

Fen Öğretiminde Kavramların Somutlaştırılması: Modelleme Stratejisi, Bilgisayar Simülasyonları ve Analogjiler^(*)

Concretizing of Concepts in Science Teaching: Modelling Strategy, Computer Simulations and Analogies

Çağlar Gülçiçek ve Bilal Güneş
Gazi Üniversitesi

Öz

Model ve modelleme kavramlarının fen bilimleri eğitimi ile ilgili çalışmalarda rolleri zamanla artmaktadır. Fen bilimleri eğitimi ile ilgili reform hareketleri içerisinde modellerin ve modellemenin fen bilimleri eğitimine olan artan katkısının farkına varılmaktadır. Fen bilimleri eğitimindeki modellerin ve modellemenin öneminin anlaşılması model-tabanlı öğrenme ve öğretme teorisine olan ihtiyacı da beraberinde getirmiştir. Model-tabanlı öğrenme ve öğretme, karmaşık bir süreç olup fen öğreniminde ayrı bir öğrenme alanı olarak dikkate alınmalıdır.

Bu çalışmada, modellerin ve modellemenin fen eğitimindeki rolü ayrıntılı olarak tartışılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Model, modelleme, bilgisayar simülasyonları, analogjiler.

Abstract

The concepts of models and modelling have had an increasing role in science education literature. The value of models and modelling to science education has been increasingly recognized by science education reform movements. With this increase in recognition comes the need for a theory of model-based learning and teaching. Model-based learning and teaching is a sophisticated process that should be an explicit part of learning science.

In this study the role of models and modelling in science education is discussed in detail.

Key words: Model, modelling, computer simulations, analogies.

Giriş

İnsan algıladığı olaylara kendine göre anlam verir. Fen derslerinde öğretmenin görevi, öğrencilere kalıplaşmış bilgileri aktarmak değil, onların ilgi ve beklentilerine uygun olarak, çevrelerindeki olaylarla ilgili öğrencilerin izlenimlerini bilgi düzeyine çıkarmaktır. Fen konuları, çocuğun, öğrencinin doğasına en yakın konulardır.

Çocuğun sahip olduğu öğrenme ve araştırma isteğinin sınırları çok geniştir. Çocuk bilim adamı gibi çevresini gözlemlemektedir. Ölçme, deney ve açıklama yapmaktadır. Öğretmenin amacı, bu küçük bilim adamına yardımcı olmaktır (Soylu ve İbiş, 1999).

Fen öğretimi, düşünce sanatının öğretilmesini, deneyimlere dayanan kesin kavramların zihinlerde geliştirilmesini ve sebep-sonuç ilişkisinin nasıl irdelenip analiz edileceğinin öğretilmesini hedef almaktadır (Gezer, Köse ve Sürücü, 1999). Bu doğrultuda, fen öğretiminde, öğretim yöntemleri açısından çok büyük gelişmeler sağlanmış ve öğrencilerin temel fen kavramlarını doğru bir şekilde öğrenmeleri için değişik stratejiler ve teknikler geliştirilmiştir. Fen eğitimcileri ortaya konan bu teknikleri fen sınıflarında uyguladıklarında, geleneksel öğretim metotlarına göre daha etkili olduğunu tespit etmiş ve fen öğretmenlerinin yeni stratejileri sınıflarında kullan-

Araş. Gör. Çağlar Gülçiçek, Gazi Eğitim Fakültesi, Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi Bölümü Fizik Eğitimi Anabl. Dl. Ankara. Doç. Dr. Bilal Güneş, Gazi Eğitim Fakültesi, Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi Bölümü Fizik Eğitimi Anabl. Dl. Ankara.

(*) Bu çalışma, 04/2003-16 kodlu ve "Öğrenilmesi Zor Fizik Konularının Bilgisayar Simülasyonları ve Modelleme ile Desteklenmesi" isimli proje kapsamında, Gazi Üniversitesi Rektörlüğü tarafından desteklenmektedir.

malarının öğretim için daha verimli sonuçlar vereceğini önemle vurgulamıştır. Wright ve Perna (1992), geleneksel fen öğretimi ile önerilen fen öğretimi karşılaştırılmasını aşağıdaki tablo ile özetlemiştir.

Tablo 1.
Geleneksel ve Önerilen Fen Öğretiminin Karşılaştırılması

Geleneksel	Önerilen
Bazıları için fen	Herkes için fen
Davranış temelli	Yapısalcı (Constructivist) temelli
Ölçülebilir davranışlar	Anlamli kavram geliştirme
Program içerikli	İşleyen beyin / becerikli el
Pasif	Aktif
Doğrulamalı araştırmalar	Problem çözmeye yönelik araştırmalar
Gerçek odaklı	Kavram odaklı
Diğer disiplinlerle az ilişkili	Dünya bir bütün olarak bir disiplindir
Sınırlı teknoloji kullanımı	Aktif teknoloji kullanımı
Yarışmacı öğrenme	İşbirlikçi öğrenme
Çok konu, az derinlik	Az konu, daha fazla derinlik
Tek yönlü program	Spiral program

Tablodan anlaşıldığı üzere, geleneksel ile önerilen fen öğretimi arasında belirgin farklılıklar vardır. Yeni öğretim stratejileriyle fen öğretimi, öğrencileri sınıflarda uygulanan tek yönlü bilgi aktarım süreçlerinden (durağan yapılarından) kurtarmış ve onların bilimsel süreç becerilerini (problem çözme, gözlem yapma, sonuç çıkarma v.b.) harekete geçiren bir yapıya doğru şekil değiştirmiştir. Sonuç olarak fen öğretimi yaklaşımlarındaki bu olumlu değişikliklerle, öğrencilere çok daha fazla gözlem yapma, deneyimlerine anlam kazandırma, doğal olguları tartışabilme, karşılaştırabilme ve açıklayabilme olanağı sağlanmıştır (Gülçiçek, 2002). Fen öğretici ve öğrencilerine kavramların nasıl somutlaştırılacağına yönelik etkili stratejiler sunmak, öğretim sürecinde karşılaşılan sıkıntı ve güçlüklerin giderilmesine de yardımcı olur. Bu çalışmada, yeni öğretim stratejileri kapsamında kullanılan modellerin, bilgisayar simülasyonlarının ve analogilerin (birleştirici benzetmeler) fen öğretimindeki rolleri tartışılmıştır.

Fen Öğretiminde Model ve Modelleme

“*Model ne anlama gelmektedir?*” Bu sorunun cevabını verirken, modelin kapsamının sınırlarını çizmek oldukça güçtür. Yapılan literatür araştırmaları sonucunda

birçok araştırmacının, modelin genel bir tanımını vermektense, tüm bilimsel modellerce paylaşılan ortak özelliklerin tanımlanmasının daha açıklayıcı olduğunu ifade ettiği tespit edilmiştir. Bilimsel modellerin tümündeki ortak özellikler şunlardır (Van Driel ve Verloop, 1999):

- Bir model, her zaman modelin temsil ettiği hedef veya hedeflerle ilişkilidir. Hedef bir sistem, bir nesne, bir olgu veya bir süreç olabilir.
- Bir model, doğrudan gözlenemeyen veya ölçülemeyen bir hedef hakkında bilgi elde etmek için kullanılan bir araştırma aracıdır. Bu nedenle ölçeklendirme modelleri, ki bu modeller bir nesnenin başka bir ölçekteki kopyasıdır (ev, köprü maketleri gibi), bilimsel model olarak kabul edilmez.
- Bir model temsil ettiği hedef ile doğrudan etkileşmez. Bu nedenle bir fotoğraf veya spektrum model olarak nitelendirilmez.
- Bir model hedefe uygun benzetmelere dayanır ve bu nedenle araştırmacıların modellenen hedef kavramla ilgili çalışmalarını süresince testi edilebilir hipotezler üretebilmelerine olanak verir. Bu hipotezlerin test edilmesi hedef hakkında yeni bilgiler ortaya çıkarır.
- Bir model her zaman hedeften belirgin ayrıntılarla farklılık gösterir. Genel olarak bir model öğildikçe basite indirgenir. Yapılacak araştırmanın özel amaçlarına bağlı olarak hedefin bazı ayrıntıları kasıtlı olarak model dışında bırakılabilir.
- Bir model oluşturulurken, hedef ile model arasındaki benzerlik ve farklılıklar, araştırmacılara modelin temsil ettikleriyle ilgili tahminler yapabilme olanağı sağlayabilmelidir. Oluşturulacak modelin bu boyutu araştırma soruları ile yönlendirilir.
- Bir model karşılıklı olarak birbirini etkileyen süreçler sonucunda geliştirilir ve hedefle ilgili yeni çalışmalar ortaya çıktıkça modellerde revizyona gidilebilir.

