

5E ÖĞRETİM MODELİNİN KAVRAMSAL ANLAMA DÜZEYLERİNE ETKİSİ: TEMAS AÇISINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

EFFECT OF 5E INSTRUCTION MODEL ON CONCEPTUAL UNDERSTANDING LEVELS: THE FACTORS INFLUENCING CONTACT ANGLE

Ruhan BENLİKAYA¹, Mehmet KAHRIMAN², Mehmet YILMAZ³, Özlem KARAKOÇ-TOPAL⁴

Araştırma Makalesi

Makale gönderim tarihi 24 Şubat 2021

Makale kabul tarihi 12 Ağustos 2021

Özet

Bu çalışmanın amacı, temas açısını etkileyen faktörler konusu ile ilgili olarak etkinlikler geliştirmek ve bu etkinliklerle 5E modeline uygun olarak yapılan öğretimin öğrencilerin kavramsal anlama düzeylerine etkisini incelemektir. Bu doğrultuda geliştirilen etkinlikler Seçmeli Nanobilim ve Nanoteknoloji dersini alan 11 Balıkesir Üniversitesi Tıp Fakültesi öğrencisine uygulanmıştır. Veri toplama araçları olarak, temas açısı ve temas açısını etkileyen faktörlerle ilgili 2 açık uçlu sorudan oluşan Temas Açısı Kavramsal Anlama Testi (TAKAT) ile 5E modelinin değerlendirme basamağında öğretim sürecine yönelik gruplardan alınan yazılı görüşler kullanılmıştır. TAKAT’da öğrencilerin verdikleri cevaplar Tam Anlama (TA), Kısmi Anlama (KA), Yanlış Kavrama (YK) ve Anlamama/Cevapsız düzeylerine göre gruplandırılarak, ön ve son testler açısından karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmada YK düzeyindeki cevapların giderildiği ve TA düzeyindeki cevapların arttığı görülmüştür. Bunun yanı sıra, temas açısına etkileyen faktörleri açıklarken son testte hala sadece adezyon ya da sadece kohezyon kuvvetlerini düşünen öğrencilerin olduğu görülmüştür. Öğrenciler öğretim süreciyle ilgili olumlu görüş belirtmişlerdir. Uygulanan etkinliklerin ve öğretimin geliştirilmesine yönelik önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar kelimeler: Temas Açısı, 5E modeli, Nanobilim, Anlama Düzeyi

Abstract

This study aimed to develop the activities related to the factors influencing on the contact angle and examine the effect of the instruction based on 5E model conducted with these activities on students' conceptual understanding levels. The activities developed for this aim were applied to 11 students of Balıkesir University Faculty of Medicine who took the Elective Nanoscience and Nanotechnology course. As data collection tools, the Contact Angle Conceptual Understanding Test (CACUT), which consists of 2 open-ended questions about the contact angle and the factors affecting the contact angle, and the written opinions of the groups about the instruction in the evaluation step of 5E model were used. The answers given by the students in CACUT were grouped according to Full Comprehension (FC), Partial Comprehension (PC), Misunderstanding (MU) and Not Understanding/No Answer levels and compared in terms of pre- and post-tests. It was observed in the comparison that the answers in MU level were eliminated and those in FC increased. In addition, it was observed that there were still students who thought only adhesion or only cohesion forces in the post-test while explaining the factors affecting the contact angle. The students stated positive opinions about the instruction. Suggestions were made to improve the instruction and the activities.

Keywords: Contact angle, 5E model, Nanoscience, Understanding Level.

¹ Prof. Dr., Balıkesir Üniversitesi, Kimya Eğitimi Anabilim Dalı, ruhan@balikesir.edu.tr, ORCID: 0000-0002-1731-8846

² Öğretmen, Özel İlke Anadolu Lisesi, mehmet.khrmn.58@gmail.com, ORCID: 0000-0002-5865-8900

³ Öğretmen, Kıvanç Dağ Özel Eğitim Kurumları, mehmet_nef2016@outlook.com, ORCID: 0000-0002-6295-979X

⁴ Dr. Öğr. Üy., Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilgisi Eğitimi Anabilim Dalı, karakoc@balikesir.edu.tr, ORCID: 0000-0001-8290-5425

GİRİŞ

Nano ölçekteki özellikler, deneyimine sahip olduğumuz makro ölçekteki dünyadan farklıdır. Bu yüzden nano ölçekte maddelerin davranışı hakkında yorum yapmak oldukça zordur. Nano ölçekte makro ölçeğe göre moleküller arası etkileşimler daha baskındır ve moleküller daha fazla termal enerjiye ve dolayısıyla daha fazla harekete sahiptir. Ayrıca bu ölçekte maddeler daha pürüzlü bir doğaya sahiptir (Jones, Blonder, Gardner, Albe, Falvo ve Chevrier, 2013). Bu özellikler nano yapılara farklı uygulama alanları kazandırmaktadır. Bu uygulama alanlarından biri de süperhidrofobiklik.

Süperhidrofobikliğin bilim dünyasıyla tanışması nilüfer bitkisinin yapraklarının bu özelliğe sahip olmasının keşfedilmesiyle başlamıştır. Nilüfer, okaliptüs, ginkgo biloba, sütleğen gibi bitkilerin süperhidrofobik yapıya sahip oldukları belirlenmiştir. Bu yüzeyleri hidrofobik yapan çoğunlukla yüzeylerinin $-CH_2-$ gruplarından oluşan parafinik bal mumu kristalleri ile kaplı olmasıdır ve hepsinin yüzey morfolojileri benzerdir (Barthlott ve Neinhuis, 1997 akt: Keyf, 2019). Süperhidrofobik kavramının anlaşılabilmesi için temas açısı olgusunun ve temas açısına etki eden faktörlerin bilinmesi gerekmektedir. Bu konuların öğretimine yönelik olarak ilgili alan yazında çeşitli düzeylerde öğretimlerin yapıldığı görülmektedir.

İlköğretim düzeyinde Wernhwar, Tsai, Lin, Lee ve Liou (2012), Lotus etkisinin (kendi kendini temizleme özelliği) öğretimi için sanal gerçeklik teknolojisini kullanarak 'Labirentte Su Damlası' (*Water Drop in the Maze*) ve 'Tozu Temizleme' (*Cleaning the Dust*) isimli iki oyun geliştirmiştir. Öğrenciler bu iki oyunda görevleri tamamlamak için akıllı telefonlarda veya tabletlerde bulunan 3 eksenli ivmeölçerlerle su damlasının yuvarlanma yönünü kontrol etme ve nilüferin kendi kendini temizleme etkisini gözleme fırsatını bulmuşlardır. Gerçekleştirilen öğretim, fiziksel oyunlar kullanarak lotus etkisini öğrenmenin, eğitici video izleyerek öğrenmeye göre anlamlı derecede daha yüksek başarı sağladığını göstermiştir.

Kubisch ve Heyne (2016)'nin çalışmasında Würzburg Üniversitesi botanik bahçesinde 260 ortaokul öğrencisine lotus etkisine odaklanan uygulamalı dersler verilmiştir. Öğrencilerin bir kısmı (AC, Alternatif Conceptions, grubu) yanlış kavramlarıyla yüzleştirilirken, diğerleri (NAC, Non-Alternative Conceptions, grubu) yüzleştirilmemiştir. İlk başta, her iki gruba, botanik bahçesinde açık havada bitkilerin su ihtiyaçları ile ilgili öğretmen merkezli kısa bir giriş (yaklaşık 30 dakika) sunulmuştur. Ardından her grup bölünerek, 14-18 öğrenciyle yapılan öğretimde Driver'in (1989) yapılandırmacı öğretim sırası izlenmiştir. AC grubunda kavramsal değişim sürecinin ilk adımını gerçekleştirmek için sunumda resimlerin yanı sıra öğretmen ve öğrenciler arasında bir tartışma ortamı yaratılmıştır. Öğrencilerin zihinlerinde mantıksal ve bilimsel olarak doğru bir kavram oluşturmak için her iki grupta bilgisayar simülasyonlarının yanı sıra analogiler ve modellerden yararlanılmıştır. Bir sonraki adımda, bilimsel kavramların anlaşılmasını derinleştirmek için öğrenciler, akranları ile iletişim kurarak ve etkileşime girerek su itici bitkiler üzerinde deneyler yapmışlardır. Yeni kavramların anlaşılmasını sağlamak için, öğrencilerin deney sonuçları ve ek resimler kullanılarak lotus etkisinin biyolojik rolü ve su itici özelliklerine ilişkin teknik yenilikler üzerinde tartışma yapılmıştır.

