GAZİ ÜNİVERSİTESİ

EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORTAÖĞRETİM FEN VE MATEMATİK ALANLARI EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

KİMYA ÖĞRETMENLİĞİ BİLİMDALI

PERİYODİK SİSTEMİN ÖĞRETİM SÜRECİNDE OLUŞAN RASYONEL BİLGİNİN; ÜRETİMİ, EPİSTEMOLOJİSİ VE METODOLOJİSİ

DOKTORA TEZİ

Hazırlayan

Davut SARITAŞ

Ankara

Aralık, 2012

GAZİ ÜNİVERSİTESİ

EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORTAÖĞRETİM FEN VE MATEMATİK ALANLARI EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

KİMYA ÖĞRETMENLİĞİ BİLİMDALI

PERİYODİK SİSTEMİN ÖĞRETİM SÜRECİNDE OLUŞAN RASYONEL BİLGİNİN; ÜRETİMİ, EPİSTEMOLOJİSİ VE METODOLOJİSİ

DOKTORA TEZİ

Davut SARITAŞ

Danışman: Prof. Dr. Yüksel TUFAN

Ankara

Aralık, 2012

Davut SARITAŞ'ın, "PERİYODİK SİSTEMİN ÖĞRETİM SÜRECİNDE OLUŞAN RASYONEL BİLGİNİN; ÜRETİMİ, EPİSTEMOLOJİSİ VE METODOLOJİSİ", başlıklı tezi 21.12.2012 tarihinde, jürimiz tarafından, Kimya Öğretmenliği Bilim Dalında Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir

Adı Soyadı	İmza

Başkan (Tez Danışmanı) : Prof.Dr. Yüksel TUFAN

Üye: Doç.Dr. Hasan Haluk ERDEM

Üye: Doç.Dr. Nejla YÜRÜK

Üye: Doç.Dr. Şebnem KANDİL İNGENÇ

Üye: Yrd. Doç.Dr. Hüseyin AKKUŞ

ÖNSÖZ

Uzun ve yorucu bir süreci bitirmek ve bu sürecin ürünü olan bu çalışmayı sunma noktasına gelmek mutluluk verici. Bilgisel ve düşünsel açıdan birçok kazanım edinmeme imkân veren bir yolculuğun bu ilk durağında benim için hepsinden önemlisi, bu süreçte ilgimi ve merakımı cezb eden birçok yeni konuyu bundan sonra çalışma hevesi ile hissettiğim heycanım. Belkide yeni bir şeyler üretmek için gerekli olanlardan birisi bu duygudur. Ancak bu çerçevede gerekli olan ilk şeyin ise etkin bir kılavuzluk olduğunu düşünüyorum. Bu açıdan;

Öncelikle, ilk tanıştığım günden itibaren; bana yeni ufuklar açan, bu çalışmada ve ötesinde, maddi ve manevi desteğini ve bilimsel rehberliğini esirgemeyen tez danışmanım sayın, Prof.Dr. Yüksel TUFAN'a çok teşekkür ederim.

Ayrıca çalışma boyunca her türlü sorunumla yakından ilgilenen, bana değerli vakitlerini ayıran ve bilimsel katkılarını sunan sayın, Doç.Dr. Nejla YÜRÜK'e, benden değerli fikirlerini ve yönlendirmelerini esirgemeyen sayın, Yrd. Doç.Dr. Hüseyin AKKUŞ'a ve bir arkadaş yakınlığı ile çalışmama destek veren sayın, Yrd. Doç.Dr. Nusret KAVAK'a, araştırma aşamasında bana yardımcı olan tüm katılımcı öğretmenler ve öğrencilere,

Son olarak bu uzun ve yorucu süreçte bana destek veren ve fedakârlıkta bulunan sevgili eşime ve çocuklarıma teşekkür ederim.

Bu çalışmanın başta meslektaşlarım olmak üzere tüm ilgilenen kişilere faydalı olmasını temenni ederim.

01.01.2013

Davut SARITAŞ

ÖZET

PERİYODİK SİSTEMİN ÖĞRETİM SÜRECİNDE OLUŞAN RASYONEL BİLGİNİN; ÜRETİMİ, EPİSTEMOLOJİSİ VE METODOLOJİSİ

SARITAŞ, Davut

Doktora, Kimya Öğretmenliği Bilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Yüksel TUFAN

Aralık-2012, 353 sayfa

Bu çalışmada, kimya öğretmenlerinin ve öğrencilerinin öğretim sürecinde oluşturdukları söylemler temelinde, akıl yürütmelere dayalı bilgi üretimini nasıl gerçekleştirdiklerinin belirlenmesi ve bu bilgi üretiminin epistemolojik açıdan incelenmesi amaçlanmıştır. Nitel araştırma yaklaşımı ile durum çalışması yöntemine göre yürütülen çalışma 10.sınıf kimya öğretim programında yer alan "Periyodik Sistem" ünitesinin öğretim süreci ile sınırlandırılmıştır. Çalışmanın grubunu Ankara ilinin farklı yerleşim merkezlerindeki farklı okullarda görev yapan 5 kimya öğretmeni ve öğretmenlerin dersini takip eden 15 öğrenci oluşturmuştur. 2009-2010 öğretim yılında yürütülen araştırmanın verileri derslerin video kayıtlı olarak gözlenmesinin yanı sıra, öğretmen ve öğrenciler ile yapılan yarı yapılandırılmış görüşmeler ile toplanmıştır. Elde edilen bu veriler içerik analizine tabi tutulmuştur.

Periyodik sistemin öğretim sürecinde sınıf ortamında oluşturulan bilgi üretimine ilişkin felsefi bir zeminde yürütülen çalışmada bilgi üretiminin *metodolojik* ve *epistemolojik* niteliklerine yönelik sonuçlara ulaşılmıştır.

Öğretim sürecinde metodolojik açıdan; çalışmada "*Bilgi Üretme Süreçleri, (BÜS)"* adı altında yapısı tanımlanan süreçler ile bilgi üretildiği ortaya çıkmıştır. Bu süreçlerle oluşturulan bilgi üretiminde; öğretmen söylemlerinin şekillendirdiği a priori benimsenen bilgilerden yapılan formel nitelikte tümdengelim ve bu tümdengelimi farklı bir şekilde doğrulamak için yapılan tümevarımlara dayalı bir *metodoloji* söz konusudur. Bu metodolojide söz konusu a priorileri benimseme sürecinde olan ve bunlardan tümdengelim yapan öğrencilerin de katkısı vardır. Başka bir ifade ile bilgi üretiminin

metodolojik yapısı genel olarak; ortak öncüllerden yapılan tümdengelimsel bir sürece dayandığı söylenebilir. Çalışmada tümevarım ve tümdengelim dışında özellikle anomalileri açıklamada geniş bir olanak sunma potansiyeline sahip ve bu açıdan Periyodik Sistemin öğretiminde de etkili yöntemler olabileceği görülen hipotetik-dedüktif ve retrodüktif yöntemlere ve bunlara bağlı bir metodolojiye rastlanmamıştır.

Bilgi üretiminin söz konusu metodolojik özellikleri ile yakın bir ilişkisi olduğu ortaya çıkan epistemolojik özellikleri açısından ise; bilgi üretim sürecinde kullanılan akıl yürütme yöntemlerine bağlı olarak periyodik sistemin kendine has özellikleri çerçevesinde, kimyasal bilginin bilimsel niteliğinde a priorilik ve analitiklik gibi işlevsel değişimler oluştuğu gözlenmiştir. Diğer taraftan bu değişimlerle bağlantılı olarak indirgemecilik, totoloji ve nedensellik gibi uygun olmayan ve tartışmaya açık epistemolojik ilişkiler de ortaya çıkmıştır. Ayrıca periyodik sisteme yine akıl yürütmelere bağlı olarak farklı nedenlerle de olsa aksiyomatik bir sistem olarak yaklaşıldığı da belirlenmiştir. Bu süreçte öğretmenin öğrenci üzerindeki belirleyici ve yönlendirici özelliği de önemli bir noktayı oluşturmaktadır.

Sınıf ortamında metodolojik ve epistemolojik açıdan böylesi bir bilgi üretim ortamı oluşmasının, bilimsel düşünme ve bilimin doğası anlayışları gibi fen eğitimi açısından önemli olan noktalarda ve özelde periyodik sistem-kimyasal bilgi olmak üzere bilimsel bilginin niteliğine uygun akıl yürütme becerilerini desteklemeyeceği görülmektedir. Ayrıca böylesi bir ortamın kimyasal içerik bilgilerini kazanılmasında karşılaşılan birçok sıkıntılı durum ile ilişkisi de kurulabilir. Bu genel çerçeveden bakıldığında fen ve kimya öğretiminde farklı boyutlardaki söz konusu kazanımlara ulaşmada akıl yürütmelerin bilim felsefesi zeminindeki yorumlarının bir değişken olarak ele alınması mümkündür. Bu noktada ise alternatif akıl yürütmelerin özellikle bilimsel epistemoloji ve metodoloji bağlamında ele alınması gerekli görünmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kimya eğitimi, Kimya felsefesi, Periyodik sistem, Periyodik tablo, Akıl yürütme yöntemleri, Bilgi üretimi, Epistemoloji ve Metodoloji

ABSTRACT

THE RATIONAL KNOWLEDGE, IN THE PROCESS OF THE TEACHING PERIODIC SYSTEM; ITS GENARATION, EPISTEMOLOGY AND METHODOLOGY

SARITAŞ, Davut

Ph. D. Thesis, Department of Chemistry Teaching

Thesis Adviser: Prof. Dr. Yüksel TUFAN

September-2012, 353 pages

In this study it is aimed to determine how chemistry teachers and students realize knowledge generation based on reasoning within the framework of discourses, that created in the process of teaching and to investigate such knowledge generating for epistemology. The study is limited to teaching the periodic system. Research is conducted per the case study method with qualitative research approach. Besides data of researches being conducted in school year 2009-2010 that is observing courses with video record, it is also collected with the semi- constructed interview with teachers and students. Obtained data was analyzed to content analysis. Study group included 5 chemistry teachers from in five different schools and randomly selected 15 students following these teachers' courses.

This study is conducted with a philosophical perspective. *Methodological* and *epistemological* features of knowledge generation are reached in this study.

In terms of *methodology* in the process of teaching, it is come out that knowledge is generated related to the processes whose structure is completed under the name of *"Knowledge Generation Process, (KGP)."* In knowledge generation that is composed with these processes, there is not only a formal quality deduction which is done form a priori espoused information that is shaped by teachers' statements but also there is a methodology based on the inductions that are done to verify this deduction differently. In this methodology, the students who are in the process of the espousal a priories and do inductions from these, have also contributions for the study. In other words, it is said that the methodological structure of knowledge generation in general is

based on a deductive process which is done with common premises. In the study except induction and deduction, it is not found that methods have a wide range of providing potential in explaining anomalies and in this respect, hypothetical -deductive and retroductive methods which are seen as being effective methods in teaching periodic system and methodology related to these methods is also not seen.

Epistemological qualifications which are appeared to be a relationship with methodological qualifications that has been discussed above are: In the chemical nature of scientific knowledge which is used in the process of knowledge generation depending on the methods of reasoning, it is observed that there are functional changes such as a priories and being analytical. On the other hand, the terms like reductionism, tautology and causality which are not suitable in connection with these changes and the epistemological relations that are open to discussion are also showed up. Moreover, it is cleared that periodic system is appeared as axiomatic system because of different reasons related to this reasoning. In this process, the teachers' decisive and directive qualities on the students are also creating a significant point.

Composing such an knowledge generation in the classroom environment form the aspects of methodology and epistemology is not supporting the significant points like scientific thinking and understanding the nature of science in terms of education that are suitable for the quality of scientific knowledge on the brink of periodic system and chemical knowledge. In addition to, it can be said that this environment can cause several problems in learning chemical declarative knowledge. When it is thought from this general frame, comments at the science philosophy on the reasoning's methods base which is considered as a variable are possible in reaching these acquisitions at different dimensions in science and chemistry teaching. At this point, addressing alternative methods of reasoning especially in the context of scientific epistemology and methodology is seen required.

Keywords: Chemistry education, Philosophy of Chemistry, Periodic system, Periodic table, Reasoning methods, Knowledge generation, Epistemology and Methodology

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ ..... **iv**

ÖZET ..... **v**

ABSTRACT ..... **vii**

TABLO LİSTESİ ..... **xvii**

ŞEKİL LİSTESİ ..... **xx**

KISALTMALAR ve TANIMLARI ..... **xxi**

1. GİRİŞ **1**

1.1. Problem Durumu *1*

1.1.1. Felsefi Durum 1

1.1.2. Fen Eğitimi ile Felsefi Durumun İlişkisi 3

1.1.3. Fen Eğitiminde Durum 8

1.1.4. Kimya Felsefesi ve Kimya Eğitimi İle İlişkisi Açısından Durum 13

1.2. Amaç *17*

1.3. Çalışmanın Önemi *18*

1.3.1. Bilimin Doğası Açısından Önemi 18

1.3.2. Fen Eğitimi Açısından Önemi 22

1.3.3. Kimya Felsefesi ve Kimya Eğitimi İlişkisi Açısından Önemi 25

1.4. Sınırlılıklar *27*

1.4.1. Yöntemsel Sınırlılıklar 27

1.4.2. Kavramsal Sınırlılıklar 28

1.5. Varsayımlar 28

1.5.1. Yöntemsel Varsayımlar 28

1.5.2. Kavramsal Varsayımlar 29

1.6. Tanımlar 29

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE 31

2.1. Bilim ve Felsefe 32

2.1.1. Bilim Felsefesi ve Bilimi (Doğasını) Anlamak 33

2.1.2. Bilimin Rasyonalite Sorunu ve Bilim Felsefesi Açısından Bilimin Doğasının Anlaşılmasında İki Temel Soru 38

2.2. Bazı Temel Kavramlar 40

2.2.1. (Bilimsel) Bilgi 40

2.2.2. (Bilimsel) Önerme ve Türleri 41

2.2.3. Bilginin Farklı Sınıflandırmaları 46

2.2.3.1. Apriori ve Aposteriori Bilgi 47

2.2.3.2. Sentetik ve Analitik Bilgi 47

2.2.4. Bilimsel Bilginin Niteliği ve Öğrenen Açısından Durumu 50

2.2.5. Akıl Yürütme Yöntemleri 53

2.2.5.1. Tümevarım 55

2.2.5.2. Tümdengelim 56

2.3. Bilimin Rasyonalitesi ve Akıl yürütme Yöntemleri 57

2.3.1. Bilimsel Bilginin Üretilmesi (Metodoloji) ve Akıl Yürütme Yöntemleri 58

2.3.1.1. Bilgi Üretimine Modern Bilim Öncesindeki (Skolastik) Yaklaşım 59

2.3.1.2. Bilgi üretimine Klasik Yaklaşımlar 60

2.3.1.3. Tümevarım Sorunu ve Modern Yorumlar 61

2.3.1.4. Bilgi Üretimine Modern Yaklaşımlar ve Post-Modern Yorumlar..... 65

2.3.1.5. Bilimin Doğrulama Bağlamı ve Hipotetik-Dedüktif Yöntem..... 66

2.3.1.6. Hipotetik- Dedüktif Yöntemin Yapısı..... 69

2.3.1.7. Bilimin Bulma Bağlamı ve Retrodüksiyon-Abdüksiyon..... 72

2.3.1.8. Retrodüksiyonun Yapısı..... 73

2.3.1.9. Bulma ve Doğrulamaya Ortak Bir Bakış..... 75

2.3.2. Bilimsel Söylem ve Akıl Yürütme Yöntemleri..... 76

2.3.2.1. Bilimsel Söylemde Betimleme-Açıklama ve Kuramsal – Olgusal Bilgi..... 77

2.3.2.2. Bilimsel Söylemde Bulma ve Doğrulama Bağlamları..... 80

2.3.2.3. Bilimsel Söylemlerde Kullanılan Bilgi Türleri ve Akıl Yürütme Yöntemler ... 81

2.4. Kimya Felsefesi ve Kimyanın Doğası.....*95*

2.4.1. İndirgemecilik ve Kimyasal Bilgi 97

2.4.2. Kimya Eğitimi Açısından İndirgemecilik ve Akıl yürütmeler 101

2.5. Periyodik Sistem ve Niteliği.....*103*

2.5.1. Tarihsel Gelişimi..... 103

2.5.2. Felsefi Açıdan Periyodik Sistem..... 108

2.5.2.1. Periyodik Yasa..... 108

2.5.2.2. Periyodik Sistem..... 111

2.5.2.3. Periyodik Cetvel 111

2.5.3. Periyodik Yasa ve Periyodik Sistem İlişkisi: Bulma ve Doğrulama Bağlamı ve Akıl Yürütme Yöntemleri 112

2.5.3.1. Periyodik Yasa ve Bulma Bağlamı (Tümevarımsal ve Retrodüktif Süreç) 112

2.5.3.2. Periyodik Yasaya Doğrulma Bağlamı ve İki Farklı Yaklaşım..... 113

2.5.3.3.Nitel Yaklaşım (Mendeleev'in Ön Görüleri; Hipotetik-Dedüktif Süreç) 114

2.5.3.4. Nicel Yaklaşım (Moseley Sonrası; İndirgemeci-Tümdengelimsel Süreç)..... 115

2.5.3.5.Periyodik Sistemin Günümüzdeki Durumu; Bilgi Üretimi ve Akıl Yürütme .. 116

2.5.4. Modern Periyodik Sistemde Element Özellikleri, Anomaliler ve Farklı İlişkiler 118

2.5.4.1. Genel Eğilimlerden Sapmalar..... 119

2.5.4.2.Farklı İlişkiler..... 122

2.5.4.3.Elemetlere Küme Analizi ve Farklı Gruplandırmalar 123

2.5.5. Kimya Eğitimi Programında Periyodik Sistem..... 125

3. YÖNTEM.....128

3.1. Araştırmanın Modeli.....128

3.1.1. Katılımcılar..... 129

3.2. Veri Toplama Süreci.....130

3.2.1. Veri Toplama Öncesi Hazırlık..... 131

3.2.2. Verilerin Toplanması..... 132

3.2.2.1. Gözlem 133

3.2.2.2. Görüşmeler 134

3.2.2.3. Gözlem ve Görüşme Boyutlarına Göre Toplanan Verilerin Niteliği 135

3.3. Verilerin Analiz Süreci.....136

3.3.1. Veri Analizinde Genel Yaklaşım 136

3.4. Bulgulara Ulaşma Süreci 140

3.4.1. Ana Tema-1: Akıl Yürütme Yöntemleri 140

3.4.2. Ana Tema-2: Bilgi Üretiminin Biçimsel Yapısı 148

3.4.3. Ana Tema-3: Bilgi Üretiminde Kimyasal Bilgi 151

3.4.4. Ana Tema-4: Bilgi Üretiminde Periyodik Sistem 153

3.5. Geçerlilik ve Güvenilirlik 155

4. BULGULAR 156

DURUM 1. ÖĞRETMENLER 158

4.1. Söylemlerde Kullanılan Akıl Yürütme Yöntemleri 158

4.1.1. Akıl Yürütme Yöntemleri ve Söylemlerdeki Durumu 158

4.1.1.1. Akıl Yürütme Yöntemlerine Yönelik İlişkiler (Yöntemsel İlişkiler) 158

4.1.1.1.1. Tümdengelim Ilişkisi 158

4.1.1.1.2. Tümevarım Ilişkisi 161

4.1.1.2. Temel Yöntemsel İlişkilerin Bir Durum Çerçevesinde Kullanımı 162

4.1.1.2.1. Tümdengelimsel Kullanım 163

4.1.1.2.2. Tümevarımsal Kullanım 164

4.1.1.3. Akıl yürütme yöntemi; Temel Yöntemsel Kalıplar (Durumsal Kalıplar) ve Yapısı 165

4.1.2. Akıl Yürütme Yöntemlerinin Öğretim Sürecinde Kullanımı 168

4.1.2.1. Tümdengelimin Kullanıldığı Durumlar 169

4.1.2.2. Tümevarımın Kullanıldığı Durumlar 172

4.1.2.3. Akıl Yürütme Yöntemlerinin Kullanımının Karşılaştırılması 175

4.1.3.Öğretmen Görüşleri ve Akıl Yürütme Yöntemleri *179*

4.1.3.1. Tümdengelimi Kullanma 179

4.1.3.2. Tümevarımı Kullanma 182

4.2. Bilgi Üretiminin Biçimsel Yapısı *183*

4.2.1. Bilgi Üretiminin Bileşenleri *184*

4.2.1.1. Tümdengelimsel Kalıplar İle Oluşturulan Bilgi Üretimi 184

4.2.1.2. Tümevarımsal Kalıplar İle Oluşturulan Bilgi Üretimi 189

4.2.2. Bilgi Üretme Süreçleri; Yapısı ve Kullanımı *193*

4.2.2.1. Tümdengelimsel Tanımlama Süreci 194

4.2.2.2. Tümdengelimsel Açıklama Süreci 196

4.2.2.3. Tümevarımsal Tanımlama Sürecinin Yapısı 199

4.2.2.4. Tümevarımsal Açıklama Sürecinin Yapısı 201

4.3. Bilgi Üretiminde Kimyasal Bilgi *205*

4.3.1. Bilginin Niteliği 205

4.3.2. Bilgiler Arası İlişkilerden Oluşan Nitelikler 212

4.4. Bilgi Üretiminde Periyodik Sisteme Yaklaşımlar *219*

4.4.1. Öğrenciler Açsından Periyodik Sistem 220

4.4.2. Öğretim Sürecinde Periyodik Sistem ve Periyodik Sistemim Doğası 221

DURUM 2. ÖĞRENCİLER ***224***

4.5. Söylemlerde Kullanılan Akıl Yürütme Yöntemleri *224*

4.5.1. Söylemlerin Genel Yapısı 224

4.5.2. Söylemlerin Bağlamsal Yapısı ve Temel Yöntemsel İlişkiler..... 225

4.5.2.1. Tümdengelim Ilişkisi (Yöntemsel Ilişki) ve Kullanımı 225

4.5.3. Tümdengelimsel Akıl Yürütme Yöntemi 229

4.5.4. Öğrenci Görüşleri ve Akıl Yürütme Yöntemleri..... 231

4.5.4.1. Tümdengelimi Kullanma..... 231

4.5.4.2. Tümevarımı Kullanma..... 232

4.6. Bilgi Üretiminin Biçimsel Yapısı.....235

4.6.1. Yönlendirme 236

4.6.2. Temel Yöntemsel İlişki İle Bilgi Üretimi ve Bileşenler 238

4.6.3. Bilgi Üretme Süreçleri İle İlişki; Bilgi Üretme Süreçlerine Katılım 241

4.7. Bilgi Üretiminde Kimyasal Bilgi.....244

4.7.1. Bilgilerin Niteliği ve Yönlendirme..... 244

4.7.2. Bilgiler Arası İlişkilerden Oluşan Nitelikler ve Yönlendirme..... 250

4.8. Bilgi Üretiminde Periyodik Sisteme Yönelik Yaklaşımlar 258

4.8.1. Periyodik Sistemin İşlevi..... 258

4.8.2. Periyodik Sistemin Doğası 259

4.8.3. Periyodik Sistem ve Periyodik Yasa 261

4.8.4. Periyodik Sisteme Yönelik Öğretmen ve Öğrenci Yaklaşımlarını Karşılaştırma..... 262

5. TARTIŞMA.....264

5.2. Bilgi Üretiminin Metodolojisi; Akıl Yürütme Yöntemleri ve Biçimsel Yapı.....264

5.1.1. Tümdengelim..... 266

5.1.2. Tümevarım 278

5.2.Bilgi Üretiminin Epistemolojisi; Bilgi üretiminde Kimyasal Bilgi ve Periyodik Sistem 287

5.2.1. Bilgilerin Niteliğinde Değişim..... 289

5.2.2. Bilgiler Arası Oluşan İlişkilerden Doğan Nitelikler..... 294

5.2.3. Periyodik Sisteme Yönelik Yaklaşımlar..... 299

6. SONUÇ ve ÖNERİLER.....303

6.1.Sonuçların Önemi 304

6.2.Öneriler.....315

KAYNAKLAR.....324

EKLER.....344

TABLO LİSTESİ

Tablo 1. Mantık ve Epistemolojinin Karşılaştırılması.....36

Tablo 2. Eka-Silisyum (Germanyum) un Mendeleev Tarafından Öngörülen ve Denysel Olarak Gözlemlenen Özelliklerinin Karşılaştırılması 105

Tablo 3. 3. Periyotta Bulunan Bazı Elementlerin Erime Noktası ve Isı İletkenliğindeki Değişim 121

Tablo 4. Katılımcı Öğretmenlerin Bazı Özellikleri.....129

Tablo 5. Katılımcı Öğrencilerin Cinsiyet Dağılımı.....130

Tablo 6. Veri Toplama Süreci.....132

Tablo 7. Öğretmenlere ve Konu Başlıklarına Göre Gözlem Sürelerinin Dağılımı 133

Tablo 8. Görüş Alınan Uzmanlar.....134

Tablo 9. Öğretmen ve Öğrencilerle Yapılan Görüşme Süreleri.....135

Tablo 10. Toplanan Verilerin Niteliği 136

Tablo 11. Araştırma Problemlerine Göre Belirlenen Ana Temalar.....138

Tablo 12. Ana Temaların İlgili Olduğu Veriler ve Analiz Sürecindeki Niteliği.....139

Tablo 14. Verilerin Analiz Süreci-1 142

Tablo 15. Problemlere İlişkin Alt Temalar-1.....147

Tablo 16. Veri Analiz Süreci-2.....149

Tablo 17. Problemlere İlişkin Alt Temalar-2.....150

Tablo 18. Problemlere İlişkin Alt Temalar-3.....152

Tablo 19. Problemlere İlişkin Alt Temalar-4.....154

Tablo 20. Bulguların Tanımlanmasında İzlenen Yol 156

Tablo 21. Bulguları Tanımlamada Kullanılan Kısaltma ve Kodlar.....157

Tablo 22. Temel Yöntemsel Kalıplar (Tanımlama Kalıpları).....166

Tablo 23. Temel Yöntemsel Kalıplar (Açıklama Kalıpları) 166

Tablo 24. Öğretmenlere Yönelik 1. Probleme ($PD1_1$) İlişkin Sonuç-1($SonuçD1_1$) 168

Tablo 25. Öğretim Programında Periyodik Sistem Ünitesinin Konu Başlıkları ve Alt Başlıklar 175

Tablo 26. Öğretmenlerin Periyodik Sistem Ünitesinde Takip Ettikleri Konu ve Alt Başlıkları 176

Tablo 27. Öğretmenlerin Periyodik Sistem Ünitesinin Konu Başlıklarını Takip Sırası ve Kullandıkları Akıl Yürütme Kalıpları (Temel Yöntemsel Kalıplar).....177

Tablo 28. Öğretmenlere Yönelik 1.Probleme ($PD1_1$) ilişkin Sonuç-2 ($SonuçD1_2$) 178

Tablo 29. Öğretmenlere Yönelik 1.Probleme ($PD1_1$) İlişkin Sonuç-3 ($SonucD1_3$) 183

Tablo 30. Tümdengelimsel Tanımlama Süreci Bileşenleri.....194

Tablo 31. Tümdengelimsel Açıklama Sürecinin Bileşenleri 197

Tablo 32. Tümevarımsal Tanımlama Sürecinin Bileşenleri 199

Tablo 33. Tümevarımsal Açıklama Sürecinin Bileşenleri.....202

Tablo 34. Öğretmenlere Yönelik 2.Probleme İlişkin ($PD1_2$) Sonuçlar ($SonuçD1_{4,5}$).....204

Tablo 35. Öğretmenler Yönelik 3. Probleme ($PD1_3$) İlişkin Sonuç-1 ($SonuçD1_6$).....212

Tablo 36. Öğretmenlere Yönelik 3.Probleme ($PD1_3$) İlişkin Sonuç-2 ($SonuçD1_7$) 219

Tablo 37. Öğretmenlere Yönelik 4.Probleme ($PD1_4$) ilişkin Sonuç ($SonuçD1_8$).....223

Tablo 38. Öğrenci Söylemlerinde Tümdengelimsel Kalıp 230

Tablo 39. Öğrencilere Yönelik 1. Probleme ($PD2_1$) İlişkin Sonuç-1 ($SonuçD2_1$) 230

Tablo 40. Öğrencilere Yönelik 1. Probleme ($PD2_1$) İlişkin Sonuç-2 ($SonuçD2_2$) 234

Tablo 41. Öğrencilere Yönelik 2.Probleme ($PD2_2$) İlişkin Sonuçlar 1-2 ($SonuçD2_{3,4}$) 243

Tablo 42. Öğrencilere Yönelik 3.Probleme ($PD2_3$) İlişkin Sonuç-1 ($SonuçD2_5$) 249

Tablo 43. Öğrencilere Yönelik 3. Probleme($PD2_3$) İlişkin Sonuç-2 ($SonuçD2_6$) 257

Tablo 44. Öğrencilere Yönenlik 4. Probleme ($PD2_4$) İlişkin Sonuç ($SonuçD2_7$).....263

Tablo 45. Bilgi Üretiminin Metodolojisine Yönelik Sonuçlar.....264

Tablo 46. Öğretmenlerde Bilgi Üretiminin Metodolojik Özellikleri ve İlgili Akıl Yürütme Yöntemleri.....265

Tablo 47. Öğrencilerde Bilgi Üretiminin Metodolojik Özellikleri ve İlgili Akıl Yürütme Yöntemi.....265

Tablo 48. Hipotetik-Dedüktif Süreç İle Tümdengelimsel Açıklama Sürecinin Karşılaştırılması 277

Tablo 49. Retrodüktif Süreç ile Tümevarımsal Tanımlama Sürecinin Karşılaştırılması.....284

Tablo 50. Bilgi Üretiminin Epistemolojisine Yönelik Sonuçlar.....287

Tablo 51. Öğretmenlerde Bilgi Üretimin Epistemolojik Durumu ve Özellikleri.....287

Tablo 52. Öğrencilerde Bilgi Üretiminin Epistemolojik Durumu ve Özellikleri.....288

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1. Kimyanın Bilgi Boyutları 101

Şekil 2. Mendeleev'in Periyodik Tablosu 107

Şekil 3. Bazı Elementlerin 1.İyonlaşma Enerjilerinin Deneysel ve Hesaplanan Değerlerinin Karşılaştırılması 110

Şekil 4. IUPAC Periyodik Tablo 119

Şekil 5. Atomik Yarıçapın İlk Beş Periyottaki Değişimi 120

Şekil 6. 1.Elektron İlgisinin İlk Beş Periyottaki Değişimi 120

Şekil 7. Knight Hareketi 123

Şekil 8. Tümdengelimsel Tanımlama Sürecinin Yapısı 195

Şekil 9. Tümdengelimsel Açıklama Sürecinin Yapısı 198

Şekil 10. Tümevarımsal Tanımlama Sürecinin Yapısı 200

Şekil 11. Tümevarımsal Açıklama Sürecinin Yapısı 203

Şekil 12. Öğrenci Söylemlerinin Bilgi Üretim Süreçlerindeki Durumu 242

Şekil 13. Hipotetik - Dedüktif Süreç 273

Şekil 14. Tümdengelimsel Açıklama Süreci 274

Şekil 15. Retrodüktif Süreç 282

Şekil 16. Tümevarımsal Tanımlama Süreci 283

Şekil 17. Tümevarımsal Açıklama Süreci 285

KISALTMALAR ve TANIMLARI

NRC : National Research Council

MEB : Milli Eğitim Bakanlığı

PS : Periyodik Sistem

PT : Periyodik Tablo

HPS : History and Philosophy of Science

STS : Science-Technology-Society

IUPAC : International Union of Pure and Applied Chemistry

Öğrt. : Öğretmen

Öğrn. : Öğrenci

D1 : 1. Durum (Öğretmenler)

D2 : 2. Durum (Öğrenciler)

$PD1_n$: 1. Duruma yönelik n. problem

$PD2_n$: 2. Duruma yönelik n. problem

$BulguD1_n$: Öğretmenlere (1. Duruma yönelik n. bulgu)

$BulguD2_n$: Öğrencilere (2. Duruma yönelik n. bulgu)

$TanımD1_n$:Öğretmen bulguları çerçevesinde ortaya çıkan n. kavrama getirilen tanım

$TanımD2_n$: Öğrenci bulguları çerçevesinde ortaya çıkan n. kavrama getirilen tanım

$GörüşD1_n$: Öğretmen bulguları çerçevesinde tanımlanan (n.) öğretmen görüşü

$GörüşD2_n$: Öğrenci bulguları çerçevesinde tanımlanan (n.) öğrenci görüşü

$SonuçD1_n$: Öğretmen bulgularında elde edilen (n.) sonuç

$SonuçD2_n$: Öğrenci bulgularında elde edilen (n.) sonuç

$D1_n$: n. Çalışma grubu üyesi (öğretmen)

$D2_n$: n. Çalışma grubu üyesi (öğrenci)

$D1A_n$: Öğretmenlere yönelik (n.) veri alıntısı

$D2A_n$: Öğrencilere yönelik (n.) veri alıntısı

$ÖD1_n$: Öğretmenlerde bilgi üretiminin n. özelliği

$ÖD2_n$: Öğrencilerde bilgi üretiminin n. özelliği

BÜS : Bilgi Üretme Süreci (leri) [Eng.: *"Knowledge Generation Process, (KGP)*]

1. GİRİŞ

Bu bölümde problem durumu, amaç, sınırlılıklar ve varsayımlar, gerekli tanımlar, çalışmanın önemi ve kavramsal çerçeve verilecektir. Çalışmanın odaklandığı amaç ve genel çerçevesinin daha iyi tanımlanması kaygısı ile problem durumu ve çalışmanın önemi başlıklarına ayrıca bir önem atfedilmiştir. Bu başlıklarda verilen bilgilerin referans kavramsal temelleri ise kavramsal çerçeve bölümünde ele alınmıştır.

1.1. Problem Durumu

Çalışmanın problem durumu belirli bir bakış açısı oluşturmak amacı ile bir biri ilişkili üç başlıkta ele alınabilir.

1.1.1. Felsefi Durum

Bilimi anlama faaliyeti olan bilim felsefesinin (Yıldırım, 2008: 37), bilimin doğasına ilişkin anlayışları tanımlamada da kritik bir önemi olsa gerekir. Nitekim, bilimin doğası; *bilim nedir?,* sorusuna, bilim tarihi, bilim sosyolojisi, bilim psikolojisi ve bilim felsefesi açısından getirilen yaklaşımların tümünü temsil eden bir kavramdır (McComas ve Olson, 2000). Bu yaklaşımlara katkı sağlayan bilim felsefesi ise epistemoloji ve ontoloji boyutları ile bilimi, metodolojik ve rasyonel yönü gibi farklı problem alanlarında ele alır (Cevizci, 2011, 2002).

Geçen yüzyılda bilim felsefesinde en önemli tartışma konusu bilimin rasyonalitesi üzerinedir (Demir, 2000). Bilimin rasyonalitesi sorunu, en genel hali ile bilimin mantıksal bir yapısının olup olmadığı sorunudur. Son yüz yılda bu sorunun, bilimin tartışıldığı tüm zeminlerde, bilimsel bilginin nasıl elde edildiğinden bilimsel

açıklamanın önermesel yapısına kadar geniş bir çerçevede; T.Kuhn, K.Popper, R.Carnap, H.Reichenbach, I.Lakatos gibi ünlü isimler başta olmak üzere birçok bilim felsefecisi tarafından ele alındığı ve farklı yaklaşımların geliştirildiği görülmektedir. Gelinen noktada post-modern bilim anlayışı çerçevesinde, yaklaşımların rasyonellikten irrasyonelliğe doğru evirildiğini söylemek mümkündür (Demir, 2000; Tekin, 2011). Post-modern bilim anlayışını tetikleyen unsurlar çerçevesinde, bilime ilişkin böylesi bir algı değişiminin nedenleri ayrı bir tartışma konusudur. Ancak bu değişimin zirve noktasını bilimin akli olmayan alternatif süreçlerle şekillendiğini savunan Feyerabend 'in bakış açısında görmek mümkündür. Ona göre bilimde "ne olsa gider" (Feyerabend, 1975/1991a: 29).

Bilim felsefesinde bilimin rasyonalitesine ilişkin özellikle öne çıkan yaklaşımları şu şekilde özetlemek mümkündür:

- Pozitivizm çerçevesinde değerlendirilebilecek görüşlerden; Hume' göre bilim mantıksal olmayan bir temelde irrasyonel olarak tümevarımsal bir süreci takip eder (Hume, 1751/1976).
- Mantıksal pozitivizm çerçevesinde ise, Carnap' göre bilimin rasyonalitesi doğrulanabilirlik temelinde tümevarımsal akıl yürütmeye dayanır (Carnap, 1952).
- Eleştirel rasyonalizmde, Popper'e göre ise bilim tümevarımsal olmayan, yanlışlanabilirlik temelinde hipotetik-dedüktif yönteme dayalı rasyonel bir süreç izler (Popper, 1934/2003).
- Feyerabend ve Kuhn'a göre ise bilimin belirli bir rasyonalitesi yoktur (Kuhn, 1962/1991; Feyerabend, 1975/1991a).

Kuhn'un genel yaklaşımına göre rasyonalite arayışı anlamsızdır, çünkü bilimin gelişimde etkin rol alan paradigmalar üstü bir mantıksal yapıdan bahsetmek mümkün değildir (Kuhn, 1962/1991). Bilimin ve bilimsel yöntemin belirli bir rasyonalitesi olduğunu savunan filozoflardan Lakatos, bu noktada Kuhn'un durumunu tümevarıma dayalı doğrulanabilirlik ilkesinin çökmesinin ardından bilimin rasyonalitesi noktasında oluşan umutsuzlukla -felsefi yapılandırmacılıkta olduğu gibi- tüm bilimsel etkinlikleri insan psikolojisine ve zihnine indirgeyen yaklaşıma destek verenlere benzetir. Ona göre

Kuhn, Popper'in yanlışlamacılığındaki bazı noktaları gözden kaçırarak benzer bir duruma düşmüştür (akt. Demir, 2000: 97). Bu nedenle, bilimsel etkinlikleri bilim adamları topluluğunun kollektif psikolojine ve zihinsel değişimine indirgemiştir.

Bu çerçeveden bakıldığında, bilimin tanımlanmasında akıl yürütme biçimlerinin önemli bir yeri olduğu görülmektedir. Nitekim yukarıda ifade edilen ve bilim felsefesinde metodolojik tartışmalarda öne çıkmış görüşler, bilimsel etkinliklerde bilimsel bilginin üretiminin, başta tümevarım olmak üzere farklı akıl yürütme yöntemleri (tümdengelim, hipotetik- dedüktif yöntem) ile gerçekleştiğini savunan farklı yaklaşımlar olduğunu göstermektedir. Diğer taraftan bilimsel epistemoloji zemininde, bu akıl yürütmelerin ayrı bir öneminden de bahsetmek mümkündür. Bilimsel söylemleri oluşturan önermesel bilgilerin akıl yürütme yöntemleri çerçevesinde yapısının analizi, bilim felsefesinde önemli bir boyutu oluşturur. Bu analiz, bilimsel kuramlar, yasalar ve diğer bilgilerin yapılarının incelenmesine olanak verir (Baç, 2007; Lecourt, 2006; Özemre, 2007; Yıldırım, 2008). Bu genel çerçeveden hareketle akıl yürütme yöntemlerinin, hem *bilimsel bilgi üretiminde* hem de *bilimsel söylemi oluşturan betimleme ve açıklamaların* anlaşılmasında önemli bir yere sahip olduğunu söylemek mümkündür.

1.1.2. Fen Eğitimi ile Felsefi Durumun İlişkisi

Günümüz fen eğitimi anlayışında, bilimsel düşünme çerçevesinde akıl yürütme kavramının önemine dikkat çekilmektedir. Bu anlayışta, öğrencilere bilimsel içerik bilgilerinin aktarmaktan çok akıl yürütme becerilerinin kazandırılması önemli görülmektedir (National Research Council [NRC], 1996). Bu durum güncel fen öğretimi programlarına da yansımaktadır. Fen ve teknoloji öğretim programlarında bu bağlamda öne çıkan kavram ise fen okuryazarlığıdır (Milli Eğitim Bakanlığı [MEB], 2005). Fen okuryazarlığının üç ana boyutundan bahsedilmektedir. Bunlar; *bilimsel düşünme*, *bilimsel yöntem* ve *bilimsel bilgi*dir (Chiapetta, Koballa ve Collette, 1998). Fen okuryazarı bireylerin bu boyutlara yönelik kazanımlara sahip olması beklenir. Yine benzer şekilde güncel kimya öğretimi programlarının vizyonuna yönelik açıklamalarda, öğrencilerin bilimsel düşünmenin niteliğini kavramları, bilimsel yöntemin zamanla

gelişen bir anlayış olarak süreç içerisinde sezilerek kavranması ve bilim insanlarına yakışır değerlendirme becerisi geliştirilmesinin beklendiği ifade edilmektedir (MEB, 2009a). Bu açıdan genel anlamda fen eğitiminde, bilimsel düşünme ekseninde öne çıkan bilimsel yöntem ve bilimsel bilgiye ilişkin, öncelikle öğretmenler olmak üzere, yeterli anlayışların geliştirilmesi gerektiği görülmektedir. Bu nedenle bu boyutlara yönelik metodolojik, epistemolojik tanımlamaların önemi de büyüktür. Bu tanımlamalar ise, bilim felsefesinde akıl yürütmeler temelinde ele alınmaktadır. Nitekim bu bağlamda, fen okuryazarlığının ön koşulu olarak kabul edilen bilimin doğasının bir boyutunu da bilim felsefesi oluşturmaktadır (McComas, Clough ve Almazroa, 2000).

Bilim felsefesinin perspektiflerinin özellikle bilimin doğası bağlamında, bilim tarihi ile birlikte (*History and Philosophy of Science, HPS*) fen eğitimine dahil edilmesinin önemi ve gerekliliği bir süredir ifade edilmektedir (Örn. Mathews, 1994; Duschl, 1994). Ancak buna rağmen, gerek genel anlamda fen ve gerekse özelde kimya eğitimi açısından bu konudaki katkı oldukça azdır (Erduran, 2001; Erduran ve Scerri, 2002). Oysa felsefe sınıf ortamında kendiliğinde ortaya çıkan bir süreçtir. Nitekim Matthews (1998: 168)'e göre, çoğu sınıf içi tartışmalar ve ders kitaplarında yasa, teori, açıklama, neden, hipotez, teyit, gözlem, delil, idealleştirme vb.'den söz edilmesinden görülebildiği gibi, felsefe her hangi bir fen sınıfının yüzeyinden çok da uzak değildir.

Bu genel çerçevede bakıldığında fen okuryazarlığının ön koşulu olarak kabul edilen bilimin doğasının bir boyutunu oluşturan bilim felsefesi açısından akıl yürütme yöntemlerinin fen eğitiminde kritik bir önemi olduğu söylenebilir. Bu önem fen okuryazarlığının bileşenleri olarak ifade edilen *bilimsel düşünme, bilimsel bilgi* ve *bilimsel yöntem* kavramları temelinde iki açıdan ifade edilebilir;

- **Bilimsel düşünme açısından:** *Bilimsel metodolojiye (bilimsel bilginin üretim süreci)* yönelik tanımlamalardaki önemi sebebiyle; bilimsel bilginin üretim sürecinin rasyonel yönünün anlaşılmasında ve kazandırılmasında (***bilimsel yöntem anlayışını kazanma ve niteliğini kavrama***)
- **Bilimsel bilgi açısından:** *Bilimsel epistemolojiye (bilimsel söylem)* yönelik tanımlamalardaki önemi sebebiyle; bilimsel bilginin ve buna bağlı olarak bilimsel söylemlerin yapısının anlaşılmasında ve bilimsel söylem becerisinin kazandırılmasında (***bilimsel bilgi anlayışını kazanma ve niteliğini kavrama***)

Akıl yürütme yöntemlerinin bu iki noktadaki öneminden yola çıkarak fen eğitimi alanyazının bu iki bağlamdaki felsefi çerçevesine göz atmak mümkündür.

İlk olarak akıl yürütmeler çerçevesinde ele alınan bilim anlayışı, rasyonel bilgi üretimine dayalı bir bilim anlayışını öngörür. Bu açıdan bilimin doğası noktasında fen eğitimi alanyazına göz atıldığında durum biraz farklıdır. Fen eğitimi alanyazında üzerinde büyük ölçüde uzlaşı sağlandığı ifade edilen bilimin doğası anlayışları incelendiğinde bilimin irrasyonel bir süreç izlediğine ilişkin felsefi yaklaşımların ağırlığı gözden kaçmamaktadır. Özellikle öğrenciler ve öğretmenlerde kazandırılması amaçlanan anlayışların bir kısmının bilimsel metodolojiye ve bilimsel epistemoloji ile ilişkili olduğu görülmekle birlikte, bilime ilişkin bu boyutların *psikolojik, sosyal ve kültürel faktörlerden etkilendiği* görüşünden yola çıkılarak bilim sosyolojisi ve psikolojisi zeminine daha yakın bir bağlamda ele alındığı söylenebilir. Nitekim, bu bağlamda ele alınan bilimin doğasının, özellikle fen okuryazarlığının *fen-teknoloji-toplum* (*Science-Technology-Society, STS*) boyutunun ana bileşenlerinden biri olarak öne çıkarıldığı görülmektedir (Örn. Lederman, 2004; Abd-El-Khalick, 2001; Abd-El-Khalick, Bell ve Lederman, 1998). Bu şekilde bilimi rasyonel bir etkinlikten çok irrasyonel bir etkinlik olduğuna dair bir anlayışının geliştirilmesinin, doğrudan veya dolaylı olarak vurgulandığını söylemek mümkündür. Bu durum kimya eğitimine yönelik çalışmalara da yansımaktadır.

Kimya felsefecisi E.Scerri (2003a,2003b,2003c)'e göre kimya eğitimine ilişkin çalışmalardaki felsefi yaklaşımlar, büyük bir baskınlıkla öne çıkan yapılandırmacılık çerçevesinde Kuhn ve Feyerabend'in görüşlerinin etkiside rölativst bir konum almaktadır. Scerri, rölativizm ve realizm arasındaki bilim savaşında ("*science wars"*,2003a: 472) birçok kimya eğitimcisinin durumunun, bilimsel olmayan *("anti-scientific"*,2003c: 8) bir eğilim gösterme açısından çok kritik bir noktada olduğuna dikkat çekmektedir. Kuhn ve Feyerabend'in görüşlerinin kimya eğitimi çalışmalarına yapılandırmacılık çerçevesinde, çok bilinçli olmasada, yansıtıldığını ortaya koyan bu görüş, yukarıda ifade edilen fen eğitimi alanyazındaki bilimin doğasına ilişkin felsefi görüşlerdeki irrasyonel yaklaşımın en azından kimya eğitimindeki olası nedenini ifade etmek açısından önemlidir.

Fen eğitiminde genel anlamda bu irrasyonel yaklaşım çerçevesinde yürütülen bilimin doğasına yönelik çalışmalar; üzerinde büyük ölçüde uzlaşı sağlandığı ifade edilen bilimin doğası anlayışlarını belirleme ve bunları geliştirmeye yöneliktir (Lederman, 2007). Bilimin doğasına ilişkin anlayış belirleme çalışmalarında öğrencilerin ve öğretmenlerin genelde bilimin doğası noktasında yeterli anlayışlara sahip olmadıkları ve anlayışların farklılıklar gösterdiği ifade edilmektedir (Örn. Akerson, Abd-El Khalick ve Lederman, 2000; Bell, Lederman ve Abd-El Khalick, 2000; Lederman, 1992). Öğretmenlerin bu noktadaki eksikliklerinin olası sebepleri arasında öğretmen yetiştirmede bilimsel etkinlikler ve bilimsel yargılarda bulunma süreci gibi konulara yeterince yer verilememesi ifade edilmektedir (Örn. Hammrich, 1997). Yine bu çerçevede yapılan bazı çalışmalarda, bilimin doğası anlayışı ile akademik başarı ve öğretmenlerin öğretim stratejileri arasında ilişki bulunmadığına yönelik elde edilen bazı sonuçlara, genel eğilime uygun olarak bilimin doğasının inançlarla ilişkisi olduğu noktasında bir açıklama getirilmektedir (Örn. Lederman, 1992; Abd-El-Khalick vd., 1998; Odgers, 2003; Eick, 2000). Bilimin doğasına ilişkin anlayışları geliştirmeye yönelik çalışmalarda ise çok farklı yaklaşımlar ve modellerin denenmesine rağmen birçok çalışmada istenen sonuçlar elde edilememektedir (Abd-El-Khalick ve Lederman, 2000). Ancak bilimsel söylem oluşturmaya dayalı yöntemler olarak ifade edilebilecek; iddia ve temellendirme eksenli argüman oluşturma ve bilimsel sorgulama çalışmaların son yıllarda bilimin doğası anlayışlarını geliştirme noktasında etkinliği genel bir kabul görnektedir (Köseoğlu, Tümay ve Budak, 2008).

Ancak bilimsel söylem temelli bu yöntemlerin fen bilimleri eğitimi açısından önemi noktasındaki genel eğilimde, bilimin rasyonalitesine ilişkin metodolojik ve buna bağlı olarak epistemolojik kaygılardan sıyrılarak daha çok yukarıda ifade edilen *sosyo-kültürel* bağlamdaki irrasyonel yönünün veya bilimsel bilginin sosyal yapılandırıldığını benimseyen felsefi bir yaklaşımla yapılandırmacı epistemolojinin (Cevizci, 2010) benimsediği özelliklerin önemine öncelik verildiği görülmektedir (Örn. Kuhn, 1993; Driver, Newton ve Osborne, 2000; Duschl ve Osborne, 2002). Bilimin doğası ile ilgili *rasyonel metodolojik* ve *epistemolojik* bağlama daha yakın çalışmalar da mevcuttur. Bunlardan özellikle bilimsel süreç becerilerine dayalı olarak yürütülen, bilimsel metodoloji ile hipotez geliştirme ve test etme, teori ve yasaların mantıksal yapısı gibi açılardan, bilimsel epistemoloji ile de teori ve yasaların niteliği gibi açılardan ilişki

kurulabilecek çalışmalarda bu bağlamda başarılı olunduğu ifade edilmektedir (Örn. Bell, Binns, Schnittka ve Smetana, 2005).

Fen eğitimi alanyazında yer yer bilimin doğası ile ilişkilendirilen, öğrenci ve öğretmenlerin, bilimsel bilginin oluşumu ve kaynağı gibi noktalarda epistemolojik inançlarını belirlemeye yönelik çalışmalar da mevcuttur. Bunlarda, çoğunlukla gelişmemiş inançlara sahip olunduğu ifade edilmektedir (Örn. Schommer, 1994; Schommer ve Aikins, 2004; Boden, 2005). Epistemolojik inançlara yönelik çalışmalarda genel anlamda yukarıda ifade edilen bilime ilişkin post-modern anlayışın etkisi ile irrasyonel bilim anlayışına uygun olarak fen bilimleri de dahil olmak üzere, bilimsel bilgiye ilişkin rölativist bir inancın olgunlaşmış inanç olarak değerlendirildiği ve bilimsel bilginin hiçbir ortamda nesnel yönünün öne çıkarılmaması görüşü temelinde ve felsefi yapılandırmacık çerçevesinde zaman zaman katı öznelci bir tavra dönüşen bir bilgi anlayışının önemi vurgulanmaktadır (Sarıtaş ve Tufan, 2011). Nitekim bu yaklaşımı yansıtan bir görüşe göre; yapılandırmacı fen öğretiminin sağlanabilmesinin ön koşulu öğretmenlerin yapılandırmacı bir *bilim epistemolojisi* anlayışına sahip olmaları ve bunu öğrencilerde kazanılmasına da katkı sağlamaları gerekir (Tsai, 1999; 2000).

Bilimin doğasını anlamaya sağladığı katkıya ek olarak, akıl yürütme yöntemleri özellikle rasyonel bilim anlayışı çerçevesinde bilimsel bilgilerin ve bunlar ile oluşturulan bilimsel söylemlerin epistemolojik analizinde önemli bir yere sahiptir. Fen eğitimde ise bu açıdan özellikle fen okuryazarlığının boyutlarından biri olarak ifade edilen ve bilimsel söylemlerde önemli bir yere sahip *temel fen kavramları* öne çıkmaktadır. Gerek öğretmenlerin gerekse öğrencilerin; olgusal bilgi, kuramsal bilgi, teori, yasa gibi kavramlar hakkında yetersiz ve yanlış anlayışları söz konusudur (Lawson, 1999; Tatar, Karakuyu ve Tüysüz, 2011; NRC, 1998; Brickhouse, Dagher, Letts ve Shipman, 2000). Ayrıca bu çerçevede öğrencilerin ve öğretmenlerin astroloji gibi alanlara yönelik görüşlerinden bilimsel olan ve bilimsel olmayan (sözde bilimsel) söylemler arasında ayrım yapmakta zorlandıkları ifade edilmektedir (Lundström, 2007; Kallery, 2001). Bu açıdan bakıldığında fen eğitiminde söz konusu bilim kavramlarının anlaşılmasına ve buna bağlı olarak bilimsel olan ile olmayan arasındaki ayrıma yardımcı olacak yaklaşımların gereği ortaya çıkmaktadır. Bilimin rasyonalitesi tartışmaları esasen

bu temeldedir. Örneğin, bilim felsefesindeki, Popper'in yanlışlanabilirlik temelli hipotetik-dedüktif yaklaşımı, söylemleri oluşturan önermelerden bilimsel olan ile olmayan arasındaki ayrıma yöneliktir. Bu açıdan bilim felsefesinin açılımları bu noktada daha bir önem kazanmaktadır. Bu durum bilimsel söylemleri oluşturan yasa, hipotez, teori gibi kavramların anlaşılması ve bunların yapısının analizine imkan veren akıl yürütmelerin önemine de işaret etmektedir.

1.1.3. Fen Eğitiminde Durum

Yukarıdaki bölümlerde çizilen genel çerçevede, bilimin doğasının anlaşılması için bilim felsefesinin yaklaşımında akıl yürütme yöntemlerinin önemli bir yeri olduğu görülmektedir. Söz konusu akıl yürütme yöntemleri açısından fen eğitimi alanyazını incelendiğinde ise, akıl yürütme yöntemlerini felsefi açıdan ele alan belirli bir kavramsal çerçeveye rastlamak mümkün görünmemektedir. Fen eğitiminde gerek doğrudan formel akıl yürütme yöntemleri ilgili gerekse bilimsel düşünme ve bilimsel akıl yürütme becerileri ile ilgili çalışmalara yönelik derlemelere (Örn. Lawson, 2006a; Zimmerman, 2000, 2005, 2007) bakıldığında çalışmaların kavramsal çerçevesinin *psikoloji* zeminine dayandığı söylenebilir. Ayrıca fen okuryazarlığı ve bilimin doğası ile ilişki kurulan, yer yer bilim felsefesine de vurgu yapanlara da rastlanılan; bilimsel sorgulama, bilimsel açıklama, bilimsel tartışma, bilimsel süreç becerileri, gibi konulara odaklı çalışmalarda da akıl yürütme kavramına aynı zeminde (*psikoloji*) rastlamak mümkündür (Örn. Johnson ve Lawson, 1998; Padilla, Okey ve Dillashaw, 1983; Lawson, 2005; McNeill ve Krajcik, 2008; Zimmerman, Raghavan ve Sartoris, 2003; Osborne, Erduran ve Simon, 2004a, 2004b; Simon, Erduran ve Osborne, 2006;).

Başka bir ifade ile fen okuryazarlığı ve biliminin doğası ile ilişkilendirilen çalışmalarda akıl yürütme kavramı felsefi zeminin dışında yukarıda ifade edilen psikolojik zeminde ele alınmaktadır. Ancak bu çalışmalarda akıl yürütme kavramı noktasında bir anlayış çeşitliliği de söz konusudur. Bazen akıl yürüme yöntemleri, düşünme biçimleri arasında, bazen de düşünme biçimleri akıl yürütme yöntemleri arasında ifade edilmektedir. Ayrıca ağırlıklı olarak bilimsel süreç becerileri çerçevesinde ele alınan ve akıl yürütme yöntemleri ile yakından ilişki olan, hipotez

oluşturma, test etme, çıkarsama, sınıflama vb. bazı becerilerin *bilim felsefesi bağlamında akıl yürütme yöntemleri ile olan ilişkilerine* ve bu ilişkilere odaklı çalışmalara da rastlanmamıştır.

Bilim felsefesi çerçevesinde ele alınan akıl yürütme yöntemleri, mantıkta formel ve informal akıl yürütme yöntemleri olarak ifade edilen (Ho, 1994: 16) yöntemlerdir. Bunlar; klasik akıl yürütme türleri olarak bilinen ve sembolik mantıkta karşılığı olan formel nitelikteki tümevarım ve tümdengelim ile nispeten daha yakın zamanda ortaya konulan ve eleştirel düşünme çerçevesinde ele alınan informal nitelikli hipotetik-dedüksiyon ve retrodüksiyon yöntemleridir (Musgavre, 2009; Spenger, 2011; Hanson, 1958; Yıldırım, 1985; Rothchild, 2006). Bu bağlamda bu çalışmada ifade edilen akıl yürütme yöntemleri, bilim felsefesinin yaklaşımı ile *bilimsel söylemlerde kullanılan bilgilerin analizinde ve bilimsel yöntemin rasyonalitesinin tanımlanmasında* kullanılan yöntemler olarak ele alınacaktır. Bu nedenle fen eğitiminde birçok çalışmada *psikoloji* zemininde ifade edilen bazı düşünme şekilleri bu çalışmada akıl yürütme yöntemi olarak ele alınmamıştır.

Akıl yürütme yöntemlerinin fen eğitimi alanyazındaki durumunu daha açık hale getirmek için, yöntemlerin fen eğitiminde felsefi açıdan önemli olduğu ifade edilen iki noktadan ilgili alanyazına yaklaşılmış ve buna bağlı olarak iki çizgide değerlendirilmiştir; *bilimsel söylem* ve *bilimsel bilginin üretimi* ile ilişkili çalışmalar.

Fen eğitiminde *bilimsel söylem'*e, genel çerçevesini argümantasyonun oluşturduğu ve argümantasyonun yanısıra bilimsel tartışma,-açıklama,-sorgulama gibi etiketler ile ifade edilen yöntemlerde rastlanmaktadır. Bunlara ilişkin gerek uygulamalı gerekse kuramsal çalışmalarda fen okuryazarlığı ve bu çerçevede bilimin doğası anlayışlarına vurgular söz konusudur.(Örn. Osborne, 2005; Driver vd., 2000; Duschl ve Osborne, 2002; Kuhn, 1993; Köseoğlu, vd., 2008; Zohar ve Nemet, 2002; Von Aufschnaiter, Erduran, Osborne ve Simon, 2008; McNeill ve Krajcik, 2008, Çetin, Erduran ve Kaya, 2010; Erduran ve Jimenez-Aleixandre, 2008; Çelik, 2010). Bu çerçevede ifade edilen yöntemlerde, kanıt ve iddia arasında yazılı veya sözlü tutarlı bir bilimsel söylem geliştirmek ortak bir yaklaşım olarak ortaya çıkmaktadır. Özellikle argümantasyon etkinlikleri bilimsel söylemlerin epistemolojik analizi açısından akıl yürütme yöntemleri ile daha yakın bir ilişki kurulabilecek durumdadır.

Bilimsel argümantasyon, S. Toulmin'in öne sürdüğü bilimsel açıklama yaklaşımından esinlenerek özellikle fen öğretimine yönelik bir teknik veya bir yöntem olarak önerilen bir etkinliktir. Argümantasyon, gerekçeler ortaya koyarak iddiaların veriler ile desteklenip geçerli hale getirme sürecidir (Toulmin, 1969). Kimi araştırmacılara göre öğrenen bireyler açısından argümantasyon, bilimi yaşamanın ve bilimsel düşünmenin anlaşılması için gereklidir (Örn. Driver vd., 2000; Erduran ve Jimenez-Aleixandre, 2008). Argümantasyon yönteminde öğrencilerin, kurgusal bir senaryo, bilim tarihinden verilen veya bilinen bir olay vb. çerçevesinde bilimsel bir söylem geliştirmelerini, bunları gerekçelendirmelerini, varsa geliştirdikleri iddiaları destekleyen kabul edilmiş bilgileri veya iddiayı geçersiz kılacak koşulları ifade etmelerini sağlamaya çalışan bir ortam oluşturulması planlanır. Bu şekilde öğrencilere bilim insanlarına ait zihinsel ve sosyal deneyimlerin benzerlerini yaşatması amaçlanır. Bu durum, yapı olarak akıl yürütmeye dayanan bir etkinlik olduğunu göstermektedir.

Bilimsel söylem temelli bu tür uygulamaların, bilimsel düşünme becerilerini geliştirmede ve fen kavramlarına ilişkin yanılgılarını gidermede, ayrıca bilimsel etkinliklerin bilim insanlarının kişisel ve sosyal durumlarından etkilendiği ve bilimsel bilginin mutlak gerçekler olmadığı noktalarında ise bir anlayış oluşturmada etkili olabileceği vurgulanmaktadır (Örn. Driver vd., 2000; Duschl ve Osborne, 2002; Bell ve Linn, 2000). Bu noktada bilimin doğasının sosyolojik ve psikolojik bağlamına vurgu yapıldığı görülmektedir. Bu tür çalışmalarda epistemolojik anlamda olması beklenen, bilimsel söylemler ve akıl yürütme türleri arasındaki yakın ilişkiye yönelik doğrudan bir atıf söz konusu değildir.

Fen eğitiminde *bilimsel bilginin üretim süreci* ile ilişkisi kurulabilecek çalışmalara da yine psikoloji zemininde rastlanmaktadır. Bu tür çalışmaların temelinde yapılandırmacı öğrenme yaklaşımını büyük ölçüde etkilemiş olan J.Piaget'in bilişsel gelişim kuramı vardır. Bu kurama göre bireyler; birbirini takip eden dört dönemde zihinsel gelişimini tamamlarlar (Piaget, 1947/1950). Bu dönemlerin her birinin kendine has bilişsel özellikleri söz konusudur. Piaget'in yaklaşımında akıl yürütme türlerinin biçimsel formülasyonundan çok, ilk gelişim döneminden son gelişim dönemine kadar bireylerin, akıl yürütmede kullandıkları içeriğinin somut nesnelerden başlayıp soyut kavramlara doğru değiştiği öne çıkarılmaktadır.

Piaget' den sonra bu alanda, gelişim dönemlerine bağlı olarak akıl yürütme türlerini belirlemek amacıyla yapılmış çalışmalar söz konusudur. Fen eğitimi çerçevesinde bu çalışmalardan, fen okuryazarlığının kritik bir bileşeni olarak, bilim adamlarının nasıl düşündüğünün ve sonuçları nasıl tartıştığının fen eğitimde önemli bir yeri olduğunu (Lawson, 2004: 1) vurgulayan A.Lawson'un çalışmaları dikkat çekmektedir. Bu konudaki çalışmaları bilişsel gelişim sürecinde öğrencilerin akıl yürütmelerinin niteliği ve bunları etkileyen faktörlere yöneliktir. Lawson, Piaget'in *genetik epistemoloji* adı verilen (Lecourt, 2001/2006; Cevizci, 2010), bilişsel gelişim kuramın yeni bir bakış açısı getirmiştir. Öğrencilerin temel akıl yürütmelerden hangilerini kullandıklarını belirlemeye yönelik çalışmalardan elde ettiği sonuçlara dayanarak bilimsel bilginin zihinde oluşum sürecinin, hipotetik-dedüktif olduğunu ifade etmektedir (Lawson, 2000, 1995). Buna göre, öğrencilerin temelde ne tam olarak indüktif (tümevarımsal) ne de salt dedüktif (tümdengelimsel) akıl yürütmektedirler. Her gelişim döneminde hipotetik-dedüktif yönteme bağlı akıl yürütmektedirler. Ancak dönemlere bağlı olarak akıl yürütmenin bilgisel niteliği değişmektedir. Somut işlemler döneminde daha olgusal bilgiler kullanılırken, soyut işlemler döneminde daha kuramsal bilgiler üzerinden akıl yürütmeler gerçekleşmektedir. Bu durum ise uygulanan bağlamın niteliğinden kaynaklanmaktadır (Lawson, 1995, 2005, 2006b). Söz konusu yöntemin önermesel yapısı ise, bazı bağlaçlarla kurulan argümanlardır. Bunlardan oluşan ifadeye hipotetik-argüman adı verilmektedir ve argümanın kalıbı; *"Eğer... ve ... ise... ve/ama... bu yüzden...",*şeklindedir (Lawson, 2000: 482). Lawson'a göre uygun bağlamda verilen bir problemde akıl yürütme analoji veya abdüksiyon temellinde bir hipotez oluşturma ile başlar tümdengelimle devam eder. Bunların hepsi temelde hipotetik-argüman kalıpları ile oluşturulan hipotetik-dedüktif bir sürece karşılık gelir (Lawson, 2000, 2004). Bu yaklaşıma göre öğrenciye sunulan öğretimin niteliği önemli görünmektedir. Bilimsel süreç becerilerinin destekleyen bir öğretim, bilginin iyi yapılandırılmış bir problem veya anomaliler şeklinde sunulması öğrencilerin bilimsel akıl yürümelerinin içerik açısından gelişmesini sağlayabilir (Johnson ve Lawson, 1998; Lawson, 2001, 2004, 2003; Lawson, Banks ve Logvin, 2007). Burada söz konusu hipotetik-dedüktif akıl yürütmelerin olgusal boyuttan kuramsal boyuta, bilimsel içeriğe bağlı olarak yönlendirilebileceği, ifade edilmektedir. Bu bağlamda bakıldığında modelde hipotetik-dedüktif olarak tanımlanan yöntem biçimsel açıdan bilimin hem bulma hem de

doğrulama sürecini içeren bir yöntem olarak sunulmaktadır. Lawson'a göre büyük bilimsel buluşların izlediği yol da bu süreci ifade etmektedir (Lawson, 2009).

Bireylerin gelişim sürecinde akıl yürütmelerin niteliği ve bunlara etki eden faktörlere yönelik yukarıda örnek verilen yaygın yaklaşım öğrenmeyi daha çok bireysel bir yapılandırma süreci olarak gören Piagetci geleneği yansıtmaktadır. Piaget zihinsel gelişiminde en büyük payı gelişim dönemlerine bağlı olarak büyük ölçüde bireyin kendisine vermektedir. Nitekim Piaget'in yaklaşımına *"genetik epistemoloji"* denmesi de bu noktaya bir göndermedir. Zihinsel gelişiminin bireyin dışında başkalarına da bağlı olduğunu savunan en önemli isimlerden birisi Vygotsky dir. Öğrenmeyi bir edim veya kendine mal etme süreci olarak gören ve bilincin yaşantı ile oluştuğunu kabul eden aktivite teorisini (Ergün ve Özsüer, 2006: 278) savunan Vygotsky öğrenme sürecinde sosyal etkileşimi öncüllemektedir (Erdener, 2009). Belkide bu yüzden eğitim alanyazında daha çok sosyal yapılandırmacılık çerçevesinde kendisine gönderme yapılmaktadır. Her ne kadar sosyal yapılandımacılık çerçevesinde değerendirilse de özellikle *bilimsel kavramlar* olarak ifade ettiği Piaget'te *kendiğinden gelişmeyen kavramlar*a karşılık gelen (Erdener, 2009: 94) okul ve aile ortamında öğretilen kavramları içeren bilgilerin yapılandılmasından ziyade özellikle öğretim ortamında öğretmen aracılığı ile (aracı ile öğretim, s.267) bir mal etme süreci ile elde edildiğinini savunan Vygotsky'nin bu bağlamda düşünme ve dil ilişkisine getirdiği yaklaşım dikkat çekicidir. Piaget'in zihinsel gelişimin dile yansıdığına ilişkin görüşlerinin aksine dil gelişimin zihinsel gelişime yansıdığını savunan Vygotsky, dışsal konuşmanın zamanla düşünceye dönüştüğünü savunmakta ve *"sözcükler düşünceyi doğururken ölürler"* (akt. Ergün ve Özsüer, 2006: 271) ifadesi ile dilin ve konuşmanın düşünmenin öncülü veya ilkeli olduğunu ifade etmektedir. Esasen bu yaklaşım dilin doğrudan düşünme ve dünyayı algılama biçimini etkilediği ve değiştirdiğini savunan Sapir-Whorf hipotezine (Kay ve Kempton, 1984) yakın bir duruş segilemektedir. Nitekim *"sözcüklerin veya işaretlerin yardımıyla kendi zihinsel süreçlerini yönetmeyi öğrenmek, kavram oluşturma sürecinin ayrılmaz bir parçasıdır"*, (akt. Ergün ve Özsüer, 2006: 272) ifadesi de bunu ortaya koymaktadır. Bu açıdan Vygotsky'nin genel yaklaşımına göre öğretim sürecinde kullanılan dil bireyin zihinsel gelişimini ve buna bağlı olarak akıl yürütme becerisinin etkilediği ve değiştirdiği söylenebilir. Bu bir bakıma *söylem ve akıl yürütme* arasındaki yakın ilişkiyi de vurgulamaktadır.

Özetle genel bir çerçeveden bakıldığında fen eğitiminde yürütülen, gerek *bilimsel söylem* gerekse *bilimsel bilginin üretim süreci* ile ilgili çalışmalarda akıl yürütme yöntemleri daha çok Piaget'in önemli bir kaynağını oluşturduğu öğrenmeyi bireysel yapılandırma süreci olarak kabul eden yapılandırmacı yaklaşımla, öğrenme psikolojisi zemininde ve buna uygun kavramsal bir çerçevede ele alınmaktadır. Buna bağlı olarak fen okuryazarlığı ve bilimin doğası gibi önemli kavramlar yine bu zemine uygun olarak bilim psikolojisi ve sosyolojisi çerçevesinde yorumlanmaktadır. Fen öğretimde, akıl yürütme yöntemleri ekseninde, öğrenilen bilimsel bilgilerin epistemolojik özelliklerine, bunların ifadesi açısından *bilimsel söyleme* ve *bilimsel bilgi üretimine* yönelik bilim felsefesinin yaklaşımlarına odaklı ve bu bağlamda fen okuryazarlığı, bilimin doğası gibi kavramları daha felsefi bir zeminde yorumlayan ve diğer zeminlerle doğrudan ilişki kurabilen çalışmalara rastlamak mümkün görünmemektedir.

1.1.4. Kimya Felsefesi ve Kimya Eğitimi İle İlişkisi Açısından Durum

Bilim felsefesi içerisinde gelişen önemli bir felsefe alanı kimya felsefesidir. Kimya bilimini felsefi bakış açısı ile ele alan ve analiz eden kimya felsefesi, genç ama hızlı gelişim gösteren bir alandır. Kimya felsefesinin ilgilendiği konuların genel felsefe bağlamında etik, estetik gibi alanları dahi içine alan çok geniş bir çerçevede ele alınınabileceği ifade edilmektedir (Schummer, 2004). Bu çerçevede, özellikle bilim felsefesi bağlamında; kimyasal bilginin niteliği ve edinme yöntemleri, kimyasal mantık, kimyasal kavramlar, kimyasal yasa, teori ve modeller, kimyasal tür, kimya ve fizikalizm, kimyasal açıklama vb. birçok konu metodolojik, ontolojik ve epistemolojik açıdan ele alınmaktadır (Schummer, 1997, 2006a, 2006b, 2004; Scerri ve McIntyre 1997; van Brakel, 2012).

Kimya felsefesinin kimyaya getirdiği açılımların kimya eğitimine ışık tutması ve kimya eğitimde karşılaşılan birçok sorunun aşılmasında faydalı olması mümkündür. Kimya felsefesinin, en az kimya eğitimcilerinin önem verdikleri eğitim psikolojisi kadar

kimyasal bilgi içeriğin kazandırılmasında ve kimyanın doğasının anlaşılmasında önemli olduğu vurgulanmaktadır (Örn. Scerri, 2001, 2000; Erduran, 2001, 2000a, 2000b).

Kimya felsefesinin epistemolojik anlamda kimya eğitimine getirebileceği katkılar, Erduran(2005: 6-8) tarafından şu sorular çerçevesinde ifade edilmektedir;

- Kimya eğitimcileri olarak, kimya bilgilerimize yönelik tanımlamalarımız ile yakın zamanda kimya felsefecilerinin öne sürdüğü tanımlamalar uyuşuyor mu?
- Sınıfta kimyasal bilgiyi nasıl tanımlıyoruz? (ifade ediyoruz?)
- Öğrencilerin öğrenmesini istediğimiz kimyasal bilgi ne demektir?
- Kimyasal uygulamaların öğrenmede öncelik verilmesi gereken başka yönleri var mıdır?

Kimya felsefesinin yeni gelişen bir alan olması dolayısı ile kimya eğitimine yansıması da oldukça azdır (Erduran, 2001). Kimya eğitiminde kimya felsefesi ile ilişkilendirilen çalışmaların daha çok kuramsal nitelikte olduğunu söylemek mümkündür. Kimya felsefesi ile ilişkili olarak sınırlı sayıda çalışmada ele alınan; kimyasal bilgi, kimyasal modeller, kimyasal teoriler, kimyasal yasa, kimyanın dili vb. konulara, fen eğitiminde önemi öteden beri vurgulanan bilimin tarihi ve felsefesi (HPS) içerisinde özel bir alan olarak kimya felsefesi bağlamında daha çok uygulmaya dönük bir şekilde değinilmesi gerekli görülmektedir. Buna bağlı olarak bilimin doğası kavramı için kimya eğitimi açısından, kimyaya özel tarihsel ve felsefi bakış açıları geliştirmek de olasıdır (Erduran, 2005, 2007; Erduran, Aduriz ve Naaman, 2007; Scerri, 2001; Erduran ve Scerri, 2002).

Kimya felsefesi ve kimya eğitimi ilişkisinde dikkat çeken konulardan birisi de kimya eğitimcilerinin çalışmalarındaki felsefi tavırlardır. Kimya eğitiminde, ortaya konulan bazı rölativizm ve öznelcilik temelli yapılandırmacı felsefi tavırların kimya bilgileri açısından bazen anti-bilimsel yorumlara yol açtığı vurgulanmakta ve bunların da yine kimya felsefesine olan ilginin eğitime yansıması ile aşılacağı ifade edilmektedir (Scerri, 2003a, 2003b, 2001). Bilimsel bilgi üretimine karşı irrasyonel bir tavrı benimseyen rölativist ve öznelci yaklaşımın kimyanın günlük yaşam ve teknoloji ile yakın ilişkisi bağlamında tartışmalı bir durumda olduğu görülmektedir. Bu açıdan

kimya eğitimi çalışmalarında özellikle kimyanın doğasına yapılan vurgularda kimyacıların bilimsel etkinliklerde ağırlıkla benimsediği eleştirel-realizm ve –rasyonalizm gibi felsefi tavırların da öne çıkarılması gereği, kimyacılar ve kimya eğitimcileri arasında bu noktadaki felsefi mutabakatın ise nesnel araştırmaların artırtılarak sağlanacağı vurgulanmaktadır (Erduran vd., 2007; Erduran, 2005). Bu çerçevede ortaya konulan görüşlerde genel olarak kimya biliminin kendine has doğasının kimya eğitimi açısından önemine dikkat çekildiği görülmektedir.

Kimya felsefesinde, periyodik sistemin ve periyodik yasanın özel bir durumu olduğu söylenebilir. Özellikle fen bilimlerinde birçok yasanın başta kuantum mekaniği olmak üzere fizik teorilerinden tümdengelimsel olarak elde edilebileceği veya tüm bilimsel olayların temelde fiziksel olaylar olduğu görüşünü savunan *indirgemecilik* (Hendry, 2012; Scerri, 1991, 1994, 2007b) tartışmalarında periyodik sistem ve periyodik yasanın önemli bir yeri olduğu görülmekle birlikte ve periyodik yasanın gerek ontolojik gerekse epistemolojik açıdan fiziğe indirgenmesinin mümkün olmadığı noktasında genel bir kanıdan bahsedilebilir (Scerri, 1997, 1998, 1999; Schummer, 2004, 2006a). Bu bağlamda periyodik yasanın diğer bilimsel yasalardan farklı olarak kimyaya özgü bir niteliği olduğu vurgulanmaktadır (Örn. Scerri, 2001; Erduran, 2007, 2005; Scerri ve McIntyre, 1997). Ancak periyodik sistemin öğretiminde kullanılan kimya eğitimi ile ilgili ders kitaplarında periyodik sistemin ağırlıklı olarak kuantum kuramına bağlı atom açıklamaları ile şekillenen yapı kuralları ile tanımlandığı ve fiziksel bir temele oturtulduğu görülmektedir (Izquierdo-Aymerich, ve Aduriz-Bravo, 2009). Ayrıca birden fazla özelliğin etkin olduğu asitlik gibi bazı periyodik eğilimlerin basit bir şeklide bir neden ile temellendirildiği ifade edilmektedir (Fridgen, 2008).

Kimya eğitimi alan yazında periyodik sistemin öğretimi ile ilgili çalışmalar incelendiğinde, çok büyük bir kısmında periyodik sistemin mevcut hali ile *periyodik tabloya* indirgenerek; element sembolleri ve gruplandırmalar gibi yapısal özelliklerinin öğrenilmesine yönelik olduğu görülmekle birlikte, çalışmalarda belirgin periyodik eğilimlerin (periyodik değişen özellikler) öğrenilmesi özellikle öne çıkarılmaktadır. Bu genel çerçevede yürütülen çalışmalarda; sistemi tablo olarak yeniden oluşturma temelinde; bilgisayar programları, web tabanlı uygulamalar, element özelliklerine dayalı kart ve bilgisayar oyunları; sembol eşleştirmeleri, hikâyeleri kullanma, portfolyo

oluşturma ve sunma gibi etkinliklerin grup veya bireysel olarak uygulandığı görülmektedir (Örn. Tierney, 2008; Sevcik, McGinty, Schultz ve Alexander, 2008; Farrer, Monk, Heron, Lough, ve Sadler, 2010; Demircioglu, Demircioglu ve Çalık, 2009; Diener, 2011; Wiediger, 2009; Woelk, 2009.) Çalışmalarda ortak amacın periyodik sistemi mevcut hali ile öğrenilmesini sağlamak olduğu söylenebilir. Yine bu çerçevede özellikle periyodik sistemin yeniden üretilmesi etkinliklerinde tarihsel olarak gelişimin öğretim sürecine katılmasının, periyodik sistemin yapısının öğrenilmesine ek olarak bilimin doğası ve periyodik sistemin niteliği ve kullanımı gibi noktalarda katkısı olduğu da ifade edilmektedir (Örn. Nargund ve Rogers, 2009; Ben-Zvia ve Genuta, 1998). Ancak çalışmalarda bilimin doğası noktasında bilimsel bilgi olarak periyodik sisteme, epistemolojik açıdan bilgi ve akıl yürütme yöntemi ilişkisi bağlamında bir göndermeye rastlamak mümkün değildir.

Periyodik sistemin öğretimine yönelik yapılan çalışmalar genel anlamda bilgi ve akıl yürütme ekseninde değerlendirildiğinde periyodik sistemin öğrenciler açısından bir araç, bir model olarak ele alındığı ve ağırlıklı olarak periyodik eğilimler çerçevesinde tümdengelimsel veya öngörüler çerçevesinde tümevarımsal bir yaklaşımla araçsal bir kullanımı olduğu kabülünü görmek zor değildir. Periyodik eğilimler veya sınıflandırma sonucunda elde edilen grupların genel özellikleri gibi bilgilerin ifade şekilleri veya anomallilerin öğretimi gibi konulara odaklı çalışmalara rastlanmamıştır.

Yukarıdan verilen tüm başlıklardan yola çıkarak problem durumuna ilişkin olarak; özetle, bilimin doğasının birçok boyutunu doğrudan etkileyen, bilim felsefesinde bilimin rasyonalitesi; bilimsel bilgi üretme süreci ve buna bağlı bilimsel söylem oluşturma akıl yürütme yöntemleri ile tanımlanmaktadır. Bu bağlamda kimya eğitimi açısından önemi vurgulanan kimya felsefesi çerçevesinde, öğretim ortamlarında kimyasal yasa, kuram ve modellere getirilen açıklamaları ve bunlar çerçevesinde kimyasal bilgilerin sunulma ve yeniden üretilme veya oluşturulma şekilleri ve bu süreçte oluşturulan söylemlerin epistemolojik yapısının analiz edilmesinde ve değerlendirilmesinde akıl yürütme yöntemlerinin önemi de ortaya çıkmaktadır. Ancak ilgili alanyazında bu genel bağlamda akıl yürütme yöntemlerine odaklı bir çalışmaya da rastlanmamıştır.

Bu çerçevede kimya eğitiminde, kimyanın kendine has doğasına ilişkin anlayış oluşturma sürecine bir katkı sağlamak adına, gerek yapılandırılmış gerekse olağan ortamlarında öğretmen ve öğrencilerin ürettikleri kimyasal bilgilerin hangi akıl yürütmelere dayandığı ve oluşturdukları kimyasal söylemlerin bu akıl yürütmeler çerçevesinde epistemolojik açıdan nasıl bir yapıda olduğu bir problem olarak ele alınabilir.

1.2. Amaç

Bu çalışmada, 10.sınıf kimya öğretim programında yer alan "Periyodik Sistem" ünitesinde, kimya öğretmenlerinin ve öğrencilerin, bilgi üretimini hangi akıl yürütme yöntemlerine dayalı olarak gerçekleştirdiklerinin belirlenmesi ve bu sürecin özelliklerinin felsefi bir zeminde incelenmesi amaçlanmıştır. Bu çerçevede aşağıdaki sorulara cevap aranmıştır;

- Öğretmenler, periyodik sistemin öğretim sürecinde hangi akıl yürütme yöntemlerine dayalı söylem oluşturmaktadır?
- Öğretmen söylemlerinde akıl yürütme yöntemleri çerçevesinde nasıl bir bilgi üretimi ortaya çıkmaktadır/oluşmaktadır?
- Öğretmen söylemlerini oluşturan kimyasal bilgilerin bilgi üretiminde durumu ve niteliği nedir?
- Öğretmenlerin, bilgi üretiminde periyodik sistemin durumu ve niteliğine yönelik yaklaşımları nasıldır?
- Öğrenciler, periyodik sistemin öğretim sürecinde hangi akıl yürütme yöntemlerine dayalı söylem oluşturmaktadır?
- Öğrenci söylemlerinde akıl yürütme yöntemleri çerçevesinde nasıl bir bilgi üretimi ortaya çıkmaktadır/oluşmaktadır?
- Öğrenci söylemlerini oluşturan kimyasal bilgilerin bilgi üretiminde durumu ve niteliği nedir?
- Öğrencilerin, bilgi üretiminde periyodik sistemin durumu ve niteliğine yönelik yaklaşımları nasıldır?

1.3. Çalışmanın Önemi

Bu başlıkta çalışmanın önemi problem durumunda çizilen genel çerçeveden yola çıkılarak üç başlıkta ele alınacaktır.

1.3.1. Bilimin Doğası Açısından Önemi

Bilimin doğasına yönelik anlayışların ne olduğu noktasında ilgili çevrelerde genel anlamda bir uzlaşı olduğu ifade edilmektedir (Lederman, 2007). Ancak böylesi bir uzlaşmanın çok mümkün olmadığını ortaya koyan araştırmalara da rastlanmaktadır (Örn. Alters, 1997). Lederman (2007)'ın üzerinde büyük ölçüde uzlaşılmış olduğunu ifade ettiği ve bilimin doğasında yönelik bireylerde oluşturulması gerekti düşünülen anlayışlar şu şekildedir;

1. Bilimsel bilgi değişime açıktır
2. Bilimsel bilgi empiriktir (doğal dünyanın gözlenmesine dayanır)
3. Bilimsel bilgi özneldir ve/veya teori yüklüdür
4. Bilimsel bilgi hayal gücü ve yaratıcılığının ürünüdür
5. Bilim ve kültür etkileşim içindedir
6. Bilimsel gözlem ve çıkarım farklı şeylerdir
7. Teori ve yasa farklı tür bilgilerdir

Bilimi anlama faaliyeti olarak kabul edilen bilim felsefesinde, tartışma konusu olan tüm problemleri temelde şu iki ana problem ile ilişkilendirmek mümkündür (Demir, 2000; Yıldırım, 2008); *bilimsel bilgi nasıl elde edilir?* ve *nasıl ifade edilir?(veya bilimsel söylemler nasıl oluşturulur?)*. Problem durumunda bilimin doğasının bir boyutunu oluşturan bilim felsefesi açısından akıl yürütme yöntemlerinin bu iki problem çerçevesinde fen eğitiminde bilimin doğası bağlamında iki açıdan önemi ifade edilmişti;

- *Bilimsel metodolojideki (bilimsel bilginin üretim süreci) önemi sebebiyle; bilimsel bilginin üretim sürecinin rasyonel yönünün anlaşılmasında ve*

*kazandırılmasında (**bilimsel yöntem anlayışını kazanma ve niteliğini kavrama**)*

- *Bilimsel epistemolojideki (bilimsel söylem) önemi sebebiyle; bilimsel bilginin ve buna bağlı olarak bilimsel söylemlerin yapısının anlaşılmasında ve söylem becerisinin kazandırılmasında (**bilimsel bilgi anlayışını kazanma ve niteliğini kavrama**)*

Yukarıda verilen bilimin doğasına yönelik anlayışları, bu iki açıyı temsil eden iki probleme bağlı olarak iki grupta ele alıp, akıl yürütme yöntemleri ile ilişkisini kurmak mümkündür;

1. **Bilimsel bilgi nasıl üretilir?** (Bilimsel metodoloji)
    - *Bilimsel gözlem ve çıkarım farklı şeylerdir*
    - *Bilimsel bilgi hayal gücü ve yaratıcılığının ürünüdür*

Bu anlayışlar bilimsel bilginin keşif sürecine ilişkindir. Bilimsel keşif sürecinin rasyonel niteliğine yönelik bilim felsefesinde farklı yaklaşımlar söz konusudur. Bilimsel etkinliklerde olgulardan yola çıkarak (*gözlem*) olgu hakkında bilimsel bir bilginin nasıl elde edildiğine (*çıkarım*) yönelik olarak, özellikle modern bilimin ortaya çıkışından itibaren baskın olan akıl yürütme yöntemi tümevarımdır. Tümevarım pozitivizmin temel aracı olarak uzun bir süre gözlem ve çıkarım arasındaki ilişkinin tek yöntemi olarak savunulmuştur (Örn. Bacon, 1620/1999; Hume, 1751/1976; Carnap, 1952). Bir yandan tümevarıma getirilen farklı eleştireler (Örn. Popper, 1934/2003; Goodman, 1955), bir yandan bilime, *bulma* (keşif) ve *doğrulama* (Örn. Reichenbach, 1951/2006*)* bağlamları çerçevesinde getirilen ayrım sonrasında, bulma bağlamında özellikle açıklayıcı niteliği olan ve kuramsal niteliği öne çıkan bilimsel bilgiler için farklı bir yöntem öne sürülmüştür. Pragmatik felsefenin önde gelen isimlerinden Peirce'(1957) tümevarımın soyutlama amaçlı bir genelleme aracı olduğuna ve hipotez oluşturma sürecinde kullanılmasının mümkün olmadığına dikkat çekerek, hipotez oluşturmanın ancak abdüksiyon ile mümkün olacağını savunmuştur. Buluşun bir mantığı olduğunu savunan Hanson (1958), bu mantığın abdüksiyonu içeren *retrodüktif* yöntem olduğunu ifade ederek bir formülasyon ortaya koymuştur. Hanson'un son halini verdiği retrodüksiyon, bir yandan buluşun mantıksal bir yapısı olduğunu öne çıkarırken, bir yandan da

abdüksiyon temellinde mantıksal olmayan psikoljik (*hayal gücü ve yaratıcılık*) unsurlara da vurgu yapmaktadır (Hanson, 1959).

2. Bilimsel söylemi oluşturan bilimsel bilginin yapısı nedir? (Bilimsel epistemoloji)

- *Bilimsel bilgi empiriktir*
- *Bilimsel bilgi değişime açıktır*
- *Teori ve yasa farklı tür bilgilerdir*

Bir bilginin bilimselliğine karar vermede empirik yaklaşım önemlidir. Bir bilginin amprik verilerle ilişkisi ortaya konularak sınanması noktasında (doğrulama bağlamı) bilim felsefinde iki ana yaklaşım söz konusudur; doğrulanabilirlik (Örn. Carnap, 1953) ve yanlışlanabilirlik (Popper, 1934/2003). Bilimselliğin ölçütüne ilişkin her iki yaklaşımda farklı akıl yürütme yöntemleri temel alınmıştır. Klasik pozitivizm eksenli doğrulamacılık bu nedenle *tümevarımcılık* olarak nitelendirilmektedir (Demir, 2000). Tümevarım temelinde doğrulmacılığa getirilen eleştireler çerçevesinde, önce mantıkçı pozitivizmde yer edinen (Örn. Reicehnbach, 1951/2006) ardından ünlü felsefeci Popper 'in ortaya koyduğu bilimsellik ölçütü olan yanlışlanbilirlik ile kullanım sürecine ilişkin yorumu değişen hipotetik-dedüktif yöntem öne çıkmıştır.

Temelde rasyonalist felsefenin aracı olan (Demir, 2000; Yıldırım, 2008) formel tümdengelimden farklı olan bu yöntemin, özellikle Popper'in eleştirel akılcılık yaklaşımı ile bilimde mutlak bilginden çok zamanla değişen ve evrimleşen bir bilgi anlayışına (Popper, 1934/2003) uygun bir yöntem olduğu görülmektedir. Bilimsel bilgilerin tümevarıma gerek kalmadan olgusal olarak sınanmasına imkan veren hipotetik-dedüktif yöntem (Sprenger, 2011; Musgrave, 2009; Çüçen, 2006; Yıldırım, 2008); yanlışlamacılık çerçevesinde teorilerden test edilebilir sonuçlar üretilmesinde ve bunların olgusal verilerle karşılaştırılması sürecinin rasyonel yönünü oluşturmaktadır. Bu bir açıdan teori ve kanun ilişkisini netleştirmede de kullanılabilir bir yöntemdir. Nitekim birçok kanun retrodüktif elde edilen bir hipotezin tümevarımsal olarak sınanması ile olgusal verilerden elde edilmenin yanı sıra, -bir teorinin hipotetik-dedüktif sınanması bağlamında- teorilerden de elde edilebilirdir (Yıldırım, 1985). Bu nedenle teori ve yasaların niteliği arasındaki fark, bunların gerek elde edilmesinde gerekse bunlardan bilgi üretiminde kullanılan akıl yürütme yöntemleri arasındaki ayrımın fark edilmesi ile daha net ortaya çıkabilir.

Bu genel çerçeveden bakıldığında yukarıda verilen anlayışları tanımlamak amacı ile bilim felsefesinde ortaya konulan:

- *Bilimsel buluş nasıl bir yol izler?*
- *Bir yasa, hipotez ve teori gibi bilgilerin elde ediliş süreci aynı mıdır?*
- *Deneysel olarak bir teori doğrulanabilir mi?*
- *Yanlışlanan bir teori terk edilmeli midir?*
- *Bir teori ne derece mutlaklık taşır?*
- *Yasalar mutlak bilgiler midir?*
- *Bir yasa bir teoriden nasıl elde edilir?*
- *Açıklayıcı bir hipotez deneysel bir yol izlemeden kuramsal bilgilerden nasıl elde edilir ve nasıl sınanır?*
- *Bilimsel modeller olguyu ne ölçüde açıklar?*

Bu ve benzeri birçok soruya yanıt aramada bir şekilde bilimin rasyonalitesine ilişkin tartışmalara ve bu çerçevede akıl yürütme yöntemleri çerçevesinde yapılan açıklamalara rastlanacaktır. Bu açıdan bir bilimsel bilgiyi elde etmede ve geçerliliğini test etmede, kuramsal bilgilerden hipotez oluşturarak ön deyide bulunmada, ardından bunu olgusal olarak sınamada ve benzeri süreçlerde hangi akıl yürütme yöntemlerinin kullanılacağının bilinmesi ve bunların eğitim ortamına taşınması bilimin doğasının anlayışların geliştirilmesinde önemlidir. Örneğin; bir teori için, tümevarımsal olarak birkaç olgusal sonuçtan hareketle teorinin doğrulandığına veya daha sonra bu teorinin bir şekilde kanunlaşacağına inanmış bir fen öğrencisi veya öğretmeninin problemi sadece bilimsel bilgilerinin niteliğine ilişkin kavramsal eksikliği olmayabilir. Bunun yanı sıra, bu bilgilerin üretilme/elde ediliş ve bu bilgileri kullanma, bunlardan yeni bilgiler üretme süreçlerinde kullanılan akıl yürütme yöntemleri hakkındaki hem epistemolojik hem de sınıf içinde özellikle oluşturulan söylemler bazında uygulamaya yönelik metodolojik eksiklikler de olabilir. Nitekim bilimsel bilgi türlerinin niteliklerine ilişkin öğretmen ve öğrencilerde epistemolojik yanılgılar olduğu kadar (Tatar vd., 2011; NRC, 1998; Brickhouse vd., 2000), özellikle öğrencilerin kuramsal bilgilerden yapılan akıl yürütmelerde zorlandıkları ifade edilmektedir (Lawson, Alkhoury, Benford, Clark ve Falconer, 2000). Bu açıdan *kuramsal-olgusal* bilgi ve *yasa- teori* veya *betimleme-açıklama* gibi kavramlar arasındaki ayrımının yapılamamasının olası nedenlerinden

birisi de bilgi niteliğine ve bağlamına bağlı olarak hangi akıl yürütme yöntemlerinin uygun olduğunun bilinmemesi ve buna bağlı olarak kullanılmaması olabilir. Bu nedenle duruma göre doğru akıl yürütmenin kullanılması, bu tür bilgiler arasındaki ayrımın farkına varmada yardımcı olabilir. Nitekim bilim felsefesinde bilginin epistemolojik analizinde akıl yürütme yöntemlerinin önemli bir yeri vardır (Yıldırım, 2008). Ayrıca bilim ve sözde bilim ayrımında öğrenci ve öğretmenlerde karşılaşılan durumlar (Örn. Lundström, 2007; Kallery, 2001) düşünüldüğünde de akıl yürütme yöntemlerinin önemi görülebilir, nitekim bilimsel bilginin ölçütüne yönelik doğrulanabilirlik veya yanlışlanabilirlik ölçütlerinin işlev görmesinde de akıl yürüme yöntemlerinin önemi görülmektedir (Demir, 2000; Yıldırım, 2008).

Özetle, akıl yürütmelerin uygun bir şekilde kullanılması bilimin doğasının boyutlarına ilişkin bu anlayışların kazandırılmasında katkı sağlayabilir. Bu nedenle bu katkıyı sağlamak adına bir ilk adım olarak, doğal öğretim ortamlarında bu yöntemlerin kullanılıp kullanılmadığının, nasıl kullanıldığının ve bunlara dayalı bilgi üretiminin niteliğinin belirlenmesi önemlidir. Bu ilk adım bilim felsefesinin yaklaşımı temelinde akıl yürütme yöntemlerine dayalı bilgi üretiminin sınıf ortamında geliştirilmesi veya bu konuda yollar aranmasında da gereklidir.

1.3.2. Fen Eğitimi Açısından Önemi

Bilimin doğasına ait akıl yürütme yöntemleri ile *bilimin doğasına ilişkin anlayışlar* arasındaki, yukarıda verilen yakın ilişki düşünüldüğünde, fen okuryazarlığı çerçevesinde fen eğitimine yönelik farklı bir bakış açısına dikkat çekmek noktasında çalışmanın önemli olduğu değerlendirilmektedir. Bu önemi çalışma konusu ile yakın ilişkisi olduğu düşünülen alanyazın dikkate alarak açıklamak mümkündür. Çalışmanın odağını, sınıf ortamında oluşturulan bilimsel söylemlerdeki akıl yürütme yöntemleri ve bunlara dayalı bilgi üretiminin epistemolojik özelliklerinin oluşturması nedeni ile farklı boyutlarda alanyazına katkı sağlayacağı düşünülmektedir;

İlk olarak, *bilimsel söylem* oluşturmaya yönelik birçok çalışma varken, gerek yapılandırılmış gerekse doğal öğretim ortamlarında oluşturulan söylemlerde kullanılan akıl yürütme yöntemlerine yönelik çalışmalara rastlanmıştır. İkinci olarak, başka bir

açıdan akıl yürütme yöntemlerini öğrenme psikoloji temelinde ele alan birçok çalışma söz konusu iken öğretim ortamlarında kullanılan akıl yürütmelere ve akıl yürütmelere dayalı *bilimsel bilgi üretiminin* niteliğine bilim felsefesi açısından yaklaşan çalışmalara da rastlanmamıştır. Başka bir ifade ile bu çalışmanın, bilimsel söylemlere sosyo-kültürel bağlamın dışında epistemolojik açıdan yaklaşılması ve söylemler temelinde oluşturulan bilimsel bilgi üretiminin psikolojik yapısından öte akıl yürütme yöntemleri çerçevesinde metodolojik ve epistemolojik yapısına yönelik olması nedeni ile bu noktada bir boşluğu dolduracağı düşünülmektedir. Fen eğitimine yönelik bu iki boyutta (*bilimsel söylem ve bilimsel bilgi üretimi*) çalışmanın önemini daha açık ortaya koyabilmek için bu boyutlardaki fen eğitimi çalışmalara yönelik genel bir değerlendirme yapmak mümkündür.

Birinci boyutta değerlendirilebilecek *bilimsel söylem* odaklı çalışmalar genel anlamda delil-iddia temelinde yürütülen öğretim etkinliklere yönelik çalışmalar olduğundan argüman oluşturma çalışmaları demek yanlış olmaz. Bu çalışmaların büyük bir kısmında bilimin doğası anlayışlarının geliştirilmesi öne çıkarılırken, bilimin doğasına felsefi yaklaşımda akıl yürütme yöntemleri çerçevesinde tanımlanan bilimin rasyonel yönünden çok, bilimin sosyolojik etkenlerden etkilenen yönünü öne çıkaran bir eğilim görülmektedir. Başka bir ifade ile benimsenen felsefi tavırlar açısından bakıldığında bu çalışmalarda argümanlar çerçevesinde oluşturulan bilimsel söylemlerin epistemolojik özelliklerini öne çıkarma ve bu noktada öğrencilere rasyonel bir epistemolojik anlayış sağlama gibi bir kaygı olmadığı söylenebilir. Ancak argüman oluşturmanın bilimsel söylem ve bilgi üretiminde önemli yeri olan akıl yürütme yöntemleri ile yakın ilişkisi görülebilir. Bilimsel söylem oluşturmada kullanılan kuramsal bilgilere yönelik olarak*;*

- *Bir hipotez veya teori bir argüman oluşturmada nasıl kullanılmalıdır?*
- *Elde edilen sonuçlar yanlışlanabilir nitelikte midir?*
- *Sonucun olgusal karşılığı var mıdır?*
- *Argümalarla oluşturulan bilimsel söylem bilimselliği farklı ölçütleri ile nasıl değerlendirilebilir?*

Bunlar ve benzeri sorular üretmek mümkündür. Bu sorulara getirilecek epistemolojik analizler ise akıl yürütme yöntemleri ile yapılabilir. Bu nedenle argüman oluşturma etkinliklerinin bilimsellik ölçütleri ile yakın ilişkisi olan akıl yürütme yöntemlerinin göz önünde tutulması önemlidir. Bu çerçeveden bakıldığında akıl yürütme yöntemlerinin kanıt-iddia temelinde argüman oluşturmaya yönelik uygulamalarda hem bilimin doğasına ilişkin anlayışların geliştirilmesinde hem de içerik bilgisinin öğrenilmesinde önemli görülmektedir. Bu nedenle bu noktada başta öğretmenler olmak üzere öğrencilerin doğal ortamında hangi akıl yürütme türlerini kullandıklarını belirlemek bunları geliştirmek amacında atılması gereken ilk adım olarak önemlidir.

İkinci boyutta değerlendirlebilecek ve *bilimsel bilginin üretim süreci* açısından akıl yürüme yöntemleri ile ilişkili çalışmalarda ise akıl yürütme yöntemleri psikolojik açıdan ele alınmaktadır. Bu alanda bazı ölçeklerle ortaya konan sonuçlar akıl yürütme yöntemlerinin farklı bir açıdan felsefi bir yaklaşımla ele alınması gerektiğine işaret etmektedir. Örneğin; öğrencilerin *kuramsal nitelikli bilgilerden* akıl yürütme becerilerinin beklenenden daha düşük olması, öğretim yaklaşımına ve *bilgi içeriğine* bağlı olarak akıl yürütme ile yakın ilişkili; korelasyonel, olsalıklı ve kombinasyonel düşünme gibi becerilerin niteliğinin değişilebileceği ve gelişebileceğine ilişkin sonuçlar (Lawson, 1995; 2004; 2005; Lawson vd., 2000; Johnson ve Lawson, 1998) ve bilimsel söylemlerle de yakın ilişkili olarak, *dilin* bilişsel gelişim ve düşünme becerileri ile yakın ilişkisini; düşünmenin bir çeşit *içsel konuşma* olduğunu vurgulayan Vytgosky 'nin psikolojik yaklaşımı (Erdener, 2009; Ergün ve Özsürer, 2006) da dikkate alındığında çalışmada amaçlanan; doğal sınıf ortamında söylemler çerçevesinde kullanılan akıl yürütmelerin belirlenmesi ve bu süreçte kullanılan bilgilerin niteliğine bağlı olarak bu yöntemlere dayalı bilgi üretiminin durumun ortaya konulması, önemli olabilir.

Bu önemi felsefi açıdan; öncelikle a*kıl yürütme yöntemlerinin içerik bilgisine uygunluğunun belirlenmesi noktasında ifade etmek mümkündür.* Nitekim felsefi açıdan daha önceki bölümlerde ifade edildiği ve kurumsal çerçevede detaylandırılacağı üzere, bilimsel bilginin niteliği bilimsel bilgi üretim sürecinin hangi bağlamına yönelik olarak hangi akıl yürütme yönteminin kullanılması gerektiğine işaret etmektedir. Başka bir ifade ile akıl yürütme yöntemi ve bilginin niteliği arasında uygunluk önemlidir. İkinci

olarak; *bilimsel söylemlerin bu uygunluk çerçevesinde oluşturulması* noktasında da çalışmanın önemi ifade edilebilir. Bilgi ve akıl yürütme arasındaki uygunluğa ilişkin felsefi belirlemeler; içerik bilgisine ve öğretim yaklaşımına bağlı olarak akıl yürütmelerin uygun kullanımın geliştirilmesinde yardımcı olabileceği gibi, genel çerçevede uygun bilimsel söylemler geliştirme, bilimsel dil kullanımı ve bunlara bağlı olarak bilimsel düşünmeyi kazandırmada da dikkate alınanabilir.

Bu genel çerçeveden bakıldığında felsefi bir yaklaşımla, öğretmen ve öğrencilerin özellikle kuramsal nitelikli bilgilerde bilimsel bilgi üretiminin hangi bağlamına uygun olarak ve hangi akıl yürütme yöntemlerini kullandıklarının ve bu süreçte bilginin durumunun belirlenmesi gerekli görülmektedir.

1.3.3. Kimya Felsefesi ve Kimya Eğitimi İlişkisi Açısından Önemi

Alana özgü bilimin doğası anlayışı çerçevesinde kimya felsefesi ve kimya tarihi tarafından şekillenen kimya biliminin doğasına ilişkin anlayışların öğrencilere ve öğretmenler kazandırılması ve kimya felsefesinin kimyasal bilgilere getirdiği yorumların kimya eğitimi açısından önemine yönelik vurgular (Scerri, 2001; Erduran, 2005; Erduran vd., 2007) dikkate alındığında kimya felsefesini, kimya eğitimi ile ilişkilendiren ve bu noktada kimya eğitimine katkı sağlayabilecek çalışma sınırlı sayıdadır (Bayrakçeken, 2011).

Kimya üç boyutlu bir bilgi yapısına sahip olduğu kabul edilmektedir. Bu boyutlar; mikro, makro ve sembolik boyutlar (Johnstone, 1993; Gilbert ve Treagust, 2009). Periyodik sistem konusu açısından atomik özellikler gibi micro boyutu, elementlerin genel özellikleri gibi makro boyutu ile ilgili bilgileri içerir. Bunların yanı sıra elementlerin periyodik özelliklerin değişimi tamamen epistemolojik tabanlı genellemeleri içeren bir konudur (Scerri, 2007a).

Oluşturulması kimya açısından önemli dönüm noktalarından biri olan periyodik sistem (Scerri, 2007a), kimya eğitimi açısından da önemlidir. Ayrıca kimya felsefesinde önemli tartışma alanı olan fiziksel indirgemecilik açısından da özel bir durumdadır. Bu nedenlerle periyodik sistemin öğretimde bilimin doğası ve fen öğretimi noktasında

önemine yukarıda değinilen akıl yürütme yöntemleri açısından, öğretmenler ve öğrencilerin kimyasal söylemlerini ve bu söylemlerde üretilen bilgilerin indirgemecilik gibi çok farklı boyutlarda felsefi açıdan yapısını incelemek önemli görülmektedir. Bu bilimin doğasına ilişkin anlayışlara ait genel zeminde, kimyanın doğasının anlaşılmasında ve bilimsel bilgi üretiminde bu doğayı dikkate alarak nasıl bir akıl yürütme yapılması gerektiği noktasına ışık tutabilir.

Diğer taraftan ilgili alanyazında periyodik sistemin öğretiminde bir bütün olarak periyodik sistemi ve periyodik eğilimler gibi özellikleri anlamlandırmada doğrudan ortaya konan tablo veya bütüncül olarak öğrenme ve akıl yürütmeler açısından ise dolaylı olarak ortaya konan tümdengelimsel veya tümevarımsal yaklaşımların periyodik sistemin epistemolojik niteliğine ve yapısal özelliklerine uygunluğu tartışma konusu olabilir. Bu noktada öğretim sürecinde bu akıl yürütmelerin nasıl kullanıldığını doğrudan ortaya koyacak ve bunlara odaklı bir çalışma daha uygun bir yönde nasıl kullanılacağı noktasında yeni bir tartışmayada imkân verebilir.

Özetle, akıl yürütmelere ile ilgili fen eğitiminde ortaya konan alanyazın incelendiğinde bunların, bilimsel bilginin üretimi ve bilimsel söylem boyutlarında epistemolojik ve metodolojik açıdan ele alınmadığı görülmektedir. Bu yönde bağımsız çalışmalara da rastlanmamıştır. Yapılan çalışmalarda ise yukarıdaki başlıklarda ifade edilen boşlukların giderilmesi için ilk adımın, öğrencilerin ve öğretmenlerin bilimsel açıklamalarında kullandıkları akıl yürütmeler dayalı bilgi üretim süreçlerinin belirlenmesi ve bunların epistemolojik açıdan incelenmesi olabilir. Bu süreçlerin kullanımların belirlenmesi ve epistemolojik açıdan incelenmesi, bilim felsefesinin bilime ilişkin ortaya koyduğu anlayışların kazandırılmasında yol ve yöntem belirlemede önemli görünmektedir. Bu çerçevede fen bilimleri eğitiminde bilimsel bilgiye ilişkin getirilecek felsefi analizlerin, bilimin doğası anlayışlarının belirlenmesi ve kazandırılması noktasında fayda sağlayacağı açıktır.

1.4. Sınırlılıklar

1.4.1. Yöntemsel Sınırlılıklar

Yapılan araştırma nitel metodolojik yakılışımın durum çalışması yöntemine göre yürütülmüştür. Bu nedenle nitel araştırmanın doğasından kaynaklanan bazı sınırlılıklar bu çalışma içinde geçerlidir. Nitel araştırma, genellenebilir sonuçlar üretme çabası içinde değildir ve özellikle "sayısal genelleme" nitel araştırmanın önemini ve geçerliğini saptamada önemli bir ölçüt değildir. Bu anlamda, nitel araştırma ancak birtakım deneyimler ya da örnekler ortaya koyabilir ve bunlar alanda çalışan bir bireye bazı bakış açıları kazandırabilir. Bu açıdan bakıldığında özellikle durum çalışmalarında araştırmacının amacı bir evrene istatistiksel genellemeler yapmak yerine kuramsal önermelerde bulunmaktır. Yine de kısıtlı olarak ilgili durumlara genelleme ihtiyacı olabileceği göz önünde tutularak bazı örneklemeler ortaya çıkmıştır (Yıldırım ve Şimşek, 2005).

Bu genel sınırlığın dışında araştırma sürecindeki sınırlılıklar aşamalara bağlı olarak şu şekilde sıralanabilir;

Katılımcı seçimi. Katılımcı seçimi, bulguların evrene genellenmesi kaygısı olmadan, bulguların ilgili veya benzer durumlar hakkında fikir vermesi açısından maksimum çeşitlilik seçimine göre yapılmıştır. Bu açıdan mümkün olduğu kadar farklı yerleşim yerlerindeki okullar seçilmiştir. Ancak yine de yöntemin doğası gereği bu çeşitliliğin evreni tam olarak yansıtması beklenmemektedir.

Veri toplama. Veri toplama sürecinde kullanılan gözlemler kimya dersinin ilgili konusu olan periyodik sistem ile sınırlıdır. Gözlemler, seçilen okullardaki seçilen kimya öğretmenlerinin derslerini yürüttükleri sınıflarla sınırlıdır. Görüşmeler ise gözlem yapılan ders öğretmenleri ve sınıflardan rastgele seçilen öğrencilerle sınırlıdır. Veri toplamda kullanılan yöntemlerde, veri toplamayı etkileyen; sınıf ortamının fiziksel koşulları, gözlemcinin sınıf ortamında bulunmasından ve video kaydının yapılmasından

veya görüşmelerde ses kaydının yapılmasından kaynaklanacak psikolojik etkenler, elden geldiğince göz önünde bulundurulmuştur. Çoğu kez kontrolü mümkün olmayan bu faktörlerin toplanan verileri etkilemesi mümkündür. Ancak bunları bir sınırlılıktan çok nitel araştırmanın doğasından kaynaklanan durumlar olarak görmek de mümkündür.

Verilerin analizi. Analiz, sadece gözlem ve görüşmeden toplanan verilerden araştırma amacına göre yapılan bir ayıklama ve düzenleme sonucu elde edilen ham verilere yapılmıştır.

1.4.2. Kavramsal Sınırlılıklar

Yürütülün araştırmanın boyutlarından birisinin felsefi yaklaşım olması, çalışmada alan yazında farklı anlamlarda kullanılan bazı kavramlar ve terimlerin geçmesini gerektirmektedir. Bu nedenle bu tür kavram ve terimlerin, çalışmada ne anlamda kullanıldığının tanımlanması gereğini ortaya çıkmaktadır. Söz konusu kavram ve terimler ile neyin kastedildiğinin en iyi şekilde ortaya konmasının, çalışmada geçtiği yerin bağlamı ile mümkün olacağı düşünülmektedir. Bu nedenle bu tür kavram ve terimler kavramsal çerçevede geçtikleri ilk yerlerde tanımlanmış ve çalışmada ne anlamda kullanılacakları belirtilmiştir.

1.5. Varsayımlar

1.5.1. Yöntemsel Varsayımlar

Araştırmanın yöntemi ile ilgili varsayımlar şunlardır;

1. Sınıf ortamının gözlemlenmesinde örneklemin davranışları doğal ortamı ile aynıdır.
2. Görüşmelerde katılımcılar samimi olarak cevap vermişlerdir.

1.5.2. Kavramsal Varsayımlar

Bu varsayımların dışında, araştırmanın kuramsal çerçevesinde nasıl elde edildiği ve kaynakları verilecek olan kavramsal varsayımlar da söz konusudur. Bunlar şu şekildedir;

1. Bir bilginin belirgin hale gelmesinin yollarında birisi dilsel (önermesel) ifadedir.
2. Bilginin üretilmesindeki rasyonel boyut akıl yürütmelerle gerçekleşir.
3. Bireylerin bir durum hakkındaki bilgilerini ve görüşlerini belirlemede başvurulan kaynaklardan birisi, o duruma ilişkin dile getirdikleri ifadelerdir.
4. Bireylerin bir durum hakkında bilgi üretirken nasıl akıl yürüttükleri, yaptıkları söylemlerin önermesel yapısı ve içeriğinin analiz edilmesi ile saptanabilir.