Fen eğitimi için üç amaç önerilmiştir: Fen öğrenmek (fen bilimleri tarafından üretilen fikirleri anlamak), fen hakkında öğrenmek (fen bilimlerinin sorunlarını, tarihini, yöntemini ve felsefesini anlamak), fen yapmak (bilimsel bilginin oluşumuna katkıda bulunmak). Bu amaçlar doğrultusunda fen eğitiminde model/modellemenin merkezi bir rolü vardır ve modeller için birçok rol tanımlanmıştır. Yukarıda sıralanan amaçlar modeller için

sından ele alınırsa, model ve modellemenin önemini anlamak kolaylaşacaktır.

- Fen öğrenmek: Öğrenciler, bilimsel temel modellerin doğasını, işleyişini ve sınırlılıklarını öğrenmelidir. Bu modeller, şu anki araştırmalarda kullanılan fikir birliği ile kabul edilmiş ya da artık kullanılmayan yani terk edilmiş olan modeller olabilir.
- Fen hakkında öğrenmek: Öğrenciler, bilimsel araştırmaların onayladığı, paylaştığı ve yaydığı bilimsel ürünler içerisinde modellerin rolünü anlayıp değerlendirebilmelidir.
- Nasıl fen yapılacağını öğrenmek: Öğrenciler, kendi modellerini yaratabilmeli, ifade edebilmeli ve test edebilmelidir (Justi ve Gilbert, 2002).

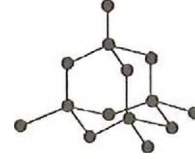
Modeller fen bilimleri içerisinde fiziksel ve işlevsel özelliklerine göre terimlerle birbirlerinden ayrılırlar ve çok geniş uygulama alanına sahiptirler. Bazı modeller tahminlere olanak sağlar. Örneğin, fizikteki güneş sistemi modeli güneş sistemindeki gezegenlerin yörüngelerini tanımlar. Bir teorinin gerçekleştirilmesi sayesinde, teoriden yola çıkılmak suretiyle bir açıklayıcı model inşa edilebilir. Örneğin, Newton mekaniğinin yerçekimi kavramı, gezegenlerin hareketini açıklayan bir model inşa etmede kullanılabilir. Daha fazlası, bir modeldeki teorik düşüncelerin kapsamı, tahmin yapabilmeye ve formülize edebilmeye olanak sağlar. Örnek olarak, Adams ve Le Verier, yerçekimi kavramını içeren bir modele dayanarak, Güneş'e olan uzaklığa göre 8. gezegen olan Uranüs'ün varlığını tahmin edebilmiştir. Tahmin yapıldıktan kısa bir süre sonra da yapılan gözlemler sonucunda, Uranüs'ün varlığı kesinleştirilmiştir (Van Driel ve Verloop, 1999).

Modelleri sınıflandırmak, bilimsel modeller arasındaki farkları vurgulamamıza olanak sağlar. Günümüze kadar modellerin sınıflandırılmasına yönelik çalışmalarda, bilimsel olan/bilimsel olmayan modeller, görünüş bakımından modeller (somut-soyut modeller), işlevleri bakımından modeller (tanımlayıcı-açıklayıcı-betimleyici modeller) gibi çeşitli sınıflandırmalarla karşılaşmak mümkündür. Bu çalışmada, modellerle ilgili olarak yeni fikir kazananlar için, Harrison ve Treagust (2000) tarafından yapılmış olan ayrıntılı bir sınıflandırma örneğine yer vereceğiz. Bu sınıflandırma yapılırken derslerde öğrenci ve öğretmenler gözlenmiş ve onlarla mülakatlar yapılmıştır. Elde edilen veriler literatür araştırmaları ile desteklenmiştir. Sonuçta Harrison ve Treagust modelleri aşağıdaki şekilde sınıflandırmıştır:

Modellerin sınıflandırılması

• *Ölçeklendirme modelleri:* Hayvanların, bitkilerin, arabaların ve binaların ölçeklendirilmiş modelleri; renkleri, dış şekilleri ve yapısal özelliklerini tanımlamakta kullanılır. Ölçeklendirme modelleri ayrıntılı bir şekilde dış görünüşü yansıtmaya rağmen nadiren iç yapıyı, işlevleri ve kullanımı yansıtır. Ölçeklendirme modelleri genellikle oyuncaktır veya oyuncak gibidir. Bu nedenle, model ile hedef arasındaki paylaşılmayan farklılıkların saklı kalmasına yol açabilir.

• *Pedagojik analojik modeller:* Bunların analojik olarak isimlendirilmesinin nedeni, modelin bilgiyi hedefle paylaşmasından ileri gelir. Pedagojik olarak isimlendirilmesinin nedeni ise, atom ve molekül gibi gözlenemeyen varlıkları öğrenciler için ulaşılabilir yapmak üzere öğretmenler tarafından açıklayıcı olarak geliştirilmelerinden kaynaklanmaktadır. Analojinin yapısına bir veya birden fazla özellik hükmeder. Örnek olarak molekül modellerindeki top ve çubuk temsili verilebilir. Çünkü, analojik modeller hedefle analoji arasındaki uyumu kesin özellikler için tek tek yansıtırlar. Analojik özellikler kavramsal niteliklere dikkat çekmek için genellikle aşırı basitleştirilmiş veya genişletilmiştir.



Şekil 1. Elmasın kristal yapısında, atomlar yandaki şekildeki gibi katı bir top gibi modellenirken kimyasal bağlar

• *Simgesel veya sembolik modeller:* Kimyasal formüller veya eşitlikler sembolik modellerle anlamlı hale getirilmiştir. Formüller ve eşitlikler bu şekilde kimya diline yerleşmiştir. Örnek olarak CO₂ (karbon dioksit) gösterimi verilebilir.

• *Matematiksel modeller:* Fiziksel özellikler ve süreçler, kavramsal ilişkileri ortaya çıkaran matematiksel eşitliklerle ve grafiklerle temsil edilebilir. Örnek olarak Boyle-Mariotte Kanunu, üstel eğriler veya Newton'un ikinci hareket kanununun temsili olan $\hat{F} = m \cdot \hat{a}$ eşitliği verilebilir.

• *Teorik modeller:* Elektromanyetik alan çizgileri ve fotonlar teorik modellerdir; çünkü bu modeller iyi yapılandırılmış ve insanlar tarafından oluşturulan teorik te-

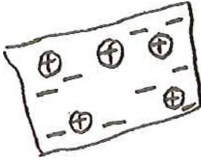
mellerle tanımlanmıştır. Kinetik teorinin gaz basıncını açıklaması, ısı ve basınç bu kategoriye girer.

• *Haritalar, diyagramlar ve tablolar:* Bu modeller öğrenciler tarafından kolaylıkla canlandırılabilen yolları, örnekleri ve ilişkileri temsil eder. Bu modellere örnek olarak periyodik tablo, soy ağaçları, hava durumunu gösteren haritalar, devre şemaları, kan dolaşımı sistemi ve beslenme zinciri gösterimleri verilebilir.

• *Kavram-süreç modelleri:* Birçok fen kavramı nesnenin ziyade süreçten ibarettir. Örnek olarak kimyasal denge veya asit-baz reaksiyon modelleri verilebilir.

• *Simülasyonlar:* Simülasyonlar global ısınma, uçuşlar, nükleer reaksiyonlar, trafik kazaları gibi karmaşık süreçleri temsil etmede kullanılır.

• *Zihinsel modeller:* Zihinsel modeller özel bir çeşit zihinsel temsildir ve bireyler tarafından bilişsel işlemler sonucunda üretilir. Öğrenciler tarafından üretilen ve kullanılan zihinsel modeller tamamlanmamıştır ve kararlı değildir yani değişebilir.



Şekil 2. Bir öğrencinin alüminyum folyodaki bağları gösterim şekli.

• *Senteze dayalı modeller:* Senteze dayalı modelleri, öğrencilerin kendi sezgisel modelleri ile öğretmenlerin sunduğu modellerin bir karışımı sonucunda, öğrencilerin alternatif kavramlarının gelişimlerine ait sentezler oluşturmaktadır.

Modelleme

Modellemeyi ise kısaca bilimsel düşünme ve çalışma olarak tanımlamak yanlış olmaz. Modelleme, hangi ayırımın nasıl ve ne şekilde yer alacağını belirlediği, birçok aşamadan oluşan aktiviteleri kapsayan kompleks bir süreçtir. Bunun için bir model, belirli bir modelleme yeterliliği ile birlikte belirli bir süreç sonunda oluşturulur. Justi ve Gilbert (2002), model oluşturabilmek için üç aşamalı teorik bilgi gelişiminin sağlanması gerektiğini vurgulamışlardır. Bu aşamalar şunlardır:

1. Model ile hedef arasındaki paylaşılan ve paylaşılmayan özelliklerin ayırt edilmesi.

2. Bir sistemin kendine özgü bileşenlerinin gelişimi ve ilişkilerinin temsil edilmesi.
3. Basitleştirilmiş temsiller kullanarak tahmin edilebilir bir fikir ortaya konulması.

