

## İndirgemecilik Açısından Kimya Öğretiminde Makro ve Mikro Bilgi Seviyeleri

### Macro and Micro Knowledge Levels for Chemistry Teaching In Terms of Reductionism

Davut SARITAŞ<sup>1</sup>, Yüksel TUFAN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Altın Eğitim Koleji, Ankara/TÜRKİYE, davutsaritas@gmail.com

<sup>2</sup>Gazi Üniversitesi, Gazi Eğitim Fakültesi, Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi Bölümü, Kimya Eğitimi Anabilim Dalı, Ankara/TÜRKİYE, yufan@gazi.edu.tr

#### ÖZ

*Kimya felsefesinin önemli bir tartışma konusu olan indirgemecilik kimya eğitimi açısından ele alınabilir. Felsefi alan yazında tartışılan indirgeme türlerinin kimyanın doğası ve kimyasal bilginin niteliğine uygun olmadığı görülmektedir. Bunların kimya eğitiminde sorunlu olan makro ve mikro anlama seviyeleri ile yakın ilişkisi vardır. Nitekim indirgemecilikte makro seviyeyi açıklamada kullanılan mikroya yönelik kimyanın kuramsal bilgilerinin fiziğe indirgenebileceğini savunulmaktadır. Bu nedenle eğitimin temel kazanımları çerçevesinde kimya öğretiminde mikro-makro ilişkisinin sağlıklı kurulması ve bu seviyelerin kimyanın doğasına uygun bir şekilde öğretilmesinde indirgemelerin göz önünde tutulması gerekebilir. Bu noktada indirgemelerden kaynaklanması olası olan sorunlara yönelik belirlemelerde bulunmak ve bazı öneriler sunmak mümkündür.*

**Anahtar Kelimeler:** İndirgemecilik, Kimya öğretimi, Kimyasal bilginin doğası, Makro ve mikro bilgi seviyeleri.

#### ABSTRACT

*Reductionism as one of the major questions of debate of chemistry philosophy can be considered from the perspective of chemistry teaching. It can explicitly be seen that types of reductions discussed in philosophical literature are contrary to the nature of chemistry and characteristics of chemical knowledge. These have a close relationship with macro and micro levels of understanding which is problematic for chemistry education. Thus, it is defended in reductionism that theoretical information for micro oriented chemistry used to define macro level can be reduced to physics. For that reason it is necessary to establish the relationship of micro-macro for chemistry teaching under the framework of basic acquisitions of education and to consider reductions in order to allow teaching of these levels as conforming to nature of chemistry. At this point, it is possible to make some fixations directed to problems those possibly originate from reduction and to present some recommendations.*

**Keywords:** *Reductionism, Chemistry teaching, Nature of chemical knowledge, Macro and micro knowledge levels.*

## GİRİŞ

Bilim felsefesinin yaygın tartışmalarından birisi olan indirgemecilik kimya felsefesinde de ağırlıklı olarak kimyanın fiziğe indirgenip indirgenemeyeceği problemi üzerinden tartışılmaktadır. Kimyayı ilgilendiren böylesi bir konunun şüphesiz kimya eğitimi ile ilişkisi olmalıdır. Ülkemizde gerek kimya felsefesine, gerekse kimya felsefesinin kimya eğitimi ilişkisine yönelik bir alan yazından bahsetmek mümkün değildir. Bu nedenle Türkçe alan yazına bir katkı sağlamak adına kimya felsefesinin bu önemli konusunun kimya eğitimi ile ilişkisini kurmak gerekli görülebilir. İndirgemeciliğin tartışıldığı ana çerçeveye düşünüldüğünde kimya öğretiminde sorunlu olan makro ve mikro bilgi seviyeleri ile yakın ilişkisi fark edilebilir. Derleme niteliğindeki bu makalede bu ilişki amaçlanmıştır. Bu çerçevede ilk olarak; indirgemeciliğe ilişkin genel bilgiler ve kimya felsefesi alan yazınında bu probleme getirilen yaklaşımların ana hatları ele alınmıştır. Ardından indirgemelerin sorunları temelinde gerekli görülen epistemolojik yaklaşımlar ortaya konulmaya çalışılmıştır. Birçok açıdan sorunlu olduğu görülen indirgemelerin epistemolojik bağlamda, eğitimin temel kazanım kategorileri olan bilgi, beceri ve tutumlar açısından; özellikle kimyanın doğasının, kimyasal bilginin niteliğinin kavranması ve kimyasal içerik bilgisinin uygun bir şekilde kazanılmasında kritik duruma yönelik bazı tespitlerde bulunulmuştur. Bu süreçte kimya öğretiminde mikro ve makro bilgi seviyeleri açısından, indirgemenin neden olduğu veya olabileceği sorunlara yönelik ilkesel önerilerde bulunmak mümkün görülmüştür.

## İNDİRGE MECİLİK

İndirgemecilik (*reductionism*) farklı alanlarda ortaya çıkmasından dolayı farklı şekillerde tanımlanabilmektedir. En basit hali ile indirgemeciliğin parça-bütün ilişkisi temelinde; bir bütün parçaların toplamından ibarettir, parçanın özellikleri ve davranışlarından bütün hakkında kesin ve açıklayıcı bilgilere ulaşılabilir, düşüncesine

dayanan felsefi bir yaklaşım olduğu söylenebilir. Bu yaklaşım bütünü parçalardan daha büyük bir gerçekliğe sahip olduğunu savunan bütüncülük (*holism*) karşısına konumlandırılabilir. Bütüncülüğe göre her türlü açıklamada parçalar (atom, birey, hücre gibi.) değil, bütün temel alınmalıdır (Cevizci, 2011).

### **Bazı Temel Kavramlar**

İndirgemecilik tartışmalarında sıkça geçen bazı anahtar kavramlardan bahsetmek mümkündür. Bunların başında, zuhur etme (*emergence*), yukarıdan aşağıya nedensellik (*downward causality*) ve ilişkisel bağıllık (*supervenience*) kavramları gelmektedir. İndirgemeciliğin benimsediği aşağıdan yukarıya nedenselliğin tam aksine bütüncül yaklaşımın benimsediği *yukarıdan aşağıya nedenselliğe* göre, bir sistem kendini oluşturan alt sistemlerini belirler ve etkiler. Bir bütünü açıklamada parça özelliklerini belirleyen güçlerin bir bileşkesinden (*resultant forces*) kaynaklanan nedenlerin yerine, bütünde zuhur eden ilişkileri belirleyen konfigürasyonel (*configurational forces*) güçlerden kaynaklanan nedenler temel alınmalıdır (Scerri, 2007a; Hendry, 2006; Chlamers, 2002).

Bilimde, özellikle de biyolojide sistem düşüncesinin ortaya çıkmasında etkili olan emergentizm (*emergentism*)'e göre; parçaların birleşmesi ve bir bütün oluşturmasında emergent (zuhur eden) özellikler, nitelikler veya fenomenler (*emergent phenomena/ qualities/ properties*) adı verilen bir takım yeni unsurlar oluşur. Zuhur etme (*emergence*) ise söz konusu zuhur eden (*emergent*) unsurların oluşması sürecidir (Coring, 2002; Goldstein, 1999; O'Connor, 1994; Chalmers, 2002). Diğer bir kavram ise bir grup özelliğin başka bir grup özelliğe bağıllığının nasıl açıklandığını veya tespit edildiğini gösteren olası ilişkilere yönelik bir kavram olan ilişkisel bağıllıktır. İlişkisel bağıllık (*supervenience*) basit bir şekilde, bütünü özelliklerinin parçaların özellikleri arasında simetri olmadığı ve bütünü özelliklerinin parça özelliklerine asimetric olarak bağılı olduğu anlamında kullanılan bir terimdir (Hendry, 2012; Schummer, 2006). Bu kavramlardan zuhur etme ve ilişkisel bağıllığın genellikle indirgemeciliğe karşı bütüncül yorumları olmak ile birlikte, indirgemecilik ile uzlaştırılan yorumlarına da rastlanmaktadır.

### Kimya Felsefesinde İndirgemecilik Problemi ve İndirgemeciliğin Sorunları

Bilimde ortaya çıkan indirgemeci tutumun temelde pozitivizm bilimsel bilgiyi gözlemlenebilir dünyaya bağlama amacı ile ilgili olması mümkündür. Başlangıçta Newton mekaniğinin etkisi ile gözlemlenemeyen evreni gözlemlenen evrenden elde edilen yasalar ile açıklama girişiminde görülen indirgemecilik, kuantum mekaniğinden sonra pozitivizmin bilgi anlayışına zıt denilebilecek bir şekilde dönüşüm geçirmiştir. Artık maddenin gözlemlenemeyen yapıtaşlarından, gözlemlenen bütünü hakkında açıklama yapmak söz konusudur (Scerri, 2007a). Başka bir ifade ile *yeni indirgemecilik maddenin gözlemlenemeyen yapı taşlarına ilişkin fizik yasalarından çıkılarak maddenin gözlemlenen özelliklerine yeterli açıklamalar getirilebilir*, görüşüne dayanmaktadır.

