

Üçüncü Uluslararası Matematik ve Fen Araştırması (TIMSS): Fen Öğretimi, Bilimsel Araştırma ve Bilimin Doğası

Gülşen BAĞCI KILIÇ

Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, İlköğretim Bölümü
Fen Bilgisi Öğretmenliği Anabilim Dalı
gbk@ibu.edu.tr

ÖZ: Bu makalede fen öğretiminin artık bilimsel araştırma yoluyla yapıldığı uluslararası bir çalışmada toplanan veriler kısaca değerlendirilerek vurgulanmakta, buna ülkemizin de önem vermeye başladığı belirtilmektedir. Bu konu ilköğretim fen programında yeterli düzeyde açıklanmadığı için yazar bilimsel araştırma yoluyla fen öğretilmesi için gereken bilimsel süreç becerilerini açıklamakta ve makalenin sonunda da bilimsel süreç becerilerini geliştirebilecek nitelikte bir kaç örnek etkinlik vermektedir. Bu etkinliklerle, bilimsel araştırma yöntemini uygulamak isteyen öğretmenlere yardımcı olmak amaçlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Bilimsel araştırma, fen öğretimi, bilimsel süreç becerileri, TIMSS

GİRİŞ

Bir Temel fıkrası:

Temel pire üzerinde bir deney yapmak için deney setini hazırlamıştır. Pireye zıpla diye komut verirken pirenin zıpladığını gözlemiş ve bazı notlar almıştır. Daha sonra pirenin bir bacağı koparmış ve pireye zıpla dediğinde pirenin zor da olsa zıpladığını görmüştür. Daha sonra Temel pirenin ikinci bacağı da koparmış ve pireye zıpla dediğinde pirenin zıplayamadığını gözlemiştir. Bunun üzerine Temel deney sonucunu şöyle açıklamıştır: “Pirenin iki bacağı koparıldığında duyma duyusu kaybolur.”

Bu fıkra insanları güldürmekle birlikte fen öğretimi açısından incelenirse Temel’in bilimsel süreç becerilerinin (science process skills) gelişmediğini göstermektedir. Temel yaptığı deneyde pirenin bacağı koparıldığı için zıplayamadığını gözlemiş fakat bu gözlem verilerini pirenin duyma duyusunda azalma olduğu yolunda yorumlamıştır. Temel gibi yanlışlar yapmamak için, bilimsel süreç becerilerinin her insanda gelişmesi gerekir. Bunun önemini anlayan fen öğretmenleri fen öğretimi felsefesinde değişikliklere giderek fen bilgisi öğretmenin yanında bilimsel düşünebilmek, bilim yapabilmek için gereken ve her alanda insanın daha sağlıklı düşünmesini sağlayacak bilimsel süreç becerileri geliştirmeye yönelik, bilimsel araştırma (scientific inquiry) yoluyla fen öğretmeyi amaçlamaktadırlar. Bilimsel araştırmaya bazı ülkelerin fen programlarında da geniş yer vermeye başlanmıştır (Rutherford & Ahlgren, 1991; Soo-Boo, 1991; Donnelly, 2001; NRC, 1996).

Bu çalışmada; bilimsel araştırmanın oldukça önemsendiği fakat çoğu ülkede yeterince gerçekleştirilemediği fen alanında yapılan bir uluslararası araştırma kullanılarak tartışılacaktır. Bu araştırma, 1999 yılında 38 ülkenin katılımıyla gerçekleşen TIMSS-1999 (the Third International Mathematics and Science Study- Repeat) araştırmasıdır. TIMSS-1999 çalışmasında fenin altı alt alanı tanımlanmış, bu alanlardan oluşan bir sınav hazırlanmış ve katılan ülkeler bu sınavı kendi dillerine çevirerek ülkelerinden seçtikleri bir öğrenci örnekleme uygulamışlardır. Çalışma sadece sınavla kısıtlı kalmayıp katılan ülkelerin daha kapsamlı karşılaştırılabilmeleri için fen programları, ders uygulamaları ile ilgili yetkililerden, öğretmenlerden ve öğrencilerden anketler yoluyla veriler toplanmıştır. TIMSS-1999 çalışmasında tanımlanan fenin altı alt alanı; canlı bilimi, dünya bilimi, fizik, kimya, çevre ve kaynaklar, bilimsel araştırma ve bilimin doğasıdır. Bilimsel araştırma ve bilimin doğası alanı şu şekilde tanımlanmıştır (ISC, 2000a: Exhibit 1.3).

Bilimsel araştırma ve bilimin doğası: Bilimsel bilginin doğası, bilim, teknoloji, matematik ve toplum arasındaki ilişki, bilimsel buluşlarda kullanılan araçlar, prosedürler ve süreçler. Bilimsel araştırma ve bilimin doğası altında yer alan başlıklar şunlardır:

- Bilimsel metot (hipotez kurma, gözlem yapma, çıkarım yapma, genelleme)
- Deneysel tasarım (deneysel kontrol, materyaller ve süreçler)
- Bilimsel ölçümler (geçerlilik, tekrar, deneysel hata, tutarlılık, skala)
- Bilimsel araçları kullanma ve rutin deneysel işlemler yapmak
- Veri toplama, düzenleme, temsil etme (birimler, tablolar, şekiller ve grafikler)
- Verileri tanımlama ve yorumlama

TIMSS-1999 çalışmasındaki fen sorularının %8'i bilimsel araştırma ve bilimin doğası alanından sorulmuştur. TIMSS-1999 çalışmasında sorulan soruların bir kısmı yayınlanmaktadır (ISC, 2000b). Bilimsel araştırma ve bilimin doğası alanından toplam 12 soru sorulmuş ve bu sorulardan dört tanesi yayınlanmıştır. Sorular ve cevapları aşağıda verilmektedir:

Soru 1: İki şişeden biri sirke, diğeri zeytin yağı ile doldurulmuştur. Şişeler ağızları açık olarak güneş alan bir pencerenin önüne konulmuştur. Günler sonra yapılan gözlemden iki şişenin de boş olduğu gözlenmiştir. Bu gözlemden ne sonuç çıkarılabilir?

