



Fen Bilimlerine Alanlararası Bakış ve Eğitimde Uygulamalar

Sibel ERDURAN*

Bristol Üniversitesi, İngiltere ve Boğaziçi Üniversitesi, Türkiye

Alındı: 16.05.2013 – Düzeltildi: 25.06.2013 - Kabul Edildi: 28.06.2013

Özet

Bu çalışmada “bilim nedir?” sorusu alanlararası çalışmalar bağlamında ele alınmıştır. Bilim felsefesi, sosyal tarihi ve metotları örnekleri verilmiş ve bunların eğitimdeki uygulamaları tartışılmıştır. Bilime alanlararası bir bakış açısıyla yaklaşmak bilimin farklı yüzlerini ortaya çıkarır. Dolayısıyla, fen bilgisi dersleri alanlararası uygulamalardan yola çıkarak bilimin farklı yönlerini öğrencilere aktarabilir.

Anahtar Kelimeler; Bilim, Fen Eğitimi, Alanlararası Araştırma

Giriş

Fen dersleriyle ilgili hafızanızı kurcalayacak bir yolculuğa çıkalım. Belki on, belki yirmi hatta belki de daha uzun yıllar önceki fen derslerinizi kısaca bir hatırlayınız. Aklınıza ilk gelen nedir? Belki kara tahtaya yazılan fizik denklemleri, belki çok nadiren ziyaret ettiğiniz kimya laboratuvarı veya biyoloji derslerinden defterinize özenle çizdiğiniz hücre resimleri. Belki kimya, fizik ve biyoloji öğretmenlerinizin arasından hangisi size en sempatik ve anlaşılır geliyorsa o öğretmenle ilgili bazı ufak tefek detaylar aklınıza gelecektir. Mesela öğretmeninizin ses tonu veya kara tahtadaki yazım tarzı. Ama eğer fen derslerindeki notlarınız istediğiniz kadar yüksek değilseydi aklınıza hep fen derslerinin ne kadar zor olduğu, sizi ne kadar yetersiz ve kabiliyetsiz hissettirdiği gelecektir. Fen dersleriyle ilgili aranız iyiye belki bazı sorular ve bunların cevaplarını anımsayacaksınız. Mesela, fotosentez nedir, kulak nasıl işitir, asit yağmurunun nedenleri nelerdir, Le Chatelier prensibi nedir?

* Sorumlu Yazar: E-posta: Sibel.Erduran@bristol.ac.uk
©2013

Şimdi kendinizi bu lise ortamından çıkışlı bir bireyin yerine koyunuz. Üniversiteye gitmişse bile fen ile ilgili bir eğitim görmemiş, fen eğitimi bilgi düzeyinin lise seviyesinde kaldığı, yani toplumun büyük bir çoğunluğunu oluşturan bir bireyin yerine koyunuz. Peki, lise eğitiminden bilimle ilgili edindiği bilgiler ve izlenimler gerçekten bilimle alakalı mıdır? Bu bilgiler ve izlenimlerin günlük hayatında bir değeri, etkisi ve önemi var mıdır? Bu bireyin kendi hayat kalitesini daha güçlü kılıcı bir özelliği var mıdır? Bu kişi günümüzde internet ve medya aracılığıyla sürekli bilimsel konulara tanık oluyordur. Mesela gazetelerde kolesterol ve sağlık üzerine ileri sürülen iddiaları okuyordur. Televizyondaki haberlerde 2013 yılında Rusya'ya gökten yağın meteor taşlarını izlemiştir. Hatta dünyanın sonunun geleceği iddialarına kapılıp 2012 yılının sonunu korku içinde geçirmiştir.

