemciye göre zamanın hem mekanik hem de biyolojik açıdan yavaşladıēı şeklinde bir görüşe sahiptir. Bu görüşe göre ışık hızına yakın hızlarla hareket eden bir kişinin fiziksel hareketleri de yavaşlayacaktır. Alan yazında bu iki kavrama Kural, Özdemir ve Kocakūlah (2014)'ın yapmış oldukları araştırmada rastlanmıştır. Bu araştırmada özel görelilik kuramının öēretiminden sonra öērencilerin zaman kavramındaki göreliliēin anladıēı fakat bu göreliliēin hangi

referans sistemine göre (durgun veya ışık hızı ile hareket eden referans sistemi) ele alınması gerektiğinin anlaşılmadığı sonucunu ulaşılmıştır. Alan yazında araştırma bulguları arasında yer almayan bir alternatif kavrama daha rastlanmıştır. Bu kavram zaman göreliliğinin ışık hızına göre çok küçük hız değerlerinde (klasik fiziğin geçerli olduğu aralıkta) da geçerli olduğu ile ilgilidir (Sezgin, 2011). Bu alternatif kavram, öğrencilerin ışık hızına yakın hızlarda oluşan fiziksel durumları klasik fiziğin geçerli olduğu sınırlara genellemesi ile oluşmuştur. Araştırmanın bütününde öğrencilerin özel görelilik kuramı ile ilgili kavramları klasik fizik sınırları içindeki durumlara genelledikleri görülmüştür. Bu durum öğrencilerin özel görelilik kuramı kavramlarını klasik fizik ile açıklanabilen ışık hızına göre küçük hız değerleri ile ilgili durumlara genelleme eğilimi olduğu şeklinde yorumlanabilir.

6.1.1.10 Öğretim Modelinin Görelî Zaman ile İlgili Kavramsal Değişime Etkileri

Bu bölümde öğretim öncesindeki ve öğretim sonrasında öğrencilerin görelî zaman ile ilgili veri toplama araçlarına verdikleri yanıtlardaki değişim ifade edilmiştir. İlk olarak öğrencilerin Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin çerçeve yanıtlardaki değişim daha sonra ise bir önceki bölümde ifade edilen kategorilerdeki değişim görüşme verilerinden elde edilen sonuçlarla ilişkilendirilerek ele alınmıştır. Araştırma sonuçları alan yazındaki benzer çalışmalar göz önünde bulundurularak tartışılmıştır.

Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin görelî zaman ile ilgili bulguları incelendiğinde öğretim öncesinde öğrencilerin görelî zaman ile ilgili yanıtlarının büyük bir bölümünün derinlemesine ara yanıt (doğru-yanlış) çerçevesinde, bir bölümünün ise yüzeysel yanlış yanıt çerçevesinde toplandığı görülmüştür. Öğretim sonrasında yanıtların büyük bir bölümünün derinlemesine ara yanıt (doğru-yanlış), bir bölümün ise derinlemesine doğru yanıt çerçevesinde toplandığı görülmüştür. Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinden elde edilen bu bulgular öğretim modelinin öğrencilerin ara yanıt (doğru-yanlış) çerçevesindeki görüşlerini ve doğru yanıt çerçevesindeki görüşlerini güçlendirdiği şeklinde yorumlanabilir (bkz. Şekil 5.18). Öğretim sonrasında derinlemesine doğru yanıt çerçevesindeki artış yapılan öğretimin öğrencilerin görelî zaman kavramı ile ilgili doğru kavramlar oluşturmasında etkili

olduğunu göstermektedir. Ara yanıt çerçevesindeki artışın yorumlanabilmesi için bu çerçeve içinde yer alan kategorilerdeki değişimi incelemek gerekmektedir. Aşağıdaki bölümde öğretimin etkisi ile çerçeve yanıtlar içinde yer alan bu kategorilerdeki değişimler ifade edilmiştir.

Öğrencilerin görelî zaman ile ilgili görüşlerini daha detaylı bir şekilde inceleyebilmek için Tanı-Testi çerçeve yanıtlar içindeki anlamlı kategoriler incelenmiştir. Bu kategoriler incelendiğinde öğrencilerin hem öğretim öncesinde hem de öğretim sonrasında doğru yanıt kategorisindeki yanıtlarının yanı sıra Kategori 10 ve Kategori 11 türü alternatif kavramlara da sahip oldukları görülmüştür. Öğretim sonrasında öğrencilerin tüm bu kategorilerdeki yanıtlarının arttığı görülmüştür. Kategorilerdeki bu artış öğretim modelinin görelî zaman kavramı ile ilgili doğru kavramların oluşmasını sağladığını gibi alternatif kavramların oluşmasında da etkili olduğunu şeklinde yorumlanabilir.

Öğretim sonrasında Kategori 10 türü yanıtlardaki artış öğretim modelinin görelîlik kuramının dünya dışında geçerli bir kavram olduğunu şeklindeki alternatif kavramı güçlendirdiği şeklinde yorumlanabilir. Bu durumun oluşmasına öğretim sırasında zaman görelîliği kavramının ikizler paradoksundan yararlanılarak kurgulanmasının etkisi olabilir. Bu kategoride yanıt veren öğrencilerin uzaya gönderilen kardeşin daha genç dönmesi durumunu ışık hızına yakın hızlarda hareket etmesine değil uzaya gönderilmesine bağlı olarak açıkladıkları görülmüştür. Öğretim materyalleri hazırlanırken bu tarz bir alternatif kavramın oluşma durumu göz önünde bulundurularak müonların atmosfer yolculuğunu konu alan bir problem durumunun çözümü gerçekleştirilmiştir. Fakat öğrencilerin müonların uzaydan gelmesi nedeni ile görüşlerini korumuş olabilirler. Öğretim modelinin, laboratuvarın dünyada olması nedeni ile CERN deneyleri üzerine kurgulanması durumunda özel görelîlik kuramının öğretimi ile ortaya çıkan bu tür bir alternatif kavramların önüne geçilebilir.

Öğretim sonrasında Kategori 11 türü yanıtlardaki artış öğretim modelinin öğrencilerin özel görelîlik kuramını yanlış referans çerçevesine göre açıklamalarına katkı sağladığı şeklinde yorumlanabilir. Araştırma sonucunda bu tür alternatif kavrama sahip olan öğrencilerin görelî zaman kavramı ile ilgili doğru ifadeler kullandıkları fakat doğru gözlemciye göre ifade etmekte güçlük çektikleri

görülmektedir. Öğretim sırasında kullanılan ikizler paradoksunda iki gözlemci ve iki saat yer almaktadır. Bu durum öğrencilerin doğru gözlemciye göre göreliliği zaman kavramını yorumlamalarını zorlaştırmaktadır. Paradoksta yer alan hareketli gözlemcinin eylemsiz referans sistemi özelliği sergilemesi ve bu yüzden zaman göreliliği yorumlarının durgun gözlemciye göre yapılması öğrencilere zor gelmektedir. Öğrencilerin öğretim sırasında bu tür alternatif kavramlar oluşturmasını engellemek için referans sistemi ve referans sistemlerine göre fiziksel olayların yorumlanması ile ilgili etkinliklere ağırlık vermek gerekebilir. Araştırmada bu şekilde bir sonuç ortaya çıkması göreliliği zaman kavramının öğretiminde referans sistemi kavramının önemine dikkat çekmektedir. Özel görelilik kuramı ile ilgili yapılan araştırmalarda özel görelilik kuramının öğretimi için referans sistemi kavramının önemi vurgulanmıştır. Bu araştırmalarda öğrencilerin bir nesnenin hareket ettiği bir durumda referans sisteminin de o nesne ile birlikte hareket edeceğini düşündükleri bulunmuştur. Buna ek olarak öğrencilerin referans sistemlerini hareket eden nesnelere terk ederek dışarı çıkabilecekleri kapalı bir mekan gibi algıladıkları görülmüştür. Ayrıca öğrencilerin klasik fizik ve özel görelilik için referans kavramlarını ayrı ayrı açıkladıkları, klasik fizik için tanımladıkları referans sisteminin durgun olduğunu, özel görelilik kuramı için tanımladıkları referans sisteminin ise hareketli olduğunu düşündükleri görülmüştür (Panse, Ramadas ve Kumar, 1994; Ramadas, Barve and Kumar, 1996). Bu bulgular öğrencilerin referans sistemi kavramını anlamadıklarını göstermektedir. Bu durum öğrencilerin göreliliği zaman ve mutlak zaman kavramları ile ilgili alternatif kavramlarının oluşmasındaki önemli etkenlerden biri olarak yorumlanabilir.

6.1.1.11 Göreliliği Uzunluk ile ilgili Alternatif Kavramlar

Göreliliği uzunluk ile ilgili kavramsal çerçeve Tanı Testindeki kavram ve gerekçe sorusunun doğru yapıldığı doğru-doğru çerçeve yanıtları, kavram ve gerekçe sorusunun yanlış yapıldığı yanlış-yanlış çerçeve yanıtları olarak iki temel gruba ayrılmıştır. Bu çerçeve yanıtlarda derinlemesine ve yüzeysel olmak üzere kendi içinde iki gruba ayrılmıştır. Doğru-doğru çerçeve yanıtı ışık hızına yakın hızla ilerleyen bir cismin uzunluğunun kıaldığı ve ışık hızına göre küçük hızla ilerleyen bir cismin uzunluğunun aynı kaldığı bilgisine karşılık gelen yanıtları içermektedir.

Yanlış-yanlış çerçeve yanıtı ise ışık hızına yakın hızda ilerleyen bir cismin uzunluğunun durgun uzunluğundan daha fazla veya eşit olduğu ve ışık hızı hızına göre küçük hızla ilerleyen bir cismin uzunluğunun durgun uzunluğundan daha fazla veya daha kısa olduğu bilgisine karşılık gelen yanıtları içermektedir. Araştırmada doğru-doğru yanıt kavramsal açıdan en üst düzey, yanlış-yanlış yanıt kavramsal açıdan en alt düzeyi tanımlamaktadır.

Doğru-yanlış çerçeve yanıtı ışık hızına yakın hızla ilerleyen bir cismin uzunluğunun durgun uzunluğundan kısa, ışık hızına göre düşük hızla ilerleyen bir cismin uzunluğunun durgun uzunluğuna eşit olduğu bilgisini içermektedir. Fakat bu bilgi doğru gerekçe ile ifade edilmemiştir. Yanlış-doğru çerçeve yanıtı ışık hızına yakın hızla ilerleyen bir cismin uzunluğunun durgun uzunluğuna eşit veya durgun uzunluğundan fazla olduğu bilgisini içermektedir. Fakat bu bilgi doğru gerekçelerle açıklanmıştır. Doğru-yanlış ve yanlış-doğru çerçeve yanıtları araştırmacı tarafından kavramsal açıdan ara yanıt olarak ele alınmıştır. Bu çerçevelerin ara yanıt kavram sorusunun doğru, gerekçe sorusunu yanlış yapılması veya kavram sorusunun yanlış, gerekçe sorusunun doğru yapılması gibi bir tutarsızlığı içermektedir. Bu nedenle doğru-yanlış ve yanlış-doğru çerçeve yanıtlarının karşılık geldiği kavramsal düzeyi anlamlandırabilmek için bu çerçeve yanıtlar içinde yer alan anlamlı kategorilere bakılmıştır.

Aşağıda yer alan Tablo 6.5'te öğretim sırasında rastlanan görelilik uzunluk ile ilgili alternatif kavramlara ve başka araştırmacılar tarafından benzer alternatif kavramın tespit edilme durumuna yer verilmiştir.

