

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORTAÖĞRETİM FEN VE MATEMATİK ALANLARI EĞİTİMİ ANABİLİM DALI
KİMYA EĞİTİMİ BİLİM DALI

BİLİŞSEL YÜK KURAMINA GÖRE TERMODİNAMİK KONUSUNDA
HAZIRLANAN ÖĞRETİM TASARIMININ KİMYA ÖĞRENCİLERİNİN
HATIRLAMA VE TRANSFER DÜZEYİNDEKİ ÖĞRENMELEİNE
ETKİSİ

DOKTORA TEZİ

Nesli KALA

TRABZON
Eylül, 2012

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORTAÖĞRETİM FEN VE MATEMATİK ALANLARI EĞİTİMİ ANABİLİM DALI
KİMYA EĞİTİMİ BİLİM DALI

BİLİŞSEL YÜK KURAMINA GÖRE TERMODİNAMİK KONUSUNDA
HAZIRLANAN ÖĞRETİM TASARIMININ KİMYA ÖĞRENCİLERİNİN
HATIRLAMA VE TRANSFER DÜZEYİNDEKİ ÖĞRENMELERİNE
ETKİSİ

Nesli KALA

Karadeniz Teknik Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü'nce
Doktor Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Danışmanı
Prof. Dr. Alipaşa AYAS

Trabzon
Eylül, 2012

KTÜ Eğitim Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne

Bu çalışma jürimiz tarafından OFMAE Anabilim Dalında DOKTORA tezi olarak kabul edilmiştir 16/08/2012

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Alipaşa AYAS



Üye : Prof. Dr. Ali AZAR



Üye : Doç. Dr. Gökhan DEMİRCİOĞLU



Üye : Doç. Dr. Hasan Genç



Üye : Yrd. Doç. Dr. Esra KELEŞ



Onay

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Haluk ÖZMEN

Enstitü Müdürü

BİLDİRİM

Tezimin içerdığı yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı ve bu tezi KTÜ Eğitim Bilimleri Enstitüsünden başka bir bilim kuruluşuna akademik gaye ve unvan almak amacıyla vermediğimi; tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada kullanılan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ediyorum.

Nesli KALA

16/08/2012

ÖNSÖZ

Farklı uzmanlık seviyesindeki Kimya öğrencilerinin (uzman ve uzman olmayan), termodinamik ünitesini Bilişsel Yük Kuramı ilkelerine göre hazırlanan öğretim tasarımından veya sunuş stratejisine dayalı bir başka öğretim tasarımından hatırlama ve transfer düzeyindeki öğrenmeleri ve bilişsel yüklenmelerinin karşılaştırıldığı bu çalışma altı bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde; çalışmanın amacı, gerekçesi, önemi, sınırlılıkları ve Bilişsel Yük Kuramı ile ilgili gerekli kuramsal çerçeve sunulmuştur. İkinci bölümde; çalışmanın yöntemi, veri toplama araçları ve verilerin analizinin ayrıntılı olarak anlatıldığı yapılan çalışmalar kısmına yer verilmiştir. Üçüncü bölümde ise elde edilen bulgular, alt problemler ışığında sunulmuştur. Dördüncü bölümde elde edilen bulgularla ilgili tartışma yapılmıştır. Araştırmanın beşinci bölümünde sonuçlar, altıncı bölümünde ise tartışmaya yer verilmiştir.

Uzun ve meşakkatli doktora yolcuğumda danışmanlığımı üstlenerek yoluma ışık tutan, bu yolda yürüyebilmem için beni cesaretlendiren ve çok kıymetli deneyimlerini benimle paylaşan saygıdeğer hocam Prof. Dr. Alipaşa AYAS'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Fikirleriyle araştırmaya katkı sağlayan Doç. Dr. Gökhan DEMİRCİOĞLU'na ve Yrd. Doç. Dr. Esra KELEŞ'e teşekkürlerimi sunarım. Öğretim yazılımının geliştirilmesinde desteklerini gördüğüm Prof. Dr. Kamil KAYGUSUZ, Prof. Dr. Ahmet ÜNAL ve Doç. Dr. Fikret AKDENİZ'e teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca Tezimin uygulaması evresinde yardımlarını gördüğüm Prof. Dr. Selami KARSLIOĞLU, Prof. Dr. Murat KÜÇÜK, Prof. Dr. Halit KANTEKİN, Prof. Dr. Şule BAHÇECİ ve Doç. Dr. Hasan GENÇ'e teşekkürlerimi sunarım. Doktora tez konumun seçilmesi de dahil, tüm doktora sürecimde desteğini esirgemeyen kıymetli dostum Yrd. Doç. Dr. Özden DEMİR'e sonsuz teşekkürlerimi sunmayı borç bilirim. Ayrıca, doktora tez çalışmam esnasında yardımlarını esirgemeyen değerli arkadaşlarım Yrd. Doç. Dr. Ali TÜRKDOĞAN, Yrd. Doç. Dr. Tuba GÖKÇEK, Yrd. Doç. Dr. Fatma YAMAN, Arş. Gör. İlknur ÖZPINAR'a ve isimlerini yazamadığım tüm mesai arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım. Öğretim yazılımının geliştirilmesinden, uygulanmasına kadar tüm doktora sürecimde yardımlarını esirgemeyen kıymetli arkadaşlarım Uygur AYDIN'a ve Mustafa SEVİM'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Her Őeyden 3nemlisi; yaŐantım boyunca maddi ve manevi desteklerini hiÇbir zaman esirgemeyen canım annem Cennet KEKEŐ'e, beni hayata başlayan kardeŐlerime ve sevimli yeŐenlerime sabırlarından dolayı teŐekk3r ederim. Ayrıca doktora s3recimde varlıklarıyla bana g3c veren manevi anne ve babam, Fatma G3RSOY ve Hasan Zafer G3RSOY'a sonsuz teŐekk3rlerimi sunarım.

Trabzon, 2012

Nesli KALA

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	VI
ÖZET	X
ABSTRACT	XII
TABLolar DİZİNİ.....	XIV
ŞEKİLLER DİZİNİ	XVII
KISALTMALAR LİSTESİ	XIX
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş	1
1.2. Problem Durumu	3
1.3. Araştırmanın Amacı.....	5
1.4. Araştırmanın Gerekçesi ve Önemi.....	5
1.5. Araştırmanın Sınırlılıkları.....	7
1.6. Araştırmanın Varsayımları	7
1.7. Kuramsal Açıklamalar ve İlgili Araştırmalar	8
1.7.1. İnsanın Bilişsel Yapısının Bazı Yönleri	8
1.7.1.1. Bellek Türleri.....	8
1.7.1.1.1. Duyusal Bellek.....	8
1.7.1.1.2. Kısa Süreli ya da Çalışan Bellek (Working Memory).....	9
1.7.1.1.3. Uzun Süreli Bellek (Long Term Memory)	11
1.7.1.2. Şema Oluşumu.....	13
1.7.1.3. Şema Otomasyonu	14
1.7.2. Bilişsel Yük Kuramı (Cognitive Load Theory)	15
1.7.2.1. İçsel Bilişsel Yük ve Öge Etkileşimi	17
1.7.2.2. İçsel Bilişsel Yük ve Öğrenen Uzmanlığı	19
1.7.2.3. Dışsal Bilişsel Yük ve Öğretim Tasarımı	20
1.7.2.4. Etkili Bilişsel Yük (Germane Cognitive Load) ve Öğretim Tasarımı	21
1.7.2.5. Öğretim Tasarımı	22
1.7.2.6. Bilişsel Yükün Ölçülmesi	26
1.8. Konu ile İlgili Yapılan Araştırmalar	27
1.8.1. Bilişsel Yük Kuramı ile İlgili Yapılan Araştırmalar.....	28

1.8.2.	Termodinamik ile İlgili Yapılan Araştırmalar	39
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	44
2.1.	Araştırmanın Modeli.....	44
2.2.	Araştırmanın Örnekleme	49
2.3.	Veri Toplama Araçları	50
2.3.1.	Termodinamik Akademik Başarı Testi.....	50
2.3.2.	Hatırlama Testi	51
2.3.3.	Transfer Testi.....	52
2.3.4.	Bilişsel Yük Ölçeği.....	53
2.3.5.	Sayı Dizisi Bellek Testi	54
2.3.6.	Bilimsel İşlem Beceri Testi	57
2.3.7.	Bilişsel Yük Kuramına Göre Hazırlanan Öğretim Tasarımı Hakkında Yarı Yapılandırılmış Öğrenci Görüş Formu.....	58
2.4.	Deney Grubu İçin Öğretim Yazılımının Geliştirilmesi	58
2.4.1.	Bilişsel Yük Kuramı Öğretim Tasarımı İlkelerinin Öğretim Yazılımına Etkileri.....	60
2.5.	Pilot Uygulama	70
2.5.1.	Deney Grubunda Yapılan Pilot Uygulama	71
2.5.2.	Kontrol Grubunda Yapılan Pilot Uygulama	74
2.6.	Verilerin Toplanması	76
2.6.1.	Deney Grubunda Yapılan Uygulama.....	78
2.6.2.	Kontrol Grubunda Yapılan Uygulama.....	81
2.7.	Verilerin Analizi	83
2.7.1.	Hatırlama ve Transfer Testlerinden Elde Edilen Verilerin Analizi	83
2.7.2.	Bilişsel Yük Ölçeğinden Elde Edilen Verilerin Analizi	84
2.7.3.	Termodinamik Akademik Başarı Testi ve Bilimsel İşlem Beceri Testinin Analizi	84
2.7.4.	Bilişsel Yük Kuramına Göre Hazırlanan Öğretim Tasarımı Hakkında Yarı Yapılandırılmış Öğrenci Görüş Formundan Elde Edilen Verilerin Analizi	85
2.7.5.	Çalışmanın Genelinden Elde Edilen Verilerin Analizi.....	85
3.	BULGULAR.....	88
3.1.	Asıl Çalışma Öncesi Uygulanan Testlerden Elde Edilen Bulgular	88
3.1.1.	“Termodinamik Akademik Başarı Testi”nin Ön Test Uygulamalarından Elde Edilen Bulgular	88
3.1.2.	Sayı Dizisi Bellek Testinden Elde Edilen Bulgular.....	89

3.1.3.	Bilimsel İşlem Becerileri Testinden Elde Edilen Bulgular.....	90
3.1.4.	Genel Kimya-1 Dersi Akademik Başarı Ortalamalarından Elde Edilen Bulgular	91
3.2.	Termodinamik Ünitesi 1. Oturumundan Elde Edilen Bulgular	91
3.2.1.	Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Termodinamik Ünitesi 1. Oturumundaki Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeğinden Elde Edilen Bulgular	92
3.2.2.	Deney ve Kontrol Grubundaki Uzman ve Uzman Olmayan Öğrencilerin Termodinamik Ünitesi 1. Oturumundaki Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeğinden Elde Edilen Bulgular	94
3.2.3.1.	Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Termodinamik Ünitesi 1. Oturumundaki Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği Puanlarına Dayanarak Hesaplanan Etkili Öğrenme Düzeyine İlişkin Bulgular	98
3.2.3.2.	Deney ve Kontrol Grubundaki Uzman ve Uzman Olmayan Öğrencilerin Termodinamik Ünitesi 1. Oturumundaki Hatırlama Testi-1, Transfer Testi-1 ve Bilişsel Yük Ölçeği-1 Puanlarına Dayanarak Hesaplanan Etkili Öğrenme Düzeyine İlişkin Bulgular	100
3.3.	Termodinamik Ünitesi 2. Oturumundan Elde Edilen Bulgular	102
3.3.1.	Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Termodinamik Ünitesi 2. Oturumundaki Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeğinden Elde Edilen Bulgular	102
3.3.2.	Deney ve Kontrol Grubundaki Uzman ve Uzman Olmayan Öğrencilerin Termodinamik Ünitesi 2. Oturumundaki Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeğinden Elde Edilen Bulgular	104
3.3.3.	Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Termodinamik Ünitesi 2. Oturumundaki Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği Puanlarına Dayanarak Hesaplanan Etkili Öğrenme Düzeyine İlişkin Bulgular	108
3.3.4.	Deney ve Kontrol Grubundaki Uzman ve Uzman Olmayan Öğrencilerin Termodinamik Ünitesi 2. Oturumundaki Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği Puanlarına Dayanarak Hesaplanan Etkili Öğrenme Düzeyine İlişkin Bulgular	110
3.4.	Termodinamik Ünitesinden Elde Edilen Bulgular	112
3.4.1.	Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Termodinamik Ünitesindeki Hatırlama Testi, Transfer Testi, Bilişsel Yük Ölçeği ve Termodinamik Başarı Testinden Elde Edilen Bulgular	112
3.4.2.	Deney ve Kontrol Grubundaki Uzman ve Uzman Olmayan Öğrencilerin Termodinamik Ünitesine Göre Hatırlama Testi, Transfer Testi, Termodinamik Akademik Başarı Son Testi ve Bilişsel Yük Ölçeğinden Elde Edilen Bulgular	119

3.4.3.	Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Termodinamik Ünitesindeki Hatırlama Testi, Transfer Testi, Termodinamik Akademik Başarı Son Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği Puanlarına Dayanarak Hesaplanan Etkili Öğrenme Düzeylerine İlişkin Bulgular.....	130
3.4.4.	Uzmanlık Değişkenine Göre Öğrencilerin Termodinamik Ünitesindeki Hatırlama Testi, Transfer Testi, Termodinamik Akademik Başarı Son Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği Puanlarına Dayanarak Hesaplanan Etkili Öğrenme Düzeylerine İlişkin Bulgular.....	133
3.5.	Bilişsel Yük Kuramına Göre Hazırlanan Öğretim Tasarımı Hakkındaki Yarı Yapılandırılmış Öğrenci Görüş Formundan Elde Edilen Bulgular	136
4.	TARTIŞMA	143
4.1.	Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi, Bilişsel Yük Ölçeği ve Termodinamik Akademik Başarı Testinden Elde Edilen Bulgularla İlgili Tartışma.....	143
4.2.	Deney ve Kontrol Grubundaki Uzman ve Uzman Olmayan Öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi, Bilişsel Yük Ölçeği ve Termodinamik Akademik Başarı Testinden Elde Edilen Bulgularla İlgili Tartışma	154
4.3.	Bilişsel Yük Kuramına Göre Hazırlanan Öğretim Tasarımı Hakkında Öğrenci Görüş Formundan Elde Edilen Bulgular ile İlgili Tartışma.....	164
5.	SONUÇLAR.....	169
5.1.	Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi, Bilişsel Yük Ölçeği ve Termodinamik Akademik Başarı Testinden Elde Edilen Sonuçlar.....	169
5.2.	Deney ve Kontrol Grubundaki Uzman ve Uzman Olmayan Öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi, Bilişsel Yük Ölçeği ve Termodinamik Akademik Başarı Testinden Elde Edilen Sonuçlar	172
5.3.	Bilişsel Yük Kuramına Göre Hazırlanan Öğretim Tasarımı Hakkında Öğrenci Görüş Formundan Elde Edilen Sonuçlar	176
6.	ÖNERİLER.....	178
6.1.	Araştırma Sonuçlarına Dayanarak Yapılan Öneriler	178
6.2.	Yapılacak Araştırmalara Yönelik Öneriler	179
7.	KAYNAKLAR	181
EKLER		191
ÖZGEÇMİŞ		

ÖZET

Bilişsel Yük Kuramına Göre Termodinamik Konusunda Hazırlanan Öğretim Tasarımının Kimya Öğrencilerinin Hatırlama ve Transfer Düzeyindeki Öğrenmelerine Etkisi

Termodinamik, Kimya alanındaki birçok konu gibi öğretilmesinde güçlük yaşanan konulardandır. Dolayısıyla bu tip zor konuların öğretilmesinde başarı sağlayan kuramların uygulanması büyük önem arz etmektedir. Bu ihtiyaca binaen öncelikle, bilişsel yük kuramı ilkelerine göre sekiz oturumdan oluşan bir öğretim yazılımı geliştirilmiştir. Bu çalışmada, uzman ve uzman olmayan öğrencilerin bu yazılımın kullanıldığı Bilişsel Yük Kuramına göre geliştirilen öğretim tasarımından ve sunuş stratejisine dayalı bir başka öğretim tasarımdan öğrenmeleri incelenmiştir.

Çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Fakültesi Kimya Bölümünde öğrenim gören 37 birinci sınıf öğrencisi ile yürütülmüştür. Deneysel çalışma yönteminin kullanıldığı bu çalışmada, öğrenciler gruplara yansız olarak atanmıştır. Veri toplamak amacıyla çalışmada; Genel Kimya-I dersi akademik başarı ortalamaları, Termodinamik Akademik Başarı Testi, Hatırlama Testleri, Transfer Testleri, Bilişsel Yük Ölçekleri, Sayı Dizisi Bellek Testi, Bilimsel İşlem Beceri Testi ve deney grubu için Bilişsel Yük Kuramına Göre Hazırlanan Öğretim Tasarımı Hakkında Yarı Yapılandırılmış Öğrenci Görüş Formu kullanılmıştır. Genel Kimya-I dersi akademik başarı ortalamaları, Sayı Dizisi Bellek Testi ve Bilimsel İşlem Beceri Testi sadece grupların denkliliğini belirlemede kullanılırken Termodinamik Akademik Başarı Testi hem grupların denkliliğini belirlemek amacıyla ön test, hem de uygulamadan sonra son test olarak kullanılmıştır. Hatırlama Testleri, Transfer Testleri Ve Bilişsel Yük Ölçekleri her oturumda süreçte uygulanmıştır. Bunun yanında öğrenci görüş formu, sadece deney grubundaki öğrencilerin hem öğretim yazılımı hem de öğretim tasarımı hakkındaki fikirlerini belirleme de yararlanılmıştır.

Grupların denkliliğini belirlemek amacıyla toplanan verilerin analizinde, t-testi kullanılmıştır. Bununla birlikte Termodinamik Akademik Başarı Testi, Hatırlama Testleri, Transfer Testleri Ve Bilişsel Yük Ölçeklerinin analizinde çok faktörlü varyans analizi (MANOVA) kullanılmıştır. Bilişsel yük kuramına göre bellek genişliği öğrenmeyi etkileyen unsurlardan olduğundan her oturum için yapılan MANOVA testlerinde Sayı Dizisi Bellek Testi; çalışmanın geneli için yapılan MANOVA testlerinde ise Sayı Dizisi

Bellek Testi ve Termodinamik Akademik Başarı Testi (ön test) kovariyet olarak atanmıştır. Çalışmada, deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrenciler arasındaki karşılaştırmada Bonferroni testi kullanılmıştır. Bilişsel Yük Kuramına Göre Hazırlanan Öğretim Tasarımı Hakkında Yarı Yapılandırılmış Öğrenci Görüş Formunun analizi ise içerik analizine göre yapılmıştır. Çalışmada, bilişsel yük kuramına göre geliştirilen öğretim tasarımından konuyu öğrenen deney grubu öğrencilerinin çoğunlukla daha fazla yüklenmelerine rağmen hem hatırlama hem de transfer düzeyinde kontrol grubundaki öğrencilere göre daha etkili öğrenme sağladıkları sonucuna varılmıştır. Bunun yanında, bilişsel yük kuramına göre geliştirilen tasarımdan öğrenen uzman olmayan öğrenciler, hatırlama düzeyinde uzman öğrencilerden daha yüksek puan alırken uzman öğrencilerin transferde daha başarılı oldukları belirlenmiştir. Çalışma yapılan önerilerle tamamlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bilişsel Yük Kuramı, Termodinamik, Öğretim Tasarımı, Öğretim Yazılımı, Öğrenen Uzmanlığı, Bilişsel Yük, Etkili Öğrenme.

ABSTRACT

“The Effect of Instructional Design Prepared on Thermodynamics Unit by Using Cognitive Load Theory on Chemistry Students’ Learning at Retention and Transfer Level”

Thermodynamic is one of the most difficult subjects to teach in chemistry. Therefore, while teaching this topic, implementation of learning theories that have been proved as successful should be considered to use in teaching process. Thus, a teaching software program composed of eight sessions was developed based on the Cognitive Load Theory and its principles. In this study, to test learning of expert and novice students from the instructional design either using the software developed by taking into account the Cognitive Load Theory or the lecturing with presentation strategy.

The study was carried out with 37 freshmen enrolled in the Chemistry department at Faculty of Science in Karadeniz Technical University. The experimental design was used and students were appointed randomly into groups. In order to collect data, academic achievement average for General Chemistry-I course, Thermodynamic Achievement Test, Retention Tests, Transfer tests, Cognitive Load Scales, Digit-span test, Science Process Skill Test and a semi structured student feedback form about the software design which was prepared for use in the experimental group considering the Cognitive Load Theory was utilized. While academic achievement average for General Chemistry-I course, Digit-span test and Science Process Skill Test were used only to determine equivalence of the groups (experiment and control), Thermodynamic Achievement Test was used both as a pre test to determine equivalency of the groups and a post test after the application. Retention Tests, Transfer tests and Cognitive Load Scales were implemented at the each session during the process. Besides, student feedback form was only used to elicit students’ ideas in the experimental group regarding to both the software and the instructional design.

To determine the equivalency of the groups, t-test was used. Nevertheless, MANOVA (Multivariate Analysis of Variance) was used to analyze the Thermodynamic Achievement Test, Retention Tests, Transfer Tests and Cognitive Load Scales. According to Cognitive Load Theory, since the memory width is among the factors that affect learning, Digit-span test was appointed as covariance to MANOVA tests performed for each session. On the other hand, Digit-span Test and Thermodynamic Achievement Test

(pre-test) were appointed as covariance to MANOVA tests which is applied for the whole study. Bonferroni Test was used to compare the differences of expert and novice students enrolled in the experimental and control groups. Semi-structured Student Feedback form Related to Instructional Design Prepared according to Cognitive Load Theory was analyzed by using content analysis method.

As a result, experimental group students who were taught with instructional design based on Cognitive Load Theory gained effective learning in terms of recall and transfer level even though majority of experimental group students had more loaded when compared to the control group students. In addition to this, while novice students taught with the design developed by Cognitive Load Theory had higher scores than expert students on the level of recall, expert students gained better achievement than novice students on the level of transfer. The study was completed with further implications and suggestions to researchers.

Key Words: Cognitive Load Theory, Thermodynamic, Instructional Design, Teaching Software, Learner Expertise, Cognitive Load, Effective Learning.

TABLolar DİZİNİ

Tablo Nr.	Tablo Adı	Sayfa Nr.
1.	Araştırmanın değişkenleri	45
2.	Araştırmanın modeli.....	48
3.	Örneklemedeki öğrencilerin cinsiyet ve uygulama gruplarına göre dağılımları	50
4.	Termodinamik Akademik Başarı Testindeki soruların konulara göre dağılımı	51
5.	Deney ve kontrol gruplarındaki öğrencilerin “Termodinamik Akademik Başarı Testi” ön test uygulama t-Testi sonuçları.....	89
6.	Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin “Sayı Dizisi Bellek Testi” t-Testi sonuçları.....	90
7.	Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin “Bilimsel İşlem Becerileri Testi” t-Testi sonuçları	90
8.	Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin “Genel Kimya-I Dersi Akademik Başarı Ortalamaları” t-Testi sonuçları.....	91
9.	Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği aritmetik ortalamalarının betimsel istatistikleri	92
10.	Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği ortalama puanlarına göre MANOVA sonuçları	93
11.	Deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi Ve Bilişsel Yük Ölçeği betimsel istatistikleri.....	94
12.	Deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği ortalama puanlarına göre MANOVA sonuçları	96
13.	1. Oturumda deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği ortalama puanlarına göre Bonferroni Testi sonuçları	96
14.	1. oturuma göre deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin performans Z puanları, bilişsel yük Z puanları ve etkili öğrenme puanları.....	98
15.	2. oturuma göre uzman ve uzman olmayan öğrencilerin performans Z puanları, bilişsel yük Z puanları ve etkili öğrenme puanları.....	100

Tablo Nr.	Tablo Adı	Sayfa Nr.
16.	Gruplara göre Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği betimsel istatistikleri.....	102
17.	Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği ortalama puanlarına göre MANOVA sonuçları	103
18.	Deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin termodinamik ünitesi 2. oturumdaki Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği betimsel istatistikleri	104
19.	Deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği ortalama puanlarına göre MANOVA sonuçları	106
20.	Deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği ortalama puanlarına göre bonferroni testi sonuçları	107
21.	2. oturuma göre öğrencilerin performans Z puanları, bilişsel yük Z puanları ve etkili öğrenme puanları	108
22.	2. oturuma göre uzman ve uzman olmayan öğrencilerin performans Z puanları, bilişsel yük Z puanları ve etkili öğrenme puanları.....	110
23.	Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin sekiz oturumdaki Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği ortalama puanları.....	112
24.	Gruplara göre Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği aritmetik ortalamalarının betimsel istatistikleri.....	117
25.	Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği ortalama puanlarına göre MANOVA sonuçları	118
26.	Deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin sekiz oturumdaki Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği ortalama puanları	120
27.	Uzmanlık faktörüne göre öğrencilerin termodinamik ünitesindeki Hatırlama Testi, Transfer Testi, Termodinamik Akademik Başarı Son Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği betimsel istatistikleri.....	125
28.	Deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi, Termodinamik Akademik Başarı Son Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği ortalama puanlarına göre MANOVA sonuçları	127
29.	Deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi, Termodinamik Akademik Başarı Son Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği ortalama puanlarına göre Bonferroni Testi sonuçları.....	129

Tablo Nr.	Tablo Adı	Sayfa Nr.
30.	Termodinamik ünitesinde öğrencilerin performans Z puanları, bilişsel yük Z puanları ve etkili öğrenme puanları.....	131
31.	Uzman ve uzman olmayan öğrencilerin termodinamik ünitesindeki performans Z puanları, bilişsel yük Z puanları ve etkili öğrenme puanları	133
32.	Bilgisayar kullanımına ilişkin bilgi ve beceri düzeyi.....	136
33.	Öğretim yazılımından konuyu yeterince öğrenememe nedenleri	136
34.	Öğretim yazılımından konuya çalışırken zorlanma nedenleri.....	137
35.	Bu yazılımı yararlı bulmama nedeni	138
36.	Farklı derslerde de bu tür öğretim yazılımlarından yararlanmak istememe nedenleri.....	138
37.	Geliştirilen öğretim yazılımının öğrenciler tarafından beğenilen yönleri	139
38.	Geliştirilen öğretim yazılımının beğenilmeyen yönleri	139
39.	Sanal bir ortamdan konuya hazırlanmaktan hoşlanmama nedeni	140
40.	Öğretim tasarımının beğenilen yönleri.....	141
41.	Öğretim tasarımının hoşlanılmayan yönleri.....	141

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil Nr.</u>	<u>Şekil Adı</u>	<u>Sayfa Nr.</u>
1.	Baddeley ve Hitch (1974) tarafından önerilen çalışan bellek modelinin üç bileşeni	9
2.	Baddeley (2000)'in dört bileşenli bellek modeli.....	10
3.	Bilişsel yük kuramına göre etkili öğrenme	17
4.	Sayı dizisi bellek testinin giriş görüntüsü	56
5.	Sayı Dizisi bellek testinin uygulama görüntüsü.....	56
6.	Sayı dizisi bellek testinin sonuç görüntüsü	57
7.	Gereksizlik, dikkatin dağılma ve biçem ilkesiyle çözülmüş örnek ilkesi	63
8.	Çözülmüş örnek ilkesi.....	63
9.	Biçem, dikkatin dağılma ve gereksizlik ilkesiyle birlikte tamamlanmamış örnek ilkesi örneği	65
10.	Gereksizlik ilkesiyle birlikte tamamlanmamış örnek ilkesi	65
11.	Biçem ilkesi örneği	68
12.	Dikkatin dağılma ilkesiyle birlikte gereksizlik ilkesi örneği	70
13.	Deney ve kontrol grubundaki uygulamanın süreç akış diyagramı: 1. oturum örneği	77
14.	Etkili öğrenme grafiği	87
15.	1. oturuma göre deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin hatırlama ve transfer düzeyindeki etkili öğrenme grafiği	99
16.	1. oturuma göre deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin hatırlama ve transfer düzeyindeki etkili öğrenme grafiği	101
17.	2. oturuma göre deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin hatırlama ve transfer düzeyindeki etkili öğrenme grafiği	109
18.	2. oturuma göre deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin hatırlama ve transfer düzeyindeki etkili öğrenme grafiği	111
19.	Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin sekiz oturuma göre Hatırlama Testi puanı dağılımı.....	114
20.	Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin oturumlara göre Transfer Testi puanı dağılımı	115

<u>Şekil Nr.</u>	<u>Şekil Adı</u>	<u>Sayfa Nr.</u>
21.	Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin oturumlara göre Bilişsel Yük Ölçeği puanı dağılımı	116
22.	Deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin sekiz oturuma göre Hatırlama Testi puanı dağılımları	122
23.	Deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin sekiz oturuma göre Transfer Testi puanı dağılımları.....	123
24.	Deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin sekiz oturuma göre Bilişsel Yük Ölçeği puanı dağılımları	124
25.	Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin hatırlama, transfer ve termodinamik başarı etkili öğrenme puanlarına ilişkin etkili öğrenme grafiği	132
26.	Deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin hatırlama, transfer ve termodinamik başarı etkili öğrenme puanlarına ilişkin etkili öğrenme grafiği	135
27.	Bilişsel yük kuramına göre geliştirilen öğretim yazılımı ve bu yazılımın kullanıldığı öğretim tasarımı hakkında öğrenci görüşleri.....	167

KISALTMALAR LİSTESİ

MANOVA	: Çok Faktörlü Varyans Analizi
DU	: Deney Uzman
DUO	: Deney Uzman Olmayan
KU	: Kontrol Uzman
KUO	: Kontrol Uzman Olmayan
T.A.B.Ö.T.	: Termodinamik Akademik Başarı Ön Test
T.A.B.S.T.	: Termodinamik Akademik Başarı Son Test
D_H	: Deney Hatırlama
D_T	: Deney Transfer
D_{AB}	: Deney Akademik Başarı
K_H	: Kontrol Hatırlama
KU_T	: Kontrol Transfer
KU_{AB}	: Kontrol Akademik Başarı
DU_H	: Deney Uzman Hatırlama
DU_T	: Deney Uzman Transfer
DU_{AB}	: Deney Uzman Akademik Başarı
DUO_H	: Deney Uzman Olmayan Hatırlama
DUO_T	: Deney Uzman Olmayan Transfer
DUO_{AB}	: Deney Uzman Olmayan Akademik Başarı
KU_H	: Kontrol Uzman Hatırlama
KU_T	: Kontrol Uzman Transfer
KU_{AB}	: Kontrol Uzman Akademik Başarı
KUO_H	: Kontrol Uzman Olmayan Hatırlama
KUO_T	: Kontrol Uzman Olmayan Transfer
KUO_{AB}	: Kontrol Uzman Olmayan Akademik Başarı
E	: Etkili Öğrenme Puanı

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Yaşadığımız yüzyıldaki Cern deneyi, nükleer çalışmalar, genetik kopyalama ve yapay organlar, yenilenebilir enerji, görüntülü cep telefonları gibi teknolojik gelişmeler; insanoğlunun zamanda yolculuk, uzayda yaşam, hasta olmama ve yaşam süresini uzatma gibi geleceğe dair beklentilerinin yanında kimyasal ve biyolojik savaş, siber saldırılar gibi korkularını da tetiklemiştir. İnsanlık tarihindeki bilimsel çalışmaların ve yapılan icatların büyük çoğunluğunun son yüzyılda yapıldığı da düşünülürse, insanoğlunun bu korku ve beklentileri bilim ve teknolojideki gelişmelere büyük oranda hizmet etmesinin yanında, ülkelerin bu alanlarda yarışır hale gelmesine de neden olmuştur. Bu durum teknolojik gelişmelerin öncüsü olan fen bilimlerinin ve onun eğitiminin öneminin gün geçtikçe artmasına ve bütün ulusların fen bilimlerini geliştirmeye dönük çabaların yoğunlaşmasına yol açmaktadır. Bu amaçla ülkeler fen eğitimi programlarını geliştirmeye, öğretmenlerin niteliğini yükseltmeye ve eğitim kurumlarını araç-gereçlerle donatmaya çalışmaktadırlar (Ayas, Çepni ve Akdeniz, 1993). Bu süreç aslında birbirine de olumlu etkilerde bulunmaktadır. Yani bilimdeki ilerleme teknolojiyi geliştirmeye yardım ederken öte yandan teknolojideki bazı gelişmelerde öğrenme ortamlarına katkıda bulunmakta ve daha iyi bilim üretebilecek bireylerin yetişmesine katkıda bulunmaktadır. Bu nedendir ki yaşadığımız yüzyılda öğretim teknolojileri, öğretim ortamlarının vazgeçilmezi haline gelmiştir. Özellikle, Milli Eğitim Bakanlığının nitelikli bir gelecek nesil yetiştirmek amacıyla 2012 yılı itibariyle FATİH Projesi kapsamında tüm öğrencilere tablet bilgisayarlar dağıtmayı hedeflemesi öğretim teknolojilerinin öğretim ortamında kullanımının ne denli önemsendiğinin bir göstergesi niteliğindedir.

Bilgisayar destekli öğretimde çok ortamlı öğrenme çevrelerinin gittikçe daha da büyük bir önem kazanmasının en önemli nedeni, çoklu ortamın bireylerin öğrenmesine yardımcı olduğu varsayımdır (Najjar, 1996). Yazılı ortamın aksine, bilgisayar temelli çoklu ortam; aynı anda farklı türdeki bilgilerin, farklı şekillerde sunumuna imkan vermektedir. Örneğin, bir metin görüntüyle veya hareketli ya da hareketsiz görüntüler sesle birlikte sunulabilir (Guan, 2002). Çoklu ortam; belirli bir içeriğin sunumu için metin, grafik, canlandırma, fotoğraf, video ve ses gibi farklı sembol sistemlerinin birbirlerini

tamamlayacak biçimde bütünleştirilmesidir (Aldağ ve Sezgin, 2003). Bir başka tanıma göre çoklu ortam, öğretim sürecindeki süre sınırlı olmayan ve süre sınırlı öğretim araçlarının, paralel, etkileşimli, farklı duyuşsal kanallardan ve eş zamanlı olarak dijital ortamda düzenlenmesi ile bir konunun açıklanması şeklinde ifade edilebilir (Taşkın ve Soran, 2008). Bu bağlamda bir powerpoint sunumu, televizyondaki bir film, bilgisayarda hazırlanmış sesli bir animasyon çoklu ortama örnek olarak verilmektedir (Akkoyunlu ve Yılmaz, 2005).

Geleneksel öğrenme ortamlarının yanında çoklu öğrenme ortamlarına imkan veren öğretim teknolojilerinin, öğrenmeye olumlu katkılarının olduğuna dair pek çok çalışmanın olduğu (Ebenezer, 2001; Yiğit ve Akdeniz, 2003; Kaban, 2007; Taşkın ve Soran, 2008) ilgili literatürde görülmektedir. Çoklu ortamların öğrenmenin etkililiğine en büyük katkısı ise öğrenme kontrolünü öğrenciye bırakmasıdır. Böylece öğrenciler kendi yetenek, hız ve ihtiyaçlarına göre öğrenme şansını yakalamaktadırlar. Bu da öğrencilerin öğrenme isteklerini artırarak, öğrenilenlerin hatırlanmasını ve kalıcılığını kolaylaştırmaktadır. Öğrenciler bilgiyi kendi öğrenme stillerine uygun şekilde düzenleyebilmektedirler. Başka bir ifade ile çoklu ortamlar, öğrencilerin öğrenmesi, düşünmesi ve öğrenilenlerin hatırlanması için farklı imkanlar sunmaktadır (Kılıç, 2006). Çeşitli çoklu öğrenme ortamları ile ilgili çok sayı ve çeşitte ürünler ortaya konulmasına rağmen, eğitim araştırmaları sözel ve görsel bilgilerin, öğretim için nasıl kombine edileceğine dair çok az tasarım bilgisi sunmaktadır (Tabbers, Martens ve van Merriënboer, 2000). Fakat öğretim teknolojilerinin etkin tasarlanmadığında olumlu katkılarının yanında olumsuz etkilerinin de olabileceği göz ardı edilmemelidir. Dolayısıyla bu tip araçların eğitim ve öğretime olumlu katkı yapabilmesi için etkili bir öğretim tasarımı yapılması, çok önemlidir. Öğretim tasarımı, eğitimciler arasında farklı tanımlanmakla birlikte özünde “öğrencilerim neler yaparsam öğrenirler?”, “neler yaptırırsam öğrenirler?”, “öğrenip öğrenmediklerini en iyi nasıl bir değerlendirme ile anlayabilirim?” gibi sorulara yanıt arar. Bu bağlamda Smith ve Ragan’a (1999) göre öğretim tasarımı, öğrenme ve öğretme prensiplerini öğretim materyallerine, aktivitelere, bilgi kaynaklarına ve değerlendirme planlarına çeviren yansıtıcı ve sistematik işlemlerdir (Brown ve Green, 2006). Dolayısıyla öğretim tasarımı; yaratıcı, aktif ve tekrarlanabilen kompleks bir süreçtir (Reiser ve Dempsey, 2007). Öğretim tasarımının etkin kullanımının önemini vurgulayan kuramlardan biri de Bilişsel Yük Kuramıdır.

Bilişsel Yük Kuramı, çalışan belleğin sınırlı kapasiteye sahip olduğu ve aşırı yüklenirse öğrenmenin olumsuz olarak etkileneceğini savunmaktadır. Bundan dolayı bu kuram, mümkün olduğunca dışsal bilişsel yükü azaltarak zihinsel kaynakların gerçek öğrenme işlemleri için kullanılabileceği tasarım ilkelerini sunmaktadır (Tabbers, Martens ve van Merriënboer, 2000). Bu ilkelere göre yapılan öğretim tasarımlarının öğrenmeyi olumlu yönde etkilediğine dair onlarca çalışma mevcuttur (Sweller ve Cooper, 1985; Marcus, Cooper ve Sweller, 1996; Kalyuga, Chandler ve Sweller, 1999; Kalyuga, Chandler ve Sweller, 2000; Große ve Renkl, 2007; Cierniak, Scheiter ve Gerjets, 2009; Chang ve Yang, 2010; Wong, Leahy, Marcus ve Sweller, 2012). Bununla birlikte Bilişsel Yük Kuramı ile ilgili çalışmalar incelendiğinde kimya alanına yönelik eser miktarda çalışma (Carlson, Chandler ve Sweller 2003; Nguvd.2009) olduğu görülmektedir.

