

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



**FEN BİLİMLERİ ÖĞRETMEN ADAYLARINA YÖNELİK**  
**NANOBİLİM KAVRAMSAL ANLAMA TESTİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**NESLİHAN AKDENİZ**

**BALIKESİR, ŞUBAT - 2017**

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



**FEN BİLİMLERİ ÖĞRETMEN ADAYLARINA YÖNELİK**  
**NANOBİLİM KAVRAMSAL ANLAMA TESTİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**NESLİHAN AKDENİZ**

**Jüri Üyeleri : Doç. Dr. Ruhan BENLİKAYA (Tez Danışmanı)**

**Doç. Dr. Gülcan ÇETİN**

**Yrd. Doç. Dr. Hüsnüye DURMAZ**

**BALIKESİR, ŞUBAT - 2017**

## KABUL VE ONAY SAYFASI

Neslihan AKDENİZ tarafından hazırlanan “FEN BİLİMLERİ ÖĞRETMEN ADAYLARINA YÖNELİK NANOBİLİM KAVRAMSAL ANLAMA TESTİNİN GELİŞTİRİLMESİ” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 06.01.2017 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği ile Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanlar Eğitimi Anabilim Dalı Kimya Eğitimi Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman  
Doç. Dr. Ruhan Benlikaya

.....*Ruhan Benlikaya*.....

Üye  
Doç. Dr. Gülcan Çetin

.....*Gülcan Çetin*.....

Üye  
Yrd. Doç. Dr. Hüsnüye Durmaz

.....*Hüsnüye Durmaz*.....

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

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Doç. Dr. Necati ÖZDEMİR

.....

**Bu tez çalışması Balıkesir Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından 2015/140 nolu proje ile desteklenmiştir.**

## ÖZET

**FEN BİLİMLERİ ÖĞRETMEN ADAYLARINA YÖNELİK  
NANOBİLİM KAVRAMSAL ANLAMA TESTİNİN GELİŞTİRİLMESİ  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
NESLİHAN AKDENİZ  
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
ORTAÖĞRETİM FEN VE MATEMATİK ALANLAR EĞİTİMİ  
ANABİLİM DALI  
KİMYA EĞİTİMİ  
(TEZ DANIŞMANI: DOÇ. DR. RUHAN BENLİKAYA)**

**BALIKESİR, ŞUBAT - 2017**

1980’li yıllarda atomik kuvvet ve taramalı tünelleme mikroskoplarının keşfiyle büyük bir devrim başlamış ve nanoölçekteki sistemler incelenmeye başlanmıştır. Maddenin boyutunun küçülmesi ile bilinen özelliklerinden farklı özellikler gösterdiğinin gözlenmesi, bu alana olan ilgiyi daha da arttırmıştır. Gelişmiş ülkelerde 2000’li yıllardan itibaren nanobilim okuryazarlarının sayısını arttırmak için eğitim programlarında köklü düzenlemeler yapılarak, disiplinler arası bir alan olan nanobilim ve nanoteknoloji önce lisansüstü ve lisans, ardından üniversite öncesi eğitime dâhil edilmeye başlanmıştır. Bu durum öğretmenlerin ve öğretmen adaylarının bu alan ile ilgili eğitim almalarını zorunlu kılmaktadır. Böyle bir eğitime başlanması için ön şart, nanobilim ve nanoteknoloji ile ilgili öğretmenlerin ve öğretmen adaylarının kavramsal anlamalarını ortaya çıkaracak bir testin geliştirilmesidir. Ana dilimizde bu konuda geçerli ve güvenilir bir kavramsal anlama testinin olmaması, bu çalışmayı önemli hale getirmektedir.

Bu çalışmanın amacı, büyüklük ve ölçek, nanoölçekte büyüklüğe bağlı değişen özellikler ve yüzey alanı etkisi ve etkileşimler konularındaki kavramsal anlamayı ölçen çoktan seçmeli bir test geliştirmektir. İlk olarak bu başlıklarla ilgili belirlenen kazanımlara göre hazırlanan 31 açık uçlu soru Balıkesir Üniversitesi Necatibey Eğitim Fakültesi Fizik, Kimya ve Biyoloji Öğretmenliği programlarındaki 150 öğretmen adayına uygulanmıştır. İkinci pilot uygulamadan sonra öğretmen adaylarının cevaplarına bağlı olarak çoktan seçmeli test maddeleri hazırlanmıştır. Üçüncü pilot uygulama sonucunda bazı test maddelerinin ayırt edicilik ve/veya güçlük indekslerinin düşük ve/veya yüksek çıkması sonucu, 12 test maddesi yeniden düzenlenerek uygulanmıştır. Son pilot uygulama sonuçlarına göre testin güvenilirlik katsayısı (KR-20), madde güçlük indeksi ortalaması ve madde ayırt edicilik indeksi ortalaması sıra ile 0.74, 0.34 ve 0.36 olarak belirlenmiştir. Bu çalışmayla geliştirilen Nanobilim Kavramsal Anlama Testi toplam 32 madde içermektedir. Bu test maddelerinden 7 tanesi büyüklük ve ölçek kavramı, 7 tanesi yüzey alanı etkisi ve etkileşimler ve 18 tanesi de nanoölçekte büyüklük ile değişen özellikler ile ilgilidir. Çalışmanın sonucunda fen alanları öğretmen adaylarının nanobilimle ilgili kavramsal anlamalarını belirlemek için kullanılabilir geçerli ve güvenilir bir test geliştirilmiştir.

**ANAHTAR KELİMELELER:** Nanobilim, nanoteknoloji, kavram testi, fizik, kimya ve biyoloji öğretmen adayları.

## **ABSTRACT**

### **DEVELOPMENT OF NANOSCIENCE CONCEPTUAL TEST FOR PRE-SERVICE SCIENCE TEACHERS**

**MSC THESIS**

**NESLİHAN AKDENİZ**

**BALIKESİR UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE**

**SECONDARY SCIENCE AND MATHEMATICS EDUCATION**

**CHEMISTRY EDUCATION**

**(SUPERVISOR: ASSOC. PROF. DR. RUHAN BENLİKAYA**

**BALIKESİR, FEBRUARY 2017**

In the 1980s a great revolution began with the discovery of atomic force and scanning tunneling microscopes and the systems at the nanoscale began to be studied. The observation that the material exhibits properties different from those known at the nanoscale has further increased the interest in this field. In developed countries, nanoscience and nanotechnology, which is an interdisciplinary field, has been introduced to undergraduate and graduate education, followed by primary and secondary education since the year 2000 by making fundamental arrangements in the curriculums in order to increase a nano-literate population. This situation requires teachers and pre-service teachers to have education in this field. The prerequisite for such an initiative is the development of a test that will reveal the conceptual understanding of teachers and pre-service teachers on nanoscience and nanotechnology. The fact that there is no valid and reliable conceptual understanding test on nanoscience in Turkish makes this study important.

The aim of this study was to develop a multiple-choice test that measures conceptual understanding of the following topics: size and scale, size dependent properties at nanoscale and surface area effects and interactions. Firstly, 31 open-ended questions prepared according to the learning outcomes of these topics were conducted to 150 pre-service teachers from Physics, Chemistry and Biology teacher training programs in Necatibey Education Faculty, Balıkesir University. Then, the multiple choice test items were prepared depending on their answers after second pilot application. In the result of the third pilot application, 12 test items were reapplied to them by rearranging due to low and/or high values of average index of item difficulty and/or discrimination of some test substances. According to the results of the last pilot application, the reliability coefficient (KR-20), average index of item difficulty and average index of item discrimination of the test were determined as 0.74, 0.34 and 0.36, respectively. The Nanoscience Conceptual Understanding Test developed with this study contains 32 items in total: 7 are concerned with the concept of size and scale, 7 with surface area effects and interactions, and 18 with size dependent properties at nanoscale. Consequently, a valid and reliable test was developed, which can be used to determine the conceptual understanding related to nanoscience of pre-service science teachers.

**KEYWORDS:** Nanoscience, nanotechnology, conceptual test, physics, chemistry and biology pre-service teachers.

# İÇİNDEKİLER

Sayfa

<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>iii</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	<b>v</b>
<b>TABLO LİSTESİ</b> .....	<b>vi</b>
<b>SEMBOL LİSTESİ</b> .....	<b>vii</b>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>viii</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1 Çalışmanın Amacı ve Önemi .....	4
1.2 Problem Cümlesi .....	5
1.3 Alt Problemler .....	5
1.4 Tanımlar .....	6
1.5 Sayıtlar .....	7
1.6 Çalışmanın Kapsam ve Sınırlılıkları .....	7
<b>2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE</b> .....	<b>8</b>
2.1 Nanoölçek.....	8
2.2 Nanobilim ve Nanoteknoloji .....	10
2.3 Nano-okuryazarlık.....	11
2.3.1 Nano-okuryazarlığının Geliştirilmesi .....	14
2.4 Dünyada Nanobilim Eğitimi.....	16
2.5 Türkiye’de Nanobilim Eğitimi .....	19
2.5.1 Fen Programları ve Nanobilim .....	21
2.5.2 Nanobilimle İlgili Geliştirilmiş Ölçme Araçları .....	21
2.5.2.1 Geliştirilen Anketler ve Tutum Ölçekleri .....	21
2.5.2.2 Geliştirilen Kavramsal Testler-Bilgi Testleri.....	22
<b>3. YÖNTEM</b> .....	<b>27</b>
3.1 Çalışmanın Modeli .....	27
3.2 Örneklem .....	28
3.3 Veri Toplama Aracı.....	28
3.4 Verilerin Toplanması.....	31
3.5 Verilerin Analizi.....	31
3.5.1 Test sorularının geliştirilmesi .....	31
3.5.2 Geçerlilik ve güvenilirlik çalışmaları .....	32
<b>4. BÜLGULAR</b> .....	<b>34</b>
4.1 Birinci Pilot Uygulama Bulguları.....	34
4.1.1 Büyüklük ve Ölçek .....	34
4.1.1.1 Ölçekleri Ayırt Etme .....	34
4.1.1.2 Nesnelerin Büyüklüğüne Göre Sıralanması .....	37
4.1.1.3 Matematiksel Oran-Büyüklük.....	46
4.1.1.4 Birim Çevirme.....	47
4.1.2 Yüzey Alanı Etkisi ve Etkileşimler .....	48
4.1.2.1 Bağırsakta Besin Emilimi .....	48
4.1.2.2 Balıkların Solungaçları.....	50
4.1.2.3 Su Damlası Şekli .....	53
4.1.2.4 Su Örümceği .....	55

4.1.2.5	Gecko Kertenkelesi .....	56
4.1.2.6	Köpek Balığı .....	58
4.1.2.7	Kendiliğinden Düzenlenme.....	60
4.1.2.8	Yüzey Pürüzlülüğü.....	63
4.1.3	Nanoölçekte Büyüklüğe Bağlı Değişen Özellikler.....	65
4.1.3.1	Kimyasal Özellikler .....	65
4.1.3.2	Mekanik Özellikler.....	73
4.1.3.3	Elektriksel Özellikler .....	77
4.1.3.3	Erime Noktası.....	82
4.1.3.4	Renk .....	84
4.2	İkinci Pilot Uygulama Bulgular .....	92
4.2.1	Ölçek ve Büyüklük .....	92
4.2.1.1	Ölçekleri Ayırt Etme.....	92
4.2.1.2	Nesnelerin Büyüklüğüne Göre Sıralanması.....	93
4.2.1.3	Nesnelerin Ölçek Aralıklarına Göre Gruplandırma .....	94
4.2.1.4	Matematiksel Oran Büyüklük .....	95
4.2.1.5	Birim Çevirme.....	96
4.2.2	Yüzey Alanı Etkisi ve Etkileşimler .....	97
4.2.2.1	Bağırsakta Besin Emilimi .....	97
4.2.2.2	Balıkların Solungaçları.....	98
4.2.2.3	Su Damlası Şekli.....	99
4.2.2.4	Su Örümceği .....	100
4.2.2.5	Gecko Kertenkelesi .....	101
4.2.2.6	Köpek Balığı .....	102
4.2.2.7	Kendiliğinden Düzenlenme.....	103
4.2.2.8	Yüzey Pürüzlülüğü.....	104
4.2.3	Nanoölçekte Büyüklüğe Bağlı Değişen Özellikler.....	105
4.2.3.1	Kimyasal Özellikler .....	105
4.2.3.2	Mekanik Özellikler.....	108
4.2.3.3	Elektriksel Özellikler .....	111
4.2.3.4	Erime Noktası.....	113
4.2.3.5	Renk .....	114
4.3	Üçüncü Pilot Uygulama Bulguları .....	119
4.3.1	Geçerlilik ve Güvenirlilik Analizleri .....	120
4.3.2	Yeniden Düzenlenen Sorular .....	122
4.4	Dördüncü Pilot Uygulama Bulguları.....	131
4.4.1	Geçerlilik ve Güvenirlilik Analizleri .....	131
<b>5.</b>	<b>SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>133</b>
5.1	Nanobilim Kavramsal Anlama Testi .....	133
5.2	Fen Alanları Öğretmen Adaylarının Nanobilim Anlayışları .....	134
<b>6.</b>	<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>136</b>
<b>7.</b>	<b>EKLER.....</b>	<b>145</b>
	Ek A Nanobilim Kavramsal Anlama Testinin Son Hali .....	145
	Ek B Tez İle İlgili Yayınlar .....	156
	Ek B 1 Erpa International Congresses on Education .....	156
	Ek B 2 Ulusal Kimya Eğitimi Kongresi (UKEK 2015) .....	164



## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 2.1: Makro, mikro ve nanoölçek ilişkileri .....	9
Şekil 2.2: Nanobilim ve nanoteknolojinin ilişkili olduğu çalışma alanları. ....	10
Şekil 2.3: Nano-okuryazarlığın seviyeleri .....	13
Şekil 2.4: Nano-okuryazarlığın önemi.....	14
Şekil 2.5: Nano-okuryazarlığın seviyesini arttıran etmenler. ....	15
Şekil 3.1: Çalışmada izlenen basamaklar. ....	27
Şekil 3.2: Nanobilim öğretimindeki konu başlıkları. ....	29
Şekil 4.1: Sıralama sorusunda hatanın başladığı nesnelere. ....	39
Şekil 4.2: 1 nm'den küçük aralığa verilen nesnelere yüzdelikleri. ....	42
Şekil 4.3: 1-10 nm aralığına örnek verilen nesnelere yüzdelikleri. ....	43
Şekil 4.4: 10 nm-100 nm aralığına verilen örneklerin yüzdelikleri. ....	43
Şekil 4.5: 100 nm-1 µm aralığına verilen örneklerin yüzdelik grafikleri. ....	44
Şekil 4.6: 1 µm-1 mm aralığına verilen örneklerin yüzdelik grafikleri. ....	45
Şekil 4.7: Matematiksel oran sorusunu doğru cevaplayanların yüzdesi.....	46
Şekil 4.8: Birim çevirilerini doğru cevaplayanların yüzdesi. ....	48

## TABLO LİSTESİ

### Sayfa

<b>Tablo 2.1:</b> Büyüklük ve ölçekle ilgili geliştirilmiş kavramsal anlama testleri.	23
<b>Tablo 2.2:</b> Geliştirilmiş diğer nanobilim kavramsal anlama testleri. ....	26
<b>Tablo 3.1:</b> Branşlar bazında pilot uygulamalardaki katılımcı sayısı. ....	28
<b>Tablo 3.2:</b> Testin son durumundaki soru sayılarının konulara göre dağılımı. .	30
<b>Tablo 3.3:</b> Hazırlanan açık uçlu soruların ölçtüğü kazanımlar. ....	30
<b>Tablo 4.1:</b> Ölçeklerin doğru ayırt etme yüzdeleri. ....	35
<b>Tablo 4.2:</b> Ölçeklerin ayırtilmesi sorusunun tema ve kodları. ....	36
<b>Tablo 4.3:</b> Büyüklüğe göre sıralama sorusunu doğru yanıtlayanların yüzdesi.	38
<b>Tablo 4.4:</b> Sınıflandırma sorusunu doğru yanıtlayanların yüzdeleri. ....	41
<b>Tablo 4.5:</b> Bağırsakta besin emilimi sorusunun tema ve kodları. ....	49
<b>Tablo 4.6:</b> Balıkların solungaçları sorusunu doğru cevaplayanların yüzdesi. .	51
<b>Tablo 4.7:</b> Balıkların solungaçları sorusunun tema ve kodları.....	52
<b>Tablo 4.8:</b> Su damlasının şekli sorusuna doğru cevap verenlerin yüzdesi.....	54
<b>Tablo 4.9:</b> Su damlasının şekli sorusunun tema ve kodları. ....	54
<b>Tablo 4.10:</b> Su örümceği sorusunun tema ve kodları. ....	55
<b>Tablo 4.11:</b> Gecko kertenkelesi sorusunun tema ve kodları. ....	57
<b>Tablo 4.12:</b> Köpek balığı sorusunu doğru cevaplayanların yüzdesi. ....	59
<b>Tablo 4.13:</b> Köpek balığı sorusunun tema ve kodları. ....	59
<b>Tablo 4.14:</b> Kendiliğinden düzenlenme sorusunun tema ve kodları. ....	61
<b>Tablo 4.15:</b> Yüzey pürüzlülüğü sorusunun tema ve kodları. ....	64
<b>Tablo 4.16:</b> Toksisite sorusunun tema ve kodları. ....	66
<b>Tablo 4.17:</b> Reaktivite sorusunun tema ve kodları.....	67
<b>Tablo 4.18:</b> Alüminyumun reaktivitesi sorusunun tema ve kodları. ....	68
<b>Tablo 4.19:</b> Metal nanoparçacığın reaksiyon hızı sorusunun tema ve kodları.	70
<b>Tablo 4.20:</b> Termit sorusunun tema ve kodları. ....	72
<b>Tablo 4.21:</b> Elastisite modülü sorusunun tema ve kodları. ....	73
<b>Tablo 4.22:</b> Ölçeğin silikonun sertliğine etkisine dair tema ve kodlar.....	75
<b>Tablo 4.23:</b> Kemiğin yük taşıma kapasitesi sorusunun tema ve kodları. ....	76
<b>Tablo 4.24:</b> Karbon nanotüp sorusunun tema ve kodları. ....	78
<b>Tablo 4.25:</b> Ölçeğin elektriksel özelliklere etkisi sorusunun tema ve kodları .	79
<b>Tablo 4.26:</b> Nanoparçacığın iletkenliğini etkileyen faktörler. ....	81
<b>Tablo 4.27:</b> Altın nanoparçacığın erime noktası sorusunun tema ve kodları...	82
<b>Tablo 4.28:</b> Metal nanoparçacığın erime noktası sorusunun tema ve kodları. .	83
<b>Tablo 4.29:</b> Metal nanoparçacığın rengi sorusunun tema ve kodları. ....	85
<b>Tablo 4.30:</b> Metallerde büyüklüğe göre renklenmenin tema ve kodları. ....	86
<b>Tablo 4.31:</b> Kuantum nokta sorusuna dair tema ve kodlar. ....	88
<b>Tablo 4.32:</b> Afrika çatal kuyruklu kelebeği sorusunun tema ve kodları. ....	89
<b>Tablo 4.33:</b> CD sorusunun tema ve kodları. ....	91
<b>Tablo 4.34:</b> Aynı durumun farklı ölçeklerdeki detaylarının tema ve kodları...	92
<b>Tablo 4.35:</b> Test maddelerinin üçüncü pilot uygulamadaki konu dağılımları.	120
<b>Tablo 4.36:</b> Üçüncü pilot uygulamanın geçerlik ve güvenilirlik analizleri. ....	121
<b>Tablo 4.37:</b> Dördüncü pilot uygulamadaki geçerlik ve güvenilirlik analizleri.	123
<b>Tablo 4.38:</b> Testin geçerliliğine ve güvenilirliğine ilişkin istatistikler. ....	124
<b>Tablo 4.39:</b> Dördüncü pilot uygulamanın güçlük ve ayırt edicilik indeksleri.	131

## SEMBOL LİSTESİ

<b>STM</b>	: Scanning Tunelling Microscopy (Taramalı Tünelleme Mikroskobu)
<b>NNI</b>	: National Nanotechnology Initiative (Ulusal Nanoteknoloji Girişimi )
<b>NSF</b>	: National Science Foundation (Ulusal Bilim Fonu)
<b>NCLT</b>	: National Center for Learning and Teaching Nanoscale Science and Engineering (Ulusal Nanoölçek Bilimi ve Mühendisliği Öğrenme Öğretme Merkezi)
<b>NARST</b>	: National Association for Research in Science Teaching (Ulusal Fen Eğitimi Araştırmaları Topluluğu)
<b>MRSEC</b>	: Materials Research Science and Engineering Center (Fen ve Mühendislik Materyalleri Araştırma Merkezi)
<b>NISE</b>	: Nanoscale Informal STEM Education (Nanoölçeğin İnfomal STEM Eğitimi)
<b>UNAM</b>	: Ulusal Nanoteknoloji Araştırma Merkezi
<b>ODTÜ</b>	: Orta Doğu Teknik Üniversitesi
<b>ÇOMÜ</b>	: Çanakkale On Sekiz Mart Üniversitesi
<b>nm</b>	: Nanometre
<b>K20</b>	: Kuder Richardson Sabiti
<b>Dü</b>	: Maddeyi Üst Grupta Doğru Cevaplayanların Sayısı
<b>Da</b>	: Maddeyi Alt Grupta Doğru Cevaplayanların Sayısı
<b>Nü</b>	: Üst Gruptaki Öğrenci Sayısı
<b>Na</b>	: Alt Gruptaki Öğrenci Sayısı
<b>AFM</b>	: Atomic Force Microscopy (Atomik Kuvvet Mikroskobu)
<b>HR-TEM</b>	: High Resolution Electron Microscopy (Yüksek Çözünürlüklü Geçirimli Elektron Mikroskobu)
<b>K-12</b>	: İlk ve Ortaöğretimin Toplamı
<b>K-13</b>	: Üniversitenin İlk Yılı
<b>K-16</b>	: Dört Yıllık Üniversite Derecesi
<b>DPT</b>	: Devlet Planlama Teşkilatı
<b>HIV</b>	: Human Immunodeficiency Virus (İnsan Bağışıklık Yetmezliği Virüsü)
<b>OFMAE</b>	: Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi
<b>NNT</b>	: Nanobilim ve Nanoteknoloji

## ÖNSÖZ

Yüksek lisans serüvenine başlamama vesile olan en büyük teşekkürü oğlum Seçkin AKDENİZ'e borçluyum. Araştırmanın her aşamasında büyük desteğini gördüğüm ve yardım ve fikirlerini benden esirgemeyen Doç. Dr. Ruhan BENLİKAYA'ya, tezimi yazma sürecimde destek olan Kumru Erçalları Anadolu Lisesi Müdürü Adem ARUK' a ve saygı değer mesai arkadaşlarıma, yoğun ve stresli bir çalışma süreci sonunda ortaya çıkan bu araştırma süresince büyük sabır ve güvenle beni destekleyen başta eşim Selim AKDENİZ olmak üzere tüm aile fertlerime teşekkürü borç bilirim.

## 1. GİRİŞ

Bilim ve teknolojideki hızlı gelişmeler, toplumsal düzenin çoğu aşamasına yön vermekte ve yaşantımızın vazgeçilmez bir parçası olan eğitim ve eğitim kurumlarını etkilemektedir. İnsanoğlunun teknoloji ile tanışma geçmişi çok eski değildir. 18-19. yüzyılda tarımla uğraşan nüfusun büyük bir çoğunluğu köyden kente göç etmeye başlamıştır. Kentlerdeki hızlı nüfus artışı ile birlikte daha önce lüks olarak kabul edilen birçok tüketim malzemesi lüks olmaktan çıkıp ihtiyaç haline geldiğinde toplumun ihtiyacını karşılayamaz duruma gelmiştir. El makinaları ile üretimin ve insan gücünün ihtiyacı karşılayamaması sanayi devrimini kaçınılmaz hale getirmiştir [1]. Sanayi devrimi ile birlikte buhar makinalarının icadı sanayileşmeyi de beraberinde getirmiştir. Endüstrileşme süreci olarak da değerlendirilen, 1800'lü yılların başlarında başlayıp 1900'lü yılların ortalarına kadar süren bu dönemde gıda, tekstil ve ulaşım problemlerine çözüm aranmıştır. 1900'lü yılların ortalarından itibaren ise bilgisayar teknolojisinin geliştirilmesiyle bilişim süreci başlamıştır. 29 Aralık 1959 tarihinde California Teknoloji Enstitüsü Amerikan Fizik Derneği Toplantısı'nda fizikçi Richard Feynman'ın küçük ölçekleri kontrol etme gücünün insan zihniyle mümkün olabileceğine dair konuşması nanoteknoloji alanında ilk teorik öngörüdür [2] ve nanoteknolojinin keşfindeki en önemli kıvılcımdır. 1974 yılında Tokyo Bilim Üniversitesi'nden Norio Toniguchi tarafından 'nanoteknoloji' terimi ilk kez bir akademik bildiride kullanılmıştır [3]. Bu döneme kadar bilimsel araştırmalarda hâkim olan deterministik düşünce nanoteknoloji ile birlikte yerini stokastik düşünceye bırakmıştır. Yani sistem her zaman aynı sonucu vermez, sistemin gelecekteki konumu tahmin edilip olasılıklandırılır [4]. Bu durumun mümkün olabileceğine dair ilk senaryolar Dr. Eric Drexler tarafından ortaya atılmıştır. Atom ve moleküllerin tek tek hareketinin ve düzenlenmesinin mümkün olabileceğini düşünen Drexler, kitaplarında ve konuşmalarında sık sık nanoteknoloji yerine moleküler nanoteknolojiden ve nanoölçekteki cihazların öneminden bahsetmiştir. 1981'de taramalı tünelleme mikroskobunun (STM) Gerd Binnig ve Heinrich Röhrer tarafından keşfiyle nanobilim yaygınlaşmış ve bu alandaki çalışmalar hız kazanmıştır. Daha sonra 1986 yılında atomik kuvvet mikroskobu (AFM) keşfedilerek DNA nanoteknolojisine dair çalışmalar hız

kazanmıştır. 1990 yılından beri hükümetler nanobilimin gelişmesine ayrı bir bilim dalı olarak yatırım yapmaya başlamışlardır [5].

İnsanlık 60 yıl gibi bir sürede makro ve mikroölçekteki çalışmalarını nanoölçeğe taşıyarak, nanoteknolojiyi esas alan bir imalat sürecine geçiş yapmıştır [6]. Henüz bu kadar kısa bir geçmişi olan nanoteknolojinin, gelişiminin ilk basamaklarını yaşadığı söylenebilir. Bundan dolayı bu sahada çalışma fırsatı her toplum için vardır [1]. Nanoölçekte (1-100nm) olan sistemlerde olan değerler ve olaylarla ilgilenen nanobilim [5] ve bu ölçek aralığıdaki maddelerin davranışlarını kontrol edebilen nanoteknoloji insanoğlu için büyük ve gizemlerle dolu bir çalışma alanıdır. Keşfedilmeyi bekleyen bir hazine gibidir. Bu çalışma alanına yatırım yapan ülkelerin refah seviyelerindeki pozitif değişim gözden kaçmamalıdır. Her geçen gün daha hızlı, daha dayanıklı, daha hafif ve kullanışlı materyaller hayatımızda yerini almaktadır. Gelişmiş ve nanoteknoloji alanında lider olarak kabul edilen ülkelerin bu alanla ilgili politikaları ve yatırımları çok ciddi rakamlarla ifade edilmektedir. Yatırımların önemli bir kısmı da gelişmekte olan nanoteknoloji iş alanlarının gelecekteki ihtiyaçlarını karşılama yönündedir. Bu alandaki ihtiyacın hızlı bir şekilde karşılanması için nanobilim ve nanoteknoloji öğretiminin, örgün eğitimin farklı basamaklarına dâhil edilme ve bu konuda farkındalık oluşturma yönünde tüm dünyada önemli adımlar atılmaya başlanmıştır.

Gelişen ve değişen dünyada arzu edilen eğitimi yakalamak için 21.yy'da ortaya çıkan nanobilim ve nanoteknolojinin öğretimi bir ayrıcalık değil bir ihtiyaç hâline gelmiştir [7]. Nanobilim sadece laboratuvarlarda çalışılan bir bilim dalı olmaktan öteye geçip, yavaş yavaş yaşamımızın vazgeçilmezi haline gelmeye başlamıştır. Şeffaf güneş kremleri, akıllı cep telefonları, bilgisayarlar, kendi kendini temizleyen kumaşlar ve boyalar, nanobilim ve nanoteknolojinin ürünlerinden sadece bir kaçıdır. Bu çalışma alanına duyarsız kalmayıp toplumun bilgilendirilmesi kaçınılmaz hâle gelmektedir.

Nanobilim ve nanoteknoloji alanına yapılan yatırımlar ülke ekonomisine büyük katkı sağlamaktadır. Yeni gelişen bu alanda iş kollarının ve eleman ihtiyaçlarının çeşitli olarak giderek artması genç nesilleri motive edici ve işsizliği azaltacak bir unsur olarak refahı da beraberinde getirmektedir. Bu teknoloji ile ilgilenen ülkeler kadar nanobilim ve nanoteknolojiye yabancı olan pekçok ülke bulunmaktadır. Nanobilim ve nanoteknoloji araştırmalarıyla üretilmiş ürünlerin pazarlanması da ülkelere büyük gelir sağlamaktadır. Bu durum, geliri ve refah seviyesini de artırmaktadır. Savunma sanayiinde nanobilim ve nanoteknoloji ürünü silâhların geliştirilmesi onaylanmasa da ülkelerin bu alana iştahını kabartan başka bir unsur olmaktadır. Tüm bu sayılan nedenler ülkelerin ilgisini nanobilim ve nanoteknoloji alanına çekmeye yetmektedir. Henüz gelişmesinin başlangıç safhasında olan bu sahada çalışma yapma fırsatı her toplum için vardır. Nanoteknoloji alanında çalışmak Türkiye için kaçırılmayacak bir fırsattır [1].

Türkiye’de nanobilim ve nanoteknoloji okuryazarlığının kazandırılmasına dair çalışmalar lisansüstü seviyenin dışına çıkmamaktadır. Amerika gibi gelişmiş ülkelerde ise üniversitede nanobilim ve nanoteknoloji araştırma merkezleri araştırma çalışmalarını sürdürürken, bunun yanı sıra üniversite öncesinde nanobilim ve nanoteknoloji kavramlarının doğru ve kalıcı olarak kazandırılmasına katkıda bulunacak projeler yürütülmektedir [8]. Ülkemizde ise bazı özel okulların Avrupa Birliği Projesi kapsamında katıldıkları interaktif nanobilim ve nanoteknoloji eğitimi ile ilgili çalışmalar [9] haricinde başka bir proje ne yazık ki bulunmamaktadır.

Nanoölçekte materyaller bilinenden farklı özellikler göstermektedir. Bu ölçekte çalışmak bilim insanlarının o ölçekte ortaya çıkan eşsiz fiziksel, kimyasal, mekanik ve optik özelliklerden yararlanmalarını sağlar [10]. O hâlde nanoölçekte gerçekleşen olayların anlaşılması için Fizik, Kimya ve Biyoloji alanında yeterli ön bilgilere sahip olunması gerekmektedir. Nanobilim ve nanoteknoloji kavramlarının orta öğretim Fizik ve Kimya programlarında küçük bir bölüm altında bulunması bile öğretmenlerin bu alandaki donanımlarının tam olması için bir gerekçe teşkil etmektedir.

Gelişmiş ülkelerde olduğu gibi nanobilimin entegre edildiği eğitim programlarındaki nanobilim ve nanoteknoloji kavramları öğretmenler tarafından aktarılacağı için ilk çalışmalar öğretmenler üzerinde yapılmalıdır. Öğretmenler

aldıkları eğitim sonucunda nanoteknoloji nasıl çalışır, nereden gelir, niçin kullanılır sorularına cevap verebilecek yeterlilikte olmalıdır [11].

## 1.1 Çalışmanın Amacı ve Önemi

Nanobilim ve nanoteknoloji eğitiminin önemi ve özellikle ortaöğretim düzeyindeki gerekliliği her geçen gün artarken, dünyadaki pek çok ülke ile karşılaştırıldığında, Türkiye’de yapılan nanobilim eğitimi çalışmalarının henüz yeterli düzeyde olmadığı, bu alanda gerek okul dışı gerekse öğretim programları kapsamında yürütülecek çalışmalara gereksinim olduğu görülmektedir [12]. Nanobilim, okul çağındaki öğrencilere fen eğitiminde derece derece ve deneme niteliğinde tanıtıltılmaya başlanmalıdır [13].

Öğrencilerde nanobilim ve nanoteknoloji farkındalığını oluşturmak için nitelikli fen alanları öğretmenlerinin yetiştirilmesi gerekmektedir. Yurt dışında daha önce bahsedilen birçok ülkede, nanobilim ve nanoteknoloji kavramlarının disiplinler arası dağıtılmış amaca uygun eğitim programlarının hazırlanması için birçok kuruluş oluşturulmuş, bunlar için de büyük bütçeler ayrılmıştır. Dünyada yeni keşfedilmeye başlamış ancak çok hızlı ilerleyen bu çalışma alanının yakalanması ve genç neslin bu alana yabancı kalmaması gerekmektedir. Evlerimizdeki elektronik eşyalar, tekstil, savunma sektörü, iletişim, tıp ve daha pek çok alanda nanobilim ve nanoteknoloji hayatımıza dâhil olmuştur ve olmaya devam edecektir. Bu noktada öğrencilerin merak ettikleri soruları soracağı ilk kaynak öğretmenler olacaktır. Geleceğin birçok çalışma alanı nanobilim okuryazarlığını gerektirecektir. Alanında uzman nanobilim okuryazarlığını kazanmış bir öğretmenin vereceği bilgiler öğrencileri geleceğin mesleklerine hazırlamada ilk adımı oluşturacaktır.

Kalıcı bir nanobilim eğitimi için Fizik, Kimya, Biyoloji ve Fen Bilgisi öğretmenliği programlarında öncelikli olmak üzere disiplinler arası nanobilim ve nanoteknoloji öğretimine dair taslak programlar oluşturulup uygulanması gerekmektedir. Öğretmenlere nanobilim okuryazarlığının kazandırılması için öğretmen adaylarının hazır bulunuşluk seviyeleri önem taşımaktadır. Nanobilim ve nanoteknoloji kavramlarını derslere dâhil eden disiplinler arası bir eğitimde yurt dışındaki ilgili fon ve çalışma gruplarının araştırmalarında olduğu gibi [14]



öğrencilerin bu kavramları anlama düzeylerinin tespit edilmesi gerekmektedir. Çünkü bireyin bilişsel yapısının temel yapı taşlarını oluşturan ve tüm düşünme becerilerinin temelinde yer alan kavramların ne olduğunun bilinmesi, anlamlı ve kalıcı bir öğrenmenin gerçekleşmesi [15] ve öğretimin nasıl düzenlenmesi gerektiğine fikir vermesi açısından önemlidir.

Hızla ilerlemekte olan bu alanda eğitim, mühendislik, tıp gibi birçok alanda nanobilim okuyuzarlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu ihtiyaç gün geçtikçe daha da artacaktır. Çalışmada hazırlanacak testin nanobilimin farklı disiplinleri içinde barındıran doğası nedeniyle başka lisans programlarında da kullanılabilir bir niteliğe sahip olacağı düşünülmektedir. Nanobilim ve nanoteknolojiyi eğitimlerine dâhil eden her bilim dalında yetiştirilecek bireylerin öğretim koşulları düzenlenirken öğrencilerin nanobilim ve nanoteknoloji ile ilgili ön bilgilerinin ve mevcut kavram yanılgılarının ortaya çıkarılması gerekmektedir. Çünkü yanlış anlamalarının tespiti anlamlı öğrenmenin sağlanması için gerekli yöntem ve araçların düzenlenmesine katkı sağlayacaktır [16]. Bu nedenle geliştirilecek testin nanobilimin öğretiminde yol göstereceği ve bu öğretimin kalitesini arttırmaya yardımcı olacağı düşünülmektedir.

## **1.2 Problem Cümlesi**

Fen alanlarındaki öğretmen adaylarının nanobilimle ilgili kavramsal anlamalarını belirlemede kullanılabilecek çoktan seçmeli sorulardan oluşan geçerli ve güvenilir bir 'Nanobilim Kavram Testi' nasıl geliştirilebilir?

## **1.3 Alt Problemler**

Çalışmanın ana problemi çerçevesinde aşağıda yer alan alt problemlere de cevap aranacaktır:

1. Büyüklük ve ölçek, nanoölçekte büyüklüğe bağlı değişen özellikler ve yüzey alanı etkisi ve etkileşimler konularının kazanımlarına uygun yazılmış çoktan seçmeli test maddeleri nasıl geliştirilebilir?
2. Çoktan seçmeli testte yer alan her bir maddenin, madde güçlük indeksi ve madde ayırt edicilik indeksi değerleri nedir?

3. Çoktan seçmeli test için madde güçlük indeksi ortalaması ve madde ayırt edicilik indeksi ortalaması nedir?
4. Geliştirilen testin güvenirlik katsayısı (Kuder-Richardson-20) nedir?

#### 1.4 Tanımlar

Nanobilim: Nanoölçekte (1-100 nm) olan sistemlerde olan değerler ve olaylarla ilgilenen bir bilimdir [5].

Nanoteknoloji: 1-100 nm ölçek aralığındaki maddelerin davranışlarını anlayıp kontrol edebilen bir çalışma alanıdır.

Kavramsal Anlama Testi: Kavramlara dair ön kavramların ve bu kavramlara ilişkin görüşlerin tespitinde kullanılan testtir [17].

Güvenirlik: Yapılan ölçme sonuçlarının tesadüfi hatalardan arınık olma derecesidir [18].

Güçlük İndeksi: Madde güçlük indeksi bir maddeyi doğru yanıtlayanların testi alanların tümünün sayısına bölümüdür [18].

Ayırt edicilik indeksi: Madde ile ölçülmesi beklenen özelliğe sahip olan ve olmayanları ayırt edebilmesi özelliğine sahip indekstir [19].

Cevap Kesinlik İndeksi: Verilen cevaptan emin olma derecesini gösteren indekstir.[20].

Mikroölçek: 1-100 µm büyüklük aralığına denir [21].

Makroölçek: Gözün görebildiği büyüklük aralığıdır [21].

Nanoölçek: 1-100 nm büyüklük aralığına denir [22].

## **1.5 Sayıtlar**

Araştırmaya katılan Fen alanları öğretmen adaylarının soruları samimi bir şekilde yanıtladıkları varsayılmaktadır.

## **1.6 Çalışmanın Kapsam ve Sınırlılıkları**

1. Nanobilim Kavramsal Anlama Testi, büyüklük ve ölçek, nanoölçekte büyüklüğe bağlı değişen özellikler ve yüzey alanı etkisi ve etkileşimler konularını içermektedir.

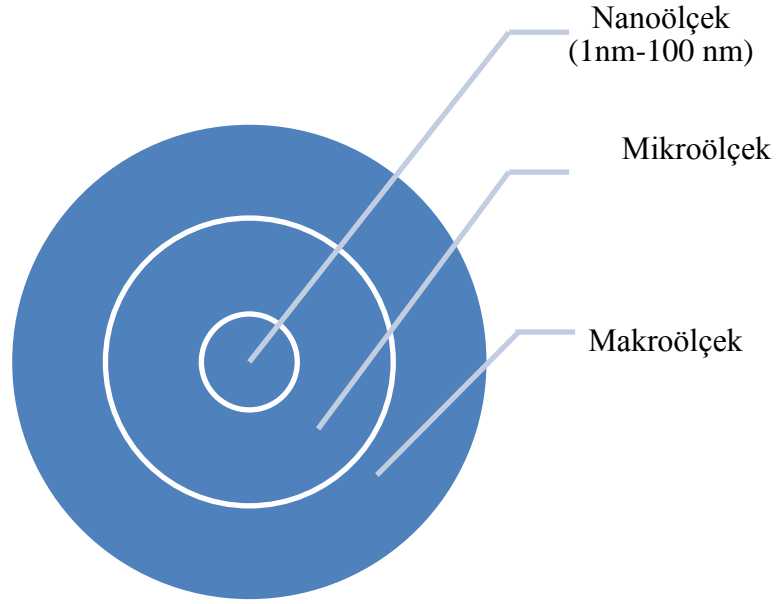
2. 2014-2015, 2015-2016 ve 2016-2017 yılları arasında Balıkesir Üniversitesi Necatibey Eğitim Fakültesi Fizik, Kimya, Biyoloji öğretmenliği programlarında öğrenim gören öğretmen adayları ve formasyon alan Fizik, Kimya ve Biyoloji Bölümü mezunları/öğrencileri ile sınırlıdır.

## 2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

### 2.1 Nanoölçek

Nano Yunancada “cüce” anlamına gelmekte olup, bir birim ön ekidir [3] ve bir fiziksel büyüklüğün bir milyarda biri yani  $10^{-9}$  katı anlamına gelir [6]. Nano ön eki zaman, kütle, hacim, alan, frekans, uzunluk vb. gibi birimlerin hepsinde kullanılabilir. Örneğin nano dakika, dakikanın milyarda birini ifade etmektedir.

Nanoölçek ise 1-100 nm aralığını içine almaktadır. Yani minimum 2 veya 3 atomlu yapılardan yüzler düzeyine taşınan atom sayısını içeren bir ölçektir. Bu durumda nanobilimin çalışma alanı 1-100 nm aralığındaki sistemlerin davranışları olarak tanımlanabilmektedir [22]. Şekil 2.1’de de görüldüğü [21] gibi makroölçek en büyük aralığa sahiptir ve çıplak gözle görülmektedir. Mikroölçekli sistemler daha çok optik (ışık) mikroskopla izlenirken, nanoölçekteki sistemlerin özelliklerinin incelenmesi için ise STM, AFM ya da yüksek çözünürlüklü geçirimli elektron mikroskobu (HR-TEM) kullanılmaktadır. Bu ölçek yeni değildir ancak bu ölçekte atom ve moleküllerin gözlemlenmesi yenidir [11, 23, 10]. Nanoölçek, teknoloji ve bilimde yeni âletlerin öne çıktığı disiplinler arası önemli bir alandır.



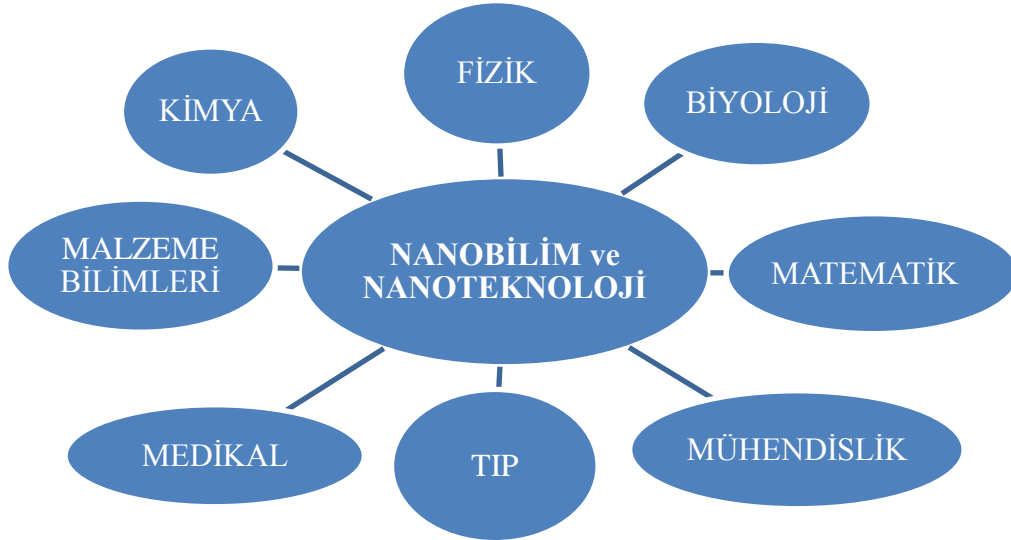
**Şekil 2.1:** Makro, mikro ve nanoölçek ilişkileri

Nanoölçekte materyallerin daha büyük bir yüzey alanına sahip olması etrafındaki materyallerle daha güçlü etkileşime girmesini sağlamaktadır. Parçacıklar nanoölçekte makroölçekteki fizik kuralları ile düzenlenen davranışlardan farklı kuantum davranışlar sergilemektedirler [11]. Temel olarak bu nedenlerden dolayı nanoölçekte materyaller farklı özellikler göstermektedir [10]. Bazı materyaller ölçükleri değişince ısı ve elektriği daha iyi iletme, bazıları daha sağlam bazıları farklı manyetik özellikler göstermekte, bazıları ise renk değiştirmektedir [11]. Örneğin altın elementi makroölçekte sarı renk iken, nanoölçeğe inildiğinde büyüklüğe bağlı olarak kırmızı renginde içinde olduğu farklı renkleri göstermektedir. Ayrıca altın makroölçekte soymetal olarak bilinirken, nanoölçekte birçok tepkimeyi katalizler. Silisyum makroölçekte yalıtkan iken, nanoölçekte iletkendir. Nanoölçekte maddenin bu özelliklerinin yanı sıra fiziksel özellikleri (renk, erime noktası...) ve reaktivitesi de makroölçeğe göre büyük değişiklik göstermektedir. Nanoölçekte çalışmak bilim insanların o ölçekte ortaya çıkan eşsiz fiziksel, kimyasal, mekanik ve optik özelliklerden yararlanmalarını sağlar [10]. O halde nanoölçekte gerçekleşen olayların anlaşılması için Fizik, Kimya ve Biyoloji alanlarında yeterli ön bilgilere sahip olunması gerekmektedir.

## 2.2 Nanobilim ve Nanoteknoloji

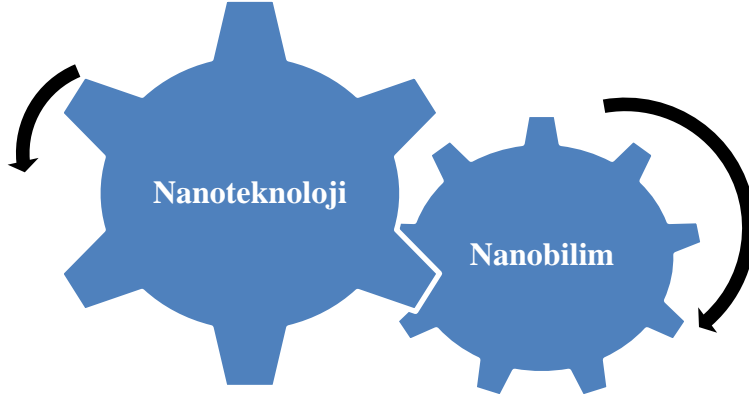
Köksal ve Köseoğlu'na [5] göre nanobilim, nanoölçekte olan sistemlerde olan değerler ve olaylarla ilgilenen bir bilimdir. Nanobilimin amacı nanoölçekte gerçekleşen olayların makroölçekte gerçekleşen olaylardan farkını inceleyip nasıl gerçekleştiğine dair bilimsel yorumlar ortaya koymaktır.

Nanoteknoloji, mühendislik ve kimyayı birleştiren hibrit bir bilim olarak da tanımlanmaktadır [14]. NNI (Ulusal Nanoteknoloji Teşebbüsü) ise nanoteknolojiyi yaklaşık olarak 1-100 nm ölçek aralığındaki maddelerin davranışlarını anlayıp kontrol edebilen bir çalışma alanı olarak tanımlamaktadır. Erkoç [1]'a göre ise nanoteknoloji, nanoölçek ebatlardaki yapıların bileşenlerinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri değişen malzeme ve sistemlerle ilgilenmektedir. Makroölçekteki sistemlerin özelliklerini açıklayan olgular, nanoölçekteki sistemlerin özelliklerindeki değişimleri açıklamada yetersiz kalmaktadır. Şekil 2.2'de görüldüğü gibi günümüzde nanobilim ve nanoteknoloji araştırmaları birçok çalışma alanını içine almaktadır [24]. Bu durumda nanoteknoloji farklı çalışma alanları arasındaki ilişkileri anlamaya yardımcı olarak disiplinler arasında bağlantı kurmayı sağlar [25].



Şekil 2.2: Nanobilim ve nanoteknolojinin ilişkili olduğu çalışma alanları.

Nanobilim ve nanoteknoloji arasında önemli bir etkileşim vardır. Nanobilim ve nanoteknoloji birbirinden ayrılamaz [26]. Yani teknolojinin ilerlemesi için alan bazında bilimsel bilgilerin bilinmesi gerekmektedir. Bu ifadeye göre nanoteknoloji alanında ilerlemenin ön koşulu nanobilimin bilinmeyenlerinin keşfedilmesidir. Şekil 2.3'de görüldüğü gibi nanobilim ve nanoteknoloji dişli çarklar gibi birbirine geçmiştir. Her ikisinin de deviniminin devam etmesi için birbirine ihtiyacı vardır.



**Şekil 2.3:** Nanobilim ve nanoteknolojinin birbiriyle ilişkileri.

Nanobilim ve nanoteknoloji kaynaklı ürünler sağlık, iletişim, gıda, savunma alanı gibi birçok alanda karşımıza çıkmaktadır. Günümüzde de tıpta, kanser teşhis ilaçlarından, doku mühendisliğinde yapay dokuların ve liflerin üretilmesi çalışmalarına ve uzay teknolojisinde uzaya gönderilen araçların yakıt depolama ve orada kalabilmeleri için yeterli teknik donanıma sahip olma gibi bir çok alanda da nanoteknolojinin nimetlerinden faydalanılmaktadır [6]. Bu teknolojinin ilerlemesi, faydaları ve getirileri (olumlu veya olumsuz) tüm dünyayı ilgilendirmektedir. Nanoteknolojinin başarısı da dünyada geniş çaptaki nanoteknoloji eğitimine bağlıdır [3]. Önümüzdeki yirmi yıl içerisinde nanoteknolojiye dayalı iş ve yaşam tarzının hayatımızda köklü değişikliklere yol açacağı ön görülmektedir [27].

### **2.3 Nano-okuryazarlık**

1950'li yılların sonlarında kullanılmaya başlayan bilim okuryazarlığı [28] sivil ve kültürel işlere katılım ve ekonomik üretim için karar alınırken bilimsel

kavramların bilinip, bilimsel süreçlerin işleyişini bilme ve anlama olarak tanımlanmaktadır. Bilim okuryazarlığının temelinde herhangi bir konuyla ilgili bir bilgiye neden ihtiyaç duyulur ve bu bilgi nasıl geliştirilebilir sorusu yatmaktadır [29]. Bilimsel bilginin kullanılması ve ihtiyaç alanlarının sorgulanması için insanların bilim ve yeni teknoloji alanında bilgilendirilmesi gerekmektedir [30].

Yeni teknolojiler genelde güncel bilimsel anlayışı genişletir ve yeni bilimsel araştırma alanları ortaya çıkarır [31]. Günümüzün bilimsel araştırma alanlarının gözdesi nanoteknoloji olduğu için bilim okuryazarlığını bir adım daha ileri taşıyarak nano-okuryazarlık kavramı ortaya çıkmıştır [11].