- A. Sirke zeytin yağından daha hızlı buharlaşır.
- B. Zeytin yağı sirkeden daha hızlı buharlaşır.
- C. Sirke ve zeytin yağı buharlaşır.
- D. Sadece su içeren sıvılar buharlaşır.
- E. Güneş ışığı buharlaşma için gereklidir.

Cevap 1: C şıkkıdır.

Bu sorunun uluslararası doğru cevaplanma yüzdesi %48'dir. Bu soruda öğrencilerin yapılan bir gözlemden bilimsel bir yorum yapmaları istenmektedir. Bu soruyu cevaplayabilmek için öğrencilerin deneylerde gözlemler yaparak ve gözlemlerde elde edilen verileri yorumlayabilme becerilerinin gelişmiş olması gerekir. Bu soruya doğru cevap veren öğrencilerin yüzdeleri her ülke için açıklanmıştır. İngiltere ve Singapur'dan katılan öğrencilerin %78'i, Hollanda ve Amerika Birleşik Devletlerinden katılan öğrencilerin %76'sı bu soruya doğru cevap vermişlerdir. Ülkemizden katılan öğrencilerin ise %40'ı bu soruya doğru cevap vermişlerdir.

Bu soru makalenin başında verilen Temel fıkrasına benzemektedir. Bu soruyu yanlış cevaplayan, örneğin sirke zeytin yağından daha hızlı buharlaşır yorumunu yapan bir öğrenci, Temel'in düştüğü hataya düşmekte ve gözlem sonuçlarından yanlış yorum yapmaktadır. Günler sonra tek gözlem yapılmıştır ve iki sıvının da buharlaştığı gözlenmiştir. Aralarda gözlem yapılmadığı için hangisinin daha hızlı buharlaştığı yolunda yorum yapılamaz. Temel de pirenin bacaklarını kesip, zıplayamadığını gözlediği halde bu gözlem verilerini pirenin duyu kaybına uğraması olarak yorumlamıştır.

Soru 2: Bilim adamlarının deneylerde aldıkları ölçümleri tekrarlamalarının nedeni aşağıdakilerden hangisidir?

- A. düzeneğin çalıştığını kontrol etmek
- B. sonuçları tabloda listelemek
- C. deneysel hatayı tahmin etmek
- D. deneysel durumları değiştirmek

Cevap 2: C şıkkıdır.

Bu sorunun uluslararası doğru cevaplanma yüzdesi %40'dır. Bu soruda öğrencilerin deneylerde ölçümlerin neden tekrar edildiğini bilip bilmedikleri ölçülmeye çalışılmaktadır. Öğrencilerin bu soruyu cevaplayabilmeleri için ölçüm alınan bazı deneylerde birden fazla ölçüm olarak deneysel hatayı hesaplamaları ve ne anlama geldiğini, neden gerekli olduğunu anlamaları gerekir.

Soru 3: Alexander Fleming bir deney kabında çoğalan bakterinin aynı tabakta oluşan bir küfün yanında çoğalmadığını gözler. Bu gözlemine dayanarak deney raporuna şunu yazar "Küf bakteriyi öldürecek bir madde üretiyor olabilir". Bu cümle aşağıdakilerden hangisidir?

- A. gözlem
- B. hipotez
- C. genelleme
- D. çıkarım

Cevap 3: B şıkkıdır. Bu sorunun uluslararası doğru cevaplanma yüzdesi %35'tir. Bu soruyu cevaplayabilmek için öğrencinin gözlem, hipotez, genelleme ve çıkarımın ne olduğunu biliyor olması ve hipotez oluşturma becerisinin gelişmiş olması gerekir.

Soru 4: Egzersiz yaptıktan sonra kalp atışlarının normale dönmesi için geçen süreyi bulmak amacıyla bir deney yapacağınızı varsayın. Hangi materyalleri kullanırsınız ve nasıl bir yol izlersiniz?

Cevap 4: Bu soru açık uçlu bir sorudur ve aşağıdaki rubrik (not cetveli) kullanılarak değerlendirilmiştir. Sorunun uluslararası doğru cevaplanma yüzdesi %12'dir. Bu soruyu cevaplayabilmek için öğrencinin deney yapma becerisinin gelişmiş olması gerekir.

Kod	Doğru Cevaplar
20	Aşağıdaki özellikleri içeren bir prosedür tanımlar: i. biri (ya da kendisi) normal kalp atışını ölçer (kronometre kullanarak) ii. denek egzersiz yapar. iii. deneğin egzersizi bitirdiği andan kalp atışları normale dönene kadar geçen zaman ölçülür.
29	Diğer doğru kabul edebilecek cevaplar
Kısmi doğru cevaplar	
10	Kod 20'deki cevap, fakat başta normal kalp atışı ölçümü belirtilmemiş. Örnek: Materyaller: kronometre, kişi. Bir denek 5 dakika egzersiz bisikletine biner ve durur. Kalp atışlarının normale dönene kadar geçen süre ölçülür.
11	Kod 20'deki cevap fakat egzersizin bitiminden kalp atışlarının normale dönmesine kadar geçen zamanın ölçülmesi belirtilmemiş. Örnek: Saat Dinlenmiş haldeki kalp atışlarını ölç. Egzersiz yap. Daha sonra kalp atışların normale dönene kadar kalp atışlarını ölç. Kalp atışını ölç ve kaydet. Sonra bir süre egzersiz yap. Egzersiz yapmayı bırak ve kalp atışlarının normale döndüğü noktayı kaydet.
19	Bir kriterin tamamıyla tanımlanmadığı kısmi doğru cevaplar.
Yanlış Cevaplar	
70	Prosedür yok. Sadece materyaller yazılmış. Örnek: Saat, insan ve egzersiz aletleri
71	Kod 20'deki kriterleri tam tanımlamadan yüzeysel prosedürü tanımlar. Örnek: Bir kişiye egzersiz yaptır ve kalp atışlarını ölç.
72	Sadece kalp atışının nasıl ölçüleceğini anlatır. Örnek: Parmağınızı bileğinize koyun ve nabzınızı 10 saniye süre ile sayın.
79	Diğer yanlış cevaplar
Boş cevap	
99	Boş bırakılmış

