



## Kimyanın Kavramsal Profili: Kimya Eğitiminde Düşünce ve Eylemi Zenginleştirmeye Yönelik Bir Çerçeve

### Conceptual Profile of Chemistry: A Framework for Enriching Thinking and Action in Chemistry Education

Tacettin Pınarbaşı<sup>1</sup>

#### Öz

Kimyasal düşüncelerin ve eylemlerin doğasıyla, bunların uygulamalarının ve dünyamız üzerindeki etkilerinin anlaşılması, tüm eğitim düzeylerindeki kimya eğitiminin temel hedefleri olarak dikkate alınabilir. Bununla birlikte hala, okullardaki geleneksel kimya dersleri daha çok, öğrencilerin bu alanda yıllar boyunca oluşturulmuş, bildirim dayalı bilgi yığınlarını öğrenmelerine odaklanmaktadır. Bu açıdan bakıldığında hem kimya eğitimi programlarında hem de kimya öğrenme ortamlarında gerekli değişikliklerin yapılması, zorlu bir süreç olarak kendini göstermeye devam etmektedir. Kimya tarihi ve felsefesi üzerine yapılan çalışmalar, kimya alanının, kimya eğitimi açısından bilinmesi ve dikkate alınması gereken benzersiz özelliklere sahip olduğunu ileri sürmektedir. Bu araştırmaların birçoğu, kimyada ve kimyaya ilişkin anlayışlarda, karakterize edilmesi ve eğitim modellerimize dahil edilmesi gereken, bir çoğulluğa dikkat çekmektedir. Bu makale, tüm eğitim düzeylerindeki kimya öğretmenlerinin düşünce ve eylemlerini zenginleştirmek ve desteklemek için kullanılabilir bir çerçeve önermek adına, "kavramsal profiller teorisi" ni kullanarak, böyle bir karakterizasyon ortaya koymaya çalışmaktadır. Bu amaca yönelik olarak sunulan çalışma, bu makalenin yazarı tarafından yapılan sınırlı katkılar haricinde, Freire ve arkadaşları (2019) tarafından yayımlanmış bir araştırmanın, içeriğine sadık kalınarak özetlenmiş bir versiyonunu içermektedir ve buradaki temel öncül, kimyasal bilgi, düşünce ve eylemlerin doğasının daha iyi anlaşılmasının, öğretmenlerin, yeni geliştirilen uygulamalara katılımlarını destekleyeceğidir.

#### Anahtar Kelimeler

Kimya  
Kimya Eğitimi  
Kimyanın Doğası  
Kavramsal  
Profiller Teorisi

#### Abstract

Understanding the nature of chemical thoughts and actions, their applications and their effects on our world can be considered as the main goals of chemistry education at all levels of education. However, traditional chemistry courses in schools still focus on having students learn the body of declarative knowledge built over the years in this field. From this perspective, making the necessary changes in both chemistry education programs and chemistry learning environments continues to present itself as a challenging process. Studies on the history and philosophy of chemistry suggest that the field of chemistry has unique characteristics that need to be recognized and taken into account in terms of chemistry education. Many of these studies draw attention to a plurality in chemistry and understandings related to chemistry that needs to be characterized and incorporated into our educational models. This article attempts to present such a characterization using the "theory of conceptual profiles" in order to propose a framework that can be used to enrich and support the thinking and actions of chemistry teachers at all levels of education. The work presented for this purpose, except for the limited contributions made by the author of this article, consists of a faithfully summarized version of a study published by Freire et al. (2019), the basic premise of which is that a better understanding of the nature of chemical knowledge, thoughts and actions will support teachers' participation in newly developed practices.

#### Keywords

Chemistry  
Chemistry  
Education  
Nature of  
Chemistry  
Theory of  
Conceptual  
Profiles

Başvuru Tarihi/Received  
26.02.2025

Kabul Tarihi /Accepted  
21.06.2025

|Derleme Makalesi / Review Article|

#### Suggested APA Citation/Önerilen APA Atıf Biçimi:

**Kaynakça Gösterimi:** Pınarbaşı, T. (2025). Kimyanın Kavramsal Profili: Kimya Eğitiminde Düşünce ve Eylemi Zenginleştirmeye Yönelik Bir Çerçeve. *Giresun Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 2(1), 1-22.

**Citation Information:** Pınarbaşı, T. (2025). Conceptual Profile of Chemistry: A Framework for Enriching Thinking and Action in Chemistry Education. *Giresun University Journal of Faculty of Education*, 2(1), 1-22.

<sup>1</sup> Atatürk Üniversitesi, Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Erzurum, TÜRKİYE; <https://orcid.org/0000-0003-2153-248X>

## GİRİŞ

### Kimya felsefesi, kimyanın doğası ve onun öğrenilmesi hakkında neler söylemektedir?

Bir bilim olarak kimya, epistemolojik, ontolojik, metodolojik ve aksiyolojik boyutlarla karakterize edilebilen çoğulcu bir yapıya sahiptir (Bachelard, 1932; Ribeiro ve Pereira, 2013; Schummer, 2014). Bilhassa, bu alan, hem doğa bilimi hem de teknoloji boyutlarına sahip olduğu için ikili bir karaktere sahiptir. Kimya alanına yönelik gerçekleştirilen girişimlerin sebepleri, insanların temel amaçları ve ilgi alanlarıyla ayrılmaz bir şekilde bağlantılıdır ve bu ilişkiler, kimya alanındaki akıl yürütme, metodoloji ve değerler üzerinde derin etkilere sahiptir (Sjöström, 2007). Kimyasal düşüncelerin ve eylemlerin, çeşitli sosyal, politik, ekonomik, çevresel ve etik etkileri, kimyanın tarihi ve felsefesi üzerine yapılan birtakım çalışmalarda analiz edilmiştir (Bensaude-Vincent ve Simon, 2008).

Kimya felsefesiyle ilgilenen bilim insanları, kimyanın ve onun toplumdaki rolünün çoğulcu kimliğini şekillendiren, ayırt edici epistemolojik ve sosyolojik özelliklerini belirlemişlerdir (Baird vd., 2006; Bensaude-Vincent, 2009; Scerri ve McIntyre, 1997). Örneğin, kimya, madde ve süreç bilimi (Earley, 2004, 2006; Stein, 2004), madde dönüşümleri bilimi (Van Brakel, 1997), merkezi bir bilim (Schummer, 1998), akademik ve endüstriyel bir bilim (Laszlo, 2006) ve pratik bir bilim (Müürsepp, 2016) olarak tasvir edilmektedir. Ekonomik, endüstriyel ve akademik bağlamlar yanında öğretmenler, araştırmacılar ve mühendisler gibi çeşitli aktörler arasındaki ilişkiler göz önüne alındığında, Sjöström (2006) kimyanın, post-endüstriyel ve post-akademik bir bilim olduğunu iddia etmektedir. Bilim ve endüstri arasındaki simbiyotik ilişki, kimyacıların kendi öz imajını şekillendirmiştir (Laszlo, 2006) ve kimyanın uygulama alanını, bilimsel ve teknolojik amaç ve uygulamaların birleşimi olan bir teknobilime dönüştürmüştür (Chamizo, 2013).

Kimya felsefesi üzerine yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar, kimya eğitimi açısından önemli çıkarımlara sahiptir (Erduran, 2001, 2009; Erduran ve Mugaloglu, 2013; Erduran ve Scerri, 2002; Lombardi ve Labarca, 2007). Bu yöndeki çalışmalara örnek olarak şunlar verilebilir: geleneksel kimya programlarında yer alan indirgemecilik örneklerinin analizleri ve tartışmaları (Erduran, 2005), öğrencilerin kavram yanılgılarının felsefi bir bakış açısıyla yorumlanması (Kidenemariam vd., 2013) ve kimyasal kavramların doğası (Laszlo, 1999) ve yasalar ve teoriler (Erduran, 2007) hakkındaki düşünceler. Bu tür çalışmalar, geleneksel kimya programlarının doğası ve odak noktası hakkındaki tartışmaları ateşleyerek, daha hümanist bir bakış açısı benimseyen (Sjöström ve Talanquer, 2014) ve kimyasal düşünce ve eylemlere yönelmenin amaçlarını, uygulamalarını, faydalarını, maliyetlerini ve risklerini daha gerçekçi bir şekilde temsil eden yeni eğitim modellerine olan ihtiyaca dikkat çekmektedirler (Talanquer, 2013a; Talanquer ve Pollard, 2010).

Kimyanın tarihsel, felsefi ve sosyolojik çalışmaları, öğretmenlerin ve eğitmenlerin kimyanın tek yönlü bir görünümünü (bakış açısını) sunmaktan kaçınabilmeleri için bilinmesi gereken, bu disiplinin kritik yönlerine vurgu yapmaktadırlar. Bu bilgi, eğitimcilerin kimya, onun toplumdaki rolü ve öğrenilmesi hakkındaki anlayışlarını sorgulamalarına yardımcı olabilir (Sjöström ve Talanquer, 2014) ve böylece onlara, uygulamalarında değişiklikler yapma gücü verebilir (Erduran vd., 2007). Diğer taraftan, kimya eğitimi çalışmaları, öğrencilerin kimyadaki temel kavramları ve fikirleri anlama sürecinde karşılaştıkları zorluklara dikkat çekmekte ve anlamlı öğrenmeye daha iyi katkı sağlama iddiasındaki öğrenme stratejilerini ortaya koymaktadır (Talanquer, 2018). Ancak birçok kimya öğretmeni, bu farklı çalışmalardan habersiz kalmakta ya da bunları öğrencilerin öğrenme süreçlerine üretken bir şekilde nasıl dahil edeceklerini bilmemektedir. Bu bağlamda, bu çalışma kapsamında sunulduğu şekliyle, kimyanın kavramsal profilindeki farklı bölgelerin bir analizinin ve tartışmasının yapılmasının ve böylece bu alan hakkında farklı düşünme ve ifade biçimlerine dikkat çekilmesinin, böylesine farklı ve zengin çalışmalara öğretmenleri dahil etmek için bir çerçeve görevi görebileceği öngörülmektedir. Özellikle şu sorunun yanıtlanması amaçlanmaktadır: Kimyanın kavramsal profilindeki bu farklı bölgelerin analizi, kimya öğretmenlerinin düşünce ve eylemlerini nasıl zenginleştirebilir ve destekleyebilir? 'Kimya' kelimesi akademik, endüstriyel ve günlük yaşam alanlarında farklı şekillerde kullanılmaktadır. Ona atfedilen bu

farklı anlamların bir analizinin yapılması, kimya eğitiminin mevcut amaçları ve uygulamaları hakkında, farklı bakış açılarından, eleştirel bir şekilde düşünme fırsatları yaratabilir. Kimyayı statik, aseptik ve sorunsuz bir bilgi yığını olarak sunan geleneksel kimya eğitimi yaklaşımlarından kaçınmak isteniyorsa, öğretmenlerin bu tür düşüncelere dahil edilmesi yönünde teşvik edilmesi gerekli görünmektedir.