1.6. Tanımlar

Bu bölümde çalışmanın anahtar kelimelerinden öncelikle tanımlanmaya gerek olduğu düşünülen terimlere ait tanımlar verilecektir. Çalışmada kullanılan diğer terimlerden alan yazından elde edilenler kavramsal çerçevede ilk geçtikleri yerlerde, araştırmacı tarafından geliştirlen terimler ise ortaya çıktığı bağlamda bulgular ve devam eden bölümlerde detaylı olarak tanımlanacaktır.

Akıl yürütme. Çok geniş bir kullanım alanına sahip olan akıl yürütme: doğru ve düzgün düşünme; yargıda bulunarak ve usavurarak çıkarımda bulunma (Çüçen, 2006: 16); yargılar (veya yargıları ifade eden önermeler) arasında ilişki kurarak yeni yargılar (önermeler) elde etme (Emiroğlu, 2007: 135), şeklinde tanımlanmaktadır.

Epistemoloji. Bilgi felsefesi, felsefenin bilgiyi konu alan temel alanlarından birisidir. İlgi alanında sadece bilimsel bilgi olmamakla birlikte genel anlamda her türlü

bilgi için; bilginin doğası ve türleri, imkânı, kaynağ vb. problem başlıklarında yapılan felsefi etkinliklerin hepsi epistemolojinin kapsamı içerisindedir (Cevizci, 2010, 2011).

Söylem. Söylem basit olarak kullanılan dil ve dil pratiğidir. Söylem terimi dilin dünyaya işaret eden, dünyayı gösteren sosyal pratik olarak kullanılması şeklinde tanımlanabilir. Söylemin muhataplara ulaşması sözlü ve yazılı olabilir ve bu süreçte birçok forma girebilir; ses, resim, sembol, metin vb.(Sözen, 1999).

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Bölümün Tanıtımı

Önceki bölümlerde ana hatları verilen çalışmanın kavramsal temelleri, aşağıda ana başlıkları ve bunlara bağlı içeriğin ana hatları verilen genel çerçevede ele alınacaktır;

- *Bilim ve Felsefe*
  - Bilimi anlamada felsefi yaklaşımın önemi ve iki ana soru; bilimsel bilgi nasıl elde edilir? ve nasıl açıklanır?
- *Bazı Temel Kavramlar*
- *Bilimin Rasyonelitesi ve Akıl Yürütmeler*
  - *Bilimsel Bilginin Üretimi;* bulma ve doğrulama bağlamı (bilimsel metodoloji ve akıl yürütme yöntemleri)
  - *Bilimsel Söylemler;* bilimsel bilgi türleri, bulma ve doğrulama bağlamında nitelikleri ve bunlara bağlı ifade edilmesi (bilimsel epistemoloji ve akıl yürütme yöntemleri)
- *Kimya felsefesi ve Kimyasal Bilgi*
  - Periyodik sistemin epistemolojik ve metodolojik niteliği ve akıl yürütmeler

2.1. Bilim ve Felsefe

İnsanoğlu, doğayı algılamaya başladığı andan itibaren, doğal çevresine güçlü bir merak duygusuyla yönelmiştir. Bu merak duygusu, onu doğayı anlama çabalarına sevk etmiştir. Bu çabayı zamanla bir yaşam tarzı edinenler ise felsefecilerdi. Felsefeciler ilk çağlarda doğa ve evrene ilişkin yaşadıkları zamanın mitolojik açıklamalarına güven duymadıklarını belirterek, yoğun akıl yürütmelerle evreni ve doğayı anlamaya çalışmışlardır. Bunlar bilimsel yaklaşımın ilk adımlarını oluşturmuştur. Bu şekliyle başlangıçta felsefe bilimi içinde barındırmıştır. Bu açıdan ilk filozofların aynı zamanda ilk bilim insanları olduğu söylenebilir.

Bilim tarihine bakıldığında ilk ve orta çağda bilim ile felsefeyi bir birinden ayırmak mümkün görünmemektedir (Ronan, 1983/2005; Koyre, 1973/2004). Özellikle 16.yy.'da F. Bacon'un(1620/1999) bilim anlayışını, Aristoteles ve takipçilerine yönelttiği eleştiriler üzerine şekillendirmesi, Aristoteles felsefesinin bu yüz yıla kadar birçok açıdan hâkim bir bilim anlayışını da içerdiğini göstermektedir. Bilimle felsefenin bir birinden ayrılması ve modern bilimin doğuşunun eş zamanlı olduğu söylenebilir. Modern bilimin başlangıcının Galileo ve Keplerin çalışmaları ile başladığı kabul edilir (Westfall, 1977/2004; Russell; 1954/1962). Diğer yandan Galileo ile aynı dönemde, Bacon ve Descartes'in Aristoteles felsefesine getirdiği eleştirel görüşler de, felsefedeki yeni bilim anlayışlarının ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Temelde bir birine zıt olan ve ileride bilim felsefesinde iki ana akımı temsil edecek bu görüşler, bir açıdan bilim felsefesinin doğuşunun, bir açıdan da bilimle felsefenin ayrılma sürecinin başlangıcıdır (Yıldırım, 2008; Lecourt, 2001/2006).

Her ne kadar zamanla farklı alanları oluştursalar da, bilim ile felsefe arasında sürekli ve yakın bir ilişkiden söz edilebilir. Bu ilişki tek yönlü değildir. Bilim tarihinde, kimi zaman bilimsel gelişmelerin bilime ilişkin felsefi anlayışları, bilime ilişkin felsefi tartışmaların ise bilimsel gelişmeleri etkilediği söylenebilir. Örneğin, modern bilimin doğuşundan itibaren felsefi akımların (pozitivizm, emprizim, rasyonalizm gibi) bilimsel yöntem düşüncesinin oluşmasında önemli etkileri olmuştur. Diğer taraftan geçen yüzyılın başlarında özellikle mantıksal pozitivizm (Viyana çevresi) çerçevesinde, kimilerine göre bilim tarafından metafizik alanına hapsedilen, kimilerine göre de bilime

hizmet etmek adına mantık seviyesine indirgenerek bilimleştirilmek istenen bilim felsefesi, özellikle bazı bilimsel gelişmeler (Kuantum fiziği ve Görelilik kuramı gibi) sonrasında bilimin üzerindeki etkisini göstermeye başlamıştır. Son süreçte özellikle; K.Popper, T.Kuhn, I.Lakatos, P.K. Feyerabend vb. birçok felsefeci tarafından bilime yönelik olarak ortaya konan farklı yaklaşımlar bilimin doğası noktasında ciddi algısal dönüşümlere sebep olmuştur. Bu felsefecilerden birçoğunun fen bilimleri ile yakın ilişkisi nedeni ile bu dönüşümün etkisi fen bilimlerinde daha belirgindir. Şu an için bilimin doğasına ilişkin felsefi yaklaşımlarda bir çeşitlikten bahsetmek mümkündür, ancak özellikle bilimin eleştirel yapıda rasyonel bir süreç olduğunu savunan Popper ile bilimin psikososyal normlar tarafından belirlenen irrasyonel bir süreç olduğunu savunan Kuhn'un görüşlerinin uzlaşımına yönelik görüşlerin ağırlık kazandığı söylenebilir (Yıldırım, 2008).

2.1.1. Bilim Felsefesi ve Bilimi (Doğasını) Anlamak

Bilim ile felsefenin uzun yıllar önce yaşanan ayrılama sürecinden sonra zamanla ortaya çıkan ve bilim ile karşılıklı etkileşimi olan felsefe alanı, bilim felsefesidir. Bilim felsefesi, en genel hali ile bilimi anlamaya yönelik felsefi çalışma olarak tanımlamaktadır (Yıldırım, 2008: 20). Bu açıdan bilimin doğasını anlamak, öncelikle bilimsel etkinlikleri belirli bir ölçüde tanıma ve bunlara felsefi açıdan bakmakla mümkündür. Bu durum, temelinde bilimsel bilginin ne olduğuna ilişkin yaklaşım sergilemekle eşdeğerdir. Bu yaklaşımda; bilimsel olarak değerlendirilecek bir bilginin; elde edilmesinde kullanılan yöntemlerdeki işlemlere ve düşünme biçimlerine, açıklanma şekline vb. karşılıklı etkileşimi olan boyutlarda açıklamalar getirmek amaçlanır. Bilim insanları ile bilim felsefecileri arasındaki temel ayrım bu noktada ortaya çıkar. Bir olguya yönelik olarak bilim insanları açıklamalarında pragmatik yaklaşım sergilerler, oysa bilim felsefecilerinin yaklaşımı analitiktir (s.24). Bir bilim insanının açıklamalarında odaklandığı durum, kendi problemidir. Açıklamalarının mantıksal veya anlamsal analizini yapmak zorunda değildir. Önemli olan açıklamalarının araştırma probleminin çözümüne imkân tanıyıp tanımamasıdır. Bilim felsefecisi ise bilimsel açıklamaların nasıl yapıldığı, bilgilerin nasıl elde edildiği, elde edilen bilgilerin nasıl doğrulandığı veya yanlışlandığı, gibi konulara analitik bir yaklaşım getirir. Bilim

insanları içerisinde bu tür sorularla hiç ilgilenmeyenler olduğu gibi tamamen yaptıkları işin felsefi analizini yapanlarda vardır (Yıldırım, 2008).

Yaptıkları etkinliğe felsefi bir açıdan bakmayan bilim insanlarının durumuna Feyerabend (1978/1991b: 12)'in şu sözü iyi bir tasvir olabilir; *"Bilim insanları bilinmeyen bir malzemeden binalar yapan ve ancak yapılarını bitirdikten sonra haklarında bir hükme varan mimarlar gibidir…"* Bu açıdan bilimin nasıl bir süreç olduğunun araştırmak bilim insanlarından çok bilim felsefecilerinin işidir.

Bilim felsefesi çoğu zaman epistemoloji ile eş anlamlı kullanılmaktadır (Lecourt, 2006). Ancak epistemolojinin sadece bilim açısından ele alınması durumunda daha dar kapsamlı bir anlamı söz konusudur. Epistemoloji teriminin geçen yüz yılın başında hızla yaygınlaşması ile mantıksal pozitivizmin felsefeyi önermesel bilgilerin mantıksal analizi ile sınırlandıran (Baç, 2007) yaklaşımı ile eş zamanlıdır. Bu çerçevede bilim felsefesi yerine epistemoloji teriminin tercih edilmesi, amaçlı bir yönelime işaret eder gibidir. Ancak günümüzde epistemoloji, ontoloji ile birlikte felsefenin en temel kuramsal disiplinleri arasında gösterilmektedir (Cevizci, 2010).

Bilim üzerinde başta epistemoloji olmak üzere ontoloji ile birlikte ortaya çıkan zeminlerde yapılan felsefi etkinliklerin hepsi birden bilim felsefesini oluşturur. Ancak son yıllarda etik, değer vb. felsefe dalları ile bilim ilişkilendirildiği ve felsefenin sağladığı esnek zemin nedeni ile bilim felsefesinin çerçevesinde bazı tartışmaların diğer bilim dalları ile yakın ilişkisi görülmektedir, bunlar tarih, sosyoloji ve psikoloji olarak karşımıza çıkmaktadır (Yıldırım, 2008; Demir, 2000; Arslan, 2005). Bu durum bilimin doğasına ilişkin tartışmalarda da kendinin gösterdiği söylenebilir. Özellikle fen eğitimine yönelik çalışmalarda daha önceki bölümlerde de ifade edildiği gibi bilimin doğasını, fen okuryazarlığının fen- teknoloji ve toplum boyutunun kritik bir bileşeni olarak ele alan yaklaşımlarda bu açık bir şekilde görülmektedir. Bu açıdan bilim felsefesinde bilimin tartışıldığı esas ve *ana zeminlere* yer vermek faydalı olacaktır.

Bilim felsefesinde yapılan tartışmaların önemli bir kısmı bilimsel bilginin elde edilmesi sürecine yöneliktir. Ontoloji ve epistemolojinin dışında bu noktada oluşan özel bir tartışma zemini olarak metodolojiden bahsedilebilir (Demir, 2000; Cevizci, 2002). Bilime ilişkin epistemolojik, ontolojik ve metodolojik irdelemeleri bir birinden ayrı

düşünmek, felsefenin doğası gereği mümkün değildir. Ancak, burada ana hatlarına değinmek faydalı olacaktır.

Bilim ontolojisi. Aristoteles tarafından ilk felsefe olarak tanımlanan metafizik temelinde gelişen ontolojide tartışmalar varlık üzerinedir (Çüçen, 2005). Bu konuda bilimi, öncelikle ilgilendiren soru varlığın nasıl var olduğuna ilişkin sorudur. Bu noktada iki temel akım arasında değişkenlik gösteren farklı yaklaşımlar söz konusudur; realizm ve idealizm. Bunlardan realizm, insan zihninden bağımsız bir varlık aleminin olduğu görüşünü savunurken, idealizm ise varlığın insan zihninde var olduğu görüşüne sahiptir. Felsefe tarihinde bu görüşler arasında uzlaşımı yansıtan farklı akımlarda ortaya çıkmıştır. Fen bilimleri varlığa genel anlamda realist bir açıdan yaklaşır (Çüçen, 2005). Diğer bir soru olarak; varlığın ne olduğu da bilim açısından önemlidir. Varlığın ne olduğuna ilişkin yaklaşımlarda özellikle materyalizm çerçevesinde Democritus'un atomculuğu (Arslan, 2005) fen bilimlerinde özellikle de kimya açısından önemlidir.

Bilim epistemolojisi. Çoğu kez bilim felsefesi yerine kullanılan bu kavram esasen bilgiyi temel alan bir felsefe alanıdır. İnsan bilgisinin doğasını, kaynaklarını, sınırlarını, kavramsal bileşenlerini ve bilginin olanaklı olup olmadığını irdeleyen epistemoloji Türkçeye bilgi bilim, bilgi kuramı veya bilgi felsefesi olarak çevrilmektedir (Baç, 2007). Bilim felsefesi içerisinde bilim epistemolojisi geçen yüzyılın başlarına öne çıkmış ve ayrı bir bilim dalı olarak düşünülmektedir (Lecourt, 2001/2006). Bilim epistemolojisine ilişkin tanımlar ise genel tanımdan biraz farklıdır. Özellikle mantık ile yakın ilişkisinden yola çıkılarak; epistemoloji, bilimsel açıkmalarda ortaya konan akıl yürütme biçimlerini inceleyen, bilimsel açıklama türlerinden özellikle teorilerin biçimsel yapısını betimlemek için, bu açıklamalardaki bilgilerin kesin analizini yapan bir disiplin olarak tanımlanmaktadır (s.22). Bunun dışında, Özemre tarafından daha geniş bir çerçevede bilim epistemolojisi,

> Epistemoloji *bir bilimin ya da bilimsel görünüşlü bir sistemin*: kullandığı kavramların (semantik), metodolojilerinin, temelindeki modelin, dayandığı varsayımlarının, diyalektiğinin, etkisi altında kaldığı metafizik doktrinlerin ve erişmiş olduğu sonuçların,

geçekliğini ve bu geçerliğin sınırlarını: teşhis ve tespit eden ve bunların isabetliliklerini analiz ve temyiz eden bir bilim dalı", olarak ifade edilmektedir (Özemre,2007:1).

Bu genel çerçevede görüleceği gibi bilim epistemolojisi, ağırlıklı olarak bilimsel etkinliklerde üretilen bilgilerin söylem haline getirilmesinde hangi rasyonel süreçlerin nasıl kullanılacağını, bu yapılırken bilginin kaynağı, doğruluğunun ölçütleri, kavramsal içeriği gibi unsurlarla birlikte ele almaktadır. Bu aynı zamanda bilimsel bilginin ne olduğunun tanımlanması anlamına da gelmektedir.

Söz konusu bilgi olunca akla ilk gelen disiplinlerden birisi de mantıktır. Mantıkla epistemoloji arasındaki yakın ilişki olmasına rağmen aralarında belirgin bakış farklılıkları vardır. Bunlardan bazılarını şu şekilde özetlemek mümkündür (Çüçen, 2006; 2009);

Tablo 1. Mantık ve Epistemolojinin Karşılaştırılması

Mantık	**Epistemoloji**
Mantık bilgiler arası doğru, tutarlı ve geçerli ilişkileri inceler.	Epistemoloji bilginin doğrudan kendisini inceler.
Mantık aklın ilkeleri doğrultusunda akıl yürütme işlemi gerçekleştirir.	Zihnin, her hangi bir tür bilgiyi edinme olanaklarını ve bilgi elde etme yolları ile bunların yapısı ile ilgilenir.
Mantık önermelerin bizatihi doğruluğu ile değil, önermeler arası ilişkiyi ve bu ilişkiden çıkan sonucun yine öncüllerle olan bağlantısını araştırır.	Epistemoloji bilgiyi felsefe kavramlar ile ele alarak bu bilgilerin doğruluk ölçütlerini belirlemeye uğraşır.
Mantıkta doğruluk, önermeler arası zihinsel ilişkinin olanaklılığı çerçevesinde ele alınır.	Epistemoloji, doğruluğu ile önermeler (ve önermeler arası ilişkinden çıkan sonucun) bilgi nesnesi ile olan ilişkisini doğruluk kuramları çerçevesinde ele alır.
Mantık, biçimsel bir işleve sahiptir	Epistemoloji, içeriksel bir işleve sahiptir

Özellikle 20. yüzyılın ikinci yarısından başlayarak çağdaş epistemolojinin temel ilgisi *önermesel bilgi* kavramına ve onun çözümlemesine yönelmiştir (Baç, 2007). Ancak günümüzde daha geniş bir alanı olduğu söylenebilir. Özellikle bilimsel epistemolojide, bilimsel açıklamaların temelini oluşturan akıl yürütmelerin yapısı nedir? Bilimsel açıklama türlerinin mantıksal yapısı nasıl olmalıdır? Bilimsel önermelerin niteliği nasıl olmalıdır? Bilimsel bilginin kaynağı nedir? Bilimsel bilginin doğruluğunun ölçütü nedir? ,gibi birçok farklı sorunun önemli olduğunu söylemek mümkündür.

Bilim metodolojisi. Bilimsel epistemolojideki birçok sorun esasen bilimsel bilginin elde ediliş süreci, başka bir ifade ile metodları ile de yakından ilişkilidir. Bu açıdan bilim felsefesi içerisinde bilimsel yöntem üzerine yapılan tartışmaların özel bir bilim felsefesi alanı olan metodoloji üzerinden yürütüldüğü söylenebilir. Ancak metodoloji, epistemoloji ile çoğu kez birlikte ele alınmak durumundadır. Örneğin tümevarım sorunu (Hume, 1751/1976), doğrulamacılık (Carnap, 1952), yanlışlamacılık (Popper, 1934/2003), bilimde devrimsel ilerleme ve paradigma (Kuhn, 1962/1991), yöntemsel çoğulculuk (Feyerabend, 1975/1991a) gibi çoğu kez epistemolojik zeminde ve bilimsel bilginin elde edilme süreci ile yakın ilişkili bir çok konu aynı zamanda metodolojik tartışmaları içerir.

Bu çerçevede ele alınan en temel sorunları iki ana başlıkta toplamak mümkündür; ilki, bilimsel bilginin üretiminde belirli bir yöntem var mıdır? İkincisi ise varsa bu bilimsel yöntem veya yöntemlerin temelinde belirli bir mantıksal yapı var mıdır? Bu noktada metodoloji de; ontoloji ve özellikle epistemoloji ile ilişkili olarak çok farklı yaklaşımlar rastlamak mümkündür. Ancak burada en etkili olmuş iki ana akımı belirmekte fayda vardır; emprizm ve rasyonalizm (Demir, 2000). Bu akımlar ve bunlardan etkilenerek oluşan farklı akımlar yukarıda verilen problemlere ilişkin çok farklı açılımlar getirmişlerdir.

2.1.2. Bilimin Rasyonalite Sorunu ve Bilim Felsefesi Açısından Bilimin Doğasının Anlaşılmasında İki Temel Soru

Bilimi anlama faaliyeti olarak kabul edilen bilim felsefesinde yukarıda bahsedilen hem epistemoloji hem de metodoloji zeminindeki tartmışların 20 yüzyıl bilim felsefesine damgasını vuran bilimin rasyonalite sorunu (Demir, 2000) üzerine olduğu görülmektedir. Bilimin rasyonalite sorununu, bilimsel bilginin üretiminin mantıksal yapısı, buna bağlı olarak bir önermenin bilimselliği ve bilimsel olan ile olmayan ayırımında kullanılacak ölçütler üzerindedir (Demir, 2000; Kütük, 2005). Tartışmalarda bilimsel bilginin özelliklerine; bilginin üretim sürecinde, bulma ve doğrulama/ yanlışlama gibi işlemsel süreçlerin mantıksal boyutları ve bunlara bağlı olarak bilginin ifade biçimlerine getirilen felsefi yaklaşımlarla tanımlamalar getirilmektedir.

Buradan yola çıkarak bilim felsefesinde özellikle son yüzyılda tartışma konusu olan tüm problemlerin temelde şu iki ana soruya dayandığı söylenebilir; *bilimsel bilgi nasıl elde edilir?* ve *nasıl ifade edilir?(veya bilimsel söylemler nasıl oluşturulur?)* Burada; *bilimsel bilgi nedir?* şeklinde bir sorunun olmaması yine epistemolojinin bilgi nedir? sorusundan yola çıkılarak şu şekilde açıklanabilir;

Epistemolojide, *bilgiyi haklandırılmış/gerekçelendirilmiş doğru inanç*, olarak ele alan standart yaklaşıma göre (Cevizci, 2010; Çüçen, 2009); özne ile nesnenin etkileşimine dayalı süreçte oluşan inancın bilgi haline gelmesi için;

1. İnancın doğru olduğunun kabul edilmesi,
2. Anlamlı bir önerme haline getirilmesi,
3. Önermenin doğru kabul edilmesini sağlayan yeterli kanıtları sağlanması veya gerekçelendirilmesi gereklidir.

Kısaca bilginin tanımlanması gerekçelendirme süreci ile mümkündür. Bilimsel bilgi de bu süreçlerden geçen bir bilgi türü olması gerektiğine göre, bilimsel bilgi açısından bahsedilen gerekçelendirme nedir? sorusu akla gelmektedir. *Gerekçelendirme, gerçeklik üzerine bir bilgiyi ifade eden bir önermeye getirilen dayanakları ortaya koyma işlemidir* (Çüçen, 2009: 39).

Bilimde ise bu işlem, *bilimsel bilginin elde edileme ve açıklanma süreçleri ile ortaya konulur. Başka bir ifade bilimsel bilgi açısından gerekçelendirme, bilimsel etkinliğin epistemolojik, ontolojik ve bunlara bağlı olarak metodolojik boyutlarına karşılık gelir.* Bu noktada şunu hatırlatmak önemlidir; fen bilimleri ontolojik açıdan realist bir anlayışa dayanır. Bu nedenle ontoloji noktasındaki tartışmalar birincil tartışmalar değildir. Epistemolojik ve metodolojik tartışmalar çok büyük ölçüde bu kabul üzerinden yapılır. Bu açıdan *bilimsel bilginin tanımlanması, ancak üretileme süreci ve nasıl ifade edileceğinin açıklandığının anlaşılması ile mümkündür.* Bu da, en azından bilim felsefesi açısından, bilimin anlaşılması demektir.

Genel olarak özetlenirse; *esasen bilim, bir bilgiyi gerekçelendirme sürecidir*. Bu çerçevede bir bilginin bilimsel olup olmadığını, bu gerekçelendirme sürecinden geçip geçemeyeceği belirler. İşte bu noktada bilimsel bilgiyi gerekçelendirme sürecinin niteliğinin anlaşılması da, bilimin doğasının, en azından felsefi boyutta, anlaşılması anlamına gelir. O halde, bu çıkarımdan yola çıkarak tekrar etmek gerekirse; bilim felsefesi, bilimi epistemolojik, ontolojik ve metodolojik açıdan ele alan ve bu çerçevede iki temel soru olarak ifade ettiğimiz, bilimsel bilgi nasıl elde edilir? ve nasıl açıklanır? problemlerine cevap arayan bir felsefi etkinliktir.

Bu iki soruya verilecek yanıtlar, bilim felsefesi açısından bilimin doğasına ilişkin yaklaşımları da ortaya koyacaktır. Bu yaklaşımlar ise fen eğitiminde *fen okuryazarlığının* ön koşulu ve önemli bir boyutu olarak ifade edilen *bilimin doğasına ilişkin anlayış belirleme ve geliştirme çalışmaları açısından önemlidir.* Bilim felsefesinde bu bağlamda birçok farklı yaklaşıma rastlamak mümkündür. Ancak bunlara değinmeden evvel çalışmamızda alt yapı oluşturacak bazı temel kavramlara değinmek gerekmektedir.

2.2. Bazı Temel Kavramlar

2.2.1. (Bilimsel) Bilgi

Bilgi, epistemoloji dışında farklı birçok disiplinin uğraş alanına girmektedir. Örneğin mantık ve psikolojide bilgiye farklı yönelimler söz konusudur (Çüçen, 2006; Yıldırım, 2008). Ancak bilginin ne olduğuna ilişkin tartışmalar epistemolojinin konusudur (Cevizci, 2010).

Bilginin tanımlanması öncelikle bilme etkinliğinde yer alan üç temel unsurdan yola çıkılarak yapılır (Çüçen, 2009; Cevizci, 2010). Bunlar; bilen (özne/süje), bilinen (nesne/obje) ve özne ile nesne arasında oluşan ilişki. Cevizci(2010: 15)'ye göre, bu üç unsur aynı zamanda bilginin tanımlanmasına yönelik üç farklı anlayışı temsil etmektedir. Bunlardan ilki, bilgiyi bilen ile bilinen arasındaki ilişkiden ortaya çıkan bir ürün olarak tanımlamaktadır. Standart bilgi anlayışı, denilebilecek bu anlayışa göre bilgi; özne ve süje arasında özne tarafından oluşturulan bilgi aktlarının bir sonucudur. İkinci anlayış, bilgiyi, bilenin zihinsel bir durumu ve kazanımı olarak ele alır. Buna göre; zihin, nesnelere ilişkin sanılardan başlayarak en sonunda bilgiye ulaşır, yani bilgi esasen zihinsel bir etkinliğin ürünü veya zihin nihai bir durumunun göstergesidir. Diğer bir anlayış ise bilgiyi nesnenin durumuna bağlı olarak tanımlar. Bu anlayış ilk ikisinden nesneye bağlılığı noktasında ayrılır. Buna göre, bilgi ile sanı veya inanç arasındaki temel farkı bilgi nesnesinde yatar. İnsan zihni ancak dolayımsız olarak kendisini sunulan şeyler hakkında bilgi edinebilir. Başka bir ifade ile bilgi nesneden dolayımsız olarak ortaya çıkan bir ilişkiye dayanır. Bunun dışındaki sanı veya inançlarımız, amprik temelli olanlar da dâhil, bize sadece görünüşün bilgisini verir, gerçekliği vermez.

Bu anlayışların her üçünde ortak nokta bilgideki nihai yargının öznede olması veya öznede ortaya çıkması ve inanç ile bir şekilde ilişkili olmasıdır. Bu açıdan birinci tanımlamaya uygun olarak bilgi; bilen özne ile bilinen nesnesin etkileşimi sonucunda özne zihnindeki bir değişimin ürünüdür. Başka bir ifade ile; *özne tarafından nesneye ilişkin gerekçelendirilmiş veya haklandırılmış doğru inançtır.*

Bilgi nesnesi ve gerçek nesne. Diyalektik materyalizmin savunucularından olan Althusserl'in bilgi üretim sürecinde nesne ve özne ilişkisine yaklaşımı dikkate değerdir ve oldukça önemlidir. Bu yaklaşım bilgi nesnesi ve gerçek nesne arasında kesin bir ayrıma işaret eder. Bu ayrıma göre insanın doğrudan gerçek nesne hakkında bilgiye ulaşması mümkün değildir. Bu açıdan bilgide ifade edilen nesne gerçekliğin nesnesi değildir, bilginin nesnesi yardımı ile hakkında bir takım bilgilere ulaşılan nesne gerçek nesnedir (akt. Demir, 2000). Bilgiye bu açıdan bakıldığında bilgi nesnesine yönelik bilgilerimizin kesin olmadığı, değişebileceği ve uygun bir açıdan zamanla gerçek nesne bilgisine yaklaşabileceği ortaya çıkmaktadır. Bu bir bakıma Popper'in eleştirel akılcılığındaki evrimsel bilgi yaklaşımı ile uyuşmaktadır. Aynı zamanda geç dönem Wittgenstein'in dünyanın dilimizin dolayımlarından geçerek bilinebileceğini savunan felsefesi (Wittgenstein, 1953/2010) ne oldukça yakındır.

2.2.2. (Bilimsel) Önerme ve Türleri

Özne ve nesne etkileşiminden oluşan bir ürün olarak bilimsel bilginin ifade edilmesinde önermeler kullanılır. Önerme bir yargıyı, iddiayı, öneriyi, bildiriyi ve tanımı dile getiren cümlelerdir. Bu nedenle önermeler doğru ya da yanlış olabilen cümlelerdir (Çüçen, 2006; Emiroğlu, 2007). Önermelerin farklı kriterlere göre çok farklı sınıflandırmaları söz konusudur. Bu çalışmanın amacı çerçevesinde epistemolojik acıdan önermelerin taşıdığı bilgi bağlamında yapılan sınıflandırmalara ilerleyen bölümlerde değinilecektir. Burada kısaca önermelerin yapılarına ilişkin bazı noktalara değinmekle yetinilecektir.

Bir önermede temelde üç unsur bulunur (Emiroğlu, 2007: 103); bunlar; *konu* (cümle olması nedeni syntax bağlamında özneye karşılık gelir), *yüklem* ve *bağ*'dır. Örneğin; *"metaller ısıtılırsa genleşir"* önermesinde bu üç unsur şu şekilde gösterilebilir; *metaller ısıtılır*[1] *sa* [2]*genleşir*[3]. Burada, *1. metaller ısıtılır*; konu, *2. – sa(ise);* bağ, *3. genleşir;* ise yüklemdir.

Önermeleri yapılarına göre en genel hali ile ikiye ayırmak mümkündür (Çüçen, 2006: 66); basit(kategorik) ve birleşik önermeler. Basit önermeler yapılarında bir tek yargı taşıyan önermelerdir. Birleşik önermeler ise yapılarda birden fazla yargı taşırlar.

Başka bir ifade ile iki basit önermenin bir önerme eklemi ile birbirine bağlanması ile oluşurlar. Örneğin; *"sodyum bir metaldir",* önermesi basit bir öneme iken, yukarıda verilen, *"metaller ısıtılırsa genleşir"* önermesi birleşik bir önermedir. Önerme eklemleri aynı zamanda bileşik önermenin ifade şeklini belirler, bunlar koşul (ise), şart (eğer), neden (çünkü), görelilik (göre), bağlama (fakat) ifade eden sözcüklerdir. Örneğin yukarıda verilen bileşik önerme bileşik bir koşul önemesidir. Ayrıca bileşik önermeleri oluşturmada da kullanılan basit önemeler konunun (özne) niceliklerine göre sınıflandırılır. Konuyu oluşturan terim, tümel ise veya bir sınıfa ait elemanları içine alıyorsa tümel önerme, bir kısmını içine alıyorsa tikel önerme, sadece birine aitse tekil önerme olarak sınıflandırılır (Ermiroğlu, 2007; Çüçen, 2006).

Yukarıda verilenden farklı bir sınıflandırma yapmak da mümkündür. Bir önermede, kullanıldığı bağlama bağlı olarak, özne veya konu kaplamı geniş olan bir terimse daha geneli ifade eden bir öneme *(genel durum önermesi),* kaplamı dar ise daha özel bir durumu veya genele ait bir örneği ifade eden bir önerme *(örnek durum önermesi)* olarak kabul edilebilir. Örneğin; *"tüm metaller elektriği iletir"* ve *"tüm sodyum metalleri elektriği iletir"*, önermelerinin her ikisi de mantıksal açıdan tümel olmasına rağmen, epistemolojik anlamda birinci önerme daha geneldir. Başka bir ifade ile tüm sodyum metalleri, tüm metallerin kaplamında bulunur. Bu açıdan bu çalışmada önermeler, mantıksal açıdan tümelliği veya tikelliğinden ziyade epistemolojik açısından bu ayırım dikkate alınacaktır.

Önermelerin epistemolojik anlamı. Bir önermenin mantıksal açıdan anlamlı olması için söz dizimsel (Syntax) kurallarına göre oluşturulmuş olması gerekir (Emiroğlu, 2007). Mantıksal açıdan anlamlılık epistemoloji açısından anlamlılığı garantilemez. Örneğin; *"altın bir ametaldir"* önermesi mantıksal açıdan anlamlı bir önermedir. Ancak epistemolojik açıdan anlamlı ve doğru kabul edilmez. *Epistemolojik anlamlılık açısından mantıksal anlamlılık ön koşul olmakla birlikte yeter koşul değildir.* Başka bir ifade ile epistemolojik anlamlılıkta bilgi nesnesine yönelik bir özellik de vardır. Benzer şekilde, hiç kimsenin bilmediği bir element olarak, Xiyum gibi elemente ait *" Xiyum vardır"* ve özelliklerinden bahseden, *"Xiyum bir ametaldir"* önermelerini ele alalım. Bunlardan her ikisi de bir birinden bağımsız olarak mantıksal açıdan anlamlı

önermelerdir. Ancak epistemolojik olarak ikincisinin anlamlı olması için birincisinin anlamlı olması gerekir. Yani birinci önerme epistemolojik açıdan kabul edilmelidir ki, ikinci önerme de epistemolojik açıdan ele alınabilsin. İkinci önermenin anlamlı olması için böylesi bir elementin olgusal olarak varlığının herhangi bir doğruluk kriteri ile daha önceden gösterilmiş olması gerekir.

Mantıksal olarak bir önermenin anlamlılığı doğruluğundan bağımsızdır. Ancak epistemolojik açıdan bağlıdır. Başka bir ifade ile epistemolojik açıdan doğruluğun bir ön koşulu olan anlamlılık ile mantıksal anlamlılık farklıdır. *Çünkü ister onu anlamlı hale getirecek bir dil dolayımından geçirilerek* (Wittgenstein, 1953/2010) *tanındığı, isterse dile doğrudan* (Wittgenstein, 1922) *yansıdığı kabul edilen realist bir ontolojik temeli olmadığı sürece, bir cümlenin bilimsel epistemoloji açısından anlamı da yoktur.*

Epistemolojik açıdan doğruluk ve gerçeklik. Epistemolojide doğruluk ve gerçeklik kavramları önemli bir yere sahiptir. Günlük yaşamda çoğu kez bir birine karıştırılan bu kavramlar birbirinden oldukça farklıdır. Doğruluk düşünceye ve buna bağlı olarak ortaya koyduğu önermelere ilişkin bir özellik iken gerçeklik ise insan zihninin dışında var olanın bir özelliğidir (Çüçen, 2009). Gerçeklik kendisine yönelik oluşturulmuş bir önermenin veya düşüncenin doğruluğunu sağlayan varlığın bir özelliğidir. Örneğin; *"Su renksiz bir sıvıdır"*, önermesinin doğru olması için öncelikle *su varlığının* gerçekliği gereklidir. Eğer suyun gerçekliği kabul edilirse, ona ilişkin oluşturulan önermelerin doğru olup olmadığı tartışılır. Başka bir açıdan doğruluk bir değer iken, gerçeklik bir özelliktir. Bilginin doğruluğunun ölçütü noktasında farklı felsefi kuramlar vardır. Bunlar; uygunluk, bağdaşımcı, tümel uzlaşım, apaçıklık, yarar ve yapılandırmacı doğruluk kuramlarıdır (Cevizci, 2010).

1. Uygunluk/Mütekabiliyet doğruluk kuramı. Bunlardan ilki olan bir önermenin, ifade ettiği bilgi nesnenin durumunu tam olarak tasvir etmesi halinde doğru olduğunu savunan uygunluk/ mütekabiliyet kuramı, Platon ve Aristoteles' e kadar dayandırılır (Çüçen, 2009). Doğruluk önerme ile ifade edilen bilginin gerçeklikle ilişkisine yöneliktir (Flew, 1979). Naif realizmin çerçevesinde etkili olan kuram geçen yüz yılın başlarında mantıksal pozitivizmde de büyük kabul görmüştür. Özellikle erken dönem Wittgenstein (1922) dil felsefesinde de kendini gösterir.

2.Bağdaşımcı/Tutarlılık doğruluk kuramı. İdealist ve rasyonalist filozofların yanı sıra matematik ve kuramsal fizikten etkilenen bazı mantıksal pozitivist filozoflar tarafından da benimsenen tutarlılık kuramında bir önermenin doğruluğundan kast edilen önermenin esasen içinde bulunduğu sistemdeki daha önceden kabul edilmiş önermelerle olan tutarlılığıdır (Çüçen, 2009; Cevizci, 2010). Burada vurgulanan temel nokta önermenin bulunduğu sistemin iç tutarlılığıdır. Başka bir ifade ile doğruluk bir sistemin bütününden meydana gelir. Doğruluk, bilginin uygunluk kuramındaki gibi gerçekle ilişkiden değil, sistemi oluşturan bilgilerin ilişkisinden oluşur. Farklı yorumlamaları olan tutarlılık kuramının en etkili olan yorumunu yakın zamanda inancın bilgi olarak kabul edilmesinde gerekçelendirilme sürecine içselcilik (intermalizm) olarak bilinen yaklaşımı ortaya koyan H.Puntam'ın felsefesinde kendini göstermektedir. Putnam'a göre, doğru, *"idealize edilmiş, rasyonel bir kabuledilebilirliktir."* (Putnam, 1981: 51). Bu bir bakıma daha önce kabul edilmiş bilgilere göre en makul olanın doğru olduğu görüşüdür. Özellikle fen bilimleri açısından düşünüldüğünde bu kurama getirilen en etkili eleştiri bilimsel kuramlar bazında ele alınabilir. Örneğin, bilimsel kuram (teoeri) bir sistem olarak düşünüldüğünde aynı olguya yönelik iki farklı kuram olması halinde hangisi doğru kabul edilmelidir? Ayrıca bu yaklaşıma zamanla olgudan kopma ve kanıtlama ile doğrulmayı özdeşleştiren bir eğilim gösteremesi noktasında da eleştiriler getirilmektedir (Cevizci, 2010).

3.Tümel uzlaşım kuramı. Bilim felsefesinde Kuhn'cu gelenek olarak bilinen anlayışın doğruluk yaklaşımını ifade eden kurama göre, ilgili olan çoğunluğun kabul ettiği bilgiler doğrudur. Buna göre nesnel dünyaya ilişkin tüm bilimsel açıklamalar esasen bilim insanlarının doğayı anlamak ve kavramak için oluşturdukları ortak ifadelerdir (Demir, 2000; Cevizci, 2010). Doğruluk ancak uzlaşımla elde edilir. Bu doğruluk anlayışının en tipik örneği Kuhn'un paradigma kavramında kendini gösterir. Özellikle, teorilerin eşölçülemezliğinin altında yatan nedenin, teorinin kabul edilmesindeki kriterin nesnel gerçeklikle olan ilişkisinden çok, teorinin bilim insanları tarafından kabul edilme oranının olması (Kuhn, 1962/1991) bunu göstermektedir.

4.Yapılandırmacı kuram. Bu kuram tümel uzlaşım kuramının biraz daha genişletilmiş bir hali olarak; hakikatin bireyler tarafından özellikle sosyal olarak inşa edildiği görüşüne dayanan bir bilgi anlayışıdır (Cevizci, 2010). Bu yaklaşımda doğruluk

uzlaşımlara, algılara ve sosyal deneyimlere bağlıdır. Temelde rölativist bilgi anlayışını yansıttığı görünen yapılandırmacı felsefeye göre *bilginin nesnel gerçeklikten çok algı ile ilişkisi vardır.* Bu nedenle bu yaklaşımda en radikal hali ile birey sayısı kadar doğru vardır ve sosyal, tarihsel bağlamda değişir.

5.Pragmatik kuram. Bilginin doğruluğunu sağladığı yarara bağlayan bu kuram hem pragmatist hem de araçsalcı felsefeciler tarafından benimsendiği söylenebilir (Demir, 2000). Başka bir ifade ile işlevsel bilgi doğrudur veya problem çözümüne katkı sağlayan bilgi doğrudur.

Bilgi nesnesi ve gerçek nesne arasındaki ayrım dikkate alındığında tüm doğruluk yaklaşımlarında örtük veya açık olarak ifade edilen; *bir önermenin doğruluğunu bilgi nesnesinin durumu belirlediğidir.* Örneğin uygunluk kuramında bilgi nesnesi ve gerçek nesneyi yansıtma kriter olarak alınırken, tutarlılık kuramında bilgi nesnesine yönelik önermelerden oluşan bir sitemdeki bilgi nesnesi çerçevesinde önermeler arasındaki tutarlılık kriter olarak alınır.

Epistemolojik açıdan geçerlilik ve tutarlılık. Doğrulukla birlikte kullanılan tutarlılığın yanı sıra önemli bir terim de geçerliliktir. Tutarlılık doğruluk kuramlarında değinildiği gibi bilgi nesnesine yönelik önermeler arasındaki ilişkiye yönelik bir kavramdır. İki önerme bir arda ele alındığında taşıdıkları bilgilerin bir birleri ile çelişmemesi durumu tutarlılığı gösterir. Geçerlilik ise daha çok bu önermelerden yola çıkılarak yapılan bir çıkarımın durumu için kullanılır. Mantık açısından tutarlı/ bir biri ile çelişmeyen önermelerden oluşan bir çıkarımda öncüllerden sonuç zorunlu olarak çıkıyorsa çıkarım geçerlidir. Epistemolojik açıdan ise çıkarımdaki önermelerin doğruluğu da önemlidir. Başka bir ifade ile epistemolojik açıdan geçerlilik elde edilen sonucun her hangi bir doğruluk kuramına göre doğru olması sonucunda oluşur. Bu açıdan geçerli bir çıkarım doğru önermelerden oluşan tutarlı akıl yürütmedir (Çüçen, 2009). Bu açıdan bakıldığında doğruluk ölçütü olarak tutarlılığı savunan yaklaşımda, mantıksal geçerlilik büyük ölçüde doğruluğu etkilemektedir. Özellikle matematik ve kuramsal fizikten etkilenerek bu yaklaşımı benimseyen Neutrath (Lecourt, 2001/2006) gibi mantıkçı-pozitivistler buna örnektir. Ancak Putnam'ın dışsalcı (externalist)

tanımladığı (Putnam, 1981: 49) uygunluk kuramında ise çıkarımın mantıksal geçerliliği yetersizdir, ayrıca dış gerçeklikle ilişkisini kurmak gerekir.

Mantık açısından en geçerli çıkarım tümdengelimsel akıl yürütmelerdir Tümevarım ise mantık açısından geçersiz bir akıl yürütmedir (Emiroğlu, 2007; Çüçen, 2006). Bir çıkarımda kullanılan ve sonucunda elde edilen önermenin doğru olup olmadığı daha çok epistemolojik bir yaklaşım gerektirirken, önermelerin tutarlılığı veya yapılan çıkarımın geçerliliği ise daha çok mantık konusudur. Nitekim tümdengelimsel olarak yapılan bir çıkarım mantıksal olarak geçerli gözükse de kimi zaman epistemolojik açıdan geçerli kabul etmek mümkün değildir. Örneğin; *" metaller elektriği iletir"* ve *" oksijen bir metaldir"* önermelerinden yola çıkılarak ulaşılan,*" oksijen elektriği iletir"* önermesi mantıksal olarak geçerli gözükse de, epistemolojik anlamda geçerli bir yoldan elde edilmiş epistemolojik olarak yanlış bir bilgiye ulaşılmıştır. Bu açıdan çıkarımın tümüne bilimsel epistemoloji açısından geçersizdir demek mümkündür.

2.2.3. Bilginin Farklı Sınıflandırmaları

Bilgiye ilişkin çok farklı sınıflandırmalara rastlamak mümkündür. Bunlardan ilki bilgiyi sadece kategorize etme amacıyla yapılan sınıflandırmadır. Burada, bilgi ilgili disiplin veya alanlarına göre sınıflandırılmıştır; Gündelik bilgi, Dinsel bilgi, Teknik bilgi, Sanatsal bilgi, Bilimsel bilgi, Felsefi bilgi gibi. Esasen bunları daha da alt kategoriler ayırmak da mümkündür.

Bu sınıflandırmanın dışında, felsefi amaçlı olarak bilgi felsefecilerinin bilgiye ilişkin görüşlerine bağlı farklı sınıflandırmalar da söz konusudur (Cevizci, 2010). Bunlardan, I.Kant'ın, Türkçeye, Saf aklın eleştirisi, şeklinde çevrilen *"Kritik der reinen Vernunft"*(1787) eserinde yargı (*Urteil*) içeren ifadeler veya önermeler ekseninde bilgiye getirdiği sınıflandırma önemli bir dönüm noktasıdır. Bu sınıflandırmanın ana hatlarını vermeden önce önerme ve bilgi ilişkisini hatırlamak faydalı olacaktır

Önerme, bir mantık terimi olarak yargı içeren veya doğru ya da yanlış olabilen cümlelerdir (Çüçen, 2006). Bir bilgi, en az bir önerme ile dile getirilir. Önermeler,

bilgilerin dilsel olarak taşıyıcılarıdır. Yukarıda ifade edildiği gibi mantıksal olarak önermeler çok farklı türlere ve sınıflara ayrılsa da kabaca konu ve yüklemden oluşan şekli ile ifade edilebilir. Örneğin; "*Su sıvıdır"*, önermesi, sembolik olarak; *A,B'dir* şeklinde gösterilebilir. Bu gösterimde A, konu B, ise yüklem olarak ifade edilir. Bir önermede konu bilginin nesnesi durumundadır. Örneğin suyu tanımlamaya çalışan bireyin kurduğu "*su sıvıdır*" önermesinin *konusu* olan *su*, bilginin *nesnesi*dir. Bu nedenle bundan sonraki bölümlerde önermeden ziyade önermenin taşıdığı bilgi ekseninde, hakkında yargı bildirilen konu, nesne olarak ifade edilecektir.

2.2.3.1. Apriori ve Aposteriori Bilgi

Bir önerme halinde ifade edilen bir bilgiye Kant tarafından getirilen ilk ayrım bilginin kaynağına ilişkindir. Bu ayrıma göre; A,B'dir, şeklindeki bir önermede, A ile B arasında kurulan bağlantıya getirilen dayanak veya delil için, o an için aklın başvurduğu kaynağına göre ikiye ayırır. Bunlardan ilki *a priori bilgidir (Erkenntnisse a priori)* (Kant, 1787: 38). Deneyim öncesi bilgi anlamına gelen a priori bilgide söz konusu kaynak deneyime bağlı olmayıp, deneyimden bağımsız kavramlar içerirler ve çoğu kez mantıksal ilişkileri dile getiriler. Matematiksel bilgiler bu açıdan a priori bilgilerdir. Örneğin; Pisagor bağıntısını ifade eden bir önerme a priori bir yargı taşır. Böylesi bir bilginin kaynağı akıldır. *A posteriori* bilgiler *(Erkenntnisse a posteriori)* de ise; A ile B arasındaki bağlantıyı sağlayan delillerin kaynağı olarak deneyim kabul edilir (Kant, 1787: 39). Başka bir ifade ile duyu verilerine bağlı bir kaynak söz konusudur. Örneğin; bir katının rengine ilişkin bir önerme, a posteriori bir yargı taşır. Bilginin kaynağı deneyimdir. Bu tür bilgiler çoğu kez olgusal ilişkileri dile getirir.

2.2.3.2. Sentetik ve Analitik Bilgi

Kant'ın ikinci sınıflandırması ise bilgilerin içeriği noktasında bir ayrımı ifade eden analitik ve sentetik yargı ayrımıdır (Kant, 1787: 49). Analitik bilgiler, aklın özdeşlik ilkesine göre A,Adır, şeklinde sembolize edilen önermelerle ifade edilir. Örneğin; "*altın, altındır"*, önermesi böylesi bir bilgi taşır. Başka bir ifade ile analitik

bilgilerin içeriğinin analiz edilmesinde içerdikleri kavramlardan başkalarına ihtiyaç yoktur. Başka bir ifade ile önermede yüklem bilgi nesnesini tanımlar veya özen aynı zamanda nesnedir. Bazı durumlarda A,B'dir şeklinde ifade edilen bazı önermelerin bilgi içeriği düşünüldüğünde analitik formları hemen fark edilir. Örneğin; "*metaller elektriği ve ısıyı iletir*," önermesi yapı olarak analitik gibi gözükmese de, metal olma, elektriği iletme ile tanımlandığı için, yeni bir bilgi vermemektedir. Bu tür bilgiler totolojiktir, başka bir ifade ile önermede, bilgi nesnesine karşılık gelen terimin tek başına iken taşıdığı anlamdan fazlası ifade edilmemektedir (Çüçen, 2006). Yargı sadece özelliği ortaya çıkarır veya açıklık getirir. Analitik bilgileri ifade eden önermelerin bir diğer özelliği ise olumsuzlanması mantıksal açıdan bir çelişki yaratır. Örneğin; *"maddelerin kütlesi yoktur"* gibi. Çünkü madde "kütle" ile tanımlanır. Ayrıca bu bilgilerin doğruluğunda çoğu kez olgusal sınamaya gerek duyulmaz veya anlamsızdır. Örneğin, *"tüm maddelerin kütlesi vardır"* önermesinde madde kavramı zaten kütle kavramı ile tanımlandığından böylesi bir önermenin sınanması gereksizdir.

Bu sınıflandırmadaki diğer bilgi türü ise sentetik bilgilerdir. Bu tür bilgiler önermesel olarak; *A,B'dir*, şeklinde sembolize edilirler. Bu tür bilgilerde bilgi nesnesi hakkında yeni bir yargı söz konusudur. Başka bir ifade totolojik değildir. Örneğin; *"bazı metaller su ile tepkime verir"* önermesi böylesi bir bilgiyi ifade eder. Bu tür bilgilerin doğruluğu saptanması için olgusal sınama gereklidir. Doğruluğu içsel değil dışsal yolla olmalıdır.

Kısaca özetlemek gerekirse, Kant'ın ayrımına göre bilgi dört sınıfa ayrılır;

- *Kaynağına göre;* apriori ve aposteriori
- *İçeriğine göre;* analitik ve sentetik

Görüldüğü üzere sentetik ve analitik ayrımı tamamen içeriğe yönelik bir ayrımdır. Bu açıdan bir bilgi önermesinin, a priori veya a posteriori olması ile analitik veya sentetik olması arasında doğrusal bir ilişki yoktur. Bazı bilgiler sentetik gibi görünmelerine ragmen analitik nitelikte olup a posteriori de olabilir. Yukarıda verilen *"maddelerin kütleleri vardır"* örneği buna iyi bir örnektir. Nitekim Kant'ın ayrımında, bu iki ana sınıflamanın bir sentezine dayalı başka bir sınıflandırma da görülmektedir

(Kant, 1787). Buradan elde edilen bilgi sınıflarını ise aşağıdaki gibi toplu halde göstermek ve tanımlamak mümkündür;

- *Analitik apriori;* kaynağı akıl olan ve olgusal olarak sınanmayı gerektirmeyecek bir içerik sunan bilgiler
- *Sentetik apriori;* kaynağı akıl olan ve olgusal olarak sınanmayı gerektirecek bir içerik sunan bilgiler
- *Analitik aposteriori;* kaynağı deney(im) olan ve olgusal olarak sınanmayı gerektirmeyecek bir içerik sunan bilgiler
- *Sentetik aposteriori;* kaynağı deney(im) olan ve olgusal olarak sınanmayı gerektirecek bir içerik sunan bilgiler

Bu tür bilgilerden özellikle sentetik aposteriori ve analitik apriori bilgilerin imkanı ve analitik aposteriori bilginin imkansızlığı üzerinde felsefeciler arasında bir mutabakat olduğu söylenebilir (Cevizci, 2010; Çüçen, 2009). Ancak bu mutabakat, yukarıda ifade edilen sentatik (biçimsel) açıdan sentetik olan ancak semantik (anlam) bakımından analitik önermeler üzerine değil, gerçek anlamda sentaktik açıdan analitik olanlar üzerinedir.

Bilgi türlerinden özellikle *sentetik apriori* tartışmalı bir konudur. Sentetik apriori bilgilerin deneyimden bağımız ve sınanabilir yeni bilgi içeriğine sahip olması gerekir. Başka bir ifade ile A ile B arasındaki bağlantıyı sağlayan deliller akıl kaynaklı olmalı ve önerme yeni bir bilgi vermelidir. Felsefeciler arasında bu tür bilgilerin mümkün olmadığına ilişkin görüşlerin yanı sıra imkanını savunanlarda vardır (Baç, 2007; Çevizci, 2010; Çüçen, 2009). Kant bu bilgilerin varlığını savunurken esasen, aynı zamanda tümel ve zorunlu olan bir sentetik bilginin varlığını iddia eder (Kant, 1787). Sentetik apriori yargıların varlığı savunmak bir açıdan deneyimi ve aklı uzlaştırmaya çalışmaktır (Yıldırım, 2008). Ancak buradaki sorun sentetik apriorilerin, analitik aprioriler gibi zorunlu ve tümel kabul edilip edilmemesidir. Kant böylesi bir bilginin, yani zorunlu bir bilginin öncelikle deneyim temelli olmayacağı noktasında emindir. Kant' göre, aktif zihnin elde ettiği bilgi deneyimle başlar ancak deneyimle bitmez (Kant, 1787: 37). Bu yaklaşım sentetik apriori bilgilerin imkânını vurgulamaktadır. Ona göre, insan zihni deneyimde, salt deneyimsel verileri olduğu gibi alırsa, olgular arasındaki zorunlu nedensel ilişkileri keşfedemez (s.37). Kant'ın anlayışında, zihin, ham

deneyim verilerini doğuştan getirdiği kavram ve kategorilere göre yeni formlara büründürür. Bu kavram ve kategoriler herkes için ortak niteliktedir ve aklın ilkelerine uygundur. *Fenomenler* hakkında nesnel olan ve zorunlu olan sentetik önermeler ancak bu ortak kavramlardan elde edilir. Bu kavram ve kategorilere uymayan gerçeklik hakkında yani *numenler* hakkında bilgi edinmemiz de mümkün değildir (s.75).

Bu çerçevede bakıldığında Kant'ın bilgi anlayışında, insan zihnin gerçekliği yaratığına dair bir iddiası olduğunun söylenmesi mümkün değildir. *Bu durumda bilgiye yeni form veren aktif özne, bu açıdan algı epistemolojisine dayanan yapılandırmacı bilgi anlayışına uygun değildir.* Kantın bu noktadaki, yani algıya dayalı anlayıştan belki de en farklı yanı; bir fenomen olan olguya aklın apriori kavram ve kategorilerle yüklediği özelliklerin herkes için aynı ve belirli olgular yani fenomenler için geçerli olduğunu dolaylı yoldan vurgulamasıdır. Bu çerçevede esasen, Kant'ın sentetik a priori görüşü de herkes için geçerli olan anlama yetisinin ilkelerine uygun, saf kavramlarla elde edilmiş bir bilgi arayışı, tüm insanlar için ortak nesnel bir bilgiye, *nedensellik* gibi, işret eder (Yıldırım, 2008). Bu açıdan nesnel bir deneyim ancak ortak a priori kavram ve kategorilere bağlıdır.

2.2.4. Bilimsel Bilginin Niteliği ve Öğrenen Açısından Durumu

Bilimsel bilginin yukarıda yapılan sınıflamalardaki durumunu iki farklı şekilde ifade etmek mümkündür. Bunlardan ilki bilimsel etkinliğin bir katılımcısı olan özneye göre, ikincisi bilimsel bilgiyi öğrenen özneye göre. Bunlardan özellikle ikinci durum araştırma açısından önemlidir.

Bilimsel etkinliğe katılımcı olan özne açısından bilimsel bilgi. Yukarıda yapılan açıklamalar çerçevesinde düşünüldüğünde bilimsel önermelerin sentetik önermeler olduğu su götürmezdir. Bilimsel önermeler içerik olarak yeni bilgi veren ve doğruluğu sınanabilir önermelerdir. Bilimin olgu temelli bir uğraş olması ve nasıl elde edilirse edilsin bir bilginin olgusal bir içerik içermesi gereği, bilimsel bilginin deneyimle ilişkisini ortaya çıkarır. Bu açıdan bilimsel bilginin a posteriori olması da gerekir. Bu çerçevede; bilimsel bilgilerin sentetik aposteriori bilgileri içerdiği

söylenebilir. Bunların dışında diğer bilgi türlerinden, sentetik apriorilerin, yukarıda ifade edildiği gibi, bırakın bilimsel olup olmadığı imkânı dahi tartışma konusudur (Yıldırım, 2008).

A priori bilmek. A priori ve a posteriori bilgi ayrımında farklı bir noktaya dikkat çekmekte fayda vardır. Bir bilginin a priori olmasından farklı olarak bir şeyin a priori bilinmesi durumu da söz konusudur (Çüçen, 2009). Öznel bir yaklaşımla bu durum çok net ortaya çıkmaktadır. Bizatihi deneyimlemediğimiz bir şeyin bilgisine a priori olarak (deneyimlemeden) sahip olabiliriz, ancak sahip olduğumuz bilgiye ait yargı a posteriori olabilir. Örneğin; sınıf ortamında öğrencilere, atomun yapısına ait bir bilgi *"atomda elektronlar bulunur"* önermesi ifade edilmiş olsun. Bu önermeye bakıldığında dolayımlı olarak bilim insanlarının deneyimlerine dayalı bir bilgidir. Bilim insanları açısından a posteriori bir bilgidir. Ancak öğrencilerin bunu bilgi haline getirdiği düşünüldüğünde, öğrenciler açısından somut bir deneyim olmaması, bu bilginin öğrenci açısından a priori bilinmesi ve deneyimleyen bilim insanları açısından a posteriori bilinmesi anlamına gelir. Bu çerçevede bakıldığında öğrenciler açısından, esasında olgusal ve deneyime dayalı olan bu bilginin, Pisagor bağıntısına ilişkin deneyime dayalı ve olgusal olmayan bilgiden bir farkı yoktur. Başka bir açıdan, örneğin, bir öğrencinin kendi deneyimlediği bir madde davranışına ilişkin bir önerme ürettiğini düşünelim; *"Sodyum su ile tepkime verir"*. Bu a posteriori bir bilgidir. Öğrencinin bu önerme ile ifade edileni bilgi haline getirdiğinde bu bilgi yine öğrenci açısından a posteriori özelliğini korur. *Bu nedenle a posteriori nitelikli bilgilerin öznel olarak a priori olarak kabul edilmesi veya benimsenmesi mümkündür.*

Bilimsel bilgiyi öğrenen özne açısından bilimsel bilgi: Bilimsel bilginin a posteriori niteliği bilimsel etkinliklere katılan özne açısından durumuna ilişkindir. A priori benimsenmesi ise yukarıda ifade edildiği gibi öznenin bilimsel etkinliğe katılmaması veya deneyimi olmaması durumunda ortaya çıkabilir. Bu nedenle burada farklı açıdan, öğrenen özne açısından bilimsel bilginin niteliğine ilişkin bir açılım getirmek mümkündür. Bilimsel bilginin sentetikliğinin dışında a priori ve a posteriori olmasına, öznenin içinde bulunduğu durumdan bağımsız olarak düşünüldüğünde,

sentetik a posteriori mümkünken, sentetik a priori mümkün değildir. Ancak pratikte ve durumsal anlamda öznel açıdan düşünüldüğünde farklı bir tablo ile karşılaşılabilir. Örneğin, kaynağı akıl olan, yeni bir bilgi veren ve olgusal olarak sınanabilir gibi görünen bilgiler mevcuttur. A priori olarak bilme durumuna sahip bir bireyin bildiği bilgi, eğer olgusal olarak sınanabiliyorsa ve yeni bir bilgi veriyorsa, bu bilgi birey için sentetik ve a prioridir. Bunu bir örnekle açıklayalım;

Kant'ın sınıflamasındaki ayırım noktasına geri dönersek; A,B' dir, şeklinde bir önermede, A ile B arasındaki ilişkiye getirilen deliller akıl kaynaklı ile a priori bir bilgiden bahsedilir. Buna göre; A,B'dir önermesi, içeriği açısından denenebilir veya yeni bilgi verse de, A ile B arasındaki ilişkiye getirilen deliller deneyim kaynaklı olması gerekmez. Bu tamamen öznenin savunması ile alakalıdır. Örneğin; *"atomu büyük olan elementlerin, erime noktaları düşüktür"*, gibi bir önerme temelde içerik olarak olgusal sınanması gereken ve yeni bir bilgi verme açısından sentetiktir. Eğer özne önermede, *erime noktası* ile *atom büyüklüğü* arasındaki kurulan ilişkiye deneyim temelli bir kanıt getirirse, bilgi a posteriori olarak da kabul edilir. Ancak bu ilişkiye kendisi açısından, her hangi deneyimden elde edilmemiş, *sadece aklında ürettiği veya kayıtsız kabul ettiği* başka bir önermeden yola çıkarak kanıt getirmesi, o bilginin özne açısından a priori olması demektir. Başka bir ifade ile a priori bilinen veya kabul edilmiş bir önermeye dayanarak temellendirilmiş bir önerme sentetik olsa da, en azından özne açısından a posteriori olmaz. Yukarıdaki örnek verilen önermeye öznenin getirdiği delil, bazı atomların büyüklükleri ile erime noktalarına ilişkin deneysel değerler ise, bu önerme bir nebze özne açısından a posteriori olarak kabul edilebilir. Ancak; öznenin getirdiği delil, örneğin; *" atom büyüklüğü ile erime noktası ters orantılı bir ilişkidir"* veya *" bu şekilde biliyorum… Bu şekilde öğrendim…"* gibi belirli kabulleri yansıtıyorsa bu bilginin özne açısından a posteriori olması mümkün değildir veya a posteriori olması anlamlı değildir. A priori bir matematik önermesinden farkı yoktur.

Bu çerçevede bilimsel bilgilerde, a priori ve a posteriori özelliğinin bu açıdan öznel değerlendirilmesi, özellikle doğrudan bilimsel etkinliklerin içinde bulunmayan, bilim öğrenenler açısından göz önünde tutulması gereken bir durumdur.

2.2.5. Akıl Yürütme Yöntemleri

Akıl yürütme. Akıl yürütme veya çıkarım, bir veya birkaç önermeden yeni bir önerme çıkarmaktır (Çüçen, 2006; Emiroğlu, 2007). Temel alınan önermelere *öncül*, elde edilen yeni önermeye ise *sonuç* denir. Yapılan her akıl yürütmenin temelinde belirli bir yöntem vardır. Bu yöntemler mantıksal yöntemler veya akıl yürütme yöntemleri olarak tanımlanmaktadır (Çüçen, 2006). Bir akıl yürütme temelinde bulunan yönteme göre nitelenebilir; örneğin tümevarımı kullanan bir akıl yürütme, tümevarımsal akıl yürütmedir.

Akıl yürütme kavramı ile ilgili fen eğitimi alanyazını incelendiğinde çok farklı kullanımlar ve tanımlamalara rastlamak mümkündür. Yaygın olarak akıl yürütmenin ve düşünmenin eş anlamlı kullanıldığı görülmektedir. Bu açıdan psikolojik bağlamda bazı düşünme biçimleri akıl yürütme biçimi olarak ele alınmaktadır. Örneğin; orantısal, olasılıklı, hipotetik, kombinezonlu, korelasyonel, analojik gibi düşünme biçimleri (Ayas vd., 2007) akıl yürütme biçimleri olarak karşımıza çıkmaktadır. Benzer şekilde bazı durumlarda ise akıl yürütme yöntemleri, düşünme biçimi olarak ele alınmakta ve bunların içerisinde; tümevarımsal düşünme, tümdengelimsel düşünme terimleri ile kullanıldığı görülmektedir. Bu çalışmada akıl yürütme yöntemi olarak mantıksal açıdan ele alınan ve felsefi anlamda bilimsel bilginin üretim süreci ve yapısının analiz edilmesinde kullanılan yöntemler akıl yürütme yöntemi olarak ele alınmıştır. Nitekim bu konu ile ilgili alanyazında ifade edilen yöntemler de bunlardır. Diğer taraftan ele aldığımız akıl yürütme yöntemleri için bazen çıkarım terimi de kullanılmaktadır. Bu terim özellikle tümdengelimsel akıl yürütme için kullanılmaktadır. Çalışmada uygun düşen durumlarda akıl yürüme teriminin yanı sıra sonuca vurgu yapan çıkarım terimi de kullanılmıştır.

Akıl yürüme yöntemleri. Akıl yürütme denildiğinde ilk akla gelen disiplin mantıktır. Mantık ve epistemolojinin bilgiye yönelik bakış açıları arasındaki fark, bilimsel bilgini üretilmesinde ve analiz edilmesinde kullanılan akıl yürütmelere getirilen yaklaşımlarda da kendini gösterir. Örneğin mantık, epistemolojik anlamda doğruluk tartışmaları ile ilgilenmez (Çüçen, 2009). Mantıkta önemli olan, akıl yürütmelerin

tutarlılığı ve geçerliliğidir. Doğruluk ise epistemolojiye daha yakın bir kavramdır. Bu nedenle bilim felsefesi açısından akıl yürütmelerin önemi elde edilen bilgilerin bilimselliğini belirleme ve nasıl elde edildiklerine bir açıklama getirmede ortaya çıkar. Klasik mantık çerçevesinde tanımlanan iki temel akıl yürütme türü söz konusudur. Bunlar; *tümevarım* (indüksiyon/ induction) ve *tümdengelim* (dedüksiyon/deduction) dir. Bazı kaynaklarda ise analoji de buna dahil edilmektedir (Çüçen, 2009; Ermiroğlu, 2007).

Bilimsel bilginin mantıksal yapısına yönelik metodolojik ve epistemolojik tartışmalarda klasik akıl yürütme yöntemleri olan tümevarım ve tümdengelimin birlikte *hipotetik-dedüktif* yöntem ve *retrodüksiyon* veya *abduction* gibi farklı akıl yürütme türleri de söz konusudur. Bunlar genel anlamda modern akıl yürütme türleri olarak düşünülebilir. Bunlardan ayrı olarak *analojinin* bir akıl yürütme yönteminden çok, akıl yürütmelerde ortak bir zihinsel eğilim veya düşünme şekli olarak ifade edildiği görülmektedir (Pierce, 1957; Hanson, 1958). Bu nedenle bu çalışmada da bu anlayışa uygun olarak analoji bir düşüneme şekli olarak kabul edilmiştir.

Akıl yürütme yöntemlerinden tümevarım ve tümdengelimin mantık açısından hem önermesel hem de sembolik anlamda yapısı belirlidir. Bunların dışında kalan hipotetik-dedüktif yöntem ve retrodüksiyon veya abduction gibi türlerin mantıksal yapısı üzerinde bir uzlaşımdan bahsetmek mümkün değildir. Ancak bazı mantıkçı ve felsefeciler tarafından belirli analizler de mevcuttur (Hanson, 1958; Sprenger, 2011; Musgrave, 2009; Schurz, 2005).

Epistemolojik ve metodolojik tartışmalarda temel konu bilimsel önermeler olduğundan bu akıl yürütme yöntemleri sembolik yapılarından çok önermesel yapıları üzerinden ele alınmaktadır. İlerleyen başlıklarda klasik akıl yürütme yöntemleri olan; tümevarım ve tümdengelim genel yapısı açıklanacaktır. Bunların dışında kalan yöntemlerin yapısı bilimsel yönteme ilişkin felsefi tartışmalar çerçevesinde tanımlandığından diğer konu başlığında verilecektir.

2.2.5.1. Tümevarım

Tümevarımı, gözlem ve deney yoluyla olguları toplamak, sınıflamak, onları bilinen diğer olgularla karşılaştırmak ve genellemelere ulaşmak şeklinde tanımlamak mümkündür. Elde edilen genellemeleri yeni gözlem/deney sonuçları ile karşılaştırıp, sonuçları doğru/yanlış sayarak yeni genellemelere gitmektir (Çüçen, 2006, 2009; Topdemir, 1999; Emiroğlu, 2007). Başka bir yönden olgulara ait bilgilerden yola çıkarak olgulara ait daha genel bir bilgiye ulaşmaktır. Tümevarım temel işlevi açısından bir genelleme yöntemidir. Sonuçlar zorunlu olmayıp, dayandığı gözlemsel önermelerin hepsi doğru olsa bile, sonucun kendisi yanlış olabilir. Çünkü varılan sonuç, gözlem yolu ile sağlanan kanıt ve belgelere dayalı olmakla beraber, onları aşan ve henüz gözlemi yapılmamış olguları da kapsamına alan bir tümel açıklamadır. Burada kastedilen epistemolojik anlamda bilimsel bilgi üretiminde kullanılan Eksik tümevarımdır (*Imperfect Induction*) (Demir, 2000; Emiroğlu, 2007; Çüçen, 2006). Bu tür tümevarımda elde edilen genelleme gözlem dışında kalan örnekleri de içerir. Örneğin birkaç farklı metalin elektriği ilettiğini gözlemleyen bir öğrenci, diğer onlarca metale ilişkin deneyimi olmamasına rağmen eksik tümevarımsal bir akıl yürütme ile *"metaller elektriği iletir"* sonucuna ulaşabilir.

Diğer bir tümevarım ise daha çok matematikte kullanılır ve genelleme tüm veri evrenini içerir. Başka bir ifadeyle genellemede yer alan unsurların tümü öncüllerde bulunuyorsa bu tür tümevarıma tam tümevarım (*Perfect Induction*) adı verilir (Çüçen, 2006). Örneğin;10 tane kırmızı bilyenin bulunduğu bir torbadan bilyelerin tümünün rengini gözlemleyen bir öğrenci; *"bu torbadaki bilyelerin rengi kımızdır"* sonucunu ifade etmesiyle tam tümevarımsal bir çıkarımda bulunuştur. Tam tümevarım epistemolojik tartışmaların dışındadır. Sonuç kesinlik içermekle birlikte sunulan sayıdaki örnekler için uygun ve geçerlidir.

Tümevarımsal akıl yürütmenin genel yapısı

- X'in bir sınıfa giren olguları, Y 'de bir özelliği ifade etmektedir;
- Deneyim veya gözlemler; X_1, X_2, X_3, X_4... *gibi bazı X 'ler Y, özelliğini gösterdiği gözlenmiştir,*
- Sonuç: O halde; şu sonuca ulaşılabilir; *(tüm) X 'ler Y, özelliğine sahiptir.*

Örneğin;

- K, Na ve Cu, metal sınıfında bulunan elementlerdir, elektrik iletkenliği maddelere ilişkin bir özelliktir.
- Deneyim veya gözlemler; *K elektriği iletmiştir, Na elektriği iletmiştir, Cu elektriği iletmiştir*
- Sonuç: O halde; şu sonuca ulaşılabilir; *tüm metaller elektriği iletir*

Burada elde edilen sonuç genellemesi, gözlenmemiş veya deneyimlenmemiş diğer metallerin hepsi için yapılmıştır. Dolayısı ile çıkarım mantıksal olarak geçerli değildir (Çüçen, 2006). Eğer sonuç "*bazı metaller elektriği iletir*" şeklinde olsaydı, çıkarımın geçerliliği daha yüksek olacaktı.

2.2.5.2. Tümdengelim

Tümdengelim, genel anlamda; bütünden parçaya, genelden özele doğru veya genel bir bilgiden daha az genel bir bilgiye ulaşmak için yapılan bir akıl yürütme veya çıkarımdır. Mantıksal açıdan ise, verilen öncüllerden hareketle bazı hükümler çıkarma veya ispat etme metodudur (Grünberg, 2005). Tümdengelimde, temel öncül veya öncüllerin (önermelerin) doğru olması durumunda, eğer çıkarım mantık kurallarına göre yapılmış ise sonuçlar da zorunlu olarak doğrudur (Çüçen, 2006). Tümdengelim bir açıdan, sonucun öncülde saklı olduğu bir çıkarım türüdür. Bu nedenle tümedengelimin yeni bir bilgi vermediği noktasında genel bir kanı vardır.

Tümdengelimsel akıl yürütmenin genel yapısı

P' doğru ise, Q' da doğrudur, (P' öncül veya öncülleri, Q' da sonucu sembolize etmektedir) şeklinde özetlenebilir.

O halde Q' nun doğruluğunu belirleyen şey P' nin doğru olmasıdır veya P' nin doğruluğunu etkileyen her unsur, Q'nun doğrulunu da etkiler.

Örneğin;

- Öncüller: *Tüm metaller elektriği iletir,*

  Sodyum (*Na)'da metaldir*,

- Sonuç: o halde; *Sodyum (Na) 'da (elektriği) iletir.*

Örnekte, metallerin elektriği iletmesine engel bir faktör söz konusu olursa, öncülün doğruluğu bu faktörden etkilendiği için, sonuçta üretilen bilginin doğruluğu da tartışmalı hale gelir. Bu açıdan tümdengelim doğruluğu kesin olarak bilinen veya doğruluğu kesin kabul edilen, matematik postulatları gibi önermelerden yapılan çıkarımlarda iş görmektedir. Bu noktada totoloji terimi önemlidir, nitekim tümdengelimsel çıkarımın bir totoloji olduğu kabul edilmektedir (Demir, 2000).

Totoloji. Biçiminden dolayı zorunlu doğru olmak durumunda olan önerme veya önermelere dayalı bir çıkarım için kullanılan bir terimdir (Yıldırım, 1985). Örneğin; analitik önermeler ve geçerli tümdengelimsel çıkarımlar totolojiktir. Totolojik yapılar esasen yeni bilgi vermezler.

2.3. Bilimin Rasyonalitesi ve Akıl yürütme Yöntemleri

Bilimin doğasının felsefi açıdan anlaşılmasında önemli olan iki temel problem yukarıdaki bölümlerde ifade edildiği gibi şunlardır;

- *Bilimsel bilgi nasıl elde edilir?*
- *Bilimsel bilgiler nasıl ifade edilir (veya bilimsel söylemler nasıl oluşturulur)?*

Bu bölüm altında her iki soruya bilim felsefesinde getirilen yaklaşımlara değinilecektir. Bu bölümde verilecek bilgiler, çalışmanın temel yaklaşımı açısından önemlidir.

Yukarıda verilen problemler bilimsel etkinliklerin iki ana boyutunu vurgulamaktadır. Bunlardan ilki yöntem boyutunu, diğeri ise bilgisel boyutudur. Bu iki boyut birbirini takip eden süreçler olarak algılanmamalıdır. Bilimsel etkinliklerde her iki boyutun karşılıklı etkileşimi söz konudur. Bilimin yöntemsel boyutunu sadece bilimsel çalışmalarda izlenen işlemsel basamaklar oluşturmaz, bunların yanı sıra bu süreçte kullanılan düşünme biçimleri ve bunlara yön veren akıl yürütme yöntemleri bilimin yöntemsel rasyonalitesini oluşturur. Diğer taraftan bilimsel süreçte elde edilen bilgilerinde söylem haline getirilmesi gerekir. Bu söylemlerin oluşturulmasında da elde edilen bilgilerin niteliğine bağlı olarak, kullanılan bilimsel önermeler ve önermeler arası ilişkilerde söz konusu akıl yürütme yöntemleri öne çıkmaktadır. Bu açıdan daha önceden belirtildiği gibi, bilim felsefesindeki yönteme ilişkin metodolojik tartışmalar her zaman bilimsel söylemlerdeki önermeler ve önermeler arası ilişkilere yönelik epistemolojik tartışmalar çerçevesinde olmuştur.

Bu açıklamalar ışığında ilerleyen bölümlerde, akıl yürütme yöntemleri çerçevesinde yöntemsel boyutla ilgili tartışmalardan başlayarak, bilgisel boyuta geçiş yapılacaktır.

2.3.1. Bilimsel Bilginin Üretilmesi (Metodoloji) ve Akıl Yürütme Yöntemleri

Bilimsel bilginin elde edilme süreci, bilimsel etkinliklerde yürütülen işlemlerin yanı sıra yoğun akıl yürütmeleri de kapsar. Akıl yürütmelerin olduğu bu yön, bilimsel yöntem(ler)'in düşünsel veya rasyonel yönüdür. Bilim felsefesinde belki de en önemli tartışmalardan birisi bilimsel yöntemin rasyonel boyutu üzerinedir (Demir, 2000; Kütük, 2005). Bu konudaki görüşleri felsefe geleneğine uygun olarak problemler çerçevesinde ele alınacaktır.

Bu konuda ilk sorulması gereken, bilimin belirli bir yöntemi olup olmadığıdır. Ardından eğer yöntemsel bir yapıdan bahsedilebilirse, bunun rasyonalitesi nasıl olmalıdır? veya bu rasyonalitenin temelinde hangi mantıksal yöntemler olmalıdır? Soruları ile devam edilebilir.

Bilimin belirli bir yöntemi var mıdır? Bu soruya ilişkin en çarpıcı gelişmeler geçen yüz yılda gündeme gelmiştir. Bu gelişmelerin odağındaki isim ise P.K. Feyerabend'dir. Feyerabend (1975/1991a)'e göre bilimin belirli bir yöntemi yoktur. *Yönteme Karşı* adı ile yayınladığı eserinde; *"Ne olsa gider"* yaklaşımı ile bilimsel bilgilerin tek bir yöntemle değil birden fazla yöntemlerle elde edilebileceğini ifade eder (Feyerabend, 1975/1991a: 29). Onun yaklaşımındaki en ilginç noktalardan birisi ise yöntem algısının temelde bir yanılsama olduğudur. Ona göre; bilimsel yönteme ilişkili ifade edilen birçok kavramın anlamının, bağlamsal değişe bilirliği söz konusudur. Örneğin gözlem kavramını, tarihsel açıdan farklı anlamları olduğunu iddia eder. Özellikle incelediği Galileo'nun çalışmalarındaki yöntemin günümüz metot anlayışının açık bir ihlali olduğunu ifade eder (s.11). Bilim insanlarının ise temel yaklaşımlarında oportünist ve pragmatist bir yaklaşım sergilemeleri gerektiğine Einstein'ı örnek vererek vurgu yapar (s.284). Bu çerçevede Feyerabend'in esasen itirazının temelinde, bilimsel düşünmeyi temsil eden bilimsel yöntemin rasyonalitesinden çok, belirli bir dayatmacılığı ifade eden işlemsel yönüdür.

Bir bilimsel yöntemden bahsedilecekse, bu yöntemin bir rasyonalitesi nedir? Bu noktadaki tartışmalar birçok açıdan antik çağ filozoflarına kadar dayandırılır, ancak burada ağırlıklı olarak modern bilimin başlangıcı sayılan zamandan günümüze kadar geçen sürede ortaya çıkan temel yaklaşımlara değinilecektir. Bunlar, klasik yaklaşımlar olan; empirizm temelli indüksiyon (tümevarım), rasyonalizm temelli dedüksiyon (tümdengelim) yansıra modern yaklaşımlar kabul edilen; mantıksal pozitivistler tarafından öne çıkartılan, hipotetik-dedüktif yöntemi ve pragmatist felsefecilerin tanımladığı ve retrodüksiyon olarak adlandırdıkları yöntemlerdir.

2.3.1.1. Bilgi Üretimine Modern Bilim Öncesindeki (Skolastik) Yaklaşım

Yukarıda bahsedilen yaklaşımlara geçmeden Aristoteles in bilgi üretme yaklaşıma değinmekte fayda vardır. Nitekim günümüzde birçok kaynakta ifade edilen bilimsel yöntem anlayışı ile birebir örtüşmektedir (Yıldırım, 2008). Aristoteles'in bilimsel düşünme modeli, gözlemlerden genel ilkelere ve tekrar gözlemlere geri dönen bir süreç olarak ifade edilebilir (Topdemir, 1999). Ona göre bir bilgi üretme süreci,

olgudan açıklayıcı ilkelere ve daha sonra da bu ilkeleri içeren öncüllerden tekrar olgulara giden bir döngüsel yapıdır. Bu durum, Aristoteles'in, bilgi üretiminde, *tümevarım ve tümdengelim* yollarından ilerlediğini kabul ettiğini gösterir.

Ancak bu yaklaşımın zamanla değiştiği söylenebilir. Bu değişim F. Bacon tarafından eleştirilere uğramıştır. Esasen eleştiri Aristoteles'in bilim anlayışına değil bu yaklaşımı bir şekilde değiştiren skolastik bilim anlayışınadır. Bacon'a göre, Aristoteles'in takipçileri, Aristoteles'in yöntemini başlangıçta gözlemsel delillerden değil, Aristoteles'in kitaplarında vermiş olduğu bilgileri esas alıp, bütünüyle tümdengelimsel çıkarımlara dayanan skolâstik anlayışın dikte ettirdiği modeli benimsemişlerdir. Bu yanlış Aristotelesçilik bilimin ampirik temelinin kesilmesine dayanan dogmatik bir kuramın doğmasına yol açmıştır. Oysaki Aristoteles'in kendisi, ilk ilkelerin gözlemsel delillerden çıkartılması gerektiği konusunda ısrar etmiştir (Bacon, 1620/1999).

2.3.1.2. Bilgi üretimine Klasik Yaklaşımlar

Skolastik bilim anlayışına karşı getirilen itirazlarla başlayan süreçte öne çıkan ilk isimlerin başında R. Descartes ve F. Bacon gelir. Bu iki felsefecinin dışında önemli bir bilgin olan Galileo da skolastik düşünceye karşı tepki gösteren önemli isimlerdendir (Yıldırım, 2008). Esasen bu üç isim bilimsel düşünmenin veya başka bir ifade ile bilimsel yöntemin rasyonalitesine ilişkin ortaya konulacak tüm yaklaşımların temelini oluşturan görüşler için bir çıkış noktalarını temsil etmektedir.

Bilimsel bilgi üretimi tümdengelimsel (dedüktif) bir süreç izler. Bilimsel bilgi üretme sürecinin tümdengelimsel olduğu görüşü her ne kadar Aristoteles'e dayandırılsa da onun salt tümdengelimsel bir bilgi edinmeyi benimsediği söylenemez. Ancak skolastik bilim anlayışında tümdengelimin bir türü olan tasımların önemli bir yeri olduğu bilinmektedir (Çüçen, 2006). Bilimsel devrim olarak tanımlanan süreçten sonra tümdengelimsel yaklaşım, rasyonalist felsefenin etkisi ile özellikle de matematiksel bilgiler örnek verilerek öne çıkarılan bir yöntemdir. Bu yaklaşımın önde gelen temsilcisi ise R.Descartes tir. Ona göre doğru bilgi, bir şekilde sezgi ile ulaşılan bir takım

ilkelerden tümdengelim ile olgulara getirilen açıklamalardan elde edilebilir (Yıldırım, 2008). Ancak bu yöntemin matematikte başarılı olsa da doğa bilimlerinde yetersizliği kısa sürede anlaşılmıştır. Nitekim söz konusu ilkelerin nasıl elde edildiğine mantıklı bir açıklama getirilememiştir. Diğer taraftan ise bu düşüncede deney ve deneysel sonuçların yer verilmemesi de önemli eksiklikler olarak değerlendirilmiştir (Yıldırım, 2008).

Bilimsel bilgi üretimi tümevarımsal (indüktif) bir süreç izler. Bilimsel yöntemin temelinde tümevarımsal akıl yürütmenin yattığına ilişkin yaklaşım temelde F. Bacon'un bilim anlayışından kaynaklanır. Bacon, bilginin elde edilmesinde kullanılması gereken aracın tümevarım olduğunu ileri sürer. Bilimsel uygulamaların tümevarım aşamasını vurgular. Bacon'un genel yaklaşımında tümevarımsal bilgi üretiminin iki farklı şeklini tanımlandığı söylenebilir (Topdemir, 1999);

- Hızla algılardan genel kavramlara yükselmek ve buradan da orta terimi bulmak.
- Algılardan başlayarak yavaş yavaş genel kavramlara yükselmek.

Bacon'a göre birinci yol Aristoteles mantığından kaynaklanmaktadır. Bu noktada Aristoteles mantığına bazı eleştiriler getirir. Ona göre söz konusu mantık, gerçekleri aramaktan çok bilinenleri kanıtlamaya, öğretmeye yarar ve bu mantığın doğanın çeşitliliği karşısında yararı yoktur. İkinci olarak; veri yığınını gelişi güzel, eleştirmeden ve test etmeden kullanımı söz konusudur. Ayrıca Aristotelesçiler çok hızlı genellemeye gitmektedirler. Birkaç gözlemden en genel ilkelere bir anda sıçramakta daha sonra da elde edilen bu ilkeler tümdengelimsel çıkarımın temeli olarak kullanmaktadırlar. Bacon, tümdengelimsel açıklamaların, yalnızca eğer onların öncülleri uygun tümevarım dayanağına sahipse, bilimsel değerinin olduğunu vurgulamaktadır. Ayrıca tümevarımın uygulanmasında deneyin etkin olarak kullanılması gerektiği konusuna dikkat çekmeyi amaçlamıştır (Topdemir, 1999).

2.3.1.3. Tümevarım Sorunu ve Modern Yorumlar

Bilim felsefesinde *tümevarım sorunu* olarak ifade edilen sorunun 20.yüzyıl tartışmaları, özellikle mantıksal- pozitivizmin yaygınlaşmasıyla ortaya çıkmıştır. Bu

tartışmaların temelini, 16.yy da Hume attığı kabul edilir (Maggee, 1973/1993; Lecourt, 2001/2006). Çok tanınan bir emprist filozof olan Hume, Newtoncu nedensellik kavramını çerçevesinde, tümevarıma bir temellendirme getirmek niyetindedir. Ona göre bir olayın ve olgunun aynı koşullarda kendini tekrar etmesinin ön görülmesindeki temel neden; bireyin imgeleminde kurduğu bağlantıya göre, olayın nedenini oluşturan olayın oluşması ile diğer olayında oluşacağına dair beklenti ve inancıdır. Aslında temel neden asla bilinemez (Hume, 1751/1976). Hume 'nin ortaya koyduğu bu sorun esasen tümevarımın mantıksal geçerliliği üzerinedir. Çünkü sonucun öncülleri aştığı bir durumda sonucun doğruluğunu nasıl bilebiliriz? Tümevarımın mantıksal olarak doğrulama gayreti Popper (1934/2003)'ın itirazlarında da görülebileceği üzere bir döngüsellik çerçevesinde tümdengelime dönüşmesi demektir. Bu da bir şekilde kendisini ispatlaması anlamına gelmektedir. Bu açıdan tümevarımın temellendirilmesi büyük bir tartışma konusu haline gelmiştir. Bu çerçevede birçok formülasyona başvurulduğu söylenebilir. Bunların iki ana grupta toplanması mümkündür (Yıldırım, 2008).

Önerilen tümdengelimsel formülasyonlar. Bu önerilerin tümdengelimsel olmasının sebebi tümevarımsal bir genellemenin, daha üst düzey geçerli ve doğru kabul edilen bir a priori bilgiden yola çıkarak temellendirilmesidir. Bunlarda ilki Kant' felsefesinde görülür. Kant'ın yaklaşımında, kendi bilgi sınıflandırmasında ortaya *sentetik apriori* bilgiye dayalı bir çözüm söz konusudur. Buna göre, sentetik a prioriyi mümkün kılan a priori kategoriler olarak kabul ettiği *evrensel nedensellik* ve *doğanın tek düzeliği* gibi a priori kategoriler gözlemlerimizi aşan genellemelerin zamanla kesin doğru olmasında veya *sentetik apriori* haline gelmesinde iş görebilmektedir (Kant, 1787). Diğeri ise tümevarımsal genellemelerin daha fazla deneyime dayalı üst düzey genellemelerle oluşturulmuş bir bilgi formu tarafından temellendirebileceğini ifade eden J.S.Mill' in yaklaşımıdır (Sprenger, 2011). Bunun bir benzerini de B.Russell' de görmek mümkündür. Bu yaklaşıma göre bilimsel düşünmenin temelinde tümevarımla elde edilmesi mümkün olmayan bazı postulatların olduğunu ve bu postulatlar bilinen tümdengelimsel çıkarımda kullanılan öncüller gibi değildir. Bunların özelliği tümevarımsal çıkarımı içerme değil, tümevarımsal çıkarıma yüksel olasılık kazandırmadır. Burada tümevarımın, tümdengelime dayanmayan öncüllere ihtiyaç

duyduğu vurgulanmaktadır. Russel fen bilimlerinden sadece fiziğin bu anlamda olgunluğa sahip olduğunu vurgulayarak, genel çekim yasasının bu tür bir postulat olduğunu şu şekilde ifade etmektedir;

> Genel çekim yasası denilen bu yasa, ötekilerin hepsini içine almaktaydı. Einstein, genel çekim yasasını hiç beklenilmeyen bir sınıfa koyacak bir genelleştirmeye ulaştı. Genel çekim yasasının, bir *fizik yasası olmaktan çok bir geometri yasası* olduğu anlaşılmış ve bu önerme herkesi şaşırtmıştı. Einstein'ın genel çekim yasası Newton'unkinden daha geneldir, çünkü yalnız maddeye değil, ışığa ve enerjinin herhangi bir şekline de uygulanabilir (Russell, 1962: 7).

Görüldüğü üzere kastedilen postulatlar neticede Kant'ın sentetik apriorilerine benzemektedir.

Önerilen tümevarımsal formülasyonlar. Bu tür önerilerde ise esasen pragmatik bir yaklaşım vardır. İlk olarak M.Black' göre indüksiyonun geçmişteki başarısı gelecekteki başarısının temellendirmeye yeterlidir (Yıldırım, 2008). Başka bir değişle geçmişte hiç yanlışlanmamış bir ilişkinin bezer bir durumda da ortaya çıkmaması için her hangi bir belirgin bir neden yoktur. İkinci olarak daha önemli görüş ise tanınmış felsefecilerden H. Reichenbach' a aittir. Ona göre, bazı fenomenleri ön görmek mümkünse, güvenilir ön görüler varmanın en iyi yolu tümevarımdır (Reichenbach, 1978). Hume'un tümevarıma eleştirisinin iki yüz yıldır sarsılmadan ayakta kaldığını ve bilim felsefesi var oldukça da ayakta kalmaya devam edeceğini ifade eden Reichenbach, tümevarımın bir alışkanlık olduğu noktasında Hume ile hem fikirdir. Ancak Hume'e göre tümevarımsal çıkarımın her geçerli uygulaması, sonucun doğruluğunu göstermeyi gerektiğini ifade eder. Ancak Reichenbach, sorunun, tümevarımsal çıkarımın temellendirilmesi için onun sonucunun doğru olduğunu göstermek zorunlu mudur? sorusuyla aşılacağını öne sürer. Ona göre, sonucun doğruluğunu kanıtlayabilseydik, tümevarımsal çıkarım temellendirilmiş olurdu, fakat onun aksi doğru değildir. Tümevarımsal çıkarımın temellendirilmesi sonucun doğrulanmasını gerektirmez. Sonucun doğrulanması tümevarımın temellendirilmesinin zorunlu koşulu değil, sadece yeterli koşuludur. Ayrıca, gelecek hakkında doğruyu bilmesek de, bu konuda en iyi varsayım, yani bildiklerimize göre en iyi bir varsayım

bulunabilir. Böyle bir şeyin olası olduğu ortaya çıkarsa, tümevarım ilkesi temellendirilmiş olacaktır (Reichenbach, 1978).

Tüm bu açıklamadan sonra bilim felsefesinde yapılan tüm açıklama ve yorumlar genel hatları ile incelendiğinde tümevarımın, üzerinde az ya da çok uzlaşılmış şu özellikleri dikkat çekmektedir;

1. Tümevarımla çok fazla olgu daha sistematik olarak daha az önerme ile ifade edilebilir. Bu yönüyle bilimde vazgeçilmez bir araç durumundadır.
2. Tümevarımsal çıkarımın geçerliliğine dair mantıksal bir kanıt mümkün görünmemektedir. Tümevarımsal çıkarımı deneysel boyutta da kanıtlamak mümkün görünmemektedir. Ulaşılan her örnek çıkarımı desteklemekten öteye gitmez.
3. Tümevarımsal çıkarımın temellendirilmesi demek sonucun doğruluğunun kanıtlanması demek değildir. Tümevarımda amaç sonucun tümüyle doğrulanması olmamalı belirli mantıksal olasılık veya onaylama derecesi atfetmek olmalıdır.

Bu özelliklerin dışında genelde tartışılan özellikleri de şunlardır;

4. Tümevarımda nedensellik ve geçmiş deneyimler gibi faktörleri içeren psikolojik bir yön vardır,
5. Tümevarımsal çıkarımla oluşturulan bir önerme aykırı bir örnek karşısında tamamen yanlışlanmış olurken ve uyumlu sonsuz sayıda örnek sonucu doğrulamaz. Bu yönü ile bilimde tümevarım ile doğru bilgiye ulaşılması mümkün görünmemektedir.
6. Tümevarımda bilginin üretim koşulları önemlidir. Bu koşulların bilinmesi önemlidir. Daha çok belli sınırlar içerisinde geçerli bilgiler üretir. Bu sınırların bilinmesi gerekir.

7. Tümevarımsal çıkarıma formel ve mantıksal bakış açısı, Hempel paradoksu gibi[1] paradoksal durumlar ortaya çıkarabilir.
8. Tümevarım olgulara ilişkin betimsel genellemelerin dışında açıklayıcı genellemelerden oluşan önermeler-teoriler gibi- üretemez.

Tüm bu açıklamalar çerçevesinde görülmektedir ki, temelini olgulardan alan tümevarımsal akıl yürütmenin bir açıdan vaz geçilmez olması, bir açıdan temellendirilemeye getirilen yetersiz çözümlemeler gibi problemleri, bu sorunu esasen bilimsel yöntemin en temel sorunu haline gelmesine neden olmuştur.

Bu açıdan bilimsel yöntemlerin temelini oluşturan rasyonaliteye ilişkin özellikle geçen yüz yılda farklı ve radikal yaklaşımlar öne çıkmıştır.

2.3.1.4. Bilgi Üretimine Modern Yaklaşımlar ve Post-Modern Yorumlar

Yukarıda ifade edildiği gibi yakın zamanlarda klasik tümevarım ve tümdengelim anlayışının bilimsel bilginin yöntemsel rasyonalitesini ifade etmekte yetersizliğinin anlaşılması, farklı arayışları ortaya çıkarmıştır. Bu arayışlarda şekillenen yeni yöntemlere geçmeden evvel bu noktada bazı noktalara değinmekte fayda vardır.

İlk olarak modern yaklaşımların oluşturulmasında, özellikle tümevarımın tamamen dışlanması K.Popper tarafından savunulmuştur (Popper, 1934/2003). Bunun dışındaki birçok tanınmış felsefeci, tümevarımı en azından bilimsel yöntemin belirli süreçlerinde vaz geçilmez bir araç olarak savunmaya devam etmiştir. Bu açıdan Popper'in bilimsel bilgi anlayışı modern ve post-modern yaklaşımların arasında kabul

[1] Analitikçi akımın üyelerinden Carl Hempel'in "tüm kargalar karadır" önermesi ekseninde oluşturduğu ünlü paradoksunda; akıl yürütmenin mantıksal biçimine bağlı kalırsak, beyaz bir kuğunun gözlenmesi de (kara olmayan, karga olmayan) bu önermenin bir onaylanması olarak görülebilir (Kutlusoy, 2001).

edilmektedir (Tekin, 2011). İkinci olarak ortaya konulan yeni akıl yürütme yöntemlerinin yeniliği esasen sadece tanımlanması ile sınırlıdır. Nitekim başta hipotetik- dedüktif yöntem olmak üzere, retrodüksiyon, Galileo ve Newton gibi eski bilim insanlarının çalışmaları baz alınarak tanımlandığı görülmektedir (Hanson, 1958; Lawson, 2009; Yıldırım, 2008).

Modern akıl yürütmelere ilişkin tanımlamaların anlaşılmasında, H.Reichenbach'ın (1951/2006) bilimsel etkinliklerin yapısına ilişkin dikkat çektiği bir ayırım önemlidir. *Buluş/Bulma* (Keşif) ve *Doğrulama* bağlamları. Buna göre bilimsel bilgi edinme sürecinde iki bağlam söz konusudur. Bunlardan ilki bilimsel bilginin bulunması sürecine işaret eden *bulma*, diğeri ise bulunan bilginin doğrulanma sürecine işaret eden *doğrulama.*

2.3.1.5. Bilimin Doğrulama Bağlamı ve Hipotetik-Dedüktif Yöntem

İlk tartışmalar doğrulama bağlamına ilişkindir. Bu bağlama ilişkin öne çıkan ilk isim K. Popper'dır. Esasen Popper'ın doğrulama diye bir derdi de yoktur. Ayrıca böylesi bağlamsal bir ayrıma gittiği de söylenemez. Nitekim Popper için bulma felsefenin değil psikolojinin ilgi alanıdır ve bu nedenle felsefe bilimsel olarak ortaya konulan bir önermenin bilimsel olup olmadığı ile ilgilenmelidir (Popper, 1934/2003). Ancak Popper'in yaklaşımında bilimsel bilgiye bakış açısı bilginin bulunmasından sonraki aşama ile ilgili olduğundan bulma bağlamına yönelik yaklaşımlar arasında ele almak mümkündür.

Popper (1934/2003)'a göre herhangi bir şekilde kurulmuş bir teori veya verili bir yasanın doğrulma ile bilimselliğe kavuşması mümkün değildir, çünkü doğrulamanın temelinde tümevarım vardır. Tümevarım ise mantıksal açıdan geçersiz bir çıkarımdır. Kaldı ki bazı teorilerin doğrulanması her durumda mümkün görünürken, yanlışlanması imkânsız gibidir (s.35). Bu durum teorinin olgulara getirdiği açıklamaların mutlak doğrular içermesinden değil teorinin kendi yapısından kaynaklanmaktadır. Yapılan her testin kendisini doğrulamaya imkan verecek şekilde yapılandırılmış ve bu şekilde ifade edilen bu tür bilgilerin bilimselliği söz konusu olmaz. O halde teorilerin veya genel

anlamda hipotezlerin bilimselliğinin ölçütü doğrulanabilirik değil yanlışlanabilirlik olmalıdır (s.36).

İlk bakışta tuhaf gibi duran bu açılım esasen çok radikal ve etkili bir açılım olarak kabul görmüştür (Lecourt, 2001/2006; Demir, 2000). Popper'ın genel yaklaşımının ana hatları şu şekilde özetlenebilir (1934/2003);

- Bilimsel bilgiler doğası gereği mutlak olmaz, zaten bilimin amacı da mutlak bir doğruya ulaşma değildir. Doğrulamanın psikolojisinde ise mutlak bir doğruya ulaşma yatmaktadır.
- Doğrulamanın aksine yanlışlama bilimselliğin en etkili ölçütüdür. Bir bilgi yanlışlanmaya ne kadar müsait ise o kadar bilimseldir. Bu kriter, yanlışlanmaya uygunluk, bir bakıma bilginin içeriğinin de göstergesidir.
- İfade edilen hipotezin bilginin koşullarının ve sınırlarını ifade etmesi, bilgiye daha yüksek bir doğruluk veya geçerlilik kazandırır. Başka bir açıdan bu özellik hipotezin sınana bilirliğini de göstergesidir.
- Bilime düşen teorileri veya hipotezleri acımasızca test etmek ve yanlışlananların ayıklanmasını yapmaktır.

Bu yaklaşıma göre bir şekilde bulunmuş bir hipotez veya teoriler tümdengelimsel olarak sınanmalıdır ve sınamayı geçemeyenler terkedilmelidir. Bu nedenle Popper'in anlayışında bilim doğrulama ile birikimsel değil, yanlışlama ve elemeye dayalı *evrimsel* bir yol izler. Ancak buradaki en önemli noktalardan birisi bilimsel bir hipotezin yanlışlanabilir bir şekilde ifade edilmesi gerekir.

Sınama işleminde önermeler, kendi içlerinde ve diğer önermelerle, aralarında kurulan mantıksal ilişkilere (eşdeğerlilik, türetilebilirlik, bağdaştırılabilirlik, tutarsızlık) göre karşılaştırılır (Popper, 1934/2003: 56).

Popper'a göre bir kuramsal sisteme (örneğin bir teori) getirilen tümdengelimsel sınama dört aşamadan oluşmaktadır(s.56-57):

- Önermelerin mantıksal açıdan karşılaştırılması; sistemde çelişmezliğin var olup olmadığını ortaya koyma,

- Sistemin mantıksal biçimine ilişkin inceleme; sistemin mantıksal yapısının ampirik olarak sınana bilirliğe imkan tanıyıp tanımadığını ortaya koyma,
- Sistemin diğer alternatif sistemlerle karşılaştırılması; sınanacak sistemin bilimsel ilerlemeler için önemli olup olmadığını ortaya koyma,
- Sistemin amprik sınanması; sistemden türetilmiş önermelerin ampirik uygulamalarla sınanması.

Popper'in yaklaşımında bir teorinin yanlışlığı ancak deneyden çıkarılabilir, bu da bütünüyle tümdengelimsel bir süreç ister. Bu nedenle belli bir yerde, anda gözlenebilir bir olayı dile getiren deneysel ve olgusal nitelikli tekil temel önermelere ihtiyaç vardır (Popper, 1934/2003: 102). Popper'in açıkladığı yanlışlamaya dayalı bu yöntem, esasen hipotetik-dedüktif yöntemdir (Musgrave, 2009; Lecourt, 2001/2006). Bu çalışma kapsamında Popper'in yaklaşımı önemli bir noktadadır.

Doğrulma bağlamına ilişkin öne çıkan diğer isim ise, ise H.Reichenbach'dır. Ona göre bulma bağlamında mantık dışında farklı psikolojik süreçler söz konusudur. Bu açıdan önemli olan doğrulama bağlamının mantıksal yapısının anlaşılmasıdır (Reichenbach, 1951/2006: 156). Reichenbach'ın yaklaşımına göre tümevarıma getirilen birçok eleştirin haklılığı, ancak bulma bağlamında ele alınırsa mümkündür. Ancak doğrulama bağlamında ise bilimsel bilgi açısından, totolojik olmayan bu çıkarım türünden başkası geçerli olamaz (Reichenbach, 1978). Başka bir ifade ile bulma bağlamında olgulardan teoriye gidilemez, ancak doğrulama bağlamında olgulardan teoriye gidilebilir, her zaman çıkış noktası olgular olmalıdır, teori değil. Çünkü bir teorinin doğrulanması, o teorinin sonucuna göre, teorinin elde sürecinde işe yarayan gözlem ve deneyimlere benzer başka gözlemlere dayanan testlerle mümkündür. Başarılı olunan her doğrulama girişimi teoriye belirli bir olasılık değeri katar. Bu da tümevarımsal mantığın bir gereğidir. Tümdengelimsel mantıkta olduğu gibi kanıtlama amacı yoktur. Reichenbach'ın tümevarıma bakışı klasik bakışlardan oldukça farklıdır. O'nun temel aldığı nokta tümevarımın totolojik olmaması ve olgusal verileri kullanmada alternatifsiz olmasıdır (Reichenbach, 1978).

Reichenbach, hipotetik-dedüktif yöntem terimini kullanmasına rağmen, *dedüktif* teriminden sadece bulma bağlamı ile anlamsal bir ilişki kurulması gerektiğini vurgular gibidir. Ancak bu terimden rahatsız olduğu da aşikardır. Nitekim bulmanın

tümdengelimsel kanıtlamaya değil tümevarımsal olasılıkla doğrulmaya dayandığını vurgularken hipotetik-dedüktif yönteme, açıklayıcı-indüksiyon (tümevarım) da demektedir.

Görüldüğü üzere hipotetik-dedüktif yönteme ilişkin, Popper ile Reichenbach'ın anlayışları arasında belirgin bir farklılık vardır. Gerçi her ikisi de bilimsel yöntemdeki mantıksal sürecin buluş sürecinde söz konusu olmadığı ve sürecin teori veya hipotezlerin ortaya konmasından sonra başladığı noktasında hem fikirdir. Ancak Popper, bu sürecin *yanlışlama amaçlı dedüktif (tümdengelimsel) bir mantıkla* olması gerektiğini vurgularken, Reichenbach, *doğrulma amaçlı tümevarımsal bir mantıkla* olması gerektiğini vurgular. Başka bir ifade ile bir teori veya bir hipotez test edilirken, ya olgulardan yola çıkılarak tümevarımsal yolla olasılık seviyesinde bir doğrulama ya da teori veya hipotezden yola çıkılarak tümdengelimsel yolla yanlışlama yapılmalıdır.

Hipotetik-dedüktif yöntem olarak ifade edilen ve bilgi edinme sürecinin mantıksal yapısını ifade eden yönteme yönelik bu şekilde özetlenebilecek iki eğilim söz konusudur. Bu çerçevede bakıldığında her iki görüş temeline hipotez veya bir teoriyi almaktadır. Sorun bunun olgusal olarak temellendirlmesidir. Bulma bağlamına ise bir açıklama getirilmemektedir.

2.3.1.6. Hipotetik- Dedüktif Yöntemin Yapısı

Hipotetik-dedüktif yöntemin mantıkçılar açısından, tümel (genel) nitelikteki olgusal içerikli önermeleri, eksik tümevarıma başvurmadan denetlemeye yarayan bir yöntem türü olarak ifade edilmektedir (Çüçen, 2006; Schurz, 2005; Sprenger, 2011). Hipotetik- dedüktif yöntemin mantıksal yapısı şu şekilde gösterilebilir;

- **Q:** Doğrulanmış veya doğruluğu bilinen bir gözlem önermesi (olgu)
- **P:** Hipotez önermesi (test edilecek hipotez)
- **S:** Sonuç önermesi

Sembolik olarak ifade: Q' dur ve eğer P' doğru ise, o halde S'dir.

Örneğin;

- **Q:** *NaCl ün sulu çözeltisi iyolar içermektedir*
- **P:** *İyon içeren çözeltiler suya göre daha yüksek sıcaklıkta kaynar*
- **S:** *NaCl ün sulu çözeltisi suya göre daha yüksek sıcaklıkta kaynar*

İfade: *NaCl ün sulu çözeltisi iyonlar içermektedir ve eğer iyon içeren çözeltiler suya göre daha yüksek sıcaklıkta kaynıyorsa, o halde NaCl çözeltisi de daha yüksek sıcaklıkta kaynar.*

Böylesi bir çıkarımda sonucun (S) olgusal olarak durumuna bakıldığında iki durum ortaya çıkabilir;

1. S, amprik olarak doğru ise; hipotez (P) doğrulanmış olur. Mantıksal olarak çıkarım da geçerlidir.
2. S, amprik olarak yanlış ise; hipotez (P) yanlışlanmış olur. Ama mantıksal olarak çıkarım yine geçerlidir.

Bu tür akıl yürütmede, geçerli bir akıl yürütme ile olgusal bir hipotez eksik tümevarıma başvurmadan denenmiş olur (Çüçen,2006). Klasik tümdengelimde tümel öncüller doğru kabul edilmek zorundadır ve doğru kabul edildiğinde sonucun yanlış olması mümkün değildir. Ancak bu yöntemde tümel öncül doğru kabul edilen değil sınanan durumundadır. Doğru kabul edilen tekil gözlem veya deney (amprik) önermesidir (Q). Bu önermenin öncül olarak doğru olması ise sonucun doğruluğunu garantilemez. Mantıksal olarak geçerli bir çıkarım yöntemi ile tekil bir amprik önerme yardımı ile bir tümel hipotez önermesi denenmiş olur. Ayrıca ilk öncülün (Q) olgusal olarak yanlış olması ise mantıksal olarak sonucunda yanlış olmasına sebep olur, ayrıca hipotezde bir çelişme meydana gelir ve çıkarımında geçersiz olmasına neden olur. Bu açıdan amprik ve tekil özellikleri olan ilk öncül ve sonucun doğrulukları çıkarım açısından önemli bir hale gelir. Bu durum hipotezin amprik veriler ile ilişkisini sağlamlaştırır, bir açıdan bilimselliğini destekler ve sınanmasına imkan verir. Bu açıdan bu yöntemle tümel önermelerin deney ve gözlemlerle yanlışlanabileceğin ortaya çıkmıştır (Çüçen, 2006; Sprenger, 2011).

Başka bir ifade ile klasik tümdengelim yönteminde çıkarımın geçerli olması için tümel önermenin doğru olması gerekir. Bu hipotetik- dedüktif yöntemde ise geçerlilik için tümel veya hipotez önermesinin doğru olmasına gerek yoktur. Gözlem önermesinin doğru olması yeterlidir. Tümel veya genel hipotez önermesinin sınanması söz konusudur.

Hipotetik-dedüktif yöntemin epistemolojik niteliği. Hipotetik-dedüktif yönteme getirilen ve ana hatları yukarıda verilen iki yaklaşımından yola çıkıldığında, bu yöntemin bilimsel epistemoloji açısından yapısına ilişkin şunlar söylenebilir.

Hipotetik-dedüktif yöntemde;

- Bir olguya ait amprik bir bilgiden veya başka bir ifade ile a posteriori bilinen bir özellikten yola çıkarak, bir hipotez çerçevesinde sınanabilir yeni bir sonuca ulaşmak söz konusudur. Başka bir ifade ile yeni bilgi üretimi söz konusudur.
- Elde edilen sonuç bilgisinin, deney ve gözlem sonuçları ile karşılaştırılması gereklidir.
- Elde edilen sonucun doğruluğunun belirlenmesi, aynı zamanda temel alınan hipotezin test edilmesidir (Popper).
- Klasik tümdengelimde çıkarım temel alınan ve doğru kabul edilen hipotezden başlar. Hipotetik-dedüktif yöntemde ise çıkarım ise gözlemlenen olgudan başlar. Amaç olguya açıklama getirmektir
- Hipotetik-dedüktif yöntemde hipotezin doğru kabul edilmesine gerek olmadan test edilmesi mümkündür.
- Hipotetik-dedüktif yöntemde elde edilen sonuç test edilen hipoteze belirli bir olasılık kazandırır (Reichenbach).
- Hiptetik-dedüktif yöntemde test edilecek hipotezin ifade şekli önemlidir. Yanlışlanmaya müsait bir şekilde ifade edilirse test edilme imkânı daha da artar (Popper).

2.3.1.7. Bilimin Bulma Bağlamı ve Retrodüksiyon-Abdüksiyon

Bilimin doğrulama bağlamının rasyonalitesine ilişkin yukarıda ana hatları verilen yaklaşımlarda bulma bağlamının yaratıcı imgelem, tesadüf vb. mantıkdışı bazı faktörlerden etkilendiği kabul edilmektedir. Ancak bazı bilim felsefecileri doğrulama bağlamı gibi bulma bağlamının da bir rasyonalitesi veya mantıksak yapısı olduğu görüşündedir. Bunlardan ilk akla gelen kişilerin başındaki Mill, Bacon'un görüşlerini devam ettirerek bulmanın da, doğrulma gibi tümevarımsal olduğunu kabul eder. Ona göre matematik aksiyomları bile tümevarımla elde edilebilir (Musgrave, 2009; Yıdırım, 1985, 2008). Ancak bu görüşün tümevarımın bahsedilen sıkıntıları çerçevesinde kabul edilmediği aşikârdır.

Bulma bağlamına tümevarımın dışında mantıksal bir açıklama getirme girişimlerin den ilk göz çarpan pragmatist felsefeci Peirce'dir. Peirce, mantıkçı-pozitivist akımın ortaya çıkmasından yıllar önce 1878 de yazdığı; Decution, İnduction and Hypotesis, başlıklı makalesinde ilerleyen yıllarda retrodüksiyon (Peirce, 1957; Hanson, 1958) olarak tanımlayacağı yöntemin temellerini abdüksiyon (Ho, 1994: 15) adı altında atmıştır. Tümdengelimin yeni bir bilgi vermediği bellidir, tümevarım ise gözlemimizi aşan nesnelere hakkında bilgi verme girişimidir. Bu açıdan tümevarım ancak bilimsel bir genellemenin test edilmesine yarar ve onunla bir hipotez veya bir teori elde etmek mümkün değildir (Peirce, 1957). Kuramsal bilgilerin öne sürülmesinde işlevi olamayan tümevarımdan farklı olarak, hipotez üretme yöntemi abdüksiyondur. Abdüksiyonun, tümevarım ve tümdengelim gibi formal mantıkta sembolik karşılığı yoktur, ancak informal akıl yürütme yöntemi olarak basitçe şu şekilde tanımlanabilir (Ho, 1994: 15);

- Sürpriz bir fenomen olan X gözlenmiştir
- A,B ve C hipotezleri arasında X'i açıklamaya en uygun A dır
- O halde, A'yı benimsemek için bir neden vardır

Peirce' nin tarif ettiği retrodüksiyonda hipotezin seçilmesindeki kriterler ve daha da önemlisi hiç yoktan oluşturulmasındaki mantıksal sürecin yapısına ilişkin sorular muhtemeldir. Bu sorulara yönelik en etkili çözümleme Hanson'dan gelmiştir. Hanson (1958)'a göre; doğrulama bağlamının mantığı hipotetik-dedüktiftir ise, buluşun yani

hipotezin oluşturulmasının mantığı da retrodüktif çıkarım olabilir. Bilgi edineme sürecinde sadece hipotetik-dedüktif yönteminden bahsetmek mümkün değildir ve bilimsel etkinlikler sadece doğrulma ile başlamaz, bilimsel etkinliklerde hipotetik-dedüktif yöntemin uygulanacağı açıklayıcı ilke veya genellemelere nasıl ulaşıldığı da önemlidir (Hanson, 1958). Hanson, retrodüksiyonun biliminin en önemli aşaması olduğunu ve bilimin asıl açıklama görevini bu aşamada ortaya koyduğunu savunmaktadır.