TIMSS 1999'da sorulan sorular incelendiğinde dört sorunun da tamamen bilimsel süreç becerilerini ölçtüğü görülmektedir. TIMSS-1999 çalışmasında, Türkiye genel sıralamada 38 ülkeden 33. olmuş ve uluslararası ortalamanın istatistiksel anlamlı farkla altında kalmıştır. Bilimsel araştırma ve bilimin doğası alanında yapılan sıralamada da 33. olmuştur. Bilimsel araştırma ve bilimin doğası alanında yapılan sıralamada ilk beşe giren ülkeler sırasıyla Singapur, Güney Kore, Japonya, Tayvan ve İngiltere'dir. Bu

ülkeler genel sıralamada da çok başarılı olan ülkelerdir. Genel sıralamada Tayvan birinci, Singapur ikinci, Japonya dördüncü, Kore beşinci ve İngiltere dokuzuncu olmuştur.

TIMSS-1999 çalışmasında ülkelerin fen programları hakkında da veriler toplanmıştır. Türkiye fen programında dünya bilimi, canlı bilimi, fizik, kimya, çevre fen alanlardaki konuların tamamını (%100) öğretmeyi amaçladığını rapor ederken, bilimsel araştırma ve bilimin doğası alanında belirlenen alt başlıkların %67'sini öğretmeyi amaçladığını rapor etmiştir (ISC, 2000a: Exhibit 5.11). Buna TIMSS-1999 çalışmasına katılan çoğu ülkede çok fazla önem verilmektedir. Örneğin, Avustralya, İngiltere, İsrail, Malezya, Amerika, Tayvan, Singapur ve Japonya. Ayrıca, öğretmen ve öğrencilerden toplanan veriler incelendiğinde Türkiye fen derslerinde en az deney yapılan ülkelerdendir (ISC, 2000a: Exhibit 6.9).

Türkiye'de 2001-2002 öğretim yılı birinci döneminde uygulanmaya başlanan yeni İlköğretim Fen Bilgisi programının "Giriş" bölümünde öğrencinin temel rolü kendisinin keşfetmesi ve öğrenmesi olarak tanımlanmıştır (Milli Eğitim Bakanlığı, 2000). Programın "Öğretim Programından Beklenenler" bölümünde programın bilimin önemini kavramış, toplumsal ve teknolojik gelişmelere uyum sağlayan ve bu gelişmelere katkıda bulunan, görev ve sorumluluk bilinci taşıyan, yetenekli, bilgili, deneyimli ve nitelikli uygar bireyler yetişmesini sağlamayı hedeflediği belirtilmektedir. Öğrenciler bu hedefe yönelik kazanımlara, öğrenmede birbirinden ayrılmayan ve bütünlük içinde uygulanması gereken şu dört süreç ile ulaşabilecekleri belirtilmektedir:

- "Sorular sorarak, inceleme ve gözlemler yaparak, veriler üretip değerlendirerek; kısaca bilimsel düşünerek,
 - Ulaştıkları sonuç ve bulguları, ilgili başka sonuç ve bulgularla ve farklı görüşlerle karşılaştırıp uygun şekilde yazarak ve sunarak; kısaca bilimsel iletişim kurarak,
 - Bilimin sonuçlarını, karşılaştıkları çeşitli gözlem, sorun ve fikirleri açıklamak için kullanarak; kısaca bilimi yaşama geçirerek,
 - Edindikleri bilgi ve becerileri, yerinde ve doğru kullanarak; kısaca sorumlu davranarak"
- (Milli Eğitim Bakanlığı, 2000 sayfa: 1003)

Aynı bölümde bilimsel araştırmaya önem verildiğini gösteren bir paragraf daha bulunmaktadır:

"Özellikle fen bilimleri öğreniminde, öğrencilerin yaş ve düzeylerine göre uyulması gereken **gözlemden model ve formül geliştirmeye kadar** bir dizi aşama vardır. Bunlara ek olarak **bilimsel öğrenim süreci** uygulanırken ve konular işlenirken dört ana grup halinde belirtilen şu önemli hususların ve birleştirici kavramların kapsanması gerekir:

- Kavramlar, ilkeler, gerçekler, yasalar ve kuramlardan oluşan bilimsel bilgiler kapsanmalıdır.
- Bilimsel bulguların geliştirilmesini sağlayan ve çeşitli teknikler içeren **bilimsel süreçler** uygulanmalıdır.
- Benzerlikler ve çeşitlilik, değişme ve kalıcılık, sistemler ve etkileşimler, sağlık ve iyi yaşam, bilim, teknoloji, toplum ve çevre ilişkileri vurgulanmalıdır." (Milli Eğitim Bakanlığı, 2000 sayfa: 1003)

Programdan alınan yukarıdaki kesitlerden yeni fen programı tanıtılırken, bilimsel araştırmalar yoluyla fen öğrenilmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Öğrencilerin yaş ve düzeylerine göre uyulması gereken **gözlemden model ve formül geliştirmeye kadar bir dizi aşama** bilimsel süreç becerileri olabilir. Öğrencilerin bilimsel araştırma yoluyla fen öğrenebilmeleri için geliştirmeleri gereken bilimsel süreç becerileri vardır. Bunlar hakkında programda daha fazla açıklama yoktur. Bu makalede kısaca bilimsel süreç becerilerine değinilecek ve bir kaç örnek etkinlik verilecektir.