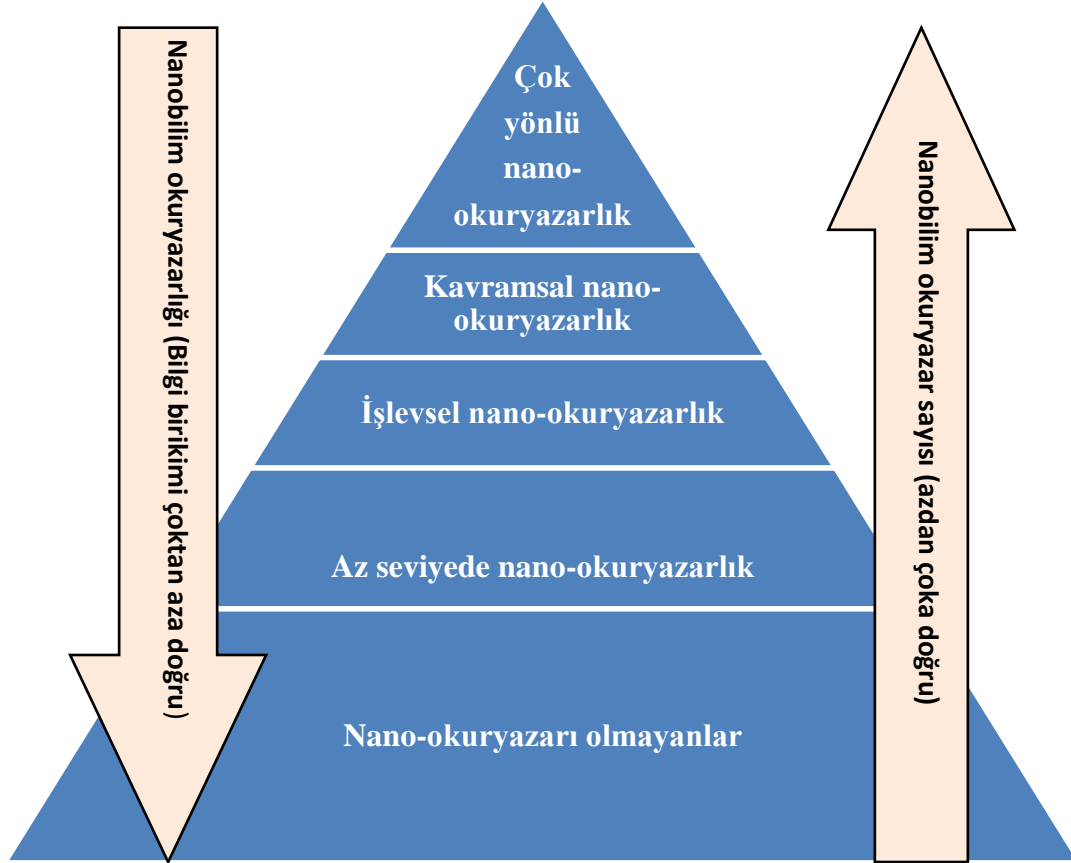
Nano-okuryazarlık, nanoölçekte maddenin yapısı, maddenin özelliklerinin ve çeşitli şartlar altında, maddenin davranışlarının ve bu ölçekte sistemlerin yapacakları etkileşimleri anlamayı gerektirmenin yanı sıra [32], nanoölçekteki sistemlerin davranışlarını anlamak, kavramak ve ötesinde fayda ve zararlarını da değerlendirmeyi gerektirir [33]. Nano-okuryazarlığın da kademeleri vardır. Herkes nano-okuryazarı olabilir, ancak bu okuryazarlığın derecesi önemlidir. Bybee (1997)'ın bilim okuryazarlığı için yaptığı sınıflandırmadan yola çıkarak Ben-Zvi ve Hofstain [34] çalışmalarında nano-okuryazarlığın seviyelerini günümüzdeki sosyal yapıya göre 5 ana grup altında toplamıştır (Şekil 2.4):

1. Nano-okuryazarı olmayanlar: Alan ile ilgili sorulara doğru yanıt veremeyenler bu gruba girmektedir.
2. Az seviyeli nano-okuryazarlık: Bu grup bazı bilgileri yanlış anlamalara dayalı olanları içermektedir.
3. İşlevsel nano-okuryazarlık: Alanındaki belirli aralıktaki soruları cevaplandırabilenler bu grupta yer almaktadırlar.
4. Kavramsal nano-okuryazarlık: Kavramlarla ilgili anlayışlarına dair belirli şemalar oluşturmuşlardır.
5. Çok yönlü nano-okuryazarlık: Bu grup, alanındaki bilgilere hâkim olanları kapsamaktadır.

Şekil 2.4'te nano-okuryazarlığın seviyeleri yer almaktadır. Bu şekilden görüldüğü gibi çok yönlü nano-okuryazarlarının sayısı çok az olmasına rağmen nano-okuryazarı olmayanların sayıları oldukça fazladır. Teknoloji eğitimine ve

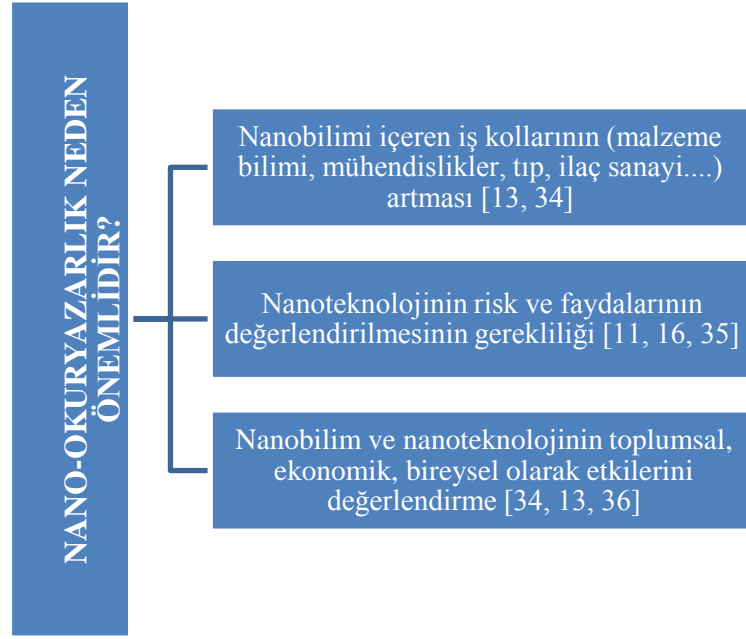


gelişimine önem veren toplumlarda bu piramitteki taban kısmında çok yönlü ve işlevsel nano-okuryazarları olup, piramitte daralan kısmın ise nano-okuryazarı olmayanlar ve sözde nanobilim okuryazarlarından oluşması gerekmektedir. Nanobilimle ilgili çalışmaların ivme kazanması ve halkın nanoteknolojinin fayda ve zararları ile ilgili bir farkındalığa sahip olması için nano-okuryazarı olmayanların sayısı azalırken, çok yönlü nano-okuryazarların sayıları artırılmalıdır [11, 13].



**Şekil 2.3:** Nano-okuryazarlığın seviyeleri

Nano-okuryazarlığın neden bu kadar önemli olduğu Şekil 2.4'te özetlenmiştir. Teknoloji bu hızla ilerlemeye devam ederse, hayatımızda nanoteknoloji ürünü olup lüks olmaktan çıkıp zorunluluk hâline gelen nesnelerin sayısı artacağı için, bir gün herkes en az kavramsal nano-okuryazarı olacaktır. Bu durum 30 yıl önce bilgisayar teknolojisine yabancı iken, günümüzde bilgisayarların gündelik hayatın vazgeçilmezi hâline gelmesi ile birlikte bilgisayar teknolojisinin işlevsel bir şekilde kullanılmasına benzetilebilir.



Şekil 2.4: Nano-okuryazarlığın önemi

### 2.3.1 Nano-okuryazarlığının Geliştirilmesi

Nanoteknolojik uygulamaların yer aldığı yüksek endüstrileşmenin nanobilim alanındaki eğitimsel araştırma ve geliştirme programlarını zorunluluk hâline getirmesi [35] nanobilim ve nanoteknoloji araştırmalarındaki iş gücünün sağlanması için bazı acil önlemler almayı gerekli kılmıştır. Bu bağlamda dünyada nanoteknoloji alanındaki yetişmiş personel ihtiyacının karşılanması için ilk etapta lisans ve lisansüstü düzeyinde eğitime öncelik verilmiştir. Yani ilk etapta nanobilim okuryazarlığı yukarıdan aşağıya metodu ile geliştirilmeye çalışılmıştır [3, 36, 37]. Ancak gelecekteki nanobilim ve nanoteknolojinin sosyal ve ekonomik etkileri nano-okuryazarlığa ve nanoölçekle ilgilenen iş alanlarına rağbeti artıracığı için [38] üniversite sonrası tercih edilen nanobilim eğitiminin kısa vadede çözüm olduğunun farkına varan ABD, Çin, Almanya, Kuzey Kore, Fransa, Avustralya, Japonya, İngiltere ve Mısır gibi birçok ülkede vakit kaybetmeden nano kavramının ortaöğretim programlarına dâhil olması gerekliliği tespit edilmiştir [38]. Bu amaçla ilgili olan çalışmaları günümüzde de sürdürmeye devam etmektedir. Geleceğin nano okuryazar ihtiyacının karşılanıp halkın bu konu hakkında bilgilendirilmesi için aşağıdan yukarı metoduna hız verilmiştir. Bilim okuryazarlığının ilk tohumlarının okul yıllarında atılıp zihinde yer bulması [34, 39] mantığı göz önünde

bulundurularak, ilköğretim seviyesinden itibaren öğrencilerin nano kavramı ile tanıştırılması [40, 37] ve her seviyede nanoeğitimin verilmesiyle nanobilim ve nanoteknoloji eğitiminde istenen ilerlemenin sağlanabileceği [41] düşünülmektedir.

Bilimsel ve teknolojik gelişmeleri içeren yeni eğitim programları sayesinde [42] uzun vadede yeterli nano-okuryazarı ihtiyacının karşılanabileceği düşünülmektedir. Nano-okuryazarlığı formal (plânlı ve okul ortamında) ve informal (gazete, dergi, film...) eğitimlerle arttırılabilir. Formal bir eğitimle nano okuryazarlarının sayısını bir ülkede arttırmak için gereken şartlar Şekil 2.5’de gösterilmektedir [39]. Bir toplumdaki nano okuryazarların sayısının arttırılması bireysel girişimlerle çok zor iken, nanobilim ve nanoteknoloji öğretiminin bazı ülkelerdeki gibi ortaöğretim [43] ve hatta ilköğretimden üniversiteye bir bütün olarak değerlendirilip [44] üniversitelerle iş birliği içerisinde yürütülmesi ile mümkün olabilir.



**Şekil 2.5:** Nano-okuryazarlığın seviyesini arttıran etmenler.

Devlet teşviğiyle nano okuryazarlarının arttırılması için fonlar kurulup eğitimin birbirini tamamlayıcı bütünleyici ilkeleri göz önünde bulundurularak yeni eğitim programlarının oluşturulup, üniversitelerle üniversite öncesi nanobilim eğitimi arasında işbirliği içerisinde düzenlenmiş, gelişimi her gün devam eden eğitimle bu alandaki başarı da kaçınılmaz olur. Dünyada nano-okuryazarların sayılarının

artırılması için yapılmış çalışmalara bakıldığında, bu çalışmaların aşağıda verildiği gibi 4 başlık altında toplanabileceği görülmüştür:

1. Nano kavramının verilmesi gereken eğitim seviyesinin tespiti ve konuların belirlenmesi [16].
2. Eğitim programlarına nanobilimin entegrasyonu [16, 44].
3. Öğretmenler için eğitim seminerlerinin planlanması ve verilmesi [45, 46].
4. Derslerde kullanılacak materyallerin tasarlanması ve uygulanması [45, 46].

Programlardaki yeniliklerin uygulayıcısı olarak eğitimin merkezinde bulunan öğretmenlerin [34] bu alanda yetiştirilmesi, öğrencilerdeki nanobilim ve nanoteknoloji eğitiminin başarısını daha da arttıracaktır. Çünkü kavramları iyi bilen bir öğretmen öğrenciye kavramın öğretilmesinde farklı teknik ve yöntemleri yerinde uygulayabilir.

#### **2.4 Dünyada Nanobilim Eğitimi**

Dünyada ekonomi ve toplumu önemli ölçüde etkileyen ve hızla gelişen nanobilim ve nanoteknolojinin farklı seviyelerdeki eğitimi zorunlu kılması [34] belirli başlı ülkeleri nanobilim eğitimi konusunda reformlara yöneltmiştir. Bu bağlamda ABD’de 2000’li yılların başında NNI (Ulusal Nanoteknoloji Girişimi) çalışmaları başlamıştır. NNI’nın kuruluş amacı, maddeyi nanoölçekte anlamak, kontrol etmek ve toplum yararına uygulamalar geliştirmektir. NNI’nın eğitsel çabaları, genel halkın nanobilim ve nanoteknoloji alanındaki eğitimi ve farkındalığından, nanobilim ve nanoteknoloji kavramlarını içine alan resmi ders planlarına ve yüksek lisans ve doktora gibi derece programlarına kadar eğitimsel faaliyetlerin tümünü kapsamaktadır [47]. NNI çalışmalarının ardından NSF (Ulusal Bilim Fonu) oluşturulmuştur. Bu fon nanobilim eğitimini düzenlemek adına yapılan çalışmaları desteklemektedir. ABD, Çin, Avustralya, Japonya, Hindistan, Finlandiya, Almanya, Hollanda, Kore, Tayvan, Rusya gibi ülkelerde nanobilim ve nanoteknoloji kavramlarının öğretiminin anlamlı ve kalıcı olmasının nanobilim okuryazarlarının sayısını arttırmadaki önemi fark edilmiştir. Bu farkındalık sayesinde eğitim sistemlerinde klasik programın dışına çıkmak için çalışmalar sürdürülmektedir [8]. Bu konuyla ilgili çalıştaylarda ele alınan başlıklar, hangi yaş aralığında nano

kavramının verilmeye başlanması, verilmesi gereken konu başlıklarının tespiti, konuların hangi ders kapsamında ve konu aralığında verileceği ve kullanılacak ders materyallerinin geliştirilmesi olarak sıralanabilmektedir.

2006-2007 yılları arasında NSF desteğiyle nanobilim ve nanoteknolojinin üniversite öncesi eğitim programlarına dâhil edilmesine dair soruları ortadan kaldırmayı amaçlayan üç çalıştay düzenlenmiştir [38].

1. Çalıştay: Haziran 2006'da yapılmış olup, bu workshopta nanobilim ve nanoteknolojinin eğitim programlarına dâhil edilmesinin gerekliliği ve önemi üzerinde durulmuştur. 33 bilim adamı ve fen eğitimcisinin katılımıyla gerçekleşen çalışmada nanobilim ve nanoteknolojiye ait kavramların K-7 ve K-12 seviyesinde fen programına yerleştirilmesi üzerine çalışılmıştır.

2. Çalıştay: Ağustos 2006'da düzenlenmiştir. Bilim adamları ve eğitimciler K-13 ve K-16 öğrencilerine uygun olarak Big Ideas (Büyük fikirler) projesi kapsamını tanımlamak için çalışmışlardır.

3. Çalıştay: Kasım 2006'da ise NCLT (Nanoölçek Bilimi ve Mühendisliği Öğrenme Öğretme Merkezi) toplantısında katılımcılar uyumlu bir şekilde iki oturumda çalışmışlardır. Beyin fırtınası yapıp fikir birliği ile Büyük Fikirler projesi zenginleştirilmiş ve öğretilecek noktaların programlara entegrasyonuna dair bulgular elde edilmiştir. Sonuçlar Ocak 2007'de NSF çalıştayında sunulmuştur. 2006 yılında Ulusal Fen Eğitimi Araştırmaları Topluluğu (NARST) Konferansı yapılmıştır. Bu konferansta nanobilim ve nanoteknoloji kavramlarından verilmesi gereken aşağıdaki 9 ana başlık oluşturulmuştur [29, 38, 44].

1. Büyüklük ve ölçek
2. Maddenin yapısı
3. Yüzey alanı ve etkileşimler
4. Kuantum etkisi
5. Büyüklüğe bağlı değişen özellikler
6. Kendi kendine düzenlenme
7. Aletler ve cihazlar
8. Model ve simülasyonlar
9. Bilim, teknoloji ve toplum.

Takip eden süre içerisinde ilerinde Wisconsin-Madison, North Western, Albany, Colombia, Harvard niversiteleri gibi tanınmış üniversitelerinin de yer aldığı 22 niversite kapsamında *nanoölçek ve mühendisliği* bölümleri faaliyete geçirilmiştir. Bu niversitelerde sadece yeni ürünlerin keşfi ya da nanobilim ve nanoteknolojinin teorik kısımları ile uğraşılmamakta, aynı zamanda nanobilim ve nanoteknolojinin, niversite öncesi ğrencilerine (K-12) en verimli şekilde öğretilmesi için eğitimcilerle ve okullarla iş birliği içerisinde çalışılmaktadır. Bu kapsamda yapılan çalışmalar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1. İnfomal eğitim ile formal eğitimi desteklemek için öğrencilere yönelik online olarak kullanabilecekleri farklı yaş grupları için konu ile ilgili kavramların ve ilişkilerin anlaşılabilmesi için oyunlar tasarlanmıştır [8].
2. Öğretmenlerin ve öğrencilerin kullanımına açık Big Things From a Tiny World (Küçük Dünyadan Büyük şeyler) [11], NNI (Ulusal Nanoteknoloji Altyapı Ağı), NISE (Nanoölçek İnfomal STEM Eğitimi) gibi web siteleri oluşturulmuştur [8]. Bu web sitelerinde nanobilim ve nanoteknoloji kavramları öğretilirken/öğrenilirken kullanılabilir öğretici videolar, ders materyalleri ve ders plânları yer almaktadır.
3. Öğretmenler için öğretici ve geliştirici kurslar ve kamplar düzenlenmiştir. Bu kurslar öğretmenleri çalışmaya yöneltecek ve öğrenme zorunluluğu oluşturabilecek düzeydedir. Örneğin, Colombia niversitesi'nde, 1999 yılından itibaren her yaz öğretmenler için 10 haftalık bir yaz sempozyumu düzenlenmiştir. Bu sürede Columbia MRSEC'de (Fen ve Mühendislik Materyalleri Araştırma Merkezi) bir laboratuvar asistanı gzetmenliğinde öğretmenler iki hafta peşpeşe artan bilgilerini kullanarak çalışmışlardır. Pazartesi günleri diğer öğretmenler ve profesyonel fenciler ve eğitimcilerle bir araya gelip çalışmalarına dair kritik yapmışlardır. Birinci yılın sonunda poster sunum ile çalışmalarını sunarken, ikinci yıl sonunda sözlü sunumla çalışmalarını sunmuşlardır [8].
4. 2008 yılında Güney Finlandiya'da Helsinki Teknoloji Üniversitesi Fizik bölümü katkılarıyla ortaöğretim düzeyindeki tüm okulların fen bilimleri öğretmenlerine 5 günlük nanobilim ve nanoteknoloji kursu verilmiştir. Bu kursta sunumların yanı sıra laboratuvar ve araştırma merkezi ziyaretleri de yer almaktadır [34].

5. Gözün görebileceğinden küçük bir aralığı incelediği için nanoölçekte öğrencilerin sistemlerde meydana gelen değişimleri hayal etmeleri oldukça güç olmaktadır. Öğrencilerin daha kalıcı ve hatalı öğrenmeden uzak bir nanobilim okuryazarlığına sahip olabilmeleri için uygun ders materyalleri tasarlanmıştır. Bu materyallerin derslerde kullanımına dair Nanosense ve Nano Leap gibi projeler hazırlanmıştır [45]. Materyalleri sınıflarında kullanan öğretmenlerden gelen değerlendirmeler ışığında materyal geliştirmeye devam edilmektedir.
6. Öğrenciler için yerinde görme ve öğrenme olanakları oluşturulmuştur. Bu kapsamda üniversitelerin nanobilim ve nanoteknoloji mühendisliği ve araştırma merkezlerine geziler düzenlenip, geleceğin bu alanda çalışacak mühendis ve araştırmacısı olacak öğrencilere güdülenmelerini sağlamak amacıyla laboratuvardaki malzemelerle ve âletlerle uzmanların yardımıyla tanışma olanakları sağlanmıştır. Şüphesiz bu değişime ve ilerlemeye birçok ülke duyarsız kalmamıştır. Pek çok ülke yüksek performanslı yeni materyallerden yapılmış ince aygıtların üretilmesi gibi yeni teknolojileri geliştirmeye dair bir değişimle ilgilenmekte iken [30], nanoteknolojinin öğretilmesine de çok ciddi yatırımlar yapmaktadır [8].

## **2.5 Türkiye’de Nanobilim Eğitimi**

Yeni teknoloji alanlarının ülkelerin stratejik plânları kapsamına alınması ülke kalkınması için büyük önem taşımaktadır. Nanobilim ve nanoteknoloji alanına yapılan yatırımlar ülke ekonomisine büyük katkı sağlamaktadır. Yeni gelişen bu alanda iş kollarının ve eleman ihtiyaçlarının çeşitli olarak giderek artması genç nesilleri motive edici ve işsizliği azaltacak bir unsur olarak refahı da beraberinde getirmektedir. Bu teknoloji ile ilgilenen ülkeler kadar nanobilim ve nanoteknolojiye yabancı olan pekçok ülke bulunmaktadır. Nanobilim ve nanoteknoloji araştırmalarıyla üretilmiş ürünlerin pazarlanması da ülkelere büyük gelir sağlamaktadır.

Türkiye’de nanobilim ve nanoteknolojiye duyarsız kalmama adına 2000’li yılların başında Vizyon 2023 Strateji Belgesi [48] ile nanoteknolojinin gerekli ve

öncelikli teknolojik faaliyet alanlarından biri sayılması öngörülmüştür. Devlet Plânlama Teşkilatı (DPT) tarafından 2006 yılında yayımlanan 9. Kalkınma Planı'nda 2007-2013 yıllarını kapsayan bir dönem için geleceğe yönelik teknolojiler olarak tespit edilen biyoteknoloji ve nanoteknolojinin öncelikli alan olarak destekleneceği öngörülmüştür [49]. 2005 yılında devlet desteğiyle Bilkent Üniversitesi bünyesinde büyük bir yatırımla kurulan UNAM (Ulusal Nanoteknoloji Araştırma Merkezi) Türkiye'nin ilk nanobilim ve nanoteknoloji araştırma merkezi, lisansüstü eğitim seviyesinde hizmet vermektedir. Ancak bu merkezde çoğunlukla endüstriyel ağırlıklı ürünlerin geliştirilmesi çalışmaları sürdürülmektedir. Vakıf ve devlet üniversiteleri tarafından başlatılan lisans ve lisansüstü seviyesindeki çalışmalar da nanoteknoloji alanında atılan ilk adımları oluşturmaktadır [6]. 2014 yılı itibari ile ODTÜ, Bilkent Üniversitesi, Sabancı Üniversitesi, Anadolu Üniversitesi, ÇOMÜ ve Ege Üniversitesi'nin de içinde bulunduğu farklı üniversitelerde nanoteknoloji alanı ile ilgili yüksek lisans ve doktora programları yer almaktadır.

Ülkemizde üniversite öncesi öğrencilere nanobilim ve nanoteknoloji kavramlarının kazandırılmasını destekleyen bir fon ve organizasyon bulunmamaktadır. Türkiye'de bir plân ve program dâhilinde nanobilim ve nanoteknoloji kavramlarının öğretiminin üniversite öncesinde bulunmuyor olması ülkemiz ve gençlerimiz adına büyük bir kayıptır. Mevcut eğitim sistemi yalnızca bilimsel gelişmeleri yeterince anlayan bilim okuyuzarları yetiştirmede eksik değil, yeni ortaya çıkmış meslek ve iş alanları için iş gücü hazırlamada da yetersizdir [50]. Nanobilim ve nanoteknoloji gelişimine ve eğitimine önem veren ülkelerde alana ait kavramların anlamlı bir şekilde öğretilmesi için geliştirilecek programların hazırlanma sürecinde eğitim psikologları, fen ve mühendislik eğitimcileri, bilim adamları, mühendis ve öğretmenlerden oluşan ekiplerin uyumlu bir şekilde çalışması söz konusudur [34]. Ülkemizde sadece lise müfredat programlarının oluşturulmasında bunlara benzer çalışmalar yapılmıştır [51, 52]. Bu tarz çalışmaların acil olarak gerçekleştirilmesi gerekmektedir.



### **2.5.1 Fen Programları ve Nanobilim**

Türkiye’de nanobilim ve nanoteknoloji kavramlarının öğretiminde üniversite öncesine taşınması yönünde diğer ülkelerdeki gibi organize bir çalışma yer almamaktadır. Ortaöğretim Fizik Dersi Programı’nda 12. Sınıf “Modern Fiziğin Teknolojideki Uygulamaları” ünitesi [51] çerçevesinde bir konu başlığı olarak nanoteknoloji ve nanomadde kavramlarına kısaca değinilmektedir. Ortaöğretim Kimya Dersi Programı’nda 9. “Sınıflarda Atom ve Yapısı” ünitesinde büyüklüklerin matematiksel oranı ile 12. sınıfların programında ‘Karbon Kimyasına Giriş’ ünitesinde [52] nanotüpler küçük bir başlık altında verilmektedir. Nanobilim ve nanoteknoloji kavramlarının programda küçük bir bölüm altında bulunması bile öğretmenlerin bu alandaki donanımlarının tam olması için bir gerekçe teşkil etmektedir.

Ülkemizde üniversite öncesi dönemde nano kavramının aktarılmasına dair sınırlı sayıda da olsa çalışmalar mevcuttur [41,51, 53]. 9-12 sınıf kimya programına uygun nanobilim ve nanoteknoloji okuryazarlık ve farkındalığını artırmayı amaçlayan nanobilim konulu 7 etkinliğin uygulanma ve değerlendirilme süreçleri yer almaktadır.

### **2.5.2 Nanobilimle İlgili Geliştirilmiş Ölçme Araçları**

Yeni hazırlanacak eğitim programlarındaki nanobilim ve nanoteknoloji kavramları öğretmenler tarafından aktarılacağı için ilk çalışmalar öğretmenler üzerinde yapılmalıdır. Bu bağlamda nanobilim ve nanoteknoloji eğitimine yönelik çerçeve program ve kursların tasarlanması için farklı yaklaşımlara hizmet eden testler geliştirilmiştir.

#### **2.5.2.1 Geliştirilen Anketler ve Tutum Ölçekleri**

Gököz [12] nanobilim ve nanoteknoloji farkındalık ve kavramsal anlama anketi geliştirmiştir. Farkındalık anketinde katılmıyorumdan katılıyorduma kadar 5’li likert tipinde seçeneklerin yer aldığı 20 soru bulunmaktadır. .

Bir diğer çalışma da Kurt [63] Biyoloji ve Kimya ğretmen adaylarının nanoteknoloji hakkındaki farkındalık seviyeleri ile cinsiyet, eğitim seviyesi gibi unsurlar arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla 16 soruluk bir anket kullanılmıştır.

Aslan ve şenel [64] çalışmalarında Fen alanları ğretmen adaylarının nanobilim ve nanoteknoloji farkındalık düzeylerini ölçmek için Gököz [12]'n nanobilim ve nanoteknoloji farkındalık anketini kullanmışlardır.

Hutchinson [62] çalışmasında ilköğretim ikinci kademedede ve liselerde kullanılmak üzere likert tipi anket hazırlamıştır. Ankette ğrencilerin nanobilim kavramlarını öğrenme motivasyonlarını hangi konuların arttıracaağının tespit edilmesi hedeflenmiştir. Aynı zamanda elde edilecek verilerin, öğrencilerin yaşadığı sosyo ekonomik evre, cinsiyet, etnik köken gibi parametrelerle değişimi incelenmiştir

#### **2.5.2.2 Geliştirilen Kavramsal Testler-Bilgi Testleri**

Tretter ve diğ. [54] çalışmaları, ölçek ve büyüklük kavramlarının tüm kazanımlarını içeren soru türlerini içermektedir. Ancak Büyük Fikirler projesinin sadece bir konusuna yönelik hazırlanmıştır. Diğer konu başlıkları bu çalışmada yer almamaktadır. Çalışma ilköğretim ikinci kademe, ortaöğretim ve doktora seviyesinde yrtlmştir.

Batt ve diğ. [55] çalışmalarında büyüklük ve ölçek kavramlarının farklı yaş grupları için ne ifade ettiğini tespit etmek amacıyla ikili görüşme tekniği kullanmışlardır. Görüşmelere aynı sorularla başlayıp verilen cevaplarla ve çizimlerle seçenekler oluşturulmuştur.

Magana ve diğ. [56] çalışmalarında büyüklük ve ölçek kavramlarının öğrencilerdeki yansımalarını tespit etmek amacıyla gerçek büyüklük, göreceli büyüklük, büyüklüklerin sınıflandırılması, matematiksel oran kategorilerinde açık uçlu sorular hazırlanmıştır.

Jones ve diğ. [57] çalışmalarında hazırladıkları test, çoktan seçmeli ve açık uçlu sorulardan oluşmaktadır. Virüsler, nanoölçek ve mikroskoplar konusundaki öğrencilerin belirli bir eğitim sonrasında bilgi düzeylerindeki ilerlemelerini saptamak için hazırlanmıştır. Bu test biyolojide alanine yönelik hazırlanmış olup bir

nanometreyi tanımlama ve nanometredeki nesnelerin nasıl ölçülebileceğine yönelik soruları da içermektedir.

NARST 2007 Konferansı'nda Delgado ve diğ. [32] öğrencilerin büyüklük ve ölçek kavramlarını ne zaman ve nasıl oluşturular sorusunun cevabını aramışlardır. Büyüklük ve ölçek kavramlarında 'farklılaştırma, gruplama, başka nesneden kaç kez büyük olduğunun tespiti, gerçek büyüklük' olmak üzere dört farklı bakış açısı geliştirilmiştir

Tablo 2.1'de büyüklük ve ölçek kavramı hakkında geliştirilmiş kavramsal anlama testleri özetlenmiştir.

**Tablo 2.1:** Büyüklük ve ölçekle ilgili geliştirilmiş kavramsal anlama testleri.

Araştırmacılar	Test maddesi kapsam	Madde sayısı ve türü
Tretter ve diğ.	Gerçek büyüklük, göreceli büyüklük, büyüklüklerin sınıflandırılması, matematiksel oran	2 açık uçlu soru
Batt ve diğ.	Büyüklük ve ölçek kavramları	İki sorudan başlayarak ikili görüşme tekniğini kullanılmıştır.. Söylenenler şekillere dökülüp puantaj oluşturulmuştur.
Magana ve diğ.	Gerçek büyüklük, göreceli büyüklük, büyüklüklerin sınıflandırılması ve sıralanması, matematiksel oran	5 açık uçlu soru
Delgado ve diğ.	Büyüklük ve ölçek kavramları	17 çoktan seçmeli soru 6 açık uçlu soru 3 doğru-yanlış

Schönborn ve diğ. [58] nanobilim ve nanoteknolojiye dair bilgi testi geliştirmişlerdir. Bu test nanoölçekte göreceli büyüklük, nanoölçekte sistemlerin hareketleri ve etkileşimleri, farklı büyüklüklerdeki nesnelerin yüzey alanlarının karşılaştırılması, yüzey alanı büyüklüğünün önemi, nanoteknolojinin geliştirilmesi için nanoölçekten çıkarımların yapılmasına dair 28 sorudan oluşmaktadır. Testte doğru, yanlış, bilmiyorum ifadelerine yer verilmiştir.

Hutchinson [59] çalışmasındaki kavram testinde, ölçeğe bağlı renklenme, nanoölçekte etkileşimler-doğadan nanoyapılar, nanoboyutta kendi kendine

düzenlenme, ölçek ve büyüklük kavramlarını sorgulayan toplam 7 soru yer almaktadır. Soru sayısının azlığı ölçülmek istenilen kazanımların hepsini içermemesi, kapsam geçerliliği bakımından testin yetersiz olabileceği yargısını oluşturmaktadır.

Kumar [60] 10 tane çoktan seçmeli sorunun yer aldığı test ile katılımcıların nanobilim ve nanoteknoloji hakkındaki genel bilgi seviyesini ölçmeyi amaçlamıştır. Testin birinci kısmı nanonun kelime anlamı ile ilgiliyken, ikinci kısmı ise nano ölçeğin mesafe aralığını kestirme, üçüncü olarak ise atomların büyüklüğünü ve nanometre cinsinden değerini belirlemeye, dördüncü olarak güneş panelleri gibi gündelik hayatın içinde nanoteknoloji ürünlerine dair bilgilerini ölçmeye yönelik olarak hazırlanmıştır.

Dyehouse ve diğ. [61] çalışmalarında nanoteknoloji farkındalığı, motivasyonu ve bilgisini kontrol etmeyi amaçlamaktadırlar. Test iki farklı dönemde uygulanmıştır. İlk uygulamada; Purdue Üniversitesi öğrencilerine ön test ve son test olarak uygulanmıştır. Ön testten sonra öğrenciler nanobilim kavramlarının verildiği iki farklı seminere tabi tutulmuş ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Bilgiye dayalı sorularda büyüklükler arasında oran kurma, kendiliğinden düzenlenme, göreceli büyüklük gibi temel nanobilim kavramları ile ilgili bilgi ve bilgiyi kullanma düzeyini tespit eden 8 açık uçlu soru sorulmuşken, farkındalık ve ilgiyi ölçen sorularda ise tercih edebilecekleri seçenekler sunulmuştur.

Gököz [12]'ün çalışmasının kavramsal anlama bölümünde ise nanobilim nanoteknoloji, ölçek, yüzey alanı ve etkileşimler olmak üzere üç konuyu içeren açık uçlu sorular bulunmaktadır. Nanobilim ve nanoteknoloji soruları ise nanobilim, nanoteknoloji, nanoparçacık, karbon nanotüp terimleri hakkındaki bilgi düzeylerini ölçmeye yöneliktir. Ölçek soruları, büyüklüklerin sıralanması, nesnelerin gerçek büyüklüklerinin tahmini ve benzer ölçektekinin gruplandırılması kategorilerinde hazırlanmıştır. Yüzey alanı ve etkileşimlerde ise örümceğin su yüzeyinde nasıl yürüyebildiği, kertenkelenin ayaklarının neden kirlenmediği ve suyun bir yüzeyde neden damla şeklini aldığı sorulmuştur.

Ak [44] Türkçe ve yabancı kaynaklı testlerden faydalanarak çalışmasındaki etkinliklerden bir tanesinde kullanılmak üzere öğrencilerin temel seviyede nanoteknoloji bilgisini ölçmeyi amaçlayan bir test hazırlamıştır. Testte toplam 20

soru bulunmaktadır. Hazırlanan bu testte, nanokavramının anlamı, nanoteknolojinin tarihçesi, grafit, fulleren gibi nano malzemelerin özellikleri, nanoteknolojinin amaçları, etki alanı, dünyadaki ve ülkemizdeki önemi, büyüklük, mikroskoplar gibi kavramlara dair bilgileri sorgulayan sorular bulunmaktadır. Bu soruların hazırlanmasında kapsam geçerliliği göz önünde bulundurulmamıştır. Aynı zamanda da bu sorular üniversite öncesinde kullanılmak üzere hazırlanmıştır.

Karataş ve Ülker [25] çalışmalarında, Hutchinson [62]'un 2007'de Big Ideas (Büyük Fikirler) projesini temel alarak nanobilim ve nanoteknoloji bilgi düzeyini ölçmekte kullanılmak üzere geliştirdiği 11 açık uçlu sorudan oluşan bir testten faydalanmışlardır. Bu anketi Türkçeye uyarlayarak Kimya öğretmen adayları ve Kimya bölümü öğrencilerinden oluşan 53 kişilik bir gruba uygulamışlardır. Soruların kapsam geçerliliği bakımından incelemesi yapıldığında, ölçeğe bağlı değişen özelliklerden sadece renklenmeye yer verildiği gözlemlenmiştir. Sorulara verilen cevapları doğru cevap, kısmen doğru cevap, yanlış cevap ve boş cevap olarak frekans ve yüzdeliklerini hesaplamak suretiyle analiz edilmiş yorumlamışlardır. Bu çalışmada tekil bir veri kaynağının kullanılmış olması ve nanobilim ve nanoteknoloji öğretimi sonucunda kişilerin sahip olması gereken önemli kazanımları ayrı ayrı ölçen sorular içermemesi kullanılan aracın kapsam geçerliliği bakımından yetersiz olduğu kanısını oluşturmaktadır.

Tablo 2.2 incelendiğinde mevcut testlerin ağırlıklı olarak ortaöğretim öğrencilerinin kavramsal anlamalarına yönelik hazırlandığı görülmektedir. Öğretmen eğitimine yönelik geliştirilmiş kavramsal anlama testleri ise konuların alt başlıklarını tamamıyla içermemektedir. Yapılmış çalışmaların çoğunda nanobilimi öğrenmenin ön koşulu kabul edilen ölçek ve büyüklük kavramları yer almaktadır. Tüm bu sayılan nedenler fen alanları öğretmenleri için güvenilirliği ve geçerliği sağlanmış nanobilim kavramsal anlama testinin geliştirilmesini zorunluluk haline getirmektedir.

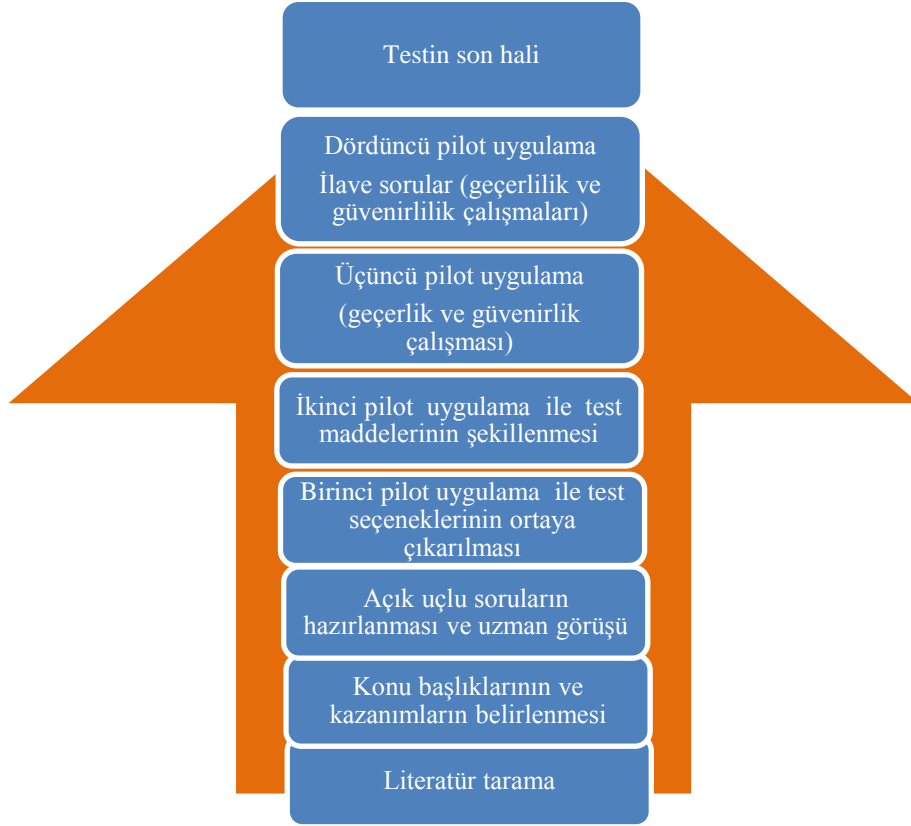
**Tablo 2.2:** Geliştirilmiş diğer nanobilim kavramsal anlama testleri.

<b>Araştırmacılar</b>	<b>Hedef Kitle</b>	<b>İçerik</b>	<b>Madde sayısı ve türü</b>
Schönborn	Ortaöğretim	Nanonesneler, nanoölçekte etkileşimler	28 soru
Hutchinson	Öğretmenler	Renklenme, yüzey alanı etkileşimler, kendiliğinden düzenlenme	11 açık uçlu soru
Kumar	Mühendislik öğrencileri	Nanonun kelime anlamı, kendiliğinden düzenlenme, nano malzemelerden yapılan ürünler	10 çoktan seçmeli soru
Dyhouse	Ön lisans öğrencileri	Büyüklikler arasında oran kurma, kendiliğinden düzenlenme, göreceli büyüklük	8 açık uçlu soru
Gököz	Ortaöğretim	Nanobilim nanoteknoloji, ölçek, yüzey alanı ve etkileşimler	7 çoktan seçmeli soru
Ak	Ortaöğretim	Nanokavramının anlamı, nanoteknolojinin tarihçesi, grafit, fulleren gibi nano malzemelerin özellikleri, nanoteknolojinin amaçları, etki alanı, dünyadaki ve ülkemizdeki önemi, büyüklük, mikroskoplar	20 çoktan seçmeli soru

### 3. YÖNTEM

#### 3.1 Çalışmanın Modeli

Bu çalışma tarama modelinde olup Fen alanları (Fizik, Kimya ve Biyoloji) öğretmen adaylarının nanobilimle ilgili kavramsal anlamalarını belirlemek için çoktan seçmeli test geliştirme çalışmasıdır. Nanobilim Kavramsal Anlama Testinin geliştirilmesi aşamaları Şekil 3.1’de verildiği gibi gerçekleşmiştir.



Şekil 3.1: Çalışmada izlenen basamaklar.

### 3.2 Örneklem

Çalışmanın örneklemini 2014-2015, 2015-2016 ve 2016-2017 eğitim-öğretim yılında Balıkesir Üniversitesi Necatibey Eğitim Fakültesi OFMAE (Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi) bölümü Fizik, Kimya, Biyoloji öğretmenliği programlarında öğrenim gören, 3., 4. ve 5. sınıf öğretmen adayları ve 2015-2016 eğitim-öğretim yılında Balıkesir Üniversitesi Necatibey Eğitim Fakültesi'nde Fizik, Kimya ve Biyoloji öğretmenliği programlarında formasyon alan öğretmen adayları oluşturmaktadır. Soruları cevaplamada belirli bilgi birikimine sahip katılımcı olması gerektiği için 1. ve 2. sınıf öğretmen adayları uygulamanın dışında tutulmuştur. Tablo 3.1'de branşlar bazında testin uygulandığı katılımcı sayısı verilmektedir. Katılımcı sayılarının farklı olması her bir testin farklı zamanlarda, ayrı ayrı uygulanmasından kaynaklanmaktadır.

**Tablo 3.1:** Branşlar bazında pilot uygulamalardaki katılımcı sayısı.

	Uygulama tarihi	FİZİK	KİMYA	BİYOLOJİ	TOPLAM
Birinci pilot uygulama	1/12/2014	47	58	45	150
İkinci pilot uygulama	12/05/2015	40	46	58	144
Üçüncü pilot uygulama	03/03/2016	47	48	40	135
Dördüncü pilot uygulama	20/10/2016	44	50	41	135

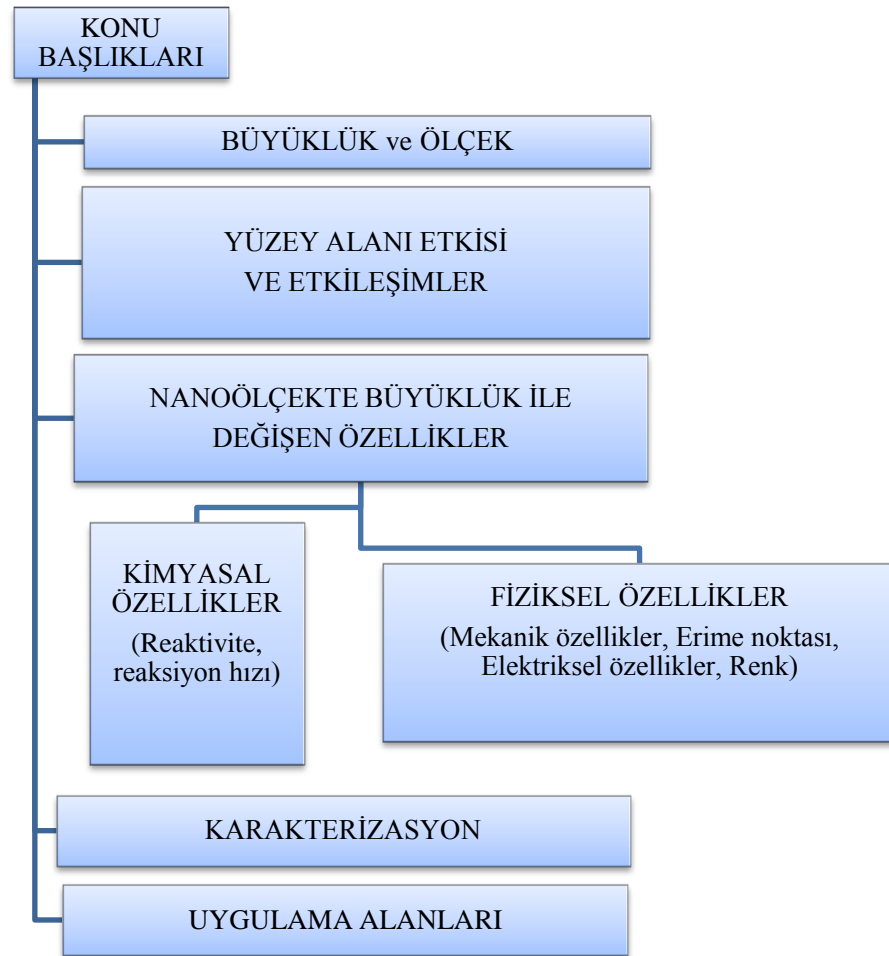
### 3.3 Veri Toplama Aracı

Kavramların tam öğrenmelerinin sağlanıp içselleştirilmesi öğrenmenin en önemli koşullarındandır. Bu noktada kavramsal anlamının gerçekleşme düzeyi kavramsal anlam testleri ile ölçülebilir [17]. İlgili alan yazın taraması ile nanobilim ve nanoteknoloji öğretiminde verilmesi gereken kavramların, Şekil 3.2'deki gibi 5 konu başlığı altında toplandığı görülmüştür [37]. Geliştirilen kavramsal anlama testinde Şekil 3.2'deki konu başlıklarından ilk üçünü kapsayan maddeler yer almıştır. Bu konu başlıkları;



1. Büyüklük ve ölçek
2. Nanoölçekte büyüklük ile değişen özellikler
3. Yüzey alan etkisi ve etkileşimler

dir. Ayrıca testte 2. ve 3. başlıkların içerdiği doğadaki nanoyapıların bulunduğu maddeler, uygulama alanlarına da kısmen hizmet etmektedir. Karakterizasyon başlığı altında yer alan mikroskoplardan, tüm başlıklar için hazırlanan test maddelerinde yararlanılmıştır.



**Şekil 3.2:** Nanobilim öğretimindeki konu başlıkları.

Tablo 3.2 testte her bir konu başlığına ait soru sayılarını göstermektedir. Bu tabloda görüldüğü başlangıçta açık uçlu sorulardan oluşan test, toplamda 31 maddeden oluşmaktadır. Bu sorularla ilgili kazanımlar Tablo 3.3’de verilmiştir.

**Tablo 3.2:** Testin son durumundaki soru sayılarının konulara göre dağılımı.

<b>KONU BAŞLIĞI</b>	<b>SORU SAYISI</b>
Büyüklik ve ölçek	6
Yüzey alanı etkisi ve etkileşimler	7
Nanoölçekte büyüklüğe bağlı değişen özellikler	18

**Tablo 3.3:** Hazırlanan açık uçlu soruların ölçtüğü kazanımlar.

	<b>Soru Numarası</b>	<b>Kazanımlar</b>
<b>Büyüklik ve ölçek</b>	1	Verilen bir durum için nanoölçek, mikroölçek ve makroölçeği birbirinden ayırt eder ve kıyaslar.
	2	Farklı büyüklükteki nesnelere büyükten küçüğe sıralar.
	3	Farklı büyüklüklerdeki nesnelere verilen aralıklarına göre gruplar.
	4	Farklı ölçeklerdeki büyüklükler arasında verilen oranı kullanarak, başka iki büyüklüğü kıyaslamada bu orandan yararlanır.
	5	Farklı birimleri birbirine çevirir ve yorumlar.
<b>Yüzey alanı etkisi ve etkileşimler</b>	6	Yüzey alanındaki değişimin bağırsaktaki besin emilimini nasıl etkilediğini açıklar.
	7, 10, 11	Çeşitli uzuvların kesitleri elektron mikroskop görüntüleriyle verilen canlılarda gerçekleşen bazı olayları yüzey alanı ve etkileşimleri kullanarak açıklar.
	8, 9	Verilen doğa olaylarının nedenini yüzey alanı ve etkileşimleri kullanarak açıklar.
	12	Nanoölçekte kendiliğinden düzenlenmenin temel nedenini açıklar.
<b>Nanoölçekte büyüklüğe bağlı değişen özellikler</b>	13	Yüzey pürüzlülüğünün nanoölçekte etkisini bilir.
	14	Nanoölçekte malzemelerin toksisitesinin nedenini açıklar.
	15	Nanoölçekte reaktiviteye etki eden faktörleri bilir.
	16	Makroölçekten nanoölçeğe geçişte reaktivite değişiminin nedenini açıklar.
	17, 18	Reaksiyon hızına etki eden etmenleri ve ölçek farklılığının reaksiyon hızına ve reaktiviteye etkisini açıklar.
	19, 20	Nanoölçekte büyüklüğün mekanik özelliklerin üzerine etkisini bilir.
	22, 23, 24	Nanoölçekte iletkenliğe etki eden faktörleri ve ölçeğe bağlı iletkenlikteki değişimin nedenini bilir.
	25, 26	Nanoölçekte erime noktasına etki eden etmenleri bilir.
27-31	Nanoölçekte renklenmenin nedenlerini bilir ve açıklar.	

### **3.4 Verilerin Toplanması**

İlk olarak konularla ilgili kritik kazanımlara yönelik açık uçlu sorular hazırlanmıştır. Kapsam geçerliliğinin kontrolü için nanobilim üzerine ders veren ve kimya eğitiminde uzman iki kişinin görüşü alınmış ve öneriler doğrultusunda gerekli düzeltmeler yapılmıştır. Birinci pilot uygulamada açık uçlu sorulara verilen yanıtların yüzdeler analizleri göz önünde bulundurularak temalar oluşturulmuş, çoktan seçmeli testin maddeleri ve bu maddeler için birtanesi boş olmak üzere seçenekler düzenlenerek test, ikinci pilot uygulamaya hazır hale getirilmiştir. İkinci pilot uygulamada maddelerin seçeneklerine ek boş bir seçenek eklenmesi öğrencilere seçeneklerden farklı görüş belirtme imkânı tanımıştır. Geliştirilen test pilot uygulamalarda 1. Kısım ve 2. Kısım olmak üzere iki modül olarak farklı zamanlarda uygulanmıştır. Çünkü 2. Kısımındaki maddeler, 1. Kısımındaki bazı soruların doğru cevaplarının bulunmasında yönlendirici olabilme ihtimali taşımaktadır. Üçüncü pilot uygulama sonucunda ayırt ediciliği ve/veya güçlüğü düşük ya da yüksek bulunan maddeler tekrar düzenlenerek, dördüncü pilot uygulamaya hazır hale getirilmiştir.

### **3.5 Verilerin Analizi**

#### **3.5.1 Test sorularının geliştirilmesi**

Çoktan seçmeli test maddeleri dört pilot uygulama sonucunda geliştirilmiştir. Açık uçlu sorular içeren testte (birinci pilot uygulama) her biri soruya dair verilen açıklamalar gruplandırılmıştır. Birinci ve ikinci pilot uygulamalar sonucunda elde edilen verilerin analizi, çoktan seçmeli test maddeleri için seçeneklerinin oluşumuna katkı sağlamıştır. Her bir uygulamada madde köklerinin anlaşılabilirliği, kullanılan mikroskop görüntülerinin ve resimlerin madde köküne hizmet etme/etmeme derecesi öğretmen adaylarına sorularak değerlendirilmiştir. Öğretmen adaylarından alınan geri dönütlerle madde kökleri düzenlenmiş ve soruların daha anlaşılır olması için ilave resim ve görüntüler eklenmiştir.

### 3.5.2 Geçerlilik ve güvenilirlik çalışmaları

Geliştirilen testteki her bir soruya katılımcıların dördüncü ve beşinci pilot uygulamalarda verdikleri yanıtlar doğru ise “1” yanlış ise “0” olarak kodlanmıştır. Testin güvenilirliğini belirlemek için Crobach alpha yerine KR-20 güvenilirlik katsayısı hesaplanmıştır. Çünkü maddelerin, evet/hayır, doğru/yanlış gibi ikili olarak kodlandığı durumlarda istatistikçiler tarafından KR-20 güvenilirlik katsayısının kullanılması önerilmektedir [65-67].