West, Tumlin, Fakner ve Griep (2015) yaptıkları çalışmada, 2 farklı çözeltiden oluşan UED (Ultra Ever Dry) karışımı bir yüzeye kaplanmış ve ortaokul ve lise düzeyindeki öğrenciler ile birlikte demonstrasyon yöntemi ile bu yüzeyin su iticiliğine ve korozyon derecesine bakılmıştır. Yapılan deneyler nanoteknoloji eğitimi için başarılı olmuştur. Öğrenciler bu etkileşimli deneyde nanomalzemelerle ilgili uygulamalı deneyime sahip olmuş ve nanoteknolojinin büyüklük ölçeğini ve potansiyel uygulamalarını daha iyi anlamışlardır. Seifried ve Figueroa (2016) çalışmalarında yüzey ıslanabilirliği konusunda sorgulamaya dayalı bir dersi üç lise sınıfında uygulamıştır. Öğrencilerden, değişen derecelerde ıslanabilirliğe sahip (hidrofilik, hidrofobik ve süperhidrofobik) şeffaf cam yüzeyler üzerine bir su damlasını damlatmaları ve gözlemlerine dayanarak yüzey yapılarının mikroskop altında nasıl görünebileceği konusunda açıklama yapmaları istenmiştir. Etkinlik sonunda her yüzeyin özellikleri öğrencilere açıklanmıştır. Eğitimci ayrıca su damlasının temas açısının nasıl ölçüleceğini demonstrasyonla göstermiştir. Lati, Triampo ve Yodyingyong (2019) yaptıkları çalışmada, rehberli-sorgulamaya dayalı öğrenme etkinlikleri ile lise öğrencilerinin nanobilim ve nanoteknolojiye yönelik

motivasyonlarını artırmayı amaçlamıştır. Bu amaçla 6 etkinlik geliştirilmiştir. Bu etkinliklerden dördüncü etkinlik, süperhidrofobiklik ve kendi kendini temizleyen yüzey kavramlarını içermektedir. Etkinliklere katıldıktan sonra öğrencilerin nanobilim ve nanoteknolojiyi öğrenmeye yönelik motivasyonlarının arttığı gözlemlenmiştir.

Lotus etkisinin yükseköğretim düzeyinde öğretimine yönelik yapılan çalışmaların bir kısmında çeşitli bitkilerden (Katselas, Motion, O'Reilly ve Neto, 2019) yararlanılmış, diğer bir kısmında (Wong ve Yu, 2013; Eid, Panth ve Sommers, 2018) da özel hidrofilik/hidrofobik/süperhidrofilik/süperhidrofobik yüzeyler oluşturulmuştur. Bu yüzeylere mikropipet yardımıyla su damlacıkları damlatılmış ve temas açıları, temas açısı gonyometresi yardımıyla ölçülmüştür. Katselas ve diğerleri (2019)'nin çalışmasında ek olarak bitki örnekleri optik mikroskopla ve taramalı elektron mikroskobu (Scanning Electron Microscope, SEM) ile incelenmiş, seçilen bitkilerin yüzey özelliklerine yönelik yorumlar yapılmıştır. Eid, Panth ve Sommers (2018) çalışmalarında lisans öğrencilerinin katı yüzeylere yerleştirilen su damlacıklarının fizikini, özellikle de yüzey pürüzlülüğünün ve yüzey kimyasının damlacıkların temas açıları üzerindeki etkilerini daha iyi anlamalarına yardımcı olmayı amaçlayan kapsamlı bir laboratuvar ve sınıf etkinlikleri seti önermiştir. Yolcu (2017)'nin çalışmasında, yüzey pürüzlülüğünü ve yüzey ıslanabilirliğini öğretmek amacıyla Young, Wenzel, Cassie-Baxter modelleri için bir analogi geliştirilmiştir. Analogide, su damlacıkları için su dolu balonlar, yüzey için strafor ve pürüzlülük için kürdan kullanılmıştır. Bu analoginin Young ve Wenzel modelleri için daha uygun olduğu, fakat Cassie-Baxter modeli için tam uygun olmamakla birlikte kullanılabileceği belirtilmiştir.

Demircioğlu ve Özdemir (2019)'in bağlam temelli öğrenme yaklaşımının fen bilgisi ve kimya öğretmen adaylarının nanoteknoloji konusunu anlamaları üzerindeki etkisini tespit etmeye yönelik yaptıkları çalışmada, nanoteknolojinin tanımı, ilgili bilim dalları, kullanım amaçları, günlük hayatla ilişkisi, yararları, zararları ve toplum-çevre üzerindeki etkisi ile ilgili hikâye, belgesel ve çalışma yaprağı kullanılmıştır. Söz konusu çalışma yaprağında lotus (nilüfer çiçeği) bitkisinin çamurun ve kirin içinde nasıl kendini koruduğu sorulmuş, ardından marul ve lahanaya yaprağı üzerine su damlatılması ve gözlemlerin verilen tabloya yazılması istenmiştir. Tüm bitkilerin lotus etkisi gösterip göstermeyeceği ve lotus bitkisinden ilham alınarak ne tür ürünlerin geliştirilebileceği sorulmuştur. Veri toplamada kullanılan açık uçlu sorulardan oluşan testte lotus etkisini sorgulayan özel bir sorunun olmadığı görülmüştür. Veriler analiz edilirken anlama düzeylerine göre puanlama yapılmış ve puanlamalara göre sadece istatistiksel açıdan değerlendirme yapılmıştır.

İlgili alan yazında son on yılda temas açısının öğretimine yönelik çalışmaların çoğunlukla süperhidrofobiklik ve kendi kendini temizleme ya da diğer bir deyişle lotus etkisi üzerine yoğunlaştığı, ülkemizde ise bu alanda yapılan çalışmaların çok sınırlı ve yetersiz olduğu görülmektedir. Bununla birlikte yüzeyin kimyasal bileşimi ve yüzey pürüzlülüğü dışında temas açısına etki eden diğer faktörleri de içeren sorgulamaya dayalı bir öğretiminin konuyu daha iyi anlamayı sağlayacağı düşünülmektedir. Öğretim modeli olarak Piaget'in öz-düzenleme (self-regulation) ile ilgili fikirlerinin öğretmeye uygulandığı en bilinen ve en eski modellerden biri olan öğrenme çevrimi modelinin genişletilmiş versiyonlarından biri olan 5E modeli, öğrencilerin kavramın öğrenilmesinde olgularla ilgili deneyim kazanmasına, bilgi oluşturma sürecine katılmasına ve kendi fikirlerini test etmek için "eğer, o halde, bu yüzden" ifadeleriyle akıl yürütmelerine izin vermekte, öğrencilere akıl yürütme kalıplarını geliştirmeye yardım etmektedir (Fowler 1980; Lawson, 2001; Bybee, 1997). Bu nedenle çalışmada temas açısını etkileyen faktörlerin öğretilmesinde 5E modeli kullanılmıştır. Çalışmanın amacı, temas açısı ve temas açısını etkileyen faktörlerle (sıcaklık, damla hacmi, sıvının cinsi, yüzey bileşimi ve yüzey pürüzlülüğü) ilgili 5E modeline göre etkinlikler geliştirmek ve bu etkinliklerle 5E modeline uygun olarak yapılan öğretimin öğrencilerin kavramsal anlama düzeylerine etkisini incelemektir.

ETKİNLİKLERİN UYGULANMASI

Çalışmadaki pilot grubu, 2018-2019 eğitim-öğretim yılı bahar yarıyılında Balıkesir Üniversitesi Necatibey Eğitim Fakültesi Kimya Öğretmenliği programında Fiziksel Kimya Laboratuvarı-2 dersini

alan 11 (7 kız ve 4 erkek) 3. sınıf öğrencisi, deney grubunu ise 2019-2020 eğitim-öğretim yılında Seçmeli Nanobilim ve Nanoteknoloji dersini seçen 11 (5 kız ve 6 erkek) 1. sınıf Balıkesir Üniversitesi Tıp Fakültesi öğrencisi oluşturmaktadır. Pilot grubunda Kimya Öğretmenliği öğrencilerinin seçilmesinin nedeni temas açısına etki eden faktörlerin ilgili ders kapsamında işleniyor olmasıdır. 5E modeline uygun olarak hazırlanmış etkinlikler pilot gruba Fiziksel Kimya Laboratuvarı-2 dersinde üç haftada toplamda 9 saatlik bir süre ile uygulanmış ve uygulama sürecindeki eksiklik ve aksaklıklar belirlenmiştir. Belirlenen eksiklikler ve gerçekleştirilen güncellemeler Tablo 1’de verilmektedir.