Bilimsel Araştırma Yoluyla Fen Öğretimi ve Bilimsel Süreç Becerileri

Bilimsel araştırma yoluyla fen öğretimi problem çözme stratejisini kullanır. Bilimsel araştırma yoluyla fen öğretiminde probleme ve çözüm yoluna öğrenciler karar verir, uygularlar, uygulama içinde verilen kararları değiştirilebilir. Ayrıca, bilimsel araştırma yoluyla fen öğretiminde problemler açık uçlu

ve gerçek hayattan problemlerdir. Bilimsel araştırma yoluyla fen öğretiminde öğretmen rehberliği azdır. Bilimsel araştırma yoluyla fen öğretiminde amaç, öğrencileri bilim yapma sürecine yönlendirmek ve bilimsel bilgileri kendi bilimsel araştırmaları sonucunda oluşturmalarını desteklemektir. Bilimsel araştırma yaparken sadece bilimsel bilgi üretmekle kalmayıp hayatta bilimsel düşünmek ve gerektiğinde bilimsel süreçleri kullanarak bilgiye ulaşmak için beceriler geliştirmeleri ve bilimin doğasını yaşayarak öğrenmeleridir.

Öğrenciler bilimsel araştırma yoluyla fen öğrenirken dikkat edilmesi gereken noktalar vardır. Öğrencilerin bilimsel süreç becerileri onlar kullandıkça gelişecektir, fakat öğrencilerin yaşları dikkate alınmalıdır. İlköğretimin ilk kademelerinde (A-3) öğrencilerden bilimsel araştırma tasarımları ve uygulamaları beklenmemeli fakat bunların temelleri atılmalıdır. Yapılabilecek küçük etkinliklerle öğrencilerin detaylı gözlem yapma, ölçüm yapma, yapılanların ve verilerin kaydedilmesi, verileri yorumlama, verilere dayanarak çıkarımlar yapma gibi becerilerin geliştirilmesi amaçlanmalıdır. Bu tür beceriler daha üst becerilere temel hazırladığı için temel süreç becerileri olarak adlandırılmaktadır (Abruscato, 1996; Martin, Sexton & Gerlovich, 2002). Öğrencilerin fen öğrenirken yapacakları küçük etkinliklerle temel becerileri geliştirmeleri desteklenmelidir.

Temel Beceriler

Gözlem Yapma: Gözlem nesnelere ya da olayları incelerken duyularımızı kullanarak ya da değişik aletleri kullanarak yaptığımız incelemelerdir. Gözlem yaparken nesnelere özelliklerine, hareketlerindeki ya da yapılarındaki değişime dikkat ederiz. Gözlemler nitel ya da nicel olabilir. Nitel gözlemler suyun kaynamasının gözlenmesi, çiçeğin boyunun uzamasının gözlenmesi gibi ölçüm gerektirmeyen gözlemlerdir. Gerektiğinde nicel gözlemlerde yaparız, örneğin suyun kaynaması öncesinden başlayarak suyun sıcaklığını ölçtüğünüzde ya da bitkinin boyunu belli zaman aralıklarıyla ölçerek bitkinin büyümesi gözlenirse bunlar nicel gözlemlerdir. Öğrencilerin gözlem yapma becerilerini geliştirebilmeleri için bol bol gözlem yapmaları gerekir. Fen derslerinde değişik büyüme özelliğine sahip büyüteçler, son sınıflara doğru basit mikroskoplar ve varsa teleskop kullanarak çevrelerindeki nesne ve olayları gözlemleri sağlanabilir. Yaptıkları etkinliklerdeki nesne ve olayları incelerken ne gördükleri yolunda sorgulanmalı ve gözlemleri yoluyla veri toplamaları desteklenmelidir.

Sınıflandırma yapma: Sınıflandırma gözlem yoluyla toplanan verilerin düzenlenmesidir. Öğrencilerin bu beceriyi geliştirebilmeleri için bol bol sınıflandırma etkinlikleri yapılmalıdır. Öğrencilerin topladıkları verileri sıralamaları, aralarındaki ilişkilere göre düzenlemeleri istenmelidir. İlk sınıflardaki öğrencilere çalışma yaprakları düzenlenerek, verilerin girileceği tablolar dağıtılarak bu beceri desteklenebilir. Gözlemlerini sınıflandırdıkça, gözlemlerinden bilgi üretmeleri daha sağlıklı yapılabilir. Bitki ve hayvan sınıflandırmaları işlenirken öğrencilere değişik kriterlere göre sınıflandırmalar yapmaları istenebilir. Bunun dışında çok miktarda kaya, toprak, bitki, çiçek örnekleri verilerek de öğrencilerden sınıflandırma yapmaları istenebilir.

Bilimsel İletişim Kurma: İletişim fikir ve düşüncelerin paylaşılmasıdır. Sözlü ya da yazılı olabilir. Öğrencilerin yaptıkları etkinlikte gözledikleri olaylar hakkında fikir yürütmeleri ve bunları grup arkadaşlarıyla paylaşmaları, grup tartışmaları yapmaları desteklenerek ve grubun bulduğu sonuçları sınıfa sunmaları sağlanarak geliştirilebilir. Bu yolla öğrenciler bilgilerini paylaşırlar ve birbirlerine dönüt üretirler yani bilimsel iletişim kurarlar. Toplanan verilerden grafik çizme, tablo oluşturma ve rapor yazmak verilerin anlaşılmasını kolaylaştırması ve bilimsel iletişimi desteklediği için kullanılabilir.

Ölçüm Yapma: Ölçüm, bir gözlemin nicel veriye çevrilmesidir. Ölçüm bazen standart olmayan yollarla (adım, karış, v. b.) bazen de standardize edilmiş aletlerle yapılabilir. Ağırlık, kütle, uzunluk, sıcaklık gibi özellikler bilimsel aletlerle ölçülebilir. Öğrencinin bu beceriyi geliştirmesi içinde etkinliklerde ölçüm yapması gerekir. Fen deneylerindeki kütle ölçümleri, sıcaklık ölçümleri bu amaca hizmet eder. Fakat sınıf ortamında da öğrencilere ölçüm yaptırılabilir. Örneğin, öğrenciler boylarını ölçebilirler, sınıftaki değişik eşyaların boylarını ölçebilirler, sınıfa ya da sınıf penceresinin dışına yerleştirilen bir termometre ile sıcaklık ölçebilirler.

Tahmin Etme: Bir olayın sonucunu elimizdeki verilere ya da geçmişteki deneyimlerimize dayanarak önceden kestirmeye tahmin denir. Tahminler doğru ya da yanlış çıkabilir; olay beklediği gibi ya da beklenenden farklı sonuçlanabilir, fakat tahmin etmek öğrencilerde gelişmesi gereken bir beceridir.