Toplumda fen bilimlerini kavrayıp kullanabilen, uygulayabilen bireyler yetiştirmek için fen eğitimcilerine ne gibi görevler düşer? Lise eğitimleri sonrasında topluma, memleket ekonomisine, kültür bilincine yararlı olan; aktif düşünen ve kendi kararlarını kendi verip ayakları üzerinde durabilen vatandaşlar yetiştirmek için ne yapılmalıdır? Fen derslerinin bu amaçlara hizmet edebilmek için öğretimin içeriği ve yaklaşımı nasıl olmalıdır? Öğretmenler, öğretmen eğitimcileri, müfredat geliştiren bireyler, akademisyenler ve fen eğitimcisi araştırmacılar olarak bize ne gibi görevler düşmektedir? Bu soruları cevaplayabilmek için öncelikle 'fen' veya 'bilim' dediğimiz kavramdan ne anladığımıza dair tartışmamız gerekmektedir. Tartışmamız gerekli diyorum çünkü 'bilim' kavramı henüz kime sorarsanız farklı bir yanıt alabileceğiniz bir kavramdır. Her ne kadar da müfredat ve ders kitaplarında 'bilimin' tanımı hemfikir bir vizyonu yansıtsa da aslında bu tanım belli bir felsefeye dayanan ve örneğin bilim insanları ve bilim felsefecileri tarafından her zaman kabul görmeyen bir tanımdır.

Bilim Nedir?

Bilim nedir sorusunu öncelikle kime soruyoruz? Bir bilim adamına mı, bir bilim felsefecisine mi, bir bilim sosyologuna mı? Kimin açısından bilimden bahsediyoruz ve kimin açısından bilim eğitime daha yatkın ve verimlidir? Okul ortamındaki bilim ile bilim camiasının bilim kavramını karşılaştırırsak ortaya ne çıkar? Önceki örnekteki bir lise öğrencisine sorarsanız bilimi size belki de belli başlı kavramları anımsatarak açıklayacaktır. Büyük bir olasılıkla bilimi fen dersi olarak görecektir. Yani bilim okul dışı hayatla aslında o kadar da alakalı olmayan, olsa da kendi hayatında pek bir rol oynamayan bir araştırma yöntemidir. Mesela her gün mutfakta yemek pişirirken aslında yemek pişirmenin bir kimyasal olay olduğunu büyük bir olasılıkla kavrayamayacaktır. Fen derslerinde edindiği bilgiyi büyük bir ihtimalle derslerin dışına taşıyamayacaktır. Bunun en önemli göstergelerinden birisi üniversite öğrencileriyle bile yapılan araştırmalarda öğrencilerin kavram yanılgılarıdır. Mesela üniversitede fen ve mühendislik eğitimi gören öğrencilere bir ağacın dalı nasıl elde edilir diye sorduğunuz zaman dalın içerisindeki maddenin topraktan geldiğini savunurlar. Ayrı olarak fotosentez ne diye sorarsanız, fotosentezin tanımını ve denklemini size anlatabilirler ancak günlük hayattan bir örnekle karşılarına gittiğiniz zaman fen derslerinden edindikleri bilgileri uygulamakta güçlük çekerler.

