3. Bölüm

Bilimsel Muhakeme Becerileri

Prof. Dr. İlbilge DÖKME

Bilimsel muhakeme becerileri, öğrencilerde düşünme kapasitesini geliştiren zihinsel becerilerdir[1]. Bu bölümde bilimsel muhakeme becerileri Piaget'nin bilişsel gelişim kuramı kapsamında somut işlemler dönemi ve soyut işlemler döneminde gelişen bilimsel muhakeme becerileri olmak üzere iki başlık altında ele alınacaktır.

Somut İşlemler Döneminde Gelişen Bilimsel Muhakeme Becerileri

Piaget'nin bilişsel gelişim kuramına göre somut işlemler döneminde (7-11 yaş aralığındaki çocuklarda) gelişen muhakeme becerileri[1, 2]

- sınıflama becerisi
- sıralama becerisi
- korunum becerisi

olarak adlandırılır. 7-11 yaş aralığında zihinsel gelişimi normal olan çocuklar basit sıralama, sınıflama ve korunum becerilerini kullanabilirler. Örneğin; farklı uzunluklardaki kalemleri kısadan uzuna sıralayabilir; farklı renklerdeki kalemleri renklerine göre gruplandırabilirler. Bu çocuklar korunum becerilerini kullanarak, örneğin, dar bir cam bardaktaki suyun, aynı uzunlukta geniş bir bardağa boşaltılmasıyla yüksekliğinin azalmasına rağmen miktarının değişmeyeceğini akıl yürüterek ifade edebilirler[1]. Dar bir cam bardaktaki suyu, aynı uzunlukta geniş bir bardağa boşaltırsak sıvının yüksekliği azalır, ancak miktarı değişmez. Bu basit bir korunum yasasıdır. Somut işlem öncesi dönemde yani 7 yaşından küçük bir çocuk suyun dar bardaktan geniş bardağa aktarılması sonucunda miktarının azaldığını düşünür. Çünkü suyun yüksekliği azalmıştır ve çocuk sadece gördüğü

ile hüküm verir, derinlemesine akıl yürütmez[1]. Oysa 7 yaşından büyük somut işlemler dönemine geçebilmiş bir çocuk, suyun bir bardaktan diğer bardağa aktarılması ile miktarının değişmeyeceği sonucuna akıl yürüterek ulaşır[1].

Soyut İşlemler Döneminde Gelişen Bilimsel Muhakeme Becerileri

Piaget'nin bilişsel gelişim kuramına göre çocuklar, 11 yaşından sonra somut işlemler döneminden soyut işlemler dönemine geçebilir[3]. Bu dönem, çocukların soyut kavramları algılayabileceği ve daha karmaşık zihinsel faaliyetleri yürütebilecek olgunluğa eriştiğine işaret eder[1]. Zihinsel gelişimi normal olan her çocuk 11 yaşından sonra somuttan soyuta giden yolu kendinde yakalar. Yani, duyumlardan algılara, algılardan kavramlara, kavramlardan hükümlere doğru giden bir yolda kendi somut dünyasından soyut dünyalara kapılar açar[1, 6]. Bu dönmede öğrencilerin öğrenebileceği ve geliştirebileceği muhakeme becerileri aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır[1, 4, 5]:

- Hipotetik düşünerek değişkenleri belirleme ve kontrol etme becerileri
- Olasılıklı düşünme becerileri
- Kombinasyonel düşünme becerileri
- İlişkisel düşünme becerileri
- Orantısal düşünme becerileri

Bir ortaokul öğrencisinin zihninde bu becerilere ilişkin düşünmeler nasıl gerçekleşir? Bir örnek ile inceleyelim[1]:

Örneğin bu öğrencinin pil, pil yatağı, ampul, anahtar ve bağlantı kablolarından oluşan basit bir elektrik devresinde "Ampulün parlaklığı nasıl artırılır?" problemine çözüm bulmaya çalıştığını varsayalım. Öğrencinin bu problem için "***Eğer*** pil sayısı arttırılır ***ise*** ampulün parlaklığı ***artar***." şeklinde bir öngörüsü varsa hipotetik düşünmeye ilk adımı atmıştır. Öğrenci ***olasılıklı düşünme becerisiyle***, "Eğer pil sayısı arttırılır ise ampulün parlaklığı artar." hipotezinin olasılığı kadar "Eğer pil sayısı arttırılır ise ampulün parlaklığı azalır." hipotezinin de olasılığını dikkate alır; ***kombinasyonel düşünme becerisiyle***, mevcut probleme yanıt olabilecek tüm bileşenleri hipotez olarak öngörebilir. Öğrenci tüm hipotezlerini test etmek için deneyler tasarlar. Tasarlayacağı deneylerde ***değişkenleri belirleme ve kontrol etme becerisini*** kullanarak, bir bağımsız değişkenin bağımlı değişkene olan etkisini belirler, ancak bunu yaparken diğer tüm değişkenleri kontrol altında tutar. Deneylerini tamamladıktan sonra bir sonuca ulaşır. Bu sırada ***ilişkisel düşünme ve orantısal düşünme becerilerini*** kullanarak "Pil sayısı arttıkça ampul parlaklığı da artmaktadır" veya "Pil sayısı ampul parlaklığı ile doğru orantılı olarak artmaktadır" gibi sonuçlara ulaşır.

Soyut işlemler döneminde gelişen bilimsel muhakeme becerileri aşağıda daha geniş perspektifte alt başlıklar halinde ele alınmıştır.

Hipotetik Düşünerek Değişkenleri Belirleme ve Kontrol Etme Becerisi

Bu becerinin öğrencilerde gelişimini sağlamak için fen etkinlikleri vasıtasıyla bir problem ışığında öğrencilerin hipotezler oluşturmaları sağlanır. Hipotezlerini test etmek için onların deneyler yapmalarına imkân verilmesi gerekmektedir. Çünkü öğrencilerin hipotezlerini test etmek için yapacakları deneylerde belirlemeleri gereken en önemli durum değişkenlerdir. Bu tarz muhakeme etkinliklerinde öğrencilerin değişkenlerle ilgili aşağıda verilen temalara hakim olarak gerekir.

- değişken,
- değişken değeri,
- değişkenler arası ilişki,
- bağımsız değişken,
- bağımlı değişken,
- kontrol altında tutulan değişken,
- bileşik değişken,
- iki bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerine birlikte ve ayrı ayrı oluşturduğu etki

Fen alanındaki kavramların sosyal alanlardaki kavramlardan en önemli farkı genellikle ölçülebilir olup sayısal değerlerle tanımlanabiliyor olmalarıdır. 2 kilogram'lık madde, 3 litre'lik sıvı, 20 °C'lik sıcaklık, 10 m/sn'lik hız, 2 km'lik yol vb gibi. Bunlar, kavramların nicel özelliğidir. Bazı kavramlar da nitel özellikleriyle tanımlanabilir, örneğin, rengi, kokusu vb gibi. "Değişken" terimi nitelik veya niceliği farklılık gösterebilen bir özelliği belirtmek için kullanılır[1] . Örneğin elimizde; sarı, turuncu, kırmızı ve mavi renklerinde ve boyları sırayla 12, 18, 22 ve 26 cm olan dört kalem olsun. Bu örnekte kalemlerin rengi *nitel* bir değişkendir. Çünkü sarıdan maviye dört farklı değişik "*değerler*" almaktadır. Boy değişkenin aldığı "*değer*ler" sayı ve birim ile ifade edildiği için *nicel* bir değişkendir[1].