Bu makale, aşağıda (Kimyanın Kavramsal Bir Profili başlığı altında) özetlenen kimyanın kavramsal profiline ilişkin deneysel bir çalışmanın sonuçlarına dayanmaktadır (Freire, 2017). Ancak burada sunulan katkı, öğretmenlerin bu kavramsal profilde yer alan her bir bölge hakkındaki tartışmalara katılmaları halinde, onların düşüncelerini ve eğitim uygulamalarını nasıl zenginleştirebileceğine ilişkin teorik bir analize odaklanmaktadır. Burada sunulan çerçeve, felsefi, tarihi ve sosyolojik bakış açılarının kimya eğitimine yönelik çıkarımlarını vurgulamanın yanında öğretmenlerin, bu bakış açılarını dikkate alarak, kimyasal bilgi, düşünce ve eylemlerin doğasının analizi sürecine dahil edilebilmesi için bir yol sağlama çabasıdır. Kimyanın kavramsal profilindeki farklı bölgelerin, öğretmenlerin dikkatini, modern eğitim standartlarının savunduğu çeşitli otantik öğrenme deneyimlerinin geliştirilmesine rehberlik etmek ve destek olmak için kullanılabilir kimya eğitiminin farklı yanlarına yönlendireceği söylenebilir (NRC, 2013). Bu çalışmanın temel öncülü, kimyasal bilgi, düşünce ve eylemlerin doğasının daha iyi anlaşılmasının, öğretmenlerin, yeni geliştirilen uygulamalara katılımlarını destekleyeceğidir.

### **Kavramsal Profiller Teorisi**

Kavramsal profiller teorisi, otuz yıl önce Eduardo Mortimer tarafından fen eğitimi araştırmaları literatürüne kazandırılmıştır (Mortimer, 1995). Bachelard (1968)'in epistemolojik profiller hakkındaki fikirlerinden ilham alan teori, başlangıçta kavramsal değişimin mevcut modellerine bir alternatif olarak önerilmiştir. Ancak yıllar içerisinde kavramsal profiller teorisi, sosyokültürel perspektiflerin ve pragmatist felsefenin dahil edilmesiyle gelişim göstermiştir (Mortimer ve El-Hani, 2014).

Kavramsal profil teorisi, insanların dünyayı görme ve temsil etme konusunda farklı yollar sergileyebileceğini ve bunların farklı bağlamlarda ortaya çıkıp kullanılabileceğini ileri sürmektedir. Bu farklı düşünme biçimleri, farklı ifade biçimleriyle iç içe geçmiş durumdadır. Bu teori, her bireyde, aynı sözcük veya kavram için iki veya daha fazla anlamın bir arada var olduğunu kabul etmektedir ve bu anlamların, birey tarafından, bağlama bağlı olarak geliştirildiğini öne sürmektedir. (Mortimer ve El-Hani, 2014; Tulviste, 1991). Ayrıca, bu teori, sözcüklerin anlamlarının, hem bilimde hem de günlük dilde, çoğunlukla, çok anlamlı olduğunu kabul etmektedir.

Kavramsal profiller, belirli bir sosyokültürel bağlamdan gelen bireylerin, deneyimlerinin farklı alanlarında kullanabilecekleri düşünme biçimlerindeki çeşitliliğin modelleri olarak anlaşılabilir. Bu farklı düşünce biçimlerinin her biri, bir kavramın kavramsal profilinde bir 'bölgeye' (zon) karşılık gelir. Her bir bölge, bir kavramı diğer bölgelerden farklı bir şekilde anlama biçimi sunar ve dünyayı kendine özgü bir şekilde temsil eden farklı aracı araçlara, teorilere ve dillere karşılık gelir. Bir kavramın kavramsal profilindeki her bir bölge, kavram hakkında anlam oluşturmayı destekleyen ontolojik, epistemolojik ve aksiyolojik bağlantılarla istikrar kazanır (Mortimer ve El-Hani, 2014).

Kavramsal bir profildeki farklı bölgeler fikrini açıklamak için, 'ısı' kavramının çeşitli bağlamlardaki farklı düşünme ve ifade biçimlerini ele alabiliriz (Mortimer ve El-Hani, 2014). Ev ortamında ısıyı, akışkan tarzı bir şey gibi düşünüp konuşabiliriz; yani, tutulabilen veya kaçabilen bir madde olarak (örneğin, 'fırının kapağını kapat ki ısı dışarı kaçmasın'). Ya da ısıyı, soğüğün zıttı olan bir nesne özelliği olarak düşünebiliriz (örneğin, 'şu ocak gerçekten çok sıcak'). Okulda ise ısı, farklı sıcaklıklara sahip nesnelere temas ettiğinde gerçekleşen enerji transferi anlamında kullanılabilir (örneğin, 'ısı formundaki enerji, sıcak nesneden soğuk nesneye aktarılır ve bu, sıcaklıkları eşitlenene kadar devam eder'). Isının farklı bağlamlarda nasıl kavramsallaştırıldığını fark etmek ve bunlar üzerine düşünmek, bu bilimsel kavramı daha derinlemesine anlamamıza yardımcı olabilir. Benzer şekilde, kimyanın kavramsal profilindeki farklı bölgelerin analizi, kimyasal bilgi, düşünme ve eylemler ile ilgili anlayışımızı zenginleştirebilir.

Bugüne kadar bazı araştırmacılar, atom, maddenin fiziksel hâlleri (Mortimer, 1995, 2000), kimyasal reaksiyon (Solsona vd., 2003), ısı (Amaral ve Mortimer, 2001), entropi ve spontaneizm (kendiliğindenlik)

(Amaral vd., 2014), madde (Amaral vd., 2018; Silva ve Amaral, 2013), molekül (Mortimer ve Amaral, 2014) ve yaşam (Coutinho vd., 2014) gibi çeşitli bilimsel kavramların kavramsal profillerini oluşturmuştur. Aşağıdaki bölümde, kimya ile ilgili farklı düşünme biçimlerini ve ifade yollarını çeşitli alanlarda karakterize eden kimyanın kavramsal profilinin geliştirilmesine odaklanan bir çalışmanın sonuçları özetlenmektedir (Freire, 2017; Freire ve Amaral, 2018). Ardından, bu kavramsal profilin, kimya eğitimiyle ilgili merkezi konular üzerine düşünmeye rehberlik eden bir araç olarak nasıl kullanılabileceği tartışılmaktadır.

### Kimyanın Kavramsal Bir Profili

Freire (2017), kimyanın tarihi ve felsefesi üzerine yayımlanmış çalışmalar, öğrencilerin bu alandaki kavram yanılgılarına ilişkin literatür taraması ve anketler ile sınıf içi video kayıtları aracılığıyla toplanan öğrenci görüşleri gibi çeşitli kaynaklardan elde edilen verileri inceleyerek kimyanın kavramsal bir profilini oluşturmuştur. Bu çok kaynaklı analiz, kimya hakkında farklı düşünme ve ifade biçimlerini destekleyen epistemolojik, ontolojik ve aksiyolojik boyutların belirlenmesini sağlamıştır. Bu bağlamda, kimyanın kavramsal profilinde altı farklı bölge tanımlanmıştır: tekçi (monist), kaçınıcı (aversive), epistemik (epistemic), pragmatik (pragmatic), süreçsel (processual) ve çekici (attractive). Her bölgenin kimya ile ilgili karakteristik düşünme biçimlerinin kısa bir açıklaması, Tablo 1’de sunulmaktadır.

**Tablo 1.** Kimyanın kavramsal profilindeki altı farklı bölgenin açıklaması ve her bir düşünme biçiminin ortaya çıktığı ifadelerle dair temsil edici örnekler.

Bölge	Açıklama (Düşünme Biçimleri)	İfade Örnekleri
<b>Tekçi (Monist)</b>	Kimya, gerçekliğin özü olarak kabul edilir. Kimya her yerdedir ve her şey kimyadır. Evrenin başlangıcından beri, bilincimizin ötesinde var olmuştur. Kimya her an, her yerde mevcuttur.	"Varlığın özü, gördüğümüz, hissettiğimiz veya soluduğumuz her şey..." "... kimya, evrenin yaratılışında var olmuştur ve hala mevcuttur."
<b>Epistemik (Epistemic)</b>	Kimya, bir bilim, sistematik bir bilgi yığını, bilimsel bilginin bir dalı ve bir okul dersi olarak kabul edilir. Kimya, kavramsal ve teorik bir çerçeve olarak anlaşılır.	"Maddenin dönüşümünü inceleyen bilim." "Bileşiklerin temel yapısı, moleküler bileşim, geometri, enerji temelli bağlanma..."
<b>Süreçsel (Processual)</b>	Kimya, kendine özgü varlıkları içeren bir süreç veya olay olarak kabul edilir. Dönüşüm olarak, belirli ürünlere yol açan bir kimyasal reaksiyon olarak görülür.	"... bir şeyin oluşmasına veya parçalanmasına neden olabilecek tepkimeler." "... kimya, başka bir sonuca ulaşmak için olayların etkileşimidir."
<b>Pragmatik (Pragmatic)</b>	Kimya, pratik, operasyonel ve teknolojik durumlarla ilişkilidir. Bir teknobilim, bir endüstriyel girişim, bir kariyer ve belirli amaçlarla gerçekleştirilen bir faaliyet olarak görülür.	"... kimya denilince aklıma kimya endüstrisi, bilim insanları ve profesörler geliyor." "... aldığım kurs ve ileride bu alanda çalışacak olmam."
<b>Kaçınıcı (Aversive)</b>	Kimya, zararlı, ölümcül ve çevre kirliliğinden sorumlu bir unsur olarak görülmektedir. Doğal olduğu varsayılan ve "kimyasal içermeyen" olarak kabul edilen ürünlerin aksine, yapay ürünlerle ilişkilendirilmektedir.	"... kimya içeren ürünler var ve bunlar zarar veriyor." "Bu kötü bir şey ... Doğal olmayan."
<b>Çekici (Attractive)</b>	Kimya, bir duygu, çekim, yakınlık ve aşk olarak görülmektedir. İki kişi arasında güçlü bir bağ ile ilişkilendirilmektedir.	"... bu çiftin iyi bir kimyası var, yani iyi bir uyum, iyi bir ilişki." "İki birey arasındaki etkileşim."