Bu beceriyi geliştirmek içinde öğrencilerden deney ya da küçük de olsa bir eylem yapacakları zaman sonucunda ne olacağı sorularak, tahmin etmeleri sağlanabilir. Örneğin, bir cisim suya atmadan önce batıp batmayacağını tahmini, bitkilerinin güneş almadığında ne olacağını tahmini gibi tahminler yapılabilir.

Çıkarım Yapma: Çıkarım bir gözlemin nedenleri konusunda yaptığımız tahminlerdir. Çıkarım genelde tahminle karıştırılır. Tahmin bir **olayın sonucunu** önceden kestirmektir. Çıkarım ise o **olayın nedenleri** hakkındaki tahminlerimizdir. Çıkarımlarımız verilere dayanmak zorundadır. Gözlem yoluyla veri toplar, bu verilere dayanarak da gözlediğimiz olayların nedenleri hakkında çıkarımlarda bulunuruz. Örneğin, ışığın bitki büyümesine etkisi deneyinde bir bitkiyi üç gün boyunca güneş ışığında, benzer bir bitkiyi de karanlık ortamda bırakalım. Üç günün sonunda iki bitki yanyana konulduğunda elde ettiğimiz veri, güneş ışığı alan bitkinin sağlıklı büyümeye devam ettiği, karanlıkta kalanın ise buruştuğudur. Bu verilere dayanarak karanlık ortamda kalan bitkinin buruşmasının nedenleri konusunda yapacağımız çıkarım da güneş ışığının bitki büyümesinde etkili olduğu olabilir. Deney başında iki bitki hakkında yapılan önkestirmeler, yani karanlık ortama koyduğumuz bitki buruşacak ya da kuruyacak denmesi de bir tahmindir.

Temel becerilerden her biri için ayrı etkinlikler seçmek gerekmez. Öğrenciler bir etkinlikte gözlem yapabilir, gözlem verilerini sınıflandırabilir, gözlemlerinden çıkarımlar yapabilir, gözlemlerini arkadaşlarına sunarak bilimsel iletişim kurabilir. İlköğretim okullarındaki öğretmenler çocukların amaçlanan fen konularını araştırma yoluyla öğrenebilmeleri için yukarıdaki temel becerileri kullanacakları etkinlikler araştırabilirler ya da tasarlayabilirler.

İlköğretimin ilk kademelerinde öğrenciler temel becerileri geliştirmişlerse, 4-5. sınıflarda ve ikinci kademede birleştirilmiş becerilerin geliştirmeleri desteklenerek daha bilimsel araştırmalara doğru yönlendirilebilirler ve daha uzun araştırmalar yapabilirler. İlköğretimin ikinci kademesindeki fen öğretiminde araştırma yoluyla fen öğretimine daha çok önem verilebilir çünkü bu yaşlardaki öğrenciler araştırma yoluyla fen öğretimini gerçekleştirebilirler ve bu tarzda fen öğretimi de onların kompleks düşünce becerilerini geliştirmelerini destekler. İkinci kademede öğrencilerin bilimsel araştırma yaparken geliştirebilecekleri birleştirilmiş beceriler aşağıda anlatılmaktadır. Bu becerilerin birleştirilmiş beceriler olarak adlandırılmasının sebebi temel becerilerin bir ya da bir kaçının üzerine kurulan beceriler olmasıdır (Abruscato, 1996; Martin, Sexton & Gerlovich, 2002).

Birleştirilmiş Beceriler

Değişkenleri Belirleme ve Kontrol Etme: Genelde olayları etkileyen birden çok değişken vardır. Gözlediğimiz bir sonucun nedenini tam olarak bulmak istiyorsak ya da bir değişikliğin sonucunu merak ediyorsak, söz konusu değişken dışındaki değişkenleri belirleyip kontrol etmemiz gerekir. Değişkenleri belirleme ve kontrol etme becerisi yapılan deneyler hakkında öğrencilerle deney öncesinde deneyi etkileyecek değişkenler ve bunları nasıl kontrol edecekleri ya da nasıl değiştirecekleri konusunda tartışma yapılarak geliştirilebilir. Bu becerinin geliştirilebilmesi için başka önemli fırsatlar deneylerin beklenen sonuçları vermediği zamanlardır. Bu durumla karşılaşan fen öğretmeni panik olmamalı, hemen bu deneyimi o deneyin neden beklediği şekilde sonuçlanmadığı hakkında öğrencileri sorgulayarak deneyi etkileyen değişkenleri belirlemelerini ve sonuçlarını etkileyen kontrol edilmesi gereken değişken varsa onu da kontrol edip deneyi tekrarlamalarını sağlayabilir. Böylece, beklenen sonucu vermeyen bir deney öğrenciler için eşsiz bir bilim yapma fırsatı olabilir.

Hipotez Oluşturma ve Sınama: Hipotez tahmine çok benzer fakat daha kontrollü ve formaldır. Deneyin sonucu hakkında varolan bilgilere dayanarak yapılan eğitimli tahminlerdir. Doğru olmak zorunda değildir. Hipotezi oluşturduktan sonra doğruluğunu sınamak gerekir. Bu da deney tasarlamakla mümkündür. Hipotezde yer alan iki değişken dışındaki bütün değişkenler mümkün olduğunca kontrol edilmelidir ki, gözlenecek ilişki sadece iki değişkenin etkileşimi hakkında bilgi versin.

Verileri Yorumlama: Deney ve gözlemler boyunca veri toplanır. Veriler nicel ya da nitel olabilir. Örneğin, ölçüm yapıldığında nicel veriler, nitel gözlemler yapıldığında da nitel veriler toplanır. Toplanan verilerin organize edildikten sonra yorumlanması gerekir. Verileri yorumlamak ise veriler üzerinde mantıklı düşünülerek sonuçlar çıkarılmasıdır. Verileri yorumlarken o verilerden ne anladığımızı belirtiriz.