İki değişkenin aldığı değerler arasında bir "*ilişki*" olabilir[1]. Örneğin "kalemin rengi koyulaştıkça boyunun uzaması" veya "kalemin boyu uzadıkça kalınlığının azalması" gibi ilişkiler söz konusu olabilir. Değişkenler arasında hiçbir ilişkinin olmadığı durumlarda vardır. Çoğu fen etkinliklerinde "bağımlı değişken", "bağımsız değişken" ve" kontrol altında tutulan" değişkenler vardır. Matematik olarak verilen bir denklemi dikkate alalım:

$$f(x)=y=2x+1$$

Bu denklemde y (örneğin bir kaptaki sıvının basıncı olabilir) bağımlı değişkendir. x (örneğin kaptaki sıvının yüksekliği olabilir) ise bağımsız değişkendir. x olan bağımsız değişkene yani sıvının yüksekliğine değişik değerler verilerek bağımlı değişken olan y, yani sıvının basıncı hesaplanabilir. Bağımlı değişken, bağımsız değişkene verilen değerler nispetinde değişir. Bu örnekte kabın hacmi de kontrol altında tutulan değişken olup denklemdeki sabit sayıları temsil eder.

Bileşik değişken kavramı, bir bağımlı değişkenin iki bağımsız değişkene bağlı olduğu durumlarda ortaya çıkar[1]. Örneğin katıların basıncı, kuvvet ve yüzey alanı niceliklerine bağlı olarak değişir veya momentum kütle ve hız değişkenlerine göre değer alır. İki değişkene bağlı bir niceliğin değişimi incelenirken her bir değişkenin etkisi bir birinden bağımsız olarak incelenebilir[1].

Bilim insanları bazen iki değişkenin birlikte oluşturduğu etkinin, bu değişkenlerin tek başınayken oluşturdukları etkilerden büyük mü yoksa küçük mü olduğunu araştıran çalışmalar yaparlar[1]. Bu tarz bir araştırmaya "Sıcaklık ve besin (şeker) değişkenlerinin mayalanmaya olan etkisi araştırılırken sıcaklık ve besinin ayrı ayrı etkilerini, birlikteyken ki etkisi ile karşılaştırmak." örnek olarak verilebilir[1].

Olasılıklı Düşünme Becerisi

Olasılıklı düşünme becerisine sahip öğrenciler, araştırılan durumun niteliğine göre bazen tek bir hipotez ile yeterli sonuca ulaşılamayacaklarını bilirler. Bu nedenle, diğer bağımsız değişkenlerin de bağımlı değişken üzerine etkisine ilişkin olasılığı dikkate alarak birden çok hipotez kurarlar ve deneylerle bu hipotezlerini test ederler.

İnsanoğlunun algılayabildiği evren dışında mikro ve makro evrenler vardır. Bu evrenlerde var olan nesne ve olaylardaki çokluk, çoğu zaman istatistiki bir yaklaşım gerektirir. İstatistikte, uç olasılık değerleri 0 ve 1 dir. 0, bir olayın gerçekleşme ihtimalinin mümkün olmadığı; 1 ise bir olayın kesin olarak gerçekleşeceğini gösterir[1]. Bu iki uç değer arasındaki değerler ise olasılığın miktarını temsil eder. Tıpkı madeni paranın havaya atıldığında yazı ve tura gelme olasılığının ½ olması veya madeni paranın çok defa havaya atılıp toplamda yazı ve tura gelme olasılığının hesaplanması gibi fen alanındaki pek çok olay olasılık yaklaşımlarıyla araştırmaya tabi tutulur[1]. Bu tarz olayların muhakemesinde olasılıklı düşünme oldukça önemli bir yere sahiptir.

Kombinasyonel Düşünme Becerisi

Hipotetik olarak düşünen öğrencilerin bir probleme ilişkin varsayımlarını oluştururken tüm olasılıkları dikkate alabilmeleri onların kombinasyonel olarak

düşünebildiklerinin bir göstergesidir. Öğrenciler, kombinasyonel düşünme becerileri geliştikçe herhangi bir fen olayında tüm bileşenleri dikkate alarak akıl yürütebilirler. Örneğin saksıdaki bir bitkinin sağlıklı büyümesini araştıran bir öğrenci kombinasyonel düşünme becerisini kullanabiliyorsa büyümeyi etkileyebilecek tüm faktörleri (toprağa verilen su miktarı, toprağın cinsi, ortamın güneş alma durumu, ortamın nemi, ışığa olan açı vb) dikkate alarak öngörülerde bulunur ve araştırmasını geliştirir.