Fen Bilimlerine Alanlararası Bakış ve Eğitimde Uygulamalar

Peki, öğrencilerin bilimle ilgili belli başlı düşünceleri mevcutken eğitimciler olarak biz onlara daha geniş bir eğitim verebiliyor muyuz? Fen dersleriyle günlük hayatlarını birleştirici, bütünleştirici bir tecrübe elde edebilmeleri için gerekli ortamı sağlayabiliyor muyuz? Bunu sağlayabilmek için ne yapmamız gerekir? Fikirlerimizi, kaynaklarımızı nerden alacağız? Bilim dediğimiz şeyi bilim tarihçileri, bilim felsefecileri ve bilim sosyologları dâhil olmak üzere birçok akademisyen hala daha tartışmaktadır. Dünyada birçok üniversitede bilim iletişimi, felsefesi, tarihi gibi konularda uzmanlık sahaları bulunmaktadır. Bu dallarda araştırma yapan kişiler hem tarih boyunca bilimin nasıl geliştiği ile ilgilenebilir, hem de bugünkü bilim kültürünün içeriğini örneğin kültürel, psikolojik ve ekonomik açılardan araştırabilirler. Bilim tarihi ve felsefesini ele alacak olursak, fen eğitimi araştırmalarında etkisi olan Thomas Kuhn, 1960'larda Bilim Devrimlerinin Yapısı üzerine bir kitap yazmıştır (Kuhn, 1996). Bu kitapta tartıştığı konulardan biri dünyanın veya güneşin merkezi rolü olan modeller ve bu modeller arasındaki geçişler. Bu örnek özellikle lise seviyesinde bir öğrenci için iyi bir örnek teşkil eder. Her birey hayata gözlerini açıp hafıza sahibi olduğu günden itibaren gökyüzünde güneşin hareket ettiğine tanık olmuştur ve oluyordur. Hâlbuki fen bilgisi veya coğrafya derslerinde öğretmenlerin söyledikleri bunun tam tersidir: dünya güneş etrafında dönmektedir. Kişisel olarak olaya bakacak olursak dünyanın döndüğünü biz hissetmiyoruz. Tarih boyunca insanların dünyanın güneş sisteminin merkezinde yer aldığını düşünmeleri bu yüzden tecrübeye dayalı ve belli bir mantığa dayalı olduğu söylenebilir. Hatta güneşin merkezde olup dünyanın güneş etrafında dönmesi ne mantığa ne tecrübeye dayanır çünkü bizim insan olarak her gün izlediğimizle bunun bir alakası yoktur. Bu örnekten alacağımız dersler nelerdir? Öncelikle bilimin doğası ile ilgili bazı çıkarımlar yapabiliriz. Bilim insanları belli modeller geliştirirler ve bu modelleri deliller doğrultusunda değiştirebilirler. Öğrencilerin de öğrenme süreci belki de bu top bir değişimin bir parçasıdır. Ne de olsa öğrencilerin de herhangi bir konu ile ilgili kendilerine özgü belli başlı düşünceleri vardır. Bilim tarihi ve felsefesini izleyerek bilim sürecinde bu değişimlerin süregelmesi için gerekli olan kriterler ve faktörleri öğrenebiliriz ve eğitimde öğrencilerle uygulayabiliriz.

Bilim ve Alanlararası Araştırmalar

Bilim tarihi ve felsefesinin yanı sıra günlük bilimsel ortamlar içerisinde (ki bu ortamlarda hayatta olan bilim insanları, yaşayan bir bilim kültürü ve belli başlı sosyal dengeler de mevcuttur) bilim adamlarının yarattıkları kültürler, yaklaşımlar, diller, iletişimsel yapılar gibi konular ele alınmıştır (Latour & Woolgar, 1986; Knorr-Cetina, 1999). Bilim kavramını ele alacak olursak, bu kavram birçok yönden incelenebilir. Felsefe ve tarihin yanı sıra sosyoloji dalı bilimin nasıl düzenlendiği ile ilgili farklı ipuçları verme potansiyeline sahiptir. Örnek verecek olursak. DNA yaşamı olası kılan bir moleküldür ve biyoloji ve kimya müfredatlarında yer alır. DNA ayrıca bir modeldir. Yani belli verilerden yola çıkarak var olduğu düşünülen bir yapıyı temsil eder. Ron Giere gibi bilim felsefecileri modeller üzerine uzun süreden beri çalışmaktadır (Giere, 1991). Model nedir, nasıl gelişir, bilimsel düşünceye katkısı nedir, değişik alanlarda aynı yapıya sahipler mi gibi soruları irdelemektedirler. DNA'nın keşfinin tarihçesine bakacak olursak sosyal içerikli konuların ön plana çıktığını görürüz. Mesela Rosalind Franklin'in DNA'nın keşfine katkısının James Watson, Francis Crick