Tablo 1: Pilot uygulama sonunda gerçekleştirilen güncellemeler

Aşama	Gerçekleştirilen güncelleme		
	İşlem	Etkinlik	Güncelleme
Keşfetme	Etkinlik kâğıtlarının düzenlenmesi	Etkinlik K-1	Etkinlik kâğıdına cam, volkanik pomza taşı ve süzgeç kâğıdına ait tanecik boyutu gösterimlerinin/bilgilerinin eklenmesi
		Etkinlik K-5	Etkinlik kâğıdına silikon yağı ve asetona ait molekül yapılarının eklenmesi
	Etkinliklerin zenginleştirilmesi	Etkinlik K-3	Yapılan işlemlerin cam yüzeyinde de yapılmasının istenmesi
		Etkinlik K-4	Kullanılan gümüş nitrat çözeltisinin derişiminin 0.01 M’ dan 0.025 M’a çıkarılması Bakır levha üzerinde oluşturulan 4 farklı yüzeyin stereo mikroskop ile incelenmesinin eklenmesi
Açıklama	Açıklamaların zenginleştirilmesi		Temas açısına etki eden faktörlerin daha iyi anlaşılması için her bir faktöre yönelik tabloların eklenmesi
Derinleştirme	Etkinliklerin zenginleştirilmesi		Kullanılan ürünlerin günlük hayattaki kullanım alanlarının neler olabileceği sorusunun eklenmesi

Tablo 1’de verilen değişikliklerin düzenlenmesi sonrasında, deney grubunda yaklaşık aynı süre zarfında 5E modeli ile Temas Açısını Etkileyen Faktörlerin öğretimi ayrıntılarıyla aşağıda verilmiştir:

Giriş

Uygulamaya geçilmeden önce deneylerini birlikte yürütmeleri için öğrencilerden 3-4 kişilik çalışma grupları oluşturmaları istenmiştir. Doğal ve yapay hidrofilik, süperhidrofilik, hidrofobik, süperhidrofobik yüzeylerin ıslanabilirlik özelliklerinin bulunduğu çeşitli videolardan yararlanarak hazırlanan iki video öğrencilere izletilmiş, videodaki yüzeyler arasındaki farklılıklar/benzerlikler ve görülen farklılıkların/benzerliklerin nedenlerini açıklamaları istenmiştir.

Keşfetme (K)

Etkinlik K-1: Deney öncesinde öğrencilere eldiven ve gözlük verilmiştir. Her gruba cam, volkanik pomza taşı, alüminyum şerit, süzgeç kâğıdı, enjektör, saf su, hazırlanan bakır stearat dispersiyonu (Keyf, 2019) ve termometre dağıtılarak, bu yüzeylere enjektör yardımıyla oda sıcaklığındaki sudan damlatılıp temas açılarının ölçülmesi istenmiştir. Temas açısının ölçülebilmesi için öğrencilerden İletki (Protractor) uygulamasını cep telefonlarına indirmeleri istenmiş ve programın kullanımı öğrencilere anlatılmıştır. Temas açısı ölçümleri gerçekleştirildikten sonra etkinlik kâğıdında bulunan tabloya verilerini kaydetmeleri istenmiştir. Aynı yüzeyler verilen yönergeye göre bakır stearat (BS) ile kaplatılmış ve bir süre etüvde kurumaya bırakılmıştır. Kurutma işlemi tamamlandıktan sonra yüzeylere enjektör

yardımla su damlatılarak temas açılarının tekrar ölçülüp tabloya kaydedilmesi istenmiştir. Etkinlik K-1'den görüntüler Şekil 1'de verilmiştir.

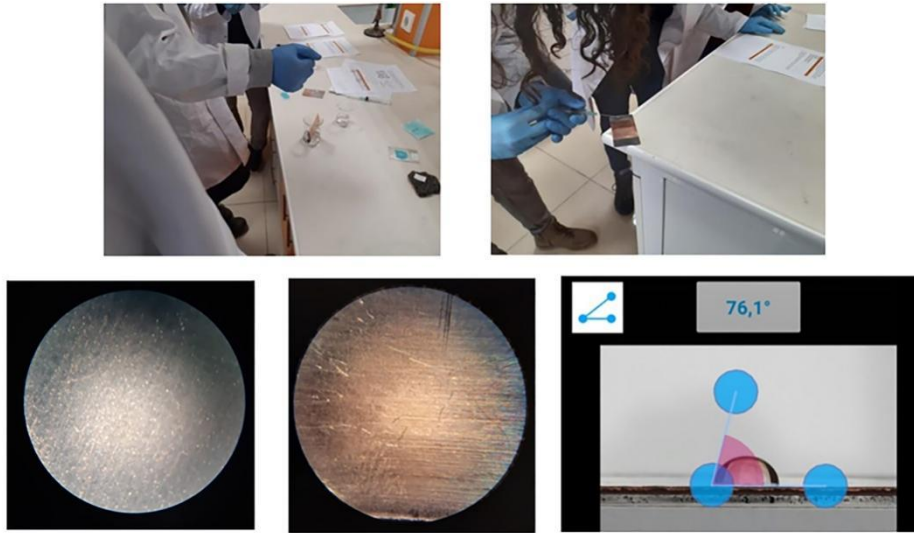


Şekil 1: Etkinlik K-1'den görüntüler

Etkinlik K-2: Gruplara daha önce verilmiş olan saf suyun 70-80°C'ye kadar ısıtılıp alüminyum şerit üzerine enjektör yardımıyla damlatılarak temas açısının ölçülüp tabloya kaydedilmesi istenmiştir. Etkinlik K-1'deki gözlemleri ile sıcak suyun temas açısında bir değişim olup olmadığı sorulmuştur.

Etkinlik K-3: Damla hacminin temas açısı üzerindeki etkisinin gösterilmesi için gruplardan cam ve BS ile kaplı cam yüzeylere enjektör yardımıyla Etkinlik K-1'de damlatılan damlalardan daha büyük olacak şekilde saf su damlatılarak temas açılarının ölçülmesi ve etkinlik kâğıtlarına kaydedilmesi istenmiştir.

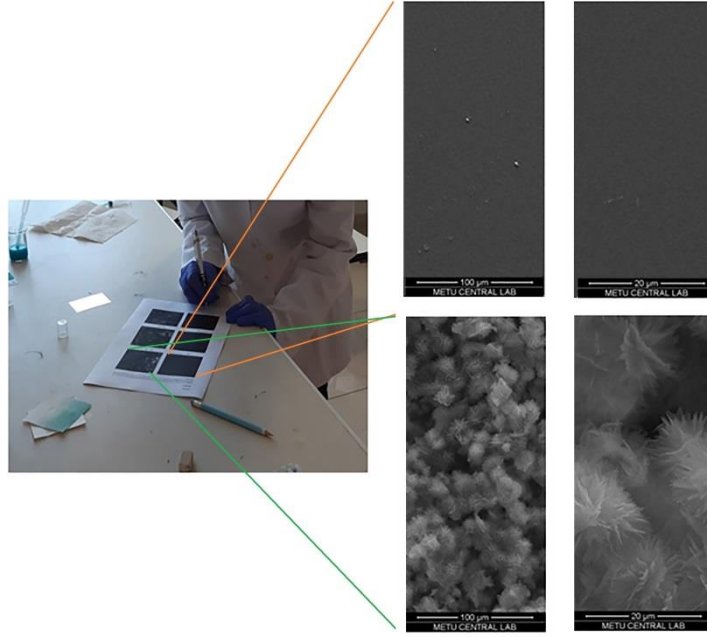
Etkinlik K-4: Bu etkinlikte gruplara bakır levha (4cm x 7cm), zımpara kâğıdı, gümüş nitrat çözeltisi (0.025 M) dağıtılmıştır. Her gruptan verilen bakır levhanın yarısının zımpara kâğıdı ile zımparalanması istenmiştir. Gruplar zımparalı ve zımparasız bakır yüzeylerin yarısını 2 dakika gümüş nitrat çözeltisine daldırılmış ve levhaları çözelti içerisinde kurumaya bırakılmıştır. Kuruma işlemi tamamlandıktan sonra bakır levha üzerinde 4 farklı yüzey (zımparasız bakır yüzey, zımparalı bakır yüzey, zımparasız ve gümüş nitrat çözeltisinde bekletilen bakır yüzey, zımparalı ve gümüş nitrat çözeltisinde bekletilen bakır yüzey) oluşturulmuştur. Gruplardan oluşturulan 4 farklı yüzeye enjektör yardımıyla 1'er damla su damlatılarak damlaların temas açılarını ölçmeleri ve etkinlik kâğıtlarında verilen tabloya kaydetmeleri istenmiştir. Gruplarda bulunan her öğrencinin bakır levha üzerinde oluşturulan 4 farklı yüzeyi stereo mikroskop ile incelemesine yardım edilmiştir. Mikroskopla incelenen yüzeylerde bir farklılık görülüp görülmediği sorulmuştur. Etkinlik K-4'e ait görüntüler Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2: Etkinlik K-4'den görüntüler

Etkinlik K-5: Her gruba saf su, aseton, silikon yağı ve potasyum permanganat çözeltisi verilmiştir. Cam ve BS kaplı cam yüzeylere saf su, aseton, silikon yağı ve potasyum permanganat çözeltisi damlatılarak temas açılarının ölçülmesi ve verilerin etkinlik kâğıdına kaydedilmesi istenmiştir. Cam ve BS kaplı cama

ait farklı büyütme ölçeklerindeki SEM görüntüleri (Şekil 3) verilmiş, bu görüntüler ile ölçtükleri temas açıları arasında bir ilişkinin olup olmadığı sorulmuştur.