Kimyada ortaya çıkan indirgemeciliğin genel yapısını tanımlamanın en iyi yolu kimya ve fizik ilişkisi çerçevesindeki tartışmalar üzerinden gitmektir. Nitekim felsefi bir problem olan indirgemecilik bilimsel anlamda fizik ekseninde ele alınmakta ve kimya felsefesinde fiziğin kimya ile ilişkisi üzerinden tartışmalar yapılmaktadır. Schummer (2004, s.3)'e göre bunun temel nedeni modern fiziğin ortaya çıkmasına kadar kimyayı da içeren *doğa bilimleri* ve ya *doğa felsefesinin* fizik olduğuna ilişkin yanlış bir inançtır<sup>1</sup>. Esasen bu inançtan öte 19. yüzyılda kimyanın spektroskopi gibi fiziksel yöntemleri kullanması ile başlayan ve 20. yüzyılda fizikçilerin ortaya koyduğu atom modelleri ile pekişen iki disiplin arasındaki yakın ilişki, bu problemi gündeme taşımıştır (Hendry, 2011). Hendry (2011, s.368)'e göre bu problem, fiziğin konusunun ontolojik olarak kimyanın konusunun öncülü veya temeli olduğuna ilişkin iki akıl yürütmeye dayanmaktadır. İlki; parça-bütün ilişkisi bağlamında; eğer fiziğin ilgilendiği nesnelere kimyanın ilgilendiği nesnelere parçaları ise, bu durum fiziğin açıklamalarını kimyanın açıklamalarına bir temel yapar. İkincisi ise; fizik yasaları tüm evrende geçerli iken kimyanın da içinde bulunduğu diğer bilimlerin yasaları sınırlı bir alanda geçerlidir, kendi gerçekleri tam bir genelliği gerektirmez. Fiziğin yasaları kimyasal sistemler ve

---

<sup>1</sup> Bu anlayış bilim felsefesinin ortaya çıkışında önemli bir yere sahip, matematikçi ve fizikçi olan R.Descartes'e kadar gider. Descartes, 1644 yılında yayınladığı "*Felsefenin Prensipleri*" adlı kitapta, tüm bilimleri; gövdesini fiziğin oluşturduğu bir ağaca benzetir (Lecourt,2001/2006).

parçaları da dâhil her yeri kapsıyorsa, bu kimyasal özelliklere nedensel güç veren bir ilişkinin sonucu olmalıdır, bu ise kimyasal özelliğin fizik yasaları kapsamına giren bazı özellikler taşıdığını gösterir.

Bu akıl yürütmeleri bir bakıma destekleyen özellikle kimyasal değişimlerin temelinde yatan kimyasal bağlanma gibi olgulara getirilen kuantum mekaniksel açıklamaların başarısı, indirgemeciliğin daha çok kuantum mekaniği üzerinden tartışılmasına sebep olmuştur. Bu tartışmanın üç boyutu vardır; epistemolojik, ontolojik ve metodolojik indirgemecilik (Schummer, 2006). Bu boyutlara ilişkin görüşleri şu şekilde özetlemek mümkündür; *Ontolojik görüş*; mikroya ilişkin kuantum mekaniğin ortaya koyduğu doğa yasaları aynı zamanda hem mikro hem de makro boyuttaki kimyasal olaylarında temelinde olan ve bunlara nedensel gücü veren yasalardır. *Epistemolojik görüş*; söz konusu kimyasal olayları açıklayan teoriler, kanunlar veya temel kavramlar daha temel ve kapsayıcı bir teori olan kuantum mekaniğine indirgenebilir veya ondan elde edilebilir. *Metodolojik görüş* ise; kimyasal olayları incelemede kuantum mekaniksel metotlar iyi çalışmaktadır. Dolayısıyla kuantum mekaniksel yöntemlerle kimya hakkında bilgi elde edilebilir.

### **Ontolojik indirgeme**

Ontolojik görüşün, özellikle atom altı parçacıklara yönelik olarak kuantum mekaniğinin Kopenhag yorumunun ortaya koyduğu indeterminist yapı çerçevesinde; Schrödinger denklemi, elektronun ikili doğası ve Heisenberg belirsizlik ilkesi gibi nedenler ile eleştirilere uğradığı görülmektedir (Scerri, 1991, 1994). Bu açıdan; kanıtlanmaya çalışılan belirsiz bir ontolojiye ilişkin bilgileri öncüller varsaymak gibi bir mantık hatasına düşülmeden bu mümkün müdür? şeklinde metafiziksel olanların yanı sıra, *maddenin kimyasal davranışlarını belirleyen şey esasen fiziksel nedensellikler midir? Parçacık davranışını belirleyen doğa yasaları yığın davranışlarını da belirler mi?* gibi bilim felsefesi bağlamına daha yakın sorular doğrudan ontolojik indirgemeciliğin önündeki problemlerdir. Teorik bağlamdan ayrı olarak kimyasal fenomenlerin temelde fiziksel fenomenlerden başka bir şey olmadığı noktasında fizikçiliğe (*physicalism*) dayanan *ontolojik görüşün* genel anlamda kimya felsefecileri arasında kabul görmediği

söylenbilir (örn. Hendry, 2010, 2011; Scerri, 2007a; Schummer, 2006). Kimya felsefecileri atomik boyutta kimyasal olayların nedensel açıklamalarında genel anlamda başarılı olan kuantum mekaniğin aynı seviyede birçok durumda da yetersiz olduğu gibi, maddenin yığın özelliklerine ilişkin nedenleri ortaya koymada da kullanılabilir olmadığını vurgulamaktadır.

### **Epistemolojik indirgeme**

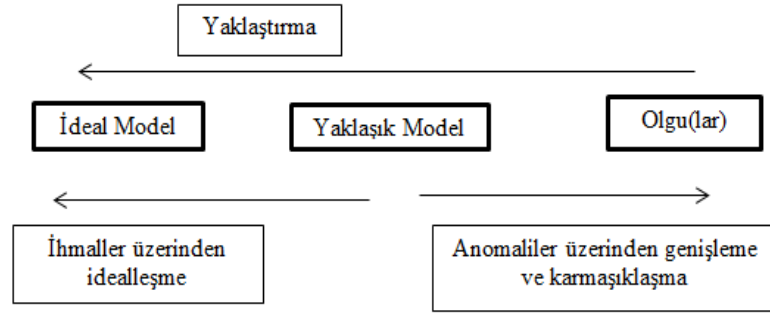
Üzerinde en çok tartışılan *epistemolojik görüş*tür. Bu görüşe karşı ortaya konulan argümanlar ise *kimyasal bilginin kendine özgü doğası* etrafından şekillenmektedir. Kimyanın gelişim sürecinde üretilen kimyasal kavram, yasa ve teorilerin fizik teorilerine dayanmadığı gibi gelişen fizik teorilerinden de zamanla elde edilemediği de görülebilir. Örneğin izomeri ve rezonans kavramları, periyodik yasa ve molekül geometrisine ilişkin teoriler, özellikle kuantum mekaniği açısından bu tür kimyasal bilgilerdir (örn. Scerri; 1994; Woolley, 1998). Mikroya ilişkin kuantum kimyasının son derece hassas hesaplamaları ampirik açıdan oldukça yeterli görünse de, kimyacılar Lewis yapıları ve VSEPR teorisi gibi bir çok klasik açıklama modelini kullanmaya devam etmektedir. Kuantum mekaniğinden faydalanarak bağ açıları, bağ kuvvetleri için ürettikleri hesaplamalar, kimyacılar için kullanılmaya devam eden klasik açıklayıcı şemaların bir alternatifi değildir (Scerri, 2007a). Ayrıca Pauli dışlama ilkesinin hidrojen atomunun dışındaki atomlar için kuantum kuramından teorik olarak elde edilemediği halde ampirik olarak elde edilmesinde (Miessler ve Tarr, 2010, s.33) görüldüğü gibi, kuantum mekaniğinden sonra gelişen ve elektronik konfigürasyonları belirlemede kullanılan Aufbau, Hund ilkeleri gibi birçok bilgiye ilişkin kimyacıların önem verdikleri şey kuantum mekaniksel hesaplamalardan çok ampirik sonuçlardır.