Eğer teorik bilginin aşamaları öğrencilere kazandırılırsa, öğrencilerin gelişimini destekleyecek yönde modelleri ve modellemeyi çeşitli şekillerde öğretmek mümkün olacaktır. Teorik bilgi yeterliliğinin sağlanması durumunda, modelleri ve modellemeyi öğretmek/öğrenmek için aşağıda verilen beş yaklaşımı dikkate almak yerinde olacaktır (Justi ve Gilbert, 2002).

a) Modelleri Öğrenmek ve Öğretmek

Önceden oluşturulmuş ve kullanılan modellerin öğretimi için altı basamak tanımlanmıştır. Bu altı basamak; hedefin tanıtılması, modelin tanıtılması, hedefle model arasındaki geçerli, uyumlu özelliklerin tanımlanması ve her ikisi arasındaki benzerliklerin ilişkilendirilmesi, hedefle model arasındaki uyumsuz özelliklerin tanımlanması, modellenen hedefin yapısı ile ilgili sonuçların ortaya çıkarılmasından oluşmaktadır. Bu yaklaşımın odak noktası hedefle modelin açıkça ifade edilmesidir. Bu ise kazanılmış bir zihinsel model gerektirir.

b) Modellerin Kullanımını Öğrenmek

Bu yaklaşım, öğrencilerin bir modelin yapısını öğrenmelerinden bir basamak daha üstte yer alır ve öğrencilerin modelleri genel durumlara uygulamalarını gerektirir. Öğrenciler modellerin kullanımı ile ilgili olarak elde ettikleri bağlantıların hangi durumda pozitif olduğunu yani başarılı bir temsili sağlayan durumları tespit ederler.

c) Modellerin Nasıl Revize Edileceğini Öğrenmek

Model revizyonu, öğrencilerin öğrenip kullandıkları bir modeli, nerede, nasıl değiştirmeleri ya da yeniden düzenlemeleri gerektiğini ifade eden durumdur. Yapılmış bir çalışmada, lise öğrencilerinin model revizyon becerileri değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında bir olgu öğrenci grupları tarafından gözlenmiş ve elde edilen tecrübeler gruplar arasında paylaşılmıştır. Sonra her bir grup açıklayıcı bir model oluşturmuş ve gruplar modellerini eleştirilere karşı savunmuştur. Sonuçta gruplar ortak bir noktada buluşarak her grup kendi modelini revize etmiştir.

Bu yaklaşım zihinsel ve deneysel bileşenler içermesine karşın, yaklaşımdaki asıl vurgu zihinsel modellerin yeniden düzenlenmesi ile ilgilidir.

d) Bir Modelin Yeniden Oluşturulmasını Öğrenmek

Bu durum, var olan fakat ayrıntıları öğrenciler için tanıdık olmayan modeli yeniden oluşturmalarına olanak sağlamakla ilgilidir. Bir araştırma kapsamında, üniversite öğrencilerinden gerçek ve/veya sanal modelleme araçlarını kullanarak güneş sisteminin dinamik bir modelini yeniden oluşturmaları istenmiştir. Bu yönde öğrencilere bir dizi geliştirici tarzda sorular sorulmuştur. Sorular yüksek düzeyde düşünülen tecrübelerin inşasını ve çalıştırılmasını içerecek biçimde hazırlanmıştır. Daha sonrasında ise öğrenciler başarılı bir şekilde dünya-güneş sisteminin statik modelini, dünya-ay-güneş sisteminin dinamik modelini ve güneş sisteminin dinamik modelini inşa etmiştir. Gruplar çalışmalarını sunmuş ve üretilen modelleri değerlendirerek, değerlendirmelerini yazılı olarak ifade etmiştir. Sonuçta daha önceden var olan standart modelin ayrıntıları öğrencilere sunulduğunda, öğrenciler bunları kendi modelleri ile ilişkilendirmiştir.

Modellemenin yapısına ait tüm bileşenler bu yaklaşımda vardır. Fakat öğrenciler, bilim adamları tarafından zaten bilinen ve kabul edilen modellerden haberdar edilmeden bu yaklaşım içine sokulur.

e) Model Oluşturmayı Öğrenmek

Modelleme becerilerinin geliştirilebilmesi için uzun bir zamana ihtiyaç vardır. Bir model oluşturmak, modeli tamamlayan makro düzeydeki özelliklerin mikro düzeydeki özelliklerden (modelin bileşenleri) ortaya çıkışını fark etmeyi gerektirir.

Model ve Modelleme ile Yapılan Öğretimde Dikkate Alınması Gereken Unsurlar

1. Paylaşılan ve Paylaşılamayan Özellikler:

Bir model, bir hedefi çeşitli amaçlar için temsil etmek amacıyla oluşturulur ve kullanılır. Modelleme işleminde tanıdık olmayan olgu hedef, tanıdık olan olgu ise kaynaktır. Modeller, kavramları öğrencinin zihninde somutlaştırır ve daha kolay anlaşılmasını sağlar. Modeller anlaşılması zor, karışık konuları basite indirgeyerek akılda kalacak şekilde açıklar ve ayrıca öğrencinin derse olan ilgisini ve katılımını artırır. Fakat unutmamak gerekir ki modellerde kaynak ve hedef asla yüzde yüz bir benzerlik göstermez ve daima birbirinden ayrılan yönleri vardır (Geban, Ertepinar, Topal ve Önal, 1999). Kaynak ile

hedef yüzde yüz bir benzerlik gösterseydi zaten bu durumda kaynak, hedefin kendisi olurdu.

Yukarıda anlatılanlar doğrultusunda Harrison ve Treagust (2000) tarafından oluşturulan pedagojik-analojik bir model, geliştirilerek Tablo 2'de verilmiştir. Bu model örneğinde, güneş sistemine ait bir analojik model kullanılarak, atomun yapısı açıklanmaya çalışılmıştır. Güneş sistemi tanıdık olgu yani kaynak, atomun yapısı ise tanıdık olmayan olgu yani hedefdir.

2. Her Model Zamanla Yerini Yeni Bir Modele Bırakır

Modellemeyi kısaca bilimsel düşünme ve çalışma olarak tanımlayabiliriz. Modelleme işlemi sonucunda ortaya konan modelleri de bilimin ürünleri olarak nitelendirebiliriz. Ama unutmamak gerekir ki modeller araştırmacıların ortaya koyduğu sonuçlar ve elde edilen veriler doğrultusunda değişebilir. Örnek olarak geçmişte atomun yapısı ile ilgili birçok model belirli bir zaman kabul görmüş, fakat daha sonra atomun yapısı hakkında yapılan çalışmaların getirdiği yeni bilgiler sonucunda bu modeller terk edilmiştir. 1898 yılında J.J. Thomson, atomların içlerinde negatif yüklü elektronların gömülü olduğu ve içinde pozitif yükün düzgün olarak dağıldığı maddesel küreler olduğunu önerdiğinde bu normal karşılanmıştı. Ama 13 yıl sonra yapılan bir deney, görüntüde pek sorunu olmayan modelin terk edilmesini gerektirdi ve klasik fizik ışığında anlaşılacak bir atom yapısının doğmasına yol açtı. Thomson'a sorulan soru şuydu: Negatif yüklü elektronlar „taneli“ olduğu halde pozitif yük neden ve nasıl „kesiksiz“ olarak atomik hacmi doldurabiliyor? Rutherford 1911 yılında, atomun yapısını açıklamak için, bir atomun pozitif yüklü bir çekirdek ile belirli uzaklıkta dolanan elektronlardan oluştuğunu önerdi. Thomson, kendi atom modelinde, elektronların pozitif madde içinde gömülü ve bu nedenle de hareket edemez olduğunu tasarlamıştı. Rutherford modelinde elektronlar durgun olamaz. Klasik fizik yasalarına göre, elektronlar elektrostatik çekim sonucu spiral bir hareketle çekirdeğe düşecektir. Oysa atomlar yadsınamaz kararlılıklarıyla ortadadır. Rutherford modeli şu iki soruyu yanıtlamıyordu: 1. Elektronlar, çekirdek üzerine düşmeden nasıl hareket ediyor? 2. Çekirdeklerin boyutları küçük boyutlarda olduğu halde pozitif yük, bu küçük ve yoğun hacimde nasıl dağılmadan durabiliyordu? Bu çıkmazı açmak için Bohr, basitçe, çekirdek etrafındaki yörüngelerdeki elektronların ışık yaymadıklarını ve atom-

Tablo 2.
Güneş Sisteminin Analogik Modeliyle Atomun Yapısının Kavramsal Olarak Haritalanması

