

## Bilimsel Yaratıcılığı Destekleyen Öğretimin Maddelerin Ayrılması Konusundaki Öğrenci Çizimlerine Etkisi<sup>1</sup>

### The Effect of an Instruction Supporting Scientific Creativity on Students' Drawings of the Separation of Substances

Basri ATASOY<sup>2</sup>, Hakkı KADAYIFÇI<sup>3</sup>, Hüseyin AKKUŞ<sup>4</sup>

Başvuru Tarihi: 29.04.2016

Yayına Kabul Tarihi: 06.04.2017

DOI: 10.21764/efd.76520

**Özet:** Öğrencilerin kimyayı öğrenmelerinde, maddenin submikroskopik düzeydeki yapısıyla ilgili uygun imgelere sahip olmaları esastır. Submikroskopik düzeyle ilgili imgeleme; yeterli önbilginin yanında, bu düzey algılanamadığından hayal gücünü de gerekli kılar. Hayal gücü ise alanyazında yaratıcılığın kapsamında ele alınmıştır. Bilişsel psikoloji alanında yapılan çalışmalar imgelerin niteliği ile yaratıcı düşünme arasında zayıf-orta şiddette korelasyon olduğunu ortaya koymaktadır. Bu çalışmada, öğrencilerin maddelerin ayrılması konusunda submikroskopik düzeyle ilgili imgelerini yansıtan çizimlerinin ayrıntılılığına, bilimsel yaratıcılığı destekleyen yapılandırıcı öğretimin etkisi incelenmiştir. Araştırma, 9. sınıfta öğrenim gören 57 öğrenci ile gerçekleştirilmiştir. Araştırma yöntemi olarak, yarı deneysel desen kullanılmıştır. Araştırmada, katılımcıların ön bilgileri ve bilimsel yaratıcılıkları kontrol altına alındığında, bilimsel modele uygun ayrıntılar içeren çizimler yapmalarında, bilimsel yaratıcılığı destekleyen yapılandırıcı öğretimin, geleneksel öğretimden daha etkili olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar sözcükler:** *Yaratıcı düşünme, hayal gücü, submikroskopik düzey, maddelerin ayrılması, öğrenci çizimleri.*

**Abstract:** It is fundamental for students to have suitable images of the sub-microscopic structure of substances to learn chemistry. In addition to sufficient prior knowledge, imaging of the sub-microscopic level requires the use of imagination when this level cannot be perceived. In the relevant literature, imagination has been tackled in the context of creativity. The studies of cognitive psychology have revealed that there is a weak-moderate correlation between the quality of images and creative thinking. This study analyzed the effect of a constructivist instruction supporting scientific creativity on the elaborateness of students' drawings that depict their images about the sub-microscopic level. The study was conducted with 57 ninth grade students. This is a quasi-experimental study. The study found that a constructivist instruction supporting scientific creativity is more effective than traditional instruction in having students make drawings, including details that fit the scientific model when their prior knowledge about the topic and scientific creativity are controlled.

**Keywords:** *Creative thinking, imagination, submicroscopic level, separation of substances, students' driving*

## Giriş

Bir kişi kaynama olayına tanık olmuyorken; kaynama kelimesini duyduğunda veya kaynamayı düşündüğünde; bir anlığına zihninde kabarcıkların görüntüsü, fokurdama sesi, yakıcı bir sıcaklık hissini bir

<sup>1</sup>Bu çalışma, ikinci yazarın doktora tezinden üretilmiştir.

<sup>2</sup>Prof.Dr., Gazi Üniversitesi, Gazi Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, [batasoy@gazi.edu.tr](mailto:batasoy@gazi.edu.tr)

<sup>3</sup>Dr., Gazi Üniversitesi, Gazi Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, [hakki@gazi.edu.tr](mailto:hakki@gazi.edu.tr)

<sup>4</sup>Doç.Dr., Gazi Üniversitesi, Gazi Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, [hakkus@gazi.edu.tr](mailto:hakkus@gazi.edu.tr)

ya da birkaçını içeren bir kaynama imgesi oluşturulur. Bunun gibi, ilgili duyuşal girdiler bulunmazken, zihinde imgelerin oluşturulması ve dönüştürülmesi işlemine, imgeleme adı verilir (Kosslyn, Thompson & Ganis, 2006). İmgeleme esnasında öncelikle bellekte ilgili imgenin taslağını belirten nodlar aktive edilir, ardından tam ve detaylı imgeleme yapılmak istenirse ayrıntılar bu taslağa eklenir (Reisberg, 2010). Biçimsel olarak algılamaya benzese de; imgelemenin algılamadan farkı daha kısa ömürlü olması ve daha az ayrıntı içermesidir (Goldstein, 2012).

#### Maddenin Submikroskopik Yapısını İmgeleme, Hayal Gücü ve Yaratıcılık

Kimya bilgisinin temsil yolları olan ve kimya üçlüsü denilen (Talanquer, 2011) makroskopik, submikroskopik ve sembolik düzeylerden biri olarak maddenin submikroskopik düzeyiyle ilgili imgeleme; bu düzey algılanmadığından, hakkında ancak muhakeme yoluyla çıkarımlar yaparak bilgi edinilebilen hayali bir dünyayı konu alır (Bucat & Mocarino, 2009). Zihinde, öncesinde duyu organlarıyla algılanmamış veya algılanamayan durumları tanımlayan yeni imgelerin üretilmesinden hayal gücü sorumludur (Singer, 1999). Bu açıdan bakıldığında, maddenin submikroskopik düzeyiyle ilgili imgelerin, temelde onları keşfeden bilim insanlarının hayal güçlerinin ürünleri olduğunu söylemek yanlış olmaz. Hayal gücünün araştırma seviyesinde kimya için anahtar bileşen olduğu gibi, zengin öğrenci anlamaları için de gerekli bir durumdur (Bucat & Mocerino, 2009).

Fen eğitiminin ana amaçlarından biri öğrencilerin bilimsel kavramlarla ilgili uygun zihinsel temsiller oluşturmalarına yardımcı olmaktır (Rapp & Kurby, 2008). Öğrencilerin; maddenin submikroskopik düzeyiyle ilgili algısal modlar içeren atom, tepkime, bağ gibi kavramlara ait zihinsel temsilleri oluşturmaları ve dönüştürmeleri, bu düzeyi algılamaları mümkün olmadığından basitçe bellekteki algısal kayıtların geri çağırılmasıyla gerçekleştirilen imgeleme kavramıyla açıklanamaz. Bunun yerine öğrenciler gerek makroskopik düzeydeki gözlemlerinden muhakeme yoluyla submikroskopik düzeyde çıkarımlar yaparken, gerek submikroskopik düzeyle ilgili edindiği bilgilere dayanarak anlayışlarını geliştirirken belirli ölçüde hayal gücüne ihtiyaç duyarlar. Al-Balushi (2009) submikroskopik düzeyde imgelemeye etki eden faktörleri bellekte kayıtlı imgelerin durumu, dikkat ve hayal gücü olarak sıralamıştır.

Hayal gücü, önceden algılanmamış yeni durumların üretilmesini konu aldığından, alanyazında yaratıcılığın kapsamı içerisinde ele alınmıştır. Hadzigeorgiou, Fokialis ve Kabouropoulou (2012) hayal gücünün, bir zihinsel yetenek olarak bilimsel yaratıcılıkla yakın bir ilişkiye sahip olduğunu; özel ilgiyi hak ettiğini belirtmektedir. Genel olarak yeni ve uygun ürünler ortaya koyma yeteneği olarak tanımlanan yaratıcılık (Sternberg & Lubart, 1999); çoğunlukla var olmayan veya bazı durumlarda var olamayan şeyleri hayal etmekle, yani hayal kurmayla başlar (Pylyshyn, 2003). Bunun yanında, “eğer görebilseydin neye benzerdi, hayal et” işlemi bellekte kayıtlı imgeleri gerektirir. İmgeler ve yaratıcılık üzerine olan alanyazın incelendiğinde, iki kavram arasındaki etkileşimin iki yönlü olduğu görülebilir. İmge üretmede hayal gücünün

rolü olduğu gibi (Reiner & Gilbert, 2000), mevcut imgeler yeni biçimler (icatlar, keşifler) üretmeye de izin verir (Finke 1990).

İmgeleme ve yaratıcılığı ele alan çalışmalar temelde iki sınıfa ayrılmaktadır (Hotz & Patricola, 1999; LeBoutillier & Marks, 2003).

- i. *Bireysel farklılıklar yaklaşımı:* Yaratıcı olduğu kabul görmüş kişilerin imgelemeleri konusundaki anekdotal öz raporlarının incelendiği ve kişilerin yaratıcı düşünme puanları ile imgelerinin canlılık, kontrol gibi nitelikleri arasındaki ilişkinin araştırıldığı çalışmalardır.
- ii. *İmge üretme yaklaşımı:* Belirgin biçimlerin görselleştirilmesi yoluyla yaratıcılığın ortaya çıkarılmasını ve imgeleme yeteneğinin yaratıcı düşünmeyi etkilemek amacıyla geliştirilmesini konu alan çalışmalardır.