Tablo 6.5: Görelî uzunluk ile ilgili alternatif kavramlar ve alan yazında karşılaşma durumu

Çerçeve Kodu	Kategori Kodu	Alternatif kavram	Açıklama	Diğer Araştırmalar
Yanlış-Yanlış	13	Yanılsama	Işık hızına yakın hızla hareket eden bir cismin uzunluğu olduğundan farklı algılanır.	-
Doğru-Yanlış	14	Ölçmedeki belirsizlik	Işık hızına yakın hızlarla hareket eden bir cismin uzunluğunu doğru ölçmek mümkün değildir.	-
Yanlış-Doğru	15	Uzunluk Genleşmesi (sünmesi)	Işık hızına yakın hızlarla hareket eden bir cismin uzunluğu artar.	-

Araştırmada nicel ve nitel verilerde görelî uzunluk kavramı ile ilgili üç alternatif kavrama rastlanmıştır. Kategori 13 ışık hızına yakın hızlarda cisimlerin uzunluklarının durgun uzunluklarından farklı algılandığı düşüncesini içermektedir. Araştırmada bu alternatif kavrama sahip öğrencilerin ışık hızına yakın hızlarda cisimlerin uzunluklarındaki değişimi göz yanılsaması olarak yorumladıkları görölmüştür. Yanılsama alternatif kavramı ışık hızında cisimlerin uzunluk değişimi bilgisini içermektedir fakat bu bilgi gerçek bir fiziksel durum olarak değil, bir yanılsama olarak ele alınmıştır (bkz. Şekil 5.21). Kategori 14 ışık hızının çok büyük bir değere sahip olmasından dolayı ışık hızında cisimlerin uzunluklarının doğru ölçümünün mümkün olmadığı bilgisini içermektedir (bkz. Şekil 5.22). Kategori 15 ise ışık hızında cisimlerin uzunluklarının artışı bilgisini içermektedir. Bu kategoride yanıt veren öğrencilerin cisimlerin hızı artıkça uzunluğunun artacağını ifade ettikleri görölmüştür. Araştırmada uzunluk göreliliği kavramı ile ilgili olarak ifade edilen bu alternatif kavramların bilimsel bilgiye dayalı alternatif kavramlar olmadığı görölmüştür. Öğrencilerle yapılan görüşmelerde öğrencilerin bu tür alternatif kavramlarının sadece ışık hızına yakın hızlarla ilerleyen cisimler için değil, klasik fizik sınırları içinde hareket eden cisimler için de geçerli olduğu sonucu ortaya çıkmıştır (bkz. Kategori 15 ile ilgili görüşme verileri). Araştırmanın bu sonucuna benzer sonuçlar Sezgin (2011) tarafından da ifade edilmiştir. Sezgin (2011) öğrencilerin görelî uzunluk kavramının yanı sıra mutlak uzunluk kavramı ile ilgili de

kavram yanılgılarına sahip olduklarını ifade etmiştir. Ayrıca bu araştırmada öğrencilerin ışık hızına yakın hızlarda hareket eden cisimlerin uzunluklarındaki değişimin tüm boyutlarda olduğunu ifade ettikleri görülmüştür. Öğrencilerin yukarıda ifade edildiği gibi bilimsel dayanağı zayıf alternatif kavramlara sahip olması fizik bilimindeki zaman, uzunluk, kütle ve bu kavramlardan türetilmiş tüm fiziksel büyüklüklerin ölçme yolu ile elde edildiği bilgisinin zayıf olduğu şeklinde ele alınabilir. Bu sonuçlar öğrencilerin zaman ve uzunluk kavramları ile ilgili yalnızca ışık hızına yakın hızlarla (özel görelilik kuramı sınırları içinde) hareket eden sistemler için değil ışık hızına kıyasla küçük hız değerleri için de benzer kavram yanılgılarına sahip oldukları görülmüştür.

Öğretim modelinin etkililiğini artırmak için klasik ve ışık hızına yakın hız için somut ölçme etkinliklerine yer vermek gerekir.

6.1.1.12 Öğretim Modelinin Görelî Uzunluk ile İlgili Kavramsal Değişime Etkileri

Bu bölümde öğretim öncesindeki ve öğretim sonrasında öğrencilerin görelî uzunluk ile ilgili veri toplama araçlarına verdikleri yanıtlardaki değişim ifade edilmiştir. İlk olarak öğrencilerin Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin çerçeve yanıtlardaki değişim daha sonra ise bir önceki bölümde ifade edilen kategorilerdeki değişim görüşme verilerinden elde edilen sonuçlarla ilişkilendirilerek ele alınmıştır. Araştırma sonuçları alan yazındaki benzer çalışmalar göz önünde bulundurularak tartışılmıştır.

Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin görelî uzunluk ile ilgili bulguları incelendiğinde öğretim öncesinde öğrencilerin görelî uzunluk ile ilgili yanıt yüzdelerinin büyük bir bölümünün derinlemesine yüzeysel yanıt (yanlış-yanlış) çerçevesinde, bir bölümünün ise yüzeysel ara yanıt (doğru-yanlış) çerçevesinde toplandığı görülmüştür. Öğretim sonrasında yanıtların büyük bir bölümünün derinlemesine yanlış yanıt (yanlış-yanlış), bir bölümün ise derinlemesine ara yanıt (doğru-yanlış) çerçevesinde toplandığı görülmüştür. Öğretim öncesindeki yanıtlar ile öğretim sonrasındaki yanıtlar karşılaştırıldığında ise yanlış yanıt ve ara yanıt (doğru-yanlış) yüzdelerinin azaldığı buna karşılık doğru yanıt yüzdelerinin arttığı

görülmüştür. Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinden elde edilen bu bulgular öğretim modelinin öğrencilerin doğru yanıt çerçevesindeki görüşlerini güçlendirdiği şeklinde yorumlanabilir (bkz. Şekil 4.23). Öğretimin tüm çerçeve yanıtlarda derinlemesine görüşün artması ise öğrencilerin çerçeve yanıtlardaki görüşlerinin öğretimin etkisi ile güçlendiği şeklinde yorumlanabilir. Aşağıdaki bölümde öğretimin etkisi ile çerçeve yanıtlar içinde yer alan bu kategorilerdeki değişimler ifade edilmiştir.

Öğrencilerin göreliliği zaman ile ilgili görüşlerini daha detaylı bir şekilde inceleyebilmek için Tanı-Testi çerçeve yanıtlar içindeki anlamlı kategoriler incelenmiştir. Bu kategoriler incelendiğinde kategori 13 ve kategori 15 azalırken doğru yanıt kategorisinin arttığı görülmüştür. Kategori 14 türü yanıt yüzdelerinin ise değişmediği görülmüştür. Kategori 13 ve Kategori 15 yanılısama ve uzunluk sünmesi alternatif kavramlarına karşılık gelmektedir. Bu kavramlar da ışık hızına yakın hızda hareket eden bir cismin uzunluğunun durgun boyundan kısa veya uzun olması durumu bir yanılısama olarak ele alınmıştır. Bu nedenle bu alternatif kavramlar bilimsel olarak zayıftır. Bu alternatif kavramlar azalırken doğru yanıtın artması öğretim modelinin öğrencilere bilimsel bir bakış açısı kazandırmada etkili olduğunu şeklinde yorumlanabilir. Kategori 14 türü yanıtların öğretim sonrasında da aynı oranda kalması ise öğretim modelinin bu alternatif kavramı doğru kavrama dönüştürmede yetersiz olduğu şeklinde yorumlanabilir. Öğretim modelinin bu alternatif kavramın bilimsel kavrama dönüşmesinde etkili olabilmesi için öğretim modelinde teknolojik olarak ışık hızını ölçmenin mümkün olduğunu gösteren etkinliklere yer verilebilir.

6.1.1.13 Kütle ve Enerji ile ilgili Alternatif Kavramlar

Göreliliği uzunluk ile ilgili kavramsal çerçeve Tanı Testindeki kavram ve gerekçe sorusunun doğru yapıldığı doğru-doğru çerçeve yanıtları, kavram ve gerekçe sorusunun yanlış yapıldığı yanlış-yanlış çerçeve yanıtları olarak iki temel gruba ayrılmıştır. Bu çerçeve yanıtlarda derinlemesine ve yüzeysel olmak üzere kendi içinde iki gruba ayrılmıştır. Doğru-doğru çerçeve yanıtı ışık hızına yakın hızla ilerleyen bir cismin kütlelerinin değişmediği bilgisine karşılık gelen yanıtları içermektedir. Yanlış-yanlış çerçeve yanıtı ise ışık hızına yakın hızda ilerleyen bir

cismin kütlesinin arttığı veya azaldığı bilgisine karşılık gelen yanıtları içermektedir. Araştırmada doğru-doğru çerçeve yanıtı kavramsal açıdan en üst düzeyi, yanlış-yanlış çerçeve yanıtı kavramsal açıdan en alt düzeyi tanımlamaktadır.

Doğru-yanlış çerçeve yanıtı ışık hızına yakın hızla ilerleyen bir cismin kütlesinin değişmeyeceği bilgisini içermektedir. Fakat bu bilgi doğru gerekçe ile ifade edilmemiştir. Yanlış-doğru çerçeve yanıtı ise ışık hızına yakın hızla ilerleyen bir cismin kütlesinin artacağı veya azalacağı şeklindeki yanlış bilgiyi içermektedir fakat bu bilgi doğru bir gerekçe ile açıklanmıştır. Doğru-yanlış ve yanlış-doğru çerçeve yanıtları araştırmacı tarafından kavramsal açıdan ara yanıt olarak ele alınmıştır. Bu çerçevelerin ara yanıt olarak değerlendirilmesinin nedeni kavram sorusunun doğru, gerekçe sorusunu yanlış yapılması veya kavram sorusunun yanlış, gerekçe sorusunun doğru yapılması bir tutarsızlığı işaret etmektedir. Bu nedenle öğrencilerin doğru-yanlış ve yanlış-doğru çerçeve yanıtlarının karşılık geldiği kavramsal düzeyi anlamlandırabilmek için bu çerçeve yanıtlar içinde yer alan anlamlı kategorilere bakılması gerekmektedir.

Aşağıda yer alan Tablo 6.6.'da öğretim sırasında rastlanan kütle ve enerji kavramları ile ilgili alternatif kavramlara ve başka araştırmacılar tarafından benzer alternatif kavramın tespit edilme durumuna yer verilmiştir.

Tablo 6.6: Işık hızına yakın hızlarda kütle ve enerji ile ilgili alternatif kavramlar ve alan yazında karşılaşma durumu.

Çerçeve Kodu	Kategori Kodu	Alternatif kavram	Açıklama	Diğer Araştırmalar
Yanlış Yanlış	18	Ölçmedeki belirsizlik	Işık hızına yakın hızlarla ilerleyen cisimlerin kütlelerini doğru ölçmek mümkün değildir.	-
	19	Kütleye dönüşen enerji	Işık hızına yakın hız değerlerinde kinetik enerji kütleye dönüşür.	Sezgin (2011)
	20	Değişken kütle	Işık hızına yakın hız değerlerinde kütle artar/azalır.	
Doğru Yanlış	21	Enerji limiti	Bir cisim üzerine iş yaparak belirli bir enerji değerinden daha fazla enerji aktarılması mümkün değildir.	-

Araştırmanın nicel ve nitel verilerinde öğrencilerin kütle ile ilgili üç enerji ile ilgili bir alternatif kavrama rastlanmıştır. Kategori 18 bir önceki bölümde ifade edilen Kategori 14 ile aynı köklere sahiptir. Her iki alternatif kavramda ışık hızına yakın hızlarla hareket eden cisimlerin parametrelerinin belirlenemeyeceği görüşüne dayanmaktadır. Modern fizik kavramlarının soyut yapısı ve günlük hayatta tecrübe edilme şansı olmaması nedeni ile bu tarz alternatif kavramlara sık rastlanmaktadır. Örneğin Heisenberg'in belirsizlik ilkesi için en yaygın alternatif kavramlardan biri çok küçük olan atomik parçacıkların yerlerinin doğru tespit edilmesinin mümkün olmadığı şeklindedir (Özdemir ve Erol, 2011). Bu sonuçlara bakılarak öğrencilerin duyu organları ile algılayamadıkları klasik fizik sınırları dışında kalan durumlarda fiziksel büyüklüklerin ölçülmesinin mümkün olmadığını düşündükleri görülmektedir. Klasik fizik sınırları dışında kalan fiziksel olaylarda (boyut ve zaman kavramlarının değişmesi, konum belirsizlikleri vb) yaşanan farklılıkları bu bakış açısı ile yanıtlama yoluna gittikleri söylenebilir.

Kategori 19 ve kategori 20 ise kütle ile ışık hızına yakın hızla ilerleyen cisimlerin kütlelerindeki artışı kinetik enerjinin kütleye dönüşmesi şeklinde yorumlanmasına dayanır. Araştırmada öğrencilerin en fazla öğrenmekte zorluk çektikleri konunun

kütle kavramı olduğu görülmüştür. Çünkü öğrenciler için daha önceki fizik derslerinde karşılaşmadıkları kütle ve iç enerji eşdeğerliği kavramı karmaşık gelmektedir.

6.1.1.14 Öğretim Modelinin Kütle ve Enerji ile İlgili Kavramsal Değişime Etkileri

Bu bölümde öğretim öncesindeki ve öğretim sonrasında öğrencilerin kütle ile kütle enerji ilişkisi ilgili ilgili veri toplama araçlarına verdikleri yanıtlardaki değişim ifade edilmiştir. İlk olarak öğrencilerin Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin çerçeve yanıtlardaki değişim daha sonra ise bir önceki bölümde ifade edilen kategorilerdeki değişim görüşme verilerinden elde edilen sonuçlarla ilişkilendirilerek ele alınmıştır. Araştırma sonuçları alan yazındaki benzer çalışmalar göz önünde bulundurularak tartışılmıştır.

Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinin kütle ve enerji ile ilgili bulguları incelendiğinde öğretim öncesinde öğrencilerin kütle ve enerji ilişkisi ile ilgili yanıt yüzdelerinin büyük bir bölümünün yüzeysel yanlış yanıt (yanlış-yanlış) çerçevesinde ve derinlemesine doğru yanıt (doğru-yanlış) çerçevesinde toplandığı görülmüştür. Öğretim sonrasında yanıtların büyük bir bölümünün derinlemesine yanlış yanıt (yanlış-yanlış), bir bölümün ise derinlemesine ara yanıt (doğru-yanlış) çerçevesinde toplandığı görülmüştür. Öğretim öncesindeki yanıtlar ile öğretim sonrasındaki yanıtlar karşılaştırıldığında ise yanlış yanıt ve ara yanıt (doğru-yanlış) yüzdelerinin arttığı doğru yanıt yüzdelerinin ise azaldığı görülmüştür. Özel Görelilik Kuramı-Tanı Testinden elde edilen bu bulgular öğretim modelinin öğrencilerin doğru yanıt çerçevesindeki yanıtlarını yanlış ve ara yanıt çerçevesine kaydırıldığı şeklinde yorumlanabilir (bkz. Şekil 5.27). Öğretimin tüm çerçeve yanıtlarda derinlemesine görüşün artması ise öğrencilerin çerçeve yanıtlardaki görüşlerinin öğretimin etkisi ile güçlendiği şeklinde yorumlanabilir. Aşağıdaki bölümde öğretimin etkisi ile çerçeve yanıtlar içinde yer alan bu kategorilerdeki değişimler ifade edilmiştir.