Kaynak= "Güneş Sistemi"	Hedef= "Atom Yapısı"
<i>Paylaşılan özellikler</i>	
Güneş, kütleinin çoğunluğuna sahiptir.	Çekirdek, kütleinin çoğunluğuna sahiptir.
Güneş merkezdedir.	Çekirdek merkezdedir.
Gezegenler Güneş'ten küçüktür.	Elektronlar çekirdekten küçüktür.
Gezegenler güneşin etrafında dolanırlar.	Elektronlar çekirdeğin etrafında dolanırlar.
Güneş sisteminin çoğunluğu boşluktur.	Atomun çoğunluğu boşluktur.
.....
<i>Paylaşılmayan özellikler</i>	
Gezegenlerin kütleleri farklıdır.	Elektronların kütleleri aynıdır.
Her gezegen bir yörüngede dolandır.	Her elektron çeşitli yörüngelerde dolandır.
Gezegenlerin yörüngeleri düzlemsel ve eliptiktir.	Elektronların yörüngeleri gezegenlerinkine benzemez.
Güneş ile gezegenler arasındaki kuvvet, kütle çekim kuvvetidir.	Elektron ile çekirdek arasındaki kuvvet, elektrostatik kuvvettir.
Bazı gezegenlerin uyduları vardır.	Elektronlarda uydulara karşılık gelecek bir cisim yoktur.
Gezegenler birçok maddeden oluşur.	Elektronlar temel yapıdadır.
Bir yörüngede sadece bir gezegen dolandır.	Bir yörüngede birden fazla elektron dolandır.
.....

ların yaydığı ışığın bir başka fiziksel yapının sonucu olduğunu varsaydı. Bohr, Planck'ın enerjinin kuantumlaşması fikrinin, elektronlar için ancak belirli yörüngelerde mümkün olduğu anlamına geldiğini gösterdi. Atomların kararlılığını korumak için Bohr, yörüngedeki elektronun onun altına düşmeyeceği en düşük enerjili yörünge konusunda bir önermede bulundu. Bir elektron daha yüksek bir yörüngeden, daha alçağına geçerken ve bu yolla enerji kaybederken, elektronu taşıyan atom ışık yayar, bu da kaybedilen enerjiyi temsil eder. Yalnızca belirli elektron yörüngelerine izin verildiği için, elektronların yörüngeleri arasında yalnız belli sıçramalar olabilir ve sonuç olarak, yayılan ışığın enerjisi kuantumludur (<http://www.maximumbilgi.com>, 2003).

Yukarıda verilen örnekten anlaşıldığı gibi, bilim tarihi içerisinde birçok model yeni bilgilerle birlikte değişime uğramış ve eski modeller bazı yetersizliklerinden dolayı terk edilmiştir. Aynı olgu için bir zamanlar kabul gören modellerin neler olduğunun ve bunların neden zamanla değiştirildiğinin veya neden terk edildiğinin öğrenciler tarafından bilinmesi, öğrencilere bu olgu için günümüzde kullanılan geçerli modelin öğretilmesini kolaylaştırır. Yani öğrenciler herhangi bir olgu için kullandıkları mo-

delin tarihsel gelişimini bilirlerse, modelin neyi, nasıl ve neden temsil ettiğini daha kolay anlarlar. Çünkü bir olayın tarihsel gelişimini bilmeksizin anlamak zordur. Ayrıca öğrencileri bu konudan haberdar etmek, bilimin ürünleri olan modellerin durağan şeyler olmadığını, modellerin yeni bilgilerle birlikte değişebileceği gerçeğini öğrencilerin açıkça fark etmelerine olanak sağlar.

Modellerle İlgili Bazı Çalışmalar

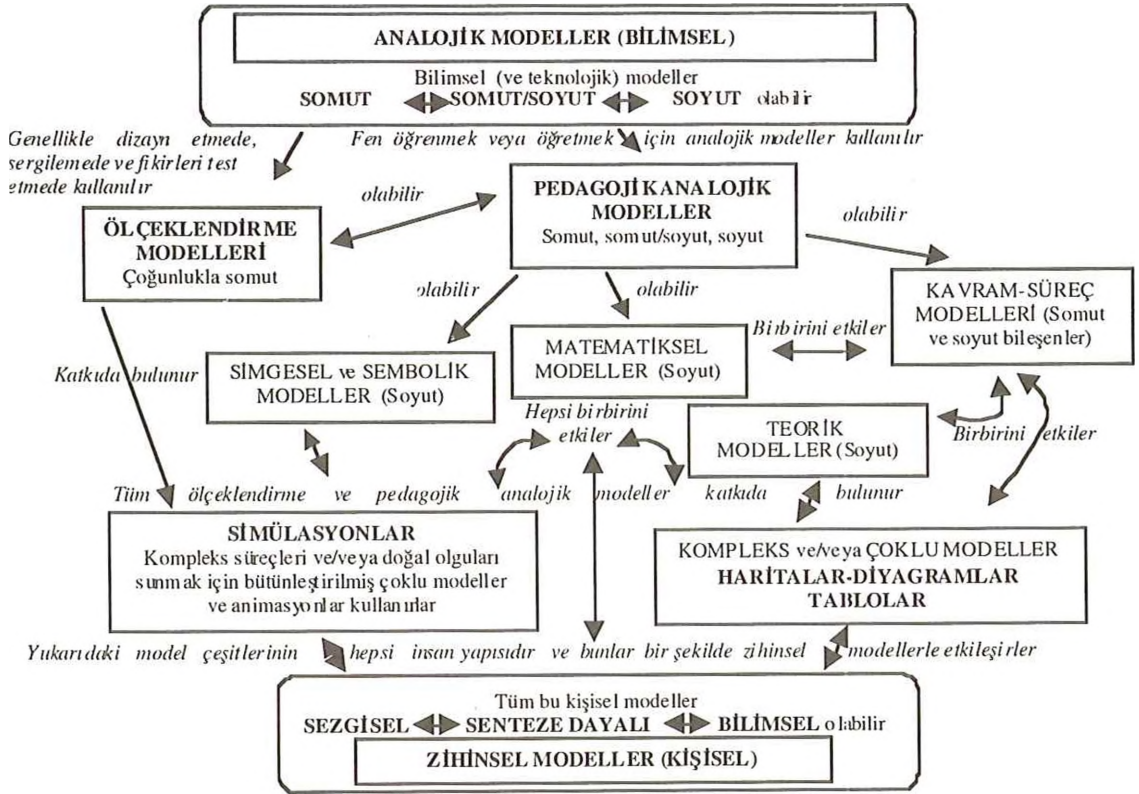
Grosslight ve arkadaşları (1991), öğrencilerin modelleri anlama ve kullanımlarını araştırmıştır. Yaptıkları çalışmada, öğrencilerin model ve modelleme ile ilgili görüşlerini almalarının yanı sıra öğrencilere bir anket uygulandı ve sonuçta öğrencilerin model ve modelleme ile ilgili fikirlerini düzey-1, düzey-2 ve düzey-3 olarak sınıflandırmışlardır. Araştırmada düzey-3 seviyesindeki öğrencilerin modellerle ilgili yetersiz fikirlere sahip oldukları görülmüştür. Bu öğrencilerin modelleri bilimsel bir ürün olarak değil tam tersine nesnelere tam bir kopyası olduğunu düşündükleri tespit edilmiştir. Düzey-2 seviyesindeki öğrenciler modellerin fen bilimlerinde karşılaşılan olguların bir temsili olduğunu ve modellerin

bilimsel ürünler olduklarını ifade etmişlerdir. Grosslight ve arkadaşlarının beklentilerine cevap veren öğrenci grubunu ise düzey-1 seviyesindeki öğrenciler oluşturmuştur. Bu öğrenciler modellerin bilimsel ürünler olduklarını ifade etmelerinin yanı sıra gerektiğinde modellerin yeniden düzenlenebileceğini hatta gerekirse terk edilebileceğini vurgulamışlardır.

Van Driel ve Verloop (1999) öğretmenlerin model ve modelleme ilgili bilgilerini test eden bir çalışma yapmıştır. Araştırmalarında bir grup öğretmene ilk aşamada mülakat soruları yöneltilmiş sonra başka bir öğretmen grubuna ise Likert-tipi bir anket uygulanmıştır. Mülakat sırasında öğretmenler modellerin açıklayıcı ve tanımlayıcı özelliklerini vurgulanmış ve modellerin bazı karakteristiklerini ifade edebilmiştir. Ancak öğretmenlerin çoğu modellerin, gerçeklerinin basitleştirilmiş veya şematik temsilleri olduğunu düşünmüştür. Daha geniş bir gruba uygulanan Likert-tipi ankette ise öğretmenlerin modelleme ve modellerle ilgili birçok eksikliklerinin yanında bir fotoğrafın bilimsel model olabileceği gibi düşüncele-

re de sahip oldukları belirlenmiştir. Buna benzer başka bir çalışmayı da Justi ve Gilbert (2002) yaparak öğretmenlerin modellerin doğasına bakış açılarını tespit etmiş ve yayınlarında, öğretmenlerin mülakat sorularına verdikleri ilginç cevapları sunmuştur.