2.3.1.8. Retrodüksiyonun Yapısı

Bulma bağlamının temelin oluşturan bu çıkarımda hipotezlerin üretilme sürecinin mantığına ilişkin Hanson tarafında yapılan açılımı aşağıda verilen örnek üzerinde göstermek mümkündür (Yıldırım, 2008);

- **G:** Beklenmeyen bir gözlemin oluşması veya bir anomali, (bu daha önceki kuramsal yapıya ters gelen bir gözlemdir)
- **H:** Gözlemi beklenen bir durum haline getirmek için oluşturulan bir hipotez,
- **S:** Sonuç olarak hipotezi doğru sayabiliriz, çünkü G bunu bir nedenidir.

Sembolik olarak ifade; *G'dir ve H' kabul edilirse, G' açıklanmış olur veya beklenen bir durum haline gelir. O' halde, H' i doğru sayabiliriz.*

Örneğin;

- **G:** *Periyodik sistemde 2. periyotta, soldan sağa giderken 1. iyonlaşma enerjisinin artması gerekirken, oksijenin 1.iyonlaşma enerjisi kendinden önceki azottan daha düşük olarak gözlenmiştir.* (Anomali)
- **H:** *Azotun 1. iyonlaşma enerjisinin oksijenden büyük olmasının sebebi küresel simetri özelliğinden kaynaklanan kararlılıktır.*
- *O' halde, küresel simetri özelliği olan atomlarda, özelliğin getirdiği karalıktan dolayı iyonlaşma enerjisinin büyük olmasını bekleyebiliriz.*

Pierce'nin formülasyonu ile nerdeyse aynı olan bu yapıda, kişinin hipoteze (H) nasıl ulaştığı noktasındaki soru işaretleri hala cevaplanmış değildir. Beklenmeyen gözlem nasıl H'e ulaştırır? Örneğin yukarıda verilen örnekte, iyonlaşma enerjisi ve küresel simetrik yük dağılımı arasındaki bağlantıya ilişkin doğrudan veya dolayımla verilmiş bir içerik bilgisi yoksa bu bağlantının nasıl kurulduğu psikolojik faktörlerle açıklanabilir gözükmektedir. Ancak Hanson, çıkarımın mantıksal geçerliğinden çok, buluşun mantıksal bir sürece dayandığını, salt psikolojik bir süreç olmadığını ifade etmek çabasındadır (Yıldırım, 2008). Hanson, bulma bağlamında, H gibi bir hipotezin oluşturulmasındaki nedenlerle, doğrulama bağlamında onun doğrulanmasındaki nedenlerin arasında bir ayrım getirir. H, hipotezinin oluşmasındaki nedenlerin, doğru sayılmasındaki nedenlerle aynı olmadığını, ancak her ikisinin de mantıksal olduğunu iddia eder. Ona göre, buluşta *analojik, simetri arayışı* ve *yetkiliye başvurma* gibi sürçler içerirken, doğrulama *tümdengelimsel* veya *tümevarımsal* mantık içerir (Hanson, 1958). Bu bir bakıma, bilginin doğru kabul edilmesi ve temellendirme süreçleri arasındaki farka işaret etmektedir. *Doğru kabul etme ile temellendirme farklı şeydir.*

Hanson, ilerleyen yıllarda "The Concept of the Positron: a Philosophical Analysis" (1963) adlı eserinde, gözlemin niteliğine ilişkin görüşlerinde, gözlemin beklentinin, ilginin ve arayışın bazı dinamiklerine dayalı olduğunu savunmaktadır. Özellikle gözlem için ortaya koyduğu "theory laden" kavramı bunu ifade etmektedir (Hanson, 1963: 6). Burada kast ettiği şey, pozitron adlı bir parçacığın deneysel olarak tesbit edilmesi için bunu tanımlayan bir teorinin öncelikle olması gerektiği ve deneysel verilerden yola çıkarak "bu bir pozitrondur" demek için öncelikle bu ilgili teorik bilgilerin tümünü kabul etmek ve savunmak gerekir (Hanson, 1963). Burada dikkate değer nokta şudur, bilimin doğasına yönelik yaklaşımlarda buluşun öznelliğine vurgulamak adına Hanson'a referans ile öne sürülen *"teori yüklü"* kavramının Hanson tarafından öznellik amaçlı ifade edildiğini söylemek mümkün değildir. Hanson'un dolayı olarak vurgulamak isteği kuramsal bir niteliğe sahip bir bilgiyi bulma sürecinin başka kuramsal kabullere gereksinim duyduğudur. Nitekim öyle olmasa bile bulma bağlamın öznelliğin, buluşta etkili olan anolojik düşünme, simteri arayışı, gibi faktörlerle ilişkisi açıklanmaya değerdir. Ayrıca söz konusu gözlemin doğrulama bağlamında yapıldığı düşünüldüğünde ki genellikle öyledir (Genel göreliliğin doğrulanması gibi) , gözlemde bazı kuramsal bilgilerin kabulü gözlem sonunda bunların

sınanması sonuncunu da getirebilir. Bu açılardan bakıldığında gözleme getirdiği bu yaklaşımla Hanson, buluşu mantığın ve felsefenin konusu olarak görmeyen Reichenbach ve Popper ile aynı çizgiye gelmektedir.

Burada bir noktaya değinmeden geçmek mümkün değildir. Retrodüksiyon formülasyonu belli bir teoriye getirilen ad-hoc hipotezlerin oluşturulması noktasında uygun gibi görünmektedir. Ancak bu sefer bağlam bulmadan doğrulma bağlamına kaymış olur. Bu noktadaki akıl yürütme süreci ise Hanson'un da kabul ettiği hipotetik-dedüktif süreçtir. Çünkü sınanmaya el veren ad-hoc hipotezler, Lakatos'un ifade ettiği gibi bilimsel ilerlemede önemli bir yere sahiptir. (Lakatos, 1970). Başka bir ifade ile ad-hoc hipotezler bu varsayımlardan hareketle hipotetik-dedüktif olarak geliştirilir.

Kısacası en genel hali ile retrodüksiyon, gözlem ve deneyimden elde edilen verilerden yola çıkarak, bunlara açıklayıcı yani bir bakıma teorik bilgiler üretmek için, gözlemimizin dışında kalan süreçler tasarlamak olarak ifade etmek mümkündür. Bu esasen, buluş yolunun yaratıcı imgelem yönünü öne çıkarmaktadır.

2.3.1.9. Bulma ve Doğrulamaya Ortak Bir Bakış

Bilgi üretme sürecine ilişkin, post-modern yaklaşımlar arasında önemli bir yer edinen görüşlerden birisi ise eğitim çalışmalarında adı sıkça geçen J.Dewey'dir. Dewey, bilimsel düşünmemin temeline ilişkin görüşlerini problem çözme stratejisinin basamakları şu şekilde vermektedir (Yıldırım, 1985);

1. Sorunla karşılaşma
2. Sorunu tanımlama ve problem haline getirme
3. Probleme çözüm getirecek bir hipotez kurma
4. Hipotezden mantıksal ve test edilebilir çıkarımlarda bulunma
5. Çıkarımı gözlem ve deney verileri ile karşılaştırarak hipotezi test etme
6. Test sonuçlarına göre hipotezi kabul veya reddetme

Pragmatik felsefenin önde gelen isimlerinden kabul edilen Dewey'in bilgi üretme sürecini, bir problem çözme etkinliğine indirgediği söylenebilir. Dewey'in formülasyonu esasen retrodüktif ve hipotetik-dedüktif çıkarımın bir bileşimi şeklindedir

(Yıldırım, 1985). Yani, hem bulma hem doğrulma süreçlerini içine alan bir süreçtir. Bunlardan hipotez oluşturmaya kadar olan basamaklar bulma, diğerleri ise doğrulma bağlamı olarak ele alınabilir. Ancak, bazı noktalarda kendisinde önceki felsefecilerden ayrılığı söylenebilir. Bulma bağlamına karşılık gelen aşmalarda, bilgi edinme etkinliğini gözleme dayalı bir hipotez oluşturmadan değil, gözleme veya deneyime dayalı bir sorunun ortaya çıkması, sorunun analiz edilmesi ve sorunun çözümü için bir hipotez geliştirilmesi çerçevesinde ele almaktadır. Bu esasen buluş bağlamına getirilen pragmatik bir açıklama ile birlikte buluş sürecinin daha detaylı bir anlatımıdır (Yıldırım, 1985). Dewey'in, Hanson, ile ortak yanı probleme neden olanın eski inanç veya kabullere aykırı durumlardan kaynaklanıyor olmasıdır. Farklılığı ise sorunun problemleştirilmesi veya anlaşılır olarak belirginleştirilmesi işlemidir. Ancak doğrulma aşaması ise hipotetik-dedüktifdir olduğu görülmektedir. Genel çerçeve de Dewey'in bulmanın son aşaması olan hipotezi oluşturma kısmında, mantıksal bir form önermediği görülmektedir. Bu Dewey'in içinde bulunduğu pragmatik akım ve bilgiye yönelişi açısından son derece olağandır.

Tüm bu açıklamalardan sonra genel bir toparlama yapmak gerekirse, özellikle kuramsal bilgilerin üretimine ilişkin olarak;

- Bilgi üretme sürecinin iki aşaması bulunmaktadır, bulma ve doğrulma.
- Bulma bağlamının mantıksal yapısına ilişkin tatmin edici bir açıklama söz konusu değildir.
- Doğrulma bağlamında ise genel kabul göre; hipotetik-dedüktif bir süreç işler.

2.3.2. Bilimsel Söylem ve Akıl Yürütme Yöntemleri

Bilimin doğasının anlaşılmasında, *bilimsel bilgi nasıl elde edilir?* Sorusu genel anlama da bilimi bir süreç olarak ele almayı gerektirir. Daha önceki bölümlerde bu yaklaşımla bilimsel bilginin üretim süreci ile akıl yürütme yöntemleri arasındaki ilişki açıklanmaya çalışıldı. Ancak diğer önemli soru olan; *bilimsel bilgi nasıl açıklanır?* Sorusunda ise bilimi salt bilgi topluğu olarak bir ürün olarak ele almak yeterli görünmemektedir. Gerçi bilim felsefesinde bilimi bir süreç olarak bir insan etkinliği ve bir süreç sonrası elde edilen bir ürün olarak kabul eden iki yaklaşımı da temsil eden

akımlar söz konusudur (Ergün, 2007; Yıldırım, 2008; Arslan, 2005). Ancak bilimsel açıklamayı, kullanılan bilgilerin üretim sürecinden bağımsız düşünmek mümkün görünmemektedir, nitekim bilimsel bilgiyi diğer bilgilerden ayıran ve bir rasyonalite oluşturan en büyük faktör üretim sürecinin niteliğidir. Daha önceki bölümlerde verilen tartışmalar bunu göstermektedir. Bu nedenle bu bölümde bilginin ifade edilmesi ile akıl yürütme yöntemleri arasındaki ilişki açıklanmaya çalışılacaktır. Başka bir ifade ile bilimsel söylemlerde; *hangi akıl yürütmeler ne tür bilgilerde işe koşulmalıdır? Akıl yürütme yöntemi ile bilginin epistemolojik özellikleri arasında nasıl ilişkiler vardır? Bilimsel bilgilerin ifade şekli ne derece önemli olabilir?* gibi sorular çerçevesinde kuramsal bir çerçeve oluşturulmaya çalışılacaktır.

Ağırlıklı olarak bilimsel epistemolojinin alanını işgal eden ve bilimin doğasını anlamada bazı konular önemli görünmektedir. Bunlar, kuramsal ve olgusal bilgi ayrımı, bilimsel söylemlerin niteliği; betimlemeler ve açıklamalar, bu söylemlerde kullanılan bilimsel bilgi türlerinin (teori, yasa, hipotez) yapısı gibi konulardır. Bu konulara yukarıda çizdiğimiz çerçevede elde edilen bir ürün olarak bilimsel bilgiye, üretim sürecinden soyutlamadan bu süreçte işe koşulan akıl yürütme yöntemleri açısından, önermeler ve önermeler arası ilişkiler temel alınarak yaklaşmak mümkündür.

Bu çerçevede, bu bölümde öncelikle bilimsel söylemlerin niteliğine ilişkin bilgiler verilecek, ardından bilimsel söylemler; kullanılan bilgi türlerinin yapısı ve bu bilgilerin üretiminde kullanılan akıl yürütme yöntemleri açısından ele alınacaktır.

2.3.2.1. Bilimsel Söylemde Betimleme-Açıklama ve Kuramsal – Olgusal Bilgi

Bilimin genel yapısına ilişkin alanyazında sıkça kullanılan ayrımlardan birisi olgusal ve kuramsal süreçlere yönelik olanıdır. Bu ayırıma göre; bilimin olgusal süreç (betimleme) ve kuramsal süreç (açıklama) gibi ilki süreci söz konusudur (Çüçen, 2005). Olgusal süreç; belirli işlemsel yöntemlerle bilginin toplanması sınıflandırılması ve betimlenmesini ifade eder. Kuramsal süreçleri ise; olgusal süreçte elde edilen bilginin hipotez, yasa ve teori gibi açıklama türleri ile açıklanmasını (Yıldırım, 1985; Çüçen, 2005) içerir. Bu bir bakıma bilgi edinme ve bu bilgiyi söylem halinde açıklama süreçlerini bir birinden ayırmaya yönelik bir yaklaşımdır. En kaba şekli ile bu ayırıma

göre bilimin bilgi üretme boyutu, bir söylem olarak bilimsel açıklama içermez. Açıklama boyutu ise kuramsal önermelerden oluşan söylemlerden ibarettir. Başka bir ifade ile kuramsal bazı kavramlarla açıklamalar getirilmelidir. Esasen bu ayrımın bilimi etkinlik ve ürün olarak kabul eden felsefi yaklaşımların ayrımına dayandığı söylenebilir. Nitekim bilimi bir ürün olarak gören (örn.pozitivist gelenek gibi) yaklaşım tüm bilimsel bilgileri olgusal, bilimi bir insan etkinliği olarak gören (örn.Kuhn'cu gelenek gibi) yaklaşım ise kuramsal olduğu görüşü hakimdir.

Ancak böylesi bir ayırım da tartışmaya açık üç nokta göze çarpmaktadır. Bunlar şu sorular ile ifade edilebilir;

1. İlki bilimsel önermeler açısından; olgusallık ile betimleme ve kuramsallık ile açıklama aynı mıdır?
2. İkincisi ise bilimsel söylem, bilimsel bilginin üretim sürecinden ayrı bir süreç midir?
3. Üçüncüsü ise, bilimsel söylem, sadece kuramsal önermelerden oluşan bir açıklama türü müdür?

Bilim, gözlemlenen veya deneyimlenen olguları anlamaya yönelik bir çaba (Yıldırım, 2008) olarak ele alınırsa, bu süreçte üretilen bilgilerin ifade edilmesinde bir biri ile ilişikli iki farklı boyuttan bahsedilebilir. Bunlardan ilki betimlemedir. Betimleme bir olgunun tanımlanması veya durumuna ilişkin tanımlayıcı bilgiler vermektir. Betimlemede temel soru *nasıl?* Sorusudur. Açıklama ise, olgunun durumunun altında yatan nedenlere ilişkin bilgi üretmedir. Açıklamada ise temel soru *neden?* dir . Her iki süreçte kullanılan bilgilere süreçlerine bağlı olarak betimsel veya açıklayıcı olarak nitelendirilir. Bu süreçlerde üretilen bilgiler eğer doğrudan olgunun gözlemlenen özelliklerinden elde ediliyorsa bu tür bilgilere olgusal veya emprik bilgi denilir. Eğer doğrudan olgunun gözlemlenen özelliklerinde elde edilemiyorsa, başka bilgiler veya kavramlar ihtiyaç duyuyorsa kuramsal ve ya teorik bilgiler denir (Yıldırım, 1985). Bu çerçevede düşünüldüğünde bir bilginin betimsel olması, onun teorik olamayacağı veya açıklayıcı olması onun olgusal olmayacağı anlamına gelmez. Ancak belirli bir genellikle, açıklayıcı bilgiler kuramsal, tanımlayıcı bilgiler olgusal diyebiliriz. Örneğin; *"HCl, çözeltisi turnusol kâğıdının kırmızı yapar"*, önermesi tanımlama sürecine daha

yakın olan bir önerme olarak olgusaldır. Ancak; *"HCl, turnusol ile girdiği kimyasal etkileşim sonucunda kağıdın rengini kırmızı yapar"*, önermesi ise açıklama sürecine daha yakın olgusal niteliği öne çıkan bir önermesidir. Çünkü gözlemlenebilir bir özellikten yola çıkılarak üretilmiş. Başka bir önerme; *"Na atomunun yarıçapı, K atomundan küçüktür"*, önermesi ise betimlemeye dayalı kuramsal niteliği öne çıkan bir önermedir. Kısacası, bir önermenin betimselliği ile olgusallığı, açıklayıcılığı ile kuramsallığı özdeş değildir. *Kuramsallık veya olgusallık önermeni taşıdığı bilgini kaynağı ile ilişkili iken, betimsellik ve açıklayıcılığı içeriği ve ifade biçimi ile ilgilidir, denilebilir.* Diğer taraftan bir önermenin olgusal veya kuramsal olması arasında da net bir sınır söz konusu değildir. Bilime ilişkin gözlemin "kuram yüklü" olduğu ve "beklenti ile aşılanmamış" hiçbir deneyimin mümkün olmadığı yaklaşımları ile ifade edilen şey; temelde tüm olgusal önermelerin kuramsal nitelikleri olduğudur (Örn. Hanson, 1963; Lakotos, 1970). Bu açıdan bilimsel önermelerin kuramsallıkları ve olgusallıkları noktasında kesin bir ayrımdan söz etmek mümkün değildir. Ayrıca *olgu* ve *olay* ayrımın çok dikkate alınmaması da burada faktör olarak görülebilir. Kant (1787)'ın fenomen ve numen ayrımından yola çıkıldığında, doğa olaylarının bizim a priori kavram ve kategorilerimizin dolayımından geçmesi ile bize görünen kısmı olgudur. Olgu bir açıdan ortak bir öznellikle temellenmiş bir nesnellik ifade etmektedir. Bu yüzden olgusallık ancak ortak a priori kavram ve kategorilerle sınırlandırılan bir nesnelliği sahiptir. Bu açıdan fen bilimlerinde gözlemin bağlı olduğu tüm koşulları da yansıtan deneyim kavramından yola çıkılarak, *emprik* terimi bu tür önermeler için daha uygun bir terim olarak kabul edilebilir.

Bu noktada bilimsel dil tartışmalarının önde gelen ismi L.Wittgenstein'ın görüşlerine değinmek gerekmektedir. Wittgenstein, erken dönem olarak bilinen görüşlerinde önemelerin veya dilin dünyayı yansıtan bir ayna olduğu, olguların bu şekilde dilsel karışıkları olduğu görüşü öne çıkmaktadır (Wittgenstein, 1922). Bu yaklaşım mantıksal pozitivizmin bilimsel dil anlayışının dayanağını oluşturmuştur. Ancak geç dönem görüşlerinde ise, Wittgenstein, post-modern bilim anlayışına daha yakın bir şekilde, dünyanın dilimizin dolayımlarından geçerek ifade edildiğini, başka bir ifade ile dünyanın dilimizin bir yansıması olduğunu öne sürerek dilde nesnellikten öznelliğe bir geçişi ifade eder (Wittgenstein, 1953/2010). Bu bir bakıma bilimsel önermelerinde son çözümlemede kuramsal niteliği olduğunun ifadesidir.

2.3.2.2. Bilimsel Söylemde Bulma ve Doğrulama Bağlamları

Yukarıda çizilen genel çerçevede bakıldığında, bilimsel söylemler ağırlıklı olarak kuramsal olmakla birlikte açıklamadan ibaret değildir. Bilimsel söylemi oluşturma ise betimleme ve açıklama ile birlikte bilimsel süreçten ayrı aşamalar olarak görmek de mümkün değildir. Özellikle bilimsel bilgi edinme sürecinin hem bulma hem de doğrulama aşamalarında betimleme ve açıklama süreçleri söz konudur.

Bu süreç şu şeklide tarif etmek mümkündür; İlk olarak olguya ilişkin elde edilen ilk önermeler, gözlemlenen özelliklerinden yola çıkararak getirilen yargıları içeren önermelerdir. Bunlar emprik önermeler olarak kabul edilir (Yıldırm, 1985: 60). İkinci olarak elde edilen emprik durumsal önermeler farklı mantıksal süreçlerden geçirilerek daha kuramsal nitelikteki genellemeler elde edilir. Bu genellemelerden bazıları olguyu betimler özelliktedir, bazıları ile açıklar niteliktedir. Bu genellemenin elde ediliş süreci ile alakalıdır. Betimleyici genellemeler genellikle tümevarımsal çıkarıma dayalı soyutlamalarla elde edilir (s.60). Açıklayıcı genellemelerin ise bulma bağlamının mantıksal sürecine bağlıdır. Yukarıda ifade edildiği gibi bulma bağlamının mantıksal yapısının nasıl olduğu noktasında bir uzlaşı yoktur. Bir olguyu açıklama amacıyla bulma bağlamında elde edilen bilgiler açıklayıcı hipotezlerden oluşur. Bu tür bilgilerde genellikle olgudan gelmeyen kimi ve zaman yeni kavram ve önermeler bulunur. Ardından gelen doğrulma aşaması ise yine mantıksal bir forma bağlı kalarak olgular yönelerek betimleyici bilgiler veya öndeyilere yönelerek betimleyici veya açıklayıcı yeni bilgiler üretilir. Bu mantıksal formun ise daha önce vurgulandığı gibi, hipotetik-dedüktif yöntem olduğu kabul edilmektedir. Bu çerçevede düşünüldüğünde bilimsel bilgi üretme sürecinin bulma ve doğrulama bağlamları ile bilimsel açıklama ve betimleme arasında çok yakın bir ilişki vardır. Bilimsel bilgi üretme süreçlerinin bulma ve doğrulama aşamalarına yön veren akıl yürütme yöntemleri bu nedenle bilimsel söylemlerde (yani açıklama ve betimlemelerde de) de geçerlidir. Bu açıdan bilimsel söylemler ise bilimsel önermeler ve bunlar arası ilişkilere dayalı olarak söz konusu akıl yürütme yöntemleri ile ifade edilmelidir.

Özetle bilimsel söylemlere, bilginin elde edilme sürecinin sonucunda ortaya çıkan ürün olarak değil, bu sürece paralel ve sürecin farklı aşmalarında farklı

niteliklerde ortaya konan çıktılar olarak bakmak mümkündür. Bu çerçeveden bakıldığında bilimsel yöntem veya yöntemlerin temelini oluşturan mantıksal yöntemlerin bilimsel bilginin üretilmesinde oynadığı rol kadar, söylem haline gelmesinde de rol oynar. Betimlemenin ve açıklamanın anlamına bu açıdan bakmak gerekir; betimleme sadece gözlenebilir olgulara indirgenen bir ifade olamazken, açıklama da sadece kuramsal içeriğe hapsedilemez nitelikte olacaktır. Nitekim betimleme olgusal olsa da, bir betimlemede bir olguya ilişkin terime verilen ortak uzlaşım kadar betimleme mümkündür. Yani betimleme ve açıklama arasında temelde uzlaşım nispetinden başka bir fark yoktur.

Bu genel çerçeveden bakıldığında bilimsel söylemin niteliği ve kullanılan akıl yürütme yöntemi arasında çok yakın bir ilişki olduğu söylenebilir.

2.3.2.3. Bilimsel Söylemlerde Kullanılan Bilgi Türleri ve Akıl Yürütme Yöntemler

Geçen bölümlerde yapılan açıklamalarda bilimsel bilgilerden kuramsal niteliği öne çıkan bilgilerin üretilmesinde bilimin bulma ve doğrulama bağlamında farklı akıl yürütme yöntemlerinin kullanıldığına ilişkin görüşler verilmişti. Bu bölümde bu kuramsal bilgilerin akıl yürütme yöntemleri ile ilişkisi bu açıdan açıklanacaktır.

2.3.2.3.1. Hipotez

Bilimsel açıklama sürecinin eşiğini oluşturan bilgiler hipotezlerdir. Hipotezler olay ve olgulara yönelik bir açıklama getirmek veya bir probleme çözüm önermek amacıyla ortaya konan önermelerdir. Bu açıdan hipotezler, doğruluğu test edilmesi gereken bilgilerdir (Cevizci, 2011).

Hipotezlerin birçoğu genelleme şeklindedir. Ancak bazıları durumsal önermeler şeklinde olabilir, başka bir ifade ile tek bir olguya ilişkin olabilir. Bir önermenin hipotez olarak kabul görebilmesi için bazı özellikleri taşıması gerekir (Yıldırım, 1985), bunlar şu şekilde özetlenebilir;

1. Gözlemlerden veya deneyimlerden elde edilme
2. Olguları açıklama amacını taşıma
3. Doğruluğu hakkında kesin bir hüküm olmaması
4. Doğruluğu olgusal olarak test edilebilir olması
5. Çoğunlukla kuramsal bilgiler ve varsayımlar içermesi
6. Çoğunlukla genelleme şeklindeki bir veya birden fazla önermeden oluşması

Bulma ve Doğrulama bağlamında hipotezler. Hipotezleri, olguları betimleyen önermelerle karıştırmamak gerekir. Olguları betimleyen genellemeler *tümevarımsal* olarak elde edilirler ve genellenerek ifade edilen özellik, olguda doğrudan gözlenebilen bir özelliktir. Örneğin; *"metaller elektriği iletir"* betimsel genellemesi gibi. Oysa hipotezler, olgulara ilişkin açıklama getirmek amacıyla oluşturuldukları için, olgunun gözlemlenebilir özelliklerinden daha fazlasını içerirler. Örneğin; *"metaller elektronların hareketi ile elektriği iletirler"* önermesi bir hipotezdir. Hipotezlerin nasıl elde edildiğine ilişkin önceki bölümlerde verilen tartışmalar, bu sürecin kabul edilmiş belirli bir mantıksal biçimi olmadığını ortaya koymamaktadır. Ancak genel eğilim *retrodüktif* bir çıkarımla elde ediğini ifade yönündedir. Ayrıca, betimleyici genellemeler doğrudan test edilmesi mümkündür. Ancak hipotezler kontrollü deney ve gözlemlere ihtiyaç duyarlar. Başka bir ifade ile betimleyici genellemeler *tümdengelimsel* olarak test edilebilirken, hipotezlerin test edilmesi biraz dolaylı bir yoldan olur. Hipotezin test edilmesinde iki aşamadan bahsedilebilir; ilk olarak, hipotezden olgusal olarak teste imkân veren sonuçlar çıkarılır. Ardından bu sonuçlar, gözlem ve deney verileri ile karşılaştırılır. Başka bir ifade ile *hipotetik-dedüktif* bir yolla test edilir.

Kısaca özetlemek gerekirse, hipotez; bir takım olguları açıklamak amacı taşıyan, doğru görünse de doğruluğu noktasında kesin bir hüküm olmayan veya doğruluğu gözlemden doğrudan test edilmeyen önermelerdir (Yıldırım, 1985: 124). Oluşturulan hipotezin yeterli bir oranda doğrulanması veya desteklenmesi, bazılarının bir bilimsel kanun haline gelmesine neden olur (s.126). Hipotez ve varsayım çoğu kez karıştırılan kavramlardır. Varsayım doğruluğu peşinen kabul edilen bilgilerdir ve genellikle bilimsel açıklamalarda ve bunların matematiksel sunumlarında ifade edilir. Özellikle kimyada, fiziksel koşullar varsayım olarak ifade edilir. Örneğin, *Boyle konunun*

açılanmasında gazların ideal davranmasına veya bir tepkimenin entalpi değerine ilişkin hesaplamalarda koşullara ilişkin ifadeler varsayımlardır. Hipotezler gibi deneysel olarak test edilemezler, esasen varsayımların test edilmesi de çoğu kez anlamsızdır.

Hipotezlerin ifade edilmesi. Bir hipotezin bilimselliğine ilişkin bazı ölçütlerden bahsetmek mümkündür. Bunlardan ilki, Popper'in öne sürdüğü yanlışnabilirlik ölçütüdür (Popper, 1934/2003). Bu bir hipotez ne kadar yanlışlanmaya müsait bir şekilde ifade edilirse o derece bilimseldir. Bu aynı zamanda bir hipotezin açıklayıcılığını da garanti almak demektir. Nitekim açıklayıcı bir içeriğe sahip bir hipotez yanlışlanmaya daha açıktır. Örneğin; *"HCl, asidik özellik gösterir"* önermesi, *"HCl, suda asidik özellik gösterir"* önermesine göre daha az yanlışlanabilirdir ve aynı zamanda daha açıklayıcıdır. Diğer bir özellik ise kapsayıcılıktır. İlgili olguların hepsini açıklamak durumundadır (Yıldırım, 1985). Bu hipotezin genelliği ile karıştırılmaması gereken bir durumdur. Hipotezin genelliği bazen belirsizliğine neden olabilir (Kütük, 2005). Örneğin; *"Maddelerin fiziksel özelliklerinin moleküler yapıları belirler"* gibi bir önerme kapsayıcı gibi gözükse de oldukça belirsizdir. Bu genel çerçeveden bakıldığında hipotezlerin ifade edilmesinde; kapsadığı olgulara ilişkin koşulların ve bu bağlamda hipotezin sınırlılıkların ifade edilmesi bilimselliğini artırmaktadır.

Bilimsellik ölçütleri dışında özellikle alternatif hipotezler arasında kabul edilebilirliği artıran bir faktörden bahsetmek mümkündür. Bu iyi bir hipotezin basit olma özelliğidir. Ockhamlı usturası (Ockham's razor) olarak da bilinen; aynı olguyu açıklayan birden fazla açıklamadan en basitinin kabul edilmesine dayanan prensibin bir yansıması olarak basitliğin genel anlamda bilimsel açıklamalar açısından önemli bir özellik olduğu söylenebilir.

Hipotez ve Varsayım. Hipotezlere ilişkin önemli bir durum, hipotezler ve varsayımları arasındaki ilişkidir. Bir hipotezin ifade edilme şeklinin önemini ortaya koyan durumlardan birisi de bu ilişkidir. Bir takım olgular arasında düzenli bir ilişkiye ulaşmak için bazı mümkün olmayan ideal koşullar varsayılması çoğu kez olgusallığı düşük olan açıklamaların yapılmasına neden olabilir. Bu bir açıdan hipotezin

açıklayıcılığını düşürür. Örneğin ideal gaz davranışlarını açıklamada; "*taneciklerin esnek çarpışma yaptıkları ve öz hacimlerinin sıfır kabul edilmesi",* gibi varsayımlar, gazların gerçek durumlarda davranışlarını açıklamada daha yetersiz bir hipoteze neden olabilir. Bu Popper'in yaklaşımında ifade edilen, koşulların belirtilmesi ve hipotezin açıklayıcılığının artırılması ile karşılaştıramamalıdır. Örneğin, bir gazın ideal davranmasına yönelik var sayım açıklayıcılığını azaltırken, koşullara veya bazı belirli değişkenlerin sabit tutulmasına ilişkin var sayımlar açıklayıcılığını artırır. Örneğin; *"CO_2 gazının basınç ve hacim ilişkinsin açıklanmasında, sıcaklık ve gaz miktarının sabit tutulması"* gibi. Nitekim birinci varsayım türü değiştirilemezken ikinci varsayım değiştirilebilir. Birincisi, daha çok olgular arasında belirli bir ilişki bulmakta zorlanılan durumlarda kullanılan, diğeri ise birbirleri arasında belirli ilişkiler olan olguları ortak etkileyen çok faktörün olduğu durumlarda tercih edilir. Birincisi idealleştirme, amacı ile olgudan soyutlanma etkisi yaparken, diğeri olguya doğru bir yönelimi sağlar. Bunlardan ilkine *idealleştirici varsayımlar*, diğerini ise *açıklayıcı varsayımlar* olarak isimlendirebiliriz. *Bu çerçevede açıklayıcı varsayımları fazla olan kuramsal bilgiler daha fazla tercih edilebilir.*

Ad hoc hipotez. Kelime olarak anlamı manevra yapmaktır. Bilim felsefesinde ise eldeki teoriyi kurtarmaya yönelik, kavramsal manevralar yada duruma uygun düzeltmeler yardımı ile çelişki oluşturan olgu karşısında ayakta tutmayı amaçlayan, onu yanılsanmaktan kurtarmaya, onu tutarlı göstermeye çalışan hipotez olarak kabul edilir (Lakatos, 1970; Popper, 1934/2003; Feyerabend, 1975/1991a).

2.3.2.3.2. Yasa (Kanun)

Bilimsel yasaya ilişkin farklı tanımalara rastlamak mümkündür. Ama her şeyden önce bir soyutlamadır. Bilimsel kanunlar bu açıdan doğada bulunmaz bilim insanları tarafından oluşturulurlar. Doğa olayları arasındaki ilişkilerden elde edilen genelleme şeklindeki önermelerdir. Yasayı oluşturan özellikler şu şeklide özetlenebilir (Yıldırım, 1985: 113); *genelleme, olgusal içerik ve yüksek geçerlilik*. Bazı kaynaklarda yüksek geçerlilik yerine doğruluk koşulu ifade edilse de, daha uygun ifade geçerliliktir.

Geçerlilik yüksek geçerliliktir, nitekim yer çekimi kanunu submikro boyutta geçerli bir kanun değildir. Ayrıca kanunlar betimsel genellemeler olmalarına rağmen kuramsal içeriğe sahip olabilirler. Örneğin; *kimyasal tepkimelerde kütlenin korunumuna yönelik kanunu* ile *termodinamik kanunları* arasında kuramsal içerik açısından büyük bir fark vardır. İdeal gaz kanunların çoğu matematiksel formulasyonlara sahiptir.

Bulma ve Doğrulama bağlamında yasalar. Yasaların tümevarımsal bir çıkarımla elde edildiği kabul edilir. Ancak bu tam anlamı ile doğru değildir. Kanunların niteliğine göre farklı şekilde elde edildiği bilim tarihinde bilinen bir durumdur. Örneğin; Boyle, gaz kanunu kendisi tarafından *tümevarımsal* bir çıkarımla elde edilmiştir (Harre, 2008: 79). Ancak Boyle'den daha sonra gazların kinetik teorisinin geliştirilmesi sonucunda, Boyle yasası bu teoriden *tümdengelimsel* olarak ta elde edilebildiği, benzer şekilde, Galileo'nun düşme yasasının, Newton kuramında elde edilebildiği görülmüştür (Yıldırım,1985). Görüldüğü gibi bir yasaya olgusal deneyimlerden doğrudan *tümevarımsal* ya da kendisinden daha üst bir bilgi olarak bir teoriden *tümdengelimsel* yolla elde edilebilir. *Bu bir bakıma yasaların hem buluş, hem de doğrulama bağlamında üretilebileceğinin göstergesidir.* Ancak bazı yasaların retrodüktif olarak elde edilmesi de mümkündür. Nitekim Einstein'in gravitasyona ilişkin yasası Newton'un, Merkür'ün yönergesine ilişkin hesabının gözlem değerleri ile uyuşmamasından yola çıkarak ürettiği bilinmektedir. Bu önceki bölümlerde Hanson' tarafından yapılan *retrodüktif* çıkarımın analizine uygundur.

Yasaların ifade edilmesi. Yasalar hakkında önemli noktalardan birisi de, yasaların açıklama gücü olan söylemler olup olmadığı sorusudur. Aksi halde yasalar sadece betimsel genellemeler midir? Bu esasen yasanın niteliğine göre değişebilir. Bu konuda klasik filozofların ilk görüşü; yasaların betimleyici özelliğe sahip olduğu yönündedir. Birçok felsefeciye göre bilimin amacı evrensel yasaları bulmaktır (Örn. Comte, 1854/2001), J.S.Mill gibi bazı mantıkçı pozitivist felsefeciler ise, bilimde *ne?* ve *nasıl?* sorularından başka soruların olmadığı görüşündedir (Yıldırım, 2008). Özellikle Newton'un bu noktadaki yaklaşımı ilginçtir. Hiçbir zaman hipotez kurmadığını ifade eden Newton, bulduğu yasaların evreni tam olarak yansıttığını ifade etmektedir

(Lecourt, 2001/2006). Ancak günümüzde böyle olmadığı ortadadır. Bu açıdan yasalarda teorilere veya hipotezler gibi belli bir miktar açıklama gücü olan yasalara rastlamak mümkündür (Yıldırım, 1985). Özellikle teorik içeriği fazla olan yasalar böyle yasalardır. Yukarıda ifade ettiğimiz termodinamik yasaları gibi. Diğer önemli nokta yasların geçerliliğine ilişkindir. Yukarıda ifade edilen ideal gaz yasası belirli ideal koşullar için geçerlidir. Boyle gaz yasası, yine belirli koşullar sabit tutulduğunda geçerlidir, yani olgusal olarak uygun sonuçları karışılmaktadır. Bu çerçevede düşünüldüğünde yasaların, koşullara bağlılığı önemli bir bilimsel gerçektir. Bunu aksini düşünmek bilimsel açıdan mümkün görünmemektedir.

2.3.2.3.3. Teori (Kuram)

Üzerinde belki de en fazla tartışılan bilimsel kavram teoridir. Buna rağmen teorinin tam olarak nasıl tanımlanması gerektiği noktasında bilim insanları ve felsefecileri arasında bir uzlaşıdan bahsetmek mümkün değildir. Ancak genel anlamda şu şekilde tanımlamak mümkündür; teoriler, doğal olgu ve olayları, tam ve doğru bir şekilde açıklamak ve onlara ilişkin tahminlerde bulunmak için kullanılabilir nitelikte olan, kavram, iddia/ hipotez ve yasaların özlü ve tutarlı bir kümesidir (Ben-Ari, 2005).

Bir bilimsel teorinin bilimsel bilgi üretiminde ve bilimsel söylemlerdeki durumunu tanımlama teorinin yapısı ile yakından ilişkilidir. Teorilerin yapısına ilişkin temelde iki farklı felsefi bakış açısından söz etmek mümkündür.

Aksiyomatik bir sistem olarak teoriler. Teorilere yönelik ilk yaklaşım, teorileri gerçek dünyayı açıklayan ve emprik olarak yorumlanan tümdengelimsel aksiyomatik sistemler olarak gören mantıksal pozitivist felsefenin bakış açısıdır (Craver, 2001). Bu yaklaşımda teorilerin yapısı aksiyomatik metod olarak ifade edilen (Moulines, 2010: 17) bir yöntemle belirlenir. Burada amaç tutarlı bir sistem olması beklenen teorilerin bir açıdan bileşenlerini belirlemektir. Bu analiz daha çok mantıksal bir analizdir. Nitekim, bilimsel teoriler matematiksel sistemler gibi düşünülerek teorinin aksiyomları niteliğindeki önermeler ve bunlardan teorem niteliğinde diğer önermelerin edesinde kullanılacak çıkarım kuralları ortaya konulur. Carnap, Hempel, Nagel gibi

mantıksal pozitivist felsefecilerin savunduğu bu yaklaşıma göre teorilerin yapısını oluşturan üç önerme türünden bahsetmek mümkündür (Yıldırım, 1985);

1. *Postulatlar (aksiyomlar-temel ilkeler)*; teorinin temel iskeletini oluşturan son derece kuramsal içerikli terimlerle oluşturulan kabul önermeleridir.
2. *Hipotezler veya yasalar;* olguları açıklamaya yönelik emprik içerikli terimlerle oluşturulan önermeler.
3. *Karşılaşım kuralları (köprü kuralları);* ilk iki tür önerme arasında bağlantı kurmak amacı ile oluşturulan önermeler.

Postulatlar. Bir tümdengelimsel sistem olarak teorilerin temel çıkış önermeleri postulatlar/ temel ilkeler/aksiyomlar olarak da ifade edilir (Yıldırım, 1985; Moulines, 2010). Bunlar üst düzey kavramlar içeren genellemelerdir. Bir bakıma üst düzey hipotezlerdir. Bu kabullerin doğrudan denenmesi mantıksal olarak mümkün değildir, çünkü böylesi bir yaklaşım daha üst düzey bir kabul gerektirir. Bu da sonsuz bir geriye gidişi getirir. Bu postulatlarda geçen terimler çoğu kez yeni ve gözlenemeyen olgulara ilişkindir. Örneğin "hibritleşme, elektronegatiflik" gibi. Temel ilkeler bu tür terimlere gerilen tanımlamalardır. Örneğin, kimyada bağlanma kuramlarında *elektronegatiflik* kavramı ve bunu ifade eden tanımlama bu tür önermeler sınıfına girer. Ayrıca, bu postulatların doğrudan gözlenen belirli bir olguyu açıklaması da beklenmez.

Açıklayıcı yasa ve hipotezler. Teorilerde ikinci sırada, postulatlardan tümdengelimle elde edilen daha emprik içerikli açıklayıcı hipotezler veya yasalar gelir (Yıldırım, 1985). Bunlar emprik olarak test edilebilir niteliktedir. Asıl önemli nokta bu açıklayıcı hipotezlerin ve yasaların üretilmesidir. Buradaki sorun teorinin çekirdeğini oluşturan ve bazen daha önce hiç karşılaşmamış kuramsal terimleri içeren postulatlardan söz konusu denenebilir açıklayıcı hipotezlerin üretilmesinin nasıl gerçekleşeceğidir. Çünkü postulat terimleri ile açıklayıcı hipotezlerin (veya yasaların) terimleri örtüşmesi gerekir. Yukarıda verilen örnekten devam edilirse; *elektronegatiflikten yola çıkarak madde davranışlarına ilişkin test edilebilir ve olgusal içerikli hipotezlerin üretilmesi gibi.* Burada devreye giren yeni önermelerden bahsedilir.

Bunlar postulatlar ile test edilebilir emprik önermeler (hipotez ve yasa) arasındaki ilişkiyi sağlayan karşılaşım kurallarıdır.

Karşılaşım kuralları. Teorilerin kendine has kuramsal terimlerle ifade edilen kavramları postulatlar ile tanımlanmaktadır. Bu kuramsal kavramların açıklamak ise emprik kavramlara ve bunları ifade eden emprik terimlere bağlıdır. Bu bağlantı karşılaşım kuralları ile sağlanır. Başka bir ifade ile postulatlar ile bunlardan elde edilen hipotez ve yasa gibi emprik önermeler arasındaki ilişkiyi karşılaşım kuralları kurar. Bu kurallar ile teorinin kuramsal terimleri emprik karşılıklarına daha açık tanımlanabilirlik bakımdan dönüşmüş olur (Lutz, 2009). Bu sayede gözlemlenemeyenlere ilişkin kuramsal kavramlar ile gözlemlenen olgulara ilişkin açıklamalar da ortaya konabilir. Örneğin; *Bir maddenin sudaki çözünürlüğünü, elektronegatiflik ve buna bağlı olarak polarlık kavramı ile açıklamada, elektronegatiflik ve polarlık gibi kuramsal kavramların çözünme gibi emprik kavramlara ve çözünme olgusuna bağlamada kullanılan tanımlar bu tür kurallardır.*

Görüldüğü üzere teorilere yönelik bu yaklaşıma teorinin kuramsal kavramlarının olgusal kavramlara bağlanması sadece dilsel bir değişim olarak almaktadır. Nitekim bu durum mantıksal pozitivizmin olgu ve kuram arasındaki ilişkide bilginin olgusal dünyanın yansıttığı yönünde benimsediği uygunluk doğruluk kuramı, yine pozitivist çerçevede değerlendirilen Wittgenstein'(1922) in dil ve dünya yaklaşımına uyundur. Bu bir bakıma kuramsal kavramların emprik kavramlar olduğuna ilişkin pozitivist yaklaşımı ortaya koymaktadır. Ayrıca Carnap (1928)'ın "*Der logische Aufbau der Welt"* ; *Dünyanın Mantıksal Yapısı,* ifadesinde kendini bulan ve teorilerin dünyayı tanımlayan sistemler olduğunu görüşünü öne çıkarmaktadır. Bu görüşte karışalım kuralları önemli bir yere sahip olduğu görülmektedir. Teorilerinin açıklama ve öndeyide bulunma sürecinde önermeler arasındaki ilişkileri belirleyen başka bir ifade ile teorinin akisyomatik bir sistem olmasını sağlayan karşılım kuralarını merkeze alan bu yaklaşım, uygun bir tanımlama ile; teorilere formel yaklaşım veya sentaktik görüş olarak ifade edilmektedir (Mattingly, 2005; Craver, 2001). Ancak matematik teorileri için çoğu kez sorun teşkil etmeyen bu yaklaşım, bilimsel teorilerde teori ve gerçek dünya (kuram ve

olgu) arasındaki ilişki bağlamında epistemolojik ve metodolojik açıdan problemli kabul edilmektedir (Moulines, 2010).

Model olarak teoriler. Teorilerin yapısında ilişkin diğer yaklaşım ise teorileri soyut veya idealize edilmiş bir sistemi tanımlayan ve bu tanımlamalarla oluşturduğu modelleri gerçek dünyayı kontrol ve tahmin etmede kullanan yapılar olarak gören yaklaşımdır (Craver, 2001). Yukarıda ifade edilen formel yaklaşım veya sentaktik görüşte farklı olarak, semantik veya model yaklaşım olarak ifade edilen bu görüş (Mattingly, 2005; Craver, 2001), aksiyomatik bir sistem anlayışını ve bu çerçevede karşılaşım kurallarını kabul etmez. Suppe ve van Fraassen gibi tanınmış felsefecilerin görüşleri ile şekillenen bu yaklaşımda; teoriler belirli bir olgu sınıfı ve bunlar arasındaki ilişkileri açıklarken, tüm sınıfın üyeleri ile ilgili benzer olan bir sistem ortaya kor (Mattingly, 2005). Bu süreç şu şekilde ifade edilebilir (Craver, 2001); teoriler soyut veya idealize bir sistemi belirtir veya tanımlar, modeller ise bu tanımlama ve belirlemelere uyun olan yapılandırılır(bu ideal veya soyut sistemin kendisi bu teorinin modeli haline gelir) böylece bu modeller gerçek sisteme az ya da çok benzerler ve bu şekilde modeller gerçek sistemi kontrol ve tahminde kullanılırlar. Bu nedenle teoriler aksiyomatize edilmeksizin veya belirli önermelere ayrılmaksızın ortaya koydukları modeller üzerinden dilsel olarak tanımlanabilir (Suppe,1989, akt. Mattingly, 2005)

Bu iki yaklaşım arasındaki belki de en büyük fark, teorinin anlamsız veya mantıkdışı terimleri (vocabulary) olarak ifade edilen (Schaffner, 1969) ve bazı kuramsal kavramları ifade eden terimleri ile emprik terimler arasındaki ilişkinin sağlanma sürecidir. Bu anlamsız terimler yaklaşıma bağlı olarak ya teoriden bir model oluşturmaya veya tümdengelimsel bir açıklama yapmada kullanılan terimlerdir. İlk yaklaşım olan formal yaklaşımda bu terimlerden ve bunları tanımlayan temel ilkelerden tümdengelimsel bir açıklamayı karşılaşım kuralları olarak ifade edilen önermeler sağlar (Lutz, 2009). Olgu ve kuram arasındaki ilişkiyi açıklayan bu süreç ikinci yaklaşım olan model yaklaşıma göre teorinin semantik kavramları ve bunların idealize edilmiş ve soyutlanmış tanımları ile sağlanır (Mattingly, 2005; Craver, 2001). Bu nedenle bu kurallara semantik veya işlemsel tanımlar/kurallar olarak da ifade edilmektedir (Yıldırım, 1985). Bunlar teorinin bir model ortaya koyması için gereklidir.

Bu iki yaklaşım arasındaki fark basit bir örnekle kısaca şöyle açıklanabilir. Örneğin; VBT'de *hibritleşme* terimi anlamsız bir terim olarak ortaya konmasına rağmen, teorinin semantik bir kavramıdır. Bu terimin teoride ne anlama geldiğine ilişkin idealize edilmiş semantik tanımlaması, teorinin bir bileşik sınıfına ilişkin bir model ortaya koymasında kullanılır. Başka bir ifade ile ilgili olguları açıklamak için gereklidir. Formal yaklaşıma göre ise hibritleşme terimi ve teoriden tümdengelim yapmada gereklidir. Bu terim ve buna ilişkin tanımlama postulat olarak ele alınarak, hibirtleşmenin molekül geometrisindeki etkisi ve bunun dolaylı gözlemine ilişkin bağlantı kuran karşılaşım kuralları ile test edilebilir veya doğrulanabilir bir hipotez üretmek mümkündür.

Bu genel çerçeveden bakıldığında model yaklaşımın; teorilerin hipotetik ve kurgusal unsurlar içerdiği noktasında, teorilerin belirli sınırları olduğu noktasında, teorilerin nesnel dünyanın tanımlayan bilgilerden ziyade her zaman yanlışlanmaya açık nitelikte modeller ortaya koyduğu noktasında, teorik açıklamaların gerçeği yansıtmak yerine anlamaya çalışmada birer araçlar olduğu noktasında vb. birçok açıdan günümüz bilim anlayışına daha uygun görülmektedir.

Teorilere yapısına ilişkin bu açıklamalardan sonra özellikle model yaklaşım dikkate alınarak teorilerin bilimsel bilgi üretiminde ve bilimsel söylemlerdeki durumu hakkında daha açık ortaya konabilir.

Bulma Bağlamında teoriler. Bir teorilerin bulma bağlamındaki durumu ortaya koydukları modelleri tanımlayan, kuramsal kavramlar ve bunlara yönelik idealize edilmiş tanımlamalar gibi bilgilerin bulma bağlamı ile birlikte düşünülebilir. Bu açıdan bakıldığında teorilerin nasıl elde edildiğine ilişkin, diğer bilgi türlerinde olduğu gibi temelde iki klasik görüş vardır; bunlardan ilki teorilerin *buluş* olarak kabul eder. Eprizim temelli bu görüşe göre teoriler, olguların gözlemlenmesi ile daha çok tümevarımsal bir yolla elde edilebilir. Diğer bir görüş ise rasyonalist çizgide, teorilerin deney ve gözleme doğrudan bağı olmayan bir süreçle zihinsel olarak üretildiği, başka bir ifade ile *icat* olduğu görüşüdür. Ancak teorilerin, bilgisel içerikleri incelendiğinde bu iki görüşü de tam olarak yansıttığı söylenemez. Teoriler, doğrudan olgusal karşılığı olmayan birçok kavram ve terimler içerirler, ancak bu kavram ve terimleri yardımı ile

gözlemlenebilir olgusal değişimlere, mantıklı ve tutarlı ancak emprik sınanabilir açıklamalar getirirler ve onlara yönelik ön deyide bulunurlar (Yıldırım, 1985). Öte yandan aynı olgu sınıfını açıklamaya yönelik farklı teorilere de vardır. O halde gelinen noktada, teoriye ne tam anlamı ile buluş ne de tam anlamı ile icat demek mümkündür. Kimilerine gör teorilerin buluş, kimilerine göre de icat yönü ağır basmaktadır. Bu iki farklı görüşü kişisel anlamda tercih eden tanınmış bilim insanları da vardır. Bunlardan *"...hipotez kurmam(uydurmam)...(Hypoteses non fingo)"* diyen Newton birinci görüşün (Lecourt, 2001/2006: 25), *"...imgelem bilgiden önemlidir(...I think is(imagination) more important than knowledge..)"* diyen Einstein (Viereck, 1926: 17), ikinci görüşünün uç noktalarına yakın durmaktadır. Günümüzde ise, teorilerin model yaklaşım çerçevesinde araçsallığı noktasında yaygın olan anlayış, *icat* kabulünü yansıtmakta ve pragmatik bir eğilimin kabul edildiğini göstermektedir. Ancak özellikle fizik bilimi çerçevesinde *buluş* görüşünü yansıtarak evrendeki her olguyu açıklayan indirgemeci formel yaklaşıma (Craver, 2001) daha yakın bir teori (theory of everything) beklentisi de söz konudur. Ancak bu yaklaşımların hiç birisi teorilerin bulma bağlamının mantıksal yapısı hakkında belirli bir yöntem ortaya koymamaktadır. Teorilerin tümevarımsal süreçlerle bir buluş olarak ortaya çıktığı görüşü emprizim temelinde klasik poztivimin bir argümanı olarak kalmıştır. Nitekim, bu noktada Popper'ın çizgisinde, teorilerin nasıl bulunduğunun bilim açısından önemi olmadığını, bilimsel etkinliklerin bir şeklide bulunmuş teorilerin sınanması ile başladığı görüşü daha kabul edilen bir yaklaşım olasına rağmen, Peirce, çizgisinde teorilerin bulma bağlamının önemine dikkat çeken ve hipotezlerde olduğu gibi teorilerinde retrodüktif bir süreç ile üretildiğini savunan bir görüşten bahsetmek mümkündür.

Doğrulama bağlamında teoriler. Bilim için önemli olan her hangi bir şekilde elde edilmiş bir teorinin ne anlama geldiğidir. Suppe (1989,akt. Mattingly, 2005)'e göre teoriler belirli bir olgu sınıfına ilişkin betimleme, ön deyide bulunma ve olası açıklamalar getirme görevi üstlenir. Bu açıdan elde bulunan bir teoriye ilişkin doğrulama bağlamındaki yaklaşımlar bilimsel faaliyetlerin önemli bir bölümünü oluşturur. Felsefi tartışmalarda bu bağlama yönelik olarak son yıllarda daha çok bir teorinin özellikle ön deyide bulunma gücü ve kapasitesi üzerinde yoğunlaşmıştır (Mattingly, 2005).

Bir teorinin doğrulama veya eldeki bir teoriden bilgi üretimi adına nasıl faydalanılacağı ve bu sürecin hangi akıl yürütmelerle yapılması gerektiği öncelikle teorilerin genel yapısına ilişkin yaklaşıma az ya da çok bağlıdır. Yukarıda ifade edildiği üzere teorilerin yapısına ilişkin iki yaklaşımdan semantik veya model yaklaşım daha uygun görünmektedir. Bu açıdan model yaklaşımda semantik tanımlar veya işlevsel tanımlar olarak kabul edilen ve formel yaklaşımda karşılaşım kuralı olarak ifade edilen bilgilerin önemi üzerinden teorilerin doğrulama bağlamındaki durumu ele alınabilir.

Bilimde *işlemselcilik* olarak bilinen felsefi yaklaşımda kuramsal önermelerde, deney ve gözleme elveren somut karşılığı olmayan karmaşık, genel veya soyut içerikli kavramların, gözlemlenebilir veya ölçülebilir somut içerikli kavramlara dönüştürülmesi gerektiğini savunur. Kavramlara getirilen bu tür tanımlara işlemsel tanımlar denir (Demir, 2000). Nitekim teorilerde olgu ve kuram ilişkisini kuran bu tanımlardır.

Bu ilişki daha önce verilen bir örnek üzerinden ilişki açıklanabilir; *elektronegatiflik* kuramsal bir terim olarak ele alındığında bu terimi ortaya koyan veya kullanan teoriye göre, örneğin*; tuzun suda çözüne bilirliği* olgusunun açıklanmaya çalışıldığını düşünelim. Bu açıklama için emprik olarak tanınan bir terime ihtiyaç vardır. Örneğin, *polarlık*. Bu terim ile daha kuramsal olan elektronegatiflik terimine bir tanımlama getirildiğinde işlemsel veya semantik bir tanım veya kural ortaya konmuş demektir. Bu idealize edilmiş tanımda işlemsel anlama kavuşan elektronegatiflik, *çözünürlük* gibi daha emprik bir terimle olguya ilişkin bir model kurmada kullanılabilir bir açıklama ile daha üst seviye bir işlemsel anlama kavuşur. Burada ifade edilen açıklama test edilebilir açıklayıcı hipotez veya yasa niteliği olan bir bilgi olabilir. İşlevsel tanımlamalarda kast edilen kuramsal kavramın tam olarak olgusal karşılığını vermek değildir. Örneğin kuramsal olan *eletronegatiflik farkı* terimi, *polarlık,* bu ise daha emprik olan *çözünebilirlik* terimi yerine her zaman kullanılamaz. Tam bir tanımlama söz konusu değildir. Kullanılan bağlama bağlı olarak örneğin, *sudaki çözünebilirlik* olarak ölçülebilir sadece bir karşılık sağlar. Bir kuramsal kavramı temsil eden terimin bu açıdan birden fazla işlemsel anlamı olabilir. Yani *polarlık* kavramı farklı işlemsel tanımlamalar ile verilebilir. Örneğin, *maddenin taneciklerinin polarlığı ile kaynama noktası arasında ilişki kuran bir işlemsel tanımlama da verilebilir.* Dolayısı

işlemsel anlam, söz konusu *kavramın teori çerçevesinde veya ortaya koyduğu model çerçevesinde idealize edilmiş nesnel kullanılma koşullarını da belirtir*.

İşlemsel tanımlara uygun olmayan kavramlarla üretilen hipotezler veya ön deyiler söz konusu teoriye ait çıkarımlar olarak da kabul edilemezler. Örneğin; *kimyasal bağı, elektronlar arasında değil de protonlar arasındaki bir etkileşimden oluştuğuna ilişkin bir çıkarımın kimyada her hangi bir bağlanma teorisi ile ilişkisi söz konusu değildir.* Temel alınmayan bir teori de olmadığı için test edilmesi de mantıksal olarak mümkün değildir. Benzer bir şekilde işlemsel tanımlar olmadan teorilerin test edilemeyen veya doğrulanamayan spekülasyonlar haline gelmesi mümkündür. Çünkü teori çerçevesinde kullanılan bir kuramsal terimle ne kast edildiğinin bilinmesi önemlidir. Bu sağlanmadığı takdirde söz konusu terime öznel epistemolojik yüklemeler yapılabilir. Örneğin; atomun yapısında ilişkin çekirdek ve elektronlar arasındaki etkileşimi açıklamada kullanılan *etkin çekirdek yükü* ile fizikte elektrostatik çekimde ifade edilen *elektriksel yük* eşdeğer kabul edilmesi veya o şekilde bir işlemsel tanım yapılması, bu noktada teoriden olgusal karşılığı olmayan bilgilerin üretilmesine sebep olabilir. Esasen Popper'in ortaya koyduğu yanlışlamacılıkdaki önemli noktalardan birisi burasıdır. İşlemsel tanımlamalar ifade edilen terimin hangi epistemolojik sınırlar içerisinde ve ne anlamda kullanılması gerektiğini ifade etmesi bakımından aynı zamanda teorinin o noktadaki sınırlarını da ortaya kor. Başka bir ifade ile teoride ifade edilen bir terimin nerede ne anlama gelmesi gerektiğini ifade eder.

Yukarıda ifade edildiği gibi teorilerin doğrulama bağlamının bazı hipotezler veya öndeyilerde bulunma sürecinde işlemsel tanımların önemli bir yeri vardır. Esasen kimyanın epistemolojik indirmeciliği temelinde tartışılan konulardan birisi, kimya ve fiziğin ait teorilerden bu işlemsel önermelerin (formel yaklaşımda karşılaşım kuralları veya köprü kuralları olarak ifade edilir) aynı olanların birbirine indirgenip indirgenemeyeceği noktasındadır (Scerri, 2007b). İndirgemeci görüş, bir kimya teorisi ile elde edilebilecek ön deyilere ile aynı işlemsel önermelere sahip bir fizik teorisinden yola çıkarak da tümdengelimsel olarak ulaşılabilir olduğunu savunmaktadır. Ancak bu işlemsel tanımların epistemolojik olarak aynı olduğu kabul edilirse mümkünüdür.

Bu genel çerçeveden bakıldığında, işlemsel anlamları ifade eden işlemsel önermeler, esasen teorinin kavramsal boyutu ile açıklamaya çalıştığı genel olguları

arasındaki bağlantıyı kurmada veya bir model ortaya koymada gereklidir. İşlemsel önermeler olmadan teorinin üretme ve açıklama gücüde olmaz. Esasen bir teoriyi doğrulama bağlamı çerçevesinde bilgi üretiminde, teorinin kuramsal bilgilerini belirleyen işlemsel anlamlara bağlı olarak hipotetik- dedüktif bir süreçle olguları açıklayan bir model ortaya koyma veya bazı test edilebilir nitelikte bilgiler öne sürme ile kullanılması gerektiği ortaya görülmektedir. Aksi halde doğrudan teorinin temel ilkelerinden yapılan salt tümdengelimsel bir çıkarım söz konusu değildir.

Bilimsel söylemlerde teorilerin yeri. Yukarıda verilen açıklamalardan anlaşılan teorilerin hipotez veya yasa gibi bir veya birkaç önermeye indirgenebilecek bir özellikleri söz konusu değildir. Bu nedenle teorilere bilimsel söylemlerde uygun bir yer tespiti yapısı ile yakından ilişkilidir. Bilimde temel işlevine yönelik olarak ana hatlarını Popper'in çizdiği, teorilerin nasıl bulunduğundan çok onlardan yanlışlanması çerçevesinde olguları açıklayıcı bilgiler üretmenin ve bunları test etmenin önemine vurgu yapan görüş bu konuda da bir çıkış noktası vermektedir. Bu görüşte temelde akıl yürütme yöntemi olarak hipotetik-deüktif süreci kabul eder. Bu nedenle teoriler açısından *bilimin doğrulama bağlamı* önemlidir. Bu bağlamda, gerek yüksek geçerli yasalar gerekse, açıklayıcı hipotezler elde etmek mümkündür. Ancak bu açıklama türleri tek başına çoğu kez, olguların; *neden?* ve *niçin?'* e ilişkin açıklayıcı bilgileri vermekte yetersizdir. Derinlemesine açıklamalar ve daha da önemlisi ön deyilerde bulunmak için teorilere ihtiyaç vardır. Kısaca; teoriler, bilimsel söylemi oluşturan diğer bilgi türlerinin üretilebileceği sistemler olarak görülebilir. Teorilere ilişkin yakın zamanda yapılan tartışmalar teorilerin pragmatist bir çerçevede ele alınması gerektiğini ortaya koymuştur. Özellikle bilimsel bilgi üretiminde teorilerin hiçbir şekilde *sorunsuz bir arka plan bilgisi* (Demir, 2000) gibi algılanmaması gerektiği ortaya çıkmıştır. Özellikle Kuhn,'un ortaya koyduğu paradigmal değişim sürecinde teorilerin etkisi büyüktür. Hiçbir teori kesin bilgi değildir. Bu açıdan özellikle bilgi üretimin rasyonel boyutunda, üretilen bilgilerin dayandırıldığı teorilerin değişebilirliğini de göz önünde tutmak önemlidir. Nitekim özellikle kimyada bu durum daha net ortaya çıkmaktadır. Çünkü kimya olguları açıklamada birden fazla teoriyi işe yararlılığı ve uygunluğu noktasında yerine göre kullanır.

2.4. Kimya Felsefesi ve Kimyanın Doğası

Bilim felsefesinin en fazla etkilendiği bilim dalı fiziktir. Bunun sebebinin bilimin fizikten ibaret olduğuna ilişkin eski ve geçersiz bir anlayış olduğunu söylemek mümkündür. Bu anlayış bilim felsefesinin ortaya çıkışında önemli bir yere sahip, matematikçi ve fizikçi olan R.Descartes'e kadar gider. Descartes, 1644 yılında yayınladığı *"Felsefenin Prensipleri"* adlı kitapta, tüm bilimleri; gövdesini fiziğin oluşturduğu bir ağaca benzetir (Lecourt, 2001/2006). Kimyanın bilim haline gelme sürecinde tam anlamı ile kimyaya ilişkin bir felsefeden bahsetmek mümkün değildir. Ancak özellikle Kant sonrasında mekanik felsefeye karşı gelişen diyalektik felsefe etkisinde ilk olarak Almanca eserlerde ifade edilen *Naturphilosophie*; Doğa felsefesi, çerçevesinde kimyaya ilişkin bazı felsefi yaklaşımlara rastlamak mümkündür (van Brakel, 2012; Schummer, 2004).

Biyoloji felsefesine nazaran daha genç sayılabilecek kimya felsefesi özellikle geçen yüz yılda 80'li yıllarda başlayarak gelişmiş, 90'lı yıllarda bir atılım içerisine girmiştir. Bu çerçevede kimya felsefesine yönelik uluslararası ilk kongre1994 yılında Londra'da düzenlenmiştir (Schummer, 2006b). Gelinen noktada ise kimya tarihi alanında çok sayıda çalışma olduğu halde kimya felsefesi alanında çalışmaların sayısının oldukça az olduğu söylenebilir (Bayrakçeken, 2011).

Genel anlamda felsefeye ilişkin net tanımlar yapmak oldukça zordur. Bu bağlamda kimya felsefesinin ne olduğunu bir çırpıda ortaya koymak mümkün değildir. Ancak genel bir fikir vermek adına kimya felsefesi şu şekilde tanımlanmaktadır (Hendry, Needham ve Woody, 2012: 3); "…Kimya felsefesi, kavramlar, teoriler, metotları ve bunlar arasındaki ilişkileri inceleyen… ve bunlara diğer bilimlerin kavram, teori ve metotlarının hangi yollar ile yansıdığını ele alan eleştirel, sistematik bir çalışmadır..."

Ayrıca kimya felsefesinin özelde bilim felsefesi ve genel anlamda ise felsefe çerçevesi içerisinde ilgili olduğu konular Schummer (2004) tarafından şu şekilde ifade edilmektedir; Felsefi mantık, Ontoloji, Epistemoloji, Metodoloji, Dil felsefesi ve semiyotik, Bilim teorisi, Doğa felsefesi, Literatür felsefesi, Etik ve Estetik. Felsefenin sağladığı esnek zeminde verilen bu konular oldukça geniş bir boyutlandırmayı

göstermektedir. Bunlardan doğrudan bilim felsefesi ile ilgili olan epistemolojik ve metodolojik konular kimyasal bilginin niteliğine ve onun elde ediliş sürecine ilişkindir. Bu çerçevede; kimyasal kavramların (kimyasal özellik; davranış; madde; kimyasal bağ vb.) epistemolojik özellikleri, kimyada deney, kimyasal açıklama, kimyasal yasa, teoriler ve teorilerden model oluşturmanın farklı türleri ve onların birbirleri ve teorilerle ilişkileri ve benzeri birçok konuya yönelik problemler ele alınmaktadır (Örn. Weisberg, 2012; Hendry, 2012; Hunger, 2006; Schummer, 1998). Örneğin; periyodik sistemin, periyodik yasa veya bir fizik teorisi olarak atomun kuantum modeli ile ilişkileri bu çerçevede ele alınır. Ontolojik konular ise, kimyasal kavramların ontolojik özellikleri, kimyasal tür, kimyasal sınıflandırma, bunlar arasındaki hiyerarşik ilişkilere yönelik problemler ele alınmaktadır. Örneğin; elementler arasındaki benzerlik ve gruplandırma ölçütleri bu çerçevede ele alınır (Örn. Woody, 2012; Weisberg, 2006; Bhushan, 2006). Kimyanın çok fazla sayıdaki madde türü için sınıflandırmaları olan bir bilim olarak diğer fen bilimlerinden oldukça farklı bir noktada olması ontolojik konuların önemini göstermektedir (Schummer, 2004).

Kimya felsefesinde esasen epistemoloji ve ontoloji ile yakın ilişkili olarak felsefi mantık ve dil felsefesi de önemli bir yere sahiptir. Felsefi mantık formel veya sembolik mantıktan farklı olarak soyut kavramları, tanımladıkları olgularla ilişkisi üzerinden ele alır (Schummer, 2004); örneğin, kimyasal özellik kavramını, farklı iki madde arasındaki dinamik ve bağlamsal çok değerli bir ilişki (*A, belirli koşullar altında B ile C ve D oluşturma özelliği vardır,* gibi) ve ayrıca tamamen farklı olan klasik özellikleri ile birlikte, tanımlar. Felsefi mantıkta ayrıca, kimyanın temel kavramlarının ve onlardan türetilen üst seviye kavramlara, kategorilere ve kimyasal teorilere geçişin ve diğer bilimsel teorilerle ilişkisinin mantığı incelenmektedir(Örn. Sutcliffe and Woolley, 2012; Needham, 2012; Schummer, 1996).

Kimya felsefesinin kimyanın doğası ile yakın bir ilişkisi vardır. "Kimyanın doğası" ile genellikle kimyanın kökeninde yer alan değer ve inançlar, bilgi üretim süreçleri, gelişimi ve bu bilgilerin niteliği kastedilmektedir. Kimyanın doğasına yönelik bilgiler önemli ölçüde kimyanın tarihine ve felsefesine dayandırılmaktadır. Kimyanın doğasının anlaşılabilmesi için kimyanın felsefesine yönelik olarak, daha fazla çalışmaya ihtiyaç olduğu ifade edilmektedir (Bayrakçeken, 2011). Özellikle fen eğitimi alanında

öne çıkan bilimin doğası anlayışlarının alana özgü bir temelde ele alınması gerektiği vurgulanmakta ve bu nedenle kimyanın doğasını oluşturan tarihsel ve felsefi boyutlarına ilişkin araştırmaların kimya eğitimine yansıtılması gereği ifade edilmektedir (Erduran, 2001, 2005, 2007; Erduran ve diğ, 2007; Scerri, 2001; Erduran and Scerri, 2002). Ancak genel anlamda kimya felsefesinin kimya öğretimi ile ilişkisi noktasında çalışma sayısının çok az olduğunu söylemek mümkündür.

Kimya felsefesinin açılımlarının kimya eğitimine büyük katkıları olabileceği ifade edilmektedir (Scerri, 2001). Bu bağlamda kimya felsefesinde diğer birçok konunun doğrudan veya dolaylı olarak ilişkilendirildiği önemli bir probleme değinmek mümkündür. Bu problem kimyanın fiziğe indirgenip indirgenmeyeceği problemidir.

2.4.1. İndirgemecilik ve Kimyasal Bilgi

İndirgemecilik kavramı felsefede geniş bir kullanım alanına sahiptir (Cevizci, 2011). Kavramın genel bir tanımını, ilk felsefe alanı olan ontoloji çerçevesinde mereolojik bağlamda yapmak mümkündür. İndirgemecilik (reductionism); bir bütün parçaların, toplamından ibarettir, parçanın özellikleri ve davranışlarından bütün hakkında kesin ve açıklayıcı bilgilere ulaşılabilir, düşüncesine dayanan felsefi bir yaklaşımdır. Bilimde sistem düşüncesinin ortaya çıkmasında etkili olan emergentismin karşısında yer alır. İndirgemeciliğe karşın emergentisme göre, parçaların birleşmesi ve bir bütün oluşturmasında yeni özellik ve davranışlar oluşur (Kim, 2006; Nida-Rumëlin, 2007; Lewis, 1991).

İndirgemeciliğin temelde pozitivizmin doğa görüşü ile ilgili olduğu kabul edilmektedir. Bu nedenle pozitivizmin dayanaklarından determinizm ve lineer mekanistik nedensellik ile yakın bir ilişkisi vardır. Determinizme göre evrendeki tüm olaylar nedensellik ilkesine dayalı olarak nesnel gerçeklikler şeklinde meydana gelir (Cevizci, 2011). Deterministik görüşün indirgemecilik ile ilişkisi şu şekilde özetlenebilir; evrende gerçekleşen olayların temelinde yatan nedenler fizik yasalarınca belirlenir ve bu yasalar her yeri kapsamaktadır. O halde bir sistemin parçalarının davranışlarını belirleyen nedenler sistemin tamamı için de geçerlidir. Parça çok iyi bilinirse bütün de bilinebilir veya parçanın özellikleri bütüne genellenebilir. Fen bilimleri açısından

Newton mekaniğinin desteklediği bu görüş gözlemlenebilir olgulara ilişkindir. Pozitivizm çerçevesindeki indirgemecilik kuantum mekaniğinin gelişimden sonra yapı değiştirmiştir denilebilir. Pozitivizm duyu verilerinden kaynaklanmayan bir bilgiyi kabul etmez (Demir, 2000). Bu açıdan klasik indirgemecilik, gözlemlenenden gözlemlenemeyen evrene açıklama yapar. Ancak kuantum mekaniğinden sonra bu durum tersine dönmüştür. Maddenin gözlemlenemeyen yapıtaşlarından, gözlemlenen bütünü hakkında açıklama söz konusudur (Scerri, 2007b).

Schummer (2004: 3)'e göre kimya felsefesinde indirgemeciliğin fizik çerçevesinde ele alınmasındaki temel neden modern fiziğin ortaya çıkmasına kadar kimyayı da içeren doğa bilimleri ve ya doğa felsefesinin fizik olarak anlaşılmasından veya kabul edilmesinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca modern fiziğin gelişiminde sonra ise kimyasal değişimlerin temelinde yatan kimyasal bağlanma gibi olgulara getirilen kuantum mekaniksel açıklamaların başarısı kimya açısından indirgemeciliğin daha çok kuantum mekaniği üzerinden tartışılmasına sebep olmuştur (Scerri, 1994, 2007b). Bu çerçevede indirgemeciliğin kimya felsefesinde şu üç boyutta ele alındığı görülmektedir; epistemolojik, ontolojik ve metodolojik indirgemeciliktir (Schummer, 2006a). Bu boyutlara ilişkin görüşleri şu şekilde özetlemek mümkündür; *Ontolojik görüş;* kuantum mekaniğin ortaya koyduğu dağa yasaları aynı zamanda kimyasal olaylarında temelinde olan yasalardır. *Epistemolojik açıdan*; kimyasal olayları açıklayan teoriler, kanunlar veya temel kavramlar daha temel ve kapsayıcı bir teori olan kuantum mekaniğine indirgenebilir. *Metodolojik açıdan* ise; kimyasal olayları incelemede kuantum mekaniksel metotlar iyi çalışmaktadır. Dolayısıyla kuantum mekaniksel yöntemlerle kimya hakkında bilgi elde edilebilir.

Ontolojik görüşün, özellikle atom altına yönelik olarak Kuantum mekaniğinin Kophenhang yorumunun ortaya koyduğu indeterminist yapı çerçevesinde; Schrödinger denklemi, elektronun ikili doğası ve Heisenberg belirsizlik ilkesi gibi olgular ile eleştirilere uğradığı görülmektedir (Scerri, 1991, 1994). Çünkü indeterminist (şimdilik geçici bir durum olduğu kabul edilse bile) bir ontolojiden elde edilen verilerden determinist bir ontolojiye ilişkin nasıl bilgi üretilir ve açıklanır? Sorusu halen üzerinde tartışılabilir bir sorudur. Başka bir ifade ile maddenin kimyasal davranışlarını belirleyen şey esasen fiziksel kuvvetler midir? Parçaçık davranışını belirleyen doğa yasaları yığın

davranışlarını da belirler mi? Bu gibi soruların ontolojik indirgemecilikte ele alındığı görülmektedir. Teorik bağlamdan ayrı olarak kimyasal fenomenlerin temelde fiziksel fenomenlerden başka bir şey olmadığı noktasında bir ontolojik görüş genel anlamda kimya felsefecileri arasında çok fazla tartışılan bir konu değildir, kimya felsefecilerinin bir kısmı kimyanın fizikten doğan bir bilim olmadığını, ancak fiziğe ontolojik olarak indirgenebileceğini düşünmektedir (Scerri, 2007b; Schummer, 2006a).

Kimya felsefecileri konuyu daha çok epistemolojik zemininde tartışmaktadır. Epistemolojik açıdan tartışılan indirgemeci yaklaşımlar şu şekilde özetlenebilir (Scerri, 1994, 1991, 2007b; Hendry, 2012, 2006)

- *Heterojen interteorik indirgeme;* Aynı tanımlayıcı terimler (soyut kuramsal terimleri) içeren farklı disiplinlere ait teoriler arasında terimler çerçevesinde köprü yasalar (veya analitik eşitlikler/karşılaşım kuralları) kurulmalıdır. Örneğin; Termodinamik ve istatistiksel mekaniğin ortak kullandığı *sıcaklık* kavramı gibi.
- *Homojen interteorik indirgeme*; Aynı fenomen alanına ilişkin teorilerden yeni teori eski teorinin tanımlayıcı terimlerini (soyut kuramsal terimlerini) içermelidir. Örneğin; Farklı asit ve baz teorilerindeki asit ve baz kavramları gibi.
- *Mikroredüksiyon*; Bir fenomen alanına ait farkı veya aynı alanlara ilişkin teorilerden daha kapsamlı ve detaylı olandan diğeri tümdengelimsel olarak elde edilebilir. Örneğin; Molekül kimyası, kuantum mekaniğine indirgenebilir.

Klasik indirgeme yaklaşımları olarak kabul gören bu indirgemelerden ilk ikisi mantıkçı pozitivst gelenek içerinde değerlendirilen E.Nagel görüşlerine dayandırılmakta ve Nagel'in bilimsel açıklama modeli olarak da ifade edilmektedir. Diğeri ise Oppenheim- Putnam modeli olarak ifade edilmektedir. Genel anlamda bu yaklaşımlara göre, daha kapsamlı bir teori diğerinin yerini alır, eski veya daha az kapsamlı bir teorini yasaları daha geniş ve yeni teori tarafından düzenlenebilir. Bu noktada daha da önemlisi bilimsel açıklamalarda teoriler arası bu ilişkiler dikkate alınarak söylemler geliştirilebilir.

Kimya için yukarıda verilen epistemolojik modellerin yetersiz olduğu söylemek mümkündür. Örneğin asit baz teorileri düşünüldüğünde ne tam olarak interteorik veya mikro indirgemeye uygun bir yapı söz konudur. Özellikle Feyerabend (1975/1991a) ve Kuhn (1962/1991) gibi filozofların teorilerin birbirlerinin yerini almaları noktasında ciddi eleştirileri vardır. Yine ortak tanımlayıcı terimler bağlamında ise, kimi ortak kavramların fizikçi ve kimyacılar arasında farklı epistemolojik yüklemelere sahip olduğu söylenebilir. Örneğin elektron, orbital gibi kavramların kimyasal reaksiyon mekanizmaları ile kuantum elektrodinamiğindeki karşılığı aynı değildir (Scerri, 1994; Schummer, 2006a).

Esasen burada kast edilen terimler daha önce teorilerin yapılarına ilişkin yaklaşımlarda açıklanan anlamsız veya soyut kuramsal terimler olarak ifade edilen ve teoride işlemsel anlama kavuşan terimlerdir. Bu nedenle böylesi bir indirgemenin yapılması için söz konusu ortak terimlerin aynı işlemsel anlamda kullanılması veya ortak işlemsel bir tanıma sahip olması gerekir. Örneğin, kimyasal bağların temelde bir fiziksel etkileşim olarak açıklanabilmesi için; fiziksel etkileşim kavramı ile kimyasal bağ kavramı ortak işlemsel kavramlar içeren tanımlamalar verilmelidir. Burada fiziksel etkileşim eğer elektrostatik çekim kuvveti olarak açıklanıyorsa, indirgemenin olabilmesi için kimyasal bağın fizikteki elektrostatik çekim ile aynı şekilde oluştuğunun kimyasal açıdan kabul edilebilir olması gerekir.

Bu nedenle teorik indirgemeciliğin önündeki bunlar gibi; 1)epistemolojik sıkıntıların yanı sıra 2) matematiksel başarısızlıklar, 4) karmaşıklık ve 5) kavramsal uyumsuzluk gibi (Hendry, 2012) diğer problemlerden dolayı bilim felsefecilerinin epistemolojik indirgemeye karşı agnostik durmakla birlikte *metodolojik açıdan* kuantum mekaniksel bilgi edinme süreçlerini kimyasal bilgi edinmede önemli süreçler olarak kabul etmektedirler (Schummer, 2006a, 2006b).

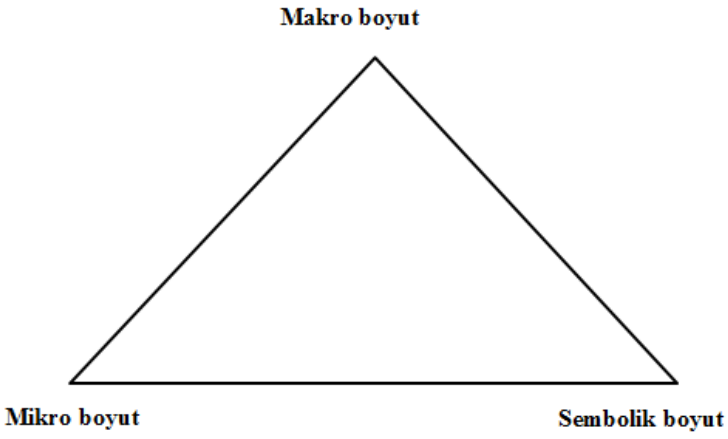
Bu çerçeveden bakıldığında ortaya çıkan bir durum; özellikle metodolojik açıdan genel kabul gören prensip *olarak* indirgemenin bilimsel açıklamalara nasıl yansıması gerektiğidir. Bu şekilde pragmatik açıdan bilimsel söylemleri oluşturan açıklamalarda, prensip olarak indirgemenin söz konusu olduğu iki yaklaşımdan bahsetmek mümkündür (Scerri, 2007a; Hendry, 2012); idealleştirme (idealisation) ve yaklaştırma (approximation). İdealleştirmeye ideal gaz kavramının oluşturulması örnek olarak

verilebilir. Yaklaştırmada ise elde bulunan ancak kısıtlı bir alanı olan bir modelin baz alınarak daha kompleks bir sürecin bu model çerçevesinde açıklanmaya çalışılmasıdır. Örneğin tek elektronlu bir sisteme uygulanan dalga fonksiyonunun baz alınarak çok elektronlu sistemlere getirilen açıklamalar bir yaklaştırmadır. Bu yaklaşımlar günümüzde sıkça kullanılmaktadır (Scerri, 1994, 1991).

İndirgemeciliğe genel çerçeveden bakıldığında epistemolojik açıdan bilimsel açıklamalara yansıyan indirgemelerin temelde, bütünü tanımlamak için, parçayı tanımlayan kuramsal bir bilginin tüm içerdiği kavramlarla birlikte kullanılabilir olduğu görüşüne dayandığı söylenebilir. Bu kuramsal bilgi akıl yürütme sürecinde tümdengelimsel çıkarımın öncül veya öncüllerini oluşturur. Örneğin; maddenin yığın davranışlarının atoma ilişkin bir bilgiden tümdengelimsel olarak çıkarılması gibi. Ancak bilimsel bir söylemin böylesi indirgemeler ile oluşturulması bilimsel bilginin epistemolojik niteliğine nasıl etki edeceğinin yeni bir tartışma konusu olduğunu söylemek mümkündür.

2.4.2. Kimya Eğitimi Açısından İndirgemecilik ve Akıl yürütmeler

Kimya üç boyutlu bir bilgi yapısına sahip olduğu kabul edilmektedir. Aşağıda verilen şekil, kimyayı anlama seviyeleri olarak üç boyut vermektedir (Johnstone, 1993). Bu seviyelere epistemolojik açıdan anlamlar yüklemek ve kimyanın bilgi yapısını bu seviyelerle ilişkilendirmek mümkündür.



Şekil 1.Kimyanın Bilgi Boyutları

Kimyanın bilgi içeriğini bu seviyelere bağlı olarak üç alana ayırmak mümkündür. Özellikle duyu verilerine imkân sağlayan makro boyutun düzenliliği ve belirliliği ile böyle bir özelliği olmayan mikro boyuta ilişkin bilgilerimiz arasında nasıl bir ilişki kurulacağı önemli bir problemdir. Kimya felsefesinde bu problemin *yukarıdan aşağıya nedensellik*, *emergence*, *supervenience problemi* vb. konular çerçevesinde ele alınan indirgemecilik gibi önemli bir tartışma alanı ile yakından ilişkili olduğu görülmektedir (Örn. Hendry, 2012, 2006; Needham, 2012; Scerri, 2007b).

Kimya eğitiminde de *üçlü ilişki* "triplet relationship" (Gibert ve Treagust, 2009: 6) olarak önemi vurgulanan bu seviyeler arasında ilişkide, özellikle makro ve mikro arasındaki ilişkinin sorunlu bir alan olduğu ifade edilmekle birlikte, bu sorunu gidermede kimyasal modellerin önemi ve etkinliği de vurgulanmaktadır (Örn. Erduran vd., 2007; Gilbert ve Treagust, 2009). Teorilere model ortaya koymada kullanılan bilgiler olarak bakan semantik veya model yaklaşım (Craver, 2011) dikkate alındığında; teorilerin özellikle bulma bağlamında olgulara açıklama getirmede kullanılan akıl yürütmelerin modeller ve özellikleri ile yakın ilişkisi ortaya çıkmaktadır. Diğer yandan kimya felsefesi açısından, modellerin parçacık boyutunu yansıtma derecesi veya bu modeller ile maddelerin yığın özelliklerine getirilecek açıklamalar düşünüldüğünde, parça bütün ilişkisi çerçevesinde ontolojik indirgeme gündeme gelirken, bu ilişkiyi açıklamada kullanılan teorik bilgilerin yapısı açısından da epistemolojik indirgeme ön plana çıkar. Kimya eğitimi açsından indirgemecilik kullanılan modeller ile birlikte parçacık boyutuna ilişkin tüm kimyasal açıklamalarda dikkate alınabilecek bir durumdur. Ayrıca kuramsal bilgi içeriğine sahip bilimsel açıklamalarda epistemolojik indirgemeciliğin de akıl yürüme yöntemlerinden özellikle tümdengelim ile olan yakın ilişkisi yakın ilişkisi vardır. Bu genel durum teorik bilgi-model- akıl yürütme-indirgeme arasında dörtlü ve interaktif bir ilişki olduğunu göstermektedir.

Bu açıdan sınıf ortamında yapılan özellikle teorik bilgiler çerçevesinde bilimsel söylemler kullanılan akıl yürütmeleri çerçevesinde ele alınırken üretilen bilgilerde yapılan epistemolojik indirgemeciliğin de göz önünde tutulması gerekir. Bu bilimin doğasına ilişkin anlayışlara ait genel zeminde, kimyanın doğasının anlaşılmasında ve bilimsel bilgi üretiminde bu doğayı dikkate alarak nasıl bir akıl yürütme yapılması

gerektiği noktasına farklı bir açıdan ışık tutabilir. Bu boyut çalışmanın genel çerçevesi açısından önemli noktalardan birisidir.

2.5. Periyodik Sistem ve Niteliği

Bu bölümde çalışmanın üzerinde yürütüldüğü konu olan ve kimyanın büyük fikri[2] tarihinin büyük fikri olarak ifade edilen periyodik sistem, çalışmanın genel yaklaşımına bağlı olarak ele alınacaktır. Bu amaçla tarihsel gelişim süreci, bu sürecin metodolojik özellikleri ve periyodik sistemin epistemolojik özelliklerindeki değişim ve günümüzdeki durumu kısaca irdelenecektir. Son olarak kimya öğretim programındaki durumuna ilişkin açıklamalar verilecektir.

2.5.1. Tarihsel Gelişimi

Periyodik sistemin ortaya çıkması, element kavramının tarihsel gelişimi ile birlikte düşünüldüğünde kimya tarihi kadar uzun bir süreçtir. Periyodik cetvelin bugünkü hale gelmesi şüphesiz sayısız bilim insanın doğrudan veya dolaylı olarak katkıları vardır. Bu sürecin bilimsel denilebilecek kısmı, elementler hakkında skolastik çağın getirdiği anlayışın dışına çıkan kimyacı R.Boyle 'un araştırmaları ile başladığı söylenebilir. Orijinal nüshası 1661'de yayımlanan *Şüpheci Kimyacı* (*Sceptical Chemist,* orijinal "Chymist"*)* kitabında, Boyle,(1661/2003: 12-29), elementlerin atom teorisini destekleyen deneysel bulgulara atıf yaparak günümüz element anlayışının ilk adımını atmıştır. Ardından, A.Lavoisier, H. Cavendish, J.Dalton gibi bilim insanlarının maddelerin yapı taşları üzerine yaptıkları çalışmalar sonucunda, element kavramı tamamen değişime uğramıştır. Özellikle ilk çağ atomcu felsefenin Dalton'un

[2] E.Scerri'in periyodik sistem üzerine yazdığı ve bir çok açıdan bir ilk niteliğinde olan, *The Periodic Table: Its Story and Its Significance*, adlı kitaba yönelik yazdığı incelemede M.Akeroyd başlık olarak bu terimi, *"Chemistry's Big Idea"* kullanmıştır (Akeroyd, 2008).

çalışmalarında bilimsel bir hal alması, element ve atom ilişkisini öne çıkarmıştır. Ardından J.J. Berzelius ve S.Cannizoro'un atom ağırlığı kavramına ilişkin açıklayıcı çalışmaları elementlerin atom ağrılıklarının karakteristik olduğunu ortaya koymuştur (Hall, 1968; Westfall, 2004; Ronan, 2005; Scerri; 2007a).

Element ve atom ilişkisi ile şekillenen yeni element kavramını gelişimine paralel olarak kimyacıların, elementleri sınıflandırmak amacıyla farklı girişimleri söz konusudur. Atom ağırlığına dayalı ilk girişim 1817 de, triadlar olarak üçlü element gruplarını ortaya koyan J.W.Döberiener'e aittir (Scerri; 2007a). Ancak asıl etkili gelişmeler, 1860 yılanda Karlsruhe'deki uluslararası kimya kongresinden sonra ortaya çıkmıştır (Hall, 1968; Brito, Rodrı´guez, ve Niaz, 2005). Özellikle İtalyan kimyacı, S.Cannizoro'nun kongrede atom ağırlıkları hakkındaki sunumu, o zaman 26 yaşında olan ve kongreye katılan Rus kimyacı D.İ. Mendeleev'i çok etkilemiştir. Kongre sonucunda vurgulanan, kimyanın temel kavramlarının tanımlanmasına yönelik genel bildiri sonrasında, elementlerin sınıflandırılmasına ilişkin hızlı bir gelişim sürecinde girildiği söylenebilir. Bu gelişim süreci kronolojik olarak tarafından şu şekilde özetlenebilir (Brito, 2005; Scerri, 2007a);

1. Elementlerin özelliklerinin atom kütleri ile ilişkisini ilk ortaya koyan kişi 1862 de, De Chancourtois dir. Sarmal bir grafik sistemi üzerinde yaptığı periyodik dizilişi sunmuştur.
2. Odling,1864 deki Karlsruhe kongresinde 57 elementi artan atom ağırlıklarına göre sırlamasını sunmuştur.
3. Meyer,,1864 deki Karlsruhe kongresinde bir ders kitabının bir parçası olarak hazırladığı bir dizi periyodik tabloyu sunmuştur (Meyer, tablosunu; atom teorisi, Avagoadro hipotezi üzerine kurmuştur.)
4. Newlands,1865 de, her dizi yedi elementten sonra tekrar elementlerin belirli özellikleri tekrarlamasına dayanan oktavlar yasasını ortaya atmıştır.
5. Hinrichs, 1866 yılında atomların spektral özelliklerine göre elementlerin periyodik bir ilişkisini sunmuştur.
6. Mendeleev, 17 Şubat 1869 tarihinde kendi periyodik sistemini geliştirdi. Çalışmasının ilk olarak bir Almanca özetini, ardından aynı yıl içinde Rusçasını yayımlamıştır.

Günümüzde periyodik sistem denildiğinde ilk akla gelen kişi Mendeleev olsa gerektir. Bunun ana sebebi ise, elementleri kütle numaralarına göre yaptığı sınıflamada henüz bulunmamış bazı elementlere ve onların bazı özelliklerine ilişkin ön deyilerinin büyük ölçüde gerçekleşmiş olması, diğer taraftan ortaya çıkardığı dizilişin genel yapısının bu günkü periyodik sistemin temelini oluşturmasıdır (Scerri, 2007a; Bensaude, 1986).

Mendeleev, zamanında elementlere ait bilgilerin ağırlıklı olarak makro boyuta ilişkin olduğu söylenebilir. Nitekim öngörülerde bulunduğu elementlerde belirlediği özelliklerden bu açıkça görülmektedir.

Tablo 2. Eka-Silisyum (Germanyum) un Mendeleev Tarafından Öngörülen ve Denysel Olarak Gözlemlenen Özelliklerinin Karşılaştırılması

Özellik	Eka-Silisyum (1871)	Germanyum (1886)
Bağıl atom kütlesi	72	72.32
Yoğunluk	5.5	5.47
Öz ısı	0.073	0.076
Renk	Koyu gri	Kirli beyaz
Dioksit bileşiğinin yoğunluğu	4.7	4.703
Tetraklorür bileşiğinin kaynama noktası	100 ^{0}C	86 ^{0}C
Tetraklorür bileşiğinin yoğunluğu	1.9	1.887

(Scerri,2007a:139)

Mendeleev'in elementlerin periyodik sistemine ilişkin görüşlerini toplu hale şu şekilde özetlemek mümkündür (Scerri, 2007a; Bensaude, 1986; Brito, 2005);

1. Elementler, atom ağırlıklarına göre düzenlendiğinde, özellikleri belirgin bir periyodiklik sergilerler.
2. Atom ağırlığı birbirine yakın elementler (Osmiyum, Platin ve İridyum gibi.) veya düzenli artış gösteren elementler (Potasyum, Rubidyum ve Sezyum gibi.) kimyasal özellikleri bakımından benzerdirler.

3. Elementlerin atom ağırlıklarına göre düzenlemesi veya grupları; valanslarına, yanı sıra da bir ölçüde diğer gruplardan bariz olarak farklı olan ayırt edici kimyasal özelliklerine karşılık gelir.
4. *Bir molekülün büyüklüğü bileşiğin karakterini belirlediği gibi, atom ağırlığının büyüklüğü elementin karakterini belirler.*
5. Henüz bilinmeyen birçok elementlerin keşfini beklemek gerekir, örneğin ,alüminyum ve silisyumun benzeri olan ve atom ağırlığı 65 ve 71 arasında olması gereken element gibi.
6. Bir elemanın atom ağırlığı bazen bitişişindeki elementlere göre düzeltilebilir. Böylece, tellürün atom ağırlığı123 ve 126 arasında olmalı ve 128 olamaz.
7. Elementlerin belirli karakteristik özellikleri hakkında atom ağırlıkları önceden bilgi verebilir.

Mendeleev, kendi oluşturduğu periyodik sistemin temelde bir yasaya dayandığını ifade etmiştir. Mendeleev, periyodik yasayı tam olarak şu şekilde ifade edilmiştir (Mendeleev, 1879: 267); *"Basit cisimlerin özellikleri, bunların birleşimlerinin özelliklerini belirlerse, bu kural atomlarda da geçerlidir. Elementlerin özellikleri de onları oluşturan atomların kütlelerinin periyodik bir fonksiyonudur"*

Mendeleev'den sonra, atom ve yapısına ilişkin çok büyük gelişmeler gözlenmiştir. Rutherford, Bohr ve kuantum teorisine göre geliştirilen modeller, atomun yapısının, Dalton'un tasvirinden çok daha karmaşık olduğunun ortaya koymuştur. Özellikle atom numaralarının belirlenmesi periyodik sistemin bugünkü şeklini almasında en büyük etkendir. Bu süreçte önemli adımlardan birisi çekirdek yükünün keşfinden sonra Van den Broek'ın, çekirdek yükü, atom kütlesi ve elementlerin periyodik sistemdeki sırlanmasında aldıkları numaralar arasındaki ilişki çerçevesinde *atom numarası* kavramını ortaya atmasıdır. Van den Broek, atom numarasının (periyodik sistemde bir periyotta elementin aldığı sıra numarasını kastederek) yaklaşık olarak atom kütlesinin yarısına denk gelen çekirdek yüküne yakınlığından ($Z \approx A/2$ = atom numarası) yola çıkarak, Mendeleev'in periyodik sistemi için bu sayının daha uygun olabileceğini ilk vurgulayan kişidir (Scerri, 2007a: 169). X-ışınlarının bulunması sonrasında, elementlerin, X ışınları spektrumlarının karakteristik olduğu bulunmuştur.

Mosoley' ilk olarak bilinen spektrumları inceldiğinde elementlerin kütlerinin artığı yönde frekans değerinin arttığını gözlemlemiş ve bir dizi deneyin ardından periyodik sistemdeki elementlerin X-ışınları spektrumları ile çekirdek yükleri arasında bir ilişki bulmuş ve bunları formülleştirmiştir. Bulduğu formülden hareketle elementler arasında ardışık bir tam sayı elde etmiştir. Bu sayının (Z), çekirdek yüküne veya atom numarası karşılık geldiğini ifade etmesinin ardından, elementlerin kütleleri yerine bu sayılara göre periyodik sisteme yerleşilmesi fikri gündeme gelmiştir(s.173). Bu fikir sonucu günümüzdeki sistem büyük ölçüde oluşmuştur. Bu arada Mendeleev'in ifade ettiği yasa ve içeriği de değişmiş periyodikliğin nedenin atom numaralarından kaynaklandığına ilişkin genel bir kanı oluşmuş ve bu çerçevede atom numaralarına dayalı ilk periyodik tablo Ladenburg tarafından 1920 yılında ortaya konulmuştur (Brito, 2005). Oluşan genel yapı en köklü değişimi Seoborg'un trans-uranyum serisine yeni elementleri katması ile olmuştur (Scerri, 2007a). Onlarında tabloya yerleştirmesi sonucunda tablo günümüzdeki halini almıştır.

Series.	GROUP I. R_2O.	GROUP II. RO.	GROUP III. R_2O_3.	GROUP IV. RH_4. RO_2.	GROUP V. RH_3. R_2O_5.	GROUP VI. RH_2. RO_3.	GROUP VII. RH. R_2O_7.	GROUP VIII. RO_4.
1	H=1							
2	Li=7	Be=9.4	B=11	C=12	N=14	O=16	F=19	
3	Na=23	Mg=24	Al=27.3	Si=28	P=31	S=32	Cl=35.5	
4	K=39	Ca=40	—=44	Ti=48	V=51	Cr=52	Mn=55	Fe=56, Ce=59 Ni=59, Cu=63
5	(Cu=63)	Zn=65	—=68	—=72	As=75	Se=78	Br=80	
6	Rb=85	Sr=87	? Y=88	Zr=90	Nb=94	Mo=96	—=100	Ru=104, Rh=104 Pd=106, Ag=108
7	(Ag=108)	Cd=112	In=113	Sn=118	Sb=122	Te=125	I=127	
8	Cs=133	Ba=137	? Di=138	? Ce=140	....	....	....	....
9	....	....	....	....	....	....	....	....
10	....	....	? Er=178	? La=180	Ta=182	W=184	....	Os=195, In=197 Pt=198, Au=199
11	(Au=199)	Hg=200	Tl=204	Pb=207	Bi=208	....	....	
12	....	....	....	Th=231	....	U=240	....	....

Şekil 2. Mendeleev'in Periyodik Tablosu (akt. Scerri, 2007a: 111).

2.5.2. Felsefi Açıdan Periyodik Sistem

Bilim felsefesi açısından periyodik sisteme ilişkin, şu üç kavram önemlidir; *periyodik sistem*, *periyodik yasa* ve *periyodik cetvel (tablo).* Bilimsel söylemlerin veya bilgi türlerine ait yukarıdaki bölümlerde değindiğimiz genel özellikler dikkate alındığında, periyodik sistemin özel bir durumda olduğu hemen fark edilebilir. Bilimde üretilen bilgileri gerek *bulma bağlamında*, gerekse *doğrulma bağlamında*, özellikle açıklayıcı nitelikte olanları; yasalar, hipotezler ve teoriler olarak üç ana grupta toplamak mümkündür (Yıldırım, 1985). Temel sorun ise; yukarıda ifade edilen üç kavram etrafında birleşen, elementlerin özelliklerine ilişkin bilgiler, hangi tür içerisinde değerlendirilmelidir ve bu üç kavram arasında nasıl bir ilişki vardır. Alanyazında bu konuda çok açıklayıcı bilgilere rastlanılmamıştır. Ancak burada bu kavramlara genel bir açılım getirmekte fayda vardır.

2.5.2.1. Periyodik Yasa

Birçok kaynakta periyodik yasa Mendeleev ile birlikte anılmaktadır. Çok azında ise *Mendeleev'in periyodik yasası* ifadesine rastlamak mümkündür (Örn. Bursh, 1996). Mendeleev' ise periyodik yasayı kendi ifadesi ile *"elementlerin özellikleri atom kütlelerinin periyodik fonksiyonudur"* şeklinde tanımlamaktadır (Brito, 2005). Genel anlamda kimya felsefesi alanyazınında ise periyodik yasaya ilişkin tanımlamalarda bir belirsizlikten bahsetmek mümkündür. Belirli bir tanımlama yapmaktan kaçınılmasının olası nedeni ise, felsefeciler tarafından periyodik yasanın diğer bilimsel yasalardan, özellikle aksiyomatize edilememesi ve emprik verilere dayalı sayısal ilişkiler ile tam olarak tanımlanamaması gibi noktalarda farklılık gösterdiği genel yaklaşımı (Örn. Scerri, 2001, 1997; Schummer, 2004) ile dolaylı olarak vurgulanmaktadır. Mendeleev'in yaşadığı zaman dilimi ve günümüz bilgi birikimi düşünüldüğünde bu yaklaşıma oldukça olağandır. Mendeleev'den sonra sistem üzerinde yeni bulgular ile yapılan düzenlemeler ve buna bağlı olarak elementlerin sınıflandırılmasına getirilen kriterler sonucunda *periyodikliğin* son durumu bu yaklaşımın en büyük nedenlerinin başında geldiği söylenebilir. Periyodik sisteme ilişkin kapsamlı bir eser ortaya koyan kimya felsefecisi E.Scerri (2007a: 16) yasayı; " periyodik yasa; kimyasal elementlerin,

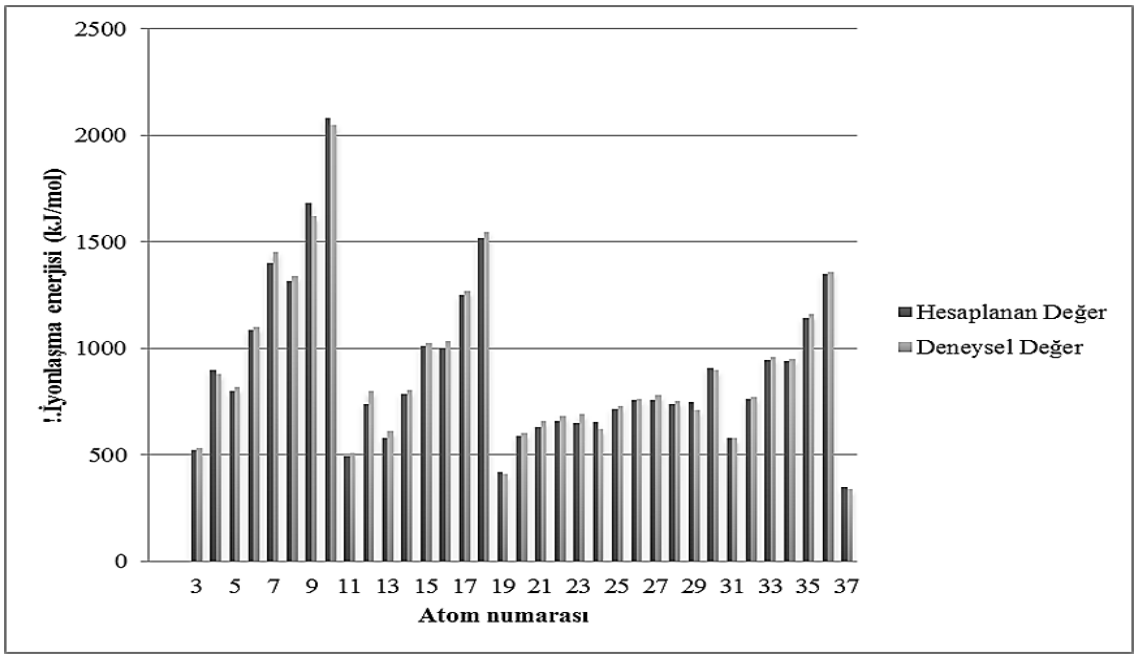
belirli değişken ama düzenli aralıklarla kimyasal özelliklerin yaklaşık tekrarını sergilediklerini ifade eder" şeklinde ifade etmektedir ve devamında;

> Periyodik yasa birçok açıdan felsefi tartışmaya açık görünmektedir… Periyodikliğin sürekli ve tam olmaması ve belirli bir değerinin olmaması gibi… Bu açıdan birçok kimyacı yasa terimini terk etmiştir… Periyodik yasa tipik bir kimyasal yasanın yaklaşıklık ve karmaşıklık özelliğini göstermektedir, ama açık olan elementlerin yasamsı bir davranış sergilediğidir.

Burada ilginç olan *yasamsı* teriminin kullanılmasıdır. Buradan vurgulanan, Mendeleev'in tanımında veya Mosoley sonrası tanımlamada elementlerin periyodik olarak özelliklerini tekrar etmesindeki temel nedenin; *atom kütlesi* veya *atom numarası,* olduğu kabulünün geçerliliğini kaybettiğidir. Günümüzde elementlerin özellikleri çok farklı faktörlerce belirlendiği, atomik ve yığın özellikleri arasındaki asimetrik ilişki ve kimyasal davranışın bağıl bir özellik olduğu düşünüldüğünde element özelliklerini belirli bir olgunun fonksiyonu olarak ifade etmek mümkün görünmemektedir. Ancak bu açıdan esas soru; günümüzde elementlerin özelliklerini belirleyen temel bir olguya ilişkin, böylesi bir epistemolojik veya ontolojik arayışa gerek var mıdır? Sorusudur. Bu noktada günümüzde indirgemeci bir yaklaşımla gereğini savunanlar vardır. Burada temel çıkış noktası esasen, elementlerin özelliklerini parçacık boyutunda tanımlayan fiziksel açıklamaların büyük ölçüde olduğudur. Bu görüşün; *"rasyonel"* bir periyodik sistemin oluşturulması gerektiği ve bunun yanı sıra şu andaki atom teorisinin periyodik yasayı açıklayabilir ve indirgeyebilir olduğu noktasındaki yaklaşımlarla savunulduğu görülmektedir (Wang ve Schwarz, 2009; Katz, 2001, 2007; Hettema ve Kuipers, 1988). Ancak şu anda atomun yapısının aydınlatılmasında büyük başarılar gösteren kuantum mekaniksel açıklamaların periyodik sistemi hem parçacık hem makro seviyede özellikleri kapsayan aksiyomatik bir temele oturması mümkün görünmemektedir (Scerri, 1991, 1999, 1997). Periyodik sistem, kuantum mekaniksel olarak tanımlanan belirli bir yasaya indirgenememekte ve periyodik yasanında bu bağlamda kuantum mekaniksel bir formülasyonu yapılamamaktadır. Bu durum hem periyodik yasanın diğer fiziksel yasalardan en büyük farkını ortaya koyması hem de periyodik yasa ile periyodik sistem ilişkisinin aksiyomatik bir ilişki olmadığını göstermesi bakımından önemlidir. Aksi bir yaklaşımın ontolojik boyuttan epistemolojik boyuta taşınan

indirgemeci bir yaklaşım olarak kimyasal bilginin doğasına uygun olmadığı ifade edilebilir.

Bu konuda bir başka sorunda bu hali ile bir yasa ifadesinin mümkün olup olmaması veya yasanın nasıl açıklanacağı ve ifade edileceği noktasındadır. Nitekim periyodik yasa birçok noktada bilim epistemolojisi açısından diğer bilimsel yasalar gibi değildir. Örneğin; belirli bir matematiksel formülasyonu yoktur veya birçok özellikte periyodiklik sürekli değildir. Yasanın çok farklı özellikleri kapsaması ve bunlar açısından bu özellikleri göstermesi ile ancak *yaklaştırma* çerçevesinde açıklanabildiği ve bunun olağan olduğu da vurgulanmaktadır (Ostrovsky, 2001). Bu bir bakıma birden fazla yasa veya her özellik için bir yasanın şimdilik olmasa da gelecekte mümkün olacağını akla getirmektedir. Ancak yine de periyodik sistem deneysel verilerle desteklenmiş bulgulara göre yukarıda Scerri(2007a: 16) tarafından verilen; *"kimyasal elementlerin, belirli değişken ama düzenli aralıklarla kimyasal özelliklerin yaklaşık tekrarını sergilerler..."* ifadesi şeklinde betimsel bir genellemeye dayandırılabilir. Ancak bu genelleme elementlerin kimyasal özelliklerindeki benzerlikle sınırlıdır.



Şekil 3. Bazı Elementlerin 1.İyonlaşma Enerjilerinin Deneysel ve Hesaplanan Değerlerinin Karşılaştırılması (Scerri, 2007a: 245'deki çizgi grafik değeri kullanılarak *yazar tarafından* hazırlanmıştır)

Verilen şekilde elementlerin 1.iyonlaşma enerjilerinin kuantum mekaniksel yöntemlerle hesaplanan ve deneysel değerlerinin karşılaştırılması görülmektedir. Scerri (2007a: 244) tarafından, bu durumun periyodik yasanın fiziksel bir yasa gibi kesin sonuçlar veren bir yasa olmadığının ve kuantum mekaniksel açıklamaların bu noktada yasayı tanımlamada yeterli gelemediğinin, sadece yaklaştırma yapabildiğinin basit bir göstergesi olduğu, ifade edilmektedir.

2.5.2.2. Periyodik Sistem

Periyodik sistem terimi ise periyodik tablo ve periyodik yasa kavramlarını da kapsayan daha genel ve kuramsal bir anlam taşır. Periyodik sistem: elementlerin temelde belirli kurala göre dizilişlerini; bu dizilişten ortaya çıkan, elementlerin gerek kuramsal gerek emprik temelli özelliklerine ait bazı periyodik değişimleri; bunların oluşturduğu gruplamaları; bu değişimleri dile getirmek için oluşturulan betimsel genellemeleri; bu özellikler açısından elementler arasındaki ilişkilere yönelik açıklayıcı genellemeleri ve durumsal önermeleri vb.leri içeren bir bütün olarak kabul edilebilir. O halde periyodik sistem, daha çok kuramsal bir sisteme yakın bir özellik sergiler. Bu noktada temelde Mendeleev'in çalışmasının epistemolojik niteliği çerçevesinde; yasa açıklaması, teori, kodlama şeması, açıklanmaya ihtiyaç duyan bir teori gibi farklı görüşler söz konusudur (Brito, 2005). Ancak periyodik sistemin bilimsel olarak hangi kavram ile tanımlanacağından çok, bir yasa çerçevesinde içerdiği bilgilerin epistemolojik niteliği ve bilgi üretiminde bunların periyodik sistemi kullanama ve sistemden faydalanma bağlamında durumları daha anlamlı ve önemli görünmektedir.

2.5.2.3. Periyodik Cetvel

Periyodik cetvel (tablo) ise, periyodik sisteme nazaran daha somut, belirli bir kurala bağlı olarak dizilmiş elementlerin sembollerinin oluşturduğu bir görsel yapıdır. Temel aldığınız diziliş kuralına bağlı olarak yaptığınız dizilişin gösterilmesidir. Bu açıdan periyodik tablo periyodik sistemin semiyotik bir ontolojisidir. Bu açıdan nasıl ki

bilgiler semiyotik açıdan dilsel göstergelerle ifade edilir ise, periyodik tablo da temsil ettiği periyodik sistemin semiyotik açıdan bir göstergesidir.

