



Investigation of Prospective Teachers' Scientific Reasoning for Determining the Heat of an Unusual Reaction

Hakkı KADAYIFÇI ¹

¹ Gazi University, Gazi Faculty of Education, Division of Chemical Education, Ankara, hakki@gazi.edu.tr, <http://orcid.org/0000-0001-5063-1853>

Received : 30.08.2019

Accepted : 15.06.2020

Doi: 10.17522/balikesirnef.613355

Abstract – Students' evaluation of findings that do not match hypotheses they have established based on their current understanding and at the same time do not expect has an important role in their conceptual changes in inquiry activities. One of the issues that may encounter unexpected findings is the issue of chemical energy. Most students believe that spontaneous reactions will be exothermic, and that endothermic reactions can occur by external heating. In this study, the scientific reasoning of the prospective teachers who participated in an inquiry-based experiment about deciding the heat of a spontaneous endothermic reaction as a rare phenomenon in daily life was examined. The study was conducted with 58 prospective teachers in the first year of a faculty of education. The data were collected from prospective teachers' experiment sheets and interviews . When the hypotheses established by the participants and their decisions about the heat of the reaction were examined, it was determined that some of them exhibited consistent scientific reasoning, while many showed confirmation bias; while some of them changed their alternative understanding, most of them did not. Based on these results, it may be suggested to conduct studies examining the scientific reasoning of learners towards different phenomenon.

Key words: chemical energy, heat of reaction, scientific reasoning, unexpected finding, inquiry.

Corresponding author: Hakkı KADAYIFÇI, Gazi Faculty of Education, Division of Chemical Education, Ankara
(A part of this study was presented at the 6th National Chemistry Education Congress)

Summary

Introduction

In the conceptual changes of students, it is important to evaluate the unexpected findings that they face in inquiry activities. The scientific reasoning of the students is an area that

deserves attention. The analysis of reactions to unexpected findings is generally addressed from the perspectives of cognitive problem solving and conceptual change.

One of the chemistry topics that students can obtain unexpected findings is the energy change in chemical reactions. The idea of “exothermic reactions are spontaneous but endothermic reactions are not spontaneous” is a non-scientific alternative understanding that many students have. However, there are chemical reactions that falsify this judgment. In the previous researches, it was determined that most of the participants who thought that the endothermic reaction was not spontaneous before the experiment changed their minds and decided that the reaction was spontaneous.

The aim of this study is to investigate the scientific reasoning of prospective teachers about the heat of spontaneous-endothermic reaction as a rare phenomenon in daily life.

Methodology

This research was carried out in the Basic Chemistry Laboratory course, one of the course of a first-class Faculty of Education in Turkey. The study included 58 prospective teachers from the science field participating in the experiment called “Determination of the heat of an acid-base reaction”. The experiment was processed with a structured inquiry method. In the research, (i) participants' experiment sheets (ii) interviews with participants were used as data collection tools.

The reaction in the experiment was carried out by stirring the reagents at room temperature and the temperature decreased during the reaction. The students who carried out the experiment presented their preferred scientific reasoning and their views on these reasoning. For this purpose, first of all, the hypotheses before the experiment and the decisions they reached with the evaluation of the data were determined from the analysis of the experiment reports. Then, the types of scientific reasoning consisting of hypothesis and data evaluation were defined. Some of the data obtained from interviews were used to explain the types of reasoning determined.

Results and Discussion

Three types of reasoning were identified in the participants: (i) changing the belief in reaction heat with consistent scientific reasoning; (ii) maintaining an alternative heat-temperature model with consistent scientific reasoning; and (iii) maintaining the belief in the reaction heat by confirmation bias.

About half of the study group believed that the reaction would be exothermic and expected that the temperature would rise. For these participants, the measurement of the temperature drop was an unexpected finding. Some of the participants who measured that the temperature had

dropped, although they expected the temperature to rise, changed their hypothesis about the heat of reaction appropriately, ie from exothermic to endothermic. The majority adhered to the belief that the reaction should be exothermic, and argued that the temperature drop showed that the reaction was still exothermic. Changing the current understanding, conceptual change, was a challenging process for prospective teachers trying to evaluate unexpected findings on their own.

In an another study, most of the participants who evaluated the unexpected finding of spontaneously changed their hypothesis about the spontaneously of the reaction. In contrast, it was found that most participants did not change their hypothesis about the heat of the reaction in this study. Confirmation bias was often encountered in determining the temperature of the reaction. This result demonstrates to some extent the conditional nature of scientific reasoning.

Öğretmen Adaylarının Sıra Dışı Bir Tepkimenin Isısını Belirleme Konusunda Sahip Oldukları Bilimsel Muhakemelerinin İncelenmesi

Hakkı KADAYIFÇI ¹

¹ Gazi Üniversitesi, Gazi Eğitim Fakültesi, Kimya Eğitimi Anabilim Dalı, Ankara, hakki@gazi.edu.tr, <http://orcid.org/0000-0001-5063-1853>

Gönderme Tarihi: 30.08.2019

Kabul Tarihi: 15.06.2020

Doi: 10.17522/balikesirnef.613355

Özet – Öğrencilerin mevcut anlayışlarına dayalı olarak kurdukları hipotezlerle uyuşmayan ve aynı zamanda beklemedikleri bulguları değerlendirmelerinin, onların sorgulayıcı araştırma etkinliklerindeki kavramsal değişimlerinde önemli yeri vardır. Beklenmedik bulgularla karşılaşılacak konulardan biri kimyasal enerji konusudur. Öğrencilerin çoğu istemli tepkimelerin ekzotermik olacağına, endotermik tepkimelerin ise dışarıdan ısıtmayla gerçekleşebileceğine inanmaktadır. Bu çalışmada günlük hayatta sık karşılaşılmayan bir olgu olarak istemli endotermik bir tepkimenin ısısına karar vermeyle ilgili bir sorgulayıcı araştırma deneyine katılan öğretmen adaylarının bilimsel muhakemeleri incelenmiştir. Çalışma bir eğitim fakültesinin birinci sınıfındaki 58 öğretmen adayı ile gerçekleştirilmiştir. Veri toplamada öğretmen adaylarının deney föylerinden ve onlarla gerçekleştirilen görüşmelerden faydalanılmıştır. Katılımcıların kurdukları hipotezler ve tepkimenin ısıyla ilgili kararları incelendiğinde, bazılarının tutarlı bilimsel muhakemeler sergilerken birçoğunun doğrulama yanlılığı gösterdiği; yine bir kısmının alternatif anlayışlarını değiştirirken, çoğunun değiştirmediği belirlenmiştir. Bu sonuçlara dayanarak, öğrencilerin farklı olgular karşısındaki bilimsel muhakemelerinin inceleneceği çalışmaların yapılması önerilebilir.

Anahtar kelimeler: kimyasal enerji, tepkime ısısı, bilimsel muhakeme, beklenmedik bulgular, sorgulayıcı araştırma.

Sorumlu yazar: Hakkı KADAYIFÇI, Gazi Üniversitesi, Gazi Eğitim Fakültesi, Kimya Eğitimi Anabilim Dalı, Ankara (Bu çalışmanın bir kısmı 6. Ulusal Kimya Eğitimi Kongresi'nde sunulmuştur)

Giriş

Doğal olguları açıklamak amacıyla geliştirilen bazı bilimsel modeller, yetersiz veya ayrıntısız gözlemlerle sağduyuya dayalı olarak geliştirilen gündelik modellerden farklı olabilmektedir (Treagust, Chittleborough & Mamiala, 2002). Örneğin dünya ve güneşin hareketleriyle ilgili olan bilimsel model, güneşin her gün doğduğunun ve battığının gözlenmesi sonucu geliştirilen güneşin dünyanın etrafında döndüğü modelden farklıdır. Yine yanma

olayında alev, ısı, gaz çıkışıyla birlikte kalan maddenin miktarının azaldığının gözlemlenmesi; maddenin havadaki oksijenle etkileştiği yönündeki bilimsel modelden farklı olarak, maddenin yanan bileşeninin (filojiston) uzaklaşıyor olduğu sanısına yol açabilmektedir (BouJaoude, 1991).

