



**FİZİK ÖĞRETMEN ADAYLARININ TERMODİNAMİĞİN BİRİNCİ
YASASI ÇERÇEVESİNDE ISI, İŞ VE İÇ ENERJİ İLE İLGİLİ
KAVRAMSAL ZORLUKLARI**

Bengü Atasever

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MATEMATİK VE FEN BİLİMLERİ EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

FİZİK EĞİTİMİ BİLİM DALI

GAZİ ÜNİVERSİTESİ

EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

EYLÜL, 2019

TELİF HAKKI VE TEZ FOTOKOPİ İZİN FORMU

Bu tezin tüm hakları saklıdır. Kaynak göstermek koşuluyla tezin teslim tarihinden itibaren 12 (1 yıl) ay sonra tezden fotokopi çekilebilir.

YAZARIN

Adı : Bengü

Soyadı : ATASEVER

Bölümü : Fizik Öğretmenliği

İmza:

Teslim tarihi

TEZİN

Türkçe Adı : Fizik Öğretmen Adaylarının Termodinamiğin Birinci Yasası Çerçevesinde Isı, İş ve İç Enerji İle İlgili Kavramsal Zorlukları

İngilizce Adı : Conceptual Comprehension of Pre Service Physics Teachers Candidates Related to Heat, Work and Internal Energy in the 1.Law of Thermodynamics

ETİK İLKELERE UYGUNLUK BEYANI

Tez yazma sürecinde bilimsel ve etik ilkelere uyduğumu, yararlandığım tüm kaynakları kaynak gösterme ilkelerine uygun olarak kaynakçada belirttiğimi ve bu bölümler dışındaki tüm ifadelerin şahsıma ait olduğunu beyan ederim.

Yazar Adı Soyadı : Bengü ATASEVER

İmza :

JÜRİ ONAY SAYFASI

Bengü ATASEVER tarafından hazırlanan “Fizik Öğretmen Adaylarının Termodinamiğin Birinci Yasası Çerçevesinde Isı, İş ve İç Enerji İle İlgili Kavramsal Zorlukları” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Gazi Üniversitesi Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Şebnem KANDİL İNGEÇ

Fizik Eğitimi Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi



Başkan: Prof. Dr. Mustafa KARADAĞ

Fizik Eğitimi Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi



Üye: Doç. Dr. Işıl AYKUTLU

Fizik Eğitimi Anabilim Dalı, Hacettepe Üniversitesi



Tez Savunma Tarihi: 20/08/2019

Bu tezin Matematik ve Fen Bilimleri Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans/ Doktora tezi olması için şartları yerine getirdiğini onaylıyorum

Prof. Dr. Selma YEL

Eğitim Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Sevgili Aileme...

TEŞEKKÜR

Bu araştırma sürecinde değerli fikirleri, yönlendirmeleri ve zamanını bana ve çalışmama ayırarak yer veren bana yol gösteren ve benim için bir danışmandan daha fazlası olan sayın Prof. Şebnem Kandil İngeç'e en içten dileklerimle teşekkürü bir borç biliyorum.

Soruların okunmasında bana yardımcı olan çalıştay arkadaşlarıma ve görüşmelere katılan öğretmen adaylarımıza,

Hayatımın her aşamasında yanımda olan, destekleyen beni ben yapan aileme ve biricik eşim yol arkadaşım Can Kandemir'e sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

**FİZİK ÖĞRETMEN ADAYLARININ TERMODİNAMİĞİN BİRİNCİ
YASASI ÇERÇEVESİNDE ISI, İŞ VE İÇ ENERJİ İLE İLGİLİ
KAVRAMSAL ZORLUKLARI**

(Yüksek Lisans Tezi)

Bengü Atasever

GAZİ ÜNİVERSİTESİ

EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Eylül , 2019

ÖZ

Bu çalışmada fizik öğretmen adaylarının termodinamiğin birinci yasası kapsamında ısı, iş ve iç enerji kavramları hakkındaki kavramsal zorlukları incelenmiştir. Araştırmanın çalışma grubu bir devlet üniversitesinde fizik eğitimi anabilim dalında termodinamik dersi alan ya da almakta olan toplam 133 (94 kadın, 39 erkek) öğretmen adayından oluşmuştur. Araştırma, eğitim alanında yaşanan deneyimleri ve olguları daha derinlemesine tanıma fırsatı tanıyan nitel araştırma yaklaşımı çerçevesinde gerçekleştirilmiştir. Araştırmada amaç doğrultusunda iki veri toplama aracı kullanılmıştır. Veri toplama araçlarından biri Meltzer (2004) tarafından geliştirilen diagnostik sorulardır. Toplam 3 seçmeli sorudan oluşan bu ölme aracında; öğretmen adaylarına başlangıç ve bitiş noktaları aynı olan iki farklı süreç verilmiş, termodinamiğin birinci yasası çerçevesinde bu iki ayrı süreçte “yapılan iş”, “soğurulan ısı”

ve “enerji değişimi” sorgulanmış, birbirlerine kıyas yaparak yorum yapmaları istenmiştir. Yorumlar yazılı olarak alınmıştır. İkinci veri toplama aracı olarak yarı yapılandırılmış görüşmeler kullanılmıştır. Görüşme soruları olarak veri toplama aracı olan diagnostik sorular kullanılmıştır. Yazılı olarak verdikleri cevaplar katılımcılara bir kez daha yneltirmiştir. Bu sorular formal bir şekilde soru – cevap şeklinde yürütülmüştür. Nitel veriler açık uçlu verileri destelemek amaçlı kullanılmıştır. Açık uçlu olan diagnostik sorular ve yarı yapılandırılmış görüşmeler yoluyla veri toplama aşamalarının tamamlanmasının ardından tüm veri setleri bir araya getirilmiştir. Veriler *içerik analiz* türlerinden *kategorisel analiz* ve *frekans analizi* teknikleri kullanılarak çözümlenmiştir. İçerik analizi kapsamında verilerin kodlanması, temaların bulunması, kodlara ve temalara göre verilerin düzenlenmesi ve tanımlanması, bulguların yorumlanması aşamaları izlenmiştir. Verilerin analizi sonucunda ulaşılan bulgulara göre; fizik ğretmen adaylarının termodinamiğin birinci yasasını bildiklerini ama grafik okumakta zorlandıkları ya da termodinamiğin birinci yasasını bildiklerini ama formül kullanmadan yorumlayamadıkları ya da formüllerin ne anlama geldiğini bilmedikleri gibi kavramsal düzeyde zorlukların yaşandığı tespit edilmiştir. Öğretmen adaylarının termodinamiğin birinci yasası çerçevesinde işi P-V grafiğinde “eğri altında kalan alan” olarak yorumlamada zorlandıkları görülmüştür. Ayrıca ğretmen adaylarının azımsanmayacak bir kısmının işin süreçten bağımsız olduğuna yönelik yani sadece başlangıç ve bitiş durumlarına bağlı olduğu fikrine sahip oldukları tespit edilmiştir. Fizik ğretmen adaylarında ısının da süreçten bağımsız olduğu inancına sahip oldukları belirlenmiştir. Bir diğer zorluk ise enerji/iç enerji değişimi ile ilgili olarak “sürekli artan enerji değimi vardır” inancıdır. Ulaşılan bu sonuçlar alan yazın ile karşılaştırmalı olarak tartışılmıştır. Araştırma sonuçları kapsamında çeşitli önerilerde bulunulmuştur. Öğretmen adaylarının termodinamiğin birinci yasası çerçevesinde işi P-V grafiğinde “eğri altında kalan alan” olarak yorumlamada zorlandıkları, azımsanmayacak bir kısmının da işin süreçten bağımsız olduğuna yönelik yani işin sadece başlangıç ve bitiş durumlarına bağlı olduğu fikrinde bulundukları tespit edilmiştir. Benzer zorluğun ısı kavramında da yaşandığı görülmüştür. Katılımcıların ısının da iş gibi süreçten bağımsız olduğu inancında oldukları belirlenmiştir. Bir diğer zorluk ise enerji/iç enerji değişimi ile ilgili olarak “sürekli artan enerji değimi vardır” inancıdır. Ulaşılan bu sonuçlar alan yazın ile karşılaştırmalı olarak tartışılmıştır. Araştırma sonuçları kapsamında çeşitli önerilerde bulunulmuştur

Anahtar Kelimeler : Fizik Eğitimi, Kavramsal Zorlanma, Termodinamiğin Birinci Yasası

Sayfa Adedi : 105

Danışman : Prof. Dr. şebnem KANDİL İNGEÇ

**CONCEPTUAL DIFFICULTIES OF PRE-SERVICE PHYSICS
TEACHERS REGARDING HEAT, WORK AND INTERNAL ENERGY
WITHIN THE FIRST LAW OF THERMODYNAMICS**

(M.S. Thesis)

**Bengü Atasever
GAZI UNIVERSITY**

GRADUATE SCHOOL OF EDUCATIONAL SCIENCES

September, 2019

ABSTRACT

In this study, it is investigated that the pre-service teachers have trouble understanding of heat, work and internal energy concepts with in the scope of the first law of thermodynamics. The study was conducted with 133 students studying in the physics education department of a public university. In the purpose of detecting diffuculties in understanding of heat, work and internal energy concepts with in the scope of the first law of thermodynamics, it is used the test based on Meltzerpressure-volume graph. The responses obtaired from the test item were read separately by the team of six and separated into main and sub- keywords by cantet analysis method until consenss was reached. The findings are also supported by the inter view with students who are subject to the Thermodynamics exam. It is found that the preservice teachers know the first law of thermodynamics but having hard time to interpret the graphor the pre-service teachers do not know the meaning of formulas. By based on this study, it is suggested to be teach of graphic interpretation to the pre-service teachers.

In addition to this, before the topic is taught by using formulas, it is important to explain the physics laws and to give examples how the formulas take place in daily life.

Keywords: The Education of Physics, Conceptual Comprehension, First Law of Thermodynamics

Page(s): 105

Advisor: Prof. Şebnem KANDİL İNGEÇ

İÇİNDEKİLER

TELİF HAKKI VE TEZ FOTOKOPİ İZİN FORMU	i
ETİK İLKELERE UYGUNLUK BEYANI.....	ii
TEŞEKKÜR.....	v
ÖZ.....	vi
ABSTRACT	viii
İÇİNDEKİLER.....	x
TABLolar LİSTESİ	xiv
ŞEKİLLER LİSTESİ	xv
BÖLÜM I.....	1
GİRİŞ	1
Problem Durumu	1
Termodinamik Nedir?	3
Termodinamiğin Tarihsel Gelişimi ve Etimolojik Kökeni.....	5
Termodinamiğin Önemi	7
Termodinamiğin Yasaları	8
Termodinamiğin Sıfırıncı Yasası	8
Termodinamiğin Birinci Yasası	9
Termodinamiğin İkinci Yasası.....	10
Termodinamiğin Üçüncü Yasası.....	12
Kavram Nedir?.....	13
Kavram Öğretimi ve Termodinamik Dersi	14

Araştırmanın Amacı	16
Problem Cümlesi.....	16
Alt Problemler	16
Araştırmanın Önemi.....	16
Varsayımlar	19
Sınırlılıklar.....	20
Tanımlar	20
İLGİLİ ARAŞTIRMALAR	21
Isı, Isı- Sıcaklık ve İç Enerji ile ilgili Çalışmalar.....	21
İş, İş-Enerji ile İlgili Çalışmalar	26
Termodinamik ve Termodinamiğin Birinci Yasası ile İlgili Çalışmalar	27
YÖNTEM.....	30
Araştırmanın Deseni	30
Çalışma Grubu	32
Etik Sözleşme.....	33
Verileri Toplama Araçları.....	33
Diagnostik Sorular	33
Yarı Yapılandırılmış Görüşme	35
Verilerin Analizi.....	35
Geçerlilik ve Güvenirlik	38
İnandırıcılık/ İç geçerlik	38
Aktarılabilirlik/ Dış geçerlik	39
Tutarlık/ Güvenirlik.....	40
BÖLÜM III	41
BULGULAR VE YORUMLAR	41
Termodinamiğin Birinci Yasası Çerçevesinde İş ile İlgili Kavramsal Zorluklar	42
1. Soru İle İlgili Kod ve Tema Listesi	45
İş Kavramı Hakkında Doğru Cevapların Matematiksel ve Yorumsal Açıklamaları..	46

Yorumsal Açıklamalar.....	46
Matematiksel Açıklamalar	48
İş Kavramı Hakkında Yanlış Cevapların Matematiksel ve Yorumsal Açıklamaları..	49
Yorumsal Açıklamalar.....	49
Matematiksel Açıklamalar	52
Termodinamiğin Birinci Yasası Çerçevesinde Isı ile İlgili Kavramsal Zorluklar	53
2. Soru İle İlgili Kod ve Tema Listesi	56
Isı Kavramı Hakkında Doğru Cevapların Matematiksel ve Yorumsal Açıklamaları	57
Yorumsal Açıklamalar.....	57
Matematiksel Açıklamalar	57
Isı Kavramı Hakkında Yanlış Cevapların Matematiksel ve Yorumsal Açıklamaları	58
Yorumsal Açıklamalar.....	58
Matematiksel Açıklamalar	61
Termodinamiğin Birinci Yasası Çerçevesinde İç Enerji ile İlgili Kavramsal Zorluklar	62
3. Soru İle İlgili Kod ve Tema Listesi	65
Enerji Kavramı Hakkında Doğru Cevapların Matematiksel ve Yorumsal Açıklamaları	65
Yorumsal Açıklamalar.....	65
Matematiksel Açıklamalar	66
Enerji Kavramı Hakkında Yanlış Cevapların Matematiksel ve Yorumsal Açıklamaları	67
Yorumsal Açıklamalar.....	67
TARTIŞMA	69
İş ile İlgili Kavramsal Zorlanmalar	70
Isı ile İlgili Kavramsal Zorlanmalar	72

Enerji ile İlgili Kavramsal Zorlanmalar	74
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	76
Sonuçlar	76
İş ile İlgili Sonuç ve Öneriler	76
Isı ile İlgili Sonuç ve Öneriler	81
İç Enerji ile İlgili Sonuç ve Öneriler	85
Öneriler	87
KAYNAKLAR.....	90
EKLER	101
EK 1. Görüşmeci Onay Formu	102
ÖZGEÇMİŞ.....	103

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1. <i>Çalışma Grubunun Demografik Özellikleri</i>	32
Tablo 2. <i>1. Sorunun Yıllara Göre Frekans ve Yüzde Dağılımı</i>	44
Tablo 3. <i>1. Sorunun Yıllar Bazında Cevapları</i>	44
Tablo 4. <i>2. Sorunun Yıllara Göre Frekans ve Yüzde Dağılımı</i>	55
Tablo 5. <i>1. Sorunun Yıllar Bazında Cevapları</i>	55
Tablo 6. <i>3. Sorunun Yıllara Göre Frekans ve Yüzde Dağılımı</i>	64
Tablo 7. <i>3. Sorunun Yıllar Bazında Cevapları</i>	64

ŞEKİLLER LİSTESİ

<i>Şekil 1.</i> Durum Çalışması Desenleri..	32
<i>Şekil 2.</i> Araştırmada kullanılan diagnostik soru.	34
<i>Şekil 3.</i> İş, ısı ve iç enerji ile ilgili tema şablonu.....	41
<i>Şekil 4.</i> 1. Sorunun seçeneklere göre frekans ve yüzde dağılımı	43
<i>Şekil 5.</i> Doğru seçeneği işaretleyip doğru açıklama yapan katılımcı sayılarının şematik gösterimi	43
<i>Şekil 6.</i> 2015 yılı Ö5 kodlu katılımcının yorumu.....	47
<i>Şekil 7.</i> 2015 yılı Ö19 kodlu katılımcının yorumu.....	47
<i>Şekil 8.</i> 2017 yılı katılımcı Ö17 yorumu	50
<i>Şekil 9.</i> 2016 yılı Ö4 kodlu katılımcının 1. soruya yazdığı açıklama	52
<i>Şekil 10.</i> 2014 yılı Ö11 kodlu katılımcının yorumu.....	53
<i>Şekil 11.</i> 2014 Ö17 kodlu katılımcının yorumu	53
<i>Şekil 12.</i> 2. Sorunun seçeneklere göre frekans ve yüzde dağılımı	54
<i>Şekil 13.</i> 3. Sorunun seçeneklere göre frekans ve yüzde dağılımı	63
<i>Şekil 14.</i> İş sorusuna ‘taradığı alan kadar iş yapar’ teması ile işlem yapan öğrencilerin ısı sorusuna verdiği yanıtların alt temalara göre yüzde dağılımı.	77

<i>Şekil 15.</i> İş ile ilgili soruyu doğru yanıtlayıp enerji ile ilgili soruyu yanlış cevaplayan öğrencilerin cevapları verdikleri alt temalara göre yüzde dağılımı	78
<i>Şekil 16.</i> İş sorusunu hacim- iş alt teması ile çözen bir kişinin ısı ve enerji soruları için verdiği cevap	78
<i>Şekil 17.</i> İş sorusunu matematiksel yolla çözen öğrencilerin ısı sorusuna verdikleri cevapların alt temalara göre yüzde dağılımı	79
<i>Şekil 18.</i> İş sorusuna matematiksel yolla cevap veren öğrencilerin enerji sorusuna verdikleri cevapların alt temalara göre yüzde dağılımı	80
<i>Şekil 19.</i> İş sorusunu termodinamiğin birinci yasasından çözen öğrencilerin ısı sorusu için alt temalara göre yüzde dağılımı.....	80
<i>Şekil 20.</i> Isı sorusuna yanlış cevaplayan öğrencilerin iş ve enerji sorularını hangi kod ve kişi sayısı cevapladığı hakkında şema	81
<i>Şekil 21.</i> Isı sorusuna hacim – ısı bağlantısıyla yanlış cevaplamada bulunan öğrencilerin iş ve enerji için yorumları.....	82
<i>Şekil 22.</i> Isı sorusuna sıcaklık – ısı anahtar kelimesini kullanarak cevaplandıran öğrencilerin iş ve enerji için yorumların şematik gösterimi.....	82
<i>Şekil 23.</i> Isı sorusuna alınan yol –ısı ifadesiyle yanlış cevaplayan öğrencilerin iş sorusuna verdikleri cevapların alt temalara göre yüzde dağılımı.....	83
<i>Şekil 24.</i> Isı sorusuna alınan yol –ısı ifadesiyle yanlış cevaplayan öğrencilerin enerji için verdikleri yanlış cevapların alt temalara göre yüzde dağılımı	84
<i>Şekil 25.</i> Isı sorusuna ideal gaz – ısı ifadesiyle yanlış cevap veren öğrencilerin iş ve enerji sorularına verdikleri yanıtlar ve kişi sayıları.	84
<i>Şekil 26.</i> Enerji sorusuna iç enerji ifadesiyle yanlış cevap veren öğrencilerin iş ve ısı için verdikleri cevaplar ve kişi sayıları.	85

Şekil 27. Enerji sorusunu eğrinin altında kalan alan ifadesiyle yanlış cevaplayan öğrencilerin iş ve ısı için verdikleri cevaplar ve kişi sayıları	86
Şekil 28. Enerji sorusunu termodinamiğin birinci yasasında yola çıkarak yanlış yorumlayan öğrencilerin iş için verdikleri cevapların alt temalara göre yüzde dağılımı.....	86
Şekil 29. Enerji sorusunu termodinamiğin birinci yasasında yola çıkarak yanlış yorumlayan katılımcıların ısı için verdikleri cevapların alt temalara göre yüzde dağılımı	87

BÖLÜM I

GİRİŞ

Bu bölümde, araştırmanın problem durumu, amacı ve önemi, problem cümlesi, alt problemler, sınırlılıklar, tanımlar ve varsayımlara yer verilmiştir. Problem durumunda; termodinamiğin tanımı, termodinamiğin tarihsel gelişimi ve kelime kökeni, termodinamiğin önemi, termodinamiğin yasaları, kavranın tanımı, kavram öğretimi ve termodinamik dersi eğitimi açıklanmıştır.

Problem Durumu

Günlük hayatta yenilenebilir enerji, enerji tüketimi enerji açığı, enerji krizi, enerji savaşları gibi enerji kaynaklı pek çok konu ile sıkça karşılaşmaktayız. Enerji yaşamımızın olmazsa olmaz bir unsurudur. Hatta her türlü ekonomik, ekolojik, politik ve yönetsel faaliyet de enerji odaklı olarak şekillenmektedir (Alpan ve Efil, 2011). Enerji ve enerji dönüşümü ile tüm yönleri ile ilgilen ve enerjiyi temel konu olarak ele alan ise “termodinamik”tir.

Termodinamik fiziksel ve kimyasal dönüşümlerde enerjinin değişimini incelediği için fizik ve kimyanın pek çok alanında olduğu gibi, çevre ve çevre eğitiminde de yararlanılan bir bilim dalıdır. Hatta toplumsal kaynakların yararlı bir işe dönüştürülme sürecinde ortaya çıkan kayıplar termodinamiği ikinci yasasına dayalı olarak “sosyal entropi” ile açıklık getirilmektedir (Bailey, 1990). Sosyal entropi, insan ilişkileri ile üretme ve gelir yaratma kapasitesi arasındaki ilişkiyi açıklamaya çalışan bir kuramdır (Erol, 2001).

Hem sosyal ve fen alanlarında hem de günlük yaşantımızda oldukça önemli bir yere sahip olan termodinamik ile ilgili alan yazın incelendiğinde lisans düzeyinde ulusal ve uluslararası

alandaki çeşitli araştırmalar olduğu görülmektedir. Üniversite fiziği öğrencilerinin ısı, iş ve termodinamiğin birinci yasasının öğrenilmesine yönelik ilk ayrıntılı araştırma 2002'de Loverude, Kautz ve Heron tarafından yayınlanmıştır. Bu çalışmada ABD'nin üç büyük üniversitesindeki gözlemlerden elde edilen kapsamlı verileri bir araya getirmiş ve termodinamikteki temel kavramlarla ilgili ciddi ve çok sayıda öğrenme zorluğunun olduğunu belirlemiştir. Birçok öğrencinin ısı, iş ve iç enerji gibi temel kavramları ayırt edemediği görülmüştür. Öğrencilerin çok azının da günlük yaşam bağlamı basit problemlerin çözmek için termodinamiğin birinci yasasını kullanabildiği görülmüştür. Termodinamik ile ilgili araştırmaları açısından önemli isimlerden biri olan Meltzer (2004) de yaptığı araştırmada benzer sonuçlara ulaşmıştır. Öğrencilerin termodinamiğin birinci yasasından yalnızca % 20 veya daha azının etkili şekilde kullanabildiğini ve yaşanan zorluğun kısmen ısı, iş ve iç enerjinin aynı birimlerle ifade edilmesinden kaynaklanabileceğini ifade etmiştir. Ulusal çalışmalar arasında termodinamiğin ikinci yasasının günlük olaylara uygulama düzeyinin incelendiği (Kırtak ve Demirci, 2013; Kırtak, 2010), termodinamik ve ekoloji ilişkisinin kurulduğu (Nesic ve Raos 2006; Öztaş, 2005) çeşitli çalışmalar mevcuttur.

Yapılan alan yazın taramasında özellikle ısı ve sıcaklık kavramlarının öğrenilmesi üzerine odaklanıldığı görülmektedir (Alwan, 2011; Eryılmaz, 2010, Yeşilyurt, 2006; Aydoğan, Güneş ve Gülçiçek, 2003; Harrison, Grayson ve Treagust, 1999). Araştırma sonuçları öğrencilerin sıcaklık ve ısıyı anlamakta ve ayırt etmekte zorlandıklarını göstermektedir (Aydın 2007; Gürbüz 2008, Gürçay ve Gülbaş, 2016). Termodinamiğin ikinci yasasına dair üniversite düzeyinde öğretim üzerinde yoğunlaşan yayınlanmış çalışmaların sayısı sınırlı düzeydedir (Meltzer, 2004; Kırtak-Ad ve Demirci, 2012; Kırtak-Ad ve Demirci, 2013).

Isı ve iş ile ilgili ulusal alan yazında yaşanan zorluklar ortaya koyulmuştur. Ancak ulusal alan yazında termodinamiğin birinci yasası çerçevesinde ısı, iş ve iç enerjinin ele alındığı araştırmaların bulunmadığı tespit edilmiştir. Termodinamik dersi üniversitelerimizde ağırlıklı olarak fen ve mühendislik bölümlerinde ayrı bir ders olarak verilmektedir. Hatta biyokimya, eczacılık gibi bazı alanlarda da termodinamiğe yer verilmektedir. Termodinamik ile ilgili temel yasaların bilinmesi enerji konusunda yaşanan sorunların daha iyi anlaşılmasına katkıda bulunacağı oldukça açıktır ve alan yazında da bu durum vurgulanmaktadır (Çengel ve Boles, 1996). Uluslararası yapılan araştırmalarda termodinamiğin birinci yasasının uygulanmasına yönelik zorlukların yaşandığına dikkat çekilmektedir (Meltzer, 2004; Meltzer, 2008). Bu

kapsamda “Ülkemizde ısı, iş ve iç enerji ile ilgili birbirleriyle bağlantılı olarak termodinamiğin birinci yasası kapsamında ele alındığında ne gibi zorlukların yaşanmaktadır?” sorusu akla gelmektedir. Bu bağlamda hem pek çok konunun temelini oluşturan ve problem çözümlerinde en çok yararlanılan enerjinin korunumu yasasının başka bir ifadeyle termodinamiğin birinci yasasının anlaşılmasında yaşanan zorluklara alan yazında vurgu yapılması hem de ulusal alan yazında termodinamik ile ilgili çalışmaların sınırlı düzeyde olması nedeniyle bu araştırmanın yapılmasına karar verilmiştir.

Termodinamik Nedir?

Kış günü okul bahçesinde biri demirden yapılma biride ahşaptan yapılma bankta oturduğunuzu düşünün, demir banka oturan kişi ahşap banka oturandan daha soğuk hisseder banklar aynı ortamda ve aynı sıcaklıkta olmasına rağmen. Ya da oda sıcaklığında bir karpuzu soğutmak istediğinizde ortadan ikiye bölüp güneşin altına koyduğunuzda bir süre sonra ısınmasını beklerken soğuduğunu gözlemlersiniz. Bu gibi durumlar çoğaltılabilir ve oluş nedenleri fiziğin alt dalı olan termodinamik ile açıklanır. Erime, donma, buharlaşma, yağışların oluşumu, yalıtım sistemleri gibi çevremizde gerçekleşen olaylar termodinamiğin çalışma alanlarını oluşturur. Termodinamik; enerjinin madde içerisinde yayılmasını, ısı, sıcaklık kavramları ve bu kavramların madde üzerinde ki etkilerini inceleyen fiziğin alt dalıdır. Isı ve ısı bağıntıları enerji üzerinden tanımlandığından termodinamik yaygın olarak “enerji bilimi” olarak ifade edilmektedir. Mikailov ve San (2008) termodinamiği sıcaklık, enerji vb. olayları inceleyen bilim dalı olarak tanımlarken; Çengel ve Boles (1996) ile Jones ve Dugan (2003) “enerji bilimi” olarak tanımlamaktadırlar. Aydın (2018)’da termodinamiği; enerji bilimi, enerjinin değişik şekilleri arasındaki bağıntıları inceleyen bir bilim dalı olduğunu ifade ederek enerjinin değişik şekillerinin “termodinamik kanunları” denilen ampirik matematiksel bağıntılarla incelediğine vurgu yapmaktadır.

Sears ve Sallinger (2002, s.2)’e göre termodinamik maddenin yalnızca makroskobik ya da büyük ölçekteki özellikleriyle ilgilenir. Termodinamik, deneysel bir bilim dalıdır ve deneylerle kazanılmış az sayıda temel ilkeye dayanır. Kinetik kuram ve istatistik termodinamiğin tamamlayıcısı olan termodinamik belli ölçümler yapıldığında, herhangi bir fiziksel sistemin özellikleri arasındaki ilişkileri verir. Kinetik kuram ve istatistik

termodinamik ise enerji durumları belirlenebilen sistemler için bu niceliklerin hesaplanabilmesini sağlar.

Termodinamik; Keller, Gettys ve Skove (2005)'e göre bir sistemin çevresiyle etkileşmesinin makroskobik betimlenmesidir. Feynman (2016) maddelerin iç yapılarını bilmeksizin, onların çeşitli özellikleri arasındaki bağıntıların saptanmasının termodinamiğin konusu olduğunu ileri sürmektedir. Tarihsel olarak da "termodinamik", maddenin iç yapısı anlaşılması başarılmadan önce geliştirilmiştir.

Bueche ve Jerde (2000) ile Serway ve Beichner (2008) maddenin hal değişimlerini dikkate alarak termodinamiği tanımlamıştır. Wark (1989) da enerji dönüşümleri ve bu dönüşümlerden etkilenen maddenin fiziksel özellikleri ile ilgilenen bir bilim dalı olduğuna dikkat çekmektedir. Birçok farklı enerji türü (mekanik, elektrik, ısı kimyasal, nükleer vs.) vardır. Bu enerjiler arasındaki dönüşümlerin nasıl ve ne derecede gerçekleşebileceğini termodinamik inceler. Çetinkaya (2011)'e göre termodinamik, fiziğin enerji ve enerjinin şekil değiştirmesi ile uğraşan koludur. Termodinamik, enerji, enerji dönüşümü ve buna bağlı olarak maddenin durumundaki değişimin bilimidir. Termodinamik Yaman'a (2004) göre; enerji ve enerji dönüşümlerini, entropiyi ve maddenin fiziksel özellikleri arasındaki bağıntıları inceleyen fiziksel bir bilim dalıdır. Termodinamik günümüzde "enerji ve entropi bilimi" olarak tanımlanmaktadır (Çetinkaya, 2011; Çengel ve Boles, 2011)

19.yy'ın başlarında, girdisi ısı biçiminde, çıktısı mekanik iş olan aygıtların verimliliğini artırma girişiminin sonucunda Termodinamik bilimi doğmuştur. Bu çerçevede termodinamik, adından da anlaşılacağı üzere gerek ısı ve mekanik, gerekse de dinamik kavramlarıyla ilgilidir (Sears ve Sallinger (2002, s.2). Başka bir ifadeyle "termodinamik" fizik, kimya ve yaşam bilimlerinin temelinde yatan kavramları içermekte ve bu bilimlerin ayrılmaz bir parçasını oluşturmaktadır (Freedman ve Young, 2009). Özellikle mühendislik alanında önemli bir yer tutmaktadır. Termodinamiğin ilkeleri içten yanmalı makinelerin, geleneksel veya nükleer enerji santrallerinin, roket ateşleme sistemlerinin, füzelerin, uçakların, kara taşıtlarının tasarımında kullanılmaktadır (Sears ve Sallinger (2002, s.2). Sonuç olarak termodinamiğin hayatımızın içinde araba motorlarından buzdolaplarına, biyokimyasal işlemlerden yıldızların yapısına kadar pek çok yerde karşımıza çıkmaktadır (Freedman ve Young, 2009). İletişim, bilişim ve hatta biyolojik ve kimyasal süreçler de termodinamik biliminin uygulama alanları arasındadır (Kırtak, 2010).

Termodinamiğin Tarihsel Gelişimi ve Etimolojik Kökeni

Enerjinin çeşitli biçimleri ısı, ışık, elektrik, manyetizma, kimyasal ve mekanik enerji arasındaki ilişkilerin bilimi olan termodinamik, sürtünme yoluyla mekanik olarak ısı üretimi ve buhar makinesi yardımıyla mekanik enerjinin ısı (termal) yoldan üretilmesi çalışmalarından ortaya çıkmıştır (Tez, 2008). 17 ve 18 yüzyıl boyunca Francis Bacon, Robert Boyle, Robert Hooke ve Isaac Newton bu alanda çalışan doğa filozoflarındandır. Termodinamik, tarihsel olarak maddenin atom teorisindeki gelişmeye paralel bir gelişme göstermiştir.

Tez (2008, s.170)'in aktardığına göre 1800'lere kadar ısı ile sıcaklık arasındaki ilişki anlaşılamamıştır. Kimi bilimsel yapıtlarda “sıcaklık” yerine “ısı” sözcüğü kullanılmıştır. Yunan filozoflarca ısıнын doğası üzerine geliştirilen iki kuram modern çağlara dek birbiriyle çekişmiştir. Bu kuramlardan biri “kalorik kuram” adıyla bilinmektedir. Bu kurama göre her cismin içinde “kalorik” denen ağırlıksız akışkan olduğu ve sıcaklığı yüksek olandan düşük olana doğru aktığı düşünülüyordu. “kalorik kuram” geçerliğini 18. Yüzyıl ortalarına kadar sürdürmüştür. Diğer kuram ise “mekanik (dinamik) kuram” idi. Bu kuram ıyı cismın taneciklerinin hareketine bağlıyordu. Isı ile sıcaklığın ilk ayrımını İskoç kimyacı Joseph Black (1728-1799) yapmıştır.

18. yüzyılın başlarından itibaren tekstil sanayinde meydana gelen hızlı gelişmelerin sonucunda tarak, fitil ve iplik makinelerinin birbiri ardına geliştirilmiş ve tekstil sanayinde kullanılmaya başlanmıştır. Bunun sonucunda giderek artan güç ihtiyacının insan ve hayvan gücüyle artık karşılanamaz olması, bazı bölgelerde akarsulardan faydalanma olanağının bulunması buhar makinelerinin ortaya çıkmasına neden olmuştur (Aydın, 2018, s.1; Çetinkaya, 2011, s.1). 1697’de Thomas Savery ve 1712’de Thomas Newcomen’in, İngiltere’de ilk başarılı buhar makinelerini yapmalarına değin termodinamik bir bilim olarak ortaya konmamıştır (Çengel ve Boles, 2008, s.2). Bu makineler hem çok yavaş hem de düşük verimli olmasına rağmen yeni bir bilimin doğmasına öncülük etmiştir. 1765-1766 yıllarında James Watt’ın Newcomen makinesini geliştirmiş ve buharın o güne kadar bilinmeyen özellikleri üzerine yaptığı araştırmalar önemli adımlar olmuştur (Çetinkaya, 2011, s.1). Bu büyük gelişmeler diğer birçok araştırmacının da bu alana yönelmesini sağlamış ve metalürji ve malzeme, kimya, makine gibi alanlarda geniş uygulaması bulunan termodinamik biliminin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Başlangıçta sadece ısıнын mekanik işe

dönüşmesiyle ilgilenen termodinamik, zamanla bu sınırlardan kurtulmuş ve enerji bilimi görünümünü almıştır (Aydın, 2018, s.1).

Alman Julius Rober Mayer (1814-1878) besin metabolizması yoluyla bedenin açığa çıkardığı ısıнын, iki zıt etmence dengelendiğini ileri sürmüştür. Bunlardan biri bedenden çevreye doğru olan ısı kaybı, diğeri ise bedeni çalıştıran iş idi. Mayer’e göre ısı ve iş enerjinin farklı görünümleydi. Bu düşüncesini Mayer matematiksel olarak kanıtlayamadı. İngiliz James-Prescott Joule (1818-1889) 1840’larda birim ağırlıktaki suyun sıcaklığını birim derece artırmak için çeşitli deneyler yapmıştır. 1843 yılında bu çalışmasının sonuçlarını almış ısı ile iş arasında eşdeğerlik ilişkisini bulmuştur (Tez, 2008, s172-173).

1847 yılında Herman von Helm-holtz termodinamiğin birinci yasasını yani enerjinin korunumu yasasını Berlin Fizik Derneği’ne “*Kuvvetin Korunumu Üzerine*” başlıklı makalesini sunarak bilim dünyasına duyurdu. Nicolas Léonard Sadi Carnot (1796-1832) buhar makinesinin kuramsal temelleri üzerine ilk çalışanlardan biridir. Carnot 1824 yılında “*Ateşin Hareket Ettirici Gücü ve Bu Gücü Geliştirmeye Yönelik Makineler Üzerine Düşünceler*” başlıklı makalesi ile termodinamiğin ikinci yasasının temelini oluşturmuştur. Carnot 1830 yılında kalorik kuramı reddederek ısıнын cisimlerdeki parçacıkların mekanik hareketlerinden başka bir şey olmadığını, ısı ile mekanik enerjinin birbirine dönüştürülebildiğini ve eşdeğer olduğunu kabul etmiştir. Ancak görüşleri 1878 yılında yayınlanmıştır (Tez, 2008, s.174-175). Carnot’un yaşadığı zamanlarda termodinamiğin birinci yasası bilinmiyordu. Clapeyron, Carnot’un çok incelikli akıl yürütmesinden çok daha kolay anlaşılabilir bir iyice basit bir türetme yapmıştır. Fakat Clapeyron’un enerjinin korunumunu kabul etmediği, ısı kuramına göre ısıнын korunduğunu kabul ettiği anlaşılmış ve daha sonra bunun hatalı olacağı gösterilmiştir. Böylece Carnot’un mantığının yanlış olduğu söylenmişti. Fakat onun mantığı çok doğrudu, hatalı olan herkesin okuduğu Clapeyron’un basitleştirilmiş biçimidir. Termodinamiğin ikinci yasası böylece Carnot tarafından birinci yasadadan önce keşfedilmiştir (Feynman, 2016, s.44-3).

Termodinamik terimi ilk olarak Lord Kelvin tarafından 1849’da yapılan bir yayında kullanılmıştır. Termodinamik sözcüğü, Yunanca “sıcak” anlamına gelen “thermos” ve “kuvvet/güç” anlamına gelen “dynamis” sözcüklerinden türemiştir (Tez, 2008, s. 169). Başlangıçta sadece ısıнын mekanik işe dönüşmesiyle ilgilenen termodinamik, zamanla bu sınırlardan kurtulmuş ve enerji bilimi görünümünü almıştır (Aydın, 2018, s.1). Günümüzde

ise, yeni bilimsel bilgilerin artmasıyla birlikte bu tanım, iş-ısı ilişkisi, maddenin hal değişimi, güç, verimle birlikte enerji ve enerji dönüşümlerini içeren bir anlam taşımaya başlamıştır (Çengel ve Boles, 1996).