ve Maurice Wilkins tarafından yeterince benimsenmediğini ve bunun özellikle kadın olmasından dolayı kaynaklandığını savunan tezler vardır. Yani bu bilim insanları arasında ciddi cinsiyete dayalı bir dışlayış söz konusu olmuştur. Bu durum özellikle kız çocuklarının fen eğitimine teşviği ele alınacak olursa önemli bir ders ve örnektir. Ayrıca bilimde cinsiyet ve sosyal statü gibi faktörleri ders ortamına taşıyabilecek bir referans olduğundan bilimin antropolojik ve kültürel yönüne de ışık tutar. Günümüz moleküler biyoloji alanında genler çerçevesinde artık DNA satılabilen ve patent teşkil edebilen bir maddedir. Dolayısıyla DNA ayrıca bilim ve ekonomi arasındaki ilişkiyi de tartışma ortamına taşıyabilecek bir konudur.

Fen eğitimi araştırmalarına dönecek olursak 1980'lerden itibaren fen eğitiminde bilim felsefesi ve tarihi konularını araştırmak üzere kurulmuş örgütlerin olduğunu görürüz. Uluslararası Tarih, Felsefe ve Fen Eğitimi Grubu (International History, Philosophy and Science Teaching Group) bu akım içerisinde bir örnektir. 2008 yılında Fen Eğitimi (Science Education, Wiley) dergisinde özel bir sayı ile yeni bir "Bilim Çalışmaları" bölümü başlatmıştık (Duschl, Erduran, Grandy & Rudolph, 2008). Derginin bu bölümünün amacı fen eğitimi ve "Bilim Çalışmaları" (Science Studies) arasında sentezlerin kurulmasıydı. Bilim çalışmaları dediğimiz alanlararası çalışmalara dayalı, bilime çoğulcu ve değişik yönlerden bakan bir yaklaşım ve alandır. Dünyanın bazı üniversitelerinde (örneğin Amerika Birleşik Devletleri Washington Üniversite'sinde) artık ayrı bir bölüm olarak barınan bir araştırma sahasıdır. Alanlararası çalışmaların eğitimde uygulamaları nasıl olabilir? Bu soruyu ele alalım.

Öğretimde Örnekler

Fen bilimleri ve felsefe

Fen bilimlerini felsefi açıdan inceleyen çalışmaların uzun bir geçmişi vardır. Hatta örneğin kimya bilim dalının felsefe ile yoğrulduğu da söylenebilir. Yakın zamanda Avusturya'da 1920 ve 1930'larda Viyana çemberi tarafından geliştirilen pozitivism akımı bunun bir örneğidir. Mesela kimyayı felsefi açıdan inceleyen akademisyenlerin çalışmaları (örneğin, Scerri, 2007; Van Brakel, 2000) eğitimde fazla olmasa da teorik düzeyde uygulanmıştır (örneğin, Erduran, 2013). Günlük hayatta ve kimya derslerinde rolü büyük olan 'su' kavramını kullanabiliriz (Erduran, 2005). Kimya derslerinde $Su=H_2O$ denkleminde yola çıkarak kimyanın doğasıyla ilgili sorular sorulabilir. Chomsky (1995) çay ve Sprite neden su diye kabul edilmiyor diye sorar. İkisinde de çeşmedeki su ile aynı oranda H_2O vardır. Bu içecekleri su kılmayan nedir, ya da suyu su kılan nedir? Bunlar felsefi konulardır. Mikromoleküler seviyede su H_2O 'dur. Ancak makro veya daha üst düzeyde 'su' diye adlandırılan madde aslında H_2O değildir çünkü bu düzeyde sunun H_2O 'den farklı özellikleri vardır. Bu özellikler (mesela 100 derecede kaynaması), H_2O 'nin özelliklerine indirgenemez. Ayrıca suda hidrojen ve oksijenin izotoplarının kombinasyonları da olduğundan $Su=H_2O$ denklemi aslında doğru değildir. Dolayısıyla H_2O suyun kimyasal özüdür ancak temel olarak özü değildir. Felsefi içerikli bu yorumları öğrencilerin seviyesinde tartışmak için aşağıdaki denklemler bir giriş teşkil edebilir.