İşevuruk Tanım Yapma: Öğrencilerin gözlem ve deneyimlerinden kaynaklanan bilgileri kullanarak tanımlar üretmeleridir. Örneğin, oksijenin yanma olayındaki etkisini incelemek için yanan

mumun üzerine kavanozun kapatıldıktan sonra mumun sönmeye deneyini yapan bir öğrenci bu deneyden elde ettiği deneyime dayanarak “Oksijen yanmayı sağlayan gazdır.” tanımını yaparsa bu öğrenci oksijenin bu deneye özel tanımını yapıyor demektir. Oksijenin bir çok farklı tanımı vardır fakat bu deneydeki bilgilerden oluşan tanım yanmayı sağlayan gaz olmasıdır.

Deney Yapma: Deney yapma şimdiye kadar öğrendiğimiz bütün becerileri birleştiren beceridir. Deney merakla başlar, merak edilen konu hakkında soru(lar) sorulur. Sorular bazen hipotez şeklinde de yazılabilir. Daha sonra değişkenler belirlenir ve hangi değişkenin değiştirileceği, hangi değişken(ler)in kontrol edileceğine karar verilir. Bu aşamadan sonra deneyin nasıl yapılacağına, ne tür veri toplanacağına karar verilir. Deney uygulanır, veri toplanır, düzenlenir ve yorumlanır. Bu yoruma dayanarak baştaki hipotez değerlendirilir ya da soru cevaplanır.

Model Oluşturma: Modeller rahatlıkla göremediğimiz nesnelere somut örnekleri olabilirler. Çok büyük nesnelere küçültülmüş, çok küçük nesnelere büyütülmüş örnekleri olabilirler ya da düşüncelerimizin anlaşılabilmesi için hazırlanan kavramsal modeller de olabilirler. Örneğin, atom modeli gözle göremediğimiz atomun gösterimidir. Dünya küre yaşadığımız dünyanın bir modelidir. Öğrencilerin bu becerilerini geliştirmelerine yardımcı olabilmek için uygun fen konularında modeller oluşturmaları desteklenebilir. Örneğin, güneş sistemindeki uzaklıklar ve büyüklükleri ilköğretim öğrencilerinin algılaması zor olduğu için bütün uzaklıklar ya da bütün büyüklükler küçültülerek güneş sistemi modelleri oluşturulabilir. Öğrenciler fiziksel model oluşturmayı anladıktan sonra kavramsal modeller oluşturmaları da desteklenebilir.

Son yıllarda bilimsel süreç becerilerine önem verilmesinin sebebi bilim yaparak fen öğrenilebilmesi için bu becerilerin gerekli olması yanında, öğrencilerin gözlem ve deneyimlerinden anlamlı bilgiler oluşturabilmelerini sağlamaktır. Ayrıca bilimsel süreç becerileri sadece fen öğrenirken değil, diğer öğrenmelerde de kullanılan süreçlerdir. Her insan günlük hayatta öğrenirken bilimsel süreç becerilerini, geliştirme derecesine bağlı olarak az ya da çok kullanır. Bir olayla, nesneyle ya da kişiyle ilgili öncelikle deneyim kazanırız, bu deneyimlerimizi araya yorumlayarak o olay, nesne ya da kişi hakkında değerlendirmelerde bulunuruz. Bu değerlendirmeler sonucunda o olay, nesne ya da kişiye tutumumuz ve ilişkilerimizde değişimler olabilir ve bu böylece dinamik olarak devam eder. Bundan sonraki bölümde bilimsel süreç becerilerini geliştirmeye yönelik örnek etkinlikler verilmektedir.

Bilimsel Süreç Becerilerini Geliştirmeye Yönelik Fen Öğretimine Örnek Olabilecek Etkinlikler

Bilimsel araştırma yoluyla fen öğretiminde en iyi uygulamalar aktif sınıf ortamında çıkar. Öğrencileri ile etkileşen öğretmen öğrencilerin öğrendikleri konular hakkında varolan ya da konuyu öğrendikçe oluşacak problemlerden yola çıkarak ve etkin yönlendirmesiyle sınıfta ilgi çekecek, öğrencilerin çözmek için çaba harcayacakları problemler bulunmasına yardımcı olabilir. Bu makalede buna imkan olmadığı için bilimsel süreç becerilerinden bazılarının gelişmesini destekleyebilecek bir kaç etkinlik verilmektedir. Bunlar öğrencileri öğrenme sürecine ısındıran, önbilgilerini ortaya çıkaracak giriş etkinlikleri olarak düşünülebilir. Bu etkinlikleri yaparken öğrencilerin soruları ortaya çıkacaktır, öğretmen onların sorularını araştırmaları yolunda yeni deneyler ya da araştırmalar yapmalarını desteklerse bilimsel araştırma sürecine girmişler demektir. Bu bölümde öğrencilerin fiziksel ve kimyasal değişim, karışımları ayırma teknikleri kavramlarını açık uçlu etkinliklerle keşfedeceği etkinlikler verilmektedir. Etkinlikler öğretmenlere yönelik yazılmıştır.

Maddeler Değişir Mi?

Kullanılan Bilimsel Süreç Becerileri: Gözlem, çıkarım, sınıflandırma, iletişim kurma

Malzemeler: Küp şeker (4-5 tane), sıcak su, deney tüpü

Yapılışı:

1. Öğrencilerden küp şekeri parçalamalarını isteyiniz. Şekerin değişip değişmediğini sorunuz. İsterlerse parçalanmış şekerleri tadabilirler.
2. Sıcak suyun içine şekeri atıp çözmelerini isteyiniz (Öğrencilerin çözünme kavramını biliyor olmaları gerekir). Şekerin değişip değişmediğini sorunuz. İsterlerse şekerli suyu tadabilirler. Onlardan şekerli suyu ısıya dayanıklı bir kaba (beher olabilir) döküp ısıtılmalarını isteyiniz (miktarı az tutulmalı ki suyunun buharlaştırılması çok zaman almasın). Su buharlaştırıldıktan sonra kalan şekeri tadıp şekerin değişip değişmediğine karar vermelerini isteyiniz.