Öğretim sonrasında kategori 18 ve kategori 20 türü yanıt yüzdelerinin azaldığı bununla birlikte kategori 19 türü yanıt yüzdelerinin belirgin bir şekilde arttığı görülmektedir (bkz. Tablo 5.48). Kategori yüzdelerindeki bu değişime

bakılarak öğretimin etkisi ile öğrencilerin ışık hızına yakın hız değerlerinde kinetik enerjinin kütleye dönüşmesinden dolayı kütle artacağını sabit kalmayacağını düşündükleri söylenebilir. Öğrencilerin kütle kavramına yönelik düşüncelerini belirlemek için yapılan görüşmelerde öğretim öncesinde kütle kesinlikle değişmez diyen öğrencilerin öğretim sonrasında ise ışık hızına yakın hız değerlerinde kütle artacağını ifade ettikleri görülmüştür. Fakat görüşme yapılan öğrencilerin büyük bir bölümünün kütledeki bu artışı maddesel bir artış olarak tanımlamamıştır. Araştırmanın kütle kavramı ile ilgili bu sonuçları öğrencilerin öğretim sırasında ışık hızına yakın hızlarla ilerleyen parçacıklar için ifade edilen kütle iç enerji eşdeğerliğini kütle artışı olarak kavramlaştırdığı, bu kavramını ise parçacığın madde miktarının artmadığı bilgisi ile harmanlayarak karma bir kavram oluşturduğu şeklinde yorumlanabilir. Araştırmada kinetik enerjinin kütleye dönüştüğü şeklindeki kavram yanlışlarını engellemek için 10. Sınıf Fizik Öğretim Programında (2009) ifade edildiği gibi öğrencilere hıza bağlı olarak değişen bir kütle kavramından söz edilmemiştir (MEB, 2009). Fakat popüler bilim yayınlarında, internet tabanlı bilimsel olmayan kaynaklarda hatta ders kitaplarında (Özdoğan, Kara, Gümüş ve Orbay, 2005; Hawking, 2001; Jammer, 2000; Stannard, 2008; Young ve Freedman, 2008) kütle hıza bağlı olarak değiştiği bilgisinin yer almaktadır ve durgun (m_0) ve görelî kütle (m) olarak iki ayrı kütle tanımlanmaktadır. Einstein'ın $E_0=mc^2$ bağıntısındaki durgunluk enerjisi (E_0) ışık hızı (c) ilişkisinin kinetik enerji hız ilişkisini çağrıştırmaması nedeni ile görelilik kuramı çerçevesinde ele alınan kütle ve enerji ilişkisi öğrenciler için kavramsal açıdan potansiyel bir tuzak özelliği sergilemektedir. Öğretim sırasında kütle iç enerji eşdeğerliğinin detaylı olarak ele alındığı görsel materyal ve simülasyonların olmaması, öğrencilerin iç enerji ile ilgili bilgi düzeylerinin düşük olması öğretimin bu kuram açısından istenilen başarının sağlanmamasında etkisiz kalmasına neden olmuştur. Araştırmada ortaya çıkan diğer bir alternatif kavram ise enerji limiti kavramıdır. Bu kategoride yanıt veren öğrenciler bir cisim üzerine iş yapılarak belirli bir enerji değerinden daha fazla enerji aktarılmasının mümkün olmayacağını ifade etmiştir. Bu kategoride yanıt veren öğrenciler bir cismin ışık hızından daha fazla bir hıza sahip olamayacağı bilgisini enerjinin bir üst limiti olarak kavramsallaştırdıkları görülmüştür.

Yukarıdaki araştırma sonuçları genel olarak ele alındığında araştırmanın öğretim modelinin öğrencilerin kavramsal değişimine katkı sağladığı görülmektedir.

Kavramsal değişim üzerine yapılmış çalışmalar incelendiğinde benzer sonuçlara rastlanmaktadır. Araştırmanın ğretim modeline bütünü ile benzememesine rağmen belirli özellikler açısından benzerlik gösteren araştırma sonuçlarının kavramsal değişim üzerine etkili olduğu görülmüştür. Yıldız (2008) üstbiliş stratejileri ile desteklediği 5 E modelinin öğrencilerin kuvvet ve hareket ünitesi ile ilgili kavramsal değişimine olumlu katkıları olduğunu ortaya koymuştur. Sackes (2010) bilgisayar destekli ve sorgulama tabanlı öğretimin öğrencilerin ayın evrelerini öğrenmesini kolaylaştırdığını ifade etmiştir. Kural (2008), Cosgrove ve Osborne (1982) tarafından geliştirilmiş Üretken ğretim Modelinin (Generative Learning Model of Teaching) ğrencilerin ışığın dalga modelini kavramsal açıdan anlamaları, neden sonuç ilişkileri kurmaları, bilgiyi transfer etme ve bilgiyi yapılandırmada etkili olduğunu ifade etmiştir. Başer ve ataloğlu (2005) ğrencilerin ön kavramlarının ortaya çıkarılması ve öğretimin bu ön kavramlara dayalı olarak kurgulanması şeklinde kurgulanmış bir ğretim uygulamıştır. Öğrencilerin geçmiş kavramları ile bilimsel kavramları arasında çatışma oluşturmayı amaçlayan bu öğretimin öğrencilerin ısı sıcaklık kavramlarını anlama düzeylerinde artış olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Gök (2012) akran öğretimini temel alan bir ğretim tasarlamıştır. Akran ğretimi yapılan grupta öğrencilerin fikirlerini sesli olarak tartışmaları ve birlikte çalışmaları sağlanmıştır. Öğretim sonunda akran öğretimine dayalı tartışma tabanlı bir öğretimin öğrencilerin elektrik ve manyetizma konuları ile ilgili kavramsal değişim yaşamalarında etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Kapartzianis (2012) ğrencilerin ön kavramlarının ortaya çıkarılması, bilişsel çatışma yaşanması, tartışılması, değerlendirilmesi yolu ile kavramların yeniden yapılandırılmasına dayalı deney ve simülyasyonlarla desteklediği bir ğretim modelini uygulamıştır. Araştırma sonuçlarına göre uygulanan kavramsal değişim ğretim modelinin öğrencilerin kavramsal öğrenmelerini artırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Planinic, Krsnik, Pecina, ve Susac (2005) deney, bilişsel çatışma, kavramsal ilişkilendirme, anoloji, diyalog tekniklerinin kombinasyonundan oluşan bir ğretim modeli ile bir ğretim gerçekleştirmiştir. Araştırma sonucunda uygulanan öğretimin öğrencilerin istenilen yönde kavramsal değişim yaşamalarında etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Araştırmanın ğretim tekniklerinden kavramsal ilişkilendirmenin (substitution) ve anolojilerin öğrenciler tarafından bilimsel kavramların kabul edilmesinde etkili olduğu, sokratik diyalogların ise kavramsal değişim sırasında öğrencilerin mevcut bilgilerini gözden geçirmesine katkı sağladığı ifade edilmiştir. Taşlıdere (2013)

simülasyon ile kavram karikatürü çalışma yapraklarının birlikte kullanıldığı bir öğretim gerçekleştirmiştir. Araştırma sonucunda simülasyon ve kavram karikatürlerinin öğrencilerin kavramsal anlamalarında etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Yukarıda ayrıntıları verilen araştırmalar incelendiğinde araştırmaların çoğunlukla bu araştırmanın öğretim modeli gibi sosyal yapılandırmacı kurama dayalı, görsel materyallerle desteklenmiş öğretim modelleri ve yaklaşımları olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar kavramsal değişimin oluşmasında sosyal yapılandırmacı kuramının önemini ifade etmektedir. Öğrencilerin geçmiş bilgiler ile yeni bilgileri karşılaştırma imkanı bulabildikleri görüşlerini arkadaşları ile paylaşabildikleri ortamlarda kavramsal değişim yaşayabildikleri sonucuna ulaşılabilir.

Yukarıda ifade edilen araştırma sonuçlarında çok sık rastlanmamasına rağmen bu araştırmada bazı öğrencilerin alternatif kavramlarını koruduğu fakat öğrendiği bilgilerle birlikte yeni alternatif kavramlar yapılandıkları görülmüştür (Dikici, Türker ve Özdemir, 2010; Feyzioğlu ve Ergin ve Kocakulah, 2012). Bu tür araştırma sonuçlarına özellikle modern fizik kavramlarının öğretimi üzerine yapılan çalışmalarda rastlanmaktadır (Özdemir, 2008). Modern fizik öğretiminde öğrencilerin alternatif kavramlarını koruması veya yeni alternatif kavramlar yapılandırmasında modern fizik kavramlarının öğrenciye soyut gelmesi ve öğretmenin öğretim sırasında deney yapma imkanı olmamasına (Akarsu, 2007) bağlı olarak öğrencilerin modern fizik kavramlarını somutlaştıramaması ve öğrencilerin öğretim öncesinde sahip oldukları alternatif kavramların güçlü bilimsel temellere bağlı olmaması ile açıklanabilir.

Öğretim modelinde kavramsal değişim Pintrich vd., (1993) ve Posner vd., (1982) ifade ettiği kavramsal değişim teorisine dayanmaktadır ve Zhou (2010)'nun ifade ettiği gibi kavramsal değişimde tartışma yaklaşımı kavramsal değişimin en önemli etkeni olarak ele alınmıştır. Bu nedenle öğretim sırasında ilk olarak öğrencilerin klasik fizik kavramlarını açıklayamadıkları durumlarla karşı karşıya kalmaları sağlanmıştır. Daha sonra ise klasik fizik kavramları ile açıklayamadıkları durumun özel görelilik kuramı ile aşıldığını görmeleri sağlanmaya çalışılmıştır. Bu süreç boyunca ise öğretim üstbiliş ve motivasyon stratejileri ile desteklenmiş tartışma tabanlı etkinliklerle desteklenmiştir. Fakat öğretim sonucunda elde edilen bulgular ve

benzer çalışma bulguları göz önünde bulundurulduğunda öğrencilerin alternatif kavramlarının her durumda klasik fizik bilgisine dayanmadığı görülmektedir (Özcan, 2009, 2011; Panse, Ramadas ve Kumar, 1994; Ramadas, Barve and Kumar, 1996; Scherr vd. 2001; Sezgin, 2011; Kural, Özdemir ve Kocakulah, 2013, 2014). Öğrencilerin öğretim öncesinde klasik fizik bilgisine dayanmayan alternatif görüşlere sahip olmaları klasik fizik bilgisi ile açıklanamayan fakat özel görelilik kuramı ile açıklanabilen durumlar karşısında bilişsel çatışmayı yaşamamalarına veya kısmen bilişsel çatışma yaşamalarına neden olmaktadır. Örneğin öğretim öncesinde ışık hızına yakın hızla hareket eden bir cismin uzunluğu olduğundan farklı algılanır biçiminde ifade edilen bir alternative kavrama sahip olan bir öğrencinin öğretimin bilişsel çatışma yaratma aşamсындаki kutu çubuk paradoksu düşünce deneyi ile ilgili bir bilişsel çatışma yaşaması mümkün olmayabilir. Bu durumun araştırmanın öğretim modelinde göz ardı edilen bir nokta olduğu söylenebilir. Örneğin öğretim öncesinde öğrenci zaman kavramının mutlaklığı şeklindeki klasik fizik bilgisine sahip değilse ikizler paradoksu öğrenci için bir paradoks olmaktan çıkmaktadır. Benzer şekilde öğretim öncesinde öğrenci uzunluk kavramının mutlaklığı şeklinde klasik fizik bilgisine sahip değilse (arabanın hızı arttıkça otoyol kenarındaki ağaçlar arasındaki uzunluğun azaldığı şeklinde bir görüşe sahipse) çubuk paradoksu öğrenci için bir paradoks olmaktan çıkmaktadır. Fakat araştırmanın temel alındığı kuramsal yapıya göre öğrencilerin kavramsal değişiminin temel bileşeni öğretim sırasında öğrencilerin yüksek düzeyde bilişsel çatışma yaşamasıdır. Bu nedenle öğrencilerin ön kavramlarının ortaya çıkarılması aşamasından sonra öğretim modeline ön kavramların klasik fizik kavramlarına dönüştürülmesi şeklinde bir ara basamak eklemek gerekir. Bu basamak öğrencilerin nitelikli bir bilişsel çatışma oluşturabilmesi için bir ara basamak niteliği taşımaktadır. Öğretimin bu basamağının ise gerçek deney durumları ile desteklenmesi gerekmektedir. Örneğin bu aşamada öğrencilere duran veya sabit hızla hareket eden bir araç üzerindeki sarkacın periyodu ölçtürülebilir. Benzer şekilde duran veya sabit hızla hareket eden bir aracın uzunluğu ölçtürülebilir. Bu etkinliklerde öğrencinin gözlem yapması yerine bu ölçümleri yapması önem taşımaktadır. Çünkü öğrenciler fiziksel olayları ölçme tabanlı değil duyu organlarına bağlı olarak açıklamaktadır. Araştırmada öğrencilerin ifadelerinin ölçülür sözcüğü ile değil algılanır sözcüğü ile bittiği gözlenmiştir. Öğrencilerin bilişsel çatışma ortamına bilimsel temelleri olan klasik fizik kavramları ile girmeleri durumunda bilişsel çatışmanın niteliğindeki artışa bağlı olarak alternatif

kavramlarının azalacağı iddia edilebilir. Öğretim modelinde ön kavramların klasik kavramlara dönüştürülmesi şeklinde bir ara basamak ekleme durumunda özel görelilik kuramının öğretimi için ayrılan sürenin artmasına neden olacağı ifade edilebilir. Ortaöğretim fizik programlarında özel görelilik kuramına daha fazla zaman ayrılması ile özel görelilik kuramının daha başarılı öğretimi gerçekleştirilebilir.