Bireysel farklılıklar yaklaşımını esas alan çalışmalar kapsamında, yaratıcı düşünme ile imgeler arasındaki ilişkiyi inceleyenler sınırlı sayıdadır. LeBoutillier ve Marks (2003) meta analiz çalışmasında, iki değişken arasında zayıf-orta şiddette korelasyon olduğunu belirlemiştir. Yine Ma (2009) imgeleme kapasitesini, yaratıcılıkla ilişkili değişkenler arasında saymıştır. Daha yakın tarihli bir çalışmada ise (Al-Balushi, 2013) yaratıcılığı yüksek olan bireylerin, imgelerinin daha canlı, renkli, ayrıntılı, kontrol edilebilir olduğu belirtilmektedir.

### Yaratıcı Fen Öğrenimi

Yaratıcılık, genel olarak yenilikçi ve uygun ürünler ortaya koyma yeteneği olarak tanımlansa da, ortaya konulan ürünlerin yeniliğinin mutlak (büyük veya tarihi) ve kişisel/kendince (küçük veya psikolojik) olmasına göre, yaratıcılık için en azından iki farklı düzeyden bahsetmek mümkündür (Boden, 2001; Craft, 2001). İlkinde kastedilen sıra dışı, yüksek ve dâhilerde görülen; diğerinde kastedilen ise daha gündelik yaratıcılıktır. Yaratıcılığın sadece ilk anlamıyla algılanarak sadece özel insanların bir niteliği olarak görülmesi; onun normal akademik alan programlarından ayrı olarak ele alınmasına ve uzun yıllar üstün yeteneklilerin eğitiminin anahtar bileşeni olarak düşünülmesine yol açmıştır.

Yine birçok kimse yaratıcılığın, orijinallik önyargısı denilen üretimin uygunluğunu önemsemeden basitçe yeni fikirler üretebilme yeteneği olduğu fikrine sahiptir (Runco 2004). Orijinallik önyargısına, akademik alan öğreniminin önceki fikirleri edinme ve doğru olarak kopyalama olarak görülmesi de eklenince; bu durum hedefleri çatışan bu iki alanın birlikteliği yerine rekabetiyle sonuçlanmıştır (Baer & Kaufman, 2012). Alan öğrenimi ile yaratıcılık arasındaki bu sorunlu ilişki dâhil birçok sorun yaratıcılığın normal akademik alan öğretim programlarının bir parçası olmasını güçleştirmiştir.

Bütün bunların yanında, düşünme öğretim geleneği incelendiğinde beceri, eğilim ve anlama olarak sıralanan üç farklı akımla karşılaşılmaktadır (Harpaz, 2007). Anlama akımına göre; anlama ve düşünme birbirleriyle

çok yakın ilişkilidir. Bu akımın hedeflediği düşünür tipi, Gardner'in kullandığı disipline edilmiş zihin terimine uygun şekilde belirli akademik alanlarda yetişmiş bilgili düşünürlerdir. Bu yönde genel amaç, bilgili düşünür olma önündeki en temel engel olarak görülen kişinin ilgili akademik alandaki yanlış anlamalarını ortadan kaldırmaktır. Bunun gerçekleştirilmesindeki yöntem ise, alanı anlama için öğretim veya yapılandırma metodudur. Bu yöntem; öğrencilerin bilişinin, bilginin inşasında kullanılan bilişsel etkinlikler için harekete geçirilmesini temel alarak; yapılandırmacılığın anlamının bir bilişten diğerine geçemediği, bunun yerine kişisel olarak zihinde inşa edildiği veya Piaget'in (1973) tabiriyle icat edildiği varsayımına dayanır.

Bu bağlamda “yaratıcılıkla öğrenme nasıl ilişkilidir?” sorusunun cevabı olarak geçen yüzyılın başlarında yaratıcı öğrenme terimi kullanılmıştır. Yapılandırmacı yaklaşıma göre öğrenme ve yaratıcılık tam aynı olmasa da yakın şeylerdir (Craft, 2005). Yaratıcı öğrenme; öğrenenin görevine bağlı olduğu ve bu bağlılığın bireysel olarak oluşturulan yeni bilgilerle sonuçlandığı aktif bir süreçtir (Savage & Fautley, 2007). Keşfetmeyi, sorgulamayı ve bilgilenilen konuları doğrudan deneyimlemeyi teşvik eden yapılandırmacı öğrenme görüşü üst düzey düşünme becerilerini kapsar (Brooks, 1980). Dolayısıyla diğer üst düzey düşünme becerileri gibi, yaratıcı düşünme de yapılandırmacı teoriyi temel alan bir öğretim ortamında desteklenebilir (Ausubel 2012).

Fen öğrenimi ile yaratıcı düşünmenin birlikteliğini savunan ve yapılandırmacı öğrenme yaklaşımının ilkelerinin görülebileceği, Fen Eğitimi Yoluyla Bilişsel İvme ve CREAT-it gibi bazı güncel programlar bulunmaktadır (Craft & diğ., 2016; Lin, Hu, Adey & Shen, 2003). Bunun yanında, fen eğitimi alanında, öğrencilerin yaratıcı –yani yenilikçi ve uygun– ürünler ortaya koymalarına; onların iraksak, üretici, benzeşimsel düşüncelerine ve hayal güçlerini kullanmalarına imkân veren birtakım öğrenme ortamlarını sağlama ve bunların etkinliğini araştırma üzerine de son yıllarda çeşitli çalışmalar yürütülmektedir. Bu çalışmalar incelendiğinde bahsi geçen öğrenme ortamları için bir takım yapıların ön plana çıktığı görülebilir. Teorik, pratik ve laboratuvar etkinliklerinde bilimin doğasının ve bilimsel araştırma-sorgulamanın açık uçlu yapısından faydalanarak yaratıcı düşünmeyi destekleyen çalışmalar bunlardan biridir (Koray & Köksal, 2009; Lee & Erdogan, 2007). Diğeri ise bilgi ve iletişim teknolojileri yoluyla, öğrencilerin hakkında düşünce üreteceği bilgiye ulaşımı ve işbirliğini daha etkili hale getirerek yaratıcı düşünmeyi desteklemektir (Thorsteinsson & Page 2007). Bunların yanında tercih edilen bir yaklaşım da; bu yayınında konusunu oluşturan yapılandırmacı öğretim ortamında, yaratıcı düşünmeye fırsat vermektir. Kişisel bilginin inşasında yaratıcı fırsatlar tanınması yönüyle yapılandırmacı yaklaşım bu amaçla ele alınmaktadır (Herman & Dahlan, 2016).

Maddenin Submikroskobik Yapısıyla İlgili Öğrenci Çizimleri ve Geliştirilmesi

Kosma ve Russell (1997) çoğu öğrencinin submikro ve sembolik düzeylerde ifade bulan kavramları anlamayı zor bulduklarını belirtmektedir. Maddenin submikroskopik düzeyiyle ilgili öğrenci anlayışlarının incelendiği çalışmalarda çoğunlukla öğrencilerin zihinsel modellerinin araştırıldığı (Adbo & Taber, 2009) ve çizimlerine dayanarak kavramalarının ortaya konulmaya çalışıldığı (Adadan, Trundle & Irving 2010) görülmektedir. Alanyazında, öğrenci çizimlerinin sınıflandırıldığı (Ardac & Akaygun, 2005), seviyelere ayrıldığı (Tunncliffe & Reis, 1999) ve doğruluğuna göre puanlandığı (Van Meter, Aleksic, Schwartz & Garner, 2006) çalışmalara rastlanmaktadır. Van Meter ve Garner (2005) öğrenci çizimlerinin puanlamasının çalışmaların amaçlarına göre farklılıklar gösterdiğini belirtmişlerdir.

Fen eğitimi alanında yapılan bazı çalışmalar, öğrencilerin bilimsel kavramlarla ilgili imgelemelerinde, onların alan bilgilerinin önemli rol üstlendiğini ortaya çıkarmıştır (Nersessian, 2008). Ayrıca imgeleri geliştirmede; kullanılan öğretim yöntemlerinin (Adadan, Trundle & Irving 2010); resim, diyagram, üç boyutlu model gibi sabit; animasyon, video gibi hareketli görüntülerin (Akaygun & Jones, 2013) etkili olduğu ortaya konmuştur.

#### Maddelerin Ayrıştırılmasıyla İlgili Öğrenci Anlayışları

Maddenin submikroskopik yapısıyla ilgili öğrenci anlayışlarının belirlendiği konulardan biri maddelerin bileşimine göre sınıflandırılması ve ayrıştırılmasıdır. Örneğin, saf maddeler ve karışımlarla ilgili tanecikli boyutta görsel unsurlara yer verdiği çalışmasında Sanger (2000), öğrencilere bazı taneciklerin çizimlerini sunmuş ve öğrencilerin bu çizimleri nasıl sınıflandırdıklarını incelemiştir. Stains ve Talanquer (2007) de tanecikli gösterimleri kullanarak öğrencilerin kimyasal maddeleri sınıflandırmalarını istemiş, çalışmada birçok öğrencinin kavramlar arasındaki atom-element, molekül-bileşik gibi zihinsel birlikteliklerden ve bileşik-karışım gibi kavramsal ayırmadaki eksikliklerden ötürü yanlış sınıflandırmada bulunduğu belirlemiştir.