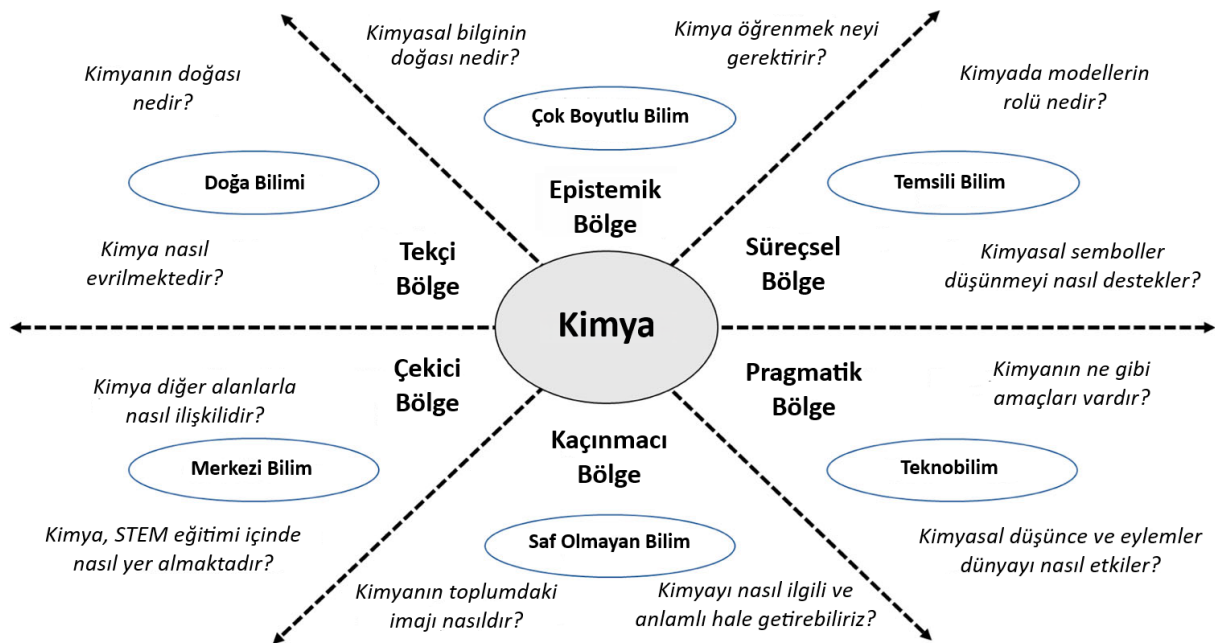
Bu çalışmada, kimyanın kavramsal profilindeki farklı bölgelerin analizinin ve tartışılmasının, kimya eğitiminin çeşitli yönleri üzerine düşünme fırsatları yarattığı ve böylece öğretmenlerin düşünme biçimlerini ve uygulama alanlarını zenginleştirdiği öne sürülmektedir. Kimyanın kavramsal profilindeki farklı bölgeler, kimya öğretmenlerinin eğitim hedefleri, öğrencilerin öğrenmeleri ve verimli öğrenme uygulamaları hakkındaki bakış açılarını geliştirmek için kullanılabilecek bir çerçeve sunabilir. Aşağıdaki bölümde, kavramsal profilin her bir bölgesinin, kimya eğitimi üzerindeki düşünceleri ve tartışmaları nasıl

teşvik edebileceği ve yönlendirebileceği ele alınmaktadır. Belirli bir bölgeyle ilgili yapılan analiz ve tartışmalar, öğretmenlerin eğitim verdikleri seviyeye, sınıflarındaki öğrencilerin özelliklerine ve takip ettikleri programın eğitim hedeflerine bağlı olarak bazı öğretmenler için diğerlerinden daha anlamlı olabilir.

### Kimya Eğitimi İçin Kavramsal Profilin Bir Çerçeve Olarak Kullanılması

Geleneksel kimya eğitimi, genellikle, öğretmenler tarafından işlenmesi ve öğrenciler tarafından anlaşılması gereken bir konu yığını olarak tasvir edilmektedir (Eilks vd., 2013; Talanquer, 2013a). Ancak, kimyanın doğasına ilişkin felsefi, tarihsel ve sosyolojik çalışmalar, kimya eğitimini daha özgün, anlamlı ve öğrencilere daha uygun hale getirebilecek yeni kavramsallaştırma yollarını önermektedir. Kimyanın çoğulcu yapısı göz önüne alındığında, kimya bilgisinin zengin, karmaşık ve çok yönlü olması beklenir. Bu bağlamda, Talanquer (2013b), bir kimya dersinin çok boyutlu doğasını ortaya koyan ve tartışan on farklı yönü tanımlamıştır. Yazar, kimyasal bilginin ve uygulamaların zengin ve katmanlı yapısını belirgin bir şekilde ortaya koyarak kimya eğitimlerini bu konu üzerine düşünmeye davet etmektedir. Söz konusu çalışmada tanımlanan on yön, kimyasal düşünme ve eylemin şu boyutlarına işaret etmektedir: büyük fikirler, temel sorular, kesişen kavramlar, kavramsal boyutlar, bilgi türleri, boyut ölçekleri, akıl yürütme biçimleri, bağlamsal konular, tarihi görüşler ve felsefi düşünceler.

Bu çalışmada, kimyanın kavramsal profilindeki farklı bölgelerin, kimyasal bilginin çeşitli yönlerinin keşfedilip tartışılabilirliği faydalı bağlamlar sunduğunu savunulmaktadır. Şekil 1, kavramsal profildeki farklı bölgelerle ilişkilendirilebilecek kimya ile ilgili çeşitli yönleri gösteren bir taslak sunmaktadır. Bu şekilde görüldüğü gibi, kimya merkezi bir kavram olarak gösterilmiş ve daha önce tanımlanan altı farklı bölge tarafından çevrelenmiştir. Ayrıca, her bölgeyle yakından ilişkili olan kimya eğitiminin temel soruları da bu taslakta yer almaktadır. Her bölgeyle ilgili fikirlerin analiz edilmesi ve tartışılması, kimya eğitiminin farklı yönlerini vurgulamak için kullanılabilir. Önerilen çerçeve, hem kimya hakkında düşünme biçimlerini hem de disiplini karakterize etme yollarını bir araya getirerek, kimya öğretmenlerinin ders planlaması, uygulaması ve eğitim materyallerinin geliştirilmesi süreçlerinde rehberlik edebilecek yapılandırılmış bir model sunmaktadır.



Şekil 1. Kimyanın kavramsal profilindeki bölgeler ile kimyasal bilgi ve uygulamanın farklı yönleri arasındaki ilişki.

### **Tekçi (Monist) Bölge**

"Kimyanın her yerde bulunabileceği" fikri, kimyacılar ve kimya eğitimcileri arasında iyi yerleşmiş bir anlayış gibi görünmektedir. Bu bakış açısı genellikle ders kitaplarında, bilimsel makalelerde, eğitim politikası belgelerinde ve popüler bilim dergilerinde ifade edilmektedir. Bu fikir, kimya öğrenmenin önemine dikkat çekmeyi amaçlar; çünkü genellikle, maddesel dünyanın kimyasal maddeler ve süreçlerden oluştuğu ve bunlarla sürdürüldüğü düşüncesiyle birlikte, kimyanın kaçınılmaz olduğu mesajını da içermektedir (Bensaude-Vincent ve Simon, 2008).

Kimyaya yönelik "tekçi" bir bakış açısının analiz edilmesi ve tartışılması, öğretmenlerin konu hakkındaki düşüncelerini ortaya çıkarmak ve onları kimyanın doğasına dair farklı görüşler üzerine daha derinlemesine düşünmeye teşvik etmek için bir başlangıç noktası olabilir. Öğretmenler, aşağıdaki gibi sorular etrafında yönlendirilen tartışmalara katılabilir:

- Maddesel dünya, kimya ile eşdeğer midir?
- Kimya, insan düşüncesinden, deneyiminden ve değerlerinden bağımsız olarak var olabilir mi?
- Kimya, incelenen bir nesne mi, bu inceleme sonucunda ortaya çıkan bilgi mi, yoksa maddesel dünyayı araştırma pratiği midir?

Kimyanın kavramsal profilindeki "tekçi" bölgeye dair tartışmalar, öğretmenlere kimyanın doğasına ilişkin görüşlerin yıllar içinde nasıl değiştiğini analiz etme ve bu alanın akademik, felsefi ve sosyolojik perspektiflerini karşılaştırma fırsatı sunar. Öğretmenler, kimyasal ve bilimsel bilginin mutlak mı yoksa geçici mi olduğu sorusuyla yüzleşmeli ve belirli kimya anlayışlarının onu ne ölçüde insanileştirdiğini veya insanlıktan uzaklaştırdığını fark etmelidir (Abd-El-Khalick, 2013). Bu tür bir tartışma, özellikle kimyanın bağlamsal veya sosyo-hümanist bir bakış açısıyla öğrenilmesini amaçlayan eğitimciler için büyük önem taşımaktadır.

Kimyanın doğasına ilişkin tartışmalar, genel olarak bilimin doğasının analizleriyle birleştirilebilir. Bilimsel bilginin nasıl üretildiğini ve bilimin sosyal ve tarihsel süreçlerden nasıl etkilendiğini öğrenmek, dünya çapında bilim eğitimi standartlarının merkezinde yer alan hedeflerden birisi haline gelmiştir. Bilim eğitimi literatürü, bilimsel ve teknolojik okuryazarlığın geliştirilmesi için bilim tarihinin ve felsefesinin kullanılması gerektiğini savunmaktadır (Dagher ve Erduran, 2016). Kimyaya yönelik "tekçi" bakış açısının eleştirel bir analizi, bilimsel bilginin insan bilincinden bağımsız, gerçekliğin doğrudan bir temsili olduğu şeklindeki safiyane bilim anlayışlarını sorgulamaya yardımcı olabilir. Bu tür bir analiz, öğretmenlerin, kimyanın yüzyıllar boyunca izlenebilecek değişmez bir özü olmadığı; aksine, kimya faaliyetlerinin tarihsel olarak yerleşmiş bir kültürel üretim olarak daha iyi karakterize edilebileceği görüşünü fark etmelerine yardımcı olabilir (Bensaude-Vincent ve Simon, 2008).

Kimyanın kavramsal profilindeki "tekçi" bölgeyle ilgili önerilen tartışmalar kapsamında, öğretmenler kimyasal bilginin ve fikirlerin oluşumunu daha açık hale getirmeyi amaçlayan kimya programlarını ve öğrenme uygulamalarını inceleyebilirler (Eilks vd., 2013). Bu yaklaşımların çoğunda, öğrencilere kimya tarihindeki önemli olayları keşfetme fırsatı sunulurken, bu olayların gerçekleşme koşullarını, amaçlarını, bilimsel ve toplumsal önemini daha iyi anlamaları sağlanmaya çalışılmaktadır (Chamizo, 2014; Izquierdo-Aymerich, 2013).

### **Epistemik (Epistemic) Bölge**

Kimya ile ilgili öğrencilerin geliştirmiş olduğu en yaygın imajlardan biri, onların geleneksel kimya derslerindeki deneyimlerinden kaynaklanmaktadır. Bu bakış açısına göre kimya, soyut kavramlar ve algoritmik işlemlerle dolu zor bir ders olarak görülmektedir (Salta ve Tzougraki, 2004). Pek çok öğrenci ve öğretmen için kimya, kimyasal eşitlikleri denkleştirmek, stokiyometri problemlerini çözmek, elektron konfigürasyonlarını oluşturmak, Lewis yapıları çizmek veya kimyasal sembollerini ustaca kullanmak anlamına gelmektedir. Bu yaygın epistemik bakış açısı, kimyayı izole edilmiş kavramlar, beceriler ve işlemler bütünü olarak görür; ancak kimya, dünyamızdaki gerçek olguları ve deneyimleri anlamlandırmak,

tahmin etmek ve kontrol etmek için güçlü ve karmaşık bir düşünme biçimi olarak da ele alınabilir (Talanquer ve Pollard, 2010).