6.1.2 Öğretim Modelinin Üstbilise Etkisi

Araştırma bulguları incelendiğinde öğretim modelinin öğrencilerin üstbilis düzeylerini artırmada etkili olduğu görülmektedir. Öğretim sonunda ölçeğin yapılandırmacı bağlantılama, izleme, değerlendirme ve planlama, fizik öğrenmede özyeterlilik, öğrenme riskleri farkındalığı, konsantrasyon kontrolü şeklinde olan tüm bileşenlerinde artış olduğu görülmektedir. Fakat belirgin artışın özyeterlilik ve izleme, değerlendirme ve planlama bileşenlerinde olduğu görülmektedir. Bu sonuç araştırmada ağırlıklı olarak bilişin düzenlenmesi etkinliklerine yer verilmesinin öğrencilerin özyeterlilik düzeylerini ve bilişsel süreçlerini izleme, değerlendirme ve planlama becerilerini geliştirdiği şeklinde yorumlanabilir. Öğretim model, yöntem ve tekniklerinin öğrencilerin üstbilis düzeylerine etkilerini belirlemeye yönelik çalışmalar incelendiğinde benzer sonuçlara rastlanmıştır. Bozan (2008) problem çözme etkinliklerinin öğrencilerin gözlem yapma, bilgileri düzenleme, değerlendirme ve planlama yapma gibi üstbilis stratejileri daha sık ve daha bilinçli kullanmalarını sağladığı sonucuna ulaşmıştır. Kramarski ve Mevarech (2003) üstbilis ile destekli yapılandırmacı yaklaşıma dayalı öğretim yönteminin öğrencilerin üstbilis düzeylerini artırdığını ifade etmiştir. Bu sonuçlara ek olarak yapılan öğretim model, yöntem ve tekniklerin öğrencilerin üstbilis düzeylerine istenilen düzeyde katkısının olmadığını ifade eden araştırmalarda rastlanmıştır. Yıldız (2008) 5E modelinin kullanıldığı kavramsal değişime dayalı öğretimin öğrencilerin biliş bilgisi düzeylerinde artışa neden olmasına rağmen, biliş düzenlenmesi düzeyinde artışa neden olmadığını ifade etmiştir. Duru (2007) beyin fırtınasının öğrencilerin bilişüstü becerileri geliştirmede çok etkili olmadığını ifade etmiştir (Duru, 2007). Çoramık (2012) ise bilgisayar destekli öğretimin öğrencilerin üstbilis seviyelerine olumlu bir katkısı olmadığını ifade etmiştir. Bununla birlikte deney destekli bir öğretimin öğrencilerin üstbilis

düzelelerini artırdığı sonucuna ulaşmıştır. Çakar (2013) ise soruşturma tabanlı öğrenme yaklaşımının öğrencilerin üstbilış farkındalıklarını artırmada çok etkili olmadığı sonucunu ifade etmiştir. Bu sonuçlar uygulama sırasında öğrencilerin üstbilış düzeylerini artırmada nelerin etkili olduğu sorusunun net olarak yanıtlanamadığını göstermektedir. Öğrencilerin yapılan bir öğretim ile kısa sürede kendi bilişsel süreçlerini yönetmelerini beklemek güçtür. Yapılan öğretim sırasında öğrencilerin üstbilış stratejileri uygulamada çok istekli olmadıkları öğretimin birkaç haftasında ise üstbilış stratejileri etkin kullanmakta zorlandıkları görülmüştür. Öğretim modelinin öğrencilerin üstbilış düzeyleri üzerine etkilerini daha net anlayabilmek için modelin öğrencilere daha uzun süre uygulanması gerekmektedir.

Öğretim modelinin öğrencilerin üstbilış düzeylerini artırmak için yapılması gerekenler değerlendirildiğinde öğretim sırasında özellikle planlama stratejisinin çok etkin kullanılmadığı görülmüştür. Bu stratejinin etkin kullanılmamasının nedeni ise ders saati süresinde planlama çalışmalarının gerçekleştirilmesinin güç olmasıdır. Öğretim modelindeki planlama stratejileri ders dışı ödev, poster hazırlama, problem çözme vb. etkinliklere kaydırılarak bu stratejinin daha etkin kullanılması sağlanabilir Yıldız (2008). Planlama stratejilerinin ders dışı etkinliklere kaydırılması ile oluşan zaman ise izleme ve planlama etkinliklerine kaydırılabilir. Öğrencilerin öğretim sırasında birbirlerinin görüşlerini dinlemeleri, kendi ve grup arkadaşının bilişsel sürecini izlemeleri ve değerlendirmeleri zaman alan etkinliklerdir.

6.1.3 Öğretim Modelinin Motivasyona Etkisi

Fizik Dersi Motivasyon Anketi verileri incelendiğinde araştırmanın öğretim modelinin öğrencilerin motivasyonunu artırdığı ifade edilebilir. Araştırma modeli öğrencilerin en fazla ankette motivasyonun bir boyutu olarak tanımlanan öz-yeterlilik boyutlarında etkili olduğu görülmüştür. Araştırmanın öğretim modelinin motivasyon yapılandırması iki biçimde sağlanmaya çalışılmıştır. İlk olarak üstbilışin motivasyonun bir bileşeni olduğundan yola çıkarak öğrencilerin üstbilış düzeylerini artırmak için yapılan tüm etkinlikler aynı zamanda motivasyonu artıran etkinlikler olarak kabul edilmiştir. Öz-yeterlilik motivasyon ve üstbilışin ortak bileşeni olduğundan birini artıracak etkinliklerin diğerini de artıracığı kabul edilebilir ((Linnenbrink ve Pintrich, 2002; Cross ve Paris, 1998; Flavell, 1987; Paris ve

Winograd, 1990; Rohrkemper ve Cono, 1988). İkinci olarak öğretim öğrencilerin ilgisini çekebilecek, merak duygularını harekete geçirebilecek ve hoşlarına gidebileceği düşünülen düşünce deneyleri ve problemler şeklinde düzenlenmiş simülasyon ve animasyonlarla desteklenmiştir (Deci ve ark, 2001). Simülasyon ve animasyonların öğrencilerin motivasyonunu artırdığı şeklinde çalışmalar yer almaktadır (Barak, Ashkar ve Dori (2011).

Motivasyonun öz-yeterlilik boyutundaki artışın öğrencilerin merak ve ilgilerini harekete geçiren bir ortamda bilişsel süreçlerini izleme, değerlendirme ve planlama faaliyetlerini gerçekleştirmelerine bağlanabilir. Öğretim modelinin öğrencilerin öz-yeterlilik düzeylerinde artışa neden olmasına rağmen fizik öğrenmenin değeri, etkin öğrenme stratejileri, başarı hedefi, öğrenme ortamı teşviki, iletişim ve işbirlikli çalışma boyutlarında belirgin bir etkisi olmadığı görülmüştür. Öğretim modelinin uygulanması sırasında öğrencilerin bu boyutlarda artış yaşamasını sağlayacak bir öğretim ortamı oluşturulmuştur. Buna rağmen bu boyutlarda artış olmaması öğrencilerin geleneksel öğretime araştırmacının öğretim modeline göre daha alışık olmalarına bağlanabilir. Motivasyon ile ilgili çalışmalar incelendiğinde öğretim model ve tekniklerinin öğrencilerin motivasyonlarını artırma konusunda çelişkili sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Barak, Ashkar ve Dori (2011) animasyonlarla desteklenmiş öğretimin öğrencilerin motivasyonlarına etkisini araştırmıştır. Araştırma sonuçları animasyonla desteklenmiş öğretimin öğrencilerin motivasyonunu artırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Bayram vd. (2013) soruşturma tabanlı laboratuvar öğretiminin öğrencilerin motivasyonuna etkisini araştırmıştır. Araştırma sonuçlarına göre soruşturma tabanlı öğretimin geleneksel öğretime göre öğrencilerin dış motivasyonu daha fazla artırdığı ve rekabet için yüksek performans gösterme çabalarını artırdığı görülmüştür. Kuhn ve Müller (2014) bilimsel problem içeren gazete haberlerini kullandıkları bağlam tabanlı öğretimin öğrencilerin motivasyonlarına etkisini araştırmıştır. Araştırma sonuçlarına göre bilimsel problem içeren gazete haberlerinin kullanıldığı bağlam tabanlı öğretimin öğrencilerin motivasyonu artırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Raes ve Schellens (2012) işbirlikçi soruşturma ve web tabanlı öğretimin öğrencilerin öğrenme motivasyonları üzerine etkisini araştırmıştır. Araştırma sonuçları işbirlikçi soruşturma ve web tabanlı öğretimin öğrencilerin güdümlü (dış) motivasyonlarını artırdığı fakat özerk (iç) motivasyonlarını artırmadığını göstermektedir. Sarıbaş ve Bayram (2009) üstbiliş

stratejileri ile desteklenmiş kimya laboratuvar uygulamalarının öğretmen adaylarının motivasyonları üzerine etkilerini araştırmıştır. Fakat tartışma tabanlı deney uygulamalarının öğrencilerin motivasyonuna katkı sağlamadığı bununla birlikte motivasyonun bileşenleri olan öğrenme inançları ve öz-yeterlilik düzeylerine katkı sağladığı görülmüştür. Johnson, Changeiywo, Wambugu ve Wachanga (2011) tam öğrenme modelinin öğrencilerin motivasyonlarına etkisini araştırmıştır. Araştırma sonucunda tam öğrenme modelinin geleneksel öğretime göre öğrencilerin motivasyonları üzerinde daha etkili olduğu görülmüştür. Sungur ve Tekkaya (2008) problem tabanlı öğretiminin öğrencilerin motivasyonuna etkisini araştırmıştır. Problem tabanlı etkinliklerin motivasyon üzerinde etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu çalışmalar bir bütün olarak değerlendirildiğinde yapılan bu öğretimin motivasyona etkilerinin net olmadığı görülmektedir. Bazı araştırmalarda uygulanan öğretim modelinin öğrencilerin motivasyonunda belirgin bir artışa neden olmadığı veya motivasyonun bazı alt boyutlarında artışa neden olduğu görülmüştür. Araştırmanın öğretim modelinin daha uzun süre uygulanması durumunda öğrencilerin etkin öğrenme stratejileri, öğrenme ortamı teşviki, iletişim ve işbirlikli çalışma boyutlarında artış yaşanacağı ifade edilebilir. Ayrıca öğretim sırasında internet tabanlı erişim sitelerinden ulaşılabilen özel görelilik kuramı ile ilgili görsel materyaller kullanılmıştır. Bu materyaller yerine öğretim modeli ile daha uyumlu görsel (video, simülasyon vb) öğretim materyalleri kullanımı ile öğretim modelinin öğrencilerin ilgisini daha fazla çekmesi ve motivasyonlarını daha fazla artırması sağlanabilir.

6.2 Öneriler

Bu bölümde araştırma bulguları ışığında ders kitabı ve program yazarlarına, ortaöğretim fizik öğretmenlerine ve bu konuda araştırma yapmak isteyen araştırmacılara yönelik öneriler ifade edilmiştir.

6.2.1 Ders Kitabı ve Program Yazarlarına Yönelik Öneriler

Özel görelilik kuramının ortaöğretim düzeyinde 10.11. ve 12. sınıf düzeyinde rahatlıkla okutulabilecek düzeydedir. Kuramın matematiksel yapısı çok karmaşık olmadığından ortaöğretim düzeyinde öğrenciler tarafından rahatlıkla algılanabilir.

Özel görelilik kuramının ortaöğretim programlarında ve ders kitaplarında ışık hızı, zaman, uzunluk ve kütle gibi kavramların başka bir açıdan değerlendirilmesinin öğrenciler tarafından rahat anlaşılabilmesi için bu kavramların klasik fizik bilgi kavramları ile karşılaştırmalı biçimde ele alınması önemlidir.