Bilim tarihi incelendiğinde, bu tür gündelik algılayışla uyuşmayan bilimsel modellerin geliştirilmesinde Kuhn'un (2012) da belirttiği gibi anomalilerin, yani mevcut anlayışla açıklanamayan beklenmedik gözlemlerin önemli rolü olduğu görülür. Mevcut teoriye dayalı olarak ortaya atılan hipotezle uyuşmayan bu gözlemler; o teorinin revize edilmesinin yanında bazen de daha güçlü ve tamamen yeni teorilerin geliştirilmesine dayanak olurlar. Örneğin, Galileo'nun Jüpiter'in uydularını gözlemlemesi dünya merkezli sistemin yerini güneş merkezli sisteme bırakmasına öncülük etmiştir. Filojiston teorisinin oksijen teorisiyle yer değiştirmesi sürecinin, metallerin alevde ısıtıldığında kütlelerinin arttığı ölçülmesiyle başladığı söylenebilir. Bir başka deyişle yeni model geliştirmede veya eski modeli devam ettirmede araştırmacının beklenmedik bulguları değerlendirme yaklaşımı kritik öneme sahiptir.

Bilim insanları çalışmalarını yürütürken birçok kere beklenmedik bulgularla karşı karşıya kalırlar (Dunbar, 2001). Okullardaki sorgulayıcı araştırma etkinlikleri, otantik bilimsel araştırmalardaki bilgi üretme sürecinin okul bilimine yansımaları olarak görülmesine rağmen, öğrencilerin bu tür etkinliklerde benzer sıklıkta beklenmedik bulgularla karşılaştıklarını ve değerlendirdiklerini söylemek güçtür (NRC, 1996). Bilimdeki teori değişimlerinde olduğu gibi öğrencilerin kavramsal değişimlerinde, onların sorgulayıcı araştırma etkinliklerinde beklenmedik bulguları değerlendirmelerinin önemli rolü vardır.

Öğrenciler sorgulayıcı araştırma etkinliklerinin hemen her aşamasında bilimsel muhakemelerde bulunurlar. Bilimsel muhakeme, hipotezlerin üretilmesini ve bu hipotezlerin sistematik olarak test edilmesini içeren bir akıl yürütme türü olarak tanımlanmaktadır (VandenBos, 2015). Hipotez kurma, deney tasarlama ve delilleri değerlendirme bilimsel muhakemenin aşamaları olarak nitelenir (Klahr, 2005). Öğrencilerinin yeni model üretme potansiyeline sahip beklenmedik bulguları sorgulayıcı araştırma etkinliklerinde ele alma yollarının, gerçekleştirdikleri bilimsel muhakemeler bağlamında ortaya konulması daha fazla dikkati hak eden bir alan olarak karşımıza çıkmaktadır.

Öğrencilerinin Beklenmedik Bilimsel Bulgulara Tepkileri

Beklenmedik gözlemler karşısındaki tepkilerin incelenmesi genellikle bilişsel problem çözme ve kavramsal değişim bakış açılarıyla ele alınmaktadır. Klahr ve Dunbar (1988) bilişsel

yaklaşımı temel alan problem çözme bakış açısıyla bilim insanlarının ve öğrencilerin bu tür bulgular karşısında tercih ettikleri problem çözme yöntemleri (höristikler) üzerinde çalışmalar yapmışlardır. Çalışmalarını İkili Arama Olarak Bilimsel Keşif (İAOBK) adını verdikleri teorileriyle çerçevelemişlerdir. Bu teoriye göre beklenmedik gözlemlerle karşılaşıldığında durumu açıklamak amacıyla metodik (deneysel) ve teorik uzay olarak üzere iki problem çözme uzayına başvurulmaktadır. Problem çözümünde en çok karşılaşılan höristik, beklenmedik bulgular karşısında mevcut teoriyi destekleyen deliller aranması (doğrulama yanlılığı) olmaktadır. Mevcut hipotezle uyuşmayan bulgular karşısında, hipotezi değiştirme höristiğine ise daha az başvurulmakta olup, bu höristiğin kullanılması deneyimle artmaktadır (Dunbar, 1995).

Diğer yandan daha yakın tarihlerde fen eğitimi alanında, öğrencilerin beklenmedik bulgular karşısındaki tepkileri, mevcut teorinin yanında uyumsuz bulguyu açıklayıcı olan yeni teorinin de sunulduğu çalışmalarda, kavramsal değişim paradigmasıyla incelenmiştir. Bu çalışmalar, öğrencilerin beklenmedik bulgular karşısında bulguyu görmezden gelmeden, reddetmeden, kavramsal değişim sergilemeye kadar çeşitli tepkiler verdiğini göstermektedir (Chinn & Brewer, 1988). Bu yaklaşımı temel alarak, dinazorların yok olması (Chinn & Brewer, 1992), cisimlerin düşmesi (Chinn & Malhotra, 2002), elektroliz (Park, 2001), dünyada yaşamın başlaması (Limón & Carretero, 1997), piramitlerin inşası (Mason, 2000) gibi konularda öğrencilerle çalışmalar yürütülmüştür.

Öğrenciler açısından beklenmedik bir bulgu olabilecek kimya alanından bir örnek olarak kükürt elementinin mol kütlesi verilebilir. Ortaöğretim öğrencilerin çoğu kimya derslerinde moleküler element olarak iki atomlu (H_2 , I_2 gibi) ve üç atomlu (O_3 gibi) elementlere tanık olmaktadır. Gerçekleştirdikleri deneyde kükürt elementinin mol kütlesini, atom kütlesinin sekiz katı olarak belirleyen öğrenciler için bu durum beklenmedik bir bulgu olabilmektedir. Kadayıfci (2017) böyle bir bulgu karşısında öğrencilerin çoğunun bulguyu geçerli kabul etmediğini, bulgunun deney hatalarından veya kükürtün mol kütlesini belirlemede kullanılan metottaki sorunlardan kaynaklandığını belirttiklerini ortaya koymuştur.

Tepkime Isısı Hakkındaki Öğrenci Görüşleri

Kimyasal tepkimelerde enerji değişimi; öğrencilerin anlamakta güçlük yaşadığı kimya konularından biridir. Çoğu öğrenci, gerçekleşen bir tepkimenin endotermik veya ekzotermik oluşuna karar vermede zorlanmaktadır (Goedhart & Kaper, 2002). Bunun yanında tepkimedeki enerji değişiminin kaynağını iç enerji, kimyasal türler, sistem-çevre etkileşimi gibi yönlerden açıklamada oldukça zayıftırlar (Nilsson & Niedderer, 2014).

Her ne kadar öğrenciler enerji konusunu anlamakta güçlük yaşasa da bu konuda öğrencilerin mevcut anlayışlarıyla uyuşmayan beklenmedik gözlemler yapabilmeleri olasıdır. Kimyasal termodinamik konusundaki “endotermik tepkimeler istemsiz, ekzotermik tepkimeler istemlidir” düşüncesi, birçok öğrencinin sahip olduğu (Boo, 1998; Sözbilir & Bennett, 2006; Thomas & Schwenz, 1998) ve fen eğitimcilerince uzun zamandır bilinmekte olan (Johnstone, MacDonald & Webb, 1977) bilimsel olmayan alternatif bir anlayıştır. Oysaki bu yargıyı yanlışlayan kimyasal tepkimeler de bulunmaktadır.