1.2. Problem Durumu

Son yıllarda gerek yazılı gerekse görsel medyada, batılı ülkelerin petrole olan özlemleri nedeniyle ortadoğuyu kan gölüne çevirmelerinden, dünyanın içinde bulunduğu enerji darboğazından ve bilim dünyasının yenilenebilir enerji kaynaklarına olana ilgisi ile ilgili haberleri duymadığımız gün neredeyse yoktur. Bütün bu haberlere rağmen fen bilimlerindeki birçok konu gibi termodinamik de gerçek yaşamdan ayrı, sadece bilim adamlarının ilgilenmesi gereken ürkütücü bir konu olarak düşünülmektedir. Oysa termodinamik, öğrencilerin çevrelerinde meydana gelen milyonlarca reaksiyona ve enerji değişimine anlam vermeleri bakımında büyük bir öneme sahiptir. Bunun yanında hem biyolojik hemde mekanik tüm sistemler termodinamik yasalar üzerine inşa edildiğinden termodinamik; gerek Fizik, Kimya, Biyoloji gibi fen alanlarının gerekse de mühendisliklerin önemli bir çalışma alanıdır. Konunun bu denli önemli olmasına rağmen anlaşılması da bir o kadar zordur (Carson ve Watson, 2002; Çengel, 2005). Bir konunun güçlüğünü belirleyen temel etmen ise içerdiği kavramların niteliğidir. Zira somut kavramlarla birebir etkileşim kurabilme şansına sahip olan bireyin, bu tip konuları daha rahat öğreneceği muhakkaktır. Fakat termodinamik konusundaki temel kavramların tamamına yakınının kuramsal kavramlardan oluştuğu dolayısıyla bu kavramların çeşitli matematiksel fonksiyonlar ve zihin operasyonlarıyla öğrenilebilecek nitelikte olmasından dolayı öğrenilmesinde güçlük çekilen konulardandır. Literatür incelendiğinde çeşitli öğretim kademelerinde, bu konuları öğretecek veya öğretmekte olan öğretmenlerin bile

temel termodinamik kavramlar ile ilgili bazı problemlerinin olduğu görülmektedir (Kruger, Palacio, ve Summers, 1992; Galili ve Lehavi, 2006). Dolayısıyla bu öğretmenlerin termodinamikteki temel kavram ve yasalar konusunda öğrencilerine farkındalık kazandırmaları da oldukça güçtür. Bütün bu fikirlere bağlı olarak öğretilmesinde ve öğrenilmesinde bu denli güçlük çekilen bir konunun öğretiminde kullanılacak kuramın da titizlikle seçilmesi önemli bir konudur.

Literatür incelendiğinde Bilişsel Yük Kuramının güncel ve zor fen kavramlarının öğretiminde etkili olduğunu ileri süren birçok çalışma görülmektedir (Mousavi, Lowe ve Sweller, 1995; Kalyuga, Chandler ve Sweller, 2000; Carlson, Chandler ve Sweller, 2003; Mayer ve Jackson, 2004; Große ve Renkl, 2007; Cierniak, Scheiter ve Gerjets, 2009; Chang ve Yang, 2010). Zira Bilişsel Yük Kuramı; bireyin bilişsel yapısına odaklanarak öğrenmeyi farklı bir perspektiften ele almaktadır. Kuram, bireyin bellek yapısı, öğrenen uzmanlığı ve konunun öge etkileşimi gibi öğrenmeyi etkileyen temel hususları da dikkate alarak bir dizi tasarım ilkesi sunmaktadır. Dolayısıyla bu tasarım ilkelerine göre hazırlanan bir öğretim tasarımının termodinamik gibi öge etkileşiminin çok fazla olduğu bir konuda da etkili olabileceği düşünülmektedir.

Bu bağlamda araştırmada, Kimya Bölümü birinci sınıftaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin Genel Kimya-II dersindeki Termodinamik ünitesi ile ilgili Bilişsel Yük Kuramı ilkelerine göre hazırlanan öğretim tasarımının öğrencilerin hatırlama ve transfer düzeyindeki öğrenmeleri ve bilişsel yüklenmeleri bakımından farklılıkları olup olmadığı araştırılacaktır. Bu ana problem ekseninde çalışmaya rehberlik edecek alt problemler şu şekilde sıralanabilir:

1. Termodinamik Akademik Başarı Öntest puanları ve bellek puanları kontrol altına alındığında, deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi, Termodinamik Akademik Başarı Sontesti ve Bilişsel Yük Ölçeği puanları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?

Bu ana alt probleme ulaşmak için sekiz oturumun her biri için aşağıdaki soruya yanıt aranmıştır:

Bu oturumda öğrencilerin bellek puanları kontrol altına alındığında; deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği puanları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?

2. Termodinamik Akademik Başarı Öntest puanları ve bellek puanları kontrol altına alındığında, deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin Hatırlama

Testi, Transfer Testi, Termodinamik Akademik Başarı Sontesti ve Bilişsel Yük Ölçeği Puanları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?

Sekiz oturumun her biri için aşağıdaki soruya yanıt aranarak bu ana alt probleme ulaşılmak hedeflenmiştir:

Belirtilen oturumda öğrencilerin bellek puanları kontrol altına alındığında; deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği puanları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?

3. Grup ve öğrenen uzmanlığı faktörü açısından termodinamik konusunda hazırlanan öğretim tasarımının, örneklemdaki öğrencilerin hatırlama ve transfer düzeyindeki etkili öğrenmelerine katkısı nasıldır?

Benzer şekilde bu ana alt problem için her oturumunda aşağıdaki soruya yanıt aranmıştır:

Grup ve öğrenen uzmanlığı faktörü açısından her bir oturum için Bilişsel Yük Kuramına göre hazırlanan öğretim tasarımı örneklemdaki öğrencilerin hatırlama ve transfer düzeyindeki etkili öğrenme puanlarına katkısı nasıldır?

4. Bilişsel Yük Kuramı kapsamında hazırlanan öğretim yazılımı ve bu doğrultuda geliştirilen öğretim tasarımı hakkında deney grubundaki öğrenci görüşleri nelerdir?

1.3. Araştırmanın Amacı

Araştırmanın genel amacı, Kimya Bölümü birinci sınıftaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin Genel Kimya dersindeki Termodinamik ünitesi ile ilgili Bilişsel Yük Kuramı ilkelerine göre hazırlanan öğretim tasarımının öğrencilerin hatırlama ve transfer düzeyindeki öğrenmeleri, bilişsel yüklenmeleri ve etkili öğrenmelerine etkisini araştırmaktır.

1.4. Araştırmanın Gerekçesi ve Önemi

Termodinamik yasalar günlük yaşantımıza, gözlemlerimize dayandığından gözlemci kişiler bu yasaları anlamakta zorlanmazlar (Çengel, 2005). Bununla birlikte ulusal ve uluslar arası literatürde öğrencilerin termodinamiği anlamakta zorlandıklarını ifade eden birçok çalışma mevcuttur. Termodinamiğin öğretilmesinde bu denli güçlük yaşanmasının

temel nedeni ise içerdiği kavramların yapısı ile alakalıdır. Termodinamik kavramların soyut yapısı, öğrencilerin bu kavramlar için yeni anlamlar oluştururken çok fazla bilişsel işleme ihtiyaç duymalarına neden olmaktadır (Carson and Watson, 2002). Bellekte bu kadar çok işlemin yapılması ise çoğunlukla bellek kapasitesini aşacağından öğrenmede sorunlar yaşandığı düşünülmektedir. Bu bağlamda bireyin bellek yapısına odaklanan, çalışan belleğin kapasitesinin etkili kullanıldığında bireyde etkili öğrenmenin oluşabileceğini savunan Bilişsel Yük Kuramının kullanılmasının yararlı olacağı düşünülmektedir. Zira, özellikle uluslar arası literatürde Bilişsel Yük Kuramının zor öğrenilen konularda da etkili olduğunu gösteren birçok çalışma vardır. Ulusal literatürde bilişsel yük kavramına; Bilişsel Yük Kuramı, Baddeley'in çalışan bellek modeli ve Pavio'nun ikili kodlama kuramına dayanarak geliştirilen Mayer (2001)'in Çok Ortamlı Öğrenmede Bilişsel Kuramının uygulandığı çalışmalarda karşılaşılmaktadır (Kablan, 2005; Kılıç, 2006; Sezgin, 2009; Kılıç ve Yıldırım, 2010). Bununla birlikte ülkemizde Bilişsel Yük Kuramının etkin olarak kullanıldığı çalışmalara henüz rastlanılmamıştır. Dolayısıyla bu çalışma, kuramın ülkemizde uygulanması açısından büyük bir öneme sahip olduğu düşünülmektedir.

Paas ve diğerleri (2003) geleneksel öğretim materyalleriyle karşılaştırıldığında Bilişsel Yük Kuramına dayalı materyallerin; aynı veya daha iyi öğrenme performansının ve transfer performansının gösterilmesi sürecinde daha kısa zamanda öğrenme ve daha az bilişsel yük oluşumuna neden olduğunu belirtmektedir. Ülkemizdeki öğretim programlarının konu bakımından çok yoğun olduğu göz önüne alınırsa, Bilişsel Yük Kuramı gibi kısa zamanda etkili öğrenme sağlayacak kuramların uygulanmasının yararlı olacağı düşünülmektedir.

Bu çalışmadaki önemli noktalardan biri de termodinamik konusudur. Zira literatürde; termodinamiğin birinci yasası ile ilgili birçok araştırma (Brook ve Driver 1984; Solomon 1985; Carr ve Kirkwood 1988; Trumper 1997; Loverude, Kautz ve Heron 2002; Meltzer, 2004; Treptow, 2005; Tatar ve Oktay, 2007; Tatar ve Oktay, 2011) görülmekle birlikte termodinamiğin ikinci ve üçüncü yasası ile ilgili sınırlı sayıda araştırma (Carson ve Watson, 2002; Sözbilir, 2002; Sözbilir ve Bennet 2007; Cunningham, 2011) bulunmaktadır. Mevcut çalışma, tüm termodinamik yasaları kapsadığından oldukça geniş çaplı bir çalışmadır. Ayrıca literatürdeki çalışmalar incelendiğinde; tamamına yakınının kitap incelemesi (Kaper ve Goedhart, 2002; Christiansen ve Rump, 2008; Kurnaz ve Arslan, 2010; Donnelly, 2010), termodinamik fonksiyonların daha rahat öğretilmesi için

öneriler (Kaper ve Goedhart, 2002; Chung 2009) veya konunun öğretilmesindeki güçlükler, anlama ve kavram yanlışları ilgili olduğu görülmektedir(Brook ve Driver, 1984; Kruger, Palacio ve Summers, 1992; Carson ve Watson, 2002; Cotignola vd.,2002; Pinto, Couso ve Gutierrez, 2005; Sözbilir ve Bennet, 2007). Bir problemin açığa çıkarılmasında durum tespit çalışmaları çok değerlidir. Fakat durumun tespitinden sonra mevcut problemin nasıl çözüleceğine dair yolların sunulması da çok önemlidir. Mevcut literatür incelendiğinde sınıf içinde hangi kuramların uygulanması veya nasıl bir öğretim tasarımıyla öğrencilerin daha etkili öğreneceğine dair sınırlı sayıda çalışmaya rastlanılmıştır (Tatar, 2007; Le Maréchal ve El Bilani, 2008;Atam ve Tekdal, 2010; Tatar ve Oktay, 2011).

Bilişsel Yük Kuramına göre, içsel bilişsel yükün düşürülmesinde öğrenen uzmanlığı, dışsal bilişsel yükün düşürülmesinde ise öğretim tasarımı çok önemlidir. Bu bağlamda çalışma, farklı uzmanlık seviyesindeki (uzman ve uzman olmayan) öğrencilerin farklı tasarımlardan termodinamik konusunu öğrenmelerini incelediği için literatüre katkı yapacağı düşünülmektedir.

1.5. Araştırmanın Sınırlılıkları

1. Hazırlanan öğretim yazılımı Kimya II dersi kapsamındaki termodinamik konusu ile sınırlıdır.
2. Bu çalışma, 2010-2011 Eğitim-Öğretim Yılı Bahar yarıyılındaki KTÜ Fen Fakültesi Kimya Bölümü Öğrencileri ile sınırlı tutulmuştur.

1.6. Araştırmanın Varsayımları

1. Örneklemdaki öğrencilerin termodinamik ile ilgili ön bilgileri, bellek kapasiteleri ve bilgisayar kullanma becerileri bakımından benzer oldukları varsayılmıştır.

1.7. Kuramsal Açıklamalar ve İlgili Araştırmalar

Bu bölümde, insanın bilişsel yapısının bazı yönleri, Bilişsel Yük Kuramı ve ilgili araştırmalara yer verilmiştir.

1.7.1. İnsanın Bilişsel Yapısının Bazı Yönleri

1.7.1.1. Bellek Türleri

1960'lara kadar belleğin, bilgilerin uzun süre saklanabileceği zihinsel bir işlev olduğu düşünülüyordu. Fakat daha sonra yapılan çalışmalarda belleğin basitçe bilgi depolamanın ötesinde düşünülenden çok daha karmaşık zihinsel bir aygıt olduğu anlaşıldı (Baddeley, 1990 Akt. Özbay, 2002). Genel anlamda bellek, dış uyaranların duyum ve algılanması, düzenlenmesi, saklanması ve gerektiğinde hatırlanması ve kullanılması süreci olarak tanımlanabilir (Özbay, 2002).

Bilgiyi işleme kuramı iki temel öge üzerinde durmaktadır. Birincisi üç yapıdan oluşan bilgi depoları ki bunlar; duyuşsal kayıt, kısa süreli bellek / çalışan bellek ve uzun süreli bellektir. İkincisi ise bilişsel süreçleri içerir. Bunlar içsel, zihinsel eylemlerdir ve bilginin bir yapıdan diğerine geçişini sağlarlar (Sübaşı, 1999).

1.7.1.1.1. Duyusal Bellek

Birey günlük yaşantısı içinde her an onlarca uyarıcıya maruz kalır. Bir an için laboratuarda olduğumuzu düşünelim. Burada öğrencilerin kendi aralarında konuşmalarından doğan ses, laboratuarda çalışırken araç gereçlerin bir birine değmesinden oluşan sesler, kimyasalların kokusu ve hatta öğrencilerden alacağımız parfüm kokusu, Renkl Renkl giyinmiş öğrenciler vb. unsurlar sürekli olarak duyu organlarımızı uyarır. Duyu organlarımızla aldığımız bu anlık iletiler sinir sistemimiz aracılığıyla beyne iletilir.

Duyusal belleğin kapasitesi sınırsız olmakla birlikte gelen bilgi hemen işlenmezse çok hızlı bir şekilde kaybolur. Duyusal kayıta gelen sınırsız uyarıcıdan sadece dikkat edilen sınırlı sayıdaki bilgi kısa süreli belleğe aktarılır. Diğerleri duyuşsal kayıttan yok olur (Weinstein, Goetz ve Alexander, 1988. Akt. Senemoğlu, 2001).

1.7.1.1.2. Kısa Süreli ya da Çalışan Bellek (Working Memory)

Öğrenmenin bellekle olan ilişkisi uzun yılladır bilim adamlarının bu konuya odaklanmalarını sağlamış, hayvanların ve insanların üzerinde onlarca çalışmaların yapılmasına neden olmuştur. İlk olarak 1949 yılında Hebb geçici elektriksel hareketlerin gerçekleştiği kısa süreli bellek ile nöral (neural) büyümenin gerçekleştiği uzun süreli bellek arasındaki farkı öne sürmüştür (Baddeley, 2003). Miller, Galanter ve Pribram (1960) Planlar ve davranışların yapısı (Plans and the Structure of Behavior) adlı kitaplarında kısa süreli bellek yerine çalışan bellek (working memory) kavramını kullanarak bu kavramı, literatüre kazandırmışlardır (Baddeley, 2002).

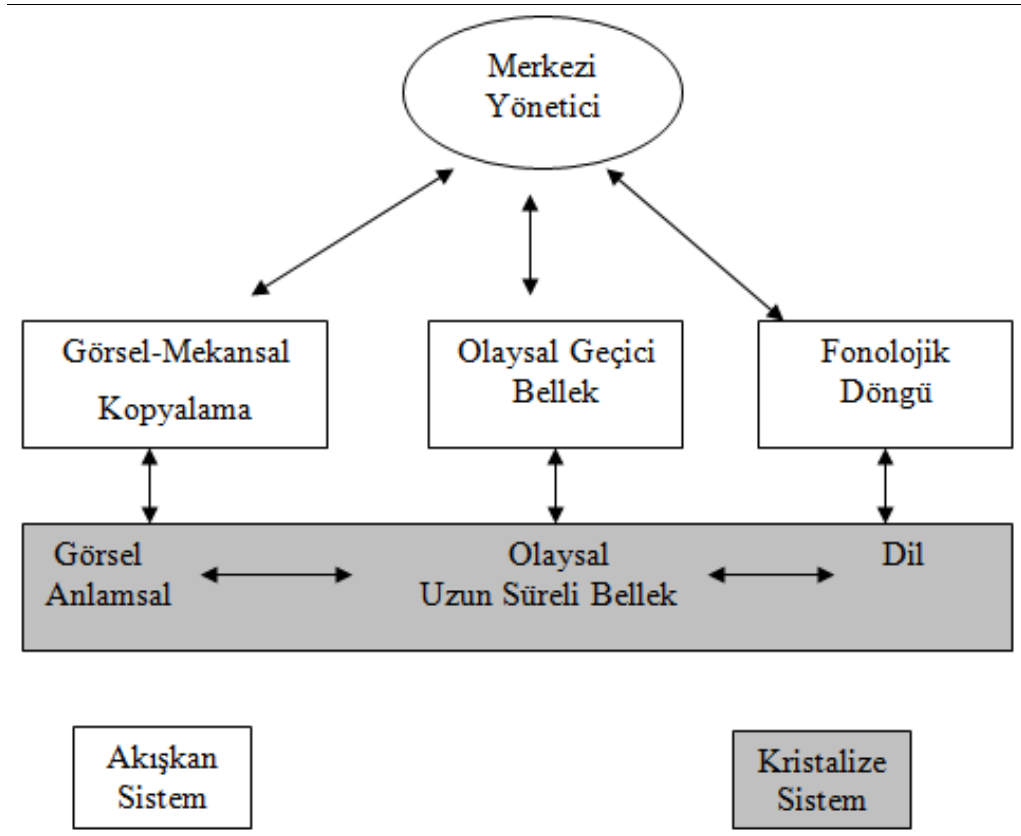
1960'ların ortalarında çalışan bellek ile ilgili birçok model ortaya atılmıştır. Bu modellere göre çalışan bellek bölünmez bir sistemdir (Baddeley, 2003). Fakat Baddeley ve arkadaşları unutkanlığı olan hastalar ve normal bellek yapısına sahip insanlar üzerine yürüttüğü deneysel araştırmalarda farklı bulgulara ulaşılar (Baddeley, 2002). Deneysel çalışmalar sonucunda Baddeley ve Hitch tarafından 1974'de önerilen (Akt. Baddeley, 1992, 2002, 2003) ve halen günümüzde en çok kullanılan çok bileşenli çalışan bellek modeli geliştirilmiştir. Baddeley ve Hitch'in önerdiği ilk modele göre çalışan bellek, merkezi yönetici (central executive), fonolojik döngü (Phonological loop) ve görsel-mekansal kopyalama (Visuo-spatial sketchpad) olmak üzere üç bileşenden oluşmaktadır.



Şekil 1. Baddeley ve Hitch (1974) tarafından önerilen çalışan bellek modelinin üç bileşeni, (Baddeley, 2002).

Bu modele göre görsel bilgilerin işleyen ve geçici olarak hafızada tutabilen görsel-mekansal kopyalama; görsel-mekansal problemlerin çözümünde ve mekansal yönlendirmelerde önemli rol oynar (Baddeley, 2002; 2005). Fonolojik döngü işitsel bilgilerin işlenmesini ve kısa süreli olarak hafızada tutulmasında görevlidir. Merkezi yönetim ise onun alt sistemleri olan fonolojik döngü (Phonological loop) ve görsel-mekansal kopyalamadaki (Visuo-spatial sketchpad) etkinlikleri düzenlemektir (Baddeley,

2002; 2005). Bununla birlikte Baddeley'in modelinde bazı problemler vardır. Örneğin; merkezi yönetici uzun süreli bellekle çalışan belleğin koordinasyonunu sağlamaktadır fakat bu koordinasyonu nasıl sağladığı hakkında yeterince bilgi verilmemiştir. Bir diğer husus ise model, iki alt bileşendeki bilgilerin nerede ve nasıl birleştirildiğini açıklayamamıştır (Baddeley, 2002; Guan, 2002). Bunun üzerine Baddeley dört bileşenli modelini önermiştir (Baddeley, 2000). Bu modelin ilkinden farkı olaysal arabellek (episodic buffer) adında dördüncü bir bileşenin eklenmesidir. Olaysal arabellekte merkezi yöneticiye bağlı olmakla birlikte modeldeki asıl görevi; fonolojik döngü, görsel-mekansal kopyalama ve uzun süreli bellek arasında iletişim kurmaktır. Bu sayede görsel ve işitsel bilgilerin işlendiği iki alt bileşenle uzun süreli bellekteki bilgilerin nasıl birleştirildiği daha rahatlıkla açıklanabilmiştir (Guan, 2002). Çalışan belleği Baddeley'in teorisinde olduğu gibi bilgiyi işleme sisteminin ayrı bir bileşeni olarak gören teorilerin yanında uzun süreli belleğin aktive edilmiş bir bölümü olarak gören teorilerde vardır (Cowan, 2001).



Şekil 2. Baddeley (2000)'in dört bileşenli bellek modeli

Miller (1956) bu belleğin kapasitesinin sınırlılığını yaptığı birçok çalışma ile ortaya koymuştur. Miller'in çalışmalarına göre belleğe gönderildikten sonra geri dönen bilgi miktarına dayanarak belleğin genişliğinin sınırlarını belirlenemez. Çünkü birey büyük gruplamalar yaparak bilgiyi hafızasında tutuyorsa geri dönen bilgi miktarı da fazla olacaktır (Shiffrin ve Nosofsky, 1994). Miller (1956)'a göre yediden fazla yeni gruplanmış bilginin (chunk) çalışan bellekte eş zamanlı olarak işlendiğinde bellek aşırı yüklenir. Miller yaptığı çalışmalar sonucunda; genç bir yetişkinde geri çağrılabilen öge (chunk) sayısı diğer bir ifadeyle bellek genişliği, sayısı yaklaşık olarak 7 ± 2 olduğunu belirlemiştir. Bu ögeler, 0-9 arası rakamlar, harfler, kelimeler ve diğer birimler olabilir. Yine bu ögeler tek bir öge olabileceği gibi bir grup ilişkili bilgi de olabilir. Miller bir tür bellek (digit-span) testi kullanarak bu ölçümü yapmıştır. Bu testte listelenmiş olan bir dizi rakam okunur ve hemen bireyden hatırladıklarını söylemesi istenir.

Çalışan bellekte işlenebilen öge sayısı sınırlı olmakla birlikte ögenin kompleksliği, düzeyi ve büyüklüğü sınırlı değildir (Sweller, van Merriënboer ve Paas, 1998). İnsan beyni bir dizi ilişkili bilgiyi “gruplar (chunking)” ve bunu bir bütün olarak algılar. Ancak bireyler her birimin büyüklüğünü artırarak kapasiteyi fazlalaştırabilirler. Kısacası, gruplama (chunking) adı verilen bu işlemle çalışan belleğin sınırlılığı artırılır. Örneğin; 5 7 2 8 9 1 0 olan 7 birimlik bir sayı dizisi 57 28 9 10 olarak gruplanırsa 4 birim haline gelir. Ancak bir birimde bulunması gerekli bilgi miktarı ne büyüklükte olmalıdır sorusu henüz yanıtlanamamıştır (Senemoğlu, 2001).

Çalışanbelleğin bir diğer sınırlılığı da bilginin burada kalış süresinin çok kısa olmasıdır. Araştırmacılara göre bu süre değişmekle birlikte 5 ila 20 saniye civarındadır (Özbay, 2002). Bilginin çalışan bellekte daha uzun süre kalması, bilgi üzerinde düşünmek ve onu yinelemekle sağlanır. Çalışanbellekte kalan bilgi tekrar yoluyla büyük bir olasılıkla uzun süreli belleğe geçer. Çalışanbelleğin kapasitesinin sınırlılığı nedeniyle geçiş yaptırılmayan bilgi, yeni gelen bilgilerin zorlamasıyla kaybolur. Özetle, daha fazla bilginin çalışanbellekte daha uzun süre kalması için; (1) gruplama, küçük parçaları ilişkilendirerek geniş parçalar haline getirme, (2) zihinsel tekrar gerekir (Sübaşı, 1999).

1.7.1.1.3. Uzun Süreli Bellek (Long Term Memory)

Uzun süreli bellek yeni öğrenilen bilgilerin eskiler ışığında örgütlenerek muhafaza edildiği sürekli depo olarak tanımlanabilir (Özbay, 2002). Fakat kısa süreli bellek gibi

işlem kabiliyeti yoktur (Reiser ve Dempsey, 2007). Sweller, Merrienboer ve Paas (1998), uzun süreli bellekte depolanan bilginin bireylerin gerçek zihinsel güçlerinin göstergesi olduğunu belirtmektedirler. Nörofizyolojik öğrenme kuramında da açıldığı gibi bilgi, kısa süreli bellekte zihinsel tekrarlar yapıldığı sürece muhafaza edilmekte aksi halde yok olmaktadır. Buna karşın, uzun süreli bellek, nöronlar arasındaki bağlantılarda yani sinapslarda yapısal değişme ile ortaya çıkmaktadır. Sinapslar ya güçlenmekte ya da komşu nöronlarla yeni bağlar, yeni kollar oluşturmaktadır. Beyindeki bu değişmelerde bilginin uzun süreli bellekte sürekli olarak kaldığını göstermektedir (Entwistle, 1993; Akt. Senemoğlu, 2001).

Kimi kuramcılar, uzun süreli belleği anısal bellek (episodic memory) ve anlamsal bellek (semantic memory) olarak iki temel bölümden oluştuğunu ileri sürerken, kimi kuramcılar da bunlara işlemsel belleği (procedure memory) eklemektedirler (Sübaşı, 1999).

Anısal bellek, kişisel yaşantılarla ilgili bölümdür. Belirli bir zaman, yer ve olaylarla ilgilidir. Örneğin; yemekte yediklerimiz, özel bir günde giydiğimiz giysi, yaptığımız gezi anısal bellektedir (Sübaşı, 1999). Ashcraft (1989) Anısal belleği otobiyografik bellek olarak adlandırmaktadır. Yaşamımız süresince başımızdan geçen tüm olaylar, şakalar, dedikodular anısal bellekte depolanır (Senemoğlu, 2001). Anılar güç sarf edilmeden öğrenilir. Fakat anıların birbirine karışma eğilimi vardır. Bu nedenle, bilgiyi geri getirmede zorluk çekilir. Ancak, önemli ve travmatik olaylar ayrıntılı hatırlanır. Bunun yanı sıra olağan ve sürekli yinelenen olayların anımsanması zordur, çünkü yeni olaylar öncekini bozabilir (Sübaşı, 1999).

Anlamsal bellek genellemeler, kavramlar, problem çözme becerileri gibi genel bilgilerin depolandığı bölümdür. Paivio'a göre bilgi (1971) anlamsal bellekte hem görsel hem de sözel olarak kodlanmış ve birbirine bağlanmış olan ağlarda depolanır. Anlamsal bellekte bilgi önerme ağları (propositional networks) ve şemalar biçiminde depolanır (Sübaşı, 1999; Senemoğlu, 2001).

Bilişsel psikologlara göre bilgiler, uzun süreli bellekte şemalar (organize edilmiş bilgi ağları veya kavram grupları) şeklinde kaydedilir (Kalyuga, Chandler ve Sweller, 1999; Yalın, 2003; Reiser ve Dempsey, 2007). Çok sayıda alt elemandan oluşan şemalar tek bir bilgi elemanıymış gibi uzun süreli bellekte tutulurlar (Kalyuga, Chandler ve Sweller, 1999; 2000; Kalyuga, 2009). Şemalar, yeni bilginin kodlanması, belleğe kaydedilmesi ve kaydedilen bilginin geri getirilmesini kontrol eder. Şemalar edindiğimiz

bilgilerin zihinsel modelleridir. İlişkili şemalar birbirine bağlanır ve bir şemayı faaliyete geçiren bilgi onunla ilişkili diğer bilgileri de harekete geçirir (Yalın, 2003).

Baddeley (1990), bilgiyi hatırlama açısından çalışan bellek ile uzun süreli bellek karşılaştırıldığında, çalışan bellekteki bilgilerin hatasız olarak hatırlanırken uzun süreli bellekteki bilgilerin daha hatalı olarak hatırlanmadığını belirtmektedir (Özbay, 2002). Uzun süreli bellekteki bilgilerin hatalı olarak hatırlanmasının nedeni, bilgilerin uzun süreli belleğe geçmesiyle geri çağırma işlemi arasında diğer öğrenmeler yanında birçok depolama hatasına maruz kalmasıdır (Özbay, 2002).

1.7.1.2. Şema Oluşumu

Bilgi, insanın zihinsel becerisinin temeli ise bu bilgi ne şekilde alınmaktadır? Şema kuramına göre, bilgi uzun süreli bellekte şemalar biçiminde depolanmaktadır. Şemalar, birbirlerine bağlı olan fikirler, ilişkiler ve işlemler setidir (Anderson, 1985; Akt. Senemoğlu, 2001). Başka bir ifadeyle şema; bir olayı, bir kavramı ya da bir beceriyi anlamak için gerekli olan bir rehber ya da bir biçimdir. Şema, nesne ya da durumla ilgili olan olayların aşamasını, standart ilişkilerini belirleyen temsil edici durum ya da orijinal modeldir (Senemoğlu, 2001). Şemalar, uzun süreli bellekte depolanırlar. Şemaların en önemli görevlerinden biri, bilginin düzenlenmesi ve depolanması için bir işleyiş sağlamasıdır. Bir başka görevi ise çalışan belleğin yükünü azaltmaktır (Sweller, van Merriënboer ve Paas, 1998). Bunun nedeni, şemaların çok fazla alt elemandan oluşmalarına rağmen çalışan bellekte tek bir eleman gibi işlendiği için birbirinden bağımsız küçük çapta çok sayıda bilgi elemanının işlenmesinden daha az yüklenmeye neden olmasıdır (Klayuga, Chandler ve Sweller, 2000; Kalyuga, 2009). Bilginin derinleştirilmesi sırasında bilgi elemanları çalışan bellekte işlenir yani bilgi burada yeniden inşa edilir. Bu yeniden inşa işlemine uzun süreli bellekteki var olan şemalar rehberlik eder. Burada görüldüğü gibi biliş sistemimiz bilginin oluşturulduğu, modifiye edildiği veya uzun süreli hafızamızdaki şemalarla bilginin derinleştirildiği bir dizi dinamik sistemi yönetir (Kalyuga, 2009). Öğrenme sürecinde şemaların kompleksliği gittikçe artar. Bunun sonucunda da bireyin bellek yükü azalırken performansı artar (Elteren, 2004). Eğer öğrenme uzun bir süreçte oluşmuşsa, şema çok büyük miktarda bilgiyi kapsayabilir. Örneğin, bir restaurantla ilgili şemalarımıza bakacak olursak bunlar; yiyecekler hakkındaki bilgilerimiz ve bunların insan yaşamındaki önemi, para ve hizmet sektöründeki rolü,

binanın mimarisi, mobilyaları, nasıl kullanıldıkları ve daha birçok benzer olgular, işlevler, süreçler ve varlıklar olabilirler. Bu büyük ögeler dizisini kazanmak uzun yıllar almış olabilir fakat uzun süreli bellekte tek bir şemada tutulmaktadır. Bunun aksine her bir ögenin ayrı olarak işlenmesi mümkün gözükmemektedir. Sonuç olarak belirtmek gerekirse; restaurant şemasını oluşturan çok sayıdaki ögenin miktarı, çalışan bellek kapasitesi tarafından sınırlandırılrsa da, işlenen bilginin miktarı için belirli bir sınır bulunmamaktadır. Özetle, şema oluşumunun uzun süreli bellekte bilginin organizasyonu, depolanması ve çalışan bellek yükünün azaltılması olmak üzere iki önemli işlevi vardır (Sweller, van Merrienboer ve Paas, 1998).

1.7.1.3. Şema Otomasyonu

Schneider ve Shiffrin (1977) otomasyonun, şema oluşumunda önemli bir süreç olduğunu belirtmektedir. Bu süreçte bütün bilgiler hem bilinçli olarak, hem de otomatik olarak işlenmektedirler (Sweller, van Merrienboer ve Chandler, 1998). Bununla birlikte şemaların kontrollü kullanımı çalışan bellek kapasitesi ve bilinçli çaba gerektirir (Schneider ve Shiffrin, 1977Akt. Sweller, van Merrienboer ve Paas, 1998). Bilinçli işleme, çalışan bellekte gerçekleşmekte ve şema oluşumu sırasında gerçekleşen tüm işlemleri kapsamaktadır. Bilgilerin otomatik olarak işlenmesi ise bilinçli işlemeden tamamen farklılık göstermektedir. Otomatikleşme, çok fazla alıştırma sonrasında oluşmaktadır. Otomatik işleme, uzmanlık kavramı ile yakından alakalıdır. Günlük yaşantımızdaki yüzlerce kompleks işin yapılması konusunda hepimiz birer uzmanızdır (Kalyuga, 2009). Yeterince alıştırmayla herhangi bir işlem çok az bilinç gerektiren çabayla yürütülebilir. Bundan dolayı da bu işlemde minimum çalışan bellek yükü oluşmaktadır (Kalyuga vd. 2003). Örneğin, yabancı dil öğrenmeye çalışan bir birey başlangıçta cümle diziminde ve sözcüklerin okunuşu sürecinde çalışan belleğin bilinçli olarak bilgiyi işlemesi gerekmektedir. Oysaki bu birey konuşmayı öğrendikten sonra bu süreç otomatik hale gelmektedir. Otomatikleşme çalışan bellek yükünü azalttığı için, çalışan belleğin tüm kapasitesi içeriğin anlaşılmasına ayrılmakta ve anlamlı öğrenme daha kolay oluşabilmektedir. Örneğin; araba kullanmayı yeni öğrenen kişi bir yandan araba kullanmaya çalışırken diğer yandan da trafik kurallarına dikkat etmeye çalışır ki bu durum çalışan bellek kapasitesini oldukça zorlar. Oysaki usta bir şoför araba kullanımı onun için otomatikleştiği için çalışan belleğini sadece trafiğin akışını kontrol etmek için

kullanacaktır. Bu konuda bir başka örnek vermek gerekirse, bir kitabı okumak için gerekli otomatikleşmiş şemalara (harfler, sözcükler, deyimler, cümleler vs.) sahip öğrencilerin çalışan bellek kapasiteleri yalnızca okuduğunu anlamaya ayrılacağından, kolaylıkla okuduklarını anlayabileceklerdir. Buna karşılık gerekli otomatikleşmiş şemalara sahip olmayan öğrencilerin çalışan bellek kapasiteleri ise, okuduklarını anlamak için yeterli olmayacaktır. Bilişsel yapıyı özetlemek gerekirse, insan bilinçli etkinlikleri sürdürebilmek için sınırlı kapasiteli çalışan belleğe ve farklı derecelerde otomatikleşmiş şemaları depolamak için kullanılan sınırsız kapasiteli uzun süreli belleğe sahiptir. Entellektüel becerilerin kazanımı, yüksek derecelerde otomatikleşmiş ve çok miktardaki şemaların anlamlı bir şekilde bir araya gelmesiyle oluşmaktadır (Sweller, van Merriënboer ve Paas, 1998). Otomatikleşmiş işlemler çalışan bellekte çok az yüklenmeye neden olacağı için çalışan belleğin sınırlandırılmış kapasitesi de bir nevi genişletilmiş ve daha etkin bir şekilde kullanılmış olur (Kalyuga, 2009). Çalışan belleğin sınırlı kapasitesi nedeniyle, şemaların oluşturulması ve otomatikleşmesi sürecinin etkili ve verimli olmasını hedefleyen öğretim sürecinin tasarımına dikkat edilmelidir. Bu bağlamda Sweller tarafından çalışan belleğin sınırlı kapasitesi göz önüne alınarak Bilişsel Yük Kuramı geliştirilmiştir.

1.7.2. Bilişsel Yük Kuramı (Cognitive Load Theory)

Bilişsel yük teorisi uzun süreli bellekteki yapılanan bilginin bilişsel süreçlere rehberlik etmek ve çalışan bellekteki aşırı yüklenmeyi önlemek için çok önemli olduğunu varsayar. Bundan dolayı da bilginin derinleştirilmesinde dışsal öğretim rehberliğinin rolü, uzun süreli bellek yapısı için bir alternatif olarak tanımlanabilir (Kalyuga, 2009). Bilişsel Yük Kuramı, öğrenmenin başlamasından önce, eşzamanlı işlenmesi gereken bilginin miktarı ve etkileşimi ile ortaya çıkan, karmaşık bilişsel görevlerin öğrenilmesi ile ilgilenmekte ve bilişsel süreçler üzerinde durmaktadır (Paas, Renkl ve Sweller, 2004).

Bilişsel yük, öğrenme sırasında sınırlı kapasiteye sahip olan çalışan bellekteki zorlanmanın miktarını anlatır (Clark, Nguyen ve Sweller, 2006; Reiser ve Dempsey, 2007). Bilişsel yükü belirleyen etmenlerden biri eğitimcilerin “öge etkileşimi” adını verdikleri içeriğin kompleksliği ile ilgilidir (Clark, Nguyen ve Sweller, 2006). Bilişsel yük, bir görev yürütülürken öğreneni etkileyen bellek yüküne işaret eden çok boyutlu bir yapıdır (Paas ve van Merriënboer, 1994). Bilişsel Yük Kuramı ile ilgili olarak söylenebilecek olmazsa olmaz nokta, çalışan belleğin sınırlı bir kaynağa sahip olduğudur. Bu yüzden, çalışan

bellek üzerinde bilişsel yükün dikkatlice dağıtılması için öğrenme çevrelerinin başarılı bir şekilde düzenlenmesi gerekmektedir (Chandler ve Sweller, 1991).

Bilişsel Yük Kuramı, insan bilişsel mimarisiyle yakından ilgili pek çok varsayım üzerine kurulmuştur (Mousavi, Low ve Sweller, 1995). Bunlar;

1. İnsanlar sınırlı çalışan bellek ve işlem kapasitesine sahiptir.
2. Uzun süreli bellek hemen hemen sınırsız bir kapasiteye sahiptir.
3. Bilişsel süreçlerin düzenlenmesi çalışan bellek yükünü azaltmaktadır. Sonuç olarak Bilişsel Yük Kuramının merkezi öncülü, çalışan belleğin sınırlı kapasiteye sahip olduğu ve aşırı yüklenirse öğrenmenin, hatırlamanın ve transfer etmenin olumsuz olarak etkileneceğidir.