$$Su=H_2O$$

Fen Bilimlerine Alanlararası Bakış ve Eğitimde Uygulamalar

Buz=H₂O

Öyleyse Su=Buz

Bu denklemlerin mantığa ters düşen sonucu ile bir tartışma ortamı yaratılabilir. Öğretmen belli başlı sorular eşliğinde sınıfı felsefi düşünmeye teşvik edebilir. Örneğin “H₂O ile su aynı şeyler mi?” veya “Bir H₂O molekülünün kimyasal içeriği su gibi midir?”

Fen bilimleri ve sosyal tarih

Bu bağlamda vereceğimiz örnek biyolojinin doğasıyla içice olmuş canlıların belli özelliklere göre gruplara ayrılması, kategorize edilmesi yani taksonomisi ile ilgilidir. 1800’lu yıllarda bilim insanlarından Linnaeus, halen kendi adıyla adlandırılan bir taksonomi sistemi geliştirmişti. Bu sisteme göre balinalar balık sayılmıyordu. Amerika Birleşik Devletleri’nde 1818 yılında balık yağlarının vergilendirmesiyle ilgili bir yasa çıkmıştı. Bir grup vergi memuru balık yağı vergisi toplamakla yükümlü olacaktı. Yasanın çıkmasından 4 ay sonra, James Maurice isimli bir vergi müfettişi James Judd isimli bir kişiye vergi kaçakçılığından dolayı ceza keser. Judd ise bu karara karşı çıkar çünkü elinde olan balina yağıdır. Böylece Maurice karşıtı Judd diye isimlendirilen bir dava ortaya çıkar. Uzman kişiler mahkemeye fikir ve delil sunmak için çağırılırlar. Bunların arasında doğal bilimci ve Dr. Samuel Mitchell de vardır. Üç gün süren mahkeme sonucunda Judd taraftarı bir karar verilir. Bir ay sonra ise yasa değiştirilir ve balina yağı içeren yağların balık yağı sayılmayacağını belirten yasa ortaya çıkar. O dönemin bilim insanlarından Linnaeus’un ortaya çıkardığı taksonomiye göre zaten bilimsel açıdan balina balık sayılmıyordu. Ancak mahkemenin sonucunda balinanın balık sayılmaması bilimsel dayanağa göre değil zamanın tüccarlarının çıkarlarını gözetecek bir şekilde ele alınmıştır.

Bu örnekle iletmeye çalıştığımız amaç sudur: bilimin ve bilimsel kavramların (taksonomi gibi) sosyal, ekonomik ve kültürel boyutları vardır. Bu boyutları yok sayarak ve bilimi "özüne" indirgeyerek aslında öğrencilerimize bilimin gerçek yüzünü tanıtmış olmuyoruz. Eğer öğrenciler bilimin sosyal ve ekonomik boyutlarını da anlatmıyorsak bilimin belli başlı yönlerini onlardan saklıyoruz anlamına gelir.

Fen bilimleri ve metotlar

İlk iki örnekten biraz farklı olarak başka bir örnek de bilimsel metotlar üzerine vermek istiyorum. Bilimsel metot fen derslerinde hipotez geliştirme, deney yapma ve teori üretme gibi safhalardan geçen bir araştırma yöntemi olarak sunulur. Hâlbuki bilim felsefesi bağlamında bilimsel teknik ve metotlar üzerine yapılan çalışmalarda bu metodun aslında birçok farklı metottan bir tanesi olduğunu görürüz. Örneğin fizik dalında yapılan bir deney ile astronomi veya ekoloji dallarında yapılan araştırmaların içeriği çok farklıdır. Bazen deney diyebileceğimiz belli başlı değişkenleri test eden yöntemler kullanılabilir, bazen ise daha çok tarihsel diyebileceğimiz delilleri kullanarak belli başlı sonuçlar çıkarmaya çalışabiliriz. Astronomi dalı özellikle tarihsel verilerin değerlendirildiği ve aslında deneye dayalı olmayan bir bilim dalıdır.