Şekil 3: Etkinlik K-5’de kullanılan SEM görüntüleri

Açıklama (A)

Bu basamağın ilk kısmında Keşfetme basamağında verilen etkinliklere paralel olan açıklamalar (A1-A5) istendikten sonra öğrencilere bir tablo dağıtılmış ve tabloda verilen faktörlerin (sıcaklık, damla hacmi, sıvının cinsi, yüzey bileşimi ve yüzey pürüzlüğü) temas açısına etkisinin yazılarak (arttırır/azaltır/değiştirmez), gerekçenin açıklanması istenmiştir.

A-1: Etkinlik K-1’deki en küçük ve en büyük temas açılarının hangi yüzeylerde olduğu sorularak nedeni tanecik boyutunu düşünerek açıklamaları istenmiştir.

A-2: Etkinlik K-1’deki gözlemleri ile Etkinlik K-2’deki sıcak suyun temas açısında bir değişim olup olmadığı sorulmuştur. Değişim varsa bu değişim nedeninin açıklanması istenmiştir.

A-3: Damla hacminin artmasının temas açısı üzerinde bir etkisi olup olmadığı sorulmuştur. Eğer etkisi varsa, nasıl etkilediğini açıklamaları istenmiştir.

A-4: Stereo mikroskopla yüzeylerde bir farklılık görülüp görülmediği sorulmuştur. Farklılık var ise bu farklılıkların ölçülen temas açılarıyla bir ilişkisinin olup olmadığını açıklamaları istenmiştir.

A-5: Cam ve BS kaplı cam yüzeyleri üzerinde hangi sıvının (saf su, aseton, silikon yağı ve potasyum permanganat çözeltisi) daha az, hangi sıvının daha çok yayıldığı sorulmuş, cevabın tanecikler arası etkileşimler düşünülerek açıklanması istenmiştir. Cam ve BS kaplı cama ait SEM görüntüleri ile ölçtükleri temas açıları arasında bir ilişkinin olup olmadığı sorularak cevabın gerekçesiyle birlikte açıklanması istenmiştir.

Açıklama aşamasının ikinci kısmında öğrencilere tahtada temas açısının olduğu bir görsel gösterilmiş, görsel üzerinde katı-buhar, katı-sıvı, sıvı buhar ara yüzey gerilimleri işaretlenmiş ve bu ara yüzey gerilimlerinden yola çıkarak Young, Wenzel ve Cassie-Baxter denklemleri türetilmiş (Erayman ve Korkmaz, 2017) ve bu denklemlerin geçerli olduğu modeller çizilmiştir. Öğrencilere dağıtılan tabloda sıcaklık, damla hacmi, yüzey bileşimi ve sıvı cinsi faktörlerinin bu denklemlere göre temas açısına (θ), $\cos\theta$ ’ya, katı-buhar, katı-sıvı ve sıvı-buhar ara yüzey gerilimlerine etkileri (arttırır-azaltır-etkilemez) sorulmuş ve özetlenmiştir.

Derinleştirme (D)

Derinleştirme aşamasında 3 etkinlik gerçekleştirilmiştir.

Etkinlik D-1: Her gruba daha önceden BS ile kaplanmış olan tartım kapları, spatül ve bir miktar toprak dağıtılmıştır. Tartım kaplarının içerisine spatülün ucuyla toprak eklenmesi, kabın eğik biçimde tutularak su damlatılması ve neler olduğunun gözlemlenmesi istenmiştir (Şekil 4). Her gruptan yaptıkları gözlemlerin onlara ne gösterdiği sorulmuştur.



Şekil 4: Etkinlik D-1'den görüntüler

Etkinlik D-2: Her gruba iki adet cam yüzey dağıtılmış ve bu camların birincisinin yarısına Sea Quick (buğu önleyici), ikincisinin yarısına Divorteks (su itici) uygulanması istenmiştir. Enjektör yardımıyla ürün uygulanan ve uygulanmayan bölgelere bir damla saf su damlatılarak, damlalarının temas açılarının ölçülmesi istenmiştir. Ölçülen temas açıları arasında bir farklılık olup olmadığı sorulmuştur. Her gruptan ürün uygulanan cam yüzeylere üflenerek yüzeylerin gözlemlenmesi istenmiştir. Ardından eğik bir biçimde tutularak cam yüzeylerin üzerlerine damlalık ile saf su damlatılması ve damlaların hareketinin gözlemlenmesi istenmiştir. Tüm bu işlemlerden sonra bu ürünlerin günlük hayattaki kullanım alanlarının neler olabileceği sorulmuştur.

Etkinlik D-3: Her gruba bir miktar kumaş parçası dağıtılmıştır. Kumaşın her iki tarafının BS ile kaplanması istenmiştir. Etüvde bir süre kurutulan kumaşların su dolu beherin içerisine daldırılıp birkaç saniye sonra çıkartılarak neler olduğunun gözlenip açıklanması istenmiştir.

Değerlendirme

Uygulamanın giriş kısmında öğrencilere izletilen videolarda ne tür yüzeylerin görüldüğü ve her bir yüzey için yüzey özelliklerinin açıklanması istenmiştir. Daha sonra bu uygulamayı yapmanın onlara ne kazandırdığı ve uygulamanın başında var olan düşüncelerinde bir değişim olup olmadığı sorulmuştur.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmada öğretimin etkililiğini belirlemek için veri toplama aracı olarak, araştırmacılar tarafından temas açısı kavramı ve temas açısını etkileyen faktörlere yönelik 2 tane açık uçlu sorudan oluşan Temas Açısı Kavramsal Anlama Testi (TAKAT) hazırlanmıştır. Ön test etkinlikler öncesinde, son test ise uygulamadan 2 hafta sonra uygulanmıştır. Verilerin analizinde Abraham (1992)'in çalışmasında belirtilen kavramsal anlama düzeyleri kullanılmış ve ön ve son testteki cevaplar Tam Anlama, Kısmi Anlama, Yanlış Kavrama ve Anlamama/Cevap Yok düzeylerine göre gruplandırılmıştır. TAKAT'ta yer alan açık uçlu soruların analizinin güvenilirliğini sağlamak amacıyla, bir araştırmacı ve kimya alanında uzman bir öğretim üyesi tarafından sorular birbirinden bağımsız bir şekilde analiz edilip değerlendirilmiştir. Her iki kodlayıcıdan elde edilen veriler kullanılarak güvenilirlik değeri, Miles ve Huberman (1994) tarafından önerilen kodlayıcı güvenilirliği formülü ile belirlenmiştir. Bu formüle göre güvenilirlik = (görüş birliği)/(görüş birliği + görüş ayrılığı) × 100 şeklinde hesaplanmıştır. İki farklı kodlayıcının uyumu için %70 üzerindeki değerlerin kodlayıcılar arası güvenilirlik için yeterli olduğu ifade edilmiştir (Miles ve Huberman, 1994; Tavşancıl ve Aslan, 2001). Formüle göre yapılan hesaplamalar sonucunda, analizin güvenilirliği %83 olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar kodlayıcılar arasındaki uyumun %70'in üzerinde olduğunu ve güvenilirlik için yeterli düzeyde olduğunu göstermektedir (Miles ve Huberman, 1994). Ayrıca güvenilirlik hesaplaması sonrasında kodlayıcılar arasında iletişim sağlanmış, görüş ayrılığı yaşanan noktalar tekrar gözden geçirilmiş, tartışılmış ve görüş birliğine varılmaya çalışılmıştır.

İlk soruda, aynı hacimdeki bir damla suyun cam, polivinil klorür (PVC) film, süzgeç kâğıdı ve alüminyum şerit yüzeylerine bir damlalık yardımıyla damlatılmasıyla her bir yüzeyde oluşacak damla şekillerinin çizilerek gösterilmesi ve bu çizimlerin nedenlerinin açıklanması sorulmaktadır. İkinci soruda ise verilen şekildeki temas açısını sıcaklık, damla hacmi, yüzeyin kimyasal bileşimi, sıvının yüzey gerilimi, yüzey morfolojisi gibi faktörlerden hangisi/hangilerinin etkileyeceğinin nedenleriyle belirtilmesi ve her bir faktör veya faktörlerin verilen durumundaki temas açısına etkisinin çizilerek gösterilmesi istenmiştir. Yapılan öğretim sonucu temas açısını etkileyen faktörlere göre öğrencilerin anlama düzeylerinde meydana gelen değişimler Tablo 2-8’de gösterilmiştir.

