

**KİMYA EĞİTİMİNDE SORGULAMAYA DAYALI ÖĞRENCİ  
DENEYLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ VE SONUÇLARININ  
TARTIŞILMASI**

**DEVELOPING INQUIRY BASED STUDENT EXPERIMENTS  
IN THE CHEMISTRY EDUCATION AND DISCUSSING  
RESULTS**

**HATİCE GÜNGÖR SEYHAN**

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim – Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanlar Anabilim Dalı İçin Öngördüğü

DOKTORA TEZİ

olarak hazırlanmıştır.

2008

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Bu çalışma jürimiz tarafından **ORTAÖĞRETİM FEN VE MATEMATİK ALANLAR ANABİLİM DALI 'nda DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Başkan (Danışman):.....  
(Prof. Dr. İnci MORGİL)

Üye:.....  
(Prof. Dr. Basri ATASOY)

Üye:.....  
(Prof. Dr. Ayhan YILMAZ)

Üye:.....  
(Prof. Dr. Ömer GEBAN)

Üye :.....  
(Yrd. Doç. Dr. Nilgün SEÇKEN)

ONAY

Bu tez ...../...../..... tarihinde Enstitü Yönetim Kurulunca kabul edilmiştir.

Prof.Dr. Erdem YAZGAN  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

# **KİMYA EĞİTİMİNDE SORGULAMAYALI DAYALI ÖĞRENCİ DENEYLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ VE SONUÇLARININ TARTIŞILMASI**

**Hatice Güngör Seyhan**

## **ÖZ**

Ders kitaplarında sunulan bilginin aktarıcısı olan öğretene merkeze alan eğitim anlayışları yerine; farklı kaynaklardan bilgiyi edinen, sürekli gelişimi öngören ve öğrenciyi merkeze alan “eğitim anlayışı” gelişen bir eğitim sisteminin odak noktasıdır. Geleneksel eğitimde baskın olan ezbercilik, yerini son yıllarda, merak duyma, kuşku duyma, sorgulama, deneyerek öğrenme, araştırma ve uygulama yapmaya bırakmıştır. Aktif öğrenme, “dinlemekten” çok “yapmak” ile ilgilidir. Öğretim programlarında yapılan değişiklikte, öğrencilerin öğrenmeye etkin olarak katılımlarını sağlayan, öğrenme ortamına getirdikleri ön bilgilerini dikkate alan, yaşam boyu öğrenmeyi temel alan, yaparak-yaşayarak öğrenmeye olanak tanıyan bir öğretim anlayışının ön plana çıktığı gözlenmektedir. Gerçekleştirilen çalışma kapsamında, kimya eğitiminde öğrenciyi öğretimin merkezine alan aktif öğrenme yöntemlerinden biri olan sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımı ile ilgili uygulamalar değerlendirilmeye alınmıştır. Çalışma kapsamında; yükseköğretimde okuyan ve yakın bir gelecekte kimya öğretmeni olarak görev yapacak öğrencilerle sorgulamaya dayalı kimya deneyleri yapılmış ve uygulamaların sonuçta öğrenci performanslarına olan etkisi incelenmiştir. Bunun yanında öğrencilerin mantıksal düşünme yeteneği, bilimsel işlem becerisi, kimya laboratuvarına karşı tutum ve kimya laboratuvarına karşı kaygıları üzerinde sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamalarının etkinliğinin olup olmadığı da araştırılmıştır. Araştırmaya 2006-2007 Öğretim Yılı Güz Döneminde, Hacettepe Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanları Bölümü, Kimya Eğitimi Anabilim Dalında 4. sınıfta öğrenim gören 42 öğrenci katılmıştır. Sorgulamaya dayalı olarak gerçekleştirilen kimya deney uygulamalarını çeşitli kimya konularında yapılan 12 deney oluşturmaktadır. Uygulamaların öğrencilerin mantıksal düşünme yetenekleri, bilimsel işlem becerileri, kimya laboratuvarına karşı tutumları ve kimya laboratuvarına karşı kaygıları üzerine etkisi olup olmadığı; uygulamalardan önce yapılan ön test ve uygulamalardan sonra yapılan son test sonuçlarının istatistiksel olarak karşılaştırılmasıyla araştırılmıştır. Çalışmalarda benzer uygulamalarda

kullanılan “Öğretmen Gözlem Formu” ve “Sorgulamaya Dayalı Kimya Deney Uygulamasını Değerlendirme Formu” yine sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamalarını yapan öğrencilere uygulanmış ve sonuçlar değerlendirmeye alınmıştır. Araştırma kapsamında, öğrencilere uygulanan test ve ölçeklerden elde edilen nicel veriler, öğrencilerle yapılan görüşmelerde elde edilen nitel bulgularla desteklenmiştir. Çalışmaya katılan öğrencilerle sorgulamaya dayalı uygulama basamakları tartışılmış ve görüşleri toplanmıştır. Burada ortaya çıkan en çarpıcı görüş, sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamalarının öğrencilere kendi kendilerine öğrenmeleri için daha fazla sorumluluk sağladığının saptanmasıdır. Bu kapsamda, sorgulamaya dayalı öğrenci deneylerinin yapılması ile kazanılan deneyimin bir sonucu olarak öğrencilerin daha iyi ve konuyla ilgili olarak daha çok soru sordukları gözlenmiştir. Diğer bir deyişle, öğrencilerin sorgulama becerileri artmıştır. Sonuçların değerlendirilmesinde, sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamalarına katılan öğrencilerin; uygulamalardan sonra mantıksal düşünme yetenekleri, bilimsel işlem becerileri ve kimya laboratuvarına karşı tutumları istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde artmış ve kimya laboratuvarına karşı kaygıları ise azalmıştır. Çoklu regresyon analizi, sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamaları sürecinde ortaya çıkan öğrenci performanslarındaki değişimin % 62 oranında uygulamaya katılan öğrencilerin mantıksal düşünme yetenekleri, bilimsel işlem becerileri, kimya laboratuvarına karşı tutum ve kaygıları tarafından yordandığını göstermektedir. Sonuç olarak, kimya deneylerinin sorgulamaya dayalı olarak yapılması; öğrencilerin merak eden, araştıran ve bilgiyi keşfeden bireyler olarak yetişmesini sağlamaktadır. Kazanılan deneyimler öğrencilere, bilimsel geçerliliği kabul edilmiş bir bilgiye ulaşmada rehberlik edecek ve paralel olarak kimya eğitiminin kalitesini yükseltmeye olumlu katkılar sağlayacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Kimya Eğitimi, Sorgulamaya Dayalı Öğrenci Deneyleri, Mantıksal Düşünme Yeteneği, Bilimsel İşlem Becerisi, Kimya Laboratuvarına karşı Tutum, Kimya Laboratuvarına karşı Kaygı.

Danışman: Prof. Dr. İnci MORGİL, Hacettepe Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanlar Bölümü, Kimya Eğitimi Anabilim Dalı.

## **DEVELOPING INQUIRY BASED STUDENT EXPERIMENTS IN THE CHEMISTRY EDUCATION AND DISCUSSING RESULTS**

**Hatice Güngör Seyhan**

### **ABSTRACT**

Education comprehension" that obtain knowledge from different sources, anticipate permanent development, based on student centered learning is a focus of developing education system instead of education comprehensions that focus on teacher who transfer knowledge which are presented in textbooks. Currently wonderment, suspicion, inquiry, research and application have replaced the rote learning that predominated in traditional education. Active learning is related to "doing" more than "listening". In change done in teaching programs, it is observed that teaching approach which based on life long learning, provides hands on learning opportunities, considers students' pre knowledge, provides students active participation to learning appeared. In the extent of the study, applications related to inquiry-based learning approach that is one of the student centered teaching in chemistry education have been assessed. In the study pre-service chemistry students' performance that appears after applications in which they developed inquiry based student experiments has been examined. Also it has been examined that whether inquiry based chemistry experiment applications have effect on student's reasoning abilities, scientific process skills, attitudes towards chemistry laboratory and anxieties towards chemistry laboratory. 42 pre-service chemistry students attending to Hacettepe University, Faculty of Education, Division of Secondary Science and Mathematics and Department of Chemistry Education in 2006-2007 Fall Semester have participated in the study. Inquiry-based chemistry experiment applications were consisted of 12 experiments about various chemistry topics. It has been investigated that that whether applications have effect on student's reasoning abilities, scientific process skills, attitudes towards chemistry laboratory and anxieties towards chemistry laboratory with the statistical comparison of the results of pre-test which were administered before applications and post-test which were administered after applications. Meanwhile "Teacher Observation Form" and "Inquiry Based Chemistry Applications Assessment Form" have been administered to students who did

inquiry based chemistry applications and the results have been assessed. In the extent of the research, quantitative data obtained from tests and scales administered to students have been supported by qualitative data obtained from student interviews. Inquiry-based application steps have been discussed with the students and their ideas have been collected. The most remarkable idea has become that inquiry based chemistry experiment applications provided students take more responsibility for on their own learning. Thus it has been observed that students' ability to ask better and more questions were developed as a result of more experience gained by inquiry-based student experiments. In other words students' inquiry skills have increased. In the assessment of the results, while students' reasoning abilities, scientific process skills and attitudes towards chemistry laboratory increased, their anxieties towards chemistry laboratory decreased after inquiry based chemistry experiment applications. Multiple regression analyze has displayed that 62 % of the changes in students' performance in inquiry-based chemistry experiment applications were predicted by their reasoning abilities, scientific process skills, attitudes towards chemistry laboratory and anxieties towards chemistry laboratory. As a result, inquiry-based chemistry experiment applications provide students educate as individuals who are curious, researcher and exploratory of knowledge. Gained experiences will guide students to obtain scientific knowledge and provide positive contributions to increase the quality of education.

**Keywords:** Chemistry Education, Inquiry Based Students Experiments, Logical Thinking Skill, Scientific Process Skill, Attitude toward Chemistry Laboratory, Anxiety towards Chemistry Laboratory.

Advisor: Prof. Dr. İnci MORGİL, Hacettepe University, Faculty of Education, Dpartment of Science and Mathematics for Secondary Education, Division of Chemistry Education

## TEŐEKKÜR

Bu alıőmanın sonuca ulaőtırılmasında ve karşılaşılan güçlüklerin aőtılmasında yol gösterici olan, yardım ve desteğini esirgemeyen danıőmanım Sayın Prof. Dr. İnci Morgil'e; benimle bilgi ve deneyimlerini paylaőtıęı için Yrd. Doç. Dr. Nilgün Seken'e; çalıőmama katkı sağlayan ve her zaman hoőtörü ile yaklaşan arkadaşım Akd. Uzman Senar Temel'e; hayatımın her anında bana destek olan anneme ve babama, özellikle kardeőtım Murat Güngör'e ve her zaman ve her yerde yanımda olan eőtım Seyit Sabri Seyhan'a en içten teőtekkürlerimi sunarım.

# İÇİNDEKİLER DİZİNİ

[Sayfa](#)

1. GİRİŞ .....	1
1.1. Çalışmanın amacı .....	6
1.2. Çalışmanın önemi .....	7
1.3. Problem cümlesi .....	7
1.4. Alt problemler .....	7
1.5. İstatistiksel hipotezler (Sıfır hipotezler) .....	8
1.6. Sayıtlılar .....	10
2. TEMEL BİLGİLER .....	12
2.1. Öğrenme kavramı ve öğrenme teorileri .....	12
2.2. Öğretim modelleri .....	13
2.2.1. Öğretim sırasında göz önünde bulundurulması gereken belli başlı öğretim ilkeleri .....	14
2.2.2. Öğretimde yöntem ve yöntem seçimini etkileyen etmenler .....	16
2.3. Fen ve fen bilimleri öğretimi .....	17
2.3.1. Fen bilimi nedir ve nasıl gelişmektedir? .....	17
2.3.2. Fen bilgisi öğretiminde kullanılan strateji, yöntem ve teknikler .....	18
2.3.2.1. Öğretmen-merkezli öğretim yöntemleri .....	19
2.3.2.2. Öğrenci-merkezli öğretim yöntemleri .....	19
2.3.3. Kimya niçin öğretilmelidir? .....	20
2.3.4. Fen ve kimya eğitiminde laboratuvarın yeri ve önemi .....	21
2.3.5. Laboratuvarın kullanım amaçları .....	22
2.3.5.3. Okul kimya laboratuvar çalışmasına karşı öğrenci ilgisi ve tutumu	32
2.3.5.4. Öğrencilerin laboratuvar öğrenme çevresine karşı bakış açıları ...	33
2.3.6. Laboratuvar yaklaşımları .....	36
2.3.6.1. Doğrulama (ispat veya tümdengelim) yaklaşımı .....	36
2.3.6.2. Tümevarım yaklaşımı .....	37
2.3.6.3. Sorgulama esasına dayalı yaklaşım .....	38
2.3.7. Laboratuvarlarda sorgulama süreci .....	39
3. SORGULAMAYA DAYALI ÖĞRENME YAKLAŞIMININ KAVRAMSAL ÇERÇEVESİ VE UYGULAMA ALANLARI .....	43
3.1. Sorgulama nedir? .....	43



3.2. Neden sorgulama? Tarihi ve felsefi bir yorum.....	45
3.3. Sorgulama yolu ile öğretimden çocuklar ne kazanır? .....	49
3.4. Sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımı .....	50
3.4.1. Sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımında kullanılan üst düzey düşünme becerileri.....	52
3.4.1.1. Eleştirel düşünme becerisi .....	52
3.4.1.2. Yaratıcı düşünme becerisi .....	53
3.4.1.3. Yansıtıcı düşünme becerisi.....	54
3.4.1.4. Problem çözme becerisi .....	54
3.4.2. Sorgulama süreci .....	56
3.4.3. Sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımı çeşitleri .....	57
3.4.3.1. Yapılandırılmış sorgulama .....	57
3.4.3.2. Rehberli sorgulama.....	58
3.4.3.3. Açık sorgulama .....	63
3.4.4. Sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımını uygulayan sınıflar .....	66
3.4.5. Sorgulamaya dayalı öğrenmede öğretmenin rolü.....	68
3.4.6. Sorgulamaya dayalı öğrenmede öğrenciler ne yapıyorlar? .....	72
3.4.7. Sorgulamaya dayalı öğrenmede teknoloji .....	75
3.4.7.1. Teknoloji sorgulamayı nasıl destekler?.....	76
3.4.8. Sorgulamaya dayalı fen öğreniminin 5 aşaması.....	76
3.4.8.1. İlgilenme .....	76
3.4.8.2. Keşfetme .....	77
3.4.8.3. Açıklama.....	77
3.4.8.4. Uygulama .....	77
3.4.8.5. Değerlendirme .....	78
3.4.9. Sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımında karşılaşılan zorluklar .....	78
3.4.10. Başarıda sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımının etkileri .....	81
3.4.11. Sorgulamaya dayalı öğrenme sürecinde değerlendirme .....	84
3.4.11.1. Değerlendirmenin kullanılması.....	85
3.4.11.2. Değerlendirme zorlukları.....	87
3.4.12. Sorgulamaya dayalı öğrenme ürünleri.....	88
3.4.12.1. Mantıksal düşünme becerisi .....	88
3.4.12.2. Bilimsel süreç becerileri .....	91
3.4.12.3. Öğrenci tutumları .....	102

3.4.12.4. Öğrenci kaygıları.....	107
3.5. Sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımı ile ilgili araştırma makaleleri .....	109
3.6. Sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımı ile ilgili yapılmış yüksek lisans/doktora tezleri .....	143
4. YÖNTEM .....	162
4.1. Evren ve örneklem.....	162
4.2. Araştırma deseni.....	162
4.3. Değişkenler .....	162
4.3.1. Bağımlı değişkenler .....	162
4.3.2. Bağımsız değişkenler .....	162
4.4. Veri toplama araçları.....	163
4.4.1. Mantıksal düşünme yeteneği testi .....	163
4.4.2. Bilimsel işlem beceri testi .....	163
4.4.3. Kimya laboratuvarı tutum ölçeği .....	164
4.4.4. Kimya laboratuvarı kaygı ölçeği .....	166
4.4.5. Öğretmen gözlem formu.....	167
4.4.6. Sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamasını değerlendirme formu .....	167
4.5. Öğretim süreci .....	167
4.5.1. Ön test uygulamaları .....	168
4.5.2. Sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamaları .....	169
4.5.3. Son test uygulamaları.....	240
5. BULGULAR VE SONUÇLAR .....	241
5.1. Beyin fırtınası uygulamalarından elde edilen bulgular ve sonuçlar .....	241
5.2. Mantıksal düşünme yeteneği testinden elde edilen bulgular ve sonuçlar .....	248
5.3. Bilimsel işlem beceri testinden elde edilen bulgular ve sonuçlar.....	249
5.4. Kimya laboratuvarı tutum ölçeğinden elde edilen bulgular ve sonuçlar .....	251
5.5. Kimya laboratuvarı kaygı ölçeğinden elde edilen bulgular ve sonuçlar .....	252
5.6. MDYT, BİBT, KLTÖ ve KLKÖ'den elde edilen sonuçların istatistiksel analizi .....	253
5.7. İstatistiksel hipotezlerin değerlendirme sonuçları.....	256
6. TARTIŞMA VE ÖNERİLER .....	260
6.1. Tartışma.....	260
6.2. Araştırma bulgularına yönelik öneriler.....	272

KAYNAKLAR.....	274
ÖZGEÇMİŞ .....	338

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 Sorgulamaya dayalı öğrenmede etkili olan bileşenler.....	74
Şekil 5.1. Sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımını temel alan kimya deney uygulamaları öncesi hazırlanan 1. Mantık Haritası.....	243
Şekil 5.2. Sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımını temel alan kimya deney uygulamaları sonrası hazırlanan 2. Mantık Haritası .....	247

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Bir rehberli sorgulama modeli .....	60
Çizelge 3.2. Sorgulama tiplerine göre öğretmen ve öğrencilerin rolleri .....	64
Çizelge 3.3. Bilimsel süreç becerileri .....	92
Çizelge 4.1 KLTÖ maddelerinin faktör analizi (döndürülmüş temel bileşenler analizi) sonuçları .....	164
Çizelge 4.2. Grup öğrencileri ve gruplara ait ön deneyler.....	170
Çizelge 5.1. MDY ön ve son test sonuçlarının karşılaştırılmasında bağımlı gruplar için t-testi sonuçları .....	248
Çizelge 5.2 MDYT'nin (son test) öğrenci performansı ile ilgili basit doğrusal regresyon analizi sonuçları.....	249
Çizelge 5.3 BİB ön ve son test sonuçlarının karşılaştırılmasında bağımlı gruplar için t-test sonuçları .....	250
Çizelge 5.4 BİBT'nin (son test) öğrenci performansı ile ilgili basit doğrusal regresyon analizi sonuçları.....	250
Çizelge 5.5. KLTÖ ön ve son test sonuçlarının karşılaştırılmasında bağımlı gruplar için t-test sonuçları .....	251
Çizelge 5.6. KLTÖ'nün (son test) öğrenci performansı ile ilgili basit doğrusal regresyon analizi sonuçları.....	251
Çizelge 5.7 KLKÖ ön ve son test sonuçlarının karşılaştırılmasında bağımlı gruplar için t-test sonuçları .....	252
Çizelge 5.8 KLKÖ'nün (son test) öğrenci performansı ile ilgili basit doğrusal regresyon analizi sonuçları.....	253
Çizelge 5.9 MDYT, BİBT, KLTÖ ve KLKÖ'nin (son testler) birlikte öğrenci performansı ile ilgili çoklu doğrusal regresyon analizi sonuçları .....	254
Çizelge 5.10 MDYT, BİBT, KLTÖ ve KLKÖ (son test) arasındaki korelasyon sonuçları.....	255

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<b>MDY</b>	: Mantıksal Düşünme Yeteneği
<b>MDYT</b>	: Mantıksal Düşünme Yeteneği Testi
<b>BIB</b>	: Bilimsel İşlem Becerisi
<b>BIBT</b>	: Bilimsel İşlem Beceri Testi
<b>KLT</b>	: Kimya Laboratuvarına karşı Tutum
<b>KLTÖ</b>	: Kimya Laboratuvarı Tutum Ölçeği
<b>KLK</b>	: Kimya Laboratuvarına karşı Kaygı
<b>KLKÖ</b>	: Kimya Laboratuvarı Kaygı Ölçeği
<b>ÖGF</b>	: Öğretmen Gözlem Formu
<b>SDKDUDF</b>	: Sorgulamaya Dayalı Kimya Deney Uygulamasını Değerlendirme Formu
<b>N</b>	: Örneklem Sayısı
<b>x</b>	: Aritmetik Ortalama
<b>s</b>	: Standart Sapma
<b>t</b>	: t değeri
<b>p</b>	: Anlamlılık düzeyi ( $p < 0.05$ )
<b>R</b>	: Pearson Korelasyon Sabiti
<b>R<sup>2</sup></b>	: Determinasyon Katsayısı
<b>df</b>	: Serbestlik Derecesi
<b>F</b>	: F değeri
<b>B</b>	: Beta
<b>F 1</b>	: Faktör 1
<b>F 2</b>	: Faktör 2
<b>F 3</b>	: Faktör 3
<b>M</b>	: Madde Numarası

## **EKLER DİZİNİ**

- EK 1 MANTIKSAL DÜŞÜNME YETENEĞİ TESTİ
- EK 2 BİLİMSEL İŞLEM BECERİ TESTİ
- EK 3 KİMYA LABORATUVARI TUTUM ÖLÇEĞİ
- EK 4 KİMYA LABORATUVARI KAYGI ÖLÇEĞİ
- EK 5 ÖĞRETMEN GÖZLEM FORMU
- EK 6 SORGULAMAYA DAYALI KİMYA DENEY UYGULAMASINI  
DEĞERLENDİRME FORMU

## 1. GİRİŞ

Doğa, varlık ve olaylarıyla doğrudan deneyim kazanma, öğrenmelerimizde sanıldığından daha önemli bir yer tutar. Her insanın günlük yaşantısı, çevresindeki doğayla doğrudan etkileşimlerle doludur. İnsan doğa varlıklarını ve doğal olayları işiterek, dokunarak, duyarak, tadarak, koklayarak veya başka yollarla kendi yaşantısına katar. Bu nedenle, çocuğun çevresindeki doğal varlıklarla etkileşimlerini düzenleyip anlam kazandırmak, doğal varlık veya olayları öğrencinin yaşantısına bilinçli bir biçimde getirmek fen öğretiminin başlıca amacı olmalıdır. Ne yazık ki, eğitimde doğa bilimlerini öğretmeye geldiğimizde, çoğu zaman birinci elden gerçek yaşantının yerine, ikinci, üçüncü elden bilgiler ve sanal yaşantılar koyarız. Öğrencilerin gerçek doğa ile etkileşimleri mümkün iken, onları bizim söylediklerimizi dinlemeye, yazılanları okumaya, yaptığımız deneyleri seyretmeye sevk ederiz. Öğrencinin kendi deneyimleriyle doğayı öğrenmesini sağlamak için öğretmen, her şeyden önce kendi davranışını değiştirmelidir.

Doğaya ilişkin bilgilerimizin başlangıcı gözlemlerimizdir. Gözlemlerimizi zihnimizde işleyerek genellemelere varırız. Daha önce hiç farkına varmadığımız bir olayı veya doğa varlığını, farkına vararak gözlemlediğimizde onu daha önceki gözlem ve deneylerimizle birleştirmeye ve açıklamaya çalışırız. Yeni gözlemimiz önceki gözlem ve genellemelerimizle çelişkili olabilir, bu nedenle onu açıklamada güçlük çekebiliriz. Bu durum bizi gözlemlerimizi tekrar etmeye, başka gözlemler yapmaya ve önceki genellemelerimizin doğruluğunu sorgulayıp bilgilerimizi yeniden yapılandırmaya götürebilir. Çocuk da yakın çevresindeki varlıkları ve olayları gözlemleriyle öğrenir. Çocuk kendi halinde bırakılır, gözlemlerinde yönlendirilmezse yanlış genellemelere ulaşabilir, açıklamaları yetersiz kalabilir ve bilgileri hatalı olabilir. Ancak, gözlemleri düzensiz olduğu için öğrenme hızı çok yavaş olur. Programlı gözlemlerle çocuğun doğru genellemelere ulaşmasını, zihnindeki bilgileri genişletip yeniden yapılandırmasını ve böylece daha doğru ve daha hızlı öğrenmesini sağlayabiliriz. Çocuğu programlı, düzenli gözlemlere yönlendirmek, bu yolla doğru bilgiler kazanmasını sağlamak fen eğitiminde en etkili yöntemlerden biridir.

Doğa olaylarını ve varlıklarını oldukları sırada ve kendi doğal ortamlarında gözlemlemek çok istenen bir şeydir. Ancak, okul koşullarıyla ve okul programlarıyla bağlı olduğumuz için öğrencileri her zaman doğaya götürmek



mümkün olmaz. Bu güçlük bazı doğa olaylarının okula getirilmesiyle aşılabılır. İşte bunun için okullarımızda doğal ortamlar oluşturmaya çalışırız. Öğrencilere öğreteceğimiz bir olay bizim programladığımız zamanda olmayabilir. Böyle durumlarda inceleyeceğimiz olayı laboratuvarında yapay olarak yaratır ve istediğimiz koşullarda inceleriz. Okullarda fen laboratuvarları işte bu gereksinimi karşılamak için kurulur. Laboratuvarlı öğretimin dayandığı temel felsefe deneyelim-görelim düşüncesidir. Deneysel yaklaşım denilen bu bilgi üretme yolu fen bilimlerinin en önemli iki yönteminden biridir. Çocuklar da, tıpkı gözlemleriyle öğrendikleri gibi, deneyerek, deney sonuçlarından genellemelere ulaşarak öğrenirler. Modern fen programları öğrencinin bir bilim adamı gibi çalışarak fen öğrenmesini kolaylaştıracak yapıda hazırlanmıştır. Öğrenci bilmediği doğa olayının nedenlerini sorgular, sorunu belirler, soruna olası çözümler üretir, ürettiği bir çözümün doğru olup olmadığını sınar. Bunun için deney düzenler, deneyi yapıp veri toplar, verileri işleyip analiz eder ve bir genellemeye ulaşır. Gözlem ve deneylerle öğrenme, yaparak ve yaşayarak öğrenme yöntemidir; etkililiği de öğrenme ürünlerinin öğrencinin kendi malı oluşundan gelir. Deneylerle öğretim aşağıdaki amaçlarla yapılır:

1. Öğrencileri doğa olaylarıyla karşı karşıya getirerek ilk elden deneyim kazandırmak.
2. Soyut kavramları somutlaştırarak öğrencinin hem bilgi kazanmasını hem de bilimsel süreçler geliştirmesini sağlamak.
3. Öğrenciye deneysel yöntemi öğretmek.
4. Öğrencilerin öncelikle deney becerileri olmak üzere çeşitli beceriler geliştirmelerini sağlamak.
5. Öğrencilerin fen bilimlerine ve özellikle deneysel yönetime ilişkin olumlu tutumlar geliştirmelerini sağlamak.

Öğrencilerin deney yapmadığı yöntemlerle de bu amaçların bir kısmı bir dereceye kadar gerçekleştirilebilir. Ancak, öğrencilerin deney yaparak öğrendikleri durumlarda bu amaçlara daha kolay ulaşılır. Sorgulama/Araştırma ve Buluş yöntemlerinin fen eğitimine girmesiyle geleneksel laboratuvar çalışmaları da temelde değişikliklere uğramıştır. Geleneksel deneylerin öğrenci tarafından tekrarı ve öğrenilen genellemelerin doğrulanması terkedilmiş; bunun yerine “deneysel çalışma” veya “deneyerek fen öğrenme” olarak adlandırılan yöntemler getirilmiştir. Bu yöntemlerde öğrenciye deneysel yolla çözümü aranacak bir problem verilir,

izlenecek deneysel yöntem ana çizgileriyle tavsiye edilir, kullanılacak araç ve malzeme belirlenir. Öğrenciden kendi deneyini düzenlemesi, deneyi yapıp olayı gözlemesi, veri toplaması, verileri çözümleyerek genellemeye ulaşması, sonunda hem deneyini hem de bulgusunu yazılı olarak öğretmene bildirmesi istenir. Böyle bir yöntemin etkili biçimde kullanılması için aşağıdaki tavsiyelere uyulmalıdır:

1. Öğrenciye genel bir sorun verilmeli, deney düzenleme kendisine bırakılmalıdır.
2. Öğrencinin doğru yanıtını bildiği bir soru deney konusu yapılmamalıdır.
3. Öğrenci problemi anlamalı, çözülmesi gerektiğine inanmalı, olası çözümleri bulabilmelidir.
4. Öğrenci deneyini düzenlemeli, verileri toplamalıdır. Öğrencinin sonucunu önceden bildiği bir deney bu amaca hizmet etmez.
5. Öğrenci verileri yorumlayarak bir sonuca ulaşmalıdır.
6. Öğrencinin ulaştığı sonuç başta verilen problemi çözdüyse, deneysel çalışma bir yazılı raporla sona erdirilmelidir.
7. Öğrencinin ulaştığı sonuç başta verilen problemi çözmediyse, öğrenci önceki basamaklara dönüp olası çözümü veya deneyi değiştirerek tekrarlamalıdır.
8. Öğrenciden ulaştığı başarılı sonucu değişik deney durumlarıyla irdelemesi istenebilir. Öğrenci toplumsal ve teknolojik sorunlara yönlendirilebilir. Öğrenciden ulaştığı sonucu toplumsal veya teknolojik bir probleme uygulanması istenebilir.

Sonuçta öğrencinin bir bilim adamı gibi çalışması istenmektedir. Yöntemin ilkökul düzeyinden başlanarak okullarda uygulanabilirliği, baştaki sorunun basit ve açık olmasına, yapılacak deneyin de basit olmasına, en önemlisi varılacak genellemenin öğrencinin zihin gelişmişliği düzeyine uygun olmasına bağlıdır. Yöntemin etkinliğinde çok önemli olan diğer bir etken, öğretmenin rehberliğidir. Öğretmen öğrencinin çözeceği sorunları çözerse, onun deneyini düzenleyip, sonuçları yorumlarsa yöntem amacına ulaşmaz. Bunun yerine öğretmen öğrenciyi deneysel etkinlikte gerekli ipuçlarıyla yönlendirirse deneysel çalışma amacına ulaşır. Başarılı bir deneysel çalışma sonunda öğrenci, istenilen genellemeye kendi gayretiyle ulaşır (konuyu öğrenme); bu arada deneysel yolla fen problemlerini çözebileceğini öğrenir (deneysel yöntemi öğrenme); ayrıca çeşitli zihin yetenekleri ve el becerileri geliştirir (yetenek ve beceri geliştirme); sonunda da kendine güven

kazanır (kişilik geliştirme) ve fen bilimleri için bilim ve teknolojiye katkılarını takdir eder (olumlu tutum geliştirme) (YÖK Dünya Bankası, 1997). Hofstein and Lunetta (2003) da uygun laboratuvar aktivitelerinin, öğrencilerin bilgilerini oluşturmalarına (Tobin, 1990; Gunstone, 1991) mantıklı ve sorgulama tipli beceriler ve problem çözme yetenekleri geliştirmelerine yardım etmede etkili olabileceğini ve ayrıca psikomotor becerilerin gelişimine katkıda bulunabileceğini vurgulamaktadır. Yöntem pozitif tutumlar geliştirmede ve öğrencilere işbirliği ve iletişim becerileri geliştirmeye fırsat sağlamada büyük potansiyele sahiptir. Bu hususta eşsiz bir öğrenme çevresidir. Bu nedenle, fen bilimi laboratuvarı fen bilimi öğretmenlerine kendi eğitim tekniklerini değiştirmeleri ve monoton bir sınıf öğrenme çevresinden sakınmaları için fırsatlar sağlama potansiyeline sahiptir.

Pek çok çalışma öğretmen ve öğrencilerin sık sık teknik ve kullanımla ilgili detaylarla zamanlarının ve enerjilerinin büyük bir kısmını harcadıklarını ortaya çıkarmıştır. Bu durum anlamlı bir sorgulama yapmalarını engellemekte ve laboratuvar uygulamalarının öğrencilerin güçlü kavramlar oluşturmalarına olan potansiyel katkısını da sınırlandırmaktadır. Laboratuvar aktiviteleri öğrencilerin anlayarak öğrenmelerinin yanında bilim yaparak bilgilerini yapılandırmalarını da sağlar. Laboratuvar ortamında öğrencilerin bilgilerini yeniden yapılandırmaları oldukça mantıklıdır, fakat aslında pratik deneyimlerden bilimsel fikirlerin üretilme süreci oldukça karmaşıktır. Laboratuvarda anlamlı öğrenme, öğrencilere etkileşime geçmek ve yansıtmak için yeterli zaman ve imkân verildiğinde gerçekleşir. Fakat öğrenciler genelde laboratuvarda temel fikirlerle etkileşime geçmek için zaman ve fırsat bulamamaktadırlar. Bunun nedeni teknik aktivitelerde yorumlarının ve sorgulamalarının anlamı hakkındaki görüşlerini ifade etmelerinin teknik aktivitelerle sınırlandırılmasıdır. Başka bir deyişle öğrenciler laboratuvarlarda üst bilişsel aktiviteler için olanaklara sahip değildirler. Üst bilişsellik bireyin öğrenmesini işlemesi ve uygulamasının içerir ve anlamının artmasıyla sonuçlanır. Araştırmalar, laboratuvar araştırmalarının bilimsel kavramların birbiriyle ilişkisini kurmada, yapılan gözlemler sonucunda sınıfta ve ders kitaplarında tartışılan konuların bağlantılarını kurmaya yardımcı fırsatlar sunduğunu göstermektedir. Laboratuvar sorgulaması tek başına öğrencilerin karmaşık kavramsal anlamayı gerçekleştirebilmesi için yeterli değildir. Laboratuvar deneyimleri tahmin-açıklama-gözlem gibi üst bilişsel öğrenme deneyimleri ile birleştirildiğinde fen öğrenimi desteklenmiş olur. 1970'li yıllarda ve 1980'lerin başlarında yayınlanan çalışmalar,

öğrencilerin bazı derslerde laboratuvarda çalışmaktan hoşlandıklarını ve laboratuvar deneyimlerinin fene tutum ve ilgilerinin attırdığını göstermektedir.

Fen laboratuvarı, öğrencilerin küçük gruplar halinde işbirliği içinde çalışarak bilimsel fenomenleri araştırabilecekleri tek öğrenme ortamıdır. Lazarowitz and Tamir (1994) laboratuvar aktivitelerinin olumlu tutumlar ve bilişsel gelişmenin yanı sıra yapısal sosyal ilişkileri de artırma potansiyeline sahip olduklarını belirtmektedirler. Laboratuvar ortamı, sınıf ortamı ile karşılaştırıldığında daha az resmidir; bu nedenle laboratuvar öğrenciler arasında üretken ve işbirlikçi etkileşim olanağı sunar. Öğrenme ortamı belirgin şekilde laboratuvarda yapılan uygulamaların doğasına, öğretmenin ve öğrencilerin beklentilerine ve değerlendirmenin şekline bağlıdır. Kısmen materyallerden, araç-gereçten, fiziksel kurulumdan da etkilenir.

Okullardaki laboratuvar aktivitelerinin çoğunda verilen laboratuvar rehberi, öğrencilerin davranışlarını ve öğrenmelerini etkilemektedir. Bu rehber öğrencinin dikkatini araştırılacak sorulara, ne yapılacağına, gözlemleneceğine, yorumlanacağına ve rapor edileceğine çeker. Amaç ve prosedürlerin belirlenmesinde önemli rol oynar. Lunetta and Tamir (1979) öğrencilerin laboratuvar aktivitelerini analiz etmek için bir dizi protokol geliştirmiş ve bunları ortaokul fen laboratuvar programlarını sistematik olarak analiz etmek için kullanmışlardır. Analiz sonuçları öğrencilerin laboratuvar deneylerini bir tarifi uygulamış gibi yaptıklarını, amaç ve yöntem hakkında açık bir bilgiye sahip olmadıklarını, araştırmalarının amaçlarını ve aralarındaki bağlantıları bilmediklerini ortaya çıkarmıştır. Johnstone and Wham (1982) laboratuvar rehberlerinin çok detaylı olduğunu ve bu detayların öğrencileri asıl amaçtan uzaklaştırdığını belirtmektedirler. Bu rehberlerde öğrencilerin yüksek seviyeli bilişsel yeteneklerinin gelişimine hizmet edecek çok az fırsat yer almaktadır.

Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Fen Eğitimi Standartları, okullardaki fen laboratuvarları ile öğrencilerin fenedeki merkezi kavram, yöntemsel bilgi ve yeteneklerle karşılaştırmada önemli bir potansiyele sahip olduklarını belirtmektedirler. Laboratuvar uygulamalarının temel odağı, özel bilimsel yöntemlerin veya kısmi laboratuvar tekniklerinin öğrenilmesiyle sınırlandırılmamalı; bunun yerine laboratuvarda öğrenciler fenomenleri araştırmak, problemleri çözmek sorgulamayı izlemek için bilimsel yöntem ve prosedürleri kullanmalıdırlar. Laboratuvardaki öğrenme ortamları öğretmen merkezli öğrenmeden daha çok öğrenci merkezli olan sorgulamaya dayalı öğrenme ortamları olmalıdır.

Laboratuvar aktiviteleri öğrencilerin doğal dünyayı gözlemlemek ve anlamak için çeşitli model ve materyallerle etkileşim içine girdiği öğrenme deneyimleri olarak tanımlanmaktadır. Sorgulamaya dayalı öğrenmenin merkezi bir stil olduğu bu dönemde, laboratuvar uygulamaları da özellikle önem kazanmaktadır. Sorgulamayla öğrenme, fen öğretmenleri ve araştırmacılarının uğraştıkları bir kavram haline gelmiştir. Sorgulama kavramı fen eğitimi literatüründe çok çeşitli şekillerde kullanılmıştır. Sorgulamanın anlamı bilim adamlarının doğal dünyayı araştırdıkları, fikirler ürettikleri, bilimsel çalışmaları sonucunda elde ettikleri kanıtlar ışığında açıklamalar yaptıkları ve iddialarını savundukları farklı yollardır. Sorgulamayı güçlendirici teknolojiler öğrencilere verileri toplama, organize etme, görsel hale getirmede yardımcı olacaktır.

Sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımını temel alarak gerçekleştirilen kimya deneyi uygulamaları sonrasında, öğrencilere bilimsel süreç becerilerini kullanmaları için imkân sağlanmış ve onların bilimsel yöntemler kullanarak bir bilim adamı gibi çalışmalarına izin verilmiş olur. Bu şekilde öğrenciler feni yaparak-yaşayarak öğrenirler. Sadece pratik olarak yaptıkları tekrarlama ve doğrulama çalışmalarından öte sürecin planlanmasında, uygulanmasında ve değerlendirilmesinde aktif olarak çalışırlar. Önceki bilgilerine dayalı olarak yeni öğrendikleri bilgilerle bağ kurup bilgilerini yapılandırmalarını ve anlamlı bir şekilde ifade etmelerini sağlayan bu öğrenme uygulamaları fen dersleri için oldukça uygundur. Öğrencilerin kendi başlarına veya grup halinde yaptıkları deney uygulamalarında sorumluluk almalarına, kendilerini ifade etmelerine ve öz güvenlerini geliştirmelerine izin verir. Ayrıca sürecin içinde öğrenenlerin sürekli aktif olması, kendi öğrenmelerinden kendilerinin sorumlu olması ve öğrendiklerini günlük hayata uygulayabilmeleri onların fen derslerine yönelik olumlu tutumlar geliştirmelerine yardımcı olur. Sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamaları öğrencilere günlük hayatta karşılaştıkları problemleri nasıl araştırıp çözümleneceklerini öğretir.

### **1.1. Çalışmanın Amacı**

Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi'nde okuyan ve yakın bir gelecekte kimya öğretmeni olarak görev yapacak öğrenciler tarafından "Sorgulamaya Dayalı Öğrenci Deneylerinin" yapılması, bu uygulamalar ile ilgili deney yapılarının hazırlanması çalışmanın birinci amacını oluşturmaktadır. Çalışmada yer alan

öğrencilerin performanslarının yapılan uygulama sonucunda değişip değişmediğinin saptanması ve yine yapılan uygulamaların öğrencilerin mantıksal düşünme yeteneğine (MDY), bilimsel işlem becerisine (BİB), kimya laboratuvarına karşı tutumuna (KLT) ve kimya laboratuvarına karşı kaygılarına (KLK) etkisinin olup olmadığının saptanması çalışmanın diğer amaçlarını oluşturmaktadır.

## **1.2. Çalışmanın Önemi**

“Sorgulamaya Dayalı Öğrenci Deneylerinin Geliştirilmesi ve Sonuçlarının Tartışılması” başlıklı çalışma ile kimya eğitiminde sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımı büyüteç altına alınmıştır. Çalışma, öğretmen-merkezli öğretim yaklaşımlarının sık kullanıldığı okullarda geleneksel yöntemlerin yerine, uygulamalarda kullanılabilecek ve öğrenciyi öğrenmenin merkezine alacak öğrenci-merkezli bir yaklaşım olan sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımının faydalı ve avantajlı yönlerini ortaya çıkarması açısından önemlidir. Diğer yandan sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımı konusunda ülkemizde gerçekleştirilmiş çalışma sayısı oldukça sınırlı sayıdadır. Bu yüzden bu çalışma fen bilimleri eğitimi ile ilgili literatüre katkıda bulunacağı gibi, sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımı uygulamaları için ayrıntılı bir kaynak olma özelliğini taşıyacaktır.

## **1.3. Problem Cümlesi**

Çalışma kapsamında, yakın bir gelecekte kimya öğretmeni olarak görev yapacak öğrencilerin gerçekleştirdiği sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamaları sonucunda performansların değişip değişmediği, söz konusu uygulamaların öğrencilerin MDY, BİB, KLT ve KLK'na bir etkisinin olup olmadığı sorularına odaklanılmıştır.

## **1.4. Alt Problemler**

1. Çalışma kapsamında gerçekleştirilen sorgulamaya dayalı 12 adet öğrenci deney uygulaması “Öğrenci Performansı”na bir katkıda bulunacak mıdır?
2. Kimya eğitiminde sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamasına katılan öğrencilerin uygulamalardan önce ve sonra MDY seviyeleri nasıldır ve “MDY” ön ve son test sonuçları karşılaştırıldığında mantıksal düşünme yeteneklerinde bir gelişme gözlenmiş midir?

3. Kimya eğitiminde sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamasına katılan öğrencilerin uygulamalardan önce ve sonra BİB seviyeleri nasıldır ve “BİB” ön ve son test sonuçları karşılaştırıldığında bilimsel işlem becerilerinde bir gelişme gözlenmiş midir?
4. Kimya eğitiminde sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamasına katılan öğrencilerin uygulamalardan önce ve sonra KLT nasıldır ve “KLT” ön ve son test sonuçları karşılaştırıldığında kimya laboratuvarına karşı tutumlarında pozitif yönde bir gelişme gözlenmiş midir?
5. Kimya eğitiminde sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamasına katılan öğrencilerin uygulamalardan önce ve sonra KKK nasıldır ve “KKK” ön ve son test sonuçları karşılaştırıldığında kimya laboratuvarına karşı kaygılarında bir azalma gözlenmiş midir?
6. “Mantıksal Düşünme Yeteneği Testi (MDYT)”nin tek başına kimya eğitiminde sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamasına katılan öğrencilerin öğrenci performansına anlamlı bir katkısı var mıdır?
7. “Bilimsel İşlem Beceri Testi (BİBT)”nin tek başına kimya eğitiminde sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamasına katılan öğrencilerin öğrenci performansına anlamlı bir katkısı var mıdır?
8. “KLTÖ”nin tek başına kimya eğitiminde sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamasına katılan öğrencilerin öğrenci performansına anlamlı bir katkısı var mıdır?
9. “KKKÖ”nin tek başına kimya eğitiminde sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamasına katılan öğrencilerin öğrenci performansına anlamlı bir katkısı var mıdır?
10. Söz konusu veri toplama araçlarının hep birlikte kimya eğitiminde sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamasına katılan öğrencilerin öğrenci performansına anlamlı bir katkısı var mıdır?
11. “MDY”, “BİB”, “KLT” ve “KKK”nin son testlerinden elde edilen sonuçlar arasında anlamlı bir ilişki var mıdır?

### **1.5. İstatistiksel Hipotezler (Sıfır Hipotezler)**

#### **Hipotez 1**

Kimya eğitiminde sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamasının öğrenci performansına bir etkisi yoktur.

#### Hipotez 2

Kimya eğitiminde sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamasına katılan öğrencilerin uygulamalardan önce ve sonra MDY seviyeleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur.

#### Hipotez 3

Kimya eğitiminde sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamasına katılan öğrencilerin uygulamalardan önce ve sonra BİB seviyeleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur.

#### Hipotez 4

Kimya eğitiminde sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamasına katılan öğrencilerin uygulamalardan önce ve sonra KLT arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur.

#### Hipotez 5

Kimya eğitiminde sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamasına katılan öğrencilerin uygulamalardan önce ve sonra KLK arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur.

#### Hipotez 6

Kimya eğitiminde sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamasına katılan öğrencilerin “MDYT”, “BİBT”, “KLTÖ” ve “KLKÖ” son testleri arasında anlamlı bir ilişki yoktur.

#### Hipotez 7

Kimya eğitiminde sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamasına katılan öğrencilerin MDY ile öğrenci performansı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki yoktur.

#### Hipotez 8

Kimya eğitiminde sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamasına katılan öğrencilerin BİB ile öğrenci performansı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki yoktur.



#### Hipotez 9

Kimya eğitiminde sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamasına katılan öğrencilerin KLT ile öğrenci performansı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki yoktur.

#### Hipotez 10

Kimya eğitiminde sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamasına katılan öğrencilerin KLK ile öğrenci performansı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki yoktur.

#### Hipotez 11

“MDYT”, “BİBT”, “KLTÖ” ve “CLKÖ”den elde edilen sonuçların hep birlikte kimya eğitiminde sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamasına katılan öğrencilerin öğrenci performansına istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi yoktur.

### 1.6. Sayılılar

Araştırmanın üzerine kurulduğu sayılılar aşağıda sıralanmıştır;

1. Sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamalarında öğrenciler söz konusu uygulamalara 12 adet ön-deney uygulaması ile başlamışlardır. Deneyler; (1) Yoğurтта nişasta analizi, (2) Kolanın pas önleyici olarak kullanılması (3) Kararan gümüşlerin temizlenmesi, (4) Soğuk su sıcak sudan ağır mıdır?, (5) Isı alma işlemi ile yapışma olayının gerçekleşmesi, (6) Koladaki renk maddesinin ayrıştırılması, (7) Kimyacının kibriti, (8) Sarkıtlar ve dikitler, (9) Gökkuşığı reaksiyonu (10) Buz ile suyun kaynatılması, (11) Popcorn (Patlamış mısır) ve (12) Saçtaki azotun keşfi olarak belirlenmiştir.
2. Araştırma kapsamında kullanılan “MDYT”, “BİBT”, “KLTÖ” ve “CLKÖ” veri toplama araçları standart koşullar altında gerçekleştirilmiştir.
3. Araştırmaya dâhil edilen tüm öğrenciler söz konusu test ve ölçeklere gönüllü olarak katılmışlar ve testlere içtenlikle ve dikkatlice cevap vermişlerdir.

4. Araştırmayı gerçekleştiren araştırmacı tüm uygulama süresince önyargısız ve tarafsız olmuştur.
5. Çalışma kapsamında incelemeye alınan sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımı hakkında yapılan Beyin Fırtınası etkinlikleri etkili ve verimli bir şekilde gerçekleşmiştir.
6. Araştırmaya katılan tüm öğrenciler, grup içi çalışma arkadaşları ile işbirlikli bir ortam içerisinde hiçbir sorun yaşamadan, eşit görev ve sorumluluk yükü paylaşarak çalışmışlardır.

### **1.5. Sınırlamalar**

Ana problem ve alt problemlerde belirtilen sınırlamalara ek olarak;

1. Sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamalarının n aşaması (sorgulama öncesi aşama) eşitli kimya konularından oluşan 12 adet n-deney ile sınırlıdır.
2. Araştırma, 2006–2007 ğretim Yılı Gz Döneminde, Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi, Kimya Eğitimi Anabilim Dalı 4.sınıfta öğrenim gören 42 ğrenci ile sınırlıdır.
3. Araştırmada kullanılan veri toplama araçları; “MDYT”, “BİBT”, KLT” ve “KLK”, “ğretmen Gözlem Formu (GF)” ve “Sorgulamaya Dayalı Kimya Deney Uygulamasını Değerlendirme Formu (SDKDUDF)” ile sınırlıdır.

## 2. TEMEL BİLGİLER

### 2.1. Öğrenme Kavramı ve Öğrenme Teorileri

Öğrenme bilişsel, duyuşsal ve devinişsel olmak üzere üç ana bölüme ayrılır. Fakat bu üç alan arasında çok sıkı bir ilişki olduğundan bunları kesin çizgilerle birbirinden ayırmak olanaksızdır. Bilişsel öğrenme genellikle kavramlar, prensipler, kanunlar, teoriler ve problem çözme süreci ile ilgili bilgilerin öğrenilmesini içerir. Duyuşsal öğrenme, inanç, niyet ve hislerle ilgili kavramların bireylerde değişimini kapsamına alır. Devinişsel öğrenme ise, bireylerin değişik organlarının eğitim-öğretimde kullanılması ile ilgili becerilerin geliştirilmesini içerir.

Bir programın etkili yürütülebilmesi için yukarıda bahsedilen üç alanın her biriyle ilgili amaç ve hedefler her konu için ayrı ayrı belirtilmelidir. Eğer bu işlem program geliştiriciler tarafından yapılmamış ise, öğretmen tarafından yapılmalıdır. Bu alanlarla ilgili amaçların belirlenmesi eğitim-öğretimde öğretmenlerce karşılaşılan en önemli problemlerden biridir. Bu aynı zamanda öğrenme olgusunun çok karmaşık bir süreç olduğunun da göstergesidir. Bu karmaşıklığa rağmen birçok psikolog bu alana yardımcı olabilmek için görüşler veya teoriler geliştirmişlerdir. Fen bilimleri eğitimini önemli ölçüde etkileyenler, J. Piaget, J. Bruner, R. Gagne ve D. Ausubel gibi psikologlardır (Collette and Chiapetta, 1989). Bunların dışındaki birçok psikolog da fen bilimleri eğitimine etkiler yapmıştır (YÖK Dünya Bankası, 1997).

Öğrenme çabası insanın yaşamındaki bilinmezlikleri giderme isteğinden doğar. İnsanlar, yaşamları süresince ihtiyacını hissettikleri ve kullandıkları bilgileri kalıcı olarak öğrenirler. Öğrenmenin kalıcılığını artırmak için, bireylere bilgileri kalıcı olarak kazandıran öğretim yaklaşımları benimsenmelidir. Öğretimin hedeflenen şekilde olması için öğretmen, öğrenci, öğrenilen konu ve öğretim yöntemleri arasındaki bağın güçlü olması gereklidir.

Öğrenme ve öğretme süreçleri çok çeşitlidir. Tüm öğrencilerin ihtiyacını karşılayan tek bir öğretim yöntemi veya tekniğinin olması mümkün değildir. Bunun için eğitimciler tarafından birçok öğretim yöntem ve teknikleri sunulmuştur. Bu konuda bilgilerini geliştiren uzman öğretmenler, öğrencilerinin öğrenme stillerindeki farklılıkları saptayıp, öğrenmelerinde hangi yöntemin hangi durumda daha uygun olacağına ve bu teknikleri nasıl kullanacaklarına karar verirler. Bu kararlar çalışılan

konunun doğasına, öğretmenin deneyimine, öğrencinin yaşına ve zekâsına bağlıdır (Martin, 1997).

## 2.2. Öğretim Modelleri

Öğretim yöntemleri genel olarak “geleneksel” ve “çağdaş” olarak iki grupta toplanabilir (Turgut, 1991). Geleneksel yöntemlerde ağırlık, ders konusu ile ilgili bilgilerin öğretmenin anlatım ve açıklamalarıyla öğrenciye aktarılması yönündedir. Bu nedenle bu tür yöntemler bazen “öğretmen merkezli”, bazen de “otoriter” (Lewis, 1972, s. 82) olarak nitelendirilir. En yaygın şekliyle bu yöntemde, öğretmen bilen ve bildiğini aktaran kişi, öğrenci ise dinleyen, dinlediği için öğrendiği sanılan, öğretmenin anlattıklarını hatırladığı için anladığı farz edilen kişidir.

Çağdaş denilen öğretim yöntemleri öğrenciyi merkeze alan, onu kendi gayretleriyle öğrenmeye götüren yöntemlerdir. “Sorgulama (inquiry)”, “buluş” (discovery) ve “problem çözme” gibi kavramlarla adlandırılan bu yöntemlerde öğrenci kendi gayretleriyle bilmediklerini öğrenmeye, merak ettiği sorunlara yanıt bulmaya çalışan kişidir; öğretmen ise öğrencinin kendi gayretleriyle öğrenme etkinliklerini planlayan ve etkinliklerde ona rehberlik eden kişidir.

Joyce and Weil (1988), yirmi öğretim modelini dayandıkları psikolojik tabanlarıyla, öğretme ve öğrenme etkinlikleriyle açıklamışlar, her birinin hangi durumlarda ve nasıl kullanılabileceğini örneklerle göstermişlerdir. Bu yöntemlerden bazıları şunlardır:

### 1. Sunuş ve Aktarma Modelleri

Öğretmenin sunuşuna ve öğrenciye bilgi aktarma yöntemine dayanan birçok öğretim modeli vardır. Bunlardan bir dereceye kadar başarılı olanlar sunuşun etkililiğini çeşitli araçlarla artırabilen ve öğrenmeye öğrenci katılımını sağlayabilen yöntemlerdir.

### 2. Buluş Yoluyla Öğretim Modeli

Öğrencinin deneyimlerden tümevarım yoluyla genellemelere ve bir ilkeye ulaşmasına dayanan öğretim modelidir. Öğrenciyi buluşa götüren etkinlikler öğretmen tarafından planlanır. Öğrenci etkinliklerinde, öğretmen rehberliğinin derecesine göre farklılık gösteren yöntemleri vardır.

### 3. Sorgulama Yoluyla Öğretim Modelleri

Öğrenciyi öğrenilecek konuyu araştırmaya, bilmediklerini çeşitli yöntemlerle bulup öğrenmeye götüren modeller olup başlıca iki türü (tümevarım yoluyla öğrenme ve tümdengelim yoluyla öğrenme) kullanılır. Bazen 'Problem Çözme', 'Buluş' gibi modeller de bu modelin altında yöntem veya strateji olarak gösterilir (Hassard, 1992, p210–217). Ayrıca, öğretmen rehberliğinin derecesine göre farklılıklar gösteren yöntemler de bu grup altında sayılır.

### 4. Problem Çözme Modeli

Öğrencinin bir güçlüğü farkına varması, problemi belirlemesi, probleme çözüm önermesi, çözümü sınaması ve sonuca varması gibi etkinliklere dayanan bir öğretim modelidir. Bazen 'bilimsel araştırma yöntemi' olarak da nitelendirilir. Modelin kökenleri John Dewey'e kadar gider.

### 5. Zihinde Yapılanma Kuramına Dayanan Modeller veya Öğrenme Basamakları Modelleri

Zihinde Yapılanma Kuramına dayanan bu öğretim modelleri öğretim basamaklarından oluşur. "Öğrenme Evreleri" terimiyle Türkçeye çevirilen bu modelin üç, dört ve beş basamaklı yöntemleri vardır.

### 6. Gruplarda İşbirliğiyle Öğrenme Modelleri

Öğrencilerin küçük gruplar halinde çalışarak bir konuyu grup içi etkileşimlerle öğrenmelerine dayanan yöntemlerdir. Bu yöntemlerde öğrenciler bir problemi çözmek, bir konuyu tartışıp sonuca bağlamak, bir deneyi veya projeyi birlikte düzenleyip sonuçlandırmak gibi ortak etkinliklere girerler. Konu içeriğinin yanında, gruplarda birlikte çalışma davranışlarının da öğretilmesi amaçlanır (YÖK Dünya Bankası, 1997).

## 2.2.1. Öğretim sırasında göz önünde bulundurulması gereken belli başlı öğretim ilkeleri

Bu ilkeler temel özellikleri itibariyle şöyle sıralanabilir:

- Öğrencilerin hazır bulunuşluk düzeylerini göz önünde bulundurma: Öğretim, öğretmenin bildiği yerden değil, öğrencinin bulunduğu yerden başlar. Bu nedenle, öğretime başlamadan önce, öğrencilerin yeni davranışlar için hazır bulunuşluk düzeyleri belirlenmeli ve öğretim bu temele dayalı olarak gerçekleştirilmelidir.

- Öğrencilerin bireysel farklılıklarını göz önünde bulundurma: Bir konuyu kimi insanlar daha hızlı, daha çabuk ve daha kolay öğrenirken, kimileri daha geç ve güç öğrenmekte, kimileri de hiç öğrenememektedir. Bir başka deyişle, öğrenmede bireysel farklılıklar büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle öğretim sırasında öğrencilerin bireysel farklılıkları göz önünde bulundurulmalıdır.
- Öğretim etkinliklerini öğrenci ilgilerine dayandırma: Bireyi öğrenmeye güdüleyen en önemli etmenlerden birisi onun ilgileridir. Bu nedenle öğrencilerin ilgileri belirlenerek öğretme-öğrenme etkinlikleri bu ilgilere dayandırılmalıdır.
- Öğretimi somuttan soyuta, basitten karmaşığa doğru gerçekleştirme: Soyut kavramlar, somut kavramlara göre daha güç öğrenildiğinden, kavramlar olabildiğince somutlaştırılarak öğretilmelidir. Bu ilke, ilköğretim basamağındaki öğrenciler söz konusu olduğunda daha çok önem kazanmaktadır. Çünkü bu basamaktaki öğrenciler, öğrenmelerinin büyük bir bölümünü somut yaşantılara dayalı olarak gerçekleştirmektedirler. Ayrıca, öğretim sırasında konuların basitten karmaşığa doğru bir örüntü izlemesine özen gösterilmelidir. Bu örüntü öğrencilerin hazır bulunuşluk düzeylerine uygun olmalıdır.
- Öğretimde yaparak-yaşayarak öğrenme etkinliklerine yer verme: Öğretimde yaparak-yaşayarak öğrenme ilkesinin uygulanması, öğrencilerde daha etkili ve kalıcı öğrenmelerin oluşmasına yol açmaktadır. Bu nedenle öğrencilerin yaparak-yaşayarak öğrenmeleri yönünde çaba gösterilmelidir.
- Öğrencilerin öğrenmeye etkin katılımlarını sağlama: Öğrenciler, öğrenme sürecinde sorumluluk üstlendikleri ve öğrenmeye etkin olarak katıldıkları zaman, öğrenilecek konuları daha iyi öğrenmektedirler. Bu nedenle öğrencilerin öğretim sırasında öğrenmeye etkin olarak katılımları sağlanmalıdır.
- Öğretim sırasında ekonomik olma: Öğretim sırasında kullanılacak zamanın, harcanacak çabanın ve gerekli malzemenin en azı ile amaca ulaşmaya çalışılmalıdır. Örneğin laboratuvarında gerçekleştirilecek fen deneyleri fazla malzeme kullanılarak pahalıya mal edilebileceği gibi, aynı deneyler daha az malzeme kullanılarak daha ucuza mal edilebilir.
- Öğretimde araç-gereçlerden etkili olarak yararlanma: Öğretimde araç-gereçlerden yararlanma, konunun daha etkili olarak sunulması, öğrenmeye açıklık getirilmesi, gözlem olanaklarının artırılması ve öğrencilerin birkaç duyu organına bir anda hitap edilmesi gibi fırsatlar yaratmaktadır. Bunların yanı sıra,

araç-gereçlerin öğrenme sırasında zaman bakımından ekonomi sağladığı, öğrenmeyi bireyselleştirdiği, öğrenmenin niteliğini yükselttiği, öğretimi daha verimli ve zevkli kıldığı bilinmektedir. Bu nedenle öğretim sırasında araç-gereçlerden etkili olarak yararlanılmaya çalışılmalıdır.

- Öğrenilen konuları güncel olaylarla ilişkilendirme: Öğrenilen konuların güncel olaylarla ilişkilendirilmesi, ilginin konular üzerinde yoğunlaşmasına yol açtığından öğrenciler konuları daha iyi öğrenmektedirler.

Bu öğretim ilkeleri dikkate alınarak gerçekleştirilecek öğretim etkinlikleri sırasında çeşitli öğretim stratejilerinden yararlanma yoluna gidilmektedir (YÖK Dünya Bankası, 1997).

### **2.2.2. Öğretimde yöntem ve yöntem seçimini etkileyen etmenler**

Öğretimde yöntem seçimini etkileyen başlıca etmenler; “amaçlar, konunun özelliği, öğrenci grubunun büyüklüğü, zaman ve fiziksel ortam ve maliyet” olarak sıralanabilir.

- Amaçlar: Öğretim sırasında öğrencilere kazandırılacak davranışlar, o dersin ya da konunun hangi yöntemlerle işlenmesi gerektiği konusunda öğretmene çeşitli ipuçları verir. Örneğin, öğrencilerin yaratıcılık ve problem çözme becerilerinin geliştirilmesinin amaçlandığı durumlarda problem çözme yönteminden yararlanma yoluna gidilir.
- Konunun özelliği: Öğrenilecek konular için bazı yöntemler uygun düşerken, bazı yöntemler uygun düşmeyebilir. Örneğin, fenle ilgili bilimsel genellemelerin öğretilmesinde buluş yoluyla öğretim stratejisi uygun düşerken, olgusal bilgilerin öğretilmesinde bu stratejinin kullanılması uygun düşmez.
- Öğrenci grubunun büyüklüğü: Öğrenci grubunun büyüklüğü, yöntem seçimini etkileyen önemli etmenlerden birisidir. Örneğin, çok kalabalık sınıflarda tartışma yönteminin uygulanması ya da gösteri deneylerinin yapılması hemen hemen olanaksızdır. Aslında öğrenci sayısının fazlalığı, öğretim etkinliklerinin tümünü olumsuz yönde etkilemektedir.
- Zaman ve fiziksel ortam: Zaman, yöntem seçimini etkileyen en önemli etmenlerden birisidir. Zamanın çok sınırlı olduğu durumlarda, öğretmen merkezli öğretim yöntemlerinden yararlanma yoluna gidilir. Fiziksel eğitim ortamı da yöntem seçimini etkiler. Örneğin, herhangi bir laboratuvarı ya da

gerekli araç-gereçleri bulunmayan bir eğitim kurumunda laboratuvar yönteminin uygulanması olanaksızdır.

- Maliyet: Eğitim ortamlarında düz anlatım ya da soru-yanıt yöntemlerine yer verilmesi, kuşkusuz ek bir mali yük getirmez. Ancak öğrencilere ilk elden somut öğrenme deneyimleri kazandırmak amacıyla öğretim sırasında ders gezileri yöntemine yer verilmesi, gerek okul yönetimi gerekse öğrenciler açısından ek mali yük getirir.

Bunların dışında, öğretmenin kişiliği ve sınıf atmosferi de öğretimde yöntem seçimini etkilemektedir (Yaşar, 1998).

### **2.3. Fen ve Fen Bilimleri Öğretimi**

İyi bir fen öğretmeni, fenin ne olduğunu, tabiatının nelere bağlı olduğunu ve nasıl geliştiğini açık ve net bir şekilde kavrayan kişi olarak tanımlanmaktadır. Bu nedenle öğretmen adaylarının bu kavramları mesleğe başlamadan önce kavramış olmaları gerekmektedir.

#### **2.3.1. Fen bilimi nedir ve nasıl gelişmektedir?**

Fen bilimi nedir? sorusu değişik şekillerde tanımlanmaktadır. Örneğin, fen bilimi, genel olarak, bilimsel bilgiler topluluğu olarak tanımlanır. Bu tanım bir bilim adamınca hipotezlerin denenmesi için geliştirilen yöntem veya araştırma yolu şeklinde yapılmaktadır. Bir felsefeci için ise, bilginin doğruluğunun sorgulanması yöntemidir diye tanımlanır. Bunların her biri kendi kategorisinde doğru tanımlardır. Ancak, bu tanımların hepsini içine alan ve çoğunluk tarafından kabul gören bir tanım şöyle yapılabilir: Fen bilimi, bilginin tabiatını düşünme, mevcut bilgi birikimini anlama ve yeni bilgi üretme sürecidir.

Bilimsel bilgiler yeni düşüncelerin ortaya atılıp, denenmesi sonucu, gelişebilir ve değişebilir. Yani, bilimde bir süreklilik ilkesi vardır. Bundan dolayı öğretmenler yeni nesillere araştırmacı bir ruh kazandırmaya çalışmalıdırlar. Böylece, bilimsel bilgilerin bilinen gerçeklerle doğru olduğu ve zamanla değişebileceği fikri öğrencilere aşılmalıdır.

Bilimsel bilgilerin test edilmesinde ve yeni bilgilerin üretilmesinde aşağıdaki yol izlenebilir;

1. Problemi belirleme



2. Probleme ilgili gözlem sonuçlarını derleme
3. Gözlem sonuçlarına dayanan hipotezler ileri sürme
4. Hipotezle ilgili olan diğer gözlenebilir olayları test etmede yardımcı olabilecek durumları belirleme
5. Gözlem sonuçları ile hipotezleri test etme
6. Toplanan bilimsel verilere göre belirlenen hipotezleri kabul etme, red etme veya değiştirme.

Bununla beraber bilim adamları bilimsel araştırmalarda bu sırayı her zaman takip etmezler. Bazen alternatif yollar da denerler. Öğretmenler, öğrencilerinin laboratuvar çalışmalarında bu adımları ezberleyerek aynen uygulamalarını istememelidir. Çünkü probleme göre izlenecek yol belirlenmelidir. Ancak, çalışmalarda bir rehber olarak yukarıdaki adımların izlenmesinde fayda vardır. Eğer geleceğin bilim adamları olabilecek olan öğrenciler bilimsel bilgiyi üretme yollarını iyi öğrenirlerse, hem bilimsel bilginin nasıl elde edildiğini anlayabilirler hem de kendileri ilgili alanda orijinal bilgileri keşfederek fen bilimlerinin gelişimine katkıda bulunabilirler (YÖK Dünya Bankası, 1997).

### **2.3.2. Fen bilgisi öğretiminde kullanılan strateji, yöntem ve teknikler**

Öğrencilerde bilgi, beceri, tutum ve alışkanlıklarla ilgili davranış oluşturmaya yönelik öğretim etkinlikleri, birtakım ilkeler göz önünde bulundurularak düzenlenir ve öğretim sırasında bu ilkelere uyulmaya özen gösterilir. Öğretim ilkeleri dikkate alınarak gerçekleştirilen eğitim ortamlarında çeşitli öğretim stratejilerinden yararlanılır. Çünkü her durum için geçerli olabilen tek bir öğretim stratejisinden söz etmek olanaklı değildir. Öğretim stratejileri genelde öğretim yolları olup, çeşitli öğretim yöntemlerini kapsarlar. Gerek öğretim stratejileri gerekse bunlara dayalı olarak geliştirilen öğretim yöntemleri sınıfta etkili ve verimli bir öğretimin gerçekleştirilmesi, dolayısıyla öğrencilerde anlamlı ve kalıcı öğrenmelerin oluşturulması bakımından önemli bir işleve sahiptir.

Öğretim ilkeleri denildiğinde, öğretim sırasında göz önünde bulundurulması gereken ya da uyulması gereken kurallar akla gelir. Öğretim ilkeleri, sınıfta öğretim etkinliklerinin düzenli olarak gerçekleştirilmesinde önemli bir işleve sahiptir.

Fen bilgisi öğretiminde kullanılan öğretim yöntemleri, öğretmen-merkezli ve öğrenci-merkezli öğretim yöntemleri olmak üzere iki başlık altında gruplandırılabilir.

### **2.3.2.1. Öğretmen-merkezli öğretim yöntemleri**

Öğretmen-merkezli öğretim yöntemleri, öğretme-öğrenme sürecinde öğretmenin etkin, öğrencilerin ise edilgin oldukları yöntemlerdir. Bu tür yöntemlerde, tüm öğretme-öğrenme etkinlikleri öğretmen tarafından planlanır ve uygulanır. Öğrencilerin pasif olduğu açıklamalı eğitimde, öğretmen tarafından oldukça üst düzeyde yapılandırılmış yöntem ve teknikler kullanılır. Öğrencilere öğrenecekleri bilgiler öğretmen tarafından açıklanır. Yeni kavram ve konular düz anlatımla tanıtılır, öğrencilere sorular sorulur, öğrenci cevapları öğretmen tarafından değerlendirilir. Öğretmen bilgiyi öğrenciye aktarandır (Renner et al., 1985).

Öğretmenin merkezde olduğu fen sınıflarında fenin nasıl öğretileceğinden çok ne öğretileceği üzerinde durulur (Eltिंगe and Roberts, 1993). Bundan dolayı öğrenciler feni günlük hayatlarında nasıl kullanacaklarını neredeyse hiç öğrenememektedirler. Fenle ilgili genel gerçekleri öğrenip, fenin doğayı tanımlamak için girişimde bulunma süreci olduğunun farkına varamamaktadırlar (Lawson et al., 1990).

### **2.3.2.2. Öğrenci-merkezli öğretim yöntemleri**

Öğrenci-merkezli öğretim yöntemleri, öğrencilerin öğretme-öğrenme sürecinde sorumluluk üstlendikleri ve öğrenmeye etkin olarak katıldıkları yöntemlerdir. Bu tür yöntemlerin uygulandığı eğitim ortamlarında, öğretmen daha çok ortam düzenleyicilik rolünü yerine getirir ve danışmanlık rolünün gerektirdiği davranışlarda bulunur.

Öğrenci merkezli yöntemlerde, öğrenciler öğrenirken kendileri için neyin önemli olduğuna karar verir, seçtikleri konularda araştırma yaparak bireysel ve özgün öğrenme aktiviteleri hazırlar. Kendi bilgilerini yapılandırırken önceden öğrendikleri bilgilerini referans olarak kullanırlar.

Aktif öğrenme sürecinde, öğrenciler bilimsel olguları kendileri keşfeder. Bu sürecin amacı konu ile ilgili genel bilgileri öğrenmelerinin yanında öğrenme ve araştırmaya karşı tutumu, önsezilerle tahmin etmeyi, kendi kendine problem çözmeyi geliştirmektir (Martin, 1997).

Fen öğretmenlerinin öncelikli görevi, öğrencilerin derse ilgi duymalarını sağlayacak uygun öğrenme koşulları hazırlamaktır. Eğer öğrencilere düşündürücü öğrenme aktiviteleri sunulursa derse aktif katılımları sağlanabilir (Tobin, 1986). Öğrencilerin

problem çözüme, yaratıcı düşünme ve iletişim becerilerini geliştirmenin en etkili yolu derse aktif katılımlarıdır (Collins et al., 1999).

Öğrencilerin aktif oldukları öğretim stratejilerini kullanan öğretmenler, onları yaşadıkları dünya hakkında daha iyi düşünmeye yöneltir ve bu düşüncelerini yeni elde ettikleri bilgilerle geliştirme becerisi kazanmalarını sağlar (Smith et al., 1993). Bu beceriler kazanılan bilgilerin günlük hayatta kullanımını kolaylaştırır.

### **2.3.3. Kimya niçin öğretilmelidir?**

Fen bilimlerinin ve ona dayalı olarak üretilen teknolojinin toplumların gelişmesine sağladığı katkılar sayılamayacak kadar çoktur. Bu nedenle fen bilimlerinin ve onun eğitiminin önemi gittikçe artmaktadır.

Fen bilimleri eğitiminde en büyük gelişme ikinci dünya savaşından sonra yaşanmıştır. Rusya'nın, 1957'de ilk uyduyu uzaya fırlatması, gelişmiş batı ülkelerini harekete geçirmiştir. Teknolojik yarışta geri kalmak istemeyen bu ülkeler, çareyi fen bilimleri eğitimi-öğretimine çok önem verilmesinde ve yeni yaklaşımlarla çağdaş hale getirilmesinde görmüşlerdir.

Bilim adamlarınca önerilen projelerin desteklenmesi sonucunda, kısa zamanda çok sayıda yeni fen bilimleri müfredatı geliştirilmiştir. Bu yeni programların genel felsefesi, yeni nesilleri araştırmacı bir ruhla yetiştirmektir. Böylece, teknolojinin geliştirilmesi aşamasında ve endüstride ihtiyaç duyulan elemanlar yetiştirilecek ve kalkınma hızlandırılacaktı. Dünyada ulaşılan bugünkü teknolojik gelişmişlik seviyesinde bu akımın büyük ölçüde katkıları olduğu bir gerçektir.

Fen bilimleri eğitiminin temel amaçlarından biri de, öğrencileri bilimsel olarak okur-yazar düzeye getirmektir. Bilimsel okur-yazarlık; fen bilimlerinin doğasını bilmek, bilginin nasıl elde edildiğini anlamak, fen bilimlerindeki bilgilerin bilinen gerçeklere bağlı olduğunu ve yeni kanıtlar toplandıkça değişebileceğini algılamak, fen bilimlerindeki temel kavram, teori ve hipotezleri bilmek ve bilimsel kanıt ile kişisel görüş arasındaki farkı algılamak olarak tanımlanmaktadır. Bilimsel okur-yazar bireylerden oluşan toplumlar hem yeniliklere kolayca uyum sağlar hem de kendileri yeniliklere önderlik edebilirler. Günlük hayatımızda karşılaştığımız, kullandığımız ve gözlemlediğimiz birçok durum fizik, kimya veya her ikisi ile de ilgilidir.

Bireylerin kendi yaşantılarını etkileyen olayların okulda öğrendikleri bilgilerle ilişkisini kavramaları, onların bilimsel okur-yazar olmalarına büyük ölçüde katkı sağlayacağı bir gerçektir. Eğer okullarda bu ilişki kurulamazsa teknolojinin egemen

olduğu günümüzde, bireyler daha kolay bir yaşantı için gerekli bilgi ve becerileri kazanamazlar. Eğer öğrenciler kimyadaki bilgilerin soyut olmadığını, aksine kendi yaşantılarıyla direk olarak ilişkisi olduğunu algırlarsa, ona karşı ilgi ve tutumları artacağı için bu bilimi hissederek öğrenirler. Hatta bu ilişkilendirme, öğrenmelerini kolaylaştırabilir.

Ortaöğretimde fen bilimlerinin okutulmasının temel gerekçelerinden biri de, öğrencilerin çok büyük bir kesiminin ya lise öğreniminden sonra eğitimlerine devam etme şansı bulamamaları ya da sosyal bilimlerde eğitimlerine devam etmeleridir. Yani, bilimsel okur-yazarlığı bütün topluma yaymak için ilkokulda çok basitçe değinilen fizik ve kimya kavramları ve onların teknoloji ve toplumla ilişkileri orta öğretim boyunca etkili bir şekilde verilerek bütünlük sağlanmalıdır. Bu yaklaşım yukarıdaki paragraflarda verilen görüşleri de desteklemektedir.

Fizik ve kimyanın liselerde öğretilmesinde bir başka önemli nokta ise, adı geçen alanlarda lisans eğitimi yapacak olan gençlere iyi bir temel sağlamaktır. Bu gençler gelecekte bilime orijinal katkılar sağlayabilecek şekilde yetiştirilmelidirler. Ortaöğretim, bilimselliğin bilinçli bir şekilde kazanılabileceği ilk aşamadır. Kimya gibi fen dersleri ise bu süreçte en etkin kullanılabilecek disiplinlerden biridir. Çünkü bu disiplinlerin gelişmesinde birincil kaynak bilimsel yöntemlerin kullanılmasıdır.

Kısaca, günümüz insanının, hayatının her safhasını etkileyen teknolojik gelişmeleri algılayıp yorumlayabilmesi için, temel bir kimya genel kültürü eğitiminden geçirilmesinin gerekliliği açıkça görülmektedir. Böylece, bireyler bilimin değerini anlar ve ona karşı pozitif bir tutum geliştirir, teknolojinin toplumsal yaşantı üzerinde ki etkisini anlar ve en önemlisi bilim-teknoloji ve toplum arasındaki ilişkiyi ve birbirlerini nasıl etkilediklerini merakla izler. Bunun yanında, fen bilimleri eğitiminden geçen öğrenciler bilimsel süreç becerileri geliştirirler ve bunları daha sonraki yaşantılarının değişik aşamalarında kullanarak hayatlarını kolaylaştırmaktadırlar (YÖK Dünya Bankası, 1997).

#### **2.3.4. Fen ve kimya eğitiminde laboratuvarın yeri ve önemi**

Dünyamızda son yüzyıl içerisinde ve özellikle ikinci dünya savaşından sonra yaşanan teknolojik gelişmelerin esas kaynağının fen bilimleri olduğu herkes tarafından kabul edilmektedir. Fen bilimlerinin gelişmesi ise, çevre ve laboratuvar araştırmalarına dayanmaktadır. Laboratuvarlarda yapılan bilimsel keşifler daha sonra teknoloji olarak toplumun hizmetine sunulmaktadır. Bu gün laboratuvarlara

ve böylece genç nesillerin araştırmacı bir ruhla yetiştirilmesine özel bir önem verilmektedir.

Laboratuvar öğretilmek istenen bir konu veya kavramın yapay olarak öğrenciye ya birinci elden deneyimle veya demonstrasyon (gösteri) yolu ile gösterildiği ortamdır. Bu ortamların okullarda oluşturulması oldukça önemlidir. Laboratuvarlı öğretimin temel felsefesi olayların denenerek, sonuçların gözlenmesidir. Laboratuvar deneyleri üç değişik türde yapılabilir. Bunlar, kapalı uçlu deneyler, açık uçlu deneyler ve hipotez test etme deneyleridir. Bu deney türleri ile laboratuvar yaklaşımları birbirinden ayrı düşünülmemelidir (YÖK Dünya Bankası, 1997).

### **2.3.5. Laboratuvarın kullanım amaçları**

1. Fen bilimleri konuları çoğunlukla soyut ve kompleks olduğundan öğrencilere kavratılabilmesi için laboratuvarlarda somut materyallerle deneyimler sağlamak.
2. Öğrencilere, bilimin özünü kavrayabilmeleri için gerekli olan çalışma yöntemleri, problem çözme, inceleme ve genelleme yapma becerilerini kazandırmak.
3. Öğrencilerin kazandıkları deneyimlerle geniş bir sahada kullanabilecekleri özel yeteneklerin gelişmesini kolaylaştırmak.
4. Yapılan pratik çalışmalardan zevk alan öğrencinin fen bilimlerine karşı tutumunu geliştirmek (YÖK Dünya Bankası, 1997).

Laboratuvar aktiviteleri uzun zamandır fen bilimi müfredatı programında özel ve merkezi bir role sahiptir ve fen bilimi eğitimcileri öğrencileri fen bilimi laboratuvar aktivitelerinde meşgul etmenin bir çok yarar sağladığını öne sürmüşlerdir (Pickering, 1980; Hofstein and Lunetta, 1982; Garnett et al., 1995; Lunetta, 1998; Tobin, 1990; Hofstein and Lunetta, 2003). 19. yüzyılın sonlarından itibaren okullar fen biliminin sistematik olarak öğretmeye başladıklarında, fen bilimi laboratuvarı fen bilimi eğitiminin ayırt edici özelliği olmuştur. 1960'ların başlarında fen bilimi eğitimindeki önemli müfredat reformları sırasında, fen bilimi eğitimindeki pratik çalışmalar öğrencileri araştırmalarda, keşiflerde, sorgulamalarda ve problem çözme aktivitelerinde meşgul etmek için kullanılmıştır. Diğer bir ifadeyle, laboratuvar fen bilimi öğretiminin ve öğreniminin merkezi olmuştur. Örneğin, "CHEM Study"nin editörü George Pimental, keşif yaklaşımını vurgulayarak laboratuvarın öğrencilerin bilimin doğası ve bilimsel araştırma hakkında daha iyi bir

fikir kazanmalarına yardım etmek için tasarlandığını ileri sürmüştür. Ayrıca bunun öğrencilere kimyasal sistemleri gözleme ve ders kitaplarında ve sınıfta tartışılan prensiplerin gelişimi için yararlı olan veriler toplama fırsatı sağladığını belirtmiştir (Merrill and Ridgway, 1969). Yine de laboratuvarın etkinliğinin değerlendirilmesine gelindiğinde, durum daha az basit ve açıktır. Örneğin Ramsey and Howe (1969)'e göre: "Herhangi bir fen bilimi dersinin önemli bir parçası olması gereken öğrencilerin laboratuvardaki deneyimleri fen bilimi öğretiminde yaygın bir kabul görmüştür. En iyi deneyimin ne olduğu ve bu deneyimlerin geleneksel sınıf çalışması ile nasıl harmanlanacağı objektif olarak değerlendirilmemiştir" (p.75).

1960 ve 1980 yılları arasında, yüzlerce araştırma makaleleri, raporları ve doktora tezleri genelde fen bilimi laboratuvarının eşsizliği, özelde de onun eğitimsel etkinliği ile ilgili çevreleri ve değişkenleri keşfetmeye ve incelemeye çalışma amacıyla basılmıştır. Bu çalışmalar daha sonra yeniden incelenmiştir (Bates, 1978; Blosser, 1980; Hofstein and Lunetta 1982).

Her ne kadar fen laboratuvarına fen eğitiminde ayrı bir rol verilse de yapılan birçok incelemelerde, araştırmanın genelde laboratuvardaki deneyimler ile öğrenci öğrenmeleri arasında çok basit bir ilişki görülmesiyle yetersiz kaldığı şeklinde gözlenmektedir. Yapılan literatür taramaları, pek çok öğretmenin fen laboratuvarlarını etkili kullanmadığını göstermektedir. Ayrıca pek çok öğretmen fen laboratuvarlarında öğrencilerinin performanslarını ve anlayışlarını değerlendirmede kullanacakları değerlendirme yöntemlerini bilmemektedirler (Yung, 2001). Sonuç olarak, öğrencilerin final notları onların laboratuvar performanslarını ve laboratuvar çalışmalarından anladıklarını tam ve doğru olarak yansıtmamaktadır.

Okullardaki laboratuvar aktivitelerinin çoğunda verilen laboratuvar rehberi, öğrencilerin davranışlarını ve öğrenmelerini etkilemektedir. Bu rehber öğrencinin dikkatini araştırılacak sorulara, ne yapılacağına, gözlemleneceğine, yorumlanacağına ve rapor edileceğine çeker. Amaç ve prosedürlerin belirlenmesinde önemli rol oynar. Johnston and Wham (1982) laboratuvar rehberlerinin çok detaylı olduğunu ve bu detayların öğrencileri asıl amaçtan uzaklaştırdığını belirtmektedirler. Bu rehberlerde öğrencilerin yüksek seviyeli bilişsel yeteneklerinin gelişimine hizmet edecek çok az fırsat yer almaktadır.

Tobin (1986) farklı öğrencilerin öğrenme ihtiyaçlarını karşılamak için laboratuvar aktivitelerini uyarlanmasının zor olmasının, özellikle düşük motivasyon ve yetenek

düzeyine sahip öğrencilerle çalışırken öğretmenlerin laboratuvar araştırmalarından kaçınmasına neden olduğunu belirtmektedir. Dreyfus (1986) farklı beceri sınıfları kullanarak fen laboratuvarı aktivitelerin yeniden tasarlamak için ciddi bir teşebbüste bulunmuştur. Fen eğitimi literatüründe öğrenim ve öğretimin etkinliğini artırmak için eğitimsel süreçlerin öğrencinin özellikleriyle örtüşmesi görüşü yaygın olarak kabul edilmektedir. Geçen 20 yıl içinde öğrencilerin kavramsal anlayışlarını ve diğer bilişsel değişkenleri değerlendirmek ve geliştirmek için özel bir ilgi gösterilmiştir. Ancak öğrencinin ilgi ve motivasyonunu etkileyen değişkenlerin incelenmesi için aynı çaba gösterilmemiştir. Adar (1969) yaptığı bir çalışmada, öğrencilerin fen sınıfında veya laboratuvarında tercih ettikleri eğitim stratejileri ile öğrenme nedenleri ve motivasyonu arasında bir ilişki olduğunu ortaya çıkarmıştır. Hodson (1990) laboratuvar çalışmasını eleştirmekte, laboratuvar çalışmasının verimli olmadığını ve düşünülmeden çok sık kullanıldığı için karmaşık olduğunu iddia etmektedir. Bu yüzden, öğrencilerin laboratuvarda gerçekten çalışabilmesi için ücretli olmaları halinde daha özenli olacaklarını önermektedir. Tobin (1990), “laboratuvar aktivitelerine, anlayarak öğrenme durumunda ve feni uygulayarak bilgiyi oluşturacakları bir durumda başvurulduğunu” yazmaktadır. Dolayısıyla eğer öğrencilere gerekli materyal ve donanımı beceriyle kullanma, fenomen ve ilişkili bilimsel kavramlarla ilgili bilgilerini oluşturabilme fırsatları verilirse laboratuvarda anlamlı öğrenmenin mümkün olduğunu da önermektedir. Gunstone (1991), öğrencilerin basit bilgilerini oluşturmaları ve yeniden yapılandırmalarında laboratuvar kullanılmasını önermektedir, ancak bu görüşün de acemice olduğunu iddia etmektedir. Buna ilaveten, Gunstone and Champagne (1990) öğrencilere yeterli zaman ile ön tartışmada karşılıklı etkileşim ve fikir alışverişi için fırsatlar verildiğinde laboratuvarda öğrenmenin gerçekleşeceğini iddia etmektedirler. Gunstone (1991)’e göre bu yaklaşım genellikle öğrenciler fen laboratuvarında tekniksel aktivitelerle meşgul oldukları ve üst-bilişsel aktiviteler için çok az fırsatların verilmesi nedeniyle tam olarak kullanılmamaktadır. Baird (1990) bu üst-bilişsel yetenekleri, “öğrenme çıktıları belirli faaliyetlerin öğrenciler tarafından spesifik bir öğrenme bölümü süresince bilinçli olarak yapılmasına bağlıdır” şeklinde açıklamaktadır. Gunstone (1991)’e göre, bir konuda açıklama yapma, öğrencilerin anlamaları için araştırmalarında kendi öğrenmelerinin kontrolünü yapmaya yardımcı olmaktadır. Aynı zamanda, öğrencilere kendi fikirlerinde geri bildirim, düşünme/yansıma ve değişiklik yapmaları için sık sık fırsatlar verilmelidir

(Barron et al, 1998); bununla birlikte Tobin (1990) ve Roth (1994) genellikle araştırmalarda Amerika'da veya diğer ÷lkelerdeki birçok okullarda bunun gibi fırsatların verilmediğinin net açıklanmadığını ifade etmektedirler. Kempa and Diaz (1990) alışmalarında motivasyon ve eğitim tercihleri arasında bir dizi g÷l÷ ilişki olduğunu ortaya çıkarmıştır.

Laboratuvar aktiviteleri temel fen eğitimi amaçlarını desteklemektedir. Bu amaçlar ÷đrencinin:

- Bilimsel kavramları anlaması
- Motivasyon ve ilgisinin artması
- Bilimsel pratik yeteneklerin ve problem çözme becerilerinin gelişmesi
- Zihnin bilimsel yapısının geliştirilmesi
- Bilimin doğasının anlaşılmasıdır.

Laboratuvar aktiviteleri için belirlenen amaçlar genellikle yukarıda sayılanlarla paralellik gösterir. Öğrenmeyi ve öğretmeyi yönlendirebilmek için, ÷đrencilerin ve öğretmenlerin sınıfta yapılanların genel ve özel amaçlarını bilmeleri önemlidir. Chang and Lederman (1994) ve Wilkenson and Ward (1997) ÷đrencilerin fen laboratuvarında çalışırken yaptıkları çalışmanın genel ve özel hedefleri konusunda açık fikirlere sahip olmadıklarını ortaya çıkarmışlardır. Diğer alışmalar, genellikle ÷đrencilerin laboratuvar uygulamalarının amaçlarının talimatları takip etmek ve sorulara doğru cevaplar vermek olarak algılandığını göstermektedir. Eğitimin amacına ulaşabilmesi için ÷đrencilerin bu amaçları anlaması gerektiğinden, Wilkenson and Ward (1997) laboratuvar çalışmalarında öğretmenlerin ÷đrencilere amaçları anlayabilmeleri için yardım etmeleri gerektiğini belirtmektedirler.

Hofstein and Lunetta (1982)'nin incelemesi ise, laboratuvarın ortaöğretim fen bilimi öğretimi ve öğrenimi için bir ortam olarak d÷şün÷lmesi ile ilgili olarak tarihin, hedeflerin ve araştırma bulgularının yeniden incelenmesiyle fen bilimi laboratuvarı konusunda bakış açıları sağlamıştır. Benzer olarak Tobin (1990), fen bilimi laboratuvarında öğretimin ve öğrenimin etkinliği konusunda takip eden araştırmalar yapmıştır. Fen bilimi öğretmenleri ve araştırmacılar için araştırma planları önermiştir. Tobin, ÷đrencilere kendilerinin olaylar ve bu olaylarla ilgili kavramlar hakkında bilgi oluşturması için uygun bir ortamda donanımı ve materyalleri kullanma için fırsatlar verildiğinde anlamlı öğrenmenin mümkün olabileceğini ileri sürmüştür. Ayrıca araştırmanın böyle fırsatların okullarda fen



bilimi derslerinde sunulduğuna dair kanıt sağlamayı başaramadığını iddia etmiştir. Daha sonra Hofstein and Lunetta (2003), ikinci bir literatür incelemesi yapmışlar ve şu sonuçlara varmışlardır: Bir laboratuvar sınıfında öğretim için neyin tavsiye edildiği ve gerçekte çoğu sınıfta ne olduğu arasında ciddi uyumsuzluklar vardır. Araştırmacıların çoğu, iyi öğretmenin gerçek ve uygulamalı değerlendirmeyi niçin kullanmadıklarını incelemek ve anlamak ihtiyacı duymaktadır. Böyle bir anlama, sınıf uygulaması araştırmasını, değerlendirme tekniklerinin gelişimini, profesyonel öğretmen gelişimini ve daha ileri araştırma çalışmalarını şekillendirmelidir. Şüphesiz, konular komplekstir. Fakat yorumlar öğretmenlerin ve araştırmacıların bakış açısındaki farklılıklarda yatmaktadır. Örneğin, öğretmenler böyle değerlendirme yöntemlerinin başarılı bir şekilde uygulanması için gerekli olan zamana ve beceriye sahip olmadıklarını algılayabilirler. Ayrıca isteksizlik, öğrencilerin laboratuvar deneyimlerinde ne öğrenebilmesi, öğrencilerin nasıl öğrendiği, önemli öğrenme sonuçlarını elde etmek için onların neye ihtiyaçları olduğu ve sınavlarda başarılı bir performans göstermek için neye ihtiyaçları olduğu hakkında öğretmenlerin inançlarından kaynaklanabilir. Derin bilgiye dayanarak, fen bilimleri eğitimindeki daha ileri araştırmalar, öğretmenlerin profesyonel gelişimi ve öğretim için stratejilerin, kaynakların gelişimini hakkında bilgi sağlayabilmelidir. Cevaplanacak sorular, öğrenciler sorgulama ve pratik çalışma ile meşgul olurken onların öğrenmesinin etkili ve verimli bir şekilde nasıl değerlendirileceği, öğrencilerin anlamlı öğrenme ile sonuçlanan pratik deneyimlerde farklı beceri ve bilgi ile nasıl meşgul edileceği ve daha etkili bir laboratuvar öğrenme çevresinin nasıl sağlanacağıdır. Ulusal Fen Eğitimi Standartları (Ulusal Araştırma Konseyi, 1996) ve diğer fen bilimi literatürleri (Lunetta, 1998; Bybee, 2000; Hofstein and Lunetta, 2003) genelde fen bilimi öğretiminde özelde de kimya eğitiminde laboratuvar çalışması uygulamasının ve rolünün tekrar düşünülmesinin önemini vurgulamaktadır.

Araştırmaların laboratuvar ve fen bilimi öğreniminde öğrencilere sağlanan deneyimler arasında basit bir ilişki göstermeyi başaramadığı doğrudur. Buna rağmen, laboratuvar eğitiminin fen bilimi öğretiminin ve öğreniminin bazı amaçlarını gerçekleştirmek için etkili ve verimli bir öğretim ortamı olduğunu ileri süren yeterli veri vardır. Uygun laboratuvar aktiviteleri, öğrencilerin bilgilerini oluşturmalarına (Tobin, 1990; Gunstone, 1991) mantıklı ve sorgulama tipli beceriler ve problem çözme yetenekleri geliştirmelerine yardım etmede etkili

olabilmektedir. Ayrıca psikomotor becerilerin gelişimine katkıda bulunabilmektedir. Ek olarak pozitif tutumlar geliştirmede ve öğrencilere işbirliği ve iletişim becerileri geliştirmeye fırsat sağlamada büyük potansiyele sahiptir. Bu hususta eşsiz bir öğrenme çevresidir. Bu nedenle, fen bilimi laboratuvarı fen bilimi öğretmenlerine kendi eğitim tekniklerini değiştirmeleri ve monoton bir sınıf öğrenme çevresinden sakınmaları için fırsatlar sağlama potansiyeline sahiptir. Yıllar boyunca kimya laboratuvarındaki pratik uygulamayı niteleyen çoğu alanları kapsamak için girişimler yapılmıştır. Bunlardan bazıları aşağıdaki konulara odaklanan çalışmalardır:

1. Kimya laboratuvarı: eşsiz bir öğrenme, öğretme ve değerlendirme tarzı
2. Kimya laboratuvarında farklı sunum yolları kullanarak öğrenci performansını ve başarısını değerlendirme
3. Okul kimya laboratuvar çalışmasına karşı öğrenci ilgisi ve tutumu
4. Öğrencilerin laboratuvar öğrenme çevresine karşı bakış açıları

#### **2.3.5.1. Kimya laboratuvarı: eşsiz bir öğrenme, öğretme ve değerlendirme tarzı**

Kelly and Lister (1969) ayrıntılı araştırma bulgularına dayanarak, fen bilimi laboratuvarın eşsiz bir öğrenme, öğretme ve değerlendirme tarzı olduğunu ve laboratuvardaki yeteneklerin diğer uygulamalı öğrenme deneyimlerindeki yetenekler ile biraz ilişkili olduğunu ileri sürmüştür. Bunun için destek daha sonraki aşamada Tamir (1972) tarafından ve sonra da Yeany et al. (1989) tarafından sağlanmıştır. Kimya içeriğinde öğrenme ve öğretme tarzları hakkındaki bir çalışma Ben-Zvi et al., (1977) tarafından yapılmıştır. Kimya laboratuvarında öğrenme tarzları ve lise kimyasında geçerli olan öğrenme tarzları arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla gerçekleştirilen bu çalışmada, kimya laboratuvarındaki ilk 3 performans aşamasını kapsamak için bir seri test geliştirilmiştir (Kempa and Ward, 1975; Kempa, 1986; Giddings and Hofstein, 1980; Giddings et al., 1991): planlama ve tasarım (sorular formüle etme, sonuçları tahmin etme, hipotezler formüle etme, tasarlanmış deneysel prosedürleri test etme), performans (deney yapma, materyalleri ve donanımı kullanma, araştırıcı teknikler hakkında kararlar alma, bulguları gözlemleme ve rapor etme), analiz ve yorumlama (verileri işleme, ilişkileri açıklama, genellemeler yapma, verilerin doğruluğunu inceleme, sınırlılıkların

taslağını çizme, yürütölen araştırmaya dayalı olarak yeni sorular formöle etme) ve uygulama (yeni durumlar hakkında tahminler yürütme, araştırıcı sonuçların temelinde hipotezler formöle etme, yeni deneysel durumlara laboratuvar tekniklerini uygulama). Bu reformlar eğer biz fen bilimleri laboratuvarlarındaki pratik çalışma için eşsiz olan bilginin, becerilerin ve tutumların gelişimine önem verirsek, öğretmenler kendi laboratuvar sınıflarında sonuçların uygun bir şekilde sőrekli değerlendirilmesini uygulamak zorundadır. Ulusal Fen Eğitimi Standartları rneğin tőm öğrencilerin öğrenme deneyimlerinin değerlendirilmesi gerektiğini ve bu değerlendirmenin gerçekçi olması gerektiğini göstermektedir (Ulusal Araştırma Konseyi, 1996). Böyle standartlar performansın ve sorgulamanın değerlendirilmesinin genellikle dikkate alınmadığı test etmenin gelişimine yardımcı olmuştur.

#### **2.3.4.2. Kimya laboratuvarında farklı sunum yolları kullanarak ğrenci performansını ve başarısını değerlendirme**

Bryce and Robertson (1985), laboratuvarda değerlendirme konulu çalışmalarında çođu űlkede öğretmenlerin laboratuvar çalışmasını yönetmede çok zaman harcadığını fakat fen bilimini değerlendirmenin önemli bir kısmının geleneksel olarak uygulamalı yapılmadığını belirtmişlerdir. Daha sonra Yung (2001), Hong Kong'da yürütölen bir çalışmada okul fen bilimi laboratuvarlarında değerlendirmenin karışıklığını gösteren veriler sunmuştur. Yung'a göre öğretmenlerin öğretimin ve öğrenimin iyileştirilmesi ile ilgili öğrencilerini değerlendirme potansiyelinden haberdar olmalıdırlar. Yine de, 21. yőzyıla girerken öğretmenlerin öğrencilerini kâğıt-kalem testleri kullanarak değerlendirmeye devam ettiklerini, bu nedenle genelde fen bilimi laboratuvarında özelde de sorgulama laboratuvarlarında đrenci performansının en önemli bileşenlerinden çoğunu ihmal ettiklerini iddia etmektedir.

Kempa (1986), laboratuvarda deneysel çalışma uygulamalarının pratik becerilerin gelişimi ve değerlendirilmesi için geçerli bir çatı sağladığını ileri sőrmőřtur. Bu uygulamaları değerlendirmek için, geçerli, gővenilir ve elverişli ölçeklerin geliştirilmesi ve uygulanması gerekmektedir. Literatőr taraması (Ganiel and Hofstein, 1982; Bryce and Robertson, 1985; Giddings and Hofstein, 1980; Giddings et al., 1991; Tamir et al., 1992; Lazarowitz and Tamir, 1994; Lunetta,

1998; Hofstein et al., 2004) bu uygulamaların bazılarını ya da hepsini değerlendirmek için genelde farklı değerlendirme kategorilerinin mevcut olduğunu göstermiştir. Bunlar; yazılı kanıt (ya geleneksel laboratuvar raporları ya da kâğıt kalem testleri), bir ya da daha fazla pratik sınavlar; fen bilimi öğretmeni ya da araştırmacı tarafından sürekli değerlendirme ve en azından iki değerlendirme yöntemini içeren birleştirilmiş yöntemler olarak sınıflandırılmıştır.

### **Yazılı kanıtlar**

Geleneksel eğitimde, fen bilimi öğretmenleri öğrencilerin laboratuvar performansını, laboratuvar uygulaması sırasında ya da uygulamadan sonra onların yazılı raporlarına dayalı olarak değerlendirmektedir. Maalesef bu değerlendirme yöntemi, öğrencilerin pratik uygulama sırasındaki performansları ve davranışları hakkında yalnızca sınırlı bilgi sağlamaktadır. Yazılı kanıtların ikinci şekli, öğrencilerin laboratuvar çalışmalarının ve prosedürlerinin temelini oluşturan deneysel teknik ve prensip bilgisi ve bunların kullanımını anlamasını değerlendirmek için yapılan kâğıt ve kalem testleridir. Bu testler iki bölüme ayrılmaktadır: 1) prensipler ve teknikler, 2) metodoloji. Bu durumda yöntem, laboratuvar çalışmasının teorik bileşenleri ile sınırlıdır ve bu nedenle de daha performans tipi aktiviteler için kanıt sağlamamaktadır.

### **Pratik sınavlar**

Bu değerlendirme türü, öğrencilerin deneysel ve gözlemsel uygulamalarda karar alma ve yürütme aşamasına dahil edildikleri performans safhasını değerlendirmek için en geçerli yaklaşımdır. Araştırma çalışmalarında kullanılan pratik sınav örnekleri, 1970'ler boyunca basılan ve yürütülen çalışmalarda bulunmaktadır (Yager et al.,1969; Tamir, 1972; Eglen and Kempa, 1974; Kempa and Ward, 1975). Ben-Zvi et al., (1976), lise kimya öğrenimi içeriğinde filme alınmış bir deneyin etkinliğini inceleyen bir çalışmada üç pratik test kullanmıştır. İki öğrenci grubunun oluşturduğu bu çalışmada, bir öğrenci grubu filme alınmış bir deneyi izlerken, kontrol grubu aynı deneyi yaparak-yaşayarak öğrenme aktivitesi ile yapmışlardır. İlk pratik teste göre öğrencilerden deneysel çalışmayı iyi tanımlanmış yönergelere göre yapmalarını istemiştir. Bu testin amacı el becerilerini incelemektir. Bu test daha önceden Eglen and Kempa (1974) tarafından önerilen 4

alt el becerilerini (deney teknikleri, prosedürleri, el ustalığı ve düzen) içermektedir. İkinci pratik test yalnızca yapılacak aktiviteleri değil ayrıca öğrencilerin daha önceden karşılaşmadığı bir alandaki deney prosedürünü içeren bir problem çözme içeriğinde öğrencilerin becerilerini değerlendirme amacıyla geliştirilmiştir (Örneğin karbonat üzerine ısının etkisinin nicel olarak incelenmesi gibi). Aynı şekilde test yine 4 alt el becerileri (deney teknikleri, prosedürleri, el ustalığı ve düzen) içermektedir. Üçüncü pratik değerlendirme gözlemsel bir test olup, bu test bazı algı alanlarını kapsayan 6 deneyden oluşmaktadır: renk değişimi, sıcaklık değişimi, gazların değişimi ve katıların çökmesi. Çalışmanın sonuçları, el beceri alanları dışında deneysel durumları sunan filme alınmış deneylerin öğrencilerin bireysel laboratuvar çalışması için etkili bir temsil olduğunu göstermiştir. Yine de rutin el becerileri alanında, laboratuvar çalışması ile direkt deneyim daha yüksek performans seviyesine götürmüştür. Fakat kontrol grubunun elde ettiği avantaj küçüktür ve bu filme alınmış deneylerin potansiyelini el becerilerinin basit öğretimi yoluyla desteklemektedir.

Pratik sınav yaklaşımının kullanımındaki ana engel, sınırlı bir sürede öğrencilere uygulanan bu deneylerin uygulama sınırlılığıdır. Ayrıca uygulamanın gerçekleştiği süre boyunca yürütülen deneylerin seçimini istenmeyen şekilde etkilemektedir. Diğer bir ifadeyle, genelde öğretmenler deney seçimlerini pratik bir testte kullanılan deney tipi ile ilgili olarak sınırlamaktadır. Bu sınırlılıkların ve engellerin üstesinden gelmek için okul sistemlerinde öğretmenler tarafından yürütülen ve izlenen pratik yeteneklerin sürekli olarak değerlendirilmesine yönelik bir değişim olmuştur.

### **Sürekli değerlendirme**

Pratik uygulamaların dezavantajlarının üstesinden gelmek için öğretmenler sürekli değerlendirme yaparak fen bilimi laboratuvarında öğrenci başarısını ve onların ilerlemesini değerlendirmeye yönelmişlerdir. Bu metodun ardındaki felsefe öğrencilerin yalnızca öğrenme sürecinin sonunda değerlendirilmemesi bunun yerine bunun sürekli ve dinamik bir süreç olduğudur (JMB, 1979). Bu değerlendirme tarzında fen bilimi öğretmeni her öğrenciyi normal bir laboratuvar ortamı sırasında fazla öne çıkmayarak gözlemlemekte ve onları değerlendirmektedir (JMB, 1979; Ganiel and Hofstein, 1982; Giddings and Hofstein, 1990; Hofstein et al., 2004).

Yıl boyunca farklı zamanlarda pratiki çalışmanın sürekli olarak değerlendirilmesi fen bilimine dayanan pratik bir çalışmanın tümünü oluşturan çeşitli görevleri ve becerileri yeterli derecede kapsamak için gereklidir. İsrail’de yürütülen öğrencilerin sorgulama tipi deneyler yaptığı bir çalışmada sürekli değerlendirme yöntemi uygulanmıştır (Hofstein et al., 2004). Bu çalışma için yaklaşık 100 tane sorgulama tipi deney geliştirilmiş ve İsrail’de 11. ve 12. sınıf kimya öğrencilerine uygulanmıştır. Neredeyse deneylerin tümü lise kimya dersinde öğretilen anahtar kavramlar çatısında birleştirilmiştir. Yani asitler ve bazlar, stokiyometri, yükseltgenme-indirgenme, bağlar, enerji, kimyasal denge ve tepkime hızı. Bu deneyler okul kimya laboratuvarında 5 yıl boyunca uygulanmıştır. Daha önceden bahsedildiği gibi, bu şartlar altında bazı değişkenler kontrol edilmiştir: öğretmenlerin profesyonel gelişimi, laboratuvardaki başarı bakımından öğrenci ilerlemesinin sürekli değerlendirilmesi ve zaman ve sorgulama tipi deneyleri yapmak için imkânlar (donanım ve materyal).

Hofstein and Lunetta (2003)’nın gerçekleştirdikleri bir çalışmada bir kimya laboratuvarında öğrenciler laboratuvar föyündeki yönergeleri izleyerek küçük gruplarda (3-4) deneyler yapmışlardır. Sorgulama görevini başarmak için öğrenciler çeşitli aşamalardan geçmişlerdir. İlk aşamada öğrencilerden (ön sorgulama aşaması) spesifik yönergelere dayalı olarak bir deney yapmaları istenmiştir. Bu aşama kapalı uçludur. Bu nedenle öğrencilere bu aşamada çok sınırlı sorgulama tipi deneyimler sağlanmaktadır. Sorgulama aşaması (ikinci aşama) öğrencilerin ilgili sorular sorma, hipotez kurma, daha ileri bir araştırma için bir soru seçme, bir deney planlama, bir deney yürütme ve sonuçta bulguları değerlendirerek sonuçlara ulaşma gibi daha açık uçlu tipte deneyimler yaşadığı bir aşamadır. Bu aşamanın öğrencilerin daha iyi anlayarak fen bilimini öğrenmesine ve yaşamasına imkân sağladığı düşünülmektedir. Hatta bu aşama öğrencilere gerçekten bir bilimsel çalışma yaparak kendi bilgilerini oluşturma fırsatı sağlamaktadır. Ayrıca böyle deneyleri yapma öğrencilere üst-bilişsel aktiviteleri uygulama fırsatı da sağlamaktadır. Baird (1990), üst-bilişsel becerilerin spesifik bir öğrenme olayı sırasında öğrenciler tarafından bilinçli şekilde yapılan belli hareketlerle ilişkili öğrenme sonuçları olduğunu ileri sürmüştür (p.184). Üst-bilişsel kavrayış, bir kişinin daha gelişmiş bir anlaması ile sonuçlanabilen, öğrenmesini, uygulamasını ve özümsemesini içermektedir. Diğer bir deyişle, öğrencilere kendi öğrenmelerinin kontrolünü aldıkları ve anlamalarını araştırdıkları bir öğrenme

ortamı sunulmaktadır. Hofstein et al., (2005), başka bir çalışmalarında böyle aktivitelere dahil edilen kimya öğrencilerinin böyle deneyimler yaşamayan öğrenci grubu ile karşılaştırıldığında kimyasal olaylarla ilgili daha çok ve daha iyi sorular sorabildiklerini göstermiştir. Ayrıca sorgulama tipi aktivitelere dahil edilen öğrencilerin deneysel olmayan kimya deneyimlerinde (bilimsel bir makale okuma gibi) soru sorma yeteneği geliştirdiği bulunmuştur. Bu, sorgulama laboratuvarlarına katılan öğrencilerin yüksek seviyeli öğrenme becerileri ve üst-bilişsel yetenekler geliştirdikleri tekrar göstermektedir.

### **2.3.5.3. Okul kimya laboratuvar çalışmasına karşı öğrenci ilgisi ve tutumu**

Fen bilimine karşı olumlu tutumlar geliştirme, fen bilimi öğretiminin önemli amaçlarından biri olarak sıralanmıştır. Hofstein and Lunetta (1982, 2003), laboratuvarların, aktiviteler etkili bir şekilde organize edildiğinde tutum ve bilişsel büyüme geliştirmeye pozitif katkıda bulunabilen sosyal etkileşimlerin gelişimine yardımcı olmada büyük bir potansiyele sahip olan eşsiz ortamlar olduğunu ileri sürmüşlerdir.

1970 ve 1980'lerde basılan birkaç çalışma (Bates, 1978 ve Hofstein and Lunetta, 1982) öğrencilerin bazı derslerde laboratuvar çalışmasından zevk aldıklarının ve bu laboratuvar deneyimlerinin fen bilimine karşı pozitif ve gelişmiş tutum ve ilgi ile sonuçlandığının rapor etmişlerdir. Örneğin, Ben-Zvi et al.,(1976), öğretmen demonstrasyonları, filme alınmış deneyler, sınıf tartışmaları ve derslerle karşılaştırıldığında kimya laboratuvarına dahil edilmenin öğrencilerin kimya çalışmalarında ilgilerinin gelişmesine yardımcı olmak için en etkili eğitimsel yöntem olduğunu rapor etmişlerdir. Ayrıca öğrencilerin daha gelişmiş lise kimya derslerini almalarının nedenlerinin incelendiği bir çalışmada bunun ana nedenlerinden birinin öğrencilerin kimya laboratuvarındaki pratik uygulama deneyimlerinin olduğu bulunmuştur (Milner et al.,1987). Nijerya' da Okebukola (1986), çalışmada fen bilimi laboratuvarına devamlı katılmanın genelde kimya öğrenimine özelde de kimya laboratuvarındaki öğrenmeye karşı artan bir tutumla sonuçlandığını iddia etmiştir. Okebukola (1986), Hofstein et al., (1976) tarafından geliştirilen Kimya Laboratuvarına karşı Tutum ve İlgi Anketini kullanmıştır. Bu anket İsrail'de (N=505, 10–12. sınıfta, 5 okulda) yürütülen bir çalışmada kullanılmıştır. Öğrenci cevaplarının faktör analizi sonuçları, öğrencilerin kimya laboratuvarında karşı tutumlarının tek boyutlu olmadığını, fen bilimine ve okul fen bilimine karlı tutum

olarak sayıldığını ortaya çıkarmıştır (Hofstein et al.,1976). Çalışma kapsamında aşağıdaki tutumsal boyutlar elde edilmiştir: fen bilimi laboratuvarında öğrenme, laboratuvar çalışması miktarı ve laboratuvar çalışmasının önemi. Ölçümün öğrencilerin maruz kaldığı deneyim tiplerine, ders farklılıklarına (biyoloji, kimya, fizik) ve cinsiyet farklılıklarına duyarlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

1990'ların başında fen bilimi eğitimdeki araştırmaların odağı, duyuşsal alandan genelde bilişsel alana özelden de kavramsal değişime doğru hareket etmiştir. 1990'larda basılan iki tarama çalışmasında (Hodson, 1993; Lazarowitz and Tamir, 1994) tutum ve ilgi gibi duyuşsal değişkenlere odaklanan araştırmaları tartışmıştır. Yine de, fen bilimi eğitimi laboratuvar çalışmasını tutumu artırmada, ilgiyi ve zevki uyardırma ve öğrencileri genelde fen bilimini özelden de kimyayı öğrenmeye motive etmede önemli bir ortam olarak vurgulamaya devam etmektedir (Freedman, 1997; Thomson and Soyibo, 2002).

#### **2.3.5.4. Öğrencilerin laboratuvar öğrenme çevresine karşı bakış açıları**

Fen bilimi laboratuvarı öğrencilerin küçük gruplarda olayları incelemek için birlikte çalıştıkları bir ortamdır, eşsiz bir eğitim tarzı ve eşsiz bir öğrenme çevresidir. Hofstein and Lunetta (1982) ve Lazarowitz and Tamir (1994), laboratuvar aktivitelerinin pozitif tutumlar ve bilişsel gelişme kadar yapıcı sosyal ilişkilerin gelişimine yardımcı olmak için potansiyele sahip olduğunu ileri sürmüşlerdir. İşbirlikçi takım çabası birçok laboratuvar aktivitesi gerektirmektedir. Öğrenciler ve öğretmenler arasındaki daha yapıcı etkileşimler için sınıf ile karşılaştırıldığında daha az resmi atmosfer ve fırsatlar sosyal etkileşimlerin gelişmesine yardımcı olmak için potansiyele sahiptir ve bu nedenle pozitif bir öğrenme çevresi yaratmaktadır (Tobin, 1990).

Fen bilimi laboratuvarlarında oluşan farklı etkileşim tipleri ile ilgili güvenilir ve önemli bir bilgi öğrencilerin laboratuvar öğrenme çevresine karşı bakış açılarını değerlendiren ölçeklerin kullanılmasıyla elde edilebilir. Öğrencilerin fen bilimi laboratuvarındaki bakış açılarını değerlendirme ihtiyacı, Fen Bilimi Laboratuvar Ortamı Envanteri'ni geliştiren (SLEI) Avustralya'da bir grup fen bilim eğitimcisi tarafından ilk olarak ele alınmıştır (Fraser et al.,1993). 8 tane öğrenme ortamı boyutunu (kaynaştırıcı, açık uçlu, entegrasyon, açık kurallar, materyal ortamı, öğretmen desteği, içerikle ve organizasyon) içeren bu aracın, farklı laboratuvar



çalışması yaklaşımlarına duyarlı olduğu bulunmuştur (Hofstein et al., 1996; Fisher et al., 1998).

Hofstein (2004) okuldaki laboratuvarlı fen eğitiminin etkinliği ile ilgili olarak:

- Öğrenme için okuldaki laboratuvar aktivitelerinin medya gibi özel bir potansiyeli vardır. Laboratuvar öğrencilerin önemli fen öğrenme ürünlerini ortaya çıkarmalarını desteklediğini,
- Öğretmenler pratik öğrenme ortamlarında etkili öğretim gerçekleştirebilmek için bilgi, yetenek ve kaynaklara ihtiyaç duyarlar. Öğretmenler, öğrencilerin yaparak yaşayarak araştırma, zihinsel yansıtma ve entelektüel etkileşimi içine girmesini sağlaması gerektiğini,
- Öğrencilerin fen laboratuvarındaki algılamaları ve tutumları büyük oranda öğretmenin beklentilerinden, değerlendirme yönteminden, laboratuvar rehberinin yönlendirmesinden, çalışma yapılarından ve medyadan etkilendiğini,
- Öğretmenler öğrencilerinin fen sınıfında ve laboratuvarında ne düşündükleri ve öğrendiklerini öğrenebilmek için yollar bulmaları gerektiğini öne sürmektedir.