Özel görelilik kuramı sonuçlarının günlük hayatta tecrübe edilme fırsatının olmaması kuramının öğretiminde video ve simülasyon desteğini önemli bir hale getirmektedir. Bu nedenle ortaöğretim programlarında ve ders kitaplarında öğrencilerin yararlanabileceği görsel materyallere yer verilebilir.

Özel görelilik kuramının ortaya koyduğu garip sonuçların öğrenciler tarafından yalnızca Einstein'ın hayal dünyasının birer ürünü olarak değil, deneylerle doğrulanabilen gerçek fiziksel durumlar olduğunun anlaşılabilmesi önemlidir. Bu durumun sağlanabilmesi için öğretim programlarında ve ders kitaplarında CERN deneyleri, Michelson-Morley deneyi ve müonların atmosfer yolculuklarına yer verilebilir.

Özel görelilik kuramı kavramlarının derinlemesine öğretilmesi için öğrencilerin eylemsiz referans sistemi Galileo Dönüşümleri ve Lorenz Dönüşüm denklemlerini bilmeleri gerekmektedir. Denklemler basit matematiksel eşitlikler şeklinde olduğu için ortaöğretim düzeyinde öğrenciler tarafından anlaşılması güç olmayacağı söylenebilir.

Özel görelilik kuramının zaman, uzunluk ve kütle-enerji ilişkisinin anlaşılması ve yorumlanması kolay değildir. Özel Görelilik Kuramının bu kavramlar ile ilgili ortaya koyduğu sonuçlar ışık hızının mutlak suretle gözlemci ve kaynaktan bağımsız olduğu kabulüne dayanmaktadır. Öğrencilerin bu kavramları anlayabilmeleri içinde Einstein gibi ışık hızı ile ilgili bu kabullere sıkı sıkıya bağlı kalmaları gerekmektedir. Einstein'nin ışık hızı ile ilgili bu kabulünde Faraday, Maxwell ve Laovisier'e kadar uzanan bir bilim tarihi yatmaktadır. Öğrencilerin de

ışık hızı ile ilgili bu kabulü anlayabilmeleri için öğretim programlarında bilim tarihinden kesitlere yer verilmesinin yararlı olacağı iddia edilebilir.

6.2.2 Öğretmenlere Yönelik Öneriler

Kuramın öğretimi sırasında öğrenciler yeni bilgiler ile birlikte yeni alternatif kavramlar oluşturabildikleri için öğretim sırasında öğrencilerin görüşlerinin dinlenmesi, birbirlerinin görüşlerini anlamaları gerekmektedir. Bu nedenle öğretim sırasında öğrencilerin sürekli olarak konuşturulması, düşüncelerini söylemeye teşvik edilmesi gerekmektedir.

Özel görelilik kuramı kavramlarının öğretimi sırasında sınıf ortamında basit görsel deneyler yapılabilir. Eylemsiz referans sistemlerinin öğretiminde hareket eden bir sandalye üzerinde bir öğrencinin havaya fırlattığı bir topun hareket biçimi sandalye üzerindeki öğrenci ve sınıftaki diğer öğrenciler açısından incelenebilir. Hareket halindeki bir oyuncak arabanın üzerindeki bir eşit kollu terazi üzerine yerleştirilen bilyelerin kütleleri ölçülebilir ve arabanın ışık hızında hareket etmesi durumunda neler olacağı sorusu ile klasik fizikten özel görelilik kuramına geçilebilir.

Özel görelilik kuramının öğretimi sırasında öğrencilerin klasik fizik bilgilerinin doğru olması önemlidir. Bu nedenle öğretim sırasında öğretmenin öğrencilerin geçmiş bilgilerini öğrenebileceği sorular yöneltmesi gerekmektedir. Örneğin göreliliğin zaman kavramının öğretimi sırasında öğrencilere klasik fizik açısından zaman kavramının ne anlama geldiği veya göreliliğin uzunluk kavramının öğretimi sırasında klasik fizik açısından uzunluk kavramının ne anlama geldiği sorusu yöneltilebilir. Öğrencilerin eksik veya yanlış klasik fizik bilgileri açığa çıkarılıp doğru klasik fizik kavramları oluşturulduktan sonra özel görelilik kuramı kavramlarının öğretimine başlamanın kavramların doğru yapılandırılması açısından daha yararlı olacağı söylenebilir.

Öğrencilerin öğretim sırasında bilişsel süreçlerini izlemesi, planlaması ve değerlendirmesini sağlayacak etkinlikler uygulanması kavramsal değişim için önemlidir. Öğretim sırasında öğrencilerin üstbiliş becerilerini geliştirecek sorular yöneltilebilir. Örneğin dersin sonunda öğrencilere söz verilerek dersin başındaki görüşleri ile dersin sonundaki görüşlerini karşılaştırmaları istenilebilir veya öğretim

sırasında öğrencilerin sorular yöneltilecek düşüncelerinde bir değişim olup olmadığını düşünmeleri sağlanabilir.

Öğrencilerin öğretim sırasında öğrenmeye karşı motive olmaları kavramsal değişim için önemli bir diğer değişkendir. Öğrencilerin öğretim sırasında merakını ve ilgisini yüksek tutmak gerekmektedir. Özel görelilik kuramının beklenmeyen sonuçlarının öğretim ortamına taşınması öğrencilerin merakını canlı tutabilir. Öğretim sırasında çubuk paradoksu, ikizler paradoksu, tren paradoksu gibi düşünce deneylerine başvurulabilir. Bu düşünce deneylerini deneyleri destekleyecek görsel materyaller kullanılabilir.

6.2.3 Araştırmacılara Yönelik Öneriler

Alanyazında kavramsal değişim için motivasyonun ve üstbilişin önemi vurgulanmasına rağmen öğretim sırasında öğrencilerin motivasyonu ve üstbilişini artırmak için nelerin yapılması gerektiği net değildir. Bu nedenle araştırmacılar tarafından fizik konularının öğretiminde öğrencilerin motivasyon ve üstbilişlerini harekete geliştirebilecek uygulamalı çalışmalar gerçekleştirilebilir.

Klasik fizik kavramlarının öğretimi ile ilgili birçok araştırma yapılmasına rağmen modern fizik kavramlarının özellikle de özel görelilik kuramı kavramlarının öğretimi ile ilgili çok az araştırmaya rastlanmaktadır. Alan yazındaki bu boşluğun doldurulabilmesi için araştırmacıların özel görelilik kuramı öğretimi ile ilgili araştırmalara yönelmeleri önerilebilir.

Özel görelilik kuramının soyut yapısından dolayı özel görelilik kuramı kavramlarının etkili öğretimi için görsel materyaller büyük önem taşımaktadır. Fakat araştırma sırasında özel görelilik kuramı ile ilgili çok fazla görsel materyale rastlanamamıştır. Bu nedenle özel görelilik kuramı ile ilgili yapılacak araştırmalarda simülasyon ve video tabanlı görsel materyal geliştirmeye önem verilmesi önerilebilir.

Bu araştırma ile özel görelilik kuramının öğretimi için sıcak kavramsal değişime dayalı bir model önerilmiş ve araştırma sonuçları ışığında model geliştirilmiştir. Araştırmacılar tarafından geliştirilen bu model ortaöğretim

kurumlarında özel görelilik kuramının öğretimi için kullanılabilir ve araştırma sonuçlarına göre tekrar revize edilerek geliştirilebilir.

7. KAYNAKLAR

Abak, A., Eryılmaz, A. ve Fakıoğlu, T. (2002). Üniversite öğrencilerinin fizikle ilgili seçilmiş duyuşsal karakteristikleri ile fizik başarılarının ilişkisi. *V. Ulusal Fen ve Matematik Eğitimi Kongresi*, ODTÜ, Ankara.

Açıkgöz, K. (2003) *Etkili Öğrenme ve Öğretme. Eğitim Dünyası ve Yayınları*. (5. Baskı)

Açıkgöz, K. Ü. (2008). *Aktif Öğrenme (Onuncu Baskı)*. İzmir: Biliş Basımevi.

Adadan, E. and Savaşçı, F. “An analysis of 16–17-year-old students' understanding of solution chemistry concepts using a two-tier diagnostic instrument”, *International Journal of Science Education*. 34 (4). 513-544. (2012).

Alexandrov, N. and Velarde, R.V. (2007). The integrated learning process, metacognition and collaborative learning. *Interactive Collaborative Learning International Conference*, Villach, Austria.

Altınsoy, (2012). Fen ve teknoloji öğretmen adaylarının üstbilişsel stratejileri kullanmalarının özel görelilik teorisi konusundaki başarıları ve kuantum fiziğine yönelik tutumları üzerine etkisi. Yayımlanmamış Doktora Tezi.

Alsop, S. And Watts, D. M. (1997). Sources from a Somerset Village: A Model for informal learning about radiation and radioactivity. *Science Education*, 81, 633-650.

Anandaraj ve Ramesh (2014). A Study on the Relationship Between Metacognition and Problem Solving Ability of Physics Major Students. *Indian Journal of Applied Research*. 4 (5). 191-193.

Angell, C. (2004). Exploring Students' intuitive ideas based on physics items in TIMSS-1995. *Proceedings of the IEA International Research Conference IRC-2004*, Cyprus.

Azevedo, R. ve Hadwin, A. F. (2005). Scaffolding self-regulated learning and metacognition: Implications for the design of computer-based scaffolds. *Instructional Science*,33, 367-379. doi:10.1007/s11251-005-1272-9

Backer, L., Keer, H., V., and Valcke, M (2012). Fostering university students' metacognitive regulation through peer tutoring. Paper presented at the annual meeting of *International Conference on Education and Educational Psychology (ICEEPSY 2012)*. Istanbul, Türkiye (10/10/2012).

Barak, M. and Ashkar, T. ,J.D. Yehudit (2011). Learning science via animated movies: Its effect on students' thinking and motivation. *Computers & Education*, 56, 839-846.

Bayram, Z., Oskay, Ö.,Ö., Erdem, E., Özgür, S.,D. and Şen, Ş. (2013). Effect of Inquiry Based Learning Method on students' motivastion. *Social and Behavioral Sciences*, 106, 988-996.

Bedir, G. (2007).Yeni İlköğretim Fen ve Teknoloji Dersi Öğretim Programının Öğrencilerin Kavramsal Anlamaları Üzerine Etkisi: Hücre Bölünmesi ve Kalıtım Ünitesi Örneği. BAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kılavuzu 21 Yüksek Lisans Tezi, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Orta Öğretim Fen ve Matematik Alanlar Eğitimi Anabilim Dalı, Balıkesir

Belloni,M., Christian, W and Dancy, M. H. (2004). Teaching Special Relativity with Physlets®, *The Physics Teacher*, 42 284-290.

Berber, N. C. (2010). Kavramsal Değişime Dayalı Öğretim Stratejilerinin Fizik Dersine Yönelik Bazı Duyuşsal Özelliklerin Gelişimine Etkisi. *Ahi Evran Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, Cilt 11, Sayı 2, 44-64.

Berger, R., Hänze, M (2009). Comparison of Two Small-group Learning Methods in 12th-grade Physics Classes Focusing on Intrinsic Motivation and Academic Performance. *International Journal of Science Education*, 31 (11), 1511-1527.

Bodner, G. M. (1986). Constructivism: A theory of knowledge. *Journal of Chemical Education*, 63(10), 873-878.

Bozan, (2008). Problem Çözme Etkinliklerinin 7. Sınıf Öğrencilerinin Basınç Konusu ile ilgili Başarı, Tutum ve Üstbiliş Becerilerinin Gelişimine Etkisi. Doktora Tezi, *Balıkesir Üniversitesi*, Balıkesir.

Brown, A.L. (1987). Metacognition, Executive Control, Self-Regulation, and Other Mysterious Mechanisms. (Eds: F. E. Weinert and R. H. Kluwe). *Metacognition, Motivation, and Understanding*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 65–116

Brown, D.E. (2006). Using examples and analogies to remediate misconceptions in physics: Factors influencing conceptual change. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol: 29 (1), p: 17-34.

Çakar, (2013). Fen ve Teknoloji dersinde araştırmaya dayalı öğrenmenin öğrencilerin erişilerine, kavram öğrenmelerine, üstbiliş farkındalıklarına ve Fen ve Teknoloji dersine yönelik tutumlarına etkisi. Doktora Tezi, *Ege Üniversitesi*, İzmir.

Carlsen, D.D. and Andre, T. (1992). Use of microcomputers and conceptual change text to overcome students. Preconceptions about electric circuits. *Journal of computer-based instruction*, 19, 105-109.

Case, J., Gunstone, R. and Lewis, R. (2001). Students' metacognitive development in an innovative second year chemical engineering course. *Research in Science Education*, 31 (3), 313-335.

Feyzioğlu, E.Y., Ergin, Ö. and Kocakulah, S. (2012). The Effect of 5E Learning Model Instruction on Seventh Grada Students' Conceptual Understanding of force and Motion. *International Online Journal of Educational Science*, 4(3), 691-705.

Chalmers, C. (2009). Group Metacognition During Mathematical Problem Solving. *Proceedings of the 32nd annualconference of the Mathematics Education Research Group of Australasia* (Vol. 1). Palmerston North.