Öğrencilerin farklı yüzeylerin suyun temas açısına etkisi ile ilgili cevaplarına ait analiz sonuçları Tablo 2’de verilmektedir. Tablo 2 incelendiğinde, ön testte tam anlama düzeyine alınacak cevap yokken, son testte 6 öğrenci tam anlama düzeyine giren cevaplar vermişlerdir. Kısmi anlama gösteren cevaplar incelendiğine ise, ön testte 7 öğrenci kısmi cevap düzeyine giren cevaplar verirken, son testte bu sayı 5’e düşmüştür. Yanlış Kavrama gösteren cevaplar düzeyinde ise, ön testte 4 öğrenci yanlış kavramaya sahipken, son testte bu düşüncelerin ortaya çıkmadığı görülmektedir.

Tablo 2: Farklı yüzeylerin suyun temas açısına etkileri ile ilgili anlama düzeyleri

KATEGORİ	Ön Test	Son Test
A. Tam Anlama	-N-	-N-
PVC, Süzgeç kâğıdı, Cam ve Alüminyum şerit yüzeylerindeki su damlalarının şekillerinin (yüzey pürüzlülüğünün benzer olduğu kabul edilerek) kohezyon ve adezyon kuvvetleri açısından karşılaştırılarak çizildiği ve açıklandığı yanıtlar	-	6
B. Kısmi Anlama		
Tüm örnekler için çizimlerin doğru yapıldığı, açıklamada bazı örnekler için hidrofiliklik/hidrofobiklik veya polarlık/apolarlık kavramlarının kullanıldığı yanıtlar	-	5
Bazı örnekler (Cam-süzgeç kâğıdı, Cam-PVC) için çizimlerin doğru yapıldığı, açıklamada sadece polarlık ve apolarlık kavramlarının kullanıldığı yanıtlar	4	-
Bazı örnekler için çizimlerin doğru yapıldığı, ancak açıklamalarda bilimsel olarak kabul edilemeyecek ifadelerin bulunduğu yanıtlar	3	-
C. Yanlış Kavrama		
Çizimlerin ve açıklamaların yanlış olduğu yanıtlar (Ö: Cam apolar, Alüminyum polar bir yapıya sahiptir. Alüminyum ile su arasında polar-polar bağından dolayı etkileşim oluşur)	4	-
D. Anlamama/Cevapsız	-	-

Öğrencilerin temas açısına sıcaklığın etkisine dönük cevaplarına ilişkin bulgular Tablo 3’de verilmektedir. Tablo 3 incelendiğinde, ön testte öğrencilerin büyük çoğunluğunun (N=9) kısmi anlama içeren cevaplar verdiği, 2 öğrencinin ise yanlış kavramaya sahip olduğu görülmektedir. Son test verileri analiz edildiğinde, 5 öğrencinin tam anlama gösteren cevaplar verdiği, 6 öğrencinin ise kısmi anlama gösteren cevaplar verdiği belirlenmiştir.

Temas açısına damla hacminin etkisi ile ilgili olarak verilen cevapların anlama düzeyleri Tablo 4’de verilmektedir. Tablo 4 incelendiğinde, ön testte öğrencilerin büyük çoğunluğunun yanlış kavramaya sahip oldukları görülmektedir. Yanlış kavrama içeren cevaplara bakıldığında, genellikle damlacık hacminin temas açısını etkilemeyeceği düşünülmektedir. Bir öğrenci ise olaya daha farklı yaklaşarak damla hacminin artmasının su molekülleri arasındaki çekim kuvvetini zayıflatacağını düşünmektedir. Çizimi doğru yapan bazı öğrencilerin ise temas yüzeyinin değişimini ağırlık merkezinin yer değiştirmesine bağladığı ve adezyon ve kohezyon kuvvetleri ile bağlantı kurmadığı görülmüştür. Son

testte ise tam anlama düzeylerindeki cevapların arttığı ve yanlış kavrama düzeylerine ait cevapların yer almadığı görülmektedir.

Tablo 3: Sıcaklığın temas açısına etkisi ile ilgili anlama düzeyleri

KATEGORİ	Ön Test -N-	Son Test -N-
A. Tam Anlama		
Sıcaklığın artması ile taneciklerin artan enerjisi/hareketi, kohezyon ve adezyon kuvvetlerinin dikkate alınarak çizim ve açıklamaların yapıldığı yanıtlar	-	5
B. Kısmi Anlama		
Sadece adezyon ya da kohezyon kuvvetlerinin/ara yüzey gerilimi ya da yüzey geriliminin ele alındığı yanıtlar	4	4
Adezyon ve kohezyon kuvvetlerine girmeden 'etkileşimler' ifadesinin kullanıldığı yanıtlar	1	-
Sadece etkinin belirtildiği açıklamanın yapılmadığı yanıtlar	1	-
Kinetik enerjideki artışla taneciklerin birbirinden uzaklaşmasının dikkate alındığı yanıtlar	3	2
C. Yanlış Kavrama		
Titreşim hareketinin kullanıldığı yanıtlar (Sıcaklık taneciklerin titreşimini artıracığı için tanecikler etrafa daha çok dağılır ve temas açısı azalır)	1	-
Yüzey özelliğinin kullanıldığı yanıtlar (Sıcaklık arttığında yüzey hidrofobikliği artar)	1	-
D. Anlamama/Cevapsız	-	-

Tablo 4: Damla hacminin temas açısına etkisine yönelik anlama düzeyleri

KATEGORİ	Ön Test -N-	Son Test -N-
A. Tam Anlama		
Damla hacminin artması ile kohezyon ve adezyon kuvvetlerindeki değişime bağlı olarak çizim ve açıklamaların yapıldığı yanıtlar	-	6
B. Kısmi Anlama		
Çizimin yapıldığı, açıklamanın yapılmadığı yanıtlar	2	1
Çizimin doğru yapıldığı, damla kütleindeki artış ile ağırlık merkezinin yüzeye yaklaştığının belirtildiği yanıtlar	2	4
C. Yanlış Kavrama		
Damla hacmi ile ilgili yanlış açıklamaların bulunduğu yanıtlar (Damla hacmindeki değişim temas açısını etkilemez.)	5	-
Damla hacmi büyüdükçe su moleküllerinin birbirini tutması zorlaşır ve temas açısı artar)	1	-
D. Anlamama/Cevapsız	1	-

Temas açısına sıvı türünün etkisi ile ilgili cevaplara ait analiz sonuçları Tablo 5'de verilmektedir. Tablo 5'de diğer sorulardan farklı olarak ön testte de tam anlama başlığı altında kategorize edilen cevaplar olduğu (N=5) görülmektedir. Ayrıca yine diğer sorulardan farklı olarak ön testte bir öğrenci soruyu cevaplayamamış, bir diğer öğrenci ise konulan madde ile yüzeyin kimyasal bileşimi aynı olursa çözüneceğini ve böylece temas açısının azalacağını (yanlış kavrama) düşünmektedir. Bunun yanında ön testte verilen ve kısmi anlamanın varlığını gösteren cevaplara son testte rastlanmamış ve konuyu tam olarak kavrayan öğrenci sayısı artmıştır.

Temas açısına yüzey geriliminin etkisi ile ilgili cevaplara ait analiz sonuçları Tablo 6'da verilmektedir. Sıvı yüzey geriliminin temas açısına nasıl etki ettiğine yönelik açıklamalar incelendiğinde; ön testte 3

öğrencinin soruyu cevapsız bıraktığı, bir öğrencinin ise yanlış kavramaya sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca, hem ön testte hem de son testte öğrencilerin büyük çoğunluğu olayı sadece kohezyon kuvvetleri ile açıklamaya çalışmıştır.

Tablo 5: Sıvı türünün temas açısına etkilerine yönelik anlama düzeyleri

KATEGORİ	Ön Test -N-	Son Test -N-
A. Tam Anlama		
Sıvının polarlığı ve apolarlığının değişimi (kohezyon kuvvetleri) ile ele alınan katı ile adezyon kuvvetlerinin karşılaştırılmasına bağlı olarak çizim ve açıklamaların yapıldığı yanıtlar	5	9
B. Kısmi Anlama		
Hidrofilik ve süperhidrofilik ile hidrofobik ve süperhidrofobik yüzeylerin temas açılarının karşılaştırıldığı/belirtildiği yanıtlar	0	2
Çizimin doğru yapıldığı, açıklamada sadece polarlık ve apolarlık kavramlarının kullanıldığı yanıtlar	2	-
Çizimin yapılmadığı, açıklamada sadece yüzey özelliğinin açığı değiştireceğinin belirtildiği yanıtlar	2	-
C. Yanlış Kavrama		
Temas açısındaki azalmayı çözünmeye bağlayan yanıt (Yüzeyin kimyasal bileşimi konulan madde ile aynı olursa çözünür ve açılabilir)	1	-
D. Anlamama/Cevapsız	1	-

Tablo 6: Sıvının yüzey geriliminin temas açısına etkilerine yönelik anlama düzeyleri