Kimya öğretmenlerinin, kimya ve kimya öğrenimi hakkında geleneksel epistemik görüşleri eleştirel bir şekilde analiz etmeleri gerekmektedir. Bu tartışmalar, öğretmenlere, kimyayı daha özgün yollarla tasvir etmeyi amaçlayan ve öğrencileri ilgili ve anlamlı anlayışlar inşa etmeye aktif bir şekilde dahil etmeyi hedefleyen alternatif bakış açılarını keşfetmeleri için fırsatlar yaratabilir (Cooper ve Klymkowsky, 2013; Eilks vd., 2013; Talanquer ve Pollard, 2010). Bu alternatif eğitim yaklaşımları, eğitimciler için, öğrencilerinin keşfetmesini istedikleri temel soruları düşünmelerinin ve öğrencilerinin anlamalarını ve geliştirmelerini istedikleri temel (veya büyük) fikirleri ve uygulamaları tanımlamalarının gerekliliğini vurgulamaktadır. Son yıllarda, bu temel fikirler ve uygulamaları belirgin olarak ortaya koyan birkaç çalışma literatüre kazandırılmıştır. Öğretmenlerin, bu tür çalışmalarda yer alan içerikler üzerinde düşünmeleri ve kendi öğrenme uygulamalarında bunları nasıl kullanabileceklerini öğrenmeleri hususunda teşvik edilmelerinin gerektiği söylenebilir (Cooper vd., 2017; NRC, 2013; Talanquer, 2013b, 2016).

Kimyanın kavramsal profilindeki epistemik bölge üzerine yapılan tartışmaların, kimya öğretmenlerinin farklı eğitim seviyelerinde neyin öğretileceği, neyin değerlendirileceği veya neyin araştırılacağı gibi konularda kararlar almasına yardımcı olması beklenmektedir. Öğretmenlerin, eğitimcilerin kimya öğrenimi hakkında ileri sürdükleri görüşlerini sorgulaması, onların kimya alanına yönelik anlayışlarını zenginleştirebilir ve öğrencilerine anlamlı öğrenme deneyimleri tasarlama ve uygulama konusunda yeni bakış açıları benimsemelerine yardımcı olabilir (Erduran vd., 2007). Bu süreçte öğretmenlerin, kimya bilgisinin yapısı ve öğrencilerin bu bilgiyi inşa etme sürecinde karşılaşılabilecekleri zorluklar hakkında daha derinlemesine düşünmeleri de teşvik edilmelidir.

Birçok araştırmacı, kimya bilgisinin yapısına dair modeller sunmuş ve bu bilgilerin farklı biçimlerde, seviyelerde veya türlerde nasıl organize edilebileceğine dikkat çekmiştir. En iyi bilinen modellerden biri, Johnstone (1991) tarafından önerilen ve üç ana kimya düşünme seviyesini tanımlayan modeldir: makro, mikro altı ve sembolik seviyeler. Bu modelin, kimya eğitiminde düşünme, araştırma, geliştirme ve uygulama süreçlerine rehberlik etmede son derece verimli olduğu söylenebilir (Gilbert ve Treagust, 2009). Yıllar içerisinde, bu model giderek benimsenmiş, çeşitli şekillerde uyarlanmış ve böylece zenginleştirilmiş ancak aynı zamanda yorumlanmasındaki bazı farklılıkları da beraberinde getirmiştir (Talanquer, 2011). Bazı araştırmacılar, Johnstone'un orijinal modeline insani bir boyut eklemek amacıyla başka seviyeler de ilave etmişlerdir (Mahaffy, 2004; Sjöström ve Talanquer, 2014). Diğer bazıları da, öğrencilerin bu seviyelerde ve aralarındaki geçişlerde sıkça karşılaştıkları zorlukları daha açık hale getirebilmek için farklı seviyeler arasındaki bağlantıları netleştirmeye çalışmışlardır (Taber, 2002, 2013).

Kimyasal düşünce ve eylemlere yönelik mevcut analizler, eğitimcilerin, öğrencilerin öğrenmelerini daha iyi desteklemek için anlaması ve üzerinde düşünmesi gereken birçok karmaşıklığın varlığını ortaya koymaktadır. Kimyasal bilgi, birden fazla seviye veya ölçek (makrodan mikro altına), boyut (yapı, enerji ve zaman) ve bilgi türü (deneyimler, modeller ve görselleştirmeler) ile tanımlanabilir (Jensen, 1998; Talanquer, 2011). Kimyasal akıl yürütme, model temelli, vaka temelli veya kural temelli olmak üzere, görevin doğasına bağlı olarak, farklı şekillerde tezahür edebilir ve uygulanabilir (Kraft vd., 2010; Talanquer, 2013b). Açıklamalar ve argümanlarda sunulan kimyasal gerekçeler fenomenolojik, mekanik veya yapısal olabilir (Talanquer, 2018). Kimyasal eylemler, bilgi ve akıl yürütmeyi türler, seviyeler ve boyutlar arasında entegre eden çeşitli uygulamalar sayesinde yürütülür (Talanquer, 2016). Kimya öğretmenlerinin, kimya ve kimya öğrenimi hakkındaki mevcut görüşlerini sorgulamaları ve onlarla baş edebilmeleri için bu karmaşıklıklarla yüzleşmeleri gerektiği söylenebilir.

Kimyasal bilginin karmaşıklığı göz önüne alındığında, öğrencilerin kimyasal maddeler ve süreçlerin doğasına ilişkin sezgisel ve örtük varsayımlarının genellikle kimyasal düşünmeyi destekleyen varsayımlarla uyumlu olmaması şaşırtıcı değildir (Taber ve García-Franco, 2010; Talanquer, 2006). Bu uyumsuzluk, öğrencilerin çeşitli kimyasal kavramlar hakkında birçok yanlış kavrayışa sahip olmalarına yol açmaktadır (Barke vd., 2008; Kind, 2004; Taber, 2002). Kimya öğretmenlerinin, öğrencilerin kimya öğreniminde karşılaştıkları zorlukları daha iyi anlamaları için, sezgisel akıl yürütme ile kimyasal akıl

yürütmeyi destekleyen temel varsayımları karşılaştırmaları ve farklılıklarını analiz etmeleri gerekmektedir.

### ***Süreçsel (Processual) Bölge***

“Süreçsel” bölgede kimya, maddenin dönüşümü olarak görülür; bu dönüşüm, maddelerin özelliklerini değiştirir ve bazı malzemelerin kaybolmasına ve yeni "şeylerin" oluşmasına neden olur. Kimyasal dönüşümlerin gerçekleştiği süreçler veya mekanizmalar genellikle bilinmez ya da göz ardı edilir, bu yüzden kimyasal değişimlerin sihirle ilişkilendirilmesi şaşırtıcı değildir. Kimyanın bu bakış açısının analiz edilmesi ve tartışılması, kimya öğrencilerinin çeşitli kimyasal süreçleri keşfetmelerini ve reaksiyon mekanizmalarını mikro altı düzeyde temsil eden modeller oluşturmalarını teşvik etmenin önemine dair bir düşünme zemini oluşturabilir.

Kimya alanındaki bilim insanları ve mühendisler, kimyasal süreçleri tanımlamak, açıklamak, öngörmek ve kontrol etmek için çeşitli modeller geliştirirler ve uygularlar. Maddelerin ve dönüşümlerinin modellenmesi, test edilmesi, değerlendirilmesi ve revize edilmesi, temel kimyasal uygulamalar arasında yer almaktadır (Erduran ve Scerri, 2002; Justi ve Gilbert, 2002). Kimyasal modellerin doğasını anlamak, hem kimyanın doğasını hem de bu alanın temel fikirlerini kavramak için kritik öneme sahiptir (Erduran ve Duschl, 2004). Bu anlayış, kimyasal modellerle ilgili ontolojik ve epistemolojik soruların tartışılmasını ve bu tür temsillerin disiplin içindeki akıl yürütmeyi nasıl desteklediğinin analiz edilmesini gerektirmektedir (Bensaude-Vincent, 2009). Justi ve Gilbert (2002), öğretmenlerin, modellerin kapsamını ve sınırlamalarını analiz etmelerinin önemini vurgulamaktadır; bu analizler, öğretmenlerin hem kendilerinin modelleme yaparken hem de öğrencilerle sınıfta çalışırken gerçekleştirmesi gereken bir süreçtir. Kimyanın “süreçsel” bakış açısının tartışılması, öğretmenleri bu tür analizleri yapmaya ve kimyasal modellerin doğası ile bunların "gerçek" dünya ile bağlantısı üzerine düşünmeye teşvik etmek için bir başlangıç noktası sağlayabilir.

Birçok kimyasal reaksiyon modeli mekanistik bir yapıya sahiptir. Kimya eğitimcilerinin mekanistik akıl yürütmenin temel ilkelerini anlaması (Russ vd., 2008) ve bu düşünme biçimini sınıfta nasıl yapılandırabileceklerini düşünmeleri gerekmektedir. Kimya eğitimi alanındaki mevcut araştırmalar, birçok öğrencinin temel kimyasal süreçler hakkında mekanistik açıklamalar oluşturamadığını (Cooper vd., 2016) ve bunun yerine öngörülerde bulunmak, açıklamalar geliştirmek ve argümanlar oluşturmak için kurallar ve diğer kestirme yöntemlere güvendiğini göstermektedir (Talanquer, 2014). Sınıfta kimyasal süreçlerin keşfi ve analizinde mekanistik bir yaklaşım benimsemek, neden-sonuç ilişkileri, yapı-özellik ilişkileri ve kararlılık-değişim gibi disiplinler arası kavramların uygulanması yoluyla bilgi bütünleşmesi için fırsatlar yaratabilir (NRC, 2013). Bu açıdan öğretmenlerin, öğrencilerin kimyasal dönüşümleri bütüncül bir şekilde anlamlandırmalarını sağlamak adına farklı bağlamlarda uygulayabilecekleri akıl yürütme araçlarını nasıl kullanacakları üzerine düşünmeleri gerektiği söylenebilir.

Kimyasal modellerin inşası genellikle, temsil etmeyi ve anlam oluşturmayı destekleyen özel bir kimyasal semboloji kullanılarak gerçekleştirilmektedir (Hoffmann ve Laszlo, 1991). Kimyasal modelleri ve bunların uygulanmasından türetilen açıklamaları anlamak, kimya dilinin kelimeleri, sembolleri, işaretleri ve diğer araçları hakkında bilgi sahibi olmayı gerektirmektedir (Taber, 2009). Bu nedenle, kimyadaki modellerin rolüne dair tartışmalar, kimya eğitiminde modellemeye odaklanmanın kimyasal dilin üretken bir şekilde tanıtılmasını nasıl kolaylaştırabileceği üzerine düşünmeyi de içerebilir. Böylece kimya dili, yalnızca ezberlenmesi gereken bir etiketleme sistemi olarak değil, anlam oluşturmayı destekleyen bir araç olarak ele alınabilir. Bu tartışmalar, kimyasal sembolojinin gelişimini, modelleme ve temsili uygulamalarla başarılı bir şekilde bütünleştiren öğrenme stratejilerinin analizine odaklanabilir (Cooper vd., 2017).