İndirgemeciliğin önündeki engeller makro ve mikro ilişkisinde daha net görülmektedir. Yukarıda verilen prensiplere göre kuantum mekaniğinden kuramsal olarak elde edilen elektronik konfigürasyon ile kimyasal özellikleri arasında bir asimetri vardır. Örneğin periyodik sistemde elektronik düzendeki periyodiklik kimyasal özelliklere yansımamaktadır. Nitekim kimyasal davranışların dış kabuk elektronların belirlediğine ilişkin görüşün yanlışlığına periyodik sistemde bulunana vanadyum, niobyum ve

vanadyumum dan niobyumun farklı bir elektron düzenine sahip olsa da benzerlikler açısından aynı gruba yerleştirilmiş olmasını örnek olarak vermek mümkündür (Scerri, 1994). Bakıldığında periyodik sistem, nedensel fizik yasaları gibi bir yasaya hem ontolojik hem de sistemden üretilen bilgiler bağlamında epistemolojik olarak tam bir indirgeme girişimine karşı çıkan birçok detaylar ve hem atomik hem de yığınsal anlamda (makro boyut) ifade edilen özelliklere yönelik anomaliler barındırmaktadır. Bu nedenle periyodik yasa *bir yasa olarak* kimyasal bilginin tipik bir örneği olarak *yaklaşık yasadır* ve pragmatik açıdan ise ancak metodolojik bağlamda kuantum mekaniksel olarak bir *yaklaştırma* ile kısmen açıklanabilmektedir (Scerri, 2007b, 1996). Ayrıca kimyasal bir olayı kuantum mekaniğine göre açıklama girişimi ister istemez kimyasal kavramları ve modelleri kullanma zorunluluğunu getirmesi ve kimyasal sentez ve sınıflandırma gibi kuantum mekaniğinin hiç kullanılmaz olduğu kimyasal alanların olması (Schummer, 1996; van Brakel, 2000), kimyanın kendine özgü doğası açısından indirgemelerin mümkün olmadığını göstermektedir. Bu nedenle ortaya konulan epistemolojik görüşe birçok kimya felsefecisi karşı çıkmakla birlikte, *metodolojik açıdan* kuantum mekaniksel yöntemlerin kimyasal olayları incelemede gerekli süreçler olarak kabul edilmektedir (Schummer, 2006). Ancak metodolojik indirmede kullanılan bazı yaklaşımların epistemolojik boyuta taşınmasının bazı sorunlara yol açması mümkündür.

**Epistemolojik ve metodolojik indirgeme ilişkisi; yaklaştırma ve idealleştirme**  
İndirgemecilere göre idealleştirme ve yaklaşımlar fiziğin genel geçer özellikleridir ve indirgeme bağlamında kimyasal bilgilere de uygulanabilir (Hendry, 2012). Oysa kimya penceresinden bakıldığında bu yaklaşımları metodolojik bağlamda kabul edilebilir görmek mümkün olsa bile epistemolojik bağlamda bu pek olası değildir. Kimya eğitimi ile daha yakından ilişkili olarak sorun teşkil eden indirgemeciliğin önemli bir boyutunu bu idealleştirmeler ve yaklaşımlar oluşturmaktadır. Kimya eğitimi açısından üzerinde daha sonra ayrıntılı olarak durulacak olan bu yaklaşımlara burada kısaca değinmek mümkündür. Metodolojik açıdan bir olguyu inceleme sürecinde, belirli bir değişkene odaklanıp diğer değişkenleri sabitleme veya bağıl etkileri ihmal etme anlamına gelen

*idealleştirme (idealisation)* ve kompleks olguları en iyi açıklanan basit bir olguyu (ontolojik model) veya idealize edilmiş bir modeli (epistemolojik model) referans olarak bilgi üretme şeklinde tanımlayabileceğimiz *yaklaşırma (approximation)* bilimsel yöntem açısından önemlidir. İdealize bir model ile onun açıklamayı amaçladığı olgu arasında yaklaşık modeller bulunur.



**Şekil 1.** İdeal Model, Yaklaşık Model ve Olgu İlişkisi

Şekil.1 de tanımlanmaya çalışılan bu süreçte; başlangıçta ideal modele yakın bir şekilde oluşturulan bir yaklaşık model, elde edilen yeni amprik veriler ile ve genellikle ad hoc düzenlemeler ile genişletilerek olguya yaklaştırılır.<sup>2</sup>

Olgunun gerçek anlamda temsil edildiği kabul edildiği anda oluşturulan ilk yaklaşık model bilimsel açıklamalarda kullanılabilir değildir (Handry, 1998). Başka bir ifade ile yaklaşırma başlangıçta bilimsel buluş (bulma) bağlamında idealize edilmeyi içerirken, bilimin *doğrulama bağlamında* ise tam tersi bir eğilim göstermelidir. Örneğin moleküllerin moleküler orbital teorisine ilişkin Hamiltonyenlerinin oluşturulması buna iyi bir örnektir. Günümüzde hala kullanılan Born-Oppenheimer yaklaşırması örneğin  $H_2^+$  iyonu için ortaya konulurken bu iyon tek çekirdekli ideal sistemlere yaklaştırılır. Bu

<sup>2</sup> Bu durum Reichenbach(1951/2006)'ın bilimin bulma ve doğrulama bağlamına getirdiği ayrım dikkate alındığında daha açık ortaya çıkmaktadır. Bir olguya ilişkin yaklaşık modelin ideale yakın oluşturulması ile bulma bağlamı, ardından olguya yaklaştırarak sınanması ile doğrulama bağlamına gönderme yapılabilir.



süreç tek bir izole iyon için ve çekirdeklerin durumları ihmal edilerek yapılır. Olgu açısından düşünüldüğünde gerçek Hamiltonyen ile yaklaşık Hamiltonyen arasında, çekirdeğin hareketi, diğer moleküllerin etkisi gibi ampirik olarak ortaya çıkan farklılıklar vardır (Born ve Oppenheimer, 1927/2006, s.460). Bu açıdan söz konusu Hamiltonyen enerji açısından gerçek molekülün durumunu yansıtmamaktadır. Bu nedenle fizikte normal olarak görülen idealleştirme ve yaklaşımlar kimya açısından problemlidir. Nitekim kimyasal özelliğin temelinde yatan unsur örneğin bir molekülün, burada ihmal edilen gerçek dünyadaki diğer moleküller ile ilişkisidir.

*Esasen fizikte kompleks sistemleri açıklamak amacı ile ortaya konulan ve savunulan bu yaklaşımların söz konusu gerekçeleri, kimya açısından prensip olarak bile olsa epistemolojik indirgemenin önündeki engellerdir.* Bu nedenle temel sorun kimyasal açıklamalarda bu yaklaşımların kullanılabilirliğinin nasıl olması noktasındadır. Çünkü basit kimyasal bir tepkime bile birden çok nedensel ilişkiye dayanmakta veya kimyasal özellik temelde maddenin kendi dışındaki diğer madde ve koşullar açısından bağlı bir karakter sergilemektedir. Bu açıdan metodolojik ve epistemolojik bağlamda hem fiziğin yaklaştırma veya idealleştirme ile ortaya koyduğu modellerin birçok kimya kitabında olduğu gibi (Handry, 2012, s.370) kimyada doğrudan kullanılması; hem de bu yaklaşımların kimyasal açıklamaların kendi içyapısına uyarlanması sorunlu görünmektedir. Bu bağlamda bakıldığında, *ideal ve olgu* arasındaki çizgide belki de en uygunu bu yaklaşımların kimyada olguya dönük bir şekilde (*doğrulama bağlamı* yönünde); idealden sapmaları ve anomalileri de açıklamaya imkân vermek anlamına gelen ad hoc karakterlerini ortaya koyarak konumlandırılması olmalıdır.

## **KİMYASAL BİLGİDE İNDİRGEMENİN EPİSTEMOLOJİK DURUMU ve DAHA UYGUN YAKLAŞIMLAR**

Yukarıda verilen genel çerçeveden bakıldığında; kimyanın sınırları içerisine giren bir bilimsel açıklamada gerek kullanılan kuramsal bilgiler, bunlar fiziksel kökenli olsun olmasın, gerekse idealleştirme ve yaklaşımların durumu ve niteliğine ilişkin bir değerlendirme yapmak mümkündür. Bu değerlendirmeyi epistemolojik açıdan iki

boyutta yapılabilir; ilki kimyasal açıklamalardaki fiziğin kuramsal bilgilerinin durumuna ilişkin *teorik* indirgemelere, diğeri ise kimyasal *açıklamalar* fizikten taşınan veya uyarlanan (fizikten devşirilen yaklaşımlara) idealleştirme ve yaklaştırmalara yöneliktir.