Termodinamiğin Önemi

Termodinamik fizik, kimya ve yaşam bilimlerinin temelinde yatan kavramları içerir ve bu bilimlerin ayrılmaz parçasını oluşturur (Sears ve Zemansky, 2009). Günlük yaşantımız içinde pek çok yerde karşımıza çıkan termodinamiğin kullanım alanlarına ilişkin Çengel ve Boles (1996) şöyle demektedir;

“...termodinamiğin bazı uygulama alanlarını görebilmek için çok uzağa gitmeye gerek yoktur. Kalp vücudun her bir noktasına kanı sürekli olarak pompalamakta, vücudun trilyonlarca hücresinde çeşitli enerji dönüşümleri meydana gelmekte ve üretilen vücut ısısı devamlı olarak çevreye atılmaktadır. İnsan konforu bu ısı atımı miktarına sıkı bir şekilde bağlıdır. Ortam koşullarına bağlı olarak kıyafetlerin ayarlanması ile bu ısı aktarımı kontrol altında tutulmaya çalışılır.”

Doğadaki tüm etkinlikler enerji ve madde arasında bir etkileşim içerir. Bu kapsamda günlük yaşamda termodinamik ile ilgili olmayan bir çalışma alanı düşünmek oldukça zordur. Termodinamiğin uygulama alanlarını görmek için çok uzaklara bakmak gerekmez. Vücudun her bir noktasına sürekli olarak kan pompalayan kalp bile örnek olarak verilebilir. Vücudun trilyonlarca hücresinde çeşitli enerji dönüşümleri meydana gelmekte ve bu esnada üretilen ısı devamlı olarak çevreye verilmektedir. Doğrudan yaşanan ortam da termodinamiğin uygulamalarıdır (Çengel ve Boles, 2011). Açıkça görüldüğü üzere termodinamik geniş kapsamlı bir etkiye sahiptir. Ayrıca disiplinler arası yapıya sahiptir (Meltzer, 2004). Çok geniş bir aralıkta uygulanabilirliğe sahip olması açısından termodinamik dersi oldukça yararlı bir derstir (Patron, 1997). Çoğu alanın çoğu temel ilkesini oluşturduğu, özellikle mühendislik ve aynı zamanda üniversite kimya ve fizik bölümlerinde temel bir alan olduğu (Sözbilir, 2001; Linn ve Songer, 1991) da göz önüne alındığında termodinamik öğretiminin oldukça önemli olduğu söylenebilir (Çengel ve Boles, 2011; Sözbilir, 2001).

Doğal olarak meydana gelen pek çok problemle karşı karşıya geliriz. Bu problemler termodinamiğin içerdiği alanlara aittir. Termodinamik olgusaldır, temel düzeyde ve az sayıda yasaya sahiptir. Bu termodinamik yasaları ısı alışverişi ve enerji ile ilgili olmaları

sebebiyle doğal olarak meydana gelen problemlerin çözümünde anahtar rol oynamaktadır. Problemlere çözüm üretmek için de hayatımızın bu kadar içinde olan termodinamiği ve termodinamiğin yasalarını bilmek ve doğru yorumlamak gerekir. Böylece bilimde ve teknolojide ilerleme sağlanır.

Termodinamiğin Yasaları

Termodinamiğin Sıfıncı Yasası

Termodinamiğin sıfıncı yasası iki ayrı cismin bir üçüncü cisimle ısı dengede olması durumunda, birbirleri ile de dengede olduklarını belirtir. Temel bir fizik ilkesi olarak değeri, birinci ve ikinci yasanın ortaya konmasından yarım yüzyılı aşkın bir süre sonra anlaşılmıştır. Bu yüzden de birinci ve ikinci yasasından çok sonra, ilk olarak 1931 yılında R. H. Fowler tarafından açık bir şekilde belirtilmiş ve adlandırılmıştır. Birinci ve ikinci yasadaki önce gelmesi gerektiği için sıfıncı yasa olarak isimlendirilmiştir (Çengel ve Boles, 2008; Keller, Gettsy ve Skove, 2005; Bueche ve Jerde, 2000).

Bir buz parçasının buzdolabından alınıp masa üzerine konduğunu varsayınız. Bu cismin çevresine tepkisi mekanik yöntemlerle betimlenebilir. Masa üzerinde duran bu cisim statik dengededir dolayısıyla buz parçasına etkiyen net kuvvet sıfırdır. Yer buz üzerine aşağıya doğru kütle çekimi kuvveti uygular, masanın da buza yukarı doğru uyguladığı normal kuvvetle dengelenir. Bununla birlikte, bir müddet sonra buz erimeye başlar ve sonunda masa üzerinde su birikintileri görülür. Bu erime işlemi sadece mekanik bilgiyle betimlemek ve anlamak imkânsızdır (Keller, Gettsy ve Skove, 2005, s.449). Bu türden durumları inceleyebilmek için, mekanikten bağımsız sıcaklık, ısı iletimi, ısı dengesi gibi bazı yeni kavramlara ihtiyaç duyulur.

Sıcaklık öznel olarak “sıcak”, “ılık” ve “soğuk” terimleri ile betimlenir. “Sıcak”, “soğuk”tan daha yüksek sıcaklığa karşılık gelmekle beraber bu terimlerin tutarlı nesnel anlamları yoktur (Keller, Gettsy ve Skove, 2005, s.453). Sıcaklık kavramı kuvvet kavramı gibi insanın duyuşsal algılaması ile ilgilidir. Fakat sıcaklık duyusu, kuvvet duyumu kadar güvenilir değildir (Salingers ve Sears, 2002). Sıcaklık kavramı, iki sistemin ısı dengesi durumuyla yakından ilgilidir. Isı geçiren bir duvar aracılığıyla ilişkisi sağlanan iki sistemin durum değişkenleri değişmez ise bu iki sistemin ısı dengede olduğu söylenir. İki sistem doğrudan

değmede olmadıklarında bile ısı dengede olabilir. Isıl denge durumundaki iki sistemin sıcaklıkları aynıdır. İki sistem değme durumuna getirildiğinde durum değişkenleri değişiyorsa, sistemler aynı sıcaklıkta olmayıp ısı dengeye ulaştıklarında aynı sıcaklığa ulaşırlar. Bu sistemlerden birinin termometre olduğu varsayılırsa, iki farklı sistemle ayrı ayrı ısı dengede ise bu iki sistem de ısı dengededir başka bir ifadeyle aynı sıcaklıkta olacaktır. Sonuç olarak “bir üçüncü sistemle ayrı ayrı ısı dengede olan iki sistem birbirleri ile de ısı dengededir”. Bu sonuç termodinamiğin sıfırıncı yasası olarak ifade edilir. Sıfırıncı yasaya gereksinim termodinamiğin birinci yasasından sonra ortaya çıktığı için, bu yasanın birinci yasanın önünde olduğunu göstermek için alışlagelmişin dışında “sıfırıncı” deyişi kullanılmıştır (Keller, Gettsy ve Skove, 2005, s.452-453).

Termodinamiğin Birinci Yasası

Bir sistemle çevresi arasında değişik enerji aktarma biçimleri vardır. Enerji aktarma biçimlerinden biri “ısı (Q)” dır. Isı bir sistemle çevresi arasındaki sıcaklık farkından dolayı aktarılan enerjidir. Başka bir enerji aktarma yolu da “iş (W)”tır. İş, bir sistemle çevresi arasındaki sıcaklık farkından bağımsız olan yollarla aktarılan enerjidir (Keller, Gettsy ve Skove, 2005, s.480-483). Bir sistemle çevresi arasında aktarılan enerji ile sistemin iç enerjisindeki değişim birbiriyle ilişkilidir. Bu ilişki termodinamiğin birinci yasası ile birbirine bağlanır.

Hacmi sabit tutulan bir kapta bir gazın ısıtıldığı düşünülürse hacmi sabit kaldığı için gaz iş yapmaz. Bu durumda verilen enerjinin nereye gittiği sorusu akla gelir. Bu enerjiyi gazın molekülleri alacaktır. Gaz ısıtıldıkça moleküllerin kinetik enerjisi giderek artacak ve böylece gazın toplam enerjisi dolayısıyla sıcaklığı artacaktır. Bu durum gazın aldığı ısı veya işi kendi içinde bir enerjiye dönüştürdüğünü gösterir ki bu iç enerji olarak tanımlanır. Başka bir ifadeyle iç enerji “bir gazı oluşturan moleküllerin durgun bir referans sistemindeki toplam enerjisi” dir (Karaoğlu, 2012, s.218). İç enerji sistemin moleküler yapısı ve moleküler hareketliliğiyle ilgili enerjilerin tümüdür. Bütün maddeler kimyasal ve moleküler biçimde iç enerji içermektedir (Çetinkaya, 2011, s.54).

Hem iş hem de ısı içeren bir süreçte $Q-W$ farkı sisteme giren net enerjiyi simgeler. Deneysel olarak, $Q-W$ net enerjisi ilk ve son durumlar arasındaki her süreç için aynı olduğu

gözlenmiştir. Aktarılan net enerjinin süreçten bağımsız olması termodinamiğin birinci yasası olarak ifade edilir. “herhangi bir değişim sırasında, bir sisteme aktarılan Q ısısı ile sistemin bir W işini yaptığı tüm süreçlerde $Q-W$ net enerjisi sistemin iç enerjisindeki değişime eşittir” (Keller, Gettsy ve Skove, 2005, s.480-483). Birinci yasanın özü toplam enerji adı verilen özeliğin ortaya konmasıdır. Fiziğin en temel yasası olarak nitelendirilen termodinamiğin birinci yasası genellikle enerjinin korunumu ilkesi olarak ifade edilir (Çengel ve Boles, 2008, s.71).

Termodinamiğin İkinci Yasası

Sıcak ve soğuk iki cisim değme durumuna getirildiğinde sıcak olan cisimden soğuk olan cisme doğru ısı akışı, kendiliğinden soğuk cisimden sıcak cisme doğru ısı akışı olmaz. Bitişik iki kaptaki farklı türden gazlar aradaki duvar kaldırılırsa, iki gaz birbirine karışır, ama kendiliğinden iki taraf ayrılmaz. Bir odada bırakılan bir fincan sıcak kahve zamanla soğur, kahve odadan ısı alarak sıcaklığı kendiliğinden artmaz. Bir suya damlatılan mürekkep damlası su içinde yayılır, yayılmış mürekkep kendiliğinden bir noktada toplanmaz. Tüm bu süreçler termodinamiğin birinci yasasına başka bir ifadeyle enerji korunumuna uygun olmasına rağmen doğada gözlenmez. Termodinamik olaylarda doğanın tercih ettiği bir gelişme yönü vardır. Bu yönü termodinamiğin ikinci yasası belirler. Başka bir ifadeyle ikinci yasa ise bize doğada hangi süreçlerin gerçekleşip gerçekleşmeyeceğini söyler (Serway ve Beichner, 2008; Çengel ve Boles, 2008; Salinger ve Sears, 2002; Karaoğlu, 2012).

Termodinamiğin ikinci yasası makroskobik ve mikroskobik düzeyde çok farklı ifadeleri vardır. Mikroskobik ifadesi entropi düzensizlik, faz uzayı gibi kavramlar içerir ve istatistik mekanik denilen fizik dalının konusudur (Karaoğlu, 2012, s.229). Termodinamiğin ikinci yasası ısı makinalarına dayalı makroskobik ifadeleri “Kelvin-Planck ifadesi” ve “Clausius ifadesi”dir. Çengel ve Boles’e (1996) göre Kelvin-Planck ifadesi “termodinamik bir çevrim gerçekleştirerek çalışan bir makinenin, yalnızca bir kaynaktan net iş üretmesi olanaksızdır.

Öztürk, A. (1997)’ün aktardığına göre; 1850’lerden sonra, Almanya’da Clausius ve İngiltere’de Thomson termodinamiğinin ikinci yasası üzerinde çalışmışlardır. İkinci yasanın belirtilmesi yönünde adeta birbiri ile yarışmışlardır. Clausius termodinamiğin ikinci yasasını “ısı çevrede hiçbir tesir bırakmaksızın soğuk bir ısı kaynağından sıcak ısı kaynağına

gidemez" şeklinde ifade etmiştir. Thomson ise "bir ısı kaynağından alınan ısıнын tamamı mekanik enerjiye dönüştürülemez" şeklinde tanımlamıştır. Clausius ise 1854'de Q/T şeklinde yeni bir kavramı ortaya atıp buna yunanca "dönüşüm" anlamına gelen entropi adını verdi ve böylece kendi adıyla anılan Clausius eşitsizliğini formüle etmiştir.

Termodinamiğin ikinci yasası hemen hemen yalnızca tümevarımcı bir düşünceyle ortaya çıkmıştır. L. S, Carnot (1796-1832) 1824'de, ısı daha bir enerji şekli olarak tanınmadan önce ısı makineleri üzerine teorik analizini yayınlamış ve bu düşüncelerin daha sonraları Kelvin (1824-1907) ve Clausius (1822-1888) tarafından geliştirilmesi termodinamiğin ikinci kanununun makroskopik ifadesine yol açmıştır. Bu kanunla ısı ve işin enerji aktarım biçimleri olduğu ve birbirlerine dönüştürülmelerinin asimetrik olduğu gösterilmiştir. Bu dönüşümlerde korunan şeyin enerji olduğu, entropi için ise korunmanın söz konusu olmadığı ortaya çıkmıştır (Çetinkaya, 1986). Mühendislik alanı için, ikinci yasanın en önemli sonucu, ısı makinelerinin veriminin sınırlı olacağıdır. Yani %100 verimle çalışarak iç enerjinin tamamını başka bir enerjiye dönüştüren bir makine yapmak mümkün değildir (Serway ve Beichner, 2008).

Termodinamiğin ikinci yasası %100 verimle çalışan bir makine yapılamayacağını söylüyordu. Bu durumda "en verimli makine hangisidir?" ve "verimi nedir?" soruları akla geliyordu. Sadi Carnot (1796-1832) adlı Fransız mühendis kendi adıyla anılan Carnot çevriminden daha verimli ısı makinesi yapılamayacağını ispatladı. Carnot çevrimi ideal bir çevrimdir. Gerçek hayatta bir uygulaması yoktur (Karaoğlu, 2012, s.231).

Termodinamiğin ikinci yasası günümüzde en kusursuz ve en doğruluğundan şüphe edilemez yasa olduğu düşünülmektedir (Lieb ve Yngvason, 2000). Mekanikte enerji, momentum ve açısal momentum kavramlarının ortaya atılmasının nedeni bunların korunum ilkesinin sağlanmasıdır fakat kendiliğinden gerçekleşen doğal süreçlerde entropi korunmaz ve genellikle artma eğilimindedir. Bu alışılmadık durum entropinin gizemini arttırmaktadır (Salinger ve Sears, 2002). "Entropi", gerçekleşen bir sürecin başında ve sonunda farklı değerler alarak bu sürecin gerçekleşme yönünü göstermektedir. Entropi makroskobik düzeyde, yararlı iş yapmak için kullanılamayan bir enerji ölçüsünü (Fishbane, Gasiorowicz ve Thornton, 2008), mikroskobik düzeyde ise düzensizliğin ölçüsünü (Fishbane, Gasiorowicz ve Thornton, 2008) ya da mikro hallerin sayısını (Gürses, Sözbilir ve Açıkyıldız, 2005) ifade etmektedir. Her doğal işlemde, işleme giren bütün sistemler

gözönüne alınırsa, bir entropi artışı vardır. Entropi ya artar ya da sabit kalır. Entropinin daima artması özelliği, enerjinin daha elverişsiz hale geleceği anlamındadır (Çetinkaya, 1986). İkinci yasanın alanına giren, bir hal değişiminin ne yönde gerçekleşeceği, entropinin artışı ilkesine göre belirlenmelidir. Çünkü kendiliğinden gerçekleşen bütün süreçlerde entropi ya artar (tersinmez bir süreçte) ya da aynı kalır (tersinir bir süreçte), asla azalma eğilimi göstermez (Keller, Gettys ve Skove, 2005; Marcella, 1992). Entropi kapsamında termodinamiğin ikinci yasası felsefi açıdan yorumlanmaktadır. Örneğin sosyal veya ekonomik olaylar da dahil olmak üzere doğadaki pek çok problemin çözümüne getirilen açıklama entropinin artışına dayanmaktadır. Örneğin; Nicholas Georgescu-Roegen (1906–1994), Newton mekaniğini esas alan neoklasik ekonominin, ekonomik süreçlerde kullanılabilir enerjinin geri kazanılamaz biçimde yok olduğunu söylemektedir. Başka bir ifadeyle termodinamiğin ikinci yasasına göre entropik bir doğası olduğunu ifade etmektedir (Georgescu-Roegen, 1971). Mimkes ise 2006 yılında termodinamik yasaları ekonomi için üretmiştir: Termodinamiğin birinci yasası ekonomide üretimin sermaye dengesine, termodinamiğin ikinci yasası ise, bir sistem fonksiyonuna (üretim veya fayda fonksiyonuna) karşılık gelmektedir. Girdiler ve çıktı arasındaki ilişkiyi gösteren emtiaların sayısına bağlı üretim fonksiyonu entropi denklemi ile verilmektedir (Mimkes’den aktaran Günay, 2016).

Termodinamiğin Üçüncü Yasası

Sıfır mutlak sıcaklıkta saf kristal maddenin entropisi sıfırdır, çünkü moleküllerinin konumunda herhangi bir belirsizlik yoktur (Boles ve Çengel, 1996). Apaydın (2004, s. 125) termodinamiğin üçüncü yasası şöyle tanımlamaktadır:

Bir sistemin mutlak sıcaklığı sıfıra ulaştığı zaman entropisi sistemi belirleyen hacim, manyetik alan ve benzeri fiziksel niceliklerden bağımsız bir değere ulaşır. Üçüncü yasanın başka bir tanımı şöyle yapılabilir. Bir sistem en düşük enerji düzeyinde bulunduğu zaman entropisi sıfırdır.

Enerji sıcaklığın artan bir fonksiyonudur bu durumda sıcaklık sıfıra yaklaştıkça enerji düzeyi çakışık değilse girilebilir durum sayısı 1’e (minimum enerjili değere) ulaşır. Bunun sonucu olarak da entropi sıfır ($S=0$) değerini alır (Apaydın, 2004). Başka bir ifadeyle sıcaklığın sıfıra gitmesi enerjinin minimuma değere gitmesi demektir ki bu da sistemin tüm parçacıklarının en düşük düzeye yerleşmesi anlamına gelir. Böyle makroskobik duruma tek bir mikroskobik durum karşılık gelir. Entropi de girilebilir durum sayısı veya makroskobik duruma uygun

düşen mikroskobik durum sayının $\ln$ değeriyle ilişki olduğundan entropi $S=0$ olur. Bu termodinamiğin üçüncü yasası veya Nerst teoremidir (Mikailov ve San, 2008, s.45). Mikailov ve San (2008)'a göre termodinamiğin üçüncü yasası veya Nerst teoremi için şunları söylemektedir:

Bu yasa bir maddeyi neden mutlak sıfıra kadar soğutmanın imkansız olduğunu belirtir. Sıcaklık mutlak sıfıra yaklaştıkça bütün hareketler sıfıra yaklaşır. Sıcaklık mutlak sıfıra yaklaştıkça, bir sistemin entropisi sıfıra yaklaşır. Bu sayının sıfır değil de bir sabit olmasının sebebi, bütün hareketler durmasına ve buna bağlı olan belirsizliklerin yok olmasına rağmen kristal olmayan maddelerin moleküler dizilimlerinin farklı olmasından kaynaklanan bir belirsizliğin hala mevcut olmasıdır. Pratik olarak mümkün olmasa da mutlak sıfıra eriştiğinizde ise entropi sıfır olacaktır.

Kavram Nedir?

İnsanlar, kavramlar yoluyla tanır, ayırt eder, seçer ve birleştirir. Bu nedenle kavramlar, insanların yaşamını sürdürmesine yardımcı olan en temel zihinsel oluşumlardır. Aynı zamanda kavramlar, bilgiyi işleme ve depolama sürecinde kullanılan tüm araçların da bileşeni konumundadır. (Bozkurt, 2018). Genel anlamda kavram, insan zihninde anlaşılan, farklı obje ve olguların değişebilen ortak özelliklerini temsil eden bir bilgi formu/yapısıdır. Sözcüklerle ifade edilir (Ülgen, 2004, s.107).

Kavramlarda anlamdan çok daha fazlası vardır. Anlam, basit bir gösterim ilişkisinden çok daha fazlasıdır. Kavram, anlamı kapsayan, kültürel ve kişisel deneyimlerin de eklemlendiği bir zihinsel tasarımlardır. Bu genel kabul çerçevesinde birbirinden farklı kavram tanımları bulunmaktadır (Bozkurt, 2018). Kavram “benzer nesneleri, insanları, olayları, fikirleri, süreçleri gruplamada kullanılan kategoridir” şeklinde tanımlandığı gibi “bireyin düşünmesini sağlayan zihinsel süreçtir” şeklinde de ifade edilebilir (Senemoğlu, 2009).

Kavram, bir nesnenin veya düşüncenin zihindeki soyut ve genel tasarımıdır. Ayrıca kavramlar benzer ve/veya ortak özellikleri olan nesne, olay, durum ve davranışların oluşturduğu sınıflamaların soyut temsilleridir (Şahin, Karaaslan, Çoban ve Ercan, 2017). Temelde kavramlar insanlarla ve onların duygu ve düşünce bütünlüğü içinde edindikleri tecrübe ile var olurlar. Tecrübeler dayalı olarak algılanan özellikleri kadar tanımlandıkları için kavramların özellikleri sürekli olarak incelenmekte ve bu çerçevede kavramlar yeniden tanımlanmaktadır. Kavramlar objelerin ve olayların hem doğrudan hem de dolaylı olarak gözlenebilen özelliklerden oluşur ve çok boyutludur. Kavramların çok boyutlu oluşu, bir

açından da onun esnekliğine işaret etmektedir. Kavramlar, aralarındaki etkileşime dayanarak, bir bütünlük oluştururlar ve kendi içlerinde özelliklerine uygun belli ölçütlere göre gruplanabilirler (Ülgen, 2004, s. 108-117).

Bilişsel gelişimin temelinde kavram öğrenme vardır. Kavramlara sahip olmayan bir yetişkinin düşünmesi, bir bebeğin düşünmesi gibi duyuşsal anlamayla sınırlı olur. Başka bir ifadeyle fiziksel ve sosyal dünyanın anlaşılması ve anlamlı iletişim kurulması kavramlar ile olur. Çok kapsamlı bilgileri kullanılabilir birimler haline getiren kavramlardır (Senemoğlu, vd., 2009, s.511-514). Kavram öğretmenin amacı, bireylerin yaşadıkları ortamı daha kolay tanımlarını sağlamaktır (Şahin, vd., 2017).

Kavram Öğretimi ve Termodinamik Dersi

İnsanlar doğdukları anda sesler çıkarmaya başlar ve ilerleyen olgunlaşma dönemlerinde ise bu sesleri önce harfler ve devamında anlamlı kelimelere dönüştürmek suretiyle birbirleriyle iletişim kurmaya çalışırlar. İnsanoğlu koşup iletişim sağlayabildiği sürece bu sosyal gelişimlerinin yanında teknolojiye, bilimde, sanatta ve geri kalan her şeyde ilerleyebilmeleri mümkün olur. Seslerin bir araya getirilip anlamlı birer yapı oluşturulduğunda ve bunlara manalar yüklendiğinde kelimelerin anlamları ancak doğru kullanıldığında da sağlıklı iletişim sağlanır. Bu kapsamda durum pozitif bilimler için de aynıdır. Kullanılan ifadelerin, modellemelerin, formüllerin, sembollerin ya da tanımların doğru karşılıkları anlaşılmalı ve karşı tarafa doğru yansıtılmalı ki bilgiler sağlıklı bir şekilde aktarılabilir ve öğrenciler bu kavramları günlük hayatta doğru bir şekilde kullanabilirler.

Kavramlar, insan düşünmesinin en küçük, basit ve temel aracıdır (Kılıç, 2007). Kavram, farklı nesne, olay, fikir, düşünce ve eylemlerin değişebilen ortak özelliklerini temsil eden bir bilgi formudur (Malatyalı ve Yılmaz, 2010). Kavramlar bireylerin düşünmelerini, öğrendiklerini sınıflamasını ve organize edilmesini sağlayan zihinsel bir araç olarak görülebilir (Senemoğlu, 2009; Malatyalı ve Yılmaz, 2010). Dünyayı algılamada önemli bir rol oynarlar, insanların kendilerini ve çevrelerini anlamlandırma da kavramlar kullanılırlar. Bu çerçevede kavram öğrenimine önem verilmesi gerekliliği açıktır.

Kavram öğrenme dışarıdan gelen uyarıcıları zihinde belli sınıflandırmalara sokarak şemalar oluşturmaktır. Kavram öğrenme, planlı olarak örgün eğitim kurumlarında yani okullarda

gerçekleşir (Malatyali ve Yılmaz, 2010). Kişinin doğumundan ölümüne kadar yaşam boyu devam eden bir süreci kapsayan kavram öğrenimi, anlamlı ve kalıcı bir öğrenmenin gerçekleşmesi için oldukça önemlidir. Sadece kavram öğrenimine değil kavram öğretimine de gereken önem verilmelidir.

Tüm bu tanımlar dikkate alındığında, kendileri de birer kavram olan eğitim, öğretim, öğrenme açısından aktif kavram öğretiminin önemine ve nasıl sağlanabileceğine ilişkin fikirlerin önemi açığa çıkmaktadır (Köksal, 2006). Kavram öğrenme, diğer öğrenmeler için, anahtardır ve uyarıları belirli kategorilere ayırarak zihinde bilgiler oluşturmaktır. Yapılanma ve yapılandırma işlemi kavram öğrenmedir. Eğitim programları çoğu zaman kavramların öğrenilmesiyle ilgilidir (Ülgen, 2004, s.117). Bu çerçevede fen bilimlerinde kavram öğreniminde zorlanmaların, bu zorlanmalarının nedenlerinin ve kavram öğretiminin nasıl yapılması gerektiğinin önemi büyüktür.

Fen ve Teknoloji dersleri soyut kavramlar içermesinden ötürü öğrenciler için zor derslerin başında gelmektedir (Günbatır ve Sarı, 2005). Fen eğitiminin amaçlarından biri ise öğrencilerin fen alanında ki kavramları ezberlemeden anlamlı öğrenmelerini ve bu kavramları yaşantılarında gereksinimleri doğrultusunda kullanmalarını sağlamaktır. Bu amaca da kavram öğretimi ile ulaşılabilir. Çünkü problem çözme, ilkeleri ve yasaları anlama, konular arasında bağlantı kurma, bütüncül bakış açısı oluşturma” kavramları anlama” ile sağlanır.

Termodinamiğin temel kavramları fiziği öğrenmek için oldukça önemlidir. Çünkü bu kavramlar, aynı zamanda enerji ve mekanik gibi modern fiziğin alanları için de temeldir. Ayrıca termodinamiğin, fizik, kimya ve teknolojiye uygulama alanları bulunmaktadır (Kruatong, Sung-ong, Singh ve Jones, 2006). Bu nedenle, öğrencilerin bu konu hakkında doğru bilimsel anlamalar geliştirilmeleri büyük önem taşımaktadır. Öğrencilerin, fen kavramları ile ilgili doğru kavramsal anlamalar geliştirmelerini ve bunların kalıcı olmasını sağlamak için öğrencilerin yeni öğrendikleri kavramlar ile zihinlerinde mevcut kavramlar arasında anlamlı ilişkiler kurması sağlanmalı ve tutarsızlıklar ortadan kaldırılmalıdır. Fakat, öğrencilerin kavramsal yapılarının ne olduğu bilinmeden, bunların gerçekleştirilmesi mümkün değildir (Aydoğan, Güneş ve Gülçiçek, 2003; Yağbasan ve Gülçiçek, 2003).

Araştırmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı termodinamiğin birinci yasası kapsamında fizik öğretmen adaylarının ısı, iş ve iç enerji ile ilgili yaşadıkları kavramsal zorlukların neler olduğu ortaya çıkarmak ve nedenlerini araştırmaktır.

Problem Cümlesi

Araştırmanın problem cümlesi “Fizik öğretmen adaylarının termodinamiğin 1.yasası çerçevesinde “ısı”, “iş” ve “iç enerji” ile ilgili kavramsal zorlukları/zorlanmaları nelerdir?” olarak belirlenmiştir.

Alt Problemler

Araştırmanın temel probleminden yola çıkarak aşağıda belirtilen alt problemler oluşturulmuştur:

1. Termodinamiğin 1.yasası çerçevesinde iş ile ilgili kavramsal zorlukları nelerdir?
2. Termodinamiğin 1.yasası çerçevesinde ısı ile ilgili kavramsal zorlukları nelerdir?
3. Termodinamiğin 1.yasası çerçevesinde iç enerji ile ilgili kavramsal zorluklar nelerdir?

Araştırmanın Önemi

Genellikle termodinamik kavramlarının soyut olduğu kabul edilmektedir (Carson ve Watson, 2002). Termodinamik ile ilgili kavramların soyut yapısı, iki veya daha fazla değişkenin etkisinin incelenmesi ve ileri matematiksel içeriği termodinamiğin öğrenimini zorlaştırmaktadır (Carson ve Watson, 2002; Sichau, 2000). Alan yazında da termodinamikteki bazı kavramların basit görünmelerine karşın öğrenciler tarafından genellikle kavranmadığına dikkat çekilmektedir (Azevedo e Silva, 1991). Ayrıca termodinamik öğrenen öğrencilerin termodinamiğin en zor ders olduğu düşüncesine sahip olduğu belirtilmektedir (Ishida ve Chuang, 1997). Öğrencilerin termodinamiğin özellikle de matematiksel kısmından nefret ettiği ifade edilmektedir (Sichau, 2000).

Termodinamik çalışmak öğrenciler için sorun oluşturmaktadır. Bu öğrencilere göre termodinamik; problemler ile ilgili sürekli hesaplamaların yapıldığı, anlaşılmayan denklemlerden oluşan ve sınavları geçmek için ezberle öğrenilmek zorunda olan bir ders olarak görülmektedir (Carson ve Watson, 2002). Öğrenciler termodinamiği soyut bir bilim olarak tanımlamaktadır. Matematiksel denklemler ve türevler öğrenciler tarafından termodinamiğin temel bir ögesi olarak görülmektedir (Patron (1997). Alan yazında da öğrencilerin temel kavramları anlayışları sınırlı, çarpık veya yanlış olduğu ifade edilmekte (Thomas ve Schwenz, 1998) ve termodinamik dersinin anlaşılmasında güçlük yaşandığına dikkat çekilmektedir (Williams ve Glasser, 1991).

Termodinamik dersinde yaşanan zorlukların genellikle gereksiz şekilde karmaşık olan yetersiz tanıtımından kaynaklandığı ileri sürülmektedir (Patron (1997). Termodinamik dersi kapsamında “enerji” gibi bazı kavramların, tam bir tanımının yapılamaması beraberinde çeşitli sorunlar getirmektedir (Kaper ve Goedhart, 2002). Aynı temel nicelik olan enerjiden türetilmiş olan ısı transferi, iş ve iç enerji kavramlarının aynı konu içerisinde verilmesi de kavramsal zorluğa neden olmaktadır (Meltzer, 2004). Hem termodinamiğin asla anlaşılamayacağına yönelik zihinlerde oluşan düşüncenin üstesinden gelinebilmesi (Ishida ve Chuang, 1997) hem de uluslararası alan yazın çalışma sonuçları termodinamiğin anlaşılabilmesi için yeni bir yöntem geliştirmeye gereksinim vardır. Başka bir ifadeyle termodinamik öğretiminin geliştirilmesine ihtiyaç vardır. Sunulan bu çalışma ile termodinamikteki “ısı”, “iş” ve “iç enerji” kavramlarının anlaşılmasında yaşanan zorluklar ortaya koyularak termodinamik dersi öğretiminin geliştirilmesine temel oluşturacak önlemlerin alınması açısından önemli katkı yapacağı düşünülmektedir.

Patron (1997)’a göre üniversite öğrencileri üzerinde termodinamik kavramlara ilişkin çok az çalışma yapılmıştır. Ancak ısı, ısı iletimi, sıcaklık ve hal değişimleri gibi daha temel termodinamik kavramları üzerine çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Laburu ve Niaz, 2002; Başer, 1996; Carlton, 2000a; Carlton, 2000b, Chang 1999; Greenbowe ve Meltzer, 2003; Kalem, 2002; Kalem, Tanel ve Çallica, 2002; Aydoğan, Güneş ve Gülçiçek, 2003; Erickson 1980; Linn ve Songer, 1991; Varma, 2003; Wiser ve Amin, 2001). Alan yazındaki bu araştırmaların çalışma grubu olarak lisans öncesi öğrencileri üzerinedir. Meltzer (2008); üniversite düzeyinde bulunan öğrencilerin termodinamik öğrenimi hakkında çok az çalışma bulunduğuna dikkat çekmektedir. Çalışmaların odak noktasının ilkokul ve ortaokul

düzeylerinde ısı, ısı iletimi, sıcaklık ve faz değişimleri gibi termodinamiğin en temel kavramlarının öğrenci öğrenimi üzerine olduğunu belirtmektedir. Isı, iş ve termodinamiğin birinci yasası üzerine yapılan çalışmalar da bulunmaktadır (Gürçay ve Gülbaş, 2016; Bezen, Aykutlu ve Bayrak, 2016; Cotignola, Bordogna, Punte ve Cappannini, 2002; Meltzer, 2004; Holman ve Pilling, 2004; Gülbaş, 2013; Loverude, 1999; Loverude, Kautz ve Heron, 2002; Kırtak, 2010; Meltzer, 2008).

Isı ve sıcaklık kavramları ilköğretim, ortaöğretim kurumları ve üniversitelerin öğretim programlarında yer almaktadır ve termodinamiğin temel kavramları arasında yer almaktadır. Isı ve sıcaklık konusundaki yapılan çalışmalar öğrencilerin kavram yanılgılarına sahip olduklarını, bu kavramları birbirinden ayırt edemediklerini göstermektedir (Aydoğan, Güneş ve Gülçiçek, 2003; Yeşilyurt, 2006; Paik, Cho ve Go, 2007; Eryılmaz ve Sürmeli, 2002; Buluş-Kırıkkaya ve Güllü, 2008; Thomaz, Malaquias, Valente ve Antunes, 1995). Isı ve iç enerji kavramlarının ise çoğunlukla karıştırıldığı belirlenmiştir (Harrison, Grayson, Treagust, 1999; Warren, 1972). Isının tanımlanması, fark edilmesi bilim tarihinde 18.yy.a kadar uzandığı göz önüne alınınca bu kavramın öğrenciler tarafından anlaşılması konusunda sıkıntının yaşanması doğal karşılanabilir. Ayrıca Meltzer (2004) yaşanan güçlüğü; ısı, iş ve iç enerjinin aynı birimle verildiği gerçeğinden kaynaklandığını ileri sürmektedir. Bu üç nicelik arasındaki ayrımın termodinamiğin birinci yasası çerçevesinde yapılamayacağını ifade ederek termodinamiğin ikinci yasası yoluyla anlaşılabilceğini vurgulamaktadır.

Carson ve Watson (2002) de entropi kavramıyla ilgili üniversite ve lise düzeyinde az sayıda çalışma olduğunu belirtmiştir. Meltzer (2004)'e göre bir kısım çalışmalar da kimya içeriğine yönelik bazı özel konulara ek olarak birinci ve ikinci yasa kavramlarına yöneliktir. Ancak termodinamiğin ikinci yasası ile ilgili kavram yanılgıları ve kavramsal değişim hakkında Kesidou ve Duit (1993) ve Sözbilir (2001) fazla çalışma olmadığını ifade etmiştir. Entropi kavramını anlamalarıyla ilgili çalışmaların sınırlı olduğunu dile getiren Sözbilir (2001), sistematik olarak yaygın araştırma olmadığını ancak kuramsal yönleri ve öğrencilerin anlamalarını yansıtan bazı çalışmalar olduğunu belirtmektedir. Buna karşın, termodinamiğin ikinci yasasının nasıl öğretilmesi gerektiğini öneren yayınlanmış çok makale mevcuttur (Cochran, 2005).

Öğrencilerin termodinamiğin birinci yasası kapsamında ısı, sıcaklık ve iç enerji konusunu doğru olarak anlayabilmeleri, konuyla ilgili temel kavramları doğru yorumlarına bağlıdır.

Öğrencilerin ısı, sıcaklık ve iç enerji kavramları ile ilgili eksik bilgilere ve kavram yanlışlarına sahip olması, daha ileri düzeydeki karmaşık konuları öğrenmelerini güçleştirmektedir. Bu nedenle, öğrencilerin ısı, sıcaklık ve iç enerji kavramları hakkında sahip oldukları kavramsal yapıların ortaya çıkarılması önemlidir. Bu çalışma, öğrencilerin, ısı ve sıcaklık kavramları ile birlikte iç enerji kavramı hakkındaki zorlanmaların ve nedenleri bakımından önemlidir. Üniversite seviyesindeki fizik derslerinde termodinamik hakkında öğrencilerin yaşadıkları kavramsal zorlukların araştırıldığı sınırlı sayıda ulusal araştırma mevcuttur. Bu alanda yapılan yurtdışındaki çalışmalarda ise termodinamiğin birinci yasası gibi temel termodinamik kavramları öğrenmekte ciddi zorluklar yaşandığı ileri sürülmektedir (Meltzer, 2008). Kavramsal zorlukların belirlenmesi bu araştırmanın alan yazına önemli bir katkısı olacağını düşünülmektedir.