Hofstein and Lunetta (2003) ise çalışmalarında, son 20 yıl içinde fen derslerinde ve laboratuvarlarında kavramsal öğrenmeyi destekleyen veya engelleyen durumlar hakkında sahip olunan bilgiler incelemiştir. Okullarda fen laboratuvarlarında öğrenmeyi olumsuz yönde etkilemeye devam eden faktörleri aşağıdaki gibi sıralamışlardır:

- Laboratuvar föylerinde öğrenciler için altı çizilen aktivitelerin pek çoğu halen bir yemek tarifi niteliği taşımaktadır. Bu talimatlar öğrencilerin araştırmalarının hedefleri ve başarıya ulaşması için yerine getirmesi gereken görevleri düşünmesini sağlamamaktadır.
- Öğrencilerin pratik bilgilerinin, yeteneklerinin ve laboratuvar sorgulamasının değerlendirilmesi ciddi bir şekilde ihmal edilme eğilimindedir. Bu nedenle pek çok öğrenci laboratuvar deneyimlerini öğrenmelerinde önemli olarak görmemektedir.
- Profesyonel pratik için neyin önerildiği konusunda genellikle öğretmenler ve okul yöneticileri iyi bilgilendirilmemektedir ve bu önerilerin altında yatan mantığı anlamamaktadırlar. Bu nedenle öğretmenin teoriği ile uygulaması

arasında uyumsuzluk olabilmekte ve bu durum da öğrencilerin laboratuvardaki algı ve davranışlarını etkilemektedir.

- Kaynak yetersizliği nedeniyle sorgulama tipi aktiviteler okuldaki fen öğretimine dâhil edilememektedir. Öğretmenlerin uygun müfredatı geliştirmeleri, kullanmaları veya bu konuda bilgilendirilmeleri için ciddi bir zaman sıkıntısı vardır.
- Diğer engelleyici faktörler ise şöyle sıralanabilir: kalabalık sınıflar, laboratuvar programlarının esnek olmaması.

Bu çalışmada öğretmen ve öğrencilerin önemli öğrenme hedeflerine ulaşabilmeleri için öğretim stratejilerinin, değerlendirme araçlarının geliştirilmesi gibi konularda özel fırsatlar tanımlanmıştır. Önemli öğrenme amaçları:

- Farklı öğrenme stillerine, kültüre, becerilere, motivasyona sahip öğrencileri öğrenme ortamına dâhil etmek,
- Öğrencilerin sorgulamayı güçlendiren araçlar ve stratejileri kullanmasını sağlamak,
- Bilimsel kanıtlar doğrultusunda öğrencilerin iddiaları kanıtlamalarını sağlamak.

Bu çalışma aşağıdaki uygulamaları da önermektedir:

- Öğrencilerin öğrenme ürünleri için gerekli amaçlar, sınıf ve laboratuvarında öğretmenlerin ve müfredat geliştiricilerin yapacaklarını yönlendirmelidir.
- Etkili öğretme, öğrencinin bilgi, tutum, algı ve kültürünü arttırmaktadır.
- Öğrencilerin öğrenme ve tutumlarının değerlendirilmesi, öğrenme ürünleri için belirlenen amaçlara uygun olmalıdır.
- Müfredat ve öğretimi ile işbirliği içinde olan sınıfa dayalı araştırma ve geliştirme, öğretmen ve öğrencilere önemli fen öğrenme ürünlerini başarmada yardımcı olmaktadır.
- Uygun profesyonel öğretmen gelişimi, öğretmenin etkili fen öğretimi gerçekleştirmesi için öğretmen yardımcı olacaktır.

Sonuç olarak Hofstein and Lunetta (1982)'nin belirttiği üzere; sağlıklı bir öğrenme ortamı yaratma, çağdaş eğitimciler için önemli bir amaç olduğu için, laboratuvardaki zamanın nasıl harcanacağını ve laboratuvarında spesifik aktivitelerin nasıl yapılacağını ve bu aktivitelerin öğrenme ortamını nasıl etkileyeceğini değerlendirecek daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır. Farklı pratik aktivite

tarzlarının (örn: açık sorgulama) öğrenme ortamına etkilerini inceleme istenecektir (p.212).

### **2.3.6. Laboratuvar yaklaşımları**

#### **2.3.6.1. Doğrulama (ispat veya tümdengelim) yaklaşımı**

Bu yaklaşımda kavram, prensip, yasalar veya konu sınıfta değişik eğitim öğretim yöntem ve teknikleriyle (düz anlatım, tartışma, soru-cevap veya okuma vb.) verilir. Daha sonra laboratuvar ortamında verilmek istenen konu somut materyallerle ispatlanır. Öğrenci, doğrulama yaklaşımıyla önceden (sınıf ortamında) öğrendiklerinin doğruluğuna inandırılır. Böylece, fizik/kimyanın kavram, prensip ve yasaları öğrenci için daha anlamlı hale gelir. Bu yaklaşım ülkemiz şartlarında fen bilimleri öğretiminde en çok kullanılan yaklaşımdır. Deney türlerinden kapalı uçlu deneye karşılık gelmektedir (Ayas vd., 1994).

Kapalı uçlu deney türünde öğrenciye neyi bulacağı ve nasıl bulacağı, hangi ara basamakta ne yapacağı verilir ve laboratuvarda buna aynen uyması istenir. Ayrıca, öğrencinin ne bulması gerektiği de elindeki kılavuzda verilmiştir. Bu tür bir laboratuvar yaklaşımının genellikle orta dereceli okullarda ve zihinsel yetenekleri düşük olan öğrencilerle yürütülmesi önerilmektedir. Bu yaklaşımın üstünlükleri ve sınırlılıkları şöyle özetlenebilir.

Üstünlükleri:

1. Öğrencinin, bir deney yürütmede ihtiyaç duyduğu pratik ve teknik becerilerin gelişmesine yardım eder.
2. Öğrenci fen bilimlerinin temel prensip ve yasalarını bizzat deneyerek ispatlama olanağına sahip olur. Bu, öğrencinin kimyaya karşı tutumunu pozitif yönde geliştirir.
3. Öğrenci bilimsel süreçlerin bazılarını (özellikle, gözlem yapma, verileri kaydetme, karşılaştırma yapma, uzay ve sayı ilişkileri kurabilme gibi) geliştirilebilme fırsatı elde eder.

Sınırlılıkları:

1. Öğrencilere neleri nasıl yapacakları ve ne bulacakları önceden verildiği için, özel yeteneklerin gelişmesini sınırlar.
2. Çoğu öğrenme kuramının savunduğu aktif öğrenme ve buluş yoluyla öğrenme yaklaşımına uygun değildir.

3. Öğrenciler arasındaki seviye farklılıkları, özellikle zihinsel ve pratik beceriler açısından seviye farkları, yöntemin uygulamasını zorlaştırır. Başarılı öğrenciler açısından sıkıcı bir uygulamadır.
4. Bu yaklaşımın en önemli sıkıntılarında birisi, bütün öğrenciler aynı deneyi, aynı zamanda yapacak olmasından kaynaklanan araç-gereç sıkıntısıdır. Bu nedenle bu yaklaşım gösteri (gösterim) şeklinde uygulanmak durumunda kalınmaktadır (YÖK Dünya Bankası, 1997).

### **2.3.6.2. Tümevarım yaklaşımı**

Doğrulama yaklaşımının aksine tümevarım yaklaşımında öğrenci önce laboratuvar ortamında birinci elden deneyim sağlayarak, prensip ya da yasa kendisi bulmaya çalışır. Daha sonra sınıf ortamında deneyimler tartışılır ve incelenen yasa veya prensibin formal tanımı ve öğretilmesi tamamlanır. Bu yaklaşım batı ülkelerinde 1960'lı yıllardan sonra geliştirilen modern fen bilimleri müfredatlarında kullanılmıştır. 1970'lerden sonra öğrenme halkası ve bütünleştirici öğrenme modeli ve bütünleştirici öğrenme modelleri adları altında bu yaklaşımın kullanılmasına devam edilmektedir (Ayas, 1995).

Bu yaklaşım açık uçlu deney türüne karşılık gelir. Yani, öğrenciye deney sonucunda ne çıkacağı belirtilmez. Fakat deneyde gerekli olan araç ve gereçler öğretmen tarafından belirlenir. Deneyin yapılması, verilerin kaydedilmesi ve verilerin analiz edilerek yorumlanması öğrenciye bırakılır. Bu süreç sonucunda öğrenci bir fizik/kimya yasa veya prensibini ortaya çıkarıcı bir genelleme yapmalıdır. Bu tür bir yaklaşımın lise düzeyinde veya üniversite seviyesinde veya zihinsel yetenekleri gelişmiş öğrencilerde yapılması önerilmektedir.

Böyle bir yöntemin etkili biçimde kullanılması için aşağıdaki tavsiyelere uyulmalıdır.

1. Öğrenciye genel bir konu verilmeli, deney düzenleme kendisine bırakılmalıdır.
2. Doğru cevabı öğrenci tarafından önceden bilinen bir soru deney konusu yapılmamalıdır.
3. Öğrenci problemi anlamalı, çözülmesi gerektiğine inanmalı ve olası çözümleri denemeye cesaret edebilmelidir.
4. Öğrenci deneyi yapıp, verileri toplayıp yorumladıktan sonra bir sonuca ulaşmalıdır.

5. Eğer öğrenci başta verilen probleme bir çözüm bulduysa sonucu bir rapor halinde sunmalıdır.
6. Eğer problemin çözümüne ulaşamadıysa, öğrenci işlem basamaklarına geri dönüp, bazı değişiklikler yapıp deneyi tekrarlamalıdır.
7. Öğrenci bulduğu sonucu günlük yaşantısı ve teknoloji ile nasıl ilişkilendirilebileceği konusuna yönlendirilmelidir.

Bu yaklaşımın üstünlükleri ve sınırlılıkları şöyle özetlenebilir.

#### Üstünlükleri

1. Öğrenci birinci el deneyimlerde bilimsel bilgileri elde eder. Bu ona pozitif bir motivasyon verir ve bilim adamı olmaya özendirir.
2. Öğrencide bilimsel süreç becerilerinin gelişmesine büyük ölçüde katkıda bulunur. Bu da öğrencinin çevredeki olaylar karşısında duyarlı olmasını sağlar.
3. Öğrencinin, fen kavramlarını anlama, akılda tutma ve bilimsel düşünme yetenekleri, ispat yöntemine göre daha çok gelişir.

#### Sınırlılıkları

1. Sorumluluk büyük ölçüde öğrenciye verildiği için öğrencinin daha fazla zamana ihtiyacı vardır. Bu nedenle konular beklenenden daha uzun zamanda öğretilir.
2. Çok çeşitli ve fazla sayıda araç, gerece ihtiyaç duyulduğu için maddi yönden zorluklar vardır.
3. Sınıf yöntemi daha zor olabilir. Öğretmenin çok dikkatli olması ve kontrolü elden bırakmaması gerekir (YÖK Dünya Bankası, 1997).

#### **2.3.6.3. Sorgulama esasına dayalı yaklaşım**

Bu yaklaşım hipotez test etme türü deneyine karşılık gelir. Bu tür deneylerde öğrenci, kendi kurduğu veya herhangi bir kaynaktan çıkardığı bir hipotezle ilgili olarak deneyler planlayıp gerekli araç ve gereçleri temin edip deney düzenliğini kurar, deney yapar, verileri ve gözlemleri kaydeder. Verilerden sonuçlar çıkarır ve yorumlar yapar. Elde ettiği bulgulardan başlangıçtaki hipotezini reddeder, kabul eder veya yeni deneyler planlar veya hipotezini değiştirir. Böylece bilinen bilimsel gerçeklere yeni bilgiler ve yaklaşımlar ekleyebilir. Bruner'in ileri düzeyde öğrenme yaklaşımı bu yaklaşımla uyumaktadır. Bu yaklaşımın sınırlılıkları ve üstünlükleri şöyle özetlenebilir.

Üstünlükleri:

1. Öğrenciye bir bilim adamında olması gereken temel özellikleri kazandırır. Bilim adamı olmaya özendirir ve bilimin gelişmesine katkıda bulunur.
2. Bilimsel süreç becerilerini etkili geliştirir. Ayrıca teknik becerilerin gelişimine de katkıda bulunur.
3. Öğrencide bireysel öğrenme duygusunu geliştirir.

Sınırlılıkları:

1. Zihinsel seviyesi düşük ve deneyimsiz öğrencilerle yapılması imkânsızdır.
2. Maddi yönden sıkıntılar çıkar. Çünkü çok sayıda araç gereç ve uygun laboratuvar koşullarına ihtiyaç vardır.
3. Öğrenciler için uzun zaman alan bir etkinliktir. Dolayısıyla her konu için uygulanması imkânsızdır.
4. Öğrenciler bireysel çalıştığı için öğretmen tarafından kontrol edilmeleri güçtür (YÖK Dünya Bankası, 1997).

### **2.3.7. Laboratuvarlarda sorgulama süreci**

Araştırmalar, sorgulamalı öğrenme yaklaşımı uygulamalarında yer alan öğrencilerin bu öğrenme yaklaşımı uygulamalarına katılmayan emsallerinden, biyoloji bilgi içeriği kazanımlarında daha iyi başarı gösterdiklerini öne sürmektedir (Hall and McCurdy, 1990). Ulusal Araştırma Konseyi (1996)`ne göre sorgulamaya dayalı aktiviteler, öğrencilerin bilgi ve bilimsel fikirlerin kavranmasını geliştirmelerinin yanında bilim adamlarının tabiatı nasıl incelediğinin anladıkları aktiviteler olarak bilinir. Sorgulama bir öğrencinin düşünmeyi öğrenebileceği bir araçtır. Sıklıkla öğrenciler bu kapasitede cesaretlendirilmelidir. Bu yaklaşımda öğretici, öğrencilere her şeyi vermeden, onları eleştirel düşünmeye götürecek ve pozitif tutum sergilemede yardımcı olacak yeterli rehberliği sağlamalıdır (Arons, 1993). Arons`a göre, sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımını bir laboratuvarda olması gereken ve aşağıda belirtilen hususların her ne kadar eşsiz ya da tamam olmadığını ama eğer bir laboratuvar eğitmeni tarafından benzer stratejiler kullanılırsa, öğrencilere daha derin bir seviyede düşünmede yardım etmeye yönelik önemli ilerlemelerin olacağını belirtmiştir. Arons`un önerileri şunları içerir:

1. Nitel olarak fenomeni gözlemlemek ve gözlemleri yorumlamak,
2. Gözlemlerin bir sonucu olarak kavramları şekillendirmek,
3. Gözleme ve kavram bilgisi ışığında soyut modeller inşa ve test etmek,

4. İçerikte bir donanım parçasını yakın incelemeye tabi tutmak, nasıl çalıştığını ve nasıl kullanılabileceğini keşfetmek (basitçe nasıl çalıştığının ve ne yapılması gerektiğinin söylenmesi yerine),
5. Bir donanım parçası ile ne yapılacağına karar vermenin yanında ne kadar ölçüm yapılacağına ve verinin nasıl ele alınıp sunulacağına karar vermek,
6. “Nasıl biliyoruz...?”, “Neden inanıyoruz...?”, “Bunun için kanıt nedir...?” gibi verilen bir deney ile doğal olarak ilişkili soruları sormak ve kovalamak.
7. Deney ve gözlemlerin sonuçlarını yorumlamada, gözlemele ile sonuç çıkarma arasında açıkça ayırım yapmak.
8. Laboratuvar durumları ile bağlantılı genel varsayımsal-tümdengelimli muhakeme yapmak ("Eğer böyle ise ne olacak?" sorularını sormak ve adreslemek) bu gözde canlandırmayı, soyutta ilişkili değişkenlerin veya sınır durumlarının etkilerini değiştirmeyi, aşırı ya da sınırlayıcı koşulların çıktılarını gözde canlandırmayı ve mümkün olduğu yerde bir önden gelen varsayım şekillendirmek ve uygun şekilde tasarlanmış bir deney uygulayarak onu test etmeyi içerir.

Bir eğitmen bir aktiviteyi incelediğinde aşağıdaki soruları sorabilir (Everett, 2001):

1. Ortamdaki nesnelere, organizmalar veya olaylar öğrencilerden mi gelmiştir?
2. Öğrenciler basit araştırmalar planlamış mıdır?
3. Öğrenciler veri toplamak için basit ölçümlere ya da gözlemele araçları uygulamışlar mıdır?
4. Öğrenciler verileri mantıklı açıklamalar oluşturmak için kullanmışlar mıdır?
5. Öğrenciler, öğretmenin dışında diğerleri ile araştırmalarının sonuçlarını paylaşmak için sunumlar veya projeler yaratmışlar mıdır?

Sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımındaki laboratuvarların bir başka yönü öğrenci odaklı olup olmadıklarıdır. Bir öğrenci odaklı laboratuvar, sorgulama aktivitelerine daha çok yardımcıdır. Bir sorgulama aktivitesinin öğrenci merkezli olup olmadığının incelenmesi sırasında aranacak kriterler (Everett, 2001);

1. Öğrenciler aktivitede birçok farklı tür malzemeyi kullanıyor mu?
2. Öğrenciler kullanılan malzemeler ya da prosedürler hakkında tercihler ya da kararlar alıyor mu?
3. Öğrenciler sadece yönergeleri takip etmek yerine düşünüp planlıyorlar mı?
4. Öğrenciler zaten bilinen cevap yerine yeni bilgi üretmek için kendi çalışmalarına dayanan sonuçlar çıkarıyorlar mı?

5. Öğrenciler sadece tek bir sonuç noktası olmasın diye aktivite de farklı yönlerde ilerliyorlar mı?

Sorgulamalı aktivitelerin çıkış noktası öğrencilerin oluşturdukları sorulardır. Bu laboratuvar yaklaşımında önemli olan öğrencilerden ilgili fenomenlere ait soruları araştırmalarıdır ve öğrencilerin aktif şekilde bu fenomenleri araştırmalarıdır – “yaparak-yaşayarak” ve “zihinsel” (Ulusal Araştırma Konseyi, 1996; Fen Gelişimi için Amerikan Birliği, 1993; Cooper; 1994).

Yaygın bir yanlış anlama “yaparak-yaşayarak öğrenme” aktivitelerinin sorgulamaya dayalı öğretime denk olduğudur (Ulusal Araştırma Konseyi, 2000; Llewellyn, 2002). Yaparak-yaşayarak öğrenme aktivitelerinde öğrenciler sorgulamalı öğrenime dâhil olmak zorunda değildirler. Eğer eğitmen tarafından aktivitede öğrenciye hangi sorunun sorulacağı söylenir, malzeme ya da malzeme listesi ve üzerinde veri toplamak için gerekli çizelgeler sağlanır ve deneyin nasıl yapılacağına söylendiği bir eğitim sağlanırsa, bu bir sorgulama uygulaması olarak düşünülmez (Llewellyn, 2002). Çok açık bir şekilde, tüm yaparak-yaşayarak öğrenme aktiviteleri sorgulama anlamına gelmez ve sorgulamanın da yaparak-yaşayarak öğrenme anlamına gelmesi gerekli değildir. Öğrencilere bilim adamlarının yaratıcı çabaları gibi özgün hisler vermek için, onların laboratuvar teknisyenlerinin özellikleri olan adım adım mekanik görevlerden uzaklaştırmaları gereklidir (Huber and Moore, 2001).

Sınıf ve laboratuvarlarda kullanılan sorgulama metotları için, laboratuvardaki öğretimece başlatılmış bir sorgulamadan derslerdeki öğretimece başlatılmış sorgulamaya ve öğrenci tarafından başlatılmış laboratuvardaki sorgulamaya kadar uzanan birçok araştırma mevcuttur. Aynı şekilde laboratuvarında sorgulama yaklaşımı için ise, kimyadan (Coppola and Lawton, 1995; Hinde and Kovac, 2001) botaniğe (Silvius and Stutzman, 1999), uygulama fizyolojisine (DiPasquale et al., 2003) kadar uzanan birçok branşta çalışma mevcuttur. Laboratuvarlar kendilerini bir sorgulama tarzında öğretilmeye kolayca katkıda bulunurlar. Laboratuvarlarını sorgulama tarzına dönüştürmüş birçok eğitmen öğrencilere belirli bir problem sunmaya güvenir. Öğrencilerden veri toplama, sonuçları analiz etme, sonuçlar çıkarma ve karşılaştırmalar yapıp değerlendirme vasıtasıyla bu problemi çözmeleri istenir (Coppola and Lawton, 1995).

Sorgulamaya dayanan laboratuvarlara geçmek öğrencileri önceden belirlenmiş bir sonuca gidecek adım adım prosedürleri izlemekten uzaklaştırır. Öğrencinin hatalar



yapmasına ve bunlar üzerinden gelişmesine izin verir (Coppola and Lawton, 1995). Ayrıca bilimsel olarak düşünmek, belirsizlik ile başa çıkmayı öğrenmek ve sonra bilginin güvenilirliğini kullanıp değerlendirmeyi öğrenmek için öğrencilere kendi yeteneklerini geliştirecek bir fırsat olanağı verir (Marbach-Ad and Claassen, 2001). Sorgulamaya dayanan laboratuvarlarda, öğrenciler sıklıkla bireysel çalışmak yerine işbirlikçi şekilde çalışırlar. Birçok eğitmen, öğrencileri işbirlikçi bir düzende çalıştırmanın, grup her bir katılımcının katkısı olmadan görevi tamamlayamadığından, aslında grup içinde bireysel sorumluluğu teşvik ettiğini düşünmektedir (Coppola and Lawton, 1995).

Bu tip öğretmen yönelimli yaklaşımı laboratuvarlarda kullanarak, öğrenciler yeni araştırmalar yürüttüklerinden çok daha çabuk şekilde araştırma yürütmede başarılı olurlar (Wimmers, 2001). Yeni sorgulamalarda genellikle anlamlı veri toplanabilmesinden önce aşılması gereken teknik problemler vardır. Yayınlanmış çalışmalar üzerine deneyler gerçekleştirmek öğrencilere bu problemlerden kaçınma konusunda yardım eder (Wimmers, 2001). Öğrencileri laboratuvarlarda küçük sorgulama projelerine yönlendirmek ayrıca eğitime laboratuvar deneyimlerini kolayca derslerde sunulan içeriğe bağlama imkânı verir.

### 3. SORGULAMAYA DAYALI ÖĞRENME YAKLAŞIMININ KAVRAMSAL ÇERÇEVESİ VE UYGULAMA ALANLARI

#### 3.1. Sorgulama Nedir?

Sorgulama için birçok tanımlama yapılmıştır. Sorgulama, öğrencileri bilimsel düşünce ve süreçlere dahil etmek için kullanılan eğitici bir teknik olarak tanımlanmıştır. Bu teknik öğrencilere bilim adamlarının ne yaptığını ve soruların nasıl bilimsel-mantıksal bir anlamda cevaplanabileceğini anlamaya yardım eder. Öğrenciler cevapları dinlemek yerine soruların cevaplarını kendileri keşfederler. Bu süreç öğrencilerin eleştirel düşünme yeteneklerini geliştirir. Sorgulama, önceki bilgi üzerine inşa edilir ve öğrenciye yeni bilgi ile ön bilgi arasında anlamlı bağlantılar kurma imkânı verir. Sorgulama, bireyleri soru sormaya, keşifler yapmaya ve yeni anlamlar bulabilmeleri için o keşifleri dikkatlice test etmeye sürükler (Llewellyn, 2002).

Sorgulama, tüm insanların doğuştan sahip olduğu doğal bir süreçtir. Sorgulama kişiyi anlamaya yöneltir. Bireylerin anlamayı araştırma vasıtasıyla elde edeceği tek bir doğru yol yoktur. Araştırma, sorgulama yoluyla bilgi ve gerçeği aramamıza imkân verir. Her ne kadar araştırma terimi tanımlanabilse de, sorgulama terimi halen eğitim alanında karışıklık yaratır (Keller, 2001).

Sorgulama süreci, bir gözlemi anlamak veya bir problemi çözmek için bir kişinin kendi merakı, hayreti, ilgisi ve tutkusu ile ortaya çıkar. Öğreneni bir soruya teşvik eden, şaşırtan ve kendisinin ilgisini çeken bir şeyi fark etmesiyle bu süreç başlar. Bir sonraki basamak harekete geçmektir. Bu da devamlı gözlem, soru sorma, tahmin yürütme, varsayımları test etme, teoriler ve kavramsal modeller yaratma yolu ile olur. Süreç açıldıkça, daha çok gözlem ve sorular ortaya çıkar ve bunlar, olaylarla daha derin etkileşim ve daha ileri bir anlayış için büyük bir potansiyel ortam sağlar. Süreç boyunca, öğrenci veri toplar ve kayıt eder, açıklamaların ve sonuçların sunumlarını yapar, kitaplar, videolar ve konunun uzmanları gibi diğer kaynaklardan elde ettiği bilgilerle bunları düzenler. Deneyimden anlam çıkarmak, yansıtma yapılmasını, görüşmeler ve bulguların diğerleri ile karşılaştırmasını, verilerin ve gözlemlerin yorumlanması ile yeni kavramların diğer bağlamlara uygulanmasını gerektirir. Bütün bunlar öğrenenin dünyasında yeni zihinsel bir çerçevenin inşa edilmesine yardımcı olur. Başarılı bir fen eğitimi, hem bilimsel

kavramların hem de bilimsel düşünme becerilerinin gelişimini gerektirir. Etkin sınıflar fen eğitiminin çok değişik türlerinin uygulanmasıyla oluşturulur. Sorgulayıcı düşünme öğrencilerin kendi doğal problem çözme yeteneklerini oluşturmalarına ve genişletmelerine müsaade eder. Bu da öğrencilerin sınıf bilimi ve kendi yaşamları arasındaki uygunluğu bulmalarına olanak sağlar (Songer et al., 2002).

Bir öğretmenin kullanabileceği farklı sorgulama seviyeleri vardır. Bu seviyeler öğretmen yönlendirmesi miktarına ve öğrenci katılımına bağlıdır. Öğretmene başlatılan sorgulamada öğretmen bir soru ortaya atar ve öğrenciler soruyu cevaplamak ve sonuçları formüle edebilmek için birçok yöntem tasarlarlar. O zaman sorgulama, daha biçimli olabilir ve yönlendirilen sorular ile öğretmen tarafından yönlendirilebilir. Bunu yaparken öğrencilerin bir problemi çözmek için kendi yöntemlerini geliştirmesine de izin verilebilir. Öğrenci tarafından başlatılmış sorgulamada, öğrenciler bir soru ortaya atar, yöntemi planlar ve sonuçları formüle ederler. Bu tip sorgulama daha kısıtlamasızdır, burada öğrenciler öğretmene bir soru getirerek süreci başlatır, sonra kendi problemlerini çözmek için yöntem tasarlar ve son olarak kendi sonuçlarını formüle ederler. Bu tip sorgulama sıkça açık sorgulama olarak adlandırılır. (Llewellyn, 2002).

Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Fen Eğitimi Standartları sorgulamayı şöyle tanımlamaktadır; sorgulama, öğrencilerin ve bilim adamlarının doğal dünya hakkında sorular sorduğu ve olayları incelediği birbirleri ile alakalı süreçler dizisidir. Böylece öğrenciler bilgi edinir ve kavramları, prensipleri, modelleri, teorileri anlamayı geliştirir. Sorgulama, fen biliminin her seviyesinde ve her alanında fen bilimi programının kritik bir bileşenidir (Crowther, 1999). Bilimsel sorgulama, bilim adamlarının doğal dünyayı incelediği ve çalışmalarından çıkardıkları kanıtlara dayalı açıklamalar ileri sürdüğü farklı yolları ifade eder. Ayrıca sorgulama, bilim adamlarının doğal dünyayı nasıl incelediklerini, bilimsel fikirleri anlamayı ve öğrencilerin bilgiyi geliştirdiği aktiviteleri ifade eder. Sorgulama ile ilgili sayısız tanım eğitim literatüründe bulunabilir. Sorgulama, araştırma yeteneklerini kullanma, bilimsel fen bilimi kavramları hakkındaki sorulara aktif cevaplar arama ve öğrencilerin meşgul olma, araştırma yapma, bilgiyi birleştirme ve yeteneklerini geliştirme gibi süreçleri içine alır (Cuevas et al., 2005).

Sorgulama; öğrenciler soru üretip, araştırma yaptıkları zaman öğrenci merkezli, öğretmen soruyu seçip, hem öğretmen hem de öğrenci araştırmayı nasıl yapacağına karar verdiği zaman öğretmen-güdümlü, öğretmen soruyu seçip,

doğrudan yönerge veya modelleme ile araştırma yaptığı zaman öğretmen merkezli olarak kabul edilir. Basit bir sorgulamada öğrenciler, gözlem yapma, karşılaştırma, hipotez kurma gibi süreçlerle meşgul olurlar. Açık sorgulama tipinde öğrenciler bu yetenekleri, iyi yapılandırılmış bir fen bilimi konu bilgisinde kullanır ve bilimsel bilgiyi çeşitli problemlere uygulama ve düşünme yeteneklerini kullanır (Cuevas et al., 2005). Bilimsel araştırma ile ciddi bir biçimde uğraşmak isteyen herkesin tamamen anlamak zorunda olduğu, sorgulamanın temelini oluşturan bir dizi kavram vardır. Bunlar: problem, hipotez, varsayım, sonuç, deney, örneklem, açıklama, yorum, değişkenler (bağımlı, bağımsız, kontrol), tablo ve grafik (Tamir et al., 1998). Amerikan Ulusal Araştırma Konseyine göre (1996, 2000) bilimsel sorgulama, öğrencilerin sorular ürettiği, prosedürü planladığı, araştırmaları tasarladığı ve uyguladığı, verileri analiz ettiği, sonuçlar çıkarttığı ve bulguları yazdığı zaman oluşur. Sorgulama doğrusal ya da aralıklı bir süreç değildir, aksine karmaşık bir süreçtir (Cuevas et al., 2005)..

### **3.2. Neden Sorgulama? Tarihi ve Felsefi Bir Yorum**

Gözlemler yapmak, sorular sormak ve incelemeleri takip etmek her zaman insanların dünyayı anlamaları için kullanılan bir yaklaşım olmuştur (Dow, 2000). Bilimsel sorgulamanın kökleri, doğuştan sorgulayıcı olan insan beyninde zaten vardır. Sorgulamanın geliştiği toplumlarda, insanın ilerlemesi de gelişmiştir. M.Ö. beşinci yüzyıldaki Atina'da; Agora denilen pazaryerinde özgürlük seven Yunanlıların, günün olaylarını tartışmak için toplandıkları ve bunun tarihin en çok övülen öğretmenlerinden biri olan Sokrates tarafından öncülük edilen zihinsel bir sorgulama için zorlu bir deneme olduğu bilinmektedir. Yorulmak bilmez bir sorgulamacı olan Sokrates, şehrin gençliğini kendileri için düşünmeye, yaşlıların zekâsını ve doğal dünyadaki çözülememiş gizemleri sorgulamaya davet eder.

Sokrates, sonsuz sorgulama isteğinin ve gerçeği inatla aramasının bedelini hayatı ile ödemiştir. Sonunda, entelektüel Atina bile bu tutkulu sorgulama arzusuna tahammül edememiştir. Yirminci yüzyıl, bilimsel sorgulamanın gücü hakkında yeni sorular ortaya çıkarmıştır. Evrenin sırlarının kilidini açmak için, insan zekâsının kapasitesini sorgulamak her zaman için insanlığa net kâr sağlamıştır. Çevreyi anlama ve kontrol etmede tutkulu bir istek duyarken, yok etmenin gücü, icat etmenin gücü ile rekabet eder. Şimdi her zamankinden daha fazla, gelişen teknolojik ve bilimsel karmaşıklığın dünyasında, sıradan vatandaşların kendileri

için düşünebilme yeteneklerinin yine kendilerinin en iyi koruması olduğu düşünülebilir. Eğer böyleyse, şüpheli soru sorma ve bağımsız düşünme becerileri eğitimin esas amacı olabilir.

İkinci Dünya Savaşının arifesinde, yirminci yüzyılın en çok övülen filozofu John Dewey, sorgulamaya dayalı öğretimin önemi için inandırıcı bir görüş sunmuştur. Bu görüş totaliterlik ile tehdit edilen dünyanın değerlerini korumaya yöneliktir. Dewey (1938), bilimsel metodun “yaşadığımız dünyada her gün edindiğimiz deneyimlerin önemini anlamak için elimizdeki tek gerçek yol” olduğunu öne sürmektedir (syf 111). Dewey, bilimsel düşünme becerisinin modern hayatın problemleri ile başa çıkmak için gerekli bir beceri olduğuna inanmış ve bu becerilerin geliştirilemediği durumda, otoriter rejimin entellektüel ve ahlaki riskler yaratabileceği konusunda bizleri uyarmıştır (s. 109).

Dewey için sorgulamaya dayalı öğretim, çocukların doğrudan deneyim yolu ile öğrenmelerine ve doğal meraklarının geliştirilmesine izin vermekten ibarettir. Yaratıcı düşünmenin esas özelliklerinin bilimin süreci içinde bulunduğu ve zihinsel faaliyetin, ister çocuk yuvasında ister bilimsel bir laboratuvarda olsun aşağı yukarı aynı olduğuna inanmıştır. Ayrıca öğrenmenin, zihinsel gelişmeye ve çocukların yaşına ve belirli endişelerine saygı duyacak biçimde gerçekleşmesi gerektiğini öne sürmektedir. Dewey zamanımızın bilgi patlamasına tanık olamamış olmasına rağmen, hayat boyu kendi kendini yönlendirerek öğrenme becerilerinin geliştirilmesindeki gerekliliği de savunmuştur (Dewey, 1938).

Daha yeni eğitimsel teorisyenlerden Jean Piaget ve Jerome Bruner, Dewey'in felsefi önerilerine, kavramsal sorgulamaların ağırlığını da eklemişlerdir (Bruner ve Kenney, 1966). Bu yaklaşım bilgiyi, uzun süreli gözlem ve deneylerden ve esas soruların keşiflerinden türetir. Organizmalar nasıl yerler, yenilmekten korunurlar ve yeniden üremek için nasıl hayatta kalırlar? Kendi hayatta kalmalarını ve yavrularının hayatta kalmalarını nasıl garanti altına alırlar – dolayısıyla, doğal seleksiyon kanunları ile yönetilen dünyada yok olmayı nasıl engellerler? Ve bu biyolojik zorunlulukların dünyasında insanların yeri nedir?

Sorgulamanın takip edildiği bir sınıfta, öğretmenin eğitim için hala bir rolü var mıdır? Bu da araştırılması gereken bir sorudur. Sözlü öğretim; önemli noktalar, kavramlar ve konular hakkında düşünme yolları için en etkin yoldur. Ama son zamanlarda yapılan kavramsal incelemeler bizim bu bağlamlarda öğrendiklerimizin

çoğunun hafızada, bir hayli kısa bir süre tutulmakta olduğunu göstermektedir (Dow, 2000).

Bruner de diğer teorisyenler gibi öğrenmeyi aktif katılımın gerektirdiği bir süreç olarak görür. Bruner'e göre öğrenme süreci üç aşamada tamamlanır. İlk olarak yeni bilgi deneyimler ve etkileşimlerle kazanılır, daha sonra çocuklar yeni elde ettikleri bilgileri manipüle ederek çeşitli durumlarda kullanıp uygularlar ve son olarak bu bilgileri değerlendirerek (Kowalczyk, 2003) kendilerine özgü şekilde yapılandırır. Bruner'in özellikle vurguladığı; düşünme, uygulama ve keşfetme kavramlarının sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımında esas olduğudur. Bruner, "Eğitimin Süreci (The Process of Education)" başlıklı kitabında sorgulamayı şöyle tanımlamaktadır: Öğrencilerin, bilimsel çalışmalar yoluyla problemlerin çözümünü buldukları keşfetme sürecidir. Sorgulama aktivitelerinin; motive edici, araştırma stratejilerini geliştirici ve bilgilerin hafızada uzun süre kalmasını sağlayıcı özellikte olduğunu ifade etmiştir (Alouf and Bentley, 2003).

Fen eğitiminde sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımı Bruner'in ilgisiyle popülerlik kazanmıştır. Bruner'in buluş yoluyla öğrenme yaklaşımı sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımının referans noktası olmuştur. Buluş yoluyla öğrenme sürecinde;

1. Bilişsel seviyesi düşük olan veya bilimsel süreç becerilerini yeni kullanmaya başlayan öğrencilerin oluşturduğu sınıflarda, problemin çözümü için uygulanacak yöntemler öğretmen tarafından verilir ve çözüme öğrenci ulaşır.
2. Bilişsel seviyesi normal ve bilimsel süreç becerilerini orta seviyede geliştirmiş öğrencilere öğretmen sadece problem durumunu sunar, çözüm için kullanılacak yöntem ve çözümü öğrenci belirler.
3. Bilişsel seviyesi yüksek olan sınıflarda öğretmen problemin belirlenmesine ve çözümüne katkıda bulunmaz. Problemleri, çözüm yollarını ve çözümü belirleme tamamen öğrenci tarafından yapılır. Öğretmen çalışma süresince rehberlik eder ve çalışma sonlandıktan sonra gerekli kontrolleri yapıp geri bildirimde bulunur (Akgün, 2001). Sorgulamaya dayalı öğretim sırasında çocukların bilişsel süreç becerilerinin gelişim aşamaları dikkate alınmalıdır.

Ausubel'in anlamlı öğrenme teorisinde, önceki bilgilerle yeni bilgiler arasında bağlar kurulması gerektiğini savunmaktadır. Anlamlı öğrenmeyle elde edilmeyen bilgi uzun süre kalıcı olamaz (Llewellyn, 2002). Ausubel'e göre;

1. Yeni öğrenilecek kavram, bilgi ve ilkeler ile önceden öğrenilmiş olanlar arasında ilişki kurulduğunda öğrenme anlamlı olur. Öğrenci bu ilişkiyi kuramazsa konuyu kavrayamaz.
2. Her bilgi ünitesi kendi içinde bir bütün oluşturur. Bu bütünde kavram ve kavramlar arası ilişkileri kurmak önemlidir. Öğrenci bu düzeni anlayamazsa ve yeni konunun ilişkilerini göremezse konuyu kavramakta güçlük çeker.
3. Yeni öğrenilecek konu, kendi içinde tutarlı değil veya öğrencinin önceki bilgileriyle çelişiyorsa, öğrencinin bunu kavraması ve benimsenmesi zordur.
4. Öğrenci kendine verilen bir kuralı başarı ile uygulayabiliyorsa onu kavramıştır (Akgün, 2001).

Gagne'de, fen eğitiminde temel amacın bilimsel araştırmalar yapmak olduğunu vurgulamıştır. Gagne'ye göre; "Problem çözme uygulamalarıyla tanımlanan aktiviteler öğrenciyi düşünmeye zorlar. Bu düşünceler sistematik gözlemlerle başlar, gerekli ölçümlerle devam eder. Gözlenen ve sonuç çıkarılan bilgiler arasında açıkça ayırım yapılır, ideal koşullar altında daima test edilebilir ve mantığa uygun sonuçlar elde edilip, yorumlanır (Finley, 1983). Bilimsel süreci bilimsel sorgulamanın temelinde gören Gagne, bilimsel süreç becerilerinin kavramları öğrenmek ve tümevarımsal sonuçlar çıkarmak için kullanılan entelektüel beceriler olduğunu ortaya koymuştur. Fen öğretiminde bilimsel yöntemin süreçlerine ilişkin becerilerin kazandırılmasına ağırlık verilmesi ve öğrencilere bilim insanlarına benzer şekilde çalışma alışkanlığı kazandırılması üzerinde durmuştur. Bu görüş sorgulamaya dayalı sınıflarda öğrencilerin kullandıkları bilimsel süreç beceri ile örtüşmektedir.

Özetle; bilişsel kuramcılara göre, öğrenmenin gerçekleşebilmesi için önceki ve yeni bilgiler arasında anlamlı bağlar kurulmalıdır. Öğrencinin kendi başına ya da arkadaşları ile birlikte yaptıkları etkinlikler, deneyler ve buluşlar bilginin anlamlı ve kalıcı olmasını sağlar. Öğrenme sürecinde öğrenenin aktif olarak rol alması gereklidir. Bu süreçte, çocuklar bilim insanı gibi çalışmalı, merak ettikleri soru ve problemleri kendilerinin yapılandığı araştırmalarla keşfetmelidirler. Öğrencilere üst düzey düşünme becerilerini kazandırmak ve onları kendi öğrenmelerinden sorumlu bireyler olarak yetiştirmek için bilişsel öğrenme kuramlarını temel alan

öğrenme- öğretme yaklaşımları seçilmelidir. Öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini kullanmalarına ve geliştirmelerine izin veren, bir bilim insanı gibi çalışmalarını sağlayan, ders içi ve ders dışı etkinliklerle öğrendikleri bilgileri günlük yaşamlarına entegre etme imkânı tanıyan, yaparak- yaşayarak öğrenmelerini destekleyen sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımı diğer çağdaş yaklaşımlar gibi temelini bilişsel öğrenme kuramından almaktadır.

### **3.3. Sorgulama Yolu ile Öğretimden Çocuklar Ne Kazanır?**

Merak esaslı bir insan özelliğidir. Bu doğal dürtüyü öğrenmeye değer verirsek, sorgulama süreci çocuklara doğrudan bilgi akışı ve dünyanın yeni ve devam eden görüşlerini şekillendirecek kişisel tecrübeler verir (Dyasi, 2000).

1. Kelebekler nereden gelir?
2. Bulutlar nasıl meydana gelir?
3. Güneş geceleri nereye gider?
4. Karıncalar ısırır mı?
5. Neden kışın hava çabuk kararır?
6. Bir fenerin ışığını nasıl yakarsın?

Eski çağlardan beri insanlar, karşılaştıkları doğa olayları karşısında hayrete düşerler ve onlar hakkında birçok soru sorarlar. Ya kelimeler ile ya da hareketlerle sorulan sorular, meraklılığı işaret eder, kuvvetli bir bilme ve ortaya çıkarma isteği doğurur. Ama birisi bu sorulara nasıl cevap bulur? Onları doğrudan araştırarak mı yoksa onları zaten bilenlerden cevaplarını elde ederek mi? Bir sorunun cevabını bulmak için ne yaptığımız ve bir cevabın “doğru” olduğunu nasıl anladığımız gibi hususlar insan merakının işaretleridir. Merak araştırmanın merkezinde olduğu için bu sorular da araştırmanın bütünlüycü kısmıdır ve sonuçta insan aklının ve öğreniminin alışkanlıklarıdır.

Çocuklar feni sorgulama yoluyla öğrenince, düşünce ve fikirlerini pratik hareketlerle ve sembollerle (örneğin, konuşma şekli, yazı, rakamlar ve çizimler) iletmeye başlarlar. Aynı bilgi farklı yollardan iletildiği için, öğretmenlerin, her çocuğun fen öğrenim seviyesi hakkında doğrudan ve kesin bilgiye sahip olabilme imkânları artmıştır. Bu ayrıca öğretmenlere çocukların sorgulamadaki başarılı uygulama kapasiteleri hakkında doğrudan bilgi verir. Sonuçta, çocuklar bilimsel bilgiyi, bilimsel sorgulamayı ve bilim yapmanın doğasını öğrenince, öğretmenler onlara daha iyi yardım edebilirler.



Sorgulama çocukların toplumsal ve zihinsel gelişimlerine katkı sağlar. Bilimsel sorgulama okul içerisinde bir sosyal bağlam içinde uygulanır. Çocuklar planları tartışır ve sorgulama hareketlerini uygularken ortak çalışırlar. Çalışırken, yazılı ve resimli kayıtları ve kendi özetlerini içeren fen defterleri tutarlar. Ayrıca kendilerini hazırlarlar ve çalışmalarını bir açık toplantıda sınıf arkadaşlarına sunarlar. Bu faaliyetler sadece çocuklar arasında işbirliğini geliştirmekle kalmaz, ayrıca lisanlarını ve yazım yeteneklerini geliştirmekte de yardımcı olurlar (Dyasi, 2000).

### **3.4. Sorgulamaya Dayalı Öğrenme Yaklaşımı**

Sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımı, sorgulamanın öğretim ve öğrenme için ana araç olarak işlendiği eğitimsel bir yaklaşımdır. Bu yaklaşımda öğrenciler sorgulamanın ne olduğunu öğrenerek ve sorgulama yoluyla öğrenir. Aynı zamanda yüksek seviyeli düşünme yeteneklerini geliştirirler. Buna bağlı olarak kendi kendine öğrenme yetenekleri de gelişir (Lim, 2004).

Zacharia (2003)' e göre sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımı, fen biliminin odağını ayrı spesifik disiplinlerdeki olayların ve kavramların geleneksel ezberlemesinden öğrencilerin hem fen bilimi süreçlerini hem de kritik düşünme yeteneklerini kullanarak aktif bir biçimde meşgul olduğu sorgulamaya dayalı öğrenmeye doğru değiştirmiştir (Fenin Gelişimi için Amerikan Birliği, 1993; Amerikan Ulusal Araştırma Konseyi, 1996).

Sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımının sadece bilimin süreçlerini belirlemekle kalmadığı, aynı zamanda fen kavramlarını da belirlediği öne sürülmektedir. Bu yaklaşım yıllardır fen eğitimcilerinin incelemeye aldıkları bir yaklaşım olup genellikle tabiatında tümevarımcı olarak nitelenen öğrenimle ilgili bir dizi eğitici pratikler ve inanışlar ile ilişkilendirilmiştir. Tümevarımcı yaklaşımlar, öğrencilerin sınıfta sorgulamacı olabileceği ve mevcut çeşitli öğrenim malzemelerini inceleyerek daha az ya da daha çok bağımsız şekilde anlam yaratabilecekleri önerisine dayanmaktadırlar (DeBoer, 1991, p. 207).

Sorgulamaya dayalı olarak yürütülen bir fen eğitimine dâhil edilmesi gereken beş tane “esas özellik” vardır (Amerikan Ulusal Araştırma Konseyi, 2000, sayfa 24). Bu özellikler “bilimsel odaklı sorular sormayı” (sayfa 24), “kanıta öncelik vermeyi” (sayfa 25), bu kanıtları “açıklamaları” formüle etmek için kullanmayı (sayfa 26),

açıklamaları “diğer alternatif açıklamalar ışığında” değerlendirmeyi (sayfa 27) ve “açıklamaları iletmeyi ve doğrulamayı” (sayfa 27) içerir.

Bilimsel sorgulama becerileri: soru sorma ve saptama, araştırmalar oluşturma ve tasarlama, verileri ve kanıtları analiz etme, açıklama ve modeller kullanma ve bulguları ifade etme olarak sınıflandırılmıştır (Keys and Bryan 2001; Crawford, 2000). Öğrenciler doğal dünya hakkında sorular sorarak ve daha sonra bu soruları cevaplamak için kanıt ararken özellikle sorgulama becerilerinin gelişimine odaklanır. Soru sorma, hipotez kurma, araştırma tasarlama ve kanıtlara dayalı sonuç geliştirme kabiliyeti tüm öğrencilere 21. yüzyılda yer alması gereken problem çözme, iletişim ve düşünme yeteneklerini sağlar (Cuevas et al., 2005).

Ayrıca Amerika Birleşik Devleti Ulusal Fen Eğitimi Standartları sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımı hakkında şunları söylemektedir:

- Öğrencilerin deneyimlerinden üretilen güvenilir sorular içindeki sorgulama, fen bilimi öğretiminin merkezi stratejisidir (p.31).
- Sorgulamanın tüm aşamalarında öğretmenler, öğrenci öğrenmesine rehberlik eder, odaklanır ve onu destekler (p.33).
- Sınıftaki öğrenci sorgulaması bir dizi aktiviteyi kapsar (p.33).
- Standartların göz önüne getirdiği fen bilimi sınıfında etkili öğretmenler, sürekli sorular sorarak sorgulamanın gelişimine yardım eden fırsatlar yaratır (p.33) (Crawford, 1997).

Sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımında öğrenciler spesifik olaylar ve teoriler kadar fen bilimi yöntemlerine odaklanan araştırma projelerine de dahil edilirler. Böyle bir müfredatın, öğrencilere soruların nasıl cevaplanabileceğini ve dünyanın nasıl işlediği hakkındaki soruların birçok disiplinle nasıl bağlantılı olduğunu gösterme gibi avantajları vardır (Trombulak, 1995).

Sorgulamaya dayalı öğrenme, bu uzun vadeli isteğin bir sonucudur (Benson and Bruce, 1998). Sorgulamaya dayalı öğrenme, Dewey, Massialas, Fenton, Griffin, Metcalf, Bruner, Suchman, Beyer, vb. gibi birçok araştırmacı tarafından da tanımlanmaya çalışılmıştır. Aynı sebeple, araştırmacılar sorgulamaya dayalı öğrenmeyi çeşitli perspektiflerden tanımlamışlardır. Bazıları öğrencinin katılımının aktif tabiatını, sorgulamayı yaparak-yaşayarak öğrenme deneyimleri ile ilişkilendirmeyi vurgulamıştır. Bazıları sorgulamayı bir keşif yaklaşımı ile veya bilimsel sorgulama becerilerinin gelişimi ile ilişkilendirmiştir. Halen bazıları kendi

kendini yönlendirerek öğrenime ve yüksek seviyeli düşünmeye önem vermektedir (Looi, 1998).

Yapılandırmacı bir bakış açısı, sorgulamaya dayalı öğrenmenin önemini öne çıkarmaktadır. Sorgulamaya dayalı öğrenme, yapılandırmacı bakış açısına dayanan çeşitli eğitimsel yaklaşımlar ile birlikte gerçekleştirilebilir. Bu yaklaşımlar probleme dayalı öğrenme, proje tabanlı öğrenme ve soruya dayalı öğrenmeyi içerir. Bu tür eğitimsel yaklaşımlar bir tür problemden başlar ve öğrenciler tarafından bir bilgi oluşturma sürecini öne çıkarır. Bu yaklaşımların tümü tasarımlarında bazı sorgulama türleri içerir. Diğer yandan, bazı eğitimsel yaklaşımlar sorgulamaya dayalı öğrenme modeline uymaz. Eğer bir eğitimsel yaklaşım öncelikli olarak sorgulama sürecinden çok, yapay bir olgu ya da bir problem çözümü geliştirmek ile ilgili ise ve öğrencinin sorgulama becerilerine yardımcı olmuyorsa, bu yaklaşım sorgulamaya dayalı öğrenme olarak düşünülmemelidir. Sorgulamaya dayalı öğrenmenin amacı bilgiyi idare etmek ve işlemek için stratejiler geliştirmek olduğundan yeni durumlara uygulanabilecek düşünme becerileri çok daha fazla önemlidir.

Carin and Sund (1985)'un belirttiği gibi sorgulama öğrencilerin ne işlediğinden çok (ürün ya da çözüm) verileri nasıl işledikleri üzerinde odaklanır.

### **3.4.1. Sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımında kullanılan üst düzey düşünme becerileri**

Sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımı öğrencilerin üst düzey düşünme becerilerini geliştirmektedir. Öğrenciler bu becerileri kullanarak yaşam boyu öğrenen bireyler olarak yetişirler.

#### **3.4.1.1. Eleştirel düşünme becerisi**

Bir ders kitabında yazanı veya bir öğretmenin söylediğini ezberlemek ve aynen tekrar etmekten ileri gelen mevcut öğrenmeler, öğrencileri iyi bağlanmamış ya da bütünleşmemiş bilgi yapıları ile karşı karşıya bırakmaktadır. Anlamlı öğrenmenin oluşması için öğrencilerin eleştirel düşünme becerilerini kazanmaları gerekmektedir. Eleştirel düşünme, gözlem ve bilgilere dayanarak sonuçlara ulaşma olarak tanımlanabilir (Korkmaz, 2002).

Eleştirel düşünme, kendi düşüncelerimizin farkında olup, bizim dışımızdakilerin de düşüncelerini göz önünde tutarak öğrendiklerimizi uygulayıp kendimizi ve çevremizdeki olayları, durumları ve düşünceleri anlayabilmeyi amaç edinen aktif ve organize zihinsel bir süreçtir. Eleştirel düşünme aktif olmayı, yeni düşüncelere açık olmayı ve organizasyonu gerektirir.

Eleştirel düşünen bireyin özellikleri;

- Bir sorunun, problemin veya iddianın açık bir biçimde ifade edilmesi,
- Diğer bireylerin kesin bir dil kullanmasını isteme,
- Düşünmeden hareket etmeme,
- Çalışmalarını kontrol etme,
- Bir düşünceyi oluşturmada azimli olma,
- Öne sürülen iddiaları destekleyen nedenleri ve kanıtları araştırma ve sunma,
- Ön bilgilerini kullanma,
- Daha çok dogmalar ve özlem duyulan düşünceler yardımıyla değil, sorunlar, amaçlar ve sonuçlar yardımıyla yargılama,
- Yeterli kanıt bulana kadar yargıdan şüphe duyma eğiliminde olmadır (Şahinel, 2001).

Öğrenciler sorgulama yaparken eleştirel düşünme becerilerini kullanırlar. Sorgulama sırasında problem durumunu ifade eder, ön bilgilerini kullanarak yeni bilgi ile bağ kurar, araştırmalarını destekleyen somut delillerle ilgilenirler.

#### **3.4.1.2. Yaratıcı düşünme becerisi**

Yaratıcı düşünme; tutum, bilgi ve becerileri içerir. Bu beceriler; a) problemi tanımlama, yeteneğin ve doğru olduğu iddia edilen bilgilerin delillerle desteklenmesi için genel ihtiyaçların belirlenmesini içeren tutum, b) mantıksal olarak belirlenen farklı çeşitteki delillerin kesinliğinden doğru sonuç çıkarma, soyutlama ve genelleme yapma, c) uygulama becerileri ve tutum ve bilgileri uygulamadır (Magnussen et al., 2000).

Yaratıcılık çok az kişinin sahip olduğu bir yetenek gibi düşünülse de, her insanın doğuştan getirdiği bir yetenektir. Bu yeteneğin geliştirilmesi kullanılması ile mümkündür. Öğrencilerin yaratıcılıklarını kullanıp geliştirebilecekleri eğitim ortamlarının hazırlanması çok önemlidir. Öğrencilere öğrenmeye hazır, özgür

düşünen, meraklı, deneme, araştırma ve yeni fikirler üretme gibi belirgin özellikler kazandırılmalıdır.

#### **3.4.1.3. Yansıtıcı düşünme becerisi**

Taggart and Wilson (1998), yansıtıcı düşünmenin eğitim sorunları üzerinde mantıksal kararlar alma ve sonra bu kararların sonuçlarını değerlendirme süreci olduğunu belirtmektedir (Ünver, 2003). Dewey (1991) ise yansıtıcı düşünmeyi, “herhangi bir düşünce ya da bilgiyi ve onun amaçladığı sonuçlara ulaşmayı destekleyen bir bilgi yapısını etkin, tutarlı ve dikkatli bir biçimde düşünme” şeklinde tanımlamaktadır.

Sorgulamaya dayalı öğrenmenin yapıldığı sınıflarda aktiviteler şaşırtıcı olaylarla başlar. Bu öğrencilerin meraklanıp sorular sormasına neden olur. Şüphe durumu araştırma, soruşturma yapılarak giderilmeye çalışılır. Elde edilen sonuç öğrencinin problemi öğrenmesi ve bundan duyduğu memnuniyettir. Bu şekilde bilgi yansıtıcı düşünmenin basamaklarını izleyerek elde edilir. Yansıtıcı düşünme, eleştirel ve yaratıcı düşünme türleri ile çok yakından bağlantılıdır. Sorgulamayı, organize etmeyi, akıl yürütmeyi, hipotez kurmayı ve tahmin etmeyi içerdiği için eleştirel düşünme ile de ilişkilidir (Wilson and Wing, 1993).

#### **3.4.1.4. Problem çözme becerisi**

Farklı yazarlar problem çözmeyi çeşitli yollarla tanımlamıştır. Wheatley (1984)'e göre problem çözme, ne yapacağını bilmediğin zaman ne yaptığıdır. Gagne (1977), problem çözmeyi öğrencinin yeni bir problemi çözmek için uygulanabilecek daha önceden öğrenilmiş kuralların bileşimini keşfettiği bir düşünme süreci olarak ifade etmiştir. Ashmore et al., (1979), problem çözmeyi bir problemi anlamak için prosedürlerin ve bilginin uygulanmasının bir sonucu olarak tanımlamıştır. Perez and Torregrose (1983), problem çözmeyi bilimsel bir araştırma görevi olarak görmüştür. Mayer (1992) ise problem çözmeyi, düşünme ile eş anlamlı olarak kabul etmiştir (Reid and Yang, 2002).

Fen eğitiminin iki amacı vardır. Birincisi, özel bir alanda organize olmuş bilginin elde edilmesidir. İkincisi ise, bu alanda problem çözme yeteneğidir (Gabel and Bunce, 1994; Tsaparris et al., 1998; Heyworth, 1999; Stamovlasis and Tsaparris, 2000). Bu ikinci amacı başarmada iki nokta önemlidir. Birinci nokta, fen eğitiminde

problem çözme öğretiminin öneminin anlaşılmasıdır: Bilim adamları sık sık oluşturdukları hipotezlerinin doğruluğunu kanıtlamak için deneyler yapmaktadır. Bilinen gerçeklerden bilinmeyen alanlara doğru olan bu çalışma sürecinde birçok problem de ortaya çıkmaktadır. Onlar amaçlarına ulaşmak için ortaya çıkan bu problemlerin ve engellerin üstesinden gelme yeteneğine sahip olmak zorundadır. Bu nedenle fen bilimi eğitimi boyunca öğrencilerin problem çözme yeteneklerini geliştirmek önemlidir.

Fen bilimi eğitiminde problem çözme önemli olduğu için ikinci nokta, öğrencilerin fen bilimi eğitiminde karşılaştığı zorluklar ve onların bu zorlukların üstesinden gelmesine yardım etmenin yollarını bulmaktır. Kimyada problem çözme konusundaki son araştırma çalışmalarında Gabel and Bunce (1994), çoğu öğrencinin kimya problemlerinde kapsanan kimyasal kavramları anlamadığını ve problem çözerken kavramsal bilgiyi uygulayamadıklarını bulmuştur. Öğrenciler çoğunlukla doğru cevaplara ulaşmak için algoritmaları ve prensipleri kullanmaktadır. Önerilen çözümlerden biri öğrencilere problem çözme yeteneklerini veya problem çözmek için bilişsel stratejileri ve değişkenleri öğretmektir (Lee, 1985; Bunce et al., 1991; Niaz, 1994; Lee et al., 1996; Lee and Fensham, 1996; Tsaparris and Angelopoulos, 2000) (Akt: Lee et al, 2001).

Öğrencilerin problem çözmeye başarılı olabilmesi için gerekli olan yetenekler:

- Bilgiyi seçme
- Bilgiyi sunma
- Prosedürleri seçme
- Sonuca varma ve açıklama
- Tahmin etme ve genelleme (Reid and Yang, 2002).

Problem çözmeyi etkileyen önemli faktörlerden biri, problem çözücünün aklında var olan konu ile ilgili basit bilimsel tanımlar ve prensiplerdir. İki çeşit bilgi, konu ile ilgili problemleri çözmek için önemli olarak tanımlanmıştır (Mayer, 1975; Novak, 1977; Gagné, 1977; Reif and Heller, 1982; Frazer, 1982; Lee, 1985; Anamuah-Mensah, 1986; Camacho and Good, 1989; Schmidt, 1990; Gabel and Bunce, 1994). Bunlardan biri, problemle doğrudan ilgili olan spesifik bilgi, diğeri spesifik olmayan fakat problemin konu alanı ile ilgili bilgidir.

Problem transfer yeteneğinin (Gagné, 1977; Chi et al., 1981; Frazer, 1982; Reif and Heller, 1982; Greenbowe, 1983; Lee, 1985; Gabel and Bunce, 1994) ve önceki problem çözme deneyiminin (Ashmore et al., 1979; Frazer and Sleet,

1984; Frazer, 1985; Lee, 1985) problem çözüme performansını belirlemede önemli olduğu birçok literatürde gösterilmiştir. Problem transfer yeteneği, verilen bir problemi tanıma, yorumlama, analiz etme ve anlama kapasitesini ölçmektedir (Lee et al., 2001)

Sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımında bireyler ilk önce bir problem durumuyla yüz yüze gelir, bu problemi çözmek için bir dizi alternatif çözümler üretir ve uygular. Söz konusu problem araştırılıp bir sonuca ulaşıldıktan sonra öğrenme gerçekleşir. Chaille and Britain (2003), fenin genel anlamda deney yapmayı, yaratıcılığı ve problem çözmeyi içerdiğini belirtmektedirler. Bu tanımlamaya eleştirel ve yansıtıcı düşünmede eklenebilir. İfade edilen beceriler çocuğun dünyayı anlama çabasında oldukça önemli rol oynar. Bu üst düzey becerilerin tümü öğrencilere araştırmaya dayalı öğrenme yaklaşımı ile etkili bir şekilde kazandırılabilir. Gelecek nesillerin ön yargıdan uzak bilimsel düşünen ve araştırmacı bireyler olarak yetişmeleri şarttır. Bu öğrencilerin öğrenmeyi öğrenmelerine fırsat sağlayan araştırmaya dayalı ve diğer çağdaş yaklaşımların bir arada kullanıldığı etkili bir eğitim ile mümkündür.

### **3.4.2. Sorgulama süreci**

Birçok araştırmacıya göre, sorgulama süreci öğrenmenin esaslı bir parçasıdır. Süreç yalnızca tek bir hareket değildir ama her biri birtakım eşsiz zekâsal işlemlerden oluşan karmaşık ilişkili hareketler serisidir. Bilimsel sorgulama, öğrencilerin önce sorgulama için bir amaç tanımlamasına ve sonra farazi bir cevap ya da çözüm üzerinde varsayım yapmasına sıkça ihtiyaç duyar (varsayım üretmek için). Ondan sonra, öğrenciler ilişkili verilere karşı varsayımlarını test etmeli ve son olarak bir sonuç çıkarmalıdır (Krystynyak, 2001). Dewey, Bruner, Suchman, Beyer ve diğerlerince öne sürülen bilimsel sorgulamanın birçok varyasyonu vardır. Suchman modeli (1962) en yaygın kabul görendir. Onun modeli problem çözmeyi keşif ve sorgulama vasıtasıyla öğretmeye özgüdür. Yedi adımı aşağıdaki şekilde formüle eder:

1. Bir problem seçmek ve araştırma yürütmek,
2. Süreci tanıtmak ve problemi sunmak,
3. Verileri toplamak,
4. Bir teori geliştirmek ve onu doğrulamak,
5. Kuralları belirtmek ve teoriyi açıklamak,

6. Süreci analiz etmek ve

7. Değerlendirmek.

Short et al., (1996)'e göre, sorgulama döngüsü, öğrencilerin kendi yaşam deneyimlerini oluşturmasıyla başlar ve sonra sorgulama yoluyla aramak istedikleri soruların cevaplarını bulmaya kadar ilerler. Bu döngü, öğretmenlere öğrencilerin sorgulamalarını destekleyecek organizasyonsal yapılar hakkında düşünme olanağı veren bir iskelet sağlar. Diğer yandan, Krajcik et al., (1998), proje tabanlı fen sınıflarında sorgulama sürecinin karmaşıklığını belirtirler. Yazarlar, adım adım bilimsel sorgulamanın tam aksine, sorgulamanın doğrusal bir süreç olmadığını ve sorgulamanın değişik yönlerinin karmaşık şekillerde birbiriyle etkileştiğini öne sürerler. Herhangi bir sorgulama süreci bir problem var olduğunu fark etmek ve bir çözüm bulmanın zorluğunu kabul etmekle başlar. İlk başta, öğrenciler ilgilerini çeken, şaşırtan veya bir soruyu hayata geçiren bir şey fark ederler. Öğrencilerin süreç boyunca çeşitli aksiyonlar almaları gerekir. Örneğin, devam eden gözlemlene, sorular ortaya çıkarma, tahminler yapma, varsayımları test etme ve teoriler ve kavramsal modeller yaratma.

Sorgulama süreci doğrusal bir ilerlemeden çok, geri ve ileri dönem dönem bir süreç ya da olaylar dizisidir. Sorgulama süreci, öğrenciye yeni bilgilerini inşa etmede yardımcı olur (Sorgulama için Araştırma Enstitüsü, 1998).

### **3.4.3. Sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımı çeşitleri**

Sorgulamaya dayalı eğitim üzerine yapılan incelemeler sonucunda bu öğrenme yaklaşımının üç ana çeşidinin mevcut olduğu belirtilmektedir (Sapulding, 2001):

- Yapılandırılmış sorgulama
- Rehberli sorgulama
- Açık sorgulama

#### **3.4.3.1. Yapılandırılmış sorgulama**

Yapılandırılmış sorgulamada, çalışılacak konu ya da problem hakkında öğretmen tarafından öğrencilere sorular sorulur. Bu sorular genellikle laboratuvarda takip edilecek süreci gösteren çalışma kâğıtlarının üzerinde yazılıdır. Ayrıca öğrencilerin hangi aktivitelerin yapılacağı, hangi materyallerin kullanılacağı ve verileri elde etmek için izleyecekleri basamaklar açıkça gösterilmektedir. Sorgulama



basamakları öğretmenler tarafından da açıklanabilir. Bu tip sorgulamalar genellikle yemek kitabından tarifine bakılarak yemeğin pişirilmesi gibi öğrenciler tarafından da aynı şekilde yapılır. Öğrencilerin araştırma ve sorgulamayı yaparken düşünmelerini gerektiren yani zihinsel olarak aktif oldukları sorgulama çeşidi değildir. Yapılandırılmış sorgulamalar öğrencilerin el becerilerini geliştirmektedir. Öğrenciler deney kitabında yazan veya öğretmenin açıkladığı basamakları takip ederek deneyin sonucuna ulaşırlar (Llewellyn, 2002).

Yapılandırılmış sorgulama yaklaşımında öğretmen sürecin tüm gerekli unsurlarını sağlar ki bunlar; öğrenci tarafından çözülecek problem, çözümleme metodu ve gerekli olan her malzemelerdir, geriye sadece durumun beklenen sonuçlarının öğrencilerce keşfedilmesi kalır (Colburn, 1996). Yapılandırılmış sorgulamada, öğrenciler tüm süreç boyunca meşgul olurlar ve öğretmenler öğrencilerin bu süreci adım adım yürüttüklerini gözlemlerler (Pressley and McConnick, 1995; Slavin, 2000). Bu yaklaşım sınıfta yeterince sık kullanılıyorken, öğrencilerin kendi bilgi anlamalarını oluşturmaları yolunda öğrenciler için çok şey sağlamaz ya da Dewey (1916) tarafından önerildiği gibi bu yaklaşım sorgulamalı eğitimin tam yansıtıcısı değildir.

Yapılandırılmış sorgulamada öğretmen öğrenmenin rehberi görevini üstlenir. Öğrencilerin yaratıcılıklarını geliştirmek için öğretmen tarafından yapılandırma en aza indirgenmelidir. Amaç öğrencilerin yapacakları görevleri herhangi bir yapılandırma olmadan yapabilmeleridir. Öğretmenlerin bu tip sorgulamalara bağlı kalmalarının sebebi, deneyin sürecini bilip kolayca kontrol edebilmeleridir.

#### **3.4.3.2. Rehberli sorgulama**

Rehberli sorgulama yapılandırılmış sorgulamaya şu yönden benzerdir; öğretmen ya da eğitici bir anlamda çözümlenmesi için öğrencilere bir kafa karıştırıcı soru ya da problem sağlar. Yapılandırılmış sorgulamada, problemi çözmek için yöntem sabitlenmiş ve öğrenci için sağlanmıştır; ancak rehberli sorgulamada yöntem öğrencilerin kendilerinin belirlemeleri için açık bırakılmıştır (Colburn, 2000).

Bu tip sorgulama ile öğrenci sorgulama becerilerini kazanarak gelecekte bağımsız sorgulamalar yapabilme kabiliyeti kazanır. Başlangıçta; materyallerin seçiminde, toplayacakları bilgilerin tipleri hakkında ve tartışma tekniklerinin kullanımında öğrenciye kılavuzluk yapılır.

Öğretmen, öğrencilerin öğrenmelerinden ve davranışlarından sorumlu hale gelmeleri için onlara yardım eder. Öğretmenlerini dinlemeye, okumaya ve çalışma kâğıtlarını doldurmaya alışmış öğrenciler yüksek düzeyde verilen bağımsızlık ve sorumluluk görevini üstlenmekte zorlanabilirler. Öğrenciler açıklamalı eğitimin yapıldığı derslere göre daha bağımsız olarak çalıştıkları için, onlara öğretmen tarafından sorumluluk kazandırılmalıdır. Bu nedenle öğretmen dersi dikkatlice planlamalı ve her öğrenciye sorumluluk alması için belli görevler vermelidir. Öğrencilere bilimsel bir araştırmanın nasıl yapılacağına öğretimi gerektirmektedir. Bu bir kez öğretildikten sonra, öğrenciler kılavuzlu araştırma derslerinde bunları uygulayarak açık sorgulama için gerekli olan davranışları kazanacaklardır (Howe and Jones, 1998).

Rehberli sorgulama dersleri sorularla başlar. Başlama sorularını öğretmen veya öğrenciler oluşturabilir. Öğretmen öğrencilerin fakına varmalarını istediği olgu veya olaya dikkat çekmek için soru sorabilir veya öğrencilerin beklemedikleri şaşırtıcı olaylar sunumu yapabilir. Şaşırtıcı olaylar öğrencilerin meraklanmalarına neden olur. Bu da soru sormalarını sağlar. Daha sonraki aşama soruyu cevaplamak için ihtiyaç duyulan bilgilerin toplanmasıdır. Bu bilgi, ölçümlerin kaydedilmesi, olayların veya amaçların liste halinde yazılması şeklinde olabilir. Bilgi toplandıktan sonra, öğretmen öğrencilerinin bilgileri kullanmaları için onlara rehberlik eder. Bilgileri düzenleme genellikle tartışma ile başlar ve bu sırada öğretmen öğrencilerinin çalışmalarını açıklayabilmeleri için onlara yardımcı olur. Tartışma gözlemlenen nesnelere ya da olayların karşılaştırılması ve tanımlanmasıyla oluşan sorularla başlatılır. Öğretmen öğrencilerinin üst düzey fikirler oluşturmaları ve derinlemesine anlamaları için soruların bilişsel düzeyini artırır. Öğretmenlerin önce konu ile ilgili bilgileri verip daha sonra gösteri deneyi ile bu bilgileri sağlamaları yerine, önce şaşırtıcı bir gösteri deneyi ile başlayıp öğrencilerin derse ilgilerini çekmesi daha etkili bir yoldur. Bu sorgulama başlangıçta öğrencileri güdüleyip onların heyecanla çalışmalarını sağlayacaktır. Ayrıca öğrencilerin birbirlerinden öğrenmeleri için öğretmen, öğrencilerine uygun ortamlar hazırlamalı ve bilgilerini paylaşmaları için onları yönlendirmelidir (Howe and Jones, 1998).

Sorgulama süreci rehberli sorgulama için önemlidir. Toplam süreç problemi tanımlamayı, farazi yanıtlar geliştirmeyi, veri toplamayı, verilerden çıkarımlar yapmayı, veriye karşı varsayımları test etmeyi, bilgiyi anlamlı bir bütüne sentezlemeyi ve yeni bir duruma uygulamayı içerir. Süreç doğrusal değildir, adım

adım bir prosedürdür. “Soru-Varsayım-Çözüm” modeli gerçeğin daha çok basitleştirilmiş bir versiyonudur. Örneğin, problem çözme süreci esnasında, yeni sorular sürekli su yüzüne çıkma eğilimindedir. Bu süreç boyunca öğrencileri konu için kendi kavramlarını genişletebilir ve yeni fikirler düşünebilirler. Öğretmenlerin yardımıyla öğrenciler, fikirlerin gelişimini ilerletebilir ve konuşmayı zenginleştirebilirler. Yeni soru setleri cevaba yeni yönler ekleyerek orijinal soruyu genişletmek ve zenginleştirmek için çalışırlar. Bu süreç esnasında, araştırmacı, bazen birkaç kez ileri ve geri ilk problem çözümlene kadar bu süreçten sıkça geçer. Böylelikle öğrenciler bilginin ötesine gidebilir ve anlama kazanabilir. Öğrenciler ayrıca tümevarım ve tümdengelim muhakemeleri kullanarak, verinin nasıl toplanacağı, analiz edileceği, sentezleneceği ve değerlendirileceği gibi etkili sorgulama yeteneklerini öğrenirler.

Rehberli bir sorgulama çeşidi oluşturmak için; Massialas et al., (1975)'in sosyal çelişkiyi çözmek için sorgulama süreci modeli, Suchman'ın (1962) sorgulama modeli, Beyer (1971)'in sosyal eğitim için sorgulama modeli, Krajcik et al., (1998)'nin fen proje sınıfı modeli (1998), Barrow (1986)'un probleme dayalı öğrenme modeli ve Edmund (2000)'un yaratıcı problem çözme süreci modeli gibi temel sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımları çeşitlerinden yararlanılarak bir çizelge oluşturulmuştur. Bu çizelge üzerinde sorgulama süreci, karakteristikleri ve her bir evre için rehberlik türleri gösterilmektedir.

Çizelge 3.1. Bir rehberli sorgulama modeli

Evre	Tanımlama	Rehberlik
Öğrenimin bir amacını tanımlamak & bir problemin farkında olmak	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sorgulama meraktan büyür ya da bir şey bilme gereksinimi hissinden dolayı özel bir amacı vardır.</li> <li>- Bir amaç tüm öğrenim deneyimini yönlendirir ve sürdürür.</li> <li>- Başlangıç noktası bir soru, bir problem, bir şaşırtan durum veya diğer yapay olgular olabilir.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Anlamli problemler yaratmak için üç yol: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Öğretmen cevaplanacak bir soru ya da çözülecek bir problem şeklinde öğrencilerine bir amaç sunar.</li> <li>2. Öğrencilere kendi amaçlarını oluşturmaları imkânı verir (öğrencinin başlattığı problem).</li> <li>3. Başlatıcı problem öğretmen tarafından dolaylı olarak sunulabilir, cevaplanacak bir soru şeklinden çok, bir soru veya öğrencilerin zihinlerinde şaşkınlık yaratacak bir durum olabilir. (Savery &amp; Duffy, 1995).</li> </ol> </li> <li>- Öğrencileri problemi net ve yönetilebilir yapmak için yönlendirmek. (Beyer, 1971).</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zaman çizelgesine karar vermek</li> <li>- Hangi değişkenlerin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Öğrencilere seçilen sorulara ilişkin ölçümlerin nasıl seçildiği ve hangi özel gözlemlerin incelenen problemi belirteceği sorulur (Krajcik 1998, sayfa</li> </ul>

<p>Araştırmalar tasarlamak &amp; prosedürler planlama</p>	<p>kullanılacağına karar vermek</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tasarımlar yaratmak</li> <li>- Yapılacak ölçümleri tanımlamak</li> <li>- Veri toplama yöntemlerini belirlemek</li> </ul>	<p>344).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- İçerik bilgisi ve sorgulama tasarımının anlaşılmasını geliştirmek için geçmiş bilgi sağlamak.</li> <li>- Öğrencilere uygun araştırma tasarımı geliştirmelerinde yardım etmek.</li> <li>- Öğrencilere veri toplama metotlarını düzenlemede yardım etmek.</li> </ul>
<p>Araştırmalar yürütmek: farazi bir çözüm geliştirmek &amp; varsayımı test etmek</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bir varsayım yapmak, hemen erişilebilir tüm veriyi kullanarak bir tahmin yapmak anlamına gelir. Süreç hem planlanmış, adım adım analiz hem de sezgisel önsezi içerir</li> <li>- Öğrenciler yeni bilgiyle temas eder, tahlil bilgisiyle bunları yeniden düzenler ve tekrar tekrar didikler.</li> <li>- Üç adım: kanıtları toplamak, kanıtları düzenlemek ve kanıtları analiz etmek.</li> <li>- Kanıtları analiz etmek, benzerlikleri ve farklılıkları, eğilim ve sıralamayı, düzenlilikleri ve önem modellerini belirlemek için verinin zihinsel işlenmesini içerir.</li> <li>- Veride anlam bulmak öğrenmenin esasıdır ve analiz bunun gerçekleştiği yerdedir.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Öğretmen yönelimli varsayımçılık, kullanım için tasarlanan bir parça eğitici malzemeyi kısaca açıklayarak tasvir edilebilir.</li> <li>- Araştırma kapsamında problemi başlatan problemleri içinde yer alabilecek veri eğer gerekiyorsa sağlanır.</li> <li>- Gerek duyulan kaynakları sağlamak ve bu kaynaklardan çıkarmaları gereken gerekli kanıtlar içinden, öğrenim deneyimleri türetmeye ilerlemek.</li> <li>- Öğretmen varsayım testinde, kullanımı için saklanan bilgileri sağlayabilir.</li> <li>- Öğretmen öğrenim deneyimi tasarlamak durumundadır.</li> <li>- Bu öğrenim deneyimleri öğrencilerin, inanış ifadelerinden kabul edilmiş gerçeklerin ifadelerini ayırt etmek ve belirtilmemiş varsayımları, taraflılık kanıtları ve hatalı mantık örneklerini tanımlamak için inceleyebilecekleri türdendir.</li> <li>- Öğrenciler verileri çeşitli formlara çevirmek için yönlendirilir. Kanıtı bir formdan diğerine çevirmek onu analiz için hazırlaması açısından önemlidir.</li> <li>- Öğrenciler verileri yorumlamaları için yönlendirilir. Yorumlama gördüklerimizle zaten bildiklerimiz arasında bağlantılar kurmayı içerir.</li> <li>- Öğrencilerin verileri sınıflandırmalarını öğrenmelerinde yardımcı olunması gerekir. İlk başta bu, belirli verinin sınıflandırılmasına ihtiyaç duyan bilinçli alıştırmaların oluşturulmasını gerektirmeye yardımcı olabilir.</li> <li>- Kanıtın analizi için sorular sorulur: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bu kanıt ne anlama gelir?</li> <li>- Bir başka kanıt parçası ile nasıl ilişkilidir?</li> <li>- Hangi kanıt parçası önce gelmiştir?</li> <li>- Bu kanıt ile varsayım arasındaki bağlantı nedir?</li> </ul> </li> <li>- Öğrenciler sözel sorgulama yoluyla veya yazılı çalışma rehberleri ile ya da malzemeleri biçimlendirecekleri bir şekilde yönlendirilir (Beyer, (1971).</li> <li>- Varsayım ile araştırma arasındaki farklılıkların belirtilmesi gerekir.</li> <li>- Öğrenciler kanıtları nerede bulacakları ve veriyi nasıl kullanacakları konusunda yönlendirilir. (Massialas et al., 1975).</li> </ul>

Çizelge 3.1 (devam ediyor)

Bir sonuç geliştirmek	- Sonuca varma, test edilen varsayımla ilgili anlam edinme şeklinde kanıtı düzeltmekten oluşur. - Bir sonuç genellikle orijinal varsayımın geçerliliği hakkında bir ifadedir.	- Öğrenciler, kanıtlar içerisindeki ve kanıtlar ile varsayımlar arasındaki tanımlanmış bağlantıları, başlatıcı problem üzerinde ilgisi olan ifadelere birleştirmelerini gerektiren öğrenim deneyimlerine yöneltilir (Beyer, 1971) - Öğrencilerden bu yeniden düzenlenmiş kanıt ve araştırılan varsayım arasındaki ilişkiyi açık şekilde açıklamaları istenir (Beyer, 1971)
Sonucu yeni verilere uygulamak	- Bu adım soran kişiye kendi bağımsız sorgulamasının aslında diğer kaynaklarla doğrulanıp doğrulanmadığını öğrenmesine izin verir. - Çoğunlukla orijinal sonucu genişletir.	- Uzman değerlendirmesi ayarlanır. - Öğrencilerden kendi sonuçlarını özetlemeleri ve zorlandıkları noktaları belirtmeleri istenir (Beyer, 1971) - Öğrencilere bulgularını genellenmesinde yardımcı olunması ve bu bulguları yeni durumlara uygulamada cesaretlendirilmesi gerekir (Beyer, 1971).
Sorgulama sürecini analiz etmek	- Süreçte kullanılan sorgulama stratejileri analiz edilir ve daha etkin olanlar geliştirilir.	- Öğrencilerden kendi sorgulama modellerini analiz etmeleri istenir. - Öğrencilere hangilerinin en etkili ve hangilerinin etkisiz stratejiler olduğu sorulur. - Öğrencilere ne tür bilgilere ihtiyaç duyup edinemedikleri sorulur (Suchman, 1962).

Sorgulama süreci boyunca, öğretmenler öğrencileri sorgulama yapmaları, test etmeleri ve kendi durum ve varsayımlarını karşılaştırmaları için cesaretlendirme durumundadırlar. Sorgulama sadece bir fikir önermek olmadığından, öğretmen ve öğrenciler fikri koalamaya devam ederler. Farz etmekten kaçınmak ve sorgulamaya yardımcı olmak için, Massialas et al., (1975) tarafından bahsetmeye değer bazı stratejiler önerilmiştir:

- Öğrenciler fikirler önermeleri için desteklenmeli,
- Öğrenci soruları yeniden yönlendirilmeli,
- Öğrencilerden diğer öğrencilerin fikirlerine yanıt vermeleri istenmeli; tartışma için daha fazla alternatifler yerine getirilmeli; konuşmanın aynı anda bir konu üzerine odaklanması sağlanmalı ve elde edilen fikir birliğinin genişliğini görmek için test edilmeli,
- Öğrencilerden kendi fikirlerini açıklamaları ya da savunmaları istenmeli,
- Hareket ve sorgulama gidişatı önerilmeli (sayfa. 70).

Eklenmesi gereken bir diğer uyarı da, rehberli sorgulama kullanan öğretmenlerin çizelgede belirtildiği gibi tüm aşamaları takip etmek zorunda olmamalarıdır. Daha doğrusu, çizelgedeki süreç sadece öğrencinin sorgulama yeteneklerine yardımcı olmak için kullanılan bir örnektir. Öğrencilerin özelliklerine dayanarak, öğretmenler

ünitelerini ve derslerini bazı aşamaları vurgulayarak ya da görmezden gelerek ve gerekli kısımlar eklemenin yanında sıralamayı değiştirerek kendi kurslarını tasarlarlar.

### **3.4.3.3. Açık sorgulama**

Sorgulamanın en az biçimlendirilmiş çeşidi olup, öğrenci tarafından başlatılan sorgulamadır. Bu sorgulama yaklaşımında, öğrencilere ne çalışmak istediklerini seçme izni verilmiştir. Bu tür sorgulamayı kullanan öğretmenler öğrencilerin bilimsel metot ve sorgulama içine tümüyle dalmış olmalarına izin verirler (Harker, 1999). Öğrenciler sorularını kendileri oluşturarak sorgulamaya ve araştırmaya başlarlar. Sorularını oluşturduktan sonra bunları cevaplamak için gerekli süreçleri kendileri belirler ve sonuçlarını elde ederler. Açık sorgulamalar, öğrenciler kendileri sorgulamayı yapılandıkları için öğretmen değil öğrenci odaklıdır. Bu süreçte öğrenciler hem problemi hem de onu çözmek için izleyecekleri basamakları kendileri formüle ederek sonuca ulaşıp, bilgileri yorumlarlar (Llewellyn, 2002).

Pressley and McCormick (1995)'e göre, bu sorgulama yaklaşımı çoğunlukla daha öğretmen odaklı eğitici yaklaşımlarla zıt düşen şekilde tanımlanmıştır. Üç sorgulama yaklaşımından açık sorgulama, bilim adamlarının gerçek dünya problemlerini inceledikleri süreçlerin daha bir yansıtıcısıdır (Colburn, 1996). Fen toplumunun birçok üyesi tarafından sorgulamanın tek gerçek ve kusursuz metodu olarak kabul edilmiştir (Kyle, 1980). Açık sorgulama, Pasch et al., (1991) tarafından beş ana unsura sahip olarak tanımlanmıştır. Birincisi, öğretmen öğrencilere, orijinal bir soruyu yaratmaya başlayabilecekleri bir kafa karıştırıcı senaryo sunmalıdır. Bu senaryolar sorgulama süreci için önemlidir ve bir olay (hem geçmiş hem şimdiki zaman), bir zor durum ya da gerçek dünyaya dayanan problem ya da karışıklık gibi çeşitli şekiller alabilir. İkincisi, öğrenciler önlerine konan olayı açıklayan bir varsayım formüle etmelidirler. Üçüncüsü, öğrenciler kendi varsayımlarında test etmek için veri toplamalıdır. Dördüncüsü, öğrenciler bir sonuç elde etmelidir ve beşincisi öğrenciler orijinal soruya geri dönmeli ve üstlendiği bütün süreç boyunca geri düşünmelidir.

Sorgulamanın farklı seviyelerinde gerekli sorgulama yapısını sağlamak için öğretmen öğrencileri destekleyebilir. Öğrencilerin malzemeleri kendi başlarına kullanabilmesi ve kendi performanslarını göstermesi için daha yüksek seviye

sorgulama tipi olan açık sorgulamalar uygundur. Bu tip yaklaşım, anlamlı sorular sorabilmek için gerekli ilişkili ve temel kavramların öğrenci tarafından anlaşılmasında boşluklar bırakabilir (Goodman and Berntson, 2000).

Öğretmenler, öğrencilerinin farklı sorgulama düzeylerinde başarılı olmak için hazır olduklarını anlamalı ve yeteneklerinin farkına varmalıdır. Öğrencilerin öğrenme stillerini çözümlenmek öğretmene bu konuda yardımcı olacaktır. Öğrenciler açık sorgulama yaparken eğer sorgulama hakkında deneyimleri yoksa veya konu hakkında yeterli bilgiye sahip değilse zorlanacaklardır (Hayes, 2002). Bu faktörleri öğretmen göz önünde bulundurmalı ve sorgulamaya dayalı dersleri bunları düşünerek planlamalıdır.

Öğrencilerin soru üretmeleri kendi öğrenmelerinde ilk basamaktır. Soru sormak tek başına yeterli değildir. Etkili sorgulama süreci daha kompleks bir süreçtir. Öğrenciler öğretmenlerinin onlara cevabı kolayca sunmayacağını, cevapları bulmak için kendi başlarına ya da takımla uygun araştırmalar yapmaları gerektiğini bilmelidirler. Sorgulamalar öğrencilerin gözlem, yorumlama ve deney yapma yeteneklerini geliştirerek, onlara fen içeriğini anlama ve düşünme yeteneklerini üst düzeylere çıkarma imkânı sağlar. Soru oluşturma, verileri elde edip yorumlama ve teorileri kullanarak bu verileri düzenleme ile öğrenciler yeni bilgileri oluşturmayı sağlayan entelektüel becerilerini geliştirirler (Chan et.al,1997). Bu becerilere göre farklı sorgulama tiplerindeki öğretmen ve öğrencilerin rolleri Çizelge 3.2'de gösterilmektedir.

Çizelge 3.2. Sorgulama tiplerine göre öğretmen ve öğrencilerin rolleri

<b>Sorgulama Tipi</b> <b>Aşaması</b>	<b>Yapılandırılmış</b> <b>Sorgulama</b>	<b>Rehberli</b> <b>Sorgulama</b>	<b>Açık</b> <b>Sorgulama</b>
<b>Soru sorma</b>	Öğretmen	Öğretmen	Öğrenci
<b>Süreci Planlama</b>	Öğretmen	Öğrenci	Öğrenci
<b>Sonuç Elde Etme</b>	Öğrenci	Öğrenci	Öğrenci

Çizelge 3.2'de görüldüğü gibi soru sorma, süreç planlama, sonuç elde etme aşamaları yapılandırılmış sorgulamalarda çoğunlukla öğretmen merkezli, rehberli ve açık sorgulamalarda ise öğrenci merkezlidir. Öğrencilerin ilk olarak sorgulama yapmaya başladıklarında, bu basamaklarda tamamen kendilerinin sorumluluk alıp açık sorgulamalar yapmaları beklenemez. Öğretmen sorgulama sürecine yeni

başlayan öğrencileri oldukça etkin bir şekilde destekler. Öğrencilere sorgulama sürecine başlamadan önce, kendilerinden beklenen davranışlar ve çalışmalarının nasıl değerlendirileceği hakkında bilgi verilir.

Özetle, eğitimsel toplumun üyeleri arasında, sorgulamanın tanımlarında geniş bir çeşitlilik mevcuttur. Colburn (2000)' a göre, birçok eğitimci için sınıfta bu alternatif eğitici yaklaşımı başarıyla gerçekleştirmeyi zorlaştıran unsur, çeşitli tanım ve yorumlamaların çok geniş kapsamlı olmasıdır. Yapılandırılmış sorgulama öğrencilere süreç için gerekli tüm unsurları sağlar, sadece öğrencilerden gelecek neticeyi, bu sonuca kendi başlarına ulaşmaları için dışarıda bırakır. Rehberli sorgulama, eğitmenin her bir adım boyunca öğrencilerin gelişimini yakından izlemesi ile öğrencilerin sorgulama süreci boyunca kendi yollarını geliştirmelerine olanak verir. Açık ya da kusursuz sorgulama, bilimsel toplumlarda bilim adamları ve diğer profesyonellerin kullandığı sorgulama sürecinin daha fazla yansıtıcısıdır ve varsayım oluşturulmasını, veri toplanması ve analizini içerir, bunları başlangıç sorusuna genel bir geri düşünme takip eder (Spaulding, 2001).

Öğretmenler, öğrencilerine sorgulamaya dayalı öğrenme için gerekli bilimsel süreç becerilerini kazandırmadıkları sürece sorgulamaya başlamamalıdır. Bu beceriler sorgulama tiplerinin aşamalı olarak kullanılmasıyla kazandırılabilir. Derslere gösteri deneyleri kullanılarak başlanır, böylece öğrencilerin gözlem yapma yetenekleri geliştirilebilir. Daha sonra yapılandırılmış sorgulama yapılarak öğrencilerin el becerilerinin gelişmesine yardım edilebilir. Bu sırada öğrenciler sorgulama süreci hakkında bilgiye sahip olmaya başlarlar. Süreç hakkında biraz daha uzmanlaştıkça rehberli sorgulamalara başlanabilir. Bu şekilde öğrencilerin sorgulama becerileri gelişir. Öğrenciler fiziksel ve zihinsel aktiviteler yaparak kendilerini geliştirdikçe öğrenmelerinden daha fazla sorumluluk almaya başlar. Böylece öğretmenin rolü gittikçe azalır ve öğrenciler açık sorgulamalar yapma becerilerini kazanır.

Bu üç düzey sorgulamanın da belli avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Yapılandırılmış sorgulamalarda her şey düzenlidir, beklenen sonuçlar elde edilir ve öğrencilerin el becerileri gelişir ancak öğrencilerin yaratıcılıklarını kısıtlar. Rehberli sorgulamalar öğrencilerin problem çözme ve planlama becerilerini geliştirir fakat sorgulamalarda tam olarak kendi sorumluluklarını almalarına izin vermez. Açık sorgulamalar ise öğrencilerin kendi araştırmalarını yürütmeye ve üst düzey



düşünme becerilerini kazanmalarında oldukça etkilidir fakat zaman alıcıdır (Llewellyn, 2002).

#### **3.4.4. Sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımını uygulayan sınıflar**

Sorgulamaya dayalı öğrenme farklı şekillerde uygulanabilir (örneğin, grup tartışması, öğretmen-öğrenci diyalogları, kişisel projeler, küçük grup çalışması gibi) (Young, (1995). Çalışmalar, sorgulamaya dayalı fen bilimi aktivitelerinin, öğrencilerin bilişsel gelişiminde, kendine güvenmesinde, fen bilimi başarısında, fen bilimi süreç yeteneklerinde, fen bilimini kavramsal olarak anlamasında pozitif etkiye sahip olduğunu göstermiştir (Zacharia, 2003).

Sorgulamaya dayalı fen bilimleri sınıflarında öğrenciler sorgulama ile meşgul olarak anlam oluşturur (Norma, 2001). Amerikan Ulusal Araştırma Konseyine göre (1996, p.2), öğrenciler sorgulamada meşgul olurken nesnelere ve olayları tanımlar, sorular sorar, açıklamalar oluşturur, bu açıklamaları bugünkü bilimsel bilgiye karşı test eder ve fikirlerini diğerlerine bildirir. Tahminlerini saptar ve eleştirel, mantıksal düşünmeyi öğrenir, alternatif açıklamaları düşünür. Böylece fen bilimi anlayışlarını geliştirirler (Colburn, 1998).

Meade (2002)'nin belirttiği gibi, sorgulamaya dayalı öğrenme kapsamı içerisinde birçok sorgulama yaklaşımı grup öğrenimi içerir (Klionsky, 2002). Bu sınıflarda öğrencilere problemler verilir ve gruplar içinde çözümler bulmak için çalışmalarını isterler (Lord, 1997). Öğrenciler sadece kendi öğrenimleri için değil, kendi gruplarındaki diğer üyelerin de öğrenimleri için sorumlu olurlar (Lord, 1997). Bu öğrencileri kendi öğrenimlerinde daha aktif olmaya getirir. Çoğu yapılandırmacı eğitimciler, sorgulamaya dayanan derslerde, her dersin 15–20 dakikasını esasen ders vermeye harcamaktadırlar. Kalan zamanı öğrenciler problem çözerek (Klionsky, 2002) ve emsallerine zor kavramları öğreterek (Libarkin and Mencke, 2002) ya da gruptaki herkesin günlük sınavı alabilmesi için günün kavramlarını anladıklarına emin olmak için harcamaktadırlar (Lord, 1997).

Sorgulamaya dayalı sınıflarda öğrencilerin sorgulamaları farklı şekillerde, farklı derinliklerde ve farklı karmaşıklıkta. Böyle sınıflarda öğrenciler:

1. Kendi öğrenmeleri ile ilgili aktivitelere başlar,
2. Fikirlerin ardında öğretmenler ve diğer öğrencilerle işbirliği yapar,
3. Planlanan araştırma yoluyla cevaplanabilecek soruları formüle eder,

4. Sorulara cevap verme, veri toplama, verinin nasıl sunulacağı ve nasıl kanıtlanacağına karar verme yollarını tasarlar,
5. Donanımın eksiklikleri ile başa çıkmayı öğrenir ve diğerlerinin itirazlarını düşünür,
6. Çabalarının etkilerini değerlendirir ve bulgularını genelleştirir (Norma, 2001).

Hofstein et al., (2004)'nın çalışmalarında belirttikleri üzerine, sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımı uygulayan bir fen sınıfında bu öğrenme yaklaşımının uygulama adımları aşağıdaki şekilde gösterildiği gibidir:

Adım 1: Ön-Sorgulama Fazı

Seçilen bir kimya konusunda ilgili deneyin yapılışı

Adım 2: Sorgulama Fazı

- I. 1. İlgili deney süresince kaydedilen gözlemler sonucunda, deneyle ilgili en az 5 farklı soru öğrenciler tarafından açık ve net bir ifade ile oluşturulur.
  - İleriki araştırmalar için belirlenen sorulardan 1 tane soru seçilir.
  - En az iki değişken arasındaki ilişkiyi açıklaması mümkün olacak şekilde, seçilen bu sorudan açık ve net bir ifade ile belirtilmiş sorgulama sorusu oluşturulur.
  - Araştırma için seçilen sorgulama sorusuyla ilişkili olarak bir hipotez oluşturulur.
  - Hipotez için doğru ve ilgili bilimsel bilgiye dayanan mantıklı nedenler ileri sürülür.
2. Oluşturulan hipotezin denetimi için bir deney planlanır.
  - Kontrol aşamasını da içeren deneyin tüm adımları ayrıntılı olarak belirtilir.
  - Planlanan deney ile ilgili tüm araç ve gereçler için istekler araç-gereç istek formu üzerinde ayrıntılı olarak belirtilir.
  - Öğretmene gerekli durumlarda danışılır, ihtiyaç görüldüğü durumlarda gerekli değişiklikler yapılır.
  - Araç ve gereçlerin listesi laboratuvar teknisyenine teslim edilir.
- II. 3. Önerilen deneyin gerçekleştirilmesi için araştırmacının onayı alınır.
  - Araştırmacının onayladığı şekliyle önerilen deney gerçekleştirilir.

- Gözlemler ve sonuçlar düzenli bir şekilde sunulur (Tablo, diyagram, grafik vb.)
  - Sonuçlar yorumlanır ve analiz edilir.
  - Sorgulama sorusu ve sonuçlar arasındaki ilişki incelenir.
4. Kısa ve öz olarak grup tartışmasında,
- Sorgulamanın tüm aşamalarında bireysel görüşler ifade edilir (sınırlılıklar, kesinlik vb.).
  - İhtiyaç görüldüğü durumda sorgulama sürecinde istenilen değişiklikler belirtilir.
  - Tüm süreç süresince ortaya çıkabilecek ilave sorular listelenir.
  - Sunumun sınıfa gösteriminden önce sorgulama deneyi için grup özeti hazırlanır.
5. Kısa ve öz olarak sınıf tartışmasında,
- Tüm çalışma gruplarının raporları ışığında hipotez ile önerilen deney ilişkilendirilir.
6. Estetik ve okunaklı bir rapor hazırlamak için dikkatli ve titiz olunur.

### **3.4.5. Sorgulamaya dayalı öğrenmede öğretmenin rolü**

Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Fen Eğitimi Standartlarının öğretim standardı, öğretmenlerin öğrencilerle etkileşirken sorgulamaya odaklanmasının ve desteklemesinin ve öğrenci deneyimlerinden üretilen güvenilir sorulardaki bu sorgulamanın fen bilimi öğretimi için merkezi bir strateji olduğunu ifade etmektedir (Crawford et al., 2001).

Sorgulamaya dayalı bir öğrenme yaklaşımı, öğretmenlerin ve öğrencilerin yeni roller ve sorumluluklar üstlenmesini gerektirir (French and Russell, 2002). Sorgulama yaklaşımını kullanan öğretmenler fen bilimi içeriğini, öğrenci öğrenmesini, fen biliminin doğasını ve öğrencileri araştırmacı uygulamalarda meşgul etmenin yollarını derin anlamaya sahip olmalıdır. Sorgulamaya dayalı öğrenme çevresinde öğretmen geleneksel uzman rolünü bırakır ve rehber görevini üstlenir (DiBiase and Wagner, 2002). Crawford et al., (2001)'e göre sorgulamaya dayalı öğrenme yüksek seviyeli pedagojik içerik bilgisi gerektirir. Bu da, fen biliminin doğasını ve öğrencilerle işbirlikçi çalışmayı, nasıl rehber ve antrenör olunacağını anlamayı içerir (Keys and Bryan, 2001). Her seviyedeki fen bilimi öğretmenleri, öğrencilerin fen biliminde daha fazla deneyime ihtiyacı olduğu sonucuna varmıştır

ve birçoğu, öğrencilerin ilgili soruya cevap vermek için kendi laboratuvar yeteneklerini kullandığı sorgulamaya dayalı alıştırmaların çok değerli olduğunu kabul etmektedir (Lucas, 2001).

Wu and Hsieh (2006)'e göre öğrencilerin sorgulama yeteneklerinin gelişimini etkileyebilecek bir faktör, öğretmenlerin yönlendirmeleridir (Elick and Reed, 2002; Rop, 2002). Fen öğretimi için sorgulama yaklaşımı kullanırken, öğretmenlerin öğrencilerin olağanüstü olayları keşfetmelerini desteklemesi ve onları anlamlı bilimsel kavrayış üretimi ile meşgul etmeleri beklenmektedir (Hogan and Berkowitz, 2000). Öğretmenlerin vurguyu ders kitaplarından öğrenci merkezli keşfedici sorulara ve başlıklara kaydırmaları gerekmektedir (Keys and Kennedy, 1999). Öğretmenlerden ayrıca, öğrenciler mevcut bilgilerini oluştururken ve anlayışlarını gözden geçirirken kolaylık sağlamaları beklenmektedir (Elick and Reed, 2002; Amerikan Ulusal Araştırma Konseyi, 1996). Flick (2000), sorgulamalı öğrenmeyi destekleyen öğretmenler tarafından sağlanan kavramsal temellerin unsurlarını tanımlamıştır. Bu temel unsurlar, öğrencilerin üstlenebilecekleri görevleri değiştirmeyi, öğrenme için fırsatları yapılandırmayı, bir görevi sunum için organize etmeyi ve bir görevi başarıyla tamamlamalarıyla ilgili yaklaşımların tanımlanmasını içermektedir (syf122). Bu yüzden öğretmenler sorgulama beklentilerini anlatmalı ve sorgulama yapılabilmesi için önemli olan yeteneklerin geliştirilmesi için eğitici destek sağlamalıdır. Öğretmenler, öğrencilerin sorgulama yeteneklerinin gelişmesinin desteklenmesinde farklı roller oynarlar. Bu roller, öğretmenlerin aktiviteye dönüştürdüğü farklı miktarda yapı ve temelleri gösteren numune, rehberlik, teşhis etme, kolaylaştırma, danışmanlık ve iş birliği yapma şeklindedir (Crawford, 2000; Osborne and Freyberg, 1985). Örneğin, bir rehber olarak öğretmen, öğrencilerin yetenek ve stratejilerinin gelişimi için özel yönlendirmeler sağlar. Öğretmen, iş birliği rolü oynadığında, bir temel sağlamaz ama öğrencilerin öğretmen rolü almalarına izin verir. Öğrenciler öğrenmeye motive olmak ve kendi ilgileri etrafında müfredat geliştirmek için meraklı olmalıdır, bu onlara motive olmalarında yardımcı olacaktır (Keller, 2001).

Eğitimsel bir müfredatın sorgulamanın daha yüksek seviyelerine uyarlanmasında aşağıdaki kriterlerin öğretmenler için yararlı olabileceği önerilmektedir (Chastain, 2000):

1. Sunumun sırası değiştirilebilir. İlgili prensipler okunmadan önce ilk olarak aktiviteler gerçekleştirilebilir.

2. Öğrenciler için bir veri tablosu hazırlanmaz. Öğrencilerin kendi verilerini anlamlı bir yolla nasıl kaydedecekleri düşünülerek kendilerinin bulmaları sağlanabilir.
3. Yönlendirmelerdeki bazı adımlar dışarıda bırakılarak, öğrencilerin ne yapılması gerektiği düşünülüp bulmaları sağlanır (örneğin, nasıl olacağı söylenmeden “sıcaklığı ölçün” denilebilir)
4. Öğrencilere konu hakkında daha fazla bilgi alabilmek için hangi verileri toplamaları gerektiği sorulabilir.
5. Problem ya da soruyu bir “gerçek dünya” uygulaması veya hikâyesi ile sunulabilir. Öğrencilerin ne yapacakları, ne gibi verileri toplamaları, vb.. gerektiği düşünülüp bulmalarına izin verilir.
6. Öğrencilerin bazı malzemeleri keşfetmeleri ve kendi sonuçları ile gelmeleri sağlanabilir. Mevcut malzeme ve belirtilen süre ile hangi soruların incelenebileceğine karar vermelerinde yardım edilebilir.

Öğretmenler için, öğrencilerin her bir sorgulama seviyesinde gelişimle ilgili başarılı olmaya hazır olmaları gerektiğini anlamaları önemlidir. Öğrencilerinizin kabiliyetlerinin nerede yattığını bilmek önemlidir. Gönüllülük aynı yaş grubu kapsamında epeyce değişebilir ve bunun yanında idraki kabiliyetler de değişebilir. Tüm öğrencilerin öğrenmesine yardım etmek için değişik öğrenim tarzları belirlenmelidir. Eğer sorgulamalı öğrenimde veya konu maddelerinde mevcut deneyimleri yoksa öğrenciler açık sorgulama gerçekleştirmede zorlanacaklardır. Bunlar bir öğretmenin sorgulamaya dayanan dersler tasarlarırken düşünmesi gereken tüm faktörlerdir. Öğrencilerin soru üretmelerini sağlamak onların öğreniminde bir ilk adımdır. Soru sormak elbette yeterli değildir. Etkili sorgulama, öğrencilerin bilgi ve verileri faydalı bilgiye uydurmayı denediği karmaşık bir süreçtir. Sorgulamaya dayanan öğrenim öğrenci güdümlü sorgulamalar olmalıdır. Öğrenciler, öğretmenlerinin kendi sorularına cevapları hemen vermeyeceğini fark ettiğinde, cevapları kendi başlarına ya da bir takım ile keşfetmek üzere çalışmak için daha meyillidirler. Öğrenciler bu şekilde çalıştıkları zaman, gözlemlene, sonuç çıkarma ve deney yapmada kabiliyetlerini geliştirebilmektedirler. Öğrencileri araştırma ile bağlamak onlara, muhakeme ve daha yüksek seviyeli düşünme yeteneklerini kullanarak bilim içeriği ve sürecini anlama olanağı verir. Araştırmak, düşünmek gibi doğal bir süreçtir ama ikisi de zamanla gelişmelidir. Öğretmenin

rolü sadece öğrencisi için değil, kendi için de bu öğrenimi kolaylaştırmaktır (Keller, 2001).

Sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımı uygulayan bir sınıfta (Ash and Kluger-Bell, 2000):

Öğretmen model davranışları ve becerileri:

1. Öğretmenler çocukların yeni araçları ve materyalleri nasıl kullanabildiklerini görürler.
2. Öğrencilere araştırmalarda giderek daha çok sorumluluk alma konusunda rehberlik ederler.
3. Öğrencilere tasarım ve kayıt becerilerini yürütme, dokümantasyon ve sonuç çıkarma konularında yardım ederler.

Öğretmen destekli içerik öğrenimi:

1. İçerik anlayışına doğru hareket ederken öğrencilere geçici açıklamalar konusunda yardım ederler.
2. Uygun içerik öğreniminde bilimsel fikirler ve materyaller ile araçları tanıtır.
3. Bilimsel ve matematiksel dilde oluşu gibi uygun içerik terminolojisini kullanırlar.

Öğretmenler değerlendirmenin çok yönlü anlamlarını kullanırlar:

1. Çocukların ne düşündükleri ve mücadele ettikleri alanlardaki tanımlama ve öğrenmelerine karşı duyarlıdırlar.
2. Çocuklara soru sormalarını, öneriler yapmalarını ve paylaşım ve katılımında olmalarını söylerler.
3. Bütün öğrencilerin etrafında dolaşırlar ve her an öğrencilere yardım ederler.
4. Çocuklara uygun ipuçları vererek ve bilgi istemlerinde bulunarak onların öğrenimin sonraki safhasına geçmelerine yardım ederler.

Kolaylaştırıcılar olarak öğretmenlerin hareketi:

1. Düşünmeyi, gözlemlemeyi ve sorgulamayı teşvik eden açık uçlu sorular kullanırlar.
2. Öğrencilerin becerilerini ve düşünme süreçlerini geliştirmeye yardım etmek için onların fikirlerini, yorumlarını ve sorularını dikkatlice dinlerler.
3. Daha fazla deneyim kazanma ve düşünmeyi teşvik etme ile yeni şeyleri araştırmayı ve denemeyi önerirler.
4. Öğrenci diyaloglarını teşvik ederler ve uyumlu hale getirirler.

### 3.4.6. Sorgulamaya dayalı öğrenmede öğrenciler ne yapıyorlar?

Sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımli uygulamalarda öğrencilerin rolleri aşağıdaki gibi görülmektedir (Ash and Kluger-Bell, 2000):

Öğrenciler kendilerini öğrenme sürecinde aktif katılımcılar olarak görür:

1. Fen dersi uygulamaları yapma beklentisi içerisinde olurlar.
2. Daha fazla öğrenme için daha fazla istek gösterirler.
3. İşbirliği yapmak ve grup arkadaşları ile işbirlikçi şekilde çalışmak için uğraşırlar.
4. Fen uygulamalarında bulunurken kendinden emindirler; fikirleri değiştirmek, riskler almak için isteklilik gösterirler ve sağlıklı şüphecilik sergilerler.
5. Bireylere ve farklılaşan bakış açılarına saygı duyarlar.

Öğrenciler “Keşif Sürecine” isteyerek dâhil olurlar:

1. Merak sergiler ve gözlemleri zihinlerinde tartarlar.
2. Kendi fikirleriyle azimle devam etmek ve denemek için fırsat ve zaman isterler.

Öğrenciler incelemeleri planlar ve yürütürler:

1. Fikirlerini denemek için ne yapılacağıının söylenmesini beklemeden, doğru bir test tasarlarlar.
2. Fikirleri doğrulamak, genişletmek ya da boşa çıkartmak için yöntemler planlarlar.
3. Malzemeleri dikkat, gözlemeleme, ölçme ve veri kaydetme ile işleyerek incelemelerini yürütürler.

Öğrenciler çeşitli yöntemler kullanarak iletişim kurar:

1. Fikirlerini çeşitli yollarla ifade ederler: günlükler, rapor vererek, çizerek, grafikleştirerek, çizelgeleyerek, vb.
2. Ebeveynleri, öğretmenleri ve grup arkadaşı ile fen hakkında konuşur ve yazarlar.
3. Fen süreçlerinin dilini kullanırlar.
4. Günümüze kadar geliştirdikleri kavramları anlama seviyeleriyle iletişim kurarlar.

Öğrenciler açıklamalar ve çözümler önerir ve bir kavramlar yığını inşa ederler:

1. Açıklamaları hem bir geçmiş deneyimler yığınından hem de devam eden incelemelerin bir sonucu olarak elde edilen bilgiden sunarlar.

2. Kendi sorularını tatmin etmek için incelemeler kullanırlar.
3. Bilgiyi ayıklarlar ve neyin önemli olduğuna karar verirler.
4. Bilgi edindikçe açıklamalarını gözden geçirmek ve yeni fikirler düşünmek istemektedirler.

Öğrenciler sorular üretirler:

1. Sözlü ya da hareketler yoluyla sorular sorarlar.
2. Daha ileri sorular ve fikirleri yaratan ya da yeniden tanımlayan sorgulamalara yönlendiren sorular kullanırlar.
3. Fenin önemli bir parçası olarak sormaya değer verir ve soru sormaktan zevk alırlar.

Öğrenciler gözlemler kullanırlar:

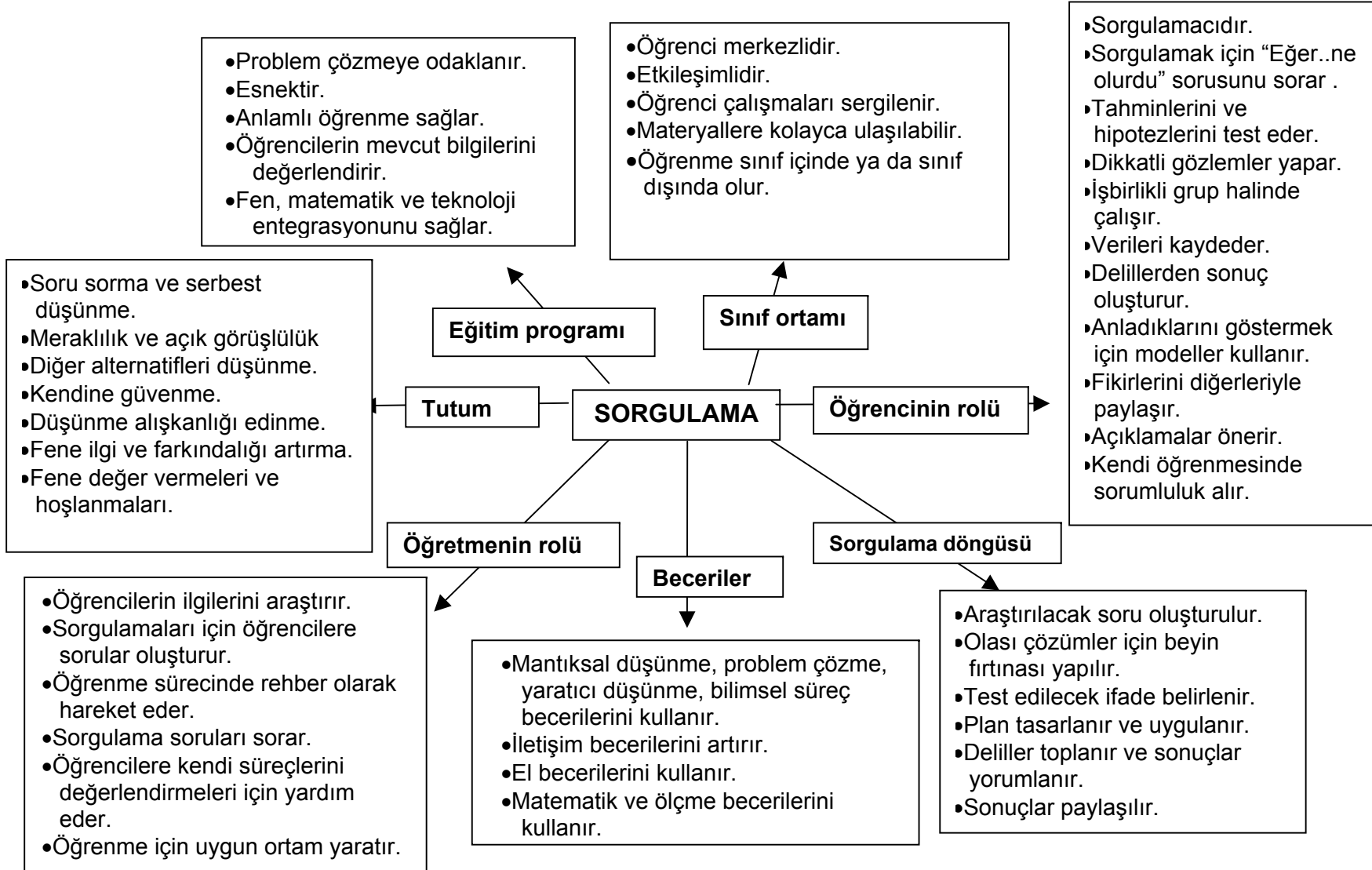
1. Sadece bakmanın aksine dikkatlice gözlemlerler.
2. Detayları görürler, modelleri araştırırlar, sıralamaları ve olayları keşfeder; değişiklikleri, benzerlikleri ve farklılıkları fark ederler.
3. Daha önce sahip olunan fikirlere bağlantılar yaparlar.

Öğrenciler fen uygulamalarını tartışırlar:

1. Kendi çalışmalarını değerlendirmek için kalite göstergeleri yaratır ve kullanırlar.
2. Kendi güçlerini bildirir ve kutlarlar ve neyin üzerine gelişmek istediklerini belirlerler.
3. Yetişkinler ve grup arkadaşları ile bunu yansıtırlar.

Sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımında öğretmen ve öğrencinin rolü, eğitim programı ve sınıf ortamının yapısı, öğrencilere kazandırılması gereken beceriler ve tutum özetlenerek Şekil 3.1'de gösterilmektedir (Llewellyn, 2002).





Şekil 3.1 Sorgulamaya dayalı öğrenmede etkili olan bileşenler

### 3.4.7. Sorgulamaya dayalı öğrenmede teknoloji

Sorgulamaya dayalı öğrenme genel olarak öğrencilerin araştırmacı sorular formüle ettiği, gerçekçi bilgiler elde ettiği ve daha sonrada orijinal soruya cevaplarını yansıtan bilgiyi oluşturdukları süreçtir. Bu durumda gerçek bilgiyi elde etmede öğrenciler Web kaynaklarından da yararlanırlar. Öğrenciler bu süreçte kişisel öğrenciler veya işbirlikli gruplar olarak meşgul olabilir. Bu süreç esnek ve farklı tipteki öğrencilerin etkili kullanması için çeşitli değişimlere izin verir.

1. Adım: Temel soru: Sorgulamaya dayalı eğitimde Web'i kullanma temel bir soru ile başlar. Bu soru öğrencinin kararlar almasını ve izlenecek yolu planlamasını gerektirir.

2. Adım: Alt sorular: Temel sorunun çerçevesi çizildikten sonra öğrenciler alt soruları yazar. Bu soruların cevapları, temel soruya cevabı oluşturmak için kullanılan bilgiyi sağlar. Bu noktada, öğrencilerin sorgulamasına rehber olarak öğrencilerin alt soruları yazmasını vurgulamak önemlidir. Öğretmenler için bu soruları değerlendirmek önemlidir.

3. Adım: Bir sorgulama stratejisi geliştirme: Burada öğrenciler anahtar kelimeler için alt soruları inceleyerek Web bilgisini bulmak amacıyla bir sorgulama stratejisi geliştirir. Anahtar kelimeler bilgi kaynaklarını bulmak için Web arama araçlarında yer alan kelimeleridir. Öğrenciler sorgulama stratejisi geliştirmek için anahtar kelimelerini kullanır.

4. Adım: Bilgi bulma: Burada da öğrenciler, seçtikleri anahtar kelimeleri kullanarak Web kaynaklarından bilgi toplar.

5. Adım: Bilgiyi değerlendirme: Bu adımda öğrencilerin topladığı Web kaynakları değerlendirilir ve daha sonra da temel soruya cevap vermek için gerekli olan bilgi seçilir. Bilgi değerlendirme öğrencilerin öğrenmek zorunda oldukları kritik bir süreçtir.

6. Adım: Bilgi miktarını değerlendirme: Eğer birkaç alt sorunun cevabı yoksa bu öğrencilerin gerekli bilgiyi kaçırdığını gösterir. Daha sonra öğrenciler cevap vermedikleri alt sorular hakkında yeni Web kaynakları bulmak için sorgulama stratejisine ve arama araçlarına geri dönerler.

7. Adım: Cevabınızı sunan bir ürün geliştirme: Bu noktada öğrenciler orijinal temel soruyla ilgili bilgiyi oluşturmak için hammaddeye sahiptir ve ürün çeşitli şekillerde

olabilir. Geleneksel projeler, raporlar, sunumlar ve multimedya sistemi ürünleri cevapları yansıtmak için kullanılabilir.

Sorgulamaya dayalı öğrenmenin gelişimine yardım etmek için interneti kullanmak öğrencilerin World Wide Web'i etkili bir şekilde kullanmaları için gerekli olan süreç yeteneklerini öğretmek için etkili bir yöntemdir. Böyle bir öğrenme modeli bilgi merkezli bir toplumda problemlere çözümler geliştirmede yetenekli olan bağımsız öğrencilerin gelişimini doğrudan destekler (Jakes et al., 2001).

#### **3.4.7.1. Teknoloji sorgulamayı nasıl destekler?**

Neredeyse her disiplinindeki yaygın reform çabaları öğrencilerin aktif bir şekilde sorgulama ile meşgul olmaları fikrinin gelişimine yardımcı oluyor. Teknolojiyi okullara aşılama çabaları, teknolojinin sorgulamayı geliştirmede anahtar olduğu genel inancıyla bu konuları tamamlıyor. Yetenekli bir öğretmen sınıfta sorgulamanın gelişimine yardımcı olabilir, teknolojiyi çok güçlü yollarda kullanabilir. Odak her zaman öğretmenin rolü, öğrencinin çalışması ve tüm sınıf üzerine olmak zorundadır. Fakat anahtar teknoloji değildir (Coulter, 2000). Teknoloji, doğru öğrenme deneyimlerini destekleyen bir araçtır. Öğrencilere bilgi toplama ve kaydetme olanağı sağlar. Teknoloji, bilimsel sürecin merkezi olan merak etme, araştırma yapma ve keşfetme gibi süreçleri destekler. Bu güvenilir öğrenme fırsatlarıyla öğrenciler çevrelerindeki dünya hakkında kendi anlamlarını oluşturur (Heflich et al., 2001).

Johnson (2004)'e göre, teknoloji sorgulamaya dayalı öğrenimi ve öğretimi desteklemek için eğitimde etkin biçimde kullanılabilir. Windschitl (2000) sorgulamaya dayalı öğrenimi, öğrencilerin kabiliyetlerini, sorgulamaya dayalı öğrenimin modellemeye yardımcı olmak için sorgulamanın kullanılmasını ve sorgulamaya dayalı öğrenimi destekleyen üç yazılım sınıfını tanımlamıştır.

#### **3.4.8. Sorgulamaya dayalı fen öğreniminin 5 aşaması**

##### **3.4.8.1. İlgilenme**

Derse çok ya da az yöneten tarzda başlanıp başlanmayacağı öğrencilerin geçmiş bilgilerine ve kavramın karmaşıklığına bağlıdır. Bazen sorular uyandırmak ve ilgi yaratmak için aktif katılım deneyiminin kullanımı tercih edilmektedir. Bu da öğrenciyi, sahip oldukları bazı geçmiş bilgi için kavram geliştirme amacıyla

araştırma yapmaya götürecektir. Bazen, öğrencilerin geçmiş bilgi eksikliğine sahip oldukları hissedildiği için kavramı dikkatlice tanıtmak amacıyla yol gösteren bir tarzda derse başlanır, daha sonra öğrenciler aşına oldukça daha fazla araştırmaya ait olan aktivitelere yönelme gerçekleşir.

Yönetim nasıl olursa olsun belirlenen yöntemin sunuluşu öğrenciyi meşgul etmeli ve merak uyandırmalıdır. Tanıtım sonunda öğrenciler dersin odak noktası hakkında ve ne yapacakları hakkında bir fikir sahibi olmalıdır.

#### **3.4.8.2. Keşfetme**

Öğrencilerin konuyu ve kavramları açıklamaya daldığı dersin önemli kısmıdır. Dersin ilk aktivitesidir. Öğrenciler, aktif katılım aktiviteleriyle fikirlerini araştırmak için birbirleri ile çalışır. Öğretmen yardımcıdır ve öğrenciler birbirlerini etkilerken gözlem yapar ve öğrencileri dinler.

#### **3.4.8.3. Açıklama**

Bu bölüm dersin amacı olarak saptanan yeni bilgi ile spesifik soru sorma zincirinin geliştirildiği bir yerdir. Sorular zinciri, dersin bu bölümünde çok önemlidir. Burada çocuk gelişimi ve öğrenme teorisi öğretmen bilgisi açısından gerçekten önemlidir.

#### **3.4.8.4. Uygulama**

Zamana ve ders gelişiminin devam ettiği tarza bağlı olarak dersti sonlandırmaya ihtiyaç duyulacaktır. Eğer planlanan ders gelişimi tamamlanmışsa, o zaman son, gerçekten ne yapıldığının ve ne öğrenildiğinin ayrıntısıdır. Eğer öğrenciler ne öğrenildiğinin ifade ederlerse bu daha yararlı olur. Öğrencilerin yeni bilginin dışında iri parçalar oluşturmaları ve bu parçaların ne öğrendikleri ile ilişkisini kurmalarında yardımcı olunmalıdır ve böylece yeni bilgi başarılı bir şekilde depolanabilir ve sonraki zamanda ona erişilebilir. Çünkü öğrenme prensiplerine göre eğer yeni bilgi bilinenle birleştirilebilir ve ilgili parçalara bölünebilirse bu yeni bilginin akılda tutulmasına yardımcı olur.

### **3.4.8.5. Değerlendirme**

Değerlendirme ders bitene kadar beklememelidir. Her zaman değerlendirme yapılmalıdır. Eğer ders ifade edilen amacı dikkatlice yansıtmak için planlanırsa o zaman değerlendirme doğal olacaktır. Çocukların öğrenmesinin değerlendirilmesi, dersin sunumu ve planlamasını değerlendirmeye götürür (Crowther, 1999).

### **3.4.9. Sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımında karşılaşılan zorluklar**

Sınıflarda birçok öğretmen fen biliminin süreçlerini nasıl öğretecekleri ile mücadele eder (Keller, 2001). Öğrencilere ne kadar özgürlük vermeliyiz? Hangi yapı iskelesine gerek var? Kaç konu kapsanmalı? Ya gerek duyulan içerik? Bunların tümü fen öğretmenlerinin geçerli endişeleridir. Amerika Birleşik Devleti Ulusal Fen Eğitimi Standartları sorgulamanın nasıl öğretileceği ile ilgili yönergeler düzenlemiştir ama sorgulama yaklaşımlarını öğretmek için tek bir doğru yol olmadığını da öne sürmektedir. Sorgulamalı öğretim ile ilgili problemler çoktur. Öğretmenler sınıfta doğru sorgulama gerçekleştirmede özgüven ve eğitimden yoksundur. Bir öğretmenin bilimsel bilgi içeriği zayıf olduğunda, bir sorgulama temelli öğrenme yaklaşımına dayalı bir sınıf yürütmek zordur. Fen sınıflarında sorgulamaya dayalı öğrenimin gerçekleşmesinde bir başka faktör eğitim sisteminin yapısıdır. Öğrencilerin sınıfta kendi öğrenimleri için sorumluluğun paylaşılmasına izin vermek birçok öğretmen için bir engel olabilir. İçerik güdümlü müfredattan uzaklaşmak ve standartlaştırılmış testler için olguları öğretmek çok zordur. Welch et al., (1981)'in sorgulamaya dayalı öğrenim üzerindeki bulguları:

1. Sorgulamanın yaygın ve benimsenmiş desteği pratikte gerçekten daha çok denenmiştir. Sorgulama için öğretmen desteğinin önündeki en büyük engel dizisi algılama zorluğu görünmektedir.
2. Sınıfta sorgulamanın anlamı üzerinde haklı bir karışıklık vardır. Alan bilgisi üzerinde endişe vardır. Çocukları uygun bir şekilde eğitimin bir sonraki seviyesine hazırlamak üzerinde bir kaygı vardır. Bir öğretmenin gerçekleri öğretmedeki ve üniversite profesörlerinin rol modellerini takip etmedeki samimiyetleri konusunda sorunlar vardır DeBoer (1991, syf 209).

Heyer (2001)'e göre, sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımını eğitim müfredatına dahil etmenin olumlu etkilerini destekleyen çok fazla araştırmaya rağmen, birçok öğretmen sadece daha öğretmen odaklı metotlara geri dönmek için, sorgulama

stratejilerinden ya sakınmış ya da birleştirmeyi denemiştir (Roehrig and Luft, 2004; Volkmann, et al., 2005; Welch, et al., 1981). Birkaç zorluk bu faydalı eğitimsel stratejinin yaygın kullanımını engellemektedir. Öğretmenler sorgulamanın kullanımını terk etmek için birçok neden bildirmişlerdir. Bu nedenler arasında; sorgulamaya dayalı bir öğrenim gerçekleştirmek için yetersiz öğretmen eğitimi ve profesyonel gelişim (Jorgenson and Vanosdall, 2002; Amerikan Ulusal Araştırma Konseyi, 2000; Rakow, 1986; Volkmann, et al., 2005; Welch, et al., 1981), sorgulama için aileler veya yöneticiler tarafından destek eksikliği (Falk and Drayton, 2000; Krajcik, et al., 2000; Ulusal Araştırma Konseyi, 2000; Neill, 2003; Rakow, 1986; Roehrig and Luft, 2004; Welch, et al., 1981), sorgulamaya dayalı bir eğitimin zaman tüketen doğası (Alouf and Bentley, 2003; Falk and Drayton, 2000; Jorgenson and Vanosdall, 2002; Krajcik, et al., 2000; Roehrig and Luft, 2004; Schneider, et al., 2002; Volkmann, et al., 2005) ve sorgulama deneyleri yürütürken özellikle branş problemi olabilecek öğrencili sınıflarda, sınıfları yönetmenin zorluğu (Alouf and Bentley (2003); Rakow (1986); Roehrig and Luft (2004); Welch, et al. (1981). Ek olarak, gerekli içerik materyalini kapsama ihtiyacı ve eğer öğrenciler yeterli gelişimi yapamazsa yaptırımların tehdidinden baskı altında hisseden öğretmenler, daha ileriki okul yaşantısı için öğrencilerin bilmeleri gereken üzerinde odaklanan direkt eğitim lehine sorgulama metotlarını reddedebilir (Alouf and Bentley, (2003); Amrein and Berliner, 2003; Colburn, 1997; Colburn, 2000; DeBoer, 1991; Faik and Drayton, 2000; Jorgenson and Vanosdall, 2002; Krajcik, et al., 2000; Ulusal Araştırma Konseyi, 2000; Neill, 2003; Rakow, 1986; Schneider, et al., 2002; Welch, et al., 1981). Bu “temele dönüş” yaklaşımı, “öğrencilerin kendi öğrenimlerini yönlendirecekleri fırsatları” reddeden öğretmen odaklı öğrenim deneyimlerini uygular (Amrein and Berliner, 2003, sayfa. 32).

Sorgulama projeleri planlamak ve uygulamak için gerekli zaman miktarı, standartlaştırılmış test ortamındaki bir başka engelleyicidir. Test yapmak ya da test hazırlamak için gerek duyulan zamanı sorgulama aldığından, öğretmenler sorgulamaya dayalı eğitimi tamamlamak için zaman gereksinimlerini engelleyici bulmaktadır (Alouf and Bentley, 2003; Faik and Drayton, 2000; Jorgenson and Vanosdall, 2002; Krajcik, et al., 2002; Roehrig and Luft, 2004; Schneider, et al., 2002; Volkmann, et al., 2005).

Bazı eğitimcilerin kısıtlamasız sorgulamaya dayalı öğrenmenin öğrenciler için çok zor olduğunu belirtmesi de oldukça şaşırtıcı olmuştur (Alouf and Bentley, 2003;

Colburn, 1997; DeBoer, 1991; Rakow, 1986; Roehrig and Luft, 2004; Volkman, et al, 2005; Welch, et al, 1981). Öğrenciler deneysel süreç ile deneylerin ilişkili olduğu önemli fen kavramları arasında bağlantı kuramadığı zaman sorgulamalı öğretim karışıklığa götürebilir. (Alouf and Bentley, 2003; Volkman, et al., 2005).

Sorgulamaya dayalı öğrenme, bilimsel okuryazarlığın temelini sağladığı için fen eğitim programlarında vazgeçilmez olarak görülmelidir. Bybee (1997)'e göre; bilimsel okuryazarlığa ulaşmak için öğrencilerin düşünmeyi öğrenmeleri ve sorgulama sürecini (soru sorma, araştırma planlama ve uygulama, sonuçlar hakkında mantıksal ve eleştirel düşünme, alternatif açıklamalar oluşturma ve bilimsel delilleri paylaşma) kullanmaları gereklidir (Laipply, 2004).

Sorgulamaya dayalı eğitimin öğrencilerin gelişimine katkısı olduğu görülmesine rağmen, öğretmenler tarafından halen sıklıkla açıklamalı öğretim yöntemlerinin kullanılmasının bazı sebepleri vardır. Bunlardan bazıları aşağıda açıklanmaktadır (Haskell, 2002):

1. Açıklamalı öğretim yapan öğretmenler sadece kitaba bağlı kaldıkları ve hazır materyalleri kullandıkları için fazla zaman ve enerji harcamamaktadır. Oysaki sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımının kullanılması ve sorgulama materyallerinin hazırlanması daha zaman alıcıdır ve sorgulamaya dayalı öğrenim öğretmenin daha fazla enerji kullanmasını gerektirir.
2. Sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımı kullanılarak yapılan derslerin çok yavaş ilerlediği (Alouf and Bentley, 2003; Haskell, 2002) ve eğitim programının yoğunluğundan dolayı konuların yetiştirilemeyeceği düşünülmektedir.
3. Sorgulamaya dayalı öğrenme için hazırlanan kitapların okunmasının zor olduğu düşünülebilir.
4. Sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımının uygulanmasını öğretmenler bir risk olarak görebilir.
5. Sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımı öğretmenler tarafından pahalı bir yol olarak görülebilir.
6. Öğretmenler sorgulama becerilerinin öğrencilere kazandırılmasının zor olduğunu, öğrencilerin sorgulama yapacak kadar olgun olmadıklarını ve sorgulama sürecinde boşa zaman harcayacaklarını düşünebilir.

7. Öğretmenler sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımının tüm sınıflarda uygulanamayacağını savunabilir. Ayrıca sorgulamanın yüksek seviyeli öğrenciler için uygun olduğunu (Staver and Walberg, 1986) ve öğrenme zorluğu çeken öğrencilerde kullanılamayacağını düşünmektedirler (Colburn, 2000, Marlow ve Ellen, 1999, Collette and Chiappetta, 1989).
8. Öğretmenler geleneksel sınıflara göre sorgulamaya dayalı sınıfların düzensiz ve yapılandırılmamış olduğu düşünebilir (Collette and Chiappetta, 1989).
9. Öğretmenlerin ders anlatma alışkanlıklarını değiştirmeleri kolay değildir. Ayrıca sınıftaki otoriter rolünün değişmesi öğretmenlerin kendilerini huzursuz hissetmelerine neden olabilir (Hayes, 2002).
10. Sorgulamaya dayalı sınıflarda öğretmenin çok soru sorması ve öğrencilerinin sordukları tüm soruları doğru olarak cevaplamaları gerektiği hakkında yanlış düşünceleri olabilir.
11. Öğretmenler sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımının uygulandığı derslerde öğrencilerin değerlendirilmesinin zor olduğunu düşünebilir.

#### **3.4.10. Başarıda sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımının etkileri**

Sorgulamaya dayalı öğrenim sürecinde öğrenciler;

- Problem çözme, eleştirel düşünme, analiz, sentez ve değerlendirme gibi bilişsel yeteneklerini geliştirirler.
- Entelektüel becerileri ve fenin doğasına bakışları gelişir.
- Yanlış kavramlarını doğrulayabilirler.
- İşbirliği, risk alma, eleştirel değerlendirme, dürüstlük ve azim gibi özellikler geliştirirler.
- Laboratuvarında çalışmalar yapmaktan hoşlanırlar.
- Bilimsel kavramları öğrenirler.
- Tartışmalarda birbirlerinin görüşlerine saygı göstermeyi öğrenirler.
- Bilime ve bilim insanlarına karşı pozitif tutum kazanırlar (Abdallah, 2003)

Alvarado and Herr (2003), öğrencilerin sorgulamalı aktivitelerle aktif olarak güdülendiklerinde olumlu kazanımlar elde ettiklerini belirtmişlerdir. Bunlardan ilki, öğrencilerin motivasyonları artar. İkincisi, anlamalarını derinleştirirler. Ayrıca bilgileri arasında daha derin bağlantılar kurabilirler. Üçüncüsü öğrenciler kendi



oluşturdukları soruların alternatif açıklamalarını araştırarak temel kavramları ve sorgulama sürecini en iyi şekilde öğrenirler.

Sorgulamaya dayanan eğitimin etkinliği ile ilgili olarak gerçekleştirilen bir çalışmada geleneksel programlara karşı sorgulama programlarına kayıtlı öğrencilerin fen başarı skorları incelenmiştir. İnceleme sonucunda lise seviyesi öğrenim engelli öğrencilerin aldığı bir fen sınıfında, işbirlikli-rehberli sorgulama programının kullanımı, öğrencilere çeşitli problemleri çözebilmeleri için kullanabilecekleri çeşitli eğitimsel stratejilerin öğretilmesi ile her bir yetenek seviyesindeki öğrencilerin daha yüksek başarı elde ettikleri gözlenmiştir (Jakupcak et al., 1996). Bir başka inceleme, lise fen başarılarında demografikler ile açıklanabilecek önemli derecede farklılıklar olduğunu belirtmiştir (cinsiyet, azınlık durumu, sosyoekonomik durum, vb.). Buna rağmen, bu faktörler için kontrol yaparken, sorgulamalı eğitimi ile ilişkilendirilmiş beş stratejinin tümünün (sosyal içerik, öğrenci ilgisi üzerinde önem, laboratuvar deneyleri üzerinde önem, problem çözme becerisi ve ileri araştırmalar) öğretmenlerce artan kullanımı, daha yüksek öğrenci başarıları ile ilişkilendirilmiştir (Von Secker, 2002).

Genel olarak, birçok sorgulamalı eğitim üzerine yapılan incelemelerinin sonuçları, sorgulamayı çeşitli öğrenim düzenlemelerine dâhil etmenin olumlu etkinliğini belirtir, öğrenci başarısı birçok seviyede (ilkokuldan ortaokul sonuna) ve birçok nüfusta (öğrenim engelliler ve sınırlı İngilizce ehliyetliden yetenekli ve yüksek başarılılara kadar) baştan sona ilerler. Fen sınıflarında sorgulamaya dayanan eğitimi gerçekleştirmek isteyen öğretmenler sadece fen içeriği ve süreç yeteneklerinde değil (Mattheis and Nakayama, 1998) yazma, okuma ve matematik (Amaral, et al., 2002; Jorgenson and Vanosdall, 2002), teknoloji (Jorgenson and Vanosdall, 2002; Krajcik, et al., 2000; Schneider, et al, 2002) ve yüksek seviye düşünme kabiliyetleri (Booth, 2001; Chang and Mao, 1998; DiPasquale, et al., 2003; Jorgenson and Vanosdall 2002; Schneider, et al. 2002) gibi diğer alanlarda da olumlu sonuçlar bulacaklardır.

Lim (2001), sorgulamaya dayalı öğrenmenin yüksek seviyeli düşünme yetenekleri ve kendi kendine yönlendirerek öğrenme kabiliyetlerini geliştirmek için etkinliğini belirten araştırmalardan bahsetmektedir (Blumberg, 2000; Csikszentmihalyi and Getzels, 1971; Newell, 1980):

- Sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımı; araştırma, kategorize etme, analiz, sentez ve bilginin değerlendirilmesini uygulayarak, bir bilgi toplumunda

gerekli eleştirel düşünme yeteneklerini ve önemli bilgi işleme yeteneklerini besler (Blumberg, 2000).

- Kendi kendine yönlendirerek öğrenimi cesaretlendirir. Sorgulamaya dayalı öğrenme öğrencilere “kendi ortamlarına eleştirel bakmak için yeteneğe sahip oldukları ve geniş ölçüde kendi kaderlerini kontrol edebildikleri ve kendilerini etkileyen kararlara tesir ettikleri” bir ortam sağlar (Massialas, Sprague and Hurst, 1975, sayfa. 25).
- Sorgulamaya dayalı öğrenmede problem bulmak yaratıcı üretkenlik ile direkt ilişkilidir (Csikszentmihalyi and Getzel, 1971).
- Yapısal olmayan problemler kullanarak, sorgulama miktarı artırılır (Newell, 1980).
- Sorgulamaya dayalı öğrenmede öğrencileri branşın epistemolojisini anlamak için cesaretlendirir (Wilkerson and Maxwell, 1988).

Johnson (2004) bilim adamlarının öğrenci imajlarını incelemiştir. Yapılan incelemeler, laboratuvar deneylerinde öğrencilerin kendi rolleri ile ilgili anlayışlarını tanımlayabildiklerini keşfetmiştir (Fraser et al., 1995; LeMaster, 2001). Sorgulamaya yönelik öğrenci tutumları incelenmiş, Waldrip and Fisher (2001) öğrencinin tutumları üzerinde, öğrenci etkileşimi ve öğretmenin öğrenci sonuç ifadelerini kullanımı arasında önemli bağlar olduğunu keşfetmiştir. Morrell and Lederman (1998) öğrencilerin okula ve sınıf bilimine yönelik tutumları arasında önemli bir ilişkinin var olduğunu keşfetmiştir. Öğretmenler öğrencilerin fen hakkındaki düşünceleri yanında sorgulamalı fen öğrenimlerini etkileyen değişkenleri analiz etmişlerdir. Flick (1990) sorgulamalı öğretime yönelik tutumlarda önemli artışlar keşfetmiştir. Fen öğretmek için öğretim pratiği ve bir sorgulama yaklaşımının gerçekleştirilmesi, literatür boyunca ilgili bir konu araştırmasına doğru devam eder. Keys and Bryan (2001) sınıf öğretmenlerinin sorgulamayı nasıl kendilerinin yaptığını anlamak için sorgulamanın gerçekleştirilmesi üzerinde odaklanmak için mevcut araştırma çabalarına meydan okurlar.

Haberman (1998) beklentilerin temel yeteneklerin ötesine, eleştirel düşünme, problem çözme ve yaratıcılığa yükseldiğini ileri sürmüştür. Eğer öğrenciler: a) daha çok önem verdikleri ve ilgilendikleri konulara dâhil olurlarsa, b) farklı insan açıklamalarıyla ilgili olurlarsa, c) ana kavramları görmeleri için yardım edilir ve planlamaya dâhil olurlarsa, d) kendi dünyalarına doğruluk, tarafsızlık ya da adalet

gibi idealleri uygulamada yer alırlarsa, e) aktif ve direkt olarak gerçek yaşam deneyimlerine dâhil olur ve heterojen gruplara katılırlarsa, f) sorgulanan fikirler hakkında düşünür ve önceki bilgilerine ilişkilendirirlerse, g) kendi işlerini yeniden yapma, daha iyi yapmaya dâhil olurlarsa ve h) bilgi erişiminin teknolojiyle ilgili olurlarsa o zaman iyi öğretim devam ediyor demektir (Haberman, 1998; Jarret, 1997).

Johnson (2004)'e göre, öğrenciler ve öğrenme kabiliyetleri (Haberman, 1998) hakkındaki inanışları birleştirmek ve değiştirmek ve öğrencileri sorun temelli, işbirlikli öğrenme aktivitelerine dâhil etmek, öğrencilerin konunun ilişkisini fark etmelerine yardımcı olur (Arroyo et al., 1999; Bowers, 2000). Teknoloji yeteneklerinin etkili sorgulanması ve geliştirilmesi (Bowers, 2000), öğrencilere özgüven oluşturma (Arroyo et al., 1999; Bowers, 2000), öğrenci odaklı bir yaklaşımdan faydalanma (Bowers, 2000) ve öğrenci tercihine imkân verme konularında yardım ederken ayrıca kent sınıflarında öğrenimi kolaylaştırır. Bu stratejiler tüm öğrenciler için sorgulamaya dayanan eğitimin kalbidir. Özel öğrenci nüfuslarını ve bilim sorgulama sınıflarını belirleyen artan sayıda araştırma çalışmaları vardır. Rosebery et al., 1992 sorgulama yaklaşımı kullanarak ikinci dil öğrencilerinin başarıyla fen kavramları ile meşgul olup öğrenebileceklerini öne sürmüştür. Öğrenim engelli öğrenciler sorgulamalı fen öğrenimine katıldıkları zaman değerlendirmelerde daha iyi performans göstermişlerdir (Dalton et al., 1997; Mastropieri et al., 2001; Scruggs et al., 1993).

#### **3.4.11. Sorgulamaya dayalı öğrenme sürecinde değerlendirme**

Değerlendirme, öğretme ve öğrenmenin etkililiğini belirlemek amacı ile yapılan, eğitimle ilgili verilerin toplanmasını ve yorumlanmasını içeren çok adımlı sistematik bir süreçtir (MEB TTKB, 2005). Değerlendirme bilgisi, öğrencinin anlama, aktiviteleri düzenleme ve kişisel yansıma gelişimini kontrol etmek için güçlü bir araç olduğundan, bilimin etkili öğretmeni aynı zamanda iyi birer öğrenme deneyimleri olan değerlendirme görevlerini dikkatlice seçer ve kullanırlar. Değerlendirme görevleri önemli içerik ve performans hedefleri üzerinde odaklanır ve öğrencilere bilimi yürütme kavrayış ve kabiliyetlerini göstermek için bir fırsat sağlar (Amerika Birleşik Devleti Ulusal Fen Eğitimi Standartları).

Değerlendirme —öğrenimin kalitesini değerlendirme süreci— sınıf öğretmenliğinin gerekli bir parçasıdır. Öğrenciler öğrendikçe farklı yollar tutarken, araştırma sınıfında değerlendirme zor bir görev olabilir. Ama bu denemenin gösterdiği gibi, araştırmacılığın karakteristikleri öğretmenlere öğrencilerinin ne öğrendiğine, ne zaman yardıma ihtiyaç duyduklarını fark etmeye ve alınacak sonraki uygun adımlara karar verme fırsatı verir. Bir değerlendirme kendinden doğan hareketlilik kadar iyidir” (James, 1998).

Mindes et.al, (1996) değerlendirmenin pek çok tanımı olduğunu belirterek, bu tanımlamaların ortak elemanlarını aşağıdaki gibi sıralamışlardır:

1. Bir süreçtir,
2. Karar verme aracıdır,
3. Bireye veya gruba uygulanabilir,
4. Ürünler meydana getirir.

#### **3.4.11.1. Değerlendirmenin kullanılması**

Değerlendirme çeşitli amaçlar için kullanılabilir. Her biri kendi fırsatlarını ve zorluklarını sunar. Yaygın olanlardan altı tanesi şunlardır:

- Teşhis değerlendirmesi, (test öncesi) öğrencilerin herhangi bir eğitimsel göreve ne zaman başladıklarına karar vermeye yardım etmek içindir.
- Biçimlendirici değerlendirme, günden güne sınıf aktivitelerini yönlendirmeye yardım etmek içindir.
- Öğrenci çıktısı veya toparlayıcı değerlendirme, öğrencilerin ne öğrendiği ve bireysel programlarında ne öğrendiklerini bulmak içindir.
- Karşılaştırmalı değerlendirme, bir bireyin ya da bir grubun çıktılarının diğer bazı grupların çıktıları ile nasıl karşılaştırılacağına karar vermek içindir.
- Öğrenci çalışmasını kullanarak profesyonel gelişimi desteklemek ve öğretmenlerin performansını geliştirmek için değerlendirme.
- Bir programın, müfredat yeniliğinin, pedagojik stratejinin, profesyonel gelişimin ya da kural girişiminin etkisine karar vermede yardım etmek için öğrenci değerlendirmesi (Hein and Lee, 2000).

Değerlendirme genellikle üç kategoride ele alınır. İlki; tanılayıcı (diagnostic) değerlendirmedir. Eğitimin başında, öğrencilerin geçmiş deneyim, tutum, beceri ve bilgilerini belirlemek için yapılan değerlendirmedir. Bu değerlendirme biçimi

öğretmenin konuya başlamadan önce her bir öğrencinin ne kadar bilgiye sahip olduğunu ve neleri bilmeye ihtiyaçları olduğunu belirlemede yardımcı olur. İkincisi; ders süresince öğrencilerin izlenmesi, sorular sorulması öğrenme sürecindeki kazanımlarının görülmesi için biçimlendirici (formative) değerlendirmedir (NREL, 1997). Öğretmen tarafından düzenli olarak öğrencilerin bilgi, beceri ve tutumları izlenir. Bu değerlendirmenin amacı öğrencilere not vermekten çok onlara yardım etmektir. Genellikle öğrenciye fark ettirilmeden informal olarak yapılır (Harlen, 1998). Böylece öğrencilerin gelişimi hakkında öğretmen daha fazla bilgiye sahip olur. Bu değerlendirme biçimi genellikle öğrenci sunumları, projeler ve mülakatları içerir. Öğretmen bu şekilde elde ettiği bilgileri öğretim tekniklerini değerlendirmede (örneğin; eğitimin hızı, alternatif deneyimler planlama gibi) kullanabilir (NREL, 1997). Biçimlendirici değerlendirme öğrenme ve öğretme sürecine yardım eder. Tanılayıcı değerlendirme biçimlendirici değerlendirmeden ayrı ele alınabilir ancak biçimlendirici değerlendirmeden çok az farklılık gösterdiği için birlikte de ele alınabilir (Harlen, 1998). Ders sonunda kazanılan davranış ve becerilerin değerlendirilmesi ise düzey belirleyici (summative) değerlendirmedir. Öğrencilerin öğrendiklerini ortaya koymada ve geldikleri seviyeyi belirlemede kullanılır (NREL,1997). Ünite, dönem ve yıl sonu yapılan sınavlar formal olarak ilan edilir (Harlen, 1998).

Fen eğitimcileri son zamanlarda öğrencilerin değerlendirmesinde alternatif değerlendirme yaklaşımları kullanmaktadır. Bu yaklaşımlar; öğrencinin bilgi ve anlayışını ortaya koyan kâğıt kalem testleri (çoktan seçmeli, boşluk doldurma, kısa cevaplı sorular) ile birlikte, süreç içerisindeki etkin katılımlarını ve performanslarını ortaya koydukları araştırma ürünlerini değerlendirir. Kâğıt kalem testleri daha ucuz, daha az zaman alıcı ve performans değerlendirmeye göre daha güvenilir gibi gözükmektedir. Fakat bu tip testler üst düzey düşünme becerilerini ortaya çıkarmak için yeterli değildir ve öğrencilerin gerçek öğrenme yaşantılarını ortaya koymaz.

Alternatif değerlendirme yaklaşımları doğru şekilde uygulanırsa oldukça güvenilirdir. Bunun için öğrencilere performansların nasıl değerlendirildiğinin sunulması gerekir. Dereceli puanlama anahtarları (rubrik) kullanılarak bu yapılabilir. Eğer bu anahtarlar amaca uygun olarak hazırlanırsa öğrenciler değerlendirmede neye dikkat edildiğini görür ve değerlendirmeye karşı güvenleri artar (Feden and Vogel, 2003).

Sorgulamaya dayalı sınıflarda öğrencilerin performanslarını değerlendirme, gerçek problemler çözmelerini, cevapları kendilerinin oluşturmasını ve aktif olarak ödevler hazırlamalarını içerir (Haskell, 2002). Howe and Jones (1998) performans değerlendirmenin, öğrencilerin bildiklerinden ziyade yaptıklarını değerlendirmek olduğunu belirtmişler ve öğrenme sürecinin doğal kısmı ile bu değerlendirmenin oldukça uygun olduğunu ifade etmişlerdir. Performans değerlendirmesi ile öğrenciler problemin çözümüne nasıl ulaştıklarını anlatır, cevaplarını açıklar ve bilgilerini sentez etme becerilerini gösterir. Bu değerlendirme biçimi öğretmenlere öğrencilerinin nasıl düşündüklerini görmede yardımcı olur (Parke ve Lane, 1996). Alternatif değerlendirme yaklaşımı çeşitli ölçme değerlendirme araç ve tekniklerini kapsar. Bireysel gelişim dosyaları (portfolyo), günlükler, aktivite raporları, öğrenci çizimleri, dereceli puanlama anahtarları (rubric), informal görüşmeler, performans değerlendirme, bulmacalar, bilgi- istek- öğrenme kartları, bilimsel hikâyeler, alan gezileri (doğa gezileri, müze gezileri gibi), projeler ve kavram haritaları bunlardan bazılarıdır. Bu yaklaşımlar sadece düzey belirlemede değil sürecin işleyişi hakkında daha derinlemesine bilgi edinmede de kullanılır. Öğrenme sürecinde öğrencilerin gelişimlerini takip etmek için öğretmen ve ailelere fırsat tanır.

#### **3.4.11.2. Değerlendirme zorlukları**

Sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımını bir fen eğitimini değerlendirme süreci esnasında bir miktar kaynağa ihtiyaç duyulduğundan ve bu taleplerle başa çıkabilmek için mevcut kaynaklar sınırlı olduğundan, sorgulamalı fen eğitiminin değerlendirilmesi için tatmin edici sistemler yaratmada ve özellikle mevcut uygulamaları değiştirmede birçok zorluklar vardır. Ancak belirtilen zorluklara rağmen aşağıda tarif edilen mantıklı bir zemin bulunabilir:

1. Geniş ölçekli değerlendirmeler önemli seviyede standart teknikler gerektirirken, bireysel öğrenci sorgulamaları biraz daha fazla yenilik içermelidir. Tüm öğrenciler için uygun olan değerlendirmeler yapmak ve her birinin ne bildiğini tam olarak görebilmek için pratik problemler, verilen yeterli kaynaklar ile çözülebilir. Örneğin, bir yüzücünün hayat kurtarma ve benzeri durumlarda sergilediği becerileri performans değerlendirmesi olarak kullanılabilir.

2. Sorgulamalı fen eğitimi değerlendirmesi, öğretmenlerin öğrencilerinin gözlemlene, ölçme ve deneyler tasarlama becerileri gibi fiziksel yeteneklerini dikkate almalarını gerektirir. Yine de çoğu fen standartları bir öğrencinin sorgulama yapma gerekliliği ile ilgili becerilerine dikkati çeker. Ancak bu yeteneklerin yaşla nasıl geliştiği hakkında çok az deneysel kanıt vardır. Dikkatli gözlem fen biliminde önemli bir yetenektir. Ama örneğin, birinci sınıf seviyesi bir öğrencinin bir hayvan hareketini gözlemlemesi ile altıncı sınıf seviyesi bir öğrencinin gözlemlemesinin farklı olacağını nasıl beklemeliyiz? Altı yaşındaki bir çocuk için geçerli bir ölçü nedir ve dokuz yaşındaki bir çocuktan beklenebilecek olandan nasıl ayırt edilebilir? Fen bilimi yeteneklerinin geçerli, yaşça uygun değerlendirmelerinin yapılabilmesinden önce, farklı yaşlardaki çocukların fiziki ve zihinsel kabiliyetlerinin belirlenmesi gerekir.
3. “Test etmek için öğretim” terimi çoğu eğitimci arasında olumsuz bir çağrışıma sahiptir. Ama değerlendirme görevleri belirli bir alanda eğitim gören öğrencilerin ne yapabildiğini yakından yansıttığı için, eğitim ve müfredat arasında yakın bir bağ vardır ve öğretim test etmek için uygundur. Öğrencileri ile değerlendirme kriterlerini paylaşan ya da öğrencilerini değerlendirme kriterleri geliştirmeye dâhil eden öğretmenler sadece öğrencilerden artan ilgiyi değil, ayrıca çalışmalarındaki gelişimi de sıkça bildirirler (Hein ve Lee, 2000).

### **3.4.12. Sorgulamaya dayalı öğrenme ürünleri**

Sorgulamaya dayalı öğrenme süreci sonunda öğrenciler istenilen bilgi, beceri ve tutumları edinirler. Bunlar arasında, mantıksal düşünme becerileri, bilimsel süreç becerileri, problem çözme, eleştirel ve yaratıcı düşünme becerileri, grupla çalışma becerileri, derse ve laboratuvara yönelik tutumları, kaygıları, konu ile ilgili akademik bilgilerindeki artış ve öğrenci performansları sayılabilir.

#### **3.4.12.1. Mantıksal düşünme becerisi**

Mantıksal düşünme becerisi, bireyin çeşitli zihinsel işlemler yaparak bir sorunu çözmesi veya bir takım soyutlama ve genellemeler yaparak ilke ve yasalara ulaşmasıdır. Diğer tüm beceriler gibi bu da öğretilmelidir (Yaman, 2005).

Mantıksal düşünmenin rolünün çok önemli olduğu günlük hayattaki tecrübelerden ortaya çıkmaktadır. Yani bu beceri türü sebep ve sonuçlarla bir arada düşünme anlamına da gelmektedir. Bu düşünme modeli ardışık düşünme modelidir. Sadece günlük hayatta değil, aynı zamanda eğitim ortamında öğrencilerin yeni bilgi ve becerileri öğrenmelerinde başvurulan vazgeçilmez bir yoldur. Çok az öğrenme durumu mantıksal düşünmeden bağımsız olur. Bu yüzden ebeveynler çocuklarına olabildiğince erken yaşta mantıksal düşünme ile ilgili becerileri öğretmelidirler. Mantıksal düşünme bir sonuca varmak için kararlı biçimde düşünmeyi gerektirir. Mantıksal düşünmeyle ilgili problem veya durumlar sebep-sonuç ilişkileri dahilinde mantıklı kararlar vererek bir sonuca varmayı teşvik eder. Bu düşünme modelinin tüm temeli ardışık düşünmeyi gerektirir. Bu işlev problemle ilgili fikirleri, gerçekleri ve sonuçları almak ve onları zincirleme biçimde düzene koymak demektir. Mantıksal düşünme üzerine özel eğitim verilmesi kişileri daha zekileştirdiği ispatlanmıştır. Mantıksal düşünme bir çocuğun “ben bilmiyorum, bu çok zor” gibi ani cevaplar vermesini engeller. Bu düşünme becerisi metodu daha iyi anlayıp, daha derin düşünerek sonuca kendi kendine varmasını sağlar. Mantıksal düşünme üst düzey zihinsel etkinliklerin kazanılmasında işe koşulan bir yoldur. Bu bakımdan söz konusu beceri hedefin bilişsel alan basamaklarından bilgi ve kavrama düzeyine dayalı bir uygulama düzey etkinliğidir. Bugünün toplumu değerlere körü körüne uyan kişileri değil, yaratıcı, kritik ve analitik düşünebilen, karşılaştığı değişik problemleri çözebilen kişiler istemektedir. Bu niteliklerle donatılmış bir bireyin yetişmesi bu türden öğretim tekniklerinin uygulanmasıyla mümkündür. Bu gerekçeyle mantıksal düşünme becerisiyle öğretim, ilköğretim yıllarında başlatılmalıdır (Sert Çıbık, 2006).

Bir kişi karşılaştığı zorlukla ilgili olarak, kendi gayretleri ile çözüme ulaşabiliyorsa, bu kişinin yeterli bilgiye, zihinsel yeterliliğe, mantıksal düşünme becerilerine sahip olduğunu düşünebiliriz. Bu da bize mantıksal düşünebilen yani problem çözebilen kişilerde bulunması gereken birtakım özellikler olduğunu göstermektedir. Temizyürek'e (2003) göre bu özellikler şöyle sıralanmaktadır:

1. Yaratıcılık: Problemi ayırt edip tanımlama yeteneğine sahip olma, problemin nicel ve nitel değerlendirilmesinin doğru yapma özellikleridir. Eğer kişi aşağıdaki aşamaları gerçekleştirebiliyorsa yaratıcılık özelliğine sahip olduğu düşünülmektedir.

- Problemi tanımlama



- Yeni çözüm yolları üretme
- Çözümü sınaama
- Doğru sonuç çıkarma

2. Kurgulama Yeteneği (Hayal Gücü): Var olan durumu farklı koşullarda varsayarak, kurgulama yeteneğini kullanabilmedir. Kişi kendini başka yerlerde ve rollerde görebiliyorsa ve problemlili durumu yaşayabiliyorsa hayal gücü geniş diyebiliriz.

3. Gözlemlleme Yeteneği: Kişi duyarlı gözlemler yapabiliyor, gözlemleri sonucunda elde ettiği verileri sıralayarak çözüme yönelik doğru kestirimlerde bulunabiliyorsa gözlem yeteneğine sahiptir.

4. Sayısal Yetenekler: Sayısal yeteneklere sahip kişi ;

- Tahmin etme, kestirimde bulunma
- Ölçme
- Sayısal İlişkileri Kurma
- Şekil ve örüntüleri kavrama
- Sayısal işlemleri yapma gibi davranışları göstermelidir.

5. Pratik Beceriler: Araçları kullanabilme ve el becerilerine sahip olunmasıdır.

6. İletişim Becerileri: Problemi sözle, şekille, grafikte veya diğer anlatım yöntemleri ile belirleyip başkalarına anlatabilme becerisidir. Yanlış anlamaya meydan vermeyecek şekilde sembolik yollarla düşündüğünü anlatma olarak da tanımlayabiliriz.

Tüm bu becerilere ek olarak inceleme ve düzenleme yetenekleri de mantıksal düşünme ve problem çözme becerileri arasında gösterilmektedir. Bu yetenekler;

- Bilgiyi bulma ve toplama
- Bilgiyi sınıflama, sıralama, işleme
- Bilgiyi yorumlayıp kanıtları değerlendirme
- Zamanı iyi kullanma şeklinde sıralanmaktadır (Korkmaz, 2002).

Mantıksal düşünme becerilerinin kazandırılmasında problemin anlaşılması, verilerin değerlendirilmesi ve neye ulaşılmak istendiğinin belirlenmesinin önemi, kavratılarak çözüme ulaşmak için kullanılacak mantığın sistematığı öğretilir. Mantıksal düşünerek problem çözme öğretimi zor olmakla beraber; öğrencileri daha iyi problem çözen kişiler yapmak için ne öğretiliceği üzerinde değil, nasıl öğretiliceği üzerinde durulmalıdır (Aşkar, 1989). Genel olarak; problem çözmeyi öğretme çalışmasında öğrencilerin algoritmik yaklaşımla çözülebilecek problemleri

çözmeyi öğrendikleri ancak heuristik yöntemle çözülecek problemleri çözmede başarısız oldukları görülmüştür. Yani öğrenciler belirli kalıplarla çözülebilen problemleri çözüme ulaştırmakta, çözümü sistematik olmayan problemlerde zorlanmaktadırlar. Burada karşımıza duyarlı ve akıllı sorular sormanın ve mantıksal düşündürmeye yönelik öğretiminin önemi çıkmaktadır. Problem çözme öğretiminin amacı mantıksal düşünme, sorgulama ve değerlendirme sürecini geliştirmektir. O zaman öğrencilere öğretim sırasında bu tür becerilerin kazandırılmasına yönelik öğretim şekli uygulanmalıdır (Aşkar, 1989) (Akt:Bozdoğan, 2007).

Sungur ve Tekkaya'ya (2003) göre, mantıksal düşünme yeteneği ve cinsiyet öğrencilerin fen bilimlerini anlamalarını ve fen bilimlerine karşı tutumlarını etkileyen faktörlerdendir. Lawson et al., (2007) çalışmalarında mantıksal düşünme yeteneğinin öğrencilerin öz-yeterliğini ve fen başarılarını etkileyen birincil etken olduğunu ortaya koymuşlardır. Soylu (2006) ise mantıksal düşünme yeteneğinin bilimsel kavramların öğrenilmesinde önemli bir yeri olduğunu vurgulamaktadır. Ayrıca öğrencilerin mantıksal düşünme yetenekleri ile fen bilimlerini anlamaları arasında pozitif bir ilişki olduğunu belirten araştırmalar da vardır (Cavallo, 1996; Johnson and Lawson, 1998).

#### **3.4.12.2. Bilimsel süreç becerileri**

Fen bilimlerinde öğrenmeyi kolaylaştıran, araştırma yol ve yöntemlerini kazandıran, öğrencilerin aktif olmasını sağlayan, kendi öğrenmelerinde sorumluluk alma duygusunu geliştiren ve öğrenmenin kalıcılığını artıran temel becerilere bilimsel süreç becerileri denir. Bu beceriler aşağıdaki bölümde üç ana grupta incelenecektir. Bunlar; temel süreçler, nedensel süreçler ve deneysel süreçlerdir. Bilimsel süreç becerileri genellikle laboratuvarında uygulanır. Bu beceriler aynı zamanda bir laboratuvar yaklaşımı olarak ta bilinmektedir. Bu beceriler önce özet halinde aşağıda verilmiştir. Bilimsel süreç becerileri, kimya biliminin kavram, ilke, betim ve problem çözme örgüsü içinde, tek tek örnekler üzerinden öğrencilerin, kendi zihinsel ve psikomotor koordinasyonlarıyla oluşturmaları beklenen düşünme, gözlemlene, kestirme (sınırlı veriye ve/veya işleme dayalı tahmin), ölçme, yorumlama, sunma ve irdeleme yetilerini ifade eden önermelerdir. Bu kazanımlar, kimya eğitiminin bütünü içinde gelişecek kazanımlar olup sınıf içi her bir etkinlikle

bunlar arasında bire bir ilişki mümkün değildir. Başka bir deyişle, kimya içerik kazanımlarının her biri, bilimsel süreç becerilerine az veya çok katkıda bulunur. Sonuç olarak, içerik kazanımlarıyla bilimsel süreç becerileri arasında tekil ilişkiler kurmak veya aramak gereksizdir (YÖK Dünya Bankası, 1997).

Krystyniak (2001)'a göre bilimsel süreç becerileri, temel ve bütünleşmiş süreç yetenekleri olmak üzere iki kategoriye ayrılmaktadır. Temel süreç yetenekleri gözlemlenme, ölçümleme, sınıflandırma, sayı-uzay ilişkileri kurma, sonuç çıkarma ve öngörmeden oluşur. Bütünleşmiş süreç yetenekleri modelleri tanımlama, formüle etme, değişkenleri kontrol etme, veriyi yorumlama, varsayım üretme ve deney yapmadan oluşur. Tien ve Stacy (1996, 1998) rehberli sorgulama aktivitelerine katılan öğrencilerin iki sorgulama çalışması sonrasında bilimsel süreç becerilerini uygulama kabiliyetlerini ilerlettiğini keşfetmiştir. Chiapetta (1997) ve Wetzel (1997) ayrıca sorgulama aktivitelerinde yer almanın öğrencilerin bilimsel süreç yeteneklerini ilerlettiğini iddia etmişlerdir.

Entegre Süreç Kabiliyetleri (UPS) Testi, lise öğrencilerinin bilimsel süreç yeteneklerini uygulayabilme kabiliyetleri üzerinde eğitimin etkilerine karar verme için (Dillashaw and Okey, 1980; Baird et al., 1989; Westbrook and Rogers, 1994) ve Bilimsel İşlem Beceri Testi-II ise, hizmet öncesi ilkökul öğretmen adaylarının bilimsel süreç yeteneklerini ölçmek için kullanılmıştır (Okey et al., 1982; Downing et al., 1997). Bilimsel İşlem Beceri Testi öğrencilerin sorgulamaya dayanan aktivitelerde karşılaştığı birçok kavramı ölçer, bunlar arasında değişkenleri kontrol etmek, verileri yorumlamak ve modeller formüle etmek vardır. Senaryolar sunulur ve öğrencilerden varsayımlar yapmaları, ilişkili değişkenleri tanımlamaları ve sağlanan veriye dayanarak grafikleri yorumlamaları beklenir.

Çizelge 3.3. Bilimsel süreç becerileri .

#### **1. Temel süreçler**

- a. Gözlemlenme: Duyu organlarını kullanarak istenen ortamın gözlenmesidir.
- b. Ölçme: Birim sistemleri cinsinden nesnelere veya maddelerin özelliklerini sayısal olarak ifade etmedir
- c. Sınıflama: Olayları, nesnelere ve fikirleri ortak özelliklerine göre gruplandırmadır.
- d. Verileri kaydetme: Gözlem ve inceleme sonuçlarının gruplandırılarak kaydedilmesidir.

e. Sayı ve uzay ilişkileri kurma: Nesnelerin ve olayların şekli, zamanı, hızı, uzaklığı vb. gibi özelliklerinin algılanıp tespit edilmesidir.

## **2. Nedensel süreçler**

a. Önceden kestirme: Deney yapmadan önce incelenecek konu hakkında bir sonuca varmaktır.

b. Değişkenleri belirleme: İncelenen olay ve durumu etkileyen faktörleri belirlemedir.

c. Verileri yorumlama: Toplanarak gruplanmış veya tablolanmış veriler hakkında görüş belirtilmesidir.

d. Sonuç çıkarma: Bir olay veya durum hakkında bir sonuca varmaktır.

## **3. Deneysel süreçler**

a. Hipotez kurma: Ön gözlem ve denemelere dayanarak incelenen olay veya durum hakkında geçici bir genelleme yapmadır.

b. Verileri kullanma ve model oluşturma: Verileri kullanarak elde edilen fikirlerden matematiksel ifadeler ve tasarımlara varmadır.

c. Karar verme: Bilimsel süreç becerilerini kullanarak bir hükme veya yargıya varmaktır.

d. Değişkenleri değiştirme ve kontrol etme: Bir olay veya durum üzerine etki eden faktörlerden birini değiştirip diğerlerini sabit tutarak sonuçlar üzerine ne tür etkide bulunduğunu tespit etmektir.

e. Deney yapma: Bağımsız değişkenleri kontrol ederek, bağımlı değişkenler üzerine etkilerini inceleme yoluyla hipotezleri yoklamadır (YÖK Dünya Bankası, 1997).

## **Temel süreçler**

Temel süreç becerileri her öğrenciye mutlaka kazandırılmalıdır. Bunlar zaman zaman günlük yaşantıda da kullanılan becerilerdir. Bu temel beceriler zihinsel gelişimin de önemli bir parçasıdır. Bu beceriler daha üst düzey becerilerin kazandırılmasında da çok önemlidir.

## **- Gözlem yapma**

Doğal dünyayı araştırma gözlemlerle başlar ve tüm fenin esası gözlem yapmadır. Gözlem yapma duyu organlarıyla veya duyu organlarının hassasiyetini artıran araç ve gereçlerle objelerin ve olayların incelenmesi olarak tanımlanabilir (Arthur, 1993, syf.12-13). Gözlem yapma bilimsel sorgulama sürecini ve bilimsel sorgulamanın sonuçlarını belirler. Doğru bir gözlem yapmadan bilimsel sorgulama yapmak mümkün değildir (Carin and Bass, 2001).

## **- Ölçme**

Ölçme, en basit seviyede kıyaslama ve saymadır; doğrusal boyutların ölçülebilir niteliklerini, hacmi, zamanı ve kütleyi tanımlamak için standart ve standart dışı birimlerin kullanımını kapsar. Ölçme bilgisi öğrenmede kritik bir etkidir ve deneyim olmadan gelişemez. Ölçme becerisi ile ilgili bazı sorular şunlardır. Bu iki nesnenin uzunlukları eşit midir? Bir cismin enini, boyunu, hacmini, kütlesini ve yoğunluğunu belirlemek için kaç yol kullanılır? Bu ölçümlerinizi diğer üyelerin ölçüleriyle nasıl kıyaslıyorsunuz? Farklı ölçüm araçları kullanıldığında ne oluyor? Standart ölçü birimleri hangi amaçlarla oluşturulmuştur? (YÖK Dünya Bankası, 1997)

Öğrenciler ölçüm becerilerini geliştirmek için fende cetvel, mezura, termometre, terazi, kronometre, ölçme kapları gibi ölçme aletleriyle bol bol uygulama yapmalıdır. Ölçme becerisi fenin tüm alanlarında temeldir. Öğretimi ve öğrenilmesi kolay değildir. Ölçmenin öğrenilmesinde ana tema tekrarlama ve uygulamadır. Eğer aktivitenin amacı ölçmeyi veya nicel kavramları öğretmekse, ölçme tekrar tekrar yapılmalı, öğrencilerin ölçme becerileri ve kendine güvenleri geliştirilmelidir (Howe and Jones, 1998).

## **- Sınıflama**

Canlı ve cansız varlıklar bazı ortak özelliklerine göre gruplara ayrılmıştır. Bu yolla öğrenciler önceki bilgileri ile yeni karşılaştıkları kavramlar arasında ilişki kurabilmektedir. Gruplamaların veya sınıfların bir sistemi ya da metodu vardır. Gruplamalar, önceden tanımlanmış özellikler veya özellikler kümesine göre yapılır. Böyle bir gruplandırmayı öğrenciler kendi kendilerine de geliştirebilirler. Böylece öğrenciler, karmaşık bir sistemi veya olayı sınıflama yaparak belli bir

düzene getirebilirler. Ancak, bu zihinsel bir beceridir ve zaman içerisinde deneyimle geliştirilir (YÖK Dünya Bankası, 1997)

Sınıflama; objeleri veya olayları temsil eden bilgileri bazı metotlar ve sistemler kullanarak, benzerlik ve farklılıklarına göre gruplara ayırmaktır (Arthur, 1993). Sınıflama becerisinde öğrencilerin önceki bilgileri önemlidir. Önceki bilgiler kullanılarak yeni öğrenilen kavramlarla arada bağ kurulur. Kavram gelişiminde sınıflama becerisinin rolü büyüktür. Bu beceri kullanılarak karmaşık bir sistem düzenli hale getirilir (Martin, 1997).

#### **- Verileri kaydetme**

Öğrenciler deneylerden sonuçlara varmak için verileri kaydetmenin gerekli olduğunu bizzat deney yaparak öğrenmelidirler. Deney sürecinde, öğrenciler, hem niteliksel hem de niceliksel birçok veri elde ederler. Görünürde sadece bir nesnenin özelliklerini sayısal veya tanımlasalar bile aslında öğrenciler veriler üretmektedir. Bu veriler, çizelgeler, tablolar, grafikler, histogramlar, modeller, veya diğer düzenleyici biçimlerle kaydedilir. Toplanan verilerden tanımlar ve açıklamalar yapma konuyla doğrudan ilgilidir. Buluşların rapor halinde yazılması tüm bilimsel çalışmaların hedefini oluşturur (YÖK Dünya Bankası, 1997).

#### **- Sayı ve uzay ilişkileri**

Fen bilimlerindeki deneyimler sayı ve uzay ilişkilerini geliştirmek için çok önemlidir. Bunların gelişmesi diğer süreçlerin daha iyi ve kolay anlaşılmasına yardım eder. Uzayla ilgili süreçleri öğrenmede öğrenciler, nesnelere düzlem ve üç boyutlu şekillerine göre anlamaya ve anlatmaya çalışırlar. Sayı ilişkileri, bir etkinliğin çıktısını (çıktılarını) veya devam eden olgularını tanımlamak için sayıları kullanma süreci olarak tanımlanır (YÖK Dünya Bankası, 1997).

Tüm objeler uzayda belli bir yer kaplar. Uzay- zaman ilişkilerini kullanma becerileri; objelerin birbirleri ile karşılaştırılarak yön, hareket, uzaysal düzenlemeleri, hız, simetri, değişim hızı ve şekillerinin tanımlanması ve ayırt edilmesini içerir (Abruscato, 2004). Bu becerileri kazanan öğrenciler soyut kavramları daha iyi anlamaya başlarlar. Zihinlerinde maddelerin olası şekillerini canlandırıp, üç boyutlu yapılarını düşünebilirler.

Bu temel beceriler, fiziksel çevreyi öğrencinin kolaylıkla tanımlayabilmesi için gereklidir. Bu beceri ile ilgili sorular şunları içerir. Hangi şeklin iki simetrik çizgisi veya eksenini vardır? İki boyutlu bir şekli üç boyutlu bir şekle nasıl dönüştürürsünüz? Katı bir cisme bakarak şeklini nasıl tanımlarsınız? (YÖK Dünya Bankası, 1997)

### **Nedensel süreçler**

Öğrenci, Piaget'e göre ilkokulun son sınıflarından itibaren basit düşünme yapısından karmaşığa doğru bir geçiş yapar. Nedensel süreçler, öğrencilerin test edilebilir çalışmaları ve hipotezlerle mantıksal sonuçlar çıkarmalarını içermektedir. Nedensel süreçler, öğrenciler ve bilim adamları tarafından kullanılan özel zihinsel becerilerdir. Bu beceriler değişik konu alanlarında kullanılabilir. Mantıksal düşünme becerileri yavaş geliştiği için nedensel süreçlerin öğrenilmesi daha zordur. Bir olay ne kadar somut olursa o kadar kolay anlaşılır. Nesnelere ve düşünceleri basitten karmaşığa doğru bir sıraya dizmek öğrenmeyi kolaylaştırır. Aşağıda, nedensel süreçler bazı örneklerle incelenmiştir (YÖK Dünya Bankası, 1997).

#### **- Önceden kestirme (tahmin)**

Tahmin bireyin verilen durumla ilgili gelecekte olacak şeyler hakkında fikir ileri sürmesidir. İlköğretim fen öğretmenlerinin öğrencilerine 'eğer ..... olursa .....neler olurdu?' sorusunu sormaları çok önemlidir. Bu soru gözlem ve meraktan köken alır. Gözlemler kişinin araştırmak istediği soruları oluşturmasına yardımcı olur. Bunların hepsi tahmin sürecini içerir (Martin, 1997).

Tahminde bulunmak fenle ilgili aktiviteler yaparken esastır. Çocuklar deneyden önce tahmin yapmak için cesaretlendirilmelidir. Bu şekilde çocuklar bir fikri düşünmeden direkt kabul etmek yerine, onun hakkında ne olacağını düşünüp tahminlerde bulunarak öğrenirler (Martin, 1997). Örneğin; öğrenci tohumun çimlenmesinde güneş ışığının gerekli olduğunu düşünüyor ve öyle olmadığını görüyorsa bunun için sorular soracak ve nedenini araştırmak isteyecektir.

Tahminde bulunma üç elemanla iç içedir.

1. Önceki bilimsel bilgi,
2. Öngörü,

### 3. Muhtemel sonuç.

Tahminde bulunmanın üç elemanı öğretmen ve öğrenci arasındaki etkileşime yardımcı olur. Çocuk tahminde bulunduğunda, öğretmen çocuğun tahmine dayalı bilgiyi ifade edip etmediğinin farkına varır. Öğretmen “neden böyle düşünüyorsun?” diye sorarak öğrenciye bilgiyi etkili olarak düşünerek öğrenmesinde yardımcı olur. Tahminde bulunma becerisi, verilerin tablo ve grafiklerle gösterilip, sonraki aşamada olası durumların sorulması ile geliştirilebilir. Bu tablolar ve grafikler ölçülmeyen veri için tahminde bulunmayı kolaylaştırır. Bir grafikten yararlanarak tahminde bulunma üst düzey düşünmeyi gerektirir (Carin and Bass, 2001).

#### - Değişkenleri belirleme

Değişkenleri tanımlama, yapılacak deneyi etkileyebilecek tüm etkenlerin ifade edilmesidir. Yani farklı koşullar altında değiştirilmesi veya sabit tutulması ile deneyin düzenini etkileyecek tüm faktörlerin belirlenmesidir (Arthur, 1993). Birçok bilimsel araştırmada olaylara hangi değişkenlerin sebep olduğu araştırılır, bir değişkenin diğerine etkisi bulunmaya çalışılır. Deney yaparken esas olan nokta, bağımlı değişkenin sabit tutulup, etkisi gözlenmek istenen bağımsız değişkenin değiştirilmesidir. Diğer faktörler mümkün olduğunca sabit tutularak kontrollü deneyler yapılır. Bu yolla deneyde bağımlı değişkene etki eden diğer bir değişkenin etkisi açıklanabilir.

Değişkenleri tanımlama ve kontrol etmede, etkiye neden olduğu düşünülen değişken (bağımsız değişken) ve etkilenen değişken (bağımlı değişken) arasındaki neden- sonuç ilişkisini ortaya koymak çok önemlidir. Çocuklar kendi araştırmalarındaki değişkenlerini tanımlamalı ve kontrol etmelidirler. Bu sayede verilen objelerin birden fazla özelliğini görme ve iki olay arasındaki ilişkiyi yorumlama yeteneği kazanırlar. Derinlemesine anlamak için, öğrencilerin bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkilerden anlamlı sonuçlar çıkarması gereklidir (Billings, 2001).

#### - Verileri yorumlama

Verilerin yorumlanmasında ilk basamak, toplamak istenilen bilgilere karar verilmesidir. Bu tasarlanan hipotezden oluşturulur. Deney yaparken hipotez ile



uyumlu bazı bilgilerin alınıp, kafa karıştırıcı olan bilgilerin göz ardı edilmesi doğru değildir. Çalışmada elde edilen verilerin hepsi önemlidir. Çalışmanın sonucunda görüşleri belirtmek için “bizim sonuçlarımızın temelinde...” gibi bir cümle ile başlamak uygundur (Harlen, 1998).

Yorumlama için bilgileri organize etmenin en iyi yolu görsel forma (örneğin grafik, tablo veya histogram gibi) dönüştürülmesidir. Grafiklerin yapılandırılmasında hesap makineleri ve bilgisayarlar oldukça kullanışlıdır (Martin, 1997).

### **- Sonuç çıkarma**

Sonuç çıkarma, yapılan gözlemlerden elde edilen bilgilerin yorumlanmasıdır. Öğrencinin önceki bilgi ve deneyimlere dayalı olarak gözlemlerini yorumlayarak bir şeyin niçin olduğu hakkındaki en iyi tahmini yapmasıdır da denilebilir. Gözlenen olaylar ve bilgiler hakkındaki düşünceleri açıklamak için önceki bilgi ve deneyimler kullanılır. Sonuç çıkarma ve tahminde bulunma birbirine zıttır. Tahminde olayın sonucunun ne olacağı hakkında fikir yürütülür. Sonuç çıkarma da, olan şeye neyin sebep olduğu tahmin edilir (Martin, 1997). Tahminde bulunma ne olacağı hakkında ileriye bakarken, sonuç çıkarma geriye bakarak olmuş olaylardan açıklamalar yapar.

Sonuç çıkarma üç elemanın etkileşimiyle oluşur.

- 1.Gözlem yapma,
- 2.Önceki bilgi ve deneyimler,
- 3.Yorumlama (Carin and Bass, 2001).

Sonuç çıkarma becerisi sadece fen derslerinde değil diğer alanlarda da kullanılır. Fen araştırmalarıyla bu becerilerin öğrenilmesi çocuklara daha fazla yarar sağlayabilir. Çünkü fende öğrenci soyut materyallerden ziyade somut materyallerle çalışma fırsatı bulur (Carin and Bass, 2001).

### **Deneysel süreçler**

Bu süreçler oldukça karmaşık ve çok yönlüdür. Aynı zamanda bu süreçler mutlaka yüksek düşünme seviyesi gerektirir. Genellikle her bir süreç iki ya da daha fazla temel sürecin bileşiminden oluşur. Deney, hipotezi kanıtlamak veya çürütmek için kanıt elde etmek amacıyla kullanılan güçlü bir araçtır. Aynı zamanda söz konusu olan teoriyi desteklemek veya reddetmek için de deney kullanılır. Bu aşamadaki

süreçler, hiyerarşide önce gelen tüm süreçlerin üzerine kurulur. Bu süreçleri öğrenmek, sorulara cevap ararken ve kendi deneylerini tasarlarken öğrencilere güç verir. Ortaya çıkan soruların çoğu öğrencilerden gelmelidir. Bu süreçler, daha fazla soru sorulmasına ve daha fazla deney yapılmasına yol açar. Deney yapma, diğer tüm süreçleri kullanmayı içeren bir tür problem çözmedir (YÖK Dünya Bankası,1997).

### **- Hipotez kurma ve yoklama**

Bilimsel sorgulamaların önemli aktivitelerinden biri hipotez oluşturup test edilmesidir. Hipotez, sorgulamanın neden-sonuç ilişkisi hakkındaki ifadedir. Hipotez kurarken doğru olduğu düşünülen düşünce ve tecrübelerle dayalı test edilebilir ifadeler geliştirilir (Arthur, 1993).

Bilim insanlarına çalışmalarında dikkat edilecek verilerin ne olduğunu seçmede ve bunların yorumlanmasında kurdukları hipotezler rehberlik eder. Böylece değişkenler arasındaki ilişki hakkında tahminde bulunulur. Sorgulama becerileri içerisinde hipotez oluşturma ana noktadır (Tytler and Peterson, 2004).

Gözlem ve deneyimler hakkında düşünmek bilim adamlarını olayların nedenlerini bulmaya yöneltir. Bilim adamları hipotezlerini daha ileri düzeyde deney ve gözlemler yaparak test ederler ve sonuçlardan genellemeler yaparlar. Bu süreç, hipotezleri formülleştirme olarak adlandırılır (YÖK Dünya Bankası,1997).

Öğretmenler öğrencilerinin hipotez kurma gelişimlerine yardım etmek için;

1. Olaya dikkat çekmek için çeşitli açıklamalar yapmalıdır.
- 2.Çocuklara gözlemledikleri şeyleri açıklamaları için sorular sorarak yönlendirmelidir.
3. Olası açıklamaları paylaşmalı ve delillerle bunu tartışmalıdır (Harlen, 1998).

### **- Verileri kullanma ve model oluşturma**

Bu süreç, bilgileri ya da verileri grafik, şekil veya tablolarla en çok duyu organına hitap edecek şekilde düzenlemeyi içerir. Aynı verileri incelemek için çeşitli yollar vardır. Bir buz küpünün erimesi grafikte, şekille, üç boyutlu nesneyle, görüntü kaydıyla, çizelgeyle, fotoğrafla veya çizimle gösterilebilir. Bu süreç becerisi, öğrencilerin verileri karar vermeye yardımcı olacak şekilde işlemlerini (hazırlamasını) sağlar (YÖK Dünya Bankası,1997).

### **- Karar verme**

Bu süreç, yukarıda bahsedilen bütün temel süreçleri kullanarak bir sonuca varmayı içermektedir. Burada karar verilecek bir problemin araştırılmış olması gerekir. Sorgulama yöntemleri kullanılarak bir karara varılabilir. Sorgulama sürecinde bir karara varmak için sıkça sorulan sorulardan bazıları şunlardır. Ne tür bir karar verilmesi gerekir? Kararlar ve bu kararların mantığı nedir? Her bir kararın olası sonucu nedir? Her bir karardan kimler etkilenir? Bu kararlardan nasıl etkilenirler? Her bir karara yönelten sebepler nedir? Bu sebeplerin ilişkileri nedir? En iyisi hangi karardır ve niçin? (YÖK Dünya Bankası,1997).

### **- Değişkenleri değiştirme ve kontrol etme**

Bu süreçte değişkenlerin farklılaştırılması için sorular sorularak yeni deneylerin yapılmasına yol açılır ve böylece fen daha somut ve anlaşılır hale getirilir. Genellemeler yapmak için değişkenler arasındaki ilişkileri inceleyen çok sayıda araştırma yapmak gerekir.

Değişkenlerin tanımlanması ve kontrol edilmesi oldukça zor bir beceridir. Çocuklar 13- 15 yaşına kadar iki ya da daha fazla değişkeni aynı anda değiştirerek deney yapabilirler. Bu becerinin geliştirilmesine erken yaşlarda başlanmalıdır (Hughes and Winnie, 1993). Çocuklar çoklu özellikler ve ilişkilerini algılama yeteneğini kazandığında, olayı etkileyen çeşitli değişkenlerin mantığını anlarlar.

Bu süreçte amaç, bir değişkeni değiştirerek diğer değişkende buna bağlı olarak meydana gelen değişimleri izlemektir. Aynı zamanda diğer birçok değişken de belirlenmeli ve sabit tutulmalıdır. Bunun yapılmasının nedeni diğer değişkenlerin sonucu etkileyebilme olasılıklarını ortadan kaldırmaktır. Öğrenciler çoğunlukla değişkenleri kontrol etmede zorluk çekerler. Bu, öğrencilerin bilişsel gelişim düzeyinden kaynaklanmaktadır. Öğrenciler 13-15 yaşına kadar bile iki ya da daha fazla değişkeni aynı anda değiştirmekte bir sakınca görmezler. Örneğin, gazlarda mol sayısı ve sıcaklığı sabit tutup basınç-hacim ilişkisini inceleyebiliriz. Değişkenlerden (P veya V) birini değiştirerek diğerinin nasıl değiştiği izlenebilir (YÖK Dünya Bankası,1997).

## - Deney yapma

Deney yapma deneysel süreçlerin en karmaşık olanıdır. Aynı zamanda bu süreç becerisi diğer birçok süreç becerisini de kapsar. Deney yapmanın esas amacı bir hipotez kurup onun yardımıyla değişkenler arasında ilişki kurmaktır. Deney yapmada tek bir yol izlenebildiği gibi farklı yollar da izlenebilir. Burada en önemli faktör öğrencinin deneyle ilgili düzeneği kurabilmesi ve deneyin amacını anlayabilmesidir. Öğrencilerin ortaklaşa deney tasarımları ve yapmaları konuyu kavramalarını kolaylaştırabilir. Bu grup çalışması toplanan verileri analiz etme ve yorumlamada öğrencilere yardımcı olur.

Deney yapma tüm becerileri bir araya getiren bilimsel bir süreçtir. Deney yapma sürecinde, araştırmacı gözlemediği veya merak ettiği bir şey hakkında soru sorar. Soru genellikle “merak ediyorum niçin ...?” şeklindedir. Sıklıkla bu soru hipotezi belirler. Değişkenler operasyonel olarak tanımlanır ve kontrol edilir. Süreci içeren deney planı ve ihtiyaçlar belirlenir. Deney uygulanır ve veriler elde edilir. Deney bittikten sonra veri ve gözlemler kaydedilir, sonuçlar oluşturulan soru veya hipotez aracılığıyla analiz edilir. Son olarak araştırmacının sonuçları sınıf arkadaşları veya diğer kişilerle paylaşılır (Martin, 1997).

Deney planlama ve yapma aşamasında küçük çocuklardan beklenenler;

- Soru oluşturma ve sonucun ne olacağını tahmin etme,
- Soruyu cevaplamak veya tahmini test etmek için basit bir araştırma önermedir.

İleri yaşlarda ise;

- Önceki bilgiyi kullanarak test edilebilir tahminde bulunma,
- Hangi değişkenlerin (bağımsız) değiştirileceğine, hangilerinin aynı kalacağına (sabit) karar verme,
- Kontrol deneyi için değişkenleri manipüle etme,
- Ölçülebilen veya karşılaştırılabilen değişkeni (bağımlı) tanımlama,
- Hiçbir ölçme aracını kullanmadan uygun derecede tahminde bulunmaları beklenir.

Öğrenciler araştırmalar yaptıkça daha fazla deneyim kazanacaklardır. Burada öğretmenin rolü;

1. Öğrencilerin sorular oluşturmaları veya tahminlerde bulunmaları için onlara sorular sormalıdır.

2. Öğrencilerin kendi kendilerine düşüncelerini önleyecek açıklamalar yapmamalıdır.
3. Planlama için zaman ve yapı sağlamalıdır.
4. Çocuklar her araştırmaları için planlarını yazmasalar bile yapacaklarını düşüncelerini beklemelidir.
5. Yapılanlar ışığında planlarını gözden geçirmelidir (Harlen, 1998).

### **3.4.12.3. Öğrenci tutumları**

Wallace (1997); fen dersine yönelik tutumu, fen öğrenme ile ilişkili durumlar, olaylar, insanlar ve objeleri değerlendirmek için bireylerin öğrendiği hisler olarak tanımlamıştır. Öğrencilerin tutumları ile ilgili çalışırken hatırlanması gereken en önemli şey, öğrencilerin okuldaki feni seyerek ya da sevmeyerek hayata başlamadıklarıdır. Feni sevmeyi veya sevmemeyi okulda öğrenmektedirler (Koballa and Crawley, 1985). Shrigley et al., (1988) tarafından da belirtildiği gibi tutum kalıtımsal değildir, öğrenilir. Ayrıca öğrenmeyi etkileyen merkez bir kavramdır.

Öğrencilerin fen dersleri hakkında sadece ne bildikleri değil, fen derslerine yönelik neler hissettikleri oldukça önemlidir (Ebenezer and Zoller, 1993). Eğer öğrenciler fen derslerine yeni başladıklarında başarılı deneyimler ve olumlu hisler kazanırlarsa ileriki fen ile ilgili deneyimlerinde başarılı olacaktır. Bu fene yönelik olumlu tutum kazanmalarını sağlayacak, yaşam boyu fene ilgi gösterecek ve feni öğrenmekten zevk alacaklardır. Ancak öğrenciler fen derslerine yeni başladıklarında yeteri derecede destek alamaz ve olumsuz deneyimler yaşarlarsa hayatlarının geri kalan kısmında çoğunlukla fen derslerinden sakınacaklardır. Sonuçta hem eksik bilgiye sahip olacaklar hem de fene yönelik olumsuz tutum geliştireceklerdir (Simpson and Oliver, 1990).

Öğrencilerin fene yönelik tutum geliştirmeden önce fenin ne olduğu hakkında bilgileri olması gereklidir. Bu bilgiler olmadan öğrenciler fen hakkındaki çevreden duydukları yanlış düşüncelerle fene yönelik olumsuz tutumlar geliştirebilirler. Küçük çocuklar bilimsel aktiviteler ve fene yönelik fikir ve tutumlarının şekillenmesine yardımcı olacak yeterince deneyime sahip olmadıkları için öğrenciler araştırma aktiviteleriyle iç içe fen derslerini öğrenirlerse çoğu insanın yanlış görüşlerinden etkilenmezler (Harlen, 1998).

Tutumun öğrenme üzerindeki etkisi oldukça önemlidir. Derste istekli olarak çalışma etkili öğrenmeyi sağlar. Fen eğitimindeki önemli olan tutum ve kişisel özelliklerden bazıları şunlardır;

1. Merak,
2. Delillerle ilgilenme,
3. Belirsizliklere karşı tolerans gösterme,
4. Eleştirel bakış,
5. Azim,
6. Yaratıcılık,
7. Açık görüşlülük,
8. Canlı ve cansız çevreye karşı duyarlılık,
9. Diğer kişiler ile işbirliği.

Ayrıca dürüstlük, sağlıklı şüphecilikte bu özellikler arasında sayılabilir. Bu özellikler öğrencilere kazandırılabilir ve geliştirilebilir (Harlen, 1998).

Öğrencileri meraklandırarak ve ilgilerini çekecek aktiviteler onların yeni bilgiler öğrenme isteklerini artıracaktır. Merakları arttıkça sorular soracak ve araştırmalar yapmak isteyeceklerdir. Bu kendiliğinden ve doğal olarak ortaya çıkar ancak öğretmenlerin bunun için öğrencilerini güdülemeleri gerekmektedir. Öğretmenler öğrencilerinin fen derslerine yönelik olumlu tutumlar geliştirmeleri için; onlara şaşırtıcı ve ilgi çekici örnekler sunabilirler, derse katılımları için fırsat sağlar, öğrencilerin davranışlarını onaylayarak onlara olumlu dönütler verebilirler ve onların derse karşı olan tutumları hakkında tartışabilirler (Harlen, 1998). Fen derslerinde uygulanan öğrenme ve öğretme yaklaşımları da öğrencilerin derse karşı tutumunu etkiler. Öğrencilerin derse aktif katılımları fene yönelik olumlu tutumlar geliştirmelerine yardımcı olur.

Kyle et al., (1985)'e göre, "öğrenciler zevk aldıkları eğitimsel aktivitelere aktif olarak dâhil olduklarında daha fazla bilgi elde ederler" (sayfa 41). Russell ve French (2001) sorgulamaya dayalı aktivitelerin öğrenime dâhil edilmesiyle öğrencilerin derse katılımlarının daha fazla olduğu konusunda bir ilişki kurmaktadır. Artan öğrenci katılımı hem daha pozitif tutumla hem de artan başarıya ilişkilendirilmiştir (sayfa 228). Literatürlerdeki birçok çalışma, sorgulama ile meşgul olurken öğrencilerin fen hakkında daha olumlu tutumlar geliştirip koruduklarını ileri sürmüştür (Alouf and Bentley, 2003; Berg, et al, 2003; Booth, 2001; DiPasquale, et al., 2003; Gibson and Chase, 2002; Jakupcak, et al., 1996;

Piper and Hough, 1979; Rakow, 1986; Von Secker, 2002). Bu süreçte katılımcılık “doğal merak ve ilginin sınıf eğitiminde bir motive edici faktör olmasına” olanak verir (Alouf and Bentley, 2003, syf. 3). Bu tür aktiviteler ile başarılı soru sormaya ve cevaplamaya, yaşam boyu öğrenime imkan veren davranışlara devam etmek için cesaret ve motivasyon sağlar. Sorgulamaya dayanan fen eğitiminin birçok bileşeni çalışmada öğrenci motivasyonunu arttıracak şekilde gösterilmiştir. İncelemeler birkaç faktörden ötürü fen dersine yönelik daha olumlu öğrenci tutumu yaratmak için iddialarda bulunmuştur ki bu faktörler şunları içerir: a) ilginç ve eğlenceli olan sorgulama aktiviteleri (Alouf and Bentley, 2003; Berg, et al., 2003; DiPasquale, et al., 2003; Gibson and Chase, 2002; Jakupcak, et al., 1996; Kyle, et al., 1985); b) öğrenci katılımını cesaretlendiren sorgulama aktiviteleri (Amaral, et al., 2002; Gibson and Chase, 2002); c) öğrenci odaklı eğitim içeren sorgulamalı aktiviteler (Amaral, et al., 2002; Baker, et al., 1992; Gibson and Chase, 2002; Piper and Hough, 1979); d) malzeme ve ekipmanların kullanımını dahil eden ve böylece bir yaparak-yaşayarak öğrenme aktiviteleri kullanımını cesaretlendiren sorgulamalı aktiviteler (Amaral, et al., 2002; Baker et al., 1992; Gibson and Chase, 2002; Piper and Hough, 1979; Russell and French, 2001); e) öğrenci tarafından yapılandırılan sorgulama aktiviteleri (Baker, et al., 1992; Gibson and Chase, 2002); ve f) öğrenci sorumluluğunu arttıran ve böylece daha büyük öğrenci ilgisi sağlayan sorgulama aktiviteleri (Alouf and Bentley, 2003; Baker, et al., 1992; Berg, et al., 2003). Araştırmanın sonuçlarına göre artan motivasyonun diğer olumlu etkileri de şunlardır; a) artan merak (Alouf and Bentley, 2003; Piper and Hough, 1979; Kyle, et al., 1985), b) daha fazla çaba ve/veya zaman harcamak için isteklilik (Berg, et al. 2003; Gibson and Chase, 2002; Kyle, et al., 1985), c) daha ileri akademik risk almaya yönelten başarı hisleri (Amaral, et al., 2002; Kyle, et al., 1985) ve d) öğrenim almaya daha fazla eğilim (Alouf and Bentley, 2003; DiPasquale, et al., 2003).

Laboratuvar eğitiminin etkili yönleri öğrenci ilgisi, tutumları, motivasyonu ve değerleri ile ilişkilidir (Krystyniak, 2001). Bu neticeler, öğrencilerin laboratuvar aktivitesinden hoşlanması ve hoşlanmamasından, bilimsel tutum ve değerlerin gelişimine kadar uzanır. Laboratuvar temelli eğitim için yaygın olarak ifade edilen etkili amaçlardan biri, öğrencilerin laboratuvar uygulamalarını zevkli bir deneyim olarak görmeleridir (Kimya Eğitimi Enstitüsü, 1990). Downing et al., (1997) hizmet öncesi ilköğretim öğretmen adaylarının bilimsel süreç yetenekleri ile fene yönelik

tutumları arasında önemli derecede pozitif bir ilişki keşfetmiştir. Gerçekleştirilen çalışma ayrıca sorgulamaya dayalı aktivitelerin bilimsel tutumun özelliklerini ortaya çıkarmada geleneksel aktivitelere göre daha etkili olduğunu bildirmiştir (Mulopo and Fowler, 1987; Freedman, 1997). Öğrencilerin fen dersine yönelik tutumları ile Biçimlendirici Operasyonlar Sınıf Testi ve Biyolojik Sorgulama Süreci arasında düşük bir ilişki bulunmuştur (Germann, 1988). Bu çalışmada öğrencilerin sömestr başarıları ile onların fen dersine yönelik tutumları arasında daha yüksek bir ilişkinin bulunduğu gözlenmiştir.

Sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımı uygulamalarında fen dersine yönelik öğrenci tutumlarını ölçmek için birçok çalışma gerçekleştirilmiş ve çeşitli araçlar geliştirilmiştir:

- Germann (1988) öğrencilerin fen dersine yönelik tutumlarını değerlendirmek için 5'li bir likert-ölçeği geliştirmiştir. 14 maddeden oluşan bu araç, ortaokul fen sınıflarındaki kullanımına dayanarak 0.93 Cronbach Alpha güvenilirliğine sahiptir.
- Hofstein et al., (1976), öğrencilerin laboratuvar dersine yönelik tutumlarını belirlemek için 5'li likert tipi bir ölçek geliştirmiştir. Çalışma İsrail'de lise öğrencileri ile gerçekleştirilmiştir. Söz konusu ölçeğin yapılan faktör analizi sonrasında 6 alt faktöre sahip olduğu ve 62 maddeden oluştuğu bildirilmektedir. Ölçeğin tüm alt faktörleri için 0.65 den 0.90 aralığında değişen güvenilirlik katsayılarına sahip olduğu gözlenmiş ve söz konusu ölçek tüm test için 0.95 Cronbach Alpha güvenilirliğine sahiptir.
- Smist and Owen (1994) fene yönelik öğrenci tutumu ile kendi çalışmalarındaki bilimsel etkinlikleri arasında önemli derecede pozitif bir ilişki bulmuşlardır. Öğrencilerin fene yönelik tutumlarının belirlenmesinde Fenle İlişkili Tutumlar Anketi (TOSRA) kullanılmıştır. Söz konusu ölçek 6 alt faktör içermektedir; (1) fen/kariyer ve boş vakit keyfine yönelik tutumlar, (2) tecrübe için tercihler, (3) fenin toplumsal önemi, (4) bilim adamlarının normalligi, (5) fen sınıflarına yönelik tutumlar ve (6) yeni fikirlere açıklık.
- Smist (1993) lise öğrencilerinin fen dersindeki kişisel etkinliklerini değerlendirmek için Fen Kişisel Etkinlik Anketini (SSEQ) geliştirmiştir. Ölçekte dört alt faktör belirlenmiştir. Söz konusu ölçeğin alt faktörleri ve güvenilirlik katsayıları sırasıyla; biyoloji kişisel etkinliği (0.87), fizik kişisel etkinliği (0.93), kimya kişisel etkinliği (0.85) ve laboratuvar kişisel etkinliği



(0.90) olarak tanımlanmıştır. Bu araç üniversite birinci sınıf genel kimya dersi öğrencilerine uygulanmıştır; sonuçlar kimya deneyiminin öğrencilere laboratuvar çalışmalarında daha fazla özgüven verdiğini göstermiş ama onların kimyadaki kişisel etkinliklerini arttırmamıştır. Smist ayrıca kimya kişisel etkinliğinin, kurstaki öğrencilerin ölçülmüş başarılarını yansıttığını gözlemlemiş ve bir öğrencinin kimya kişisel etkinliğini arttırmanın onların kimya başarılarında bir artışa yöneleceğini ileri sürmüştür. Bu araştırmada, bir kimya laboratuvarı aktivitesinin belirli bir özelliğini uygulamada öğrenci özgüveni (kişisel etkinliği) araştırılmıştır.

Bir laboratuvar araştırmasının özelliklerini uygulamada öğrenci özgüvenini ölçmek için Krystyniak ve Langdon (1998) tarafından Kuzey Colorado Üniversitesi'nde Kimya Laboratuvar Anketi geliştirilmiştir. Rehberli laboratuvar aktivitelerinin sonuçlarını belirleyen çok fazla araştırma yapılmış, ancak açık sorgulama aktiviteleri düşük ilgi almıştır. Öğrencilerce gerçekleştirilen laboratuvar çalışmasına yönelik bilimsel süreç yetenekleri ve tutumları rehberli laboratuvar aktivitelerine katılımları ile ilişkilendirilmiş ve önemli bağlantılar bulunmuştur. Bu araştırmanın bir odağı da, genişletilmiş bir açık sorgulama laboratuvar aktivitesiyle ilişkili karşılaştırılabilir sonuçları araştırmaktır.

Gibson and Chase (2002) öğrencilerin ilkokuldan ortaokul ya da liseye geçtikçe, fen dersindeki ilgilerinin azaldığını kaydetmiştir. Görüşmelerde öğrenciler “kendi sorularını sormak ve direkt olarak laboratuvar alıştırmalarına katılmak” imkânlarının olduğu sınıfları tercih ettiklerini söylemişlerdir (sayfa 703). Baker et al., (1992) daha grup katımlı, öğrenci odaklı aktiviteler içeren sınıfları tercih eden öğrenciler üzerinde sınıf yapısının en büyük etkiye sahip olduğunu bildirmiştir. Araştırmacılar, ortaokullarda sınıfları daha sorgulama temelli eğitim içerecek şekilde yeniden yapılandırarak, fen dersine yönelik öğrenci tutumlarını ilerletmenin mümkün olabileceğini iddia etmektedirler.

Berg et al., (2003) çalışmalarında 190 üniversite öğrencisinin katıldığı laboratuvarda düzenek kurularak gerçekleştirilen bir deneyin sonuçları ile aynı deneyi sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımı kullanarak gerçekleştirilmesinin sonuçlarını karşılaştırmışlardır. Laboratuvarda deney yapılmadan önce öğrencilerin tutumlarını belirlemek amacıyla bir anket kullanılmıştır. Deneyin farklı uygulamalarının sonuçları, mülakatlarla, bireysel öğrenci değerlendirmeleriyle ve deney sırasında öğrencilere sorulan sorularla ölçülmüştür. Sonuçlar, sorgulamaya

dayanan uygulamaların daha başarılı olduğunu göstermekte ve aynı zamanda çalışma kapsamında negatif tutuma sahip öğrencilerin sorgulamaya dayalı uygulamalar yapıldığında başarılarının arttığını ortaya çıkarmaktadır.

Benzer bir çalışmada kimya laboratuvarına giriş dersinde gerçekleştirilen uzun süreli laboratuvar aktivitelerinin laboratuvara ve kimyaya karşı olumlu tutumlar geliştirdiğini göstermektedir (Shibley and Zimmaro, 2002). Başka bir çalışmada; öğrencilerin konunun art arda yapılan oturumlarda tartışılması durumunda başarılı laboratuvar projeleri gerçekleştirme imkânı buldukları ve bu şekilde öğrencilerin teknik performanslarının ve sorumluluklarının arttığı ifade edilmektedir (Sonchik, 2003).

#### **3.4.12.4. Öğrenci kaygıları**

Azizoğlu ve Tekkaya (2006)'nın belirttiği gibi, fen eğitiminde bilişsel etkenler kadar duygusal ve sosyal etkenler de fen kavramlarının öğrenilmesinde etkilidir. Öğrencilerin ihtiyaçları, ilgileri, hedefleri ve beklentileri bilgiyi yorumlamalarında önemli bir rol oynar. Öğrenmeden hoşlanma gibi olumlu duyguların yüksek motivasyon ve başarı sağladığı gözlemlenmiştir. Olumsuz duygular içinde ise kaygı önemli bir yere sahiptir (Laukenmann et al., 2003). Czerniak and Chiarelott (1984) fen başarısını etkileyen faktörlerden biri olarak fen kaygısına dikkat çekmişler ve yüksek düzeylerdeki fen kaygısının düşük fen başarısını beraberinde getirdiğini göstermişlerdir.

Kaygının anlık duruma bağlı ve önceden gelişmiş süregelen duygular olmak üzere iki farklı bakış açısından incelenebileceği de çalışmada belirtilmektedir (Azizoğlu ve Tekkaya, 2006). Söz konusu çalışmada önceden gelişmiş süregelen endişenin başarıyı olumsuz etkilediğini, diğer yandan, anlık duruma bağlı endişenin başarıyı olumlu yönde etkilediği belirtilmektedir.

Kimya kaygısı Breslow (1993) tarafından kimyasal maddelerden korkma olarak tanımlanırken, Eddy (2000) kimya kaygısını; kimyayı öğrenme kaygısı, kimya değerlendirme kaygısı ve kimyasal maddelere yönelik kaygı olarak boyutlandırarak incelemiştir.

Kimya laboratuvar uygulamalarının başarılı olmasını etkileyen çeşitli faktörler söz konusudur. Deneyle ilgili çevreye ait fiziksel koşulların yanı sıra laboratuvar çalışmasını gerçekleştiren kişiye ait bilişsel değişkenler hangi yöntemle deney

yapılırsa yapılınsın; gerçekleştirilen deneylerin öğrencilerce öğrenilmesini ve sonuçta başarıyı etkilemektedir. Bowen (1999) çalışmasında, üniversite kimya laboratuvarında öğrencilerin kaygı düzeylerini ölçmek amacıyla bir araç geliştirerek bu aracın geçerliliğini araştırmıştır. Geliştirilen araç, kimya laboratuvarı kaygısının; kimyasallarla çalışma, araç ve düzenekleri kullanma, veri toplama, diğer öğrencilerle çalışma ve zamanı iyi kullanma boyutları ile ilişkisini ortaya çıkarmaktadır. Çalışma ayrıca öğrenmeyi artırma amacıyla gerçekleştirilen eğitim amaçlı deneylerde bu aracın kullanılmasıyla ilgili önerileri içermektedir.

Kaygıya paralel olarak öğrencilerin sahip oldukları tutum (Berg et al., 2003) ve bilimsel işlem becerileri (Beaumont-Walters and Soyibo, 2001) deney yapma becerisini ve dolayısıyla sonucu etkilemektedir. Fen derslerinde laboratuvar, öğretimi tamamlayan bir unsur olarak ele alındığında sadece fene veya kimyaya yönelik kaygının belirlenmesi yeterli olmayacaktır. Bu konuda yapılan araştırmalar genellikle fen veya kimya kaygısı üzerine yoğunlaşmıştır (Czerniak and Charelott, 1984; Eddy, 2000; Laukenmann et al., 2003; Mallow and Greenburg, 1983; Matyas, 1984; Okebukola and Jegede, 1989; Wynstra and Cummings, 1990), laboratuvara yönelik kaygı ise az sayıda çalışmada ele alınmıştır (Bowen, 1999; Eddy, 2000; Wynstra and Cummings, 1993). Abendroth and Friedman (1983) tarafından yapılan bir çalışmada, kaygıyı azaltmak ve akademik performansı yükseltmek için kaygı azaltma stratejileri (yaklaşık 2,5 saat süren) kimya laboratuvarı derslerine dâhil edilmiştir. Bu eğitim öğrencilerin (N=23) kimya kaygılarını fark etmelerini ve bu konu hakkında konuşmalarını, ayrıca rahatlama teknikleri konusunda deneyim kazanmalarını sağlamıştır. Sonuçlar verilen eğitimin anlamlı bir şekilde kimyaya olan kaygıyı düşürdüğünü ve öğrenci notlarının yükselmesini sağladığını göstermiştir. Yapılan deneylerle ilgili yöntem ve tekniklerin açıklanmasının performans ile ilişkileri Salin, (1984)'de açıklanmıştır. Dwinell and Higbee (1989) öğrencilerin performansları ile duyuşsal değişkenleri arasında anlamlı ilişki olduğunu açıklamışlardır.

Fen derslerinde kaygı duymayan bir öğrenci laboratuvar ortamına girdiğinde değişik uyarıcıların etkisiyle kaygı geliştirebilir. Kaygının boyutunu ve hangi nedenden kaynaklandığını bilmek kaygıyı giderme yollarını belirlemede ve öğrencileri tekrar laboratuvara yönlendirmede etkili olacaktır. Bu nedenle, öğrencilerin laboratuvar kaygılarının belirlenmesi önem kazanmaktadır (Azizoğlu ve Tekkaya, 2006).

### 3.5. Sorgulamaya Dayalı Öğrenme Yaklaşımı ile ilgili Araştırma Makaleleri

Bu bölümde bilimsel geçerliliği kabul edilmiş sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımı ile ilgili yayınları içine alan on-line veri tabanları ve basılı kaynaklar incelenmiştir. Araştırma kapsamında ilgili yayınlar taranırken, sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımının yanı sıra mantıksal düşünme yetenekleri, bilimsel işlem becerileri ve kimya laboratuvarına karşı tutum ve kaygı alt başlıklarını da içeren çalışmalar taranmıştır. Bu taramalar sonucu elde edilen veriler özetlenmiş ve yaklaşımın öğrenciler üzerindeki etkileri ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Rodriguez and Bethel (1983), sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımının fen ve dil öğretimindeki etkinliğini belirlemek için ilköğretim 3. sınıf öğrencileri ile bir çalışma yapmışlardır. Deney gurubu öğrencileri çalışma süresince nesnelere kullanarak araştırma yapmış, öğretmen ve arkadaşlarıyla iletişim içerisinde fen derslerine katılmışlardır. Öğrenciler gözlem yapıp nesnelere karşılaştırmış, sınıflandırma yapıp nesnelere genel özellikleri hakkında sonuçlar çıkarmışlardır. Kontrol grubundaki öğrenciler ise bu aşamaları uygulamamışlardır. Bireysel ve küçük gruplar halinde çalışan deney grubu öğrencilerinin sınıflama ve sözlü iletişim becerilerinde anlamlı düzeyde artış olduğu gözlenmiştir.

Padilla et al., (1984), çalışmalarında 6. ve 8. sınıf toplam 329 öğrenci ile çalışmışlar ve öğrencileri üç gruba ayırmışlardır. İlk gruptaki öğrencilere iki hafta süreli deney planlama ve uygulama ile ilgili ders verilmiş daha sonraki 12 haftada her hafta süreç becerilerini geliştirecek aktiviteler yapılmıştır. İkinci grup öğrencilerine de aynı şekilde öncelikle iki haftalık ders verilmiş ancak sonraki eğitimde süreç becerilerini geliştiren aktiviteler daha az uygulanmıştır. Son grup öğrencileri ise aynı şekilde iki haftalık eğitim aldıktan sonra süreç becerilerini geliştirecek aktiviteler yapılmamıştır. Öğrenciler değişkenleri tanımlama ve hipotez oluşturma gibi bütünleştirilmiş becerilerde gelişim göstermişler, ancak ölçme, deney yapma ve grafik oluşturma, verileri yorumlama becerilerinde anlamlı farklılık bulunamamıştır. Birinci grubun lehine gruplar arasındaki farklılıklar çıkmıştır.

Kyle et al., (1985) gerçekleştirdikleri çalışma kapsamında sorgulama ve bilimsel süreç becerilerini vurgulayan bir fen eğitimi programını 6 okulda uygulamışlardır. İlk yıl sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımının etkinliği ile öğrencilerin tutumları karşılaştırılmış ve değerlendirilmiştir. Sorgulamaya dayalı öğrenme gerçekleştiren fen öğrencilerinin % 43'ü fen dersini favori ders olarak seçmişlerdir. Bu yaklaşımın

uygulanmadığı okuldaki öğrencilerin sadece %21'i feni favori ders olarak seçmişlerdir. Deney grubundaki öğrencilerin %7'si ve kontrol grubundaki öğrencilerin %18'i fen dersini en sevilmeyen ders olarak seçmişlerdir. Deney grubundaki öğrencilerin %75'i feni eğlenceli ve heyecanlandırıcı bulurken, kontrol grubundaki öğrencilerin %50'si feni sıkıcı olarak ifade etmişlerdir. Deney grubundaki öğrenciler kontrol grubundaki öğrencilere göre feni günlük hayatlarında daha kullanışlı olarak görmüşlerdir.

Tobin (1986), çalışmasını 6. ve 7. sınıflarda öğrenim gören toplam 142 öğrenci ile yapmıştır. Çalışmadaki değişkenler; öğrencilerin sorgulamaya katılımları (hazır bulunuşluk, hatırlama, veri toplama, kavrama, ölçüm, planlama, genelleme, bilinçli olmayan davranışlar), mantıksal düşünme yetenekleri ve süreç becerilerindeki başarılarıdır. Öğrencilere sorgulamanın planlanması, verilerin toplanması ve işlenmesi aşamalarını içeren 8 ders yapılmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre; mantıksal düşünme yeteneği ve öğrencilerin sorgulamaya katılımları arasında anlamlı bir ilişki bulunmuştur. Mantıksal düşünme yeteneği daha yüksek olan öğrenciler diğer öğrencilere göre verileri daha iyi yorumlarken derse daha fazla oranda katılmışlardır. Sorgulamaya katılım akademik başarı ile anlamlı düzeyde ilişkili bulunmuştur. Ayrıca formal düşünme yeteneği akademik başarı ile anlamlı düzeyde ilişkilidir. Akademik başarı ile sınıf düzeyi arasında da anlamlı ilişki vardır. 7. sınıf öğrencileri 6. sınıf öğrencilerine oranla daha yüksek başarıya sahiptir. Öğrencilerin süreç becerilerindeki başarıları arttıkça sorgulamanın planlama ve veri toplama aşamalarına katılımları da artmaktadır.

Fair and Kachaturoff (1988), öğrencilere kazandırılması gereken düşünme becerileri, problem çözme yöntemi olarak da adlandırılan sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımı, karar verme, soru sorma, tartışma ve öğrenme araç-gereçleri üzerinde durmuştur. Çalışmasında öğrenme aktivitelerinin öğrencileri ezberciliğe değil bilgiye ulaştırıcı ve bilgi üretmeye yardımcı olması gerektiğini belirtmişlerdir. Eğitimin öğrenci merkezli ve düşünmeyi sorgulamayı teşvik edici nitelikte olması gerektiğine değinmişlerdir.

Carey et al., (1989), çalışmalarında 8. sınıf 7 öğrencinin yapılandırmacı yaklaşımla yapılan eğitim sonundaki bilimsel araştırma ve bilimin doğasına bakış açıları değerlendirilmiştir. Öğrenciler çalışmada ilk iki hafta teoriler oluşturmuş ve bunları test etmişlerdir. Son hafta öğrencilere konu hakkında ders verilmiştir. Öğrencilerin sorgulama ve bilimin doğası hakkındaki görüşlerini belirlemek için klinik

görüşmeler yapılmıştır. Öğrenciler çalışmanın başında bilimsel bilginin pasif olarak elde edildiğini ve bilimsel araştırmaların gözlemlerle sınırlı kaldığını düşünmektedir. Çalışma tamamlandıktan sonra öğrenciler sorgulamanın bilgi ve soruların belirlenmesine rehberlik ettiğini ve deneylerle bu fikirlerin test edildiğini ifade etmişlerdir.

Glasson (1989), araştırmasında 54 dokuzuncu sınıf öğrencisi ile çalışmıştır. Kontrol grubundaki öğrenciler öğretmen-destekli aktiviteleri izlemiş, problem çözerken daha az motive edilmiş ve derste pasif izleyici ve dinleyici olarak kalmışlardır. Deney grubundaki öğrencilerin ise tüm laboratuvar aktivitelerine aktif katılımları ve bağımsız çalışmaları sağlanmıştır. Araştırmacı- öğrenci merkezli, sorgulamalı dayalı öğrenme aktivitelerine katılan öğrencilerin, öğretmen merkezli ders işlenen öğrencilere göre süreç becerilerini daha iyi geliştirdikleri gözlenmiştir.

Lawson et al., (1990), araştırmalarını Arizona State Üniversitesinde öğrencilerin bilimsel düşünme becerilerinin geliştirilmesi, biyoloji kavram ve teorilerinin anlaşılmasının sağlanması ve bunların oluşumunun farkına varılmasını sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımı kullanarak yapmışlardır. Daha önceki dönemlerde bu dersi alan öğrencilerin önemli bir kısmının iyi derecede olmayan bilimsel düşünme becerilerine ve biyoloji kavramlarında kavram yanılgılarına sahip oldukları belirlenmiştir. Çalışmaya 24 öğrenci katılmıştır. Çalışma sonunda öğrencilerin anlamlı düzeyde farklılık gösterdikleri ortaya konulmuştur. Bu yaklaşım araştırmacılara bilimin doğasını vurgulama, öğrencileri güdüleme ve önemli sayıda biyoloji kavramını öğretme fırsatı vermiştir.

Baker and Piburn (1991), çalışmalarında bilimsel okuryazarlık kursunun beceri, bilişsel yetenek ve öğrencilerin tutumunu değiştirip değiştirmediğini araştırmışlardır. Çalışmaya 9. sınıf toplam 250 öğrenci katılmış, katılımcılara toplam 156 ders yaparak-yaşayarak öğrenme aktiviteleri, deney, proje, tartışma ve belgeselleri içeren kurs verilmiştir. Uygulanan ön testle öğrencilerin mantıksal, uzaysal, sözel ve matematiksel yetenekleri, ölçme becerileri, fene yönelik tutumları ve psikolojik tipleri ölçülmüştür. Kurs tamamlandıktan sonra öğrencilerin uzaysal, sözel ve nicel yeteneklerinde anlamlı düzeyde artış olmuştur. Mantıksal düşünme yetenekleri, ölçme becerileri ve akademik kavramlarında artış görülen öğrencilerin bilişsel yeteneklerinde de artış olduğu ve öğrenci tutumlarının ise kursa katılımdan sonra gerilediği gözlenmiştir.

Brubacher et al., (1994), okulda yansıtıcı düşünmeyi ve sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımının oluşturulması konulu çalışmasında; okulda yansıtıcı düşünme ve sorgulama temelli öğretim yaklaşımını geliştirebilmek için olaylar, olgular arasındaki neden-sonuç ilişkisini görme ve çok yönlü bakış açılarıyla hipotezler oluşturma-test etme ve elde edilen verileri analiz etme becerilerini öğrencilere kazandırmak gerektiğini belirtmişlerdir. Sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımının bu aşamalarının bir ürünü olarak öğrencilerde bilgiyi yapılandırma eleştirel düşünme becerilerinin ortaya çıkacağına ve bu becerilerin kazanılıp günlük yaşamda da kullanılması sonucunda öğrencilerin kendi problemlerini çözebileceklerini belirtmişlerdir.

Basağa, vd. (1994), çalışmalarını Fen Bilgisi Öğretmenliği 2. sınıfta öğrenim gören 85 öğrenci ile yapmışlardır. Bu öğrencilerin 43'ü sınıf eğitimi ve geleneksel tipte laboratuvar aktiviteleri ile 42'si ise sınıf eğitimi ve sorgulamaya dayalı laboratuvar aktiviteleri ile biyokimya dersi almıştır. Çalışma 12 hafta sürmüştür. Araştırmaya başlamadan önce deney ve kontrol gruplarındaki öğrencilerin biyokimya bilgileri ve bilimsel süreç becerileri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmazken çalışmanın sonunda sorgulamaya dayalı aktivite yapan grubun lehine anlamlı sonuçlar elde edilmiştir.

Westbrook and Rogers (1994), araştırmalarını 9. sınıfta öğrenim gören toplam 56 öğrenci ile `basit makineler` ünitesinde yapmışlardır. Araştırmanın amacı sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımını kullanarak öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini artırmak ve mantıksal düşüncelerini geliştirmektir. Çalışmada öğrenciler üç gruba ayrılmıştır. İlk grup öğrencileri kendilerine verilen laboratuvar kâğıtlarındaki direktiflere göre verileri toplamış ve tabloştürmüştür. İkinci grup öğrencileri öğretmen tarafından sorulan soruları cevaplamak için deney planlayıp uygulamışlardır. Son grup öğrencileri ise problemle ilgili hipotez oluşturmuş, hipotezi test etmek için deney tasarlamış ve uygulamıştır. Altı hafta süren çalışma sonunda elde edilen verilere göre; ikinci ve üçüncü grup öğrencilerinin son test sonuçları lehine anlamlı farklılıklar gözlenmiştir. Bu yaklaşım öğrencilerin bilimsel süreç becerileri ve mantıksal düşünceleri üzerinde etkili olmuştur.

Keys (1994), çalışmayı 9. sınıf toplam 6 öğrenci ile yapmıştır. Öğrencilerin işbirliği içinde yazdıkları laboratuvar raporlarının bilimsel düşünme becerilerini geliştirdiği düşüncesiyle yaptığı bu çalışmada öğrenciler ikili gruplar halinde çalışarak 10 laboratuvar raporu hazırlamışlardır. Çalışmanın sonunda, katılımcıların gözlem

yapma, sonuçları yorumlama, verileri ve ilgili bilgileri kullanarak model oluşturma gibi düşünme becerileri gelişmiştir. Ayrıca fen kavramlarını kendi zihinlerinde yapılandırırken düşünme, muhakeme etme ve tartışma becerilerini kullanmada cesaret kazanmışlardır.

Tien and Stacy, (1996)'nin çalışmalarında, üniversite öğrencilerinin sorgulama yetenekleri konusunda kimyaya giriş dersi için üç eğitimsel ortamın değişen etkilerini araştırmışlardır. İlk iki ortam geleneksel ve rehberli-sorgulamalı laboratuvar temelli eğitimsel durumlar iken, üçüncü ortam dersin amaçlarından bir tanesi olarak, eleştirel mantıksal düşünmenin vurgulandığı fen dışı branşlar için ayrı bir üniversite ders uygulamasıdır. Rehberli sorgulama, üst-bilişsel anlayışın geliştirilmesi ve rehberli keşfetmenin desteklenmesini vurgulayan bir yaklaşımdır. Bu çalışma öğrencilerin her bir eğitimsel ortam içinde kanıtlara nasıl baktıkları, kanıtlara dayanarak nasıl sonuçlar çıkardıkları, güvenilirlik ve geçerlilik için kanıtları eleştirel anlamda nasıl değerlendirdiklerini araştırmaktadır. İlk sömestr çalışmasına katılanlardan 50 tanesi eleştirel mantıksal düşünme ortamlı kimya dersi, 44 tanesi rehberli sorgulamalı laboratuvar sınıfı ve 20 tanesi de geleneksel kimya bölümü öğrencilerini içermekteydi. İkinci bir çalışma performanslarının geleneksel kimya dersi öğrencilerinden daha iyi olduğu 7 rehberli sorgulama öğrencisi ile eleştirel mantıksal düşünme ortamlı kimya dersi öğrencisini karşılaştırmıştır. Çalışma kapsamında eğitim için yapılan öneriler ve ileriki araştırmalar da tartışılmaktadır.

Germann et al., (1996), araştırmalarında ilköğretim 7. sınıf öğrencilerinin yazılı deneysel düzenlemeleri tanımlamalarını ve analiz etmelerini incelemiştir. Öğrencilerin yazılı deneysel düzenlemelerini analiz etmek için "Bilimsel Süreç Becerileri Envanteri" kullanmışlardır. Bu envanter deneysel dizaynın 7 ana alanını (bağımsız değişkeni oluşturma, bağımlı değişkeni kullanma, sabit tutulan değişkenler, bağımlı değişkeni ölçme, deneysel kontrol, tekrarlı ölçümler ve hipotezi test etme süreci) ölçmektedir. Araştırmacıların amacı öğrencilerin başarılı deneysel düzenleme yapmaları ile ilişkili faktörler hakkında bilgi elde etmektir. Çalışmaya 364 öğrenci katılmıştır. Öğrenciler deneylerini tamamladıktan sonra, sonuç oluşturma, sonuç için delillerini sunma ve deneyin sonuçlarını etkileyen üç hatayı yazmaları istenmiştir. Çalışmanın sonuçlarına bakıldığında fen laboratuvarında araştırmalara katılan öğrencilerin deneysel dizayn yaparken hipotez oluşturma ve verileri tanımlamalarında açıkça bir artış görülmektedir.



Stohr-Hunt (1996), çalışmasında sorgulama aktivitelerinin sıklığı ile öğrencilerin fen başarısı arasındaki ilişkiyi incelemek için 8. sınıf toplam 1052 okuldaki öğrencilerle çalışma yapmıştır. Öğrencilerin bilimsel bilgi ve bilimsel düşünme becerilerini ölçmek için Bilişsel Test kullanılmıştır. Öğretmenlere sınıfta ne kadar sıklıkla sorgulama aktiviteleri kullandıkları ve ne kadar sıklıkla gösteri deneyleri yaptıkları sorulmuştur. Sonuçta her gün veya haftada bir kez sorgulama aktiviteleri yapan öğrencilerin fen başarısı bu aktiviteleri ayda bir ya da daha az yapan öğrencilerin başarısından daha fazla bulunmuştur. Araştırmacı bu aktivitelerin fen başarısında oldukça güçlü bir şekilde etkili olduğunu ortaya koymuştur.

Freedman (1997)'nin çalışmasında 9. sınıf öğrencilerinin fizik dersinde sorgulama aktiviteleri içeren programın kullanılmasıyla fene yönelik tutumların ve akademik başarıların nasıl geliştirildiği araştırılmıştır. Kontrol grubundaki öğrencilere (N=88) laboratuvar dersi verilmezken, deney grubundaki öğrenciler (N=183) 36 hafta süresince laboratuvarda eğitim görmüşlerdir. Çalışmanın sonunda laboratuvarda aktivitelerle eğitim gören öğrencilerin başarılarında ve fene yönelik tutumlarında anlamlı bir artış görülmüştür. Ayrıca tutum ve akademik başarı arasında da orta düzeyde pozitif korelasyon bulunmuştur.

Orcutt (1997), çalışmasında sorgulamaya dayalı fen öğreniminin 8. sınıf fen öğrencileri üzerindeki avantajlarını ortaya koymuştur. Dört öğrenci ile 7 hafta süresince çeşitli deney ve aktiviteler yaparak çalışmışlardır. Çalışma kapsamında sorgulamacı öğrencilerin temel beceri düzeylerinde, fen kavramlarını anlamada ve öğrenmeye karşı olan tutumlarında gösterdikleri gelişimler araştırılmıştır. Tüm öğrenciler sorgulamaya dayalı öğrenme ortamında fen kavramlarını öğrenmiş, temel becerilerini geliştirmiş ve fene yönelik olumlu tutum kazanmışlardır.

Marshall and Dorward (1997), üniversite seviyesi fiziğe giriş dersinde sorgulamaya dayalı laboratuvar aktivitelerinin kullanımı üzerine daha önce yapılan bir araştırmadaki bulguların yerine geçmesi amacıyla bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Araştırmacılar, geleneksel yöntemle gerçekleştirilen bir derse ek olarak sorgulama aktivitelerinin sınırlı kullanımının ve müfredat konularının gösterilmesinin, test sonuçları ve ders notları ile ölçülen öğrenci başarısını ve dersin değerlendirilmesinde ve görüşmelerde bildirilen öğrencilerin derse karşı tutumlarını arttırıp arttırmayacağını belirlemeyi amaçlamışlardır. Tanıtım anketi ve genel eğitim dersindeki bayan öğrenciler sorgulama aktivitelerine katılmışlar ve geleneksel öğretim programı uygulayan öğrencilerden özellikle sorgulama aktivitelerinde

incelenen konularla ilgili test sorularında daha iyi bir performans sergilemişlerdir. Ayrıca, sorgulama grubundaki öğrencilerin tamamı sorgulama grubunda olmayan öğrencilerden daha iyi bir performans sergilemişler, hatta cebir ve hesap temelli giriş dersinde genel bir kavramsal sınav probleminde daha başarılı olmuşlardır.