### **Epistemolojik İndirgemenin Boyutları; Teorik ve Açıklama İndirgemeleri**

Daha önce altı çizildiği üzere indirgemecilikte asıl tartışmalı alan epistemolojiktir. Sorun epistemolojik olduğunda bilimsel açıklamanın temelini oluşturan teoriler ve bunların söz konusu bilim açısından işlevi tartışmanın merkezine oturmaktadır. Kimya felsefesinde teoriler ve bunların içerdiği kuramsal terimler üzerinden tartışılan epistemolojik indirgeme modelleri şu şekilde özetlenebilir (Hendry, 2012, 2011) a. *Teoriler arası heterojen indirgeme*: Aynı tanımlayıcı terimler (soyut kuramsal terimleri) içeren farklı alanlara ait teoriler arasında terimler çerçevesinde köprü yasalar (veya analitik eşitlikler/karşılaşım kuralları) kurulmalıdır. Örneğin; Termodinamik ve istatistiksel mekaniğin ortak kullandığı *sıcaklık* kavramı gibi. b. *Teoriler arası homojen indirgeme*; Aynı fenomen alanına ilişkin teorilerden yeni teori eski teorinin tanımlayıcı terimlerini (soyut kuramsal terimlerini) içermelidir. Örneğin; elektron ve orbital kavramları gibi. c. *Mikro indirgeme*; Bir fenomen alanına ait farkı veya aynı alanlara ilişkin teorilerden daha kapsamlı ve detaylı olandan diğeri tümdengelsel olarak elde edilebilir. Örneğin; molekül kimyası, kuantum mekaniğine indirgenebilir.

Genel anlamda bu modellere göre, daha kapsamlı bir teori diğerrinin yerini alır, eski veya daha az kapsamlı bir teorinin yasaları daha geniş ve yeni teori tarafından düzenlenebilir. Bu noktada daha da önemlisi bilimsel açıklamalarda teoriler arası bu ilişkiler dikkate alınarak söylemler geliştirilebilir. Bunlardan farklı olarak yukarıda ifade edilen idealleştirme ve yaklaştırmaların da bilimsel açıklama sürecine taşındıklarında epistemolojik açıdan birer *açıklama indirgemesi* niteliğinde ele alınması mümkündür.

### **Teorilere ve Bilimsel Açıklamaya Yönelik İki Yaklaşım (Aksiyomatik ve Model Yaklaşım) ve İndirgeme**

Kimyanın fiziğe indirgenmesi noktasındaki sorunlar bilimsel epistemolojide merkezi kavram olan teorilerin yapısına ve işlevine ilişkin iki temel yaklaşım çerçevesinde daha net ortaya konulabilir. Bunlardan ilki Carnap, Nagel ve Hempel gibi mantıksal pozitivistlerin benimsediği teorilere kendisinden *tümdengelim yapılabilir aksiyomatik* bir sistem olarak bakan *formel* veya *sentatik* yaklaşım, diğeri ise Suppe, van Fraassen ve Giere gibi teorileri gerçekliğe az ya da çok benzeyen, gerçekliği kontrol ve tahminde kullanılan *idealize modelleri* veya teorilerin belirli bir olgu sınıfı ve bunlar arasındaki ilişkileri açıklarken, tüm sınıfın üyeleri ile ilgili benzer olan bir sistem ortaya koyan *aksiyomatize edilemeyen açıklamalar* olarak gören *model* veya *semantik* yaklaşımdır (Mattingly, 2005; Craver, 2001; Hendry, 1998).

Bu iki yaklaşımdan matematik teorileri için çoğu kez sorun teşkil etmeyen aksiyomatik yaklaşım, bilimsel teorilerde teori ve gerçek dünya (kuram ve olgu) arasındaki ilişki bağlamında epistemolojik ve metodolojik açıdan problemlili kabul edilmektedir (Moulines, 2010). *Yukarıda verilen* teorik indirgeme modellerinin aksiyomatik teori anlayışına dayandığı görülmektedir. Nitekim bu modellere göre teorinin anlamsız veya mantıkdışı terimleri (vocabulary) olarak ifade edilen (Schaffner, 1969, s.280) ve bazı kuramsal kavramlarını etiketleyen terimleri ile ampirik terimler arasındaki ilişkiyi kurmada kullanılan *karşılımlı kuralları* (*correspondence rules*) (Lutz, 2009; Schaffner, 1969) farklı teorilerde ortak ise daha kapsamlı olan diğeri indirger. Bu bir açıdan aynı karşılımlı kurallarına sahip teorilerin tümdengelimsel olarak birinin diğeriinden elde edilebileceği anlamına gelmektedir. Ancak teorilere ilişkin ikinci görüş olan model yaklaşımında ise karşılımlı kuralları söz konusu değildir. Bu yaklaşımda olgu ve kuram arasındaki ilişkiyi teorinin semantik kavramları ve bunların idealize edilmiş veya soyutlanmış tanımları ile sağlar (Mattingly, 2005; Craver, 2001). Bunlar ise teoriye bağlı işlemsel anlamlara sahiptir. Burada indirgeme olabilmesi için iki teorilerin ortak terimi aynı işlemsel anlamda olmalıdır. Bu açıdan model yaklaşımında farklı disiplinlere ilişkin teorilerin bir birine indirgenmesi de anlamsızlaşmaktadır.

### **Teorik İndirgemenin Sorunlarına Karşı; Model Yaklaşım, İşlemselcilik ve Araçsalcılık**

İndirgemeciliğe işlemselcilik ve araçsalcılık açısından bakıldığında kimyanın epistemolojik açıdan indirgenmesi önündeki engeller daha açık görülebilir. İşlemselciliğe göre bir bilimsel kavram uygulamaları ve kullanımları sırasında gerçekleştirilen işlemler aracılığı ile tanınır (Cevizci,2011). Bu ise kavramın kullanıldığı teori bağlamında gerçekleşen bir süreçtir. Örneğin fizikte kuantum mekaniğinde bir dalga fonksiyon ile tanımlanan *orbital kavramı* kimyada bağlama sürecini, VBT (Valens Bağ Teorisi) veya MOT (Moleküler Orbital Teorisi) 'de, açıklamadaki kullanım şekilleri ve bunlara bağlı olarak özgün gösterimleri ile yeni anlamlara kavuşur. İşte bu *işlemsel anlam*dır. Diğer taraftan doğru bilginin sorunları çözmeye en faydalı olan bilgi olduğunu savunan pragmatik bilgi anlayışına yakın bir çizgide olan araçsalcılığa göre teoriler gerçekliğin bir tasviri olmayı amaçlamazlar, fenomenlerin çözümlenmesinde veya ön görülmesinde yararlı birer araçtırlar.

Kimya açısından teorilerin açıklama güçlerindeki sınırlılık ve kimyada aynı olgular için dahi farklı modelleri kullanma noktasındaki pragmatik tutum düşünülerek işlemselci ve araçsalcı yaklaşım ile desteklenebilecek model yaklaşım dikkate alınır, ortak terimlerse sahip olması bir kimyasal bir teorinin başka bir teoriye (özellikle fizik teorisine) indirgenebileceği sonucunu getirmek bir yana, indirgenmeyeceğinin sinyallerini vermektedir. Çünkü kimyada aynı olguyu açıklayan teorilere ait aynı terimlerinin işlemsel anlamları farklı olabildiği gibi (örn. asit, baz gibi), bir fizik teorisi ile ortak olan terimlerin (örn. orbital, elektron gibi) kuramsal göndermeleri de farklıdır ve daha spesifik anlamlara sahiptir.

### **Açıklama İndirgemesinin Sorunlarına Karşı; Tersine Yaklaştırma ve Olgusallaştırma**

Buraya kadar yapılan açıklamalardan model yaklaşımın kimyasal bilginin doğasına daha uygun olduğunu söylemek mümkündür. Kimyasal açıklamalarda model kullanımındaki yoğunluk da bunu desteklemektedir. Metodolojik açıdan kabul edilebilir

görülen idealleştirme ve yaklaştırma indirgemeleri teorilerden veya modellerden bilgi üretiminde ve ön deyide bulunma sürecine entegrasyonu yani epistemolojik boyuta taşınması bunların indirgemecilik çerçevesinde sorunlara yaratması ile sonuçlanabilir.