2.5.3. Periyodik Yasa ve Periyodik Sistem İlişkisi: Bulma ve Doğrulama Bağlamı ve Akıl Yürütme Yöntemleri

Periyodik sistemin bilimin bulma ve doğrulma bağlamları açısından durumu, yukarıda çizilen ana çerçevede düşünüldüğünde sisteme nasıl bakıldığı ile ilgili olarak farklı şekillerde yorumlanabilir. Ancak modern periyodik sistemin gelişim sürecini bu açıdan iki basmakta ele almak mümkündür. İlki Mendeleev'in periyodik yasayı ortaya koyması ve sonrasındaki gelişmeler, ikincisi Mosoley'in önerisi üzerine yasanın yeni bir şekil alması ve sonrasındaki gelişmeler. Aşağıda, ilk olarak periyodik yasanın bulma bağlamına değinilecek ardından yasaya bağlı olarak doğrulama bağlamı olarak periyodik sistemin bu günkü hale gelme süreci analiz edilemeye çalışılacaktır.

2.5.3.1. Periyodik Yasa ve Bulma Bağlamı (Tümevarımsal ve Retrodüktif Süreç)

Mendeleev'in periyodik yasayı üretmesinde kendinden önceki bilim insanlarının atom ağırlıklarına ilişkin çalışmalarının etkisi olmuştur. Özellikle de Cannizoro'nun atom ağırlıkları ve özellikler arasındaki ilişkiye yönelik çalışmalarından yola çıkarak, bir sınıflandırmada atom ağırlıklarının önemine ilişkin düşüncesi çerçevesinde oluşan indüktif (tümevarımsal) bir hipotez olarak görülebilir, çünkü sınıflandırma görüşünü ilk savunan Mendeleev değildir. Ancak Mosoley'in periyodik yasaya ilişkin getirdiği düzenleme süreci biraz daha farklıdır, esasen retrodüktif denebilecek bir süreç kullanmış gibidir. Genel anlamda bulma bağlamının psikolojik yönü göz ardı edilirse, retrodüktif çıkarımın temel faktörü olan anomaliler etkili olmuştur. Mosoley'in elementlerin X-ışınlarına bağlı özellikleri ve bu noktada periyodik sistemdeki aykırı durumları (anomalileri) takip ettiği söylenebilir.

2.5.3.2. Periyodik Yasaya Doğrulma Bağlamı ve İki Farklı Yaklaşım

Bilimsel bir yasanın ortaya konmasından sonra metodolojik ve epistemolojik açıdan takip edilebilecek iki yol söz konusudur;

1. Yasadan olgulara giderek tümdengelimsel olarak test etmek,
2. Galileo-Newton ilişkisine benzer olarak interteorik indirgemecilik çerçevesinde üst düzey bir teoriden yasaya giderek, yasayı tümdengelimsel olarak elde etmek.

Periyodik yasa bu çerçevede ele alınırsa doğrulama bağlamına karşılık gelen bu sürecin Mendeleev ve Mosoley sonrasında farklı bir şekilde işlediği söylenebilir. Ayrıca bu süreç periyodik sistemin her iki bilim adamı sonrasında gösterdiği gelişimin de yönünü belirlemiştir.

Ortaya konan periyodik yasa (veya yasalara) bağlı olarak periyodik sistemin, gelişim tarihi boyunca, farklı iki yaklaşım arasında hassas bir etkileşim vardır (Scerri, 2007a). Bunlar şu şekilde gösterilebilir;

I. Ağırlıklı olarak atomik özelliklere bağlanan ayrıt edici nicel fiziksel verileri önceleyen yaklaşım
II. Elementler arasındaki niteliksel benzerlikleri önceleyen yaklaşım

Her iki yaklaşım gerekli görülmekle birlikte, aralarında bir yarışın olduğu da söylenebilir. İlk yaklaşım ağırlıklı olarak fizikçilerin benimsediği ve kimyanın birçok noktada fiziğe indirgenebileceğine bağlı olarak gelişen görüşe, diğeri ise karşıt olarak genel anlamda kimyacıların görüşlerine daha yakındır. Periyodik sistemin gelişimindeki süreçte bu iki farklı yaklaşım, periyodik yasaya ilişkin doğrulama bağlamına yukarıda ifade edilen iki yolu nispeten takip ettiklerini düşündüren durumlara rastlamak mümkündür.

Bir bilimsel yasaya ilişkin yukarıda verilen doğrulama bağlamı yaklaşımları ile periyodik sistemin gelişim sürecinde ortaya konan iki yaklaşım ilişkilendirildiğinde bir biri ile uyumlu oldukları görülmektedir. Bu çerçevede birleşen iki temel yaklaşım şu şekilde ifade edilebilir;

- Nicel yaklaşım(2-I) : Çoğunlukla fizikçilerin benimsediği atoma ait nicel verileri temel alan bu yaklaşıma göre; periyodik yasa interteorik indirgeme ile bir atom teorisinden tümdengelimsel olarak elde edilebilir.
- Nitel yaklaşım(1-II) : Çoğunlukla kimyacıların benimsediği ve elementlerin kimyasal nitelikleri arasındaki ilişkiye öncelik veren bu yaklaşıma göre; periyodik yasa ve bu yasadan tümdengelimle elde edilecek ön deyi veya hipotezlerin test edilmesi yeterlidir.

"Açıklamalar heseplamalara karşı" ("explanations versus calculations") şeklinde ifade edilen (Ostrovsky, 2001: 147) bu iki yaklaşım arasındaki mücadelede; Mendeleev' sonrasında bir süreliğine ikinci görüş etkili iken, Bohr atom teorisinin ortaya çıkışı ve Mosoley sonrasında atomun yapısındaki gelişmeler, özellikle de kuantum mekaniğinin gelişmesi ve fiziğin kimya üzerindeki etkileri ile ilk görüş (hesaplamaların) etkisini artırdığı söylenebilir. Bu süreç aşağıda daha ayrıntılı ele alınacaktır.

2.5.3.3.Nitel Yaklaşım (Mendeleev'in Ön Görüleri; Hipotetik-Dedüktif Süreç)

Mendeleev'in periyodik yasasının bir hipotez olarak doğduğu kesindir. Kendisi sistemi açıklamada başka bir hipoteze gerek olmadığını da şu şekilde ifade etmektedir; "…periyodik yasanın doğasını açıklamak için, bundan başka veya bunun üzerinde başka bir hipoteze oluşturmayı gereksiz görüyorum, her şeyden önce, yasanın kendisi çok basittir…"(Mendeleev, 1879: 292) . Esasen bu periyodik yasanın doğrulanmasının da çok basit olduğunun bir iddiasıdır. Nitekim Mendeleev, yasanın tümevarımsal olarak doğrulandığını da vurgulamaktadır (Mendeleev, 1889: 639). Mendeleev'in yaklaşımı pozitivist felsefenin doğrulma bağlamını yansıtmaktadır. Mendeleev'in yaşadığı zamanın koşulları ve baskın felsefi görüş dikkate alındığında bu düşüncesi makul görünmektedir. Ancak Mendeleev'in yasa ifadesi ve buna bağlı olarak tabloda boş kalan yerlerdeki elementlere ilişkin takındığı tutum, bilimin bulma bağlamında sürecin yasadan tümdengelimle elde edilen bilinen elementlerin özelliklerine ait çıkarımların olgusal olarak sınanmasından çok, tümdengelimle ürettiği öndeyilerin bulunan yeni elementler çerçevesinde doğrulanması şeklinde yürüdüğünü düşündüğünü göstermektedir. Esasen Mendeleev'in kastettiği tümevarımsal doğrulma ise bu

öndeyilerdeki başarıdır. Ancak özellikle öndeyilerdeki yaklaşımı kendisinin o günkü koşullarda pozitivizm etkisinde ifade ettiği tümevarımsal doğrulamanın ötesinde bir süreçtir. Mendeleev'in oluşturduğu tablodaki gerek bilinen elementlerin özellikleri gerekse bilinmeyen elementlere ilişkin öndeyide bulunduğu özellikler ve elementlerin bulunuş süreçleri düşünüldüğünde sürecin hipotetik-dedüktif bir akıl yürütme ile yürüdüğü çok açıktır. Ayrıca element özellikleri dikkate alındığında bu süreçte başlangıçta yukarıda ifade edilen *nitel yaklaşımın* etkili olduğu da görülmektedir. Ancak Bohr atom teorisinin gelişmesinden sonra, periyodikliğe bağlı olarak oluşturulan bir grubun elementleri arasındaki benzerliğin temeline son kabuklarının benzerliğinin neden olduğu düşüncesi ortaya çıkmıştır (Scerri, 2007a; Ronan, 2005). Tablonun genel yapısı ile bu teorinin elementlerin kimyasal özelliklerine getirdiği açıklamalar arasındaki uygunluk periyodik yasaya ve buna bağlı olarak periyodik sisteme yaklaşımı indirgemeci olan diğer yöne, *nicel yaklaşıma* değiştirmiştir. Başka bir ifade ile *yasanın hipotetik bir yaklaşımla tümdengelimsel olarak test edilmesi eğiliminden, bir üst fizik teorisinden tümdengelimsel olarak elde edilmesi eğilimine bir geçiş söz konusudur.*

2.5.3.4.Nicel Yaklaşım (Moseley Sonrası; İndirgemeci-Tümdengelimsel Süreç)

Mosoley'in çalışmalarından sonra yasanın yapısındaki değişimin ile, periyodik sisteme ilişkin nicel yaklaşımın ağırlıkla benimsendiği söylenebilir. Ancak öncelikle nitel yaklaşım açısından bakıldığında günümüzde elementlerin kimyasal özellikleri hakkında bilgi birikiminin artması, özellikle aynı grupta bulunan elementlerin kimyasal davranışlılarındaki benzemezlikler, köşegen ilişkileri, periyodik değişmelerdeki yoğun sapmalar ve değişimlerin oransal farklılığı gibi durumlar (Rayner-Canham ve Overton, 2002; Rayner-Canham, 2000; Laing, 2001; Ostrovsky, 2001) periyodiklik ve bunun getirdiği gruplardaki benzerliğin çok geçerli olmadığını ortaya koyduğu görülmektedir. Bu durum, yasanın mevcut hali ile hipotetik-dedüktif olarak test edilmesinden başarılı çıkmadığını gösterdiği ve geçerliliğini gölgelediği söylemek mümkündür.

Diğer taraftan nicel yaklaşım çerçeveden gelişmelere bakıldığında, yukarıda ifade edildiği gibi, özellikle atomun yapısına ilişkin fizik alanındaki buluşlar ve oluşturulan teorileri, periyodik yasanın da indirgemecilik çerçevesinde bu teorilerden

elde edilip edilmeyeceği tartışmasını gündeme getirmiştir (Scerri, 2007b; Hendry, 2012). Buna göre; eğer yasa son tahlilde kuantum teorisi olmak üzere, fizik teorilerinden yola çıkılarak daha açıklayıcı şekilde düzenlenerek elde edilirse, bu kimyacıların mevcut yasanın doğrulama bağlamındaki birinci yaklaşımın sıkıntılarını da çözecektir. Ancak beklendiği gibi olduğu söylenemez. Ancak yasanın bu teorilerin etkisi ile yapısının değiştiği bir gerçektir. Nitekim ilk olarak atomun yapısına ilişkin yeni bulgular ve temel alınan fiziksel teorilerin yasayı ve buna bağlı olarak sistemi daha elektron merkezli bir hale getirmiştir. Özellikle, atom numarasının keşfinden yaklaşık 14 yıl öncesine dayanan kuantum kuramının etkileri büyük olmuştur. Bohr atom kuramından sonra gelişen daha kapsamlı kuantum kuramına bağlı olarak, orbitaller ve elektronların bir atomdaki durumunu açıklayan elektron konfigürasyonuna bağlı olarak periyodik sistem yorumlanmaya başlanmıştır (Scerri, 2007a; Ostrovsky, 2001). Son tahlilde nicel yaklaşımında başarısız olduğu görülmektedir. Günümüzde periyodik yasa temelinde periyodik sistemin başka bir fizik teorisinden indirgemeci bir yaklaşımla tümdengelimsel olarak (*İndirgemeci-tümdengelimsel* bir süreç ile) elde edilmesi mümkün görünmemektedir.

2.5.3.5.Periyodik Sistemin Günümüzdeki Durumu; Bilgi Üretimi ve Akıl Yürütme

Kimya felsefesinde yapılan çalışmalarda elektron konfigürasyonuna bağlı kuantum mekaniksel açıklamalar ile periyodikliğin tam olarak (en azından şimdilik) tanımlanmayacağı genel anlamda savunulan bir iddiadır. Böylesi indirgemeci bir tanımlamanın önündeki en büyük engeli, Scerri (1996: 171) açık bir şekilde ifade etmektedir; "periyodik tablo, tam bir indirgeme girişimine karşı çıkan birçok detaylar ve anomaliler barındırır". Esasen bu anomoliler hem atomik hem de yığınsal anlamda (makro boyut) ifade edilen ve kimya açısından oldukça önemli olan (Schummer, 2004) özelliklerin periyodikliğinde daha fazla görülmektedir (Firsching, 1981).

Ayrıca ifade edilen periyodik yasanın da diğer yasalar gibi henüz temel bir parametreye kavuştuğu söylenemez. Böylesi bir beklentinin gerekliliği ayrı bir tartışma konusu olmakla birlikte, elementlerin çok düzenli olmasa da neden periyodik özellikler

gösterdiğinin de her hangi bir şekilde (kuantum teorisi veya başka bir yolla) açıklanamadığını görmek zor değildir.

Diğer taraftan kimi bilim felsefecilerine göre kuantum teorisi elementlere ait periyodikliği bir yasaya indirgenebilecek şekilde açıklayamasa da periyodik sistemi özellikle atomik özelliklere bağlı niceliksel ayırt edici verilere temelinde, daha rasyonel bir şekilde yeniden yapılandırmak için teorik bir gerekçelendirme sunmuştur. Ancak bu konuda IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry)'ın eğilimini, elektron dizilimindeki düzen yerine, kimyasal özelliklerdeki benzerliğin daha önemli olduğu görüşü ile ortaya koymaktadır (Katz, 2007). Oysa periyodiklik noktasındaki atomik ve makro özelliklerdeki anomaliler düşünüldüğünde, bu eğilim periyodik sisteme sadece gruplandırma ve sınıflama işlevi yüklendiğini göstermektedir.

Bu genel çerçeveden bakılarak özetlemek gerekirse; Mendeleev zamanındaki bilgi seviyesine göre kendisinin ifade etiği (Mendeleev, 1879: 292) " …her şeyden önce yasa çok basit…" olması günümüzde oldukça uzak bir düşüncedir. Mendeleyev'e den sonra elementlerin makro özelliklerine ilişkin periyodik sistem algısı kuantum mekaniği ile atomik boyuta taşınmıştır. Ancak yukarıda yapılan tartışmalar çerçevesinde gelinen noktada periyodik sistemin ne kuantum kuramında tümdengelimsel olarak elde edilebilecek bir yasaya, ne de kendisinden tümdengelimsel olarak çıkarılan olgusal içerikli genellemelerin tümevarımsal olarak doğrulanabileceği bir yasaya dayanmadığı söylenebilir. Başka bir ifade periyodik yasanın henüz tam olarak açıklanamamış olması periyodik sistemin böylesi bir özellik göstermesine neden olmaktadır. *Nitekim, yukarıda ifade edildiği üzere Mendeleev' den sonra yapılan çalışmalar periyodik sistemin periyodik yasanın bir şekilde doğrulma bağlamını oluşturduğunu göstermektedir.* Görülen o ki, şu anki hali ile periyodik sistem tam olarak temel varsayımı belli olmayan bir yasamsı ile özetlenecek olgular arasındaki ilişkilere ait; kimi açıklayıcı, kimi betimleyici, emprik ve kuramsal; genel veya durumsal önermelerden oluşan sistematik bilgiler bütünüdür. Bu hali ile ne bir teori içerisinde değerlendirilebilir, ne de bir tek yasaya indirgenebilir.

Periyodik sistemden Scerri (2007a: 27)'in; "…Modern kimyacılar ve kimya öğretmenleri yüzden fazla elementin özelliklerini ayrı ayrı öğrenmek yerine, sekiz ana grubun, geçiş metallerinin tipik üyelerinin özelliklerini bilerek etkili tahminlerde

bulunabilirler...", şeklinde ifade ettiği gibi etkili tahminlerle birçok bilgi üretilebilir, ancak bu matematiksel bir sitem gibi çok da rasyonel olduğunu göstermez. Periyodik sistemin indirgenebilir rasyonel bir temeli olmadığından, periyodik yasa ve periyodik sistemdeki özellikleri ifade eden önermeler arasında da aksiyomatik bir ilişki yoktur. Bu nedenle periyodik sistemden aksiyomatik ilişki çerçevesinde tümdengelim ve tümevarımsal akıl yürütmelerle bilgi üretimi söz konusu değildir. Bunu için özellikle onun öğretimi ve bu noktada kullanımı düşünüldüğünde alternatif akıl yürütme yöntemleri ile bilgi üretiminin imkanı üzerinde durulabilir bir konudur.

Kısacası periyodik sistem kimya için önemli ve kendine has özellikleri olan bir bilgi durumundadır. Her ne kadar periyodiklik ve düzenlilik üzerine ciddi tartışmalar yapılsa da periyodik sistem ve tablo, kimya bilgisinde önemli bir araçtır. Bu hali ile dahi kimyanın doğasını yansıtan ve kimya eğitimi açısından eşsiz bir araçtır.

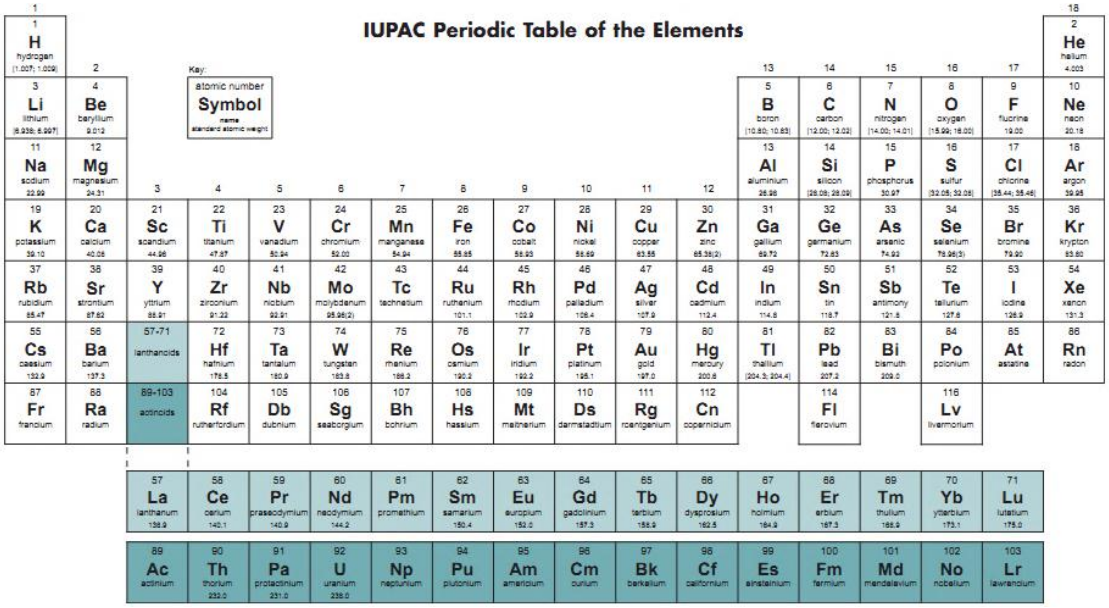
2.5.4. Modern Periyodik Sistemde Element Özellikleri, Anomaliler ve Farklı İlişkiler

Modern periyodik sistemi ifade eden tablo, 2012 de IUPAC, tarafından yapılan son güncellemelere göre; 18 grup ve 7 periyottan oluşmaktadır. Üzerinde, 114 elementin sembolü vardır. Bunlardan yaklaşık 100 tanesinin, endüstriyel kullanımı söz konusudur.

Periyodik sistemdeki gruplar normal sayılarla 1'den 18' e kadar numaralandırılmaktadır. Ayrıca element atomlarının elektronik konfigürasyonlarına göre periyodik sistem bloklara ayrılmaktadır. Konfigürasyondaki son terime göre; s,p,d ve f blokları belirlenmiştir (Scerri, 2007a).

Modern periyodik sisteme ait standart tablolarda iki temel element sıralanışı görülmektedir. Bunlar, gruplar ve periyotlardır. Mendeleev'in periyodik yasası temelinde gruplarda benzer özellikler, periyotlarda ise aynı gruba geldiğinde yaklaşık olarak kendini tekar eden özellikler tanımlanır. Bunlar; ders kitaplarında grup özellikleri ve periyodik özellikler (periyodik değişen özellikler) olarak ifade edilmektedir (MEB, 2009b). Bu özellikler atom yarıçapı gibi parçacık özellikleri olabildiği gibi, metalik

karakter gibi yığın özelliği de olabilir. Ayrıca asitlik-bazlık gibi kimyasal özelliklerin yanı sıra iletkenlik gibi fiziksel özelikler de ifade edilmektedir.

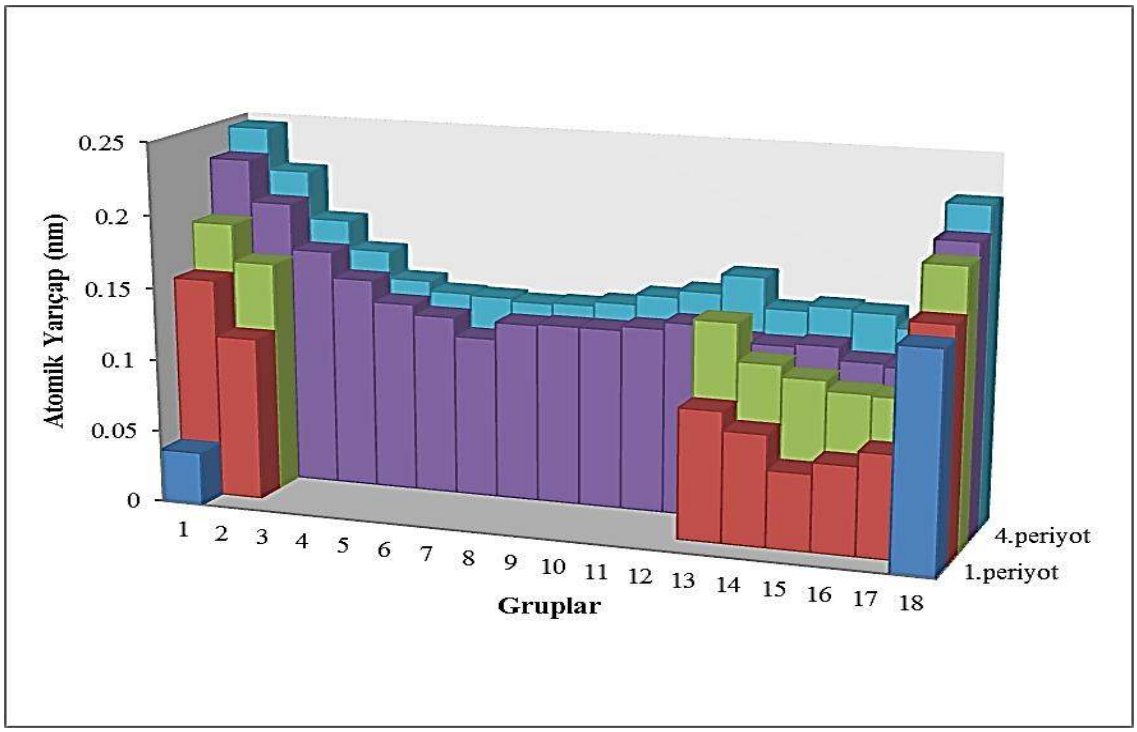


Şekil 4. IUPAC Periyodik Tablo, (IUPAC,2012)

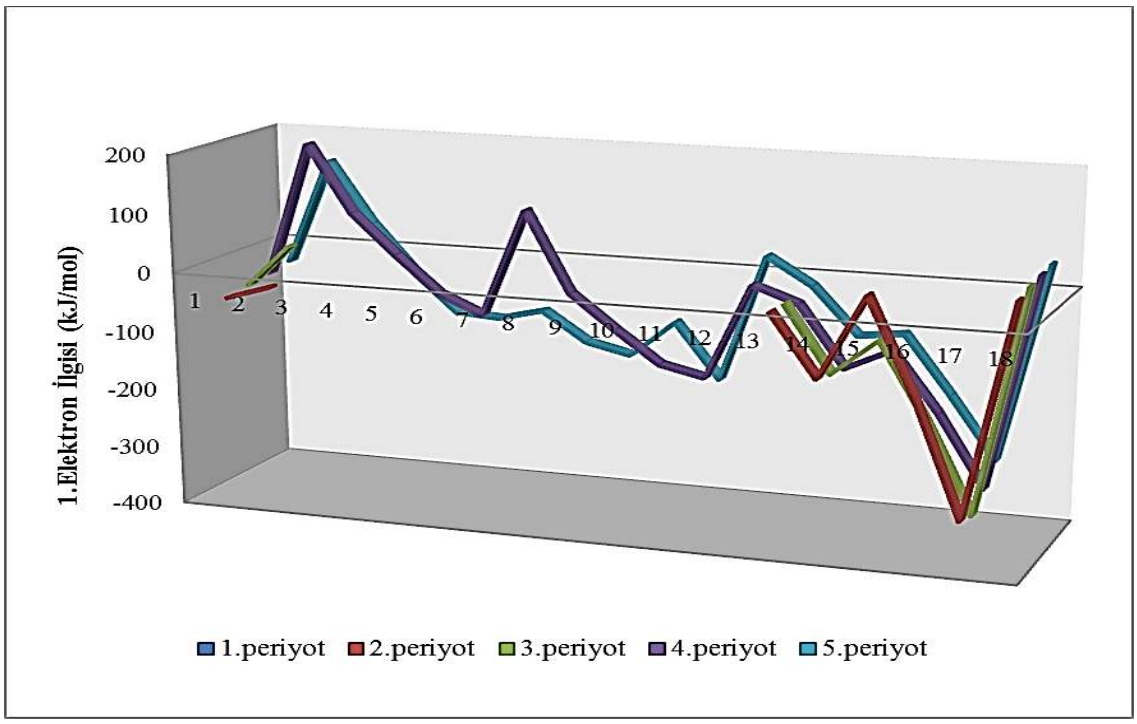
2.5.4.1. Genel Eğilimlerden Sapmalar

Elementlerin grup içerisindeki benzerliğe aykırı özellikler ile periyodik değişen özelliklerin değişiminde düzeni bozan anomaliler birçok duruma rastlamak mümkündür. Burada hepsine değinmek mümkün değildir, ancak ders kitaplarında ağırlıklı olarak işlenen bazı özelliklerde gözlenen bazı anomalilere değinmekte fayda vardır.

Periyot boyunca. Periyodik sistemde özelliklerin periyot boyunca değişiminde düzensizlik oluşturan anomalilere rastlamak mümkündür. Aşağıda özellikle kimya öğretim programında geçen önemli özelliklerin söz konusu değişimine ilişkin grafik ve gösterimler verilmiştir. Bunlarda özellikle periyot boyunca sapmalar dikkat çekmektedir.



Şekil 5. Atomik Yarıçapın Periyotlardaki Değişimi, (Yarıçap değerleri Takeuchi ve Inoue, 2006: 2821'den alınmıştır. *Grafik ise yazar tarafından hazırlanmıştır*)



Şekil 6. 1.Elektron İlgisinin Periyotlardaki Değişimi, (Elektron ilgisi değerleri, Tunalı ve Özkar, 1997: 48' den alınmıştır. *Grafik ise yazar tarafından hazırlanmıştır*)

Bunların dışında fiziksel birçok özellikte de düzenli bir değişimden bahsetmek mümkün değildir. Erime noktası ve ısı iletkenliği bu duruma örnek verilebilir.

Tablo 3. 3. Periyotta Bulunan Bazı Elementlerin Erime Noktası ve Isı İletkenliğindeki Değişim

	Na	**Mg**	**Al**	**Si**	**P**	**S**	**Cl**
Erime N.(C^o)	98	650	660	1414	*44*	115	*-102*
300K deki ısı iletkenliği($W\ cm^{-1}\ K^{-1}$	1,4	*1,56*	*237*	*1,48*	$2{,}3.10^{-3}$	$2{,}7.10^{-3}$	$8{,}9.10^{-5}$

(MEB, 2009b: 100)

Tabloda verilen üçünücü periyot sıralamasını oluşturan elementlerde erime noktası ve ısı iletkenliğindeki değişimde belirgin sapmalar söz konudur.

Gruplarda. Benzerlik temelinde oluşturulan grup özelliklerinde de anomaliler görülmektedir. Örneğin, 1. grup elementlerinde oksitleri suda kuvveti baz özelliği gösterirken, 2. grupta *Be*, amfoter, diğerleri baziktir. Ayrıca *Li,* normal koşullarda azot ile tepkime verirken diğerleri vermez.

- $6Li + N_2 \rightarrow 2Li_3N$
- $Na + N_2 \rightarrow$ vermez

Yine benzer şekilde *LiOH* ve *NaOH*'in özellikleri birinden benzemezlikler gösterir. Örneğin ısı ile etkileşimlerinde;

- $2LiOH \rightarrow Li_2O + H_2O$, tepkimesi gerçekleşirken,
- $NaOH \rightarrow$ vermez

Yine 3. grupta Alüminyum hidrürleri polimer yapısında oldukları halde, Bor hidrürler uçucu bileşikleridir (Tunalı ve Özkar, 1997). Burada verilen örnekleri çoğaltmak mümkündür.

2.5.4.2.Farklı İlişkiler

Periyodik sistemde elementler arasındaki kimyasal özellikler açısından çok farklı ilişklerede rastlamak mümkündür (Rayner-Canham ve Overton, 2002; Ostrovsky, 2001; Laing, 2001; Scerri, 2007a).

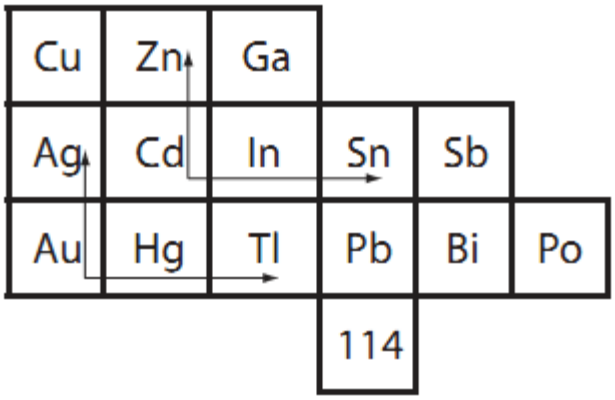
Bunlar şu şekilde özetlenebilir;

Tekillik Prensibi (Singularity Principle) veya ***İlk Üye Anomalisi*** (First-Member Anomaly): Özellikle ikinci periyot elemntlerinden ilk grup üyelerinin özellikleri diğer grup üylerinden bariz farklılıklar gösterir. Örneğin, oksijen ve florun diğer grup üyelerinden farklılıkları gibi. Ayrıca yine birinci periyotta, hidrojen ve helyumun diğer grup üyelerinden farklılıkları da bu duruma örnek olarak verilebilir.

Köşegen İlişkisi (Diagonal Relationships) : Periyodik sistemdeki elementlerin bir alt periyotta sağ alt köşelerinde bulunan elementler ile kimyasal özelliklerinde benzerlikler söz konusudur. Bu genellikle 2. ve 3. Periyot elementleri arasında görülür. Bu ilişkide örneğin, Be'un özellikleri aynı grupta bulunduğu Mg dan daha çok Al ile benzerlik gösterir.

İkincil Periyodiklik (Secondary periodicity): Periyodik sistemde her hangi bir periyotta (n) bununan bir elemntin kendi grubundaki elemntlerden, kendisini takip eden ikinci (n+2) periyotaki element ile olan benzerliği diğerlerine göre daha fazladır. Örneğin; aynı grupta bulunan B ve Ga ile C ile Ge benzerliği gibi.

Knight Hareketi (Knight's move): n grubunda ve m periyodundaki bir elemntin n+2. grup, m+1. periyottaki elementle olan yükseltgenme basamaklarındaki benzerliğidir,



Şekil 7. Knight hareketi, (Scerri,2007a: 273)

10 Grup Farkı Benzerliği (Similarities between Group (n) and Group (n + 10)): Aralarında 10 grup farkı bulunan bazı elemntlerde görülen benzerliktir. Bunların en tipik örneği Zn ve Mg'dur. Benzer şekilde $TiCl_4$ ve $SnCl_4$ bileşikleri de kimyasal ve fiziksel bir çok özellik açısından benzerdir.

2.5.4.3.Elemetlere Küme Analizi ve Farklı Gruplandırmalar

Periyodik yasaya ve Mendeleev'in metoduna farklı bir açıdan küme teorisi olarak bakmak mümkündür. Mendeleev'in yaklaşımının temelini de oluşturan gruplandırma periyodik sistemin en önemli özelliklerinden birisidir. Matematikçi ve kimyacıların elementlerin fiziksel ve kimyasal özelliklerine yönelik olarak yaptıkları topolojik ("chemotopologic", Restrepo ve Pachón, 2007: 4) çalışmalar çerçevesinde küme analizleri mevcuttur (Restrepo, Mesa, Llanos ve Villaveces, 2004; Wang ve Schwarz, 2009; Restrepo ve Pachón, 2007). Bu çerçevede elde edilen sonuçlar oldukça ilgi çekicidir. Küme analizini kabaca; bellirli kriterlere göre objelerin benzerliklerinden yola çıkarak kümeler oluşturmaya dayanan bir yöntem olarak tanımlamak mümkündür. Bu çerçevede yapılmış çalışmalardan elde edilen bazı önemli sonuçlar şu şekilde ifade edilmektedir (Restrepo ve Pachón, 2007: 4-6);

Zhou ve arakadaşları yedi fiziksel özellik üzerinden ilk 50 element (Z=1-50) ile, yaptıkları bir çalışmada elementlerin benzerliklerine göre oluşan bazı kümler şunlardır (Zhou vd., 2000);

1. {Co, Ni, Fe, Rh, Ru}
2. {Mo, Tc}
3. {Sc, Y,Ti}
4. {Ga, In, Sn}
5. {N,O,F,H}
6. {Cl, Br}
7. {Zn, Cd}
8. {Ar, Kr, Ne, He}
9. {Mg, Ca}
10. {Li, Na, K,Rb}
11. {Cu, Ag}
12. {B,C}

Bu kümlerin birçoğunun periyodik sistemin gruplarından oldukça farklı olduğu görülmektedir. Örneğin; soygazlar ve alkali metaller (1 ve 8) uygun bir şekilde ortaya çıkmış iken, F ve H'in O ve H ile benzerliği (5) gibi bir diğer (12,3 gibi) kümeler periyodik sisteme uygunsuz olarak çıkmıştır.

Hem element sayısı (Z=1-83, Z=58-71 arası atlanarak, 69 element) hem de kimyasal ve fiziksel özelliklerin daha fazla olduğu(54 özellik) bir başka çalışmada belirlenen bazı kümeler ise şunlardır (Sneath, 2000); {He,Ne,Ar,Kr,Xe}, {N,P}, {S,Se}, {Cl,Br}, {***O,F***}, {B,Si,C}, {***Ti,V***}, {As,Sb,Te}, {Zn,Cd,In}, {***Hg,Tl,Pb,Bi***}, {***Cr,Mn,Fe,Co,Ni***}, {Zr,Hf},{Nb,Ta,W,Mo,Re},{Cu,Ag,Au}, {Tc,Ru,Os,Ir}, {Rh,Pd,Pt}, {Li,Na,K,Rb,Cs}, {Be,Al}, {Mg,Ca,Sr,Ba} ve {Sc,Y,La}.

Burada görülen kümelerde ilgi çeken durum, periyot sıralaması oluşturan bir çok elementin özelliklerindeki benzerliktir (örn.bold kümeler). Ayrıca bu kümeler yukarıda ifade edilen farklı ilişkileri ile de uyumludur.

Bu genel çerçeveden bakıldığında periyodik sistemde nicel yaklaşım çerçevesinde öncelikle Bohr atom modeline göre; *aynı değerlik elektron sayısı - benzer kimyasal özellik,* şeklinde, ardından kuantum kuramından sonra; *benzer elektron düzeni - benzer kimyasal özellik,* şeklinde ortaya konulduğu görülen gruplandırma kriteri açısından periyodik sistem ele alındığında, gruplarda birçok anomali durum ve farklı ilişkiler söz konusudur. Bu özellikler bir arada düşündüğünde değerlik elektron kabuna veya elektron konfigürasyonuna dayalı ve bir açıdan indirgemeci benzerlik yaklaşımı pek kabul ediebilir görünmemektedir.

2.5.5. Kimya Eğitimi Programında Periyodik Sistem

Modern periyodik sisteme ilişkin özellikle lise ders kitaplarında elementlerin özelliklerine yönelik iki farklı sınıflama yapılmaktadır (MEB, 2009b);

Periyodik özellikler (Periyodik değişen özellikler). Bu özelliklerden kast edilen periyodik sistemde periyotlar boyunca değişim gösteren özelliklerdir. Bu özelliklerden; İyonlaşma enerjisi, Atom yarıçapı, elektronegatiflik, elektron ilgisi mikro boyuta daha yakın özelliklerdir. Ayrıca asitlik-bazlık, yüksetgenlik-indirgenlik, metalik-ametalik karakter, mineral sertliği, ısı ve elektrik iletkenliği gibi yığınsal anlamda makro boyutta kullanılan bazı özellikler de ifade edilmektedir. Ders kitaplarında bu özelliklerin periyodik tablo boyunca yukarıdan aşağıya ve soldan sağa değişimlerine ilişkin genellemeler mevcuttur.

Grup özellikleri. Bu özelliklerden kast edilen periyodik sistemde gruplarını oluşturan elementlerin kendi içerisinde bezerlik gösterdiği özelliklerdir. Grup özellikleri olarak ifade edilen bu özellikler arasında yukarıda verilen özelliklerin dışında; değerlik elektron sayısı, yükseltgenme basamağı, aktiflik, çözünürlük, erime noktası, kaynama noktası gibi ağırlıklı olarak yığın özellikleri de ifade edilmektedir.

Periyodik sitem, hali hazırda yürürlükte olan 10.sınıf kimya öğretim programında müstakil bir ünite olarak yer almaktadır. Ünite şu bölümlere ayrılmıştır (MEB, 2008);

1. Periyodik Sistemin Tarihçesi
2. Özelliklerde Periyodik Değişim
3. Elementlerin Özellikleri

Program kitapçığında ünitenin amacı şu şekilde ifade edilmektedir (MEB, 2007);

> Öğrenciler, ilköğretim Fen ve Teknoloji derslerinde element kavramına, *elementleri periyodik tabloda sınıflandırmanın sağladığı kolaylıklar* bağlamında periyodik sistem fikrine giriş yaptılar. Bu ünitede öğrencilerden, *elementlerin özelliklerinin belirli bir sistematiğe göre düzenlendiğini* ve modern periyodik tablonun gelişim sürecini öğrenmeleri beklenmektedir. Aynı zamanda, *periyodik değişim ile elementlerin özelliklerinin nasıl değiştiğini öğrenecekler* ve elementleri s, p, d ve f bloku olarak 4 gruba tasnif ederek *elementlerin grup özelliklerini* irdeleyeceklerdir.

Ünite için önerilen süre 12 ders saati olmakla birlikte ünite bazında ifade edilen kazanım sayısı 18 dir. Bu kazanımlar konu başlıklarına göre şu şekildedir;

1. Elementlerin sistematik düzenlenmesi ile ilgili olarak öğrenciler; (PS 'in tarihçesi)

1.1. Elementlerin özelliklerine göre düzenlenmesinin tarihsel bir süreç olduğunu fark eder.
1.2. Keşfedilmemiş elementlerin özelliklerinin tahmin edilebileceğini fark eder.
1.3. Elementleri atom numaralarına göre düzenlemenin faydalarını açıklar.
1.4. Periyodik sistemde s ve p bloku elementleri ile yaygın kullanılan elementlerin ad ve sembolleri arasında eşleme yapar

2. Periyodik sistem ile ilgili olarak öğrenciler; (Periyodik özelliklerde değişim)

2.1. Atom yarıçapı ile ilgili farklı tanımları açıklar ve atom yarıçapının periyodik sistemdeki değişme eğilimini irdeler.
2.2. İyonlaşma enerjilerinin periyodik sistemdeki değişme eğilimini açıklar.
2.3. Elektron ilgisi kavramını ve periyodik sistemde bu kavramla ilgili değişme eğilimlerini açıklar.

2.4. Elementlerin elektronegatiflik değerlerini, iyonlaşma enerjisi ve elektron ilgisi ile ilişkilendirip periyodik sistemdeki değişme eğilimlerini açıklar.
2.5. Metalik ve ametalik özelliklerin periyotlardaki ve gruplardaki seyrini açıklar.
2.6. Periyotlarda ve gruplarda, hidroksit bileşiklerinin asitlik/bazlık özelliklerinin değişimini açıklar.

3. Periyodik sistemde bloklarla ilgili olarak öğrenciler; (Elementlerin özellikleri)
3.1. Elektron dizilimleri s orbitali ile biten elementlerin özelliklerini açıklar.
3.2. p-Bloku elementlerinde grup özelliklerini listeler.
3.3. Birçok elementin doğada neden serbest hâlde bulunamadığını açıklar.
3.4. Ametallerin hem pozitif hem de negatif yükseltgenme basamaklarına sahip olabileceklerini fark eder.
3.5. Asal gazların tepkimeye yatkın olmayışlarını elektron dizilimleri ile ilişkilendirir.
3.6. d-Bloku elementlerinin ve bileşiklerinin karakteristik özellikleri ile kullanım alanları arasında ilişki kurar.
3.7. f-Bloku elementlerinin periyodik sistemdeki yerini gösterir ve açıklar.
3.8. Elementlerin elektron dizilimleri ile periyodik sistemdeki yerleri arasında ilişki kurar.

Amaçta ve kazanımlarda görüldüğü gibi üç unsur öne çıkmaktadır; *element özelliklerindeki sistematiklik, periyodik özelliklerdeki değişim*, *grup özellikleri bazında element özellikleri.* Bunların yanı sıra elementlerin karakteritik özellikleri ve kullanım alanları da dikkate alınmaktadır. Ancak periyodik sistemin sistematikleştirme ve gruplandırmanın ötesinde bilgi üretiminde kullanımı bağlamında epistemolojik özelliklerine veya anomali durumlar ve farklı ilişkilere her hangi bir açıklama yapılmamaktadır.

3. YÖNTEM

Bu bölümde araştırma modeli, katılımcılar, veri toplama teknikleri ve verilerin analiz süreci açıklanmıştır.

3.1. Araştırmanın Modeli

Yürütülen çalışmada amaçlanan doğal öğretim ortamında kullanılan akıl yürütme yöntemleri ve bunlara dayalı bilgi üretme sürecini farklı boyutlarda incelemek olduğundan, çalışma nitel bir araştırma yaklaşımını gerekli kılmaktadır. Nitekim, nitel araştırma "araştırmacının kendiliğinden, doğal olarak oluşan olguları tüm karmaşıklığı içinde incelemesi, irdelemesi" olarak ifade etmek mümkündür (Fraenkel ve Wallen, 2000). Nitel araştırma insan ve grup davranışlarının *Niçin? Nasıl? Ne şekilde?* sorularına yanıt arar. Nitel araştırma bir durumu ilişki bağlantıları içinde anlamaya çalışır (holistic perspective). Zaman alıcı olması dolayısıyla küçük örneklemler üzerinde çalışılır (Yıldırım ve Şimşek, 2005).

Bu çerçevede çalışma için en uygun nitel araştırma deseninin durum çalışması olduğuna karar verilmiştir. Yin'e (1984) göre durum çalışması, araştırılan olguyu kendi yaşam çerçevesi içinde inceleyen, olgu ve içinde bulunduğu ortam arasındaki sınırların kesin hatlarla belirgin olmadığı ve birden fazla kanıt veya veri kaynağının mevcut olduğu durumlarda kullanılan bir araştırma yöntemidir. Durum çalışmasının çok farklı biçimleri olmakla birlikte genel olarak dört tür durum çalışması deseninden söz edilebilir (Yıldırım ve Şimşek, 2005: 290); Bütüncül Tek Durum Deseni, İç İçe Geçmiş Tek Durum Deseni, Bütüncül Çoklu Durum Deseni, İç İçe Geçmiş Çoklu Durum Deseni. Bu çalışma, öğretmen ve öğrencilerin üzerinde belirli bir konu çerçevesinde yürütüleceğinden, kullanılacak desen bütüncül çoklu durum desenine uygundur.

Araştırma, 2009-2010 eğitim öğretim yılında Ankara'da bulunan beş farklı okulda, 10.sınıf kimya dersi programında yer alan Periyodik Sitem ünitesi çerçevesinde eş zamanlı olarak yürütülmüştür.

3.1.1. Katılımcılar

Nitel araştırma yaklaşımının temel felsefesi dikkate alındığında araştırma sonuçlarının genellenmesi gibi bir kaygı söz konusu değildir. Yine de kısıtlı olarak ilgili durumlara genelleme ihtiyacı olabileceği göz önünde tutularak bazı örneklemelere rastlanmaktadır (Yıldırım ve Şimşek, 2005). Araştırmanın katılımcıları, bu açıdan çeşitliliği artırma adına mümkün olduğu kadar farklı yerleşim merkezlerindeki okullarda görev yapan öğretmenler seçilmiştir.

Katlımcı öğretmenlerin bazı özellikleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 4. Katılımcı Öğretmenlerin Bazı Özellikleri

Öğretmen	Mezuniyet	Deneyim	Yaş/Cinsiyet	Çalıştığı kurumlar	Öğrenim Seviyesi
Öğrt.1	1986 Haziran	25 yıl	48/Erkek	Meslek Lisesi ve Fen Lisesi	Kimya Eğitimi/Lisans
Öğrt.2	1991 Haziran	20 yıl	41/Kadın	Ortaokul (Fenbilgisi) Genel Lise Dershane	Kimya Eğitimi/Lisans ve Yüksek Lisans
Öğrt.3	1987 Haziran	24 yıl	45/Kadın	Genel ve Anadolu Lisesi	Kimya Eğitimi/Lisans
Öğrt.4	1985 Haziran	26 yıl	48/Erkek	Genel Lise ve Meslek Lisesi	Kimya Eğitimi/Lisans
Öğrt.5	1993 Haziran	18 yıl	43/Kadın	Ortaokul (Fen bilgisi) Genel Lise	Kimya/ Lisans Pedagojik Formasyon

Katılımcı grup; Ankara'da bulunan beş farklı lisede görev yapan 5 kimya öğretmeni ve 15 öğrenciden oluşmuştur. Grubu oluşturan iki erkek ve üç kadın öğretmen, 2009-2010 öğretim yılında orta öğretim 10.sınıf kimya dersini yürütmüşlerdir. Veri toplamada rastlanabilecek kimi olumsuzlukların önüne geçilebilmesi, daha sağlıklı çalışılabilmesi adına, araştırmacılar tarafından bilinen öğretmenler tercih edilmiştir. Bu açıdan katılımcı öğretmenlerin seçiminde izlenen yol maksimum çeşitlilikten çok *uygun örnekleme* yaklaşımı ile paralellik göstermektedir.

Katılımcı öğrencilerin seçimi de benzer şekilde öğretmenlerin görüşü ve araştırmacı gözlemi çerçevesinde; derse katılım, genel başarı düzeyi ve düşüncelerini rahat ifade etme, gibi ölçütler de dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir.

Katılımcı 10. Sınıf öğrencilerinin cinsiyet dağılımı öğretmenlere bağlı olarak aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 5. Katılımcı Öğrencilerin Cinsiyet Dağılımı

Öğretmen	**Öğrenciler**
Öğrt.1	2 Kız, 1 Erkek
Öğrt.2	2 Kız, 1 Erkek
Öğrt.3	3 Kız
Öğrt.4	1 Kız, 2 Erkek
Öğrt.5	3 Erkek

3.2. Veri Toplama Süreci

Bu bölümde veri toplama süreci açıklanacaktır. Süreç şu şekilde işleyecektir;

1. *Verilerin toplanması öncesinde yapılanların tanımlanması*
2. *Verilerin toplanması; gözlem ve görüşmelerin tanımlanması*
3. *Toplanan verilerin niteliğinin tanımlanması*

3.2.1. Veri Toplama Öncesi Hazırlık

Araştırmada durum çalışmalarında önerilen veri toplama yöntemlerinden görüşme ve gözlem kullanılmıştır. Asıl verilerin toplanması öncesinde pilot bir çalışma da yapılmıştır.

Pilot çalışma. Asıl veriler toplanmaya başlanmadan önce belirlenen katılımcı grubun dışında, 3 kimya öğretmenine yönelik bir pilot çalışma yapılmıştır. Pilot çalışmada 5 saatik bir gözlem ve akabinde, görüşmeler yapılmıştır. Bu çalışmadan elde edilen verilerin analizinden çıkan sonuçlar gözlemde odaklanılacak boyutlar ve gözlem ile görüşme arasında bağlantıyı sağlamak adına gerekli önlemleri almada yol gösterici olmuştur. Özellikle; gözlem sorularının katılımcı tarafından nasıl anlaşıldığı, sorulacak soruların ifade biçimi açısından farklı şekillerde nasıl yöneltilebleceği ve bu açıdan gözlemlerde karşılaşılan bir duruma ilişkin nasıl sorular yöneltilebileceği, gibi noktalarda pilot çalışma fayda sağlamıştır.

Pilot çalışma sonrasında asıl verilerin toplanması öncesi yapılan hazırlıklar ise şunlardır;

- Gözlem ve görüşme öncesinde ilgili kurumlara başvurularak gerekli resmi izinler alınmıştır.
- Araştırma verileri toplanmadan önce; kimya dersi 10.sınıf öğretim programı incelenerek Periyodik Sistem ünitesi için ön görülen süreler belirlenmiştir.
- Öğretmenlerin üniteyi eş zamanlı işlemleri olasılığı ve dersleri takip etmede sıkıntı yaşanmaması noktasında önlem almak için belirlenen öğretmenlerle iletişime geçilmiştir.
- Öğretmenlere yapılacak çalışma hakkında bilgi verilip müsaadeleri istemiştir. Tüm katılımcılardan olumlu cevaplar alınmıştır.
- Öğretmenlerin ünite için ön gördükleri zaman dilimleri, gözlem için uygun şubenin seçilmesi ve haftalık ders dağılımları hakkında bilgiler alınmıştır.
- Tüm katılımcılardan toplanan bilgiler çerçevesinde taslak bir gözlem planı çıkartılmıştır.

- Okullara göre, mümkün olduğu kadar konuyu kapsayıcı gözlemler yapabilmek için, katılımcılarla tekrar görüşülerek gözlem planı netleştirilmiştir.

Öğretmenlerin üniteyi nispeten farklı zaman dilimlerinda işlemiş olmaları veri toplamayı kolaylaştırmıştır. Ancak öğretmenler genel anlamda üniteyi programdan ön görülen süreden daha kısa sürelerde bitirdikleri görülmüştür.

3.2.2. Verilerin Toplanması

Hazırlıkların tamamlanmasının ardından çalışma takvimine bağlı olarak veri toplama süreci aşağıdaki sıralamaya göre yapılmıştır.

Tablo 6. Veri Toplama Süreci

Sıra	Çalışma	Süreç
1.	Kimya Derslerinin Gözlemlenmesi	Yıllık planlara bağlı olarak mümkün mertebe ünite başlangıcından sonuna kadar yapılmıştır. Yapılan toplam gözlem süresi yaklaşık 32 saattir.
2.	Kimya Öğretmenleri ile Görüşme	Ünite sonrasında her öğretmen için uygun zamanlarda yapılmıştır. Görüşme süreleri 45 ile 60 dakika arasında değişmiştir.
3.	Öğrenciler ile Görüşme	Öğretmen görüşmeleri sürecinde veya görüşmelerden sonra öğrenci için uygun olan zamanlarda yapılmıştır. Görüşme süreleri 15 ile 30 dakika arasında değişmiştir.

Veri toplamda kullanılan görüşme ve gözlem formları araştırma problemlerine bağlı olarak hazırlanmıştır. Veri çeşitlemesi amacı ile araştırma problemlerine ilişkin verilerin elde edilmesinde her iki veri toplama biçimi de kullanılmıştır.

3.2.2.1.Gözlem

Gözlemlerde veri kaybı yaşanmaması amacıyla video kaydı yapılmıştır. Gözlemler katılımsız doğal gözlem (Yıldırım ve Şimşek, 2005: 171) şeklinde yapılmıştır. Katılımcıların doğal davranmaları ve kamera kaydının psikolojik bir etki oluşturmaması için sınıf ortamındaki kayıt yeri titizlikle seçilmiştir. Gözlem öncesinde yarı yapılandırılmış bir gözlem formu da hazırlanmıştır. Gözlem formu hazırlanırken, araştırma problemlerine bağlı olarak gözlemde odaklanılacak verilerin niteliği genel bir çerçevede nispeten belirlenmiştir (EK-3).

Aşağıda öğretmenlerin takip ettikleri konu başlıklarına göre gözlem sürelerinin dağılımı dağılımı verilmiştir.

Tablo 7. Öğretmenlere ve Konu Başlıklarına Göre Gözlem Sürelerinin Dağılımı

Öğretmen/Toplam Süre	**Konu Başlığı/Süre**		
	Periyodik Sistemin Tarihçesi	Periyodik Sistemin Genel Yapısı ve Grup Özellikleri	Özellikler ve Periyodik Değişimi
Ögrt.1/7 saat	1 saat	2 saat	4 saat
Öğrt.2/7 saat	1 saat	3 saat	3 saat
Öğrt.3/5 saat	1 saat	2 saat	2 saat
Öğrt.4/7 saat	1saat	2 saat	4 saat
Öğrt.5/6 saat	Öğretmen tarafından işlenmedi	3 saat	3 saat

Gözlem sürecinde ise kamera kaydının dışında bu formda belirlenen boyutlara yönelik notlar alınmıştır. Bu notlar özellikle dikkat çeken ve o an için araştırmacı tarafından anlamlandırılan; öğretmen ve öğrencilerin dilsel ifadeleri, her hangi bir gösterim, dilsel olmayan bir davranış vb. üzerinedir. Söz konusu notlar analiz öncesinde kayıt verileri ile birleştirilmiştir. Kimya dersleri gözlemlenen okullarda gözlem süreleri farklılık göstermekle birlikte, toplam süre yaklaşık 32 ders saatidir. Ayrıca gözlemlerde öğretmenler tarafından işlenen periyodik sistem ünitesinin alt başlıklarında da gözlem sürelerinde farklılık oluşmuştur. Bu durumu etkileyen en büyük faktör öğretmenlerin konu başlıklarına ve genelde ünitenin bütününe ayırdıkları sürelerin farklılık göstermesidir. Diğer taraftan, her ne kadar öğretmenler farklı zaman dilimlerinde üniteyi takip etmiş olsalar da haftalık programlarda ortaya çıkan bazı çakışmalardan dolayı süre dağılımı homojen olmamıştır.

3.2.2.2.Görüşmeler

Görüşmeler görüşme formu yaklaşımı ile yarı yapılandırılmış bir şekilde düzenlenmiş görüşme soruları ile yapılmıştır. Görüşme formu görüşmelerde odaklanılacak verilerin niteliğine göre çok belirgin olmasa da genel anlamda boyutlandırılarak düzenlenmiştir (EK-1,2). Bu düzenleme gözlemlerde olduğu gibi, araştırmanın problemlerine bağlı olarak yapılmıştır. Gözlemler sonrasında toplanan verilerin gözden geçirilmesi ve genel bir incelemesi ardında daha önceden hazırlanış olan görüşme soruları tekrar ele alınmıştır. Bazı soruların ifade şeklileri ve kullanılacak olası sonda soruları değiştirilip bazı yeni ilaveler yapılmıştır. Bu süreçte uzman ve akran görüşü alınmış ve görüşme formunda son şekli verilmiştir. Destek alınan kişiler ve özellikleri aşağıda verilmiştir.

Tablo 8. Görüş Alınan Uzmanlar

1. Uzman	İnorganik Kimya, Kimya Eğitimi ve Bilim Felsefesi
2. Uzman	Kimya Eğitimi
3. Uzman	Dil ve Anlatım

Görüşmeler veri kaybı yaşanmaması için ses kayıtlı olarak ve katılımcıların izni alınarak yapılmıştır. Görüşmeler esnasında ses kaydının dışında notlar da alınmış ve bu notlar daha sonra kayıt verileri ile birleştirilmiştir. Öğrenci görüşmelerinde öğrencilerle birebir görüşmeler yapılmıştır. Mümkün olduğu kadar tüm öğrencilere eşit süre verilmeye çalışılmıştır. Ayrıca öğrenciler ders saatinin içerisinde sırayla görüşme yapılacak ortama alınmışlardır. Bu şekilde sıra bekleme durumunda kalmamaları ve bundan kaynaklanabilecek olası psikolojik olumsuzluğun önüne geçilmesi amaçlanmıştır. Görüşmeler, ortamda araştırmacı ve katılımcının dışında başka bir kimsenin olmaması adına genellikle uyun olan bir idareci odasında veya toplantı odasında yapılmıştır. Bazı görüşmeler ise okulun öğretmen odasında yapılmıştır.

Tablo 9. Öğretmen ve Öğrencilerle Yapılan Görüşme Süreleri

Öğretmen/ Süre	**Öğrenciler/Süre**		
	Öğrn.1	Öğrn.2	Öğrn.3
Ögrt.1/ 60 dk.	25 dk.	30 dk.	30 dk.
Öğrt.2/ 60 dk.	20 dk.	25 dk.	30 dk.
Öğrt.3/ 50 dk.	30 dk.	30 dk.	30 dk.
Öğrt.4/ 55 dk.	20 dk.	15 dk.	20 dk.
Öğrt.5/ 47 dk.	15 dk.	15 dk.	15 k.

3.2.2.3.Gözlem ve Görüşme Boyutlarına Göre Toplanan Verilerin Niteliği

Yukarıda da ifade edildiği gibi veri toplama sürecinde gözlem ve görüşmelerde odaklanılacak verilerin niteliğine ilişkin, araştırma problemlerine bağlı olarak gözlem ve görüşme formlarında bir öngörüde bulunulmuştur. Bu çerçevede veri toplama yöntemi ve ilgili verilerin niteliği şu şekilde gösterilebilir;

Tablo 10. Toplanan Verilerin Niteliği

Veri Toplama Yöntemi	**Toplanan Verilerin Niteliği**
Gözlemler	Ders esnasında öğretmenlerin ve öğrencilerin periyodik sisteme ilişkin; Olu*şturulan söylemlerdeki sözel (dilsel) ifadeler ve bunlara eşlik eden gösterimler* *Oluşturulan söylemlerdeki bilgisel içerik*
Görüşmeler	Öğretmen ve öğrencilerin sorulara verdikleri cevaplar çerçevesinde; *Periyodik sistemin öğretimi, öğrenimi ve doğasına yönelik görüşler* *Görüşlerdeki bilgisel içerik*

3.3. Verilerin Analiz Süreci

Bu bölümde veri analiz süreci açıklanacaktır. Süreç şu şekilde işleyecektir;

1. *Verilerin analizinde benimsenen genel yaklaşımın tanımlanması*
2. *Bulgulara ulaşma sürecinin tanımlanması*
3. *Geçerlilik ve güvenilirlik çalışmalarının tanımlanması*

3.3.1. Veri Analizinde Genel Yaklaşım

Verilerin analizinde içerik analizi yöntemi kullanılmıştır. İçerik analizinde temel amaç birbirine benzeyen verileri belirli kavramlar ve temalar çerçevesinde bir araya getirmek, bunları okuyucunun anlayabileceği bir biçimde düzenleyerek yorumlamaktır. Bu süreç kabaca; verilerin kodlanması, temaların oluşturulması, kodların ve temaların düzenlemesi, bulguların tanımlanması ve yorumlanması basamaklarını içerir. İçerik analizi süreci genellikle tümevarımcı bir analizi gerektirir. Özellikle incelenen olguyu açıklamak için bir kuramsal çerçevenin olmaması durumunda, kodlar doğrudan

verilerden elde edilebilir. Ardından yeni temalar oluşturulabilir. Kuramsal çerçevenin belirgin olmaması durumunda ise önceden belirlenen kodlar ve temalar değişime açıktır, verilerden yeni kodlar ve buna bağlı olarak tümevarımcı bir analizle temalar elde edilebilir, önceden belirlenmiş olanlar değişebilir. Bu tür kodlama türüne genel bir çerçevede kodlama adı verilir. Özellikle durum çalışmalarında, araştırma problemlerin veya araştırmanın boyutları ile ilişkilendirilerek toplanan verilerin bu yaklaşımla içerik analizi yapılabilir (Yıldırım ve Şimşek, 2005).

Yürütülen çalışmada verileri toplamadan önce, ilgili alan yazının okunması sonucunda, araştırmanın amacı ve problemleri açısından çok belirgin olmasa da kavramsal bir çerçeveden söz etmek mümkün görülmüş ve taslak bir kod listesi hazırlanmıştır. Ancak verilerin tekrarlı okunması sonucunda tümevarımcı bir analizin ağırlıklı olarak benimsenmesi gereği ortaya çıkmış ve duruma uygun olarak *genel bir çerçevede* kodlama yapılmasına karar verilmiştir. Analize tüm verilerin bir araya getirilerek kodlanması ile başlanmıştır. Bu süreçte analiz öncesinde hazırlanan kodlara yenilerinin eklenmesi veya değiştirilmesi ile kod listesi büyük ölçüde revize edilip, genişletilmiştir. Özellikle kodların büyük bir kısmının verilerden elde edildiği düşünüldüğünde, analizde bu süreç etkin bir şekilde işlemiştir.

Analiz sürecinde verilerin derinliğinden kaynaklanan birden fazla seviyede kodlama gereği de ortaya çıkmıştır. Bu nedenle birinci seviye kodlama sonucu ortaya çıkan kavramlar uygun kavramlar altında daha üst seviye kodlarla sınıflandırılmış ve ön görülen taslak temalarla ilişkilendirilmiş veya çoğunlukla yeni taslak temalar elde edilmiştir. Ayrıca kodlama sonrasında taslak temalar, tema-kod-veri üçlü ilişkisi çerçevesinde incelenmiş ve kontrol edilmiş ve kesinleştirilmiştir. Ardından araştırma problemlerine göre temalar, bulguları tanımlamak amacı ile düzenlenmiştir. Bu düzenlemede temaların daha üst düzey temalar ile ifade edilebileceği ortaya çıkmıştır. Bu temalar ve araştırma problemleri ile ilişkisi tabloda verilmiştir;

Tablo 11. Araştırma Problemlerine Göre Belirlenen Ana Temalar

Ana Tema		Problemler
Akıl Yürütme Yöntemleri	$PD1_1$	*Öğretmenler,* periyodik sistemin öğretim sürecinde hangi akıl yürütme yöntemlerine dayalı söylem oluşturmaktadır?
	$PD2_1$	*Öğrenciler,* periyodik sistemin öğretim sürecinde hangi akıl yürütme yöntemlerine dayalı söylem oluşturmaktadır?
Bilgi Üretiminin Biçimsel Yapısı	$PD1_2$	*Öğretmen* söylemlerinde akıl yürütme yöntemleri çerçevesinde nasıl bir bilgi üretimi oluşmaktadır?
	$PD2_2$	*Öğrenci* söylemlerinde akıl yürütme yöntemleri çerçevesinde nasıl bir bilgi üretimi oluşmaktadır?
Bilgi Üretiminde Kimyasal Bilgi	$PD1_3$	*Öğretmen* söylemlerini oluşturan kimyasal bilgilerin bilgi üretiminde durumu ve niteliği nedir?
	$PD2_3$	*Öğrenci* söylemlerini oluşturan kimyasal bilgilerin bilgi üretiminde durumu ve niteliği nedir?
Bilgi Üretiminde Periyodik Sistem	$PD1_4$	*Öğretmenlerin,* bilgi üretiminde periyodik sistemin durumu ve niteliğine yönelik yaklaşımları nasıldır?
	$PD2_4$	*Öğrencilerin,* bilgi üretiminde periyodik sistemin durumu ve niteliğine yönelik yaklaşımları nasıldır?

Bu ana temalar hem veri analiz sürecinin daha anlaşılır sunulması hem de bulguların tanımlanması açısından gerekli ve önemli görülmektedir. Ana temaların araştırma problemleri ile ilişkilendirilmesi sonrasında bulguları tanımlamak için, daha önceden kurulan kod-tema ilişkisi ve bu ilişkiye bağlı olarak da tema-veri ilişkisi çerçevesinde, verilerin araştırma problemlerine göre tekrar örgütlenmesi yapılmıştır.

Tabloda ana temaların ilişkili olduğu veriler analiz sürecindeki niteliğine de dikkate alınarak verilmiştir.

Tablo 12. Ana Temaların İlgili Olduğu Veriler ve Analiz Sürecindeki Niteliği

Ana Tema	Birincil veri	İkincil veri
Akıl Yürütme Yöntemleri	Gözlem verileri	Görüşme verileri
Bilgi Üretiminin Biçimsel Yapısı	Gözlem verileri	Görüşme verileri
Bilgi Üretiminde Kimyasal Bilgi	Gözlem verileri	Görüşme verileri
Bilgi Üretiminde Periyodik Sistem	Görüşme verileri	Gözlem verileri

Ana temalara ulaşmada kullanılan kodlar ve kodlara bağlı veriler incelendiğinde, çeşitleme amacı ile veriler arasında sınıflanabilirlik ortaya çıkmıştır.

Birincil veriler. İlgili ana temanın ve temaların elde edilmesine olanak veren ve analiz sürecinde bu açıdan öncelik verilen verilerdir.

İkincil veriler. Çeşitleme amacı ile birincil verilerin analizi sonucunda elde edilen temaları teyit edici veya destekleyici veriler olarak işlev görmüştür.

Ayrıca ana temalara göre verinin örgütlenmesinde kullanılan kodlara yönelik listelerden de bahsetmek mümkündür. Bu listeler bulguların tanımlanması öncesinde araştırma problemleri altında tema ve veri ilişkisini kurmak için genel kod listesinden oluşturulmuştur.

Analiz sürecinde kod, kategori veya tema düzeyinde bazı kavramaların tanımlanma ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Bu açıdan yerine göre temalar, kategoriler ve kavramlara tanımlamalar ve açıklamalar getirilmiştir. Ancak bu tanımlama ve açıklamaların bulgular bölümünde verilmesi, bulguların daha anlaşılır sunulması açısından uygun görülmüştür.

Aşağıda ana temalara ilişkin başlıklarda, temalar ve temalara bağlı kategorilere nasıl ulaşıldığı açıklanacaktır. Elde edilen temaların, ilişkili kategori ve kavramlara bağlı olarak veriler eşliğinde tanımlanması ise bulgularda verilecektir. Bu noktada önemli bir durum olarak; aşağıdaki başlıklarda bazı örnekler üzerinden açıklanacağı üzere, analizde yerine göre birden fazla seviyede kodlama ve bir boyuta ilişkin elde

edilen kavramların başka bir boyut için alt seviyede bir kod olarak kullanılmış olmasıdır. Bu çerçeveden bakıldığında çalışmanın doğası gereği yerine göre, veri analizi ve bulgular eş güdümlü olduğundan, başka bir ifade ile bir probleme ilişkin bir bulgunun, diğer bir probleme ilişkin analizde kod gibi kullanılması nedeni ile analiz sürecinin detaylı bir şekilde anlaşılabilmesi için bulgular ile birlikte takip edilmesi gerektiği değerlendirmektedir. Ancak aşağıdaki başlık altında mümkün olduğu kadar bulgulara ulaşma süreci ayrıntılı olarak verilmeye çalışılacaktır.

3.4. Bulgulara Ulaşma Süreci

Bu bölümde, ana temalara ilişkin başlıklar altında gözlem ve görüşme verilerinden bu ana tema ve bunlara bağlı alt temalara nasıl ulaşıldığı açıklanacaktır. Açıklama süreci araştırma problemlerine ilişkin analiz sonucunda elde edilen ana temalara göre oluşturulan başlıklar altında şu şekilde verilmiştir;

- *Araştırma problemleri ve problemlerle ilgili ulaşılan ana temanın verilmesi*
- *Analiz öncesi ön görülen alt temaların verilmesi*
- *İlgili verilerin analiz sürecinin açıklanması*
- *Veri çeşitlemesinin açıklanması*
- *Öğretmen ve öğrencilerde kesinleşen alt temaların verilmesi*

3.4.1. Ana Tema-1: Akıl Yürütme Yöntemleri

3.4.1.1. İlgili Problemler

- ($PD1_1$) *Öğretmenler* periyodik sistemin öğretim sürecinde hangi akıl yürütme yöntemlerine dayalı söylem oluşturmaktadır?
- ($PD2_1$) *Öğrenciler* periyodik sistemin öğretim sürecinde hangi akıl yürütme yöntemlerine dayalı söylem oluşturmaktadır?

Öğretmen ve öğrencilerin oluşturduğu söylemlerde kullandıkları akıl yürütme yöntemlerine ilişkin alt temalar birincil veriler olarak ortaya çıkan gözlem verileri analizinden elde edilmiştir. Görüşme formunda özellikle akıl yürütme yönetmelerine ilişkin sorular çerçevesinde elde edilen görüşme verileri gözlem bulgularını kontrol ve teyit amaçlı analiz edilmiştir.

Öngörülen alt temalar. Öğretmen ve öğrencilerin sınıfa ortamında ortaya koydukları söylemlerdeki akıl yürütme yöntemlerine yönelik olarak, çalışmada verilen kuramsal çerçeveden yola çıkılarak analiz öncesinde alt temalar şu şekilde ön görülmüştür;

1. Tümevarım yöntemi
2. Tümdengelim yöntemi
3. Hipotetik-dedüktif yöntem
4. Retrodüktif yöntem

3.4.1.2. Gözlem Verilerinin Analizi

Söylemlerde kullanılan akıl yürütme yöntemlerine ulaşmada tümevarımcı bir analiz süreci işlemiştir. İlk olarak her durum için sınıf ortamında oluşturulan hem öğrenci hem de öğretmen söylemlerinin kodlanmasında özelden genele doğru seviyeli bir kodlama yapılmıştır. Kodlama söylemlerin yapısal analizinden başlayarak, *temel yöntemsel kalıpların* ve bunlarla tanımlanan akıl yürütme yöntemlerinin belirlenmesi şeklinde yürütülmüştür. Bu süreçte ilk seviye kodlama sonrasında elde edilen bazı kavram kategorileri ikinci seviyede kod olarak kullanılmıştır. Son seviyede ise problemlere ait bulguları tanımlamada kullanılacak temalar için daha genel kategoriler elde edilmiştir. Bu sürecin nasıl işlediği verilen tabloda açıklanmıştır.

Tablo 13. Verilerin Analiz Süreci-1

İşlem	Amaç	Süreç
1.Seviye Kodlama	Söylemlerin akıl yürütmelerde kullanılan unsurlar açısından ***(örnek ve önermeler)*** incelenmesi.	Unsurlar açısından verilerin kodlanması. ***Örnek- genel bilgilerinin*** belirlenmesi ve buna bağlı olarak kodların revizyonu
2.Seviye Kodlama	Söylemlerin akıl yürütme yöntemleri açsından ***(örnek-genel bilgiler ve ilişkileri)*** incelenmesi.	Akıl yürütme ilişkileri ile ilgili kodlar ile verilerin kodlanması. ***Yöntemsel ilişkilerin*** belirlenmesi ve tanımlanması. Buna bağlı olarak kodların revizyonu.
Verilerin Düzenlenmesi ve Son Seviye Kodlama	Bir konu başlığında geçen bir durum çerçevesinde yöntemsel ilişkilerin kullanımının ***(bir durumda yöntemsel ilişkilerin bütüncül olarak kullanım şekilleri ve birbirleri ile ilişkisi)*** incelenmesi.	1 ve 2. seviye kodlanan verilerin konu içeriğine bağlı durumlar göre düzenlenmesi. Verilerin yöntemsel ilişkilere göre kodlanması. ***Temel yöntemsel kalıpların (durumsal kalıp) ve bileşenlerinin*** tanımlanması.

3.4.1.2.1. 1. Seviye Kodlama (Söylemleri Oluşturan Unsurların Belirlenmesi)

Elde edilen gözlem verilerini oluşturan *(öğrenci ve öğretmen)* söylemlerin sürekli karşılaştırmalarla incelenmesi ve yapısal analizi sonucunda iki temel öğeden oluştuğu belirlenmiştir. Bunlar *örnekler* ve *önermeler* olarak tanımlanmıştır.

1. Örnekler. Sınıf ortamında oluşturulan söylemlerin sözel ifadelerin dışında kalan kısımlarıdır. Bunlar genellikle periyodik cetvel veya tahta üzerindeki gösterimlerdir. Örneğin; *bir grupta elementlerin dizilimini periyodik cetvel üzerinde gösterme veya tahta üzerinde atom çapına ilişkin çizimler*, örnekler olarak alınmıştır.

Aşağıda örnek vermeye ilişkin alıntılar verilmiştir;

"... Öğretmen klor elementine ait bazı yükleri tahtada verdi. Cl, Cl^- ,Cl^+,Cl^{3+}..."

"...Öğretmen periyodik tablo üzerinde 2. periyot sıralamasını göstererek..."

2. Önermeler. Sınıf ortamında yapılan söylemlerdeki sözel ifadelerdir. Söylemleri oluşturan temel unsurlar olarak önermelerin sınıflandırılması yapılmıştır. Bu sınıflandırmada önermelere getirilen mantıksal sınıflandırma temel alınmamıştır. Önermeler epistemolojik açıdan ifade ettikleri bilgi içeriğine bağlı olarak farklı şekillerde sınıflandırılmıştır. Bu nedenle verilerde rastlanılan önermelerin ifade ettikleri bilgiler, ilk olarak bilginin nesnesine göre iki farklı sınıfa ayrılmıştır;

Örnek (durum) bilgileri. Örneklere ilişkin bilgiler olup çoğu kez örneklerin verilmesi sırasında kullanılan önermeler ile ifade edilmektedir.

Aşağıda örnek bilgilerini ifade eden önermelerden alıntılar verilmiştir;

" ...sodyumun elektron sayısı lityumdan büyüktür..."

" ...kalsiyumun elektron dağılımı s^2 (terimi) ile biter..."

Genel (durum) bilgileri. Belirli bir nesneye yönelik olmayıp, bir sınıfın geneline yönelik bilgilerdir. Bu tür bilgiler konusu bir geneli temsil eden önermelerle ifade edilir.

Aşağıda genel bilgilere örnek alıntılar verilmiştir;

"... 1. gruptaki elementlerin değerlik elektron sayısı birdir..."

" ...gruplarda atom çapı yukarıdan aşağıya doğru artar..."

Genel durum önermelerinin sıkça kullanılması bu önermelerin kendi içinde sınıflandırılması gereğini ortaya koymuştur.

Genel durum önermeleri şu sınıflara ayırılmıştır;

1. *Genellemeler.* Konuda kullanılan genellemeler; çoğunlukla periyodik sistemde grup özellikleri, periyodik özelliklerin değişimini ifade eden genel durum önermeleridir. Örnek alıntı; " *İyonlaşma enerjisi periyot boyunca soldan sağa doğru genellikle artar"*
2. *İlkesel önermeler.* Konuda kullanılan ilke formunda önermeler; çoğunlukla periyodik sistemin yapısı ile ilgili genel durum önermeleridir. Örnek alıntı *" değerlik elektron sayısı grup numarasını belirler"*
3. *Tanımsal önermeler.* Konuda kullanılan tanımlara ait; her hangi bir özelliği tanımlamak için kullanılan genel durum önermeleridir. Örnek alıntı; *"iyonlaşma enerjisi bir atomdan bir elektron koparmak için verilen enerjidir"*

Çalışmada önermelerin mantıksal sınıflandırılması kullanılmamıştır. Veri analizi sürecinde önermelerin bilgi içeriği ve diğer önermelerle ilişkisi dikkate alındığından önermelere daha çok epistemolojik açıdan yaklaşılmıştır. Bu nedenle mantıksal yapı açısından basit önermeler (kategorik) tikel veya tümel olup olmadığına bakılmaksızın, ifade ettikleri bilginin nesnesine bağlı olarak *örnek durum önermesi* veya *genel durum önermesi* olarak tanımlanmış ve sınıflandırılmıştır. Bu noktada önermelerden kullanıldığı bağlama bağlı olarak; konusu, kaplamı geniş olan bir terim ile ifade edilenler genel durum önermesi, kaplamı diğerlerine göre dar olan bir terimle ifade edilenler ise daha örnek durum önermesi olarak kabul edilmiştir. Örneğin; *"tüm metaller elektriği iletir"* ve *"tüm sodyum metalleri elektriği iletir"*, önermelerinin her ikisi de mantıksal açıdan tümel olmasına rağmen, epistemolojik anlamda birinci önerme daha geneldir. Başka bir ifade ile tüm sodyum metalleri, tüm metallerin kaplamında bulunur. Ayrıca mantıksal yapı açıdan birleşik (kategorik olmayan) önermelerde de bu durum geçerlidir. Yapı olarak birleşik bir koşul önermesi taşıdığı olgusal bilgiye göre epistemolojik anlamada örnek bir duruma ait bir önerme veya genel duruma ait bir önerme olarak karşımıza çıkabilir. Örneğin *" sodyum kolay elektron veriyorsa aktif bir metaldir"* önermesi mantıksal açıdan birleşik bir koşul önermesidir. Ancak önerme, olgusal açıdan sodyum metalinin bir gruba olan aidiyet ilişkisini veya sodyum metalinin diğer bazı metallerden farklı bir özelliğini ifade etmektedir. Önermede aktif metaller olarak bilinen nesne kümesinin bir özelliği, bir elemanı olan sodyum ile

örneklendirilmektedir. Bu nedenle, örnek durum önermesi olarak ele alınabilir. Ancak, *"bir metal kolay elektron veriyorsa aktif bir metaldir"* önermesinde ise belirli bir örnek söz konusu değildir. Daha genel bir yapıdadır ve genel durum önermesi olarak kabul edilebilir. Benzer şekilde *"metaller kolay elektron veriyorlarsa aktiftirler"* gibi bir önerme ise daha genel görünmektedir. Bağlamsal açıdan bakıldığında yukarıda verilen önermelerin bir arada kullanılması durumunda bunlar arasında söz konusu sınıflandırma daha net bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle iki farklı önerme arası ilişki incelenirken göreli bir yaklaşımla bilgi nesnesinin kaplamı (önermenin konusu) daha geniş bir kavram olan genel, daha dar olan ise örnek durum önermesi olarak alınmıştır.

3.4.1.2.2. Seviye Kodlama (Yöntemsel İlişkilerin Belirlenmesi)

Yapılan ilk kodlama ile örnek ve önermelerin belirlenmesinin ardından konu içeriğine bağlı olarak oluşturulan söylemler, bu önerme ve örneklerin kullanımı ve birbirleriyle ilişkileri açısından incelenmiştir. İncelemede akıl yürütme yöntemlerine uygun olan önerme ve örnek ilişkileri aranmış ve bu çerçevede ikinci kodlama yapılmıştır. Sonuçta iki gruba ayrılabilecek önermesel ilişkiye rastlanmıştır:

1. Tümdengelim ilişkisi
2. Tümevarım ilişkisi

Öğretmen ve öğrenciler. Bu ilişkilerden öğretmen söylemlerinde her ikisine, öğrencilerde ise sadece tümdengelim ilişkisine rastlanmıştır.

3.4.1.2.3. Verilerin Düzenlenmesi ve Son Seviye Kodlama

Yöntemsel ilişkilerin belirlenmesinin ardından kodlanan veriler, konu içeriğine bağlı olarak oluşturulan alt başlıklarda geçen durumlar çerçevesinde düzenlemiştir. Örneğin; *iyonlaşma enerjisi* bir durum olarak ele alınmıştır. İyonlaşma enerjisine ilişkin kodlanan tüm veriler bu başlıkta bir araya getirilerek yöntemsel ilişkiler açısından bütüncül olarak ele alınmış ve bu ilişkiler ile kodlanmıştır. Burada amaçlanan bir durum

çerçevesinde oluşturulan söylemlerde hangi yöntemsel ilişkilerin nasıl kullandığının belirlenmesidir.

Öğretmenler. Bu seviyede ilk olarak, genel anlamada sınıf ortamındaki söylemlerin çok büyük bir kısmını oluşturan öğretmen söylemleri kodlanmıştır. Bu kodlama sonrasında iyonlaşma enerjisi gibi bir durum çerçevesinde yöntemsel ilişkilere dayalı bazı yapıların (akıl yürütme kalıpların) ortaya çıktığı görülmüş, yapıları ve bileşenleri tanımlanmıştır. Bu yapılar temel yöntemsel kalıplar olarak adlandırılmıştır. Türleri aşağıda verilmiştir;

1. Tanımlama kalıpları
    - Tümevarımsal tanımlama kalıbı
    - Tümdengelimsel tanımlama kalıbı
2. Açıklama kalıpları
    - Tümevarımsal açıklama kalıbı
    - Tümdengelimsel açıklama kalıbı

Ayrıca öğretmenlerin konu takibinde hangi akıl yürütmenin ne kadar sık kullandığını belirlemek için, öğretim sürecindeki konu takibi, konu başlıklarında geçen söz konusu durumlarda kullandıkları bu kalıplar açısından da incelenmiştir. Bu kalıplar ve kullanımı bulguların tanımlanmasında veriler eşliğinde detaylı olarak tanıtılacak ve açıklanacaktır

Öğrenciler. Öğretmen verilerinin analiz sürecinden sonra öğrenci söylemlerinin kodlanması yapılmıştır. Ancak öğrencilere yönelik bu noktadaki verileri kendilerine sorulan sorulara verdikleri cevaplardan veya çok nadir de olsa kendi söz almaları ile oluşturdukları kısa açıklamalardan elde edilmiştir. Öğrenci söylemlerinin kısa açıklamalardan oluşması nedeni akıl yürütme yönteminin tam olarak tanımlamak için, öğretmen öğrenci diyalogları çerçevesinde bir duruma yönelik açıklamalar bütüncül olarak ele alınmış ve incelenmiştir.

3.4.1.2.4. Görüşme Verileri İle Çeşitleme

Gözlem verilerinin analizinin ardından görüşme verilerinin çeşitleme amacı ile kullanılmıştır. Bu amaçla görüşme soruları gözlem verilerinin ilk kontrolünden sonra hazırlanmıştır. Görüşme sorularına verilen cevaplardan elde edilen veriler, ilgili gözlem verileri ile karşılaştırılarak ve gözlem verilerinden kodlanması çerçevesinde ortaya çıkan kavram ve kategoriler dikkate alınarak revize edilen kodlara göre kodlanmış ve gözlemlerden elde edilen temalar ile ilişkilendirilmiştir.

Yapılan görüşmelerde periyodik sistemin öğretim sürecine yönelik soru boyutu çerçevesinde konunun sunumunda akıl yürütmelerin kullanımına/tercih edilmesine yönelik öğretmenlere ve öğrencilere yöneltilen sorulardan alınan cevapların gözlem bulgularını desteklediği görülmüştür. Bu çerçevede gözlem verilerini destekleyen görüşme verileri, çeşitleme amacı ile bulguların tanımlanmasında da kullanılacaktır.

3.4.1.2.5. Kesinleşen Alt Temalar

Birincil nitelikteki gözlem verilerinin ve çeşitleme amaçlı görüşme verilerinden yola çıkarak elde edilen kodları temsil eden kesin temalar şu şekilde belirlenmiştir;

Tablo 14. Problemlere İlişkin Alt Temalar-1

$PD1_1$ ve $PD2_1$ Problemlerine İlişkin, *Akıl Yürütme Yöntemleri* Ana Teması Altında Kesinleşen Alt Temalar	
Öğretmenler	Öğrenciler
1. *Akıl yürütme kalıpları (temel yöntemsel kalıplar) ve yapısı* 2. *Temel yöntemsel kalıpların kullanımı*	3. *Temel yöntemsel ilişki ve yapısı* 4. *Temel yöntemsel ilişkinin bağlamsal kullanımı*

3.4.2. Ana Tema-2: Bilgi Üretiminin Biçimsel Yapısı

3.4.2.1. İlgili Problemler

- ($PD1_2$) *Öğretmen* söylemlerinde akıl yürütme yöntemleri çerçevesinde nasıl bir bilgi üretimi oluşmaktadır?
- ($PD2_2$) *Öğrenci* söylemlerinde akıl yürütme yöntemleri çerçevesinde nasıl bir bilgi üretimi oluşmaktadır?

Kullanılan/tercih edilen akıl yürütme yöntemleri çerçevesinde söylemlerde ortaya çıkan bilgi üretiminin biçimsel yapısına ilişkin temalara gözlem verilerinin analizinden ulaşılmıştır, ardından görüşme verileri gözlem bulgularını kontrol ve teyit amaçlı analiz edilmiştir.

Öngörülen alt temalar. Analiz öncesinde bu ana temanın ilgili olduğu problem bağlamında belirli bir taslak tema söz konusu değildir. Bu nedenle kodlama ağırlıklı olarak verilerden elde edilmiş olan kodlar ile yapılmıştır.

3.4.2.2. Gözlem Verilerinin Analizi

Öğretmenler. Bilgi üretiminin biçimsel yapısının ortaya çıkma süreci, daha önceden tanımlanan temel yöntemsel kalıpların kullanımına odaklanma ile başlamıştır. Bu süreçte her bir akıl yürütme yöntemi; kendi kalıbının kullanıldığı durumlar çerçevesinde;

- Kalıbın bileşenleri
- Bileşenlerin birbirleri ile ve diğer kalıpların bileşenleri ile ilişkileri

, gibi açılardan incelenmiş ve kodlanmıştır.

Bu şekilde akıl yürütmelerde kullanılan bilgilerin birbirleri ile ilişkileri temelinde bilgi üretiminin biçimsel yapısı analiz edilmiş ve yapı ile ilgili bileşenler ortaya çıkmıştır. Bu bileşenlere ilişkin ortaya çıkan kavramlar da tanımlanmıştır. Son süreçte biçimsel yapılar bütüncül olarak oraya çıkan *bilgi üretme süreci* kavramı altında

tanımlanmıştır. Bilgi üretiminin biçimsel yapısında ilişkin analiz sürecinin işleyişi aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

Tablo 15. Veri Analiz Süreci-2

İşlem	Amaç	Süreç
1.Seviye Kodlama	Verilerin temel yöntemsel kalıpların bileşenleri ***(Öncül, Sonuç, İç çıkarım)*** açısından incelenmesi	Farklı durumlarda kullanılan kalıpların bileşenlerinin karşılaştırmalı incelenmesi ve kodlanması. Bilgi üretiminin biçimsel bileşenlerinin ***(temel öncül, temel ilke, ön kabuller, temel çıkarım)*** ortaya çıkması ve tanımlanması
Verilerin Düzenlenmesi ve Son Seviye Kodlama	Bilgi üretiminin biçimsel bileşenleri ***(temel öncül, temel ilke, ön kabuller, temel çıkarım)*** arasındaki ilişkilerin incelenmesi	Bilgi üretiminin biçimsel bileşenleri arasındaki ilişkilerin akıl yürütme yöntemleri açısından tekrar incelenmesi ve kodlanması. Bilgi üretiminin bütüncül yapısının ***(bilgi üretim süreçleri)*** ortaya çıkması ve tanımlanması

Bilgi üretimin biçimsel yapısına yönelik yukarıda verilen analiz sonrasında, akıl yürütme yöntemlerine dayalı bilgi üretiminin biçimsel yapısını tanımlamak amacıyla ulaşılan bilgi üretme süreçleri şu şekilde ifade edilebilir;

1. Tanımlama süreçleri
   - *Tümevarımsal tanımlama süreci*
   - *Tümdengelimsel tanımlama süreci*
2. Açıklama süreçleri
   - *Tümevarımsal açıklama süreci*
   - *Tümdengelimsel açıklama süreci*

Bu süreçlerin detaylı tanımı, öğretmenler açısından bulguların tanımlanmasında veriler eşliğinde verilecektir.

Öğrenciler. Öğrencilerin bilgi üretiminin biçimsel yapısına ilişkin analiz, akıl yürütme yöntemlerinde olduğu gibi öğretmen söylemleri ile birlikte ele alınmak durumundadır. Nitekim öğretmenlerde bilgi üretiminin biçimsel yapısı akıl yürütme yöntemlerine bağlı olarak ortaya çıkmıştır. Bu nedenle öğrenci söylemlerindeki bilgi üretiminin biçimsel yapısı, öğretmen söylemleri ile bağlamsal olarak oluşan akıl yürütme ilişkisi ve bu ilişkinin oluştuğu durumların analizi ile belirlenmiştir. Bu belirlemenin daha açık hali bulgularda verilmiştir.

3.4.2.3. Görüşme Verileri İle Çeşitleme

Gözlem verilerinin analizinden sonra görüşme verileri çeşitleme amacı ile kullanılmıştır. Görüşme sorularına verilen cevaplardan sağlanan veriler, gözlem verilerinin analizi sürecinde geliştirilen ve revize edilen kodlar ile kodlanmıştır. Sonrasında yeni bir kategori oluşmamış, veriler büyük ölçüde aynı kodlar ile görüşme kavramlarına bağlanmıştır. Bu açıdan gözlem verileri bulguların tanımlanmasında sıkça alıntı olarak kullanılmıştır.

3.4.2.4. Kesinleşen Alt Temalar

Birincil nitelikteki gözlem verilerinin elde edilen ve görüşme verileri ile desteklenen kavramları temsil eden kesin temalar şu şekilde belirlenmiştir;

Tablo 16. Problemlere İlişkin Alt Temalar-2

$PD1_2$ ve $PD2_2$ Problemlerine İlişkin, *Bilgi Üretiminin Biçimsel Yapısı* Ana Teması Altında, Kesinleşe Alt Temalar	
Öğretmenler	Öğrenciler
1. *Bilgi üretiminin bileşenleri*	4. *Yönlendirme*
2. *Bilgi üretme süreçleri ve yapısı*	5. *Temel yöntemsel ilişki ile bilgi üretimi ve bileşenler*
3. *Bilgi üretme süreçlerinin kullanımı*	6. *Bilgi üretme süreçlerine katılım*

3.4.3. Ana Tema-3: Bilgi Üretiminde Kimyasal Bilgi

3.4.3.1. İlgili Problemler

- (PD1$_3$) *Öğretmen* söylemlerini oluşturan kimyasal bilgilerin bilgi üretiminde durumu ve niteliği nedir?
- (PD2$_3$) *Öğrenci* söylemlerini oluşturan kimyasal bilgilerin bilgi üretiminde durumu ve niteliği nedir?

Bilgi üretiminde kimyasal bilginin durumu ve niteliğine ilişkin bulgular birincil veriler olarak gözlem verilerinden elde edilmiştir. Ardından görüşme verileri gözlem bulgularını kontrol ve teyit amaçlı kullanılmıştır.

Öngörülen alt temalar. Bu ana temaya bağlı olarak analiz öncesinde ortaya konabilecek alt temalar mümkün değildir. Bu nedenle kodlama ağırlıklı olarak verilerden elde edilmiş olan kodlar ile yapılmıştır.

3.4.3.2. Gözlem Verilerinin Analizi

Öğretmenler. Bilgi üretiminin biçimsel yapısına yönelik temaların elde edilme sürecinde kullanılan kimyasal bilgilerin durumu dikkat çekmiştir. Bu açıdan bu süreç içerik açısından da ele alınmıştır. Bu şekilde akıl yürütme yöntemlerine dayalı olarak tanımlanan *bilgi üretim süreçlerinde* kullanılan bilgiler epistemolojik özellikleri açısından incelenmiştir. İncelemede bilgi üretiminde kullanılan bilgilerin, kullanıma bağlı durumları ve bir birleri ile bu kullanım çerçevesinde ilişkileri çerçevesinde nitelikleri ele alınmıştır. Kodlamalar bu çerçevede yapılmıştır.

Öğrenciler. Öğrenci söylemleri ise diğer temalarda olduğu gibi, öğretmen söylemleri çerçevesinde bütüncül olarak analiz edilmiş durumdadır.

3.4.3.3. Görüşme Verileri İle Çeşitleme

Gözlem verilerinin analizinden sonra görüşme verileri çeşitleme amacı ile kullanılmıştır. Görüşmede sorulara verilen cevaplardan sağlanan veriler, gözlem verilerinin analizi sürecinde geliştirilen ve revize edilen kodlar ile kodlanmıştır. Sonrasında yeni bir kategori oluşmamış, veriler büyük ölçüde aynı kodlar ile yukarıda verilen görüşme kategorilerine bağlanmıştır. Bu açıdan gözlem verileri bulguların tanımlanmasında alıntı olarak kullanılmıştır.

3.4.3.4. Kesinleşen Alt Temalar

Birincil nitelikteki gözlem verilerinin elde edilen ve görüşme verileri ile desteklenen kavramları temsil eden kesin temalar şu şekilde belirlenmiştir;

Tablo 17. Problemlere İlişkin Alt Temalar-3

$PD1_3$ ve $PD2_3$ Problemlerine İlişkin, *Bilgi Üretiminde Kimyasal Bilgi* Ana Teması Altında Kesinleşen Alt Temalar	
Öğretmenler	Öğrenciler
1. *Bilginin niteliği* 2. *Bilgiler arası ilişkilerden oluşan nitelikler*	3. *Bilginin niteliği* 4. *Bilgiler arası ilişkilerden oluşan nitelikler*

3.4.4. Ana Tema-4: Bilgi Üretiminde Periyodik Sistem

3.4.4.1. İlgili Problemler

- (PD1$_4$) *Öğretmenlerin,* bilgi üretiminde peryodik sistemin durumu ve niteliğine yönelik yaklaşımları nasıldır?
- (PD2$_4$) *Öğrencilerin,* bilgi üretiminde periyodik sistemin durumu ve niteliğine yönelik yaklaşımları nasıldır?

Bilgi üretiminde periyodik sistemin durumuna yönelik temalar ağırlıklı olarak görüşme verilerinden sağlanmıştır. Ayrıca gözlem verileri görüşme bulgularına yönelik çeşitleme amacı ile kullanılmıştır.

Öngörülen alt temalar. Analiz öncesinde belirli taslak temalar söz konusu değildir. Bu nedenle kodlama ağırlıklı olarak verilerden elde edilmiş kodlar ile yapılmıştır.

3.4.4.2. Görüşme Verilerinin Analizi

Öğretmen ve öğrenciler. Görüşme formunda yer alan doğrudan periyodik sistemin doğasına ilişkin sorular ve periyodik sistemin öğretim süreci ve akıl yürütme yöntemleri gibi araştırma problemleri çerçevesinde yöneltilen diğer sorularda altında verilen sondalar bağlı öğrenci ve öğretmen yanıtlarından elde edilen veriler genel bir çerçevede kodlanmıştır.

3.4.4.3. Gözlem Verileri İle Çeşitleme

Öğretmen ve öğrenciler. Görüşme verilerinin yukarıda verilen boyutlara ilişkin analizinin ardından gözlem verileri öğretmen ve öğrencilerin periyodik sisteme yönelik yaklaşımları çerçevesinde ele alınmıştır. Bu amaçla özellikle gözlem formunda ele

alınan veri boyutları olan; konu takibi, periyodik sistemin tanımlanması ve kullanımına ilişkin gözlem verileri kodlanmıştır. Bu analizde verilerin görüşmelerde ortaya çıkan temalara bağlana bileceği belirlenmiştir.

3.4.4.4. Kesinleşen Alt Temalar

Gözlem ve görüşme verilerinin analizinden elde edilen kavramları temsil eden kesin temalar şu şekilde belirlenmiştir;

Tablo 18. Problemlere İlişkin Alt Temalar-4

PD1$_4$ ve PD2$_4$ Problemlerine İlişkin, *Bilgi Üretiminde Periyodik Sistem* Ana Teması Altında Kesinleşen Alt Temalar	
Öğretmenler	Öğrenciler
1. *Periyodik sistemin doğası* 2. *Öğretim sürecinde periyodik sistem* 3. *Öğrenciler açısından periyodik sistem*	4. *Periyodik sistemin doğası* 5. *Periyodik sistemin işlevi* 6. *Periyodik sistem ve periyodik yasa*

Bu şekilde gerçekleşen analiz sürecinde elde edilen tema ve gerekli durumlarda kodların tanımlanma ihtiyacı duyulmuştur. Bulguların daha anlaşılır olabilmesi kaygısı ile ilgili tanımlamalar uygun bir şekilde bulgularda verilmiştir.

3.5. Geçerlilik ve Güvenilirlik

Uzman incelemesi ve kodlaması. Verilerin araştırmacı tarafından kodlanması sonrasında kimya, kimya eğitimi ve bilim felsefesi alanında yetkin bir uzmandan iki farklı şekilde görüş alınmıştır;

Bunlardan ilkinde verilerin belirli bir kısmı (yaklaşık %70) uzman tarafından kodlar çerçevesinde değerlendirilmiş ve yeniden kodlanmıştır. Araştımacı ve uzman tarafından yapılan iki kodlama arasında kod listesinin hemen hemen tamamı noktasında görüş birliği sağlanmıştır.

İkinci olarak verilerin tamamı için yapılan kodlamalar ve ulaşılan temalar hakkında uzman görüşü alınmıştır. Ortaya çıkan kimi düzenlemeler yapılmıştır.

Çeşitleme. Çalışmada farklı çeşitlemelerden bahsetmek mümkündür. İlk olarak araştırmanın verileri farklı yöntemlerle elde edilmiştir. Ayrıca araştırmanın boyutlarına bağlı olarak ikincil verilerden elde edilen bulgular birincil verilerden elde edilen bulguları teyit veya destekleme amacı ile kullanılmıştır. Diğer taraftan aynı durumu temsil eden birden fazla katılımcıdan veri elde edilmiştir.

Katılımcı teyidi. Veri analizi sonrasında elde edilen bulgulara ilişkin katılımcılarla görüşülerek fikir alınmıştır. Katılımcıların bulgulara çok büyük ölçüde destek verdikleri görülmüştür. Katılımcıların çok nadir de olsa farklı yönde görüş bildirdiği bulgular ise ilgili veriler çerçevesinde tekrar gözden geçirilmiştir. Gözden geçirme sonrasında gerekli düzenlemeler yapılmıştır.

4. BULGULAR

Bu ana bölümde araştırmanın bulguları tanımlanmıştır. Bulgular araştırmanın durumlarını oluşturan *öğretmen* ve *öğrencilere* ilişkin iki bölümde (Durum1 ve Durum2) ele alınacaktır. Bu bölümlerde her durum için araştırma problemlerine bağlı olarak belirlenen ana temalara yönelik ana başlıklar ve alt temalara yönelik başlıklar altında bulgular tanımlanmıştır.

Bu süreçte tercih edilen *tümevarımsal bir yaklaşım ile temaların elde edilme sürecinde ortaya çıkan bulgular kademeli olarak tanımlanmaya çalışılmıştır.* Böylelikle temalara nasıl ulaşıldığının da bulgular eşliğinde tanımlanması amaçlanmıştır. Ayrıca bulguların bu şekilde veri alıntıları ile tanımlanmasının ardından probleme ait bu bulgulardan elde edilen *sonuç(lar)* da verilmiştir.

Bu çerçevede bulguların tanımlanmasında takip edilen kademeli yol şu şekilde özetlenebilir;

Tablo 19. Bulguların Tanımlanmasında İzlenen Yol

1. *Durumun verilmesi*
2. *İlgili araştırma probleminin verilmesi*
3. *Probleme ilişkin ana tema başlığının verilmesi*
4. *Alt temaya yönelik başlığın verilmesi*
5. *Alt tema başlığı altında tümevarımsal olarak bulguların tanımlanması*
6. *Söz konusu alt tema çerçevesinde ilgili probleme yönelik bulguları özetleyen sonuç(lar)ın verilmesi*

Bu şekilde yürüyen bulguları tanımlama sürecinde kullanılan veri alıntılarında önemli kısımlar; altları çizilerek, gri tonlamalı veya italik olarak gösterilmiştir. Ayrıca gerekli durumlarda ortaya çıkan kavramlara ilişkin tanımlar ve açıklamalar getirilmiştir. Araştırma durumlarına ilişkin bulguları tanımlamada kullanılacak; bulgu, alıntı, tanım, görüş, sonuç gibi bilgiler ve bunlar ile ilgili çalışma grubu üyesi kodları şu şekilde belirlenmiştir;

Tablo 20. Bulguları Tanımlamada Kullanılan Kısaltma ve Kodlar

Durum	Bulgu	Alıntı	Tanım	Görüş	Sonuç	Ç.G. üyesi
D1(Öğretmen)	$BulguD1_n$	$D1A_n$	$TanımD1_n$	$GörüşD1_n$	$SonuçD1_n$	$D1_n$
D2(Öğrenci)	$BulguD2_n$	$D2A_n$	$TanımD2_n$	$GörüşD2_n$	$SonuçD2_n$	$D2_n$

DURUM1. ÖĞRETMENLER

Problem ($PD1_1$): ***Öğretmenler periyodik sistemin öğretim sürecinde hangi akıl yürütme yöntemlerine dayalı söylem oluşturmaktadır?***

4.1. Söylemlerde Kullanılan Akıl Yürütme Yöntemleri

Bu başlık altında yukarıda verilen probleme yönelik elde edilen bulgular tanımlanacak ve bulgulardan elde edilen sonuçlar verilecektir. Bu süreçte aşağıda verilen iki başlık ve bunlara bağlı alt başlıklar kullanılacaktır;

- Akıl yürütme yöntemleri ve söylemlerdeki durumu
- Akıl yürütme yöntemlerinin öğretim sürecinde kullanımı

4.1.1. Akıl Yürütme Yöntemleri ve Söylemlerdeki Durumu

4.1.1.1. Akıl Yürütme Yöntemlerine Yönelik İlişkiler (Yöntemsel İlişkiler)

$BulguD1_1$. *Öğretmenlerin sınıfta oluşturdukları söylemler, örnek ve önermeler arasındaki ilişkiler açısından incelendiğinde tümevarım ve tümdengelim yöntemlerine uygun ilişkilere rastlanmıştır.*

4.1.1.1.1. Tümdengelim Ilişkisi

Öğretmen söylemlerinde tümdengelimin iki farklı şekline uygun ilişkilere rastlanmıştır;

1. **Genel bilgiden örneklere.** Birinci ilişki; genel bilginin verilmesinin ardından örnekler verilmesi ile oluşmaktadır.

Aşağıda örnek bir alıntı verilmiştir;

D1A$_1$: [... *"metal gruplarında bazlık yukarıdan aşağıya doğru artar"*…ifadesinin ardından bazı örnekler verildi; Na ve K' un hidroksitli bileşiklerinin çözünme denklemleri üzerinde kıyaslama verildi…]

Yukarıdaki alıntıda bir *genellemeden* yola çıkılıp örnekler verilmiştir. Burada metal gruplarında bazik özelliğin değişimi 1.grup için, gruba ait iki elementin oluşturduğu bileşikler üzerinden örneklendirilmiştir.

Burada oluşan tümdengelimin yapısı önermeler halinde şu şekilde analiz edilebilir;

Öncül: Metal gruplarında bazlık (bazik özellik) yukarıdan aşağıya doğru artar

Öncül: K, Na' dan daha aşağıdadır

Sonuç: O halde; KOH, NaOH' den daha baziktir.

2. **Genel bilgiden genel bilgiye**. Diğer ilişki ise, genel bilgilerin bir birine bağlanması ile oluşan açıklamalarda ortaya çıkmaktadır. Bu açıklamaların yapısı bir tümdengelim türü olan kıyaslar (Syllogisme) şeklindedir.

Aşağıda örnek bir alıntı verilmiştir;

D1A$_2$: […"*gruptan aşağıya doğru inildikçe atom çapı artar, elektronegatiflik de tabii ki azalır. Elektronegatifliğin azalması hidroksit iyonunun kolay kopması anlamına geliyor. Kolay kopuyorsa o maddenin bazik özelliği de artıyor."*]

Yukarıdaki alıntıdaki söylem bütüncül olarak ele alındığında; genel birleşik önermelerden oluşan, koşullu (hipotetik) bitişik iki kıyas veya zincirsel bir kıyas olarak düşünülebilir.

Alıntıdaki tümdengelimin yapısı önermeler halinde şu şekilde analiz edilebilir;

- Grupta aşağıya doğru inildikçe atom çapı artar
- Atom çapı artarsa, elektronegatiflik azalır

- Elektronegatiflik azalırsa, hidroksit iyonu kolay kopar
- Hidroksit iyonu kolay kopuyorsa, maddenin bazik özelliği de artar
- O halde; grupta aşağıya doğru bazik özellik artar

Yukarıda verilen zincirsel bir kıyastır. Bu alıntıyı ayrıca üç farklı koşullu bitişik kıyasdan oluşmuş bir açıklama olarak analiz etmek de mümkündür;

1. Çıkarım;

Öncül: Atom çapı artarsa, elektronegatiflik artar

Öncül: Grupta aşağıya doğru atom çapı artar

Sonuç: O halde; grupta aşağı doğru, elektronegatiflik artar

2. Çıkarım

Öncül: Elektronegatiflik artarsa, hidroksit iyonu kolay kopar

Öncül: Grupta aşağı doğru elektronegatiflik artar

Sonuç: O halde; gruptan aşağı doğru hidroksit iyonu kolay kopar

3. Çıkarım:

Öncül: Hidroksit iyonu kolay koparsa, bazik özellik artar

Öncül: Grupta aşağı doğru (bileşiklerinde) hidroksit kolay kopar

Sonuç: O halde; gruptan aşağı doğru bazik özellik de artar

Bu üç çıkarımın her biri mantıksal açıdan tutarlı ve geçerli birer tümdengelimdir. Her üç çıkarımda da *küçük terim* olan *gruptaki elementlere* ilişkin üç özellik; *bazik özellik, hidroksitin kolay kopması* ve *elektronegatiflik,* belirli bir sırayla, 1. çıkarımda *büyük terim* olan *atom çapından* yola çıkılarak elde edilmiştir. En son verilen *bazik özellik* temelde atom çapından belirli bir nedensel silsile ile çıkarılmıştır. Bu açıdan bu çıkarımın temelde dayandığı öncülü; *atom çapı artarsa, bazik özellik artar,* şeklinde ifade etmek mümkündür. Bu açıdan oluşturulan açıklama tek bir tümdengelim olarak şu şekilde gösterilebilir:

Temel çıkarım;

Öncül (Temel Öncül) : Atom çapı artarsa, bazik özellik artar

Öncül ***:*** Grupta aşağı doğru atom çapı artıyor

Sonuç ***:*** O halde; grupta aşağı doğru bazik özellik artar.

Tümdengelimde sonuç olarak verilen bilgi, küçük terim hakkındaki yargıdır. Bu yargı büyük öncül (büyük terimin olduğu öncül) de ifade edilen yargı ile aynıdır (Emiroğlu, 2007). Başka bir ifade ile yargı örneklendirilmiş olur. Burada temel öncülde (büyük öncül) büyük terim durumunda olan *atom çapının* artmasına bağlanan bazik özelliğin değişimi yargısı, sonuçta; küçük terim durumundaki *grupta aşağıya doğru elementler (dizilişi)* üzerinde örneklendirilmiştir.

4.1.1.1.2. Tümevarım Ilişkisi

Örneklerden genel bilgiye. Öğretmen söylemlerindeki tümevarım ilişkisi; örneklerin ardından genel bilginin verilmesi ile oluşmaktadır;

Aşağıda örnek bir alıntı verilmiştir;

$D1A_3$: [...Öğretmen örnek vererek başladı. K ve Li elementlerinin elektron dağılımlarını verdi. Bu elementlerin elektron dağılımlarının s^1 ile bittiğini söyledi. Daha sonra; *"gruptaki elementlerin elektron dağılımları s^1 ile sonlanır"* dedi…]

Yukarıda verilen alıntıda öğretmen, bir grupta bulunan elementlerin elektron dağılımına ilişkin genel özelliği, grupta bulunan farklı iki elementi örnek vererek tümevarımla elde etmiştir. Buradaki genel bilgi, *genelleme* şeklinde bir önerme ile ifade edilmiştir.

Burada oluşan tümevarımın yapısı önermeler halinde şu şekilde analiz edilebilir;

K, Li ‘un 1. grupta bulundukları bilinmektedir;

Örnek: K’un elektron dağılımı s^1 ile sonlanır

Örnek: Li’un elektron dağılımı s^1 ile sonlanır

Sonuç: O halde; 1. gruptaki elementlerin elektron dağılımlar s^1 ile sonlanır

Burada yapılan tümevarım esasen sayılabilir bir sınıfa yönelik yapıldığı için *eksik tümevarım* biçiminde bir *tam tümevarım*dır.

4.1.1.2. Temel Yöntemsel İlişkilerin Bir Durum Çerçevesinde Kullanımı

Söylemlerde örnek ve önermeler arasında oluşan akıl yürütme yöntemlerine ait yukarıda tanımlanan ilişkilerin belirlenmesinin ardından, sınıf ortamında oluşturulan söylemler ünite içeriğine bağlı olarak, konu başlıkları altında geçen durumlarda bütüncül olarak ele alınmıştır. *Bu durumlar, konu alt başlıklarına karşılık gelen, iyonlaşma enerjisinin değişimi, 1. grubun özellikleri ve benzerlerine yönelik öğretim süreçleridir.*

BulguD1$_2$. *Öğretmenlerin periyodik sistem ünitesinin konu başlıkları altında geçen durumlar çerçevesinde ortaya koydukları söylemler incelendiğinde, bazı durumlarda tek bir yöntemsel ilişki kullanırken bazı durumlarda birden fazla yöntemsel ilişki bir arada kullanıldığı belirlenmiştir.*

Söz konusu kullanımlar tümdengelimsel ve tümevarımsal olarak iki farklı formda oluşmaktadır.

4.1.1.2.1. Tümdengelimsel Kullanım

Yöntemsel ilişkilerin tümdengelimsel kullanımında bir duruma yönelik verilen genel bir bilgiden yola çıkarak aynı duruma yönelik örnekler getirme söz konusudur. Bu süreçte tümdengelimsel kullanım iki farklı şekilde oluşturulmaktadır.

1. Birinci kullanımda tümdengelim ilişkisinin birinci formuna bağlı olarak; *genelden örneğe* doğru bir çıkarım oluşturulmaktadır;

Örnek bir alıntı aşağıda verilmiştir;

D1A$_4$: […asitlik… …" *Halojenlerde asitlik yukarıdan aşağıya doğru artar"* dedikten sonra öğretmen, HCl, HF bileşiklerinin karşılaştırılmasını örnek olarak verdi…]

Yukarıdaki alıntıda bir *genellemeden* yola çıkılıp örnekler verilmiştir. Burada 7A (17.grup) grubuna ait bir özellik iki element üzerinde örneklendirilmiştir.

2. Bazı durumlarda örnekler verilmeden önce, genel bilgiyi temellendirmek veya açıklamak amacı ile tümdengelimin diğer bir formu olan kıyas şeklinde bir açıklama da yapıldığı belirlenmiştir.

Örnek bir alıntı aşağıda verilmiştir;

D1A$_5$:[… Bazik özellik... Öğretmen; "*1A grubunda bazlık aşağı doğru artar"* dedi. Ardından; " gruptan aşağı doğru inildikçe atom çapı artar, elektro negatiflik de tabiî ki azalır. Elektronegatifliğin azalması hidroksit iyonunun kolay kopması anlamına geliyor. Kolay kopuyorsa o maddenin bazik özelliği de artıyor." dedikten sonra; Na ve K örneklerini verdi…]

Yukarıdaki alıntıda öğretmen 1.grupta bazik özelliğin değişimine ilişkin genel bilgiyi verdikten sonra, bu değişimin sebebini açıklayan bir çıkarım oluşturmuştur. Son olarak başlangıçtaki verdiği genellemeyi tümdengelimle örneklendirmiştir. Gri tonlamalı olarak verilen bu çıkarımda yukarıda tanımlanan (D1A$_2$) tümdengelim ilişkilerinden ikincisi görülmektedir. Bu açıdan çıkarım *bir tümdengelim formu olan kıyas* şeklindedir. Bu çıkarımda atom çapı ile bazik özellik arasındaki ilişki

elektronegatifliğe bağlı olarak açıklanmaya çalışılmıştır. Başka bir ifade ile bazik özelliğin genel değişimi çapın değişiminden elde edilmiştir. Bu açıdan bu tür tümdengelimde daha önceden açıklandığı gibi çıkarım bir *temel öncüle* dayandığı söylenebilir, buradaki öncül ise yukarıda analiz edildiği üzere; *atom çapı, artarsa, bazik özellik artar* önermesidir.