Chalmers, C. (2009). Primary Students' group metacognitive processes in a computer supported collaborative learning environment. *Queensland University of Technology*. Avustralya.

Clement, J. (1982). Students' preconceptions in introductory mechanics. *American Journal of Physics*, 50(1), 66-71.

Çoramık, M. (2012). Manyetizma Ünitesinin Bilgisayar ve Deney Destekli Etkinlikler ile Öğretiminin 11. Sınıf Öğrencilerinin Özyeterlilik ve Üstbilişlerine, Tutumlarına, Güdülenmelerine ve Kavramsal Anlamalarına Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. *Balıkesir Üniversitesi*, Balıkesir.

Desoete, A. and Roeyers, H. (2002). Off-line metacognition – A domain-specific retardation in young children with learning disabilities. *Learning Disability Quarterly*, 25(2), 123–139.

Dikici, A., Türker, H. H. ve Özdemir, G. (2010). 5E öğrenme döngüsünün anlamlı öğrenmeye etkisinin incelenmesi. *Çukurova Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 3(39), 100-128.

Dole, J. A. & Sinatra, G. M. (1998). Reconceptualizing change in the cognitive construction of knowledge. *Educational Psychologist*, 33 (2/3), 109-128.

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(1), 37-60.

Driver, R. Guesne, E. and Tiberghien, A. (Eds.) (1985). *Children's ideas in science*. Milton Keynes: Open University Press.

Duru, K. (2007). İlköğretim Fen Bilgisi Dersinde Beyin Fırtınası ile Öğretimin Başarıya, Kavram Öğrenmeye ve Bilişüstü Becerilere Etkisi. Doktora Tezi, *Marmara Üniversitesi*, İstanbul.

Facione, P. A. (1990). Critical Thinking: A Statement Of Expert Consensus For Purposes Of Educational Assessment And Instruction. *Executive Summary Of The Delphi Report*. Millbrae: California Academic Press.

Feyzioğlu, E.Y. ve Ergin, Ö. (2012). 5E Öğrenme Modelinin Kullanıldığı Öğretimin Yedinci Sınıf Öğrencilerinin Üst Bilişlerine Etkisi. *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, 9(3), 55-77.

Flavell, J.H. (1979). Metacognition and Cognitive Monitoring. *American Psychologist*, vol:34 (10), pp. 906-911.

Garner, R. (1987). *Metacognition and reading comprehension*. Norwood, NJ: Ablex.

Gilbert, J. K. and Watts, D. M. (1983). Concepts, misconceptions and alternative conceptions: Changing perspectives in science education. *Studies in Science Education*, 10(1), 61-98.

Gilbert, J.K., Watts, D.M. and Osborne, R.J, (1982). “Students’ concepts of ideas in mechanics”, *Physics Education*, 17, 62-66.

Glenberg, A. M., Sanocki, T., Epstein, W., and Morris, C. (1987). Enhancing calibration of comprehension. *J. Exp. Psychol.: Gen.* 116: 119–136.

Gök, (2012). The Impact of Peer Instruction on College Students’ Beliefs about Physics and Conceptual Understanding of Electricity and Magnetism. *International Journal of Science and Mathematics Education*. 10 (2), 417-436.

Greeno, J.G. (1980). Psychology of Learning, 1960-1980: One Participant’s observations. *American Psychologist*, 35, 713-728.

Gregoire, M. (2003). Is it a challenge or a threat? A dual-process model of teachers’ cognition and appraisal process during conceptual change. *Educational Psychology Review*, 15(2), 147–179.

Hand, B. and Treagust, D. F. (1991). Student achievement and science curriculum development using a constructivist framework. *School Science and Mathematics*, 91(4), 172-176.

Hawking S 2001 *The Universe in a Nutshell* (New York: Bantam)

Hecht E 2009 Einstein on mass and energy *Am. J. Phys.* 77 799–806

Helm, H. (1980). Misconceptions in physics amongst South African students. *Physics Education*, 15, 92-105.

Hennessey, M. G. (1993). Students' Ideas about Their Conceptualization: Their Elicitation through Instruction. *The annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching*, Atlanta, GA.

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.

Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G. and Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: A response to Kirschner, Sweller, and Clark. *Educational Psychologist*, 42(2), 99-107.

Jacobs, J.E. ve Paris, S.G. (1987). Children's Metacognition about Reading: Issues in Definition, Measurement, and Instruction. *Educational Psychologist*, 22: 255- 278.

Jammer M 2000 *Concepts of Mass in Contemporary Physics and Philosophy* (Princeton, NJ: Princeton University Press)

Jayapraha (2013). Metacognitive Instruction and Cooperative Learning-Strategies for Promoting Insightful Learning in Science. *International Journal on New Trends in Education and Their Implications*, 4 (1-15) 165-172.

Johnson, M., Changeiywo, P., Wambugu, W. and Wachanga, S. W. (2011). Investigations Of Students' Motivation Towards Learning Secondary School Physics Through Mastery Learning Approach. *International Journal Of Science And Mathematics Education*, 9 ,1333-1350.

Johnson, R. B. and Christensen, L. B. (2008). *Educational Research: Quantitative, Qualitative and Mixed Approaches*. Sage Publications, 439-441.

Kapartzianis, A.S. (2012). Master of Science in Mathematics, Science and Technology Education. Unpublished Master Dissertation, *University of South Africa*.

Kayashima, M., Inaba, A. and Mizoguchi, R. (2004). What is Metacognitive Skills? Collaborative Learning Strategy to Facilitate Development of Metacognitive Skill. *World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications*, Lugano, Switzerland

Kramarski, B. and Mevarech, Z. R. (2003). Enhancing mathematical reasoning in the classroom: The effects of cooperative learning and metacognitive training. *American Educational Research Journal*, 40(1), 281-310.

Kuhn, J. and Müller, A. (2014) Context-based science education by news paper story problems: A study on motivation and learning effects. Perspectives in Science. *Paper presented at the annual meeting of New Perspectives in Science Education*. Italy, Florence (20-21 March 2014).

Kuhn, T. (1970). *The Structure of Science Revolutions*. Chicago: Chicago University Press.

Kung and Linder (2007). Metacognitive activity in the physics student laboratory: in increased metacognition necessarily better? *Metacognition Learning*, 2, 41-56.

Kural, M. (2008). Yapılandırmacı Yaklaşımın Temel Alındığı Işığın Dalga Modelinin Öğretiminin Öğrencilerin Kavramsal Değişimleri Üzerine Etkilerinin İncelenmesi. Doktora Tezi. *Balıkesir Üniversitesi*, Balıkesir.

Kural, M., Özdemir, E. ve Kocakulah, S. (2013). Yapılandırmacı Öğretim Tekniklerinin Sırasının Değiştirilmesinin Özel Görelilik Kuramı Kavramlarının Öğrenimi Üzerine Etkileri. *Turkish Physical Society 30th International Physics Congress 2-5 Eylül 2013 / İstanbul Üniversitesi*, İstanbul.

Kural, M., Özdemir, E. ve Kocakulah, S. (2014). 10. Sınıf modern fizik ünitesinin üstbilgi stratejileri ile destekli öğretiminin özel görelilik kuramı kavramlarının öğretime etkisi. *XI. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi*, Adana.

Lee, H. S. and Butler, N. (2003). Making authentic science accessible to students. *International Journal of Science Education*, (25)8, 923-948

Levrini, O., & diSessa, A. A. (2008). How students learn from multiple contexts and definitions: Proper time as a coordination class. *Physical Review Special Topics: Physics Education Research*, 4, 010107.

Lorch, R. F., Lorch, E. P., and Klusewitz, M. A. (1993). College students' conditional knowledge about reading. *J. Educ. Psychol.*, 85: 239–252.

McCloskey, M. (1983). Intuitive physics. *Scientific American*, 248, 114-122.

McDermott L. C., and Redish, E., 1999, Resource Letter PER-1: Physics Education Research, *American Journal of Physics*, 67 (9), pp. 755-767.

McDermott, L. C. (1996). *Physics by Inquiry*. New York: John Wiley & Sons, Inc.

McGrath, D., Savage, C., Williamson, M., Wegener. M. and McIntyre, T. (2008) Teaching Special Relativity using

Milli Eğitim Bakanlığı Talim ve Terbiye Kurulu (2008) Erişim Tarihi: 10 Kasım 2013 <http://www.fizikprogrami.com>

Nussbaum, J. and Novick, S. (1982). Alternative frameworks, conceptual conflict and accommodation: towards a principled teaching strategy. *Instructional Science*, 11, 183-200.

Obukhova, L. F., and Korepanova, I. A. (2009). The Zone of Proximal Development: A Spatiotemporal Model. *Journal of Russian & East European Psychology*, 47(6), 25-47.

Okun L B 2009 Mass versus relativistic and rest masses *Am. J. Phys.* **77** 430.

Özcan, Ö (2011) Fizik Öğretmen Adaylarının Özel Görelilik Kuramı ile ilgili Problem Çözme Yaklaşımları, *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 40, 310-320.

Özcan, Ö. (2009). Kuantum mekaniği ve görelilik öğreniminde karşılaşılan kavramsal ve matematiksel zorlukların araştırılması. Doktora Tezi, *Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.

Özdemir, E. (2008). Kuantum Fiziğinde Belirsizlik İlkesi: Hibrit Yaklaşımla Öğretimin Akademik Başarıya Etkisi. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü*, İzmir.

Özdemir, E. ve Erol, M. (2011). Dalga fonksiyonu, olasılık kavramı ve belirsizlik ilkesinin öğretiminde hibrit modelin etkisi. *e-Journal of New World Sciences Academy*. 6 (2), 1436-1452.

Özdemir, E., Kural, M. ve Kocakulah, S (2014) 10. Sınıf Modern Fizik Ünitesinin Üstbiliş Stratejileri İle Destekli Öğretiminin Özel Görelilik Kuramı Kavramlarının Öğretimine Etkisi. *Ufbmek2014- XI. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi. 11-14 Eylül 2014 Çukurova Üniversitesi, Adana.*

Özden, Y. (2005). *Öğrenme ve Öğretme*. Pegema Yayıncılık , (7. Baskı).

Özdoğan T, Kara M, Gümüş, S ve Orbay M. 2005 *Modern Fiziğe Giriş* (Ankara: Pegem Akademi Yayıncılık)

Özmen, H. (2004). Fen Öğretiminde Öğrenme Teorileri ve Teknoloji Destekli Yapılandırmacı (Constructivist) Öğrenme. *The Turkish Online Journal of Educational Technology – TOJET*. Vol:3 (1), s: 1303-6521.

Palmer, D. (2005). A Motivational View of Constructivist-informed Teaching. *International Journal of Science Educatio.*, 27 (15) 1853-1881.

Panse, S., Ramadas, J., and Kumar, A. (1994). Alternative conceptions in Galilean relativity: Frames of reference. *International Journal of Science Education*,16(1), 63–82.

Petty, R. E. and Cacioppo, J. T. (1986). *The elaboration likelihood model of persuasion*. In L. Berkowitz (Ed.), *Advances in experimental social psychology* (Vol. 19, pp. 123–205). New York: Academic.

Piaget, J. (1970). *Genetic Epistemology*. New York: Columbia University Press.

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), 167-99.

Pintrich, P. R., Smith, D. A. F., Garcia, T., & Mckeachie, W. J. (1991). *A manual for the use of the Motivated Strategies for Learning Questionnaire (MSLQ)*.

Ann Arbor: The University of Michigan, National Center for Research to Improve Postsecondary Teaching and Learning.

Pintrich, P.R. (2002). The Role of Metacognitive Knowledge in Learning, Teaching, and Assessing. *Theory into Practice*, 41 (4), 219-225.

Planinic, M., Krsnik R., Pecina P. and Susac, A. (2005). [Overview and Comparison of Basic Teaching Techniques that Promote Conceptual Change in Students](#). A paper presented at the First European Physics Education Conference. http://www.physik.uni-mainz.de/lehramt/epec/planinic_writeup.pdf (01.11.2014).

Posner, G. J., Strike, K.A., Hewson, P.W. and Gertzog, W.A. (1982). Accommodation of A Scientific Conception: Toward A Theory of Conceptual Change. *Science Education*, 66 (2), 221-227.

Pressley, M., and Ghatala, E. S. (1990). Self-regulated learning: Monitoring learning from text. *Educ. Psychol.* 25, 19–33.

Raes and Schellens (2012). The Impact of Web-based Inquiry in Secondary Science Education on Students' Motivation for Science Learning. Paper presented at the annual meeting of International Conference on Education and Educational Psychology (ICEEPSY 2012), Istanbul, Türkiye (10/10/2012).

Ramadas, J., Barve, S. and Kumar, A.(1996). Alternative conceptions in Galilean relativity: Inertial and non – inertial observers. *International Journal of Science Education*, 18(5), 615–630.

Reynolds, R. E. (1992). Selective attention and prose learning: Theoretical and empirical research. *Educ. Psychol. Rev.*, 4, 345–391.

Sackes, 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. Dokora Tezi, *Ohio State University*, Ohio.