Maddelerin bileşenlerine ayrılması konusunda ise çok daha sınırlı sayıda araştırma bulunmaktadır. Bunlardan Valanides (2000) fen öğretmen adaylarının damıtma sürecini anlamaları üzerine gerçekleştirdiği çalışmasında, katılımcıların çoğunun maddenin tanecikli doğası ve bunun makroskopik değişimlerle ilişkisinin yetersiz anladığını belirlemiştir. Ayrıca, bileşiklerin elementlerine ayrıştırılması konusunda birçok öğrencinin; bu kimyasal değişme olayında ne olduğu konusunda da eksiklikleri bulunduğu da not edilmiştir (Johnson, 2002).

#### Araştırmanın Önemi ve Amacı

Bu çalışma, maddenin algılanamaz submikroskopik düzeydeki yapısı hakkındaki öğrenci imgeleri ile bilimsel yaratıcılığı bir araya getirmesi yönüyle önemlidir. Özellikle bilişsel psikoloji alanında imgeleme-yaratıcılık ilişkisi üzerine bir takım çalışmalar gerçekleştirilse de; fen eğitimi alanında çalışmaya rastlanmamıştır. Maddenin bu düzeyiyle ilgili öğrenci çizimlerine çoğunlukla onların anlayışlarını ortaya

koyması çerçevesinde yaklaşmıştır. Bu konuda hayal gücü ve yaratıcılığın önemi kabul edilse de, ihmal edilmiş bir çalışma alanı olarak ortaya çıkmaktadır. Bunun yanında; maddenin submikroskopik yapısıyla ilgili öğrenci çizimlerini incelemek amacıyla maddelerin ayrılması konusunun seçilmesiyle hem fen eğitimcilerinin önemseydiği maddenin bileşimi, hem de üzerinde sınırlı çalışmanın olduğu fiziksel ve kimyasal ayırma ele alınabilmektedir.

Bu çalışmanın amacı, öğrencilerin maddelerin ayrılması konusundaki, submikroskopik düzeydeki imgelemelerini yansıtan çizimlerinin ayrıntılılığına, konuyla ilgili önbilgileri ve bilimsel yaratıcılıkları kontrol altına alındığında, bilimsel yaratıcılığı destekleyen yapılandırmacı öğretim modelinin etkisini araştırmaktır.

Bu amaçla aşağıdaki alt problemlere yanıt aranmıştır:

1. Öğrencilerin maddelerin ayrılması konusundaki çizimlerinin ayrıntılılığı nasıl belirlenebilir?
2. Öğrenci çizimlerinin ayrıntılılığı ile öğrencilerin önbilgileri ve bilimsel yaratıcılıkları arasında nasıl bir korelasyon vardır?
3. İlgili konuda bilimsel yaratıcılığı destekleyen yapılandırmacı bir öğretimin nitelikleri nasıldır?
4. Bu öğretimin öğrenci çizimlerinin ayrıntılılığına etkisi nasıldır?

## Yöntem

### Araştırma Metodu

Maddelerin ayrılması konusu on ders saati süresince, deney grubunda Bilimsel Yaratıcılığı Destekleyen Yapılandırmacı Öğretim Modeli (BYDYÖM) ile kontrol grubunda ise geleneksel öğretim yaklaşımıyla (GÖY) ile işlenmiştir. BYDYÖM aşağıda işlem bölümünde tanıtılmaktadır. Geleneksel öğretimden kasıt ise öğretmenin konuyu öğrencilerin bilişsel düzeylerini, ilgi ve motivasyonlarını dikkate alarak onlara pedagojik bir sırayla anlattığı, kimi zaman öğrencilere soru sorarak dikkatlerini canlı tuttuğu, öğrencilerin anlamadığı durumlarda soru sorma imkânının olduğu, öğretmenin gerektiğinde tekrarlarla ve uygulamalarda bulunduğu genel olarak davranışçı öğrenme yaklaşımını temel alan öğretmen merkezli doğrudan öğretimdir. Bu yaklaşımda öğretim hedefleri, materyal seçimi, dersin ilerleyişi tamamen öğretmenin kontrolündedir fakat etkileşim otoriter değildir (Senemoğlu, 2007).

Katılımcılar, konuyla ilgili submikroskopik düzeydeki imgelemelerini yansıtan çizimlerini, bir defa ve öğretimden sonra yapmışlardır. Hayal güçlerini etkin olarak kullanmaları için daha önce hayal etmedikleri bir durumu düşüncelerinin daha uygun olacağı dikkate alınarak, öğretim öncesinde çizim gerçekleştirmemişlerdir. Dolayısıyla çalışmada, araştırma yöntemi olarak yarı deneysel desen kullanılmıştır. Öğretimin katılımcı çizimlerinin ayrıntılılığına etkisi, katılımcıların konuyla ilgili önbilgileri ve bilimsel yaratıcılıkları istatistiksel olarak kontrol altına alınarak belirlenmiştir.

## Katılımcılar

Çalışma Ankara'daki bir lisenin, 9. sınıf iki şubesinde kimya dersini almakta olan 57 öğrenci ile 2007-2008 öğretim yılında gerçekleştirilmiştir. Bu şubelerden biri rastgele olarak deney grubu diğeri ise kontrol grubu olarak seçilmiştir. 29 öğrenci deney grubunda, diğeri 28 öğrenci de kontrol grubunda yer almıştır. Aileleriyle okul çevresinde yaşamakta olan katılımcıların benzer olmayan özgeçmişe sahip oldukları yönünde bir bulguya rastlanmamıştır.

## Ölçme Araçları

Öğrencilerin ön bilgilerini, bilimsel yaratıcılıklarını ve çizimlerinin ayrıntılılığını ölçmek amacıyla aşağıdaki kâğıt kalem ölçekleri kullanılmıştır.

### ***Maddelerin ayrılması önbilgi testi***

Öğrencilerin maddelerin ayrılması konusundaki önbilgilerinin düzeylerinin belirlenmesi amacıyla araştırmacılar tarafından geliştirilmiştir. 20 çoktan seçmeli sorudan oluşan test; öğretim programındaki karışımların sınıflandırılması, ayırt edici özellikler ve karışımların bileşenlerine ayrılması, elektriklenme ile ayırma, mıknatıslanma ile ayırma, özkütle farkıyla ayırma, süzme ile ayırma, çözünürlük farkıyla ayırma, hal değiştirme sıcaklığı farkıyla ayırma, gaz karışımlarının ayrılması, fiziksel ayırma tekniklerinin özellikleri ve bileşiklerin kimyasal yollarla ayrılması konularıyla ilgilidir. Testin içerik geçerliği alanda uzman beş kimya eğitimcisi tarafından onaylanmış ve testin güvenilirliği (Cronbach  $\alpha = 0,74$ ) uygundur.

### ***Bilimsel yaratıcılık ölçeği***

Ölçeğin orijinali Hu ve Adey (2002) tarafından geliştirilmiştir. Yedi açık uçlu sorudan meydana gelen ölçek; alışılmadık kullanımlar, problemi keşfetme, ürün geliştirme, bilimsel hayal gücü, problem çözümü, fen deneyi ve ürün tasarımı konularıyla ilgilidir. Temelde cevaplar akıcılıkları, özgünlükleri ve orijinallikleri açısından değerlendirilerek puanlanmaktadır. Katılımcı cevaplarının puanlanmasında Lin ve diğerlerinin (2003) belirttiği esaslar kullanılmıştır. Türkçe'ye araştırmacılar tarafından uyarlanan ölçeğin faktör analizi yapılması sonucunda bir ana faktörü ölçtüğü belirlenmiş, maddelerin faktör yükleri 0,30'dan fazladır ve ölçeğin güvenilirliği (Cronbach  $\alpha = 0,74$ ) uygundur.

### ***Maddelerin ayrılması konusunda öğrenci çizimleri***

Araştırmacılar tarafından hazırlanan üç açık uçlu soruyla öğrencilerin maddelerin ayrılması konusunda submikroskopik düzeyle ilgili sahip olduğu birtakım imgeleri üç farklı çizimle ifade etmeleri istenmiştir. Bu çizimleri öncesinde derste gerçekleştirmemişler ve çizimleri konuyla ilgili tanecik, karışım, ayırma gibi imgeleri kullanarak oluşturmaları gerekmiştir.

*Çizim 1# maddenin bileşimi:* Bu çizim görevinde, katılımcıların farklı bileşimdeki maddeleri ifade eden element, bileşik ve karışım kavramlarını içeren bir durumu imgelemeleri hedeflenmiştir. Bu amaçla bir element ve bileşiğin heterojen karışımını hayal etmeleri, bu karışımın submikroskopik düzeydeki yapısını ifade eden bir çizim yapmaları istenmiştir.

*Çizim 2# fiziksel ayırma:* Katılımcılardan, karışımların fiziksel yollarla ayrılmasına örnek olarak, etil alkol – su karışımının damıtmayla ayrılmasını hayal etmeleri ve submikroskopik düzeyde meydana gelen olayı ifade eden bir çizim yapmaları istenmiştir.