İstemlilik ile tepkime ısısı arasında ilişkinin kurulduğu bu alternatif anlayış, öğrencilerin günlük hayatta tanık oldukları birçok olay tarafından desteklenmektedir. Örneğin günlük hayattan bilinen yanma gibi kendiliğinden gerçekleşen birçok olayda çevreye ısı verilmektedir. Yine öğrenciler yemek pişirme, ayrışma tepkimeleri gibi birçok endotermik olayın dışarıdan ısı verildiği sürece gerçekleştiği, ısı verilmesi durdurulunca değişimin de durduğuna tanık olmuşlardır.

Aynı zamanda bu anlayış öğrencilerin enerjisiyle ilgili olarak, ilk yaşlarından beri sezgilerine dayalı olarak geliştirdikleri modelleriyle de desteklenmektedir. Çoğu zaman bir şeylerin kendiliğinden azalması doğal karşılanırken, artması için ise gayret sarf etmek gerekir. Enerji için de durumun böyle olduğu düşünülür. Örneğin bir taş kendiliğinden yere düşerken kendiliğinden yukarı çıkmaz, yukarı çıkarmak için harici bir etkene ihtiyaç vardır. Kendiliğinden maddenin enerji alması sezgilere ters gibi durmaktadır. Buradan öğrenciler özellikle endotermik tepkimelerin gerçekleştirilmesindeki yürütücü kuvvetin harici bir etken olarak ısı olduğu sonucuna varırlar (Boo, 1998; Kesidou and Duit 1993). Bu gibi nedenlerle istemli-endotermik bir tepkime birçok öğrenci için beklenmedik bir olgu olabilmektedir.

Endotermik istemli bir tepkime karşısında öğrencilerin tepkilerinin araştırıldığı bir çalışma Kadayıfçı (2018) tarafından gerçekleştirilmiştir. İlgili çalışmada tahmin et-gözle-açıkla etkinliğine katılan öğrencilerden, endotermik olduğu belirtilen bir tepkimenin istemli olup olamayacağıyla ilgili tahminleri alınmıştır. Katılımcıların % 67’si tepkimenin istemsiz olacağı tahmininde bulunmuştur. Katılımcılar reaktiflerin karıştırılmasıyla tepkimenin gerçekleştiğini gözlemlemişlerdir. Deneyin öncesinde tepkimenin istemsiz olacağı tahmininde bulunan katılımcıların % 76’sı fikirlerini değiştirerek tepkimenin istemli olduğuna karar vermiştir. Tahminleriyle uyuşmayan gözlemler, katılımcıların tepkimenin istemliliği konusundaki fikirlerini değiştirmede önemli oranda etkili olmuştur.

Çalışmanın Önemi

- Alan yazında birçok öğrencinin ekzotermik tepkimelerin istemli, endotermik tepkimelerin ise istemsiz olduğunu düşünüldüklerinin ortaya konulması;
- Kadayıfci'nin (2018) mevcut anlayışlarıyla uyuşmayan beklenmedik gözlem karşısında öğrencilerinin çoğunun endotermik bir tepkimenin istemliliği konusundaki fikirlerini değiştirdiklerini belirlemesi;
- bunun yanında yine alanyazında birçok öğrencinin tepkimelerin ısısına (ekzotermik veya endotermik) karar vermede güçlük çektiğinin belirtilmesi;

gerçekte istemli ve endotermik olan bir tepkime durumunda, beklenmeyen gözlemler karşısında öğrencilerin tepkimenin ısısı (ekzotermik veya endotermik) konusunda nasıl kararlar vereceği sorusunu akla getirmektedir.

Bu sorunun yanıtlanmasıyla; öğrencilerin kimyasal tepkimelerin ısısı konusundaki anlayışlarını ortaya koymanın yanında; kavramsal değişimleri açısından bilimsel bilgiyi inşa etme süreçlerinde beklenmedik bulguları değerlendirme yöntemleri ve bilimin doğasını öğrenmeleri açısından da bilimsel araştırmalarla beklenmedik bulguları değerlendirerek yenilikçi model geliştirmeye bakış açılarını ortaya koyma konularında birtakım çıkarımlara ulaşılabilir.

Çalışmanın Amacı

Bu çalışmada; günlük hayatta nadir karşılaşılan bir olgu olarak istemli endotermik bir tepkimenin ısısı hakkında öğretmen adaylarının bilimsel muhakemelerinin (hipotez kurma ve veri değerlendirme) incelenmesi amaçlanmaktadır. Çalışmada aşağıdaki araştırma sorularına yanıt aranmaktadır:

1. Oda sıcaklığındaki reaktiflerin karıştırılmasıyla gerçekleşen ve sıcaklığın düştüğü bir tepkimedeki enerji değişimi, sorgulayıcı araştırma etkinliğini gerçekleştiren katılımcılar tarafından hipotez kurma ve veri değerlendirme bağlamında nasıl algılanmaktadır?
2. Tepkimenin enerji değişimiyle ilgili olarak deney öncesi kurulan hipotezlerden ve deney sonrası kararlardan ne tip muhakemeler ortaya çıkmaktadır?
3. Katılımcıların kendi bilimsel muhakemeleri hakkındaki görüşleri nasıldır?

Yöntem

Katılımcılar

Araştırma; Türkiye’deki bir Eğitim Fakültesinin birinci sınıf derslerinden biri olan Temel Kimya Laboratuvarı dersindeki, yapılandırılmış sorgulayıcı araştırma yöntemiyle işlenen bir asit baz tepkimesinin ısıısının belirlenmesi isimli deneye katılan fen alanı öğretmen adaylarıyla gerçekleştirildi. İlgili ders Fizik Eğitimi programında güz, Kimya Eğitimi programında ise bahar dönemlerinde yer almaktadırlar. Katılımcı sayısını artırmak amacıyla çalışma bir dönem yerine 2017-2018 öğretim yılı bahar döneminden, 2018-2019 öğretim yılı bahar dönemine kadar olmak üzere üç dönem sürdürüldü. Çalışmaya Fizik (1. grup, N:18) ve Kimya (2. grup, N:19 ve 3. grup N:21) Eğitiminden olmak üzere toplam 58 öğretmen adayı katıldı. Çalışma gruplarının belirlenmesinde seçkisiz olmayan örnekleme yöntemlerinden biri olan uygun örnekleme yöntemi kullanıldı. Tüm gruplar, ilgili deneyi gerçekleştirmeden önce Genel Kimya dersinde tepkime ısıısı konusunu işlemişlerdi. Çalışmanın gerçekleştirildiği dersin yarıyılı ve öğretmen adaylarının dalları çalışma gruplarında farklılaşmaktaydı.

Çalışma gruplarının özelliklerinden kaynaklı faktörlerin çalışmada ele alınan değişkenlere etkisinin olup olmadığı istatistiksel olarak kontrol edildi. Tepkime hakkındaki deney öncesi ve sonrası katılımcı görüşlerinin çalışma gruplarında farklılaşıp farklılaşmadığını belirlemek için chi-square testi yapıldı (Tablo 1).