KATEGORİ	Ön Test -N-	Son Test -N-
A. Tam Anlama		
Sıvının yüzey gerilimi artışının kohezyon ve adezyon kuvvetlerine etkisinin polar ve apolar yüzeyler dikkate alınarak açıklandığı ve çizimlerin yapıldığı yanıtlar	0	4
B. Kısmi Anlama		
Çizimin yapıldığı, açıklamada sadece değişim eğiliminin belirtildiği yanıtlar	1	1
Çizimin yapıldığı, açıklamada sadece kohezyon kuvvetlerinin ele alındığı yanıtlar	6	6
C. Yanlış Kavrama		
Yüzey gerilimi ile temas açısı arasında yanlış kurulan ilişkinin bulunduğu yanıtlar (Sıvının yüzey gerilimi artarsa temas açısı azalır. Çünkü sıvı daha çok bir arada durmak ister. Azalır ise tam tersi durum olur).	1	-
D. Anlamama/Cevapsız	3	-

Yüzey morfolojisinin temas açısına etkisi sorulduğunda ise, ön testte 3 öğrenci tam anlama düzeyinde cevap vermiş, son testte bu sayı 10 kişiye yükselmiştir (Tablo 7). Ön testte 6 öğrenci olayı sadece pürüzlülük ile temas açısının değişimi ile açıklamaya çalışırken, bu sayı son testte 1'e düşmüş ve cevap vermeyen öğrenci kalmamıştır. Ayrıca bu soruda herhangi bir yanlış kavramaya rastlanmamıştır.

Tablo 7: Yüzey morfolojisinin temas açısına etkilerine yönelik anlama düzeyleri

KATEGORİ	Ön Test -N-	Son Test -N-
A. Tam Anlama		
Hidrofilik ve hidrofobik yüzeylerde pürüzlülüğün artması ile birlikte yüzey özelliklerinde meydana gelen değişimlere bağlı olarak polar ve apolar sıvılar için temas açısındaki değişimlerin açıklandığı ve çizimlerin yapıldığı yanıtlar	3	10
B. Kısmi Anlama		
Temas açısındaki değişimlere girmeden pürüzlülük ile yüzey özelliklerindeki değişimin belirtildiği yanıtlar	1	-
Çizimin olmadığı, yüzey hidrofiliğine/hidrofobikliğine girmeden sadece pürüzlülük ile temas açısının/küreselliğin değişiminin açıklandığı yanıtlar	6	1
D. Anlamama/Cevapsız	1	-

Tablo 2-7’de verilen bulgular incelendiğinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılabilir:

---Tablo 2’deki yanıtlarda alüminyumun polar olduğunu düşünen öğrencilerin bulunduğu görülmektedir. Bu düşünce metalik bağlanmanın doğru olarak anlaşılmasından kaynaklanabilir. Metalik bağın kovalent bağ ya da iyonik bağ ile aynı olduğunun düşünülmesi ve bu bağların karıştırılması sonucu ortaya çıkan yanlış kavramalar birçok çalışmada (Acar ve Tarhan, 2008; Coll ve Taylor 2001; Taber 2003) belirlenmiştir. Elektron denizi modelinin de doğru anlaşılmayarak, *ortaklanmamış elektron çiftlerine sahip tüm moleküller polardır* şeklindeki yanlış kavramanın (Pérez, Pérez, Calatayud, García-Lopera ve Sabater, 2017) bu modele taşınmasıyla metallerin polar olduğu düşünülebilir. Ön testte bazı öğrenciler tarafından cam apolar olarak düşünülürken bu düşüncenin son testte görülmemesi, camda Si ve O atomlarını içeren amorf düzenlenme ile ilgili öğrencilerin ön bilgi eksikliklerinin bulunması ve uygulama esnasında kullanılan etkinlik kâğıtlarında camın tanecik boyutu gösteriminin verilmesinden kaynaklanabilir. Ortaöğretimde daha çok karbonhidratlar konusu ile sınırlı kalan polimerler konusuna ilişkin lise öğrencilerinin bilgi düzeylerinin araştırıldığı bir çalışmada (Erdem, Morgil 2002), öğrencilerin polimerler konusuna ilişkin kavramları tam olarak bilmedikleri ve polimerlerin özelliklerine ilişkin bilgilerinin günlük hayattan tecrübeleri ile bağlantılı olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada hem yukarıda belirtilen nedenlerle hem de polimerlerin polarlığı ve apolarlığı ile ilgili bilgi eksikliği nedeniyle PVC’nin apolar olduğunu düşünen öğrencilerin olduğu görülmektedir. Işık Erol (2020)’un çalışmasında da polipropilenin polar olduğunu düşünen öğrenciler bulunmaktadır.

--Sıvı damlasının bir yüzeyi ıslatması ya da yüzeyde küresel halde kalması kohezyon ve adezyon kuvvetlerine bağlıdır. Ancak öğrencilerin genel olarak temas açısını yüzey gerilimine ya da kohezyon kuvvetlerine bağladığı, ara yüzey gerilimlerini ya da adezyon kuvvetlerini ön testteki cevaplarında kullanmadıkları ve hatta son testteki bazı cevaplarında bu görüşlerini devam ettirdikleri görülmektedir. Örneğin Tablo 5 ile Tablo 6 karşılaştırıldığında, son testte temas açısına sıvı türünün etkisini açıklamada adezyon ve kohezyon kuvvetlerini birlikte düşünen öğrenci sayısının (9), sıvı yüzey geriliminin etkisi sorulduğunda azaldığı (4) ve sadece kohezyon kuvvetlerini düşünenlerin arttığı (6) görülmektedir. Adezyon ve kohezyon kuvvetlerinin doğru bir şekilde anlaşılmadığını ve yüzey gerilimi konusunda öğrencilerin değişime karşı dirençli yanlış kavramalarının olduğunu gösteren başka çalışmalar da bulunmaktadır. Vitharana (2015) çalışmasında; öğrencilerin adezyon ve kohezyon kuvvetlerinin rollerini tam olarak bilmediklerini belirtirken, adezyon ve kohezyon kuvvetlerinin karıştırılması ile ilgili yanlış kavrama ifadelerini belirlemiştir. Acar Sesen (2013)’in çalışmasında da Fen Bilgisi öğretmen adaylarının yüzey gerilimi, kohezyon ve adezyon kuvvetlerini kullanarak verilen olayları açıklamada zorluklar yaşadıkları ve gözlemlerinden sonra bile tahminleri yanlış olsa da açıklamalarını değiştirmedikleri belirtilmiştir. Thompson ve Sue (2006)’nın üç bilimsel kavramı tanımlamayı ve öğrencilerin yaygın olarak sahip olduğu bazı yanlış kavramaları belirlemeyi amaçladıkları çalışmada, üç farklı yaş grubundaki altı öğrenciyle, her kavram için önceden belirlenmiş bir dizi soru ve etkinlik

kullanılarak görüşme yapılmıştır. Hafif olan nesnelar yüzler, ağır olanlar batar yanlış kavraması için 15 yaş grubundaki öğrencilerin yarısı görüşme boyunca argümanları olarak yüzey gerilimini kullanmıştır.

TAKAT'taki sorular için son testte tam anlama düzeyindeki cevaplarda artışların olduğu ve yanlış kavramaların ortadan kalktığı görülürken, bazı cevaplarda hala sadece kohezyon kuvvetlerini düşünen öğrencilerin olduğu görülmüştür. Bunun nedeni su damlasının küreselliğinin her durumda kohezyon kuvvetlerine ya da yüzey gerilimine bağlanması, su damlasının nasıl bir yüzey üzerinde durduğu konusuna ne yazık ki çok fazla değinilmemesidir. Aynı şekilde su örümceğinin suda yürüyebilmesinin de sadece yüzey gerilimi ile açıklanması (Yüzey Gerilimi, 2021) da ne yazık ki yüzey özelliklerinin ihmal edildiği diğer bir durumdur. Akdeniz (2017)'in Fen Bilimleri öğretmen adayları ile yaptığı çalışmada, su örümceğine dair sorular açık uçlu soruda öğretmen adaylarının bir kısmının örümceğin suda yürüyebilmesini sadece kohezyon kuvvetine veya yüzey gerilimine bağladığı belirtilmiştir.

Öğretim süreci ile ilgili olarak 5E modelinin değerlendirme basamağında öğrencilerin görüşlerini almak amacıyla gruplara "Bu etkinlikleri yapmak size ne kazandı, dersin başında var olan düşüncelerinizde bir değişim oldu mu? Açıklayınız." soruları sorulmuş ve grupların yazılı görüşleri alınmıştır. Görüşlerin analizinde içerik analizi yapılmıştır. Doğayı daha iyi anlayabilme, süperhidrofobik ve süperhidrofilik yüzeylerin günlük hayatta kullanım alanları ve tanecikler arası etkileşimlerin etkileri üzerine görüşler belirtilmiştir. Grupların örnek yazılı görüşleri aşağıda grup numaralarıyla birlikte verilmiştir:

Grup 1: Doğadaki bazı canlıların özelliklerini açıklayabiliyoruz artık. Bazı noktalarda düşüncelerimiz değişti.