Madde ile ölçülmesi beklenen özelliğe sahip olan ve olmayanları ayırt edebilmesi özelliğine ayırt edicilik gücü indeksi denir. Maddenin ayırt ediciliği bilen ile bilmeyeni ayırt edebilme derecesidir ve bu indeks -1 ile +1 arasında değerler alır. Değerin -1'e yaklaşması maddenin bilen ile bilmeyen birbirinden ayırmada başarısız olduğunun bir göstergesidir. Bu değer 1'e yaklaşması ise maddenin ayırt ediciliğinin yüksek olduğunun bir kanıtıdır [19]. Ayırt edicilik indekslerine dair bu göstergeler yardımıyla Microsoft Excel programı ile (3.1) de yer alan eşitlik [68] kullanılarak madde ayırt edicilik indeksleri hesaplanmıştır. Bu denklemde D, madde ayırt edicilik indeksini; D<sub>ü</sub>, maddeyi üst grupta doğru cevaplayan sayısını; D<sub>a</sub>, maddeyi alt grupta doğru cevaplayan sayısını; N<sub>ü</sub>, üst gruptaki öğrenci sayısını ve N<sub>a</sub>, alt gruptaki öğrenci sayısını göstermektedir

$$D = \frac{D_{\text{ü}} - D_{\text{a}}}{N_{\text{ü}} \text{ veya } N_{\text{a}}} \quad (3.1)$$

Geliştirilen testin madde analizleri yapılırken her bir maddenin ayırt edicilik indeksi ve güçlük indeksi belirlenmiştir. Ayırt edicilik indeksi 0.20'nin altında olan maddelerin testten çıkarılması gerektiği, 0.20 - 0.24 arasında olan maddelerin revize edilebileceği, 0.25-0.35 arasında olan maddelerin kabul edilebilir sınırlar içerisinde olduğu ve 0.35'in üzerinde olan maddelerin ise mükemmel bir ayırt ediciliğe sahip olduğu rapor edilmektedir [67]. Maddeler üzerinde değerlendirmeler yapılırken bu kriterler dikkate alınmıştır.

Madde güçlük indeksi bir maddeyi doğru yanıtlayanların sayısının teste katılan tüm bireylerin sayısına oranıdır. Yani, bu değer soruya doğru yanıt verenlerin, testi alan tüm grup içerisindeki oranını belirtir. Maddeyi doğru yanıtlayan öğrenci sayısı azaldıkça bu değer 0'a doğru yaklaşır ve bu durum sorunun çok zor

olduğu anlamına gelir. Soruyu doğru cevaplayanların sayısındaki artış durumunda ise bu değer 1'e yaklaşır ve o sorunun çok kolay olduğu anlamına gelir [19]. Başka bir ifadeyle, güçlük indeksinin 0'a yaklaşması sorunun g olduğunun bir göstergesi iken 1'e yaklaşması kolay olduğunun bir göstergesidir ve güçlük indeksinin ortalamasının 0.5 veya civarında olması önerilmektedir [68]. Testimizin maddeleri için aynı zamanda güçlük indeksleri hesaplanmıştır.

## **4. BULGULAR**

Açık uçlu soruların çoktan seçmeli test maddelerine dönüştürülmesi sürecini birinci-dördüncü pilot uygulama bulguların başlıkları altında verilmiştir.

### **4.1 Birinci Pilot Uygulama Bulguları**

Birinci pilot uygulamada 30 açık uçlu soru yer almaktadır. Bu sorular ölçek ve büyüklük, yüzey alanı etkisi ve etkileşimler, büyüklüğe bağlı değişen özellikler konu başlığı ile ilgilidir. Bu sorularda birinci pilot uygulama sonuçlarının analizleri ile tek tek seçenekler oluşturulmuştur.

#### **4.1.1 Büyüklük ve Ölçek**

Büyüklük ve ölçek kavramları dört alt kategoride incelenmiştir. Bu kısımda ölçeklerin kıyaslanması, nesnelerin büyüklüğüne göre sıralanması, nesnelere ölçek aralıklarına göre gruplandırma, matematiksel oranla büyüklüklerin kıyaslanması ve birim çevirme yer almaktadır.

##### **4.1.1.1 Ölçekleri Ayırt Etme**

Verilen bir durum için farklı ölçekleri ayırt edebilmeye dair aşağıda verilen Soru-1 için doğru cevap “mikroölçekte saf suda çözünmüş hava kabarcıkları görülürken, nanoölçekte su molekülleri görülür” olmalıdır. Tablo 4.1’de branşlar bazında saf suya ait her bir ölçek aralığı hakkında doğru görüş belirtenlerin yüzdeleri yer almaktadır.

Soru-1: Ahmet ders çalışırken gözü masasının üzerindeki saf suya takılır ve düşünmeye başlar. Ahmet’in saf su için gördüğü/hayal ettiği makro, mikro ve nanoölçeği çizerek gösteriniz ve çizimlerinizi açıklayınız (Su molekülünün çapı 0.58 nm).

1 mm	1 $\mu$ m	1 nm
------	-----------	------

Açıklamalar:

--	--	--

Tablo 4.1 incelendiğinde tüm branşlar bazında ölçek küçüldükçe, doğru ifadede bulunanların yüzde değerlerinin azaldığı gözlenmektedir.

**Tablo 4.1:** Ölçeklerin doğru ayırt etme yüzdeleri.

	FİZİK(%)	KİMYA(%)	BİYOLOJİ(%)	GENEL(%)
<b>1mm</b>	32.2	48.3	44.4	42
<b>1 <math>\mu</math>m</b>	19.1	29.3	22.2	24
<b>1 nm</b>	17	22.4	11.1	18

Soru-1 için verilen yanlış cevaplar üzerinden oluşturulan temalar ve kodlar Tablo 4.2’de verilmiştir. Tablo 4.2’de görüldüğü gibi öğretmen adaylarının çoğunluğu nanoölçeğe inildikçe molekül sayısının değişmeyip büyüklüğünün değişeceğini düşünmektedirler. Genelde incelendiğinde % 6.7 ‘lik bir kesim ölçek küçüldükçe gözlemlenen detayların azalacağını dile getirmiştir. Bunun yanı sıra öğretmen adaylarının nano ölçeğe inildikçe gözlenen molekül sayısının değişeceğini ve mikroölçekte atomların, nanoölçekte ise atom altı parçacıkların gözleneceğini düşündükleri görülmektedir.

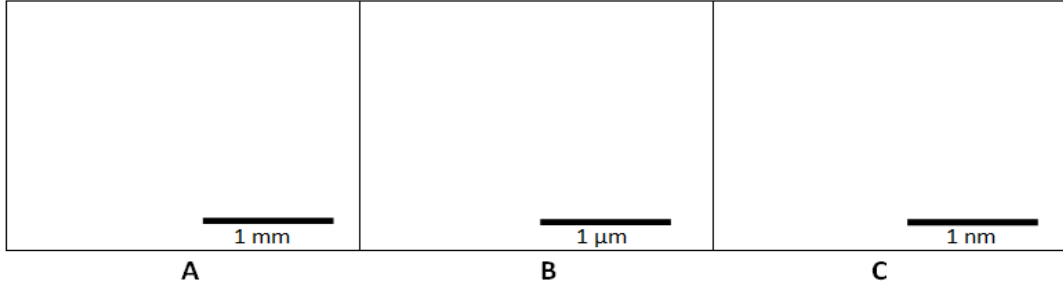
**Tablo 4.2:** Ölçeklerin ayırtedilmesi sorusunun tema ve kodları.

Temalar	Kodlar	F(%)	K(%)	B(%)	G(%)
<b>A. Nanoölçeğe inildikçe molekül sayısı değişmeden büyüklüğü değişir.</b>	<b>A1.</b> Nanoölçeğe inildikçe gözlenen molekül sayısı değişmez ama moleküller küçülür.	34.0	24.1	48.9	34.7
	<b>A2.</b> Nanoölçeğe inildikçe gözlenen molekül sayısı değişmez ama moleküller büyür.	12.8	0	13.3	8.0
	<b>A3.</b> Ölçek azaldıkça gözlemlenen detaylar (proton, nötron, elektron..) azalır	8.5	6.9	4.4	6.7
<b>B. Mikroölçekten nanoölçeğe gidildikçe molekül sayısı değişir</b>	<b>B1.</b> Nanoölçeğe inildikçe gözlenen molekül sayısı artar.	12.8	13.8	0	9.3
	<b>B2.</b> Nanoölçeğe inildikçe gözlenen molekül sayısı azalır.	6.4	25.9	2.2	12.7
<b>C.Ölçek azaldıkça gözlenen detaylar artar.</b>	Mikroölçekte atomlar gözlenirken nanoölçekte atom altı parçacıklar gözlenir.	2.1	10.3	4.4	6.7
<b>D.Ölçek değiştikçe kullanılan mikroskopta değişir.</b>	Nanoölçek optik mikroskopla görülür.	4.3	0	4.4	2.7

Birinci pilot uygulama sonucunda öğretmen adaylarının Tablo 4.2’de belirtilen hatalarından yararlanarak, ikinci pilot uygulama için verilen bir durumda farklı ölçekleri ayırt edebilme kazanımı ile ilgili test maddesi ve seçenekleri aşağıdaki şekilde düzenlenmiştir:

Soru-1: Ahmet ders çalışırken gözü masasının üzerindeki saf suya takılır ve düşünmeye başlar. Ahmet’in saf su için gördüğü/hayal ettiği makro, mikro ve nanoölçeği çizerek gösteriniz ve çizimlerinizi açıklayınız (Su molekülünün çapı 0.58 nm).





Yukarıda yaptığınız çizimi açıklayan ifade aşağıda yer alıyorsa işaretleyiniz, yer almıyorsa bırakılan kısma açıklamanızı yazınız.

- A) Nanoölçeğe inildikçe gözlenen molekül sayısı değişmez ama moleküller küçülür.
- B) Nanoölçeğe inildikçe gözlenen molekül sayısı değişmez ama moleküller büyür.
- C) Nanoölçeğe inildikçe molekül küçülür. Gözlemlenen detaylar (proton, nötron, elektron..) azalır.
- D) Nanoölçeğe inildikçe gözlenen molekül sayısı artar.
- E) Nanoölçeğe inildikçe gözlenen molekül sayısı azalır.
- F) Mikroölçekte atomlar gözlenirken, nanoölçekte atom altı parçacıklar gözlenir.
- G) Makroölçekte bir bardak su, mikroölçekte küçük bir damla su, nanoölçekte en az iki su molekülü vardır.
- H) Diğer.....

#### 4.1.1.2 Nesnelerin Büyüklüğüne Göre Sıralanması

Verilen farklı büyüklükteki nesnelerin büyükten küçüğe sıralanması ile ilgili Soru-2 için beklenen doğru cevap “Boğaz Köprüsünün boyu, 2 m boyundaki adam, A4 kağıdının kalınlığı, pirenin boyu, 1 cm<sup>3</sup> lük altın küp blok, 0.5 kalem ucunun çapı, kas lifinin çapı, alyuvar çapı, kırmızı ışığın dalga boyu, HIV virüsünün çapı, DNA molekülünün çapı, hidrojen molekülü çapı, civa atomunun çapı”dır. Tablo

4.3’de branşlar bazında Soru-2’ye doğru cevap verenlerin yüzdeleri yer almaktadır. Tablo 4.3’de görüldüğü gibi genelde nesnelere büyükten küçüğe doğru sıralayanların yüzdesi % 3.3 iken, yanlış sıralayanların yüzdesi % 85.3’tür.

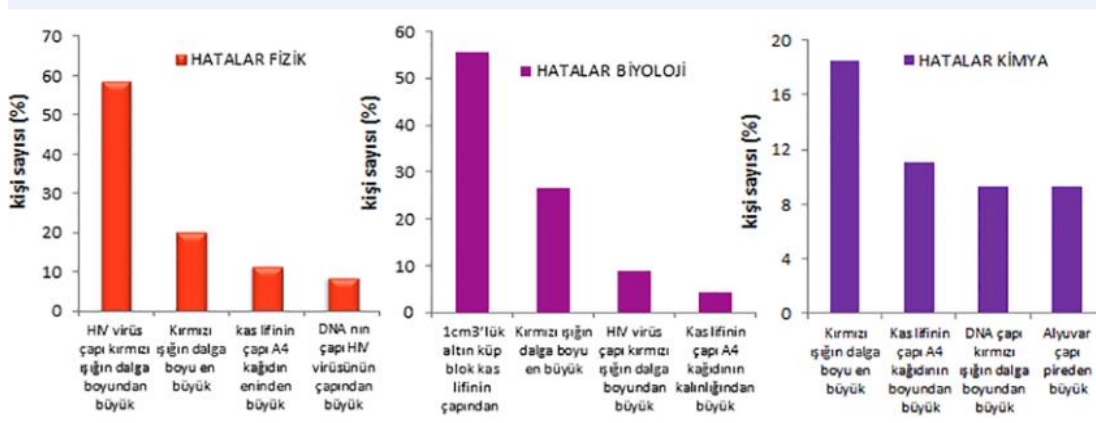
Soru-2: Aşağıda verilenleri büyükten küçüğe sıralayınız.

A4 kâğıdının kalınlığı, kırmızı ışığın dalga boyu, civa atomunun çapı, 1 cm<sup>3</sup>’lük altın küp blok, DNA molekülünün çapı, alyuvar çapı, pirenin boyu, kas lifinin çapı, HIV virüsünün çapı, hidrojen molekülü çapı, Boğaz Köprüsü’nün boyu, 2 m boyundaki adam, 0.5 kalem ucu çapı.

**Tablo 4.3:** Büyüklüğe göre sıralama sorusunu doğru yanıtlayanların yüzdesi.

	FİZİK (%)	KİMYA (%)	BIYOLOJİ (%)	GENEL (%)
DOĞRU	4.3	5.2	0	3.3
YANLIŞ	65.9	93.1	95.6	85.3
BOŞ	29.8	1.7	4.4	11.4

Şekil 4.1’de öğretmen adaylarının yaklaşık yarısının kas lifi çapı ile A4 kâğıdının kalınlığını karıştırdıkları görülmektedir. Tretter ve diğ. [54] çalışmalarında, büyüklüklerin sıralamasına ait soruda öğrencilerin kırmızı ışığı dalga boyunu çoğunlukla en büyük ya da en küçük olarak kabul ettiklerini belirlemişlerdir. Bu çalışmaya benzer olarak bizim çalışmamızda da her üç grup, özellikle biyoloji öğretmen adayları kırmızı ışığın dalga boyunu en büyük olarak sınıflandırmıştır. Bununla birlikte Waldron ve diğ. [70], Jones ve diğ. [57]’nin çalışmalarında olduğu gibi öğretmen adaylarının gözle görülmeyen boyuttaki nesnelere (molekül, virüs gibi) sıralamakta zorlandıkları görülmektedir. Gözle görülmeyen boyutta virüs çapı, DNA çapı ve kırmızı ışığın dalga boyunun sıralanmasında en çok hata varken, gözle görülebilen boyutta sıralamada ise en çok kas lifi çapı, 1 cm<sup>3</sup>’lük altın küp blok, A4 kâğıdının kalınlığı ve pire boyunda hata yapılmıştır.



Şekil 4-1: Sıralama sorusunda hatanın başladığı nesnelere.

Şekil 4.1' de Fizik Kimya ve Biyoloji öğretmen adaylarının sırayla % 20, % 18 ve % 28 oranında, sıralamada kırmızı ışığın dalga boyunu en başa yerleştirdikleri görülmektedir. İkinci pilot uygulama için seçenekler düzenlenirken bu durum göz önünde bulundurulmuştur. Öğretmen adaylarının çoğunlukla DNA çapı, alyuvar çapı, HIV çapı gibi gözün görebileceği aralığın dışındaki nesnelere sıralamada zorlandıkları tespit edilmiştir. Bu durum ikinci pilot uygulamada seçeneklerin düzenlenmesinde gözle görülmeyen nesnelere sıralanmasındaki değişimin daha farklı varyasyonlarda yapılması gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Bu verilerden yola çıkılarak farklı büyüklükteki nesnelere büyükten küçüğe sıralanması kazanımı da göz önünde bulundurularak ikinci pilot uygulama için hazır hale getirilen test maddesi aşağıda verilmiştir:

Soru-2: Aşağıda verilenlerin büyükten küçüğe doğru sıralanışının bulunduğu şıkki işaretleyiniz. Uygun seçenek yoksa boş olan seçeneğe sıralamanızı yazınız.

A4 kâğıdının kalınlığı, kırmızı ışığın dalga boyu, civa atomunun çapı, 1 cm<sup>3</sup>'lük altın küp blok, DNA molekülünün çapı, alyuvar çapı, pirenin boyu, kas lifinin çapı, HIV virüsünün çapı, hidrojen molekülü çapı, Boğaz Köprüsü'nün boyu, 2 m boyundaki adam, 0.5 kalem ucu çapı

A) A4 kâğıdının kalınlığı, kırmızı ışığın dalga boyu, civa atomunun çapı, 1 cm<sup>3</sup>'lük altın küp blok kesiti, DNA molekülünün çapı, alyuvar çapı, pire boyu, kas lifinin çapı, HIV virüsünün çapı, hidrojen molekülü çapı, Boğaz Köprüsünün boyu, 2m boyundaki adam, 0.5 kalem ucunun çapı.

A) Kırmızı ışığın dalga boyu, Boğaz Köprüsünün boyu, 2 m boyundaki adam, 1 cm<sup>3</sup>'lük altın küp blok, pirenin boyu, 0.5 kalem ucunun çapı, kas lifinin çapı, alyuvar çapı, A4 kâğıdının kalınlığı, HIV virüsünün çapı, DNA molekülünün çapı, hidrojen molekülü, civa atomunun çapı.

B) Boğaz Köprüsünün boyu, 2 m boyundaki adam, 1 cm<sup>3</sup>'lük altın küp blok, pirenin boyu, 0.5 kalem ucunun çapı, kas lifinin çapı, A4 kâğıdının kalınlığı, alyuvar çapı, HIV virüsünün çapı, DNA molekülünün çapı, hidrojen molekülü çapı, civa atomunun çapı, kırmızı ışığın dalga boyu.

C) Boğaz Köprüsünün boyu, 2 m boyundaki adam, 1 cm<sup>3</sup>'lük altın küp blok, pirenin boyu, 0.5 kalem ucunun çapı, A4 kâğıdının kalınlığı, kırmızı ışığın dalga boyu, alyuvar çapı, HIV virüsünün çapı, DNA molekülünün çapı, civa atomunun çapı, hidrojen molekülü çapı.

D) Boğaz köprüsünün boyu, 2m boyundaki adam, 1cm<sup>3</sup>'lük altın küp blok, pirenin boyu, 0.5 kalem ucunun çapı, A4 kâğıdının kalınlığı, alyuvar çapı, kas lifinin çapı, bir DNA molekülünün genişliği, hidrojen molekülü, civa atomunun çapı, HIV virüsünün çapı, kırmızı ışığın dalga boyu.

E) Diğer.....

#### 4.1.1.3 Büyüklüklerin Sınıflandırılması

Verilen büyüklüklerin ölçeklere göre sınıflandırılması ile ilgili Soru-3 için beklenen örnek cevap aşağıda verildiği gibidir:

1 nm'den az: Bakır atomu çapı, su molekülünün çapı, hidrojen atomunun çapı....

1 nm-10 nm: DNA çapı..

10 nm-100 nm: Virüs yarıçapı...

100 nm-1 µm: Kırmızı ışığın dalga boyu, amip hücre çapı, bakteri çapı

1 µm-1 mm: A4 kağıdının kalınlığı, pirenin boyu, hücre çapı...

Soru-3: Aşağıdaki verilen aralıklara, üçer tane farklı örnekler veriniz (Soru-2’de verilen örnek nesnelere de yararlanabilirsiniz).

1 nm’den az:

1 nm-10 nm:

10 nm-100 nm:

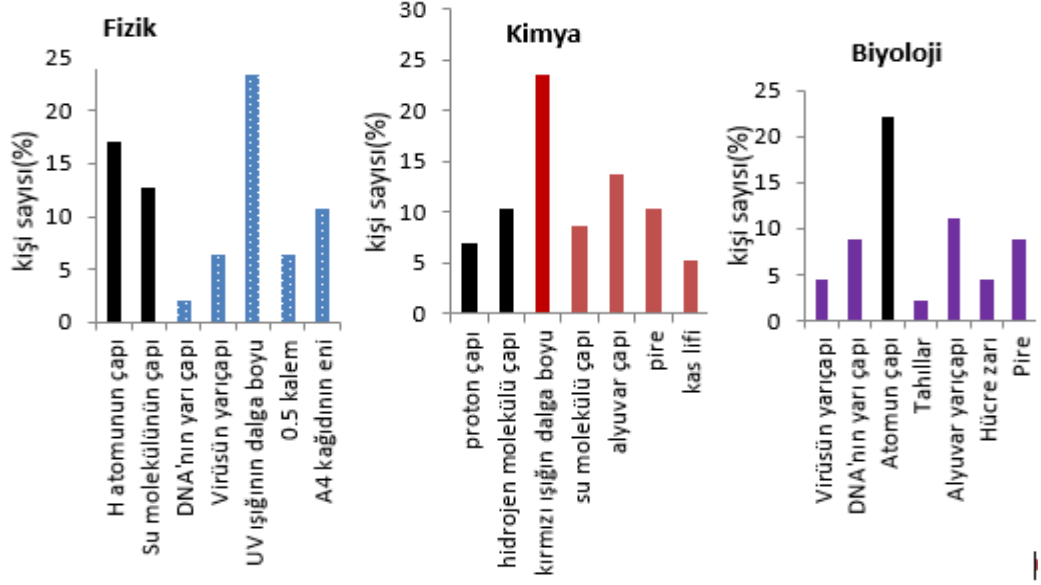
100 nm-1 µm:

1 µm-1 mm:

Tablo 4.4’de görüldüğü gibi birinci pilot uygulama sonuçlarında 1-10 nm aralığına % 85.3 oranında nesnelere yanlış oranda yerleştirilmiştir. Aynı zamanda 10-100 nm aralığına ise % 70 oranında yanlış nesnelere örnek verilmiştir. Şekil 4.4’de 1 nm’den az ölçek aralığına verilen örnekler yer almaktadır. Bu örneklerden siyah renkle verilen sütunlar bu ölçek aralığında bulunması gereken doğru örneklerdir.

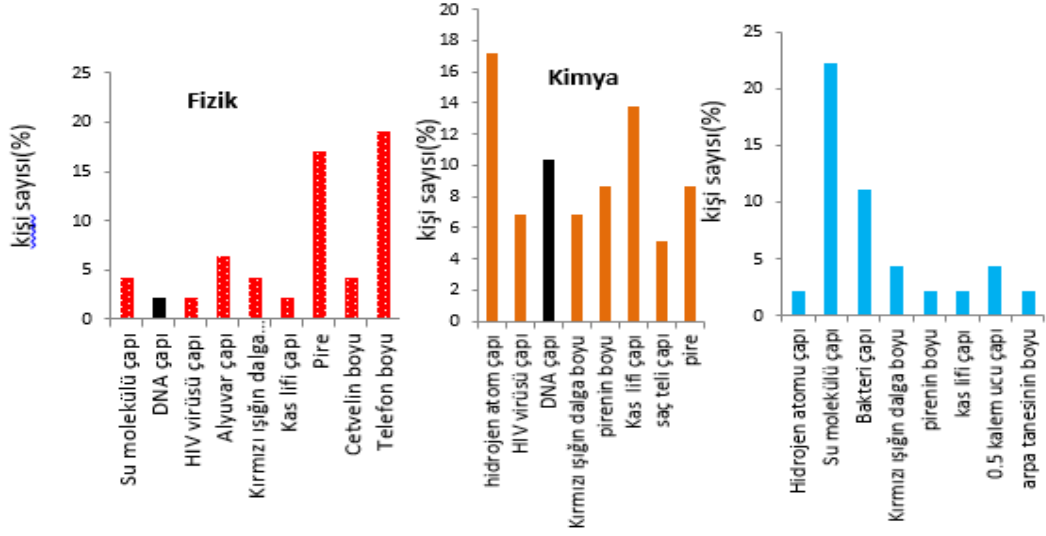
**Tablo 4.4:** Sınıflandırma sorusunu doğru yanıtlayanların yüzdeleri.

Ölçek Aralığı	Fizik(%)	Kimya(%)	Biyoloji(%)	Genel(%)
<1 nm	29.7	45.2	22.2	38.6
1 nm-10 nm	0	2.2	10.4	14.7
10 nm-100 nm	0	3.7	17.7	30
100 nm-1 µm	27.7	0	2.2	42
1 µm-1 mm	1.8	15.5	28.8	63.3



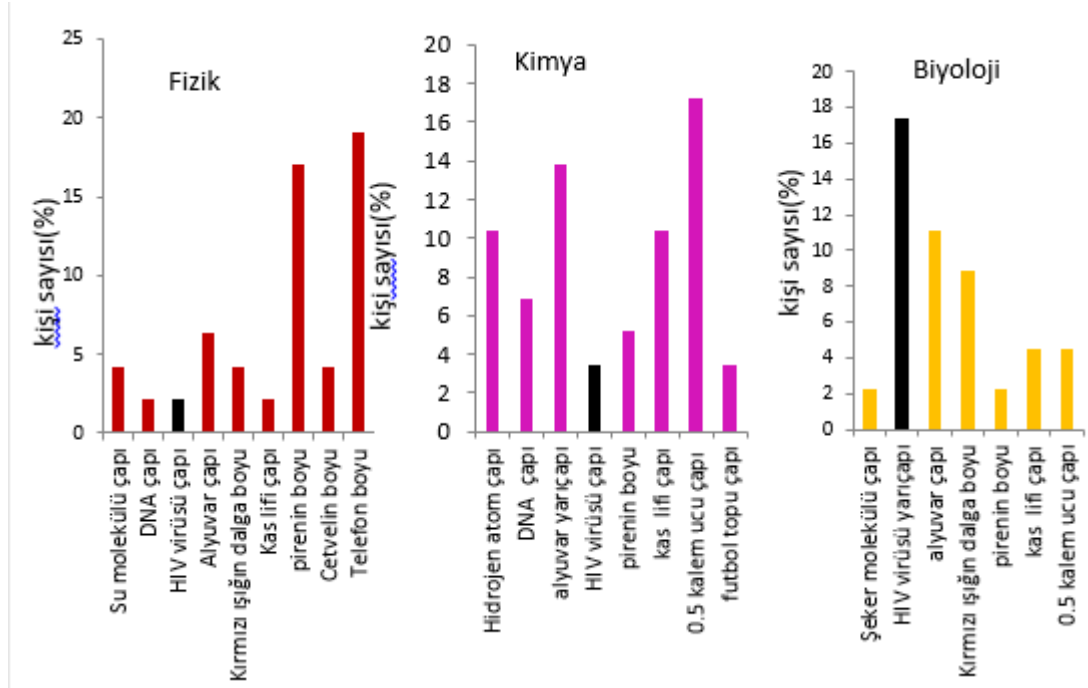
**Şekil 4.2:** 1 nm'den küçük aralığa verilen nesnelerin yüzdeleri.

Şekil 4.2 verileri incelendiğinde Biyoloji öğretmen adaylarının DNA, virüs, hücre zarı gibi sık sık kullandıkları nesnelere 1 nm'den küçük aralığa örnek vermeleri, bu nesnelere ilgili ölçek bakımından bir algı oluşmadığını göstermektedir. Genelde hidrojen atomunun bu aralıkta bulunduğu dair cevaplar yer alırken, Fizik öğretmen adaylarının % 23.4'ü UV ışığın dalga boyunu bu aralığa almaktadır. Kimya öğretmen adayları da % 24.4 oranda kırmızı ışığın dalga boyunu bu aralığa dâhil etmiştir.



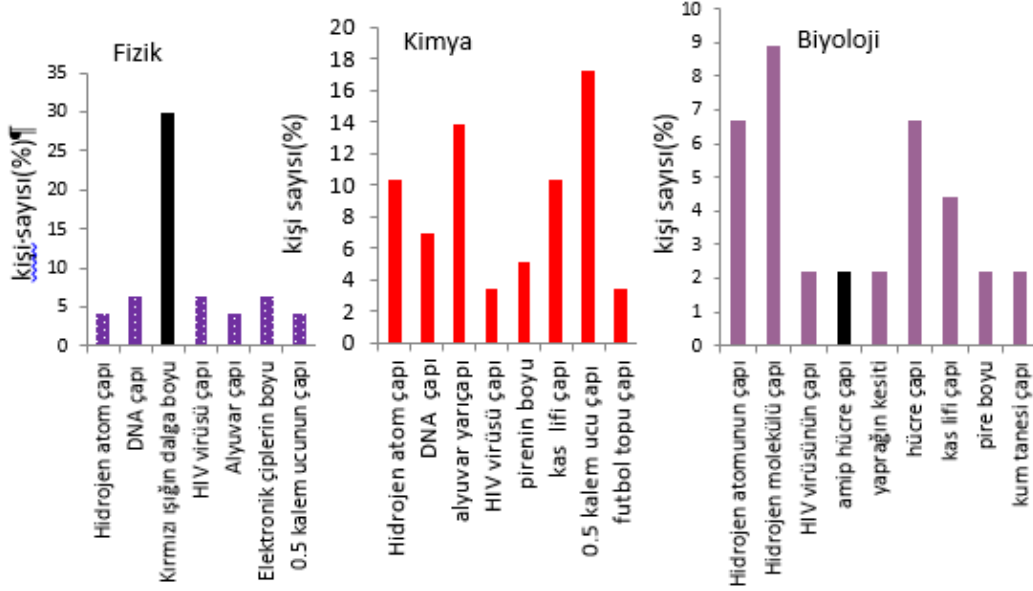
Şekil 4-3: 1-10 nm aralığına örnek verilen nesnelerin yüzdeleri

Şekil 4.3'e göre Kimya ve Biyoloji öğretmen adayları DNA yarıçapını 1-10 nm aralığa yerleştirirken, Fizik öğretmen adaylarının doğru örneği bulamadığı görülmektedir.



Şekil 4-4: 10 nm-100 nm aralığına verilen örneklerin yüzdeleri.

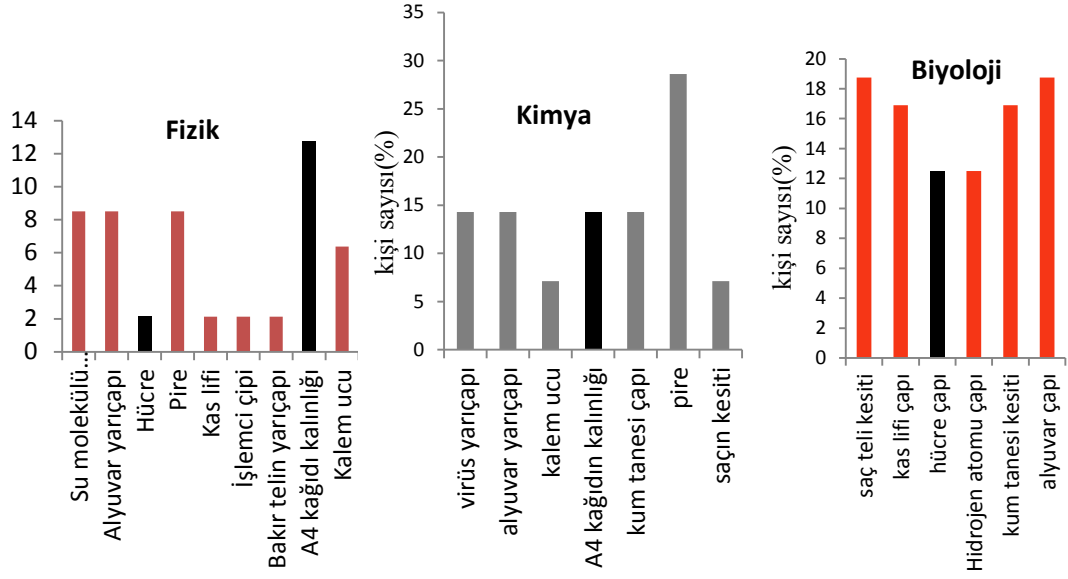
Şekil 4.4'te görüldüğü gibi Fizik öğretmen adayları 10-100 nm aralığı için doğru bir örnek yazamamış ve ayrıca Biyoloji öğretmen adaylarının % 17.8 virüs çapını bu ölçek aralığına yerleştirmiştir. Kimya öğretmen adaylarının da % 3.4 gibi bir kısmı virüs yarıçapını bu aralığa yerleştirmiştir.



Şekil 4.5: 100 nm-1 µm aralığına verilen örneklerin yüzdeleri.

Şekil 4.5'de görüldüğü gibi 100 nm-1 µm aralığı için Kimya öğretmen adayları doğru bir örnek veremezken, Fizik öğretmen adayları % 28'lik bir değerle kırmızı ışığın dalga boyunu doğru belirtmiştir. Biyoloji öğretmen adaylarının % 6.7'si hücre çapını bu aralığa yerleştirmekle doğru bir karar vermiştir.





Şekil 4.6: 1 µm-1 mm aralığına verilen örneklerin yüzdelik grafikleri

Şekil 4.6 incelendiğinde, düşük bir oranda da olsa tüm branşlardan öğretmen adaylarının sadece pireyi doğru aralığa yerleştirdikleri görülmektedir. Ayrıca röntgen ışını ve UV ışığı dalga boylarının kıyaslanması konusunda Kimya, Fizik ve Biyoloji öğretmen adaylarının sırasıyla % 5.3, % 2.7 ve % 8.7'si hata yapmıştır. Şekil 4.2 – Şekil 4.6'tan elde edilen veriler değerlendirilerek öğretmen adaylarının gruplandırma zorluk yaşadıkları nesnelere tespit edilmiştir. İkinci pilot uygulama için hazır hale getirilen test maddesi Soru-3 aşağıda verilmiştir:

Soru-3: Aşağıdaki şıklardan hangisinde nesnelere, büyüklüklerine uygun ölçek aralıklarına doğru olarak yerleştirilmiştir?

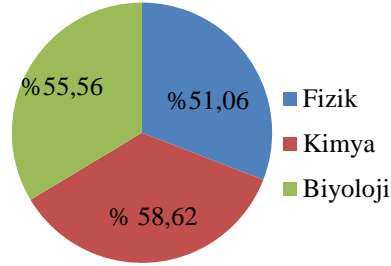
	<1nm	1 nm-10 nm	10 nm-100nm	100 nm-1 µm	1 µm-1 mm	1mm-1m	1m-1km	1km den büyük
(A)	Su molekülü çapı	UV ışığın dalga boyu	Röntgen ışınının dalga boyu	HBV virüsünün çapı	Kum tanesi çapı	Posta pulu boyu	Everest Dağının yüksekliği	Eyfel Kulesinin yüksekliği
(B)	Bakır atomunun yarıçapı	Röntgen ışınının dalga boyu	Arpa tanesinin boyu	Bakteri çapı	UV ışığının dalga boyu	Arpa tanesinin boyu	Çam ağacının boyu	Van Gölünün genişliği
(C)	Röntgen ışınının dalga boyu	Hücre zarının kesiti	HBV nin çapı	UV ışığın dalga boyu	Saç teli kalınlığı	Posta pulu	Çam ağacının boyu	Ayın yarıçapı
(D)	Bakır atomunun yarıçapı	Bakteri çapı	UV ışığın dalga	Sperm hücresinin boyu	Kum tanesi çapı	Saç teli kalınlığı	Yunus balığının boyu	Everest dağının yüksekliği
(E)	Everest dağının yüksekliği	Van Gölünün genişliği	Yunus balığının boyu	Su molekülü çapı	HBV nin çapı	Röntgen ışınının dalga boyu	Bakteri çapı	Bakır atomunun yarıçapı

### 4.1.1.3 Matematiksel Oran-Büyüklik

Matematiksel orandan yararlanarak büyüklüklerin kıyaslanmasına dair aşağıda verilen Soru-4 için doğru cevap 100 cm'dir.

Soru-4: 20 nm çapındaki nanoparçacığın 20 cm çapındaki bir futbol topu kadar genişlediğini hayal edersek, 100 nm dalga boyundaki UV ışınları, günlük hayatta karşılaştığımız hangi nesne/nesnelere karşılık gelir?

Şekil 4.7 incelendiğinde Soru-4'ün üç branşta da % 50'nin üzerinde doğru yanıtlandığı gözlenmiştir. Çoğunlukla verilen örnekler 1m'lik cetvel, 100 cm'lik masa şeklindedir. Bunun yanı sıra öğrencilerin sık olarak verdikleri örneklerden yararlanarak madde ikinci pilot uygulama için Soru-4 aşağıdaki gibi düzenlenmiştir.



Şekil 4.7: Matematiksel oran sorusunu doğru cevaplayanların yüzdesi.

Soru-4: 20 nm çapındaki nano parçacığın 20 cm çapındaki bir futbol topu kadar genişlediğini hayal edersek, 100 nm dalga boyunda UV ışınlarının verilen nesnelere hangisine karşılık geleceğini belirtiniz.

1m'lik cetvel	100 km yol
20 cm'lik karışın boyu	10 cm'lik kalem boyu
Pirenin boyu	kırmızı ışığın dalga boyu
2 cm'lik toplu iğne boyu	2 katlı ev yüksekliği
100 cm'lik masa	1 cm'lik altın lehva

#### 4.1.1.4 Birim Çevirme

Birim çevirme ile ilgili aşağıda verilen Soru-5 birinci pilot uygulamada toplamda 8 tane çevirme içermektedir. 4 ve 6 no'lu çevirmeler küçük birimlerden büyük birimlere geçiş yapma ve üslü sayılarla birim çevirme kazanımlarına yönelik hazırlanmış olup, 1, 2, 3, 5 no'lu çevirmeler büyük birimlerden küçük birimlere geçiş yapma kazanımına yöneliktir. 1, 3 ve 5 no'lu sorular da üslü sayılarla işlem yapma kazanımına hizmet etmektedir. 1, 5 ve 8 no'lu çevirmeler ise uzunluk haricindeki birim çevirmelerini yapma kazanımına ilişkin olarak hazırlanmış olup toplamda 8 soru yer almaktadır.

Soru-5: Aşağıdaki birim çevirmelerini yapınız.

- 1) H atomu için yer çekimi kuvveti  $1.6 \times 10^{-26} \text{N} = \dots\dots\dots \text{pN}$
- 2) 1cm lik altın bloğun direnci  $2 \mu\Omega = \dots\dots\dots \text{n}\Omega$
- 3) O<sub>2</sub> molekülünün kütlesi  $1.667 \times 10^{-22} \text{kg} = \dots\dots\dots \text{ng}$
- 4) Bir küp buzun hacmi  $8 \times 10^{21} \text{nm}^3 = \dots\dots\dots \text{cm}^3$
- 5) Power FM Balıkesir frekansı  $100 \text{MHz} = \dots\dots\dots \text{nHz}$
- 6) A4 kağıdının kalınlığı  $1 \times 10^5 \text{nm} = \dots\dots\dots \text{mm}$
- 7) 2 m boyundaki adam =  $\dots\dots\dots \text{pm}$
- 8) Sıvı yüzeyinde taneciklerin yer değiştirme zamanı  $10^{-12} \text{s} = \dots\dots\dots \text{ns}$

Şekil 4.8'de üç branşta da frekansa dair birim geçişinin ve hacim ve uzunluk geçişine dair birim geçişlerinin de Biyoloji ve Fizik öğretmen adayları tarafından doğru cevaplanmadığı görülmektedir. Genel olarak birim geçişlerinde başarılı olma oranı % 5' in üzerine çıkamamıştır. Biyoloji öğretmen adayları hemen hemen tüm birim geçişlerinde problemler yaşamışlardır. Bu veriler ışığında yanlış cevapları içeren test maddesi seçenekleri oluşturularak ikinci pilot uygulama kullanılacak şekilde aşağıda verildiği gibi Soru-5 yeniden düzenlenmiştir.

Soru-5:

I. H atomu için yer çekimi kuvveti  $1.6 \times 10^{-26} \text{N} = \dots\dots\dots \text{pN}$

- A)  $16 \times 10^{-13}$     B)  $16 \times 10^{-14}$     C)  $1.6 \times 10^{-14}$     D)  $16 \times 10^{-35}$     E)  $1.6 \times 10^{-38}$

II. 1 cm'lik altın bloğun direnci  $2 \times 10^3 \text{ n}\Omega = \dots\dots\dots \mu\Omega$

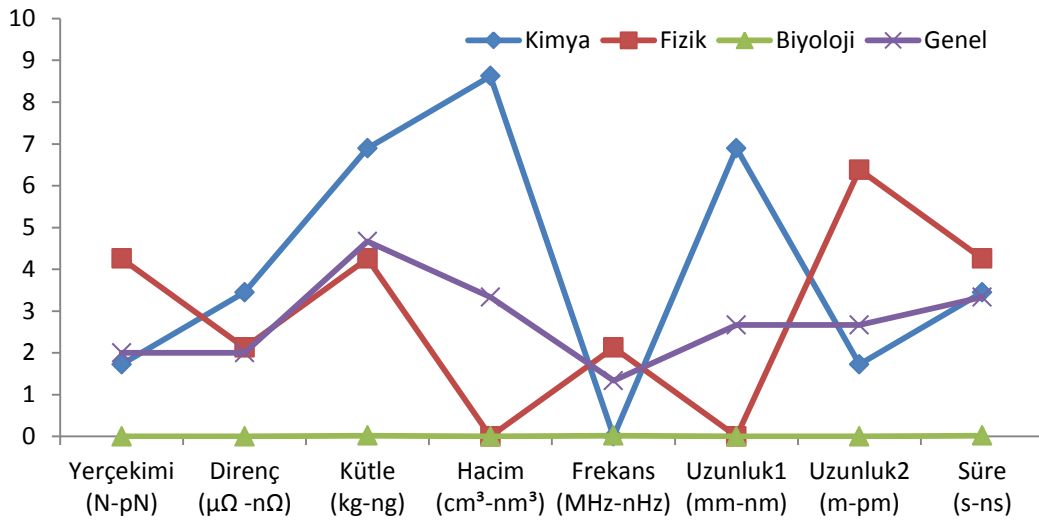
- A) 2      B)  $2 \times 10^6$       C) 20      D)  $0.2 \times 10^{-3}$       E)  $2 \times 10^{-3}$

III.  $\text{O}_2$  molekülünün kütlesi  $1.667 \times 10^{-22} \text{ kg} = \dots\dots\dots \text{ng}$

- A)  $1.667 \times 10^{-13}$       B)  $1.667 \times 10^{-31}$       C)  $16.67 \times 10^{-14}$       D)  $16.67 \times 10^{-12}$       E)  $16.67 \cdot 10^{-32}$

IV. Power FM Balıkesir frekansı 100 MHz =  $\dots\dots\dots \text{nHz}$

- A)  $1 \times 10^{14}$       B)  $1 \times 10^{12}$       C)  $100 \times 10^9$       D)  $1 \times 10^{-7}$       E)  $1 \times 10^{-10}$



Şekil 4.8: Birim çevirilerini doğru cevaplayanların yüzdesi.

#### 4.1.2 Yüzey Alanı Etkisi ve Etkileşimler

Yüzey alanı etkileşimlere dair sorular 8 tanedir. Bu soruların her biri için elde edilen bulgular ilgili oldukları konu başlıkları altında verilmiştir.

##### 4.1.2.1 Bağırsakta Besin Emilimi

Bağırsakta besin emilimine dair aşağıda verilen Soru-6 için beklenen doğru cevap '3. durumda diğerlerine göre daha büyük yüzey alanı nedeniyle besinle etkileşen villüslerin sayıları artar ve böylece besin emilimi de artar' olmalıdır.

Soru-6: Aşağıda verilmiş bağırsaklardan hangisi besinleri daha iyi absorblar? Nedeni sizce ne olabilir, açıklayınız.



1



2



3

Tablo 4.5 branşlar bazında bu soru için belirlenen tema ve kodları göstermektedir. Bu tema ve kodlardan yararlanarak ikinci pilot uygulamada kullanılmak üzere test maddesi (Soru-6) aşağıdaki gibi düzenlenmiştir.

**Tablo 4.5:** Bağırsakta besin emilimi sorusunun tema ve kodları.

Tema	Kodlar	F(%)	K(%)	B(%)	G(%)
<b>3. durumda besinler daha iyi absorplanır.</b>	3. durumda yüzey alanı ve etkileşim artar. Besin emilimide artar.	33.3	46	31	47.7
	3. durumda yüzey alanı azalır. Etkileşimler ve besin emilimi de artar.	21.3	13.8	6.7	7.3
<b>1. durumda besinler daha iyi absorplanır.</b>	1. dir. Çünkü girinti çıkıntılar daha azdır. Böylece besin zaman kaybetmeden birim zamanda daha çok absorplanır.	3.7	0	0	5.5
<b>1., 2. ve 3. durumlar için besinlerin absorplanması aynıdır.</b>	Tüm bağırsakların yüzeyinden besin birim zamanda aynı miktarda absorplanır.	4.3	3.3	4.7	4

Soru-6: Aşağıda verilmiş bağırsaklardan hangisi besinleri daha iyi absorblar? Nedeni sizce ne olabilir, açıklayan ifade aşağıda yer alıyorsa işaretleyiniz, yer almıyorsa bırakılan kısma açıklamanızı yazınız.



1



2



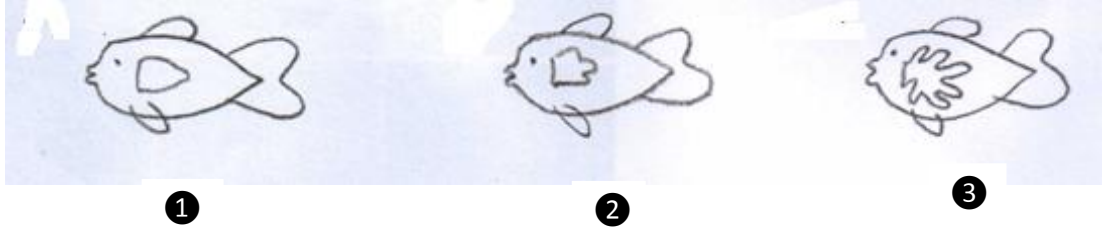
3

- A) 3.dür. Çünkü bağırsağın yüzey alanı daha fazladır.
- B) 1.dir. Çünkü besini emen mikrovillüslerin sayısı daha fazladır. Bu durum bağırsağın emilimi sağlayan yüzey alanını arttırmaktadır.
- C) 3.dür. Çünkü yüzeyden besini emen mikrovillüslerin sayısı daha fazladır. Bu durum bağırsağın emilimi sağlayan yüzey alanını arttırmaktadır.
- D) 1.dir. Çünkü girinti çıkıntılar daha azdır. Böylece besin zaman kaybetmeden birim zamanda daha çok absorblanır.
- E) Tüm bağırsakların yüzeyinden besin birim zamanda aynı miktarda absorblanır.
- F).....

#### 4.1.2.2 Balıkların Solungaçları

Balıkların solungaçlarının şekillerinin oksijenin absorblanmasına etkisi ile ilgili Soru-7 aşağıda verilmiştir. Bu sorunun doğru cevabı genel olarak ‘3. solungaçın yüzey alanı daha fazla olduğu için oksijeni daha fazla absorblayabilir’ dir. Tablo 4.6’da branşlar bazında Soru-7’ye doğru ve yanlış cevap verenlerin ve soruyu boş bırakanların yüzdeleri gösterilmektedir. Boş bırakanların oranının genelde % 30.2 olduğu görülmektedir.

Soru-7: Balıklar vücutları için oksijene gereksinim duyarlar. Balıkların solungaçlarından oksijen suda çözünmüş halde taşınır. Balık solungaçları balığın türüne ve yaşadığı yere göre farklı şekil ve türde olurlar. Siz hangi solungaç türünün daha fazla oksijen absorbladığını düşünürsünüz, açıklayınız.



**Tablo 4.6:** Balıkların solungaçları sorusunu doğru cevaplayanların yüzdesi.

	FİZİK(%)	KİMYA(%)	BİYOLOJİ(%)	GENEL(%)
DOĞRU	33.3	46.0	31.0	47.7
YANLIŞ	33.0	20.5	18.1	22.1
BOŞ	37.7	33.5	50.9	30.2

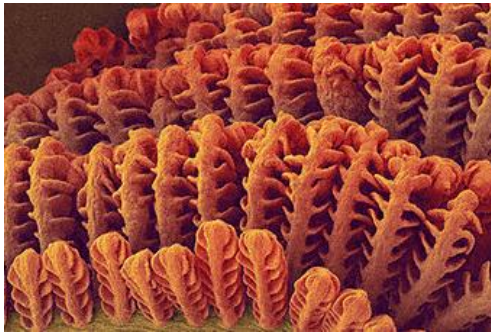
Tablo 4.6’da balıkların solungaç şekillerinin oksijenin absorblanma miktarına etkisi ile ilgili soruda boş bırakanların genelde % 30.2 olduğu gözlenmiştir. Öğretmen adaylarından alınan dönütlerde kullanılan resimlerin daha anlaşılır olması gerekliliği düşünülerek ikinci pilot uygulama için farklı resimler kullanılmıştır.

Tablo 4.7’de yer alan temalar ve kodlar göz önünde bulundurularak ikinci pilot uygulama için test maddesi aşağıda verildiği gibi düzenlenmiştir. Fizik öğretmen adayları % 54.6, Kimya öğretmen adayları % 59.8, Biyoloji öğretmen adayları % 55 oranında 3. durumda oksijenin daha iyi absorblandığını düşünmüştür. Fizik öğretmen adayları % 3.7 oranında 1. durumda daha çok oksijen absorblanacağını düşünürken, genelde % 5.3’lük oranda solungaç şeklinin oksijen absorpsiyonuna etkisinin olmadığı düşünülmüştür. Tablo 4.7’deki kod ve temalardan yararlanarak Soru-7 ikinci pilot uygulama için yeniden düzenlenmiştir.

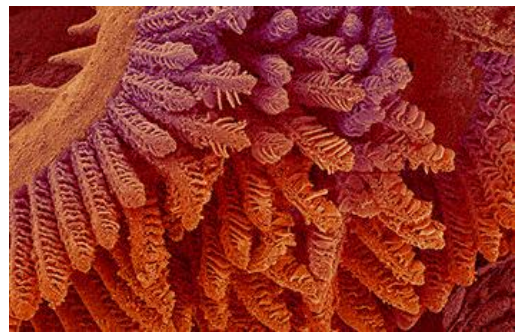
**Tablo 4.7:** Balıkların solungaçları sorusunun tema ve kodları.

Tema	Kodlar	F(%)	K(%)	B(%)	G(%)
<b>A.3. durumda oksijen daha iyi absorplanır.</b>	A1. 3. durumda yüzey alanı artar ve daha fazla oksijen absorblanabilir	33.3	46	31	47.7
	A2. 3. durumda yüzey alanı azalır. Suyla temas eden yüzey artar. Daha fazla oksijen absorblanabilir	21.3	13.8	6.7	7.3
<b>B. 1. durumda oksijen daha iyi absorplanır.</b>	1. dir. Çünkü solungaçların daha düzenli bir yapısı vardır..	3.7	0	0	5.5
<b>C. 1., 2. ve 3. durumlar için oksijenin absorplanması aynıdır.</b>	Solungaçların şekli önemli değildir. Her ikisinin yüzeyinden aynı miktarda oksijen absorblanır.	3.7	3.4	6.7	5.3

Soru-7: Balıklar vücutları için oksijene gereksinim duyarlar. Balıkların solungaçlarından oksijen suda çözülmüş halde taşınır. Balık solungaçları balığın türüne ve yaşadığı yere göre farklı şekil ve türde olurlar. Aşağıda siz hangi solungaç türü daha fazla oksijen absorblar, bu durumu açıklayan ifade aşağıda yer alıyorsa işaretleyiniz. Yer almıyorsa bırakılan kısma açıklamanızı yazınız.



I. Kaya balığının solungaçlarının SEM görüntüsü



II. Ciklet balığının solungaçlarının SEM görüntüsü

A) II. durumda yüzey alanı artar ve suyla temas eden yüzey artar. Daha fazla oksijen absorblanabilir.



B) I. durumda yüzey alanı azalır ve suyla temas eden yüzey artar. Daha fazla oksijen absorblanabilir.

C) I. dir. Çünkü solungaçların daha düzenli bir yapısı vardır. Bundan dolayı daha fazla suda çözülmüş oksijen absorblayabilir.

D) Solungaçların şekli önemli değildir. Her ikisinin yüzeyinden aynı miktarda oksijen absorblanır.

E).....

#### 4.1.2.3 Su Damlası Şekli

Su damlasının şeklinin oluşumuna etkiyen faktörlere ait aşağıda verilen Soru-8 için “Su damlasının şekli bulunduğu yüzeyin hidrofobik ve pürüzlü olmasıyla ilgilidir” cümlesi beklenen doğru cevaptır. Tablo 4.8’e göre beklenen doğru cevabı verebilen öğretmen adayının olmadığı görülmüştür.

Soru-8: Aşağıdaki resimdeki gibi su damlası bir zemin üzerinde küre şeklinde bulunuyor, nedeni sizce ne olabilir?



Tablo 4.9’ da yer alan tema ve kodlardan yararlanılarak ikinci pilot uygulama için Soru-8 yeniden aşağıdaki gibi düzenlenmiştir.