*Çizim 3# kimyasal ayırma:* Katılımcılardan, bileşiklerin kimyasal yollarla elementlerine ayrılmasına örnek olarak, Demir(II) sülfürün (FeS) ısı etkisiyle elementlerine ayrılmasını hayal etmeleri ve submikroskopik düzeyde meydana gelen olayı ifade eden bir çizim yapmaları istenmiştir.

Bu çizimlerde, bilimsel olarak kabul edilen maddenin tanecikli yapı modeline uygun ayrıntıların varlığı aranmıştır. Ölçeğin yapı geçerliği için faktör analizi yapıldığında bir ana faktörü ölçtüğü tespit edilmiştir. Yapılan güvenilirlik çalışmasında, çizimler için çalışmayı gerçekleştiren iki araştırmacının ortak puanları ile çalışma dışından olan ve kimya eğitiminde uzman olan bir puanlayıcı arasında uygun tutarlılıklar (% 82 - 90) tespit edilmiştir.

## İşlem

Çalışma pilot ve ana çalışma olmak üzere iki kısımdan meydana gelmiştir. İlk olarak yukarıda belirtildiği gibi çalışma alanı kimya eğitiminde yapılandırmacı yaklaşım, yaratıcılık ve imgeler konusunu kapsayan araştırmacılar BYDYÖM'i tasarlamışlardır. Model, yapılandırmacı öğretim ile yaratıcı öğrenmeyi bir araya getirmesi yönüyle düşünce öğretim akımlarından anlama akımını (Harpaz, 2007) temel alması yönüyle kuramsal geçerliğe sahiptir. Pilot çalışma olarak ana çalışmadan bir yıl önce Ankara'da bir özel lisede 9. sınıf kimyasal bağlar konusunda model uygulanmıştır. Pilot çalışmada ilgili öğretmen, katılımcılardan alınan dönütler ve diğer gözlemlerle modeldeki aksaklıklar giderilerek son hali verilmiştir.

Ana çalışmada, deney grubunda dersler araştırmacılarından biri tarafından işlenirken, kontrol grubunda dersin 15 yıldan fazla kimya öğretimi deneyimi olan dersin öğretmeni tarafından gerçekleştirilmiştir. Dersin öğretmeni kimya öğretimi konusunda deneyimli olmasına rağmen, yapılandırmacı yaklaşım ve yaratıcılık öğretim etkinlikleri konusunda yeterli deneyime sahip değildir. Bu nedenle deney grubunda derslerin araştırmacı tarafından işlenmesi uygun bulunmuştur. Araştırmacı yanlılığını azaltmak için kontrol grubunda dersleri dersin öğretmenin işlenmesi tercih edilmiştir. Dersin öğretmeni ve iki araştırmacı; tüm derslerden önce ve sonra toplantı yapmışlardır. Bunun yanında araştırmacılarından biri iki gruptaki uygulamayı da gözlemleyerek dönütler vermiştir.

Aşağıda BYDYÖM'nin geliştirilmesi ve maddelerin ayrılması konusunun bu modelle nasıl işlendiği tanıtılmaktadır: BYDYÖM temelde yapılandırmacı öğrenme yaklaşımı ve yaratıcı düşünmenin ilkelerinin



kaynaştırılmasıyla oluşturulmuş karma bir öğretim modelidir. BYDYÖM ile öğrencilerin hem ilgili kavramları yapılandırarak öğrenmeleri hem de öğrenirken hayal güçlerini kullanarak yaratıcı imgeler oluşturmalarına, analogik düşüncelerine, iraksak düşünceler üretmelerine, bilimsel ürünler tasarlamalarına ve iletişim becerilerini yaratıcı kullanmalarına imkân vermek amaçlanmıştır.

BYDYÖM'in tasarlanmasında 5E öğrenme döngüsü, yaratıcı problem çözme, öğrencilerin analogi üretmeleri modeli ve hayal gücünden faydalanılmıştır. Basamaklarında beyin fırtınası, çizim yapma, rol oynama ve sinektik gibi yaratıcı öğretim tekniklerine yer verilmiştir. BYDYÖM geliştirilirken aşağıdaki model ve yöntemler dikkate alınmıştır.

*5E öğrenme döngüsü:* Fen eğitiminde yapılandırmacı yaklaşımın, öğretimde nasıl yer verileceğiyle ilgili olarak 5E öğrenme döngüsü ön plana çıkmaktadır (Boddy, Watson & Aubusson, 2003). Atkin ve Karplus (1962) tarafından geliştirilen üç basamaklı öğrenme döngüsünün daha sonra yeniden düzenlenerek beş basamaklı hale getirilmiş şeklindedir. Bu modelin basamakları: Güdüleme, keşfetme, açıklama, uyarılma ve değerlendirmedir (Bybee ve diğ., 2006). BYDYÖM'in her basamağında 5E öğretim modeli rehber olarak alınmıştır.

*Yaratıcı problem çözme:* Yaratıcı problem çözme ile ilgili çalışmalar özellikle 1960'lı yıllarda Osborn'un yaratıcılığı geliştirmek üzere beyin fırtınası tekniğini önermesiyle başlamıştır (Nicherson, 1999). Günümüze kadar çeşitli versiyonları oluşturulmuştur (Treffinger, 2005). Temelde yaratıcı sürece odaklanan, yaratıcı problem çözme üç ana basamaktan oluşur. Bunlar: (1) Problemi anlama (düzensizliğin bulunması, verilerin bulunması ve problemin bulunması alt basamaklarından oluşur), (2) düşünceler üretme ve (3) eylem planı (çözümün bulunması ve çözümün uygunluğu alt basamaklarından oluşur) basamaklarıdır.

*Öğrencilerin analogi üretmeleri modeli:* Bu model analogilerin öğretimde kullanılması amacıyla Zeutoun (1984) tarafından önerilmiştir ve daha sonra Wong'un (1993) modelle ilgili açıklamaları ve eklemeleri olmuştur. Model: (1) tanıtılan yeni olgunun öğrenciler tarafından açıklanması, (2) öğrencilerin olguya ilgili analogiler üretmeleri, (3) analogilerin olguya uygulanması, (4) analogideki benzeyen ve benzemeyen tarafların belirlenmesi basamaklarından oluşur. Analogi üretmenin, öğrencilerin eleştirel ve yaratıcı düşüncelerini uyardığı ve hayal gücünü harekete geçirdiği düşünülmektedir (Middleton, 1991; Kind & Kind, 2007). BYDYÖM geliştirilirken analogik düşünme basamağında bu modelden faydalanılmıştır.

*Hayal gücü:* Hadzigeorgiou ve diğerlerinin (2012) yaratıcı düşünmeyi destekleyen etkinliklerin tasarlanması için sıraladığı birkaç önemli noktadan biri "görsel/uzaysal düşünmedir. Bu noktanın fen eğitiminde gözden kaçtığını belirtmektedir. Özellikle, görsel-uzaysal imajlar oluşturmada hayal gücü çok önem taşımaktadır. Hayal gücü geçmişte deneyimlenmemiş, hayali durumların oluşturulması yönüyle doğrudan yaratıcılıkla ilgilidir (Limont, 2003). Hayal gücü yoluyla oluşturulan imgeler çizim yapma, modelleme gibi yollarla ifade edilebilir.

Yukarıdaki aşağıdaki model ve yöntemler dikkate alınarak hazırlanan BYDYÖM'nin basamakları şöyledir:

1. *Ön bilgileri hatırlama:* Öğrencilerin konuyla ilgili ön bilgilerini hatırlamalarını sağlamak amacıyla kısa yaratıcı bir etkinlik yapılır.
2. *Fikirler üretme:* Öğrenilecek kavramlarla açıklanabilecek bir olgu gündeme getirilir. Öğrenciler bu olguyu açıklamak için serbestçe fikirler üretirler. Olgu gözlemlenir veya sonuçlandırılır.
3. *Analojik düşünme:* Öğrencilerin olguyu yeni kavramlarla açıklamalarına yardımcı olunur. Bir analogi üretilir. Olgu analogi kullanılarak öğrenciler tarafından açıklanır. Öğrenciler hedef ve analog kavramlar arasındaki benzerlik ve farklılıkları ortaya koyarlar.
4. *Hayal gücü:* Öğrenciler öğrendikleri konuyla ilgili submikroskopik düzeydeki durumu hayal ederler. Hayallerini çizimler veya modellerle ortaya koyarlar.
5. *Transfer:* Öğrencilerin öğrendiklerini başka durumlara transfer etmelerini sağlayacak yaratıcı bir etkinlik yapılır.
6. *Değerlendirme:* Sınıfta öğrencilerin yaratıcılıklarını ortaya koyacakları değerlendirme yapılır veya ev ödevi verilir.

Maddelerin ayrılması konusu, deney grubunda BYDYÖM ile işlenirken Tablo 1’de belirtilen etkinliklere yer verilmiştir.