Bu çalışmada birinci yasadaki yola çıkarak öğretmen adaylarındaki ısı, iş ve iç enerji kavramlarındaki kavramsal zorlanmaların tespiti yapılarak bu kavramsal zorlanmaların nedenleri tespit edilecektir. Üniversite seviyesindeki fizik derslerinde termodinamik hakkında öğrencilerin yaşadıkları kavramsal zorlukların araştırıldığı ulusal araştırmalar mevcuttur. Ancak yeterli sayıda çalışma yapılmamıştır. Alan yazınında, ısı ve sıcaklık konusuyla ilgili çalışmalar bulunmasına rağmen, özellikle iç enerji konusu hakkındaki kavramsal zorlanmaları belirlemeye yönelik değildir (Gürçay ve Gülbaş, 2016). Bu alanda yapılan yurtdışındaki çalışmalarda ise termodinamiğin birinci yasası gibi temel termodinamik kavramları öğrenmekte ciddi zorlukların yaşandığı ileri sürülmektedir (Meltzer, 2008). Bu çalışmada ısı, iş ve iç enerjideki kavramsal zorlanmalar ve nedenleri araştırılmıştır.

Varsayımlar

1. Literatür taramaya ilişkin elde edilen bilgi ve bulguların yeterli düzeyde olduğu varsayılmıştır.
2. Araştırmaya katılan öğretmen adaylarının görüşme sorularına doğru, açık ve samimi cevaplar verecekleri varsayılmaktadır.

Sınırlılıklar

1. Araştırmanın konusu lisans seviyesinde okutulan termodinamik dersi kapsamında iş, ısı ve iç enerji konuları ile sınırlıdır.
2. Araştırmanın konusu lisans seviyesinde okutulan termodinamik dersi kapsamında termodinamiğin birinci yasası ile ilgili kavramsal zorlukların belirlenmesi ile sınırlıdır.
3. Araştırma sadece kavramsal zorlukların belirlenmesinde kullanılacaktır. Elde edilecek veriler analiz için kullanılacaktır, uygulamaya katılan öğretmen adaylarının başarılarını belirlemeye yönelik değerlendirilmeyecektir.
4. Araştırma süresince uygulamalarda kullanılacak örneklem devlet üniversitesinde fizik öğretmenliği bölümünde okuyan öğrenciler ile sınırlıdır.
5. Araştırmada yarı yapılandırılmış görüşmelerin daha fazla görüşmeci ile yapılması planlanmış ancak araştırmacı ile gönüllü olan görüşmecilerin uygun görüşme saati belirlemede zorlanması ve belirlenen gönüllü görüşmecilerin mezun olması nedeniyle araştırmacıyı sınırlayan etken olmuştur.

Tanımlar

Isı: İki sistem arasında (veya sistemle çevresi arasında) sıcaklık farkından dolayı gerçekleşen enerji geçişidir (Çengel ve Boles,1996).

İş: Mekanikte; cisim üzerine sabit bir kuvvet uygulayan bir etkenin cisim üzerinde yaptığı iş, kuvvetin yerdeğiştirme yönündeki bileşeni ile yerdeğiştirmenin çarpımıdır (Serway ve Beichner, 2008, s.184). Termodinamikte ise iş, bir sistemle çevresi arasındaki sıcaklık farkından bağımsız olan yollarla aktarılan enerjidir (Keller, Gettys, & Skove, 2005, s.480).

Kavramsal Zorluk: Kavramları kazanma sürecinde yaşanan zorluklar/sıkıntılar, öğrenme sürecinde yaşanan sorunlar veya kavram öğrenme stratejisini kullanmada yapılan hatalar.

BÖLÜM II

İLGİLİ ARAŞTIRMALAR

Bu bölümde termodinamiğin birinci yasası kapsamında yapılan alan yazın taraması sonucunda ulaşılan araştırmalara yer verilmiştir. Çalışmalar “ısı, ısı- sıcaklık ve iç enerji ile ilgili çalışmalar”, “iş, iş-enerji ile ilgili çalışmalar” ve “termodinamik ve termodinamiğin birinci yasası ile ilgili çalışmalar” olmak üzere üç ana başlık altında toplanmıştır.

Isı, Isı- Sıcaklık ve İç Enerji ile ilgili Çalışmalar

Eryılmaz ve Sürmeli (2002) yılında yaptıkları ‘Üç aşamalı sorularla öğrencilerin ısı ve sıcaklık konularındaki kavram yanlışlarının ölçülmesi’ adlı çalışmalarında çoktan seçmeli sorularla öğrencilerin kavram yanlışları ölçülmeye çalışılmıştır. Araştırma iki özel ve bir devlet okulunda öğrenim gören toplam 77 lise birinci sınıf öğrencisi ile yapılmıştır. Çalışmanın amacı ısı ve sıcaklık kavramlarına yönelik kavram yanlışlarının tespit edilmesidir. Bunun için önceden geliştirilmiş üç aşamalı test örneği revize edilerek 15 kavram yanlışını ölçen 57 sorudan oluşan üç aşamalı test geliştirilmiştir. Testler öğrenciler konuyu gördükten sonra bir ders saatinde uygulanmıştır. Verilerin hesaplamasının ardından “ısı ve sıcaklık aynıdır”, “aynı ortamdaki sıvılar katılardan daha soğuktur”, “bir nesnenin sıcaklığı yapıldığı maddenin türüne bağlıdır”, “ısıtılan nesnelerde ısı emişi nesnenin büyüklüğüne bağlıdır”, “alüminyum folyo nesneleri soğuk tutmak için en iyidir”, “sıcaklık maddenin miktarına veya büyüklüğüne bağlıdır” gibi kavram yanlışları tespit edilmiştir. Üç aşamalı soruların iki aşamalı ve klasik tek sorulara nazaran kavram yanlışlarını daha geçerli olarak ölçtüğünü belirlemişlerdir.

Aydoğan, Güneş ve Gülçiçek (2003) ‘Isı ve sıcaklık konusunda kavram yanlışları’ isimli çalışmasında öğrencilerdeki kavram yanlışlarını ortaya çıkarmak adına Ankara, Çorum, Van, Trabzon, Kırıkkale, Samsun illerinde ısı ve sıcaklık üzerine ders almış lise ve üniversite öğrencilerinden oluşan 1017 öğrenci ile çalışmıştır. Verilerin toplanması aşamasında ısı ve sıcaklık üzerine kavram testi geliştirilmiştir. 15 sorudan oluşan testin içinde açık uçlu ve test sorularına yer verilmiştir. Test sorularında öğrencilerin test seçeneğini işaretlemelerinin yanında işaretledikleri seçeneğinin nedenini de açıklamaları istenilmiştir. Veriler analiz edildikten sonra yüzde ve frekans değerleri alınmıştır. Yapılan araştırmanın sonuçları öğrencilerin %26’sı ısı ve sıcaklık birimlerinin aynı olduğunu, %12’si mutlak sıcaklık değerinde maddelerin iç düzenleri değişerek kristal yapıya dönüşeceklerini, %16’sı sadece kaloringin ısı birimi olduğunu, %18’i karışımın sıcaklık değerinin başlangıçtaki sıcaklıkların toplamına eşit olduğunu, %26’sı sıcaklığı ısıyla aynı kavram olduğunu düşündüklerini göstermiştir. Isı ve sıcaklık konusunda son derece ciddi sıkıntıların olduğu görülmüştür. Öğrencilerin, çoğunlukla ısı ve sıcaklık kavramlarını birbirine karıştırmakla birlikte, sıcaklığı da ısı gibi bir tür enerji olarak düşündükleri belirlenmiştir.

Karamustafaoğlu, Özmen ve Ayvacı (2004) yaptıkları ‘Isı ve sıcaklık kavramlarının öğrencilerin zihninde yapılanmasına yönelik bir örnek olay incelemesi’ adlı çalışmalarında; ısı ve sıcaklık kavramlarının anaokulundan yükseköğretime kadar öğrenim gören öğrencilerin zihninde nasıl yapılandığının belirlenmesine ilişkin bir durum saptaması yapmışlardır. Birinci örneklem grubu Trabzon da bulunan biri özel olmak üzere iki anaokulundan 10, ilköğretim kademelerinde öğrenim gören 40, ortaokuldan 15 öğrenci ve fen bilgisi öğretmenliği bölümünde okuyan 20 öğretmen adayından oluşmuştur. İkinci örneklem grubu ise ilk örneklem grubunda anaokulu öğrencilerinden sorumlu dört öğretmenden oluşmuştur. Toplam 85 kişi ile çalışılmıştır. Anaokulundan yükseköğrenime kadar beş kademede öğrenim gören öğrencilerden rasgele seçilen toplam 85 öğrenci (her seviyeden 5 öğrenci) ile yapılandırılmış mülakatlar gerçekleştirilmiştir. Çalışmada örnek olay yaklaşımı kullanılmıştır. İlk örneklem grubuna yapılan mülakatlarda “ısı nedir?” “sıcaklık nedir?” soruları yöneltilerek detaylı cevaplamaları istenilmiştir. İkinci örneklem grubuna “ısı ve sıcaklık kavramlarını öğrencilerinize nasıl açıklıyorsunuz?” sorusu yöneltilmiştir. Araştırma verilerinin analizi, öğretim seviyesine göre gruplamalar yapılarak ve ortaklaşa en çok vurgu yapılan ve tek bir aday tarafından ifade edilmiş olsa bile ilginç

bulunan görüşler dikkate alınarak yapılmıştır. İlköğretim birinci kademedeki öğrencilerle yürütülen mülakatlarda, ısı ve sıcaklık kavramlarının öğrenciler tarafından genel olarak soba, kömür gibi araçlarla ya da çay, süt gibi sıcak içeceklerle tanımlandığı görülmüştür. İlköğretim ikinci kademedeki öğrencilerle gerçekleştirilen görüşmelerde, sıcaklık kavramını öğrencilerin %20'sinin ısınma, %13,3'ünün termometre ile ölçülür ve %6,7'sinin güneş ışığı şeklinde belirttikleri, dolayısıyla bu kavramın zihinlerinde bilimsel olarak yapılanmadığı görülmüştür. Ortaöğretim kademesindeki öğrencilerle yürütülen mülakatlarda, sıcaklık kavramını öğrencilerin %33,3'ünün termometre ile ölçülür ve %13,3'ü hava sıcaklığı ve kumsal, güneş şeklinde başka bir ifadeyle bilimsel olarak yapılanmadığı görülmüştür. Bulgular; yükseköğretim kademesindeki öğrencilerle gerçekleştirilen görüşmelerde ise sıcaklık kavramının öğrencilerin %30'u soğuk-sıcak su ve soğukun karşıtı, %20'si ise termometre ile ölçülür şeklinde yapılandığı yani bu kavramın zihinlerinde bilimsel olarak yapılanmadığını göstermiştir. Ayrıca, bu kademedeki öğrenim gören öğrencilerin %50'sinin sıcaklığın bilimsel tanımını doğru olarak yaptıktan tespit edilmiştir. Elde edilen bulgular her seviyedeki öğrencilerin 'ısı ve sıcaklık aynıdır', 'ısı sıcaklıkla aynı ve bir enerjidir' gibi çeşitli hatalı fikirler taşıdıklarını göstermiştir. Çalışmaya katılan tüm öğrenciler baz alındığında, ortalama olarak öğrencilerin yaklaşık %65'inin, diğer bir deyişle 2/3'ünün ısı ve sıcaklık kavramları hakkında bilimsel bilgiye sahip olmadıkları ortaya çıkmıştır.

Gülbaş'ın (2013), "Öğrencilerin ısı, sıcaklık ve iç enerji kavramlarını anlama düzeyleri ile öğrenme yönelimleri ve bazı duyuşsal karakteristikleri arasındaki ilişkinin incelenmesi" isimli çalışmasında 11.sınıf öğrencilerinin ısı, sıcaklık ve iç enerji kavramlarını anlama düzeylerini tespit edilmiştir. Çalışma grubunu 462 öğrenci oluşturmuştur. Amaç kapsamında "Isı, Sıcaklık ve İç Enerji Kavram Testi A Formu" ve "Isı, Sıcaklık ve İç Enerji Kavram Testi B Formu" kullanılmıştır. Çalışmadan elde edilen bulgular, öğrencilerin ısı, sıcaklık ve iç enerji kavramlarını anlama düzeylerinin çok düşük olduğunu ve "ısı ve sıcaklık" kavramları ile "ısı ve iç enerji" kavramlarını birbirinden ayırt etmekte zorlandıklarını göstermiştir. Ayrıca, öğrencilerin "bir cismin ısı ve/veya sıcaklığının cismin büyüklüğüne ve/veya yapıldığı malzemeye bağlı olduğunu" düşündüğü belirlenmiştir. Bunun yanı sıra, öğrencilerin ısı, sıcaklık ve iç enerji kavramlarını anlama düzeyleri ile anlamlı öğrenme yönelimleri ve fizikle ilgili bazı duyuşsal karakteristikleri arasında pozitif yönde istatistiksel olarak anlamlı ilişkilerin olduğu saptanmıştır.

Ültay ve Ültay (2015) yılında yaptıkları ‘Okul öncesi öğretmen adaylarının bazı fen kavramları hakkındaki kavramsal bilgilerinin kesitsel olarak incelenmesi’ adlı çalışmasında devlet okulunda eğitim gören eğitim fakültesi okul öncesi öğretmenliği öğrencilerinin ısı-sıcaklık, su, madde, asit- baz, elektrik kavramları hakkındaki kavramsal bilgi düzeylerinin belirlenmesi ve kesitsel olarak incelenmiştir. Araştırma Eğitim Fakültesinin Okul Öncesi Öğretmenliği 2. sınıfta 47 kişi ve 4. sınıfta 36 kişi olmak üzere 83 öğretmen adayı ile yürütülmüştür. Araştırmanın verileri araştırmacı tarafından geliştirilen; elektrik kavramıyla ilgili 9, ısı ve sıcaklık kavramlarıyla ilgili 9, asit-baz kavramlarıyla ilgili 6, madde kavramıyla ilgili 6, su kavramıyla ilgili ise 5 madde yer almakta olup, toplam 35 maddeden oluşan ölçek ile toplanmıştır. Verilerin analizine göre ikinci sınıftaki öğretmen adaylarının ısı – sıcaklık kavramları hakkında 9 sorudan 5,63 soruyu doğru cevaplarken, dördüncü sınıf öğrencileri 6,83 soruyu doğru cevaplamıştır. 2. sınıf öğretmen adaylarının seçilmiş olan fen kavramları hakkındaki kavramsal bilgi düzeyleri 4. sınıflara göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. Mezuniyet aşamasına gelmiş öğretmen adaylarının sorulan temel kavramsal bilgiler dikkate alındığında kavramsal bilgi düzeylerinin düşük olduğu tespit edilmiştir. Çalışmadan elde edilen bulgular ışığında, okul öncesi öğretmen adaylarının “elektrik”, “ısı-sıcaklık”, “asit-baz”, “madde” ve “su” konularında kavramsal bilgi düzeylerinin yeterli düzeyde olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Bununla birlikte, kavramsal bilgi düzeylerinin kesitsel olarak arttığı görülmüştür.

Kurnaz, Ezberci ve Bahri (2016) yılında yaptıkları ‘İlköğretim öğrencilerinin madde ve ısı konusuna ilişkin gösterim türleri arasında geçiş yapabilme durumlarının incelenmesi’ adlı çalışmalarında; öğrencilerin madde ve ısı konularının arasında ki bağlantıyı tablo, görsel ve yazılı metinlerde kurmalarında ki başarı oranları incelenmiştir. Araştırma örnek olay çalışması niteliğindedir. Çalışma grubu, altıncı ve sekizinci sınıf düzeylerinde 50’şer öğrenci olmak üzere toplam 100 öğretmen adayından oluşmuştur. Verilerin analizi aşamasında doküman analizi yapılarak, önceden belirlenen kriterler ölçüsünde verilen cevaplar doğruluğu ve yanlışlığı beş boyut altında değerlendirilmiştir. Verilerin değerlendirilmesi sonucunda öğrencilerde farklı gösterim türleri arasında geçiş yapıldığı zaman yanlış anlamaların ya da yetersiz bilgiye sahip olduğu görülmüştür. Örneğin ‘madde ve ısı’ ile ‘maddenin halleri ve ısı’ ünitelerinde öğrencilere yöneltilen sorulara, resimden metine

geçişte %66'sı, resimden tabloya geçişte %62'si, resimden grafiğe geçişte %36'sı yanlış cevaplamıştır.

Gürçay ve Gülbaş (2016) 'Fizik öğretmen adaylarının ısı, sıcaklık ve iç enerji ile ilgili kavram yanlışları' isimli çalışmalarında fizik öğretmen adaylarının ısı, sıcaklık ve iç enerji kavramlarını anlama düzeyleri ve bu kavramlar hakkında sahip oldukları kavram yanlışları ortaya çıkarmayı amaçlamışlardır. Bu çalışma betimsel bir araştırmadır. Araştırmaya 1, 2, 3, 4 ve 5. sınıflarında öğrenim gören toplam 89 fizik öğretmen adayı katılmıştır. Çalışmada, fizik öğretmen adaylarının ısı, sıcaklık ve iç enerji kavramları ile ilgili anlama düzeylerini ve kavram yanlışlarını belirlemek için Gülbaş (2013) tarafından geliştirilmiş olan üç-aşamalı test kullanılmıştır. Öğretmen adaylarının anlama düzeyleri ve kavram yanlışları hakkında daha detaylı bilgiler edinmek için üç-aşamalı sorular farklı biçimlerde incelenmiştir. Sadece birinci aşama soruları (bir-aşamalı sorular) kodlanarak bir-aşamalı test; birinci ve ikinci aşama soruları birlikte (iki-aşamalı sorular) kodlanarak iki-aşamalı test; birinci, ikinci ve üçüncü aşama soruları birlikte (üç-aşamalı sorular) kodlanarak üç-aşamalı test olarak ele alınmıştır. Öğretmen adaylarının bir-aşamalı sorulardan üç-aşamalı sorulara doğru gidildikçe testteki soruların doğru cevaplanma oranları azalmıştır. Öğretmen adaylarının ortalama %47'sinin bir-aşamalı, ortalama %33'ünün iki-aşamalı, ortalama %24'ünün üç-aşamalı sorulara kavram yanlışısı içeren cevaplar verdikleri belirlenmiştir. Araştırmada, öğretmen adaylarının %32'sinin "bir cismin sıcaklığının onun büyüklüğü ile ilişkili olmadığını" düşündüğünü belirlenmiştir. "Isının sıcaklık farkı nedeniyle transfer edilen enerji olduğu" ve "bu nedenle bir cismin ısıya sahip olamayacağı" bilgisine sahip öğretmen adaylarının oranı %5 olarak belirlenmiştir. Araştırmada, öğretmen adaylarının %47'sinin "bir cismin ısısının onun büyüklüğüne bağlı olduğuna" ilişkin kavram yanlışısına sahip oldukları görülmüştür. Ayrıca çalışma kapsamında, öğretmen adaylarının %20'sinin "bir cismin iç enerjisinin onun büyüklüğü ile doğru orantılı olduğunu" düşündüğü tespit edilmiştir. Yüzdelik değerlere bakıldığı zaman en fazla kavram yanlışısının ısı kavramı üzerinden yapıldığı sonucuna varılmıştır. Öğretmen adaylarının %12'sinin "iç enerjinin cismin sahip olduğu ısı miktarı" olduğuna ilişkin kavram yanlışısının olduğu tespit edilmiştir.

İş, İş-Enerji ile İlgili Çalışmalar

Avcı, Kara ve Karaca (2012) ‘Fen bilgisi öğretmen adaylarının iş konusundaki kavram yanlışları’ çalışmalarında fen bilgisi öğretmen adaylarının Fen Bilgisi Öğretmenliği programında öğrenim görmekte olan 1. sınıf öğretmen adaylarının iş konusundaki bilgilerini tespit etmek ve varsa kavram yanlışlarını ortaya çıkarma amaçlanmıştır. Araştırmanın çalışma grubunu devlet üniversitesinde öğrenim gören 131 öğretmen adayı oluşturmuştur. Veri toplama aracı olarak araştırmacılar tarafından oluşturulan 5 sorudan oluşan 3 aşamalı test kullanılmıştır. Verilerin analizi üç aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir. İlk olarak öğretmen adaylarının her bir soru için vermiş olduğu seçenekler gruplandırılmıştır. Ardından her bir seçenek için verilmiş cevaplamaların açıklamaları incelenmiştir. Cevapların açıklamaları için içerik analizi yapılmıştır. Araştırmanın sonuçlarına göre öğretmen adaylarında iş kavramı hakkında kavram yanlışları olduğu özelliklede bilimsel anlamda ki iş ile günlük hayata ki iş kavramlarını ayırt edemedikleri görülmüştür. Adayların yarısından fazlasının yanlış seçeneği seçtiği ve yanlış açıklamalarda bulunduğu tespit edilmiştir.

Akbulut, Şahin ve Çepni (2013) ‘İş ve enerji konusu ile ilgili kavramsal değişimin incelenmesi: ikili yerleşik öğrenme modeli örneği’ başlıklı araştırmasında ilköğretim 7. sınıf kuvvet ve hareket ünitesi içerisinde yer alan iş ve enerji kavramları ile ilgili ikili yerleşik öğrenme modeline göre etkinlik geliştirmiştir. Araştırmacılar geliştirdikleri etkinlik sonrasında öğrencilerdeki kavramsal değişimini ve kalıcılığı incelemiştir. 23 öğrenci ile yürütülen çalışmada veriler araştırmacılar tarafından geliştirilen, 7 iki aşamalı sorudan oluşan kavram testi ile toplanmıştır. Araştırma sonucunda “enerji harcadığımız her faaliyet iştir”, “Kutuyu itip hareket ettiremezsek de enerji harcadığımız için iş yapmışızdır” ve “Kutuyu itip kuvvet uyguladığımızda kutu hareket etmese bile iş yapmış oluruz” alternatif kavramlarına son testte rastlanmamasına rağmen bu alternatif kavramların geciktirilmiş testlerde tekrar rastlanılmıştır.

Madanoğlu (2015) “9. Sınıf öğrencilerinin iş ve enerji konusundaki kavramsal anlamalarının incelenmesi” başlıklı yüksek lisans tezinde “iş ve enerji” konusuna dair öğrencilerin sahip oldukları kavram yanlışlarının belirlenmeyi ve öğrencilerin iş ve enerji konusundaki kavramsal gelişimlerinin incelenmeyi amaçlamıştır. Araştırmanın çalışma grubunu Balıkesir il merkezinde bulunan iki farklı okulun 9. Sınıfında öğrenim görmekte olan 171 kişi oluşturmuştur. Araştırmacı tarafından amaç doğrultusunda 11 başlık altında toplanan toplam

20 açık uçlu sorudan oluşan bir kavramsal anlama testi geliştirilmiştir. Tarama modelinde nitel araştırma yöntemi kullanılmıştır. Ölçme aracı ön test ve son test olarak uygulanmıştır. İşin yapılacak durum olduğu, enerjinin ise o işi yapmak için harcanan şey olduğuna dair yanlışya sahip öğrencilerin öğretim öncesinde ve öğretim sonrasında aynı orana sahip oldukları belirlenmiştir. Ayrıca enerji olmadan kuvvet olmaz, kuvvet olmadan iş olmayacağı şeklinde yanlışya sahip öğrencilerin oranının öğretim sonrasında öğretim öncesine göre yarı yarıya azalma yaşandığı görülmüştür. Sonuç olarak incelenen 11 başlık altında öğretim öncesi ve sonrasında iş ve enerjiye dair bazı kavramlarda gelişme olduğu bazılarında ise tam olarak bir gelişme olmadığı tespit edilmiştir.

Termodinamik ve Termodinamiğin Birinci Yasası ile İlgili Çalışmalar

Patron (1997) ‘Conceptual understanding of thermodynamics: a study of undergraduate and graduate students’ adlı çalışmasında üniversite öğrencileri üzerinde termodinamik kavramlara ilişkin çok az çalışma yapıldığına vurgusunu yaparak termodinamiğin birinci yasasının kavramsal anlaşılması üzerine bir araştırma yapmıştır. Araştırma lisans ve lisansüstü öğrenciler ile yürütülmüştür. Çalışmanın amacı öğrencilerin iç enerji, entalpi, ısı kapasitesi, entropi ve Gibbs serbest enerjisi gibi kavramları anlayışlarını tespit etmektir. Araştırmacı öğrencilerin fen, fiziksel kimya ve termodinamiğe bakış açısını da incelemiştir. Niteliksel bir yaklaşım kullandığı çalışmasında, veriler, termodinamik dersini alırken on üç ve tamamladıktan sonra on iki olmak üzere yirmi beş bireysel görüşmeden elde edilmiştir. Veriler içerik analizi yöntemiyle analiziyle çözümlenmiştir. Sonuçlar lisansüstü öğrencilerinin lisans seviyesindeki öğrencilerle aynı kavram yanlışlarına sahip olduğunu göstermiştir. Öğrencilerin termodinamik sorularını çözmek için matematikten çokça yararlandıkları hatta entalpi gibi kavramları anlatmak için sadece matematiksel ifadeleri yazdıkları görülmüştür. Araştırmada; birçok öğrencinin de matematiksel ifadeleri kavramlarla ilişkilendiremediği, yazdıkları formülün ne ifade ettiğini bilmedikleri, iç enerji ile diğer kavramlar arasında hiç bağlantı kurmadıkları ve enerjinin korunacağından hiç bahsetmedikleri sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca öğrencilerin iş, iç enerji, ideal gaz modeli, entalpi ve ısı kapasitesi konularında birtakım yanlışlara sahip olduğunu belirtmiştir.

Loverude, Kautz ve Heron (2002) ‘Student understanding of the first law of thermodynamics: Relating work to the adiabatic compression of an ideal gas’ başlıklı

araştırmasında öğrencilerin termodinamiğin birinci yasası hakkındaki anlayışı üzerinedir. Öğrencilerin termodinamiğin birinci yasasını ideal gazın adyabatik sıkışması ile ilişkilendirebilmeleri incelenmiştir. Araştırmanın verileri yazılı sorular ve görüşmeler yardımıyla toplanmıştır. Görüşmeler yardımıyla öğrencilerden detay ve açıklamalar alınabildiği için tercih edilmiştir. Görüşmeler sırasında öğrencilere plastik bir bisiklet pompası gösterilmiş ve pompanın kolu hızla içeri itilirken açık ucun kapatılacağını hayal etmeleri istenmiştir. Pompanın içindeki havanın sıcaklığına ne olacağını tahmin etmeleri ve nedenlerini açıklamaları istenmiştir. Öğrencilerin çoğu birinci yasayı bilmelerine rağmen ideal gazın adyabatik sıkıştırılması ile arasındaki ilişkiyi kuramamışlardır. Soruların çözümünde ideal gaz yasalarını kullanma eğilimde oldukları belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, öğrencilerin ısı ve sıcaklık kavramlarını sık sık karıştırdıkları görülmüştür. Ayrıca iş ve iç enerji kavramları arasındaki farkı tam olarak kavrayamadıkları tespit edilmiştir.

Meltzer (2004) “Investigation of students’ reasoning regarding heat, work, and the first law of thermodynamics in an introductory calculus-based general physics course ” isimli çalışmasında, Midwestern Üniversitesinin fizik, kimya ve mühendislik okuyan 653 üniversite öğrencisiyle çalışmıştır. Öğrenciye bu 3 bölümde de okutulan zorunlu, ortak olan termodinamik dersleri için dersi almadan ve dersi aldıktan sonra 3 yıl boyunca kısa bir yazılı uygulamıştır. 4.yılda 32 öğrenciyle görüşme yaparak aynı soruları tekrar yöneltmiş ve yıllar içinde öğrencilerdeki değişime bakmıştır. Yöneltilen yazılı sorularına ve görüşme sorularına verilen cevapların analizi sonucunda üniversite temel fizik öğrencilerinin fizikteki temel konularda kavramsal zorlanmaların olduğu gözlenmiştir. Bu zorlanmaların kalıcı olduğunu öğrencilerin yıllar içerisinde bilgilerinde düzeltmelere gitmediklerini görmüştür. Öğrencilerin özellikle ısı ve sıcaklık kavramlarını birbirine karıştırdığı, grafiğin döngüsel oluşundan dolayı ısısının sıfır olması gerektiği yönündeki düşünceye sahip olduğu belirlenmiştir. Yaşanan zorluğun nedeninin ısı transferi, iş ve iç enerji konularının aynı üniteye gösterilmesi ve hepsinin “enerji” kavramından türetilmiş olmasından kaynaklandığı yönünde görüş bildirmiştir.

Clark, Thompson ve Mountcastle (2014) yılında yaptıkları ‘ Investigating student conceptual difficulties in thermodynamics across multiple disciplines: the first law and $p - v$ diagrams’ adlı çalışmalarında kimya, makine mühendisliği ve fizik öğrencileriyle termodinamiğin

birinci yasası ile ilgili kavramsal zorluklar araştırılmıştır. ‘Meltzer’ tarafından geliştirilen P – V grafiği kullanılarak termodinamiğin birinci yasasını grafiksel olarak yorumundan yararlanılmıştır. “Öğrencilerin termodinamik kavramlarını farklı disiplinler arasında anlama konusundaki benzerlikleri ve farklılıkları nelerdir?” ve “Termodinamik problemlerini çözerken öğrenciler ne ölçüde uygun kavram ve araçları kullanıyorlar?” sorularına cevap aranmıştır. Üç farklı bölümdeki fiziğe giriş-1 ve fiziğe giriş II dersleri verildiği beş farklı derste veriler iki metot ile toplanmıştır. Birincisi öntest-sontest olarak açık uçlu, kısa cevaplı sorulardan elde edilen verilerdir. İkincisi ise sınıf gözlemini içeren alan notları şeklinde toplanan verilerdir. Veri çözümlemesi benzer yorumlar kategoriler altında toplanarak kodlamalar şeklinde yapılmıştır. Araştırmanın sonucunda öğrencilerin aynı sorunlara yaklaşırken aynı kavramları ve araçları kullanmadıkları tespit edilmiştir.

Bezen, Aykutlu ve Bayrak’ın (2016) ‘Fizik öğretmen adaylarını için termodinamiğin 1.yasasının kavramsal olarak incelenmesi’ isimli araştırma, fizik öğretmen adaylarının termodinamiğin birinci yasasına yönelik kavramsal anlamalarının belirlenmesi amacıyla yapılmış nitel bir çalışmadır. 25 fizik öğretmen adayı ile gerçekleştirilen araştırmada, durum çalışması deseni kullanılmıştır ve bütüncül tek durum deseni benimsenmiştir. Araştırmada, veri toplama aracı olarak çizim ve açıklamaları içeren beş adet açık uçlu soru kullanılmıştır. Elde edilen bulguları desteklemek amacıyla, öğretmen adaylarının %20’si ile yarı yapılandırılmış görüşmeler gerçekleştirilmiştir. İçerik analizi kullanılarak elde edilen bulgular sonucunda, öğretmen adaylarının enerjiyi en çok, potansiyel enerjiye sahip cisim, elektrik enerjisi, titreşim enerjisi şeklinde resmettikleri, dünyanın yalıtılmış olduğunu ve dolayısıyla içerisinde hapsolmuş ve dönüşümsel bir enerjinin olduğunu düşündükleri görülmüştür. Araştırma sonuçları göz önünde bulundurulduğunda, termodinamik dersi içerisinde öğretimi gerçekleştirilen termodinamiğin birinci yasasının günlük hayattan örnekler ile ilişkilendirilerek ayrıntılı bir şekilde açıklanması gerektiğine inanılmaktadır.

BÖLÜM II

YÖNTEM

Bu bölümde, araştırmanın amacına ulaşabilmek için yapılan yönteme ilişkin bilgiler yer almaktadır. Planlanan araştırmanın desenine, çalışma grubuna, verilerin toplanma sürecine verilerin geçerliği ve güvenilirliğine ve verilerin analizine yönelik bilgilere ve açıklamalara yer verilmiştir.

Araştırmanın Deseni

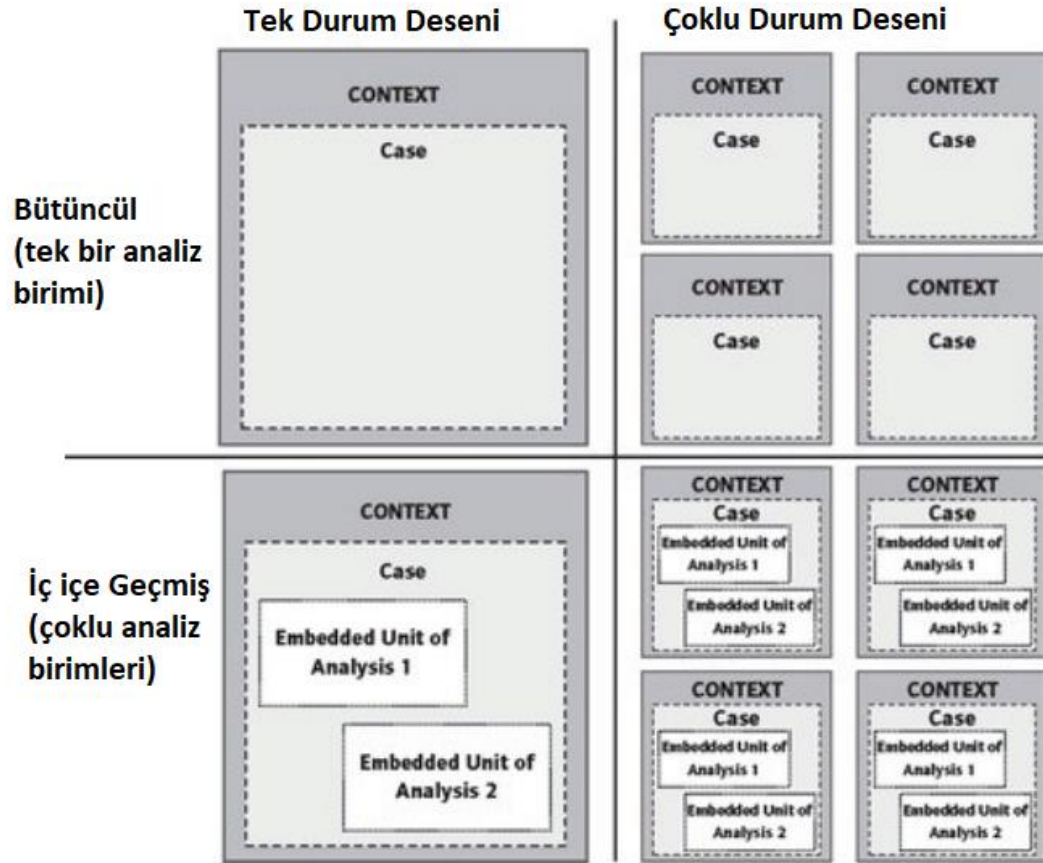
Bu araştırma, termodinamiğin birinci yasası çerçevesinde ısı, iş ve iç enerji ile ilgili yaşanan zorlukları ortaya çıkarmayı amaçladığı için eğitim alanında yaşanan deneyimleri ve olguları daha derinlemesine tanıma fırsatı tanıyan nitel araştırma yaklaşımı çerçevesinde gerçekleştirilmiştir. Olayları tümevarımsal bir şekilde ele alarak anlamlandırmaya ve betimlemeye çalışan nitel araştırmalar olayları kendi doğası içinde ele almaktadır (Patton, 1985). Nitel araştırmalarda zengin betimlemeler kullanılmakta ve bu sayede ulaşılan sonuç veya ürünler oldukça detaylı açıklanmaktadır (Merriam, 2015). Böylece nitel araştırmalar, psikolojik ölçümler ve sosyal olaylarla ilgili nicel araştırma yöntemlerine göre daha derinlemesine bilgi sağlamaktadır (Büyüköztürk vd., 2016, s. 244). Eğitim ortamlarında gerçekleştirilen araştırmalarda; olayları kendi doğası içinde ele alması, daha derinlemesine ve anlaşılır bilgi sağlaması ve araştırma probleminin çözümünde araştırmacılara yardımcı olması açısından eğitim alanında yaygın olarak nitel yaklaşımlar kullanılmaktadır.

Nitel yaklaşımlarda araştırmacı; verilerin toplanması sırasında ve toplandıktan sonra devamlı olarak verileri katılımcıların öznel bakış açısıyla anlamaya çalışır (Christensen, Johnson, & Turner, 2015, s. 54). Başka bir ifadeyle araştırmacı; olayların anlamı ve katılımcıların dışı vurdukları eylemler üzerine odaklanarak kendi düşünceleri ne olursa

olsun katılımcıların bakış açılarını katılımcıların kelime ve eylemleri ile inceleyerek anlamaya çalışır (Büyüköztürk vd., 2016, s. 246). Bir nitel araştırmanın yöntem kısmı araştırmacının rolünü yansıtmayı, belirli deseni ele almayı, veri kaynaklarının çeşitliliğini, çoklu analiz yöntemleri ile analiz etmeyi, toplanan verilerin geçerliğini veya doğruluğunu gösteren yaklaşımlardan bahsetmeyi gerektirir (Creswell, 2014, s. 183).