**Tablo 4.8:** Su damlasının şekli sorusuna doğru cevap verenlerin yüzdesi.

	F (%)	K (%)	B (%)	G (%)
DOĞRU	0	0	0	0
YANLIŞ	20.6	12.1	28.8	19.3
BOŞ	79.4	87.9	71.2	80.7

**Tablo 4.9:** Su damlasının şekli sorusunun tema ve kodları.

Tema	Kodlar	F(%)	K(%)	B(%)	G(%)
<b>Su ile zemin arası etkileşimden kaynaklanır.</b>	Su ile zemin arasında ki kohezyon kuvvetine bağlıdır.	10	5.2	11.1	8.3
	Suyla zemin arasında etkileşim yoktur.	8.5	5.2	13.3	8.3
<b>Zemine bağlı değildir.</b>	Zemine bağlı değildir. Suyun yüzey geriliminden kaynaklanır.	12.1	11.7	14.4	12.5

Soru-8:



Su damlasının yanda görüldüğü gibi bir zemin üzerinde küre şeklinde bulunmasının nedenini açıklayan ifade aşağıda yer alıyorsa işaretleyiniz. Yer almıyorsa bırakılan kısma açıklamanızı

- A) Su ile zemin arasındaki kohezyon kuvvetine bağlıdır.
- B) Suyla zemin arasında etkileşim yoktur.
- C) Zemine bağlı değildir. Suyun yüzey geriliminden kaynaklanır.
- D).....

#### 4.1.2.4 Su Örümceği

Su örümceğinin suyun üzerinde batmadan yürüebilmesinin nedenine dair aşağıda verilen Soru-9 için doğru cevap “Örümceğin ayağındaki suyu itebilecek çok sayıda hidrofobik tüycükler arasına sıkışan hava, ayakların ıslanmasını engeller” şeklindedir. Tablo 4.10 bu soru için ortaya çıkan tema ve kodların yüzdelerini göstermektedir.

Soru-9: Bir su örümceği suyun yüzeyinde yürüyerek dolaşabiliyor. Nedeni sizce ne olabilir?

**Tablo 4.10:** Su örümceği sorusunun tema ve kodları .

Tema	Kodlar	F(%)	K(%)	B(%)	G(%)
<b>A.Örümceğin ayağıyla su arasındaki etkileşimin türündendir.</b>	A1. Örümceğin ayağı ile su arasındaki kohezyon kuvvetlerinden kaynaklanır.	12.3	15.2	12.7	20
	A2. Örümceğin ayağı ile su arasındaki adezyon kuvvetinden kaynaklanır.	14.7	15.2	13.3	28.7
	A3. Suyla örümceğin ayakları arasındaki etkileşimin yer çekiminden büyük olmasındandır.	20.6	12.1	28.8	19.3
<b>Örümceğin ayağındaki tüycüklerin özelliklerine bağlıdır.</b>	Örümceğin ayağında suyu itebilecek çok sayıda hidrofobik tüycükler bulunur.	18.6	26.3	24.4	32.7

Tablo 4.10’da belirlenen kod ve temalar göz önünde bulundurularak, test maddesinin seçenekleri oluşturulup ikinci pilot uygulama için Soru-9 aşağıdaki hale getirilmiştir:

Soru-9: Bir su örümceği suyun yüzeyinde yürüyerek dolaşabiliyor. Bunun nedenini açıklayan ifade aşağıda yer alıyorsa işaretleyiniz, yer almıyorsa bırakılan kısma açıklamanızı yazınız.

A) Örümceğin ayağında suyu itebilecek çok sayıda hidrofobik tüycükler ve tüycükler arasında hapsolmuş hava kabarcıkları, ayağın ıslanmasını engeller.

B) Su yüzeyi ile örümceğin ayağındaki nanoölçekteki tüycükler arasındaki adhezyon kuvvetinden dolayı suda yürüyebilirler.

C) Su yüzeyi ile örümceğin ayağındaki nanoölçekteki tüycükler arasındaki kohezyon kuvvetinden dolayı suda yürüyebilirler.

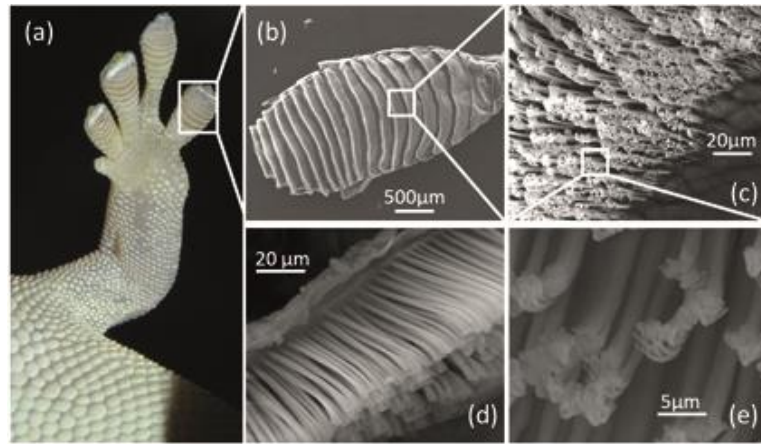
D) Örümceğin ayağındaki nanoölçekteki tüycükler ile su arasındaki etkileşim yer çekiminden büyük olduğu için suda yürüyebilir.

E)....

#### 4.1.2.5 Gecko Kertenkelesi

Gecko kertenkelesinin tavanda baş aşağı durma ya da camda ilerleyebilmesinin nedenine dair aşağıda verilen Soru-10'un doğru cevabı genel olarak "Geckolar ayak parmaklarındaki çok küçük ölçekteki uzantılar ile yüzey arasındaki oluşan etkileşimler sayesinde, yüzeye hızlıca yapışıp hızlıca ayrılırlar" olmalıdır.

Soru-10: Bir kertenkele türü olan Gecko kaygan cama tırmanabilir, tavanda baş aşağı hızla ilerleyebilir hatta tek ayak parmaklarıyla bile dikey yüzeylere tutunabilir. Bunun nedenini açıklayınız (Aşağıdaki geckonun parmaklarına ait değişik boyutlarda elektron mikroskobu görüntüleri verilmiştir).



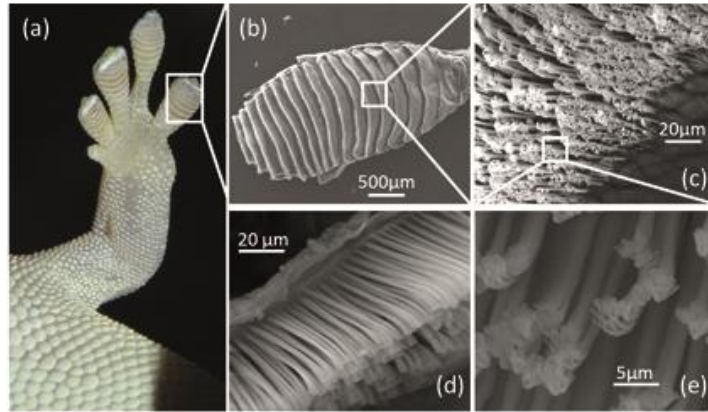
Tablo 4.11'deki tema ve kodlardan yararlanarak test maddesi aşağıdaki şekilde ikinci pilot uygulama için yeniden düzenlenmiştir.

**Tablo 4.11:** Gecko kertenkelesi sorusunun tema ve kodları.

Temalar	Kodlar	F(%)	K(%)	B(%)	G(%)
<b>Ayaklarının özel yapısından kaynaklanır.</b>	Ayak parmaklarındaki nano uzantılar ile yüzey arasında güçlü bir etkileşim vardır.	15.2	28.7	12.7	20
	Ayaklarındaki tüycükler çok küçük olduğundan arasında hava kalmaz yüzeye tutunması kolaylaşır.	14.7	15.2	13.3	28.7
	Geckonun ayakların vantuzlama özelliği yüzeye tutunmayı kolaylaştırır.	18.6	26.3	24.4	32.7
<b>Yer çekimi etkisinden kaynaklanır.</b>	Gecko çok hafif olduğu için yer çekimi etki etmez böylece yüzeye tutunması kolaylaşır	18.6	12.3	28.8	19.3
	Ayakları ile yüzey arasındaki etkileşim yer çekiminden büyüktür.	9.6	8.7	12.7	10.2

Tablo 4.11’de belirlenen kodlar dikkate alınarak test maddesinin seçenekleri düzenlenmiş ve ikinci pilot uygulama için Soru-10 aşağıdaki hale getirilmiştir:

Soru-10: Bir kertenkele türü olan Gecko kaygan cama tırmanabilir, tavanda baş aşağı hızla ilerleyebilir hatta tek ayak parmaklarıyla bile dikey yüzeylere tutunabilir. Bunun nedenini açıklayan ifade aşağıda yer alıyorsa işaretleyiniz, yer almıyorsa bırakılan kısma açıklamanızı yazınız (Aşağıdaki geckonun parmaklarına ait değişik boyutlarda elektron mikroskobu görüntüleri verilmiştir).



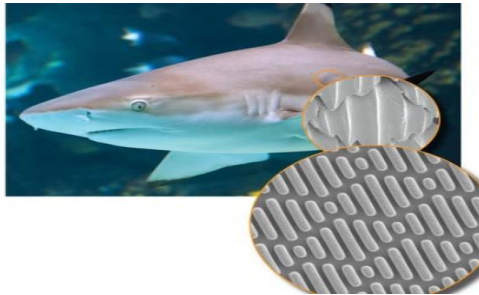
A) Geckolar ayak parmaklarındaki çok küçük ölçekteki uzantılar ile yüzey arasındaki etkileşimler sayesinde, yüzeye hızlıca yapışıp hızlıca ayrılırlar.

- B) Geckonun ayaklarının vantuzlama özelliği yüzeye tutunmayı kolaylaştırır.
- C) Gecko çok hafif olduğu için yer çekimi etki etmez, böylece yüzeye tutunması kolaylaşır.
- D) Geckonun ayağındaki nano uzantılarla yüzey arasında oluşan etkileşim yerçekiminden büyüktür.
- E) Ayağındaki nanoölçekte tüycüklerin sayıca çok fazla olması tüycüklerin arasında hava kalmasına engel olur. Bu durum yüzeye tutunmayı kolaylaştırır.
- F).....

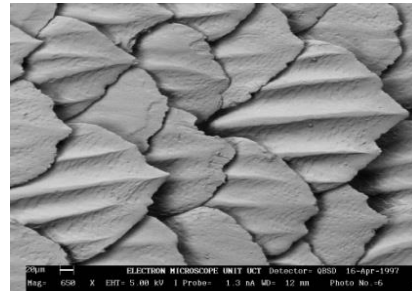
#### 4.1.2.6 Köpek Balığı

Köpek balığının derisinin yapısının yüzme hızına etkisi ile ilgili aşağıda verilen Soru-11'in doğru cevabı genel olarak "Nanoölçekteki hidrofobik pulcuklar su direncinden az etkilenip, girdaplar oluşturarak köpek balığının hızını artırır" şeklindedir. Tablo 4.12, branşlar bazında bu soru için ortaya çıkan tema ve kodların yüzdelerini göstermektedir.

Soru-11: Aşağıdaki resimlerde sırasıyla köpek balığının derisi ile ilgili bilgiler verilmiştir. Bu resimleri dikkate alarak, köpek balıklarının neden çok hızlı yüzdüklerini açıklayınız.



Köpek balığı derisi



Köpek balığı derisinin SEM görüntüsü (200 µm)

**Tablo 4.12:** Köpek balığı sorusunu doğru cevaplayanların yüzdesi.

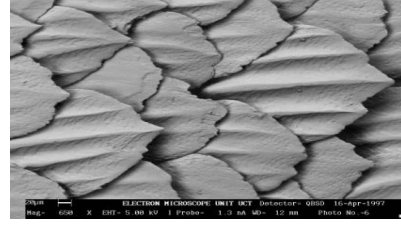
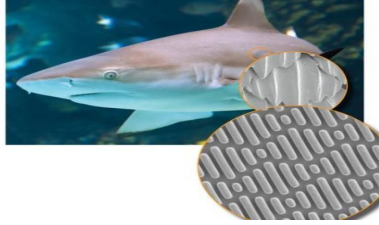
	FİZİK(%)	KİMYA(%)	BİYOLOJİ(%)	GENEL(%)
DOĞRU	6.4	6.7	0	4.7
YANLIŞ	16.3	12.1	28.8	19.3
BOŞ	77.3	81.2	71.2	80.7

**Tablo 4.13:** Köpek balığı sorusunun tema ve kodları.

Temalar	Kodlar	F(%)	K(%)	B(%)	G(%)
<b>A. Derinin hidrofobikliği</b>	A1.Köpek balığı derisi hidrofobiktir. Deriye su itme uygulayarak köpek balığını hızlandırır.	6.4	28.7	12.7	6.7
	A2. Vücudundaki pullar sayesinde yüzey alanı artar. Bu durumda hidrofobik derisinden suyun kolayca akmasını sağlar.	4.3	15.2	13.3	16.7
	A3. Derisinin nanoölçekteki süperhidrofobik pulcuklar içermesinden dolayı suyla etkileşim azalır. Etkileşimler azaldıkça sürtünme en aza inmiş hızı artmış olur.	4.3	26.3	24.4	15.3
<b>B.Derideki pulların dizilişi</b>	Köpek balığının derisindeki dikey pulcuklar su girdapları oluşturarak suyu balığın vücuduna daha çok yapıştırıp suyun yüzme karşı direncini azaltır.	6.4	12.3	28.8	5.3

Tablo 4.13'deki temalar ve kodlar dikkate alınarak test maddesinin seçenekleri düzenlenmiş ve ikinci pilot uygulama için Soru-11 aşağıdaki hale getirilmiştir.

Soru-11: Aşağıdaki resimlerde sırasıyla köpek balığının derisi ile ilgili bilgiler verilmiştir. Bu resimleri dikkate alarak, köpek balıklarının neden çok hızlı yüzdüklerini açıklayan ifade aşağıda yer alıyorsa işaretleyiniz, yer almıyorsa bırakılan kısma açıklamanızı yazınız.



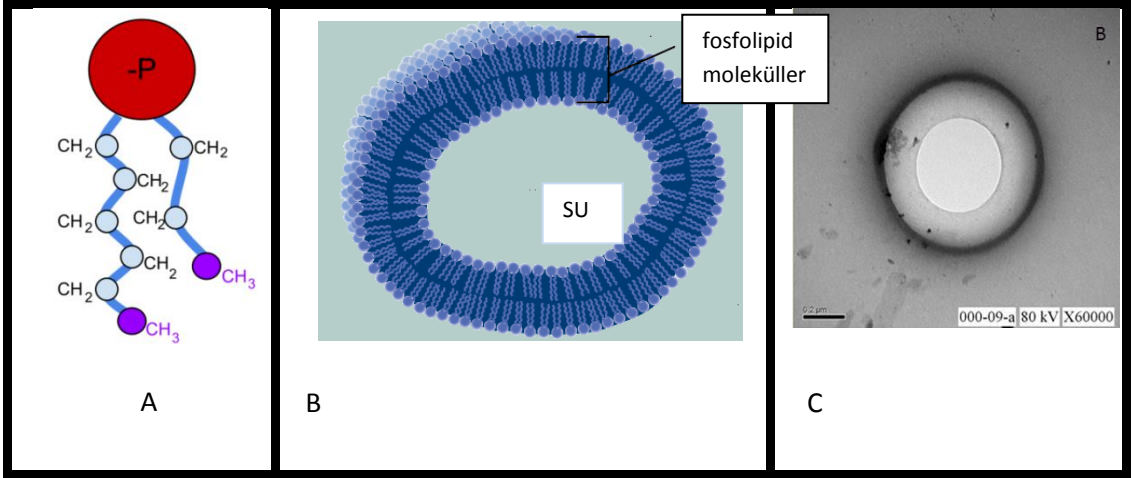
- A) Köpek balığı derisi hidrofobiktir. Deriye su itme uygulayarak köpek balığını hızlandırır.
- B) Derideki pullar sayesinde yüzey alanı artar. Bu durum hidrofobik derisinden suyun kolayca akmasını sağlar.
- C) Derisinin nanoölçekteki süperhidrofobik pulcuklar içermesinden dolayı suyla etkileşim azalır. Etkileşimler azaldıkça sürtünme en aza inmiş, hızı artmış olur.
- D) Köpek balığının derisindeki dikey pulcuklar su girdapları oluşturarak, balığın yüzmeye karşı direncini azaltır.
- E) Nanoölçekteki pulcuklar su ile etkileşimi artırarak yüzmeye karşı direnci azaltır.
- F) .....

#### 4.1.2.7 Kendiliğinden Düzenlenme

Nanoölçekteki yapıların kendiliğinden düzenlenmesi ile ilgili aşağıda verilen Soru-12'nin doğru cevabı genel olarak "Fosfolipit moleküllerinin birbirini ve suyu çeken kısımları arasındaki etkileşimler, fosfolipit moleküllerinin su içerisinde kendiliğinden düzenlenmesini sağlar" şeklindedir.



Soru-12: Fosfolipid moleküllerinin kısa bir sürede bu düzenlenmeyi nasıl ve neden gerçekleştirdiğini açıklayınız



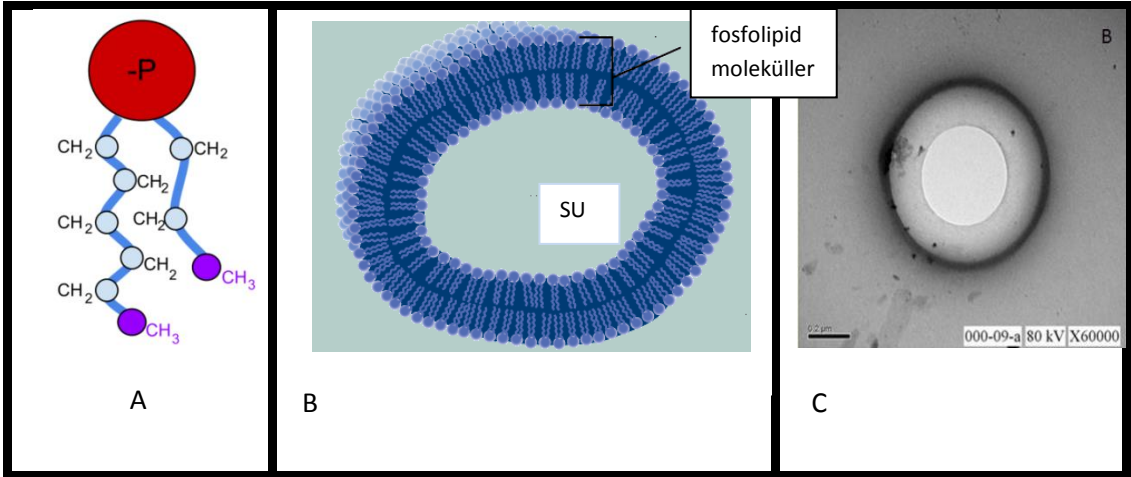
A- Bir fosfolipit molekülünün yapısını vermektedir. B- Fosfolipit moleküllerinin su içindeki düzenlenişi C-Fosfolipit moleküllerinin su içerisindeki düzenlenişinin 0.2 μm skalada 60.000 kez büyütülmüş TEM (Transmission electron microscopy) görüntüsü

**Tablo 4.14:** Kendiliğinden düzenlenme sorusunun tema ve kodları.

Temalar	Kodlar	F(%)	K(%)	B(%)	G(%)
<b>Fosfolipit molekülleri ile su molekülleri arası çekim</b>	Fosfolipid molekülleri ile su molekülleri arası çekim kuvveti artacağı için gözlenir.	12.8	6.7	9.6	10.8
	Fosfolipid molekülleri ile su molekülleri arası çekim azalacağı için gözlenir	3.7	22.6	8.6	16.8
<b>Fosfolipitlerdeki hidrofil ve hidrofob uçlar</b>	Fosfolipitler hidrofilik ve hidrofobik uç içerdiği içindir.	9.6	18.6	5.2	12.6
	Fosfolipidin hidrofob ucu su tarafından itilir. Nanoölçekte kendi molekülleri arası etkileşimler daha da artar.	0	10.3	0	4
<b>Moleküllerin kendiliğinden düzenlenmesi</b>	Kendiliğinden toplanma gözlenir. İşlevine göre fosfolipitlerin adaptasyonundan kaynaklanır.	3.3	8.6	4.4	6.7

Tablo 4.14 branşlar bazında Soru-12 için ortaya çıkan tema ve kodların yüzdelere göstermektedir. Belirlenen kodlar dikkate alınarak test maddesinin seçenekleri düzenlenmiş ve ikinci pilot uygulama için aşağıdaki hale getirilmiştir:

Soru-12: Fosfolipid moleküllerinin kısa bir sürede bu düzenlenmeyi nasıl ve neden gerçekleştirdiğini açıklayan ifade aşağıda yer alıyorsa işaretleyiniz, yer almıyorsa bırakılan kısma açıklamanızı yazınız.



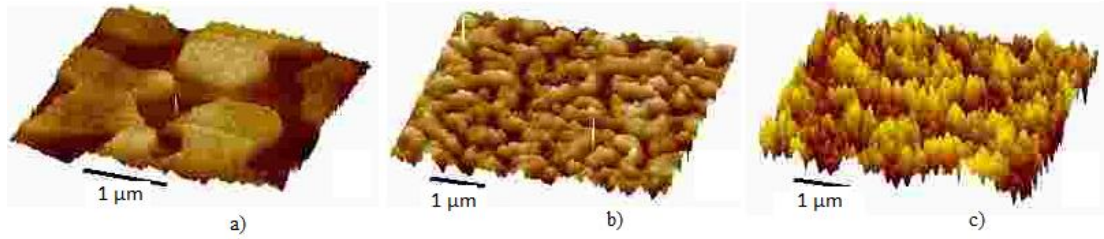
**A-**Bir fosfolipit molekülünün yapısını vermektedir. **B-** Fosfolipit moleküllerinin su içindeki düzenlenişi C- Fosfolipit moleküllerinin su içerisindeki düzenlenişinin 0.2 µm'de 60.000 kez büyütülmüş TEM (Transmission electron microscopy) görüntüsü verilmiştir.

- A) Fosfolipid molekülleri ile su molekülleri arası çekim kuvvetin artacağı için gözlenir.
- B) Fosfolipitler hidrofil ve hidrofob uç içerdiği için böyle bir düzenlenme görülür.
- C) Fosfolipit moleküllerinin birbirini ve suyu çeken kısımları arasındaki etkileşimler fosfolipit moleküllerinin su içerisinde kendiliğinden düzenlenmesini sağlar.
- D) İşlevine göre fosfolipitlerin adaptasyonundan kaynaklanır.
- E) Fosfolipid molekülleri ile su molekülleri arası çekim azalacağı için gözlenir.
- F) .....

#### 4.1.2.8 Yüzey Pürüzlülüğü

Nanoölçekte yüzey pürüzlülüğünün etkisine dair aşağıda verilen Soru-13'ün doğru cevabı genel olarak “Polipropilenin yüzey pürüzlülüğü arttıkça hidrofobikliği artar. Böylece suyu iten kuvvetler daha da artar. Su damlacık halini alarak polipropilen yüzey üzerinde toplanır” şeklindedir.

Soru-13: Polipropilenden yapılmış zeminler 1  $\mu\text{m}$  skala için atomik kuvvet mikroskop görüntüleri aşağıda verilmiştir. Bu yüzeyler üzerinde aynı miktarda su damlasının nasıl bulunabileceğini çizerek gösteriniz ve cevabınızın nedenini açıklayınız.



a)	b)	c)
----	----	----

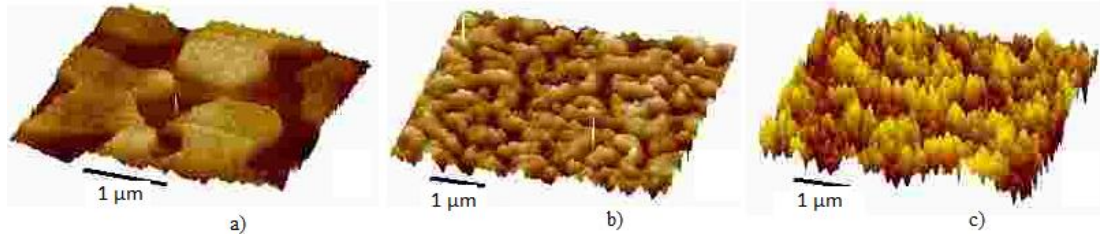
Tablo 4.15 branşlar bazında bu soru için birinci pilot uygulamayla ortaya çıkan tema ve kodların yüzdelerini göstermektedir. Tablo 4.15'teki açıklamalar incelendiğinde Fizik öğretmen adaylarının % 7.9, Kimya öğretmen adaylarının % 4.8 ve Biyoloji öğretmen adaylarının % 11.1 oranında adezyon ve kohezyon kavramını bilmedikleri ortaya çıkmaktadır.

**Tablo 4.15:** Yüzey pürüzlülüğü sorusunun tema ve kodları.

Temalar	Kodlar	F (%)	K (%)	B (%)	G (%)
<b>a'dan c'ye gidildikçe su damlacık şeklini alır.</b>	a dan c ye gidildikçe yüzey pürüzlülüğü artacağı için suyu iten kuvvetler dahada artar. Su damlacık halini alır,toplanır.	21.3	20.7	40	26.7
	Tüm yüzeylerde aynı görüntü oluşur ve büyüklük ve şekil bakımından tıpa tıp aynı damlacık şeklinde olur.	15.3	28.7	18.3	22.6
<b>a'dan c'ye gidildikçe su dağılır, yassılaştır.</b>	a yüzeyinden c yüzeyine gidildikçe su ile yüzey arası etkileşim artacağı için su damlası daha çok dağılır, yassılaştır.	3.7	3.5	6.8	5.5
	Adezyon kuvvetleri kohezyon kuvvetlerinden büyük olduğu için tüm yüzeylerde su tamamen dağılır, yassılaştır.	3.7	2.4	6.7	5.3
	Kohezyon kuvvetleri adezyon kuvvetlerinden büyük olacağı için yüzeyler suyu tamamen emer.	9.6	12.7	3.7	8.2
<b>Su kalmaz.</b>	Yüzey suyu emer.	4.2	2.4	4.4	3.3

Tablo 4.15'teki temalar ve kodlar kullanılarak test maddesinin seçenekleri ikinci pilot uygulama için aşağıdaki gibi düzenlenmiştir:

Soru-13: Polipropilenden yapılmış zeminlerin 1 µm skaladaki atomik kuvvet mikroskop görüntüleri aşağıda verilmiştir. Bu zeminlerde (a-c) üzerinde, su damlasının nasıl bulunabileceğini açıklayan ifade aşağıda yer alıyorsa işaretleyiniz, yer almıyorsa bırakılan kısma açıklamanızı yazınız.



- A) a yüzeyinden c yüzeyine gidildikçe su ile yüzey arası etkileşim artacağı için su damlası daha çok dağılır, yassılaşıır
- B) a'dan c'ye gidildikçe yüzey pürüzlülüğü artacağı için suyu iten kuvvetler daha da artar. Su damlacık halini halır, toplanır
- C) Tüm yüzeylerde aynı görüntü oluşur ve büyüklük ve şekil bakımından tıpa tıp aynı damlacık şeklinde olur.
- D) Adezyon kuvvetleri kohezyon kuvvetlerinden büyük olduğu için tüm yüzeylerde su tamamen yayılır.
- E) Kohezyon kuvvetleri adezyon kuvvetlerinden büyük olacağı için yüzeyler suyu tamamen emer.
- F) .....

### **4.1.3 Nanoölçekte Büyüklüğe Bağlı Değişen Özellikler**

#### **4.1.3.1 Kimyasal Özellikler**

Nanoölçeğin malzemelerin toksisitesine etkisine dair aşağıda verilen Soru-14'ün doğru cevabı genel olarak “Nanomalzemeler boyutu çok küçük olduğu için hücreden içeriye nüfuzları çok kolaydır. Yüzey alanlarının büyüklüğü ve yüzey enerjilerinin yüksek olması nedenleriyle nanomalzemeler hücre ve dokularla çok kolay tepkime vererek hücre ve dokuları parçalarlar” şeklindedir.

Soru-14: Nanomalzemeler canlılar için neden toksik özellik taşımaktadır, açıklayınız

Tablo 4.16'da Soru-14 için ortaya çıkan tema ve kodların yüzdelerini göstermektedir. Belirlenen kod ve temalar göz önünde bulundurularak, test maddesinin seçenekleri oluşturulup, ikinci pilot uygulama için Soru-14 aşağıdaki hale getirilmiştir.

**Tablo 4.16:** Toksikite sorusunun tema ve kodları.

<b>Temalar</b>	<b>Kodlar</b>	<b>F(%)</b>	<b>K(%)</b>	<b>B(%)</b>	<b>G(%)</b>
<b>Nanoölçekte olmalarından kaynaklanır.</b>	Boyutları çok büyük olduğu için hücrelerden içeriye kolayca nüfuz edebilirler.	15.2	3.7	13.6	9.6
	Nanoölçekte dokularla daha fazla etkileşim kurabilirler.	14.7	18.6	6.7	13.7
<b>Enerjilerinden kaynaklanır.</b>	Çok yüksek enerjili olmalarından hücreleri kolayca parçalarlar.	18.6	12.3	5.8	10.7
<b>Maddenin cinsinden kaynaklanır.</b>	Organik olmadıkları için daha kolay tepkime verirler.	18.6	9.8	18.6	13.3

Soru-14: Nanomalzemelerin canlılar için neden toksik özellik taşıdığını açıklayan ifade aşağıda yer alıyorsa işaretleyiniz, yer almıyorsa bırakılan kısma açıklamanızı yazınız.

A) Boyutları çok büyük olduğu için hücrelerden içeriye kolayca nüfuz edebilirler.

B) Nanoölçekte dokularla daha fazla etkileşim kurabilirler.

C) Çok yüksek enerjili olmalarından hücreleri kolayca parçalarlar.

D) Nanomalzemeler boyutlarının küçüklüğü ve yüzey aktivitelerinin yüksekliği nedeniyle hücre ve dokularla çok kolay tepkime verirler.

E) Kendiliğinden düzenlenme eğilimleri nedeniyle daha kolay tepkime verirler.

F).....

Metal nanoparçacığın reaktivitesine etki eden faktörlerle ilgili aşağıda verilen Soru-15'in doğru cevabı genel olarak "Metal nanoparçacığın reaktivitesi tüm faktörlere bağlıdır" şeklindedir.

Soru-15: Metal nanoparçacığın reaktivitesi, aşağıdakilerden hangisi ya da hangilerine bağlıdır, Cevabınızı nedeni ile birlikte açıklayınız.

I. Metalin türü

II. Büyüklük

III. Şekli

Tablo 4.17, Soru-15 için ortaya çıkan tema ve kodların yüzdelerini göstermektedir. Bu kodlar ve temalar göz önünde bulundurularak test maddesi aşağıdaki şekilde ikinci pilot uygulamaya hazır hale getirilmiştir.

**Tablo 4.17:** Reaktivite sorusunun tema ve kodları.

Temalar	Kodlar	F (%)	K (%)	B (%)	G (%)
<b>Büyüklük ve türüne bağlıdır.</b>	Büyüklük yüzey alanını etkilerken türde etkileşimin türünü belirler.	12.3	12.6	9.6	10.2
<b>Türüne bağlıdır.</b>	Metalin elektron sayısı değişikçe reaksiyona girme isteği de değişir.	5.6	13.8	7.3	8.5
<b>Üçüne de bağlıdır.</b>	Şekil, büyüklük ve tür reaktiviteyi değiştirir.	12.5	18.2	20	15.3
<b>Büyüklüğüne bağlıdır.</b>	Büyüklük azaldıkça yüzey alanı artar ve reaktivite artar	3.7	5.6	7.3	5.2

Soru-15: Metal nanoparçacığın reaktivitesini etkileyen faktör/faktörlerle ilgili ifade aşağıda yer alıyorsa işaretleyiniz, yer almıyorsa bırakılan kısma açıklamanızı yazınız.

- A) Büyüklük ve türüne bağlıdır.
- B) Türüne bağlıdır. Çünkü her metalin reaksiyona girme isteği aynı değildir ve yapacağı etkileşimlerin türü ve gücünde farklıdır.
- C) Şekline, büyüklüğüne ve türüne bağlıdır.
- D) Büyüklüğüne bağlıdır. Büyüklük arttıkça yüzey alanı ve reaktivitesi artar.
- E) .....

Nanoölçekte alüminyumun reaktivitesindeki değişime ilişkin aşağıda verilen Soru-16'nın doğru cevabı genel olarak "Nanoölçekte yüzey alanı/hacim oranının yüksekliği nedeniyle yüzeydeki taneciklerin sayısı ve enerjisi fazladır. Bu da reaktiviteyi artırır" şeklindedir. Tablo 4.18 Soru-16 için birinci pilot uygulama sonucunda ortaya çıkan tema ve kodların yüzdelerini göstermektedir.

Soru-16: Asitli içeceklerin konulduğu alüminyum malzemeler, nanoölçekte çok güçlü patlayıcı özellik kazanıyor. Meydana gelen bu değişimin nedeni sizce ne olabilir, açıklayınız.

**Tablo 4.18:** Alüminyumun reaktivitesi sorusunun tema ve kodları

Temalar	Kodlar	F(%)	K(%)	B(%)	G(%)
<b>Ölçek değişince enerji de değişir.</b>	Ölçek küçüldükçe enerji artacağı içindir.	15.2	3.7	13.6	9.6
<b>Ölçek değişince düzensizlikte değişir.</b>	Nanoölçeğe inildikçe, düzensizlik artacağı içindir.	14.7	18.6	6.7	13.7
<b>Ölçek değişince etkileşimde değişir.</b>	Nanoölçekte etkileşim arttığı içindir.	18.6	12.3	5.8	10.7
<b>Ölçek değişince yüzey alanı artar.</b>	Nanoölçekte yüzey alanı ve etkin çarpışma sayısı arttığındandır.	12.3	16.8	8.3	13.3

Tablo 4.18'de elde edilen kodlar ve temalar göz önünde bulundurularak ikinci pilot uygulama için test maddesi aşağıdaki gibi hazırlanmıştır.

Soru-16: Asitli içeceklerin konulduğu alüminyum malzemeler, nanoölçekte çok güçlü patlayıcı özellik kazanıyor. Meydana gelen bu değişimin nedeni sizce ne olabilir, açıklayan ifade aşağıda yer alıyorsa işaretleyiniz, yer almıyorsa bırakılan kısma açıklamanızı yazınız.



- A) Ölçek küçüldükçe enerji artar.
- B) Nanoölçeğe inildikçe, düzensizlik artar.
- C) Nanoölçekte etkileşim artar.
- D) Nanoölçekte yüzey alanı ve etkin çarpışma sayısı artar.
- E).....

Metal nanoparçacığın reaksiyon hızına etki eden faktörlere dair aşağıda verilen Soru-17 için doğru cevap “Reaksiyon hızı nanoparçacığın şekline, büyüklüğüne ve türüne bağlıdır. Şekil ve büyüklük yüzey alanını, dolayısıyla reaksiyona girecek tanecik sayısını ve yönelimini etkilerken, türü de reaksiyona girecek tanecikler arasında etkileşimlerin türünü belirler” şeklindedir.

Soru-17: Metal nanoparçacığın reaksiyon hızı aşağıdakilerden hangisi ya da hangilerine bağlıdır, Cevabınızı nedeni ile birlikte açıklayınız.

I. Metalin türü

II. Büyüklük

III. Şekil

Tablo 4.19, Soru-17 için birinci pilot uygulama sonucunda ortaya çıkan tema ve kodların yüzdelerini göstermektedir. Tema ve kodlar göz önünde bulundurularak test maddesinin seçenekleri aşağıdaki gibi ikinci pilot uygulama için düzenlenmiştir.

**Tablo 4.19:** Metal nanoparçacığın reaksiyon hızı sorusunun tema ve kodları.

<b>Temalar</b>	<b>Kodlar</b>	<b>F(%)</b>	<b>K(%)</b>	<b>B(%)</b>	<b>G(%)</b>
<b>Büyüklik ve türüne bağlıdır.</b>	Büyüklik ve türüne bağlıdır. Büyüklik azaldıkça reaksiyon hızlanır. Tür değişince de reaksiyona girecek tanecikler arasında etkileşimler değişir.	12.8	16.3	6.7	9.8
<b>Tüm özelliklerde bağlıdır.</b>	Şekline, büyüklüğüne ve türüne bağlıdır. Şekil ve büyüklük yüzey alanını, dolayısıyla reaksiyona girecek tanecik sayısını ve yönelimini etkilerken, türü de reaksiyona girecek tanecikler arasında etkileşimlerin türünü belirler.	6.5	28.2	9.6	22.3
<b>Türüne bağlıdır.</b>	Türüne bağlıdır. Maddeyi oluşturan atomların elektron sayısı, bağ yapısı ve düzeni, reaksiyon hızı için belirleyici faktördür	3.7	5.6	6.7	4.8
<b>Türüne ve şekline bağlıdır.</b>	Şekline ve türüne bağlıdır. Atomların elektron sayısı ve düzenine bağlı olarak etkileşimler değişirken, taneciklerin etkin çarpışma yapabilecek yüzeyleride hızı etkiler.	6.8	16.3	4.3	12.7
<b>Büyükliğüne bağlıdır.</b>	Büyükliğüne bağlıdır. Büyüklik küçüldükçe yüzey enerjisi ve yüzey alanı da artar. Reaksiyon hızıda artar	3.7	3.2	4.3	2.8

Soru-17: Metal nanoparçacığın reaksiyon hızını etkileyen faktör/faktörleri açıklayan ifade aşağıda yer alıyorsa işaretleyiniz. Yer almıyorsa bırakılan kısma açıklamanızı yazınız.

A) Maddenin büyüklik ve türüne bağlıdır. Büyüklik azaldıkça reaksiyon hızlanır. Tür değişince de reaksiyona girecek tanecikler arasında etkileşimler değişir.

B) Maddenin parça şekline, büyüklüğüne ve türüne bağlıdır. Şekil ve büyüklük yüzey alanını, dolayısıyla reaksiyona girecek tanecik sayısını ve yönelimini etkilerken, türü de reaksiyona girecek tanecikler arasında etkileşimlerin türünü belirler.

C) Maddenin sadece türüne bağlıdır. Maddeyi oluşturan atomların elektron sayısı, bağ yapısı ve düzeni, reaksiyon hızı için belirleyici faktördür.

D) Maddenin parça şekline ve türüne bağlıdır. Atomların elektron sayısı ve düzenine bağlı olarak etkileşimler değişirken, taneciklerin etkin çarpışma yapabilecek yüzeyleri de hızı etkiler.

E) Maddenin sadece büyüklüğüne bağlıdır. Büyüklük küçüldükçe yüzey enerjisi ve yüzey alanı da artar. Reaksiyon hızı da artar

F).....

Nanotermite reaksiyonlarının termit reaksiyonlarından daha hızlı gerçekleşmesiyle ilişkili aşağıda verilen Soru-18'in doğru cevabı genel olarak "Nanoölçekte yüzeyde daha çok sayıda, yüksek enerjili tanecikler vardır. Bu tanecikler de etkin çarpışma sayısını artırarak tepkimenin hızını artırır" şeklindedir.

Soru-18: Termit reaksiyonu alüminyumun başka bir metal oksidi ile (özellikle demiroksit) girdiği reaksiyondur. Bu maddelerin karışımına da termit adı verilir. Ortalama 2370 °C 'de gerçekleşen redoks reaksiyonu sonucunda, alüminyum oksit, diğer metalin element hali ve çok büyük miktarda ısı açığa çıkar. Termit ile yapılan bombalar, II. Dünya Savaşı'nda yangın çıkartmak amacıyla kullanılmıştır. Bu iki bileşenin nanoboyutta karıştırılmasıyla elde edilen nanotermite ise çok daha hızlı ve çok daha güçlü bir reaksiyon vermektedir. Meydana gelen bu değişimin nedeni sizce ne olabilir, açıklayınız.

Tablo 4.20'de Soru-18 için verilen cevaplardan oluşturulmuş temalar ve kodlar yer almaktadır. Bu temalar ve kodlar kullanılarak ikinci pilot uygulama için düzenlenen Soru-18 aşağıda verilmiştir:

**Tablo 4.20:** Termit sorusunun tema ve kodları.

Temalar	Kodlar	F(%)	K(%)	B(%)	G(%)
<b>Ölçek değişince kararsızlık değişir.</b>	Nanoölçekte tanecikler daha kararsızdır.	8.2	18.7	5.6	12.3
<b>Ölçek değişince enerji değişir.</b>	Nanoölçekte tanecikler yüksek enerlidir.	5.7	12.6	6.7	10.3
<b>Ölçek değişince etkileşim değişir.</b>	Nanoölçekte atomlar arası etkileşim azalır.	18.6	12.3	5.8	10.7
<b>Ölçek değişince tanecikler arası boşluk değişir.</b>	Nanoölçekte tanecikler arası boşluk fazladır.	12.3	16.8	8.3	13.3

Soru-18: Termit reaksiyonu alüminyumun başka bir metal oksidi ile (özellikle demiroksit) girdiği reaksiyondur. Bu maddelerin karışımına da termit adı verilir. Ortalama 2370 °C'de gerçekleşen redoks reaksiyonu sonucunda, alüminyum oksit, diğer metalin element hali ve çok büyük miktarda ısı açığa çıkar. Termit ile yapılan bombalar, II. Dünya Savaşı'nda yangın çıkartmak amacıyla kullanılmıştır. Bu iki bileşenin nanoboyutta karıştırılmasıyla elde edilen nanotermit ise çok daha hızlı ve çok daha güçlü bir reaksiyon vermektedir. Meydana gelen bu değişimin nedeni sizce ne olabilir, açıklayan ifade aşağıda yer alıyorsa işaretleyiniz, yer almıyorsa bırakılan kısma açıklamanızı yazınız.

- A) Nanoölçekte tanecikler daha kararsızdır.
- B) Nanoölçekte tanecikler yüksek enerjilidir.
- C) Nanoölçekte atomlar arası etkileşim azalır.
- D) Nanoölçekte tanecikler arası boşluk fazladır.
- E) .....

#### 4.1.3.2 Mekanik Özellikler

Elastisite modülünün malzemenin büyüklüğü ile değişimine ilişkin aşağıda verilen Soru-19'un doğru cevabı genel olarak "nanoölçekte polipropilen parçacıkların yüzey alanı ve nanoparçacıklar arasındaki etkileşim daha fazladır. Bu nedenle şeklini değiştirmek zorlaşır. Yani birim boyu artırmak için gereken kuvvet artar" şeklindedir.

Soru-19: Elastisite modülü, malzemenin kuvvet altında elastik şekil değiştirmesinin ölçüsüdür. Tanımı gereği birim kesit alanına sahip bir malzemede (genellikle 1 mm<sup>2</sup>) birim boyu bir kat arttırmak için (örneğin 1m'lik teli 2 m yapmak için) uygulanması gerekli kuvveti gösterir. Polipropilen nanoparçacıkların elastisite modülüsü makro ölçekteki polipropilenden daha büyüktür. Meydana gelen bu değişimin nedeni sizce ne olabilir, açıklayınız.

**Tablo 4.21:** Elastisite modülü sorusunun tema ve kodları.

Temalar	Kodlar	F(%)	K(%)	B(%)	G(%)
<b>A.Moleküllerin dizilişindedir.</b>	Ölçek azalınca moleküller daha düzenli olurlar.	12.8	16.7	9.6	10.8
<b>B.Ölçek değişince etkileşimde değişir.</b>	A1.Nanoölçekte etkileşim artar	3.7	22.6	8.6	16.8
	A2.Nanoölçekte etkileşim azalır.	9.6	18.6	5.2	12.6
	A3.Nanoölçekte yüzey alanı artar.				
<b>C.Ölçek değişince yüzey alanı değişir.</b>	Ölçek azaldığında yüzey alanı da artar.	3.7	10.3	2.8	7.4

Tablo 4.21'deki açıklamalar göz önünde bulundurularak ikinci pilot uygulama için seçenekleri düzenlenen Soru-19 test maddesi aşağıda verilmiştir:

Soru-19: Elastisite modülüsü malzemenin kuvvet altında elastik şekil değiştirmesinin ölçüsüdür. Tanımı gereği birim kesit alanına sahip bir malzemede (genellikle  $1 \text{ mm}^2$ ) birim boyu bir kat arttırmak için (örneğin 1m'lik teli 2m yapmak için) uygulanması gerekli kuvveti gösterir. Polipropilen nanoparçacıkların elastisite modülüsü makroölçekteki polipropilenden daha büyüktür. Meydana gelen bu değişimin nedeni sizce ne olabilir, açıklayan ifade aşağıda yer alıyorsa işaretleyiniz, yer almıyorsa bırakılan kısma açıklamanızı yazınız.

- A) Ölçek azaldıkça moleküller daha düzenli dizildiği içindir.
- B) Nanoölçekte etkileşim artar
- C) Nanoölçekte etkileşim azalır.
- D) Nanoölçekte yüzey alanı artar.
- E).....

Silikon nanoparçacığının sertliği ile ilgili aşağıda verilen Soru-20 açık uçlu sorunun doğru cevabı genel olarak “nanoparçacık için etkileşim yüzey alanı makroölçeğe göre daha fazladır” şeklindedir.

Soru-20: 40 nm çapa sahip silikon nanoparçacıklarının sertliği makroölçekteki (bulk) silikondan 4 kat daha büyüktür. Meydana gelen bu değişimin nedeni sizce ne olabilir, açıklayınız.

Tablo 4.22, verilen cevaplardan oluşturulan tema ve kodları içermektedir. Bu kodlar ve temalar göz önünde bulundurularak test maddesi aşağıdaki gibi ikinci pilot uygulama için hazır hale getirilmiştir.

**Tablo 4.22:** Ölçeğin silikonun sertliğine etkisine dair tema ve kodlar.

<b>Temalar</b>	<b>Kodlar</b>	<b>F(%)</b>	<b>K(%)</b>	<b>B(%)</b>	<b>G(%)</b>
<b>Ölçek değişince etkileşimin gücünde değişir.</b>	Nanoölçekte silikon tanecikleri arası etkileşim artar.	5.7	12.6	6.7	10.3
<b>Ölçek değişince yüzey alanı değişir.</b>	Nanoölçekte yüzey alanı artar daha çok yüzey birbiriyle etkileşir.	18.6	12.3	5.8	11.7
<b>Ölçek değişince silikon moleküllerinin büyüklüğü değişir.</b>	Ölçek küçüldükçe silikon tanecikleri büyür. Birbiriyle daha çok etkileşirler.	12.3	16.8	8.3	13.3
<b>Ölçek değişince atomlar arası boşluk değişir.</b>	Nanoölçekte atomlar arası boşluk azalır. Birbiriyle daha çok etkileşirler.	3.7	8.6	5.8	6.3

Soru-20: 40 nm çapa sahip silikon nanoparçacıklarının sertliği makroölçekteki silikondan 4 kat daha büyüktür. Meydana gelen bu değişimin nedenini açıklayan ifade aşağıda yer alıyorsa işaretleyiniz, yer almıyorsa bırakılan kısma açıklamanızı yazınız.

- A) Nanoölçekte silikon tanecikleri arası etkileşim artar.
- B) Nanoölçekte yüzey alanı artar daha çok yüzey birbiriyle etkileşir.
- C) Ölçek küçüldükçe silikon tanecikleri büyür. Birbiriyle daha çok etkileşirler.
- D) Nanoölçekte atomlar arası boşluk azalır. Birbiriyle daha çok etkileşirler.
- E).....

Hidroksiapatit kristallerinin büyüklüğünün kemiğin yük taşıma kapasitesine etkisi ile ilgili aşağıda verilen Soru-21'in doğru cevabı genel olarak "mikroölçekte

HA kristalleri ile kollajen fibriller arasında etkileşim yüzeyi azalır. Bunun sonucu olarak mekanik dayanım azalır. Bu durum yükün iletilmesini zorlaştırır” şeklindedir.

Soru-21: Kemik dokunun içerisinde kollajen fibriller ve bunların aralarında da dolgu malzemesi olarak eni 2-5 nm, boyu 50 nm olan üç boyutlu Hidroksiapatit (HA) kristalleri yer almaktadır. Doğal kemik dokusundaki HA kristallerinin büyüklüğü mikroölçeğe arttırılsaydı, bu durum kemiğin yük taşıma kapasitesini nasıl etkilerdi? Meydana gelen bu değişimin nedeni sizce ne olabilir, açıklayınız

**Tablo 4.23:** Kemiğin yük taşıma kapasitesi sorusunun tema ve kodları.

Temalar	Kodlar	F (%)	K (%)	B (%)	G (%)
<b>A.Ölçek büyüdükçe taşıma kapasiteside artar.</b>	A1. Boşluk arttığı için mikroölçekte sağlamlık artar	8.3	12.7	9.6	10.3
	A2. Mikroölçekte Ha kristalleri sayısı artar, taşıma kapasitesi artar.	3.7	8.3	12.6	9.3
<b>B.Ölçek büyüdükçe taşıma kapasitesi azalır.</b>	B1. Nanoölçekte HA kristalleri arasındaki etkileşim azalır. Taşıma kapasitesi azalır.	0	3.4	4.4	2.7
	B2. Mikroölçekte HA kristalleri arasındaki boşluk artar yük taşıma kapasitesi azalır.	3.7	6.8	8.3	13.3

Birinci pilot uygulama sonucu ortaya çıkan Tablo 4.23'teki kodlar ve temalar dikkate alınarak test maddesi ikinci pilot uygulama için aşağıdaki şekilde düzenlenmiştir.

Soru-21: Kemik dokunun içerisinde kollajen fibriller ve bunların aralarında da dolgu malzemesi olarak eni 2-5 nm, boyu 50 nm olan üç boyutlu HA (Hidroksiapatit) kristalleri yer almaktadır. Doğal kemik dokusundaki HA kristallerinin boyutu mikron boyutuna arttırılmasının kemiğin yük taşıma kapasitesine etkisini açıklayan ifade aşağıda yer alıyorsa işaretleyiniz, yer almıyorsa bırakılan kısma açıklamanızı yazınız.

A) HA kristalleri arasındaki boşluk arttığı için mikroölçekte sağlamlık artar.



- B) Nanoölçekte HA kristalleri arasındaki etkileşim azalır. Taşıma kapasitesi azalır.
- C) Mikroölçekte HA kristalleri sayısı artar, taşıma kapasitesi artar.
- D) Mikroölçekte HA kristalleri arasındaki boşluk artar yük taşıma kapasitesi azalır
- E).....

#### 4.1.3.3 Elektriksel Özellikler

Karbon nanotüplerin elektronik özellikleri ile ilgili aşağıda verilen Soru-22'nin doğru cevabı genel olarak "Karbon nanotüpün iletkenliği çapı, boyutu ve grafitin dönme yönüne bağlı olarak değişir" şeklindedir. Tablo 4.24, Soru 22 için yapılan açıklamalardan ortaya çıkarılan tema ve kodların yüzdeleri analizlerini göstermektedir.

Soru-22: Grafit tabakasının kendi etrafında döndürülmesiyle oluşan yapıya tek duvarlı karbon nanotüp denir. Buna göre tek duvarlı karbon nanotüpün elektronik özellikleri nelere bağlıdır, açıklayınız.

Tablo 4.24'teki temalar ve kodlar göz önünde bulundurularak Soru-22 ikinci pilot uygulama için aşağıda verildiği gibi yeniden düzenlenmiştir.

**Tablo 4.24:** Karbon nanotüp sorusunun tema ve kodları.

<b>Tema</b>	<b>Kodlar</b>	<b>F (%)</b>	<b>K (%)</b>	<b>B (%)</b>	<b>G (%)</b>
<b>A. Çapına ve dönme yönüne bağlıdır.</b>	A1.Karbon nanotüp çapı ve grafitin dönme yönüne bağlıdır.	12.8	16.3	6.7	10.8
<b>B.Büyükliğüne bağlıdır.</b>	B1.Karbon nanotüpün büyüklüğüne bağlıdır. Çünkü elektron sayısı arttıkça iletkenlik artar.	9.3	28.2	9.6	16.8
<b>C.Üçüne de bağlıdır.</b>	C1. Karbon nanotüp çapı, boyutu ve grafitin dönme yönüne bağlıdır.	3.7	5.6	6.7	4.8
<b>D.Grafitin dönme yönüne bağlıdır</b>	D.Grafitin dönme yönü karbon nanotüp iletkenliğini etkiler.	3.7	3.2	4.3	2.8
<b>E.Çapına bağlıdır.</b>	E1.Karbon nanotup çapı arttıkça iletkenlik artar. E2.Karbon nanotup çapı azaldıkça iletkenlik artar.	9.3	8.6	4.3	5.6

Soru-22: Grafit tabakasının kendi etrafında döndürülmesiyle oluşan yapıya tek duvarlı karbon nanotüp denir. Buna göre tek duvarlı karbon nanotüplerin elektronik özelliklerini etkileyen faktör/faktörleri açıklayan ifade aşağıda yer alıyorsa işaretleyiniz, yer almıyorsa bırakılan kısma açıklamanızı yazınız.