Tablo 1. *Maddelerin Ayrılması Konusunun Bilimsel Yaratıcılığı Destekleyen Yapılandırmacı Öğretim Modeli İle İşlenmesi*

	Maddelerin bileşimine göre sınıflandırılması ve karışımlar	Karışımların elektriklenme, mıknatıslanma ve özkütle farkı ile ayrılması	Karışımların süzme ve çözünürlük farkı ile ayrılması	Hal değiştirme farkından yararlanılarak ayırma	Bileşiklerin ayrıştırılması
ÖH	Çeşitli örnekler verme (Elementler, bileşikler ve karışıma örnekler verme)	Örnek olay incelemesi (Maddelerin ayrılması)	Örnekler verme (Süzme işleminde kullanılan araçlar)	Örnek olay incelemesi (Isınan maddeler)	Örnek olay incelemesi (Küp şekerdeki değişimler)
FÜ	Beyin fırtınası (Maddeler hangi özelliklerine (kriterlere) göre sınıflandırılmaktadır?)	Beyin fırtınası (İyot ve potasyum kromat karışımını nasıl ayırırız?)	Beyin fırtınası (Tuz gölünden sofrata tuzu nasıl elde edilir?)	Tahmin et gözle açıkla (Etil alkol su karışımının ayrılması)	Beyin fırtınası (Suyu oksijen ve hidrojen elementlerine nasıl ayırırız?)
AD	Analojik ilişkileri belirleme (Maddelerin bileşiminin harf-kelime-metin / yiyeceklere benzetilmesi)	Analojik ilişkileri belirleme (Çiftlik analogisi)	Analoji üretme (Kristallendirme işlemiyle ilgili olarak analogi üretme)	Sinektik (Leylekler ve güvercinler)	Analog senaryolar (Isı ve elektrik enerjisiyle ayırma)
HG	Çizim yapma (Element, bileşik ve karışımın tanecikli düzeyde gösterimi)	Çizim Yapma (Ayrılma hunisi ile ayırma)	Model Oluşturma (Oyun hamurlarıyla kristallendirme olayı)	Hayal kurma (Petrolün ayırmsal damıtma ile ayrılması)	Çizim yapma (Kireç badanası: Sönmemiş kirecin sönmüş kirece dönüşmesi)

T	Karşılaştırma ve farklılıkları belirleme (Demir – kükürt karışımının incelenmesi)	Düşünce üretme soruları (Mıknatısla etkileşen metaller için dizge oluşturma)	Rol oynama (NaCl ve Safsızlık)	Deney tasarlama (Yayıma hızı farkıyla gazların Ayrılması)	Diğer insanların bakış açıları (Bakır İşletmesi)
D	Bulmaca	Ürün geliştirme (Ayrırma hunisini daha kullanışlı hale geliştirme)	Hikaye Yazma (Öğrenilen kavramları kullanarak hikaye yazma)	Kelime ilişkilendirme (Damıtma kelimesinin çağrıştırdıkları)	Zihin haritası (Maddelerin ayrılması)

ÖH: Önbilgileri hatırlama, FÜ: Fikirler üretme, AD: Analogik düşünme, HG: Hayal gücü, T: Transfer, D: Değerlendirme

### Verilerin Analizi

Katılımcıların maddelerin ayrılması konusundaki ön bilgilerinin düzeyleri, çoktan seçmeli test olan Maddelerin Ayrılması Önbilgi Testindeki sorulardan doğru cevap vermiş oldukları sayılarla belirlenmiştir. Katılımcıların Bilimsel Yaratıcılık Ölçeğindeki açık uçlu sorulara verdikleri cevaplar, Lin ve diğerlerinin (2003) belirttiği esaslar doğrultusunda incelenmiş ve her soru için akıcılık, esneklik ve orijinallik puanları toplanarak katılımcıların bilimsel yaratıcılık düzeyleri belirlenmiştir.

Katılımcıların çizimlerinin bilimsel olarak kabul edilen maddenin tanecikli yapı modeline uygun ayrıntılar içermeye düzeylerini belirlemek için, öncelikle araştırmacılarından biri tüm çizimler için ön incelemede bulunmuş ve Tablo 2’de belirtilen çizimlerin derecelendirilmesinde kullanılacak boyutlar ve nitelikleri belirlemiştir. Bu boyutlar ve niteliklere alanda uzman bir araştırmacıyla görüşülerek son hali verilmiştir.

Tablo 2. Katılımcı Çizimlerinin Derecelendirilmesinde Kullanılan Boyutlar ve Nitelikler

Çizim 1# Maddenin bileşimi	Çizim 2# Fiziksel Ayırma	Çizim 3# Kimyasal ayırma
Boyut 1# Heterojen bir karışımı ifade etme <ul style="list-style-type: none"> <li>Heterojen karışım*</li> <li>Homojen karışım</li> <li>Karışım yok</li> </ul>	Boyut 1# Gaz fazının bileşimi <ul style="list-style-type: none"> <li>Alkol ve su karışımı (alkol sudan fazla)*</li> <li>Sadece alkol</li> <li>Belirtilmemiş</li> <li>Su alkolden daha fazla</li> </ul>	Boyut 1# Bileşiği elementten farklı olarak ifade etme <ul style="list-style-type: none"> <li>Bileşiğin yapısını uygun (element ve karışımdan farklı) olarak ifade etme*</li> <li>Bileşiğin yapısını (örgüden farklı olarak) karışıma benzer şekilde ifade etme</li> <li>Bileşiğin yapısını ifade etmeyen çizim</li> </ul>
Boyut 2# Tanecik düzeyinde çizim yapma <ul style="list-style-type: none"> <li>Tanecikli Modele uygun gösterim*</li> <li>Tanecikli/sürekli Model karması</li> <li>Tek bir tanecik olarak gösterme</li> <li>Sürekli Modele göre gösterim</li> </ul>	Boyut 2# Tanecikleri ifade etme <ul style="list-style-type: none"> <li>Tanecikleri gösterme*</li> <li>Gaz fazı tanecikli sıvı fazın bütünsel olarak gösterildiği çizimler</li> <li>Sürekli Modele göre gösterim</li> </ul>	Boyut 2# Tanecikleri ifade etme <ul style="list-style-type: none"> <li>Tanecikleri geometrik şekillerle gösterme*</li> <li>Tek bir taneciğin yapısını geometrik şekillerle gösterme</li> <li>Tanecikli/sürekli modele göre gösterim karması</li> <li>Sürekli modele göre gösterim</li> <li>Simgesel gösterim</li> </ul>

Boyut 3# Bileşik ile element arasındaki farkı ortaya koyma

- Bileşiği çoklu, elementi tekli sembollerle gösterme\*
- Bileşiği ve elementi tekli ve fakat birbirinden farklı sembollerle gösterme
- Bileşik ve element arasındaki farkı belirtmeme

Boyut 3# Sıcaklık

- $78^{\circ}\text{C}$ 'den yüksek\*
- $78^{\circ}\text{C}$
- Belirtilmemiş

Boyut 3# Ayrılma işlemini gösterme

- Ayrılma işlemini bir kabın ısıtılması veya zamanla değişme şeklinde gösterme\*
- Ayrılma işlemini demir ve kükürt atomlarının ayrılmasına odaklanarak gösterme\*
- Ayrılma işlemini girenler, tepkime oku ve ayrı ayrı ürünler şeklinde gösterme\*
- Ayrılma işlemi gösterememe

\* bilimsel modeli yansıtan nitelikte ayrıntı

Her çizim, incelenen üç boyut açısından bilimsel modele uygun nitelikte ayrıntıların tümünü içeriyorsa 4 puan, çoğunu içeriyorsa 3 puan, sadece bazılarını içeriyorsa 2 puan; çizim istenen olguyla ilgili fakat uygun ayrıntılar içermiyorsa 1 puan, ilgisiz ise 0 puan olarak puanlanmıştır. Puanlama iki araştırmacı tarafından ayrı ayrı yapılmıştır. Ardından uyuşmazlıklar karara bağlanmıştır. Bazı çizim örnekleri Tablo 3'de gösterilmiştir.

Tablo 3. Maddelerin ayrılması konusundaki katılımcı çizim örnekleri

Seviye	Maddenin bileşimi	Fiziksel ayırma	Kimyasal ayırma
Tüm ayrıntıları içeren			
Oldukça ayrıntılı			
Yetersiz ayrıntıda			

## Bulgular

Uygulama öncesinde kontrol ve deney grubu arasında, maddelerin ayrılması konusundaki Tablo 4'de belirtildiği gibi önbilgi ve bilimsel yaratıcılık puan ortalamaları açısından anlamlı fark bulunmamaktadır ( $p>0,05$ ).

Tablo 4. Uygulama öncesinde deney ve kontrol grubunun değişkenler açısından durumu

Ölçek	Grup	N	M	SS	t	SD	p
Maddelerin ayrılması ön bilgi testi	Kontrol	28	8,62	1,88	8,73	55	0,47
	Deney	29	8,27	1,80			
Bilimsel yaratıcılık ölçeği	Kontrol	28	63,51	15,00	1,70	55	0,01
	Deney	29	70,61	16,85			

Uygulama sonrasında kontrol ve deney grubundaki öğrencilerin maddelerin ayrılması konusunda submikroskopik düzeyle ilgili çizimlerinin ayrıntılık dereceleri Tablo 5'deki gibidir.