Grup 2: Temas açısını değiştiren faktörlerin neler olduğunu öğrendik. Tanecikler arası etkileşimlerin neleri etkilediğini öğrendik. Doğadan örnekler gördük, doğadan çok şey öğrenebiliriz. Nilüfer bitkisi, karıncayıyen bitki..vb. Günlük hayatta nerelerde kullanabileceğimizi öğrendik.

Grup 3: Etkinliğin başında var olan düşüncelerimizi destekledi. Düşüncelerimizi kuvvetlendirdi. Hidrofobik yüzeylerde yaptığımız etkinliklerde çok eğlendik.

Grup 4: Süperhidrofobikliği ve süperhidrofilikliği öğrendik ve hangi alanlarda kullanıldığını öğrendik.

Öğrencilerin yapılan öğretime dair yazılı görüşlerinde olumlu yorumların bulunması öğretimin uygulanabilirliği bakımından oldukça önemlidir. Bu düşüncelerde, öğrencilerin sahip oldukları bilgileri doğadaki canlıların özelliklerini açıklamada ve günlük hayattaki uygulamalarda kullanabildiklerini belirttikleri görülmektedir. Başka bir çalışmada da, farklı yüzeyler kullanılarak süperhidrofobiklik ve kendi kendini temizlemenin sınıfta gösterimi ve ardından yapılan açıklamanın, öğrencileri temel kimya bilgilerini doğal olayları ve pratik uygulamaları incelemek için kullanmaya motive ettiği belirtilmiştir (Wong ve You; 2013). West ve arkadaşları da (2015) farklı yüzey kaplamalarını kullandıkları çalışmada öğrencilerin deneyleri eğlenceli ve bilgilendirici bulduklarını, ticari olarak mevcut ürünü eleştirel olarak değerlendirebildiklerini ve çalışmalarındaki etkileşimli deney aracılığıyla nanomalzemeler ile uygulamalı deneyeime sahip olduklarını belirtmişlerdir.

Temas açısını etkileyen faktörlerin 5E modeli ile öğretilmesine yönelik olarak aşağıdaki önerilerde bulunulabilir:

---Kati-hava ara yüzeyinin ve basıncın temas açısına etkisini göstermek için sadece hava ortamında değil, CO₂ veya su buharının bulunduğu ve basıncın değiştirilebildiği deneysel sistemler geliştirilerek, bu ortamlarda yapılan temas açısı ölçümleri öğretime eklenebilir.

---5E modelinin açıklama basamağında temas açısına çeşitli faktörlerin etkilerini deneysel verilerle açıklayan bilimsel çalışmalardan (Mcguire ve Yang, 1991; Eid, Panth ve Sommer, 2018; Wu, Farouk ve Ward 2007; Hansen, Hamouda ve Denoyel, 2000) yararlanılabilir. Bilimsel çalışmalardaki verilerin ve açıklamaların kullanımı öğretim sonunda tam anlama düzeyindeki cevapların artmasını sağlayabilir.

---Kullanılan tüm yüzeylere ait SEM görüntüleri etkinliklere eklenebilir.

Seifried ve Figueroa (2016)'nın belirttiği gibi, kimyada içeriğin büyük bir kısmı atom seviyesine odaklanır, ancak daha sonra makro ölçekte deneylere geçiş yapılır. Fizik; atomik ölçekli kuvvetler ve

yükler, makro ölçekli mekanik ve büyük gezegenlerin hareketi ile ilgilendir. Nano ölçekte hücreler organeller, mikro ölçekte hücreler ve kan, ve insan ölçeğinde hayvan anatomisi tartışıldığı için, biyoloji dersi ölçekler arasında köprü kurmayı daha iyi sağlar. Hem fizik hem de kimyada nano ve mikro ölçekte öğretimde bahsedilen bu boşluk, bu çalışmadaki temas açısı deneyi etkinlikleri ile kısmen doldurulabilir. Yüze özelliği ve sıvı türünün temas açısına etkisinin incelendiği sorgulama temelli etkinlikler, tanecikler arası kuvvetlerin de öğrenilmesini pekiştirebilir, varsa yanlış kavramaların belirlenmesine yardımcı olabilir. Ayrıca bu çalışmada temas açısını etkileyen faktörlere yönelik olarak 5E modeli ile yapılan öğretim, öğrencilerin nano ölçeği ve nanoteknolojinin potansiyel uygulamalarını daha iyi anlamalarına da yardımcı olabilir.

Teşekkür

ODTÜ Merkez Laboratuvarına SEM analizleri için teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

- Abraham, M. R., Grzybowski, E. B., Renner, J. W. & Marek, E. A. (1992). Understandings and misunderstandings of eight graders of five chemistry concepts found in textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(2), 105-120.
- Acar, B. ve Tarhan, L. (2008). Effects of cooperative learning on students' understanding of metallic bonding. *Research in Science Education*, 38, 401-420.
- Acar Sesen, B. (2013). Diagnosing pre-service science teachers' understanding of chemistry concepts by using computer-mediated predict-observe-explain tasks. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(3), 239-246.
- Akdeniz, N. (2017). *Fen bilimleri öğretmen adaylarına yönelik nanobilim kavramsal anlama testinin geliştirilmesi*. (Yüksek lisans tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi (Tez No. 456166).
- Barthlott, W. & Neinhuis, C. (1997). Purity of The Sacred Lotus, or Escape From Contamination in Biological Surfaces. *Planta*, 202 (1), 1-8.
- Bybee, R. (1997). *Achieving scientific literacy: From purposes to practices*. Portsmouth, NH: Heinemann Publications.
- Coll, R. & Taylor, N. (2001). Alternative Conceptions of Chemical Bonding Held by Upper Secondary and Tertiary Students. *Research in Science & Technological Education*, 19, 171-191.
- Demircioğlu, H. ve Özdemir, R. (2019). Bağlam Temelli Öğrenme Yaklaşımının Öğretmen Adaylarının Nanoteknoloji Konusunu Anlamaları Üzerindeki Etkisi. *Journal of Computer and Education Research*, 7 (14) , 314-336 .
- Driver, R. (1989). "Changing Conceptions." Adey, P., Bliss, J., Head, J. & Shayer, M. (editors). in *Adolescent Development and School Science* , (s. 79-104). New York: The Falmer Press.
- Erdem E. ve Morgil İ. (2002). Lise Öğrencilerinin Temel Polimer Bilgileri Üzerine Bir Çalışma. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 23, 88-94.
- Eid, K. F., Panth, M. & Sommers, A. D. (2018). The physics of water droplets on surfaces: exploring the effects of roughness and surface chemistry. *European Journal of Physics*, 39(2), 025804.
- Erayman Y. ve Korkmaz Y. (2017). Süperhidrofob Tekstil Yüzeylerin Florsuz Bileşikler Kullanılarak Sol-Jel Yöntemi ile Modifikasyonu. *Tekstil ve Mühendis*, 24 (105), 41-52.

- Fowler, L. S. (1980). An application of Piaget's theory of cognitive development in teaching chemistry: the learning chemistry. *Journal of Chemical Education*, 57(2), 135-136.
- Hansen, G., Hamouda, A. & Denoyel, R. (2000). The effect of pressure on contact angles and wettability in the mica/water/n-decane system and the calcite+stearic acid/water/n-decane system. *Colloids and Surfaces A-physicochemical and Engineering Aspects. Colloid Surface A*, 172, 7-16.
- Işık Erol, D. (2020). *Doğadaki mikro ve nano yapıların 3B baskılı modellerinin oluşturulması ve argüman temelli nanobilim öğretiminde kullanılması*. (Yüksek lisans tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi (Tez No. 616795).
- Jones, M. G., Blonder, R., Gardner, G.E., Albe, V., Falyo, M. & Chevrier, J. (2013). Nanotechnology and Nanoscale Science: Educational challenges. *International Journal of Science Education*, 35(9), 1490-1512.
- Katselas, A., Motion, A., O'reilly, C. & Ceto, C. (2019). Chemical curiosity on campus: An undergraduate project on the structure and wettability of natural surfaces. *Journal of Chemical Education*, 96, 1998-2002.
- Keyf, S., (2019). Hidrofobik Bakır Stearat Sentezinin Box-Benkhken Tasarımıyla Modellenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 16, 834-840.
- Kubisch F. & Heyne T. (2016). Students' Alternative Conceptions about the Lotus Effect: To Confront or to Ignore?. *Journal of Biological Education*, 50 (1), 86-100.
- Lati, W., Triampo, D. & Yodyingyong, S. (2019). Exposure to nanoscience and nanotechnology using guided- inquiry-based activities with silica aerogel to promote high school students' motivation. *Journal of Chemical Education*, 96, 1109-1116.
- Lawson, A. (2001). Using the learning cycle to teach biology concepts and reasoning patterns. *Journal of Biological Education*, 35, 165-169.
- McGuire, J. & Yang, J. (1991). The effect of drop volume on contact angle. *Journal of Food Protection*, 54(3), 232-235.
- Miles, M. B. & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded Sourcebook*. (2nd ed). Thousand Oaks, CA: Sage
- Peikos, G., Spyrtou, A., Pnevmatikos, D. & Papadopoulou, P. (2020). Nanoscale science and technology education: primary school students' preconceptions of the lotus effect and the concept of size. *Research in Science and Technological Education*, doi: 10.1080/02635143.2020.1841149.
- Pérez, J. B., Pérez, M. B., Calatayud, M. L., García-Lopera, R. & Sabater, J. V. (2017). Students' misconceptions on chemical bonding: a comparative study between high school and first year university students. *Asian Journal of Education and e Learning*, 5 (1), 1-15.
- Seifried, J. & Figueroa, M. A. (2016, June), *Identification of Misconceptions Related to Size and Scale through a Nanotechnology-Based K-12 Activity*, 2016 ASEE Annual Conference & Exposition konferansında sunulan bildiri, New Orleans, Louisiana.