İlişkisel Düşünme Becerisi

İlişkisel düşünme becerileri, öğrencilerin yürüttükleri araştırmalarda elde ettikleri verileri organize ederek sonuca ulaşmalarında oldukça önemli bir yere sahiptir. Örneğin doğrusal olarak ilerleyen bir oyuncak arabayı gözlemleyen öğrencilerde konumun zamanla arttığı fikri oluşabilir. Ancak "konum ile zaman değişkenleri arasındaki ilişki nasıldır?" sorusuna yanıt aranırken; verilerin matematiksel olarak işlenip ilişkisel düşünmelerle makul sonuçlara ulaşılması beklenir. Fen olaylarında değişkenler arasındaki ilişkiler matematikte fonksiyonlarla temsil edilir. Bir bağımlı değişkenin bağımsız değişkene bağlılığını gösteren ilişkiler, doğru veya ters orantılı olabileceği gibi parabolik veya hiperbolik de olabilir. İlişkisel düşünme becerilerini etkili bir şekilde kullanabilen öğrenciler doğru matematik analizlerle araştırmalarını sonlandırabilirler.

Orantısal Düşünme Becerisi

Orantısal düşünme becerilerini etkili bir şekilde kullanabilen öğrenciler araştırma bulgularını doğru matematik analizlere tabi tutarak değişkenler arasında ne tür ilişkiler olduğunu tespit ederler.

İnsanın zihinsel fonksiyonlarının yapı taşları kavramlar ve sayılardır. Sosyal alanlardaki kavramların aksine fen alanlarındaki kavramaların çoğu sayılarla da ifade edilebilen niceliklerdir. Sayılar değişkenler arasında daha objektif ilişkilendirme yapabilmemizi sağlar. Bu ilişkilerin muhakemesinde orantısal ve ters orantısal düşünme oldukça önemli bir yere sahiptir. Örneğin, önümüzde içini görmediğimiz iki çuval olsun: bir elimizle çuvalın birini, diğer elimizle de ikinci çuvalı tutup kaldırdığımızda, çuvalın birinin hafif diğerinin daha ağır olduğunu nitel olarak ifade edebiliriz. Bu çuvalların ağırlıklarını dinamometre ile ölçtüğümüzde ise çuvalların ağırlıklarını sayılarla ifade edip daha objektif karşılaştırmalar yapabiliriz. Ağır olan çuvalın hafif olandan kaç kat daha ağır olduğunu sayılarla hesaplamamız mümkün hale gelir.

Soyut işlemler dönemindeki muhakeme becerileri aşağıda verilen performans ölçeği ile değerlendirilebilir.

BİLİMSEL MUHAKEME BECERİLERİ PERFORMANS DEĞERLENDİRME ÖLÇEĞİ			
Problem ışığında araştırmanın değişkenleri belirlenir.	10 puan (tam)	1-9 puan arası (eksik)	0 puan
Kombinasyonel düşünme ile tüm bağımsız değişkenler için ayrı ayrı hipotezler oluşturulur.	10 puan (tam)	1-9 puan arası (eksik)	0 puan
Her bir hipotezin doğrulanma olasılığına ilişkin olasılıklar öngörülür.	10 puan (tam)	1-9 puan arası (eksik)	0 puan
Hipotezleri test etmek için deneyler yapılır.	10 puan (tam)	1-9 puan arası (eksik)	0 puan
Deney sonuçlarına bağlı olarak değişkenler arası ilişkiler belirlenir.	10 puan (tam)	1-9 puan arası (eksik)	0 puan
Deney sonuçlarına bağlı olarak değişkenler arası ne tür ilişkiler olduğu belirlenir.	10 puan (tam)	1-9 puan arası (eksik)	0 puan

Aşağıda bilimsel süreç ve muhakeme becerilerine vurgu yapılarak sunulan bir fen (STEM) etkinliği "Beceri Temelli Örnek Fen/STEM Etkinliği" başlığı ile verilmiştir. Bu tarz etkinliklerin fen derslerinde yürütülmesi hem öğrencilerde bu becerilerin gelişimine katkı sağlayacak hem de öğrencilerin bu becerileri kullanmalarına ilişkin farkındalık oluşturacaktır.