Tablo 5. Çizimlerinin Ayrıntılıklarına Göre Katılımcı Dağılımı

Konu	Grup	Katılımcı Sayısı (Frekans)								
		Maddenin bileşimi			Fiziksel ayırma			Kimyasal ayırma		
		K	D	T	K	D	T	K	D	T
Tüm ayrıntıları içeren		5	10	15	1	9	10	10	8	18
Oldukça ayrıntılı		9	8	17	5	11	16	5	13	18
Yetersiz ayrıntıda		12	7	19	10	2	12	6	5	11
İlgili fakat ayrıntısız		0	2	2	7	7	14	7	3	10
İlgisiz		2	2	4	5	0	5	0	0	0

K: Kontrol, D: Deney, T: Toplam

Katılımcı çizimlerinin puanları analiz edildiğinde, deney grubundaki öğrencilerin çizimlerinin ayrıntılılık puan ortalamalarının kontrol grubundan daha fazla olduğu belirlenmiştir ( $p < 0,05$ ; Tablo 6).

Tablo 6. Deney ve Kontrol Grubunun Çizim Ayrıntılık Puan Ortalamalarının Karşılaştırılması

Ölçek	Grup	N	M	SS	t	SD	p
Öğrenci çizimlerinin ayrıntılığı	Kontrol	28	6,82	2,42	2,64	55	0,01
	Deney	29	8,41	2,13			

Katılımcıların konuyla ilgili ön bilgileri ile çizimlerinin ayrıntılık puanları ve yine bilimsel yaratıcılıkları ile çizimlerinin ayrıntılık puanları arasında anlamlı derecede korelasyon bulunmuştur ( $p < 0,05$ ; Tablo 7).

Tablo 7. Çizimlerinin Ayrıntılıklarının Ön Bilgiler ve Bilimsel Yaratıcılık ile Korelasyonları

	Öğrenci çizimlerinin ayrıntılığı	
	r	p
Maddelerin ayrılması ön bilgi testi	0,41	0,02
Bilimsel yaratıcılık ölçeği	0,27	0,04

Çalışmada birden çok bağımsız değişkenle çalışıldığından ve bazı değişkenlerinin etkisinin kontrol altına alınması amaçlandığından istatistiksel teknik olarak ANCOVA kullanılmıştır. Öğrencilerin maddelerin ayrılması konusundaki, submikroskopik düzeydeki imgelemelerini yansıtan çizimlerinin ayrıntılığına; aralarında anlamlı korelasyon bulunan konuyla ilgili ön bilgileri ve bilimsel yaratıcılıkları kontrol altına

alındığında, bilimsel yaratıcılığı destekleyen yapılandırmacı öğretimin, geleneksel öğretime göre daha etkili olduğu belirlenmiştir ( $p < 0,05$ ; Tablo 8).

Tablo 8. *Katılımcıların Çizim Ayrıntılıklarına Öğretim Yönteminin Etkisini Gösteren ANCOVA Tablosu*

Kaynak	Type III Karelerin Toplamı	SD	Karelerin Ortalaması	F	p	Kısmi Eta <sup>2</sup>
Doğrulanmış model	116,31	3	38,77	10,03	0,00	0,36
Kesişim	0,02	1	0,02	0,00	0,95	0,00
Ön bilgiler	68,25	1	68,25	17,65	0,00	0,25
Bilimsel yaratıcılık	17,50	1	17,50	4,52	0,04	0,08
Öğretim Yöntemi	32,62	1	32,62	8,43	0,00	0,14
Hata	204,96	53	3,87			
Toplam	3641,00	57				
Doğrulanmış Toplam	321,26	56				

$R^2 = 0,362$

Tablo 8 incelendiğinde araştırmaya dâhil edilen değişkenlerin, çizim ayrıntılıklarıyla ilgili varyansın önemli bir kısmını açıkladığı görülebilir ( $R^2 = 0,37$ ).

### Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada bilimsel yaratıcılığı destekleyen yapılandırmacı öğretimin, maddelerin ayrılması konusundaki submikro düzeydeki öğrenci çizimlerinin ayrıntılılığına etkisi incelenmiştir. Öğrencilerin kendi çizimlerini oluşturmuşlar ve bu çizimler, maddenin tanecikli-boşluklu yapı modeline uygun ayrıntılar içermesine göre puanlanmıştır. Maddelerin ayrılması konusunda yapılan önceki çalışmalarda öğrencilerin çizim yapması yerine, verilen çizim seçenekleri arasından uygun olanı seçmeleri istenmektedir (Sanger, 2000; Stains & Talanquer, 2007). Madde submikroskopik düzeyde algılanması nedeniyle imgelemesi hayalgücünü gerektirdiğinden, öğrencilerin kendi çizimlerini oluşturmaları, durumun açık uçlu yapısına daha uygundur. Alanyazın incelendiğinde özellikle hayal gücü ve yaratıcı düşünmeyle ilgili çalışmalarda öğrencilerin imgelerini çizim yaparak ortaya koymaları tercih edilen bir yöntem olduğu görülebilir (Bland, 2012).

Çizim yaparak ilgili konudaki submikroskopik düzeydeki imgelerini ortaya koyan katılımcıların, ön bilgileri, imgelerinin ayrıntılılığını en iyi açıklayan değişken olmuştur. Algılamada, dikkatte ve öğrenmede mevcut bilginin önemi büyük olduğundan (Reisberg, 2010), ön bilgileri fazla olanların imgelerinin daha ayrıntılı olacağı beklenen bir sonuçtur. Önceden algılanmamış durumların düşünmesinde, alan bilgisinin uzaysal düşünmeden daha fazla rol üstlendiği (Nersessian, 2008) ve maddenin tanecikli doğasıyla ilgili zihinsel modellerini oluşturmada ön bilgilerinin etkili olduğu (Chittleborough, 2004) alanyazında da belirtilmektedir.

Ön bilginin yanında, öğrencilerin çizimlerinin ayrıntılılığı ile bilimsel yaratıcılıkları arasında da orta şiddette bir korelasyon belirlenmiştir. Yaratıcılıkla yakın ilişkili olan hayal gücünün bu düzeydeki imgelemede etkili olduğu bilinen bir durumdur (Al-Balushi, 2009). LeBoutillier ve Marks'ın (2003) yaratıcılık ile imgeler arasında zayıftan ortaya kadar farklı şiddetlerde korelasyon tespit eden çalışmalar olduğunu belirttiği dikkate alınacak olursa, bu çalışmada belirlenen orta şiddetteki korelasyonun dikkate değer olduğu söylenebilir.

İlişkinin zayıf çıkmak yerine orta şiddette çıkmasının nedeninin imgelemeye konu olan algılanamayan submikroskopik düzeyin hayal gücünü daha fazla gerektirdiği olabilir.

Çalışmada bilimsel yaratıcılığı desteklenmede, düşünme ile akademik öğrenmeyi tam bütünleşik olarak gören anlama akımı ve bu akımın benimsediği yapılandırmacı yaklaşım tercih edilmiştir (Harpaz, 2007). Bunun gereği olarak, konuyla ilgili kavramsal öğrenmeyi gerçekleştirirken Boden'in (2001) ifade ettiği psikolojik yaratıcılık tanımı çerçevesinde öğrenenin kendisi için yenilikçi ve duruma uygun üretimlerde bulunması esas alınmıştır. Katılımcıların önbilgileri ve bilimsel yaratıcılıkları kontrol altına alındığında, ilgili konunun bu çerçevede geliştirilen karma bir öğretim modeli olan BYDYÖM ile işlendiği gruptaki katılımcıların çizimlerinin geleneksel öğretimle işlenen gruba göre daha ayrıntılı olduğu belirlenmiştir.

Bu sonucun temel nedeni, özellikle uygulanan yaratıcı öğretim modeliyle öğrencilerin submikroskopik düzeyde hayal kurmalarının desteklenmesi ve hayallerini çizimle veya modelle ortaya koymalarına izin vererek geliştirmelerine yardımcı olunması olabilir (Sternberg & Sternberg, 2015). Hadzigeorgiou ve diğerlerinin (2012) belirttiği yaratıcı düşünmeyi destekleyen etkinliklerde genellikle gözden kaçırılan görsel/uzaysal düşünme bu çalışmada dâhil edilebilmiştir. Bunun yanında, yaratıcı problem çözmeyle sorunlara farklı yönlerden yaklaşımlarının ve sezgisel düşüncülerinin; iraksak düşünme teknikleriyle yeni kavramlar hakkında bellek geliştirmelerinin; analogi üretmek veya analogik ilişkileri belirleyerek yeni kavramları bildikleriyle ilişkilendirerek öğrenmelerinin katkıları olabilir.