A) Karbon nanotüp çapı ve grafit dönme yönüne bağlıdır.

B) Boyuna bağlıdır. Boyu azaldıkça elektron sayısı ve iletkenlik azalır.

C) Karbon nanotüp çapı, boyuna ve grafit dönme yönüne bağlıdır.

D) Grafitin dönme yönü karbon nanotüp iletkenliğini etkiler.

E) Karbon nanotüp çapı arttıkça iletkenlik artar.

F) Karbon nanotüp çapı azaldıkça iletkenlik artar.

G).....

Makroölçekten nanoölçeğe gidildikçe metallerin iletkenliğinin değişimi ile ilgili aşağıda verilen Soru-23'ün doğru cevabı genel olarak “Nanoölçekte çok daha az sayıda atomik orbitalin çakışması nedeniyle iletkenlik ve değerlik seviyeleri arası mesafe ve dolayısıyla enerji değişir” şeklindedir.

Soru-23: Metal yığın (bulk) halde iken iletken bir özelliğe sahip iken, 1 veya 2 nm yarıçapındaki metal parçacıklar yarı iletken hale geçmektedir. Meydana gelen bu değişimin nedeni sizce ne olabilir, açıklayınız.

**Tablo 4.25:** Ölçeğin elektriksel özelliklere etkisi sorusunun tema ve kodları

Temalar	Kodlar	F(%)	K(%)	B(%)	G(%)
<b>A.Tanecikler arası boşluğa bağlıdır</b>	Nanoölçekte tanecikler arası boşluk artar, iletkenlik azalır.	12.8	9.6	3.3	8.8
<b>B.Tanecikler arası etkileşime bağlıdır.</b>	Nanoölçekte etkileşim artar, iletkenlik azalır	12.7	8.6	6.7	9,2
<b>C.Ölçek değişince metalin türü değişir.</b>	Ölçek küçüldükçe metalin özelliği değişir.	18.6	12.3	5.2	10.5
<b>D.İletkenlik yüzey alanına bağlıdır.</b>	Nanoölçekte yüzey alanı azalır, iletkenlik azalır	3.7	15.86	3.3	9.6
<b>E.İletkenlik ve değerlik bandı arası mesafe ölçekle değişir.</b>	İletkenlik ve değerlik bandı ölçek küçüldükçe değişir.	3.7	8.6	0	5.3

Tablo 4.25'deki tema ve kodlar göz önünde bulundurularak Soru-23 aşağıda verildiği gibi ikinci uygulama için düzenlenmiştir:

Soru-23: Metal yığın (bulk) halde iken iletken bir özelliğe sahip iken, 1 veya 2 nm yarıçapındaki metal parçacıklar yarı iletken hale geçmektedir. Meydana gelen bu değişimin nedenini açıklayan ifade aşağıda yer alıyorsa işaretleyiniz, yer almıyorsa bırakılan kısma açıklamanızı yazınız.

A) Nanoölçekte tanecikler arası boşluk artar, iletkenlik azalır.

B) Nanoölçekte etkileşim artar, iletkenlik azalır.

C) Ölçek küçüldükçe metalin özelliği değişir.

D) Nanoölçekte yüzey alanı azalır, iletkenlik azalır.

E) Ölçek azaldıkça iletkenlik ve değerlik bandı arası mesafe değişir.

F) .....

Metal nanoparçacığın iletkenliğine etki eden etmenlerle ilgili aşağıda verilen Soru-24'ün cevabı "Türü, şekli ve büyüklüğü metal nanoparçacığın iletkenliğini etkiler" şeklindedir.

Soru-24: Metal nanoparçacığın iletkenliği, aşağıdakilerden hangisi ya da hangilerine bağlıdır, cevabınızı nedeni ile birlikte açıklayınız.

I. Metalin türü

II. Büyüklüğü

III. Şekli

**Tablo 4.26:** Nanoparçacığın iletkenliğini etkileyen faktörler

<b>Temalar</b>	<b>Kodlar</b>	<b>F (%)</b>	<b>K (%)</b>	<b>B (%)</b>	<b>G (%)</b>
<b>A. Büyüklüğündendir.</b>	Büyüklük arttıkça elektron sayısı artacağı için iletkenlik artar.	16.3	6.7	12.8	10.5
<b>B. Büyüklük, tür ve şeklindedir.</b>	Bu üç özelliğe iletkenliği sağlayan elektron hareketini etkiler.	8.2	19.6	9.3	11
<b>C. Türüne bağlıdır.</b>	Metaller iyi iletken, bazıları yarımetal özelliği taşır.	5.6	6.7	3.7	3.4
<b>D. Büyüklüğüne ve türüne bağlıdır..</b>	Elektronun iletkenlik ve değerlik bandı arası mesafe her metalde ve büyüklükte farklıdır.	16.3	4.3	6.8	8.6

Tablo 4.26'daki kodlar yardımıyla Soru 24'ün seçenekleri oluşturulup, ikinci uygulama için aşağıdaki hale getirilmiştir:

Soru-24: Metal nanoparçacığın iletkenliğini etkileyen faktör/faktörleri açıklayan ifade aşağıda yer alıyorsa işaretleyiniz, yer almıyorsa bırakılan kısma açıklamanızı yazınız.

A) Büyüklüğüne bağlıdır. Büyüklük arttıkça elektron sayısı artacağı için iletkenlik artar.

B) Büyüklük, tür ve şekline bağlıdır. Bu üç özelliğe iletkenliği sağlayan elektron hareketini etkiler.

C) Türüne bağlıdır. Çünkü bazı metaller iyi iletken, bazıları yarımetal özelliği taşır.

D) Büyüklüğüne ve türüne bağlıdır. Çünkü elektronun iletkenlik ve değerlik bandı arası mesafe her metalde ve büyüklükte farklıdır.

E) Şekline bağlıdır. Nanoparçacıkların şekilleri elektron hareketini artırabilir ya da azaltabilir.

### 4.1.3.3 Erime Noktası

Nanoölçekte metalin erime noktasının makroölçekten farklı olması ile ilgili aşağıda verilen Soru 25'in cevabı "2.5 nm büyüklüğündeki altın topağın yüzey alanı/hacim oranı makroölçeğe göre daha büyüktür. Bu nedenle nanoparçacıkta atomları ayırmak için daha az bir enerji gerekmektedir" şeklindedir.

Soru-25: Topakların sabit bir erime noktası yoktur. Topak büyüklüğüne göre erime noktası değişiklik gösterir. Örneğin altın makroölçekte 1064 °C'de eriyen bir malzeme iken 2.5 nm boyutundaki altın topak ise 600 °C'de erimektedir. Meydana gelen bu değişimin nedeni sizce ne olabilir, açıklayınız.

**Tablo 4.27:** Altın nanoparçacığının erime noktası sorusunun tema ve kodları.

Temalar	Kodlar	F(%)	K(%)	B(%)	G(%)
<b>A.Atomların dizilişindedir.</b>	Ölçek değişince atomların dizilişinde değişir.	12.8	9.6	3.3	8.8
<b>B. Taneciklerin enerjisindedir.</b>	Ölçek azalınca taneciklerin enerjisinde artar	14.7	18.6	6.7	12.3
<b>C. Bağlardandır.</b>	Ölçek azalınca bağlar zayıflar.	18.6	12.3	5.	10.5
<b>D.Tanecikler arası etkileşimindedir.</b>	Ölçek azalınca tanecikler arası etkileşimde güçlenir.	3.7	2	6.7	4.8
<b>E. Yüzey/hacim oranındandır.</b>	Ölçek azalınca yüzey /hacim oranında artar.	3.7	15.8	3.3	9.6

Tablo 4.27'deki tema ve kodlar göz önünde bulundurularak seçenekler düzenlenerek test maddesi aşağıdaki gibi ikinci pilot uygulamaya hazır hale getirilmiştir:

Soru-25: Topakların sabit bir erime noktası yoktur. Topak büyüklüğüne göre erime noktası değişiklik gösterir. Örneğin altın makro boyutta 1064 °C' de eriyen bir malzeme iken 2.5 nm boyutundaki altın topak ise 600 °C'de erimektedir. Meydana gelen bu değişimin nedenini açıklayan ifade aşağıda yer alıyorsa işaretleyiniz, yer almıyorsa bırakılan kısma açıklamanızı yazınız.

A) Nanoölçekte atomların dizilişi değişmiştir.

- B) Nanoölçekte enerji daha yüksektir.
- C) Nanoölçekte bağlar zayıflar.
- D) Ölçek küçüldükçe etkileşimler güçlenir.
- E) Ölçek küçüldükçe yüzey/hacim oranı artar.
- F).....

Metal nanoparçacığın erime noktasına etki eden etmenlerle ilgili aşağıda verilen Soru-26'nın doğru cevabı genel olarak "metal nanoparçacığın büyüklüğü, şekli ve türü erime noktasını değiştirir" şeklinde olmalıdır.

Soru-26: Metal nanoparçacığın erime noktası aşağıdakilerden hangisi ya da hangilerine bağlıdır, Cevabınızı nedeni ile birlikte açıklayınız.

- I. Metalin türü
- II. Büyüklüğü
- III. Şekli

**Tablo 4.28:** Metal nanoparçacığın erime noktası sorusunun tema ve kodları.

Temalar	Kodlar	F(%)	K(%)	B(%)	G(%)
<b>A.Büyüklük</b>	<b>A1.</b> Büyüklük azaldıkça etkileşimler azalır ve erime noktası azalır.	12.8	9.6	3.3	8.8
	<b>A2.</b> Büyüklük azaldıkça etkileşimler güçlenir ve erime noktası artar.	14.7	18.6	6.7	12.3
<b>B. Büyüklük, şekil ve tür</b>	Şekil ve büyüklük yüzeydeki atomların sayısını ve enerjisini, tür de atomlar arasındaki bağın gücünü değiştirir ve erime noktası değişir.	18.6	12.3	5.2	10.5
<b>C.Tür</b>	Metalik bağ kuvveti ve elektron sayısı değişeceğinden erime noktası değişir.	13.2	12.3	6.7	8.8
<b>D. Büyüklük ve şekil</b>	Şekil yüzey alanını ve geometrini etkiler. Büyüklüğün farklılaşması da enerji ve bağ gücünü etkiler.	10.5	12.8	5.6	9.2

Tablo 4.28'deki tema ve kodlardan yararlanarak Soru-26 ikinci uygulamaya aşağıdaki gibi hazır hale getirilmiştir:

Soru 26: Metal nanoparçacığın erime noktası aşağıdakilerden hangisi ya da hangilerine bağlıdır nedenini açıklayan ifade aşağıda yer alıyorsa işaretleyiniz, yer almıyorsa bırakılan kısma açıklamanızı yazınız.

- A) Metalin büyüklüğü azaldıkça topraklar arası etkileşimler ve erime noktası azalır.
- B) Metalin büyüklüğü azaldıkça topraklar arası etkileşim artar. Erime noktasıda artar.
- C) Şekil, büyüklük ve türü bağlıdır. Şekil ve büyüklük yüzey atomlarının sayısını etkilerken, türde atomlar arası bağın gücünü etkiler.
- D) Tür değişikçe metalik bağın kuvvetide değişir.
- E) Şekil yüzey alanını ve geometrini etkiler. Büyüklüğün farklılaşması da enerji ve bağ gücünü etkiler.
- F).....

#### 4.1.3.4 Renk

Metal nanoparçacığın rengine etki eden etmenlerle ilgili aşağıda verilen Soru-27'nin doğru cevabı genel olarak “metal nanoparçacığın rengi, metalin büyüklüğü, şekli ve türüne bağlıdır” şeklindedir.

Soru-27: Metal nanoparçacığın rengi, aşağıdakilerden hangisi ya da hangilerine bağlıdır. Cevabınızı nedeni ile birlikte açıklayınız.

I. Metalin türü

II. Büyüklük

III. Şekil

Tablo 4.29'da Soru 27'ye verilmiş cevaplardan oluşturulmuş temalar ve kodlar yer almaktadır.



**Tablo 4.29:** Metal nanoparçacığın rengi sorusunun tema ve kodları.

Temalar	Kodlar	F (%)	K (%)	B (%)	G (%)
<b>A.Şekline bağlıdır</b>	Şekli değişince ışığı kırınım, yansıtma şeklide değişir	21.3	12.8	5.6	18.5
<b>B. Büyüklüğüne bağlıdır.</b>	Büyüklük azaldıkça absorblanan ışın miktarını artırır. Buda taneciğin renksiz olmasını sağlar.	15.3	3.7	0	8.6
<b>C.Bütün özelliklere bağlıdır.</b>	.Üç faktörde cisimle ışığın etkileşimini etkiler.	18.6	22.4	3.7	20.5
<b>D. Türüne bağlıdır.</b>	Her metalin kendine özgü bir rengi vardır.	3.7	5.6	3.7	4.3

Tablo 4.29'daki kodlar ve temalardan faydalanarak ikinci pilot uygulama için Soru-27 aşağıdaki gibi düzenlenmiştir:

Soru-27: Metal nanoparçacığın rengini etkileyen faktör/faktörlerle ilgili uygun ifade aşağıda yer alıyorsa işaretleyiniz. Yer almıyorsa bırakılan kısma açıklamanızı yazınız.

- A) Şekline bağlıdır. Şekli değişince ışığı kırınım, yansıtma şeklide değişir.
- B) Büyüklüğüne bağlıdır. Büyüklük azaldıkça absorblanan ışın miktarı gittikçe artacağı için cisim renksiz olur.
- C) Büyüklük, şekil ve türüne bağlıdır. Üç faktörde ışığın cisimle etkileşimini etkiler.
- D) Türüne bağlıdır. Çünkü her metalin kendine özgü bir rengi vardır.
- E) .....

Altın nanoparçacığın renginin büyüklükle değişimine ilişkin aşağıda verilen Soru-28'in doğru cevabı genel olarak "Topaktaki atomların sayısı değiştiğinde yüzey plazmonlarının titreşim frekansları ve buna bağlı olarak yansıyan ışığın frekansıda değişir şeklindedir.

Soru-28: Topak, çeşitli sayıdaki aynı ya da farklı cins atom ve ya moleküllerin bir araya gelerek (1-100 nm) oluşturdukları kararlı yapılardır. Altın elementi makroskobik büyüklükte sarı renkli görünürken 12 nm boyutundaki altın topaklar ise kırmızı renkli görünmektedir. Sizce madde makroskobik ölçekten nanoölçeğe geçerken meydana gelen bu değişimin nedeni sizce ne olabilir, açıklayınız.

Tablo 4.30 altın nanoparçacığın renginin büyüklükle neden değişebileceğine dair tema ve kodların yüzdelik analizlerini içermektedir. Ortaya çıkan tema ve kodlardan seçenек oluşturmada faydalanılarak Soru-28 ikinci pilot uygulama için aşağıdaki şekilde düzenlenmiştir:

**Tablo 4.30:** Metallerde büyüklüğe göre renklenmenin tema ve kodları.

Temalar	Kodlar	F(%)	K(%)	B(%)	G(%)
<b>A.Rengi değerlik ve iletkenlik bandı belirler.</b>	İletkenlik ve değerlik bandı arası elektron geçişinden kaynaklanır.	21.3	12.8	5.6	18.5
<b>B.Atom sayısı rengi belirler.</b>	Tek atom renksizdir. Topakta renkli olur.	15.3	3.7	0	8.6
<b>C.Topaklar farklı tür atom içerir.</b>	Topaklarda farklı atomlar bulunduğuandır.	18.6	22.4	3.7	20.5
<b>D.Ölçek madde cinsine etki eder.</b>	Ölçek küçüldükçe maddenin cinsi değişir.	3.2	3.7	5.3	4.2
<b>E.Yüzey plazmonları renklenmeyi sağlar.</b>	Yüzey plazmonlarıdır.	0	5.2	0	2

Soru-28: Topak, çeşitli sayıdaki aynı ya da farklı cins atom ve ya moleküllerin bir araya gelerek (1-100 nm) oluşturdukları kararlı yapılardır. Altın elementi makroskobik büyüklükte sarı renkli görünürken 12 nm boyutundaki altın topaklar ise kırmızı renkli görünmektedir. Sizce madde makroskobik ölçekten nanoölçeğe geçerken meydana gelen bu değişimin nedenini açıklayan ifade aşağıda yer alıyorsa işaretleyiniz, yer almıyorsa bırakılan kısma açıklamanızı yazınız.

A) İletkenlik ve değerlik bandı arası elektron geçişi.

B) Tek atom renksizdir. Topakta renkli olur.

C) Topaklarda farklı atomlar bulunur.

D) Boyut küçüldükçe maddenin cinsi değişir.

E) Yüzey plazmonlarıdır.

F).....

Kuantum noktaların büyüklüğüne bağlı olarak renklenmenin değişmesinin nedenine dair aşağıda verilen Soru-29'un doğru cevabı genel olarak "Kuantum noktaların büyüklükleri değiştiğinde iletkenlik ve değerlik bandı arası mesafede değişir" şeklindedir. Tablo 4.31 cevaplardan oluşturulmuş temalar ve kodların yüzdelik analizlerini içermektedir.

Soru-29: Kuantum noktalar nanoboyutlu kristallerdir ve yarı iletkenlerdir. Büyüklüklerinin değişmesiyle birlikte yaptıkları ışımaların renkleri aşağıda verildiği gibi değişim göstermektedir. Meydana gelen bu değişimin nedeni sizce ne olabilir, açıklayınız.



**Tablo 4.31:** Kuantum nokta sorusuna dair tema ve kodlar.

Temalar	Kodlar	F (%)	K(%)	B (%)	G(%)
<b>A.Görünür bölge değişir.</b>	Büyüklik değişince görünür bölge değişir.	4.2	13.7	3.6	5.8
<b>B.Kırılan,yansıyan, soğurulan ışıktandır.</b>	B1. Büyüklik değişince kırılan ve yansıyan ışık değişir.	14.7	18.6	6.7	13.7
	B2. Büyüklik değişince soğurulan ışık değişir.	16.3	12.3	5.8	10.7
<b>C.Kimyasal özelliğindedir</b>	Büyüklik değişince reaktivite değişir.	12.3	16.8	8.3	13.3
<b>D.Değerlik ve iletkenlik bantları arası mesafedendir.</b>	İletkenlik ve değerlik bandı arası mesafe değişir elektron geçişi için gereken enerji de değişir.	4.7	8.6	3.7	5.6

Tablo 4.31'deki verilerden yararlanarak ikinci pilot uygulama için test maddesi aşağıdaki gibi düzenlenmiştir:

Soru-29: Kuantum noktalar nanoölçekteki kristallerdir ve yarı iletkenlerdir. Büyükliklerinin büyümesiyle birlikte (soldan sağa) yaptıkları ışımaların renkleri aşağıda verildiği gibi değişim göstermektedir. Meydana gelen bu değişimin nedenini açıklayan ifade aşağıda yer alıyorsa işaretleyiniz, yer almıyorsa bırakılan kısma açıklamanızı yazınız.



- A) İletkenlik ve değerlik bandı arası elektron geçiş mesafesinin değişmesindedir.
- B) Büyüklik değişince görünür bölge değişir.
- C) Büyüklik değişince kırılan ve yansıyan ışık değişir.

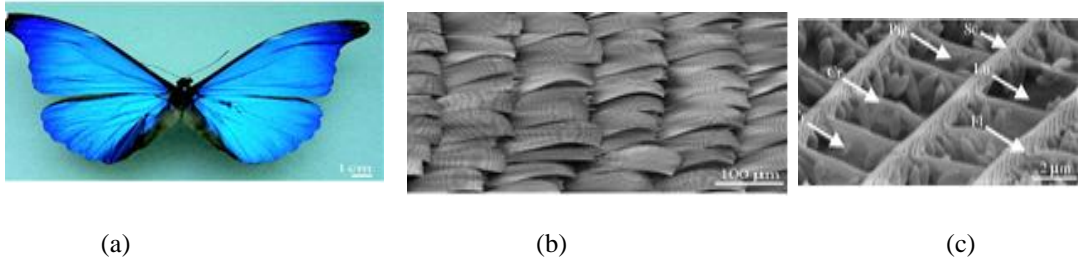
D) Büyüklük değişince soğurulan ışık değişir.

E) Büyüklük değişince reaktivite değişir.

F).....

Afrika çatal kuyruklu kelebeğin kanatlarının rengi ile ilgili aşağıda verilen Soru-30'un doğru cevabı genel olarak “kelebeğin kanatlarında pulcuklardaki kılların nanofotonik özelliği sonucu mavi rengin yansıtılmasından kaynaklanır” şeklindedir.

Soru-30: Afrika çatal kuyruklu kelebeği (Morpho Rhetenor) kanatlarının aşağıdaki resimlerde farklı ölçeklerde elde edilmiş görüntüleri verilmiştir. (a) 1 cm (b) 100  $\mu$ m (pulcuklar), (c) 2  $\mu$ m aralıklarını göstermektedir. Neden bu kelebeğin kanatları mavi renkli görünmektedir?



**Tablo 4.32:** Afrika çatal kuyruklu kelebeği sorusunun tema ve kodları.

Temalar	Kodlar	F(%)	K(%)	B(%)	G(%)
<b>A.Pigmentler</b>	Kanat kıllarında yer alan renk Pigmentlerinden kaynaklanmaktadır.	15.2	15.2	2.2	6.7
<b>B.Fotonik kristallerdir.</b>	Fotonik kristallerden kaynaklanmaktadır.	14.7	15.2	33.3	16.7
<b>C.Yüzey plazmonlarıdır.</b>	Yüzey plazmonlarından kaynaklanmaktadır.	18.6	26.3	0	14
<b>D.Işığın yansımından kaynaklanır.</b>	Kanatlardaki kılların gökyüzünü mavi görmemizi sağlayan ışığı yansıtmasından kaynaklanır.	18.6	12.1	4.4	5.3

Tablo 4.32’de Soru 30’a verilen cevaplara dair temalar ve kodlar yer almaktadır. Bu tema ve kodlara göre Soru-30 düzenlenerek ikinci pilot uygulama için aşağıdaki gibi hazır hale getirilmiştir.

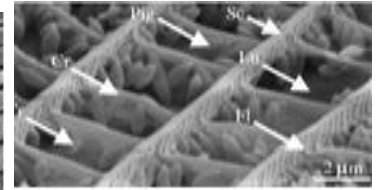
Soru-30: Afrika çatal kuyruklu kelebeği (Morpho Rhetenor) kanatlarının aşağıdaki resimlerde farklı boyutlarda elde edilmiş görüntüleri verilmiştir. (a) 1 cm, (b) 100  $\mu\text{m}$  (c) 2  $\mu\text{m}$  aralıklarını göstermektedir. Bu kelebeğin kanatlarının parlak mavi renkli görünmesinin nedenini açıklayan ifade aşağıda yer alıyorsa işaretleyiniz, yer almıyorsa bırakılan kısma açıklamanızı yazınız.



(a)



(b)



(c)

A) Kanat kıllarında yer alan renk pigmentlerinden kaynaklanmaktadır.

B) Yüzey plazmonlarından kaynaklanmaktadır.

C) Kılların nanofotonik özelliği sonucu mavi rengin yansıtılmasından kaynaklanır.

D) Kanatlardaki kılların gökyüzünü mavi görmemizi sağlayan ışığı yansıtmasından kaynaklanır.

E).....

CD de renklenmenin nedenine dair aşağıda verilen Soru-31’in doğru cevabı genel olarak “CD yüzeyindeki çıkıntılardan yansıyan ışık, birbiriyle yapıcı girişim yapar. Bu nedenle CD üzerinde tüm renkler görülür” şeklindedir.

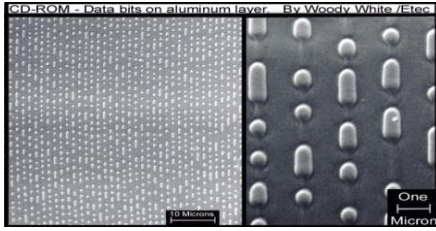
Soru-31: CD ya da suda yüzen ince bir yağ tabakası üzerinde gökkuşağındaki tüm renkleri görmek mümkündür. Nedeni sizce ne olabilir, açıklayınız.

Tablo 4.33’de bu soru için verilen cevaplardan oluşturulmuş kodlar ve temalar yer almaktadır. Bu kodlar ve temalar kullanılarak Soru-31 aşağıda verildiği gibi ikinci pilot uygulama için hazır hale getirilmiştir.

**Tablo 4.33:** CD sorusunun tema ve kodları.

Temalar	Kodlar	F(%)	K(%)	B(%)	G(%)
<b>A. Işığın yansımastandır.</b>	<b>A1.</b> Işık absorblanmaz ve tüm rengi taşıyan ışık geri yansıtılır.	10.2	12.7	18.6	14.2
	<b>A2.</b> CD yüzeyindeki parçacıklardan ışık yansır.	14.7	15.2	10.3	12.7
	<b>A3.</b> CD yüzeyinden yansıyan ışığın miktarı değıştikçe renk değışir.	12.3	9.6	8.3	10.5
<b>B. Işığın yansıma ve girişimindedir.</b>	CD yüzeyindeki nano parçacıkların ışığı yansıtması ve yansıyan ışınların birbiriyle girişimi.	18.6	12.1	4.4	5.3

Soru-31:



Bir CD, gerçek bilginin depolandığı ince bir alüminyum tabakasını koruyan iki plastik katmandan oluşmaktadır.

CD ya da suda yüzen ince bir yağ tabakası üzerinde gökkuşağındaki tüm renkleri görmek mümkündür. Bu durumun nedenin açıklayan ifade aşağıda yer alıyorsa işaretleyiniz, yer almıyorsa bırakılan kısma açıklamanızı yazınız.

A) Işık absorblanmaz ve tüm rengi taşıyan ışık geri yansıtılır.

B) CD yüzeyindeki parçacıklardan ışık yansır.

C) CD yüzeyindeki parçacıklar ışığı yansıtır ve yansıyan ışınlar birbiriyle yapıcı girişime uğrar.

D) CD yüzeyinden yansıyan ışığın miktarı değiştikçe renk değişir.

E).....

## 4.2 İkinci Pilot Uygulama Bulgular

### 4.2.1 Ölçek ve Büyüklük

#### 4.2.1.1 Ölçekleri Ayırt Etme

İkinci pilot uygulamada, Soru-1 için birinci pilot uygulamadan farklı olarak öğretmen adaylarının diğer seçeneği altında verdiği açıklamalar incelendiğinde ortaya çıkan yeni tema ve kodlar Tablo 4.34’de verilmiştir.

**Tablo 4.34:** Aynı durumun farklı ölçeklerdeki detaylarının tema ve kodları.

Temalar	Kodlar	F(%)	K(%)	B(%)	G(%)
	B3.Nanoölçeğe inildikçe gözlenen molekül sayısı azalır ve gözlenen detaylar artar	0	4.8	0	1,7
E. Mikroölçekte suda hava kabarcıkları görülürken nanoölçekte su molekülleri görülür.		0	4.8	4.5	8,2
F. Makroölçekte bir bardak su mikroölçekte küçük bir damla su,nanoölçekte en az iki su molekülü vardır.		5,6	4.8	9.1	6,6

Üçüncü pilot uygulama için birinci ve ikinci pilot uygulamalar sonucunda elde edilen temalar göz önüne alınarak, test maddesi aşağıdaki gibi düzenlenmiştir.

Soru-1: Ahmet ders çalışırken gözü masasının üzerindeki saf suya takılır ve düşünmeye başlar. Ahmet’in saf su için gördüğü/hayal ettiği makro, mikro ve nanoölçeğin görüntüsünü açıklayan **en uygun** ifade aşağıdakilerden hangisidir? (Su molekülünün çapı 0.58 nm).



- A) Makroölçekten nanoölçeğe inildikçe gözlenen su molekülü sayısı değişmez ancak su moleküllerin büyüklüğü değişir.
- B) Makroölçekte bir damla su gözlenirken mikroölçekte atomlar, nanoölçeğe atom altı parçacıklar gözlenir.
- C) Makroölçekten nanoölçeğe inildikçe su molekülleri küçülür. Bundan dolayı makroölçekten nanoölçeğe inildikçe atom altı parçacıkları görmek daha güç olur.
- D) Makroölçekte bir bardak su gözlenirken, mikroölçekte küçük bir damla su, nanoölçekte en az iki su molekülü gözlemlenebilir.
- E) Makroölçekten daha çok su molekülü bulunurken, sırasıyla mikro ve nanoölçekte doğru gidildikçe gözlenen su molekülü sayısı azalır.

#### 4.2.1.2 Nesnelerin Büyüklüğüne Göre Sıralanması

İkinci pilot uygulama verileri değerlendirildiğinde açık bırakılan “E” şıkkına Fizik öğretmen adayları % 8.6, Kimya öğretmen adayları % 5.3 ve Biyoloji öğretmen adayları % 4.7 oranında, *kırmızı ışığın dalga boyu, Boğaz Köprüsünün boyu, 2 m boyundaki adam, 1cm<sup>3</sup>'lük altın küp blok* sıralamasını vermiştir Ayrıca Kimya öğretmen adayları % 3.2, Fizik öğretmen adayları % 6.8, Biyoloji öğretmen adayları % 12 oranında *kırmızı ışığın dalga boyunu* sıralamada en küçük olarak belirtmiştir. Tüm bu veriler göz önünde bulundurularak Soru-2 ve seçenekleri aşağıdaki gibi düzenlenmiştir.

Soru-2: Aşağıda verilenlerin gerçek büyüklüklerine göre büyükten küçüğe doğru sıralanışı hangi seçenekte doğru olarak verilmiştir?

*A4 kâğıdın kalınlığı, kırmızı ışığın dalga boyu, civa atomunun çapı, 1cm<sup>3</sup>'lük altın küp blok, DNA molekülünün çapı, alyuvar çapı, pirenin boyu, kas lifinin çapı, HIV virüsünün çapı, hidrojen molekülü çapı, Boğaz köprüsünün boyu, 2 m boyundaki adam, 0.5 kalem ucu.*

A) Kırmızı ışığın dalga boyu, Boğaz köprüsünün boyu, 2 m boyundaki adam, 1cm<sup>3</sup>'lük altın küp blok, pirenin boyu, 0.5 kalem ucunun çapı, kas lifinin çapı,

alyuvar çapı, A4 kağıdın kalınlığı, HIV virüsünün çapı, DNA molekülünün çapı, hidrojen molekülü çapı, civa atomunun çapı.

B) Boğaz köprüsünün boyu, 2 m boyundaki adam,  $1\text{cm}^3$ 'lük altın küp blok, pirenin boyu, 0.5 kalem ucunun çapı, kas lifinin çapı, A4 kâğıdın kalınlığı, alyuvar çapı, HIV virüsünün çapı, DNA molekülünün çapı, hidrojen molekülü çapı, civa atomunun çapı, Kırmızı ışığın dalga boyu.

C) Boğaz köprüsünün boyu, 2 m boyundaki adam, A4 kağıdın kalınlığı, pirenin boyu,  $1\text{cm}^3$ 'lük altın küp blok, 0.5 kalem ucunun çapı, kas lifinin çapı, Alyuvar çapı, Kırmızı ışığın dalga boyu, HIV virüsünün çapı, DNA molekülünün çapı, hidrojen molekülü çapı, civa atomunun çapı.

D) Kırmızı ışığın dalga boyu, 2 m boyundaki adam,  $1\text{cm}^3$ 'lük altın küp blok, pirenin boyu, 0.5 kalem ucunun çapı, A4 kâğıdın kalınlığı, alyuvar çapı, kas lifinin çapı, DNA molekülünün çapı, hidrojen molekülü çapı, civa atomunun çapı, HIV virüsünün çapı, Boğaz köprüsünün boyu.

E) Kırmızı ışığın dalga boyu, Boğaz köprüsünün boyu, 2 m boyundaki adam, pirenin boyu,  $1\text{cm}^3$ 'lük altın küp blok, 0.5 kalem ucunun çapı, alyuvar çapı, A4 kâğıdın kalınlığı, kas lifinin çapı, DNA molekülünün çapı, hidrojen molekülü çapı, civa atomunun çapı, HIV virüsünün çapı.

#### **4.2.1.3 Nesnelerin Ölçek Aralıklarına Göre Gruplandırma**

İkinci pilot uygulamada öğretmen adaylarının cevapları incelenerek E seçeneği oluşmuştur. Bu verilerden yola çıkılarak ve “farklı büyüklüklerdeki nesnelere verilen aralıklarına göre gruplar” kazanımı göz önünde bulundurularak Soru-3 üçüncü pilot uygulama için aşağıda verildiği gibi düzenlenmiştir.

Soru-3: Aşağıdaki şıklardan hangisinde nesnelere, büyüklüklerine uygun ölçek aralıklarına doğru olarak yerleştirilmiştir

	<1mm	1 -10 nm	10-100nm	100 nm-1 µm	1 µm-1 mm	1mm-1m	1m-1km	1km den büyük
(A)	Uv ışığın dalga boyu	Su molekülü çapı	Röntgen ışığının dalga boyu	HBV virüsünün çapı	Kum tanesi çapı	Posta pulu	Everest Dağının yüksekliği	Eyfel Kulesinin yüksekliği
(B)	Bakır atomunun yarıçapı	Röntgen ışının dalga boyu	Arpa tanesinin boyu	Bakteri çapı	Uv ışığın dalga boyu	Arpa tanesinin boyu	Çam ağacının boyu	Van Gölünün genişliği
(C)	Röntgen ışığının dalga boyu	Hücre zarının kesiti	HBV virüsünün çapı	Uv ışığın dalga boyu	Saç teli kalınlığı	Posta pulu	Çam ağacının boyu	Ayın yarıçapı
(D)	Bakır atomunun yarıçapı	Bakteri çapı	Uv ışığın dalga boyu	Sperm hücresinin çapı	Kum tanesi çapı	Saç teli kalınlığı	Yunus balığının boyu	Everest Dağının yüksekliği
(E)	Su molekülü çapı	Bakır atomunun yarıçapı	röntgen ışının dalga boyu	bakteri çapı	HBV nün çapı	yunus balığının boyu	Everest dağının yüksekliği	Van Gölünün genişliği

#### 4.2.1.4 Matematiksel Oran Büyüklük

İkinci pilot uygulama sonrasında verilen nesnelere *2 katlı ev yüksekliği, 20 cm'lik ip, pirenin boyu, 2 cm'lik toplu iğne boyu* öğrenciler tarafından tercih edilme yüzdesi en düşük olduğu için üçüncü pilot uygulamada diğer nesnelere test maddesinde yer almıştır. Soru-4 üçüncü pilot uygulama için yeniden düzenlenerek aşağıdaki duruma getirilmiştir.

Soru-4: 20 nm boyutundaki nano parçacığın 20 cm çapındaki bir futbol topu kadar genişlediğini hayal edersek, 100 nm dalga boyundaki UV ışınları aşağıda verilen nesnelere karşılık gelir?

- A) 100 cm'lik cetvel      B) 20 cm'lik bir ipin boyu      C) 1 cm'lik altın blok boyu  
D) 10 cm'lik kalem      E) 100 km'lik yol

#### 4.2.1.5 Birim Çevirme

İkinci pilot uygulamadan sonra birim çevirmede birimler arası geçişte yorum yeteneğini kullanmaya yönelik iki test maddesi daha eklenmiştir ve üçüncü pilot uygulama için Soru-5 aşağıdaki gibi hazır hale getirilmiştir.

Soru-5: Aşağıda verilen ifadelerden hangisi/ya da hangileri **doğrudur**?

I. nano ön eki daima uzunluğa dair büyüklüklerin ifadesinde kullanılmaktadır.

II. On milyon tane 1 nm bir araya gelirse 1 cm oluşturur.

III. 2 nm genişliğindeki bir DNA molekülü  $2 \cdot 10^{-7}$  cm dir.

IV. Yer değiştirme zamanı  $10^{-12}$  s olan sıvı yüzeyindeki taneciklerin aynı zamanda 0.001 ns hareket ettikleri söylenebilir.

A) I ve II      B) Yalnız I      C) III ve IV      D) Hepsi      E) II, III ve IV

Soru-6: 1nm lik birimin büyüklüğü on katına çıkarılırsa hangisi ya da hangileri **doğru** olur?

I. 1 metrenin içerisinde bulunan nanometre birimlerinin sayısı değişmezdi.

II.  $1 \text{ nm}^3$  lük hacme sahip nesnenin hacmi 10 katına çıkardı.

III. 1  $\mu\text{m}$  nin, 1cm in ve 1mm nin büyüklüğü değişmezdi.

A) Yalnız I      B) I ve II      C) II ve III      D) I ve III      E) I, II ve III

Soru-7:

D) H atomu için yer çekimi kuvveti  $1.6 \times 10^{-26} \text{ N} = \dots\dots\dots \text{ pN}$

A)  $16 \times 10^{-13}$       B)  $16 \times 10^{-14}$       C)  $1.6 \times 10^{-14}$       D)  $16 \times 10^{-35}$       E)  $16 \times 10^{-38}$

II) 1 cm'lik altın bloğun direnci  $2 \times 10^3 \text{ n}\Omega = \dots\dots\dots \mu\Omega$

- A) 2      B)  $2 \times 10^6$       C) 20      D)  $0.2 \times 10^{-3}$       E)  $2 \times 10^{-3}$

III) O<sub>2</sub> molekülünün kütlesi  $1.667 \times 10^{-22} \text{ kg} = \dots\dots\dots \text{ng}$

- A)  $1.667 \times 10^{-13}$       B)  $1.667 \times 10^{-31}$       C)  $16.67 \times 10^{-14}$       D)  $16.67 \times 10^{-12}$       E)  $16.67 \times 10^{-32}$

IV) Power FM Balıkesir frekansı 100 MHz =  $\dots\dots\dots \text{nHz}$

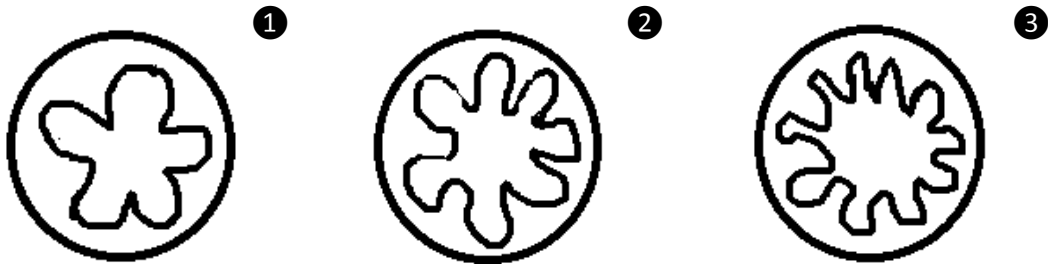
- A)  $1 \times 10^{14}$       B)  $1 \times 10^{12}$       C)  $100 \times 10^9$       D)  $1 \times 10^{-7}$       E)  $1 \times 10^{-10}$

## 4.2.2 Yüzey Alanı Etkisi ve Etkileşimler

### 4.2.2.1 Bağırsakta Besin Emilimi

İkinci pilot uygulamada birinci pilot uygulamadan daha farklı bir açıklama yapılmadığı için cümleler daha anlaşılır hale getirilerek üçüncü pilot uygulama için Soru-11 aşağıda verildiği gibi yeniden düzenlenmiştir:

Soru-11: Aşağıda verilmiş 1, 2 ve 3 numaralı bağırsaklardan besinlerin emilimi konusunda aşağıda verilen bilgilerden hangisi **en doğrudur**?



A) 3. bağırsakta besinler daha iyi emilir. Çünkü bağırsağın yüzey alanı daha fazladır.

B) 1. bağırsakta besinler daha iyi emilir. Çünkü besini emen mikrovillüslerin sayısı daha fazladır. Bu durum bağırsağın emilimini sağlayan yüzey alanını arttırmaktadır.

C) 3. bağırsakta besinler daha iyi emilir. Çünkü yüzey alanının büyüklüğü nedeniyle yüzeyden besini emen mikrovillüslerin sayısı daha fazladır. Bu durum bağırsağın emilimini arttırmaktadır.

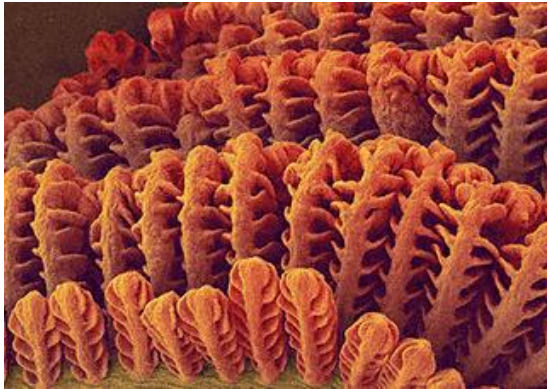
D) 1. bağırsakta besinler daha iyi emilir. Çünkü girinti çıkıntılar daha azdır. Böylece besin zaman kaybetmeden birim zamanda daha çok emilir.

E) Tüm bağırsakların yüzeyinden birim zamanda besin aynı miktarda emilir.

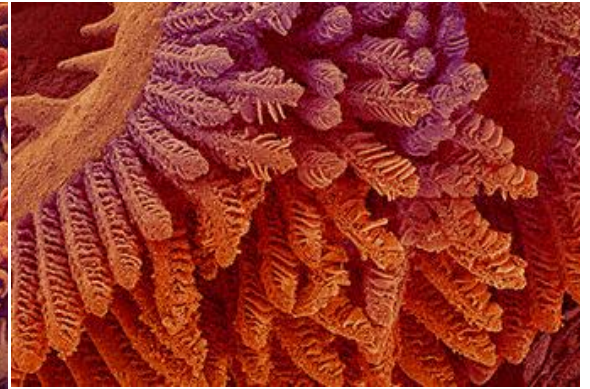
#### 4.2.2.2 Balıkların Solungaçları

İkinci pilot uygulama sonrasında mevcut açıklamalardan farklı olarak “ Kaya balığının solungaçları daha düzenli bir yapıya sahip olduğundan daha fazla oksijen absorplar” ifadesi ortaya çıkmıştır. Bu uygulama sonrasında soru üçüncü pilot uygulama Soru-12 için aşağıdaki gibi yeniden düzenlenmiştir.

Soru-12: Balıklar vücutları için oksijene gereksinim duyarlar. Balıkların solungaçlarından oksijen suda çözülmüş halde taşınır. Şekil-1 ve Şekil-2’de iki balık türünün solungaçlarına ait Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) görüntüleri verilmiştir. Bu görüntülere göre aşağıda verilen bilgilerden hangisi **en doğrudur**? (Şekil-1 ve 2’deki SEM görüntüleri için ölçüm yapılan skala eşittir).



Şekil-1: Kaya balığının solungaçlarının SEM görüntüsü



Şekil-2: Ciklet balığının solungaçlarının SEM görüntüsü

A) Ciklet balığında solungacın yüzey alanının fazla olması, çözülmüş oksijen içeren suyla temas eden yüzeyi arttırmaktadır.

B) Kaya balığının solungaçları daha düzenli bir yapıya sahip olduğundan daha fazla oksijen absorplar.

C) Ciklet balığında daha fazla solungaç bulunduğu için oksijen absorpsiyonu daha fazladır.

D) Kaya balığında solungacın yüzey alanının daha fazla olması, çözünmüş oksijen içeren suyla temas eden yüzeyi arttırmaktadır.

E) İki balık aynı ortamda yaşadığı için, solungaçlardan oksijenin absorplanma miktarı aynıdır.

#### 4.2.2.3 Su Damlası Şekli

İkinci pilot uygulama sonucunda boş bırakılan seçenek için genelde % 16.7 oranında “zeminin hidrofobik veya hidrofilik olmasına bağlı değildir, tamamen suyun yüzey geriliminden kaynaklanmaktadır” açıklaması yapılırken, % 8 oranında “su damlasının bulunduğu yüzeyin hidrofobik ve pürüzlü olmasından kaynaklanmaktadır” açıklaması yapılmıştır. Bu ifadeler göz önünde bulundurularak Soru-13 aşağıda verildiği gibi üçüncü pilot uygulama için hazır hale getirilmiştir.

Soru-13: Aşağıdaki fotoğraf, su damlasının bir zemin üzerindeki durumunu göstermektedir. Bu durumun nedeni ile ilgili olarak aşağıda verilen açıklamalardan hangisi **en doğrudur**?



A) Su ile zemin arasındaki kohezyon kuvvetinin sonucudur.

B) Su damlasının bulunduğu yüzeyin hidrofobik ve pürüzlü olmasından kaynaklanmaktadır.

- C) Zeminin hidrofobik veya hidrofilik olmasına bağılı değildir. Suyun yüzey geriliminden kaynaklanmaktadır.
- D) Su ile zemin arasındaki adezyon kuvvetlerinden kaynaklanmaktadır.
- E) Suyla zemin arasında etkileşim olmamasından kaynaklanmaktadır.

#### 4.2.2.4 Su Örümceği

İkinci pilot uygulama sonrasında birinci pilot uygulamadan farklı olarak sadece yerçekimi kuvvetinin küçük kaynaklandığını olması açıklaması yapılmıştır. Üçüncü pilot uygulama için Soru-14 ‘canlılarda verilen bazı olayları yüzey alanı ve etkileşimleri kullanarak açıklar’ kazanımı dikkate alınarak aşağıdaki gibi düzenlenmiştir.



Soru-14: Bir su örümceği, yandaki şekilde gösterildiği gibi suyun yüzeyinde yürüyerek dolaşabilmektedir. Bu durumun nedenini **en iyi** açıklayan ifade aşağıdakilerden hangisi olabilir?

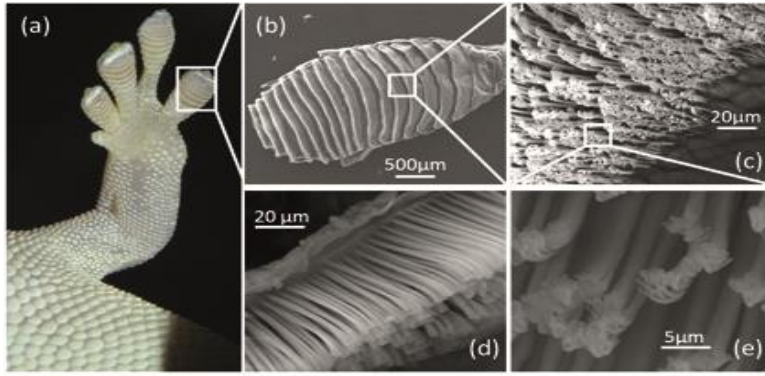
- A) Su örümceği suyun yüzey gerilimi nedeniyle suyun yüzeyinde yürüyerek dolaşır.
- B) Su yüzeyi ile örümceğin ayağı arasında oluşan kohezyon kuvvetinin büyüklüğü sonucu beklenen bir durumdur.
- C) Örümceğin ayağında suyu itebilecek çok sayıda hidrofobik tüycükler ve tüycükler arasında hapsolmuş hava kabarcıkları, ayağın ıslanmasını engeller.
- D) Örümceğin ayağında suyu itebilecek çok sayıda hidrofobik tüycükler bulunur.
- E) Örümceğin kütleinin az olmasından kaynaklanır.



#### 4.2.2.5 Gecko Kertenkelesi

İkinci pilot uygulama sonrası Soru-15'teki resmin açıklaması öğretmen adaylarından gelen dönütlerle yeniden hazırlanmıştır. Aynı zamanda ikinci pilot uygulama sonrası “kertenkele ayak parmaklarındaki çok küçük ölçekteki uzantılardan yapışkan bir salgı salgırlarlar” açıklaması birinci pilot uygulama sonuçlarından farklı olarak elde edilmiştir. Bu açıklama dikkate alarak Soru-15 üçüncü pilot uygulama için aşağıdaki gibi düzenlenmiştir:

Soru 15:



a) Bir kertenkele türü olan Geckonun ayağı, Gecko'nun ayak parmağından alınan bir kesitin farklı skalalarda ve büyütmelelerdeki SEM görüntüleri  
b) 500 µm  
c) ve d) 20 µm  
e) 5 µm

Bir kertenkele türü olan Gecko kaygan cama tırmanabilir, tavanda baş aşağı hızla ilerleyebilir ve hatta tek ayak parmaklarıyla bile dikey yüzeylere tutunabilir. Bu durumun nedenini **en iyi** açıklayan ifade aşağıdakilerden hangisidir? (Gecko'nun ayak ve ayak parmaklarına ait SEM görüntüleri yukarıda verilmiştir).

A) Gecko'nun ayaklarındaki küçük ölçekli tüycüklerin yüzeydeki gözle görülmeyen boşluklara girebilmesi yüzeye tutunmayı kolaylaştırır

B) Gecko çok hafif olduğu için yer çekimi çok az etki eder. Böylece yüzeye tutunması kolaylaşır.

C) Gecko'nun ayak parmağındaki çok küçük ölçekteki tüycüklerin sayıca çok fazla olması, tüycüklerin arasında hava kalmasına engel olur. Bu durum yüzeye tutunmayı kolaylaştırır.

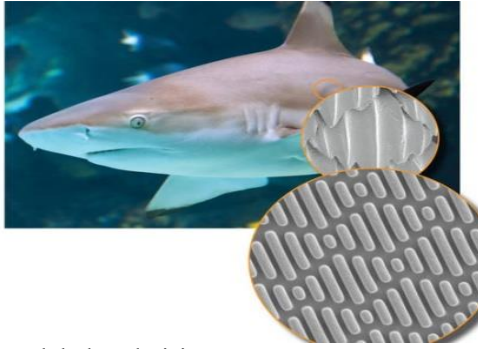
D) Gecko kertenkeleleri ayak parmaklarındaki çok küçük ölçekteki uzantılardan yapışkan bir salgı salgırlarlar.

E) Geckolar ayak parmaklarındaki çok küçük ölçekteki uzantılar ile yüzey arasındaki etkileşimler sayesinde, yüzeye hızlıca yapışıp hızlıca ayrılırlar.

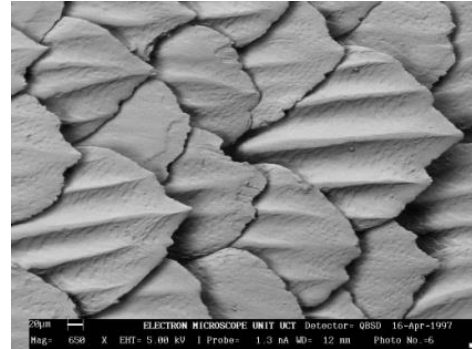
#### 4.2.2.6 Köpek Balığı

İkinci pilot uygulama sonucunda “Yüzey alanının pulcuklar sayesinde artması yüzey enerjisinin artmasına neden olur. Bu enerjiyle hızlanmakta kullanır” ve öğretmen adayları genelde tek cümlelik cevaplar verdikleri için seçenekler daha açık hale getirilerek Soru-16 üçüncü pilot uygulama için aşağıdaki gibi hazır hale getirilmiştir.

Soru-16:



Köpek balığı derisi



Köpek balığı derisinin SEM görüntüsü (200 µm)

Yukarıdaki resimlerde sırasıyla köpek balığının derisi ile ilgili bilgiler verilmiştir. Bu resimleri dikkate alarak, köpek balıklarının neden çok hızlı yüzdüklerini aşağıdaki ifadelerden hangisi **en iyi** açıklar?

A) Köpek balığı derisindeki nanoölçekteki hidrofobik pulcuklardaki oluklar sayesinde yüzey alanı arttığı için hızlanır.

B) Pulların olukları yüzey alanını ve enerjisini arttırdığından hızlanır.

C) Vücudundaki nanoölçekteki pulların oluklarından su kolayca akar ve suyla yapılan etkileşimler azalır. Köpek balığının hızı artar.