İngiltere'nin Bristol Üniversitesi'nde gerçekleştirdiğimiz araştırmalardan yola çıkarak öğretmenlerle uygulamaya geçirdiğimiz materyallerden (Erduran & Yan, 2009) bahsetmek istiyorum. Yaptığımız projelerdeki bir öğretmenimiz "Runny Honey" yani "Akıcı Bal" isimli bir ders geliştirmiştir. Dersin konusu viskozite veya başka bir tanımıyla "yarı sıvılık" idi. Ancak öğretmen dersi öğrenciler açısından daha anlamlı ve ilginç kılabilmek için daha canlı ve ilginç bir isim kullanmayı tercih etmiştir. Ders öğrencilerin araba motorunda yağ kullanımı ile ilgili bir videoyu izlemesiyle başlar. Öğrenciler araba motorunu yağlamanın önemini, ortamını ve sonuçlarını tartışır. Bu tartışmadan ortaya çıkan sonuç yağın motorun ısınmasıyla 'incelmesi', yani ısının yağ üzerinde bir etkisi olduğudur. Öğretmen daha sonra öğrencilere iki odun parçası ve bal kullanarak motorun içinde yağ ve motor parçaları arasında gelişen sürtünmeyi anlatır. Bir sonraki süreçte de öğrencilere bir deney üretmelerini söyler. Öğrenciler istedikleri materyalleri kullanıp istedikleri teknikleri geliştirebilirler. Gruplar halinde çalışan öğrencilerin ürettiği metotlardan örnekler şunlardır: iki test tüpünün içinde farklı sıcaklıklarda balı aynı anda çevirmek ve dökülme hızını hesaplamak; yan duran bir panonun üzerine farklı derecelerde bal damlası koyup belli bir mesafeyi ne kadar zamanda kat ettiklerini inceleyip kıyaslamak. Grup çalışması sonrasında öğretmen değişik metotlar üzerinde bir tartışma yapar. Bu safhada belli başlı bazı sorgulamalar önemlidir. Mesela hangi teknik bize daha güvenilir bilgi verecektir? Bunu nasıl biliyoruz? Gerekçelerimiz nelerdir?

Bu aktivite ile öğrencilerin bilimle ilgili öğrencilere iletilen mesajlar şunlardır: 1. Bilimde metot bilim insanları tarafından belli bir amaca yönelik geliştirilir. 2. Geliştirilen metotlar sabit değil, değerlendirmeye ve tartışmaya açıktır. 3. Bilim insanları baştan bilinen teknikleri alıp uygulayabildikleri gibi yeni teknikler de geliştirirler. Bu süreçte belli kriterler kullanarak yaklaşımlarını değerlendirirler. Dersin bilimsel metot içeriği yani sıra öğrencilere kendi kendilerini ve öğreniş tarzlarını sorgulayıcı sorular da verilir. Örneğin deneysel tasarımlarını değerlendirmeleri aşağıdaki sorular çerçevesinde teşvik edilir: Kendi deneyinizi tasarlamak sizi nasıl hissettirdi? Kendi deneyinizi tasarlamak öğreniminizi nasıl etkiledi? Bu örnekte iletmeye çalıştığım mesaj bilim felsefesi dediğimiz bir alandan bilimsel metotların çeşitliliğini eğitimciler olarak öğrenip uygulayabileceğimizdir.