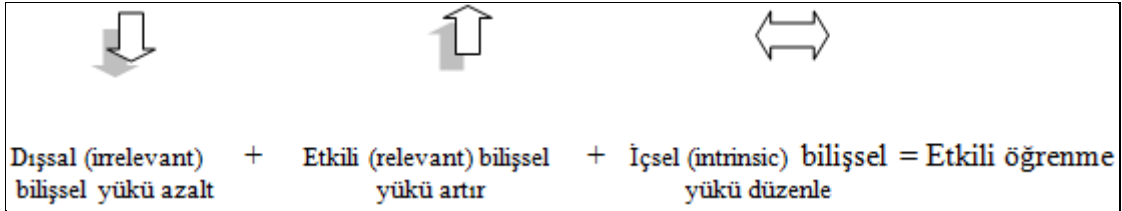
Bilişsel Yük Kuramı; içsel bilişsel yük (intrinsic load), dışsalbilişsel yük (extraneous load/ineffective load) ve etkili bilişsel yük (germane load/effective load) olmak üzere üç tür bilişsel yükten söz eder (Sweller, van Merriënboer ve Paas, 1998; Sweller, 2003). İçsel bilişsel yük, öğrenilmesi gereken içeriğin yapısına (güçlüğüne) ve öğrenenin deneyim seviyesine bağlıdır (Große ve Renkl, 2007; van Merriënboer ve Ayres, 2005). Bir bireyin zor bir içeriği anlayabilmek için bu içeriği oluşturan elementleri kapsayan bilişsel şemaları oluşturmak durumundadır. Konuyu yeni öğrenen bir bireyin kavramlar arasında şemalar oluşturmak zorunda iken diğer bireyin bu şemalara zaten sahiptir dolayısıyla çalışan belleğinde oluşan yükte diğerine göre daha az olacaktır (van Merriënboer ve Ayres, 2005). Dışsal bilişsel yük, iyi tasarlanmamış öğretim materyalleri ve iyi olmayan öğretim tasarımı sonucunda çalışan belleğin yüklenmesidir. Tasarlanan öğrenme ortamı, uygun olmayan bilgileri ya da bilgi işleme sürecini olumsuz yönde etkileyen diğer materyalleri içeriyorsa konu dışı yük yüksek olacaktır. Bu düşünceyle dışsal bilişsel yük tüm öğretim sürecinde bir hata olarak görülebilir (Paas, Renkl ve Sweller, 2003). Her ne kadar dışsal bilişsel yük bir hata olarak görülse de, bu yük büyük oranda öğretim tasarımcılarının kontrolü altındadır (Sweller, van Merriënboer ve Chandler, 1998). Örneğin, bir metin ve bu metne ait canlandırma bulunan bir öğretim etkinliğinde, eğer metin ve canlandırma eşzamanlı olarak sunulmazsa dışsal bilişsel yük artmaktadır (Moreno ve Mayer, 1999). Etkili bilişsel yük ise zihinsel yapıların oluşması ve düzenlenmesini sağlayan süreçlerde ortaya çıkar. Öğrenilen içeriğin derinden anlaşılması için etkili bilişsel yükün oluşması hayatidir (Große ve Renkl, 2007). Etkili yük, şema oluşumuna yardımcı olan, öğrenme sürecini destekleyen içerik ve etkinliklerle ilişkili etkili bir bilişsel yüküdür (van Merriënboer ve Ayres, 2005).

Önemli olan, içsel yük, dışsal bilişsel yük ve etkili yükün toplamının çalışan belleğin kapasitesini aşmamasıdır. Bu durumda etkili öğrenme gerçekleşebilir.

$$\text{İçsel Bilişsel Yük} + \text{Dışsal Bilişsel Yük} + \text{Etkili Bilişsel Yük} = \text{Toplam Bilişsel Yük}$$

Bilişsel yük kuramının sembolik gösterimi

Buradaki etkili öğrenmeden kasıt, çalışan bellek kapasitesini aşmadan yani aşırı yüklenmeden yüksek performansın sağlanmasıdır. Fakat kabul edilebilir bilişsel yük seviyesinin ne olması gerektiği ile ilgili de kesin bir değer belirlenmemiş ve süreçte açığa çıkması beklenen bağıl bilişsel yük, karşılaştırılan öğretim tekniklerinin kıyaslanmasıyla ile belirlenmiştir (Sweller, van Merriënboer ve Paas, 1998). Bununla birlikte Paas ve van Merriënboer (1993,1994) verilen bir görevi gerçekleştirirken öğrenciler tarafından harcanan zihinsel çaba ve açığa çıkan performansa dayanarak etkili öğrenmenin hesaplanabileceği bir metod önermişlerdir. Bilişsel Yük Kuramına göre etkili öğrenme aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi resmedilebilir.



Şekil 3. Bilişsel yük kuramına göre etkili öğrenme

1.7.2.1. İçsel Bilişsel Yük ve Öge Etkileşimi

Yapısal olarak kompleks öğretim materyallerini anlamak için öğrenci bilginin etkileşimli birçok ögesini çalışan belleğinde işlemek durumundadır. Ki buradaki anlama, çalışan bellekteki etkileşimli tüm ögeleri işleme kabiliyeti olarak tanımlanır. Verilen bir öğretim tasarımı için öge etkileşiminin derecesi öğretimi anlamak için gerekli olan ögelerin sayısı olarak değerlendirilebilir (Kalyugavd. 2003). En basit anlamıyla öge etkileşimi; birçok bilgi elemanın bir görevi tamamlayabilmek için hafızada koordine edilmesidir (Clark, Nguyen ve Sweller, 2006). Bazı öğrenilecek bilgiler düşük öge etkileşimine sahiptir. Örneğin; yabancı dil çalışırken öğrenilen bazı sözcükler her bir sözcük hafızada

diğerinden bağımsız olarak depolandığı için düşük öge etkileşimlidir. Bununla birlikte, bir cümle oluştururken öge etkileşimi belirgin bir şekilde artar. Çünkü cümleyi oluştururken sadece birçok sözcüğün anlamını değil aynı zamanda gramer ve dilbilgisi kurallarını da düşünmeye ihtiyaç duyarız. Tüm bu unsurlar doğru bir cümle oluşturabilmek için eş zamanlı olarak koordine edilmelidir (Kalyuga vd.2003; Clark, Nguyen ve Sweller, 2006).

Herhangi bir dersle ilgili programın öğeleri, çalışan bellek yükünü farklı biçimlerde etkilemektedir. Çalışan bellek yükü, eş zamanlı olarak çalışan bellekte işlenen öğelerin sayısına ve bunların birbirleriyle olan etkileşimlerine bağlı olarak değişmektedir. Öge, öğrenilecek herhangi bir konu olabilir ve genellikle şemalar öğelere karşılık gelmektedir. Örneğin, bir öğrencinin yabancı bir dile ait sözcükleri, bilgisayara ait terimleri veya kimyadaki element sembollerini öğreneceğini varsayalım. Bunları öğrenme süreci öğrenci için oldukça zor olacak ve zaman alacaktır. Bununla birlikte içeriğin türünden kaynaklanan bilişsel yük haricinde çok fazla yük oluşmayacaktır. Çünkü verilen örneklerde öğrenme sürecinde öğelerin birbirleriyle çok fazla etkileşmesi söz konusu olmayacaktır. Örneğin, bilgisayar donanım parçalarını ayrı ayrı birbirleriyle çok fazla etkileşmeden öğrenebiliriz. Birbirleriyle etkileşmeyen öğeler ayrı ayrı öğrenilebilir bu durum çok da fazla içsel bilişsel yük oluşmaz ve dolayısıyla bu daha az çalışan bellek yükü demektir (Pollock, Chandler ve Sweller, 2002). Düşük öge etkileşimli öğrenme süreçlerinde öğeler eş zamanlı öğrenilmek yerine sıralı olarak ayrı ayrı ve çalışan bellekte daha az öge tutulması nedeniyle tam olarak öğrenilebilmektedir. Yüksek öge etkileşimli öğrenme süreçlerinde örneğin matematikteki herhangi bir problemin çözümünde öğelerin birlikte ve eş zamanlı olarak işe koşulması gerekmektedir. Bu durumda aşırı bir içsel bilişsel yük oluşturmaktadır (Sweller, van Merriënboer ve Paas, 1998). Yüksek öge etkileşimli içeriğin anlaşılabilmesi için tüm öğelerin eş zamanlı olarak çalışan bellekte tutulması gerekmektedir. Örneğin, bir öğrencinin belirli miktardaki benzenin yanmasında açığa çıkacak enerjiyi hesaplamaya çalıştığını düşünelim. Bu durumda öğrenci öncelikle yanma reaksiyonu yazacaktır. Bunun için bir yandan oluşacak ürünleri bir yandan da bu bileşiklerin formülleri hatırlamaya çalışacaktır. Bileşiklerin oluşum entalpisine dayanarak reaksiyonun entalpisini hesaplayacaktır ki bunun için bireyin zihninde bileşiklerin formülleriyle oluşum entalpilerini eş zamanlı olarak tutması gerekecektir. Daha sonra benzen için verilen miktarın kaç mol ettiğini hesaplaması gerekir ki bu durumda da birçok etkileşimli ögeyi zihninde eş zamanlı olarak tutması gerekir. Bu denli öge etkileşiminden sonra doğal olarak da çalışan bellek üzerindeki içsel bilişsel yük artacaktır. Öge etkileşimiyle oluşan içsel

bilişsel yük, öğrenilecek içeriğin yapısı ve öğrenenin o içerik hakkındaki ön bilgisi arasındaki etkileşim sonucunda oluşmaktadır. Bu yük doğrudan öğretim tasarımından etkilenmemektedir. Öğretim tasarımının etkililik düzeyi, dışsal bilişsel yükün az ya da çok miktarlarda oluşmasına neden olmaktadır (Sweller, van Merriënboer ve Paas, 1998).

1.7.2.2. İçsel Bilişsel Yük ve Öğrenen Uzmanlığı

İçsel bilişsel yük bakımından öge etkileşimi çok önemlidir. Fakat bir birey için birbiri ile etkileşimde olan çok sayıdaki öge, bu ögelerin etkileşimde olduğu bir şemaya sahip bir diğer birey için, tek bir ögeymiş gibi algılanabilir. Buradan da görüldüğü gibi öge etkileşimi, sadece etkileşimde olan öge sayısı ile değil öğrenenin uzmanlık seviyesiyle de alakalıdır (Merriënboer ve Ayres, 2005). Dolayısıyla içsel bilişsel yükü etkileyen bir diğer unsur, öğrenen uzmanlığıdır. Öğrenenin uzmanlık seviyesi ise, hangi bilginin gerekli hangisinin gereksiz olduğunu belirlemede kritik bir faktördür. (Chi ve Glaser, 1985, Akt. Kalyuga, Ayres, Chandler ve Sweller, 2003).

Öğrenen uzmanlığı kavramı, ilk kez De Groot (1966)'un satranç oyuncularıyla yaptığı çalışmayla gündeme gelmiştir. De Groot (1966) bu çalışmayla uzman ve uzman olmayan satranç oyuncuları arasında farklılıklar olduğunu fark etmiştir. Araştırmacının burada gördüğü temel farklılık, gerçekçi satranç pozisyonlarının hatırlanmasındadır (Sweller, 1988). Chase ve Simon (1973) uzman ve uzman olmayan oyuncuların hem gerçekçi satranç pozisyonlarını hem de kümeleme (chunking) hareket adımlarını hatırlamakla birlikte kümeleme sayılarında farklılık olmadığını belirlemişlerdir (Sweller, 1988). Bu çalışmada, uzman oyuncuların hatırlamada daha büyük kümeler oluşturdukları saptanmıştır. Robbins vd. (1996) satranç oyuncularıyla yaptığı bir dizi deneysel çalışmada benzer sonuçları elde etmiştir. Bu bağlamda Sweller (1988) uzmanlığı üç noktada farklılık gösterebileceğini belirtmektedir ki bunlar; problem durumunun bellekte yapılanması, problem çözme stratejileri ve problemlerin kategorileştirilmesinde kullanılan özelliklerdir.

Uzmanlar, spesifik durumlara özgü çok sayıda şemalara sahiptir. Temelde hiyerarşik olarak organize edilen şemalar, uzmanın bilgilerini gösterir. Bu hiyerarşik şemalara sahip uzmanlar birbiriyle alakalı çok sayıda ögeyi kategorize ederek yüksek seviyede tek bir element olarak işler. Dolayısıyla bu bireyler, spesifik olarak yapılanmış ögelerle karşılaştıklarında benzer şema veya uygulamaya aşina oldukları için tüm yapılanmayı tek

eleman olarak ele alır. Yüksek öge etkileşimli tek şema, düşük öge etkileşimli çok sayıda şemadan daha az çalışan bellek kapasitesi kullanır ve böylece çalışan belleğin yüklenmesi önlenmiş olur (Kalyugavd. 2003).

Birey, yeni bir durumla veya görevle karşılaştığında şemalar ona rehberlik eder. Eğer bu yeni durumla ilgili aktive edilmiş şemalara sahipse bireyin rehber ihtiyacı yoktur fakat aktive edilmiş şemaları yoksa çalışan bellek zorlanır (Kalyugavd. 2003). Dolayısıyla aynı öğrenme materyali uzman olmayan öğrenciler için yüksek öge etkileşimli olarak algılanabilirken, uzman öğrenciler için düşük öge etkileşime sahip olarak algılanabilir (Merrienboer ve Ayres, 2005). Örneğin; bir kimya öğretmeni için tek öge, uzman olmayan bir öğrenci için çok fazla ögeden oluşabilir (Carlson, Chandler ve Sweller, 2003). Kalyuga, Chandler ve Sweller (2001) mekanik bölümündeki uzman olmayan stajyerlerin, çözülmüş örnek ilkesi kullanılarak farklı güçlükteki öğrenme materyallerinden öğrenmelerini incelemişlerdir. Bu araştırmada uygulamanın ikinci seansından sonra uzman olmayan stajyerlerin uzmanlıklarında değişim görülmüş ve buna dayanarak geliştirilen öğrenme materyallerinden öğrenmelerinde farklılıklar ortaya çıkmıştır. Yeung, Jin ve Sweller (1997) yaptıkları bir seri araştırmayla aynı öğrenme materyalinin öğrenen uzmanlığına bağlı olarak gereksizlik etkisi veya dikkatin dağılma etkisine neden olarak öğrenmeyi olumlu veya olumsuz etkileyebileceğini ortaya koymuşlardır. Bu noktadan hareketle, bir öğretim materyali geliştirilirken öğrenenlerin uzmanlık seviyesinin dikkate alınması oldukça önem arz etmektedir.

1.7.2.3. Dışsal Bilişsel Yük ve Öğretim Tasarımı

Herhangi bir içeriğin düzenlenmesi ve sunumu öğretim tasarımcılarının alanına girmektedir. Her ne kadar tasarımda dikkat edilmesi gereken pek çok nokta olsa da, özellikle çok ortamlı öğrenme çevrelerinde, çalışan bellekte oluşan bilişsel yükün optimum düzeyde tutulması için bazı öğretim tasarımı ilkelerine ihtiyaç vardır. Çünkü Mayer'e göre (2001) çok ortamlı öğrenmenin çoğu çalışan bellekte gerçekleşmektedir. Çalışan bellek kapasitesinin sınırlı olması nedeniyle de, bu sınırların istenmeyen bilişsel yük ile yüklenmesi öğrenmenin, hatırlamanın ve transfer etmenin olumsuz olarak etkilenmesine yol açabilmektedir. Bu yüzden bilişsel yük, öğretim tasarımcılarının üzerinde önemle durması gereken bir noktadır. Bilişsel yük, her zaman istenmeyen bir durum değildir. Tüm öğrenme çevrelerinde bilişsel yük oluşmaktadır. Esas olan bu yükün optimum düzeyde

tutulmasıdır. Dışsal bilişsel yükün optimum düzeyde tutulması için önerilen bazı öğretim tasarımı ilkeleri şunlardır (Sweller, 2003)

1. Hedeften bağımsız ilkesi (the goal-free effect)
2. Çözülmüş örnek ilkesi (worked example effect)
3. Tamamlanmamış örnek ilkesi (completion problem effect)
4. Dikkatin dağılması ilkesi (split-attention effect)
5. Biçem ilkesi (modality effect)
6. Gereksizlik ilkesi (redundancy effect)
7. Öge etkileşimi ilkesi (the element interactivity effect)
8. İzole edilmiş etkileşimli öğeler ilkesi (the isolated interacting element effect)
9. İmgelem ilkesi (the imagination effect)
10. Uzmanlığın evriltilim ilkesi (the expertise reversal effect)
11. Rehberliğin sönmesi ilkesi (the guidance fading effect). Bu ilkeler yapılan çalışmalar bölümünün öğretim yazılımının geliştirilmesi kısmında açıklandığı için burada tekrar açıklanmamıştır.

1.7.2.4. Etkili Bilişsel Yük (Germane Cognitive Load) ve Öğretim Tasarımı

Bilişsel yük öğeleri (içsel ve dışsal bilişsel yük) çoğunlukla öğretim çevrelerine bağlı olarak değişmektedir. İçsel bilişsel yük öğrenilen konunun ne olduğundan etkilenirken, dışsal bilişsel yük öğrenilen konunun içerik düzenlemesinin ne şekilde tasarmlandığından etkilenmektedir. Etkin bilişsel yük ise, şemaların oluşturulması ve otomasyonu gibi doğrudan öğrenmeyle ilişkili olan işlemlerle ilgilidir (van Merriënboer ve Ayres, 2005). Uygun öğretim tasarımları dışsal bilişsel yükü azalttığı gibi, aynı zamanda öğrencilerin dikkatini şemaların oluşturulmasına çektiğinden, etkili bilişsel yükün miktarı artacaktır. Sonuç olarak öğrenciler sunulan yeni bir içerikle karşılaştıklarında pek çok zorluk yaşamaktadırlar. İçerik pek çok öğeden oluşabilir ve bu öğeler arasında da yüksek etkileşim bulunabilir. Dolayısıyla bu tür öge etkileşiminin fazla olduğu konularda içsel bilişsel yükün de fazla olması beklenir. Bu durumda öğretmen; içsel bilişsel yükü kontrol altına alamayacağından, düşük dışsal bilişsel yük elde edebilmek için uygun öğretim tasarımları yapmak durumundadır. Bunun sonucu olarak da etkili bilişsel yük oranı yükselecektir. Bilişsel Yük Kuramı açısından öğretim tasarımının önemi göz önüne alındığında, bu kavramın açıklanmasının yararlı olacağı düşünülmektedir.

1.7.2.5. Öğretim Tasarımı

Eğitim, sadece yaşam boyu öğrenmenin, düşünme süreç ve becerilerinin etkin bir şekilde kazandırıldığı bir yapı değil aynı zamanda öğretim yaşantılarının organize edildiği ve aralarında bulunan somut ilişkilerin belirlenerek belli bir plan dâhilinde uygulandığı bir sistemler bütünüdür. Tasarım ise, yeni bir ortam için bilgilerin planlanması, organize edilmesi ve etkili olarak uygulanması faaliyetleridir. Tasarım insanın var olmasıyla birlikte onun hayatına girmiştir. Bir bakıma tasarım tıpkı bukalemun gibi korunmak ve bulunduğu ortama adapte olmak için durağan değil durmadan değişime uğrayan yani evrim geçiren bir olgudur (Ayvacı, 2009). Tasarımın genel amacı, var olan sistemi ya da yapıyı günün ya da çevrenin şartlarına göre değiştirmektir. Bu amaç var olan bilgilerin sentezlenmesi ve faaliyetlerinin organize edilmesi olarak algılanabilir. Tasarım faaliyetleri ile değişimler meydana gelmektedir. Bu değişimler oluşturulurken dikkat edilmesi gereken nokta, bir bütün içinde etkili olarak çalışan unsurların değiştirilmeden uygulanmasıdır (Ayvacı, 2009). Öğretim tasarımı ise; öğrenme-öğretme sürecindeki birçok kavramla ilişkilidir. Dick, Carey ve Carey (20005) sistem yaklaşımı ile aldıkları öğretim tasarımı kavramını bütün öğretim sistemleri geliştirme evrelerini içinde barındıran bir şemsiye olarak nitelendirmektedir. Bu şemsiyenin altında analiz, tasarım, geliştirme, uygulama ve değerlendirme süreçleri bulunmaktadır. Reiguleth (1999)'e göre öğretim tasarımı, öğretim materyallerinin bir konunun etkili şekilde öğrenilebilmesi için nasıl tasarlanacağını, öğrenme için gerekli olan zaman ve etkililik arasındaki oranının nasıl belirleneceğini ve öğrenmenin öğrenciler açısından nasıl daha çekici hale getirileceğini açıklar. Öğretim tasarımı kuramı ise, bireyin öğrenme ve gelişimini destekleyecek yöntemler ile bu yöntemlerin ne zaman kullanılıp ne zaman kullanılmayacağı ile ilgili göstergeler belirtmektedir. Reiguleth (1999) öğretim tasarımı kuramının bileşenlerini durumlar ve yöntemler şeklinde iki temel yapıya ayrılırken, durumlar boyutu istenen çıktılar ve öğretimsel koşullar şeklinde ele alınmaktadır. Piskurich (2000)'a göre öğretim tasarımı, öğretim süreçlerini planlama yoludur (Fer, 2009). Öğretim akıp giden bir süreçtir. Bu süreçte öğrenenlerin istek ve ihtiyaçlarının belirlenmesi, bu doğrultuda içeriğin yapılandırılması, kime neyin, nasıl öğretileneğinin planlanması, koşullara uygun ölçme ve değerlendirme durumlarının organize edilmesi ve geliştirilmesi gerekmektedir. Böyle bir durum ise öğretim tasarımının öğrenme sürecindeki kaynaştırıcı köprü konumunu

göstermektedir (Fer, 2009). Öğretim tasarım sürecini anlamak ve başarılı olarak uygulayabilmek için, bunun temelinde yatan sayılılar Kemp ve diğerleri (1996) tarafından;

1. Öğretim tasarım süreci sistematik bir yaklaşım gerektirir.
2. Öğretim tasarım süreci belli bir içerik geliştirme düzeyinde başlar.
3. Öğretim tasarımı geliştirilirken göz önüne alınan tüm ayrıntılar öğrencilere bildirilmelidir.
4. Tasarım yapılırken, tüm öğrenenler için doyum sağlayıcı ortamların ve başarının sağlanması gerekir.
5. Öğretim tasarımı kapsamdan çok bireye odaklanır.
6. Öğretim tasarımında en iyi olan tek yol yoktur. Şeklinde ele alınmaktadır (Akkoyunlu, Altun ve Soylu, 2008).

Yaşam boyu devam eden genel eğitim süreci içinde farklı konum ve düzeydeki insanların öğrenme gereksinimlerini karşılamak üzere öğretim tasarımı yapıldığında, doğal olarak gereksinimlerin niteliği ve hedef kitlenin özelliklerinden kaynaklanan bazı farklılıklar olacaktır. Nitekim son yıllarda, öğretim tasarımı çalışmalarını etkileyen değişkenlerin sayısı alabildiğine arttığı için, bunların bir yansıması olarak, tasarım sürecinde karmaşık uygulamalara başlanmıştır. Bir öğretimsel sistem, bir çevre (içinde bulunan şartların) gelişim süreci içinde tasarım çalışmalarını sağlar (Gagne vd. 2005). Öğretim tasarımı sürecinde düşünülmesi gereken bazı konular vardır. Bunlar; öğretimi geliştirmek için nasıl bir tasarım planını kullanmalıyım?, Öğretimi yazarken hangi kuralları izleyebilirim?, Öğretenin bakış açısına göre, iyi bir öğretimi ne oluşturur?, Öğrenenlerin böylesi bir aktiviteden faydalanacağı olası olduğu için, bu üniteye rol oynama yapmalı mıyım?, Öğretmen anlatımına alternatifler var mıdır?..., şeklindeki sorulardan oluşur. Bu doğrultu da Gagne vd.(2005), öğretim tasarımı modellerini ortaya koymuşlardır. Bununla birlikte literatürde birçok öğretim tasarımı modelinin geliştirildiği görülmektedir. Bunlardan biri Dick ve Carey Öğretim Tasarımı Modelidir. Dick ve Carey modelindeki tasarım süreci, eğitim hedeflerinin belirlenebilmesi için gereksinimlerin saptanmasıyla başlamaktadır. Bundan sonra hedef kitle ve bağlam çözümlenmesi yapılmakta ama bunlarla eş zamanlı olarak öğretim değişkenleri de çözümlenmektedir. Tüm bunlardan hareketle performans amaçları yazılmaktadır. Amaçlar yazıldıktan sonra süreç büyük ölçüde doğrusal ilerlemekte ve değerlendirme araçlarının üretilmesi, öğretim stratejilerinin belirlenmesi, öğrenme-öğretme materyallerinin seçilmesi ve geliştirilmesi işlemlerini kapsamaktadır. Sürecin sonunda ise, geliştirilen öğretim sisteminin test edilmesine yönelik

ara değerlendirme ve sonuçlara bağlı olarak da düzeltme yer almaktadır. Düzeltme ya da iyileştirme çalışmaları sürecin her hangi bir aşaması ya da çıktısıyla ilgili olabilmektedir. Ayrıca tüm verilere dayalı olarak bir son değerlendirme çalışması yapılmakta ve burada kurumsallaştırma, genelleştirme ve yaygınlaştırma gibi konulara karar verilmektedir (Şimşek, 2009). Nitekim Dick ve Carey ğretim tasarımı modelinin daha çok öğretimsel analiz aşamasına vurgu yapan bir model olduğu görülmektedir. Bununla birlikte Dick ve Carey (1990) ğretim Tasarımı Modeli; ğretim amaçlarının tanımlanması, ğretim analizini oluşturmandan, öz değerlendirmenin geliştirilmesine kadar dokuz basamaktan oluşmaktadır (Zheng ve Smaldino 2003). Bir diğer ğretim tasarımı modeli ise Kemp, Morrison ve Ross tarafından geliştirilmiştir. Kemp, Morrison ve Ross (1994), dokuz basamaktan oluşan ayrıntılı bir ğretim geliştirme planı önermişlerdir. Bu model konu içeriği, amaçlar ve hedeflerin belirlemesi ile kaynak seçimi yapılması gerektiği üzerinde odaklanmaktadır (Zheng ve Smaldino, 2003). Kemp, Morrison ve Ross'ın modeli diğer modeller içinde en esnek yapıya sahip olandır. Bu modelde aşamaların sırasına, koşullara, öğrenenin özelliklerine ve tasarımcının isteğine göre istenilen yerden başlayabilir. Smith ve Ragan'ın ğretim tasarımı modeli birçok modelde benzerlik gösteren bir yapıya sahiptir. Bu model üç aşamaya bölünür ki bunlar; analiz, strateji ve değerlendirmedir. ADDIE ğretim tasarımı modeli ise; ihtiyaç analizi, tasarım materyal geliştirme, etkinlik uygulama, öğrencilerin gelişimini ve öğretimin etkililiğini değerlendirme olmak üzere beş basamaktan oluşurmaktadır (Zheng ve Smaldino, 2003). Burada sözü edilen modellerin tümü, ğretim tasarımı sürecine farklı açılardan yaklaşmalarına rağmen dört ortak noktada birleşmektedir:

1. Öğrenci özelliklerini göz önünde bulundurma

2. İçerik düzenleme

3. Öğretim stratejileri

4. Değerlendirme. Bununla birlikte ğretim tasarımında bilişsel yük, bir kuram olarak karşımıza çıkmaktadır. Bilişsel Yük Kuramı; içerik ve öğrenen özelliğini de dikkate alarak bir takım tasarım ilkelerinden bahsetmektedir (Sweller, 2003).

Bilişsel Yük Kuramı temelinde ela alınacak ğretim tasarımında ğretimi nasıl etkili, heyecanlı ve motive edici kullanabiliriz? Sorusu temel çıkış noktamız olacaktır. Öğretim, teknik bir kılavuz gibi sıkıcı ve gereksiz ayrıntılarla dolu olmak zorunda değildir. Öğretimin bir roman kadar büyüleyici olmasını beklememize rağmen, onu bir gaz ocağının nasıl kurulması üzerine yapılan bir öğretimden daha heyecanlı ve ilginç olmasını sağlamak günümüz şartlarında temel bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır. NitekimGagne

vd.(2005)'de öğretimi geliştirmek için öğretim tasarım sürecinde izlenecek adımlarda öğretilsel materyallere vurgu yapmaktadır. Öğretilsel materyalleri geliştirdiğimiz her zaman yeni bir şeyler öğreniriz. Bu yaklaşım deneyimsel bir süreçtir. Varolan deneyimleri değiştirir ve neyin çalışıp neyin çalışmadığını öğrendikçe yeni deneyimler katılır ki bu deneyimler, tasarım sürecine sunabileceğimiz genel kurallardır. Böyle bir yapıda ilk akla gelen somutlaştırma değildir. Somut materyallerden öğrenmenin olumlu yararları Paivio (1971-1986) tarafından tespit edilmiştir. Ne yazık ki, metin materyallerin genellikle soyut olması yüzünden öğrenenlerin, yazarın ne iletmek istediğini anlamada zorluk çekebilirler. İlk başta, öğretimi somutlaştırmanın en iyi yolunun resim eklemek olduğunu düşünebiliriz (Akt, Gagne vd.2005). Carter (1985), dikkatle üretilmiş sözcüklerin yararları olduğunu ileri sürüyor, “Eğer bir resim bin kelimeye değerse, güzel bir somut örneği en az yüzlerce güzel kelimenin ileri tanım ve açıklamasına değerdir.” Materyalleri geliştirirken yazar moduna geçen tasarımcılar olarak, kolaylıkla soyut sunumların öğrencilerimiz için daha iyi ve öğrenmenin gerekli bir parçası olduğu fikrine kapılabiliriz. Fakat araştırmalar, soyut ve somut bilginin artmasının hem öğrenenin ilgisini hem de bilgi hatırlamasını arttırdığını ileri sürmektedir (Sadoski, Goetz ve Fritz, 1993; Akt, Gagne vd.2005). İkinci adım ise ilerleme hızını kontrol edilmesidir. Öğretim hızını kontrol edebilmek için iki strateji vardır. İlk olarak, öğretim boyunca tutarlı bir terminoloji kullanılması, bir terim seçilip öğretim boyunca tutarlı bir şekilde onun kullanılmasıdır. İkinci olarak öğrenenin daha önceki öğrendiği şeylere açık göndermeler yapılmasıdır ki göndermeleri bir üniteden diğer üniteye ya da bir fikirden diğer fikre geçirirken kullanabilirsiniz. “Dün excelde önceden tanımlanmış bir formülün nasıl kullanıldığını açıkladık” gibi basit cümleler buna örnek verilebilir. Tutarlı terminoloji kullanma ve ön öğrenmelere göndermeler sağlama, öğrenene bağlamsal ipuçları sağlar ki bu ipuçları bir bağlam ya da başvuru çerçevesi sağlayarak yeni bilgiyi daha kolay anlaşılır yapar (Gagne vd.2005). İlerleme hızı bireye göre değerlemlerle birlikte, bir grup için küçük bir adım başka bir grup için büyük bir adım olabilir. Bu doğrultu da uygun bir öğrenen analizine sahip olma, hedeflediğiniz izleyiciye göre uygun bir ilerleme hızını belirlenmesine de yardımcı olabilir. Üçüncü adım ise uygun ilerleme hızının kullanılmasıdır. Dördüncü adımsa tutarlılığı sürdürebilmektir. Tutarlı kelimeler kullanılması öğrenenlerin anlamasına yardımcı olmakla birlikte tutarlı terminoloji, teknik alanlar için öğretim materyalleri hazırlamada önemlidir. Bilgi yönünden kıt öğrenenlerin, benzer terimlerle akılları kolayca karışmaktadır. Her zaman aşına olunan kelimeler kullanmak mümkün olmasa da, öğretim tasarımcıları öğrenenler üzerindeki bilişsel

yükünü ve karmaşıklığı azaltmak için tutarlı kelimler kullanmaya çabalamalıdır. İzlenmesi gereken son aşamamız öğretimde ipuçlarının kullanımınıdır. Öğretimi geliştirmek, ipuçlarını belirleyip onları öğrenene tam olarak iletmeyi içerir (Gagne vd.2005).

Öğretim tasarımı içinde yararlanılacak öğretim materyallerinde bilgisayar dayalı sunum materyalleri önemli bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır. Bilgisayaradaya sunumlarda bilgisayarın, öğretim sürecine bir seçenek olarak değil, Bilişsel Yük Kuramında, kuramı tamamlayıcı ve güçlendirici olarak girmesi esastır. Bilgisayarın bir öğretim aracı ve Bilişsel Yük Kuramına dayalı öğrenmenin meydana geldiği bir ortam olarak kullanılması söz konusudur. Böyle bir yapıda Bilişsel Yük Kuramına dayalı olarak hazırlanan öğretim materyali, öğrenciye bilgisayar aracılığıyla verilmekte, öğrenci sürekli etkin durumda ve öğrenmeye aktif bir şekilde kendi hızına göre ilerleyebilecek şekilde, katılgan durumda olmaktadır. Bu da bireyin bilişsel yükünün azalmasında önemli bir katkı sağlamaktadır.

1.7.2.6. Bilişsel Yükün Ölçülmesi

Bilişsel yük; çok boyutlu bir yapı olup, öğrenme sürecinde bireyin bilişsel sistemindeki zorlanmayı ifade etmektedir. Bununla birlikte bilişsel yükün çok boyutlu yapısının ve performans, zihinsel yük ve zihinsel çaba arasındaki kompleks ilişkinin nasıl ölçüleceği de araştırmacılar için bir muammadır (Sweller, van Merriënboer ve Paas, 1998; Paas vd., 2003). Bilişsel yükü ölçmeye yönelik deneysel ve analitik olmak üzere iki farklı yöntem kullanılmaktadır. Matematiksel modeller ve görev analizleri gibi analitik, uzman görüşü gibi öznel verilerin toplanması ve doğrudan zihinsel yükün tahmin edilmesi analitik yöntemlere girmektedir. Zihinsel çaba ve performansın tahmin edilmesi; derecelendirme ölçekleri kullanılarak öznel verilerin, birincil ve ikincil görev teknikleriyle de performansla ilgili verilerin toplanması deneysel yöntemlere girmektedir. Bilişsel Yük Kuramı ile ilgili araştırmaların büyük çoğunluğunda derecelendirme ölçekleri, psikolojik ve ikincil görev teknikleri kullanılmakla birlikte analitik yöntemler çok tercih edilmemektedir (Paas vd., 2003).

Öznel teknikler, bireyin kendi bilişsel süreçlerini odaklanabileceği ve öğrenme sürecinde harcadığı zihinsel çabanın miktarını açıklayabileceği varsayımına dayanmaktadır (Sweller, van Merriënboer ve Paas, 1998). Bu amaçla genellikle bu konuda geliştirilmiş ölçekler kullanılmaktadır. Bilişsel Yük Kuramı ile ilgili araştırmaların büyük

çoğunluğunda; orijinali Bralfisch, Borg ve Dornic (1972)'in verilen görevin güçlüğüne ölçmek için geliştirdikleri ölçeğin Paas ve van Merrienboer (1993) tarafından tekrar düzenlenmesiyle oluşturulan derecelendirme ölçeği kullanılmaktadır (Sweller, van Merrienboer ve Paas, 1998).

Fizyolojik teknikler, bilişsel fonksiyonlardaki değişimin fizyolojik ölçümlere yansıtacağı varsayımına dayanmaktadır. Bu ölçümler, kalp atış hızı ve bu hızdaki değişim; beyin fonksiyonlarının ölçülmesi ve göz kırpma oranı, göz bebeğindeki büyüme, küçülme gibi göz fonksiyonlarının incelenmesiyle yapılır (Sweller, van Merrienboer ve Paas, 1998).

Görev ve performans temelli teknikler, iki farklı görevin aynı anda verilmesiyle öğrenenin performansındaki değişikliklerin incelenmesine dayanır. Bu tekniklerin iki önemli alt boyutu vardır. Verilen öğrenme görevine dayalı performansa dayalı birinci görev ölçümü ve birinci görev ile birlikte eşzamanlı yürütülmesi istenendiğer bir göreve dayalı olan ikinci görev yöntemidir (Sweller, van Merrienboer ve Paas, 1998). Bu süreçte ikinci görevdeki performansın, birinci görev tarafından yüklenen bilişsel yükün seviyesini yansıtması amaçlanır. Cierniak, Scheiter ve Gerjets (2009)'in dikkatin dağılma ilkesine dayanarak böbreğin çalışması ile ilgili yaptıkları çalışmada olduğu gibi ikinci görev çoğunlukla, dikkatin devamlılığını sağlayan basit etkinlikleri içerir. Görev ve performans temelli teknik; zihinsel çaba ile ilgili bilgi elde etmek için nesnel görev karakteristiklerini ve öğrenme zamanındaki farklılık, tepki süresi ve hata gibi performans değişkenlerini kullanır (Sweller, van Merrienboer ve Paas, 1998). Bu tekniğin güvenilirliği ve hassasiyeti oldukça yüksek olmasına karşın araştırmacılar tarafından nadiren kullanılır (Paas vd. 2003).

1.8. Konu ile İlgili Yapılan Araştırmalar

Bu bölümde yapılacak araştırma ile ilgili mevcut literatür incelenmiştir. Bu bağlamda konu önce kuramsal olarak ele alınarak Bilişsel Yük Kuramı ile ilgili araştırmalara daha sonra da termodinamik ile ilgili araştırmalara yer verilmiştir.

1.8.1. Bilişsel Yük Kuramı ile İlgili Yapılan Araştırmalar

Carlson, Chandler ve Sweller (2003) düşük veya yüksek öge etkileşiminin olduğu konuların diyagramdan veya metinden öğrenme ile ilgili iki tane deneysel araştırma yürüttüler. 24 tane lise yedinci sınıf öğrencisi ile yürütülen birinci araştırmanın ilk kısmında öğrencilerden kendilere sunulan öğrenme materyaline dayanarak iki atomlu 10 tane moleküler model oluşturma; ikinci kısmında ise çok atomlu iki tane molekülün oluşturulması istenmiştir. Birinci araştırma sonucunda diyagramdan konuyu öğrenen öğrencilerin daha kısa sürede daha az zihinsel çaba harcadıkları belirlenmiştir. Fakat sadece öge etkileşiminin çok olduğu çalışmanın ikinci kısmında gruplar arasında harcanan zihinsel çabanın istatistiki olarak anlamlı olduğu bulunmuştur. İkinci araştırma ise 28 tane lise sekizinci sınıf öğrencisi ile karbon bileşiklerinin adlandırılması konusunda yürütülmüştür. Diyagram ve metinden konuyu öğrendikten sonra öğrencilere ön ek ve sok eklerin getirilmesi ile ilgili düşük ve yüksek öge etkileşimli iki tane test uygulanmıştır. İlk testte öğrencilerden ellerindeki öğrenme materyaliyle birlikte 12 tane karbon bileşiğinin adlandırmaları istenmiştir (düşük öge etkileşimli). İkinci testte ise gruplardan yardımcı materyalleri kullanmadan verilen altı bileşiği adlandırmaları istenmiştir. Fakat bu formatta öğrencilere bazı problemler, diyagram bazı problemler metin formatında sunulmuştur (yüksek öge etkileşimli). Araştırma sonucunda diyagramla hazırlanan materyali kullanan grup, bileşiklerin adlandırılmasında (hem ön ek hem de son eklerin getirilmesinde) daha yüksek puan almakla birlikte en büyük başarı kompleks bileşiklerin adlandırılmasında yaşanmıştır. Bunun yanında çalışmada düşük öge etkileşiminin olduğu konularda metinden öğrenen öğrenciler daha başarılı iken öge etkileşiminin yüksek olduğu konularda diyagramla hazırlanan grubun daha başarılı olduğu ve diyagramın hem öğrenmeyi hem anlamayı artırdığı sonucuna varılmıştır.