Çalışmada bazı sınırlılıklardan bahsetmek mümkündür. Öncelikle geliştirilen öğretim modelinin; nispeten kısa süredeki, belirli bir konudaki ve belirli sayıdaki katılımcılar üzerindeki etkisi incelenmiştir. Daha kapsamlı çalışmalarda farklı sonuçlarla karşılaşılabilir. Yine de bir deneysel çalışma için, seçilen örneklem grubunun ve konunun, sonuçların güvenilirliğini olumlu etkilediği düşünülmektedir. Bunun yanında öğrencilerin yukarıda belirtilen nedenlerden ötürü uygulama öncesindeki çizimleri belirlenmesi de güvenilirliği düşüren bir durumdur. Katılımcı sayısı ve incelenen değişkenlerin toplam etki büyüklükleri bu durumu telafi etmektedir. Deney ve kontrol grubunun çizimlerindeki ayrıntılılık düzeyleri ve farkı, ele alınan alt konular açısından bir miktar değişkenlik göstermiş olabilir. Katılımcılar her alt konuda sadece birer örnek olgu hakkında çizim gerçekleştirdiklerinden, bu değişkenliğin alt konunun doğasından nasıl etkilendiği konusunda bir iddiada bulunmak zordur. Öğretim modelin farklı konulardaki etkisi, özellikle hayal gücünü daha fazla gerektiren konularda daha etkili olup olmayacağı belirsizdir. Bunun yanında öğretim modelinde yaratıcılığı destekleyen birçok yöntem ve tekniğe yer verildiğinden, bunların hangilerinin ne kadar etkili olduğu sorusu bu çalışmada cevaplandırılmamıştır. İleriki çalışmalar için özellikle, anlama akımı çerçevesinde geliştirilecek diğer yaratıcılığı destekleyici öğretim modellerinin, diğer konularda da uygulanarak öğrenci imgelerinin çeşitli özelliklerine etkilerinin araştırılması önerilebilir.

## Kaynaklar

- Adadan, E., Trundle, K. C., & Irving, K. E. (2010). Exploring grade 11 students' conceptual pathways of the particulate nature of matter in the context of multirepresentational instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(8), 1004-1035.
- Adbo, K., & Taber, K. S. (2009). Learners' mental models of the particle nature of matter: A study of 16-year-old Swedish science students. *International Journal of Science Education*, 31(6), 757-786.
- Akaygun, S., & Jones, L. L. (2013). Dynamic visualizations: Tools for understanding the particulate nature of matter. In *Concepts of matter in science education* (pp. 281-300). Springer Netherlands.
- Al-Balushi, S. M. (2009). Factors influencing pre-service science teachers' imagination at the microscopic level in chemistry. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 7(6), 1089-1110.
- Al-Balushi, S. M. (2013). The relationship between learners' distrust of scientific models, their spatial ability, and the vividness of their mental images. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 11(3), 707-732.
- Ardac, D. & Akaygun, S. (2005). Using static and dynamic visual to represent chemical change at molecular level. *International Journal of Science Education*, 27, 1269-1298
- Atkin, J. M., & Karplus, R. (1962). Discovery or invention?. *The Science Teacher*, 29(5), 45-51.
- Ausubel, D. P. (2012). *The acquisition and retention of knowledge: A cognitive view*. Springer Science & Business Media.
- Baer, J., & Kaufman, J. C. (2012). Can Teaching For Creativity and Teaching For Content Knowledge Mix?. In *Being creative inside and outside the classroom* (pp. 149-159), SensePublishers.
- Bland, D. (2012). Analysing children's drawings: applied imagination. *International Journal of Research & Method in Education*, 35(3), 235-242.
- Boddy, N., Watson, K., & Aubusson, P. (2003). A trial of the five Es: A referent model for constructivist teaching and learning. *Research in Science Education*, 33(1), 27-42.
- Boden, M. (2001). Creativity and knowledge. In A. Craft, B. Jeffrey, & M. Leibling (Eds.), *Creativity in education* (pp. 95-102). London: Continuum.
- Brooks, J. G. (1990). Teachers and students: Constructivist forging new connections. *Educational Leadership*, 47(5), 68-7.
- Bucat, B., & Mocerino, M. (2009). Learning at the sub-micro level: Structural representations. In *Multiple representations in chemical education* (pp. 11-29). Springer Netherlands.
- Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Scotter, P. V., Powell, J. C., Westbrook, A. & Landes, N. (2006). *The BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness, full report*. (Colorado: Office of Science Education National Institutes of Health).
- Chittleborough, G. D. (2004). *The role of teaching models and chemical representations in developing students' mental models of chemical phenomena*. Curtin University of Technology.
- Craft, A. (2001). Little c Creativity. in *Creativity in education*, London: Continuum.



- Craft, A. (2005). *Creativity in schools: Tensions and dilemmas*. Psychology Press.
- Craft, A., Horin, O. B., Sotiriou, M., Stergiopoulos, P., Sotiriou, S., Hennessy, S., ... & Dobrivoje, E. L. (2016). CREAT-IT: Implementing creative strategies into science teaching. In *New developments in science and technology education* (pp. 163-179). Springer International Publishing.
- Finke, R. A. (1990). *Creative imagery: Discoveries and inventions in visualization*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Goldstein, E. B. (2012). *Bilişsel psikoloji*. Kaknüs Yayınları.
- Hadzigeorgiou, Y., Fokialis, P., & Kabouropoulou, M. (2012). Thinking about creativity in science education. *Creative Education*, 3(5), 603.
- Harpaz, Y. (2007). Approaches to teaching thinking: Toward a conceptual map of the field. *Teachers College Record*, 109(8), 1845–1874.
- Herman, T. & Dahlan, J.A. (2016). The Enhancement of Students' Creative Thinking Skills in Mathematics through. *International Journal of Education and Research* 4(7), 347-360.
- Houtz, J. C., & Patricola, C. (1999). Imagery. *Encyclopedia of creativity*, 2, 1-11.
- Hu, W. & Adey, P. (2002). A scientific creativity test for secondary school students. *International Journal of Science Education*, 24, 389-404.
- Johnson, P. (2002). Children's understanding of substances, Part 2: Explaining chemical change. *International Journal of Science Education*, 24(10), 1037-1054.
- Kind, P.M. & Kind, V. (2007). Creativity in science education: Perspectives and challenges for developing school science. *Studies in Science Education*, 43: 1-37.
- Koray, Ö., & Köksal, M. S. (2009). The effect of creative and critical thinking based laboratory applications on creative and logical thinking abilities of prospective teachers. In *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching* 10(1), 1-13.
- Kosma, R., & Russell, J. (1997). Multimedia and understanding: expert and novice responses to different representations of chemical phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(9), 949-968.
- Kosslyn, S. M., Thompson, W. L., & Ganis, G. (2006). *The case for mental imagery*. Oxford University Press.
- LeBoutillier, N., & Marks, D. F. (2003). Mental imagery and creativity: A meta-analytic review study. *British Journal of Psychology*, 94(1), 29-44.
- Lee, M. K., & Erdogan, I. (2007). The effect of science–technology–society teaching on students' attitudes toward science and certain aspects of creativity. *International Journal of Science Education*, 29(11), 1315-1327.
- Limont, W. (2003). Creative imagination in science education. (In P., Csermely & L., Lederman (Eds), *Science education: Talent recruitment and public understanding*. (pp. 53-59). Budapest: IOS Press.
- Lin, C., Hu, W., Adey, P., & Shen, J. (2003). The influence of CASE on scientific creativity. *Research in Science Education*, 33(2), 143-162.
- Ma, H. H. (2009). The effect size of variables associated with creativity: A meta-analysis. *Creativity Research Journal*, 21(1), 30-42.

- Middleton, J. L. (1991). Student-generated analogies in biology. *The American Biology Teacher*, 53, 42–46.
- Nersessian, N. J. (2008). Mental modeling in conceptual change. *International handbook of research on conceptual change*, (pp391-416).
- Nickerson, R. S. (1999) Enhancing creativity. In R. J., Sternberg (Ed), *Handbook of creativity*. (pp. 392-430). New York: Cambridge University Press.
- Piaget, J (1973). *To understand is to invent: The future of education*. New York: Grossman Publishers.
- Pylyshyn, Z. W. (2003). *Seeing and visualizing: It's not what you think*. MIT Press.
- Rapp, D. N., & Kurby, C. A. (2008). The ‘ins’ and ‘outs’ of learning: Internal representations and external visualizations. In *Visualization: Theory and practice in science education* (pp. 29-52). Springer Netherlands.
- Reiner, M., & Gilbert, J. (2000). Epistemological resources for thought experimentation in science learning. *International Journal of Science Education*, 22(5), 489-506.
- Reisberg, D. (2010). *Cognition: Exploring the science of the mind*. WW Norton & Co.
- Runco, M. A. (2004). Creativity. *Annual Review of Psychology*, 55, 657–687.
- Sanger, M. J. (2000). Using particulate drawings to determine and improve students' conceptions of pure substances and mixtures. *Journal of Chemical Education*, 77, 762-766
- Savage, J., & Fautley, M. (2007). *Creativity in secondary education*. Learning Matter.
- Senemoğlu, N. (2007). *Gelişim öğrenme ve öğretim: Kuramdan uygulamaya*. Gönül Yayıncılık.
- Singer, J. L. (1999). Imagination. in *Encyclopedia of creativity*, 2, 13-25.
- Stains, M., & Talanquer, V. (2007). Classification of chemical substances using particulate representations of matter: An analysis of student thinking. *International Journal of Science Education*, 29(5), 643-661.
- Sternberg, R. J. & Lubart, L.A. (1999). The concept of creativity: prospects and paradigms. In R.J. Sternberg (Ed.) *Handbook of creativity* (pp.3-15). Cambridge: Cambridge University Press.
- Sternberg, R. J., & Sternberg, K. (2015). *Cognitive psychology*. Nelson Education.
- Talanquer, V. (2011). Macro, submicro, and symbolic: the many faces of the chemistry “triplet”. *International Journal of Science Education*, 33(2), 179-195.
- Thorsteinsson, G., & Page, T. (2007). Creativity In Technology Education Facilitated Through Virtual Reality Learning Environments A Case Study. *i-Manager's Journal of Educational Technology*, 3(4), 74.
- Treffinger, D. J. (2005). Creative problem solving: The history, development, and implications for gifted education and talent development. *The Gifted Child Quarterly*, 49, 342-353
- Tunnicliffe, S. D. & Reiss, M. J. (1999). Students’ understandings about animal skeletons. *International Journal of Science Education*, 21, 1187-1200
- Valanides, N. (2000). Primary student teachers’ understanding of the process and effects of distillation. *Chemistry Education Research and Practice*, 1(3), 355-364.