Üst düzey düşünme becerileri olan soyut işlemler dönemindeki muhakeme becerileri performans ölçeklerinin yanında beceri temelli sorularla da değerlendirilebilir. Bundan sonraki bölümlerde soyut işlemler dönemindeki muhakeme becerilerinin değerlendirilmesine ilişkin beceri temelli sorulara yer verilmiştir.

BECERİ TEMELLİ ÖRNEK FEN/STEM ETKİNLİK-SETİ

Problem
Devasa büyüklükte bir gemi su üzerinde yüzebilirken küçücük bir raptiye neden suya batar?

Problem Etkinliği: Suya Bırakılan Cisimler

Malzemeler: Ataç, kurşun kalem, ilaç şişesi, kibrit çöpleri, iplik, kavanoz kapağı vb gibi metal, tahta, cam ve keçeden yapılmış nesneler, leğen ve su.

Etkinlik aşamaları

1. Metal, tahta, cam ve keçeden yapılmış malzemeleri **gözlemleyiniz** ve gözlemlerinizi kaydediniz.
2. Leğenin içine su doldurup, malzemelerden birini suya bırakmadan önce batıp batmayacağı hakkında **tahminde bulununuz.** Daha sonra malzemeyi su içine bırakarak **gözlemleyiniz.**
3. İkinci basamakta yaptığınız işlemi tüm malzemeler için tekrarlayınız.
4. Batma, yüzme durumuna göre malzemeleri **sınıflandırınız.**

Sonuç ve Tartışma

Bazı çisimler suyun dibine batarken bazı cisimlerin su yüzeyinde kalma sebebi nedir? Bu soru kapsamında **çıkarımlarınız** nedir?

Çıkarımlarınıza göre hipotezlerinizi oluşturun
? Cisimlerin yüzme batma durumu cisimlerin kütlesine bağlıdır.
? Cisimlerin yüzme batma durumu cisimlerin hacmine bağlıdır.
Hipotezlerinize göre değişkenleri belirleyin
Bağımlı Değişken: Cisimlerin yüzme batma durumu
Olası Bağımsız Değişkenler: Cisimlerin kütlesi veya hacmi

Bazı değişken/leri kontrol altında tutarak deney planlayın ve hipotezlerinizi test edin

- Kütleleri eşit hacimleri farklı cisimleri suya bırakmak suretiyle hacim değişkeninin yüzme-batma durumuna etkisinin araştırılması deneyi.
- Hacimleri eşit kütleleri farklı cisimleri suya bırakmak suretiyle kütle değişkeninin yüzme-batma durumuna etkisinin araştırılması deneyi.

Keşfetme Etkinliği-1: Suya Bırakılan Kavanozlar

Malzemeler: Terazi, 4 adet 250gr'lık reçel kavanozu, 1 adet 500 gr'lık reçel kavanozu, 1 adet 1000 gr (1 kg)'lık reçel kavanozu, Şeffaf derin bir leğen, su.

Etkinlik aşamaları

1. 250 gr'lık reçel kavanozlarının içine kum, bilye veya ağırlık (kütle takımından olabilir) koyarak birincisi 300 gr, ikincisi 500 gr ve üçüncüsü 800 gr olana kadar **terazide tartınız**. Elinizde hacimleri aynı, kütleleri sırayla 300 gr, 500 gr ve 800 gr olan üç kavanozunuz olmalı. Bu üç kavanozu sırayla içine su doldurduğunuz leğene bırakarak yüzme -atma durumlarını **gözlemleyiniz.**
2. 250gr, 500gr ve 1000 gr'lık hacimleri farklı üç kavanozunuzun içerisine her birinin kütlesi 1200 gr olacak şekilde içine ağırlık **koyarak terazide tartınız.** Elinizde kütleleri eşit (1200 gr) ve hacimleri farklı üç kavanozunuz olsun. Bu üç kavanozu sırayla içine su doldurduğunuz leğene bırakarak yüzme -batma durumlarını gözlemleyiniz.