Brünken, Plass ve Leutner (2004), Bilişsel Yük Kuramı ve çok ortamlı öğrenmede bilişsel kuramı temel alarak düzenledikleri çalışmada şu denenceleri araştırmışlardır: 1) Sözel ve görsel öğrenme materyallerinin işitsel-görsel sunumu, aynı materyallerin yalnız görsel sunumuna göre daha yüksek fonolojik bilişsel kapasite isteminde bulunmaktadır. 2) Görsel-işitsel bilgi sunumuna ilgi çekici bir arka plan müziği eklendiğinde bu durum fonolojik bilişsel yükü artırmaktadır. Birinci deneysel çalışmada örneklem olarak Erfurt üniversitesinden 10 bayan öğrenci alınmıştır. Araştırmanın bağımlı değişkeni ikincil görevdeki performanstır. Bağımsız değişken, birincil görevin sözlü anlatımının değerleridir

ve üç düzeyi bulunmaktadır: Bunlar; 1) Sözlü anlatım yok, 2) Yalnızca arka plan müziği, 3) Sözlü anlatım ve arka plan müziği. Araştırmada birincil görev olarak, sözel ve görsel şekilde hazırlanmış ve insanın kan dolaşım sisteminin anlatıldığı 22 ekrandan oluşan çoklu ortam sunumu bulunmaktadır. İkincil görev olarak da bir program yardımıyla öğrenene 5-10 sn aralıklarla tek tonda bir ses verilmiş ve öğrencinin bu sesi duyduğunda klavyenin aralık çubuğuna basması istenmiştir. Ve yine program yardımıyla verilen ses tonu ve öğrencinin tepkisi arasındaki gecikme süresi kaydedilmiştir. Birincil görev başında ve sonunda yapılan test sonuçlarına bakıldığında, öğrencilerin toplam son-test puanlarının ön-test puanlarına göre anlamlı bir şekilde farklılaştığı görülmektedir. Aynı şekilde son-test puanları görsel ve görsel-işitsel olarak iki ayrı şekilde değerlendirildiğinde, sonuçların Mayer'in (2001) kanal ilkesini doğrular şekilde olduğu ve öğrencilerin görsel-işitsel puanlarının yalnız görsel puanlarına göre anlamlı bir şekilde farklılaştığı görülmektedir. Yapılan ikinci deneysel araştırma, birinci deneysel araştırmanın sonuçlarını doğrulamak için yapılmıştır. Aynı deney deseni, ikincil görev kullanılmış, yalnızca farklı öğrenme materyali işe koşulmuştur. Örnekleme olarak yine Erfurt üniversitesinden 10 bayan öğrenci alınmıştır. Araştırmada birincil görev olarak, sözel ve görsel şekilde hazırlanmış ve İtalya'nın tarihi şehri Floransa'nın anlatıldığı 14 ekrandan oluşan çoklu ortam sunumu bulunmaktadır. İkincil görev ise birinci deneyde olduğu gibi sunu içerisinde verilen ses tonu ve buna öğrencinin verdiği tepkidir. Elde edilen sonuçlar yine görsel-işitsel puanların yalnız görsel puanlara göre anlamlı bir şekilde farklılaştığı şeklindedir. İkincil görev performansına bakıldığında, bu sonuçların birinci deneydeki sonuçları doğruladığı görülmektedir. Her iki deney sonuçlarına bakıldığında, sonuçların Bilişsel Yük Kuramını doğrular nitelikte olduğu söylenebilir.

Price ve Catrambone (2004), bilişsel yükü azaltmaya ve öğrenmeyi artırmaya yönelik parça-bütün sunumu yönteminin etkililiğini test etmek amacıyla bu yöntemi istatistik öğretiminde kullanmışlardır. Araştırmaya Georgia Teknoloji Enstitüsünden 84 lisans öğrencisi katılmıştır. Öğretim materyalleri kağıt üzerinde istatistiksel hesaplamalara giriş ve t-testinin ve iki gruplu ANOVA'nın nasıl hesaplandığını gösteren çözülmüş örneklerden ve 7 farklı bölümden oluşmuştur. Parça-bütün grubuna (P-B) önce her bir parça sırayla verilmiş, sonra da tüm bölümler aynı anda verilmiştir. Aynı şekilde bütün parça grubuna da (B-P) önce bölümlerin hepsi birden, sonra da sırayla verilmiştir. Katılımcıların bilişsel yüklerini ölçmek için NASA tarafından geliştirilen NASA-TLX ölçeği (NASA Human Performance Research Group, 1987) kullanılmıştır. Araştırma sonucunda, B-P grubunun

son-test puanlarının P-B grubunun puanlarına göre anlamlı bir şekilde farklılaştığı görülmüştür. Bunun yanında grupların (P-B ve B-P) bilişsel yük oranlarına bakıldığında her bir grup için sunum sırası ve yük puanları arasında anlamlı farklılaşma görülmektedir. Anlamlı farklılık P-B grubunda bütün olarak yapılan sunum lehineyken B-P grubunda parça olarak yapılan sunum lehinedir.

Farklı bellek kapasitesine (yüksek, orta ve düşük) sahip öğrencilerin Bilişsel Yük Kuramının ve çok ortamlı öğrenmede bilişsel kuramının bazı ilkelerini baz alarak geliştirdikleri oyun temelli öğretim yazılımı ile bu ilkelere dikkat etmeden geliştirilen oyun temelli öğretim yazılımının öğrenme sonuçlarına etkisi Kılıç ve Yıldırım (2010) tarafından incelendi. Araştırmada farklı bellek kapasitesine sahip 47 tane 11. sınıf öğrenci kendilerine sunulan mitoz ve mayoz bölünmenin alt fazları ile ilgili geliştirilen öğretim yazılımından çalıştıktan sonra hücre başarı testi ve bilişsel yük testini çözdüler. Ayrıca öğrencilerin çoklu ortamdaki çalışma süreleri, kütüphane kullanımı, doğru ve yanlış cevapları vb. gibi bazı değişkenlerde program tarafından kaydedilerek bu dosyalar da puanlanmıştır. Araştırma sonucunda hücre başarı testinde, zihinsel çaba, öğrenme zamanı ve kütüphane kullanımında; çalışan bellek kapasiteleri arasında, çoklu ortamda sunum şekilleri arasında ve bellek kapasitesi ile çoklu ortamda sunum şekilleri arasında bir ilişki bulunamamıştır. Çoklu ortamdaki elde edilen puanlar açısından çoklu ortamda sunum şekilleri arasında Bilişsel Yük Kuramı ve çok ortamlı öğrenmede bilişsel kuram ilkelerine göre hazırlanan yazılım lehine anlamlı fark bulunurken çalışan bellek kapasiteleri arasında ve bellek kapasitesi ile çoklu ortamda sunum şekilleri arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır.

Große ve Renkl (2007) çözülmüş örnek etkisine dayanarak doğru ve yanlış çözülmüş problemlerin başarıya etkisi ile ilgili iki tane deneysel araştırma yürüttüler. 118 katılımcı ile yürütülen birinci araştırmada 2X3'lük araştırma deseni kullanılmıştır. Araştırmanın; "doğru ve yanlış çözülmüş örneklerin" ve "yönlendirme sorusu sorularak öğrencilerin kişisel açıklama yapmalarının" öğrenmeye etkisi sınıanmıştır. Dolayısıyla, 1. guruba "sadece doğru çözülmüş örnekler", 2. guruba "yanlışla vurgu yapılmaksızın doğru ve yanlış çözülmüş örnekler", 3. guruba "yanlışlara vurgulama yapılarak doğru ve yanlış çözülmüş örnekler", 4. guruba "sadece doğru çözülmüş fakat konu ile ilgili yönlendirici sorular sorularak açıklama istenen örnekler", 5. guruba "yanlışla vurgu yapılmaksızın doğru ve yanlış çözülmüş fakat konu ile ilgili yönlendirici sorular sorularak açıklama istenen örnekler" ve 6. guruba "yanlışlara vurgulama yapılarak doğru ve yanlış çözülmüş fakat konu ile ilgili yönlendirici sorular sorularak açıklama istenen örnekler" içeren öğrenme

materyalleri sunulmuştur. Birinci deneme sonucunda konu ile ilgili ön bilgiye sahip öğrencilerde doğru ve yanlış çözümlerin birlikte kullanılmasının başarıyı artırdığı fakat ön bilgisi düşük olan gruplarda ise doğru ve yanlış örnek çözümlerin birlikte kullanılmasının aşırı bilişsel yüklenmeye neden olduğu ve öğrenme sonuçlarını olumsuz etkilediği belirlenmiştir. 39 katılımcı ile yürütülen ikinci deneysel çalışmada ise doğru ve yanlış çözülmüş örneklerin öğrencilerin düşüncelerini sesli bir şekilde kritik ederek çalışmalarının öğrenme sonuçlarına etkisi araştırılmıştır. Burada birinci deneysel çalışmada kullanılan materyal kullanılmıştır. Bu çalışmada örneklem ikiye bölünerek birinci guruba “doğru çözülmüş örnekler” ikinci guruba yanlış çözüm olduğu belirtilen fakat hatanın nerede olduğu vurgulanmayan “doğru ve yanlış çözülmüş örneklerden” oluşan materyallerden çalışmaları sağlanmıştır. Çalışma sürecinde katılımcılardan akıllarından geçen tüm düşünceleri yüksek sesle söylemeleri, soruyu kendilerince tartışmaları istenmiştir. İkinci deneysel araştırma sonucunda gruplar arasında yakın transfer testlere verdikleri yanıtlar bakımından anlamlı bir fark bulunamazken uzak transfer testler arasında doğru ve yanlış çözülmüş örneklerden çalışan öğrenciler lehine anlamlı bir fark bulunmuştur. Doğru ve yanlış çözülmüş örneklerden çalışan öğrencilerden özellikle ön bilgileri yüksek öğrencilerin uzak transfer sorularında diğerlerinden daha başarılı oldukları bulunmuştur ki araştırmacılar bunun nedeninin yanlış çözümlerin öğrencilerin problemle ilgili daha fazla düşünmelerini, durumu daha iyi kritik etmeleri konusunda öğrencileri motive etmelerinden kaynaklanabileceğini belirtmektedir. Bunun yanında araştırmada içsel ve dışasal bilişsel yükleri arasında anlamlı bir fark bulunamazken, doğru ve yanlış çözülmüş örneklerden konuya çalışan gurubun etkili bilişsel yükünün diğer gruptan daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Moreno (2004), keşfetme temelli çoklu ortam çevrelerinde açıklayıcı ve düzeltici geri bildirim uzman olmayan öğrencilerin bilişsel yüklerinin azaltılmasına olan etkilerine baktığı araştırmasında iki deneysel araştırma düzenlemiştir. Birinci deneysel çalışmada 49 üniversite öğrencisi kullanılmış, bunlardan 23’ü açıklayıcı geri bildirim (A-GB), 26’sı ise düzeltici geri bildirim (D-GB) grubuna alınmıştır. Öğretim materyali, botanik konusunda her iki grup için hazırlanmış çok ortamlı öğretim yazılımlarıdır. Araştırma öncesinde öğrencilere ön-test verilmiştir. Her iki grubun hatırlama ve transfer puanları arasında A-GB grubu lehine anlamlı farklılık olduğu görülmüştür. İkinci deneysel çalışma, birincisinin doğrulanması için farklı örneklem grubu üzerinde yapılmıştır. Çalışmada 55 üniversite öğrencisi kullanılmış, bunlardan 28’i A-GB grubuna, 27’si ise D-GB grubuna alınmıştır.

Aynı şekilde birinci deneysel çalışmada olduğu gibi her iki grubun hatırlama ve transfer puanları arasında A-GB grubu lehine anlamlı farklılık olduğu görülmüştür.

Moreno ve Valdez'in (2005) yaptıkları çalışmada, Amerika'da bir üniversitede Eğitim Psikolojisi dersi alan toplamda 98 lisans öğrencisine yıldırımın oluşumu sırasındaki olaylar zincirini öğretmeye çalıştı. Öncelikle örneklemdaki öğrencilere meteoroloji ile ilgili bilgilerinin olup olmadığına dair bir ön-test uygulandı ve bu konuda bilgi sahibi olmayan öğrenciler seçildi. Örneklem başlangıçta üçe bölünerek yıldırımın oluşumuna neden olan olaylar bir gruba resimlerle, diğer gruba metinle ve son gruba da hem resim hem de metin içeren bir içerikle öğretildi. Her bir grup kendi içinde ikiye bölündü bunlardan ilk üç gruba yıldırımın oluşma nedeni neden sonuç ilişkisi içinde organize edilmiş bir biçimde sunulurken diğer üç gruba neden sonuç ilişkisine göre ardışık olarak sıralanmamış bir içerik sunuldu. Çalışma sonucunda hem resim hem metinle öğrenen grup daha etkili öğrendi ve bilişsel yük puanı daha düşüktü. Fakat bu çalışmada olayları neden sonuç ilişkisine göre ardışık bir sıra ile organize materyale sahip grup tahmin edildiği gibi büyük bir başarı gösteremedi.

Marcus, Cooper ve Sweller (1996) altıncı sınıftaki bir grup öğrenci ile dirençlerin seri ve paralel bağlanması ile ilgili bir çalışma yaptı. Araştırma kapsamında öğrencilere basitten karmaşığa farklı seviyelerde üç tane soru (tekli seri bağlama, çoklu seri ve paralel bağlama) yöneltildi. Sorular öğrencilerin yarısına text formunda diğer yarısına da diyagram versiyonunda sunuldu. Araştırmacılar öğrencilerin verilen görevlerin yerine getirirken zorlanmalarının (yüklenmelerinin) yanında çalışmayı tamamlama hızlarını da ölçtüler. Araştırma sonucunda diyagramın öğrencilerin basit bağlantılarda da kompleks bağlantılarda da daha hızlı yapmalarına yardım ettiği belirlendi. Deneyde diyagram kullanan grubun daha kompleks görevleri text kullanılan gruba göre iki-iki buçuk kat daha hızlı yaptıkları görüldü. Görevi tamamlarken öğrencilerin zorlanma miktarı ölçüldüğünde tüm öğrencilerin paralel bağlanmada zorlandıkları fakat text çalışma materyalini kullanan grubun daha fazla zorlandığı ortaya konuldu. Araştırma sonucunda, diyagram kullanılan grupta daha etkili bir öğrenme sağlandığı görüldü.

Harp ve Mayer (1997) hava koşullarının (kar, yağmur) oluşumu ile ilgili iki kısa ders versiyonunu karşılaştırdı. Temel versiyon 550 kelime ve beş temel gösterimden oluşturuldu. Dersin temel versiyonuna iliştilmiş konuyla ilişkili fakat öğretim hedeflerinin dışında olan ilgi çekici (yıldırımdan Amerika'da ölen insan sayısı, yıldırımdan dolayı gerçekleşen uçak kazaları vb. gibi) detayların eklendiği üç türev tasarım geliştirildi.

Bu tasarımların ilkinde temel versiyon artı olayın ilginç detayları ile ilgili 150 kelimelik bir bölüm; diğerinde temel versiyon ve ilave 5 ilginç resim ve üçüncüsünde temel versiyon, 150 kelimelik detay bilgi ve 5 resimden oluşturuldu. Farklı versiyonlara gelişigüzel atanan üniversite öğrencilerinin hazırlanan materyallere istedikleri kadar çalışmalarına müsaade edildi ve daha sonra öğrencilerden pasajlarla ilgili duyuşsal ve bilişsel ilgilerini ortaya koymak için soruları cevaplamaları istendi. Araştırma sonucunda temel versiyondan çalışan öğrencilerin daha iyi öğrendikleri belirlenmiştir. Öğrenme hedefleriyle alakası olmayan fakat konuyla ilişkili ilginç detayları içeren ders versiyonundan çalışan öğrencilerin duyuşsal alanla ilişkili soruları daha iyi yanıtlarken temel versiyondan çalışan öğrencilerin bilişsel soruları daha iyi yanıtladıkları görülmüştür.

Leahy, Chandler ve Sweller (2003) günlük sıcaklık değişimi grafiği ile ilgili iki tane deney geliştirmiştir. Bu çalışma kapsamında iki tane grafik geliştirilmiştir. Grafiklerden birinde iki farklı gün içindeki sıcaklık değişimi gösterilmiş diğer grafikte ise kısa açıklayıcı cümlelerle (grafik üzerinde) birinci grafik açılanmıştır. İlk deneyde 5. ve 6. sınıf öğrencileri için temel grafik gösterimi anlaşılır değildir ve açıklamaya ihtiyaç duyulmaktadır. İlk deneyde grafik metinle veya sesli olarak açıklanmıştır. Bu iki grafikten çalışan öğrencilere kolay ve zor grafik soruları sorulmuştur. Araştırma sonucunda sesli sunumla açıklanan grafik, kompleks testte daha iyi öğrenme sağlarken kolay sorularda daha iyi bir öğrenme sağlanamamıştır. İkinci deneyde açıklayıcı cümleler içeren grafikte bu grafiğe ilaveten sesli açıklamaların eklendiği materyalden öğrenme karşılaştırılmıştır. Kısa açıklama içeren grafiğe sesli açıklamaların eklendiği materyal kompleks testte performansı düşürürken kolay sorularda her iki grupta da yaklaşık aynı performans görülmüştür. İkinci deneydeki kısa açıklama içeren grafiğin sesli açıklamalarla sunulmasının gereksiz olduğu belirlenmiştir.

Mayer ve Jackson (2004) dalganın oluşumuyla ilgili hem matbu hem de multimedia ortamda ve her bir materyalin de hem etkin (az öz) hem de genişletilmiş versiyonu olmak üzere dört materyal geliştirdiler. Etkin materyal 553 sözcük ve 5 gösteriden oluşurken genişletilmiş versiyon 980 kelime ve 11 gösterimden oluşturuldu. Genişletilmiş versiyon okyanus dalgalarının oluşumunun üç aşaması ile ilgili matematiksel eşitlikler, semboller ve sayısal işlemler eklenerek oluşturuldu. İlk denemede her gruba çalışması için 7'şer dakika süre verildi ve daha sonra kavramsal bazı sorular soruldu. Sadece matbu formatın kullanıldığı İkinci deneme da öğrencilere zaman sınırlaması olmaksızın istediği kadar çalışmasına izin verildi. Çalışma sonucunda ister matbu, ister bilgisayarda hazırlanan

animasyonlu sunumda etkin materyalin genişletilmiş materyale göre istatistiki olarak anlamlı öğrenmeyi sağladığı görülmüştür. Yazarlar; neden-sonuç işlemlerini öğrenirken öncelikle öğrencilerin nitel zihinsel modellerini oluşturduklarını bundan dolayı detaylandırılmış işlemsel bilgilerin ertelenmesini önermişlerdir. Matematiksel eşitliklerin öğretilmesi hedefleniyorsa öğrenciler nitel anlamalarını yapılandırdıktan sonraki adımda bu işleme geçilmelidir.

Cierniak, Scheiter ve Gerjets (2009) 98 üniversite öğrencisiyle insan böbreğinin çalışması ve fizyolojik özellikleri ile ilgili dikkatin dağılma etkisini araştırdıkları bir çalışma yapmışlardır. 2x3'lük araştırma desenin kullanıldığı bu çalışmada tasarım (bütünleştirilmiş ve dikkat dağınıklığı) faktörlerden birini oluştururken bilişsel ve duyuşsal ikincil görevlerin olup olmaması da diğer faktörü oluşturmaktadır. Çalışmada başarıyı ölçmek için konuyla ilgili Terminoloji Testi, İşaretleme Testi, Kompleks Konular Testi ve Sonuç Çıkarma (inference test) testi olmak üzere dört test; ve zihinsel zorlanmayı ölçmek için de içsel, dışsal ve etkili bilişsel yükü ölçmek için üç farklı Bilişsel Yük Ölçeği ve ikincil görev tekniği kullanılmıştır. Araştırma sonucunda; Sonuç Çıkarma Testi dışındaki üç testte de bütünleştirilmiş formattan öğrenen öğrencilerin dikkat dağınıklığı ilkesine göre hazırlanan formattan istatistiki olarak daha başarılı oldukları belirlenmiştir. Buradan da araştırmacılar dikkatin dağılma etkisinin sadece gerçek durumlarda etkili olduğu sonucuna varmışlardır. Bütünleştirilmiş materyalden öğrenen öğrenciler materyalin diğer materyale göre daha kolay olduğunu (içsel bilişsel yük) belirtmişlerdir. Dışsal bilişsel yük ile ilgili, bütünleştirilmiş materyalden öğrenen öğrenciler bu materyalden öğrenmenin daha kolay olduğunu belirtmişlerdir. Bunun yanında etkili bilişsel yük ile ilgili olarakta öğrenciler, dikkat dağınıklığına göre hazırlanan materyale odaklanmakta diğer öğrencilere göre daha fazla zorlandıklarını belirtmişlerdir. İkincil görev faktörünün öğrenme sonuçlarını etkilemediği belirlenmiştir. Bunun yanında ikincil görev faktörünün etkili bilişsel yük üzerinde istatistiki olarak anlamlı bir etkiye sahipken içsel ve dışsal bilişsel yük üzerinde istatistiki olarak anlamlı bir etkiye sahip olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu çalışmada içsel bilişsel yük ile dışsal bilişsel yük ve etkili bilişsel yük arasında bir korelasyon olduğu bulunurken dışsal bilişsel yük ile etkili bilişsel yük arasında korelasyon bulunamamıştır.

Kalyuga, Chandler ve Sweller (1999) dikkatin dağılma etkisinin giderilmesine yönelik iki tane deneysel uygulama yürütmüşlerdir. İlk uygulamada dikkatin dağılma etkisinden doğan yüklenmenin modality etkisi ile giderilip giderilemeyeceği araştırılmıştır. Sydney'deki bir şirketten toplamda 34 tane stajyer, birinci deneysel uygulamanın

örneklemini oluşturmaktadır. Araştırmada örneklem üçe bölünerek, farklı yüzde bileşenlere sahip (kurşun/kalay) lehimin erime diyagramı ile ilgili üç farklı öğretim tasarımı uygulanmıştır. Çalışmada birinci guruba diyagram artı metin, ikinci guruba diyagram artı seslendirilmiş metin ve üçüncü guruba diyagram artı metin ve seslendirilmiş metin birlikte sunuldu. Örnekleme katılımcılar verilen yazılımdan konuya çalıştıktan sonra ara verilerek isteyen öğrencilere tekrar nihayetinde ikinci uygulama yapılmıştır. Araştırma sonucunda diyagram artı seslendirilmiş metinden oluşan yazılımdan öğrenen gurubun tekrar uygulamaya en az ihtiyaç duyan grup olduğu belirlenmiştir. Ayrıca bu gurubun yapılan testlerde en yüksek puanı aldığı ve bilişsel yük puanının diğer iki guruba göre daha düşük olduğu, dolayısıyla da etkili öğrenme puanlarının diğer iki guruba göre çok daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu uygulamada bilginin çift kanalda sunulmasının çalışan bellek kapasitesini artırdığı fakat üçüncü grupta görüldüğü gibi diyagram, metin artı sesli metinden oluşan bir yazılımda diyagramı yorumlamak için metin ve sesli metnin birlikte sunulmasının gereksiz olduğu ve bilişsel yükü artırarak öğrenmeyi olumsuz etkilediği sonucuna varılmıştır. Bunun yanında bu uygulamada modalite etkisinin dikkatin dağılmasını önlediği belirlenmiştir. İkinci deneysel araştırmada ise dikkatin dağılması etkisi sonucunda ortaya çıkan bilişsel yükün etkisinin giderilmesi için tasarımdaki renk etkisi denenmiştir. Araştırma Sydney'deki bir şirkette, elektrik devreleri ile ilgili yeterli bilgi sahibi olmayan 16 stajyer yürütülmüştür. Örneklem iki guruba bölünerek gruplardan birine geleneksel olarak diyagram ve metin ayrı ayrı; diğer gruba bu diyagram ve metin renk kodlamasıyla sunulmuştur. İkinci grubun çalıştığı renk kodlaması yapılan materyalin diğer materyalden farkı; öğrenci metindeki herhangi bir paragraf tıkladığında paragrafta bahsedilen tüm devre elemanlarının aynı renkte olduğunu görebilmesidir. Stajyerler kendilere sunulan yazılımdan çalıştıktan sonra bilişsel yük testi ve performanslarını belirlemek için hata düzeltme ve çoktan seçmeli test uygulanmıştır. Uygulama sonucunda geleneksel metin ve diyagramın ayrı sunulduğu yazılımdan çalışan stajyerlerin renk kodlaması yapılan yazılımdan çalışan guruba göre bilişsel yük puanlarının daha yüksek, performans puanları ise daha düşük çıkmıştır. Araştırmada metin ve diyagramın ayrı sunulduğu durumlarda renk kodlaması yapılmasının ilişkili olan iki bilgi kaynağını bireyin zihninde daha kolay bütünleştirdiğini dolayısıyla dikkatin dağılması etkisindeki bilişsel yüklenmenin azaltılabileceği, başarının artırılacağı belirlenmiştir.

Lin, Chen (2006) ön düzenleyicilerin, İngilizce yabancı dil öğrencilerinin anlamlarını artırıp artırmadığını araştırdılar. Taivan'da bir üniversitenin İngilizce bölümünün ikinci

sınıfında eğitim gören “American Council on the Teaching of Foreign Languages (ACTFL)”e göre düşük İngilizce dil yeterliğine sahip 86 öğrenci rastgele üç guruba ayrılmıştır. Birinci guruba Bilişsel Yük Kuramına göre hazırladıkları öğretim yazılımı, ikinci guruba bu yazılıma sergileyici ön düzenleyiciler eklenmiş öğretim yazılımı ve üçüncü guruba da sorgulayıcı ön düzenleyiciler eklenmiş öğretim yazılımı sunuluyor. Okuma dersinin müfredatında yer alan konular arasından rastgele seçilen kalbin vücuttaki yeri, yapısı, görevi ile ilgili geliştirilen öğretim yazılımlarından çalışan öğrencilerin anlamaları; çizim, terminoloji, anlama ve çoktan seçmeli testler ile ölçülmüştür. Araştırma sonucunda; sorgulayıcı ön düzenleyiciler eklenmiş öğretim yazılımının en iyi bilişsel strateji olduğu belirlenirken sadece Bilişsel Yük Kuramına göre hazırlanmış yazılımla bu yazılıma sergileyici ön düzenleyicilerin eklendiği diğer yazılım arasında istatistiki olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır.

Elteren (2004) sanal alemde veri eldiveni vb. gibi modern cihazların kullanımının öğrenilmesinde; deneyim ve performans, deneyim ve bilişsel yük ve son olarak da performansla bilişsel yük arasında anlamlı bir fark olup olmadığını araştırdı. Araştırma teknik bilgiye sahip 15 katılımcı ile yürütülmüştür. Bu katılımcılardan sekiz tanesi bilgisayarla ilgili bazı alanda uzmanlaşmış kişilerden oluşmaktadır. Öğrenen deneyimini belirlemek için öncelikle katılımcılara bir bilgisayar oyunu oynatılmış burada alınan puana göre katılımcılar dört seviyeye ayrılmıştır. Araştırma sonucunda deneyim ve performans arasında istatistiki olarak anlamlı bir fark bulunmuştur. Bunun yanında araştırmada, deneyimli katılımcıların bilişsel yükünün daha düşük olduğu ve performansı düşük olan katılımcıların bilişsel yükünün daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Lim (2006) doktora tez çalışmasında, kompleks bilişsel bir konunun öğrenilmesindeki öğrenci performansında; öğrencilerin uzmalığının, kısmi görev ve van Merriënboer (1997)'in geliştirdiği dört bileşenli bir öğretim tasarımı modeli olan 4C/ID modeline dayanan tam görev öğretim yaklaşımlarının etkililiğini araştırmıştır. Araştırmacı uzman veya uzman olmayan öğrenci sınıflamasına, öğrencilere araştırma için gerekli becerilere sahip olup olmadıklarına dair bir ön test uygulayarak karar vermiştir. Araştırma, “Öğretim Teknolojilerine Giriş” dersine katılan 51 öğretmen adayı ile dört ders saati boyunca yürütülmüştür. Gruplardan birine kısmi görev yaklaşımı uygulanmıştır. Bu yaklaşımda tam öğrenme görevi basit parçalar halinde öğrenciye sunulmuş, en sonunda ise tüm öğrenme görevini kapsayan uygulama yapılmıştır. Diğer guruba ise van Merriënboer'in modeli kapsamında tüm öğrenme görevi uygulanmıştır. Araştırma sonunda; tam görev

performansında, transfer performansında, tam görev performansının etkili öğrenilmesinde ve transfer performansının etkili öğrenilmesinde tam görev yaklaşımı lehine anlamlı fark bulunurken; bilişsel yük, tam görev testinde harcanan zaman, Transfer Testinde harcanan zaman açısından iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Bunun yanında öğrenen uzmanlığı ile ilgili uzman ve uzman olmayan öğrenciler arasında; transfer ve tam görev testlerinde, tüm görev performansının etkili öğrenilmesinde, transfer performansının etkili öğrenilmesinde, kısmi görev testindeki harcanan zamanda ve öğretimdeki kendine güven bakımından uzman öğrenciler lehine anlamlı bir fark bulunmuştur.

Sweller ve Cooper (1985) cebir problemlerinin çözümü ile ilgili bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada, çözülmüş örnek etkisiyle yaptırılan uygulama etkinliklerinin kısa sürede ve diğer grupla aynı hatta daha fazla öğrenme sağladığını göstermişlerdir. Bu çalışmada gruplardan birine konu ile ilgili sekiz tane uygulama etkinliği farklı problem çözme etkinlikleri ile sunulurken ikinci gruba bu sekiz uygulama etkinliğinden dördü çözülmüş örnek etkisi ile sunulmuştur. Ders sonunda öğrencilere derste sunulan uygulama etkinliklerine benzer altı yeni uygulama etkinliği sorulmuştur. Çalışma sonucunda çözülmüş örnek etkisinin uygulandığı grup diğer gruba göre çok daha kısa sürede ve çok daha az hata ile verilen görevi yerine getirmiştir.

Kalyuga, Chandler ve Sweller (2000) Avustralya da iki farklı şirketten toplamda 60 stajyer öğrenci ile çeşitli metallerin işlenmesi ve bu süreçteki matematiksel hesaplamalarla ilgili iki aşamadan oluşan bir çalışma yürütmüşlerdir. Araştırmacılar bu çalışmada örnekleme, en az 10. sınıfa kadar lise eğitimi almış olmalarına ve işlerinde yaklaşık üç aylık deneyimleri olan belirtilen konuda çok fazla ön bilgileri olmayan uzman olmayan stajyer öğrencileri seçmişlerdir. Bunun yanında araştırmacılar diyagram görsel metin, diyagram işitsel metin, diyagram hem görsel hemde işitsel metin ve sadece diyagram olmak üzere dört çeşit öğretim tasarımı geliştirmişler ve öğrenciler gruplara rastgele atanmıştır. Birinci uygulama sonucunda konuyu öğrenmek için en fazla zamanı diyagram görsel metin grubundaki, en az zamanı ise sadece diyagram olan gruptaki stajyer öğrencilerin harcadıkları belirlenmiştir. Bunun yanında sadece diyagram grubundaki öğrencilerin en fazla zihinsel çaba harcayarak en düşük başarıyı elde ettikleri, diyagram işitsel metin grubunun ise en düşük zihinsel çaba ile en yüksek başarıyı elde etmişlerdir. Bu aşamada sadece diyagramın uzman olmayan öğrencilerin konuyu öğrenmeleri için yetersiz oldu fakat diyagram artı hem görsel hemde işitsel tasarımındaki aynı bilginin hem

görsel hemde işitsel olarak sunumunun ise uzman olmayan öğrenciler için gereksiz olduğu belirlenmiştir. Bunun yanında diyagram artı işitsel metnin diyagram artı görsel metinden daha etkili öğrenmeyi sağlamasından modality etkisinin başarıyı olumlu etkilediği görülmüştür. İkinci uygulamaya ise birinci uygulamadaki 38 öğrenci katılmıştır. Bu uygulamada gereksizlik etkisinin öğrenen uzmanlığına göre değişip değişmeyeceği araştırılmıştır. Bu amaçla birinci uygulama en yüksek etkili öğrenme sağlayan diyagram ve işitsel metin ve en düşük etkili öğrenmenin görüldüğü sadece diyagramın olduğu bir öğretim tasarımı yapılmıştır. İkinci uygulama ilk uygulamadan yaklaşık 2,5 ay sonra yürütülmüştür. Örneklemedeki öğrenciler öncelikle belirlenen konuyu birinci uygulamada görmeleri ve aradan geçen 2,5 ayda da işyerinde uygulama şansını elde ettikleri için Bilişsel Yük Kuramına göre uzman öğrenci olarak kabul edilmiştir. Bu uygulama sadece diyagramdan çalışan öğrencilerin daha az zihinsel çaba ile daha yüksek başarı elde ettikleri görülmüştür. Dolayısıyla bu araştırmada gereksizlik yada fazlalık kavramının öğrenen uzmanlığına bağlı olduğu belirlenmiştir. Bunun yanında birinci uygulamada görüldüğü gibi dikkatin dağılma etkisinin öğrenmedeki olumsuz etkisinin biçem etkisiyle en aza indirilebileceği ortaya konulmuştur.

Yeung, Jin ve Sweller (1997) öğrenen uzmanlığı, dikkatin dağılma etkisi ve gereksizlik etkisine odaklanan beş tane deneysel çalışma yürütmüştür. İlk deneysel araştırmada beşinci sınıfta öğrenim gören bir grup öğrenciye okuduğunu anlama ve pasajdaki kelimeleri öğrenme ile ilgili bir araştırma yapılmıştır. Çalışmada örneklem dört gruba ayrılarak bir gruba pasajla ilgili yorumlama metinleri, bir gruba pasajda geçen sözcüklerin anlamı eklenmiş, bir diğer gruba her iki bilgi eklenmiş ve dördüncü gruba ise pasaj doğrudan verilmiştir. Bu araştırma sonucunda anlama testinden en yüksek puanı pasajla ilgili yorumlama cümlelerinin eklendiği grup alırken sözcük testinden en yüksek puanı sözcük eklenen grup almıştır. İkinci deneyde çalışma yine beşinci sınıfa giden fakat İngilizcesi iyi olmayan öğrencilerle yürütüldü. Araştırmada dört farklı durum incelendi. Örneklemedeki birinci gruba okuma pasajıyla ilgili yorumlama cümleleri metinde ilgili yerlere eklendi, ikinci gruba birinci gruptan farklı olarak bu cümleler pasajın altında ayrı formatta verildi, üçüncü gruba pasajdaki sözcükler ilgili yerlere eklenerek ve son gruba ise sözcükler pasajdan ayrı olarak hazırlanmış materyal verildi. Araştırmanın bu bölümünde anlama testinden en yüksek puanı yorumlama cümlelerinin pasajla bütünleştirildiği grup alırken sözcük testinden en yüksek puanı sözcüğün ayrı verildiği grup almıştır fakat her iki durumda da test puanları arasındaki fark anlamlı değildir. Üçüncü deneysel araştırmada,

birinci deneye göre seçilen pasaj içerikleri farklılık göstermekle birlikte aynı tasarım yetişkin bireylerle yapılmıştır. Fakat bu çalışmada yetişkin bireyler anlama testinden en yüksek puanı yorumlama cümlelerinin ayrık verildiği grup alırken sözcük testinden en yüksek puanı sözcüklerin pasajla bütünleştirildiği grup almıştır. Bu deneyde deney iki ile tamamen farklı sonuçlar çıkmıştır. Araştırmacılara göre üçüncü deneyde yorumlama cümlelerinin pasaja bütünleştirildiği grupta yorumlama cümleleri gereksizdi, fakat sözcüklerin bütünleştirildiği grubun daha yüksek puan alması dikkatin dağılma etkisi ile açıklanmıştır. İkinci çalışmada ise uzman olmayan öğrencilerin pasajı anlamak için sözcüklerden çok yararlanmadığı fakat bütünleştirilmiş formatta sözcükleri göz ardı edemedikleri bu nedenle dışsal bilişsel yüklerinin arttığı ve bununda başarıyı olumsuz etkilediği kanısına varılmıştır. Dördüncü çalışma ise İngilizceyi ikinci dil olarak yeni öğrenen ortaöğretim sekizinci sınıf öğrencileri ile yürütülmüştür ve bu çalışmada daha önceki üç çalışmadan farklı olarak bilişsel yük puanları da ölçülmüştür. Bu çalışmada deney iki ile benzer sonuçlar çıkmıştır. Yani anlama testinden bütünleştirilmiş formattan öğrenen öğrenciler yüksek zihinsel çaba harcayarak yüksek puan alırken sözcük testinden ayrık formattan öğrenen öğrenciler daha yüksek puan almıştır. Beşinci deneyde ise yine ortaöğretim sekizinci sınıfta öğrenim gören iyi derecede İngilizce bilen öğrencilerle yürütülmüştür. Bu çalışmada da üçüncü deneydeki yetişkinlere benzer sonuçlar ortaya çıkmıştır.

1.8.2. Termodinamik ile İlgili Yapılan Araştırmalar

Kaper ve Goedhart (2002)'in yaptığı çalışmaya göre İngiltere, Hollanda ve Amerika'nın ortaöğretimde kullandığı birçok fizik ve kimya ders kitaplarını incelemişler ve çalışmalarında özellikle enerji türleri, transferi ve iletimi kavramlarına odaklanmışlardır. Bu çalışmaya göre ortaöğretimde enerji kavramından sıklıkla bahsedilmekle birlikte enerjinin sadece mekanik enerji boyutundan yani potansiyel ve kinetik enerjiden bahsedildiğini termal, kimyasal ve elastik gibi enerji türlerinden; bu enerjilerin birbirine dönüşümünden ve enerji iletiminden bahsedilmediğini belirlemişlerdir. Araştırmacılar belirlenen kitaplarda geçen bir fön makinesinin çalışması, bir miktar yakıtın yanarak araba motorunu çalıştırması, bir dartın atılması gibi olaylardaki enerji türlerinden, iletiminden ve enerji türlerinin birbirlerine nasıl dönüştüğünü hem sözlü hemde matematiksel eşitliklerle nasıl anlatılabileceğine örnekler sunmuştur.

Cotignola ve diğerleri (2002) fen ve mühendislik alanlarında üçüncü sınıfta öğrenim gören termodinamik eğitimi almış 31 lisans öğrencisi ile termodinamik bilgisiyle açıklanabilecek bazı durumlar hakkında mülakatlar yürütmüşlerdir. Araştırma sonucunda termodinamiğin birinci yasasına dayanarak açıklanabilecek bir olayla ilgili yürütülen mülakatta örneklemeledeki sadece bir öğrencinin durumu açıklarken birinci yasaya değindiği, diğer öğrencilerin ise durumu açıklamakta çok zorlandıkları ve çeşitli alternatif bilgiye sahip oldukları görülmüştür. Araştırmacılar bu ön araştırmadan sonra çeşitli ülkelerde kullanılan mevcut ders ve kaynak kitaplarını analiz ederek Aristoteles'in tabiattaki dört temel element olan ateş kavramından günümüzdeki termodinamiğin birinci yasasının temel kavramı olan iç enerji kavramına ulaşmaya kadarki tarihsel süreci incelemişlerdir. Araştırma sonucunda tarihten günümüze kadar ısı, iş ve enerji kavramlarının hem öğrenciler hemde araştırmacılar tarafından anlaşılmağa güçlük çekildiğini; bu kavramların fonksiyonlarla anlatımının lisans öğrencileri tarafından anlaşılmasının güç olduğunu belirterek bu kavramların makro ve mikro modellemelerle anlaşılmasının daha kolay olabileceğini belirtmişlerdir.