### ***Pragmatik (Pragmatic) Bölge***

Birçok kimya öğretmeni, sınıfta öğrenilenlere anlam kazandırmaya çabalarırken ve öğrenme hedeflerini öğrencilerin ilgi alanları, yaşadıkları topluluklar ya da öğretmen veya araştırmacı olarak kendi motivasyonları ile ilişkilendirmeye çalışırken kısıtlayıcı davranabilmelerinin yanında, kimyaya ilişkin

oldukça akademik bir bakış açısına sahip olabilirler. Kimyanın pratik bir uğraş olarak ele alınmasıyla ilgili tartışmalar, öğretmenlerin kişisel bakış açılarını zenginleştirmeye ve kimya eğitiminin amaçlarına dair inançlarını sorgulamaya yardımcı olabilir.

Kimya alanı, kendi tarihi boyunca, güçlü pratik kaygularla karakterize edilmiştir (Bensaude-Vincent ve Simon, 2008; Knight, 1992). Modern kimya endüstrisi, insan ihtiyaçları, pratik hususlar, ekonomik hedefler ve çevresel kaygılar doğrultusunda şekillenen bu odağını halen korumaktadır. Kimyasal araştırma ve uygulamalarda teorik çalışmalar ile endüstriyel çıkarlar sıklıkla iç içe geçmiş durumdadır ve bu durum kimyaya, bilimsel bilgi arayışını teknolojik hedeflerle birleştiren bir teknobilim niteliği kazandırmaktadır (Chamizo, 2013). Schummer (1999), bilim ile teknoloji arasındaki temel ayrım kriterlerinin kimyaya uygulandığında başarısız olduğunu öne sürmektedir. Kimyasal faaliyetleri karakterize ederken çıkar çatışmaları, araştırma finansmanı, patentler ve diğer türde fikri mülkiyet hakları gibi unsurların yanı sıra siyasi ve ekonomik faktörlerin de göz önünde bulundurulması gerekmektedir (Sjöström, 2006, 2007). Kimya öğretmenlerinin, genellikle üniversite eğitimleri sırasında geliştirdikleri dar bakış açısından kurtulmaları bekleniyorsa, kimyaya yönelik pragmatik bakış açısının analizine ve tartışmasına katılmaları gerekli görünmektedir. Öğretmenlerin ve eğitimcilerin sosyal, ekonomik, politik ve etik boyutlarla ilgili tartışmalara dahil edilmesi, bilimsel bilginin inşasının ve modern toplumlarda bilimin rolünün sorgulandığı fen derslerini savunan çağdaş bilim eğitimcilerinin güncel çağrılarını da destekler niteliktedir (Dagher ve Erduran, 2016).

Kimyanın pragmatik bakış açısına yönelik tartışmaların, eğitimcilerin, kimyasal düşünce ve eylemlerin yalnızca maddenin özelliklerini açıklamak ve tahmin etmekle sınırlı olmadığını, aynı zamanda kimyasal maddeleri gerçek ortamlarda analiz etmek, sentezlemek ve dönüştürmek için yöntemler ve stratejiler tasarlama, uygulama ve değerlendirme süreçlerini de içerdiğini fark etmelerine yardımcı olması beklenmektedir. Kimyasal analiz ve sentez, kimyanın merkezinde yer alan faaliyetler olup, büyük sosyal, ekonomik, politik, etik, çevresel ve ekolojik sonuçlara sahiptir (Hoffmann, 1995; Schummer, 1997, 1998). Kimyasal bilgi genellikle belirli türde maddelerin tanımlanması ve üretilmesi amacıyla geliştirilir ve istenen sonuçları tasarlamak, oluşturmak ve kontrol etmek için kullanılır (Talanquer, 2016). Kimyasal düşünce ve eylemler, ortak bilimsel uygulamalara dayanırken aynı zamanda yöntemler ve ürünler tasarlamak gibi mühendislik uygulamalarını da içerir (NRC, 2013). Modern kimyasal uygulamalar, kimyanın doğasına dair yeni sorular ortaya çıkarmaktadır. Örneğin, bilgisayar tabanlı yöntemlerin kullanımıyla kimyasal sentezin nasıl köklü bir değişime uğradığı veya nanoteknolojinin geleneksel sentez anlayışına nasıl kafa tuttuğu gibi konular, 'saf' ve 'uygulamalı' kimya araştırmaları arasındaki ayrımın giderek belirsizleşmesine neden olmaktadır (Bensaude-Vincent ve Simon, 2008).

Kimyasal ürünlerin üretimi ve tüketimi çeşitli boyutlarda faydalar, maliyetler ve riskler içerir (Sjöström ve Talanquer, 2014). Kimya eğitimcileri, öğrencileri tükettikleri birçok kimyasal ürün ve faydalandıkları kimyasal süreçler hakkında fayda-maliyet-risk analizleri yapmaya teşvik edecek stratejiler geliştirmeye yönlendirilmelidir. Gerçekçi bağlamlara yerleştirilmiş ilgili problemler ve olguların kullanılması, öğrencileri öğrenmeye motive etmekle kalmaz, aynı zamanda onların daha anlamlı kavrayışlar geliştirmelerine de yardımcı olabilir. Öğrencileri, kimyasal uygulamaları gerçekçi bir şekilde temsil eden iş birlikçi etkinliklere dahil eden program ve öğretim yaklaşımları, öğrencilerin kimyadaki temel kavramları anlamalarını sağlamaya yönelik akademik hedefleri, modern toplumların karşı karşıya olduğu büyük meseleleri anlamalarına ve karmaşık bir dünyada bilinçli kararlar almalarına yardımcı olmaya yönelik pratik amaçlarla başarılı bir şekilde birleştirebilir (Bulte vd., 2006).

### ***Kaçınma (Aversive) Bölgesi***

Modern zamanlarda, kimyaya yönelik yaygın bir düşmanlık, insanların "kimyasal" kelimesine genellikle olumsuz bir anlam yüklemesine neden olmuştur. Bu kelime, çoğunlukla insan yapımı ve potansiyel olarak tehlikeli maddeleri tanımlamak için kullanılmaktadır. Bu kimyafobisi (chemophobia), insanların "doğal" olanı tercih etme eğiliminden (Rozin, 2005) kaynaklanabileceği gibi, bazı kimya

endüstrilerinin sebep olduğu büyük çevre kirliliği ve sağlık sorunlarından da kaynaklanabilmektedir (Bensaude-Vincent ve Simon, 2008; Laszlo, 2006).

Kimyanın toplum bazındaki imajı, uzun bir geçmişe sahip derin ve karmaşık köklere dayanan sosyal ve kültürel bir olgu olarak inşa edilmiştir (Schummer vd., 2007). Bensaude-Vincent ve Simon (2008), kimyayı, gezegenimizde silinmez izler bırakan toksik maddelerin üretimiyle ilişkilendirilen küresel bir endüstriyle iç içe geçmiş bir disiplin olarak tanımlamaktadır. Bilim ile sanayinin bu birlikteliği kimyayı, toprağı ve soluduğumuz havayı kirleten, suyu zehirleyen kirletici bir ajan olarak resmetmektedir. Buna ek olarak, modern kimya, halkın zihninde zehirler, kimyasal savaş ve büyücülükle ilişkilendirilen simyanın kendisine bıraktığı mirastan tamamen sıyrılmamıştır (Schummer vd., 2007). Bu nedenle bilim insanlarını, beyaz laboratuvar önlüğü giymiş ve dünya için tehlike arz eden duman çıkaran şişeler taşıyan kişiler olarak tasvir eden, "çılgın bilim insanına" dair yaygın klişe anlayışlar tuhaf karşılanmamaktadır (Weingart, 2006).

Kimya öğretmenleri, kimyaya yönelik olumsuz görüşlerin kökenlerini analiz etmeli ve öğrencileri, kimyasal ürünler ve faaliyetlerin faydaları, maliyetleri ve riskleri konusunda daha eleştirel ve dengeli bir bakış açısı geliştirmeye yönlendirme yolları üzerine düşünmelidir. Bu tür analizler ve tartışmalar, öğretmenlerin kimya eğitiminde Bildung (bireyin tüm yönleriyle gelişimine) odaklı bir yaklaşım benimsemelerini destekleyebilir; bu da içeriği sosyal, ekonomik, politik, etik, çevresel ve ekolojik meseleleri göz önünde bulundurarak sorgulamayı gerektirir (Sjöström, 2013; Sjöström vd., 2016). Eğitim programlarında yer verilen geleneksel konulara, yüzeysel günlük yaşam bağlantıları kurmanın ötesine geçen bu yaklaşım, öğrencilerin yaşadıkları karmaşık dünyayı anlamalarını, günlük yaşamlarında bilinçli kararlar vermelerini ve sürdürülebilir eylem ve kalkınmayı teşvik eden sosyo-politik faaliyetlere katılmalarını sağlamayı hedefleyen eleştirel ve eylem yetkinliğine sahip bireyler yetiştirmeyi amaçlamaktadır (Sjöström ve Talanquer, 2014; Vilches ve Gil-Pérez, 2013).

Kimyanın kavramsal profilinde yer alan "kaçınma" bölgesinin analizi sayesinde, öğretmenler temel disiplin anlayışlarının geliştirilmesi için sosyo-bilimsel konulara (SBK) dayalı eğitim modelleriyle tanıştırılabilir. SBK yaklaşımları, öğrencilerin kişisel inançlarını mevcut bilimsel anlayışlarla karşılaştırmalarına olanak tanıyarak, yaşadıkları toplumları yönlendiren ahlaki ilkeleri ve erdem unsurlarını göz önünde bulundurmalarını sağlayabilir (Zeidler vd., 2005). Öğrencilerin kimya ve onun dünyamız üzerindeki etkilerine dair daha incelikli bir bakış açısı geliştirebilmeleri için, çelişkili bakış açıları ve bilgiler içeren sorunlara çok yönlü bir şekilde yaklaşmaları, ahlaki ve etik meseleleri değerlendirmeleri ve aynı zamanda temel disiplin kavramlarını, fikirlerini ve uygulamalarını kullanarak olguları anlamlandırmaları ve bilinçli kararlar alabilmelerine yönelik fırsatlar sunulmalıdır.