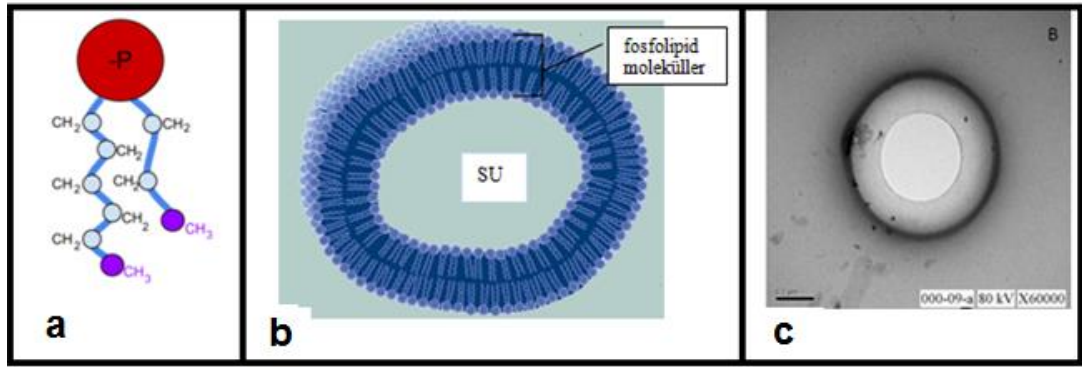
D) Nanoölçekteki pulcuklar su direncinden az etkilenip, girdaplar oluşturarak köpek balığının hızını artırır.

E) Köpek balığının derisindeki küçük pulcuklar sayesinde yüzey alanı azalır. Bu durumda suyla etkileşimleri azaltıp hızlanmayı sağlar.

#### 4.2.2.7 Kendiliğinden Düzenlenme

İkinci uygulama verileri incelendiğinde fosfolipit moleküllerinin kendiliğinden düzenlenmesine ait Soru-17 aşağıdaki şekilde yeniden düzenlenmiştir.

Soru-17: Aşağıda verilen şekillere göre fosfolipid moleküllerinin çok kısa bir sürede su içinde b/c şekillerinde gösterilen düzenlenmeyi gerçekleştirmesini aşağıdaki ifadelerden hangisi **en iyi** açıklar?



**a)** Bir fosfolipit molekülünün yapısı, **b)** Fosfolipit moleküllerinin su içindeki düzenlenişi, **c)** Fosfolipit moleküllerinin su içerisindeki düzenlenişinin 0,2 mikrometredeki 60.000 kez büyütülmüş Geçirimli/Transmission Elektron Mikroskobu (TEM) görüntüsü

A) Fosfolipit molekülleri ile su molekülleri arası çekim kuvveti artacağı için gözlenir.

B) Fosfolipit molekülleri suyu seven (hidrofilik) ve suyu sevmeyen (hidrofobik) kısımlar içermektedir.

C) Fosfolipit molekülleri ile su molekülleri arasındaki itme ve çekme kuvvetlerinin sonucu olarak, fosfolipid molekülleri su içerisinde kendiliğinden düzenlenir.

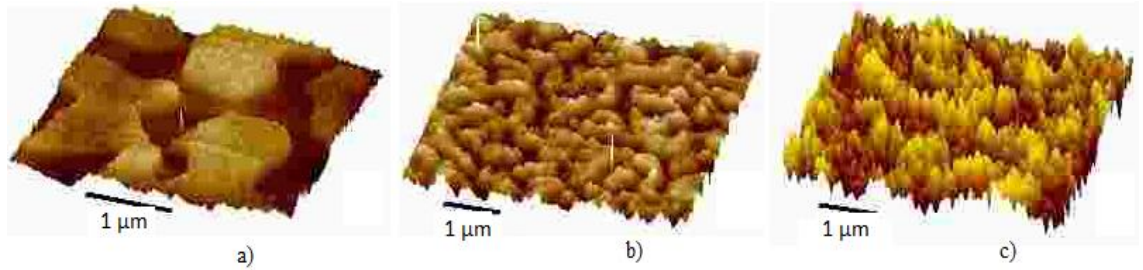
D) Fosfolipitlerin her tür ortama kolaylıkla adapte olmasından kaynaklanır.

E) Fosfolipit molekülleri ile su moleküllerinin birbirini itmesi ile çekim azalır ve minimum enerjili duruma geçilir.

#### 4.2.2.8 Yüzey Pürüzlülüğü

İkinci pilot uygulama sonucunda birinci pilot uygulamadan farklı açıklamalar yapılmamıştır. Bunun sonucunda ifadeler yeniden düzenlenerek Soru-18 üçüncü pilot uygulama için aşağıdaki gibi düzenlemiştir:

Soru-18: Polipropilenden yapılmış zeminlerin 1 mikrometre skaladaki Atomik Kuvvet/Force Mikroskop (AFM) görüntüleri aşağıda verilmiştir. Bu zeminlerde (a-c) üzerinde, su damlasının nasıl bulunabileceğine dair aşağıda verilen açıklamalardan hangisi **en doğrudur**?



- A) a yüzeyinden c yüzeyine gidildikçe su ile yüzey arası etkileşim artacağı için su damlası daha çok dağılır ve bunun sonucu olarak damlacık yassılaşıır.
- B) a'dan c'ye gidildikçe yüzey pürüzlülüğü artacağı için suyu iten kuvvetler daha da artar. Bu nedenle su damlacığının şekli yarı küreye doğru yaklaşır.
- C) Tüm yüzeyler polipropilenden yapıldığı için hepsinde aynı görüntü oluşur, yani büyüklük ve şekil bakımından aynı damlacıklar oluşur.
- D) a yüzeyinden c yüzeyine gidildikçe adezyon kuvvetleri kohezyon kuvvetlerinden büyük olduğu için tüm yüzeylerde su tamamen yayılır.
- E) a'dan c'ye gidildikçe kohezyon kuvvetleri adezyon kuvvetlerinden büyük olacağı için yüzeyler suyu tamamen emer.

## 4.2.3 Nanoölçekte Büyüklüğe Bağlı Değişen Özellikler

### 4.2.3.1 Kimyasal Özellikler

Nanoölçekte toksisite ile ilgili test maddesinin ikinci pilot uygulaması sonucunda öğretmen adaylarından soruların anlaşılabilirliği ile ilgili gelen dönütler nedeniyle soru kökü daha anlaşılır hale getirilmiştir. Bunun haricinde seçeneklerde değişiklik oluşturabilecek yeni bir açıklama yapılmamıştır.

Soru-19: En azından bir boyutu 100 nm'den küçük olan malzemelere nanomalzeme denir. Bu malzemelerin canlılar için toksik özellik taşımasını aşağıdaki ifadelerden hangisi **en iyi** açıklayabilir?

- A) Boyutları çok büyük olduğu için hücrelerden içeriye kolayca nüfuz edebilirler.
- B) Nanoölçekte dokularla daha fazla etkileşim kurabilirler.
- C) Çok yüksek enerjili olmalarından dolayı hücreleri kolayca parçalarlar.
- D) Nanomalzemeler boyutlarının küçüklüğü ve yüzey aktivitelerinin yüksekliği nedeniyle hücre ve dokularla çok kolay tepkime verirler.
- E) Kendiliğinden düzenlenme eğilimleri nedeniyle daha kolay tepkime verirler.

Nanoölçekte alüminyumun reaktivitesi ile ilgili test maddesinin ikinci pilot uygulaması sonucunda öğretmen adaylarından sorunun anlaşılabilirliği ile ilgili gelen geri dönütlerden sonra Soru-20 üçüncü pilot uygulama için aşağıda verildiği gibi düzenlenmiştir.

Soru-20: Yanda verilen resimde **a** şıkkı asitli içecekleri saklamakta kullanılan alüminyum kutuyu, **b**) şıkkı ise 100 nm çapa sahip alüminyum parçacığı göstermektedir. Asitli içeceklerin konulduğu alüminyum malzemeler, nanoölçekte çok güçlü patlayıcı özellik kazanmaktadır. Meydana gelen bu değişimin nedenini **en iyi** şekilde açıklayan ifade



a)Alüminyum kutu b)Alüminyum nanoparçacık

aşağıdakilerden hangisidir?

- A) Ölçek küçüldükçe yüzey alanının artışına bağlı olarak çarpışma sayısı artar.
- B) Nanoölçeğe inildikçe, düzensizlik artar ve bu düzensizlik nedeni ile patlarlar.
- C) Nanoölçekte havadaki moleküllerle etkileşim artar.
- D) Nanoölçekte yüzeydeki taneciklerin enerjisi ve reaktivitesi daha fazladır.
- E) Nanoölçeğe inildikçe alüminyum atomları arasındaki itme kuvvetleri artar

Metal nanoparçacığın reaktivitesi ile ilgili test maddesinin ikinci pilot uygulama sonuçlarında mevcut açıklamalara ek olarak genelde % 3.3 oranında *“büyüklüğüne bağlıdır. Çünkü büyüklük azaldıkça etkileşimler güçlenir”* ve *“Şekline ve türüne bağlıdır. Çünkü şekil değiştiğinde köşelerde bulunan kendi atomları ile arasında etkileşimi az olan atom sayıları arttıkça reaksiyon hızıda artar. Tür ise değerlik elektronlarını etkiler”* açıklamaları belirlenmiştir. Bu açıklamalar da dikkate alındığında Soru-21 üçüncü pilot uygulama için aşağıdaki gibi yeniden düzenlenmiştir:

Soru-21: Metal nanoparçacığın reaktivitesini etkileyen faktör/faktörlerle ilgili **en doğru** açıklama aşağıdakilerden hangisidir?

- A) Büyüklüğüne bağlıdır. Çünkü büyüklük azaldıkça yüzey alanı artar ve reaktivite artar.
- B) Büyüklüğüne bağlıdır. Çünkü büyüklük azaldıkça etkileşimler güçlenir.
- C) Büyüklük, şekil ve türüne bağlıdır. Çünkü büyüklük yüzey alanını, şekil reaksiyona girecek atom sayısını ve türde atomun yapacağı etkileşimlerin türünü belirler.
- D) Şekil ve türüne bağlıdır. Çünkü şekil değiştiğinde köşelerde bulunan kendi atomları ile arasında etkileşimi az olan atom sayıları arttıkça reaksiyon hızıda artar. Tür ise değerlik elektronlarını etkiler.

E) Türüne bağlıdır. Çünkü her metalin reaksiyona girme isteği aynı değildir ve yapacağı etkileşimlerin türü ve gücünde farklıdır.

Reaksiyon hızı ile ilgili test maddesinin ikinci pilot uygulaması sonucunda birinci pilot uygulamadan farklı sonuçlar elde edilemediği için üçüncü pilot uygulama için aşağıda verildiği gibi Soru-22'nin seçeneklerinde herhangi bir değişiklik yapılmamıştır.

Soru-22: Nanoölçekte reaksiyon hızını etkileyen faktör/faktörlerle ilgili aşağıda verilen ifadelerden hangisi en doğrudur?

A) Reaktantların büyüklük ve türüne bağlıdır. Büyüklük azaldıkça reaksiyon hızlanır. Tür değişince de reaksiyona girecek tanecikler arasında etkileşimler değişir.

B) Reaktantın parça şekline, büyüklüğüne ve türüne bağlıdır. Şekil ve büyüklük yüzey alanını, dolayısıyla reaksiyona girecek tanecik sayısını ve yönelimini etkilerken, türü de reaksiyona girecek tanecikler arasında etkileşimlerin türünü belirler.

C) Reaktantların sadece türüne bağlıdır. Reaktantın yapısındaki atomların elektron sayısı, bağ yapısı ve düzeni, reaksiyon hızı için belirleyici faktördür.

D) Reaktantın parça şekline ve türüne bağlıdır. Atomların elektron sayısı ve düzenine bağlı olarak etkileşimler değişirken, taneciklerin etkin çarpışma yapabilecek yüzeyleri de hızı etkiler.

E) Reaktantın sadece büyüklüğüne bağlıdır. Büyüklük küçüldükçe yüzey enerjisi ve yüzey alanı artar. Böylece reaksiyon hızı da artar.

Termit reaksiyonları ile ilgili test maddesinin ikinci pilot uygulaması sonucunda birinci pilot uygulamadan farklı olarak, genelde % 9.6 oranında *“nanoölçekte yüzeyde daha çok sayıda, yüksek enerjili tanecikler vardır. Bu tanecikler de etkin çarpışma sayısını arttırarak tepkimenin hızını ve şiddetini artırır”* açıklaması yapılmıştır. Üçüncü pilot uygulama için bu açıklamada göz önünde bulundurularak Soru-23 aşağıdaki şekilde düzenlenmiştir:

Soru-23: Termit reaksiyonu alüminyumun başka bir metal oksidi ile (özelikle demiroksit) girdiği reaksiyondur. Bu maddelerin karışımına da termit adı verilir. Ortalama 2370 C gerçekleşen redoks reaksiyonu sonucunda, alüminyum oksit, diğer metalin element hali ve çok büyük miktarda ısı açığa çıkar. Termit ile yapılan bombalar, II. Dünya Savaşı'nda yangın çıkartmak amacıyla kullanılmıştır. Bu iki bileşenin nanoölçekte karıştırılmasıyla elde edilen nanotermitin termite oranla çok daha hızlı ve çok daha şiddetli bir reaksiyon vermesinin nedeni aşağıdakilerden hangisidir?

A) Çünkü nanoölçekte bu iki bileşeninde tanecikleri daha kararsızdır. Bu durum tepkimenin daha hızlı ve güçlü olmasını sağlar.

B) Çünkü nanoölçekte bu iki bileşeninde tanecikleri yüksek enerjilidir. Enerjilerini düşürmek için daha hızlı ve güçlü bir reaksiyon verirler.

C) Çünkü nanoölçekteki iki bileşeninde kendi atomları arasındaki etkileşim azalır. Bu durumda iki bileşenin reaksiyona girmesi daha hızlı ve güçlü olur.

D) Çünkü nanoölçekte tanecikler arasında çok fazla boşluk vardır. Bu boşluklara daha kolay nüfuz edip taneciklerin birbirleriyle kolay çarpışması reaksiyonun hızlı ve güçlü olmasını sağlar.

E) Çünkü nanoölçekte yüzeyde daha çok sayıda, yüksek enerjili tanecikler vardır. Bu tanecikler de etkin çarpışma sayısını arttırarak reaksiyonun hızını ve şiddetini arttırır.

#### 4.2.3.2 Mekanik Özellikler

Elastisite modülü ile ilgili test maddesinin ikinci pilot uygulaması sonucunda genelde % 20 oranında *'büyüklüğün azalması ile hava ile temas eden yüzeyin değişimi elastisite modülünü değiştirir'* açıklaması görülmüştür. Bu açıklamalar göz önünde bulundurularak Soru-24 üçüncü pilot uygulama için yeniden aşağıdaki gibi düzenlenmiştir:

Soru-24: Elastisite modülü, malzemenin kuvvet altında elastik şekil değiştirmesinin ölçüsüdür. Tanımı gereği birim kesit alanına sahip bir malzemede (genellikle 1 mm<sup>2</sup>)



birim boyu bir kat arttırmak için (örneğin 1m'lik teli 2 m yapmak için) uygulanması gerekli kuvveti gösterir. Polipropilen nanoparçacıkların elastisite modülüsü makroölçekteki polipropilenden daha büyüktür. Bu durumun nedenini en iyi açıklayan ifade aşağıdakilerden hangisidir?

A) Büyüklük azaldıkça polipropilenin havayla temas eden yüzeyi artar. Bu durum nanoölçekte propilenin daha sert olmasını sağlar.

B) Nanoölçekte polipropilen tanecikleri arasındaki etkileşim artar. Bu etkileşimleri yenmek için, nanoölçekte daha çok kuvvet uygulanmalıdır.

C) Nanoölçekte polipropilen tanecikleri arası etkileşim azalır. Havayla etkileşimi artar ve niteliği değişir. Bundan dolayı yüzey alanını arttırmak zorlaşır.

D) Nanoölçekte polipropilenin yüzey alanı artar. Bu durum da düşük enerjili tanecik sayısını artırır. Tanecikler kararlı olduğu için şeklini değiştirmek zorlaşır.

E) Nanoölçekte polipropilen tanecikleri yüksek enerjili olduğu için bu enerjiyi yenip yüzey alanını artırmak güçtür.

Sertlik ile ilgili test maddesinin ikinci pilot uygulaması sonucu öğretmen adaylarından gelen dönütlerle silikon polimeri ile ilgili bilgi verilerek soru kökü düzenlenmiştir. Bu uygulama sonucunda genelde % 18.5 oranında silikonun nanoölçekte havayla temasının sertleşmesinde rol oynadığı düşünülmüştür. Bu açıklama göz önünde bulundurularak Soru-25 üçüncü pilot uygulama için aşağıdaki şekilde yeniden düzenlenmiştir:

Soru-25: Silikon, polisiloksan olarak da bilinir, iskeletinde karbon yerine ardışık olarak dizilmiş silisyum ve oksijen atomları bulunan polimerlerin ortak adıdır. 40 nm çapa sahip silikon nanoparçacıklarının sertliği makroölçekteki silikondan 4 kat daha büyüktür. Bu durumun nedenini **en iyi** açıklayan ifade aşağıdakilerden hangisidir?

- A) Nanoölçekte tanecikler arası etkileşim artar. Bundan dolayı daha sert hale gelir.
- B) Nanoölçekte taneciklerin havayla temas eden yüzey alanları azalır. Kendi tanecikleri arası etkileşim hava ile arasındaki etkileşimden fazla olduğundan daha sert hale gelir.
- C) Nanoölçekteki etkileşimler nedeniyle taneciklerin arasındaki boşluk azalır. Bu nedenle daha sıkı istiflenip sert bir yapı oluştururlar.
- D) Ölçek küçüldükçe silikon tanecikleri büyür. Bu nedenle tanecikler arası boşluk azalır daha sert bir yapıya kavuşur.
- E) Nanoölçekte taneciklerin havayla temas eden yüzeyleri artar. Bu durumda daha kolay sertleşir

Yük taşıma kapasitesi ile ilgili test maddesinin ikinci pilot uygulama sonucunda birinci pilot uygulamadan farklı olarak % 9.2 oranında “*HA kristallerinin mikroölçekte yüzey alanı azalır. Bunun sonucu olarak etkileşim azalır ve kendiliğinden düzenlenme ortadan kalkar. Yük taşıma kapasitesi azalır*” açıklaması yapılmıştır. Bu açıklama da göz önünde bulundurularak Soru-26 üçüncü pilot uygulama için aşağıdaki şekilde düzenlenmiştir.

Soru-26: Kemik dokunun içerisinde kollajen fibriller ve bunların aralarında da dolgu malzemesi olarak eni 2-5 nm, boyu 50 nm olan üç boyutlu HA (Hidroksiapatit) kristalleri yer almaktadır. Doğal kemik dokusundaki HA kristallerinin boyutu mikron boyutuna artırılsaydı, bu durum kemiğin yük taşıma kapasitesini nasıl etkilerdi? Meydana gelen bu değişimin nedeni sizce ne olabilir, açıklayan ifade aşağıda yer alıyorsa işaretleyiniz, yer almıyorsa bırakılan kısma açıklamanızı yazınız.

- A) Boşluk arttığı için mikroölçekte sağlamlık artar.
- B) Nanoölçekte etkileşim azalır. Taşıma kapasitesi azalır.
- C) Mikroölçekte molekül sayısı artar, taşıma kapasitesi artar.
- D) Mikroölçekte boşluk artar yük taşıma kapasitesi azalır
- E) Mikroölçekte yüzey alanı ve etkileşimler azalır. Bundan dolayı yük taşıma kapasitesi azalır.

#### 4.2.3.3 Elektriksel Özellikler

Karbon nanotüpler ile ilgili test maddesi ikinci uygulama sonrası genelde % 1.2 oranında '*çapı azaldıkça iletkenlik artar*' ve % 6.7 oranında '*çap ve boyun değişimi direnci ve iletkenliği değiştirir*' açıklamaları ortaya çıkmıştır. Bu ifadeler göz önünde bulundurularak Soru-27 aşağıdaki gibi üçüncü pilot uygulama için hazır hale getirilmiştir:

Soru-27: Grafit tabakasının kendi etrafında döndürülmesiyle oluşan yapıya da tek duvarlı karbon nanotüp denir. Buna göre tek duvarlı karbon nanotüplerin elektronik özelliklerindeki değişiminin bağlı olduğu faktör/faktörlerle ilgili olarak verilen açıklamalardan hangisi **doğrudur**?

- A) Karbon nanotüp çapı, boyu ve grafitin dönme yönüne bağlıdır. Çünkü hepside serbest elektron hareketine etki eder.
- B) Karbon nanotüp çapı ve grafitin dönme yönüne bağlıdır. Çünkü dönme yönü karbon atomlarının dizilişini, çapıda elektron hareketini etkiler.

C) Sadece karbon nanotüp çapına bağlıdır. Çünkü karbon nanotüp çapı arttıkça iletkenlik artar.

D) Karbon nanotüp çapına ve boyuna bağlıdır. Boy ve çaptaki değişim karbon nanotüpün direncini değiştireceğinden, iletkenliği de değişir.

E) Sadece boyuna bağlıdır. Çünkü boyu azaldıkça iletkenlik artar

Metal iletkenliğinin ölçeklere göre değişmesi ile ilgili ikinci pilot uygulaması sonrasında mevcut cevaplardan farklı bir tema veya kod oluşmadığı için Soru-28 için üçüncü pilot uygulamada aşağıda verildiği gibi bir değişiklik yapılmamıştır.

Soru-28: Makroölçekte iletken olan metalin, 1 veya 2 nm yarıçapındaki metal parçacıklarının neden yarı iletken hale geldiğini aşağıdaki ifadelerden hangisi **en iyi** açıklar?

A) Çünkü nanoölçekte tanecikler arası boşluk artar ve iletkenlik azalır.

B) Çünkü nanoölçekte metal atomları arasında etkileşim artar ve iletkenlik azalır.

C) Çünkü ölçek azaldıkça metalin özelliği değişir.

D) Çünkü nanoölçekte metalin yüzey alanı azalır ve iletkenlik azalır.

E) Çünkü iletkenlik ve değerlik bandı arası mesafe nanoölçekte değişir.

Metal nanoparçacığın iletkenliğini etkileyen faktör/faktörlerle ilgili test maddesinin ikinci pilot uygulama verileri değerlendirildiğinde sorunun seçeneklerinde değişiklik oluşturacak bir kod veya tema ortaya çıkmamıştır. Soru- 29 üçüncü pilot uygulama için aşağıdakiir.

Soru-29: Metal nanoparçacığın iletkenliğini etkileyen faktör/faktörlerle ilgili **en doğru** açıklama aşağıdakilerden hangisidir?

A) Büyüklüğüne bağlıdır. Büyüklük arttıkça elektron sayısı artacağı için iletkenlik artar.

B) Büyüklük, tür ve şekline bağlıdır. Bu üç özellikte iletkenliği sağlayan elektron hareketini etkiler.

C) Türüne bağlıdır. Çünkü bazı metaller iyi iletken, bazıları yarımetal özelliği taşır.

D) Büyüklüğüne ve türüne bağlıdır. Çünkü elektronun iletkenlik ve değerlik bandı arası mesafe her metalde ve büyüklükte farklıdır.

E) Şekline bağlıdır. Nanoparçacıkların şekilleri elektron hareketini artırabilir ya da azaltabilir.

#### 4.2.3.4 Erime Noktası

Nanoparçacıkların erime noktası ile ilgili test maddesinin ikinci pilot uygulama verileri incelendiğinde genelde % 12.3 oranında “*Altın makroölçekten, 2.5 nm büyüklüğünde altın topak haline getirildiğinde enerjisi düşmektedir* ve % 18.3 oranında “*Altın 2,5 nm büyüklüğünde altın olma özelliğinden uzaklaşır. Başka bir maddeye dönüşmeye başlar*” açıklamaları yapılmıştır. Bu hataların yüzde oranları daha yüksek olduğundan çeldirici seçenekler yeniden düzenlenerek Soru-30 aşağıdaki şekilde üçüncü pilot uygulamaya hazır hale getirilmiştir:

Soru-30: Topakların sabit bir erime noktası yoktur. Topak büyüklüğüne göre erime noktası değişiklik göstermektedir. Örneğin altın makro boyutta  $1064^{\circ}\text{C}$ 'de eriyen bir malzeme iken 2.5 nm büyüklüğündeki altın topak ise  $600^{\circ}\text{C}$ 'da erimektedir. Bunun durumu açıklayan **en doğru** ifade aşağıdakilerden hangisidir?

A) 2.5 nm büyüklüğündeki altın topağın yüzey alanı/hacim oranı makroölçeğe göre daha büyüktür. Bu nedenle nanoparçacıkta atomları ayırmak için daha az bir enerji gerekmektedir.

B) Makroölçekteki altına göre 2.5 nm büyüklüğündeki altın topaklarda topaklar arası etkileşimler daha zayıftır. Bundan dolayı erime noktası düşer.

C) Altın 2.5 nm büyüklüğünde altın olma özelliğinden uzaklaşır. Başka bir maddeye dönüşmeye başlar.

D) 2.5 nm büyüklüğündeki altın topağın yüzey enerjisinin makroölçekteki altına göre daha yüksek olması nedeniyle daha az bir enerji ile erimesi sağlanmaktadır.

E) 2.5 nm büyüklüğündeki altının yüzey alanının artması, ısı ile temas eden yüzeyi artırır. Bu durumda erime noktasının düşmesini sağlar.

Metal nanoparçacığın erime noktasını etkileyen faktör/faktörlerle ilgili test maddesinin ikinci pilot uygulamasında yeni herhangi bir kod veya tema ortaya çıkmadığı için Soru-31 üçüncü pilot uygulama için seçenekler biraz daha düzenlenerek aşağıdaki gibi hazır hale getirilmiştir:

Soru-31: Metal nanoparçacığın erime noktasını etkileyen faktör/faktörlerle ilgili **en doğru** açıklama aşağıdakilerden hangisidir?

A) Büyüklüğüne bağlıdır. Çünkü büyüklük azaldıkça etkileşimler azalır ve erime noktası azalır.

B) Büyüklük, şekil ve türüne bağlıdır. Şekil ve büyüklük yüzeydeki atomların sayısını ve enerjisini, tür de atomlar arasındaki bağın gücünü değiştirir ve erime noktası değişir.

C) Büyüklüğüne bağlıdır. Büyüklük azaldıkça etkileşimler güçlenir ve erime noktası artar.

D) Türüne bağlıdır. Metalik bağ kuvveti ve elektron sayısı değişeceğinden erime noktası değişir.

E) Büyüklüğüne ve şekline bağlıdır. Nanoparçacığın uzaydaki yönelim yönleri artarsa, erime noktası artar. Büyüklüğün farklılaşması da enerji ve bağ gücünü etkiler. Böylece erime noktası değişir.

#### 4.2.3.5 Renk

Metal nanoparçacığın rengi ile ilgili test maddesinin ikinci pilot uygulama sonucu genelde % 16.8 oranında “*Büyüklüğüne bağlıdır. Yüzey plazmonları sayesinde absorblanan ve yansıyan ışık miktarı büyüklükle değişir*” açıklaması yapılmıştır. Bu ifade göz önünde bulundurularak Soru-32 üçüncü pilot uygulama için aşağıdaki gibi düzenlenmiştir:

Soru-32: Metal nanoparçacığın rengini etkileyen faktör/faktörlerle ilgili **en doğru** açıklama aşağıdakilerden hangisidir?

- A) Şekline bağlıdır. Şekli değişince ışığı kırınım, ve yansıma şeklide değişir.
- B) Büyüklüğüne bağlıdır. Büyüklük azaldıkça absorblanan ışın miktarı gittikçe artacağı için cisim renksiz olur.
- C) Büyüklük, şekil ve türüne bağlıdır. Üç faktörde ışığın cisimle etkileşimini etkiler.
- D) Türüne bağlıdır. Çünkü her metalin kendine özgü bir rengi vardır.
- E) Büyüklüğüne bağlıdır. Yüzey plazmonları sayesinde absorblanan ve yansıyan ışık miktarı büyüklükle değişir

Nanoölçekte altının farklı renklere sahip olmasının nedeni ile ilgili test maddesinin ikinci pilot uygulamasında genelde % 22.8 oranında *renklenmenin sebebinin pigmentlerden kaynaklandığını* ve % 16.8 oranında *ışık ile etkileşen yüzey alanının artmasından kaynaklandığını* düşünenler bulunmaktadır. Bu hatalı açıklamaları tercih edenlerin yüzdeleri ilk uygulama sonucunda ortaya çıkan yüzdelerden büyük olduğu için iki seçenek üçüncü pilot uygulama için değiştirilmiştir ve Soru-33 üçüncü pilot uygulama için aşağıdaki şekilde düzenlenmiştir:

Soru-33: Topak, çeşitli sayıdaki aynı ya da farklı cins atom ve ya moleküllerin bir araya gelerek (1-100 nm) oluşturdukları kararlı yapılardır. Altın elementi makroölçekte sarı renkli görünürken, 12 nm çapındaki altın topaklar kırmızı renkli görünmektedir. Makroölçekten nanoölçeğe geçerken meydana gelen bu değişimin nedenini açıklayan **en uygun** ifade aşağıdakilerden hangisidir?

- A) İletkenlik ve değerlik bandı arasında elektron geçişi için gereken enerji, topaktaki atom sayısına göre değişmektedir. Bu durum 12 nm’de kırmızı rengi, makroölçekte sarı rengi görmemizi sağlar.
- B) Tek atom renksizken, onların etkileşmesiyle meydana gelen 12 nm çapa sahip altın topaklar kırmızıdır. Sayı arttıkça etkileşim nedeniyle makroölçekte altının rengi sarı olur.
- C) Topaktaki atomların sayısı değiştiğinde titreşim frekansları ve buna bağlı olarak soğurdukları ışığın frekansı değişir. Bundan dolayı yansıyan ve gözün gördüğü ışımının cinsi de değişir.
- D) 12 nm’de altının renk pigmentlerinin sayısı değişeceği için makroskobik ölçeğe göre rengi farklı olmaktadır.
- E) 12 nm çapa sahip altın nanoparçacıkta yüzey alanı makroölçeğe daha fazladır. Işıkla etkileşen yüzey alanının artması soğurulan enerji miktarını arttırır. Bu da gözün görebileği rengin daha düşük enerjili kırmızı renge dönüşmesini sağlar.

Kuantum noktalar ile ilgili ikinci pilot uygulamada birinci pilot uygulamadakinden farklı bir açıklama yapılmamıştır. Açıklamalar verilen cevapları da dikkate alarak yeniden gözden geçirilerek, seçenekler yeniden düzenlenip test maddesi aşağıdaki gibi üçüncü pilot uygulamaya hazır hale getirilmiştir.

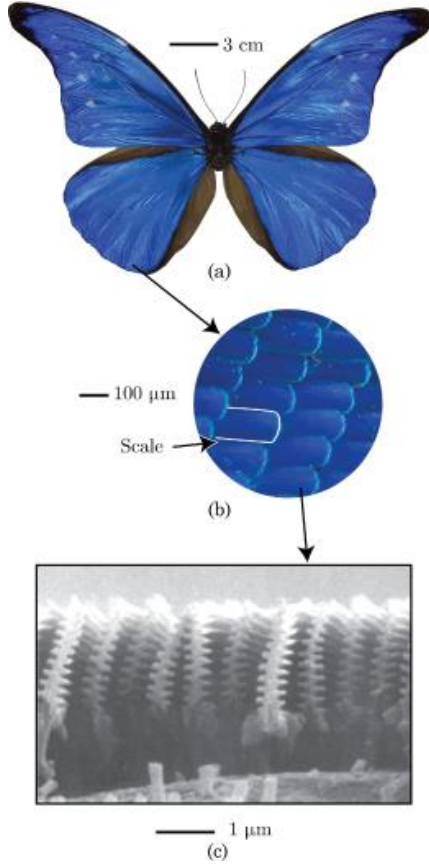


Soru-34:Kuantum noktalar nanoölçekte kristallerdir ve yarı iletkenlerdir. Büyüklüklerinin değişmesiyle birlikte yaptıkları ışımaların renkleri yandaki şekilde verildiği gibi değişim göstermektedir. Sizce bu gözlemin nedenini açıklayan **en doğru** ifade aşağıdakilerden hangisidir?



- A) Kuantum noktaların büyüklüğü değişince görünür bölge değişmektedir.
- B) Kuantum noktaların büyüklükleri değiştiğinde iletkenlik ve değerlik bandı arası mesafe de değişmektedir.
- C) Kuantum noktaların büyüklüğü değişince kırılan ve yansıyan ışık miktarı da değişmektedir.
- D) Kuantum noktaların büyüklüğü değişince soğurulan ışık miktarı da değişmektedir.
- E) Kuantum noktaların büyüklüğü değişince her bir rengin dalga boyu aralığı da değişmektedir.

Fotonik kristallerle ilgili test maddesinin ikinci pilot uygulaması sonucunda geri dönütlerden yararlanarak soruda kullanılan resim daha anlaşılır olması için değiştirilmiştir. Bu uygulama sonucunda genelde % 12.3 oranında “*Kelebeğin kanatlarının mavi renge denk gelen ışığın dalga boyunu soğurmasından kaynaklanır*” ve % 23.8 oranında “*Kelebeğin kanat pullarındaki kılların, mavi rengin dalga boyları ile girişime uğramasından kaynaklanır*” açıklamaları ortaya çıkmıştır. Bu veriler göz önünde bulundurularak Soru-35’in seçenekleri üçüncü pilot uygulama için aşağıdaki şekilde düzenlemiştir:



Soru-35: Afrika çatal kuyruklu kelebeği (Morpho Rhetenor) kanatlarını gösteren şekiller yanda verilmiştir.

- Kelebeğin üstten görünümü
- Kanatın optik mikroskop görüntüsü
- Pulların (Scale) kesit alanının SEM görüntüsü

Bu kelebeğin kanatlarının parlak mavi renkli görünmesi aşağıdaki ifadelerden hangisinden kaynaklanır?

Bu kelebeğin kanatlarının parlak mavi renkli görünmesi aşağıdaki ifadelerden hangisinden kaynaklanır?

A) Kelebeğin kanadındaki pullarda yer alan renk pigmentlerinden kaynaklanır.

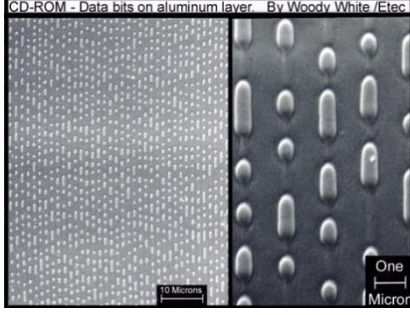
B) Kelebeğin kanatlarının mavi renge denk gelen ışığın dalga boyunu soğurmasından kaynaklanır.

C) Kelebeğin kanadındaki pulların yüzey plazmonlarından kaynaklanır.

D) Kanat pullarındaki kılların, mavi rengin dalga boyları ile girişime uğramasından kaynaklanır.

E) Kelebeğin kanat pullarındaki kılların nanofotonik kristal olma özelliği sonucu mavi rengin yansıtılmasından kaynaklanır.

CD'deki renklenme ile ilgili test maddesinin ikinci pilot uygulamasında genelde % 6.3 oranında *CD deki renklenmeyi yüzey plazmonlarından kaynaklandığı* % 9.6 oranında *ışığın bir kısmının yüzeyde absorplanıp bir kısmının geri yansımından kaynaklandığı* ve % 16.2 oranında *yüzeyden yansıyan ışığın birbiriyle girişim yapıp ışığın şiddetini artırdığı ya da azalttığı* düşünülmektedir. Yeni ortaya çıkan bu tema ve kodlar kullanılarak Soru 36 üçüncü pilot uygulama için aşağıdaki gibi düzenlenmiştir:



Soru-36: Bir CD, gerçek bilginin depolandığı ince bir alüminyum tabakasını koruyan iki plastik katmandan oluşmaktadır. Yukarıda verilen şekilde, alüminyum tabaka üzerinde bilginin depolandığı çukurlar gösterilmektedir. Verilen bilgilere göre CD üzerinde gökkuşağındaki tüm renkleri görmenin nedeni aşağıda verilen ifadelerden hangisidir?

- A) Yüzeyden yansıyan ışık, birbiriyle yapıcı girişim yapıp ışığın şiddetini güçlendirir.
- B) Yüzeyde bir kısım ışık absorblanır bir kısımda geri yansır. Yansıyan ışık miktarı değiştikçe renkte değişir.
- C) Yüzeyde ışık absorblanmaz. Ancak tüm renkleri içinde barındıran ışık geri yansır.
- D) Yüzeyde ışığın bir kısmı yüzeyin altına iner bir kısmı geri yansır.
- E) Yüzey plazmonları bu renklenmenin oluşmasını sağlar.

### 4.3 Üçüncü Pilot Uygulama Bulguları

Üçüncü pilot uygulama sonucunda 36 test maddesinin geçerlik ve güvenilirlik analizleri yapılmıştır. Tablo 4.35’de test maddelerinin üçüncü pilot uygulamadaki konu başlıklarının dağılımı verilmiştir.

**Tablo 4.35:** Test maddelerinin üçüncü pilot uygulamadaki konu dağılımları.

Madde No	Konu başlığı
1	Ölçek kıyaslama
2	Büyüklik sıralama
3*	Matematiksel oran
4	Birim geçişleri
5*	Birim geçişleri
6*	Birim geçişleri
7*	Sınıflandırma
8*	Birim geçişleri
9*	Birim geçişleri
10*	Birim geçişleri
11	Birim geçişleri
12	Bağırsak
13	Balıkların solungaçları
14	Su damlası
15	Toksisisiite
16	Reaktivite
17	Kendiliğinden düzenlenme
18	Zemin madde arası etkileşim
19*	Köpek balığı
20*	Gecko Kertenkelesi
21	Su örümceği
22	Kelebek
23	Metal nanoparçacık rengi
24	Metal reaktivite
25	Metal iletkenlik
26*	Grafit
27	Nanoölçekte metal erime noktası
28*	CD renklenme
29	Nanoölçekte metallerin reaksiyon
30	Kuantum nokta
31	Nanoölçekte erime noktası
32	Termit
33*	Kemik
34*	Elastisite modülü
35	Sertlik(silikon)
36	iletkenlik

### 4.3.1 Geçerlilik ve Güvenirlik Analizleri

Üçüncü pilot uygulamadan elde edilen verilerin analizi sonucu hesaplanan ayırt edicilik ve güçlük indeksleri Tablo 4.34’de sunulmuştur. Tabloya bakıldığında

3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 19, 20, 26, 28, 33, 34 nolu maddeler olmak üzere toplam 13 maddenin ayırt edicilik indeksinin önerilen değerlerin altında olduğu görülmektedir.

**Tablo 4.36:** Üçüncü pilot uygulamanın geçerlik ve güvenirlik analizleri.

Madde No	Ayırt edicilik indeksi ( $P_j$ )	Güçlük indeksi ( $r_{jx}$ )
1	0.32	0.22
2	0.27	0.32
3*	0.03	0.77
4	0.35	0.28
5*	0.24	0.18
6*	0.22	0.22
7*	0.14	0.26
8*	0.22	0.22
9*	-0.14	0.09
10*	0.08	0.23
11	0.35	0.55
12	0.32	0.43
13	0.30	0.26
14	0.62	0.66
15	0.46	0.34
16	0.27	0.46
17	0.54	0.41
18	0.43	0.30
19*	0.14	0.39
20*	-0.16	0.22
21	0.30	0.39
22	0.51	0.39
23	0.41	0.42
24	0.30	0.20
25	0.30	0.28
26*	0.22	0.19
27	0.49	0.41
28*	0.16	0.11
29	0.49	0.41
30	0.30	0.23
31	0.32	0.27
32	0.38	0.38
33*	0.00	0.22
34*	0.03	0.23
35	0.27	0.27
36	0.38	0.32

\* Madde ayırt edicilik indeksleri önerilen değerlerin altında olan maddeler

Diğer bir ifadeyle, ayırt edicilik indeksi .25 - .35 arasında olan maddelerin iyi, .35 ve üzerinde olan maddeler için ise mükemmel bir ayırt ediciliğe sahip olduğu belirtilmektedir. Bu değerlerin altındaki maddelerin ise ya revize edilmesi ya da testten çıkarılması önerilmektedir[69]. Bu nedenle, mevcut çalışmada her bir madde için hesaplanan ayırt edicilik indekslerinden 0.25'in altında olan 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 20, 21, 26, 28, 33 ve 34 nolu sorulardan kapsam geçerliğini etkilemeyecek olanların çıkarılmasına diğerlerinin ise revize edilmesine karar verilmiştir. Daha açık bir ifadeyle, ayırt edicilik indeksi önerilen değer altında olan 5 ve 28 no'lu sorular testten çıkarılmıştır. Bununla birlikte, 6, 8, 9 ve 10 no'lu sorular tek bir soruda birleştirilerek ortak kazanıma hitap eden yeni bir test maddesi geliştirilmiştir. 3 no'lu test maddemizin çeldiricilerinin iyi çalışmadığının belirlenmesi sebebiyle kazanıma hizmet eden yeni bir madde oluşturulmuştur. 33 no'lu test maddesinde üst grupta da fazla sayıda maddeyi boş bırakan öğrencinin olması maddede önemli bir yanıtıcı nokta olduğunu göstermektedir [18]. Bundan dolayı madde kökü incelenip yeniden düzenlenmiştir. 7, 20, 21, 33 ve 34 no'lu test maddelerimizin seçenekleri tekrar düzenlenerek revize edilmiştir. 26 no'lu test maddesinin resimler ve ilave açıklamalar eklenerek anlaşılabilirliği artırılmıştır. Bu düzenlemeler sonucunda elde edilen 12 soruluk çoktan seçmeli test 135 kişilik Fizik, Kimya, Biyoloji öğretmen adaylarından oluşan gruba dördüncü kez yeniden uygulanmıştır

#### **4.3.2 Yeniden Düzenlenen Sorular**

Üçüncü pilot uygulamada Soru-3, dördüncü pilot uygulamada ise soru-1 olarak numaralandırılan test maddesinin Tablo 4.37'de yer alan "geçerlik ve güvenirlik analizleri incelendiğinde ayırt ediciliğinin kabul edilebilir sınırların altında olduğu tespit edilmiştir. Soruyu doğru cevaplayanların oranı çok yüksek çıkmıştır. Soruda matematiksel oranı büyük nesneden gözün görebileceğinden küçük nesneyi bulmakta kullanılması sağlanacak şekilde düaşağıdaki şekilde yeniden düzenlenmiştir.

**Tablo 4.37:** Dördüncü pilot uygulamadaki geçerlik ve güvenilirlik analizleri.

Madde No	Ayırt edicilik indeksi ( $p_j$ )	Güçlük indeksi ( $r_{jx}$ )
1	0.35	0.36
2*	0.18	0.47
3	0.27	0.49
4	0.27	0.32
5	0.54	0.28
6	0.27	0.19
7	0.32	0.22
8	0.29	0.56
9	0.27	0.14
10*	0.21	0.60
11	0.30	0.18
12	0.27	0.14

\* Madde ayırt edicilik indeksleri önerilen değerlerin altında olan maddeler

Tablo 4.37'e bakıldığında, sadece 2 ve 10 nolu test maddelerinin ayırt edicilik indekslerinin önerilen değerinin altında olduğu görülmektedir. Bu nedenle, bu sorular testten çıkarılmıştır. Diğer test maddelerinin ayırt edicilik indekslerinin ise belirlenen sınırlar arasında oldukları görülmektedir. Sonuç olarak, bu uygulamadaki ayırt edicilik indeksi önerilen değerle arasında olan 10 test maddesi ile dördüncü uygulamada ayırt edicilik indeksi önerilen değerler arasında olan 22 madde birleştirilerek 32 maddelik ölçeğe son hali verilmiştir. Geliştirilen teste ilişkin güçlük ve ayırt edicilik indeksi sonuçları Tablo 4.36'da özetlenmiştir.

**Tablo 4.38:** Testin geçerliğine ve güvenilirliğine ilişkin istatistikler.

Number of items	33
Reliability Coefficient (KR-20)	.72
Difficulty indices ( $p$ )	
Mean	.34
n of items (range 0.6 – 0.7)	1
n of items (range 0.5 – 0.6)	2
n of items (range 0.4 – 0.5)	7
n of items (range 0.3 – 0.4)	9
n of items (range 0.2 – 0.3)	10
n of items (range < 0.2)	4
Point biserial correlation coefficient ( $r_{pb}$ )	
Mean	.36
n of items (range 0.6 – 0.7)	1
n of items (range 0.5 – 0.6)	3
n of items (range 0.4 – 0.5)	5
n of items (range 0.3 – 0.4)	15
n of items (range 0.2 – 0.3)	9
n of items (range < 0.2)	-

0.3-0.7 arasında güçlük indeksine sahip olan test maddelerinin kabul edilebilir, 0.3'ün altında olan test maddelerinin ise zor, olduğu belirtilmektedir [68]. Bu kriterden yola çıkarak, mevcut testteki 14 sorunun zor, kalan soruların ise kabul edilebilir sınırlar içerisinde olduğu söylenebilir. Diğer taraftan, testin ortalama güçlük indeksi 0.34 olarak hesaplanmıştır ve bu indeks değeri testin genel olarak zor ama kabul edilebilir sınırlar içerisinde olduğunun bir kanıtı niteliğindedir. Bununla birlikte, Tablo 4.37 ve 4.38'ya bakıldığında, testin son versiyonunda yer alan hiçbir maddenin ayırt edicilik indeksinin sınır kabul edilen 0.25 değerinin altında olmadığı görülmektedir. Ayrıca, 0.36 olarak hesaplanan ayırt edicilik indeksi ortalaması da testin ayırt ediciliğinin yüksek olduğunun bir kanıtı niteliğindedir. Diğer taraftan testin güvenilirliğine ilişkin hesaplanan KR-20 değerinin 0.72 olması testin güvenilir bir test olduğunu ortaya koymaktadır. Özetle, elde edilen sonuçlar geliştirilen testin üniversite düzeyindeki fen bilimleri öğrencilerinin nanoölçekteki kavramları anlama düzeylerini belirlemede geçerli ve güvenilir bir test olarak kullanılabileceğini göstermektedir.



Üçüncü pilot uygulamada Soru-7, dördüncü pilot uygulamada ise Soru4 olarak numaralandırılan test maddesinin geçerlik ve güvenilirlik analiz sonuçları incelendiğinde ayırt ediciliğinin 0.14, güçlük indeksinin ise 0.26 olduğu tespit edilmiştir. Bu test maddesinin ayırt ediciliği 0.25 altında kaldığı için test maddesinin seçenekleri yeniden düzenlenmiştir. Hiç tercih edilmeyen “E” seçeneği yeniden düzenlenmiştir. Bu düzenleme sonucu dördüncü pilot uygulama için test maddesi aşağıdaki şekilde yeniden düzenlenmiştir.

Soru-7: Aşağıdaki şıklardan hangisinde nesnelere, büyüklüklerine uygun boyut aralıklarına doğru olarak yerleştirilmiştir?

	<1nm	1-10 nm	10-100nm	100nm-1 µm	1 µm-1 mm	1mm-1m	1m-1km	1km den büyük
(A)	Uv ışığın dalga boyu	Su molekülü çapı	Röntgen ışığının dalga boyu	HBV virüsünün nin çapı	Kum tanesi çapı	Posta pulu	Everest Dağının yüksekliği	Eyfel Kulesinin yüksekliği
(B)	Bakır atomunun yarıçapı	Röntgen ışının dalga boyu	Arpa tanesinin boyu	Bakteri çapı	Uv ışığın dalga boyu	HBV virüsünün çapı	Çam ağacının boyu	Van Gölünün genişliği
(C)	Röntgen ışığının dalga boyu	Hücre zarının kesiti	HBV nin çapı	Uv ışığın dalga boyu	Saç teli kalınlığı	Posta pulu	Çam ağacının boyu	Ayın yarıçapı
(D)	Bakır atomunun yarıçapı	Bakteri çapı	uv ışığın dalga	Sperm hücresinin boyu	Kum tanesi çapı	Saç teli kalınlığı	Yunus balığının boyu	Everest Dağının yüksekliği
(E)	Su molekülü çapı	Bakır atomunun yarıçapı	Röntgen ışının dalga boyu	Bakteri çapı	HBV virüsünün çapı	Yunus balığının boyu	Everest Dağının yüksekliği	Van Gölünün genişliği,

Üçüncü pilot uygulamada Soru 6, 7, 8, 9, 10, 11 nolu sorular ortak kazanıma ( birim geçişlerini bilme) hitap edecek şekilde testin dördüncü pilot uygulaması için durumunda Soru-3 ve Soru-4 olarak aşağıdaki gibi yeniden düzenlenmiştir:

Soru-3: I.  $2 \times 10^3 \text{ n}\Omega$ 'luk dirence sahip 1 cm'lik altın blok aynı zamanda  $2 \times 10^6 \mu\Omega$ 'luk direnç göstermektedir.

II.  $1.667 \times 10^{-22} \text{ kg}$  kütleli  $\text{O}_2$  molekülü aynı zamanda  $1.667 \times 10^{-13} \text{ ng}$ 'dır.

III.  $8 \text{ cm}^3$  lük buzun hacmi aynı zamanda  $8 \times 10^{27} \text{ nm}^3$ 'e denk gelmektedir.

IV. Power FM Balıkesir 100 MHz yani  $1.10^{17} \text{ nHz}$  frekansında yayın yapmaktadır.

Yukarıda birim çevirmelerine dair verilen ifadelerden hangisi/hangileri yanlıştır?

- F) I ve IV      B) Yalnız IV      C) I, II, III      D) II ve III      E) III ve IV

Soru-4: Aşağıda verilen ifadelerden hangisi/ya da hangileri **doğrudur**?

I. nano ön eki daima uzunluğa dair büyüklüklerin ifadesinde kullanılmaktadır.

II. On milyon tane 1 nm bir araya gelirse 1 cm oluşturur.

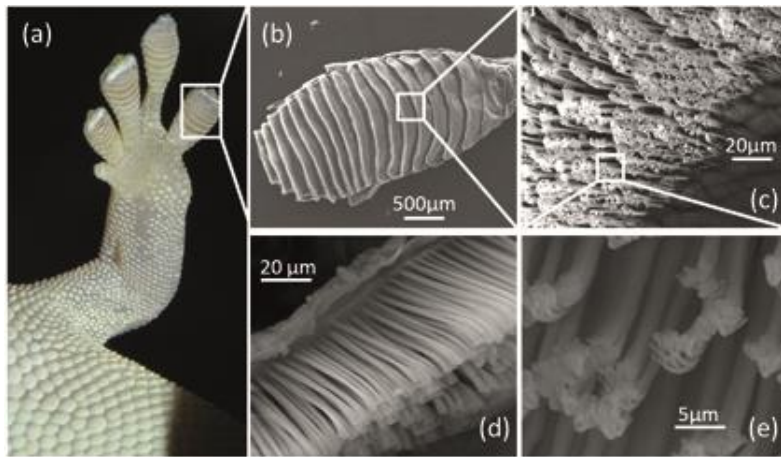
III. 2 nm genişliğindeki bir DNA molekülü  $2 \times 10^{-7}$  cm'dir.

IV. Yer değiştirme zamanı  $10^{-12}$  s olan sıvı yüzeyindeki taneciklerin aynı zamanda 0.001 ns hareket ettikleri söylenebilir.

- A) I ve II      B) Yalnız I      C) III ve IV      D) Hepsi      E) II, III ve IV

Üçüncü pilot uygulamada Soru-20, dördüncü pilot uygulamada Soru-6 olarak numaralandırılan test maddesinin ayırteçiciliği kabul edilebilir sınırların çok altında olduğu için sorunun çeldiricileri yeniden düzenlenerek aşağıdaki şekilde dördüncü pilot uygulama için hazır hale getirilmiştir.

Soru-6: Bir kertenkele türü olan Gecko kaygan cama tırmanabilir, tavanda baş aşağı hızla ilerleyebilir ve hatta tek ayak parmaklarıyla bile dikey yüzeylere tutunabilir. Bu durumun nedenini **en iyi** açıklayan ifade aşağıdakilerden hangisidir? (Gecko'nun ayak ve ayak parmaklarına ait SEM görüntüleri aşağıda verilmiştir).



(a) Bir kertenkele türü olan Geckonun ayağı, Gecko'nun ayak parmağından alınan bir kesitin farklı skalalarda ve büyütmelelerdeki SEM görüntüleri (b) 500 μm (c) ve (d) 20 μm (e) 5 μm

A) Gecko'nun ayaklarındaki küçük ölçekli tüycüklerin yüzeydeki gözle görülmeyen boşluklara girebilmesi yüzeye tutunmayı kolaylaştırır.