Harrison (2001), yaptığı bir araştırmada ders kitaplarının ve öğretmenlerin bilimsel fikirleri öğrenciler için nasıl modellediklerini araştırmıştır. Bu amaçla, fizik, kimya ve biyoloji öğretmenlerinin model kullanımları ile ilgili görüşlerini ve ders kitaplarında yer verilen modelleri incelemiştir. Araştırma sonucunda, modellerin en fazla kimya ders kitaplarında kullanıldığı fakat kimya öğretmenlerinin çoğunlukla ders kitaplarındaki modellerden habersiz olduğu belirlenmiştir. Buna karşın, fizik ders kitaplarında en az model kullanıldığı, fakat fizik öğretmenlerinin daha çok ve yaratıcı model kullandığı tespit edilmiştir. Ayrıca ders kitaplarındaki modellerin çoğunluğunu pedagojik analogik modellerin oluşturduğu ve bu modellerin de kavramsal değişimi desteklediği sonucuna varılmıştır.



Şekil 3. Analogik modellerin sınıflandırılmasına ait kavram haritası (Harrison ve Treagust, 2000)

Fen Öğretiminde Bilgisayar Simülasyonları

Fen eğitiminin en önemli amacı, öğrencilerin fiziksel olgulara ait kavramları doğru olarak anlama ve uygulamalarını sağlamaktır. Fakat bazı fen konularının öğretilmesi ya da öğrenilmesinde sıkıntı ve güçlüklerle karşılaşmaktadır. Bu durum özellikle soyut konularda daha belirgin olarak ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle fen eğitimi araştırmacılarının en fazla önem verdikleri konuların başında soyut kavramların nasıl somut hale getirebileceği gelmektedir. Çünkü öğrenciler, soyut kavramları kavramada zorluk çekmektedirler. Soyut kavramların somutlaştırılması, fen öğretim sürecinin en anlamlı bileşenlerinden biridir. Çeşitli öğretim materyallerinin kullanılmasına veya gerekli deneysel düzeneklerin sınıf ortamına taşınmasına (ekonomi, güvenlik ya da zaman bakımından) olanak sağlamayan konuların öğretilmesi ve öğrenilmesi, istenilen amaçlar doğrultusunda gerçekleştirilememektedir. Bu konularla ilgili nicel ve nitel kavramlar sınıflarda teorik olarak inşa edilmeye çalışılmakta, fakat yeterince başarılı olunamamaktadır. Literatürde yer alan fen araştırmalarının ortaya koyduğu gibi, istenilen kavramsal değişim süreci, soyut kavramların somut hale getirilmesiyle etkin hale gelir ve işlerlik kazanır.

Kavramlar anlatılırken öğrencilerin görsel ve düşünsel yapılarını harekete geçirebilecek öğretim aktivitelerinin kullanılması oldukça önemlidir. Bilgisayar destekli öğretim bunlardan birisidir. Bilgisayar programcılarının, eğitim uzmanlarının fen eğitimcilerinin ve alan uzmanlarının işbirliği ile geliştirilen yazılımların öğrencilerin fen derslerindeki başarısına etkisi oldukça önemlidir. Ortaöğretim kurumlarındaki fen derslerinde, bilgisayar bir araç olarak tekrarlama, alıştırmalarda kavram ve prensiplere ulaşma yollarının öğretiminde, problem çözme yollarının öğretiminde ve özellikle araç-gereç yokluğu nedeniyle yapılamayan deneylerin canlandırılmasında kullanılabilir. Bütün bu uygulamalardaki amaç, öğretimi zenginleştirmek, öğrenme hızları ve gereksinimleri farklı olan öğrencilere bireysel öğretim olanağı sağlamak ve öğrenilenlerin kalıcılığını arttırmaktır. Bilgisayar destekli laboratuvarlar ve özellikle de simülasyonlar (zaman açısından verimli olmaları nedeni ile), öğrencilere "eğer...ise...ne..." tarzında değişken içerikli sorular sormalarına olanak sağlar. Öğrenciler, bu tarzda sorular sormak ve anında geri besleme almak özgürlüğüne

sahip olduklarında, kavramsal değişim bakımından iyi işleyen bir sürece girmiş olurlar. Bilgisayarlar, fen aktivitelerinde sıkıcı ve zor işleri kolaylaştırırlar. Bu nedenle bilgisayarlar, öğrencilerin fen derslerinin bir parçası olmalarında ve benzer öğrenme tecrübelerinde yer almalarında onları cesaretlendirirler (Riche, 2000; Soylu ve İbiş, 1999).

Fen sınıflarında alışılmış sıkıntılardan birisi, tavsiye edilen programın laboratuvar aktivitelerine ayrılan zaman içerisinde kapsanamamasıdır. Özellikle çok uzun zaman alan aktiviteler dikkate alındığında, bilgisayar simülasyonlarının zaman bakımından verimli olması bu sıkıntının giderilmesine yardımcı olur. Çünkü herhangi bir fiziksel olgu için tasarlanmış bir simülasyon birkaç dakika içerisinde sonuç verir. Geleneksel fen yöntemleri ile çoğu zaman sonuç alabilmek birkaç saat veya gün gerektirebilir. Zaman bakımından verimli olmaları ile beraber simülasyonlar öğrencilere laboratuvar ortamlarında değiştirilmesi zor olan parametrelerin değiştirilerek ortaya çıkan sonuçları incelemelerine olanak sağlar. Bu nedenle simülasyonlar, kavram öğretimi açısından önemli bir stratejidir ve aynı zamanda kavramsal değişim için bir araçtır. Bilgisayar laboratuvarlarının kullanımıyla anında sağlanan geri beslemeler, öğrencilerin kavramsal amaçlar için odaklanmalarını sağlar (Riche, 2000; Soylu ve İbiş, 1999; Tao ve Gunstone, 1999; YÖK/Dünya Bankası, 1997).

Bilgisayar simülasyonlarını sınıflarda kullanmak, öğrencileri kavramlarını sorgulamak üzere kendi kendileriyle karşı karşıya getirecektir. Simülasyonlar öğrencilere daha geniş öğrenme deneyimleri sağlar. Bilgisayar simülasyonları, öğrencilerin yanlış kavramlar edinmelerinden sakınmalarına yardımcı olur ve öğrencilerin çelişki yaşadıkları olgulara ait sezgisel kavramları da simülasyonlar ile temsil edilebilir. Bununla birlikte, bilgisayar destekli laboratuvarlar, kavramsal gelişimin sağlanmasında aktivite destekli öğretim kadar işlevsel bir yöntemdir. Simülasyonlar öğrencilere, ilk bakışta gözlemlerle sonuç çıkarılamayan olguları, birbirini etkileyen bilimsel modelleri ve doğal dünyayı temsil ederek öğrenmelerine yardımcı olur. Martinez- Jimenez (1997), şunu iddia etmektedir: Etkin fizik simülasyon öğretimi alan öğrenciler, üniversitedeki fizik derslerinde daha başarılı olmaktadır; çünkü öğrenciler bu öğrenme aktiviteleri ile kavrayışları arasında karşılıklı etki meydana ge-

tirirler. Öğrenciler, bilgisayar simülasyon sistemleri için tahmin ortaya koyduklarında, bu süreç öğrencilere hangi simülasyonlardan hangi sonuçların çıkarılabileceği konusunda cevap bulmalarını sağlar. Daha da ötesi kavram gelişimine yol açar (Riche, 2000; Tao ve Gunstone, 1999; Dykstra, Boyle ve Monarch, 1992; Coleman, 1987; Krajcik ve Lunetta, 1987).

Bilgisayar simülasyonlarıyla ilgili bazı çalışmalar

Jimoyiannis ve Komis, *Computers and Education* (2001) dergisinde yayınlanan, "Computer simulations in physics teaching and learning: A case study on students' understanding of trajectory motion" isimli araştırmalarında, bilgisayar simülasyonlarının öğrencilerin yürünge hareketlerini anlamalarına etkisini incelemiştir. Bu çalışmada, kinematik ile ilgili temel kavramları ele alarak aşağıdaki sorulara cevap aranmıştır.

1. Öğrenciler, gravitasyonel alan içerisindeki hareketler için hız ve ivme kavramlarını uygularken hangi temel zorluklarla karşılaşmaktadırlar?
2. Bilgisayar simülasyonlarının öğrencilerin alternatif kavramlarına etkileri nelerdir?
3. Bilgisayar simülasyonları öğrencilerin bilimsel modeller geliştirmelerine yardımcı olur mu?

Jimoyiannis ve Komis, araştırmalarında, iki öğrenci grubundan birini deney, diğerini ise kontrol grubu olarak kullanmıştır. Deney grubunda simülasyon destekli öğretim, kontrol grubunda ise geleneksel öğretim yapılmıştır. Daha sonra, her iki öğrenci grubundan elde edilen veriler değerlendirilmiş ve aşağıdaki sonuçlar bulunmuştur.