Tablo 1 Çalışma Gruplarının Deney Öncesi ve Sonrası Görüşlerinin Dağılımını Gösteren Chi-Square Testi Sonuçları

<i>Deney öncesi tepkime ısıısı inançları</i>	Gruplar	<i>N</i>	<i>Esnek</i>	<i>Katı</i>	χ^2	<i>df</i>	<i>p</i>
	<i>1. grup</i>	18	4	14	3,706	2	0,157
	<i>2. grup</i>	19	1	18			
	<i>3. grup</i>	21	6	15			
	<i>Toplam</i>	58	11	47			
<i>Deney öncesi ısıısı-sıcaklık ilişkisi modelleri</i>	Gruplar	<i>N</i>	<i>Uygun</i>	<i>Alternatif</i>	χ^2	<i>df</i>	<i>p</i>
	<i>1. grup</i>	18	13	5	4,649	2	0,098
	<i>2. grup</i>	19	11	8			
	<i>3. grup</i>	21	8	13			
	<i>Toplam</i>	58	32	26			
<i>Deney sonrası tepkime ısıısı kararları</i>	Gruplar	<i>N</i>	<i>Endotermik</i>	<i>Ekzotermik</i>	χ^2	<i>df</i>	<i>p</i>
	<i>1. grup</i>	18	3	15	0,044	2	0,978
	<i>2. grup</i>	19	3	16			
	<i>3. grup</i>	21	3	18			
	<i>Toplam</i>	58	9	49			

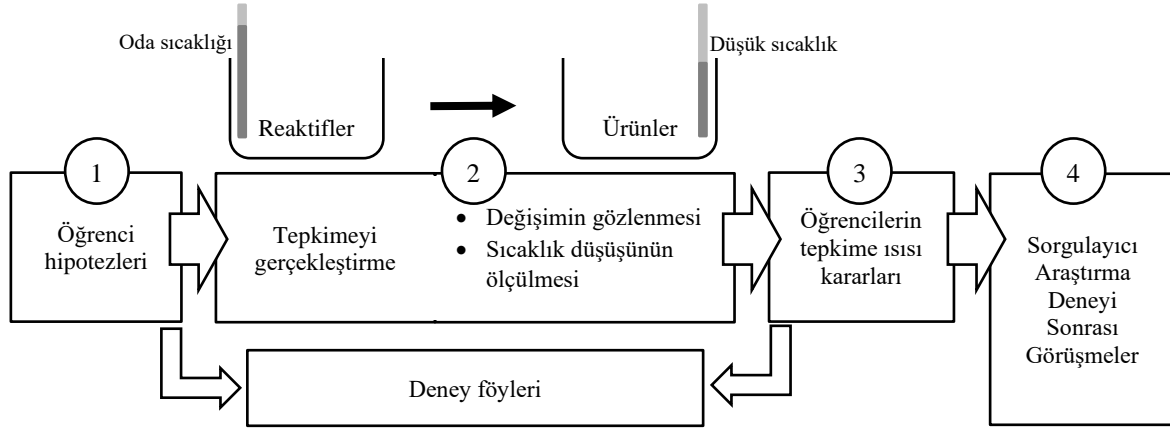
Çalışma grupları deney öncesinde tepkime ısısı inançları (esnek veya katı) ($\chi^2(2) = 3,706$; $p > 0,05$) ve ısı-sıcaklık ilişkisi modelleri (uygun veya alternatif) ($\chi^2(2) = 4,649$; $p > 0,05$) ile deney sonrası tepkime ısısı kararları (endotermik ve ekzotermik) ($\chi^2(2) = 0,044$; $p > 0,05$) açısından özdeşti. Bu nedenle çalışmanın bulgularına erişmek amacıyla tüm katılımcılar ortak değerlendirildi.

Araştırma Yöntemi

Katılımcılar endotermik istemli bir tepkimenin ele alındığı sorgulayıcı araştırma deneyini gerçekleştirirken bilimsel muhakemeler sergilemişlerdir. Araştırmada katılımcıların bilimsel muhakeme süreçleri ve bu süreçleri nasıl algıladıkları belirlenmiştir. Verilerin toplanmasında ise doküman analizi ve görüşme gibi araçlardan faydalanılmıştır. Bunlara dayanarak, katılımcıların bir olguyu algılamalarının, doğal ortamında ve nitel veri toplama araçlarıyla ortaya konulduğu bu araştırmanın modelinin temel nitel çalışma olduğu söylenebilir (Ary, Jacobs, Sorensen & Razavieh, 2010). Nitel yöntemin tercih edilmesinde öğrencilerin muhakeme biçimlerinin karmaşıklığı, farklı görüşleri yakalama hedefi ve henüz bu değişkene etkisi olduğu bilinen değişkenlerin yeterince tanımlanmamış olması gibi nedenler sıralanabilir. Eğitimdeki birçok temel nitel çalışmada olduğu gibi bu çalışmada da amaç bir olguyu hem tanımlamaya çalışmak hem de katılımcıların bu olguyu nasıl algıladıklarını ortaya koymaktır. Çalışmada sonuçlar betimsel olarak ortaya konmuş ve sonrasında açıklanmaya çalışılmıştır.

Uygulama ve Araştırma Süreci

Katılımcılar, araştırmanın gerçekleştirildiği deney olan oda sıcaklığındaki reaktiflerin karıştırılmasıyla gerçekleşen tepkimenin ısısının yönünün belirlendiği yapılandırılmış sorgulayıcı araştırma deneyine katıldılar. 3-4 kişilik deney grupları halinde çalışan katılımcılar, deneysel çalışmalarıyla ilgili tüm fikirlerini ve gözlemlerini deney föylerine yazılı olarak kaydettiler. Kısaca şematize edilmiş olan çalışmanın araştırma süreci aşağıdaki Şekil 1’de gösterilmiştir.

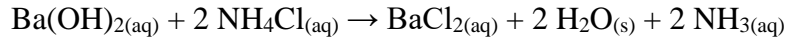


Şekil 1 Araştırma ve Veri Toplama Süreci

Uygulama ve araştırma süreci aşağıdaki sırayla gerçekleştirildi. İlgili adımlar Şekil 1’de yuvarlaklar içerisindeki numaralarla uygun şekilde eşleştirilmiştir.

Bu yapılandırılmış sorgulayıcı araştırma deneyinin başında, katılımcıların deneysel olarak yanıt arayacakları araştırma sorusu araştırmacı tarafından verildi. Araştırma sorusu şöyleydi: “oda sıcaklığındaki reaktiflerin karıştırılmasıyla gerçekleştirilen tepkimenin ısısı nasıldır?”.

1. Katılımcılar deney öncesinde tepkimenin ısısı hakkındaki inançlarını ve beledikleri sıcaklık değişimini belirttiler. Böylece hipotezlerini kurdular.
2. Katılımcılar aşağıda denklemleri verilen tepkimeyi gerçekleştirdiler. Ürünlerden biri olan amonyakın kokusunu hissettiler. Tepkime kabındaki sıcaklık düşüşünü ölçtüler.



3. Deney sonrasında gözlem ve ölçümlerine dayanarak tepkimenin ısısı konusundaki kararlarını yazdılar. Böylece veri değerlendirmesini yaptılar.

Ardından farklı sonuçlara ulaşan öğretmen adayları arasında gerçekleşen tartışmalar sonucunda, tepkime ısısı hakkında ortak karara varıldı. Araştırmacının yardımıyla deney sonuçlarını açıklayan bir model geliştirilerek derse son verildi.

4. İlerleyen günlerde gönüllü bazı katılımcılarla (12 kişi) hipotez kurma ve veri değerlendirme süreçleri hakkında yarı yapılandırılmış görüşmeler gerçekleştirildi.

Veri Toplama Araçları

Araştırmada veri toplama aracı olarak (i) katılımcıların deney föyleri (ii) katılımcılarla görüşmeler kullanıldı. Çoklu veri toplama araçlarının kullanılmasıyla veri çeşitlenmesine gidildi.