Sunulan bu araştırmada nitel araştırma desenlerinden araştırmanın doğasına uygun olan ‘durum çalışması (örnek olay) deseni’ kullanılmıştır. Nitel bir araştırma deseni olan durum çalışması olayların, durumların ya da eğitim sağlık gibi her türlü kendi içinde bağlantılı olan konunun derinlemesine ve detaylı incelemenin yapılmasına olanak sağlayan yöntemdir. Karmaşık bir sosyal olgunun anlaşılması arzusuna dayalı olarak ihtiyaç duyulan "durum çalışması “ne” ve “nasıl” sorularını temele alarak sosyal olguyu derinlemesine açıklanmaya çalışılan durumlar için uygundur (Yin, 2003). Bir birey, bir kurum, bir grup ya da bir ortam çalışılacak durumlara örnek oluşturabilir ve durum bütüncül bir yaklaşımla araştırılır (Yıldırım ve Şimşek, 2008). Durum çalışması, temalar ortaya koyarak bir durum betimlemesinin yapıldığı nitel araştırma desenlerinden biridir. Gözlem, görüşme, görsel ve işitsel materyal, rapor veya doküman gibi birden fazla bilgi kaynağı kullanılır (Creswell, 2016).

Kendi içinde durum çalışmaları birçok araştırma desenine sahiptir. Yin (1984)’e göre dört tür durum çalışması deseninden söz edilebilir: bütüncül tek durum deseni, iç içe geçmiş tek durum deseni, bütüncül çoklu durum deseni, iç içe geçmiş çoklu durum deseni (Yin den aktaran Yıldırım ve Şimşek, 2013). Durum çalışması desenlerinin şematik gösterimi (Yin, 2009, s.85) Şekil 1’de verilmiştir. Bu araştırma iç içe geçmiş tek durum deseninde yürütülmüştür. İlgili durum bütüncül ve tek bir öge (bir kişi, bir olay, bir kanun) olarak ele alınacaksa tek durum deseni kullanılır (Yıldırım ve Şimşek, 2008). Durum çalışmalarında hangi konunun hangi sınırlar çizilerek çalışılacağını belirlemek oldukça önemlidir. Araştırma termodinamiğin birinci yasası çerçevesinde gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle tek durum deseni tercih edilmiştir. Tek bir durum içinde birden fazla alt tabaka veya birim olabilir. Araştırmada termodinamiğin birinci yasası çerçevesinde ısı, iş ve iç enerji konularına odaklanıldığından analiz birimi olarak ısı, iş ve iç enerji seçilmiştir.



Şekil 1. Durum Çalışması Desenleri. Yin, R. K., 2009, Case Study Research Design and Methods (4. Baskı), London: Sage Publications.

Çalışma Grubu

Çalışma grubu 2014-2017 yıllarında Ankara da bulunan devlet üniversitesinde fizik öğretmenliği lisans programında öğrenimine devam eden, termodinamik dersini almış, araştırmaya gönüllü olarak katılan 133 fizik öğretmen adayından oluşmuştur. Çalışma grubunu oluşturan öğretmen adaylarına ait demografik özellikler Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1.

Çalışma Grubunun Demografik Özellikleri

	2014 (n=52)		2015 (n=20)		2016 (n=30)		2017 (n=31)	
	f	%	f	%	f	%	f	%
Kadın	37	71,1	15	75	19	63,3	23	74,1
Erkek	15	28,8	5	25	11	36,6	8	25,8

Tablo 3 de görüldüğü gibi %70,6 kadın %29,3 erkek olmak üzere 133 fizik öğretmen adayından oluşan çalışma grubunun yaş aralığı 19-27 aralığında değişmektedir. Araştırmada nitel verilerden de yararlanılmıştır. Bu çalışmada fizik öğretmen adaylarının termodinamiğin birinci yasası çerçevesinde ısı, iş ve iç enerji ile ilgili yaşadıkları kavramsal zorlukların neler olduğu ortaya çıkarmaya yönelik görüşleri incelendiğinden araştırmanın nitel boyutunda örneklem ölçüt örnekleme yöntemiyle 9 katılımcıyla sınırlandırılmıştır. Nitel boyutunda örneklem ölçütü olarak; en az iki farklı yılda termodinamik dersini almış/alıyor olma, araştırmaya gönüllü katılmış olma şeklinde belirlenmiştir.

Etik Sözleşme

Araştırma süresince daha verimli veri elde edebilmek için öğretmen adaylarına ait hiçbir bilgi açıkça verilmemiştir. Bu şekilde de fizik öğretmen adaylarına ait bilgiler gizli tutulmuştur ve bu gizliliğe uyulacağı öğretmen adaylarına bildirilmiştir. Araştırmacı çalışması boyunca yaptığı ses kayıtları öğretmen adaylarından izin alarak gerçekleştirmiştir. Alınan izin ile görüşmecisi onay formu Ek1’de sunulmuştur.

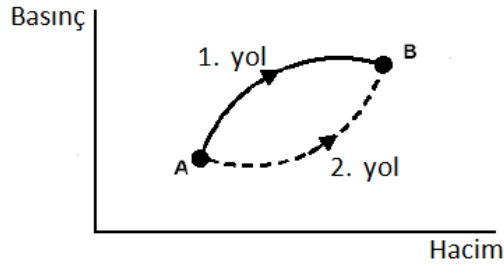
Verileri Toplama Araçları

Araştırmada iki veri toplama aracı kullanılmıştır. Bunlar “diagnostik sorular” ve “yarı yapılandırılmış görüşme” dir.

Diagnostik Sorular

Termodinamiğin birinci yasası çerçevesinde ısı, iş ve iç enerji konusunda yaşanan zorlukları belirlemek amacıyla ‘Meltzer’ (2004) tarafından geliştirilen 3 sorudan oluşan diagnostik sorular kullanılmıştır. Araştırmada kullanılan diagnostik sorular Şekil 2’de verilmiştir. Bu soruların özelliği test maddesi olsalar dahi yanlarına neden bu seçeneği seçtiklerine dair öğrencilerden yorum alınmasıdır. Bu da araştırmacılara yorumları tek tek deşifre etmesine olanak sağlamaktadır.

Diagnostik soruları cevaplayan katılımcılar verilerin analizi bölümünde Ö1, Ö2, Ö3 olacak şekilde kodlanarak çözümleme yapılmıştır.



Şekilde iki farklı işlemden (prosesten) geçen bir ideal gazdan oluşan sistemin P-V diyagramı verilmiştir (a, b ve c için). İşlem boyunca W sistem tarafından yapılan işi, Q sistem tarafından soğrulan ısıyı göstereyin.

1) 1 yolundaki W, 2 yolundakinden;

- a) daha büyüktür.
- b) daha küçüktür.
- c) eşittir.

Neden? Açıklayınız.

2) 1 yolundaki Q, 2 yolundakinden;

- a) daha büyüktür.
- b) daha küçüktür.
- c) eşittir.

Neden? Açıklayınız.

3) Toplam enerji değişimi (ΔE) (kinetik ve potansiyel enerjiyi ihmal ediniz);

- a) 1 yolunda daha büyüktür.
- b) 2 yolunda daha büyüktür.
- c) Aynıdır.

Neden? Açıklayınız.

Şekil 2. Araştırmada kullanılan diagnostik soru. “Investigation of students’ reasoning regarding heat, work, and the first law of thermodynamics in an introductory calculus-based general physics course.”, Meltzer, D., 2004, <https://aapt.scitation.org/toc/ajp/72/11?expanded=72> sayfasından erişilmiştir.

Meltzer (2004) ısı, iş ve termodinamiğin birinci yasası ile ilgili olarak yaşanan zorlukları belirlemek amacıyla 1999-2000-2001 yıllarında toplamda 653 üniversite öğrencisi bir araştırma yapmıştır. Bu araştırmada 1999 yılında ilk olarak derecelendirme yapılmamış soru

formunda uygulama sorusu şeklindeki soruları kullanmıştır. Farklı bir formunu da 200 yılında kullanmıştır. Daha sonraki uygulamada 2001 yılında farklı forma dönüştürülerek çoktan seçmeli diagnostik soru halini almıştır. Bu araştırmanın veri toplama aracı olarak kullanılan diagnostik sorularda Şekil 2’de sunulan formunda 1. yol ve 2. yol olmak üzere iki farklı işlem (prosesten) geçen bir ideal gazdan oluşan sistemin P-V diyagramı verilmiştir. Her iki süreç için araştırmanın katılımcılarından işlem boyunca W sistem tarafından yapılan iş, Q sistem tarafından soğrulan ısıyı, toplam enerji değişimini (ΔE) (kinetik ve potansiyel enerjiyi ihmal ediniz) öncelikle “büyük”, “eşit” veya “küçük” şeklinde karşılaştırmaları daha sonra verdikleri cevabın açıklamasını yapmaları istenmiştir.

Yarı Yapılandırılmış Görüşme

Görüşmeler 3 farklı şekilde yapılabilir. Bunlar; yarı yapılandırılmış (yarı formal), yapılaşmış (formal), yapılaşmamış (informal) şeklindedir. Bu çalışmada öğrencilere daha önce sınav formatında sorulan diagnostik sorular görüşme esnasında formal bir şekilde yöneltilmiştir. Veriler, bu şekilde, yarı yapılandırılmış görüşmeler ile toplanmıştır. Görüşme soruları olarak veri toplama aracı olan diagnostik sorular kullanılmıştır. Yazılı olarak verdikleri cevaplar katılımcılara bir kez daha yöneltilmiştir. Bu sorular formal bir şekilde soru – cevap şeklinde yürütülmüştür. Görüşme kayıtları tutulmadan önce görüşmeciyle kısa bir sohbet edilerek önce güven ve rahat bir ortam sağlanmış ve verdiği cevapların çalışmada kullanılacağını, adının geçmeyeceğini, bundan herhangi bir not ya da geri dönüş almayacağını bu yüzden aklından geçen doğru ya da yanlış olduğunu düşündüğü her şeyi paylaşmasını istenmiştir. Görüşmeciye herhangi bir yönlendirmede bulunmadan doğrudan cevaplar alınmıştır. Görüşme akışında görüşmeciye esneklik sağlayan sorular öğrenciye ilave sorular kapsamında yöneltilmiştir (Ekiz, 2003). Görüşme verileri çalışmayı desteklemek amaçlı kullanılmıştır. Yarı yapılandırılmış görüşmeciler E, Ez, G gibi isimlerinin baş harflerini içerecek şekilde kodlanmıştır.

Verilerin Analizi

Durum çalışmalarında veriler betimsel ve içerik analizi yoluyla analiz edilebilir. Hangi yaklaşımla analiz edileceği araştırmacının amacına ve toplanan verilerin derinliğine bağlıdır (Yıldırım ve Şimşek, 2008, s.227). İçerik analizinde temel amaç, toplanan verileri

açıklayabilecek kavramlara ve ilişkilere ulaşmaktır. Termodinamiğin birinci yasası kapsamında ısı, iş ve iç enerji ile ilgili yaşanan zorlukların ortaya koyulması amaçlandığından bu çalışmada toplanan veriler içerik analizi ile çözümlenmiştir.

İçerik analizinde toplanan verilerin önce kavramsallaştırılması, daha sonra da ortaya çıkan kavramlara göre mantıklı bir biçimde düzenlenmesi ve buna göre veriyi açıklayan temaların saptanması gerekmektedir. Bu çerçevede verilerin içinde saklı olabilecek gerçekler ortaya çıkarılmaya çalışılır. (Yıldırım ve Şimşek, 2008, s.227).

Yarı yapılandırılmış görüşmelerde katılımcıların izniyle alınan ses kayıtları, tekrar sürekli geri alma yoluyla, tüm konuşmalar yazılı bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Ses kayıtlarının aktarımı bir uzman tarafından onaylanarak eksiksiz olarak aktarılması sağlanmıştır. Açık uçlu olan diagnostik sorular ve yarı yapılandırılmış görüşmeler yoluyla veri toplama aşamalarının tamamlanmasının ardından tüm veri setleri bir araya getirilmiştir. Veriler *içerik analiz* türlerinden *kategorisel analiz* ve *frekans analizi* teknikleri kullanılarak çözümlenmiştir. İçerik analizi kapsamında verilerin kodlanması, temaların bulunması, kodlara ve temalara göre verilerin düzenlenmesi ve tanımlanması, bulguların yorumlanması aşamaları izlenmiştir. Bu sayede oluşan temaların aslında ne sıklıkta söylendiği görülmüştür.

Verilerin kodlanması

İçerik analizinin ilk aşamasıdır. Araştırmacı, elde ettiği bilgileri incelemeyerek, anlamlı bölümlere ayır ve daha sonra her bölümün kavramsal olarak ne anlam ifade ettiği anlaşılmaya çalışır. Bir sözcük, cümle, paragraf ya da bir sayfalık veriden oluşabilecek bu bölümler araştırmacı tarafından kodlanır. Tüm verilerin kodlanmasının ardından bir kod listesi oluşturulur ve bu listesi verilerin incelenerek düzenlenmesinde anahtar rolü görür (Yıldırım ve Şimşek, 2008, s.228). Araştırma kapsamında verilerin kodlanması işleminde “verilerden çıkarılan kavramlara göre yapılan kodlama” biçimi benimsenmiştir. Bu çalışmada diagnostik sorular ve yarı yapılandırılmış görüşmeler yoluyla elde edilen tüm veriler tümevarımcı bir analize tabi tutulduğundan analizde kodlar doğrudan verilerden üretilmiştir.

Temaların bulunması

Temaların bulunması, toplanan verilerin kodlanması sonrasında kodlardan yola çıkarak verinin kodlar aracılığıyla kategorize edilmesi sürecidir. Kodlara göre daha genel bir olguyu simgeler. Temaların bulunması için önce kodlar bir araya getirilir, daha sonra ortak yönler bulunarak kategorize edilir. Bu aşamada ortaya çıkan temalar daha genel bir olguyu işaret eder (Yıldırım ve Şimşek, 2008, s.236). Eldeki çalışmada kod listesi üzerinde çalışan araştırmacı, kodlardan hareketle fizik öğretmen adaylarının ısı, iş ve iç enerji kavramlarına ilişkin temalar belirlemiştir. Ortaya çıkan temalara göre veri setinin etkili bir biçimde temsil edilip edilmediği kontrol edilmeye çalışılmıştır.

Yapılan çalışmanın güvenilirliğini artırmak için, kodlamaları yapmak üzere, araştırmacının dışında doçentliğini alan eğitimi alanında almış olan bir öğretim üyesi, aynı üniversitede yüksek lisans yapan üç kişi olmak üzere toplam beş kişiden oluşan bir uzman grubu kurulmuştur. Çalışmada elde edilen katılımcıların yazılı ifadelerinden ve görüşmelerin dökümünden elde edilen veriler oluşturulan uzman grubu tarafından tek tek okunarak kodlanmış ve daha sonra temalar oluşturulmuştur. Uzman grubu tarafından belirlen kodlar ve temalar tekrar gözden geçirilmiş, “görüş ayrılıkları” olan verilere geri dönülerek saptanan ortak temalar arasında ortaya çıkan anlaşmazlıklar giderilerek kodlama ve kategoriler arasında tam bir mutabakat sağlanarak temalar oluşturulmuştur.

Verilerin kodlara ve temalara göre düzenlenmesi ve tanımlanması:

Bu aşama verilerin, okuyucunun anlayabileceği bir dille tanımlanması, açıklanması sunulmasını kapsar. Aynı kod ve tema altında, veri setinin çeşitli bölümlerinde yer alan verileri tanımlanır ve ortaya çıkan kavram veya temaya göre bu bilgiler birbirleriyle ilişkili biçimde sunulur (Yıldırım ve Şimşek, 2008: 238). Araştırmacı diagnostik soruların analizini araştırmanın alt problemleri çerçevesinde sorunun seçeneklerini ve doğru veya yanlış açıklamaları kapsayacak şekilde ilgili tema kapsamında ayrıntılı olarak sunmuştur.

Bulguların yorumlanması

Araştırmacı son aşamada topladığı verilere anlam kazandıracak şekilde, bulgulardan sonuç çıkararak önemini vurgulamak için açıklama yapar Nitel araştırmalarda araştırmacının görüş

ve yorumları verilerin açıklanmasında ve anlamlandırılmasında oldukça önemli bir role sahiptir. (Yıldırım ve Şimşek, 2008: 238).

Geçerlilik ve Güvenirlik

Araştırmalarda, sonuca ulaşılması ya da var olan hipotezlerin test edilmesinin yanında elde edilen verilerin nasıl analiz edildiği, ne ölçmek istendiği ve ölçüm aleti olarak neyin kullanıldığı oldukça önemlidir. Veri toplama aracının araştırma sorularına cevap bulabilecek bir şekilde uyum içinde olması gerekir ve bu uyum geçerlilik ve güvenirlilik ile sağlanmaktadır (Ayazlar, 2015). Başka bir ifadeyle yansızlığın sağlanması ve doğru sonuçlara ulaşma anlamında geçerlik ve güvenirlilik terimleri önem kazanmaktadır

Nitel araştırmalarda geçerliği ve güvenirliliği kapsamlı bir şekilde artırabilmek için çeşitli stratejiler vardır (Yıldırım & Şimşek, 2011). Nitel araştırmaların doğasına uygun olarak geçerlik ve güvenirliliği sağlamak amacıyla kullanılan stratejiler Lincoln ve Guba (1985) tarafından; “iç geçerlik” yerine “inandırıcılık”, “dış geçerlik” yerine “aktarılabirlik”, “iç güvenirlilik” yerine “tutarlık”, “dış güvenirlilik” yerine ise “teyit edilebilirlik” kavramlarını kullanmayı tercih etmektedir (Lincoln & Guba’dan aktaran Yıldırım ve Şimşek, 2008, s. 264). Bu bağlamda araştırmanın geçerlik ve güvenirliliğini sağlamak amacıyla yapılan çalışmalar aşağıda verilmiştir.

İnandırıcılık/ İç geçerlik

Çalışmanın inandırıcılığı, araştırmacının bulduğu sonuçlarla verilerin taraflı toplanıp yorumlanmadığına okuyucuları ikna etmesi anlamını taşımaktadır. Araştırmacı, çeşitli stratejiler kullanarak çalışmanın inandırıcılığını arttırabilir. Merriam (1998) durum çalışmalarında inandırıcılığı/iç geçerliliği sağlamak için 6 strateji önermiştir. Bu stratejiler: çeşitlemenin kullanılması, uzun süreli gözlem yapılması, araştırmacının kendi görüş ve düşüncelerini çalışmanın başında belirtmesi, bulgular hakkında bir meslektaştan görüş alınması, katılımcıların bütün sürece dâhil edilmesi ve veriyi veri kaynağına kontrol ettirilmesi şeklinde sıralamaktadır. Yıldırım ve Şimşek (2008) inandırıcılığı/iç geçerliliği sağlamak için ise uzun süreli etkileşim, derinlik odaklı veri toplama, çeşitleme, uzman incelemesi ve katılımcı teyidi olmak üzere 4 stratejinin kullanıldığına dikkat çekmektedir.

Baş ve Akturan (2013, s.190)'a göre iç geçerliği sağlamak için veri analizi aşamasında grafikler ve diyagramlar kullanılarak bulgular resmedilebilir.

Bu çalışmanın iç geçerliliğini sağlamak amacıyla çeşitleme kullanılmıştır. Çeşitleme veri kaynağı, yöntem, araştırmacı çeşitlemesi olarak farklı başlıklarda incelenmektedir. Bu araştırmanın verileri hem diagnostik sorular hem de yarı yapılandırılmış görüşme yoluyla toplanmış başka bir ifadeyle 2 farklı veri kaynağı ile çeşitlendirilmiştir. Araştırmacı elde ettiği sonuçları sürekli olarak birbirleriyle karşılaştırarak, yorumlayarak eleştirel bir gözle bakmaya çalışmıştır. Böylece derinlik odaklı veri toplama stratejisinden yararlanılmıştır. Ayrıca veri analizi aşamasında grafik ve diyagramlar kullanılarak bulguların resmedilmesi sağlanmaya çalışılmıştır. Araştırma konusu hakkında genel bilgiye sahip ve nitel araştırma yöntemleri konusunda uzman 1 alan eğitimci öğretim üyesinin araştırmayı çeşitli boyutlarıyla incelemesi sağlanarak inandırıcılık konusunda önlem alınmaya çalışılmıştır.

Aktarılabirlik/ Dış geçerlik

Nitel araştırmalarda araştırma sonuçlarının genellenebilirliği ile ilgili kavram dış geçerliktir. Nitel araştırmalarda “genelleme” yerine “aktarılabirlik” benimsenmiştir. Bu da araştırma sonuçlarının doğrudan benzer ortamlara genellenemeyeceği, ancak bu tür ortamlara sonuçların uygulanabileceğine ilişkin geçici yargılara ulaşılması anlamına gelmektedir (Yıldırım ve Şimşek, 2008, s.270). Nitel araştırmada araştırmacının sorumluluğu elde ettiği sonuçları benzer ortamlara aktarılabirlik değerini ortaya koymaktır ve Erlandson ve diğ. (1993) tarafından “aktarılabirliği” artırmak için “ayrıntılı betimleme” ve “amaçlı örnekleme” kullanılması önerilmektedir (Erlandson ve diğ.’den aktaran Yıldırım ve Şimşek, 2008, s. 270). Bu çalışmada aktarılabirlik/ dış geçerlik için amaçlı örnekleme kullanılmıştır. Bu da termodinamiğin birinci yasası çerçevesinde ısı, iş ve iç enerji konularında yaşanan zorlukları doğasına uygun bir şekilde ortaya koyma fırsatı tanımıştır. Bundan sonraki araştırmalarla yapılabilecek analitik genellemeler için “ayrıntılı betimleme” yapılmıştır. Araştırmanın yöntem kısmında araştırmanın deseni, çalışma grubu, veri toplama araçları ve veri analiz süreci başka araştırmalarla karşılaştırma yapılabilecek düzeyde detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

Tutarlık/ Güvenirlik

Güvenirlik yapılan çalışmalarda elde edilen bulguların tekrar edilebilirliği ile ilgilidir (Merriam, 2015). Nitel araştırmalarda gerçeklerin bireylere ve içinde bulunulan ortama göre sürekli bir değişim içinde olduğu ve çalışmanın benzer gruplarda yeniden yapılırsa aynı sonuçlara ulaşmanın mümkün kılmadığı en baştan kabul edilmektedir (Yıldırım ve Simsek, 2016). Dolayısıyla nitel araştırmalarda asıl sorulması gereken soru *ulaşılan soruların toplanan verilerle ne kadar tutarlı olduğu*dur. Nicel araştırmalarda tekrar edilebilirliği “güvenirlik” kavramı ile verilirken nitel araştırmalarda ”tutarlık” kavramı kullanılmaktadır.

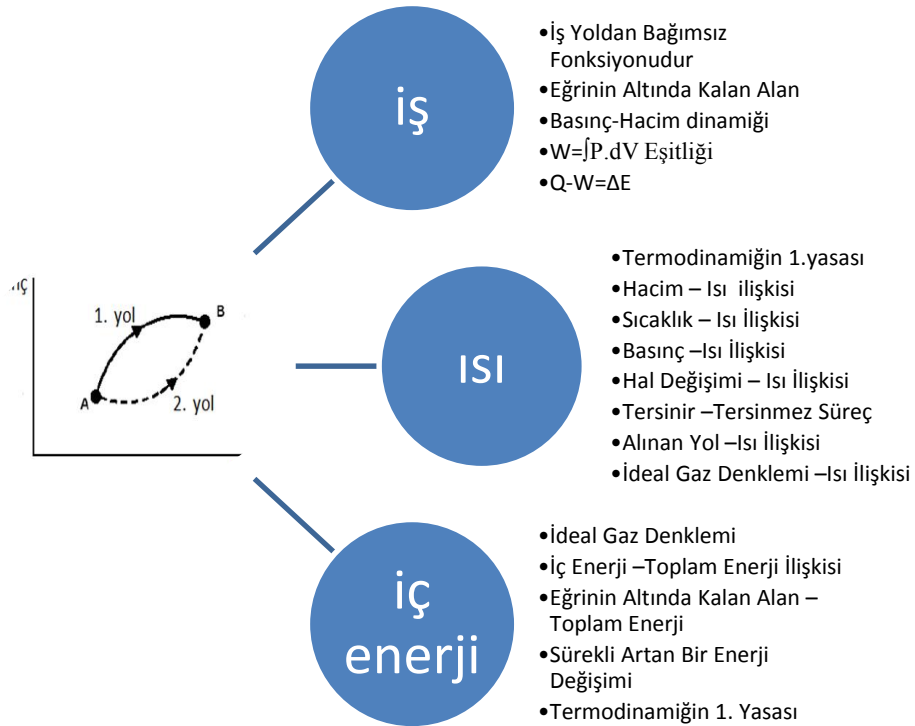
Durum çalışmalarında Baş ve Akturan (2013, s.191)’a göre; güvenilirliği sağlamak için yapılandırılmış ya da yarı yapılandırılmış veri toplama yöntemleri kullanılabilir, veriler mekanik araçla kayıt altına alınabilir, diğer araştırmacılardan veya uzmanlardan yorumlamada yardım alınabilir. Araştırmada güvenilirliği sağlamak amacıyla veriler kayıt altına alınmış ve bilgisayar ortamına aktararak saklanmıştır. Elde edilen verileri oluşturulan bir uzman grubu ile yorumlanmıştır.

Son olarak, bir çalışmanın geçerlilik ve güvenilirliği önemli ölçüde araştırmacı etiğine bağlıdır (Merriam, 2015, s. 220). Araştırma ele alınırken, Patton’un (2002) inanırılık kavramı ile ilişkilendirdiği “entelektüel hassasiyet, mesleki dürüstlük ve yöntem-bilimsel yeterlilik” ilkeleri dikkate alınarak yazılmıştır.

BÖLÜM III

BULGULAR VE YORUMLAR

Bu bölümde, toplanan verilerin analizi sonucunda ulaşılan bulgular verilmiştir. Bulguların sunulması sırasında araştırmada cevap aranan alt problemlerin sırası izlenmiştir. Elde edilen verilerden ulaşılan bulgular, katılımcılar ile yapılan yarı-yapılandırılmış görüşmeler ile desteklenmiştir. Toplanan veriler Şekil 2’de verildiği üzere, İş, ısı ve iç enerji ile ilgili tema şablonu tümevarımsal ve bütüncül bir bakış açısı ile sunulmuştur.



Şekil 3. İş, ısı ve iç enerji ile ilgili tema şablonu

Öğretmen adayları bir soruya birden fazla doğru ya da yanlış yorumda bulunarak aynı anda birden fazla kod almışlardır ve tüm kodlar frekans ve yüzde hesaplamalarına dâhil edilmiştir. Bu nedenle bazı temalar veya alt temalardaki toplam frekans değeri katılımcı sayısından farklı olabilir.

Termodinamiğin Birinci Yasası Çerçevesinde İş ile İlgili Kavramsal Zorluklar

Bu bölüm “Termodinamiğin birinci yasası çerçevesinde ısı ile ilgili kavramsal zorlukları nelerdir?” şeklinde ifade edilen araştırmanın 1. alt problemine yöneliktir. Katılımcıların ısı ile ilgili kavramsal zorlukları termodinamiğin birinci yasası çerçevesinde belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla ‘Meltzer’ (2004) tarafından geliştirilen 3 basamaklı 3 sorudan oluşan testin birinci sorusundan (Şekil 2) elde edilen veriler analiz edilmiştir. Şekil 1’de görülen bu soruda; iki farklı işlem (prosesten) geçen bir ideal gazdan oluşan sistemin P-V diyagramı verilerek 1 yolundaki işin, 2 yolundaki iş ile “a) daha büyük, b) daha küçük, c) eşit” şeklinde kıyaslama yapmaları istenmiştir. Katılımcılardan bu seçeneği işaretledikten sonra neden bu seçeneği işaretlediklerinin gerekçelerini de yazmaları istenmiştir.

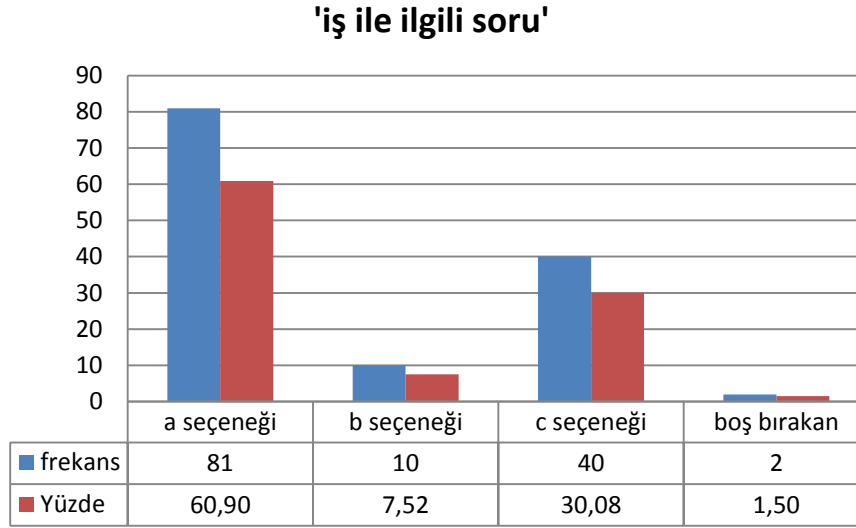
Fizik öğretmen adaylarına yöneltilen iş ile ilgili diagnostik soruya doğru cevap olarak beklenen açıklama şöyledir:

- $W = \int_{V_A}^{V_B} p dV = p-V$ diyagramının altında kalan alan dikkate alındığında 1 eğrisinin altında kalan alan 2 eğrisinin altında kalan alandan daha büyük olduğundan, $W_1 > W_2$.

Bu sorunun çözümünde “Farklı yollar farklı miktarlarda yapılan iş ile ifade edilir”, “eğrinin altında kalan alan”, “daha yüksek basınç karşı çalışan sistem” gibi açıklamalar ve görsel olarak grafik üzerinde eğrinin altında kalan alanın çizilmesi veya $W = \int_{V_A}^{V_B} p dV$ integralinin yazılı olduğu cevaplar da doğru cevap olarak değerlendirilmiştir.

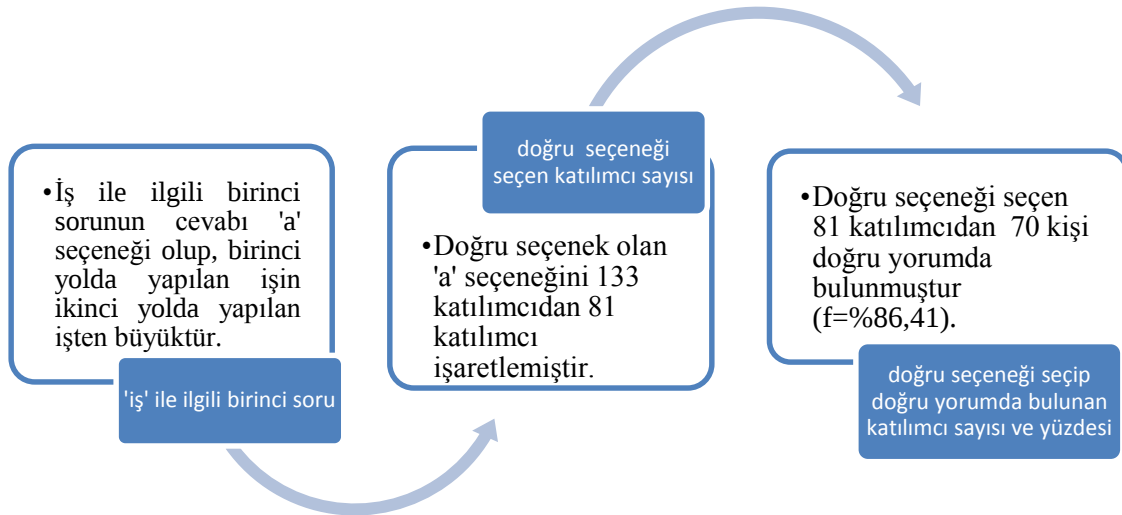
İş ile ilgili birinci soruda, Şekil 2’de verilen basınç hacim grafiğinde 1 yolu ve 2 yolu için iş kavramı sorgulanmıştır. Şekilde iki farklı işlem (prosesten) geçen bir ideal gazdan oluşan sistemin P-V diyagramı verilmiştir. İşlem boyunca W sistem tarafından yapılan işi, Q sistem tarafından soğurulan ısıyı göstermektedir. Katılımcılara yöneltilen iş ile ilgili olan 1. sorunun seçeneklere göre frekans ve yüzde dağılımı Şekil 4’te verilmiştir. Araştırmaya katılan fizik öğretmen adaylarının %60,90 (f=81)’i doğru seçeneği, %37,60 (f=50)’i ise yanlış seçeneği işaretlemişlerdir. Seçeneği işaretleyen katılımcıların yaklaşık beşte üçü 1 yolundaki işin 2

yolundaki işten daha büyük olduğunu söyleyerek doğru seçenek olan “a” seçeneğini işaretlemişler.



Şekil 4. 1. Sorunun seçeneklere göre frekans ve yüzde dağılımı

Doğru seçeneği seçen 81 katılımcıdan %86,41 ($f=70$)'i doğru yorumda bulunmuştur. Bu açıklamanın anlaşılabilirliğini sağlamak amacıyla Şekil 5’de şematik gösterim sunulmuştur.



Şekil 5. Doğru seçeneği işaretleyip doğru açıklama yapan katılımcı sayılarının şematik gösterimi

133 öğretmen adayından 10'u b seçeneğini seçerken, 1 yolundaki işin 2 yolundaki işten daha küçük olacağını söylemiştir. Bu 10 öğretmen adayı açıklamada bulunamamışlardır. 133 öğretmen adayından 40'ı da c seçeneğini seçerek 1 yolundaki işin 2 yolundaki işe eşit olduğunu belirtmiştir. Katılımcılardan 1'i ise soruyu boş bırakarak ne yorum yapmış ne de a, b, c seçeneklerinden birini işaretlemiştir. Yıllara göre frekans ve yüzde dağılımı da Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2.

1. Sorunun Yıllara Göre Frekans ve Yüzde Dağılımı

	2014 (n=49)		2015 (n=20)		2016 (n=31)		2017 (n=31)	
	f	%	f	%	f	%	f	%
a	31	59,61	15	75	16	53,33	18	58,06
b	5	9,61	0	0	2	6,66	3	9,67
c	13	25	5	25	12	40	10	32,25

Tablo 3'de 2014 – 2017 yılları arasında toplam 133 katılımcıdan birinci soru olan iş sorusu için verdikleri cevapların yıllar bazında yüzde dağılımı sunulmuştur. Bu sorunun yıllar bazında dağılımına bakıldığında doğru cevaplanma oranının %50'nin üzerinde olduğu görülmektedir. Tablo 3'de katılımcıların %7,52 (f=10)'sinin işin yoldan bağımsız olduğu düşüncesinde olduğu görülmektedir.

Tablo 3.

1. Sorunun Yıllar Bazında Cevapları

	2014 (n=49)	2015 (n=20)	2016 (n=31)	2017 (n=31)
W1>W2	%61,54	%75	%53,33	%58,06
Doğru veya doğruya yakın ifade	%48,08	%50	%33,33	%41,94
Yanlış veya eksik ifade	%13,46	%25	%30	%16,13
W1=W2	%9,62	%0	%6,67	%9,68
İş yoldan bağımsızdır	%9,62	%0	%6,67	%9,68
Diğer açıklamalar	%0	-%0	%0	%0
W1<W2	%25	%25	%40	%32,26
Boş	%3,85	%0	%0	%0

İş ile ilgili soru diagnostik yapıda olduğundan sonuçtan ziyade fizik öğretmen adaylarının ne yorum yaptıklarına odaklanılmıştır. Bu soruda elde edilen veriler içerik analizine tabi tutulmuştur. Kendi içerisinde anlamlı bütünler oluşturan kodlar, verileri genel çerçevede açıklayabilecek şekilde, bir üst kategoride birleştirilmiştir, yani temalaştırılmıştır. Yapılan içerik analizi sonucunda elde edilen kodlardan “*Yorumsal Açıklamalar*” ve “*Matematiksel Açıklamalar*” olmak üzere iki ana tema elde edilmiştir. Elde edilen doğru ve hatalı cevapların içerik analizi ana tema bazında alt temalara göre detaylı olarak açıklaması tek tek ele alınarak sunulmuştur.

1. Soru İle İlgili Kod ve Tema Listesi

Kodların Temalaştırılması

İş Nokta Fonksiyonudur: en son konum önemli, iş yoldan bağımsız, ikisinde de başlangıç ve bitiş noktaları aynı

İş Yoldan Bağımsızdır: İş noktasal değildir, iş yola bağlıdır, hal fonksiyonu değildir

Eğrinin Altında Kalan Alanlar: Taradığı alan kadar iş yapar, eğrinin altında kalan alanlar, 1 yolunun alanı daha fazla olduğundan, 2 yolunun altında kalan alan, çevrimlerde net iş

Çevrimlerde Net İş Sıfırdır: Konum ikisinde de başta ve sonda aynı, korunumlu işten dolayı işler eşit, kapalı ilmek

Basınç – Hacim Dinamiği: Hacim basınç değişim oranları, A ve B noktalarında hacim değişimi, küçük hacimden büyük hacme geçerken daha fazla enerji harcar, hacim arttıkça iş artar, yüksek basınçta hacim değişimi daha az olursa iş daha büyük olur

Matematiksel Kodlar: $W = \int_{V_1}^{V_2} P dV$ eşitliği, $Q - W = (\Delta U + \Delta KE + \Delta PE)_{\text{sist}}$ eşitliği, $Q-W=\Delta E$ eşitliği

İş Kavramı Hakkında Doğru Cevapların Matematiksel ve Yorumsal Açıklamaları

Yorumsal Açıklamalar

İş Yoldan Bağımsızdır

133 öğretmen adayından doğru seçeneği seçip doğru yorumda bulunan 70 adaydan 15'inin yorumlarında benzerlikler gözlemlendi. Öğretmen adayları iş kavramının noktasal olmadığını, süreçten etkileneceğini ve yola bağlı olduğunu ifade etmişlerdir. Bu şekilde grafiği incelediklerinde her bir nokta için değer aldıklarında basınç ve hacmin 2 yol içinde farklı işlediğini ve 1.yolun 2.yoldan daha fazla iş yaptığını fark etmişlerdir. İş hal fonksiyonudur teması için öğretmen adaylarının verdikleri cevapların örnekleri aşağıdaki gibidir:

- 2014 yılı katılımcı Ö6 '*nokta fonksiyonu değildir*' yorumunda bulunarak iki yolda da yapılan işlerin eşit olduğu cevabını vermiştir.
- 2017 yılı katılımcı Ö6 '*çünkü iş noktasal değildir yola bağlıdır. Eğrinin altında kalan alan bize işe verir*' yorumunda bulunarak 1.yolda ki işin 2.yoldaki işe göre daha büyük olduğu seçeneği işaretlemiştir.