Sonuç

Bilime alanlararası bir bakış açısıyla yaklaşmak bilimin farklı yüzlerini ortaya çıkarır. Yani bilimin zaten doğasında farklı faktörler yer almaktadır. Dolayısıyla fen bilgisi derslerinin bilimin doğasına sadık kalabilmesi için ancak değişik bakış açılarından bilimi ele almakla öğrencilere yeterli bir vizyon sağlayabiliriz. Ayrıca her öğrencinin bilime karşı ilgisi aynı değildir ve olması da beklenmemelidir. Eğer bilim değişik bakış açılarından ele alınacak olursa farklı öğrencilerin bilime karşı ilgisinin doğması ve çoğalması olasılığı yükselecektir. Bilimi anlamak tek boyutlu bir olay değil, çeşitliliğe sahip bir olgudur.

Mesela bir öğrenci bilimin ürettiği teorileri, modelleri, yasaları pek önemsemese veya anlamasa da bilimin toplum içindeki rolünü, ekonomiye etkisini veya sosyolojik olarak katkısını merak edebilir. Bilimi geniş açıdan tanımlamak ve öğretmekle daha fazla öğrencinin bilime ilgisini artırabiliriz. Böylece, lise mezunu bir birey yıllar sonra fen derslerindeki kopuk

Fen Bilimlerine Alanlararası Bakış ve Eğitimde Uygulamalar

ve anlamsız bilgileri hatırlamak yerine bilimsel düşünce tarzını benimseyip, bilimin farklı yönlerini sorgulayabilecektir.

Teşekkür: Bu makalenin yazımı süresinde Sibel Erduran TÜBİTAK fonlu bir proje ile (291762-Co-Funded Brain Circulation Scheme/2236-Uluslararası Deneyimli Araştırmacı Dolaşım Programı) Boğaziçi Üniversitesi'nde araştırmacı olarak görev almıştır. TÜBİTAK ve Boğaziçi Üniversitesi'ne desteklerinden dolayı teşekkür eder. Makalede Türkçe harflerin kullanılmasında Ebru Kaya yardımcı olmuştur.

Kaynaklar

- Chomsky, N. (1995). Language and Nature, *Mind*, 104, 1-61.
- Duschl, R., Erduran, S., Grandy, R. & Rudolph, J. (Eds.). (2008). Science Studies and Science Education. Special Issue, *Science Education*, Editorial, 92(3), 385-388.
- Erduran, S. (Ed). (2013). Philosophy, Chemistry and Education: An Introduction, *Science & Education Journal*, 22(7), 1559-1893.
- Erduran, S. & Mugaloglu, E. (2012). Interactions of economics of science and science education: Investigating the implications for science teaching and learning. *Science & Education*. doi: 10.1007/s11191-012-9519-8.
- Erduran, S. & Yan, X. (2009). *Minding Gaps in Argument: Continuing Professional Development to Support the Teaching of Scientific Inquiry*. Bristol: University of Bristol (www.apisa.co.uk).
- Erduran, S. (2005). Applying the philosophical concept of reduction to the chemistry of water: Implications for chemical education. *Science & Education*, 14(2), 161-171.
- Giere, R. (1991). *Understanding Scientific Reasoning*, (3rd Ed.), Fort Worth, TX: Holt, Rinehart, and Winston.
- Irzik, G. (2010). Why should philosophers of science pay attention to the commercialization of academic science? In M. Suárez, M. Dorato & M. Rédei (Eds.), *EPSA Epistemology and Methodology of Science: Launch of the European Philosophy of Science Association* (pp. 129-138). Dordrecht: Springer
- Knorr-Cetina, K. (1999). *Epistemic Cultures: How the Sciences Make Knowledge*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Kuhn, T. (1996). *The Structure of Scientific Revolutions* (3rd Ed.). Chicago: University of Chicago Press.
- Latour, B. & Woolgar, S. (1986). *Laboratory Life: The Construction of Scientific Facts*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Scerri, E.R. (2007). *The Periodic Table: Its Story and Its Significance*. New York: Oxford University Press.
- Van Brakel, J. (2000). *Philosophy of Chemistry: Between the Manifest and the Scientific Image*. Leuven: Leuven university press.