4.1.1.2.2. Tümevarımsal Kullanım

Yöntemsel ilişkilerin tümevarımsal kullanımında bir duruma yönelik verilen örneklerden yola çıkarak aynı duruma yönelik genel bir bilgi üretme söz konusudur. Bu süreçte tümevarımsal kullanım iki farklı şekilde oluşturulmaktadır;

1. Birinci kullanımda örneklerin hemen ardından duruma ilişkin genel bilgi verilmektedir;

Aşağıda örnek bir alıntı verilmiştir;

D1A$_6$: […Atom yarıçapının değişimi… öğretmen, Na, K ve Mg un karşılaştırılması verdi… ardından, "O halde cetvelde çap nasıl değişir diyebiliriz; *yukarıdan aşağıya artar, soldan sağa azalır* diyebiliriz"…]

Yukarıda verilen alıntıda öğretmen, periyodik sistemin bir kesitinde bulunan elementlerden yola çıkarak periyodik sistemde atom yarıçapının değişimine ilişkin genel bilgiye tümevarım ile ulaşmıştır. Buradaki genel bilgi *genelleme* şeklinde bir önerme ile ifade edilmiştir.

2. Bazı durumlarda tümevarımsal olarak genellenen özelliği, temellendirme ve açıklama amacı ile bazen genel bilgiden önce bazen daha sonra, tümdengelimin bir formu olan kıyas şeklinde bir açıklama oluşturulduğu görülmektedir.

Örnek bir alıntı aşağıda verilmiştir;

D1A$_7$: […Atom yarıçapının değişimi… öğretmen, B ve F un karşılaştırılmasını vererek açıklamaya başladı; "atomların son yörüngelerindeki elektronların bulunduğu

> mesafe aynı, ama çekirdek yükleri farklı olduğundan elektron başına uygulanan çekim gücü farklı oluyor, bu da F (kuvvet) çapı belirliyor, çap daha küçük oluyor. O halde cetvelde çap; *soldan sağa azalır* diyebiliriz" …]

Yukarıdaki alıntı incelendiğinde periyodik olarak değişen bir özelliğe ait verilen birkaç örnek üzerinde genel değişime ait bir bilgi üretildiği görülmektedir. Ancak değişimin nedeni açıklamak için süreç içerisinde açıklama da yapıldığı görülmektedir. Gri tonlamalı verilen bu açıklama kıyas şeklinde tümdengelim bir çıkarımdır. Bu çıkarımın sonucu ise durumda kullanılan tümevarımın sonuç önermesi veya ulaşılmak istenen genel bilgidir. Yapı olarak tümdengelim olan bu çıkarım ile değişimin nedeninin, atom çapı ile çekirdek çekim kuvveti arasındaki genel ilişki ile açıklanması amaçlanmaktadır. Tümdengelimin kullanımda olduğu gibi burada da çıkarımın bir temel öncüle dayandığını söylemek mümkündür; *Çekirdek çekim gücü artarsa, atom çapı azalır.*

4.1.1.3. Akıl yürütme yöntemi; Temel Yöntemsel Kalıplar (Durumsal Kalıplar) ve Yapısı

BulguD1$_3$. *Öğretmenlerin periyodik sistemin öğretim sürecinde oluşturdukları söylemler, yöntemsel ilişkilerin kullanımı temelinde tümevarım ve tümdengelim yöntemlerine uygun ve yapısı tanımlanabilir farklı kalıplar içermektedir.*

Yukarıda tanımlanan önermeler ve örnekler arasında oluşan ilişkiler ve bunların kullanımı dikkate alındığında, öğretmenlerin konu içeriğine bağlı olarak belirli durumlarda söylemlerini tümevarım ve tümdengelim yöntemlerine uygun olarak dört farklı kalıp kullanarak oluşturdukları görülmektedir.

Bunlardan ilk ikisi genel durum ve örnekler arasında doğrudan ilişki kurma şekildedir. Bunlardan ilki tümdengelimin, genelden örneğe doğrudan kullanılması ile, ikincisi ise tümevarımın, örnekten genele doğrudan kullanılması ile oluşmaktadır(D1A$_4$ ve D1A$_6$). Diğer iki kalıpta ise tümevarım veya tümdengelimle genelden örnek arasındaki ilişki kurulurken tümdengelim (kıyas şeklinde) bir açıklama veya bir çıkarım

oluşturulduğu görülmektedir ($D1A_5$ ve $D1A_7$). Bir başka açıdan ilk ikisinde durumu tanımlama, diğer ikisinde ise durumu açıklama özellikleri öne çıkmaktadır.

Bu çerçevede dört farklı yöntemsel kalıp şu şekilde sınıflanabilir;

3. Tanımlama kalıpları
   - Tümevarımsal tanımlama kalıbı
   - Tümdengelimsel tanımlama kalıbı
4. Açıklama kalıpları
   - Tümevarımsal açıklama kalıbı
   - Tümdengelimsel açıklama kalıbı

Bu kalıpların genel yapıları aşağıdaki gibi modellemek mümkündür;

Tanımlama kalıpları:

Tablo 21. Temel Yöntemsel Kalıplar (Tanımlama Kalıpları)

	1.Bölüm	2.Bölüm
Tümevarım	Örnekler durum bilgisi(leri)	Genel durum bilgisi *(İlke-genelleme vb.)*
Tümdengelim	Genel durum bilgisi *(İlke-genelleme vb.)*	Örnekler durum bilgisi(leri)

Açıklama kalıpları:

Tablo 22. Temel Yöntemsel Kalıplar (Açıklama Kalıpları)

	1.Bölüm	2.Bölüm
Tümevarım	Örnekler durum bilgisi(leri)	Genel durum bilgisi ve İç çıkarım
Tümdengelim	Genel durum bilgisi ve İç çıkarım	Örnekler durum bilgisi(leri)

Yukarıdaki bölümlerde tanımlanan bulgulardan yola çıkılarak kalıplardaki ifade edilen unsurları şu şekilde tanımlamak mümkündür;

TanımD1$_1$. *Genel durum bilgileri*: Periyodik sistem konusunda durumlara bağlı olarak kullanılan *ilkeler, genellemeler* gibi bir genele ilişkin bilgilerdir**.** Örneğin tümevarımın kullanıldığı alıntı D1A$_6$'da verilen ; "…(atom yarıçapı*) yukarıdan aşağıya artar, soldan sağa azalır*…" atom çapının değişimine ilişkin bu bilgi, bir genel durum bilgisidir.

TanımD1$_2$. *Örnek durum bilgileri:* Öğretmenlerin örnek gösterimleri veya örneklere ilişkin ifade ettikleri bilgilerdir. Örneğin aynı alıntıda; , *Na, K ve Mg* un karşılaştırılmasına ilişkin öğretmenin verdiği bilgiler, örnek durum bilgileridir.

TanımD1$_3$. *İç Çıkarım:* Genel durum bilgilerini temellendirme veya açıklama amacı ile çoğunlukla hipotetik nitelikli birleşik önermeden oluşan veya önermelerden kurulan açıklamalardır. Bunlar alanyazında hipotetik düşünme kalıbı olarak ifade edilen (Ayas vd.,2007; Lawson,2004); *" eğer... ise ve... ise, o halde... olur"* kalıba benzer yapıdadır. Ancak yapıları, tümdengelim ilişkisinde (D1A$_2$) olduğu gibi analiz edildiğinde, akıl yürütme yöntemlerinden tümdengelimin ikinci formu olarak tanımlanan kıyaslardan, koşullu veya birleşik kıyaslar oldukları ortaya çıkmaktadır.

Bu iç çıkarımların ayrıca *temel bir öncüle* dayandırılabilmektedir. Örneğin; yukarıda analiz edilen (D1A$_2$) alıntıdaki öncülün; *atom çapı artarsa, bazik özellik artar,* önermesi olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle söz konusu **iç çıkarım**; *bir temel öncülden yapılan tümdengelimsel bir çıkarım* veya ifade ettiği bilgiler arasındaki ilişki ön plana alınırsa, *iki veya daha fazla özellik arasında genel bir ilişki kurmak veya olan bir ilişkiyi açıklamak için oluşturulan bir çıkarım* olarak tanımlanabilir. Örneğin söz konusu alıntıda; atom çapı ile bazik özellik arasındaki ilişki lineer bir nedensellikle açıklanmaktadır. Bu noktada temel öncül tanımı da yapılabilir.

TanımD1$_4$. *Temel öncül:* genel bilgiler arasında oluşan zincirsel veya bitişik kıyaslardan oluşan tümdengelimin dayandığı büyük öncüldür. Bu öncül genelde şartlı

bir önerme ile çıkarımın dayandığı temel bilgiyi ifade etmektedir. Örneğin yukarıda ifade edilen temel öncüldeki bu bilgi *atom çapının değişimi*dir

Bu genel çerçeveden bakıldığında periyodik sistemin öğretim sürecinde öğretmenlerin oluşturdukları *söylemlerde kullanılan akıl yürütme yöntemlerine ilişkin* şu sonucu ifade etmek mümkündür;

Tablo 23. Öğretmenlere Yönelik 1. Probleme ($PD1_1$) İlişkin Sonuç-1($SonuçD1_1$)

$SonuçD1_1$. Öğretmenler periyodik sistemin öğretim sürecinde sınıf ortamında oluşturulan söylemlerde belirli kalıplar üzerinden iki tür akıl yürütme yöntemi kullanmaktadır; 1. Tümdengelim yöntemi 2. Tümevarım yöntemi

4.1.2. Akıl Yürütme Yöntemlerinin Öğretim Sürecinde Kullanımı

$BulguD1_4$. *Öğretmenlerin ünite içeriğine bağlı olarak oluşturulan farklı konu başlıklarında tümdengelimsel kalıpların tümevarımsal kalıplara oranla daha fazla kullandıkları belirlenmiştir.*

Öğretmenler periyodik sistem ünitesini aşağıda verilen konu başlıklarında işlemektedir.

1. Periyodik cetvelin yapısı
2. Grup özellikleri
3. Atomik özellikler
4. Özelliklerin periyodik değişimi

4.1.2.1. Tümdengelimin Kullanıldığı Durumlar

BulguD1$_5$. *Tümdengelimin tanımlama kalıbına uygun olarak tüm konu başlıklarında kullanıldığı görülmektedir.*

Periyodik sistemin yapısı. Periyodik sistem ünitesinde ilk işlenen konu başlığı olan periyodik sistemin genel yapısında öğretmenlerin sadece tümdengelimi tanımlama kalıbına uygun olarak kullandıkları görülmektedir.

Tümdengelimin bu şekilde kullanımına ilişkin örnek alıntı aşağıda verilmiştir;

D1A$_8$: […Gruplar… Öğretmen; *"grupların oluşmasında dikkate aldığımız unsur değerlik elektron sayısıdır* ". Ardından 1. grupta bulunan bir elementin (Li) elektron dağılımı yapılarak örnek verildi. Birkaç örnek daha bu şekilde yapıldı…]

Yukarıdaki alıntıda periyodik sistemin yapısına ait genel bir bilginin verilmesi ve ardından tümdengelimle örneklendirilmesi görülmektedir.

Grup özellikleri. Tümdengelimin grup özelliklerinde de tanımlama kalıbına uygun olarak kullanıldığı görülmektedir.

Bu kullanımına ilişkin örnek alıntılar aşağıda verilmiştir;

D1A$_9$: [...Alkali metaller... Öğretmen 1.grubun genel özelliklerini maddeler halinde vererek örneklendirmeleri yaptı. *"oksijenle ile aynı tür oksit oluştururlar..."* ifadesinden sonra, ilk iki elementin *(Li ve Na)* oksijenle ile tepkime denklemlerini gösterdi…]

D1A$_{10}$: [...Toprak alkali metaller… Öğretmen; *" 2.gruptakilerin değerlik elektron sayıları 2 dir "* dedikten sonra Ca ve Mg un elektron dağılımı verdi…]

Yukarıdaki alıntılarda grupların özelliklerine ait genel bilgilerden tümdengelimle örneklere gidilmektedir. Bu durumda birkaç örnek ile *genelleme* doğrulanmaya çalışılmaktadır. Ancak D1A$_9$ alıntısında başlangıç genellemesi bilimsel açıdan doğru olmadığı için (çünkü farklı tür bileşikler oluştururlar), tümdengelimin doğası gereği verilen örnekler veya örneklere ilişkin ifade edilen önermeler de doğru değildir.

Atomik özellikler. Tümdengelim atomik özelliklerde konusunda tanımlama kalıbına uygun olarak kullanılmaktadır.

Örnek bir alıntı aşağıda verilmiştir;

D1A$_{11}$: […yükseltgenme ve indirgenme… Öğretmen; "öncelikle bir tanımlayalım" diyerek, tanımlarını verdi; *"yükseltgenme elektron verme, indirgenme elektron almadır."* Ardından, Cl ve Na örneklerini verdi.]

Yukarıdaki alıntıda elementlerin atomik özelliklere ait tanımsal bir bilgi verilip tümdengelimle bunların örneklendirildiği görülmektedir.

Özelliklerin periyodik değişimi. Periyodik sistem ünitesinde öğretmenlerin üzerinde en fazla durduğu konu başlığı olan periyodik özelliklerin değişiminde tümdengelim bazı durumlarda tanımlama kalıbına uygun olarak kullanılmaktadır.

Bu şekilde kullanımına ilişkin örnek alıntılar aşağıda verilmiştir.

D1A$_{12}$: […Elektronegatiflik… Öğretmen; "elektronegatiflik soy gazlardan ilk üçü için tanımlı değildir, ama biz, genel olarak soy gazlar için tanımsızdır, diyeceğiz" dedi. Ardından genellemeyi verdi; "*bir periyotta elektronegatiflik soldan sağa artar, ama 8A grubunda sıfırdır* ve *bir periyotta en elektronegatif atom halojendir*, burada istisna, özel durum yoktur."…]

D1A$_{13}$: […Elektronegatiflik… Öğretmen; *"elektronegatiflik soldan sağa doğru gidildikçe, tıpkı iyonlaşma enerjisi gibi artar"* ifadesinden sonra, *2. periyot elementlerinden (F,O,N) örnek* verdi ve "bu da çapla ilişkidir "dedi.]

Yukarıdaki alıntılarda elektronegatifliğin periyodik sistemdeki genel değişimi verilerek örnekler üzerinde tanımlanmıştır. Özelliklerin değişimi periyodik sistemde grup ve periyot olarak daha önceden belirlenen element dizilişlerinin oluşturduğu sınıflar ile sınırlıdır. Verilen durumlarda birkaç örnek ile *genelleme* doğrulanmaktadır.

BulguD1$_6$. *Tümdengelimin açıklama kalıbına uygun kullanımına sadece periyodik özelliklerin değişiminde rastlanılmıştır.*

Periyodik özelliklerin genel değişimin açıklanmasında tümdengelimin kullanımına ilişkin örnek alıntılar aşağıda verilmiştir;

D1A$_{14}$: […Atom yarıçapı... Öğretmen; "Atom çapı nasıl değişir ve etkileyen faktörler nedir?". Oklarla periyodik sistemdeki genel değişimleri verdi; *"genel açıklamayı verelim… soldan sağa atom çapı azalır"* ve *birkaç örnek* üzerinde sıralamayı verdi. Ardından sordu; "neden?"…Öğretmen değişim sebebini açıklamak için fiziksel çekim kuvvetinin formülünü yazdı. Çapın değişimini fiziksel çekim formülündeki terimler üzerinden *"ters"* ve *"doğru orantılı"* ifadeleri kullanarak anlattı; " Periyodik cetvelde soldan sağa doğru gidildikçe katman sayısı aynıdır, bu yüzden r (formüldeki terim) sabit alınabilir. Buna karşın yükte bir artma vardır. Buda kuvvetin artmasına sebep olur. *Kuvvet artarsa çapta küçülür.*" Benzer bir şekilde yukarıdan aşağıya olan değişimi de açıkladı. "ve gerekçesi bu… Böylelikle olayı açıklamış olduk. Çekim kuvveti yükle doğru, uzaklığın karesi ile ters orantılıdır…" dedikten sonra ekledi "…tabi bu kadar basit açıklanmıyor tabi, orada etkin çekim kuvvetlerinden ve perdeleme etkisinden bahsedilir. Ama biz o boyuta taşımadan daha basit bir ifade ile burayı geçmemiz gerekir…"]

Yukarıdaki alıntıda öğretmen atom yarıçapının periyodik sistemdeki değişimin ait genellemeyi verdikten sonra, tümdengelimle örneklendirmiştir. Ardından bu değişiminin nedenini, farklı bir özellik olan çekirdek ve elektronlar arasındaki fiziksel çekim kuvvetine (Coulomb çekim kuvveti) bağlı oluşturduğu bir iç çıkarım ile açıklamıştır.

D1A$_{15}$: [...iyonlaşma enerjisi… Öğretmen; önce tanımı yaptı ve ardından denklem üzerinde bazı atomların elektron verme denklemlerini gösterdi. Bazı farazi değerler ile iyonlaşma enerjilerini gösterdi. Daha sonra; "gelelim iyonlaşma enerjisi ile atom çapı arasındaki ilişkiye. Atom çapını kafamda netleştirmişsem her türlü ilişkiyi atom çapı ile yorumlayabilirim. Atom çapı ne kadar küçükse, ona uygulayacağınız enerji o kadar büyüktür, yenmeniz gereken güçte o kadar büyüktür. Yani iyonlaşma enerjisi çapla ters orantılıdır." Dedikten sonra bu önermeyi sembolleştirdi, *"İyonlaşma enerjisi↑ ise çap↓ veya tersi."* Daha sonra

atom çapından yapılan çıkarımla iyonlaşma enerjisinin periyodik cetveldeki değişimi oklarla gösterildi. Verdiği *örneklerin sıralamasını* yaptı. Bu arada bir öğrencinin sorusu üzerine, N ve O üzerinden, bu değişimin istisnaları olduğunu ama genel yorumun böyle olduğunu ifade etti. İstisna durumları açıklarken küresel simetri kavramına gönderme yaptı...]

Yukarıdaki alıntıda ise öğretmenin iyonlaşma enerjisi tanımladıktan sonra örneklendirdiği görülmektedir. Ayrıca iyonlaşma enerjisinin periyodik sistemdeki değişimini, atom yarıçapında yola çıkarak açıklamak için iç çıkarım oluşturmuştur. Ardından da bu değişime ait genellemeyi vermiş ve örneklendirmiştir.

4.1.2.2. Tümevarımın Kullanıldığı Durumlar

BulguD1$_7$. *Tümevarımın tanımla kalıbına uygun olarak üç konu başlığında; grup özellikleri, periyodik özelliklerin değişimi ve atomik özellikler, de kullanıldığı belirlenmiştir.*

Grup özellikleri. Öğretmenlerin grup özelliklerinin tanımlanmasında tümdengelimin yanı sıra tümevarımı da tanımlama kalıbına uygun olarak kullandıkları görülmektedir.

Tümevarımın bu şekilde kullanımına ilişkin örnek alıntı aşağıda verilmiştir;

D1A$_{16}$: [… Grup özellikleri... 1.grup elementlerinden ilk ikisinin (Na ve K) su ile tepkimelerini verdi ardından " *bu grup elementleri su ile baz oluştururlar*" dedi. Ardından oksijenle tepkime denklemlerini yazdı ve " *bazik oksitler oluştururlar*" şeklinde ifade etti…]

Yukarıdaki alıntılarda periyodik sistemdeki belirli bir grubun üyelerine ait örneklerden çıkılarak tümevarım ile gruba ait genel bilgiler üretilmiştir. Burada elde edilen bilgiler *genelleme* şeklindedir.

Atomik özellikler. Öğretmenlerin atomik özelliklerin tanımlanmasında tümdengelimin yanı sıra tümevarımı da tanımlama kalıbına uygun olarak kullandıkları belirlenmiştir.

Örnek bir alıntı aşağıda verilmiştir;

> **D1A$_{17}$:** […İyon yarıçapı… Öğretmen; *"örnek üzerinden açıklayarak gideceğim bu daha pratik oluyor"* diyerek, *klor atomu ve iyonlarını örnek verdi*. *(Cl, Cl^- ,Cl^+,Cl^{3+})* Aralarındaki sıralamayı sordu… Kendisi sıralamayı yaptı. Ardından ; *"+ yüklü iyonlarda yük arttıkça çap azalır, - yüklü iyonlarda iyon yükü arttıkça çap büyür, genellemesi ile burayı toparlıyoruz*"…]

Yukarıda verilen alıntılarda bir atomik özelliği tanımlamak için bir kaç örnekten yola çıkılarak ilke şeklinde bir genel bilgiye ulaşılmıştır. Bu bilgiler oldukça genelleyici yapıdadır.

Özelliklerin periyodik değişimi. Öğretmenlerin periyodik özelliklerin değişimi konusunda tümevarımı, tanımlama kalıbına uygun olarak *sadece atom çapının değişiminde* kullandıkları belirlenmiştir.

Tümevarımın bu durumda kullanımına ilişkin örnek alıntı aşağıda verilmiştir;

> **D1A$_{18}$:** [...Atom yarıçapı... Öğretmen kullandığı sunumdaki, *atom çapları için verilen modelleri* inceleyerek, bunlardan genelleme yapmalarını istedi. Ardından; *"yukarıdan aşağıya doğru artar, soldan sağa doğru azalır"* şeklinde genellemeler verdi. Ardından, "bunlar yine proton sayısı ile bağlantılı" ifadesini kullandı.]

Yukarıdaki alıntılarda örneklerden çıkılarak atom yarıçapının periyodik sistemdeki genel değişimini tanımlayan bir bilgi üretilmiştir. Burada elde edilen sonuç bilgileri ise *genelleme* şeklindedir. Özelliklerin değişimi periyodik sistemde grup ve periyot olarak daha önceden belirlenen element dizilişlerinin oluşturduğu sınıflar ile sınırlıdır.

BulguD1$_8$. *Tümevarımın açıklama kalıbına uygun olarak; periyodik özelliklerin değişimi ve atomik özellikleri konu başlıklarında kullanıldığı görülmektedir.*

Atomik özellikler. Öğretmenlerin elementlerin *iyon* ve *atom yarıçapları* gibi atomik özellikler arasındaki ilişkiyi açıklamada tümevarımı kullandıkları belirlenmiştir. Bu durumlarda tümevarım açıklama kalıbına uygun olarak kullanılmaktadır.

Tümevarımın bu durumlarda kullanımına ilişkin örnek bir alıntı aşağıda verilmiştir;

D1A$_{19}$: [...Atom ve iyon yarıçapı… Öğretmen; *atom yarıçapına ilişkin bazı (Na,Cl ve Al) örnekler* yazdı ve *sırlamayı* verdi. Öğretmen; "şöyle mantıksal olarak düşünelim; örneğin Na protonu 11 elektronu 11 dir. Çekirdekteki protonlar elektronları çekiyor. Elektronları çekme gücü büyürse çap küçülmüş olacak. Elektron alma ve vermede de bu mantık geçerlidir. Öyleyse; *elektron aldıkça çap büyür, verince tersi olur"*.]

Yukarıda verilen alıntıda atomik özeliklerden iyon çapı açıklanırken tümevarım ile örnek üzerinde başlayan açıklamada çekirdek çekim gücüne dayalı bir iç çıkarım süreci de söz konusudur. Süreç sonunda ise genel bir ifade verilmektedir.

Özelliklerin periyodik değişimi. Öğretmenlerin periyodik özelliklerin değişiminde tümdengelimin yanı sıra tümevarımın açıklama kalıbına uygun olarak kullandıkları belirlenmiştir.

Periyodik özelliklerin genel değişimin açıklanmasında tümevarımın kullanımına ilişkin örnek alıntılar aşağıda verilmiştir;

D1A$_{20}$: [...Metalik karakter… Öğretmen; *iki elementin elektron dağılımı* üzerinde , " aralarındaki uzaklık ne kadar fazla ise yarıçap da fazladır. Li 2, Na ise 3 katmanlı o halde sodyumun yarıçapı daha fazladır. İşte aşağı doğru indikçe yarıçap artıyor, çekim kuvveti azalıyor. Çekim kuvveti azaldıkça da ondan elektron koparmak kolaylaşıyor. Dolayısıyla elektronu koparıp reaksiyona girmek kolaylaşıyor. Reaksiyona girmek ne demek? Bir atomun elektron alıp vermesi demektir. Kolay elektron kopunca da metal karakteri artıyor". Ardından; " *demek ki grupta aşıya doğru metalik karakter artar"* dedi…]

Yukarıdaki alıntı incelendiğinde periyodik değişen bir özelliğe ait verilen birkaç örnek üzerinde genel değişime ait bir bilgi üretildiği görülmektedir. Ancak değişimin nedeni açıklamak için süreç içerisinde farklı bir çıkarım da yapıldığı görülmektedir. Verilen örneklerden yola çıkarak yapılan bu iç çıkarımda, açıklanan özelliğe farklı bir özelliğin değişimi temel olarak verilmektedir.

4.1.2.3. Akıl Yürütme Yöntemlerinin Kullanımının Karşılaştırılması

10. sınıf kimya öğretim programında (MEB, 2008) ve kabul edilmiş ders kitabında (MEB, 2009b) periyodik sistem ünitesi üç konu başlığında verilmektedir. Bu konu başlıkları ve içeriği aşağıdaki tabloda verilmiştir;

Tablo 24. Öğretim Programında Periyodik Sistem Ünitesinin Konu Başlıkları ve Alt Başlıklar

Konu Başlıkları	Periyodik Sistemin Tarihçesi	Özelliklerde Periyodik Değişim	Elementlerin Özellikleri
Alt Başlıklar	*Periyodik sistemin tarihçesi* *Moseley ve Modern periyodik sistem* *Modern periyodik sistem* *Elementlerin Elektron dizilimi ve grup ilişkisi*	*Atom büyüklüğü ve atom yarıçapı* *İyonlaşma enerjisi* *Elektron ilgisi* *Elektronegatiflik* *Metalik ve ametalik özelliklerin değişimi* *Asitlik ve bazlık özelliklerin değişimi*	*Bloklar ve özellikleri* *Elementlerin periyodik sistemde yerinin bulunması*

Öğretmenlerin konu takip sırası programda ön görülenden farklılık göstermektedir. Öğretmenler ünite içeriğini dört konu başlığında ele alınabilecek şekilde alt başlıklarla ele almaktadırlar.

Tablo 25. Öğretmenlerin Periyodik Sistem Ünitesinde Takip Ettikleri Konu ve Alt Başlıkları

Konu Başlıkları	Periyodik Cetvelin Yapısı	Genel Grup Özellikleri	Atomik Özellikler	Özelliklerin Periyodik Değişimi
Alt Başlıklar	*Modern periyodik sistem* *Elementlerin Elektron dizilimi ve grup ilişkisi* *Elementlerin periyodik sistemde yerinin bulunması*	*Bazı grupların genel özellikleri*	*Atom büyüklüğü ve atom yarıçapı* *İyonlaşma enerjisi* *Elektron ilgisi* *Elektronegatiflik* *Yükseltgenlik indirgenlik vb.*	*Atomik özelliklerin değişimi* *Metalik ve ametalik özelliklerin değişimi* *Asitlik ve bazlık özelliklerin değişimi* *Erime ve kaynama noktasının değişimi vb.*

Öğretmenler, periyodik sistemin tarihçesini genelde kısa bir takrir yöntemi veya öğrencilerin hazırladıkları sunular ünite sonunda veya başında vermektedirler. Ayrıca *elementlerin özellikleri* konu başlığında verilen birçok bilgiyi *genel grup özellikleri* şeklinde bir başlıkta ele alınmaktadır. Burada grupların genel özellikleri verilmektedir. Elementlerin özelliklerine ilişkin daha detaylı bilgi içeren *blok özellikleri* gibi alt başlıklar ise yine öğrenci sunumları ile işlenmektedir. Öğretmenleri üzerinde en fazla durdukları konu başlığı ise periyodik değişimleri ile birlikte ele alınan *atomik özellikler* ve bunların yanında diğer bazı yığın özelliklerinin değişiminin de verildiği *özelliklerin periyodik değişimine* ilişkin konu başlığıdır.

Akıl yürütme yöntemlerinin kullanıldığı durumlar incelendiğinde, bazı akıl yürütme yöntemlerinin bazı konu başlıklarında daha sık tercih edildiği görülmektedir. Bu durumu verilen tabloda görmek mümkündür.

Tablo 26. Öğretmenlerin Periyodik Sistem Ünitesinin Konu Başlıklarını Takip Sırası ve Kullandıkları Akıl Yürütme Kalıpları (Temel Yöntemsel Kalıplar)

Konu Başlığı ve Takip Sırası	Akıl Yürütme Yöntemi ve Kalıp	
	Tümdengelim	*Tümevarım*
1. *Periyodik Cetvelin Yapısı*	Tanımlama	
2. *Genel Grup Özellikleri*	Tanımlama	Tanımlama
3. *Atomik Özellikler*	Tanımlama	Tanımlama ve Açıklama
4. *Özelliklerin Periyodik Değişimi*	Tanımlama ve Açıklama	Tanımlama ve Açıklama

Öğretmenlerin ortak bir şekilde izlediği konu sıralamasına göre akıl yürütme yöntemleri ve ilgili kalıpların kullanımı yukarıdaki tabloda görülmektedir.

BulguD1$_9$. *Öğretmenler ünite başlangıcında sadece tümdengelimi tanımlama kalıbı ile kullanmaktadır. Tümevarım ise takip eden konu başlıklarında ortaya çıkmaktadır.*

Yukarıda verilen tabloya göre başlangıç konularında sadece tanımlama kalıplarını, takip eden konularda ise açıklama kalıpların da kullanıldığı görülmektedir. Öğretmenlerin üniteye tümdengelimle başladıkları ve ağırlıklı olarak *tanımlamadan açıklamaya* doğru bir sıra izlediği görülmektedir.

Bulgu.D1$_{10}$. *Öğretmenler üzerinde en fazla durdukları konu başlıklarında ağırlıklı olarak tümdengelim olmak üzere açıklama kalıplarını kullanmaktadır.*

Öğretmenlerin ağırlıklı olarak periyodik özelliklerin değişimi ve atomik özelliklerde açıklama kalıplarını kullandıkları ve bir iç çıkarım oluşturdukları görülmektedir. Öğretmenlerin derste üzerinde en fazla durduğu konu başlığının bunlar olması sebebi ile iç çıkarımların ünitede ağırlıklı olarak tümdengelim olmak üzere her iki yöntemde sıkça oluşturulduğu söylenebilir.

BulguD1$_{11}$. *Tümdengelim tümevarıma oranla daha fazla kullanılmaktadır.*

İlgili alıntılar incelendiğinde en fazla kullanılan akıl yürütme yöntemi olarak, tümdengelim, çoğunlukla tanımlama kalıbı ile ve sadece periyodik özelliklerin değişiminde açıklama kalıbı ile kullanılmaktadır.

Tümevarım ise periyodik cetvelin genel yapısında kullanılmamakla birlikte, grup özelliklerinde tanımlama, periyodik özelliklerin değişimi ve atomik özelliklerde ise her iki kalıpla birlikte kullanılmaktadır. Veriler incelendiğinde öğretmenlerin tümevarımı atomik özelliklerden sadece *atom çapı* ve *iyon çapı* için belirli durumlarda kullandıkları görülmektedir (BulguD1$_8$). Bu genel durumu, öğretmenlerin bilgi üretiminde tümdengelimsel bir strateji benimsedikleri şeklinde yorumlamak mümkündür.

Akıl yürütme yöntemlerinin öğretim sürecinde kullanımına ilişkin yukarıda tanımlanan bulgulardan yola çıkıldığında şu sonucu ifade etmek mümkündür;

Tablo 27. Öğretmenlere Yönelik 1.Probleme (PD1$_1$) ilişkin Sonuç-2 (SonuçD1$_2$)

SonuçD1$_2$. Öğretmenlerin periyodik sistemin öğretim sürecinde sınıfta oluşturdukları söylemleri, akıl yürütme yöntemlerinin kullanımı açısından şu özellikleri göstermektedir;

- Öğretime tümdengelim ile başlatma
- Süreçte tümdengelimi tümevarıma oranla oldukça fazla kullanma
- Tümdengelimsel nitelikteki genel bilgiler arasındaki ilişkiye dayalı çıkarımları (İç çıkarım) yoğun bir şekilde oluşturma

4.1.3. Öğretmen Görüşleri ve Akıl Yürütme Yöntemleri

Akıl yürütme yöntemlerine yönelik söylemlerin analizinden elde edilen bulguları ve bunlara bağlı ifade edilen sonuçları teyit etmek veya bir anlamda da test etmek amacıyla analiz edilen görüşme verilerinden elde edilen bulgular bu bölümde tanımlanacaktır. Görüşlerin ayrı bir başlıkta verilmesi, gözlem verileri çerçevesinde tümevarımsal olarak tanımlanan akıl yürütme yöntemlerine yönelik bulgulardaki bütüncül yapıyı bozmamak ve aynı zamanda verilen bu bulguları görüşme verileri ile kontrol etmeyi kolaylaştırmak içindir.

Öğretmenlere periyodik sistemin öğretim sürecinde sunumu çerçevesinde farklı açılardan yöneltilen sorulara verilen yanıtlarda elde edilen bulgu şu şekilde ifade edilebilir;

BulguD1$_{12}$. *Öğretmenlerin periyodik sistemin öğretimi sürecine ilişkin, ağırlıklı olarak tümdengelimi destekleyen görüşleri belirlenmiştir. Ayrıca bazı durumlarda çok az tümevarıma vurgu yaptıkları ortaya çıkmıştır.*

Bu açıdan yukarıda tanımlanan bulguları destekleyen bu görüşleri iki başlık altında toplamak mümkündür.

4.1.3.1. Tümdengelimi Kullanma

Genel bilgilerden örneklere

Görüş D1$_1$. *Periyodik sistemin öğretiminde genel bilgilerin verilmesi ve ardından örneklendirilmesi öğrencilerin öğrenmesi açısından daha uygundur.*

Öğretmenlerin görüşlerinin yansıtan örnek alıntılar aşağıda verilmiştir;

D1A$_{21}$:[*…Önce geneli verme sonra özele inme daha kolay oluyor ve kolay öğreniyorlar.* Çünkü daha önce söylediğim gibi kendilerinin bir şeyler çıkarması genelde zor oluyor. Mesela *bir grupta elementlerin hidrojenle nasıl bir bileşik oluşturacağını göstermek için birkaç örnek verseniz, yanlış bir*

yargıya varıyorlar veya hiç ilişki kuramıyorlar. *Ama bir genel durum hakkında bilgi verirseniz, onlarda sizin açıklamanıza göre sorduğunuzda söylüyorlar*...]

D1A$_{22}$:[…*Genellemeyi tanımlayıp, daha doğrusu ifade edip daha sonra örneklendirmek daha doğru oluyor.* Bu şekilde öğrencinin karıştırmasının önüne geçmekte mümkün oluyor…]

Yukarıda verilen alıntı incelendiğinde öğretmenlerin, tümdengelimsel bir yaklaşımla, öğrenciler için uygun olanın konuya ilişkin bazı genel bilgilerin verilmesi ve bunların örneklendirilmesi olduğunu ifade etmektedir.

Burada ifade edilen görüş; genelden örneğe gitme, öğretmenlerin durumlar çerçevesinde oluşturdukları tümdengelimi (BulguD1$_2$.) vurgulanmakta ve bu kullanıma bağlı tanımlanan tümdengelimsel kalıpların (BulguD1$_3$) genel yapısını tarif etmektedir. Ayrıca öğretmenlerin ağırlıklı olarak tümdengelimi kullanmasına ilişkin bulguları (BulguD1$_{4\text{-}10\text{-}11}$) da desteklemektedir.

Görüş D1$_2$. *Konunun öğretiminde, genellemelerin öncül olarak kullanılması ve bunların periyodik cetvel üzerinde örneklendirilmesi daha kolay ve uygundur.*

Örnek alıntı aşağıda verilmiştir;

D1A$_{23}$: [… *Periyodik cetvel önce genel yapı olarak tanıtılmalı*, *ayrıca periyodik sistemde genellemeler önemli bunlar kullanılmalı,* örneğin atomik *özelliklerde genellemeleri kullanıyoruz*, bunlardan atom çapı, iyonlaşma enerjisinin azalıp artmasını, *değişimlerin tablo üzerinde verilmesi kolay oluyor*. *Zaten çocuklar bunlar sayesinde elementler hakkında da fikir sahibi oluyo*r…]

Yukarıda verilen alıntıda öğretmen, periyodik cetvelin genel yapısının tanıtılması ve periyodik özelliklerin değişiminde genellemelerin üzerinde gitme ve elementlerle bu değişimleri örneklendirmeyi vurgulamaktadır. Öğretmen bu alıntıda; *periyodik sistemin genel yapısına* ve *periyodik özelliklerin değişimde* kullanılan tümdengelime (BulguD1$_5$) vurgu yapmaktadır. Aynı zamanda ifadeler konuya tümdengelimle başlandığına (BulguD1$_9$) gönderme yapmaktadır.

Genel bilgiler arasında ilişki kurma

Görüş D1$_3$. *Periyodik sistemin öğretiminde genel bilgiler arasında ilişkiler kurmak ve birbirine bağlayarak ifade etmek öğrenmeyi kolaylaştırır.*

Öğretmenler periyodik sistemin öğretiminde genel bilgiler arasında ilişki kurmanın uygun olduğu durumlardan bahsetmektedirler.

Örnek alıntılar aşağıda verilmiştir;

D1A$_{24}$: […öncelikle bazı bilinmesi gerekenler var, *atom çapı önemli bence, iyonlaşma enerjisini çapa bağı olarak rahat anlaşılıyor... Gruplarda asitlik bazlık örneğin yine, alkali ve toprak alkali metallerin bazik özellikleri olduğunu*, bunun çapa bağlı olarak hidroksiti verme kolaylığından dolayı kuvvetin aşağı doğru arttığını anlatıyoruz. *Hidrojenli ametal bileşiklerde de asit özelliğini halojenlerde anlatıyoruz. Tabi bu gruplarda daha iyi işliyor bu özellik, daha kolay öğreniliyor.*...]

D$_1$A$_{25}$:[…Ben mesela, kavram haritası kullanıyorum. Atom çapını ortaya koyup, oradan çıkan sonuçları yani elektron ilgisi olsun, iyonlaşma enerjisi olsun, bunların değişimlerini açıklamadan önce, onla irtibatlandırıyorum. *Bu şekilde öğrenciler daha çabuk kavrıyor*…]

Yukarıdaki alıntılar incelendiğinde öğretmenler, grup özellikleri veya periyodik özelliklerin değişimine ait genel bilgilerin bir birleri ile ilişkilendirilerek açıklanabileceğini ifade etmektedirler. Alıntılarda öğretmenler atom çapı ile diğer periyodik özellikler arasında kurduğu ilişkiye örnekler vermektedirler.

Başta atom çapının değişimi olmak üzere genel bilgiler arasında ilişki kurma, gözlem bulgularında ortaya çıkan tümdengelimsel ilişkilerin kurulma şekillerini (BulguD1$_1$) ve bu ilişki ile oluşan iç çıkarımları (TanımD1$_3$) desteklemektedir. Nitekim iç çıkarımlar genel ifadeler arası ilişiklere dayalı tümdengelimsel çıkarımlardır. Ayrıca bu çıkarımın kullanıldığı tümdengelim ve tümevarımın açıklama kapılarına yönelik bulguları (BulguD1$_{5\text{-}8}$) da desteklemektedir.

4.1.3.2. Tümevarımı Kullanma

GörüşD1$_4$. *Periyodik sistemin öğretiminde bazı durumlarda örneklerden sonuca gitmek de mümkün olabilir*

Öğretmenlerin görüşleri tümdengelimi öne çıkarmakla birlikte bazı durumlarda *örneklerden genel bilgiye* gidilebileceği noktasında tümevarıma dikkat çekmektedir.

Bu durumu yansıtan örnek alıntılar aşağıda verilmiştir;

D1A$_{26}$:[… *Öğrencilerin rahat anladıkları durumlar var. Buralarda örnekleri verdiğinizde hemen bir sonuç çıkarabiliyorlar*, grupta alınan yük mesela... Ancak çoğu durumda bunu yapamıyorlar. Öyle olunca örneklerden başlamak pek işe yaramıyor…]

D1A$_{27}$:[… Ben sınıfta öğrencileri yönlendirerek kafalarında bir takım sonuçlar oluşsun isterim. *Ben söylemeden kendileri anlatmak istediğim sonuca ulaşabilsinler... Bu çok nadir olabilen bir durum*… Örnekleri veya farklı durumları verdiğinizde çok rahat ilişki kurulamıyor, *sadece basit bilgilerde oluyor veya önceden genel hatları ile ilgili açıklamaları yaptığım zaman, benzer bir durumu sorarsam, oluyor*…]

Yukarıdaki alıntılar incelendiğinde öğretmenlerin tümevarımın; genellenen ilişkinin basit veya anlaşılır olduğu durumlarda ve önceden genel bilgilerin verildiği durumlara benzer sonuçlara ulaşmak gerektiğinde sınırlı bir şekilde kullanılabildiğini vurgulamaktadır.

GörüşD1$_5$. *Periyodik sistemin öğretiminde anomali durumlara getirilen ek açıklamaları bazen örnekler üzerinden vermek daha uygundur.*

D1A$_{28}$: […istisnalarda sıkıntı çekiyoruz. *Bu tür durumlarda bazen örneklerle açıklamalar getirmeyi tercih ediyorum. Sadece çok genel bir ifade kullanırsak ve açıklama yapmazsak biraz sonra örnek çözerken çocuk illa o genel ifadeye uygun olarak; işte şunun iyonlaşma enerjisi şundan büyüktür, diye hemen sonuç çıkaracaktır.* Bu sefer işin zorlaşacaktır. Çünkü bütün öğrenciler o genel ifadeyi bilmeli, ama o istisnaları da bilmek önemli.…]

Yukarıda verilen alıntıda ise öğretmen, bir genel bilgiye aykırı (anomali) durumlarda örnekler üzerinden tümevarım ile açıklama ve bir sonuç çıkarma yoluna gittiğini ifade etmektedir. Bunun sebebini ise öğrencilerin genele ilişkin bilgilerden yola çıktıklarında bu durumları gözden kaçırmalarıdır.

Bu ve yukarıdaki görüşler, tümevarımın daha az ve belirli özelliklerde belirli özelliklerde kullanıldığına ilişkin gözlem bulgularını desteklemektedir ($BulguD1_{11}$). Ayrıca tümevarımın belirli açıklamalardan sonra uygun olduğu görüşü konu işleyişinde daha sonra kullanıldığına ilişkin bulguya ($BulguD1_{9}$) gönderme yapmaktadır.

Bu başlık altında verilen *akıl yürütme yöntemlerine yönelik görüşler* çerçevesinde bakıldığında şu sonucu ifade etmek mümkündür;

Tablo 28. Öğretmenlere Yönelik 1.Probleme ($PD1_1$) İlişkin Sonuç-3 ($SonucD1_3$)

$SonuçD1_3$. Öğretmenlere göre periyodik sistemin öğretim sürecinde;

- Konuya tümdengelimle başlanması,
- Tümdengelimin ağırlıklı olarak kullanılması,
- Bazı uygun durumlarda (basit ve önceden verilen bilgilere benzer durumlarda) ve anomali durumlarda tümevarımın kullanılması

,daha elverişlidir.

4.2. Bilgi Üretiminin Biçimsel Yapısı

Problem($PD1_2$): *Öğretmen* söylemlerinde akıl yürütme yöntemleri çerçevesinde nasıl bir bilgi üretimi oluşmaktadır?

Akıl yürütmenin olması doğal olarak bir bilgi üretimini de beraberinde getirir. Sınıf ortamında oluşturulan söylemlerin çok büyük bir kısmı öğretmenler tarafından oluşturulmaktadır. Bu nedenle sınıf ortamındaki akıl yürütmelere dayalı bilgi üretiminin yapısını da büyük ölçüde öğretmen söylemleri belirlemektedir. Yukarıdaki başlıkta

öğretmen söylemlerinde tümdengelim ve tümevarımın kullanıldığını gösteren bulgular tanımlanmıştır. Akıl yürütme yöntemlerin kalıplar üzerinden yapısının tanımlanması bilgi üretimin tanımlanması için yeterli görünmemektedir. Bu nedenle söylemler farklı bir açıdan ele alınarak analiz edilmiş ve bilgi üretiminin yapısına ilişkin bulgular elde edilmiştir.

Bu bölümde öğretmenlerin kullandığı akıl yürütme yöntemlerine dayalı bilgi üretiminin biçimsel yapısı, gözlem ve görüşme verileri ışığında, yöntemlere ilişkin başlıklar altında tanımlanacaktır. Burada kastedilen biçimsel yapı, akıl yürütme yöntemlerine yönelik yukarıda verilen bulgularda ortaya çıkan ve temel yöntemsel kalıplar olarak tanımlanan kalıpların bileşenlerine, yapısına ilişkindir. Kalıpların yapısını oluşturan bileşenlerin, hem kalıpların kullanıldığı durumlar hem de söylemlerin bütüncül yapısındaki işlevi ve niteliği çerçevesinde bilgi üretimin biçimsel yapısını belirlenmektedir. Bu biçimsel yapı aşağıda verilen başlıklar ve bunlara bağlı alt başlıklarda tanımlanacaktır;

- Bilgi üretiminin bileşenleri
- Bilgi üretim süreçleri, yapısı ve kullanımı

4.2.1. Bilgi Üretiminin Bileşenleri

4.2.1.1.Tümdengelimsel Kalıplar İle Oluşturulan Bilgi Üretimi

BulguD1$_{13}$. *Öğretmen söylemleri tümdengelimsel kalıplar çerçevesinde incelendiğinde bazı genel bilgilerin temel öncüller ve temel ilkeler olarak kullanıldığı görülmektedir.*

Tümdengelimsel kalıplar ile oluşturulan bilgi üretiminde bazı bilgiler diğerlerinden öncelikli olarak ele alınmakta ve bilgi üretimi temelde bu bilgilere dayandırılmaktadır. Yapılan tümdengelimlerde öncüllerinden daha üst seviyede kabul edilen bu bilgiler; temel öncüller ve temel ilkeler olarak iki farklı şekilde ortaya çıkmaktadır.

Temel öncüller

BulguD1$_{14}$. *Tümdengelimin açıklama kalıbının kullanıldığı durumlar bütüncül olarak ele alındığında akıl yürütmenin bazı temel öncüllere dayandığı görülmektedir.*

Öğretmenlerin söylemlerinde genel bilgiler arasındaki ilişkiye dayalı oluşturdukları kıyas niteliğindeki tümdengelimlerin bazı temel öncüllere (TanımD1$_4$) dayandığı daha önceki bulgularda ortaya çıkmıştır[3]. Kıyas şeklindeki bu tümdengelimin ise, temel yöntemsel kalıplardan hem tümdengelim hem de tümevarımın açıklama kalıplarındaki iç çıkarımları (TanımD1$_3$) oluşturdukları görülmektedir[4]. Bu açıdan bu kalıpların kullanıldığı durumlarda akıl yürütmenin bütününün, temelde ilke şeklinde ifade edilen/edilebilecek belirli temel öncüllere dayandığı söylenebilir.

Bu öncüllerin birçoğu sonuç olarak iç çıkarımda ifade edilirken bazı durumlarda çıkarımdan açıkça elde edilebilmektedir. Örneğin; daha önceden yapısı analiz edilen[10] tümdengelimsel açıklama kalıbının kullanıldığı aşağıdaki alıntıda;

D1A$_5$:[… Bazik özellik... Öğretmen; "*1A grubunda bazlık aşağı doğru artar"* dedi. Ardından; " gruptan aşağı doğru inildikçe atom çapı artar, elektro negatiflik de tabiî ki azalır. Elektronegatifliğin azalması hidroksit iyonunun kolay kopması anlamına geliyor. Kolay kopuyorsa o maddenin bazik özelliği de artıyor." Dedikten sonra; Na ve K örneklerini verdi…]

Söz konusu temel öncül *"atom çapı artarsa, bazik özellik azalır"* şeklinde çıkmıştır. Bu durum sadece tümdengelimde değil tümevarımsal açıklama kalıbında da görülmektedir. Benzer şekilde tümevarımsal açıklama kalıbının kullandığı aşağıdaki alıntıda incelenirse;

D1A$_{29}$:[…iyon yarıçapı… *Cl^- , Ar ve K^+ iyonlarının* çap ilişkisi ve öğrencilerden görüşlerini sordu… Daha sonra öğretmen toparladı; "elektron sayıları eşittir.

[3] Bknz. *Tümdengelim İlişkisi, s.:156*

[4] Bknz. *Temel Yöntemsel Kalıplar, s.:164*

> Çekirdeğin çekim gücü arttıkça elektron başına düşen çekim artacaktır. Bu arttıkça da çap azalacaktır." Daha sonra son genelmeyi verdi daha sembolik olarak; p ↑ ç↓ (gösterimi ile) "i*zoelektroniklerde proton sayısı arttıkça, çap küçülür*" dedi ve biraz önceki durumla aynı sonuca çıkıldığını ifade etti…]

Oluşturulan tümdengelimsel iç çıkarımda ise bu temel öncül; Çekirdek *çekim gücü arttıkça çap azalır,* şeklinde ifade edilebilir. Burada ifade edilen temel öncüller, iç çıkarımlarda doğrulanan *temel hipotezler* olarak da düşünülebilir

Temel öncüller. Yukarıda verilen alıntılarda da görüldüğü gibi iç çıkarımlar ister tümdengelim açıklama kalıbında olsun ister tümevarım açıklama kalıbında olsun bazı temel öncüller dayanmaktadır. Öğretmenlerin oluşturdukları iç çıkarımlarda rastlanan bu temel öncüllerden belli başlıları şu şekildedir;

1. "…(çekirdeğin çekim) kuvvet(i) artarsa çap küçülür"
2. "…iyonlaşma enerjisi↑(artarsa) ise çap↓ (küçülür) veya tersidir"
3. "…iyonlaşma enerjisi atom çapının bir fonksiyonudur"
4. Elektron verme eğilimi atom yarıçapı ile ters orantılıdır
5. Atom yarıçapı ile yükseltgenlik ters orantılıdır
6. Atom yarıçapı arttıkça bazlık artar
7. Atom yarıçapını çekirdek yükü belirler
8. Proton sayısı artıkça atom yarıçapı küçülür
9. Atom yarıçapı artarsa metallik özellik artar
10. İyon yarıçapını çekirdeğin çekim kuvveti belirler
11. "…gruplarda bu etkileşimin (Van der Waals) artması, erime noktasını artırır…"
12. "…oktete varmak için elektron ihtiyacı olan ametallerin elektron ilgisi yüksektir…"
13. Değerlik elektronu fazla olan atomlar yükseltgenme eğilimi gösterir

Bir temel öncül çoğu kez koşullu ifadelerle belirli bir özelliği öne çıkarmaktadır (TanımD1$_4$). Yukarıda verilen temel öncüllerde de görüleceği gibi bu özellik çoğunda *atom çapı/yarıçapıdır.* Bu durumu öğretmenlerin görüşleri de desteklemektedir.

Öğretmenler yukarıdaki bölümde verilen ve genel bilgiler arası ilişkiye dayalı tümdengelime vurgu yaptıkları görüşlerinde (GörüşD1$_3$) bunu görmek mümkündür. Ayrıca daha belirgin olarak;

D1A$_{30}$: [*…Atom numarası ve atom çapı en önemli bilgilerdir. Çünkü diğer anlatacağım özellikler atom çapına bağlıdır. …Ben önce atom çapını veriyorum diğerlerini ona bağlı veriyorum yani.*]

D1A$_{31}$:[*…Atom çapını güzel anlıyorlar, buna bağlı olarak birçok özelliği çıkarabiliyorlar. Özellikle buna bağlı olarak kıyaslamaları kullanarak yapmalarını bekliyorum kendimde veriyorum….*]

Alıntılarda öğretmenler, atom çapının önemine dikkat çekmektedir. Bu görüşlere göre; bu özellik hem diğer özelliklere ulaşmada kullanılabilir, hem de daha kolay anlaşılmasını sağlar. Bu açıdan bakıldığında öğretmenlerin hem tümevarım hem de tümdengelimin açıklama kalıplarını kullandıkları durumlarda temel bir öncüle dayalı bilgi üretildiği söylenebilir.

Temel İlkeler

BulguD1$_{15}$. *Periyodik sistemin genel yapısına ilişkin bilgiler tümdengelim kullanıldığı bazı durumlarda temel ilkeler olarak işlev görmektedir.*

Genellikle ünite başında tümdengelimle öncül olarak kullanılan ve periyodik sistemin genel yapısına ilişkin bilgiler, grup özellikleri gibi diğer bazı durumlarda kullanılan tümdengelimde bir temel ilke işlevi görmektedir**.** Aynı öğretmene ait farklı durumlara ilişkin aşağıdaki alıntılar incelendiğinde;

D1A$_{10}$: [...Toprak alkali metaller… Öğretmen; *" 2.gruptakilerin değerlik elektron sayıları 2 dir "* dedikten sonra Ca ve Mg un elektron dağılımı verdi…]*(D1$_5$)*

D1A$_8$: […Gruplar… Öğretmen; *"grupların oluşmasında dikkate aldığımız unsur değerlik elektron sayısıdır "*. Ardından 1. grupta bulunan bir elementin (Li) elektron dağılımı yapılarak örnek verildi. Birkaç örnek daha bu şekilde yapıldı…] *(D1$_5$)*

Grup özelliklerinde verilen alıntıda ($D1A_{10}$), öncül olan genellemeden daha üst seviye gizli bir ilkeden bahsetmek mümkündür. Alıntıdaki grup özelliği olan; *"2.gruptakilerin değerlik elektron sayıları,2'dir",* genellemesi, periyodik sistemin genel yapısında gruplar tanıtılırken verilen alıntı $D1A_8$'de ilke olarak ifade edilen; *"grupların oluşmasında dikkate aldığımız unsur değerlik elektron sayısıdır"* ilkesine dayanmaktadır.

Bu şekilde bazı durumlarda, tümdengelimin ünite başında verilen ilkelerden başlayarak yapıldığı söylenebilir. Başka bir ifade ile bazı durumlarda tümdengelimin temel dayandığı temel ilkeler ders başında verilmektedir. Bu durumu öğretmenlerin üniteye tümdengelimle başladıklarına ilişkin gözlem bulguları da ($BulguD1_9$) desteklemektedir.

Temel ilkeler. Yukarıda görüldüğü gibi, temel ilke olarak kullanılan bu bilgiler periyodik sistemin genel yapısı konu başlığında verilmektedir. Bu konu başlığında kullanılan tümdengelimlerde öncül olarak veya doğrudan verilen bu bilgiler, aynı zamanda derslerde sıkça öğrencilere hatırlatılan çıkış noktaları olarak da işlev görmektedir. Örnekler aşağıda verilmiştir;

"...benzer özellik gösterenleri (elementleri) aynı grupta toplamışlardır..."($D1_4$)

"... temel enerji düzeyi aynı olanlar aynı periyotta bulunur..."($D1_4$)

"...değerlik elektron sayıları aynı olanlar aynı grupta bulunur..."($D1_3$)

"...benzer elektron düzeni benzer kimyasal özellik demektir..."($D1_1$)

"... yörünge sayısı periyot sayısına eşittir..."($D1_5$)

"... soldan sağa gidildikçe düzenli değişimler görülür..."($D1_5$)

"...aynı grupta bulunanların özellikleri büyük ölçüde birbirine benzer..."($D1_3$)

"...elementlerin benzer özellikler göstermelerinin temel sebebi aynı orbitalde aynı sayıda elektron içermeleridir..."($D1_2$)

"grupların oluşmasında dikkate aldığımız unsur değerlik elektron sayısıdır" ($D1_5$)

"...merdivenin sağ tarafındakiler ametal, sol tarafındakiler ise metaldir..."($D1_4$)

Ayrıca öğretmenler görüşlerinde periyodik sistemin genel yapısına ilişkin bu tür bilgilerin önemine dikkat çekilmektedir. Örneğin;

> **D1A$_{32}$:** […*Periyodik sistem öyle pek fazla çalışılması gereken bir konu değil. Bence sadece belirli şeyleri ezbere bilmeleri gerekebilir… grup nedir?, periyot nedir?.. bu işin kuralları yani… Değişimler, değerlikler gibi… Öğrenci acısından asıl önemli olan bunları kullanabilmektir.* Bir öğrenci bir soru çerçevesinde gruba bakar her hangi bir elementin özelliğini hatırlar. Nasıl olsa, diğer grup elementleri de ona benzer özellik gösteriyor. Onu da oradan çıkarabilir. Yorumlayabilir yani…]

Alıntıda açıkça görüldüğü üzere, öğretmenin kast ettiği kurallar yukarıda ifade edildiği gibi periyodik sistemin genel yapısına ilişkin temel ilke şeklinde kullanılan bilgilerdir.

Bu noktada temel ilke tanımı yapmak mümkündür;

TanımD1$_5$. ***Temel ilke:*** Periyodik sistemin genel yapısı ile ilişkili ilke şeklinde ifade edilen *ön bilgiler*dir. Bunlar öğrencilere doğrudan veya tümdengelimle ispatlanan genel bilgilerdir. Ayrıca sıkça ders içerisinde çıkış noktası olarak hatırlatmaktadır. Bunlar bir bakıma postulatlar olarak düşünülebilir. Temel ilkeler, yukarıda açıklandığı gibi temel öncüllerden, hem ifade şekli hem de kullanım yeri noktasında farklılık gösterir.

4.2.1.2.Tümevarımsal Kalıplar İle Oluşturulan Bilgi Üretimi

BulguD1$_{16}$. *Tümevarımın kullanıldığı durumlar incelendiğinde temelde bir ön kabule dayandığı görülmektedir. Tümdengelimde temel öncül veya temel ilke olan birçok bilgi tümevarımda ön kabul olarak işlev görmektedir.*

Ön kabuller

BulguD1$_{17}$. *Tümevarımın tanımlama kalıbı ile kullanıldığı bazı durumlarda tümdengelim ile verilen bazı temel ilkeler ön kabul olarak işlev görmektedir.*

Yukarıda ifade edilen ve çoğu kez tümdengelimde öncül olarak verilen periyodik sistemin genel yapısında ilişkin temel ilkelerin tümevarımın kullanıldığı bazı durumlarda ön kabul olarak kullanıldığı görülmektedir;

Aşağıdaki alıntı incelendiğinde;

> **D1A$_{16}$:** […Grup özellikleri... 1.grup elementlerinden ilk ikisinin (Na ve K) su ile tepkimelerini verdi ardından " *bu grup elementleri su ile baz oluştururlar*" dedi. Ardından oksijenle tepkime denklemlerini yazdı ve " *bazik oksitler oluştururlar*" şeklinde ifade etti…]*(D1$_3$)*

Grup özelliklerinin tümevarımla üretilmesinde özelliğin gruba genellenmesi, bir gruplandırma ölçütü olarak daha önceden ön kabulden kaynaklandığı söylenebilir. Bu ön kabul; *"aynı grupta bulunanlar benzer veya ortak özellikler gösterirler"* şeklinde ifade edilebilir. Nitekim bu ifadenin bir benzeri öğretmen tarafından konu başında doğrudan verilmiştir; *"...aynı grupta bulunanların özellikleri büyük ölçüde birbirine benzer..."(D1$_3$).* Bu tür bilgilerin konu başında ve çoğunlukla tümdengelimle verildiği düşünüldüğünde, bazı durumlarda kullanılan tümdengelime ait öncüllerinin, bazı tümevarımlarda ön kabul haline geldiği de söylenebilir. *Bir başka ifade ile tümdengelimin ve tümevarımın ortak bir temel bilgiye dayalı yapıldığı görülmektedir.*

Ayrıca farklı öğretmenlerin grup özelliklerinde kullandıkları tümdengelim ve tümevarımın ortak bir genel bilgiye dayandığı da görülmektedir.

> **D1A$_3$:** […Öğretmen örnek vererek başladı. K ve Li elementlerinin elektron dağılımlarını verdi. Bu elementlerin elektron dağılımlarının s^1 ile bittiğini söyledi. Daha sonra; *"gruptaki elementlerin elektron dağılımları s^1 ile sonlanır"* dedi…]*(D1$_2$)*

Örneğin önceki başlıkta tümdengelimde verilen D1A$_{10}$ 'de *temel öncül* olan ve yukarıda verilen tümevarım örneğinde (D1A$_3$) *ön kabul* olan; *"grupların oluşmasında*

dikkate aldığımız unsur değerlik elektron sayısıdır" ortak bilgisine dayandığı söylenebilir. Burada yapılan tümevarım esasen; "*"grupların oluşmasında dikkate aldığımız unsur değerlik elektron sayısıdır*" öncülünden yapılan bir tümdengelim gibidir. Başka bir ifade ile konu başında verilen bu bilgiyi tekrar veya doğrulama amaçlıdır. Bu durumu görüşlerde yansıtmaktadır. Öğretim sürecinde tümevarımın kullanımına ilişkin yukarıdaki bölümde verilen görüşlerin (GörüşD1$_4$) yanı sıra tümevarımın işlevini vurgulayan;

> **D1A$_{33}$:**[… Öğrenciler çoğu kez özellikler arasında yanlış ilişkiler ve bağlantılar kuruluyor. Bundan dolayı kendim sınırları çizmek için bilmeleri gereken bazı bilgileri önceden veririm. Onlara kalan ise bu ön bilgileri kullanmak, *aslında yerine göre benim verdiklerime nasıl ulaşıldığını da kendileri deneyimlemek... Örnekler üzerinden mesela*…]

,alıntısında açıkça görülmektedir. Alıntıda vurgulanan; yukarıda tanımlanan temel ilkler olarak verilen bazı bilgilerin süreç içerisinde tümevarımla tekar elde edilmesidir.

BulguD1$_{18}$. *Tümevarımın açıklama kalıbının kullanıldığı durumlar bütüncül olarak ele alındığında; iç çıkarımların dayandığı temel öncüller bir ön kabul işlevi görmektedir.*

Yukarıda tümdengelime ilişkin bulguda (BulguD1$_{14}$) da ifade edildiği gibi açıklama kalıplarındaki iç çıkarımlar temel bir öncüler dayanmaktadır. Bu durum tümevarımda da geçerlidir. Örneğin yapı olarak tümevarım olan (tümevarımsal açıklama kalıbının geçerli olduğu) aşağıdaki alıntı incelendiğinde;

> **D1A$_{20}$:** [...Metalik karakter… Öğretmen*;* *iki elementin elektron dağılımı* üzerinde , " aralarındaki uzaklık ne kadar fazla ise yarıçap da fazladır. Li 2, Na ise 3 katmanlı o halde sodyumun yarıçapı daha fazladır. İşte aşağı doğru indikçe yarıçap artıyor, çekim kuvveti azalıyor. Çekim kuvveti azaldıkça da ondan elektron koparmak kolaylaşıyor. Dolayısıyla elektronu koparıp reaksiyona girmek kolaylaşıyor. Reaksiyona girmek ne demek? Bir atomun elektron alıp vermesi demektir. Kolay elektron kopunca da metal karakteri artıyor". Ardından; " *demek ki grupta aşıya doğru metalik karakter artar"* dedi…]

İç çıkarımın temel öncülü olarak; *atom çapı arttıkça metalik özellik artar*, önermesi ifade edilebilir. *Bu öncül bir ön kabul olarak düşünmek mümkündür, nitekim tümevarımda ulaşılan genelleme örnekler olmasa bile iç çıkarımdan elde edilebilirdir.* Bu açıdan bu tümevarım içerik açısından esasen bir tümdengelim olarak ta yorumlanabilir. Bir başka ifade ile temel öncüller açısından yöntemin tamamı ele alındığında, *tümevarımın bu öncüllerdeki bilgi temelinde bir ön kabule dayalı olarak oluşturulduğu görülmektedir.*

Öğretmenlerin tümevarıma ilişkin görüşleri de yine bunu desteklemektedir. Gerek yukarıda ifade edilen görüşler gerekse öğretmenlerin tümevarımı daha önceden verilen bir bilgiyi doğrulmada kullanımını öne çıkaran, örneğin;

> **D1A$_{34}$:** […Bence öğrenciye bu işin kurallarını verip, bunlardan sonuç çıkarmak daha uygun oluyor. *Ancak başta verdiğiniz ifadeyi yeri geldiğinde doğrulamak da önemli olabiliyor. Bu açıdan örneklerle bu genele nasıl çıkıldığında göstermek gerekir.* Ben öyle tercih ediyorum yeri geldiğinde. Çünkü aksi halde genel ifade söylendiği gibi ezbere alınır. Dahası unutulabilir. …]

Alıntısında öğretmenler doğrudan örnekler üzerinden yapılan bir tümevarımdan çok, daha önceden verilmiş bazı bilgileri hatırlatmak, tekrar etmek veya nasıl elde edildiğini görmek amacı ile doğrulama amaçlı tümevarımı kast etmektedir.

Bulgular bilgi üretiminde tümevarımın işlevinin bir şekilde verilen *bazı ön kabulleri* doğrulamadan veya onlara yeniden ulaşmadan öteye gitmediğini göstermektedir. Bu noktada ön kabulü tanımlamak gerekirse;

TanımD1$_6$.*Ön kabul:* Tümevarıma dayalı olarak bilgi üretiminin yapıldığı durumlarda ulaşılacak genel bilginin dışında her hangi bir şekilde daha önceden kabul edilmiş bilgidir. Yapılan tümevarımda bu açıdan bu ön kabulü doğrulmaya veya yeniden elde etmeye yönelik bir çıkarımdır. Bu açıdan bakıldığında iki tür ön kabul kullanımından bahsedilebilir;

1. Periyodik sistemin genel yapısında ilişkin bilgilerin ön kabul olarak kullanılması
2. İç çıkarımların temel öncüllerinin (genellikle atom çapının değişimi ile ilgili önermeler) ön kabul olarak kullanılması

4.2.2. Bilgi Üretme Süreçleri; Yapısı ve Kullanımı

BulguD1$_{19}$. *Bilgi üretimine akıl yürütme yöntemleri ve bunlara ilişkin kalıplar açısından bakıldığında, öğretmenlerin bilgi üretiminde akıl yürütme yöntemlerine dayalı olarak oluşturulan ve belirli tanımlanabilir yapıda olan dört farklı süreç kullandıkları belirlenmiştir.*

Öğretmenlerin periyodik sistemin öğretiminde kullandıkları akıl yürütme kalıpları (temel yöntemsel kalıplar), bunların kullanıldığı durumlar ve bunlara ilişkin yukarıda verilen bulgulardan yola çıkıldığında, bilgi üretiminin biçimsel yapısını nihai olarak tanımlamak için dört farklı süreçlerden söz etmek mümkündür.

Kendine has özellikleri olan bu süreçler bilgi üretme süreçleri olarak şu şekilde sınıflandırılabilir;

1. *Tümdengelimsel süreçler*
    a. Tanımlama süreci
    b. Açıklama süreci
2. *Tümevarımsal süreçler*
    a. Tanımlama süreci
    b. Açıklama süreci

Bu süreçlerin her birinin yapısını kendine has özellikleri çerçevesinde tanımlamak ve modellemek mümkündür.

4.2.2.1.Tümdengelimsel Tanımlama Süreci

Genel anlamda tümdengelimin tanımlama kalıbı ile oluşturulan söylemler (BulguD1$_5$) incelendiğinde, söylemlerin tümevarımsal tanımlama kalıbına[5] uygun olarak iki bölümden oluştuğu görülmektedir;

- Birinci bölümde genel durum bilgisinin verilerek bir giriş yapılması,
- İkinci bölümde ise örnek durum bilgilerinin verilmesi söz konusudur.

Bulgularda, tümdengelimin tanımlama kalıplarının kullanıldığı durumlarda genel durum önermesinin çoğu kez ifade edilmeyen daha genel bir ilkeye dayandığı görülmektedir (BulguD1$_{13\text{-}15}$).

Bu açıdan bilgi üretiminin biçimsel yapısı kalıptan farklıdır ve şu şekilde gösterilebilir;

Tablo 29. Tümdengelimsel Tanımlama Süreci Bileşenleri

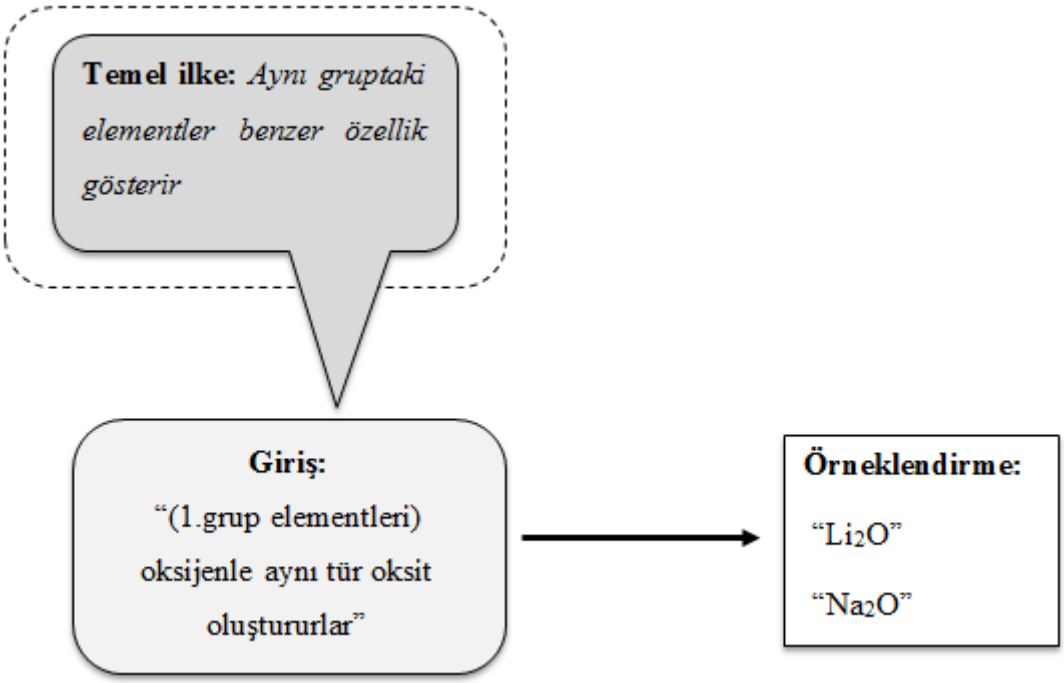
1.Bölüm		2.Bölüm
Giriş	**Temel ilke**	**Örneklendirme**
Genel durum bilgisi		*Örnek durum bilgileri*

Aşağıda böylesi bir sürecin oluşturulduğu örnek bir alıntı verilmiştir.

D1A$_9$: [...Alkali metaller... Öğretmen 1.grubun genel özelliklerini maddeler halinde vererek örneklendirmeleri yaptı. *"oksijenle ile aynı tür oksit oluştururlar..."* ifadesinden sonra, ilk iki elementin *(Li ve Na)* oksijenle ile tepkime denklemlerini gösterdi…]

[5] Bknz. *Temel Yöntemsel Kalıplar s.:164*

Verilen alıntıdan yola çıkarak oluşan süreci modellemek mümkündür.



Şekil 8. Tümdengelimsel Tanımlama Sürecinin Yapısı

Modelden yola çıkıldığında bilgi üretiminin biçimsel ögeleri şunlardır;

TanımD1$_7$.*Giriş:* Öğretmenin genele ilişkin bilgileri vererek bilgi üretme sürecini başlattığı bölüm.

TanımD1$_8$.*Örneklendirme:* Öğretmenin giriş bilgisinden yola çıkarak örnekler verdiği veya örneklere ilişkin bilgiler ürettiği bölüm.

Temel ilke: Daha önceden tanımlandığı gibi (TanımD1$_5$) öğretmenin daha önceden verdiği ilke formundaki genel durum bilgileridir. Bulgularda ifade edildiği gibi süreç içerisinde çoğu kez doğrudan ifade edilmeyen ancak ünite başlangıcında verilen ve derste sıkça çıkış noktası olarak hatırlatılan genel bilgileridir. Bu açıdan bu süreçler esasen daha üst seviye bir ilkeden yapılan tümdengelimsel doğrulamalardır.

Yukarıda yapısı tanımlanmaya çalışılan tümdengelimsel tanımlama süreci ile ilgili olarak özetle; ;

- Bu süreçle bilgi üretme; genel durum bilgileri olan, tanımsal ifadeler, ilkeler ve genellemeler vb. 'den yola çıkarak tanımlama seviyede bunları örneklendirilmesi seklinde yürümektedir.
- Bu süreçte elde edilen bilgileri, genel bir duruma getirilen örneklendirmeleri ifade etmektedir.
- Bu süreçler çoğu kez temelde daha önceden verilmiş bir ilkeye dayanmaktadır. Bu açıdan belirli ilkelerden yapılan bir tümdengelimdir.

Bu sürecin kullanıldığı durumlar ise bulgulardan yola çıkarak özetle;

- *Periyodik sistemin genel yapısının tanıtılmasında*, öğrencilere diğer durumlarda temel öncül olarak kullanılan belirli çıkış noktalarının verilmesinde,
- *Grupların genel özelliklerinin* örneklendirilmesinde,
- *Periyodik özelliklerin sistemdeki değişimlerinin* örneklendirilmesinde,
- *Atomik özelliklere* ilişkin tanımlamaların doğrudan örneklendirilmesinde, kullanılmaktadır.

4.2.2.2.Tümdengelimsel Açıklama Süreci

Genel anlamda tümdengelimin açıklama kalıbı ile oluşturulan söylemlere ilişkin bulgular ($BulguD1_6$) incelendiğinde, söylemlerin kalıba uygun olarak[6] üç bölümden oluştuğu söylenebilir. Bunlar;

- Birinci bölümde; açıklanacak özelliğe ait genel durum bilgisinin verilmesi,
- İkinci bölümde; özelliğin temellendirmek için tümdengelimsel bir *iç çıkarım* sürecinin oluşturulması,
- Üçüncü bölümde; özelliğe ait örnek durum bilgilerinin verilmesi söz konusudur.

---

[6] Bknz. *Temel Yöntemsel Kalıplar, s.:164*

Ancak bu bölümler arasında sıralama değişlik göstermektedir. Bazen iç çıkarım süreci başta, bazen sonda, bazen de ortada olabilmektedir.

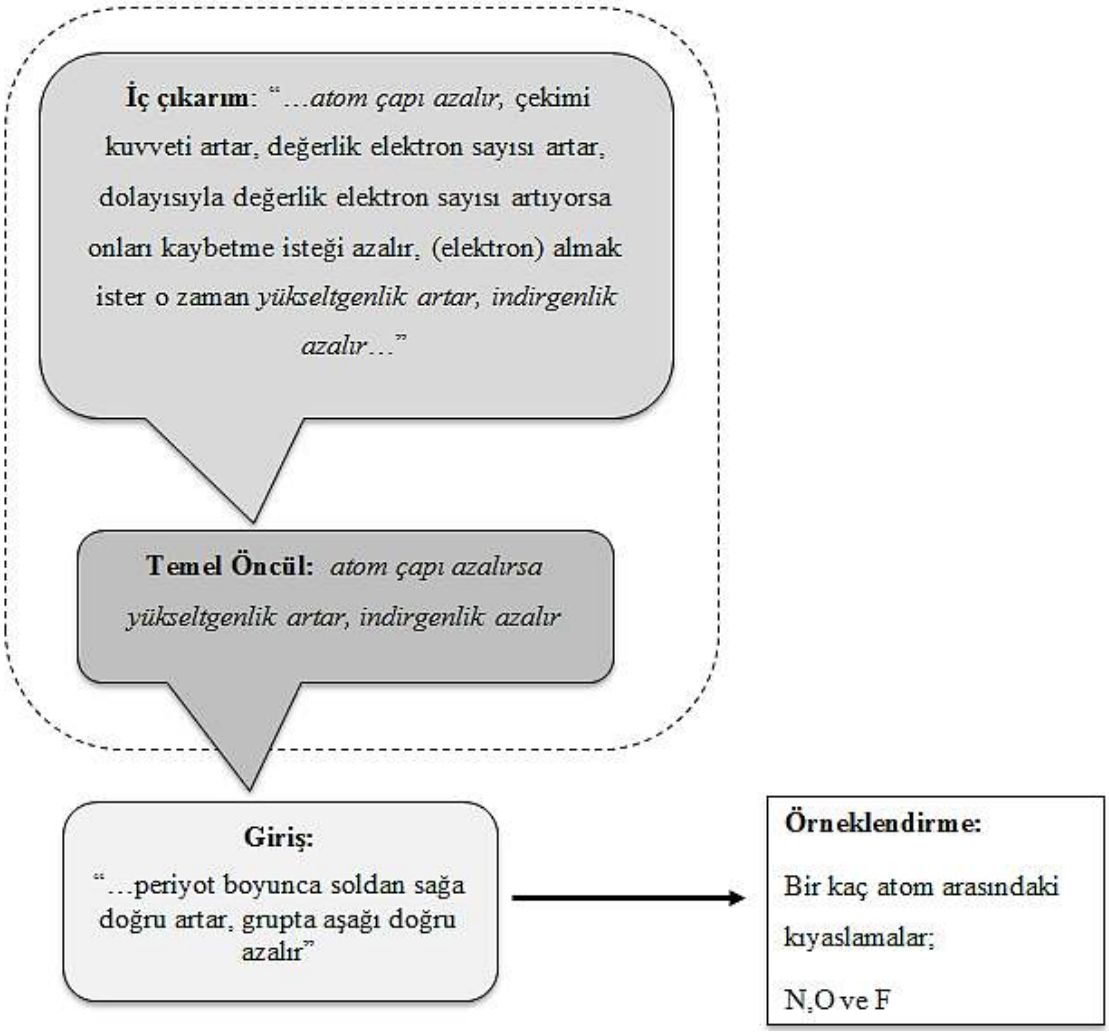
Bulgularda iç çıkarımların temel *öncüle* dayandığı ortaya çıkmıştır ($BulguD1_{3\text{-}13\text{-}14}$) ve $TanımD1_{3\text{-}4}$). Bu temel öncüller, oluşturulan süreçte ifade edilen genel önermelerinden daha üst seviye genelliğe sahiptir. Başka bir ifade ile girişte verilen genel durum bilgisini daha genel hale getirmektedir. Bu açıdan bilgi üretiminin biçimsel yapısı kalıptan farklıdır ve şu şekilde gösterilebilir;

Tablo 30. Tümdengelimsel Açıklama Sürecinin Bileşenleri

1.Bölüm	2.Bölüm		3.Bölüm
Giriş	**İç Çıkarım**	**Temel Öncül**	**Örneklendirme**
Genel durum bilgisi			*Örnek durum bilgileri*

Aşağıda böylesi bir sürecin oluşturulduğu örnek bir alıntı verilmiş ve yapısı aşağıdaki modelle gösterilmiştir;

$D1A_{35}$: [...yükseltgenlik… Öğretmen; "*periyot boyunca soldan sağa doğru artar, grupta aşağı doğru azalır*" dedikten sonra "atom çapı azalır, çekimi kuvveti artar, değerlik elektron sayısı artar, dolayısıyla değerlik elektron sayısı artıyorsa onları kaybetme isteği azalır, (elektron) almak ister o zaman yükseltgenlik artar, indirgenlik azalır" şeklinde açıkladı. Daha sonra birkaç atom (N,O,F) arasındaki kıyaslamayı verdi…]



Şekil 9. Tümdengelimsel Açıklama Sürecinin Yapısı

Yukarıda verilen modele göre sürecin daha önceki bulgularda tanımlanan dört öğesi söz konusudur; *Giriş*(TanımD1$_7$), *Temel Öncül* (TanımD1$_4$), *İç Çıkarım*(TanımD1$_3$) ve *Örneklendirme* (TanımD1$_8$).

Yukarıda yapısı tanımlanmaya çalışılan tümdengelimsel açıklama süreci ile ilgili olarak özetle; ;

- Bu süreçlerde, tanımlayıcı sürecin içerdiği yapının dışında, işlenen özelliği temellendirmek için kullanılan tümdengelimsel bir *iç çıkarım* süreci söz konusudur.
- Bu süreçlerde oluşturulan iç çıkarım süreci *temel bir öncüle* dayanmaktadır.

- Bu süreçler sonunda elde edilen bilgi başlangıçta verilen genel bilginin iç çıkarım çerçevesinde temellendirilmesi ve örneklendirilmesi şeklindedir.

Bulgulardan yola çıkarak bu sürecin; sadece *periyodik özelliklerin değişimi* konusunda kullanıldığı görülmektedir ($BulguD1_6$).

4.2.2.3.Tümevarımsal Tanımlama Sürecinin Yapısı

Tümevarımın tanımlama kalıbı ile oluşturulan söylemlere ilişkin bulgular incelendiğinde ($BulguD1_7$), söylemlerin kalıba uygun olarak iki bölümden oluştuğu görülmektedir;

- Birinci bölümde örnek durumlara ait bilgilerin verilmesi,
- İkinci bölümde ise genel duruma ait sonuç bilgisinin verilmesi söz konusudur.

Bulgularda, tümevarımın tanımlama kalıplarının kullanıldığı durumlarda akıl yürütmenin tümdengelimdeki temel ilkelere benzer şekilde üst seviye bir *ön kabule* dayandığı görülmektedir ($BulguD1_{16\text{-}17}$).

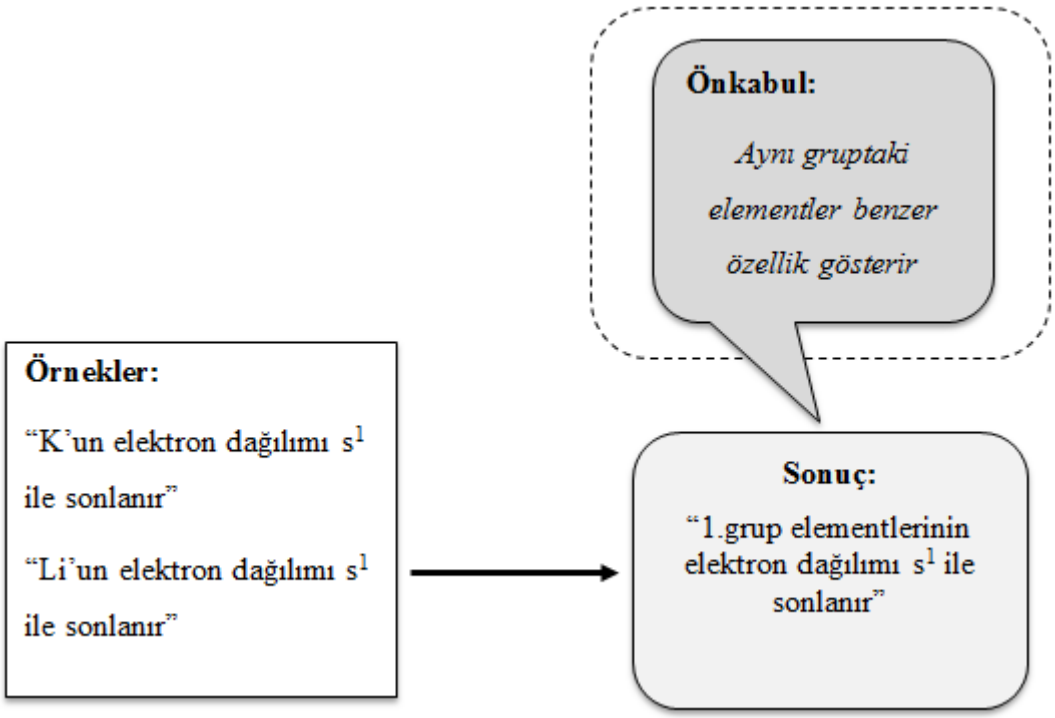
Bu açıdan bilgi üretiminin biçimsel yapısı kalıptan farklıdır ve şu şekilde gösterilebilir;

Tablo 31. Tümevarımsal Tanımlama Sürecinin Bileşenleri

1.Bölüm		2.Bölüm
Örnek(ler)	**Ön kabul**	**Sonuç**
Örnek durum bilgileri		*Genel durum bilgisi*

Aşağıda bu ön kabulün bulunduğu bilgi üretimine örnek olarak bir alıntı verilmiş ve yapısı aşağıdaki modelle gösterilmiştir;

D1A$_3$: [...Öğretmen örnek vererek başladı. K ve Li elementlerinin elektron dağılımlarını verdi. Bu elementlerin elektron dağılımlarının s^1 ile bittiğini söyledi. Daha sonra; *"gruptaki elementlerin elektron dağılımları s^1 ile sonlanır"* dedi…]



Şekil 10. Tümevarımsal Tanımlama Sürecinin Yapısı

Tümevarımsal tanımlama sürecinin yapısını oluşturan örnekler ve sonuç bilgileri şu şekilde tanımlanabilir;

TanımD1$_9$.*Örnek(ler):* Öğretmenin örneklere ait bilgileri vererek bilgi üretim sürecinin başlattığı bölüm.

TanımD1$_{10}$.*Sonuç:* Örneklerden yola çıkarak genel bir sonuç bilgisinin üretildiği bölüm.

Ön kabul: Daha önceden tanımlandığı üzere (TanımD1$_6$),tümevarıma dayalı olarak bilgi üretiminin yapıldığı durumlarda ulaşılacak genel bilginin dışında her hangi bir şekilde daha önceden kabul edilmiş bilgidir. Ön kabuller tümdengelimsel süreçlerdeki temel öncüllerin ve temel ilkelerin tümevarımdaki karşılığıdır. Ayrıca

bunlar konu başında ya tümdengelimle ya da doğrudan verilmektedir (BulguD1$_{16-17}$). Bu açıdan bu süreçlere de esasen daha üst seviye bir ön kabulden yapılan tümdengelimsel doğrulamalar olarak bakmak mümkündür.

Bu süreçler örnekler veya örnek durumlara ait bilgilerden yola çıkarak genel durumları ifade eden; tanımsal ifadeler; genellemeler; ilkeler vb. üretilme süreci olarak karşımıza çıkmaktadır.

- Bu süreçlerde elde edilen bilgi başlangıçta verilen örnekleri ait genellenmiş bilgilerdir.
- Bu süreçler bazı durumlarda daha önceden verilmiş bir *ön kabule* dayanmaktadır.

Bu sürecin kullanıldığı durumlar ise bulgulardan yola çıkarak özetle;

- *Grupların genel özelliklerine* ulaşmada,
- *Periyodik özelliklerin sistemdeki değişimlerine* ulaşmada,
- *Atomik özelliklere* ilişkin tanımlamalara ulaşmada kullanılmaktadır.

4.2.2.4.Tümevarımsal Açıklama Sürecinin Yapısı

Tümevarımın açıklama kalıbı ile oluşturulan söylemlere ilişkin bulgular incelendiğinde (BulguD1$_{8}$), söylemlerin kalıba uygun olarak üç bölümden oluştuğu görülmektedir;

- Birinci bölümde; açıklanacak özelliğe ilişkin örnek durum bilgilerinin verilmesi,
- İkinci bölümde; örnekler üzerinden özelliği temellendirmek için tümdengelimsel bir *iç çıkarım* sürecinin oluşturulması,
- Üçüncü bölümde; özelliğe ait genel bir sonuç bilgisinin verilmesi, söz konusudur.

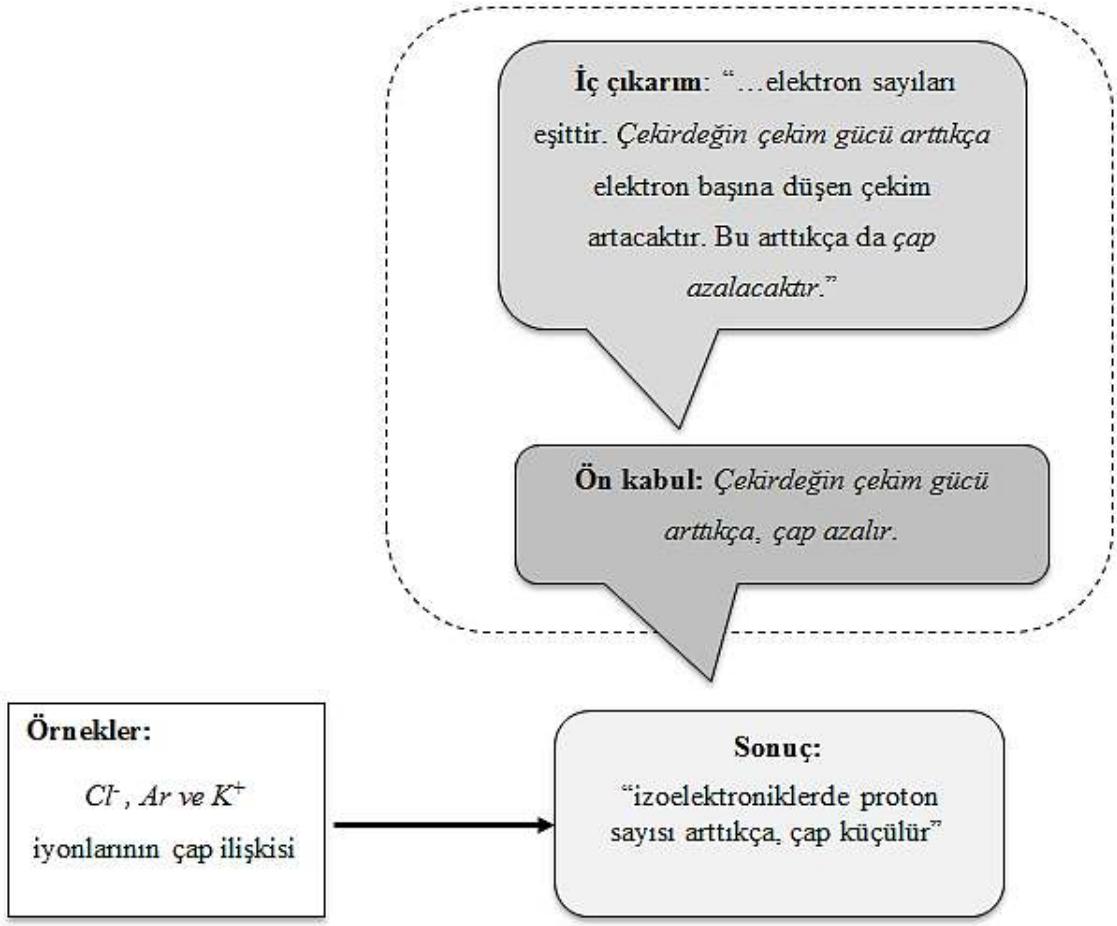
Bulgularda, tümevarımın açıklama kalıplarının kullanıldığı durumlarda akıl yürütmenin iç çıkarımlar nedeni ile temel öncüllere karşılık gelen ön kabullere dayandığı görülmektedir (BulguD1$_{16\text{-}18}$). Bu açıdan bilgi üretiminin biçimsel yapısı kalıptan farklıdır ve şu şekilde gösterilebilir;

Tablo 32. Tümevarımsal Açıklama Sürecinin Bileşenleri

1.Bölüm	2.Bölüm		3.Bölüm
Örnekler	**İç Çıkarım**	**Ön kabul**	**Sonuç**
Örnek durum bilgileri			*Genel durum bilgisi*

Aşağıda böylesi bir sürecin oluşturulduğu örnek bir alıntı verilmiş ve yapısı aşağıdaki modelle gösterilmiştir;

D1A$_{29}$:[…iyon yarıçapı… *Cl^- , Ar ve K^+ iyonlarının* çap ilişkisi ve öğrencilerden görüşlerini sordu… Daha sonra öğretmen toparladı; "elektron sayıları eşittir. Çekirdeğin çekim gücü arttıkça elektron başına düşen çekim artacaktır. Bu arttıkça da çap azalacaktır." Daha sonra son genelmeyi verdi daha sembolik olarak; p ↑ ç↓ (gösterimi ile) "*izoelektroniklerde proton sayısı arttıkça, çap küçülür*" dedi ve biraz önceki durumla aynı sonuca çıkıldığını ifade etti…]



Şekil 11. Tümevarımsal Açıklama Sürecinin Yapısı

Yukarıda verilen modele göre sürecin daha önceki bulgularda tanımlanan dört öğesi söz konusudur; *Örnekler*(TanımD1$_9$), *Ön kabul* (TanımD1$_6$), *İç Çıkarım*(TanımD1$_3$) ve *Sonuç* (TanımD1$_{10}$).

Yukarıda yapısı tanımlanmaya çalışılan tümevarımsal açıklama süreci ile ilgili olarak özetle;

- Bu süreçlerde, tanımlayıcı sürecin içerdiği yapının dışında, işlenen özelliği temellendirmek için kullanılan bir *iç çıkarım* süreci söz konusudur.
- Bu süreçlerde oluşturulan iç çıkarım süreci temelde bir *ön kabule* dayanmaktadır.
- Bu süreçte elde edilen bilgi, verilen örnekler üzerinden yola çıkılarak iç çıkarım çerçevesinde temellendirilen, genellenmiş bilgilerdir.

Ayrıca bulgulardan yola çıkarak; bu süreç, *periyodik özelliklerin değişim ve atomik özelliklerin açıklanmasında* kullanıldığı görülmektedir ($BulguD1_8$).

Bu genel çerçeveden yola çıkıldığında akıl yürütmelere dayalı *bilgi üretiminin biçimsel yapısına ilişkin* şu sonucu ifade etmek mümkündür;

Tablo 33. Öğretmenlere Yönelik 2.Probleme İlişkin ($PD1_2$) Sonuçlar ($SonuçD1_{4,5}$)

$SonuçD1_4$. Öğretmenler sınıf ortamında akıl yürütme yöntemleri temelinde oluşturulan ve yapısı tanımlanabilir belirli ***bilgi üretim süreçleri*** çerçevesinde bilgi üretimi yapmaktadır.

$SonuçD1_5$. Bu süreçler ile tanımlanan bilgi üretimin biçimsel yapısına ilişkin şu özellikler dikkat çekmektedir;

- Bilgi üretimi yoğun bir şekilde tümdengelimsel formda süreçlerle ve belirli nitelikteki genel bilgiler üzerinden yapılmaktadır.
- Bazı durumlarda kullanılan ve form olarak tümevarımsal olan bazı süreçler ise, bütüncül anlamda bu genel bilgilere tekrar ulaşılması veya doğrulanması işlevine sahiptir.
- *Bu açıdan bilgi üretiminin bütüncül yapısı tümdengelimseldir*

4.3. Bilgi Üretiminde Kimyasal Bilgi

Problem ($PD1_3$): *Öğretmen* söylemlerini oluşturan kimyasal bilgilerin bilgi üretiminde durumu ve niteliği nedir?

Bu bölümde yukarıda biçimsel açıdan tanımlanan akıl yürütmelere dayalı bilgi üretiminin epistemolojik açıdan analizine ilişkin bulgular verilecektir. Bulgular hem tümevarım hem de tümdengelim sürecine ortaya çıkan epistemolojik niteliklere ilişkin başlıklar altında verilecektir. Söz konusu nitelikler ise şu ana başlıklar altında sınıflandırılmıştır;

- Bilginin niteliği
- Bilgiler arası ilişkilerden oluşan nitelikler

4.3.1. Bilginin Niteliği

Genel bilgilerin ifade şekli

Bulgu$D1_{20}$. *Tümdengelimde öncül, tümevarımda ise sonuç olarak verilen genel bilgiler, basit, mutlak, yüksek geçerli ve aşırı genelleyici ifadeleri dile getiren önermelerden oluşmaktadır.*

Tümdengelimde kullanılan öncüllerden, örneğin; *"oksijenle ile aynı tür oksit oluştururlar…"*($D1A_9$) *"elektronegatiflik soldan sağa doğru gidildikçe, tıpkı iyonlaşma enerjisi gibi artar"*($D1A_{13}$), "*metal gruplarında bazlık yukarıdan aşağıya doğru artar*"($D1A_1$), genellemeleri ile bir ilke şeklinde ifade edilen; *"benzer özellik gösterenleri (elementleri) aynı grupta toplamışlardır…"($D1_4$)* önermelerinde mutlaklık veya yüksek geçerlilik ifadesi görülmektedir.

Ayrıca bunların yanı sıra bazı tanımsal bilgilerde ise basitleştirme eğilimi de görülmektedir. Örneğin;

D1A$_{36}$: […Elektron ilgisi… Öğretmen; "önce tanım verelim" dedikten sonra *; "gaz fazındaki nötr bir atomun elektron yakalaması ile açığa çıkan enerjiye elektron ilgisi denir"* ve tahtada denklem şeklinde birkaç örnek verdi. Ardından *"tabi bu durumun istisnaları da vardır, ama onları saymazsak bu şekilde tanımlayabiliriz"* ifadesini kullandı…]

Yukarıdaki alıntıda tanımlamanın ardından öğretmenin her zaman enerji açığa çıkmayacağını kast ederek;*""tabi bu durumun istisnaları da vardır, ama onları saymasak bu şekilde tanımlayabiliriz",* ifadesi bunu göstermektedir. Bunu, bazı anomali durumları gözden kaçırmak veya daha basit ifadenin kolay kavranabileceği düşüncesi çerçevesinde hareket etmek şeklinde yorumlamak mümkündür. Ancak görüşmelerde öğretmenler;

D1A$_{37}$: […Ancak istisnalar var, bu yüzden genellemeyi verip *bazen bunları ayrıca ifade ediyoruz;* "*şunlardan dolayı gibi" açıklamalar getiriyoruz*. Sonra örneklerle bu açıklamaları *daha kalıcı hale* getirmek gerekir.]

,alıntısında görüleceği üzere, her anomali duruma ek açıklamalar getirilmesi gerektiği görüşünde olsalar da, yukarıda ifade edildiği gibi gözlemlerde buna rastlamak mümkün görünmemektedir. Öncüllere ilişkin bu genel yaklaşım, mantık kurallarında temel öncülün mutlak ve geçerli kabul edilmesi anlayışı ile örtüşmekte ve yapılan tümdengelimin mantıksal yönünü öne çıkarmaktadır.

Genel bilgilerin ifade şeklinde tercih edilen bu yaklaşımın nedeni ise;

D1A$_{38}$: […*Onlar da (öğrenciler) daha önce ifade ettiğim gibi yüksek geçerli genellemeleri ezberleme istiyorlar, bekliyorlar. Nasıl olsa biz oradan çıkarırız diyorlar.* Onlar daha kısa yoldan daha çabuk öğrenmek istiyorlar. Genellemeyi alalım örnek kolay gibi, *olayı hemen kavramak istiyorlar…*]

,alıntısında ortaya çıktığı üzere genellemelerdeki söz konusu ifade şeklinin öğrencilerin tümdengelimsel bir eğilim ile kolay kavramasına katkı sağladığı noktasında ortak bir görüştür.

Tümevarımda da benzer bir durum söz konusudur. Örneklerden yola çıkılarak elde edilen sonuçlarda, aşırı genellemeye dayalı olarak, yüksek geçerli/ mutlak ve basitlik gibi ifade şekillerine rastlanmaktadır. Örneğin;

> **D_1A_{39}:** […İyon yarıçap... Öğretmen bazı iyonik bileşiklerin formüllerini verdi. KCl bileşiğinin iyonlarına ait bir model çizdi. Bu örneklerden yola çıkarak genelleme oluşturuldu; *" bir anyonun yarıçapı, bir katyonun yarıçapından büyüktür*…"]

,verilen alıntıdaki oluşturulan sonuç oldukça genel olmadan öte, mutlaklık içerecek şekilde ifade edilmektedir. Ayrıca; "*…aynı periyotta soldan sağa doğru iyonlaşma enerjisi artar…*"($D1_2$), *"…+ yüklü iyonlarda yük arttıkça çap azalır, - yüklü iyonlarda iyon yükü arttıkça çap büyür…*"($D1_5$) ve *"… bir anyonun yarıçapı, bir katyonun yarıçapından büyüktür…"* ($D1_4$), gibi tümevarım sonuçları da bu durumu göstermektedir.

Tümevarımın genellikle daha önceden verilmiş bir genel bilgiyi (ön kabulü) doğrulama veya tekrar etme amaçlı kullanıldığına ilişkin daha önce verilen bulgular ($BulguD1_{16\text{-}17\text{-}18}$) ve bunu yansıtan görüşler ($GörüşD1_{4\text{-}5}$ ve $D1A_{33}$) düşünüldüğünde, tümevarımla ulaşılan sonuçların tümdengelimde kullanılan öncüller gibi ifade edilmesi olağan bir durum olarak görünmektedir.

$BulguD1_{21}$. *Hem tümevarım hem de tümdengelimde iç çıkarımlar oluşturulurken genel bilgilerin basit, mutlak, yüksek geçerli ve aşırı genelleyici önermelerle ifade edildiği görülmektedir.*

Öğretmenlerin sıkça kullandıkları açıklama kalıplarında oluşturdukları kıyas şeklinde tümdengelimler (iç çıkarımlarda) yapıları gereği genel önermelerden oluşmaktadır. Bu önermeler çoğu kez tüm periyot ve grup dizilişlerine yönelik bilgileri ifade etmektedir.

> **"***…aşağı doğru indikçe yarıçap artıyor, çekim kuvveti azalıyor. Çekim kuvveti azaldıkça da ondan elektron koparmak kolaylaşıyor…(*$D1_2$)

Yukarıda verilen alıntıda görüldüğü gibi açıklamalar bir genele ilişkindir.

İç çıkarımlarda da, öncül ve sonuç olarak kullanılan genel durum bilgilerine benzer şekilde aşırı genelleyici ifadelere rastlamak mümkündür. Örneğin; *"...çap; yukarıdan aşağıya artar, soldan sağa azalır …"* ($D1_1$). Ayrıca *"...şunu unutmamalıyız grup metal ise orada asitlikten bahsedemeyiz, bazlıktan bahsederiz*, *grup 7A da olduğu gibi hepsi ametal ise orada da asitlikten bahsederiz, hepsi asittir…"* ($D1_4$) önermesinde olduğu gibi mutlak ifadelere ve *"...periyodu büyük olanın çapı büyüktür..."* ($D1_2$), önermesinde olduğu gibi basit ifadelere de rastlamak mümkündür.

Az ve tipik örnek kullanma

Bulgu$D1_{22}$. *Hem tümdengelim hem de tümevarımın kullanıldığı birçok durumda öğretmenlerin az ve anomali oluşturmayacak şekilde duruma uygun örnek tercih ettikleri görülmektedir.*

Öğretmenlerin hemen hemen tüm durumlara ilişkin söylemlerinde kısıtlı sayıda örnek kullandıkları görülmektedir. Örneğin tümdengelimle asitliğin gruplarda değişiminin açıklandığı alıntıda öğretmen sadece iki örnek vermiştir.

$D1A_4$: […asitlik… …" *Halojenlerde asitlik yukarıdan aşağıya doğru artar"* dedikten sonra öğretmen, *HCl, HF maddelerin* karşılaştırılmasını örnek olarak verdi…]

Benzer şekilde elektron ilgisinin genel değişimini örneklendirmede aynı periyotta bulunan uygun örneklerden, C, O ve F tercih edilmiştir.

$D1A_{40}$: […elektron ilgisi… öğretmen elektron ilgisini tanımladı. Daha sonra iyonlaşma enerjisini hatırlatarak ikisini karşılaştırmalarını istedi. Bir atomun (X) elektron ilgisini göstermek için denklem şeklinde tahtaya yazdı… Öğretmen; " …metaller, soy gazlar elektron almak istemezler". Bu noktada elektron alma ve vermeyi oktet ve 8 e tamamlama olgunsa dayandırarak, son kabukta elektron ihtiyacı gibi kavramlarla açıkladı. Devam etti; "ametaller son kabuklarında elektron fazlalığı vardır, bunlar elektronlarını 8 e tamamlamak için elektron almak isterler, metallerde de tersidir." Ardından birkaç elementi (C, O ve F) periyodik sistem üzerinde göstererek elektron ilgisi periyot sıralamalarını ifade etti…]

Görüşme bulgularında ise bu durum öğretmenlerin; *"...Anlayabilecekleri grubu tabi, uygun grupları anlatıyorum..."* ($D1A_{31}$) ve *"...Tabi bu gruplarda daha iyi işliyor bu özellik…"*($D1A_{24}$), gibi ifadelerinden bu durum açık bir şekilde görülmektedir.

Benzer şekilde tümevarımla atom yarıçapının periyodik değişimini açıklamada duruma uygun olarak B ve F tercih edilmiştir.

$D1A_7$: […Atom yarıçapı değişimi… *B ve F un karşılaştırılmasını* vererek açıklamaya başladı. "atomların son yörüngelerindeki elektronların bulunduğu mesafe aynı ama çekirdek yükleri farklı olduğundan elektron başına uygulanan çekim gücü farklı oluyor, bu da çapı belirliyor, F da çap daha küçük oluyor. O halde cetvelde çap; *soldan sağa azalır* diyebiliriz" …]

Bu tercihleri genel anlamada anomalilerden kaçınmanın başka bir göstergesi olarak görmek mümkündür. Nitekim genel bilgilerin verildiği grup ve periyotlarda ifade edilen özellikler açısından anomali durumlar söz konusudur.

Anomali durumlar ve Ad hoc açıklamalar

Bulgu$D1_{23}$. *Grup özellikleri ve periyodik değişimlerde çoğunlukla karşılaşılan anomali durumlara, öğretmenlerin hem tümdengelim hem de tümevarımda belirli durumlar hariç değinmedikleri veya değindikleri halde açıklamadıkları görülmektedir.*

Öğretmenlerin çok nadiren genel duruma aykırı olan örneklere değindikleri söylenebilir. Örneğin;

$D1A_{15}$: [...iyonlaşma enerjisi… Öğretmen; önce tanımı yaptı ve ardından denklem üzerinde bazı atomların elektron verme denklemlerini gösterdi. Bazı farazi değerler ile iyonlaşma enerjilerini gösterdi. Daha sonra; "gelelim iyonlaşma enerjisi ile atom çapı arasındaki ilişkiye. Atom çapını kafamda netleştirmişsem her türlü ilişkiyi atom çapı ile yorumlayabilirim. Atom çapı ne kadar küçükse, ona uygulayacağınız enerji o kadar büyüktür, yenmeniz gereken güçte o kadar büyüktür. *Yani iyonlaşma enerjisi çapla ters orantılıdır*." Dedikten sonra bu önermeyi sembolleştirdi, *"İyonlaşma enerjisi↑ ise çap↓ veya tersi."* Daha sonra atom çapından yapılan çıkarımla iyonlaşma enerjisinin periyodik cetveldeki

değişimi oklarla gösterildi. *Verdiği örneklerin sıralamasını yaptı. Bu arada bir öğrencinin sorusu üzerine, N ve O üzerinden, bu değişimin istisnaları olduğunu ama genel yorumun böyle olduğunu ifade etti. İstisna durumları açıklarken küresel simetri kavramına gönderme yaptı...*]

Yukarıdaki alıntıda iyonlaşma enerjisinin periyot boyunca değişimin açıklanmasında öğretmen anomalileri *"istisna"* lar olarak tanımlamış ancak nedenine ilişkin açıklayıcı ifadelerde bulunmamıştır. Yine başka bir alıntıda ($D1A_6$) "…O halde cetvelde çap nasıl değişir diyebiliriz*; yukarıdan aşağıya artar, soldan sağa azalır diyebiliriz…"* genellemesini belirli örneklerden yola çıkarak elde edilmiş ancak söz konusu olan anomalilere hiç değinilmemiştir.

Bu tür durumların detaylı açıklanmaması, örneğin, tümdengelimin kullanıldığı periyodik özelliklerin değişiminde ($BulguD1_6$), atom çapının periyodik değişimine ilişkin genellemeden sonra öğretmenin ($D1A_{14}$);

"...tabi bu kadar basit açıklanmıyor tabi, orada etkin çekim kuvvetlerinden ve perdeleme etkisinden bahsedilir. Ama biz o boyuta taşımadan daha basit bir ifade ile burayı geçmemiz gerekir..."

,şeklideki ifadesinde görüldüğü gibi, hem genel bilgilerin ifade şekli hem de anomali durumlara neden olabilecek nedenlere değinmeme ile *bilginin basitleştirilmesi* ve buna bağlı olarak *niteliğinin değişmesinin* ortaya çıktığı söylenebilir.

Öğretmenlerin değindiği birkaç anomali söz konusudur. Bunlar; *iyonlaşma enerjisinin değişimindeki sapmalar, F ve Cl elektron ilgileri farkı ve H ve He 'un yeri ve elektron dağılımındaki aykırılık*. Ancak bunlardan sadece iyonlaşma enerjisine yönelik bir açıklama yapıldığı görülmektedir. Bu duruma ilişkin örnek bir alıntı aşağıda verilmiştir;

$D1A_{41}$: [… "soldan sağa doğru ise proton sayısı artıyor, çekim gücü artıyor, yarıçap azalıyor, yarıçap azaldığı içinde iyonlaşma enerjisi de artıyordu. *Ancak bazı atomlar küresel simetriği özelliği gösteren atom kendinden sonra gelen atomdan daha küçük yarıçap özelliği gösteriyor*…]

Ancak bu yeterli bir açıklama olarak görünmemektedir. Öğretmenlerin görüşlerinde ise yukarıda ifade edilen anomalilerden özellikle iyonlaşma enerjisinin periyotta değişimine ilişkin sapmalara değinilmektedir. Örneğin;

> **$D1A_{42}$:** […Birçok periyodik değişen özellikler var, bunların genellemeleri var ve bu genellemelerin istisnaları da oluyor. Ama *iyonlaşma enerjisini olduğu gibi istisnaları da ayrıca verdiğinizde aslında daha dikkat çekiyor onlar*, şundan dolayı işte kararlılıktan dolayı, onu unutmuyorlar kalıcı oluyor.]

Alıntısında görüldüğü gibi öğretmenler farklı durumlarda da ek açıklamalar getirdiklerini ifade etseler de gözlem bulguları belirli anomalilerden öteye gitmediklerini göstermektedir.

Bulgu$D1_{24}$. *Belirli anomali durumlara getirilen ek açıklamalar ad hoc açıklamalar olarak işlev görmektedir.*

Öğretmenler tarafından belirli anomalilere yapılan ek açıklamalar ise adhoc açıklamalar olarak ifade edilebilir. Nitekim önce genel bilgilerin sonra sapmaların verilmesi genel ifadenin geçerliliğinin devam ettirilmesidir. Örneğin;

> **$D1A_{43}$:**[…istisnalarda sıkıntı çekiyoruz. *Bu tür durumlarda bazen örneklerle açıklamalar getirmeyi tercih ediyorum.* Sadece çok genel bir ifade kullanırsak ve açıklama yapmazsak biraz sonra örnek çözerken çocuk illa o genel ifadeye uygun olarak; işte şunun iyonlaşma enerjisi şundan büyüktür, diye hemen sonuç çıkaracaktır. Bu sefer işin zorlaşacaktır. *Çünkü bütün öğrenciler o genel ifadeyi bilmeli, ama o istisnaları da bilmek önemli*….]

Burada ifade edilen görüş; yukarıda verilen gözlem ve görüşme alıntılarının da ($D1A_{41}$ ve $D1A_{42}$) gösterdiği gibi, genel ifadenin geçerliliğinin sürdürülmesinin yanı sıra genel durumdan sapmalara getirilen başka bir genel açıklamayı elde etmeyi vurgulamaktadır. Yapı olarak tümevarımsal olarak görünse de bir durum çerçevesinde düşünüldüğünde genel kabulün etkisini sürdürmesini sağlayacak *adhoc* bir hipotezin doğrulanması amaçlanmaktadır. Örneğin; Bulgu$D1_6$ de verilen alıntı D_1A_{15} de, öğretmenin genel değişimi verdikten sonra öğrencinin sorusu üzerine iki örnek üzerinden durumu küresel simetri karalığı ile açıklaması bunu göstermektedir.

Bu genel çerçeveden bakıldığında, *süreçte kullanılan bilgilerin niteliğine* ilişkin şu sonuç ifade edilebilir;

Tablo 34. Öğretmenler Yönelik 3. Probleme ($PD1_3$) İlişkin Sonuç-1 ($SonuçD1_6$)

$SonuçD1_6$: Bilgi üretimi sürecinde kimyasal bilgi içeriğine sahip genel bilgilerin, bilgi üretiminde benimsenen biçimsel yaklaşıma ($SonuçD1_{4,5}$) uygun olarak epistemolojik niteliğinin değiştiği veya değiştirildiği görülmektedir. Bu değişimde aşağıdaki özellikler öne çıkmaktadır; • Bilgiler mutlak geçerli ve basit bilgiler olarak ifade edilmekte ve kullanılmaktadır • Bilgilere yüklenen bu nitelikleri sürdürmek için, tipik örnek kullanımı, anomali durumlara değinmeme ve adhoc açıklamalar getirme gibi yaklaşımlar söz konusudur.