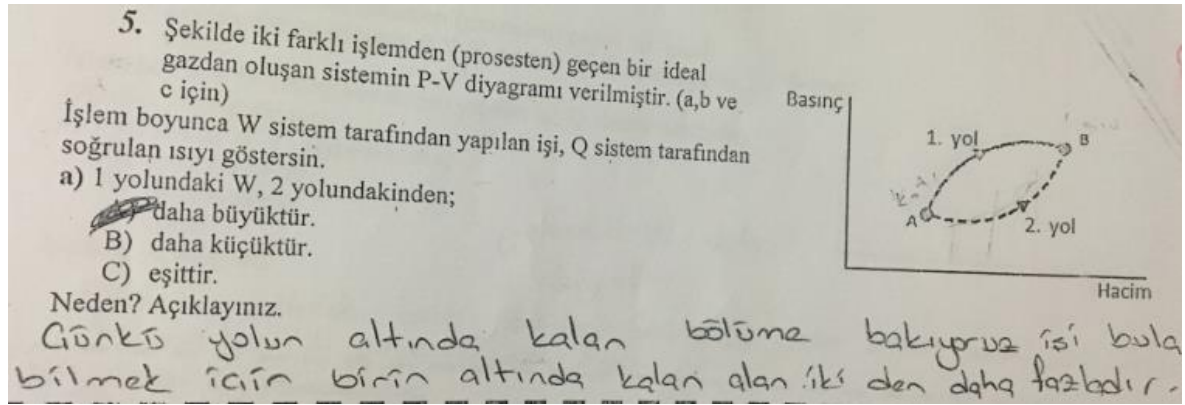
Eğrinin Altında Kalan Alan

133 öğretmen adayından doğru seçeneği seçip doğru yorumda bulunan 70 adaydan 55'inin yorumlarında benzerlikler görülmüştür. Öğretmen adayları basınç hacim grafiğinden işi bulmak istedikleri zaman; eğrinin altında kalan alan kadar, taradıkları alan kadar, 1 yolunun alanı daha fazla olduğundan yapılan işin 2 yoluna göre daha büyük olduğunu ifade etmişlerdir. Ayrıca öğretmen adaylarının yorumlarında grafiğin altında kalan alandan işe geçebileceklerini ifade ettikleri halde grafik üzerinde doğru işlem yapıp grafiği yorumlayamadıkları için yanlış yaptıkları da gözlemlenmiştir. İş eğrinin altında kalan alandır teması için öğretmen adaylarının verdikleri cevapların örnekleri aşağıda ki gibidir.

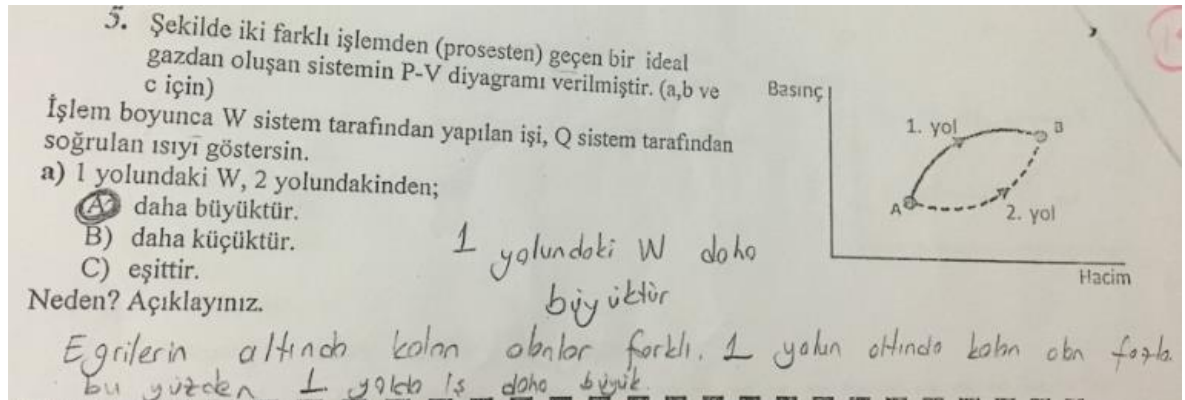
- 2016 yılı katılımcı Ö5 '*çünkü 1.yoldaki W, 2 yolundaki işten daha büyüktür. Taradığı alan farklıdır. 1.yolun taradığı alan 2'ye göre daha fazladır.*' yorumunda bulunarak 1.yolda ki işi 2.yolda ki işten büyük olduğunu seçeneği işaretlemiştir.

- 2017 yılı katılımcı Ö3 “iş grafiğın altında kalan alan olacağından 1 yolunda 2’ye göre daha büyüktür.” Yorumunda bulunarak 1.yolda ki işi 2. Yolda ki işten büyük olduğu seçeneğı işaretlemiştir.
- 2014 yılı katılımcı Ö5 ‘P– V diyagramının altında kalan alan bize işı verir. Bu yüzden 1. Yol 2. Yolda daha büyüktür.’ Yorumunda bulunarak 1.yolda ki işı 2. Yolda ki işten büyük olduğu seçeneğı işaretlemiştir.

2015 yılı katılımcı Ö5’in Şekil 6, 2015 yılı katılımcı Ö19’un 1. soruya ait cevapları Şekil 7’de “eğrinin altında kalan alan” alt temasına örnek olarak verilmiştir.



Şekil 6. 2015 yılı Ö5 kodlu katılımcının yorumu



Şekil 7. 2015 yılı Ö19 kodlu katılımcının yorumu

Yarı yapılandırılmış görüşmeden F kodlu katılımcıdan eğrinin altında kalan alan ve iş ile ilgili şu yorumda bulunmuştur:

- F kodlu görüşmeci: “İşler eşit değildir. Altında kalan alanla alakalı.... Altında kalan alan bize işi veriyor olması lazım. Yollar eşit ama altında kalan alanlar farklı aynı işi hayır aynı işi değil aynı basınçta... Aynı hacimde farklı basınçlarda farklı iş olmuş olur. Aldığımız noktaya bağlı. Şuraya teğet çizsek mesela sonra aşağı doğru basınç düşüyor. Aynı hacimde farklı basınçlarda farklı işler yapmış oluruz.”

Basınç-Hacim Dinamiği

133 öğretmen adayından doğru seçeneği seçip doğru yorumda bulunan 70 katılımcıdan 3'ünün yorumlarında benzerlikler görülmüştür. Öğretmen adayları sabit hacim altında 1 yolunda ki uygulanan basıncın daha yüksek olmasından dolayı 1 yolunda ki işin 2 yolunda ki işten daha büyük olduğu yorumundan bulunmuştur. Ya da basıncın 1 yolunda daha büyük olmasında dolayı 1 yolunda yapılan işin 2 yolunda yapılan işten daha büyük olduğunu ifade etmişlerdir. Basınç hacim grafiğinde iş kavramı sorgulanırken basıncın yüksek olması daha fazla iş yapılacağı anlamına geldiği vurgusu öğretmen adayları tarafından yapılmıştır.

Basınç – hacim dinamiği için yarı yapılandırılmış D kodlu katılımcıdan basınç-hacim grafiği başlığına yansıyan yorumu şu şekildedir:

- D kodlu görüşmeci: “Basınçla hacim A noktasında daha düşük B noktasında daha büyük. A noktasından B noktasına şöyle o anı hiç hatırlamıyorum nasıl bir cevap verdiğimi.... A dan B noktasına gidersek basınç artarak gideceğimiz için daha yüksek bir basınçla basınca karşı koyacağımız için daha büyük bir iş olur diye düşünüyorum.”

Matematiksel Açıklamalar

$$W = \int_{V_1}^{V_2} P dV \text{ Eşitliği}$$

Doğru seçeneği seçip doğru yorumda bulunan 70 öğretmen adayından 28 adayın yorumlarında benzerlikler görüldü. Bu öğretmen adayları çoğunlukla işi bulabilmek için

yorum yapmak yerine formül üzerinden gitmişlerdir. İşlemler sırasında bir kısmı integralin sınırlarını belirlemeden sadece eşitliği yazmışlardır. Bir kısmı da yine integralin sınırlarını belirlememiş ama içindeki ifadeyi dışarı çıkartmışlardır. İş $W = \int_{V_1}^{V_2} P dV$ eşitliği teması için katılımcıların verdikleri cevapların örneği aşağıdaki gibidir.

- 2016 yılı katılımcı Ö3: “1.yoldaki $W=[P.dV, W=P_0.m(\frac{V_2}{V_1})$, 2.yol içinde $(\frac{V_2}{V_1})$ oranı eşittir. İlk basınçları ile son basınçları eşittir.” yorumunda bulunarak 1.yolda ki iş ile 2. yolda ki işi eşit olduğu seçeneği işaretlemiştir.

$$Q - W = (\Delta U + \Delta KE + \Delta PE)_{sist} \text{ Eşitliği}$$

Doğru seçeneği seçip doğru yorumda bulunan 70 öğretmen adayından 4 adayın yorumlarında benzerlikler görülmüştür. Bu katılımcılar termodinamiğin 1.yasasından yorumda bulunmuşlardır. Bu yorumu yaparken matematikten yardım alarak formül bazlı bir açıklamada bulunmuşlardır. İş $Q-W=\Delta E$ eşitliği teması için katılımcıların cevaplarına örnek aşağıda verilmiştir.

- 2016 yılı katılımcı Ö6 ‘ $Q-W=\Delta E$ ‘ dur. Sistemde $Q=0$ ise; $Q-W=\Delta E \rightarrow -W=E_2-E_1$ yani $W_2 > W_1$ olması beklenir.’ yorumunda bulunarak 1.yolda ki işin 2.yolda ki işten küçük olduğu yorumunda bulunmuştur.

İş Kavramı Hakkında Yanlış Cevapların Matematiksel ve Yorumsal Açıklamaları

Yorumsal Açıklamalar

İş Nokta Fonksiyonudur

133 öğretmen adayından doğru seçeneği seçip yanlış yorumda buluna 37 kişilik öğretmen adayı içerisinde 9 adayın yorumlarında benzerlikler görülmüştür. İş nokta fonksiyonudur teması için yapılandırılmış A kodlu katılımcıdan yansıyan yorumu şu şekildedir:

- A kodlu görüşmeci: “Yapılan iş de şey vardı ya... yapılan iş yoldan bağımsızdır. Ben onu düşündüm bu yüzden eşittir diyorum..... Evet şu

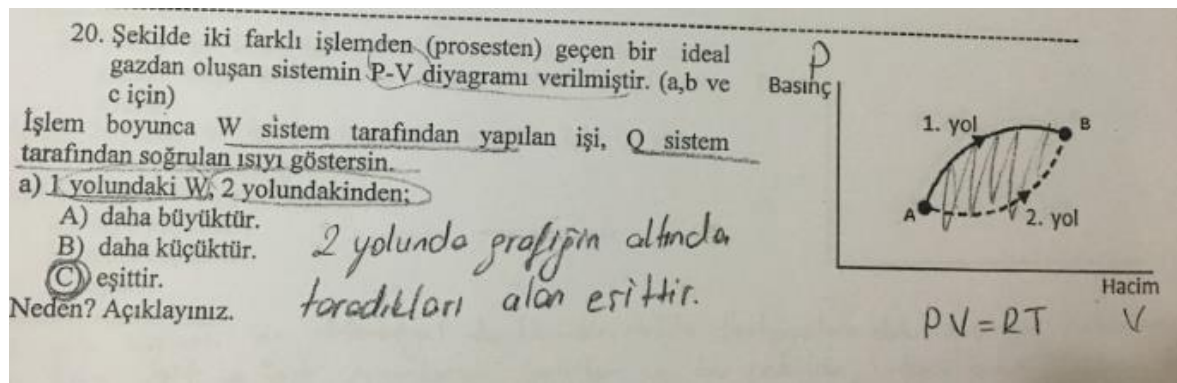
an yoldan bağımsız olduğunu düşünüyorum. 1 ve 2 yolunda aynı noktalar arasında gidilen yoldan noktalar aynı başlangıçla bitiş noktası hangi yoldan gidersek gidelim yapılan işin aynı olduğunu düşünüyorum”

Yarı yapılandırılmış görüşmeden G kodlu katılımcıdan iş nokta fonksiyonu ile ilgili temayı içeren ifadeler aşağıda yer verilmiştir:

- G kodlu görüşmeci: “.....Şu an..... ne cevap verdiğimi hatırlamıyorum ama.... ıı...Eşit demek istiyorum şuna cevabı.. Şimdi şurada iki yolum var ya gözümün önünde aynı yerden başlayıp aynı yere gitmiş yolları farklı ama başı ve sonu aynı olduğu için eşit deme gereği duydum şu an...”

Eğrinin Altında Kalan Alan

133 öğretmen adayından doğru seçeneği seçip yanlış yorumda bulunan 37 kişilik öğretmen adayı içerisinde 21 katılımcının yorumlarında benzerlikler görülmüştür. Katılımcılar yorumlarında grafiğin altında kalan alandan işe geçebileceklerini ifade ettikleri halde grafik üzerinde doğru işlem yapıp grafiği yorumlayamadıkları için yanlış yaptıkları gözlenmiştir. 2017 yılı katılımcı Ö17’nin 1. soruya ait cevabı Şekil 8’de eğrinin altında kalan alan alt temasına örnek olarak verilmiştir.



Şekil 8. 2017 yılı katılımcı Ö17 yorumu

Yarı yapılandırılmış görüşmelerde öğretmen adaylarına iş ile ilgili soru yönelttiğinde sorudaki grafiğe dikkat çekerek tedirgin olduklarını belirten katılımcılar olmuştur. Bazı katılımcılar eğrinin altında kalan alanın işi verdiğini bildiklerini ama grafik şeklinde sorular yöneltildiğinde sorun yaşadıklarını ifade etmişlerdir. Bu görüşmelerden yansıyan yorumlar şu şekildedir:

- E kodlu görüşmeci: “Yarı yapılandırılmış görüşmedeki E kodlu katılımcı grafik ile ilgili şu yorumda bulunmuştur: “Grafiklerde genel olarak sorun yaşıyorum. Her ders için geçerli. Sadece mekanikte zorlanmıyorum. O da yıllandım artık. Geri kalan derslerde grafiklerde takılıyorum. Tablolarda sorun yok ama.... grafikli soru panik yaptırıyor her zaman en sona bırakırım.”
- A kodlu görüşmeci: “Aslında şu grafiğin ne demek olduğunu daha iyi anlarsak derste ya da ders çalışırken daha iyi anlarsak aslında bu soruyu çözümleyebiliriz. Daha iyi anlamadığım düşündüğüm için öyle cevaplıyorum. Yola bağlı mı acaba değil mi? Farklı şekil gelse,(daha öncede farklı şekilde sormuştunuz Ş:evet) farklı şekil geldiğinde de yapamıyorum. Büyük ihtimal anlamadım herhalde.”

Çevrimlerde Net İş Sıfırdır

133 öğretmen adayından doğru seçeneği seçip doğru yorumda bulunan 70 adaydan 11’inin yorumlarında ifadesel olarak benzerlikler görülmüştür. Bu yorumlardan 3’ünde basınç hacim grafiğinden iş bulmak istedikleri zaman; çevrimlerde net iş sıfırdır, konum ikisinde de başta ve sonda aynı olduğu için işlerde aynıdır, korunumlu işten dolayı işler eşittir ifadeleri tespit edilmiştir. Çevrimlerde net iş sıfırdır teması için katılımcıların cevaplarından yansıyan örnekler aşağıda verilmiştir:

- 2016 yılı verilerinden Ö11 kodlu katılımcı ‘çevrimlerde net iş sıfırdır. Grafikte alan işi verirse 1 yolundaki iş daha büyüktür.’ yorumunda bulunmuştur.
- 2016 yılı verilerinden Ö13 kodlu katılımcı ‘ ikisinde de en son yaptığı iş, konum önemlidir.’ yorumunda bulunmuştur.

Yarı yapılandırılmış görüşmede verilen sorudaki iki farklı süreci kapalı ilmek şeklinde algılayan katılımcılar olmuştur. G kodlu katılımcıdan kapalı ilmek ile ilgili yorumları içeren ifadelerle aşağıda yer verilmiştir:

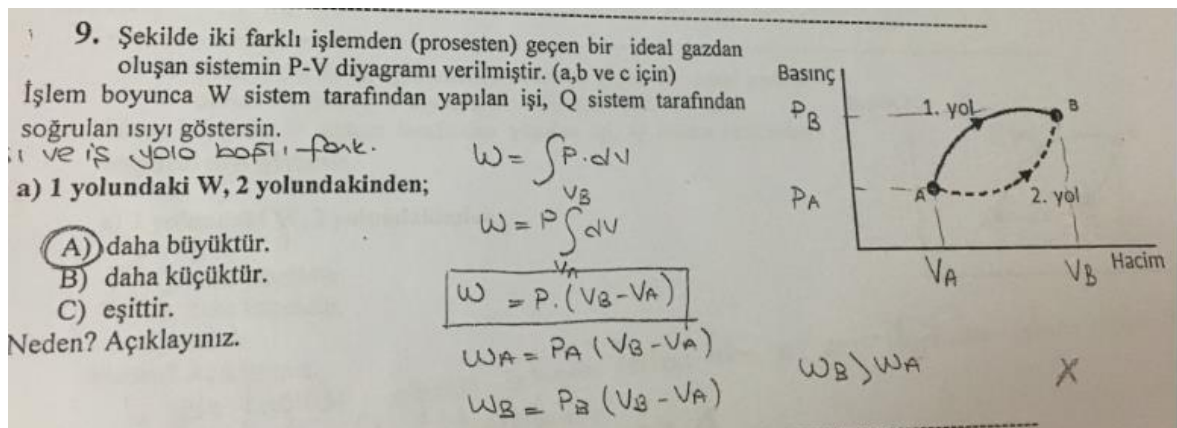
- G kodlu görüşmeci: “Tamamen hani basınç hacim ilişkisi.. grafiği basınç hacim grafiği ilişkileri var tabi ki birbirleriyle Hı hı ama tabi dediğim gibi belli bir kapalı ilmek gibi göründü şu ana gözüme o yüzden eşit deme gereği duydum.....”

Matematiksel Açıklamalar

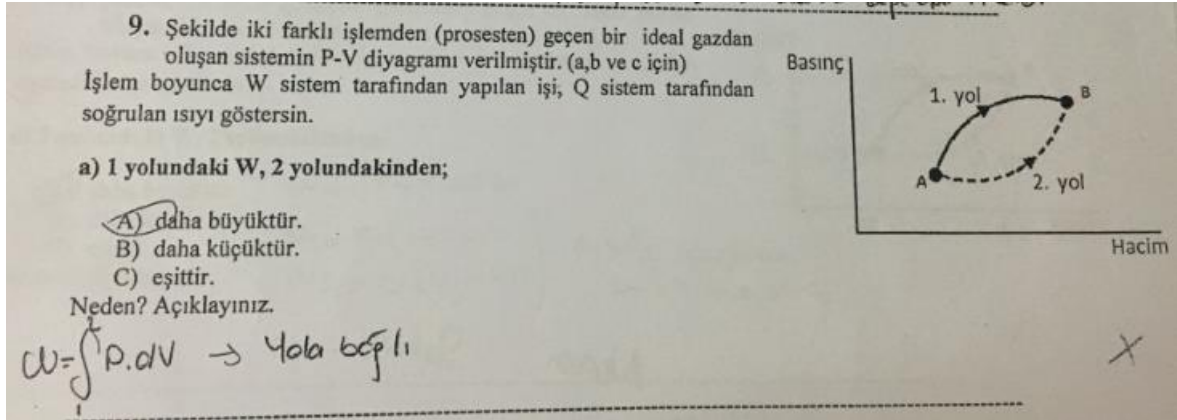
$$W = \int_{V_1}^{V_2} P dV \text{ Eşitliği}$$

133 öğretmen adayından doğru seçeneği seçip yanlış yorumda bulunan 37 kişilik katılımcıdan 9 kişi işi bulabilmek için yorum yapmak yerine formül yazmayı tercih etmişlerdir. Ancak işlemler sırasında bir kısmı hem integralin sınırlarını belirlememiş hem de içindeki ifadeyi dışarı çıkartmışlardır. Bazı katılımcılar da $W = \int_{V_1}^{V_2} P dV$ eşitliğini kullanırken basınç için hangi değeri alması gerektiği konusunda kafa karışıklığı yaşamış veya sadece bağıntıyı yazmış ancak yazdığı bağıntıyı yorumlayamamıştır.

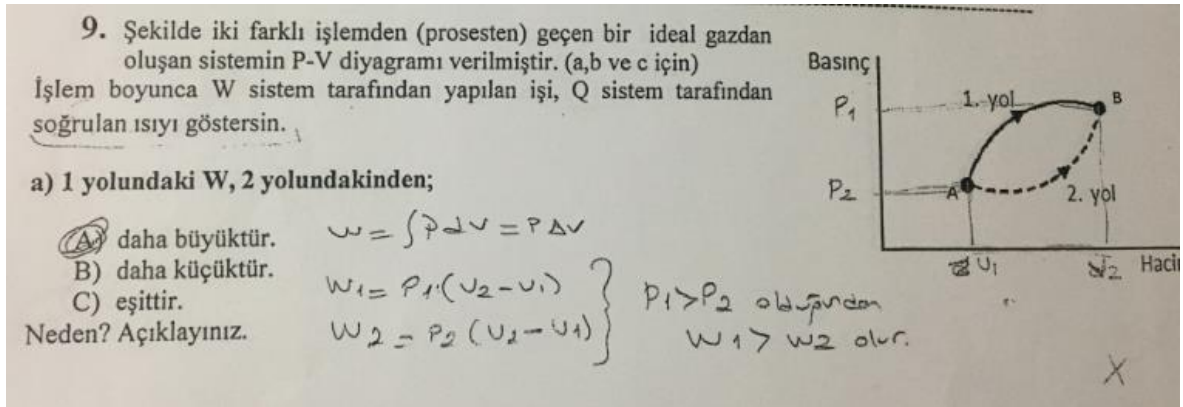
2016 ve 2014 yıllarından Ö4, Ö11, Ö17 kodlu katılımcıların yorumları sırasıyla Şekil 9, Şekil 10 ve Şekil 11’de yanlış cevaplardaki “matematiksel açıklama” ana teması altındaki “ $W = \int_{V_1}^{V_2} P dV$ eşitliği” alt temasına katılımcı yorumlarından örnek olarak verilmiştir.



Şekil 9. 2016 yılı Ö4 kodlu katılımcının 1. soruya yazdığı açıklama



Şekil 10. 2014 yılı Ö11 kodlu katılımcının yorumu



Şekil 11. 2014 Ö17 kodlu katılımcının yorumu

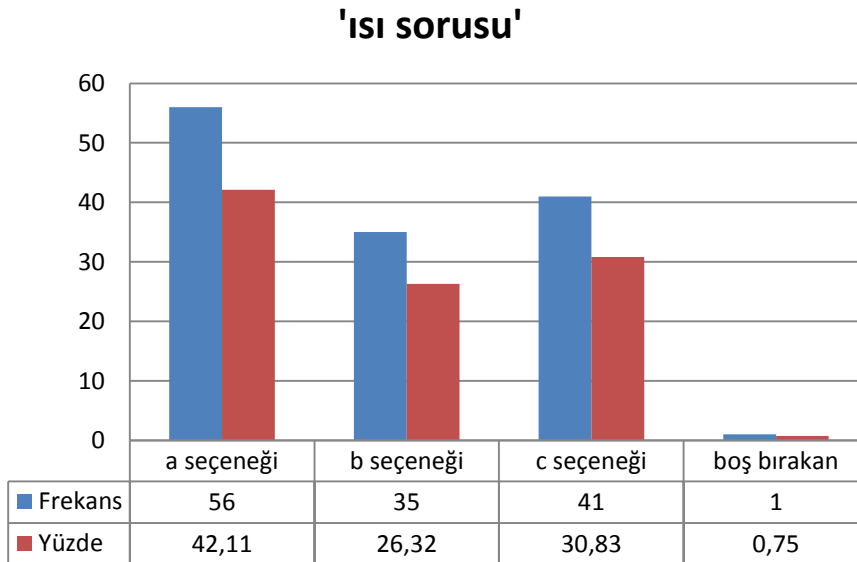
Termodinamiğin Birinci Yasası Çerçevesinde Isı ile İlgili Kavramsal Zorluklar

Bu bölüm “Termodinamiğin birinci yasası çerçevesinde ısı ile ilgili kavramsal zorlukları nelerdir?” şeklinde ifade edilen araştırmanın 2. alt problemine yöneliktir. Katılımcıların ısı ile ilgili kavramsal zorlukları termodinamiğin birinci yasası çerçevesinde belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla ‘Meltzer’ (2004) tarafından geliştirilen 3 basamaklı 3 sorudan oluşan testin ikinci sorusundan (Şekil 2) elde edilen veriler analiz edilmiştir. Şekil 2’de görülen bu soruda; iki farklı işlemden (prosesten) geçen bir ideal gazdan oluşan sistemin P-V diyagramı verilerek 1 yolundaki ısı, 2 yolundaki ısı ile “a) daha büyük, b) daha küçük, c) eşit” şeklinde kıyaslama yapmaları istenmiştir. Katılımcılardan bu seçeneği işaretledikten sonra neden bu seçeneği işaretlediklerinin gerekçelerini de yazmaları istenmiştir.

Fizik öğretmen adaylarına yöneltilen ısı ile ilgili diagnostik soruya doğru cevap olarak beklenen açıklamalar şöyledir:

- “ $\Delta E = Q - W$. Aynı ΔE için daha çok iş yapan sistem daha çok Q girdisine sahip olmalıdır, bu yüzden işlem 1 daha büyüktür. $Q_1 > Q_2$.”
- “ $\Delta E = Q - W \Rightarrow Q = E + W \Rightarrow$ işlem 1 için W daha büyük olduğundan 1 için Q daha büyüktür. $Q_1 > Q_2$.”
- “ $\Delta E_1 = \Delta E_2 \Rightarrow Q_1 - W_1 = Q_2 - W_2 \Rightarrow Q_1 - Q_2 = W_1 - W_2$. Bu yüzden, $W_1 > W_2 \Rightarrow Q_1 > Q_2$ sitem1 daha fazla iş yaptığından soğurduğu ısı da daha fazladır.”
- “ Q işlemi 1 için daha büyüktür ve W işlem 1 için daha büyüktür.”

Isı ile ilgili ikinci soruda, Şekil 2’de verilen basınç hacim grafiğinde 1 ve 2 yolu için ısı kavramı sorgulanmıştır. Şekilde iki farklı işlemden (prosesten) geçen bir ideal gazdan oluşan sistemin P-V diyagramı verilmiştir. İşlem boyunca W sistem tarafından yapılan işi, Q sistem tarafından soğurulan ısıyı göstermektedir. Katılımcılara yöneltilen ısı ile ilgili olan 2. sorunun seçeneklere göre frekans ve yüzde dağılımı Şekil 12’de verilmiştir. Bu soruda doğru seçenek, 1 yolundaki ısıнын 2 yolundaki ısıdan “daha büyük” olduğu “a” seçeneğidir. Araştırmaya katılan fizik öğretmen adaylarının %42,11 ($f=56$)’i doğru seçeneği, %57,15 ($f=76$)’i ise yanlış seçeneği işaretlemişlerdir. Katılımcıların yaklaşık beşte ikisinin doğru seçeneği işaretledikleri söylenebilir.



Şekil 12. 2. Sorunun seçeneklere göre frekans ve yüzde dağılımı

133 öğretmen adayından a doğru seçeneği işaretleyen öğretmen adaylarından %39,28'i doğru yorumda bulunmuştur. 133 adaydan 35'i yanlış olan b seçeneğini seçerek 1 yolundaki ısıнын 2 yolundaki ısıdan daha küçük olduğu yorumunda bulunmuştur. 133 öğretmen adayından 41 aday da c seçeneğini seçerek 1 yolundaki ısıнын 2 yolundaki ısıya eşit olduğunu söylemişlerdir. Öğretmen adaylarının yanlış ve doğru yorumlarında benzerlikler tespit edilmiştir. Doğru yargıları yanlış yorumlayarak ya da yanlış hesaplama yaparak yanlış yorumda bulunmuşlardır. Katılımcılardan 5'i ise soruyu boş bırakarak ne yorum yapmış ne de a, b, c seçeneklerinden birini işaretlemiştir. Yıllara göre frekans ve yüzde dağılımı da Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4.

2. Sorunun Yıllara Göre Frekans ve Yüzde Dağılımı

	2014 (n=52)		2015 (n=20)		2016 (n=30)		2017 (n=31)	
	f	%	f	%	f	%	f	%
a	16	30,77	11	55	14	46,67	15	48,3
b	23	44,23	6	30	4	13,33	2	6,45
c	11	21,15	3	15	11	36,67	12	38,70
boş	2	3,85	0	0	1	3,33	2	6,45

Tablo 5'te 2014 – 2017 yılları arasında toplam 133 katılımcıdan ikinci soru olan ısı sorusu için verdikleri cevapların yıllar bazında yüzde dağılımı sunulmuştur. Tabloda görüldüğü üzere %15,04 (f=20) oranında katılımcı ısıнын yoldan bağımsız olduğu fikrine sahiptir.

Tablo 5.

1. Sorunun Yıllar Bazında Cevapları

	2014 (n=52)	2015 (n=20)	2016 (n=30)	2017 (n=31)
Q1>Q2	%30,77	%55	%46,67	%48,39
Doğru veya doğruya yakın ifade	%13,46	%20	%16,67	%6,45
Diğer yanlış ve eksik ifade	%17,31	%30	%30	%41,94
Q1=Q2	%44,23	%30	%13,33	%6,45
Çünkü ısı yoldan bağımsızdır	%3,85	%10	%13,33	%6,45
Diğer açıklamalar veya boş	%40,38	% 5	%6,66	%16,12
Q1<Q2	%21,15	%15	%36,67	%38,71
Boş	%3,80	%0	%3,33	%12

Isı ile ilgili soru diagnostik yapıda olduğundan sonuçtan ziyade fizik öğretmen adaylarının ne yorum yaptıklarına odaklanılmıştır. Bu soruda elde edilen veriler içerik analizine tabi tutulmuştur. Kendi içerisinde anlamlı bütünler oluşturan kodlar, verileri genel çerçevede açıklayabilecek şekilde, bir üst kategoride birleştirilmiştir, yani temalaştırılmıştır. Yapılan içerik analizi sonucunda elde edilen kodlardan “*Yorumsal Açıklamalar*” ve “*Matematiksel Açıklamalar*” olmak üzere iki ana tema elde edilmiştir. Elde edilen doğru ve hatalı cevapların içerik analizi ana tema bazında alt temalara göre detaylı olarak açıklaması tek tek ele alınarak sunulmuştur.

2. Soru İle İlgili Kod ve Tema Listesi

Kodların Temalaştırılması

Termodinamiğin Birinci Yasası: 2 yolunun sıcaklığını arttırmak için daha az iş demek, iş farklı olduğundan ısılar eşittir

Q – W=ΔE: W büyükse Q’da büyük olacağından

Hacim – Isı : 2 yolundaki hacim genişlemesi fazla olduğundan

Sıcaklık – Isı : Isı değişmiyor, 2 yolunda ortama daha çok ısı çıkar, 2 yolunda soğrulan ısı daha fazladır, ısı basınç ve hacime değil sıcaklığa bağlıdır

Basınç – Isı: Yüksek basınçta sıcaklık düşüktür, $w=\frac{P}{V}$ birim hacimdeki basınç işe eşit

Hal Değişimi – Isı : Isı hal değişimine bağlı olduğundan

Tersinir – Tersinmez Süreç: 1 yolu tersinmez, 2 yolu tersinir olduğu için

Alınan Yol – Isı: Birim hacimde alınan yollar eşit, ısı yoldan bağımsızdır, alınan yollar eşit olduğu için, farklı yollardan gittiği için, ısı nokta fonksiyonu olduğundan

İdeal Gaz Denklemi – Isı: $P_1.V_1$ daha büyük olduğundan

Isı Kavramı Hakkında Doğru Cevapların Matematiksel ve Yorumsal Açıklamaları

Yorumsal Açıklamalar

Alınan Yol –Isı İlişkisi

133 kişilik katılımcı içerisinde 2. soruyu doğru yanıtlayan 56 adaydan 18’inin yorumunda alınan yol ısı arasında bağ kurulduğu görülmüştür. Bu yorumlardan tamamının ısının nokta fonksiyonu olmadığı, sürece bağlı olduğu şeklinde ifadeler yer almıştır. Bu alt temadaki katılımcıların görüşleri ısının sürece bağlı olduğu düşüncesine sahip olduğunu destekler görüşler yarı yapılandırılmış görüşmede elde edilmiştir. A kodlu katılımcının yarı yapılandırılmış görüşmesinden “alınan yol – ısı ilişkisi” temasına ilişkin katılımcı yorumlarından örnek aşağıda verilmiştir:

- A kodlu görüşmeci: “Fakat soğurulan ısı basınç hacim ilişkisine baktığımda bence farklıdır. Farklı yollardan gittiği için ısısının farklı olacağını düşünüyorum.”

Hacim – Isı ilişkisi

133 kişilik öğretmen adayı içerisinde 2.soruyu doğru yanıtlayan 56 kişi içerisinde sadece 18 katılımcı doğru yorumda bulunmuştur. Bu 18 öğretmen adayından 2’sinde aynı ifadelere rastlanmıştır. Bu öğretmen adayları ısı ve hacmi ilişkilendirmişlerdir. Verdikleri yorumlarda P-V grafiğinde 2.yoldaki hacim genişlemesinin 1.yoldaki hacim genişlemesinde fazla olduğunu söyleyerek, hacim genişlemesinin fazla olduğu yerde ısının 1.yoldakine nazaran küçük ya da 1.yoldaki ısı değişimine eşit olacağını söylemişlerdir.

Matematiksel Açıklamalar

$$Q - W = \Delta E$$

2.soruyu doğru yanıtlayan 56 kişi içerisinde sadece 18 öğretmen adayı doğru yorumda bulunmuştur. Bu 18 öğretmen adayının 18’inde de aynı ifadelere rastlanılmıştır. Bu öğretmen adayları termodinamiğin birinci yasasından yola çıkarak matematiksel gösterimle verdikleri cevabı sözel olarak da desteklemişlerdir. Termodinamiğin birinci yasası olan ‘Q-W=E’ eşitliğinde enerji değişimleri eşit olduğundan “ısı”daki değişim “iş”te ki değişime eşit

olduğunu sözel olarak ifade etmişlerdir. Başka bir ifadeyle “ $\Delta E = Q - W \Rightarrow Q_1 - Q_2 = W_1 - W_2$ ” olacağı düşüncesiyle 1 yolundaki iş daha büyükse 1 yolundaki ısı da daha büyüktür şeklinde sözel olarak yorumlamışlardır. Bu durumda çalışmaya katılan fizik öğretmen adaylarından doğru temalar üzerinden %57,14’ünün ikinci soruda hem doğru seçenek işaretlemiş hem de termodinamiğin birinci yasasından yararlanarak doğru yorumda bulunmuştur. Diagnostik sorulara verilen cevaplardan matematiksel açıklamalar ana temasındaki $Q - W = \Delta E$ alt teması için katılımcıların cevaplarından yansıyan katılımcı yorumlarından örnek aşağıda verilmiştir:

- 2017 yılı verilerinden Ö15 kodlu katılımcı “enerji değişimi değişmeyeceği için yani W ’sı büyük olanın ısısı da büyüktür. $Q - W = \Delta E$ ” yorumunda bulunarak 1.yolda ki ısının 2. Yolda ki ısıdan daha büyük olduğu seçeneği işaretlemiştir.

Isı Kavramı Hakkında Yanlış Cevapların Matematiksel ve Yorumsal Açıklamaları

Yorumsal Açıklamalar

Alınan Yol –Isı İlişkisi

133 kişilik katılımcı içerisinde 2.soruyu yanlış yanıtlayan 56 adaydan 28 öğretmen adayı yorumunda alınan yol ısı arasında bağ kurulduğu görülmüştür. Grafiği yorumlayarak birim hacimde alınan yolların eşit olduğunu, ısının yoldan bağımsız olduğunu, ısının nokta fonksiyonu olduğu ve alınan yollar eşit olduğu için ısıları eşit olacağını ifade etmişlerdir. Ancak ısının yola bağlı olduğunu ifade eden ancak bu yoruma rağmen yanlış seçeneği işaretleyen öğretmen adayları da yanlış cevaplar kategorisine alınmıştır. Başka bir ifadeyle yorum doğru olmasına rağmen süreci yanlış değerlendiren katılımcılar olmuştur. Diagnostik sorulara verilen cevaplardan “yorumsal açıklamalar” ana temasındaki “alınan yol – ısı” alt temasına ilişkin katılımcı yorumlarından örnekler aşağıda verilmiştir:

- 2017 yılı verilerinden Ö9 kodlu katılımcı ‘birim hacimde alınan yollar aynı’ yorumunda bulunarak 1 yolunda ki ısıyı 2 yolunda ki ısıya eşit olan seçeneği işaretlemiştir.