Wallace (1997), çalışmasında iki ana problem üzerine odaklanmıştır: bunlardan ilki, sorgulamaya dayalı öğrenme ile öğrencilerin fene olan tutumları ve fenedeki başarıları arasındaki ilişkinin yönünü ve büyüklüğünü açıklayan yapısal bir modeli tanımlamak, ikinci ise, bu ilişkilerdeki cinsiyet farklılığını belirlemektir. Çalışmadaki veriler 3 yıl süre ile 7. 8. ve 9. sınıf öğrencilerinden elde edilmiştir. Sonuçlara bakıldığında; sorgulamaya dayalı eğitimin 7. ve 8. sınıflardaki öğrencilerin fen kavramlarını anlamada pozitif etki yarattığını gösterirken, 9. sınıf öğrencilerinde de negatif düzeyde bir etki yaratmamıştır. Ayrıca kız ve erkek öğrencilerin fen başarıları arasında da anlamlı bir farklılık olmadığı gözlenmiştir. Sorgulamaya dayalı eğitimin fen başarısını artırmada oldukça etkili olduğu gözlenmiştir. Sorgulamaya dayalı eğitimin öğrencilerin fene karşı tutumlarına etkisine bakıldığında, sadece 7. sınıftaki erkek öğrencilerin fene karşı tutumları azalırken, kız öğrencilerde herhangi bir etkisi olmamıştır. 8. ve 9. sınıf kız ve erkek öğrencilerinin fene karşı tutumları incelendiğinde öğrenciler arasında anlamlı bir farklılık olmadığı gözlenmiştir.

Leonhardt (1998), öğrenci merkezli matematik, fen ve teknoloji eğitim programlarını kılavuz olarak sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımını tanımlamıştır. Çalışmaya öğretmenler, mezun olmuş öğrenciler, formal olmayan fen eğitimcileri ve mezun olmamış öğrenciler olmak üzere toplam 185 kişi katılmıştır. Katılımcılar çevresel fen konularını içine alan sorgulama aktiviteleri yapmışlardır. Aktiviteler organize edilerek sınıfta ilk olarak kavram ve teknikler geliştirilmiştir. Daha sonra okul bahçesi ve diğer ekosistemlerde alan çalışmaları yapılarak bu kavramlar geliştirilmiştir. Aktiviteler tamamlandıktan sonra katılımcıların %90'ı çevreye olan farkındalıklarının arttığını, öğretmen ve eğitimcilerin %75'i ekosistem hakkında öğretim yaparken araştırma stratejilerini kullanmada kendilerini yeterli hissettiklerini ifade etmişlerdir. Öğrencilerin %79'u ise sınıfta yaptıkları keşifler ve daha sonra kazandıkları yeni bilgi ve becerileri gerçek hayata uygulamaktan hoşlandıklarını belirtmişlerdir.

Johnson and Lawson (1998) çalışmalarını, açıklamalı eğitimin sadece kavramları öğretmeye odaklandığını ve bu eğitim türünde alandaki önceki bilgilerin başarıyı

tetiklediğini, sorgulamaya dayalı öğrenmenin ise bilimin nasıl yapıldığını (bilimsel süreci) anlamak için uygulandığını ve düşünme yeteneğinin bu eğitim turunun en iyi tetikleyicisi olduğunu test etmek için yapmışlardır. Üniversite biyoloji sınıflarında düşünme yeteneği ve önceki bilgiyi belirlemek için bir ön test çalışması yapmışlar, öğrencilerin önceki bilgilerini ortaya çıkarmak için geçmiş yıllarda aldıkları biyoloji derslerinin notları belirlenmiştir. Dönem sonuna kadar bir gruba açıklamalı (n=181) diğer gruba da hem açıklamalı öğretim hem de sorgulamaya (öğrenme halkası) dayalı öğrenim yaklaşımı (n=185) uygulanmıştır. 15 hafta sonunda sorgulama sınıflarında bilimsel düşünmenin başarıyı etkileyen önemli tetikleyici olduğu istatistiksel olarak anlamlı bulunmuş, önceki bilginin ise açıklamalı eğitimde öncü olduğu ancak istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmüştür. Ayrıca sorgulama sınıflarında öğrencilerin düşünme becerilerinin açıklamalı sınıftaki öğrencilere göre daha fazla geliştiği ortaya konulmuştur.

Edelson et al., (1999)'e göre sorgulama deneyimleri öğrencilerin, hem fen içeriğini hem bilimsel uygulamaları anlamalarını geliştirmek için önemli fırsatlar sağlamaktadır. Ancak, sorgulamalı öğrenmenin sınıflarda uygulanması, bazı önemli engelleri de teşkil etmektedir. Çalışmada bu engellerin içeriği araştırılmıştır. Çalışma kapsamında, sorgulama temelli öğrenmenin uygulanması için beş önemli engel tanımlanmış ve teknoloji ve öğretim programının tasarımını belirleyen stratejiler sunulmuştur. Çalışmada ayrıca öğretim yazılımlarının ve öğretim programının dört üretimini kapsayan tasarım tarihçesi sunulmakta ve sınıflardaki engellerin nasıl ortaya çıktığı ve tasarım stratejilerinin onlara nasıl cevap verdiği gösterilmektedir.

Gitlin et al., (1999), birçok öğretmenin sorgulama temelli yaklaşımları desteklediğini, hizmet öncesi öğretmen adaylarının farklı aktivitelere girmelerini; örneğin araştırmalara aktif olarak katılmalarını ve araştırmanın eleştirel katılımcıları olmalarını istediklerini belirtmektedirler. Çalışma kapsamında belirtilen eksikliğin çoğunlukla, hizmet öncesi öğretmen adaylarının araştırma konusundaki ne düşündüklerinin hissedilmesi olduğu da ifade edilmektedir. Bu çalışma aradaki boşluğun kapanmasını, böylece hizmet öncesi öğretmen adaylarının araştırma konusundaki düşüncelerinin sorgulamalı öğretmen eğitimi yaklaşımları nasıl bilgilendireceğini tecrübe eder. Elde edilen bulgular, araştırmanın sorgulamanın bir formu olarak desteklediği öğretim yerleştirmelerini öğrencilere sağlamak ve aktif araştırmanın daha geleneksel araştırma formlarına nazaran bir köprü gibi

kullanmak için “araştırmanın ne olduğunun” hizmet öncesi öğretmen adayları ile incelenmesine yardımcı olabilir.

Isaak and Hubert (1999), lisans düzeyinde yeni mezun olmuş öğrencilerin araştırma yaparken bilimsel yöntemleri uygulama, hipotez-tahmin-yöntem arasındaki ilişkiyi anlama konusunda anlayış yetersizliğinden dolayı olumsuz etkilendiğini bu nedenle sorgulamaya dayalı laboratuvarlarda çalışmanın lisansüstü öğretim asistanlarına olumlu ve önemli katkılar yarattığını belirtmişlerdir.

Chang and Mao (1999), Tayvan'daki Coğrafya sınıflarında hem işbirlikli hem de sorgulama temelli öğretim yöntemini birleştiren sorgulama yoluyla grup eğitimini kullanan bir araştırma yapmıştır. Çalışmada geleneksel öğretime karşılık sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımının daha yüksek öğrenci başarısıyla sonuçlandığına ve geleneksel fen sınıflarında kullanılan yaklaşımlardan daha çok fene yönelik olumlu davranışlar geliştirdiğine dair araştırma bulgularına ulaşıldığı belirtilmiştir. Çalışmada ayrıca birçok araştırmacının yaptıkları çalışmaların, sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımı ile işbirlikli öğretim yöntemi arasında güçlü bir ilişki olduğu ve sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımı kullanılan sınıfların işbirlikçi olmaya daha yatkın olduklarını, farklı işbirlikli aktiviteleri yapabildiklerini ve öğrenci başarısının da arttığını gösterdiğini de eklemiştir. Bu nedenle, işbirlikli öğrenme ile sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımını birleştirerek öğrencilerin başarılarında ve bilimsel yeteneklerinde, davranışlarında olumlu gelişmeler yaratmak ve elde ettikleri sonuçları geleneksel yaklaşımların sonuçlarıyla karşılaştırmak amacıyla araştırmalarına başladıklarını ifade etmişlerdir. Çalışmanın sonucunda 4 haftalık bir uygulamadan sonra ulaşılan sonuçlar yukarıda bahsedilen araştırmacıların buldukları sonuçlar ile tutarlılık göstermiştir: (1) Öğrencilerin problemleri ile ilgili gerekli verileri toplama, elde ettikleri verileri yorumlama, hipotez oluşturma ve kanıtlama ile raporlaştırarak sınıfa sunma gibi bilimsel yeteneklerinde gelişmeler görülmüştür, (2) Öğrencilerin sorgulama becerilerinde, grup tartışmalarına aktif katılma becerilerinde, işbirliği ile çalışma şekillerinde gelişmeler görülmüştür, (3) Sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımının uygulandığı deney grubundaki öğrenci başarılarının, geleneksel yaklaşımın uygulandığı kontrol grubundaki öğrenci başarılarına göre daha yüksek olduğu görülmüştür. (4) Deney grubundaki öğrencilerde sınıf katılımında, kendine güven seviyesinde, öğrenmeye olan ilgi seviyelerinde ve not artışlarında önemli artışlar görülmüştür.

Collins et al., (1999), araştırmalarında öğrencilerle sorgulamaya dayalı işbirlikli laboratuvar çalışmaları yapmışlardır. Öğrencilere 10 tane bilinmeyen tablo sunmuşlardır. Öğrenciler bu tabloları analiz edip yorum yapmak için çalışmışlardır. Bu şekilde yapılan laboratuvar dersleri öğrencilerin kardiovasküler fizyolojide temel prensipleri öğrenmelerine ve bilgiyi uygulama ve analiz yapma becerilerini geliştirmelerine yardımcı olmuştur. Öğrenciler çalışmayı yaparken heyecan duymuş ve çalışmadan zevk almışlardır.

Marlow and Ellen (1999), çalışmalarında fen öğretmenlerinin sorgulamaya dayalı öğretime karşı tutumlarını ve bu tutumların öğrencilerin fen aktivitelerine katılımlarına olan etkisini araştırmışlardır. Çalışmaya 5. ,6., 7. ve 8. sınıf ve lisede görev yapan 45 öğretmen katılmıştır. Öğretmenlere bilimsel metot kullanılarak tasarlanmış açık uçlu sorgulama aktiviteleri tanıtılarak bu şekilde öğretim hakkında deneyim kazanmaları sağlanmıştır. Öğretmenler bu tip aktiviteleri sınıflarında uygulamıştır. Çalışma sonunda öğretmenlerin bilimsel sorgulamaya karşı tutumları olumlu yönde değişmiş ve öğrencilerin derse olan ilgi ve başarılarının arttığını ifade etmişlerdir.

Yerrick (2000), çalışmasında başarısı düşük öğrencilerin açık sorgulama eğitimleri incelenmiştir. Araştırma 5 öğrenci ile yapılmıştır. Eğitimsel olarak başarısız olan bu öğrencilerle çalışmanın başında ve sonunda mülakat yapılmıştır. Öğrencilere 20 hafta süre ile soru oluşturma, deney tasarlama ve sonuçları tartışma hakkında eğitim verilmiştir. Öğrencilerin a) bilgi iddialarının denenmesi, b) delillerin kullanılması ve c) bilimsel otoritenin kaynağına bakılması konularındaki düşünceleri bu eğitimle olumlu yönde gelişmiştir.

Zachos et al., (2000), çalışmalarında öğrencilerin bilimsel sorgulama oluşturmadaki yeterliliklerini ölçmek için iki test geliştirmişlerdir. İlki bilimsel sorgulama oluştururken öğrencilerin yeterliliklerini çeşitli açılardan belirleyen değişkenleri ölçen “Bilimsel Sorgulama Yeteneği”, ikincisi ise, doğal olgunun araştırılması sonucu bilimsel kavramların kazanımındaki başarıyı belirlemek için yapılan “Bilimsel Keşfetme” testi. Çalışmada 32 gönüllü lise öğrencisine doğal olgular mantıksal-matematiksel modelleri oluşturmak ve test etmek için sunulmuştur. Bilimsel sorgulama yeterliliği ve keşfetme başarısı arasındaki ilişki test edilmiştir. Çeşitli sorgulama becerileri, özellikle; orantılı düşünme, delille teorinin koordinasyonunu sağlama ve araştırma düzenleme, keşfetme başarısı ile güçlü bir şekilde ilişkili bulunmuştur.

Crawford (2000), araştırmasında bir biyoloji öğretmeni ve 12 yaşlarındaki 20 öğrencisinin ekoloji dersinde araştırmalar yaptıkları derslerini izlemiştir. Sorgulamaya dayalı eğitimin yapıldığı sınıfta öğrenciler günlük hayattaki problemlerden seçtikleri sorunları araştırmak için gözlemler yapmakta, gözlemlerini not etmekte, arkadaşları ile birlikte tartışmakta ve proje hazırlamaktadırlar. Çalışmada araştırmacı tarafından izlenen dersler analiz edilmiş sorgulamaya dayalı sınıflarda öğretmenin ve öğrencilerin rolleri tanımlanmıştır.

Huber and Moore, (2001), geleneksel yöntem kullanılarak uygulanan yaygın birçok yaparak-yaşayarak öğrenme aktivitelerinin sorgulama temelli fen eğitimi desteklemekte yetersiz kaldığını, bu aktivitelerin öğretmenlerin dersleri zamansız bitirmesine neden olduğunu ifade etmektedirler. Bu çalışma görünüşte sınırlı yaparak-yaşayarak öğrenme aktivitelerini tam sorgulamalı fen derslerine dâhil eden bir yaklaşımı tanımlayan bir model sunmaktadır. Bu modelin içeriğinde; (a) öğrencileri doğrudan sorgulamaya dâhil edecek farklı olaylar; (b) öğrencilerin araştırmaları planlamasına yardımcı olacak öğretmen destekli beyin fırtınası aktiviteleri; (c) destek ve yapı sağlamak için etkin yazılı iş performans destekleri; (d) öğrencilerin araştırmalarının genellikle bir sınıf sunumu ve bir grafiği içeren bir ürününü sağlamalarının gerekliliği; (e) sınıf tartışması ve öğrencilerin aktivite ve öğrenimlerini yansıtmalarını kolaylaştıracak yazılı aktiviteler. Bu çalışma Ulusal Fen Eğitimi Standartlarında güçlü, etkin ve kullanışlı sorgulama temelli fen eğitimi olarak isimlendirilen bir uygulamanın yerine getirilmesi ve anlaşılmasında fen öğretmenlerinin gayretlerini kolaylaştırmada bir araç olarak kullanılabilecek bir model sunmaktadır.

Luft, (2001), 14 lise fen öğretmeninin inanç ve uygulamalarının hizmet içi bir programdaki sorgulama temelli sınıf uygulamalarından nasıl etkilendiğini araştırmıştır. Katılımcıların sınıf içi gözlemleri onların öğretimsel uygulamalarının sonuçlarını verirken, hem yapılandırılmış hem de yarı yapılandırılmış görüşmeler hizmet içi programdaki katılımcıların inançlarını ortaya koymaktadır. Çalışmanın sonunda, hizmet içi programın katılımcılar üzerinde bir etkisinin olduğu ancak bu etkinin, altısı göreve yeni başlamış ve sekizi deneyimli olmak üzere toplam 14 öğretmen arasında değişiklik gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır. Deneyimli öğretmenler kendi uygulamalarını inançlarına nazaran daha fazla değiştirirken, göreve yeni başlamış öğretmenler de inançlarını, uygulamalarına nazaran daha çok değişirmiştir. Sonuç olarak göreve yeni başlayan öğretmenlerin inançlarındaki

değişim, öğrenci odaklı uygulamaların sınırlı kullanımı ile sonuçlanırken, deneyimli katılımcıların mevcut inançları öğrenci odaklı uygulamalara yönelik olmuştur.

Benson and Bruce, (2001)'e göre sorgulama temelli öğrenim, öğrenimi öğrenci için daha anlamlı hale getirmeye uğraşmaktadır. Ancak, çoğu sınıflardaki eğitim öğrenci sorgulamaları için daha az kanıt sağlamaktadır. Bu duruma sebep olarak kendi sınıflarında sorgulamayı devam ettirmek isteyen öğretmenlere verilen destek eksikliği verilebilir. "Sorgulama Sayfası" isimli bir web sitesi, öğretmenleri sorgulama, iletişime geçirme, oluşturma ve kendilerini ifade etme konusunda cesaretlendirerek destekleme amacı güden bir web sitesi olarak hazırlanmıştır. Bu web sitesinin gelişim sürecini ve uygulama alanlarını inceleyen bu çalışma işbirlikçi bir web sitesi geliştirmeye ilişkin eğitimsel için bir model oluşturmaktadır.

Hofstein et al., (2001)'nin gerçekleştirdikleri çalışma ise, sorgulama tipli bir laboratuvarın İsrail'deki liselerde kimya öğretim programına uygulanmasını içermektedir. Bu çalışmada genel olarak fen laboratuvarının benzersiz bir öğretim ortamı sağladığı, diğer öğrenme ortamlarından farklı olarak sınıflardaki mevcut diğer eğitimsel tekniklerin kullanımı incelenmiştir. Ayrıca, sorgulama laboratuvarı, öğrencilere laboratuvar gibi öğrenme ortamlarını etkileyen bazı değişkenlere etki edebilecek aktivitelerde yer alan bir öğrenme durumu sağlamaktadır. Çalışma kapsamında öğrencilerin kimya laboratuvarı öğrenme ortamları hakkındaki görüşlerini değerlendirmek için Fen Laboratuvarı Ortamı Envanteri kullanılmıştır. İki grubun (kontrol ve sorgulama) istatistiksel olarak karşılaştırmaları sonucunda grupların gerçek algıları arasında anlamlı farklılıklar olduğu gözlenmiştir. Ayrıca, sorgulama grubundaki öğrencilerin kontrol grubuna göre gerçek ve tercih edilen laboratuvar öğrenme ortamları arasındaki farklılıkların daha az olduğu gözlenmiştir.

Keller (2001), çalışmasında fen sınıflarında sorgulamaya dayalı öğrenme ortamını fen öğretmenlerinin nasıl etkili bir şekilde oluşturabileceği hakkında nitel bir araştırma yapmıştır. Çalışmasında; sorgulamaya dayalı bir sınıf ortamı, eğitim programı seçimi, sorgulama süreciyle öğrencilerin nasıl öğrendikleri ve sorgulama için yeni öğretmenlerin eğitimi ve hazırlanması olmak üzere dört alan üzerinde durmuştur. Araştırma 7. sınıf fen dersinde yapılmıştır. Araştırmacı; 1) teorik olarak bilinen sorgulamaya dayalı fen sınıfı oluşturup oluşturamadığını, 2) sınıf ortamının öğrenciler için ilgi çekici olup olmadığını, 3) öğrencilerin sorgulama döngüsü içinde bilimsel süreç becerilerini kullanıp kullanmadıklarını, 4) öğrencilerin öğrendiklerini

günlük hayatları ile ilişkilendirmelerine bakmıştır. Sonuçlarında Amerikan Ulusal Fen Eğitimi Standartlarını destekleyecek şekilde sorgulamaya dayalı öğrenmenin kullanımının artırılması ve bunun için öğretmenlere eğitim verilmesi gerektiği bu yaklaşımın öğrencilerin ihtiyaç duydukları becerileri geliştirdiğini ortaya koymuştur. Kolkhorst et al., (2001)'nin çalışmalarında ise; lisans öğrencilerinin uygulamalı fizyoloji laboratuvar kavramlarının kavramsal gelişimlerinin daha iyi ilerletilmesi amacıyla sorgulama temelli bir öğrenim modeli geliştirilmiştir. Dersin temeli, öğrencilerin küçük gruplar halinde çalışarak sömestrin son 9 haftası boyunca tamamladıkları iki bağımsız araştırma projesine dayanmaktadır. Öğrenci grupları, kendi araştırma sorularını ve hipotezlerini geliştirmişler, deney tasarlamışlar, verileri toplayıp analiz etmiş ve bulgularını sunum yazılımı kullanarak sınıfın diğer kalanına rapor etmişlerdir. Araştırma projelerinin başarıyla devam etmesi için sömestr'in ilk 6 haftası boyunca öğrenciler, laboratuvar yeteneklerinin ve bilimsel süreç anlayışlarının geliştirilmesi için, rehberli-sorgulamalı laboratuvar aktivitelerine dâhil edilmişlerdir. Öğrenci davranışlarının gözlemlenmesi sonucunda, laboratuvar aktivitelerine yüksek seviyede ilgi gösterildiği ve katılımın yüksek olduğu gözlenmiştir. Uygulanan anketler ve görüşmeler, geliştirilen bu eğitim modelinin başarısı için ana sebep olan öğrencilerin kendi projelerinin tamamlanması sürecinde sahip oldukları özgüven ve yeterli gücü hissetmeleri olduğunu göstermiştir.

Madill et al., (2001), çalışmalarında Kanada üniversitesi mesleki terapi sınıflarında üç yıl süre ile sorgulamaya dayalı öğrenme uygulamaları yapmışlardır. Sorgulamaya dayalı öğrenme öğrenci merkezli öğrenmeyi artırmak, öğrencilerin bağımsız problem çözen bireyler olmalarını sağlamak, öğrenme sırasında öğrenci ve öğretmen arasındaki etkileşimi artırmak için 47 öğrenciye uygulanmıştır. 68 öğrenci ise açıklamalı eğitime göre ders almıştır. Çalışma sonunda sorgulamaya dayalı öğrenme uygulayan öğrenciler açıklamalı eğitim alan öğrencilere göre, mesleki terapi, ölçme ve değerlendirme konularında daha başarılı olmuşlardır. Öğrenciler alan hakkında daha fazla bilgileri olduğunu, problem çözme becerilerinin geliştiğini, kariyer fırsatları hakkında daha fazla bilinçlendiklerini ifade etmişlerdir. İlk yıla oranla sorgulamaya dayalı öğrenme hakkında daha fazla olumlu düşünceye sahip olmuşlardır.

Schneider et al., (2002)'e göre, fen eğitimindeki reform çabaları, öğrencilerin fen eğitiminde sorgulama yoluyla bilgiyi oluşturmalarının desteklenmesinin önemini



vurgular. Proje tabanlı fen öğretimi, fen eğitiminde arzu edilen bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım programına 142 kişilik 10. ve 11.sınıf öğrencisi, 12. sınıf seviyesi 1996 Eğitimsel Gelişmenin Ulusal Değerlendirilmesi fen testine katılmışlardır. Eğitimciler, kendi okullarında yenilik yapabilmek için, proje tabanlı öğrenme gibi sorgulama temelli test yaklaşımlarını kullanma konusunda cesaretlendirilmelidir.

Gibson and Chase (2002)'nin çalışmaları, bir kolejde 2 haftalık sorgulamaya dayalı bir fen öğretimi kampında 1992'den 1994 yılına kadar uygulanan Yaz Fen Araştırma Programı'nın uzun dönemli etkisini araştırmıştır. Programın amacı, ortaokul öğrencilerinin fen dersine karşı ve fen bilimi kariyerlerinde daha büyük ilgi uyandırabilmektir. Programa katılan adaylar arasından 158 öğrenci rasgele seçilerek uygulamaya dâhil edilmiştir. 1996'da, yirmi iki katılımcı devamlı görüşmelerde yer almaları için rasgele seçilerek uygulamaya alınmıştır. "Fen Görüşü Anketi" ve "Mesleğe Karar Verme Anketleri" adlı iki nicel araştırma, 79 program öğrencisine ve başvuru yapmış ama kabul edilmemiş 35 öğrenciye (kontrol grubuna) uygulanmıştır. Buna ek olarak, program öğrencileriyle aynı devlet okullarına devam etmiş aynı sınıftaki ve aynı anda kaydolmuş 500'den fazla öğrenciden oluşan bir grup, 1992–1994 ve 1996–1997 yıllarının ikisinde de iki araştırmayı sürdürmüşlerdir. Görüşmeler ve araştırmalar, program öğrencilerinin programa başvuran ama seçilmeyen öğrencilerden, fen dersine karşı daha pozitif bir tutum sergiledikleri ve fen bilimi kariyerleri ile daha fazla ilgilendiklerini ileri sürmektedir.

French and Russell (2002) çalışmasında; yüksek lisans öğrencilerinin, sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımının uygulandığı biyoloji laboratuvarlarında öğretim asistanlığı yaparak tecrübe kazanmadan önce ve sonra, bu laboratuvarlarda çalışmanın sorgulama becerilerini etkileyip etkilemediği ile ilgili görüşleri arasındaki farklılıkları araştırmıştır. Çalışmaya katılan lisansüstü eğitim asistanları öncelikle dönem başında 1,5 gün süren yönlendirme eğitimlerinde işlemler ve kurallar hakkında bilgiler edinmişler, öğretim felsefesini tanımışlar, laboratuvarla ilgili pedagoji eğitimi almışlar, örnek çalışmaları değerlendirmişler ve kendi raporlarını hazırlamışlardır. Laboratuvar eğitimi boyunca asistanların aşağıdaki görevleri yapmaları beklenmiştir: (1) Araştırma danışmanı olarak görev yapması, (2) Dersin başında hemen konuya girilmesini engellemesi, (3) Öğrencilerin sorularına sorularla yanıt vermesi, (4) Yöntemsel sorunlarda öğrencilere ilgili bölümlerin laboratuvar rehberinde göstermesi, (5) Öğrencileri gözlemlemesi. Her dönem

yapılan bu çalışma, asistanlara bir önceki öğretim tecrübeleri, planları, kendi çalışmalarına ve araştırmalarına etkisini belirlemek için anket uygulanmıştır. Anket sonuçları Rubin ve Rubin (1995) analiz yöntemine göre değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında ulaşılan sonuçlara bakıldığında; deneyimli asistanların kendilerini bilgi sunucuları olarak değil rehber veya olanak sağlayıcılar olarak görürken, deneyimsiz asistanlar kendilerini bilgi sağlayıcılar olarak görmüşlerdir. Deneyimli asistanlar öğrencilerin sorularına onları cevaba götürecek daha basit sorularla yanıt verdiklerini belirtirken deneyimsiz asistanlar konuları kabaca ve doğru bir şekilde ele alıp sınıfı kontrol altında tuttuklarını belirtmişlerdir. Asistanlar laboratuvar deneyiminin kendi çalışmalarında değişkenler hakkında daha dikkatlice düşünme, daha iyi hipotezler üretme ve deney tasarlama, sorgulama gibi becerilerinin belirginleşmesini sağladığını belirtmiştir. 10 deneyimli lisansüstü öğretim asistanı ve 11 deneyimsiz lisans üstü öğretim asistanı sorgulama temelli laboratuvarlarda çalışmanın kendi araştırmalarında pozitif yönde etkileri olduğunu belirtmiştir.

Keefe (2002), çalışmasında öğretmenlerin sorgulamaya dayalı öğrenme programı hakkında daha derinlemesine bir anlayış geliştirmeleri için özel sorgulama aktivitelerini içeren bir programı 6., 7. ve 8. sınıf öğretmenlerine 13 haftalık bir eğitim ile tanıtmıştır. Bu program a) soru oluşturma, b) sorgulama, c) bilginin paylaşımı, d) bilginin sunumu aşamalarını içeren döngü şeklindedir. Çalışmada öğretmenlere sorgulamaya dayalı öğrenme hakkında bazı bilgiler sunulmuş, daha sonra öğretmenlerin sınıfta yaptıkları aktivitelerinin video kayıtları istenmiş ve bu aktivitelerin etkililiği araştırmacı ile öğretmenler tarafından tartışılmıştır. Çalışmanın sonucunda katılımcılar sorgulamaya dayalı öğrenme süreci hakkında olumlu görüşler bildirmişlerdir.

Berg et al., (2003), üniversite seviyesindeki bir kimya laboratuvar deneyinin açık sorgulama yaklaşımı ve açıklayıcı versiyon kullanılarak 190 öğrenci için ulaşılan sonuçları karşılaştırmışlardır. Çalışmanın amacı, bu iki yaklaşımın kullanımın öğrencilerin öğrenmeye yönelik tutumlarında değişiklik yaratıp yaratmayacağını araştırmaktır. Uygulama öncesinde öğrencilerin laboratuvar deneyinden önceki tutumlarını öğrenmek için bir anket uygulanmıştır. Deneyin bu farklı uygulamalarından elde edilen sonuçlar; görüşmeler, deney esnasında sorulan sorular ve öğrencilerin kendi kendilerini değerlendirmeleri sonucunda elde edilen bilgiler kullanılarak değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda varılan en önemli bulgu; öğrenme sonuçları, hazırlık zamanı, laboratuvarda harcanan zaman ve

öğrencinin deneyi kavraması ile ilgili olarak açık sorgulama yönteminin daha pozitif öğrenme ürünleri gösterdiği'dir. Çalışma kapsamında, daha negatif tutuma sahip öğrencilerin açık sorgulama uygulamasının zorluklarını karşılamak için amaçların açık ve net bir şekilde açıklanması ve uygulama esnasında eğiticinin vereceği ilave bilgiler gibi daha çok desteğe ihtiyaç duydukları da gözlenmiştir.

Domjan (2003), araştırmasını ilköğretim öğretmenlerinin sorgulamalı fen eğitimine bakış açılarını tanımlamak için yapmıştır. Çalışmada araştırmacı tarafından hazırlanan anket öğretmenlerin sorgulama ve fen eğitimindeki rolleri hakkındaki bilgi ve inançlarını belirlemek için kullanılmıştır. 92 ilköğretim fen öğretmeni, fen eğitiminde sorgulamanın tanımını kişisel olarak yapmışlar ankette bulunan dört senaryoya göre sorgulamaların derecesini belirlemişlerdir. Anket maddeleri Ulusal Fen Eğitimi Standartlarında (2000) tanımlanan sorgulamanın dört elemanına dayanmaktadır. Bunlar; a) kavramsal bilgi b) süreç becerileri c) fenin doğası ve d) tutum olarak gruplandırılmıştır. Anketin ilk bölümünde katılımcıların büyük çoğunluğu sorgulamayı süreç becerileri, bazıları kavramsal bilgi, daha azı tutum açısından tanımlamış hiçbir katılımcı fenin doğası ile ilgili görüş bildirmemiştir. Senaryo bölümünde ise katılımcıların sorgulamalı fen öğretimine bakış açıları farklılıklar göstermektedir. Araştırmacı, katılımcıların fen öğretimine karşı bakış açılarının tam olarak tamamlanmamış olduğu sonucuna varmıştır. Öğretmenlerin sorgulamaya dayalı fen öğretiminde geliştirilmeleri için önerilerde bulunmuştur.

Alouf and Bentley (2003), çalışmalarında sorgulamaya dayalı fen eğitimini kullanmaları için iki profesyonel gelişim programı ile öğretmenlere fen, fen öğrenimi ve fen öğretiminin doğasını tanımlamaktadır. Projelerden ilki 1999 yılında 6-12. sınıf öğretmenlerine, 2000 yılında 4-8.sınıf öğretmenlerine, 2001 yılında 8. sınıf öğretmenlerine, 2002 yılında 6. sınıf öğretmenlerine yaz kursu olarak verilmiştir. İkinci proje 2002 yılında yapılmıştır. Çalışmaya 4 ve 6. sınıfların 22 öğretmeni katılmıştır. Öğretmenlere sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımına göre yapılabilecek aktiviteler, kaynaklar, öğretim metotları hakkında bilgi verilmiştir. Açık uçlu sorgulamaların doğasına odaklanılarak öğretmenlerin sorgulamaya dayalı öğrenmeye göre yapılan aktiviteler ve doğrulama deneyleri arasındaki farkları görmeleri sağlanmıştır. Katılımcıların sorgulamaya dayalı öğretim sınıflarında kullanma sıklıkları ve bu tip öğretimin öğrenci başarısı ve motivasyonun üzerine etkisi ile ilgili inceleme yapılmıştır. Sonuçta bu yaklaşımın uygulandığı öğrencilerin problem çözmelerinin, aktivitelere katılımlarının,

öğretmenlerin yaptıkları testlerdeki başarılarının ve içeriği hatırlamalarının arttığı görülmüştür. Katılımcılar bu yaklaşımın negatif etkisinin bulunmadığını belirtmişlerdir.

Dettrick (2003), "Yapılandırmacı Öğretim Yöntemleri" adlı makalesinde, yapılandırmacı öğretim yöntemlerinden biri olarak sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımını ve bu yaklaşımla nasıl öğretim yapılacağını açıklamıştır. Sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımının öğrenci merkezli bir yaklaşım olduğunu, temelinde J. Dewey'in bilimsel yönteminin aşamaları olduğunu, öğrencilerin bu yaklaşımla bilgilerini kendilerinin yapılandığı, öğretmenin ise sadece sorularıyla rehberlik yaptığını, bu yaklaşımda ezbere yer verilmediğini ve bilimsel davranışları geliştirdiğini belirtmiştir.

Brew (2003), üniversite öğreniminde sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımını kullanarak öğretimi geliştirme konulu çalışmasında; bilginin doğası ve öğrenme-öğretim üzerinde durmuş, farklı fikirleri anlatmış ve sorgulama temelli öğretim yöntemi ile öğrenme-öğretim arasında güçlü bir ilişki olduğunu belirtmiştir. Bu nedenle üniversite öğrencilerinin eğitiminde sorgulama temelli öğretim yönteminin kullanılmasını önermiştir.

Wallace et al., (2003), yaptıkları çalışmada beş üniversite biyoloji öğrencisinin sorgulamaya dayalı deneyimlerden nasıl öğrendiklerini ortaya çıkarmak için, açıklamalı veri analizi kullanılarak öğrencilerin kavramsal anlamaları, öğrenme inançları ve fen epistemolojilerini araştırmışlardır. Yapılandırmacı öğrenme inancına sahip olan öğrenciler sorgulama laboratuvarları sırasında anlamlı düzeyde kavramsal düşüncelerini geliştirmişlerdir. Tüm öğrenciler biyolojideki deneylerle kavramsal anlamalarını ilerletmişlerdir.

Hofstein (2004), çalışmasında benzersiz bir öğrenme ortamı olarak laboratuvarın çeşitli sorunları içermesi konusuna odaklanmıştır. Çalışmanın büyük bir kısmı, Weizmann Fen Enstitüsünün, Fen Öğretimi Bölümünde kimya öğretim programının geliştirilmesi, uygulanması ve değerlendirilmesi çerçevesinde yapılmıştır. Araştırma aşağıdaki anahtar sorunlarla organize edilmiştir: (1) Kimya laboratuvarı: Benzersiz bir öğrenim, eğitim ve değerlendirme şekli, (2) Kimya laboratuvarında farklı sunumların kullanımıyla öğrencinin performans ve başarısının değerlendirilmesi, (3) Öğrencilerin okul kimya laboratuvar çalışmasına karşı tutum ve ilgileri ve (4) Laboratuvar sınıfı öğrenme ortamında öğrencilerin algıları.

Wee et al., (2004), sorgulama temelli eğitim gerçekleştiren öğrencilerin algıları, çevresel kavram ve konuların öğrenimi çerçevesinde araştırılmasını amaçlamaktadır. Çalışma, 367 öğrenci ile tek grup ve ön test-son test araştırma deseni kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yapılan ki-kare analizi sonucunda, 29 anket maddesinin 17'sinin istatistiksel olarak farklı bir bakış açısıyla cevaplandığını göstermektedir. Bu durum, bilimsel araştırmaların öğretimi ve değerlendirilmesi ve vurgulanılmasında öğrencilerin çevresel sorgulama temelli deneyimleri geleneksel olmayan bir yaklaşım olarak algıladıklarını göstermektedir. Çalışma kapsamında ayrıca fen eğitimindeki uygulamalar ile öğretmenlerin mesleki gelişimleri de tartışılmıştır.

Baxter et al., (2004)'e göre, yeni derslerin gelişimi, değerlendirme ve değerlendirmeye verilen bir cevap ile güçlendirilmiştir. İlköğretim ve ortaöğretim hizmet öncesi öğretmen adayları için iki yeni fen metodu dersi, 'Büyük Tuz Gölü Projesi' ile tasarlanmış ve geliştirilmiştir. Hizmet öncesi öğretmen adayları daha sonra sorgulama temelli öğretim ünitelerine çevirecekleri araştırma projelerini tasarlamış ve gerçekleştirmiştir. Profesörler, öğrenci tutumları, öğrencilerin oluşturduğu müfredat ve ders içi değerlendirmelere dayanarak dersleri ve hizmet öncesi öğretmen adaylarını değerlendirmek için 3 katmanlı değerlendirme planı uygulamışlardır. Her bir değerlendirme tipi, reform süreci hakkında etkin bir şekilde bilgi vermiş ve derslerin kuvvetli ve güçsüz yanlarını göstermiştir. Derslerin güçlü yanları, fenin bir süreç ve anlamlı sorgulamanın da bir öğretimsel yaklaşım olarak görüldüğü öğrenci öğrenmelerini içermektedir. Gözlemlenen zayıflıklar ise üç alanda eksik bir anlayışı içermektedir: değerlendirmenin rolü, kültürel sorunlara eğilme ihtiyacı ve bilimsel okur-yazarlığın önemi.

Roehrig (2004) çalışması, mesleğe yeni başlayan 14 lise fen öğretmenin sorgulamaya dayalı eğitimi etkileyen faktörleri anlamak için gerçekleştirilmiş bir çalışmanın sonucudur. Bir yıllık bir süreç için öğretmenler, öğretim inançlarının, eğitimsel uygulamalarının, bilim ve bilimsel sorgulamanın doğasıyla ilgili bilgilerinin ve sınıftaki sorgulama öğretimi ile ilgili deneyimlerinin anlaşılmasına yönelik bir girişim için izlenmişlerdir. Çalışmada sorgulamaya dayalı eğitimin yürürlüğe konulmasını etkileyen beş ana sınırlamadan bahsedilmektedir: bilimin ve bilimsel sorgulamanın doğasının anlaşılması, içerik bilgisi, pedagojik içerik bilgisi, öğretim inançları ve yönetim ile öğrenciler hakkındaki endişeler. Bu çalışma, mesleğe yeni başlayan fen öğretmenlerine yardım edilmesine yönelik verilecek desteğin değişik

şekillerini öneren standart-temelli eğitim programlarına ihtiyaç olduğu konusundaki yaklaşımı desteklemektedir.

Watson, (2004), iki adet 8. sınıfın (12–13 yaş) her birindeki üç uygulamalı sorgulamaya dayalı fen derslerinin bir parçası olarak kullanılan küçük grup tartışmalarının ve bu tartışmaların boyutunu araştırmıştır. Her bir sınıftaki iki öğrenci grubu ve öğretmenin konuşmaları ve hareketleri, video ve ses kaydediciler kullanılarak kaydedilmiştir. Öğrenciler ve öğretmenlerle görüşülmüş ve bütün öğrencilere bir anket uygulanmıştır. Bu veriler, sorgulamanın değişik aşamalarındaki tartışmaların kalitesi ve miktarı ile tartışmaları etkileyen sosyokültürel faktörleri araştırmak için analiz edilmiştir. Analizler, sorgulamaya yönelik tartışmanın hem miktarının hem de kalitesinin düşük olduğunu göstermiştir. Derslerin yapıldığı sosyokültürel ortamın, öğrencilere sorgulama, karar verme ve tartışma sürecinden ziyade yazılı bir ürün oluşturmak için kullanılan rutin prosedürler olarak görülmesi konusunda öncülük ettiği sonucuna varılmıştır.

Ateş (2004), sorgulama yoluyla öğretim yaklaşımının farklı zihinsel gelişim dönemlerindeki sınıf öğretmenliği öğrencilerinin bilimsel işlem becerilerinin gelişimine etkilerini belirlemek amaçlanmıştır. Çalışmanın örneklemini sınıf öğretmenliği 3. sınıfta okuyan üç gruptan toplam 103 öğrenci oluşturmaktadır. İlk olarak öğrencilerin ön bilimsel işlem becerilerini belirlemek için Bilimsel İşlem Becerileri Testi-II uygulanmıştır. Daha sonra öğrencilerin zihinsel gelişim dönemlerini belirlemek için Mantıksal Düşünme Yetenek Testi uygulanmıştır. Ön-testlerin uygulanmasından sonra, üç gruptaki öğrenciler bilimsel işlem becerilerini geliştirmek amacıyla sorgulama yoluyla öğretim metoduna göre tasarlanmış dört etkinliği tamamlamışlardır. Son olarak öğrencilerin bilimsel işlem becerilerini belirlemek için Bilimsel İşlem Becerileri Testi-II son-test olarak tekrar uygulanmıştır. Ortak değişkenli varyans analizi (ANCOVA) sonuçları, sorgulama yoluyla öğretim modelinin farklı zihinsel gelişim evrelerindeki öğrencilerin bilimsel işlem becerilerinin gelişimindeki etkisinin istatistiksel olarak anlamlı gösterdiğini ortaya koymuştur. Farklı zihinsel gelişim dönemlerindeki öğrencilerin son-test puan ortalamaları karşılaştırıldığında, soyut işlem dönemindeki öğrencilerin son-test puan ortalamalarının hem somut işlem hem de geçiş dönemindeki öğrencilerin son-test puan ortalamalarından istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde yüksek olduğu görülmüştür. Fakat somut işlem ve geçiş dönemindeki öğrencilerin son-test

puan ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Grupların testin alt boyutlarından aldıkları puan ortalamalarının analizleri sonucunda, soyut işlem dönemindeki öğrencilerin testin bütün alt boyutlarındaki puan ortalamalarının somut işlem dönemindeki öğrencilerin puan ortalamalarından yüksek olduğu görülmüştür. Soyut işlem dönemindeki öğrencilerin testin sadece iki alt boyutundaki puan ortalamalarının geçiş dönemindeki öğrencilerin puan ortalamalarından yüksel olduğu görülmüştür. Soyut işlem ve geçiş dönemi öğrencilerinin puan ortalamalarının karşılaştırılmasında testin alt boyutlarının hiçbirinde farklılık gözlenmemiştir. Bu çalışmanın bulguları daha önce bu alanda yapılan çalışmaların sonuçlarıyla karşılaştırılmış ve öğrencilerin bilimsel işlem becerilerini geliştirmek için bazı öneriler sunulmuştur.

Van Rens et al., (2004), üniversite öncesi kimya öğrencilerinin, kimyasal sorgulamalarda yeterli kalite sağlamakta ortaya çıkan sorunlarla yüz yüze kaldıklarını öne sürmektedirler. Kimyasal sorgulamalarda öğrenci performansı kalitesini yükseltmek için çalışma kapsamında Hollandalı üniversite öncesi kimya öğrencileri (ort. yaş17), “iyonların saf su içinde dağılımları” başlıklı gerçek bir sorgulama projesini tamamlamışlardır. Çalışmada bahsedilen öğrenci sorgulama projesinin öğrenme materyalleri olan öğretim senaryosu ve web sitesi beş kimya öğretmenin işbirliği ile tasarlanmıştır. Çalışmadaki öğretmenler, kanıtlarla ilgili kavramlar üzerine verilen önemin öğrenci sorgulama sonuçlarının kalitesini geliştirip geliştirmediğini bulmak için projeyi 80 öğrenciye uygulamışlardır. Öğrenci sorgulama görevinde kanıtlarla ilgili kavramların vurgulandığı bölüm, dört anahtar özelliğe sahip olup, bunlar; öğrencilerin araştırma yapmak için kendilerini motive hissetmeleri, ilgilerine odaklanmaları, kanıtlarla ilgili kavramları yansıtmaları ve anlam vermeleri. Çalışma kapsamında öğrenciler takımlar halinde örnek bir deney yapmışlar, bilimsel bir makaleyi analiz etmişler, bir araştırma yapıp rapor yazmışlar, kanıtlarla ilgili kavramları İnternet üzerinden akranlarıyla tartışmışlar ve raporlarını düzenleyerek sunmuşlardır. Bütün dersler gözlemlenmiş, alan araştırmasında alınan notlar toplanmış ve gerçekleştirilen öğrenci aktivitelerinin tasarlanıp tasarlanmadığı analiz edilmiştir. İnternet’te yapılan tartışma bir veri tabanına kaydedilmiş ve analiz edilmiştir. Bütün öğrenci takımlarının ilk ve son raporları okunmuş ve analizleri yapılmış, aktivitelerdeki öğrenci görüşleri değerlendirilmiştir. Öğretim ve öğrenme aktiviteleri tasarımda planlandığı gibi çok geniş kapsamda uygulanmıştır. Kanıtlarla ilgili kavramlar üzerinde durulan önem,

öğrencilerin final raporlarında %65 oranında yeterli bir kalite seviyesinde başarı gösterdiklerini vurgulamaktadır.

Hofstein et al., (2004) gerçekleştirdikleri bu çalışmalarında, sorgulama temelli bir laboratuvarı, İsrail'deki liselerin kimya müfredatında uygulamışlardır. Bu çalışma; sorgulama tipli deneylerin gelişim aşamalarını, öğrencilerin başarı ve gelişimlerinin sürekli olarak değerlendirilmesinde gerekli mevcut değerlendirme araçlarını ve okullarında bu programı uygulamak isteyen öğretmenler için uzun dönemli mesleki gelişim programlarını içerir. Çalışmanın ana amacı, öğrencileri herhangi bir kimya konusu ile ilgili bilgilerini geliştirebildikleri gerçek bir öğrenme ortamında onlara öğrenme imkânı vermektir. Buna ek olarak, söz konusu öğrenme ortamında deneylerin gerçekleştirilmesiyle öğrenciler; soru sorma, hipotez oluşturma ve planladıkları bir deneyi kullanarak ileri araştırmalar için sorular önerme gibi sorgulama yeteneklerini de pratik etmiş olurlar. Öğrencilerden alınan laboratuvar raporları, onların kimya laboratuvarlarındaki sorgulamaya dayalı öğrenmeleri ile ilgili yeteneklerini geliştirdiklerini göstermiştir.

Parr and Edwards (2004)'e göre, daha etkili öğretim ve öğrenme metotlarının araştırılmasında, fen öğretmenleri için “seçim metodu” olarak özel bir yaklaşım ortaya çıkar: sorgulamaya dayalı öğrenme. Bu metodun dikkatli bir şekilde incelenmesi sonucunda, bu öğrenme yaklaşımının birçok zirai eğitimci tarafından kullanılan probleme dayalı öğrenme yaklaşımına çok benzer olduğu ileri sürülmektedir. Bu çalışma, sorgulamaya dayalı öğrenmeyi irdeleyen ve problem çözme yaklaşımını araştıran ilk araştırmacılar (fen eğitimcileri ve zirai eğitimciler) tarafından bildirilen araştırma raporlarını birleştirme amacını güder. Ayrıca bu çalışma, bu iki yaklaşım arasındaki benzerlikleri araştırmak ve “eğitimsel anlamda uygunluk” seviyelerini tanımlamak için tasarlanmıştır. İleriki çalışmalar, problem çözme yaklaşımını kullanan zirai eğitim öğrencilerinin ve öğretmenlerinin fen başarısını ölçmeye yönelik çabaları içermektedir.

Lee et al., (2004)'nin gerçekleştirdikleri çalışmalarının iki amacı vardır. Bunlar; (a) öğretmenlerin sorgulamaya dayalı fen öğretimi hakkındaki mevcut inanç ve uygulamalarını tanımlamak ve (b) mesleki gelişimin, öğretmenlerin sorgulamaya dayalı fen öğretimi ile ilişkili inanç ve uygulamaları üzerindeki etkisini incelemek. Bu araştırma, geniş bir kentsel okul bölgesinde bulunan altı ilkokuldaki 53 adet 3. ve 4. sınıf öğretmeni içermektedir. Okul yılının sonunda öğretmenler, temel uygulamalarının dikkate değer oranda değişmese de fen içeriği bilgilerinin ve



değişik öğrenci grupları ile gerçekleştirdikleri fen öğretiminin önemi hakkında sahip oldukları kuvvetli inançlarının arttığını bildirmişlerdir.

Marx et al., (2004), araştırmalarında öğretmen ve öğrencilerle 3 yıl işbirliği içinde sorgulamaya dayalı öğrenme ve teknoloji temelli eğitim programı konuları üzerinde çalışmışlardır. 1998–1999, 1999–2000 ve 2000–2001 yılları arasında 7. ve 8. sınıflar çalışma kapsamındadır. Projeler 8–10 haftada tamamlanmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen veriler istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Sorgulamaya dayalı ve teknoloji temelli aktiviteler öğrencilerin fen içeriğini öğrenmelerinde olumlu sonuçlar sağlamıştır.

Kanari and Millar (2004), çalışmalarında öğrencilerin deneysel sorgulama yaparken hipotez oluşturmaları, verileri toplamaları ve yorumlamaları, bu verileri yorumlama yollarını araştırmışlardır. Çalışmaya 10, 12 ve 14 yaş gruplarında toplam 60 öğrenci katılmıştır. Her yaş grubunda 10 öğrenci olmak üzere öğrenciler 30 kişilik iki gruba ayrılmışlardır. Uygulamalarda öğrencilerin iki bağımsız değişken ve bir bağımlı değişken kullanılarak arasındaki ilişkileri yorumlamaları incelenmiş, öğrencilerden öncelikle bağımlı ve bağımsız değişkenleri belirlemeleri istenmiştir. Öğrenciler deney yaparken video kayıtları alınmış daha sonra ayrıntılı olarak yapılan mülakatlarda her öğrencinin video kayıtları yorumlanmıştır. Öğrencilerin performanslarının analizi yapıldığında öğrencilerin bağımlı ve bağımsız değişkenleri belirlemede farklılıklar olduğu görülmüştür. Araştırmada tüm öğrenciler bağımlı değişkeni seçmede doğru sonuca ulaşmışlardır fakat sadece 30 öğrenci bağımsız değişkenleri çalışmada doğru sonuca ulaşmıştır. Öğrencilerin verileri yorumlama yollarına bakıldığında, tekrarlı ölçümler yaptıklarında bağımsız değişkenlerle elde ettikleri delilleri zorlukla yorumlamışlardır.

Marx et al., (2004), Amerikan Fen Eğitimi Geliştirme Birliği ve Ulusal Araştırma Konseyi tarafından kurulan fen eğitimi standartları bilimsel gerçeklerin hatırlanması ile ilgili daha az vurguda bulunurken, öğrencilerin günlük yaşamdaki araştırmalarına ve kendi sorgulamalarından elde edecekleri gelişmiş derin bir anlayışa daha çok vurguda bulduklarını belirtmektedir. Eğitime yönelik bu yaklaşımlar, öğretmenler ve özellikle yoksulluk çeken kentsel öğrenciler için bazı zorluklar ortaya çıkarmaktadır. Araştırmacılar, Detroit Devlet Okulları ile işbirliği içerisinde bulunan fen eğitimi reformundan öğrenci öğrenimi ile ilgili olarak 3 yıllık bir süreci kapsayan verileri almışlardır. Veriler, fen eğitiminde geniş bölgeye yayılmış sistematik reform çabalarının bir parçası olarak Michigan

Üniversitesindeki personel ve bölge personelinin işbirliği ile geliştirilmiş sorgulama temelli ve teknoloji destekli müfredat ünitelerinde yer alan yaklaşık 8000 öğrenciden toplanmıştır. Sonuçlar, her bir yıldaki katılıma dair müfredat temelli test ölçümlerinde istatistiksel olarak dikkate değer bir artışı göstermektedir. Bulgular, fen konusunda geçmişte düşük seviyede başarı gösteren öğrencilerin standart temelli-sorgulamalı fen biliminde müfredatın dikkatli bir şekilde geliştirilmesi ve profesyonel gelişim ile bölge politikalarıyla uyum içinde olması durumunda başarılı olduklarını göstermektedir.

Abd-El-Khalick et al., (2004)'nin bu çalışmaları, üniversite öncesi fen sınıflarında, hem amaç olarak (öğrenme ürünü olarak sorgulama) ve hem de anlam olarak (öğretici bir yaklaşım olarak sorgulama) sorgulamanın yürütülmesi ile ilgili konular üzerine bir ışık tutmak üzere gerçekleştirilen uluslararası bir sempozyumun ürünüdür. Sempozyuma katkıda bulunanların sempozyum kapsamında oluşturdukları genel bakış açıları; (a) fen müfredatı içinde sorgulamanın felsefi ve pratik kavramları, (b) müfredat içerisinde sorgulamanın, müfredatla ilgili materyallerin, sınıf eğitiminin ve uygulamalara yönelik değerlendirmenin yürürlüğe konma şekilleri ve (c) sorgulama temelli fen eğitimini kolaylaştıran veya engelleyen eğitsel ortamlar için, iç ve dış faktörler ve durumlarıdır. Sempozyumdan çıkarılan başka bir ana tema ise, sorgulama öğretimine ait birçok kavramlarla ilgilidir. Bireysel katkılar ve yapılan yorumların sentezi, onların yerleşik aykırılıkları ve çeşitliliklerine rağmen, pek çok tema ve konu, sempozyumda temsil edilmiş olan bölgesel bütün hususlara da değinmiş ve bu çalışmanın hazırlanmasına yönelik olarak fen eğitiminde sorgulamaya ilişkin bilimsel çalışmaların potansiyel verimliliği ve önemini göstermeye katkı sağlamıştır.

O'Neill and Polman (2004), araştırmalarında öğrencilere pratiğe dayalı bilimsel okuryazarlık kazandırmak için üç tip deneysel çalışma hazırlamışlardır. Birinci çalışmada, öğretmenlerinin kılavuzluğunda öğrenciler projeler hazırlamışlar ve sorgulama sürecine aktif olarak katılmışlardır. Bu sürece katılan öğrencilerin ileri düzeyde bilimsel anlayışlar geliştirdikleri görülmüştür. İkinci çalışmada, gönüllü bilim insanları on-line olarak öğrencilerin çalışmalarını desteklemiş, yönlendirici olmuşlar, böylece öğrenciler bilim insanları ile birlikte çalışarak onların çalışma ve düşünme tarzlarını öğrenmişlerdir. Üçüncü çalışmada, araştırmacılar geliştirdikleri araçla öğrencilerin bilimsel sorgulama planlamadaki yeterliliklerini

değerlendirmişler, sorgulama sorusunu oluşturma ve veri analizi sürecine katılan öğrencilerin bilimsel araştırmalarda başarılı olduklarını ortaya koymuşlardır.

Suits (2004), çalışmasında üniversitede genel kimya laboratuvarında iki farklı tip eğitim yaparak çalışmanın sonunda öğrencilerin sorgulama becerilerini karşılaştırmıştır. Fen ve mühendislik konusunda kontrol grubuna (N=59) doğrulama tipinde laboratuvar uygulaması, deney grubuna (N=51) sorgulamaya dayalı uygulama yapmıştır. Kontrol grubundaki öğrencilere laboratuvar öncesi hazırlıklar çok az yapılmış, laboratuvar sonrası analizler yapılmamıştır. Deney grubunda ise, öğrencilere laboratuvar öncesi hazırlıklar, deneysel çalışma ve laboratuvar sonrası analizler yapılmıştır. Sorgulama becerilerinin 6 tanesi (deneyi planlama ve uygulama, gözlem yapma ve kaydetme, sonuçları hesaplama ve kaydetme) değerlendirilmiştir. Sonuçta tüm bu sorgulama becerilerinde deney grubundaki öğrenciler daha başarılı olmuşlardır.

Muukkonen et al., (2005), çalışmalarında teknoloji-yardımlı öğrenmenin rolü ve sorgulama temelli öğrenmede öğrencilerin bilgi üretimine yöneltilmelerinde verilen eğitim incelenerek teknolojinin öğrenmedeki faydaları incelenmiştir. İki farklı teknoloji desteği alan öğrenciler sürekli diyalog içerisinde fikirlerini geliştirmişler ve birbirlerinin bilgi ve sorularıyla güçlendikleri gözlenmiştir. Sorgulamayı ilerletmek için ek model ve araçların sağlanmasında yardımın önemli olduğu bulunmuştur. Özellikle teknoloji desteği almayan öğrencilerin teoriksel içeriklerinin değerlendirme ve tartışma oluşturmada daha çok çaba sarf ettikleri görülmüştür.

Puntambekar et al., (2007)'e göre öğretmenlerin bir üniteye aktiflikleri nasıl tasarladıklarının ve sınıf tartışmalarını nasıl kolaylaştırdıklarının incelenmesi, sınıf eğitimi bağlamında teknoloji destekli müfredat çalışmasının nasıl yenileneceğinin anlaşılmasında önemlidir. Bu çalışma gerçekleştirilen 2 sorgulamalı öğretim programını karşılaştırmış, daha sonra 2 öğretmen tarafından sınıfta öğretim verilen öğrencilerin öğrenim sonuçlarını incelemiştir. Çalışma kapsamında elde edilen nicel sonuçlar, 2 öğretmenin sınıfındaki öğrencilerin öğrenim sonuçları arasında önemli farklar bulunduğunu göstermiştir. Bu çalışma daha sonra iki öğretmenin öğrenim sonuçlarındaki farklılıkları anlamak için sınıf içi faaliyetlerini incelemiştir. Bu çalışma öğretmenlerin tartışmaları nasıl yönettiğine özellikle odaklanmıştır; (a) aktivitelerin bir müfredat ünitesi içinde birleştirilmesine yardım etmişler ve (b) öğrencilere fen kavramları ve prensipleri arasında bağlantı yapmalarında yardım ederek daha derin kavramsal anlayışı sağlamışlardır. Bu çalışma, öğrencilere

ünitedeki farklı aktivitelerle öğrendikleri kavramlar arasındaki ilişkilere odaklanmalarına yardımcı olan öğretmenlerin kolaylaştırıcı rollerini de incelemiştir. Sonuçlar iki faaliyet arasında önemli farklılıkları gösterip, hangi stratejilerin fen içeriğinin daha derin kavramsal anlayışını sağlayabileceğini anlamakta yardımcı olmuştur.

Berg'in 2005 yılında gerçekleştirdiği bu doktora tezinde, üniversite seviyesindeki öğrencilerin kimya öğrenmeye karşı tutumlarını ve motivasyonlarını üç farklı bakış açısı ile araştırmıştır. Öğrencilerin kimyayı öğrenmeye karşı tutumları nasıl ölçülebilir? Bu tutumlar nasıl değiştirilebilir? Değişik tutum pozisyonu sergileyen öğrenciler öğrenim durumlarını nasıl tecrübe ederler? Bilgi görüşleri, öğrenim değerlendirmeleri, laboratuvar aktiviteleri ve algılanan eğitici-öğrenci rolünün değerlendirildiği bir tutum anketi, öğrencilerin tutum pozisyonlarını belirlemek için kullanılmıştır. Pozitif tutumun, motive olmuş öğrenci davranışı ile bağlantılı olduğu gözlenmiştir. Buna ilave olarak, eğitimsel anlamda öğrencilerin kimyayı öğrenmeleri için öğretmenlerin gösterdikleri empati gibi bazı faktörlerin öğrencileri etkilediği saptanmıştır. Değişik tutum sergileyen öğrencilerin farklı öğrenim sonuçları gösterdikleri ve öğrenme durumlarında algılama yeteneklerinin değiştiği bulunmuştur. Daha göreceli tutum sergileyen öğrencilerin ikili tutum sergileyen öğrencilere göre açık deney ve diğer çaba gerektiren görevlerin zorluklarını daha çabuk kabullendikleri gözlenmiştir. İlave olarak, görevlerin fark edildiği ve öğrenci fikirlerinin geliştirildiği konularda öğretmenlerin önemli bir rol oynadıkları bulunmuştur. İncelenecek olayın bilgisayar simülasyonu gibi hazırlık egzersizlerinin öğrencilerin laboratuvar çalışmalarındaki konsantrasyonlarını etkilediği, onları daha fazla teorik düşünceler kurmaya cesaretlendirdiği ve kimyasal bilgilerini kullanma yeteneklerini arttırdığı görülmüştür. Son olarak, öğrencilerin laboratuvar çalışmasındaki konsantrasyonları öğretmenlere sordukları sorularda ortaya çıkmış ve bu soruların laboratuvar öğretim ve öğrenim sürecinin değerlendirmesinde bir araç olarak kullanılabileceği belirtilmiştir. Öğrencilerin öğrenmeye karşı tutum ve motivasyonları ve öğrenme durumlarının tasarımı, sorgulama ve kullanma yeteneği ve bilgi geliştirme gibi istenilen daha yüksek eğitimsel amaçlar için anahtar faktörlerdir.

Wang and Coll, (2005), deneysel fizik dersi üçüncü sınıf fizik eğitiminin önemli bir parçası olarak görüldüğünü, öğrencilerin uygulama yeteneklerini geliştirmeleri, kapalı `yemek kitabı` deney tariflerinden açık uçlu deneylere yönlendirilmeleri ve

deney prosedürlerini bağımsız olarak tasarlamaları gerektiğini öne sürmektedirler. Sonuç olarak üniversite programı boyunca üçüncü sınıf uygulamalı fizik derslerinin zorluk seviyesinde artış görülmektedir. Burada rapor edilen araştırma yalnızca iki laboratuvar temelli deneysel fizik derslerinin incelemesini kapsamaktadır. Bunlar: ikinci sınıf dersi olan “deneysel fizik ve enstrümantasyon” ile üçüncü yıl dersi olan “İleri Deneysel Fizik”. Bu araştırma; iki dersin yapı, içerik ve öğretim metotları yönünden değişiklik göstermesine rağmen iki derste uygulanan öğrenci öğrenme stratejilerinde az bir farklılık olduğu gözlenmiştir. Üniversite uygulamalı fizik programlarının düşük seviyesindeki yüksek yönergeli bir eğitimden daha açık sorgulama yaklaşımına doğru bir yönelmede öğrencilere yardımcı olmak için deneylerle arada köprü kurmanın gerekli olabileceği görülmektedir.

Hofstein et al., (2005)'in çalışmaları anlamlı ve bilimsel içerikli soruların sorulduğu sorgulama yaklaşımı ile kimyayı öğrenen lise kimya öğrencilerinin yeteneklerine odaklanmıştır. Çalışmada, a) Sorgulama tipli bir deneyde (pratik bir test) öğrencilerin gözlem ve bulguları ile bağlantılı soru sorma yetenekleri, b) bilimsel bir makaleyi eleştirel okuduktan sonraki soru sorma yetenekleri incelenmiştir. Çalışmadaki öğrenciler iki ayrı gruptan oluşmuştur: bir sorgulama laboratuvar grubu (deneysel grup) ve bir geleneksel laboratuvar tipi grup (kontrol grubu). Çalışma kapsamında; (a) her bir öğrenci tarafından sorulan soru sayısı, (b) soruların bilişsel seviyesi ve (c) daha ileri araştırmalar için öğrencilerin seçtikleri soruların içeriği de kapsamlı olarak incelenmiştir. Kimyasal laboratuvarda soru sorma deneyimine sahip sorgulama grubundaki öğrencilerin kontrol grubundaki öğrencilere göre daha fazla ve daha iyi sorular sordukları ve daha iyi performans sergiledikleri gözlenmiştir.

Wu and Krajcik, (2005)'nin bu örnek olay çalışması, yedinci sınıf öğrencilerinin sorgulama temelli bir öğrenme ortamında veri tablosu ve grafikleri kullanışlarının gösterildiği yazılı uygulamaları tanımlamaktadır. Natüralist bir yaklaşım kullanarak “su kalitesi” ve ilgili kavramları vurgulayan 8 ay devam eden eğitimsel bir ünite süresince çoklu kaynaklardan veri toplanmıştır. Analizler, grafik ve tabloların oluşturulması ve yorumlanmasının öğrencilere kavramlar ve sorgulama süreci hakkındaki soruları aydınlatma, tartışma ve gözden geçirme olanaklarını sağladığını göstermiştir. Su kalitesi hakkındaki ünitenin sonunda, öğrenciler daha karmaşık bir yazı tasarlamada ve yeni yazıların yorumlanmasında, tam olarak katılımcı olabilmişlerdir. Bulgular, öğrenme ortamındaki dört özelliğin yazılı

uygulamaların gelişmesinin ilerlettiğini göstermektedir: Bunlar; (1) öğrencilerin fen dersi sorgulamalarında yazılı uygulamaların kullanımının gizli kalması; (2) öğrencilerin sorgulama süreçlerini destekleyici bir yapı sağlanması (3) görevlerin ve sorgulama sürecinin sıralanması ve (4) öğrencilerin, tekrarlı bir şekilde fen sorgulaması ile meşgul edilmesi. Bu çalışma, öğrencilerin yeterli bilimsel uygulamalar geliştirebildikleri bir öğrenme ortamının tasarımı için bir anlayış sağlar.

de Jesus et al., (2005), sorgulama temelli öğrenmeyi üniversite öğrencileri ile ve onlar için tasarlanan, onların problem çözme yeteneklerini ve mantıksal düşünme becerilerini yansıtıcı bir tarzda geliştirdiğini öne sürmektedirler. Bu durumun bir takımın üyesi olarak çalışmayı, araştırmayı, yaratıcı olmayı ve sürekli zihinsel gelişim için yetenekleri şekillendirmeyi içerdiğini de belirtmektedirler. Teorik fikirlerin araştırılmasına ve kavramsal değişikliklere imkân tanıdığı için, sorgulama temelli grup çalışmasının, en önemli öğrenim deneyimlerinden biri olduğu tartışılmaktadır. Bu çalışma, bu süreçlerin şekillendirilmesinde öğrencilerin soruları kullanımının sonuçlarını ortaya koymaktadır. Bu çalışma, 3 öğrenciden oluşan ve “termo kimyaya eğilim” hakkında mini proje geliştiren bir grup öğrenci hakkındaydı. Çalışmanın tüm verileri; grup toplantılarındaki katılımcı ve öğretmenlerle yapılan görüşmeler, grubun üyeleriyle yapılan yarı yapılandırılmış görüşmeler ve bir bütün olarak projenin geliştirilmesinde grup üyeleri tarafından sorulan (yazılı veya sözlü) soruların analizi ve öğrencilerin sözlü sunumları vasıtasıyla toplanmıştır. Sonuçlar soruların öğretmenlerin öğrencilerle etkileşimini artırırken, öğrencilerin soru sormada da kendine güvenlerinin artacağını ve böylece kimyanın öğrenilmesi ve öğretilmesinde sınıftaki etkileşimin kalitesinde de artış olacağını göstermiştir.

McCarthy (2005), araştırmasında öğrenme gücünü çeken 18 öğrenci ile çalışmıştır. Öğrencilerin feni direkt kitaptan öğrenmesi ile sorgulama aktiviteleriyle öğrenmesi arasındaki farkı karşılaştırmıştır. Sekiz hafta “madde” ünitesinde yaptığı deney (N=9), kontrol (N=9) gruplu çalışmasında öğrencilerin başarı ve davranış değişikliklerini takip etmiştir. Çalışmanın sonunda öğrenme gücünü çeken öğrencilerin fen içeriğini sorgulama aktiviteleriyle daha iyi öğrendiklerini ortaya koymuştur. Başarılarını ölçmek için yaptığı üç testte (yaparak-yaşayarak öğrenme aktivitelerinin değerlendirmesi, kısa cevaplı test ve çoktan seçmeli test) deney grubu

öğrencileri çoktan seçmeli test hariç diğer iki testte kontrol grubu öğrencilerine göre anlamlı farklılık göstermişlerdir.

Trumbulla et al., (2006)`nin gerçekleştirdikleri çalışmada üç yıl süresince öğrenci sorgulama projelerinin yürütülmesiyle ilgilenen iki araştırmacının uygulamaları ve düşünceleri incelenmiştir. Hiçbir öğretmen ilk aşamada, öğrenci sorgulamasının desteklenmesi hususunda, kendi başarısından tatmin olmamış ama bu çalışmada görev alan iki araştırmacı karşılaştıkları güçlüklerle oldukça farklı tepkiler vermişlerdir. Bu tepkiler çoğunlukla, öğrenmenin nasıl yapılandırılması gerektiği fikrine yöneliktir. Onların, bilimin doğası hakkında ifade ettikleri görüşler ile beklenenden farklı olarak sorgulamayı kullanım biçimleri arasında az bir ilişki mevcut olduğu gözlenmiştir. Genellikle reform dokümanlarına uygun olarak bilimin doğasıyla ilgili desteklenmiş fikirlere sahip bir öğretmen, gerçek araştırmalara dayanan öğrenci sorgulama projelerini desteklememiştir. Oysa reform dokümanlarında belirtilen hususlara daha az bağlı olarak bilimin doğası ile ilgili görüşlere sahip öğretmen, kendi sınıfındaki öğrenci sorgulamalarını desteklemek için daha çok çaba sarf etmiştir. Elde edilen bulgular, sadece bilimin doğasını veya öğrenci sorgulamasını öğrenmenin, öğretmenin uygulamalarında değişiklikler meydana getirmeyeceği iddiasını desteklemektedir. Bilimin doğasına yakınlık görüşü, gerçek öğrenci araştırmalarının uygulamaları ile daha uyum içinde idi. Uygulamalı sorgulama konusunda bu iki öğretmenin çabaları, onların öğrenci sorgulama projelerine destek sağlarken karşılaştıkları zorlukları ve çelişkileri de göstermiştir.

Mule, (2006), çalışma kapsamında bildirildikleri güçlüklerden birinin hizmet öncesi öğretmen adaylarının sorgulama sürecine üniversite öğretmen eğitimi programları ve okullar arasındaki ortaklık sonucu kurulacak işbirlikçi bir yapı ile teşvik edildiklerini belirtmektedir. Çalışma sorgulama temelli bir Mesleki Gelişim Okulu programı üzerine odaklanmış ve programdaki stajyerler tarafından yürütülen beş sorgulama projesi tanımlanarak, stajyerlerin bir yıllık stajları süresince sorgulamaya dâhil olmadaki algıları da gözlenmiştir. Çalışma kapsamında ayrıca Mesleki Gelişim Okulları bağlamındaki sorgulama yaklaşımının öğretmen eğitim pratiğinde reform yapabilme potansiyeli de incelenmiştir.

Apedoe and Reeves (2006); sorgulama temelli öğrenimin, lisans fen öğretimine entegre edilmesi için gerekli sağlam gerekçeleri tanımlamak ve dijital kütüphanelerin lisans fen derslerindeki sorgulama temelli öğrenme amaçlarını

destekleyebilen güçlü teknolojik araçlar olduğunu önermek için bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışma kapsamında dijital kütüphanelerin sorgulama temelli bir öğrenme ortamındaki rolü tartışılmış ve sorgulama temelli eğitimsel bir yapının eleştirel eğitimsel boyutları arasındaki uyumun önemi de vurgulanmıştır.

Wua and Hsieh (2006)'nin çalışmalarının amacı, ilköğretim altıncı sınıf öğrencilerinin, sorgulamaya dayalı bir öğrenme ortamında açıklamalar oluşturarak sorgulama yeteneklerini nasıl geliştirdiklerini incelemektir. Çalışmada öğrencilerin kendi açıklamalarını oluşturmalarıyla ilişkili dört sorgulama yeteneği tanımlanmış ve sorgulamaya dayalı öğrenme aktiviteleri içeren bir uygulama tasarlanmıştır. Bu yetenekler, nedensel ilişkileri tanımlamayı, mantıksal düşünme sürecini tanımlamayı, verileri kanıt olarak kullanmayı ve açıklamaları değerlendirme becerilerini içermektedir. Çoklu kaynaklardan elde edilen veriler (örneğin öğrenme aktivitelerinin video kayıtları, görüşmeler, öğrenci çalışmaları ve ön/son testler) 58 mevcutlu iki fen sınıfından toplanmıştır. İstatistiksel sonuçlar, öğrencilerin sorgulama yeteneklerinin, onların öğrenme aktiviteleri uygulamalarında yer aldıktan sonra dikkate değer ölçüde geliştiğini göstermektedir. Ancak bu yeteneklerdeki yeterlilik seviyesi de değişiklik göstermektedir. Öğrenciler nedensel ilişkilerin ifade edilmesinde, mantıksal düşünme sürecinin tanımlanmasında ve verilerin kanıt olarak kullanılmasında dikkate değer ilerlemeler kaydederken, açıklamaların değerlendirilmesinde daha az bir ilerleme göstermişlerdir. Buna ek olarak yapılan analizler sorgulama safhalarının değişik türde öğrenme fırsatları sağladığını ve sorgulama yeteneklerinin öğrencilerin gelişimi ile etkileşim içerisinde olduğunu ortaya koymuştur.

Wu and Krajcik, (2006) bu çalışmalarında ise, yedinci sınıf öğrencilerinin öğretmen merkezli proje tabanlı bir fen ünitesinde yazılı uygulamaların kullanımını araştırmaktadır. Öğrencilerin sekiz ay devam eden "su kalitesi" ünitesi süresince öğrenme uygulamalarını araştırmak için, çoklu kaynaklardan veri toplanmış (örneğin sınıf içi video kayıtları, öğrenci ürünleri ve öğretmen görüşmeleri) ve natüralistik bir yaklaşımdan çıkarılan analitik metotlar kullanılmıştır. Bulgular ünite boyunca, öğretmenlerin katkısı ile birlikte; sosyal, kavramsal ve materyal kaynaklar sağlandığında, öğrenciler tartışma (iddia) oluşturmak, kavramsal anlayışlar ortaya koymak ve anlamlı tartışmalarla meşgul olmak için yazılı bir metin hazırlama ve kullanma gibi anlamlı içeriklere sahip uygulamaları göstermede değişik araçları (örneğin dijital resimler, Web sayfaları ve modeller gibi) kullanabildiklerini



göstermiştir. Yazılı uygulamalar, öğrencilere verileri veya bilimsel fikirleri birleştirmek, organize etmek ve değiştirmek için kesin yollar hakkında deneyimler ve anlayışlar sağlamıştır. Ancak öğrenciler yazılı metinleri oluştururken, yazılı uygulamaların belirli mantıklı amaçlara nasıl hizmet edebileceğini düşünmemişlerdir. Buna ek olarak, öğrencilerin tutarlı nedenler oluşturabilmeleri için çoklu yazılar kullanması konusunda daha fazla temel gerekmektedir.

Bulte et al., (2006)'nin gerçekleştirdikleri bir başka çalışmada ise geleneksel lise kimya müfredatındaki öğrenme ürünleri (hem bilişsel hem de duyuşsal) arasındaki uyumsuzlukların nasıl azaltılacağı ve neyin elde edileceği tartışılmaktadır: öğrencilerin günlük yaşam ve toplumsal konulardaki öğrenmelerinin anlamlı ilişkisi. Mevcut problem, "Suyun Kalitesi" ünitesini içeren bir müfredat kullanılarak geliştirilmiş bir çalışma tasarımı tarafından ortaya konmuştur. Çalışmada gelişimsel araştırmayı kullanan çeşitli araştırma döngüleri ile gerçek uygulamalara dayanan müfredat üniteleri için eğitimsel bir taslak geliştirilmiştir. Bu taslak kullanılarak içerik destekli bir kimya müfredatının, geliştirilmiş bir "bilgi gereksinimi" prensibine dayanarak nasıl oluşturulabileceği gösterilmiştir.

Abdelraheem and Asan, (2006), teknoloji ve sorgulama temelli öğrenim arasında, tamamlayıcı ilişkiler yer aldığını ve her birinin uygulanmasından diğeri faydalandığını belirtmektedirler. Teknoloji, öğrencilerin dâhil olduğu tasarım ve çevrelere atıfta bulunurken, sorgulama temelli öğrenim, öğrenmenin yer aldığı bağlamları belirtir. Gerçekleştirilen çalışmanın amacı, işbirlikçi öğrenmeyi arttıran sorgulama temelli teknolojinin öğrencilerin öğrenim deneyimleri üzerindeki etkisini araştırmaktır. Hem lisans hem de lisansüstü öğrencilerin faydalandığı kavramsal araçlar gibi teknolojinin kullanılmasıyla ders ünitelerinin gelişiminde başarı olduğu görülmüştür.

Wilhelm and Walters (2006)'e göre, araştırma terimi, Amerika'nın matematik/fen eğitimi program derslerinde oluşturulan sorgulama temelli bir laboratuvar ortamının etkinliği ile ilgili olarak ortaya çıkmaktadır. Öğrencilere kavramsal bakış açısı sağlama, diğer disiplinlerle bağlantı kurma ve matematiksel kavramları denemelerine fırsatlar verilmesi için, sorgulama temelli laboratuvarların matematik sınıflarında da uygulanması gerektiği ileri sürülmektedir. Hizmet öncesi öğretmen adaylarının varsayımları takip etmesi, veri toplaması, eleştirel düşünmesi ve bulgularını paylaşması beklenmektedir. Bu nitel araştırma hizmet öncesi öğretmen

adayları için matematiksel içerik ve eğitimsel stratejilerin öğrenilmesinde sorgulamayı nasıl kullanabileceklerini gösterir.

Baumfield, (2006), eğitimde sorgulama için düşünme yetenekli yaklaşımların bir araç olması ve düşünme yeteneklerinin temel öğretisi olan sorgulama temelli öğretim ile arasındaki ilişkiyi geliştirmeyi ve sorgulama temelli öğrenimin okul gelişimi ve profesyonel gelişim için de bir yaklaşım olması fikrini amaçlamaktadır.

Plowright and Watkins (2004)'in gerçekleştirdikleri bu çalışma, İngiltere'deki bir üniversitede öğrenim ve öğretimde sorgulama temelli bir yaklaşımın sosyal çalışma programı müfredatı içerisinde nasıl geniş ve başarılı bir şekilde uygulandığının kritik bir analizini ve değerlendirmesini verir. Çalışma özellikle probleme dayalı öğrenme (PBL) teriminin reddedilmesi ve sosyal çalışma öğrenimi için alternatif sorgulama temelli öğrenme teriminin niçin daha uygun olduğu konusunda mantıklı bir gerekçe sağlar. Anket araştırmaları ve grup odaklı toplantılar, öğrencilerin sorgulama temelli öğrenmenin uygulanması konusunda birçok endişeye sahip olduklarını göstermiştir. Çalışmada iki önemli kaygı öne çıkmaktadır. Bunlar; öğrenci merkezli öğrenime karşı öğrenme konusunun dengesi ile öğretim ve öğrenimde sorgulama temelli öğrenme yaklaşımının uygulanmasının zamanlaması olarak belirlenmiştir.

Furtak, (2006), rehberli bilimsel sorgulama incelemelerinin, bilim adamlarının düşünme süreçleri ve aktiviteleri sayesinde öğrencilerin özel cevaplara ulaşmalarını sağlamak için tasarlan belirtmektedir. Bu durum, öğrenci odaklı sorgulamaları cesaretlendiren bir ortam sağlamak için cevapların öğrencilere verilmediği durumda uygulama yapan öğretmenler için zor bir durumun ortaya çıkmasına sebep olur. Bu çalışma, üç öğretmenin tanımladığı değişik yollarını araştırmış ve ortaokul fizik dersindeki bir araştırmada bu problemi cevaplarla birlikte ele almıştır. Öğretmenlerden biri, araştırmanın bir oyun olarak ele alınması sonucunda problem dikkate alınmış, bir diğer öğretmen öğrencilerinin fikirlerini, değerlendirme olmaksızın kabul etmiş ve diğer öğretmen ise öğrencilerine karşı kendi öğretim stratejilerini uygulamada oldukça fazla zaman harcamıştır. Araştırmacılar ve karar vericiler, rehberli sorgulamalı öğretimde cevapların rolünü iyi araştırmak zorundadır ve böylece bu problemler ortaya çıktığında onlara karşılık verebilmek için daha iyi donanıma sahip olmuş olurlar.

Brown et al., (2006)'nin gerçekleştirdikleri çalışmalarının amaçları; (a) lisans fen öğretiminde yer alan fakülte üyelerinin sahip olduğu sorgulama görüşlerinin

kavranması ve (b) sorgulamaya dayanan laboratuvarların tasarlanıp öğretilmesinde algıladıkları zorlukların, kısıtlamaların ve fırsatların tanımlanması idi. Katılımcılar; (a) 2 yıllık meslek yüksekokulu (b) küçük, özel sosyal bilimler vakıf üniversitesi (c) mastır eğitimi veren devlet üniversitelerinden ve (d) doktora/araştırma kapsamlı devlet üniversitelerinden, hem günlük hayatı hem de fizik bilim dallarını temsilen, 19 üniversite profesörü idi. Veriler yarı yapılandırılmış görüşmeler vasıtasıyla toplanmıştır ve tekrarlanan bir veri analizi sürecine uygulanmıştır. “Tam ve açık sorgulama” görüşüne sahip üniversite fen fakültesi üyeleri, sınıf sorgulamasını, zaman tüketici, yapısız ve öğrenci odaklı olarak görmekteydi. Onlar, sorgulamanın, ilk seviyedeki öğrenciler veya fen dışı dallarındaki öğrencilerden ziyade, üst seviyedeki ve fen dallarındaki öğrenciler için uygun olduğunu düşünüyorlardı. Fakülte üyeleri sorgulamaya gereken değeri vermesine rağmen, zaman kısıtlamalarını, sınıf büyüklüğünü, öğrenci motivasyonunu ve öğrenci yeteneklerini de göz önüne almaktadırlar. Sorgulama görüşüyle eşleşen bu sınırlamalar, onlara, sorgulama temelli laboratuvar uygulaması konusunda kısıtlama getirmiştir.

Taraban et al., (2007) gerçekleştirdikleri çalışmada lise biyoloji dersindeki iki ünite konusu için mevcut bir aktif öğrenme laboratuvarı, lise öğretmenleri ile üniversite ve fakülte personelinin işbirliği ile geliştirilmiş ve altı sınıftaki toplam 408 lise öğrencisine uygulanmıştır. İki çeşit öğretim türünün uygulamaya alınması için günlük sınıf aktivitelerini tanımlayan detaylı öğretmen kayıtları kullanılmıştır. Bunlar; laboratuvarları kullanan aktif öğrenme ile öğretmenin elindeki mevcut öğretim kaynaklarını kullanan geleneksel öğrenmedir. Öğretmen raporları, öğretmenlerin geleneksel öğretime nazaran aktif öğrenme laboratuvarları ile daha az bağımsız çalışma, daha az çalışma sayfası ve dolayısıyla daha çok işbirlikçi ve laboratuvar temelli aktiviteler kullandıklarını ileri sürmektedir. Sınıf test verileri ise öğrencilerin, geleneksel öğretime nazaran, laboratuvarları kullandıklarında daha fazla içerik bilgisi ve süreç yeteneği bilgisi kazandıklarını göstermektedir. Anket verileri, aynı içerik bilgisine sahip geleneksel yöntemlerle karşılaştırıldığında, öğrencilerin, bu laboratuvarları tamamladıktan sonra daha fazla öğrendiklerini göstermektedir. Laboratuvar temelli müfredatı kullanmış olan öğretmenlerin büyük bir çoğunluğuna uygulanan bağımsız bir ankete göre, laboratuvarların öğrenci merkezli prensiplerin amaçlarına uygun olarak öğretmenlerde de kendi davranışlarında değişimler olduğunu fark ettikleri belirtilmektedir. Çalışma

kapsamında, aktif öğrenme temelli laboratuvar üniteleri, lise öğretmenleri ve üniversite fakültelerinin işbirliği ile tasarlanıp geliştirilmiştir. Bunların daha sonra lise öğretmenleri tarafından kendi sınıflarında kullanılması, öğrenciler için artan bir içerik bilgisi ve süreç öğreniminin yanı sıra, öğrenci merkezli eğitim uygulamalarının daha çok kullanılmasına öncülük edebilir.

Crawford (2007) çalışmasında sorgulamalı fen öğretimini yürürlüğe koyan beş öğretmen adayının bilgisi, inançları ve çabalarını bir yıllık lise deneyimlerini kullanarak incelemiştir. Çalışmanın veri kaynaklarını görüşmeler, çalışma notları ve öğrenci çalışmaları oluştururken, bu çalışma fenin nasıl öğretilmesi gerektiğinin öğrenilmesi konusunda öğretmenlere de bir yönlendirme yapmaktadır. Araştırmada odaklanılan sorular şunları içeriyordu: 1) Öğretmen adaylarının, fen öğretimi konusundaki inançları nelerdi? 2) Öğretmen adaylarının sorgulamalı fen öğretimi anlayışları hangi boyuttaydı? 3) Eğer varsa öğretmen adayları hangi açılardan sınıflarında sorgulamalı fen öğretme konusunda çaba gösterdi? 4) Uzman öğretmenler hangi açılardan öğretmen adaylarının sorgulamalı fen öğretme konusundaki yetenek ve eğilimlerini destekler veya onlara kısıtlamalar koyar? Okul çevresinin desteğine rağmen, stajyerlerin öğretim stratejilerindeki mesleki gelişimleri; - geleneksel-düz anlatımdan yenilikçi, açık tam sorgulamalı projelere kadar tam bir uygulama spektrumunu temsil etmektedir. Kanıtlar, öğretmen adaylarının sorgulamalı fen öğretimine eğilim ve yeteneklerini etkileyen kritik faktörlerden birinin, öğretmenlerin öğretim ve fen konusunda kişisel inançlarının karmaşık bir kümesi olduğunu göstermiştir. Bu makale, gerçek sınıf uygulamalarında, öğretmenlerin inanç ve bilgisini ölçmedeki metodolojik konuları da araştırmıştır.

Oliver, (2007), geniş bir lisans sınıfındaki bir grup birinci sınıf öğrencisine uygulanan sorgulama temelli öğrenme yaklaşımının bir açıklamasını tanımlamaktadır. Çalışmada yenilikçi bir teknoloji desteği bu süreci yönetmek için kullanılmış ve problem çözme aktivitelerine dayanan öğrenmeye yönelik öğrenci tepkilerini belirlemek için kullanılmıştır. Boyutu problem çözme yaklaşımı kapsamında incelenen çalışma, öğrencilerin beklentilerini ve farklı isteklerini karşılayabilmiştir. Pozitif sonuçlar, tasarımın faydasını onaylamış ve öğrencilerin problem çeşitleri için tercihlerini göstermiştir.

Kipnis and Hofstein, (2007)'nin çalışmaları, sorgulama tipli deneyler kullanılarak, laboratuvarında lise kimya dersi öğretilmesi konusunda uzun dönemli geniş

kapsamlı araştırmalar bütünü olarak gerçekleştirilmiştir. Bu program kapsamında kimya öğrenen öğrenciler, şu sorgulama yeteneklerini kapsayan sorgulama sürecinde yer almışlardır: problemleri tanımlamak, hipotezleri formüle etmek, bir deney tasarlamak, verileri toplamak ve analiz etmek, bilimsel problemler ve olgular ile ilgili sonuçlar ortaya koymak. Öğrenciler, küçük işbirlikçi gruplarda bu aktiviteleri gerçekleştirirken ve sınıf arkadaşlarını gözlemlerken bilimsel olgularla ilgili olarak fikirlerini tartışmaları için cesaretlendirilmiş ve başarıları için gerekli süre verilmiştir. Çalışma kapsamında üç öğrenciden oluşan bir grubun sorgulama aktivitesinin örnek çalışması tanımlanmış ve Schraw (1998) tarafından sunulan bir üst-bilişsel modeli kullanılarak analiz edilmiştir. 20 öğrencinin görüşme kayıtları, Flavell et al., (2002) modeli kullanılarak analiz edilmiştir. Sorgulama aktivitesini gerçekleştirirken, öğrencilerin sorgulama sürecinin değişik safhaları için kendi üst-bilişsel yeteneklerini pratik ettikleri gözlemlenirken, yapılan görüşmeler sonucunda araştırmada yer alan öğrenciler, sorgulama aktivitesiyle alakalı kendi üst-bilişsel bilgilerini ifade etmişlerdir. Bu yüzden, uygun bir şekilde planlanan ve uygulanan sorgulama tipli laboratuvarın, öğrencinin öğrenimleri boyunca geliştirilen öğrenme yeteneklerinin kapsamının genişletilmesine yönelik olarak son yıllardaki ana amaçlardan biri olarak ifade edilen üst-bilişsel yetenekleri pratik etme şansını öğrenciye verdiği ifade edilmiştir.

Capobianco, (2007), bahsedilen kendi kendine öğrenme, bir yıllık bir süre boyunca fen bilgisi öğretmenlerinin eğitsel teknolojileri fen bilimleri dersine dâhil etmelerini incelemiş ve kendi öğretimlerinin yansımaları uygulamalarını modellemiştir. İlköğretim fen dersi öğrencileri, değişik eğitsel teknolojileri kullanan sorgulama temelli aktivite uygulamalarında yer almışlardır. Günlük yansımalar, geliştirici değerlendirmeler, içeriğe dayalı anketler ve sınıf görevleri çalışmanın veri kaynaklarını oluşturmaktadır. Bu çalışmadaki kendi kendine öğrenme uygulamalarından çıkan bulgular, öğretmenlerin kendi fikir ve pratik sorgulamalarının, öğrencilerin eğitsel teknolojiyi kullanarak bilimsel sorguyu nasıl öğreteceklerini öğrenmelerinin gelişimini etkilediğini ve onunla paralellik gösterdiğini ileri sürmektedir. Sonuçlar aynı zamanda, hizmet öncesi öğretmen adaylarının yansımaları uygulamalara dâhil edilmesi ve onların mesleki uygulama bilgisi gelişimlerinin modellenmesinin, sorgulama temelli fen öğretiminde teknoloji kullanımıyla ilgili olarak kendi öğrenimlerindeki belirsizliklerin açığa çıkmasını sağladığını ileri sürmektedir.

Sherman and MacDonald, (2007), eğitim lisans programından iki yıl sonra, birinci sınıf ilköğretim öğrencileri için sağlanan bir modülü tanımlamaktadırlar. Modül, hizmet öncesi öğretmen adaylarının üniversiteden az hatta bazen hiç olmayan fen bilgileriyle mezun oldukları gerçeğine hitap etmek için özel olarak tasarlanmıştır. Fen uygulamaları, bu çalışmada bahsedilen ve fen içerik bilgisini spesifik fen eğitimi içerik bilgisine bağlayan eğitim lisansı modülü içine açık olarak dâhil edilmiştir. Hizmet öncesi öğretmen adaylarına bir anket uygulanmış ve onlarla modül sırasında ve modül tamamlandıktan sonra görüşülmüştür. Sorgulama temelli yaklaşım, hizmet öncesi öğretmen adaylarının fen bilgisi seviyesini ve onların ilköğretim fen öğretimi ile ilişkili güvenlerini arttırmış ve onların fen eğitimi ve öğretimine karşı tutumlarını geliştirmiştir.

### **3.6. Sorgulamaya Dayalı Öğrenme Yaklaşımı İle İlgili Yapılmış Yüksek Lisans/Doktora Tezleri**

Maschewske (1996) yüksek lisans tezi, tasarlanan sorgulama temelli kimya müfredatının, üniversite birinci sınıf kimya laboratuvarlarına kimya öğrencilerini ve özellikle kız öğrencileri dâhil etmek ve gayrete getirmek amacı ile gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında ilgili eğitimsel araştırma gözden geçirilmiş ve müfredat uygulaması süreci için pratik stratejiler tavsiye edilmiştir. Pilot uygulama olarak bir grup öğrenci, mümkün olan en fazla sayıda tavsiyeyi sürece dâhil edecek şekilde eğitilmiştir. Pilot laboratuvar çalışmaları uygulama sürecini incelemiş ve öğrenci algılarını ve akademik başarılarını göz önüne almıştır. Tüm laboratuvarlara ve bölümlere sorgulama tabanlı yaklaşımın muhtemel uygulaması için bir hareket planı geliştirilmiştir. Laboratuvar asistanlarına bu laboratuvarların başarıyla kurulması için gerekli pedagojik, müfredata ait ve teknolojik yetenekleri öğreten bir seminer tasarlanmıştır.

Priestley (1997)'in bu çalışması, fen eğitiminde laboratuvar deneyimlerinin genel rolünü geliştirme yollarını araştıran altı rehber çalışmadan biridir. Bu araştırmanın birincil amacı; sorgulama yaklaşımı üzerine büyük vurgu yapan ve bu yaklaşımı laboratuvar eğitimi öncesi ve sonrası kullanan fizik bilimi hizmet içi öğretmenlerinin fizik bilimi derslerini yeniden yapılandırabilme becerilerinde olduğu gibi, bu yaklaşımda acil reforma sebep olan modellenmiş sorgulama temelli eğitim ile uzun dönemli hizmet içi eğitimin süresinin uzunluğunu araştırmaktır. İkincil bir amaç ise,

bu incelemenin bulgularını, bu çalışmaya eşlik eden bir çalışma olarak, hayat bilgisi öğretmenlerini inceleyen H. Priestley (1996)'nin ortak incelemesiyle karşılaştırmaktır. Bu amaçtan hareketle bir fen eğitimi dersi, iki deneyimli Üniversite profesörü tarafından geliştirilmiştir ki bu ders ihtiyaç duyulan sorgulama yönelimli eğitimsel yaklaşımı sağlamıştır. Laboratuvar öncesi ve sonrası uygulamaları video kasetlere kaydedilmiş ve kullanılan öğretim davranışlarının oluşum sıklıklarına karar vermek için, “Fen Öğretmeni Davranışsal Envanteri” kullanılarak analiz edilmiştir. Hizmet içi öğretmen davranış profilleri, geleneksel ve model öğretimi profilleri ile karşılaştırılmıştır. 14 Fizik Eğitimi Öğretmenlerinden 11'i laboratuvar sonrası uygulamaları sunmuş, bu uygulamalar öğrenci laboratuvar verisi ve/veya gözlemleri kullanarak tartışmanın takibi için bir temel sağlamıştır. Bu 11 öğretmenin 8'i, önemli bir seviyeye kadar eğitime bir model yaklaşım göstermiştir. Bu 8'li grupta, 4 tanesi hizmet içi uygulamadan önce modellenmiş yaklaşımı kullandıklarını belirtirken, kalan 4 tanesi derslerini yeniden yapılandırabileceklerini ve model profiline yaklaşmak için öğretim davranışlarını değiştirebileceklerini ifade etmişlerdir. Burada bildirilen araştırma, fizik eğitimi ve hayat bilgisi öğretmen grupları arasında öğretim davranışlarındaki istatistiksel olarak anlamlı bir fark açığa çıkarmazken, bu öğretmenler laboratuvar sonrası uygulamalar yürütmek için kullanılan zaman miktarında önemli farklılıklar göstermişlerdir.

Tien (1998)'in çalışmasında, tipik sınıf deneyimi ve uzman pratiği arasındaki eksikliği gidermek için, üniversite genel kimya dersinde kullanılmak üzere Modelleme – Gözlemeleme –Yansıtma - Açıklama (MORE\_Model-Observe-Reflection-Explain) Proje laboratuvar müfredatı geliştirilmiştir. Müfredat gelişimini yönlendiren altyapı, eğitimsel ve kavramsal fen araştırmalarından elde edilen bulguları göz önüne almıştır. Altyapının üç bileşeni şunlardır: a) gerçek bilimsel sorgulama yoluyla kavramların keşfedilmesi; b) üst bilişsel seviyenin teşvik edilmesi ve c) rehberli keşif için destek. Müfredat, öğrencilere uzman araştırmasının bir kavramsal model (Modelleme – Gözlemeleme –Yansıtma - Açıklama) döngüsünü sağlar, bunun amacı deneyler tasarlamak ve açıklayıcı modelleri düzeltmek gibi gerçek araştırma imkânlarıyla öğrencileri kavramca zengin sistemleri araştırmaya teşvik etmektir. Bu döngü yapısı laboratuvar müfredatına dâhil edilerek, öğrencilere bilim adamlarının araştırma sürecince nasıl düşündüğüyle ilgili bir model sağlanmış olur. Kimyaya karşı tutum, kavramsal

anlama, sorgulama yetenekleri ve bilimsel uygulamalar hakkındaki inançlarla ilgili deney ve kontrol grubu arasındaki farklılıkları belirlemek için çeşitli araçlar kullanılmıştır. Analizlere dayanarak, belirtilen proje sınıflarını tecrübe eden öğrenciler tüm alanlarda daha geleneksel laboratuvar sınıflarına kayıtlı öğrencilere oranla önemli kazanımlar elde etmişlerdir. Özellikle, bu sınıflardaki öğrenciler için şunlar söylenebilir; (a) bilimsel pratiklerin tipik karmaşık, dinamik süreçleri tanımlamışlar; (b) daha karmaşık sorgulama yetenekleri geliştirmişler ve (c) laboratuvarda modelleme ve sonuç çıkarmayı pratik etmişlerdir.

Brockmeyer (1998), çalışmasında hizmet içi fen öğretmenlerinin inanç ve eğitimsel pratiklerindeki değişiklikler ile genişletilmiş sorgulama temelli eğitimi teşvik eden bir hizmet içi seminer programına katılımdan sonuçlanan değişiklikler incelenmiştir. Nitel bir araştırma çalışması olan bu çalışma kapsamında, açık-uçlu katılımcı görüşmeleri, sınıf gözlemleri ve yazılı aktiviteler kullanılmıştır. Çalışmaya öğretimlerinin ilk, ikinci ve üçüncü yıllarında olan altı ortaokul fen öğretmenleri katılmıştır. Bu çalışmanın sonuçları, fen öğretmenlerinin inanç ve uygulamaları ile hizmet içi katılımın yararları arasındaki ilişkiye yeni anlayışlar sağlamayı da amaçlamaktadır. Çalışmanın ana bulguları şunları içermektedir: 1) fen öğretmenlerinin fen öğretme ve öğrenme hakkındaki inançları daha çok öğrenci merkezli olmaya eğilimli iken, uygulamaları genellikle daha öğretmen merkezlidir; 2) fen öğretmenlerinin bu grubu için fen öğretimi ve öğrenimi ile ilgili inançlarındaki büyük değişiklikler çalışmadaki ders süresi boyunca anlaşılır değildi, 3) seminer katılımı, altı öğretmenden beşinin sınıflarında en az bir genişletilmiş sorgulama temelli öğrenme deneyimi uygulamasıyla sonuçlanmıştır, 4) katılımcıların sınıf uygulamalarında sorgulamanın başlangıç ve orta seviyesinde devam eden uygulamalar yapmaları hizmet içi programın katılımcıların en az yarısının öğretim uygulamalarında bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir, 5) uygulama ve inançlar arasında kavramsal çelişkinin açık bir seviyesi altı katılımcının dördünde mevcuttu, 6) yaz semineri süresince genişletilmiş sorgulama derslerinin modellenmesi tüm katılımcılar için hizmet içi programın oldukça yararlı yönlerinden biri idi; 7) akademik yıl süresince gerçekleşen iş takibi seminerleri, resmi göreve başlama için değerli bir destek kaynağı idi.

Dantley (1999) bu çalışmasında, fakülte öğrencilerinin genel kimyaya giriş dersine karşı tutumlarına, mantıksal düşünme yeteneklerine, içerik bilgilerine ve grafik oluşturma yeteneklerine Mikrobilgisayar Temelli Laboratuvar aktivitelerinin



kullanıldığı sorgulamaya dayalı teknoloji destekli laboratuvarlarının etkisi araştırılmıştır. Çalışma yarı-deneysel, ön-son test karşılaştırmalı ve deney grubu araştırma desenindedir. Çalışmadaki deney grubu mikrobilgisayar temelli bir laboratuvar çalışması gerçekleştirmiştir. Her biri için sorgulama temelli laboratuvar aktiviteleri kullanılmıştır. Çalışma kapsamında dört ana araştırma sorusu incelenmiş ve; Bilimsel Mantıksal Düşünmede Düzenlenmiş Lawson Testi; Fende Grafik Oluşturma Testi; Düzenlenmiş Laboratuvar Aracı (“Gazların Davranışı” ve “Işıklar, Renkler ve Absorpsiyon”) ile tutum anketi gibi kimyagerler heyeti tarafından onaylanmış içerik soruları, Gazların Davranışı ve Işık, Renk ve Absorpsiyon laboratuvarları içerik bilgi soruları, ortalama sonuçlar arasında t-testleri kullanılarak istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığına karar vermek için analiz edilmiştir. Lawson’dan elde edilen sonuçlar, öğrencilerin ortalama sonuç performansının uygulama ve karşılaştırma grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı olmadığını göstermiştir. T-test sonuçları her bir grubun benzer mantıksal düşünme yeteneğine sahip olduğunu göstermiştir. Fende Grafik Oluşturma Testi t-test sonuçları, ortalama sonuçların her bir grup arasında istatistiksel olarak anlamlı olmadığını açığa çıkarmıştır. Sonuçlar her bir grubun benzer grafik yeteneklerine sahip olduğunu öne sürmüştür. Ancak, “Gazların Davranışı” ve “Işıklar, Renkler ve Absorpsiyon” laboratuvarlarında performanslarındaki ortalama sonuçlarında önemli farklılıklar bulunmuştur. “Gazların Davranışı” ve “Işıklar, Renkler ve Absorpsiyon” için içerik bilgisinin değerlendirilmesinde, grupların ortalama sonuçları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılığın olmadığını açığa çıkarmıştır, laboratuvarda MBL kullanan uygulama grubu öğrencilerinin performansının geliştiğinin ileri sürülmesine rağmen, içerik bilgileri artmamıştır. Her bir grup teknolojinin kullanılması konusunda olumlu görüş sunmuştur.

Macaroğlu (1999) tamamladığı doktora tezinde, ilkokul fen öğretimi ve öğrenimi içeriği kapsamında, hizmet öncesi ilkokul öğretmen adaylarının bilimsel sorgulamayı anlaşılabilirliğin gelişimlerini araştırmıştır. İnceleme özellikle 24 hizmet öncesi ilkokul öğretmen adaylarının şu konularda ortaya çıkan kavrayışlarını incelemiştir: (a) bilimin doğası ve bilimsel sorgulama, (b) okul fen dersinde bilimsel sorgulamanın yeri ve (c) öğrencilerin feni nasıl öğrendiği ve sorgulama temelli bir fen öğrenme ortamı kapsamında öğretmenlerin feni nasıl öğrettiği. Bireysel veri kaynakları, öğrencilerce ifade edilen kavramları ve kategorileri tanımlamak için açığa çıkarılmıştır. Çapraz karşılaştırmalar yürütülmüş ve modeller tanımlanmıştır.

Bu modeller hakkında savlar oluşturulmuştur. Bulgular hizmet öncesi öğretmen adaylarının, bu bakış açısını teşvik eden bir içeriğe daldırıldığında bilimsel sorgulama için daha çağdaş bir görüş geliştirebileceğini önermiştir. Hizmet öncesi öğretmen adayları bilimsel süreçlere büyük önem vermiş ve bilimsel sorgulamayı, bilimsel bilginin gövdesine eklenen yeni gerçeklerden oluşan bir araç olarak tanımlamışlardır. Fenin nasıl öğrenilip öğretileceği anlayışı hakkındaki öğretmen adaylarının görüşleri daha fazla kavramsal bir yaklaşımı içermektedir ve bilimsel sorgulama öğrencileri zihinsel olarak meşgul etme aracı olarak tanımlanmıştır. Buna rağmen mevcut öğretmenlerin ortaya çıkan fikirlerini pratiğe çevirmeyi denerken belli sayıda engeller ile karşılaşmış olmaları da şaşırtıcı değildir. Öğretmen hazırlık deneyimlerini tanımlamak için daha fazla araştırma gereklidir ki bunlar hizmet öncesi öğretmen adaylarının fen öğretimi ve öğrenimi için bir bilimsel sorgulama çatısının kazanımını ve uygulamasını en etkili bir şekilde kolaylaştıran deneyimlerdir.

Haskins (2000) çalışmasında, Biyoloji ve Kimyadaki uygulamalarda bulunan materyallerin bilimsel süreç yeteneklerinin dâhil edilmesi yoluyla bilimsel sorgulamayı teşvik edip etmediğine nicel olarak karar vermek ve laboratuvar aktivitelerinin tipine (deneysel, karşılaştırmalı veya tanımlayıcı) ve karakterine (uygulamalı laboratuvar, kâğıt ve kalem, model ya da bilgisayar) karar vermeyi amaçlamıştır. Araştırma tasarımı, tüm 12 üniteyi içeren 79 laboratuvar aktivitesinde öğrenciler için gerekli olan bilimsel süreç yeteneklerinin sıklığı ve tipinin incelenmesi için çalışma kapsamında yeniden düzenlenen 33 maddelik Laboratuvar Analiz Envanteri kullanılmıştır. Laboratuvar aktivitelerinin 19'u için bilimsel süreç yeteneklerindeki güvenilirlik %86,1'lik bir ortalama skorla tamamlanırken, laboratuvarın tipi ve karakteri için ise sırasıyla %79,0 ve %96,5'lik bir ortalama skor ile tamamlanmıştır.

Tinnin (2000) doktora tezinde, uzun dönemli bir mesleki gelişim programının öz yeterlik inançları, fen tutumları, yetenekleri ve ilkökul öğretmenlerinin bilgisi üzerindeki etkinliğini belirlemeyi amaçlamıştır. Çalışmanın ana bileşenleri; bir konuya ait fen dizisinin kullanımı, 5E yapısalcı - yönelimli eğitimsel bir modelin kullanımı, bilimsel süreç yeteneklerinin birkaç bilim dalı ile ilgili doğası üzerine odaklanma ve rehberli-sorgulama temelli öğrenme deneyimlerinin kullanımını içermektedir. Bu bileşenler matematik ve fen eğitimi için etkili mesleki gelişimin temel bileşenleri olarak tanımlanan prensipleri yansıtmaktadır. Araştırma ekibi 24

ay boyunca toplam 30 gün olmak üzere, katılımcılarla okullarında aktif bir şekilde ilgilenmişlerdir. Her bir eğitim dönemi boyunca, araştırma ekibi 5E yapısalcı - yönelimli eğitimsel stratejiyi ve bilimsel süreç yeteneklerinin doğası ile ilgili birkaç bilim dalı modellenmiş, geniş çeşitlilikte aktivite merkezleri kurulmuş ve öğretmenlere kendi tutumlarını, yeteneklerini ve bilimsel içeriğe sahip bilgileri ve öğretme stratejilerini geliştirmek için imkânlar sağlanmıştır. 15 katılımcı Liderlik Takım Anketini ön-son test olarak uygulamışlardır. Deniz ve Yer biliminin öğretimi, içerik bilgisi ve öğretim stratejilerindeki güven seviyesini ölçen kazanım skorlarının nicel veri analiz sonuçları anlamlı çıkmıştır. Katılımcıların yeterlik inançları ve sonuç beklentileri, her iki bileşeni ölçen Fen Öğretmeni Kişisel Etkinlik İnançları Enstrümanı testleri ile değerlendirilmiştir. Öz-yeterlik inançları da anlamlı düzeyde iken, sonuç beklentileri anlamlı düzeyde çıkmamıştır. Veriler, bu uzun dönemli mesleki gelişim çalışmasına katılan ilköğretim 2. sınıf öğretmenlerinin fen öğretime karşı bilgi, yetenek, tutum ve öz-yeterlik inançlarında önemli ilerlemelerin oluşunu göstermiştir.

Saha (2001) çalışmasında, zaman, alan ve para gibi bazı faktörlerin, birçok fen eğitimcisini fende alternatif değerlendirme unsurları olarak uygulanan sorgulama-yönlendirmeli laboratuvar temelli performans uygulamalarını kullanmaktan vazgeçtiğini vurgulamaktadır. Çalışma kapsamında, lise biyoloji dersi için geçerli, sorgulamaya yönelik laboratuvar görevlerinin eksikliğinden de bahsedilmektedir. Bu amaçtan hareketle bu çalışma, aşağıdaki üç araştırma sorularını belirlemiştir; (1) kendileri için tasarlanan/yazılan laboratuvar temelli performans görevlerini yapabilir durumdaki öğrenciler için, bu görevler nasıl tasarlanmalı ve geliştirilmedi? (2) laboratuvar temelli performans görevlerine verilen öğrenci yanıtları, yeni biyoloji öğrenme hedeflerinin öğrencilerin sahip olmasını istediği amaçlanan süreç yeteneklerinden en azından birkaçını temsil edebilmiş midir? (3) laboratuvar temelli performans görevleri, bireysel görev ve bir takım olmak üzere içerik açısından istikrarlı mıdır? Bu soruları cevaplamak için, ilk olarak tekrarlanan bir deneme test sürecinde tasarlanan ve geliştirilen altı biyoloji görevinden üç tanesi kullanılmıştır. 224 öğrenciden gelen veri analizleri göstermiştir ki laboratuvar temelli öğrencilerce yapılabilir performans görevleri dikkatli ve tekrarlanan bir gelişim süreci gerektirmektedir. Her ne kadar öğrenciler yerine getirme konusunda, sonrasında planlama ve mantıksal düşünmede daha fazla yetenek sergileseler de, madde seviyesindeki performansları bazı maddeler için çok yetersizdir. Yetersiz

performanslar için muhtemel nedenler tartışılmış ve bu eksikliklerin nasıl giderileceği ile ilgili öneriler yapılmıştır. Araçların geçerliliği ve güvenilirliği için deneysel kanıtlar sunulmuştur. Çalışmanın sınırlamaları tanımlanmıştır. Son olarak, çalışmanın sonuçları ve ileriki araştırmalar için talimatlar tartışılmıştır.

Sapulding (2001)'in tamamladığı bu tez çalışması, sorgulamaya dayalı öğrenme algıları üzerine eğitimde yıllarca sürmüş bir deneyimi kontrol ederken eğitimcilerin meslek durumu ile eğitimsel seviyesi arasındaki ilişkiyi inceleyen bir çalışmanın sonuçlarını bildirmektedir. Bu çalışma, öğrenmede meslek durumunun (bir öğretmen veya yönetici olmak) ve eğitimsel seviyenin (ilk veya ortaokul) ortaklaşa ya da bağımsız olarak, sorgulama temelli yaklaşıma ait algıları etkileyip etkilemediği ile ilgili sorular ortaya atmıştır. Çalışma için, 1999 – 2000 akademik yılı boyunca New York Eyaletinde halk okullarında çalışan öğretmen ve idarecilerden gelen arşivsel verilerden faydalanılmıştır. Veriler orijinal olarak anketler üzerinden toplanmış ve New York eyaletindeki 46 okul bölgesini kapsayan 76 ayrı okulu içermiştir. Veriler 195'i ilkokullardan ve 308 tanesi ortaöğretim okullarından olan 503 profesyonel eğitimcinin arşiv kayıtlarından elde edilmiştir. Bunların 56 tanesi idareci ve 447 tanesi öğretmendir. Bu çalışmanın sonuçları, sorgulama temelli öğrenmenin özelliklerine ilişkin hem meslek durumu (öğretmen, idareci) hem de eğitimsel seviyeden (ilkokul, ortaokul) dolayı eğitimciler arasında algılamada çeşitliliklerin var olduğunu göstermiştir. Ortaöğretim okullardaki eğitimciler, ilkokullardaki eğitimcilere göre bir sorgulama temelli yaklaşımı içeren özelliklerle daha çok uyum sağlama eğilimi göstermişlerdir. Ancak ilkokul düzeyinde çalışan eğitimciler, ortaöğretim okullarından gelenlere göre, sorgulama temelli müfredatın tasarımı ve uygulanmasını desteklemede hemfikir olmuşlardır. Genelde, idareciler sınıflarda sorgulama temelli uygulamaların gerekliliği ile ilgili olarak öğretmenlerden daha çok olumlu görüş aldıklarını bildirmişlerdir. Bu çalışma K–8 sınıf seviyesinde sorgulama temelli öğrenimin uygulanması veya eksikliğini araştıran mevcut çalışmaları desteklemiş ve ekleme yapmıştır. Bu çalışma, kaliteli sorgulama temelli öğrenimi neyin oluşturduğu, nasıl desteklenmesi gerektiği ve nasıl uygulanacağı ile ilgili algılardaki çeşitliliğe hem meslek durumunun hem de eğitimsel seviyenin katkıda bulunmasıyla ilgili kanıt sağlar.

Billings (2001)'in çalışmasının amacı, fizik alanında öğrenme döngüsü ve sorgulama temelli öğrenim kullanarak 28 lise öğrencisi ile beş yıllık bir araştırmayı

kapsayan bir çalışma ile genel olarak öğrenci başarısını ve öğrenme döngüsüne öğrencilerin verdiği yanıtları ve özellikle eğitimsel yaklaşım açısından zevk aldıkları bir üniteyi kullanarak öğrencileri değerlendirmektir. Öğrenciler materyali geleneksel anlamdan daha iyi olmasa da öğrenmişlerdir ve test ile küçük sınavlarda % 75'in üzerinde bir başarı göstermişlerdir. Çalışmada belirtilen hipotez; Öğrenme Döngüsünün, daha iyi bir öğrenmeyi ve kavramlara hâkimiyeti kolaylaştıracağı ve konunun içeriğini öğrencilere daha ilginç, kişisel ve ulaşılabilir yapacağıdır. Nicel veriler çalışmadaki ders boyunca öğrenci katılımlarının %56 arttığını gösterirken, nitel veriler öğrencilerin konu materyallerine olan ilgi seviyeleri açısından gözlemlenerek analiz edilmiştir. 2001 yılında gerçekleştirilen test ve küçük sınav sonuçları ve kişisel yazılı cevapları içeren bir öğrenci anketi kullanılarak 28 kişilik bir öğrenci grubundan ek nicel veriler toplanmıştır. Öğrenci yazılı cevaplarından, %75'inin öğrenim döngüsünü kullanmaktan zevk aldığı, %10'unun yeterli seviyede öğrendiklerini hissettikleri, %32'sinin ise öğrenme döngüsü ile daha iyi öğrendiklerini hissettikleri ortaya çıkmıştır. Araştırmada kullanılan rubrik dereceleme sistemi öğrencilerin sınıf ortalama test sonuçlarını % 85'e denk bir yeterlik seviyesinde ölçerken, ankette alınan sonuçlara göre, öğrencilerin % 66'sı öğrenme döngüsüne olumlu yanıt vermişlerdir. Bu sonuçlar, öğrenme döngüsünün etkili bir öğretim aracı olduğu ve öğrenmeyi ilginç bir hale getirerek kolaylaştırdığını göstermiştir.

Keller (2001), yeni göreve başlayan bir öğretmenin nasıl etkili olabileceği konusuna odaklanan bu nitel incelemesinde bir fen sınıfında sorgulama temelli bir öğrenim ortamı yaratmıştır. Çalışılan dört belirli alan şunları içermektedir; sorgulama temelli bir sınıf ortamının yaratılması, sorgulamayı teşvik edecek müfredat programının seçimi, bir sorgulama süreci boyunca nasıl öğrenileceğini öğrenmek için öğrencilerin kabiliyetlerinin gözlemlenmesi ve sorgulamalı feni öğretmek için hazırlık ve yeni öğretmen eğitimi. Bu inceleme batı sahilinde bulunan bir ortaokul yedinci fen sınıfında uygulanmıştır.