3. Küp şekeri bir deney tüpüne ya da ısıya dayanıklı bir kaba koyup ısıtmalarını isteyiniz. Şeker kahverengileşinceye kadar devam etsinler. Deney sonucundaki şekeri ilk baştaki şekerle karşılaştırmalarını isteyiniz (temiz çalışılırsa tadabilirler). Şekerin değişip değişmediğini sorunuz. Bu üç etkinlikten elde ettikleri sonuçları aşağıdaki tabloya yazmalarını isteyiniz.

Madde	Ne yaptım?	Şekerin şekli değişti	Şekerin tadı değişmedi.	Şekerin tadı değişti.
Küp şeker	Parçaladım			
Küp şeker	Suda çözdüm			
Küp şeker	Isıttım			

Yukarıdaki etkinlikten sonra fiziksel ve kimyasal değişim kavramları öğrencilerin etkinlik sonuçlarından yola çıkarak öğretmenin rehberliğiyle oluşturulabilir. Küp şeker parçalandığında ve suda çözüldüğünde şekli değiştiği fakat tadında (dolayısıyla yapısında) değişim olmadığı için fiziksel değişime, yakıldığında ise tadının da değiştiği için kimyasal değişime uğramıştır. Bu tür etkinlikleri yaparken öğrenciler olay üzerinde düşünmeye başladıkları için genelde kendi soruları ortaya çıkar, fakat öğrenciler pasif öğretimden aktif öğrenmeye alışma sürecinde iseler soru üretemeyebilirler. Bu durumda öğretmen şu soruları öğrencilere verebilir, merak ettikleri başka olaylar varsa listeye ekleyebilir ve bu sorulardan birini seçip grup ya da bireysel olarak deneyler yapmalarını (malzemeleri önceden hazırlayarak), araştırmalarını ve sınıfa sunmalarını isteyebilir.

Fiziksel Değişim mi, Kimyasal Değişim mi?

Yapılışı

Aşağıdaki soruları öğrencilere okuyunuz ve araştırmak istedikleri bir tanesini grup olarak seçerek denemelerini ve fiziksel değişim ya da kimyasal değişim olduğuna karar vermelerini, daha sonra da deneylerini ve sonuçlarını sınıfa sunmalarını isteyiniz.

1. Margarini eritiniz. Bu bir fiziksel değişim mi yoksa kimyasal değişimdir? İspatlayınız.
2. Margarini eridikten sonra ısıtmaya devam ederek yakınız. Bu bir fiziksel değişim mi yoksa kimyasal değişim midir? İspatlayınız.
3. Buzu eritiniz. Bu bir fiziksel değişim mi yoksa kimyasal değişim midir? İspatlayınız.
4. Buz eridiğinde elde ettiğiniz suyu kaynatınız. Bu bir fiziksel değişim mi yoksa kimyasal değişim midir? İspatlayınız.
5. Limon suyuna kulak temizleme çubuklarını batırarak kağıdın üzerine resim yapınız ya da yazı yazınız. Öğretmeninizin rehberliğinde ısıtıcıya tutarak kurutunuz. Resim ya da yazılarınız kahverengileşti mi? Bu bir fiziksel değişim mi yoksa kimyasal değişim midir? İspatlayınız.
6. Kola ya da gazlı içeceklerin içine beyaz leblebi atınız. Bu bir fiziksel değişim mi yoksa kimyasal değişim midir? İspatlayınız.
7. Kolaya su ekleyiniz. Bu bir fiziksel değişim mi yoksa kimyasal değişim midir? İspatlayınız.

Ev ödevi: Bu akşam mutfakta bir büyüğünüzü yemek hazırlarken gözleyiniz. Maddeleri değişime uğrattırıyor mu? Uğrattırıyorsa bunlar fiziksel değişim mi yoksa kimyasal değişim mi karar veriniz ve sınıfta paylaşmaya ve savunmaya hazır olunuz.

KULLANILAN MADDELER

Madde	Büyüğüm maddeye ne yaptım?	Madde fiziksel değişime uğradı.	Madde kimyasal değişime uğradı.	Neden bu karara vardınız.

KARIŞMIŞ MADDELER NASIL AYRILIR?

Kullanılan Bilimsel Süreç Becerileri: Gözlem, çıkarım, sınıflandırma, verileri yorumlama, iletişim kurma.

Malzemeler: Tuz, su, kum, un, çakıl, süzme kağıdı ya da dayanıklı kağıt havlu, huni, 2-3 beher, mıknatıs, demir tozları ve elek.

Yapılışı:

1. Dersten önce bir beherde tuzu suyun içinde çözünüz. Beherin üzerine tuz-su karışımı yazınız.
2. Kum ve suyu karıştırınız ve üzerine kum-su karışımı yazınız.
3. Bir kapta un ve çakılı karıştırınız ve üzerine un-çakıl karışımı yazınız.
4. Bir kapta da demir tozlarını su ile karıştırınız ve üzerine demir tozu-su karışımı yazınız.
5. Hazırladığınız karışımları öğrencilerin gruplar halinde çalışacakları masaların üzerine koyunuz. Öğrencilere dersin başlangıcında problemi tanıtınız:

Problem: Bu kaplardaki maddeler birbirine karışmıştır. Okulumuzun bu maddelere acilen ihtiyacı vardır. Okulumuza yardım etmek için bu karışımları ayırabilir misiniz?

Kullanabileceğiniz malzemeler: huni, süzgeç kağıdı, mıknatıs, elek, beherler, ispirto ocağı ya da ısıtıcı.

Bir yöntemin kabul edilebilmesi için ön şart: Ayrılan maddeler olabildiğince saf olmalı ve uyguladığınız yöntem pratik olmalı. Gerekirse fen kitaplarından yararlanabileceklerini ve sizinde yardımcı olacağınızı söyleyiniz.

6. Öğrencilere çalıştıkça aşağıdaki tabloya ne yaptıklarını ve verilerini kaydetmelerini isteyiniz.