4.3.2. Bilgiler Arası İlişkilerden Oluşan Nitelikler

Öğretmenlerin kullandıkları akıl yürütmelerde önemli bir yer tutan ve genel bilgiler arası ilişkilere dayalı tümdengelimler şeklinde oluşturulan *iç çıkarımlar*ın özellikleri bilgi üretiminin niteliğini büyük ölçüde belirlemektedir. Bu başlıkta bilgi üretiminin genel anlamda bu çıkarımlar çerçevesinde ortaya çıkan nitelikleri tanımlanacaktır.

Nedensellik

$BulguD1_{25}$. *Hem tümdengelimin hem de tümevarımın açıklama kalıbı ile kullanıldığı birçok durumda kalıba uygun olarak oluşturulan iç çıkarımlarda nedensellik noktasında; lineerlik, tutarsızlık ve ereksek nedensellik ön plana çıkmaktadır.*

Özellikle periyodik özelliklerin genel değişimine ilişkin durumlarda oluşturulan iç çıkarımlarında çoğu kez lineer olan bir nedensellik ön plana çıkmaktadır. Örneğin; aşağıda verilen alıntıda, yarıçap, çekim gücü ve elektron verme arasında lineer bir nedensellik kurulmuştur.

D1A$_{44}$: […elektron verme eğilimi… Öğretmen; "biz özellikleri neye bağlamıştık; işte… yukarıdan aşağıya doğru enerji katmanları artıyor yani yarıçap artıyor. Yarıçap artınca çekirdeğin çekim gücü azalıyor, dolayısıyla elektronu daha kolay kaybediyor" dedikten sonra 2. grup için *iki elementin (Mg ve Be)* elektron dağılımını yaparak karşılaştırma ile önceki ifadesini açıklamaya çalıştı.]

Bazı durumlarda ise önermeler bir birine önerme eklemleri ile bağlı görülmese de ifadelerin peş peşe gelmesinden dolayı nedensellik ilişkisini öne çıkaran bir söylem oluşturmaktadır.

D1A$_{35}$: [...yükseltgenlik… Öğretmen; "*periyot boyunca soldan sağa doğru artar, grupta aşağı doğru azalır*" dedikten sonra "atom çapı azalır, çekim kuvveti artar, değerlik elektron sayısı artar, dolayısıyla değerlik elektron sayısı artıyorsa onları kaybetme isteği azalır, (elektron) almak ister o zaman yükseltgenlik artar, indirgenlik azalır" şeklinde açıkladı. Daha sonra *birkaç atom* (N,O,F) *arasındaki kıyaslamayı* verdi…]

Örneğin yukarıdaki alıntıda söz konusu iç çıkarımda atom çapı, çekim kuvveti değerlik elektronlarına ilişkin önermelerde eklemler söz konusu değildir. Ancak önermeler bir bütün olarak alındığında nedensellik ilişkisi oluşmaktadır.

İç çıkarımlarda oluşturulan nedensel ilişkiler arasında tutarsızlıklara da rastlanmaktadır. Bir durumda verilen bir nedenin bazı durumlarda sonuç olarak ifade edildiği görülmektedir. Örneğin aynı öğretmenin farklı durumlarda kullandığı *"...atom çapı azalır, çekimi kuvveti artar..."*(D1A$_{35}$)... ve *"...çekim gücü büyürse, çap küçülmüş olacak..."* (D1A$_{19}$), önermelerinde neden ve sonuç farklı durumlarda farklı şekillerde kullanılmıştır.

İç çıkarımlarda bazı durumlarda ise öğretmenlerin ereksel neden çerçevesinde açıklamalarına rastlanmaktadır. Örneğin farklı öğretmenler tarafından oluşturulan; *"....ametallik arttığına göre, atomların elektron alma isteği artıyor..."*(D1$_2$),

"….değerlik elektron sayısı artıyorsa, <u>onları kaybetme isteği azalır, almak ister</u>, *o zaman yükseltgenme eğilimi artar, indirgenme azalır."*($D1_5$), "… çap büyükse zaten <u>kendi elektronlarımla uğraşmam gerekir, dışarıdan başka bir elektrona ilgim olmaz</u>…" ($D1_3$) ve *"...elektronegatiflik <u>arttıkça hidrojeni daha iyi tutuyor ve bırakmak istemiyor</u>..."*($D1_4$), ifadelerinde altı çizili kısımlar atomların ereksel bir nedensellikle davranış gösterdiğini düşüncesini öne çıkmaktadır.

Öğretmenlerin görüşleri ise lineer nedenselliği desteklemektedir. Öğretmenlerin periyodik sistemin öğretiminde genel bilgiler arasında ilişkilerin kurulmasının önemine gönderme yapan görüşleri (GörüşD1_3) bu doğrultudadır.

Ayrıca iç çıkarımlara sıkça birincil neden olarak atom çapı ve çekim gücü gibi özellikler ortaya çıkmaktadır. Nitekim bilgi üretimin dayandığı temel öncüllerde de birincil özellikler olarak bu özellikler ortaya çıkmıştır. Söz konusu özelliklerin önemi ve diğer özelliklerin buna bağlı olduğu noktasındaki görüşleri öne çıkaran alıntılar da ($D1A_{30-31}$) bulguları destekler niteliktedir.

Orantısal ilişki

BulguD1_{26}. *Başta periyodik değişen özellikler olmak üzere, genel bilgiler arasında orantısal bağlantılar kurulduğu görülmektedir*

Öğretmenlerin başta atom çapı olmak üzere birçok periyodik özellik arasında orantıya dayalı ilişkiler kurduğu görülmektedir. Örneğin; *"...atom çapı ile iyonlaşma enerjileri terstir..."*($D1_1$), *"...asitlik artar ve ters olduğuna göre, burada da bazlık azalır..."*($D1_2$), *"...çap ile iyonlaşma enerjisi ters orantılıdır*...($D1_3$), *"...elementlerin atom numaraları hangi oranda artıyorsa, atom kütleleri de aynı oranda artar..."* ($D1_5$), ifadelerinden bu durum açıkça görülmektedir.

Totoloji

BulguD1$_{27}$. *Bilgi üretimi, oluşturulan iç çıkarımların dayandığı temel öncüller açısından ele alındığında, tümevarım ve tümdengelim ile açıklanan farklı durumlarda aynı temel öncüller ekseninde oluşan totolojilere rastlanmıştır.*

Totolojileri aynı öğretmenin farklı açıklamalarında görülmektedir. Örneğin öğretmenin tümevarımın açıklama kalıbını kullandığı bir durum aşağıda verilmiştir;

> **D1A$_{36}$:**[…iyon yarıçapı… *Cl^- , Ar ve K^+ iyonlarının* çap ilişkisi ve öğrencilerden görüşlerini sordu… Daha sonra öğretmen toparladı; "elektron sayıları eşittir. Çekirdeğin çekim gücü arttıkça elektron başına düşen çekim artacaktır. Bu arttıkça da çap azalacaktır." Daha sonra son genelmeyi verdi daha sembolik olarak; p ↑ ç↓ (gösterimi ile) "i*zoelektroniklerde proton sayısı arttıkça, çap küçülür*" dedi ve biraz önceki durumla aynı sonuca çıkıldığını ifade etti…] *($D1_1$)*

Yukarıda verilen alıntıda atomik özeliklerden iyon çapı açıklanırken tümevarım ile örnek üzerinde başlayan açıklamada çekirdek çekim gücüne dayalı bir iç çıkarım süreci söz konusudur. İç çıkarım öğretmenin kendi ifadesi ile şu temel öncüle dayanmaktadır; *" bu (çekirdeğin çekim gücü) artıkça çap azalacaktır"*.

Aşağıda ise aynı öğretmenin tümdengelimin açıklama kalıbını kullandığı örnek verilmiştir;

> **D1A$_{14}$:** […Atom yarıçapı... Öğretmen; "Atom çapı nasıl değişir ve etkileyen faktörler nedir?". Oklarla periyodik sistemdeki genel değişimleri verdi; *"genel açıklamayı verelim... soldan sağa atom çapı azalır"* ve *birkaç örnek* üzerinde sıralamayı verdi. Ardından sordu; "neden?"…Öğretmen değişim sebebini açıklamak için fiziksel çekim kuvvetinin formülünü yazdı. Çapın değişimini fiziksel çekim formülündeki terimler üzerinden *"ters"* ve *"doğru orantılı"* ifadeleri kullanarak anlattı; " Periyodik cetvelde soldan sağa doğru gidildikçe katman sayısı aynıdır, bu yüzden r (formüldeki terim) sabit alınabilir. Buna karşın yükte bir artma vardır. Buda kuvvetin artmasına sebep olur. *Kuvvet artarsa çapta küçülür.*" Benzer bir şekilde yukarıdan aşağıya olan değişimi de açıkladı. "ve gerekçesi bu… Böylelikle olayı açıklamış olduk. Çekim kuvveti

> yükle doğru, uzaklığın karesi ile ters orantılıdır…" dedikten sonra ekledi "…tabi bu kadar basit açıklanmıyor tabi, orada etkin çekim kuvvetlerinden ve perdeleme etkisinden bahsedilir. Ama biz o boyuta taşımadan daha basit bir ifade ile burayı geçmemiz gerekir…"]*(D1$_1$)*

Yukarıdaki alıntıda ise öğretmen atom yarıçapının periyodik sistemdeki değişimine ait genellemeyi verdikten sonra, tümdengelimle örneklendirmiştir. Ardından bu değişiminin nedenini farklı bir özellik olan çekirdek ve elektronlar arasındaki fiziksel çekim gücüne bağlı olarak bir iç çıkarım ile açıklamıştır. Bu sürecin söz konusu temel öncülü ile *"...kuvvet (çekirdeğin çekim kuvveti) artarsa çap küçülür"* şeklinde ifade edilmiştir.

Bu iki farklı yönteme dayalı ve farklı durumlara yönelik söylemlerdeki iç çıkarıma dikkate alındığında; aynı temel öncülden farklı durumlara açıklamalar getirilmesi, öğrencilere verilen bilginin aynı şeyin farkı şekillerde tekrarı olması ve bir anlamda yeni bir bilgi verilmemesi gibi nedenlerle buradaki bilgi üretimi *totolojik* olarak yorumlanabilir. Başka bir ifade ile her iki süreci en genel hali ile aynı öncülü doğrulmamaya dayalı tümdengelim olarak ifade etmek mümkündür.

Görüşmelerde de totolojiye gönderme yapan ifadelere rastlamak mümkündür. Öğretmenlerin genel anlamda tümdengelim ile daha önce verilen bir bilginin, tümdengelimle tekrar elde edilmesinin gereğine ilişkin görüşlerini yansıtan; "(öğrencilere kalan) *aslında yerine göre benim verdiklerime nasıl ulaşıldığını da kendileri deneyimlemek... Örnekler üzerinden mesela"* (D1A$_{33}$) ifadesi totolojiyi vurgulamaktadır.

Ayrıca bilgi üretiminin biçimsel yapısına ait bulgularda, tümevarımın çoğu kez tümdengelimle verilen bir ön kabule dayandığının (BulguD1$_{16\text{-}17\text{-}18}$) ortaya çıkması da bilgi üretimindeki totolojiyi daha da netleştirmektedir.

İndirgemecilik

BulguD1$_{28}$. *Bilgi üretimi, kullanılan tümdengelim ve tümevarımda ortaya çıkan temel ilkeler, temel öncüller/ön kabuller gibi genel bilgiler açısından incelendiğinde, öğretmenlerin farklı boyutlarda indirgemecilik yaptıkları görülmektedir.*

Hem tümdengelim hem de tümevarım formunda oluşturulan bilgi üretme süreçlerinde öğretmenlerin bazı durumlarda ontolojik boyuta yaptıkları indirgemeleri epistemolojik boyuta taşıdıkları görülmektedir. Özellikle bu süreçlerde iç çıkarımların dayandığı temel öncüllerde (BulguD1$_{14}$) sıkça ifade edilen ve çıkarımlarda diğer özelliklere birçok noktada ilişkisi kurulduğu görülen atom çapı/ yarıçapının temelde çekirdek ve elektronlar arasında oluşan bir çekim kuvvetine dayandırılması ile ontolojik bir indirgemecilik yapıldığı görülmektedir. Örneğin; *"...atom çapı azalıyor, çünkü elektro statik çekim gücü artıyor"*(D1$_5$) veya *"...çekirdeğin çekim gücü arttıkça elektron başına düşen çekim artacaktır. Bu durumda çapı azalacaktır..."*(D1$_2$) ifadeleri bunu göstermektedir. Diğer taraftan buradan yola çıkarak, yapılan ontolojik indirgemeciliğin epistemolojik boyuta taşındığı aşağıda örnek verilen iç çıkarımda görmek mümkündür;

> **D1A$_{47}$:**[…Öğretmen; *"Periyodik cetvelde aynı grupta yukarıdan aşağı inerken (formül üzerinde r^2 terimini göstererek) çaptaki artışın karesi alındığında çaptaki artıştaki bu büyük oran (F terimini göstererek) çekim kuvvetinin zayıflamasına yol açar. F kuvvetinin zayıflaması da çapın artmasına yol açar".* Bu açıklamalardan sonra "pratik olarak söyle diye biliriz; periyodik yukarıdan aşağıya gidildikçe atom çapı artar".] *(D1$_2$)*

Burada elektrostatik çekim kuvvetine indirgenen etkin çekirdek yükünün etkisi fiziksel bir yasanın formülü ile açıklanmaktadır. Bu yaklaşımı, ontolojik olandan epistemolojik indirgemeciliğe kaydırmıştır.

Ayrıca bazı durumlarda farklı bir indirgeme türü olan *yaklaştırma* ve *idealleştirme* çerçevesinde indirgemeciliği de görmek mümkündür. Bu noktada örneğin; *"...ametaller son kabuklarında elektron fazlalığı vardır, bunlar elektronlarını 8'e*

tamamlamak için elektron almak isterler, metallerde de tersidir"($D1_3$) ifadesi ile soy gazları elektron verme ve alma eğilimi açısından *idealleştirilmesi* söz konusudur.

Benzer şekilde, birçok periyodik özellik, iç çıkarımların temel öncüllerinde de görüldüğü üzere atom çapına yaklaşılmakta veya duruma göre atom çapı idealleştirilmektedir. Aşağıda verilen örnek alıntılar öğretmenlerin bu noktadaki eğilimlerini yansıtmaktadır;

D_1A_{48}: […*"bizim meşhur bir girişimiz vardı; atom çapı, tüm periyodik özellikleri ondan çıkarıyorduk hani. Onunla ilişkilendirerek anlatalım*"…] *($D1_3$)*

D_1A_{49}: […Öğretmen; *elektronegatiflik ve elektron ilgisinin periyodik cetvele değişimini özetlerken bir öğrenciye; " çapı düşün öyle cevap ver"...*] *($D1_5$)*

D_1A_{50}: […Öğrenci; "*çünkü aşağı doğru yarıçap artıyor, o halde iyonlaşma enerjisi azalıyor."* ifadesini tekrarladı, öğretmen: *" artık diğerlerini de yorumlayabiliriz*" ifadesini kullandı…] *($D1_4$)*

Öğretmenlerin bazı görüşleri de yapılan indirgemeleri desteklemektir. Özellikle gözlemlere paralel olarak atom çapını en önemli özellik olarak görülmesi ve diğer özelliklerin bu özellikten yola çıkılarak elde edilebileceğine ilişkin görüşleri yansıtan; "*…atom çapı önemli öncelikle, iyonlaşma enerjisi, elektron alma gibi diğer özellikler bununla ilişkilendirilerek rahat açıklanabiliyor…"* ($D1_2$) ifadesinde bu durum açıkça görülmektedir.

Ayrıca yine temel öncüller, nedensellik, totoloji, vb. noktalardaki birçok bulgu da bu çerçevede yapılan indirgemeleri doğrudan veya dolaylı olarak desteklemektedir.

Bu genel çerçeveden bakıldığında kullanılan bilgiler arası ilişkilerden doğan nitelikler açısından, *bilgi üretiminde kimyasal bilginin durumuna* ilişkin şu sonuç ifade edilebilir;

Tablo 35. Öğretmenlere Yönelik 3.Probleme ($PD1_3$) İlişkin Sonuç-2 ($SonuçD1_7$)

$SonuçD1_7$. Bilgi üretim süreci, kimyasal içeriğe sahip genel bilgiler arasında oluşan ilişkiler çerçevesinde epistemolojik açıdan aşağıdaki özellikleri taşımaktadır; • Elementlerin (belirli) özelliklerine ilişkin genel bilgiler arasında kurulan; nedensellik ve orantı gibi ilişkiler bağlamında kimyasal bilgilere farklı boyutlarda indirgemeci yaklaşmaktadırlar. • (Belirli özelliklere yönelik) Temel önermeler ekseninde yapılan çıkarımlar ile totolojiler oluşturulmaktadır. • Genel anlamda periyodik sistem, elementlerin belirli özelliklerine yönelik temel önermelere dayalı aksiyomatik bir sistem olarak kullanılmaktadır.

4.4. Bilgi Üretiminde Periyodik Sisteme Yaklaşımlar

Problem ($PD1_4$): *Öğretmenlerin,* bilgi üretiminde periyodik sistemin durumu ve niteliğine ilişkin yaklaşımları nasıldır?

Bu başlık altında periyodik sistemin bilgi üretimindeki durumu ve niteliğine ilişkin öğretmen yaklaşımlarına yönelik bulgular tanımlanacaktır.

$BulguD1_{29}$.*Öğretmenler, periyodik sistemin öğrenciler açısından tümdengelimsel olarak bazı bilgilere ulaşmada kullanılabilir nitelikte olması ve öğretim sürecinde de bu şekilde tanımlanması gerektiği noktasında ortak görüşe sahiptir.*

$BulguD1_{30}$.*Öğretmenlerden bazıları bu yaklaşımı büyük ölçüde periyodik sistemin doğası gereği benimsendiğini öne çıkarırken veya doğası ile ilişkilendirirken, bazıları bu yaklaşımın pragmatik olarak benimsenmesi gerektiğini ifade etmektedir.*

4.4.1. Öğretmenlere Göre, Öğrenciler Açısından Periyodik Sistem

GörüşD1$_6$. *Genel grup özellikleri, periyodik özellikler ve periyodik sistemin genel yapısına ilişkin bilgilerden yola çıkılarak bir element hakkında tahmini bilgiler ve elementler bir birleri ile kıyaslanarak haklarında göreli veya bağıl bilgiler üretilebilir*

Öğretmenlerin görüşlerine ilişkin örnek alıntılar aşağıda verilmiştir;

D1A$_{51}$:[…*Elementlerin tanınması açısından periyodik sistem önemlidir.* (Öğrencilerin) *Elementlerin cetveldeki bulundukları yere bakarak;* metal, ametal olduğunu tahmin etmesi açısından ya da *gruplarına bakarak* onların *değerliklerini önceden tahmin etmesi açısından önemlidir*. Tabloya bakar, atıyorum; elementin asitte çözünüp çözünmeyeceğini belki tahmin etmesine yarar, kimyasal tepkimeye yatkın olup olmayacağını anlar, *yani birçok maddeyi tanımasına yardımcı olur*.]

D$_1$A$_{52}$:[...(Öğrenciler) *mesela grup ne anlama gelir bunu bilmeli. İşte 1.grup veya 5.grup gibi.* Oradan işte o elementin alabileceği *yükle ilişkili tahminlerde bulunabilmeli. Periyodik cetveldeki gruplarla ilgili bilgiye sahipse metal olup olmadığı ile ilgide bilgiye ulaşabilir.* Mesela blok türlerini bilirse s, p; filan oradan kimyasal aktivitesi hakkında *tahminlerde bulunabilir*.]

D1A$_{53}$:[…bir öğrenci periyodik tabloyu eline aldığı zaman; *bir elementin diğer elementlere göre bazı özelliklerini yorumlaya bilmesi, açıklaya bilmesi gerekir*. O elementi tanıması çok önemli değil ama yerinden dolayı sahip olduğu *özelliklerini diğerlerine kıyasla kurgulaya bilmelidir*. Değişkenlikler olabilir. Ama ana hatlarıyla bir yorum yapabilmelidir. Örneğin yükseltgenme *basamaklarının hangi durumda neler olabileceği*; *1.iyonlaşma enerjisine baktığımız da hangi bölgede olabileceği; metaller gibi kolay bir elektron mu verebilir,* daha doğrusu onun metal mi ametal mi olabileceğini açıklaya bilir. İşte *asidik özelliği mi var bazik özelliği mi var*, *bunu yorumlayabilir, bileşik oluştururken gerçekleştirdiği bağlarını özelliğini yorumlayabilir*. Bunları hep periyodik tabloya bakarak öğrenci gösterebilir aslında. *Periyodik tabloyu okuyabilmeli, periyodik tablonun genel amacı sistematikleştirmek, kolaylaştırmaktır.*]

Yukarıda verilen alıntılar incelendiğinde, periyodik sistemden bilgi üretiminde; periyodik sitemin genel yapısına, grupların genel özelliklerine ve periyodik değişen özelliklere yönelik bilgilerin önemine gönderme yapıldığı görülmektedir. Öğrencilerin bu tür genel bilgilerden doğrudan elementlerin bireysel özelliklerine veya bunları bir arada kullanarak elementler arasında kıyaslamaya dayalı ve genel düzeyde özelliklerine yönelik, ağırlıklı tahmini olan bilgiler üretilebilecekleri vurgulanmaktadır. Tümdengelimi öne çıkaran bu görüş söylemlerde benimsenen genel yaklaşımla uyumludur. Nitekim bu bilgiler, genel anlamda tümdengelimsel olan bilgi üretiminde (özellikle temel ilkeler, temel öncüller ve ön kabuller olarak,BulguD1$_{13\text{-}18}$) önemli bir yere sahiptir.

Görüş bu çerçevede periyodik sistemin öğrenciler açısından işlevini vurgulamaktadır. Alıntılarda üretilebilecek bilgilerin elementler hakkında tahmini veya yaklaşık bilgiler oldukları ifade edilmektedir. Ancak gözlemlerde öğretmenlerin, gerek genel bilgileri gerekse örneklere ilişkin bilgileri, tahmini olmadan çok oldukça basit ve mutlaklık içeren ifadelerle verdiklerini (BulguD1$_{20}$) yöntemlerin kullanıldığı tüm durumlarda görmek mümkündür.

4.4.2. Öğretim Sürecinde Periyodik Sistem ve Periyodik Sistemim Doğası

GörüşD1$_7$. *Periyodik sistemi öğretimde yüksek geçerliliğe sahip genel bilgiler ile tanımlamak hem büyük ölçüde doğası gereği hem de öğretim açısından en uygundur.*

Öğretmenlerden büyük bir kısmı öğretimde periyodik sistemin yüksek geçerliliğe sahip genel bilgilerle tanımlanabileceğini ifade etmektedir. Öğretmenlerin görüşünü yansıtan alıntılar aşağıda verilmiştir;

D1A$_{54}$:[… "Periyodik cetvel veya sistem dediğimizde aklımıza bir tablo geliyor. Elementler bir kurala göre yerleşmiş diyoruz. Elementler neye göre dizildi? Gruplar nasıl oluştu? Periyotlar nasıl oluştu? *Bunlar soldan sağa yukarıdan aşağıya neye göre değişiyor, kaynama noktasından tutun iyonlaşma enerjinse kadar vs. bunlar nasıl değişiyor. Bunlar ne haline gelmiş oluyor artık yasa haline gelmiş oluyor. Bu şekilde sınıfta kullanıyoruz*. Ama yasa kelimesi kullanılmamalı, çünkü çok nadirde olsa istisnaları olabiliyor…"]

D1A$_{55}$:[…" periyodik sistem bir düzeni ifade ediyor. Periyodik yasalar içeren bir periyodik sistem diyebilirim belki. Ama sistemde örneğin *periyodik özellikleri genellemeler yaparak ifade ediyoruz.* Çünkü bazılarının özeline girdiğiniz zaman uymayan durumlar çıkabiliyor karşınıza. Biraz önce yasa dedim, ama… Ama kısaca periyodik tabloya, *elementlerin periyodik özelliklerinin ya da grup özelliklerinin yüksek oranda uyduğu bir yapılanma diye biliriz…"*]

Yukarıdaki alıntılar incelendiğinde öğretmenlerin, periyodik sisteme ilişkin genel bilgilerin öğretimde yüksek geçerli bilgiler olarak kullanılmasını, periyodik sistemin büyük ölçüde doğasına bağladıkları görülmektedir. Öğretmenlere göre doğası gereği yüksek geçerli genel bilgiler üzerine kurulu olan periyodik sistem, anomali durumlar olsa da öğretim sürecinde de böyle kullanılmalıdır. Bu görüş periyodik sistemin doğasıda bulunan anomali durumlardan bazılarının farkında olunduğunun ama bunların öğretim sürecinde ihmal edilebilir seviyede görüldüğünü göstermektedir. Ayrıca gözlem bulgularından ortaya çıkmış olan bilgi üretiminde benimsenen tümdengelimsel genel yaklaşımın (SonuçD1$_{4,5}$) büyük ölçüde periyodik sistemin doğası ile ilişkilendirildiğini de göstermekte ve böylelikle periyodik sisteme ilişkin kimyasal bilgilerin bu yaklaşım temelinde niteliğindeki değişime/değiştirilmeye (SonuçD1$_6$) bir zemin oluşturulduğuna gönderme yapmaktadır.

GörüşD$_8$: *Periyodik sitemi öğretimde yüksek geçerliliğe sahip genel bilgiler ile tanımlamak gerekse de bu istenmeyen bir durumdur, çünkü gerçekte bu mümkün değildir*

Öğretmenlerden yalızca birisi periyodik sistemin sadece öğretimde, pragmatik açıdan genellenebilir bilgilerle tanımlanabileceğini *açıkça* ifade etmektedir. Öğretmenin görüşünü yansıtan bir alıntı aşağıda verilmiştir;

D1A$_{56}$: [… " *periyodik tabloda ifade ettiğimiz genellemeler birçok açıdan geçerli değil aslında. Bunları ifade ederken, ama demek gerekir. Ancak amaç sistematikleştirmek olduğundan başka çareniz yok.* Sitemde belli başlı özellikleri ifade ettiğinizde sıkıntı olmuyor ama çoğu bu yapıda değildir. *Bunların bırakın kesin doğrular gibi algılanmasını çoğu kez doğrudan genellenmesi bile bence uygun değil.* Ben yerine göre ama dememe rağmen

bana getirdikleri sorularda hep bu genellemelerden kaynaklı gözden kaçırmaları fark ediyorum…]

Yukarıdaki alıntı incelendiğinde öğretmenin periyodik sistemde kullanılan genellemelerin işi kolaylaştırmak amacıyla kullanıldığını ama gerçekte öyle olmadığına dikkat çekmektedir. Ancak öğrencilerin genelleme dışı durumlarla sürekli sıkıntılar yaşadıklarını da vurgulamaktadır. Öğretmen genellemelerin kullanılmasının da kaçınılmaz olarak gerektiğini ifade etmektedir. Bu görüş periyodik sistemin doğasında bulanan anomali durumların bilindiğinin, ancak öğretim sürecinde pragmatik açıdan bu durumların göz ardı edilmesinin ($BulguD1_{23}$) kaçınılmaz kabul edildiğini göstermektedir. Genel anlamda bakıldığında ise, birçok gözlem bulgusu ile desteklenebilir olan öğretmenlerin *öğretim sürecindeki aksiyomatik periyodik sistem* yaklaşımları ile periyodik sistemin doğasındaki özelliklerine yönelik yaklaşımları arasında bazı öğretmenlerde az bazılarında çok olmak üzere fark olduğu görülmektedir.

Bu genel çerçeveden yola çıkarak *periyodik sisteme yönelik yaklaşımlarına* ilişkin şu sonucu ifade etmek mümkündür;

Tablo 36. Öğretmenlere Yönelik 4.Probleme ($PD1_4$) ilişkin Sonuç ($SonuçD1_8$)

$SonuçD1_8$. Bulgular öğretmenlerin oluşturdukları bilgi üretiminde periyodik sistemin niteliğine ilişkin olarak, kimilerinde kişisel görüşleri ile zıt, kimilerinde ise bir ölçüde paralel olan bir periyodik sistem yaklaşımı geliştirdiklerini göstermektedir. Bu periyodik sistem yaklaşımı ise, oluşturulan tümdengelimsel bilgi üretimine ($SonuçD1_{4,5,6}$) uygun *aksiyomatik periyodik sistem* yaklaşımıdır. Bu yaklaşımın öne çıkan özellikleri ise şu şekilde ifade edilebilir;

- Öğretim sürecinde aksiyomatik bir sistem olarak kullanılmalıdır, bu doğası gereğidir
- Öğretim sürecinde aksiyomatik bir sistem olarak kullanılmalıdır, ama doğası gereği az ya da çok böyle bir sistem değildir.
- Öğrenciler açısından kendisinden tümdengelimle *tahmini* veya *yaklaşık bilgiler* üretimine imkan veren bir araç işlevine sahiptir.

DURUM2. ÖĞRENCİLER

Problem ($PD2_1$): *Öğrenciler* periyodik sistemin öğretim sürecinde hangi akıl yürütme yöntemlerine dayalı söylem oluşturmaktadır?

4.5. Söylemlerde Kullanılan Akıl Yürütme Yöntemleri

Bu başlık altında yukarıda verilen probleme yönelik elde edilen bulgular tanımlanacak ve bulgulardan elde edilen sonuçlar verilecektir. Bu süreçte iki alt başlık kullanılacaktır;

- Söylemlerin genel yapısı
- Söylemlerin bağlamsal yapısı ve temel yöntemsel ilişkiler

4.5.1. Söylemlerin Genel Yapısı

$BulguD2_1$. *Öğrencilerin sınıf ortamında oluşturduğu söylemler, öğretmen sorularına verdikleri yanıtlarla sınırlıdır.*

Öğretmenlerin öğrencilere ders içinde yönelttiği sorulara verilen yanıtlar kısa ve genellikle birleşik önermelerden oluşmaktadır. Aşağıda öğrenci söylemlerine örnekler verilmiştir;

"...elektron başına düşen çekim kuvveti artarsa, çap küçülür."

"...periyotta çap azalır, oda (iyonlaşma enerjisi) artar o halde"

"...atom numarası ile doğru orantılı olarak değişir."

Öğrencilerin bazı söylemleri ise nispeten daha uzundur. Bu tür söylemlerde öğrenciler birden fazla önermeden kurulmuş bir açıklama söz konusudur. Bazı örnekler aşağıda verilmiştir;

"...elektron alma isteği artar, o zaman indirgenme artar, yükseltgenme azalır."

"...elektron başına düşen çekim kuvveti artarsa çap küçülür. Buna göre protonu büyük olanların çapı küçüktür."

"...atom çapı küçük olan atomun elektronegatifliği daha fazladır. İyonlaşma enerjisi ve elektron ilgisi ile de bağlantılıdır. İyonlaşma enerjisi, elektron ilgisi, periyotlarda sağa doğru gidildikçe arttığı için, elektronegatiflikte artar. Gruplarda da ise tersi olur."

4.5.2. Söylemlerin Bağlamsal Yapısı ve Temel Yöntemsel İlişkiler

Öğrenci söylemlerinde birleşik önerme veya önermelerden oluşan genel bilgiler ifade edilmektedir. Bu şekli ile söylemlerin hangi akıl yürütme yöntemine dayalı olarak oluşturulduğunun tam olarak belirlenmesi için; öğretmenlerin soruları ve duruma ilişkin söylemleri bağlamında ele alınmıştır.

4.5.2.1.Tümdengelim Ilişkisi (Yöntemsel Ilişki) ve Kullanımı

BulguD2$_2$. *Öğrencilerin söylemlerini oluşturan önermeler, öğretmenlerin yaptıkları açıklamalar bağlamında ele alındığında; farklı şekillerde, genel önermeler arası oluşturulan tümdengelime (Kıyas-Syllogisme) uygun ilişkilere rastlanmıştır.*

Söz konusu tümdengelim ilişkisi üç farklı şekilde oluşmaktadır;

1. Öğretmenin duruma yönelik söylemlerinden elde edilen bir öncülden yapılan tümdengelim.

Aşağıda örnek bir alıntı verilmiştir;

D1A$_{44}$: […elektron verme eğilimi… Öğretmen; "biz özellikleri neye bağlamıştık; işte… yukarıdan aşağıya doğru enerji katmanları artıyor yani yarıçap artıyor. Yarıçap artınca çekirdeğin çekim gücü azalıyor, dolayısıyla elektronu daha kolay kaybediyor" dedikten sonra 2. grup için *iki elementin (Mg ve Be)* elektron dağılımını yaparak karşılaştırma ile önceki ifadesini açıklamaya çalıştı.]*(D1$_2$)*

D2A$_1$:[…Öğretmen, öğrencilere elektron verme eğiliminin periyotlarda nasıl değiştiğini sordu. Öğrencilerden birisinden cevap beklerken; "…atom çapına göre düşünüyorduk" dedi. **Öğrenci**; " soldan sağa doğru atom çapı azalıyordu. Buna bağlı olarak elektron verme de azalır."]

Yukarıda verilen alıntıda öğrencinin yaptığı çıkarım öğretmenin konuyu açıklarken *dolaylı olarak verdiği öncülden yapılan bir tümdengelimdir*. Burada oluşan tümdengelim şu şekilde gösterilebilir;

- ***Öncül (öğretmen)* :** Atom çapı artarsa, elektron verme eğilimi artar

Öğrenci çıkarımı:

***Gizli öncül (öğrenci)* :** *Atom çapı* azalırsa, elektron verme eğilimi azalır

Öncül (öğrenci) **:** *Soldan sağa doğru, atom çapı* azalır

Sonuç **:** O halde *(soldan sağa doğru)* elektron verme eğilimi azalır

Burada kurulan tümdengelimde, öğretmen açıklamalarından elde edilen; *"...atom çapı artarsa, elektron verme eğilimi artar..."* önermesi öğrenci tarafından kendi çıkarımında gizli şekilde büyük öncül olarak; *"...atom çapı azalırsa, elektron verme eğilimi azalır"*, şeklinde alınmıştır. Burada yapılan tümdengelim mantıksal olarak geçerli bir kıyastır. Bu tümdengelimde büyük terim *atom çapı*, sonuçta hakkında yargıya varılan orta terim ise; *soldan sağa element dizilişi*dir.

2. Öğretmenin duruma ilişkin söylemlerinde doğrudan verdiği bir öncülden yapılan tümdengelim.

Aşağıda örnek bir alıntı verilmiştir;

D1A$_{15}$: [...iyonlaşma enerjisi… Öğretmen; "gelelim iyonlaşma enerjisi ile atom çapı arasındaki ilişkiye. Atom çapını kafamda netleştirmişsem her türlü ilişkiyi atom çapı ile yorumlayabilirim. Atom çapı ne kadar küçükse, ona uygulayacağınız enerji o kadar büyüktür, yenmeniz gereken güçte o kadar büyüktür. Yani

iyonlaşma enerjisi çapla ters orantılıdır." Dedikten sonra bu önermeyi sembolleştirdi, *"İyonlaşma enerjisi↑ ise çap↓ veya tersi."*...] *($D1_1$)*

$D2A_2$:[… Öğretmen 2.periyot boyunca elementlerin iyonlaşma enerjisi sıralamasını sordu ve " çapı düşün öyle cevap ver" dedi. **Öğrenci;** " soldan sağa doğru gidildikçe periyotta çap azalır, o da artar o halde " dedi.]

Yukarıda verilen alıntıda öğrencinin yaptığı çıkarım öğretmenin konuyu açıklarken *doğrudan verdiği bir öncülden yapılan tümdengelimdir*. Burada oluşan tümdengelim şu şekilde gösterilebilir;

- ***Öncül (öğretmen)* :** İyonlaşma enerjisi çapla ters orantılıdır.

Öğrenci çıkarımı:

***Gizli öncül (öğrenci)* :** Atom çapı azalırsa, iyonlaşma enerjisi artar

Öncül(öğrenci) **:** Bir periyotta soldan sağa doğru gidildikçe çap azalır

Sonuç **:** O halde soldan sağa doğru iyonlaşma enerjisi artar

3. Öğretmenin farklı durumlara ilişkin söylemlerinden elde edilen öncüllerden yapılan tümdengelim.

Aşağıda örnek bir alıntı verilmiştir;

$D1A_{40}$: […elektron ilgisi... Öğretmen; " …***metaller, soy gazlar elektron almak istemezler***". Bu noktada elektron alma ve vermeyi oktet ve 8 e tamamlama olgusuna dayandırarak, son kabukta elektron ihtiyacı, gibi kavramlarla açıkladı. Devam etti; ***"ametaller*** son kabuklarında elektron fazlalığı vardır, bunlar elektronlarını 8 e tamamlamak için ***elektron almak isterler, metallerde de tersidir***."…] *($D1_3$)*

$D1A_{11}$: […yükseltgenme ve indirgenme… Öğretmen; "öncelikle bir tanımlayalım" diyerek, tanımlarını verdi*; "yükseltgenme elektron verme, indirgenme elektron almadır."* Ardından, *Cl ve Na örneklerini verdi.* ...] *($D1_3$)*

D2A$_3$: […Öğretmen indirgenme eğiliminin bir periyottaki soldan sağa değişiminin nasıl olabileceğine ilişkin genel bir soru sordu? , ve ekledi; " ametallik arttığına göre; "dedi. **Öğrencilerden biri** *" elektron alma isteği artar, o zaman indirgenme artar, yükseltgenme azalır"* dedi.]

Yukarıdaki alıntılar incelendiğinde, öğretmenin farklı bir durum olarak elektron ilgisi ve ilgili duruma ilişkin açıklamalarından elde edilen öncüller, öğrenci tarafından kullanılmıştır. Öğrencinin öncülleri kullanımı ve çıkarımı şu şekilde analiz edilebilir;

1. Çıkarım:

Gizli öncül (öğretmen) : Ametaller elektron almak ister, metaller vermek ister

Gizli öncül (öğrenci) : Soldan sağa gidildikçe ametallik artar, metallik azalır

Sonuç: Soldan sağa gidildikçe *elektron alma isteği artar*, verme isteği azalır,

2. Çıkarım:

Gizli öncül (öğretmen): " yükseltgenme elektron verme, indirgenme elektron almadır."

Öncül (öğrenci): (Soldan sağa gidildikçe) elektron alma isteği artar, verme isteği azalır

Sonuç: (Soldan sağa gidildikçe) *indirgenme artar, yükseltgenme azalır.*

Yukarıda verilen bu iki çıkarım iki farklı tümdengelimdir. Bu tümdengelimlerde büyük öncüller öğretmen açıklamalarından elde edilmiştir. Öğrenci söylemi ise bu iki çıkarımın sonuçlarının birlikte ifade edilmesidir.

4.5.3. Tümdengelimsel Akıl Yürütme Yöntemi

BulguD2$_3$. *Öğrencilerin söylemlerinde kurduğu yöntemsel ilişki ve bu ilişkinin kullanımı temelinde oluşan akıl yürütme; genel bilgiler arasındaki ilişkiye dayalı eksik kıyas şeklindeki tümdengelimlerdir.*

Yukarıda verilen bulgular incelendiğinde öğrenci söylemleri bir kısmı gizli olan öncüllerden yapılan eksik kıyaslar (Emiroğlu,2007:138) şeklindedir. Kıyasın yapısı gereği büyük öncüller söz konusudur. Çoğunlukla gizli olan büyük öncüller yukarıda tanımlandığı gibi öğretmenlerin durumlar çerçevesinde oluşturdukları söylemlerden doğrudan ya da dolaylı olarak sağlanmaktadır.

Örneğin, yukarıda verilen D1A$_{15}$ alıntısı, bu alıntı ile bütüncül olarak ele alınan alıntı D2A$_2$ çerçevesinde verilen öğrencinin yaptığı tümdengelimin analizi şu şekildedir;

- ***1. Öncül (öğretmen)*** **:** İyonlaşma enerjisi çapla ters orantılıdır.

Öğrenci çıkarımı:

2.Gizli öncül (öğrenci) **:** Atom çapı azalırsa, iyonlaşma enerjisi artar

3.Öncül(öğrenci) **:** Bir periyotta soldan sağa doğru gidildikçe çap azalır

Sonuç **:** O halde soldan sağa doğru iyonlaşma enerjisi artar

Öğrenci, öğretmeninin açıklamasından elde ettiği bir öncülden(1.öncül) eksik kıyas, şeklinde bir tümdengelim yapmaktadır. Bu öncül öğrenci çıkarımı açısından gizli bir öncüldür. Ayrıca burada diğer öncüllerden birisinin(3.öncül) öğrenci tarafından ifade edildiği, bir diğerinin ise, ki kıyasta büyük öncüldür (2.öncül), öğrencinin gizli öncülü olarak ifade edilemediği görülmektedir. Bu büyük öncül, öğretmen söyleminden sağlanan 1. öncülden elde edilmiştir. Bu açıdan öğretmen söylemlerinde sağlanan bu tür öncülleri, öğretmen bulgularında tanımlanan (TanımD1$_4$) temel öncül sınıfında görmek mümkündür.

Bu genel çerçeveden bakıldığında öğrenci söylemlerindeki tümdengelimin kalıbı şu şekilde gösterilebilir;

Tablo 37. Öğrenci Söylemlerinde Tümdengelimsel Kalıp

1.Bölüm (öncül/ler)	**2.Bölüm (sonuç)**
Genel durum bilgilerinden oluşan öncüller (gizli ve açık)	*Genel durum bilgisinden oluşan sonuç*

Bu noktada gizli öncülü tanımlamak ta mümkündür;

TanımD2$_1$. Gizli Öncül: Yapılan tümdengelimde ifade edilmeyen veya edilmeye gerek duyulmayan ve genel bilgileri ifade eden önermelerdir. Gizli öncüller hem büyük terimin bulunduğu büyük öncül hem de orta terimin bulunduğu küçük öncül olabilir. Örneğin yukarıda verilen çıkarımda; öğretmenin öncülünün başka bir ifade formu ile verilen öğrencinin gizli öncülü; "*Atom çapı azalırsa, iyonlaşma enerjisi artar*" de, *atom çapı* büyük terimdir" ve bu açıdan bu öncül büyük öncüldür ve gizlidir. Alıntı D2A$_3$ in analizinde verilen **"***Soldan sağa gidildikçe ametallik artar, metallik azalır*" ise küçük öncül işlevine sahiptir ve gizlidir.

Bu genel çerçeveden bakıldığında öğrencilerin sınıf ortamında oluşturdukları *söylemlerde kullanılan akıl yürütme yöntemine* ilişkin şu sonuç ifade edilebilir;

Tablo 38. Öğrencilere Yönelik 1. Probleme (PD2$_1$) İlişkin Sonuç-1 (SonuçD2$_1$)

SonuçD2$_1$. Öğrencilerin sınıf ortamında oluşturdukları söylemlerde kullandıkları akıl yürütmeler, öğretmenler tarafından sağlanan bir öncüle dayalı tümdengelimlerden ibarettir. *Başka bir ifade ile öğrenciler sınıf ortamında tümdengelimsel söylemler oluşturmaktadır.*

4.5.4. Öğrenci Görüşleri ve Akıl Yürütme Yöntemleri

Öğrenci söylemlerinin az ve kısa açıklamalardan oluşması sebebi ile öğrencilerin öğretmenlerde olduğu gibi sınıf ortamında söylemlerinde hangi akıl yürütme yöntemlerini tercih ettiklerine yönelik bulguları kontrol ve teyit için görüşme verileri önem kazanmıştır. Öğrencilere periyodik sistemin öğretim sürecine ilişkin farklı açılardan sorulan sorulara verilen yanıtların analizinden elde edilen bulgular aşağıda verilmiştir.

BulguD2$_4$. *Öğrencilerin periyodik sistemin öğretiminde ağırlıklı olarak tümdengelimi (ve tümdengelimsel bir söylemi) destekleyen görüşleri belirlenmiştir. Ayrıca tümevarımı destekleyen görüşlere az da olsa rastlanmıştır.*

4.5.4.1.Tümdengelimi Kullanma

Görüş D2$_1$. *Periyodik sistemin öğretiminde genel bilgiler, bu bilgiler arasındaki ilişkilerin verilmesi ve bunların örneklendirilmesi ve konunun öğrenilmesi açısından daha uygundur.*

Yukarıda tanımlanan bulguları destekleyen bu görüşe yönelik örnek alıntılar aşağıda verilmiştir.

D2A$_4$: […Tabii ki önce genel açıklamaların sonra örneğin verilmesi daha önemli… *Mantığına ulaşılması bu açıdan önemli, mantığı anlaşılmasa en fazla belli başlı örneklerle ilgili soruları yapabiliriz*, geri kalanını yapmamayız…(örneğin?) *…atomun değerlik elektronu ile elektron alma yatkınlığının ne ilişkisi var*, bilmeden verilen her hangi bir örneği sadece ezberlediysek yapabiliriz…]

D2A$_5$: […Hocamız bize tablo yöntemini öğretti, bence o akılda kalıcı. Periyodik tabloyu çiziyor, *özellikleri onun üstünde gösteriyoruz.* (hangi özellikler?) … *Soldan sağa, yukarıdan aşağıya değişen özellikler*… Her hangi bir soruda hemen bir tablo şeması *çizip atomu yerleştirip oradan düşünmek daha kolay* oluyor…]

D2A$_6$: [… Bu konuda önce genel bir tanım verip, ardından örnek verilmesi daha anlaşılır oluyor. *Biz örneklere, tanıma göre baktığımızda daha iyi anlayabiliyoruz*…(örneğin?)… *gruptakiler hangi yükü alır, metal midir*? filan…]

Periyodik sistem konusunda öğrencilerin büyük bir kısmı, konuya ilişkin tanımların, grup özellikleri ve periyodik değişen özellikler gibi genel bilgilerin ve bunlar arasındaki ilişkilerin önceden verilmesinin, örneklerin anlaşılmasında önemine vurgu yapmaktadır. Öğrencilere göre bu yaklaşım kendileri için konunun öğrenilmesi açısından en uygundur. Alıntılar bu açıdan gözlemlerde rastlanan genel bilgiler arasındaki tümdengelime (BulguD2$_3$) gönderme yaparken, aynı zamanda genelden örneğe gitme ilişkisine dayalı tümdengelimi de ifade etmektedir.

Öğrencilerde ortaya çıkan bu görüş, öğretmenlerin sınıf ortamında oluşturdukları söylemlerinde büyük ölçüde temel aldıkları tümdengelim ilişkilerin (BulguD1$_1$) öğrenciler tarafından benimsendiğini göstermektedir.

4.5.4.2.Tümevarımı Kullanma

GörüşD2$_2$. *Periyodik sistemin öğretiminde bazı durumlarda örneklerden sonuca gitmek de uygun ve mümkün olabilir.*

Öğrencide çok az rastlanan bu görüşe yönelik örnek bir alıntı aşağıda verilmiştir.

D2A$_7$: […öğretmenin önce tanımlayıp sonra bol örnek vermesini isterim, bu daha uygun olur. Ama *bazen örneklerin önce verilmesi daha iyi oluyor*. Çünkü hoca yazdığında siz "neden yazdı aralarında nasıl bir ilişki var ki" gibi düşünmeye başlıyorsunuz. Yani ortak bir şeyler arıyorsun… *Öğretmenin ne için verdiğini anladığınızda bilginiz pekişmiş oluyor.* (Ne gibi?) Mesela *verilen iki elementin aynı yükü almasını gruplarının aynı olmasına bağlıyorsunuz*…]

Tümdengelimi öne çıkaran öğrencilerden bazıları derste bazı durumlarda öğretmenin yönlendirmeleri ve örneklerle kendilerinin bir sonuç çıkarmasın mümkün olduğunu ifade etmektedir. Ancak öğrencinin, *"...ne için verildiğini anladığınızda*

bilginiz pekişmiş oluyor…" ifadesi, burada vurgulananın daha önceden verilmiş bir bilgiye tümevarımla ulaşma olduğunu göstermektedir.

Öğrencilerin görüşleri öğretmenlerin, bazı durumlarda, özellikle basit anlaşılır durumlarda, tümevarımın kullanılabilir olduğu noktasındaki görüşleri ($GörüşD1_4$) ve daha önceden verilen genel bir bilginin nasıl elde edildiğinin de gösterilmesi gerektiği noktasında tümevarıma yaptıkları vurgularla (örn.$D1A_{33-34}$) paralellik göstermektedir. Ayrıca bu görüşlerin bir yansıması olarak bilgi üretiminde tümevarımın bazı durumlarda ve bir ön kabule dayalı olarak kullandıklarına ilişkin gözlem bulgularını ($BulguD1_{17}$) da destekler niteliktedir.

$GörüşD2_3$. *Periyodik sistemin öğretiminde her zaman örneklerden başlamak öğrenme açısından daha uygun olabilir.*

Sadece bir öğrenci öğretim sürecinde tümevarımın gerekliliğine vurgu yapmaktadır. Öğrencinin görüşüne yönelik alıntı aşağıda verilmiştir;

> **$D2A_8$:** […Her zaman somut gerçek hayattan örnekten tanıma gitmek her zaman uygun olur bence… Bana da ne kazandırır?... mesela *teorisini bildiğimiz bir şeyin gerçek örneklerini bilmemiz zor olur ters durumda. Uygunluk kuramaya biliriz daha sonra verilen örneklerde.* Ama önce örnekler verilirse biz o teorik sonuca gidebilir ve bunun somut örneklerini önceden bildiğimiz için daha iyi kavrardık. Daha *önce bildiğimiz bir somut örneği göz önüne alarak, daha sonra öğrendiğimiz teori için(teori hakkında),bu örnek için üretilmiş bir teori zaten diye düşünebiliriz…*]

Yukarıda verilen alıntıda; öğrenci bir yandan genel bilgileri elde etmede tümevarıma vurgu yapmakla birlikte, diğer yandan öğretmenin vereceği genel bilgiyi anlamanın en iyi yolunun da uygun somut örnekler olduğunu ifade etmektedir. Ayrıca genel bilginin doğrudan örneksiz verilmesinde ise, karşılaşılan ilgili farklı örneklerinde anlaşılmaz kılacağını vurgulamaktadır. Bir bakıma genel bilginin doğrulanmasında tümevarımın öne çıkararak yukarıdaki görüşle aynı çizgidedir. Ancak yukarıdaki görüşten farkı doğrulanacak genel bilginin de tümevarımla verilmesi gerektiğidir.

Sadece tek bir öğrencide ortaya çıkan bu görüş, bir açıdan; genel bilginin doğrulanmasında tümevarımın kullanılması noktasında yukarıda verilen görüşte olduğu gibi öğretmen görüşleri ile örtüşmekle birlikte, genel bilgilerin sürekli tümevarımla verilmesi noktasında örtüşmemektedir.

Bu genel çerçeveden bakıldığında öğrencilerin periyodik sistemin öğretim sürecine ilişkin görüşlerine yönelik şu sonucu ifade etmek mümkündür;

Tablo 39. Öğrencilere Yönelik 1. Probleme ($PD2_1$) İlişkin Sonuç-2 ($SonuçD2_2$)

$SonuçD2_2$: Öğrenciler genel olarak periyodik sistemin öğretim sürecinde;

- Konunun tümdengelimsel söylemlerle sunulmasının konuyu anlamada ve öğrenmede daha uygun olduğu,
- Bu süreçte bazı (kolay anlaşılır) durumlarda tümevarımın da uygun olduğu görüşündedir.
- Öğrencilerde sadece birisi, tümevarımın her durumda kullanılması gerektiği görüşündedir.

4.6. Bilgi Üretiminin Biçimsel Yapısı

Problem ($PD2_2$) : *Öğrenci* söylemlerinde akıl yürütme yöntemleri çerçevesinde nasıl bir bilgi üretimi oluşmaktadır?

Sınıf ortamında oluşturulan söylemlerin çok büyük bir kısmı daha önce tanımlanan bulgularda görüldüğü üzere öğretmenler tarafından oluşturulmaktadır. Bu nedenle sınıf ortamında söylemler çerçevesindeki akıl yürütmelere dayalı bilgi üretiminin yapısını büyük ölçüde öğretmen söylemleri belirlemektedir. Öğretmen söylemleri çerçevesinde bilgi üretimin yapısı önceki bölümde detaylı olarak tanımlanmıştır[7]. Öğrenci söylemleri ise daha az ve kısa açıklamalardan ibarettir. Bu nedenle öğrencilerde bilgi üretiminin yapısı, öğrenci söylemlerinin öğretmen söylemleri ile ilişkisi ve buna bağlı olarak daha önceden tanımlanan söz konusu bilgi üretimindeki durumları açısından ele alınacaktır.

Bu çerçevede bu bölümde öğrencilerin kullandığı akıl yürütme yöntemlerine dayalı bilgi üretiminin biçimsel yapısı, gözlem ve görüşme verileri ışığında tanımlanacaktır. Kastedilen biçimsel yapı, öğrenci söylemlerinde kullanılan akıl yürütme yöntemindeki öncül ve sonuçlar gibi bileşenlere ilişkindir. Bu bileşenlerin, öğretmen söylemleri ile birlikte söylemlerin sınıf ortamındaki bütüncül yapısındaki durumu ve işlevi öğrencilerdeki bilgi üretiminin biçimsel yapısını belirlemektedir. Öğrencilerde bilgi üretiminin bahsedilen yapısı şu başlıklar altında tanımlanacaktır;

- *Yönlendirme*
- *Temel yöntemsel ilişki ile bilgi üretimi ve bileşenler*
- *Bilgi üretme süreçlerine katılım*

---

[7] Bknz. *Durum1: Öğretmenler s.:156*

4.6.1. Yönlendirme

BulguD2$_5$. *Öğrencilerin tümdengelimde kullandığı öncüllere birçok durumda öğretmenin yönlendirmesi söz konusudur.*

Öğrencilerin gerek örnekler gerekse genel bir duruma ilişkin öğretmen sorularına verdikleri yanıtlarda öğretmenin yönlendirmesine bağlı olarak belirli bir çıkış noktasından hareketle söylemler oluşturdukları görülmektedir. Bu çıkış noktaları ise öğrencilerin tümdengelim yapacakları öncüle ilişkindir;

Aşağıda böylesi bir duruma ilişkin bir alıntı verilmiştir;

D1A$_{19}$: [...Atom ve iyon yarıçapı… Öğretmen; *atom yarıçapına ilişkin bazı (Na,Cl ve Al) örnekler* yazdı ve *sırlamayı* verdi. Öğretmen; "şöyle mantıksal olarak düşünelim; örneğin Na protonu 11 elektronu 11 dir. Çekirdekteki protonlar elektronları çekiyor. Elektronları çekme gücü büyürse çap küçülmüş olacak. Elektron alma ve vermede de bu mantık geçerlidir. Öyleyse*; elektron aldıkça çap büyür, verince tersi olur".*] *(D1$_5$)*

D2A$_9$:[…Öğretmen**,** izoelektronik bazı iyonların çap sıralamasın verdi. Bunlardan genel bir sonuç oluşturmalarını istedi. Bir öğrenciye "*benim anlattığım gibi çekme gücüne bağlı olarak nedenini açıklayabilir misin?* " dedi. **Öğrenci**; "…Elektron başına düşen çekim kuvveti artarsa çap küçülür. Buna göre protonu büyük olanların çapı küçüktür" çıkarımını yaptı…]

Burada öğretmen verdiği örneklere ilişkin öğrenciden genel bir sonuç beklerken bir yönlendirmede bulunmaktadır. Bu yönlendirme, öğrencinin örnekler arasındaki özelliklere dayalı olarak tümevarımsal olarak bir çıkarım oluşturması için değil, genel durumu açıklayan nedene ilişkin bir açıklama içindir. Öğrencinin açıklaması bu açıdan örneklere ilişkin ifadeler içermemektedir. Öğrencinin örneklerden tümevarımsal olarak böylesi bir sonuca ulaştığı da söylenemez. Öğrenci, öğretmen yönlendirmesi ile üst düzey genel bir bilgiden, başka genel bir bilgiye çıkarım yapmıştır. Öğretmenin yönlendirmede bulunduğu bu üst düzey bilgi, öncül ise öğretmenin açıklamasından doğrudan verdiği; *"...elektronları çekme gücü büyürse çap küçülmüş olur"* önermesidir.

Bu açıdan bakıldığında öğrenci örneklerden çıkarak tümevarım değil, bu genel önermeden yola çıkarak başka genel önermeye tümdengelim yapmıştır.

Bazı durumlarda ise genele ilişkin bir soruya verilen yanıtlarda benzer şekilde belirli bir çıkış noktasından hareket edildiği görülmektedir.

$D1A_{44}$: […elektron verme eğilimi… Öğretmen; "biz özellikleri neye bağlamıştık; işte… yukarıdan aşağıya doğru enerji katmanları artıyor yani yarıçap artıyor. Yarıçap artınca çekirdeğin çekim gücü azalıyor, dolayısıyla elektronu daha kolay kaybediyor" dedikten sonra 2. grup için *iki elementin (Mg ve Be)* elektron dağılımını yaparak karşılaştırma ile önceki ifadesini açıklamaya çalıştı.] *($D1_2$)*

$D2A_1$:[…Öğretmen, öğrencilere elektron verme eğiliminin periyotlarda nasıl değiştiğini sordu. Öğrencilerden birisinden cevap beklerken; "…atom çapına göre düşünüyorduk" dedi. **Öğrenci**; " soldan sağa doğru atom çapı azalıyordu. Buna bağlı olarak elektron verme de azalır."]

Yukarıdaki alıntıda öğrencinin, öğretmenin sorusuna verdiği yanıt periyotta bulunan elementlerden değil, öğretmenin yönlendirmesi ile başka bir öncülden yola çıkarak tümdengelim yaptığını göstermektedir. Öğrencinin kullandığı öncül ise; yine öğretmenin açıklamasından elde edilebilin bir tür öncül olan; *yarıçapı büyük olan atom kolay elektron kaybeder* önermesi ile ifade edilebilir.

Öğretmen yönlendirmesi çerçevesinde öğrencilerin örneklerden tümevarımsal değil de öğretmen yönlendirmesi ile bir genel öncülden tümdengelimsel olarak başka genel bir sonuca gidebildikleri görüşmelerde de ortaya çıkmaktadır. Nitekim;

$D2A_{10}$: […öğretmenimizin, önce konu anlatılıp sonra örnek verilmesi daha açıklayıcı olur. Ama bazen bizim dersimizde öğretmenimiz anlatıyor, zamanla tanım bizim kafamızda kendiliğinden oluşuyor… *(Örneğin?)* Mesela; *yukarıdan aşağıya şöyle değişir, neden böyle olur, ayrıca şöyledir…* gibi. *Sonra biz öğretmenimizin ne demek istediğini anlıyoruz, o sonucu söylemeden de biz kendimiz o konuda ilişki kurabiliyoruz.*]

,alıntısında öğrenci, genel bilgiler arasındaki ilişkilere yönelik nedensel açıklamalar yapıldığı takdirde ve öğretmen yönlendirmesi ile birlikte kendilerinin bir sonuç

çıkarabileceğini ifade etmektedir. Öğrencinin ifadesi bir takım genel bilgilerden diğerlerinin elde edildiğini göstermektedir.

Gerek öğrencilerin oluşturdukları genel bilgiler arasındaki tümdengelim ilişkisine ve bunlarda kullandıkları öncülleri elde etme yollarına ilişkin bulgular (BulguD$2_{2\text{-}3}$), gerekse öğrencilerin tümdengelime ilişkin görüşleri (GörüşD2_1) öğretmenin yönlendirmesinin etkisini göstermekte ve bulguyu desteklemektedir.

Ayrıca bulgunun öğretmenlerde karşılığını görmek mümkündür. Öğretmenlerin genel bilgiler arasındaki ilişkilerin önemi çerçevesinde tümdengelime vurgu yaptıkları görüşleri (GörüşD1_3) ve bu ilişkilere dayalı tümdengelimi kullandıkları iç çıkarımlara (TanımD1_3) yönelik bulgular ile paralellik göstermektedir.

4.6.2. Temel Yöntemsel İlişki İle Bilgi Üretimi ve Bileşenler

Temel öncüller

BulguD2_6. *Öğrencilerin öğretmen söylemlerinden elde ettikleri öncüller, öğretmenlerin bilgi üretme süreçlerindeki iç çıkarımların temel öncülleri ile aynı veya büyük ölçüde bunlara karşılık gelmektedir.*

Öğretmenlerin çoğu kez yönlendirdiği ve öğrencilerin öğretmen söylemlerinden farklı şekillerde elde ettikleri öncüller, öğretmenlerin iç çıkarımlarda kullandıkları öncüllere karşılık gelmektedir. Bu öncüller öğretmenlerin tümdengelimsel olan genel yaklaşımlarında temel öncül (veya duruma göre ön kabul) olarak işlev gördüğü öğretmen bulgularında ortaya çıkmıştır[8].

D2A$_{11}$:[…**Öğretmen** elektronegatifliği tanımladı… ve ardından; **"*çapı büyük* o**lan atomlarda, atom çekirdeği değerlik elektronlarını zayıf bir kuvvetle çekiyor,

[8] Bknz. *Bilgi Üretiminin Bileşenler s.:182*

bu durum da ***elektronegatiflik düşüyor***. *Tıpkı elektron ilgisi ve iyonlaşma enerjisinde olduğu gibi*."…

…Öğretmenin; niçin bir periyotta soldan sağa doğru neden elektronegatiflik artar? Şeklindeki sorusuna, **öğrenci**; ***"atom çapı küçük* olan atomun *elektronegatifliği daha fazladır***. *İyonlaşma enerjisi ve elektron ilgisi ile de bağlantılıdır.* İyonlaşma enerjisi, elektron ilgisi, periyotlarda sağa doğru gidildikçe arttığı için, elektronegatiflikte artar. Gruplarda da ise tersi olur..."]

Yukarıdaki alıntı incelendiğinde öğrenci açıklamasını öğretmenin elektronegatifliği açıklarken oluşturduğu iç çıkarımın bir benzerinin oluşturmuştur. Öğrencinin açıklaması öğretmenin açıklamasına çok benzemekle birlikte, öğrenci açıklamasında çap ile elektronegatifliğin yanı sıra iyonlaşma enerjisi ve elektron ilgisinde ilişkilendirmiştir. Alıntıda öğrencinin çıkarımı; *"çapı arttıkça elektronegatiflik azalır"* şeklinde bir öncülden yapılmaktadır. Bu öncül aynı zamanda öğretmenin iç çıkarımını oluşturan açıklamanın temel öncülüne karşılık gelmektedir.

Aşağıda öğrencilerin öncüllerini oluşturan benzeri temel öncüller ve bunların elde edildiği öğretmen söylemlerinden iç çıkarımlara örnekler verilmiştir.

İç Çıkarım(Öğretmen)*: "biz özellikleri neye bağlamıştık; işte… Yukarıdan aşağıya doğru enerji katmanları artıyor yani yarıçap artıyor. Yarıçap artınca çekirdeğin çekim gücü azalıyor, dolayısıyla elektronu daha kolay kaybediyor"*

Temel öncül: *" yarıçapı büyük olan atom kolay elektron kaybeder"*

Öğrenci söylemi: *" soldan sağa doğru atom çapı azalıyordu. Buna bağlı olarak elektron verme de azalır."*

İç çıkarım(Öğretmen): *"Çekirdekteki protonlar elektronları çekiyor. Elektronları çekme gücü büyürse çap küçülmüş olacak. Elektron alma ve vermede de bu mantık geçerlidir. Öyleyse; elektron aldıkça çap küçülür, verince tersi olur"*

Temel öncül: *"Elektronları çekme gücü büyürse çap küçülmüş olacak.*

Öğrenci Söylemi: *"elektron başına düşen çekim kuvveti artarsa çap küçülür. Buna göre protonu büyük olanların çapı küçüktür"*

Öğretmenlerin temel öncüllerinin öğrenci çıkarımlarında da temel öncüller olarak işlev gördüğü öğrenci görüşlerine de yansımaktadır. Nitekim;

> **$D2A_{12}$:** [… Bize mantıklı gelecek şekilde anlatarak, sonucu bizim çıkarmamız daha iyi olur öğrenme açısından. Hocamız da genelde öyle yapıyor… *(Örneğin?)* Ne olabilir? *İşte atom çapının artması, kolay elektron vermesine neden olur, böylece aktifliği artar gibi*... bu şekilde anlatınca, biz hangi yönü sorarsa bir kendimiz sonuca gidebiliyoruz… Öğretmenimizin ne anlatmak istiyorsa, bizi buldurmaya yönlendirici konuşmaları oluyor…]

, burada öğrencinin kast ettiği mantıklı anlatımın temelinde, alıntıda açıkça görüleceği üzere, genel bilgiler arasındaki ilişkiye dayalı tümdengelim ve bunun dayandığı temel öncüldür. Öğrenci bu öncülün sorulan diğer durumlarda da kullanılabildiğini vurgulamaktadır. Örneğin alıntıda gönderme yapılan öncülün öğretmen temel öncüllerinden " *yarıçapı büyük olan atom kolay elektron kaybeder"* şeklinde yukarıda verilen öncül olduğu görülmektedir.

Sonuç olarak öğrencilerin tümdengelimlerinde kullandıkları öncüller ile öğretmenlerin tümdengelimlerinde kullandıkları temel öncüller büyük ölçüde aynıdır. *Başka bir ifade ile öğretmen ve öğrencilerin bilgi üretimleri büyük ölçüde aynı temel öncüllerden ve tümdengelimseldir.*

4.6.3. Bilgi Üretme Süreçleri İle İlişki; Bilgi Üretme Süreçlerine Katılım

BulguD2$_7$. *Öğrenci söylemlerdeki bilgi üretiminin biçimsel yapısının, sınıf ortamında bilgi üretiminin biçimsel yapısını tanımlayan bilgi üretme süreçleri*[9] *ile tanımlanabilir ve düzenli bir birleşimi söz konusudur.*

Yukarıda tanımlanan bulgulardan yola çıkıldığında öğrenciler, öğretmen yönlendirmeleri ile öğretmen açıklamalarından elde edilen ve gizli öncül (TanımD2$_1$) niteliğinde bazı temel öncüllerden yapılan eksik kıyas şeklinde tümdengelimleri kullanmaktadırlar.

Öğrencilerin kıyaslarda kullandıkları bu öncüller, öğretmenlerin bilgi üretme süreçlerinde oluşturdukları iç çıkarımların temel öncülleri veya benzerleridir. Bu açıdan öğrencilerin bilgi üretiminin biçimsel yapısı, sınıf ortamında öğretmen söylemleri temelinde bilgi üretimin biçimsel yapısını tanımlayan söz konusu bilgi üretme süreçlerine bağlı olarak da tanımlanabilir.

Öğrenci söylemleri, bir durum çerçevesinde öğretmenin oluşturduğu bilgi üretme süreci ile birlikte ele alındığında bu ilişki şu şekildedir;

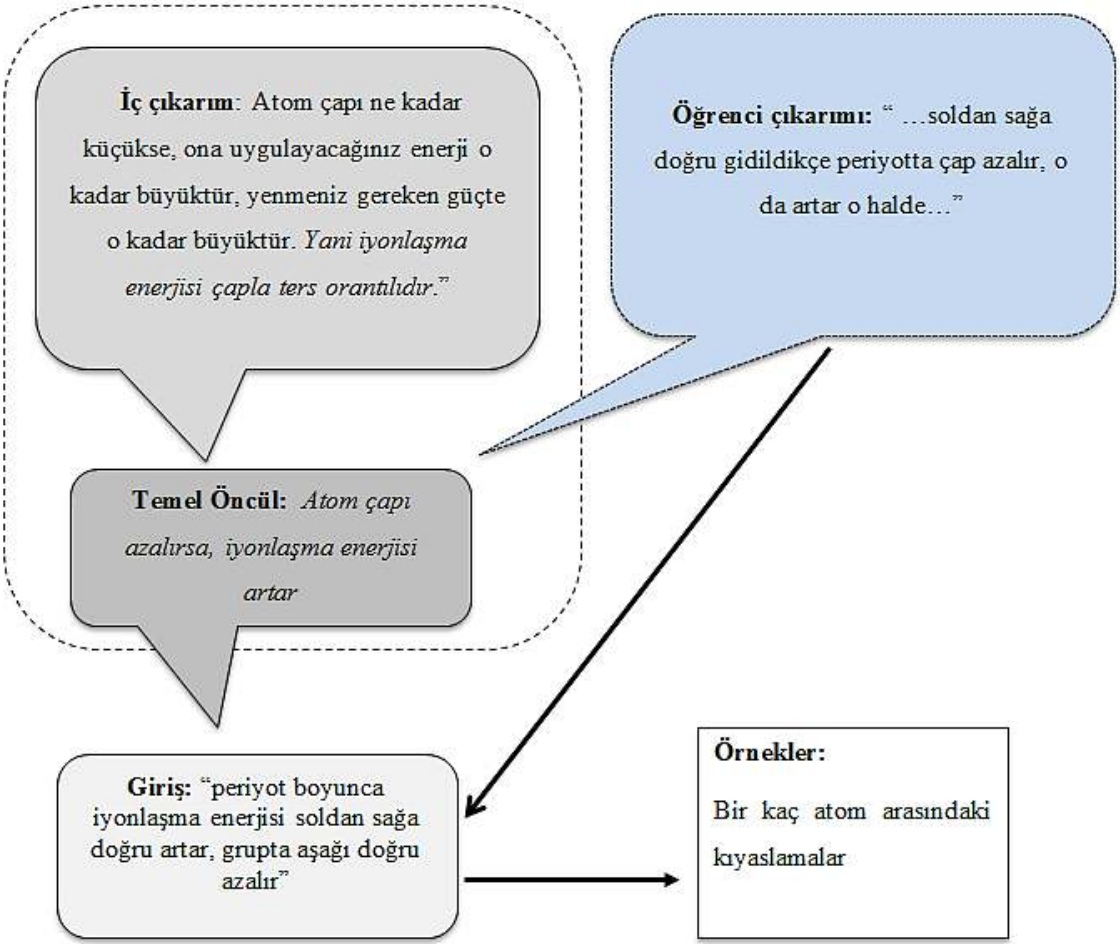
D1A$_{15}$: [...iyonlaşma enerjisi… Öğretmen; önce tanımı yaptı ve ardından denklem üzerinde bazı atomların elektron verme denklemlerini gösterdi. Bazı farazi değerler ile iyonlaşma enerjilerini gösterdi. Daha sonra; "gelelim iyonlaşma enerjisi ile atom çapı arasındaki ilişkiye. Atom çapını kafamda netleştirmişsem her türlü ilişkiyi atom çapı ile yorumlayabilirim. Atom çapı ne kadar küçükse, ona uygulayacağınız enerji o kadar büyüktür, yenmeniz gereken güçte o kadar büyüktür. Yani iyonlaşma enerjisi çapla ters orantılıdır." Dedikten sonra bu önermeyi sembolleştirdi, *"İyonlaşma enerjisi↑ ise çap↓ veya tersi."* Daha sonra atom çapından yapılan çıkarımla iyonlaşma enerjisinin periyodik cetveldeki değişimi oklarla gösterildi. Verdiği *örneklerin sıralamasını* yaptı. Bu arada bir öğrencinin sorusu üzerine, N ve O üzerinden, bu değişimin istisnaları olduğunu

[9] Bknz. *Bilgi Üretme Süreçleri s.:191*

ama genel yorumun böyle olduğunu ifade etti. İstisna durumları açıklarken küresel simetri kavramına hatırlattı...] *(D1$_1$)*

D2A$_2$:[…Öğretmen 2.periyot boyunca elementlerin iyonlaşma enerjisi sıralamasını sordu ve " çapı düşün öyle cevap ver" dedi. **Öğrenci;** " soldan sağa doğru gidildikçe periyotta çap azalır, o da artar o halde " dedi.]

Yukarıdaki alıntıda öğretmenin oluşturduğu tümdengelimsel açıklama sürecine bağlı olarak öğrenci söyleminin durumu için aşağıdaki model verilmiştir;



Şekil 12. Öğrenci Söylemlerinin Bilgi Üretim Süreçlerindeki Durumu

Yukarıda görüldüğü gibi öğrenci çıkarımını öğretmenin temel öncülünden yaparak, öğretmenin açıklamaya çalıştığı giriş genellemesini sonuç olarak elde etmiştir. Öğrenci çıkarımının önermesel hali bunu daha açık göstermektedir;

- ***Öncül (öğretmen)*** **:** İyonlaşma enerjisi çapla ters orantılıdır.

Öğrenci çıkarımı:

Gizli öncül (öğrenci) **:** Atom çapı azalırsa, iyonlaşma enerjisi artar

Öncül(öğrenci) **:** Bir periyotta soldan sağa doğru gidildikçe çap azalır

Sonuç **:** O halde soldan sağa doğru iyonlaşma enerjisi artar

Bu açıdan öğrencinin elementlere (örnekler) değil bir guruba ilişkin genel bir bilgiye daha üst düzey genel bir bilgiden tümdengelim yaptığı görülmektedir. Bu bilgi ise öğretmen tarafından verilmektedir.

Bu genel çerçevede bakıldığında *öğrencilerin bilgi üretimin biçimsel yapısına* ilişkin şu sonucu ifade etmek mümkündür;

Tablo 40. Öğrencilere Yönelik 2.Probleme ($PD2_2$) İlişkin Sonuçlar 1-2 ($SonuçD2_{3,4}$)

$SonuçD2_3$. Öğrenciler, öğretmenlerin oluşturduğu bilgi üretim süreçlerine, genellikle öğretmen yönlendirmesi ile ortak öncüllerden yapılan tümdengelim ilişkileri ile katılmaktadır.

$SonuçD2_4$. Bu çerçevede oluşan öğrencilerin bilgi üretiminin biçimsel yapısına ilişkin şu özellikler dikkat çekmektedir;

- Tümdengelimsel olarak, belirli nitelikteki genel bilgilerden yapılmaktadır.
- Üretilen sonuç bilgileri ise genel seviyededir ve örneklere ilişkin değildir.
- Tümdengelim yapılan genel bilgiler öğretmen yönlendirmesi ile öğretmen söylemlerinden elde edilmektedir.
- Bu genel bilgiler aynı zamanda öğretmenlerin bütüncül olarak tümdengelimsel olan bilgi üretimlerinde kullandıkları genel bilgilerdir.

4.7. Bilgi Üretiminde Kimyasal Bilgi

Problem ($PD2_3$) : *Öğrenci* söylemlerini oluşturan kimyasal bilgilerin bilgi üretiminde durumu ve niteliği nedir?

Bu bölümde yukarıda biçimsel açıdan tanımlanan akıl yürütmelere dayalı bilgi üretiminin epistemolojik açıdan analizine ilişkin bulgular verilecektir. Bulgularda kimyasal bilginin bilgi üretiminde ortaya çıkan epistemolojik nitelikleri şu ana başlıklar altında sınıflandırılmıştır;

- *Bilgilerin niteliği ve yönlendirme*
- *Bilgiler arası ilişkilerden oluşan nitelikler ve yönlendirme*

4.7.1. Bilgilerin Niteliği ve Yönlendirme

Genel bilgileri kullanma ve elementleri genel bilgilerle tanımlama

$BulguD2_8$. *Öğrencilerin söylemlerinde sadece genel bilgileri kullandıkları, örnekleri ve örnek durumlara yönelik bilgileri kullanmadıkları görülmektedir.*

Öğrencilerin sınıfta oluşturdukları söylemlerde sadece genel bilgileri kullandıkları söylemlerin genel yapısına ilişkin bulgu ($BulguD2_1$) da açıkça görülmektedir. Bu durumu görüşmelerde de görmek mümkündür. Öğrencilere periyodik sisteme hakkında ne söyleyebileceklerine yönelik sorulan sorulara verilen cevaplar incelendiğinde, başta periyodik değişen özellikler olmak üzere, genel durum bilgilerine rastlanmaktadır. Örneğin;

> **$D2A_{13}$:**[...İyonlaşma enerjisi soldan sağa doğru gidildikçe artıyor, yukarıdan aşağıya inildikçe azalıyor. Elektronegatiflik de aynı, elektron ilgisi de aynı. Atom çapı bir tek farklı, yukarıdan aşağıya doğru artıyor, soldan sağa doğru azalıyordu…]

Alıntıda görüldüğü gibi sadece periyodik özellikler hakkında bilgi verilmektedir.

Benzer şekilde öğretim sürecinde çok tanınan bir elemente ilişkin görüşlerinde de genel bilgiler dikkat çekmektedir. Örneğin;

D2A$_{14}$: [... Mesela 1A grubu; **s** bloğunda bunuyorlar ve s^1 ile bitiyorlar ve küresel simetri özelliği gösteriyorlar. Bileşiklerinde +1 yük alıyorlar… *gruptaki genel özellikleri gösteriyor...*]

Alıntıda görüldüğü gibi öğrenci, *elementi grup özellikleri ile tanımaktadır*. Bu durum genel anlamda benimsenen tümdengelimsel yaklaşımı yansıtmaktadır ve bunun bir sonucudur.

Ayrıca görüşmelerde bu çerçevede dikkate değer bir durum da, gerek söylemlerde gerekse görüşmelerde her hangi bir örnek hakkında tekil bilgiler ifade etmedikleri halde, öğrencilerin örnekleri anlamada genel bilgilerin önemine sıkça vurgu yapmalarıdır. Nitekim başka bir alıntıda bu vurgu açıkça görülmektedir;

D2A$_{15}$:[... *Doğrudan örnekler verildiğinde anlamaya bilirsiniz, örneğin ne için verildiğini mesela.* Sonrasında yapılan açıklamada ise örneğin iyi anlaşılmaması durumunda açıklama da yetersiz ve anlaşılmaz gelebilir…(örneğin?)… Cl ve F gibi, bunların arasında bizim doğrudan, mesela elektron ilgisini bulmamız kolay değil… *bu özellik nasıl değişiyor orada,* bilmemiz lazım…]

Bu durum öğrencilerin örnekleri, içinde bulundukları sınıflandırmaya ilişkin genel durum bilgileri ile tanıdıklarını göstermektedir. Bu yine kullanılan akıl yürütmenin tümdengelim olmasının ve sınıf ortamında öğretmen söylemlerinde sürekli belirli genel bilgilerin kullanılmasının, örneklendirilmesinin bir sonucu olarak görülebilir. Ayrıca öğrencilerde oluşan bu yaklaşım da öğretmenlerin tümdengelimle doğrudan verilen genel bilgileri örneklendirmede sürekli *tipik örnek* kullanmasının (BulguD1$_{22}$) etkili olması da muhtemeldir. Genel bilgiye uyan her örnek genel bilginin kabul edilebilirliğini artırmakta ve tanımlamaların bu genel bilgiler ile yapılmasına neden olmaktadır. Bu bir anlamda *öğretmenin söylemlerinde kullandığı akıl yürütmenin ve buna bağlı yaklaşımının öğrenci akıl yürütmesini etkilemesi* olarak da yorumlanabilir.

Önermelerin ifade şekli

BulguD2$_9$. *Öğrencilerin akıl yürütmelerinde temel bileşenler olan genel bilgiler, basit, mutlak, yüksek geçerli ve aşırı genelleyici önermelerle ifade edilmektedir.*

Genel önermeler arasında oluşturulan kıyaslar şeklinde oluşan öğrenci açıklamaları incelendiğinde öğrencilerin aşırı genelleyici şekilde sonuçlar oluşturdukları görülmektedir.

Örnek alıntılar aşağıda verilmiştir;

D2A$_{16}$:[…asitlik ve bazlık… Öğretmen bazı ametallerin hidroksit bileşikleri üzerinden asitliklerini açıklamaya başladı. Asitliğin sıralamasını hidroksit sayısı çok olandan az olana doğru yaptı. **Öğrenci**lerden birisi itiraz etti; "hocam, burada daha fazla hidroksit olunca daha kuvvetli baz olması lazım değimli?" şeklinde bir soru çerçevesinde çıkarsamasını ifade etti.]

Yukarıdaki alıntıda öğrencinin, hidroksitli bileşiklerin bazik özellik gösterdiğine ilişkin bir genellemenin yanı sıra, hidroksit sayısı arttıkça baz kuvvetinin arttığına ilişkin bir bilgi ürettiği de görülmektedir. Öğrencinin böylesi bir aşırı genellemeye gitmesinin nedenini duruma ilişkin öğretmen açıklamasında görmek mümkündür;

D2A$_{17}$:[…Asitlik ve bazlık… Öğretmen; bazlara örnek olarak hidroksitli bileşikleri ve Arhenius tanımını kullandı. Hidroksitlerin oksitlerin suda çözünmesi ile oluştuğunu ifade etti. Buradan 1.grubun ilk üç elementine ait oksitlerin formüllerini ve denklemlerini verdi…]

Öğretmen açıklamada bazik özelliği, hidroksitli bileşikler üzerinden tanımlamış ve bu bileşiklerle sınırlamıştır. Bir noktada tüm hidroksitler için genellenebilecek bir öncül de vermiştir. Öğrencinin tümdengelimi; *"bazlar hidroksitli bileşiklerdir"* şeklinde olan bu öncülden yaptığı söylenebilir. Öğrencilerin bilgileri ifade şekillerinde öğretmelerin durum ile ilgili açıklamaları ve öğrencinin bu açıklamalardan elde ettiği öncüllerin etkisi olduğu görülmektedir. Nitekim tümdengelimde öncüller sonucu belirler. *Bu açıdan bakıldığında öğretmenin duruma yönelik açıklamalarındaki ifade biçimi öğrencinin çıkarımını ve bilgi üretimini etkilemektedir. Öğretmenin tanımda*

koşulları ifade etmemesi veya farklı örneklendirmelere gitmemesi böylesi bir sonucun üretilmesine neden olmuştur.

Öğrencilerin hem gözlem hem de görüşmelerde kullandığı benzer önermelere örnekler aşağıda verilmiştir;

"Örneğin atom çapı azaldıkça, iyonlaşma enerjisi ve elektronegatiflik artar."

"... soldan sağa doğru gidildikçe periyotta çap azalır."

"...soldan sağa doğru atom çapı azalıyordu. Buna bağlı olarak elektron verme de azalır."

Yukarıda görüldüğü gibi, öğrencilerin tek bir özelliğe ilişkin bilgilerin yanı sıra tümdengelimde bir birine nedensel olarak bağladıkları özelliklere ilişkin bilgileri de genel / basit ve mutlaklık içerecek şekillerde ifade ettikleri görülmektedir.

Bu durumun olası nedenlerinden birisi de yukarıda genel bilgilerin kullanılmasında etkili olan tipik örnek kullanımı olabilir. Nitekim $D2A_{17}$ deki bazlarda olduğu gibi, tipik örneklerler, genel bilginin, *bazlar hidroksitli bileşiklerdir*, şeklinde mutlak bir bilgi olarak algılanmasında etkili olduğunu söylemek mümkündür.

Benzer bir durum öğretmen gözlemlerinde de öğretmenlerin önermeleri ifade şekillerinde de elde edilmiştir ($BulguD1_{22}$). Bu durum öğrencilerin öncül olarak öğretmen açıklamalarından faydalandıklarına ve öğrenci tümdengelimini öğretmenlerin yönlendirdiğine ilişkin bulguları ($BulguD2_5$) da desteklemektedir.

Anomali durumlar

$BulguD2_{10}$. *Öğrencilerin söylemlerinde sadece genel bilgileri kullandıkları, bu açıdan örnekler ve buna bağlı olarak anomali durumlara değinmedikleri görülmektedir. Ancak görüşmelerde belirli anomali durumları hatırladıkları belirlenmiştir.*

Öğrencilerin sınıfta oluşturdukları söylemlerde sadece genel bilgileri kullanmaları ve örneklere yönelik bilgileri kullanmamaları nedeni ile anomali

durumlara ilişkin ifadelere de rastlanmamıştır. Ancak öğrenci görüşlerinde anomali durumlara ilişkin ifadelere rastlamak mümkündür.

Öğrenciler periyodik sistemin öğretiminde anomali durumların ayrıca değinilmesinin daha uygun olduğu vurgulanmaktadır. Örneğin aşağıdaki alıntıda bunu görmek mümkündür.

> **D2A$_{18}$:**[…Gruplara göre verilse, yani grup özellikleri verip daha sonra örneklendirse iyi oluyor. İstisna durumları da ayrıca açıklamak iyi oluyor, aksi halde istisna durumlar çıkabiliyor sonradan. Yani anlaşılması zor oluyor…]

Ayrıca öğrenciler anomali durumlara getirilen uygun açıklamaların bilginin kalıcılığını artırdığını ifade etmektedirler. Örneğin;

> **D2A$_{19}$:**[… İstisna durumlar çok sıkıntı olmuyor. Çok yok zaten. Belki daha çok aklımda kalıyor. Ama nedeni açıklanmadığında veya temellendiremediğim de bazıları sıkıntı olabiliyor, mesela benim için F ve Cl nin elektronegatifliği gibi…]

> **D2A$_{20}$:**[…Olmasa daha iyi olurdu istisnalar, daha kafamıza yatkın olurdu bilmemiz açısından belki. Ama istisnalarda bazen, mesela küresel simetriden dolayı olduğunu biliyorum, daha kalıcı olabiliyor…]

Alıntıları ile ortaya çıkan görüş, tümdengelimin örneklendirilmesinde ortaya çıkabilecek anomalilerde ek açıklamaların gerekliliğine ilişkin öğretmen görüşleri (örn.D1A$_{42}$) ile paralellik göstermektedir. Alıntılarda görüldüğü üzere öğrenciler, anomali durumların olmamasını tercih etmekle birlikte, nedenini bildikleri durumları da hatırladıklarını ifade etmektedirler. Anomali durumlara genel çerçeveden bakıldığında ise, hatırlamanın nedeni az ve belirli anomalilere sürekli değinilmesi olabilir. Nitekim, öğretmenlerin sadece belirli anomalilere değinmelerinin (BulguD1$_{23}$) karşılığı öğrenci görüşlerinde de görülmektedir. Yukarıda verilen alıntılarda olduğu gibi öğrencilerin hatırladıkları anomalilere yönelik;

> **D2A$_{21}$:**[...İyonlaşma enerjisinde vardı galiba... Bunun dışında var mı? Hatırlamıyorum. Küresel simetriye göre yapılıyordu.]

D2A$_{22}$:[…küresel simetriden kaynaklanan bir istisna var. Bir de 1A grubunda hidrojen var. Aslında bir ametal… H, elektron dizilişinden dolayı diye biliyorum, çünkü s ile bitiyor…]

, bu alıntılarda da öğrencilerin ifadelerinde ortaya çıkan anomaliler (küresel simetri gibi) öğretmenlerin açıklama yaptıkları ve üzerinde durdukları anomalilerdir.

Bilgi üretiminde kimyasal bilginin niteliğine yönelik olarak yukarıda verilen başlıklar çerçevesinden bakıldığında şu sonuç ifade edilebilir;

Tablo 41. Öğrencilere Yönelik 3.Probleme (PD2$_3$) İlişkin Sonuç-1 (SonuçD2$_5$)

SonuçD2$_5$. Bilgi üretimi sürecinde kimyasal bilgi içeriğine sahip genel bilgilerin, niteliği değişmekte veya değiştirilmektedir. Bu değişimde aşağıdaki özellikler öne çıkmaktadır;

- Bilgiler mutlak, yüksek geçerli ve basit vb. bilgiler olarak ifade edilmekte ve kullanılmaktadır
- Bilgilere yüklenen bu nitelikler, örneklere ve anomali örneklere yönelik yaklaşımlarında daha net ortaya çıkmaktadır;
  - Örnekler bulundukları sınıfa ait genel bilgiler ile tanımlanmaktadır
  - Genel bilgilerin geçerli olmadığı ve öğretmenler tarafından verilen bazıları haricindeki anomali durumlar hakkında bilgi sahibi değillerdir.

Bu değişimde öğrencilerin bilgi üretiminin ortaya çıkan biçimsel yapısına (SonuçD2$_{3,4}$) uygun olarak;

- Öğretmen yönlendirmesi temelinde, öğretmenlerin söylemleri ve söylemler çerçevesinde ortaya çıkan bilgi üretiminin etkisi görülmektedir.

4.7.2. Bilgiler Arası İlişkilerden Oluşan Nitelikler ve Yönlendirme

Nedensellik

BulguD2$_{11}$. *Öğrenciler bilgiler arasında uygun olmayan nedensel ilişkiler kurmaktadır.*

Öğrencilerin oluşturdukları tümdengelimde, genel bilgiler arasında lineer nedensellik, nedensel tutarsızlıklar ve belirgin olmayan nedensel ilişkilere rastlanmıştır.

Örnek alıntılar aşağıda verilmiştir;

D2A$_{23}$: […Öğretmen; "H varsa sadece o zaman asitlik ön plan çıkar" ifadesinden sonra halojenlerin bileşiklerini verdi. Gruptaki asitlik sırlamasını öğrenciler sordu. **Öğrenci;** "elektronegatiflik arttıkça, bazlık azalır, asitlik artar öyleyse, aşağı doğru azalması gerekir" ,çıkarımını yaptı…]

Yukarıdaki alıntılarda öğrencinin yaptığı tümdengelimin sonucu; halojenlerde *"asitlik grupta aşağıya doğru azalır"* şeklinde ifade edilebilir. Bu bilgi, elektronegatiflikten bazlığa, bazlıktan asitliğe doğru lineer bir nedenle ifade edilmiştir. Öğrencinin kurduğu nedensel ilişkinin kaynağı, öğretmenin duruma ilişkin daha önceden yaptığı açıklama dikkate alındığında daha net ortaya çıkmaktadır;

Öğretmenin duruma ilişkin açıklaması ise şu şekildedir;

D1A$_5$:[… Bazik özellik... Öğretmen; "*1A grubunda bazlık aşağı doğru artar"* dedi. Ardından; " gruptan aşağı doğru inildikçe atom çapı artar, elektro negatiflik de tabiî ki azalır. Elektronegatifliğin azalması hidroksit iyonunun kolay kopması anlamına geliyor. Kolay kopuyorsa o maddenin bazik özelliği de artıyor." Dedikten sonra; *Na ve K örneklerini* verdi…]

Alıntıda öğrencinin kurduğu nedensel ilişkinin, öğretmenin bazlığı atom çapından başlayan lineer bir nedensellikle elektronegatifliğe dayalı açıklaması ve buradan öğrencinin elde ettiği; *elektronegatiflik azaldıkça bazlık azalır* ve *asitlik ve*

bazlık bir birine zıttır, gibi öncüllerden yapılan tümdengelimden kaynaklandığını söylemek mümkündür.

Aşağıda verilen öğrenci görüşü de bu olasılığı desteklemektedir;

D2A$_{24}$:[…Bence en önemli özellik atom büyüklüğü veya çapı. Bazı istisnaları saymazsak, genelde atom çapından çıkabiliyor birçok özellik. *Mesela soldan sağa doğru atom çapı azalıyor,* çünkü elektrostatik çekim gücü artıyor. Buna bağlı olarak elektro *negatiflik değerleri artıyor*, elektron ilgisi daha fazla oluyor ametallerin metallere göre**,** *yine asitlik ve bazlığı çıkarabiliyoruz. Yani bir şeyi bilmemiz yeterli oluyor diğerlerini çıkarmak için. Mantıksal olarak düşününce diğerleri de paralel olarak doğru oluyor.*]

Alıntıda görüldüğü gibi lineer nedensel ilişkiye dayalı yukarıda yapılan tümdengelimsel çıkarım daha açık bir şekilde ifade edilmektedir. Ayrıca yukarıda verilen alıntı, öğretmen bulgularında da ortaya çıkan *birincil neden olan atom çapı*nın öğrencilerde de ortaya çıktığını da göstermektedir.

Nedensellik noktasında farklı bir örnek aşağıdaki alıntılarda görülmektedir;

D2A$_{25}$: […yükseltgenme ve indirgenme, konusunda değerlik elektron sayısından yola çıkan bir **öğrenci** periyodik sistemdeki gruplardaki değişimi şu şekilde açıkladı; *" gruplarda değişemez, çünkü değerlik elektron sayıları aynıdır"* , demesi üzerine öğretmen; "değişir çünkü atom çapı değişmiyor mu?. Değişiyor, atom çapı büyüktür kolay elektron verir dedi." Buna karşılık öğrencide " o halde çapa da bağlı olmalı" dedi…]

Öğrencinin ulaştığı sonuç, aşağıda verilen öğretmen açıklaması ile birlikte ele alındığında;

D1A$_{35}$: [...yükseltgenlik… Öğretmen; "*periyot boyunca soldan sağa doğru artar, grupta aşağı doğru azalır*" dedikten sonra "atom çapı azalır, çekimi kuvveti artar, değerlik elektron sayısı artar, dolayısıyla değerlik elektron sayısı artıyorsa onları kaybetme isteği azalır, (elektron) almak ister o zaman yükseltgenlik artar, indirgenlik azalır" şeklinde açıkladı. Daha sonra *birkaç atom* (N,O,F) *arasındaki kıyaslamayı* verdi…]

Öğretmen indirgenliği ve yükseltgenliği değerlik elektron sayısına ve oktete bağlı açıklaması, öğrencinin *" değerlik elektron sayısı arttıkça yüksetgenlik artar"* gibi bir öncülden; *"değerlik elektron sayısı değişmezse, yükseltgenlik de değişmez"* gibi yanlış bir sonuç üretmesine sebep olduğu söylenebilir. Bu açıdan öğretmenlerin genel ve tek bir nedene bağlı açıklamalarının, öğrencilerin bu açıklamalardan elde ettikleri öncülleri etkilemekte ve tümdengelimin doğası gereği, yanlış nedensellikle yanlış sonuçlara gitmelerine sebep olmaktadır.

Ayrıca öğretmenin ifadelerindeki nedensel belirsizlikler ve tutarsızlıklarda öğrencilerin yanlış nedensel ilişkiler kurmalarına sebep olabilmektedir. Örneğin yukarıda verilen öğretmen alıntısında ($D1A_{35}$); *"atom çapı azalır, çekimi kuvveti artar, değerlik elektron sayısı artar…*" ifadesi değerlik elektron sayısının nedenini atom çapı olduğu sonucunu getirmektedir. Ayrıca $D2A_{25}$ alıntısında görüldüğü gibi, öğretmenin yönlendirmesi ve yetersiz açıklama yapması, öğrencinin bu durumda, *atom çapının değerlik elektronlarını sayısını etkilemesi,* gibi bir sonuç çıkarmasına ve kurduğu yanlış nedensel ilişkiyi genişletmesine neden olduğu söylenebilir.

Öğrencilerin genel önermeler arasında nedensel ilişkilere verdikleri önem, bu ilişkilerin konuyu daha anlaşılır kıldığını düşündüklerini ($GörüşD2_1$) de göstermektedir. Ancak böylesi nedensel ilişkilerin yanlış sonuçlar getirdiği görülmektedir. Öğrencilerin kurduğu bu yanlış nedensel ilişkilerin benzerlerine öğretmen gözlemlerinde de rastlanmıştır ($BulguD1_{25}$). Özellikle öğretmenlerde birincil neden olarak ortaya çıkan atom çapının etkisine öğrencilerde de rastlanmıştır. Bu açılardan, öğrencilerin öğretmen açıklamalarından elde ettikleri öncüllerde ($BulguD2_2$) bu ilişkilerin olması ve öğretmenlerin özellikle bu ilişkilere yönelik yönlendirmeleri ($BulguD2_5$) öğrencilerin tümdengelimsel çıkarımlarda uygun olmayan nedensel ilişkiler kurmasında etkili olmaktadır. Bu ise öğrencilerin, öğretmelerin yönlendirdiği belirli öncüllerden tümdengelim yaptıklarını ve bu öncüllerdeki epistemolojik özelliklerin öğrenci sonuçlarına yansıdığını göstermektedir.

Orantısal ilişkiler

BulguD2$_{12}$. *Öğrenciler genel bilgiler arasında doğrusal ve orantısal ilişkiler kurmaktadır*

Öğrenciler yaptıkları tümdengelimlerde genel özellikler arasında *ters ve doğru orantılı* değişim şeklinde ilişkilendirmeler yaptıkları belirlenmiştir;

Örnek alıntılar aşağıda verilmiştir;

D1A$_{15}$:[...iyonlaşma enerjisi… Öğretmen; "gelelim iyonlaşma enerjisi ile atom çapı arasındaki ilişkiye. Atom çapını kafamda netleştirmişsem her türlü ilişkiyi atom çapı ile yorumlayabilirim. Atom çapı ne kadar küçükse, ona uygulayacağınız enerji o kadar büyüktür, yenmeniz gereken güçte o kadar büyüktür. Yani ***iyonlaşma enerjisi çapla ters orantılıdır***." Dedikten sonra bu önermeyi sembolleştirdi, *"İyonlaşma enerjisi↑ ise çap↓ veya tersi."*...]

D2A$_2$:[…Öğretmen 2.periyot boyunca elementlerin iyonlaşma enerjisi sıralamasını sordu ve " çapı düşün öyle cevap ver" dedi. **Öğrenci;** " soldan sağa doğru gidildikçe periyotta çap azalır, o da artar o halde " dedi.]

Yukarıdaki alıntılar incelendiğinde öğretmenin verdiği temel öncül(gizli öncül), *iyonlaşma enerjisi ile atom çapının ters orantılı şekilde değiştiğine* ilişkin bir bilgi içermektedir. Öğrencinin söz konusu durumda oluşturduğu tümdengelimin daha önce yapılan analizinde[10] de görüleceği gibi, bu öncülden çıkarak orantısal ilişkiyi sonuca yansıtmaktadır.

Başka bir öğrencinin sınıfta oluşturduğu aşağıdaki sonuçta benzer bir orantısal ilişki ifadeye yansımıştır;

---

[10] Bknz. *Tümdengelim ilişkisi s.:225*

D2A$_{26}$:[…Öğretmen, grupta atom çapının değişiminde ilişkin yazdığı örneklerden yola çıkarak öğrencilerden bu değişimin temelinde yatan nedeni sordu, bunu yaparken atom numaralarını dikkate almalarını istedi. **Öğrenci**lerden birisi; "atom numarası ile doğru orantılı olarak değişir" dedi.]

Öğrencilerin görüşleri de bu durumu desteklemektedir. Örneğin; öğretmenin yukarıda verilen açıklamasını sınıfta takip etmiş bir öğrencinin ifadesinde de bu bağlantı görülmektedir;

D2A$_{27}$:[…her özellik bir biri ile bağlantılı aslında. Mesela soldan sağa hacim azalır, *hacim azalırsa değerlik elektron sayısı artıyor, ters orantı.* Atom çapı azalırsa, iyonlaşma enerjisi azalıyordu. Soldan sağa doğru metalik özellik azalırken ametallik özellik artıyordu. Atom çapından dört beş tane rahat çıkarabiliyoruz. *…Elektronegatiflik de ve elektron ilgisi ters orantılıdır mesela*…]

Ve takip etmemiş bir öğrencinin ifadesi de aynı yöndedir;

D2A$_{28}$:[…Bir özellikten diğerleri çıkıyor zaten. *Doğru veya ters orantılı, olarak ters yönde mesela*…(örneğin?)…metalik özellik artarsa, ametalik özellik azalır gibi…]

Alıntılar incelendiğinde öğrencilerin görüşleri de gözlemlerdeki ifadeler ile paralellik göstermektedir. Ayrıca orantısal ilişkiler açısından dikkat çeken noktalar söz konusudur. İlk olarak; öğrencilerin nedensellikte de görüldüğü gibi atom çapının diğer özellikler ile orantısal ilişkilerini kurulması ve öne çıkarılmasıdır. Bir diğer önemli nokta ise, orantısal ilişki gibi basit bir ilişkiye indirgenen özellikler arasındaki ilişkinin yanlış bilgiler üretimine neden olmasıdır. Örneğin, D2A$_{27}$ de italik verilen ifadelerde bunlar açıkça görülmektedir.

Sonuç olarak, gerek gözlem gerekse görüşme verileri incelendiğinde öğrencilerin çok yoğun bir şekilde tümdengelimsel çıkarımda, özellikler arasında kurdukları orantısal ilişkileri dikkat çekmektedir. Bu ilişkiler öğrencilerin nedensellik noktasında çıkarımlarında da görülmektedir. Yukarıda verilen alıntılarda da görüldüğü üzere bu ilişkilerin kurulmasında da öğretmenlerin yönlendirici etkisi (BulguD2$_5$) diğer başlıklarda olduğu gibi burada da söz konusudur. Nitekim öğretmenlerinde açıklamalarında da bu ilişkileri kullandıkları görülmektedir (BulguD1$_{26}$).

İndirgemecilik

BulguD2$_{13}$. *Öğrenciler yaptıkları çıkarımlarda, farklı şekillerde indirgemecilik yapmaktadırlar*

Öğrencilerin gerek gözlem gerekse görüşmelerdeki ifadeleri incelediğinde öğrencilerin tümdengelimin kullanımında farklı boyutlarda indirgemecilik yaptıkları görülmektedir.

Örnek alıntılar aşağıda verilmiştir;

D2A$_{29}$:[…"..elektron başına düşen çekim kuvveti artarsa çap küçülür. Buna göre protonu büyük olanların çapı küçüktür" çıkarımını yaptı…]

D2A$_{30}$:[…**öğrenci**; "atom çapı küçük olan atomun elektronegatiflik daha fazladır. İyonlaşma enerjisi ve elektron ilgisi ile de bağlantılıdır. İyonlaşma enerjisi, elektron ilgisi, periyotlar da sağa doğru gidildikçe arttığı için elektronegatiflikte artar. Gruplarda da tersi olur."]

Yukarıda verilen alıntılar incelediğinde öğrencilerin atom çapına ve çekim kuvvetine ilişkin ontolojik indirgemeciliği öğretmenlerde olduğu gibi epistemolojik boyuta taşıdıkları görülmektedir. Bu noktada öğretmenlerin yönlendiriciliği de görülmektedir. Örneğin;

D1A$_{44}$:[…elektron verme eğilimi… Öğretmen; "biz özellikleri neye bağlamıştık? işte… Yukarıdan aşağıya doğru enerji katmanları artıyor, yani ***yarıçap artıyor***. Yarıçap artınca çekirdeğin çekim gücü azalıyor, dolayısıyla ***elektronu daha kolay kaybediyor***" dedikten sonra 2. grup için *iki elementin (Mg ve Be)* elektron dağılımını yaparak karşılaştırma ile önceki ifadesini açıklamaya çalıştı.]

D2A$_{1}$:[…Öğretmen, öğrencilere elektron verme eğiliminin periyotlarda nasıl değiştiğini sordu. Öğrencilerden birisinden cevap beklerken; "…at*om çapına göre düşünüyorduk"* dedi. **Öğrenci**; " soldan sağa doğru atom çapı azalıyordu. Buna bağlı olarak elektron verme de azalır."]

Alıntılar incelendiğinde; öğrenci çıkarımını belirleyen öncüller ve öğretmenin bu öncüle yönlendirmelerinde indirgemeci yaklaşım açıkça görülmektedir. Öğrenciler tümdengelimi bu şekilde temel indirgemeci öncülden yola yaparak yapmaktadır.

Ayrıca öğrenci görüşlerinde ise öğretmenlerde gözlenen (BulguD1$_{28}$) atom çapının idealleştirilmesi çerçevesinde yapılan indirgemelere de rastlamak mümkündür;

D2A$_{31}$:[…Atom çapına bakaraktan; iyonlaşma enerjisi, elektronegatiflik, elektron ilgisi… Birçok özellik çıkabilir bu açıdan önemlidir. Ters orantılı çoğu zaten…]

D2A$_{32}$:[…Atom yarıçaplarının değişimini kullanıyorum soru çözerken, oradan aklıma geliyor diğerleri… Mesela atom çapı büyüdükçe iyonlaşma enerjisi küçülüyor..]

Bu alıntılar ile birlikte, nedensellik ve orantısal ilişki başlığında verilen alıntılarda (D2A$_{27\text{-}24}$) da görüldüğü üzere *atom çapından diğer özelliklerin çıkarılacağına yönelik ifadeler atom çapının idealleştirildiğini* göstermektedir. Örneğin D2A$_{24}$ 'da ki *"...Bence en önemli özellik atom büyüklüğü veya çapı",* ifadesi bunun açık göstergelerinden birisidir. Öğretmenlerde de atom çapının en önemli özellik olduğuna ilişkin benzer kanaatlere rastlanmıştır.

Bu genel çerçeveden bakıldığında, öğrencilerin gerek nedensellik, gerek orantısal ilişki çerçevesinde söylemlerinde, öğretmenlerde olduğu gibi *atom çapına* ve *değişimine* merkezi bir önem verdikleri görülmektedir. Ayrıca yukarıda da ifade edildiği gibi, gerek öğrencilerin gerekse öğretmenlerin periyodik sistemde en önemli özelliğin atom çapı olduğu noktasındaki ortak görüşleri de bunu desteklemektedir. Öğrencilerin söz konusu yaklaşımında diğer durumlarda da olduğu gibi öğretmen yönlendirmesi ve çıkarımda öğretmen etkisi görülmektedir.

Sonuç olarak indirgemecilik noktasında, sınıf ortamında bilgi üretiminde benimsenen genel tümdengelimsel yaklaşımda kullanılan öncül niteliğindeki a priori bilginin; ontolojik indirgemeciliği de yansıtan *" periyodik özellikler atom çapının bir fonksiyonudur"* şeklinde ifade edilmesi mümkündür.

Genel bilgiler arasında oluşan nitelikler bağlamında, *bilgi üretiminde kimyasal bilginin durumu ve niteliğine* ilişkin su sonuç ifade edilebilir;

Tablo 42. Öğrencilere Yönelik 3. Probleme($PD2_3$) İlişkin Sonuç-2 ($SonuçD2_6$)

$SonuçD2_6$. Bilgi üretim süreci, kimyasal içeriğe sahip genel bilgiler arasında oluşan ilişkiler çerçevesinde epistemolojik açıdan aşağıdaki özellikleri taşımaktadır;

- Elementlerin (belirli) özelliklerine ilişkin genel bilgiler arasında kurulan; yanlış nedensellik ve uygun olmayan orantısal ilişkiler bağlamında kimyasal bilgilere farklı boyutlarda indirgemeci yaklaşmaktadırlar.
- Genel anlamda periyodik sistem, elementlerin belirli özelliklerine yönelik genel bilgileri ifade eden temel önermelere ve bunlar arası söz konusu ilişkilere dayalı aksiyomatik bir sistem şeklinde kullanılmaktadır.

Bu özelliklerin ortaya çıkmasında öğrencilerin bilgi üretiminin ortaya çıkan biçimsel yapısına ($SonuçD2_{3,4}$) uygun olarak;

- Öğretmen yönlendirmesi temelinde; öğretmenlerin söylemleri ve söylemler çerçevesinde ortaya çıkan bilgi üretiminin etkisi görülmektedir.

4.8. Bilgi Üretiminde Periyodik Sisteme Yönelik Yaklaşımlar

Problem ($PD2_4$) : *Öğrencilerin,* bilgi üretiminde periyodik sistemin durumu ve niteliğine yönelik yaklaşımları nasıldır?

Bu başlık altında periyodik sistemin bilgi üretimindeki durumu ve niteliğine ilişkin öğrenci yaklaşımlarına yönelik bulgular tanımlanacaktır.

$BulguD2_{14}$. *Öğrencilerde periyodik sistemin kendisinden tümdengelim ile birçok bilgiye ulaşılabilir bir sistem olduğu yönünde bir görüş birliği vardır.*

4.8.1. Periyodik Sistemin İşlevi

$GörüşD2_4$. *Genel grup özellikleri, periyodik özellikler ve periyodik sistemin genel yapısına ilişkin bilgilerden yola çıkılarak bir element hakkında doğrudan bilgiler veya elementler bir birleri ile kıyaslanarak haklarında göreli veya bağıl bilgiler üretilebilir*

Öğrencilerden periyodik sistemin işlevine yönelik sorular çerçevesinde alınan yanıtlarda bu görüşe rastlamak mümkündür. Örnek alıntılar aşağıda verilmiştir;

$D2A_{33}$:[…bir elementin atom numarası ve değerlik elektron sayısını bilirsem, diğer özelliklerini de bulurum herhalde. (neden değerlik elektron sayısı?) *grubu bulurum, gruptan elementin özellikleri çıkar*…]

$D2A_{34}$:[…*her hangi bir gruptan birçok özellik söyleyebilirim. Zaten, o elementin özelliği,* o grupta olduğu için onun hakkında da birçok özellik söyleye bilirim sorun olmaz…]

Yukarıdaki alıntılarda öğrenciler; değerlik elektron sayısı-grup ilişkisi gibi periyodik sistemin genel yapısına ilişkin bilgilerden ve bunlara bağlı olarak gruplarda *benzerlik* temelinden yola çıkarak, bir elementin grubu bilinirse birçok özelliğinin çıkarılabileceğini ifade etmektedirler. Ayrıca;

D2A$_{35}$:[…periyottaki element sırlanmalarından yola çıkarak; atom numaralarının sırlanışı, *metallik ametallik özelliklerinin, atom yarıçapı karşılaştırması* gibi karşılaştırmalar yapılabilir…]

D2A$_{36}$:[…bir elementin, mesela atom numarası, sonra yarıçapının *diğerlerine göre kıyasını yaparım, iyonlaşma enerjisi hakkında yine yapılabilir. Zaten bir özellik, mesela yukarıdan aşağıya artıyorsa, soldan sağa azalır*…]

, verilen örnek alıntılarda görüleceği gibi periyodik özelliklerin değişiminden faydalanarak bir elementin başka bir elemente göre durumu hakkına kıyaslamalara gidilebileceği ifade edilmektedir. Altınlar öğrencilerin genel bilgiler ve bunlar arasındaki ilişkiler çerçevesinde periyodik sistemin kendinden tümdengelim yapılabilecek bir yapı olarak gördüklerini göstermektedir.

Tümdengelimi öne çıkaran bu görüş, benimsenen genel yaklaşıma uygundur. Nitekim gözlemlerde öğrencilerin genel önermeler, bunlardan özellikle periyodik değişen özellikler ve arasındaki ilişkiye dayalı tümdengelimsel çıkarımlar yaptıkları ortaya çıkmıştır (BulguD2$_2$). Ayrıca bilgi üretimin niteliği çerçevesinde ortaya çıkan, orantısal ilişki, nedensellik gibi birçok bulgu ile de örtüşmektedir. Diğer taraftan bu görüş öğretmenlerin periyodik sistemin öğrenciler açısından işlevine yönelik görüşleri ile hemen hemen aynıdır (GörüşD1$_6$).

4.8.2. Periyodik Sistemin Doğası

Görüş D2$_5$. *Periyodik sistemde doğası gereği birkaç anomali hariç belirli bir düzeni mantıksal yapısı vardır. Periyodik sistemin tümdengelimsel kullanımına imkan veren ise bu yapısıdır.*

D2A$_{37}$:[… periyodik sistemde özellikler arasında mantıklı ilişkiler var. Örneğin bazı değişimler birbiri ile terstir, bazıları aynı şekildedir. *Örneğin atom çapı azaldıkça, iyonlaşma enerjisi ve elektronegatiflik artar. Ters orantılıdır*.]

D2A$_{38}$:[…Matematikçilerin trigonometri cetveli varsa kimyacılarında periyodik cetveli vardır. Bence bir uzunluk cetveli ile bir çisim hakkında bilgi elde ediyorsak, periyodik cetvel aynı görevi görüyor, elementlerin özellikleri hakkında

periyodik cetvele bakarak bunları öğrenebiliyoruz. Bir kimyacının işini kolaylaştırır.]

D2A$_{27}$:[… her özellik bir biri ile bağlantılı aslında. Mesela soldan sağa hacim azalır, *hacim azalırsa değerlik elektron sayısı artıyor, ters orantı.* Atom çapı azalırsa, iyonlaşma enerjisi azalıyordu. Soldan sağa doğru metalik özellik azalırken ametallik özellik artıyordu. Atom çapından dört beş tane rahat çıkarabiliyoruz. *…Elektronegatiflik de ve elektron ilgisi ters orantılıdır mesela*…]

Yukarıda verilen alıntılar incelendiğinde öğrencilerin periyodik sistemin son derece rasyonel bir yapısı olduğunu düşündükleri ortaya çıkmaktadır. Burada periyodik sistemin yapısına ilişkin; genel bilgilerle ifade edilen (periyodik ve grup özellikleri gibi) *özellikler arasında mantıklı bağlantılar, özellikler arasında orantısal ilişkiler ve bir özellikten diğerlerini çıkarma, cetvel olarak kullanma* gibi göndermeler dikkat çekmektedir. Bu açıdan görüşler, genel eğilime uygun olarak özellikler arasında ilişkiye dayalı olarak *tümdengelim* yapılabileceğini ifade ettikleri bulguyu (BulguD2$_{15}$) da desteklemektedir.