Deney föyleri

Giriş, araştırma sorusu, hipotez, deneyin yapılışı ve bulgular, veri değerlendirme ve sonucun açıklanması aşamalarından oluşan deney föyü araştırmacı tarafından hazırlanmıştır. Araştırmacı daha önceki yıllarda ilgili deneyi birçok kere yürüttüğü için bu konuda yeterli deneyime sahiptir. Hazırlanan deney föyü daha önceki yıllarda birçok kere kullanılarak zaman içerisinde geliştirilmiştir. Araştırma için kullanılan deney föyü, alanda uzman iki kimya eğitimcisi tarafından kapsam geçerliği açısından kontrol edilmiştir. Veriler için deney föyünün hipotez ve veri değerlendirme kısımlarındaki katılımcı yazılı ifadeleri ve işaretlemeleri kullanılmıştır. Bu kısımlar iki araştırmacı tarafından içerik analiziyle ayrı ayrı kodlanmıştır. Kodlamalar arasındaki tutarsızlıklar uzlaşılı ile karara bağlanarak analizin son hali verilmiştir. Kodlamanın güvenilirliğini belirlemek amacıyla bazı katılımcıların (en az 10 katılımcı) farklı araştırmacılar tarafından kodlanmış ve kodlayıcılar arasında yüksek tutarlığa ulaşılmıştır. Deney föylerinin içerik analiziyle belirlenen hipotez ve veri değerlendirme çeşitleri, katılımcıların bilimsel muhakemelerini oluşturmada kullanılmıştır.

Görüşmeler

Uygulamanın sonrasında gönüllü olan 12 katılımcıyla her biri 4-6 dakika süren yarı yapılandırılmış görüşme gerçekleştirilmiştir. Bu görüşmelerde katılımcıların deneyde sergiledikleri bilimsel muhakemeleri hakkındaki görüşleri belirlenmiştir. Görüşmelerde hipotezlerini nasıl kurdukları, hangi gözlemlerde buldukları, verileri nasıl değerlendirdikleri ile ilgili görüşleri alınmıştır. Görüşme dökümlerinin bir kısmı katılımcıların muhakemelerini tanımlamaktadır. Bu kısımdaki veriler deney föyünden elde edilen verileri destekleyici mahiyettedir. Bir kısmı da katılımcıların muhakemeleri konusundaki algılamalarından oluşmaktadır. Görüşmeler sonrasında kayıtlar araştırmacı tarafından dinlenmiş, katılımcıların muhakemeleri konusundaki algılarını içeren ifadeler yazılı olarak listelenmiştir. Başka bir araştırmacı, görüşme kayıtlarını dinleyerek bu listeleme uygun olarak yapılabildiğini kontrol etmiştir.

Bulgular

Bu bölümde öncelikle katılımcıların deney föylerinin analizine dayanarak deney öncesi hipotezleri, deney sonrası veri değerlendirmeyle ulaştıkları kararları ortaya konulmuştur. Ardından yine deney föylerinde ortaya çıkan hipotez ve veri değerlendirmeden oluşan bilimsel muhakeme tipleri tanımlanmıştır. Belirlenen muhakeme tiplerini açıklamak amacıyla ise gerçekleştirilen görüşmelerden elde edilen bazı alıntılardan faydalanılmıştır. Alıntılar hangi katılımcılara ait olduğu G01-G12 arasında kodlar verilerek belirtilmiştir.

Birinci Araştırma Sorusu ile İlgili Elde Edilen Bulgular: Katılımcıların Hipotezleri ve Veri Değerlendirmeleri

Katılımcıların deney öncesi hipotezlerini dayandırdıkları ve deney föylerinde belirttikleri tepkime ısısı inançları ve ısı-sıcaklık modelleri Tablo 2’de verilmiştir. Deneyi gerçekleştiren öğretmen adaylarının büyük çoğunluğunun (50 kişi) tepkimenin istemli olduğuna karar verdiği belirlenmiştir. Çalışmada deney sonrasında katılımcıların tepkime ürününü gözleme ve sıcaklık düşüşü ölçümlerini değerlendirmeleriyle oluşturdukları tepkime ısısı kararları ortaya konulmuştur (Tablo 2).

Katılımcıların deney öncesindeki hipotezlerini onların tepkime ısısı inançları ve ısı-sıcaklık ilişkisi modelleri belirlemektedir. Tablo 2’de reaktiflerin birbiriyle karıştırılmasıyla gerçekleşecek olan tepkimenin ısı yönünden ekzotermik veya endotermik olabileceği yönündeki bilimsel anlayışı yansıtan düşünce “esnek”, bilimsel anlayıştan farklı olan ekzotermik olması gerektiği düşüncesi ise “katı” olarak etiketlenmiştir. Yine bilimsel anlayışa uygun ısı-sıcaklık modeli olan ortamın sıcaklığının ekzotermik tepkimelerde yükseleceği, endotermik tepkimelerde düşüncesi “uygun”, bilimsel anlayışa uygun olmayan aksi yöndeki düşünce ise “alternatif” olarak etiketlenmiştir.

Tablo 2 Katılımcıların Hipotezleri ve Veri Değerlendirmeleri

Hipotez		Veri değerlendirme		
		<i>Endotermik</i>	<i>Ekzotermik</i>	<i>Toplam</i>
<i>Tepkime ısısı inancı</i>	<i>Isı-sıcaklık ilişkisi modeli</i>			
<i>Esnek: Ekzotermik veya endotermik olabilir (n:11)</i>	<i>Uygun: Ekzotermikse sıcaklık yükselir; endotermikse sıcaklık düşer</i>	-	4	4
	<i>Alternatif: Ekzotermikse sıcaklık düşer; endotermikse sıcaklık yükselir</i>	-	7	7
<i>Katı: Ekzotermiktir (n:47)</i>	<i>Uygun: Sıcaklık yükselir</i>	9	19	28
	<i>Alternatif: Sıcaklık düşer</i>	-	19	19
<i>Toplam</i>		9	49	58

İkinci Araştırma Sorusu ile İlgili Elde Edilen Bulgular: Katılımcıların Bilimsel Muhakemeleri

Tablo 2 analiz edildiğinde Tablo 3’te belirtilen bilimsel muhakemelere ulaşılabilir. Katılımcıların muhakemelerini gösteren önermeler dizisi; tepkime ısısı ve ısı-sıcaklık ilişkisi öncülleri ile tepkime ısısı kararı ardından oluşmaktadır.

Tablo 3 Katılımcıların Bilimsel Muhakeme Tipleri

Muhakeme tipi	1. öncül (Tepkime ısısı)	2. öncül (Isı-sıcaklık ilişkisi)	Ardıl (Tepkime ısısı kararı)
<i>Tutarlı bilimsel muhakemeye tepkime ısısı inancını değiştirme (n:9):</i>	<i>*Tepkime ekzotermik olacaktır (n:47).</i>	<i>Sıcaklık yükselecektir (n:28).</i>	<i>Sıcaklık düştü o halde tepkime endotermiktir (n:9).</i>
<i>Tutarlı bilimsel muhakemeye alternatif ısı-sıcaklık modelini sürdürme (n:26):</i>	<i>Tepkime ekzotermik veya endotermik olabilir (n:11).</i>	<i>*Tepkime ekzotermikse sıcaklık düşecektir (n:7).</i>	<i>*Sıcaklık düştü, öyleyse tepkime ekzotermiktir. (n:7)</i>
	<i>*Tepkime ekzotermik olacaktır (n:38).</i>	<i>* Sıcaklık düşecektir. (n:19)</i>	<i>*Sıcaklık düştü, öyleyse tepkime ekzotermiktir. (n:19)</i>
<i>Doğrulama yanlılığıyla tepkime ısısı inancını sürdürme (n:23):</i>	<i>*Tepkime ekzotermik olacaktır (n:47).</i>	<i>Sıcaklık yükselecektir (n:28).</i>	<i>*Sıcaklık düştü, yine de tepkime ekzotermiktir. (n:19)</i>
	<i>Tepkime ekzotermik veya endotermik olabilir (n:11).</i>	<i>Tepkime ekzotermikse sıcaklık yükselecektir (n:4).</i>	<i>*Sıcaklık düştü yine de tepkime ekzotermiktir (n:4).</i>

* Bilimsel anlayışa uygun olmayan alternatif fikirler

Araştırmada, “tutarlı bilimsel muhakemeye tepkime ısısı inancını değiştirme”, “tutarlı bilimsel muhakemeye alternatif ısı-sıcaklık modelini sürdürme” ve “doğrulama yanlılığıyla tepkime ısısı inancını sürdürme” olmak üzere üç muhakeme tipi belirlenmiştir. Belirlenen üç muhakeme tipinin tanımlanması ile deney föylerinden ortaya çıkan ve bu muhakemeleri açıklayan bazı tespitler aşağıda verilmiştir:

1. Tutarlı bilimsel muhakemeye tepkime ısısı inancını değiştirme (n:9)

Tutarlı bilimsel muhakemeden kastedilen deney gruplarının benzer ölçümlere ulaşmasıyla tekrar edilmiş olan sıcaklık düşüşü verilerinin, hipotezle uyumlu olduğunda kabul edilmesi ve hipotezin doğrulanması; veriler hipotezle uyuşmadığında yine verilerin kabul edilmesi ve hipotezin yanlışlanarak değiştirilmesidir.