Termodinamiğin 1. yasası ile ilgili birdiğer araştırmayı ise Tatar (2007) Atatürk Üniversitesi, Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi, İlköğretim Bölümünün Fen Bilgisi Öğretmenliği Programı'nda öğrenim gören 48 öğrenci ile yürütmüştür. Araştırmacının Probleme Dayalı Öğrenme Kuramına odaklandığı çalışmasında, veriler akademik başarı testi ve mülakatlarla ile toplanmıştır. Çalışma sonunda öğrencilerin; başta entalpi ve hal fonksiyonu olmak üzere, bazı konuları anlamakta güçlük çektikleri ve bu konularda yanlış anlamalarının olduğu belirlenmiştir.

Tatar ve Oktay (2011) Türkiye'deki üniversitelerin birinde ısı ve sıcaklık dersini alan 48 tane üçüncü sınıf fen öğrencisinin termodinamiğin birinci yasasının öğrenmesinde Probleme Dayalı Öğrenme Kuramının etkisini araştırmışlardır. Bu amaçla ön ve son testli tek gruplu deneysel bir araştırma yapılmıştır. Araştırmada veri toplama aracı olarak 18 çoktan seçmeli sorudan oluşan termodinamiğin birinci yasası başarı testi, bilimsel işlem beceri testi, kişisel ve akran değerlendirme ölçeği ve yapısal öğrenme çevreleri anketi kullanılmıştır. Bunun yanında uygulama ile ilgili daha ayrıntılı bilgilere ulaşmak için 26 gönüllü öğrenci ile mülakat yapılmıştır. Araştırmanın sonucunda Probleme Dayalı Öğrenme Kuramının öğrencilerin termodinamiğin birinci yasasını öğrenmede başarı sağladığı, bilimsel işlem beceri puanlarında artışa neden olduğu belirlenmiştir.

Atam ve Tekdal (2010) 72 tane İlköğretim 5.sınıf öğrencisinin ısı-sıcaklık konusunu öğrenmelerini incelemiştir. Araştırmada deney grubundaki öğrenciler oluşturmacı yaklaşıma göre hazırlanan simülasyon tabanlı bir yazılımdan, kontrol grubundaki öğrenciler ise klasik yöntem ile konuyu öğrenmişlerdir. Uygulama tamamlandıktan sonra araştırmacılar tarafından geliştirilen 26 soruluk akademik başarı testi, öntest, sontest ve kalıcılık testi olarak gruplara uygulanmıştır. Yapılan analiz sonucunda, deney ve kontrol grupları arasında öğrencilerin akademik başarıları ve öğrenilen bilgilerin kalıcılığı açısından deney grubu lehine anlamlı bir fark bulunmuştur.

Brook ve Driver (1984), yaptıkları çalışmada öğrencilerinin enerji kavramları hakkındaki fikirlerini öğrenmeyi amaçlamışlardır. Enerjinin Korunumu Prensipleri, enerji transferleri ve enerji dönüşümleri esnasında miktardaki düşüşle ilgili olarak hazırlanan sorular, toplam 300 öğrenciye sorularak onlardan cevaplarını yazılı olarak vermeleri istenmiştir. Çalışma sonucunda, öğrencilerin bazılarının enerji hakkındaki görüşlerinin bilimsel olarak kabul gören enerji görüşüyle bağdaşmadığı, bazı öğrencilerin ise enerjinin transferi durumundaki nicel değişiklikleri açıklayamadıkları belirtilmektedir. Araştırmada ayrıca öğrencilerin büyük bir kısmının, enerjinin tükenip kaybolduğu görüşüne sahip oldukları belirtilmektedir.

Pinto, Couso ve Gutierrez, (2005), 4–20 yıl arası deneyime sahip fizik veya kimya mezunlarından oluşan toplam 20 lise fen öğretmeni ile yürüttükleri araştırmada enerjinin atıl hale gelmesi ve ilişkili kavramları üzerinde bir çalışma yapmışlardır. Veri toplamak amacıyla, yapılandırılmamış mülakatlar, sınıf gözlemleri ve video kayıtlarından faydalanılmıştır. Çalışma sonucunda öğretmenlerin bir kısmının “çevre eğer sistemin bir parçası ise enerji korunur değilse korunmaz, dağılır” ifadesini kullandıkları tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra öğretmenlerin çoğunun enerjinin korunumu ile atıl hale gelmesi olaylarını birbirine zıt gerçekler olarak gördükleri belirlenmiştir. Öğretmenler enerji, yalnızca korunmadığı takdirde atıl hale geldiğini belirtmişlerdir. Öğretmenlerin bir kısmı da bu yanlışlarına ek olarak, enerjinin atıl hale gelmesi olayına, miktarındaki azalma olarak bakmaktadırlar. Enerji kaybı ve enerjideki azalma ifadeleri öğretmenler tarafından, enerjinin kullanılabilirliğinde veya yararlanılabilirliğindeki azalma olarak değil de miktarındaki düşme olarak yorumlanmaktadır.

Kruger, Palacio ve Summers (1992), İngiltere’de öğretmenlerin enerji ile ilişkili kavram yanlışları üzerine bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmaya toplam 159 ilköğretim öğretmeni katılmıştır. Çalışma sonucunda öğretmenlerin enerji hakkındaki bilgi ve

anlayışlarının, ulusal fen müfredatında istenen anlayışlarla zıt olduğu ortaya çıkmıştır. Örneklemedeki öğretmenlerin büyük çoğunluğunun kuvvet ile enerjiyi birbirinden ayırt edemediği ve enerjinin canlılarda bulunan veya yarı maddesel bir özelliğe sahip olduğunu düşündükleri belirlenmiştir. Bunun yanında çalışmada, öğretmenlerden alınan cevapların büyük bir kısmının, Enerjinin Korunumu Prensibi ile çeliştiği belirtilmektedir.

Ülkemizde termodinamiğin entropi konusuna odaklanılarak yapılan çalışmalardan biri de Sözbilir ve Bennet (2007) tarafından yapılmıştır. Araştırmacıların kimya bölümü üçüncü sınıfta Fizikokimya-I ve II derslerini alan öğrencilerdeki entropi konusundaki anlamaları ve mevcut yanlışlarını belirlemek amacıyla yaptıkları araştırmaya ülkemizin doğu ve batısındaki iki farklı üniversiteden toplamda 91 (47+44) lisans öğrencisi katılmıştır. Veri toplama amacıyla araştırmada 4 tane açık uçlu sorudan oluşan test başta ve sonda olmak üzere iki kez uygulanmıştır. Buna ilaveten araştırmacılara daha ayrıntılı veri toplayabilmek amacıyla bir grup öğrenci ile ön ve son mülakatlar yürütmüşlerdir. Araştırma sonucunda öğrencilerin; entropi ile moleküller arası etkileşim ve çarpışma sayısı arasında yanlış bağlantılar kurdukları, sistemin entropisi ve buna bağlı olarak çevresindeki entropi değişimi hakkında yanlış bağlantılar kurdukları belirlenmiştir. Bunun yanında, izole bir sistemde istemli bir değişim olduğunda tüm sistemin entropisinin artacağı veya değişmeyeceğine inandıkları, aynı sıcaklıkta CO₂'in entropisinin C₃H₈'in entropisinden büyük veya eşit olduğuna inandıkları sonucuna varılmıştır.

Carson ve Watson (2002) lisans düzeyindeki öğrencilerin entropi ve Gibbs enerjisi ile ilgili temel kavram yanlışlarını belirlemeye yönelik olarak nitel bir çalışma yürütmüşlerdir. İngiltere'deki bir üniversitenin kimya bölümündeki 100 öğrenci arasından rastgele atanan 16 öğrenci araştırmanın örneklemini oluşturmaktadır. Araştırmada, öğrenciler iki hafta boyunca toplam 13 ders saati termodinamik dersi almışlardır. Veriler belirtilen öğretim sürecinin önünde ve sonunda yapılan mülakatlarla toplanmıştır. Mülakatlarda öğrencilere; hidroklorik asit ve sodyum hidroksit, hidroklorik asit ve magnezyum şerit arasındaki reaksiyon ve amonyum kloridin suda çözünmesini termodinamik olarak yorumlamaları istenmiştir. Her bir mülakatta kendi içinde iki bölümden oluşmaktadır. Mülakatın ilk bölümünde öğrencilere belirtilen reaksiyonlarla ilgili “reaksiyonda sıcaklığın değişmesine ne neden olmuş olabilir?”, “bu reaksiyon niçin gerçekleşti?” gibi sorular sorulmuştur. Öğrenciler bu aşamada entropi ve Gibbs enerjisi gibi kavramlara atıfta bulunarak mevcut durumu açıklamaya çalışırken mülakatın ikinci bölümünde bu iki kavramdan ne anladıkları doğrudan sorulmuştur. Çalışma sonucunda ilk

mülakatla örneklemeindeki öğrencilerin beşinin bu iki kavramla ilgili ön bilgilerinin olduğu ki bu öğrencilerin de kavramların mikro halleriyle ilgili yorum yapacak kadar bilgilerinin olmadığı belirlenmiştir. Yapılan ders sonunda öğrencilerin entropi için düzensizlik, karmaşa vb açıklamalarda buldukları fakat bu kavramların ne anlama geldiğini açıklamakta zorlandıkları belirlenmiştir. Bunun yanında yapılan ders sonunda araştırma sonucunda öğrencilerin belirtilen kavramlarla ilgili bilimsel olarak kabul edilebilecek yanıtlarında büyük oranda artış olmasına rağmen kavram yanlışlarında da artış meydana gelmiştir. Araştırmacılar bu durumu kavramların çok kompleks ve soyut olmasından kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir.

Le Maréchal ve El Bilani (2008)'nin Fransa'da kimyasal termodinamik ile ilgili 17 yaşındaki bir grup öğrenci ile araştırma yürütmüştür. Kimyasal reaksiyonlar açısından ekzotermik, endotermik; bağların kırılması ve yeni bağların oluşması sürecindeki enerji değişimleri zincir enerji modeliyle ilişkilendirilerek ele alınmıştır. Araştırma dört bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde öğrencilere kurulan model ile ilgili bilgi verilerek ön bilgileri belirlenmiştir. İkinci bölümde ise laboratuarda asit baz reaksiyonları gibi bazı deneyler yaptırılarak reaksiyon ısıları incelenmiş, daha sonra yapılan bu deneylerle ilgili öğrencilere sorular sorulmuştur. Ayrıca deneyler yapılırken dört öğrencinin deneylerle ilgili incelemeleri ve tartışmaları videoya alınarak incelenmiştir. Araştırmanın bu bölümüne 34 öğrenci katılmıştır. Araştırmanın üçüncü bölümünde alkolün yanarak su ve karbondioksit'e dönüşmesi gibi seçilen yedi reaksiyonla ilgili bağların kırılması ve yeni bağları oluşması gibi mikro ve makro yapılarında incelenebileceği reaksiyon ısıları ile ilgili animasyonlar incelenmiştir. Dördüncü bölümde ise dokuz sorudan oluşan bir test uygulanmıştır. Araştırma sonucunda öğrencilerin birçok öğrencinin hala yanlışlara sahip olmasına ve öğrenme güçlüğü yaşamasına rağmen zincir enerji modeline göre tasarlanan öğretim büyük ölçüde başarı sağladığı belirlenmiştir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Bu çalışmanın temel amacı, Bilişsel Yük Kuramına göre geliştirilen öğretim tasarımından termodinamik ünitesine çalışan uzman ve uzman olmayan öğrencilerin hatırlama ve transfer düzeyindeki öğrenmelerini incelemektir. Bu temel amaç doğrultusunda yapılan çalışmanın bu bölümde; araştırmanın modeli, örnekleme, veri toplama araçları (Genel Kimya-I dersi akademik başarı ortalamaları, Termodinamik Akademik Başarı Testi, Hatırlama Testi, Transfer Testi, Bilişsel Yük Ölçeği, Sayı Dizisi Bellek Testi ve Bilimsel İşlem Beceri Testi), deney grubu için öğretim yazılımının geliştirilmesi, pilot uygulama, asıl uygulama ve elde edilen verilerin analizi ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

2.1. Araştırmanın Modeli

Uzman ve uzman olmayan öğrencilerin Genel Kimya-II dersi Termodinamik ünitesi ile ilgili Bilişsel Yük Kuramı ilkelerine göre hazırlanan öğretim tasarımının öğrencilerin termodinamik akademik başarı puanlarına, hatırlama puanlarına, transfer puanlarına, bilişsel yük puanlarına ve etkili öğrenme puanlarına etkisinin araştırıldığı bu çalışmada deneysel yöntem kullanılmıştır. Bir araştırmanın deneysel olmasının temel koşulu deneklerin deneysel işlem koşullarına yansız (seçkisiz, random) atanmasıdır (Ekiz, 2003; Büyüköztürk, 2012). Hovardaoğlu (2000)'na göre bir araştırmanın deneysel olabilmesi için gruplara yansız atanmanın yapılmış olması ve bağımlı değişkeni etkileyen, ancak mevcut çalışma kapsamında etkisi araştırılmayan diğer bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken üzerindeki etkilerinin kontrol altına alınmış olması gerekir. Dolayısıyla bu çalışmayı deneysel yapan unsurlar; öğrencilerin gruplara yansız olarak atanması ve Bilişsel Yük Kuramına göre öğrenmeyi etkileyen bellek genişliği etkisinin kontrol altına alınmış olmasıdır. Deneysel yöntemin kullanıldığı bu araştırmadaki değişkenler aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo 1. Araştırmanın değişkenleri

Bağımlı Değişkenler		
Bilişsel Yüklenme	Bilişsel Yük Ölçeği-1, Bilişsel Yük Ölçeği-2, Bilişsel Yük Ölçeği-3, Bilişsel Yük Ölçeği-4, Bilişsel Yük Ölçeği-5, Bilişsel Yük Ölçeği-6, Bilişsel Yük Ölçeği-7, Bilişsel Yük Ölçeği-8,	
Hatırlama Düzeyinde Öğrenme	Hatırlama Testi-1, Hatırlama Testi-2, Hatırlama Testi-3, Hatırlama Testi-4, Hatırlama Testi-5, Hatırlama Testi-6, Hatırlama Testi-7, Hatırlama Testi-8	
Transfer Düzeyinde Öğrenme	Transfer Testi-1, Transfer Testi-2, Transfer Testi-3, Transfer Testi-4, Transfer Testi-5, Transfer Testi-6, Transfer Testi-7, Transfer Testi-8,	
Hatırlama Düzeyinde Etkili Öğrenme	Hatırlama performansı ve bilişsel yüklenmeye dayanarak hesaplandı	
Transfer Düzeyinde Etkili Öğrenme	Transfer performansı ve bilişsel yüklenmeye dayanarak hesaplandı	
Termodinamik Akademik Başarı	Termodinamik Akademik Başarı Testi ile belirlendi	
Kontrol Değişkeni		
Bellek Genişliği	Sayı Dizisi Bellek Testi	
Termodinamik Ön Bilgisi	Termodinamik Akademik Başarı Testi	
Genel Kimya Ön Bilgisi	Genel Kimya-I akademik başarısı	
Bilişsel İşlem Becerisi	Bilişsel İşlem Beceri Testi	
Bağımsız Değişkenler		
	Deney	Kontrol
1.Öğretim Tasarımı	Bilişsel Yük Kuramının ilkelerine göre hazırlanan öğretim tasarımı deney grubundaki öğrencilere uygulanmıştır.	Öğretim üyesi tarafından kullanılan mevcut öğretim stratejisine dayanan öğretim tasarımı kontrol grubundaki öğrencilere sunulmuştur.
1.1.Öğretim Şekli	Bireyselleştirilmiş Öğretim -Öğrencinin kendi öğrenme hızında ilerlemesi	Toplu Öğretim -Sunuş yoluyla öğretim stratejisi kullanılmıştır -Genellemeler öğretim üyesi tarafından sunulmuştur
1.2.Öğretmenin Rolü	Bireysel öğretimde rehberli öğrenme desteği sağlamıştır -Olgu, kavram ve ilke yanılgılarında açıklayıcı bilgilerle yol göstermiştir. -Öğrencinin tek başına çözemediği problemlerde kademeli rehberli öğrenme desteği sunmuştur. -Öğrencinin tek başına çözemediği problemlerde tartışmalı sorular sorarak rehberli öğrenme desteği sağlamıştır.	Anlatım yoluyla öğretim ve soru-cevap yöntemi kullanmıştır -Olgu, kavram ve genellemelerle ilgili bilgiler sunmuştur. - Konu ile ilgili çok sayıda örnek sorular çözmüş ve öğrencilere de benzer sorular çözdürmüştür.
1.3.Öğretim Ortamı (Fiziksel Koşullar)	Kişisel kulaklığında bulunduğu 45 kişilik bir bilgisayar laboratuvarında, 18 kişi çalışmıştır.	Bilgisayar, tepegöz, ses sistemi, projektör ve sürgülü tahtanın bulunduğu 120 kişilik bir anfi de 19 öğrenciyle ders işlenmiştir.

Tablo 1'in devamı

<p>1.4.İçerik ve içerik düzenlenmesi</p>	<p>-Sekiz oturumda her bir oturum için belirlenen öğrenme çıktıları temele alınarak ders işlenmiştir.</p> <p>-Öğretim tasarımında olgu, kavram ve ilkelerde örnek çeşitliliğine gidilmiştir.</p> <p>-Örnek farklılaşmasında olgu, kavram ve ilkeler arasındaki ilişkinin fark edilmesi sağlanmıştır.</p> <p>-Örnek çeşitliliği açısından bellek destek odaklama araçları (oklar, halkalar, renlendirmeler vs.) kullanılmıştır.</p> <p>-Termodinamik ünitesiyle diğer alanlarda yer alan olgu, kavram ve ilkelerle ilişkisinin (organizasyonunun) sağlanmasında (hatırlama ve transfer boyutunda) örnek farklılaşmasından yararlanılmıştır.</p> <p>-Bireysel öğrenme stratejilerinde etkililiği artırmak için öğrencinin uzun süreli belleğinde karmaşık tekrar, karmaşık örgütleme ve karmaşık anlamlandırma gibi şema otomasyonunu sağlayan etkinlikler yapılmıştır.</p> <p>-Tamamlanmamış örnek ilkesi ve örnek çeşitliliği öğrencilerin bilişsel farkındalık becerilerinin (özdenetim, öz değerlendirme ve organizasyon) geliştirilmesinde yararlanılmıştır. Bu da öğrencilerin kendi öğrenme hızının tespiti ve bunun kontrolünün sağlanmasında katkı sağlayacağı varsayılmıştır.</p> <p>-Öğretim tasarımının içerisinde yer alan olgu, kavram ve ilkeler arasında ilişkiler kurulmuştur.</p> <p>-Öğretim tasarımında öğrencilerin kendi kendine dönüt ve düzeltme vermelerinde (doğru yanıtı ulaşamadığı durumlarda benzer örneklere yönlendirme, bu durumda da doğru yanıtı ulaşamazsa konuya yönlendirme gibi) destekleyici sunumlardan yararlanılmıştır.</p> <p>-Öğretim tasarımında; tebrikler çözümünüz doğru vb. gibi pekiştiricilerle öğrenme motivasyonunu artırmak hedeflenmiştir.</p> <p>-Tasarımda, öğrencinin kendini değerlendirmesinde tamamlanmamış örnekler kullanılmıştır.</p>	<p>-Sekiz oturumda her bir oturum için belirlenen öğrenme çıktıları temele alınarak ders işlenmiştir.</p> <p>-Olgu, kavram ve ilkeler öğretim üyesi tarafından sunulmuştur.</p> <p>-Olgu, kavram ve ilkelerde öğretim üyesi tarafından örnek çeşitliliğine gidilmiştir.</p> <p>-Örnek çeşitliliği açısından bellek destek odaklama araçları (vurgulu konuşma, altını çizme vs.) kullanılmıştır.</p> <p>-Öğretim üyesi tarafından örnek farklılaşması; olgu, kavram ve ilkeler arasındaki ilişkinin fark edilmesinde kullanılmıştır.</p> <p>-Termodinamik ünitesiyle diğer alanlarda yer alan olgu, kavram ve ilkelerle ilişkisinin (organizasyonunun) sağlanmasında (hatırlama ve transfer boyutunda) örnek farklılaşmasından yararlanılmıştır.</p> <p>-Öğretim üyesi tarafından bireysel öğrenme stratejilerinde etkililiği artırmak için öğrencinin uzun süreli belleğinde karmaşık tekrar, karmaşık örgütleme ve karmaşık anlamlandırma gibi şema otomasyonunu sağlayan etkinlikler sunulmuştur.</p> <p>-Öğretim üyesi tarafından olgu, kavram ve ilkeler arasında ilişkiler kurulmuştur.</p> <p>-Açık uçlu sorularla öğrencinin kendi öz değerlendirmeleri sağlanmıştır.</p> <p>-Tartışmalı, hatırlatıcı, cevaba ipucu sağlayan sorulardan gerektiğinde dönüt olarak yararlanılmıştır.</p>
--	--	--

Tablo 1'in devamı

1.5.Sınıf İçi Etkileşimler	Deney grubu için geliştirilen öğretim tasarımında öğrenci, merkezdedir. Bu ortamda öğrenci istediği an öğretim üyesiyle diyalog kurabilir. Bununla birlikte uygulamaya başlamadan öğrencilere ihtiyaç duyduklarında arkadaşlarından yararlanabilecekleri veya yararlanamayacakları konusunda herhangi bir açıklama yapılmamıştır. Arkadaşlarıyla yardımlaşan öğrencilere de sınıf arkadaşlarının dikkatini dağıtabilecek düzeyde ses yapmadıktan sonra müdahale edilmemiştir.	Kontrol grubunda öğrenciler, ihtiyaç duyduklarında öğretim üyesi ile diyalog kurmuş ve gerekli dönütleri almışlardır. Ayrıca isteyen öğrenci yakınındaki arkadaşı ile sessizce paylaşımda bulunmuşlardır.
1.6.Ölçme ve Değerlendirme	Her bir oturumun sonunda Bilişsel Yük Ölçeği, hatırlama ve transfer testleri uygulanarak ölçme değerlendirme yapılmıştır.	Her bir oturumun sonunda Bilişsel Yük Ölçeği, hatırlama ve transfer testleri uygulanarak ölçme değerlendirme yapılmıştır.
1.7.Süre	Bireysel bazda her bir öğrenci için değişkenlik göstermekle birlikte en fazla 7 ders saati kullanılmıştır.	Kontrol grubunda 8'i konu anlatımı 4'ü problem çözümü olmak üzere toplamda 12 ders saati kullanılmıştır.
2.Öğrenen Uzmanlığı	Deney grubundaki öğrenciler Genel Kimya-I dönem sonu notlarına göre uzman ve uzman olmayan öğrenciler belirlenmiştir.	Kontrol grubundaki öğrenciler Genel Kimya-I dönem sonu notlarına göre uzman ve uzman olmayan öğrenciler belirlenmiştir.

Yukarıda görüldüğü gibi deneysel çalışmaların doğası gereği yansız olarak atanan gruplardan birine etkisi araştırılacak olan Bilişsel Yük Kuramına göre geliştirilmiş öğretim tasarımı; diğer gruba ise hiçbir müdahalenin yapılmadığı, ders tasarımının tümüyle Genel Kimya-II dersini yürüten öğretim üyesinin insiyatifine bırakıldığı bir öğretim tasarımı sunulmuştur. Yukarıda alt bileşenleri ayrıntılı olarak ele alınan öğretim tasarımları bir bütün olarak ele alınarak gruplar arasında karşılaştırma yapılmıştır. Araştırma kapsamında etkisi araştırılacak bir diğer faktör ise öğrenen uzmanlığıdır. Bu çalışmada uzman ve uzman olmayan öğrencilerin farklı öğretim tasarımlarından öğrenmeleri incelenmiştir. Bu bağlamda her grup kendi içinde uzman ve uzman olmayan öğrenciler şeklinde ikiye ayrılmıştır. Bilişsel Yük Kuramına göre uzman öğrencilerin uzman olmayan öğrencilerden farkı; mevcut konu ile ilgili bilişsel şemalara daha önceden sahip olmalarıdır (Clark, Nguyen ve Sweller, 2006). Genel Kimya-I dersinde yüksek not almış öğrencilerin termodinamik konusuna zemin hazırlayacak daha fazla bilişsel şemaya sahip olmaları nedeniyle, uzman ve uzman olmayan öğrencilerin sınıflanmasında öğrencilerin birinci dönem sonu Genel Kimya -I başarıları kullanılmıştır. Tezin birinci bölümünde öğrenen uzmanlığı ve ilgili literatür incelendiğinden burada tekrar yapmaktan kaçınılmıştır.

Termodinamik ünitesinin kapsam genişliğinden dolayı çalışma, konu bütünlüğü dikkate alınarak oturumlara bölünmeye karar verilmiştir. Uygulamanın yürütüleceği fakültede daha Genel Kimya-II dersini yürüten öğretim üyelerinin konuyu yaklaşık sekiz ders saatinde işlediklerini belirtmeleri üzerine ünite sekiz oturuma bölünmüştür. Araştırmada kullanılan model Tablo 2’deki gibi sembolize edilmektedir.

Tablo 2. Araştırmanın modeli

Grup	Uzmanlık	Ön test Uygulamaları	Uygulanan Oturumlar	Oturumlardan Sonra Yapılan Ölçme	Son Test
Deney	Uzman	Sayı Dizisi Bellek Testi Termodinamik Akademik Başarı Testi Bilimsel İşlem Beceri Testi	Deney Oturum-1	Hatırlama Testi-1, Transfer Testi-1	Termodinamik Akademik Başarı Testi Deney Grubu İçin Bilişsel Yük Kuramına Göre Hazırlanan Öğretim Tasarımı Hakkında Yarı Yapılandırılmış Öğrenci Görüş Formu
			Kontrol Oturum-1	Bilişsel Yük Ölçeği-1	
			Deney Oturum-2	Hatırlama Testi-2, Transfer Testi -2	
			Kontrol Oturum-2	Bilişsel Yük Ölçeği-2	
	Uzman Olmayan		Deney Oturum-3	Hatırlama Testi-3, Transfer Testi-3	
			Kontrol Oturum-3	Bilişsel Yük Ölçeği-3	
			Deney Oturum-4	Hatırlama Testi-4, Transfer Testi-4	
			Kontrol Oturum-4	Bilişsel Yük Ölçeği-4	
Kontrol	Uzman	Deney Oturum-5	Hatırlama Testi-5, Transfer Testi-5		
		Kontrol Oturum-5	Bilişsel Yük Ölçeği-5		
		Deney Oturum-6	Hatırlama Testi-6, Transfer Testi-6		
		Kontrol Oturum-6	Bilişsel Yük Ölçeği-6		
	Uzman Olmayan	Deney Oturum-7	Hatırlama Testi-7, Transfer Testi-7		
		Kontrol Oturum-7	Bilişsel Yük Ölçeği-7		
		Deney Oturum-8	Hatırlama Testi-8, Transfer Testi-8		
		Kontrol Oturum-8	Bilişsel Yük Ölçeği-8		

Araştırma modelinde görülen bilimsel işlem beceri testi ve Sayı Dizisi Bellek Testi sadece grupların bellek genişliği ve bilimsel işlem becerileri bakımından denkliliğini

belirlemek amacıyla ön test olarak kullanılmıştır. Yarı yapılandırılmış öğrenci görüş formu deney grubundaki öğrencilerin hem öğretim yazılımı hemde öğretim tasarımı hakkındaki fikirlerini belirleme de yararlanılmıştır.

2.2. Araştırmanın Örnekleme

Termodinamik konusu lisans düzeyinde ele alınacağı için araştırma başlangıçta Fatih Eğitim Fakültesi Kimya Öğretmenliği öğrencileri ile planlanmakla birlikte bu programdaki öğrencilerin sayısının yetersiz olması nedeniyle Fen Fakültesi Kimya Bölümü birinci sınıf öğrencilerine karar verilmiştir. Araştırmanın örnekleme başlangıçta 44 kişilik bir kimya sınıfında, öğrencilerin rastgele iki gruba atanmasıyla belirlenmiştir. Bununla birlikte vize sınavlarından sonra öğrencilerin devamsızlıkları nedeniyle araştırma grupları, başlangıçta belirlenen sayının altına düşmüştür. Gruplar; anfiye yan yana oturan öğrencilerden sağ tarafta oturanların deney, sol tarafta oturanların kontrol olarak atanmasıyla oluşturulmuştur. Deney ve kontrol grupları belirlendikten sonra uzmanlık faktörüne göre her grup kendi içinde ikiye bölünmüştür. Araştırmanın yapıldığı dönemde ortaöğretimdeki mevcut Kimya Öğretimi Programında termodinamik ile ilgili birçok konunun bulunmaması ve dolayısıyla öğrencilerin bu konuları lisans düzeyinde görmeleri nedeniyle uzman öğrencilerin belirlenmesinde Termodinamik Akademik Başarı Testinin kullanılmasından kaçınılmıştır. Bununla birlikte Genel Kimya-I dersinden yüksek not alan öğrencilerin termodinamik konusuna zemin hazırlayacak daha fazla şemaya sahip olacakları düşüncesiyle, uzman ve uzman olmayan öğrencilerin sınıflanmasında öğrencilerin dönem sonu notları kullanılmıştır. Burada dikkate alınan önemli noktalardan bir diğeri de öğrenen uzmanlığının tek bir testle değil, iki arasınava bir final sınavı gibi aşamalı birçok ölçme ile ortaya konulan bir notla belirlenmesidir.

Bu bağlamda araştırmanın örneklemini, 2010-2011 eğitim öğretim yılı bahar döneminde Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Fakültesi Kimya Bölümü birinci sınıfta Genel Kimya-II dersini alan 37 öğrenci oluşturmaktadır. Bu öğrencilerden 19'u (12 kız ve 7 erkek) kontrol grubunda ve 18'i (14 kız ve 4 erkek) deney grubunda bulunmaktadır. Örneklemeindeki öğrencilerin gruplara dağılımı Tablo 3'de görülmektedir.

Tablo 3. Örneklemedeki öğrencilerin cinsiyet ve uygulama gruplarına göre dağılımları

		Deney			Kontrol		
		Uzman	Uzman Olmayan	Toplam	Uzman	Uzman Olmayan	Toplam
Cinsiyet	Kız	5	7	12	6	5	11
	Erkek	5	1	6	6	2	8
Toplam		10	8	18	12	7	19

2.3. Veri Toplama Araçları

Bu çalışmada veriler; Genel Kimya-I dersi akademik başarı ortalamaları, termodinamik akademik başarı testi, Hatırlama Testi, Transfer Testi, Bilişsel Yük Ölçeği, Sayı Dizisi Bellek Testi ve bilimsel işlem beceri testi kullanılarak toplanmıştır. Bu veri toplama araçları ile ilgili ayrıntılı bilgiler aşağıda sunulmuştur.

2.3.1. Termodinamik Akademik Başarı Testi

Termodinamik Akademik Başarı Testi, örneklemedeki öğrencilerin hem uygulamaya başlamadan önce ön bilgilerini belirlemek hemde uygulamadan sonraki gelişimlerini görmek amacıyla kullanılmıştır. Test maddelerinin geliştirilmesinde öncelikle Genel Kimya-II dersi termodinamik ünitesinde dört farklı öğretim üyesinin dersleri gözlemlenmiş; lisans düzeyinde yerli yabancı birçok Genel Kimya ve Termodinamik kitapları incelenmiştir (Bağ, 2008; Brown, Lemay, ve Bursten, 2006; Çengel ve Boles, 1989, 2006; Chang, 2000; Petrucci ve Harwood, 1995). Yapılan bu çalışmalar doğrultusunda konunun kapsamı belirlenerek birçok test maddesi geliştirilmiş; bazı test maddeleri ise kısmen veya tamamen belirtilen kaynaklardan alınarak testin ilk hali oluşturulmuştur. Termodinamik akademik başarı testi, termodinamikteki temel kavramları ve mevcut dört yasayı kapsayacak şekilde geliştirilmiştir. Test maddelerinin konulara göre nicel dağılımında, ünite içerisindeki konuların kapsamı dikkate alınmıştır yani testte en fazla ikinci yasa ile ilgili en az ise üçüncü yasa ile ilgili madde bulunmaktadır. Bunun yanında test maddeleri termodinamiğin günlük yaşantımızdaki yeri ve önemi dikkate alınarak daha güncel örneklerden seçilmiştir. Geliştirilen testin geçerliliği için test maddeleri öncelikle iki tane Kimya Eğitimi Uzmanına incelenmiş gerekli düzeltmeler yapıldıktan sonra testin tüm üniteyi kapsayıp kapsamadığı ve bilimsel hata içerip

içermediğini belirlemek için Fen Fakültesi Kimya Bölümünde Genel Kimya dersini yürüten üç öğretim üyesine incelenmiştir. Uzmanların önerdikleri düzeltmeler yapıldıktan sonra teste pilot uygulama için son hali verilmiştir. Test bu hali ile 27 çoktan seçmeli sorudan oluşmaktadır ve her bir test maddesi biri doğru dördü çeldirici olmak üzere beş seçeneğe sahiptir. Test maddelerinin alternatif seçenekleri, test uygulanırken soruyu yanlış çözen öğrencinin panikleyerek tüm konsantrasyonlarını kaybetmemeleri için gözlem ve mevcut literatürden de faydalanılarak, öğrencilerin muhtemel yanlış anlamaları ve yanılgıları dikkate alınarak oluşturulmuştur (Brook ve Driver, 1984; Carson ve Watson, 1999; Tatar, 2007).

Pilot uygulama için son hali verilen test, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Fakültesi Kimya Bölümünü birinci sınıfta öğrenim gören 67 öğrenciye Genel Kimya-II dersindeki termodinamik ünitesi işlendikten yaklaşık iki hafta sonra uygulanmıştır. Pilot uygulama yaklaşık 50 dakika sürmüştür. Yapılan uygulamadan sonra maddelerin güçlüğü ve ayırt ediciliği göz önüne alınarak testin dört maddesi atılmıştır. Dolayısıyla Termodinamik Akademik Başarı Testi bu haliyle 23 maddeden oluşmaktadır. Yapılan analizler sonucunda Pearson 0,93, Spearman Brown iki yarı test korelasyonu 0,96 olarak hesaplanmıştır. Termodinamik Akademik Başarı Testi Ek-2’de görülmektedir. Testteki soruların konulara göre dağılımı Tablo 4’de görülmektedir.

Tablo 4. Termodinamik Akademik Başarı Testindeki soruların konulara göre dağılımı

Konu	Madde Numarası
Sistem, çevre, sistem çeşitleri, ısı, iş gibi termodinamiğin temel kavramları	1., 2. ve 3. sorular
Termodinamiğin 1. Yasası (İç Enerji ve Entalpi)	4., 5., 6., 8. ve 10. sorular
Termodinamiğin Sıfıncı Yasası (Termal Denge)	7. ve 9. sorular
Termodinamiğin 2. Yasası (Entropi, Toplam Entropi ve Gibbs Serbest Enerjisi)	11., 12., 13., 14., 15., 16., 17., 18., 19., 20., 21., ve 22. sorular
Termodinamiğin 3. Yasası	23. soru

2.3.2. Hatırlama Testi

Hatırlama Testi yapılan bir öğretimden sonra öğrenilen bilgilerin ne kadarının hatırlandığını ölçmek için geliştirilmiş bir test türüdür. Araştırma kapsamında sekiz tane Hatırlama Testi geliştirilmiştir. Hatırlama Testlerinin geliştirilme aşamasında her bir test,

uygulanacağı dersteki konularla ilgili üç tane açık uçlu soru içermektedir. Her Hatırlama Testi, içerdikleri soruların anlaşılabilirliği ve o dersteki konuları kapsayıp kapsamadığı ile ilgili iki tane alan uzmanına incelenilerek deneme formu oluşturulmuştur. Hazırlanan öğretim yazılımının pilot çalışmasında her oturumdan sonra Hatırlama Testlerinin deneme formları da öğrencilere uygulanmıştır. Pilot uygulamada öğrencilerden, testteki sorularda anlaşılmayan bir bölüm varsa belirtmeleri istenmiştir. Testteki soruların anlaşılabilirliğinin belirlenmesinde, uzmanlardan sonra öğrencilerin uygulama sırasındaki bu soruları da belirleyici olmuştur. Bunun yanında pilot uygulamada her oturumu takiben üç tane hatırlama sorusu çözmek öğrencilerin çok fazla zamanını aldığı için her bir testten bir soru çıkarılmasına karar verilmiştir. Testlerin pilot uygulamasından sonra yapılan analizlerle öğrencilerin yanıtlamakta veya anlamakta zorlandıkları sorular belirlenmiştir. Bazı sorular ise örneklemin tamamına yakını yanıtladığı için ayırt edicilik yönü zayıf bulunmuştur. Örneklemdaki öğrencilerin yanıtlamakta veya anlamakta zorlandığı veya öğrencilerin tümüne yakınının yanıtladığı bu sorular, testin kapsamı bakımından çok önemli ise düzeltilerek kullanılmış; bu bilgi testteki başka bir soruyla ölçülebiliyorsa da soru tümüyle testten çıkarılmıştır. Dolayısıyla bu çalışma için her birinde iki tane açık uçlu soru bulunan sekiz tane Hatırlama Testi geliştirilmiştir. Ek-4’de geliştirilen hatırlama testlerine örnekler sunulmuştur.

2.3.3. Transfer Testi

Transfer Testi, öğrenilen bir bilginin farklı durumlara uygulanıp uygulanmadığını ölçmek amacıyla geliştirilmiştir. Bir problem o derste öğrenilen bilgilerle çözülebiliyorsa yakın transfer, farklı derslerde veya farklı disiplinlerde kazanılan bilgilerle çözülebiliyorsa uzak transfer sorusu niteliğindedir. Araştırma kapsamında her biri iki transfer sorusu içeren sekiz tane Transfer Testi geliştirilmiştir. Transfer Testlerinin geliştirilme aşamasında her bir test, akabinde uygulanacağı oturumdaki konularla ilgili üç tane açık uçlu soru içermekteydi. Bu soruların anlaşılabilirliği ve o oturumda öğrenilen konuları kapsayıp kapsamadığı ile ilgili iki tane alan uzmanına incelenilerek deneme formu oluşturulmuştur. Termodinamik ünitesi ile ilgili hazırlanan öğretim yazılımının pilot çalışmasında her oturumdan sonra hatırlama testleri gibi transfer testlerinin de pilot uygulamaları yapılmıştır. Pilot uygulamada öğrencilerden, testteki sorularda anlaşılmayan bir bölüm varsa belirtmeleri istenmiştir. Transfer Testlerindeki soruların anlaşılabilirliğinin

belirlenmesinde, uzmanlardan sonra öğrencilerin uygulama sırasındaki bu soruları da belirleyici olmuştur. Pilot çalışmada her oturumu takiben öğrencilere öncelikle üç açık uçlu sorudan oluşan Hatırlama Testi ve üç açık uçlu sorudan oluşan Transfer Testi uygulanmıştır ki bu durum öğrencilerin çok fazla zamanını aldığı ve çok yorucu olduğu için her Transfer Testinden bir soru çıkarılmıştır. Testlerin pilot uygulamasından sonra yapılan analizlerle öğrencilerin yanıtlamakta zorlandıkları, güçlüğü yüksek sorular; örneklemdaki öğrencilerin tamamına yakınının yanıtladığı ayırt ediciliği düşük veya anlaşılmakta zorlanılan sorular belirlenmiştir. Bu sorular, testin kapsamı bakımından çok önemli ise düzeltilerek kullanılmış; bu bilgi testteki başka bir soruyla ölçülebiliyorsa da soru tümüyle testten çıkarılmıştır. Ek-4’de geliştirilen hatırlama testlerine örnekler sunulmuştur.