<i>Kontrol grubu % (n=60)</i>	<i>Deney grubu % (n=30)</i>	
I - Yetersiz cevaplar	21,7	6,6
M- Kavram yanlışları	50,0	26,7
D -Karşılaşılan zorluklar	8,3	3,3
E - Anlamsız cevaplar	20,0	63,3

Yukarıdaki bulgulardan anlaşıldığı üzere, kinematiğe ait temel kavramların simülasyonlarla desteklenmesi başarılı sonuçlara yol açmıştır. Interactive Physics yazılımı ile hazırlanan bu simülasyonlar, öğrenme sürecine katkıda bulunduğu gibi, öğrencilerin yanlış kavramların üstesinden gelmelerine de yardım etmiştir. Çalışma sonucunda, bilgisayar simülasyonlarının, öğrencilerin kavramsal değişim sürecine etkisi şu şekilde tanımlanmıştır:

Yetersiz yaklaşım → alternatif kavramlar → bilimsel kavramlar
Bilgisayar simülasyonlarının kavramsal değişim sürecine etkisi

Davies (2002), "Student engagement with simulations: a case study" isimli çalışmasında, simülasyonların dikkatli hazırlanmaları durumunda öğretimi etkinleştireceğini tespit etmiştir. Davies, bu amaçla, simülasyonların öğrenmeyi destekleyen karakteristiklerini incelemiştir. 2000 yılında, mühendislikte ısı transferi dersini alan öğrenciler için simülasyonlar hazırlanmış ve öğrencilere tanıtılmıştır. Bununla birlikte, hazırlanan bu simülasyonlar biraz değiştirilerek, 2001 yılında tekrar öğrencilere geri besleme sağlamak amacıyla sunulmuştur. Bu iki öğrenci grubunun simülasyonlar için verdikleri cevaplar, gözlemler ve öğretim süresince sorulan sorularla kaydedilmiştir. Daha sonra 2000 ve 2001 yıllarındaki öğrenci gruplarının görüşleri Mann - Whitney U testi ile değerlendirilmiş ve karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma ile elde edilen veriler, simülasyonların amacının öğrencinin amacıyla uygun olması ve öğrencilerin amacını desteklemesi durumlarında, istenilen kavramsal değişimi sağladığı gerçeğini ortaya çıkarmıştır.

Swaak, Joolingen ve Jong (1998), *Learning and Instruction* dergisinde yayınlanan, "Supporting simulation-based learning: The effects of model progression and assignments on definitional and intuitive knowledge" isimli araştırmalarında, bilgisayar simülasyonları ve bunları destekleyen iki ölçüt kullanmışlardır. Bu ölçütlerden biri model dizileri, diğeri ise ödevlerdir. Çalışmada simülasyonlar sonundaki değerlendirmelerde ise, öğrencilerin sezgisel ve tanımsal bilgileri ölçülmüştür. Ölçüm için tanımsal bilgi testi, sezgisel bilgi testi ve öneri bilgi testi şeklinde üç bilgi testi kullanılmıştır. Swaak, Joolingen ve Jong araştırma için SETCOM (System for Exploratory Teaching Conceptual Model of Oscillatory) adını verdikleri ve simülasyon içeren bir tekniği öğrencilere uygulamıştır. Bu uygulama kapsamında, bir grup öğrenci model dizileri ve ödevleri, bir başka grup sadece model dizileri kullanmak suretiyle ve son grup ise bunlardan hiçbirini kullanmaksızın araştırmaya katılmıştır. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda simülasyonların faydalı olduğu ve simülasyonların model dizileriyle birlikte sunulması halinde etkinliklerinin artacağı tespit edilmiştir.

Carlsen ve Andre (1992), öğrencilerin elektrik devreleri ile ilgili sahip oldukları önyargıların giderilmesi için simülasyonların etkililiğini test etmiştir. Araştırmalarında üç farklı öğrenci grubu kullanılmıştır. Birinci öğrenci grubu, elektrik devrelerinin tasarımına ve test edilmesine ait simülasyonlar kullanmıştır. İkinci grup, sadece temel elektrik ders kitaplarını kullanmıştır. Son grup ise, hem ders kitaplarını hem de simülasyonları kullanmıştır. Araştırma sonucunda sadece simülasyon kullanımının ders kitaplarından daha fazla öğrenmeyi geliştirmede, ama hem ders kitaplarını hem de simülasyonları aynı anda kullanmanın daha etkin bir öğretim sağladığı sonucu ortaya çıkmıştır. Sonuç olarak, son gruptaki öğrencilerin daha karmaşık elektrik devre serilerini diğer gruplarla kıyaslandığında daha kolay çözümleyebildikleri görülmüştür. Bu araştırma ile ilgili tartışmalar, fiziksel olgulara ait bilgisayar simülasyonlarının pozitif yönde kavramsal değişimi canlandırdığı yönündedir. Çalışmanın sonuçları gösteriyor ki bilgisayar simülasyonları öğrenciler için fen bilimlerindeki soyut kavramların pekiştirilmesinde en önemli araçlardan birisi konumundadır.

Analojiler (Birleştirici Benzetmeler)

Kavramların daha iyi anlaşılmasını sağlayacak önemli bir öğretim yöntemi de benzeştirme tekniğidir. Analoji yani benzeştirme yöntemi, yabancılaşma çekilen bir olgunun, bilinen bir olguya benzetilerek açıklanmasıdır. Öğretimde bu yöntem bazı kavramları yansıtabilecek ve gündelik hayatta sık sık kullanılan veya karşılaşılan karşıtlarını benzeştirme şeklinde kullanılmaktadır. Bu yöntem, öğrencilerin kavramları daha iyi algılayarak, kendi bilgi dağarcıklarını daha sağlam biçimde oluşturmalarına yardımcı olmaktadır. Yeni bilgiler öğrencinin zihninde daha anlaşılır hale gelmektedir (Nakipoğlu ve diğerleri, 2002; Geban, Uzuntiryaki, Akçay, Kılınç ve Alpat, 1999).

Benzeştirme öğretiminde, öğretmen kavrama uygun benzeştirme problemleri kullanır ve benzeştirmelere karşılık gelen kavramlarla ilgili problemleri öğrencilerle tartışma yoluna gider. Öğretmenlerin birleştirici benzetmeleri doğru şekilde kullanması, öğrencilere asıl kavramla hedef kavramlar arasındaki mesafeyi belirlemelerinde yardımcı olur. Öğretmen, kavramsal ilkelere hareketle, asıl kavramlardan hedef kavramlara ulaşılmasında

öğrencilere birleştirici benzetmeler oluşturarak yardımcı olabilir. Birleştirici benzetmeler asıl kavramlarla hedef kavramlar arasında bir köprü oluşturur. Bazen kavramsal boşluklar fazla olduğunda bazı benzetmeler asıl kavramla hedef kavram arasında bir zincir oluşturmada kullanılabilir (Schultz, Murray, Clement ve Brown, 1987; Clement, 1987). Clement, oluşturulan bazı köprülerin kullanımını "alanı genişletmek" olarak isimlendirmiştir.

Alanı genişletmek ifadesine bir örnek, öğrencileri basit elektrik devrelerini kavramaktan, daha karmaşık devrelerini kavrama sürecine sürüklemek olarak verilebilir. Bir asıl kavram, oval yarış pisti haritası veya bu pistin kuşbakışı bir görünüşü, basit bir elektrik devre serisi olabilir. Diğer bir kuşbakışı görünüş, bir kasaba veya bir semt haritası olabilir. Semt haritası ve paralel elektrik devrelerinin her ikisinde, bir noktadan diğer noktaya götüren birden fazla yol vardır. Bu harita, paralel elektrik devrelerinin bir benzeri olabilir. Son bir benzetme, bir şehrin cadde haritası olabilir. Bu cadde haritası karmaşık elektrik devrelerinin bir benzeri olabilir ve birçok yol tercih edilebilir. Karmaşık elektrik devresi, tabii ki burada hedef kavramdır (Riche, 2000).

Birleştirici benzetmeler karşılaştırma için ardışık olarak sunulan benzer temsil serileri gerektirir. Newton'un 3. Kanunu'ndan bir örnek bu noktayı açıklamak için bize yardımcı olabilir: Masa üzerinde duran bir kitap, ağırlığı nedeniyle, masaya düşey ve aşağı yönlü bir kuvvet uygular (etki kuvveti). Birçok öğrenci, kitabın bu etki kuvvetine karşı masanın kitaba uyguladığı tepki kuvvetini tanımlayamamaktadır. Eğer öğretmen yay üzerindeki el benzetme örneğini kullanılırsa, kavramı açıklığa kavuşturmak daha kolay olacaktır. Bu olayda kitap el ile, yay ise masa ile karşılaştırılmıştır. Bu düşünce tarzı; öğretmen, yay üzerindeki el örneğini (asıl kavram) kavratıldıktan sonra, öğrencilerin masa üzerindeki kitap örneğini anlamalarını daha kolay sağlayacaktır (hedef kavram). Bu yaklaşım, düşünülen kavram ne olursa olsun, somut örnekler ve temsillerle ağır bir biçimde yüküldür ve kavramların görsel modellenmelerini anlamalarında öğrencilere yardımcı olur. Bu yöntemin sayısal ve kavramsal problem çözmede etkili olduğu söylenebilir. Yapılan bir araştırmada, kimya dersinde daha düşük bilimsel düşünme yeteneğine ve daha fazla matematik ve-

ya sayısal problem çözmeye korkusuna sahip öğrencilerin, bu yöntem kullanıldığında başarılarının arttığı gözlenmiştir (Riche, 2000; Geban, ve diğerleri, 1999).