Ayrıca;

D2A$_{27}$:[…İstisnalardan Hatırladığım… Helyumun yeri mi? Özelliğinden dolayı orada… Elektron diziliminden dolayı değil. *Ancak bunun dışında birkaç istisna var, ancak genel anlamda düzenli değişimler ve ortak özellikler var…]*

D2A$_{39}$:[…bazı istisna durum vardı galiba… küresel simetri ile açıklanıyordu. Ama başka yok? galiba. Olsa hoca söylerdi. *Ama zaten genel kurallar var, bu kurallara göre hepsi uyuyor*… düzenli evet, başka istisna yok…]

, alıntıları incelendiğinde ise, öğrencilerin belirli anomaliler dışında periyodik sistemde belirli bir düzen olduğunu ve bu durumların sistemdeki düzenlilik açısından sıkını yaratmadığını vurgulamaktadırlar. Bu görüş, öğretmenlerin sadece belirli anomalileri değinmeleri ve bunlara getirdikleri ad hoc açıklamaların ise anomalileri içinde bulunduğu duruma yönelik genellemenin (genel bilginin) etkisini sürdürmeye yönelik olduğu noktasındaki bulguyu (BulguD1$_{23}$) da desteklemektedir.

Ortaya çıkan bu görüş diğer taraftan, öğretmenlerin periyodik sistemin *öğretim sürecinde niteliği*ne ilişkin öğretmen görüşleri ile örtüşmektedir. Nitekim periyodik sistemin öğretim sürecinden bağımsız olarak doğası çerçevesinde anomalilere yönelik öğretmenlerin kişisel görüşleri, öğretimin sürecindeki durumuna yönelik görüşleri ile farklılık göstermektedir (GörüşD$1_{7\text{-}8}$). Öğretmenlerin periyodik sistemin öğretim sürecinde tümdengelim yapılabilir nitelikte olduğuna yönelik görüşleri ve bu görüşler çerçevesinde öğretime yansıttıkları, belirli durumların dışında anomalilere değinmeme ve öğrencileri genel bilgilere yönlendirmeleri gibi yaklaşımları, öğrencilerde böylesi bir görüşün ortaya çıkmasında etkili olması mümkündür.

4.8.3. Periyodik Sistem ve Periyodik Yasa

GörüşD2_6. *Periyodik yasa, sistemin genel yapısı, elementlerin grup ve periyodik özelliklerine ilişkin genel bilgilerdir.*

Öğrencilerin periyodik yasaya ilişkin görüşleri de periyodik sistemin doğasına yönelik görüşlerini yansıtmaktadır. Örneğin;

D2A$_{40}$:[…periyodik yasa, grupların elektronlara göre düzenlenmesi gibi özelliklere ilişkin bir yasalardır...]

D2A$_{41}$:[…periyodik yasa, periyodik cetveldeki özellikler olabilir. Demin bizim söylediğimiz özellikler olabilir.]

D2A$_{42}$:[…periyodik yasa, periyodik cetvelle ilgili kurallar olabilir.(örneğin?), hangi özellik ne tarafa değişiyor? Gibi…]

Yukarıdaki alıntılar incelendiğinde öğrencilerin periyodik yasayı, derste kullanılan genel bilgilere indirgedikleri görülmektedir. Bu durum *öğrencilerin periyodik özelliklerin değişimine veya genel grup özelliklerine ilişkin genel bilgilerin yasa şeklinde anlaşıldığı*nı göstermektedir. Bu görüş, öğrencilerin periyodik sistemi rasyonel bir bilgi kaynağı veya aksiyomatik bir sistem olarak gördüklerin de göstermektedir. Ayrıca öğretmenlerin kişisel görüşleri dışında derste öğretim açısından tanımladıkları periyodik sistem görüşü (GörüşD1_7) ile paralellik göstermektedir.

Öğrencilerin yukarıda ifade edilen görüşleri genel anlamda; gözlem verilerinde kullandıkları tümdengelimi, periyodik sistemin öğretimine, bilgi üretimine ilişkin yukarıdaki başlıklarda verilen diğer görüşleri ile paralellik göstermekte ve bu çerçevedeki gözlem bulgularını desteklemektedir.

4.8.4. Periyodik Sisteme Yönelik Öğretmen ve Öğrenci Yaklaşımlarını Karşılaştırma

Sonuç olarak genel çerçevede öğrencilerin periyodik sisteme yönelik görüşlerini öğretmen görüşleri ile karşılaştırmak mümkündür. Öğretmenlerin bir kısmının doğası gereği farklı bir yapıda olduğunu düşünmesine, ancak tümünün de öğretim sürecinde rasyonel ve aksiyomatik bir şekilde tanımlanması gereği noktasındaki ortak görüşleri söz konusudur. Bu açıdan öğrenci görüşleri, öğretmenlerin belirli bir kısmının görüşlerine yakındır, ancak öğretmenlerin kişisel görüşlerinin dışında öğretimde benimsedikleri görüşleri ile örtüşmektedir. Bu açıdan öğrencilerde bu görüşlerin gelişmesi öğretmenlerin beklentileri doğrultusundadır demek yanlış olmaz. Bu durum öğrenci görüşlerinin, öğretmenlerin kişisel görüşlerinden ziyade öğretime yansıttıkları belirlenen görüşlerden etkilendiğini göstermektedir. Başka bir ifade ile öğrencilerin öğretmenler tarafından öğretime yansıtılan genel eğilimi benimsediği ve bu eğilim çerçevesinde periyodik sistemin doğası gereği tümdengelime uygun, rasyonel veya aksiyomatik bir niteliği olduğu yönde bir anlayış geliştirdikleri görülmektedir. Kısaca, öğretmenlerin öğretim sürecinde, periyodik sistemi söz konusu nitelikte tanımlanması gerektiği noktasındaki görüşleri ve bunun öğretim sürecinde bilgi üretimine yansıdığı noktasında birçok bulgu (Durum1) düşünüldüğünde, *öğretmenlerin akıl yürütmeler temelinde oluşturdukları genel yaklaşımın, öğrenci görüşlerini son derece etkilediği* söylenebilir.

Bu genel çerçeveden bakıldığında *öğrencilerde bilgi üretiminde periyodik sistemin durumu*nuna ilişkin şu sonuç ifade edilebilir;

Tablo 43. Öğrencilere Yönenlik 4. Probleme ($PD2_4$) İlişkin Sonuç ($SonuçD2_7$)

$SonuçD2_7$. Bulgular, öğretmen söylemlerinin belirlediği ve öğrencilerinde öğretmen yönlendirmesi ile katıldığı bir bilgi üretiminde periyodik sistemin niteliğine ve durumuna yönelik öğrenci yaklaşımlarının büyük ölçüde bilgi üretiminden etkilendiğini göstermektedir. Kendilerine sunulan bilgi üretiminin büyük ölçüde belirlediği bu yaklaşım ise, öğretmenlerin bir kısmının pragmatist, öğrencilerin tümünün ise realist olarak benimsediği; *aksiyomatik periyodik sistem* yaklaşımıdır. Bu yaklaşımın öne çıkan özellikleri ise şu şekilde ifade edilebilir;

- Periyodik sisteme yönelik bazı genel bilgiler yasalar kadar yüksek geçerliliğe sahiptir.
- Periyodik sistemdeki bu genel bilgiler bu açıdan aksiyomlar gibi düşünülebilir,
- Bu açıdan periyodik sistem, bu genel bilgiler ve bunlar arası ilişkilerden yola çıkılarak tümdengelim yapılabilecek aksiyomatik bir sistemdir.

5. TARTIŞMA

Bir önceki bölümde araştırma problemlerine bağlı olarak bulgular tanımlanmış ve ardından her problem başlığı altında elde edilen sonuçlar da ayrıca verilmiştir. Bu bölümde bulgulardan elde edilen bu sonuçlar yine bulgular ışığında ele alınacaktır.

Genel bir çerçeveden bakıldığında tanımlanan bulgular ve bunlardan elde edilen söz konusu sonuçlar, araştırmanın amacı doğrultusunda; *bilgi üretiminin metodolojisi*, *bilgi üretiminin epistemolojisi* başlıkları altında ele alınabilir ve tartışılabilir.

5.2. Bilgi Üretiminin Metodolojisi; Akıl Yürütme Yöntemleri ve Biçimsel Yapı

Bilgi üretiminin metodolojisi, sınıf ortamında oluşturulan söylemler çerçevesinde, periyodik sisteme yönelik bilgilerin nasıl üretildiğine veya nasıl ortaya konulduğuna ilişkindir. Bilgi üretimi metodolojisini, *akıl yürütme yöntemleri* ve *bilgi üretimin biçimsel yapısı* ana temaları altında tanımlanan bulgular belirlemektedir. Bu açıdan metodoloji hakkında bilgi veren sonuçlar şunlardır;

Tablo 44. Bilgi Üretiminin Metodolojisine Yönelik Sonuçlar

Bilgi Üretiminin Metodolojisine Yönelik Sonuçlar	
Durum1 (Öğretmenler)	Durum 2 (Öğrenciler)
$SonuçD1_{1,2,3,4,5}$	$SonuçD2_{1,2,3,4}$

Periyodik sistemin öğretim sürecinde söylemler çerçevesinde oluşturulan bilgi üretiminin metodolojisini tanımlayan bu sonuçlardan yola çıkarak, söz konusu

metodolojinin belli başlı özellikleri ifade edilebilir. Aşağıda verilen tabloda bu özellikler verilmiştir (özellikler kodlar ile indekslenmiştir).

Tablo 45. Öğretmenlerde Bilgi Üretiminin Metodolojik Özellikleri ve İlgili Akıl Yürütme Yöntemleri

Akıl Yürütme Yöntemi	Metodolojik Özellikler	
A priorileri sunmaya yönelik *Tümdengelim*	ÖD1$_1$	*Tümdengelimi, formel bir yapıda ve yoğun bir şekilde kullanma*
	ÖD1$_2$	*Tümdengelimi, kendi öncüllerden daha üst düzey bazı temel öncüller/temel ilkelerden yapma veya temellendirme*
	ÖD1$_3$	*Tümdengelimi, bu üst düzey bilgileri örneklendirmek veya genişletmek amacı ile kullanılma*
A priorileri doğrulamaya yönelik *Tümevarım*	ÖD1$_4$	*Tümevarımı formel bir yapıda bazı durumlarda kullanma*
	ÖD1$_5$	*Tümevarımı, kendi sonuçlarından daha üst düzey bazı ön kabullere dayalı yapma*
	ÖD1$_6$	*Tümevarımı, doğrudan veya tümdengelimle verilen bazı genel bilgileri tekrar elde etmek amacı ile kullanma*

Tablo 46. Öğrencilerde Bilgi Üretiminin Metodolojik Özellikleri ve İlgili Akıl Yürütme Yöntemi

Akıl Yürütme Yöntemi	Metodolojik Özellikler	
A priorileri tekrar ve doğrulamaya yönelik *Tümdengelim*	ÖD2$_1$	*Tümdengelimi formel bir yapıda kullanma*
	ÖD2$_2$	*Tümdengelimi, genel bilgiler üzerinden yapma*
	ÖD2$_3$	*Tümdengelimi, öğretmenlerden sağlanan öncüllerden (temel öncül/ temel ilke) yapma*
	ÖD2$_4$	*Tümdengelimi, öğretmenlerin temel öncül/ temel ilkelerini benimseme veya tekrar etmek amacı ile kullanma*
	ÖD2$_5$	*Tümdengelimi öğretmen yönlendirmeleri ile oluşturma*

Bu özelliklere göre sınıf ortamında; öğretmen söylemlerinin şekillendirdiği a priori benimsenen bilgilerden yapılan tümdengelim ve bu tümdengelimi farklı bir şekilde doğrulamak için yapılan tümevarımlara dayalı bir *metodoloji* söz konusudur. Bu metodolojide söz konusu a priorileri benimseme sürecinde olan ve bunlardan tümdengelim yapan öğrencilerin de katkısı vardır. Başka bir ifade ile bilgi üretiminin metodolojik yapısı genel olarak; *ortak öncüllerden yapılan tümdengelimsel bir sürece dayandığı söylenebilir.*

Ortaya çıkan metodoloji, temelini oluşturan akıl yürütme yöntemlerine yönelik başlıklar altında tartışılabilir.

5.1.1. Tümdengelim

Periyodik sistemin öğretiminde bilgi üretiminin tümdengelime dayalı metodolojik özellikleri üzerine bazı savlar geliştirmek ve tartışmak mümkündür.

Tümdengelim ve Bilimsel Bilgi Üretimi

Sav1. *Tümdengelim bilimsel epistemoloji açısından, bilimsel bilgi üretiminde uygun bir yöntem değildir.*

Tümdengelime mantıkta fazlası ile önem verilir, çünkü mantıksal olarak en geçerli akıl yürütme yöntemi tümdengelimdir (Çüçen, 2006; Emiroğlu,2007; Sprenger, 2011; Musgavre, 2009). Mantığın temel yaklaşımında bilgiler, önermeler ve önermeler arası uygun ilişkiler açısından ele alınır. Mantıkta elde edilen sonucun bilgi nesnesi ile ilişkisinden çok, öncüller ve sonuç arasındaki ilişkinin uygun kurulması önemlidir (Çüçen, 2006). Bunu en iyi sağlayan yöntem ise tümdengelimdir (Musgavre, 2009).

Matematiksel sistemlerde de tümdengelimin önemli bir yeri vardır, nitekim matematikte doğru olduğu varsayılan bir takım temel öncüller söz konusudur. Bunlara postulatlar veya aksiyomlar adı verilir (Yıldırım, 2010: 15). Postulatların doğruluğu ve yanlışlığını tartışmak çoğu kez anlamsızdır. Çünkü kurulacak sistem (teorem gibi) bu

temel öncüllerin üzerinde yükselir. Matematikte yapılan bu temel öncüllerin ispatıdır, başka bir ifade ile postulatlar doğru ise teorem de doğrudur. Bu tümdengelim mantığıdır, nitekim matematik yöntem ve sonuçları bakımından fen bilimlerinden çok mantığa yakındır(s.14).

Fen bilimleri açısından bakıldığında bulgularda ortaya çıkan yapısı itibari ile formel bir tümdengelim kabul edilebilir bir yöntem değildir. Bu birkaç ana açıdan problemli bir yöntemdir.

İlk olarak tümdengelimde öncüller doğru olmasa da çıkarım tutarlı olabilir, ancak sonuç yanlış olabilir (Çüçen, 2006; Emiroğlu, 2007). Başka bir ifade ile tümdengelimden doğru bilgiler elde etmek için öncüllerin doğru olması veya kabul edilmesi gerekir. Bu noktada *öncüllerin doğruluğunun kriterleri devreye girer*, bu da *tümdengelime epistemolojik açıdan bakmayı* gerekli kılar. Nitekim epistemolojide bilginin doğruluğu önemli bir problem alanıdır (Cevizci, 2010; Çüçen, 2009). Tümdengelime bu açıdan bakıldığında ise farklı bir manzara görmek mümkündür. Tümdengelimin bilimsel anlamda benimsenmesindeki en büyük engel, bilimde kendisinden kusursuz bir tümdengelim yapılabilecek kesin bir bilginin (öncülün) imkânının sorunlu bir konu olmasıdır. Böylesi bir bilgi *analitik a apriori* olabilir. Bilimsel bilgiler ise doğaları gereği *sentetiktir aposteriori* bilgilerdir (Kütük, 2005). Bu tür bilgilerin kesin olarak doğru kabul edilmeleri bir tarafa, doğrulanmaları bile mantıksal açıdan mümkün değildir, ancak olgusal olarak belirli bir dereceye kadar desteklenebilir (Popper, 1934/2003). Bu açıdan fen bilimlerinde formel tümdengelimde öncül olarak kullanılabilecek bilimsel önerme bulmak mümkün görünmemektedir. Nitekim Bacon'un Aritotelesci geleneğin tümdengelimci bilim anlayışına yönelik temel eleştirisinin altında yatan nedenlerden birisi bu noktaya ilişkindir (Bacon,1620/1999).

İkinci olarak diğer bir sorun tümdengelim ile üretilen bilgilerin niteliğine ilişkindir. Tümdengelimde elde edilen sonucu öncüller belirlediği için, öncüllerin doğruluğu tutarlı bir tümdengelimin mantıksal olarak geçerliğini belirler, ama bilimsel anlamda geçerliliğini garanti etmeyebilir. Çünkü bilimde doğru olduğu kabul edilmiş bir bilgiden yapılan bir tümdengelimle elde edilse bile, üretilen bilginin *olgusal olarak sınanabilir* olması gerekir (Popper, 1934/2003) ve belki de sınana kadar da geçerliliği hakkında bir hüküm vermek doğru olmaya bilir (Yıldırım, 2008). Özellikle fen

bilimlerinde en fazla kabul gören doğruluk kuramı olan *uygunluk* ve hatta bir diğeri *tutarlılık* gereğince üretilen bilginin bilgi nesnesini karşılık gelen *olgu ile ilişkisi* önemlidir. Ayrıca bilimsel bilgiyi diğer bilgilerden ayıran önemli özellik de bu ilişkidir.

Diğer bir nokta ise formal tümdengelimin üretken bir yöntem olup olmadığı ile ilgilidir. Genel anlamda epistemolojik açıdan tümdengelim yeni bilgi vermez, çünkü sonuç öncüllerde gizlidir (Peirce, 1957). Başka bir ifade ile tümdengelim çoğukez bir totolojidir. Bu öncüllerin sonucu içermesi anlamına gelir. Bu nedenle tümdengelim bir tekrar aracıdır. Tümdengelim akıl yürütmenin yeni bilgiler üretmesi, ancak öncüllerin kapsamında olan durumlar ile sınırlıdır. Aksi halde bu kapsamın dışında bulunan durumlara tümdengelimle ulaşmak mümkün görünmemektedir.

Tümdengelim ve Periyodik Sistem

Sav2. *Tümdengelimin yapı olarak periyodik sistemde problemsiz kullanımı mümkün değildir. Kullanılan hali ile tümdengelim mantıksal olarak tutarlı bir görünüme sahip olmasına rağmen geçersiz sonuçları içinde barındırır.*

Bu genel çerçeveden bulgulara bakıldığında birçok açıdan tümdengelimin konu açısından kullanışsız bir akıl yürütme yöntemi olduğu hemen fark edilebilir ($ÖD1_1$ ve $ÖD2_1$). İlk olarak periyodik sistemin öğretiminde kullanılan öncüllerin çoğu sentetik nitelikli genelleme şeklindedir. Bu hali ile genellemelerden yapılan formel bir tümdengelim bilimsel olması mümkün görünmemektedir. Çünkü genellemeler tümdengelimin kusursuz yapılabileceği bilgiler değildir. Söz konusu özellik için her zaman genellemenin dışında kalan elementler olabilir ve bunlardan yapılan tümdengelimde *geçersiz sonuçlar* her zaman mümkündür. Özellikle periyodik özellikler, grup özelliklerini veya periyodik sistemin yapısına ilişkin bazı genel bilgiler bu açıdan, kendilerinden tam anlamı ile tümdengelim ile bilgi üretilebileceği niteliklerden yoksundur. Örneğin; *"elektronegatiflik soldan sağa doğru gidildikçe… artar"* öncülü genel geçer bir bilgi değildir, bu öncülden yapılacak *tümdengelimin anomalileri kapsaması* büyük bir olasılıktır. Nitekim periyodik sistemde bu tür anomoliler oldukça fazladır.

Bilimde yüksek geçerliliğe sahip bilgilerde vardır, yasalar gibi. Ancak periyodik özellikler ve grup özellikleri veya periyodik sistemin genel yapısında ilişkin bilgiler birer yasa değillerdir. Bu değişimlerin ortaya çıkmasına neden olarak ifade edilen periyodik yasanın da kimyasal yasaların kendine has özelliğini yansıtan tipik bir örnek olarak, *yaklaşık bir yasa* veya *yasamsı* olduğu ifade edilmektedir (Scerri, 2007a). Bu açıdan periyodik özellikler gibi genellemeler bir yana periyodik yasa olarak ifade edilen bilgiden dahi tümdengelim yapılması mümkün değildir. Nitekim periyodik yasanın temelini oluşturan periyodiklik emprik verilere göre belirli bir oranda düzenli olmadığı gibi özelliklerin değişimide de anomali durumlar söz konusudur. Buna ragmen bulgularda birçok genellemenin bir takım ilke veya postulatlara dönüştürüldüğü (*temel öncül ve temel ilke*) ve bu bilgilerin yasalar gibi kullanıldığı ve kabul edildiği ($ÖD1_2$ ve $ÖD2_3$) hem gözlem hem de görüşme sonuçlardan açıkça görülmektedir. Ancak bu olgusal olarak kabul edilebilir değildir.

Ayrıca ikinci olarak, öncüllere bağlı elde edilen *sonuçların olgusal karşılıkları* bir sıkıntı oluşturmaktadır. Örneğin benzerlik temelli yapılan birçok grup özelliğinden tümdengelim mantıksal olarak tutarlı olamasın rağmen bu açıdan geçersizdir. Örneğin bulgularda temel bir öncül olarak karşılaşılan bir bilgiyi ifade eden; *"aynı gruptakiler benzer özellik gösterirler"* önermesinden yapılan formel bir tümdengelimde sonuç; grubun her hangi bir üyesinin diğerleri ile özelliklerinin az ya da çok benzer olması gerektiğidir. Ancak anomaliler ve benzemezliklere ilişkin olgusal veriler, benzerlik noktasında farklı ilişkiler (Rayner-Canham ve Overton, 2002; Ostrovsky, 2001; Laing, 2001; Scerri, 2007a) ve elementlerin kimyasal, fiziksel özelliklerindeki benzerlikler üzerinden yapılan küme analizleri (Restrepo ve Pachón, 2007) elementlerin periyodik sistemde oluşturdukları grupların çoğunlukla benzer özellik göstermediği, *benzerlik temel alınırsa farklı grupların oluştuğu*nu göstermektedir. Buna rağmen periyodik sistemdeki gruplar için sınıf ortamında kullanılan yukarıdaki genelleme kabul edilse bile, bulgularda kabul edilebilirlik sınırını aşanlar da vardır. Örneğin yapılacak her tümdengelimde yanlış bir sonuç verecek nitelikte olan; *"oksijenle ile aynı tür oksit oluştururlar…"* şeklinde *1.grup* için kullanılan bu öncül gibi bilgiler de söz konusudur.

Üçüncü ve önemli bir nokta olarak, öncelik verilen bazı genel bilgilerin (temel öncüller vb) temel alındığı ve genel bilgiler arasında kurulan ve sıkça kullanılan kıyas

şeklindeki tümdengelimlerde (*iç çıkarım*) görülmektedir. Böylesi bir tümdengelim zincirinde her bir genel önerme başka bir tümdengelimde öncül olarak kullanılabilir niteliktedir. Bu açıdan temel alınan öncül de yukarıda bahsedilen epistemolojik sıkıntılar olduğunda kıyasta geçen her bir önermeden yapılan başka tümdengelimlerde de bu sıkıntılar baş gösterecektir. Örneğin atom yarıçapının değişimi baz alınarak aşağıda oluşturulan çıkarım böylesi bir çıkarımdır;

…"*gruptan aşağıya doğru inildikçe atom çapı artar, elektronegatiflik de tabii ki azalır. Elektronegatifliğin azalması hidroksit iyonunun kolay kopması anlamına geliyor. Kolay kopuyorsa o maddenin bazik özelliği de artıyor"*

Çıkarımında her bir genel ifade ayrı bir öncül olarak bulgularda tanımlandığı üzere kullanılabilir. Her öncülün yukarıda tanımlanan epistemolojik riskleri taşıma olasılığı vardır. Bunlar bu önermelerden yapılan tümdengelimlerde tekil önermelere yansıdığı görülmekte ve ileriye yönelik çıkarımlarda da ortaya çıkması muhtemeldir.

Bu genel çerçeveden bakıldığında ise periyodik sistem; ne temel öncül veya temel ilkelerden ne de genel anlamda periyodik yasadan ve bunlara bağlı genel bilgilerden formel yapıda bir tümdengelime müsaade eden aksiyomatik bir sistem değildir.

Tümdengelim ve Hipotetik-Dedüktif Yöntem

Sav3. *Bilimde kuramsal ve çoğunlukla genelleme niteliğindeki bilgilerin test edilmesi sürecinde (doğrulmama bağlamı) benimsenen geçerli yöntem tümdengelim değil hipotetik-dedüktif yöntemdir.*

Bilimsel metodoloji üzerinde yapılan tartışmalarda ortaya konan önemli bir ayrım olarak; *bulma* ve *doğrulama* bağlamları (Reichenbach, 1951/2006) dikkat çekmektedir Bulma bağlamı bilimsel bir bilgiye ulaşma sürecini, doğrulama bağlamı ise elde edilen bilgiyi sınama sürecini ifade eder. Açıklama gücü olan bilimsel kuramsal bilgilere ilişkin bulma bağlamı retrodüktif doğrulama bağlamı ise hipotetik-dedüktif dayalı bir süreçtir (Hanson, 1958).

Hipotetik-dedüktif yöntemin mantıkta, tümel nitelikteki olgusal içerikli önermeleri, eksik tümevarıma başvurmadan denetlemeye yarayan bir yöntem türü olarak ifade edilmektedir (Çüçen, 2006). Başka bir ifade ile genel nitelikli bilimsel bilgileri, tekil olguları açıklamada kullanılmasına imkân veren bir yöntemdir (Musagavre, 2009).

Hipotetik- dedüktif yöntemin yapısı şu şekilde gösterilebilir;

Q: Doğrulanmış veya doğruluğu bilinen bir gözlem önermesi (olgu)

P: Hipotez önermesi (test edilecek hipotez)

S: Sonuç önermesi

Sembolik olarak ifade: *Q' dur ve eğer P' doğru ise, o halde S'dir.*

Hipotetik-dedüktif yönteme dayalı bilgi üretimine ilişkin iki farklı yorumundan bahsetmek mümkündür. Bunlardan ilki, bir hipotezi test etmek amacı ile bilinen durumlara giderek kontrol edilebilir veya denenebilir bir bilgi üretmek (Popper, 1934/2003), diğeri ise hipotezi doğrulmak veya elde etmek için bilinen durumlardan yola çıkarak kontrol edilebilir veya denenebilir bir bilgi üretmek (Reihenbach, 1951/2006; 1978).

Bu iki yaklaşımda mantıksal açıdan tümdengelimseldir (dedüktif)dir. Her ikisinde de üretilen bilgiler genel hipotezden elde edilmektedir. Ancak açıklama süreci farklıdır. Popper'in yaklaşımından bakıldığında, hipotez öncelikle verilip ardından test edilebilecek bir örnek bilgisi üretilir. Popper'e göre bir hipotezi test etme ölçütü tekil bir durum bilgisidir (Popper, 1934/2003). Bu süreç ise tümdengelimseldir. Reichenbach'ın yaklaşımından bakıldığında ise örneklerden yola çıkılarak söz konusu hipotezin elde edilip edilmeyeceğine bakılır veya başka bir ifade ile doğrulanır. Bu ise tümevarımsal bir süreçtir. Nitekim Reichenbach tarafından bu süreç Açıklayıcı-tümevarım (Demonstratif-indüksiyon) olarak da isimlendirilmektedir (Reichenbach, 1951/2006; 1978). Süreçlerin farklılığı felsefecilerin bilimsel bilginin ölçütüne getirdikleri yaklaşımlarda gizlidir. Popper'e göre bu süreçte amaç *yanlışlama,* Reicehenbach'a göre *doğrulama veya olasılıkla doğrulamadır.* Her iki yaklaşımın ortak yanı, ilk olarak

hipotezden elde edilen bilginin bir tekil bir duruma/ bir örneğe ilişkin olması, ikinci olarak ise söz konusu açıklayıcı genel bir bilgi olan hipotezin ifade biçiminin koşullu birleşik bir önerme şeklinde veya ona uygun olmasıdır. Bu hipotezi denemek veya doğrulamak için başvurulan durumun bilinen özelliği ile hipotezden çıkarılacak diğer özelliğin arasındaki ilişkinin kurulabilmesi bakımından gereklidir.

Genel çerçeveden bakıldığında, *Hipotetik- dedüktif yöntemde, bir hipoteze dayanarak, bir durumun bilinen bir özelliğinden yola çıkarak başka bir özelliğini hakkında denenebilir bir bilgi üretimi söz konusudur.* Bu şekilde bakış açısına göre emprik işlemler veya emprik verilerle karşılaştırma sonrasında sonuç olumlu ise; ya hipotez doğrulanmış veya desteklenmiş, ya da test edilmiş olur.

Bulgulardan yola çıkarak, bilimsel düşünmenin önemli olduğu öğretim ortamında kullanılan söz konusu tümdengelime bu açıdan bakıldığında ise doğrulama bağlamında kullanılan hipotetik-dedüktif yöntemden bariz bir şekilde farklı olduğu görülmektedir. Bu farklılık bir durum çerçevesinde akıl yürütmelere dayalı bilgi üretiminin biçimsel yapısını ortaya koymak için tanımlanan *tümdengelimsel süreçler* ile hipotetik-dedüktif bir sürecin karşılaştırılması ile daha açık hale gelebilir.

Doğrulama bağlamında tümdengelimsel süreçler ve hipotetik-dedüksiyon ilişkisi. Hipotetik-dedüktif sürecin, bulgularda ortaya çıkan *tanımlama süreçleri* ile karşılaştırması söz konusu değildir, çünkü bu süreçlerde belirli bir özelliğin genellenmesi veya örneklendirilmesi yapılmaktadır. Yani yapı hipotetik-dedüktif yöntemden bariz olarak farklı ve tamamen formeldir. Bu kalıplarda hipotez niteliğinde bilgiler söz konusu değildir. Hipotetik-dedüktif yöntem ise iki özellik arasında ilişkiyi açıklayan bir hipotez üzerine kuruludur. Bu nedenle karşılaştırma, iki veya daha fazla özellik arasında ilişkiye yönelik iç çıkarımların bulunduğu *açıklama süreçleri* üzerinden yapılacaktır.

Örnek Hipotetik-dedükif Çıkarım: Hipotetik-dedüktif yönteme ilişkin örnek bir çıkarımı şu şekilde vermek mümkündür;

Öncül (Q) : Na'un yarıçapı, K' dan küçüktür

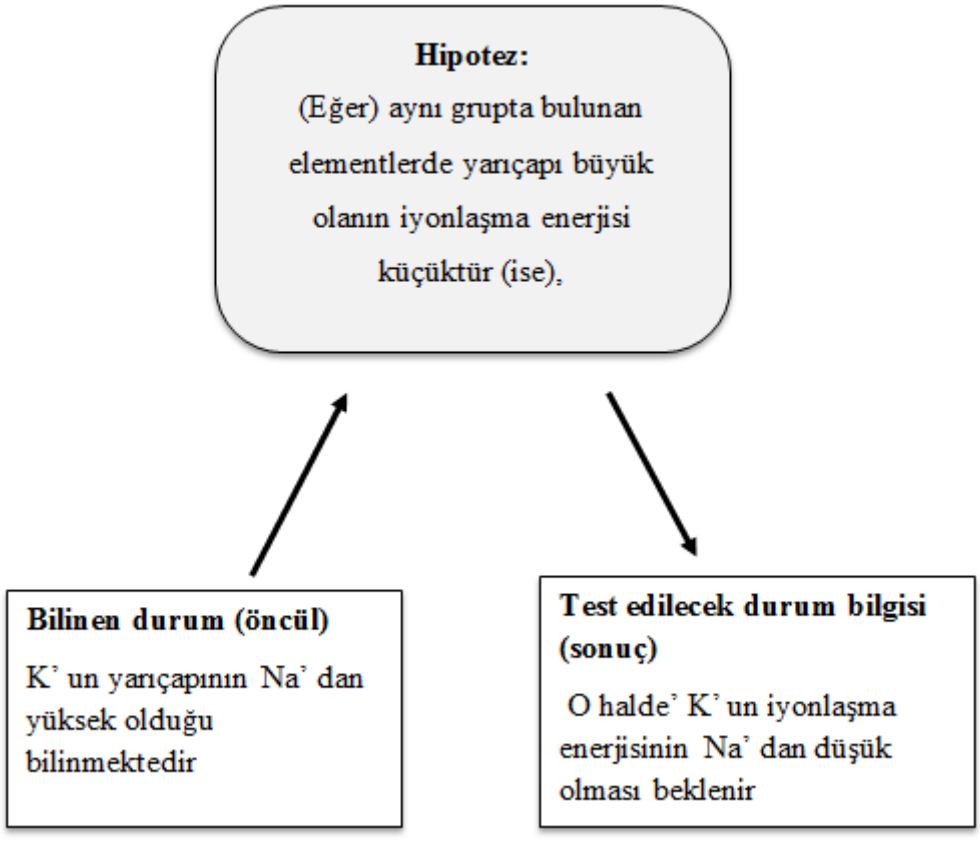
Hipotez (P) : Aynı grupta bulunan elementlerde yarıçapı büyük olanın iyonlaşma enerjisi küçüktür

Sonuç (S) : K' un iyonlaşma enerjisinin Na' dan düşüktür. (*Bu sonuç kontrol edilmelidir veya sınanmalıdır*)

Sembolik olarak ifade: Q' dur ve eğer P' doğru ise, o halde S'dir.

Çıkarım bir söylem halinde şu şekilde ifade edilebilir*; "K' un yarıçapının Na' dan yüksek olduğu bilinmektedir Eğer aynı grupta bulunan elementlerde yarıçapı büyük olanın iyonlaşma enerjisi küçük ise, o halde' K' un iyonlaşma enerjisinin Na' dan düşük olması beklenir"*

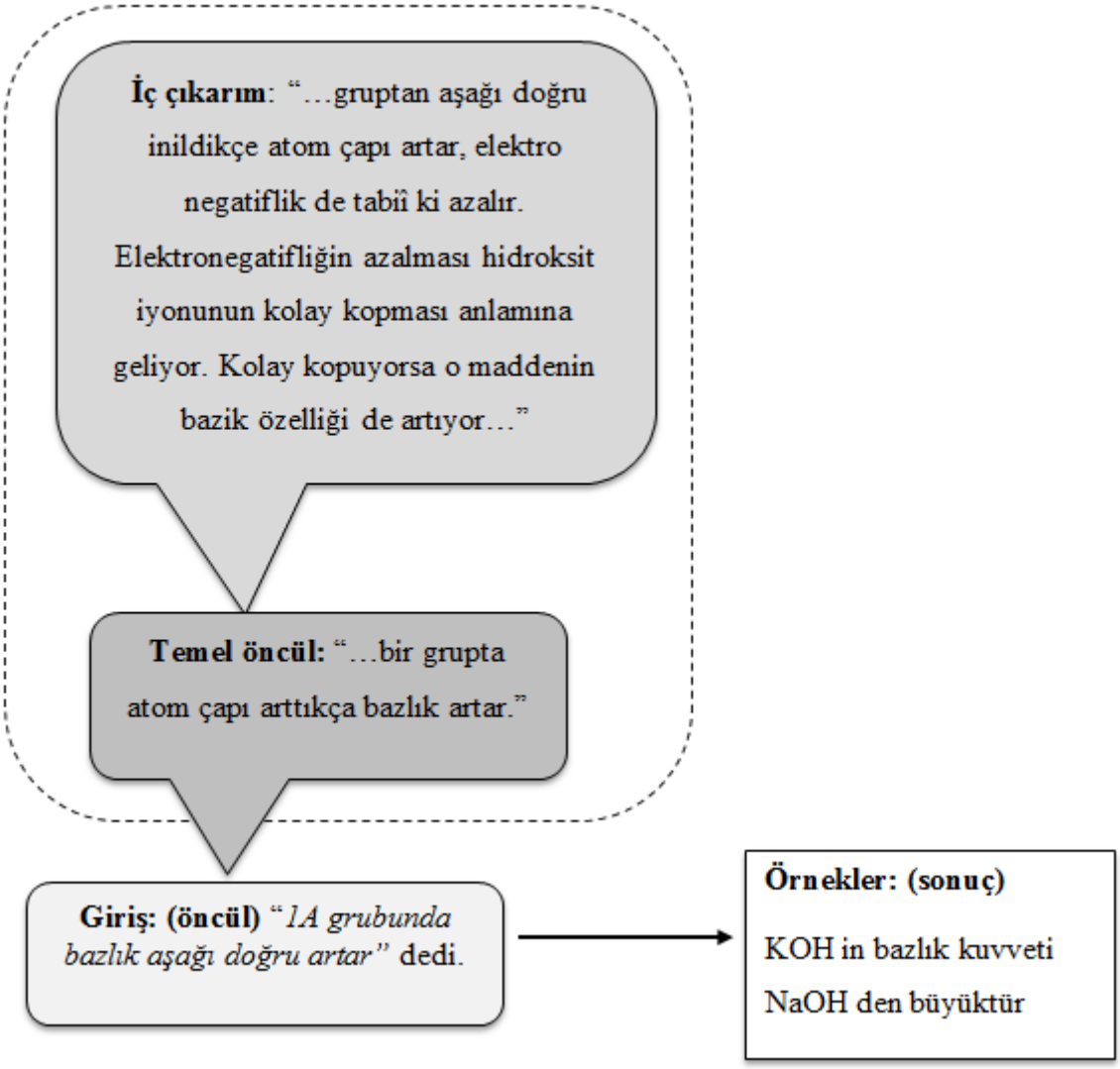
Bu çıkarım aşağıdaki modelle de gösterilebilir;



Şekil 13. Hipotetik - Dedüktif Süreç

Bu kalıbı tümdengelimsel açıklama süreçleri ile karşılaştırmak mümkündür. Aşağıda böylesi bir süreç verilmiştir;

D1A$_5$:[… Bazik özellik... Öğretmen; "*1A grubunda bazlık aşağı doğru artar"* dedi. Ardından; " gruptan aşağı doğru inildikçe atom çapı artar, elektro negatiflik de tabiî ki azalır. Elektronegatifliğin azalması hidroksit iyonunun kolay kopması anlamına geliyor. Kolay kopuyorsa o maddenin bazik özelliği de artıyor." Dedikten sonra; Na ve K örneklerini verdi…]



Şekil 14. Tümdengelimsel Açıklama Süreci

Hipotetik-dedüktif kalıpta test edilecek genel bilgi (hipotez) söz konusudur. Tümdengelimsel açıklama kalıbında ise bu nitelikteki bilgiler; *iç çıkarım* ve *giriş bilgileri*dir. Bu bilgilerin farklı sıralamalara göre kullanılmasına ilişkin bulgulardan yola çıkıldığında; tümdengelimsel açıklama sürecinde temelde test edilecek belirli bir hipotez olmamakla birlikte bu bilgilerin test edilecek hipotezler olarak ele alınması durumunda iki durum söz konusu olur;

İlk olarak test edilecek bilgi *giriş bilgisi* olarak ele alınırsa; hipotetik dedüktif kalıpta bulunan, bilinen durumlara ilişkin bir bilgiden söz etmek mümkün değildir. Bu durumda *iç çıkarım* ve dayandığı *temel öncül* bilinen bilgi olarak kabul edilmelidir. Bu durumda ise bu süreç salt tümdengelimseldir.

İkinci olarak test edilecek bilgiler iç çıkarım oluşturulan önermeler veya temel öncül olarak ele alınırsa, bu duruma bilinen durumlara ilişkin bilgi; giriş bilgisi olur. Bu ise tekil bir durum bilgisi değil, bir genelleme şeklinde olduğundan kalıba uygun değildir. Bu açıdan ulaşılan sonuç bilgisi nitelik olarak bu genellemeden de elde edilebilir, çünkü aynı özelliği ifade etmektedir. Bu durumda ise süreç yine tümdengelimseldir. Sadece sırlama değişmiştir.

Ayrıca test edilecek iç çıkarım bütüncül olarak hipotezler olarak alınırsa, bu durumda çıkarımı oluşturan her önermenin hipotezin olarak ayrı ayrı denemesi gerekir.

Yukarıdaki alıntı bu açıdan analiz edildiğinde iç çıkarımın hipotez olarak;

- ***Hipotez1.*** *Bir grupta atom yarıçapının büyüdüğü yönde, elektronegatiflik azalır*
- ***Hipotez2****.Elektronegatiflik azalırsa hidroksit iyonu kolay kopar*
- ***Hipotez3****. Hidroksit iyonu kolay kopan bileşiklerin bazlık kuvveti de artar*,

Şeklinde farklı hipoteze ayrılabilir. Hipotetik-dedüktif yönteme göre her hipotezin ayrı ayrı sınanabilir.

Buna bağlı olarak oluşturulacak söylem bir birine bağlantılı şekilde üç basamakta oluşturulabilir;

- **1. Basamak**
    1. *K'un yarıçapı Na'dan büyüktür.*
    2. *Bir grupta atom yarıçapının büyüdüğü yönde, elektronegatiflik azalır*
    3. O' halde K'un elektronegatifliği daha azdır (olgusal verilerle karşılaştırma)
- **2. Basamak**
    4. *Elektronegatiflik azalırsa hidroksit iyonu kolay kopar*
    5. O' halde KOH'de hidroksit NaOH' den daha kolay kopar
- **3. Basamak**
    6. *Hidroksit iyonu kolay kopan bileşiklerin bazlık kuvveti de artar*,
    7. O' halde KOH, NaOH' den daha kuvvetli bir bazdır. (olgusal verilerle karşılaştırma)

Görüldüğü üzere söylemin şekli oldukça değişmektedir. Alıntıda ise, örneklendirilecek genelleme ve söz konusu üç hipotezden oluşan nedensel bir bağlantı ile oluşturulmuş bir iç çıkarım ifade edilmekte ve sonrasında *başlangıçta verilen genellemenin örneklendirmesi yapılmaktadır*. İki bilgi üretimi arasındaki en temel fark hipotetik- dedüktif yönteme göre yeniden yapılandırılan söylemde iç çıkarımın olmaması ve hipotezlerin örneklerle ilişkisinin sürekli kurulmasıdır.

Ayrıca alıntıda iç çıkarım oldukça genel ve yüksek geçerli bir temel önermeye dayandırabilecek şekilde oluşturulmaktadır. Bu nedenle hipotetik-dedüktif yöntemden farklı ve tamamen tümdengelimseldir. Söylemin hipotetik-dedüktif yönteme göre verilen düzenlemesinde ise her basamak kendi içerisinde farklı bir bilgi üretimine sahiptir ve toplu halde bir önermeye indirgenmesi veya çok genel bir nedensel ilişkiyi ifade eden bir temel öncüle dayandırılması daha zor görünmektedir.

Kısacası tümdengelimsel süreçte *iç çıkarım* ve *giriş bilgisi* bir bütün olarak genel bir öncül oluşturmakta ardında bu öncül tümdengelimle doğrulanmaktadır. *Eğer bilinen durumlar genel ise veya başka bir ifade ile bilinen özellik tekil değil bir tümel önerme ile ifade edilirse hipotetik-dedüktif yöntem tümdengelime dönüşür.*

Karşılaştırma sonrasında yapısal olarak temel farklılıklar şu şekilde gösterilebilir;

Tablo 47. Hipotetik-Dedüktif Süreç İle Tümdengelimsel Açıklama Sürecinin Karşılaştırılması

Hipotetik-Dedüktif Süreç	**Tümdengelimsel Açıklama Süreci**
Giriş bir örnek (tekil) durum bilgisi ile başlamaktadır	Giriş bir genelleme ile başlamaktadır
Giriş bilgisinde ifade edilen özellikle sonuç bilgisinde ifade edilen özellikler birbirinden farklıdır	Giriş ve sonuç bilgisi aynı özelliklere ilişkindir.
Elde edilen sonuç hipotezi test etmek için kullanılır ve mutlak değildir.	Elde edilen sonuçta giriş genellemesi doğrulanmış olur
Test edilecek hipotez giriş ve sonucu birbirine bağlayacak şekilde oluşturulur	Hipoteze karşılık gelen iç çıkarım süreci ve dayandığı temel öncül giriş genellemesine temel oluşturan bir biçimde oluşturulur
Sonuç ve hipotez koşullu ve yanlışlanabilir şekilde ifade edilir	İç çıkarım ve sonuç genel geçer biçimlerde ifade edilir

Bu genel çerçeveden bakıldığında; tümdengelimsel kalıplar ile oluşturulan bilgi üretme süreçleri a priori nitelikli temel öncülleri temellendiren bir iç çıkarım ve bunları örneklendirmeye dayalı bir alt seviye tümdengelim ile oluşmaktadır. Başka bir ifade ile bu temel bilgileri örneklendirmeye yönelik bir etkinlik süreci haline gelmektedir.

Bu karşılaştırmada ortaya çıkan önemli bir sonuç ise, fen eğitiminde akıl yürütme yöntemlerini psikolojik açıdan ele alan çalışmalarla tanınan, Lawson tarafından bir çok çalışmada hipotetik argüman kalıbı olarak ortaya konulan (Örn. Lawson, 2000: 482) ve bir çok farklı yayında hipotetik düşünmeyi gösterdiği ifade edilen (Örn. Köseoğlu vd., 2010: 138; Ayas vd., 2007: 42); "Eğer… ve… ise… ve/ama… bu yüzden…" *(If ... and ...then…and/but…therefore…)* gibi bir kalıbın kullanıldığı genel bağlamda hipotetik olmaktan çok formel niteliğe bürünebileceğidir.

Bu ise kalıptan çok içeriğin ve bilginin genel yapıdaki durumunun önemini ortaya koymaktadır.

5.1.2. Tümevarım

Periyodik sistemin öğretiminde bilgi üretiminin tümevarıma dayalı metodolojik özellikleri üzerine bazı savlar geliştirmek ve tartışmak mümkündür.

Tümevarım ve Bilimsel Bilgi Üretimi

Sav4. *Tümevarım ile bilimsel bilgilerin doğrulanması mümkün değildir. Tümevarımın bir ön kabule dayalı yapılması ise tümdengelime dönüşmesi demektir*

Tümdengelimin söz konusu sıkıntılarından yola çıkılarak bilimde yegâne akıl yürütme yönetimi olarak Bacon (1620/1999) tarafından ortaya sürülen tümevarıma da bulgularda rastlanmıştır. Tümevarım totolojik değildir, nitekim elde edilen bilgi öncüllerden fazlasını ifade eder (Reicehnbach,1978). Bu açıdan bilimde tümevarım ile elde edilen bilginin bilimselliğine ilişkin büyük tartışmalara rağmen birçok açıdan alternatifsiz olduğu kabul edilmektedir (Sarıtaş ve Tufan, 2012). Bilimsel anlamda kullanılan eksik tümevarım mantısal açıdan geçerli bir akıl yürütme yöntemi olarak kabul edilmemektedir (Musgavre, 2009; Ermiroğlu, 2007). Mantıksal açıdan geçerli tümevarım ise *tam tümevarım*dır. Çünkü örneklerden yola çıkarak geçerli bir sonuç üretmeye izin veren tam tümevarımda deneyimlenen örnekler, sınıfı oluşturur. Bu tümevarım matematikte kullanılır. Eksik tümevarımda elde edilen bilgiler belirli bir olasılık taşır. Tam tümevarımda ise genelleme yapılacak sınıf belirlidir ve genellenen özellik sınıfın tüm üyeleri için geçerli olmalıdır (Çüçen, 2006; Demir, 2000).

Tümevarım belirli bir sınıf için bile yapılsa bu kriter karşılanmadığında genelleme olasılık taşır. Popper'in karşı çıktığı ve "psikolojik" olarak nitelendirdiği (Popper, 1934/2003) tümevarımda bu olasılık göz ardı edilir. Bu açıdan bu olasılık ifade edilmelidir. Genel anlamda şunu ifade etmek mümkündür; bilimsel bilgi üretiminde tümevarımın temel sıkıntısı, *gözlenmeyen olgular hakkında bilgi vermesi noktasında bir*

*geçersizlik problemi*nin olmasıdır. Temellendirme girişimlerinde ise tümevarım, tümdengelime dönüşmektedir.

Tümevarım ve Periyodik Sistem

Sav5. *Periyodik sistemin öğretiminde ne tam ne de eksik tümevarım kullanılabilir değildir.*

Periyodik sistemde kullanılan genel bilgiler grup veya periyot dizilişlerini oluşturan elementler içindir. O halde tümevarım tam tümevarım olabilir. Ancak sınıf ortamında söylemler çerçevesinde kullanılan genel bilgilerin niteliği bunu karşılayacak şekilde değildir. Başka bir ifade ile periyodik değişen veya grup özelliklerinin emprik değerleri, bu özelliklere ilişkin genel geçer bir bilgi üretmeye müsaade etmediği için, tam tümevarım koşulunu sağlamamaktadır. Çünkü ifade edilen bir çok özelliğin anomali durumları söz konusudur. Burada eksik tümevarımda işe yarar görünmemektedir. Bunun nedeni yapılan genellemelerin *örnekleminin belirli olması* ve *periyodik tablo üzerinde görülmesi*dir. Eksik tümevarımda gözlenen örnekler özelliğe sahiptir, ancak gözlenmeyenlerin de bu özelliğe sahip olduğu varsayılır. Ancak periyodik sistemde örnekler ve örneklerin özelliklerine ilişkin emprik verilere ulaşılabillindiği için veya daha önceden bu bilglere emprik olarak test edildiği için, örnekler gözlemlenebilirdir. Bu açıdan eksik tümevarım da periyodik sistemde kullanılabilir değildir.

Çalışmada elde edilen bulgularda ise tümevarım noktasında bu açılardan problemli bazı durumlar vardır.

İlk olarak tümevarım birkaç örnek üzerinden eksik tümevarım şeklinde yapılmakta ve sonuç tam tümevarıma uyun olarak olasılıksız ve mutlaklık içerecek şekilde ifade edilmektedir. Başka bir ifade ile tam tümevarıma uygun bir örneklem için genel geçer olmayan bir özellik, özelliğe sahip *tipik örnekler* üzerinden eksik tümevarımla genellemekte ancak *sonuç tam tümevarım sonucu gibi ifade edilmektedir*. Bunun nedeni ikinci problemli durum olarak *tümevarımın tümdengelimin doğrulayıcısı olarak kullanılmasıdır*. *Nitekim genel geçer kabul edilen öncüllerden yapılan bir*

tümdengelimin öncülü ancak tam bir tümevarımla elde edilebilir ve buna uygun bir sonuçla ifade edilebilir. Bu açıdan *tümevarım, doğrulamanın yanı sıra ayrıca tümdengelimin sağlayıcısı olarak kullanıldığı* söylenebilir. Bu durumda ise bir totoloji oluşacağı açıktır. Nitekim totoloji bilgi üretiminin epistemolojik niteliğine ilişkin bulgularda da ortaya çıkmıştır. *Bu totolojide tümevarım ile tümdengelim aynı öncül (eksen önerme) çerçevesinde yapılan ve öncülün tekrarından öteye gitmeyen bir kısır döngü oluşturmaktadırlar.*

Buna bağlı diğer bir nokta ise tümevarımın bir durum çerçevesinde ele alındığında ulaşılan sonuçtan farklı olarak bazı temel bilgilere dayalı yapılmasıdır. Bu bilgiler bulgular da tanımlandığı gibi tümdengelimde *temel ilke* veya *öncül* olarak ifade edilen, tümevarımda *ön kabul* olarak tanımlanan bilgilerdir. Bu ön kabuller bir bakıma tümevarımı bilim felsefende temellendirme (*örn.Kant'ın sentetik apriori veya Russell'in postulatları gibi)* girişimlerinde açılandığı üzere tümevarımın amacını yok etmekte ve bir tümdengelime dönüşmesine neden olmak demektir.

Gerek tümdengelimle verilen bazı öncüllerin tümevarımla bir totoloji sürecinde doğrulanması gerekse tümevarımın bazı ön kabullere dayalı yapılması, bu tür bilgilerin ifade edildiği gibi bilimsel yasalar gibi genel geçer kabul edilmesi olasılığını da artırmaktadır. Nitekim görüşmelerde periyodik sistem açısından önemli olarak ortak bir görüşle ifade edilen bilgiler ile tümevarımda ön kabul, tümdengelimde temel öncül veya ilke olan bilgiler örtüşmektedir. Bu açıdan bu tür bilgiler kendisinden kusursuz tümdengelim yapılabilecek ve tümevarıma temellendirmede kullanılabilecek nitelikteki bilgiler olarak savunulmuş olan analitikleştirilmiş *sentetik aprioriler veya akisyomatik bir sistemde postulatlar veya aksiyomlar* gibi işlev görmektedirler.

Tümevarım ve Retrodüksiyon

Sav6. *Genel bağlamda kullanılan tümevarımın bilimin buluş sürecinde (bulma bağlamında) kullanılan retrodüktif yöntemle ilişkisi yoktur.*

Bilimde açıklama gücü olan bilimsel bilgilerin (hipotezler ve teoriler gibi) elde edilmesinde *bulma bağlamı*nın temel akıl yürütme yöntemi olarak retrodüksiyon kabul

edilir (Hanson, 1958; Peirce, 1957; Ho, 1994). Retrodüksiyonun mantıksal yapısı noktasında farklı görüşler olmasında rağmen temel faktörün bir *anomali* olduğu ifade edilmektedir. Genel anlamda buluş bağlamında tümevarımsal olduğu savunan görüşler de dikkate alındığında tanımlanan tümevarımsal süreçlerin retrodüktif yöntemle karşılaştırılması çerçevesinde nasıl bir yapısı olduğu daha net ortaya konulabilir.

Hipotez oluşturma bağlamında (Bulma bağlamında) tümvarımsal süreçler ve retrodüksiyon ilişkisi. Bu yöntemde genel kabule aykırı bir duruma (bir anomali) ilişkin bir açıklayıcı hipotez oluşturma söz konusudur. Retrodüksiyona getirilen psikolojik yön göz ardı edildiğinde yapısı şu şekildedir (Hanson, 1958);

G: Beklenmeyen bir gözlemin oluşması veya bir anomali, (bu daha önceki kuramsal yapıya ters gelen bir gözlemdir)

H: Gözlemi beklenen bir durum haline getirmek için oluşturulan bir hipotez,

S: Sonuç olarak hipotezi doğru sayabiliriz, çünkü G bunu bir nedenidir.

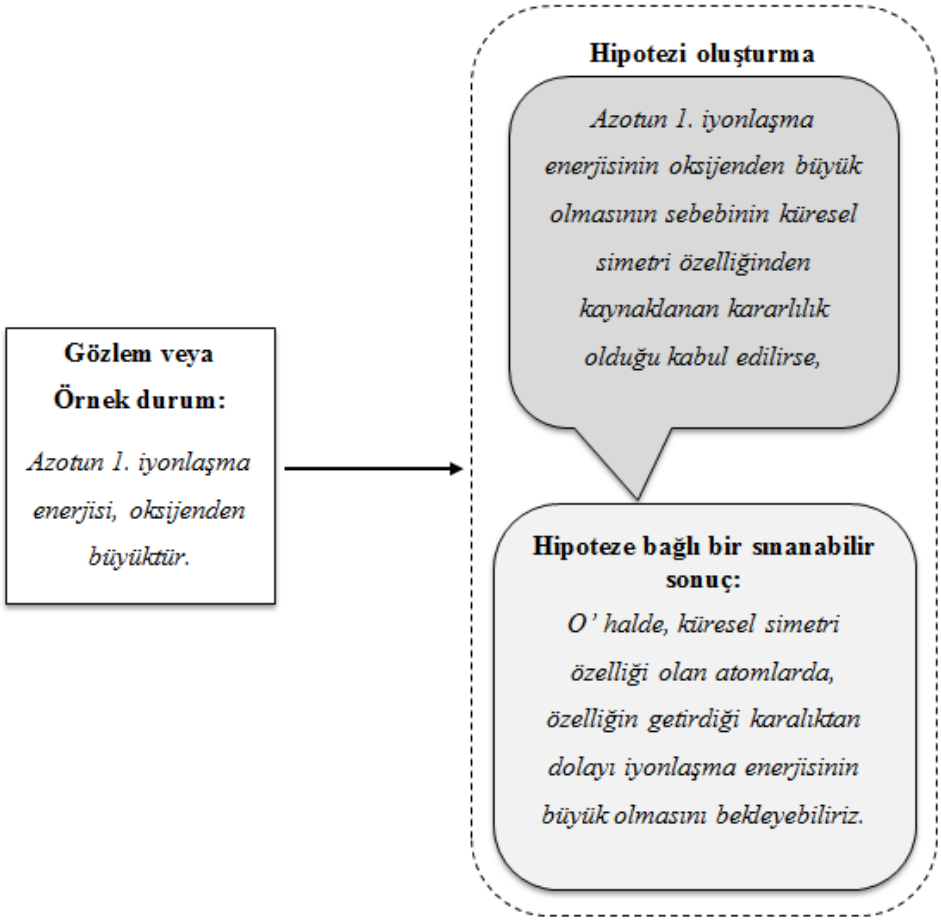
Sembolik olarak ifadesi; *G'dir ve H' kabul edilirse, G' açıklanmış olur veya beklenen bir durum haline gelir. O' halde, H' i doğru sayabiliriz.*

Retrodüktif yöntemde bir olguyu açıklayan genel bilgi olarak bir hipotez oluşturma söz konusu olduğundan, tümevarımın hem tanımlama hem de açıklama kalıpları ile karşılaştırılması mümkündür. Bu nedenle öncelikle aşağıda retrodüktif yönteme dayalı bir çıkarım tasarlanacak ve bulgulardan elde edilen tümevarımsal süreçler ile karşılaştırılacaktır.

Örnek retrodüktif çıkarım. Periyodik sistemde çok bilinen bir anomali olan iyonlaşma enerjisinin temel gruplardaki değişimindeki sapmalara ilişkin bir çıkarım oluşturmak mümkündür. Retrodüktif yöntemin kalıbı gereği çıkarım şu şekilde gösterilebilir;

- **G:** Periyodik sistemde 2. periyotta, soldan sağa giderken 1. iyonlaşma enerjisinin artması gerekirken, oksijenin 1.iyonlaşma enerjisi kendinden önceki azottan daha düşük olarak gözlenmiştir. (Anomali)
- **H:** *İyonlaşma enerjisinin büyük olması* (Azotun 1. iyonlaşma enerjisinin oksijenden büyük olmasının sebebi) *küresel simetri özelliğinden kaynaklanan kararlılıktır.*
- **S:** O' halde, küresel simetri özelliği olan atomlarda, özelliğin getirdiği karalıktan dolayı iyonlaşma enerjisinin büyük olmasını bekleyebiliriz.

Çıkarımı şu şekilde ifade etmek mümkündür; *Azotun 1. iyonlaşma enerjisi, oksijenden büyüktür. Bu durum azotun elektron dizilişindeki kararlılık ile açıklanabilir. O halde, elektron dizilişi kararlı olan atomlarda iyonlaşma enerjisinin büyük olmasını bekleyebiliriz.* Retrodüktif yönteme ilişkin bu örnek çıkarımın şu şekilde modellenmesi mümkündür;

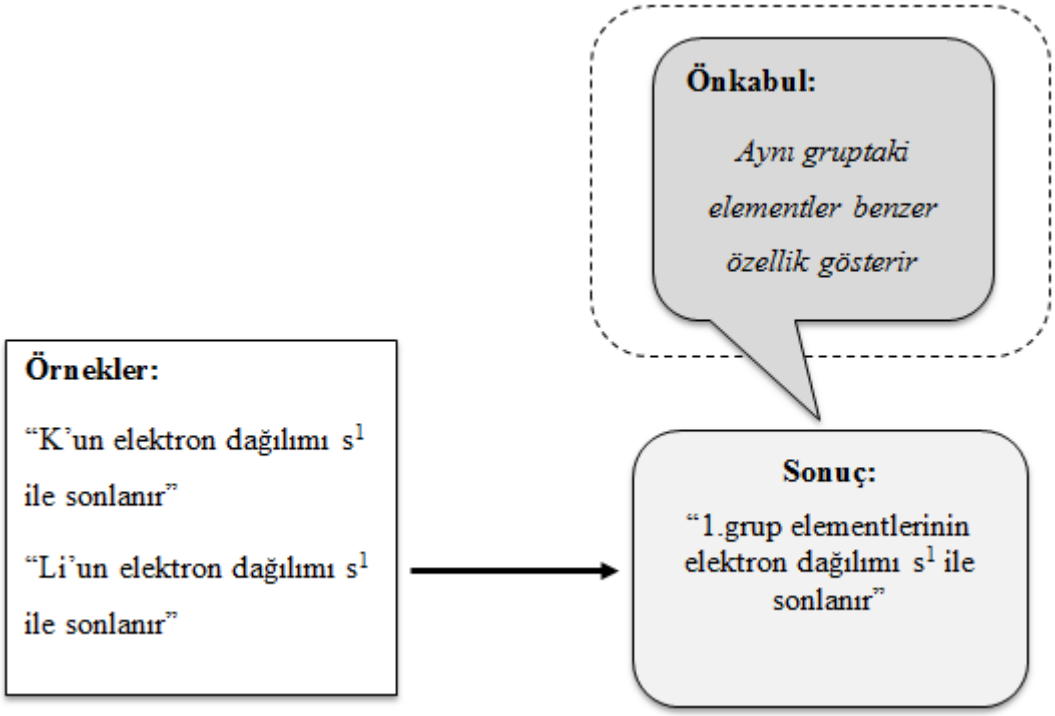


Şekil 15. Retrodüktif Süreç

Yukarıda verilen örnek aşağıda verilen tümevarımsal süreçlerle karşılaştırılabilir;

Tümevarımsal tanımlama süreci ile karşılaştırma:

D1A$_3$: [...Öğretmen örnek vererek başladı. K ve Li elementlerinin elektron dağılımlarını verdi. Bu elementlerin elektron dağılımlarının s^1 ile bittiğini söyledi. Daha sonra; *"gruptaki elementlerin elektron dağılımları s^1 ile sonlanır"* dedi…]



Şekil 16. Tümevarımsal Tanımlama Süreci

İki süreç karşılaştırıldığında bazı noktalarda farklılıklar görülmektedir.

Tablo 48. Retrodüktif Süreç ile Tümevarımsal Tanımlama Sürecinin Karşılaştırılması

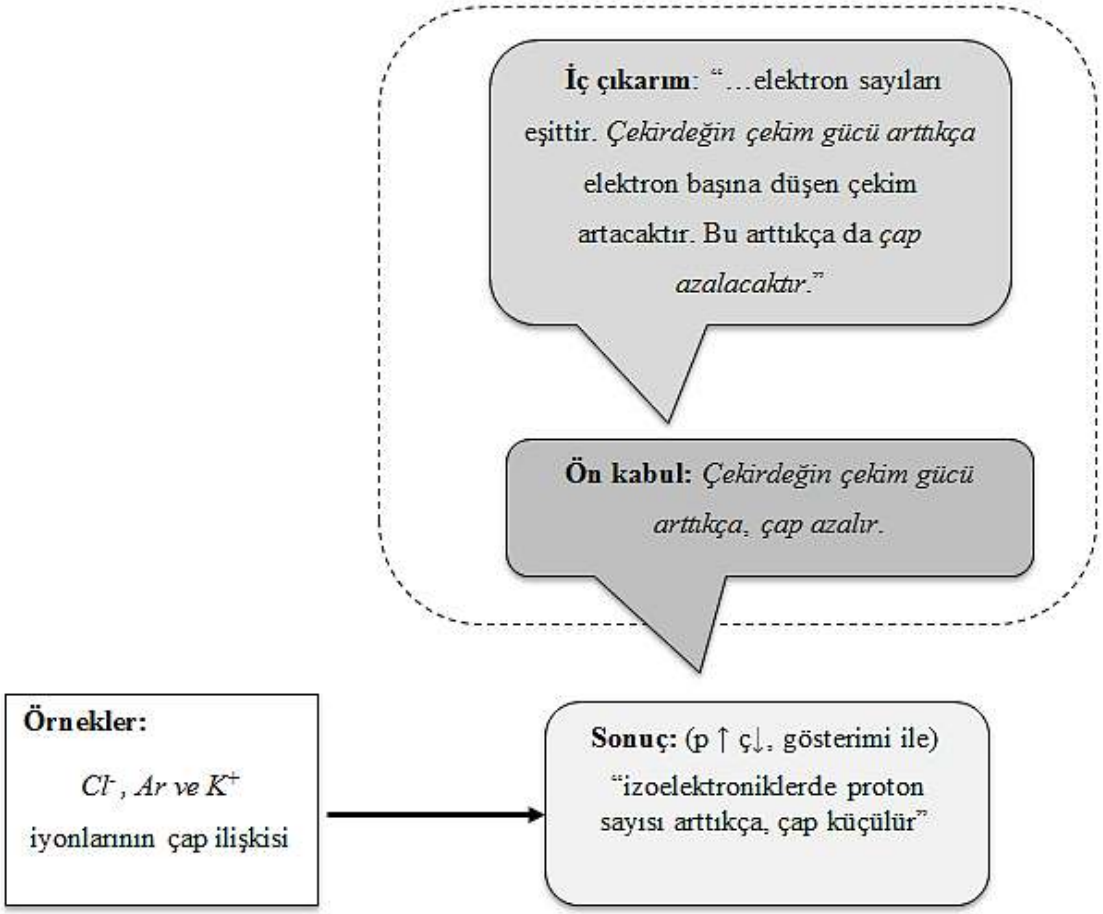
Retrodüktif Süreç	Tümevarımsal Tanımlama Süreci
Genele aykırı bir durumdan (anomali) yola çıkılmaktadır.	Geneli temsil eden örnek durumlardan yola çıkılmaktadır.
Sonuca gidilirken yeni (verilmemiş) bir hipotez oluşturulur.	Sonuca gidilirken daha önceden verilmiş ön kabul söz konusudur.
Hipotez önermesi olasılık içerir.	Ön kabul bir öncül niteliğindedir ve olasılık içermez.
Sonuçta elde edilen bilgi sınanabilir bir öneridir.	Sonuçta elde edilen bilgi yüksek geçerlik içeren bir genellemedir.
Süreç totolojik değildir ve açıklamaya yöneliktir.	Süreç ön kabülden kaynaklı olarak totolojiktir ve tanımlamaya yöneliktir.

Tümevarımsal açıklama süreci ile karşılaştırma:

Benzer bir karşılaştırmayı tümevarımsal açıklama süreçleri ile yapmak mümkündür;

D1A$_{29}$:[…iyon yarıçapı… *Cl^- , Ar ve K^+ iyonlarının* çap ilişkisi ve öğrencilerden görüşlerini sordu… Daha sonra öğretmen toparladı; "elektron sayıları eşittir. Çekirdeğin çekim gücü arttıkça elektron başına düşen çekim artacaktır. Bu arttıkça da çap azalacaktır." Daha sonra son genelmeyi verdi daha sembolik olarak; p ↑ ç↓ (gösterimi ile) "i*zoelektroniklerde proton sayısı arttıkça, çap küçülür*" dedi ve biraz önceki durumla aynı sonuca çıkıldığını ifade etti…]

Verilen alıntı aşağıdaki gibi modellenebilir;



Şekil 17. Tümevarımsal Açıklama Süreci

Tümevarımsal açıklama süreci Retrodüktif süreçle karşılaştırıldığında tümevarımsal tanımlama sürecinden (Tablo 49) farklı olarak iç çıkarım noktasında bazı farklara değinmek mümkündür.

İlk olarak retrodüktif yönteme dayalı bilgi üretiminde bir hipotez oluşturulurken, tümevarımsal sürecin iç çıkarımının niteliği bariz farklıdır. Bu süreçte öğretmenlerin bir hipotez oluşturduklarını söylemek mümkün değildir. Eğer iç çıkarım sürecine hipotez olarak oluşturma süreci olarak bakılırsa ilk engel çıkarımın bir değil birden fazla hipotezden oluşmasıdır; Örneğin yukarıda verilen alıntıda söz konusu iç çıkarım şu şekilde hipotezlere ayrılabilir;

İç çıkarım: *"...Proton sayısı arttıkça çekim gücü artar. Çekirdeğin çekim gücü arttıkça elektron başına düşen çekim artacaktır. Bu arttıkça da çap azalacaktır."*

1. ***Hipotez;*** *Proton sayısı artıkça çekirdeğin çekim gücü artar*
2. ***Hipotez;*** *Çekirdeğin çekim gücü arttıkça elektron başına düşen çekim artar*
3. ***Hipotez;*** *Bu (elektron başına düşen çekim gücü) arttıkça çap azalacaktır*

Bu üç hipotezin öncelikle süreçte örnekler üzerinden nasıl elde edildiğinin açıklanması gerekir. Bu hipotezlerin önceden örneklerle nasıl elde edildiği verilmiş olsa bile ki çoğu doğrudan örnek kullanmadan öğretmen tarafında a priori olarak verilmektedir, sürecin niteliğini değiştirmez. Bu süreçte verilen bilgiler a priori bilme niteliğinde olan bilgilerdir. Daha önceden ifade edildiği gibi tümevarımsal süreç bazı ön kabullerden yapılan bir tümdengelimdir. Bu durum aynı zamanda iç çıkarımın hipotez oluşturma bir kenara, temel bir a prioriye veya temel öncüle dayandığının da göstergesidir. Öğretmenlerin iç çıkarım sürecinin retrodüktif olarak elde edilmiş hipotezler olmamasının en önemli göstergesi anomali veya her hangi bir ortak örneklerden yapılmaması veya bazen her hangi bir örneğe dayanılmamasıdır. Bu açıklamalar ışığında şu sonuca varmak mümkündür; iç çıkarım gerek ifade biçimi gerek süreç içerinde kullanım biçimi olarak, gerekse temelde bir öncül şeklinde bir ön kabule dayanması nedeni ile şekil olarak tümevarımsal bir süreci tümdengelimsel yapmaktadır. Bu yönü ile retrodüktif yöntemin hipotez oluşturma kısmına karşılık gelmemektedir.

İkinci olarak, bilgi içeriği açısından tümevarımsal süreçlerde gerek iç çıkarımdaki bilgiler gerekse ulaşılanlar sonuçlar, uygun bir şekilde elde edilse bile bulgularda rastlandığı üzere ifade biçimleri açısından çok genel ve yüksek geçerli/mutlaklık içeren bilgilerdir. Bunların hipotez niteliği taşıması mümkün değildir ve bu bilgilerin birçoğunun sınandığı takdirde yanlışlanacağı da açıktır. Ayrıca retrodüktif yöntemde hipoteze bağlı oluşturulan sonucun sınanması (doğrulama bağlamında sınanması gerekirken) burada tümevarım için verilen örneklerden bir adım ileri gitmek söz konusu değildir.

5.2.Bilgi Üretiminin Epistemolojisi; Bilgi Üretiminde Kimyasal Bilgiler ve Periyodik Sistem

Bilgi üretimin epistemolojisi, yukarıda özellikler verilen metodolojiye bağlı olarak bilgi üretim sürecinde kullanılan bilgilerin ve periyodik sistemin durumuna ilişkindir. Bilgi üretimin epistemolojisine yönelik bulgular, *bilgi üretiminde kimyasal bilgi ve bilgi üretiminde periyodik sistem* ana temaları altında tanımlanmıştır. Bu açıdan bu epistemoloji hakkında bilgi veren sonuçlar şunlardır;

Tablo 49. Bilgi Üretiminin Epistemolojisine Yönelik Sonuçlar

Bilgi Üretiminin Epistemolojisine Yönelik Sonuçlar	
Durum1 (Öğretmenler)	Durum 2 (Öğrenciler)
$SonuçD1_{6,7,8}$	$SonuçD2_{5,6,7}$

Bu sonuçlardan yola çıkarak, bilgi üretiminde bilginin durumu ve bu durumu tanımlayan epistemolojik özellikler şu şekilde ifade edilebilir.

Tablo 50. Öğretmenlerde Bilgi Üretimin Epistemolojik Durumu ve Özellikleri

Bilginin Durumu	Epistemolojik Özellikler	
Bilginin niteliğinde değişim	$ÖD1_7$	*Genel bilgileri a priori ve analitik nitelikler yükleyerek kullanma*
	$ÖD1_8$	*Az ve tipik örneklem ile bu bilgilerin a priori ve analitik özelliklerini sağlama ve devam ettirme*
	$ÖD1_9$	*Belirli anomali durumlara değinme ve bunların genel bilgileri yanlışlamasını engellemek için ad-hoc açıklamalar getirme.*

Bilginin Durumu		Epistemolojik Özellikler
Bilgiler arası oluşan ilişkiler	$ÖD1_{10}$	*Elementlerin özellikleri arasında kurulan; nedensellik ve orantısal ilişkiler ile kimyasal bilgilere farklı boyutlarda indirgemeci yaklaşma*
	$ÖD1_{11}$	*Temel bir önerme ekseninde yapılan farklı çıkarımlar ile bilgiler arasında totoloji oluşturma.*
Periyodik sisteme yaklaşımlar	$ÖD1_{12}$	*Periyodik sistemi, öğretim sürecinde büyük ölçüde doğası gereği aksiyomatik bir sistem olarak kabul etme ve kullanma*
	$ÖD1_{13}$	*Periyodik sistemi, öğretim sürecinde pragmatik açıdan aksiyomatik bir sistem olarak kabul etme ve kullanma*
	$ÖD1_{14}$	*Periyodik sistemi, öğrenciler açısından yaklaşık ve tahmini bilgilerin üretimine imkân veren bir araç olarak görme*

Tablo 51. Öğrencilerde Bilgi Üretiminin Epistemolojik Durumu ve Özellikleri

Bilginin Durumu		Epistemolojik Özellikler
Bilginin niteliğinde değişim	$ÖD2_6$	*Genel bilgileri a priori ve analitik nitelikte benimseyerek yönlendirme ile kullanma*
	$ÖD2_7$	*Sadece genel bilgiler ile söylem oluşturma, örnekleri kullanmama*
	$ÖD2_8$	*Belirli anomali durumları bilme ve bunları kurallaştırma, ancak söylemlerde anomali durumlara değinmeme*
Bilgiler arası oluşan ilişkiler	$ÖD2_9$	*Elementlerin özellikleri arasında kurulan; nedensellik ve orantısal ilişkiler ile kimyasal bilgilere farklı boyutlarda indirgemeci yaklaşma*
Periyodik sisteme yaklaşımlar	$ÖD2_{10}$	*Periyodik sistemi, öğretim sürecinde büyük ölçüde doğası gereği aksiyomatik bir sistem olarak kabul etme ve kullanma*
	$ÖD2_{11}$	*Periyodik sistemi, doğası gereği büyük ölçüde aksiyomatik bir sistem olarak görme*

Periyodik sistemin öğretim sürecinde oluşturulan bilgi üretiminin epistemolojisini tanımlayan bulgular ve bulgulara yönelik elde edilen sonuçlardan yola çıkarak ifade edilen bu özellikler bilgi üretiminin metodolojik özellikleri ile birlikte ele alınabilir. Bu çerçevede; *bilgi üretim sürecinde, kullanılan akıl yürütme yöntemlerine bağlı olarak; kimyasal bilgilerin bilimsel niteliğine bazı değişimler ve bu değişimlerle bağlantılı olarak uygun olmayan epistemolojik ilişkiler temelinde bazı nitelikler ortaya çıktığı görülmektedir.* Ayrıca periyodik sisteme yönelik yine akıl yürütmelere bağlı olarak farklı nedenlerle de olsa aksiyomatik bir sistem olarak yaklaşıldığı da ortaya çıkmaktadır. Bu süreçte öğretmenin belirleyici özelliği de önemli bir noktayı oluşturmaktadır.

Bilgi üretiminin epistemolojisi, bilgini durumunu ifade eden boyutlara yönelik başlıklar altında tartışılabilir.

5.2.1. Bilgilerin Niteliğinde Değişim

Bilimsel Bilginin Niteliği ve Bilimsel Bilgi Üretimi

Sav7. *Bilimsel bilgilerin a priori ve analitik niteliklerinden çok a posteriori ve sentetik nitelikleri ön plandadır.*

Kant (1787)' ın yargı türlerine yönelik yaptığı ayrıma göre; *a priori* bilgileri deneyimden bağımsız olarak kaynağı akıl olan ve doğruluğu da akli olarak kabul edilen bilgiler, analitik bilgileri ise kendi kendini tanımlayan ve sınanabilir yeni bir bilgi içeriği vermeyen bilgiler olarak tanımlamak mümkündür. Matematiksel postulatlar hem a priori hem de analitik nitelikleri öne çıkan bilgiler (Yıldırım, 2010: 17) olarak kendilerinden kusursuz bir tümdengelime müsaade ederler. Ancak bilimsel nitelikli bilgilerde durum biraz farklıdır. Fen bilimlerinde birçok kuram, Schaffner (1969: 280)'ın deyimi ile "meaningless symbols" (anlamsız semboller) ile türetilmiş önermeler içerir. Örneğin, elektronegatifliğe ilişkin bir ifade böylesi bir önermedir. Ancak burada elektronegtiflik kavramında olduğu gibi, bir bilimsel bilgi söz konusu "anlamsız" a priori unsurlar (kavram ve kategoriler) içerse de, bu kavramların olgular ile ilişkisini

kuran *işlemsel anlamları*[11] ve bunlar ile üretilen emprik içerikli diğer önermeler ile ilişkileri bilginin *a posteriori* nitelikte olduğunu gösterir, nitekim bilimsel bilgiler herhangi bir şekilde bir deneyim süreci sonrasında elde edilir veya bir deneyim süreci ile sınanırlar. Bilimsel bilgiler ayrıca sentetik önermelerle ifade edilir. Başka bir ifade ile sınanabilir yeni bir bilgi içeriğine de sahiptir.

Bilimsel bilgiler olarak periyodik sisteme ilişkin bilgilerin ne analitik ne de a priori olmaları beklenmez. Başka bir ifade ile bu bilgiler kendisinden kusursuz tümdengelim yapılacak, hem olgusal sınamayı gerektirmeyecek kadar analitik hem de tamamen akıl kaynaklı a priori bilgiler değildir. *Ancak bulgulardan elde edilen sonuçlar periyodik sisteme yönelik oluşturulan genel nitelikli bilgilerin kullanım şekilleri ve ifade biçimleri ile (tümdengelimde temel öncül/temel kabul, tümevarımda ön kabul) a priori ve analitikliğe zorlandığını söylemek mümkündür*. Başka bir ifade ile bu bilgilerin sınanmasının bir tarafa sürekli tümdengelimle veya tümevarımla sürekli doğrulanması veya desteklenmesi söz konusudur.

Periyodik sisteme ilişkin bu tür bilgilerin olmaları gerektiği gibi; sentetik ve a posteriori özellikleri dikkate alınarak kullanılmaları, başka bir ifade ile salt tümdengelimsel değil hipotetik-dedüktif bir süreçle olgusal verilerle ilişkisi kurularak sınamaya yönelik olarak kullanılmaları gerekir.

A Priori Bilme Durumu, A Priori Algının Oluşumu ve Bilgi Üretimi

Sav8. *A priori olmayan bir bilginin a priori şeklinde kullanılması, bilginin **a priori bir bilme** şeklinde benimsenmesine ve edinilmesine sebep olabilir. Aynı zamanda bu tür bilgilerle yapılan tümdengelimlerde elde edilen sonuçlardan dolayı epistemolojik anlamda geçersiz bir bilgi üretimi oluşur*

---

[11] Bknz. *Teori; İşlemselcilik s.:97*

Doğası gereği a priori olmayan veya bilimsel bilgi olması bakımından a posteriori olan bir bilginin, her hangi bir ortamda yeniden ortaya konulması veya üretilme şekli oldukça önemlidir. A priori olmayan bir bilginin öyleymiş gibi sunulması veya yeniden üretilmesi bilginin a priori olarak algılanmasını ve *a priori bilme* durumunun ortaya çıkarmasına neden olabilir. Nitekim apriori bilme bilginin deneyimden bağımsız olarak bilinmesi demektir (Çüçen, 2009). Öğretim ortamı açısından bakıldığında ise *a priori bilme*, bilginin genel anlamda olgusal örneklerinden, emprik verilerden bağının koparılarak, otoriter bir bilgi kaynağından veya doğrudan a priori nitelikte bilgilere has süreçlerle verilmesi suretiyle edinilmesi durumu olarak tanımlanabilir. Bu durum, bilginin yapılandırılması bir kenara mutlak bir kural ve postulat olarak genel ve geçer olarak edinilmesi veya ezberlenmesi demektir. Nitekim bilgi üretiminin metodolojik özelliklerindeki (Tablo 46) öğretmenlerdeki; *a priorileri sunmaya yönelik tümdengelim* ve *a priorileri doğrulamaya yönelik tümevarım* ve bunun sonucu öğrencilerdeki (Tablo 47) *a priorileri tekrar ve doğrulamaya yönelik tümdengelime dayalı bilgi üretimi,* bilgiyi a priori kullanma ile birlikte öğrencilerde oluşan *a priori bilme durumunun da bir* göstergesidir. Ayrıca daha açık bir göstergesi ise, bilgi üretiminin epistemolojisinde öğrencilerde, *bilginin niteliğinde değişim* temasında (Tablo 52) ortaya çıkan özelliklerdir.

A priori bilme durumu, olgusal içeriği olan bilimsel bilgilerin tamamen akıl kaynaklı bilgiler gibi (matematik bağıntılar gibi) kabulüne veya *sentetik a prioriler* olarak benimsenmesine neden olur. Öğretmenlerin periyodik sisteme ilişkin genel bilgileri doğrudan vermeleri veya her süreçte tümevarım ve tümdengelimle bu bilgiler ekseninde yapmaları, öğrencilerin bu bilgileri postulatlar gibi sorgusuz kabul edilmesi gereken bilgiler olarak benimsemelerine neden olduğunu söylemek mümkündür. Nitekim öğrencilerin periyodik sisteme ilişkin rasyonel yapı inancı temelinde *aksiyomatik sistem algısı* veya *genel bilgilerin periyodik yasalar* olduğu yönündeki görüşleri bunu göstermektedir (Tablo 52). Oysa periyodik sistemde a priori kullanılan bilgilerin hemen hemen tamamının anomali durumları vardır. Bu durumların fark edilmemesi yanlış bir bilgi üretimine veya yanlış sonuçlar üretmeye neden olacağı açıktır.

Doğrulama ve Bilgi Üretimi

Sav9. *Bilgide bilimselliğin ölçütü doğrulanabilirlikten çok yanlışlanabilirliğidir. Bu açıdan bilimsel bilgiler yanlışlanabilir bir şekilde ifade edilmelidir.*

Bilim genelleyicidir, elde edilen sonuçlar genel bir şekilde ifade edilir. Bu bir kaçınılmazlıktır. Ancak ulaşılan sonuçların genel olarak ifade edilmesi mutlak bir şeklide ifade edilmesi gerektiği anlamına gelmez. Nitekim bilimde ulaşılan bir sonuç nihai bir sonuç değildir. Bilimsel bilgiler mutlak bilgiler değildir, ayrıca bilimin amacı mutlak bilgiye ulaşmak da değildir (Popper, 1934/2003). Özellikle ulaşılan sonuç test edilmesi istenen bir öneri (hipotez) halinde ise daha dikkatli bir ifadeye ihtiyaç vardır. Aksi halde bu sonuca ilişkin yapılacak emprik uygulamlar test etme değil teyit etme haline gelir. Popper'e göre bir bilimsel önerme ne kadar yanlışlanabilir ifade edilirse o derece bilimseldir (s.36-38). Bu da bilginin koşullarını ifade etmeyi gerekli kılar. Koşulları ifade etme kimyasal bilginin doğasına da uygundur. Nitekim kimyasal özellik çok değerli bir ilişki çerçevesinde bağıl özellik sergiler (Schummer, 2004).

Bu açıdan bakıldığında öğrencilerin öğretmenin ifadelerinde yanlışlanabilir bir yön bulunmasını ne genel yaklaşım ne ifadeler açsından mümkün görünmemektedir. Özellikle ifadeler noktasında bulgularda görülen, *aşırı genelleme*, *mutlak ifadeler* ve *basitleştirme* gibi durumlar dikkate alındığında, hem bilginin yanlışlanamazlığını ortaya koyma hem de bilginin işlemsel bağlamda a priori ve analitik nitelikler kazanmasında etkili olduğu görülmektedir. Diğer taraftan kullanılan yanlışlanamaz ifadeler ise emprik verilere göre test edildiğinde defalarca yanlışlanacakları açıktır. Bu ise bilgi üretiminde uygun kullanılmalarını zorlaştırmaktadır. Bu açıdan önemli olan bu yanlışlanabilirliklerini ifade boyutuna taşıyabilmektir. Aksi halde ifadeden kaynaklı olarak, test edilmediği sürece *bilgini niteliğindeki değişim* bağlamında mutlak bilgiler olarak kabul edilmesi veya algılanması son derce olağandır. Bunun aynı zamanda *a priori bilme* durumuna da hizmet etmesi mümkündür. Öğretmenlerin ve öğrencilerin ifadelerin bilimselliğini koruması için yanlışlanabilirlik kriterlerine uygun olarak ifade edilmesi gerekir.

***Sav10**. Örnekler doğrulama amaçlı değil test etmek amaçlı seçilmelidir*

Öğretmenlerin örnek seçiminde bu açıdan ilgi çekicidir. Öğretmenler a priori olarak verdikleri genel ifadelere uygun örnekler seçmektedir. Burada görüşmelerde de ifade edildiği gibi pragmatik bir yaklaşım olduğu görülmektedir. Ancak örnekler her ne kadar genellemeyi desteklese de genellemenin kapsadığı grubun tamamı için geçerli değildir. Bu açıdan doğrulama amaçlı getirilseler de, genellemeler örnekler ile doğrulanamaz, ancak anomali bir durum önermenin yanılsanmasına neden olmaktadır (Popper, 1934/2003). Nitekim periyodik sisteme yönelik emprik veriler bunu göstermektedir[12]. Buna alternatif olarak öğretmenlerin örnekleri öğrenci veya kendilerinin oluşturduğu önermeleri sınama amacıyla vermeleri hem önermelerin daha bilimsel hem de söylemlerin daha bilimsel hale gelmesini sağlayabilir.

Anomali Durumların Önemi ve Bilgi Üretimi

Sav11. *Anomali durularda ad hoc açıklamalarla genel bilgiyi kurtarmak amacı ile değil yeni bilgi üretiminde kullanılmalıdır. Periyodik sistemin anomalileri bu açıdan oldukça önemli olabilir*

Bir diğer durumda anomalilerdir. Öğretmenler çok fazla anomali durumları değinmeseler de periyodik sistem anomalileri sıkça içerir. Bu nedenle öğretmenlerin anomalilerde yaptıkları açıklamalar kendi oluşturdukları genel bilgileri geçerliliğini veya a priori benimsenmesini korumak için yapılan bir girişimdir. Aynı zamanda öğretmenlerin periyodik sisteme öğretim açısından geliştirdikleri bakış açılarında da bu durum görülmektedir. Ad hoc açıklamaların bu şekilde kullanımı bilginin niteliğindeki bu *işlemsel değişim*i tetiklemekte veya değişime hizmet etmektedir. Oysa Popper'e göre anomali durumlar için ad hoclar yapılmamalı, bu durumlar eldeki açıklamayı test

[12] Bknz. *Modern Periyodik Sistemde Element Özellikleri, Anomaliler ve Farklı İlişkiler s.:117*

etmek ve alternatif yeni bilgi üretimi için kullanılmalıdır (Popper, 1934/2003). Bu ise öğretimde sunulan bilgilere hipotetik-dedüktif bir yaklaşımla mümkündür. Ayrıca anomali durumların bilimin bulma bağlamında açıklayıcı hipotezler üretmeninde de önemli bir yeri vardır (Hanson, 1958; Ho, 1994). Bu bağlamda yeni bir hipotez geliştirme yöntemi olarak ifade edilen retrodüktif yöntem anomali bir durumla başlar. Bu açıdan periyodik sistem içerdiği anomali durumlar ile bize büyük bir imkân sunar, başka bir ifade ile periyodik sistem bilimin bulma bağlamının belirli nitelikteki bilgilerde sınıf ortamına taşımaya son derce uyumludur.

5.2.2. Bilgiler Arası Oluşan İlişkilerden Doğan Nitelikler

Totoloji ve Bilgi üretimi

Sav12. *Bilimsel bilgi totolojik olmamalıdır ve totoloji yeni bilgi üretimine imkan vermez*

Hans Reichenbach'a göre tümevarım, her zaman yeni örnekleri bilgiye katabilmesi açısından, totolojik değildir (Reichenbach, 1978). Tümevarımın tek başına kullanılması durumunda böyle bir özelliğe sahiptir. Ancak tümdengelimle birlikte kullanılması bir totoloji oluşturabilir. Totoloji, çıkarımın yeni bir bilgi üretmeyip öncüllerde ifade edilen bilginin farklı şekillerde tekrarlanması olarak tanımlanabilir. Totolojik bilgi aklın özdeşlik ilkesine dayanır. Mantık ilkeleri çerçevesinde her zaman kesin, doğru ve zorunludur (Çüçen, 2006; Yıldırım, 1985). Günümüz bilim anlayışı dikkate alındığında bilimsel bilginin, özellikle genelleme şeklinde ifade edilen bir bilgi türü söz konusu ise, önemli özelliklerinden biri zorunlu bir doğruluk değerinin olmamasıdır. Oysa totolojik bilgiler kendinden menkul doğruluğu olan ve yasınması bir çelişki doğuran bilgilerdir (Yıldırım, 2010) .

Bu açıdan kendi kendini doğrulayacak şekilde bir çıkarım oluşturan önermelerin oluşturduğu totolojik bilgiler yeni bilgi üretimine de imkan tanımaz. Öğretmenlerin aynı eksen öneme çerçevesinde (temel öncül/ön kabul/ temel ilke gibi) yaptıkları tümevarım ve tümdengelimle bilgi üretimi bir bütün halinde totoloji oluşturmaktadır

(Tablo 51). Bu totoloji eksen önermenin ifade ettiği bilginin kendini tekrar etmesinden öteye geçmemektedir. Daha açık bir ifade ile öğrencilere, yeni bilgi üretimine olanak vermeyen ve sunulan bilgilerin döngüsel olarak tekrar edilmesinden öteye taşınmadığı zihinsel süreçler sunulmaktadır. Ayrıca totolojiler son derece tutarlı bilgilerdir, ancak daha önce ifade edildiği gibi tutarlı olmak bilimsel olarak geçerli olmak anlamına gelmez. Nitekim totolojilerde temel bilgi olarak kullanılan önermelerin birçoğu epistemolojik anlamda geçersizdir. Diğer taraftan oluşturulan aynı genelleme eksenli totolojiler bu genellemelere *a priori nitelikler yükleme* ve *apriori bilme* gibi birçok noktada etkisi de söz konudur, nitekim totoloji temelinde analitik bir özellik taşır (Yıldırım, 2010). Totolojinin mantıksal doğruluğunun garantisi olduğu düşünüldüğünde, öğretim sürecindeki oluşturulan totolojik yapıların, öğrencilerde periyodik sistemin mantıksal olarak doğru olan *aksiyomatik bir sistem* gibi algılanması ile de son derece uyumludur, belki de etkilidir, nitekim matematiksel sistemler büyük ölçüde totolojiktir.

Nedensellik, Orantısal Ilişkiler ve Bilgi Üretimi

Sav13. *Elementlerin özellikleri arasında lineer bir nedensellik veya orantısal ilişkiden bahsetmek mümkün değildir.*

Bilgi üretiminde özellikle tümevarım ve tümdengelimi temellendirmede kullanılan çıkarımlarda (İç çıkarım) görülen nedensel ilişkilerin epistemolojik birçok açıdan sıkıntılıdır. Örneğin; iyonlaşma enerjisinin *belirleyici nedeni atom çapı* veya bir maddenin *erime noktasının yüksek olmasının nedeni elektron verme eğilimi*, gibi durumlara rastlanmıştır. Ancak nedensellik bilim felsefesinde çok tartışmalı bir konudur. Nedenselliğin anlamı noktasında farklı görüşlere rastlamak mümkündür. Hume (1751/1976)'e göre bir olayın ve olgunun aynı koşullarda kendini tekrar etmesinin ön görülmesi ve bunun genellenmesindeki temel neden; bireyin imgeleminde kurduğu bağlantıya göre, olayın nedenini oluşturan olayın oluşması ile diğer olayın da oluşacağına dair beklenti ve inancıdır. Aslında temel neden asla bilinemez. Bu nedenselliğin bir psikolojik yönü olduğunu vurgulamaktadır. Bulgularda görüldüğü

üzere bazı özelliklerin aynı yönde değişmesi veya bir özelliğin bir diğeri ile bir arada ifade edilmesi özellikler arasında böylesi bir nedenselliği ortaya çıkarmaktadır.

Bilim felsefesinde ontolojik açıdan metafizik anlamı üzerinde tartışılan böylesi bir nedenselliği bir kenara bırakırsak, bilim açısından işlevsel anlamı önemlidir. Başka bir ifade ile bilimsel bir açıklamada nedenselliğin doğru kullanımı. Bu açıdan bazı durumlarda nedensel ilişki, önerme eklemleri ile nedensel önermeler ile açıkça ifade edildiği durumlar üzerinde durmaya değerdir. Kimyasal özellikler açısından yukarıda örneği verilen şekilde kurulan böylesi *aşağıdan yukarıya nedensellik* herzaman kabul edilebilir görünmemektedir. Nitekim bu tür nedensellik indirgemeci bir açıklamayı çoğukez gerekli kılar. Klasik nedensel açıklamaların dışında kimyada *yukarıdan aşağıya nedenselliğin* de önemli bir yeri olduğu ifade edilmektedir (Hendry,2006). Bu iki tür nedensellikten ilkine göre; bir sistemi belirleyen nedenler alt sistemleri belirleyen nedenlerdir. Örneğin; *tanecikler arası etkileşim kuvveti bir maddenin erime noktasını etkiler(belirler)*, ifadesinde böylesi bir indirgmeden bahsedilebilir. Bulgularda rastlanan ve yukarıda örnekleri verilen ifadelerde bu tür bir nedenselliğin lineer bir şekilde aşırı indirgemlerler kurulduğu görülmektedir. Diğer nedensellik türü olan *yukarıdan aşağı nedensellikte* ise, bir sistem kendi alt sistemlerini belirler veya bir sisteme etki eden nedenler alt sistemi de etkiler. Örneğin, yukarıda verilen önerme şu şekilde de ifade edilebilir; *maddenin erimesi tancikler arasındaki etkileşim kuvvetini etkiler, zayıflatır,* veya daha üst seviye bir nedensellik kurulabilir; *bir maddenin bulunduğu koşullar fiziksel halini, maddenin fiziksel hali ise tanecikler arasındaki etkileşim kuvvetinin durumunu tanımlar(belirler)*. Görüldüğü üzere ifade şekli bilimsel bir söylemde nedensellik ilişkisini belirlemektedir.

Nedensellik konusunda kimyasal özellikler özel bir yere sahiptir demek mümkündür. Nitekim kimyasal özellik maddelerin karşılıklı ilişkisine dayalı bağıl karakter sergiler (Schummer, 2004). Bu açıdan bakıldığında kimyasal bir davranışın nedeni bu bağlılığı sağlayan; etkileşimde bulunan diğer maddeler, fiziksel koşullar gibi faktörlere göre değişebilir. Bu genel çerçeveden bakıldığında klasik determinizmin ortaya koyduğu tek yönlü lineer bir yaklaşımla ifadelere yansıyan aşağıdan yukarıya nedensellikten ziyade, birden fazla değişkenin etkilediği fonksiyon kavramı veya Althusserll'in ifade ettiği bütün ve parça arasında karşılıklı etkileşime odaklı yapısal

nedensellik (akt. Demir, 2000) ile yerine göre birleştirlecek *yukarıdan aşağıya nedenselliğin* kimyasal bilginin doğasına daha uygun göründüğü söylenebilir.

Nedensellikle yakın ilişikli diğer bir durumda orantısal ilişkilerdir. Burada bir periyodik özelliğin değişiminin diğeri ile orantılı veya ters orantılı olduğu ifade edilmekte ve bir özelliğin azalması ile diğerinin artması durumu ise nedensel olarak bunların birileri arasındaki bu doğrusal veya ters orantı ilişkisi ile açıklanmaktadır. Bu, her *durumda birlikte ortaya çıkma, birlikte ifade edilme* ile Hume'(1751/1976) un psikolojik yönüne dikkat çektiği nedenselliğin kurulduğunu ve bunun genel geçer algılandığını göstermektedir. Buradan hareketle öğrencilerin psikolojik tümevarımla (Popper, 1934/2003) yukarıda bahsedilen bilimsel yönü tartışmalı bir neden sonuç ilişkisi kurdukları söylenebilir. Nitekim *atom çapının periyodik değişimi ile metalik özelliğin değişiminin doğru, ametalik özelliğin değişiminin ters orantılı olduğunun ifade edilmesi ve diğer birçok özelliğe genellenmesi* gibi bulgular ortaya çıkmıştır. Bahsedilen bu düşünme epistemolojik açıdan sıkıntılı görünmektedir. Bu noktada nedensellik temelli bazı bilimsel olmayan çıkarımların üretilmesi mümkündür. Nitekim öğretmenler özellikle atom çapının diğer periyodik özelliklerin öğrenilmesinde anahtar rolü gördüğünü düşünmeleri, öğrencilerde çapın tüm atomik veya kimyasal özelliklerin nedeni olması gibi, epistemolojik açıdan uygunsuz indirgemeciliğe yol açan bir nedensellik problemi yaratmıştır.

İndirgemecilik ve Bilgi Üretimi

Sav14. *Kimyanın doğası birçok açıdan indirgemeye müsaade etmez. Periyodik sistemde akıl yürütmelere dayalı yapılan indirgemeler de birçok açıdan mümkün değildir.*

Akıl yürütmelere dayalı bilgi üretiminin başka bir epistemolojik özelliği de indirgemecilik olarak ortaya çıkmıştır (Tablo51/52). Bulgularda bu bağlamda rastlanan farklı indirgemeler söz konusudur; bunlardan ilki *ontolojik indirgemeler*dir. Bunlar temelde *çekirdek çekim gücü* ve buna bağlı olarak *atom yarıçapının* birçok kimyasal özelliği belirlediği noktasındadır. Bu indirgeme yukarıda ifade edilen nedensel ilişkilerle çerçevesinde yapılmaktadır. İkinci olarak ontolojik indirgemenin söylemlerde

epistemolojik boyuta taşındığı ve *fiziksel çekim* gücü kavramı etrafında *interteorik indirgemenin* yapıldığı görülmektedir. Ayrıca başka bir indirgeme olarak *mikroredüksyon*dan da bahsetmek mümkündür; örneğin *"benzer elektron düzeni benzer kimyasal özellik"* önermesi çerçevesinde tıpkı atoma ilişkin kuantum mekaniksel açıklamaların periyodik yasanın kuantum mekaniğinde elde edilebildiği çerçevesine indirgenmeye benzer yapıldığı görülmektedir. Diğer taraftan ise yöntemsel indirgeme türlerinden *idealleştirmelere* ve *yaklaştırmalara* rastlamıştır. Örneğin yukarıda bahsedilen orantısal ilişkiler çerçevesinde diğer özellikler açısından atom çapını değişiminin idealleştirlmesi veya oktet kuralı çerçevesinde bağ yapma vb. durumları açıklamak için soy gazların yaklaştırılması gibi.

Bu indirgemelerin özellikle tümdengelimde veya tümevarımda temel bilgiler olarak a priorileştirilen önemelerde ve bunlara elde etmek veya temellendirmek için oluşturulan iç çıkarımlarda geçmesi önemlidir. Bu şekilde genel yapısı ile tümdengelimsel olan bilgi üretiminde temel bilgiler ontolojik temelden epistemolojik temele doğru indirgemeci bir şekilde basitleştirilmekte ve bir bakıma a priori veya Putnam'(1981: 55) ın deyimi ile *rasyonel kabul edilebilirlik* seviyesine çekilmektedir. Ancak kimyasal bilginin niteliği ve olgusal veriler açısında bu indirgemelerin kabul edilmesi mümkün değildir. Ontolojik açıdan, örneğin bulgularda sihirli bir kavram olarak karşımıza çıkan *"atom çapı/yarıçapı"* ele alındığında, kimyasal özelliklerin lineer bir nedensellikle atom çapının değişimine indirgendiği görülmektedir. Bu şekli ile yapılan indirgemeler özellikle sınıf ortamında atomun yapısına ilişkin bilimsel açıdan doğru olmayan ontolojik kategorilerin oluşmasına veya bu kategorilere yanlış epistemolojik yüklemeler yapılmasına neden olabileceği açıktır. Epistemolojik açıdan ise, interteorik indirgeme ile atomun büyüklüğünü belirleyen etkiye yönelik açıklamaların fiziksel formül üzerinde ve fizik kavramları ile yapılması problemli bir durumdur. *Böylesi bir indirgemenin yapılması için söz konusu ortak işlemsel kavramın aynı işlemsel anlamda kullanılması veya ortak işlemsel bir tanıma sahip olması gerekir*. Ancak kimya ile fizik arasında aynı terimlere yapılan epistemolojik yüklemeler arasında farklılıklar vardır (Schummer, 2006a). Örneğin, kimyasal bağların temelde bir fiziksel etkileşim olarak açıklanabilmesi için; fiziksel etkileşim kavramı ile kimyasal bağ kavramı ortak işlemsel kavramlar içeren tanımlamalar ile verilmelidir. Burada fiziksel etkileşim eğer elektrostatik çekim kuvveti olarak açıklanıyorsa, indirgemenin olabilmesi

için kimyasal bağın fizikteki elektrostatik çekim ile aynı şekilde oluştuğunun kimyasal açıdan kabul edilebilir olması gerekir.

Genel çerçeveden bakıldığında; Mendeleev ve Moseley gibi periyodik cetvelin gelişime büyük katkılarda bulunmuş bilim insanlarının zamanında; *elementlerin özellikleri özellikleri atom kütlesi/atom numarasının bir fonksiyondur,* şeklinde bir ifade ile yaklaşılmış ancak günümüzde böylesi basit bir ifadeden daha öte olduğu savunulan (Örn. Scerri, 2007a) periyodik yasaya bir altermatif geliştrildiği söylenebilir. Bu altermatif öğretmen ve öğrenciler tarafından ilk zamanlardaki ifadeye benzer şekilde, "*element özellikleri atom çapının ve buna bağlı olarak çekirdek çekim gücünün bir fonksiyonudur"* şeklinde özetlenebilecek sentetik bir a priori bilgiye dayanan bir indirgeme ile ortaya konulmaktadır. Ancak açıktır ki, bu kimyasal bilgi açısından çok büyük kavramsal yanılgılara sebep olabilecek bir durumdur. İlk şekillenmeye başladığı zamanlarda elementleri sınıflandırılmayı yapan bilim insanlarının adları ve yasa olarak ifade edilen bir önermeye dayalı tanımlanan periyodik sistem bugün tek bir önerme ile temellendirilmekten çok uzaktır. Bu tek yönlü bir nedensellik ile yapılan yersiz bir indirgemecilik olur.

5.2.3. Periyodik Sisteme Yönelik Yaklaşımlar

Sav15. *Fen bilimlerinde genel geçer a priori bilgilerle tanımlanabilir aksiyomatik bir yapıdan söz etmek mümkün değildir. Periyodik sistem genel geçer a priori bilgilerle tanımlanabilir rasyonel veya akisyomatik bir yapı değildir.*

Aksiyomatikleştirme en genel hali ile bir iddianın isbat işleminin daha belirtik, düzenli ve kapsamlı bir uygulamasıdır. Bu işleme olanak veren bilimler ise formel bilimler olarak ifade edilen matematik ve mantıkdır (Yıldırım, 2010). Fen bilimlerine ait özellikle teorilere veya teorik bilgi yapılarına aksiyomatik yöntem denen bu yaklaşım epistemolojik sıkıntılar ile karşılaşmaktadır (Moulines, 2010). Teorilerin yapılarına ilişkin mantıkçı pozitivist geleneğin benimsediği formel yaklaşımda teoriler aksiyomatik sistemler (veya formel sistemler) olarak ele anınır ve teorilerin olgulara ilişkin ortaya koydukları hipotezler ve ön deyiler aksiyomatik yöntem ile belirlenmeye

ve tanımlanmaya çalışılır (Moulines, 2010; Craver, 2001). Başka bir ifade ile teorilerden bilgi üretiminde aksiyometik bir yaklaşım benimsenir.

Formel yaklaşımda bir bilgi sistemi aksiyomatik bir sistem olarak ele alınır, aksiyomatik bir sistem ise tümdengelimsel bir çıkarım olarak görülebilir (Yıldırım, 2010). Bu sistemde belirli önermeler postulat veya aksiyomlardan yola çıkılarak teoremler elde edilir ve bunların isbatı veya doğrulanması yapılır. Bu süreçte iki ana işlem söz konusudur (s.108);

- Tanımlama
- Çıkarım veya isbatlama

Bu açıdan sınıf ortamında oluşan bilgi üretiminin metodolojik yapısını tanımlayan bulgulara bakıldığında sürecin bu aksiyomatik yaklaşım ile büyük ölçüde örtüştüğü görülmektedir. Bu örtüşme kısaca şu şekilde açıklanabilir;

Tanımlama; periyodik sistemin yapısına ilişkin *temel ilke*, *temel öncül* ve *ön kabul* olarak bulgularda tanımlanan bilgilerin verilmesi (postulatlar ve aksiyomların verilmesi).

Çıkarım veya ispatlama; Postulat niteliğindeki bu bilgilere dayalı olarak doğrudan bunlara gönderme yapan süreçler (örneğin bu çalışmada tanımlanan *açıklayıcı süreçler*) veya dolaylı gönderme yapan süreçler (örneğin; *tanımlayıcı süreçler*) ile periyodik değişen özellikler veya grup özelliklerine ilişkin bilgilerin isbatının yapılması. Bu isbat sürecinin tümdengelimsel olması ise, bulgularda görüldüğü üzere, form olarak ağırlıklı tümdengelimin yanısıra yerine göre tümdengelimin doğrulayıcı şeklinde ön kabule dayalı kullanılan tümevarımın kullanımı ile açıklanabilir.

Bu genel çerçeveden bakıldığında bilgi üretiminin metodolojik olarak tümdengelimsel bir yapıda olması ve buna bağlı olarak periyodik sistemin bilgi üretiminde epistemolojik durumunun aksiyomatik bir sistem olmasının, öğrencilerde periyodik sistemin doğal olarak böylesi bir niteliği olduğuna yönelik bir algı oluşumunu tetiklediğini söylenmek zor değildir. Nitekim görüşler böylesi bir algının oluştuğunu açık bir şekilde ortaya koymaktadır. Ayrıca önemli bir nokta olarak, periyodik sistemin aksiyomatik bir sistem olarak bilgi üretiminde kullanılması, daha önce bilginin

niteliğinin değişmesi bağlamında ifade edilen bilginin a priori, analitik nitelik kazanması ve öğrencilerde oluşan a priori bilme durumuna daha bir açıklık getirmektedir. Nitekim aksiyomatik sistemlerde bazı bilgiler (aksiyom veya postulatlar) a priori kabul edilen ve analitik niteliği olan bilgilerdir.

Günüz bilim anlayışında bilimsel bilgi türlerinin matematiksel sistemler gibi ele alındığını söylemek mümkün değildir. Bilimde en geçerli görülen teoriler ve yasalar bile kendilerinden mutlak sonuçlara ulaşılacak bir tümdengelimi kaldıramamaktadır. Bir zamanlar klasik yaklaşım ile Newton mekaniğine bu gözle bakıldığı olmuştur (Yıldırım, 2010). Ancak genel görelilik kuramının geliştirilmesindeki çıkış noktalarından birisi, bu teoriden yola çıkılarak Merkür'ün yörüngesine ilişkin yapılan tümdengelimsel bir hesaptaki küçük bir küsurat farkıdır. Bu fark emprik olarak ortaya çıkması, kuramdan sayısız tümdengelimle elde edilen hipotezin sayısız tümevarımsal doğrulması kuramın tam anlamı ile matematiksel sistemler gibi aksiyomatik bir yanı olmadığını göstermiştir. Kurama bu örnek üzerinde hipotetik-dedüktif bir yöntemle yaklaşan Einstein'ın kuramın bu noktada testi geçemediğini görmesi ve bu anomaliyi ise retrodüktif bir süreçle görelilik gibi yeni bir bilgi üreterek açıkladığı görülmektedir.

Bu çerçevede güzümüzde kabul görmeyen fomel yaklşımın yerini teorileri model oluşturmak için ortaya konulan bilgiler olarak kabul eden model yaklaşım (*semantik yaklaşım*) almıştır. Bu yaklaşım ile bilimsel bilgileri matematik sistemler gibi gören formel yaklaşımın karşılaştığı bir çok epistemolojik sorunun önüne geçildiği ifade edilmektedir (Craver, 2001). Bilimimde en açıklayıcı bilgiler olarak ifade edilen teorilerin bir takım temel ilkeleri olmasından çok model yaklaşım ilk bakışta anlamsız olan (Schaffner, 1969) ancak teoride işlemsel anlama kavuşan *semantik kavramlar* ve bunlara yönelik tanımlardan (Craver, 2001; Mattingly, 2005) bahseder. Bunlar toerinin olguları açıklamasında kullanılan modelleri için idealize edilmiş bilgilerdir. Ancak hiçbir zaman bu bilgilere analitik veya a priori bilgiler olarak bakılmaz. Bunlar değişebilen ve modelin olguyu açıkladığı sürece kullanılan bilgilerdir. Modelin açıklamaya çalıştığı olgu alanında bu bilgilere bağlı üretilen hipotezlere yapılan emprik testleri geçmesi bu bilgilerin varlığı sürdürmesini sağlar. Bu durum kimyanın doğasına ve kimyasal bilgiye son derce uyundur. Aksi halde kimya teorileri bir takım a priori kabullere dayandığı düşünülseydi kimya aynı olgu alanına ilişkin, asit- baz veya

bağlanma teorilerinde olduğu gibi, birden fazla teori kullanmazdı. Kısacası bilimsel sistemlerin temel a priori kabulleri yerine semantik kavramları vardır. Semantik kavramları olguları açıklamada doğrudan kulanılmazlar ve varlıklarını bunlarla olgularla ilişkisini kuram işlemsel tanımlar ve bu ilişki çerçevesinde oluşturulan hipotezlerin sınanabilirliğine ve emprik olarak desteklenmesine borçludur.

Bu çerçeve bize, bir açıdan bilimde elde edilen bilgilerin emprik anlamda sürekli doğrulansalar da matematik sistemleri gibi aksiyomatik sistemler oluşturamadıklarını gösterirken, diğer taraftan bilimin, bilgilerin üretilmesinde ve özellikle sınanmasında bize imkan veren yöntemlere dayalı bir rasyonalitesi olduğunu göstermektedir.