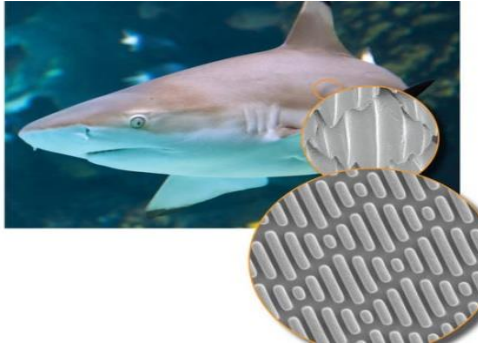
B) Gecko çok hafif olduğu için yer çekimi çok az etki eder. Böylece yüzeye tutunması kolaylaşır.

C) Gecko'nun ayak parmağındaki çok küçük ölçekteki tüycüklerin sayıca çok fazla olması, tüycüklerin arasında hava kalmasına engel olur. Bu durum yüzeye tutunmayı kolaylaştırır.

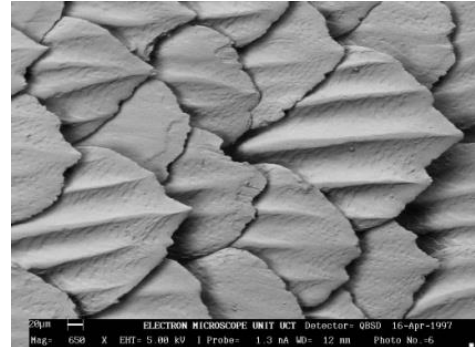
D) Gecko kertenkeleleri ayak parmaklarındaki çok küçük ölçekteki uzantılardan yapışkan bir salgı salgırlar.

E) Geckolar ayak parmaklarındaki çok küçük ölçekteki uzantılar ile yüzey arasındaki oluşan etkileşimler sayesinde, yüzeye hızlıca yapışıp hızlıca ayrılırlar.

Üçüncü pilot uygulamada Soru-19, dördüncü pilot uygulamada ise Soru-8 olarak numaralandırılan test maddesinin güçlük ve ayırt edicilik indeksleri incelendiğinde ayırt ediciliğinin 0.14 olduğu tespit edilmiştir. Çeldirici seçeneklerin daha iyi çalışıp ayırtediciliğın artırılması için seçenekler yeniden düzenlenip aşağıdaki gibi test maddesi dördüncü pilot uygulama için hazır hale getirilmiştir:



(a) Köpek balığı derisi



(b) Köpek balığı derisinin SEM görüntüsü (200 µm)

Soru-8 Yukarıdaki resimlerde sırasıyla köpek balığının derisi ile ilgili bilgiler verilmiştir. Bu resimleri dikkate alarak, köpek balıklarının neden çok hızlı yüzdüklerini aşağıdaki ifadelerden hangisi **en iyi** açıklar?

A) Köpek balığı derisindeki nanoölçekteki hidrofobik pulcuklardaki oluklar sayesinde yüzey alanı arttığı için hızlanır.

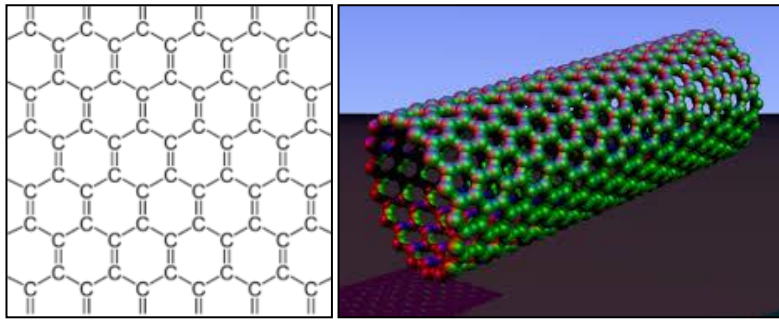
B) Pulların olukları yüzey alanını ve enerjisini artırdığından hızlanır.

C) Vücudundaki nanoölçekteki pulların oluklarından su kolayca akar. Suyla yapılan etkileşimler azalır. Köpek balığının hızı artar.

D) Nanoölçekteki hidrofobik pulcuklar girdaplar oluşturarak köpek balığının hızını arttırır.

E) Köpek balığının derisindeki küçük hidrofilik pulcuklar sayesinde suyla yapacağı etkileşimler daha güçlü olur. Bundan dolayı hızlanır.

Üçüncü pilot uygulamada Soru-26, dördüncü pilot uygulamada ise Soru-11 olarak numaralandırılan sorunun ayırtediciliği kabul edilebilir aralıktan daha düşük ve zorluğu ise yüksek çıkmıştır. Bu sorunun soru köküne resim ekelenerek anlaşılabilirliği artırılıp zorluğu azaltılmaya çalışılmıştır. Seçenekler yeniden düzenlenerek ayırtediciliği makul sınırların içerisine çekilmeye çalışılmıştır. Bunlar göz önünde bulundurularak soru dördüncü pilot uygulama için aşağıdaki gibi yeniden düzenlenmiştir.



a)

b)

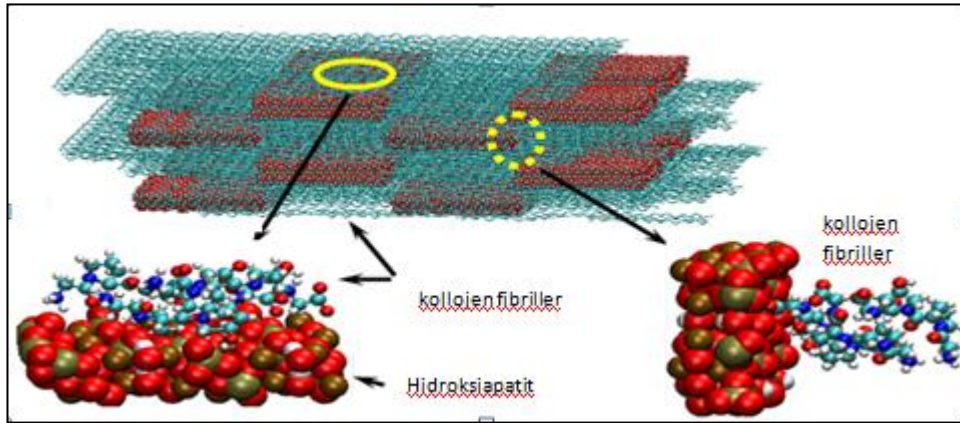
Soru-11: Yukarıdaki a) resminde gösterildiği gibi karbon atomlarının birbirine altıgen oluşturacak şekilde bağlanmasıyla grafit oluşurken, grafit tabakasının kendi etrafında döndürülmesiyle b) resminde görülen tek duvarlı karbon nanotüp meydana gelmektedir. Buna göre tek duvarlı karbon nanotüplerin elektronik özelliklerindeki değişiminin bağlı olduğu faktör/faktörlerle ilgili olarak verilen açıklamalardan hangisi **doğrudur**?

A) Sadece boyuna bağlıdır. Çünkü boyu azaldıkça iletkenlik artar. Karbon nanotüp çapı, boyu ve grafitin dönme yönüne bağlıdır. Çünkü hepsi de serbest elektron hareketine etki eder

B) Karbon nanotüp çapı ve grafitin dönme yönüne bağlıdır. Çünkü dönme yönü karbon atomlarının dizilişini, çapı da elektron hareketini etkiler.

- C) Sadece karbon nanotüp çapına bağlıdır. Çünkü karbon nanotüp çapı arttıkça iletkenlik artar.
- D) Karbon nanotüp çapına ve boyuna bağlıdır. Boy ve çaptaki değişim karbon nanotüpün direncini değiştireceğinden, iletkenliğide değişir.
- E) Sadece boyuna bağlıdır. Çünkü boyu azaldıkça iletkenlik artar.

Üçüncü pilot uygulamada Soru-33, dördüncü pilot uygulamada ise Soru-9 olarak numaralandırılan test maddesinin ayırtedicilik indeksi kabul edilebilir aralığın çok altında çıkmıştır. Güçlük indeksine bakıldığında ise soru zor bir soruyu temsil etmektedir. Soru kökünün daha anlaşılabilir olup daha kolay hale getirilebilmesi için soru kökü yeniden düzenlenerek şekil eklenmiş ve seçeneklerdeki çeldiriciler yeniden düzenlenip aşağıdaki şekilde dördüncü pilot uygulama için hazır hale getirilmiştir:



Soru-9: Kemik dokunun içerisinde üstteki şemada görüldüğü gibi kollajen fibriller ve bunların aralarında da dolgu malzemesi olarak eni 2-5 nm, boyu 50 nm olan üç boyutlu Hidroksiapatit (HA) kristalleri yer almaktadır. Doğal kemik dokusundaki HA kristallerinin büyüklüğünün mikron ölçeğe arttırılmasının kemiğin yük taşıma kapasitesine etkisini aşağıdakilerden hangisi **en iyi** açıklar?

- A) Azaltır. Çünkü mikroölçekte HA kristalleri arasındaki boşluklar artar. Bu durumda yükün iletilmesini zorlaştırır.
- B) Arttırır. Çünkü dokudaki kristallerinin yüzey alanı ve etkileşimleri artar. Bundan dolayı taşınan yük dokulara daha kolay dağıtılır.
- C) Arttırır. Çünkü HA kristalleri arasındaki boşluk azaldığı için mikroölçekte sağlamlık artar.
- D) Azaltır. Çünkü HA kristallerinin mikroölçekte yüzey alanı azalır. Bunun sonucu olarak etkileşim azalır ve kendiliğinden düzenlenme ortadan kalkar.
- E) Arttırır. Çünkü mikroölçekte HA kristallerinin sayısı ve aralarındaki etkileşim artar.

Üçüncü pilot uygulamada Soru-34, dördüncü pilot uygulamada ise Soru-7 olarak numaralandırılan test maddesinin ayırteediciliği düşük, ancak güçlüğü yüksek çıkmıştır. Soru kökü ve çeldiriciler düzenlenerek test maddesi dördüncü pilot uygulama için aşağıdaki gibi hazır hale getirilmiştir.

Soru-7: Elastisite modülü, malzemenin kuvvet altında elastik şekil değiştirmesinin ölçüsüdür. Tanımı gereği birim kesit alanına sahip bir malzemede (genellikle  $1 \text{ mm}^2$ ) birim boyu bir kat arttırmak için (örneğin 1 m lik teli 2 m yapmak için) uygulanması gerekli kuvveti gösterir. Polipropilen nanoparçacıkların elastisite modülüsü makro ölçekteki polipropilenden daha büyüktür. Bu durumun nedenini **en iyi** açıklayan ifade aşağıdakilerden hangisidir?

- A) Büyüklük azaldıkça polipropilenin molekülleri arasında yaptığı etkileşim değişir. Nanoölçekte molekül üzerindeki dipol momentlerin büyüklüğü artacağı için Vander walls'den daha güçlü olan dipol etkileşim oluşur. Bu etkileşimi yenmek daha zor olduğu için elastisite modülü artar.
- B) Nanoölçekte polipropilendeki bağ enerjileri makroölçeğe göre daha fazladır. Bu durumda nanoölçekte molekül içindeki bağların koparılması/zayıflatılması daha güç hale gelir. Elastisite modülü artar.

C) Polipropilen nanoparçacıklarının büyüklüğü azaltıldığında, polipropilende atomları bir arada tutan kovalent bağların gücü artar. Bu bağların zayıflatılması ve yüzeyin arttırılması için gereken kuvvet artar. Bu durum elastisite modülünü artırır.

D) Nanoölçekte polipropilen nanoparçacıkların yüzey alanı artar. Nanoparçacıklar arasında etkileşim artar. Tanecikler mevcut durumlarında kararlı olduğu için şeklini değiştirmek zorlaşır. Yani birim boyu artırmak için gereken kuvvet artar.

E) Polipropilen makroölçekten nanoölçeğe getirildiğinde yüzey alanı arttığı için elektronların delokalizasyonu artar. Bu durum elastisite modülüsünün artmasına neden olur.

#### 4.4 Dördüncü Pilot Uygulama Bulguları

##### 4.4.1 Geçerlilik ve Güvenirlik Analizleri

Bu düzenlemeler sonucunda elde edilen 12 soruluk çoktan seçmeli test 135 kişilik Fizik, Kimya, Biyoloji öğretmen adaylarından oluşan gruba dördüncü kez yeniden uygulanmıştır. Uygulama sonucu elde edilen verilerin analizi sonucu hesaplanan ayırt edicilik ve güçlük indeksleri Tablo 4.39’da sunulmuştur.

**Tablo 4.39:** Dördüncü pilot uygulamanın güçlük ve ayırt edicilik indeksleri.

Madde No	Ayırt edicilik indeksi ( $p_j$ )	Güçlük indeksi ( $r_{jx}$ )
1	0.35	0.36
2*	0.18	0.47
3	0.27	0.49
4	0.27	0.32
5	0.54	0.28
6	0.27	0.19
7	0.32	0.22
8	0.29	0.56
9	0.27	0.14
10*	0.21	0.60
11	0.30	0.18
12	0.27	0.14

\* Madde ayırt edicilik indeksleri önerilen değerlerin altında olan maddeler

Tablo 4.39'a bakıldığında, sadece 2 ve 10 no'lu test maddelerinin ayırt edicilik indekslerinin önerilen değerin altında olduğu görülmektedir. Bu nedenle, bu sorular testten çıkarılmıştır. Diğer test maddelerinin ayırt edicilik indekslerinin ise belirlenen sınırlar arasında oldukları görülmektedir. Sonuç olarak, bu uygulamadaki ayırt edicilik indeksi önerilen değerle arasında olan 10 test maddesi ile dördüncü uygulamada ayırt edicilik indeksi önerilen değerler arasında olan 22 madde birleştirilerek 32 maddelik ölçüğe son hali verilmiştir. Geliştirilen teste ilişkin güçlük ve ayırt edicilik indeksi sonuçları Tablo 4.39'de özetlenmiştir.



## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

### 5.1 Nanobilim Kavramsal Anlama Testi

1. Çoktan seçmeli Nanobilim Kavramsal Anlama Testi'nin hazırlanmasında ilk aşama olarak belirlenen kazanımlara göre 30 soru içeren açık uçlu sorudan oluşan bir test hazırlanmıştır. Açık uçlu sorulara verilen cevapların analizi ile ikinci pilot uygulama için 4 seçenek ve diğer seçeneğinin bulunduğu çoktan seçmeli test maddeleri oluşturulmuştur. Bu iki pilot uygulamanın sonunda çoktan seçmeli test maddelerinin seçenekleri, geçerlilik ve güvenirlik çalışmaları için son halini almıştır.

2. Yapılan madde analizleriyle üçüncü pilot uygulama sonrasında çoktan seçmeli maddelerin madde güçlük indeksi ortalaması 0.32 ve madde ayırt edicilik indeksi ortalaması ise 0.27 olarak, dördüncü pilot uygulama sonrasında düzenlenen yeni sorular için madde ayırt edicilik indeksi ortalaması 0.36 ve madde güçlük indeksi ortalaması ise 0.34 olarak bulunmuştur.

3. Yapılan güvenirlik analizleriyle üçüncü pilot uygulama sonrası ölçeğin güvenirlik katsayısı 0.65 olarak bulunmuştur.. Dördüncü pilot uygulama sonrası düzenlenen yeni sorular için güvenirlik katsayısı 0.72 olarak bulunmuştur.

4. Bu çalışmayla geliştirilen Nanobilim Kavramsal Anlama Testi toplam 32 madde içermektedir. Bu test maddelerinden 7 tanesi büyüklük ve ölçek kavramları, 10 tanesi yüzey alanı etkisi ve etkileşimler ve 15 tanesi de nanoölçekte büyüklük ile değişen özellikler ile ilgilidir. Çalışmanın sonucunda fen alanları öğretmen adaylarının nanobilimle ilgili kavramsal anlamalarını belirlemek için kullanılacak geçerli ve güvenilir bir test geliştirilmiş ve ilgili alan yazına kazandırılmıştır.

Çalışmadan elde edilen bulgular doğrultusunda geliştirilen Nanobilim Kavramsal Anlama Testi ile ilgili öneriler aşağıda sunulmuştur:

1. Geliştirilen testin cevap kesinlik indeksi kullanılarak uygulanması, öğretmen adaylarının atma riskini ortadan kaldıracığından daha doğru bir değerlendirmenin yapılmasında yardımcı olacaktır.
2. Nanobilim Kavramsal Anlama Testinin mühendislik, tıp gibi diğer alanlardaki öğrencilere uygunluğu araştırılabilir. Ayrıca Fen alanları öğretmenlerinin nanobilimi ne kadar anladıklarını belirlemede kullanılabilir.

Nanobilim Kavramsal Anlama Testi, *karakterizasyon ve uygulama alanları* başlıkları katılarak genişletilebilir

## 5.2 Fen Alanları Öğretmen Adaylarının Nanobilim Anlayışları

Nanobilim Kavramsal Anlama Testi geliştirilirken Fizik, Kimya ve Biyoloji öğretmen adaylarının nanobilimi ne kadar anladıkları ile ilgili bazı sonuçlar da ortaya çıkmıştır. Öğretmen adaylarının derslerinde sık sık kullandıkları büyüklük ve ölçek kavramlarını genel manada anlamlandıramadıkları görülmüştür. Bu kavramla ilgili temel birim çevirmelerinin (metreden nanometreye geçiş gibi) dışına çıktığında zorlanıldığı tespit edilmiştir. Ayrıca öğretmen adaylarının ölçeklerin sınır aralıkları daraldığında ve daha küçük aralıklara geçildiğinde, bu aralıkları anlamlaştırıp başka nesnelerin büyüklükleri ile ilişki kuramadıkları tespit edilmiştir. Ancak oransal birim geçişlerinde elde edilen veriler gözün görebileceği aralığa denk geldiği için zorlanmadıkları tespit edilmiştir. Öğretmen adaylarının makroölçek haricindeki ölçeklerde düşünmede zorlandıkları görülmüştür.

Tüm bu sayılan eksiklikler çok yakın bir zamanda üniversite öncesi öğretim programlarına dâhil olacağını düşündüğümüz nanobilim ve nanoteknoloji kavramlarını aktaracak öğretmenler için büyük bir eksiklik olarak kabul edilmektedir. Bu durumun giderilmesi için öncelikli olarak nanobilim ve nanoteknoloji kavramlarının öğretmen adaylarına verilebileceği bir dersin öğretmen eğitimine dâhil olmasını zorunlu hale getirmektedir. Bu sayede multi ölçekte nanobilim okuryazarları sayısı arttıkça akabinde disiplinler arası bir şekilde kavramların dağıtılıp aşamalı ve ilişkili bir nanobilim ve nanoteknoloji öğretiminin

daha verimli olacağı düşünülmektedir. Ayrıca nanobilim ve nanoteknoloji kavramlarını öğrenmek için bilinmesi gereken, Fizik, Kimya ve Biyoloji alanlarına dair alt yapı oluşturabilecek bilgilerinde tam olması gerekmektedir. Bağlar, Türler arası etkileşimler, yüzey gerilimi, kuantum yasaları gibi bu alana temel olacak konuların çok iyi kavranmış olması gerekmektedir. Geliştirilen test yardımıyla nanobilime dair kavramların öğretmenler tarafından nasıl anlaşıldığı tespit edilerek, ortaya çıkan anlayışlarını geliştirmeye yönelik nanobilim üzerine hizmet içi eğitimler ve seminerler verilebilir.

## 6. KAYNAKLAR

- [1] Erkoç, Ş., *Nanobilim ve nanoteknoloji*, Ankara: ODTÜ yayıncılık, 3-7, (2014).
- [2] Bhattacharyya, D., Singh, S., Satnalika, N., Khandelwal, A., Jeon, S. H., “Nanotechnology, big things from a tiny world: a review”, *International Journal of u-and e-Service, Science and Technology*, 2(3), 29-37, (2009).
- [3] Özel, S., and Özel, Y., “Nanotechnology in education: nanoeducation”, 5<sup>th</sup> *WSEAS/ IASEME International Conference on Engineering Education*, Heraklion, Greece, 372-376, (2008).
- [4] Ganguly, S., and Mukhopadaya, S., “Nanoscience and nanotechnology: journey from past to present prospect in veterinary science and medicine” *International Journal of and Nanotechnology*, 2(1), 79-83, (2011).
- [5] Köksal, F. ve Köseoğlu, R., *Nanobilim ve nanoteknoloji*, Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık, 3-5, (2014).
- [6] Çıracı, S., “Metrenin bir milyarda birinde bilim ve teknoloji”, *Bilim ve Teknik Dergisi Eki*, 453, 6-10, (2005).
- [7] Ekli, E., Deniz, S., ve Sahin, N. “Nanotechnology and science education: Can we prepare science teacher candidates better for the future?” *5th Nanoscience and Nanotechnology Conference (NanoTR5)* Anadolu University, Eskişehir, (2009).
- [8] Feather, L. F. and Aznar, M. F. *Nanoscience Education, Workforce Training, and K-12 Resources*, USA : CRC Press, 123-191, (2011).
- [9] Gorghiu, G., Bizoi, M., Gorghiu, L. M., and Doğan, Z. Y., “A repository designed to raise the students’ knowledge and awareness on nanoscience and nanotechnology”, *Journal of Science and Art*, 3(24), 319-325, (2013).

- [10] What's so special about nanoscale, <http://www.nano.gov/nanotech-101/special> (Erişim Tarihi: 12. 11. 2016)
- [11] Feather, L. F. and Aznar, M. F, *Nanoscience Education, Workforce Training, and K-12 Resources*, USA: CRC Press, 3-10, (2011).
- [12] Gököz, B. S., “Design and implementation of a nanoscience and nanotechnology workshop: investigating 11<sup>th</sup> grade students awareness and conceptual understanding of nanoscience and nanotechnology”, Yüksek Lisans Tezi, *Boğaziçi Üniversitesi*, İstanbul, (2012).
- [13] Gilbert, J. and Lin, S., “How might adults learn about new science and technology?” *International Journal of Science Education*, 3(3), 267-292, ( 2012).
- [14] Scale and scaling, <https://projects.ncsu.edu/project/scienceEd/nanotechnologyeducation.html> (Erişim Tarihi: 13. 11. 2016)
- [15] Malatyalı, E. ve Yılmaz, K., “The importance of concepts in the constructivist learning process: an examination of concepts from pedagogical angle”, *The Journal of International Social Research*, 3(14), 320-332, (2010).
- [16] Jones, G. M., Gardner, G. E., Falvo, M., and Taylor, A., “Precollege nanotechnology education: a different kind of thinking”, *Nanotechnology Reviews*, 4(1), 117-127, (2015).
- [17] Küçüközer, H., “Yapılandırmacı öğrenme kuramına dayalı olarak geliştirilen öğretim modelinin lise 1.sınıf öğrencilerinin basit elektrik devrelerine ilişkin kavramsal anlamalarına etkisi”, Doktora Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Eğitimi Anabilim Dalı, Balıkesir, (2004).
- [18] Baykul, Y. Gelbal. ve S., Kelecioğlu, H., *Anadolu öğretmen liseleri için eğitimde ve değerlendirme*, İstanbul: Milli Eğitim Basımevi, (2003).
- [19] Atılgan, H. Kan, A. ve Doğan, N., *Eğitimde ölçme ve değerlendirme*, Ankara: Anı Yayıncılık, (2016).

- [20] Bahar, M., “Çoktan seçmeli testlere eleştirel bir yaklaşım ve alternatif metotlar”, *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri Dergisi*, 1(1), 23-28, (2001).
- [21] You-qi, Y., “Microscale and nanoscale process systems engineering: challenge and progress”, *The Chinese Journal of Process Engineering*, 8(3), 616-624, (2008)
- [22] Karakasidis, T. E., “Incorporation of nanotechnology in the curriculum of civil engineering education”, *First EUCEET Association Conference: New Trends and Challenges in Civil Engineering Education*, Patras, (2011).
- [23] Lobanova, T. and Shunin, Y., “Nanotechnology as an educational concept of the 21<sup>st</sup> century”, *Innovative Infotechnologies for Science, Business and Education*, 1(10), 3-9, (2011).
- [24] Working at the nanoscale, <http://www.nano.gov/nanotech-101/what/working-nanoscale> (Erişim Tarihi: 12. 11. 2016).
- [25] National nanotechnology infrastructure, <http://www.nnin.org/education-training/educational-articles> (Erişim Tarihi: 14. 11. 2016).
- [26] Schiemann, G., “Nanotechnology and nature”, *International Journal for Philosophy of Chemistry*, 11(1), 77-95, (2005).
- [27] Karataş, F., Ö. ve Ülker, N., “Kimya öğrencilerinin nanobilim ve nanoteknoloji konularındaki bilgi düzeyler”, *Türk Fen Eğitim Dergisi*, 11(3), 103-118, (2014).
- [28] Dillon, J., “On scientific literacy and curriculum reform”, *International Journal of Environmental & Science Education*, 4(3), 201-213, (2009).
- [29] Science content standards, <https://www.nap.edu/read/4962/chapter/8#192> (Erişim Tarihi: 28. 11. 2016).
- [30] Mcfarlane, D. A., “Understanding the challenges of science education in the 21<sup>st</sup> Century: new opportunities for scientific literacy”, *International Letters of Social and Humanistic Sciences*, (4), 35-44, (2013).

- [31] Allen, E. E. and Bassett, D. R., “Listen up! The need for public engagement in nanoscale science and technology”, *Nanotechnology Law & Business*, 5(4), 429-439, (2008).
- [32] Stevens, S., Shin, N., Delgado, C., Cahill, C., Yunker, M., and Krajcik, J., “Fostering students’ understanding of interdisciplinary science in a summer science camp”, *National Association for Research in Science Teaching Annual Conference*, New Orleans, LA., (2007).
- [33] Feather, L. F., and Aznar, M. F., “*Nanoscience Education, Workforce Training, and K-12 Resources*”, USA: CRC Press, 77-96 , (2011).
- [34] Shwartz, Y., Ben-zvi, R., and Hoffstain, A., “The use of scientific literacy taxonomy for assessing the development of chemical literacy among high-school students”, *Chemistry Education Research and Practice*, (5), 170-176, (2006).
- [35] Laherto, A., “Incorporating nanoscale science and technology into secondary school curriculum: views of nano-trained science teachers”, *Nordic Studies in Science Education*, 7(2), 126-138, (2011).
- [36] Hingant, B., and Albe, V., “Nanosciences and nanotechnologies learning and teaching in secondary education: a review of literature”, *Studies in Science Education*, 46(2), 121-152, (2010).
- [37] Laherto, A., “An analysis of the educational significance of nanoscience and nanotechnology in scientific and technological literacy”, *Science Education International*, 21(3), 160-175, (2010).
- [38] Bürgi, B. R., and Pradeep, T., “Societal implications of nanoscience and nanotechnology in developing countries”, *Current Science*, 90(5), 645-658, (2006).
- [39] Wansom, S., Mason, T., Hersam, M., Drane D., Light, G., and Cormia, R., “A rubric for post secondary degree programs in nanoscience and nanotechnology”, *International Journal Engineering Education*, 25(3), 615-627, (2009).

- [40] Jones, M., Taylor, A., Minogue, J., Broadwell, B., Wiebe, E., and Carter, G., “Understanding scale: Powers of ten ”, *Journal of Science Education and Technology*, 16(2), 191-202, (2007).
- [41] Ban, K. and Kocijencic, S., “Introducing topics on nanotechnologies to middle and high school curricula”, *2<sup>nd</sup> World Conference on Technology and Engineering Education*, Ljubljana, Slovenia, 78-83, (2011).
- [42] Gököz, B. S., ve Akaygün, S., “Üniversiteden liseye uzanan köprü: bir nanobilim atölye çalışması”, *Boğaziçi Üniversitesi Eğitim Dergisi*, 31(2), 49-72, (2014).
- [43] Selim, S. A. S., Al-Tantavi, R. A. and Al-Zaini, S. A., “Integrating nanotechnology concepts and its applications into the secondary stage physics curriculum in Egypt”, *European Scientific Journal*, 11(12), 193-211, (2015).
- [44] Ak, N., *Nanoteknoloji Eğitiminin Lise Düzeyine Uyarlanması*, Yüksek Lisans Tezi, *Eğitim Bilimleri Enstitüsü Gazi Üniversitesi*, Ankara, (2009)
- [45] Greenberg, A., “Integrating nanoscience into the classroom; perspectives on nanoscience education”, *American Chemical Society (ACS Nano)*, 3(4), 762-769, (2009).
- [46] Schank, P., Wise, P., Stanford, T., and Rosenquist, “ A. Can high school students learn nanoscience? An evaluation of the viability and impact of the nanoscience curriculum”, *SRI International* Menlo Park, CA:.(2009).
- [47] Nano education, <http://www.nano.gov/education-training> (Erişim Tarihi: 14. 11. 2016)
- [48] TÜBİTAK (2004). Nanobilim ve nanoteknoloji stratejileri: Vizyon 2023 Projesi Nanoteknoloji Strateji Grubu. Ankara
- [49] Dokuzuncu Kalkınma Planı, 2006:84 (Erişim tarihi:16/01/2017)



[50] Gürdal, H., İlköğretim 5.Sınıf Fen ve Teknoloji Dersi ,Maddenin Değişimi ve Tanınması Ünitesinde Öğrencilerde Oluşan Kavram Yanılgılarının Tespitinde İki Aşamalı Soruların Kullanılabilirliği Üzerine Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi, Manisa, 2008.

[51] Chang, R, P, H,. “Can education in nanoscience and technology help to spark the interest of a new generation of scientist and engineers? ”, *Nanotoday*, 1(2), 6-7, (2006).

[52]Modernfiziğinteknolojidekiuygulamalarıhttp://ttkb.meb.gov.tr/program2.aspx?islem=1&kno=217 (Erişim Tarihi: 16/12/2016).

[53] Karbonun allotropları, <http://ttkb.meb.gov.tr/program2.aspx?islem=1&kno=218> (Erişim Tarihi: 16/12/2016).

[54] Tretter, T., Jones, M. G., Andre, T., Negishi, A., and Minogue, J. “ Conceptual boundaries and distances: Students’ and experts’ concepts of the scale of scientific phenomena”, *Journal of Research in Science Teaching*, 43, 282–319, (2006).

[55] Batt, C. A., Waldron, A. M., Broadwater, N., “Numbers, scale and symbols: the understanding of nanotechnology”, *Journal of Nano Partical Research*, 10, 1141-1148, (2008).

[56] Magana, A. J., Brophy, S. P., and Bryan, L. A., “An integrated knowledge framework to characterize and scaffold size and scale cognition”, *International Journal of Science Education*, 34(14), 2181-2203, (2012).

[57] Jones, M. G., Andre, T., Superfine, R., and Taylor, R., “Learning at nanoscale: the impact of students’ use of remote microscopy on concepts of viruses, scale, and microscopy”, *Journal of Research in Science Teaching*, 40(3), 303-322, (2003).

[58] Schönborn, K. J., Höst, G. E., and Palmerius, L., “Measuring understanding of nanoscience and nanotechnology: development and validation of the nano knowledge instrument (NanoKI)”, *Chemistry Education Resourchs.and Practices.*, 16, 346-354, (2015).

- [59] Hutchinson, K., “Secondary students’ interests in nanoscale science and engineering concepts phenomena”, Master Thesis, *Purdue University*, West Lafayette, IN. (2007).
- [60] Kumar, D. D., “Nanoscale Science and technology teaching”, *Australian Journal Education Chemistry*, 68, 20-22, (2007).
- [61] Dyehouse, M. A., Diefes-Dux, H. A., Bennett, D. E., and Imbrie, P. K., “Development of an instrument to measure undergraduates’ nanotechnology awareness, exposure, motivation and knowledge”, *Journal of Science Education and Technology*, 17, 500-510, (2008).
- [62] Daly, S., Hutchinson, K., and Bryan, L “Incorporating nanoscale science and engineering concepts into middle and high school curricula”, *Purdue University West Lafayette, IN*, (2007).
- [63] Kurt, M., “Determination of pre-service biology and chemistry teachers’ opinions and knowledge levels on nanotechnology”, *International Journal of Academic Research*, 6(1), 62-68, (2014).
- [64] Aslan, O., ve Şenel, T., “Fen alanları öğretmen adaylarının nanobilim ve nanoteknoloji farkındalık düzeylerinin çeşitli değişkenlere göre incelenmesi”, *Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi*, 24, 363-389, (2015).
- [65] Reynolds, C. R., Livingston, R. B., & Willson, V. Measurement and assessment in education. Boston, MA: Allyn & Bacon, (2006).
- [66] Tan, S. (2009). Misuses of KR-20 and Cronbach’s Alpha Reliability Coefficients. *Education and Science* 34(152), 101-112.
- [67] Gilbert, J. K., Osborne, R. J., & Fensham, P. J. (1982). Children’s science and its consequences for teaching. *Science Education*, 66(4), 623-633.

[68] Gönen, S., Kocakaya, S ve Kocakaya, F., “Dinamik konusunda geçerliliği ve güvenilirliği sağlanmış bir başarı testi geliştirme çalışması ” *Yüzüncü yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 8(1), 40-57, (2011).

[69] Karelia, B. N., Pillai, A and Vegada, B. N., “The levels of difficulty and discrimination indices and relationship between them in four-response type multiple choice questions pharmacology summative tests of year II M.B. B. S students”, *International e-Journal of Science Medicine & Education*, 7(2), 41-46, (2013).

[70] Waldron, A. M., Spencer, D., and Batt, C. A. “The current state of public understanding of nanotechnology”, *Journal of Nanoparticle Research*, 8(5), 569-575, (2006).

# **EKLER**

## 7. EKLER

### Ek A Nanobilim Kavramsal Anlama Testinin Son Hali

#### 1. Kısım

**Soru-1:** Ahmet ders çalışırken gözü masasının üzerindeki saf suya takılır ve düşünmeye başlar. Ahmet'in saf su için gördüğü/hayal ettiği makro, mikro ve nanoölçeğin görüntüsünü açıklayan **en uygun** ifade aşağıdakilerden hangisidir? (Su molekülünün çapı 0.58 nm).

- A) Makroölçekten nanoölçeğe inildikçe gözlenen su molekülü sayısı değişmez ancak su moleküllerin büyüklüğü değişir.
- B) Makroölçekte bir damla su gözlenirken mikroölçekte atomlar, nanoölçekte atom altı parçacıklar gözlenir.
- C) Makroölçekten nanoölçeğe inildikçe su molekülleri küçülür. Bundan dolayı makroölçekten nanoölçeğe inildikçe atom altı parçacıkları görmek daha güç olur.
- D) Makroölçekte bir bardak su gözlenirken, mikroölçekte küçük bir damla su, nanoölçekte en az iki su molekülü gözlemlenebilir.
- E) Makroölçekten daha çok su molekülü bulunurken, sırasıyla mikro ve nanoölçekte doğru gidildikçe gözlenen su molekülü sayısı azalır.

**Soru-2:** Aşağıda verilenlerin gerçek büyüklüklerine göre büyükten küçüğe doğru sıralanışı hangi seçenekte doğru olarak verilmiştir?

*A4 kâğıdın kalınlığı, kırmızı ışığın dalga boyu, civa atomunun çapı, 1cm<sup>3</sup>'lük altın küp blok, DNA molekülünün çapı, alyuvar çapı, pirenin boyu, kas lifinin çapı, HIV virüsünün çapı, hidrojen molekülü çapı, Boğaz köprüsünün boyu, 2 m boyundaki adam, 0.5 kalem ucu.*

- A) Kırmızı ışığın dalga boyu, Boğaz köprüsünün boyu, 2 m boyundaki adam, 1cm<sup>3</sup>'lük altın küp blok, pirenin boyu, 0.5 kalem ucunun çapı, kas lifinin çapı, alyuvar çapı, A4 kâğıdın kalınlığı, HIV virüsünün çapı, DNA molekülünün çapı, hidrojen molekülü çapı, civa atomunun çapı.
- B) Boğaz köprüsünün boyu, 2 m boyundaki adam, 1cm<sup>3</sup>'lük altın küp blok, pirenin boyu, 0.5 kalem ucunun çapı, kas lifinin çapı, A4 kâğıdın kalınlığı, alyuvar çapı, HIV virüsünün çapı, DNA molekülünün çapı, hidrojen molekülü çapı, civa atomunun çapı, Kırmızı ışığın dalga boyu.
- C) Boğaz köprüsünün boyu, 2 m boyundaki adam, A4 kâğıdın kalınlığı, pirenin boyu, 1cm<sup>3</sup> lük altın küp blok, 0.5 kalem ucunun çapı, kas lifinin çapı, Alyuvar çapı, Kırmızı ışığın dalga boyu, HIV virüsünün çapı, DNA molekülünün çapı, hidrojen molekülü çapı, civa atomunun çapı.
- D) Kırmızı ışığın dalga boyu, 2 m boyundaki adam, 1cm<sup>3</sup>'lük altın küp blok, pirenin boyu, 0.5 kalem ucunun çapı, A4 kâğıdın kalınlığı, alyuvar çapı, kas lifinin çapı, DNA molekülünün çapı, hidrojen molekülü çapı, civa atomunun çapı, HIV virüsünün çapı, Boğaz köprüsünün boyu.
- E) Kırmızı ışığın dalga boyu, Boğaz köprüsünün boyu, 2 m boyundaki adam, pirenin boyu, 1cm<sup>3</sup>'lük altın küp blok, 0.5 kalem ucunun çapı, alyuvar çapı, A4 kâğıdın kalınlığı, kas lifinin çapı, DNA molekülünün çapı, hidrojen molekülü çapı, civa atomunun çapı, HIV virüsünün çapı.

**Soru-3:** 20 nm boyutundaki nanoparçacığın 20 mm çapındaki bir misket kadar genişlediği oranda, çapı yaklaşık 2000 km olan Merkür gezegeni aynı oranda küçültülürse aşağıda verilen nesnelere hangisine karşılık gelirdi?

- A) 1 µm yarıçapındaki bakteri    B) 10 nm yarıçapında virüs    C) 2 cm çapındaki dolu tanesi
- D) 20 m yarıçapındaki göktaşı    E) 1 m yarıçapındaki balon

**Soru-4:** Aşağıda verilen ifadelerden hangisi/ya da hangileri **doğrudur**?

- I. nano ön eki daima uzunluğa dair büyüklüklerin ifadesinde kullanılmaktadır.  
II. On milyon tane 1 nm bir araya gelirse 1 cm oluşturur.  
III. 2 nm genişliğindeki bir DNA molekülü  $2 \times 10^{-7}$  cm'dir.  
IV. Yer değiştirme zamanı  $10^{-12}$  s olan sıvı yüzeyindeki taneciklerin aynı zamanda 0,001 ns hareket ettikleri söylenebilir.

- A) I ve II      B) Yalnız I      C) III ve IV      D) Hepsi      E) II, III ve IV

**Soru-5:** I.  $2 \times 10^3$  n $\Omega$ 'luk dirence sahip 1 cm'lik altın blok aynı zamanda  $2 \times 10^6$   $\mu\Omega$ 'luk direnç göstermektedir.

- II.  $1.667 \times 10^{-22}$  kg kütleli O<sub>2</sub> molekülü aynı zamanda  $1.667 \times 10^{-13}$  ng'dır.  
III. 8 cm<sup>3</sup>'lük buzun hacmi aynı zamanda  $8 \times 10^{27}$  nm<sup>3</sup>'e denk gelmektedir.  
IV. Power FM Balıkesir 100 MHz yani  $1.10^{17}$  nHz frekansında yayın yapmaktadır.

Yukarıda birim çevirilerine dair verilen ifadelerden hangisi/hangileri **yanlıştır**?

- G) I ve IV      B) Yalnız IV      C) I, II, III      D) II ve III      E) III ve IV

**Soru-6:** I. Derinin katmanları    II. DNA'nın yapısı    III. Su molekülü    IV. Mikro çip  
V. E-Coli bakterisi

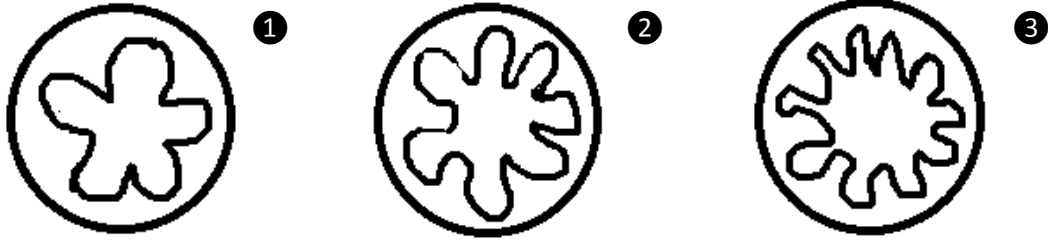
Yukarıdakilerden hangileri taramalı (SEM) ve geçirimli elektron (TEM) mikroskoplarından en az birisiyle incelenebilir?

- A) I, II, V      B) I, II, IV, V      C) II ve III      D) IV ve V      E) II, III, V

**Soru-7:** Aşağıdaki şıklardan hangisinde nesnelere, büyüklüklerine uygun ölçek aralıklarına doğru olarak yerleştirilmiştir?

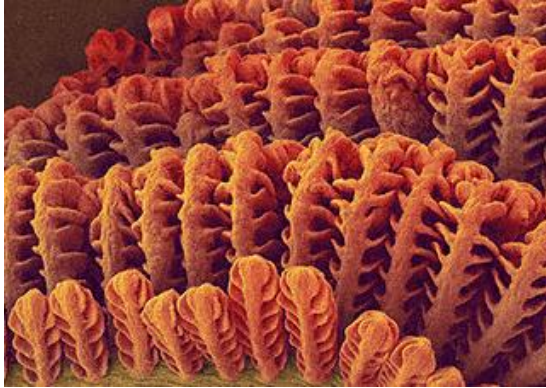
	<1nm	1-10 nm	10-100nm	100nm-1 $\mu$ m	1 $\mu$ m-1 mm	1mm-1m	1m-1km	1km den büyük
(A)	Uv ışığın dalga boyu	Su molekülü çapı	Röntgen ışığının dalga boyu	HBV virüsünün çapı	Kum tanesi çapı	Posta pulu	Everest Dağının yüksekliği	Eyfel Kulesinin yüksekliği
(B)	Bakır atomunun yarıçapı	Röntgen ışının dalga boyu	Arpa tanesinin boyu	Bakteri çapı	Uv ışığın dalga boyu	HBV virüsünün çapı	Çam ağacının boyu	Van Gölünün genişliği
(C)	Röntgen ışığının dalga boyu	Hücre zarının kesiti	HBV nin çapı	Uv ışığın dalga boyu	Saç kalınlığı	Posta pulu	Çam ağacının boyu	Ayın yarıçapı
(D)	Bakır atomunun yarıçapı	Bakteri çapı	uv ışığın dalga boyu	Sperm hücresinin boyu	Kum tanesi çapı	Saç teli kalınlığı	Yunus balığının boyu	Everest Dağının yüksekliği
(E)	Su molekülü çapı	Bakır atomunun yarıçapı	Röntgen ışının dalga boyu	Bakteri çapı	HBV virüsünün çapı	Yunus balığının boyu	Everest Dağının yüksekliği	Van Gölünün genişliği,

**Soru-8:** Aşağıda verilmiş 1, 2 ve 3 numaralı bağırsaklardan besinlerin emilimi konusunda aşağıda verilen bilgilerden hangisi **en doğrudur**?

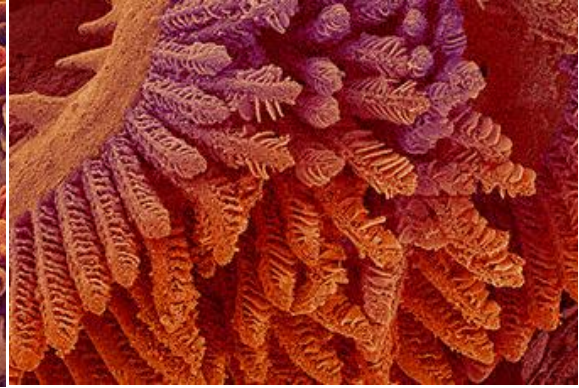


- A) 3. bağırsakta besinler daha iyi emilir. Çünkü bağırsağın yüzey alanı daha fazladır.  
B) 1. bağırsakta besinler daha iyi emilir. Çünkü besini emen mikrovillüslerin sayısı daha fazladır. Bu durum bağırsağın emilimini sağlayan yüzey alanını arttırmaktadır.  
C) 3. bağırsakta besinler daha iyi emilir. Çünkü yüzey alanının büyüklüğü nedeniyle yüzeyden besini emen mikrovillüslerin sayısı daha fazladır. Bu durum bağırsağın emilimini arttırmaktadır.  
D) 1. bağırsakta besinler daha iyi emilir. Çünkü girinti çıkıntılar daha azdır. Böylece besin zaman kaybetmeden birim zamanda daha çok emilir.  
E) Tüm bağırsakların yüzeyinden birim zamanda besin aynı miktarda emilir.

**Soru-9:** Balıklar vücutları için oksijene gereksinim duyarlar. Balıkların solungaçlarından oksijen suda çözülmüş halde taşınır. Şekil-1 ve Şekil-2’de iki balık türünün solungaçlarına ait Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) görüntüleri verilmiştir. Bu görüntülere göre aşağıda verilen bilgilerden hangisi **en doğrudur**? (Şekil-1 ve 2’deki SEM görüntüleri için ölçüm yapılan skala eşittir).



Şekil-1: Kaya balığının solungaçlarının SEM görüntüsü



Şekil-2: Ciklet balığının solungaçlarının SEM görüntüsü

- A) Ciklet balığında solungacın yüzey alanının fazla olması, çözülmüş oksijen içeren suyla temas eden yüzeyi arttırmaktadır.  
B) Kaya balığının solungaçları daha düzenli bir yapıya sahip olduğundan daha fazla oksijen absorplar.  
C) Ciklet balığında daha fazla solungaç bulunduğu için oksijen absorpsiyonu daha fazladır.  
D) Kaya balığının solungacın yüzey alanının daha fazla olması, çözülmüş oksijen içeren suyla temas eden yüzeyi arttırmaktadır.  
E) İki balık aynı ortamda yaşadığı için, solungaçlardan oksijenin absorplanma miktarı aynıdır.

**Soru-10:** Yandaki fotoğraf, su damlasının bir zemin üzerindeki durumunu göstermektedir. Bu durumun nedeni ile ilgili olarak aşağıda verilen açıklamalardan hangisi **en doğrudur**?



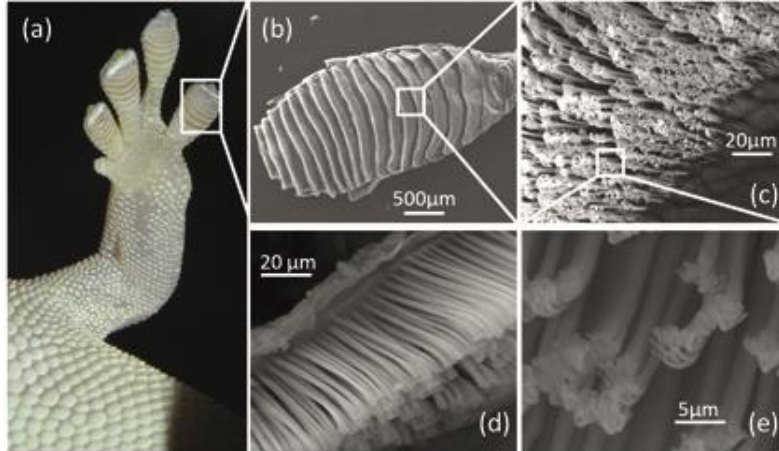
- A) Su ile zemin arasındaki kohezyon kuvvetinin sonucudur.
- B) Su damlasının bulunduğu yüzeyin hidrofobik ve pürüzlü olmasından kaynaklanmaktadır.
- C) Zeminin hidrofobik veya hidrofilik olmasına bağlı değildir. Suyun yüzey geriliminden kaynaklanmaktadır.
- D) Su ile zemin arasındaki adezyon kuvvetlerinden kaynaklanmaktadır.
- E) Suyla zemin arasında etkileşim olmamasından kaynaklanmaktadır.

**Soru-11:** Bir su örümceği, yandaki şekilde gösterildiği gibi suyun yüzeyinde yürüyerek dolaşabilmektedir. Bu durumun nedenini **en iyi** açıklayan ifade aşağıdakilerden hangisi olabilir?



- A) Suyun yüzey gerilimi nedeniyle su örümceği suyun yüzeyinde yürüyerek dolaşır.
- B) Su yüzeyi ile örümceğin ayağı arasında oluşan kohezyon kuvvetinin büyüklüğü sonucu beklenen bir durumdur.
- C) Örümceğin ayağının suyu sevmeyen (hidrofobik) bir tabaka ile kaplı olmasıdır.
- D) Örümceğin ayağındaki çok sayıda hidrofobik tüycükler arasında hapsolmuş hava kabarcıkları, ayağın ıslanmasını engeller.
- E) Örümceğin kütlesinin az olmasından kaynaklanır.

**Soru-12:** Bir kertenkele türü olan Gecko kaygan cama tırmanabilir, tavanda baş aşağı hızla ilerleyebilir ve hatta tek ayak parmaklarıyla bile dikey yüzeylere tutunabilir. Bu durumun nedenini **en iyi** açıklayan ifade aşağıdakilerden hangisidir? (Gecko'nun ayak ve ayak parmaklarına ait SEM görüntüleri aşağıda verilmiştir).



(a) Bir kertenkele türü olan Geckonun ayağı, Gecko'nun ayak parmağından alınan bir kesitin farklı skalalarda ve büyütmelerdeki SEM görüntüleri  
 (b) 500 µm  
 (c) ve (d) 20 µm  
 (e) 5 µm

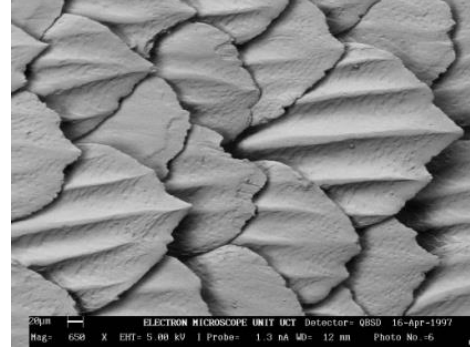
- A) Gecko'nun ayaklarındaki küçük ölçekli tüycüklerin yüzeydeki gözle görülmeyen boşluklara girebilmesi yüzeye tutunmayı kolaylaştırır.
- B) Gecko çok hafif olduğu için yer çekimi çok az etki eder. Böylece yüzeye tutunması kolaylaşır.
- C) Gecko'nun ayak parmağındaki çok küçük ölçekteki tüycüklerin sayıca çok fazla olması, tüycüklerin arasında hava kalmasına engel olur. Bu durum yüzeye tutunmayı kolaylaştırır.
- D) Gecko kertenkeleleri ayak parmaklarındaki çok küçük ölçekteki uzantılardan yapışkan bir salgı salgırlar.
- E) Geckolar ayak parmaklarındaki çok küçük ölçekteki uzantılar ile yüzey arasındaki oluşan etkileşimler sayesinde, yüzeye hızlıca yapışıp hızlıca ayrılırlar.



**Soru-13:** Aşağıda köpek balığı derisinin yapısını gösteren resimler verilmiştir. Bu resimleri dikkate alarak, köpek balıklarının neden çok hızlı yüzdüklerini aşağıdaki ifadelerden hangisi **en iyi** açıklar?

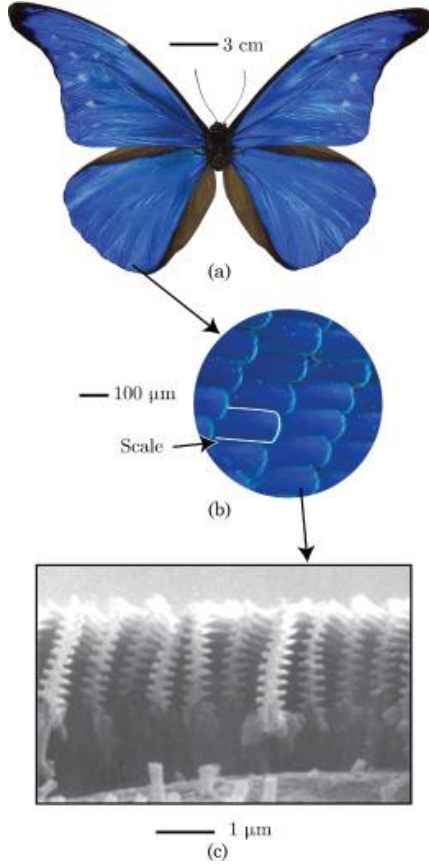


(a) Köpek balığı derisi



(b) Köpek balığı derisinin SEM görüntüsü (200 µm)

- A) Köpek balığı derisindeki nanoölçekteki hidrofobik pulcuklardaki oluklar sayesinde yüzey alanı arttığı için hızlanır.  
B) Pulların olukları yüzey alanını ve enerjisini artırdığından hızlanır.  
C) Vücutundaki nanoölçekteki pulların oluklarından su kolayca akar. Suyla yapılan etkileşimler azalır. Köpek balığının hızı artar.  
D) Nanoölçekteki hidrofobik pulcuklar girdaplar oluşturarak köpek balığının hızını artırır.  
E) Köpek balığının derisindeki küçük hidrofilik pulcuklar sayesinde suyla yapacağı etkileşimler daha güçlü olur. Bundan dolayı hızlanır.