Krystyniak (2001) tamamladığı doktora tezinde, ikinci sömestr genel kimya öğrencilerinin, onların bilimsel süreç becerilerini kullandıkları genişletilmiş bir açık sorgulama laboratuvar incelemesine katılımlarının etkisini araştırmıştır. Hem iki sorgulama dışı ve hem de üç açık sorgulama laboratuvarı dersi boyunca, kendi öğretmenleri ve laboratuvar takımında yer alan öğrenciler arasındaki sözlü etkileşimin araştırılmasına ilave olarak, laboratuvar araştırmalarının belirli

performans özelliklerinin güvenilirliği de araştırılmıştır. Veri toplama araçları, 36 maddelik çoktan seçmeli Bilimsel İşlemler Beceri Testi ve 20 maddelik- 8'li Kimya Laboratuvarı Anketini kapsamaktadır. Bu araçlar iki üniversitede 157 ikinci s0mestr genel kimya 0đrencisine, s0mestr başı ve sonunda uygulanmıştır. Ama sadece bir 0niversitedeki 0đrenciler açık sorgulama aktivitelerine katılmışlardır. Kontrol grubu ve deney grubu 0đrencilerine verilen araçların son test sonuçları arasındaki ilişkiyi araştırmak için MANCOVA analizi uygulanmıştır. Bilimsel İşlemler Beceri Testi (BİBT) ve Kimya Laboratuvarı Anketi 0n test sonuçları ile 0nceki fen deneyimleri arasında herhangi bir anlamlı ilişki bulunamamıştır. Wilcoxon analiz sonuçları, her iki grup 0đrencilerinin kendilerine g0venlerinin arttığını, deney grubu 0đrencilerinin ortalamanın altında kaldıklarını g0stermiştir. BİBT 0n test sonuçları ise bilimsel s0reğ becerilerinde 0nemli bir artış olduğunu g0stermiştir. B0t0n laboratuvar temelli s0zl0 etkileşimlerin kopyalanmış ses kayıtları ıalışma kapsamında analiz edilmiştir. Açık sorgulama aktiviteleri boyunca, laboratuvar takımının 0yeleri daha az sıklıkla birbirleri ile etkileşmişler, kendi 0đretmenlerinden daha az rehberlik yardımı almışlar ve kimya kavramları hakkında sorgulamaya dayanmayan aktiviteleri boyunca olduğundan daha az konuşmuşlardır. Kanıtlar; 0đrencilerin bilimsel s0reğ becerilerini kullandıklarını ve aktivitelerin her iki ıeşidi boyunca daha y0ksek seviyeli d0ř0nmeyle meşgul olduklarını g0stermiştir. D0rt 0đrencili bir grup kendi tecr0belerini açık sorgulama aktiviteleri ile paylaşmış, bu durum 0đrencilerin bu deneyimden hoşlandıklarını ortaya koymuş ve bunun yapmaya değer olduğunu g0stermiştir. 0đrenciler bunun kendilerine kimya araştırmasının doğası anlayışını kazandırması bakımından yardımcı olduğuna inanmışlardır. Araştırma sonuçları açık sorgulama laboratuvarına katılımın 0đrencilerin kendilerine g0venlerini arttırdığını ve bazı 0đrenciler için bilimsel s0reğ becerilerini kullanma kabiliyetlerini geliştirdiğini g0stermiştir. 0đrenci laboratuvarındaki sonuç belgeleri, etkileşim ve laboratuvar tecr0besinin ıeşidine y0nelik olan d0ř0nceler arasında farklılık olduğunu g0stermektedir. Ayrıca açık sorgulama laboratuvar tecr0belerinin 0zelliklerini incelemek için daha başka araştırmalar yapılması da 0nerilmektedir.

Lim (2001)'in gerıekleştirdiği bu ıalışma, 0đretmenlerin mesleki gelişimi için web 0zerinden sorgulama temelli 0đrenme ortamları tasarlamaları için y0nergeler tanımlamayı araştırmıştır. Bu noktadaki 0zel sorular şunlardır: 1) Web 0zerinde araştırmayı kolaylaştıracak hangi tasarım elemanları şu anda kullanılmaktadır? 2) İnternette erişilebilir sorgulama temelli 0đrenme ortamlarının eleştirel 0zellikleri

nelerdir? 3) Web üzerinde araştırmayı kolaylaştırmak için hangi yapı ve yapı modeli gerekli olabilecektir? ve 4) Web üzerinde araştırmayı kolaylaştırmak bakımından uygun tasarım elemanları neler olabilir? Online sorgulama temeli öğrenme ortamlarını ve tasarım yönergelerini açıkça belirtebilmek için, web üzerinden sorgulama temelli bir öğrenim yaklaşımı kullanan üç durum şunlardır: Web Arama, Sorgulama Sayfası ve Teknoloji Stüdyosu ile öğretimin öğrenilmesi. Bu modelin üç seviyesi vardır: 1) bir sorgulama modeli, 2) bir eğitim ortamı ve 3) bir sorgulama komitesi. Bu incelemede önerilen tasarım yönergeleri dört ana alanı kapsar: 1) ön koşulların değerlendirilmesi, 2) bir sorgulama modelinin tasarımı, 3) bir eğitim ortamının tasarımı ve 4) sorgulama komitesinin tasarımı. Yönergelerin eleştirmenlerinin yorumlarına dayanarak, çözümlenmemiş konular tanımlanmıştır. Bu konular şunları içerir: 1) doğru bir soru sormak, 2) sahipliği teşvik etmek, 3) gösterimlerin çoklu seviyelerini kullanmak, 4) ulusal müfredat standartlarını kullanmak, 5) bir tasarım modülü kullanmak, 6) sorgulamayı planlamak, 7) sistematik araştırma oluşturmak, 8) sorgulama performansı kullanmak, 9) etkili yansıma sağlamak, 10) yapı iskelesi sağlamak, 11) kaynak sağlamak, 12) çeşitli kavramsal araçlar kullanmak, 13) isteğe göre uyarlanmış boş alan geliştirmek ve 14) bir sorgulama komitesi geliştirmek. Ayrıca, başka üç genel konu da tartışılmıştır: 1) sorgulamanın yapısı için görsel tasarım. 2) tasarımcı gibi öğretmen yaklaşımı ve 3) İnternet aracılığıyla sorgulama temelli öğrenme ortamının eğitimel amaçlı kullanımı.

Wu (2002)'nin çalışmasında, öğrencilerin yazılı aktivitelerle ilgili öğrendikleri üzerine daha önceki araştırmalar genişletilmiş ve yedinci sınıf öğrencilerinin yazılı aktivitelerin sıralandığı, yinelendiği ve bilimsel sorgulama içine dâhil edildiği öğrenme ortamlarında müfredat ve öğretmenlerce yapı iskelesinin kurulduğu yeterli ve anlamlı yazılı aktiviteler sergileyebilecekleri bu çalışma kapsamında gösterilmiştir. Fen sınıflarında yazılı aktiviteler kullanmak, öğrencilerin bilimsel sorgulama gibi kavramlarla ilgili anlamaları üzerinde olumlu etki yapabilir. Öğrencilerin bu çalışmada belgelenmiş yazılı aktivitelerinin tarihsel gelişimi, sosyal uygulamalar, öğrenme toplulukları, bilimsel –mantıksal düşünme ve sorgulamalı fen hakkındaki teorilerle ilgili bilgi verebilir. Kaynaklar ve müfredatın özelliklerinin kullanımı hakkındaki bulgular, öğrencilerin yeterli ve gerçekçi yazılı aktiviteleri geliştirme fırsatları bulacakları öğrenme ortamlarının tasarımını kavrama imkânı sağlayacaktır. Son iki bölümde öğretim için bu çalışmadan alınabilecek

uygulamalar gösterilmiştir ve öğrencilerin yazılı aktiviteleri öğrenimi üzerine ileriki bir araştırma için olası yönlendirmeler sağlanmıştır.

Meade (2002) ise tamamladığı doktora tezinde, teknoloji temelli üniversite öğrencisi kimya laboratuvarlarındaki sorgulamalı öğrenmenin kavramsal ve tutumsal etkilerini tanımlamayı amaçlamıştır. Çalışmaya 2002 bahar döneminde üniversite genel kimya laboratuvarında kayıtlı 428 öğrenci katılmıştır. Kavramsal ve tutumsal ön-son test sonuçları nicel olarak analiz edilmiştir. Nitel sonuçlar, anketler ve odak gruplarından toplanmıştır. Nicel veriler, uygulama grupları arasındaki farklılıkları tanımlamak için tekrarlı ölçüm analizi kullanılarak analiz edilmiştir. Yüksek seviyeli bir sorgulamalı uygulama grubu açık-uçlu olarak tasarlanmış ve veri toplama, veri gösterimi ve yorumlaması konularına ilişkin öğrenci kararlarına ihtiyaç duyulmuştur. Düşük seviyeli sorgulamalı uygulama grubu ise işbirlikçi ve geleneksel öğrenme stratejilerini içermektedir. Bu incelemenin ana bulguları şunlardır: 1) Ön test ve son test kavramsal kazançlar her iki grup için de anlamlıydı. Düşük seviyeli sorgulama öğrencileri, araştırma sorularında yüksek seviyeli araştırma öğrencilerinden önemli derecede daha başarılı olmuşlardır. 2) Yüksek seviyeli sorgulama öğrencileri için süreç yetenekleri düşük seviyeli sorgulama öğrencilerinden daha yüksek seviyede gelişme göstermiştir. 3) Ön test ve son test sonrasında tüm öğrencilerin pozitif tutumları önemli düzeyde azalmıştır. Yüksek seviyeli sorgulama öğrencilerinde fene karşı tutum ve fende başarılı olma yeteneği yönünde daha olumlu düşünceler gözlenmiştir. Düşük seviyeli sorgulamaya katılan erkek öğrencilerde ve yüksek seviyeli sorgulamaya katılan kız öğrencilerde, fene karşı tutum ve fende başarılı olma yeteneği yönünde daha olumlu düşünceler bulunmuştur. 4) Yüksek seviyeli sorgulama öğrencileri öğrenme döngüsünün kullanımından kaynaklanan bilimin doğasına yönelik daha uygun tutumlar sergiledikleri gözlenmiştir. 5) Düşük seviyeli sorgulama öğrencileri yüksek seviyeli sorgulama öğrencilerine oranla laboratuvardaki teknolojilere yönelik daha uygun tutumlar sergilemişlerdir. Her iki uygulama grubu da kızılötesi spektrometre kullanımına yönelik olumlu tutum sergilerken, pH metre kullanımına yönelik olumsuz tutum sergilemişlerdir. 6) Yüksek seviyeli sorgulama öğrencilerinin daha mantıksal düşünme yeteneklerine sahip oldukları bildirilmiştir. Model araştırmasının laboratuvarlarda yaygın bir konu olduğu her iki grup tarafından bildirilmiştir. Hipotezlerin her iki grup tarafından da nadiren kullanıldığı gözlenmiştir. Bu bulgular önemlidir çünkü fene karşı tutum ve



cinsiyet eşitliğinin sorgulama aktivitelerini pozitif yönde etkilediğini işaret ederler ve bu bulgular mantıksal düşünme ve süreç yeteneklerinin gelişimine katkıda bulunurlar.

Wadden (2003), bu yüksek lisans tezinde, öğretmenlerin erken okuryazarlık sınıflarında (ilkokulda) sorgulamayı nasıl önemli kıldıkları, cesaretlendirdikleri ve teşvik ettikleri incelenmiştir. Beş öyküleştirilmiş bir örnek olay çalışması şu soruyu sorgulamak için kullanılmıştır: öğretmenler erken bir okuryazarlık sınıfında (ilkokulda) öğrencileri teşvik ederek, cesaretlendirerek, onlara değer vererek sorgulama başlatabilir mi? Bu tez iki bölüme ayrılabilir, “Sorgulamacı bir sınıfın organizasyonu ve yapısı” ve “sorgulama temelli sınıfta karşılıklı konuşma ve ses”. Bu çalışmada her iki bölümde de erken bir okuryazarlık sınıfında çocukların sorgulama yolları keşfedilmiştir. Bu durum örnek olay çalışmaları yoluyla; sosyal adalet, popüler kültür, sorgulama ve öğrenci toplulukları, açık fikirlilik, bağımsız çalışma zamanları, fiziksel özellikler, öğrenci ilgileri, müfredat kaygıları ve değerlendirme ile öğretmen gücü araştırılmıştır. Sorgulama temelli öğrenme ile ilgili bu araştırma, sorgulama hakkında hiçbir kesin gerçeği ifade etmemiştir. Sorgulama temelli öğretim oluşması sonsuz bir süreçtir ancak sınıfta bulunanlara verilecek sorgulamalı bir yaklaşım, okulun erken yıllarında öğrencilerin öğrenmesini geliştirebilir.

Johnson (2004)`e göre, günümüzde ana eğitim reformu çabası sorgulamalı fenin öğrenimi ve öğretimi ile ilgilidir. Bu örnek olay araştırması mevcut tecrübeler ile öğretmen inançları ve orta öğretim okulu seviyesindeki dört sınıf içerisinde bilimsel sorgulamanın uygulanmasında öğretmenin oynadığı rol arasındaki bağlantıları incelemiştir. Bu incelemeye esas olan (rehberlik eden) araştırma soruları şunları içerir: a) Bilimsel sorgulama temelli uygulamanın kullanımı ile ilgili öğretmenlerin geçmiş bilgilerinin ve tecrübelerinin tanımlanması, b) Bilimsel sorgulama için öğretmenlerin kendi kendilerini ifade eden özelliklerinin tanımlanması, (c) Bilimsel sorgulama temelli uygulamanın kullanımı ile ilgili öğretmenlerin kendi kendilerini ifade eden inanış yollarının tanımlanması, d) Uygulamadaki gözlenen düşünceler ile kendi kendini ifade eden bilimsel sorgulama öğretim düşünceleri arasındaki uyumun kapsamının belirlenmesi ve e) öğretmenin kendi eğitimsel uygulamaları içerisinde nasıl bir bilimsel sorgulama temelli yaklaşımı gerçekleştireceğinin tanımlanması. Örnek olaylar boyunca elde edilen bulgular sorgulama temelli öğretim ile ilgili öğretmenin inanışlarından etkilenen dört ana tecrübeyi ortaya

çıkarmıştır. Bunlar: a) Bilim yapmak için fırsatlar, b) Öncelikle pozitif bilimin benzer modelleriyle ilgili öğretmen eğitim programının etkileri, c) Öğretim tecrübeleri ve okul beklentileri ve d) Bireylerin kişilikleri. Katılımcıların rapor ettiği sorgulama temelli uygulamanın özellikleri ile ilgili öğretimsel inançlar konusundaki ana tema şunları içerir: a) Öğrenci merkezli öğretim, b) Yapararak öğrenme, c) Gerçek dünya uygulamaları, d) Entegrasyon, e) İşbirliği ve f) İletişimsel bilimsel fikirler. Bulgular aynı zamanda iletişimsel bilimsel fikirler alanı hariç olmak üzere öğretmenlerin inanç ve uygulamaların birbiri ile ilgili olduğunu ortaya koymuştur. Katılımcılar iletişimi, sorgulama temelli bir uygulama ile ilgili bir inanç olarak tanımlamışlar, iletişimsel bilimsel fikirlerde küçük bir rol oynayan bilinen uygulamaları izlemişlerdir. Bulgulardan elde edilen içerik, sorgulama temelli uygulama hakkındaki inanışlar ve geçmiş birikim tecrübelerinin etkisini anlamak için fen eğitimcilerinin devam etmesi açısından önemlidir. Fen yapmak ve öğretmen liderliği ile sorgulama temelli öğretim alanında rol modellerini yükseltmek için fırsatlar sorgulama temelli öğretimsel uygulamayı güçlendirmiştir.

Monteyne (2004), doktora çalışmasında, fen eğitimindeki reform çabalarının, sorgulamaya dayalı eğitimin fen başarılarını arttıracak ve daha yüksek seviyeli düşünme yeteneklerinin gelişimini teşvik edeceğini vurgulamaktadır. Fenin kavramsal anlayışını arttırmayı amaçlayan, sorgulamaya yönelmiş fakülte seviyesindeki müfredat programlarının çoğundaki sorun, öğrencilerin zaten yüksek seviye düşünmede yetenekli olduğu varsayımdır. Araştırmalar fakülte birinci sınıflarının % 25'nin bu yetenekleri sürekli uyguladığını göstermiştir. Bu araştırmanın amacı, genel kimya rehberli-sorgulamalı laboratuvar müfredatında, biçimsel-mantıksal düşünme merkezli ve kimya-kavram merkezli müfredatlarının etkinliklerini karşılaştırmaktır. Her bir müfredat, bir dönem içinde yapılan on iki laboratuvar dersi süresince, birinci dönem genel kimya dersinde kayıtlı 91 fakülte öğrencisinden oluşan örnek grubuna verilmiştir. Bu incelemede kullanılan ölçümler; içerik, kimya kavramlarının anlaşılması ve öğrenme kazanımları (tutum) algısından oluşan biçimsel-mantıksal düşünmeyi içermektedir. Bu araştırmanın sonuçları, bir kimya içeriğinin kullanımıyla biçimsel mantıksal düşünmenin özel aktarım ölçümleri temel alındığında, biçimsel mantıksal düşünme merkezli müfredatın kimya kavram merkezli den daha etkili olduğunu göstermiştir. Genel (kimyasal olmayan) içerik kullanılarak biçimsel-mantıksal düşünmenin özel ya da özel olmayan aktarım ölçümleri üzerinde, iki müfredat arasında fark

bulunamamıştır. Kimya kavramlarını anlama ölçülerinde iki müfredat arasında fark bulunamamıştır. Kimya kavram merkezli müfredat kullanan öğrenciler laboratuvar temelli eğitime yönelik daha pozitif tutum sergilemişlerdir.

Daubenmire (2004), rehberli-sorgulama öğrenme yaklaşımı ile öğrenimin kritik yönlerinin şunlar olduğunu belirtmektedir: (1) öğrenciler rehberli sorgulamada aşama ve köprüleri tecrübe etmeleri, (2) öğrencilerin kendi öğrenimlerinin rehberli sorgulama modeli ile desteklenmesi konusundaki algıları ve bu algılarını diğer derslerde de takip ederek kalıcı hale getirmeleri, (3) kimyadaki hem geleneksel ve hem de kavramsal başarının bu yaklaşımla desteklenmesi. Rehberli sorgulamanın formatına ve öğrenciler için sağladığı deneyimlere dayanarak, öğrencilerin nasıl öğrendiği gibi önemli alanlar belirlenmiş ve kullanılmıştır. Öğrenme gücünü çeken çocuklar hayatta başarıyı elde etmek gibi lise ve fakülteden mezun olmak için akademik güçlülere ulaşmak gereksinimindedirler. Oluşturmacı teoriler rehberli sorgulamanın başarıları için güç sağlayabileceğini öne sürmüştür, henüz bu önermeyi desteklemek için çok az araştırma yapılmıştır. Bu çalışma o boşluğu doldurmak için tasarlanmıştır. Yarı-deneysel olan bu çalışma, fen sınıflarındaki ortaokul seviyesi öğrenme gücünü çeken öğrencilerin fen kavramlarının didaktik ve rehberli sorgulama temelli öğretimini karşılaştırmıştır. Çalışmada iki farklı kent lisesindeki dört sınıftan 38 öğrenci ele alınmıştır. Katılımcılara her iki öğretim metodu kullanılarak iki fen kavramı öğretilmiştir ve her bir uygulamadan sonra öğrenciler kâğıt kalem testleri ve performans görevleri kullanılarak test edilmiştir. Test edilme süresince hem değerlendirmelerin hem de katılımcıların davranışlarının nitel analizleri, öğrenme gücünü çeken öğrenciler ile kalem ve kâğıt testleri üzerinde performans görevlerinin kullanımını desteklemektedir. Eğitimdeki uygulamalar, öğrenme gücünü çeken öğrencilerin kavramsal anlama ve süreç yeteneklerini arttırmak için rehberli sorgulamanın kullanımını içermektedir ki bu yaklaşım aynı zamanda motivasyonları geliştirirken yaparak-yaşayarak öğrenme aktiviteleri aracılığıyla da katılımı arttırmaktadır. Ek olarak, öğretmenler öğrencilerin düşünce süreçlerini, problem çözme yeteneklerini ve kavramsal anlamalarını daha iyi değerlendirmek için performans görevleri kullanabilirler. Ancak, oluşturmacı öğretim metotları ekstra çalışma, pedagojik yetenekler, konu materyal bilgisi, fiziksel kaynaklar ve tüm paydaşlardan destek gerektirir.

Hubacz (2004) çalışmasında kimya laboratuvarlarının, üniversite seviyesi genel kimya dersini alan öğrenciler için öğrenme deneyimlerinin ayrılmaz bir parçası

olduğunu vurgulamaktadır. Fen eğitimi araştırmaları, rehberli sorgulama araştırmalarının laboratuvar ile öğrencilere optimum bir öğrenme ortamı sağladığını göstermiştir. Bu araştırmalar bir öğrenme ortamı içerisinde öğrencilere odaklanarak yapısalcılığın temel prensiplerini yansıtır. Bu öğrenme ortamı öğrencilere ne öğrenmeleri gerektiği hakkında deneyimler kazanmalarına imkân tanımakta ve sonra kendi zihinlerinde fikir ve kavramların anlamlı bir anlayışının oluşmasını sağlamaktadır. Bu çalışma öncelikle teknoloji temelli araştırmaları kullanan deney grubundaki birinci sınıf genel kimya dersini alan ve geleneksel laboratuvar donanımı kullanan toplam deneyimli 33 katılımcının zihinsel çaba ile ölçülen, kavramsal yük talebini karşılaştırmış ve beş değişik alıştırmadaki benzer kimya kavramlarını araştırmıştır. Katılımcı zihinsel çaba anketi sonuçları, iki laboratuvar araştırması için kavramsal yükün azaltılmasında teknolojinin önemli düzeyde olumlu etkileri olduğunu göstermiştir. Bir araştırma ortalama laboratuvar sonuç karşılaştırılmaları ile ölçülmüş başarıda önemli düzeyde farklılık açığa çıkarmıştır.

Çalışkan'ın (2004), yüksek lisans tezinin başlıca amacı, sorgulamaya dayalı lise kimya dersinin ve cinsiyet farkının öğrencilerin atom konusunu anlamalarına, öğrenme yaklaşımlarına, motivasyonları ile ilgili amaçlarına, öz-yeterliliklerine ve bilimsel bilgi hakkındaki inançlarına olan etkisini araştırmaktır. Bu çalışma, Özel Yüce Fen Lisesinden aynı öğretmenin 2 ayrı sınıfından 47 dokuzuncu sınıf öğrencisinin katılımıyla 2003–2004 öğretim yılı bahar döneminde gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada iki grup vardır ve kullanılan iki öğretim metodu bu gruplara rasgele verilmiştir. Araştırmaya dayalı öğretim yöntemi uygulanan deney grubu 22 öğrenciden, geleneksel yöntem kullanılan kontrol grubu ise 25 öğrenciden oluşmuştur. Araştırmada Atom Konu Testi, öğrencilerin atom konusundaki başarılarının, Öğrenme Yaklaşımı Soru Formu, öğrenme yaklaşımlarını, Başarı Motivasyon Soru Formu, motivasyonları ile ilgili amaçların ve öz-yeterliliklerinin ve Bilimsel Bilgi Soru Formu, bilimsel bilgi hakkındaki inançlarının ölçülmesinde kullanılmıştır. Bu çalışmanın hipotezlerini test etmek için t-testi ve varyasyon analizi kullanılmıştır. Analiz sonuçları, araştırmaya dayalı öğretim gören öğrencilerin atom konusu ile ilgili başarılarının, geleneksel kimya anlatımı öğrenimi gören öğrencilere göre daha yüksek olduğunu göstermiştir. Fakat araştırmaya dayalı öğretim yöntemi öğrencilerin öğrenme yaklaşımlarını, motivasyonları ile ilgili amaçlarını, öz-yeterliliklerini, fen bilgisi hakkındaki inançlarını

ve akıl yürütme yeteneklerini etkilememiştir. Ayrıca bu çalışmada, ne kızlar ve erkekler arasında, nede cinsiyet ve uygulamanın etkileşiminde öğrencilerin atom konusunu anlamaları, öğrenme yaklaşımları, motivasyonları ile ilgili amaçları, öz-yeterlikleri ve bilimsel bilgi hakkındaki inançları açısından bir fark bulunamamıştır. Jackson`in 2004 yılında tamamladığı yüksek lisans tezinin esası bir yüksek okul kimya dersindeki laboratuvar yaklaşımına denge sağlama girişimidir. Klasik laboratuvarlar, beceri ve olguların güçlendirilebildiği, doğru bilgilerin teyit edildiği “Yemek kitabı” laboratuvarları olarak tanımlanmıştır. Bu laboratuvarlarda daha yüksek seviyeli bir sürece ihtiyaç yoktur. Pek çok öğretmen; kendi sınıflarında verdikleri derslerde tartıştıkları kavramların anlaşılmasında olduğu gibi, eleştirel düşünme becerilerini değerlendirmek ve teşvik etmek için aynı zamanda “açık uçlu” laboratuvar olarak da bilinen 10 sorgulama laboratuvarına yönelmiştir. Yüksek okul kimya dersine katılan her öğrenci, sorgulama temelli deneyler yapmaya hazır olmadığından öncelikle süreç ve sorgulama temelli deneylerin hazırlanması gereklidir. Bu çalışmada hedeflenen amaç, kavramların daha iyi bir şekilde anlaşılmasını teşvik ederken, problem çözme ve daha yüksek seviyeli düşünmeyi takip etmek için klasik laboratuvarlardan, güven oluşturan sorgulama laboratuvarlarına bir geçiş sağlamaktır. Öğrenciler güçlü kurumsal becerileri geliştirmek için bu geçişe ihtiyaç duyarlar. Deneylerin daha düşük kavramsal becerilerden daha yüksek seviyeli düşünme becerileri arasında gruplandırılması, yapı iskelesi kurma olarak bilinir. Bu gruplama öğretmenlere, kendi öğrencilerinin böyle açık uçlu sorgulama deneyleri yapabilme kapasitesine ulaşmaları imkânını sağlamıştır.

Roddy (2005)`in bu çalışmasının ana araştırma sorusu şu idi: Seçilen lise kimya öğrencilerinin, elementler, yapı ve periyodik cetvelde periyodiklik konuları ile ilgili kavrayışları, yenilikçi fen grafiklerinin oluşturulmasını vurgulayan sorgulama-temelli aktivitelerden oluşan bir çalışma ünitesine katıldığında bir değişiklik gözlenir mi? Ünite çalışması kimya sınıfına kaydolmuş birinci sınıf lise öğrencileri ile altı haftalık bir dönem üzerinde yürütülmüştür. Görüşmelere katılmak ve çalışma boyunca periyodik olarak kavram haritası oluşturmak için, sınıftan altı öğrenci gönüllü olarak seçilmiştir. Örnek olay çalışması için seçilmiş öğrencilerin ilerlemesi, sınıfın bir bütün olarak ilerlemesiyle karşılaştırılmıştır. Örnek olay öğrencileri ayrıca, karşılaştırmalı bir okulun lise kimya öğrencileri grubu ile de karşılaştırılmıştır. Sonuçlar göstermiştir ki, her iki okul öğrencileri, konunun çok

sınırlı bir kavrayışı olması dolayısıyla periyodik cetvel konusunda geleneksel eğitimi (ders ve kitap aktiviteleri) bırakmıştır. Ayrıca, ünite çalışmasının sorgulama-temelli görsel yaklaşımı, öğrencilerin periyodik cetveli anlamalarında önemli kavramsal gelişim yapmaları konusunda onlara yardımcı olmuştur. Periyodik Cetvel Okuryazarlık Rubriğinin, öğrencilerin kavramsal gelişimlerinin değerlendirilmesinde önemli bir araç olduğu kanıtlanmıştır ve periyodikliğin öğrenilmesindeki kritik bir durumu tanımlamaya yardımcı olmuştur. Ek olarak, bu rubriğin tarihsel-kavramsal tasarımı fenin tarihinin günümüzün fen öğretimini bilgilendirmek için nasıl kullanılabileceğini göstermiştir.

Jimenez (2005), öğrenmede öğrenci odaklı yaklaşımın yapılandırmacı model ile bağlantılı olduğunu, Birleşik Devletlerdeki son dönemde yapılan çoğu fen eğitiminin odağında bu yaklaşım tarzının bulunduğunu ifade etmektedir. Bu yaklaşım öğrencilerin kendilerinin sahip oldukları bilgileri inşa etmek için onlara fırsatlar verildiğinde ve aktif bir şekilde uygulamalara dahil edildiklerinde daha iyi öğreneceklerini ifade eden bir terime dayanır. İlave olarak; etkili bir fen müfredatı ve pozitif tutumların gelişimi ve bilimin doğasının yeterli seviyede anlaşılmasını sağlayan öğretimsel yaklaşımlar için araştırmalar sürmektedir. Bu inceleme, öğrencilerin düşüncelerinin ve bilimin doğası anlayışının gelişiminde, öğretimin öğrenci odaklı biçimi olan bilimsel sorgulama yaklaşımının etkinliğini araştırmıştır. Bilimsel sorgulama yaklaşımı Filipin Üniversitesinde “Doğal Fenin Öğretimi” için kullanılmıştır. Fen hakkındaki görüş ve tutumları belirlemek amacıyla kullanılan anket ön-son test olarak derse katılan 767 birinci sınıf üniversite öğrencileri tarafından yapılmıştır. Anket sonuçları öğretimden önce ve sonra hem öğrencilerin görüşleri ve hem de tutumlarında önemli değişiklikleri ortaya çıkarmıştır. Soruları cevaplayanların bütün eğilimleri karma - halk (bilimsel olmayan) yönünden karma – uzman (bilimsel) yöne doğru bir değişim göstermiştir. Böylece, bu incelemeden; öğretimin bilimsel sorgulama tarzının, bilimin doğası hakkındaki anlayış ve öğrencilerin düşüncelerinin gelişimi ya da değişimi üzerinde önemli bir etki yaptığı sonucuna ulaşılır. Bu inceleme aynı zamanda öğrencilerin fene karşı görüş ve tutumları arasında pozitif bir etkileşim olduğunu göstermiştir.

McPhedran (2006) yüksek lisans tezinde, öğrenci motivasyonunda sorgulama temelli öğrenmenin oynadığı rolü incelemiştir. Çalışma kapsamında sorgulama temelli öğrenme yoluyla bir çalışma ünitesi sunulduğunda, 11. sınıf erkek öğrencilerinin motivasyonunun nasıl etkilendiğini nicel ve nitel yöntemler

kullanarak incelemiştir. Öğrencilerin fen öğrenmedeki motivasyonları ya da motivasyon eksiklikleri, anlamlı bilimsel kavramların gelişiminde önemli bir rol oynar ve bu onların akademik başarılarıyla ilgili olabilir. Sorgulama temelli öğrenimin etkisi, kabul edilmiş bir motivasyon ölçütü olan hedef yönlendirmesine göre incelenir. Hedef yönlendirmesi, öğrenme stratejilerini, yetenek konusundaki öz algı, öz-yeterlik ve öz-beklenti ve sırasıyla sorgulama temelli bir dersin öncesinde, ders süresince ve ders sonrasında öğrenci katılımcılarınca belirtilen fenin değeri tayin edilerek değerlendirilir. Genel olarak ders sonrası, öğrencilerin bildirilen kişisel hedef yönlendirmeleri, bir performans hedef yönlendirmesinden bir öğrenme hedef yönlendirmesine doğru değişiklik gösterdiği gözlenmiştir.

Roster (2006), incelemesinde, öğrenci tutumlarını, öz-yeterliği ve fende mantıksal düşünmeyi artırmak için üniversitelerde kullanılan tekniklerin, küçük, kırsal bir fakültede de etkili olup olamayacağını araştırmıştır. Bu inceleme öğrenci tutumlarının, öz-yeterliklerinin ve fende mantıksal düşünmenin ön ve son testlerini, sorgulama temelli öğrenimin bu parametrelerin her birini olumlu etkileyip etkilemediğine karar vermek için kullanmıştır. Tamamen geleneksel sınıflardan elde edilen sonuçlara göre, öğrencilerin tutumları azalmış, öz-yeterlikleri artmış ve bilimsel mantıklı düşünme yetenekleri değişmemiştir. Geleneksel ders ve sorgulama laboratuvarları sınıflarında, tutumları ve öz-yeterlikleri pozitif yönde artmış ve yine bilimsel mantıklı düşünme yetenekleri değişmemiştir. Son olarak sorgulama dersi ve laboratuvar bileşenleri ile tasarlanmış bir derste, öz-yeterlikleri ve bilimsel mantıklı düşünme yetenekleri artmıştır. Sorgulama temelli öğretim fakülte öğrencileri üzerinde olumlu bir etkiye sahip olabilir. Ayrıca üç farklı ölçüt kullanmanın, sorgulama temelli öğretimin etkilerinin daha büyük resimde görülmesine olanak vermesi konusunda da kanıt sağlar.

Mecit (2006), doktora çalışmasında 7E öğrenme evresi modelinin ilköğretim beşinci sınıf öğrencilerinin eleştirel düşünme yeteneği gelişimine etkisini incelemeyi amaçlamıştır. Çalışma 2005–2006 eğitim öğretim yılı bahar döneminde Sakarya ilinde özel bir ilköğretim okulunda gerçekleşmiştir. Çalışmaya aynı Fen ve Teknoloji dersi öğretmenine ait iki ayrı sınıfta okuyan toplam 46 beşinci sınıf öğrencisi katılmıştır. Sınıflar deney ve kontrol grubu olmak üzere rasgele seçilmiştir. Kontrol grubundaki öğrenciler geleneksel yöntem ile ders islerken, deney grubunda sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımını temel alan 7E öğrenme evresi modeli kullanılmıştır. Sebep-sonuç ilişkileri gösteren olaylar iyi birer

sorgulama konusu olduğu düşünülürse, Fen ve Teknoloji ders programı içinde yer alan su döngüsü bu çalışma için uygun bulunmuştur. Cornell Eleştirel Düşünme Becerisi Testleri Serisine ait Cornell Koşullu Sorgulama Testi her iki gruba da ön test ve son test olarak uygulanmıştır. Çalışmada, ayrıca cinsiyet ve aile gelir düzeyi değişkenlerinin öğrencilerin eleştirel düşünme becerisi gelişimi üzerine etkilerine bakılmıştır. Çalışmanın hipotezleri kovaryans istatistiksel analizleri kullanılarak test edilmiştir. Sonuçlar deney grubunun eleştirel düşünme becerisi testinde kontrol grubuna göre daha başarılı olduğunu göstermiştir ( $F(1, 41)=35.03$ ,  $p=0.000$ ). Diğer bir deyişle, sorgulamaya dayalı 7E öğrenme evresi modeli öğrencilerin eleştirel düşünme becerileri gelişimini olumlu etkilemiştir. Öte yandan, cinsiyet ve aile gelir düzeyi değişkenleri açısından öğrencilerin gelişimlerinde anlamlı bir etki bulunamamıştır.



## **4. YÖNTEM**

Bu bölümde araştırmanın evreni ve örnekleme, deseni, değişkenlerinin tanımlanması, çalışmada kullanılan veri toplama araçları, çalışmanın uygulama aşamaları ve açıklanması gösterilmiştir.

### **4.1. Evren ve Örneklem**

Araştırmanın evreni, yakın bir gelecekte kimya öğretmeni olacak Kimya Eğitimi Anabilim Dalında okuyan öğrencilerden oluşmuştur. Örneklemi ise 2006–2007 Öğretim Yılı Güz Döneminde, Hacettepe Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanları Bölümü, Kimya Eğitimi Anabilim Dalı 4. sınıfta öğrenim gören 42 öğrenci oluşturmaktadır.

### **4.2. Araştırma Deseni**

Araştırmada “tek grup için ön test- son test araştırma deseni” kullanılmıştır. Bu araştırma deseninde bütün uygulamalar ve çalışmalar tek grup ile yürütülmektedir. Öncelikle kimya eğitiminde sorgulamaya dayalı öğrenci deneylerinin yapıldığı uygulamaların başlangıcında ön test olarak MDYT, BİBT, KLTÖ ve KLKÖ uygulanmış, öğretim yöntemi ve uygulamalar tamamlandıktan sonra, aynı testler son test olarak tekrar uygulanmıştır. Ön test ile son test puanları arasındaki değişimler istatistiksel olarak değerlendirilmeye alınmıştır.

### **4.3. Değişkenler**

#### **4.3.1. Bağımlı değişkenler**

Araştırmada, uygulamaların gerçekleştirildiği “Ortaöğretimde Kimya Deneyleri” dersinin final notları ile “SDKDUDF”ndan elde edilen notların birlikte oluşturduğu “Öğrenci Performansı” bağımlı değişken olarak alınmıştır.

#### **4.3.2. Bağımsız değişkenler**

Araştırmada, öğrencilere uygulanan “MDYT, BİBT, KLTÖ ve KLKÖ bağımsız değişkenler olarak alınmıştır.

#### **4.4. Veri Toplama Araçları**

Araştırmada veri toplama aracı olarak, öğrencilerin MDY'ni değerlendirmek amacıyla "MDYT", BİB'ni değerlendirmek amacıyla "BİBT", öğrencilerin KLT'nı ölçmek amacıyla "KLTÖ" ve öğrencilerin KLK'nı ölçmek amacıyla da "KLKÖ" kullanılmıştır. Araştırmada aynı zamanda sorgulamaya dayalı öğrenci deneylerinin yapıldığı uygulamaları değerlendirmek amacıyla "ÖGF" ile "SDKDUDF" kullanılmıştır.

##### **4.4.1. Mantıksal düşünme yeteneği testi**

MDYT, özellikle fen ve matematik derslerinde öğrencilerin karşılaşılabileceği problemlerde neden-sonuç ilişkisini görüp, problem çözme stratejilerini ne derece kullandıklarını belirlemek için kullanılmaktadır. Bu test içindeki sorular, mantıksal ve bilimsel olarak düşünmeyi gösterecek cevapları içermektedir.

Öğrencilerin mantıksal düşünme yeteneklerini belirlemek amacıyla kullanılan test, ilk olarak Tobin and Copie (1981) tarafından geliştirilmiştir. MDYT, değişkenleri anlayabilme ve hakim olabilme, orantı kurarak korelasyon sağlayabilme, ihtimalleri değerlendirerek mantık yürütmeye dayalı sorular içermektedir. Türkçe'ye çevirisi ve uyarlaması Geban vd., (1992) tarafından yapılmıştır. Testin güvenilirlik katsayısı 0.77'dir. MDYT; değişkenleri tanımlama ve tanımlanan değişkenleri kontrol etme, nesnelar arasında ilişki kurma ve kurulan ilişkiyi geliştirme, orantı kurabilme ve olasılık hesapları gibi kabiliyetleri ölçen 10 tane sorudan oluşmuştur. MDYT EK 1`de verilmektedir.

##### **4.4.2. Bilimsel işlem beceri testi**

BİBT, özellikle fen ve matematik derslerinde ve ileride öğrencilerin karşısına çıkabilecek karmaşık gibi görünen problemleri analiz edebilme kabiliyetini ortaya çıkarabilmek için kullanılmaktadır. Testin orijinali, Okey et. al (1982) tarafından geliştirilmiş ve Geban vd. (1992) tarafından çevrilerek Türkçe'ye adapte edilmiştir. Test, 4 seçenekli çoktan seçmeli 36 sorudan oluşmaktadır. Testte problemdeki değişkenleri tanımlayabilme (12), hipotez kurma ve tanımlama (8), işlemsel açıklamalar getirebilme (6), problem çözümü için gerekli incelemelerin tasarlanması (3), grafik çizme ve yorumlama (7) yeteneklerini ölçen sorular

bulunmaktadır. Testin geçerliliği yüksek olup güvenilirliği 0,82 (KR 21)'dir. BİBT EK 2`de verilmektedir.

#### 4.4.3. Kimya laboratuvarı tutum ölçeği

Öğrencilerin KLT'nı belirlemek için 33 maddeden oluşan "KLTÖ (Pilot Çalışma)" hazırlanmıştır. Hazırlanan ölçek için örneklem olarak, Hacettepe Üniversitesi Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanlar Bölümü, Kimya Eğitimi Anabilim Dalı 1. sınıf öğrencilerinden 39 öğrenci, 2. sınıf öğrencilerinden 33 öğrenci, 3. sınıf öğrencilerinden 39 öğrenci, 4. sınıf öğrencilerinden 18 öğrenci ve 5. sınıf öğrencilerinden 23 öğrenci olmak üzere toplam 152 öğrenci seçilmiştir.

Kimya Laboratuvarı Tutum Ölçeğinin geçerliğini değerlendirmek üzere faktör analizi yapılmıştır. Elde edilen veriler SPSS (Statistical Package for Social Sciences) programında faktör analizi yöntemlerinden temel bileşenler faktör çözümlemesi kullanılarak analiz edilmiştir. Bu analiz sonucunda ölçeğin toplam 3 alt boyuttan oluştuğu bulunmuş ve her bir alt boyutun açıkladıkları toplam varyans % 56,92 olarak belirlenmiştir. ideal laboratuvar ortamı alt boyutunun açıkladığı varyans %22,21; kimya laboratuvarına karşı ilgi duyma alt boyutunun açıkladığı varyans %21,28 ve laboratuvar ortamının getirileri alt boyutunun açıkladığı varyans ise %13,42'dir. Maddelerin faktörlere göre dağılımı Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1 KLTÖ maddelerinin faktör analizi (döndürülmüş temel bileşenler analizi) sonuçları

M	Kimya Laboratuvarı Tutum Ölçeği Maddeleri	Faktör Ortak Varyansı	Faktör -1 Yük Değeri	Döndürme Sonrası Yük Değeri		
				F 1	F 2	F 3
1	Laboratuvarda kendi başıma deney yapmamın özgüvenimi arttırdığını düşünüyorum.	0,450	0,618	0,594	0,192	0,246
2	Deneylerin toplanması, planlanması ve bilgilerin paylaşımının yararlı olduğunu düşünüyorum.	0,585	0,673	0,670	0,145	0,338
3	Laboratuvar ortamının grup çalışmasına imkân sağladığını düşünüyorum.	0,471	0,582	0,660	0,119	0,145

4	Pratik çalışmanın kimyayı daha ilginç hale getirdiğini düşünüyorum	0,582	0,638	0,741	0,133	0,123
5	Pratik uygulamalar kendimi bir kimyacı gibi hissetmeme neden oluyor.	0,685	0,730	0,656	0,426	0,027
6	Öncelikle gösterilmesi planlanan bir teorik bilgi gözden geçirildikten sonra laboratuvar uygulamasına başlaması gerektiğini düşünüyorum.	0,495	0,576	0,524	0,405	—0,113
7	Bir laboratuvar uygulamasının konu ile ilgili teorinin doğruluğunu kanıtlayan verileri içermesi gerektiğini düşünüyorum.	0,680	0,626	0,569	0,335	0,063
8	Laboratuvarda gösterilen bir teoriyi, deneyi kendim planlayarak ve yaparak en iyi öğreneceğime inanıyorum.	0,587	0,607	0,566	0,219	0,223
9	Kimya laboratuvarında yapılan deneyler ilgimi çeker.	0,612	0,757	0,421	0,656	0,148
10	Kimya Laboratuvarı sayesinde kimya dersine karşı sempati duyarım.	0,451	0,664	0,138	0,721	0,317
11	Kimya laboratuvarının derse aktif katılım sağladığını düşünüyorum.	0,440	0,780	0,388	0,708	0,182
12	Zamanımın çoğunu kimya laboratuvarında geçirmek isterim.	0,418	0,594	0,207	0,667	0,084
13	Kimya laboratuvarı deneylerini eğlendirici buluyorum.	0,629	0,661	0,271	0,777	—0,048
14	Kimya laboratuvarı dersi benim en sevdiğim dersler arasındadır.	0,640	0,546	0,092	0,761	0,005
15	Laboratuvarda kimya olaylarının sebebini sorgulamanın gereksiz olduğunu düşünürüm.	0,616	0,508	—0,027	0,136	0,773
16	Laboratuvar uygulamalarının modern araçlarla desteklendiğini düşünüyorum.	0,644	0,706	0,194	—0,133	0,767
17	Laboratuvar uygulamalarında teorik bilgimin pekiştiğini hissediyorum.	0,644	0,708	0,454	0,290	0,595
18	Laboratuvarın iyi yapılandırılmış bir alan bilgisi sağladığı kanısındayım.	0,615	0,618	0,380	0,194	0,658

**F 1:** Faktör 1

**F 2:** Faktör 2

**F 3:** Faktör 3

**M:** Madde Numarası

Faktör analizi sonucunda bulunan üç alt boyutun güvenilirliği Cronbach-alpha ile hesaplanmıştır. Ölçeğin alt boyutlarındaki Cronbach-alpha güvenilirlik katsayıları sırasıyla ideal laboratuvar ortamı alt boyutunda 0.83; kimya laboratuvarına karşı

ilgi duyma alt boyutunda 0.85; laboratuvar ortamının getirileri alt boyutunda 0.69 ve toplamda 0.89 olarak bulunmuştur.

18 maddeden oluşan bu ölçek beşli Likert tipindedir (kesinlikle katılıyorum, katılıyorum, kararsızım, katılmıyorum, kesinlikle katılmıyorum) ve doktora tez kapsamında “KLTÖ” olarak uygulanmak üzere uygulamalara alınmıştır. Ölçek EK 3`de verilmiştir.

#### **4.4.4. Kimya laboratuvarı kaygı ölçeği**

Bu çalışmada, öğrencilerin KLK'nı ölçmek için Bowen (1999) tarafından geliştirilmiş olan KLKÖ kullanılmıştır. Bu ölçek beşli Likert tipinde 20 cümle içermektedir. Cümleler tamamen katılıyorum, katılıyorum, kararsızım, katılmıyorum ve hiç katılmıyorum şeklinde derecelendirilmiştir. Ölçek, 15 olumlu (kaygıyı destekleyen) ve 5 olumsuz (kaygıyı desteklemeyen) maddeden oluşmaktadır. Kaygıyı destekleyen maddeler tamamen katılıyorum kategorisinden başlayarak sırayla 5, 4, 3, 2, 1 olarak, kaygıyı desteklemeyen cümleler ise yine aynı kategoriden başlayarak 1, 2, 3, 4, 5 olarak puanlandırılmıştır. Orijinal ölçek beş boyuttan oluşmakta ve her boyut dört madde içermektedir. Birinci boyut kimyasal maddelerle çalışma, ikinci boyut laboratuvar aletlerini kullanma ve deney prosedürünü uygulama, üçüncü boyut veri toplama, dördüncü boyut diğer öğrencilerle çalışma ve beşinci boyut laboratuvar zamanını kullanmadır.

KLKÖ, Azizoğlu ve Uzuntiryaki (2006) tarafından Türkçe'ye çevrilerek adapte edilmiştir. Araştırmacıların yaptıkları faktör analizi sonucunda ölçeğin dört alt boyuta sahip olduğu bulunmuştur. Ölçeğin güvenilirliği Cronbach-alpha ile hesaplanmıştır. Ölçeğin alt boyutlarındaki Cronbach-alpha güvenilirlik katsayıları sırasıyla laboratuvar araçlarını ve kimyasal maddeleri kullanma boyutunda 0.88; diğer öğrencilerle çalışma boyutunda 0.87; veri toplama boyutunda 0.86 ve laboratuvar zamanını kullanma boyutunda ise 0.87 olarak bulunmuştur. Azizoğlu ve Uzuntiryaki (2006) belirlenen dört boyutun güvenilirliklerinin (0.86 ile 0.88 aralığında) değişik öğrenci gruplarını karşılaştırmak için yeteri kadar yüksek değerde olduğunu ifade etmektedirler. Ölçek EK 4`de verilmiştir.

#### **4.4.5. Öğretmen gözlem formu**

Sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamaları farklı bir değerlendirme metodunu gerektirir (Hofstein et al., 2004). ÖGF, söz konusu uygulamaların sorgulama öncesi (ön sorgulama) ve sorgulama aşamasını içeren bölümlerinde yönetici-araştırmacının grup öğrencilerini bireysel olarak değerlendirdiği bir formdur (Mamlök-Naaman et al., <http://www.cpdthroughpoe.com/index.html>). Söz konusu formda ön sorgulama aşamasında gerçekleştirilen deneylere ait kriterler bulunmaktadır. Sorgulama aşamasında ise grup içi fonksiyonlar ve önerilen deneylere ve tüm sonuç ve yorumların sunumuna ait kriterler bulunmaktadır. Grup içi fonksiyonlara ait kısımda öğrencilerin başlangıç deneyinden yola çıkarak ürettikleri soruların çeşidi (nicel/nitel oluşu), oluşturdukları hipotezleri, çözüm önerileri, hipotezlerini doğrulayacak deney önerileri, yaratıcı bir biçimde düşünme ve mantıklı neden-sonuç ilişkisi kurma becerileri incelenmiş ve grup içi işbirliği ve yardımlaşmaları gözlemlenmiştir. Bu değerlendirmenin sonuçları sorgulamaya dayalı kimya deney uygulaması değerlendirme formu için de kullanılmaktadır. ÖGF, EK 5`de gösterilmektedir.

#### **4.4.6. Sorgulamaya Dayalı Kimya Deney Uygulamasını Değerlendirme Formu**

Kimya eğitiminde sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımli uygulamalar için değerlendirme aracı olarak "SDKDUDF" kullanılmıştır. SDKDUDF, iki kısımdan oluşmaktadır: İlk kısım, öğretmenin grup bireylerini uygulamalar sırasında değerlendirdiği "ÖGF"nden alınan skorların puanlamaya katıldığı kısımdır (Hofstein et al., 2004). İkinci kısım ise, her bir grubun ürünü olan ve laboratuvar uygulaması esnasında ya da bunun hemen ardından grup üyelerince bireysel olarak hazırlanmış olan yazılı ve sorgulamanın tüm aşamalarını içeren "Deney Rapor"larının değerlendirildiği kısımdır. Söz konusu formda son-sorgulama aşaması ve sorgulamanın teorik aşamasına ait kriterler bulunmaktadır. SDKDUDF, EK 6`da gösterilmektedir.

#### **4.5. Öğretim Süreci**

Bu bölümde sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamaları sürecinde gerçekleşen ön-test uygulamaları (Beyin Fırtınası çalışmaları, MDYT, BİBT, KLTÖ ve KLKÖ uygulamaları), her bir grup öğrencilerinin tüm uygulamalar süresince

gerçekleştirdikleri uygulama adımları ve içerikleri ve son-test uygulamaları verilmiştir.

#### 4.5.1. Ön test uygulamaları

Araştırmanın başlangıcında kimya eğitiminde sorgulamaya dayalı kimya deney uygulaması için öğrenci performansına etkisi olabileceği düşünülen, öğrencilerin MDY, BİB ile KLT ve KLK için bir ön-test çalışması yapılmıştır. Bu bağlamda MDYT, BİBT, KLTÖ ile KLKÖ öğrencilere ön-test olarak verilmiştir.

Ön testler verildikten sonra öğrencilerle çalışma kapsamında incelemeye alınan “Sorgulamaya Dayalı Öğrenme Yaklaşımı” hakkında beyin fırtınası çalışması yapılmıştır. Konu hakkındaki beyin fırtınası çalışmasında ortaya çıkan önemli başlıklar aşağıdadır;

1. Araştırmacı tarafından öncelikle öğrencilere küçük bir kardeşe sahip olup olmadıkları sorulmuştur. Yaşamlarının ilk aylarından itibaren çocukların, kendi vücutlarını ve çevrelerindeki dünyayı sorgulayarak öğrenmeyi istedikleri, yeterli şekilde konuşmayı öğrendiklerinde ise “niçin, neden, nerede ve nasıl” soruları ile bizleri yordukları hatırlatılarak öğrencilerin konuya dikkatleri çekilmiştir. Daha sonra araştırmacı tarafından öğrencilere “*Sorgulama nedir?*” sorusu yöneltilmiştir. Öğrencilerin sorgulamanın tanımını sözlü olarak yapmaları istendikten sonra Sorgulamaya Dayalı Öğrenme Yaklaşımını temel alan kimya uygulamaları ile ilgili tüm düşünceleri yazılı olarak toplanmıştır. Bazı öğrenciler görüşlerini mantık ve kavram haritaları ile bazıları ise yazılı ifadelerle bildirmişlerdir.
2. Öğrencilerden toplanan tüm veriler araştırmacı tarafından bir mantık haritası üzerinde toplanarak özetlenmiş ve 1. Mantık Haritası olarak isimlendirilmiştir.
3. Öğrencilere sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımı hakkında gerek internet aracılığıyla elektronik ortamda ve gerekse yazılı kaynaklardan araştırma yapmaları istenmiştir.
4. Daha sonraki aşamada araştırmacı tarafından öğrencilere Sorgulamaya Dayalı Öğrenme Yaklaşımının içeriği, uygulama alanları ve adımlarından bahsedildikten sonra “*Kimya Laboratuvarında Sorgulamaya Dayalı Öğrenme nasıl gerçekleşir?*” yine araştırmacı tarafından öğrencilere

açıklanmıştır. Sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımına dayanan kimya deney uygulamalarının aşamaları ve nasıl bir süreç izlendiğinden bahsedilmiştir.

Sorgulamaya Dayalı Öğrenme Yaklaşımı hakkında öğrencilerle yapılan beyin fırtınası çalışması araştırmacı ile birlikte tüm uygulamalar öncesi ve sonrasında 4 ders saati ve öğrenci araştırmaları da dâhil toplam 1 hafta sürmüştür.

#### **4.5.2. Sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamaları**

Beyin fırtınası çalışması tamamlandıktan sonraki uygulamalar aşağıdaki gibidir: Çalışma kapsamında gerçekleştirilen sorgulamaya dayalı kimya deneylerinin ilk hazırlık aşamasında öğrencilerin 3-4 kişilik grup oluşturmaları istenerek kendilerine 15 gün süre verilmiş ve bu süre zarfında 3 adet deney önerisi hazırlamaları istenmiştir. Daha sonra öğrenci önerilerinden mevcut laboratuvar koşullarında yapılabilecek olan bir tanesi seçilmiştir. Çalışmanın ikinci aşamasında her bir gruptan (3-4 kişilik) deneylerini “Ortaöğretimde Kimya Deneyleri” dersi esnasında diğer sınıf arkadaşlarının önünde yapmaları istenmiştir. Bu aşama uygulamaların ön-sorgulama aşamasını oluşturmaktadır. Daha sonra sorgulama aşamasına geçilmiştir. Burada öğrenciler; yapılan deneylerle ilgili sorular sorma, hipotezler kurma, daha ileri araştırmalar için bir soru seçme, seçilen sorgulama sorusu için çözüm önerilerinde bulunma, bir deney planlama, bulguları analiz etme ve sonuca varma basamaklarını tartışmışlardır. Bu aşama öğrencilere bilimsel çalışma yaparak kendi bilgilerini oluşturma olanağını ve fen bilimlerini anlayarak konuyu tam öğrenmelerini ve deneyim kazanmalarını sağlamıştır. Her bir grup öğrencinin yaptığı deneyle ilgili ürettikleri soruların niteliği ve niceliği uygulamayı yürüten yönetici-araştırmacı tarafından kontrol edilmiş ve sınırları çizilmiştir. Öğrenciler oluşturdukları hipotezlerin doğruluğunu ispatlamada önerdikleri çözüm yollarından birini seçerek bir deney önerisinde bulunmuşlardır. Önerilen deney için gerekli malzeme, araç ve gereç temin edildikten sonra uygulamayı yürüten yönetici-araştırmacı rehberliğinde önerdikleri deneylerini yapmak üzere ders dışında kimya laboratuvarına geçmişlerdir. Önerilen deneylerin bulguları ve sonuçları grup üyelerince oluşturulan hipotezi doğrular nitelikte olması, uygulamanın başarı ile tamamlandığını göstermiştir. Önerilen deneyin bulgularının ve sonuçlarının oluşturulan hipotezi doğrulamadığı durumda ise, grup üyeleri seçilen sorgulama



sorusu için ortaya çıkardıkları çözüm önerilerine geri dönmüşlerdir. Bu aşamada grup üyeleri yeni bir çözüm önerisi için bir deney tasarlamışlardır. Tasarlanan yeni deney kimya laboratuvarında yapılmış, bulgu ve sonuçlar yine yönetici-araştırmacı tarafından kontrol edilmiştir. Uygulamaların tüm aşamalarında yönetici-araştırmacı grup öğrencilerini gözlemlemiş ve gözlemlerini “ÖGF” formuna kaydetmiştir. Daha sonra yönetici-araştırmacı sözlü yapılan tartışmaların her basamağını ve deney uygulamalarını içeren bir raporun, gruptaki her öğrenci tarafından ayrı ayrı hazırlanmasını istemiştir. Hazırlanan bu deney raporları yine yönetici-araştırmacı tarafından “SDKDUDF” kullanılarak değerlendirmeye alınmıştır.

Uygulamalara katılan grup öğrencileri ve her bir gruba ait ön deneyler ve ilgili kaynaklar (ilgili web adresleri, yazılı kaynaklar vb.) Çizelge 4.2’de gösterilmektedir:

Çizelge 4.2. Grup öğrencileri ve gruplara ait ön deneyler

Grup öğrencileri		Ön Sorgulama Aşamasındaki Ön Deneyler
1. Grup	Öğrenci 1 Öğrenci 2 Öğrenci 3	Yoğurtta nişasta analizi ( <a href="http://www.qidasanayii.com">www.qidasanayii.com</a> ), (Atasever, 2004)
2. Grup	Öğrenci 4 Öğrenci 5 Öğrenci 6	Kolanın pas önleyici olarak kullanılması ( <a href="http://www.experimentalchemie.de">www.experimentalchemie.de</a> )
3. Grup	Öğrenci 7 Öğrenci 8 Öğrenci 9	Kararan gümüşlerin temizlenmesi (Borgford and Summerlin, 1988)
4. Grup	Öğrenci 10 Öğrenci 11 Öğrenci 12	Soğuk su sıcak sudan ağır mıdır? ( <a href="http://stu.inonu.edu.tr/~dcelikkiran/kimya.html">http://stu.inonu.edu.tr/~dcelikkiran/kimya.html</a> )
5. Grup	Öğrenci 13 Öğrenci 14 Öğrenci 15	Isı alma işlemi ile yapışma olayının gerçekleşmesi ( <a href="http://www.kimyaevi.org">www.kimyaevi.org</a> )
6. Grup	Öğrenci 16 Öğrenci 17 Öğrenci 18 Öğrenci 19	Koladaki renk maddesinin ayrıştırılması ( <a href="http://www.experimentalchemie.de">www.experimentalchemie.de</a> )

7. Grup	Öğrenci 20 Öğrenci 21 Öğrenci 22	Kimyacıların kibriti ( <a href="http://www.webkimya.net">www.webkimya.net</a> )
8. Grup	Öğrenci 23 Öğrenci 24 Öğrenci 25 Öğrenci 26	Sarıtlar ve dikitler ( <a href="http://www.rehberkimyaci.com">www.rehberkimyaci.com</a> )
9. Grup	Öğrenci 27 Öğrenci 28 Öğrenci 29 Öğrenci 30	Gökkuşığı reaksiyonu (Lechtanski, 2000)
10. Grup	Öğrenci 31 Öğrenci 32 Öğrenci 33 Öğrenci 34	Buz ile suyun kaynatılması ( <a href="http://www.tubitak.gov.tr">www.tubitak.gov.tr</a> )
11. Grup	Öğrenci 35 Öğrenci 36 Öğrenci 37 Öğrenci 38	Popcorn (Patlamış mısır) (Lechtanski, 2000)
12. Grup	Öğrenci 39 Öğrenci 40 Öğrenci 41 Öğrenci 42	Saçtaki azotun keşfi (Borgford and Summerlin, 1988)

Uygulamalar süresince gruptaki her bir öğrenci aşağıdaki uygulama adımlarını gerçekleştirmiştir. Aşağıda uygulamaya ait aşamalar topluca verilmektedir:

Birinci grup öğrencilerinin uygulama adımları

### **1. Grup**

Öğrenci 1, Öğrenci 2 ve Öğrenci 3

#### **ÖN SORGULAMA AŞAMASI**

**Başlangıç Deneyi:** YOĞURTTA NIŞASTA ANALİZİ

**Başlangıç Deneyinin Amacı:** Gıda maddelerine yasal olmayan katkı maddeleri katılmaktadır. Örneğin yoğurt gibi çok fazla tüketilen bir gıda maddesine kıvam arttırıcı olarak nişasta katılabilmektedir. Gerçekleştirilen ön-deneyin amacı olarak;

- Paket yoğurtlara katılan nişastanın belirlenmesi
- Paket yoğurt ile evde mayalanan yoğurdun kıyaslanması hedeflenmiştir.

**Başlangıç Deneyi için Gerekli Araç ve Gereçler:**

- İki adet deney tüpü, tüplük, damlalık, cam baget
- İyot (Lugol) çözeltisi (1g İyot + 2g KI + 300ml damıtık su)
- Yoğurt örnekleri (hazır paket yoğurt ve evde hazırlanmış yoğurt örnekleri)

**Deneyin Yapılışı:**

- İki deney tüpüne ev ve paket yoğurdundan bir miktar örnek alınır.
- Örnekler 2-3 damla iyot çözeltisi damlatılıp karıştırılır.
- İyodun nişasta zinciri içinde kompleks oluşturarak ışığı kırma derecesini değiştirmesi prensibine dayanarak oluşan mavi renk nişasta katkısını, sarı renk ise katkı olmadığını gösterir.



**Deneyin Sonucu ve Yorum:**

Bu deney sırasında ev yoğurdu ile hazır yoğurt kıyaslanmıştır. Ev yoğurdunun olduğu tüpte sarı renk, nişasta katkılı hazır yoğurtta ise mavi renk gözlenmiştir. Mavi renk nişasta katkısını sarı renk ise katkı olmadığını göstermektedir.

Yoğurda kıvam arttırıcı olarak nişasta katılabilmektedir. Bir yoğurda nişastanın katılıp katılmadığının tespiti iyot çözeltisi ile tespit edilebilmektedir. İyot çözeltisi nişasta zinciri içinde kompleks oluşturur ve nişasta ışığın kırma derecesini değiştirerek bir renk değişimine neden olur.

## SORGULAMA AŞAMASI

### Soru Üretme

#### 1. Piyasadaki hazır yoğurtlara nişasta katılmasındaki amaç ne olabilir?

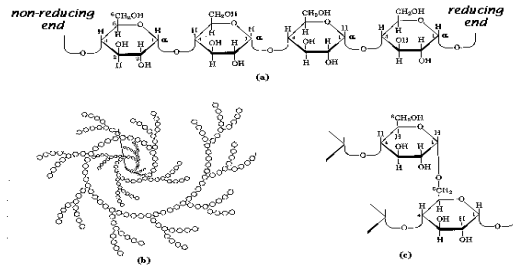
Nişasta emülgatör özelliğe sahiptir ve kıvam artırıcı olarak gıda sektöründe kullanılmaktadır. Yoğurtta standart bir kıvam yakalayabilmek için nişasta katkı maddesi olarak kullanılabilir.

#### 2. İyot (Lugol) çözeltisi nedir?

İyot çözeltisi 1g iyot ve 2g KI 300 ml damıtılmış su ile hazırlanan ve nişasta ile renk değiştiren bir maddedir. Lugol gram boyamada mordan olarak kullanılmaktadır. Görevi boyanın bakteriye tespitini sağlamaktır (Christian Gram tarafından bulunan bir tekniktir. Bu yöntem ile bakterilerin gram reaksiyonları incelenir).

#### 3. Nişastanın yapısını açıklayınız.

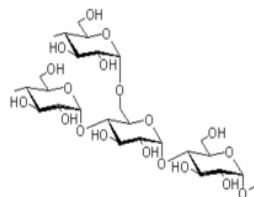
Suda çözünmeyen bir kompleks karbohidrattır. Bitkiler tarafından fazla glikozu depolamak için kullanılır. Vücudumuzun en önemli enerji kaynaklarıdır. Günlük enerjinin %55-60'ı karbohidratlardan sağlanır. Tahıl ürünleri ve köklü sebzelerden gereksinimimizi karşılarız. Endüstride tutkal, kâğıt ve tekstil yapımında kullanılır. Gıda sanayisinde kıvamlandırıcı, yemek yapımında sıvıları koyulaştırmakta kullanılır. Tatsız ve kokusuz beyaz bir tozdur.



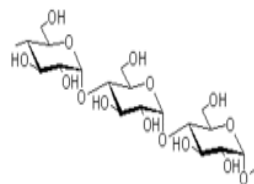
Resim 1. Nişasta molekülü

Nişasta, amiloz (%20) ve amilopektin (%80) isimli iki polimerik karbohidratın (polisakkaritin) birleşimidir.

- Amiloz (dizilişleri yan yanadır): Buğdaydaki nişastanın %15-20'sini oluşturur. Mısır ve pirinçte hiç amiloz yoktur. Amiloz su ile iyi jöle oluşturur.
- Amilopektin: Tahıllarda bulunan amilopektin sulu ortamda ısıtılınca şişer, soğuyunca jöle ya da pelte oluşturur. Amilopektin iyi pelte oluşturur.



Resim 2. Amilopektin



Resim 3. Amiloz

#### **4. Gıda ürünlerinde nişastanın tespiti nasıl yapılır?**

Gıda ürünlerinde nişastanın tetkiki iyot testi ile gerçekleştirilmektedir. Ürünün iyot testinde koyu kahve veya mor renge dönüşmesi nişasta içeriğini işaret etmektedir. Bunun mekanizması tam olarak bilinmemekle beraber iyodun  $I_3^-$  ve  $I_5^-$  iyonlarının amiloz sarmalları arasına girdiği ve oluşan amiloz-iyot kompleksindeki enerji düzeyleri arasındaki farklar ışığın görünür kısmında absorpsiyon spektrumuna karşılık gelmektedir. İyot amilopektinle mavi renk oluşturmaz.

Bu ayırıcı hazırlamak için 4g suda çözünür nişasta sıcak suya katılır, kullanmadan evvel soğutulur. Nişasta-iyot kompleksi yükseltgenme-indirgenme reaksiyonlarını titre etmek için kullanılır: yükseltgen bir bileşik olduğunda çözelti mavidir, indirgen varsa mavi renk gider çünkü  $I_5^-$  iyonları iyot ve iyodüre dönüşür. Isıtılınca renk kaybolur.

#### **5. Nişastanın sindirimi nasıl gerçekleşir?**

Bir karbonhidrat olan nişastanın molekülleri büyüktür. Uzun ve dallı bir zincir oluşturmak üzere yüzlerce, binlerce glikoz molekülü birbirine bağlanmıştır. Nişasta molekülünün hücre zarından geçmesi çok büyük olduğu için mümkün değildir. Bu nedenle bağırsaklarımız nişastayı olduğu gibi kullanamaz. Nişasta moleküllerinin vücudun kullanımına uygun hale gelmesi ve depoladığı enerjiden yararlanılması için sindirim kanalından geçerken daha küçük parçalara ayrılması gerekir.

İnsan tükürüğü amilaz adı verilen bir enzim içerir. Bu enzim, nişastanın daha küçük parçalara ayrıldığı bir dizi aşamayı, yani sindirimini (hidroliz) katalize eder. Bu farklı boylardaki ara dönem moleküllerine dekstrin adı verilir. Amilaz faaliyetlerinin son ürünü maltoz olup, iki glikoz molekülünden oluşan bir disakkarittir.

Maltozu glikoza dönüştürmek için tükürükte bulunmayan bir enzim gereklidir. Enzim hem pankreas, hem de ince bağırsakta mevcuttur. Son ürün, ince bağırsağın hücre zarından geçebilecek büyüklükte olan glikoz molekülüdür ve bu molekül vücudun farklı hücrelerine taşınacaktır. Tükürükte bulunan amilazın faaliyeti iyot testiyle izlenebilir. Nişasta ile reaksiyona girdiğinde, iyot çözeltisi koyu mavi bir renk alır. Nişasta moleküllerinin hidroliz edilmesi sürerken ve dekstrinler oluştuğunda, renk kırmızımsı kahverengiye döner. Amilaz etkinliğinin son ürünü maltoz, iyotla reaksiyona girmez ve herhangi bir renk değişimi gözlenmez.

Enzim ortamın asit veya baz (pH) konsantrasyonuna göre etkili olur. Tükürükteki amilaz yalnız bazik ortamda etkilidir. Mide öz suyu çok asitlidir. Amilazın faaliyeti asitli ortamda durduğu için, midede nişastanın sindirimi yapılmaz. Karbonhidrat sindirimi ince bağırsakta tamamlanır. Amilaz enzimiyle meydana gelen maltoz daha sonra ince bağırsakta özel bir enzimle glikoza parçalanır. Ağızda parçalanan nişasta pankreastan gelen amilazın etkisiyle ince bağırsakta sindirilir

### **Seçilen Sorgulama Sorusu ve Problemi Belirleme**

Tükürükte bulunan amilaz enzimi ile nişastadaki amiloz bileşenlerine ayrışıyorsa bu tespit edilebilir mi?

### **Belirlenen Problem Durumu ile İlişkili Bir Hipotez Oluşturma**

Amilaz enzimi nişastanın ağızda maltoza kadar parçalanmasını sağlıyorsa oluşan disakkarit maltozun varlığı, indirgeyici özelliğinden yararlanılarak Fehling çözeltisi ile tespit edilebilir.

### **Hipotezin doğruluğu için ileri sürülen mantıklı nedenler**

#### **1. Nişasta molekülünün iyot çözeltisi ile oluşturduğu mavi renk, tükürükteki amilaz enzimi ile bir değişiklik gösterir mi?**

Nişasta, içerdiği amilopektin nedeniyle gözenekli bir molekül yapısındadır. İyot, nişasta molekülünün boşluklarına girerek çözeltinin mavi renkli görünmesine neden olur. Tükürükteki  $\alpha$ -amilaz, nişastayı hidrolitik olarak parçalar; nişasta molekülünün boşluklarına girmiş olan iyot moleküllerinin serbestleşmesine ve sonuçta mavi rengin kaybolmasına neden olur.

#### **2. Sıcaklığın tükürük amilaz enzimi etkinliği üzerine etkisi var mıdır?**

Tükürükteki amilaz faaliyetine sıcaklığın etkisini incelemek için farklı sıcaklıklardaki nişasta çözeltisine amilaz enzimi ilave edilir. Farklı sıcaklıktaki her bir deney tüpüne iyot çözeltisi damlatılır (nişasta ile iyot arasında hiçbir reaksiyon oluşmayıncaya kadar, yani nişastanın tümü maltoza parçalanarak renk gözlenmeyinceye kadar, 5–70 °C).

İyot-nişasta kompleksinin oluşumu ekzotermik bir reaksiyon olduğu için, meydana gelen rengin şiddeti farklı sıcaklıklardaki kimyasal denge nedeniyle farklılık göstermiştir. Artan sıcaklıkla beraber denge girenler yönüne kaymış, böylelikle de iyot-nişasta kompleksinin mavi-menekşe rengi kaybolmuştur. Artan sıcaklıkta geriye doğru reaksiyon hızı, ileriye doğru olan reaksiyon hızından daha büyük olduğu için bu sonuç elde edilmiştir. Soğutma ile de denge ürünler yönüne aymış ve kaybolan renk tekrar açığa çıkmıştır.

#### **3. pH'nın tükürük amilaz enzimi etkinliği üzerine etkisi var mıdır?**

0.1 M  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  ve 0.1 M  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  karıştırılarak, 3, 5, 7 ve 9 pH değerlerinde 4 farklı tampon çözelti hazırlanabilir. pH dereceleri pH kâğıdı kullanarak kontrol edilerek pH değerleri ayarlanır. Her bir deney tüpüne nişasta çözeltisi + amilaz enzimi ilave edilir. Farklı pH'daki her bir deney tüpüne iyot çözeltisi damlatılır (nişasta ile iyot arasında hiçbir reaksiyon oluşmayıncaya kadar, yani nişastanın tümü maltoza parçalanarak renk gözlenmeyinceye kadar). Deneyin sonunda tükürükte bulunan amilaz enziminin en etkin olabileceği pH derecesi, tükürüğümüzün pH değeri ve yukarıdaki işlemler sırasında varılan farklı bulguların nedeni ve sonucu yazılır.

Enzim ortamın asit veya baz (pH) konsantrasyonuna göre etkili olur. Tükürükteki amilaz

yalnız bazik ortamda etkilidir. Mide öz suyu çok asitlidir. Amilazın faaliyeti asitli ortamda durduğu için, midede nişastanın sindirimi yapılmaz. Karbonhidrat sindirimi ince bağırsakta tamamlanır. Amilaz enzimiyle meydana gelen maltoz daha sonra ince bağırsakta özel bir enzimle glikoza parçalanır. Ağızda parçalanan nişasta pankreastan gelen amilazın etkisiyle ince bağırsakta sindirilir.

#### **4. Fehling (-) olan nişastanın, asidik ortamda hidroliz olmasını Fehling (+) glukoz moleküllerine parçalanması olayı ile ispatlayabilir miyiz?**

Bir deney tüpüne spatül ucuyla nişasta ve 5 mL destile su konup karıştırılarak nişasta çözeltisi hazırlanır. Bu çözelti ile Fehling deneyi yapılır ve Fehling (-) sonuç gözlenir. Bir başka deney tüpüne spatül ucuyla nişasta ve 1 mL derişik HCl konur. Tüpteki karışımın üzerine 5 mL distile su eklenir ve karıştırılır. Tüpteki karışım, kaynar su banyosunda veya bunzen beki alevinde dikkatlice ısıtılır. Tüpteki karışıma 2mL %20'lik NaOH çözeltisi eklenir. Tüpteki son karışım ile Fehling deneyi yapılır ve Fehling (+) sonuç gözlenir.

Nişasta, amiloz ve amilopektin olmak üzere iki tip glukoz polimeri içerir. *Amiloz*, ( $\alpha 1 \rightarrow 4$ ) bağları vasıtasıyla birbirine bağlanmış glukoz ünitelerinin dallanmamış uzun zincirlerinden oluşmuş bir glukoz polimeridir; zincirde birkaç bin glukoz kalıntısı bulunabilir ve bir ucu indirgeyicidir. *Amilopektin*, ( $\alpha 1 \rightarrow 4$ ) bağları vasıtasıyla birbirine bağlanmış glukoz ünitelerinin uzun zincirlerinin her 24–30 glukoz kalıntısında bir dallanması suretiyle oluşmuş bir glukoz polimeridir; dallanma noktalarındaki bağ, ( $\alpha 1 \rightarrow 6$ ) bağıdır ve dolayısıyla molekülde bir indirgeyici uç fakat dal sayısı kadar çok sayıda indirgeyici olmayan uç vardır. Nişastadaki az sayıda indirgeyici uç, indirgeyici olmayan çok sayıda uç tarafından gizlenir; bu nedenle nişasta, Fehling (-) sonuç verir. Nişasta, asit ile ısıtma sonucunda hidroliz olarak glukoz moleküllerine parçalanır. NaOH, hidrolizden sonra ortamı nötrleştirir. Son karışımda bulunan glukoz da serbest yarı asetal hidroksilleri nedeniyle indirgeyici özellikte olduğundan yapılan Fehling deneyinde (+) sonuç gözlenir.

#### **5. Nişastanın ağızda maltoza parçalanmasında amilaz enzimi etkili ise bunu maltozun varlığını tespit ederek ispatlayabilir miyiz?**

Tükürükteki amilaz enzimi ile nişasta, iki glukoz molekülünün  $\text{Glc}(\alpha 1 \rightarrow 4)\text{Glc}$  biçiminde kondensasyonu ile oluşmuş molekül yapısına sahip bir disakkarit olan maltoza kadar parçalanır. Maltoz, serbest yarı asetal hidroksili içerdiğinden indirgeyici özelliktedir; Fehling çözeltisindeki 2+ değerlikli bakırı ( $\text{Cu}^{2+}$ ), 1+ değerlikli bakıra ( $\text{Cu}^+$ ) indirger; yani Fehling pozitif reaksiyon verir.

**Deney Önerisi:** İnsan tükürüğünde bulunan amilaz enzimi yardımıyla nişastanın sindirilmesi

**Deneyin Amacı:** Nişastanın tükürükteki amilaz enzimi ile ağızda sindiriminde son ürün

olan maltozun varlığının, maltozun indirgeyici özelliğinden yararlanarak Fehling çözeltisi ile verdiği reaksiyon ile ispatlanması

#### **Deney için Gerekli Araç ve Gereçler**

- 5 Adet deney tüpü, tüplük ve spatül
- İyot ve fehling çözeltileri
- Tükürük Örneği
- % 2'lik eriyebilen nişasta çözeltisi
- % 2'lik glikoz çözeltisi
- Baget, su banyosu

**Fehling Çözeltisi A:** Kristal halindeki 69,2 g  $\text{CuSO}_4$  ü 1000 ml saf su içinde çözelti haline getirilir.

**Fehling Çözeltisi B:** 154 gr Sodyum hidroksit ve 350 gr Sodyum potasyum tartarat 1000 mL saf suda çözülür.

Bu iki çözelti karıştırıldığında Cu (II) iyonları tartarat iyonları ile koyu mavi renkte bir kompleks oluşturur. Fehling çözeltileri aldehit ve aldehit şekerlerin tanınmasında kullanılan bir belirteçdir. Bakır (II) çözeltisine tartarik asit katılması, bütün alkali tartarat çözeltisinde çözünen, açık mavi bir taraftarın çökmesine neden olur. Bu çözeltilerin pH'si 13'ten yüksek olursa, koyu mavi renkte Fehling çözeltisi elde edilir. Yükseltgen olan Fehling çözeltisi,  $\text{Cu}_2\text{O}$ ,  $\text{CuO}$  oluşmasıyla birlikte indirgenebillir. Aldehit işlevi şekerlerin doz ayarlama ilkesi budur.

Eğer bir monosakkarit veya disakkarit serbest yarı asetal hidroksiline sahipse indirgen özellik gösterir. Örnek olarak, glikoz ve bu özelliğe sahip maltoz, laktoz ve sellobioz gibi disakkaritleri de söz konusudur. Bünyesinde indirgen grup taşıyan bir karbonhidrat aşağıda örnek olarak seçilmiş maddeleri indirgeyerek kendisi oksitlenmektedir.

$\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{1+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Bi}^{3+}$ ,  $\text{Be}^0$ ,  $\text{Se}^{4+}$ ,  $\text{Se}^0$ , Pikrik asit, Metilen mavisi

Patolojik durumlarda idrarda çıkan en önemli karbonhidrat glikozdur. İndirgenme testlerinde sıcak ve alkali ortamda glikoz ve diğer indirgen şekerler bazı metal tuzlarını indirgerler. Fehling çözeltisi indirgeyici bileşikler için kullanılan klasik bir belirteçdir. Ancak Fehling testi idrarda rutin glikoz tayini için istenilenden daha fazla doygun olduğundan yanlış sonuçlar ortaya çıkabilir. Çünkü bu test ile idrarda bulunan azotlu bileşiklerle pozitif bir reaksiyon vermektedir.

#### **Deneyin Yapılışı:**

- 5 deney tüpüne spatülün ucu ile çok az miktarda nişasta çözeltisi konulur.
- 4. deney tüpüne ayrıca % 2'lik glikoz çözeltisi konulur ve tüm tüpler numaralandırılır.
- 1. deney tüpündeki nişasta çözeltisi üzerine iyot çözeltisi damlatılır ve koyu mavi bir renk gözlemlenir.



- 2. deney tüpündeki nişasta çözeltisi üzerine Fehling çözeltisi damlatılır ve sonra su banyosunda ısıtılır ve hiçbir değişim gözlenmez.
- 3. tüpteki nişasta çözeltisine tükürük örneğinden ilave edilir ve üzerine iyot çözeltisi damlatılır. Tükürükte bulunan amilaz enzimi nişastanın tamamını sindiremediğinden iyot çözeltisi nişasta ile tepkimeye girerek yine koyu mavi bir renk oluşmuştur.
- 4. tüpteki %2'lik glikoz çözeltisi üzerine Fehling çözeltisi ilave edilir ve bir süre ısıtılır. Kırmızı bir renk gözlemlenir.
- Son deney tüpündeki nişasta çözeltisine tükürük eklenir ve Fehling çözeltisi eklenip su banyosuna konulur, bir süre ısıtıldıktan sonra kiremit kırmızısı bir renk gözlemlenir. Oluşan bu renk nişastanın iki glikoz molekülünden oluşan disakkarit maltoza parçalandığını göstermektedir.



## İkinci grup öğrencilerinin uygulama adımları

### 2. Grup

Öğrenci 4, Öğrenci 5 ve Öğrenci 6

#### ÖN SORGULAMA AŞAMASI

**Başlangıç Deneyi:** PAS ÖNLEYİCİ OLARAK KOLANIN KULLANIMI

**Başlangıç Deneyinin Amacı:** Günlük hayatta içecek olarak tüketilen kolanın, pası çözebilme ve önleyebilme etkisine dikkat çekilerek fosforik asitin ( $H_3PO_4$ ) pasa ( $Fe_2O_3$ ) olan etkisini göstermek.

**Başlangıç Deneyi için Gerekli Araç ve Gereçler:**

- Deney tüpü, pens
- Paslı çivi
- Kola örneği

**Deneyin Yapılışı:**

- Paslı bir çivi kolayla doldurulmuş deney tüpüne daldırılır ve yaklaşık bir saat kadar beklenir.
- Çivideki değişim gözlenir.
- Kolada bulunan  $H_2CO_3$ 'ün pası çözmede etkisinin olup olmadığını anlayabilmek için deney uzun süre bekletilip  $CO_2$  çözünürlüğü azaltılmış olan kolayla da denener ve gözlemler not edilir.



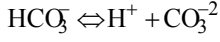
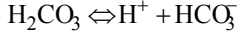
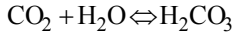
**Deneyin Sonucu ve Yorum:**

Bir süre kola içerisinde bekletilen paslı çivideki pas çözülmüş ve paslı kısmın yerini koyu gri bir tabaka almıştır. Bu sırada kolanın kahverengi rengi ise pastan dolayı koyu kırmızı-kahverengiyeye dönmüştür.



Kolanın içeriğinde bulunan  $H_3PO_4$ , çivideki pasın demir oksidini demir fosfata dönüştürmüştür ve çivi bu nedenle koyu gri bir renk almıştır. Oluşan koruyucu tabaka yeni bir pas oluşumunu geciktirmektedir. Dolayısıyla,  $H_3PO_4$  hem pası çözmekte, hem de koruyucu tabaka oluşturarak iki işlevi aynı anda yerine getirmektedir.

Kolanın  $H_3PO_4$ 'ün asit düzenleyiciliğine,  $CO_2$ 'de suyla tepkimeye girip  $H_2CO_3$ 'i (karbonik asit) oluşturarak katkı sağlamaktadır.  $H_2CO_3$  zayıf bir asittir ve aşağıdaki dengeler söz konusudur:



Uzun süre bekletilen kolada  $CO_2$ 'nin çözünürlüğünün azalması ile denge tepkimesine göre  $H_2CO_3$ 'ün miktarının da giderek azalacağı, gaz çıkışının sona ermesiyle ise ortamda  $H_2CO_3$  bulunmayacağı ve pasa sadece  $H_3PO_4$ 'ün etki edeceği açıktır. Yapılan gözlemlerde, çivideki pasın çözülmesi bunu doğrulamaktadır.

## SORGULAMA AŞAMASI

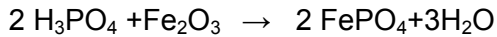
### Soru Üretme

#### **1. Kolanın içeriğinde neler bulunur?**

Kola % 99 su ve şekerden oluşmaktadır. Bunun yanında karbonik asit, renk maddesi (E150), asitlendirici madde E338, fosforik asit, kafein (65–250 mg/l) ve doğal aromalar kola içeriğindeki diğer maddelerdir. Birçok kolalı içeceklerin yapısında en önemli malzemelerden biri fosforik asittir. Bu bileşik içeceğin korunmasına yardımcı olur, ona tatlımsı tadı verir ve asidik çözeltiyi sağlar. Fosforik asit kola içerisinde hidrojen iyonuna ( $H^+$ ) ve fosfat iyonuna ( $PO_4^{-3}$ ) iyonlaşır.

#### **2. Kolanın pası önlemedeki etkisi nasıl açıklanabilir? Etken bileşik nedir?**

Koladaki  $H_3PO_4$  demiri paslanmaktan korumak için kullanılan yöntemlerden biri olan üzerine koruyucu bir fosfat tabakası oluşumunu sağlayan etken bileşiktir.  $H_3PO_4$ , demirdeki pasın demir oksitini demir fosfata dönüştürür. Böylece koruyucu bir tabaka meydana gelir ve bu tabaka demirin yeniden paslanmasını tümüyle önlemese de, yeni bir pasın oluşumunu geciktirmektedir. Koruyucu tabakanın oluşum reaksiyonu aşağıdaki gibidir:



#### **3. Kolanın içerisinde pası önlemede etkili olan bileşiğin ( $H_3PO_4$ ) tespiti nasıl yapılabilir?**

Koladaki pası önlemede etken olan  $H_3PO_4$ 'in tespiti fosfatlı bir çökeleğin oluşumunu sağlayan aşağıdaki deneyle yapılabilir. Ancak bu deney yapılmadan önce sodyum fosfat kullanılarak fosfatın tespiti için bir ön kontrol deneyi yapılabilir. Kontrol deneyi için;

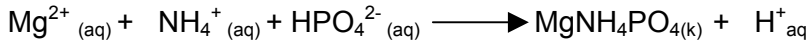
- Bir deney tüpü içerisine 0,5g sodyum fosfat konulur.
- Tüp yarıya kadar damıtılmış su ile doldurulur ve katı çözüne kadar çalkalanır.
- pH kâğıdı bu çözelti ile ıslatılır. Çözeltinin bazik olduğu gözlemlenir.
- Çözelti nötr olana kadar damla damla HCl ilave edilir.

- Bir damlalık dolusu magnezyum oksit deney tüpüne ilave edilir.
- Yavaş yavaş beyaz bir okelti oluşacaktır ve tüpün dibine okmeye başlayacaktır ve bu fosfatın varlığını kanıtlayacaktır.

Kolada pası önlemede etken olan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>'in tespiti için ise aşağıdaki deney yapılabilir.

- Magnezyum bileşikleri, magnezyum nitrat MgNO<sub>3</sub>, amonyum klorür NH<sub>4</sub>Cl ve amonyaktan NH<sub>3</sub> oluşmaktadır. Bunun için bir deney tüpüne bir damlalık ile MgNO<sub>3</sub> ve NH<sub>4</sub>Cl ilave edilir. Sonra bu karışımın üzerine birkaç damla amonyak ilave edilerek magnezyum bileşiği hazırlanmış olur.
- Aktif kömür ile süzülerek içeriğindeki renk maddesi ayrıştırılmış bir miktar kola  rneği bir deney tüpüne konur.  zerine hazırlanan magnezyum bileşiği ilave edilir.
- Deney tüpündeki değişimler dikkatlice gözlemlenir.
- Deney tüpünde yavaş yavaş beyaz bir okelti oluşacaktır ve bu okelti, fosfatın varlığını doğrulayacaktır.

#### Reaksiyonlar:



Magnezyum bileşikleri karışımı fosfat içeren asidik bir ozeltiye ilave edilirse beyaz bir okelek olan magnezyum amonyum fosfat oluşacaktır. Bu da fosfatın varlığını kanıtlar.

#### **4. Korozyon nedir? evrenizden korozyon için örnekler verin.**

Metal ve alaşımların kararlı halleri olan bileşik haline dönme eğilimleri yüksektir. Bunun sonucu olarak metaller içinde buldukları ortamın elemanları ile tepkimeye girerek, önce iyonik hale ve sonra da ortamdaki başka elementlerle birleşerek bileşik haline dönmeye çalışmaktadırlar; yani kimyasal değişime uğramakta ve bozunmaktadırlar. Sonuçta metal veya alaşımın fiziksel, kimyasal, mekanik veya elektriksel özelliği istenmeyen değişikliklere uğramaktadır. Bu olaya korozyon adı verilmektedir. Atmosfer şartlarına açık bulunan tanklar, depolar, direkler, korkuluklar, taşıt araçları, yeraltı boru hatları, betonarme demirleri, iskele ayakları, gemiler, fabrikalarda kimyasal madde doldurulan kaplar, borular, depolar ve birçok makine parçası korozyon olayı ile karşı karşıyadır.

#### **5. Pas bir korozyon mudur?**

Pas atmosferik bir korozyon olayıdır. Demirin nemli havada korozyona uğramasıyla, yüzeyinde oluşan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.x H<sub>2</sub>O, hidratlaşmış demir(III) oksit katısına PAS adı verilir. Paslanma için su ve O<sub>2</sub> gereklidir. Metallerin büyük bir kısmı su ve atmosfer etkisine dayanıklı olmayıp, normal koşullar altında bile aşınmaya yani korozyona uğrayabilmektedir. Paslanmada korozyonun bir çeşidi olduğundan demirde uygun ortam koşullarında, özellikle nemli ortamlarda ve atmosferle direkt temasta olduğu durumlarda oksijenle reaksiyona girme eğilimindedir.

## 6. Sadece demir mi korozyona uğrar? Korozyona uğrayan metaller hangileridir?

Bazı soy metaller hariç metal ve metal alaşımlarının hepsi kullanım esnasında az ya da çok korozyona uğrar.

## 7. Korozyonun zararları nelerdir?

Korozyon her şeyden önce insan hayatını ve sağlığını zarara sokan bir olaydır.

- a) Bilindiği gibi bakırın korozyon ürünlerinin insan sağlığı için çok zararlı olması nedeni ile bakır kaplar yüzyıllarca kalayla kaplanarak kullanılmışlardır. Uçaklarda bazı önemli parçaların korozyon nedeni ile kırılması (korozyonlu yorulma, gerilimli korozyon çatlaması gibi nedenlerle) uçağın düşmesine ve can kaybına neden olabilir.
- b) Korozyon dünyadaki sınırlı metal kaynaklarının en önemli israf nedenidir. Her yıl üretilen metalik malzemelerin yıl sonuna kadar yaklaşık 1/3'ü korozyon nedeni ile kullanılmaz hale gelir. Devre dışı kalan metalik malzemeler hurda olarak kısmen değerlendirilebilse de 1/3'ü bir daha geri kazanılamamak üzere kaybedilir, yani tabiata geri döner. Bu ise yıllık metalik malzeme üretiminin 1/10'unun, korozyon nedeni ile bir daha geri kazanılamamak koşulu ile kaybı demektir.
- c) Korozyon nedeni ile "malzeme kaybı" yanında "sermaye - emek - enerji ve bilgi" de kaybolur. Metalik malzemelerin üretimi "sermaye - emek - enerji ve bilgi" gerektirir. Metalik malzemelerin korozyon nedeni ile kullanılamaz hale gelmeleri bu nedenle ilave kayıplara neden olur.
- d) Metalik malzemelerin tabiata geri dönen kısmı ortamı kirletir. Kirli ortam ise korozyonu hızlandırır. Örneğin, metalik safsızlıklarla kirli iletkenlik ve dolayısı ile korozyon artar. Bakır iyonu içeren sular dökme demir veya alüminyum yüzeyle temas edince bakır metalik hale döner ve metali (dökme demir veya alüminyum) çözer; ayrıca açığa çıktığı bölgelerde korozyonu hızlandırır, delikler ve oyuklar oluşumuna neden olur. Metal kaybı yeni metal üretimini ve dolayısı ile ilave çevre kirlenmesine neden olarak atmosferin ve suyun kirliliğini artırır. Kirli ortamda ise metaller daha hızla korozyona uğrarlar.
- e) Korozyon olarak nitelendirilebilecek çözünmeler teknolojinin gelişimi ile daha aşağı sınırlara çekilmektedir. Örneğin, ilaç endüstrisi veya atom santrallerinde "korozyon" olarak nitelenebilecek metal çözünmesi ile atmosferik koşullarda bir çelik yapının "korozyon"u arasında çok büyük farklar vardır. Atmosferik koşullarda milimetrenin kesirli düzeyindeki korozyon nedeni ile uğranılan kalınlık azalmaları normal kabul edilirken bir atom santralinde soğutma suyunun içinden geçtiği borularda korozyonun pratik olarak sifıra yakın olması istenir.

## 8. Metalleri korozyondan korumak için hangi yöntemler kullanılabilir?

Korozyon, “metal ile ortam” arasındaki “ara yüzey”de oluşan bir olay olduğuna göre korozyondan korunma yöntemleri de:

- Ara yüzeye müdahale ederek metal -ortam ilişkisini kesmek; metali yalıtkan bir malzeme ile kaplamak, boya ve kaplamalar yapmak: Korozyonu önlemede en ucuz yöntem olan boyalar ve diğer kaplamalar pratikte çok eski zamanlardan beri kullanılmaktadır. Son yıllarda boya çeşitlerinde ve kalitesinde büyük gelişmeler olmuştur. En şiddetli korozif (aşındırıcı) ortamlarda bile 15–20 yıl dayanabilen epoksi, poliüretan, kauçuk vb. polimer boyalar geliştirilmiştir.
- Metalik ortamı daha dayanıklı kılmak, paslanmaz çelikler: Bu asrın başlarında demir içine belli oranlarda krom ve nikel katılmak suretiyle elde edilen alaşımların korozyona dayanıklı olduğu keşfedilmiştir. Başlangıçta üretilmekte olan paslanmaz çelikler demir içinde bulunan karbon yüzdesinin fazlalığı sebebiyle çeşitli sorunlar yaratmıştır. Günümüzde çelik içindeki karbon yüzdesini çok küçük değerlere düşürebilen özel yöntemler geliştirilmiş, böylece üstün özellikte paslanmaz çelik türleri üretebilmek mümkün olmuştur. Halen, başta tıbbi araçlar, gıda ve kimya endüstrisi olmak üzere su ve atmosfer etkisinde kalan bütün yapılarda korozyona tam olarak dayanıklı çok çeşitli paslanmaz çelikler kullanılmaktadır.
- Ortamın metal üzerindeki korozif etkisini azaltmak veya değiştirmek, inhibitör kullanımı: Metal cinsinin değiştirilmesinin ekonomik olmadığı hallerde, çevrenin korozif özelliğini azaltmak amacıyla inhibitör kullanılması yoluna gidilmektedir. Özellikle soğutma sularında olduğu gibi kapalı sistemlerde, inhibitör kullanımı korozyonla mücadelede en ekonomik yöntemi oluşturmaktadır.
- Ara yüzeyin elektrokimyasal özelliğini değiştirmek; Bu yöntem katodik veya anodik koruma (istemli pil oluşturma) olarak gruplanabilir;
  - Anodik koruma  
Anodik koruma, pasifleşme özelliği gösteren bir metalin anodik yönde polarize edilerek pasif hale getirilmesi ilkesine dayanmaktadır. Böylece metalin söz konusu ortam içindeki korozyon hızı yaklaşık binde biri düzeyine indirilebilmektedir.
  - Katodik koruma  
Katodik korumanın ilk uygulamaları boru hatları üzerinde olmuştur. Günümüzde iskele ayakları, gemiler, su ve petrol depolama tankları, kimyasal maddeleri taşıyan kaplar, ısı değiştiriciler, betonarme demirleri vb. birçok metalik yapı katodik olarak korunmaktadır. Özellikle yüksek basınçlı petrol ve doğal gaz boru hatlarının emniyetle işletilebilmesi ancak katodik koruma yapılarak mümkün

olabilmektedir.

### **9. Demiri hızlı bir şekilde korozyona uğratabilmek mümkün müdür?**

Demiri galvanik korozyonla hızlı bir şekilde korozyona uğratmak mümkündür. Bunun için, elektrolit olarak jelâtin çözeltisinin kullanıldığı bir galvanik korozyon düzeneği oluşturulup demir korozyona uğratılabilir.

#### Galvanik korozyon:

Farklı potansiyelde olan iki metal, bir elektrolit içine daldırılır ve bunlar birbiriyle temas ederse galvanik bir pil oluşur. Bu pilin anodu, yani daha negatif potansiyelde olan metal korozyona uğrar. Korozyon hızı, anot ve katot bölgeleri arasındaki potansiyel farkına ve devrenin toplam direncine bağlıdır. Galvanik korozyonun etkili olabilmesi üç faktöre bağlıdır. Bunlardan birincisi metallerin içinde bulunduğu çevre ne derece korozif özellikte ise galvanik etki daha şiddetle kendini gösterir. İkinci olarak metaller arasındaki uzaklıktır. Galvanik korozyon genellikle iki metali birbirine bağlayan nokta yakınında en şiddetli olarak kendini gösterir. Uzaklığın etkisi çözeltinin iletkenliğine bağlıdır. Elektrolit direnç fazlaysa korozyon hemen bağlantı yakınında oyuk şeklinde kendini gösterir. Eğer çözelti iletkenliği yüksekse korozyon olayı daha geniş bir alana dağılır. Üçüncü olarak katot/anot yüzey oranıdır. Büyük bir katotla küçük bir anottan oluşan bir galvanik hücrede anot kısa sürede yıpranır, katot/anot oranının büyük oluşu anot akım yoğunluğunun büyümesine ve küçük bir bölgeden fazla miktarda madde kaybına neden olur. Sözelimi bakır plakalar çelik perçinle tutturulursa, çelik perçinler kısa sürede parçalanır. Kaplama yapılmış bir boru hattında, eğer kaplama küçük bir bölgede bozulursa, yine büyük bir katotla küçük bir anodun etkisi kendini gösterir. Kaplamanın bozulmuş olduğu bölgede yüksek bir akım yoğunluğuna erişilerek boru bu noktadan delinebilir.

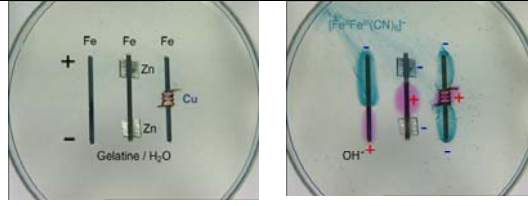
#### Demirin galvanik korozyonu:

#### Deney için gerekli araç-gereçler:

Fenolftalein, potasyumhekzasiyanoferrat (III) ( $K_3 [Fe (CN)_6]$ ), ve jelâtin çözeltisi ile 3 adet demir çivi, 1 adet petri kabı, 2 adet çinko levha, bakır tel ve bunzen beki.

#### Deneyin Yapılışı:

İlk olarak, 3 adet çivi petri kabına yerleştirilir. Bunlardan birinin uç kısmı bunzen beki alevinde yakılmış (en soldaki çivi), diğerinin orta kısmına bakır tel sarılmış (en sağdaki çivi), üçüncü çivinin uç kısımlarına ise çinko levha sarılmıştır (ortadaki çivi). Daha sonra, hazırlanmış olan jelâtin çözeltisi ısıtılıp petri kabına aktarılır. Kısa süre sonra katılaştıran jelatin çözeltisine, gerçekleşen reaksiyonların görülebilir olmasını sağlamak amacıyla indikatör olarak fenolftalein ve  $K_3 [Fe (CN)_6]$  eklenir. 12 saat boyunca düzenekteki değişimler gözlenir.



### Deneyin Sonucu:

12 saat sonunda, en soldaki çivinin yakılan ucunda jelâtin çözeltisinde kırmızı renk, yakılmamış ucunda ise çözeltide Berliner mavisi gözlenmiştir. Ortadaki çivinin orta kısmında, çözelti üzerinde kırmızı renk dağılımı göze çarparken, çinko taraflarında herhangi bir renk değişimi söz konusu değildir. Sağdaki çivinin uç kısımlarında ise çözelti yine Berliner mavisi ile boyanmıştır, bakırın sarılı olduğu bölgede ise kırmızı renk göze çarpar.

### Yorum:

Galvanik bir hücrede aralarında potansiyel fark bulunan iki metalden, soy olmayanı anot (galvanik hücrenin eksi kutbu) olarak davranır ve çözünür. Soy metal ise katot (galvanik hücrenin pozitif kutbu) olarak işlev görür ve çoğunlukla bu elektrotta  $O_2$ , hidroksit ( $OH^-$ ) iyonlarına indirgenir.

Bu ön bilginin ardından, deneyle ilgili yapılabilecek yorumlar şunlardır:

- Bakırın ve demirin indirgenme potansiyelleri kıyaslandığında [ $E^\circ(Cu^{+2}/Cu) = +0,35V$  ve  $E^\circ(Fe^{+2}/Fe)=-0,44V$ ] bakırın demire göre daha soy bir karaktere sahip olduğu görülür. Bu nedenle sağdaki çivide Cu katot olarak davranmış ve burada  $O_2$  indirgenmiştir; Fe ise anot olarak tepkimektedir. Söz konusu metallerin bu şekilde tepkimeye girdiği ise, jelâtin çözeltisine damlatılan indikatörlerin farklı bölgelerde farklı renkler vermesinden anlaşılmaktadır. Sağdaki çivinin uç kısımlarında Berliner mavisinin gözlenmesi, ortamda  $Fe^{+2}$  iyonları varlığını gösterir; çünkü  $Fe^{+2}$  iyonları  $[Fe(CN)_6]^{-3}$  ile kompleks oluşturarak koyu mavi bir renk verir. Çivinin orta kısmındaki kırmızı renk ise  $OH^-$  iyonlarını işaret eder; bu da  $OH^-$  iyonlarının fenolftaleinle kırmızıya boyandığını kanıtlar. Dolayısıyla Fe yükseltgenmiş (Fe anot) ve  $O_2$  indirgenmiştir (Cu katot).

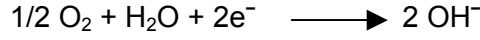
Söz konusu reaksiyonlar aşağıdaki gibidir:

#### ANOT



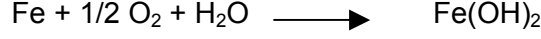


### KATOT



(fenolftaleinle kırmızıya boyanır)

Böylece, korozyon oluşumu aşağıdaki net tepkimeye göre gerçekleşmiş olur:



(Pas)

- Çinko ve demirin indirgenme potansiyelleri kıyaslandığında; [E°(Zn<sup>+2</sup>/Zn)=-0,76V ve E°(Fe<sup>+2</sup>/Fe)=-0,44V], bakırın aksine demir çinkodan daha soydur ve ortadaki çivide çinko anot olarak davranırken demir katot olarak görev alır. Öyleyse, çivinin orta kısmındaki demir parçasında oksijen indirgendiği için kırmızı renk gözlenmektedir. Çinko ise Zn<sup>+2</sup>'ye yükseltgenmekte; fakat bu iyon indikatörlerle tepkimeye girmediği için çivinin çinkolu uçlarında renk değişimi gözlenmemektedir.
- Deneyin bu uygulamasında katodik korumadan söz edebiliriz. Çünkü demir katot konumuna getirilip demirin yükseltgenmesi engellenmiş ve korozyon görülmemiştir.

Bir ucunu yaktığımız çiviye gözlemlediğimizde ise yakılan uçta kırmızı renk, yakılmayan uçta ise Berliner mavisi görülür. Bu bize iki uç arasındaki soyluk karakterinin farklı olduğunu gösterir. Demir çivinin yakılan ucu, yakılmamış kısma göre daha soy bir karaktere ulaşmıştır. Dolayısıyla yakılan uçta gözlenen kırmızı renk, bir yandan OH<sup>-</sup> iyonları varlığına işaret ederken, öte yandan bu ucun katot olduğunu da belirtir. Yakılmamış uç ise anot olduğu için, Fe<sup>+2</sup> oluşumu söz konusudur ve bu nedenle Berliner mavisi gözlenmektedir. Yani soldaki çivide de korozyon oluşumundan söz edilir.

### **Seçilen Sorgulama Sorusu ve Problemi Belirleme**

Demirin nemli havada korozyona uğramasıyla yüzeyinde oluşan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.xH<sub>2</sub>O hidratlaşmış demir (III) oksit katısı için su ve O<sub>2</sub> gereklidir. Kalsiyum klorür kullanımı ile demir korozyonu kontrolü yapılabilir mi?

### **Belirlenen Problem Durumu ile İlişkili Bir Hipotez Oluşturma**

Metalin bulunduğu ortamın şartları değiştirilerek metallerin korozyonunun kontrolü yapılabilir.

### **Hipotezin doğruluğu için ileri sürülen mantıklı nedenler**

#### **1. Paslanmanın oluşması için hangi koşullar gereklidir? Paslanmayı hızlandıran etmenler nelerdir?**

Pas atmosferik bir korozyon olayıdır. Demirin nemli havada korozyona uğramasıyla, yüzeyinde oluşan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.xH<sub>2</sub>O, hidratlaşmış demir (III) oksit katısına PAS adı verilir. Paslanma için su ve O<sub>2</sub> gereklidir.

## 2. Korozyon olayında metallerin aktifliği neden önemlidir?

Malzemelerin zaman içerisinde buldukları ortamın etkisiyle tahribata uğraması korozyon olarak tanımlanmaktadır. Korozyondan korunmak için kullanılan yöntemlerden biri de metallerin aktifliğinden yararlanmaktır. Aktif metal korozyona uğramaya yatkın veya korozyona uğramakta olan metale denilmektedir. Korozyonun en fazla görüldüğü malzeme türü ise elektrokimyasal reaksiyonlara eğilimlerinin yüksek olmasından dolayı metallerdir. Metallerin korozyona uğrama miktarları oksijene olan ilgileriyle alakalıdır. Serbest halde kararlı olan (Titanyum vb) metallerin korozyona dayanırlıkları daha yüksekken, oksijen ilgisi nispeten daha fazla olan (demir vb) metallerin oksitlenme eğilimleri daha yüksektir. Metallerin korozyona uğramaları için ana ölçüt oksijen ilgileriyle bunun yanı sıra birçok yan etken de mevcuttur. Mesela alüminyum oksijen ilgisinin iyi olmasından dolayı korozyon direnci yüksek bir malzeme halini almaktadır. Öyle ki alüminyumun dış yüzeyi çok hızlı oksitlenmekte ve yüzey tamamen oksitlendikten sonra oksitlenme durmaktadır ve daha alt yüzeylerin oksitlenmesi bu şekilde engellenmektedir. Yani yüzey oksitlenmeye karşı alüminyum oksitle kaplanmış olmaktadır.

## 3. Metallerin korozyonunun örneğin demirin paslanmasının kontrolü kalsiyum klorür kullanılarak yapılabilir mi?

Kalsiyum klorür ile demir korozyonunun kontrolü yapılabilir.

**Deney Önerisi:** Kalsiyum klorür kullanımının demir korozyonuna etkisi

**Deneyin Amacı:** Paslanma (demirin korozyonu) kısaca demirin havadaki oksijen ile birleşmesi olarak tanımlanmaktadır. Yapılan bu deneyde de paslanmanın gerçekleştiği ve gerçekleşmediği koşullar incelenmektedir.

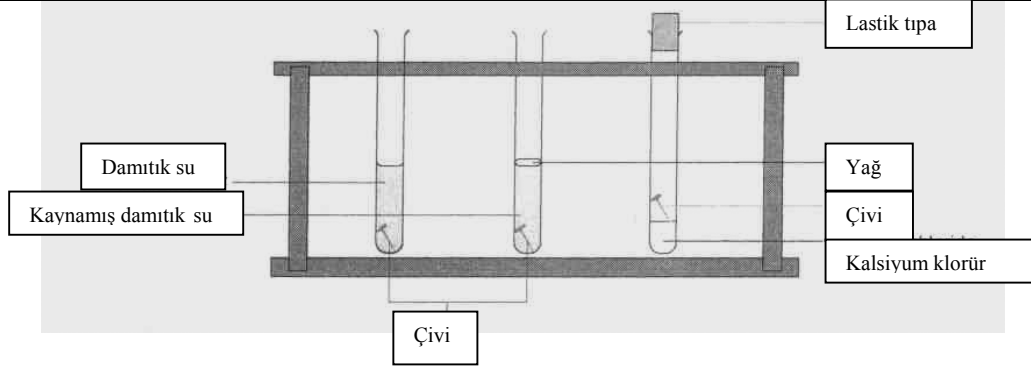
### Deney için Gerekli Araç ve Gereçler:

- Deney tüpü, tıpa, tüplük, 3 çivi
- Zeytinyağı
- Susuz kalsiyum klorür granülleri

### Deneyin Yapılışı:

- Üç deney tüpünden birine bir miktar damıtılmış su konulur. Daha sonra su dolu bu deney tüpün içine bir çivi yerleştirilir.
- İkinci deney tüpüne bir miktar kaynatılmış damıtık su konulur. Bu deney tüpünün de içine bir çivi yerleştirin ve deney tüpüne 1cm kalınlığında zeytinyağı eklenir.
- Son deney tüpüne ise 2cm kalınlığında susuz kalsiyum klorür granülleri konulur. Daha sonrada bu tüpün içine bir çivi yerleştirilir ve deney tüpünün ağızı bir tıpa ile kapatılır.

Tüplerdeki çiviler 3 gün sonra incelenir ve değişikler not edilir.



### Deneyin sonucu ve Yorum:

Deneyin sonunda veriler ve gözlemler kaydedilir:

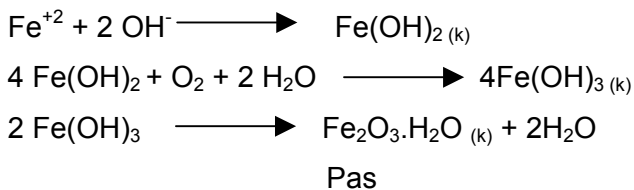
Tüp numarası	Deney ortamı	Pas oluşumu
1	Damıtık Su + çivi	Var
2	Kaynatılmış damıtık su + zeytinyağı + çivi	Yok
3	Kalsiyum klorür + çivi	Yok

3 gün sonra, birinci deney tüpünde bulunan çivinin alt kısımlarında yoğun pas oluşumu gözlenirken, ikinci ve üçüncü deney tüpünde ise pas oluşumu gözlenmemiş ve çivide herhangi bir değişiklik olmamıştır.

Birinci deney tüpünde, pas oluşumu için gerekli olan O<sub>2</sub> (oksijen) suda çözülmüş olarak bulunmakta ve nem+oksijen ikilisi demir çiviye paslandırmaktadır. İkinci deney tüpünde kaynatılarak oksijeni uzaklaştırılmış suyun içerisindeki O<sub>2</sub> çözünürlüğü sıcaklıkla azalmış suyun üzeri yağ ile kapatılarak havanın suda çözünmesi önlenmiş ve çivimizde paslanma gözlenmemiştir. Üçüncü deney tüpünün içerisine koyduğumuz kalsiyum klorür nem tutucu bir maddedir. Bu nedenle kalsiyum klorür tıpa ile ağzı kapatılmış olan tüpümüzün içerisindeki nemi tutmuştur. Böylece tüp içerisindeki nemin demir çivi ile reaksiyona girerek paslanmanın oluşması önlenmiştir.



Genel olarak, demir bir maddenin paslanması için ortamda su ve havanın bulunması gerekmektedir. Çünkü demir, su ve içerisindeki oksijen ile tepkimeye girerek pas dediğimiz demir (III) oksidi oluşturmaktadır.



**Tartışma:**

Korozyon konusu kapsamında yapılan ve önerilen alternatif deneylerle;

1. Demirin; atmosferik koşullar altında su ve nem ile, galvanik olarak ise kendisinden daha soy metallerle elektrokimyasal reaksiyonu sonucu korozyona uğratılabileceği,
2. Korozyona uğramış demirin demir oksidinin  $H_3PO_4$  ile demir fosfata dönüşümü sonucu oluşturulacak koruyucu fosfat tabakasının ise demirde korozyon oluşumunu geciktirebileceği anlaşılmaktadır.

## Üçüncü grup öğrencilerinin uygulama adımları

### **3. Grup**

Öğrenci 7, Öğrenci 8 ve Öğrenci 9

#### **ÖN SORGULAMA AŞAMASI**

**Başlangıç Deneyi:** KARARAN GÜMÜŞLERİN TEMİZLENMESİ

**Başlangıç Deneyinin Amacı:** Kararan gümüşlerin alüminyum folyo ve sodyum bikarbonat (NaHCO<sub>3</sub>) yardımıyla temizlenebileceğini göstermek.

**Başlangıç Deneyi için Gerekli Araç ve Gereçler:**

- Kararmış gümüş bir eşya
- Ufak bir parça alüminyum levha veya alüminyum folyo
- Büyük bir beher, maşa, ısıtıcı kaynak
- Sodyum bikarbonat (NaHCO<sub>3</sub>) ya da çamaşır sodası (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>)

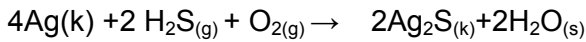
**Deneyin Yapılışı:**

- Kararmış gümüş bir eşyanın kararmış bölgeleri incelenir.
- 1–2 L suya 7–8 yemek kaşığı kabartma tozu veya çamaşır sodası ilave edilir.
- Büyük bir beherde bu solüsyon ısıtılır.
- Beherin dibine ufak bir alüminyum parçası veya alüminyum folyo konur.
- Gümüş eşya alüminyum parçasının veya folyonun üzerine konur.
- Beherdeki çözelti hemen hemen kaynayana kadar ısıtılır.
- Birkaç dakika sonra eşya kaldırılır ve iyice su ile durulanır.

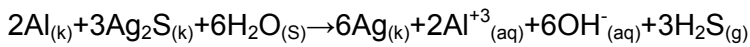


**Deneyin Sonucu ve Yorum:**

Gümüş Ag, havadaki hidrojen sülfür H<sub>2</sub>S ve oksijenle reaksiyon girdiğinde, siyah kararma olarak adlandırılan gümüş sülfür Ag<sub>2</sub>S oluşur.



Gümüşün kimyasal temizlenmesi, alüminyumdan gümüşe doğru elektronların hareket ettikleri elektrokimyasal bir süreçtir.



Sodyum bikarbonat, alüminyumun gümüşle reaksiyona girmesini sağlar ve elektrokimyasal bir sürece sebebiyet veren iletken iyonik bir çözelti oluşturur.

## SORGULAMA AŞAMASI

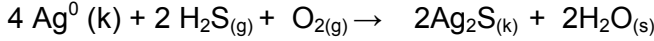
### Soru Üretme

#### 1. Gümüş bir eşyanın kararması kimyasal olarak nasıl değerlendirilir?

Gümüşün kararması, nem ve oksijenle alakalıdır. Gümüş, hidrojen sülfür ve oksijen gazı ile reaksiyon vererek siyah renkli gümüş sülfür oluşur.

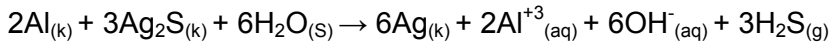
#### 2. Gümüş bir eşyadaki kararmanın temizlenmesi sürecinde gerçekleşen reaksiyonları yazınız?

a) Gümüşün kararmasını gösteren reaksiyon:



Siyah

b) Kararmış bir gümüşün alüminyum elementini yükseltgen olarak kullanılmasıyla temizlendiğini gösteren reaksiyon:

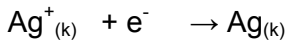
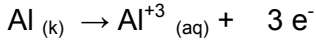


#### 3. Gümüş bir eşyadaki kararmanın temizlenmesinde kullanılan $\text{Na}_2\text{CO}_3$ veya $\text{NaHCO}_3$ 'ün temizleme işlemi sırasındaki işlevi nedir?