Katılımcıların çoğu (47 kişi) deney öncesinde tepkimenin ekzotermik olması gerektiğini düşünüyordu. Deney föylerindeki açıklamaları incelendiğinde bu katılımcıların tepkimenin istemli olması ile tepkimenin ekzotermik olması arasında doğrudan ilişki kurduğu belirlendi. İstemli tepkime örneği olarak ekzotermik bir tepkime olan yanma olayını örnek gösterenler oldu. Bu katılımcılara göre istemli tepkimelerin ekzotermik olması gerekiyordu, ancak böyle tepkimelerin gerçekleşmesi için dışarıdan ısı almasına gerek yoktu. Bu düşüncelerini desteklemek için endotermik tepkimelerin istemli olamayacağı ifade eden açıklamalarla da karşılaşıldı. Endotermik tepkimelerin gerçekleşmesi ve devam etmesi için

ortamdan/çevreden/dışarıdan ısı alması gerektiğini ifade ettiler. Bunun ise kendiliğinden olamayacağını, bunun için dışarıdan bir etkiye ihtiyaç olduğunu belirttiler. Endotermik tepkimelerin gerçekleşmesi için sürekli ısıtılması, ısı verilmesi veya ortam sıcaklığının artırılması gerektiğini yazdılar.

Deney öncesinde tepkimenin ekzotermik olacağını düşünen katılımcılardan (47 kişi) 28'i hipotezlerini sıcaklığın yükseleceği yönünde kurdular. Bu 28 katılımcı için sıcaklık düşüşünün beklenmedik gözlem olma niteliğine sahip olduğu söylenebilir. Bu katılımcıların bir kısmı (9 kişi) sıcaklık düşüşü gözlemlerini uygun şekilde değerlendirerek, hipotezlerini yanlışladı ve tepkimenin endotermik olduğuna karar verdi. Bu katılımcılar böylelikle sıcaklık düşüşünün gözlemlendiği istemli tepkimenin endotermik olduğu çıkarımına vararak, tepkime ısıyla ilgili "ekzotermik tepkimeler istemlidir" yönündeki katı düşüncelerinde değişiklik yapmış oldu.

2. Tutarlı bilimsel muhakemeye alternatif ısı-sıcaklık modelini sürdürme (n:26)

Bazı katılımcılar (26 kişi) deney öncesinde ekzotermik tepkimelerde sıcaklık düşüşü olduğu yönünde alternatif görüşe sahiptiler. Deney sonunda sıcaklık düşüşünü gözlemleyerek, bu alternatif düşüncelerini, tutarlı bir muhakemeye hatalı da olsa doğrulamış oldular. Bu katılımcıların deney föylerindeki açıklamaları incelendiğinde katılımcıların kimi zaman ısı ve sıcaklık terimlerini birbirleri yerine kullandıkları; tepkime kabının, tepkimenin, ürünlerin sıcaklığının veya ısınının azalmasını, çevreye ısı verilmesiyle veya ısı açığa çıkmasıyla ilişkilendirdikleri belirlendi. Onlara göre çevreye ısı verilmesi ölçülen sıcaklığın düşmesine veya sıcaklıktaki düşme çevreye ısı verilmesine neden olmaktaydı.

3. Doğrulama yanlılığıyla tepkime ısısı inancını sürdürme (n:23)

Deney öncesinde sıcaklığın yükseleceğini düşünen katılımcıların birçoğu (23 kişi) aksi yöndeki tekrarlanan gözlemler (sıcaklık düşüşü) karşısında tepkimenin ekzotermik olduğu yönündeki hipotezlerini değiştirmediler. Bunun yerine mevcut alternatif istemlilik-tepkime ısısı ilişkisi inançlarını devam ettirmelerine yol açan doğrulama yanlılıkları sergilediler. Belirlenen doğrulama yanlılıkları şöyleydi: (i) Tepkime ekzotermik olacaktır ve sıcaklık yükselecektir. Sıcaklık düştü, yine de tepkime ekzotermiktir. (ii) Tepkime ekzotermik veya endotermik olabilir. Tepkime ekzotermikse sıcaklık yükselecektir. Sıcaklık düştü yine de tepkime ekzotermiktir.

(i) Tepkimenin ısıyla ilgili katı düşünceleri olan 47 katılımcının 28'i sıcaklığın yükseleceği beklentisindeydi. Bu katılımcılardan bazıları (19 kişi) deneyde sıcaklık düşüşünü gözlemlmelerine rağmen yine de tepkimenin (endotermik değil) ekzotermik olduğuna karar

verdi. Bu katılımcılar tepkimenin ekzotermik olması gerektiği konusundaki inançlarına aşırı bağlı kaldılar ve ampirik veriler onların bu düşüncelerini değiştirmelerine, hipotezlerini yanlışlamalarına yol açmadı. Verileri yansız olarak değerlendirmediler, tepkimenin ekzotermik olması konusunda bir yanlılığa sahiptiler ve açıklamalarıyla bu düşüncelerini doğrulamaya çalıştılar.

(ii) Deney öncesinde tepkimenin ekzotermik veya endotermik olabileceği konusunda esnek düşünceleri olduğunu ifade eden 11 katılımcının 4'ü ortamın sıcaklığının değişimi ile tepkime ısısı arasındaki ilişki konusunda da uygun modele sahiptiler. Bu katılımcılar (4 kişi) deney sonrasında sıcaklık düşüşü gözlemlerini tepkimenin (endotermik değil) ekzotermik olduğu şekilde değerlendirdiler. Bu farklı muhakemeleri hakkında deney föyleri analiz edildiğinde; bu öğretmen adaylarının ifade ettikleri kadar esnek olmadıkları görüldü. Deney öncesinde zayıf da olsa bir miktar tepkimenin ekzotermik olacağı inancına sahiptiler. Deney föyünde yaptıkları açıklamalarında bu inançlarını doğrulamaya çalışan ifadelere rastlandı.

Üçüncü Araştırma Sorusu ile İlgili Elde Edilen Bulgular: Katılımcıların Bilimsel Muhakemeleri Hakkındaki Görüşleri

Uygulama sonrasında görüşme yapılan katılımcıların kendi muhakemeleri hakkındaki görüşlerini ortaya koyan bazı ifadeleri aşağıda verilmiştir.