Sonuç ve Tartışma

Cisimlerin yüzme batma durumu cisimlerin kütlesine bağlı mıdır?
Cisimlerin yüzme batma durumu cisimlerin hacmine bağlı mıdır?

Keşfetme Etkinliği-2: Kavanozun Kütle/Hacmi

Malzemeler: Terazi, 1 adet 250gr'lık reçel kavanozu, 1 adet 500 gr'lık reçel kavanozu, 1 adet 1000 gr (1 kg)'lık reçel kavanozu, Şeffaf derin bir leğen, su.

Etkinlik aşamaları

1. 250 gr'lık boş reçel kavanozunu (250 cm^3 hacminde) terazide tartarak kütlesini ölçünüz. Bu kavanozun kütle/hacim oranını hesaplayarak kaydediniz. Kavanozu, içinde su olan leğene bırakarak yüzme-batma durumunu gözlemleyiniz.
2. 250 gr'lık boş reçel kavanozunun içine yarıdan az su koyup ağzını sıkıca kapatınız. İçinde su olan kavanozu terazide tartarak kütlesini ölçünüz. Bu kavanozun kütle/hacim oranını hesaplayarak kaydediniz. Bu kavanozu, içinde su olan leğene bırakarak yüzme-batma durumunu gözlemleyiniz.
3. 250 gr'lık boş reçel kavanozu tamamen su ile doldurup ağzını sıkıca kapatınız. İçinde su dolu kavanozu terazide tartarak kütlesini ölçünüz. Bu kavanozun kütle/hacim oranını hesaplayarak kaydediniz. Bu kavanozu, içinde su olan leğene bırakarak yüzme-batma durumunu gözlemleyiniz.
4. İlk üç aşamada yaptıklarınızı 500 gr ve 1000 gr'lık kavanozlar içinde tekrarlayınız. Tüm verilerinizi bir tablo haline getiriniz.

Sonuç ve Tartışma

Tablo haline getirdiğiniz verilerinizde, kavanozların kütle/hacim değerlerini suyun özkütlesi (1gr/cm^3) ile karşılaştırarak yüzme-batma durumunu yorumlayınız. Cisimlerin yüzme batma durumu için ulaştığınız sonuç nedir? Bir genelleme yaparak ulaştığınız sonucu bilimsel kavramlarla tanımlayınız.

Mühendislik Tasarım ve Ürün Oluşturma

Öğrendiklerinizin ışığında, balıklarınız için içerisinde besin tutabileceğiniz akvaryumda yüzen bir kabın maketini tasarlayıp oluşturun. Ürününüz ile birlikte **poster haline** dönüştürdüğünüz etkinlik setindeki araştırmanızın tamamını arkadaşlarınızla gerçek veya sanal ortamlarda **paylaşın.**

KAYNAKLAR

1. Dökme, İ., Gödek, Y., Ünlü, Z. K., Yüzüak,A.V. (2019). Bilimsel Muhakeme Becerileri ile Düşünme Sanatı, ISBN : 978-605-170-281-0, Anı Yayıncılık, Ankara.
2. Lawson, A. E. (1995). Science teaching and the development of thinking (Second edition). Belmont, California: Wadsworth Publishing Company.
3. Lawson, A. E. (2010). *Teaching inquiry science in middle and secondary schools*. California: USA.
4. Senemoğlu, N. (2005). *Gelişim öğrenme ve öğretim.* (12.basım). Ankara: Yorum Matbaası.
5. Lawson, A. E. (1978). The development and validation of classroom test of formal reasoning. Journal of Research in Science Teaching, 15(1), 11-24.
6. Arvasi, S. A. (1968). Kendini arayan insan. İstanbul: Toker Matbaası.