Metodolojik anlamda idealleştirme başka bir açıdan matematiksel olarak en iyi açıklanan veya en kolay açıklanan bir *model* ortaya koymaktır. Bu model çok iyi açıklanabilen gerçek bir olgu (örn. Schrödinger dalga fonksiyonundaki H atomu) olabileceği gibi, gerçek olmayan bir kurgu (örn. ideal gaz) da olabilir. İdealleştirmede amaç açıklana bilirliliğin önündeki olası engelleri ihmal etmektir. Yaklaştırma ise incelenen bir olgunun söz konusu ideal bir modele yaklaştırılarak açıklanmasıdır (ör. dalga fonksiyonunda  $Li^{+2}$ 'un  $H^1$  temel alınarak açıklanması gibi). Bu açıdan bakıldığında idealleştirme temel alınan modele yönelik bir eylem iken, yaklaştırma amaçlanan olgulara yönelik bir eylemdir. Ancak burada olguyu tam olarak açıklamanın önündeki engellerden dolayı ara modeller (yaklaşık modeller) tercih edilir. Yukarıda verilen örnekte tek elektronu sistemler idealize edilir (model haline getirilir), çok elektronu sistemler ise bunlara yaklaştırılarak, yaklaşık modeller elde edilir. İşte epistemolojik anlamda sorunlu olan nokta burasıdır, yani yaklaştırma sürecinin niteliğidir. *İndirgemecilikte bu sorun yaklaştırma yapılan, yani açıklanmaya çalışılan olgunun da idealize edilmesi meselesidir. Başka bir ifade ile gerçek olgunun yaklaşık modeli ile eş değer kabul edilmesidir.* Metodolojik açıdan olgunun anlaşılması için bu gerekebilir, ideal modele ne kadar yaklaştırılırsa o derece matematiksel anlamda tanımlanabilir olması mümkündür. Pragmatik anlamda uygun görülen bu süreç bir açıdan olgunun da idealleştirilmesi demektir.

Ancak bu süreç epistemolojik açıdan uygun bir süreç değildir. Tersine bir yön izlemelidir. Bir defa oluşturulduktan sonra bu yaklaşık modeller bilimsel açıklama veya bilimin test etme (doğrulama) bağlamında olguya ve olgunun karmaşıklığına yaklaştırılmalıdır, ideal modeline değil. Aksi bir yaklaşım *olgunun ideal model gibi olduğu yanılgısına* neden olabilir. Örneğin gerçek gazın tamamen tüm koşullarda ideal gaz gibi davranması gibi. Bu sürecin sağlanması ise yaklaşık modelden elde edilen veya üretilen bilgilerin anomali, bağlı değişkenler vb. diğer unsurlar dikkate ve onların bağlamında



## KİMYA EĞİTİMİ ve İNDİRGE MECİLİK

Fen eğitiminde felsefenin önemine yönelik vurgular yeni olmamasına rağmen alan yazında karşılığını bulduğu söylemek zordur (Erduran, 2000, 2005a). Felsefenin öğrenme ve öğretim sürecinin geliştirilmesine akademik bağlamda yönlendirici bir etkisi olabileceği gibi kimya felsefesinin de kimya eğitimine ışık tutması mümkündür. Kimya felsefesinin kimyayı ele alma zeminleri çok çeşitlidir; epistemoloji, ontoloji, metodoloji, dil felsefesi, estetik, mantık vb.(Schummer, 2004). Yeni bir alan olmasından dolayı kimya eğitimine yansımaları da az olan kimya felsefesinin bu zeminlerde kimya eğitimi ile ilişkisini kurmak ve bu bağlamda bilimin doğası kavramı için kimyaya özel tarihsel ve felsefi bakış açıları geliştirmenin olası olduğu vurgulanmaktadır (örn. Erduran, 2007; Erduran, Aduriz ve Naaman, 2007; Scerri, 2001).

### Kimya Öğretiminde Makro-Mikro Sorunu ve İndirgemecilik

İndirgemecilik söz konusu olduğunda kimya felsefesi ile kimya eğitimi arasında bilgi, beceri ve tutum gibi kazanım kategorileri çerçevesinde başta epistemoloji odağında metodoloji, ontoloji, mantık ve dil gibi zeminler üzerinde ilişkiler kurmak mümkündür. Bu süreçte, kimyayı anlama seviyeleri (Johnstone, 1993) arasındaki ilişkiye gönderme yapan ve alan yazında *üçlü ilişki* “triplet relationship” (Gilbert ve Treagust, 2009, s.6) olarak ifade edilen bir kavram çıkış noktası yapılabilir.

### Üçlü ilişki

Kimyanın üç seviyeli bir anlama süreci gerektirdiği kabul edilmektedir (Johnstone, 1993). Bu seviyelere psikolojinin dışında hem epistemolojik hem de semiyotik açıdan yaklaşmak; *kimyasal bilgi* veya *kimyasal temsil seviyeleri* olarak farklı şekillerde isimlendirmek mümkündür.



Şekil 3. Kimyasal Bilgi Seviyeleri

Epistemolojik açıdan kimyanın bilgi içeriğini üç boyuta ayırmak mümkündür. Makro varlık âlemine yönelik bilgiler, mikro varlık âlemine yönelik bilgiler ve bunların her ikisine gönderme yapan sembollere yönelik bilgiler. Ünlü kimyacı Linus Pauling kimyayı maddelerin bilimi olarak; “maddelerin yapı, özellik ve birbirlerine dönüşümlerini sağlayan reaksiyonları inceleyen bir bilim” şeklinde tanımlamaktadır (Akt. Bayrakçeken, 2011). Burada ifade edilen *madde* terimi anahtar terim olarak *gözlemlenebilen* yapılara gönderme yapar. Bu kimyacıların çıkış noktasının bu anlamada makro âlem ve bunlara ilişkin bilgiler olduğu anlamına gelir. Özellikle duyu verilerine imkân sağlayan bu makro boyutun düzenliliği ve belirliliği ile böyle bir özelliği olmayan mikro boyuta ilişkin bilgilerimiz arasında nasıl bir ilişki kurulacağı önemli bir problemdir.

Kimya eğitiminde ise *üçlü ilişki*, hem tüm seviyeler arasında hem de özellikle makro ve mikro arasındaki ilişkinin kurulması anlamında sorunlu bir alandır (Gilbert ve Treagust, 2009). Kimya eğitiminde makro ve mikro arasındaki ilişkideki sorunun; özellikle *kimyasal yapı* ve *bağlanma* gibi mikro boyuta ilişkin kavramlara yönelik yanılgılar temelinde ortaya çıktığı ve bu merkezi kavramların özelliklerini, modeller ve modellemeyi de içeren, ortaya koyma süreci ile ilişkisi olduğu görülmektedir. (Erduran, vd. 2007). Başka bir ifade ile algılanmayan mikro boyuta ilişkin kavramlar öğretim sürecinde makro ile uygun ilişkiler kurmaya engel olan birçok kavram yanılgısını ortaya çıkarmaktadır. Esasen özellikle epistemolojik indirgemecilik tartışmalarındaki temel



problem de mikro boyuta ilişkin kuramsal bilgilerin niteliği ve bunların algılanabilir dünyaya getirdikleri açıklamalardaki durumuna yöneliktir. Bu ise kimya eğitimindeki üçlü ilişkinin indirgemecilik açısından da ele alınması gerektiğini göstermektedir.

Diğer taraftan öğrencilerde en çok karşılaşılan kavram yanılgılarının bu ilişki çerçevesinde olmasının yanı sıra bu ilişkiye gönderme yapan eğitim alanındaki çalışmalarda, örneğin öğrencilerin yığınsal özelliklere ait nitelikleri taneciklere yüklemesi; öğretim sürecinde kullanılan mikroya yönelik modellerin taneciklerin gerçek ontolojisi ile ilişkilendirilmesi (örn. Erduran, 2005b); öğrencilerin semiyotik açıdan yığınsal ve taneciklere gönderme yapan sembolleri belli bir seviyede, örneğin makroyu tanımlayan söylemlerinde, bir arada kullanması ve öğrencilerin taneciklere ilişkin önermelerden yola çıkarak doğrusal bir nedensellikte doğrudan makroya ilişkin ampirik olarak doğru olmayan çıkarımlarda bulunması (örn. Saritaş ve Tufan, 2011, 2012), gibi sonuçlar, sorunun indirgeme ve türleri ile yakından ilişkili olduğunu göstermektedir.

### **Makro ve Mikro Bilgi Seviyelerinin Öğretiminde İndirgemeciliğe Karşı Olası Yaklaşımlar**

İlgili alan yazında ağırlıklı olarak bilgi seviyesi kazanımlar çerçevesinde yorumlanan üçlü ilişki sorunu indirgemecilik temelinde beceri ve tutum kazanımları çerçevesinde de genişletilerek ele alınabilir. İndirgemeciliğin bu sorunda büyük bir etken olarak ele alınabileceği düşüncesi ile soruna yönelik ilkesel bazı önerilerin çerçevesinde bir değerlendirmede bulunmak mümkündür. Bu değerlendirme birisi yeni tanımlanmış olan (*tersine yaklaştırma*) ve diğerleri de alan yazında farklı şekillerde geçen bazı anahtar kavramlar ile ortaya konulacaktır.