2.3.4. Bilişsel Yük Ölçeği

Araştırmada orijinali Bralfish, Borg ve Dornic (1972) tarafından verilen bir görevin güçlüğü ölçmek için gelirtirdikleri ölçeğin Paas ve van Merrienoer (1993) tarafından tekrar düzenlenmesiyle oluşturulan derecelendirme ölçeği kullanılmıştır (Sweller, van Merrienoer ve Paas, 1998). Geliştirilen Bilişsel Yük Ölçeği bireyin verilen bir görevi yerine getirirken zihinsel olarak ne kadar çaba sarfettiğini belirlemek için kullanılmaktadır. Tek maddeden oluşan Bilişsel Yük Ölçeği 9’lu bir derecelendirme ölçeğidir ve “çok çok az”, “çok az”, “az”, “kısmen az”, “ne az ne fazla”, “kısmen fazla”, “fazla”, “çok fazla” ve “çok çok fazla” şeklinde derecelendirilmiştir. Araştırmacıların ölçeğin güvenilirliği için yaptıkları çalışmada öğrencilere birden fazla görev verilmiş ve her görevden sonra öğrencilere Bilişsel Yük Ölçeği uygulanmıştır. Bu yolla hesaplanan ölçeğin Cronbach Alfa iç tutarlık katsayısı 0,90 olarak hesaplanmıştır.

Bilişsel Yük Ölçeğinin Türkçeye uyarlaması Kılıç ve Karadeniz (2004) tarafından yapılmıştır. Araştırmacılar uyarlama için gerekli izni aldıktan sonra ölçeği dilimize çevirmişler, çevirinin uygunluğu ve anlaşılabilirliği için uzman görüşü alarak ölçeğin ilk deneme formu oluşturulmuştur. Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesinde farklı programlarda öğrenim gören 259 öğrencinin katıldığı ilk uygulamada öğrencilerden, hazırlanan hiper ortamlarda verilen görevi tamamlamaları istenmiştir. Verilen görevi tamamlayan öğrencilere kaybolma ölçeği ve Bilişsel Yük Ölçeği uygulanmış ayrıca öğrencilerin görevi tamamlama süreleri de kaydedilmiştir. Ölçeğin ölçüt geçerliği için

öğrencilerin hiper ortamda kaybolma puanlarının bilişsel yüklenmelerine göre değişip değişmediğini inceleyen araştırmacılar, aşırı yüklenen öğrencilerin bilişsel olarak da aşırı yüklendiklerini belirlemişlerdir. Rasgele iki gruba ayrılan 259 öğrencinin bilişsel yük puanları arasında yapılan t-testine göre anlamlı bir ilişki bulunamamıştır ($t(259) = 0,261$; $p > 0,01$). Ayrıca öğrencilerin toplam bilişsel yük puanına göre oluşturulan alt ve üst %27'lik grupların madde ortalama puanları arasında anlamlı farklılık olduğu ($t = 25.37$, $p = 0,000$) bulunmuştur. 40 öğrencinin katıldığı ikinci uygulamadan elde edilen veriler ölçeğin güvenilirliğine ilişkin madde analizi yapabilmek amacıyla kullanılmıştır. İkinci uygulamada öğrencilere dört görev verilmiş ve her görevden sonra Bilişsel Yük Ölçeği uygulanmıştır. Yapılan analizler sonucunda ölçeğin Cronbach Alfa iç tutarlılık katsayısının 0,78; Spearman Brown iki yarı test korelasyonunun ise 0,79 olduğu belirlenmiştir. Bu araştırmada da bilişsel yüklenmeyi belirlemek için Bilişsel Yük Ölçeği kullanılmıştır. Ölçeği kullanmak için ölçeği Türkçe'ye uyarlayan araştırmacılardan izin alınmıştır.

Araştırmada her oturumdan sonra o oturumda öğrenilmesi beklenen konularla ilgili hazırlanan Bilişsel Yük Ölçeği kullanılmıştır. Bu çalışmada her oturumda içerik değiştiğinden öğrencilere verilen öğrenme görevlerinin sayısı da farklılık göstermektedir. Dolayısıyla her oturumda öğrencilere verilen görevlere göre sekiz tane Bilişsel Yük Ölçeği oluşturulmuştur. Ölçekteki her maddenin soru kökü aynı kalmakla birlikte ek (kavram, ilke, yasa) içeriğe göre değişmektedir. Bilişsel Yük Ölçeği ile ilgili örnekler Ek-3'de görülmektedir.

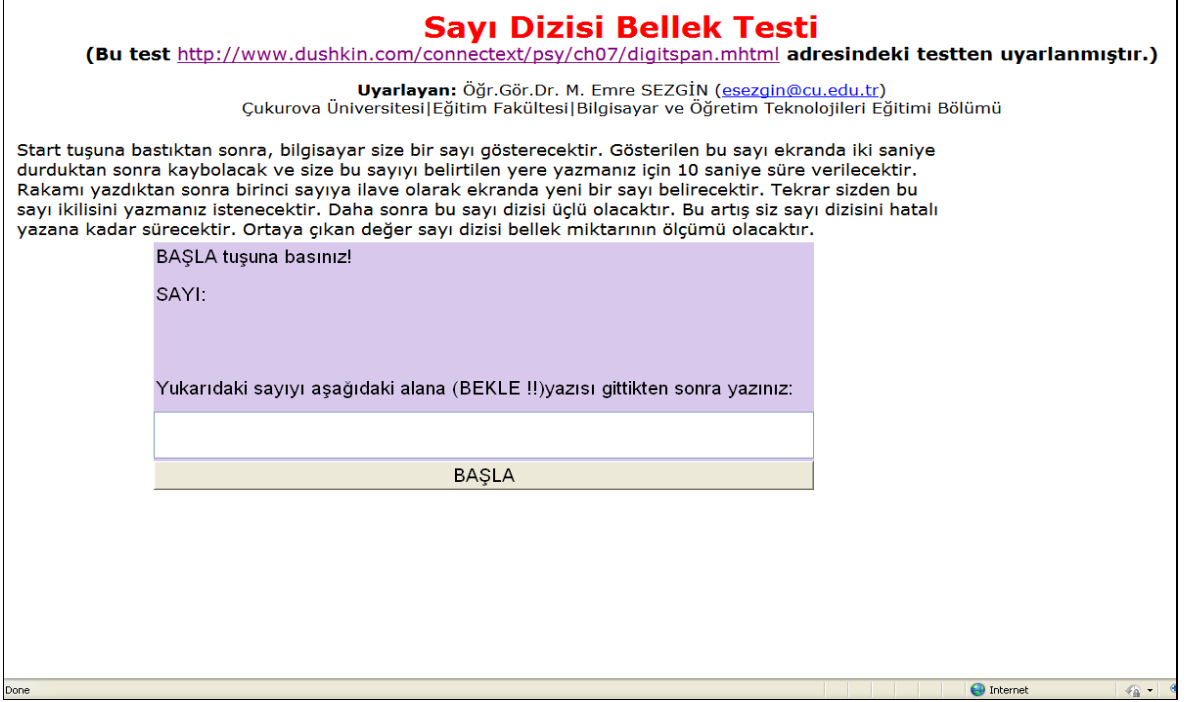
2.3.5. Sayı Dizisi Bellek Testi

Bilişsel Yük Kuramı bellek sistemi ve özellikle çalışan belleğin sınırlılığına odaklandığı için bu çalışmada da öğrencilerin bellek genişliğini belirlenmeye ihtiyaç duyulmuştur. Bellek sistemimize odaklanan çalışmalar incelendiğinde aynı mantıkla çalışan farklı testlerin kullanıldığı görülmektedir. Hayes (1952) yaptığı deneysel araştırmada, tek basamaklı sayılar; çift basamaklı sayılar; harfler; tek basamaklı sayı ve harfler; harf, tek basamaklı sayı ve tek hecelik kelimeler olmak üzere beş çeşit test kullanmıştır. Araştırmacı deneklere hazırladığı testteki bahsedilen bir öğeyi (sayı, harf vb) bir saniyelik aralıklarla okumuş ve ne kadarını hatırladığını incelemiştir (Miller, 1956). Miller (1956) bu testlere ilaveten deneklere farklı sesler, renkler ve şekiller göstermiş ve ne kadarının hatırladığını incelemiştir. Psikoloji alanında ve tıpta özellikle nöropsikolojik

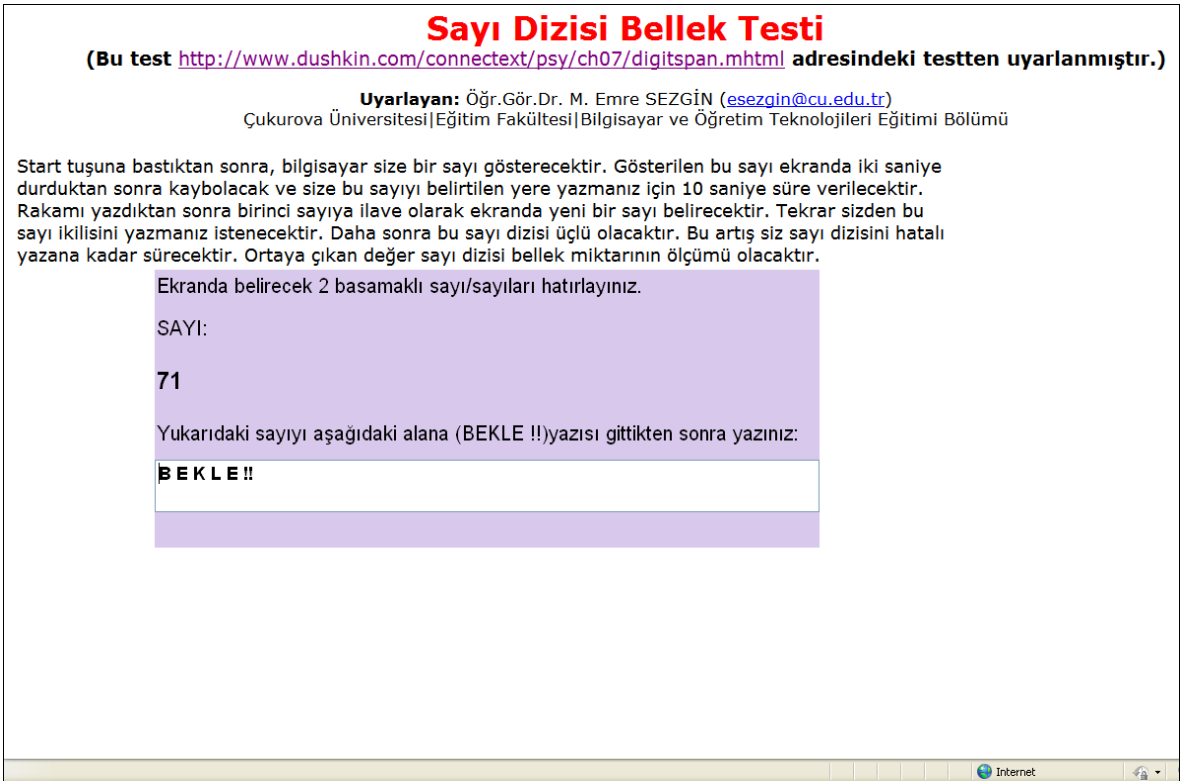
alanda görsel ve işitsel sayı menzili testler gibi benzer testlerin kullanıldığı görülmektedir (Kandemir, 2006). Bu araştırmada, öğrencilerin bellek genişliğini ölçmek amacıyla Sayı Dizisi Bellek Testi (digit span test) kullanılmıştır.

Çalışmada kullanılan Sayı Dizisi Bellek Testinin orijinali Sezgin (2009) tarafından web sitesi yetkililerinden izin alarak <http://www.dushkin.com/connectext/psy/ch07/digitspan.mhtml> adresinden Java programlama dilinde yazılmış kaynak kodları alınıp Türkçe'ye çevrilmiş ve güvenilirlik çalışması yapılmıştır. Araştırmacı bu testin güvenilirliği için test tekrar test yöntemini kullanmıştır. Bu amaçla test, Çukurova Üniversitesi Eğitim Fakültesi Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi Bölümü birinci ve ikinci sınıfta öğrenim gören 105 öğrenciye uygulanmıştır. Araştırmacı örneklemdaki öğrencilerle yaptığı iki uygulama arasındaki korelasyona bakarak, birinci ve ikinci ölçüm arasında yüksek düzeyde pozitif ve anlamlı bir ilişki olduğunu görmüştür [$r = 0,78$, $p < 0,001$]. Yapılan korelasyona göre testin yüksek güvenilirliğe sahip olduğuna karar verilmiş ve test araştırmacı tarafından <http://egitim.cu.edu.tr/emre/sdbt.htm> adresine yerleştirilmiştir. Belirtilen adreste programı bilgisayarda çalıştırabilmek ve testi yapabilmek için gerekli bilgiler de araştırmacı tarafından sunulmuştur. Bu çalışmada, Sayı Dizisi Bellek Testi Sezgin'den izin alınarak kullanılmıştır.

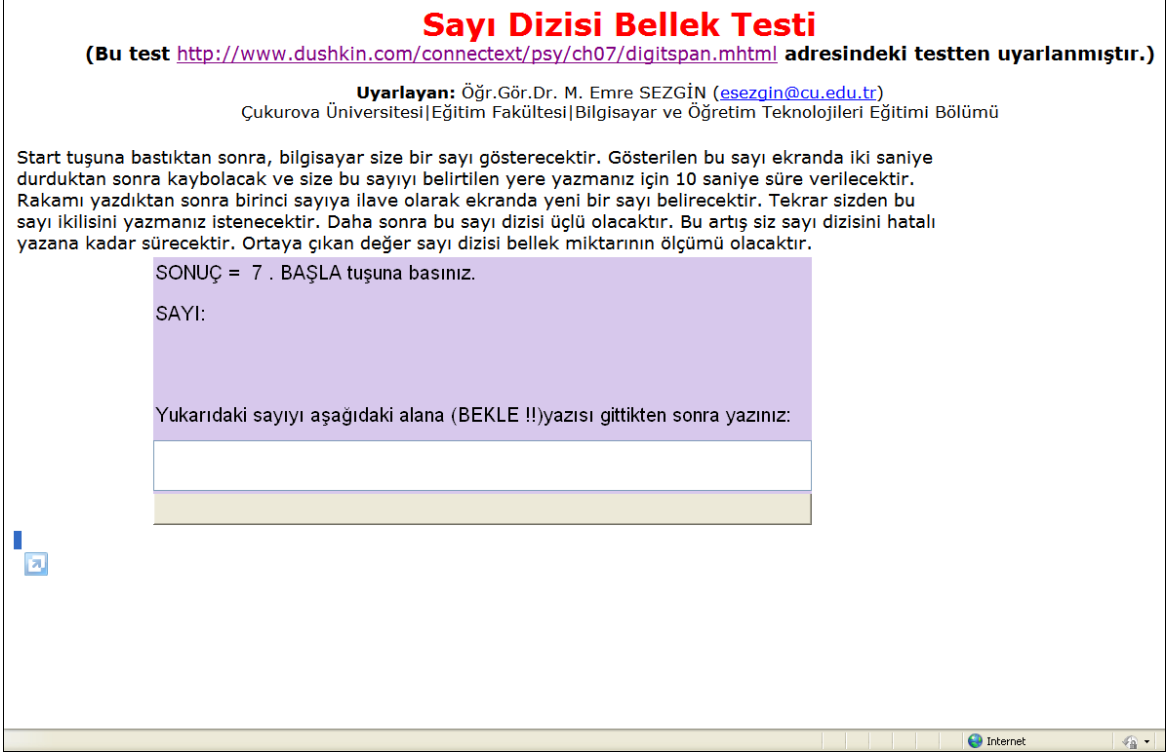
Sayı Dizisi Bellek Testinde “Başla” tuşu ile teste başlanmakta ve ekranda öncelikle tek basamaklı bir sayı iki saniye süre ile görülmektedir. Ekrandan sayı kaybolduktan sonra öğrencinin 10 saniye içerisinde gördüğü tek basamaklı sayıyı, belirtilen yere yazması gerekmektedir. Sayı doğru yazıldığında bu kez ekranda ilk görülen tek basamaklı sayının yanına ilave bir rakam eklenerek iki basamaklı bir sayı elde edildiği görülecektir. Bu sayı da doğru girildiğinde bir önceki girilen iki basamaklı sayının yanına yeni bir rakam eklenerek üç basamaklı bir sayı elde edildiği görülecektir yani ekranda görülen sayının yanına program, bireyin belleğinin izin verdiği yere kadar sayı ekleyecektir. Birey ekranda görülen sayıyı hafızasında tutamayıp yanlış girdiğinde ekranda “Sayılar eşleşmedi” yazısı görülecek ve test sona erecektir. Sayı Dizisi Bellek Testi ile ilgili ekran görüntüleri diğer sayfada görülmektedir.



Şekil 4. Sayı dizisi bellek testinin giriş görüntüsü



Şekil 5. Sayı Dizisi bellek testinin uygulama görüntüsü



Şekil 6. Sayı dizisi bellek testinin sonuç görüntüsü

2.3.6. Bilimsel İşlem Beceri Testi

Bilimsel İşlem Beceri Testi uygulama öncesinde deney ve kontrol grubuna rastgele atanan öğrencilerin bilimsel işlem becerileri bakımından bir farklılık olup olmadığını belirlemek amacıyla kullanılmıştır. 36 tane çoktan seçmeli sorudan oluşan test, öğrencilerin karşılaştıkları bir problemle ilgili hipotez kurma, değişkenleri belirleme, grafik okuma ve verileri yorumlayabilme gibi bazı yeterliklerini ölçmeyi amaçlamaktadır.

Testin orijinali Okey, Wise ve Burns tarafından geliştirilerek Geban, Aşkar ve Özkan (1992) tarafından Türkçe'ye uyarlanan testin güvenilirliği 0,85 olarak hesaplanmıştır. Demircioğlu (2003) tarafından yapılan çalışmada; hipotez, bağımlı ve bağımsız değişken gibi bazı kavramların öğrenciler tarafından tam olarak anlaşılmadığı belirlendiği için hipotez kavramı için parantez içinde denence ifadesi kullanılmıştır. Bu çalışmada testin uygulanacağı grup lisans öğrencileri olması ve birinci dönem bazı laboratuvarları almış ve ikinci dönem uygulama sürecinde halen bazı laboratuvarları alıyor olmalarından dolayı bu kavramlarda zorlanılmayacağı düşünülmekle birlikte bazı öğrencilerde problem yaşanması göz önüne alınarak Demircioğlu'nun çalışmasında yer verdiği açıklamalara bu çalışmada da yer verilmiştir. Bunun yanında Demircioğlu yaptığı çalışmada iki yarı test

yöntemiyle testin güvenilirliğini 0,76 olarak hesaplamıştır. Yukarıda da görüldüğü gibi ülkemizde Bilimsel İşlem Becerileri Testinin güvenilirliği için birçok çalışma yapıldığı için bu çalışmada tekrar güvenilirlik çalışması yapılmamıştır.

2.3.7. Bilişsel Yük Kuramına Göre Hazırlanan Öğretim Tasarımı Hakkında Yarı Yapılandırılmış Öğrenci Görüş Formu

Öğrenci görüş formu deney grubundaki öğrencilerin hem yazılım hemde öğrenme ortamı ile ilgili görüşlerini ortaya koyabilmek amacıyla geliştirilmiştir. Literatür incelendiğinde sadece uygulamanın yapıldığı grubun uygulama ile ilgili düşüncelerini inceleyen çalışmalara rastlanılmaktadır (Sezgin, 2009; Kılıç, 2006). Formda bir tane kategorilere ayrılmış çoktan seçmeli; beş tanesi birinci kısmı evet/hayır, ikinci kısmı ise verilen yanıtın nedeninin irdelendiği iki aşamalı ve dördü de açık uçlu olmak üzere 10 tane soru bulunmaktadır. Bu sorulardan bazılarının geliştirilmesinde literatürden yararlanılmakla birlikte soruların büyük çoğunluğu araştırmacı tarafından tasarlanmıştır. Formdaki soruların anlaşılabilirliği ile ilgili iki tane uzmana inceletip gerekli düzeltmeler yapıldıktan sonra uygulanmıştır.

2.4. Deney Grubu İçin Öğretim Yazılımının Geliştirilmesi

Termodinamik ünitesi ile ilgili öğretim yazılımı geliştirilmeden önce hem öğretme-öğrenme ortamı hakkında bilgi sahibi olmak hemde konunun kapsamını belirlemek amacıyla asıl uygulamadan yaklaşık iki yıl önce Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi'nde Genel Kimya dersini yürüten dört öğretim üyesinin dersinde gözlem yapılmıştır. Gözlemlenen dört öğretim üyesinden üçü Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü birinci sınıfta öğrenim gören öğrencilerin, diğer öğretim üyesi ise Fatih Eğitim Fakültesi Kimya Öğretmenliği Programı birinci sınıfta öğrenim gören öğrencilerin derslerini yürütmektedirler. Termodinamik ünitesindeki gözlemler tamamlandıktan sonra öğrencilerin konu ile ilgili farkındalıklarını, sahip oldukları yanılgıları ve öğrenmekte güçlük çektikleri konuları belirlemek amacıyla bu dört farklı öğretim üyesinin ders verdiği her sınıftan üç, toplamda 12 öğrenci ile mülakatlar yürütülmüştür. Bunun yanında lisans düzeyinde Genel Kimya ve Termodinamik derslerinde okutulan kitaplar incelenmiştir (Bağ, 2008; Brown, Lemay, ve Bursten, 2006; Çengel ve Boles, 1989, 2006; Chang, 2000;

Petrucci ve Harwood, 1995). Yapılan bu ön çalışmaların ışığında ve Bilişsel Yük Kuramıilkeleri de temel alınarak deney grubu için bir öğretim yazılımı geliştirilmiştir. Öğretim yazılımının geliştirilmesinde iki tane bilişim uzmanından yardım alınmıştır.

Öğretim yazılımının geliştirilme sürecinde öncelikle araştırmacı tarafından yazılımın içeriği belirlenmiş, daha sonra geliştirilen içerik konu bütünlüğünü bozmayacak şekilde 8 bölüme ayrılmıştır. Uygulamanın yapılacağı üniversitedeki Genel Kimya-II dersini yürüten öğretim üyeleri ile yapılan görüşmelerde termodinamik ünitesi için 8-9 ders saati ayırdıklarını belirttikleri için çalışma 8 oturum halinde planlanmıştır. Bu işlemde sonra belirlenen içerik slaytlara bölünerek yazılı bir ön doküman haline getirilmiştir. Akabinde, her bir slayttaki verilmek istenen bilgi, Bilişsel Yük Kuramının hangi ilkesi veya ilkeleri kullanılarak daha yalın ve anlaşılabilir hale getirileceğine karar verilerek yazılı doküman slayt slayt tekrar düzenlenmiştir. Yazılı doküman, bu haliyle bir Kimya Eğitimi uzmanıyla incelenerek tekrar düzenlenmiştir. Bu aşamadan sonra araştırmacı bilişim uzmanlarıyla nasıl bir tasarım istediği hakkında görüşmüş; bilişim uzmanları ise araştırmacıdan daha ayrıntılı çizimler yapmasını istemiştir. Yani genel ekran görüntüsü (arayüz) nasıl olacak, hangi bileşenlerden oluşacak, hangi slaytta animasyon olacak ve bu animasyonun ara görüntüleri nasıl olacak, hangi slaytta öğrenciye nasıl bir dönüt verilecek ve bu dönütler doğrultusunda hangi slaytlara yönlendirilecek, hangi slaytta seslendirme olacak, hangi slaytta çalışma sayfası ve hesap makinesi olacak, hesap makinesinde hangi fonksiyonlar olacak, öğrenci çalışma sayfasının nasıl bir işlevi olacak gibi ayrıntılı bir doküman hazırlanması istenmiştir. Araştırmacı bu doğrultuda bilgisayar ekranında ne görmek istiyorsa ara slaytlar da dahil tekrar çizimler yapmış ve kaç nolu slaytta ne tür bir akış istediğine dair de ayrıntılı bir raporu word dosyası halinde bilişim uzmanlarına sunmuştur. Bilişim uzmanları araştırmacının isteğine göre öncelikle yazılımın genelinde kullanılacak arayüzü geliştirmiş; geliştirilen bu arayüz bilişim uzmanları ve araştırmacının görüşleri doğrultusunda düzenlenerek son hali verilmiştir. Geliştirilen bu arayüze göre 1. oturum için yazılım geliştirilmiş; bu yazılım bir Kimya Eğitimi uzmanıyla incelenerek gerekli düzenlemeler yapılmış bu doğrultuda yazılımın diğer bölümleri de geliştirilmiştir. Geliştirilen bu yazılımda bir problem olup olmadığını belirlemek için üç tane alan eğitimi ve bir Program Geliştirme uzmanına, bilimsel bir hata içerip içermediğini belirlemek için iki tane Fizikokimya uzmanına ve kapsam geçerliği için de bu dersi daha önceki yıllarda yürüten iki öğretim üyesine inceletilmiştir. Bu uzmanların görüşlerine göre yazılım düzeltilerek pilot uygulama yapılmıştır. Pilot uygulamada yazılımla ilgili görülen teknik

sorunlar, anlaşılmayan veya eksik bulunan kısımlar düzeltilerek yazılımın son hali verilmiştir. Pilot uygulama da bahsedilen eksiklikler ayrıntılı olarak sunulmuştur.

Pilot uygulamadan sonra yapılan düzeltmelerle son hali verilen öğretim yazılımının 1. oturumu, “sistem, sistem çeşitleri, çevre, ısı, iş ve hal fonksiyonu” konularının ele alındığı 18 slayttan oluşmaktadır. “Termodinamiğin 1. yasası ve iç enerji” konularının işlendiği 2. oturum ise 12 slayttan oluşmaktadır. 3. oturumda öğretim yazılımında entalpi konusu işlenmiştir. Bu oturumda toplamda 9 slayt bulunmaktadır. “İstemli değişme, termodinamiğin 2. yasası ve entropi” konularının ele alındığı 4. oturum 17 slayttan oluşmaktadır. 5. Oturumda ise “standart entropi, mutlak entropi ve termodinamiğin 3. yasası” konuları işlenmiştir. Bu oturumda bahsedilen konular 11 slaytta işlenmiştir. “Toplam entropi değişimi” konusunun ele alındığı 6. oturum 12 slayttan oluşmaktadır. “Gibbs sebest enerjisi, standart reaksiyon enerjisi ve faz geçişleri” konularının işlendiği 7. oturum ise 15 slayttan oluşmaktadır. Son olarak 8. oturumda “serbest enerji değişimi ve denge, termodinamiğin sıfırıncı yasası” konuları ele alınmıştır. Bu oturumdaki konular 14 slaytta işlenmiştir.

Çalışmada kullanılan öğretim yazılımının masaüstü yazılımının geliştirilmesinde Adobe Flash CS4 programı kullanılmıştır. Animasyonlar ve kodlamalar Actionscript 3.0 programlama dili; çizimler ise Adobe Illustrator CS4 ve Adobe Photoshop CS4 ile yapılmıştır. Ses kayıtlarının düzenlenmesinde Audacity programından yararlanılmıştır.

2.4.1. Bilişsel Yük Kuramı Öğretim Tasarımı İlkelerinin Öğretim Yazılımına Etkileri

Çalışmada kullanılan öğretim yazılımı geliştirilirken Bilişsel Yük Kuramının tasarım ilkeleri dikkate alınmıştır. Bu ilkeler; ele alınacak konunun doğası, öğrencilerin özellikleri dikkate alınarak öğretim yazılımı içinde kullanılmıştır.

1. Hedeften Bağımsızlık İlkesi (The Goal-free Effect) ve Öğretim Yazılımına Etkisi

Öğretim yazılımda kullanılan öğretim tasarımı ilkelerinden biri “hedeften bağımsızlık ilkesi (the goal-free effect)” dir. Bu ilke, öğrencilere geleneksel yani “ABC açısının değerini hesaplayınız” gibi bir geometri problemi veya “şekildeki aracın son hızını hesaplayınız” gibi bir hareket probleminin sunulması durumunda ortaya çıkmaktadır (Sweller, 2003). Dolayısıyla öğrenciye verilen bir görevin spesifikleştirilmesi kuram açısından oldukça önemlidir. Zira, hedeften bağımsız veya spesifik olmayan bir problem

sunumunda öğrenci daha az öğrenmektedir. “Hesaplayabildiğiniz kadar çok açının değerini hesaplayınız” veya “hesaplayabildiğiniz kadar çok hız değeri hesaplayınız” spesifik olmayan problemlere örnek verilebilir (Sweller, 2003). Böyle bir durumda öğrenci verilenlerle çok sayıda çözüm yapabilir.

Uzman olmayan bir öğrenci bir problemi verilen-istenen analizine dayanarak çözer. Bir problem çözülürken mevcut durum ve amaç cümlesi arasında bağıntı kurarak nasıl hareket edeceği belirlenir. Mevcut durum ve amaç cümlesi arasındaki farkın azaltılması durumunda birey çözüme daha kolay ulaşır. Kompleks bir işlemle ilgili mevcut bir şemaya ulaşılması durumunda işlem, ya çok az çalışan bellek kapasitesi kullanarak ya da hiç kullanılmadan yapılabilir (Sweller, 2003). Çünkü otomatikleşme işlemi, öğrenme için önemlidir. Böyle bir durumda, bilişsel kaynaklar diğer önemli aktiviteler için kullanılabilir (Carlson, Chandler ve Sweller, 2003). Birey, mevcut durumla ilgili genel bir çözüm yoluna sahip değilse çözüm yolları rastgele seçilir. Bu durumda çok fazla bellek kapasitesi kullanılır (Sweller, 2003).

Bilişsel Yük Kuramı hedeften bağımsız problemlerden uzak durulmasını önermektedir (Sweller, van Merriënboer ve Paas, 1998; Sweller, 2003). Bu amaçla yazımda öğrenciye sunulan tüm problem durumlarında nelerin verildiği ve kendilerinden ne istenildiği net olarak belirtilmiştir.

2. Çözülmüş Örnek İlkesi (Worked Example Effect) ve Öğretim Yazılımına Etkisi

Uygulama ekzersizleri ile dersin öğrenme amaçlarının eşleşmesi etkili bir ders yazılımının ayırt edici özelliğidir. Etkili uygulama ekzersizleri öğrenenlerin konuyu derinden işleyebilmesine olanak tanıdığı için çalışan bellekteki yükün zorlanmamasına neden olur. Çalışan bellek kapasitesini yeni şemalar inşa etmek için kullanan uzman olmayan öğrenciler için çoğu uygulama ekzersizinin çalışılması, aşırı bilişsel yüklenmeden dolayı öğrenmeyi yavaşlatır (Clark, Nguyen, Sweller, 2006). Bu bakımdan son dönemdeki çalışmalar çözülmuş örnek ilkesi (Worked Example Effect) ile kısa zamanda etkili öğrenmenin olabileceğini göstermiştir (Clark, Nguyen, Sweller, 2006).

Çözülmüş örnek ilkesi basamak basamak bir performansın veya bir problemin çözümünün gösterilmesidir (Große ve Renkl, 2007; Clark, Nguyen, Sweller, 2006). Ki burada kastedilen her zaman doğru çözüm yolları olmayıp öğrencilerin sıklıkla yaptıkları hataların gösterildiği yanlış çözülmüş örneklerin çözüm yollarının gösterilmesi de başarıyı olumlu yönde etkilemektedir (Große ve Renkl, 2007). Kavram geliştirme sürecinde kavrama dahil olan örneklerin yanında dahil olmayan örneklerin öğrenilmesinin daha

kapsamlı şema oluşumuna neden olması ve kavram yanlışlarını engellemesi gibi, çözülmüş örnekler sunulurken yanlış çözümlerin sunulması da daha derin anlamalara neden olabilir. Bu süreçte öğrencinin öncelikle doğru çözümlerle karşılaşması ve daha sonra hatalı çözümlerin verilmesi daha yararlı olacaktır. Yanlış çözülmüş örnekte öğrencilerin sıklıkla yaptıkları hatalar vurgulandığında öğrenilen bilgilerin transferinin daha kolay olacağı düşünülmektedir. Öğrencinin çalışan belleğinde yanlış çözülmüş örneğin işlenmesi; doğrudan doğru çözümlerin verilmesinden daha fazla bellek kapasitesine ihtiyaç duyar. Çünkü yanlış problem çözümünde öğrenci çalışan belleğinde sadece doğru çözüm aşamalarını değil bunun yanında çözümlerin niçin yanlış olduğu, problem çözümündeki hatalı aşamalar bulunarak nasıl düzeltilebileceğine dair çözüm önerilerini de oluşturulması gerekmektedir. Bu bakımdan özellikle uzman olmayan öğrenciler için hatanın vurgulanması aşırı yüklenmeyi önleyecektir fakat uzman öğrenciler için hataların vurgulanması öğrencilerin her bir aşamayı düşünerek muhtemel hataları belirleme süreçlerini olumsuz etkilediği için daha fazla yüklenmeye neden olabilir (Große ve Renkl, 2007). Hatalı çözümlerin öğrenmede etkili olacağı düşünülmekle birlikte öğretim yazılımında bu teknik kullanılmamıştır.

Kalyuga vd. (2001) da uzman olmayan öğrencilerin çözülmüş örneklerden daha çok faydalandığı, uzman öğrencilerde çözülmüş örneklerin etkisinin çok görülmediği belirlenmiştir. Sonuç olarak uzman öğrencilerde geleneksel problem çözümünün kullanımının çözülmüş örnekten çalışılmasından daha fazla öğrenmeyi artırdığı bulunmuştur. (Kalyuga vd. 2003) Bir problem herhangi bir çaba sarf edilmeden çözülebildiği durumda gereksiz bir çözülmüş örneğin analizi ve çalışan bellekteki daha önceki şemalarla bütünleştirilmesi çalışan belleği geleneksel problem çözümünden daha fazla zorlayabilir. Bu durumda geleneksel problem çözümü daha fazla şema oluşumuna ve şema otomasyonuna neden olacağından çözülmüş örnekten çalışmaktan daha fazla etkin olabilir. Mevcut durumda uzman olmayan öğrenciler için yapısal olarak birbirine yakın çözülmüş örnekler faydalı olabilirken benzer yapıdaki çözülmüş örnekler uzmanlık seviyesinin yeterince yüksek olduğu öğrenci grupları için gereksiz olabilir (Kalyuga vd.2003).

Termodinamikteki kavramların büyük çoğunluğu ilk kez lisans düzeyinde karşılaşılmaktadır. Bu nedenle öğrenmeye olumlu yöndeki etkisi birçok çalışma (Paas, 1992; Paasve van Merriënboer, 1994; Kalyuga vd.2003; Große ve Renkl, 2007) ile gösterilmiş olan çözülmüş örnek ilkesi yazılımın genelinde ilk aşama olarak kullanılmıştır.

Öğretim yazılımında çözülmüş örnek ilkesine göre, öğrencilerin karşılaşılabilecekleri problem tiplerinde rehber çözümler yapılmıştır. Şekil 7 ve 8 da bu ilkenin yazılımda nasıl kullanıldığına dair örnek görüntüler sunulmuştur.

Termodinamik - İç Enerji

Termod. Birinci Yasası - İç Enerji

İç Enerji

3V n mol gaz

4V n mol gaz

$W = P \cdot \Delta V$
 $\Delta U = q + W$
 $\Delta U = +50 P_{atm} (4V-3V)$
 $\Delta U = +50 P_{atm} V$

< 8/12 >
Geri İleri

Şekil 7. Gereksizlik, dikkatin dağılma ve biçem ilkesiyle çözülmüş örnek ilkesi

Termodinamik - İç Enerji

Termod. Birinci Yasası - İç Enerji

İç Enerji

Bir araba motorunda bir miktar yakıt yanması sonucunda 1760 kJ enerji açığa çıkmıştır. Motorun % 94 verimle çalıştığı bilindiğine göre verilen enerjinin kaç kJ'ü çevreye ısı olarak yayılmıştır?