### ***Çekici (Attractive) Bölge***

Kimyanın kavramsal profilindeki "çekici" bölge, gündelik dilde sıkça kullanılan ve bazı insanlar arasında 'kimya' olduğu fikrini ima eden yaygın bir anlatım biçimini yansıtır. Bu bakış açısına göre kimya, bir tür yakınlık veya başarılı etkileşim olarak görülür ve kavram biyolojik, psikolojik ve sosyolojik düzlemlere taşınır. Tarihsel olarak, simya geleneğinde maddi, biyolojik, psikolojik ve ruhsal alanlar arasında keskin sınırlar bulunmamaktadır (Read, 1995). Simyacılar için maddeleri dönüştürmek, yalnızca maddenin kendisini değil, aynı zamanda bedenlerini, ruhlarını ve bilinçlerini de dönüştürmek anlamına gelmekteydi. Zamanla, insan bilgisinin ve deneyimin farklı alanları arasındaki sınırlar daha belirgin hale gelse de, günümüzde bu sınırlar giderek daha da belirsizleşmektedir. "Çekici" bölge ile ilgili tartışmalar, kimyanın diğer bilim disiplinleri ve bilgi türleriyle olan bağlantılarını düşünme fırsatı yaratabilir. Bu bağlamda, doğaya dair yerel ve geleneksel bakış açılarından günlük düşünme biçimlerine kadar geniş bir perspektiften kimyanın nasıl anlamlandırıldığı üzerine derinlemesine analizler yapılabilir.

Bilimsel girişimin karmaşıklığı ve katılımcıları arasındaki artan etkileşimler, hem uzmanlaşmaya hem de yeni disiplinler arası alanlara yönelik entegrasyona yol açmıştır. Bu ortamda, Sjöström (2006), kimyanın klasik görüşlerinin akademik bir yaklaşımdan, hem bilimler hem de bilim ve teknoloji arasındaki sınırları aşan, problem odaklı ve disiplinler arası bir yaklaşımla şekillenen yeni alt alanlar ve meta alanlar

içeren, daha uygulama odaklı bir modele kaydığını öne sürmektedir (örneğin, malzeme kimyası, çevre kimyası). Kimya, kavramsal temelleri ile analitik ve sentezleyici araçları sayesinde çevre, sağlık, tarım, kozmoloji, malzeme bilimi, moleküler biyoloji ve nano-teknoloji gibi çeşitli alanlarda düşünce ve eylemi destekleyen merkezi bir bilim haline gelmektedir.

Kimya ile diğer disiplinler arasındaki ilişkiler uzun süredir kimyacıların ilgi odağı olmaktadır (Scerri ve McIntyre, 1997; Van Brakel, 2006). Bensaude-Vincent ve Simon'un (2008) belirttiği gibi, bu ilişkilerden bazıları kimyanın kimliğini etkilemektedir. Özellikle kimya, biyoloji ve nanoteknolojinin entegrasyonu, araştırma gündemlerini yeniden şekillendirmekte, ekonomik kaynakları yeniden yönlendirmekte ve eğitim programlarını kimyanın geleneksel alt disiplinlerinden (örneğin organik, analitik, fizikokimya) uzaklaştırmaktadır. Disiplinlerarası araştırma ve geliştirme projelerine artan ilgi, fen eğitiminin yeniden şekillendirilmesine yönelik yeni çabaları da beraberinde getirmektedir (DOE, 2016). Mevcut reform projeleri, öğrencilerin karmaşık problemleri ve durumları analiz etmeye daha aktif bir şekilde katılmalarını, çoklu perspektifler benimsemelerini ve farklı türde bilgi ve becerileri entegre etmelerini amaçlamaktadır. Kimya eğitmenleri, STEM eğitiminin yeniden yapılandırılmasına yönelik mevcut girişimleri analiz etme ve bu girişimlerin kendi disiplinlerinin öğretimini ve okul programındaki rolünü nasıl dönüştürebileceğini değerlendirme fırsatına sahip olmalıdır.

Kimyanın kavramsal profilindeki "çekici" bölge üzerine yapılan tartışmalar, genellikle resmi kimya olarak kabul edilmeyen kimyasal dünya hakkındaki diğer bilgi biçimlerini analiz etme ve değerlendirme fırsatları da sunabilir. Bu tartışmalar, gündelik ortamlarda maddeler ve dönüşümleri hakkında yaygın olarak benimsenen sağduyulu düşünme biçimlerinden, farklı kültürler ve etnik gruplara ait kimya ile ilgili bilgi ve uygulamalara kadar uzanabilir.

## TARTIŞMA ve SONUÇ

Son 50 yıl içinde, kimya tarih, felsefe ve sosyolojisi üzerine yapılan çalışmalar ile kimya öğretimi ve öğrenimi üzerine gerçekleştirilen eğitim araştırmaları, kimyasal bilginin, düşünmenin ve eylemin doğası hakkında önemli içgörüler üretmektedir. Aynı zamanda, öğrencilerin bu disiplinde anlamlı kavrayışlar geliştirme sürecinde karşılaştıkları zorluklar da belirlenmektedir. Ancak, kimya öğretmenleri çoğu zaman bu bulgulardan çeşitli nedenlerle habersiz kalmaktadır.

Bu çalışmada, kimyanın kavramsal profilindeki farklı bölgelerin analiz edilmesinin, öğretmenlerin bu zengin ve çeşitli bilgi birikimiyle etkileşime girmeleri için bir yol ve çerçeve sağlayabileceği öne sürülmektedir. Bu makale, kimya eğitiminde öğretmenlerin müfredat, ders planları, değerlendirmeler ve eğitim materyallerinin tasarlanması, uygulanması ve değerlendirilmesi süreçlerinde öğrenci öğrenimini destekleyebilmeleri için, gerekli olduğuna inanılan, kritik bilgi ve düşünme alanlarını vurgulamaktadır.

Kimya hakkında konuşabilmenin farklı yollarını tanımak ve bunlar üzerine eleştirel bir şekilde düşünmek, öğretmenlere kimya içeriğini yeniden kavramsallaştırma ve öğrencileri kimya öğrenimine dahil etme yöntemlerini yeniden değerlendirme fırsatı sunabilir. Eğitimde değişim ve yenilik, konunun doğasına, insanların nasıl öğrendiğine ve geleneksel öğretim uygulamalarına dair yerleşik inançlar nedeniyle kısmen zordur. Burada sunulan çerçeve, kimya hakkında yaygın ifade biçimlerinin analizine dayanarak bu inançlara meydan okumayı ve kimyanın doğasına dair alternatif bakış açılarını tanıtmayı amaçlamaktadır. Bu alternatif perspektifler, geleneksel kimya öğretimi ve öğrenimine dair yaygın görüşleri sorgulamaktadır. Bilim ve kimya eğitiminde öğrencileri daha otantik öğrenme deneyimlerine dahil etmeye yönelik modern dönüşüm çağrılarının başarısı, öğretmenlerin kimyanın doğasını ve bu disiplini öğrenmenin ne anlama geldiğini nasıl kavramsallaştırdıklarını anlamlı bir şekilde etkileyebilmemize bağlıdır.

Kimya bilgisinin ve etkinliklerinin geniş kapsamı göz önüne alındığında, kimyanın kavramsal profilindeki belirli bir bölgeye yönelik tartışmaların ve düşüncelerin bazı eğitimciler için diğerlerinden daha alakalı ya da ilgi çekici olabileceği düşünülebilir. Ancak, kimya öğretmenlerinin her eğitim seviyesinde, kimyanın kavramsal profilindeki farklı bölgeler üzerine yapılan tartışmalara ve yansıtmalara

katılmaları gerektiğine inanılmaktadır. Bu amaçla, özellikle, hizmet içi eğitim kursları vasıtasıyla kimya öğretmenlerinin bu farklı kavramsal profiller kapsamındaki düşünce ve fikirlerini deneyimlemelerine olanak sağlayabilecek içerik ve etkinliklere yer verilmesi gerektiği önerilebilir. Bunun yanında öğretmen adayları için, kimya öğretim programlarında, kimyanın felsefi ve toplumsal temellerine vurgu yapan, kimyadaki akıl yürütmeleri ve bunların kullanılma biçimlerini içeren derslerin yer alması, gerekli görünmektedir. Aksi takdirde, kimya eğitimine dair vizyonumuzda sosyal, çevresel ve etik konuların tartışılması veya modelleme uygulamalarına aktif katılım gibi unsurlar yalnızca ortaöğretim düzeyindeki öğrenciler için önemli ve faydalı görülürken, üniversite kimya dersleri kimyasal bilginin steril bir sunumuna odaklanmaya devam edilebilir. Kimya eğitimi, tüm seviyelerde, öğrencileri kimyasal düşünce ve eylemlerin karmaşıklıklarını simüle eden otantik etkinliklere dahil etmeyi hedeflemelidir. Bu, günümüz eğitim standartları ve sertifikasyon gerekliliklerinde savunulan bir yaklaşımdır. Kimya öğretmenleri, kimyasal düşünce ve eylemlerin çeşitli ve karmaşık doğasına dair geniş bir anlayışa sahip olduklarında, belirli bir bağlamda hangi öğrenme deneyimlerinin en uygun olduğuna daha bilinçli bir şekilde karar verebilirler.

Kimya eğitiminde gerekli görülen düşünce ve tartışmalar, kimyanın kavramsal profilindeki farklı bölgeler birer düzenleyici olarak kullanılarak tanımlanmış olsa da, bu bölgeler arasında kesişen kısımlara yönelik analizlerin de yapılabileceği öngörülmektedir. Örneğin, genetik materyali değiştirmek ve transgenik ürünler geliştirmek için kullanılan yeni biyokimyasal tekniklerin rolü üzerine yapılan tartışmalar, “pragmatik”, “itici” ve “çekici” bölgelerde ele alınabilir. Benzer şekilde, kimyasal süreçlerin olasılığını anlamlandırmak için kullanılan kimyasal akıl yürütme türleri üzerine yapılan tartışmalar “epistemik” ve “süreçsel” bölgelerle örtüşebilir (Talanquer, 2018). Bu makalede tanımlanan farklı bölgeler, birbirinden bağımsız veya birbiriyle bağlantılı şekilde uygulanabilecek çeşitli analiz mercekleri sunmaktadır.

Bu makale boyunca, kimyanın kavramsal profilindeki farklı bölgelerle ilgili düşüncelerin ve tartışmaların kimya öğrenimi üzerindeki etkilerine dair örnekler sunulmuştur. Genel olarak, bu etkiler, tüm öğrenciler için daha otantik öğrenme deneyimleri yaratmak amacıyla geleneksel kimya eğitimi anlayışını daha karmaşık hale getirme gerekliliğine işaret etmektedir. Burada önerilen yansıtıcı düşünme çerçevesi, kimya eğitiminin yalnızca akademik ve bilişsel bakış açılarıyla değil, aynı zamanda tarihsel, felsefi, sosyal, politik, ekonomik, ahlaki, etik, çevresel ve ekolojik boyutlarıyla da ele alınması gerektiğine olan inanca dayanmaktadır. Kimyasal düşünce ve eylemlerin benzersizliğini ve karmaşıklığını, ayrıca dünyamız üzerindeki etkilerini tanımak, bireylerin yaşadıkları karmaşık dünyayı anlamlandırabilmeleri ve insan topluluklarını ve gezegenimizi derinden etkileyebilecek sosyo-bilimsel konularda bilinçli kararlar alabilmeleri için temel bir öneme sahiptir.