#### **Aksiyomatize etmeye karşı; modelleme**

Kimyada yaygın kullanılan birçok model olgulara ilişkin kuramlardan elde edilir veya başka bir ifade ile bu kuramlar veya bunlardan elde edilen bilgiler modeller şeklinde açıklanır. Kimya açısından modelleme makro ve mikro seviyeler arasında çalışan bir süreçtir, bu süreçte maddenin işlev ve yapısı tanımlanır (Harrison ve Treagust, 2000). Kimyasal bilgi birikimine modellerin bir koleksiyonu demek yanlış olmaz

(Bayrakçeken, 2011). Etkili bir kimya öğretimi ve öğrenimi için sınıfta maddenin işlevi ve fonksiyonlarını modellenmesi suretiyle kimyacıların ne yaptığının ortaya çıkarılması gerekir (Erduran ve Duschl, 2004). Daha önce değinildiği gibi kimya için teorilere ilişkin model yaklaşım, aksiyomatik sistem yaklaşımından daha uygundur. Bu dikkate alındığında, öğretim sürecinde mikroya ilişkin modeller ile ortaya konulan kuramsal açıklamalarda da aksiyomatize ederek indirgemecilik yapmaktan kaçınılması gerekir. Her kuramsal açıklama uygun kriterleri taşıyan (idealden olguya doğru tersine yaklaşılan) modeller şeklinde sunulmalıdır.

### **İdealleştirme ve yaklaşırmalara karşı; tersine yaklaşırma (olguya yaklaşırma ile karmaşıklıştırma)**

Tersine yaklaşırma teorilere ilişkin model yaklaşım temel alındığında bilimsel metodolojide *bulma bağlamında* yaygın olarak ortaya çıkan ideale yaklaşırma indirgemesine zıt bir şekilde *doğrulama bağlamını* öne çıkararak, elde edilen yaklaşık modellerin olguya yaklaşırtılması anlamına gelir. Kimyanın modelleri kullanmadaki baskınlığı tersine yaklaşırtmanın kimya eğitiminde önemli olması gerektiğini göstermektedir. Modellere yönelik indirgemeler olan yaklaşırma ve idealleştirmenin, öğretim sürecinde gerek doğrudan kullanılan modellerin seçiminde, gerekse modellerin açıklamalarda kullanılmasında dikkate alınması gerekir. Örneğin öğrencilerde görüldüğü vurgulanan (Örn. Erduran, vd. 2007) modellerin gerçeğin kopyaları gibi olduğuna ilişkin bir yanlış anlayışın temel nedeni *olguyu açıklamak için kullanılan yaklaşık modelin olguya değil, ideal modele yakıştırmasından* kaynaklanması mümkündür. Olguya yaklaşırtmada (tersine yaklaşırma) ise eldeki modelin ad hoc ve anomali karakteri, sapmaları, farklılıkları ortaya konulur. Örneğin tanecik düzeyinde tüm tuzların yemek tuzu gibi çözüdüğü kanısını uyandırmadan, hedeflenen maddeye yönelik değışkenleri ifade eden böylesi bir tersine yaklaşırma suda çözünmeyi açıklayan bir modelinin gerçek olgudan farklılığının göz önüne çıkması demektir.

**Ortak terimler üzerinden indirgemeye karşı; işlemsellik ve araçsallık**

Epistemolojik indirgemeciliğin önündeki en büyük engel aynı terimlerin teorilerde (özellikle fizik ve kimya teorilerinde) farklı işlemsel anlamlara denk gelmesidir. Bu durum mikroya ilişkin kuramsal kavramların işlemsel kullanımın öne çıkarılmasının gerektiğini göstermektedir. Nitekim teoriden bir olguyu açıklayan bir model ortaya koyma bu işlemsel anlamlar ile mümkündür. Kimyada eğitiminde bu bağlamda önemli olan ise, aynı olgu sınıfını kapsayan teorilerin bir birine indirgenmesi veya tek bir model kullanılması yerine farklı işlemsel anlamın kavranmasını sağlayan *farklı modellerin kullanılması* ile mümkün olabilir. Örneğin farklı bağlanma modelleri bağ teriminin farklı işlemsel anlamlarının ortaya çıkmasını sağlar. Bu açıdan esasen makro ve mikro ilişkisini anlamada mikroya yönelik modellerin çokluğunun konunun öğrenciler tarafından zor bulunmasına neden olması görüşünü (örn. Gilbert, 1998) benimsemekten çok bakış açımızı farklı bir yöne çevirerek durumdan faydalanmak mümkündür. Örneğin asitlik ve bazlığın moleküler düzeyde farklı modeller ile açıklanmasında görüleceği üzere teorilere ilişkin araçsallaştırma süreci de bu durumun kimya açısından bir kazanç olduğunu göstermektedir. Bu açıklama yapma veya problem çözme olanağını artırır.

Ayrıca kimyanın birden fazla rakip modeli öğretim sürecinde kullanılması *model ve olgu ayrımının* daha iyi yapılmasına hizmet eder. Şöyle ki; gözlemlenebilir somut tek bir durum ile bu duruma ilişkin farklı modeller eşliğindeki ortaya konulan birden çok kuramsal açıklama arasında bir asimetri vardır. Bu asimetriyi fark etme, asimetride değişe bilirlige açık olanın belirli olgular değil de bunlara ilişkin kuramsal bilgiler ve modeller olduğu fikrinin ortaya çıkmasında fayda sağlayabilir. Bu durum kimyanın doğasına daha uygun olarak makro ve mikro arasındaki asimetric ilişkide bütüne öncelik vermek anlamına da gelir. Ek olarak bu durum bilimin doğasına ilişkin (örn. olgu ve kuram farkı) ve bu bağlamda bilimsel açıklamanın niteliğine ilişkin (örn. bir teorinin yanlışlanmaya açık ve geçici pragmatik araçlar olduğu vb.) olumlu bir anlayışların oluşmasında katkı sağlayabilir. Diğer taraftan alternatif modeller ve kuramsal açıklamalar kimyasal bilginin çeşitleyişi doğasını ortaya çıkarabilir.

**Aşağıdan yukarıya nedenselliğe karşı; yukarıdan aşağıya nedensellik**

Yukarıdan aşağıya nedensellik indirgemeciliğe karşı kullanılan önemli bir argümandır. Böylesi bir nedensellik ile makro seviyelerdeki olgulardan yola çıkan açıklamalardan mikro seviyedeki olaylara geçmek, kimyacıların uğraş alanının temelde gözlemlenen maddeler olduğu noktasındaki anlayışla uyumludur. Bu *kimyanın uygulamaya dönük ve hayatla ilişkilendirilen yönünün* öğretim ortamında açığa çıkmasına katkı sağlayabilir. Aksi halde birçoğu bütüne ilişkin emergent özellikler olan kimyasal özelliklerin mikrodan başlayan bir nedensellikte verilmesi, örneğin koku gibi atomik düzeyde açıklamayan özellikler hakkında kavram yanlışlarına neden olabilir. Bu nedenle makro ve mikro arasındaki asimetride simetri aramak veya mikrodan bu asimetriyi düzenlemek yerine epistemolojik anlamda *makro özelliklerden çıkan bir nedensellik* kimya açısından daha uygundur. Bu bağlamda da mikroya ilişkin modellere öncelikle vermek yerine, *deneyimden yola çıkarak modele gitmek* ve bu süreçte de *modeli sürekli olguya yaklaştırarak interaktif bir ilişki kurmak* daha uygun görünmektedir. Bu nedensellik kimyanın bütüncü (holistik) yapısını ortaya koymada önemli bir araç olabilir. Ayrıca kimyanı bilgi üretme sürecinde olgudan yola çıktığına, değişen bilginin makro gözlemler değil mikrodaki kuramsal yapılar olduğu gibi yukarıda da ifade edilen kimyanın doğasına ilişkin anlayışlarda katkı sağlayabilir. Bu nedensellik öğretim sürecindeki açıklamaların dışında öğretim programlarında da ve bunlara uygun hazırlanan kitaplarda da kullanılabilir niteliktedir.

**İndirgeyici tümdengelim karşı; hipotetik-tümdengelim**

Nedensellik söz konusu olduğunda akıl yürütmeler de akla gelmektedir. İndirgemecilik, temelde klasik modellerinde açıkça görülebileceği gibi, tümdengelim temel almaktadır. Nitekim klasik modeller teorileri tümdengelim yapılabilir sistemler olarak ele alırlar. Genel indirgemecilik açısından bakıldığında mikroya ilişkin ideal bir model oluşturan bir teoriden yola çıkarak tümdengelimsel olarak kimyasal açıklamalar üretilir. Tüm indirgemeci yaklaşımlar ile uyuşan bu görüş öğretim sürecinde ortaya konulan tüm bilimsel açıklamalarda indirgemeciliği desteklemektedir. Bu türlü akıl yürütmenin bilimsel metodolojide bilgi üretiminde de yeri yoktur (Peirce, 1957).