Verim = $\frac{\text{deneysel iş}}{\text{teorik iş}} \cdot 100$
 $94 = \frac{\text{deneysel iş}}{1760 \text{ kJ}} \cdot 100$
 $\text{deneysel iş} = \frac{1760 \text{ kJ} \cdot 94}{100}$
 $\text{deneysel iş} = 1654,4 \text{ kJ}$
 $\Delta U = q + W$
 $-1760 = -1654,4 + q$
 $q = -105,6 \text{ kJ}$

< 12/12 >
Geri İleri

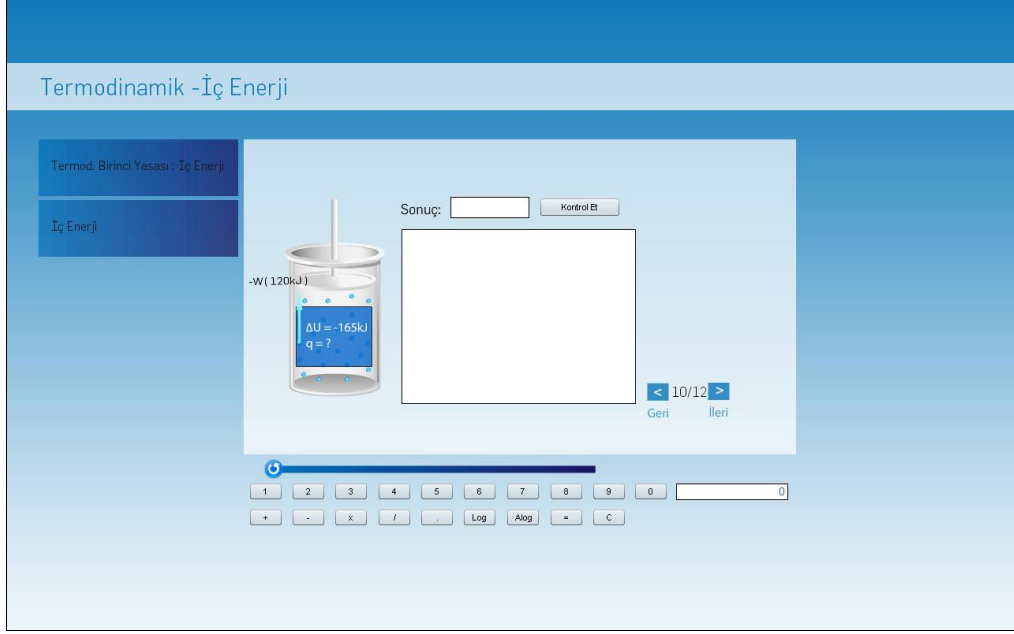
Şekil 8. Çözülmüş örnek ilkesi

3. Tamamlanmamış Örnek İlkesi (Completion Problem Effect)ve Öğretim Yazılımına Etkisi

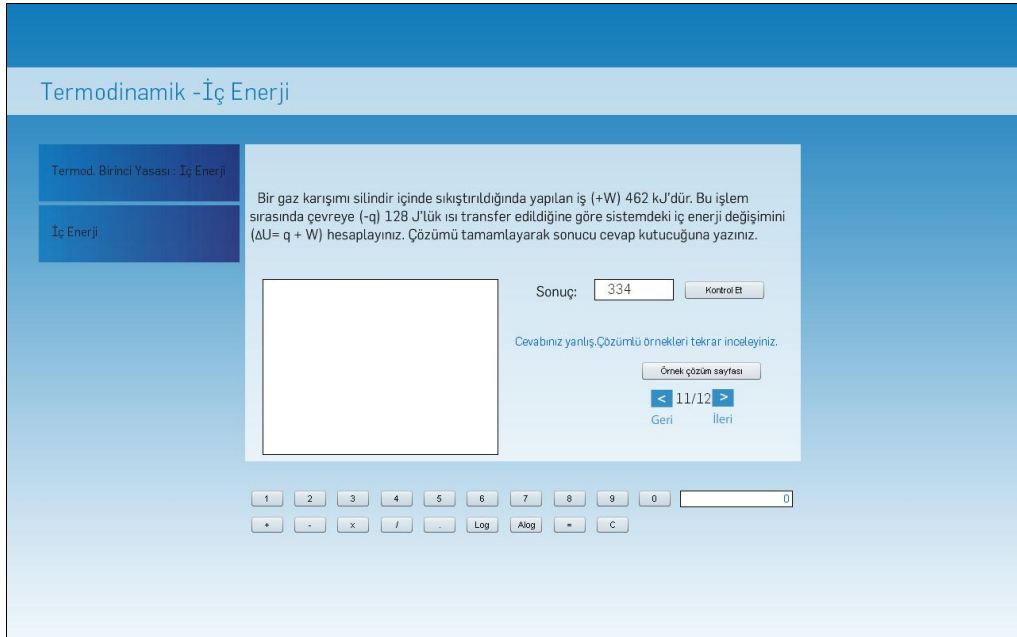
Çözülmüş örnek ilkesinin öğrenmeye olumlu katkılarının yanında en büyük dezavantajı, öğrencilerin dikkatli olmaya yeterince motive edememesidir. Öğrenciler çoğunlukla geleneksel problemlere geçmeden önce yüzeysel olarak çözülmüş örnekleri incelemektedirler (Sweller, van Merriënboer ve Paas, 1998). Uzman olmayan öğrenciler geleneksel problemlerden önce çözülmüş örnekleri dikkatli bir şekilde incelerken, uzman öğrenciler için bu sıradan bir durum hatta yukarıda belirtildiği gibi öğrenmeyi olumsuz etkileyen bir faktördür. Bu bakımdan tamamlanmamış örnekler bu duruma bir alternatiftir. Bu ilkeyle öğrenciler tümüyle çözülmüş örneklerle değil tamamlaması gereken kısmı çözülmüş örneklerle ilgilenirler. Kısmi çözülmüş örnekler öğrencilere problemin çözüm yollarıyla ilgili strateji belirlemede rehberlik ettiğinden bilişsel yükü düşer. Bu ilkeyle öğrencilerin kendi öğrenme süreçleri ile ilgili dönüt almalarını sağlarken motivasyonları da artar (Sweller, 2003).

Öğretim yazılımında tamamlanmamış örnek ilkesine göre ise bazı problemler eksik bırakılmış, öğrencilere gerekli ipuçları verilerek çözümü tamamlayıp, sonuçlarını ilgili kutucuğa yazarak kontrol etmeleri istenmiştir. Bu ilke, çözülmüş örnek ilkesi ile geleneksel problemler arasında bir köprü niteliğindedir. Tasarımın genelinde öğrencilerin, konu en yalın haliyle ele alındıktan sonra öncelikle çözümlü örnek ilkesi, daha sonra tamamlanmamış örnek ilkesi ve en son olarak da geleneksel problemlerle karşılaşmaları sağlanmıştır. Buradaki temel amaç; öğrencilere verilen öğrenme desteğinin aşamalı olarak çekilmesi ve yeterli bir öğrenme çatısı oluşturduktan sonra öğrenciyi öğrenme ortamında yalnız bırakmaktır. Tamamlanmamış örnek ilkesine göre seçilen problemlerde aşamalı olarak öğrenme desteğinin çekilmesini sağlamak için, konuların öge etkileşimi de göz önünde tutularak öğrencilere sunulan ipuçları da aşamalı olarak azaltılmıştır. Yazılımda bu ilkeye göre geliştirilen bölümlerde öğrencilerin isterlerse çözüm için kullanabilecekleri, not alabilecekleri bir bölüm; hesaplamalarını yapabilecekleri hesap makinesi ve çözümlerini yazıp kontrol edebilecekleri bir sonuç kutucuğu bulunmaktadır (Şekil 9 ve 10). Bu aşamada öğrenciler hatalı çözüm yaptıklarında yazılımda benzer çözümlerin olduğu ilgili sayfaya yönlendirilmiş, ikinci hatalı çözümde konunun yeterince anlaşılmamış olabileceği düşüncesiyle ilgili konuya yönlendirilmiş, öğrencinin üçüncü hatasından sonra ise sadece çözümün yanlış olduğu belirtilerek diğer sayfaya geçmeleri önerilmiştir. Bilişsel Yük Kuramına göre öğrenme kontrolünün öğrencide olmasını sağlamak için burada öğrenci

yazılımdaki önerilere uyabilir veya uymayabilir, inisiyatif tümüyle öğrenciye bırakılmıştır. Örneğin; yazılımdaki örnek çözümleri tekrar inceleyiniz önerisine uymayıp kendisi alternatif bir başka çözümü yapabilir veya çözümü yapmadan bir diğer sayfaya geçebilir. Tamamlanmamış örnek ilkesi ile ilgili ekran görüntüleri Şekil 9 ve 10 de görülmektedir.



Şekil 9. Biçem, dikkatin dağılma ve gereksizlik ilkesiyle birlikte tamamlanmamış örnek ilkesi örneği



Şekil 10. Gereksizlik ilkesiyle birlikte tamamlanmamış örnek ilkesi

4. Dikkatin Dağılması İlkesi (Split-Attention Effect) ve Öğretim Yazılımına Etkisi

Bir öğretim ilkesi olarak dikkatin dağılması etkisi; öğrenme materyalinin birbirinden ayrı iki veya daha fazla bilgi kaynağından oluşması durumunda, zihinde oluşan belirsizliktir ve bu belirsizlik bilgi kaynaklarının zihinde bütünleştirilene kadar devam eder (Jeung, Chandler ve Sweller, 1997). Kurama göre bireyler, zihinlerinde birbiri ile alakalı (resim, metin, grafik gibi) iki veya daha fazla bilgi elemanına dikkatlerini parçalayıp, bu bilgi elemanını zihinlerinde bütünleştirmeye çalışırlarsa bu işlem sınırlı kapasiteye sahip olan çalışan belleği gereksiz yere yorar ve öğrenmeyi engeller (Kalyuga, Chandler ve Sweller, 2000). Burada oluşan yük dışsaldır çünkü öğrenilen materyalin içeriğinden ziyade çok büyük oranda tasarımın formatından kaynaklanır (Sweller, van Merriënboer ve Paas, 1998). Fakat bu metin ve resim (veya grafik) bütünleştirilirse bilgi elemanları arasındaki görsel inceleme azalacağından çalışan bellekteki aşırı yüklenmede azalacaktır (Kalyuga vd. 2003). Dikkatin dağılması etkisini gidermek için uygulanabilecek işlemlerden biri; birbiri ile ilgili bilgi elemanlarından birini farklı kanalda (görsel, işitsel) sunmaktır. Burada hem işitsel hemde görsel sunumun bütünleştirilmesi bilgi kaynaklarının bütünleştirilmesi gibi hareket eder. Bilgi kaynaklarından biri işitsel diğeri görsel kanalda sunulursa bireyin işitsel ve görsel bilgiyi zihninde bütünleştirmesi gerekir fakat çift kanalda sunumdan dolayı çalışan belleğin kapasitesi genişleyeceğinden iki kanalda işlenen bilgi çalışan bellek kapasitesini aşmaz ve birey aşırı yüklenmez (Kalyuga, Chandler ve Sweller, 2000).

Dikkatin dağılması etkisi ile ilgili literatürdeki çalışmalarda; bütünleştirilmiş öğrenme materyalinden çalışan öğrencilerin bilişsel yükünün dikkat dağılmasına neden olan materyalden çalışan öğrencilere göre daha düşük; öğrenmenin ise daha yüksek çıktığı ortaya konulmuştur ve genellikle araştırmacılar bilişsel yükün az çıkmasının nedeninin dışsal bilişsel yükten kaynaklandığını belirtmişlerdir. Oysaki bütünleştirilmiş materyalden çalışan öğrencilerin dışsal bilişsel yükleri düşük çıkarken etkili bilişsel yükleri yüksek çıkabilir ve dolayısıyla bilişsel yük açısından bireyler eşit yüklenebilir çünkü bütünleştirilmiş formatta birey şema oluşumu ve otomasyonu için zihinsel çaba sarfederken diğesinde farklı bilgi kaynaklarını zihninde bütünleştirmek için çaba sarfeder. Bireydeki yüklenmenin nerede olduğunu belirlemek için üç tür bilişsel yükü ayrı ayrı ölçen çeşitli çalışmalar yapılmıştır (Cierniak, Scheiter ve Gerjets, 2009). Chandler and Sweller (1991) yaptıkları çalışmada, sadece diyagramdan öğrenen öğrencilerin diyagram ve metnin bütünleştirildiği materyalden öğrenen öğrencilerden daha başarılı olduklarını ki bunun sebebinin de diyagramın yeterince açıklayıcı olduğu ve metinde verilen bilginin

tekrar olduğunu belirtmişlerdir. Buradan görüldüğü gibi dikkatin dağılması ilkesinin öğrenme etkilerinin belirlenmesinde daha önceki ilkelerde belirtildiği gibi öğrenen uzmanlığı da önemli bir faktördür.

Öğretim yazılımında dikkatin dağılma ilkesine göre, birbiri ile ilişkili görsel bilgiler ve onu açıklayan metin kısmı ekranda bütünleştirilerek verilmiştir (Şekil 7 ve 9). Aynı zamanda kurama göre bu ilkenin neden olduğu bilişsel yüklenmeyi önlemek için öğrencinin dikkatini toplayabilecek yönlendirme okları, metin kısmında önemli ifadelerin altının çizilmesi gibi hususlara da dikkat edilmiştir.

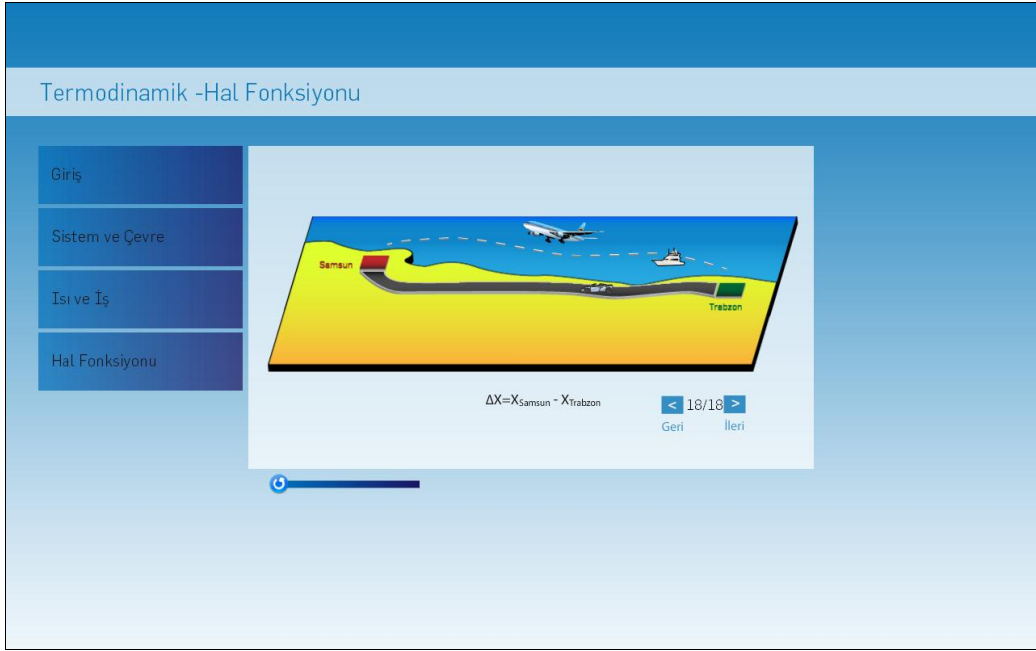
5. Biçem İlkesi (Modality Effect) ve Öğretim Yazılımına Etkisi

Mayer (1997) görsel ve işitsel sunumun birleştirildiğinde daha iyi bir öğrenme sağlanacağına dair bir seri deneysel araştırma yürütmüştür. Mayer ve Moreno (1998) eş zamanlı olarak seslendirilmiş animasyonlardan öğrenen öğrencilerin animasyon ve ilgili açıklamaların metin olarak sunulduğu öğrencilerden daha yüksek başarı elde ettiğini belirlemişlerdir. Mousavi, Low ve Sweller (1995) geometri öğretimi ile ilgili yaptıkları araştırmada görsel olarak sunulan diyagramlara ilişkin açıklamaların işitsel olarak sunulduğu grubun öğrenmesinin, diyagram ve açıklamanın metin olarak sunulduğu gruptan daha iyi olduğu belirlenmiştir. Literatürde çift kanaldan sunumun sadece görsel kanaldan sunuma göre daha üstün başarı elde edildiğine dair pek çok araştırma mevcuttur (Tindall-Ford, Chandler ve Sweller, 1997; Jeung, Chandler ve Sweller, 1997; Kalyuga, Chandler ve Sweller, 1999). Çoklu ortamda öğrenen öğrenciler, metnin görsel olarak sunumundan ziyade sesli olarak sunulduğunda ses ve metni daha kolay zihinlerinde bütünleştirmektedirler (Kalyuga, Chandler ve Sweller, 2000). Çünkü bilginin çift modda sunulması, dışsal bilişsel yükü azaltmaktan ziyade çalışan bellek kapasitesini artırmaktadır. Hem görsel hemde işitsel kanalda işlenen bilgi miktarının tek bir kanalda işlenmesi durumunda çalışan bellek kapasitesinin aşılması söz konusu olabilir. Birden fazla kanalın kullanılmasıyla sınırlı olan çalışan bellek kapasitesi etkili olarak genişletilir (Kalyuga, Chandler ve Sweller, 1999; Kalyuga, Chandler ve Sweller, 2000). Fakat bu ilke çok dikkatli kullanılmalıdır çünkü Kalyuga, Chandler ve Sweller (1999) öğretim tasarımında ses bileşeninin çok uzun ve çok kompleks olması durumunda çalışan bellek aşırı yüklenebileceğini belirtmektedirler.

Yukarıda da görüldüğü gibi bilginin tek kanalda işlenmesinden çift kanalda işlenmesinin öğrenmeyi olumlu yönde etkilediğine dair pek çok araştırma olmakla birlikte (Kalyuga, Chandler ve Sweller, 2000; Mayer, Heiser ve Lonn, 2001) sadece sesli

materyalden öğrenen öğrencilerin metin ve sesin bütünleştirildiği materyalden öğrenen öğrencilerden daha başarılı olduklarını belirtmişlerdir. Bu çalışmalardan da görüldüğü gibi birbiri ile ilişkili bilgi elemanlarının farklı kanalda işlenmesi bazı öğrencilerde olumsuz etki yapmıştır. Bu, öğrenen uzmanlığı ile alakalı bir durumdur. Dolayısıyla öğretim tasarımı yapılırken bireylerin uzmanlığının gözardı edilmemesi oldukça önemlidir.

Yazılımda biçem ilkesiyle ilgili olarak resim, şekil veya animasyonu açıklayan metin bölümü sesli olarak sunulmuştur ki bu uygulama aynı zamanda dikkatin dağılma etkisini gidermek içinde kullanılmıştır. Biçem (modality) ilkesine göre sesli sunumun olduğu bölümlerde ekranın alt bölümünde öğrencilerin ses akışını takip edebilecekleri ve isterlerse tekrar dinleyebilecekleri bir akış çubuğu bulunmaktadır (Şekil 7, 9 ve 11).



Şekil 11. Biçem ilkesi örneği

6. Gereksizlik İlkesi (Redundancy Effect) ve Öğretim Yazılımına Etkisi

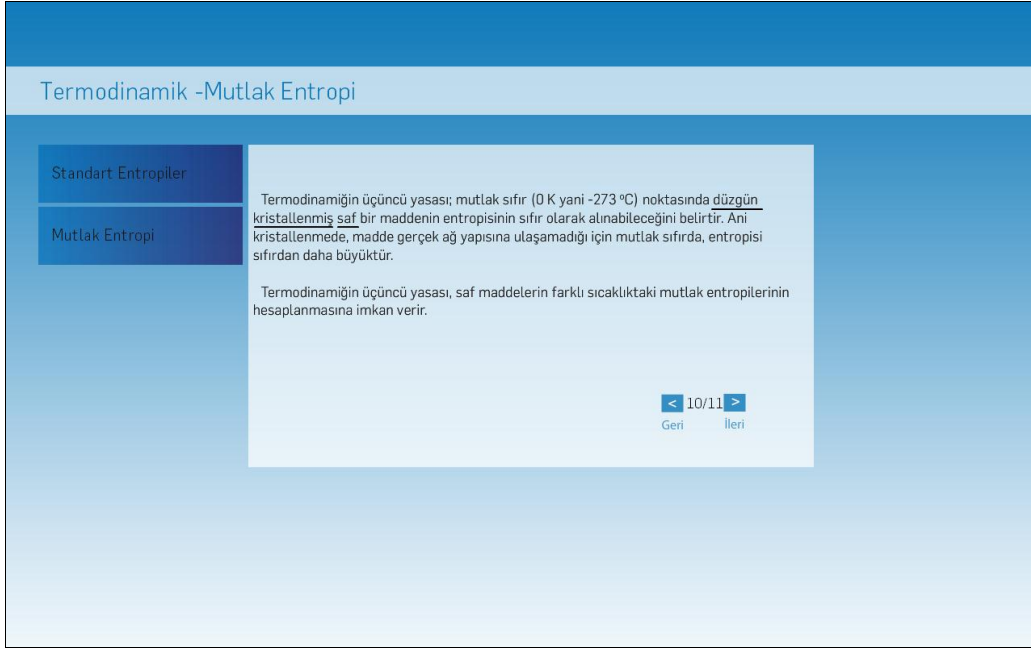
Gereksizlik ilkesi, ilave bir bilginin pozitif veya nötral bir etkiye neden olmasından ziyade öğrenmeyi engellediği durumda ortaya çıkar (Sweller, 2003). Çünkü; o konunun öğrenilmesi için gereksiz olan bilginin eklenmesi, herhangi bir şema oluşumu veya şema düzeltme olmaksızın daha fazla bilişsel kaynağa ihtiyaç duyar (Kalyuga, Chandler ve Sweller, 2000). Literatürde; diyagram/metin, zihinsel aktivite/fiziksel aktivite, işitsel/görsel ve özet/yorumlama gereksizliği gibi birçok gereksizlik türünden bahsedilmektedir.

Diyagramın yeterli bilgiyi sunmasına rağmen, diyagramla ilgili açıklamaların sunulması “diyagram/metin” gereksizliğine örnek olarak verilebilir. Bunun yanında bir bilginin metinden okunmak suretiyle öğrenilebileceği durumda, metne bilgisayar uygulamasının ilave edilmesi “zihinsel aktivite/fiziksel aktivite” gereksizliğine örnektir. Bazı durumda özet bir şekilde sunulduğunda da öğrenilebilecek bir bilgi uzun uzun yorumlanır ki bu durum “özet/yorumlama” gereksizliğine neden olur (Sweller, 2003). Örneğin; Mayer, Heiser ve Lonn (2001)’in temel öğrenme materyaline ilginç fakat konunun öğrenilmesi için gerekli olmayan bölümlerin eklendiği ikinci materyali karşılaştırmışlardır. Bu çalışmada ikinci materyalden öğrenen öğrencilerin bu bölüme eklenen ilave bölümlerden dolayı özellikle transfer performanslarının düşük olduğu belirlenmiştir. Çünkü ikinci materyale eklenen ilave bölüm gereksizlik ilkesine göre yüklenmeyi artırarak başarıyı düşürmüştür. “İşitsel/görsel” gereksizlik ise metin veya seslendirmenin yeterli olduğu durumda metin ve seslendirmenin eş zamanlı olarak sunumunda ortaya çıkabilir (Sweller, 2003).

Görsel ve işitsel bilginin konbine edilerek sunumu çalışan belleğin daha etkin kullanımını sağlaması nedeniyle hem dikkatin dağılma etkisini giderebilmek hemde biçem etkisi için iyi bir yol olmakla birlikte çalışan bellekte eş zamanlı işlenen bilgilerin gereksiz veya fazlalık olması durumunda öğrenmeyi de engelleyici bir durumdur (Kalyuga, Chandler ve Sweller, 2000). Literatürde; Chandler ve Sweller (1991); Kalyuga, Chandler ve Sweller(1999) yaptıkları çalışmada gereksiz bilgilerin bütünleştirilmesinden ziyade çıkarılmasının öğrenme için daha faydalı olabileceğini belirtmişlerdir. Bilişsel Yük Kuramına kadar gereksiz yere ilave edilen bir bilginin öğrenmeyi artırmasa da olumsuz bir etkisinin de olmayacağına inanılmaktaydı. Oysaki bir öğretim şekli o haliyle yeterli ve mantıkîyse, aynı bilginin farklı şekilde sunulması dışsal bilişsel yükü artırır (Sweller, 2003). Gereksizlik etkisi genellikle benzer bilgilerin farklı formatlarda sunumunda ortaya çıkar. Bir bilgiye ilişkili olduğu bir başka bir bilginin ilave edilmesi veya çıkarılması öğrenen uzmanlığı ile alakalıdır (Kalyuga, Chandler ve Sweller, 2000).

Bazı durumda öğrenci, öğrendiği bir bilgi kaynağına tekrar tekrar çalışmak zorunda kalabilir. Gereksizlikle öğrenilen bir materyalin tekrar tekrar çalışılması arasında önemli bir fark vardır. Tekrar gözden geçirme çalışan bellek yükünü artırmadığı için öğrenmeye engel olacak, gereksiz bir aktivite değildir. Gereksizlik çok fazla bilgi elemanı (diyagram ve diyagramdaki bilginin tekrar metinde tekrarlanması gibi) arasında koordinasyon ve dönüşüm yapıldığında ortaya çıkar (Kalyuga, Chandler ve Sweller, 2000).

Bilişsel Yük Kuramına göre geliştirilen öğretim yazılımında, gereksizlik ilkesine göre içerik en yalın haliyle düzenlenmiş, aynı bilginin hem görsel hemde işitsel olarak sunulmamasına dikkat edilmiştir. Şekil 12’de gereksizlik ilkesine dikkat edilerek hazırlanmış bir görsel sunulmuştur.



Şekil 12. Dikkatin dağılma ilkesiyle birlikte gereksizlik ilkesi örneği

Bilişsel Yük Kuramının gereksizlik, biçem, dikkatin dağılması, çözülmüş örnek, tamamlanmamış örnek ve hedeften bağımsızlık ilkelerine dayanarak geliştirilen öğretim yazılımı, ilgili kuramın öğretim tasarımı yaklaşımına göre ele alınmıştır. Bu doğrultu da öğretim tasarımında gerekli düzeltme ve değerlendirmelerle geliştirilme çalışmasına başlanmıştır.

2.5. Pilot Uygulama

Araştırmada gerekli veri toplama araçları ve öğretim yazılımı geliştirildikten sonra yetkililerden pilot çalışma için izin alınmıştır (Ek-7). Araştırmanın pilot çalışması, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fatih Eğitim Fakültesi Fen Bilgisi Öğretmenliği programında Genel Kimya-II dersini alan 46 öğrenci ile yürütülmüştür. Pilot uygulama için örneklemdaki öğrenciler iki gruba ayrılmıştır. Bu durum öğrencilere, bir doktora tez

çalışmasından dolayı programlarında yer alan termodinamik ünitesinin iki farklı uygulamayla yürütülmesi gerektiği bu nedenle sınıflarının iki gruba ayrılması gerektiği şeklinde açıklanmıştır. Pilot uygulamada, kontrol grubundaki dersler öğretim üyesi tarafından Bilişsel Yük Kuramına dayandırılmadan ele alınmış araştırmacı burada gözlemci ve yardımcı olarak (testlerin dağıtılıp toplanması, testlerle ilgili bilgi verilmesi vb) yer almış, deney grubunda ise Bilişsel Yük Kuramına dayandırılan pilot çalışmada araştırmacı, yardımcı eleman olmanında ötesinde çalışmayı çoğunlukla kendisi yürütülmüştür. Deney grubundaki pilot uygulamada dersin sorumlu öğretim üyesi çoğunlukla yardımcı rol üstlenmiştir. Burada araştırmacının deney grubundaki pilot uygulamaları yürütmesinin nedeni; hem deney hemde kontrol grubundaki öğrencilerin iki dönemdir uygulama dersleri yürütmesi ve bu nedenle öğrencilerin kaygı düzeylerinde artışa neden olmayacağı düşüncesidir. Aşağıda yer alan ilgili bölümlerde deney ve kontrol grubundaki pilot uygulamalar sunulmaktadır.

2.5.1. Deney Grubunda Yapılan Pilot Uygulama

Deney grubundaki pilot uygulama bilgisayar ortamında yapılacağı için Fatih Eğitim Fakültesi İlköğretim Bölümünde hazırlanan öğretim yazılımını çalıştırabilecek programların yüklü olduğu bir bilgisayar laboratuvarı belirlenmiştir. Fakat bu bilgisayar laboratuvarında 21 tane bilgisayar olduğu için her uygulamadan önce, iki tane de dizüstü bilgisayar laboratuvara getirilmiştir. Öncelikle öğrencilere Termodinamik Akademik Başarı Testi ön test olarak sınıf ortamında uygulanmıştır. Öğrencilerin bu testi yaklaşık 20 dakikada yanıtladıkları gözlenmiştir. Ön testin uygulanmasından sonra öğrencilerle Sayı Dizisi Bellek Testi için uygun bir saat belirlenmiştir. Öğrenciler belirlenen bilgisayar laboratuvarına gelmeden araştırmacı zaman kaybetmemek için, tüm bilgisayarlara Sayı Dizisi Bellek Testinin olduğu internet sayfasını açarak test kullanılmaya hazır hale getirilmiştir. Öğrenciler bilgisayar laboratuvarına alındıktan sonra öğrencilere testin amacı ve nasıl yapılacağı ile ilgili bilgi verilmiş, bu testin kesinlikle bir zeka testi olmadığı vurgulanmıştır. Sayı Dizisi Bellek Testini incelemeleri için öğrencilere beş dakika süre verildikten sonra test uygulanmış ve öğrencilerin aldıkları puanlar kaydedilmiştir. Bu aşamada bazı öğrencilerin bilgisayar kullanımı konusunda deneyimsiz olmaları ve ilk kez sanal ortamda bir test ile karşılaşmalarından dolayı belirtilen sayıyı ekrandaki BEKLE yazısı silinmeden yazdıkları için başarısız oldukları gözlenmiştir. Araştırmacı bu

öğrencilere testin kullanımını tekrar anlatarak tekrar bir uygulama imkanı tanımıştır. Bir hafta sonra öğrencilere 36 maddeden oluşan Bilimsel İşlem Becerileri Testi sınıf ortamında uygulanmış, öğrencilere 40 dakikalık bir süre verilmiştir. Bu testin uygulamasından sonra, pilot uygulamaya geçilmiştir.

Termodinamik ünitesinde Bilişsel Yük Kuramı ilkelerine göre hazırlanan yazılımın 1. oturumu bilgisayarların masaüstüne, ikinci oturumu için hazırlanan öğretim yazılımı ise bilgisayarların farklı sürücüsüne yüklenmiştir. Yazılımdaki sesli bölümlerde öğrencilerin birbirini rahatsız etmeden çalışabilmeleri için bilgisayarlara kulaklık takılmıştır. Ayrıca öğrencilerin bu yazılımı hem daha rahat kullanmaları hemde daha iyi faydalanmaları için yazılımla ilgili bir kullanma kılavuzu hazırlanarak her bilgisayarın yanına bırakılarak öğrencilerin incelemeleri sağlanmıştır. Öğrenciler bilgisayar laboratuvarına alındıktan sonra öncelikle uygulama ile ilgili bilgi verilmiştir. Daha sonra birinci oturum için hazırlanan Bilişsel Yük Ölçeği-1 dağıtılarak ölçekle ilgili gerekli açıklamalar yapılmıştır. Öğrenciler 1. oturum için hazırlanan yazılımdan çalışmaya başlamışlardır. Bu süreçte öğrenciler sessizce, yazılımla ilgili teknik problemleri veya içerikle ilgili karşılaştıkları tüm sorunları araştırmacıyla paylaşmışlardır. Fakat öğrenme sürecinde akran desteğine ihtiyaç duyan öğrencilerin bilgisayar laboratuvarında gürültüye neden olmadığı sürece sınıf arkadaşıyla bilgi paylaşımına da müdahale edilmemiştir. Öğrencilerin soruları doğrultusunda 15. slayttaki sorunun yeterince anlaşılmadığı ve düzeltilmesi gerektiği görülmüştür. Ayrıca öğrencilerin 1kJ 'ün 1000 J 'e eşit olduğunu bilmedikleri için sürekli hata yaptıkları gözlenmiştir. Bu ve benzeri karşılaşılan tüm problemler araştırmacı tarafından ayrıntılı bir şekilde not edilmiştir. Çalışmasını tamamlayan öğrencilerin bilişsel yük ölçekleri toplanarak Hatırlama Testi-1 ve Transfer Testi-1 verilmiştir. Öğrencilerin bu oturuma çalışmaları bireysel farklılıklar olmakla birlikte yaklaşık 30 dakika, verilen iki testi çözmeleri de yaklaşık 20 dakika sürmüştür. Bu testleri çözen öğrenciler istiyorlarsa bilgisayarda internete girmelerine izin verilmiş veya sessizce dışarı alınarak 15 dakika kadar dinlenmeleri sağlanmıştır. Dinlenmesini tamamlayan öğrencilere Bilişsel Yük Ölçeği-2 dağıtılarak, 2. oturum için hazırlanan yazılımdan termodinamiğin 1. yasası ve iç enerji konusuna çalışmaları sağlanmıştır. Birinci oturumda olduğu gibi 2. oturumda da öğrenciler karşılaştıkları problemleri araştırmacı ile paylaşmışlar gerektiğinde konu ile ilgili yardım istemişlerdir. Bu süreçte araştırmacı ihtiyaç duyan öğrencilere “yazılımın ... slaytına dön ve slaytı oku” diyerek yazılıma yönlendirmiş; öğrencinin ilgili bölüme çalışması sağlandıktan sonra “anladın mı, tekrar özetlememi ister misin?” diyerek

öğrencinin karşılaştığı problemi çözmüştür. Aynı şekilde bu problemler araştırmacı tarafından not edilmiştir. Bununla birlikte bu oturumda öğrencilerin ortama daha adapte oldukları ve daha az teknik problem yaşadıkları gözlenmiştir. Konuya çalışmasını tamamlayan öğrencilerden Bilişsel Yük Ölçeği alınarak Hatırlama Testi-2 ve Transfer Testi-2 dağıtılmıştır. Öğrencilerin bu oturuma çalışmaları yaklaşık 30 dakika sürerken testlerin çözümü yaklaşık 15 dakika sürmüştür. Tüm öğrenciler çalışmasını tamamladıktan sonra yazılım bilgisayarlardan silinmiş ve o günkü çalışma tamamlanmıştır.

Bir sonraki oturumda, öğrenciler gelmeden önce termodinamiğin 3. ve 4. oturumu için hazırlanan bölümleri yine bilgisayarın farklı yerlerine farklı isimlerle kaydedilmiştir. Öğrencilerin rahat çalışabilmeleri için kulaklıklar takılarak gerekli ses ayarları yapılmıştır. Bilgisayar laboratuvarına alınan öğrencilere Bilişsel Yük Ölçeği-3 dağıtılmış ve öğrenciler bu oturumdaki konulara çalışmaya başlamışlardır. Yazılımın 7. slaytında ΔH_r yerine H_r ifadesi yazıldığı ve bu durumu öğrencilerin anlamlandıramadığı için soru sordukları fark edilmiştir. 10. slayttaki soruyu ise öğrencilerin tam olarak anlayamadıkları fark edilip düzenlenmesi yönünde not alınmıştır. Öğrencilerin üçüncü oturuma çalışmaları yaklaşık 40 dakika sürmüştür. Çalışmasını tamamlayan öğrencilerden Bilişsel Yük Ölçeği-3 toplanarak Hatırlama Testi-3 ve Transfer Testi-3 dağıtılmıştır. Transfer Testi-3'deki 2. soruda benzenin mol kütlelerinin verilmediği fark edilmiş; ilgili bilgi tahtaya yazılarak düzeltilmesi yönünde not alınmıştır. Öğrencilerin bu oturumdaki iki testi çözmeleri bireysel farklılıklar olmakla birlikte yaklaşık 20 dakika sürmüştür. Testlerinin çözümünü tamamlayan öğrenciler 15 dakika kadar çalışmaya ara vererek bazıları bilgisayar laboratuvarından çıkıp dışarıda dinlenmiş, bazılarıda internete girmeyi tercih etmişlerdir. Dinlenip laboratuvara dönen öğrenciler, bilgisayarlarının farklı bir sürücüsüne kaydedilen dördüncü oturuma çalışmaya başlamışlardır. Deney grubundaki öğrencilerin dördüncü oturumdaki konulara çalışmaları yaklaşık 15 dakika; Hatırlama Testi-4 ve Transfer Testi-4'ü çözmeleri 10 dakikalarını almıştır. Çalışmasını tamamlayan öğrenciler sessizce dışarı alınarak bilgisayarlarındaki yazılımlar silinmiştir.

Farklı bir günde öğrenciler termodinamik ünitesi ile ilgili hazırlanan yazılımın 5. ve 6. oturumuna çalışmışlardır. Bu iki oturumda da daha öncekine benzer bir süreç izlenmiştir. Beşinci oturumda, yazılımda bileşiğin kompleksliği kavramının öğrenciler tarafından net olarak anlaşılmadığı fark edilmiş ve bu bölümün tekrar ele alınması yönünde not alınmıştır. Öğrencilerin beşinci oturumdaki konulara yaklaşık 15 dakika da Hatırlama Testi-5 ve Transfer Testi-5'i çözmeleri yaklaşık 10 dakika sürmüştür. 6. oturumun 7.

slaytındaki reaksiyonun mol sayısı farkının ($\Delta n=2-4= -2$) yanlış hesaplandığı fark edilip düzeltilmesi yönünde not alınmıştır. Öğrencilerin bu oturuma çalışmaları ve verilen Hatırlama Testi-6 ve Transfer Testi-6'yı çözmelerinde yaklaşık bir önceki oturum kadar süre harcadıkları gözlenmiştir.

Yazılımın 7. ve 8. oturumlarında da yukarıdakine benzer bir yol takip edilmiş ve öğrencilerin uygulama sürecinde karşılaştıkları tüm problemler ayrıntılı bir şekilde not edilmiştir. 7. oturumun 13. slaytındaki soruda, gerek soruda bazı eksikliklerin bulunması ($H_2O(s)$, $H_2O(g)$ kargaşası, sıcaklığın belirtilmemesi gibi) gerekse çok kompleks olmasından dolayı öğrencilerin zorlandıkları ve dolayısıyla sürekli araştırmacıdan ve dersin öğretim üyesinden yardım istedikleri gözlenmiş ve sorunun düzenlenmesi yönünde not alınmıştır. Yedinci oturumdaki konulara yaklaşık 25 dakikada çalışmakla birlikte Hatırlama Testi-7 ve Transfer Testi-7'yi çözmeleri yaklaşık 15 dakika sürmüştür. 8. oturumda ise iki yerde reaksiyonun gibbs enerjisi (ΔG_r) yerine gibbs enerjisi (ΔG) verildiği fark edilip düzeltilmesi yönünde not alınmıştır. Öğrencilerin sekizinci oturumdaki konulara çalışmaları bireysel farklılıkla birlikte yaklaşık 35 dakika sürmekle birlikte Hatırlama Testi-8 ve Transfer Testi-8'yi çözmeleri yaklaşık 15 dakika sürmüştür. Daha önceki oturumlarda olduğu gibi öğrencilerin çalışmaları tamamlandıktan sonra ilgili oturumlar bilgisayardan silinmiştir. Pilot uygulama toplamda sekiz ders saati sürmüştür. Uygulamadan iki hafta sonra öğrencilere termodinamik başarı testi son test olarak uygulanarak deney grubundaki pilot çalışma tamamlanmıştır.

Öğretim yazılımının her bir oturumunda görülen aksaklıkların yanında, yazılımın genelinde hesap makinelerinde bazı sorunlar olduğu (işlem yapıldıktan sonra herhangi bir butona basıldığında aynı işlemi tekrarlaması gibi) belirlenmiştir. Tamamlanmamış örnek sayfasındaki çözüm kutucuğunun sadece doğru cevabın işaretine duyarlı olarak programlanması (çözüm pozitif bir sayı ise negatif sayı yazılamaması) gibi sorunlar olduğu görülmüştür. Yazılımda görülen problemler çözüldükten sonra asıl uygulamaya geçilmiştir.

2.5.2. Kontrol Grubunda Yapılan Pilot Uygulama

Termodinamik ünitesindeki tüm konular tek bir oturumda öğrenilemeyeceği için ünite konu bütünlüğünü bozmayacak şekilde belirli oturumlara ayrılmıştır. Her oturumdan sonra deney ve kontrol grubundaki öğrencilere daha önceden belirlenen öğrenim çıktıları

doğrultusunda hazırlanan hatırlama, transfer ve bilişsel yük testleri uygulanacağı için pilot uygulamaya başlamadan önce kontrol grubundaki oturumları yürütecek öğretim elemanına oturumun öğrenim çıktıları mail yoluyla gönderilmiştir. Bunun yanında bu öğretim elemanına belirlenen öğrenim çıktıları doğrultusunda konu kapsamını, konuyu ne kadar sürede ve hangi yöntemle işleyeceği konularını kendisinin belirleyeceği sadece diğer oturuma geçmeden önce o oturum için hazırlanan testlerin uygulanması gerektiği yönünde açıklama yapılmıştır.