## KAYNAKÇA

- Abd-El-Khalick, F. (2013). Teaching with and about nature of science, and science teacher knowledge domains. *Science & Education*, 22(9), 2087–2107.
- Amaral, E. M. R., & Mortimer, E. F. (2001). Uma proposta de perfil conceitual para o conceito de calor [A conceptual profile proposal for the concept of heat]. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 1(3), 5–18.
- Amaral, E. M. R., Mortimer, E. F., & Scott, P. (2014). A conceptual profile of entropy and spontaneity: Characterising modes of thinking and ways of speaking. In E. F. Mortimer & C. N. El-Hani (Eds.), *Conceptual profiles: A theory of teaching and learning scientific concepts* (pp. 201–234). Dordrecht: Springer.
- Amaral, E. M. R., Silva, J. R. R. T., & Sabino, J. D. (2018). Analysing processes of conceptualization for students in lessons on substance from the emergence of conceptual profiles zones. *Chemistry Education Research and Practice*, 19(4), 1010–1028.
- Bachelard, G. (1932). *Le pluralisme cohérent de la chimie moderne* [The Coherent Pluralism of Modern Chemistry]. Paris: Vrin.
- Bachelard, G. (1968). *The philosophy of no*. New York, NY: The Orion Press.
- Baird, D., Scerri, E., & McIntyre, L. (2006). *Philosophy of chemistry: Synthesis of a new discipline*. Dordrecht: Springer.
- Barke, H. D., Hazri, A., & Yitbarek, S. (2008). *Misconceptions in chemistry: Addressing perceptions in chemical education*. Berlin: Springer Verlag.
- Bensaude-Vincent, B. (2009). The chemists' style of thinking. *Ber Wissenschaftsgesch*, 32(4), 365–378.
- Bensaude-Vincent, B., & Simon, J. (2008). *Chemistry: The impure science*. London: Imperial College Press.
- Bulte, A. M. W., Westbroek, H. B., De Jong, O., & Pilot, A. (2006). A research approach to designing chemistry education using authentic practices as contexts. *International Journal of Science Education*, 28(10), 1063–1086.
- Chamizo, J. A. (2013). Technochemistry: One of the chemists' ways of knowing. *Foundations of Chemistry*, 15(2), 157–170.
- Chamizo, J. A. (2014). The role of instruments in three chemical' revolutions. *Science & Education*, 23(4), 955–982.
- Cooper, M., & Klymkowsky, M. (2013). Chemistry, life, the universe, and everything: A new approach to general chemistry, and a model for curriculum reform. *Journal of Chemical Education*, 90(9), 1116–1122.
- Cooper, M. M., Kouyoumdjian, H., & Underwood, S. M. (2016). Investigating students' reasoning

- about acid–base reactions. *Journal of Chemical Education*, 93(10), 1703–1712.
- Cooper, M. M., Posey, L. A., & Underwood, S. M. (2017). Core ideas and topics: Building up or drilling down? *Journal of Chemical Education*, 94(5), 541–548.
- Cooper, M. M., Stieff, M., & De Sutter, D. (2017). Sketching the invisible to predict the visible: From drawing to modeling in chemistry. *Topics in Cognitive Science*, 9(4), 902–920.
- Coutinho, F. A., El-Hani, C. N., & Mortimer, E. F. (2014). Building a profile for the biological concept of life. In E. F. Mortimer & C. N. El-Hani (Eds.), *Conceptual profiles: A theory of teaching and learning scientific concepts* (pp. 115–142). Dordrecht: Springer.
- Dagher, Z. R., & Erduran, S. (2016). Reconceptualizing the nature of science for science education: Why does it matter? *Science & Education*, 25(1), 147–164.
- Department of Education (DOE). (2016). *STEM 2026: A vision for innovation in STEM education*. Washington, DC: US Department of Education.
- Earley, J. E. (2004). Would introductory chemistry courses work better with a new philosophical basis? *Foundations of Chemistry*, 6(3), 137–160.
- Earley, J. E. (2006). Some philosophical influences on Ilya Prigogine’s statistical mechanics. *Foundations of Chemistry*, 8(3), 271–283.
- Eilks, I., Rauch, F., Ralle, B., & Holfstein, A. (2013). How to allocate the chemistry curriculum between science and society. In I. Eilks & A. Holfstein (Eds.), *Teaching chemistry – A studybook: A practical guide and textbook for student teachers, teacher trainees and teachers* (pp. 1–36). Rotterdam: Sense Publishers.
- Erduran, S. (2001). Philosophy of chemistry: An emerging field with implications for chemistry education. *Science & Education*, 10(6), 581–593.
- Erduran, S. (2005). Applying the philosophical concept of reduction to the chemistry of water: Implications for chemical education. *Science & Education*, 14(2), 161–171.
- 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. (2009). Beyond philosophical confusion: Establishing the role of philosophy of chemistry in chemical education research. *Journal of Baltic Science Education*, 8(1), 5–14.
- Erduran, S., Bravo, A. A., & Naaman, R. M. (2007). Developing epistemologically empowered teachers: Examining the role of philosophy of chemistry in teacher education. *Science & Education*, 16, 975–989.
- Erduran, S., & Duschl, R. (2004). Interdisciplinary characterization of models and the nature of chemical knowledge in the classroom. *Studies in Science Education*, 40(1), 105–138.
- Erduran, S., & Mugaloglu, E. (2013). Interactions of economics of science and science education:

- Investigating the implications for science teaching and learning. *Science & Education*, 22(10), 2405–2425.
- Erduran, S., & Scerri, E. (2002). The nature of chemical knowledge and chemical education. In J. K. Gilbert, O. De Jong, R. Justi, D. F. Treagust, & J. H. van Driel (Eds.), *Chemical education: Towards research-based practice* (pp. 7–27). Dordrecht: Kluwer.
- Freire, M. S. (2017). *Perfil conceitual de Química: Contribuições para uma análise da natureza da química e do seu ensino* [Conceptual Profile of Chemistry: Contributions for an analysis of Nature of Chemistry and Chemistry Education] (Doctoral dissertation). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Brazil.
- Freire, M. S., & Amaral, E. M. R. (2018). Analyzing conceptions on chemistry: Proposal for a conceptual profile. In O. E. Finlayson, E. McLoughlin, S. Erduran, & P. Childs (Eds.), *Electronic Proceedings of the ESERA 2017 Conference. Research, practice and collaboration in science education, part 1* (co-ed. Odilla Finlayson & Roser Pinto) (pp. 100–108). Dublin, Ireland: Dublin City University.
- Freire, M., Vicente Talanquer, V., & Amaral, E. (2019). Conceptual profile of chemistry: a framework for enriching thinking and action in chemistry education, *International Journal of Science Education*, 41(5), 674–692, DOI:10.1080/09500693.2019.1578001
- Gilbert, J. K., & Treagust, D. (2009). *Multiple representations in chemical education*. The Netherlands: Springer.
- Hoffmann, R. (1995). *The same and not the same*. New York, NY: Columbia University Press.
- Hoffmann, R., & Laszlo, P. (1991). Representation in chemistry. *Angewandte Chemie*, 30(1), 1–16.
- Izquierdo-Aymerich, M. (2013). School chemistry: An historical and philosophical approach. *Science & Education*, 22(7), 1633–1653.
- Jensen, W. B. (1998). Logic, history, and the chemistry textbook. I. Does chemistry have a logical structure? *Journal of Chemical Education*, 75(6), 679–687.
- Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom like they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7(2), 75–83.
- Justi, R., & Gilbert, J. K. (2002). Modelling, teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, 24(4), 369–387.
- Kidenemariam, D. A., Atagana, H. I., & Engida, T. (2013). The place of philosophy of chemistry in reducing chemical misconceptions. *African Journal of Chemical Education*, 3(2), 106–117.
- Kind, V. (2004). *Beyond appearances: Students' misconceptions about basic chemical ideas* (2nd ed.). London: Royal Society of Chemistry.
- Knight, D. (1992). *Ideas in chemistry: A history of the science*. London: The Athlone Press.
- Kraft, A., Strickland, A. M., & Bhattacharyya, G. (2010). Reasonable reasoning: Multi-variate problem-solving in organic chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 11(4), 281–

292.

- Laszlo, P. (1999). Circulation of concepts. *Foundations of Chemistry*, 1(3), 225–238.
- Laszlo, P. (2006). On the self-image of chemists, 1950–2000. *HYLE: International Journal for Philosophy of Chemistry*, 12(1), 99–130.
- Lombardi, O., & Labarca, M. (2007). The philosophy of chemistry as a new resource for chemistry education. *Journal of Chemical Education*, 84(1), 187–192.
- Mahaffy, P. (2004). The future shape of chemistry education. *Chemistry Education: Research and Practice*, 5(3), 229–245.
- Mortimer, E. F. (1995). Conceptual change or conceptual profile change? *Science & Education*, 4(3), 267–285.
- Mortimer, E. F. (2000). *Linguagem e Formação de Conceitos no Ensino de Ciências. [language and Formations of concepts in science education]*. Belo Horizonte: Editora da UFMG.
- Mortimer, E. F., & Amaral, L. O. F. (2014). Contributions of the sociocultural domain to build a conceptual profile model for molecule and molecular structure. In E. F. Mortimer & C. N. El-Hani (Eds.), *Conceptual profiles: A theory of teaching and learning scientific concepts* (pp. 103–114). Dordrecht: Springer.
- Mortimer, E. F., & El-Hani, C. N. (2014). *Conceptual profiles: A theory of teaching and learning scientific concepts*. Dordrecht: Springer.
- Mortimer, E. F., & Scott, P. (2003). *Meaning making in secondary science classrooms*. Maidenhead: Open University Press.
- Müürsepp, P. (2016). Chemistry as a practical science (Edward Caldin Revisited). *Foundations of Chemistry*, 18(2), 113–123.
- National Research Council (NRC). (2013). *The next generation science standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- Read, J. (1995). *From Alchemy to chemistry*. New York: Dover.
- Ribeiro, M. A. P., & Pereira, D. C. (2013). Constitutive pluralism of chemistry: Thought planning, curriculum, epistemological and didactic orientations. *Science & Education*, 22(7), 1809–1837.
- Rozin, P. (2005). The meaning of natural. *Psychological Science*, 16(8), 652–658.
- Russ, R. S., Scherr, R. E., Hammer, D., & Mikeska, J. (2008). Recognizing mechanistic reasoning in student scientific inquiry: A framework for discourse analysis developed from philosophy of science. *Science Education*, 92(3), 499–525.
- Salta, K., & Tzougraki, C. (2004). Attitudes toward chemistry among 11th grade students in high schools in Greece. *Science Education*, 88(4), 535–547.
- Scerri, E., & McIntyre, L. (1997). The case for the philosophy of chemistry. *Synthese*, 111(3), 213–232.