Muhakeme tipi #1: Tutarlı bilimsel muhakemeyle tepkime ısısı inancını değiştiren katılımcılardan birinin (G12) görüşmesinden ifadeleri şöyleydi: *“ben ekzotermik olacağını düşündüm ... istemlilikte ekzotermik oluyordu genelde tepkimeler ... (termometredeki sıcaklığın) yükseleceğini düşünüyordum ... benim zannettiğim gibi ısınma olmadı ... termometredeki sıcaklık düşmüştü ... (öngörümü) yanlışlamış oldum ... ama kabın dışına baktığımda bir soğuma vardı, o zaman da endotermik diye düşündüm.”*

Muhakeme tipi #2: Sıcaklığın düşeceği tahmininde bulunan, sıcaklığın düştüğünü gözlemleyerek ilk hipotezlerini doğrulayan katılımcılardan bazılarıyla gerçekleştirilen görüşmelerde hipotezlerini nasıl doğruladıklarını ortaya koyan benzer ifadelerle karşılaşıldı. Bu ifadelerden bazıları şöyleydi: *“çevreye ısı veriyorsa çözeltilinin içindeki ısı o zaman azalır diye düşündüm, o zaman termometredeki sıcaklık düşer, çevreye veriyor ve tepkimenin sıcaklığı düşüyor, endotermikte tam tersi oluyor ... sıcaklık birden düştü ... biz de dışarıya ısı verdiğini, böylelikle tepkimenin ısısının azaldığını düşündük.”* (G03); *“ekzotermik değişimlerde maddenin ısısı azaldığı için (sıcaklığı) azalacak diye düşündüm ... termometredeki sıcaklık azaldı.”* (G05); *“başta sıcaklık düşmesini ekzotermiktir diye düşünmüştüm ... ben kendi yanlış kararım (hipotezimi) doğrulamış oluyorum aslında.”* (G06); *“sıcaklığın düşeceğini*

düşünüyordum ... ısı verecek çünkü ... termometredeki sıcaklığın düşmesi (öngörülerimle) uyuştu ... sıcaklığın düştüğünü görerek ekzotermik olduğuna karar verdim, yani (hipotezimi) doğruladım.” (G07); “(deney öncesinde) dışarıya çevreye ısı verir, çevreye ısı verdiyse kendisi soğur (diye düşündüm) ... (deneyde) beherin dışına dokundum soğuduğu için ekzotermik diye düşündüm.” (G08); “ısı verirse çözeltilinin sıcaklığının azalacağını ortamın (çevrenin) ısınacağı düşündüm ... sıcaklık düşmüştü diye hatırlıyorum ... sıcaklık düşünce ekzotermiktir diye düşündüm.” (G09); “deney yapmadan önce ısının düşeceğini düşünüyordum çünkü çevreye ısı verecekti ... deneyi gerçekleştirdikten sonra da ekzo olduğunu savundum çünkü termometrede ısının düşüşe geçeceğini düşündüm, termometrede ısı düşerse ısı vermiş manasına getirdim.” (G10); “(deney öncesinde) eğer tepkimenin ısı azaldıysa dışarıya ısı vermiştir diye düşünerek ekzotermiktir dedim ... (deneyi gerçekleştirdik) sıcaklık düştü.” (G11). Ayrıca katılımcılar etkinliğin sonunda gerçekleştirilen tartışmalarla varılan sıcaklık düşüşünün ekzotermik olduğu kararını ikna edici bulduklarını belirttiler.

Muhakeme tipi #3: Doğrulama yanlılığı sergileyen iki katılımcının görüşmesinden bazı ifadeler ise şöyleydi: *“ısı veren, ekzotermik demiştim ... termometredeki sıcak artacaktı ... baktık gittikçe düşüyor termometredeki sıcaklık ... tepkimede sıcaklık düşüyorsa dışarıya bir ısı veriyor ki tepkime içindeki sıcaklık düşüyor, bu yüzden ekzotermik demiştim ... (gözlem tahminimle) uyuşmuyor ... soğuktan beher o yüzden ısı düştü ... o tepkimenin hep ekzotermik olacağını düşünmüştüm, ısının yükselip ya da azalacağıyla çok ilgilenmedim galiba, sadece ekzotermikti o tepkime benim için ... (sıcaklık düşmeseydi de yükselseydi) ekzotermik derdim ... (düştü) ekzotermik dedim ... (sıcaklığın düşmesi ya da yükselmesi olayına tarafsızca davranmış olduğuma) inanmıyorum.” (G01). Diğer katılımcının bazı ifadeleri: “ilk başta ben ekzotermik olacağını düşündüm ... (ısı alarak gerçekleşebileceğine) inanmıyordum ... (deney öncesindeki tahminimde termometredeki değerini) artacağını yazmışım (katılımcı görüşmede bu düşüncesini savunmadı, düşüncesinin sebebini bilmediğini ifade etti) ... (gözlem öngörümle) aslında uyuşmadı ... (sıcaklığın) artacağını düşünüyordum ama tam tersi bir durumla karşılaştık ... (deney sonrası kararımda) dışarıya ısı verince dedim kaptaki şey soğur ... çelişkili ... (düzgün tutarlı bir düşünme şekli) kullanmış olmadım ... direk bilgi gibi oldu ... (sıcaklık yükselseydi) yine ekzotermik derdim ... kavramları karıştırdığımı düşünüyorum ilk başta.” (G04).*

Sonuçlar ve Tartışma

Bu araştırmayla; oda sıcaklığındaki reaktiflerin karıştırılmasıyla gerçekleşen ve tepkime süresince sıcaklığın düştüğü bir deneye katılan öğretmen adaylarının, tercih ettikleri bilimsel

muhakemeleri ve bu muhakemeler hakkındaki görüşleri ortaya konulmuştur. Alanyazında da belirtildiği gibi, katılımcıların çoğu tarafından istemli tepkimenin ekzotermik olacağı düşünülmüştür (Boo, 1998; Sözbilir & Bennett, 2006; Thomas & Schwenz, 1998) ve sıcaklık değişiminin tepkime ısısı açısından anlamını ortaya koymada zorluk yaşanmıştır (Goedhart & Kaper, 2002). Bunun yanında çalışmanın odak noktasını öğretmen adaylarının beklenmedik bulguları değerlendirmeleri oluşturmuştur. Katılımcıların yaklaşık yarısını deney öncesinde tepkimenin ekzotermik olacağı inancına sahiptirler ve tepkime süresince sıcaklığın yükseleceğini beklemiştir. Bu katılımcılar için tepkime sırasında ölçülen sıcaklık düşüşünün beklenmedik bir gözlem olduğu söylenebilir.

Deney öncesinde katılımcıların bir çoğu tepkime ısısı ve/veya ısı-sıcaklık ilişkisi hakkında alternatif kavramlara sahiptirler. Geçmişten getirdikleri bu kavramları, bilimsel muhakemelerinde yani deney öncesi hipotezlerinde ve sıcaklık düşüşü bulgusunu değerlendirmelerinde etkili olmuştur. Hipotezlerin ön kavramlara dayanıyor olması, veri değerlendirmenin de hipotez test etme temelinde yapılıyor olması bu sonucu açıklamaktadır (Nickerson, 1998).

Sıcaklığın yükseleceğini beklediği halde düştüğünü ölçen katılımcıların bir kısmı tepkime ısısıyla ilgili hipotezini uygun şekilde yani ekzotermikten endotermeğe değiştirmiştir. Çoğunluk ise tepkimenin ekzotermik olması gerektiği yönündeki inancına bağlı kalmış ve sıcaklık düşüşünün tepkimenin yine de ekzotermik olduğunu gösterdiğini savunmuştur. Doğrulama yanlılığı sergileyen bu katılımcılar, Klahr ve Dunbar'ın (1988) İAOBK modelinde belirttiği teorik problem uzayında hipotezlerini doğrulayacak yönde deliller aramışlardır. Beklenmedik bulgular karşısında bunun gibi doğrulama yanlılığı sergileme, sorgulayıcı araştırma etkinliği gerçekleştiren deneyimsiz öğrencilerde beklenen bir hōristiktir (Koslowski, 2012).

Mevcut anlayışı değiştirme yani kavramsal değişim ise beklenmedik bulguları tek başlarına değerlendirmeye çalışan öğrenciler için zorlu bir işlemdir. Çalışmada öğretmen adaylarının verileri değerlendirmelerinin ardından, araştırmacının rehberliğinde katılımcılar arasında gerçekleştirilen verilere dayalı ve yeni deneyler yapmaya imkân tanıyan tartışmalar yürütülerek ortak model geliştirilmiştir. Yaşanan bu zorlu süreç sorgulayıcı araştırma etkinliklerinde, açıklayıcı model geliştirmenin önemini ortaya çıkarmaktadır (Windschitl, Thompson & Braaten, 2008).