- 2017 yılı verilerinden Ö13 kodlu katılımcı ‘ısı yola bağlı fonksiyondur.’ yorumunda bulunarak 1 yolunda ki ısının 2 yolunda ki ısıdan daha küçük olan seçeneği işaretlemiştir.

Öğretmen adaylarının ısının sürece bağlı olduğu başka ifadeyle yola bağlı olduğu düşüncesine sahip olmadığı görülmüştür. Bu duruma ait 2016 yılı Ö11 ve Ö8 kodlu katılımcıların yorumları “yorumsal açıklama” ana teması altındaki “alınan yol – ısı ilişkisi” alt temasına ilişkin katılımcı yorumlarından örnekler olarak aşağıda verilmiştir:

- 2016 yılı verilerinden Ö11 kodlu katılımcı ‘ sistem tarafından soğurulan ısı aynıdır. Çünkü kat edilen mesafe ikisi içinde aynıdır.’ yorumunda bulunmuştur.
- 2016 yılı verilerinden Ö8 kodlu katılımcı ‘ ısılar eşittir çünkü aldıkları yol (yer değiştirme) ikisinde de aynıdır.’ yorumunda bulunmuştur.

Hacim – Isı ilişkisi

133 kişilik öğretmen adayı içerisinde 2.soruyu doğru yanıtlayan 56 kişi içerisinde sadece 28 aday doğru yorumda bulunabilmiştir. Bu 28 öğretmen adayından 2’sinde de aynı ifadeler kullanmıştır. Bu öğretmen adayları ısı ve hacmi ilişkilendirmişlerdir. Verdikleri yorumlarda P-V grafiğinde 2.yoldaki hacim genişlemesinin 1.yoldaki hacim genişlemesinde fazla olduğunu söyleyerek, hacim genişlemesinin fazla olduğu yerde ısının 1.yoldakine nazaran büyük ya da 1.yoldaki ısı değişimine eşit olacağını söylemişlerdir. “Hacim-ısı ilişkisi” alt temasına ilişkin katılımcı yorumlarından örnek aşağıda verilmiştir:

- 2017 yılı verilerinden Ö4 kodlu katılımcı “çünkü 2 yolunda daha çok hacim genişlemesi var.” yorumunda bulunarak 1 yolundaki ısının 2 yolundaki ısıdan küçük olduğu seçeneği işaretlemiştir.

Basınç – hacim sıcaklık ile ilgili yarı yapılandırılmış görüşmeden M kodlu katılımcının yorumu şu şekildedir:

- M kodlu görüşmeci: “Bu grafikten ısıyla ilgili bir şey çıkaramayız herhalde...Hacim ve basıncın artması demek sıcaklığın artması anlamına gelmiyor mu? Sıcaklıkla ilgili yorum yapabiliriz ama ısıyla ilgili yapamayız.”

Sıcaklık – Isı İlişkisi

133 kişilik öğretmen adayından 2.soruyu doğru yanıtlayan 56 adaydan sadece 22 aday doğru yorumda bulunmuştur. Bu 22 öğretmen adayından 10'u aynı ifadeleri kullanarak yorum yapmıştır. Bu öğretmen adayları ısı ve sıcaklığı ilişkilendirmişlerdir. Yazdıkları ifadelerde, sıcaklık sıfırda ısıya da sıfır olacağını bundan dolayı ısıların eşit olduğunu, 2.yolda soğurulan ısıya daha fazla olduğunu ya da doğrudan ısıya değişmediğini, ısıya sadece sıcaklığa bağlı olduğunu dile getirmişlerdir. "Isı – sıcaklık" alt temasına ilişkin katılımcı yorumlarından örnek aşağıda verilmiştir:

- 2017 yılı verilerinden Ö6 kodlu katılımcı *'bu sistemde sıcaklıklar eşittir. $\Delta T=0$, $Q=0$ '* yorumunda bulunarak iki yolda ki ısıları da birbirine eşit olduğu seçeneği işaretlemiştir.

Basınç –Isı İlişkisi

133 kişilik öğretmen adayından 2.soruyu doğru yanıtlayanların 56'sından sadece 22 aday doğru yorumda bulunmuştur. Doğru yorumda bulunan 22 öğretmen adayından 4'ü aynı ifadeleri kullanarak yorum yapmıştır. Öğretmen adayları yorumlarında ısı ve basıncı ilişkilendirmişlerdir. Adaylar yazdıkları ifadelerinde; yüksek basınçta sıcaklığın daha küçük olduğunu, birim hacimdeki basıncın işe eşit olduğunu ve iş ile ısı arasında 1.soruyla bağlantı kurarak yorumda bulunmuşlardır. "Basınç – ısı alt temasına ilişkin katılımcı yorumlarından örnek aşağıda verilmiştir:

- 2017 yılı verilerinden Ö8 kodlu katılımcı *'yüksek basınçta sıcaklık daha küçüktür'* yorumunda bulunarak 1.yolda ki ısıyı 2.yolda ki ısıdan daha küçüktür yorumunu işaretlemiştir.

Hal Değişimi – Isı İlişkisi

133 kişilik öğretmen adayından 2.soruyu doğru yanıtlayan 56 kişiden sadece 22 aday doğru yorumda bulunmuştur. Doğru yorumda bulunan 22 öğretmen adayından 1'i yorumunda hal değişimi ile ısı arasında bağ kurmuştur. Öğretmen adayları yorumunda $Q=m(U_2-U_1)$ eşitliğini yazarak 1.yoldaki ısıya 2.yoldaki ısıya göre daha küçük olduğunu ifade etmiştir.

“Hal değişimi-ısı” alt teması altındaki diagnostik soruya verilen cevaplara ilişkin örnek aşağıda verilmiştir:

- 2017 yılı verilerinden Ö11 kodlu katılımcı ‘ $Q=m(U_2 - U_1)$ ’ eşitsizliğini kullanarak 1 yolundaki ısıнын 2 yolundaki ısıdan daha küçük olduğu seğeneği işaretlemiştir.

Tersinir –Tersinmez Süreç

133 kişilik öğretmen adayından 2.soruyu doğru yanıtlayan 56 kişiden sadece 22 aday doğru yorumda bulunmuştur. Doğru yorumda bulunan 22 öğretmen adayından 1 adayın yorumunda hal değişimi ile ısı arasında bağ kurulmuştur. Öğretmen adayı yorumunda 1.yolu tersinmez,2. yolu tersinir olduğunu söyleyerek 1.yoldaki ısıнын 2. yoldaki ısıdan daha küçük olduğunu söylemiştir. “Tersini- tersinmez” alt temasına ilişkin katılımcı yorumlarından örnek aşağıda verilmiştir:

- 2017 yılı verilerinden Ö15 kodlu katılımcı ‘1.yolu tersinmez, 2 yolu tersinir almayı ifade etmektedir. Tersinir sistemlerde ısı daha fazla olur.’ Yorumunda bulunarak 1 yolunda ki ısıнын 2 yolundaki ısıdan küçük olduğu seğeneği işaretlemiştir.

Matematiksel Açıklamalar

$$Q - W = \Delta E$$

133 öğretmen adayından 2.soruyu doğru yanıtlayan 56 kişi iğerisinden 28’i yanlış yorumda bulunmuştur. Bu 28 katılımcıdan 21’i termodinamiğin birinci yasasından yola çıkarak, ‘ $Q-W=E$ ’ eşitliğini kullanmış ve ters orantı kurarak yorum yapmışlardır. Enerjilerin eşit olması durumunda iş büyükse ısıнын küçük olacağını ya da iş küçükse ısıнын büyük olacağını ifade etmişlerdir. Ya da işler farklı olduğundan dolayı ısıların eşit olacağını ifade etmişlerdir. “ $Q - W = \Delta E$ ” alt temasına ilişkin katılımcı yorumlarından örnek aşağıda verilmiştir:

- 2017 yılı verilerinden Ö12 kodlu katılımcı ‘ $Q-W=\Delta E$, $\Delta E=0$ ise $Q=W$, $W_1 > W_2$ idi. $Q_1 > Q_2$ olur.’ yorumunda bulunarak 1yolundaki ısı 2 yolundaki ısıdan büyüktür seğeneğini seğmiştir.

İdeal Gaz Denklemi –Isı İlişkisi

133 öğretmen adayından 2.soruyu doğru yanıtlayan 56 kişi içerisinde sadece 22 katılımcı doğru yorumda bulunabilmiştir. 22 öğretmen adayından 3'ünün yorumunda benzerlikler tespit edilmiştir. 1. yoldaki basınç hacim çarpımının 2. yola göre daha büyük olduğu için 1.yoldaki ısıнын 2.yoldaki ısıdan daha küçük olacağını ifade etmişlerdir. İdeal gaz denklemi – ısı ilişkisi alt temasına ilişkin katılımcı yorumlarından örnekler aşağıda verilmiştir:

- 2014 yılı verilerinden Ö10 kodlu katılımcı ' $P.V=R.T$ eşitlikten P,V daha büyük' yorumunda bulunarak 1 yolunda ki ısıнын 2 yolunda ki ısıdan daha küçük olan seçeneği işaretlemiştir.

Termodinamiğin Birinci Yasası Çerçevesinde İç Enerji ile İlgili Kavramsal Zorluklar

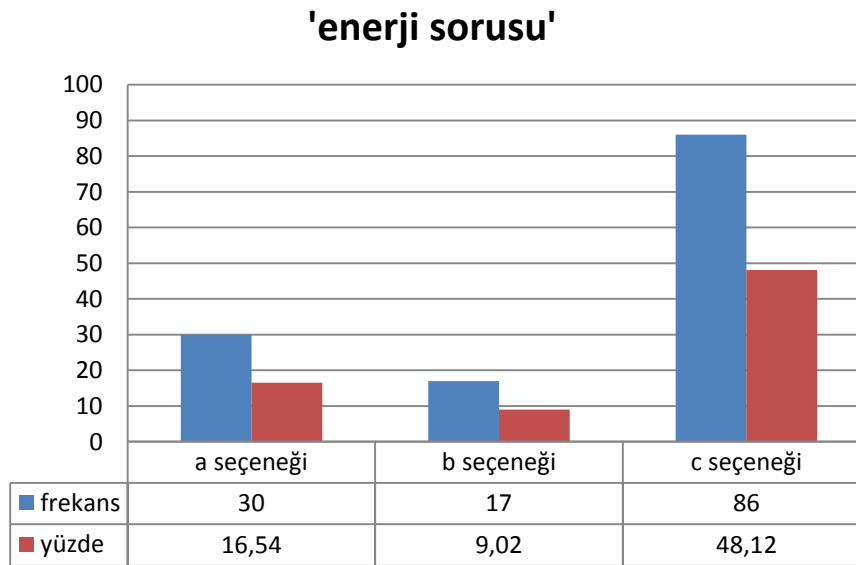
Bu bölüm “Termodinamiğin birinci yasası çerçevesinde enerji ile ilgili kavramsal zorlukları nelerdir?” şeklinde ifade edilen araştırmanın üçüncü alt problemine yöneliktir. Katılımcıların enerji ile ilgili kavramsal zorlukları termodinamiğin birinci yasası çerçevesinde belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla ‘Meltzer’ (2004) tarafından geliştirilen 3 basamaklı 3 sorudan oluşan testin üçüncü sorusundan (Şekil 2) elde edilen veriler analiz edilmiştir. Şekil 1’de görülen bu soruda; iki farklı işlemde (prosesten) geçen bir ideal gazdan oluşan sistemin P-V diyagramı verilerek 1 yolundaki enerjinin, 2 yolundaki enerji ile “a) daha büyük, b) daha küçük, c) eşit” şeklinde kıyaslama yapmaları istenmiştir. Katılımcılardan bu seçeneği işaretledikten sonra neden bu seçeneği işaretlediklerinin gerekçelerini de yazmaları istenmiştir.

Fizik öğretmen adaylarına yöneltilen enerji ile ilgili diagnostik soruya doğru cevap olarak beklenen açıklamalar şöyledir:

- “Herhangi bir değişim sırasında, bir sistemin aldığı Q ısı ile yaptığı W işi arasındaki fark, gidilen yoldan bağımsız olup, sistemin iç enerjisindeki ΔE artışına eşittir. Hem 1 yolu hem de 2 yolu için enerjinin başlangıç ve bitiş noktaları aynı olduğundan $\Delta E_1 = \Delta E_2$ dir”
- “Termodinamiğin birinci yasası gereği, $\Delta E = Q - W$, enerji değişimi aynıdır. Enerji yola bağlı değildir. Bu yüzden $\Delta E_1 = \Delta E_2$ dir”
- Enerji değişimi yola bağlı değildir. Enerji nokta fonksiyonudur. Bu yüzden $\Delta E_1 = \Delta E_2$ dir.
- “ $Q_1 - W_1 = Q_2 - W_2$, sistem 1 daha fazla iş yaptığından soğurduğu ısı da daha fazladır $\Rightarrow$ Bu yüzden $\Delta E_1 = \Delta E_2$ “

Termodinamiğin birinci yasası en genel haliyle $\Delta E = Q - W$ ile verilir. Hareketsiz kapalı sistemler içinse $\Delta U = Q - W$ şeklinde verilmektedir. Ayrıca sisteme ısı girişinin (+), sistemden ısı çıkışının (-) ve sistem tarafından yapılan işin (+), sistem üzerine yapılan işin (-) alındığı biçimindeki işaret kabul edilmiştir. İç enerji bir durum değişkenidir. Q ve W yola bağımlıdır. Bu nedenle “bir sistemin “iş” veya “bir sistemin “ısı” demek hatalı olur. Ancak “bir sistemin iç enerjisi” demek doğru olur. Çünkü “iç enerji” yoldan bağımsızdır. Araştırmada üçüncü alt problem için kullanılan 3. soruyu tüm katılımcıların kapalı sistemler için çözmeleri istendiğinden enerji farkı olan $\Delta E = \Delta U$ dur ve bu nedenle bu sorunun analizi termodinamiğin kavramlarından biri olan “iç enerji” ile ilgili kavramsal zorlukların belirlenmesinde kullanılmıştır.

Enerji ile ilgili üçüncü soruda, Şekil 2’de verilen basınç hacim grafiğinde 1 ve 2 yolu için enerji kavramı sorgulanmıştır. Şekilde iki farklı işlem (prosesten) geçen bir ideal gazdan oluşan sistemin P-V diyagramı verilmiştir. İşlem boyunca W sistem tarafından yapılan iş, Q sistem tarafından soğurulan ısıyı göstermektedir. Katılımcılara yöneltilen enerji ile ilgili olan 3. sorunun seçeneklere göre frekans ve yüzde dağılımı Şekil 13’de verilmiştir. Bu soruda doğru seçenek, toplam enerji değişimi (ΔE) “aynıdır” olan “c” seçeneğidir. Araştırmaya katılan fizik öğretmen adaylarının %48,12 ($f=86$)’si doğru seçeneği işaretlemişlerdir. Başka bir ifadeyle katılımcıların yaklaşık yarısının enerji kavramının sorgulandığı 3. soruda doğru seçeneği işaretledikleri söylenebilir.



Şekil 13. 3. Sorunun seçeneklere göre frekans ve yüzde dağılımı

133 öğretmen adayından 86'sı doğru yanıt olan "c" seçeneğini seçerken sadece 21 kişisi doğru yorumda bulunmuştur. 30 katılımcı "a" seçeneğini işaretleyerek 1 yolundaki toplam enerji değişimini 2 yolundakine göre daha büyüktür diyerek yanlış seçeneği seçmiştir. 17 öğretmen adayı da "b" seçeneğini işaretleyerek 2 yolundaki toplam enerji değişiminin 1 yolundakine göre daha büyük olduğunu söyleyerek yanlış seçeneği işaretlemiştir. Öğretmen adaylarının doğru ve yanlış cevaplarının ana argümanları olan termodinamiğin birinci yasası olduğunun bilincindedirler ancak yanlış yorumlamada bulunmuşlardır. Katılımcılardan hiç biri soruyu boş bırakmamış, seçeneklerinden birini işaretlemiştir. Yıllara göre frekans ve yüzde dağılımı da Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6.

3. Sorunun Yıllara Göre Frekans ve Yüzde Dağılımı

	2014 (n=52)		2015 (n=20)		2016 (n=30)		2017 (n=31)	
	f	%	f	%	f	%	f	%
a	8	15,38	10	50	6	20	6	19,35
b	8	15,38	1	5	5	16,67	3	9,68
c	36	69,23	9	45	19	63,33	22	70,97
Toplam	52	100,00	20	100	30	100	31	100,00

Tablo 7'de 2014 – 2017 yılları arasında toplam 133 katılımcıdan üçüncü soru olan enerji sorusu için verdikleri cevapların yıllar bazında yüzde dağılımı sunulmuştur.

Tablo 7.

3. Sorunun Yıllar Bazında Cevapları

	2014 (n=52)	2015 (n=20)	2016 (n=30)	2017 (n=31)
E1>E2	%15,38	%50	%20	%19,35
çünkü eğrinin altında kalan alanla orantılıdır	%11,54	%25	%20	%16,13
Diğer yanlış ve eksik ifade/boş	%3,85	%25	%0	%3,23
E1=E2	%15,38	%5	%16,67	%9,68
Çünkü ısı yoldan bağımsızdır	%15,38	%5	%21,2	%13,5
Diğer açıklamalar veya boş	%12,18	%0	%13,33	%3,23
E1<E2	%69,23	%45	%63,33	%70,97

Enerji ile ilgili soru diagnostik yapıda olduğundan sonuçtan ziyade fizik öğretmen adaylarının ne yorum yaptıklarına odaklanılmıştır. Bu soruda elde edilen veriler içerik analizine tabi tutulmuştur. Kendi içerisinde anlamlı bütünler oluşturan kodlar, verileri genel çerçevede açıklayabilecek şekilde, bir üst kategoride birleştirilmiştir, yani temalaştırılmıştır. Yapılan içerik analizi sonucunda elde edilen kodlardan “*Yorumsal Açıklamalar*” ve “*Matematiksel Açıklamalar*” olmak üzere iki ana tema elde edilmiştir. Elde edilen doğru ve hatalı cevapların içerik analizi ana tema bazında alt temalara göre detaylı olarak açıklaması tek tek ele alınarak sunulmuştur.

3. Soru İle İlgili Kod ve Tema Listesi

Kodların Temalaştırılması

İdeal Gaz Denklemi: İdeal gaz olduğu için

İç Enerji – Toplam Enerji: İç enerji aynı kalacağından, çevrimde iç enerji değişmez.

Eğrinin Altında Kalan Alan: P – V grafiğinde eğrinin altında kalan alan büyükse enerjide büyüktür, P-V grafiğinde her iki yolda da basınç ve hacim aynı oranda arttığı için

Sürekli Artan Enerji Değişimi: Sürekli artan bir enerji değişimi olduğu için

Termodinamiğin Birinci Yasası: $Q-W=\Delta E$, Q ve W büyükse E’de büyüktür, $Q-W=\Delta H$, $Q-W=\Delta E$ ısı ve iş eşitse enerjilerde eşittir, $\Delta Q = \Delta W + \Delta U$, $Q-W=E=U$, iki yol içinde aynı iş yapılmıştır, etkili faktör ısıdır, Isılar eşit ve ters işaretli olduğundan ΔE aynıdır, ısılar eşitse işi büyük olanın enerjisi küçük olur, İş büyükse ısı küçük, iş küçükse ısı büyük her iki durumda da enerjiler eşit, Isılar eşitse işi büyük olanın enerjisi büyük.

Enerji Kavramı Hakkında Doğru Cevapların Matematiksel ve Yorumsal Açıklamaları

Yorumsal Açıklamalar

İdeal Gaz Denklemi

133 öğretmen adayından 3.soruyu doğru yanıtlayan 86 kişi içerisinde sadece 21 aday doğru yorumda bulunmuştur. Doğru yorumda bulunan 21 öğretmen adayından 3’ünün yorumunda

benzerlikler tespit edilmiştir. Toplam enerjiyi yorumlarken ideal gaz oldukları için basınç ve hacim değerlerini karşılaştırarak yorumda bulunmaya çalışmışlardır. “İdeal gaz denklemi” alt temasına ilişkin katılımcı yorumlarından örnekler aşağıda verilmiştir:

- 2014 yılı verilerinden Ö1 kodlu katılımcı “ideal gaz denildiği için ΔE sabittir.” yorumunda bulunarak 1 yolunda ki enerjinin 2 yolunda ki enerjiye eşit olan seçeneği işaretlemiştir.

Matematiksel Açıklamalar

Termodinamiğin 1. Yasası

133 kişilik öğretmen adayından 3.soruyu doğru yanıtlayan 86 kişi içinden sadece 21 aday doğru yorumda bulunmuştur. 21 öğretmen adayından 19 adayın yorumunda benzerlikler tespit edilmiştir. Bu öğretmen adayları gerek matematiksel ifade gerekse yasayı yorumlayarak yazsalar da benzer ifadelerde bulunmuşlardır. İlk iki soruda verdikleri cevaplar ışığında hareket ettikleri için eğer ki ilk iki sorusundan biri ya da ikisi yanlışsa doğrudan yanlış cevaba ulaşmışlardır. ‘ $Q-W=E$ ’ eşitliğinde iş büyük ısı küçükse, iş küçük ısı büyükse gibi ya da iş ve ısı aynı oranda artıp azalıyor buna bağlı olarak toplam enerjileri hakkında yorumlarda bulunmuşlardır. “Termodinamiğin 1.yasası” alt temasına ilişkin katılımcı yorumlarından örnek aşağıda verilmiştir:

- 2016 yılı verilerinden Ö3 kodlu katılımcı ‘ $Q-W=\Delta E$, $Q-W=E_2-E_1 \rightarrow$ bu iki durum içinde geçerlidir. $Q=W+\Delta U$ ’ yorumunda bulunarak 1 yolundaki enerjinin 2 yolunda ki enerjiye eşit olan seçeneği işaretlemiştir.

İç Enerji –Toplam Enerji İlişkisi

133 kişilik öğretmen adayından 3.soruyu doğru yanıtlayan 86 kişi içinden sadece 21 aday doğru yorumda bulunmuştur. 21 öğretmen adayından 10’unun yorumunda benzerlikler tespit edilmiştir. Bu öğretmen adayları iç enerji ile toplam enerji arasında doğru orantı kurarak iç enerjinin aynı kalmasından dolayı toplam enerji hakkında yorumda bulunmuşlardır. “İç

enerji –toplam enerji ilişkisi” alt temasına ilişkin katılımcı yorumlarından örnekler aşağıda verilmiştir:

- 2014 yılı verilerinden Ö16 kodlu katılımcı ' $\Delta E = U + \Delta E_k + \Delta E_p$ iç enerji aynı kalacağından eşittirler.' yorumunda bulunarak 1 yolunda ki enerjinin 2 yolunda ki enerjiye eşit olan seçeneği işaretlemiştir
- 2016 yılı verilerinden Ö11 kodlu katılımcı ' $K.E = 0 P.E = 0 \Delta E = \text{iç enerji}$ ' yorumunda bulunarak 1 yolunda ki enerjinin 2 yolunda ki enerjiye eşit olan seçeneği işaretlemiştir

Enerji Kavramı Hakkında Yanlış Cevapların Matematiksel ve Yorumsal Açıklamaları

Yorumsal Açıklamalar

Eğrinin Altında Kalan Alan – Toplam Enerji

133 kişilik öğretmen adayından 3.soruyu doğru yanıtlayan 86 kişi içinden sadece 21 aday doğru yorumda bulunmuştur. 21 öğretmen adayından 6'sının yorumunda benzerlikler tespit edilmiştir. Bu öğretmen adayları basınç hacim grafiğinden faydalananarak eğrinin altında kalan alan ne kadar büyükse enerjinin de o kadar büyük olacağını ifade etmişlerdir. Ya da her iki yol içinde basınç ve hacim değerlerinin aynı oranda arttığını bu yüzden enerjilerinin de aynı olması gerektiği yönünde yanlış yorumda bulunmuştur. “Eğrinin altında kalan alan – toplam enerji” alt temasına ilişkin katılımcı yorumlarından örnek aşağıda verilmiştir:

- 2016 yılı verilerinden Ö9 kodlu katılımcı “çünkü eğrinin altında kalan alanla orantılıdır ve 1.yolun altındaki alan 2.yolun altından büyüktür.” yorumunda bulunarak 1 yolunda ki enerjinin 2 yolunda ki enerjiden daha büyük olan seçeneği işaretlemiştir.

Eğrinin altında kalan alan – toplam enerji teması için yarı yapılandırılmış F kodlu katılımcıdan yansıyan yorumu şu şekildedir:

- F kodlu katılımcı :“İş kinetik enerji teoreminden giderdim. İş eğrinin altında ki alandı ,iş büyük olanın enerjisi daha büyük derdim..”

Sürekli Artan Bir Enerji Değişimi

133 kişilik öğretmen adayından 3.soruyu doğru yanıtlayan 86 kişi içinden sadece 21 aday doğru yorumda bulunmuştur. 21 öğretmen adayından 3 adayın yorumunda benzerlikler tespit edilmiştir. Bu öğretmen adayları sürekli olarak artan bir enerji değişimi olduğunu öne sürerek toplam enerjinin artacağı şeklinde yanlış yorumda bulunmuşlardır. “sürekli artan bir enerji değişimi” alt temasına ilişkin katılımcı yorumlarından örnek aşağıda verilmiştir:

- 2017 yılı verilerinden Ö11 kodlu katılımcı ‘sürekli artan bir enerji değişimi vardır.’ yorumunda bulunarak 2 yolunda ki enerjinin 1 yolunda ki enerjiden daha büyük olan seçeneği işaretlemiştir.

BÖLÜM IV

TARTIŞMA

Bir devlet üniversitenin fizik öğretmenliği bölümünde okuyan 133 öğretmen adayının katılımıyla gerçekleştirilen bu çalışmada diagnostik soru kapsamında açık uçlu sorular yardımıyla Termodinamiğin 1. Yasası çerçevesinde ısı, iş ve iç enerji kavramlarının anlaşılmasında yaşanan zorluklar belirlenmeye çalışılmıştır. Yarı yapılandırılmış görüşme verileri ile yorumlar desteklenmiştir.

Yarı yapılandırılmış görüşmelerde katılımcılara, diagnostik sorular tekrar yöneltilmiş ve yanıtlamaları istenmiştir. Açık uçlu sorulara doğru cevap veren öğretmen adayları yarı yapılandırılmış görüşme sırasında da termodinamik dersini aldıktan sonra üzerinden uzun zaman geçmesine rağmen yine doğru yanıtlar vermişlerdir. Net bir şekilde doğru yanıt veremedikleri durumlarda da soruları anımsadıkları bilgiler doğrultusunda doğru bir şekilde tekrardan yorumlamış ya da küçük hatırlatmalar, ipuçları sayesinde doğru cevapladıkları verdikleri görülmüştür. Bu öğretmen adaylarının bilgilerini ölçmek için doğru bir ölçüm yöntemi ve doğru soru seçiminin yaptığını göstermektedir. Çünkü sorulan diagnostik sorular doğrudan termodinamiğin birinci yasasını yorumlatıcı ve açıklatıcı niteliktedir.

Öğretmen adaylarıyla yapılan görüşmelerde, açık uçlu sorularda başarısız olmuş, ilgili soruyu yanlış yapmış hatta ders tekrarına kalan katılımcılarda ise görüşme sırasında sorular tekrar yöneltildiği zaman tekrar aynı şekilde doğru yanıtı ulaşamama ya da küçük ipuçları verildiği zaman konu hakkında fikir sahibi olduğu ama tam olarak doğru sonuca ulaşamadıkları gözlenmiştir. Öğretme adaylarının gerek görüşmelerde verdikleri yanıtlar gerekse açık uçlu sorularda verdikleri cevaplarda benzer ifadeler rastlanılmıştır. Bu benzer ifadeler içerik analizi yöntemi kullanılarak analiz edilip kodlar elde edilmiştir. Tümevarımcı

bir analize tabi tutulmuş, temalar ve ana temalar oluşmuştur. Böylece fizik öğretmen adaylarının termodinamiğin birinci yasasına yönelik yaşadıkları kavramsal zorluklar ortaya çıkarmaya çalışılmıştır.

İş ile İlgili Kavramsal Zorlanmalar

Öğretmen adaylarına başlangıç ve bitiş noktaları aynı olan iki farklı süreç verilmiş, bu iki ayrı süreçte yapılan işi birbirlerine kıyas yaparak yorum yapmalar istenmiştir. Elde edilen verilen çözümlenmesi sonucunda katılımcıların cevaplarının 6 tema altında toplandığı, bu temaların da “kavramsal açıklama” ve “matematiksel açıklama” olmak üzere iki ana temada toplandığı görülmüştür. Başka bir ifadeyle fizik öğretmen adaylarının iş ile ilgili soruda ya yorum yapma ya da matematiksel bağıntılara yönelme durumu olduğu görülmüştür. Bu sonuç Loverude, Kautz ve Heron (2002)’nin öğrencilerin termodinamiğin birinci yasası hakkındaki anlayışı üzerine yaptığı araştırmasında ulaşılan öğrencilerin aynı sorunlara yaklaşırken aynı kavramları ve araçları kullanmadıkları tespiti ile örtüşmektedir.

Yüzde olarak en fazla karşılaşılan temanın “eğrinin altında kalan alan” olduğu yani öğretmen adaylarının eğrinin altında kalandan yararlanarak işi bulma eğiliminde olduğu görülmüştür. Ancak doğru yorumu biliyor olmalarına rağmen fizik öğretmen adaylarının yanlış seçeneği seçtikleri de tespit edilmiştir. Yarı yapılandırılmış görüşmelerde de katılımcıların verdikleri geri dönütler doğrultusunda; fizik ya da herhangi bir konuda, derste karşılarına grafik çıktığı zaman korktuklarını, konuyu bilseler dahi grafik gördükleri anda tedirgin olduklarını, formül olsa bir şekilde formülden soruyu çıkartabileceklerini ama grafik olunca nasıl yorumlayacaklarını ya da nasıl işleme döneceklerini bilmediklerini ifade etmişlerdir. Yapılan yarı yapılandırılmış görüşmelerde ayrıca katılımcılardan bazıları yöneltilen soruların basınç hacim grafiği şeklinde değil de farklı bir metin formatında sorulmuş olsa idi, örneğin “basınç artarken hacim sabit kalırsa ya da basınç sabit kalırken hacim artarsa nasıl yorumladınız” gibi sorulsaydı, cevaplarda değişiklikler olabileceği yönünde yorumda bulunmuşlardır. Yarı yapılandırılmış görüşmede katılımcılara Termodinamiğin birinci yasasıyla çözümü yapılan soru grafik içermeyecek şekilde sorulduğunda bir anda iş’in basınçla doğru orantılı olduğu düşünülerek basınç artıyorsa iş’in de artacağını ya da tam tersi basınç fazla ise iş’in az olacağı yorumunda bulunmuşlardır. Eğer hacmi arttırsak bu sefer de iş’i hacimle doğru orantılıdır diyerek hacim artarsa iş artar ya da tam tersi ters orantı

kurarak hacim artarsa iş azalır yorumunda bulunmuşlardır. Basınç – hacim iş arasındaki ilişki için yarı yapılandırılmış görüşmedeki M kodlu katılımcının “İşler eşittir derdim. x-t grafiği gibi geliyor. Hacim sabitken artan azalan basınç değerinde gidip gelecektir o yüzden aynı derdim yine. Isı için yine aynı derdim verdiğim cevapların aynısını verirdim. Isılar eşitse enerjilerde eşittir.” şeklinde yorumu ile Ez kodlu katılımcının “Cevaplarım değişirdi. Sonuçta hacim sabit ve basınç artıyor. Enerji hariç diğerleri değişirdi” yorumu araştırmacının çıkarımlarını destekler niteliktedir. Bu araştırmada belirlenen sorudaki grafiği okuma konusundaki yaşanan zorluk alan yazınla uyumludur (Krande ve Akapınar, 2019; Bayazıt, 2011; Roth ve Bowen, 1999; Demirci ve Uyanık, 2009). Öğrencilerin grafikli sorularda sıkıntılar yaşandığı ve bu sıkıntıları ölçme yönünde araştırmalar yapılmaktadır (Bütüner ve Uzun, 2011; Taşar, Kandil-İngeç. ve Ünlü-Güneş, 2002).

Öğretmen adaylarında genel olarak görülen zorlanmalardan biri de grafikte eğrilerin çembersel yani döngüsel bir şekilde gelerek birbirini tamamladıkları yönündeki düşüncedir. Grafikte ki A ve B noktalarını, A’ dan B’ ye ve B’ den A’ ya bir yol izleyerek yapılan iş şeklinde yorumlayarak iki süreçte de işin aynı olduğunu ifade etmişlerdir. Grafiği kapalı bir ilmek gibi görerek iki yol içinde yapılan işleri eşit almışlardır. Süreçleri tersinir tersinmez şeklinde görerek eksi işaretlisidir yorumunu yapan katılımcılar da olmuştur. Yarı yapılandırılmış görüşmedeki G kodlu katılımcı “Şimdi şurada iki yolum var ya gözümün önünde aynı yerden başlayıp aynı yere gitmiş yolları farklı ama başı ve sonu aynı olduğu için eşit deme gereği duydum şu an” şeklindeki ifadesi bu yorumu destekler niteliktedir. Eğrinin altında kalan alanın işi vereceğini söyledikleri halde grafiğin döngüsel olması kavramsal zorlanma yaratarak altında kalan alanı okuyamamışlardır, açık uçlu soru çözümünde soru kâğıdı üzerine yaptıkları çizimler de bu zorluğun yaşandığını destekler niteliktedir. Hatta doğru bir şekilde altta kalan alanı tarasa dahi yine de yanlış seçeneği seçen katılımcılar olmuştur. Ayrıca fizik öğretmen adayları işi hesaplarken başlangıç ve bitiş noktalarını dikkate almaktadır. Yani işin sürece bağlı olmadığı düşüncesine sahip olan katılımcılar mevcuttur. İş yoldan bağımsızdır olduğu inancına sahip katılımcı sayısı (%7,52) azımsanmayacak orandadır. Araştırmada belirlenen bu zorluk alan yazınla uyumludur. Oldukça geniş katılıcı grubu ile çalışan Meltzer (2004) diagnostik soruları quiz şeklinde üç yıl uygulamış ve quiz cevaplarını detaylı olarak incelemiştir. Bu araştırmada da elde edilen sonuçlarla örtüşecek şekilde katılımcıların “yapılan işin süreçten bağımsız olduğu inancı”na

sahip olduğu görülmüştür. Meltzer (2004) öğrencilerin azımsanmayacak (%15-25) bir kısmının, işin nokta fonksiyonu olduğu ve bir süreç boyunca yapılan işin başlangıç ve bitiş durumlarına bağlı olduğu fikrine sahip olduğunu belirlemiştir. Pek çok öğrencinin bu fikrini yazılı olarak açıkça dile getirdiklerini vurgulanmıştır. Grafikteki iki süreçte yapılan işleri birbirine eşit olarak gördükleri tespit edilmiştir.

Yüzde olarak en fazla karşılaşılan ikinci yorum işin yoldan bağımsız olduğu fikrini ifade eden temadır. Öğretmen adayları grafikte her bir nokta için değer alarak aslında gidilen yollara bakarak işi sürece bağlı olarak yorumlamışlardır. İşin noktasal olmadığını süreçten etkileneceğini ve verilen basınç hacim değerlerine göre değişiklik göstereceğini ifade etmişlerdir. Bu yorumu yapan katılımcı sayısının yüksek oranda olduğu söylenebilir. Sonuç olarak işin gidilen yola bağımlı olduğu şeklindeki doğru fikre sahip fizik öğretmen adayları iş ile ilgili sorularda kavramsal anlamda zorlanmadıkları bazılarının matematiksel bazılarının yorum şeklindeki ifadeler ile soruları çözdükleri söylenebilir.

İş ile ilgili karşılaşılan yorumsal kavramsal zorlanmaların bir diğeri basınç - hacim – iş arasındaki ilişkilendirme ile ilgilidir. Hacmi sabit tutulur basıncı arttırılırsa daha fazla iş yapıldığını ne kadar fazla basınç varsa ise o kadar çok iş yapılacağı yönünde yorumda bulunmuşlardır. Bu süreçte iş ile ilgili karşılaşılan zorluk matematik kaynaklıdır. Katılımcılar grafikteki yanlış okumalar ya da yorumdan kaynaklı hatalar yapmışlardır. $W = \int_{V_1}^{V_2} P dV$ eşitliğinde öğretmen adayları aslında doğru bir ifade kullanmalarına karşılık yanlış cevabı seçmişlerdir. Katılımcıların zorlandıkları kısım integral alma ile ilgilidir. İntegrali açmadan yaptıkları zaman hacimdeki değişime bakarak basıncın arttığını ve buna bağlı olarak işin daha fazla olduğunu ya da integralin sınırlarını açarken de sınırları yazma açısından hatalar yaptıkları görülmüştür. Termodinamiğin birinci yasasından yola çıkarak yani formül üzerinden soruyu çözme eğiliminde olan fizik öğretmen adayları da mevcuttur. Bu yolu tercih eden katılımcıların küçük bir bölümü de termodinamiğin birinci yasasını yazarken bağıntıda hata yapmıştır.

Isı ile İlgili Kavramsal Zorlanmalar

Öğretmen adaylarına başlangıç ve bitiş noktaları aynı olan iki farklı süreç verilmiş, bu iki ayrı süreçte soğurulan ısıyı birbirlerine kıyas yaparak yorum yapmalar istenmiştir. Elde

edilen verilen çözümlenmesi sonucunda katılımcıların cevaplarının 8 tema altında, bu temaların da “kavramsal açıklama” ve “matematiksel açıklama” olmak üzere iki ana temada toplandığı görülmüştür.