- Schummer, J. (1997). Scientometric studies on chemistry I: The exponential growth of chemical substances, 1800–1995. *Scientometrics*, 39(1), 107–123.
- Schummer, J. (1998). The chemical core of chemistry, I: A conceptual approach. HYLE: *International Journal for Philosophy of Chemistry*, 4(2), 129–162.
- Schummer, J. (1999). Coping with the growth of chemical knowledge – challenges for chemistry documentation, education, and working chemists. *Educación Química*, 10(1), 92–101.
- Schummer, J. (2014). The methodological pluralism of chemistry and its philosophical implications. In E. Scerri & L. McIntyre (Eds.), *Philosophy of chemistry: Review a current discipline* (pp. 57–72). Dordrecht: Springer.
- Schummer, J., Bensaude-Vincent, B., & Tiggelen, V. (2007). *The public image of chemistry*. Singapore: World Scientific.
- Silva, J. R. R. T., & Amaral, E. M. R. (2013). Proposta de um perfil conceitual para substância [Proposal of a conceptual profile for substance]. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 13(3), 53–72.
- Sjöström, J. (2006). Beyond classical chemistry: Subfields and metafields of the molecular sciences. *Chemistry International*, 28, 9–15.
- Sjöström, J. (2007). The discourse of chemistry (and beyond). HYLE: *International Journal for Philosophy of Chemistry*, 13(2), 83–97.
- Sjöström, J. (2013). Towards Bildung-oriented chemistry education. *Science & Education*, 22(7), 1873–1890.
- Sjöström, J., Eilks, I., & Zuin, V. G. (2016). Towards eco-reflexive science education. *Science & Education*, 25, 321–341.
- Sjöström, J., & Talanquer, V. (2014). Humanizing chemistry education: From simple contextualization to multifaceted problematization. *Journal of Chemical Education*, 91(8), 1125–1131.
- Solsona, N., Izquierdo, M., & De Jong, O. (2003). Exploring the development of students' conceptual profiles of chemical change. *International Journal of Science Education*, 25(1), 3–12.
- Stein, R. L. (2004). Towards a process philosophy of chemistry. HYLE: *International Journal for Philosophy of Chemistry*, 10(1), 5–22.
- Taber, K. S. (2002). *Chemical misconceptions—prevention, diagnosis and cure: Vol. I: Theoretical background*. London: Royal Society of Chemistry.
- Taber, K. S. (2009). Learning at the symbolic level. In J. K. Gilbert & D. F. Treagust (Eds.), *Multiple representations in chemical education* (pp. 75–108). Dordrecht: Springer.
- Taber, K. S. (2013). Revisiting the chemistry triplet: Drawing upon the nature of chemical knowledge and the psychology of learning to inform chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(2), 156–168.

- Taber, K. S., & García-Franco, A. (2010). Learning processes in chemistry: Drawing upon cognitive resources to learn about the particulate structure of matter. *The Journal of the Learning Sciences*, 19(1), 99–142.
- Talanquer, V. (2006). Commonsense chemistry: A model for understanding students' alternative conceptions. *Journal of Chemical Education*, 83(5), 811–816.
- Talanquer, V. (2011). Macro, submicro, and symbolic: The many faces of the chemistry “triplet”. *International Journal of Science Education*, 33(2), 179–195.
- Talanquer, V. (2013a). School chemistry: The need for transgression. *Science & Education*, 22(7), 1757–1773.
- Talanquer, V. (2013b). Chemistry education: Ten facets to shape us. *Journal of Chemical Education*, 90, 832–838.
- Talanquer, V. (2014). Chemistry education: Ten heuristics to tame. *Journal of Chemical Education*, 91(8), 1091–1097.
- Talanquer, V. (2016). Central ideas in chemistry: An alternative perspective. *Journal of Chemical Education*, 93(1), 3–8.
- Talanquer, V. (2018). Chemical rationales: Another triplet for chemical thinking. *International Journal of Science Education*, 40(15), 1874–1890.
- Talanquer, V., & Pollard, J. (2010). Let's teach how we think instead of what we know. *Chemistry Education Research and Practice*, 11, 74–83.
- Tulviste, P. (1991). *Cultural-historical development of verbal thinking: A psychological study*. Commack, NY: Nova Science Publishers.
- Van Brakel, J. (1997). Chemistry as the science of the transformation of substances. *Synthese*, 111(3), 253–282.
- Van Brakel, J. (2006). The philosophy of chemistry: From infancy toward maturity. In D. Baird, E. Scerri, & L. McIntyre (Eds.), *Philosophy of chemistry: Synthesis of a new discipline* (pp. 19–39). Dordrecht: Kluwer.
- Vilches, A., & Gil-Pérez, D. (2013). Creating a sustainable future: Some philosophical and educational considerations for chemistry teaching. *Science & Education*, 22(7), 1857–1872.
- Weingart, P. (2006). Chemists and their craft in fiction film. Hyle – *International Journal for Philosophy of Chemistry*, 12(1), 31–44.
- Zeidler, D. L., Sadler, T. D., Simmons, M. L., & Howes, E. V. (2005). Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education. *Science Education*, 89(3), 357–377.

## Extended Abstract

### Introduction

Chemistry as a science has a pluralistic structure that can be characterized by epistemological, ontological, methodological and axiological dimensions (Bachelard, 1932; Ribeiro & Pereira, 2013; Schummer, 2014). In particular, this field has a dual character, as it has both a natural science and a technological dimension. The reasons for the initiatives undertaken in the field of chemistry are inextricably linked to the basic goals and interests of people, and these relations have a profound effect on the reasoning, methodology and values in the field of chemistry (Sjöström, 2007). The various social, political, economic, environmental and ethical implications of chemical ideas and actions have been analyzed in a number of studies on the history and philosophy of chemistry (Bensaude-Vincent & Simon, 2008). This article is based on the results of an empirical study on the conceptual profile of chemistry (Freire, 2017). However, this contribution focuses on a theoretical analysis of how teachers can enrich their thinking and educational practice if they engage in discussions about each of the areas included in this conceptual profile.

### Conceptual Profiles Theory

Conceptual profiles theory was introduced to science education research literature by Eduardo Mortimer thirty years ago (Mortimer, 1995). Inspired by Bachelard's (1968) ideas on epistemological profiles, the theory was initially proposed as an alternative to existing models of conceptual change. However, over the years, conceptual profiles theory has evolved with the inclusion of sociocultural perspectives and pragmatist philosophy (Mortimer & El-Hani, 2014).

Conceptual profile theory suggests that people may exhibit different ways of seeing and representing the world, and that these may emerge and be used in different contexts. These different ways of thinking are intertwined with different forms of expression. This theory accepts that in each individual, two or more meanings coexist for the same word or concept, and suggests that these meanings are developed by the individual, depending on the context (Mortimer & El-Hani, 2014; Tulviste, 1991). Furthermore, this theory recognizes that the meanings of words are often ambiguous, both in science and in everyday language. Freire (2017) constructed a conceptual profile of chemistry by examining data from a variety of sources, including published studies on the history and philosophy of chemistry, literature reviews of students' misconceptions in the field, and student opinions collected through surveys and in-class video recordings. This multi-source analysis allowed the identification of epistemological, ontological, and axiological dimensions that support different ways of thinking about and expressing chemistry. In this context, six different regions were identified in the conceptual profile of chemistry: monistic, aversive, epistemic, pragmatic, processual, and attractive.

### Monist Zone

The idea that "chemistry can be found everywhere" seems to be a well-established understanding among chemists and chemistry educators. This perspective is often expressed in textbooks, scientific articles, educational policy documents, and popular science journals. This idea aims to draw attention to the importance of learning chemistry because it often carries with it the message that chemistry is inevitable, along with the idea that the material world is composed of and sustained by chemical substances and processes (Bensaude-Vincent & Simon, 2008).

### Epistemic Zone

One of the most common images that students develop of chemistry stems from their experiences in traditional chemistry courses. According to this perspective, chemistry is seen as a difficult subject filled with abstract concepts and algorithmic operations (Salta & Tzougraki, 2004). For many students and teachers, chemistry means balancing chemical equations, solving stoichiometry problems, constructing electron configurations, drawing Lewis structures, or manipulating chemical symbols. This common epistemic perspective views chemistry as a set of isolated concepts, skills, and operations; however,

chemistry can also be viewed as a powerful and complex way of thinking to make sense of, predict, and control real phenomena and experiences in our world (Talanquer & Pollard, 2010). Chemistry teachers need to critically analyze traditional epistemic views about chemistry and chemistry learning. These discussions can create opportunities for teachers to explore alternative perspectives that aim to portray chemistry in more authentic ways and actively engage students in constructing relevant and meaningful understandings (Cooper & Klymkowsky, 2013; Eilks et al., 2013; Talanquer & Pollard, 2010).

### **Processual Zone**

In the “processual” realm, chemistry is viewed as the transformation of matter; this transformation changes the properties of matter, causing some materials to be lost and new “things” to be formed. The processes or mechanisms by which chemical transformations occur are often unknown or ignored, so it is not surprising that chemical changes are associated with magic. Analyzing and discussing this perspective on chemistry can provide a basis for reflection on the importance of encouraging chemistry students to explore various chemical processes and create models that represent reaction mechanisms at the sub-micro level.

### **Pragmatic Zone**

Many chemistry teachers may have a rather academic view of chemistry, as well as being restrictive in their efforts to make sense of what is being learned in the classroom and to relate learning objectives to students’ interests, their communities, or their own motivations as teachers or researchers. Discussions about chemistry as a practical endeavor can help enrich teachers’ personal perspectives and challenge their beliefs about the purposes of chemistry education.

### **Aversive Zone**

In modern times, a widespread hostility towards chemistry has led people to attach a generally negative connotation to the word "chemical". The word is often used to describe man-made and potentially dangerous substances. This chemophobia may be due to the tendency of people to prefer the "natural" (Rozin, 2005) or to the major environmental pollution and health problems caused by some chemical industries (Bensaude-Vincent & Simon, 2008; Laszlo, 2006).

### **Attractive Zone**

The “attractive” zone in the conceptual profile of chemistry reflects a common form of expression frequently used in everyday language, implying the idea that there is ‘chemistry’ among some people. According to this perspective, chemistry is seen as a kind of closeness or successful interaction, and the concept is carried to biological, psychological and sociological levels. Historically, in the alchemical tradition, there were no sharp boundaries between the material, biological, psychological and spiritual realms (Read, 1995). For alchemists, transforming substances meant transforming not only the substance itself, but also their bodies, souls and consciousness. Over time, the boundaries between different areas of human knowledge and experience became more distinct, but today these boundaries are increasingly blurred. Discussions about the “attractive” zone can provide an opportunity to think about the connections of chemistry with other scientific disciplines and types of knowledge. In this context, in-depth analyses can be made on how chemistry is understood from a broad perspective, from local and traditional perspectives on nature to everyday ways of thinking.

### **Result and Discussion**

Over the last 50 years, studies on the history, philosophy, and sociology of chemistry and educational research on the teaching and learning of chemistry have produced important insights into the nature of chemical knowledge, thinking, and action. At the same time, they have identified the difficulties that students face in developing meaningful understandings in this discipline. However, chemistry teachers often remain unaware of these findings for various reasons.

This study argues that analyzing different areas in the conceptual profile of chemistry can provide a way and framework for teachers to interact with this rich and diverse body of knowledge. This article highlights the critical areas of knowledge and thinking that are believed to be necessary for teachers in chemistry education to support student learning in the design, implementation, and evaluation of curricula, lesson plans, assessments, and educational materials.