Periyodik sistem kavramsal çerçevede tartışıldığı üzere belirli bir önerme veya önermelerle aksiyomatize edilebilir bir nitelik göstermemektedir (Scerri, 1997). Bu periyodik yasanın kuantum mekaniğinden tümdengelimsel olarak elde edilemiyeceği savı ile kimya felsefecilerinin idirgemecilik çerçevesinde tartıştığı ve savunduğu bir durumdur. Bu açıdan periyodik sistemin doğasına uygun olmayan bir yaklşımla öğretilmesi de kimya eğitimi misyonu ile çelişmektedir. Periyodik sistem bu açıdan bakıldığında, periyodik özellikler ve kullanılan diğer genel bilgiler periyodik sistemin öğretiminde a priori ve analitik şekilde kullanılarak öğretilemez veya böyle tanımlanamaz. Periyodik sistemin öğretiminde oluşturulacak bilgi üretiminin yukarıda ifade edilen model yaklaşıma daha uygun görülen hipotetik-dedüktif ve retrodüktif gibi alternatif akıl yürütmelere dayandırılması en makul yol olarak görünmektedir.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Fen öğretiminde önemli bir kazanım olarak ifade edilen (MEB, 2005), fen okuryazarlığının üç ana boyutunu; bilimsel düşünme, bilimsel yöntem ve bilimsel bilgi (Chiapetta ve diğ., 1998) oluşturmaktadır. Bu boyutlara uygun olarak kimya öğretiminde de öğrencilerin bilimsel düşünmenin niteliğini kavramları, bilimsel yöntemin zamanla gelişen bir anlayış olarak süreç içerisinde sezilerek kavranması ve bilim insanlarına yakışır değerlendirme becerisi geliştirilmesi beklenen bir durumdur (MEB, 2009). Bu bağlamda önemli bir kavram olan bilimsel düşünme, öğrencilere bilimsel içerik bilgilerinin aktarmaktan çok akıl yürütme becerilerinin kazandırılması gerektiğine ilişkin vurgularla (NRC, 1996) öne çıkarılmaktadır. Akıl yürütme ve yöntemleri ise , fen okuryazarlığının ön koşulu olarak ifade edilen bilimin doğasının boyutlarından birisi olan (McComas ve diğ., 2000; McComas ve Olson, 2000) bilim felsefesinde; bilimsel yöntemin rasyonel yönünü ve bilimsel bilginin niteliğini tanımlamada, bilim metodolojisi ve bilim epistemolojisi zeminlerinde önemli bir yer tutar. Bu açıdan bakıldığında bilimsel bilginin üretim sürecine ve bilimsel açıklamaların niteliğine yönelik bilim felsefesinin akıl yürütme yöntemleri çerçevesinde getirdiği yaklaşımlar, fen okuryazarlığı bağlamında; hem bilimsel düşünme ve bilimin doğası anlayışlarının hem de bilimsel içerik bilgilerinin kazandırılmasında önemli ve anlamlıdır. Bu nedenle ağırlıklı olarak felsefi bir zeminde yürütülen bu çalışmanın sonuçlarının, bu bağlamda genelde fen eğitimi özelde ise kimya eğitimi açısından önemli olduğu değerlendirilmektedir.

Periyodik sistemin öğretiminde kullanılan akıl yürütme yöntemleri ve bunlara dayalı bilgi üretiminin niteliğine belirlemeye yönelik yürütülen çalışmada araştırma problemlerine bağlı olarak ortaya çıkan bulgular ve yapılan tartışma iki ana sonuca işaret etmektedir;

- Söylemlerde kullanılan akıl yürütme yöntemlerine bağlı olarak bilgi üretiminde uygun olmayan bir metodoloji oluşması,
- Bu metodolojiye bağlı olarak bilgi üretiminde, içerik bilgisi ve anlayış çerçevesinde uygun olmayan epistemolojik durumların oluşması.

Nitel araştırma metodolojisine uygun olarak yapılan durum çalışmasından elde edilen sonuçların, çalışmanın doğası gereği genellenmesi mümkün değildir. İlgili bölümlerde bulguları ve elde edilen sonuçları tanımlamak ve yorumlamak için kullanılan genel ifadelerin geçerliliğinin incelenen durumlar ile sınırlı olduğunu öncelikle belirtmek gerekir. Ancak sonuçların fen ve kimya eğitimi açısından anlamını bazı savlar çerçevesinde farklı boyutlarda ortaya koymak ve buna bağlı olarak çalışmanın önemi ile ilişkilendirileren bazı önerilerde bulunmak mümkündür.

6.1.Sonuçların Önemi

6.1.1. Bilimsel Düşünme ve Bilimin Doğası Anlayışları Açısından

Sav1. *Bilgi üretiminin metodolojik yapısını belirleyen akıl yürütme yöntemleri bilimsel düşünmeyi ve bilimin doğasına yönelik anlayışları destekleyebilecek yöntemler değildir. Alternatif yöntemler hem bilimsel düşünme hem de bilimin doğası anlayışlarını geliştirmede etkili olabilir.*

Bilimsel Düşünme, Akıl Yürütme ve Dil

Çalışma sonuçları; periyodik sistemin öğretiminde gerek öğretmenler gerekse öğrencilerin kullandıkları akıl yürütme yöntemlerinin bilim felsefesinde metodoloji ve epistemoloji zemininde tanımlanan yöntemlerden farklı olduğunu, bunlara dayalı oluşturulan bilgi üretiminin de bilimselliğin sınırlarını zorladığını göstermektedir. Bu nedenle kullanılan şekli ile tümevarım ve tümdengelimin öğretim sürecinde bilimsel düşünmeyi destekleyecek ve buna bağlı olarak bilimin doğasına yönelik anlayışların gelişmesinde katkı sağlayan nitelikte olmadığı görülmektedir.

Tümdengelim günümüzde hala bir yanılgı olarak bilimsel yöntemin tümevarım dışında diğer bileşeni olarak tanımlanmaktadır (Yıldırım, 2008). Bunu fen eğitiminde *bilim sözde bilim ayrımı*, *bilimsel düşünme*, *bilimin doğası* vb. ana temalar ile yürütülen birçok çalışmada da görmek mümkündür. Örneğin;

> …bilimsel bir çalışma içindeki bilim insanı *verilerini,* tümevarım (endüktüf), tümdengelim (dedüktif) veya ….*tümevarım ve tümdengelimi birleştiren hipotetik dedüktif*…yaklaşımıyla *toplar*… Tümevarım gözlemlerle başlar. Bu gözlemler akıl yürütme yoluyla inşa edilecek kuramların temellerini oluşturur… *Bazen tümevarımsal yöntem yetersiz kalabilir. Bu gibi durumlarda bilim insanları tümdengelim yöntemine başvurmuşlardır.* Tümdengelim yöntemi kuramla başlar, daha sonra o kuramdan türetilen hipotezlere geçer ve nihayet, kestirim ve gözlemler aracılığıyla o hipotezleri test eder….(Çetinkaya ve Şimşek, 2012)

,alıntısında görüldüğü üzere bilimsel yöntemin hipotetik-dedüftif yöntem temelinde tümevarım ve tümdengelim birlikteliğinden oluştuğu vurgulanmaktadır. Ancak hem bilimsel yöntem tümevarım ve tümdengelim birlikteliğinden daha karmaşık bir yapı arz etmekte hem de bilimsel yöntemin bu iki akıl yürütme yönteminin bir bileşimi kesinlikle olmayan hipotetik-dedüktif yönteme indirgenmesi de mümkün değildir. Bilimsel yöntemin bulma bağlamı tümevarım değil büyük ölçüde retrodüktif, doğrulama bağlamı ise doğrulama amaçlı tümdengelimsel değil, elde edilen bilgiyi test etme amaçlı hipotetik-dedüktif yönteme dayanmaktadır (Reichenbach, 1951/2006; Hanson, 1958). Bu açıdan bilimsel düşünmenin önemine ve bilimin doğasına ilişkin anlayışlara vurgu yapılan günümüz fen eğitimi yaklaşımında, bilimsel yöntemde yeri olmayan formel nitelikte tümdengelimin ve tümevarımın öğretim sürecinde taşınması uygun bir durum gibi görünmemektedir.

Bulgularda ortaya çıktığı üzere, formel tümdengelim ve bilimsel geçerliliği noktasında sorunlu bir tartışma alanı olarak kısıtlı bir kullanıma sahip tümevarımın, özellikle de bir ön kabule dayalı olarak, tüm açıklama türleri çerçevesinde (kuramsal veya olgusal) oluşturulan söylemlerde ve genel öğretim yaklaşımında kullanılması bir çelişki ve uygunsuzluk yaratmaktadır. Esasen öğrencilerin bilimsel bilgiyi kendi zihinsel süreçleri ile yapılandırmalarını savunan (Kılıç, 2001) baskın yapılandırmacı paradigmaya göre, bilginin sınıf ortamında öğrenci tarafından yeniden üretilmesi de

istenen bir sonuç olsa gerekir. Bu açıdan öğrencilerin bir olgu veya örnek bağlamında bir açıklama (hipotez oluşturmaları) veya yerine göre bir olguya yönelik sunulan kuramsal bilgilerden olguya yönelik bazı sonuçlar çıkarmaları, bilimsel düşünme temelinde beklenen bir durumdur. Bu çerçevede bilimsel düşünmenin, öğretimde salt tümevarım veya tümdengelime dayalı oluşturulan bilgi üretme süreçleri ile geliştirilemeyeceği görülmektedir. Bilimsel düşünmeye daha uyun olan retrodüktif ve hipotetik-dedüktif akıl yürütme yöntemlerini kullanmak daha uyun görünmektedir.

Bilimsel düşünme ekseninde akıl yürütmler üzerine çalışmalar ortaya koyan Lawson'a göre öğrenciler tüm gelişim dönemlerinde hipotetik-dedüktif bir şekilde düşünür (Lawson, 2000, 1995). Bu çalışma sonuçlarında ise öğrencilerin ağırlıklı olarak tümdengelim ile söylem oluşturdukları ve öğretimde tümdengelimsel bir düşünme şeklini tercih ettikleri görülmektedir. Bu bir çelişki değildir. Bu durum akıl yürütme yöntemlerine ilişkin bu çalışmanın psikolojik değil epistemolojik bir zeminde yürütülmesinden kaynaklanan bir yorum farkından kaynaklanmaktadır. Lawsonun hipotetik-dedüktif olarak ifade ettiği (Lawson, 2000, 2005) yöntem epistemolojik açıdan incelendiğinde esasen bilginin bulma ve doğrulama bağlamını her ikisini kapsar nitelikte; hipotez geliştirme ve test etme süreçlerini içermektedir. Bu çalışmada ise hipotetik-dedüktif yöntem Popper'in metodolojik yaklaşımına uyun olarak bilim felsefesinde genel anlamda kabul gören bir çerçevede; doğrulama bağlamında kullanılan bir akıl yürütme olarak ele alınmıştır. Başka bir ifade ile burada kast edilen yöntem ile aynı değildir.

Ayrıca bulgularda, Lawson'un belirli bir kalıpı olduğu ifade ettiği bir çok psikolojik temelli eğitim çalışmasında baz alınan söz konusu yöntem ile oluşturulan bir söylemsel çıkarım, epistemolojik açıdan içeriği ve bir öğretim sürecinde veya bir söylemin tüm bağlamında analiz edildiğinde tümdengelimsel veya tümevarımsal bir

sürecin parçası olduğu ortaya çıkmıştır[13]. Bu açıdan çalışmanın sınırları içerisinde bu noktadaki en belirgin sonuç hipotetik düşünme becerisinin bir göstergesi olarak kabul edilen söz konusu söylem kalıbını ("Eğer… ve… ise… ve/ama… bu yüzden… [*If... and... then… and/but… therefore…]*) kullanan bir öğrencinin veya öğretmenin söyleminin bağlamına göre hipotetik niteliğini kaybedebileceğidir.

Bu sonuç *ise dilin düşünme becerisi üzerindeki etkisi*ni akla getirmektedir. Dilin düşünme ile ilişkisi dikkate alındığında hipotetik olmayan söylemlerin düşünme becerisini de bu yönde etkilemesi mümkündür. Nitekim öğretim sürecinde sürekli tümdengelimsel söylemlere muattap olan öğrencilerde benzer söylemlerin çıkması bunun bir göstergesi olabilir. Başka bir ifade ile öğrencilere ilişkin sonuçlardan yola çıkarak hipotetik-dedüktif olmayan öğretmen söylemlerine muattap olan öğrencilerde hipotetik-dedüktif olmayan bir bir düşünme biçimi geliştirdiğine ve bunun öğrencilerin bireysel söylemlerine yansıdığı şeklinde bir yorum da getirilebilir. Bu noktada dil ile düşünme arasındaki ilişkide dile öncelik veren, düşünmenin bir tür konuşma olduğunu ve dilin düşünmeyi etkilediğini savunan Vygotsky'nin yaklaşımı (Ergün ve Özsüer, 2006) bu yorumu destekleyebilir. Yine bu çerçevede dilin düşünme biçimini doğrudan belirlediğine ilişkin daha radikal bir yaklaşım ortaya koyan *Spair-Whorf* hipotezi (Kay ve Kempton, 1984) açısından yapılan bu yorum bir destek niteliğinde olabilir. Bu noktada dil gelişimi çerçevesinde *bilimsel söylemim kalitesinin artması, bilimsel düşünmemin kalitesinin de artmasına katkı sağlayabilir*.

Çalışmanın bu noktadaki sonuçlarını psikolojik açıdan yorumlamada yukarıda verilen yaklaşımdan farklı olarak başka bir bakış açısı geliştirmek de mümkündür. Lawson'un içeriği basit olsa da öğrencilerin her gelişim döneminde sürekli hipotetik-dedüktif düşündüğüne yönelik çalışma sonuçları (Örn. Lawson, 1995, 2000, 2005) (hipotetik-dedüktif yöntem Lawson'un tanımladığı şekilde kabul edilerek) bir arada ele

[13]Bknz. Hipotetik-Dedüktif Süreç İle Tümdengelimsel Açıklama Sürecinin Karşılaştırılması s.:275

alınırsa öğrencilerde olduğu ifade edilen hipotetik-dedüktif düşünmenin geniş ve bağlamsal bir çerçevede söylemlerde ortaya çıkmadığı görülmektedir.

Bu açıdan bakılırsa düşüncenin dilden daha bağımsız bir yapı olduğu görüşüne daha yakın olan Piagetci bir yaklaşım ile, *hipotetik düşünmenin dilsel olmayan (salt zihinsel) boyutu ile dilsel boyutu arasında bir asimetri olduğu ve* zihinsel boyutta hipotetik olan bir bilginin dilsel kullanım ve söylem bağlamında niteliğinin değişebileceği yorumunu da getirmek mümkündür. Bu yoruma ise semiyotik açıdan destek bulmak mümkündür. Nitekim genel göstergebilim (semiyotik) dilsel ifadeler, onların gönderimleri ve bunlara ilişkin zihinsel temsillerin farklı nitelikte olabileceğini ifade etmektedir (Berger, 2004). Bu noktada ise bilginin dilsel ve düşünsel (zihinsel) boyut arasındaki asimetrisinin, simetriye çevrilmesi için yollar aranabilir.

Görüldüğü üzere psikolojik açıdan hangi yaklaşım kabul edilirse edilsin epistemoljik açıdan bakıldığında çalışmanın *bir bilimsel söylemin kullanılan bağlam ve akıl yürütme türüne bağlı ifade biçimine göre nitelik değiştirdiği ve muattabı tarafından o hali ile kabul gördüğüne ilişkin sonucu* öne çıkmaktadır. Nitekim öğretmenlerin bilgiye bakışı veya bilgilerinin zihinsel boyuttaki durumları ne olursa olsun, bu bilgiler sunulma ve ifade şekilleri ile öğrenciler açısından yeni bir boyut kazanmaktadır.

Bilimin Doğası Anlayışları ve Akıl Yürütme

Diğer taraftan kullanılan akıl yürütme yöntemleri bilimin doğasına yönelik anlayışlar açısından da uygun görünmemektedir. Bilimin doğasına yönelik olan ve geliştirilmesi gerektiği ifade edilen anlayışlardan (Lederman, 2007), örneğin, *"gözlem ve çıkarım arasındaki farkı"* anlama; çıkarımın bulma ve doğrulama bağlamlarındaki durumunu anlama ile mümkündür. Çıkarımın; bulma bağlamında, gözlemden tümevarımsal bir soyutlama ile doğrudan elde edilmediği, daha çok "*hayal gücü ve yaratıcığın"* etkisinin göz ardı edilmediği retrodüktif bir süreç olduğunun, doğrulama bağlamında ise başka kuramsal unsurlara başvurarak, olguya yönelik hipotetik-dedüktif bir açıklama içerdiğinin yaşantı veya bu yöntemlerin kullanılması ile anlaşılması, bu noktadaki bilimin doğası anlayışının kazanılmasında etkili olabilir.

Yine benzer şeklide "*bilimsel bilginin değişime açık olması"*anlayışının, bilgilerin formel tümdengelimde mutlak doğru kabul edilen öncüller gibi değil, hipotetik-dedüktif yöntemde sınanabilir bilgiler gibi kullanılması ile gelişmesi de mümkündür.

Kısacası bilimin doğasına ilişkin birçok anlayışın akıl yürütmelerle yakın ilişkisi[14] düşünüldüğünde, bilimin doğası anlayışlarının uygun akıl yürütme yöntemleri ile oluşturulan bilgi üretme süreçlerinin kullanarak geliştirilmesi mümkün olabilir.

6.1.2. Epistemolojik Algı ve Anlayışlar Açısından

Sav2. *Bilgi üretiminin metodolojik ve buna bağlı olarak epistemolojik yapısı, işlevsel açıdan bilimsel bilginin epistemolojik niteliği değiştirmektedir. Bu değişim ise bilimsel bilgiye yönelik algılar ve anlayışlara yansımaktadır. Bilimsel bilginin epistemolojisine uygun bilgi üretiminin sağlanması bu değişimin önüne geçmede ve bu noktadaki algı ve anlayışların uygun yönde değişmesinde etkili olabilir.*

Çalışma sonuçları; bilgi üretim sürecinde kullanılan bilgilere işlevsel açıdan bakıldığında, bilgilerin bir değişime uğrayarak; a priori ve analitik özellik kazandığını göstermektedir. Bu değişimin nedeni ise yapısını büyük ölçüde öğretmenlerin belirlediği bilgi üretiminin akıl yürütme yöntemlerine dayalı niteliğidir. Bu durum ise öğrencilerde periyodik sistemin genel geçer bilgilerle tanımlanabilir ve kendisinden tümedengelim yapılabilecek aksiyomatik bir sistem gibi kullanılması ve kabul edilmesi gibi sonuçları beraberinde getirmektedir. *Başka bir ifade ile bilginin öğretim sürecinde bilgi üretimi bağlamındaki durumu, epistemolojik niteliğine yönelik algıyı da etkilemektedir.*

Bu nedenle test edilebilirlik, değişe bilirlik vb. özellikleri ile tanımlanan yasalar, hipotezler ve teorilerin bu özelliklerine uygun akıl yürütme yöntemlerine dayalı bilgi

[14] Bknz. *Çalışmanın Önemi s.:18*

üretimi ile verilmesi, bilginin niteliğindeki değişimin önüne geçebilir. Bu noktada daha önce de vurgulandığı üzere, hipotetik-dedüktif yöntem dikkat çekicidir. Bu yöntemde kuramsal bilgiler sınanmak amacı ile kullanılır ve temel yaklaşım ise, Popper'in yaklaşımında olduğu gibi yanlışlama ve bilginin geçerli olduğu koşulları ifade ederek bilimselliğini artırmaktır. Bu yönteme dayalı bilgi üretimi ile gerçek nitelikleri ortaya konulan bilimsel bilgiye yönelik öğrencilerin algı ve anlayışları da istendik yönde değişebilir.

Ayrıca yine bu çerçevede önemli bir kazanıma da imkan vermek mümkün olabilir. Öğrenci ve öğretmenlerin bilimsel olan ile olmayanı ayrıma noktasındaki eksiklikleri (Lundström, 2007; Kallery, 2001) düşünüldüğünde böylesi bir yaklaşım günlük yaşamda ve öğretimde kullanılan bilimsel açıklamaların bilimsellik kriteri olarak yanlışanabilirlik ve bilimsel bilginin mutlak bir şekilde ifade edilemeyeceği gibi, bilimin doğası ve bilimsel düşünme noktasında da önemli kazanımlara katkı sağlayabilir. Aksi halde kullanıldığı şekli ile tümevarım ve tümdengelim esasen sentetik olan bilginin a priorileşmesine ve kendini tekrar ederek yeni bir bilgi üretme imkânı sunmamasına sebep olarak böylesi kazanımlara katkı sağlamayacağı açıktır.

Diğer taraftan kullanılan bilgi üretiminin niteliğinin bir sonucu olarak ortaya çıkan *a priori bilme* ve *bilgiyi a priori benimseme* durumu, bilimsel bilgide bilgi nesnesinin gerçek nesne ile ilişkisinin kopmasına ve bilimsel bilgilerin kabuller veya inançlar olarak benimsenmesine neden olabilir. Bu ise realist bir ontolojiyi benimseyen nesnel bilgi anlayışını öne çıkaran bilimler ve özellikle kimya için istenen bir durum olmasa gerekir. Öğretimde ise a priori benimsenen bilgilerden yapılacak tümdengelimsel bilgi üretiminde elde edilecek sonuçların olgusal *sınanabilirlik, yanlışlanabilirlik* gibi ölçütlerden ziyade *tutarlılık* ve *öznellik* gibi bilimsel bilgiye nispeten daha uzak ölçütlerle değerlendirmesine ve bunlara bağlı olarak kabul edilmesine neden olabilecektir.

Bu nedenler çalışma sonuçları temel bir öneri olarak; öğretilecek *bilginin niteliği göz önünde tutularak akıl yürütme yöntemlerinin tercih edilmesi ve buna dayalı bir bilgi üretiminin oluşturulması* gereğine işaret etmektedir.

6.2.3. Öğretim Sürecinde İçerik Bilgisi ve Kazanımı Açısından

Sav3. *Bilgi üretiminin niteliği, içerik bilgisinin niteliğine uygun değildir. Bu uygunsuzluk, içerik bilgilerinin öğretiminde istenmeyen durumlara neden olmaktadır. Bu durum kimyasal bilginin epistemolojik niteliğine daha uygun bilgi üretimi ile değişilebilir.*

Epistemolojik Uygunsuzluk

Çalışmadan elde edilen sonuçlar; bilgi üretiminde kullanılan şekli ile tümdengelim ve tümevarımın periyodik sisteme ilişkin bilgilere uygun olmadığını göstermektedir. Periyodik sisteme yönelik ifade edilen özellikle genel bilgilerin söz konusu akıl yürütme yöntemleri çerçevesinde kullanımı mümkün görünmemektedir. Periyodik sistemin yapısında bulunan anomali durumlar bu kullanıma imkan tanımamaktadır. Bu açıdan periyodik sisteme daha uygun yöntemlere ve bunlara dayalı bir bilgi üretiminden bahsetmek mümkündür. Örneğin çoğunlukla kuramsal nitelikli genel bilgilerin geçerlilik koşullarını ve sınırların ifade edilmesi ile dilsel ve bilgileri test etmesi ile süreçsel bir imkan veren hipotetik-dedüktif yöntem ile anomali durumlarda tümdengelimsel mantıkla genellemenin geçerliliğini sürdürmeye yönelik ad-hoc açıklamaların yerine, bunları açıklamada yeni bir hipotez; yeni bilgi veya alternatif açıklamalara imkan veren retrodüksiyon daha uygun görünmektedir.

Bu noktada önemli bir ayrımı da ifade etmek gerekebilir, söz konusu kuramsal bilgiler olduğunda bazı bilgelerin sınıf ortamında buluşuna imkan vermek ve bu çerçevede yapılandırma sürecinin kontrol altında tutmak mümkün olmaya bilir. Örneğin elementlerin asit ve bazik özelliklerini açıklamaya yönelik olarak asit ve baz teorilerinin sınıfta buluşu mümkün değildir. Yapılandırmacı öğretim yaklaşımı her ne kadar tümevarıma dayalı bir buluş sürecinin desteklese de (Kılıç, 2001), daha önceden açıklandığı gibi[15]bu tür bilgilerin tümevarımsal bir soyutlama ile elde edilmesi mümkün

[15] Bknz. *Çalışmanın Önemi s.:19,20*

olmadığı gibi, buluşunu desteklemenin de bir kontrollü bir yöntemi söz konusu değildir. Bu buluş sürecinde yanlış yapılandırmalar ve kavram yanılgıları mümkündür. Bilim insanlarının zihinsel yapılandırmalarının bir ürünü olan bu tür bilgilerin önemi, olgulara yönelik açıklama getirmede kullanılabilir olmasıdır. Ancak bu kullanımın sınıf ortamında sağlanabilmesi iki şekilde olabilir. İlk olarak bu kuramsal bilgileri formel bir tümdengelimle örneklendirmek, diğeri ise bu bilgileri örnekler üzerinde test etme veya örneklere ilişkin yeni bilgileri bu bilgiler çerçevesinde üretmeye yönelik imkan veren hipotetik- dedüktif bir süreç izlemek. İlk durumun seçilmesi çalışma sonuçlarına da görüldüğü gibi bilginin a priorileştirlmesine ve analitikleştirilmesine yol açmaktadır. İkinci yaklaşım ise hem değişebilirlik ve geçerli olduğu koşulları ifade etmek adına hem de sınıf ortamında bilgi üretimi adına daha uygun bir yöntemdir. Bu şekilde ayrıca *bilgi üretimine emprik düzeyde katılmayan öğrenciler için öğretim sürecinde başlangıçta a priori bilinme durumunda olması zorunlu görünen birçok kuramsal bilginin a posteriori niteliği süreç içerisnde ortaya konulması sağlana bilir. Bu süreç kuramsal bilginin test edilmesinde üretilen sonucun daha önceden elde edilen deneysel değerlerle veya referans kaynaklaradaki bilgilerle karşılaştırılması ile işletilerek ve olgu ile ilişkisi sürekli diri tutularak yönetilebilir.*

Yanlış Bilgi Üretimi

Kullanılan bilginin niteliğine uygun olmayan akıl yürütmelerle yapılan çıkarımlar öğrenci ve öğretmenler açısından pragmatik açıdan kullanışlı ve mantıksal açıdan tutarlı gibi görüşe de (uyun örneklerin, uyun genellemelerin kullanılması ve periyodik sistemin aksiyomatik bir sistem olarak kullanılması gibi) çıkarımın yanlış sonuçlar üretilmesine sebep olmaktadır. Bu ise bilimsel olarak karşılığı olmayan veya olgusal olarak doğru olmayan sonuçların üretilmesine neden olmaktadır. Bilimde kabul edilen doğruluk yaklaşımları bir şekilde bilgi nesnesi ile gerçek nesnenin ilişkine yöneliktir (Çevizci, 2009). Bu ilişki ne kadar iyi kurulursa bilimsel açıdan bilgi o kadar anlamlıdır. Daha önceden de ifade edildiği gibi tutarlı görünen bilimsel bir açıklama olgusal olarak doğru olmayabilir. Bu nedenle örneklerin yeterli ve uyun kullanımına imkan veren ve *tekil olgusal önermelerin* önemine vurgu yapan yanlışmacı yaklaşıma paralel olarak hipotetik-dedüktf yöntemle, tekil anomali örneklerin bilgi üretiminde

önemine vurgu yapan reterodüktif yöntemlerin kullanımı bu noktada öne çıkmaktadır. Bulgularda detaylı olarak tanımlanan söz konusu yanlış bilgi üretimi ile kimya öğretiminde içerik bilgisine yönelik kazanımlardaki ortaya çıkan eksiklikler veya kavram yanılgıları gibi birçok durumla ilişki kurulabilir. Başka bir ifade ile bu tür eksikliklerin nedenlerine yönelik çalışmalarda göz önünde tutulması gereken bir durumdur.

Bilimsel Olmayan Söylemler

Bilgi üretiminde kullanılan akıl yürütmeler, uyun olmayan bir dil kullanımı ile birleşince bilimsel olmayan söylemlere neden olmaktadır. Öğretimde dilin önemi büyüktür. Kimya öğretiminde de kavram yanılgılarında özellikle öğretmenin açıklamalarından kaynaklandığına ilişkin bulgular (Quílez, 2007), öğretmenin kullandığı dilin önemini ortaya koymaktadır.

Çalışma sonuçlarında ise akıl yürütmelerle yapılan söylemlerde yukarıda genel çerçevesi verilen bilginin a priorileştirilmesi ile ilişikli olarak mutlak ve genel geçer ifade edilmesi uyun olmayan bir akıl yürüme ile birleşince (anomali durumlar göz ardı etmek, bir özelliği göstermeyen bir elemente özelliği atfetmek gibi) yanlış bilgilerden oluşan ve bilimsel olmayan söylemlere neden olmaktadır. Benzer şekilde nedensellik ve orantısal ilişkilerde olduğu gibi uygunsuz ilişkiler söz konusu akıl yürütmelere bağlı olarak ortaya konulan söylemlerin doğası gereği ortaya çıkmaktadır. Oysa özellikle kimyada koşulları ifade etmek bilimsel bir önermenin bilimselliğini artırır. Nitekim kimyasal özellik koşullara bağımlı bir özelliktir (Schummer, 2004). Böylesi bir özelliği tam anlamı ile ifade etmek ise daha önceden de ifade edildiği gibi hipotetik-dedüktif bir yaklaşımla mümkün görünmektedir. Bu nedenle bilimsel söylemlerin yapısını analiz etmede kullanılan akıl yürümelerin dil ile yakın ilişkisi düşünüldüğünde, bilimsel bir dilin kullanılması da söylemlerde kullanılan akıl yürütmelerin niteliğine oldukça bağlıdır.

Uygun Olmayan Epistemolojik İlişkiler

Bilgi üretiminin yapısı kimyasal bilginin doğasına ve niteliğine uygun olmayan epistemolojik ilişlere zemin hazırlamaktadır. Bu çerçeveden bakıldığında kimyasal özelliğin koşullara, etkileşimde bulunulan maddeye olan bağlığı önemli bir nokta olarak karşımıza çıkmaktadır. Esasen periyodik sistemde elementlerin anomali durumlar sergileyerek genel geçer önermelerle soyutlanamayacak ve belirli bir nedensellik ile indirgemeyecek davranışlar göstermesindeki en büyük faktör bu özelliği olsa gerekir. Bu çerçevede bulgularda ortaya çıkan nedensellik, orantısal ilişki ve indirgemecilik gibi durumlar ile tanımlana uygun olmayan epistemolojik ilişkiler bilgi üretiminde genel yapısı ve buna bağlı olarak kullanılan akıl yürütme yöntemleri ile yakından ilişiklidir. Bu açıdan öğretim ortamın oluşturulan söylemlerin bu özellikleri ifade etmeye müsaade eden akıl yürütmelerle yapılması önemlidir. Burada ise yine bu özellikleri daha önce vurgulanan retrodüktif ve hipotetik dedüktif yöntem göz önüne gelmektedir.

Totolojik Döngüler

Bilgi üretiminin yapısı, yer yer öğretimde yeni bilgi içeriğinden yoksun totolojiler oluşturulmakta ve içerik bilgisinin öğretiminde zihinsel boyutta yeni bilgi üretimine imkan vermeyen kısır döngülere neden olmaktadır. Çalışma sonuçları öğretim ortamında yeni bilgi içeriğine sahip olmayan totolojilerin oluştuğunu göstermektedir. Ancak totolojiler doğruluğu kendinden olan ve doğru kabul edilen bilgilerdir. Oysa ne bilimde ne de fen öğretiminde bilgiye böyle bakılması veya istenmez. Bir *öğretim ortamında bilginin totolojiye dönüşmesi üstü örtülü olarak bilgini ezberlenmesi sonucunu getirir*. Ancak günümüz fen eğitimi anlayışında hem bilimsel düşünme hem içerik bilgilerinin kazanımlarında bu durumun uyuşması mümkün değildir. Bu nedenlerle tümevarım ve tümdengelim totolojisi yerine bilgi üretimine ve bilgiyi test etmeye imkan veren süreçlerin kullanılması önemli ve gereklidir.

Otorite Kaynaklı Bilgi Edinme

Bilgi üretiminin yapısı, öğretmen merkezli öğretim ve otorite kaynaklı bilgi edinmeyi destekler niteliktedir. Çalışmada elde edilen sonuçlar öğretmenlerin tümdengelimle başlattıkları üniteyi yer yer tümdengelimi onaylamak ve verilen bazı temel bilgileri doğrulamak amacıyla kullanılan tümevarım ve yine tümdengelimlerle devam ettirdikleri, öğrencileri de bu noktada yönlendirmeler tümedengelime kattıkları görülmektedir. Öğrenciler için tümdengelimin öncülleri öğretmen söylemlerindedir. Bu açıdan öğretim ortamında kullanılan akıl yürütmeler öğretmenlerin öğretmen merkezli yaklaşımlarının bir aracı olmaktadır ve öğrencileri otorite kaynaklı bilgiye zorlamaktadır. Otorite kaynaklı bilginin ise öğrencilerde uygun olmayan epistemolojik inançlar geliştirdiği ifade edilmektedir (Boden, 2005). Ancak günümüz kabul gören fen anlayışı bu noktada öğrenci merkezlidir. Çalışma sonuçlarına göre öğrencinin kendi bilgi üretimini yapmadığı ve yer yer öğretmenin ifadelerini tekrarladığı söylenebilir. *Bu durum yine öğrenimde bir araç olarak uyun akıl yürümelerin kullanımın öne çıkarmaktadır.* Nitekim retrodüksiyon ve hipotetik-dedüktif yöntem etkin bir öğretim yaklaşımı ile birleştirilirse öğretimde etkili olabilir. Bu hem öğrenci merkezli öğretim hem bilimsel düşünmenin öğretimi açısından etkili olabilir.

6.2. Öneriler

Çalışma sonuçlarının öğretim açısından ne anlama geldiğine yönelik yukarıda yapılan yorumdan çıkarak sonuçların önemini farklı açılardan ifade etmek ve bazı önerilerde bulunmak mümkündür. Bu bağlamda genelde fen özelde ise kimya eğitimi açısından akıl yürüme yöntemlerinin öğretimin doğal veya yapılandırılmış ortamlarında kullanımı, bilim felsefesinin açılımları çerçevesinde gözden geçirilmesi, uygun yönde geliştirilmesi ve buna bağlı olarak öğretim ortamına taşınması faydalı ve önemli olduğu genel bir öneri olarak ifade edilebilir. Ayrıca sonuçların önemi bağlamında bu önerinin farklı boyutlarda genişletilmesi mümkündür.

6.2.1. Akademik Çerçevede Öneriler

1. *Çalışma sonuçları bilimin doğasına yönelik anlayış geliştirmede doğal öğretim ortamlarında söylemler çerçevesinde oluşturulan akıl yürütmelere dayalı bilgi üretiminin epistemolojik ve metodolojik yapısının bir değişken olarak incelenebileceğini göstermektedir. Sınıf ortamında oluşturulan bilgi üretiminin niteliğinin bilimin doğası anlayışlarındaki ve bunların geliştirilmesindeki olası etkisi incelenebilir.*

Çalışma sonuçlarının farklı açılardan bilimin doğası anlayışları için önemli olduğu düşünülmektedir. Bilimin doğası ile ilgili çalışma sonuçları genel anlamda öğretmenlerin öğretim yaklaşımlarının bilimin doğasını etkileyip etkilemediği noktasında net görüşler ifade edilmese de öğretmenlerin bu konuda büyük etkisi olduğu kabul edilen bir görüştür (Mellado, 1998). Bu çalışma sonuçları ise ister öğretmenin öğretim yaklaşımın içinde kabul edilsin ister edilmesin bilimin doğası anlayışlarını etkileyen dikkate değer bir değişken ortaya koymaktadır. Bu değişken *öğretmen söylemleri ve bu söylemlerin büyük ölçüde yapısını belirlediği, çalışmada tanımlanan bilgi üretimin epistemolojik ve metodolojik yapısıdır.* Bilimin doğası anlayışlarına yönelik bu değişkenin kapsadığı faktörler ise çalışma sonuçlarından çıkarak; öğretmen söylemlerinde kullandıkları akıl yürütmeler, bilgi üretme süreçleri, a priori bilme, bilginin a priori nitelikte kullanılması, indirgemler vb. gibi öğretim ortamında bilimsel bilgiye, bilimin doğasının bir boyutu olarak ifade edilen bilim felsefesi çerçevesinde epistemolojik ve metodolojik yaklaşma ile tanımlanan faktörler olabilir.

Diğer taraftan bilimsel söylemin öne çıktığı argümantasyon ve bilimsel yöntem ile ilişkili bilimsel süreç becerilerine dayalı yöntemler gibi uygulamaların bilimin doğası noktasında etkili olduğu ifade edilmektedir (Örn. Bell ve diğ., 2005; Abd-el-Khalick ve Lederman, 2000; Köseoğlu ve diğ., 2008). Bu çalışma sonuçları bu tür uygulamaların açısından da önemli olabilir. Nitekim çalışmada, doğal sınıf ortamında oluşturulan söylemler, bilimsel yöntemin rasyonalitesi ve bilimsel söylemlerin epistemolojik niteliğinin tanımlanmasında kullanılan akıl yürütme yöntemleri çerçevesinde ele alınmıştır. Akıl yürütme yöntemlerine daha çok psikoloji bağlamında

ele alan bu tür uygulamlarda akıl yürütme yöntemlerinin felsefi yönünün dikkate alınması gerektiğini gösterme bakımından bu çalışma sonuçları önemlidir.

2. *Çalışma sonuçları bilimin doğasına ilişkin anlayışların geliştirilmesi çerçevesinde özellikle, bilimsel olanla olmayanı ayırmaya, temel fen kavramlarının kazanılmasına ve bilimsel bilgilere yönelik epistemolojik algıların gelişmesinde akıl yürütme yöntemlerinin dikkate alınması gerektiğini göstermektedir.*

Hipotetik-dedüktif ve retrodüktif yöntemlere uyun öğretim ile bilimin metodolojine ilişkin bilimin doğası anlayışları da geliştirilebilir. Nitekim bilimin doğasına ilişkin anlayışları geliştirmede başarılı çalışmalar arasında akıl yürüme yöntemleri ile yakın ilişkili olan bilimsel süreç becerilerine yönelik olduğu ifade edilmektedir (Bell ve diğ., 2005; Abd-el-Khalick ve Lederman, 2000). Yine bu çerçevede bu akıl yürütmelerin uygun kullanımı kimyasal bilgiye yönelik epistemolojik algıları olumu yönde etkileyebilir. Bu açıdan bilimin doğasına yönelik uygulamalar geliştirilebilir ve eski uygulamalar gözden geçirilebilir. Örneğin bilimsel söylemlerin bilimselliği bu akıl yürütme yöntemleri ile analiz edilebilir. Akıl yürütme yöntemlerinin bilimsel söylemlerin bilimselliğine getirilen ölçütler ile de yakın ilişkisi vardır (yanlışlanabilirik, sınanabilirlik). Bu açıdan bu yöntemler bilimsel söylemlerin bilimde kullanılan teori, hipotez ve yasa gibi bilgilerin yapısının analizinde önemli yöntemlerdir. Bu çerçevede argümantasyon gibi, bilimsel söylem temelli çalışmalar açısından da bir öneri arz edebilir. Öğrencilerin delil-iddia temelli söylem oluşturmaya yönelik uygulamaların ne tür akıl yürümelerin daha bilimsel olduğu veya akıl yürütmelerin bilimsel söylemin bilimselliğini belirlediği gibi sonuçlar dikkate alınabilir. Nitekim çalışmalarda bu açıdan bir boşluk olduğunu ifade etmek mümkündür.

3. *Çalışma sonuçları dil ve düşünme ilişkisi çerçevesinde; öğretim ortamlarında söylem bazında kullanılan akıl yürütme yöntemlerinin bilimsel düşünmeye hizmet edecek yönde değiştirilmesi ve geliştirilmesi gereğine işaret etmektedir. Bu konuda çalışma zemini olan eğitim psikolojisi, bu geliştirmede ve değiştirmede bilim felsefesinin bu noktadaki açılımlarından faydalanabilir.*

Çalışmada doğal öğretim ortamında öğretmen ve öğrenciler tarafından kullanılan akıl yürütme yöntemlerinin yapısı tanımlanmış ve bilim felsefesi çerçevesinde bilimsel

metodolojiye uygun olarak kabul edilen akıl yürütmelerle karşılaştırılması yapılarak, kullanılan yöntemlerin uygun olmadığı gösterilmiştir.

Sonuçlardan yola çıkarak öğretim ortamlarında özellikle kuramsal bilgilerin üretimine ve test edilmesine imkan veren yöntemleri (retrodüksiyon ve hipotetik-dedüktif) kullanılmasının önemi çerçevesinde; ilk olarak öğretmen ve öğrencilerin akıl yürütme becerilerinin geliştirilmesi ve değiştirilmesi önerilebilir. Nitekim bireylerin bilimsel düşünme becerilerine ilişkin çalışmalar bunların gelişim döneminin dışında akademik eğitim sürecinde gelişmesinin devam ettiği, öğretim etkinlikleri ve kullanılan bilginin bağlamına bağlı olarak geliştirilebildiğini göstermektedir (Johnson ve Lawson, 1998; Lawson, 2001, 2004, 2003a; Lawson ve diğ. 2007). Bu bağlamda önemli bir nokta olarak hipotetik düşünme (argüman) kalıbı (Lawson, 2000) 'na uyun çıkarımların bilimsel söylemlerde, söylemin bağlamında bağlı olarak bilimsel olmayan şekilde kullanıldığına ve bu noktada niteliğinin değiştiğine yönelik bulgularda önemlidir. Nitekim bu kalıp bilimsel düşünme ve bilimin doğası anlayışları ile ilişkilendirldiği görülmektedir. Bulgularda ortaya çıkan hipotetik düşünme ile dilsel bağlamda hipotetik ifade arasındaki asimetri ancak kalıbın içerdiği bilgilerin epistemolojik niteliğine yönelik bir yaklaşımla giderilebilir.

Diğer taraftan dilin düşünme üzerindeki etkisi (Vygotsy yaklaşımı ve Spair-Whorf hipotezi) dikkate alındığında dilin geliştirilmesi ile düşünme de gelişebilir. Bu açıdan bilimsel söylem temelli çalışmalarda *bilimsel söylem ve bilimsel akıl yürütme* (dil ve düşünme) ilişkisi bu açıdan ele alınıp, söylemin kalitesinin artırılması ile bilimsel düşünmenin kalitesinin artırılabileceği göz önünde tutulabilir. Çalışma sonucunda ortaya çıkan *öğretmenin öğrencinin bilgi üretimini belirlediği durumu ve bazı kuramsal bilgilerin buluşunun kontrolden yoksun olması noktasındaki epistemolojik durum bir arada alınırsa yapılabilecek en makul yaklaşım; öğretmenin söylem kalitesini geliştirmektir.*

Bu genel çerçeveden bakıldığında öğretmenler ve öğrencilerin bilimsel düşünme becerilerin geliştirmeye yönelik çalışmalarda akıl yürütme yöntemlerinin psikoloji dışından felsefi bağlamda da göz önüne alınması bilimin doğası noktasındaki anlayışları ve bunula ilişkilendirilen bilimsel düşünmenin geliştirilmesinde daha ekin yöntemlerin ortaya konulmasına katkı sağlayabilir. Bu felsefi yaklaşımın kimya

açısından özellikle önemli olduğu vurgulanmaktadır (Scerri, 2001). Nitekim bilimsel düşünme becerilerine yönelik alan yazın incelendiğinde bu çalışmaların daha çok eğitim psikoloji zemininde yapıldığı görülmektedir (Örn. Lawson, 2006a; Zimmerman, 2000, 2005, 2007). Ancak sınıf ortamında öğretmen söylemleri başta olmak üzere, söylemler ile ortaya konan akıl yürütme yöntemlerinin istendik yönde değiştirecek ve geliştirecek yöntemler önerilebilir. Bu sürecin, bilimi tanımlamada bilim felsefesinin önemi düşünüldüğünde, bilimin doğasına ilişkin anlayışların geliştirilmesin katkısı mümkün görünmektedir.

4. *Çalışma sonuçları başta içerik bilgilerinin öğretimi için hipotetik-dedükif yöntem olmak üzere retrodüksiyon ve tümevarımın uygun bir şekilde sınıf ortamında öğretim etkinliklerine yansıtılmasına imkân veren yöntemler geliştirilmesi gerektiğine işaret etmektedir.*

Çalışma sonuçları uygun olmayan akıl yürütmelere dayalı bilgi üretme süreçleri ile desteklenen öğretim ortamında; yeni bilgi üretimine imkan verilmemesi, öğretmen merkezli öğretimi destekleme, uygun olmayan a priori bilme ve buna bağlı olarak bilgiyi bir inanç veya kabul olarak benimseme ve totolojiler çerçevesinde ezbere yönelme gibi durumların oluşmasına neden olabileceğini göstermesi açısından önemlidir. Bu nedenle şu öneride bulunulabilir; fen öğretimi açısından istenmeyen bu durumların oluşmasını engellemek adına akıl yürütmelerin uyun yönde değişimini desteklenmesi ve kullanılmayan uygun akıl yürütmelerin sınıf ortamına taşınması için yöntemler geliştirilmesi önerilebilir. Bu çerçevede bilimsel düşünmede özellikle önemi ve yapısı geçen bölümlerde vurgulanan retrodüktif ve hipotetik-dedüktif yöntemler dikkate alınabilir. Böylesi yöntemlerin geliştirilmesi ve kullanılması yukarıda ifade edilen durumların önüne geçmenin yanı sıra bilimin doğasının anlaşılmasına da katkı sunabilir. Ayrıca öğretim sürecinde öğrencinin duruma göre bilginin niteliği a priori ve a posteriori özelliğinin[16] değerlendirilmesi, özellikle doğrudan bilimsel etkinliklerin içinde bulunmayan ancak bilim öğrenenler açısından bu niteliğe göre yaklaşım geliştirilmesi mümkündür.

---

[16] Bknz. *Bilimsel Bilginin Niteliği ve Öğrenen Açısından Durumu s.:49*

6.2.2. Öğretim Sürecine Yönelik Öneriler

Çalışma sonuçlarının fen ve kimya eğitimi açısından önemine ilişkin yukarıda verilen genel çerçeveden yola çıkıldığında, sonuçlar kazandırılması gereken içerik bilgisinin niteliğine bağlı olarak uygun akıl yürütme yöntemine dayalı bir bilgi üretimi oluşturulması gerektiği noktasında genel bir öneriye işaret etmektedir. Öğretim sürecinde öğrenme psikolojisi bağlamında bilginin nasıl oluştuğuna ve geliştiğine yönelik gelişen teorilerle birlikte anlayışlar da son yüz yılda olduça büyük bir değişim göstermiş ve buna bağlı olarak öğretim sürecinin niteliği hakkında öne sürülen argümanlar da öğrenci merkezli hale gelmiştir (Duschl and Osborne, 2002). Duschl ve Osborn'(2000: 40)'a göre, ancak büyük çaplı raporlar ve araştırmalar öğretim ortamının bu değişimden etkilenmediğini göstermekte, öğretmenin öğretim sürecinin en etkili aktörü ve özellikle sınıf ortamındaki söylemin yeğane üyesi olduğunu göz önüne sermektedir. Bu çalışmadan elde edilen bulgular bu görüşü desteklemektedir. Nitekim sınıf ortamında bilgi üretimi öğretmen söylemleri üzerine kuruldur.

Bu çerçeveden bakıldığında eğer öğretmenin bu pozisyonu değişime karşı direç gösteriyorsa veya öğretmenin bu pozisyonu kaçınılmaz ise, bir abdüksiyon niteliğinde bir öneri ifade edilebilir. Bu öneri öğretmenlerin *söylemlerinin ve buna bağlı oluşan bilgi üretiminin epistemolojik ve metdolojik açıdan geliştirilmesidir.* Bu noktada öğretim sürecinde öncelikle öğretmen tarafından dikkat edilmesi gerektiği değerlendirilen noktalar çalışmada tanımlanan bazı kavramlar üzerinden geliştirilen öneriler ile ifade edilebilir;

Bilimin bulma ve doğrulama ayrımını dikkate alarak alternatif akıl yürütmeleri kullanma; öğretim sürecinde tümevarım ve tümdengelimin dışında, bilgi üretimi açısından birçok boyutta daha üstün olan retrodüktif ve hipotetik-dedüktif yöntemlerin kullanılması mümkündür.

Bazı bilgilerde kontrollü bir yapılandırma sağlama; bilimsel bilgilerin ve özelde kimyasal bilginin niteliği çerçevesinde öğrenci buluşuna açık bilgiler ile kapalı bilgiler arasında bir ayırıma giderek uygun akıl yürütmeleri seçmek mümkündür. Öğrenci buluşuna kapalı olan özellikle kuramsal bilgilerde hipotetik-dedüktif bir süreçle kontrollü bir yapılandırma sağlanabilir. Bu süreçte ise Vygotsy'nin içinde bulunduğu

aktivite yaklaşımında öne çıkan, *aracı ile öğrenme* ve *öncelikle bulunmuş hazır bilgileri öğrenme kavramları* (Ergün ve Özsüer, 2006) yol gösterci olabilir.

Anomali durumları kullanma; Kimyada söz konusu olan ve özellikle periyodik sistemde ortaya çıkan anomali durumlar alternatif akıl yürütmelere dayalı bir bilgi üretimini sınıf ortamına taşımak için uygundur. Bu durum retrodüktif yöntemde alternatif bir hipotez geliştirmek, hipotetik-dedüktif yöntemde ise hipotezi sınamak şeklinde en genel hali ile uygulanabilir. Bu ise bilimsel bilginin epistemolojisini kavrama ve bilimsel düşünme vb. açılardan katkı sağlayabilir. Özellikle periyodik sistem bu açıdan büyük bir imkân sunmaktadır. Bu aynı zamanda kimyanın doğasının anlaşılmasında ve kimyasal epistemolojinin niteliklerinin kavranmasında da etkili olabilir.

Ad hoc açıklamaları uygun kullanma; Anomali durumlara getirilen ad-hoc açıklamalar bilginin genel geçerliğini korumaya yönelik olduğundan kullanılmamalıdır. Bu durumlar Popper'in yaklaşımı ile yeni bir alternatif arayışı için gerekli durumlardır.

Uygun bir dil kullanma; bilgi üretiminde dilin önemli bir yeri olduğu görülmektedir. Bu açıdan bilimsel söylemlerin kriterlerine (yanlışlanabilirlik) uyun ve koşulları ifade etme gibi özellikler çerçevesinde daha uygun bir dil kullanılmalıdır. Dilin uygun kullanılmaması bilgiye ilişkin epistemolojik algıları anlayışları etkilemektedir.

Emprik verileri kullanma; emprik veriler bilimsel bilginin doğruluğunun sınanmasında önemli bir faktördür. Doğruluk kuramlarında özne ve nesne arasındaki ilişkiyi bilimsel açıdan kuran emprik verilerdir. Bu açıdan sınıf ortamında doğru bilgi üretimi veya bir bilginin test edilmesinde dayalı hipotetik-dedüktif yöntemde ve anomaliler dayalı hipotez üretme yöntemi olan retrodüktif yöntemde olgusal örneklerin önemi büyüktür.

Tekil örnekleri ve önermeleri kullanma; tekil örnekler ve önermeler, hem önerilen akıl yürütme yöntemlerinin kullanılması hem de bilginin apriorileşmesi ve bu çerçevede apriori bilme gibi epistemolojik durum ve yaklaşımların önüne geçmede

önemlidir. Ayrıca yine anomali durumları göz önüne sererek kimyanın çeşitleyici doğasını öne çıkarama da öneli bir yere sahiptir.

A prori bilme ile ön bilgi arasında ayrımı belirleme; ön bilgilerin öğrenmede önemi yadsınamaz bir durumdur. Ancak ön bilgilerin kullanılma şekli ve bilgi üretimi sürecinde bazı bilgilerin ön bilgi olmadan çok ön kabul şeklinde ortaya çıkması sonucunu getirmemelidir. Böylesi bir durumda ön bilgiler ön kabuller olarak apriori nitelik kazanabilmektedir. Bu ise birçok kez ifade edildiği gibi birçok epistemolojik sıkıntılara neden olabilmektedir.

İndirgemelerden kaçınma; indirgemeler kimyanın doğasını anlaşılmasında bir engeldir. Çünkü indirgemelerin birçoğu kimyasal anlamda yanlış epistemolojik ilişkilere dayanmaktadır. Bu durum ayrıca yanlış içerik bilgisi çıkarımlarına ve öğrenmelere neden olabildiği görülmektedir. Bu açıdan kullanılan bilgi üretimine bağlı olarak ortaya çıkan indirgemelerin uygun bilgi üretimi ile önüne geçilebilir.

Totolojilerden kaçınma; aynı eksen önermeye dayalı farklı akıl yürütmelerin kullanılması ile oluşan totolojiler en genel hali ile bilginin ezberlenmesine neden olabilir. Ayrıca net bir şekilde ortaya çıktığı üzere, totolojiler sentetik nitelikli kimyasal bilginin apriorileşmesi ve buna bağlı olarak apriori bilme ve benzeri durumlar açısından bilgi üretiminde olumsuz bir durumdur. En önemli etkilerinde birisinin öğrencilerde bilimsel düşünmeye geliştirici etkisinin olmamasıdır. Nitekim totolojiler yeni bilgi üretimine zihinsel boyutta imkân veren yapılar değildir.

Öğrencileri bilgi üretimine katma; öğretmenlerin belirlediği bilgi üretiminde öğrencilerin katılımı oldukça azdır. Ayrıca öğretmenin yönlendirmesi öğrencilerde ortaya çıkan durumlarda oldukça etkilidir. Bu nedenle bilgi üretiminin yapısı öğretmen merkezli bir öğretimi desteklemektedir. Bu süreci uyun yönde geliştirmede en önemli adımlardan birisi öğrencilerin öğretim sürecine daha fazla katılmasıdır. Bu öğrencilerin kendi bilgi üretimlerini geliştirmeleri için gerekli görünmektedir.

Sonuç olarak, çalışma öğretim ortamında epistemolojik ve metodolojik açıdan özellikle kimyasal bilginin doğasına uyun akıl yürütmlerle söylemlerin oluşturulması ve bunlara dayalı bilgi üretiminin çalışmada bilim felsefesi çerçevesinde tanımlanan bazı

kavramlar üzerinden geliştirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Ayrıca bu durumun gerek alana özgü gerek genel anlamda bilimindoğası anlayışlarını ve bilimsel düşünme becerilerini gelişimini olumlu yönde etkileyeceği ve bununla birlikte içerik bilgilerinin daha verimi birşekilde kazandırılmasında katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Abd-El-Khalick, F. (2001). Embedding nature of science in preservice elementary science courses: abandoning scientism, but... *Journal of Science Teacher Education*, *12*(3), 215-233.

Abd-El-Khalick, F. , Bell, R. L., and Lederman, N. G. (1998). The nature of science and instructional practice: Making the unnatural natural. *Science Education*, *82*(4), 417-436.

Abd-El-Khalick, F., and Lederman, N. G. (2000). Improving science teachers' conceptions of nature of science: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education, 22*(7), 665-701.

Akeroyd,M.(2008). Chemistry's big idea. *Metascience*,*17*,155-157.

Akerson, V., Abd-El Khalick, F., and Lederman, N. G. (2000). Influence of a reflective explicit activity- based approach on elementary teachers' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, *37*, 295-317.

Alters, B. J.(1997). Whose nature of science?. *Journal of Research İn Science Teaching*,*34*(1), 39-55.

Arslan,A.(2005). *Felsefeye giriş*. Ankara: Adres yayınları.

Ayas,A., Çepni,S., Akdeniz,A.R., Özmen,H., Yiğit,N. ve Ayvacı H.Ş. (2007). *Fen ve teknoloji eğitimi.* Ankara: Pegema Yayıncılık.

Baç, M. (2007). Epistemoloji, A.Cevizci (Ed.). *Felsefe ansiklopedisi,* (*5*,567-581). İstanbul: Babil Yayıncılık.

Bacon, F. (1999*). Novum organum* (Çev. S. Ö. Akkaş). Ankara: Doruk Yayınları. (Eserin orjinali 1620'de yayımlandı).

Bayrakçeken,S., Canpolat N. ve Çelik, S.(2011,Temmuz). *Kimyanın doğası ve öğretimi*. 2.Ulusal Kimya Eğitimi Kongresinde sunulmuştur, Erzurum.

Bell, P., and Linn, M. C. (2000). Scientific arguments as learning artifacts: Designing for learning from the web with KIE. *International Journal of Science Education, 22*(8), 797-817.

Bell, R. L., Lederman, N. G.,and Abd-El Khalick, F.(2000). Developing and acting upon one's conception of yhe nature of science. *Journal of Research in Science Teaching, 37*(6), 563-581.

Bell, R.L., Binns, I.C., Schnittka, C., and Smetana, L.K. (2005, October). *The process skills-based approach to nature of science instruction: Impact on preservice teachers' beliefs and instructional practices.* Paper presented at the Annual Meeting of the Association for Science Teacher Education, Mid-Atlantic Region, Breaks, VA. Web: http://www.geocities.com/astemidatlantic/aste_region_session_d.htm. 12 Şubat 2007'de alınmıştır.

Ben-Ari,M.(2005). *Just a theory;exploring the nature of science*. New York: Prometheus Books.

Bensaude,V.B.(1986). Mendeleev's periodic system of chemical elements. *British Journal for History of Science*,*9,* 3–17.

Ben-Zvia,N.,and Genuta,S.(1998). Uses and limitations of scientific models: the Periodic Table as an inductive tool. *International Journal of Science Education*, *20* (3),351-360.

Berger,A.A.(Ed.).(2005). *Semiotic analysis.* In *Media analysis techniques* (pp.1-37). London: Sage Publication. Web: http://www.uk.sagepub.com/upm-data/5171_Berger_Final_Pages_Chapter_1.pdf. 23 Eylül 2010'da alınmıştır.

Bhushan,N.(2006). Are chemical kinds natural kinds?. In D. Baird,E.Scerri,and L.Mclntyre (Eds.), *Philosophy of Chemistry* (pp. 327–336). Dordrecht: Springer.

Boden,C.J. (2005). *An exploratory study of the relationship between epistemological beliefs and self-directed learnıng readiness*. Ph.D.T. Kansas State Unıversıty, Manhattan, Kansas.

Boyle,R.(2003). *The Sceptical chymist*,(The Classic 1661 Text). New York: Dover Publication Web: http://hti.osu.edu/sites/default/files/robert_boyle_skeptical_chemist.pdf. 22 Ocak 2012'de alınmıştır.

Brickhouse, N. W., Dagher, Z. R., Letts W. J., and Shipman, H. L. (2000). Diversity of students' views about evidence, theory, and the interface between science and religion in an astronomy course. *Journal of Research in Science Teaching*, *37*(4), 340-362.

Brito,A., Rodrı´guez,M.A. and Niaz,M. (2005). A reconstruction of development of the periodic table based on history and philosophy of science and its implications for general chemistry textbooks. *Journal of Research In Science Teaching, 42*,(1), 84–111.

Brush, S. G. (1996). The Reception of Mendeleev's periodic law in America and Britain. *Isis*, *87*, 595–628.

Carnap, R. (1928*). Der logische aufbau der welt*. Berlin: Weltkreis-Verlag.

Carnap, R. (1952). *The cognition of inductive metods*. Chicago: University of Chicago Press.

Carnap, R. (1953). Testability and meaning. In H. Feigl and M. Brodbeck (Eds.),*Readings in the Philosophy of Science* (pp. 47–92). New York.

Çelik,Y.A. (2010). *Bilimsel tartışma (argümantasyon) esaslı öğretim yaklaşımının lise öğrencilerinin kavramsal anlamaları, kimya dersine karşı tutumları, tartışma isteklilikleri ve kalitesi üzerine etkisinin incelenmesi*, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Çetin P.S.,Erduran, S., and Kaya E.,(2010). Understanding the nature of chemistry and argumentation: the case of pre-service chemistry teachers. *Ahi Evran Ünv. Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, *11*(4),41-59.

Çetinkaya, E.K. ve Şimşek, C.L. (2012).*Öğretmen adaylarının bilimsel yönteme ilişkin bilgi düzeyleri: bilim- sözde bilimi ayırımı.* X.Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi(27-30 Haziran), Bildiri Tam Metinleri. Web: http://kongre.nigde.edu.tr/xufbmek/ 'den 06.07.2012'de alınmıştır.

Cevizci, A.(2002). *Paradigma felsefe sözlüğü.* İstanbul: Paradigma Yayınları.

Cevizci, A.(2010). *Bilgi felsefesi.* İstanbul: Say Yayınları.

Cevizci, A.(2011). *Felsefe sözlüğü*. İstanbul: Say Yayınları.

Chiapetta, E.L., Koballa, T. R. and Collette, A.T. (1998). *Science instruction in the middle and secondary schools*. New jersey:Prentice Hall.

Comte,A.(2001).*Pozitif felsefe kursları.* (Çev. E. Ataçay). İstanbul: Sosyal Yayınları (Eserin orjinali 1832-1854 arasında parçalar halinde yayımlandı)

Craver, C.F. (2001). Structures of scientific theories. In P.K. Machamer and M. Silberstein, (Eds.) *Blackwell guide to the philosophy of science* (pp. 55-79). Oxford:Blackwell, Web: http://philosophy.artsci.wustl.edu/people/Carl_Craver. 12 Mart 2011'de alınmıştır.

Çüçen, A. K.(2005*). Felsefeye giriş*. Bursa: Asa Kitabevi.

Çüçen, A. K.(2006). *Mantık.* Bursa: Asa Kitabevi.

Çüçen, A. K.(2009). *Bilgi felsefesi.* Bursa: Asa Kitabevi.

Demir, Ö. (2000). *Bilim felsefesi.* Ankara: Vadi Yayınları.

Demircioglu, H., Demircioglu, G., and Çalık, M.(2009). Investigating the effectiveness of storylines embedded within a context-based approach: the case for the periodic table. *Chemistry Education Research and Practice, 10* (3), 241-249.

Diener, L., and Moore, J. W.(2011). It's Elemental! *Science Teacher, 78*(5),40-43.

Driver, R., Newton, P. and Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education, 84*(3), 287-312.

Duschl, R. A. and Osborne, J. (2002). Supporting and promoting argumentation discourse in science education. *Studies in Science Education, 38*, 39-72.

Duschl, R.A. (1994). Research on the History and Philosophy of Science. In Gabel, D.L. (Ed.),*Handbook of Research on Science Teaching* (pp.443-465). New York: MacMillan

Eick, C. J. (2000). Inquiry, nature of science and evolution: The need for a more complex pedagogical content knowledge in science teaching. *Electronic Journal of Science Education. 4* (3),1-44. Web: http://wolfweb.unr.edu/homepage/crowther/ejse/eick.html. 22 Eylül 2011'de alınmıştır.

Emiroğlu,İ.(2007). *Klasik mantığa giriş.* Ankara: Elis yayınları.

Erdener, E.(2009). Vygotsky'nin düşünce ve dil gelişimi üzerine görüşleri: piaget'e eleştirel bir bakiş. *Türk Eğitim Dergisi,70* (1),85-103.

Erduran, S. (2001). Philosophy of chemistry: an emerging field with implications for chemistry education. *Science & Education, 10*(6), 581–593.

Erduran, S. (2007). Breaking the law: promoting domain-specificity in chemical education in the context of arguing about the periodic law. *Foundations of Chemistry,9*-247-263.

Erduran, S. and Scerri, E. (2002). The nature of chemical knowledge and chemical education. In J.Gilbert, O. de Jong, R. Justi,D. Treagust, D. and J. van Driel (Eds.), *Chemical education: towards research-based practice* (pp.7-27). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Erduran, S., (2000a). Emergence and application of philosophy of chemistry in chemical education. *School Science Review, 81*, 85-87.

Erduran, S., (2000b). A missing component of the curriculum? *Education In Chemistry,9,* 168-168.

Erduran, S., Aduriz A.B., and Naaman, R.M., (2007). Developing epistemologically empowered teachers: examining the role of philosophy of chemistry in teacher education. *Science & Education,18*(9-10),975-989.

Erduran, S., and Jimenez-Aleixandre, M. P. (Eds.) (2008). *Argumentation in science education: perspectives from classroom-based research.* Dordrecht: Springer.

Erduran, S.,(2005,July). *Beyond philosophical confusion: establishing the role of philosophy of chemistry in chemical education research* . Paper presented at the International History, Philosophy and Science Teaching Conference, Leeds,UK.

Ergün,M. ve Özsüer,S. (2006). Vygotsky'nin yeniden değerlendirilmesi. *Afyon Karahisar Üniveristesi Sosyal Bilimler Dergisi,2,*269-292.

Ergün,M.(2007).*Bilim felsefesi.*Web: http://www. egitim. aku. edu. tr/bilimfelsefesi. pdf. 03 Kasım 2008'de alınmıştır.

Farrer, N. J., Monk, N., Heron, J., Lough, J.A., and Sadler, P. J.(2010). Chemistry, performance, and pedagogy: an interactive approach to periodic trends. *Chemistry Education Research and Practice,11* (4),308-313.

Feyerabend, P.K. (1991a). *Yönteme hayır.* (Çev. A. İnam). İstanbul: Ara Yayıncılık. (Eserin orjinali 1975'de yayımlandı).

Feyerabend,P.K.(1991b). *Özgür bir toplumda bilim.*(Çev. A. Kardam). İstanbul:Ayrıntı yayınları.(Eserin orjinali 1978'de yayımlandı).

Firsching F. H.(1981). Anomalies in the periodic table. *Journal of Chemical Education,58* (6),478.

Flew, A.(1979). *A dictionary of philosophy.* London: Pan Books.

Fraenkel, J.R. and N.E. Wallen (2000). *How to design and evaluate research in education.* (4th Edt.) Boston: McGraw-Hill.

Fridgen, T.D.(2008). The correlation of binary acid strengths with molecular properties in first-year chemistry. *Journal of Chemical Education, 85* (9), 1220-1221.

Gilbert,J.K. and Treagust,D.F.(2009). Introduction: macro, submicro and symbolic representations and the relationship between them: key models in chemical education .In Gilbert,J.K. and Treagust,D.F (Eds.), *Multiple representations in chemical education, models and modeling in science education* (pp.1-8). Springer Science+Business Media B.V.

Goodman,N. (1955). *The new riddle of induction,* Web: http://fitelson.org/confirmation/goodman_1955.pdf . 23 Mart 2010'da alınmıştır.

Grünberg, T.(2005). *Felsefe ve felsefi mantık.* İstanbul: Yapı Kredi Yayınları.

Hall. M.B.(1968). The history of the concept of element.In D.Stephen and L. Cardwell (Eds.),*John Dalton and the progress of science* (pp. 21–39). New York:Manchester Universty Press.

Hammrich, P. L. (1997). Confronting teachers candidates' conceptions of the nature of science. *Journal of Science Teacher Education*, *8*(2), 141-151.

Hanson N.R.(1958).The logic of discovery. *The Journal of Philosophy 55*(25), 1073-1089. Web: http://www.jstor.org/stable/2022541. 18 Kasım 2009'de alınmıştır.

Hanson N.R.(1959). On the symmetry between explanation and prediction, *The Philosophical Review*, *68*(3) pp. 349-358. Web: http://www.jstor.org/stable/2182567 . 18 Kasım 2009'de alınmıştır.

Hanson N.R.(1963).*The concept of the positron: a philosophical analysis.*New York; Cambridge Universty Press.

Harre,R.(2008).*Büyük bilimsel deneyler*.(Çev. S.Kılıç). Ankara: Tübitak yayınları. (Eserin orjinali 1981'de yayımlandı).

Hendry,R.F.(2006). Is there downward causatıon in chemıstry?, In D. Baird,E.Scerri,and L.Mclntyre (Eds.), *Philosophy of chemistry* (pp. 173–189).Dordrecht: Springer.

Hendry,R.F.(2012). Reduction, emergence and physicalism. In D. M. Gabbay, P. Thagard and John Woods. (Gen.Eds.), R, F. Hendry, P.Needham and A.I. Woody (Vol.Eds.) .*Handbook of the Philosophy of Science, Philosophy of Chemistry*(V.6),(pp.367-386). Amsterdam: North Holland- Elsevier.

Hendry,R.F.,Needham,P., and Woody,A.I.(2012). Philosophy of chemistry. In D. M. Gabbay, P. Thagard and John Woods. (Gen.Eds.). *Handbook of the Philosophy of Science*.(pp.3-18). Amsterdam: North Holland- Elsevier.

Hettema, H., and Kuipers, T. A. F. (1988). The periodic table – its formalization, status, and relation to atomic theory. *Erkenntnis 28*, 387–408.

Ho,Y.C.(1994,April). *Abduction?,Deduction?,Induction? Is there a logic of exploratory data analysis?*. Paper presentented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, New Orleans,LA.

Hume, D.(1976). *İnsanın anlama yetisi üzerine bir soruşturma*. (Çev. O. Aruoba). Ankara: Hacettepe Üniversitesi Yayınları. (Eserin orjinali 1751'de yayımlandı).

Hunger,J.(2006). How classical models of explanation fail to cope with chemistry—the case of molecular modeling.In D. Baird,E.Scerri,and L.Mclntyre (Eds.), *Philosophy of Chemistry* (pp.129–156).Dordrecht: Springer.

International Union of Pure and Applied Chemistry .(2012). *IUPAC periodic table of the elements.* Web: http://www.iupac.org/fileadmin/user_upload/news/IUPAC_Periodic_Table-1Jun12.pdf 'den 10.08.2012' de alınmıştır

Izquierdo-Aymerich,M., and Aduriz-Bravo,A.(2009). Physical construction of the chemical atom: is it convenient to go all the way back? *Science & Education*, *18* (3-4),1-13.

Johnson, M.A., 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), 89-103.

Johnstone, A. H.(1993). The development of chemistry teaching: a changing response to changing demand. *Journal of Chemical Education, 70*, 701–705.

Kallery, M. (2001). Early-years educators' attitudes to science and pseudo-science: the case of astronomy and astrology. *European Journal of Teacher Education, 24*(3), 329-342.

Kant,I.(1797). *Kritik der reinen Vernunft*.Web: http://kickme.to/Warthogsbooks .23 Ocak 2010'da alınmıştır.

Katz, G. (2007). *Post Mendeleevian Evolution of the Periodic Table?* Periodic Round Table. Web: http://www.periodicroundtable.com/PostMendeleevian_GKatz.pdf. 14 Ekim 2011'de alınmıştır.

Katz, G.(2001). An Eight-Period Table for the 21st Century, *Chemical Educator*, *6*(6),324-332.

Kay,P., and Kempton,W. (1984). What is the Spair-Whorf hypothesis? *American Anthropologist, 86*,65-79. Web: http://www1.icsi.berkeley.edu/~kay/Kay&Kempton.1984.pdf 'den 12.09.2012 'de alınmıştır.

Kılıç, G.B. (2001).Oluşturmacı fen öğretimi. *Kuramdan Uygulamada Eğitim Bilimleri Dergisi,1*,9-21.

Kim, J. (2006). Emergence: Core ideas and issues. *Synthese, 151,* 547–559.

Köseoğlu, F, Tümay, H. ve Budak, E. (2008). Bilimin doğası hakkında paradigma değişimleri ve öğretimi ile ilgili yeni anlayışlar. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 28*(2), 221-237.

Köseoğlu, F, Tümay, H. ve Üstün, U. (2010). Bilimin Doğası Öğretimi Mesleki Gelişim Paketinin Geliştirilmesi ve Öğretmen Adaylarına Uygulanması ile ilgili Tartışmalar. *Ahi Evran Ünv. Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi, 11(4),Özel Sayı, 129-162.*

Koyre,A.(2004). *Bilim tarihi yazıları.*(Çev. K.Dinçer),Ankara: Tübitak Yayınları.(Eserin orjinali1973'de yayımlandı).

Kuhn, D. (1993). Science as argument: Implications for teaching and learning scientific thinking. *Science Education, 77*(3), 319-337.

Kuhn, S. T. (1991). *Bilimsel devrimlerin yapısı.* (Çev. N. Kuyaş), İstanbul: Kırmızı Yayınları. (Eserin orjinali 1962'de yayımlandı).

Kutlusoy, Z.(2001).Bilimin betimleyici genellemelerinin belgelenmesinde özne terimi ile belirlenmiş söylem evreninin işlevsel önemi. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi,21*(1) ,9-19.

Kütük,S.(2005). *Bilim felsefesi üzerine*, İstanbul: Açılım Kitap.

Laing. M. (2001). Periodic Patterns. (Re. J. Chem. Educ. 77, 8, 1053-1056, 2000). *Journal of Chemical Education, 78 (* 7), 877.

Lakatos, I. (1970). Falsification and the methodology of scientific research programmes. In I. Lakatos and A. Musgrave (Eds.), *Criticism and the growth of knowledge* (pp. 91-196). New York: Cambridge University Press.

Lawson, A. E. (1999). A scientific approach to teaching about evolution and special creation. *American Biology Teacher, 61*, 266-274.

Lawson, A. E. (2009). Basic ınferences of scientific reasoning, argumentation, and discovery. Wiley InterScience. Web: http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/sce.20357/pdf. 05 Mayıs 2009'da alınmıştır.

Lawson, A.E. (1995). *Science teaching and the development of thinking*. Belmont, CA: Wadsworth.

Lawson, A.E. (2001). Using the learning cycle to teach biology concepts and reasoning patterns. *Journal of Biology Education, 35* (4), 165-169.

Lawson, A.E. (2003). The nature and development of hypothetico-predictive argumentation with implications for science teaching. *International Journal of Science Education, 25* (11), 1387-1408.

Lawson, A.E. (2004). The nature and development of scientific reasoning: a synthetic view. *International journal of Science and Mathematics Education, 2,* 307-338.

Lawson, A.E. (2005). What is the role of induction and deduction in reasoning and scientific inquiry. *Journal of Reseach in Science Teaching, 42* (6), 716-740.

Lawson, A.E. (2006a). A review of research on formal reasoning and science teaching, *Journal of Research in Science Teaching, 22*(7), 569–617.

Lawson, A.E. (2006b). Allchin‟s errors and misrepresentations and the H-D nature of science. *Science Education, 90* (2), 289-291.

Lawson, A.E., Alkhoury, S., Benford, R., Clark, B. R., and Falconer, K.A. (2000). What kinds of scientific concepts exist? Concept construction and intellectual development in college biology. *Journal of Research in Science Teaching, 37* (9), 996-1018.

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), 706-724.

Lawson,A.E.(2000). The generality of hypothetico-deductive reasoning: making scientific thinking explicit. *The American Biology Teacher, 62*(7),482-495.

Lecourt ,D.(2006). *Bilim felsefesi.* (Çev.I. Ergüden). Ankara: Dost Kitabevi.(Eserin orjinali 2001'de yayımlandı)

Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: a review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, *29* (4), 331-359.

Lederman, N.G. (2004). Syntax of nature of science within inquiry and science. In L. Flick and N.G. Lederman (Eds.), *Scientific inquiry and nature of science: Implications for*

teaching, learning, and teacher education (pp. 301-318). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Lederman, N.G. (2007). Nature of science: past, present, and future. In S.K. Abell and N.G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 831-880). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Lewis, D.(1991).*Parts of classes*. New York: Blackwells.

Lundström, M. (2007). *Students' beliefs in pseudoscience.* Paper presented at ESERA conference, Malmö, Sweden.

Lutz,S.(2009,October). *Carnap's unchanging correspondence rules*. Paper presented at the Second SIFA Graduate Conference, Bologna (Italy). Web:http://phil.uu.nl/~slutz/documents/unchanging_correspondence_rules-summary.pdf . 20 Mayıs 2010'da alınmıştır.

Maggee, B. (1993). *Karl Popper'ın bilim felsefesi ve siyaset kuramı*.(Çev. M. Tuncay),İstanbul: Remzi Kitabevi.(Eserin orjinali 1973'de yayımlandı).

Matthews, M.R.(1994). *Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science.* New York: Routledge.

Matthews,M.R. (1998). In the defense ofmodest goals when teaching about the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching, 35,* 161–174.

Mattingly,J.(2005). The structure of scientific theory change: models versus privileged formulations. *Philosophy of Science, 72* (2), 365–389.

McComas, W. F., Clough, M. P., and Almazroa, H. (2000). The role and the character of the nature of science. In W. F. McComas (Ed.), *The nature of science in science education: rationales and strategies* (pp.331-350). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

McComas, W. F., and Olson, J., K. (2000). International Science Education Standards documments. In W.F.McComas (Ed.) *The nature of science in science education: rationales and strategies* (pp.41-42). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

McNeill, K. L., and Krajcik, J. (2008). Inquiry and scientific explanations: Helping students use evidence and reasoning. In J. Luft, R. Bell, and J. Gess-Newsome, (Eds.). *Science as*

inquiry in the secondary setting. (pp. 121-134). Arlington, VA: National Science Teachers Association Press.

Mellado, V. (1998). Preservice teachers' classroom practice and their conceptions of the nature of science. In W. F. McComas (Ed.), *The Nature of Science in Science Education: Rationales and Strategies* (pp.1093-1110). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Mendeleev, D. (1879). The periodic law of the chemical elements. *The Chemical News*, *40,* 1042.

Mendeleev, D. (1889). The periodic law of the chemical elements (Faraday lecture *). Journal of the Chemical Society, 55,* 634–656. Web: http://web.lemoyne.edu/~giunta/mendel.html. 12 Mart 2011'de alınmıştır.

Milli Eğitim Bakanlığı. (2005). *İlköğretim fen ve teknoloji dersi (6., 7. ve 8. sınıflar) öğretim programı.* Ankara: Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı.

Milli Eğitim Bakanlığı. (2008). *Ortaöğretim10.sınıf kimya dersi öğretim programı* Ankara: Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı.

Milli Eğitim Bakanlığı. (2009a). *Ortaöğretim 12. sınıf kimya dersi öğretim programı.* Ankara: Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı.

Milli Eğitim Bakanlığı. (2009b). *Ortaöğretim kimya 10 ders kitabı.* İstanbul:Devlet kitaplar(1355).

Moulines,C.U (2010). *The Nature and Structure of Scientific Theories.* Paper presented at Seminar für Philosophie, Logik und Wissenschaftstheorie, University of Munich. Web: http://www.eolss.net/sample-chapters/c05/e6-89-02-00.pdf. 24 Haziran 2011'de alınmıştır.

Musgrave, A. (2009). Popper and hypothetico-deductivism. In S. Hartmann and J. Woods.(Eds.), D.M. Gabbay, P. Thagard and J. Woods(Gen.Eds.), *Handbook Of The History Of Logic*. Volume 10: *Inductive Logic.*(pp.205-235). Elsevier BV.

Nargund, V., and Rogers,M.A.(2009). That is not where that element goes ... ah, the nature of science. *Science Scope*, *33* (2), 22-29.

National Research Council. (1996). *National science education standards*. Washington DC: National Academy Press.

National Research Council. (1998). *Teaching about evolution and the nature of science.* Washington, DC: National Academy Press.

Needham,P.(2012). Modality, mereology and substance, In D. M. Gabbay, P. Thagard and John Woods. (Gen.Eds.), R, F. Hendry, P.Needham and A.I. Woody (Vol.Eds.) .*Handbook of the Philosophy of Science, Philosophy of Chemistry*(V.6),(pp. 231-254). Amsterdam: North Holland- Elsevier.

Nida-Rümelin, M.(2007). Dualist emergentism. In. B. McLaughlin and J. Cohen (Eds.), *Contemporary Debates in the Philosophy of Mind* (pp. 269-286). Malden, MA: Black-wells.

Odgers, B. (2003). *Teachers beliefs about the nature of science and science education in relation to recently introduced constructivist syllabuses in secondary schools in Queensland, Australia*. Paper presented at the Hawai International Conference on Education Proceedings, Honolulu HI, USA. Web: http://www.hiceducation.org/Edu_Proceedings/Barbara%20M.%20Odgers.pdf.html. 25 Eylül 2007'de alınmıştır.

Osborne, J. (2005). The role of argument in science education. In K. Boersma,M. Goedhart,O. de Jong,H. Eijkelhof (Eds.). *Research and the Quality of Science Education* (pp.307-380). Dordrecht: Springer.

Osborne, J., Erduran S., and Simon, S. (2004a). Ideas, evidence and argument in science. *In-service Training Pack, Resource Pack and Video.* London,UK: Nuffield Foundation.

Osborne, J., Erduran, S., and Simon, S. (2004b). Enhancing the quality of argument in school science. *Journal of Research in Science Teaching, 41*(10), 994-1020. Web: http://www.scribd.com/doc/37510513/JRST-2004-Osborne-erduran-simon.html. 23 Temmuz 2010'da alınmıştır.

Ostrovsky, V. N.(2001) What and how physics contributes to understanding the periodic law. *Foundations of Chemistry 3*, 145–182.

Özemre,A.Y.(2007).*Epistemolojinin tanımı ve işlevi.* Web: http://www.ozemre.com/index.html 10.Aralık 2007 'de alınmıştır.

Padilla, M. J., Okey, J. R. ve Dillashaw, F. G. (1983). The relationships between science process skills and formal thinking abilities. *Journal of Research in Science Teaching. 20*, 239–247.

Peirce,C.S.(1957). *Essays in the Philosophy of Science*, New York: Bobbs-Merrill.

Piaget, J. (1950). *The psychology of intelligence*. (Trans. M. Piercy and D. E. Berlyne) London: Routledge & Kegan Paul. (Orginal work published 1947).

Popper, K. R. (2003). *Bilimsel araştırmanın mantığı.*(Çev.İ.Aka ve İ. Turan). İstanbul: Yapı Kredi Yayınları. (Eserin orjinali 1934'de yayımlandı).

Putnam, H.(1981). *Reason, truth and history.* New York: Cambridge University Press.

Quílez,J.(2007,June). *A historical/philosophical foundation for teaching chemical equilibrium*. Paper presented at Ninth International History Philosophy & Science Teaching Conference, Calgary/Canada.

Rayner-Canham G. and T. Overton.(2002). *Descriptive inorganic chemistry.* New York: Freeman.

Rayner-Canham. G.(2000). Periodic Patterns. *Journal of Chemical Educaiton 77*, (8), 1053-1056.

Reichenbach,H.(1978). Experience and prediction ,an introduction to philosophical inquiry. In J. Morgolis and A. A. Knopf (Eds.), *Contemporary and classical Sources* (pp.570-577). New York.

Reichenbach,H.(2006). *Bilim Felsefesinin doğuşu.* (Çev.C. Yıldırım), Ankara: Bilgi Yayınevi.(Eserin orjinali 1951'de yayımlandı).

Restrepo, G. , Mesa, H. ,Llanos E.,and Villaveces, J. L. (2004).Topological study of the periodic system. *Journal of Chemical Information and Computer Sciences. 44*(1), 68-75.

Restrepo, G. and Pachón,L.A.(2007). Mathematical aspects of the periodic law. *Foundations of Chemistry, 9*(2), 189-214.

Ronan,C.A.(2005). *Bilim tarihi*. (Çev . E. İhsanoğlu ve F.Günergun). Ankara: Tübitak yayınları.(Eserin orjinali 1983'de yayımlandı.)

Rothchild, I. (2006). *Induction, deduction and the scientific method: An eclectic overview of the practice of science.* By the Society for the Study of Reproduction, Inc. Web: http://www.ssr.org/Induction.shtml. 25 Mart 2010'da alınmıştır.

Russel,B. (1962). *The Scientific Outlook (Bilimden Beklediğimiz).* Varlık Yayınevi, (Eserin orjinali 1954'de yayımlandı). Web: http://web.itu.edu.tr/~bulu/favorite_books_files/bilimden_bekledigimiz.pdf . 12 Haziran 2007'de alınmıştır.

Sarıtaş,D. ve Tufan,Y. (2011,Ekim). *Epistemolojik İnançlar ile ilgili çalışmalara felsefi bir bakış*. V. Lisansüstü Eğitim Sempozyumunda sunuldu, Ankara.

Sarıtaş,D. ve Tufan,Y. (2012). Periyodik sistemin öğretiminde epistemolojik bilgi üretme yöntemlerinden biri olan tümevarımın kullanımı. *Kastamonu Eğitim Dergisi, 20* (1),203-218.

Scerri E.(2001). The new philosophy of chemistry and its relevance to chemical education. *Chemıstry Educatıon: Research And Practıce In Europe,2* (2), 165-170.

Scerri, E. (1994). Has chemistry been at least approximately reduced to quantum mechanics?, In D.Hull,M.Forbes,andR.Burian(Eds.). *PSA,1994: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association* (pp. 160-170). Universty of Chicago Press.

Scerri, E. (1996). Stephen Brush, the periodic table and the nature of chemistry. In: P. Janich,and N. Psarros (Eds.): *Die Sprache der Chemie* (pp. 169-176). Würzburg: Königshausen & Neumann.

Scerri, E. (1998). How good is the quantum mechanical explanation of the periodic system? *Journal of Chemical Education* ,*75*(11), 1384-85.

Scerri, E. (1999). The quantum mechanical explanation of the periodic system.(Author Reply), *Journal of Chemical Education, 76*, 1189.

Scerri, E. (2000). The failure of reduction and how to resist disunity of the sciences in the context of chemical education .*Science & Education 9,*405-425.

Scerri, E. (2003b). Constructivism, relativism, and chemical education. *Annals of the New York Academy of Sciences, 988*, 359–369. Web: http://onlinelibrary.wiley.com.html. 8. Ağustos 2011'de alınmıştır.

Scerri, E.(1991). The electronic configuration model,quantum mechanics and reduction,*The British Journal for the Philosophy of Science,42*(3),309-325.

Scerri, E.(1997). Has the periodic table been successfully axiomatized? *Erkenntnis,47,*229–243.

Scerri, E.(2003a). Philosophical confusion in chemical education research. *Journal of Chemical Education, 80* (5), 468-474.

Scerri, E.(2003c). *Philosophy of Chemistry,* Chemistry International, 25, May-June, 7-9.

Scerri, E., and McIntyre ,L.(1997). The case for the philosophy of chemistry. *Synthese 111*,213–232.

Scerri,E.(2007a). *The periodic table: its story and its significance.* New York: Oxford University Press.

Scerri,E.(2007b). The ambiguity of reduction. *International Journal for Philosophy of Chemistry (HYLE), 13*(2), 67-81.

Schaffner, K. F.(1969). Correspondence rules. *Philosophy of Science*,*36*(3), 280-290. Web: http://www.jstor.org/stable/186223 . 25 Mart 2012'de alınmıştır.

Schommer and Aikins, M. (2004). Explaining the epistemological belief system: Introducing the embedded systematic model and coordinated research approach. *Educational Psychologist ,39*(1), 19-29.

Schommer, M. (1994). An emerging conceptualization of epistemological beliefs and their role in learning. In R. Garner and P.A. Alexander (Eds.), *Beliefs about text and instruction with text* (pp. 25-40). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Schummer. J.(1996). Die stoffliche weltveränderung der chemie: philosophische herausforderungen. Erschienen in C. Hubig, H. Poser (Hg.). *Cognitio humana -*

Dynamik des Wissens und der Werte. XVII. DeutscherKongreß für Philosophie,(s. 429-436). Workshop-Beiträge, Bd. 1,Leipzig.

Schummer. J.(1997). Towards a philosophy of chemistry. *Journal for General Philosophy of Science, 28*, 307-336.

Schummer. J.(1998,August). *Epistemology of material properties*. Paper presented at the 20th World Congress of Philosophy, Boston/MA, USA.

Schummer. J.(2004). Philosophie der chemie: rück- und ausblicke. Erscheint in K.Griesar (Hg.), *Wenn der Geist die Materie küßt* (s.1-12). Frankfurt: Harry Deutsch.

Schummer. J.(2006a). Philosophy of chemistry . In D. M. Borchert (Ed.), *Encyclopedia of Philosophy*, Second Edition, New York: Macmillan.

Schummer. J.(2006b). The philosophy of chemistry: from infancy towards maturity. In D. Baird, E. Scerri, and L. McIntyre (Eds.), *Philosophy of Chemistry: Synthesis of a New Discipline* (pp.19-43).Dordrecht; Springer.

Schurz, G.(2005). Bayesian H-D conrmation and structuralistic truthlikeness: discussion and comparison with the relevant-element and the content-part approach. In T. Kuipers and R. Festa (Eds.) *Logics of Scientic Discovery* (pp.141-159). Amsterdam: Rodopi.

Sevcik, R.S., McGinty, R.L.,Schultz, L.D. and Alexander, S.V.(2008). Periodic table target: a game that introduces the biological significance of chemical element periodicity. *Journal of Chemical Education*, *85* (4), 516-517.

Simon, S., Erduran, S. and Osborne, J. (2006). Learning to teach argumentation: research and development in the science classroom. *International Journal of Science Education, 28* , 235-260.

Sözen, E. (1999). *Söylem.* İstanbul: Paradigma Yayınları.

Sprenger,J.,(2011) *Hypothetico-deductive confirmation*. Web: http://www.laeuferpaar.de/papers.html. 22 Aralık 2011'de alınmıştır.

Suppe, F. (1977). *The structure of scientific theories* , Chicago: University of Illinois Press.

Sutcliffe,B.T and Woolley,R.G.(2012). Atoms and molecules in classical chemistry and quantum mechanics. In D. M. Gabbay, P. Thagard and John Woods. (Gen.Eds.), R, F. Hendry, P.Needham and A.I. Woody (Vol.Eds.) .*Handbook of the Philosophy of Science, Philosophy of Chemistry*(V.6),(pp. 387-426). Amsterdam: North Holland-Elsevier.

Takeuchi, A.and Inoue,A. (2005). Classification of bulk metallic glasses by atomic size difference, heat of mixing and period of constituent elements, materials transactions. *Special Issue on Materials Science of Bulk Metallic Glasses*, 46, (12), 2817 -2829. The Japan Institute of Metals.

Tatar, E., Karakuyu,.Y ve Tüysüz,C.(2011).Sınıf öğretmeni adaylarının bilimin doğası kavramları: teori, yasa ve hipotez . *Mustafa Kemal University Journal of Social Sciences Institute*, *8* (15), 363 – 370.

Tekin, Ö.F.(2011). *Bilim felsefesinde ilgi kayması: sonuçtan sürece geçiş*, Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Felsefe Ana Bilim Dalı, Mersin.

Tierney, J.(2008). Forecasting periodic trends: a semester-long team exercise for nonscience majors. *Journal of Chemical Education*, *85* (9),1215-1217.

Topdemir,H.G. (1999). Francis Bacon'ın bilim anlayışı, *Felsefe Dünyası*, *2* (30),51-68.

Toulmin, S. (1969). *The uses of argument*. Cambridge: Cambridge University Press.

Tsai, C. (2000). Relationships between student scientific epistemological beliefs and perceptions of constructivist learning environments. *Educational Research, 42* (2), 193-205.

Tsai, C. (1999). Laboratory exercises help me memorize the scientific truths: a study of eight graders' scientific epistemological views and learning in laboratory activities. *Science Education, 83*,654-674.

Tunalı,N.K. ve Ökar,S.(1997*). Anorganik kimya.* Ankara: Gazi Üniversitesi Yayınları.

van Brakel, J. (2012). Prehistory of the philosophy of chemistry. In D. M. Gabbay, P. Thagard and John Woods. (Gen.Eds.), R, F. Hendry, P.Needham and A.I. Woody (Vol.Eds.)

.*Handbook of the Philosophy of Science, Philosophy of Chemistry*(V.6),(pp.21-45). Amsterdam: North Holland- Elsevier.

Viereck,S. (1926,October 26). *What life means to Einstein.* The interview was published in the Philadelphia *Saturday Evening Post,* p17. Web: http://www.saturdayeveningpost.com/wp-content/uploads/satevepost/what_life_means_to_einstein.pdf. 12 Kasım 2009'da alınmıştır.

von Aufschnaiter, C., Erduran, S., Osborne, J., and Simon, S. (2008). Arguing to learn and learning to argue: case studies of how students argumentation relates to their scientific knowledge. *Journal of Research in Science Teaching, 45* (1), 101–131.

Wang S.G. and Schwarz.H.E.W.(2009). Icon of chemistry: the periodic system of chemical elements in the new century. *Angewandte Chemie International Edition*,*48*,(19) 3404–3415.

Weisberg,M.(2012). Chemical modeling, In D. M. Gabbay, P. Thagard and John Woods. (Gen.Eds.), R, F. Hendry, P.Needham and A.I. Woody (Vol.Eds.) .*Handbook of the Philosophy of Science, Philosophy of Chemistry*(V.6),(pp.351-363). Amsterdam: North Holland- Elsevier.

WeisbergM.(2006). Water is not H_2O. In D. Baird,E.Scerri,and L.Mclntyre (Eds.), *Philosophy of Chemistry* (pp. 337–345).Dordrecht: Springer.

Westfall, R.S,(2004). *Modern bilimin oluşumu*.(Çev. İ.H. Duru).Ankara: Tübitak Yayınları.(Eserin orjinali 1977'de yayımlandı).

Wiediger, S.D.(2009). Implementing a computer program that captures students' work on customizable, periodic-system data assignments. *Journal of Chemical Education*, *86*(10),1212-1215.

Wittgenstein, L.(2010). *Felsefi soruşturmalar*.(Çev.H. Barışcan).İstanbul:Metis Yayınevi. (Eserin orjinali1953'de yayımlandı).

Wittgenstein,L.(1922). *Tractatus logico-philosophicus*. Side-By-Side Edition. Web: http://people.umass.edu/phil335-klement-2/tlp/tlp-ebook.pdf . 30 Ocak 2012'de alınmıştır.

Woelk, K.(2009). Matching element symbols with state abbreviations: a fun activity for browsing the periodic table of chemical elements. *Journal of Chemical Education*, *86*(10),1205-1207.

Woody,A.I.(2012).Concept amalgamation andrepresentation in quantum chemistry.In D. M. Gabbay, P. Thagard and John Woods. (Gen.Eds.), R, F. Hendry, P.Needham and A.I. Woody (Vol.Eds.) .*Handbook of the Philosophy of Science, Philosophy of Chemistry*(V.6),(pp. 428-466). Amsterdam: North Holland- Elsevier.

Yıdırım, C. (2010). *Matematiksel düşünme.* İstanbul: Remzi Kitabevi.

Yıldırım, A. ve Şimşek, H.(2005). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri.* Ankara: Seçkin Yayıncılık.

Yıldırım, C. (1985). *Bilim felsefesi.* İstanbul: Remzi Kitabevi.

Yıldırım, C. (2008). *Bilimsel düşünme yöntemi.* Ankara: İmge Kitabevi.

Yin, R. K. (1984). *Case study research: Desing and methods*. Beverly Hill, CA: Sage.

Zimmerman, C. (2000). The development of scientific reasoning skills. Elsevier, *Developmental Review*, *20*, 99-149.

Zimmerman, C., Raghavan, K., and Sartoris, M. L. (2003). The impact of the MARS curriculum on students' ability to coordinate theory and evidence. *International Journal of Science Education, 25,* 1247–1271.

Zimmermann, C. (2005). *The development of scientific reasoning skills: what psychologists contribute to an understanding of elementary science learning.* Final Draft of a Report to the National Research Council Committee on Science Learning Kindergarten through Eighth Grade August 2005. Web: http://www7.nationalacademies.org/bose/Corinne_Zimmerman_Final_Paper.pdf.html. 07 Mayıs 2012'de alınmıştır.

Zimmermann, C. (2007). The development of scientic thinking skills in elementary and middle school. Elsevier, *Developmental Review. 27,* 172–223.

Zohar, A. and Nemet, F. (2002). Fostering students knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of Research in Science Teaching, 39* (1) 35–62.

EKLER

EK-1

ÖĞRETMEN GÖRÜŞME FORMU

Görüşmenin amacı

Bu görüşmede amaçlanan ilk olarak araştırmanın alt problemlerinden;

- Öğretmenlere göre periyodik sistemin bilgi üretimindeki durumu ve niteliği nedir?

Sorularına yönelik birincil verileri toplamaktır.

Ayrıca diğer alt problemlerden;

- Öğretmenler periyodik sistemin öğretim sürecinde hangi akıl yürütme yöntemlerine dayalı söylem oluşturmaktadır?
- Öğretmen söylemlerinde akıl yürütme yöntemleri çerçevesinde nasıl bir bilgi üretimi oluşmaktadır?
- Öğretmen söylemlerini oluşturan kimyasal bilgilerin bilgi üretiminde durumu ve niteliği nedir?

Sorularına yönelik birincil veriler olarak toplanan gözlem verilerini çeşitleme amacı ile veri toplamaktır.

Giriş

Merhaba. Orta öğretim kimya derslerinde akıl yürütme yöntemi olan tümevarım üzerine bir araştırma yürütüyorum. Bu nedenle kimya öğretmenleriyle görüşmeler yapıyorum. Görüşmenin yaklaşık bir saat süreceğini tahmin ediyorum. İzin verirseniz görüşmeyi kaydetmek istiyorum. Bunu hem sürenin ekonomik kullanımından hem de yanıtların kaydının sıhhati açısından gerekli olduğunu düşünüyorum. Ayrıca yaptığımız görüşmelerde kullanılacak kişisel bilgiler kesinlikle gizli tutulacaktır.

Bu araştırmaya katıldığınız için şimdiden teşekkür ederim. Eğer görüşme öncesinde sizin bana sormak istediğiniz bir soru varsa önce bunu yanıtlamak isterim.

Görüşme soruları

A. Periyodik sistem ve yapısı

(1).Bazı terimleri açıklayabilir misiniz?

"Periyodik yasa, periyodik sitem, periyodik cetvel, periyodik özellik"

Sonda:

- Bunlar arasında nasıl ilişkiler vardır?

(2).Periyodik sistemi kısaca tanıtabilir misiniz?

Sonda:

- Gruplandırma ölçütü nedir?
- Periyodiklik nedir?

B. Periyodik sistemin işlevi ve kullanımı

(3).Periyodik sistem (periyodik cetvel) ne işimize yarar?

Sonda:

- Öğrenciler açısından anlamı nedir?
- Öğrenciler ne amaçla kullanmalıdır?
- Öğrenciler nasıl kullanmalıdır?
- Siz nasıl kullanıyorsunuz?

C. Periyodik sistemin öğretim ve öğrenim süreci

(4).Periyodik sistem konusu nasıl bir konudur?

Sonda:

- Kolay bir konu mudur? Neden?
- Zor bir konu mudur? Neden?
- Konuda hedeflenenler nedir?

(5).Periyodik sistem nasıl öğretilmelidir?

Sonda:

- Konuyu nasıl işliyorsunuz? Neden?
- Daha farklı neler yapılabilir? Neden?

- Hangi alt başlıklara önem verilmelidir? Neden?

(6).Öğretim sürecinde öğrencilerden beklentileriniz nedir?

Sonda:

- Kazanımlar açısından? Neden?
- Düşünme şekli açısından? Neden?

(7).Konu sonunda öğrencilerden beklentileriniz nedir?

Sonda:

- Kazanımlar açısından? Neden?
- Düşünme şekli açısından? Neden?

Görüşmelerde ortaya çıkan ayrıntılı ve alternatif sonda soruları

Yukarıda verilen boyutlarda görüşmecilere yöneltilen ana sorular ve sondalar; verilen ilk yanıtlara bağlı olarak duruma göre geliştirilen ve aşağıda bazı örnekleri verilen ayrıntılı ve alternatif sondalar çerçevesinde genişletilmiştir;

Periyodik sistem ve yapısı

- *Özelliklerde benzerlikten ne anlamalıyız?*
- *Bir grubun benzer özellikleri nelerdir?*
- *Hangi özellikler gruplarda benzerliğe dayalı olarak genellenebilir?*
- *Elementlerin periyodik özellikleri arasında da temel belli başlı ilişkiler var mıdır?*
- *Bu özellikler (periyodik özellikler ve grup özellikleri) düzenli mi?/ her zaman geçerlimi? Neden?*
- *Periyodik sistemde istisna durumlarla karşılaşmak mümkün mü? Örnek verebilir misiniz?*
- *Karşılaşılan bu tür istisnalar fazla mı?*
- *En fazla karşılaşılanlar hangileridir? O istisnayı nasıl açıklayabiliriz?*
- *Periyodik özellikler ile periyodik yasa arasında nasıl bir ilişki var?*

Periyodik sistemin işlevi ve kullanımı

- *Periyodik cetveli öğrenmek neden önemlidir?*
- *Periyodiklik ve grupların bilinmesi ne işimize yarar?*
- *Öğrencilere periyodik sistemi kullanmada veya işlevinde;*
  - *Ne tür yönlendirmelerde bulunuyorsunuz?*
  - *Buna nasıl ikna ediyorsunuz?*
- *Bir öğrenci periyodik sistemi kullanırken nasıl düşünmelidir? Örnek verebilir misiniz?*

Periyodik sistemin öğretim ve öğrenim süreci

- *Sizce periyodik cetvel konusunda elementlerin özelliklerinin öğrenilmesinin boyutu ne olmalıdır?*
  - *Bu boyutu nasıl belirliyorsunuz?*
- *Periyodik cetvel konusunun kapsamı nelerden oluşur?*
- *Bu konuda hedeflenenler nedir?*
  - *Bunlara ulaşmak için nasıl bir öğretim sağlanmalıdır?*
- *Bu konuda hedeflenenler çerçevesinde öğrenmenin gerçekleşmesi için;*
  - *Ne tür teknikler kullanılmalı?*
  - *Sınıf ortamının niteliği nasıl olmalı?*
  - *Kendi yaklaşımınızı tanımlar mısınız?*
- *Grup özellikleri ve periyodik özellikleri ifade eden genellemeleri ders işlenirken kullanır mısınız?*
  - *Hangi genellemeleri kullanırsınız?*
- *Bu özelliklerin öğrenilmesi ne derece önemlidir?*
  - *Öğrencilere bu bilgiler hangi yararları sağlar?*
  - *Öğrencilerin bu bilgileri nasıl kullanmalarını beklersiniz?*
  - *Derste işlediğiniz özelliklerden sizce hangileri daha önemlidir? Neden?*
- *Periyodik cetvel konusunda ağırlık verildiği görülen bu özellikler ile ilgili;*
  - *Nasıl bir yaklaşım tercih ediyorsunuz?*
  - *Özel bir stratejiniz var mı? Örnek verebilir misiniz?*
  - *Vereceğiniz bilginin sınırını nasıl belirliyorsunuz?*
  - *En kolay anlattığınız veya en kolay öğrenildiğini düşündüğünüz özellikler hangileridir? Neden?*
- *Bu özellikleri işlerken;*
  - *Belli elementleri tercih ettiğiniz olur mu? Neden?*
  - *Örneklendirme veya örneklerle açıklamayı ne sıklıkta kullanırsınız?*
  - *Belli başlı özelliklerin deneysel değerlerini ders işlerken kullanımısınız?*
  - *Bir özelliği açıklarken fiziksel koşullardan bahseder misiniz?*
  - *Bu özelliği açıklayan herhangi bir teori varsa buna değinir misiniz?*
- *Bu özellikler en verimli şekilde nasıl işlenebilir?*
  - *Özellikler arası ilişkilendirmeler yapar mısınız? Bir özelliği başka bir özellik ile açıklama ihtiyacı duyar mısınız? Neden?*
  - *Belli başlı özellikler için kendinize mal ettiğiniz bazı ifade kalıpları kullanıyor musunuz?*
  - *Öğrenciler bu özellikleri en kolay nasıl öğreniyor?*
- *Konuyu işlerken karşılaştığınız sıkıntılar nelerdir?*
  - *Bunları gidermek için ne tür önlemler alıyorsunuz?*
  - *İstisna durumları nasıl açıklıyorsunuz? Örnek verebilir misiniz?*
  - *Açıklamakta sıkıntı yaşadığınız özellikler oluyor mu? Örnek verebilir misiniz?*
  - *Öğrencilerin yaptıkları çıkarımlardan tutarsız ve mantıksızlara rastlıyor musunuz?*
- *Öğretim sürecinde öğrencileri nasıl bir düşünme şekline yöneltmek istersiniz?*
  - *Bunu nasıl sağlarsınız?*
  - *Bu konuda (düşünme) karşılaştığınız sıkıntılar var mı?*
- *Öğrencilere konunun öğrenilmesi noktasında ne tür tavsiyeleriniz oluyor?*

- *Periyodik sistem konusu akılda kalıcı bir konu mudur? Neden?*
- *Periyodik sistem konusu hangi açılardan zordur/kolaydır? Neden?*
  - *Öğrenciler bu noktada neler yapabilir?*
  - *Neleri bilmelidir?*
  - *Nelerin bilinmesi önceliklidir?*
- *Konuda geçen bazı özellikleri nasıl açıklarsınız?*[17]
  - *Elementlerin elektronegatiflikleri nasıl açıklarsınız? Hangi elektronegatiflikleri veriyorsunuz?*
  - *Soy gazların bileşik yapmamalarını nasıl açıklarsınız? Yapanları nasıl açıklarsınız?*
  - *Metaller ve ametallerde asit ve bazlığı nasıl açıklıyorsunuz?*

[17] Bu tür sorular, gözlemlerin incelenmesi sonrasında öğretmenlerin ders içerisindeki ifadelerine göre öğretmene özel belirlenmiş sorulardır.

EK-2

ÖĞRENCİ GÖRÜŞME FORMU

Görüşmenin amacı

Bu görüşmede amaçlanan ilk olarak araştırmanın alt problemlerinden;

- Öğrencilere göre periyodik sistemin bilgi üretimindeki durumu ve niteliği nedir?

Sorularına yönelik birincil verileri toplamaktır.

Ayrıca diğer alt problemlerden;

- Öğrenciler periyodik sistemin öğretim sürecinde hangi akıl yürütme yöntemlerine dayalı söylem oluşturmaktadır?
- Öğrenci söylemlerinde akıl yürütme yöntemleri çerçevesinde nasıl bir bilgi üretimi oluşmaktadır?
- Öğrenci söylemlerini oluşturan kimyasal bilgilerin bilgi üretiminde durumu ve niteliği nedir?

Sorularına yönelik birincil veriler olarak toplanan gözlem verilerini çeşitleme amacı ile veri toplamaktır.

Giriş

Merhaba. Orta öğretim kimya derslerinde akıl yürütme yöntemi olan tümevarım üzerine bir araştırma yürütüyorum. Bu nedenle öğrencilerle görüşmeler yapıyorum. Görüşmenin yaklaşık yarım saat süreceğini tahmin ediyorum. İzin verirseniz görüşmeyi kaydetmek istiyorum. Bunu hem sürenin ekonomik kullanımından hem de yanıtların kaydının sıhhati açısından gerekli olduğunu düşünüyorum. Ayrıca yaptığımız görüşmelerde kullanılacak kişisel bilgiler kesinlikle gizli tutulacaktır.

Bu araştırmaya katıldığınız için şimdiden teşekkür ederim. Eğer görüşme öncesinde sizin bana sormak istediğiniz bir soru varsa önce bunu yanıtlamak isterim.

Görüşme soruları

A. Periyodik sistem ve yapısı

(1).Vereceğim terimleri açıklayabilir misiniz?

"Periyodik yasa, periyodik sitem, periyodik cetvel, periyodik özellik"

Sonda:

- Bunlar arasında nasıl ilişkiler vardır?

(2).Periyodik cetvelin yapısı hakkında neleri hatırlıyorsun?

Sonda:

- Genel yapısını tarif eder misin?
- Periyodik ve grup özelliklerden hangilerini hatırlıyorsunuz?

B. Periyodik sistemin işlevi ve kullanımı

(3). Periyodik sistem (periyodik cetvel) ne işimize yarar?

Sonda:

- Kullanıyor musun?
- Ne amaçla kullanıyorsun?
- Nasıl kullanıyorsun?

(4). Konunun tarihçe kısmında geçen bilim adamları ne yapmıştır?

Sonda:

- Neden?
- Nasıl düşünmüşlerdir?

C. Periyodik sistemin öğretim ve öğrenim süreci

(5). Periyodik sistem konusu nasıl bir konudur?

Sonda:

- Kolay bir konu mudur? Neden?
- Zor bir konu mudur? Neden?

(6). Periyodik sistem konusu nasıl işlenmeli?

Sonda:

- Öğretmeninizin konuyu nasıl işliyor?
- Sence nasıl işlenmeli? Neden?

Görüşmelerde ortaya çıkan ayrıntılı ve alternatif sonda soruları

Yukarıda verilen boyutlarda görüşmecilere yöneltilen ana sorular ve sondalar; verilen ilk yanıtlara bağlı olarak duruma göre geliştirilen ve aşağıda bazı örnekleri verilen ayrıntılı ve alternatif sondalar çerçevesinde genişletilmiştir;

Periyodik sistem ve yapısı

- *H elementinin yeri bazı cetvellerde ayrı olarak veriliyor. Neden?*
- *He neden 18. grupta bulunuyor?*
- *Periyodik cetvelin uygunsuz bulduğun bir yanı var mı? Örnek verebilir misiniz?*
- *Herhangi bir özelliğin bu periyodik düzeni bozması söz konusu mu? Örnek verebilir misiniz?*
- *Bu özellikler (Periyodik özellikler ve grup özellikleri) düzenli mi?/ her zaman geçerlimi? Neden?*
- *Sence nasıl bir yapıda olmalı? Neden?*
- *İstisna durumlarla karşılaşıyor musunuz?*
- *Karşılaştığın bu tür istisnalar fazla mı?*
- *En fazla karşılaştıklarınız hangileridir? O istisnayı nasıl açıklarsın?*
- *Periyodik özellikler ile periyodik yasa arasında nasıl bir ilişki var?*

Periyodik sistemin işlevi ve kullanımı

- *Elementlerin periyodik cetveldeki yeri işinize yarar mı? Neden?*
- *Şu element hakkında neler söyleyebilirsin?*
- *Bir elementin… özelliğini bilirsen başka hangi özelliklerini ifade edebilirsin? neden?*
- *Şu üç farklı elementlerin…. özellikleri arasında nasıl bir ilişki vardır?*
- *Şu üç elementin özellikler arasında;*
  - *Kıyaslamalar yapabilir misin?*
  - *Hangi özelliklerini kıyaslardın?*
  - *Neden böyle bir kıyaslama yapabilirsin?*
  - *Diğer element ile bu elementin hangi ilişkisi sana yardımcı bu noktada yardımcı oldu?*
- *Elementlerin asitliği ve bazlığının nasıl değiştiğini açıklar mısınız?*
- *7A grubu elementlerinin özelliklerinden bahsedebilir misiniz?*

- *"1.İyonlaşma enerjisi periyotta soldan sağa doğru genellikle artar" bu ifadeyi açıklar mısınız?*
- *Periyodik sistemi geliştiren bilim adamlarından;*
  - *(Örneğin) Mendeleev bu konuda ne yapmıştır?*
  - *Periyodik cetveli nasıl geliştirmiştir?*
  - *Nasıl bir düşünme şekli vardır?*
  - *Nerden yola çıkar nasıl bir yol izler?*
- *Eğer senden bazı özellikleri verilmiş bir takım elementlerin sınıflandırman istenseydi;*
  - *Neye göre sınıflandırmak isterdin?*
  - *Sınıflandırma ve sınıflandırma şeklin ne işine yarar?*

Periyodik sistemin öğretim ve öğrenim süreci

- *Periyodik sistem konusu akılda kalıcı bir konu mudur? Neden?*
- *Periyodik sistem konusu hangi açılardan zordur/kolaydır? Neden?*
- *Konuyu öğrenmede ne tür sıkıntılarla karşılaşıyorsunuz?*
- *İstisna durumlar öğrenmede açısından sıkıntılı mıdır? Neden?*
- *İstisnalar öğrenmeni nasıl etkiliyor?*
- *Periyodik sistem konusu nasıl daha kolay öğrenilebilir?*
- *Periyodik veya grup özelliklerini öğrenmede zorlandığın oluyor mu? Neden?*
- *Özellikleri (periyodik ve grup özellikleri vd.)nasıl akılda tutuyorsun?*
- *Özellikleri (periyodik ve grup özellikleri vd.) nasıl öğrendin?*

EK-3

GÖZLEM FORMU

Gözlemin amacı:

Bu gözlemde amaçlanan ilk olarak araştırmanın alt problemlerinden;

- Öğretmenler periyodik sistemin öğretim sürecinde hangi akıl yürütme yöntemlerine dayalı söylem oluşturmaktadır?
- Öğretmen söylemlerinde akıl yürütme yöntemleri çerçevesinde nasıl bir bilgi üretimi oluşmaktadır?
- Öğretmen söylemlerini oluşturan kimyasal bilgilerin bilgi üretiminde durumu ve niteliği nedir?

Sorularına yönelik birincil verileri toplamaktır.

Ayrıca diğer alt problemlerden;

- Öğretmenlere göre periyodik sistemin bilgi üretimindeki durumu ve niteliği nedir?

Sorusuna yönelik birincil veriler olarak kullanılacak görüşme verilerini çeşitleme amacı ile veri toplamaktır.

Gözlem boyutları

Araştırmanın amacı doğrultusunda 10.sınıf periyodik sistem ünitesinin işlendiği zaman dilimi içerisinde belirli sayıda lisede kimya derslerinin yürütüldüğü ortamların gözlemi yapılacaktır. Gözlemde araştırma problemlerine bağlı olarak odaklanılacak boyutlar çok belirgin olmasa da aşağıdaki gibi belirlenmiştir. Bu boyutlar dikkate alınarak yapılan gözlemde notlar alınacak ancak veri toplamda öncelik kamera kaydına verilecektir. Gözlemde öğretim ortamının fiziksel özellikleri ile beraber odaklanılacak ana boyutlar şunlardır;

- Öğretim sürecinin biçimsel yapısı
- Öğretim sürecinde söylemler
- Öğretim sürecinde bilgisel içerik