Yüzde olarak en fazla karşılaşılan temanın “termodinamiğin birinci yasası” olduğu yani öğretmen adaylarının termodinamiğin birinci yasasını kullanarak ısı ile ilgili soruyu çözme eğiliminde oldukları görülmüştür. Bu sonucu görüşmeler de desteklemektedir. Öğretmen adaylarıyla yapılan yarı yapılandırılmış görüşmeler de grafiği termodinamiğin birinci yasasıyla ilişkilendirerek matematiksel bağıntı yardımıyla soğurulan ısı hakkında katılımcılar yorum yapmaya çalışmışlardır. Fizik öğretmen adaylarının 1.soruda verdikleri yanıtlara bağlı kalarak ikinci soruyu da yanıtlamaya çalıştıkları görülmüştür. 1.soru da sorulan iş kavramıyla doğrudan bağlantı kurarak, termodinamiğin birinci yasasından da faydalanarak, iş arttığı zaman iç enerjiyi sabit tutarak soğurulan ısıнын da artacağını yazılı açıklamalarında açıkça dile getirmişlerdir. Katılımcılardan bazıları da iş arttığında ısıнын azalacağı yorumlarında bulunmuşlardır. Bu bulgu alan yazınla uyumludur. Meltzer (2004) öğrencilerin azımsanmayacak bir kısmı “daha çok ısı (veya iş), daha çok işe (veya ısıya) işaret eder” şeklinde argüman kullandıklarını belirlemiştir. Bu dengeleme argümanın bu çalışmada da fizik öğretmen adayları tarafından açıkça dile getirilmesi açısından Meltzer (2004)’in çalışmasıyla örtüşmektedir. Ayrıca katılımcıların azımsanmayacak oranda (%15,04) ısıнын yoldan bağımsız olduğu fikrine sahip olduğu görülmüştür. Bu sonuç; Meltzer (2004) öğrencilerin azımsanmayacak (%20-25) bir kısmının, soğurulan ısıнын ilk ve son değere bağlı olduğu başka bir ifadeyle soğurulan ısıнын süreçten bağımsız olduğu inancına sahip olduğu yönündeki sonuçla uyumludur. Ayrıca, sunulan bu araştırmada termodinamiğin birinci yasası çerçevesinde ısı kavramının anlaşılmasında bazı kavramsal zorlukların olduğu yönündeki tespit alan yazınla uyumludur. Alan yazındaki; ısı kavramına yönelik kavram yanlışlarının olduğu yönündeki vurgular (Eryılmaz ve Sürmeli, 2002; Aydoğan, Güneş ve Gülçiçek, 2003) öğrencilerin çeşitli hatalı fikirler taşıdıklarına yönelik bulgular (Karamustafaoğlu, Özmen ve Ayvaci, 2004) bu araştırma sonuçlarını destekler niteliktedir. Ayrıca öğrencilerin ısı-sıcaklık konularında kavramsal bilgi düzeylerinin yeterli olmadığı yönünde alan yazında ulaşılan sonuçlarla (Ültay ve Ültay, 2015) da örtüştüğü söylenebilir. Gürçay ve Gülbaş (2016) da araştırmaları sonucunda yüzdelik değerlere bakıldığı zaman en fazla kavram yanlışısının ısı kavramı üzerinden yapıldığı

sonucuna varılmıştır. Meltzer (2004) öğrencilerin azımsanmayacak (%20-25) bir kısmının, soğurulan ısıнын ilk ve son değere bağlı olduğu başka bir ifadeyle soğurulan ısıнын süreçten bağımsız olduğu inncına sahip olduğu yönündeki kavramsal zorluk belirlenmiştir.

Enerji ile İlgili Kavramsal Zorlanmalar

Öğretmen adaylarına başlangıç ve bitiş noktaları aynı olan iki farklı süreç verilmiş, bu iki ayrı süreçteki enerji değişimini birbirlerine kıyas yaparak yorum yapmalar istenmiştir. Elde edilen verilen çözümlenmesi sonucunda katılımcıların cevaplarının 5 tema altında, bu temaların da “kavramsal açıklama” ve “matematiksel açıklama” olmak üzere iki ana temada toplandığı görülmüştür.

Öğretmen adayları soruların termodinamiğin birinci yasası ile ilgili olduğunu anladıkları için termodinamiğin birinci yasasının matematiksel olarak yorumlayarak sonuca ulaşmaya çalışmışlardır. Ancak şu fark edilmiştir ki ilk iki soruyu yanlış yaptıkları takdirde son soruyu hatta ilk soruyu yaptıkları takdirde ikinci ve üçüncü soruyu da yanlış yapmışlardır. Ya da enerjinin korunacağını ve bir şekilde sabit kalacağı önsezisine sahip oldukları için ilk iki soruyu da bu şekilde termodinamiğin birinci yasasında yerine koyarak artar ya da azalır şeklinde yorumda bulunmuşlardır. Enerjinin sabit kalacağına dair Ez kodlu yarı yapılandırılmış görüşmecinin “Termodinamik yasalarında toplam enerji değişmiyordu” şeklinde ifadesi bu yorumu destekler niteliktedir. D kodlu yarı yapılandırılmış görüşmecinin yorumu da “toplam enerji korunur. Toplam enerji mekanikte de sürekli korunacağı için ve kapalı bir çevrim olduğu için kapalı çevrimle enerji korunuyordu.” şeklindedir.

Eğrinin altında kalan alanı iş ile bağdaştırıldığı şekilde enerji ile de ilişki kurularak alan ne kadar fazla ise enerjinin de o kadar büyük olacağı yönünde ki yorumlar mevcuttur. Bunun nedeni ne kadar iş yapılırsak sisteme o kadar çok enerji harcatmak ya da harcamak olduğu yönünde ki inançtır. Bu sonuçlar ışığında enerji değişimi/iç enerji kavramında yaşanan zorluklardan birinin katılımcıların “çünkü enerji değişimi eğrinin altında kalan alanla orantılıdır” şeklindeki argümana sahip olmalarından kaynaklandığı söylenebilir. Bu argümanı katılımcılar açıkça ifade etmişlerdir. Bir diğer zorluk ise “sürekli artan enerji değişimi vardır” inancıdır. Bunu katılımcılar yazılı olarak açıkça ifade etmişler ve bu fikre dayanarak 2 yolundaki enerji değişiminin daha fazla olacağı yönünde yanlış seçeneğe

yönelmişlerdir. Termodinamiğin birinci yasası çerçevesinde iç enerji kavramının anlaşılmasında bazı kavramsal zorlukların olduğu yönündeki tespit alan yazını destekler niteliktedir (Bezen,, Aykutlu, & Bayrak, 2016; Gürçay ve Gülbaş, 2016). Gürçay ve Gülbaş (2016)'ın öğretmen adaylarının %12'sinin "iç enerjinin cismin sahip olduğu ısı miktarı" olduğuna ilişkin kavram yanlışlığının olduğu tespiti, "iç enerji" kavramının anlaşılmasında zorlukların yaşandığını göstermektedir. Bezen,, Aykutlu, & Bayrak (2016) termodinamiğin birinci yasası çerçevesinde enerji gibi bazı kavramlarda yanlış fikirlere sahip olduğu yönünde sonuçlara ulaşmış ve termodinamiğin birinci yasasının günlük hayattan örnekler ile ilişkilendirilerek ayrıntılı bir şekilde açıklanması gerektiğine vurgu yapmıştır.

BÖLÜM V

SONUÇ VE ÖNERİLER

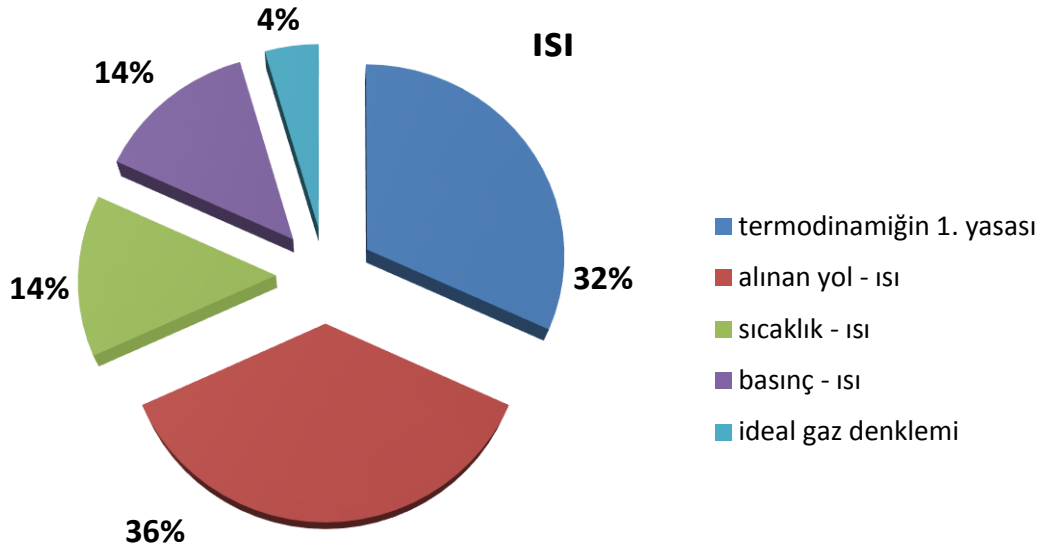
Araştırmaya katılan 133 öğretmen adayının açık uçlu sorulara verdikleri yazılı cevaplar tek tek incelenerek elde edilen veriler ışığında fizik öğretmen adaylarında termodinamiğin 1.yasasına özgü olarak belli başlı kavramsal zorlanmalar olduğunu ve genel olarak bu hatalara düştükleri gözlenmiştir. Elde edilen bulgular yarı yapılandırılmış görüşmelerle desteklenmiştir.

Sonuçlar

İş ile İlgili Sonuç ve Öneriler

İş ile ilgili soruya doğru yanıt verdiği halde 2. ve 3. sorulara yanlış cevap veren öğretmen adaylarının cevapları incelendiğinde benzerlikler bulunmuştur. 1. soruyu ‘eğrinin altında kalan alan’ temasına göre çözen 55 öğretmen adayından 25 kişisi 2. soruyu yanlış cevaplamışlardır. Şekil 14’de İş sorusuna ‘taradığı alan kadar iş yapar’ teması ile işlem yapan öğretmen adaylarının ısı sorusuna verdiği yanıtların alt temalara göre yüzde dağılımı sunulmuştur. Şekil 14’de açıkça görüldüğü üzere hem yanlış seçeneği seçip hem de yanlış yorumda bulunan 22 adayın cevapları incelendiğinde benzerlikler görülmektedir. 7 öğretmen adayı termodinamiğin birinci yasasından faydalanarak çözerken, 8 aday alınan yol ile ısı arasında ilişki kurarak, 3 kişi sıcaklık ve ısı arasında ilişki kurarak, 3 kişi basınç ile ısı arasında bağlantı kurarak, 1 kişi ise ideal gaz denkleminde yorumda bulunarak cevap vermişlerdir. İş ile ilgili soruyu fizik öğretmen adayları %32 gibi bir oranda termodinamiğin birinci yasasını tercih etmeleri başka bir ifadeyle termodinamiğin birinci yasasını kullanma

eğiliminde olmaları açısından alan yazınla farklılık göstermektedir. Patron (1997) termodinamik kavramlarının anlaşılması üzerine yaptığı araştırmasında enerjinin korunacağından hiç bahsetmedikleri sonucuna ulaşmıştır. Loverude, Kautz ve Heron (2002) termodinamiğin birinci yasasının anlaşılması üzerine yaptığı araştırma sonucunda öğretmen adaylarının çoğunun birinci yasayı bilmelerine rağmen soruların çözümünde ideal gaz yasalarını kullanma eğiliminde oldukları belirlenmiştir. Ancak sunulan bu çalışmada ideal gaz denklemini iş ile ilgili soru çözümünde %4 gibi çok düşük bir oranda katılımcı tercih etmiştir.

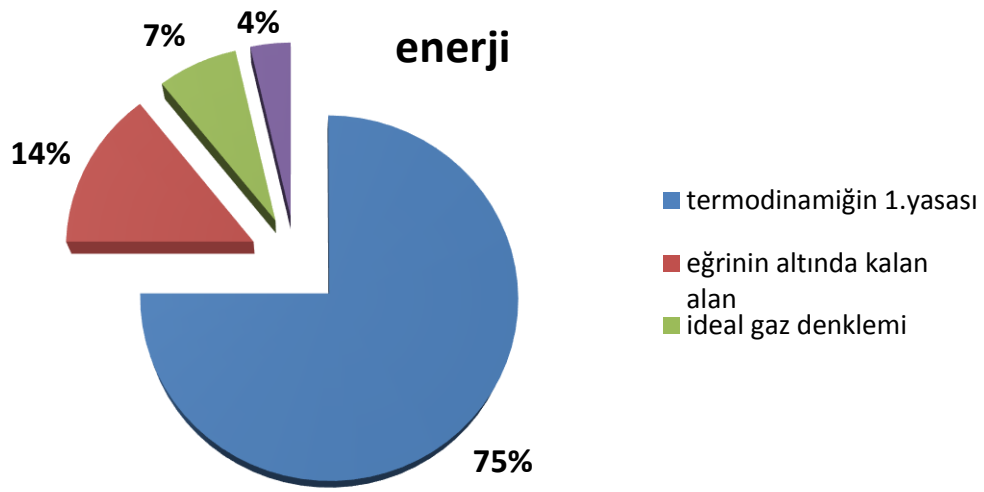


Şekil 14. İş sorusuna ‘taradığı alan kadar iş yapar’ teması ile işlem yapan öğretmen adaylarının ısı sorusuna verdiği yanıtların alt temalara göre yüzde dağılımı.

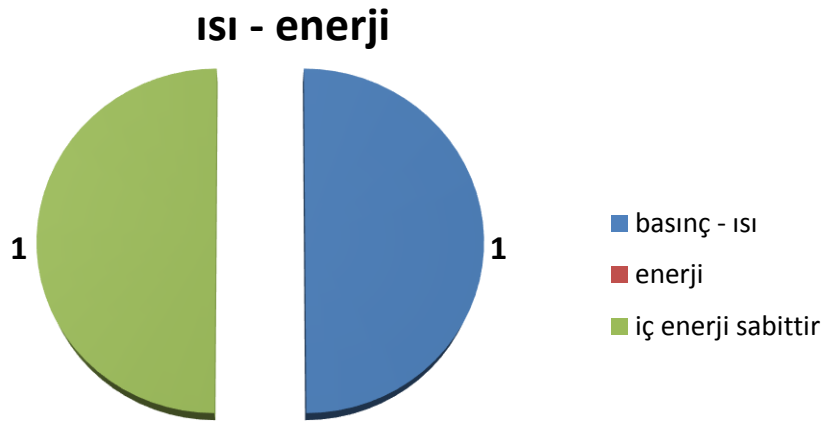
Çoğunluğun verdiği yorumlara bakılacak olursak 1. soruda eğrinin altından, alınan yoldan işe geçen öğretmen adaylarının aynı zamanda ısıyı yorumlarken de benzer şekilde yorumda bulundukları fark edilmiştir. Diğer büyük çoğunluğu oluşturan 7 kişinin ise yaptığı termodinamiğin birinci yasası yorumu, 1. sorudan bağımsız olarak farklı bir şekilde yorumlama stratejisi göstermiştir.

İş ile ilgili soruya doğru yanıt veren 55 öğretmen adayından 28 aday 3. soruda hem yanlış cevap verip hem de yanlış yorumda bulunmuşlardır. Şekil 15’de iş ile ilgili soruyu doğru yanıtlayıp enerji ile ilgili soruyu yanlış cevaplayan öğretmen adaylarının cevapları verdikleri alt temalara göre yüzde dağılımı verilmiştir. Şekil 15’de görüldüğü gibi cevaplarda 21

öğretmen adayı matematikten faydalanarak termodinamiğin birinci yasasının formülünü kullanarak yorumda bulunmuşlardır. 4 kişi eğrinin altında kalan alan alt temasından yola çıkarken, 2 öğretmen adayı ideal gaz denkleminde, 1 aday iç enerjiden faydalanarak yorumda bulunmuştur. Fizik öğretmen adaylarının iş ile ilgili soruyu çözerken termodinamiğin birinci yasasının formülünden başka bir ifadeyle matematik kullanma eğiliminde oldukları söylenebilir. Bu sonuç alan yazınla uyumludur. Patron (1997)'a göre öğretmen adaylarının termodinamik sorularını çözmek için matematikten çokça yararlanmakta hatta entalpi gibi kavramları anlatmak için sadece matematiksel ifadeleri yazmaktadır.



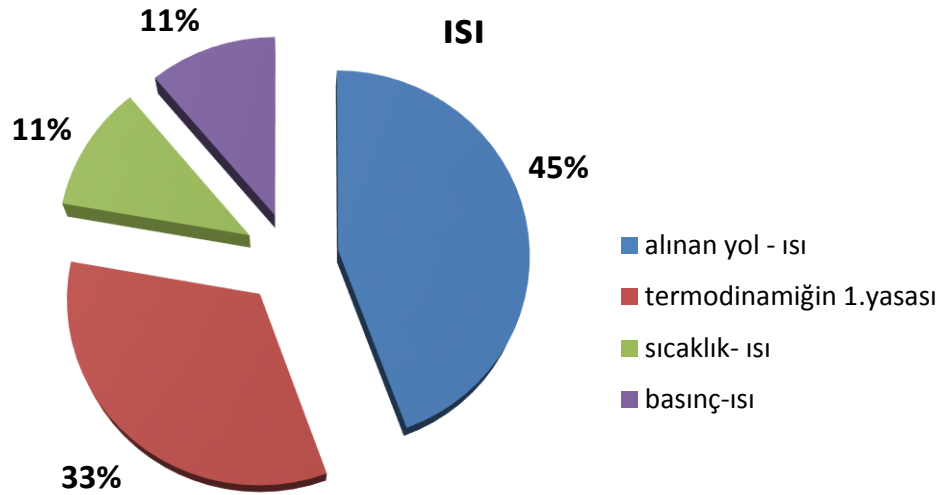
Şekil 15. İş ile ilgili soruyu doğru yanıtlayıp enerji ile ilgili soruyu yanlış cevaplayan öğretmen adaylarının cevapları verdikleri alt temalara göre yüzde dağılımı



Şekil 16. İş sorusunu hacim- iş alt teması ile çözen bir kişinin ısı ve enerji soruları için verdiği cevap

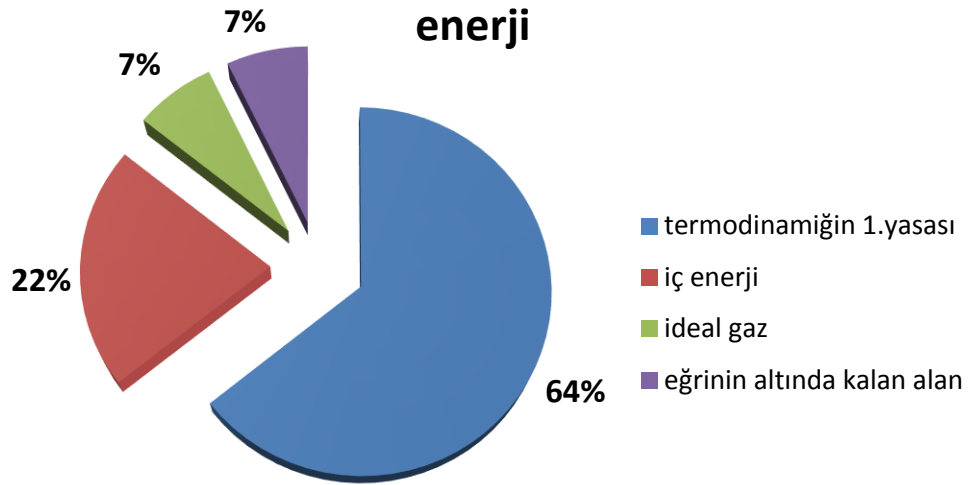
İş ile ilgili soru da ‘basınç – hacim’ ilişkisi kurarak çözen 3 kişinin ısı ve iç enerji ile ilgili soruları incelenmiştir. Isı ile ilgili soru için Şekil 16’da görüldüğü üzere 3 kişiden 1’i basınç arttığı zaman daha çok ısı soğurulacağı yönünde yorumda bulunmuştur. İç enerji ile ilgili soruda 1 kişi enerjinin sabit kalacağı yönünde doğru yorumda bulunmuşlardır.

İş ile ilgili soruda $W = \int_{V_1}^{V_2} P dV$ anahtar kelimesini kullanarak doğru yorumda bulunmuş 28 kişi içerisinde 2. ve 3. sorulara verilen cevaplar incelendiğinde; 2. soru için 9 öğretmen adayının hem yanlış cevapladığı hem de yanlış yorumda bulunduğu tespit edilmiştir. Şekil 17’de iş sorusunu matematiksel yolla çözen öğretmen adaylarının ısı sorusuna verdikleri cevapların temalara göre yüzde dağılımı. Şekil 17’de açıkça görüldüğü gibi 4 kişi alınan yol – ısı ilişkisi kurarken, 3 kişi termodinamiğin 1. yasasından faydalanmıştır. 1 kişi sıcaklık-ısı, 1 kişide de basınç – ısı ilişkisi kurmuştur.

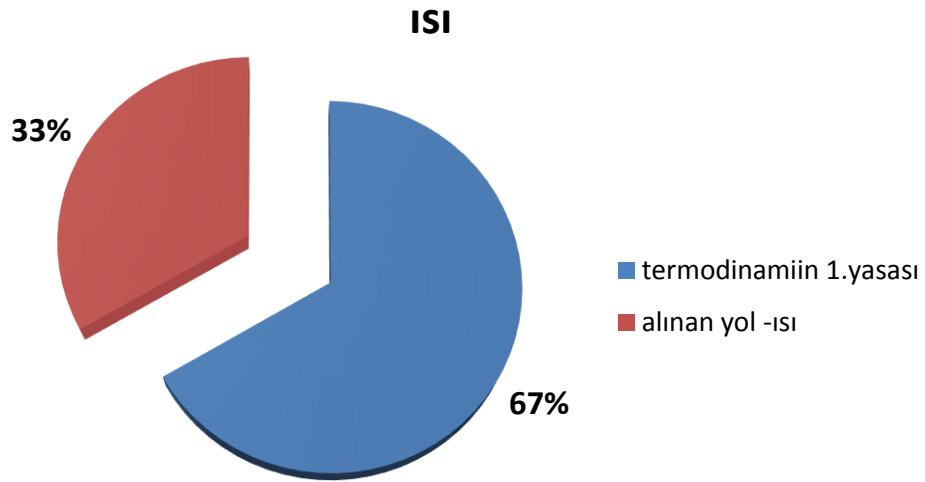


Şekil 17. İş sorusunu matematiksel yolla çözen öğretmen adaylarının ısı sorusuna verdikleri cevapların alt temalara göre yüzde dağılımı

3. soruda 14 kişi hem yanlış cevap vermiş hem de yanlış yorumda bulunmuştur. Şekil 18’de iş sorusuna matematiksel yolla cevap veren öğretmen adaylarının enerji sorusuna verdikleri cevapların alt temalara göre yüzde dağılımı sunulmuştur. Şekil18’de gösterildiği gibi 9 kişi termodinamiğin 1. yasasına, 3 kişi iç enerjiye ve 1’er kişide ideal gaz ve eğrinin altında kalan alandan cevaplama bulunmuşlardır. Enerji kavramı ile ilgili sorularda fizik öğretmen adaylarının termodinamiğin birinci yasasını kullanma eğiliminde oldukları söylenebilir.



Şekil 18. İş sorusuna matematiksel yolla cevap veren öğretmen adaylarının enerji sorusuna verdikleri cevapların alt temalara göre yüzde dağılımı

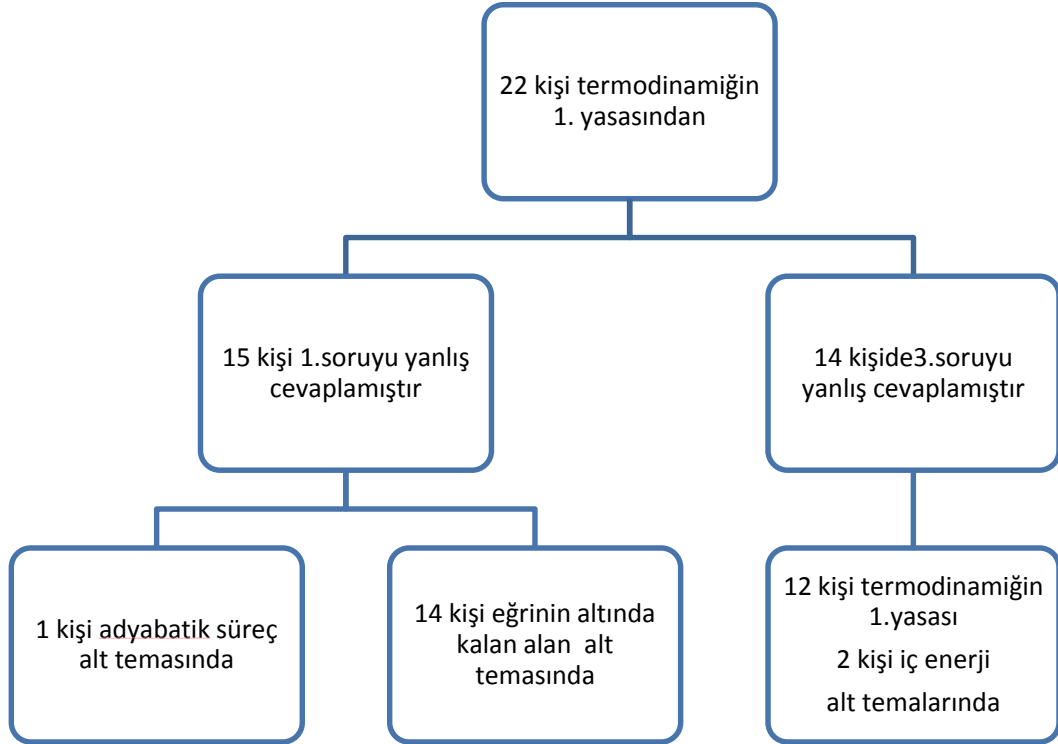


Şekil 19. İş sorusunu termodinamiğin birinci yasasından çözen öğretmen adaylarının ısı sorusu için alt temalara göre yüzde dağılımı

1.soruda termodinamiğin birinci yasasından faydalananarak matematiksel yorumda bulunan 3 kişinin 2. ve 3. soruları incelendiğinde, 2. soru için cevap ve yorumlaması yanlış olan 3 kişiden 2'si Şekil 19'da da gösterildiği gibi termodinamiğin birinci yasasından, 1 kişi ise alınan yol – ısı ilişkisi kurmuşlardır. 3. Soru için 1 kişi yorumda bulunurken termodinamiğin birinci yasasından faydalanmıştır.

Isı ile İlgili Sonuç ve Öneriler

Isı ile ilgili soruyu cevaplayan 133 öğretmen adayından 76'sı yanlış cevap ve yorumda bulunmuşlardır. 22 kişisi 'termodinamiğin birinci yasası' alt teması ile soruyu cevaplamışlardır. Bu yanlış cevaplayanların iş ve iç enerji ile ilgili sorularına bakıldığında; Şekil 21'de şematik olarak gösterildiği gibi iş ile ilgili soruda yalnızca 1 kişi hem yanlış cevap vermiş hem de yanlış yorumda bulunmuştur. 14 kişi ise doğru yorum ve doğru cevapta bulunmuşlardır. Doğru yorumda bulunanlar eğrinin altında kalan alandan sonuca ulaşmışlardır. Yanlış cevapta bulunan 1 kişi ise sürecin adyabatik olmasına bağlayarak cevaplamada bulunmuştur. İç enerji ile ilgili soruya baktığımızda toplamda 14 kişinin yanlış cevap ve yorumda bulunduğu ve 12'sinin termodinamiğin 1. yasasından yola çıktığı, 2 kişinin de iç enerjiden yararlanarak cevaplamıştır.

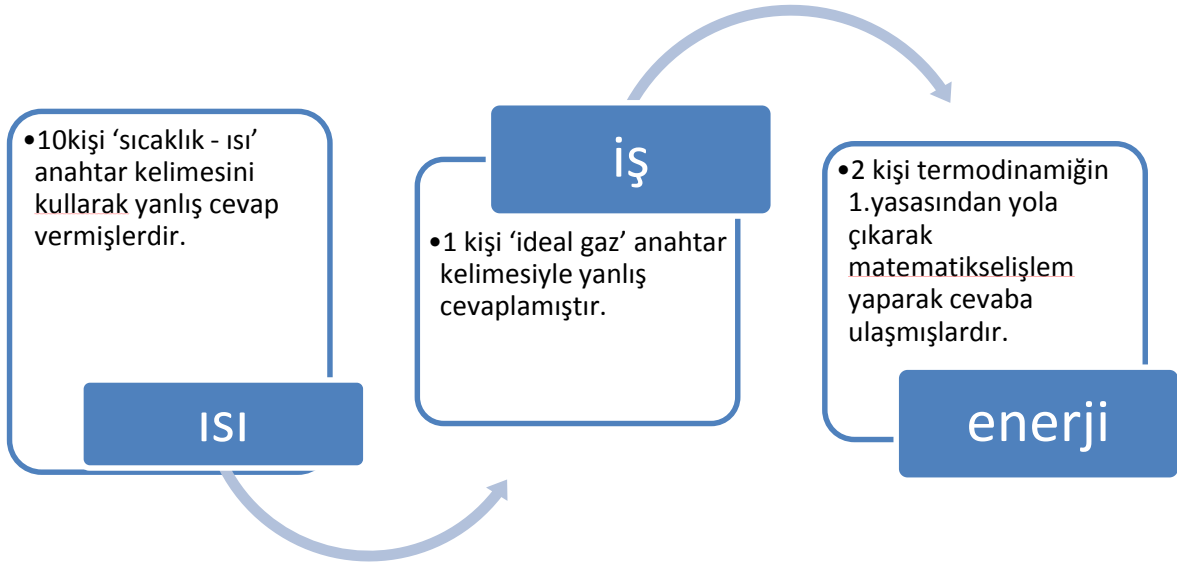


Şekil 20. Isı sorusuna yanlış cevaplayan öğretmen adaylarının iş ve enerji sorularını hangi kod ve kişi sayısı cevapladığı hakkında şema

Isı ile ilgili soruyu yanlış cevaplayan 2 kişi hacim – ısı ilişkiden yola çıkmışlardır. Şekil 21'de gösterildiği gibi iş ile ilgili soruya yanlış cevap veren 1 kişi işin yoldan bağımsız olduğu yorumunda bulunmuştur. İç enerji ile ilgili soruda ise 2 kişi termodinamiğin 1. yasasından yola çıkarak işlem yaptığı görülmüştür.



Şekil 21. Isı sorusuna hacim – ısı bağlantısıyla yanlış cevaplamada bulunan öğretmen adaylarının iş ve enerji için yorumları

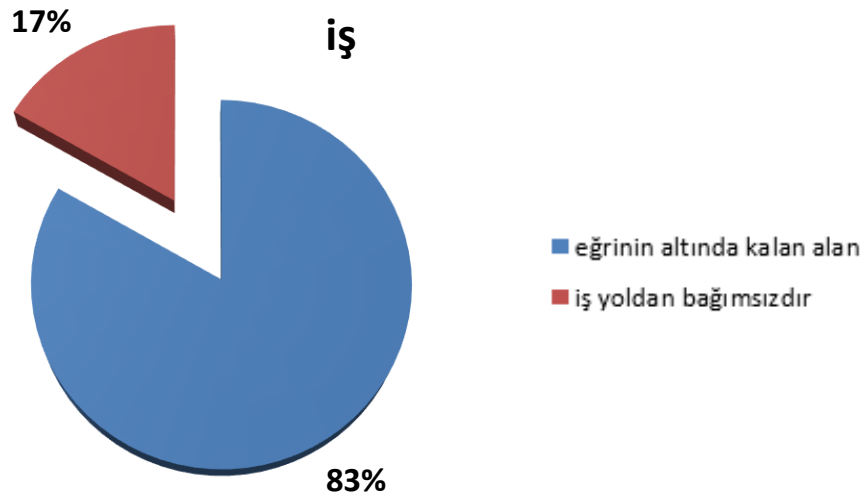


Şekil 22. Isı sorusuna sıcaklık – ısı anahtar kelimesini kullanarak cevaplandıran öğretmen adaylarının iş ve enerji için yorumların şematik gösterimi.

Şekil 22’de ısı sorusuna sıcaklık – ısı anahtar kelimesini kullanarak cevaplandıran öğretmen adaylarının iş ve enerji için yorumların şematik gösterimi verilmiştir. Şekil 22’de gösterildiği gibi sıcaklık – ısı ilişkisi kuran 10 kişiden 1.soruya verdikleri yanlış cevaplar içinde ideal gaz denkleminde faydalanan 1 öğretmen adayı bulunurken, iş enerji sorusunda 2 kişi de

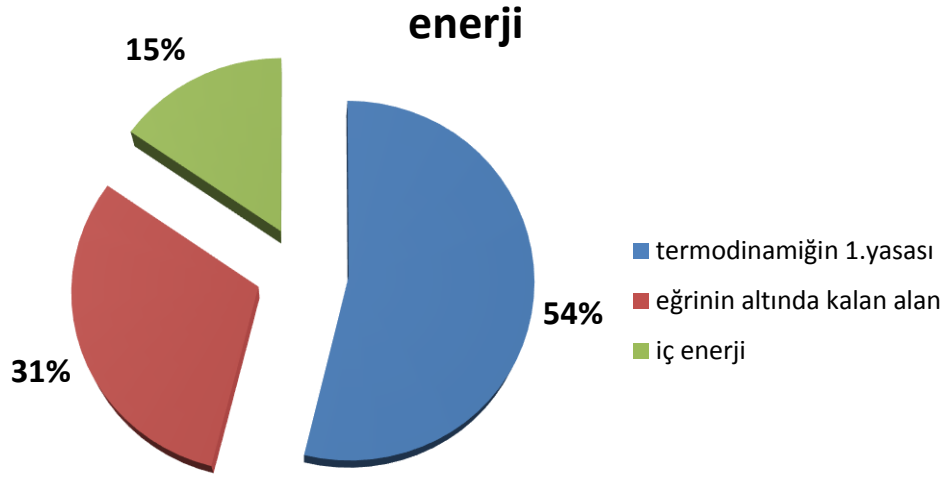
termodinamiğin 1. yasasından yola çıkarak matematiksel işle yaparak yorumda bulunmuşlardır.

Şekil 23’de ısı sorusuna alınan yol –ısı ifadesiyle yanlış cevaplayan öğretmen adaylarının iş sorusuna verdikleri cevapların alt temalara göre yüzde dağılımı verilmiştir. Şekil 23’de gösterildiği gibi ısı sorusunu yanlış cevaplayan 16 kişi ise ‘alınan yol – ısı’ alt temasıyla; iş sorusunda 6 kişi yorumda bulunarak, 5 kişi eğrinin altında kalan alandan, 1 kişi ise iş yoldan bağımsız yorumundan yola çıkarak cevap vermişlerdir.



Şekil 23. Isı sorusuna alınan yol –ısı ifadesiyle yanlış cevaplayan öğretmen adaylarının iş sorusuna verdikleri cevapların alt temalara göre yüzde dağılımı

Şekil 24’de ısı sorusuna, alınan yol –ısı ifadesiyle yanlış cevaplayan öğretmen adaylarının enerji için verdikleri yanlış cevapların alt temalara göre yüzde dağılımı verilmiştir. Şekil 24’de gösterildiği gibi iç enerji sorusunu cevaplayan 13 kişiden 7’si termodinamiğin 1.yasasından, 4 kişisi eğrinin altında kalan alandan, 2 kişi ise iç enerji alt temalarını kullanarak yorumda bulunmuşlardır.



Şekil 24. Isı sorusuna alınan yol –ısı ifadesiyle yanlış cevaplayan öğretmen adaylarının enerji için verdikleri yanlış cevapların alt temalara göre yüzde dağılımı

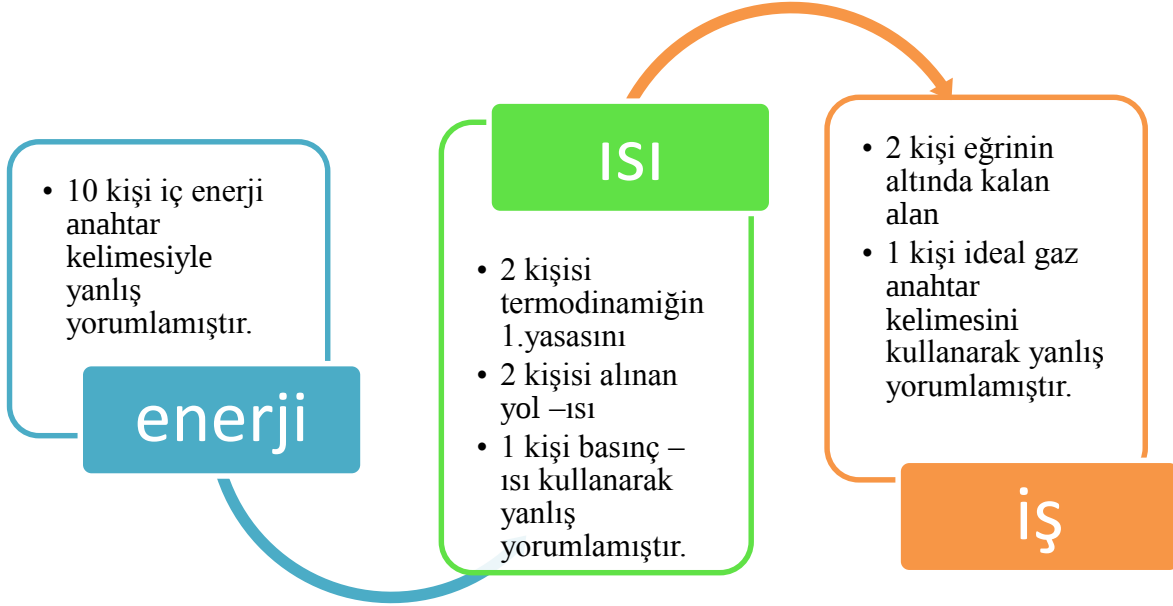
‘İdeal gaz – ısı’ alt temasını kullanarak hata yapan 3 kişiden, Şekil 25’ de şematik olarak gösterildiği gibi iş sorusuna 1 kişi doğru cevap verirken, iç enerji sorusu için 1 kişi termodinamiğin 1. yasasını kullanarak cevap vermiş ancak yanlış yorumlamıştır.