Analojiler, tüm analogik modellerin temelini oluşturur. Analojiler, modeller gibi, kavramları öğrencinin zihninde somutlaştırır ve daha kolay anlaşılmasını sağlar. Anlaşılması zor, kompleks konuları basite indirgeyerek akılda kalacak şekilde açıklar ve ayrıca öğrencinin derse olan ilgisini ve katılımını artırır. Fakat unutmamak gerekir ki modellerde olduğu gibi, analogilerde de kaynak ve hedef asla yüzde yüz bir benzerlik göstermez ve daima birbirinden ayrılan noktaları vardır. Bu nedenle, benzetme yüzeysel kalırsa, yani ayrıntıya girilmez ise yanıltıcı olabilir. Benzetmeler, öğrenciler tarafından iyi anlaşılmadığı zamanlarda da yanıltıcı olabileceği gibi kavram yanılgılarına bile yol açabilir. Analojiler direkt bir şeyi başka bir şeye benzetme şeklinde, hikâye şeklinde veya şekiller ya da deneyler şeklinde olabilmektedir (Geban, Ertepinar, Topal ve Önal, 1999).

Sonuç ve Tartışma

Fen öğrenme, öğrenciler için zor bir süreçtir ve fen bilimlerinin kompleks tabiatından dolayı bu düşüncüyü değiştirmek pek olası değildir. Bu süreç, en basit formda öğretmenin öğretimi, öğrenci öğrenmesi ve fen programı gerektirir. Fen öğretiminde kullanılan direkt aktarım (iletim) modelleri, öğretme-öğrenme yöntemlerindeki gelişmelerle birlikte, giderek önemini kaybetmeye başlamıştır. Çünkü bu modeller, yaratıcılık, karar verme, kavram geliştirme ve problem çözmeye becerisi gibi önemli zihinsel süreçleri bir üst basamağa taşımakta yetersiz kalmıştır. Tarihsel araştırmaların, bilimsel felsefelerin ve bilişsel psikolojinin geliştirdiği öğrenme modellerinin bütünleştirilmesi, fen eğitimcilerini, öğrencilerin fen konularını nasıl öğrenecekleri ile ilgili araştırmalara odaklanmalarını sağlamak üzere harekete geçirmiştir. Bunun bir sonucu olarak da fen öğretiminin şekli aktarım modelinden, öğrencilerde bilginin yapılandırılmasına yönelik modellere doğru yön değiştirmiştir.

Son yirmi yıldaki araştırmaların alanla birlikte alanın eğitimine yönelmesi, fen öğretme ve öğrenme yöntemleri açısından verimli sonuçlar ortaya koymuştur. Bu yöntemlerle, fen eğitimi yeni bir şekil almış ve daha etkin bir hale gelmiştir. Fen öğretiminin daha etkin bir işle-

şahip olmasına yönelik araştırmalarla birlikte, fen öğretiminde geleneksel yöntemlerden farklı olarak, işbirliğine dayalı fen öğretimi, kavram haritalama metodu, soru sorma teknikleri, kavramsal değişim metinleri, yaratıcı düşünme becerileri, bilgisayar destekli fen öğretimi, probleme dayalı fen öğretimi, yapısalci yaklaşımlarla fen öğretimi gibi yeni başlıklar ortaya çıkmıştır. Bu başlıklar altında yapılan çalışmalarda, bir fen öğreticisinin daha iyi nasıl öğreteceği, bir fen öğrencisinin daha iyi nasıl öğreneceği ve bir fen programının daha iyi nasıl ortaya konulacağı belirlenmeye çalışılmıştır. Her araştırma ile bir önceki basamaktan bir üst basamağa geçilmiş ve yeni stratejiler geliştirilmiştir. Bu süreç, hızlı bir biçimde işlemekte olup gelişen eğitim teknolojileriyle ve bilişsel psikoloji alanındaki yeni bulgularla birlikte, fen öğretimine geleneksel yöntemlerden daha fazla olumlu katkılarda bulunan öğretim yaklaşımları geliştirilmektedir.

Fen eğitimcilerinin bütün bu gelişmelerle birlikte üzerinde durdukları en önemli konulardan birisi, fen bilimlerindeki kavramların öğrencilere kazandırılması, yani istenilen kavramsal gelişim ve değişimin sağlanmasıdır. Çünkü fen eğitiminin başlıca hedeflerinden birisi, öğrencilerin fen konularında geçen kavramları doğru olarak anlama ve uygulamalarını sağlamaktır. Kavram geliştirme sürecinde asıl vurgu, önceki kavramlar ile yeni kavramlar arasında anlamlı bir bağ kurulmasında iken, kavramsal değişim sürecindeki vurgu ise, bilimsel düşünce olarak çoğunlukla tutarsız kabul edilen sezgi, ön-bilgi, önyargı ve hayat tecrübelerinin belirlenerek düzeltilmesindedir. Fakat, gerek kavram geliştirme gerekse kavramsal değişim sürecinde, soyut kavramların öğrenciler için açık ve anlaşılır hale getirilmesi fen öğreticileri için sıkıntı verici meselelerden birisidir. Bu durumla, özellikle soyut tabiatından dolayı, fen bilimlerinde çok sık karşılaşılır. Aynı sıkıntı bazen somut kavramlar için de geçerli olabilmektedir. Örneğin, atom yapısı somut olmasına karşın, bu yapının anlaşılır hale getirilerek öğrencilere kavratılması güçtür.

Yukarıda ifade edilen sıkıntının giderilmesinin alışagelmış yollarından biri, öğrencilerin öğrenme düzeyleri de dikkate alınarak kavramlarla ilgili açıklayıcı bilgilere olabildiğince değinmektir. Kavramlara ait açıklayıcı bilgileri çoğu zaman, kavramın verilmesi (sözcük), kavramın tanımının verilmesi, kavramı tanımlayıcı-ayırt edici özelliklerinin verilmesi ve kavrama dahil olan ve

olmayan örneklerin verilmesi basamakları oluşturmaktadır. Ama tüm açıklayıcı bilgilere rağmen, bu şekildeki kavram öğretimi sonucunda öğrencilerin herhangi bir konu hakkında kazandıkları yeni kavramları araştırıldığında, bazı eksikliklerle, yanlışlıklarla ve yanlışlarla karşılaşmak mümkün olabilmektedir. Yani, öğrencilerin kavramlar için açıklayıcı bilgilerden fazlasına ihtiyaçları vardır. Bu sebeple, doğru, anlamlı ve birbirleriyle ilişkilendirilebilir biçimde, kavramların öğrencilere kazandırılması için yeni öğretim stratejileri geliştirmek zorunlu hale gelir (Kaptan, 1999).

Analojilerin inşa edilmesi ya da bilgisayar simülasyonlarının hazırlanması gibi birçok yöntemi kapsayan ve yeni kavramların öğretilmesinde/ öğrenilmesinde kullanılan etkili stratejilerinden biri olan model oluşturma, bilimsel düşünme ve çalışmanın bir ürünü olarak ifade edilebilir. Modellerin, kompleks olguların basitleştirilerek tanımlanmasına veya deneysel sonuçlara temel oluşturulmasına yardımcı olması gibi işlevleri düşünüldüğünde, fen bilimleri içerisinde modeller için birçok rol tanımlamak mümkündür. Bunun yanı sıra, Harrison ve Treagust'un modellerin tabiatı hakkında yaptıkları araştırma sonucunda ortaya koydukları model sınıflandırması göz önünde bulundurulduğunda, fen bilimleri içerisindeki tüm bilgilerin temelini modellerin oluşturduklarını, yani model kullanmaksızın bilginin elde edilemeyeceğini ifade etmek yanlış olmayacaktır. Araştırmacılara, kaynak kavramlardan hareketle hedefle ilgili kavramları veya kavramlar arasındaki ilişkileri açık hale getirebilme ya da hedef hakkında tahminler ortaya koyabilme olanağı sağlayan modelleme işlemi fen bilimlerinin ayrılmaz bir parçasıdır. Çünkü, Adams ve Le Verier'in Güneş'e olan uzaklığa göre 8. gezegen olan Uranüs'ün varlığını tahmin etmelerinin ardından kısa bir süre sonra Uranüs'ün varlığının kesinleştirilmesi ya da önce Rutherford sonra ise Bohr'un geliştirdiği atom modellerinin ardından, elde edilen yeni bilgilerle modern atom teorisinin ortaya konarak atom yapısının daha da açık hale getirilmesi örneklerinde olduğu gibi, fen bilimleri içerisinde birçok durum, modeller aracılığı ile aydınlatılmıştır. Kısacası, araştırmacılar tarafından fikir birliğine varılarak şu an kullanılan hipotez, teori ve kanun gibi bilimsel ürünler, modellerin kullanımlarının ve modelleme işlemlerinin sonuçlarıdır.