*Kuramsal olan bilimsel bilgiler test edilmeye ihtiyaç duyar ve bu bağlamda olgular ile sürekli sınanan bir akıl yürütme ile kullanılmalıdır.* Bu açıdan öğretim sürecinde mikroya ilişkin modellerin hem düşünsel hem de söylemsel boyutta kullanılmasında hipotetik-dedüktif akıl yürütme daha uygun görünmektedir. Nitekim bu akıl yürütmede modelleri de kapsayan kuramsal bilgilerin özellikle anomali durumlar ile sınanması esas alınır. Örneğin van der Waals etkileşimleri üzerinden oluşturulan bir modelin periyodik sistemde suyun kaynama noktasındaki sapma ile sınanması buna örnek verilebilir. Aksi halde akisyomatik yaklaşımda olduğu gibi modellerin gerçekliği açıklamada kullanılan araçlar değil, temel bir nesnel (genellikle fiziksel) bir gerçekliği ortaya koyan apriori kabuller ile tümdengelim yapılabilir sistemler gibi görülmesi anlamına gelir. Örneğin tümdengelim bozan ve başka bir modelin (bu sapmayı açıklayan hidrojen bağı gibi) açıkladığı söz konusu anomali öğretim sürecinde kullanılmadığı sürece tüm durumların van der Waals ile açıklanacağı kanısının oluşmasının önünde her hangi bir engel yoktur. Bu bilimin doğası anlayışları açısından da olumsuzdur. Hipotetik tümdengelimsel akıl yürütme ise modellerin bilim adamlarını zihinsel ürünleri olduğu ancak bunun olguya doğru yaklaştırılarak sınanması gibi bilimsel metodolojinin doğrulama bağlamın anlaşılmasına katkı sağlamaya ve bu bağlamda kullanılan akıl yürütmelerin desteklenmesine imkan verebilir. Ayrıca bir açıdan da bireyin kendisinin de model oluşturabileceği gibi öğretimde gereken olumlu bir tutum geliştirmesine de katkı sunabilir. Bu ise bilimsel düşünmenin desteklenmesi demektir. Aksi halde yukarıda ifade edilen indirgemeci bir tümdengelim, *tümdengelim doğasına uygun olarak olguların ideal modelin kapsamında olması gibi yersiz bir algı yaratabilir.*

Sınıfta kullanılan modeller dışında retorik bağlamda da öğretim sürecindeki her türlü söylemde (ders kitapları dâhil) hipotetik-dedüktif yöntem kullanılabilir. Hipotetik-dedüktif yöntemde kuramsal bilgilerin kullanılabilirliğini olguları temel alan bir sınama süreci belirliyor olması<sup>3</sup>, makro ve mikro ilişkisinde hem nedensellik hem de asimetrik ilişkide gözlemlenebilir kimyasal özelliğin öne alınmasını da destekler. Burada önemli

---

<sup>3</sup> Bilimsel önermelerin eksik tümevarıma ihtiyaç duyulmadan sınanmasına imkân veren akıl yürütme yöntemi olarak tanımlanabilecek hipotetik-dedüktif yöntem hakkında daha ayrıntılı bilgi için; Sprenger,2011.

anahtar kavram *bilgi üretimidir*, bilimsel bilgi üretimin en yoğun olduğu doğrulama bağlamının akıl yürütme yöntemi olan bu yöntem, olguya göre kuramsal bir modeli veya önermeyi sınavan bir akıl yürütme ile bilgi üretimine imkan vermektedir. Bu bir anlamda indirgemeciliğe karşı yukarıda da vurgulanan argümanlar olan; modelin olguya yaklaştırılması, yukarıdan aşağıya nedenselliğin ortaya konulması demektir.

## SONUÇ

Öğretim sürecinde tüm kazanım türlerinin öğretim ortamına bilgiler üzerinden taşınmaya çalışılması ve bilgiler ile ilişkilendirilmesi tüm indirgeme türlerinin epistemolojik boyuta taşınabileceğini göstermektedir. Bu nedenle kimya eğitimi açısından indirgemecilik temelde epistemolojik boyutta öğretimde kullanılan teorilere ve bunlardan elde edilen modellerine ve bu süreçte akıl yürütmelere yansımaları bakımından önemlidir. Kimya öğretiminde önemli ve sorunlu bir konu olan makro ve mikro ilişkisinin kurulmasında ise bu teoriler ve modeller önemli bir fonksiyona sahiptir. Yukarıda çizilen genel çerçeve *teorik bilgi-model-akıl yürütme-indirgeme* arasında dörtlü ve interaktif bir ilişki olduğunu göstermektedir. Bu ilişkinin kimyanın doğasına uygun bir şekilde kurulması ve indirgemeciliğin bu açıdan dikkate alınması kimya eğitimi açısından önemlidir. Bu bağlamda kimya açısından sorunlu olduğu kabul edilen indirgemecilik türlerinden öğretim sürecinde kaçınılması gerektiğini görülmektedir.

Yukarıda tanımlanmaya çalışılan ve kimyasal bilginin doğasına daha uygun görülen ilkeler çerçevesinde; *yukarıdan aşağıya nedensellik, olguya yaklaştırma (tersine yaklaştırma) ve hipotetik-dedüktif yöntem* gibi öneriler bu süreçte işe koşulabilir. Şunu belirtmek gerekir ki öğretim sürecinde indirgemeciliğe karşı durma bir bilim taassubu olarak algılanmamalıdır. Öğretim sürecinde kimyanın kendi bilgi yapısına daha uygun yaklaşımlar geliştirmek ve kimyanın doğasını daha anlaşılır hale getirme çabasıdır. Fiziğin kendi iç dinamikleri içinde makul görülen indirgeme türlerinin kimyaya taşınmasının bu açıdan uygun olmadığını söylemenin disiplinler arası etkileşime zarar vermesi de olası görünmemektedir. Dahası kimyanın fiziğin bir parçası değil, fizik ile

birlikte bir bütünün etkileşim içinde olan iki parçası olduğunu ortaya koymada fayda sağlayabilir.

### KAYNAKLAR

- Bayrakçeken, S., Canpolat N. ve Çelik, S. (2011, Temmuz). *Kimyanın doğası ve öğretimi*. 2. Ulusal Kimya Eğitimi Kongresi'nde sunulmuş bildiri, A.Ü, Erzurum.
- Born, M., and Oppenheimer, R. (1927). Zur Quantentheorie der Molekeln. *Annalen der Physik*, 20(389), 457-484. Article first published online: 14 mar 2006.
- Cevizci, A. (2011). *Felsefe sözlüğü*. İstanbul: Say Yayınları.
- Chalmers, D. J. (2002). Strong and Weak Emergence. Republished in P. Clayton and P. Davies (Eds.), (2006) *The re-emergence of emergence*. Oxford: Oxford University Press.
- Corning, P. A. (2002). The re-emergence of "emergence": a venerable concept in search of a theory. *Complexity*, 7(6), 18-30.
- Craver, C. F. (2001). Structures of scientific theories. In P.K. Machamer and M. Silberstein (Eds.), *Blackwell guide to the philosophy of science* (pp. 55-79). Oxford: Blackwell.
- Erduran, S. (2005b). Applying the philosophical concept of reduction to the chemistry of water: implications for chemical education. *Science & Education*, 14(2), 161-171.
- Erduran S., & Duschl, R. (2004). Interdisciplinary characterizations of models and the nature of chemical knowledge in the classroom. *Studies in Science Education*, 40(1), 105-138.
- Erduran, S. (2007). Breaking the law: promoting domain-specificity in chemical education in the context of arguing about the periodic law. *Foundations of Chemistry*, 9(3), 247-263.
- Erduran, S. (2000). Emergence and application of philosophy of chemistry in chemical education. *School Science Review*, 81, 85-87.
- Erduran, S., Aduriz A. B. and Naaman, R. M. (2007). Developing epistemologically empowered teachers: examining the role of philosophy of chemistry in teacher education. *Science & Education*, 18(9-10), 975-989.
- Erduran, S. (2005a, July). *Beyond philosophical confusion: establishing the role of philosophy of chemistry in chemical education research*. Paper presented at the International History, Philosophy and Science Teaching Conference, Leeds, UK.
- Gilbert, J. (1998). Explaining with models. In M.Ratcliffe (Ed.), *ASE guide to secondary science education*. Stanley Thornes, London