Şekil 25. Isı sorusuna ideal gaz – ısı ifadesiyle yanlış cevap veren öğretmen adaylarının iş ve enerji sorularına verdikleri yanıtlar ve kişi sayıları.

İç Enerji ile İlgili Sonuç ve Öneriler

İç enerji ile ilgili soruyu yanlış cevaplayan 47 kişi içinden 10 kişisi ‘iç enerji’ alt teması ile cevaba ulaşmaya çalışmıştır. Şekil 26’da verilen şematik gösterimde açıkça görüldüğü üzere iş ile ilgili soruda 2 kişi eğri altında kalan alandan, 1 kişi ise ideal gaz denkleminde cevaba ulaşmaya çalışmıştır. Isı ile ilgili soruda ise 2 kişi termodinamiğin birinci yasasından, 2 kişi alınan yol – ısı, 1 kişide basınç – ısı anahtar kelimelerinden cevaba ulaşmaya çalışmışlardır.

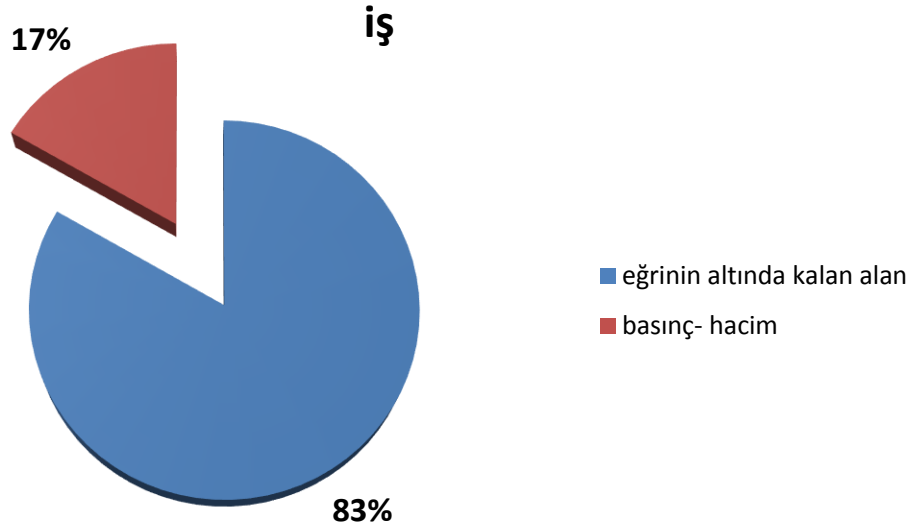


Şekil 26. Enerji sorusuna iç enerji ifadesiyle yanlış cevap veren öğretmen adaylarının iş ve ısı için verdikleri cevaplar ve kişi sayıları.

Şekil 27’de enerji sorusunu eğrinin altında kalan alan ifadesiyle yanlış cevaplayan öğretmen adaylarının iş ve ısı için verdikleri cevaplar ve kişi sayıları şematik olarak gösterilmiştir. İç enerji ile ilgili soruyu yanlış cevaplayan 6 kişi ise ‘eğrinin altında kalan alan’ alt temasından yola çıkmışlardır. Şekil 27’de şematik gösterimde açıkça görüldüğü üzere 1. soruya cevaplarda 2 kişinin benzerlik görülmüştür. Fizik öğretmen adayları eğrinin altında kalan alandan “iş”i bulmaya çalışmışlardır. 2. soruyu yanıtlayan 2 kişi alınan yol – ısı, 1 kişi ise sıcaklık – ısı alt temalarını kullanmışlardır.



Şekil 27. Enerji sorusunu eğrinin altında kalan alan ifadesiyle yanlış cevaplayan öğretmen adaylarının iş ve ısı için verdikleri cevaplar ve kişi sayıları

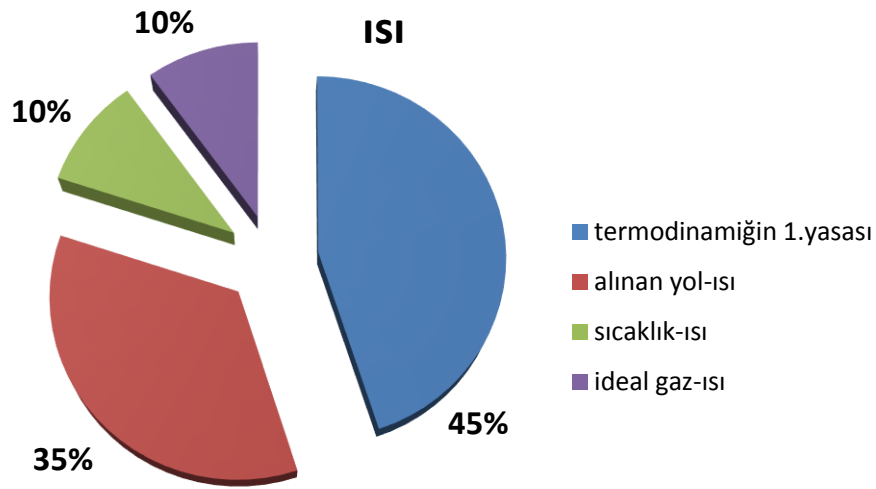


Şekil 28. Enerji sorusunu termodinamiğin birinci yasasında yola çıkarak yanlış yorumlayan öğretmen adaylarının iş için verdikleri cevapların alt temalara göre yüzde dağılımı

İç enerji sorusunu 44 kişi termodinamiğin 1. yasasından yola çıkarak işlem yapmaya cevaba ulaşmaya çalışmışlardır. Şekil 28’de görüldüğü gibi 1. soruya verdikleri cevaplar içerisinde 5 kişi eğrinin altında kalan alandan, 1 kişi ise basınç- hacim alt temasından

faaydalanmışlardır. Yanlış cevapların içerisinde korunumlu iş, çevrimlerde net iş sıfır, adyabatik sure alt temaları da bulunmaktadırdır.

şekil 29’da enerji sorusunu termodinamiğinin birinci yasaında yola çıkararak yanlış yorumlayan ğretmen adaylarının ısı için verdikleri cevapların tenmalara gore yüzde dağılımı verilmiştir. şekil 29’da görüldüğü gibi ısı ile ilgili soruya verdikleri yanıtlarda ise 9 kişi termodinamiğinin birinci yasaından, 7 kişi alınan yol – ısı, 2 kişi sıcaklık – ısı, 2 kişide de ideal gaz – ısı alt temalardan faydalanmışlardır.



şekil 29. Enerji sorusunu termodinamiğinin birinci yasaında yola çıkararak yanlış yorumlayan katılımcıların ısı için verdikleri cevapların alt temalara gore yüzde dağılımı

neriler

Bu araştırmada elde edilen sonuçlar doğrultusunda, termodinamiğinin birinci yasaı doğrultusunda ısı, iş ve iç enerji hakkında verilen önerilen aşağıdaki gibidir:

- Yapılan yarı yapılandırılmış görüşmeler sonucunda ğretmen adaylarının grafiğe karşı bir korkuları olduğu grlmştir. Görüşmelerde ğretmen adayları hangi ders olursa olsun konu kolay dahi olsa grafik gördükleri anda sorudan korktuklarını dile getirmişlerdir. Konuyu bildikleri halde grafiği yorumlayamadıklarını ya da grafiğinin ne olduğunu ne elde etmeleri gerektiği bildikleri halde grafiği yanlış okudukları ya da hiç okuyamadıklarını görüşmelerle dile getirmişlerdir. Öğretmen adaylarına termodinamik derslerinde grafik okumaya yönelik konusunda her ders için sene başlarında bir ders

konulabilir veya nasıl okumaları gerektiği ve korkmamaları konusunda bilinçlendirilebilirler. Alan yazın için de termodinamik kavramlarında yaşanan zorluklar ile sorularda grafik kullanılması arasındaki ilişkinin sorgulandığı araştırmaların yapılması önerilebilir.

- Öğretmen adayları ile yapılan yarı yapılandırılmış görüşmeler ve açık uçlu soruların yorumlarına bakıldığında termodinamiğin birinci yasasına formül bazlı hâkim olduklarını ama aslında yasanın ne ifade ettiğini bilmedikleri görülmüştür. Yorumlama ve günlük hayata daha iyi yansıtılabilmeleri adına matematiksel – soyut olan kavramları, yasaları daha iyi anlayabilme adına yaklaşımlar veya termodinamiğin birinci yasasının öğretimine yönelik modeller geliştirilebilir.
- Öğretmen adaylarının açık uçlu sorulara, özellikle 1.sorunun cevabını, test tekniği tarzı kısa yöntemler olan grafiğin altındaki alandan bulma gibi yorumlarda bulunduğu çokça görülmüştür. Ama bu tarz yorumda bulunan öğretmen adaylarının diğer soruları doğru cevaplama oranları düşüktür. Aynı zamanda bu adaylarla görüşmeler yapıp sorular tekrar yönlendirildiğinde doğru cevabı veremedikleri sadece hangi konuya ait olduğunu veya çağrışımsal cevap verdikleri görülmüştür. Bu da bizlere ezbere, sınav odaklı eğitim vermenin kalıcı ve faydalı bir öğrenme oluşturmadığını göstermektedir. Termodinamik eğitimi için lise ve üniversite düzeyinde farklı öğretim yöntem ve tekniklerin araştırması yapılabilir.
- Katılımcılarda formülü bilseler dahi bunu doğru uygulayamadıkları görülmüştür. Matematiksel işlem hatalarını ve sorulara cevap verme heyecanını göz ardı ettiğimizde kavramlar arasındaki ilişkiyi yorumlayamama gibi bir durum ortaya çıkmaktadır. Bu da konunun somutlaştırılması veya bazı önlemlerin alınması gerektiği şeklinde yorumlanabilir. Bu kapsamda termodinamik dersinde, termodinamik yasalarının yorumlanmasına yönelik araştırma kapsamında kullanılan diagnostik soruların kullanılması önerilebilir.
- Öğretmen adaylarında basınç – hacim grafiğinden iş ve ısı hakkında yorumlara doğrudan geçildiği hatta iş ile ısı arasında doğru ya ters korelasyon kurdukları halde iç enerjiyi bu kavramların dışında yorumladıkları görülmüştür. Fizik öğretmen adaylarının 3 soruyu da termodinamiğin birinci yasasından çözmeleri gerektiği halde

hatta formülü yazdıklarında bile iç enerjiyi yorumlarken ya da hesaplarken hep dışarıda bıraktıkları, konudan bağımsız ayrı bir konu gibi ele aldıkları görülmüştür. Bunun nedeni kavramlar arası ilişkiyi ve yasayı zihinlerinde oluşturamadıklarından kaynaklanmış olabilir. Yasalar anlatılırken kavram haritaları gibi öğretim tekniklerini kullanmanın etkili olabileceği düşünülmektedir

KAYNAKLAR

- Akbulut, H. Şahin, Ç. ve Çepni, S. (2013). İş ve enerji konusu ile ilgili kavramsal değişimin incelenmesi: ikili yerleşik öğrenme modeli örneği. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 13(25), 241 – 268.
- Alpan, G., ve Efil, İ. (2011). Bir Yönetim Modeli Önerisi: Toplam Entropi Yönetimi. *Business and Economics Research Journal*, 2(1), 53-87.
- Apaydın, F. (2004). *İstatistik fizik*. Hacettepe Üniversitesi: Ankara.
- Avcı, D., Kara, İ., Karaca, D. (2012). Fen bilgisi öğretmen adaylarının iş konusundaki kavram yanlışları. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 31, 27-39
- Ayazlar, R. A. (2015). Araştırmalarda güvenirlik ve geçerlilik. (Ed. Atila Yüksel, Akan Yanık ve Reyhan A. Ayazlar) içinde (s. 63-79). *Bilimsel Araştırma Yöntemleri*. Ankara: Seçkin.
- Aydın, S. (2018). *Metalurji ve Malzeme Mühendisleri için Termodinamik*. İstanbul: Literatür.
- Aydoğan, S., Güneş, B., ve Gülçiçek, Ç. (2003). Isı ve sıcaklık konusunda kavram yanlışları [The misconceptions about heat and temperature]. *Gazi Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 23 (2), 111-124.
- Azevedo e Silva, J. F. M. (1991). The thermodynamics of a refrigeration system. *Physics Education*, 26(2), 115-119.
- Azevedo e Silva, J. F. M. (1991). The thermodynamics of a refrigeration system. *Physics Education*, 26(2), 115-119
- Bailey, D. K. (1990). *Social Entropy Theory*. New York: State University of New York.
- Bailyn, M. (1984). Carnot and the universal heat death, *Am. J. Phys.*, 53(11), 1092-1099.

- Bali, G. Ç. (2002). Matematik öğretiminde dil ölçeği. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 23, 57-61.
- Baş, T., & Akturan, U. (2013) *Nitel araştırma yöntemleri*. (pp. 181-193) Ankara: Seçkin.
- Başar, H. (2001). *Sınıf yönetimi*. Ankara: PegemA.
- Başer, M. (1996). *Kavram değiştirme yönteminin öğrencilerin ısı ve sıcaklık kavramlarını anlamalarına ve fen tutumlarına etkisi*. Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Bezen, S., Aykutlu, I., & Bayrak, C. (2016). Conceptual comprehension of pre-service physics teachers towards 1. Law of Thermodynamics. *Journal of Turkish Science Education*, 13,55-75.
- Bozkurt, B. Ü. (2018). Kavram, kavramsallaştırma yaklaşımları ve kavram öğretimi modelleri: kuramsal bir derleme ve sözcük öğretimi açısından bir değerlendirme (Concepts, conceptualization approaches, and concept teaching models: a theoretical review and an evaluation in terms of teaching vocabulary). *Dil Dergisi*, 169(2), 5-23.
- Bucher, M. (1993). Diagram of the second law of thermodynamics. *American Journal Journal of Physics*. 61 (5), 462-466.
- Bueche, F. J. & Jerde, D. A.(2000). *Fizik ilkökelleri I*. (K. Çolakoğlu, Çev.). Ankara: Palme.
- Buluş-Kırıkkaya, E. ve Güllü, D. (2008). Fifth grade student's misconceptions about heat-temperature and evaporation-boiling. *İlköğretim Online*, 7(1), 15-27.
- Bütüner, S. Ö., ve Uzun, S. (2011). Fen öğretiminde karşılaşılan matematik temelli sıkıntılar: fen ve teknoloji öğretmenlerinin tecrübelerinden yansımalar. *Kuramsal Eğitimbilim*, 4 (2), 262-272
- Büyükkaragöz, S. S.(1998). *Öğretmenlik mesleğine giriş (Eğitimin Temelleri)* içinde (s. 26). Konya:Mikro.
- Carlton, K. (2000a). Heat and temperature. *Physics Education*. 35(5), 316-317.
- Carlton, K. (2000b). Teaching about heat and temperature. *Physics Education*, 35(2),101-105.

- Carson, E.M., & Watson, J.R.(2002). Under graduate students understanding of entropy and gibbs free energy. *University Chemistry Education*, 6, 4-12.
- Chang, J. (1999). Teachers college students' conceptions about evaporation, condensation and boiling. *Science Education*, 83, 511-526.
- Cochran, M. (2005). *Student understanding of the second law of thermodynamics and the underlying concepts of heat, temperature, and thermal equilibrium*. Doktora Tezi. University of Washington. UMI No:3198778.
- Cotignola, M. I., Bordogna, C., Punte, G. & Cappannini, O. M. (2002). Difficulties in learning thermodynamics concepts: are they linked to the historical development of this fields? *Science & Education*, 11, 279-291.
- Creswell, J. W. (2016). *Nitel araştırma yöntemleri: Beş yaklaşıma göre nitel araştırma ve araştırma deseni*. Siyasal Kitabevi. Ankara.
- Creswell, J.W. (2017). *Eğitim araştırmaları*. İstanbul: Edam
- Çengel A. Y., & Boles M. (2011). *Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik*. (Çevirenler: A. Pınarbaşı, Çev. Ed). (E., Buyruk, C., Özalp, A., Bilgin H., Günerhan S., Basan. Çev. Ed. Yrd.) (Beşinci Baskı). İzmir: Güven
- Çengel, A.Y., & Boles, A.M.(1996). *Mühendislik yaklaşımıyla termodinamik 2*. İstanbul: Literatür.
- Çetinkaya, O.Z. (1986). Belirsizliğin Ölçülmesi ve Entropi. *İktisat Fakültesi Mecmuası*, 44(1-4). <http://www.journals.istanbul.edu.tr/iuifm/article/view/1023007657/1023007159> adresinden ulaşılmıştır.
- Çetinyaka, S. (2011). *Termodinamik (2. Baskı)*. Ankara: Nobel.
- Demirci, N., Uyanık, F. (2009). Onuncu sınıf öğrencilerinin grafik anlama ve yorumlamaları ile kinematik başarıları arasındaki ilişki, *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi (EFMED)*, 3(2), s.22-51
- Demircioğlu, İ.H. (2004). *Tarih Öğretiminde Öğretim Teknolojileri ve Materyal Tasarımı*. İ. H. Demircioğlu ve İ. Turan (Ed.), Tarih Öğretimi, Öğretim Teknolojileri ve Materyal Tasarımı içinde (s.8). Ankara: Pegem

- Egan, T. M. (2002). Grounded theory research and theory building. *Advances in Developing Human Resources*, 4(3), 277-295. <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1523422302043004> adresinden erişilmiştir.
- Ekiz, D. (2003). *Eğitimde araştırma yöntem ve metodlarına giriş. Nitel, nicel ve eleştirel kuram metodolojileri*. Ankara: Anı Yayıncılık.
- Erickson, G.L. (1980). Children's viewpoints of heat: A second look. *Science Education*, 64(3), 323-336.
- Erol, M. (2001). Sosyal entropi'nin verimlilik üzerindeki Etkileri. *C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 2(1), 127-143.
- Eryılmaz, A., ve Sürmeli, E. (2002). Üç aşamalı sorularla öğrencilerin ısı ve sıcaklık konularındaki kavram yanılgılarının ölçülmesi. V. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi. Ankara: METU. <http://users.metu.edu.tr/eryilmaz/TamUcBaglant.pdf> adresinden erişilmiştir.
- Feynman, R. (2016). Feynman fizik dersleri Cilt1: Mekanik, ışıınım, ısı. (Z. Aydın Çev.). İstanbul: Alfa
- Fishbane, P. M., Gasiorowicz, S. ve Thornton, S. T. (2008). *Temel fizik*. Ankara: Arkadaş.
- Georgescu-Roegen, N. (1971). The Entropy Law and the Economic Process. Harvard University Press, Cambridge.
- Gönen, S., ve Kocakaya S., (2010). A cross-age study: A Cross-age study on the understanding of heat and temperature. *Eurasian Journal of Physics and Chemistry Education*, 2 (1), 1-15.
- Greenbowe, T. ve Meltzer, D. E. (2003). Student learning of thermo chemical concepts in the context of solution calorimetry. *Int. J. Sci. Educ.*, 25(7), 779-800.
- Gülbaş, E.(2013).*Öğrencilerin ısı, sıcaklık ve iç enerji kavramlarını anlama düzeyleri ile öğrenme yönelimleri ve bazı duyuşsal karakteristikleri arasındaki ilişkinin incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

- Günay, N. (2016). Bir Fizikçinin Gözüyle Ekonomi Bilimine Termodinamik Bir Bakış
Economic Science Considering with a Thermodynamic Perspective of a Physicist's
Point of View. SESSION 4B: Mikroekonomi, 283-288.
- Günbatar, S. & Sarı, M. (2005). Elektrik ve manyetizma konusunda anlaşılması zor
kavramlar için model geliştirilmesi. *Gazi Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*,
25(1), 185-197.
- Gürçay, D., & Gülbaş, E.(2016). Fizik öğretmen adaylarının ısı, sıcaklık ve iç enerji ile ilgili
kavram yanılgıları. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 31(3), 461- 474.
- Gürses, A., Doğar, Ç., ve Yalçın, M. (2002). Isı ve sıcaklık konusunun öğretiminde sürekli
değerlendirmeye dayalı öğretimin etkinliğinin incelenmesi. [http://
www.fedu.metu.edu.tr/ufbmek-5/bkitabi/PDF/Fizik/Bildiri/t110d.pdf](http://www.fedu.metu.edu.tr/ufbmek-5/bkitabi/PDF/Fizik/Bildiri/t110d.pdf) adresinden
erişilmiştir.
- Gürses, A., Sözbilir, M. ve Açıkyıldız, M. (2005). Düzensizlik ve mikro haller: Entropi,
Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi Dergisi, 11, 577-589.
- Harrison, A. G., Grayson, D. J., ve Treagust, D. F. (1999). Investigating a grade 11 student's
evolving conceptions of heat and temperature. *Journal of Research in Science
Teaching*, 36 (1), 55-87.
- Holman, J.ve Pilling, G. (2004). Thermodynamics in context-a case study of contextualized
teaching for undergraduates. *Journal of Chemical Education*, 81(3), 373-375.
- Ishida, M., ve Chuang, C. (1997). New approach to thermodynamics. *Energy convers. Mgmt*,
38 (15-17), 1543-1555.
- Ishida, M., ve Chuang, C. (1997). New approach to thermodynamics. *Energy Convers.
Mgmt*. 38(15-17), 1543-1555
- Kalem, R. (2002). *Ortaöğretim lise 1 fizik dersi "sıcaklık ve ısı" öğretim programı tasarısı*.
Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Kalem, R., Tanel, Z., ve Çallica, H. (2002). Ortaöğretim fizik dersi sıcaklık ve ısı konusu
öğretim programı geliştirme üzerine bir çalışma. V. Ulusal Fen Bilimleri ve
Matematik Eğitimi Kongresi 2002 Konferansı'nda sunulmuş bildiri, ODTÜ, Ankara.

http://144.122.59.41/ufbmek-5/b_kitabi/PDF/Fizik/Bildiri/t118DD.pdf sayfasından erişilmiştir.

Kaper, W. H., ve Goedhart, M. J. (2002). Forms of energy, an intermediary language on the road to thermodynamics? Part I. *International Journal of Science Education*, 24(1), 81-95.

Kaptan, F. (1999). *Fen bilgisi öğretimi*. İstanbul: Milli Eğitim.

Karaoğlu, B. (2012). *Üniversiteler için fizik*. Ankara: Seçkin.

Keller, F. J., Gettys, W. E., & Skove, M. J. (2005). *Fizik. 1. (Vols. 3)*. İstanbul: Literatür.

Kesidou, S., & Duit, R. (1993). Students' conceptions of the second law of thermodynamics: An interpretive study. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(1), 85-106. <http://dx.doi.org/10.1002/tea.3660300107> sayfasından erişilmiştir.

Kılıç, F. (2007). Kavramların öğretiminde kavramın içerik öğelerinin açıklanmasının akademik başarıya etkisi. *Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 3(2), 145-161.

Kırtak, V.N. (2010). *Fizik, kimya ve biyoloji öğretmen adaylarının termodinamik yasalarının günlük hayatla ve çevre sorunları ile ilişkilendirme düzeyleri*. Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.

Kırtak-Ad, V.N. ve Demirci, N. (2013). Fizik, Kimya ve Biyoloji Öğretmen Adaylarının Termodinamiğin İkinci Yasasını Günlük Olaylara Uygulama Düzeyleri. *Fen Bilimleri Öğretimi Dergisi*, 1(2), 67-80.

Kırtak-Ad, V.N., ve Demirci, N. (2012). Öğretmen Adaylarının Çevre Sorunlarını Bilim Dalları ve Termodinamik Yasaları ile İlişkilendirme Düzeyleri. *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi (KEFAD)*, 13(3), 19-46.

Köksal, M.S. (2006). Kavram öğretimi ve çoklu zekâ teorisi. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 14(2), 473-480.

Kranda, S., & Akpınar, M. (2019). Students' views about difficulties they are experienced with in graphic reading and drawing. *Hacettepe University Journal of Education*. Advance online publication. doi: 10.16986/HUJE.2019050634

- Kruatong, T., Sung-Ong, S., Singh, P., & Jones, A. (2006). Thai high school students' understanding of heat and thermodynamics. *Journal of Kasetart*, 27, 321-330. <http://www.eu-journal.org/index.php/EJPE/article/view/85> sayfasından erişilmiştir.
- Laburu, C. E. & Niaz, M. (2002). A lakatosian framework to analyze situations of cognitive conflict and controversy in students' understanding of heat energy and temperature. *Journal of Science Education and Technology*, 11(3), 211-219.
- Lieb, E. H., & Yngvason, J. (2000). A fresh look at entropy and the second law of thermodynamics. *Physics Today*, 53(4), 32-37
- Lincoln, Y. S., & Guba, E. G. (1985). *Naturalistic inquiry*. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Linn, M. C., & Songer, N.B. (1991). Teaching thermodynamics to middle school students: what are appropriate cognitive demands? *Journal of Research in Science Teaching*, 28(10), 885-918.
- Loverude, M. E. (1999). *Investigation of Student Understanding of Hydrostatics and Thermal Physics and of the Underlying Concepts from Mechanics*. Doktora Tezi. University of Washington. UMI No: 9937617. <http://hdl.handle.net/1773/9736> sayfasından erişilmiştir.
- Loverude, M. E., Kautz, C. H., & Heron, P. R. L. (2002). Student understanding of the first law of thermodynamics: relating work to the adiabatic compression of an ideal gas. *American Journal of Physics*, 70(2), 137-148.
- Madanoğlu, N. (2015). 9. Sınıf öğrencilerinin iş ve enerji konusundaki kavramsal anlamalarının incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.
- Malatyalı, E., & Yılmaz, K. (2010). Yapılandırmacı öğrenme sürecinde kavramlar ve önemi: kavramların pedagojik açıdan incelenmesi. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 3(14), 320-332.
- Marcella, T. V. (1992). Entropy production and the second law of thermodynamics: an introduction to second law analysis. *Am. J. Phys.*, 60(10), 888-895.
- Meltzer, D. (2004). Investigation of students' reasoning regarding heat, work, and the first law of thermodynamics in an introductory calculus-based general physics course.

- Am. J. Phys.*, 72(11). <https://aapt.scitation.org/toc/ajp/72/11?expanded=72> sayfasından erişilmiştir.
- Meltzer, D. (2008). Investigating and addressing learning difficulties in thermodynamics. *American Society for Engineering Education*, 72(11).
- Mennun, S.D. (2008).Olasılık kavramlarının öğrenilmesinde karşılaşılan zorluklar, bu kavramların öğrenilememe nedenleri ve çözüm önerileri. *İnönü Üniversitesi Fakültesi Dergisi*, 9(15),89–101.
- Merriam, S. B. (2015). *Nitel araştırma desen ve uygulama için bir rehber*. (Çev. Ed.: Selahattin Turan). Ankara: Nobel.
- Mikailov, F. ve San, S.E. (2008). *Termodinamik ve istatistik Fizik*. İstanbul: Papatya.
- Nesic, L., & Raos, M. (2006). Ecophysics and education. *Physics, Chemistry and Technology*. 4 (1), 101-112.
- Novak , J.,& Gowin, B. (1984). *Learning how to learn*. Cambridge Universty Press. pp. 4,7. <http://dx.doi.org/10.1017/CBO9781139173469> sayfasından erişilmiştir.
- Öztaş, F. (2005). Lise 9. sınıf öğrencilerinin madde döngüsü ve enerji akışı ile ilgili görüşlerinin saptanmasına yönelik bir araştırma. *Kastamonu Eğitim Dergisi*. 13 (2), 381-390.
- Öztürk, A. (1997). Termodinamiğe genel bir bakış-1. *Termodinamik, Kasım*. <https://www.termodinamik.info/makale/termodinamige-genel-bir-bakis-1> adresinden ulaşılmıştır.
- Paik, S., Cho, B. ve Go, Y. (2007). Korean 4- to 11-year-old student conceptions of heat and temperature. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(2), 284-302.
- Patron, F. (1997). *Conceptual understanding of thermodynamics: a study of undergraduate and graduate students*. Doktora Tezi. Purdue University UMI:9808501.
- Patton, M. Q. (2002). *Qualitative research and evaluation methods* (3rd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Rosen, M. A. (2002). Thermodynamics education: Is present coverage of exergy sufficient and appropriate? *Exergy An International Journal*, 2(4), 207–210.

- Roth, W. M. ve Bowen, G.M. (1999). Complexities of graphical representations during ecology lectures: an analysis rooted in semiotics and hermeneutic phenomenology. *Learning and Instruction*, 9, .235–255.
- Salinger G. L. & Sears, F. W.(2002). Termodinamik kinetik kuram ve istatistik termodinamik. Ankara: Literatür.
- Sears, F. W., ve Salinger, G. L. (2002). *Termodinamik kinetik kuram ve istatistik termodinamik*. (N, Ünal, Çev.). İstanbul: Literatür
- Sears, F.W. Zemansky, M. W., (2009). *Üniversite fiziği Cilt I*. (12. Baskı) H. Ünlü (Ed.), Sıcaklık ve ısı içinde (s. 570-609). (M.Ö. Hortaçsu, A. T. Giz, C. Soydemir, N. Postacıoğlu, Ö. Özer, Çev.). İstanbul: Pearson Education.
- Senemoğlu, N. (2009). *Gelişim, öğrenme ve öğretimi*. (14. Baskı). Ankara: Pegem.
- Serway, R.A., & Beichner, R.J. (2008). *Fen ve mühendislik için fizik I*. Ankara: Palme.
- Sichau, C. (2000). Practising helps: thermodynamics, history, and experiment. *Science & Education*. 9, 389-398.
- Sichau, C. (2000). Practisinghelps: thermodynamics, historyand experiment. *Science and Education*, 9, 389-398.
- Sözbilir, M. (2001).A study of undergraduates' understandings of key chemical ideas in thermodynamics. Doktora Tezi. York Üniversitesi.
- Strnad, J. (1984). The second law of thermodynamics in a historical setting. *Physics Education*, 19(2), 94. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0031-9120/19/2/317/pdf> sayfasından erişilmiştir.
- Şahin, S., Karaaslan,T., Çoban,Ş: K., ve Ercan, H. (2017). Etkinliklerle kavram öğretimi. Ankara: Eğiten
- Taşar, M. F., Kandil-İngeç, Ş. ve Ünlü-Güneş, P. (2002, Eylül). *Grafik çizme ve anlama becerisinin saptanması*. V. Ulusal Fen ve Matematik Eğitimi Kongresi, ODTÜ, Ankara
- Temizyürek, K. (2003). *Fen öğretimi ve uygulamaları*. Ankara: Nobel.
- Tez, Z. (2008). *Fiziğin kültürel tarihi*. İstanbul: Doruk.

- Thomas, P. L. & Schwenz, R. W. (1998). College physical chemistry students conceptions of equilibrium and fundamental. *Thermodynamics. Journal of Research In Science Teaching*, 35(10), 1151-1160.
- Thomaz, M. F., Malaquias, I. M., Valente, M. C., & Antunes, M. J. (1995). An attempt to overcome alternative conceptions related to heat and temperature. *Physics Education*, 30, 19–26.
- Ülgen, G. (2004). Kavram geliştirme kuramlar ve uygulamalar. (4. Baskı). Ankara: Nobel
- Üstünoğlu, Ü. (1990). Okulöncesi öğretmenlerinin uzaktan öğretim yöntemiyle yetiştirilmesine yönelik program modeli. *Eskişehir Anadolu Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 3(1), 136-138.
- Üstünoğlu, Ü., Şahin, F. (1998). *Okul öncesinde fen bilgisi öğretimi*. Beta: İstanbul
- Varma, K. M. (2003). *Supporting science concept learning in young elementary school children:examining the nature of changes in mental representations for thermodynamics*. Doktora Tezi, Vanderbilt University.UMI No:3085804.
- Wark, K. (1989). *Thermodynamics*. NewYork: McGraw-Hill.
- Warren, J. W. (1972). The teaching of the concept of heat. *Physics Education*, 7, 41-44.
- Williams, D. F., & Glasser, D. (1991). An introduction to equilibrium thermodynamics: A rational approach to its teaching. Part 2: Internal energy, entropy and temperature. *Chemical Engineering Education*, 25(3), 164-172.
- Wiser, M. & Amin, T. (2001). ‘Is heat hot?’ inducing conceptual change by integrating every day and scientific perspectives on thermal phenomena. *Learning and Instructing*, 11, 331-355.
- Yağbasan, R., ve Gülçiçek, Ç. (2003). Fen öğretiminde kavram yanlışlarının karakteristik tanımlanması. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 1(13), 102-120.
- Yaman, K., R. (2004). *Mühendislik termodinamiğinin temelleri*. Ankara: Nobel.
- Yeşilyurt, M. (2006). High school students’ views about heat and temperature concepts. *International Journal of Environmental and Science Education*, 1, 1, (2006),1-24.

- Yıldırım, A. & Şimşek, H. (2008). Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri. Ankara: Seçkin.
- Yıldırım, A. & Şimşek, H. (2013). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri*. (9. Baskı). Ankara: Seçkin.
- Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2008). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri*. Ankara: Seçkin.
- Yin, R. K. (2003). Case study research: Design and methods. Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Yin, R. K. (2009). *Case Study Research Design and Methods* (4. Baskı). London: Sage Publications.
file:///C:/Users/User1/Downloads/Case%20Study%20Research_%20Design%20and%20Methods,%20Third%20Edition,%20Applied%20Social%20Research%20Methods%20Series,%20Vol%205%20%20%20(%20PDFDrive.com%20).pdf sayfasından erişilmiştir.
- Young, D.H., & Freedman, A.R. (2009). *Üniversite fiziği*. Ankara: TÜBA.

EKLER

EK 1. Görüşmeci Onay Formu

FİZİK ÖĞRETMEN ADAYLARININ TERMODİNAMİĞİN BİRİNCİ YASASI ÇERÇEVESİNDE ISI, İŞ ve İÇ ENERJİ İLE İLGİLİ KAVRAMSAL ZORLUKLARI

-Görüşmeci Onay Formu-

Değerli Katılımcı,

Bu çalışmanın amacı, fizik öğretmen adaylarının termodinamiğin birinci yasası kapsamında iş, ısı ve iç enerji hakkında ki kavramsal zorlanmalarını ortaya çıkarmak amacıyla araştırılmaktadır.

Çalışmaya katılmadan önce veya çalışma sürecinde çalışmayla ilgili aklınıza gelen herhangi bir şeyi sormaktan çekinmeyiniz. Çalışma tamamlandıktan sonra sonuçları sizinle paylaşmak bizi mutlu edecektir. Bununla birlikte isminiz çalışma sonuçlarında yer almayacak ve çalışmanın paydaşları sizi bir “katılımcı” olarak bilecektir.

Görüşme sürecinde söylediklerinizin tümünde gizliliğin esas alınacağını bildirir çalışmaya yaptığınız katkılarınızdan dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Bengü Atasever

Görüşmeci Bilgileri

Ad Soyad :

Yaş :

Bölüm/Sınıf :

Görüşme Bilgileri

Tarih :

Saat :

Yer :

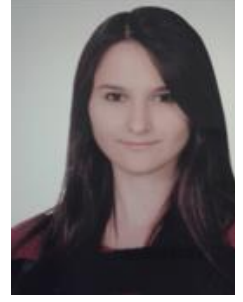
Görüşme esnasında ses kaydı alınmasını onaylıyorum.

İmza:

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, Adı	Atasever, Bengü
Uyruğu	Türkiye Cumhuriyeti
Doğum Tarihi ve yeri	20/07/1992 -İstanbul
E-posta	Atasever.bengu@gmail.com



Eğitim Derecesi	Okul/Program	Mezuniyet yılı
Lise	Kırımlı Fazilet Olcay Anadolu Lisesi	2009
Üniversite	Hacettepe Üniversitesi, Fizik Eğitim Fakültesi, Fizik Öğretmenliği	2016
Yüksek Lisans	Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı, Fizik Eğitimi Bilim Dalı	2019

İş deneyimi, Yıl	Çalıştığı Yer	Görev
02/2017 – 06/2019	Özel Okul	Fizik Öğretmeni

Yabancı Dil	İngilizce, Almanca
-------------	--------------------

Yayınlar

Uluslararası Kongre ve Sempozyumlarda Sunulan Bildiriler

- **Atasever, B.** ve İnceç, Ş. K. (2017), Fizik Öğretmen Adaylarının Termodinamiğin Birinci Yasası Çerçevesinde Isı, İş ve İç Enerji ile İlgili Kavramsal Zorlukları 3.Ulusal Fizik Eğitimi Kongresi, 14-16, Eylül, Özetler Kitabı, Gazi Üniversitesi, Ankara, 35.



GAZİLİ OLMAK AYRICALIKTIR