$\text{Na}_2\text{CO}_3$  veya  $\text{NaHCO}_3$  alüminyumun gümüşle reaksiyona girmesini sağlayarak gümüş oksit tabakasının temizlenmesine yardım eder ve elektrokimyasal bir sürece sebebiyet veren iletken iyonik bir çözelti oluşur.

#### 4. Kararan gümüşlerin temizlenmesinde alüminyum folyo niçin kullanılmaktadır?

Alüminyum temizleme işlemi sırasında +3 'e yükseltgenirken, gümüş +1'den 0'a indirgenir. Yani alüminyum folyo burada indirgen olarak kullanılır.



#### 5. Kararan gümüşün temizlenmesi sırasında kullanılan Al dışında başka metal kullanılabilir mi? Gözlemleyerek açıklayınız?

Aktifliği alüminyumdan sonra sırasıyla  $\text{Al} > \text{Zn} > \text{Cu} > \text{Ni} > \text{Ag}$  şeklinde olan Zn, Cu ve Ni metallerini de kararan gümüşün temizlenmesinde kullanabiliriz. Ancak belirtilen metallerle yapılan uygulamalar sonucunda alüminyum yerine bakır ve çinko levha kullanıldığında temizlenme gerçekleşmiştir fakat alüminyumla temizleme sırasında gözlenen reaksiyon hızı ve etkisi görülmedi. Bunun sebebi olarak da alüminyumun aktifliğinin çinko ve bakırın aktifliğinden yüksek olduğu söylenebilir.

#### 6. Metallerin aktiflik özelliklerinden yararlanarak örneğin metallerdeki korozyon olayı önlenebilir mi?

Malzemelerin zaman içerisinde buldukları ortamın etkisiyle tahribata uğraması korozyon olarak tanımlanmaktadır. Korozyondan korunmak için kullanılan yöntemlerden biri de metallerin aktifliğinden yararlanmaktır. Aktif metal korozyona uğramaya yatkın

veya korozyona uğramakta olan metale denilmektedir. Korozyonun en fazla görüldüğü malzeme türü ise elektrokimyasal reaksiyonlara eğilimlerinin yüksek olmasından dolayı metallerdir. Metallerin korozyona uğrama miktarları oksijene olan ilgileriyle alakalıdır. Serbest halde kararlı olan (Titanyum vb) metallerin korozyona dayanıklılıkları daha yüksekken, oksijen ilgisi nispeten daha fazla olan (demir vb) metallerin oksitlenme eğilimleri daha yüksektir. Metallerin korozyona uğramaları için ana ölçüt oksijen ilgileriyle bunun yanı sıra birçok yan etken de mevcuttur. Mesela alüminyum oksijen ilgisinin iyi olmasından dolayı korozyon direnci yüksek bir malzeme halini almaktadır. Öyle ki alüminyumun dış yüzeyi çok hızlı oksitlenmekte ve yüzey tamamen oksitlendikten sonra oksitlenme durmaktadır ve daha alt yüzeylerin oksitlenmesi bu şekilde engellenmektedir. Yani yüzey oksitlenmeye karşı alüminyum oksitle kaplanmış olmaktadır.

**7. Bir parça alüminyum kâğıdı örneğin şekerlemeleri sarmak için kullanılan kâğıdı dolgulu bir dişe bastırıp ısırdığınız zaman ne hissederiz?**

Muhtemelen herkesin hissettiği ani keskin bir acı olacaktır. Peki, ama neden? Dalgulu bir dişe bastırılan alüminyum kâğıtla, ağızda anodu alüminyum ( $E_0 = -1.66$ ), katodu dolgu maddesi ve elektroliti ise tükürük olan bir elektrokimyasal pil oluşmuştur. Dolgunun alüminyumla teması kısa devre oluşturmuş elektrotlar arasından zayıf bir akımın geçmesine neden olmuştur. Bu akım dişteki sınırları uyararak hoş olmayan acıyla karışık bir his oluşturur.

**8. Kararan gümüşlerin temizlenmesi, gümüş ağacı ve fotoğraf çekimi gibi olaylarda karşılaşılan yükseltgenme- indirgenme reaksiyonlarında metallerin aktifliğinin bir önemi var mıdır? Açıklayınız.**

Fotoğrafçılıkta.

$Ag^+ + Br^- \rightarrow Ag^0 + Br^0$  fotokimyasal reaksiyon ve

$AgBr_{(k)} + 2S_2O_3^{2-}{}_{(aq)} \rightarrow [Ag(S_2O_3)]^{3-}{}_{(aq)} + Br^-{}_{(aq)}$  elektrokimyasal reaksiyon

Gümüş ağacında.

$AgNO_{3(aq)} + Cu_{(k)} \rightarrow Cu(NO_3)_2 + Ag_{(k)}$

Kararan gümüşlerin temizlenmesinde.

$4AgO_{(k)} + 2H_2S_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2Ag_2S_{(k)} + 2H_2O_{(s)}$

$2Al_{(k)} + 3Ag_2S_{(k)} + 6H_2O_{(s)} \rightarrow 6Ag_{(k)} + 2Al^{3+}{}_{(aq)} + 6OH^-{}_{(aq)} + 3H_2S_{(g)}$

Her üç olayda da gerçekleşen süreç elektrokimyasal bir süreçtir. Gümüş ağacında bakır bir telin Ag iyonları içeren bir çözeltiye daldırılması sonucunda bakır metali çözeltideki  $Ag^+$  iyonunu indirgerken kendisi  $Cu^{2+}$ 'ye yükseltgenir. Bu süreçten iki metal arasındaki aktiflik sırasının  $Cu > Ag$  şeklinde olduğu sonucuna varılır. Aynı şekilde kararmış gümüşlerin temizlenmesi sırasında Al ve Ag metalleri arasındaki elektron alışverişi ve

Ag<sup>+</sup>'in Ag katısına indirgenmesinden bu iki metal arasındaki aktifliğin Al > Ag olduğu sonucuna varılır.

### **Seçilen Sorgulama Sorusu ve Problemi Belirleme**

Metallerin aktiflik sırası belirlenebilir mi?

### **Belirlenen Problem Durumu ile İlişkili Bir Hipotez Oluşturma**

Metallerin hava, su ve asitlerle verdikleri tepkimeleri gözlemlenerek ve/veya yükseltgenen ve indirgenen madde belirlenerek metallerin aktiflik sırası belirlenebilir.

### **Hipotezin doğruluğu için ileri sürülen mantıklı nedenler**

**1. Bir tepkimelerin kendiliğinden gerçekleşip gerçekleşmeyeceği ile elementlerin aktiflikleri (bileşik oluşturma istekleri yani elektron alma ya da verme eğilimleri) arasında nasıl bir ilişki vardır?**

Elementlerin kimyasal reaksiyona girme eğilimleri birbirinden farklıdır. Hatta bir elementin izotoplarının bile reaksiyona girme yatkınlıkları birbirinden farklıdır. Reaksiyona girme eğilimi fazla olan elementler aktif, az olanlar ise pasif diye adlandırılmaktadır. Metaller için aktiflik, kimyasal reaksiyonlarda elektron verebilme yeteneği, yani pozitif yüklü olma eğilimidir. Bir metal, değerlik elektronunu ne kadar kolay verebiliyorsa, yani iyonlaşma enerjisi ne kadar düşük ise o kadar düşük ise o kadar aktiftir. Periyodik tabloda sağdan sola ve yukarıdan aşağıya doğru iyonlaşma enerjisi azalır. Buna bağlı olarak metalik aktiflik artar. Aktif elementler, pasif elementleri birleşiklerden elemental hâle indirgemektedir. Aktif metalleri iyi indirgen, aktif ametaller ise iyi yükseltgendir. Yapılan bu deneyde de 2.grup metallerinden magnezyumun göreceli aktifliği çinko ile karşılaştırılmaktadır.

**2. Metallerin asit veya sudaki reaksiyonlarında hidrojen açığa çıkarma yetenekleri ile aktiflik sıraları arasında nasıl bir ilişki vardır?**

Asitlerin metaller ile olan tepkimeleri, metallerin aktifliğine göre değerlendirilir. Metallerin aktifliği ile ilgili sıralama aşağıdaki gibi verilebilir; bu sıralamada soldan sağa, aktiflik, başka bir deyişle elektron verme eğilimi azalmaktadır:

Li, K, Ca, Na, Mg, Al, Zn, Cr, Fe, Ni, Sn, Pb, H<sub>2</sub>, Cu, Ag, Hg, Pt, Au

a) Aktifliği hidrojenden fazla olan metaller seyreltik asitler ile H<sub>2</sub> gazı oluşturacak şekilde tepkime verirler.

Metal + Asit → Tuz + H<sub>2</sub> Gazı

b) Aktifliği hidrojenden az olan metallere HCl ve seyreltik H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> etki etmez.

Cu+HCl → Tepkime gerçekleşmez.

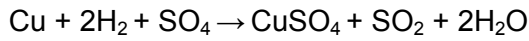
Cu+ H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> → Tepkime gerçekleşmez.

Ag+HCl → Tepkime gerçekleşmez.

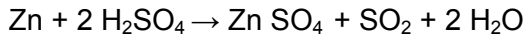
c) Aktifliği hidrojenden az olan metallerle HCl ve seyreltik H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> tepkime verir. Bu tür



tepkimelerde H<sub>2</sub> yerine SO<sub>2</sub> oluşur.



Derişik

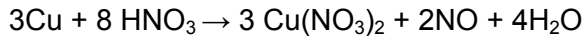


Derisik

d) Aktifliği hidrojen den az olan metallere HNO<sub>3</sub>'ün etkisi ise seyreltik ve derişik olmasına bağlı olarak değişir. HNO<sub>3</sub>; Cu, Hg ve Ag'e etki eder. Pt ve Au'a etki etmez.



Derişik



Seyreltik

### **Deney Önerisi:**

Bazı metallerin HCl asidi ile verdikleri tepkimelerle veya yükseltgenen ve indirgenen bir maddenin belirlenmesi ile elementlerin aktiflik sırasının belirlenmesi.

### **Deneylerin Amacı:**

- 1) Metallerin oksijen, su ve asitler ile tepkimeleri dikkate alınarak aktiflik sıralamasının nasıl belirlenebileceğini anlamak ve aktiflik sıralamasının diğer tepkimeler için tahmin yürütmekte nasıl kullanılacağını öğrenmek.
- 2) Yükseltgenen ve indirgenen maddeyi belirleyerek elementlerin aktiflik sırasının belirlenmesi

### **Deney için Gerekli Araç ve Gereçler**

#### **1. Deney Önerisi için:**

- Magnezyum
- Demir ve bakır metalleri
- Hidroklorik asit çözeltisi
- 3 adet deney tüpü

#### **2. Deney Önerisi için:**

- Çinko tozu
- Alüminyum folyo, beher, etiket
- KBr ve KMnO<sub>4</sub> çözeltisi
- CuSO<sub>4</sub>, NaNO<sub>3</sub> ve KI çözeltileri

### **Deneylerin Yapılışı:**

#### **1. Deneyin Yapılışı:**

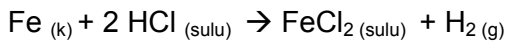
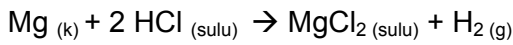
- 3 deney tüpüne seyreltik asit çözeltisi doldurulur
- Birinci deney tüpüne magnezyum metali, ikinci deney tüpüne demir ve üçüncü deney tüpüne de bakır metali daldırılır.

- Metallerin asit çözeltisine daldırılması esnasında yanan bir kibrit deney tüpünün ağzına tutulur.
- Her üç metalin hidroklorik asitle verdiği tepkime sırasındaki değişimler gözlemlenir.

#### Deneyin Sonucu ve Yorum

Magnezyum ve demirin asit çözeltisine daldırılması esnasında görülen köpürme tepkime sırasında oluşan hidrojen baloncuklarından kaynaklanır. Bakırın asit çözeltisine daldırılması sırasında hiçbir değişiklik gözlemlenmemiştir. Bu tepkimeler sonunda oluşan tuzlar magnezyum klorür ve demir klorür tuzlarıdır. Hidrojen gazı test edilirken yanan bir kibritin deney tüpünün ağzına tutulması ile hidrojen gazının havada gıcırtilı bir patlama ile yandığı gözlemlenir.

Deney esnasında gerçekleşen reaksiyonlar:



Bu deney magnezyumun demirden daha aktif olduğunu ve buna karşılık demirin de bakırdan daha aktif olduğunu gösterir. Eğer başka metaller kullanılarak benzer tepkimeler gerçekleştirilirse, metaller aktiflik sırasına koyulabilir. Buna aktiflik sıralaması adı verilir.

#### 2. Deneyin Yapılışı:

- İki beherden birine  $\text{CuSO}_4$  çözeltisi ve diğer behere  $\text{NaNO}_3$  çözeltisi koyulur ve beherler etiketlenir.
- $\text{CuSO}_4$  çözeltisinin bulunduğu behere çinko tozu atılır, değişiklikler gözlemlenip not edilir.
- $\text{NaNO}_3$ 'ün bulunduğu behere alüminyum folyo konup değişim olup olmadığı gözlemlenir.
- Başka bir beherde  $\text{KBr}$  çözeltisine  $\text{KMnO}_4$  eklenerek  $\text{Br}_2$  açığa çıkarılır. Elde edilen bu çözeltiliye hazırlanan  $\text{KI}$  eklenerek değişimler gözlenir.

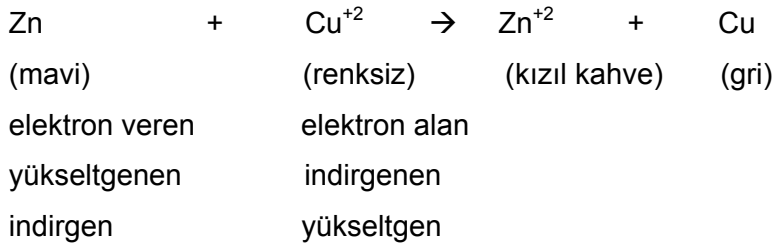


#### Deneyin Sonucu ve Yorum:

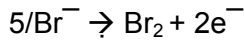
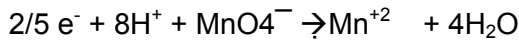
$\text{CuSO}_4$  çözeltisinde  $\text{Cu}^{+2}$ ,  $\text{SO}_4^{-2}$  iyonları;  $\text{NaNO}_3$  çözeltisinde  $\text{Na}^+$  ve  $\text{NO}_3^-$  iyonları  $\text{NaI}$  çözeltisinde ise  $\text{Na}^+$  ve  $\text{I}^-$  iyonları bulunur.

$\text{CuSO}_4$  çözeltisine atılan çinkonun zamanla çözüldüğü ve kabın dibinde kırmızı  $\text{Cu}$  metalinin toplandığı görülür. Bunun anlamı şudur: Çinkonun ( $\text{Zn}$ ) elektron verme isteği yani aktifliği Bakırdan ( $\text{Cu}$ ) büyüktür. Öyleyse kolayca  $\text{Cu}^{+2}$  iyonuna elektron vererek onu indirger.  $\text{Cu}^{+2}$  iyonu elektron alarak Çinkoyu ( $\text{Zn}$ )  $\text{Zn}^{+2}$  iyonuna yükseltir. Olayı denklem

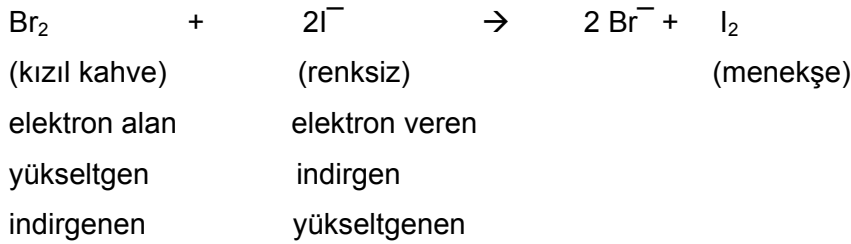
halinde yazarsak değişimi daha net görürüz.



NaNO<sub>3</sub> çözeltisine alüminyum folyo daldırıldığında hiçbir değişiklik olmamıştır. Bu sonuç sodyum metalinin elektron verme isteğinin yani aktifliğinin alüminyumdan daha büyük olduğu anlamına gelir. Bir başka deyimle alüminyum atomunun elektron verme isteği sodyumun elektronunu almaya yetmez, bu yüzden aralarında bir tepkime olmaz. KBr çözeltisine KMnO<sub>4</sub> çözeltisi eklendiğinde Br<sub>2</sub> açığa çıkar. Çözelti menekşe rengindedir.



Bu çözelti üzerine KI çözeltisi eklendiğinde menekşe renk kızıl kahve renge dönüşür. Burada elektron alma isteği büyük olan yani aktifliği büyük olan Br<sub>2</sub>, kendinden daha az aktif olan I<sub>2</sub>'u açığa çıkarmıştır. Tepkimenin denklemini yazarsak indirgenen ve yükseltgeneni daha iyi belirleriz.



Metallerin aktifliği ile ilgili sıralama aşağıdaki gibi verilebilir; bu sıralamada soldan sağa, aktiflik, başka bir deyişle elektron verme eğilimi azalmaktadır:

Li, K, Ca, Na, Mg, Al, Zn, Cr, Fe, Ni, Sn, Pb, H<sub>2</sub>, Cu, Ag, Hg, Pt, Au

Hidrojen diğer elementlerin aktifliğini belirlemede esas alındığı için ametal olmasına rağmen bu sıralamada yer almıştır. Ametallerin aktifliği (elektron alma isteği) azalacak şekilde yazılırsa sıra şu şekildedir:

F<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, Br<sub>2</sub>, I<sub>2</sub>, S, N<sub>2</sub>, C

Sonuç olarak çinkonun bakırdan, sodyumun alüminyumdan, bromun da iyodunkinden daha aktif olduğu görsel bir deneyle açıklanmıştır.

## Dördüncü grup öğrencilerinin uygulama adımları

### **4. Grup**

Öğrenci 10, Öğrenci 11 ve Öğrenci 12

#### **ÖN SORGULAMA AŞAMASI**

**Başlangıç Deneyi:** SOĞUK SU SICAK SUDAN AĞIR MIDIR?

**Başlangıç Deneyinin Amacı:** Soğuk su ile sıcak suyun yoğunluklarının karşılaştırılması

**Başlangıç Deneyi için Gerekli Araç ve Gereçler:**

- 4 adet süt şişesi
- Sıcak ve soğuk su
- Mürekkep
- Yağlı kâğıt (parafinli kâğıt veya ince karton da olabilir)

**Deneyin Yapılışı:**

Şişelerden birine biraz mürekkep dökülür. Sonra aynı şişe ağzına kadar sıcak su ile doldurulur. İkinci şişe de ağzına kadar soğuk su ile doldurulur. Her iki şişenin ağzı da yağlı kâğıt ile kapatılır. Sonra soğuk su ile dolu şişe yavaşça dökülmeden baş aşağı gelecek şekilde sıcak su dolu şişenin üzerine oturtulur. Kâğıt yavaşça iki süt şişesinin arasından çekilir. Oluşan değişiklikler gözlenir. Mürekkepli sıcak suyun yoğunluğu daha hafif olduğundan dolayı soğuk suyun içerisinde hızla bir fiskiye gibi yükselir.



Aynı deney süreci bu kez soğuk su dolu şişe altta ve mürekkepli sıcak su dolu şişe üstte olacak şekilde tekrar gerçekleştirilir. Her iki şişe içerisindeki değişiklikler gözlemlenir.



**Deneyin Sonucu ve Yorum:**

Deneyimizde içinde mürekkep bulunan sıcak suyla doldurulan şişenin üzerine soğuk suyla doldurulan şişeyi ters çevirip kapattığımızda, soğuk su ile sıcak su yer değiştirmeye başlamaktadır. Sıcak su fiskiye oluşturacak şekilde yukarı doğru çıkar ve bu süreç suların sıcaklıkları ve yoğunlukları eşitlenene kadar yaklaşık 3-4 dk sürer. Ancak soğuk su dolu şişe altta ve mürekkepli sıcak su dolu şişe üstte olduğunda sıvılar arasında herhangi bir

geçiş gözlenmemiştir.

Deneyimizde de gördüğümüz gibi ısınan suyun yoğunluğu azalıyor ve sistemin üst kısmına doğru toplanmaya başlıyor. Soğuk, yani yoğunluğu yüksek olan su ise aşağıya doğru yönelerek sistemin alt kısmında toplanıyor. Doğal sirkülasyonun mantığı da sıcaklık farklılığından kaynaklanan bu yoğunluk değişmesi ile kendiliğinden oluşan harekete dayanır.

## **SORGULAMA AŞAMASI**

### **Soru Üretme**

#### **1. Mürekkepli sıcak suyun altta kaldığı deney sürecinde gerçekleşen değişikliğin nedeni nedir?**

Akışkanlar ısıtıldığında yoğunlukları azalır ve yükselme ihtiyacı hissederler. Isınan akışkan yükselirken, yeri daha soğuk akışkan tarafından doldurulur.

#### **2. Sıvılar katı hale geldiklerinde hacimleri azalır fakat su donduğunda hacmi artar. Nedenini açıklayın.**

Sıvılar katı hale geldiklerinde, hacimleri azalır ve yoğunlukları artınca katı hale geçerler (moleküller birbirine yaklaşır). Su soğutulduğunda daha az yoğun bir hal alır. Fakat yoğunluk artışı  $+4^{\circ}\text{C}$ ' a kadardır. Bunun altındaki sıcaklıklarda su hacimce genişlemeye başlar, dolayısıyla yoğunluğu azalır ve kristalize buz şekline döner.

#### **3) Suyun en yoğun olduğu sıcaklık kaçtır?**

Su yaklaşık  $+4^{\circ}\text{C}$ 'de en yoğundur.

#### **4) Neden buz sudan daha az yoğundur? Açıklayınız.**

Su katı halde iken, sıvı duruma göre, daha az yoğun olan birkaç maddeden birisidir. Bir başka ifade ile suyun katı hali olan buz formu, suyun yüzeyinde yüzer. Su  $+4^{\circ}\text{C}$ 'in altında hacimce genişlemeye başlar ve yoğunluk azalır. Bu alışılmadık dışındaki durumu, hidrojen köprülerinin oluşuna bağlamak mümkündür. Eğer suyun molekülleri hidrojen köprülerini çözmek için, yeterli hızda hareket edemezlerse, su donmaya başlar. Suyun sıcaklığı  $0^{\circ}\text{C}$  ulaşırsa su sabit bir kristal ağ oluşturur. Eğer buz yeterince enerji alır ve sıcaklığını  $0^{\circ}\text{C}$ 'in üzerine çıkarırsa, moleküller arasındaki hidrojen köprüleri kırılır; kristal yapısı bozulur ve buz erir.  $+4^{\circ}\text{C}$ 'in üstündeki sıcaklık basamaklarında su diğer sıvı maddeler gibi davranır; yani ısınınca genişler soğuyunca büzülür.

#### **5) Kış aylarında suyun donmasıyla birlikte hemen genişmesi birçok zarara sebep olabilir. Suyun bu durumunun sebep olabileceği verilebilecek örnekler neler olabilir?**

Su borularının kış aylarında patlaması, yollarda derin çukurların oluşması ve yamaçlardaki kayalıkların parçalanması örnek olabilir.

### **Seçilen Sorgulama Sorusu ve Problemi Belirleme**

Sıvılar katı hale geldiklerinde hacimleri azalır, fakat diğer sıvılardan farklı olarak su donarken hacmi artar. Neden?

### **Belirlenen Problem Durumu ile İlişkili Bir Hipotez Oluşturma**

Su soğutulduğunda daha yoğun bir hal almaktadır.

### **Hipotezin doğruluğu için ileri sürülen mantıklı nedenler**

#### **1. Suyun katı hali sıvı haline göre neden az yoğundur?**

Birçok sıvı donduğunda, birçok maddedeki moleküller bir araya yaklaşırlar, katı bir hal alırlar, daha düzenli bir yoğunlaşma olur. Bu maddelerde katı hal sıvı haline göre daha yoğundur. Suda ise, onun moleküler hali ve hidrojen bağının oluşumundan dolayı, sıvı donduğunda moleküller belli belirsiz çok az hareket ederler, çok az açıklık ve katı hexagonal model oluşur. Bu yüzden, katı faz (buz) sıvı faza göre daha az yoğundur.

#### **2. Kışın soğuk havalarda deniz ve göllerde su niçin dipten değil de yüzeyden donmaya başlar?**

Dünya'nın pek çok yerinde soğuk kış günlerinde ısı  $0^{\circ}\text{C}$ 'nin altına düşer. Bu soğuk elbette denizleri ve gölleri de etkiler. Bu su kütleleri giderek soğurlar. Soğuyan tabakalar dibe doğru çöker, daha sıcak kısımlar yüzeye çıkar, ama bunlar da havanın etkisiyle soğur ve yine dibe doğru çöker. Ancak bu denge sıcaklık  $+4^{\circ}\text{C}$ 'ye gelince birden değişir, bu kez ısının her düşüşünde, su genişlemeye ve hafiflemeye başlar. Böylece  $+4^{\circ}\text{C}$ 'lik su en altta kalır. Daha yukarıda  $3^{\circ}\text{C}$ , onun üstünde  $2^{\circ}\text{C}$ , böylece devam eder. Suyun yüzeyi ise  $0^{\circ}\text{C}$ 'ye vararak donar. Ama sadece yüzey donmuştur. Yüzeyin altında kalan  $+4^{\circ}\text{C}$ 'lik bir su tabakası, balıkların ve diğer su canlılarının yaşamlarını sürdürmeleri için yeterlidir. Yani buz, havadaki soğuğu altındaki su tabakasına çok az iletir. Böylece dışarıdaki hava  $-50^{\circ}\text{C}$ 'yi bulsa bile, denizin üstündeki buz tabakası bir-iki metreyi geçmez.

**Deney Önerisi:** Buzun genişmesinin ölçümü

**Deneyin Amacı:** Su donduğunda oluşan hacim artışından buzun genişmesinin ölçümünü yapmak.

#### **Deney için Gerekli Araç ve Gereçler:**

- 100 ml`lik plastik mezür
- Damıtık su
- Para film

#### **Deneyin Yapılışı:**

- Plastik mezür içerisine 50 ml damıtık su konulur.
- Suyun buharlaşmasını azaltmak için mezürün ağzı bir para film ile kapatılır.
- Mezür bir dondurucuya konulur.

- Mezürdeki su donduğunda buzun hacmi tekrar ölçülür.

**Veriler:**

Mezüre konulan suyun ilk hacmi: 50.0 mL

Mezürdeki buzun son hacmi: 54.5 mL

**Hesaplamalar:**

Su donduktan sonraki hacim artışı: 4.5 mL

Mezürdeki suyun hacmindeki % artış:  $4.5 \text{ mL} / 50.0 \text{ mL} = 9.0 \%$

**Deneyin sonucu:**

Su donduğunda yaklaşık olarak % 9 oranında genişlemiştir.

### **5. Grup**

Öğrenci 11, Öğrenci12 ve Öğrenci 13

#### **ÖN-SORGULAMA AŞAMASI**

**Başlangıç Deneyi:** ISI ALMA OLAYINDAN YARARLANARAK YAPIŞTIRMA OLAYININ GERÇEKLEŞMESİ

**Başlangıç Deneyinin Amacı:** Endotermik bir reaksiyonda reaksiyonun gerçekleşmesi için dışardan ısı alma işleminin olması gerektiğini gözlemlemek.

**Başlangıç Deneyi için Gerekli Araç ve Gereçler:**

- Amonyum tiyosiyanat ( $\text{NH}_4\text{SCN}$ )
- Baryum hidroksit ( $\text{Ba}(\text{OH})_2$ )
- Su, tahta parçası, 2 tane beher, cam baget, damlalık

**Deneyin Yapılışı:**

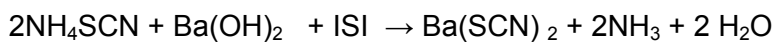
- Bir tahta parçası üzerine 1–2 damla su damlatılır.
- Daha sonra ayrı beherlerde bulunan amonyum tiyosiyanat ile baryum hidroksit birbirine karıştırılır.
- Bu beher tahtaya, damlattığımız suyun üzerine sıkıca oturturur. Cam baget yardımıyla beher içerisine konulan karışım karıştırılarak reaksiyona girmeleri hızlandırılır.
- Bu işlemler sırasında beher yerinden kımıldatılmamalıdır. Reaksiyon sonunda ürün olarak amonyak ve su oluşacaktır.



**Deneyin Sonucu ve Yorum:**

2 mol amonyum tiyosiyanat ile 1 mol baryum hidroksitin tepkimeye girebilmesi için dışarıdan ısı alması gerekir. Çünkü deneyde gerçekleşen reaksiyon endotermik bir reaksiyondur. Bundan dolayı reaksiyon ihtiyacı olan ısıyı, tahtaya damlattığımız sudan alacaktır. Böylece sıcaklığı iyice düşen su donacak ve tahta behere yapışacaktır. Beherin tahtaya yapışması buz eriyinceye kadar devam edecektir.

Deney esnasında gerçekleşen reaksiyon denklemi;



Reaksiyon endotermik bir reaksiyondur. Ürünün meydana gelebilmesi için reaksiyon,



ihtiyacı olan ısıyı tahtaya damlatılan sudan temin edecektir.

## **SORGULAMA AŞAMASI**

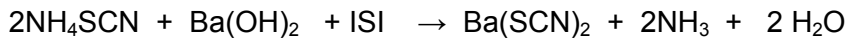
### **Soru Üretme**

#### **1. Bu deneyde yapışma olayı neden gerçekleşti?**

Deneyde gerçekleştirilen reaksiyonun gerçekleşmesi için dışarıdan ısı alınması gereklidir. Gerekli olan ısı da tahtaya damlatılan sudan alınacaktır. Bu işlem sırasında ısıyı iyice düşen su donacak ve tahta behere yapışacaktır.

#### **2. NH<sub>4</sub>SCN ile Ba(OH)<sub>2</sub> arasındaki reaksiyon nasıl bir reaksiyondur? Reaksiyonu yazınız.**

NH<sub>4</sub>SCN ile Ba(OH)<sub>2</sub> arasındaki reaksiyon endotermik bir reaksiyondur. Yani reaksiyonun gerçekleşip ürün oluşturması için dışarıdan ısı alması gereklidir.



#### **3. NH<sub>4</sub>SCN ile Ba(OH)<sub>2</sub> arasındaki reaksiyonu bağ oluşumlarıyla açıklayınız.**

Reaksiyonun ilk basamağında önce Ba(OH)<sub>2</sub> ve NH<sub>4</sub>SCN bileşikleri iyonlarına ayrılır. Bu basamak dışarıdan ısı alan yani enerjiye ihtiyacı olan bir basamaktır. Bundan sonra çözelti içinde bulunan iyonlar yeni bağlar oluşturarak ürünleri meydana getirirler. Bu basamakta dışarıya ısı verilir yani enerji açığa çıkar. Bu iki basamağın toplam enerjisi pozitif yönlüdür. Dolayısıyla reaksiyon endotermik bir reaksiyondur.

#### **4. Reaksiyonun oluşumu için gereken enerji miktarı nedir? Bu deneyde sudan alınan enerji miktarı yeterli midir?**

Reaksiyonun gerçekleşmesi için gereken enerji miktarı bağ enerjilerinden faydalanılarak bulunur.

Bağ kırılması:  $\Delta H > 0$

Bağ oluşumu :  $\Delta H < 0$

Ba(OH)<sub>2</sub> ve NH<sub>4</sub>SCN arasındaki reaksiyonda bağ kırılmasında ihtiyaç duyulan enerji bağ oluşumunda açığa çıkan enerjiden daha büyüktür. Deneyde sudan alınan enerji miktarı yeterlidir. Eğer yeterli olmasaydı yapışma olayı gerçekleşmezdi.

### **Seçilen Sorgulama Sorusu ve Problemi Belirleme**

Bağ oluşumu ve bağ kırılması bakımından neden bazı reaksiyonlar endotermik bazıları da ekzotermiktir?

### **Belirlenen Problem Durumu ile İlişkili Bir Hipotez Oluşturma**

Bir çözünme tepkimesinde endotermik bir sürecin gözlemlenmesi mümkündür.

### **Hipotezin doğruluğu için ileri sürülen mantıklı nedenler**

#### **1. Kimyasal tepkimeler sırasında çevre ile sistem arasındaki enerji alış-verişi nasıl gerçekleşmektedir?**

Enerji yaratılıp yok edilemeyeceği için sistem tarafından kaybedilen herhangi bir miktardaki enerji çevre tarafından kazanılmış olmalıdır. Yanma süreci ile üretilen ısı, sistemden çevreye aktarılır. Bu reaksiyon, çevreye termal enerji aktaran (transfer eden) bir süreç olan ekzotermik sürecin bir örneğidir. Oksijen içinde hidrojen gazının yanması hatırı sayılır miktarlarda enerji çıkaran birçok kimyasal reaksiyonlardan biridir. Yüksek sıcaklıklarda Civa (II) oksidin (HgO) bozunmasına benzer reaksiyonlar, ısının çevre tarafından sisteme temin edilmek zorunda olduğu endotermik bir süreçtir.

### **2. Kimyasal dönüşümlerin enerji değişimi ile nasıl bir ilişkisi vardır?**

Kimyasal dönüşümlerde enerji son derece önemlidir. Bazı tepkimelerin gerçekleşmesi için enerji verilmesi gerekirken, bazıları gerçekleşirken de enerji açığa çıkarmaktadır. Endotermik bir dönüşümün gerçekleşmesi için belirli bir enerji seviyesi gerekmektedir, bunun için de enerji verilmelidir. Tepkime, gerçekleşmesi için gerekli enerjiye ulaştıncaya oluşmaktadır. Ekzotermik bir dönüşüm gerçekleşirken de reaksiyon için gerekli enerjiden daha fazla enerji açığa çıkmakta ve tepkime çevreye fazla enerjiyi ısı şeklinde vermektedir.

### **3. Endotermik tepkimelerde tepkimenin başlatılabilmesi için gerekli olan ön koşul nedir?**

Endotermik bir tepkime gerçekleşirken tepkimeye giren maddelerin bağları kırılmakta, bağ kırılması ile açığa çıkan enerji de ürünleri oluşturmak üzere yeni bağların oluşumuna yetmemektedir. Bu nedenle de endotermik bir tepkimenin gerçekleşmesi için belli bir enerjiye gereksinim duyulmaktadır.

### **4. Çevremizde karşılaştığımız, yaşadığımız, yaptığımız ve/veya gözlemlediğimiz hangi olaylar/reaksiyonlar endotermik reaksiyonlara örnek olarak verilebilir?**

Buzun erimesi, suyun buharlaşması, gaz fazındaki bir atomdan 1 elektronun koparılması olayı, çiğ yumurtanın pişmesi, fotosentez sonucu şeker oluşumu, gaz moleküllerini birbirinden ayrılması, amonyum nitrat ile suyun tepkimesi, baryum hidroksit oktahidrat kristallerinin kuru amonyum klorür ile tepkimesi gibi olaylar ısı alan yani endotermik reaksiyonlara örnek olarak verilebilir.

**Deney Önerisi:**  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ 'ün çözünmesi

**Deneyin amacı:** Endotermik bir reaksiyonun çözünürlükle gösterilmesi

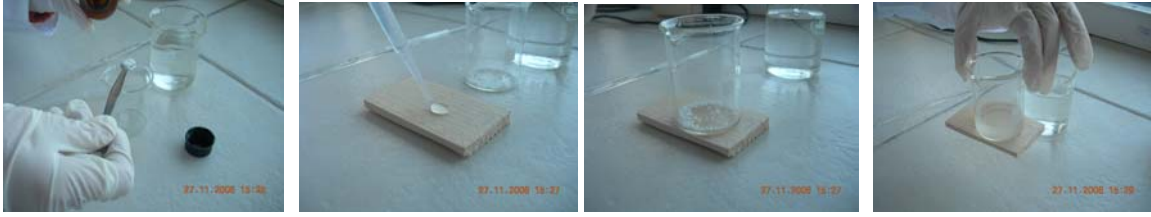
**Deney için gerekli araç ve gereçler:**

- Beher, tahta parçası, cam baget, su ve damlalık
- $\text{NH}_4\text{NO}_3$  çözeltisi

**Deneyin Yapılışı:**

Bir tahta parçası üzerine birkaç damla su damlatılır. Beher içerisine  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  çözeltisi

konur ve beher tahtanın üzerine yerleştirilir. Çözünme olayının daha hızlı olması için çözelti karıştırılır.



#### **Veriler:**

Deney sonunda gözlemlenmesi gereken çözünmenin olup olmadığını görmektir. Bunu ispatlamak için beherin tahtaya yapışmasını gözlemlemek gerekir. Çözünme olayının gerçekleşmesi için dışarıdan ısı alma olayının gerçekleşmesi gerekir. Çünkü çözünme için önce bileşiği oluşturan moleküllerin iyon haline dönüşmesi gerekir. Bu olay da enerjiye ihtiyaç duyan bir olaydır. Bundan önce yapılan deneyde endotermik bir reaksiyonda ısı alma işleminin olması gerektiğini beherin tahtaya yapışmasıyla ispatlanmıştı. Bu deneyde de tahtanın üzerine konulan beherin tahtaya yapışması ile çözünme olayının gerçekleştiği ispat edilecektir.

#### **Deneyin Sonucu ve Yorum:**

Deneyde kullanılan  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  çözünürken ihtiyaç duyduğu ısıyı tahtaya damlatılan sudan alacaktır. Bu yüzden beher tahtaya yapışacaktır.

$\text{NH}_4\text{NO}_3$ 'ün suda çözünmesi ısı gerektiren bir olaydır. Yani çözünme endotermik bir olaydır. Çözünme sırasında ihtiyaç duyulan ısı tahtaya damlatılan sudan alınacaktır. Bu yüzden suyun ısısı iyice düşecek ve donacaktır. Bu yüzden beher tahtaya yapışacaktır.

Bağ oluşumu sırasındaki bağ enerjisi negatiftir. Yeni bir bağ oluşurken enerji açığa çıkar. Bağ kırılması sırasındaki bağ enerjisi ise pozitiftir. Varolan bağlar kırılırken enerjiye ihtiyaç vardır. Eğer reaksiyonun oluşumu sırasında bağ kırılırken ortaya çıkan bağ enerjisiyle bağ oluşumundaki bağ enerjisinin toplamı negatif ise reaksiyon ekzotermik, pozitif ise reaksiyon endotermiktir.

## **6. Grup**

Öğrenci 14, Öğrenci 15, Öğrenci 16 ve Öğrenci 17

### **ÖN SORGULAMA AŞAMASI**

**Başlangıç Deneyi:** KOLADAKİ RENK VERİCİ MADDENİN UZAKLAŞTIRILMASI

**Başlangıç Deneyinin Amacı:** Koladaki renk verici maddenin (E 150d = karamel) saf karbon (aktif kömür) kullanarak uzaklaştırmak

**Başlangıç Deneyi için Gerekli Araç ve Gereçler:**

- Beher (50 ml), spatül, huni, süzgeç kâğıdı ve erlen
- Kola
- Saf karbon (aktif kömür)

**Deneyin Yapılışı:**

- İçinde kola olan bir behere kalın ve siyah bir çözelti oluşana kadar saf karbon atılır.
- Saf karbonun adsorpsiyon gücüne bağlı olarak 10–20 dakika beklenirken aynı anda karıştırılır.
- Daha sonra ham petrolü andıran süspansiyon süzgeç kâğıdı yardımıyla filtre edilir.
- Renksiz sıvı bir erlende toplanır.



**Deneyin Sonucu ve Yorum:**

Koyu renkli koladan, renksiz ve hemen hemen kokusuz bir sıvı elde edilir. Yapısındaki birçok tat verici maddeler koladan uzaklaştırılmış ve sadece şeker tadı kalmıştır.

### **SORGULAMA AŞAMASI**

#### **Soru Üretme**

##### **1. Aktif karbonun (kömürün) kullanım alanları nelerdir?**

Akvaryum sularının ve atık suların filtrasyonunda, çevre kirleticisi olan maddelerin adsorbe edilmesinde, suların klorlanmasından sonra klorlama fazlalığının giderilmesinde, içme akut zehirlenmelerde vücuda verilerek zehir etkisi yapan maddenin emilimini azaltmada ve özellikle tıpta mide yıkamaları esnasında son yıkama suyuna karıştırılarak antidot olarak kullanılmaktadır.

## **2. Aktif karbon renk ve pis kokuyu nasıl uzaklaştırmaktadır?**

Aktif karbon, büyük kristal formu ve oldukça geniş iç gözenek yapısı ile karbonlu adsorbanlar ailesini tanımlamada kullanılan genel bir terimdir. Aktif karbonlar, insan sağlığına zararsız, kullanışlı ürünler olup, oldukça yüksek bir gözenekliliğe ve iç yüzey alanına sahiptirler. Aktif karbonlar, çözültideki molekül ve iyonları gözenekleri vasıtasıyla iç yüzeylerine doğru çekebilirler ve bu yüzden adsorban olarak adlandırılırlar.

Karbon taneciğinin yüzeyi gaz, sıvı ve katı maddeleri çeker ve yüzeyde ince bir film tabakası oluşturur, yani adsorbe eder. Aktif karbonun adsorban olarak tercih edilmesinin başlıca iki nedeni vardır. Bunlar;

1. Belirli maddeleri çekebilmesi için çekici bir yüzeye,
2. Fazla miktarda maddeyi tutabilmesi için geniş bir yüzeye sahip olmasıdır.

Kirlilik oluşturan maddeler, aktif karbonun yüzeyinde tutulmaktadır. Yüzey alanı ne kadar büyükse, adsorpsiyon merkezlerinin sayısı da o kadar büyüktür. Karbon taneciğinin yüzeyi gaz, sıvı ve katı maddeleri çekmekte ve yüzeyde ince bir film tabakası oluşturmaktadır, yani adsorbe etmektedir. Aktif karbon çekici bir yüzeye ve fazla miktarda maddeyi tutabilmesi için geniş bir yüzeye sahiptir. Tüm aktif karbonlar yapılarında; mikro, meso ve makro deliklerin karışımlarını bulundurlar. Yapısı süngerimsidir. Su da bulunan çözülmüş bir bileşiğin aktif karbon tarafından adsorpsiyonu üç adımda gerçekleşmektedir:

- Adsorbanın dış yüzeyine adsorplanan maddenin taşınması,
- Dış yüzeyde oluşan adsorpsiyonun küçük bir miktarı hariç, karbonun gözeneklerine adsorplanan maddenin difüzyonu,
- Adsorbanın iç yüzeylerinde çözültinin adsorpsiyonu.

## **3. Adsorpsiyon nedir? Açıklayınız.**

Adsorpsiyon, bir yüzey veya ara kesit üzerinde bir maddenin birikmesi ve derişiminin artması olarak tanımlanmaktadır. Tanımda kullanılan ara yüzey bir sıvı ile bir gaz, katı veya bir başka sıvı arasındaki temas yüzeyi olabilir. Başka bir tanımlama ile adsorpsiyon, yüzeye saldırma kuvvetlerinden dolayı moleküllerin yüzeye yapışması olayıdır. Çözülmüş bir bileşiğin aktif karbon tarafından adsorpsiyonu üç adımda gerçekleştiği belirtilmektedir;

1. Adsorbanın dış yüzeyine adsorplanan maddenin taşınması,
2. Dış yüzeyde oluşan adsorpsiyonun küçük bir miktarı hariç, karbonun gözeneklerine adsorplanan maddenin difüzyonu,
3. Adsorbanın iç yüzeylerinde çözültinin adsorpsiyonu.

**4. Suların yağlar ve benzeri maddelerden, sentetik deterjanlardan, nükleer atıklardan, pestisitlerden, yapay organik kimyasal maddelerden, yapay ve doğal**

**tarımsal gübrelere, anorganik tuzlardan, inert çözünmeyen maddelerden temizlenmesi için aktif karbon kullanımı yapılarak temizlenmesi mümkün müdür?**

Su içerisinde bulunan yabancı maddelerin çıkartılarak içiminin hoş bir duruma getirilmesi ve dezenfekte edilerek sağlığa zararsız bir hale getirilmesi için uygulanan bir seri işleme suyunun temizlenmesi denmektedir. Bu işlemlerden biri de aktif kömür (aktif karbon) kullanarak içme suyunun naoh kokusunu yok etmektir. Yaygın olarak kullanılan endüstriyel adsorbanlar arasında çevre kirliliğini kontrol amacıyla, şu anda kullanılan adsorbanların en önemlisi, yüksek gözenekliliğe sahip aktif karbonlardır. Bu deneyde özel bir uygulamadan geçirilerek renksiz hale getirilen karbon, çeşitli çözeltilerin renklerini ve kokularını uzaklaştırmak için kullanılmaktadır. Karbonun bu şekline bazen aktif kömür denilmektedir. Bu yöntem içme suyunun naoh kokusunu yok etmek için kullanılmaktadır.

**Seçilen Sorgulama Sorusu ve Problemi Belirleme**

Suların yağlar ve benzeri maddelerden, sentetik deterjanlardan, nükleer atıklardan, pestisitlerden, yapay organik kimyasal maddelerden, yapay ve doğal tarımsal gübrelere, anorganik tuzlardan, inert çözünmeyen maddelerden temizlenmesi için aktif karbon kullanımı yapılarak temizlenmesi mümkün müdür?

**Belirlenen Problem Durumu ile İlişkili Bir Hipotez Oluşturma**

İçme sularının kirliliği ve hoş olmayan kokusu yaygın olarak kullanılan adsorbanlardan aktif kömür kullanımı ile giderilerek içme suyu temizlenebilir.

**Hipotezin doğruluğu için ileri sürülen mantıklı nedenler**

**1. Su Kirliliği nedir?**

Yeryüzündeki sular, güneşin sağladığı enerji ile sürekli bir döngü içinde bulunur. İnsanlar, ihtiyaçları için, suyu bu döngüden alır ve kullandıktan sonra tekrar aynı döngüye iade ederler. Bu süreç sırasında suya karışan maddeler, suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini değiştirerek "su kirliliği" olarak adlandırılan durum ortaya çıkar. Su kirlenmesi, su kaynağının fiziksel, kimyasal, bakteriyolojik, radyoaktif ve ekolojik özelliklerinin olumsuz yönde değişmesi şeklinde olur.

**2. Suların kirlenme sebepleri nelerdir?**

Dünya Sağlık Örgütüncü (WHO) yüzeysel sulardaki kirlilik unsurları sınıflandırılmıştır:

- Bakteri, virüs ve diğer hastalık yapıcı canlılar:
- Organik maddelerden kaynaklanan kirlenme
- Endüstri artıkları
- Yağlar ve benzeri maddeler
- Sentetik deterjanlar
- Radyoaktivite:
- Pestisitler

- Yapay organik kimyasal maddeler
- Yapay ve doğal tarımsal gübreler
- Anorganik tuzlar
- İnert çözünmeyen madde

Bunların dışında sular fiziksel (renk, sıcaklık, süspansiyon, maddeler), fizyolojik (tat, koku) ve biyolojik kirlenmeye de maruz kalabilirler.

### **3. Su kirliliğinin insan sağlığına zararları nelerdir?**

Suyun insan sağlığını olumsuz yönden etkilemesinin nedenlerini iki başlıkta toplanabilir.

- Zararlı biyolojik etkenlerin bulunması
- Endüstri artıklarından doğan kimyasal yada radyoaktif kirleticilerin bulunması

Sularda bulunabilen ve insan sağlığı açısından zararlı biyolojik etkenler arasında patojen bakteriler, virüsler ve parazitler gelmektedir. Suların neden olduğu enfeksiyöz etkenler, hastalar ve portörler tarafından çevreye yayılmaktadır. Yörenin coğrafi konumu, alt yapı tesisleri, atık maddelerin gördüğü işlem, toplumun sosyo-ekonomik yapısı gibi birçok faktöre bağlı olarak, patojen bakteriler ve diğer mikroorganizmalar dışkı ve benzeri yollarla sulara ulaşır. İçme suyu, oral-fekal enfeksiyon zincirinin en önemli halkasıdır. Suyu geçen enfeksiyonların önüne geçilmesi büyük ölçüde suyun bakteriyel kirliliğinin önlenmesi, suyun dezenfekte edilmesi ile olasıdır. Bilim adamları ve sağlık kuruluşları temiz su elde etmek için çalışmakta, su standartları geliştirmekte, içilebilir ve kullanılabilir özellikte olan sular için belirli kriterler ortaya koymaktadır. Türkiye'de gıda tüzüğü ve su ile ilgili standartlarda suların içilebilirliğine koliform grubu bakterilerin varlığı/yokluğu esasına göre karar verilmektedir.

### **4. Suların temizlenmesi için ne tür yöntemler kullanılır?**

Suyun atık maddelerden kurtarılması ve içilebilir hale gelebilmesi için arıtma aşamalarından geçmesi gerekir. Suyun arıtılmasının dört aşaması vardır. Bu aşamalar:

\* **Çöktürme:** Suyun dinlendirilebilmesi ile arıtılması ve *organik* maddelerin uzaklaştırılması işlemidir. Bu işlem barajda, gölde, havuzda olabilir.

\* **Havalandırma:** Suyun hava ile temasını sağlayarak, kötü kokularından, renginden ve tadından arıtılmasıdır. Havalandırma ham suya *oksijen* kazandırmak için gerekli bir basamaktır.

\* **Süzme:** Suyun içinde yaşayan küçük canlıların yumurtaları sudan arıtılır. Böylece bakterilerden % 95–99 oranında uzaklaşır. Suyun süzme işlemi çakıl, kum tabakalarından geçirilerek yapılır. Süzme sonunda elde edilen suyun 1cm<sup>3</sup> 'ünde 100 bakteriden fazla bakteri kalmamışsa kaliteli bir süzmedir. Süzme ham suda bulunan parçaları ayırmak için kullanılan yöntemdir.

\* **Dezenfeksiyon:** İyi bir içme suyu renksiz, kokusuz, berrak, içeriğinde hastalıklara neden

olabilen mikroorganizmaları bulundurmaz. Dezenfeksiyon suyun bakterilerden arıtılmasıdır. Fiziksel ya da kimyasal yöntemlerle yapılır. Fiziksel yöntemler pahalı yöntemlerdir. Kimyasal yöntemlerden en ekonomik ve en kolay yöntemi klorlamadır. Su dezenfekte edildikten sonra, dağıtım sisteminde de kirlenebilir. Borulardaki herhangi bir arızadan, kırılmalardan, suların kesilmesi nedeniyle basınç azalması veya düzensiz düşük basınçlar gibi nedenlerle dağıtım sistemindeki boru içerisine bazı mikro organizmaların ve kirliliklerin girmesi söz konusudur. Bunun için suyun tüketiciye ulaşana kadar devamlı olarak dezenfeksiyonun sağlanması gerekir.

##### **5. Adsorpsiyon nedir? Adsorpsiyon türlerini yazınız.**

Adsorpsiyon faz ve yüzey sınırlarında aktif çekim kuvvetlerinin etkisi ile ortaya çıkan bir yüze tutunma olayıdır. Yüzey ve yüzeye yakın bölgelerde yer alan moleküller arasında var olan çekim kuvvetlerinin temeli ise, bu moleküllerin çekirdek ve elektronları arasındaki elektromanyetik etkileşimlerden kaynaklanmaktadır. Katının iç kısımlarındaki moleküller her yönde eşit kuvvetlerle dengelenirken yüzeyde dengelenmemiş kuvvetler vardır. Dengelenmemiş kuvvetler ise ancak diğer bir gaz veya sıvı moleküllerinin yüzeye tutunması ile dengelenebilir.

Bu adsorpsiyonlar 3 grupta incelenebilirler.

1) Fiziksel adsorpsiyon: Bu adsorpsiyonda zayıf Van der Waals kuvvetleri etkindir. Fiziksel adsorpsiyon sonucu verilen ısı fiziksel olaylarda açığa çıkan ısı kadardır.

2) Kimyasal adsorpsiyon: Kimyasal adsorpsiyonda adsorban yüzeyi ile adsorbant üzerindeki aktif merkezlerde kuvvetli kimyasal bağlar oluşur. Tek tabaka halinde oluşan bu adsorpsiyon genellikle tersinmezdir. Açığa çıkan ısı da kimyasal reaksiyonlarda açığa çıkan ısı kadardır.

3) Çözünen ile adsorban arasındaki elektriksel etkileşme sonucu oluşan adsorpsiyon: Katı yüzeydeki fonksiyonel gruplar ile iyonlar arasındaki elektrostatik ilgiden kaynaklanan üçüncü bir bağ kuvvetiyle oluşur. Bu adsorpsiyon yer değiştirme adsorpsiyonu olarak da bilinir ve etkinliği fiziksel ve kimyasal adsorpsiyondan sonra gelmektedir.

##### **7. Yeşil yaprakta bulunan klorofilin rengi veya turşu suyu/sirkedeki keskin koku aktif kömür kullanılarak adsorplanabilir mi?**

Kaynatılarak yeşil rengi suya geçen ıspanak suyu örneğinden bir miktar behere alınır. İçerisine aktif kömür ilave edilerek karıştırılır. Bir süre bekledikten sonra bir huni ve süzgeç kâğıdı yardımıyla süzme işlemi gerçekleştirilir. Yeşil renkli ıspanak suyunun süzme işlemi sonrası renksiz bir sıvı olarak elde edildiği gözlenmiştir. Aynı şekilde benzer işlem turşu suyu ile yapılır. Turşu suyundaki keskin kokunun süzme işlemi sonrası kokusuz ve renksiz bir sıvı olarak elde edildiği gözlenmiştir.



### 8. Bu süreç saf içme suyu sağlamak için nasıl kullanılabilir?

Saf içme suyu sağlamak için günümüzde kullanılan aktif kömür filtreleri mevcuttur. Bu filtrelerde bulunan aktif karbon, suda bulunan koku, renk ve tat bozukluğunun giderimi için kullanılmaktadır. Suda bulunan bu tür problemlerin birçok açıklaması olabilmektedir. Genellikle organik kirliliğin yol açtığı bu tür problemleri ortadan kaldırmanın en kolay yolu, aktif karbon kullanmaktır. Aynı zamanda suyun içerisinde bulanabilecek serbest klor, petrol ve petrol yan ürünleri, diğer organikleri absorbe etmek için de aktif karbon kullanılmaktadır. Aktifleştirme işlemi ile yüzey alanı yaklaşık 100 kat arttırılan karbon mineralleri, organik maddeleri absorbe ederek filtre etmektedir.

**Deney Önerisi:** İçme sularının koku ve renk bakımından arıtılması

**Deneyin Amacı:** Renkli sıvı çözeltilerindeki rengin ve turşu suyu, sirke gibi keskin kokulu sıvılardaki kokunun aktif kömür kullanılarak giderilebileceğini gözlemlemek.

#### Deney için Gerekli Araç ve Gereçler:

- Haşlanmış ıspanak suyu
- $KMnO_4$  çözeltisi
- Turşu suyu/Sirke
- Aktif kömür
- Huni, süzgeç kâğıdı, deney tüpü, 3 adet beher, spatül, damıtık su

#### Deneyin Yapılışı:

- Üç beherden birincisine bir miktar ıspanak suyu, ikinci behere  $KMnO_4$  çözeltisi ve üçüncü behere turşu suyu / sirke konulur.
- Sonra her bir beher içerisine aktif kömür eklenerek bir müddet karıştırılır.
- Üç huniye süzgeç kâğıdı takılıp, üç ayak kullanılarak erlen içerisine yerleştirilir.
- Üç beherdeki karışım için süzme işlemi gerçekleştirilerek, gözlenen değişiklikler kaydedilir.



#### Deneyin Sonucu ve Yorum:

- 1. beherdeki ıspanak suyunun yeşil rengi aktif kömür ile karıştırılarak süzöldükten sonra renginin süzme işleminden sonra renksiz bir sıvı olarak kaldığı gözlenmiştir.
- 2. beherdeki  $KMnO_4$  çözeltisinin koyu menekşe rengi süzme işleminden sonra açık pembe bir renk olarak gözlenmiştir.
- 3. beherdeki turşu suyunun koyu sarı rengi süzme işleminden sonra çok açık sarı

olarak gözlenmiştir. Turşu suyundaki kokunun giderilip giderilmediğini öğrenmek için süzüntü koklandığında turşu suyunun kendine has ağır kokusunun çok az kaldığı gözlenmiştir.

Hazırlanan tüm çözeltilerle gerçekleştirilen deneyde aktif kömür kullanılarak çözeltiler karıştırılmış ve süzölmüştür. Süzme işleminden sonra renkli çözeltiler için renginin giderilerek geriye renksiz bir sıvı kaldığı ve kendine has kokusu olan sıvılar için de kokusunun kaybolduğu gözlenmiştir. Tüm bu süreçler sonunda kaydedilen gözlemlerden kirlilik bulaşmış suların renk ve koku yönünden temizlenmesinde aktif kömürün endüstriyel adsorban olarak kullanılabileceği belirlenmiştir.

## Yedinci grup öğrencilerinin uygulama adımları

### **7. Grup**

Öğrenci 18, Öğrenci 19 ve Öğrenci 20

#### **ÖN SORGULAMA AŞAMASI**

**Başlangıç Deneyi: KİMYACININ KİBRİTİ**

**Başlangıç Deneyinin Amacı:** Potasyum permanganat, sülfürik asit ve etil alkol kullanarak kibrit kullanmadan ateş yakılabildiğini göstermek.

**Başlangıç Deneyi İçin Gerekli Araç Ve Gereçler:**

- Potasyum permanganat, 5 g
- Sülfürik asit, 2-3 damla
- Alkol
- Pamuk, kâğıt, saat camı ve maşa

**Deneyin Yapılışı:**

- Saat camı üzerine 5 g  $KMnO_4$  konulur.
- Bunun üzerine 2-3 damla derişik  $H_2SO_4$  katılır.
- Pamuk alkolle sürülür.
- Maşa ile tutulan pamuk  $KMnO_4$  ve  $H_2SO_4$  üzerine sürülür.
- Alkolü pamuk alev alır.



**Deneyin Sonucu ve Yorum:**

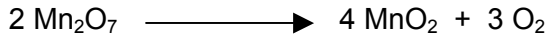
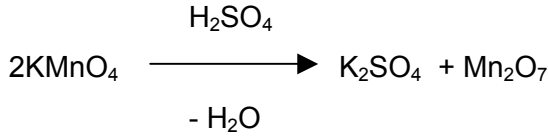
Sülfürik asit ve potasyum permanganat arasında gerçekleşen ilk reaksiyonda oksijen çıkışı olur. Çıkan oksijen de etil alkolün yanmasını sağlar. Alkolü pamuk potasyum permanganat etil alkol karışımına sürüldüğünde ateş çıkar ve çıkan ateş pamuğu yakar. Potasyum permanganat kuvvetli bir yükseltgendir. Sülfürik asit ise asitli ortam oluşturmak için kullanılmıştır. Çünkü potasyum permanganat +7'den +2 ye olduğu gibi +7'den +5'e de indirgenebilir. Asitli ortamla permanganatın hangi değere indirgeneceği belirlenir.

## SORGULAMA AŞAMASI

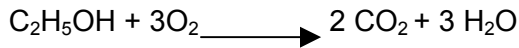
### Soru Üretme

**1. Deney sırasında kullanılan potasyum permanganat, etil alkol ve sülfürik asit arasında nasıl bir reaksiyon gerçekleşmiştir?**

Potasyum permanganat ile sülfürik asit arasında gerçekleşen reaksiyon;



Tepkime sonunda ortaya çıkan oksijen gazı ile etil alkol tepkimeye girer;



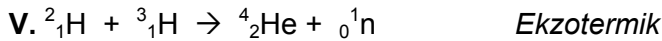
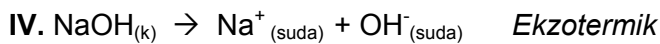
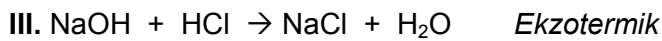
**2. Etil alkole batırılmış pamuğun alev almasının nedeni ne olabilir?**

Potasyum permanganat ile sülfürik asit reaksiyonu sonucunda oksijen gazı oluşur ve bu gaz da etil alkolle reaksiyona girerek yanmaya neden olur.

**3. Bağ oluşumu ve bağ kırılması bakımından neden bazı reaksiyonlar endotermik bazıları da ekzotermiktir?**

Bağ oluşumu sırasındaki bağ enerjisi negatiftir. Yeni bir bağ oluşurken enerji açığa çıkar. Bağ kırılması sırasındaki bağ enerjisi ise pozitiftir. Varolan bağlar kırılırken enerjiye ihtiyaç vardır. Eğer reaksiyonun oluşumu sırasında bağ kırılırken ortaya çıkan bağ enerjisiyle bağ oluşumundaki bağ enerjisinin toplamı negatif ise reaksiyon ekzotermik, pozitif ise reaksiyon endotermiktir.

**4. Aşağıdaki tepkimelerden hangisi endotermik hangisi ekzotermiktir? Nedenleri ile birlikte açıklayınız.**



- Bir kimyasal bağda bağın oluşumu ekzotermiktir. I. tepkimede  $\text{H}_2$  molekülü H atomlarına ayrılmıştır. Yani iki hidrojen atomu arasındaki kimyasal bağ kırılmıştır. Bu bağın kırılması için enerji harcanması gerekir. Kimyasal bağın oluşumu ekzotermik ise kimyasal bağın kırılması da endotermiktir.
- II. tepkimede gerçekleşen bir atomdan elektron koparmak enerji gerektirir. Dolayısıyla tepkime endotermiktir.
- III. tepkimede gerçekleşen tepkime bir asit-baz tepkimesidir. Bütün asit-baz tepkimeleri

yani nötrleşme tepkimeleri ekzotermiktir.

- IV. tepkimedeki NaOH katısının suda çözünmesi ekzotermiktir.
- Son olarak V. Tepkimede gerçekleşene tepkime bir füzyon tepkimesidir. Bu bir nükleer olaydır. Bu olay sonunda oldukça büyük bir enerji açığa çıkar. Olay ekzotermiktir.

Sonuç olarak tüm yanma olayları, oksitlenme olayları, kimyasal bağ oluşumu, gazların suda çözünmesi, asit ve bazların etkileşmesi ekzotermik reaksiyonlardır diyebiliriz.

### **Seçilen Sorgulama Sorusu ve Problemi Belirleme**

Normalde havada bulunan ve tepkimeye girmeyen oksijen ve azot gazının şimşek çaktığında tepkimeye girerek azot dioksit gazı oluşturması gibi bazı tepkimeler gerçekleşmek için ısıya ihtiyaç duyarken bazı tepkimeler niçin dışarı ısı vermektedir?

### **Belirlenen Problem Durumu ile İlişkili Bir Hipotez Oluşturma**

Kimyasal bir tepkimede tepkime öncesi ile tepkime sonrası sıcaklık ölçümü yapılarak reaksiyonun ısı alan veya ısı veren bir reaksiyon olduğu belirlenebilir.

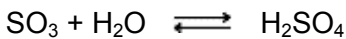
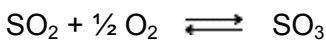
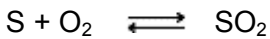
### **Hipotezin doğruluğu için ileri sürülen mantıklı nedenler**

#### **1. Yanma tepkimeleri ekzotermik midir?**

Yanma tepkimeleri, örneğin karbon ve oksijen gibi iki atomun, birbirleriyle kimyasal tepkimeye girme eğiliminden kaynaklanır. Bu örnekte, bir karbon atomu iki oksijenle birleşerek, bir karbondioksit molekülü oluşturur. Başlangıçta bir karbon ve iki oksijen atomundan oluşan üç atomlu sistem, tepkime sırasında bir miktar enerji açığa çıkartarak, sonrasında daha düşük bir enerji düzeyine geçmiş, bir bakıma rahatlamıştır. Tepkimenin kendiliğinden yer alabilmesi için, sistemin enerjisinde böyle bir azalma zorunludur. Kısacası yanma tepkimeleri ekzotermiktir diyebiliriz.

Yanma tepkimesine bir başka örnek SO<sub>3</sub>'ün suya atıldığında sülfürik asit oluşturma süreci verilebilir. Sülfür trioksitin (SO<sub>3</sub>), beyaz kristal parçacıklar şeklinde bir görüntüsü vardır. SO<sub>3</sub> yanmaz. Yanma işlemleri sülfürden SO<sub>3</sub> elde ederken gerçekleşir. SO<sub>3</sub> suya atıldığında çözülür. Çözülürken de tıslama sesi duyulur ve bu şekilde ısı açığa çıkar. Oluşan ürün sülfürik asittir (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). İlk aşamada sülfür yanarak sülfür dioksit (SO<sub>2</sub>) oluşturur. SO<sub>2</sub> hava ile tepkime vererek sülfür trioksiti meydana getirir. SO<sub>3</sub> 'de suya atıldığında ısı açığa çıkararak (ekzotermik tepkime) sülfürik asit oluşumunu gerçekleştirir.

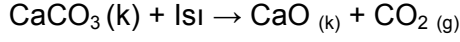
Tepkime denklemleri sırasıyla aşağıdaki gibi gerçekleşir:



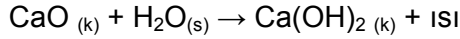
#### **2. Su dolu bir behere bir miktar kireç döktüğümüz zaman yüksek derecede ısı açığa**

**çıkıyor. Bu ısı çözünme sonucu mu meydana geliyor? Suya suda çözünebilen başka bir madde (mesela tuz) katıldığı zaman da ısı açığa çıkar mı? Aradaki ısı farkı nereden kaynaklanıyor?**

Kireç taşı olarak bilinen malzeme  $\text{CaCO}_3$ 'tür. Kireç taşı  $900\text{ }^\circ\text{C}$  de ısıtılınca sönmemiş kireç kalsiyum oksit ( $\text{CaO}$ ) ve karbondioksit gazı ( $\text{CO}_2$ ) meydana getirir.



Sönmemiş kireç ( $\text{CaO}$ ) su ( $\text{H}_2\text{O}$ ) ile tepkimeye girdiğinde sönmüş kireç  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  oluşur. Bu oldukça ekzotermik bir tepkimedir.



Kimyasal tepkimelerde genel olarak moleküller arasındaki bağların koparılması için enerji harcanırken; moleküllerin birbirine bağlanarak yeni bir yapı oluşturmaları sonucu da enerji açığa çıkar. Yukarıdaki tepkimede de görüldüğü üzere  $\text{CaO}$  molekülü ile  $\text{H}_2\text{O}$  molekülü birleşmesinden dolayı ortaya ısı formunda bir enerji çıkıyor. Neden bazı tepkimelerde az ısı açığa çıkıyor da bazılarında çok ısı açığa çıkıyor gibi soruların cevabı ise temel olarak moleküller arasındaki bağ yada bağların farklı kuvvetlerde olması ile açıklanabilir. Tuzun suda çözülmesi zaten bir kimyasal değişiklik değildir. Sodyum ve klor atomları arasındaki bağlar tam olarak kırılmaz (Suyu buharlaştırdığımızda tuz parçacıklarının yüzeyde kalmaktadır. Eğer sodyum ve klor atomları arasındaki bağ tam olarak kırılırdı, suyu ortamdan uzaklaştırdığımızda geriye tuz kalmazdı). Bu yüzden tuzun suda çözünmesiyle açığa çıkan ısı miktarı çok düşük olabilir.

**3. Oksijen atomu 1 elektron alırken gerçekleşen tepkime ekzotermik, fakat  $\text{O}^{-1}$  iyonu bir elektron daha alırken gerçekleşen tepkime neden endotermiktir? Yani bir oksijen atomu bir elektron aldığı anda dışarıya ısı verirken, ikinci elektronu alması için neden dışarıdan ısı alır?**

Bir atom ya da iyon, ek bir elektron daha bağlanması için gereken enerjiye, 'elektron çekiciliği' denir. Bunun için gereken enerjinin negatif veya pozitif olması; ek elektronun bağlanma sürecinde enerji açığa çıktığını veya dışarıdan enerji verilmesi gerektiğini, yani sürecin 'ısıveren' (ekzotermik) veya 'ısı alan' (endotermik) olduğunu gösteriyor. Nötr bir oksijen atomu, bir elektron alması halinde, bir soygaz olan neonun elektron dizilimine, yani onun kararlılığına yaklaşacağı için; 'birinci elektron çekiciliği' negatiftir. Nitekim gaz halindeki 1 mol oksijen atomunun, 1 mol elektronla indirgenip, gaz halindeki 1 mol  $\text{O}^{-1}$  iyonuna dönüştürülmesi sırasında,  $-142\text{ kJ}$  enerji açığa çıkıyor. Yani bu tepkime, ekzotermik tepkime oluyor. Ancak,  $\text{O}^{-1}$  iyonuna bir elektron daha eklemek için, eksi yükler arasındaki itme kuvvetine karşı iş yapmak, yani sisteme dışarıdan enerji vermek gerekir. Bu nedenle, oksijenin 'ikinci elektron çekiciliği' pozitif olmak zorundadır. O kadar ki; gaz halindeki 1 mol  $\text{O}^{-1}$  iyonunun, 1 mol elektronla indirgenip, gaz halindeki 1 mol  $\text{O}^{-2}$  iyonuna

dönüşmesi için, 844 kJ enerji gerekiyor. Kısacası; oksijenin birinci 'elektron çekiciliği' - 142kJ/mol iken, ikinci 'elektron çekiciliği' +844kJ/mol oluyor. Elektrostatik itme kuvvetleri nedeniyle bir oksijen atomu bir elektron aldığı anda dışarıya ısı verirken, ikinci elektronu alması için dışarıdan ısı alır.

#### 4. Çevremizde karşılaştığımız, yaşadığımız, yaptığımız ve/veya gözlemlediğimiz hangi olaylar/reaksiyonlar ekzotermik reaksiyonlara örnek olarak verilebilir?

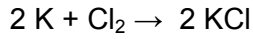
Günlük hayatta en çok ekzotermik olaylarla karşılaşırız. Ekzotermik olaylarda sistemin enerjisi azalır. Suyun donması (bunu sıvıların donması ve gazların sıvı hale geçiş olayları olarak genişletebiliriz), bulutlarda kar ve yağmur oluşması, demirin paslanması, genel olarak atomların gaz fazındayken bir araya gelerek yeni bir molekül oluşturmaları, su ile kuvvetli asitlerin tepkimesi, çekirdekte meydana gelen füzyon tepkimesi gibi olaylar ekzotermik tepkimelere örnek olarak verilebilir.

Laboratuvar ortamında gerçekleştirilecek ekzotermik tepkimelere örnek olarak aşağıdaki uygulamalı deneyler verilebilir:

#### Örnek Deney 1: Potasyum metali ile klor gazının reaksiyonu

##### Deneğin Yapılışı:

- Bir spora tutturulmuş erlen içerisinde klor gazı doldurulur. Klor gazı çok açık yeşil rengindedir.
- Daha sonra erlene yavaşça bir parça potasyum metali ilave edilir.
- Gerçekleşen tepkime için gözlemler kaydedilir.



- Klor gazı ile doldurulmuş erlen içerisinde potasyum metali atıldığı zaman hızlı bir şekilde ekzotermik reaksiyon gerçekleşmeye başlar.
- Öncelikle yoğun bir sis bulutu gözlenir. Tepkime devam ettikçe oluşan yüksek sıcaklık potasyumun kendi kendine yanmasını sağlar ve ortaya çıkan ısıyla cam çatlayacaktır.

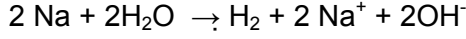
#### Örnek Deney 2: Suya atılan sodyum (Pembe panter)

##### Deneğin Yapılışı:

- Bir bebere su konulur.
- İçerisine 10 damla kadar fenolftalein belirteci damlatılır.
- Daha sonra bebere yavaşça bir sodyum parçası atılır.
- Gerçekleşen tepkime için gözlemler kaydedilir.



Sodyum metali su ile hidrojen gazı (H<sub>2</sub>) ve hidroksit iyonu (OH<sup>-</sup>) verecek şekilde oldukça şiddetli bir tepkime gerçekleştirir.



Tepkime sonrası oluşan ürünlerden hidroksit iyonunun varlığının fenolftalein belirtecinin rengini pembe olarak değiştirdiği gözlenmiştir.

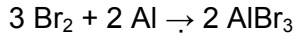
Örnek Deney 3: Brom alevi içindeki alüminyum folyo

Deneyin Yapılışı:

- Bir deney tüpüne bir miktar elementer brom konulur.
- Sonra üzerine çok küçük bir parça alüminyum folyo atılır.
- Deney tüpünde gerçekleşen tepkime için gözlenen değişiklikler kaydedilir.



Farklı redoks potansiyellerine sahip brom ile alüminyum aşağıdaki denklemdeki gibi şiddetli bir ekzotermik reaksiyon gerçekleştirirler:



Gerçekleşen redoks tepkime gereğince brom Br<sup>-</sup> ye indirgenirken, alüminyum Al<sup>+3</sup>e yükseltgenmiştir.

**Deney Önerisi:** Gerçekleştirilecek bazı tepkimelerin ısı alan ya da ısı veren tepkime olduğunun saptanması

**Deneyin Amacı:** Kimyasal bir tepkimede tepkime öncesi ile tepkime sonrası sıcaklık ölçümü yapılarak bir reaksiyonun ısı alan veya ısı veren bir reaksiyon olup olmadığının belirlenmesi

**Deney için Gerekli Araç ve Gereçler:**

- Sodyum hidroksit çözeltisi
- Seyreltik hidroklorik asit çözeltisi
- Sodyum hidrojen karbonat çözeltisi
- Sitrik asit
- Bakır(II)sülfat çözeltisi
- Seyreltik sülfirik asit çözeltisi
- Magnezyum tozu



- Beher, termometre ve baget

#### **Deneyin Yapılışı:**

- 1 deney tüpüne sodyum hidroksit, başka bir deney tüpüne aynı hacimde hidroklorik asit çözeltisi koyulur.
- Ayrı ayrı termometre ile sıcaklıkları ölçülür.
- Asit çözeltisi yavaşça sodyum hidroksit çözeltisi içerisine boşaltılır. Karışımın içerisine termometre konularak sıcaklığı ölçülür.
- Çözeltilerin karıştırılmadan önceki ve karıştırıldıktan sonraki sıcaklıkları karşılaştırılır.

Aynı işlem süreci aşağıdaki çözeltiler içinde de tekrarlanır.

- a) Sodyum hidrojen karbonat çözeltisi ve sitrik asit,
- b) Bakır(II)sülfat çözeltisi ve magnezyum tozu
- c) Sodyum hidroksit katısının çözünmesi (NaOH + Su)

#### **Deneyin Sonucu ve Yorum:**

<b>Tepkime</b>	<b>Tepkime</b>	<b>Tepkime</b>
<b>Sodyum hidroksit çözeltisi + seyreltik hidroklorik asit</b>	20 °C	22 °C
<b>Sodyum hidrojen karbonat çözeltisi + sitrik asit</b>	20 °C	21 °C
<b>Bakır(II) sülfat çözeltisi + magnezyum tozu</b>	20 °C	29 °C

değeriyle kanıtlanmıştır.		
<b>NaOH</b> <sub>(k)</sub> → <b>Na</b> <sup>+</sup> <sub>(aq)</sub> + <b>OH</b> <sup>-</sup> <sub>(aq)</sub> Sodyumhidroksit katısının suda çözünmesi ekzotermiktir.	20 °C	21 °C

## Sekizinci grup öğrencilerinin uygulama adımları

### 8. Grup

Öğrenci 21, Öğrenci 22, Öğrenci 23 ve Öğrenci 24

#### ÖN SORGULAMA AŞAMASI

**Başlangıç Deneyi:** SARKIT VE DİKİTLERİN OLUŞUMU

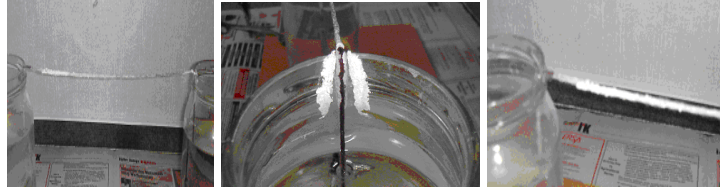
**Başlangıç Deneyinin Amacı:** Laboratuvar ortamında sarkit ve dikitlerin oluşumunu görme

**Başlangıç Deneyi için Gerekli Araç ve Gereçler:**

- İki kavanoz
- Kaynamış sıcak su
- Çamaşır sodası
- Kalın yün bir iplik

**Deneyin Yapılışı:**

- İki kavanoza sıcak su doldurulur.
- İçerisine bir miktar çamaşır sodası ilave edilir.
- Kalın yün bir ipliğin bir ucu bir kavanoza diğer ucu diğer kavanoza konularak iplik mümkün olduğunca gergin hale getirilir (İpin gerginliği için ipin uçlarına anahtar veya farklı bir malzeme bağlanabilir).



**Deneyin Sonucu ve Yorum:**

Birkaç gün sonra çözeltinin yün ip üzerinde ilerlediği gözlenmiştir. Mağaralardaki sarkıtlar gibi belirgin bir oluşum gözlenmese de lokal olarak ipin bazı bölgelerinde sarkıtların yapısını gösterecek oluşumlar (şekillerde de görüldüğü gibi) gözlenmiştir.

Mağaraların tavanlarından aşağı doğru uzanan sarkıtların, yine mağara tabanlarından yukarı doğru uzanan dikitlerin ve diğer tabii travertenlerin oluşmasına, içerisinde  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  çözülmüş sular sebep olur. Kalsiyum bikarbonatlı sular mağara tavanından aşağı doğru yavaş yavaş damlar. Bu sırada bir miktar  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  bozularak  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CO}_2$  ve  $\text{H}_2\text{O}$  ya dönüşür. Oluşan  $\text{CaCO}_3$  katısının bir kısmı tavanda birikerek zamanla sarkıtları oluşturur. Bir miktar  $\text{CaCO}_3$  katısı da damlanın düştüğü yerde birikerek dikitleri oluşturur. Sarkit ve dikitler zamanla büyüyerek birleşirler ve mağara içerisinde sütunlar oluştururlar.

## SORGULAMA AŞAMASI

### Soru Üretme

#### **1. Kayaç nedir? Sarkıt ve dikit hangi kayaç çeşidine girmektedir?**

Kayaç, mineral topluluklara verilen isimdir. Çeşitli minerallerin, taş parçacıklarının veya tek bir mineralin çok sayıda birikmesinden meydana gelir. Kayaçlar oluşumları sırasındaki doğal ortamı yansıtan bir çeşit belgelerdir. Bugün yeryüzünde hüküm süren fiziksel olaylar, akarsuların aşındırma ve taşıma etkileri, çöllerde ve denizlerin değişik bölgelerinde farklı tortulların çökertilmesi, yeryüzünün değişik iklim kuşaklarının bulunması gibi jeolojik olaylar bütün yer tarihi boyunca hep aynı şekilde, aynı düzende oluşmuştur. Yani eski jeolojik devirlere ait kayaçların oluşumu bugün yeryüzünde hüküm süren fiziksel olayların ışığı altında yorumlanabilir. Böylece kayaçlar oluşumu sırasında mevcut olan doğal ortamı aynen yansıtırlar. Kayaçlar oluşum şartları ve kökenlerine göre magmatik, tortul ve metamorfik olmak üzere üç gruba ayrılır. Sarkıt ve dikitler kimyasal tortul kayaçlar sınıfına girmektedir.

#### **2. Sert suyun geçtiği her mağarada sarkıt veya dikit oluşur mu? Açıklayınız.**

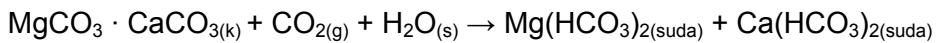
Sarkıt ve dikitlerin oluşabilmesi için sadece mağaradan sert suyun geçmesi yetmez. Bunun oluşabilmesi için mağaranın geliştiği ana kayanın fiziksel ve kimyasal yapısı (tabakaların duruşları, çatlak ve kırık yapıları), ortamdaki hava şartları, ısı kaybı, akışın yayılımı ve süresi de etkilidir.

#### **3. İpin hangi özelliğinden dolayı çamaşır sodası yün ip boyunca yükselir?**

İpin lifli yapısı kılcallık yaratarak sodanın yün ip boyunca yükselmesini sağlar. Kılcallık, göreceli olarak daha dar olan bir boruda ortaya çıkan kohezyon ve yüzey gerilim etkisidir. Kılcallık sayesinde, sıvıyla dolu bir kabın içine ince bir tüp sokulduğunda, su gibi hafif sıvılar normalin üstünde, cıva gibi ağır sıvılar ise normalin altında bir seviyede dururlar. Bu prensip, insanların dolaşım sistemlerinde ve bitkilerde de geçerlidir

#### **4. Sert su ne demektir? Sarkıt ve dikitlerin oluşmasındaki etkisi nedir?**

Genel olarak suyun sertliği, kalsiyum seviyesi olarak kabul edilmesine rağmen, suyun sertlik derecesi içerdikleri erimiş kalsiyum ve magnezyum tuzlarından ileri gelmektedir. Sular bunları topraktan alır. Sular, erimiş halde bulunan kalsiyum ve magnezyumu bikarbonat tuzları, sülfat tuzları, klorür tuzları ve ayrıca az miktarda nitrat tuzları halinde içerirler. Özellikle kalsiyum bikarbonat ve kalsiyum sülfat suyun sertliğinde önemli rol oynar ve içerisinde CO<sub>2</sub> çözülmüş sular yer kabuğunda bulunan ve normal suda çözünmeyen kireç taşı (CaCO<sub>3</sub>) ve dolamiti (MgCO<sub>3</sub>.CaCO<sub>3</sub>) yavaş yavaş çözer. Böylece Ca<sup>+2</sup> ve Mg<sup>+2</sup> bikarbonatlar ( Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> ve Mg(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> ) hâlinde suya geçer.



Mağaraların tavanlarından aşağı doğru uzanan sarkıtların, yine mağara tabanlarından yukarı doğru uzanan dikitlerin ve diğer tabii travertenlerin oluşmasına, içerisinde  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  çözülmüş sular sebep olur. Kalsiyum bikarbonatlı sular mağara tavanından aşağı doğru yavaş yavaş damlar. Bu sırada bir miktar  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  bozularak  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CO}_2$  ve  $\text{H}_2\text{O}$ 'ya dönüşür. Oluşan  $\text{CaCO}_3$  katısının bir kısmı tavanda birikerek zamanla sarkıtları oluşturur. Bir miktar  $\text{CaCO}_3$  katısı da damlanın düştüğü yerde birikerek dikitleri oluşturur. Sarkıt ve dikitler zamanla büyüyerek birleşirler ve mağara içerisinde sütunlar oluştururlar

##### **5. Suyun sert olup olmadığını nasıl anlarız?**

Su sertliği tayini genelde pH=10'a tamponlanmış çözeltilerin EDTA (Etilendiamin Tetra Asetik Asit) ile titrasyonu ile yapılır. İndikatör olarak Eriochrom black T indikatörü kullanılır.

##### **Seçilen Sorgulama Sorusu ve Problemi Belirleme**

Farklı sertlik derecesine sahip su örneklerinin sertlik dereceleri ile sabun veya deterjan gibi temizlik maddelerinin köpürme miktarları arasında bir ilişki var mıdır?

##### **Belirlenen Problem Durumu ile İlişkili Bir Hipotez Oluşturma**

Farklı sertlik derecesine sahip su örneklerinin sertlik dereceleri ile sabun veya deterjan gibi temizlik maddelerinin köpürme miktarları arasında bir ilişki vardır.

##### **Hipotezin doğruluğu için ileri sürülen mantıklı nedenler**

###### **1. Suyun tadının acı veya tatlı olması neyi gösterir?**

Suların mineral ve iyon zenginliğini gösteren en önemli parametrelere, toplam çözülmüş madde (TDS) değeridir.

- TDS miktarını belirleyen bazı katyonlar: Kalsiyum, magnezyum, sodyum, potasyum, demir, amonyum gibi.
- TDS miktarını belirleyen bazı anyonlar: klorür, sülfat, nitrat, flüorür, fosfat gibi.

Tabiattaki sular, kaynaklarına göre, TDS konsantrasyonları açısından farklılıklar gösterirler.

- |  |            |
|--|------------|
| • TDS konsantrasyonu 1000 mg/l'ten az ise        | tatlı su   |
| • TDS konsantrasyonu 1000 -5000 mg/lit arası     | acı su     |
| • TDS konsantrasyonu 5000 – 15.000 mg/lit arası  | çok acı su |
| • TDS konsantrasyonu 15.000 mg/lit'den fazla ise | tuzlu su   |

###### **2. Su sertliği nedir?**

Sertlik terimi suda bulunan iyonların sayısını, özellikle kalsiyum ve magnezyum iyonlarının miktarlarını belirtmek için kullanılır. Sulardaki sertlik iki türdür: Bikarbonatların ( $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  ve  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ ) oluşturduğu "geçici sertlik" ve kalsiyum ve magnezyumun klor, sülfat, nitrat, fosfat ve silikat tuzlarının oluşturduğu "kalıcı sertlik"tir. Kalıcı ve geçici sertlik birlikte "toplam sertliği" veya "genel sertliği" oluştururlar. Suların sertliği, 100ml suda

kalsiyum oksit veya karbonatlarının miktarı ölçü alınarak "sertlik derecesi" birimi ile ifade edilir. Çeşitli ülkeler farklı sertlik dereceleri kullanmaktadır. Türkiye, Fransa sertlik birimini kullanmaktadır.

Fransız sertlik derecesi =100ml suda 1 mg CaCO<sub>3</sub>

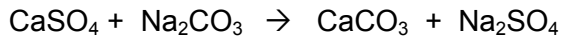
Suyun Sertliği	Fransa
Çok yumuşak	0 – 7.2
Yumuşak	7.3 – 14.2
Orta sert	14.3 – 21.5
Sert	21.6 – 32.5
Çok sert	32.6 – 54.0

### 3. Sert sular günlük yaşamda ne gibi problemlere neden olur?

Evlerde akan musluk sularının sertlik derecesinin fazla olması ile daha fazla sabun ve temizlik ürünü kullanılmaktadır. Sert su temizlenmesi çok zor olan sabun çökeleklerine neden olmaktadır. Sert suyun ısıtıldığı yüzeylerde daha da artan kireçlenme, yalıtkanlığa sebep olmakta ve elektrik tüketimini artırmaktadır. Kalorifer tesisatındaki kireçlenme yakıt tüketiminin artmasına sebep olmaktadır. Sabun çökeleği banyo veya duş sonrasında insan derisine yapışmaktadır. Deri gözeneklerini tıkamakta ve saç tellerini kaplayarak sertleştirmektedir. Deriye yapışan bu kütle, bakteri üremesi için elverişli bir ortam yaratmaktadır. Sertlik mineralleri yemeklere de istenmeyen bir tat vermektedir.

### 4. Sert sular yumuşatılabilir mi?

Sertliği 10 Fr üzerinde olan sular mutlaka yumuşatılmalıdır. Suyun geçici sertliğini gidermek için sular kaynatılır veya sönmüş kireç suya ilave edilerek kalsiyum ve magnezyumun karbonatları oluşturulup çökmeleri sağlanır. Kalıcı sertliği gidermek için suya, soda (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) ve sodyum hidroksit (NaOH) ilave edilerek kalsiyum ve magnezyumun suda erimeyen karbonat ve hidroksitleri oluşturularak çöktürülür.



(soda)

Suyu yumuşatmanın bir diğer pratik yolu iyon değiştirici reçine kullanmaktır. İyon değiştirici reçineli sistemler genelde sodyum iyonları ile sertlik iyonlarını yer değiştirterek çalışmaktadır. İşlem esnasında su reçine tanecikleri arasından süzülerek geçmektedir. Reçine tanecikleri üzerindeki elektrik yükü sodyum iyonlarını reçine taneciği üzerinde tutmaktadır. Ancak, reçine taneciklerinin aynı zamanda sertlik minerallerini tutma kabiliyeti de vardır. Reçine taneciklerinin sertlik minerallerini tutma kabiliyeti sodyum iyonlarını tutma kabiliyetine göre daha fazladır. Bu şekilde iyon değişimi gerçekleşmektedir.

## 5. Sabun ve deterjan nasıl köpük yapar?

**Sabun:** Bitkisel veya hayvansal yağların veya yağ asitlerinin alkalilerle (NaOH, KOH vb.) reaksiyonu sonucu üretilen temizlik maddesidir. Suda çözünebilen sabunlar sodyum ve potasyum tuzudur.

**Deterjanlar:** Temeli yüzey aktif maddelere dayanan içerisinde temizleme etkisini ve diğer özelliklerini düzenlemeye yarayan çeşitli organik ve inorganik maddeler bulunan toz, granül, yumuşak kıvamlı ve sıvı karışımlardır. Deterjanın ham maddesi labsadır. (Formülü:  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{11}\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_3\text{H}$ )

### Deney Önerisi:

Su sertliği ile sabun veya deterjanların köpürme miktarları arasındaki ilişkinin incelenmesi.

**Deneyin Amacı:** Çeşitli su örneklerindeki su sertliğinin hazırlanan sabun ve deterjan çözeltilerinin köpürme miktarları ile karşılaştırılması

### Deney için Gerekli Araç ve Gereçler:

- Saf su, musluk suyu, şişe suyu
- Kalsiyum karbonat çözeltisi
- Sıvı sabun, deterjan
- Beher, cam baget

### Deneyin Yapılışı:

- Beherlerin yarısına gelecek biçimde 2 tanesine saf su, 2 tanesine musluk suyu, 2 tanesine şişe suyu ve diğer ikisine de kalsiyum karbonat ile hazırlanan çözelti konulur.
- Bu beherlerden birer tanesine 1 tatlı kaşığı sıvı sabun, diğer çiftine de 1 tatlı kaşığı deterjan atıp bagetle karıştırılır.
- Elde edilen tüm veriler bir tabloya kaydedilir.

### Deneyin Sonucu ve Yorum:

Deneyin sonucunda tüm su örnekleri ayrı ayrı incelenmiş ve en fazla köpürmenin sertliği saf su ile dolu beherde olduğu gözlenmiştir. Sertliği musluk suyuna göre daha az olan şişe suyunda da köpürme gözlenmiştir. İçerisinde kalsiyum karbonat çözünerek hazırlanmış çözeltilerde ise hiç köpürme gözlenmemiştir.

Su örneği	Sıvı sabun	Deterjan
Saf su	Köpürme var	Köpürme var
Şişe suyu 50 mL)- (Toplam sertlik 1.5 Fr)	Köpürme var	Sıvı sabuna göre daha fazla köpürme gözlendi
Musluk suyu (50 mL)	Köpürme az var	Sıvı sabuna göre daha fazla ancak şişe suyuna göre daha az köpürme gözlendi
Kalsiyum karbonat çözeltisi (50 ml damıtık su ve 0,25 g kalsiyum karbonat) (50 Fr)	Köpürme hiç yok	Hiç köpürme gözlenmedi

### **9. Grup**

Öğrenci 25, Öğrenci 26, Öğrenci 27 ve Öğrenci 28

#### **ÖN SORGULAMA AŞAMASI**

**Başlangıç Deneyi:** GÖKKUŞAĞI REAKSİYONU

**Başlangıç Deneyinin Amacı:** Nötralleşmeyi ve indikatör aralığının renkler üzerindeki etkisini göstermek.

**Başlangıç Deneyi için Gerekli Araç ve Gereçler:**

- 50 cm<sup>3</sup>lük büret ve enjektör (20cm<sup>3</sup>lük)
- Seyreltik sodyum hidroksit ve hidroklorik asit çözeltisi
- Sodyum karbonat çözeltisi
- Universal indikatör çözeltisi

**Deneyin Yapılışı:**

- 10mL kadar sodyum hidroksit çözeltisi bir bürete konulur.
- Ardından çözelti içerisine birkaç damla Universal indikatör damlatılır.
- Çözelti içerisine daha sonra 20 mL hidroklorik asit, ardından 20 mL sodyum karbonat çözeltisi eklenir.
- Tıpa sıkıştırılır ve büret dikkatlice alt üst edilir.



**Deneyin Sonucu ve Yorum:** Deneyin sonunda mordan maviye, yeşilden turuncu ve kırmızıya kadar gökkuşaağı renkleri gözlenmiştir.

#### **SORGULAMA AŞAMASI**

##### **Soru Üretme**

##### **1. İndikatör nedir?**

Çözeltinin pH'sına bağlı olarak renk değiştiren kompleks yapıdaki organik bileşiklere indikatör denir.

##### **2. İndikatör kullanımının amacı nedir?**

Bu tür çözeltiler titrasyonun bitiş noktasını saptamak amacıyla kullanılır. İndikatörleri asit-baz, redoks ve çöktürme indikatörleri olarak ayırabiliriz.



### 3. Doğal asit baz indikatörleri var mı?

Gözümüzle görebildiğimiz asit baz indikatörleri, zayıf asit ve konjuge baz yapısındadırlar. Çiçek ve yaprak pigmentleri çoğunlukla bu tanıma uyarlar. Örneğin gül yapraklarını ezip alkol ile dövünce, asit baz indikatör çözeltisi elde etmiş oluruz. Ya da kırmızı lahanayı biraz ısıtarak suyunu salmasını sağlar ve bu suyu da indikatör olarak kullanabiliriz. Fenol kırmızısı, metil turuncusu gibi sentetik indikatörlerin yanı sıra, bitkilerden elde ettiğimiz birçok doğal indikatör vardır. Alizarin, kökboyası bitkisinin kökünde bulunan turuncu bir maddedir. %5 alkol çözeltisi içinde pH 5.5 iken alizarin sarı, pH 6.8 iken ise kırmızıdır. Alizarinin bazı sentetik kombinasyonları da indikatör olarak kullanılmaktadır. Kokneal indikatörü, orta Amerika'da ve Meksika'da bulunan kokneal böceklerinin dışısının kurutulmuş gövdesinden yapılır. 450 gram kuru kokneal indikatörü elde etmek için yaklaşık 70 000 kokneal böceği kurutmak gerekiyor. İndikatör tozunun %10' u, asidik çözeltide sarı; bazik çözeltide mor renk alan karminik asittir. Curcumin ya da tumerik sarısı, Hintlilerin tabak yapmakta kullandığı bir toz karışımı olan köri tozunda bulunur. Rengi pH= 7.4 iken sarı; pH=8.6 iken kırmızıya döner. Eskulin, kestane ağacının gövdesinden ve yapraklarından elde edilen ışık saçan bir indikatördür. Ama tam etkisini görmek için morötesi ışık altında çalışmak gereklidir. Eskulin pH=1.5' te renksizken, pH= 2.4'te ışıklı parlak mavi renk alır. Antosiyanin, en çok bulunan asit baz indikatörlerinden biridir. Bazı bitkilerde bulunan bir pigmenttir ve lahananın rengini kırmızıdan mora, gelinciğin rengini kırmızıya çevirir. Asidik çözeltide kırmızı iken, hafif alkalın çözeltide mor-yeşil arası bir renk alır. Tam alkalın çözeltisinde ise rengi sarıya döner. En çok kullanılan indikatörlerden biri olan turnasol ise liken bitkisinden elde edilir. Likenler dünyanın birçok bölgesinde yetişiyor olmasına rağmen, neredeyse bütün turnasol Hollanda'da üretilir. Turnasol, pH= 4.5 iken kırmızı ve pH=8.3 iken mavidir. Turnasolun büyük çoğunluğu turnasol kâğıdı üretiminde kullanılırken, bir kısmı da meşrubatlarda renk verici olarak kullanılır. Bunlar doğal yoldan elde edilen indikatörlerden bazılarıdır.

#### Seçilen Sorgulama Sorusu ve Problemi Belirleme

pH aralıkları bilinen indikatörler yardımıyla bir çözeltinin pH'si tespit edilebilir mi?

#### Belirlenen Problem Durumu ile İlişkili Bir Hipotez Oluşturma

pH aralığı tablosuna bakılarak bir çözelti içerisine damlatılacak çeşitli indikatörlerin farklı pH aralıklarında verdikleri renk değişimi yardımıyla pH'si bilinmeyen bir çözeltinin pH'si tespit edilebilir.

#### Hipotezin doğruluğu için ileri sürülen mantıklı nedenler

##### 1. Bir çözeltinin pH'si nasıl hesaplanır?

Bir sulu çözeltide H<sup>+</sup> iyonları molar derişiminin logaritmasına pH denir.  $pH = -\log [H^+]$  ile ifade edilir. pH değeri belli olan bir çözeltinin H<sup>+</sup> iyonları derişimi bulunabilir.

## 2. Bir çözeltinin pH'i ile pOH'i arasındaki ilişki nedir?

pH genellikle 0 ile 14 arasında değişir; ancak çok seyreltik ve çok derişik çözeltilerde bu değerlerin dışında bir pH'dan söz edilebilir.

25 C'de asidik, bazik ve nötr çözeltilerin özelliklerini şöyle sıralayabiliriz:

### Nötr Çözelti

$nH^+ = nOH^-$  (n: mol sayısı)

$[H^+] = [OH^-] = 1 \cdot 10^{-7} M$

$pH = pOH = 7$

### Asidik Çözelti

$nH^+ > nOH^-$

$[H^+] > 10^{-7} > [OH^-]$

$pOH > 7 > pH$

### Bazik çözelti

$nOH^- > nH^+$

$[OH^-] > 10^{-7} > [H^+]$

$pH > 7 > pOH$

## 3. $[H^+] = 0.01 M$ olan bir çözeltinin pH'i ve pOH'i nedir?

$[H^+] = 0.01$  ise çözeltinin  $pH = -\log [H^+]$

$pH = -\log (0.01) = 2$ 'dir ve  $pOH = 12$ 'dir.

### Deney Önerisi:

Bilinmeyen bir çözeltinin pH'sini belirlemede kalitatif bir analizin kullanılması

**Deneyin Amacı:** pH aralığı üzerinde çeşitli indikatörlerin rengini ve bilinmeyen bir çözeltinin pH'sini belirlemek.

### Deney için Gerekli Araç ve Gereçler:

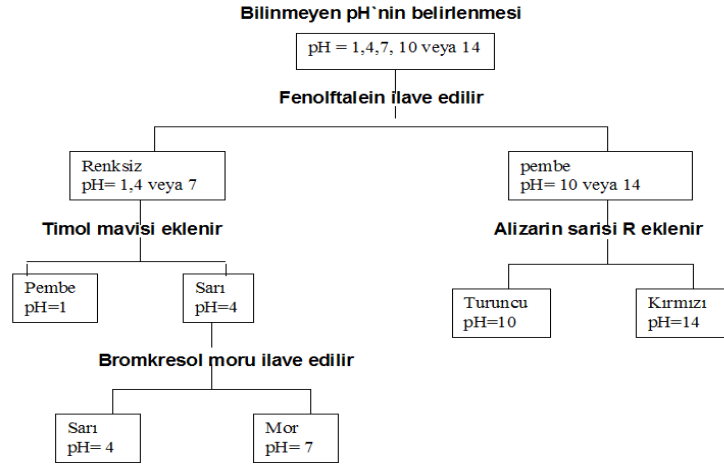
- pH'si 1, 4, 7, 10 ve 14 olan tampon çözeltiler
- Fenolftalein, Alizarin sarısı R, Bromtimol mavisi
- Bromkresol moru, Metil oranj, Timol mavisi
- Kongo kırmızısı, Timolftalein, Bromkresol yeşili
- Metil kırmızısı ve Spor

### Deneyin Yapılışı:

**A.** Öncelikle deneyin ilk kısmında pH'si farklı her bir tampon çözelti küçük beherlere bir miktar alınır ve üzerlerine her bir indikatörlerden birkaç damla damlatılarak gerçekleşen renk değişimleri bir tablo üzerinde kaydedilir.

	pH 1	pH 4	pH 7	pH 10	pH 14
<b>Fenolftalein</b>	Renksiz	Renksiz	Renksiz	Pembe	Pembe
<b>Bromkresol moru</b>	Sarı	Sarı	Mor	Mor	Mor
<b>Kongo kırmızısı</b>	Siyah	Siyah	Kırmızı	Kırmızı	Kırmızı
<b>Bromtimol mavisi</b>	Sarı	Sarı	Mavi	Mavi	Mavi
<b>Metil kırmızısı</b>	Pembe	Pembe	Sarı	Sarı	Sarı
<b>Alizarin sarısı R</b>	Sarı	Sarı	Sarı	Turuncu	Kırmızı
<b>Metil oranj</b>	Kırmızı	Turuncu	Turuncu	Turuncu	Turuncu
<b>Timolftalein</b>	Renksiz	Renksiz	Renksiz	Mavi	Mavi
<b>Timol mavisi</b>	Pembe	Sarı	Sarı	Mavi	Mavi
<b>Bromkresol yeşili</b>	Sarı	Yeşil	Mavi	Mavi	Mavi

B. pH'sı bilinmeyen çözeltilerin pH'larını belirlemede aşağıdaki yönlendirme kullanılmıştır:



**Veriler:**

#### **Bilinmeyen A çözeltisi**

Fenolftalein ilavesinde; renksiz oldu

Timol mavisi ilavesinde; renk sarıya dönüştü

Bromkresol moru ilavesinde; renk mora dönüştü

Bilinmeyen A çözeltisinin pH'si 7'dir.

#### **Bilinmeyen B çözeltisi**

Fenolftalein ilavesinde; renk pembeye dönüştü.

Alizarin sarısı ilavesinde; renk kırmızıya dönüştü.

Bilinmeyen B çözeltisinin pH'si 14'dür

#### **Bilinmeyen C çözeltisi**

Fenolftalein ilavesinde; renksiz oldu

Timol mavisi ilavesinde; renk pembeye dönüştü

Bilinmeyen C çözeltisinin pH'si 1'dir

#### **Deneyin Sonucu ve Yorum:**

pH'si bilinmeyen A, B ve C çözeltilerinin pH'ları yönlendirmeli pH tablosu yardımıyla sırasıyla 7, 14 ve 1 olarak bulunmuştur.

### **10. Grup**

Öğrenci 29, Öğrenci 30, Öğrenci 31 ve Öğrenci 32

#### **ÖN SORGULAMA AŞAMASI**

**Başlangıç Deneyi:** BUZ İLE SUYUN KAYNATILMASI

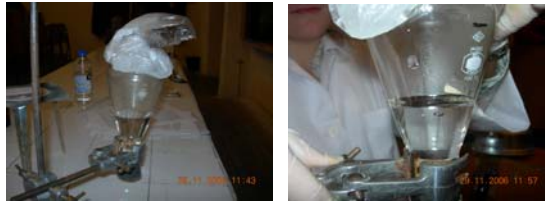
**Başlangıç Deneyinin Amacı:** Sıvıların kaynama noktasının dış basınca bağlılığını gözlemlemek.

**Başlangıç Deneyi için Gerekli Araç ve Gereçler:**

- Büyük bir erlen ve erlene uygun bir tıpa
- Erlenin en az yaklaşık yarısını dolduracak miktarda saf su
- Buz paketi (plastik bir poşet içerisinde buz parçaları)
- İspirto ocağı veya herhangi bir ısı kaynağı
- Spor, çember, uçayak, amyant tel ve maşa

**Deneyin Yapılışı:**

- Erlenin yaklaşık yarısına kadar saf su doldurulur ve ısıtıcının üzerine dikkatlice yerleştirilir.
- Su kaynayınca kadar ısıtılır ve suyun kaynaması gözlemlendikten sonra erlen ısı kaynağından uzaklaştırılır ve dikkatlice tıpa ile kapatılır.
- Erlen ters çevrilerek çembere yerleştirilir. Hazırlanmış buz paketi erlenin tabanına yerleştirilir ve sonuçlar gözlenir.



**Deneyin Sonucu ve Yorum:**

Buz paketi erleni soğutur ve su buharının yoğunlaşmasına neden olur. Başlangıçta erlen içindeki gazların büyük bir çoğunluğu su buharı olduğundan bu buharlar yoğunlaştığında buhar basıncında büyük bir düşüş olur. Bir sıvının kaynama noktası sıvı yüzeyine uygulanan basınca bağlı olduğundan, yüzeye uygulanan basınç düştükçe su daha düşük bir sıcaklıkta kaynar.

Buhar basıncı ve sıcaklık arasındaki ilişki Clausius-Clapeyron eşitliği ile verilir;  $\ln(P_1/P_2) = \Delta H/R (1/T_2 - 1/T_1)$ . Bu eşitlik, yeterli bilgi verildiğinde sıvıların farklı basınçlardaki kaynama noktalarını ve buhar basınçlarını tahmin etmede kullanılır.

## **SORGULAMA AŞAMASI**

### **Soru Üretme**

#### **1. Su hangi sıcaklıkta kaynar?**

Bir sıvı olan su deniz kenarında (76 cm. civa basıncında) 100 derecede kaynar. Yükseklerle doğru çıkıldıkça sıvıya etki eden açık hava basıncı azaldığından dolayı su daha düşük daha düşük sıcaklıkta kaynar. Yaklaşık olarak her 100 metre yükseklikte 1 derece düşer.

#### **2. Buz paketinin erlendeki suya etkisi ne olur?**

Erleni soğutur.

#### **3. Erendeki suyun sıcaklığı nedir?**

Su laboratuvar ortamında yaklaşık 98°C kaynamıştır. Erendeki suyun sıcaklığı ise kaynama sıcaklığının biraz altındadır. Çünkü erlendeki su kaynadıktan sonra ısı kaynağından uzaklaştırılmıştır.

#### **4. Erlenin buz paketiyle soğuyan yüzeyinde ne oldu?**

Su buharı yoğunlaşmıştır.

#### **5. Buhar yoğunlaştıkça erlen içindeki basınç ne olur?**

Erlen içinde daha az buhar olacağından basınç düşecektir.

#### **6. Gözlemlerinize dayanarak suyun hangi sıcaklıkta kaynadığına ilişkin ne söyleyebilirsiniz?**

Su, üstündeki buhar basıncına bağlı olarak düşük sıcaklıklarda da kaynayabilir.

#### **7. Bir sıvı kaynadığında moleküler düzeyde ne olur?**

Moleküller, moleküller arasındaki bütün zayıf bağlarını kırarak kadar yeterli enerjiye sahip olurlar. / Moleküller sıvıdan ayrılmak için yeterli enerjiye sahip olurlar.

#### **8. Erlen çok sıkı bir şekilde kapatılıp tekrar ısıtılsa su kaynar mı?**

Su ısıtıldığında buhar basıncı artar ancak su yüzeyine uygulanan basınç da artacağından su kaynamaz, sıcaklığı 100°C'nin üstüne çıkar – Düdüklü tencere.

#### **9. Su, donma noktasının 1 veya 2 derece üstünde kaynayabilir mi?**

Eğer basınç yeterince düşük olursa kaynayabilir.

#### **10. Bu deneyde gözlemediğiniz olayların günlük yaşamda örnekleri var mıdır?**

Su, deniz seviyesinden yükseklerde daha düşük sıcaklıkta kaynar, bu nedenle Ağrı dağında yumurtayı kaynatarak pişirmek için daha uzun süre beklemek gerekir. Basınç değiştirilerek suyun damıtılmasında enerji tasarrufu sağlanabilir. Sıvının sıcaklığı devamlı arttığından düdüklü tencerede yemek pişirmek daha kolaydır. Özellikle kış aylarında otomobillerde radyatöre konulan antifriz, radyatördeki suyun donma noktasını düşürürken kaynama noktasını yükseltir.

### **Seçilen Sorgulama Sorusu ve Problemi Belirleme**

Bir çözeltinin kaynama noktası ile çözelti konsantrasyonu arasında nasıl bir ilişki vardır?

### **Belirlenen Problem Durumu ile İlişkili Bir Hipotez Oluşturma**

Suya ilave edilen şeker miktarı yani çözeltinin konsantrasyonu arttıkça, çözeltinin kaynama noktası da artar.

### **Hipotezin doğruluğu için ileri sürülen mantıklı nedenler**

#### **1. Saf suya tuz veya seker eklenirse kaynama noktası değişir mi?**

Saf suya tuz/seker eklendiğinde kaynama noktası artar çünkü çözünen madde, çözücü moleküllerini birbirine yaklaştırır, ayrıca çözücü ve çözünen molekülleri arasında da bir etkileşim olur. Bu nedenle çözücü molekülleri birbirinden kolay uzaklaşmaz, bu bağları kırmak için daha fazla ısı gerekir.

#### **2. Bir çözeltinin konsantrasyonunun çözeltinin donma noktası ve buhar basıncı üzerine nasıl bir etkisi vardır?**

Bir çözücüye ilave edilen çözünen madde miktarı arttıkça çözeltinin hem buhar basıncı hem de donma noktası düşer.

#### **3. Antifriz arabalarda aynı zamanda kaynamayı önleyici olarak da kullanılabilir mi? Antifrizin içeriğinde hangi madde bulunur? Otomobillerde radyatöre konulan antifrizin konsantrasyonun sık sık kontrol edilmesinin bir önemi var mıdır?**

Antifriz aynı zamanda kaynamayı önleyicidir, çünkü radyatördeki suyun kaynama noktasını yükseltirken donma noktasını da düşürmektedir. Antifriz içerisinde çoğunlukla etilen glikol bulunmaktadır. Antifrizin konsantrasyonu sık sık kontrol edilmelidir, çünkü antifrizin derişimi yeterli konsantrasyonda olmazsa bu durum radyatördeki suyun daha kısa sürede kaynamasına veya donmasına sebep olacak, bu durum motorun zarar görmesine neden olacaktır.

**Deney Önerisi:** Şekerli bir çözeltinin kaynama noktasına çözeltinin konsantrasyonunun etkisi

#### **Deneyin Amacı:**

Şekerli bir çözeltinin kaynama noktasına çözeltinin molal konsantrasyonunun etkisini gözlemlenmek.

#### **Deney için Gerekli Araç ve Gereçler:**

- 400 ml`lik iki beher
- Isıtıcı kaynak, Baget ve Terazi
- 100 ml`lik mezür
- Şeker

**Deneyin Yapılışı:**

- 400 ml`lik bir beherin içerisine 200 ml su konur.
- Su kaynayıncaya kadar ısıtılır ve kaynama noktası ölçülür.
- Diğer 400 ml`lik beher içerisine de 200 ml su konur ve içerisine 10g şeker ilave edilir.
- Çözelti kaynayıncaya kadar ısıtılır ve kaynama noktası ölçülür.
- Aynı deney süreci 30g ve 50g şeker ilaveleri ile tekrar edilir.

**Veriler/Hesaplamalar**

Çözelti	İlave edilen şeker miktarı (g)	Çözeltinin kaynama noktası (°C)
A	0.00	99.5
B	10.00	101.5
C	30.00	102.7
D	50.00	103.1

Çözelti	Şeker miktarı (g)	Şekerli çözeltinin molaritesi	Molalite (mol/0.2 kg)	Kaynama noktasındaki değişim (°C)
A	0.00	0.000	0.000	-
B	10.00	0.029	0.146	1.9
C	30.00	0.088	0.439	3.1
D	50.00	0.146	0.730	3.5

**Deneyin Sonucu ve Yorum:**

Bir şeker çözeltisinin kaynama noktası ile çözeltinin konsantrasyonu arasında bir ilişki vardır. Çözeltiye ilave edilen şeker miktarı arttıkça çözeltinin kaynama noktası da artmaktadır. Çünkü çözeltiye ilave edilen çözünen madde, çözücü moleküllerini birbirine yaklaştırır, ayrıca çözücü ve çözünen molekülleri arasında da bir etkileşim olur. Bu nedenle çözücü molekülleri birbirinden kolay uzaklaşmaz, bu bağları kırmak için daha fazla ısı gerekir.

## On birinci grup öğrencilerinin uygulama adımları

### **11. Grup**

Öğrenci 33, Öğrenci 34, Öğrenci 35 ve Öğrenci 36

#### **ÖN SORGULAMA AŞAMASI**

**Başlangıç Deneyi:** POPCORN DENEYİ

**Başlangıç Deneyinin Amacı:** Nişastanın su absorbe ettiğinin gözlenmesi

**Başlangıç Deneyi için Gerekli Araç ve Gereçler:**

- Çeşitli büyüklükte mısır çekirdekleri
- Hassas terazi
- Popcorn makinesi

**Deneyin Yapılışı:**

- 20 adet orta büyüklükte mısır tanesi seçilir.
- Hassas terazide tartılır.
- Daha sonra popcorn makinesinde patlaması sağlanır.
- Patlama sonrası seçilen 20 mısır tanesi tekrar tartılır.
- Kütle kaybı not edilir.



**Veriler:**

20 adet patlamamış mısır çekirdeğinin kütlesi: 2,7 g

20 adet patlamış mısır çekirdeğinin kütlesi: 2,5g

Havaya uçan su buharı: 0,2g

**Hesaplamalar:**

$2,7 - 2,5 = 0,2g$  (havaya uçan su buharının kütlesi)

20 adet mısır tohumundaki % su miktarı

$0,2/2,7 \times 100 = \% 7,407$

**Deneyin Sonucu ve Yorum:**

Mısır çekirdeğinin patlaması sırasında nişasta absorbe ettiği suyu bırakmış ve sıcaklığın etkisiyle şişmiştir. Nişastanın şişmesi olayı geri dönüşümü olmayan bir değişimdir. Suyun buharlaşmasından dolayı mısır çekirdeğinde bir miktar kütle kaybı meydana gelmiştir.



## **SORGULAMA AŞAMASI**

### **Soru Üretme**

#### **1. Patlama gerçekleşmeden önce mısır çekirdeklerinin kütleleri eşit mi?**

Patlamadan önce mısır çekirdeklerinin kütleleri yaklaşık olarak birbirine eşitti.

#### **2. Patlamanın sebebi nedir?**

Isınma ile su buharının mısır kabuğunda oluşturduğu basınç patlamaya neden olur.

#### **3. Mısır çekirdeği patlatılmadan önce bir toplu iğne yardımıyla delinseydi patlama gerçekleşir miydi? Cevabınızı açıklayınız.**

Mısır çekirdekleri delindiğinde patlama gerçekleşmez, bunun sebebi su buharlarının kabuğu patlatmaya yetecek kadar basınç oluşturamamasıdır.

#### **4. Çekirdeklerin büyüklüklerinin farklı olması ile patlama sırasında kaçan su oranı arasında bir fark var mıdır?**

Çekirdek kütlesi büyüdükçe bünyesinde tuttuğu su miktarı da artacaktır. Fakat küçük çekirdeklerin bünyesindeki su ile büyük çekirdeklerin tuttuğu su oranı yaklaşık eşittir.