Van Meter, P. & Garner, J. (2005). The promise and practice of learner-generated drawing: Literature review and synthesis. *Educational Psychology Review*, 17, 285-325

Van Meter, P., Aleksic, M., Schwartz, A., & Garner, J. (2006). Learner-generated drawing as a strategy for learning from content area text. *Contemporary Educational Psychology*, 31, 142-166.

Wong, E. D. (1993). Understanding the generative capacity of analogies as a tool for explanation. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 1259-1272.

Zeutoun, H. H. (1984). Teaching scientific analogies: A proposed model. *Research in Science and Technological Education*, 2, 107-125

### **Extended Abstract**

#### The Objective and Importance of the Study

One of the primary goals of science education is to help students construct suitable mental representations about scientific concepts. Students' composing and converting the mental representations of the concepts such as atoms, reactions and bonds that include perceptive modes of the sub-microscopic level of the matter cannot be simply explained by the concept of mental imagery, which is performed by retrieving the perceptual records in the memory, since the students are not capable of perceiving this level. Instead, students need a certain amount of imagination when inferencing in sub-microscopic level based on their observations of the macroscopic level by reasoning or improving their understanding using the information they have gained about the sub-microscopic level.

Since imagination is about generate new situations that have not previously been perceived, it has been tackled in the context of creativity in literature. There have been studies demonstrating that there are weak-moderate correlations between creativity and imagery. In another study, the factors that affect imagery at the sub-microscopic level are listed as the state of the images recorded in memory, attention and imagination.

Most students find it difficult to understand the concepts expressed at sub-microscopic and symbolic levels. It was observed that the studies which examine students' understanding of the sub-microscopic level of the matter usually investigated students' mental models and attempted to show their comprehension based on their drawings.

Drawings have been regarded as the most effective way to demonstrate images. In literature, there have been studies that classify students' drawings, divide them by levels and score their accuracy. The scoring of students' drawings vary according to the objectives of their work. The classification and separation of substances is one of the topic that determine students' understanding of the sub-microscopic level of the matter. There are a limited number of studies investigating this topic.

This study is important because it brings together students' images of the unobservable (sub-microscopic) structure of the matter and scientific creativity. Although there have been some studies of the relation between imagery and creativity, particularly in the area of cognitive psychology, there have been no studies conducted in the area of science education. Researchers have approached students' drawings of this level of the matter in the context of demonstrating their understanding. The importance of imagination and creativity on this subject has been accepted; however, it is still a neglected area of study. In addition, choosing the topic of the separation of substances with the purpose of examining students' drawings of the sub-microscopic structure of the matter makes it possible to tackle both the compound of substances, which is important to science educators, and the physical and chemical separation, on which a very limited number of studies have been conducted.

The purpose of this study was to investigate the effect of a constructivist instructional method that supports scientific creativity on the elaborateness of students' drawings that depict their sub-microscopic images of the separation of substances when their prior knowledge about topic and scientific creativity on the subject are controlled.

#### Methodology

The study was conducted with 57 ninth grade students who took chemistry class in an Ankara high school in two separate classrooms in academic year 2007-08. One of these classrooms was randomly selected as the experimental group and the other as the control group. There were 29 students in the experimental group and 28 in the control group. This is a quasi-experimental study. The topic of separation of substances was taught to the experimental group for ten hours using Constructivist Instructional Model that Supports Scientific Creativity (CIMSSC), and the control group was taught the same topic, also for ten hours, using the traditional teaching approach (TTA). The CIMSSC consisted of recalling the preliminary information, generating ideas, analogical thinking, imagination, transfer and evaluation. In the design of the instructional model, the study used the 5E learning circle, creative problem solving, and the model that students' used to generate analogies and imagination. The steps of this design included creative instructional techniques such as brainstorming, drawing, role playing and synectics.

The researchers used pencil and paper questionnaires to assess students' prior knowledge about the topic, scientific creativity and the elaborateness of their drawings. The participants made drawings that reflected their sub-microscopic images of this topic only once, after the instruction. The students were asked to express the images of their sub-microscopic information on the separation of substances with three drawings. They had not made these drawings in any lesson, and they were supposed to make the drawings using the images related to the topic (e.g. particle, mixture, separation). The drawings were of these sub-topics: the composition of the matter, physical separation and chemical separation. The participants' drawings were

independently analyzed by two researchers. It was determined that the drawings, which were of the three sub-topics, had three dimensions each, and each one of the dimensions had certain qualities. The researchers used the qualities that the drawings had in each of the three dimensions to determine to what level the drawings included details that fit the scientific model.

## Results

When the participants' scores on their drawings were analyzed, it was identified that the students in the experimental group had higher mean scores on elaborateness than the students in the control group did. In addition, there were significant correlations between the participants' prior knowledge about the topic and their scores on the elaborateness of their drawings, as well as their scientific creativity and the scores on the elaborateness of their drawings.

The study found that the constructivist instruction that supported scientific creativity was more effective on the elaborateness of the students' drawings that depict their sub-microscopic images of the separation of substances than the traditional instruction. It was also observed that the variables included in the study explained an important part of the variance of the elaborateness of the drawings.

## Discussion and Conclusion

This study took into consideration several methods and techniques and successfully designed and applied a mixed instructional design that fit the constructive learning approach. An analysis of the instructional practices that support creative thinking in science education indicated that educators mostly prefer a specific creative instruction method such as creative problem solving, brainstorming and creative drama, or they focused on improving a specific creative performance such as product development or generating analogies. The researchers believe that the basic difference of this model is its comprehensiveness and the fact that it easily integrates with the goals of the subject area.

Participants' drawings that depict their sub-microscopic images of the separation of substances were scored based on whether they included details that fit the scientific model. Some studies in this subject area asked students to decide on what they would draw. In this study, students made their own drawings. It was determined that the mean score for elaborateness of the drawings made by the students who were taught using CIMSSC were higher than the group which was taught using the traditional teaching method. This might have been caused by the fact that the creative instruction model encouraged students to imagine at the sub-microscopic level and helped them improve their imaginations by allowing them to demonstrate their imaginations through drawing or models. Thus, this study included visual/spatial thinking, which is usually not included in activities that support creative thinking. In addition, it might help if students approached issues using creative problem solving and by thinking intuitively, improving their memories of new concepts

using divergent thinking techniques, and learn by building analogies and by determining analogical relations, and correlating new concepts with what they had known beforehand.

Participants' prior knowledge about the topic was the variable that best explained the elaborateness of their images. It was expected that the students with more prior knowledge would provide more elaborate images. Existing knowledge is very important in perception, attention and learning. It has been stated in the relevant literature that students' prior knowledge is effective in creating mental models of the particulate structure of the matter, and knowledge about the subject area plays a greater role than spatial thinking in imagining situations that had not been perceived before.

It was also found that participants' scientific creativity made meaningful contribution to their images. This result supports the correlation between creativity and imagery shown in literature. The studies on this subject have demonstrated that there are correlations between creativity and images that range from weak to moderate. This study also found that there was an almost moderate correlation between the two variables. The reason that the correlation was not very weak might be that the non-perceivable (sub-microscopic) level requires more imagination.

There are some limitations of this study. First of all, the study examined the effect of the newly-designed instructional model on a certain number of participants in a relatively short period of time on a particular subject. It is probable that more extensive studies would reach different results. The researchers still believe that the selected sample and subject made a positive effect on the reliability of the results for an experimental study. Moreover, it also reduced reliability in that students decided on their own drawings before implementation, because of the reasons stated above. The number of participants and the total effect size of the variables examined in the study compensate for this. The researchers suggest that any future studies implement the instructional models supporting creativity, which were implemented in this study and to be further developed later on, and investigate their effects on different aspects of students' images.