Fen bilimlerinde, bilimsel ürünlerin ortaya çıkarılmasında modellerin kullanımı ve oluşturulması bu derece geniş ve önemli yere sahipken, "Fen sınıflarındaki modellerin rolü nedir?" sorusunun cevabı aslında çok açıktır. Fen öğrencileri de araştırmacılara benzer şekilde, yeni bilgilere ulaşmak için çevrelerini gözlemleme, hipotez kurma/test etme, ölçme yapma ve model geliştirme gibi çeşitli yollar denerler. Fakat, formal fen dersleri dışında, öğrencilerin öğrenme teşebbüsleri çoğu zaman yanlış tahminler yapma ve sonuçlar çıkarma ile sonuçlanabilmektedir. Yani, öğrenciler kendi deneyimleri sonucu kavramlarla ilgili bazı yanlışlar geliştirebilmektedirler. Bu durum, formal fen derslerinde bile giderilmesi güç olan sıkıntılara sebep vermekte ve fen öğrencilerinin, öğrencilerin deneyimleri sonucu geliştirdikleri yanlışların üstesinden gelmelerini sağlamaları zor olmaktadır.

Öğrenciler, fen bilimlerindeki kavramlar hakkında yanlışlara sahip olduğu gibi, birçok fen kavramı ile ilgili olarak zihinsel modellere sahiptir. Örneğin bir fizik dersinde bir öğretmen öğrencilere, "Bir su molekülünün içini görebilseydiniz ne görmeyi beklerdiniz?" sorusunu sormuş ve yanıt olarak da ilginç cevaplar almıştır. Bir kısım öğrenci su molekülüne ait kimyasal bağ gösterimindeki gibi katı çubuklar şeklinde hidrojen atomlarının oksijen atomuna bağlı olarak görececeklerini iddia etmiştir. Zihinsel modeller, öğrencilerin bilişsel işlemleri sonucunda geliştirildiğinden tamamlanmamıştır ve kararlı değildir yani değişebilmektedir. Bu nedenle, modeller/ modelleme ile fen öğretiminde, öğrencilerin konu ile ilgili kavram yanlışlarının ortaya çıkarılması kadar, zihinsel modellerin de bilinmesi önemlidir. Çünkü, yeni bilgilere ait modellerin öğrenciler tarafından kabul görmesi, bu modellerin öğrencilerin zihinsel modelleri ile ne derece tutarlı olduğuyula yakından ilişkidir. Eğer öğrencilerin eski kavramlarla ilgili zihinsel modelleri yanlış veya eksik ise yeni kavramlarla ilgili geliştirilen modelleri özümsemeleri mümkün olmayacaktır.

Fen öğretiminde amaç, öğrencilere bilimsel düşünme ve çalışma becerileri kazandırmak olduğuna göre, öğrencilere modellerin ve modellemenin tabiatı anlama ve uygulama olanağı verilmelidir. Fen sınıflarında bu olanağı öğrencilere sağlayacak olan fen öğreticisi olacağına göre, öncelikle fen öğreticisinin model/modelleme hakkındaki yeterli bilgi donanımına sahip olması

gerekir. Bununla birlikte fen ders kitaplarının da model/modelleme ile fen öğretimi destekleyecek niteliklere sahip olmaları, öğrencilerin modelleri ve modellere ait bileşenleri anlamalarını kolaylaştırıcaktır. Fakat daha önceki bölümde ifade edilen araştırma sonuçları, ne fen öğreticilerinin ne de fen ders kitaplarının öğrencilere bu olanağı verebilecek yeterliliğe sahip olmadığını göstermiştir. Bu yetersizliklerin neticesinde, öğrenciler modelleri durağan gerçekler olarak algılamaktadırlar. Halbuki gerek fen öğreticileri gerekse fen ders kitaplarının, bilimin ürünleri olan modellerin durağan şeyler olmadığını, modellerin yeni bilgilerle birlikte değişebileceği gerçeğini öğrencilerin açıkça fark etmelerine yardımcı olmalıdır.

Kaynakça

- Carlsen, D. D. & Andre, T. (1992). Use of a microcomputer simulation and conceptual change text to overcome student preconceptions about electric circuits. *Journal of Computer-Based Instruction*, 19, 105 - 109.
- Clement, J. (1987). Overcoming students misconceptions in physics: the role of anchoring intuitions and analogical validity. *Proceedings of the Second International Seminar Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics, Vol III*. Cornell University, 84 - 97.
- Coleman, F. M. (1997). Software simulation enhances science experiments. *Technology in Higher Education*.
- Davies, J. H. C. (2002). Student engagement with simulations: A case study. *Computers and Education*, 39, 271-282.
- Dykstra, D. I., Boyle, C. F. & Monarch, I. A. (1992). Studying conceptual change in learning physics. *Science Education*, 76, 615 - 652.
- Geban, Ö., Ertepinar, H. & Topal, T. (1999). Asit-baz konusu ve benzeşme yöntemi. III. *Fen Bilimleri Eğitimi Sempozyumu*. M.E.B. ÖYGM.
- Geban, Ö., Uzuntiryaki, E., Akçay, H., Kılınc, S. & Alpat, Ş. (1999). Kavram haritalama ve benzeşme yöntemi ile mol kavramı öğretimi. III. *Fen Bilimleri Eğitimi Sempozyumu*. M.E.B. ÖYGM.
- Gezer, K., Köse, S. & Sürücü, A. (1999). Fen bilgisi eğitim ve öğretimin durumu ve bu süreçte laboratuvarın Yeri. III. *Fen Bilimleri Eğitimi Sempozyumu*. M.E.B. ÖYGM.
- Grosslight L., Unger, C. Jay, E. & Smith, L. C. (1991). Understanding models and their use in science: Conceptions of middle and high school students and experts. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 799-822.
- Gülçiček, Ç. (2002). *Lise 2. sınıf öğrencilerinin mekanik enerjinin korunumu konusundaki kavram yanlışlıları*. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Harrison, G. A., (2001). How do teachers and textbook writers model scientific ideas for students? *Research in Science Education*, 31, 401-435.
- Harrison, G. A. & Treagust, F. D. (2000). A typology of science models. *International Journal of Science Education*, 9, 1011-1026.
- Justi, S. R. & Gilbert, K. J. (2002). Modelling teachers' view on the nature of modelling and implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, 24 (4), 369-387.
- Jimoyiannis, A. & Komis, V. (2001). Computer simulations in physics teaching and learning: A case study on students' understanding of trajectory motion. *Computers and Education*, 36, 183-204.
- Kaptan, F. (1999). *Fen bilgisi öğretimi*. İstanbul: M. E. Basımevi.
- Krajcik, J. S. & Lunetta V. N. (1987). A research strategy for the dynamic study of student's concepts using computer simulations. *Proceedings of the Second International Seminar Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics. Vol III*. Cornell University, 297 - 301.
- Martinez-Jimenez, P., Casado, J. M., Cuevas-Rubino, M., Gonzalez-Caballero, D. & Zarfa-Lopez, F. (1997). Interactive physics simulations appeal to first-year students. *Computers in Education*, 11 (1), 31-35.
- Nakipoğlu, C., Karakoç, Ö. & Benlikaya, R. (2002). Öğretmen adaylarının atom yapısı ile ilgili zihinsel modelleri. *Abant İzzet Baysal Üni. Eğitim Fak. Dergisi*, 2 (4), 88-97.
- Riche, R. D. (2000). *Strategies for assisting students overcome their misconceptions in high school physics*. Memorial University of Newfoundland Education 6390.
- Rutherfordatommodeli. (2003). *Maximum bilgi*. Retrieved 02 Şubat 2003 (de indirildi) from the World Wide Web: <http://www.maximumbilgi.com/bilim/rutherfordatommodeli.htm>
- Schultz, K., Murray, T., Clement, J. & Brown, D. (1987). Overcoming misconceptions with a computer based tutor. *Proceedings of the Second International Seminar Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics, Vol III*. Cornell University, 434 - 448.
- Soylu, H. & İbiş, M. (1999). Bilgisayar destekli fen bilgisi eğitimi. III. *Fen Bilimleri Eğitimi Sempozyumu*. M.E.B. ÖYGM.
- Swaak, J., Joolingen, V. R. W. & Jong, De T. (1998). Supporting simulation based learning: The effects of model progression and assignments on definitional and intuitive knowledge. *Learning and Instruction*, 8, 235-252.
- Tao, P. K. & Gunstone, R. F. (1999). The process of conceptual change in force and motion during computer supported physics instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 859 - 882.
- Van Driel, H. J. & Verloop, N. (1999). Teachers' knowledge of models and modeling in science. *International Journal of Science Education*, 11, 1141-1153.
- Wright, E. L. & Pema, J. A. (1992). Reaching for excellence: A template for biology instruction. *Science & Children*, 30 (2), 35.
- YÖK/Dünya Bankası. (1997). *Fizik öğretimi*. Milli Eğitimi Geliştirme Projesi.

Geliş	21 Mayıs 2003
İnceleme	26 Mayıs 2003
Kabul	6 Eylül 2004