#### **5. Mısır çekirdekleri ısıtma ile patlamasına rağmen mısır kavurgası nasıl yapılır?**

Mısır kavurgası yapmak için mısır çekirdekleri önce bir miktar haşlanır. Daha sonra özel hazırlanmış harca bulanır ve kısık ateşte yavaş yavaş kavrulur.

### **Seçilen Sorgulama Sorusu ve Problemi Belirleme**

Mısır gibi nişasta içeren başka ürünlerle de aynı reaksiyon gerçekleşir mi?.

### **Belirlenen Problem Durumu ile İlişkili Bir Hipotez Oluşturma**

Nişasta içeren ürünlerde de ısıtılmaları sonrasında mısır örneklerine benzer bir su kaybı gerçekleşecektir. Ancak ürünlerin yapısındaki ısıtma sonrası şişme ve kütle kaybı oranı ürünün kalitesi ve yapısına göre değişiklik göstermektedir

### **Hipotezin doğruluğu için ileri sürülen mantıklı nedenler**

#### **1. Pirinç, buğday ve kestanede de mısıra benzer bir şekilde ısıtma ile patlama meydana gelir mi?**

Pirinç ve buğday ısıtıldıklarında kütle ve hacim olarak azalma meydana gelecektir. Bu azalmanın sebebi çekirdeklerin bünyesindeki suyu sıcaklık artışı ile serbest bırakmalarındır. Kestane ise sıcaklık artışı ile mısır çekirdekleri gibi patlama meydana gelmektedir.

#### **2. Çekirdeğin patlamasında farklı mısır çekirdeklerinin farklı etkileri olabilir mi? Bir mısır markası diğerinden daha hızlı, daha iyi patlama gösterir mi?**

Farklı kalitede çekirdekler teorik olarak aynı tepkimeyi verecektir fakat kalitesi düşük mısır çekirdekleri %100 oranında patlama vermeyebilir.

**Deney Önerisi:** Nişasta içeren besinlerin su absorbe edip etmediğinin gözlenmesi

**Deneyin Amacı:** Mısır dışında nişasta içeren besinlerden kestane, buğday ve pirinç

örneklerinin su absorbe edip etmediğinin gözlenmesi

**Deney için Gerekli Araç ve Gereçler:**

- Kestane, buğday ve pirinç örnekleri
- Sıvı yağ
- Tencere/tava ve hassas terazi

**Deneyin Yapılışı:**

- Pirinç, buğday ve kestane örneklerinden belirli sayıda numune alınır ve ayrı ayrı tartılır.
- Pirinç ve buğday örnekleri kütlesi ölçülmüş bir miktar yağ ile ayrı ayrı kızartılırken, kestaneler yağ kullanılmadan ısı yardımıyla kızartılmıştır.
- Buğday ve pirinçte su kaybı ile hacimde azalma meydana gelirken kestanede mısır çekirdeğindeki benzer bir patlama ile hacim artışı meydana gelir.

5 adet kestane için yapılan hesaplamada;

**Veriler:**

5 adet kestane çekirdeğinin kütlesi: 6.9 g

Kızartılmış kestane çekirdeğinin kütlesi: 6.3 g

Havaya uçan su buharı: 0,6 g

**Hesaplamalar:**

$6.9 - 6.3 = 0,6g$  (havaya uçan su buharının kütlesi)

Kestane tohumundaki % su miktarı

$0,6 / 6.9 \times 100 = \% 8.695$

**Deneyin Sonucu ve Yorum:**

Nişasta doğal halde yarı kristal, su ile uyumlu ancak suda çözünmeyen granüller halinde bulunur. Nişasta granüllerinin soğuk suda çözünür olmamalarına rağmen sınırlı miktarda ve geri dönüşümlü olarak suyu absorbladıkları bilinmektedir. Nişasta granülleri yeterince su varlığında ısıtıldıklarında belli bir sıcaklığa ulaşıncaya şişme geri dönüşümsüz olmakta ve granüllerin yapısı önemli ölçüde değişmektedir.

Mısır gibi nişasta içeren pirinç, buğday ve kestane de ısıtıldıklarında sıcaklığın etkisi ile şişecektir. Nişasta da absorbe ettiği suyu bırakacaktır. Ancak tıpkı farklı kalite ve büyüklükteki mısır çekirdeklerinin saldıkları su miktarı ve şişme oranının değişiklik göstermesi gibi burada da buğday ve pirinçte bir patlama gerçekleşmemiştir. Kestane de ise mısıra benzer bir şişme gözlenmiş ve nişastanın absorbe ettiği suyu bırakması sonrası kestane kütlesinde ısıtma sonrasında bir azalma gözlenmiştir.

On ikinci grup öğrencilerinin uygulama adımları

## **12. Grup**

Öğrenci 39, Öğrenci 40, Öğrenci 41 ve Öğrenci 42

### **ÖN SORGULAMA AŞAMASI**

**Başlangıç Deneyi:** SAÇTAKİ AZOTUN KEŞFİ

**Başlangıç Deneyinin Amacı:** Amonyak kokusu ve reaksiyonundan faydalanarak, saçta bulunan azotun tespit edilmesi

**Başlangıç Deneyi için Gerekli Araç ve Gereçler:**

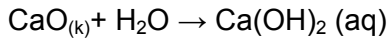
- Saç örneği
- Kalsiyum oksit
- Kırmızı turnusol kâğıdı
- Seyreltilmiş amonyak çözeltisi
- Test tüpleri, ısı kaynağı

**Deneyin Yapılışı:**

- Test tüpünün dibine yaklaşık yarısını dolduracak şekilde saç yerleştirilir.
- Üzerine 1gr kalsiyum oksit ilave edilir.
- Üzerini biraz kaplayacak şekilde su ilave edilir.
- Tüp kaynamaya başlayana kadar yavaşça ısıtılır.
- Kırmızı turnusol kâğıdı ıslatılır, test tüpünün ağzına doğru tutulur.
- Kırmızı renk maviye dönünce, tüpün üzerindeki gaz yavaşça burna doğru sürüklenir.



**Deneyin Sonucu ve Yorum:**



Bu reaksiyon ekzotermik bir reaksiyondur. Bir protein olan keratin için iki duruma sebebiyet verir (baz ve ısı). Aminoasitlerdeki azot amonyak olarak serbest kalır.

Protein → aminoasit → amonyak

Amonyak baz olduğu için turnusol kâğıdı kırmızıdan maviye dönüşür.

### **SORGULAMA AŞAMASI**

#### **Soru Üretme**

**1. Saçın yapısını kısaca açıklayınız.**

Saç, yapı olarak deri altındaki kök kısmı ile deri yüzeyinden uzanan gövde kısmından

oluşur. Saçın kimyasal yapısının %95'i proteinlerden oluşmaktadır. Bu sayede saç, güçlü ve esnek olur. Saç gövdesi üç tabakadan oluşur. En içteki tabaka medulla olarak adlandırılır. Keratin liflerinden oluşan korteks, saçın orta tabakasını oluşturur. Saç teline esneklik, sağlamlık, renk veren katman kortekstir. Saç gövdesinin en dış tabakası kütikul olarak adlandırılır. Bu renksiz ve ince tabaka ölü hücre kalıntılarının 6–10 kat halinde birbirlerinin üzerine sarılmasından oluşmuştur. Saç korteksini koruyucu bir görev üstlenir. Saç telinin kimyasal yapısı, polipeptid yapıda olan bilatin ve kitinden ibarettir. Esas olarak protein yapısında sert bir madde olan keratin proteinlerini taşır. Keratin proteinleri 18 çeşit aminoasitten oluşur. En önemli aminoasitleri leucin, izoin, glutamik asit ve sisteindir (kükürt içerir). Toplam polipeptid zincirinde 153 aminoasit bulunur ve peptit bağı trans durumu gösterir.

Saç telindeki bağlar; hidrojen köprüsü bağları-saçın ıslanması ile olur. İyonik bağların parçalanması-saç hafif asit veya alkalilerle muamele edildiğinde olur. Disülfür bağlarının parçalanması-hidrolitik reaksiyonla; basınç altında su buharıyla, redüksiyon ile olur. Saç teli elastiktir. Kuru saç %20–30, ıslak saç %100 uzayabilir.

## **2. Denatürasyon nedir?**

Proteinler, çeşitli etkilerle denatüre olurlar. Bir proteinin denatürasyonu, molekülündeki yan bağların yıkılması ile polipeptit zincirin katlarının açılması, gelişigüzel kangallanım yapısına dönüşmesi, sonra yeni bir biçimde yeniden katlanması olayıdır. Bir proteinin denatüre olmasıyla fiziksel ve kimyasal özelliklerinde değişimler görülür. Proteinin çözünürlüğü çok azalır, biyolojik aktivitesi kaybolur. Bir proteinin denatürasyonu, çoğu kez hidrojen bağlarını yıkan etkilerle olur. Bir proteinin denatürasyonuna neden olan etkiler şunlardır: Isı, X-ışını ve UV ışınlar, ultrason, uzun süreli çalkalamalar, tekrar tekrar dondurup eritmeler, asit etkisi, alkali etkisi, organik çözücülerin etkisi, derişik üre ve guanidin-HCl etkisi, salisilik asit gibi aromatik asitlerin etkisi, dodesil sülfat gibi deterjanların etkisi.

## **3. Deneyde CaO kullanılması nereden neder?**

Kalsiyum oksit su ile tepkimeye girdiğinde bir baz olan  $\text{Ca(OH)}_2$  oluşur. Bu da denatürasyon faktörlerinden biridir.

## **4. CaO'in su ile verdiği tepkime ne tür bir tepkimedir?**

Ekzotermik bir tepkimedir. Bu tepkime gerçekleşirken ortama ısı verilir.

## **5. Deneyde gerçekleşen reaksiyon ekzotermik bir reaksiyon olmasına rağmen niçin dışardan ısı gerekmiştir?**

Bu deneyde gerçekleşen reaksiyonda açığa çıkan ısı proteinleri aminoasitlere parçalamaya yeterli olmadığı için ısı gereklidir.

**6. Saç dışında hangi maddeler denaturasyona uğrayabilir?**

Boynuz, tüy, kıl, tırnak, ...vb organik madde (azot içeren) maddeler kullanılabilir.

**7. Proteinlerin denatürasyonu için CaO yerine başka hangi maddeler kullanılabilir?**

Örneğin asit olan HCl, alkol, NaOH, deterjan ( $\text{CaCO}_3$ ) da kullanılabilir.

**8. Deney tüpü çeperindeki sarı rengin nedeni nedir?**

Nedeni kalsiyum hidroksit oluşumudur.

**9. Saç boyları denatürasyona neden olur mu?**

Evet olur. Çünkü saç boylarının içeriğinde hidrojen peroksit vardır. Bu da saçın yapısını bozan kimyasal maddelerin başında gelir.

**10. Aynı deney CaO yerine deterjan kullanılarak yapılırsa sonuç ne olur?**

Deterjan denatüre edici faktörlerden biridir. Aynı deneyi kalsiyum oksit yerine deterjanla yaptığımızda aynı sonuç elde edilir. Deterjan ekleyip ısıttığımızda bir köpürme gerçekleşir ve turnusol kâğıdının kırmızıdan maviye döner. Bu deney kalsiyum hidroksite göre daha kolay gözlemlenebilir.



**11. Boyalı saça HCl ilave edersek bir tepkime gerçekleşir mi?**

Boyalı saça HCl ilave edip ısıttığımızda bir tepkime gerçekleşmedi. Boyalı bir saç zaten hidrojen peroksit ile denatüre olmuştur, ikincil ve üçüncül yapısı bozulmuştur, tepkime gerçekleşmemesinin nedeni bu olabilir.

**12. Et yumurta gibi protein içerikli besinleri neden pişirmeden yemiyoruz?**

Proteinlerin belirli bir sıcaklık derecesinin üzerinde yapılarının bozulduğu bir gerçek. Hayvansal ürünlerin tamamının protein bakımından zengin olduğu da. Ancak vücudumuz, çoğu zaman proteinlerin kendisine değil, sadece yapı taşlarına ihtiyaç duyar. Yüksek sıcaklıkta proteinlerin yapısında bulunan bağlar zarar gördüğü için denatürasyon dediğimiz “doğal yapının bozulması” olayı görülür. Ancak proteinlerin yapıtaşları olan aminoasitler, serbest halde etin içeriğinde kalırlar. Vücudumuzun esas ihtiyaç duyduğu şey de, zaten bu aminoasitlerdir.

**13. Proteinlerin denatürasyonuna başka örnekler veriniz.**

Yumurta akındaki proteinin sıcaklık etkisiyle denatüre olmasında 250ml’lik behere yarısına kadar su konur ve içerisine 1 yumurta akı eklenir. Beher elektrikli ısıtıcı üzerinde ısıtılır. Beyaz, katı bir kütle oluşuncaya kadar ısıtma işlemi devam eder. Sonuç olarak 65°C dereceye kadar ısıtılan yumurta akındaki peptit bağlarının koptuğu ortaya çıkar. Yani yumurta akı proteini denatüre olur.



Asidik ortamda sütün denatüre olması ile sütte proteinin varlığı kanıtlanabilir. Bunun için 250 ml'lik bir beherin yarısına kadar süt konur ve üzerine 5–6 M HCl eklenir ve karıştırılır. Bu karışım bir bagetle karıştırılır. Süzgeç kâğıdı huniye yerleştirildikten sonra huni ile süzme işlemi yapılır. Hunide peynire benzer çökelek gözlenir. Sütte bulunan proteinler, asit içeren limon ile denatüre olur ve çökelek oluşumu gözlenir. Sütte bulunan proteinin amino grubu, limondaki asitten bir hidrojen alarak protein-NH<sub>3</sub> şeklinde bir çökelek oluşur.



### **Seçilen Sorgulama Sorusu ve Problemi Belirleme**

Denatürasyon ile proteinlerin varlığı tanımlanabilir mi?

### **Belirlenen Problem Durumu ile İlişkili Bir Hipotez Oluşturma**

Proteinlerin derişik bir asit ile denatürasyonu asit-meta protein (asit-albümin) bileşigi oluşturmaları prensibine dayanır.

### **Hipotezin doğruluğu için ileri sürülen mantıklı nedenler**

#### **1. Proteinleri çökme tepkimeleri ile tanımlayabilmek mümkün müdür?**

Serumda bulunan proteinlerdeki serbest amino grupları gibi bazik gruplar, sülfosalisilik asit ile birleşirler ve protein-sülfosalisilik asit bileşigi oluşur. Oluşan protein- sülfosalisilik asit bileşigi suda çözünmediğinden çöker. Yine benzer şekilde serumda bulunan proteinler, triklorasetik asitinin anyonları ile bağlanarak suda çözünmeyen tuzlar oluştururlar. Gözlenen bulanıklık, bu tuzların çökmesinden ileri gelmektedir.

#### **2. Proteinleri ısıtma-çöktürme suretiyle tanımlayabilmek mümkün müdür?**

Serumda bulunan proteinler ısı etkisiyle denatüre olurlar ve çözünürlükleri azalır. Deney tüpünde gözlenecek bulanıklık, çözünürlükleri azalan proteinlerin çökmesinden ileri gelmektedir

**Deney Önerisi:** Proteinleri derişik nitrik asit ile çöktürme suretiyle tanımlama deneyi

**Deneyin Amacı:** Bir proteinin denatüre olmasıyla fiziksel ve kimyasal özelliklerinde değışmeler görüldüğünün ve biyolojik aktivitesi kaybolduğunun kanıtlanması.

**Deney için Gerekli Araç ve Gereçler:**

- Derişik nitrik asit
- Serum örneği
- Deney tüpü

**Deneyin Yapılışı:**

- Bir deney tüpüne 1-2 mL derişik HNO<sub>3</sub> konur.
- Deney tüpündeki derişik HNO<sub>3</sub> üzerine 1 mL seyreltik serum tabakalandırılır.
- Deney tüpünde HNO<sub>3</sub> ve serumun temas yerinde beyaz bir halka oluştuğu gözlenir.

(Serum: Serum, glikoz, yağlar, hormonlar, mineraller ve proteinleri içeren, sarı renkli bir sıvıdır. Serumdaki proteinlerden gamaglobülin adı verilen bir grup, özellikle tedavi edici hekimlikte önemlidir)

**Deneyin Sonucu ve Yorum:** Serumda bulunan proteinler, nitrik asit ile birleşirler ve beyaz renkli asit-metaprotein (asit-albümin) bileşiği oluştururlar. Deney tüpünde gözlenen beyaz halka, asit-metaprotein (asit-albümin) bileşiğinden ileri gelmektedir.

#### 4.5.3. Son test uygulamaları

Araştırmanın sonunda kimya eğitiminde sorgulamaya dayalı kimya deney uygulaması sonucunda ortaya çıkan öğrenci performansına etkisi olabileceği düşünölen ve uygulamalar öncesinde ön test olarak uygulanan MDYT, BİBT, KLTÖ ile KLKÖ uygulamalar sonrasında öğrencilere son-test olarak uygulanmıştır. Araştırmanın başlangıcında öğrencilerden alınan görüşler doğrultusunda araştırmacı tarafından hazırlanan 1. Mantık Haritası tekrar öğrencilere dağıtılarak öğrencilerin harita üzerinde tespit ettikleri hatalı ve/veya eksik kavram veya açıklamaları kaydetmeleri istenmiş, öğrencilerin görüş ve önerileri gerek yazılı olarak ve gerekse e-mail yoluyla araştırmacıya tekrar iletilmiştir. Öğrenciler tarafından tespit edilip düzeltilmesi veya ilave edilmesi önerilen görüşler araştırmacı tarafından 1. Mantık haritası üzerinde tekrar toplanıp özetlenmiştir. Hazırlanan bu mantık haritası araştırmacı tarafından 2. Mantık Haritası olarak isimlendirilmiş ve öğrencilere dağıtılmıştır. Böylece öğrencilerin Sorgulamaya Dayalı Öğrenme Yaklaşımı hakkında doğru ve yeterli bilgi edinmeleri sağlanmıştır.

## 5. BULGULAR VE SONUÇLAR

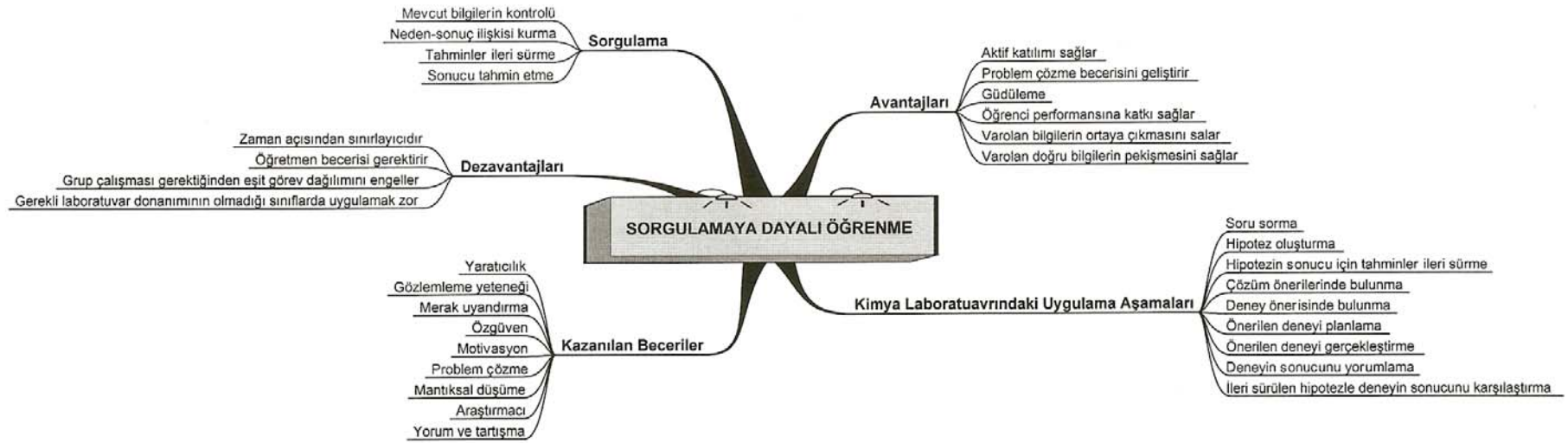
Bu bölümde deneysel uygulamalar öncesi ve sonrasında öğrencilerle gerçekleştirilen beyin fırtınası çalışmaları, öğrencilerin MDY, BİB, KLT ve KLK ön-son test puanları ile öğrenci performanslarından elde edilen veriler analiz edilerek sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamalarının etkinliği ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır.

### 5.1. Beyin Fırtınası Uygulamalarından Elde Edilen Bulgular ve Sonuçlar

Çalışmada ilk olarak öğrencilerle “Sorgulamaya Dayalı Öğrenme Yaklaşımı” ile ilgili öğrenci görüşlerini içeren bir beyin fırtınası yapılmıştır. Öğrenciler bu uygulamada konu ile ilgili görüşlerini özgürce ifade etmişlerdir. Bazı öğrenciler görüşlerini yazılı olarak, bazı öğrenciler ise konu ile ilgili görüşlerini kavram veya mantık haritalarını kullanarak ifade etmişlerdir. Öğrencilerden toplanan bu ifadeler ve görüşler araştırmacı tarafından bir mantık haritası üzerinde toplanıp özetlenerek 1. Mantık Haritası olarak isimlendirilmiştir. 1. Mantık Haritası incelendiğinde, çok çeşitli bilgilerin dağınık halde verildiği görülmektedir. Öğrencilerin yazılı ve sözlü görüşleri incelendiğinde, öğrencilerin çoğunluğunun sorgulamaya dayalı kimya deneyleri uygulamalarının avantajları üzerinde yoğunlaştığı gözlenmiştir. Öğrenciler, söz konusu öğrenme yaklaşımının var olan bilgileri ortaya çıkarmada etkili olduğunu, mevcut eksikliklerin ve/veya yanlış bilgilerin düzeltilmesi ve giderilmesinde etkili olabileceğini ifade etmektedirler. Öğrencilerin söz konusu öğrenme yaklaşımı ile ilgili yaptıkları araştırma sonucunda kimya eğitiminde sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımı sürecinden de bahsetmeleri konu hakkında genel anlamda bilgi sahibi olduklarını göstermektedir. Sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamalarının avantaj ve dezavantajları genelde doğru olarak gösterilmiş ve öğrencinin söz konusu öğrenme yaklaşımını temel alan uygulamalar kapsamında kazanacağı beceriler üzerinde de ayrıca ayrıntılı olarak durdukları gözlenmiştir. Öğrencilerin söz konusu öğrenme yaklaşımının kimya laboratuvarında gerçekleştirilme süreci ile ilgili görüşleri kısmen doğru olarak verilmiş, konuyla ilgili görüşleri incelendiğinde öğrencilerin bilimsel yöntem, bilimsel araştırma ve bilimsel süreç becerileri konularında da kısmen yeterli oldukları gözlenmiştir. Ancak öğrencilerin hemen



hemen tamamının kimya eğitiminde sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamalarının değerlendirilmesi konusunda hiçbir grŖte bulunmadıkları gzlenmiŖtir. Öğrenciler söz konusu öğrenme yaklaŖımının kimya eğitimindeki uygulama sürecinin değerlendirilmesi konusu ile ilgili bilgi vermemiŖlerdir. Sorgulama ve kimya eğitiminde sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamaları konusunda az bilgi verebilen ğrenci sayısı azınlıktadır. Bu ğrencilerin konuyla ilgili var olan dağınık bilgileri arasında yeterli düzeyde iliŖki kuramadıkları dŖnlmektedir. Öğrencilerin konu ile iliŖkili olan 1. Mantık Haritası Ŗekil 5.1'de verilmiŖtir.



Şekil 5.1. Sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımını temel alan kimya deney uygulamaları öncesi hazırlanan 1. Mantık Haritası



12 hafta süren uygulamalar sonrasında uygulamalardan önce hazırlanan 1. Mantık Haritasının öğrencilere tekrar verilmesi ile öğrencilerin konu hakkında sahip oldukları eksik, yetersiz veya yanlış bilgilerin ortaya çıkması ve öğrencilerin konu hakkında daha ayrıntılı düşünmeleri sağlanmıştır. Öğrenciler kendilerine verilen mantık haritasını tekrar incelemiş, kendi aralarında tartışarak eksik bilgileri tamamlamış ve yanlış ifade edilen görüşleri tekrar düzenlemişlerdir. Öğrenciler yeni görüş ve ifadelerini yine yazılı ve kavram ve/veya mantık haritası yoluyla araştırmacıya ilemişlerdir. Öğrencilerin konu ile ilgili yazılı olarak ifade ettikleri görüşlerinden bazı örnekler aşağıda verilmektedir;

**Öğrenci 1:** Sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımı kullanılarak yapılan deney uygulamalarında belirlenen konunun kapalı yönleri ortaya çıkarılarak yeni bilgiler üretilir. Öğrenciler yeni hipotezler oluşturur, hipotezlerini kanıtlamak için sorular sorar ve çözüm önerilerinde bulunurlar. Hipotezlerini sonuçlandırmak için deney önerilerinde bulunurlar. Bu şekilde öğrenci ezberci bir öğretimden uzak, öğretmenlerin belirlediği yönergelere bağlı kalmadan önerdikleri deneyleri gerçekleştirme çabasına girerler. Bu sayede öğrencilerin var olan bilgilerini yeni durum ve konulara transfer etme yetenekleri de gelişmiş olur.

**Öğrenci 2:** Sorgulamaya dayalı öğrenme, öğrenci merkezli bir yaklaşımdır. Bu yaklaşımda öğrenci derse aktif katılır. Soruları öğrenci sorar, cevabını yaptığı araştırmayla bulur. Kendine güveni gelişir. Zamanı nasıl kullanacağını bilir.

**Öğrenci 4:** Sorgulama, var olan bilgileri ortaya çıkarma, bir problemi çözme veya bir şüpheyi ortadan kaldırma sürecidir. Sorgulamaya dayalı öğrenmeyle, derinlemesine inceleme yapılır, hataların ortaya çıkması daha kolay olur. Bu yaklaşım, öğrencilerde performansı arttıran, onları araştırma yapmaya teşvik eden bir öğrenme yaklaşımıdır. Sorgulamaya dayalı öğrenmede öğretmen, sadece rehberlik yaparak öğrenciyi öğretimin merkezine almalıdır.

**Öğrenci 7:** Öncelikle problemin seçileceği konunun saptanması gereklidir. Öğrenci probleminin ne olduğu bilir ve belirlerse problemin çözümünde izleyeceği adımları daha kolay gerçekleştirecektir.

**Öğrenci 14:** Kimya laboratuvarında sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımını kullanan öğrenciler verilerin ve söylemlerin güvenilirliğini tespit etme çabasıdadır. Amaca uygun bilgiler arasından doğru bilgiyi seçerler, yeni bilgi

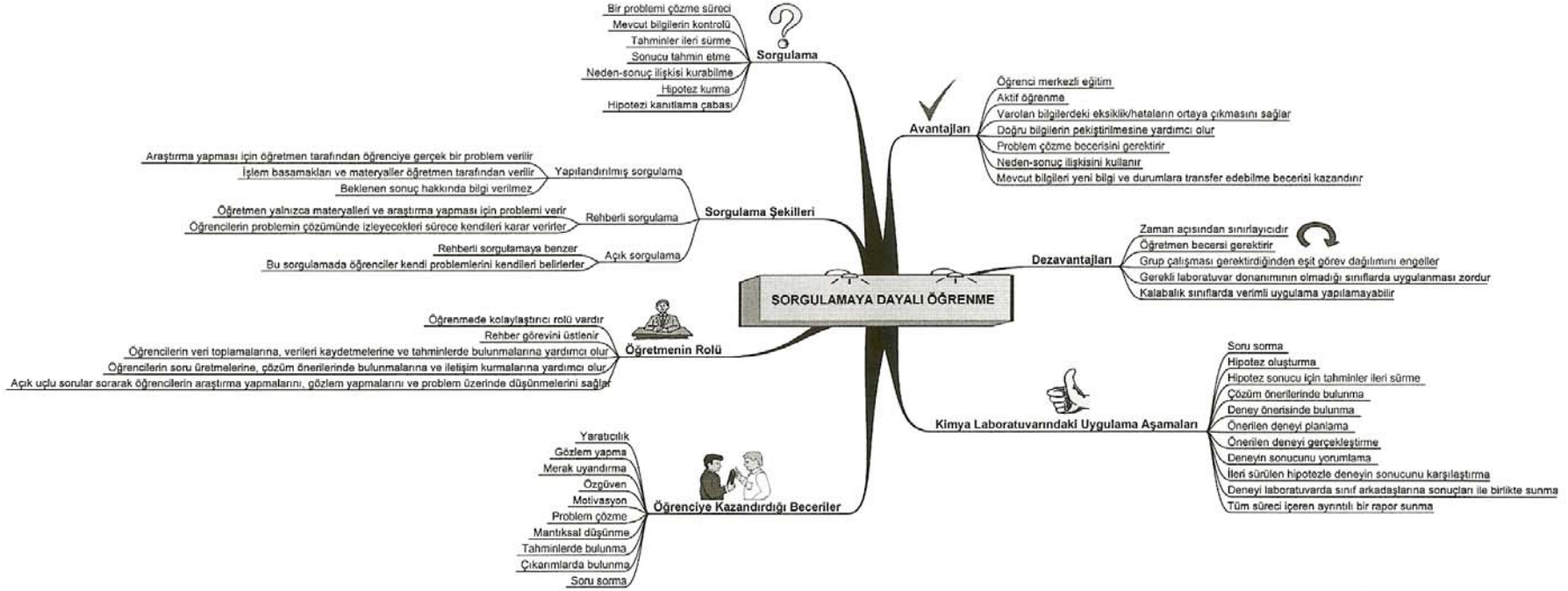
ve durumlarla bağlantı kurarlar. Bu sayede gereksiz ve yanlış bilgiyi doğru bilgi arasından seçebilme becerileri gelişir.

**Öğrenci 15:** Sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımının kimya eğitimine en büyük katkısının öğrencilerde kendine güveni kazandırdığını düşünüyorum. Öğrenciler bu yaklaşımda gözlem yapma yeteneklerini de geliştirmektedirler. Var olan doğru bilgileri pekişmektedir. Bir deneyden veya bir problemde yola çıkarak soru sormayı öğrenirler. Sorduğu sorulardan bir hipotez oluşturur ve kendi hipotezini kanıtlamak için başka bir deney önerir.

**Öğrenci 21:** Sorgulamaya dayalı öğrenme kapsamında öğrencilerde bilimsel süreç becerilerinin gelişeceğini düşünüyorum. Gözlem yapma, sınıflandırma yapma, konular arasında iletişim kurma, gerekli ölçümleri yapabilme, tahminlerde bulunma ve çıkarım yapma gibi bilimsel süreç becerileri, sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımı içerisinde öğrencilerin kazanacağı becerilerdir.

**Öğrenci 39:** Aktif katılım, araştırma, bilgiye ulaşma, doğru bilgileri seçme gibi beceriler öğrenci merkezli öğretim başlığı altında toplanabilir. Sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımında da öğretimin merkezinde öğrenci vardır. Öğrenci kendisinin oluşturduğu hipotezini sonuca götürmede önerdiği çözüm yollarını dener. Önerdiği çözüm yollarından biri bazen bir deney önerisi olabilir. Önerdiği deneyi laboratuvar ortamında geliştirerek deney yapma becerisini de geliştirmiş olur. Deneyin sonucu hipotezini doğrulamayacak şekilde sonuçlanırsa nedenini ortaya çıkarma çabasına girer. Verilerinin ve var olan bilgilerinin güvenilirliğini ve doğruluğunu test eder.

Öğrencilerden toplanan bu ve benzeri yazılı ifadeler değerlendirilerek 1. Mantık Haritası tekrar düzenlenmiş ve 2. Mantık Haritası oluşturulmuştur. Öğrencilerin konu ile ilişkili yeterli görülen fikirlerinin bulunduğu 2. Mantık Haritası Şekil 5.2'de verilmiştir.



Şekil 5.2. Sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımını temel alan kimya deney uygulamaları sonrası hazırlanan 2. Mantık Haritası

## 5.2. Mantıksal Düşünme Yeteneği Testinden Elde Edilen Bulgular ve Sonuçlar

Kimya eğitiminde sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamalarına katılan öğrencilerin MDY'nin uygulamalardan önceki ve sonraki durumlarını değerlendirmek amacıyla "MDY" ön ve son test olarak uygulanmıştır. Testten elde edilen veriler bilgisayar ortamına alınarak sonuçların istatistiksel analizleri için SPSS paket programı kullanılmıştır. Çalışmada ön test- son test sonuçlarının karşılaştırılmasında bağımlı gruplar için t-testi yapılmıştır. Sonuçlar Çizelge 5.1'de verilmektedir.

Çizelge 5.1. MDY ön ve son test sonuçlarının karşılaştırılmasında bağımlı gruplar için t-testi sonuçları

	N	x	s	t	p
Ön test	42	5,262	2,012	- 5,990	0,000
Son test	42	7,164	1,308		

Yapılan analizlerde söz konusu uygulamaların sonucunda öğrencilerin mantıksal düşünme yeteneklerinde istatistiksel olarak anlamlı bir artış olduğu saptanmıştır ( $t_{(42)}=-5,990$ ,  $p<0,05$ ). Çizelge 5.1 incelendiğinde öğrencilerin uygulamalar öncesinde mantıksal düşünme yeteneği testi ön test sonuçları ortalaması 5,26 iken bu değer uygulamalardan sonra 7,16'ya yükselmiştir. Bu bulgu sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamalarının öğrencilerin mantıksal düşünme yeteneği seviyelerini arttırmada önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

Sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamalarına katılan öğrencilerin öğrenci performansı üzerinde, öğrencilerin mantıksal düşünme yeteneklerinin etkisini incelemek amacıyla basit doğrusal regresyon analizi yapılmış ve sonuçlar Çizelge 5.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.2 MDYT'nin (son test) öğrenci performansı ile ilgili basit doğrusal regresyon analizi sonuçları

Model	R	R <sup>2</sup>	Düzeltilmiş R <sup>2</sup>
1	,758 <sup>a</sup>	,574	,563

Model	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F	p
1 Regresyon	1381,496	1	1381,496	53,913	,000 <sup>a</sup>
Kalan	1024,981	40	25,625		
Toplam	2406,476	41			

Model	Standartlaşmamış katsayılar		Stand. katsayılar	t	p
	B	Std. hata	Beta		
1 (Sabit)	44,290	4,459		9,933	0,000
MDYT	4,439	,605	,758	7,343	0,000

a Bağımlı değişken: Öğrenci performansı

b Bağımsız değişken: MDY son test

Çizelge 5.2 incelendiğinde bağımlı değişkendeki %57'lik değişim modele dâhil ettiğimiz bağımsız değişken tarafından açıklanmaktadır. Başka bir ifade ile öğrenci performansındaki değişimin %57'lik kısmı öğrencilerin MDY'deki değişimler tarafından açıklanmaktadır. MDY'deki 1 birimlik artış öğrenci performansını 4,439 birim arttıracaktır. Elde edilen bu sonuç, öğrencilerin MDY'nin sözkonusu uygulamalardaki öğrenci performansının anlamlı bir yordayıcısı olduğunu göstermektedir (R=,758, R<sup>2</sup>= ,574, F=53,913, p<.05).

### 5.3. Bilimsel İşlem Beceri Testinden Elde Edilen Bulgular ve Sonuçlar

Öğrencilerin BİB'nin sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamalarından önceki ve sonraki seviyelerini değerlendirmek amacıyla da uygulamalardan önce ön test ve uygulamalardan sonra son test olarak "BİBT" uygulanmıştır. BİB'nin ön ve son test sonuçları için yapılan bağımlı gruplar için t-testi sonuçları Çizelge 5.3'de verilmektedir.



Çizelge 5.3 BİB ön ve son test sonuçlarının karşılaştırılmasında bağımlı gruplar için t-test sonuçları

	N	x	s	t	P
Ön test	42	21,262	4,633	-8,384	0,000
Son test	42	25,476	3,528		

Öğrencilerin bilimsel işlem becerilerini değerlendirmek için uygulanan BİBT ön test ve son test sonuçları için Çizelge 5.3 incelendiğinde öğrencilerin uygulamalar öncesinde bilimsel işlem beceri testi ön test sonuçları ortalaması 21.26, son test sonuçları ortalaması ise 25.47'dir. Uygulamalardan önceki ve sonraki elde edilen verilerin istatistiksel analizi, söz konusu uygulamaların öğrencilerin bilimsel işlem beceri seviyelerinde istatistiksel olarak anlamlı bir artış sağladığını göstermiştir ( $t_{(42)} = -8,384$ ,  $p < 0,05$ ).

Soz konusu uygulamalardaki öğrenci performansı üzerinde, öğrencilerin BİB'nin etkisini incelemek amacıyla basit doğrusal regresyon analizi yapılmış ve sonuçlar Çizelge 5.4'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.4 BİBT'nin (son test) öğrenci performansı ile ilgili basit doğrusal regresyon analizi sonuçları

Model	R	R <sup>2</sup>	Düzeltilmiş R <sup>2</sup>
1	,322 <sup>a</sup>	,103	,081

Model	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F	Sig.
1 Regresyon	249,001	1	249,001	4,617	,038 <sup>a</sup>
Kalan	2157,475	40	53,937		
Toplam	2406,476	41			

Model	Standartlaşmamış katsayılar		Stand. katsayılar	t	Sig.
	B	Std. hata	Beta		
1	58,731	8,358		7,027	0,000
(Sabit)	,698	,325	,322	2,149	0,038
BİBT					

a Bağımlı değişken: Öğrenci performansı

b Bağımsız değişken: BİBT son test

Çizelge 5.4 incelendiğinde öğrencilerin BİB'deki değişimin öğrenci performansında sadece %10'luk değişimi etkilediği gözlenmektedir. Elde edilen bu sonuç, öğrencilerin BİB'nin öğrencilerin sözkonusu uygulamalardaki öğrenci performansının anlamlı bir yordayıcısı olduğunu göstermektedir ( $R=,322$ ,  $R^2= ,103$ ,  $F=4,617$ ,  $p<.05$ ).

#### 5.4. Kimya Laboratuvarı Tutum Ölçeğinden Elde Edilen Bulgular ve Sonuçlar

Çalışma kapsamında incelen bir diğer değişken, sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamalarına katılan öğrencilerin KLKT'dir. Öğrencilerin KLT'nı belirlemek amacıyla uygulamalardan önce ön test ve uygulamalardan sonra son test olarak "KLTÖ" uygulanmıştır. KLTÖ'nin ön ve son test sonuçlarının karşılaştırılmasında kullanılan bağımlı gruplar için t-testi sonuçları Çizelge 5.5'de verilmektedir.

Çizelge 5.5. KLTÖ ön ve son test sonuçlarının karşılaştırılmasında bağımlı gruplar için t-test sonuçları

	N	x	s	t	p
Ön test	42	3,841	0,606	-3,110	0,003
Son test	42	4,170	0,266		

Öğrencilerin KLTÖ ön test sonuçları uygulamalardan önce 3,84 iken, son test sonuçları 4,17'dir. Ön ve son test sonuçlarından elde edilen bu sonuçlar, söz konusu uygulamalar sonucunda öğrencilerin KLT'da istatistiksel olarak anlamlı bir artış sağlandığını göstermektedir ( $t_{(42)}= - 3,110$ ,  $p<0,05$ ).

Sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamalarındaki öğrenci performansı üzerinde öğrencilerin KLT'nın etkisini incelemek amacıyla basit doğrusal regresyon analizi yapılmış ve sonuçlar Çizelge 5.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.6. KLTÖ'nün (son test) öğrenci performansı ile ilgili basit doğrusal regresyon analizi sonuçları

Model	R	R <sup>2</sup>	Düzeltilmiş R <sup>2</sup>
1	,753 <sup>a</sup>	,568	,557

Model	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F	p
1 Regresyon	1366,239	1	1366,239	52,536	,000 <sup>a</sup>
Kalan	1040,237	40	26,006		
Toplam	2406,476	41			

Model	Standartlaşmamış katsayılar		Stand. katsayılar	t	p
	B	Std. hata	Beta		
1 (Sabit)	- 13,827	12,490		- 1,107	0,275
KLTÖ	21,668	2,989	,753	7,248	0,000

a Bağımlı değişken: Öğrenci performansı

b Bağımsız değişken: KLTÖ son test

Öğrencilerin KLT'nin öğrenci performansının ne kadarını yordadığını incelemek için Çizelge 5.6'ya baktığımızda öğrenci performansındaki yaklaşık %57'lik değişimin modele dâhil ettiğimiz KLT tarafından açıklandığı gözlenmektedir. KLT'deki 1 birimlik artış, öğrenci performansını 21,668 birim arttıracaktır. Bu katsayıya ilişkin elde edilen t değeri her düzeyde anlamlı bulunduğundan öğrencilerin KLT'na ait katsayısı istatistiksel olarak anlamlıdır. Elde edilen bu sonuç, öğrencilerin KLT'nin uygulamalardaki öğrenci performansının anlamlı bir yordayıcısı olduğunu göstermektedir ( $R=0,753$ ,  $R^2= ,568$ ,  $F=52,536$ ,  $p<.05$ ).

### 5.5. Kimya Laboratuvarı Kaygı Ölçeğinden Elde Edilen Bulgular ve Sonuçlar

Çalışma kapsamında uygulamalara katılan öğrencilerin KLT'nin belirlemek amacıyla uygulamalardan önce ön test ve uygulamalardan sonra son test olarak "KLTÖ" uygulanmış ve ön ve son test sonuçlarının karşılaştırılmasında kullanılan bağımlı gruplar için t-testi sonuçları Çizelge 5.7'de verilmiştir.

Çizelge 5.7 KLTÖ ön ve son test sonuçlarının karşılaştırılmasında bağımlı gruplar için t-test sonuçları

	N	x	s	t	p
Ön test	42	2,750	0,354	3,995	0,000
Son test	42	2,548	0,380		

Öğrencilerin KLT için Çizelge 5.7 incelendiğinde, öğrencilerin KLT'da uygulamalardan sonra az da olsa bir azalma gözlenmiştir. Öğrencilerin KLTÖ ön test sonuçlarının ortalamaları uygulamalardan önce 2,75 iken, uygulamalardan sonra 2,54'e düşmüştür. Yapılan bağımlı gruplar için t-testi analizi sonucu, ön ve son test

sonuçları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğunu göstermektedir ( $t=3,995$ ,  $p<0,05$ ).

Söz konusu öğrenci performansı üzerinde, öğrencilerin KLK'nın bir etkisi olup olmadığını incelemek amacıyla basit doğrusal regresyon analizi yapılmış ve sonuçlar Çizelge 5.8'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.8 KLKÖ'nün (son test) öğrenci performansı ile ilgili basit doğrusal regresyon analizi sonuçları

Model	R	R <sup>2</sup>	Düzeltilmiş R <sup>2</sup>
1	,215 <sup>a</sup>	,046	,022

Model	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F	p
1 Regresyon	110,769	1	110,769	1,930	,172 <sup>a</sup>
Kalan	2295,707	40	57,393		
Toplam	2406,476	41			

Model	Standartlaşmamış katsayılar		Stand. katsayılar	t	p
	B	Std. hata	Beta		
1 (Sabit)	87,542	8,017		10,920	0,000
KLKÖ	- 4,323	3,112	- ,215	- 1,389	0,172

a Bağımlı değişken: Öğrenci performansı

b Bağımsız değişken: KLTÖ son test

Çizelge 5.8 incelendiğinde öğrencilerin KLK'daki değişimin öğrenci performansında anlamlı bir değişime neden olmadığı gözlenmiştir. ( $R=,215$ ,  $R^2= ,046$ ,  $F=1,930$ ,  $p>.05$ ).

## 5.6. MDYT, BİBT, KLTÖ ve KLKÖ'den Elde Edilen Sonuçların İstatistiksel Analizi

Kimya eğitiminde sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamalarına katılan öğrencilerin MDY, BİB, KLT ve KLK son testleri sonuçlarının hep birlikte öğrenci performansının ne kadarını yordadığını incelemek için ise çoklu doğrusal regresyon analizi yapılmıştır. Sonuçlar Çizelge 5.9'da gösterilmektedir.

Çizelge 5.9 MDYT, BİBT, KLTÖ ve KLKÖ'nin (son testler) birlikte öğrenci performansı ile ilgili çoklu doğrusal regresyon analizi sonuçları

Model	R	R <sup>2</sup>	Düzeltilmiş R <sup>2</sup>
1	,787 <sup>a</sup>	,619	,578

Model	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F	p
1 Regresyon	1490,679	4	372,670	15,057	,000 <sup>a</sup>
Kalan	915,797	37	24,751		
Toplam	2406,476	41			

Model	Standartlaşmamış katsayılar		Stand. katsayılar	t	p
	B	Std. hata	Beta		
1 (Sabit)	6,000	19,458		,308	,760
MDYT	2,396	1,175	,409	2,040	,049
BİBT	,120	,237	,355	2,008	,048
KLTÖ	11,481	5,656	,399	2,030	,050
KLKÖ	,857	2,159	,043	,397	,694

a Bağımlı değişken: Öğrenci performansı

b Bağımsız değişkenler: MDYT, BİBT, KLTÖ ve KLKÖ son test

Öğrencilerin uygulamalar sonunda ortaya çıkan öğrenci performanslarındaki değişimin %62'sinin modele dâhil ettiğimiz öğrencilerin MDY, BİB, KLT ve KLK değişkenleri tarafından birlikte açıklandığı Çizelge 5.10'da gözlenmektedir. Geriye kalan % 38'lik kısım ise hata terimi vasıtasıyla modele dâhil etmediğimiz değişkenler tarafından açıklanır. F= 15,057 değeri, modelimizin bir bütün olarak her düzeyde anlamlı olduğunu göstermektedir (R= ,787, R<sup>2</sup>= ,619, F=15,057, p= ,000).

Standardize edilmiş regresyon katsayısına (Beta) göre, yordayıcı değişkenlerin öğrenci performansı üzerindeki görece önem sırası; MDY, KLT, BİB ve KLK şeklindedir. Regresyon katsayılarının anlamlılığına ilişkin t-testi sonuçları birlikte incelendiğinde ise, MDY, BİB ve KLT değişkeninin performans üzerinde anlamlı bir yordayıcı olduğu görülmüştür. KLK değişkeni önemli bir etkiye sahip değildir. Regresyon analizi sonuçlarına göre öğrenci performansının yordanmasına ilişkin regresyon eşitliği (matematiksel model) şu şekildedir:

$$\text{Öğrenci Performansı} = 6.000 + 2.396 \text{ MDY} + 0.120 \text{ BİB} + 11.481 \text{ KLT} + 0.857 \text{ KLK}$$

Kimya eğitiminde sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamalarına katılan öğrencilerin öğrenci performansındaki değişimin %62'si modele dahil ettiğimiz bağımsız değişkenler tarafından açıklanırken, bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin ve bu ilişkinin yönünü anlamak için ise korelasyon katsayısı hesaplanmıştır. Çizelge 5.10'da korelasyon sonuçları verilmektedir.

Çizelge 5.10 MDYT, BİBT, KLTÖ ve KLKÖ (son test) arasındaki korelasyon sonuçları

	MDYT	BİBT	KLTÖ	KLKÖ
<b>MDYT</b>				
Pearson korelasyon sabiti	1	,363*	,856**	- ,308*
p (iki yönlü)	,	,018	,000	,047
N	42	42	42	42
<b>BİBT</b>				
Pearson korelasyon sabiti	,363*	1	,311*	- ,158
p (iki yönlü)	,018	,	,045	,318
N	42	42	42	42
<b>KLTÖ</b>				
Pearson korelasyon sabiti	,856**	,311*	1	- ,306*
p (iki yönlü)	,000	,045	,	,049
N	42	42	42	42
<b>KLKÖ</b>				
Pearson korelasyon sabiti	- ,308*	- ,158	- ,306*	1
p (iki yönlü)	,047	,318	,49	,
N	42	42	42	42

\* Korelasyon 0,05 seviyesinde anlamlıdır.

\*\* Korelasyon 0,01 seviyesinde anlamlıdır.

Korelasyon analizi sonucu için Çizelge 5.10 incelendiğinde, öğrencilerin KLT ile MDY arasında % 1 önem seviyesinde korelasyon olduğu görülmektedir. Buna göre öğrencilerin KLT ile MDY arasında 0,856 ile yüksek düzeyde, pozitif ve anlamlı bir ilişki olduğu gözlenmektedir. Öğrencilerin BİB ile MDY arasındaki korelasyon katsayısının % 5 önem seviyesinde 0.70–0.30 arasında olması bakımından orta düzeyde bir ilişki olduğu söylenebilirken (0,363), BİB'nin KLT ile arasında da yine orta seviyede bir ilişki mevcuttur (0,311). Bu sonuca göre en yüksek korelasyon MDY ile KLT değişkenleri arasındadır. Bunun dışında KLK'nın, MDY, KLT ve BİB değişkenleri

ile arasında negatif yönde bir ilişki olduğu ve düşük bir korelasyon katsayısına sahip oldukları olduğu görülmektedir (MDYT\_KLKÖ arasında -0,308; KLTÖ\_KLKÖ arasında -,306 ve BİBT\_KLKÖ arasında -,158).

### 5.7. İstatistiksel Hipotezlerin Değerlendirme Sonuçları

Çalışma sonucunda tüm verilerin analizi ile elde edilen sonuçlarla, çalışmanın başlangıcında kurulan sıfır hipotezlerin kontrolü aşağıda verilmektedir.

**Hipotez 1:** Kimya eğitiminde sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamalarının öğrenci performansına bir etkisi yoktur.

Sonuç 1: “Ortaöğretimde Kimya Deneyleri” dersinin bir önceki sömestrdeki daha geleneksel laboratuvar yaklaşımli uygulamaların sonucunda elde edilen öğrenci performansı ile kimya eğitiminde sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamalarının sonucunda elde edilen öğrenci performansı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmiştir.

**Hipotez 2:** Kimya eğitiminde sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamalarına katılan öğrencilerin uygulamalardan önce ve sonra MDY seviyeleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur.

Sonuç 2: Kimya eğitiminde sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamalarına katılan öğrencilerin uygulamalardan önce ve sonra MDY seviyeleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ( $t_{(42)}=-5,990$ ,  $p<0,05$ ). Bu bulgu söz konusu uygulamaların öğrencilerin MDY seviyelerini arttırmada önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

**Hipotez 3:** Kimya eğitiminde sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamalarına katılan öğrencilerin uygulamalardan önce ve sonra BİB seviyeleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur.

Sonuç 3: Kimya eğitiminde sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamalarına katılan öğrencilerin uygulamalardan önce ve sonra BİB seviyeleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ( $t_{(42)}= -8,384$ ,  $p<0,05$ ). Bu bulgu söz konusu

uygulamaların öğrencilerin BİB'ni arttırmada bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

**Hipotez 4:** Kimya eğitiminde sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamalarına katılan öğrencilerin uygulamalardan önce ve sonra KLT arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur.

Sonuç 4: Kimya eğitiminde sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamalarına katılan öğrencilerin uygulamalardan önce ve sonra KLT arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ( $t_{(42)} = -3,110$ ,  $p < 0,05$ ). Bu bulgu söz konusu uygulamaların öğrencilerin KLT'nı arttırmada önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

**Hipotez 5:** Kimya eğitiminde sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamalarına katılan öğrencilerin uygulamalardan önce ve sonra KLT arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur.

Sonuç 5: Kimya eğitiminde sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamalarına katılan öğrencilerin uygulamalardan önce ve sonra KLT arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır ( $t = 3,995$ ,  $p < 0,05$ ). Bu bulgu söz konusu uygulamaların öğrencilerin KLT'nı azaltmada önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

**Hipotez 6:** Kimya eğitiminde sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamalarına katılan öğrencilerin "MDYT", "BİBT", "KLTÖ" ve "KLTÖ" son testleri arasında anlamlı bir ilişki yoktur.

Sonuç 6: Kimya eğitiminde sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamalarına katılan öğrencilerin MDY ile KLT arasında yüksek düzeyde, pozitif ve anlamlı (0,856); öğrencilerin BİB ile MDY arasında orta düzeyde, pozitif ve anlamlı (0,363); öğrencilerin BİB ile KLT arasında da orta düzeyde, pozitif ve anlamlı bir ilişki vardır (0,311). Öğrencilerin KLT ile MDY, BİB ve KLT değişkenleri ile arasında negatif yönde ve düşük bir ilişki vardır (MDYT\_KLTÖ arasında -0,308; KLTÖ\_KLTÖ arasında -,306 ve BİBT\_KLTÖ arasında -,158).



**Hipotez 7:** Kimya eğitiminde sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamalarına katılan öğrencilerin MDY ile öğrenci performansı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki yoktur.

Sonuç 7: Kimya eğitiminde sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamalarına katılan öğrencilerin MDY ile öğrenci performansı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır. Öğrenci performansındaki değişimin %57'lik kısmı öğrencilerin MDY'deki değişimler tarafından açıklanmaktadır. Başka bir ifade ile MDY'deki 1 birimlik artış öğrenci performansını 4,439 birim arttıracaktır ( $R=,758$ ,  $R^2= ,574$ ,  $F=53,913$ ,  $p<.05$ ).

**Hipotez 8:** Kimya eğitiminde sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamalarına katılan öğrencilerin BİB'nin öğrenci performansına istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki yoktur.

Sonuç 8: Kimya eğitiminde sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamalarına katılan öğrencilerin BİB'nin öğrenci performansına istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır. Öğrencilerin BİB'deki değişim öğrenci performansında %10'luk bir değişimi etkilemektedir ( $R=,322$ ,  $R^2= ,103$ ,  $F=4,617$ ,  $p<.05$ ).

**Hipotez 9:** Kimya eğitiminde sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamalarına katılan öğrencilerin KLT'nin öğrenci performansına istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki yoktur.

Sonuç 9: Kimya eğitiminde sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamalarına katılan öğrencilerin KLT'nin öğrenci performansına istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır. Öğrenci performansındaki yaklaşık %57'lik değişim modele dâhil ettiğimiz KLT tarafından açıklanmaktadır. Başka bir ifade ile KLT'deki 1 birimlik artış, öğrenci performansını 21,668 birim arttıracaktır ( $R=0,753$ ,  $R^2= ,568$ ,  $F=52,536$ ,  $p<.05$ ).

**Hipotez 10:** Kimya eğitiminde sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamalarına katılan öğrencilerin KLT'nin öğrenci performansına istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki yoktur.

Sonuç 10: Kimya eğitiminde sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamalarına katılan öğrencilerin KLK'nın öğrenci performansına istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki yoktur. Öğrencilerin KLK'daki değişimin öğrenci performansında anlamlı bir değişime neden olmamaktadır ( $R=,215$ ,  $R^2= ,046$ ,  $F=1,930$ ,  $p>.05$ )

**Hipotez 11:** Kimya eğitiminde sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamalarına katılan öğrencilere uygulanan “MDYT”, “BİBT”, “KLTÖ” ve “KLKÖ”nden elde edilen sonuçların hep birlikte söz konusu uygulamalardaki öğrencilerin öğrenci performansına istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi yoktur.

Sonuç 11: Kimya eğitiminde sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamalarına katılan öğrencilerin MDY, BİB ve KLT onların öğrenci performansı üzerinde anlamlı birer yordayıcıdır. Uygulamalar sonunda ortaya çıkan öğrenci performanslarındaki değişimin %62'sinin modele dâhil ettiğimiz öğrencilerin MDY, BİB, KLT ve KLK değişkenleri tarafından hep birlikte açıklanmaktadır ( $R= ,787$ ,  $R^2= ,619$ ,  $F=15,057$ ,  $p= ,000$ ). Ancak öğrencilerin KLK tek başına öğrenci performansı üzerinde önemli bir etkiye sahip değildir.

## 6. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

### 6.1. Tartışma

Bireylerin en önemli özellikleri kendilerini çevreleyen dünya hakkındaki geniş merakları ve eleştirileridir. Yaşamlarının ilk aylarından itibaren çocuklar, kendi vücutlarını ve çevrelerindeki dünyayı sorgulayarak öğrenmek istemektedirler. Yeterli şekilde konuşmayı öğrendiklerinde “niçin, neden, nerede ve nasıl” soruları ile bizleri yorarlar. Daha sonraki yaşamlarında sorgulamaya dayalı öğrenme-öğretme aktiviteleri, öğrencileri bu tür sorular sormaya teşvik eder ve arkadaşları ile çalışma ve iletişim yoluyla sorularına cevap bulmanın yollarını biçimlendirmelerinde onlara yardımcı olur (Norma, 2001). Bu nedenle sorgulamaya dayalı öğrenme; anaokulu seviyesinde başlamalı ve ortaokul, lise ve daha sonraki eğitim seviyesine kadar devam etmelidir. Birçok öğretmenin bu yaklaşımın zaman alıcı olduğunu düşünmesine rağmen bu yaklaşım desteklenmelidir, çünkü bu yaklaşım öğrencilerin yaratıcılığı, problem çözme kapasiteleri, sistemli ve eleştirel düşünme yeteneklerinin gelişimi için önemli bir araçtır. Sorgulamaya dayalı öğrenmenin daha etkin olabilmesi için öğrencilerin araştırmacı öğrenme motivasyonlarının güçlendirilmesi gerekir. Ancak uygulamalarda öğrencilere hangi araştırmacı yeteneklerin tam olarak gerekli olduğu bildirilmeli ve bazı mevcut bilgilerin anlaşılması sağlanmalıdır. (Edelson et al., 1999). Burada eğitimciye önemli görevler düşmektedir.

Çalışmanın sonuçlarını öğrencilerin mantıksal düşünme yetenekleri açısından incelemek için çeşitli literatürlerdeki bulgular göz önüne alındı. Çalışmamız kapsamında uygulamalara katılan öğrencilerin MDY’de istatistiksel olarak anlamlı bir artış gözlemlendi. Söz konusu uygulamalara katılan öğrencilerin uygulamalar sürecindeki öğrenci performansları üzerinde öğrencilerin MDY’nin önemli bir etkisinin olduğu da çalışma sonucunda elde edilen bulgular arasındadır. Yaman (2005)’a göre mantıksal düşünme yeteneği, “Piaget’in bilişsel gelişim aşamalarından soyut işlemler döneminde ortaya çıkan bir beceridir”. Soyut işlemler dönemindeki bireyler, mantıksal düşünme açısından yetişkin düzeyine ulaşmaktadır (Selçuk, 2001). Mantıksal düşünme yeteneği, bireyin çeşitli zihinsel işlemler yaparak bir sorunu çözmesi veya bir takım soyutlama ve genellemeler yaparak ilke ve yasalara ulaşmasıdır (Korkmaz, 2002). Ayrıca mantıksal düşünme etkinliklerinde, ulaşılan sonuçtan çok, süreç becerisi önemlidir (Waks, 1997). Lawson (1985), soyut düşünme yeteneği ve fen

öğretimi üzerine yaptığı araştırmada, mantıksal düşünme yeteneğindeki eksiklikle fen, matematik, tarih ve sosyal bilimlerde başarısızlık arasındaki yüksek korelasyona dikkat çekmiştir. Ayrıca bir öğrencinin mantıklı düşünme yeteneğinden, onun bir araştırmada hipotez kurup, bunu test etmeyi başarıp başaramayacağını tahmin edebileceğini vurgulamıştır. Çünkü mantıksal düşünme, bilişsel alanda yapılan çalışmalarda önemli bir yere sahiptir (Barr, 1994). Chandran et al., (1985)'nin yapmış oldukları araştırmada, ön bilgi, formal-mantıksal düşünme, bellek kapasitesi ve alana bağımlılık/alandan bağımsızlık gibi 4 bilişsel faktörün, laboratuvar uygulaması, kimyasal hesaplamalar ve içerik bilgisi ile ilgili testlerle ölçülen kimya başarısında oynadığı rolü incelemiştir. Çünkü araştırmalardan elde edilen kanıtlar, çeşitli bilişsel değişkenlerin kimya başarısından sorumlu olduğunu ileri sürmüştür. Aynı kimya programını takip eden 11 liseden, 11 öğrenci çalışmaya katılmış ve benzer sonuçlar elde edilmiştir. Ön bilginin ve mantıksal düşünme yeteneğinin istatistiksel olarak kimya başarısındaki değişim ile anlamlı olarak ilgili olduğu bulunmuştur. Lawrenz (1988), öğretmenlerin sınıflarında mantıksal düşünme becerilerini geliştirmeye yardımcı olacak en iyi yolun ne olduğundan yola çıkarak yaptığı çalışmada, öğretmenlerin mantıksal düşünme yetenekleri ile ilgili olabilecek öğretim davranışlarını incelemiştir. İlk olarak öğretmenlerin kendi sınıf öğretimlerinde gösterdikleri soyut ve somut mantıksal düşünme yeteneği seviyeleri incelenmiştir. İkinci olarak, ilk bulgulardan sonra diğer olasılıklar incelenmiştir. Çalışma için ilköğretim öğretmen adayları seçilmiş ve öğrenciler iki gruba (ilk grupta 30, ikinci grupta 31 öğrenci yer almıştır) ayrılmıştır. Çalışmada formal-mantıksal düşünme yeteneği kritik değerlendirme olmuştur. Sonuçlar, formal ve somut mantıksal düşünenler olarak sınıflandırılan öğretmen adayları arasında küçük farkları göstermiştir. Mantıksal düşünme yeteneği ve fen bilimi öğretimi inancı ya da laboratuvar yönelimli fen bilimi veya öğrenme stili arasında herhangi bir ilişkinin olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Crawford (2000), sorgulamaya dayalı bir öğretimin, mantıksal düşünme için araştırma, ayrıntılı düşünme için sorular sorma ve öğrenci sorumluluğunu geliştirme gibi birtakım özelliklere sahip olduğunu vurgulamaktadır. Öğretmenler öğrencileri açıklayıcı aktivitelerle meşgul etmek için soruların sorulduğu, rehberlik edildiği ve model oluşturulduğu bir yapı sağlamadılar.

Çalışmamızın diğer amaçlarından biri de; sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamasına katılan öğrencilerin bilimsel işlem becerilerinin uygulamalar öncesi ve sonrasındaki seviyelerinin nasıl değiştiği idi. Uygulamalar sonrasında elde edilen

sonuçlara göre, söz konusu uygulamalara katılan öğrencilerin BİB istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde artış göstermiştir. Söz konusu uygulamalardaki öğrenci performansı üzerinde de öğrencilerin BİB'nin anlamlı bir etkisi olduğu da çalışmamız sonucunda gözlenmiştir. Rot and Roychoudhury (1992) yaptıkları çalışmada açık sorgulama tipli laboratuvar uygulamalarında bilimsel süreç becerilerinin gelişimini incelemiştir. Çalışmanın nitel bulguları, erkek öğrencilerin, kendilerine deney yapma özgürlüğünün verildiği geleneksel olmayan laboratuvar deneyleri ile daha yüksek bilimsel süreç becerisi geliştirdiğini göstermiştir. Campbell (2007), lise öğrencilerinin fen bilimi laboratuvarlarındaki uygulama süreçlerini incelemiştir. Campbell, fen bilimi laboratuvar programı ile ulusal standartlar arasında bir uyum olduğunu belirtmekte, ancak laboratuvardaki uygulama sürecinin öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini geliştirmeye yönelik olmadığını vurgulamaktadır. Öğrenciler fen bilimi laboratuvarlarında uygulama yapmalarına rağmen, nadiren araştırma soruları tasarlama ya da araştırma sorularına cevap bulabilmek için prosedürler tasarlamada yer almaktadır. Oysaki bilimsel süreç becerileri, fen bilimlerinde öğrenmeyi kolaylaştıran, öğrencilerin aktif olmasını sağlayan, öğrencilerin kendi öğrenmelerinde sorumluluk alma duygusunu geliştiren, öğrenmenin kalıcılığını artıran ayrıca araştırma yol ve yöntemlerini kazandıran temel becerilerdir (Çepni vd., 1996). Bu beceriler, bilgi oluşturmada, problemler üzerinde düşünmede ve sonuçları formüle etmede kullanılmaktadır. Ayrıca bu beceriler, bilim adamlarının çalışmaları sırasında kullandıkları becerilerdir (Lind, 1998). Bilimsel süreç becerilerinin geliştirilmesi, öğrencilere problem çözme, eleştirel düşünme, karar verme, cevaplar bulma ve meraklarını giderme olanağı vermektedir. Sorgulama becerileri öğrencilerin sadece fen bilimleri hakkında bir takım bilgileri öğrenmelerini sağlamamakta, aynı zamanda da bu becerilerin öğrenilmesi, onların mantıksal düşüncelerine ve makul sorular sorup cevaplar aramalarına ve günlük hayatta karşılaştıkları problemleri çözmelerine yardımcı olmaktadır (Germann, 1994). Hızla değişen toplumda problemleri çözmeye çalışmak ve bu problemlerin üstesinden gelmek için bireyler bilimsel süreç becerilerini geliştirmeye geçmişte olduğundan daha fazla ihtiyaç duyacaklardır (Temiz, 2001). Doğruöz (1998); bilimsel işlem becerileri kazandırmaya yönelik yöntemlerin uygulandığı deney grubundaki öğrencilerin fen konularına olan ilgilerini geleneksel öğrenme yaklaşımının uygulandığı kontrol grubundaki öğrencilere oranla istatistiksel olarak anlamlı düzeyde arttığını bildirmektedir. Aiello-Nicosia et al., (1984), fen öğretmenlerinin özellikleri ve öğrencilerin öğrenme ürünleri arasındaki

ilişkiyi inceledikleri araştırmada, öğretmenlerin değişkenleri kontrol etme gibi yetenekleri ve bilimsel süreç becerileri arttıkça, öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini kazanmadaki başarılarının arttığını ortaya koymuşlardır. Germann et al., (1996a), amacını öğrencilerin başarılı deneysel düzenleme yapmaları ile ilişkili faktörler hakkında bilgi edinmek olarak belirledikleri araştırmanın sonuçlarına bakıldığında, fen laboratuvarında sorgulamaya dayalı öğrenme aktivitelerine katılan öğrencilerin deneysel tasarım yaparken hipotez oluşturma ve verileri tanımlamalarında açıkça bir artış görülmektedir. Orcutt (1997), çalışmasında sorgulamaya dayalı fen öğreniminin 8. sınıf fen öğrencilerinin temel süreç becerilerini geliştirdiğini ortaya koymuştur. Beishuizen et al., (2004), 6. sınıf öğrencileri ile yaptıkları çalışmada bilgisayar ve internet destekli sorgulamaya dayalı öğrenme aktivitelerinin öğrencilerin hipotez oluşturma, değişkenleri kontrol etme, deney planlama ve sonuçları yorumlama gibi bilimsel süreç becerilerinin geliştirdiğini ortaya koymuşlardır.

Çalışmamız kapsamında yürütülen uygulamalar sonrasında öğrencilerin kimya laboratuvarına karşı tutumlarında da istatistiksel olarak anlamlı bir artış gözlenmiştir. Ayrıca öğrencilerin KLT'nin onların uygulamalar sürecindeki öğrenci performansları üzerinde de istatistiksel olarak anlamlı bir katkısının olduğu sonucuna varılmıştır. Hofstein and Lunetta (1982, 2003) laboratuvarların, içeriğindeki aktivitelerin etkili bir şekilde organize edilmesi durumunda tutum ve bilişsel büyüme geliştirmeye pozitif katkıda bulunabilen sosyal etkileşimlerin gelişimine yardımcı olmada büyük bir potansiyele sahip olan eşsiz ortamlar olduğunu ileri sürmüşlerdir. Hofstein and Lunetta (1982)'nin incelemesi, öğrencilerin bazı derslerde laboratuvar çalışmasından zevk aldıklarını ve bu laboratuvar deneyimlerinin fen bilimine karşı pozitif ve gelişmiş tutum ve ilgi ile sonuçlandığını rapor etmişlerdir. Örneğin, Ben-Zvi et al., (1976) öğretmen demonstrasyonları, filme alınmış deneyler, sınıf tartışmaları ve derslerle karşılaştırıldığında kimya laboratuvarında çalışmanın, öğrencilerin kimya çalışmalarında ilgilerinin gelişmesine yardımcı olmak için en etkili eğitimsel yöntem olduğunu rapor etmişlerdir. Ayrıca öğrencilerin, daha gelişmiş lise kimya derslerine katılımının nedenlerinin incelendiği bir çalışmada da, bunun ana nedenlerinden birinin öğrencilerin kimya laboratuvarındaki pratik uygulama deneyimleri olduğu bulunmuştur (Milner et al., 1987). Okebukola (1986), çalışmasında fen bilimi laboratuvarına devamlı katılmanın genelde kimya öğrenimine, özelde de kimya laboratuvarındaki öğrenmeye karşı artan bir tutumla sonuçlandığını iddia etmiştir. Hofstein et al., (1976) tarafından geliştirilen Kimya Laboratuvarına Karşı Tutum ve İlgi

Anketi, iki öğrenci grubunun karşılaştırıldığı bir çalışmada kullanılmıştır (Kipnis and Hofstein, 2007). Birinci grup öğrenciler, sorgulama tipli deneyler yapan öğrencilerden oluşurken (Hofstein et al., 2004) diğer grup, doğrulama tipi deneyler yapan öğrencilerden oluşmuştur. Sorgulama tipi deneyler yapan öğrencilerin genelde kimya öğrenimine özeldede laboratuvar da kimya öğrenimine karşı diğer grup ile karşılaştırıldığında daha pozitif tutumlar geliştirdiği bulunmuştur. Orcutt (1997), çalışmasında sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımının öğrencilerin temel süreç becerileri, fen kavramlarını anlamada ve öğrenmeye karşı olan tutumlarında gösterdikleri gelişimleri araştırmıştır. Tüm öğrenciler sorgulamaya dayalı öğrenme ortamında fen kavramlarını öğrenmiş, temel becerilerini geliştirmiş ve fen bilgisi dersine yönelik olumlu tutum kazanmışlardır. Marlow and Ellen (1999), sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımı uygulandığında öğrencilerin derse olan ilgi ve başarılarının arttığını belirtmektedirler. Keefer (2002), sorgulamaya dayalı öğrenme programını uyguladığı çalışmasının sonucunda katılımcıların sorgulamaya dayalı öğrenme süreci ve konu hakkında olumlu görüşler ifade ettiklerini bildirmektedir. Freedman (1997)'nin çalışmasında fizik dersinde sorgulamaya dayalı öğrenme aktiviteleri içeren programın kullanılmasıyla öğrencilerin fene yönelik tutumlarında artış görülmüştür. Russell and French (2001), sorgulamaya dayalı aktivitelerin öğrenime dahil edilmesiyle öğrencilerin derse katılımlarının daha fazla olduğu konusunda bir ilişki kurmaktadır. Artan öğrenci katılımı hem daha pozitif tutumla hem de artan başarıya ilişkilendirilmiştir (sayfa 228). Literatürlerdeki birçok çalışma, sorgulamaya dayalı öğrenme aktiviteleri ile meşgul olan öğrencilerin fen hakkında daha olumlu tutumlar geliştirdiklerini ileri sürmüştür (Alouf & Bentley, 2003; Berg, et al, 2003; Booth, 2001; DiPasquale, et al., 2003; Gibson and Chase, 2002; Jakupcak, et al., 1996; Piper and Hough, 1979; Rakow, 1986; Von Secker, 2002). Bu tür aktivitelerin gerçekleştiği bir sürece dahil olma, “doğal merak ve ilginin sınıf eğitiminde bir motive edici faktör olmasına” olanak verir (Alouf & Bentley, 2003, syf. 3). Öğrencilerin başarılı soru sorma ve cevap bulma ve yaşam boyu öğrenime imkân veren davranışlara devam etmede daha fazla cesaret ve motivasyon sağlar. Sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımının birçok uygulaması birçok literatürde öğrenci motivasyonunu arttıracak şekilde gösterilmiştir. Gibson ve Chase (2002) öğrencilerin ilkokuldan ortaokul ya da liseye geçtikçe fene karşı ilginin azaldığını kaydetmiştir. Görüşmelerde öğrenciler “kendi sorularını sormak ve direkt olarak laboratuvar alıştırılmalarına katılmak” imkânlarının olduğu sınıfları tercih ettiklerini söylemişlerdir (syf. 703). Baker et al.,

(1992) daha grup katılımlı, öğrenci odaklı aktiviteler içeren sınıfları tercih eden öğrenciler üzerinde sınıf yapısının en büyük etkiye sahip olduğunu bildirmiştir. Krystyniak (2001), laboratuvar eğitiminin etkili yönlerinin öğrenci ilgisi, tutumu, motivasyonu ve değerleri ile ilişkili olduğunu öne sürmektedir. Laboratuvar temelli bir eğitim için yaygın olarak ifade edilen etkili amaçlardan biri, öğrencilerin laboratuvarı zevkli ve ödüllü bir deneyim olarak görmeleridir. Downing et al., (1997) hizmet öncesi ilkokul öğretmen adaylarının bilimsel süreç yetenekleri ile fene yönelik tutumları arasında önemli derecede pozitif bir ilişki keşfetmiştir. Birçok çalışma sorgulamaya dayalı aktivitelerin geleneksel (doğrulama) aktivitelerinden, bilimsel davranışın özelliklerini teşvik etmede daha etkili olduğunu bildirmiştir (Mulopo and Fowler, 1987; Freedman, 1997).

Sorgulamaya dayalı kimya deney uygulaması sonrasında öğrencilerin kimya laboratuvarına karşı kaygılarında da bir azalma gözlenmiştir. Ancak çalışmamızın sonucunda öğrencilerin uygulamalardaki öğrenci performansı üzerinde onların KLK'nın bir etkisinin olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu bulgu bizi, KLK'nın performansın anlamlı bir yordayıcısı olmadığı sonucuna götürmektedir. Abd-El-Khalick et al., (2004)'e göre birçok fen eğitimcisi sorgulamaya dayalı öğrenme aktivitelerinin öğrencilerde kaygıyı azalttığını ve öğretmenlerde öğrenci-merkezli öğrenme yaklaşımlarını kullanma inançlarını arttırdığını ileri sürmektedirler. Öğrenciler sorgulamaya dayalı aktiviteler süresince kendilerini bu öğrenme sürecine daha çok dâhil olduklarını hissederek ve laboratuvar deneyimlerine karşı daha olumlu tutum sergilerler. Bazı eğitimciler, bu tür aktivitelerin öğrencilerin bağımsız düşüncelerinin gelişimi, kimyasal kavramları algılamaları ve grup işbirliği içerisinde bir öğrenme ortamından hoşlanmaları için fırsatlar sağladığını rapor etmektedirler (Hofstein et al., 2001).

Sonuç olarak çalışma sonucunda, söz konusu uygulamalar sonrasında öğrencilerin MDY, BİB ve KLT artarken KLK'nın azaldığı gözlenmiştir. Söz konusu öğrenme yaklaşımını temel alan kimya deney uygulamalarında her bir grubun uygulama adımlarının incelenmesi sonucunda öncelikle tüm grup üyelerinin tam bir işbirliği içerisinde çalıştıkları söylenebilir. Tüm grup üyeleri uygulamaların ön-sorgulama aşamasındaki başlangıç deneyini belirtilen yönergelerle göre gerçekleştirirken takım halinde çalışmışlar ve uygulamalarını hiçbir sorun yaşamadan başarıyla gerçekleştirmişlerdir. Uygulamaların sorgulama aşamasında ise gruplar arasında bazı farklılıkların ortaya çıktığı gözlenmiştir. Uygulamaların sorgulama aşaması; ilgili



soruların sorulduğu, ileri araştırmalar için bir sorgulama sorusunun seçildiği ve bu sorgulama sorusundan bir hipotez geliştirildiği ve bu hipotezin doğruluğunun ispatı için çözümlerinde bulunulduğu ve gerekli çözüme ulaşmada bir deney planlandığı (deney önerisi) ve sonuçların çıkarıldığı gibi birtakım aşamaları içermektedir. Belirtilen beceriler üzerindeki gruplar arası farklılığın en çok ilgili soruların sorulduğu ve çözüme ulaşmada bir deney önerisinde bulunulduğu aşamada ortaya çıktığı gözlenmiştir. İlgili soruların sorulduğu aşamada gruplar arasında gözlenen en büyük farklılık, özellikle bazı grupların daha fazla kantitatif ve kimya laboratuvarında sorgulamayla ilişkili daha çok soru sormalarında ortaya çıkmıştır. Farklılığı gösteren grupların (özellikle 2., 3., 7., 8. ve 12. gruplar) konu ile ilgili daha çok ve kantitatif soru sordukları, daha fazla çözüm önerilerinde buldukları ve ayrıca birden fazla deney önerisinde buldukları gözlenmiştir. Bu grup öğrencileri deney önerilerinde bulunurken birçok değişkeni kontrol edebildikleri, daha karmaşık ve güvenilir araç-gereçlerle uygulayabilecekleri deneyler planlamışlardır. Belirtilen gruplar dışındaki diğer gruplar konu ile ilgili daha kalitatif sorular sormuşlardır.

Söz konusu uygulamalar sonucunda ortaya çıkan bir diğer sonuç ise, MDYT ve KLTÖ'de daha fazla artış gösteren öğrencilerin söz konusu uygulamalar sonrasında elde edilen öğrenci performansları daha yüksek çıkmıştır. Bu öğrencilerin büyük bir çoğunluğunun yukarıda bahsedilen grup öğrencileri olması da dikkat çekici bir diğer noktadır.

Çalışma kapsamında yürütölen uygulamaların sonucunda elde edilen bulguların analizinde yapılan bir diğer karşılaştırma ise bu uygulamaların gerçekleştiği "Ortaöğretimde Kimya Deneyleri" dersinin bir önceki sömestredeki uygulamaları ile de karşılaştırılmasıdır. Söz konusu sömestr dönemindeki uygulamalarda çalışmamızda bahsedilen sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımı uygulanmamıştır. Bu dönemdeki uygulamalar daha geleneksel laboratuvar yaklaşımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Daha geleneksel laboratuvar yaklaşımlı uygulamalara katılan öğrencilerin öğrenci performansı ile sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamalarına katılan öğrencilerin öğrenci performansları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmiştir. Bir önceki dönemde gerçekleşen uygulamalarda öğrenciler sadece belirtilen yönergelere bağlı kalan deneyler planlamışlardır. Bu uygulamalarda öğrencilerden planladıkları deneylerle ilgili sorular üretmeleri, daha ileri araştırmalar için bir hipotez oluşturmaları ve çözüm önerileri için bir deney tasarımı ortaya çıkarmaları istenmemiştir. Tobin (1986) çalışmasında, öğrencilerin sorgulamaya dayalı

aktivitelere katılım düzeyleri ile akademik başarıları arasında anlamlı düzeyde ilişki bulunmuştur. Stohr-Hunt (1996), çalışmasında yaparak-yaşayarak öğrenme aktivitelerinin sıklığı ve öğrencilerin fen başarıları arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Bu aktiviteleri yapan öğrencilerin fen başarıları bu aktiviteleri daha az sıklıkta gerçekleştiren öğrencilerin başarısından daha fazla bulunmuştur. Önceki araştırmalar sorgulamaya dayalı öğrenmenin öğrencilerin öğrenme başarısını artırdığı, özellikle problem çözme yeteneklerini, verileri açıklama yeteneklerini, eleştirel düşünme ve fen öğreniminde kavramları anlamayı artırdığını bulmuşlardır (Russell and Chiappetta, 1982; Saunders and Shepardson, 1987; Haury, 1993). Sorgulamaya dayalı öğrenme ortamı öğrencilerin olayları gözlemlemesi, sorular sorması, açıklamalar yapması, bu açıklamaları test etmesi, eleştirel ve mantıksal düşünmeyi kullanması, gözlenen olayların genellenmesi ve alternatif açıklamalar düşünülmesi gibi öğrenme tecrübelerinin gelişimini destekler ve sağlar.

Gerçekleştirilen bu çalışma, sorgulamaya dayalı öğrenme ortamının öğrencilerin öğrenme tecrübesini arttırdığını göstermektedir. Bu sonuç önceki çalışmalarla uyumludur (Bereiter and Scardamalia, 1993; Dede, 1998; Chang et al., 2003). Çalışmanın en önemli katkısı, bu öğrenme yaklaşımının hem lise hem de üniversite seviyesi öğrenciler için çok yararlı olmasıdır. Çalışmadaki dikkat edilmesi gereken nokta sorgulamaya dayalı öğrenme aktivitelerinde, öğrencilerin veri toplaması fakat bulgularını basit bir şekilde bildirmekten daha ileriye gitmesi gerektiğidir. Öğrencilerden sonuçları analiz etmeleri, sonra onları karşılaştırmaları ve yansıtmaları istendiğinde daha ileri seviyede bilgi geliştirmişlerdir. Bunları kişisel tecrübeleriyle ilişkilendirdiklerinde bilgilerini iletmişlerdir. Orijinal bir bilgi yaratmaları veya oluşturmaları istendiğinde eğitimsel tecrübeleri gerçek bir yapılandırmacı biri haline dönüşmektedir. Bu sonuçlar özellikle heyecan vericidir, çünkü üniversite dersleri için sorgulamaya dayalı öğrenme ortamlarının tasarımı konusuna yeni bir ışık tutmaktadır. Benzer bir çalışma yine Wu (2006) tarafından gerçekleştirilmiştir. Wu, çalışmasında örneklem grubu olarak ilköğretim öğrencileri ile çalışmış ve bu öğrencilerin bir dizi sorgulamaya dayalı öğrenme aktiviteleri sonucunda sorgulama yeteneklerinin gelişimini incelemiştir. Sorgulamaya dayalı öğrenme aktivitelerinin her bir aşaması öğrencilere farklı öğrenme fırsatlarının yanı sıra sorgulama yeteneklerinin gelişimini de sağlamaktadır. Sorgulama süreci esnasında öğrenci kendi öğreniminden sorumlu iken öğretmen, bu süreç içerisinde sadece yardımcı rehber rolünü üstlenmiştir. Öğrenciler nedensel ilişkileri belirleme, mantıksal

düşünme sürecini tanımlama ve kanıt olarak verileri kullanmada önemli gelişmeler gösterirken, açıklamaların değerlendirilmesi aşamasında daha az gelişme gösterdikleri gözlenmiştir.

Sorgulama tipli laboratuvar deney uygulamaları ile ilişkili çok önemli problemlerden biri öğrencilerin böylesi benzersiz bir laboratuvar ortamındaki sürecin ve başarılarının değerlendirilmesi konusudur. Fen öğretmenlerinin büyük bir çoğunluğu, gerçek ve uygulamalı değerlendirmeleri düzenli olarak kullanmazlar. Bir fen sınıfında ve çoğunlukla bir laboratuvarda değerlendirmenin nasıl olduğunu kendine amaç edinmiş bir fen öğretmeni, öğrencilerin hem kavramsal ve hem de yöntemsel öğrenmelerini belirlemek için uygun değerlendirme araçları ve yöntemleri kullanmalıdır. Hoftein and Lunetta (2003), öğretmenlerin rehberli sorgulamada olduğu gibi öğrencilere birçok bilimsel kavramları oluşturmalarında kolaylaştırıcı gibi davrandığı fen laboratuvarlarındaki çaba gerektiren şartları bildirmektedirler. Öğretmenler çoğunlukla öğretim ve müfredatın uygulama alanları ve öğrenimde yeni yöntem ve tekniklerinde çok fazla bilgi sahibi değildirler. Eğitim ve öğretimdeki yeni gelişmelerden fen öğretmenleri gerek hizmet-içi ve gerekse hizmet öncesi mesleki gelişim kursları aracılığıyla haberdar edilebilir. Bu ve benzeri çalışmalarda gerçekleştirilen öğrenme yaklaşımlarından fen öğretmenlerinin haberdar olmalarını sağlayan uzun süreli bir mesleki gelişim programı aynı zamanda öğretmenlerin hem eğitimsel içerik bilgilerini hem de alan içerik bilgilerini de geliştirmeyi amaçlamaktadır. Bu tür mesleki gelişim programları öğretmenlere anlamlı ve bağımsız, fen laboratuvarı deneyimlerini de içeren etkin bir öğrenme ortamı yaratmaları ve yeteneklerini geliştirmeleri konusunda yardımcı olacaktır.

Çalışma kapsamında yürütülen sorgulamaya dayalı kimya deney uygulaması sonucunda öğrencilerle yapılan görüşmelerin analizinde, öğrencilere motive edici sorular sorulduğunda ve hatta daha ileri araştırmalar için daha fazla sorumluluk üstlenmeleri ve bu sorularla ilgili bilgilerin keşfedilmesi için teşvik edildiklerinde öğrencilerin öğrenmeyi daha iyi başardıkları saptanmıştır. Öğrenciler bilgileri aktif olarak topladıklarını, analiz ve sentez basamaklarını gerçekleştirerek sonuçlar çıkardıklarını bildirmişlerdir. Öğrenciler, kendilerinin daha çok uğraş verdikleri ve kendi kendine öğrenmelerini gerçekleştirdikleri ve bilimsel yeteneklerinin gelişimini içeren daha çok fırsatların kazanıldığı laboratuvar deneyimleri ile ilgili olarak aşağıdaki bulguları açıklamışlardır:

- Sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamaları, geleneksel yaklaşımdan daha iyidir. Nedeni, çok açık olarak, bu uygulamalarda öğrenciler öğrenme sürecine aktif olarak katılmışlardır.
- Deney içeriği hakkındaki soruları çözmeye çalışmak, onun üzerinde tartışmak ve ilgili çözüm yollarının birçoğunu sunmak öğrenme sürecini kolaylaştırmıştır.
- Uygulamalar sürecinde gerçekleştirilen bir deney ile ilgili sorularla konuyu tartışmak ve sorulara cevap bulmaya çalışmak motive edici bir basamak olmuştur.
- Öğrenciler kendi öğrenmelerinden kendilerinin sorumlu olduğunu hissetmişlerdir. Ezberleme aşamasını içermeyen deneysel uygulamalardan hoşlandıklarını ifade etmişlerdir. Bu öğrenim şeklinde daha aktif olabildiklerini ve sınıfta ezberleme olmadan da öğrenmenin mümkün olduğunu açıklamışlardır.
- Öğrenciler uygulamalarda yapılandırmacı öğrenmenin ne olduğunu ve aynı zamanda aktif öğrenme ile yaparak-yaşayarak öğrenme yeteneklerinin oluşması için fırsatlar sağlandığını ifade etmişlerdir.
- Bağımsız düşünme fırsatlarının sağlandığını ifade etmişlerdir.
- Öğrenciler sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamalarında gerçek bir öğrenme ortamı için fırsatların sağlandığını ifade etmişlerdir. Bu ifadelerine örnek olarak belirli bir deneyin planlanmasıyla ilgili bir hata yaptıklarında deneyi tekrar planlama ve üzerinde tekrar düşünme gibi fırsatlara sahip olduklarını açıklamışlardır.
- Sorgulama tipli deneylerin gerçekleştirilme sürecinde, deneysel veri ve sonuçlar hakkında eleştirel düşünme fırsatlarının sağlandığını ifade etmişlerdir.
- Öğrencilerin söz konusu uygulamalarda gerçekleştirdikleri deneylerin sınıflarında teorik olarak gördükleri kimya dersindeki tartışılan konu ve kavramlarla ilgili olduğunu söylemişlerdir.
- Tüm uygulamalar süresince öğrenciler grup arkadaşlarıyla işbirliği içerisinde olmaktan ve fikir ve bilgilerini paylaşmaktan zevk duyduklarını ifade etmişlerdir.
- Uygulamalar süresince araştırmayı yürüten araştırmacı her zaman her konuda öğrencilere yardımcı olmuş, onları daha ileri araştırmalar için desteklemiş ve

teşvik etmiştir. Öğrenciler araştırmacının kendilerini kesin çözüme ulaştıracak sonuç ve öneriler vermekten kaçındığını da ifade etmişlerdir.

- Öğrenciler uygulamalar sürecinde en çok, oluşturdukları hipotezin doğruluğunun ispatlanmasında çözüm önerisi için bir deneyin planlandığı ve ilgili soruların sorulduğu aşamalarda zorlandıklarını ifade etmişlerdir.

Öğrencilerin özellikle ilk 8 ifadesi, onların öğrenme süreci ile ilgili bilinçleri hakkında bilgi veren görüşleridir. 10. görüş, laboratuvarda işbirliği içerisinde öğrenmenin onların bilgilerini yapılandırılmalarına yardım ettiğini ifade ettikleri görüştür. Tüm uygulamalar süresince her bir grubun üyesi ortak bir amaca ulaşmak maksadıyla yapılan tartışmalara katkıda bulunma fırsatına sahip olmuşlardır. Öğrenciler genellikle laboratuvar deneyimlerini çok zorlayıcı bulmuşlar (12. görüş) ve bu durum onlara kendi kendine öğrenme ve kendi bilgilerini yapılandırma sürecinde daha fazla sorumluluk alma fırsatı sağlamıştır. Ayrıca öğrenciler, laboratuvarda çalışırken öğretim elemanının yardımcı ve destekleyici olduğunu ve sonuçlar hakkında kesin sonuçlar vermediğini bildirmişlerdir (11. görüş). Daha geleneksel bir yaklaşımla yürütülen kimya laboratuvarlarında yer alan öğrencilere kendi kendine öğrenme ve mevcut bilgiyi yeni durum ve bilgilere transfer etme süreci için ne yeterli zaman ne de yeterli fırsatlar sağlanmaktadır.

Uygulamalar sonucunda öğrenci görüşlerinden elde edilen bu sonuçlar bazı diğer çalışmalardaki bulgularla uyumludur (Chiappetta and Russel, 1982; Saunders and Shepardson, 1987; Haury, 1993; Paris and Paris, 2001; Patrick and Middleton, 2002; Perry, et al, 2002). Bu araştırmacılar sorgulamaya dayalı öğrenme aktivitelerinin öğrenciler için kendi kendine kontrol edebilen ve bağımsız öğrenciler olunması için ortam yarattığını ve ilk karşılaştıkları bir konu ile ilgili bilginin sorgulamaya dayalı öğrenme ortamında verildiği zaman öğrencilerin daha çok öğrendiklerini belirtmektedirler. Çalışmamızda gerçekleştirdiğimiz sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamalarından elde edilen bazı bulgular Krajcik et al., (2001)'in çalışması ile de uyum içerisinde, öğrencilerin sorgulamaya dayalı öğrenme aktivitelerinde uygun sorular sorma, bilgi üretme ve keşfetme, bilimsel bilginin kontrol ve denetimi, ileri araştırmalar tasarlama ve sonuçları ortaya çıkarma gibi sorgulamanın çeşitli aşamalarıyla meşgul oldukları belirtilmektedir. Germann et al., (1996a); fen laboratuvarında sorgulamaya dayalı öğrenme aktivitelerine katılan öğrencilerin deneysel bir tasarım yaparken hipotez oluşturma ve verilerin tanımlanmasında daha fazla başarı gösterdiklerini belirtmektedir. Literatürlerdeki birçok çalışma, sorgulama

tipli laboratuvarların öğrencilerin anlamlı öğrenmelerini, kavramsal anlamalarını, sorgulama yeteneklerini ve bilimin doğası hakkında anlayışlarını arttırmada güçlü bir etkisi olduğunu ileri sürmektedir (Hodson, 1990; Hofstein and Lunetta, 1982; 2003). Wallace (1997) çalışmasının sonuçlarında sorgulamaya dayalı eğitimin öğrencilerin fen kavramlarını anlamada pozitif bir etki yarattığını ortaya koymuştur. Kipnis and Hofstein (2007) sorgulama tipli laboratuvarların bu olumlu etkilerinin yanı sıra, bu öğrenme yaklaşımının öğrencilerin üst bilişsel aktiviteleri için fırsatlar sağladığını da ileri sürmektedir. Bu fırsatlardan yararlanılması öğretmenlerin davranışı, sorgulamaya dayalı aktivite ve laboratuvar ortamı gibi birçok faktöre bağlıdır. Sorgulamaya dayalı aktivitelerin gerçekleşmesi süresince, öğrenciler sorgulama sürecinin çeşitli aşamalarında üst bilişsel becerilerini kullanmaktadırlar. Öğrencilerin üst bilişsel becerilerini kullandıkları sorgulama süreci aşamaları için şunlar söylenebilir; (a) Sorgulama öncesi aşamada gerçekleştirilen ön-deney ile ilgili birçok sorunun sorulduğu ve daha ileri araştırmalar için bir sorgulama sorusunun seçildiği aşamada öğrenciler, kendileri ve grup arkadaşları tarafından önerilen sorular hakkındaki düşünce ve fikirlerini gösterme fırsatı elde ederler. Bu aşamada “üst bilişsel bildirme bilgisi” ifade edilir; (b) Daha ileri araştırmalar için bir sorgulama sorusunun seçimi sürecinde, öğrenciler “üst bilişsel yöntemsel bilgilerini” ifade ederler. Bu aşamadaki soru seçimi sonuca ulaşılmasını sağlamaktadır; (c) Planladıkları bir deneyin gerçekleştirilmesi ve bazı değişikliklerin ve ileri araştırmaların planlanması sürecinde, öğrenciler “kavrama becerisi denetimini” yaparken gerekli bazı bileşenlerin planlanmasını da gösterme fırsatı elde ederler; (d) Sorgulama aktivitesinin son aşamasında öğrenciler raporlarını yazarlar ve sonuçları ortaya çıkarırlar. Bu aşamada öğrenciler “üst bilişsel koşullu bilgi”yi kullanırlar; (e) Tüm aktivite süresince öğrenciler “kavrama becerisi denetimi” ile ilişkili bazı bileşenlerin değerlendirmesini ve kontrolünü yapmışlardır. Bu şekilde öğrenciler sonuçların mantıklı olup olmadığını kararlaştırmak amacıyla gözlemlerinin sonuçlarını düzenli olarak incelemiş olurlar (Kipnis and Hofstein, 2007).

Öğrencilerin söz konusu uygulamaları gerçekleştirmelerinin onların daha bilimsel sorular sorma becerilerini arttırdığı da elde edilen bulgular arasındadır (Hofstein et al., 2004). Tobin (1990), laboratuvar aktivitelerindeki anlamlı öğrenmenin önemli bir bileşeninin, her bir öğrenci için sonuçları yansıtma, doğru ve yanlış anlamaları ortaya çıkarma ve diğer öğrencileri, öğretmen, kitap ve materyalleri içeren bir dizi kaynağa başvurma fırsatlarının sağlanması olduğunu belirtmektedir.

Gerçekleştirdiğimiz bu çalışma, sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamalarının bir sonucu olarak öğrencilere kendi öğrenmelerinde sorumluluk üstlenmede fırsatlar sağlamıştır. Çalışmanın sonucunda, sorgulama tipli deneylerle kazanılan daha fazla deneyimin bir sonucu olarak öğrencilerin daha iyi ve konuyla ilgili daha çok soru sorma becerilerinin geliştiği gözlenmiştir.

İyi tasarlanmış sorgulamaya dayalı laboratuvar aktiviteleri öğrencilerin yüksek seviyeli öğrenme yeteneklerinin gelişimine yardımcı olabilmektedir. Bu tip laboratuvar yaklaşımları, öğrencilere ileri araştırma (örn., ilgili sorular sorma), bilimsel iddialar oluşturma ve bu iddianın sınıfta diğer arkadaşlarının önünde aynı iddiaya destek olan diğer grup arkadaşlarıyla işbirliği içerisinde doğrulama gibi becerilerinin gelişimine yardımcı olabilmektedir (Hofstein et al., 2004).

Bu tür laboratuvar aktivitelerinin zaman tüketici olduğu şüphe götürmez bir gerçektir, dolayısıyla eğitim sistemi benzer karmaşık sorgulama ve ileri araştırma görevlerinin gerçekleşmesinde yeterli zamanın sağlanacağı bir düzenlemeye gitmek zorundadır. Buna benzer deneyimler, öğrencilerin sınıfta ne öğrendikleri ile laboratuvarında ne öğrendikleri ve ne keşfettikleri arasında bağlantı kurabilmeleri için diğer fen sınıflarındaki öğrenme deneyimleri ile bütünleşmelidir. Bu durum, öğrenmenin içeriğe bağımlı olduğu ve öğrencilerin bilgiyi gerçek ve anlamlı problemleri çözerek oluşturduğu genel inancını temel almaktadır (Brown et al., 1989).

## 6.2. Araştırma Bulgularına Yönelik Öneriler

Sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamaları sonucunda elde edilen sonuçlara dayalı olarak yapılan öneriler aşağıda özetlenmiştir:

1. Üniversite seviyesinde kimya deney uygulamalarındaki öğrenci performansına etkisi incelenen sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımının fen bilimleri konularını içeren öğretimin her seviyesinde uygulanması gerekir. İlk ve ortaöğretim seviyesinde de bu yaklaşımın kullanımının yaygınlaşması gerekir.
2. Çalışmamız kapsamında yürütülen uygulamalarda tek grup öğrenci örneklemini ile çalışılmıştır. Sonuçların özellikle öğrenci performansı ve araştırma kapsamında incelemeye alınan diğer değişkenlerle birlikte karşılaştırmalı olarak incelenmesi açısından çalışmanın deney ve kontrol gruplu olarak yürütülmesinin daha verimli olacağı düşünülmektedir.
3. Sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamalarının fen bilimleri derslerinde uygulanabilmesi için uygulamayı yürütecek öğretmenlerin tecrübesi önemli

olduğundan sahip oldukları bilgi ve deneyimler göz önüne alınmalıdır. Bunun için daha tecrübeli diğer öğretmenlerle yapılacak bir işbirliği ile hizmet içi ve hizmet öncesi mesleki gelişim programları önem taşımaktadır. Bu yaklaşımı tanıtmak için yapılacak program veya eğitimlerde öğretmenlere küçük gruplar halinde çalışma ortamı sağlanmalı, öğretmenlerin bu yaklaşım ile ilgili kazandıkları bilgi ve deneyimleri sınıf ortamında nasıl uyguladıkları izlenmeli ve sonuçlar birlikte değerlendirilmelidir.

4. Sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamalarının geleneksel öğretmen merkezli öğrenme yaklaşımlarına göre daha fazla zaman alıcı olduğuna dikkat edilmelidir. Bu engeli aşmak için sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamalarını gerçekleştiren bir sınıfta dersin tasarımı ve planlanması uygulama öncesinde yapılmalıdır.
5. Öğrencilerin soyut kavramları daha iyi anlayabilmeleri için somut materyallerle çalışmaları gereklidir. Okullarda uygulamanın yapılacağı laboratuvarlara uygun araç-gereç sağlanmalı ve etkin bir şekilde kullanılmalıdır. Öğrencilere uygulamalar süresince gerekli tüm alet ve gereçlerin sağlanması onların bu tür uygulamalara daha istekli katılmalarını sağlayacaktır. Öğrencilerde artan istek, onların fen bilimleri derslerine karşı tutum, ilgi ve motivasyonlarını daha olumlu yönde geliştirmeye yardımcı olacaktır. Ayrıca öğrenciler somut materyallerle çalışarak bilgiyi elde ettikleri için öğrenmeleri daha kalıcı hale gelecektir.
6. Sorgulamaya dayalı kimya deney uygulamalarında merak, soru sorma ve keşfetme çabası en temel özelliktir. Özellikle ilköğretim öğrencilerinin bu temel özellikleri daha çok ortaya çıkaracakları fen bilimleri dersinin içeriğinin düzenlenmesinde bu temel özellikler göz önüne alınmalıdır. Öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini kullanacakları ve ileri araştırmalar gerektiren aktiviteler seçilmelidir.
7. Buradaki çalışmada incelemeye alınan öğrencilerin söz konusu uygulamalar sonrası performansları, mantıksal düşünme yetenekleri, bilimsel işlem becerileri, kimya laboratuvarına yönelik tutum ve kaygılarının yanı sıra öğrencilerin problem çözme ve eleştirel düşünme becerileri de araştırılarak bu yaklaşımın etkinliği ortaya konulabilir. Öğrencilerin ileri araştırmalar yaparken yararlandıkları teknolojik araçlar da göz önüne alınırsa bu yaklaşımın teknoloji destekli uygulamasının etkinliği de incelemeye alınabilir.



## KAYNAKLAR

- Abendroth, W., and Friedman, F., 1983, 2YC3 Joules: Anxiety reduction for beginning chemistry students, *Journal of Chemical Education*, 60 (1), p25-26.
- Abdallah, I.İ., 2003, Design and initial validation of an instrument for measuring teacher beliefs and experiences related to inquiry teaching and learning and scientific inquiry, University of Ohio State, (Yayınlanmamış Doktora Tezi).
- Abdelraheem, A., and Asan, A., 2006, The effectiveness of inquiry-based technology enhanced collaborative learning environment. *International Journal of Technology in Teaching and Learning*, 2 (2), p65-87.
- Abd-El-Khalick, F., Boujaoude, S., Duschl, R., Lederman, N., G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., Niaz, M., Treagust, D., and Tuan, H., 2004, Inquiry in science education: International perspectives, *Science Education*, 88 (3), p397-419.
- Abruscato, J., 2004, Teachig children science: Discovery methods for the elementary and middle grades, USA, Person Education Inc.
- Adar, L., 1969, A theoretical framework for the study of motivation in education, Jerusalem: The Hebrew University, (In Hebrew.).
- Aiello-Nicosia M.L., Mineo, S.R.M., and Valenza, M. A., 1984, The relationship between science process abilities of teachers and science achievement of students: An experimental study, *Journal of Research in Science Teaching*, 21 (8), p853-858.
- Ash, D., and Kluger-Bell, B., 2000, Identifying inquiry in the K5 classroom, inquiry: thoughts, views, and strategies for the K-5 classroom, *Foundations*, Vol. 2, Chp. 10, [Online Available]: ([www.nsf.gov/pubs/2000/nsf99148/htmstart.htm](http://www.nsf.gov/pubs/2000/nsf99148/htmstart.htm)).
- Akgün, Ş., 2001, Fen bilgisi öğretimi, Geliştirilmiş Yedinci Baskı, Giresun: Öncü Basımevi.
- Alvarado, E. A., and Herr, P.R., 2003, Inquiry-based learning: Using everyday objects, California: Corwin Pres,Inc.
- Alouf, L.J., and Bentley, M.L., 2003, Assessing the impact of inquiry-based science teaching in professional development activities, PK-12, Paper Presented at the 2003 Annual Meeting of the Association of Teacher Educators (Jacksonville, FL, February 17, 2003)..
- American Association for the Advancement of Science (Fen Gelişimi için Amerikan Birliği), 1993, Benchmarks for Science Literacy, Project 2061, New York: Oxford University Pres.

- Amaral, O.M., Garrison, L. and Klentschy, M., 2002, Helping, english learners increase achievement through inquiry-based science instruction, *Bilingual Research Journal*, 26 (2), p213-239.
- Amrein, A.L., and Berliner, D.C., 2003, The effects of high-stakes testing on student motivation and learning, *Educational Leadership*, 60 (5), p32-38
- Anamuah-Mensah, J., 1986, Cognitive strategies used by chemistry students to solve volumetric analysis problems, *Journal of Research in Science Teaching*, 23 (9), p759-769.
- Apedoe, X.S., and Reeves, T.C., 2006, Inquiry-based learning and digital libraries in undergraduate science education, *Journal of Science Education and Technology*, 15 (5-6), p321-330.
- Arroyo, A.A., Rhoad, R. and Drew, P., 1999, Meeting diverse student needs in urban schools: research-based recommendations for school personel, *Preventing School Failure*, 43 (4), p145-153.
- Arons, A.B., 1993, Guiding insight and inquiry in the introductory physics laboratory, *Physics Teacher*, 31 (5), p278-282.
- Arthur, C., 1993, *Teaching science through discovery*, Toronto: Macmillan Publishing Company.
- Ashmore, A.D., Frazer, M.J. and Cassey, R.J., 1979, Problem-solving and problem-solving networks in chemistry, *Journal of Chemical Education*, 56 (6), p377-379.
- Aşkar, P., 1989, Etkileşimli problem çözme, *Problem çözme yöntemleri sempozyumu*, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, syf 65-73.
- Atasever, M., 1995, Civil peynirinin üretiminde farklı asitlikteki sütlerin kullanımı ile tuzlama tekniklerinin kaliteye etkisi üzerine araştırmalar, *Doktora Tezi*, Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- Ateş, S., 2004, The effects of inquiry-based instruction on the development of integrated science process skills in trainee primary school teachers with different piagetian developmental levels, *GÜ, Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 24 (3), p275-290.
- Ausubel, D.P., Novak, J.D., and Hanesian, H., 1978, *Educational psychology - A cognitive view*, (2<sup>nd</sup> ed.), New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Ayas, A., Çepni, S., ve Akdeniz, A.R., 1994, Fen bilimleri eğitiminde laboratuvarın yeri ve önemi II: Laboratuar uygulamalarında amaçlar ve yaklaşımlar, *Çağdaş Eğitim*, sayı 205, 7-12.

- Ayas, A. , 1995, Fen bilimlerinde yeni program geliştirme ve uygulama teknikleri: İki çağdaş yaklaşımın değerlendirilmesi, Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 11, 149-155.
- Azizoğlu, N. and Uzuntiryaki, E., 2006, Kimya laboratuvarı endişe ölçeği, H.Ü. Eğitim Fakültesi Dergisi, 30, 55-62.
- Baird, W.E., Perry, W.D., and Simon, M., 1989, Correlates of student performance in the science olympiad: The test of integrated process skills and other variables, Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for research in Science Teaching San Fransisco CA. March 20-April 1, 1989, (ERIC Document Reproduction Service No. ED305248).
- Baird, J. R., 1990, Metacognition, purposeful inquiry and conceptual change, In E. Hegarty-Hazel (Ed.), The student laboratory and the science curriculum (pp. 183–200), London: Routledge.
- Baker R. D., and Piburn, M., 1991, Process skills acquisition, cognitive growth and attitude change of ninth grade students in a scientific literacy course, Journals of Research in Science Teaching, 28 (5), p423-436.
- Baker, D., Piburn, M.D., Leary, R., Moffat, N., Sildik, L., Trammel, R., et al., 1992, Letting students speak: Triangulation of qualitative and quantitative assessments of attitude toward science, Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, San Fransisco, (ERIC Document Reproduction Service No.ED351216).
- Barr, B. B., 1994, Research on problem solving: Elementary school. In: D.L. Gabel (Ed.), Handbook of Research on Science Teaching and Learning. (pp. 237–247). New York, McMillan: A Project of the National Science Teacher Association.
- Barron, B.J.S., Schwartz, D.L., Vye, N.J., Moore, A., Petrosino, A., Zech, L., and Bransford, J.D., 1998, Doing with understanding: Lessons from research on problem and project-based learning, The Journal of the Learning Sciences, 7 (3-4), p271–311.
- Barrow, H.S., 1986, A taxonomy of problem-based learning methods, Medical Education, 20 (6), p481-486.
- Basağa, H., Geban, Ö., and Tekkaya, C., 1994, The effect of the inquiry teaching method on biochemistry and science process skill achievements, Biochemical Education, 22 (1), p29-32.
- Bates, G.R., 1978, The role of the laboratory in secondary school science programs, in Rowe, M.B., (ed.), What research says to the science teacher, Vol. 1. Washington D.C: National Science Teachers Association.
- Baumfield, V., 2006, Tools for pedagogical inquiry: The impact of teaching thinking skills on teachers, Oxford Review of Education, 32 (2), p185–196.

- Baxter, B.K., Jenkins, C.C., Southerland, S.A., and Wilson, P., 2004, Using a multilevel assessment scheme in reforming science methods courses, *Journal of Science Teacher Education*, 15 (3), p211–232.
- Beaumont-Walters, Y. and Soyibo, K., 2001, An analysis of high school students' performance on five integrated science process skills, *Research in Science and Technological Education*, 19 (2), p133-45.
- Beishuizen, J., Wilhelm, P., and Schimmel, M., 2004, Computer-supported inquiry learning: effects of training and practice, *Computers and Education*, 42 (4), p389-402.
- Ben-Zvi, R., Hofstein, A., Samuel, D., and Kempa., R. F., 1976, The attitude of high school students to the use of filmed experiments, *Journal of Chemical Education*, 53 (9), p575-576.
- Ben-Zvi, R., Hofstein, A., Samuel, D., and Kempa, R. F., 1977, Modes of instruction in high school chemistry, *Journal of Research in Science Teaching*, 14 (5), p433-439.
- Benson, A., and Bruce, C., 1998, Using the web to promote inquiry and collaboration: A snapshot of the Inquiry Page's development, [Online Available]: [http://www.students.ujuc.edu/-apbenson/collaborative\\_inquiry.html](http://www.students.ujuc.edu/-apbenson/collaborative_inquiry.html)
- Benson, A., and Bruce, B.C., 2001, Using the web to promote inquiry and collaboration: a snapshot of the inquiry page's development, *Teaching Education*, 12 (2), p153-163.
- Bereiter, C., and Scardamalia, M., 1993, *Surpassing ourselves. An inquiry into the nature and implications of expertise*, Chicago, IL: Open Court.
- Berg, C.A.R., Bergendahl, V.C.B., and Lundberg, B.K.S., 2003, Benefiting from an open-ended experiment? A comparison of attitudes to, and outcomes of, an expository versus an open-inquiry version of the same experiment, *International Journal of Science Education*, 25 (3), p351-372.
- Berg, A., 2005, *Learning chemistry at the university level: Student attitudes, motivation and design of the learning environment*, Doctoral dissertation, Department of Chemistry, Umeå University, ISBN 91-7305-934-X, Number of pages 47, September 2005, Sweden.
- Beyer, B., 1971, *Inquiry in the social studies classroom: Strategies for teaching*, Columbus, OH: Charles E., Merrill Publishing company.
- Billings, R.L., 2001, *Assessment of the learning cycle and inquiry based learning in high school physics education*, A thesis submitted to Michigan State University in partial fulfillment of the requirements for the degree of master of science, Division of Natural Science and Mathematics Education.

- Black, P., and William, D., 1998, Inside the black box: Raising standards through classrooms assessment, *Phi Delta Kappan*, 80 (2), p139-148, [Online Available]: (<http://www.pdkintl.org/kappan/kbla9810.htm>).
- Blosser, P., 1980, A critical review of the role of the laboratory in science teaching, Columbus OH: Center for Science and Mathematics Education.
- Blumberg, P., 2000, Evaluating the evidence that problem based learners are self-directed learners: A review of the literature, In Evenen, D.H., and Hmelo, C.E., *Problem-based learning: A research perspective on learning interactions* (p 199-226), Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Bonnstetter, R., 1998, Inquiry: Learning from the past with an eye on the future, *Electronic Journal of Science Education*, 3(1), p1-5, [Online Available]: (<http://unr.edu/homepage/jcannon/ejse/bonnstetter.html>).
- Booth, G., 2001, Is inquiry the answer?, *Science Teacher*, 68 (7), p57-59.
- Borgford, C.L., and Summerlin, L.R., 1988, *Chemical activities: Teacher edition*, English Document (ED) 329 American Chemical Society, 1155 Sixteenth Street, NW, Washington, DC 20036, ISBN: ISBN-0-8412-1416-6.
- Bowen, C. W., 1999, Development and score validation of a chemistry laboratory anxiety instrument (CLAI) for college chemistry students, *Educational and Psychological Measurement*, 59 (1), p171- 187.
- Bowers, R.S., 2000, A pedagogy of success: Meeting the challenges of urban middle schools, *Clearing House*, 73 (4), p235-238.
- Bozdoğan, a., 2007, Fen bilgisi öğretiminde çalışma yaprakları ile öğretimin öğrencilerin fen bilgisi tutumuna ve mantıksal düşünme becerilerine etkisi, Yüksek lisans tezi, Çukurova Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İlköğretim Anabilim Dalı, Adana.
- Bransford, J.D., Brown, A.L. and Cocking, R.R., 2000, *How people learn: Brain, mind, experience, and school*, Washington, DC: National Academy Pres.
- Breslow, R., 1993, Let's put an end to chemophobia, *Scientist*, 7 (6), 12.
- Brew, A., 2003, Teaching and research: New relationships and their implications for inquiry-based teaching and learning in higher education, *Higher Education Research & Development*, 22 (1), p3-18.
- Brockmeyer, M.A., December 1998, The impact of an extended inquiry-based inservice program on the beliefs and practices of beginning secondary science teachers, A thesis submitted to the department of education in partial fulfillment of the requirements for the doctor of philosophy degree in science education in the graduate college of the University Iowa.

- Brown, J.S., Collins, A., and Duguid, P., 1989, Situated cognition and the culture of learning, *Educational Researcher*, 18 (1), p32-41.
- Brown, P.L., Abell, S.K., Demir, A., and Schmidt, F.J., 2006, College science teachers' views of classroom inquiry, *Science Education*, 90 (5), p784-802.
- Brubacher, J.W. and Charles, W., and Timothy, G., 1994, *Becoming a reflective educator: How to build a culture of inquiry in the schools*, (ERIC Document Reproduction Service No. ED364534).
- Bruner, J.S., and Kenney, M.J., 1966, *Studies in cognitive growth*, New York: Wiley.
- Bryce, T.G.K. and Robertson, I.J., 1985, What can they do? A review of practical assessment in science, *Studies in Science Education*, 12 (1), p1-24.
- Bulte, A.M.W., Westbroek, H.B., de Jong, O., and Pilot, A., 2006, A research approach to designing chemistry education using authentic practices as contexts, *International Journal of Science Education*, 28 (9), p1063–1086.
- Bunce, D.M., Gabel, D.L., and Samuel, K.B., 1991, Enhancing chemistry problem-solving achievement using problem categorization, *Journal of Research in Science Teaching*, 28 (6), p505-522.
- Bybee, R.W., Buchwald, C.E., Crissman, S., Heil, D.R., Kuerbis, P.J., Matsumoto, C., and McInerney, J.D., 1989, *Science and technology education for the elementary years: Frameworks for curriculum and instruction*, Colorado Springs: The National Center for Improving Science Education, (ERIC Document Reproduction Service No. ED314237).
- Bybee, W.R., 1997, *Achieving scientific literacy: From purposes to practices*, (ERIC Document Reproduction Service No. ED461491).
- Bybee, R., 2000, Teaching science as inquiry, in Minstrel, J. and Van Zee, E.H, (Eds.), *Inquiring into inquiry learning and teaching in science* (pp. 20–46), Washington, DC: American Association for the Advancement of Science (AAAS).
- Camacho, M., and Good, R., 1989, Problem solving and chemical equilibrium: Successful versus unsuccessful performance, *Journal of Research in Science Teaching*, 26 (3), p251-272.
- Campbell, T., 2007, *The Science Laboratory experiences of Utah's high school students*, A Research Report, Salt Lake City, Utah: Curriculum and Instruction, Utah State Office of Education (USOE), (ERIC Document Reproduction Service No. ED497728).
- Capobianco, B.M., 2007, A self-study of the role of technology in promoting reflection and inquiry-based science teaching, *Journal of Science Teacher Education* 18 (2), p271–295.