Sarıbaşı, D. ve Bayram, H. (2009) Is it possible to improve science process skills and attitudes towards chemistry through the development of metacognitive skills embedded within a motivated chemistry lab?: a self-regulated learning

approach. *World Conference on Educational Sciences (WCES)*, February 04-07, 2009, NorthCyprus. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 1, 61-72.

Scherr, R. E. (2001). An investigation of student understanding of basic concepts in special relativity, PhD Thesis, *University of Washington*.

Scherr, R. E., Shaffer P. S. and Vokos, S. (2001). Student understanding of time in special relativity: Simultaneity and reference frames. *American Journal of Physics*, 69 (S1), 24–35.

Scherr, R., Schaffer, P. & Vokos, S., (2002). The challenge of changing deeply held student beliefs about the relativity of simultaneity. *American Journal of Physics*, 70, 1238–48.

Schmitz, B. and Bernhard, S. (2011). Self-monitoring of self-regulation during math homework behaviour using standardized diaries. *Metacognition Learning*, 6, 255-273.

Schraw, G. (1998). Promoting General Metacognitive Awareness. *Instructional Science*, 26, 113-125.

Schraw, G. and Dennison, R. S. (1994). Assessing Metacognitive Awareness. *Contemporary Educational Psychology*, 19: 460-475.

Schraw, G. and Moshman, D. (1995). Metacognitive Theories. *Educational Psychological Review*, 7, 351-371.

Schraw, G., Crippen, K.J. and Hartley, K. (2006). Promoting self-regulation in science education: Metacognition as part of a broader perspective on learning. *Research in Science Education*, 36, 111-139.

Selçuk, G. S. ve Çalışkan, S. (2010) Relationship Between Second Year University Students' Conceptual Understanding of Special Relativity and Modern Physics Attitudes. *Balkan Physics Letters*, 18, 345-353.

Seraphin, Philippoff, Kaupp and Vallin (2012). Metacognition as means to increase the effectiveness of inquiry-based science education. *Science Education International*, 23 (4), 366-382.

Sezgin Selçuk, G. (2011). Addressing pre-service teachers' understandings and difficulties with some core concepts in the special theory of relativity. *European Journal of Physics*, 32(1), 1-13.

Şimşek, Ö. F. (2007) *Yapısal eşitlik modellemesine giriş temel ilkeler ve lisrel uygulamaları*. Ekonoks Yayıncılık.

Sinatra, G. M. (2005). The "warming trend" in conceptual change research: The legacy of Paul R. Pintrich. *Educational Psychologist*. 40(2), 107-115.

Sinatra, G. M., and Pintrich, P. R. (Eds.) (2003). The role of intentions in conceptual change learning. *Intentional conceptual change*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum, 1-18

Şirin, A. (2008). Oluşturmacılığın Kuramsal Temelleri. *Marmara Üniversitesi Coğrafya Dergisi*, 17, S:196-207.

Smith, R. (1988). Teaching special relativity through a computer conference. *American Journal of Physics*, 56 (2), 142-147.

Stannard R 2008 *Relativity: A Very Short Introduction* (New York: Oxford University Press)

Stanovich, K. E. (1990). Concepts in developmental theories of reading skill: Cognitive resources, automaticity, and modularity. *Devel. Rev.*, 10: 72–100.

Sungur and Tekkaya (2010). Effects of Problem-Based Learning and Traditional Instruction on Self-Regulated Learning. *The Journal of Educational Research*, 99 (5), 307-320.

Taasoobshirazi, G. and Sinatra G., M. (2011) A Structural Equation Model of Conceptual Change in Physics. *Journal of Research in Science Teaching*. 48 (8) 901-918.

Taşlıdere, E. (2013). Effect of Conceptual Change Oriented Instruction on Students' Conceptual Understanding and Decreasing Their Misconceptions in DC Electric Circuits. *Creative Education*. 4 (4) , 273-282.

Thomas, G.P. and McRobbie, C. J. (2001). Using a Metaphor for Learning to Improve Students' Metacognition in the Chemistry Classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 38, 222–259.

Tyson, L. M., Venville, G. J., Harrison, A. L. ve Treagust, D. F. (1997). A Multidimensional Framework for Interpreting Conceptual Change Events in the Classroom. *Science Education*, 81: 387–404.

Vatansever, (2006). Effectiveness Of Conceptual Change Instruction On Overcoming Students' Misconceptions Of Electric Field, Electric Potential And Electric Potential Energy At Tenth Grade Level. Master Thesis. *Middle East Technical University*, Ankara.

Victor, A.M. (2004). The Effects of Metacognitive Instruction on the Planning and Academic Achievement of First Grade and Second Grade Children. Doktora Tezi, *Illinois Institue of Technology*.

Villani, A. and Arruda, S. (1998). Special Theory of Relativity, Conceptual Change and History of Science. *Science & Education*, 7, 85-100.

Virtual Reality. In A. Hugman and K. Placing (Eds) *Symposium Proceedings: Visualisation and Concept Development*, UniServe Science, The University of Sydney, 67–73.

Vosniadou, S.(Ed.). (2008). Conceptual change research: An introduction. *International Handbook of Research on Conceptual Change*. Routledge.

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. (eds: M. Cole, V. John-Steiner, S. Scribner, and E. Soubberman). Cambridge, MA: Harvard University Press.

White, B., and Frederiksen, J. R. (1998). Inquiry, Modeling, and Metacognition: Making Science Accessible to all Students. *Cognition and Instruction*, 16(1), 3-117.

Yıldırım, A. ve Şimşek, H. S., *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri*. Seçkin Yayıncılık. 221-250, (2008).

Yıldız, E. ve Ergin, Ö. (2007a). Biliş üstü ve Fen Öğretimi. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 27 (3), 175–196.

YÖK/Dünya Bankası. (1997). Fizik Öğretimi. Milli Eğitimi Geliştirme Projesi

Yörük, N. (2005). An analysis of the nature of students' metaconceptual processes and the effectiveness of metaconceptual teaching practices on students' conceptual understanding of force and motion, Doktoral Thesis, *The Ohio State University*, Ohio.

Young H D and Freedman R A 2008 *Sears and Zemansky's University Physics* vol. 2 12th edn (Reading, MA: Pearson/Addison Wesley)Okun, 1989

Zhou, G. (2010). Conceptual Change in Science: A process of Argumentation. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 6 (2), p: 101-110.

Zohar and Barzilai (2013). A review of research on metacognition in science education: current and future directions. *Studies Science Education Studies in Science Education*, 49 (2),121-169.

EKLER

8. EKLER

EK A Açıklama Özyeterlilik ve Üstbilis Öğrenme Ölçeği-Fizik Örnek Sayfa

ÖZYETERLİLİK VE ÜSTBİLİŞ ÖĞRENME ÖLÇEĞİ - FİZİK

1) **Bu ölçek aşağıdaki maddelerde fizik dersleri ile ilgili verilen durumları ne sıklıkta uyguladığınızı belirlemek için hazırlanmıştır.** Doğru ya da yanlış yanıt yoktur. Bu bir test değildir ve yanıtlarınız ders notu amaçlı değerlendirilmeyecektir. **İstenilen, düşüncenizin ne olduğudur.** Yanıtlarınız gelecekteki fizik derslerini geliştirmemize yardımcı olacaktır.

2) Her bir madde için ilgili kutucuklardan sadece bir tanesine çarpı (X) işareti koyunuz. Örneğin;

	Hiçbir zaman	Nadiren	Bazen	Sık sık	Her zaman
Bir soru veya problemde niye yanlış yaptığımı öğretmenime ya da başkalarla sorarım.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3) Ölçekte geçen,

Öğrenme Görevi: Araştırma sorusu, ödevi, projesi, çalışma yaprağı gibi öğrencinin öğrenme sürecinde gerçekleştirmesi beklenen etkinliklerin tümüdür.

Ad Soyad:

Sınıf: 9 10 11 12

Yaş:

Cinsiyet: Erkek Kız

Madde Nu.	Özyeterlilik ve Üstbilis Öğrenme Ölçeği Maddeleri	Hiçbir zaman	Nadiren	Bazen	Sık sık	Her zaman
1	Fizik sınıfında öğrendiklerim ile sınıfça katıldığımız ders dışı fizik etkinliklerinde (alan gezileri, bilimsel geziler gibi) öğrendiklerim arasında bağlantı kurmaya çalışırım.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Fizik derslerinde gerçekleştirmem gerektiğini düşündüğüm ilerlemeyi sağlayamadığımda, planımı öğrenme görevine göre ayarlarım.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Fizik derslerinde okuma amaçlı verilen en zor materyali anlayabileceğimden eminim.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Fizik derslerinde bir öğrenme zorluğu ile karşılaşmak üzere olduğumda bunun farkına varırım.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Okul dışında kendi isteğimle katıldığım veya gerçekleştirdiğim fizik etkinliklerinde öğrendiklerim ile fizik sınıftaki etkinlikler arasında bağlantı kurmaya çalışırım.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Fizik derslerinde verilen bir öğrenme görevi süresince gelişimi gözden geçirmeyi planlarım.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	Fizik derslerinde öğrenme durumuma bağlı olarak <u>konantrasyon</u> düzeyimi ayarlarım.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	Fizik derslerinde öğrenme görevine (araştırma sorusu, ödevi, projesi veya çalışma yaprağı vb.) başlamadan önce görevin amacını net olarak anlamaya çalışırım.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

EK B Açıklama Fizik Dersi Motivasyon Anketi Örnek Sayfa

FİZİK DERSİ MOTİVASYON ÖLÇEĞİ

Bu anket sizin fizik derslerine ne derece istekli olarak katıldığınızı öğrenmeyi amaçlamaktadır. Bu amaçla her bir maddeye ilişkin düşüncenizi ilgili satırlardaki kutucuklardan birine işaret koyarak belirtiniz. Maddelerin doğru ya da yanlış yanıtı yoktur. Sizden istenen her bir cümlelin fizik dersine katılımınızı ne doğrulukta tanımladığını göstermektedir.

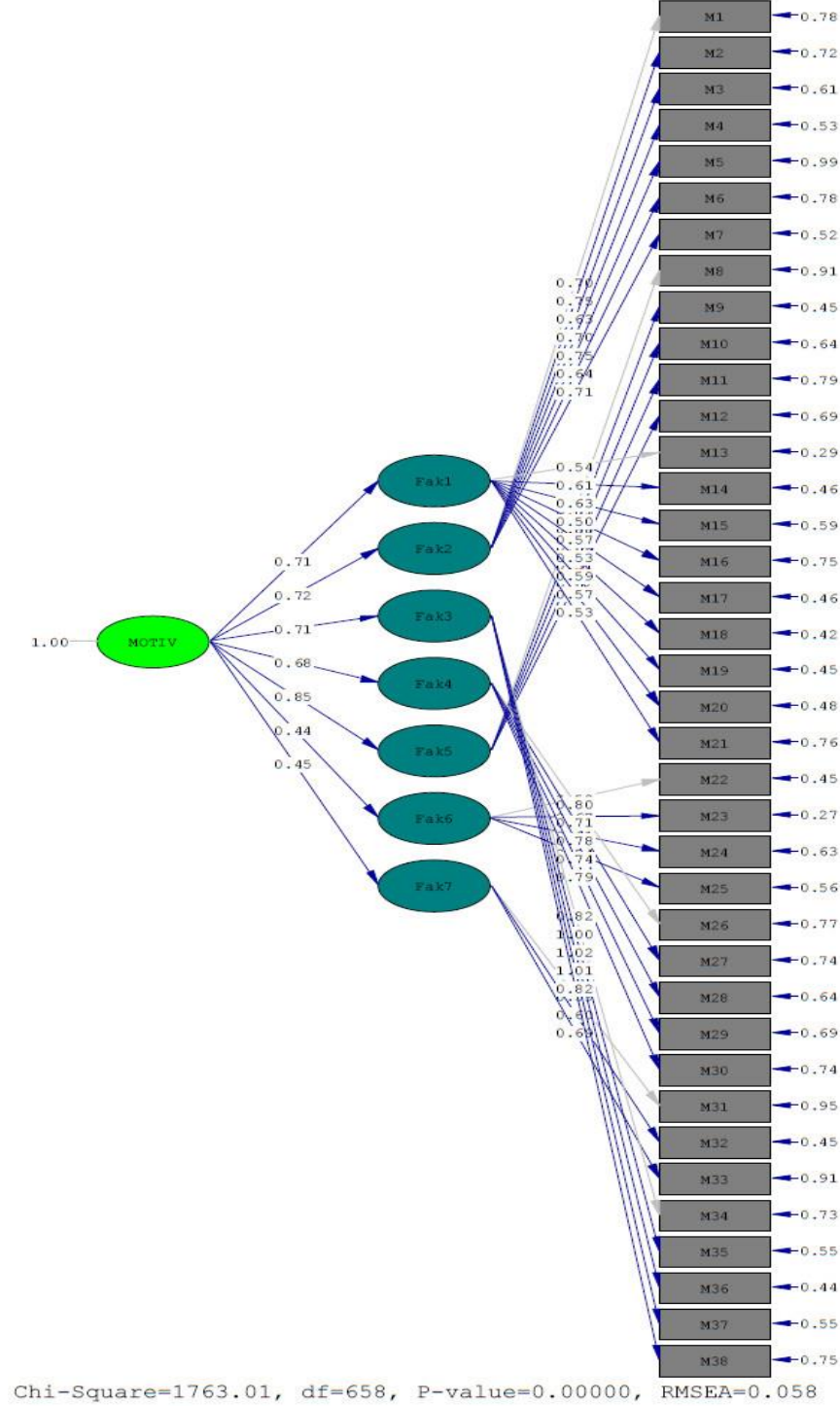
Ankette yer alan maddelerin bazılan birbirine benzer olabilir. Bu konuda endişelenmeden bütün maddelere bir yanıt verdiğinizden emin olunuz. Maddeye verdiğiniz yanıtla ilişkin düşünceniz değişirse o yanıtın üstünü çizip bir başka kutucuğu işaretleyebilirsiniz.