Karışım	Ne yaptık?	Ne oldu?
Un-çakıl		
Kum-su		
Demir tozu-su		
tuz-su		

Öğrenciler istedikleri araçları istedikleri karışım üzerinde uygulayabilirler. Sonuçta en iyi ayıran yöntem ve en pratik olanına karar vermelidirler. Öğrenciler karışımları teker teker çalışmalarını, karara bağlamaları ve sonra diğer bir karışıma geçmeleri yolunda yönlendirilmelidirler. Bu arada öğretmenin etkili rehberliği çok önemlidir. Grupları dolaşarak onları ne yaptıkları, ne gözledikleri ve ne öğrendikleri konusunda sorgulamalıdır. Bunun sonucunda öğrencilerden şöyle bir tablo oluşturmaları beklenmektedir.

Karışım	Ne yaptık?	Ne oldu?
Un-çakıl	eledik	un ve çakıl ayrıldı
Kum-su	süzdük	kum ve su ayrıldı
Demir tozu-su	mıknatısla demir tozlarını çektik süzdük (demirtozu iri parçalar halindeyse olabilir) kaynattık	demir tozu ve su ayrıldı
tuz-su	kaynattık	tuz ve su ayrıldı

Öğrencilerin demir tozu-su karışımını ayırırken mıknaş kullanarak ayırmaktan başka tekniklerle de ayırabilirler (süzme, kaynatma, kurutma gibi). Bunda hiçbir sakınca yoktur, gerçek hayatta da bazen karışan maddeleri ayırmak için birden fazla teknik kullanılabilir ama biz elimizdeki malzemelerle yapabileceğimiz bir yöntemi seçeriz (makarna süzme işlemini süzeğimiz yoksa tencerenin kapağını az aralıklı bırakıp tencereden suyu dökerek yaptığımız gibi). Sınıfta böyle bir durum ortaya çıkarsa öğrencilerin fen olaylarının günlük hayattaki kompleksliğini görmeleri açısından yararlı olabilir. Öğrencilerden karışımları nasıl ayırdıklarını ve neden o yöntemin en sağlıklı ve pratik yöntem olduğunu açıklayan raporlar yazarak okul yönetimine sunmaları istenebilir. Böylece bilimsel iletişime geçmeleri desteklenebilir ve öğretmen tarafından bu raporlar ölçme-değerlendirme amacıyla da kullanılabilir.

SONUÇ

Bu makalede bilimsel araştırma yoluyla fen öğretimi ve bilimsel süreç becerileri tanıtılmış ve önemi anlatılmak istenmiştir. Bu konuda gelişmiş bir kaç ülke dışında (İngiltere, Güney Kore, Japonya, Amerika Birleşik Devletleri) çoğu ülke başlangıç noktasındadır. Türkiye eğer hızlı bir şekilde bilimsel araştırma yoluyla fen öğretimi uygulamayı başarabilirse avantajlı duruma geçebilir. Bunu başarmak için kaliteli fen öğretmenlerine ihtiyaç vardır. İlköğretim fen programında bilimsel araştırma yoluyla fen öğretimi vurgulanmaktadır, fakat programın içeriği belirlenirken de açık uçlu etkinliklere yer verebilecek şekilde esnek tutulmalı ve konular daha da azaltılarak öğrencilere ve öğretmenlere zaman tanınmalıdır. Ayrıca öğretmenlere eğitim ve materyal desteği verilmelidir.

Ülkemizde bilimsel araştırmanın öğretilmesi ile ilgili bir başka gelişme lise programında Bilimsel Araştırma adıyla seçmeli bir ders açılmasıdır. Haftada iki ders saati ayrılan derste amaç, öğrencilere bilimsel araştırma tekniklerini, bilgiye ulaşma tekniklerini, bilim tarihini ve doğasını öğretmektir. İçerik olmadan bilimsel araştırma adına bilimsel araştırma öğretilmez. Bilimsel araştırmayı öğretmek için en uygun ders fen dersleridir. Lise düzeyinde fizik, kimya ve biyoloji dersleri, ilköğretim seviyesinde ise fen bilgisi dersleridir. Haftada iki ders saatinin fen öğretmenlerine verilerek, öğrencilerin fen öğrenirken bilimsel araştırmayı, uygun fen konularında bilim tarihini öğrenmeleri, bilimsel araştırmalar yaparken bilgiye ulaşma yollarını öğrenmeleri daha mantıklıdır. Bu noktalar zaten son yıllarda uygulanmaya çalışılan fen öğretiminin amaçlarındandır, yeterki bu tür fen öğretiminin gerçekleştirilebileceği fen sınıfları sağlansın ve kaliteli öğretmenler yetiştirilebilsin.

REFERENCES

- Donnelly, J. (2001) Contested Terrain or unified project. 'The Nature of Science in the National Curriculum for England and Wales, International Journal of Science Education, 23, 2, 181-195.
- International Study Center (2000a) TIMSS 1999 (TIMSS-R) International science report. <http://isc.bc.edu/timss1999i/publications.html> (Ağustos, 2002)
- International Study Center (2000b) TIMSS 1999 (TIMSS-R) Released science items. <http://isc.bc.edu/timss1999i/study.html> (Ağustos, 2002)
- Martin, R., Sexton, C. and Gerlovich, J. (2002) Teaching science for all children: methods for constructing understanding. Allyn and Bacon, Boston, U. S. A.
- Millî Eğitim Bakanlığı (2000) İlköğretim okulu fen bilgisi dersi (4, 5, 6, 7, 8. sınıf) öğretim programı. Millî Eğitim Bakanlığı Tebliğler Dergisi, Kasım 2000-2518.
- National Research Council (1996) National Committee on Science Education Standards and Assessment, National science education standards, <http://books.nap.edu/html/nses/html/index.html> (2002, Ağustos)
- Rutherford, F. J. ve Ahlgren, A. (1991) Science for all Americans. Project 2061. <http://www.project2061.org/tools/sfaaol/sfaatoc.htm> (2002, Ağustos)
- Soo-Boo, T. (1991) The development of Secondary School Science Curriculum in Malaysia. Science Education, 75, 2, 243-250.