- Gilbert, J. K. and Treagust, D. F. (2009). Introduction: macro, submicro and symbolic representations and the relationship between them: key models in chemical education. In Gilbert, J.K. and Treagust, D.F (Eds.), *Multiple representations in chemical education, models and modeling in science education* (pp.1-8). Springer.
- Goldstein, J. (1999). Emergence as a Construct: History and Issues. *Emergence: Complexity and Organization*, 1(1): 49–72.
- Harrison, A. G. and Treagust, D.F. (2000). Learning about atoms, molecules, and chemical bonds: a case study of multiple-model use in grade 11 chemistry. *Science Education*, 84(3), 352–381.
- Hendry R. F. (1998). Models and approximations in quantum chemistry. In N. Shanks (Ed.) *Idealization in contemporary physics: poznan studies in the philosophy of the sciences and the humanities* (63) (pp.123-42). Amsterdam/Atlanta, GA: Rodopi.
- Hendry, R. F. (2010). Chemistry: emergence vs. reduction. In C.and G. Macdonald (Eds.) *Emergence in mind* (pp.205–221). New York: Oxford University Press.
- Hendry, R. F. (2011). *The metaphysics of chemistry*. New York: Oxford University Press.
- Hendry, R. F. (2006). Is there downward causation in chemistry. In D. Baird, E.Scerri, and L.McIntyre (Eds.), *Philosophy of chemistry* (pp. 173–189).Dordrecht: Springer.
- Hendry, R. F. (2012). Reduction, emergence and physicalism. In D. M. Gabbay, P. Thagard and John Woods. (Gen.Eds.), R, F. Hendry, P.Needham and A.I. Woody (Vol.Eds.). *Handbook of the philosophy of science, philosophy of chemistry* (V.6) (pp.367-386). Amsterdam: North Holland- Elsevier.
- Johnstone, A. H. (1993). The development of chemistry teaching: a changing response to changing demand. *Journal of Chemical Education*, 70, 701–705.
- Lecourt, D. (2006). *Bilim felsefesi*. (Çev.I. Ergüden). Ankara: Dost Kitabevi. (Eserin orijinali 2001’de yayımlandı).
- Lutz, S. (2009, October). *Carnap’s unchanging correspondence rules*. Paper presented at the Second SIFA Graduate Conference, Bologna (Italy).
- Mattingly, J. (2005). The structure of scientific theory change: models versus privileged formulations. *Philosophy of Science*, 72(2), 365–389.
- Miessler, L.G. and Tarr, D.A. (2010). *Inorganik Chemistry* (4th ed.), New Jersey, Pearson Prentice Hall.
- Moulines, C.U. (2010). *The nature and structure of scientific theories*. Paper presented at Seminar für Philosophie, Logik und Wissenschaftstheorie, University of Munich.



- O'Connor, T. (1994). Emergent properties. *American Philosophical Quarterly*, 31, 91-104.
- Peirce, C.S. (1957). *Essays in the philosophy of science*. New York: Bobbs-Merrill.
- Reichenbach, H. (2006). *Bilim felsefesinin doğuşu*. (Çev.C. Yıldırım), Ankara: Bilgi Yayınevi. (Eserin orijinali 1951'de yayımlandı).
- Sarıtaş, D. and Tufan, Y. (2011, Temmuz). *Kimya öğretiminde yapılan ontolojik ve epistemolojik indirgemecilik*. 2. Ulusal Kimya Eğitimi Kongresi'nde sunulmuş bildiri. AÜ, Erzurum.
- Sarıtaş, D. and Tufan, Y. (2012, Haziran). *Öğrencilerin kimyasal bilgilerinin kimyasal semiyotik; sentaks ve semantik açıdan incelenmesi*. X.UFBMEK'da sunulmuş bildiri. NÜ, Niğde.
- Scerri, E. (2001). The new philosophy of chemistry and its relevance to chemical education. *Chemistry Education: Research And Practice In Europe*, 2(2), 165-170.
- Scerri, E. (1994). *Has chemistry been at least approximately reduced to quantum mechanics*, In D.Hull, M.Forbes, and R.Burian (Eds.), PSA, 1994: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association (pp. 160-170). University of Chicago Press.
- Scerri, E. (1996). Stephen Brush, the periodic table and the nature of chemistry. In: P. Janich, and N. Psarros (Eds.), *Die sprache der chemie* (pp. 169-176). Würzburg: Königshausen & Neumann.
- Scerri, E. (1991). The electronic configuration model, quantum mechanics and reduction. *The British Journal for the Philosophy of Science*, 42(3), 309-325.
- Scerri, E. (2007a). The ambiguity of reduction. *International Journal for Philosophy of Chemistry (HYLE)*, 13(2), 67-81.
- Scerri, E. (2007b). *The periodic table: its story and its significance*. New York: Oxford University Press.
- Schaffner, K. F. (1969). Correspondence rules. *Philosophy of Science*, 36(3), 280-290.
- Schummer, J. (1996). *Realismus und chemie. Philosophische untersuchungen der wissenschaft von den stoffen*. Würzburg: Königshausen & Neumann.
- Schummer, J. (2004). Philosophie der chemie: rück- und ausblicke. Erscheint in K.Griesar (Hg.), *Wenn der geist die materie küßt* (s.1-12). Frankfurt: Harry Deutsch.
- Schummer, J.(2006). Philosophy of chemistry. In D. M. Borchert (Ed.), *Encyclopedia of philosophy*, Second Edition, New York: Macmillan.
- Sprenger, J. (2011). *Hypothetico-deductive confirmation*. <<http://www.laeuferpaar.de/papers.html>> (2011, Mart 20).
- Van Brakel, J. (2000). *Philosophy of chemistry, between the manifest and the scientific image*. Leuven: Leuven University Press

Woolley, R. G. (1998). Is there a quantum definition of a molecule? *Journal of Mathematical Chemistry*, 23, 3–12.

### **SUMMARY**

*One of the major points of discussion for chemistry philosophy is reductionism. Since reductionism is closely related to micro and macro levels of chemical knowledge which is a problematic issue for chemistry teaching, it is also vital in terms of chemistry teaching.*

*Reductionism in philosophy consists of total of parts of a whole it expresses posture and approach based upon the opinion that it is possible to reach final and definitive information from the characteristics and behaviors of parts. This approach can be positioned against holism claiming that whole has a greater reality when compared to parts. The most updated version of this reductionism referring a distinct importance to physics in scientific philosophy is based on the opinion that it can be able to bring adequate definitions for observed behaviors of material by ignoring physical laws relevant to basics of material those cannot be observed. According to this point of view chemistry just like other scientific branches, investigates material can be reduced to physics.*

*There are three types of investigation applied over quantum mechanics for the reduction of chemistry to physics. These can briefly be summarized as follows; chemical behaviors of material is determined by the physical laws relevant to materials' part (ontological), for that reason theoretical information of chemistry for material (such as law, theory and concept) can also be defined with the theoretical information of physics directed to the same phenomena branch (epistemological). Moreover in rational information creation processes such as establishing theory or model for material and deducing, chemistry may utilize methods of physics (idealization and approximation) (methodological). However, there are effective approaches put forward in chemistry philosophy claiming that these reductions cannot be made neither by realistic reasons, nor in principal with reasons such as difference for specific historical development of*

*chemistry, its theoretical framework not possible to be reduced to physics. These approaches should be supported with concepts such as emergence considered in a holistic manner, downward causality and supervenience.*

*In general terms it can be observed that reductionism is contrary to the nature of chemistry and characteristics of chemical knowledge. When the foundation where reductionism is discussed is considered its close relationship with macro and micro levels of understanding which is also problematic in chemistry teaching can also be recognized. Because reductionism defends that theoretical information of chemistry for non-observable micro put forward to defined macro characteristics observed can be reduced to physics. For that reason it is necessary to establish micro-macro relationship healthier for chemistry teaching in the framework of basic acquisitions of education (such as knowledge, skills and behaviors) and to consider reductions for better understanding of these level compatible with nature of chemistry.*

*It can be seen that epistemological as types of reduction is closely related with knowledge, ontological to attitude, understanding and perceive and methodological one is related with skills and thought. In teaching process building all acquisitions over knowledge shows that all types of reductions can be moved to epistemological dimension. In this sense reductionism can emerge in three situations creating an obstacle against establishing characteristics of chemical knowledge. First of them is common theoretical terms used for chemical definitions, second is physical causal expression reflected by means of ontology and the other one is idealization and approximations in terms of methodology for the production of scientific information. It is possible to summarize some of the epistemological approaches which can be used to prevent those: preferring model approach which is more suitable for chemistry rather than axiomatic approach for the theories supporting reduction; approximation of models or theories used for chemical definitions to concept rather than ideals and making them complex; definition and utilization of chemical operative meanings for common terms; in this sense by moving ahead from model approach for theories bringing the instrumentalism of chemical models to fore; utilization of hypothetical*

*deductive processes interrogating models rather than deduction suitable for reduction for knowledge generation; Bringing downward causality rather than upward causality to fore.*