Adınız Soyadınız:

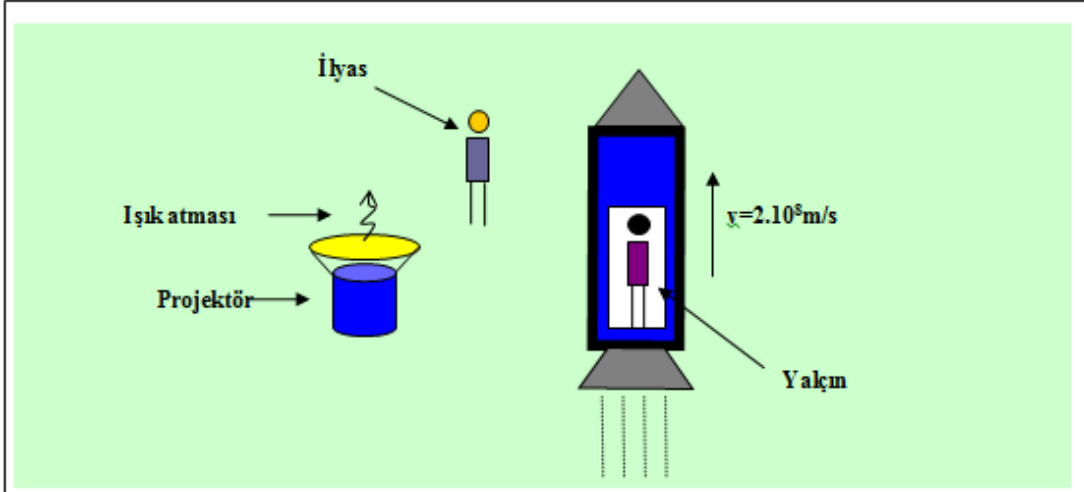
Cinsiyetiniz: Kız Erkek Sınıfınız:

A	Özyeterlilik	Kesinlikle katılmıyorum	Katılmıyorum	Fikrim yok	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum
1	Zor ya da kolay olduğuna bakmaksızın Fizik dersinin içeriğini anlayabileceğimden eminim.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Zor fizik kavramlarını anlamada kendime güvenmem.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Fizik testlerini iyi çözebileceğime eminim.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Ne kadar çabalarsam çabalayayım fiziği öğrenemem.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Fizik ile ilgili etkinlikler çok zor olduğunda ya etkinlikle uğraşmayı bırakırım ya da kolay kısımlarını yaparım.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Fizik dersindeki etkinliklerde yanıtı kendim düşünerek bulmaktan çok başkalarına sorarak öğrenmeyi tercih ederim.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	Fizik dersinin içeriğini zor bulduğumda onu öğrenmeyi denemem.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
B	Fizik Öğrenmenin Değeri					
8	Günlük yaşamımda kullandığım için fiziği öğrenmenin önemli olduğunu düşünüyorum.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	Beni düşünmeye teşvik ettiği için fiziği öğrenmenin önemli olduğunu düşünüyorum.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

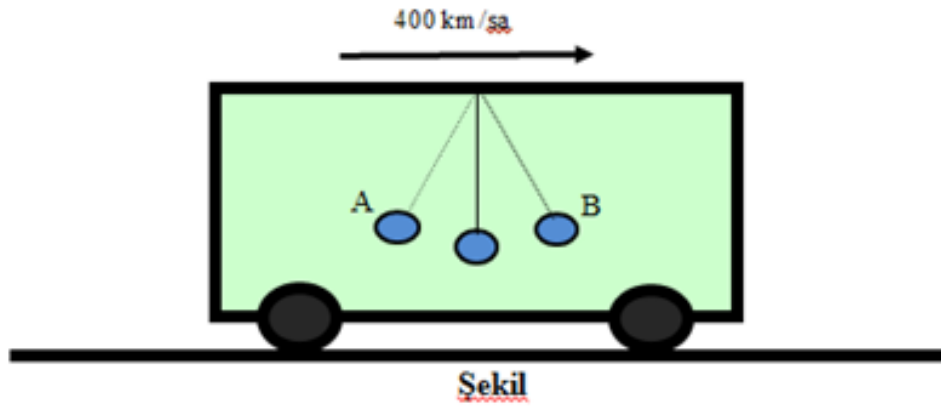
EK C Açıklama Fizik Dersi Motivasyon Ölçeğinin Doğrulayıcı Faktör Analizi
Sonuçlarına ait Tahminler (estimates) ve t Değerleri Diyagramları



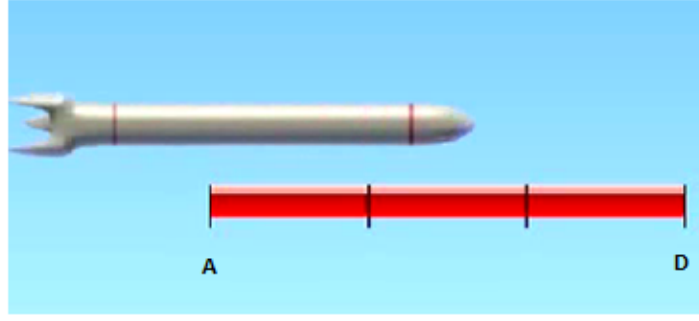
EK D Açıklama Özel Görelilik Kuramı Görüşme Sorular



SORU 1: Yalçın 2.10^8 m/s'lik bir hızla hareket eden bir uzay gemisinin içindedir. İlyas ise yeryüzünde hareketsizdir. Uzay gemisi, 2.10^8 m/s hızla projektör ve İlyas ile aynı hizaya geldiği anda durgun projektör ışık saçmaya başlamaktadır. Her iki gözlemci de özdeş ve son derece duyarlı ölçü aletleri kullanarak projektörden gelen ışığın hızını ölçmektedirler. Yalçın dünyaya geri döndükten sonra iki gözlemci ölçüm sonuçlarını karşılaştırıyor ve verileri yorumluyorlar. Bu durumda, gözlemcilerin deney raporlarına ne yazmalarını beklersiniz? (Işık boşlukta yaklaşık olarak 3.10^8 m/s hızla ilerler).

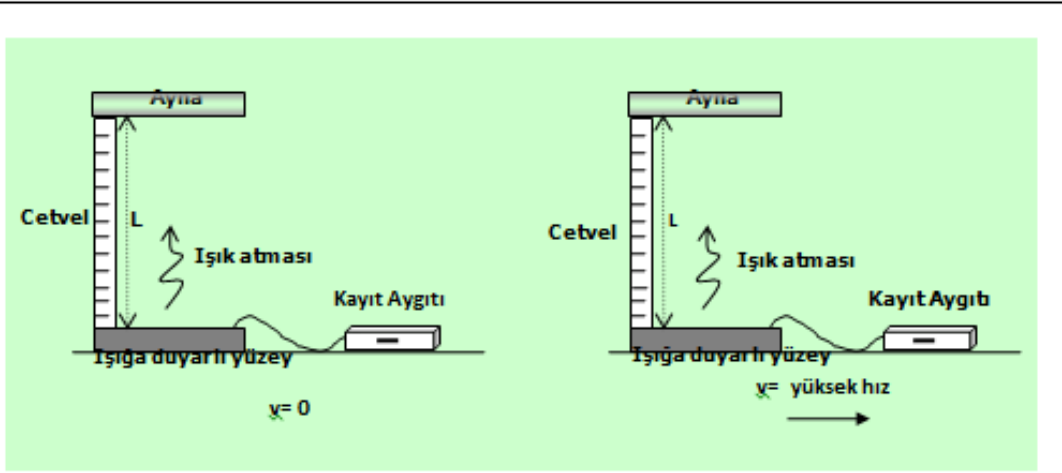


SORU 2: Şekilde sabit 400 km/ş*a* ilerleyen bir aracın içinde sürtünmesiz ortamda hareket eden bir basit sarkaç görülmektedir. Aracın içindeki bir gözlemci sarkacın periyodunu (bir tam tur yapması için geçen süreyi) 2s ölçüyor. Sarkacın periyodunu aracın dışındaki durgun bir gözlemci ile sabit 2 km/ş*a* hız ile batı yönünde (araçla zıt yönde) ilerleyen bir başka gözlemci kaç saniye olarak ölçer? Araç içindeki gözlemcinin sarkacı B noktalarında gördüğü anda diğer gözlemciler nerede görür?



Şekil

SORU 3: Şekildeki çubuğun çizgili bölümlerinde (A ve D) flaşlar yer almaktadır. Şekildeki uzay mekiğindeki arka ucunda bir gözlemci yer almaktadır. A ve D noktalarındaki flaşlar bize göre aynı anda patlamaktadır. Işık hızının %80'i hızla ilerleyen uzay mekiğinin içindeki gözlemci ve durgun gözlemciye göre flaşların patlama anları için ne söylenebilir?



Şekil

SORU 4: Şekilde iki optik saat görülmektedir. Saatlerin çalışma prensibi şu şekildedir: Işığa duyarlı yüzeyden salınan bir ışık atması aynada yansıdıktan sonra geri ışığa duyarlı yüzeye gelmektedir. Işık aynaya çarpıp geri ışığa duyarlı yüzeye geldiğinde oluşan bir elektrik sinyali kayıt bandını işaretler. Her işaret bildiğimiz saatlerin bir tik takına karşılık gelir. Saatlerden biri durumdur. Diğeri ise yere göre yatay doğrultuda v hızı ile hareket eden bir aracın içindedir. Durgun bir gözlemci her iki saati de izlerse saatlerin ölçtüğü zaman aralıkları arasında bir farklılık gözlemleyecek midir? Gözlemci v hızı ile hareket eden uzay gemisinde bulunsaydı yanıtınız değişir miydi?



0,8 c hız ile ilerleyen roket



Durgun roket

Şekil

SORU 5: Birbirine özdeş 10 m uzunluğundaki iki roketten biri duruyorken diğeri doğu yönünde ışık hızının %80'i bir hızla ilerlemektedir. Her iki rokette bulunan gözlemciler diğeri roketin ve kendi roketlerinin boyunu ölçerse nasıl bir sonuç elde ederler?



Şekil

SORU 6: İsviçre'nin CERN laboratuvarında atom altı parçacıkların yapısını açıklamak için bir dizi deney yapılmaktadır. Parçacık hızlandırıcıda protonlar süperiletken mıknatıslar yardımıyla çembersel tüpte döndürülerek ışık hızına çok yakın hızlara kadar hızlandırılmaktadır. Durgun haldeki kütlesi 1.67×10^{-27} kg olan protonların $0.6c$ hızına kadar hızlandırılması durumunda, protonların kütleleri için ne söylenebilir? Yanıtınızı kütlelerin korunumunu göz önünde bulundurarak tekrar değerlendiriniz?

EK E Açıklama Araştırma İzin Belgesi

T.C.
MANİSA VALİLİĞİ
İl Millî Eğitim Müdürlüğü

Sayı : 46949512 - 605.01 - **5883**
Konu : Erdoğan ÖZDEMİR'in Araştırma İzni

22 ŞUBAT 2013

MÜDÜRLÜK MAKAMINA

- İlgi : a) MEB Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğünün 07/03/2012 tarih ve 3616 sayılı 2012 / 13 No'lu genelgesi.
b) Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğünün 01/02/2013 tarih ve 304 sayılı yazısı.

Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanlar Eğitimi Anabilim Dalı Fizik Eğitimi Doktora öğrencisi Erdoğan ÖZDEMİR'in, "Üst Biliş Stratejileri ile Desteklenmiş Bilgisayar Destekli 10. Sınıf Modern Fizik Ünitesi Öğretiminin Öğrencilerin Motivasyon ve Kavramsal Değişimine Etkisi" konulu Doktora tez çalışmasını, ilimiz Lisesi'nde uygulamak istediği belirtilmektedir.

Söz konusu ölççeklerin ilimiz Lisesi'nde, 2012-2013 öğretim yılı içerisinde, eğitim öğretimi aksatmadan uygulanması Müdürlüğümüzce uygun görülmektedir.

Makamlarınızca da uygun görüldüğü takdirde olurlarınızı arz ederim.

Reşat PALAZ
Şube Müdürü

OLUR

.../02/2013

Mustafa ALTINSOY
Millî Eğitim Müdürü

EK: Araştırma Değerlendirme Formu (1 Sayfa)