**Soru-14:** Afrika çatal kuyruklu kelebeğinin (Morpho Rhetenor) kanatlarını gösteren şekiller yanda verilmiştir.

- a) Kelebeğin üstten görünümü  
b) Kanadın optik mikroskop görüntüsü  
c) Pulların kesit alanının SEM görüntüsü

Bu kelebeğin kanatlarının parlak mavi renkli görünmesi aşağıdaki ifadelerden hangisinden kaynaklanır?

- A) Kelebeğin kanadındaki pullarda yer alan renk pigmentlerinden kaynaklanır.  
B) Kelebeğin kanatlarının mavi renge denk gelen ışığın dalga boyunu soğurmasından kaynaklanır.  
C) Kelebeğin kanadındaki pulların yüzey plazmonlarından kaynaklanır.  
D) Kanat pullarındaki kılların, mavi rengin dalga boyları ile girişime uğramasından kaynaklanır.  
E) Kelebeğin kanat pullarındaki kılların nanofotonik kristal olma özelliği sonucu mavi rengin yansıtılmasından kaynaklanır.



- B) Büyüklüğüne bağlıdır. Büyüklük azaldıkça absorblanan ışın miktarı gittikçe artacağı için cisim renksiz olur.
- C) Büyüklük, şekil ve türüne bağlıdır. Üç faktörde ışığın nanoparçacıkla etkileşimini etkiler.
- D) Türüne bağlıdır. Çünkü her metalin kendine özgü bir rengi vardır.
- E) Büyüklüğüne bağlıdır. Yüzey plazmonları sayesinde absorblanan ve yansıyan ışık miktarı büyüklükle değişir.

**Soru-18:** Metal nanoparçacığın reaktivitesini etkileyen faktör/faktörlerle ilgili **en doğru** açıklama aşağıdakilerden hangisidir?

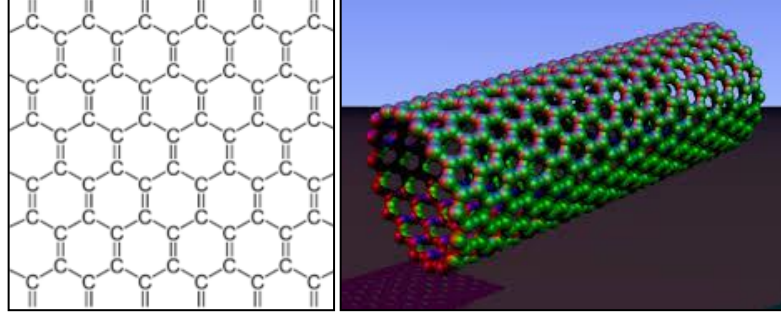
- A) Büyüklüğüne bağlıdır. Çünkü büyüklük azaldıkça yüzey alanı artar ve reaktivite artar.
- B) Büyüklüğüne bağlıdır. Çünkü büyüklük azaldıkça etkileşimler güçlenir.
- C) Büyüklük, şekil ve türüne bağlıdır. Çünkü büyüklük yüzey alanını, şekil reaksiyona girecek atom sayısını ve türde atomun yapacağı etkileşimlerin türünü belirler.
- D) Şekil ve türüne bağlıdır. Çünkü şekil değiştiğinde köşelerde bulunan kendi atomları ile arasında etkileşimi az olan atom sayıları arttıkça reaksiyon hızında artar. Tür ise değerlik elektronlarını etkiler.
- E) Türüne bağlıdır. Çünkü her metalin reaksiyona girme isteği aynı değildir ve yapacağı etkileşimlerin türü ve gücünde farklıdır.

**Soru-19:** Metal nanoparçacığın iletkenliğini etkileyen faktör/faktörlerle ilgili **en doğru** açıklama aşağıdakilerden hangisidir?

- A) Büyüklüğüne bağlıdır. Büyüklük arttıkça elektron sayısı artacağı için iletkenlik artar.
- B) Büyüklük, tür ve şekline bağlıdır. Bu üç özellik de iletkenliği sağlayan elektron hareketini etkiler.
- C) Türüne bağlıdır. Çünkü bazı metaller iyi iletken, bazıları yarımetal özelliği taşır.
- D) Büyüklüğüne ve türüne bağlıdır. Çünkü elektronun iletkenlik ve değerlik bandı arası mesafe her metalde ve büyüklükte farklıdır.
- E) Şekline bağlıdır. Nanoparçacıkların şekilleri elektron hareketini değiştirebilir..

**Soru-20:** Metal nanoparçacığın erime noktasını etkileyen faktör/faktörlerle ilgili **en doğru** açıklama aşağıdakilerden hangisidir?

- A) Büyüklüğüne bağlıdır. Çünkü büyüklük azaldıkça etkileşimler azalır ve erime noktası azalır.
- B) Büyüklük, şekil ve türüne bağlıdır. Şekil ve büyüklük yüzeydeki atomların sayısını ve enerjisini, tür de atomlar arasındaki bağın gücünü değiştirir ve erime noktası değişir.
- C) Büyüklüğüne bağlıdır. Büyüklük azaldıkça etkileşimler güçlenir ve erime noktası artar.
- D) Türüne bağlıdır. Metalik bağ kuvveti ve elektron sayısı değişeceğinden erime noktası değişir.
- E) Büyüklüğüne ve şekline bağlıdır. Nanoparçacığın uzaydaki yönelim yönleri artarsa erime noktası artar. Büyüklüğün farklılaşması da enerji ve bağ gücünü etkiler. Böylece erime noktası değişir.



a)

b)

**Soru-21:** Yukarıdaki a) resminde gösterildiği gibi karbon atomlarının birbirine altıgen oluşturacak şekilde bağlanmasıyla grafit oluşurken, grafit tabakasının kendi etrafında döndürülmesiyle de b) resminde görülen tek duvarlı karbon nanotüp meydana gelmektedir. Buna göre tek duvarlı karbon nanotüplerin elektronik özelliklerindeki değişiminin bağlı olduğu faktör/faktörlerle ilgili olarak verilen açıklamalardan hangisi **doğrudur**?

- A) Karbon nanotüp çapı, boyu ve grafitin dönme yönüne bağlıdır. Çünkü hepsi de serbest elektron hareketine etki eder.
- B) Karbon nanotüp çapı ve grafitin dönme yönüne bağlıdır. Çünkü dönme yönü karbon atomlarının dizilişini, çapı da elektron hareketini etkiler.
- C) Sadece karbon nanotüp çapına bağlıdır. Çünkü karbon nanotüp çapı arttıkça iletkenlik artar.
- D) Karbon nanotüp çapına ve boyuna bağlıdır. Boy ve çaptaki değişim karbon nanotüpün direncini değiştireceğinden, iletkenliğide değişir.
- E) Sadece boyuna bağlıdır. Çünkü boyu azaldıkça iletkenlik artar.

**Soru-22:** Reaksiyon hızını etkileyen faktör/faktörlerle ilgili aşağıda verilen ifadelerden hangisi **en doğrudur**?

- A) Reaktantların büyüklük ve türüne bağlıdır. Büyüklük azaldıkça reaksiyon hızlanır. Tür değişince de reaksiyona girecek tanecikler arasında etkileşimler değişir.
- B) Reaktantın parça şekline, büyüklüğüne ve türüne bağlıdır. Şekil ve büyüklük yüzey alanını, dolayısıyla reaksiyona girecek tanecik sayısını ve yönelimini etkilerken, türü de reaksiyona girecek tanecikler arasında etkileşimlerin türünü belirler.
- C) Reaktantların sadece türüne bağlıdır. Reaktantın yapısındaki atomların elektron sayısı, bağ yapısı ve düzeni, reaksiyon hızı için belirleyici faktördür.
- D) Reaktantın parça şekline ve türüne bağlıdır. Atomların elektron sayısı ve düzenine bağlı olarak etkileşimler değişirken, taneciklerin etkin çarpışma yapabilecek yüzeyleri de hızı etkiler.
- E) Reaktantın sadece büyüklüğüne bağlıdır. Büyüklük küçüldükçe yüzey enerjisi ve yüzey alanı artar. Böylece reaksiyon hızı da artar.

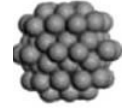
## 2. Kısım

**Soru-23:** Nanomalzeme en azından bir boyutu 100 nm'den küçük olan malzemelere nanomalzeme denir. Bu malzemelerin canlılar için toksik özellik taşımasını aşağıdaki ifadelerden hangisi **en iyi** açıklayabilir?

- A) Boyutları çok büyük olduğu için hücrelerden içeriye kolayca nüfuz edebilirler.
- B) Nanoölçekte dokularla daha fazla etkileşim kurabilirler.
- C) Çok yüksek enerjili olmalarından dolayı hücreleri kolayca parçalarlar.
- D) Nanomalzemeler boyutlarının küçüklüğü ve yüzey aktivitelerinin yüksekliği nedeniyle hücre ve dokularla çok kolay tepkime verirler.
- E) Kendiliğinden düzenlenme eğilimleri nedeniyle daha kolay tepkime verirler.

**Soru-24:** Yanda verilen resimde **a** şıkkı asitli içecekleri saklamakta kullanılan alüminyum kutuyu, **b** şıkkı ise 100 nm çapa sahip alüminyum parçacığı resmetmektedir.

Asitli içeceklerin konulduğu alüminyum malzemeler, nanoboyutta çok güçlü patlayıcı özellik kazanmaktadır. Meydana gelen bu değişimin nedenini **en iyi** şekilde açıklayan ifade aşağıdakilerden hangisidir?



a) Alüminyum kutu      b) Alüminyum nanoparçacık

- A) Ölçek küçüldükçe yüzey alanının artışına bağlı olarak çarpışma sayısı artar.
- B) Nanoölçeğe inildikçe, düzensizlik artar ve bu düzensizlik nedeni ile patlarlar.
- C) Nanoölçekte havadaki moleküllerle etkileşim artar.
- D) Nanoölçekte yüzeydeki taneciklerin enerjisi ve reaktivitesi daha fazladır.
- E) Nanoölçekte inildikçe alüminyum atomları arasındaki itme kuvvetleri artar.

**Soru-25:** Topak çeşitli sayıda aynı ya da farklı cins atom ve ya moleküllerin bir araya gelerek (1-100 nm) oluşturdukları yapılardır. Altın elementi makroskobik ölçekte sarı renkli görünürken, 12 nm çapındaki altın topaklar kırmızı renkli görünmektedir. Makroölçekten nanoölçeğe geçerken meydana gelen bu değişimin nedenini açıklayan **en uygun** ifade aşağıdakilerden hangisidir?

- A) İletkenlik ve değerlik bandı arasında elektron geçişi için gereken enerji, topaktaki atom sayısına göre değişmektedir. Bu durum 12 nm'de kırmızı rengi, makroölçekte sarı rengi görmemizi sağlar.
- B) Tek atom renksizken, onların etkileşmesiyle meydana gelen 12 nm çapa sahip altın topaklar kırmızıdır. Sayı arttıkça etkileşim nedeniyle makroölçekte altının rengi sarı olur.
- C) Topaktaki atomların sayısı değiştiğinde titreşim frekansları ve buna bağlı olarak soğurdukları ışığın frekansları da değişir. Bundan dolayı yansıyan ve gözün gördüğü ışımının cinsi de değişir.
- D) 12 nm'de altının renk pigmentlerinin sayısı değişeceği için makroskobik ölçekte göre rengi farklı olmaktadır.
- E) 12 nm çapa sahip altın nanoparçacıkta yüzey alanı makroölçeğe daha fazladır. Işıkla etkileşen yüzey alanının artması soğurulan enerji miktarını artırır. Bu da gözün görebileği rengin daha düşük enerjili kırmızı renge dönüşmesini sağlar.

**Soru-26:** Kuantum noktalar nano büyüklükte kristallerdir ve yarı iletkenlerdir. Bu noktaların büyüklüklerinin soldan sağa artmasıyla birlikte yaptıkları ışımaların renkleri yandaki şekilde verildiği gibi değişim göstermektedir. Sizce bu gözlemin nedenini açıklayan **en doğru** ifade aşağıdakilerden hangisidir?



- A) Kuantum noktaların büyüklüğü değişince görünür bölge değişmektedir.
- B) Kuantum noktaların büyüklükleri değiştiğinde iletkenlik ve değerlik bandı arası mesafe de değişmektedir.
- C) Kuantum noktaların büyüklüğü değişince kırılan ve yansıyan ışık miktarı da değişmektedir.
- D) Kuantum noktaların büyüklüğü değişince soğurulan ışık miktarı da değişmektedir.
- E) Kuantum noktaların büyüklüğü değişince her bir rengin dalga boyu aralığı da değişmektedir.

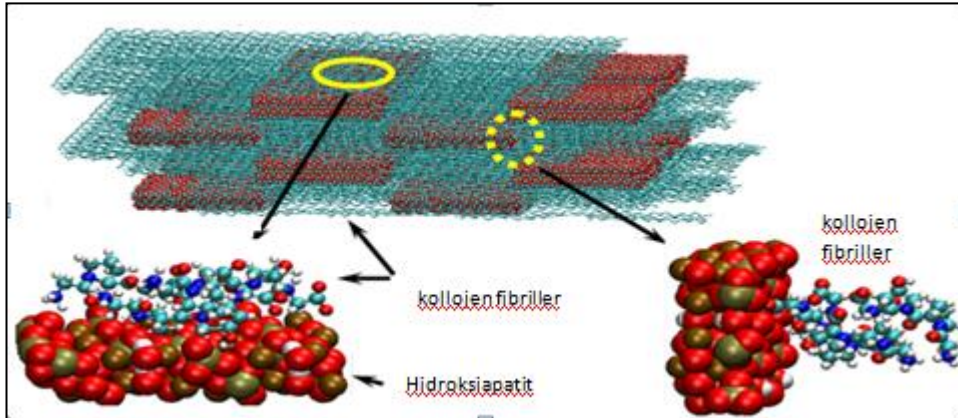
**Soru-27:** Topakların sabit bir erime noktası yoktur. Topak büyüklüğüne göre erime noktası değişiklik göstermektedir. Örneğin altın makroölçekte 1064 °C'de eriyen bir malzeme iken, 2.5 nm büyüklüğündeki altın topak ise 600 °C'da erimektedir. Bunun durumu açıklayan **en doğru** ifade aşağıdakilerden hangisidir?

- A) 2.5 nm büyüklüğündeki altın topağın yüzey alanı/hacim oranı makroölçeğe göre daha büyüktür. Bu nedenle nanoparçacıkta atomları ayırmak için daha az bir enerji gerekmektedir.
- B) Makroölçekteki altına göre 2.5 nm büyüklüğündeki altın topaklarda topaklar arası etkileşimler daha zayıftır. Bundan dolayı erime noktası düşer.
- C) Altın 2.5 nm büyüklüğünde altın olma özelliğinden uzaklaşır. Başka bir maddeye dönüşmeye başlar.
- D) 2.5 nm büyüklüğündeki altın topağın yüzey enerjisinin makroölçekteki altına göre daha yüksek olması nedeniyle daha az bir enerji ile erimesi sağlanmaktadır.
- E) 2.5 nm büyüklüğündeki altının yüzey alanının artması, ısı ile temas eden yüzeyi artırır. Bu durumda erime noktasının düşmesini sağlar.

**Soru-28:** Termit reaksiyonu alüminyumun başka bir metal oksidi ile (özelikle demiroksit) girdiği reaksiyondur. Bu maddelerin karışımına da termit adı verilir. Ortalama 2370 °C'de gerçekleşen redoks reaksiyonu sonucunda, alüminyum oksit, diğer metalin element hali ve çok büyük miktarda ısı açığa çıkar. Termit ile yapılan bombalar, II. Dünya Savaşı'nda yangın çıkartmak amacıyla kullanılmıştır. Bu iki bileşenin nanoboyutta karıştırılmasıyla elde dille nanotermitin termite oranla çok daha hızlı ve çok daha şiddetli bir reaksiyon vermesinin nedeni aşağıdakilerden hangisidir?

- A) Çünkü nanoölçekte bu iki bileşeninde tanecikleri daha kararsızdır. Bu durum tepkimenin daha hızlı ve güçlü olmasını sağlar.
- B) Çünkü nanoölçekte bu iki bileşeninde tanecikleri yüksek enerjilidir. Enerjilerini düşürmek için daha hızlı ve güçlü bir reaksiyon verirler.
- C) Çünkü nanoölçekteki iki bileşeninde kendi atomları arasındaki etkileşim azalır. Bu durumda iki bileşenin reaksiyona girmesi daha hızlı ve güçlü olur.
- D) Çünkü nanoölçekte tanecikler arasında çok fazla boşluk vardır. Bu boşluklara daha kolay nüfuz edip taneciklerin birbirleriyle kolay çarpışması reaksiyonun hızlı ve güçlü olmasını sağlar.
- E) Çünkü nanoölçekte yüzeyde daha çok sayıda, yüksek enerjili tanecikler vardır. Bu tanecikler de etkin çarpışma sayısını artırarak reaksiyonun hızını ve şiddetini artırır.

**Soru-29:** Kemik dokunun içerisinde üstteki şemada görüldüğü gibi kollajen fibriller ve bunların aralarında da dolgu malzemesi olarak eni 2-5 nm, boyu 50 nm olan üç boyutlu Hidroksiapatit (HA) kristalleri yer almaktadır. Doğal kemik dokusundaki HA kristallerinin büyüklüğünün mikroölçeğe artırılmasının kemiğin yük taşıma kapasitesine etkisini aşağıdakilerden hangisi **en iyi** açıklar?



- A) Azaltır. Çünkü mikroölçekte HA kristalleri arasındaki boşluklar artar. Bu durumda yükün iletilmesini zorlaştırır.
- B) Artırır. Çünkü dokudaki kristallerinin yüzey alanı ve etkileşimleri artar. Bundan dolayı taşınan yük dokulara daha kolay dağıtılır.
- C) Artırır. Çünkü HA kristalleri arasındaki boşluk azaldığı için mikroölçekte sağlamlık artar.
- D) Azaltır. Çünkü HA kristallerinin mikroölçekte yüzey alanı azalır. Bunun sonucu olarak etkileşim azalır ve kendiliğinden düzenlenme ortadan kalkar.
- E) Artırır. Çünkü mikroölçekte HA kristallerinin sayısı ve aralarındaki etkileşim artar.

**Soru-30:** Elastisite modülü, malzemenin kuvvet altında elastik şekil değiştirmesinin ölçüsüdür. Tanımı gereği birim kesit alanına sahip bir malzemede (genellikle  $1 \text{ mm}^2$ ) birim boyu bir kat arttırmak için (örneğin 1m'lik teli 2m yapmak için) uygulanması gerekli kuvveti gösterir. Polipropilen nanoparçacıkların elastisite modülü makroölçekteki polipropilenden daha büyüktür. Bu durumun nedenini **en iyi** açıklayan ifade aşağıdakilerden hangisidir?

- A) Büyüklük azaldıkça polipropilenin molekülleri arasında yaptığı etkileşim değişir. Nanoölçekte molekül üzerindeki dipol momentlerin büyüklüğü artacağı için Vander walls'den daha güçlü olan dipol etkileşim oluşur. Bu etkileşimi yenmek daha zor olduğu için elastisite modülü artar.
- B) Nanoölçekte polipropilendeki bağ enerjileri makroölçeğe göre daha fazladır. Bu durumda nanoölçekte molekül içindeki bağların koparılması/zayıflatılması daha da güç hale gelir. Elastisite modülü artar.
- C) Polipropilen nanoparçacıklarının büyüklüğü azaldığında, polipropilende atomları bir arada tutan kovalent bağların gücü artar. Bu bağların zayıflatılması ve yüzeyin artırılması için gereken kuvvet artar. Bu durum elastisite modülüsünü artırır.
- D) Nanoölçekte polipropilen nanoparçacıkların yüzey alanı artar. Nanoparçacıklar arasında etkileşim artar. Tanecikler mevcut durumlarında kararlı olduğu için şeklini değiştirmek zorlaşır. Yani birim boyu arttırmak için gereken kuvvet artar.
- E) Polipropilen makroölçekten nanoölçeğe getirildiğinde yüzey alanı arttığı için elektronların delokalizasyonu artar. Bu durum elastisite modülüsünün artmasına neden olur.

**Soru-31:** Silikon, polisiloksan olarak da bilinir, iskeletinde karbon yerine ardışık olarak dizilmiş silisyum ve oksijen atomları bulunan polimerlerin ortak adıdır. 40 nm çapa sahip silikon nanoparçacıklarının sertliği makroölçekteki (bulk) silikondan 4 kat daha büyüktür. Bu durumun nedenini **en iyi** açıklayan ifade aşağıdakilerden hangisidir?

- A) Nanoölçekte tanecikler arası etkileşim artar. Bundan dolayı daha sert hale gelir.
- B) Nanoölçekte taneciklerin havayla temas eden yüzey alanları azalır. Kendi tanecikleri arası etkileşim hava ile arasındaki etkileşimden fazla olduğundan daha sert hale gelir.
- C) Nanoölçekteki etkileşimler nedeniyle taneciklerin arasındaki boşluk azalır. Bu durumda daha sıkı istiflenip sert bir yapı oluştururlar.
- D) Ölçek küçüldükçe silikon tanecikleri büyür. Bu durumda tanecikler arası boşluk azalır daha sert bir yapıya kavusur.
- E) Nanoölçekte taneciklerin havayla temas eden yüzeyleri artar. Bu durumda daha kolay sertleşir.

**Soru-32:** Makroölçekte iletken olan metalin, 1 veya 2 nm yarıçapındaki metal parçacıklarının neden yarı iletken hale geldiğini aşağıdaki ifadelerden hangisi **en iyi** açıklar?

- A) Çünkü nanoölçekte tanecikler arası boşluk artar ve iletkenlik azalır.
- B) Çünkü nanoölçekte metal atomları arasında etkileşim artar ve iletkenlik azalır.
- C) Çünkü ölçek azaldıkça metalin özelliği değişir.
- D) Çünkü nanoölçekte metalin yüzey alanı azalır ve iletkenlik azalır.
- E) Çünkü iletkenlik ve değerlik bandı arası mesafe nanoölçekte değişir.

## **Ek B Tez İle İlgili Yayınlar**

### **Ek B 1 Erpa International Congresses on Education**





# ERPA

## International Congresses on Education



## Pre-service chemistry teachers' understanding of size-dependent properties

Neslihan Akdeniz<sup>a</sup>, Ruhan Benlikaya<sup>b1</sup>

<sup>a</sup>*Ergallar High School, Kütahya/Ordu, Turkey*

<sup>b</sup>*Department of Secondary Science and Mathematics Education, Balıkesir University, Turkey*

---

### Abstract

---

Nanoscience is the study examining the properties of structures/materials at the nanoscale (1-100 nm). Various properties of materials such as color, melting point, reactivity etc. become size-dependent at the nanoscale and differ from those of bulk form. Rapid development of nanoscience and numerous nanotechnology applications in everyday life ranging from consumer goods to medicine require that science teachers have sufficient knowledge of nanoscience and make their students gain nano-literacy. Revealing understanding of pre-service science teachers about nanoscience is expected to contribute to how the integration of nanoscience should be included in their education programs. Therefore, the purpose of this study is to examine pre-service chemistry teachers' understanding about size-dependent properties. This study was conducted with 60 pre-service chemistry teachers studying at Balıkesir University in Turkey by performing two tests (A and B) one by one which involve open-ended questions. The responses obtained by using of the two tests were classified as well as the analysis of their percentages to verify whether it correspond to the qualitative information. It was found that the pre-service chemistry teachers have most difficulty in explaining the reasons of the colors of gold nanoparticles and quantum dots and the differences between semiconductor and conductor and in imagination of the changes in the interactions and the surface area at nanoscale and self-assembly of nanoparticles. They have also some alternative conceptions on these topics. Some suggestions for teacher education were given based on the result obtained in this study.

Keywords:

Nanoscience; size-dependent properties; pre-service teachers; nanoscale; alternative conceptions

---

### 1. Introduction

The field of nanoscience deals with objects and structures in the range of 1–100 nm, a size range that is rarely considered in everyday practice (Swarat, Light, Park, Drane, 2011). Nano-sized systems have been used in various fields, in our daily lives. The emergence of novel mechanical, optical, electrical, magnetic, thermal, chemical and biological properties at the nanoscale as compared to bulk form requires a reconsideration of science education (Greenberg, 2009; Hingant, Albe, 2010). Different approaches and educational implications have been developed and supported in many countries with regard to the development of human capacity in nanoscience and nanotechnology (Gököz, 2012). Many studies (Greenberg, 2009; Hingant, Albe, 2010; Blonder, 2010; Newberry, 2013) have performed on the integration of nanoscience to secondary and high school science programs/courses, students' conceptualizations of nano-related concepts, the use of haptic tools to teach nanoscience and

---

<sup>1</sup> Corresponding author's address: Department of Secondary Science and Mathematics Education, Balıkesir University, Turkey  
e-mail: ruhan@balikesir.edu.tr

nanotechnology, professional development for secondary school teachers and various activities to teach nanoscience.

In Turkey, nanotechnology has been considered as one of the strategic technology fields according to Vision 2023 developed within the scope of the National Technology Foresight Program by the Scientific and Technological Research Council of Turkey. Various institutes and research centers such as Institute of Material Science and Nanotechnology (UNAM), Nanotechnology and Biomaterials Application and Research Center etc. were founded in different universities in Turkey. As the result of this, the number of master and PhD programs provided by the foundations in the field of nanoscience and nanotechnology increased. Turkey has participated in the projects of Nanochannels, NanoYou and The Time for Nano Project including nanoscience studies in high school level (Gököz, 2012). The prefix of nano- and some nanostructures such as carbon nanotube and fullerene were given at high school chemistry books in 2011. The inclusion of some issues on nanoscience to high school books requires training of science teachers in this regard. Nanoscience education presents a unique challenge for teacher educations as Wischow and coworkers stated. There have been few studies on teachers'/pre-service teachers' understanding nanoscience in Turkey until now. Revealing understanding of pre-service science teachers about nanoscience is expected to contribute how the integration of nanoscience should be done to their education programs. Therefore, the study aims to determine pre-service chemistry teachers' understanding of size dependent properties.

## 2. Method

The present work focuses on pre-service chemistry teachers' understanding of the size-dependent properties at the nanoscale. For this aim two tests (A and B) were performed on 60 pre-service chemistry teachers' (3rd, 4th and 5th years) from the Department of Science and Mathematics Education at Necatibey Faculty of Education, Balikesir University, Turkey. Test A was prepared to measure which factors have an effect on the properties (reactivity, reaction rate, melting point, conductivity and color) at the nanoscale and to examine the explanations of the pre-service chemistry teachers' on the factors. The examples including size-dependent properties (mechanical, electrical and optical properties, reactivity, reaction rate and melting point) were given to them in order to explain the possible reasons of them in Test B (see Appendix). The examples given for mechanical properties involve hardness of silicon nano-particles, elasticity modulus of polypropylene nanoparticles and load carrying capacity of bone. The appeared colors on CD and colors of gold nanoparticles and quantum dots are the examples of color. The reactivity of aluminum at nanoscale, reaction rate of nano-termite reaction, melting points of gold clusters, conductivity of metal nanoparticles are given in the test for other size-dependent properties. These questions were tested through a pilot study carried out on 17 students. Firstly Test A was carried out because Test B includes some answers for the A one. The responses obtained by using of the two tests were classified as well as the analysis of their percentages to verify whether it correspond to the qualitative information. Many pre-service chemistry teachers give no explanation especially for the test A or answered only with one sentence per question in the test B. Some of them stated that they have no idea about the questions in test B. Therefore, the percentage of the total the pre-service teachers does not equal to 100% for the explanations.

## 3. Results

Fig.1 shows the percentages of the pre-service teachers related to A1 and A2 which include the determination of the factors affecting the size-dependent properties such as reactivity, conductivity, melting point, reaction rate and color. They usually think that the size-dependent properties vary with only type of metal nanoparticle/reactant. When all of type, size and shape have the highest percentage for reaction rate in the responses of the pre-service chemistry teachers as expected, the percentage values of conductivity and melting point are higher values than that of reactivity. Percentages of the factors affecting on the electronic properties of single-walled carbon nanotubes are 20.0%, 21.7% and 35.0% for the length, the radius and all of the factors (the length, the radius and the direction of rotation of the graphene layer) given in A3, respectively. There is no pre-service teacher who thinks that color of metal nanoparticle can vary with all of the factors, as seen in Fig.1. It seems that color is the most nontrivial one among the size-dependent properties for the pre-service chemistry teachers.

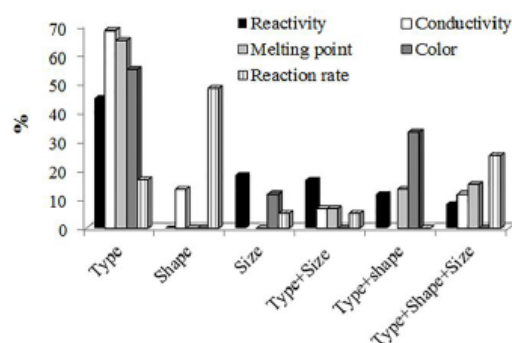


Fig.1: The percentage of total the pre-service teachers related to the factors affecting the size dependent properties

Table 1 presents the explanations of the pre-service teachers about B1, B2 and B3 related to color at nanoscale. 50.0% of the pre-service teachers explain the reason of the appearing colors on CD by using of the concepts of reflection and interference together for B1 question even if they give no details. In addition, two alternative conceptions about the reason are seen in Table 1: Reflection (11.7%) and back reflection of light without absorbing (21.7%). Various explanations have seen in the reasons given for the colors of different sized gold nanoparticles, which include the band gap between the valence band and the conduction band (18.3%), the amount of reflected light (21.7%), the change in the type of matter by decreasing size (10.0%) and having colors of atoms in clusters (23.3%). 15.0% of the pre-service teachers give the change in the band gap between the valence and the conduction bands as the reason of the colors in quantum dot solutions. The change in the size alters the visibility of the color, light refraction and reflection and absorption of light according to other pre-service teachers in Table 1.

The explanations of the pre-service teachers related to reactivity, reaction rate, melting point and conductivity are given in Table 2. In addition, the explanations on test A are given in this table even if they are very limited. It is seen that they related the change in the reactivity of aluminum with the increase in surface area (15.0%), weakened chemical bonds (15.0%), the increase in the ratio of surface to volume (11.7%) and getting stronger of the interactions among aluminum atoms (11.7%) occurring by lessening of the size, the change in the arrangement of the atoms at the nanoscale (15.0%) and higher energy at the nanoscale (5.0%). The increased energy (8.3%), interactions (10.0%) and disorder (10.0%) as a result of the decrease in the size of reactants and the increase in surface area and in the number of effective collision (10.0%) are given as the reasons of being faster and more powerful of the nano-termite reaction compared with the reaction in bulk form. The explanations about B6 include being more unstable (13.3%) and high energy (16.7%) of the particles, the decrease in the interactions among atoms (13.3%), more gaps among particles (26.7%) at the nanoscale and the decrease in the amount of matter (3.3%). It is seen that 42% of the pre-service teachers who give explanation for B7 do not know differences between conductor and semiconductor. Because they connect the semi conductive property of 1 or 2 nm radius metal particles with the space among the particles, the interactions and the surface area at nanoscale.

Table 1: The explanations of the pre-service teachers for B1, B2 and B3 related to color at nanoscale

COLOR (Question no)	Explanations	% of total the pre-service teachers
CD (B1)	The light via the particles on CD reflects and the reflected light makes interference.	50.0
	Light beam is reflected from the particles on the surface of CD.	11.7
	Light is not absorbed on CD and the light beam including all colours is reflected back.	21.7
Gold nanoparticle (B2)	The band gap between the valence and the conduction bands changes with size.	18.3
	Color varies with the amount of the light reflected from gold nanoparticle.	21.7
	An atom is colorless, but atoms gain color in clusters.	23.3
	Clusters contain different atoms.	10.0
Quantum dots (B3)	The kind of a substance changes as its dimension decreases.	10.0
	The band gap between the valence and the conduction bands changes with size.	15.0
	The smaller the size, the visibility of the color is reduced.	6.7
	The light beam which is refracted and reflected changes as the dimension changes.	21.7
	The absorbed light changes as the dimension changes.	13.3

Table 2: The explanations of the pre-service teachers related to reactivity, reaction rate, melting point and conductivity (A1-A3 and B4-B7)

Size dependent properties	Explanations	% of total the pre-service teachers
Reactivity (A1, B4)	(A1, B4) With the decrease in size, the surface area expands and thus the reactivity increases.	11.7, 15.0
	(B4) The array of the atoms at nano-size is changed.	15.0
	(B4, B6) Particles at nanoscale have higher energy.	5.0, 16.7
	(B4) <i>The bonds get weaker as the dimension decreases.</i>	15.0
Reaction rate (A3, B5)	(A1, B4, B7) <i>The interactions get stronger as the dimension decreases.</i>	10.0, 11.7, 8.3
	(B4) Surface area-to-volume ratio increases as the dimension decreases.	11.7
	(A3) The rate of reaction increases if surface area expands.	8.3
	(A3) The rate of reaction increases if the shapes of particles conform to each other.	21.7
Melting point (B6)	2. (B5) Energy increases as the size decreases.	8.3
	(B5, B6) Interaction among atoms decreases at nano-size.	10.0, 13.3
	(B5) <i>Disorder increases towards nanoscale.</i>	10.0
Conductivity (A2) and electronic properties (B7)	(B5) The surface area and active collision number increase at nano-size.	10.0
	(B6) Particles at nanoscale are more unstable.	13.3
	(B6, B7) <i>The space among particles is further at nanoscale</i>	26.7, 5.0
	(A2) <i>Conductivity increases as the amount of electrons increases.</i>	10.0
	(B7) The conductivity of the metal changes/decreases as its dimension decreases.	6.7/5.0
	(B7) <i>Surface area decreases at nanoscale.</i>	15.0

Table 3 shows the explanations of the pre-service teachers on B8, B9 and B10 related to the mechanical properties at nanoscale. The reasons why the elasticity modulus of polypropylene nanoparticles was higher than that of the bulk material are given as the size (20.0%), the interactions (23.3%) and the increased surface area (6.7%) at nanoscale by the pre-service student teachers, as seen on Table 3. The pre-service teachers give the explanations including the size, the increased interactions and surface area at the nanoscale for B9 related to the hardness of silicon nano-particles as in previous question. In addition, some of them thought that getting bigger of silicon particles with the decreases in size and the space among atoms at the nanoscale cause having greater hardness of the silicon particles than the value of bulk silicon. It is seen that 11.7% of the pre-service teachers gave almost correct answer for B10 related to the load carrying capacity of bone. Some of them connected the increase in the loading capacity with the increase in strength as the result of more free space at micron size (11.7%) and the increase in the number of molecules at micron size (8.3%). The explanations including alternative conceptions are given in italics at Table 1, 2 and 3. They focused on color, the interactions, disorder, the space among atoms and surface area at nanoscale, conductivity and semiconductivity.

Table 3: The explanations of the pre-service teachers related to mechanical properties (B8, B9 and B10)

Mechanical properties (Question no)	Explanations	% of total the pre-service teachers
Elastic modulus (B8)	(B8) Size has effect on elastic modulus.	20.0
	(B8, B9) <i>The interactions among atoms at nanoscale increases.</i>	13.3, 23.3
	(B8) The interactions among atoms at nanoscale decreases.	10.0
	(B8, B9) Surface area at nanoscale increases.	6.7, 10.0
Hardness (B9)	3. (B9) Size influences hardness.	41.7
	(B9) <i>Silicon particles get bigger as their size decreases.</i>	3.3
	(B9) <i>The space among atoms at nanoscale decreases.</i>	5.0
Load carrying capacity (B10)	4. (B10) Decreases.	15.0
	5. (B10) Increases.	35.0
	(B10) <i>Strength at micro level increases due to the increased space.</i>	10.0
	(B10) Interaction at micro level decreases and so it decreases.	11.7
	(B10) <i>The number of molecules at micro level increases and so the load carrying capacity of bone increases.</i>	8.3

#### 4. Discussion and conclusions

It was found that the pre-service chemistry teachers have most difficulty in explaining the reasons of the colors of gold nanoparticles and quantum dots and the differences between semiconductor and conductor. Even if the pre-service teachers did not mention that nanomaterials have a significant proportion of atoms existing at the surface and so surface atoms are more easily removed than bulk atoms, some of them figured out unstable structure of nanomaterials, the decrease in intermolecular forces among atoms in nanomaterials, high energy, high surface area and the change in the arrangement of the atoms at the nanoscale by considering the given examples of reactivity, reaction rate and melting point in the test B. However, they tried to explain the reasons of the examples on semiconducting, elastic modulus, hardness by using these patterns.

Although they think of the role of interactions at the nanoscale on the elasticity modulus of polypropylene nanoparticles, they did not transfer the knowledge to the glass transition temperature and crystallinity affecting the deformation of the polymer chain for the question even if they take Physical Chemistry II course. They could not consider the dislocations or line defects inside the particle, the changes of the lattice strain and the bond energies of nanoparticles to the compressive stress when they were making comment on the hardness of silicon nanoparticles although they saw the lattice structures in Inorganic Chemistry II course.

It was also seen that some of the pre-service chemistry teachers have the alternative conceptions which arise from the difficulties in imaging nanomaterials in their mind and the differences between nanomaterials and bulk materials, the problems on their previous learnings on the absorption of light, color, conductivity and semi conductivity and on transforming previous learning to nanoworld.

These results show that the size range (1-100 nm) and the size-dependent properties should be considered in chemistry, biology and physics courses from first year for science teachers in education faculties. Every course should be reorganized in order to provide discussing how any property or phenomenon changes as the size of the matter decrease. The formation of surface plasmons, color and quantum fluorescence should be given in detail at Inorganic Chemistry, General Physics and Instrumental Analysis courses, respectively. The instructors should have worked together to integrate nanoscience to their courses because of the interdisciplinary nature of nanoscience.

#### Acknowledgments

This project is supported by Balikesir University, Turkey under Grant no BAP 2015/140.

#### Appendix A. Sample questions from Test A and Test B

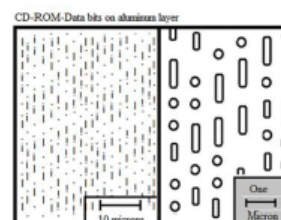
A1- Which of the following do the colour, the reactivity, the conductivity, and the melting point of a metal nanoparticle depend on? Explain your answer.

I. The type of metal nanoparticle II. The size of metal nanoparticle III. The shape of metal nanoparticle

A2- Which of the following does a reaction rate depend on? Explain your answer.

I. The grain size of the reactants II. The shape of the reactant particles III. The type of reactant

B1- A CD is made up of two layers of plastic protecting a thin layer of aluminum on which is stored the actual information. This is stored in pits in the aluminum organized in a series of concentric circles, as seen the figure on the right. It is possible to see all the colors of the rainbow on a CD, what can be the cause of the observation? Please explain.



B2- Cluster is a stable structure formed by a wide range of the same or different kinds of atom or molecule (1-100 nm). While the gold in bulk form is seen yellow,

12 nm-sized gold clusters are seen red. What do you think might be the cause for this change taking place when the substance passes from macroscopic scale to nanoscale? Please explain.

B3- A quantum dot is a nanocrystal made of semiconductor materials. With the changes in their size, they can emit light of different colors as given on the right. What do you think might be the reason for this fact?



B4- While aluminum cans are used in food and beverage packaging; aluminum is very strong explosive at nanoscale. What do you think is the reason? Please explain.

B5- Termite reaction is a reaction in which aluminum react with another metal oxide (especially ferrous oxide). As a result of the redox reaction, which occurs at an average of 2370 °C (4200 F), aluminum oxide, the element state of the other metal, and a large amount of heat appear. Obtained by mixing these two components nanoscale, the nano-termite reaction is much faster and powerful. What do you think might be the cause of this condition? Please explain.

B6- The melting point of clusters changes according to the cluster's size. For example, while the gold melts at 1064 °C in macroscopic scale, a 2.5 nm-sized gold cluster melts at 600 °C. What do you think might be the reason? Please explain.

B7- While the bulk metal is a conductive, the 1 or 2 nm radius metal particles are semi-conductive. What might be the cause? Please explain.

B8- The hardness of the 40 nm diameter silicon nano-particles is four times more than that of the macro-sized (bulk) silicon. What do you think might be the reason? Explain.

B9- Modulus of elasticity is a measure of elastic deformation of the material under the force. By definition, it shows the force to be applied to increase the length of the unit size in a material having a unit cross-sectional area (1 mm<sup>2</sup>). Modulus of elasticity of the polypropylene nanoparticles is bigger than the macro-sized polypropylene. What do you think might be the cause? Please explain.

B10- In bone tissue, three-dimensional crystals of hydroxyapatite (HA) with 2-5 nm wide and 50 nm length are dispersed among collagen fibrils as a filling material. If the size of the HA crystals in natural bone tissue were increased to micron size, how would this affect the load carrying capacity of the bone? Please explain your answer.

## References

- Blonder, R. (2010). The influence of teaching model in nanotechnology on chemistry teachers' knowledge and their teaching attitudes. *Journal of Nano Education*, 2, 67-75.
- Gököz, B.S. (2012). Design and implementation of nanoscience & nanotechnology workshop: Investigating 11th grade students' awareness and conceptual understanding of nanoscience & nanotechnology, Master thesis, Boğaziçi University, İstanbul, p:2-5.
- Greenberg, A. (2009). Integrating nanoscience into the classroom: Perspectives on nanoscience education projects. *ACS Nano*, 3(4), 762-769.
- Hingant, B., & Albe V. (2010). Nanosciences and nanotechnologies learning and teaching in secondary education: A review of literature. *Studies in Science Education*, 46(2), 121-152.
- Newberry, D. (2013). *A library of hands-on nanoscience activities appropriate for grade 10 through 14 students*. Paper presented at the 120th ASEE Annual Conference & Exposition, June 23-26.
- Roco, M. C. (2003). Converging science and technology at the nanoscale: Opportunities for education and training. *Focus on Nanotechnology*, 21(10), 1247-1249
- Schank, P., Krajcik J., & Yunker, M. (2007). Can nanoscience be a Catalyst for educational reform?, In F. Allhoff, P. Lin, J. Moor, & J. Weckert (Eds.), *Nanoethics: The ethical and social implications of nanotechnology*. Hoboken, NJ: Wiley Publishing.
- Swarat, S., Light, G., Park, E-J., & Drane, D. (2011). A typology of undergraduate students' conceptions of size and scale: Identifying and characterizing conceptual variation. *Journal of Research in Science Teaching*, 18(5), 512-533.
- Wischow, E.D., Brayn, L., & Bodner, G.M. (2012). Secondary science teachers' development of pedagogical content knowledge as result Of integrating nanoscience content in their curriculum. *World Scientific* 8(2) , 187-209.

Ek B 2 Ulusal Kimya Eğitimi Kongresi (UKEK 2015)





Fen ve Teknoloji Öğretmen Adaylarının Uzay ve Evren ile İlgili Zihinsel Modellerinin İncelenmesi	
Mustafa ÖZDEN, Hüseyin İNALTUN, M. Ali KILIÇ, İsmail DÖNMEZ ve Gamze BAKIR	99
Bilim Fuarı Çalışmalarının Kimya Dersine İlişkin Tutumlara Etkisi	
Mustafa ERGUN ve Reyhan ERGUN	100
8. Sınıf Fen ve Teknoloji Dersi Öğretim Programı'nda Bulunan Soruların Yenilenmiş Bloom Taksonomisi'ne Göre İncelenmesi	
Çağrı GÜVEN ve Abdullah AYDIN	101
Özdüzenlemeli Öğrenme Becerilerinin Geliştirilmesi İçin Gerçekleştirilen Soru Sorma Stratejileri Etkinliklerinde Kimya Öğretmen Adaylarının Sordukları Soruların Kalitelerinin İncelenmesi	
Funda EKİCİ ve Basri ATASOY	102
Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi (HPLC) Konusunun Öğrenilmesinde İşbirlikli Öğrenme Yönteminin Kimya Öğretmen Adaylarının Akademik Başarısına Etkisi	
Özge ÖZBAYRAK AZMAN ve Sibel KILINÇ ALPAT	103
Ortaöğretim Kimya Öğretim Programları ve Kimya Ders Kitaplarında Elektronegatiflik Kavramının Verilişinin İncelenmesi	
Ebru DEMİR ve Canan NAKİBOĞLU	104
Yeni Programa Göre Hazırlanmış 9. ve 10. Sınıf Kimya Ders Kitaplarıyla İlgili Öğretmen Görüşleri: Trabzon İli Örneği	
Suat ÜNAL, Canan CENGİZ, Canan BAYTAR, R. Nesrin COŞKUN ve Şule GÜVEN	105
Ortaöğretim 10. Sınıf Kimya Ders Kitabının Öğretmen ve Öğrenci Bakış Açısıyla Analizi	
Erdem DÖNMEZ, Esra BUDAK, Esra KURU, Safiye Aybüke TOKSOY, Sevgi TETİK ve Musa ÜCE	106
2007/2008 ile 2013 Kimya Öğretim Programlarına göre Yazılan 9. ve 10. Sınıf Kimya Ders Kitaplarının Grafiklerin Kullanımı Açısından Karşılaştırılması	
Cem GÜLTEKİN ve Canan NAKİBOĞLU	107
Bir Kimya Ders Kitabında Yer Alan Kimyasal Temsil Türlerinin incelenmesi ve Kimyasal Bilgi Seviyeleri İle İlişkisinin Belirlenmesi	
Davut SARITAŞ, Mahmut POLAT ve Yüksel TUFAN	108
Kimya Öğretmen Adaylarının Bilimdeki Anormal Veriler İle İlgili Epistemolojik Görüşlerinin İncelenmesi ve Geliştirilmesi	
S. Nihal YEŞİLOĞLU ve Fitnat KÖSEOĞLU	109
Düşünme ve Düşünce Analizinden Deney Tasarımına	
Nihat AYCAN ve Şule AYCAN	110
Thomas S. Kuhn'un Bilim Felsefesi Modelinin Kimya Tarihine Uygulanabilirliği Üzerine Bir İnceleme	
Erdi ALTUN, Kurtul GÜLENÇ ve Şenol ALPAT	111
Kimya Felsefesi ve Mereoloji	
Şule AYCAN ve Nihat AYCAN	112
Öğretmen Adaylarının Nanobilimi Anlayışı: Boyut ve Büyüklük	
Neslihan AKDENİZ ve Ruhan BENLİKAYA	113
Lise Öğrencilerinin Nanobilim ve Nanoteknoloji Eğitimi ile İlgili Görüşleri ve Farkındalıkları	
İsmail ATEŞ ve Musa ÜCE	114

## Öğretmen Adaylarının Nanobilimi Anlayışı: Boyut ve Büyüklük

Neslihan AKDENİZ<sup>1</sup> ve Ruhan BENLİKAYA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Erçallar Lisesi

<sup>2</sup>Balıkesir Üniversitesi, Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi Bölümü

Nanobilim, 1 ile 100 nanometre arası taneciklerin oluşturduğu sistemlerin özelliklerini inceleyen çalışma alanıdır. Atom ve moleküllerin toplanmasıyla oluşan nano boyuttaki sistemlerin, kimyasal, optik, elektrik, termal ve mekanik özellikleri makroboyuta göre farklılıklar göstermektedir. Makroskopik ve mikroskobik özellikler kullanılarak bu farklılıkların açıklanamaması nedeniyle, bu özelliklere Türkiye'deki fen ders kitaplarında henüz yer verilmeyen nanoskopik özellikler eklenmiştir. Nano boyuttaki sistemler günlük hayatımızda çeşitli alanlarda kullanılmaya başlanmış ve bunun sonucunda nanobilim okuryazarlığının geliştirilmesinin gerekliliği ortaya çıkmıştır. Tüm bu sayılan nedenler, Fizik, Kimya, Biyoloji ve Fen Bilgisi öğretmenlerinin nanobilim konusunda yeterli bilgiye sahip olmalarını zorunlu kılmaktadır. Nanoboyutun büyüklük açısından anlaşılması, nanobilimin öğrenilmesinde gerekli olan ön koşullardan biridir. Bu konuda öğretmen adaylarının sahip oldukları anlayışların ortaya çıkarılmasının, nanobilimin öğretmen eğitimi programlarına entegrasyonunun nasıl yapılması gerektiği konusuna katkı sağlayacağı ve bir başlangıç oluşturacağı düşünülmektedir. Bu nedenle, çalışmada bir eğitim fakültesinin 3., 4. ve 5. Sınıflarında öğrenim gören Kimya, Fizik ve Biyoloji öğretmen adaylarının (150 kişi) boyut ve büyüklük ile ilgili sahip oldukları anlayışlar, bu konuda geliştirilen ve pilot çalışması yapılmış bir test yardımıyla incelenmiştir. Test, 4 tane açık uçlu sorudan oluşmaktadır. Bu sorular, maddenin/maddenin tanecikli yapısının çeşitli boyutlarda gösterimini (su için görülen/hayal edilen makro, mikro ve nanoboyutun çizilerek gösterilmesi ve çizimlerin açıklanması); verilen çeşitli örneklerin (A4 kağıdı, kırmızı ışığın dalga boyu, civa atomunun çapı, bir DNA molekülünün genişliği, vb.) boyuta göre büyükten küçüğe sıralanmasını; verilen boyut aralıkları (1 nm'den az, 1 nm-10 nm, 10 nm-100 nm, ..vb) için örnekler verilmesini; farklı alanlardan birim çevirmesi uygulamalarını (H atomu için yerçekimi kuvveti  $1,6 \cdot 10^{-26} N = \dots pN$ , 1cm'lik altın bloğun direnci  $2 \mu\Omega = \dots n\Omega$ , vb.) ve nanometre boyutunda verilen bir örnek için analogi sorusunu (20 nm boyutundaki nano parçacığın 20 cm çapındaki bir futbol topu kadar genişlediğini hayal edersek, 100 nm dalga boyunda UV ışınları, günlük hayatta karşılaştığımız hangi nesne/nesnelere karşılık gelir?) içermektedir. Test sonuçları bütün olarak ve bölüm bazında temalar oluşturularak, ayrı ayrı analiz edilmiş ve genel olarak aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

--Her üç bölümdeki öğretmen adaylarının genellikle birim geçişlerini metre dışındaki hacim, kuvvet, direnç, frekans kütle gibi büyüklüklere uygulamakta zorluk çektikleri ve büyüklük sıralamada makro büyüklükteki nesnelere gözlemedikleri için kolay sıralarken, gözlenmesi optik ya da elektron mikroskopları ile yapılan nesnelere sıralamasını karıştırdıkları,

--Kimya öğretmen adaylarının bir kısmının, mikrometre boyutunda atomların, nanometre boyutunda ise atom altı parçacıkların görülebileceğini ve moleküllerin nanometrik boyuta doğru gidildikçe çaplarının azalacağını ve gözlemlenebilecek detayların (elektron, proton, nötron) azalacağını düşündükleri,

--Biyoloji öğretmen adaylarının bir kısmının nanometre boyutunun optik mikroskopla görülebileceğini düşündükleri ve maddeyi tanecik boyutunda hayal edemedikleri,

--Fizik öğretmen adaylarının bir kısmının, nanometrenin en büyük boyut olduğunu ve büyükten küçüğe sıralamada alyuvar çapı, DNA molekülünün genişliği gibi verilen biyolojik nesnelere hidrojen molekülünden daha küçük olduğunu düşündükleri görülmüştür.

Elde edilen sonuçlara bağlı olarak Genel Fizik, Genel Kimya ve Genel Biyoloji derslerinde piko'dan tera'ya birim ön eklerinin ve dönüşümlerinin daha çok kullanılarak konuların işlenmesinin, nanobilimi anlamaya temel oluşturabileceği düşünülmektedir. Bu amaçla, çalışmada bu derslerde kullanılabilecek örnek etkinlikler sunulacaktır.