- Taber, K. S. (2003). Mediating mental models of metals: Acknowledging the priority of the learners' prior learning. *Science Education*, 87, 732-758.
- Tavşancıl, E. ve Aslan E. (2001). *İçerik analizi ve uygulama örnekleri*. İstanbul: Epsilon Yayınları.
- Thompson, F. & Logue, S. (2006). An Exploration of Common Student Misconceptions in Science, *International Education Journal*, 7 (4), 553-559.
- Vitharana, P.R.K.A. (2015). Student misconceptions about plant transport- a Sri Lankan example. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 3 (3), 275-288.
- Wan, Y-L., Lou, J., Yu, Z.-J., Li, X-Z. & Yu, H-D. (2014). Single-step fabrication of bionic-superhydrophobic surface using reciprocating-type high-speed wire cut electrical discharge machining, *Chinese Science Bulletin*, 59, 3691-3695.
- Wernhuar T., Tsai S-H., Lin C. M., Lee C-H. & Liou H-H (2012). Design of Physical Games for Learning the Lotus Effect, *International Journal of Computer Science and Information Technology*, 4, 37-49.
- West A. L., Tumlin T. M., Fakner A. M. & Griep M. H. (2015). Nanostructured Superhydrophobic Surfaces for Nanoeducation and Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Outreach. https://www.researchgate.net/publication/272480038_Nanostructured_Superhydrophobic_Surfaces_for_Nanoeducation_and_Science_Technology_Engineering_and_Mathematics_STEM_Outreach
- Wong, J. & Yu, H-Z. (2013). Preparation of Transparent Superhydrophobic Glass Slides: Demonstration of Surface Chemistry Characteristics. *Journal of Chemical Education*, 90, 1203-1206.
- Wu, J., Farouk, T. & Ward, C. (2007). Pressure Dependence of the Contact Angle. *The Journal of Physical Chemistry B.*, 111, 6189-97.
- Yolcu, H. (2017). Analogies to demonstrate the effect of roughness on surface wettability. *Science Activities*, 54 (3-4), 70-73.
- Yüzey Gerilimi, Orta Öğretim (Lise) Kimyası http://ortaogretimkimyasi.com/ders5_2.html (2021)

EXTENDED ABSTRACT

Nanoscale features are a far cry from those of the macro scale world of our daily life. It is, therefore, demanding to form definitive judgments as to the behavior of substances at nanoscale. The materials at nanoscale tend to be more sticky, shaky, and bumpy than those at macroscale. Such properties have become very useful in various application areas of nanostructures, as in the case of superhydrophobicity.

The studies on teaching the contact angle in the last decade have mostly focused on super hydrophobicity and lotus effect; however, we are required to increase the limited number of similar studies in our country. For a better understanding of the measurement, it is also essential to adopt an inquiry-based instruction that will comprise other factors affecting the contact angle, in addition to the chemical composition and roughness of the surface. As regards the study, the 5E model was used in a particular effort to teach the factors influencing the contact angle, as it allows the students to have a clear concept of, and justification for, the measurement, also enabling them to test their own ideas

through the statements starting with “if, then, so, etc.” This study aims not only to develop the activities related to the factors influencing the contact angle, such as surface type, temperature, drop volume, liquid type, and surface roughness, but also to examine whether the instruction, based on the 5E model and followed during these activities, has contributed to students' conceptual understanding levels. The pilot group in the study consisted of 11 students from the 3rd grade Chemistry Teaching program in the spring semester of the 2018-2019 academic years, while the experimental group was formed by 11 students from the Faculty of Medicine, who took the course of Elective Nanoscience and Nanotechnology in the 2019-2020 academic years.

The activities prepared by the 5E model were applied to the pilot group in the Physical Chemistry Laboratory-2 course for a total of 9 hours in three weeks, and the deficiencies/problems observed in this instruction were identified. Some activities/activity papers were enriched/ rearranged. The use of 5E model in the experimental group was made in the following manner.

Engagement

Students were shown two different videos and asked whether they had discerned any differences/similarities between the samples characterizing the wettability properties of natural and artificial hydrophilic, superhydrophilic, hydrophobic, and superhydrophobic surfaces, and then requested to explain the reasons for such differences/similarities.

Exploration (Exp)

Activity Exp-1: Each group dropped a drop of water at room temperature on every one of the surfaces made of glass, volcanic pumice sample, aluminum strip, and filter paper, and measured the contact angles with a mobile phone application. They repeated the same procedure with these samples covered with copper stearate (CS).

Activity Exp-2: Each group heated pure water to 70-80 °C, dropped it on the aluminum strip, and then measured the contact angle.

Activity Exp-3: Each group dropped pure water drops, larger than the ones in Activity K-1, on the surfaces of glass and CS coated glass, and measured the contact angles.

Activity Exp-4: They formed four different surfaces on the copper plate (unsanded copper, sanded copper, the copper surface without sanding kept in silver nitrate solution, the copper surface with sanding kept in silver nitrate solution), then they dropped one drop of water on each of these surfaces and measured the contact angles. Students observed the surfaces with a stereomicroscope to see if there was any difference.

Activity Exp-5: They dropped a drop of distilled water, acetone, silicone oil, and potassium permanganate solution on the surfaces of glass and CS coated glass, and measured the contact angles. The researchers presented the students with SEM images of the glass samples at different magnifications in order for them to consider whether there was a relationship between these images and the contact angles.

Explanation

Firstly, the researchers asked various questions about the activities of exploration step, and the explanations were discussed. In the second part of this phase, the researchers showed a visual aid with the contact angle on the board and marked the solid-vapor, solid-liquid, liquid-vapor interface tensions on it, and they derived the Young, Wenzel, and Cassie-Baxter equations from these interface tensions, and drew the models for which these equations are valid. They provided the students with a table; then they asked them to fill the effects of the factors on the contact angle (Θ), $\cos \Theta$ and interface tensions (solid-vapor, solid-liquid and liquid-vapor) according to these equations, and also to summarize the table.

Elaboration (Elb)

Activity Elb-1: The groups added soil to the weighing vessel covered with CS by a spatula's tip. Then, they observed what was happening by dropping water into the vessel that they held tilted.

Activity Elb-2: They applied Sea Quick (anti-fog) on one half of the glass slide and Divortex (water repellent) on the other half. They observed glass surfaces by blowing breath on the glass surface with the applied products. Afterward, they dropped pure water on the glass surfaces by holding them in an inclined position and observed the movement of drops.

Activity Elb-3: They coated both sides of the fabric with CS dispersion and dried it in the oven. They then dipped the fabric into a beaker of water, removed it after a few seconds, and explained what had happened according to their observation. At the end, the researchers asked them about the areas in which these products are used daily.

Evaluation

The students were requested to answer the questions posed by the researchers about the surface properties shown in the videos during the engagement step. They were also asked what they gained from this application and whether there had been any change in their former views.

Written opinions at the evaluation step and Contact Angle Conceptual Understanding Test (CACUT) were used as data collection tools. The answers in CACUT were grouped according to Full Comprehension (FC), Partial Comprehension (PC), Misunderstanding (MU) and Not Understanding levels and compared in terms of pre- and post-tests. It was observed in the comparison that the answers in MU level were eliminated and those in FC increased. In addition, it was observed that there were still some students who thought of only adhesion or only cohesion forces in the post-test while explaining the factors affecting the contact angle. The reason why only cohesion forces are considered in the answers is that the sphericity of the water droplet is attributed to the surface tension in all cases and unfortunately the subject of what kind of surface the drop stands on is not mentioned sufficiently. The students expressed positive opinion about the instruction. Suggestions were made to improve the instruction and the activities.