Daha önce Kadayıfci (2018) yaptığı çalışmasında; beklenmedik bulgularla karşılaşan öğretmen adaylarının ilgili tepkimenin istemliliği konusundaki hipotezlerini kolayca değiştirdiğini ortaya koymuştur. Bu çalışmada ise öğretmen adaylarının beklenmedik sıcaklık

düşüşü bulgusuyla karşılaştıklarında, aynı tepkimenin ısıısıyla ilgili hipotezlerini değiştirmedikleri tespit edilmiştir. Bu iki sonuç karşılaştırıldığında; tepkimenin istemliliğini belirlemede ampirik delillerin etkisinin baskın olup beklenmedik bulguların daha ikna edici olduğu; tepkimenin ısıısını belirlemede ise irrasyonel mekanizmaların karar vermede baskın olduğu ve deneyimsiz öğrenenler için beklenmedik bulguların daha az ikna edici olduğu yargısına ulaşılabilir. Bu da bilimsel muhakemenin duruma bağlı doğasını bir ölçüde ortaya koymaktadır.

Çalışmanın bir diğer sonucu da hatalı bir zihinsel modelin deney yaparak uygun bilimsel muhakemeye doğrulanabildiğidir. Bazı öğretmen adayları alternatif ısı-sıcaklık modellerine dayanarak ürettikleri “ekzotermik tepkimeler ısı verdiği için sıcaklık düşer” şeklindeki hipotezlerini, sıcaklık düşüşünü ölçerek doğruladılar. Yine burada da Kirschner, Sweller ve Clark’ın (2006) ortaya koydukları gibi; öğrencilerin zihinsel modellerini uygun şekilde değiştirmelerinde gerçek olayları sınırlı verilerle değerlendirmelerinin uygun olmadığı, model geliştirmede yardıma ihtiyaç duydukları söylenebilir.

Sınırlılıklar ve Öneriler

Öğretmen adaylarının bilimsel muhakeme tipleri hakkında belirlenen bu sonuçların fen eğitimcilerine öğrencilerin düşünme şekillerini anlama konusunda bazı bilgiler sağladığı söylenebilir. Yine sonuçların sorgulayıcı araştırma temelli öğretim gerçekleştiren öğretmenlere etkinliklerini planlarken gerçekleştirirken yardımının dokunacağı düşünülmektedir. Bunun yanında çalışma için bazı sınırlılıklardan bahsedilebilir. Çalışmanın en göze çarpan sınırlılığı öğretmen adaylarının beklenmedik bulgular konusundaki tepkilerinin onların deneyimlerinden ve incelenen olgudan etkilenebilir olmasıdır. Dolayısıyla farklı öğrenci grupları ve farklı olgular durumunda farklı sonuçlarla karşılaşılabilir. Alan yazında öğrenci deneyimlerinin etkisiyle ilgili çalışmalar bulunmaktadır. Araştırmacılara özellikle öğrencilerin farklı olgular karşısındaki bilimsel muhakemelerinin incelendiği çalışmaların yapılması önerilebilir.

Kaynakça

- Ary, D., Jacobs, L. C., Sorensen, C., & Razavieh, A. (2010). *Introduction to research in education eight edition*. Wadsworth: Cengage Learning.
- Boo, H. K. (1998). Students' understandings of chemical bonds and the energetics of chemical reactions. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(5), 569-581.

- BouJaoude, S. B. (1991). A study of the nature of students' understandings about the concept of burning. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(8), 689-704.
- Chinn, C. A., & Brewer, W. F. (1992a). Psychological responses to anomalous data. In *Proceedings of the Fourteenth Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 165-170). Hillsdale, NJ: Erlbaum
- Chinn, C. A., & Brewer, W. F. (1998). An empirical test of a taxonomy of responses to anomalous data in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(6), 623-654.
- Chinn, C. A., & Malhotra, B. A. (2002). Children's responses to anomalous scientific data: How is conceptual change impeded?. *Journal of Educational Psychology*, 94(2), 327.
- Dunbar, K. (1995). How scientists really reason: Scientific reasoning in real-world laboratories. In R. J. Sternberg & J. E. Davidson (Eds.). *The nature of insight* (pp. 365–395). Cambridge, MA: MIT Press.
- Dunbar, K. (2001). What scientific thinking reveals about the nature of cognition. *Designing for science: Implications from everyday, classroom, and professional settings*, 115-140.
- Goedhart, M. J., & Kaper, W. (2002). From chemical energetics to chemical thermodynamics. In *Chemical education: Towards research-based practice* (pp. 339-362). Springer, Dordrecht.
- Kadayifci, H. (2017). Barriers to students' creative evaluation of unexpected experimental findings. *Journal of Baltic Science Education*, 16(3), 414-428.
- Kadayifci, H. (2018) If a reaction is spontaneous, may it be endothermic? Perceptions and creation of an acceptable mental model. *7th International Conference New Perspectives in Science Education*. Florence, Italy
- Kesidou, S., & Duit, R. (1993). Students' conceptions of the second law of thermodynamics— an interpretive study. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(1), 85-106.
- Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75-86.
- Klahr, D. (2005). A framework for cognitive studies and technology. In M. Gorman, R. D. Tweney, D. C. Gooding, & A. P. Kincannon (Eds.), *Scientific and technological thinking* (pp. 81– 95). Mahwah, NJ : Lawrence Erlbaum.
- Klahr, D., & Dunbar, K. (1988). Dual space search during scientific reasoning. *Cognitive Science*, 12(1), 1-48.

- Koslowski, B. (2012). Scientific reasoning: Explanation, confirmation bias, and scientific practice. *Handbook of the psychology of science*, 151-192.
- Kuhn, T. S. (2012). *The structure of scientific revolutions: 50th Anniversary Edition*. University of Chicago press.
- Johnstone, A. H., MacDonald, J. J., & Webb, G. (1977). Misconceptions in school thermodynamics. *Physics Education*, 12(4), 248.
- Limón, M., & Carretero, M. (1997). Conceptual change and anomalous data: A case study in the domain of natural sciences. *European Journal of Psychology of Education*, 12(2), 213.
- Mason, L. (2000). Role of anomalous data and epistemological beliefs in middle school students' theory change about two controversial topics. *European Journal of Psychology of Education*, 15(3), 329-346.
- National Research Council (NRC). (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press
- Nickerson, R. S. (1998). Confirmation bias: A ubiquitous phenomenon in many guises. *Review of General Psychology*, 2(2), 175-220.
- Nilsson, T., & Niedderer, H. (2014). Undergraduate students' conceptions of enthalpy, enthalpy change and related concepts. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(3), 336-353.
- Park, J. (2001). Analysis of students' processes of confirmation and falsification of their prior ideas about electrostatics. *International Journal of Science Education*, 23(12), 1219-1236.
- Sozibilir, M., & Bennett, J. M. (2006). Turkish prospective chemistry teachers' misunderstandings of enthalpy and spontaneity. *Chemical Educator*, 11(5), 355-363.
- Thomas, P. L., & Schwenz, R. W. (1998). College physical chemistry students' conceptions of equilibrium and fundamental thermodynamics. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(10), 1151-1160.
- Treagust, D. F., Chittleborough, G., & Mamiala, T. L. (2002). Students' understanding of the role of scientific models in learning science. *International Journal of Science Education*, 24(4), 357-368.
- VandenBos, G. R. (2015). *APA dictionary of psychology (2nd ed.)*. American Psychological Association. Washington, DC: APA.
- Windschitl, M., Thompson, J., & Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Science Education*, 92(5), 941-967.