- Carin, A. and Sund, R.B., 1985, Teaching science through discovery (5<sup>th</sup>), Columbus, OH: Charles E., Merrill.
- Carin, A.A., 1993, Teaching science through discovery, Toronto: Macmillan Publishing Company.
- Carin, A. A., and Bass, J.E., 2001, Teaching science as inquiry, Ninth edition, Upper Saddle River, NJ Columbus, Ohio: Merrill Prentice Hall, ISBN 0-13-021284-9.
- Carey, S., Evans, R., Honda, M., Jay, E., and Unger, C., 1989, An experiment is when you try it and see if it works: A study of grade 7 students' understanding of the construction of scientific knowledge, *International Journal of Science Education*, 11 (Special Issue), p514-529.
- Cavallo, A.M.L., 1996, Meaningful learning, reasoning ability, and students' understanding and problem solving of topics in genetics, *Journal of Research in Science Teaching*, 33(6), p625–656.
- Chaille, C., and Britain, L., 2003, The young child as scientist: a constructivist approach to early childhood science education, USA: Third Edition, New York: Allyn and Bacon.
- Champagne, A.B., Gunstone, R.F., and Klopfer, L.E., 1985, Effecting changes in cognitive structures among physics students, In West, L. and Pines, L. (Eds), *Cognitive Structure and Conceptual Change*, Orlando: Academic Press.
- Chan, C., Jud, B., and Carl, B., 1997, Knowledge building as a mediator of conflict in conceptual change, *Cognition and Instruction*, 15 (1), p1-40.
- Chandran, S., Treagust, D. F. and Tobin K., 1985, The role of cognitive factors in chemistry achievement, *Journal of Research in Science Teaching*, 24 (2), p145 – 160.
- Chang, H. P., and Lederman, N. G., 1994, The effect of levels of cooperation within physical science laboratory groups on physical science achievement, *Journal of Research in Science Teaching*, 31 (2), p167–181.
- Chang, C.Y., and Mao, S.L., 1998, The effects of an inquiry-based instructional method on earth science students' achievement, Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, San Diego, CA., (ERIC Document Reproduction Service No. ED418858).
- Chang, C.Y. and Mao, S.L., 1999, Comparison of taiwan science students' outcomes with inquiry-group versus traditional instruction, *Journal of Educational Research*, 92 (6), p340-346.
- Chang, K.E., Sung, Y.T., and Lee, C.L., 2003, Web-based collaborative inquiry learning, *Journal of Computer Assisted Learning*, 19 (1), p56-69.
- Chastain, P., 2000, Incorporating inquiry-based learning into your science curriculum, workshop, Unpublished Raw Data.

- Chi, M.T.H., Feltovitch, P.J., and Glaser, R., 1981, Categorization and representation of physics problems by experts and novices, *Cognitive Science*, 5, p121-152.
- Chiappetta, E.L., and Russell, J.M., 1982, The relationship among logical thinking, problem solving instruction, and knowledge and application of earth science subject matter, *Science Education*, 66 (1), p85-93.
- Chiappetta, E.L., 1997, Inquiry-based science, strategies and techniques for encouraging inquiry in the classroom, *Science Teacher*, 64, p22-26.
- Colburn, A., 1996, Modifying laboratory activities [invited paper], *The Science Teacher*, 63 (1), 10.
- Colburn, A., 1997, How to make lab activities more open ended, *CSTA Journal*, p4-6.
- Colburn, A., 1998, Constructivism and science teaching, *Phi Delta Kapa Fastbacks No.435* 7-44.
- Colburn, A., 2000, An inquiry primer, *Science Scope*, Special issue, p42-44.
- Collette, A.T. and Chiappetta, E.L., 1989, *Science instruction in the middle and secondary schools*, Second Edition, Merrill Publishing Company.
- Collins L.H., Rodenbaugh, W.D., Murphy, T.P., Kulics, J.M., Bailey, C.M., Cynthia, M., and Dicarlo, S.E., 1999, An inquiry-based teaching tool for understanding arterial blood pressure regulation and cardiovascular fuction, *Advances in Physiology Education*, 22 (1), p15-28.
- Cooper, M. M., 1994, Cooperative chemistry laboratories, *Journal of Chemical Education*, 71(4), p307.
- Coppola, B.P. and Lawton, R.G., 1995, Who has the same substance that I have? A blueprint for collaborative learning activities, *Journal of Chemical Education*, 72, 1120-1122.
- Coulter, B., 2000, Technology for learning: How does technology support inquiry?, *Synergy Learning*, 13 (4).
- Crawford, A. B., 1997, *Collaboration in the classroom: A framework for research and practice*, Oregon State University, AETS Conference Proceedings.
- Crawford, B.A., 2000, Embracing the essence of inquiry: New roles for science teachers, *Journal of Research in Science Teaching*, 37 (9), p916–937.
- Crawford, B. A., Zembal-Saul, C., Munford, D., and Friedrichsen, P., 2001, Using technology-rich tasks as the context for learning to teach the nature of science and evolution, A paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, Seattle, WA. April 10-14, 2001, Presented by all.



- Crawford, B. A., 2007, Learning to teach science as inquiry in the rough and tumble of practice, *Journal of Research in Science Teaching*, 44 (4), p613–642.
- Crowther, D.T., 1999, Here we grow again: Applications of research and model inquiry lessons, [Electronic version], *Electronic Journal of Science Education*, 3 (3), p1-4.
- Csikzentmihalyi, M., and Getzels, J.W., 1971, Discovery-oriented behavior and the originality of creative products: A study with artists, *Journal of Personality and Social Psychology*, 19 (1), p47-52.
- Cuevas, P., Lee, O., Hart, J. and Deaktor, R., 2005, Improving science inquiry with elementary students of diverse backgrounds, *Journal of Research in Science Teaching*, 42 (3), p337–357.
- Czemiak, C. and Chiarelott, L., 1984, Science anxiety: An investigation of science achievement, sex and grade level factors, Paper presented at the 68th Annual Meeting of the American Educational Research Association, New Orleans, LA, April 23-27.
- Çalışkan, S.I., September 2004, The effect of inquiry-based chemistry course on students' understanding of atom concept, learning approaches, motivation, self-efficacy, and epistemological beliefs, A thesis submitted to the graduate school of Natural and Applied Sciences of the Middle East Technical University, In partial fulfillment of the requirements for the degree of master of science in the Department of Secondary Science and Mathematics Education.
- Çepni, S., Ayas, A. Johnson, D. and Turgut, F., 1996, *Fizik Öğretimi*. Ankara: Milli Eğitim Geliştirme Projesi Hizmet Öncesi Öğretmen Eğitimi Deneme Basımı.
- Dalton, B., Morocco, C.C. and Tivnan, T., and Mead, P.L.R., 1997, Supported inquiry science: Teaching for conceptual change in urban suburban science classrooms, *Journal of Learning Disabilities*, 30 (6), p670-684.
- Dantley, S.J., 1999, Examining the effects of technology enhanced, inquiry-based laboratories on graphing skills, content knowledge, science reasoning ability and attitudes of community college chemistry students, Dissertation submitted to the faculty of the graduate school of the University of Maryland, College park in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy.
- Daubenmire, P.L., 2004, A longitudinal investigation of student learning in general chemistry with the guided inquiry approach, A dissertation submitted to the faculty of Department of Chemistry School of Arts and Sciences of the Catholic University of America in partial fulfillment of the requirements for the Degree Doctor of Philosophy.
- DeBoer, G.E., 1991, *A history of ideas in science education: Implications for practice*, New York: Teachers College Press, (ERIC Document Reproduction Service No. ED329428).

- Dede, C. (Eds.), 1998, ASCD 1998 Yearbook on learning with technology, Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
- de Jesus, H.P., de Souza, F.N., Teixeira-Dias, J.J.C., and Watts, M., 2005, Organising the chemistry of question based learning: a case study, *Research in Science & Technological Education*, 23 (2), p179–193.
- Dettrick, G.W., 2003, *Constructivist Teaching Strategies*, [http://www.inform.umd.edu/ums-i-state/UMD\\_Projects/MLTP/Essays/Strategies.txt](http://www.inform.umd.edu/ums-i-state/UMD_Projects/MLTP/Essays/Strategies.txt).
- Dewey, J., 1916, *Democracy and education*, New York: Free Press.
- Dewey, J., 1938, *Experience and education*, New York: Macmillan, Wilson, E.O., (1998), *Consilience: The unity of knowledge*, New York: Knopf.
- Dewey, J., 1991, *How we think*. Buffalo, NY: Prometheus Books. Originally published 1910.
- DiBiase, W. J., and Wagner, E.P., 2002, Aligning general chemistry laboratory with lecture at a large university, *School Science and Mathematics*, 102 (4), p158-171.
- Dillashaw, G.F. and Okey, J.R., 1980, Test of integrated process skills for secondary science students, *Science Education*, 64 (5), p601-608.
- DiPasquale, D.M., Mason, C.L. and Kolkhorst, F.W., 2003, Exercise in inquiry: Critical thinking in an inquiry-based exercise physiology laboratory course, *Journal of College in Science Teaching*, 32 (6), p388-393.
- Doğruöz, P., 1998, Effect of science process skill oriente lesson on understanding of fluid force concepts, Middle East Technical University, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi)
- Domjan, N. H., 2003, An analysis of elementary teachers' perceptions of teaching science as inquiry, University of Houston, (Yayınlanmamış Doktora Tezi).
- Dow, P., 2000, Why inquiry? A historical and philosophical commentary, inquiry: Thoughts, views, and strategies for the K-5 classroom, *Foundations*, Vol. 2, Chap. 1, [Online Available]: ([www.nsf.gov/pubs/2000/nsf99148/htmstart.htm](http://www.nsf.gov/pubs/2000/nsf99148/htmstart.htm)).
- Downing, J.E., Filer, J.D., and Chamberlain, R.A., 1997, Science process skills and attitudes of preservice elementary teachers, Paper presented at the annual meeting of the Mid-South Educational Research Association, (ERIC Document Reproduction Service No. ED 416191).
- Dreyfus, A., 1986, Manipulating and diversifying the levels of difficulty and task sophistication of one and the same laboratory exercise, *International Journal of Science Education*, 8 (1), p17–25.
- Dwinell, P.L., and Higbee, J.L., 1989, The relationship of affective variables to student performance: Research findings, Paper presented at the annual

- conference of the National Association of Developmental Education (13th, Cincinnati, OH, March, 1989). U.S.; Georgia; 1989-03-00.
- Dyasi, H., 2000, What children gain by learning through inquiry: Thoughts, views, and strategies for the K-5 classroom, *Foundations*, Vol. 2, Chap. 2, [Online Available]: ([www.nsf.gov/pubs/2000/nsf99148/htmstart.htm](http://www.nsf.gov/pubs/2000/nsf99148/htmstart.htm)).
- Ebenezer, V. J., and Zoller, U., 1993, Grade 10 students' perceptions of and attitudes toward science teaching and school science, *Journal of Research in Science Teaching*, 30 (2), p175-186.
- Eddy, R. M., 2000, Chemophobia in the college classroom: Extent, sources, and students characteristics, *Journal of Chemical Education*, 77 (4), p514-517.
- Edelson, D.C., Gordin, D.N., and Pea, R.D., 1999, Addressing the challenges of inquiry-based learning through technology and curriculum design, *Journal of the Learning Sciences*, 8 (3- 4), p391-450.
- Edmund, N., 2000, *The scientific method today: Your guide to the complete method of creative problem solving and decision making*, SM-14, Year 2000 Edition (ERIC Document Reproduction Service No. ED445921).
- Eick, C. J., and Reed, C. J., 2002, What makes an inquiry-oriented science teacher? The influence of learning histories on student teacher role identity and practice, *Science Education*, 86 (3), p401-416.
- Eltinge, M.E. and Roberts, C.W., 1993, Linguistic content analysis: A method to measure science as inquiry in textbooks, *Journal of Research in Science Teaching*, 30 (1), p65-83.
- Eglen, J.R., and Kempa, R.F., 1974, Assessing manipulative skills in practical chemistry, *School Science Review*, 56 (195), p261-273.
- Exploratorium Institute for Inquiry (Sorgulama için Keşfetme Enstitüsü), 1998, A description of Inquiry, [Online Available]: <http://www.exploratorium.edu/IFI/about/inquiry.html>.
- Everett, S.B., 2001, Personal communication, August 15., Iowa City, Iowa.
- Fair, J. and Kachaturoff, G., 1988, Teaching thinking: Another try, *Social Studies*, 79 (2), p64-69.
- Falk, J., and Drayton, B., 2000, Cultivating a culture of inquiry [Electronic version], *Hands On*, 23 (2), p1-7, [Available online at: <http://www.terc.edu/handsonissues/f00/falk.html>].
- Feden D.P., and Vogel, R.M., 2003, *Methods of teaching: Applying cognitive science to promote student learning*, Boston, MA: McGraw-Hill.

- Fisher, D., Harrison, A., Hofstein, A., and Henderson, D., 1998, Laboratory learning environments and practical tasks in senior secondary science classes, *Research in Science Education*, 28 (3), p353- 363.
- Finley, N. F., 1983, Science processes, *Journal of Research in Science Teaching*, 20 (1), p47-54.
- Flick, L., 1990, Affecting preservice elementary teachers' attitudes toward inquiry teaching in science through projects with individual children, Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching: Atlanta, (ERIC Document Reproduction Service No.ED319596).
- Flick, L. B., 2000, Cognitive scaffolding that fosters scientific inquiry in middle level science, *Journal of Science Teacher Education*, 11 (2), p109–129.
- Fraser, B., McRobbie, C.J., and Giddings, G.J., 1993, Development and cross-national validation of a laboratory classroom instrument for senior high school students, *Science Education*, 77 (1), p1-24.
- Fraser, B.J., Giddings, G.J., and McRobbie, C.J., 1995, Evolution and validation of a personal form of an instrument for assessing science laboratory classroom environments, *Journal of Research in Science Teaching*, 32(4), p399-422.
- Frazer, M.J., 1982, Nyholm lecture - solving chemical problems, *Chemical Society Reviews*, 11, p171-190.
- Frazer, M.J., and Sleet, R.J., 1984, A study of students' attempts to solve chemical problems, *European Journal of Science Education*, 6 (2), p141-152.
- Freedman, M. P., 1997, Relationship among laboratory instruction, attitude towards science and achievement in science knowledge, *Journal of Research in Science Teaching*, 34 (4), p343-357.
- French, D. and Russell, C., 2002, Do graduate teaching assistants benefit from teaching inquiry-based laboratories?, *Bioscience*, 52 (11), p1036-1041.
- Furtak, E.M., 2006, The Problem with answers: An exploration of guided scientific inquiry teaching, *Issues and Trends, Science Education*, 90 (3), p453-467.
- Gabel, D.L., and Bunce, D.M., 1994, Research on problem solving: Chemistry, In Gabel, D.L. (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning*, (301-326), New York: MacMillan.
- Gagne, R.M., 1977, *The Conditions of Learning*, (3<sup>rd</sup>.ed.), (New York, Holt, Rinehart and Winston).
- Ganiel, U. and Hofstein, A., 1982, Objective and continuous assessment of student performance in the physics laboratory, *Science Education*, 66, p581-591.

- Garnett, P.J., Garnett, P.J., and Hackling, M. W., 1995, Refocusing the chemistry lab: A case for laboratory-based investigations, *Australian Science Teacher Journal*, 41 (2), p26-32.
- Geban, Ö., Askar, P. and Özkan, İ., 1992, Effects of computer simulations and problem-solving approaches on high school students, *Journal of Educational Research*, 86 (1), 5-10.
- Germann, P.J., 1988, Development of the attitude toward science in school assessment and its use to investigate the relationship between science achievement and attitude toward science in school, *Journal of Research in Science Teaching*, 25 (8), p689-703.
- Germann, P.J., 1994, Testing a model of science process skills acquisition: An interaction with parents' education, preferred language, gender, science attitude, cognitive development, academic ability, and biology knowledge, *Journal of Research in Science Teaching*, 31 (7), p749-783.
- Germann, J. P., Aram, R., and Burke, G., 1996a, Identifying patterns and relationships among the responses of seventh grade students to the science process skills of designing experiments, *Journal of Research in Science Teaching*, 33 (1), p79-99.
- Gibson, H.L. and Chase, C., 2002, Longitudinal impact of an inquiry-based science program on middle school students' attitudes toward science, *Science Education*, 86(5), p693-705.
- Giddings, G.J. and Hofstein, A., 1980, Trends in the assessment of laboratory performance in high school science instruction, *The Australian Science Teacher Journal*, 26, 57-64.
- Giddings, G.J., Hofstein, A., and Lunetta, V.N., 1991, Assessment and evaluation in the science laboratory, In Woolnough, B.E. (ed.), *Practical science*, pp. 167-178, Milton Keynes: Open University Press.
- Gitlin, A., Barlow, L., Burbank, M.D., Kauchak, D., and Stevens, T., 1999, Pre-service teachers' thinking on research: Implications for inquiry oriented teacher education, *Teaching and Teacher Education*, 15 (7), p753-769.
- Glasson, E. G., 1989, The effects of hands-on and teacher demonstration laboratory methods on science achievement in relation to reasoning ability and prior knowledge, *Journal of Research in Science Teaching*, 26 (2), p121-132.
- Goodman, L. and Berntson, G., 2000, The art of asking questions, *American Biology Teacher*, 62 (7), p473- 476.
- Greenbowe, T.J., 1983, An Investigation of Variables Involved in Chemistry Problem Solving (Doctoral dissertation, Purdue University), *Dissertation Abstracts International*, 44, 3651A.

- Gunstone, R. F., and Champagne, A. B., 1990, Promoting conceptual change in the laboratory, in E. Hegarty-Hazel (Ed.), *The student laboratory and the science curriculum* (pp. 159–182), London: Routledge.
- Gunstone, R.F., 1991, Reconstructing theory from practical experience, in Woolnough, B.E., (Ed.), *Practical science* (pp. 67–77), Milton Keynes: Open University Press.
- Haberman, M., 1998, *The pedagogy of poverty versus good teaching*, Eisenhower National Clearinghouse.
- Hall, D.A., and McCurdy, D.W., 1990, A comparison of a biological sciences curriculum study (BSCS) laboratory and a traditional laboratory on student achievement at two private liberal arts colleges, *Journal of Research in Science Teaching*, 27 (7), p625-636.
- Harker, A. R., 1999, Full application of the scientific method in an undergraduate teaching laboratory: A reality-based approach to experiential student-directed instruction, *Journal of College in Science Teaching* , 29, p97-100.
- Harlen, W., 1998, *The teaching of science in primary schools*, Great Britain: Second Edition, London, David Fulton Publishers.
- Haskell, H. D., 2002, *Lecture to inquiry: The transformation of a Tech prep biology teacher*, University of Clemson, (Yayınlanmamış Doktora Tezi).
- Haskins, S.S., December 2000, *An analysis of laboratory activities found in applications in biology/chemistry: a contextual approach to laboratory science*, A dissertation presented to the faculty of the graduate school University of Missouri-Columbia in partial fulfillment of the requirements for the Degree Doctor of Philosophy.
- Hassard, J., 1992, *Minds on science: Middle and secondary school methods*, Harper Collins Publishers, New York, NY.
- Haury, D.L., 1993, *Teaching science through inquiry*, (ERIC/CSMEE Digest), Columbus: ERIC Clearinghouse for Science, Mathematics, and Environmental Education (ERIC Document Reproduction Service No. ED359048).
- Hayes, T. M., 2002, Elementary pre-service teachers' struggles to define inquiry-based science teaching, *Journal of Science Teacher Education*, 13 (2), p147-165.
- Heflich, D.A., Dixon, J. K., and Davis, K. S., 2001, Taking it to the field: The authentic integration of mathematics and technology in inquiry-based science instruction, *The Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 20 (1), p99-112.

- Hein, G.E. and Lee, S., 2000, Assessment of science inquiry, Foundations, Inquiry: thoughts, views, and strategies for the K-5 classroom, Vol. 2, Chap. 12, [Online Available]: ([www.nsf.gov/pubs/2000/nsf99148/htmstart.htm](http://www.nsf.gov/pubs/2000/nsf99148/htmstart.htm)).
- Heyer, S.M., 2001, The effects of gradually incorporating inquiry-based science instruction into eighth grade physical science achievement and student attitudes toward science, Master of Arts in Secondary Education, University of Arizona.
- Heyworth, R.M., 1999, Procedural and conceptual knowledge of expert and novice students for the solving of a basic problem in chemistry, International Journal of Science Education, 21 (2), p195- 211.
- Hinde, R.J. and Kovac, J., 2001, Student active learning methods in physical chemistry, Journal of Chemical Education, 78 (1), p93-99.
- Hodson, D., 1990, A critical look at practical work in school science, School Science Review, 70, p33–40.
- Hofstein, A. and Lunetta, V.N., 1982, The role of the laboratory in science teaching: Neglected aspects of research, Review of Educational Research, 52 (2), p201-217.
- Hofstein, A., Ben-Zvi, R., and Samuel, D., 1976, The measurement of interest in and attitude to laboratory work amongst Israeli high school students, Science Education, 60 (3), p401-411.
- Hofstein, A., Cohen, I., and Lazarowitz, R., 1996, The learning environment of high school students in chemistry and biology laboratories, Research in Science and Technological Education, 14 (1), p103-116.
- Hofstein, A., Nahum, T.L., and Shore, R., 2001, Assessment of the learning environment of inquiry-type laboratories in high school chemistry, Learning Environments Research, 4 (2), p193–207.
- Hofstein, A. and Lunetta, V.N., 2003, The laboratory in science education: Foundation for the 21<sup>st</sup> century, Science Education, 88, p28-54.
- Hofstein, A., 2004, The laboratory in chemistry education: Thirty years of experience with developments, implementation, and research, CERP, 5 (3), p247-264.
- Hofstein, A., Shore, R., and Kipnis, M., 2004, Providing high school chemistry students with opportunities to develop learning skills in an inquiry-type laboratory - A case study, International Journal of Science Education, 26 (1), p47-62.
- Hofstein, A., Navon, O., Kipnis, M., and Naaman-Mamlok, R., 2005, Developing students' ability to ask more and better questions resulting from inquiry-type chemistry laboratories, Journal of Research in Science Teaching, 42 (7), p791-806.

- Hogan, K., and Berkowitz, A. R., 2000, Teachers as inquiry learners, *Journal of Science Teacher Education*, 11 (1), p1–25.
- Howe, C.A., and Jones, L., 1998, *Engaging children in science*, Macmillan College Publishing Company, New Jersey: Second Edition, Prentice- Hall, Inc.
- Hubacz, F., 2004, Reducing cognitive load in the chemistry laboratory by using technology driven guided inquiry experiments, A dissertation submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree Doctor of Philosophy at the University of Connecticut.
- Huber, R.A., and Moore, C.J., 2001, A model for extending hands-on science to be inquiry based, *School science and Mathematics*, 101 (1), p32-42.
- Hughes, C., and Winnie, W., 1993, *Inspiration for investigation in science*, Warwickshire:Scholastic Publication, 5-53.
- Isaak, D.J. and Hubert, W.A., 1999, Catalyzing the transition from student to scientist- a model for graduate research training, *BioScience*, 49 (4), p321-326.
- Jackson, D.J., 2004, Scaffolding experiments in secondary chemistry to improve content delivery, Division of Science and Mathematics Education, Michigan State University in partial fulfillment of requirements for the degree of Master of Science in Teaching.
- Jakes, D.S., Pennington, M.E., and Knodle, H.A., 2001, Using the Internet to promote inquiry-based learning: an epaper about a structured approach for effective student Web research, Retrieved March 5, 2002, from Biopoint: <http://www.biopoint.com/inquiry/ibr.html>.
- Jakupcak, J., Rushton, R., Jakupcak, M. and Lundt, J., 1996, Inclusive education, *Science Teacher*, 63 (5), p40-43.
- James, M., 1998, *Using assessment for school improvement*, Oxford: Heinemann, 266pp.
- Jarret, D. and Educational Resources Information Center (U.S.), 1997, *Inquiry strategies for science and mathematics learning: It's just good teaching*, Portland, OR/Washington, D.C.: Northwest Regional Educational Laboratory; U.S. Dept. Of Education Office of Educational Research and Improvement Educational Resources Information Center.
- Jimenez, L.M., May 2005, Effectiveness of the scientific inquiry approach in teaching natural science to first-year college students, in a Philippine University, Doctor of Philosophy in Education.
- Johnson A. M., and Lawson, A.E., 1998, What are the relative effects of reasoning ability and prior knowledge on biology achievement in expository and inquiry classes, *Journal of Research in Science Teaching*, 35 (1), p89-103.



- Johnson, K.E., 2004, Middle school science inquiry: Connecting experiences and beliefs to practice, Doctor of Philosophy, Educational Leadership and Innovation, University of Colorado at Denver.
- Johnstone, H. A. and Al- Shuaili, A., 2001, Learning in the laboratory; some thoughts from the literature, Royal Society of Chemistry, University Chemistry Education.
- Johnstone, A.H., and Wham, A.J.B., 1982, Demands of practical work, *Education in Chemistry*, 19 (3), p71–73.
- Joint Matriculation Board (JMB), 1979, The internal assessment of practical skills in chemistry: Suggestion for practical work and advice on sources of information, Universities of Manchester, Liverpool, Leeds, Sheffield, and Birmingham.
- Jorgenson, O., and Vanosdall, R., 2002, The death of science? What we risk in our rush toward standardized testing and testing and the three R's, *Phi Delta Kappan*, 83 (8), p601-605.
- Joyce, B. and Weil, M., 1988, *Models of teaching*, 3rd ed. Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall.
- Kanari, Z., and Millar, R., 2004, Reasoning from data: how students collect and interpret data in science investigations, *Journal of Research in Science Teaching*, 41 (7), p748-769.
- Keefer, M., 2002, Designing reflections on practice: helping teachers apply cognitive learning principles in an SFT- inquiry-based learning program, *Interchange*, 33 (4), p395-417.
- Keller, J.T., 2001, From theory to practice creating an inquiry-based science classroom, A thesis presented to the faculty of Pacific Lutheran University, In partial fulfillment of the requirements for the degree Master of Arts in Education, Pacific Lutheran University.
- Kelly, P.J. and Lister, R.E., 1969, Assessing practical ability in nuffield-level biology, In Eggleston, J.F.E. and Kerr, J. F. (Eds.), *Studies in assessment*, London: English Universities Press.
- Kempa, R.F. and Ward, J.F., 1975, The effect of different modes of task orientation on observations attained in practical chemistry, *Journal of Research in Science Teaching*, 12, p69-76.
- Kempa, R.F., 1986, *Assessment in science*, Cambridge: Cambridge Science Education Series, Cambridge University.
- Kempa, R.F., and Diaz, M., 1990, Motivational traits and preferences for different instructional modes in science, *International Journal of Science Education*, 12 (2), p205-216.

- Keys, C.W., 1994, The development of scientific reasoning skills in conjunction with collaborative writing assignments: An interpretive study of six ninth- grade students, *Journal of Research in Science Teaching*, 31 (9), p1003-1022.
- Keys, C.W., and Kennedy, V., 1999, Understanding inquiry science teaching in context: A case study of an elementary teacher, *Journal of Science Teacher Education*, 10 (4), p315–333.
- Keys, C.W., and Bryan, L.A., 2001, Co-constructing inquiry-based science with teachers: essential research for lasting reform, *Journal of Research in Science Teaching*, 38 (6), p631-645.
- Kipnis, M, and Hofstein, A., 2007, The inquiry laboratory as a source for development of metacognitive skills, *International Journal of Science and Mathematics Education*, DOI 10.1007/s10763-007-9066-y.
- Klionsky, D.J., 2002, Constructing knowledge in the lecture hall, *Journal of College Science Teaching*, 31 (4), p246-251.
- Koballa, R.T., Jr. and Crawley, F.E., 1985, The influence of attitude on science teaching and learning, *School Science and Mathematics*, 85 (3), p222-232.
- Kolkhorst, F.W., Mason, C.L., DiPasquale, D.M., Patterson, P., and Buono, M.J., 2001, An inquiry-based learning model for an exercise physiology laboratory course, *Advances In Physiology Education*, 25 (2), p45-50.
- Korkmaz, H., 2002, Fen eğitiminde proje tabanlı öğrenmenin yaratıcı düşünme, problem çözme ve akademik risk alma düzeylerine etkisi, Hacettepe Üniversitesi, (Yayınlanmamış Doktora Tezi).
- Kowalczyk, L. D., 2003, An analysis of K-5 teachers' beliefs regarding the uses of direct instruction, The discovery method and the inquiry method in elementary science education, University Of Pennsylvania, (Yayınlanmamış Doktora Tezi).
- Krajcik, J., Blumenfeld, P., Marx, R., Bass, K., Fredricks, J., and Soloway, E., 1998, Inquiry in project-based science classrooms: Initial attempts by middle school students, *The Journal of the Learning Sciences*, 7 (3-4), p313-350.
- Krajcik, J., Marx, R., Blumenfeld, P., Soloway, E., and Fishman, B., 2000, Inquiry based science supported by technology: Achievement among urban middle school students, Ann Arbor, MI: University of Michigan, School of Education, (ERIC Document Reproduction Service No. ED443676).
- Krajcik, J., Mamlok, R., and Hug, B., 2001, Modern content and the enterprise of science: Science education in the 20th century, In: L. Corno (Ed.). *Education Across A Century: The Centennial Volume*, 205-238. Chicago, Illinois: National Society for the Study of Education (NSSE).

- Krystiyniak, R., and Langdon, L., 1998, Incorporating an inquiry experiment into the general chemistry laboratory, Paper presented at the Fifteenth Biennial Conference on Chemical Education, Waterloo, Ontario, Canada, August 9-13.
- Krystyniak, R.A., 2001, The effect of participation in an extended inquiry project on general chemistry student laboratory interactions, confidence, and process skills, A dissertation submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy, College of Arts and Sciences Department of Chemistry and Biochemistry, University of Northern Colorado.
- Kyle, W.C., 1980, The distinction, between inquiry and scientific inquiry and why high school students should be cognizant of the distinction, *Journal of Research in Science Teaching*, 17 (2), p123-130.
- Kyle, C. W. Jr., Bonnsetter, R.J., Mcclsokey, S., and Fults, B.A., 1985, What research says: Science through discovery: Students love it, *Science and Children*, 23 (2), p39-41.
- Laipply, S. R., 2004, A case study of self- efficacy and attitudes toward science in an inquiry- based biology laboratory, University of Akron, (Yayınlanmamış Doktora Tezi).
- Laukenmann. M., Bleicher, M., Fu\_, S., Glaser-Zikuda, M., Mayring, P. ve Von Rhöneck, C., 2003, An investigation of the influence of emotional factors on learning in physics instruction, *International Journal of Science Education*, 25 (4), p489-507.
- Lawrenz, F., 1988, The relationships among elementary school teachers' attitudes and beliefs about science and their teaching style, Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, (ERIC Document Reproduction Service No. ED291586).
- Lawson, A.E., 1985, A review of research on formal reasoning and science teaching, *Journal of Research in Science Teaching*, 22, p.569–617.
- Lawson, E.A., Steven, W.R. and Stanley, H.F., 1990, An inquiry approach to nonmajor biology: a big picture, active approach for long-term learning, *Journal of College Science Teaching*, p340-346.
- Lawson, A. E., Banks, D. L. and Logvin, M., 2007, Self-efficacy, reasoning ability, and achievement in college biology, *Journal of Research in Science Teaching*, 44(5), p706–724
- Lazarowitz, R. and Tamir, P., 1994, Research on using laboratory instruction in science, in Gabel, D. L. (ed.), *Handbook of research on science teaching and learning*, pp. 94-130. New- York: Macmillan.
- Lechtanski, V.L., 2000, *Inquiry-based experiments in chemistry*, American Chemical Society, Oxford University Pres, Washington, D.C.

- Lee, K.W., 1985, Cognitive variables in problem solving in chemistry, *Research in Science Education*, 15 (1), p43-50.
- Lee, K.W.L., Goh, N.K., Chia, L.S., and Chin, C., 1996, Cognitive variables in problem solving in chemistry: A revisited study, *Science Education*, 80 (6), p691-710.
- Lee, K.W.L., and Fensham, P.J., 1996, A general strategy for solving high school electrochemistry problems, *International Journal of Science Education*, 18 (5), p543-555.
- Lee, K.W.L., Tang, W.U., Goh, N.K., and Chia, L.S., 2001, The predicting role of cognitive variables in problem solving in mole concept, *CERP*, 2 (3), p285-301.
- Lee, O., Hart, J.E., Cuevas, P. and Enders, C., 2004, Professional development in inquiry-based science for elementary teachers of diverse student groups, *Journal of Research in Science Teaching*, 41 (10), p1021–1043.
- LeMaster, K.I., 2001, Enhancing preservice teachers field experiences through the addition of a service-learning component, *Journal of Experiential Education*, 24 (1), p27-33.
- Leonhardt, A. N., 1998, An ecological system curriculum: an integrated MST approach to environmental science education, Paper presented at the Annual Meeting of the International Consortium for Research in Science and Mathematics Education, (ERIC Document Reproduction Service No. ED433995).
- Lewis, J. L. (Ed.), 1972, *Teaching School Physics*, Paris, UNESCO.
- Libarkin, J.C., and Mencke, R., 2002, Students teaching students, *Journal of College Science Teaching*, 31, p235- 239.
- Lim, B.R., 2001, Guidelines for designing inquiry-based learning on the web: Online professional development of educators, Submitted to the faculty of the Graduate School, In partial fulfillment of the requirements for the degree Doctor of Philosophy, In the Department of Instructional Systems Technology, Indiana University in Bloomington.
- Lim, B.R., 2004, Challenges and issues in designing inquiry on the Web, *British Journal of Educational Technology*, 35 (5), p627-643.
- Lind, K., 1998, Science process skills: Preparing for the future, Monroe 2-Orleans Board of Cooperative Education Services, (<http://www.monroe2boces.org/shared/instruct/sciencek6/process.htm>).
- Llewellyn, Douglas, 2002, *Inquiry within: Implementing inquiry-based science standarts*, USA: Corwin Press, Inc. A Sage Publications Company, (ERIC Document Reproduction Service No. ED456043).

- Looi, C., 1998, Interactive learning environments for promoting inquiry learning, *Journal of Education Technology Systems*, 27 (1), p3-22.
- Lord, T.R., 1997, A comparison between traditional and constructivist teaching in college biology, *Innovative Higher Education*, 21 (3), p197-216.
- Lucas, L.K., 2001, Inquiry-based experiments for chemistry, *Journal of Chemical Education*, 78 (5), p593.
- Luera, G.R., Killu, K., and O'Hagan, J., 2003, Linking math., science and inquiry-based learning: An example from a mini-unit on volume, *Journal of School Science and Mathematics*, 103 (4), p194-207.
- Luft, J.A., 2001, Changing inquiry practices and beliefs: The impact of an inquiry-based professional development programme on beginning and experienced secondary science teachers, *International Journal of Science Education*, 23 (5), p517- 534
- Lunetta, V. N., and Tamir, P., 1979, Matching lab activities with teaching goals, *Science Teacher*, 46 (5), p22–24.
- Lunetta, V.N., 1998, The school science laboratory: Historical perspectives and context for contemporary teaching, in Fraser, B.J., and Tobin, K.G. (Eds.), *International Handbook of Science Education*, Kluwer Academic Publishers pp. 349-264.
- Macaroğlu, E., 1999, Pre-service elementary teachers' understanding of scientific inquiry and its role in school science, The Pennsylvania State University, The graduate school college of education, submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy.
- Madill, M. H., Amort-Laron, G., Wilson, S.A., Brintnell, S.G., Taylor, E., and Esmail, S., 2001, Inquiry-based learning: An instructional alternative for occupational therapy education, *Occupational Therapy International*, 8 (3), p198-209.
- Magnussen L., Ishidia, D., and Itano, J., 2000, The impact of the use of inquiry-based learning as a teaching methodology on the development of critical thinking, *Journal of Nursing Education*, 39 (8), p360-364.
- Mallow, J. V. and Greenburg, S. L., 1983, Science anxiety and science learning, *The Physics Teacher*, February, 95-99.
- Mamluk-Naaman, R., Taitelbaum, D., Carmeli, M., and Hofstein, A., Inquiry in the chemistry laboratory: Programme of meetings, *Continuing Professional Development through Portfolios of Evidence*, Weizmann Institute of Science, [Online Available]: <http://www.cpdthroughpoe.com/index.html>.
- Marbach-Ad, G. and Claassen, L.A., 2001, Improving students' questions in inquiry labs, *American Biology Teacher*, 63 (6), p410-419.

- Marlow, P. M., and Ellen, S., 1999, Science teacher attitudes about inquiry-based science, Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Boston, (ERIC Document Reproduction Service No.ED466350).
- Marshall, J.A. and Dorward, J.T., 2000, Revisiting inquiry and prescriptive laboratory experiences in introductory physics, American Journal of Physics, <http://www.physics.usu.edu/fachtmnj/ajp.pdf>, Summer.
- Martin, J. D., 1997, Elementary science methods: A constructivist approach, USA: Delmar Publishers, An International Thomson Publishing Company.
- Marx, W. R., Blumenfeld, P.C., Krajcik, J.S., Fishman, B., Soloway, E., Geier, R., and Tal, R.T., 2004, Inquiry-based science in the middle grades: Assessment of learning in urban systemic reform, Journal of Research in Science Teaching, 41 (10), p1063-1080.
- Maschewske, E.A., Winter 1996, Implementation of inquiry-based freshman chemistry laboratories, Submitted to the graduate faculty at Grand Valley State University in partial fulfillment of the Masters of Education.
- Massialas, B.G., Sprague, N.F., and Hurst, J.B., 1975, Social issues through inquiry: Coping in an age of crises, Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Mastropieri, M.A., Scruggs, T.E., Boon, R., and Carter, K.B., 2001, Correlates of inquiry learning in science, Remedial and Special Education, 22 (3), p130-137.
- Mattheis, F.E. and Nakayama, G., 1998, Effects of a laboratory-centered inquiry program on laboratory skills, science process skills, and understanding of science knowledge in middle grades students, (report No, SE050605), Greenville, NC: Authors, (ERIC Document Reproduction Service No, ED307148).
- Matyas, M. L., 1984, Science career interests, attitudes, abilities, and anxiety among secondary school students; the effects of gender, race/ethnicity, and school typenocation, Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, New Orleans, LA, April28.
- Mayer, R. E., 1975, Information processing variables in learning to solve problems, Review of Educational Research, 45 (4), p525-541.
- Mayer, R.E., 1992, Thinking, problem solving, cognition (Series of Books in Psychology) (Paperback), (2<sup>nd</sup>. ed.), (W H Freeman and Company).
- Mccarthy, B. C., 2005, Effects of thematic-based, hands-on science teaching versus a textbook approach for students with disabilities, Journal of Research in Science Teaching, 42 (3), p245–263.
- McPhedran, L.J., 2006, An investigation of inquiry-based teaching and its influence on boys' motivation in science, A thesis submitted in conformity with the

requirements for the degree of Master of Arts, Department of Curriculum, Teaching, and Learning, Ontario Institute for Studies in Education of the University of Toronto.

Meade, K.M., 2002, The effects of inquiry instruction on student learning in technology-based undergraduate chemistry laboratories, A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the Doctor of Philosophy degree in Science Education, in the Graduate College of the University of Iowa.

Mecit, Ö., September 2006, The effect of 7e learning cycle model on the improvement of fifth grade students' critical thinking skills, A thesis submitted to the graduate school of Natural And Applied Sciences of Middle East Technical University, In partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy in Secondary Science And Mathematics Education.

Merrill, R.J. and Ridgway, D.W., 1969, The CHEMStudy Story, Freeman: San Francisco.

Milli Eğitim Bakanlığı Talim Terbiye Kurulu Başkanlığı, 2005, İlköğretim fen ve teknoloji dersi (6, 7 ve 8. sınıflar) öğretim programı, Ankara: Devlet Kitapları Basım Evi.

Milner, N., Ben-Zvi, R., and Hofstein. A., 1987, Variables that affect students' enrollment in science courses, Research in Science and Technological Education, 5 (2), p201-208.

Mindes, G., Ireton H., and Mardell-Czudnowski, C., 1996, Assessing young children, Albany, New York: Delmar Publishers.

Monteyne, K., Development of the formal reasoning abilities of college students in a general chemistry guided-inquiry laboratory, Presented in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy, the University of Montana.

Morrell, P.D., and Lederman, N.G., 1998, Students' attitudes toward school and classroom science: Are they independent phenomena?, School Science and Mathematics, 98 (2), p76-83.

Mule, L., 2006, Pre-service teachers' inquiry in a professional development school context: Implications for the practicum, Teaching and Teacher Education: An International Journal of Research and Studies, 22 (2), p205–218.

Mulopo, M.M. and Fowler, H.S., 1987, Effects of traditional and discovery instructional approaches on learning outcomes for learners of different intellectual development: A study of chemistry students in Zambia, Journal of Research in Science Teaching, 24 (3), p217-227.

Muukkonen, H., Lakkala, M., and Hakkarainen, K., 2005, Technology-mediation and tutoring: How do they shape progressive inquiry discourse?, Journal of the Learning Sciences, 14 (4), p527–565.

- National Research Council (Ulusal Araştırma Konseyi), 1996, National science education standards, Washington, DC: National Academy Press.
- National Research Council (Ulusal Araştırma Konseyi), 2000, Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning, Washington, DC: National Academy Press.
- Neill, M., 2003, The dangers of testing, *Educational Leadership*, 60 (5), p43-46.
- Newell, A., 1980, Reasoning, problem solving and decision processes: The problem space as a fundamental category, In N.Nickerson (Ed.), *Attention and Performance VIII* (pp.693-718), Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Niaz, M., 1994, Progressive transitions from algorithmic to conceptual understanding in student ability to solve chemistry problems: A Lakatosian interpretation, Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching (67th, Anaheim, CA, March 26-29, 1994). (ERIC Document Reproduction Service No. ED368577).
- Norma, E., 2001, Inquiry-based professional development: letting questions direct teachers' learning, *Voyages in Mathematics and Science*, 26, (ERIC Document Reproduction Service No. ED461518).
- Northwest Regional Educational Laboratory, (NREL, 1997), Science and mathematics for all: It's just good teaching, Washington D.C.: Department of Education.
- Novak, A., 1964, Scientific inquiry, *Bioscience*, 14 (10), p25-28.
- Novak, J. D., 1977, *A Theory of Education*, Ithaca, Illinois, Cornell University Press.
- Okebukola, P.A.O., 1986, An investigation of some factors affecting students' attitudes toward laboratory chemistry, *Journal of Chemical Education*, 86, p531-532.
- Okebukola, P. A. and Jegede, O. J., 1989, Students' anxiety towards and perception of difficulty of some biological concepts under the concept-mapping heuristic, *Research in Science and Technological Education*, 7 (1), p85-92.
- Okey J. R, Wise K. C. and Burns J. C., 1992, Integrated process skill test-2, (Available from Dr. James R. Okey, Department of Science Education, University of Georgia, Athens, GA 30362).
- Oliver, R., 2007, Exploring an inquiry-based learning approach with first-year students in a large undergraduate class, *Innovations in Education and Teaching International*, 44 (1), p3–15.
- O'Neill D. K., and Polman, J. L., 2004, Why educate "little scientists?" examining the potential of practice-based scientific literacy, *Journal of Research in Science Teaching*, 41 (3), p234-266.



- Orcutt, C. B. J., 1997, A case study on inquiry-based science education and students' feelings of success, University of San Jose State, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi).
- Osborne, R., and Freyberg, P., 1985, Learning in science: The implications of children's science. Auckland, New Zealand: Heinemann Education.
- Padilla J. M., Okey, R. J., and Garrard, K., 1984, The effects of instruction on integrated science process skill achievement, *Journal of Research in Science Teaching*, 21 (3), p277-287.
- Parke, S. C., and Lane, S., 1996, Learning from performance assessments in math. *Educational Leadership*, 54 (4), p26-29.
- Paris, S.G., and Paris, A.H., 2001, Classroom applications of research on selfregulated learning, *Educational Psychologist*, 36, p89–101.
- Parr, B., and Edwards, M.C., 2004, Inquiry-based instruction in secondary agricultural education: Problem-solving – an old friend revisited, *Journal of Agricultural Education Online*, 45 (4).
- Pasch, M., Sparks-Langer, G., Gardener, T.G., Strako, and Moody, C.D., 1991, Teaching as decision making, Longman: New York.
- Patrick, H. and Middleton, M.J., 2002, Turning the kaleidoscope: What we see when self-regulated learning is viewed with a qualitative lens, *Educational Psychologist*, 37, p27–39.
- Perez, D.G. and Torregrosa, J.M., 1983, A model for problem-solving in accordance with scientific methodology, *European Journal of Science Education*, 5 (4), p 447–455.
- Perry, N.P., Van de Kamp, K.O., Mercer, L.K., and Nordby, C.N., 2002, Investigating teacher-student interactions that foster self-regulated learning, *Educational Psychologist*, 37, p5–15.
- Pickering, M., 1980, Are laboratory courses a waste of time?, *The Chronicle of Higher Education*, 19, p.80.
- Piper, M.K., and Hough, L., 1979, Attitudes and open-mindedness of undergraduate students enrolled in a science methods course and a freshman physics course, *Journal of Research in Science Teaching*, 16 (3), p193-197.
- Plowright, D., and Watkins, M., 2004, There are no problems to be solved, only inquiries to be made, in social work education, *Innovations in Education and Teaching International*, 41 (2), p185-206.
- Presley, M., and McCormick, C.B., 1995, Advanced educational psychology for educators, researchers, and policy makers, New York, NY: Harper Collins.

- Puntambekar, Sadhana, Stylianou, Agnes and Goldstein, Jessica, 2007, Comparing classroom enactments of an inquiry curriculum: Lessons learned from two teachers, *Journal of the Learning Sciences*, 16 (1), p81-130.
- Ramsey, G.A., and Howe, R.W., 1969, An analysis of research on instructional procedures in secondary school science, *Science Teacher*, 36 (4), p72-81.
- Rakow, S.J., 1986, Teaching science as inquiry, Fastback 246, Bloomington, IN: Phi Delta Kapa Educational Foundation, (ERIC Document Reproduction Service No. ED275506).
- Reid, N. and Yang, M., 2002, The solving of problems in chemistry: the more open-ended problems, *Research in Science and Technological Education*, 20 (1), p83-98.
- Reif, F., and Heller, J.I., 1982, Knowledge structure and problem solving in physics, *Educational Psychologist*, 17 (2), p102-127.
- Renner, W.J., Abraham, M.R. and Howard, B.H., 1985, The importance of the form of student acquisition of data in physics learning cycles, *Journal of Research in Science Teaching*, 22 (4), p303-325.
- Rodriguez, I., and Bethel, J.L., 1983, An inquiry approach to science and language teaching., *Journal of Research in Science Teaching*, 20 (4), p291-296.
- Roddy, K.P., May 2003, High school chemistry students' learning of the elements, structure, and periodicity of the periodic table: contributions of inquiry-based activities and exemplary graphics, Submitted to the graduate faculty of the Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy.
- Roehrig, G.H., 2004, Constraints experienced by beginning secondary science teachers in implementing scientific inquiry lessons, *International Journal of Science Education*, 26 (1), p3-24.
- Roehrig, G.H. and Luft, J.A., 2004, Constraints experienced by beginning secondary science teachers in implementing scientific inquiry lessons, *International Journal of Science Education*, 26 (1), p3-24.
- Rop, C. J., 2002, The meaning of student inquiry questions: A teacher's beliefs and responses, *International Journal of Science Education*, 24 (7), p717-736.
- Rosebery, A.S., Warren, B., and Conant, F.R., 1992, Appropriating scientific discourse: Findings from language minority classrooms, *Journal of the Learning Sciences*, 21, p61-94.
- Roster, N.O., July 2006, The effects of inquiry-based teaching on attitudes, self-efficacy and science reasoning abilities of students in introductory biology courses at a rural, open-enrollment community college, Submitted to the

- faculty of the graduate college of the Oklahoma State University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy.
- Roth, W.M., and Roychoudhury, A., 1992, The social construction of scientific concepts or the concept map as constriction device and tool for social thinking in high school science, *Science Education*, 76 (5), p531-557.
- Roth, W. M., 1994, Experimenting in a constructivist high school physics laboratory, *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 197–223.
- Russell, C.P. and French, D.P., 2001, Factors affecting participation in traditional and inquiry-based laboratories, *Journal of College Science Teaching*, 31 (4), p225-229.
- Saha, G.C., Implementing the science assessment standards: Developing and validating a set of laboratory assessment tasks in high school biology, A dissertation submitted to the faculty of the graduate school of State University of New York at Buffalo in partial fulfillment of the requirement for the degree of Doctor of Philosophy, Department of Learning and Instruction.
- Salin, E. D., 1984, Performance characterization of an instrument, *Journal of Chemical Education*, 61, 1, 70-72.
- Saunders, W., and Shepardson, D.P., 1987, A comparison of concrete and formal science instruction upon science achievement and reasoning ability of sixth grade students, *Journal of Research in Science Teaching*, 24, p39-51.
- Savery, J. R., and Duffy, T. M., 1995, Problem-based learning: An instructional model and its constructivist framework, In B. Wilson (Ed.) *Constructivist learning environments: Case studies in instructional design*. Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology Publications.
- Schmidt, H., 1990, Secondary school students' strategies in stoichiometry, *International Journal of Science Education*, 12 (4), p457-471.
- Schneider, R.M., Krajcik, J., Marx, R.W., and Soloway, E., 2002, Performance of students in project-based science classrooms on a national measure of science achievement, *Journal of Research in Science Teaching*, 39 (5), p410-422.
- Scruugs, T.E., Mastropieri, M.A., Bakken, J.P., and Brigham, F.J., 1993, Reading versus doing: The relative effects of textbook-based and inquiry-oriented approaches to science learning in special education classrooms, *Journal of Special Education*, 27 (1), p1-15.
- Selçuk, Z., 2001, *Gelişim ve öğrenme*, 8. Baskı. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- Sert Çıbık, A., 2006, Proje tabanlı öğrenme yaklaşımının fen bilgisi dersinde öğrencilerin mantıksal düşünme becerilerine ve tutumlarına etkisi, *Yüksek*

lisans tezi, Çukurova üniversitesi sosyal bilimler enstitüsü, İlköğretim anabilim dalı, Adana.

- Sherman, A., and MacDonald, L., 2007, Pre-service teachers experiences with a science education module, *Journal of Science Teacher Education*, 18 (4) p525-541.
- Shibley, I. A., Jr. and Zimmaro, D. M., 2002, The influence of collaborative learning on student attitudes and performance in an introductory chemistry laboratory, *Journal of Chemical Education*, 79 (6), p745-748.
- Short, K., Harste, J. and Burke, C., 1996, *Creating classrooms for authors and inquirers (2<sup>nd</sup>)*, Portsmouth, NH: Heinemann.
- Shrigley L. R., Koballa, T.R. and Simpson, R.D., 1988, Defining attitude for science educators, *Journal of Research in Science Teaching*, 25 (8), p659-678.
- Silvius, J.E. and Stutzman, B.C., 1999, A botany laboratory inquiry experience: Investigating the effect of soil resistance on bean seedling emergence, *Journal of College in Science Teaching*, 28, p193-197.
- Simpson, D. R. and Oliver, S.J., 1990, A summary of major influences on attitude toward and achievement in science among adolescent students, *Science Education*, 74 (1), p1-18.
- Slavin, R., 2000, *Educational psychology: Theory and practice*, Boston: Allyn and Bacom.
- Smist, J.M., 1993, General chemistry and self-efficacy, Paper presented at the National Meeting of the American Chemical Society, Chicago, IL, August, (ERIC Document Reproduction Service No.ED 368558).
- Smist, J.M., and Owen, S.V., 1994, Explaining science self-efficacy, Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, New Orleans, LA, April 5-8, (ERIC Document Reproduction Service No.ED404133).
- Smith, L.E., Blakeslee, T.D., and Anderson, C.W., 1993, Teaching strategies associated with conceptual change learning in science, *Journal of Research in Science Teaching*, 30 (2), p111-126.
- Songer, B. N., Lee, S. H., and Kam, R., 2002, Technology-rich inquiry science in urban classrooms: What are the barriers to inquiry pedagogy?, *Journal of Research in Science Teaching*, 39 (2), p128-150.
- Soylu, H., 2006, The effect of gender and reasoning ability on the students' understanding of ecological concepts and attitude towards science, Unpublished Master Thesis, Middle East Technical University, Ankara.

- Spaulding, D.T., 2001, Stakeholder perceptions of inquiry-based instructional practices, A dissertation submitted to the University at Albany State University of New York in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy, School of education, Department of Educational Counseling and Psychology, Division of Educational Psychology and Methodology.
- Sonchik, M.S., 2003, Building skills with reiterative laboratory projects, *Journal of Chemical Education*, 80 (4), p366-368.
- Stamovlasis, D. and Tsaparlis, G., 2000, Non-linear analysis of the effect of working memory capacity on organic synthesis problem solving, *CERP*, 1 (3), p375–380.
- Staver, R. J., and Walberg, H.J., 1986, An analysis of factors that affect public and private school science achievement, *Journal of Research in Science Teaching*, 23 (2), p97-112.
- Stohr-Hunt, M. P., 1996, An analysis of frequency of hands-on experience and science achievement, *Journal of Research in Science Teaching*, 33 (1), p101-109.
- Suchman, R.J., 1962, The elementary school training program in scientific inquiry, Reports to the U.S. Office of Education, Project Title VII. Urbana: University of Illinois, (ERIC Document Reproduction Service No. ED003530).
- Suits, P. J., 2004, Assessing investigate skill development in inquiry-based and traditional college science laboratory courses, *School Science and Mathematics*, 104 (6), p248-256.
- Sungur, S. ve Tekkaya, C., 2003, Students' achievement in human circulatory system unit: The effect of reasoning ability and gender, *Journal of Science Education and Technology*, 12(1), p59–64.
- Şahinel, S., 2001, Eleştirel düşünme becerileri ile tümleşik dil becerilerinin geliştirilmesi, Hacettepe Üniversitesi, (Yayımlanmamış Doktora Tezi).
- Taggart, G. L., and Wilson, A. P., 1998, Promoting reflective thinking in teachers, Thousand Oaks, CA: Corwin.
- Tamir, P., 1972, The practical mode a distinct mode of performance, *Journal of Biological Education*, 6 (3), p175-182.
- Tamir, P., Doran, R.L., and Chye, Y.O., 1992, Practical skills testing in science, *Studies in Educational Evaluation*, 18 (3), p263-275.
- Tamir, P., Stavy, R. and Ratner, N., 1998, Teaching science by inquiry assessment and learning, *Journal of Biological Education*, 33 (1), p27-32.

- Taraban, R., Box, C., Myers, R., Pollard, R., and Bowen, C.W., 2007, Effects of active-learning experiences on achievement, attitudes and behaviors in high school biology, *Journal of Research in Science Teaching*, 44 (7), p960-979.
- Temiz, B. K., 2001, Lise 1. sınıf fizik dersi programının öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini geliştirmeye uygunluğunun incelenmesi, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Temizyürek, K., 2003, Fen öğretimi ve uygulamaları (Ekonomik Baskı), Ankara, Nobel Basımevi.
- Thompson, J. and Soyibo, K., 2002, Effect of lecture, teacher demonstrations, discussion and practical work on 10<sup>th</sup> grader's attitude to chemistry and understanding of electrolysis, *Research in Science and Technological Education*, 20 (1), p25-37.
- Tien, L.T., and Stacy, A.M., 1996, The effects of instruction on students' inquiry skills, Paper presented at the Annual Meeting of the American educational Research Association, New York, NY, April 8-12, 1996, (ERIC Document Reproduction Service No.ED 398268)
- Tien, L.T., and Stacy, A.M., 1998, Promoting scientific inquiry through the MORE laboratory, Paper presented at the annual meeting of the American educational research association, San Diego, CA, April 13-17, (ERIC Document Reproduction Service No.ED 420521).
- Tien, L.T., 1998, Fostering expert inquiry skills and beliefs about chemistry through the MORE laboratory experience, A dissertation submitted in partial satisfaction of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy in Science and Mathematics Education in the Graduate Division of the University of California, Berkeley.
- Tinnin, R.K., August 2000, The effectiveness of a long-term professional development program on teachers' self-efficacy, attitudes, skills, and knowledge using a thematic learning approach, Presented to the faculty of the graduate school of the University of Texas at Austin in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy.
- Tobin, K., 1986, Student task involvement and achievement in process-oriented science activities, *Science Education*, 70(1), 61-72.
- Tobin, K., 1990, Research on science laboratory activities: In pursuit of better questions and answers to improve learning, *School Science and Mathematics*, 90 (5), p403-418.
- Tobin, K. and Copie, W., 1981, Test of logical thinking, *Educational and Psychological Measurement*, 41, p413-424.
- Trombulak, S. C., 1995, Merging inquiry-based learning with near-peer teaching, *BioScience*, 45 (6), p412-16.

- Trumbulla, D.J., Scaranob, G., and Bonneyc, R., 2006, Relations among two teachers' practices and beliefs, conceptualizations of the nature of science, and their implementation of student independent inquiry projects, *International Journal of Science Education*, 28 (14), p1717–1750.
- Tsaparlis, G., Kousathana, M., and Niaz, M., 1998, Molecular-equilibrium problems: Manipulation of logical structure and of M-Demand, and their effect on student performance, *Science Education*, 82 (4), p437-454.
- Tsaparlis, G., and Angelopoulos, V., 2000, A model of problem solving: Its operation, validity, and usefulness in the case of organic-synthesis problems, *Science Education*, 84 (2), p131-153.
- Turgut, M.F., 1991, Fizik öğretiminde çağdaş metotlar, Sempozyum - 90, Türk Fizik Vakfı Tebliğleri, Ankara:Türk Fizik Vakfı, s1-7.
- Tytler, R., and Peterson, S., 2004, From “try it and sees” to strategic exploration: Characterizing young children’s scientific reasonig, *Journal of Research in Science Teaching*, 41 (1), p94-118.
- Ünver, G., 2003, Yansıtıcı Düşünme, Pegem-A Yayıncılık, Ankara.
- Yaşar, Ş., 1998, Fen bilgisi öğretiminde kullanılan strateji, yöntem ve teknikler, Açıköğretim Fakültesi, İlköğretim Öğretmenliği, Lisans Tamamlama Programı, Fen Bilgisi Öğretimi, Ünite 5.
- Van Rens, L., Pilot, A., and Van Dijk, H., 2004, Enhancement of quality in chemical inquiry by pre-university students, *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2 (4), p493–509.
- Volkman, M.J., Abell, S.K., and Zgagacz, M., 2005, The challenges of teaching physics to preservice elementary teachers: Orientations of the professor, teaching assistant and students, *Science Education*, 89 (5), p847-869.
- Von Secker, C., 2002, Effects of inquiry-based teacher practices on science excellence and equite, *Journal of Educational Research*, 95 (3), p151-160.
- Wadden, S.L., March 2003, Inquiring minds inquiry-based learning in primary classrooms, Mount Saint Vincent University, A thesis submitted to the Department of Education in partial fulfillment of the requirements for the degree of Research Master of Arts in Education.
- Waks, S., 1997, Lateral thinking and technology education, *Journal of Science Education and Technology*, 6 (4), p245–255.
- Waldrup, B.G., and Fisher, D.L., 2001, Teacher –student interacitons and teacher competence in primary science, *Academic Exchange Quarterly*, 5 (2), p148-153.

- Wallace, R. S., 1997, Structural equation model of the relationships among inquiry-based instruction, attitudes toward science, Achievement in Science and Gender, Northon Illinois University.
- Wallace, S. C., Tsoi, M.Y., Calkin, J., and Darley, M., 2003, Learning from inquiry-based laboratories in nonmajor biology: An interpretive study of the relationships among inquiry experience, Epistemologies and Conceptual Growth, *Journal of Research in Science Teaching*, 40 (10), p986-1024.
- Wang, W., and Coll, R.K., 2005, An investigation of tertiary-level learning in some practical physics courses, *International Journal of Science and Mathematics Education*, 3 (4), p639–669.
- Watson, J.R., 2004, Students' discussions in practical scientific inquiries, *International Journal of Science Education*, 26 (1), p25–45.
- Wee, B., Fast, J., Shepardson, D., Harbor, J., and Boone, W., 2004, Students' perceptions of environmental-based inquiry experiences, *School Science and Mathematics*, 104 (3), p112.
- Welch, W.W., Klopfer, L.E., Aikenhead, G.S., and Robinson, J.T., 1998, The role of inquiry in science education: Analysis and recommendations, *Science Education*, 65 (1), p33-50.
- West, L.H.T., 1975, The organizing role of prior knowledge and advance organizers in chemical learning, Unpublished Ph.D. thesis, Monash University, Victoria, Australia.
- Westbrook, L.S. and Rogers, L.N., 1994, Examining the development of scientific reasoning in ninth-grade physical science students, *Journal of Research in Science Teaching*, 31 (1), p65-76.
- Wetzel, D., 1997, Independent student research, *Science Teacher*, 64 (9), p40-43.
- Wheatley, G.H., 1984, MEPS Technical Report, Mathematics and Science Centre, Purdue University (cited from Zoller, U., (1987), The fostering of question-asking capability, *Journal of Chemical Education*, 64, p510–512).
- Wilhelm, J. A. and Walters, K. L., 2006, Pre-service mathematics teachers become full participants in inquiry investigations, *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 37 (7), p 793–804.
- Wilkenson, J.W., and Ward, M., 1997, The purpose and perceived effectiveness of laboratory work in secondary schools, *Australian Science Teachers Journal*, 43 (2), p49–55.
- Wilkerson, L. and Maxwell, J.A., 1988, A qualitative study of initial faculty tutors in a problem-based curriculum, *Journal of Medical Education*, 63(12), p892-899.



- Wilson, J., and Wing, J.L., 1993, *Thinking for themselves*, Eleanor Curtain Publishing, Melbourne, Australia.
- Wimmers, L.E., 2001, Practicing real science in the laboratory: A project-based approach to teaching molecular biology, *Journal of College in Science Teaching*, 31 (3), p167- 171.
- Windschitl, M., 2000, Supporting the development of science inquiry skills with special classes of software, *Educational Technology Research and Development*, 48 (2), p81-95.
- Windschitl, M., 2003, Inquiry projects in science teacher education: What can be investigative experiences reveal about teacher thinking and eventual classroom practice?, *Science Education*, 87 (1), p112-43.
- Wu, H.K., 2002, Middle school students` development of instructional practices in inquiry-based science classrooms, A dissertation submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy (Education) in the University of Michigan.
- Wu, H.K., and Krajcik J.S., 2005, Inscriptional practices in two inquiry-based classrooms: A case study of seventh graders' use of data tables and graphs, *Journal of Research in Science Teaching*, 43 (1), p63–95.
- Wu, H.K., and Krajcik, J.S., 2006, Exploring middle school students' use of inscriptions in project-based science classrooms, *Science Education*, 90 (5), p852-873.
- Wu, H.K., and Hsieh, C.E., 2006, Developing sixth graders' inquiry skills to construct explanations in inquiry-based learning environments, *International Journal of Science Education*, 28 (11), p1289–1313.
- Wynstra, S. and Cummings, C., 1990, Science anxiety: Relation with gender, year in chemistry class, achievement, and test anxiety, Paper presented at the 12th Annual Meeting of the Midwestern Educational Research Association, Chicago, IL, October 17-19.
- Wynstra, S. and Cummings, C., 1993, High school science anxiety, *Science Teacher*, October, p19-21.
- Yaman, S., 2005, Fen bilgisi öğretiminde probleme dayalı öğrenmenin mantıksal düşünme becerisinin gelişimine etkisi, *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, 2 (1), p56-70.
- Yager, R. E., Engen, J. B., and Snider, C. F., 1969, Effects of the laboratory and demonstration method upon the outcomes of instruction in secondary biology, *Journal of Research in Science Teaching*, 6 (1), p76-86.
- Yeany, K.H., Larusa, A.A., and Hale, M.L., 1989, A comparison of performance-based versus paper and pencil measures of science process and reasoning skills as influences by gender and reading ability, Paper presented at the

annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching (NARST), San Francisco.

Yerrick, K. R., 2000, Lower track science students' argumentation and open inquiry instruction, *Journal of research in Science Teaching*, 37 (8), p807-838.

YÖK Dünya Bankası, 1997, Milli Eğitimi Geliştirme Projesi, Hizmet Öncesi Öğretmen Eğitimi, Ankara, Türkiye.

Young, M. J., 1995, Symposium: A new observation tool for looking at inquiry based teaching and learning, *Collected Works- General (020). Speeches/Conference papers (150) – Tests/Evaluation Instruments (160)*, p33.

Yung, B.H.W., 2001, Three views of fairness in a school-based assessment scheme of practical work in biology, *International Journal of Science Education*, 23, p985-1005.

Zacharia, Z., 2003, Beliefs, attitudes, and intentions of science teachers regarding the educational use of computer simulations and inquiry-based experiments in physics, *Journal of Research in Science Teaching*, 40 (8), p792–823.

Zachos, P., Hick, L.T., Doane E.J.W., and Sargent, C., 2000, Setting theoretical and empirical foundations for assessing scientific inquiry and discovery in educational programs, *Journal of Research in Science Teaching*, 37 (9), p938-962.

## EKLER

### EK 1

#### MANTIKSAL DÜŞÜNME YETENEĞİ TESTİ

**AÇIKLAMA:** Bu test, özellikle Fen ve Matematik dallarında karşılaşılabileceğiniz problemlerde neden-sonuç ilişkisini görüp, problem çözme stratejilerini ne derece kullanabileceğinizi göstermesi açısından çok faydalıdır. Bu test içindeki sorular mantıksal ve bilimsel olarak düşünmeyi gösterecek cevapları içermektedir.

**SORU 1:** Bir boyacı aynı büyüklükteki altı odayı boyamak için dört kutu boya kullandığına göre sekiz kutu boya ile yine aynı büyüklükte kaç oda boyayabilir?

- a. 7 oda
- b. 8 oda
- c. 9 oda
- d. 10 oda
- e. Hiçbiri

#### **Açıklaması:**

1. Oda sayısının boya kutusu sayısına oranı daima  $3/2$  olacaktır.
2. Daha fazla boya kutusu ile fark azalabilir.
3. Oda sayısı ile boya kutusu sayısı arasındaki fark her zaman iki olacaktır.
4. Dört kutu boya ile fark iki olduğuna göre, altı kutu boya ile fark yine iki olacaktır.
5. Ne kadar çok boyaya ihtiyaç olduğunu tahmin etmek mümkün değildir.

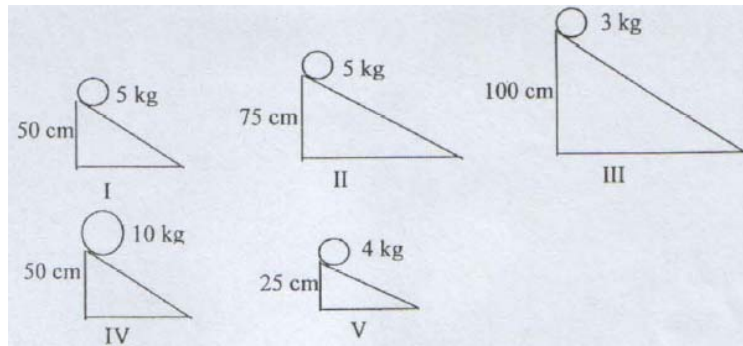
**SORU 2:** On bir odayı boyamak için kaç kutu boya gerekir? (Birinci soruya bakınız)

- a. 5 kutu
- b. 7 kutu
- c. 8 kutu
- d. 9 kutu
- e. Hiçbiri

**Açıklaması:**

1. Boya kutusu sayısının oda sayısına oranı daima  $2/3$  dür.
2. Eğer beş oda daha olsaydı, üç kutu boya daha gerekirdi.
3. Oda sayısı ile boya kutusu arasındaki fark her zaman ikidir.
4. Boya kutusu sayısı oda sayısının yarısı olacaktır.
5. Boya miktarını tahmin etmek mümkün değildir.

**SORU 3:** Topun eğik bir düzlemden (rampa) aşağı yuvarlandıktan sonra kat ettiği mesafe ile eğik düzlemin yüksekliği arasındaki ilişkiyi bulmak için bir deney yapmak isterseniz. Aşağıda gösterilen hangi eğik düzlem setlerini kullanırdınız?

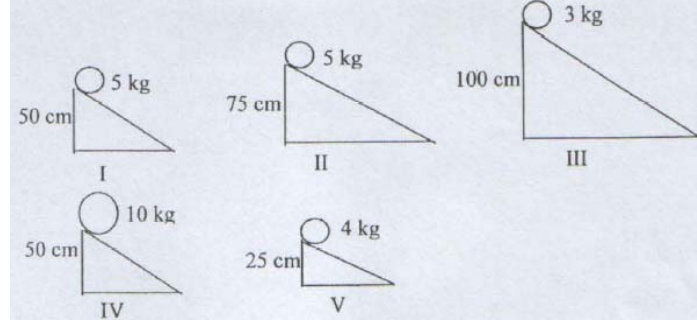


- a. I ve IV b. III ve IV c. I ve II d. III ve V e. Hepsi

**Açıklaması:**

1. En yüksek eğik düzleme (rampa) karşı en alçak olan karşılaştırılmalı.
2. Tüm eğik düzlem setleri birbiriyle karşılaştırılmalıdır.
3. Yükseklik arttıkça topun ağırlığı azalmalıdır.
4. Yükseklikler aynı fakat top ağırlıkları farklı olmalıdır.
5. Yükseklikler farklı fakat top ağırlıkları aynı olmalıdır.

**SORU 4:** Tepeden yuvarlanan topun eğik düzlemden (rampa) aşağı yuvarlandıktan sonra kat ettiği mesafenin topun ağırlığıyla olan ilişkisini bulmak için bir deney yapmak isterseniz, aşağıda verilen hangi eğik düzlem setlerini kullanırdınız?



a. I ve IV b. III ve IV c. I ve II d. III ve V e. Hepsi

#### Açıklaması:

1. Eğer ağır olan top en hafif olan ile kıyaslanmalıdır.
2. Tüm eğik düzlem setleri birbirleriyle karşılaştırılmalıdır.
3. Topun ağırlığı arttıkça, yükseklik azaltılmalıdır.
4. Ağırlıklar farklı fakat yükseklikler aynı olmalıdır.
5. Ağırlıklar aynı fakat yükseklikler farklı olmalıdır.

**SORU 5:** Bir Amerikalı turist bir trende altı kişinin bulunduğunu bir kompartımana girer. Bu kişilerden üçü yalnızca İngilizce ve diğer üçü ise yalnızca Fransızca bilmektedir. Amerikalının kompartımana ilk girdiğinde İngilizce bilen biriyle konuşma olasılığı nedir?

- a. 2 de 1
- b. 3 de 1
- c. 4 de 1
- d. 6 da 1
- e. 6 da 4

#### Açıklaması:

1. Ardarda üç Fransızca bilen kişi çıkabildiği için dört seçim yapılmalıdır.
2. Mevcut altı kişi arasından İngilizce bilen bir kişi seçilmelidir.
3. Toplam üç İngilizce bilen kişiden sadece birinin seçilmesi yeterlidir.
4. Kompartımandakilerin yarısı İngilizce konuşur.
5. Altı kişi arasından, bir İngilizce bilen kişinin yanı sıra, üç tanede Fransızca bilen kişi seçilebilir.

**SORU 6:** Üç altın, dört gümüş ve beş bakır para bir torbaya konulduktan sonra, dört altın, iki gümüş ve üç bakır yüzük de aynı torbaya konuluyor. İlk denemede torbadan altın bir nesne çekme olasılığı nedir?

- a. 2 de 1
- b. 3 de 1
- c. 7 de 1
- d. 21 de 1
- e. Yukarıdakilerden hiçbiri

**Açıklaması:**

1. Altın, gümüş ve bakır yapılan nesnelere arasından bir altın nesne seçilmelidir.
2. Paraların  $\frac{1}{4}$ 'ü ve yüzüklerin  $\frac{4}{9}$ 'u altından yapılmıştır.
3. Torbadan çekilen nesnenin para veya yüzük olması önemli olmadığı için, toplam 7 altın nesneden bir tanesinin seçilmesi yeterlidir.
4. Toplam 21 nesneden bir altın nesne seçilmelidir.
5. Torbadaki 21 nesnenin 7'si altından yapılmıştır.

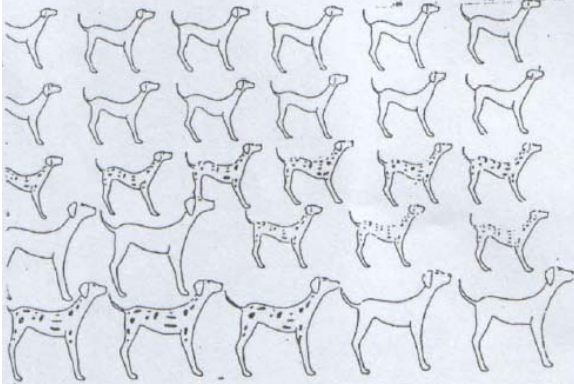
**SORU 7:** Altı yaşındaki Ahmet'in şeker almak için 50 lirası vardır. Bakkaldaki kapalı iki şeker kutusundan birinde 30 adet kırmızı şeker ve 50 adet sarı şeker bulunmaktadır. İkinci kutuda ise 20 adet kırmızı ve 30 adet sarı şeker vardır. Ahmet şekerleri sevmektedir. Ahmet'in ikinci kutudan kırmızı şeker çekme olasılığı birinci kutuya göre daha fazlamıdır?

- a. Evet
- b. Hayır

**Açıklaması:**

1. Birinci kutuda 30, ikinci kutuda ise yalnızca 20 kırmızı şeker vardır.
2. Birinci kutuda 20 tane daha fazla sarı şeker, ikincisinde ise yalnızca 10 tane daha fazla sarı şeker vardır.
3. Birinci kutuda 50, ikincisinde ise yalnızca 30 sarı şeker vardır.
4. İkinci kutudaki kırmızı şekerlerin oranı daha fazladır.
5. Birinci kutuda daha fazla sayıda şeker vardır.

**SORU 8:** 7 büyük ve 21 küçük köpek şekli aşağıda verilmiştir. Bazı köpekler benekli bazıları ise beneksizdir. Büyük köpeklerin benekli olma olasılıkları küçük köpeklerden daha fazlamıdır?



- a. Evet
- b. Hayır

**Açıklaması:**

1. Bazı küçük köpeklerin ve bazı büyük köpeklerin benekleri vardır.
2. 9 tane küçük köpeğin ve yalnızca üç tane büyük köpeğin benekleri vardır.
3. 28 köpekten 12 tanesi beneklidir.
4. Büyük köpeklerin  $\frac{3}{7}$ 'si ve küçük köpeklerin  $\frac{9}{21}$ 'i beneklidir.
5. Küçük köpeklerden 12'sinin beneği vardır, fakat büyük köpeklerden ise sadece 4'ünün beneği vardır.

**SORU 9:** Bir pastanede üç çeşit ekmek, üç çeşit et ve üç çeşit sos kullanılarak sandviçler yapılmaktadır.

Ekmek Çeşitleri Et Çeşitleri Sos Çeşitleri

Buğday (B) Salam (S) Ketçap (K)

Çavdar (Ç) Piliç (P) Mayonez (M)

Yulaf (Y) Hindi (H) Tereyağı (T)

Her bir sandviç ekmek, et ve sos içermektedir. Yalnızca bir ekmek çeşidi, bir et çeşidi ve bir sos çeşidi kullanarak kaç çeşit sandviç hazırlanabilir?

Cevap kâğıdı üzerinde soruyla ilgili bırakılan boşluklara bütün olası çeşitlerin listesini çıkarın. Cevap kâğıdına gereğinden fazla yer bırakılmıştır. Listeyi hazırlarken ekmek, et ve sos çeşitlerinin yukarıda gösterilen kısaltılmış sembollerini kullanınız.

**Örnek:** BŞK = Buğday, Salam ve Ketçaptan yapılan sandviç

**SORU 10:** Bir otomobil yarışında Dodge (D), Chevrolet (C), Ford (F) ve Mercedes (M) marka dört araba yarışmaktadır. Seyircilerden biri arabaların yarışı bitiriş sırasının DCFM olacağını tahmin etmektedir Arabaların diğer mümkün olan bütün yarışı bitirme sıralarını cevap kâğıdında bu soruyla ilgili bırakılan boşluklara yazınız.

Cevap kâğıdında gereksiniminizden fazla yer bırakılmıştır. Bitirme sıralarını gösterirken, arabaların yukarıda gösterilen kısaltılmış sembollerini kullanınız.

**Örnek:** DCFM yarışı sırasıyla önce Dodge'nin sonra Chevrolet'in sonra Ford' un ve en son Mercedes' in bitirdiğini gösterir.



## EK 2

### BİLİMSEL İŞLEM BECERİ TESTİ

**AÇIKLAMA:** Bu test, özellikle Fen ve Matematik derslerinizde ve ileride karşınıza çıkabilecek, karmaşık gibi görünen problemleri analiz edebilme kabiliyetinizi ortaya çıkarabilmesi açısından çok faydalıdır. Bu test içinde, problemdeki değişkenleri tanımlayabilme, hipotez kurma ve tanımlama, işlemsel açıklamalar getirebilme, problemin çözümü için gerekli incelemelerin tasarlanması, grafik çizme ve verileri yorumlayabilme kabiliyetlerini ölçebilen sorular bulunmaktadır. Her soruyu okuduktan sonra kendinizce uygun seçeneği yalnızca cevap kâğıdına işaretleyiniz.

1. Bir basketbol antrenörü, oyuncuların güçsüz olmasından dolayı maçları kaybettiklerini düşünmektedir. Güçlerini etkileyen faktörleri araştırmaya karar verir. Antrenör, oyuncuların gücünü etkileyip etkilemediğini ölçmek için aşağıdaki değişkenlerden hangisini incelemelidir?

- a. Her oyuncunun almış olduğu günlük vitamin miktarını
- b. Günlük ağırlık kaldırma çalışmalarının miktarını
- c. Günlük antrenman süresini
- d. Yukarıdakilerin hepsini

2. Arabaların verimliliğini inceleyen bir araştırma yapılmaktadır. Sınanan hipotez, benzine katılan bir katkı maddesinin arabaların verimliliğini arttırdığı yolundadır. Aynı tip beş arabaya aynı miktarda benzin, fakat farklı miktarlarda katkı maddesi konur. Arabalar benzinleri bitinceye kadar aynı yol üzerinde giderler. Daha sonra her arabanın aldığı mesafe kaydedilir. Bu çalışmada arabaların verimliliği nasıl ölçülür?

- a. Arabaların benzinleri bitinceye kadar geçen süre ile
- b. Her arabanın gittiği mesafe ile
- c. Kullanılan benzin miktarı ile
- d. Kullanılan katkı maddesinin miktarı ile

3. Bir araba üreticisi daha ekonomik arabalar yapmak istemektedir. Araştırmacılar arabanın litre başına alabileceği mesafeyi etkileyebilecek değişkenleri araştırmaktadırlar. Aşağıdaki değişkenlerden hangisi arabanın litre başına alabileceği mesafeyi etkileyebilir?

- a. Arabanın ağırlığı
- b. Motorun hacmi
- c. Arabanın rengi
- d. a ve b

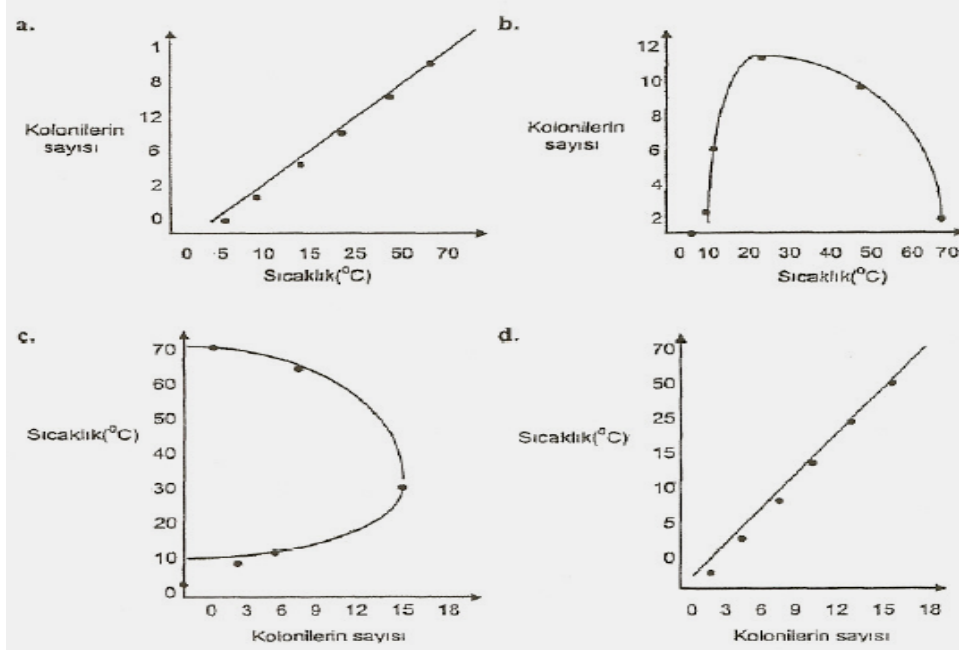
4. Ali Bey, evini ısıtmak için komsularından daha çok para ödemesinin sebeplerini merak etmektedir. Isınma giderlerini etkileyen faktörleri araştırmak için bir hipotez kurar. Aşağıdakilerden hangisi bu araştırmada sınanmaya uygun bir hipotez değildir?

- a. Evin çevresindeki ağaç sayısı ne kadar az ise ısınma gideri o kadar fazladır.
- b. Evde ne kadar çok pencere ve kapı varsa, ısınma gideri de o kadar fazla olur.
- c. Büyük evlerin ısınma giderleri fazladır.
- d. Isınma giderleri arttıkça ailenin daha ucuza ısınma yolları araması gerekir.

5. Fen sınıfından bir öğrenci sıcaklığın bakterilerin gelişmesi üzerindeki etkilerini araştırmaktadır. Yaptığı deney sonucunda, öğrenci aşağıdaki verileri elde etmiştir:

Deney odasının sıcaklığı (°C)	Bakteri kolonilerinin sayısı
5	0
10	2
15	6
25	12
50	8
70	1

Aşağıdaki grafiklerden hangisi bu verileri doğru olarak göstermektedir?



6. Bir polis şefi, arabaların hızının azaltılması ile uğraşmaktadır. Arabaların hızını etkileyebilecek bazı faktörler olduğunu düşünmektedir. Sürücülerin ne kadar hızlı araba kullandıklarını aşağıdaki hipotezlerin hangisiyle sınavabilir?

- Daha genç sürücülerin daha hızlı araba kullanma olasılığı yüksektir.
- Kaza yapan arabalar ne kadar büyükse, içindeki insanların yaralanma olasılığı o kadar azdır.
- Yollarda ne kadar çok polis ekibi olursa, kaza sayısı o kadar az olur.
- Arabalar eskidikçe kaza yapma olasılıkları artar.

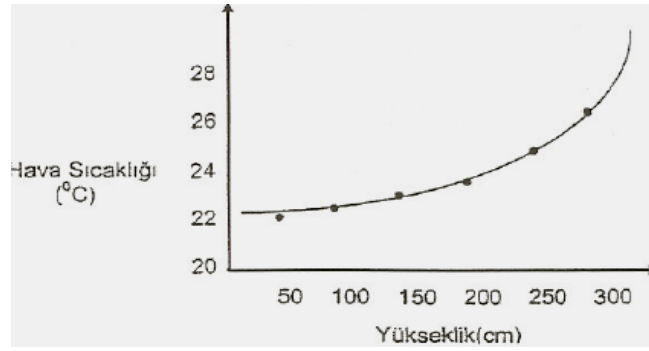
7. Bir fen sınıfında, tekerlek yüzeyi genişliğinin tekerleğin daha kolay yuvarlanması üzerine etkisi araştırılmaktadır. Bir oyuncak arabaya geniş yüzeyli tekerlekler takılır, önce bir rampadan (eğik düzlem) aşağı bırakılır ve daha sonra düz bir zemin üzerinde gitmesi sağlanır. Deney, aynı arabaya daha dar yüzeyli tekerlekler takılarak tekrarlanır. Hangi tip tekerleğin daha kolay yuvarlandığı nasıl ölçülür?

- Her deneyde arabanın gittiği toplam mesafe ölçülür.
- Rampanın (eğik düzlem) eğim açısı ölçülür.
- Her iki deneyde kullanılan tekerlek tiplerinin yüzey genişlikleri ölçülür.
- Her iki deneyin sonunda arabanın ağırlıkları ölçülür.

8. Bir çiftçi daha çok mısır üretebilmenin yollarını aramaktadır. Mısırların miktarını etkileyen faktörleri araştırmayı tasarlar. Bu amaçla aşağıdaki hipotezlerden hangisini sınavabilir?

- a. Tarlaya ne kadar çok gübre atılırsa, o kadar çok mısır elde edilir.
- b. Ne kadar çok mısır elde edilirse, kar o kadar fazla olur.
- c. Yağmur ne kadar çok yağarsa, gübrenin etkisi o kadar çok olur.
- d. Mısır üretimi arttıkça, üretim maliyeti de artar.

9. Bir odanın tabandan itibaren değişik yüzeylerdeki sıcaklıklarla ilgili bir çalışma yapılmış ve elde edilen veriler aşağıdaki grafikte gösterilmiştir. Değişkenler arasındaki ilişki nedir?

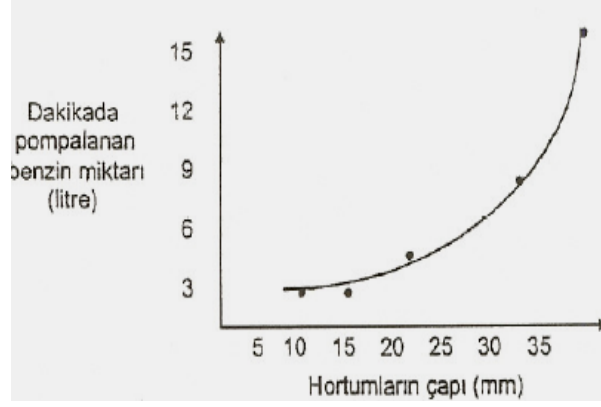


- a. Yükseklik arttıkça sıcaklık azalır.
- b. Yükseklik arttıkça sıcaklık artar.
- c. Sıcaklık arttıkça yükseklik azalır.
- d. Yükseklik ile sıcaklık artışı arasında bir ilişki yoktur.

10. Ahmet, basketbol topunun içindeki hava arttıkça, topun daha yükseğe sıçrayacağını düşünmektedir. Bu hipotezi araştırmak için, birkaç basketbol topu alır ve içlerine farklı miktarda hava pompalar. Ahmet hipotezini nasıl sınamalıdır?

- a. Topları aynı yükseklikten fakat değişik hızlarla yere vurur.
- b. İçlerinde farklı miktarlarda hava olan topları, aynı yükseklikten yere bırakır.
- c. İçlerinde aynı miktarlarda hava olan topları, zeminle farklı açılardan yere vurur.
- d. İçlerinde aynı miktarlarda hava olan topları, farklı yüksekliklerden yere bırakır.

11. Bir tankerden benzin almak için farklı genişlikte 5 hortum kullanılmaktadır. Her hortum için aynı pompa kullanılır. Yapılan çalışma sonunda elde edilen bulgular aşağıdaki grafikte gösterilmiştir.



Aşağıdakilerden hangisi değişkenler arasındaki ilişkiyi açıklamaktadır?

- Hortumun çapı genişledikçe dakikada pompalanan benzin miktarı da artar.
- Dakikada pompalanan benzin miktarı arttıkça, daha fazla zaman gerekir.
- Hortumun çapı küçüldükçe dakikada pompalanan benzin miktarı da artar.
- Pompalanan benzin miktarı azaldıkça, hortumun çapı genişler.

**Önce aşağıdaki açıklamayı okuyunuz ve daha sonra 12, 13, 14 ve 15' inci soruları açıklama kısmından sonra verilen paragrafı okuyarak cevaplayınız.**

**Açıklama:** Bir araştırmada, bağımlı değişken birtakım faktörlere bağımlı olarak gelişim gösteren değişkendir. Bağımsız değişkenler ise bağımlı değişkene etki eden faktörlerdir. Örneğin, araştırmacının amacına göre kimya başarısı bağımlı bir değişken olarak alınabilir ve ona etki edebilecek faktör veya faktörler de bağımsız değişkenler olurlar.

Ayşe, güneşin karaları ve denizleri aynı derecede ısıtıp ısıtmadığını merak etmektedir. Bir araştırma yapmaya karar verir ve aynı büyüklükte iki kova alır. Bunlardan birini toprakla, diğerini de su ile doldurur ve aynı miktarda güneş ısıtı alacak şekilde bir yere koyar. 08.00 – 18.00 saatleri arasında, her saat bası sıcaklıklarını ölçer.

**12.** Araştırmada aşağıdaki hipotezlerden hangisi sınanmıştır?

- a. Toprak ve su ne kadar çok güneş işığı alırlarsa, o kadar ısınırlar.
- b. Toprak ve su güneş altında ne kadar fazla kalırlarsa, o kadar çok ısınırlar.
- c. Güneş farklı maddeleri farklı derecelerde ısıtır.
- d. Günün farklı saatlerinde gnesin ısısı da farklı olur.

**13.** Araştırmada aşağıdaki değişkenlerden hangisi kontrol edilmiştir?

- a. Kovadaki suyun cinsi
- b. Toprak ve suyun sıcaklığı
- c. Kovalara koyulan maddenin türü
- d. Her bir kovanın güneş altında kalma süresi

**14.** Araştırmada bağımlı değişken hangisidir?

- a. Kovadaki suyun cinsi
- b. Toprak ve suyun sıcaklığı
- c. Kovalara koyulan maddenin türü
- d. Her bir kovanın güneş altında kalma süresi

**15.** Araştırmada bağımsız değişken hangisidir?

- a. Kovadaki suyun cinsi
- b. b. Toprak ve suyun sıcaklığı
- c. Kovalara koyulan maddenin türü
- d. Her bir kovanın güneş altında kalma süresi

**16.** Can, yedi ayrı bahçedeki çimenleri biçmektedir. im biçme makinesiyle her hafta bir bahçedeki çimenleri biçer. Çimenlerin boyu bahçelere göre farklı olup bazılarında uzun bazılarında kısadır. Çimenlerin boyları ile ilgili hipotezler kurmaya baslar. Aşağıdakilerden hangisi sınanmaya uygun bir hipotezdir?

- a. Hava sıcakken çim biçmek zordur.
- b. Bahçeye atılan gübrenin miktarı önemlidir.
- c. Daha çok sulanan bahçedeki çimenler daha uzun olur.
- d. Bahçe ne kadar engebeliyse çimenleri kesmekte o kadar zor olur.

**17, 18,19 ve 20' inci sorulan aşağıda verilen paragrafı okuyarak cevaplayınız.**

Murat, suyun sıcaklığının, su içinde çözünebilecek seker miktarını etkileyip etkilemediğini araştırmak ister. Birbirinin aynı dört bardağın her birine 50 ser mililitre su koyar. Bardaklardan birisine 0C de, diğerine de sırayla 50C, 75C ve 95C sıcaklıkta su koyar. Daha sonra her bir bardağa çözünebileceği kadar seker koyar ve karıştırır.

**17.** Bu araştırmada sınanan hipotez hangisidir?

- a. Seker ne kadar çok suda karıştırılırsa, o kadar çok çözünür.
- b. Ne kadar çok seker çözünürse, su o kadar tatlı olur.
- c. Sıcaklık ne kadar yüksek olursa, çözünen sekerin miktarı o kadar fazla olur.
- d. Kullanılan suyun miktarı arttıkça sıcaklığı da artar.

**18.** Bu araştırmada kontrol edilebilen değişken hangisidir?

- a. Her bardakta çözünen seker miktarı
- b. Her bardağa konulan su miktarı
- c. Bardakların sayısı
- d. Suyun sıcaklığı

**19.**Araştırmanın bağımlı değişkeni hangisidir?

- a. Her bardakta çözünen seker miktarı
- b. Her bardağa konulan su miktarı
- c. Bardakların sayısı
- d. Suyun sıcaklığı

**20.** Araştırmadaki bağımsız değişken hangisidir?

- a. Her bardakta çözünen seker miktarı
- b. Her bardağa konulan su miktarı
- c. Bardakların sayısı
- d. Suyun sıcaklığı

**21.** Bir bahçıvan domates üretimini artırmak istemektedir. Değişik birkaç alana domates tohumu eker. Hipotezi, tohumlar ne kadar çok sulanırsa, o kadar çabuk filizleneceğidir. Bu hipotezi nasıl sınar?

- a. Farklı miktarlarda sulanan tohumların kaç günde filizleneceğine bakar.
- b. Her sulamadan bir gün sonra domates bitkisinin boyunu ölçer.
- c. Farklı alanlardaki bitkilere verilen su miktarını ölçer.
- d. Her alana ektiği tohum sayısına bakar.

**22.** Bir bahçıvan tarlasındaki kabaklarda yaprak bitleri görür. Bu bitleri yok etmek gereklidir. Kardeşi "Kling" adlı tozun en iyi böcek ilacı olduğunu söyler. Tarım uzmanları ise "Acar" adlı spreyn daha etkili olduğunu söylemektedir. Bahçıvan altı tane kabak bitkisi seçer. Üç tanesini tozla, üç tanesini de spreyle ilaçlar. Bir hafta sonra her bitkinin üzerinde kalan canlı bitleri sayar. Bu çalışmada böcek ilaçlarının etkinliği nasıl ölçülür?

- a. Kullanılan toz ya da spreyn miktarı ölçülür.
- b. Toz ya da spreyle ilaçlandıktan sonra bitkilerin durumları tespit edilir.
- c. Her fidede oluşan kabağın ağırlığı ölçülür.
- d. Bitkilerin üzerinde kalan bitler sayılır.

**23.** Ebru, bir alevin belli bir zaman süresi içinde meydana getireceği ısı enerjisi miktarını ölçmek ister. Bir kabın içine bir litre soğuk su koyar ve 10 dakika süreyle ısıtır. Ebru, alevin meydana getirdiği ısı enerjisini nasıl ölçer?

- a. 10 dakika sonra suyun sıcaklığında meydana gelen değişmeyi kaydeder.
- b. 10 dakika sonra suyun hacminde meydana gelen değişmeyi ölçer.
- c. 10 dakika sonra alevin sıcaklığını ölçer.
- d. Bir litre suyun kaynaması için geçen zamanı ölçer.

**24.** Ahmet, buz parçacıklarının erime süresini etkileyen faktörleri merak etmektedir. Buz parçalarının büyüklüğü, odanın sıcaklığı ve buz parçalarının şekli gibi faktörlerin erime süresini etkileyebileceğini düşünür. Daha sonra şu hipotezi sınamaya karar verir: Buz parçalarının şekli, erime süresini etkiler. Ahmet bu iki hipotezi sınamak için aşağıdaki deney tasarımlarının hangisini uygulamalıdır?

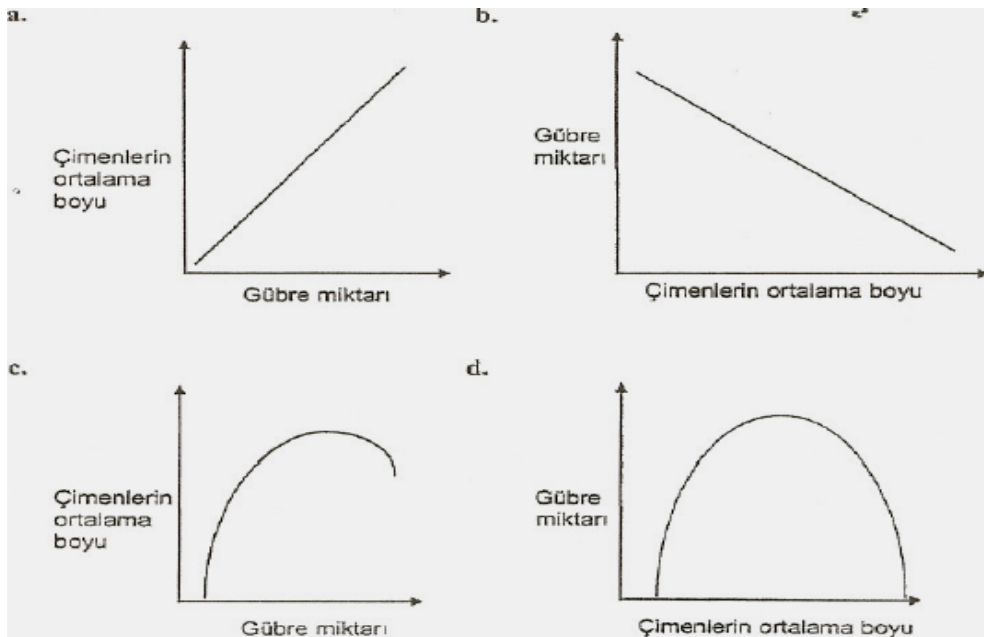


- Her biri farklı şekil ve ağırlıkta beş buz parçası alınır. Bunlar aynı sıcaklıkta benzer beş kabın içine ayrı ayrı konur ve erime süreleri izlenir.
- Her biri aynı şekilde fakat farklı ağırlıkta beş buz parçası alınır. Bunlar aynı sıcaklıkta benzer beş kabın içine ayrı ayrı konur ve erime süreleri izlenir.
- Her biri aynı ağırlıkta fakat farklı şekillerde beş buz parçası alınır. Bunlar aynı sıcaklıkta benzer beş kabın içine ayrı ayrı konur ve erime süreleri izlenir.
- Her biri aynı ağırlıkta fakat farklı şekillerde beş buz parçası alınır. Bunlar farklı sıcaklıkta benzer beş kabın içine ayrı ayrı konur ve erime süreleri izlenir.

**25.** Bir araştırmacı yeni bir gübreyi denemektedir. Çalışmalarını aynı büyüklükte beş tarlada yapar. Her tarlaya yeni gübresinden değişik miktarlarda karıştırır. Bir ay sonra, her tarlada yetişen - çimenin ortalama boyunu ölçer. Ölçüm sonuçları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Gübre miktarı (kg)	Çimenlerin ortalama boyu (cm)
10	7
30	10
50	12
80	14
100	12

Tablodaki verilerin grafiği aşağıdakilerden hangisidir?



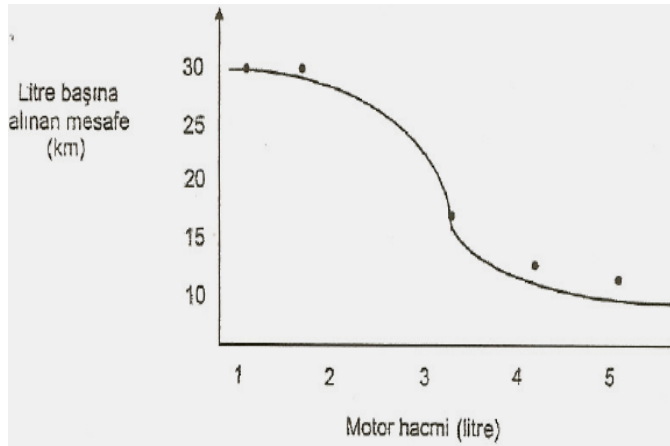
26. Bir biyolog Őu hipotezi test etmek ister: Farelere ne kadar çok vitamin verilirse o kadar hızlı bűyűrler. Biyolog farelerin bűyűme hızını nasıl ölçebilir?

- Farelerin hızını ler.
- Farelerin, gűnlűk uyumadan durabildikleri sűreyi ler.
- Her gűn fareleri tartar.
- Her gűn farelerin yiyei vitaminleri tartar.

27. Öğrenciler, sekerin suda zűnme sűresini etkileyebilecek deėiŐkenleri dűŐűnmektedirler. Suyun sıcaklıėını, sekerin ve suyun miktarlarını deėiŐken olarak saptarlar. Öğrenciler, sekerin suda zűnme sűresini aŐaėıdaki hipotezlerden hangisiyle sınavabilir?

- Daha fazla sekeri çözmek için daha fazla su gereklidir.
- Su soğudukça, sekeri çözebilmek için daha fazla karıŐtırmak gerekir.
- Su ne kadar sıcaksa, o kadar çok seker zűnecektir.
- Su ısındıkça seker daha uzun sűrede zűnűr.

28. Bir araştırma grubu, değişik hacimli motorları olan arabaların randımanlarını ler. Elde edilen sonuçların grafiği aşağıdaki gibidir:



AŞağıdakilerden hangisi değişkenler arasındaki ilişkiyi gösterir?

- Motor ne kadar bűyűkse, bir litre benzinle gidilen mesafe de o kadar uzun olur.
- Bir litre benzinle gidilen mesafe ne kadar az olursa, arabanın motoru o kadar kűűk demektir.
- Motor kűűldűke, arabanın bir litre benzinle gidilen mesafe artar.

- d. Bir litre benzinle gidilen mesafe ne kadar uzun olursa, arabanın motoru o kadar büyük demektir.

**29, 30, 31 ve 32' inci sorulan aşağıda verilen paragrafı okuyarak cevaplayınız.**

Toprağa karıştırılan yaprakların domates üretimine etkisi araştırılmaktadır. Araştırmada dört büyük saksıya aynı miktarda ve tipte toprak konulmuştur. Fakat birinci saksıdaki toprağa 15 kg., ikinciye 10 kg., üçüncüye ise 5 kg. çürümüş yaprak karıştırılmıştır. Dördüncü saksıdaki toprağa ise hiç çürümüş yaprak karıştırılmamıştır. Daha sonra bu saksılara domates ekilmiştir. Bütün saksılar güneşe konmuş ve aynı miktarda sulanmıştır. Her saksıdan elde edilen domates tartılmış ve kaydedilmiştir.

**29. Bu araştırmada sınanan hipotez hangisidir?**

- a. Bitkiler güneşten ne kadar çok ışık alırlarsa, o kadar fazla domates verirler.
- b. Saksılar ne kadar büyük olursa, karıştırılan yaprak miktarı o kadar fazla olur.
- c. Saksılar ne kadar çok sulanırsa, içlerindeki yapraklar o kadar çabuk çürür.
- d. Toprağa ne kadar çok çürük yaprak karıştırılırsa, o kadar fazla domates elde edilir.

**30. Bu araştırmada kontrol edilen değişken hangisidir?**

- a. Her saksıdan elde edilen domates miktarı
- b. Saksılara karıştırılan yaprak miktarı
- c. Saksılardaki toprak miktarı
- d. Çürümüş yaprak karıştırılan saksı sayısı

**31. Araştırmadaki bağımlı değişken hangisidir?**

- a. Her saksıdan elde edilen domates miktarı
- b. Saksılara karıştırılan yaprak miktarı
- c. Saksılardaki toprak miktarı
- d. Çürümüş yaprak karıştırılan saksı sayısı

32. Araştırmadaki bağımsız değişken hangisidir?

- a. Her saksıdan elde edilen domates miktarı
- b. Saksılara karıştırılan yaprak miktarı
- c. Saksılardaki toprak miktarı
- d. Çürümüş yaprak karıştırılan saksı sayısı

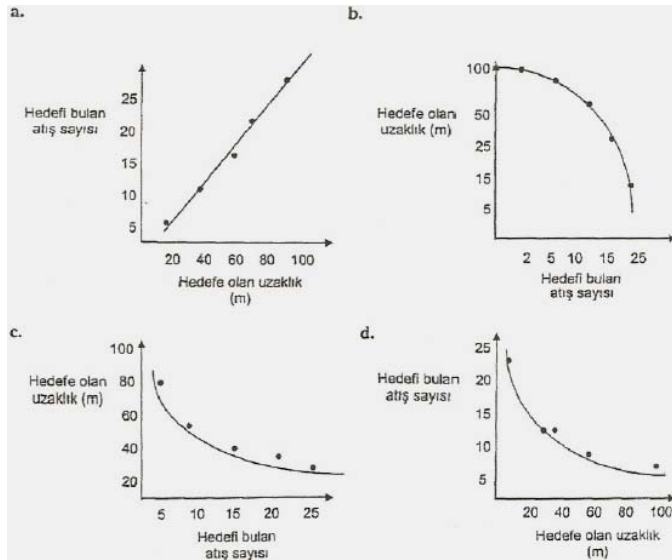
33. Bir öğrenci mıknatısların kaldırma yeteneklerini araştırmaktadır. Çeşitli boylarda ve şekillerde birkaç mıknatıs alır ve her mıknatısın çektiği demir tozlarını tartar. Bu çalışmada mıknatısın kaldırma yeteneği nasıl tanımlanır?

- a. Kullanılan mıknatısın büyüklüğü ile
- b. Demir tozlarını çeken mıknatısın ağırlığı ile
- c. Kullanılan mıknatısın şekli ile
- d. Çekilen demir tozlarının ağırlığı ile

34. Bir hedefe çeşitli mesafelerden 25 er atış yapılır. Her mesafeden yapılan 25 atıştan hedefe isabet edenler aşağıdaki tabloda gösterilmiştir

Mesafe(m)	Hedefe vuran atış sayısı
5	25
15	10
25	10
50	5
100	2

Aşağıdaki grafiklerden hangisi verilen bu verileri en iyi şekilde yansıtır?



**35.** Sibel, akvaryumdaki balıkların bazen çok hareketli bazen ise durgun olduklarını gözler. Balıkların hareketliliğini etkileyen faktörleri merak eder. Balıkların hareketliliğini etkileyen faktörleri hangi hipotezle sınavabilir?

- a. Balıklara ne kadar çok yem verilirse, o kadar çok yeme ihtiyaçları vardır.
- b. Balıklar ne kadar hareketli olursa o kadar çok yeme ihtiyaçları vardır.
- c. Su da ne kadar çok oksijen varsa, balıklar o kadar iri olur.
- d. Akvaryum ne kadar çok ışık alırsa, balıklar o kadar hareketli olur.

**36.** Murat Bey'in evinde birçok elektrikli alet vardır. Fazla gelen elektrik faturaları dikkatini çeker. Kullanılan elektrik miktarını etkileyen faktörleri araştırmaya karar verir. Aşağıdaki değişkenlerden hangisi kullanılan elektrik enerjisi miktarını etkileyebilir?

- a. TV' nin açık kaldığı süre
- b. Elektrik sayacının yeri
- c. Çamaşır makinesinin kullanma sıklığı
- d. a ve c

### EK 3

#### KİMYA LABORATUVARI TUTUM ÖLÇEĞİ

Adı-Soyadı: No: Sınıfı:	Tamamen Katılıyorum	Katılıyorum	Kararsızım	Katılmıyorum	Tamamen katılmıyorum
1. Laboratuvarda kendi başıma deney yapmamın özgüvenimi arttırdığını düşünüyorum.					
2. Deneylerin toplanması, planlanması ve bilgilerin paylaşımının yararlı olduğunu düşünüyorum.					
3. Laboratuvar ortamının grup çalışmasına imkân sağladığını düşünüyorum.					
4. Pratik çalışmanın kimyayı daha ilginç hale getirdiğini düşünmüyorum					
5. Pratik uygulamalar kendimi bir kimyacı gibi hissetmeme neden oluyor.					
6. Öncelikle gösterilmesi planlanan bir teorik bilgi gözden geçirildikten sonra laboratuvar uygulamasına başlaması gerektiğini düşünüyorum.					
7. Bir laboratuvar uygulamasının konu ile ilgili teorinin doğruluğunu kanıtlayan verileri içermesi gerektiğini düşünüyorum.					
8. Laboratuvarda gösterilen bir teoriyi, deneyi kendim planlayarak ve yaparak en iyi öğreneceğime inanıyorum.					
9. Kimya laboratuvarında yapılan deneyler ilgimi çeker.					
10. Kimya laboratuvarı sayesinde kimya dersine karşı sempati duyarım.					
11. Kimya laboratuvarının derse aktif katılım sağladığını düşünüyorum.					
12. Zamanımın çoğunu kimya laboratuvarında geçirmek isterim.					
13. Kimya laboratuvarı deneylerini eğlendirici buluyorum.					
14. Kimya laboratuvarı dersi benim en sevdiğim dersler arasındadır.					
15. Laboratuvarda kimya olaylarının sebebini sorgulamanın gereksiz olduğunu düşünürüm.					
16. Laboratuvar uygulamalarının modern araçlarla desteklendiğini düşünüyorum.					
17. Laboratuvar uygulamalarında teorik bilgimin pekiştiğini hissediyorum.					
18. Laboratuvarın iyi yapılandırılmış bir alan bilgisi sağladığı kanısındayım.					

EK 4

KİMYA LABORATUVARI KAYGI ÖLÇEĞİ

Adı-Soyadı: No: Sınıfı:	Kesinlikle Katılıyorum	Katılıyorum	Kararsızım	Katılmıyorum	Kesinlikle Katılmıyorum
1. Laboratuvarda kimyasal maddeleri kullanırken kendimi tedirgin hissederim.					
2. Kimya laboratuvarında araç gereçleri kullanmakta rahatımdır.					
3. Laboratuvara hazırlanırken, elde edeceğimiz verileri kaydedemeyeceğimiz endişesini taşıyorum.					
4. Kimya laboratuvarında diğer öğrencilerle çalışmak bende gerginlik yaratır.					
5. Laboratuvarı bitirmek için yeterli zaman var mı diye telaşlanırım.					
6. Kimya laboratuvarına hazırlanırken, kullanacağımız kimyasal maddelerden dolayı kaygılanırım.					
7. Kimya laboratuvarında çalışırken, laboratuvar işlemlerini yerine getirmek bana gerginlik verir.					
8. Laboratuvar sırasında verileri kaydederken kendimi tedirgin hissederim.					
9. Laboratuvarda diğer öğrencilerle çalışırken kendimi rahat hissederim.					
10. Laboratuvarda çalışırken deneyin ne kadar zaman alacağı konusu bende gerginlik yaratır.					
11. Laboratuvarda etrafımda kimyasal maddeler olması konusunda rahatımdır.					
12. Bir laboratuvar işlemini gerçekleştirirken tedirgin olurum.					
13. Kimya laboratuvarında çalışırken, ihtiyacım olan verileri kaydetme konusu bende gerginlik yaratır.					
14. Laboratuvar sırasında diğer öğrencilerle çalışırken endişelenirim.					
15. Laboratuvara hazırlanırken, deneyi yapmak için verilen süre hakkında kaygılanırım.					
16. Kimya laboratuvarında çalışırken, kimyasal maddelerin yakınında olmaktan sıkıntı duyarım.					
17. Laboratuvar araç gereçlerini kullanırken kaygılanırım.					
18. Kimya laboratuvarında çalışırken, gerekli verileri kaydetme konusunda rahatımdır.					
19. Kimya laboratuvarına hazırlanırken, diğer öğrencilerle çalışacak olmak beni kaygılandırdı.					
20. Laboratuvarı tamamlamak için verilen zaman konusunda içim rahattır.					

**EK 5****ÖĞRETMEN GÖZLEM FORMU**

Deneyin Adı: \_\_\_\_\_

Grup Numarası: \_\_\_\_\_

Boyut	Değerlendirme için Kriterler	Gruptaki öğrencilerin isimleri			
<b>Sorgulama öncesi</b>  Deneylerin gerçekleştirilmesi  <b>5%</b>	Yönergeye göre deneyin gerçekleştirilmesi				
	Çalışma tablosunun düzenli ve temiz hazırlanması				
	Hangi testlerin ve ölçümlerin yapılacağıının bilinmesi				
	Laboratuvar aletlerinin ve ölçme araç-gereçlerinin tam anlamıyla ve uygun olarak kullanılması				
	<b>Ortalama</b>				
<b>Sorgulama fazı</b>  Grup içi Fonksiyonlar  <b>5%</b>	Teorik sorgulama fazı süresince grup tartışmalarına katkıda bulunma; <ul style="list-style-type: none"><li>• Soru ve hipotez üretmek,</li><li>• Çözüm önerilerinde bulunmak,</li><li>• Çözüm için deney önermek,</li><li>• Önerilen deneyi tasarlamak ve</li><li>• Sonuçları tahmin etmek</li></ul>				
	Grup üyelerinin işbirliği ve yardımlaşması				
	Sorgulama fazında hedef ve davranışların doğru anlaşılması (aktif gözlem)				
	Yaratıcı bir biçimde düşünme ve mantıklı neden-sonuç ilişkisi kurma				
	<b>Ortalama</b>				
<b>Deneyi Sunma- Sözlü</b>  <b>10%</b>	Tüm aktiviteyi açık ve net bir biçimde uygulamalı olarak sunma				
	Konunun teorik bilgisinin sıralı ve düzenli bir biçimde sunulması				
	Bilimsel dilin açık ve net, aynı zamanda doğru ve uygun kullanımı				
	<b>Ortalama</b>				
	<b>Toplam</b>				



EK 6

SORGULAMAYA DAYALI KİMYA DENEY UYGULAMASINI DEĞERLENDİRME FORMU

Grubu oluşturan öğrenciler	Öğretmenin gözlemini esas alan değerlendirme (Ek 5'in %20'si alınmıştır)			Grup raporunu esas alan değerlendirme (%80)							Gözlem	Ölçüt
				Grup raporu	Son-sorgulama aşaması			Sorgulamanın teorik aşaması				
	%10	%5	%5	%5	%30			%35			%10	Yüzde Değer
	İletişim Yetenekleri	Grup içi İşbirliği	Eİ Becerisi	Yazılı Sunum	Özet	Sonuçlar	Sonuçların Sunumu	Planlama	Hipotez Oluşturma	Sorular üretme	Kayıtme	Deneysel Numarası .....
(1)												
(2)												
(3)												
(4)												
												<b>Ortalama</b>

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı :Hatice GÜNGÖR SEYHAN

Doğum Yeri :Mannheim-ALMANYA

Doğum Yılı :1977

Medeni Hali :Evli

Eğitim ve Akademik Durumu:

Lise :1991-1994 Sivas Lisesi

Lisans :1995-2000 Hacettepe Üniversitesi, Eğitim Fakültesi,  
Kimya Eğitimi Anabilim Dalı

Yüksek Lisans :2000-2003 Cumhuriyet Üniversitesi,  
Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü

Yabancı Dil :Almanca

İş Tecrübesi :2002-2004 Cumhuriyet Üniversitesi,  
Eğitim Fakültesi, İlköğretim Bölümü,  
Sınıf Öğretmenliği ABD, Araştırma Görevlisi  
2004-.... Hacettepe Üniversitesi, Eğitim Fakültesi,  
Kimya Eğitimi Anabilim Dalı, Araştırma Görevlisi