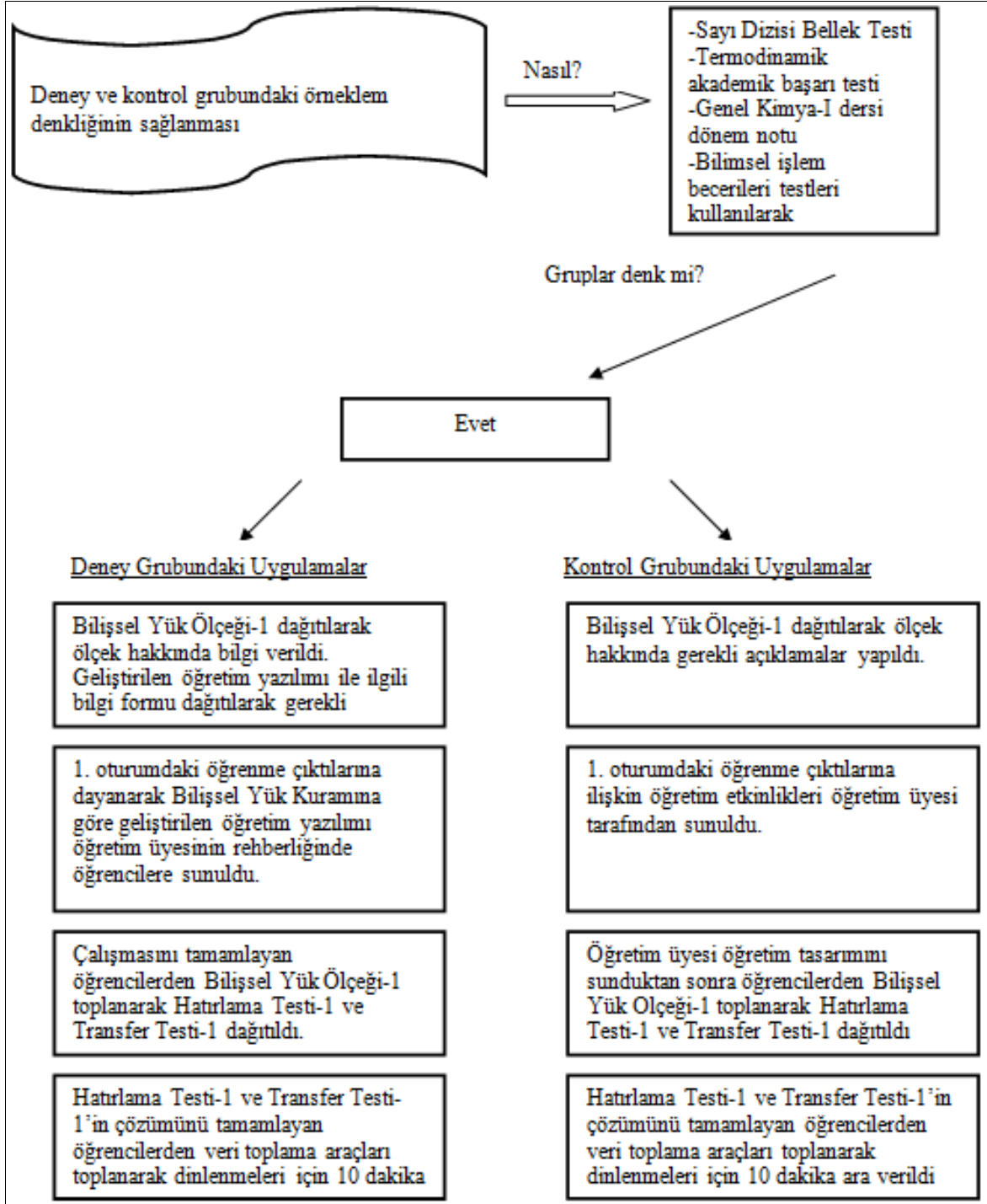
Pilot uygulamaya başlanmadan önce kontrol grubundaki öğrencilere ön test olarak 23 sorudan oluşan termodinamik başarı testi uygulanmıştır. Öğrencilerin bu testi yaklaşık 20 dakikada yanıtladıkları gözlenmiştir. Ön testin uygulanmasından sonra öğrencilerle Sayı Dizisi Bellek Testi için uygun bir saat belirlenmiştir. Öğrenciler belirlenen bilgisayar laboratuvarına gelmeden araştırmacı zaman kaybetmemek için tüm bilgisayarlara Sayı Dizisi Bellek Testinin olduğu internet sayfasını açarak testi kullanım için hazırlamıştır. Öğrenciler bilgisayar laboratuvarına alındıktan sonra öğrencilere testin amacı ve nasıl yapılacağı ile ilgili bilgi verilerek bu testin kesinlikle bir zeka testi olmadığı vurgulanmıştır. Sayı Dizisi Bellek Testini incelemeleri için öğrencilere bir iki dakika süre verildikten sonra test uygulanmış ve öğrencilerin aldıkları puanlar kaydedilmiştir. Bu aşamada bazı öğrencilerin bilgisayar kullanımı konusunda deneyimsiz olmaları ve ilk kez sanal ortamda bir test ile karşılaşmalarından dolayı bazı problemler yaşadıkları ve başarısız oldukları gözlenmiştir. Böyle bir durumda araştırmacı öğrenciye testin kullanımını tekrar anlatarak tekrar bir uygulama imkanı tanımıştır. Bir hafta sonra öğrencilere 36 maddeden oluşan Bilimsel İşlem Becerileri Testi uygulanmıştır. Uygulama için öğrencilere 40 dakikalık bir süre verilmiştir. Bu testin de uygulamasından sonra pilot uygulamaya geçilmiştir.

İlk oturumda kontrol grubundaki öğrencilere Bilişsel Yük Ölçeği ile ilgili bilgi verilerek öğretim elemanı ile birlikte birinci oturum kapsamında hazırlanan Bilişsel Yük Ölçeği-1 öğrencilere dağıtılmıştır. Öğretim elemanı bu oturum kapsamındaki konuları istediği yöntemle ele almıştır. Bu süreçte öğrenciler dikkatle öğretim elemanını dinlemişlerdir. Bazı öğrencilerin öğretim elemanının tahtaya yazdığı veya daha önceden hazırladığı sunuyu projektörle yansıttığında soruları yanındaki arkadaşı ile sessizce çözdükleri veya bir durumu diğer arkadaşlarını rahatsız etmeden tartıştıkları görülmüştür. Bu durumda öğretim elemanı dersin akışını bozmadığı sürece sınıf içi iletişime müdahale etmemiştir. Ders tamamlandıktan sonra öğrencilerin bilişsel yük ölçekleri alınıp Hatırlama

Testi-1 ve Transfer Testi-1 dağıtılmıştır. Bu aşamada anlaşılmayan sorular varsa gerekli açıklamalar yapılmış ve sorulardaki anlaşılmayan kısımları hakkında not alınmıştır. Öğrenciler bu testleri bireysel farklılıklar olmasıyla birlikte yaklaşık 20 dakikada çözmüşlerdir. 2. oturumdaki konulara geçmeden önce on dakika ara verilmiştir. Öğrencilere Bilişsel Yük Ölçeği-2 dağıtılarak öğretim elemanı ikinci oturumdaki konuları işlemeye başlamıştır. İkinci oturumdaki konuların işlenmesi tamamlandıktan sonra öğrencilerden Bilişsel Yük Ölçekleri toplanarak Hatırlama Testi-2 ve Transfer Testi-2 dağıtılmıştır. 1. oturumda olduğu gibi burada da anlaşılmayan sorularla ilgili notlar alınmıştır. Öğrencilerin dağıtılan iki testi yaklaşık 15 dakikada çözdükleri gözlenmiş çalışmanın tamamlanmasıyla testler toplanarak o günkü çalışma tamamlanmıştır. Bir sonraki gün öğretim elemanı 3. ve 4. oturumda yer alan konuları işlemiştir. Farklı bir günde öğretim elemanı 5. ve 6. oturumda yer alan konuları; takip eden bir sonraki derste ise 7. ve 8. oturumda yer alan konuları işlemiştir. Bu süreçte yukarıda izlenen yol takip edilmiş ve öğrencilerin hazırlanan testleri çözerken karşılaştıkları tüm problemler ayrıntılı bir şekilde not edilmiştir. Kontrol grubundaki pilot uygulama toplamda sekiz ders saati sürmüştür. Uygulamadan iki hafta sonra öğrencilere Termodinamik Başarı Testi son test olarak uygulanarak kontrol grubundaki pilot çalışma tamamlanmıştır.

2.6. Verilerin Toplanması

Pilot uygulamada tespit edilen problemler ışığında veri toplama araçları ve öğretim yazılımı tekrar yapılandırılarak asıl uygulama için hazırlanmıştır. Genel Kimya-II dersinin öğretim üyesi ile yapılan ön görüşmelerden sonra gerekli yasal izinler alınarak (Ek-7) uygulamaya başlanılmıştır. Araştırmada her iki gruptaki uygulamayı da dersi yürüten öğretim üyesi yürütmekle birlikte araştırmacı da hem veri toplama araçlarının uygulanması hemde teknik sorunların çözülmesi kısmında öğretim üyesine yardımcı olmuştur. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Fakültesi Kimya Bölümünde iki farklı grupta yürütülen çalışma aşağıdaki akış diyagramında görülmektedir. Bununla birlikte her iki gruptaki uygulama da aşağıda iki alt başlık halinde ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Örnek olarak her iki gruptaki uygulama süreci ile ilgili akış diyagramı diğer sayfada görülmektedir.



Şekil 13. Deney ve kontrol grubundaki uygulamanın süreç akış diyagramı: 1. oturum örneği

2.6.1. Deneý Grubunda Yapılan Uygulama

Deneý grubundaki uygulamanın yapılabilmesi için Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Fakóltesi Kimya Bölümünde bilgisayar laboratuvarı olmadığından öğrencilerin kolay ulaşabilecekleri Kimya bölümüne yakın bir başka bölümde 45 bilgisayarı olan bir laboratuvar belirlenmiştir. Laboratuvarın bulunduğu bölümün, bölüm başkanlığından izin alınarak bu bilgisayarlara, hazırlanan öğretim yazılımını çalıştırabilecek programlar yüklenerek uygulamaya hazırlanmıştır.

Örneklemedeki öğrenciler yansız olarak gruplara atandıktan sonra öncelikle öğrencilere termodinamik başarı testi ön test olarak uygulanmıştır. Bireysel farklılıklar olmasıyla birlikte öğrencilerin bu testi, yaklaşık 25 dakikada yanıtladıkları gözlenmiştir. Farklı bir günde öğrencilere 36 maddeden oluşan Bilimsel İşlem Becerileri Testi uygulanmıştır. Öğrencilere Bilimsel İşlem Becerileri Testini yanıtlamaları için 40 dakikalık bir süre verilmiştir. Bu testin uygulanmasından sonra öğrencilerle Sayı Dizisi Bellek Testi için uygun bir saat belirlenmiştir. Öğrenciler belirlenen bilgisayar laboratuvarına gelmeden önce, zaman kaybetmemek için Sayı Dizisi Bellek Testinin olduğu internet sayfası açılarak testin kullanımı için yeterli sayıda bilgisayar hazırlanmıştır. Öğrenciler bilgisayar laboratuvarına alındıktan sonra pilot uygulamada olduğu gibi öğrencilere testin amacı ve nasıl yapılacağı ile ilgili bilgi verilmiş ve bu testin kesinlikle bir zeka testi olmadığı vurgulanmıştır. Sayı Dizisi Bellek Testini incelemeleri için öğrencilere beş dakika süre verildikten sonra test uygulanmış ve her bir öğrencinin aldığı puan kaydedilmiştir. Testin uygulanma sürecinde bazı öğrencilerin bilgisayar kullanımı konusunda deneyimsiz olmaları ve ilk kez sanal ortamda bir test ile karşılaşmaları gibi nedenlerle sorunlar yaşanmıştır. Bu durumda araştırmacı tarafından bu öğrencilere testin kullanımı tekrar anlatılarak bir uygulama daha yapmasına izin verilmiştir. Bu testin de uygulamasından sonra uygulamaya geçilmiştir.

Termodinamik ünitesinde Bilişsel Yük Kuramı ilkelerine göre hazırlanan öğretim yazılımının 1. oturumu bilgisayarların masaüstüne, 2. oturumu ise 1. oturumdan önce öğrencilerin dikkatlerini bu oturuma çekmemek için bilgisayarların farklı bir bölümüne farklı bir isimle kaydedilmiştir. Yazılımdaki sesli bölümler olduğundan öğrencilerin birbirini rahatsız etmeden çalışabilmeleri için bilgisayarlara kulaklıklar takılmıştır. Bununla birlikte pilot uygulamada olduğu gibi asıl uygulamada da dersin akışını bozmadığı sürece öğrenme ortamında akran desteğine ihtiyaç duyan öğrencilerin

iletişimine müdahale edilmemiştir. Öğrencilerin bu öğretim yazılımı hakkında bilgi sahibi olmaları için daha önceden hazırlanıp pilot uygulamayla tekrar yapılandırılan kullanma kılavuzu hazırlanarak her bilgisayarın yanına bırakılmıştır. Öğrenciler bilgisayar laboratuvarına alındıktan sonra öncelikle uygulama ile ilgili bilgi verilmiş daha sonra birinci oturum için hazırlanan Bilişsel Yük Ölçeği-1 dağıtılarak ölçekle ilgili gerekli açıklamalar yapılmıştır. Öğrenciler birinci oturum için hazırlanan yazılımdan termodinamikteki temel kavramlara çalışmaya başlamışlardır. Çalışmasını tamamlayan öğrencilerin bilişsel yük ölçekleri alınıp Hatırlama Testi-1 ve Transfer Testi-1 verilmiştir. Öğrencilerin bu oturuma çalışmaları bireysel farklılıklar olmakla birlikte yaklaşık 25 dakika, verilen iki testi çözmeleri de yaklaşık 10 dakika sürmüştür. Bu testleri çözen öğrenciler istiyorlarsa bilgisayarda internete girmelerine izin verilmiş veya sessizce dışarı alınarak 15 dakika kadar dinlenmeleri sağlanmıştır. Kendi tercihlerine göre dinlenip dönen öğrencilere Bilişsel Yük Ölçeği-2 dağıtılarak, öğrenciler hazırlanan yazılımdan termodinamiğin 1. yasası ve iç enerji konusuna çalışmaya başladılar. Konuya çalışmasını tamamlayan öğrencilerden Bilişsel Yük Ölçeği alınarak Hatırlama Testi-2 ve Transfer Testi-2 dağıtılmıştır. Öğrencilerin bu oturuma çalışmaları ortalama 25 dakika sürerken testlerin çözümü ortalama 10 dakika sürmüştür. Tüm öğrenciler çalışmasını tamamladıktan sonra yazılım bilgisayarlardan silinmiştir.

Farklı bir günde öğrenciler gelmeden önce termodinamik ünitesi için hazırlanan yazılımın 3. ve 4. oturumu yine bilgisayarın farklı yerlerine farklı isimlerle kaydedilmiştir. Öğrencilerin rahat çalışabilmeleri için kulaklıklar takılarak gerekli ses ayarları yapılarak öğrenciler laboratuara alınmıştır. Bilişsel Yük Ölçeği-3 dağıtılan öğrenciler üçüncü oturumdaki entalpi konusuna çalışmaya başlamışlardır. Öğrencilerin 3. oturuma çalışmaları yaklaşık 30 dakika; Hatırlama Testi-3 ve Transfer Testi-3'ü çözmeleri de ortalama 15 dakika sürmüştür. Testlerinin çözümünü tamamlayan öğrencilere 15 dakika kadar dinlenmeleri için süre verilmiştir. Bu süreçte bazı öğrenciler bilgisayar laboratuvarından çıkıp kantin vs de dinlenmiş, bazılarıda çıkmayıp internete girmeyi tercih etmişlerdir. Dördüncü oturum için dinlenip tekrar laboratuara dönen öğrencilere Bilişsel Yük Ölçeği-4 dağıtılarak öğrenciler, dördüncü oturumdaki istemlilik ve entropi konularına çalışmaya başlamışlardır. Deney grubundaki öğrencilerin 4. oturumdaki konulara çalışmaları yaklaşık 10 dakika; Hatırlama Testi-4 ve Transfer Testi-4'ü çözmeleri de ortalama 7-8 dakika sürmüştür. Çalışmasını tamamlayan öğrenciler sessizce dışarı alınarak bilgisayarlarındaki yazılımlar silinmiştir.

Öğrencilerle karşılaştırılan günde öğrenciler gelmeden önce termodinamik ünitesi için hazırlanan yazılımın 5. ve 6. oturumu daha önce olduğu gibi bilgisayarın farklı bölümlerine farklı isimlerle kaydedilmiş, bilgisayarlara da kulaklıklar takılarak gerekli ses ayarları yapılmış ve öğrenciler laboratuara alınmıştır. Öğrencilere Bilişsel Yük Ölçeği-5 dağıtılan öğrenciler beşinci oturumdaki standart reaksiyon entropisi ve termodinamiğin 3. yasası konularına çalışmaya başlamışlardır. Çalışmasını tamamlayan öğrencilerden Bilişsel Yük Ölçeği-5 alınarak Hatırlama Testi-5 ve Transfer Testi-5 dağıtılmıştır. Öğrencilerin 5. oturuma çalışmaları yaklaşık 15 dakika; Hatırlama Testi-5 ve Transfer Testi-5'i çözmeleri de ortalama 10 dakika sürmüştür. Testlerinin çözümünü tamamlayan öğrencilere dinlenmeleri için daha önceki oturum aralarında olduğu gibi 15 dakika kadar süre verilmiştir. Dinlenip dönen öğrencilere Bilişsel Yük Ölçeği-6 dağıtılarak, bilgisayarlarının farklı bir sürücüsüne kaydedilen altıncı oturumdaki çevrenin entropisi ve toplam entropi konularına çalışmaları sağlanmıştır. Öğrencilerin bu oturumdaki konulara çalışmaları yaklaşık 15 dakikalarını; Hatırlama Testi-6 ve Transfer Testi-6'yı çözmeleri ise yaklaşık 10 dakikalarını almıştır. Çalışmasını tamamlayan öğrenciler sessizce dışarı alındıktan sonra bilgisayarlarındaki yazılımlar silinmiştir.

Son iki oturum için karşılaştırılan zamanda öğrenciler gelmeden önce termodinamik ünitesi için hazırlanan yazılımın 7. ve 8. oturumu bilgisayarın farklı yerlerine farklı isimlerle kaydedilmiştir. Öğrencilerin rahat çalışabilmeleri için kulaklıklar takılmış ve gerekli ses ayarları da yapılarak öğrenciler laboratuara alınmıştır. Bilişsel Yük Ölçeği-7 dağıtılan öğrenciler yedinci oturumdaki gibbs enerjisi konusuna çalışmaya başlamışlardır. Öğrencilerin bu oturuma çalışmaları yaklaşık 30 dakika; Hatırlama Testi-7 ve Transfer Testi-7'yi çözmeleri de ortalama 10 dakika sürmüştür. Testlerinin çözümünü tamamlayan öğrencilere 15 dakika kadar dinlenmeleri için süre verilmiştir. 8. oturum için dinlenip tekrar laboratuara dönen öğrencilere Bilişsel Yük Ölçeği-8 dağıtılarak, sekizinci oturumdaki gibbs enerjisi ve denge ve termodinamiğin sıfırıncı yasası konularına çalışmaları sağlanmıştır. Deney grubundaki öğrencilerin son oturumdaki konulara çalışmaları ortalama 35 dakika; Hatırlama Testi-8 ve Transfer Testi-8'i çözmeleri de ortalama 15 dakikalarını almıştır. Bu son oturumdan sonra deney grubundaki öğrencilere yapılan uygulamayla ilgili hazırlanan görüş formu dağıtılmıştır. Formu dolduran öğrenciler sessizce dışarı alınarak bilgisayarlarındaki yazılımlar silinmiş ve uygulama tamamlanmıştır. Uygulamadan yaklaşık iki hafta sonra öğrencilere termodinamik

akademik başarı testi son test olarak uygulanmış ve deney grubundaki çalışma tamamlanmıştır.

2.6.2. Kontrol Grubunda Yapılan Uygulama

Deney grubu için öğretim yazılımı geliştirilirken termodinamik ünitesi, konu bütünlüğü bozulmayacak şekilde belirli oturumlara ayrılmıştır. Uygulamaya başlamadan önce her oturumdaki konular ve öğrenim çıktıları ilgili öğretim üyesine sunulmuştur. Kontrol grubundaki dersleri yürütecek öğretim üyesine; her oturumdan sonra hem deney hemde kontrol grubundaki öğrencilere öğrenim çıktıları doğrultusunda hazırlanan hatırlama, transfer ve Bilişsel Yük Ölçeği uygulanması gerektiği anlatılmıştır. Ayrıca bu öğretim elemanına belirlenen öğrenim çıktıları doğrultusunda konu kapsamının minimum deney grubundaki kadar olması gerektiği fakat kendisi gerekli görüyorsa istediği kadar genişletilebileceği konusunda açıklama yapılmıştır. Bunun yanında ilgili öğretim üyesine her bir konuyu ne kadar sürede, hangi yöntem ve teknikle işleyeceği konusuna kendisinin karar vereceği, daha önceki derslerinden farklı olarak bu uygulamada her bir oturumdaki konular işlenip diğer oturuma geçilmeden önce o oturum için hazırlanan testlerin uygulanması gerektiği belirtilmiştir.

Kontrol grubundaki uygulamaya başlanmadan önce öğrencilere ön test olarak 23 sorudan oluşan Termodinamik Akademik Başarı Testi uygulanmıştır. Öğrencilerin bu testi ortalama 25 dakikada yanıtladıkları gözlenmiştir. Ön testin uygulanmasından sonra öğrencilerle Sayı Dizisi Bellek Testi için uygun zaman ve bilgisayar laboratuvarı belirlenmiştir. Öğrenciler belirlenen bilgisayar laboratuvarına gelmeden araştırmacı zaman kaybetmemek için tüm bilgisayarlara Sayı Dizisi Bellek Testinin olduğu internet sayfasını açarak testi kullanım için hazırlamıştır. Öğrenciler bilgisayar laboratuvarına alındıktan sonra deney grubundaki öğrencilerle yapılan uygulamada olduğu gibi öğrencilere, testin amacı ve nasıl yapılacağı ile ilgili bilgi verilmiş ve bu testin kesinlikle bir zeka testi olmadığı yönünde açıklama yapılmıştır. Öncelikle öğrencilere Sayı Dizisi Bellek Testini incelemeleri için öğrencilere beş dakika süre verildikten sonra test uygulanmış ve öğrencilerin aldıkları puanlar kaydedilmiştir. Öğrencilerle karşılaştırılan farklı bir zamanda 36 maddeden oluşan Bilimsel İşlem Becerileri Testi uygulanmıştır. Bu testin uygulanması deney ve kontrol grubundaki öğrencilerle aynı anda yürütülmüştür. Testin yanıtlanması için öğrencilere 40 dakikalık bir süre verilerek uygulama tamamlanmıştır.

Yapılan gözlemlere göre kontrol grubunda yapılan çalışmada öğretim elemanının genellikle izlediği yol şöyledir: öğretim elemanı öncelikle o günkü işleyeceği konu başlığını tahtaya yazdıktan sonra o derste geçen kavram ve ilkeleri öğrencilerin not alabileceği hızda kısaca anlatmış ve çok fazla örnek çözüme yer vermiştir. Öğretim üyesi, öncelikle seçtiği problem durumunu sesli bir şekilde okuyarak tahtaya yazmış ve ilk problemleri öğrencilerle tartışarak kendisi çözmüş daha sonra gönüllü öğrencileri tahtaya kaldırarak onlara çeşitli problemler çözdürmüştür. Öğrenci çözümlerinden sonra ise çözümü tekrar anlatarak başka bir probleme geçmiştir. Uygulama sürecinde yapılan gözlemlere göre öğretim elemanının çoğunlukla işlemsel problemler seçtiği belirlenmiştir.

Kontrol grubundaki ilk derse başlamadan önce öğretim elemanı ile birlikte 1. oturum kapsamında hazırlanan Bilişsel Yük Ölçeği-1 öğrencilere dağıtılarak Bilişsel Yük Ölçeği ile ilgili bilgi verilmiştir. Öğretim üyesi sınıf yoklaması yaptıktan sonra termodinamik ile ilgili kavramları yaklaşık 10 dakikada anlattıktan sonra öğrencilerin bilişsel yük ölçekleri alınıp Hatırlama Testi-1 ve Transfer Testi-1 dağıtılmıştır. Öğrenciler bu testleri bireysel farklılıklarla birlikte yaklaşık 10 dakikada çözmüşlerdir. Küçük bir aradan sonra öğretim üyesinin isteğiyle Bilişsel Yük Ölçeği-2 ve Bilişsel Yük Ölçeği-3 birlikte dağıtılmıştır. Bu ders kapsamında öğretim üyesi iç enerji, entalpi ve termodinamiğin 1. yasası konularını anlattıktan sonra bu konularla ilgili birçok soru çözerek dersi tamamlamıştır. Ders bittikten sonra bilişsel yük ölçekleri toplanmış; hatırlama ve transfer testleri dağıtılmıştır. Öğretim üyesinin bu ders kapsamındaki konuları yaklaşık 40 dakikada işlediği; öğrencilerin Hatırlama Testi-2,3 ve Transfer Testi-2,3'ü yanıtlamaları ise yaklaşık 25 dakika sürmüştür.

Bir sonraki hafta öğrencilere Bilişsel Yük Ölçeği-4 dağıtıldıktan sonra öğretim elemanı 4. oturumda yer alan entropi konusunu anlatmıştır. Ders tamamlandıktan sonra öğrencilerden Bilişsel Yük Ölçeği toplanarak Hatırlama Testi-4 ve Transfer Testi-4 dağıtılmıştır. Öğrenciler verilen testleri yanıtladıktan sonra ara verilmeden Bilişsel Yük Ölçeği-5 dağıtılmıştır. Öğretim üyesi 5. oturumdaki standart reaksiyon entropisi, termodinamiğin ikinci ve üçüncü yasası konularını işledikten sonra yaklaşık on tane soru çözerek dersi tamamlamıştır. Öğrencilerden Bilişsel Yük Ölçeği-5 toplandıktan sonra Hatırlama Testi-5 ve Transfer Testi-5 dağıtılmıştır. Öğrenciler, dağıtılan bu iki testi yaklaşık 10 dakikada çözdükten sonra 15 dakika ara verilmiştir. Verilen aradan sonra Bilişsel Yük Ölçeği-6 dağıtılarak öğretim üyesi tarafından çevrenin entropisi ve toplam entropi konuları anlatılmıştır. Öğretim üyesi bu konularda birçok soru çözdükten sonra Bilişsel Yük Ölçeği-6 toplanarak Hatırlama Testi-6 ve Transfer Testi-6 dağıtılmıştır.

Öğrencilerin verilen bu iki testi yanıtlamaları yaklaşık 10 dakika ve bu dersin işlenmesi ise yaklaşık 30 dakika sürmüştür.

Bir sonraki gün programda yer alan saatte Bilişsel Yük Ölçeği-7 dağıtılarak dersin öğretim üyesi tarafından gibbs enerjisi konusu anlatılmış ve bu konuda bir çok işlemsel soru çözülmüştür. Öğretim üyesinin bu dersteki konuları anlatıp belirlediği soruları çözmesi yaklaşık 60 dakika sürmüştür. Bu aşamadan sonra Bilişsel Yük Ölçeği-7 toplanarak Hatırlama Testi-7 ve Transfer Testi-7 dağıtılmıştır. Öğrenciler bu iki testi yaklaşık 15 dakikada çözdükten sonra 15 dakika kadar ara verilmiştir. Öğrenciler verilen sürede dinlenip döndükten sonra Bilişsel Yük Ölçeği-8 dağıtılarak gibbs enerjisi ve denge ve termodinamiğin sıfırinci yasası konuları işlenmiştir. Öğretim üyesi, bu aşamadan sonra termodinamik ünitesi ile ilgili yaklaşık 30 tane soru çözerek dersi tamamlamıştır. Daha sonra öğrencilerden Bilişsel Yük Ölçeği-8 toplanıp Hatırlama Testi-8 ve Transfer Testi-8 dağıtılmıştır. Öğrencilerin Hatırlama Testi-8 ve Transfer Testi-8'i yanıtlamaları yaklaşık 15 dakikalarını almıştır. Kontrol grubundaki sekiz ders saatlik bu uygulamadan sonra öğretim üyesi dört ders saati daha termodinamik ünitesi ile ilgili problem çözerek farklı bir üniteye geçmiştir. Uygulamadan yaklaşık bir buçuk hafta sonra öğrencilere Termodinamik Akademik Başarı Testi son test olarak uygulanarak kontrol grubundaki çalışma tamamlanmıştır.

2.7. Verilerin Analizi

Bu çalışmada, termodinamik akademik başarı testi, hatırlama testleri, transfer testleri, bilişsel yük testlerinden elde edilen veriler SPSS 15 istatistik paket programı kullanılarak analiz edilmiştir. Öğrenci görüş formundan elde edilen veriler ise içerik analizi yapılarak sunulmuştur.

2.7.1. Hatırlama ve Transfer Testlerinden Elde Edilen Verilerin Analizi

Yukarıda da bahsedildiği gibi bu çalışmada her bir oturumdan sonra uygulanmak üzere sekiz Hatırlama ve sekizde Transfer Testi geliştirilmiştir. Geliştirilen her bir testteki soruların çözümü ile ilgili cevap anahtarı oluşturulmuştur. Testlerdeki her bir sorunun değerlendirilmesinde sonuç odaklı değil, sorunun çözüm sürecine odaklanarak aşama

aşama puanlandırılmış ve her test toplamda 100 puan üzerinden değerlendirilmiştir. Hatırlama ve transfer testleri hem akademik başarının değerlendirilmesinde hemde Bilişsel Yük Ölçeği ile birlikte her öğrencinin etkili öğrenme puanının hesaplanılmasında kullanılmıştır.

2.7.2. Bilişsel Yük Ölçeğinden Elde Edilen Verilerin Analizi

Bilişsel Yük Ölçeği bireyin verilen bir görevi yerine getirirken zihinsel olarak ne kadar zorlandığını belirleyen tek maddelik bir ölçektir. Bu çalışmada her oturumda içerik değiştiğinden öğrencilere verilen öğrenme görevlerinin sayısı da farklılık göstermektedir. Öğrencilere verilen görevlere göre sekiz oturum için ayrı olmak üzere toplamda sekiz tane Bilişsel Yük Ölçeği oluşturulmuştur. Her oturumdan sonra uygulanan Bilişsel Yük Ölçeğindeki maddelere verilen puanların aritmetik ortalaması alınarak her öğrenci için o oturuma ait bir bilişsel yük puanı elde edilmiştir. Bilişsel Yük Ölçeği hem yüklenmenin belirlenmesinde hemde hatırlama ve transfer testleri ile birlikte her öğrencinin etkili öğrenme puanının hesaplanılmasında kullanılmıştır.

2.7.3. Termodinamik Akademik Başarı Testi ve Bilimsel İşlem Beceri Testinin Analizi

Termodinamik Akademik Başarı Testi analiz edilirken her bir doğru yanıtı “1”, yanlış ve boş yanıtı “0” puan verilerek her bir öğrenci için toplam Termodinamik Akademik Başarı Testi puanı elde edilmiştir. Test maddelerindeki alternatif seçenekler; öğrencilerin muhtemel yanlış anlamaları ve yanılgıları dikkate alınarak oluşturulmasına rağmen bu çalışma bir kavram yanılgısı çalışması olmadığından öğrencilerin ne tür yanılgı veya yanlış anlamaya sahip olduğu yönünde bir analiz yapılmamıştır. Test bu hali ile analiz edildiğinde bir öğrencinin alabileceği maksimum puan 23’tür. Termodinamik Akademik Başarı Testi çalışmaya başlamadan önce ön bilgileri belirlemek amacıyla ön test, çalışma bittikten sonra da başarıyı belirlemek için son test olarak kullanıldığı için çalışmanın geneli ile ilgili yapılan analizde kovariyet (covariate) olarak atanmıştır. Ayrıca Termodinamik Akademik Başarı Testinin son testinden elde edilen veriler bilişsel yük puanı ile birlikte etkili öğrenme puanının hesaplanması içinde kullanılmıştır.

Bilimsel İşlem Beceri Testi, Termodinamik Akademik Başarı Testine benzer şekilde her doğru yanıtı “1”, yanlış ve boş yanıtı “0” puan verilerek analiz edilmiştir. Testte 36 madde bulunduğundan bir öğrencinin alabileceği maksimum puan 36’dır. Bu test, çalışmada sadece öğrencilerin bilimsel işlem becerileri bakımından denk olup olmadığını belirlemek için kullanılmıştır.

2.7.4. Bilişsel Yük Kuramına Göre Hazırlanan Öğretim Tasarımı Hakkında Yarı Yapılandırılmış Öğrenci Görüş Formundan Elde Edilen Verilerin Analizi

Sadece deney grubundaki öğrencilere uygulanan öğrenci görüş formundan elde edilen verilerin analizinde içerik analizi kullanılmıştır. Görüş formundaki iki aşamalı soruların ilk aşamasında verilen yanıtların frekansları belirlenmiştir. Soruların nedeninin araştırıldığı ikinci aşamada ise öncelikle öğrenci yanıtları kodlanmış, bu kodlar doğrultusunda temalar belirlenmiştir. Bu temalara ilişkin olarak oluşturulan matrislerde, her bir kodun frekansı belirlenerek analiz edilmiştir. Bu aşamadan sonra hazırlanan öğretim yazılımı ve öğretim tasarımı ile ilgili öğrencilerin görüşlerine göre modellemeye gidilmiştir.

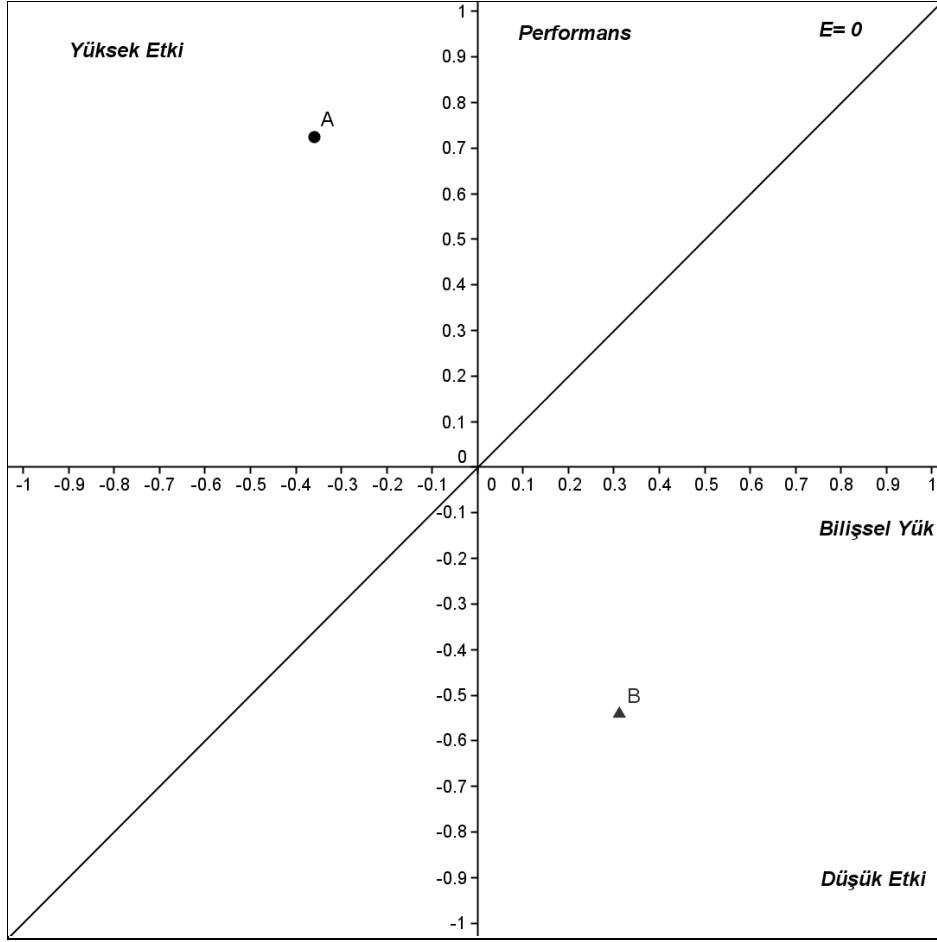
2.7.5. Çalışmanın Genelinden Elde Edilen Verilerin Analizi

Çalışmaya başlamadan önce grupların bilimsel işlem becerileri bakımından, termodinamik ünitesi ile ilgili ön bilgileri bakımından, genel kimya başarıları bakımından ve bellek genişlikleri bakımından gruplar arasında farklılık olup olmadıklarını belirlemek amacıyla bağımsız gruplar t-testi yapılmıştır. Bilindiği gibi bağımsız gruplar t-testi iki farklı örneklem grubunun ortalamalarının karşılaştırılmasında kullanılmaktadır (Kalaycı, 2009).

Çalışmanın her oturumundan sonra örneklemdeki öğrencilere, o oturumla ilgili hazırlanan Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği uygulandığı için etkisi araştırılan bağımsız değişkenin bu üç değişkene etkisi bakımından gruplar arasında farklılık olup olmadığını belirlemek amacıyla çok faktörlü varyans analizi (MANOVA) yapılmıştır. Bilindiği gibi birden fazla bağımlı değişkene tek bağımsız değişkenin etki ettiği durumlarda tek yönlü MANOVA kullanılmaktadır (Kalaycı, 2009). Araştırmada grup

ve uzmanlık olmak üzere iki tane bağımsız değişkenin etkisi araştırıldığından her oturum için ikişer tane MANOVA testi yapılmıştır. Bilişsel Yük Kuramına göre bellek genişliği öğrenmeyi etkileyen unsurlardan olduğundan her oturum için yapılan MANOVA testlerinde Sayı Dizisi Bellek Testi; çalışmanın geneli için yapılan MANOVA testlerinde ise Sayı Dizisi Bellek Testi ve termodinamik akademik başarı testi (ön test) kovariyet olarak atanmıştır. Uzmanlık bağımsız değişkenine göre yapılan MANOVA'da grupların ortalamaları arasındaki farklılığı göstermek amacıyla Bonferroni testi uygulanmıştır. Bonferroni testi ikiden fazla grup söz konusu olduğunda ve grup büyüklüklerinin farklı olması durumunda da güvenilir sonuçlar vermesi nedeniyle tercih edilmiştir (Kayri, 2009).

Bunun yanında deney ve kontrol grubundaki öğretim tasarımlarının etkililiğini yorumlayabilmek için etkili öğrenme puanları (E) hesaplanmıştır. Etkili öğrenme puanı, çeşitli öğrenme metodlarının bağıl etkililiğini ölçmek için Paas ve Van Merriënboer (1993,1994) tarafından geliştirilmiştir. Öğrenmede etkililiğin ölçülmesinde verilen bir görevdeki performans ve bu süreçteki zihinsel zorlanma arasındaki ilişkiye göre hesaplanmaktadır. Bunun için öncelikle performans (P) ve zihinsel çaba puanları (ZÇ) Z puanlarına dönüştürülerek $E = P - ZÇ / \sqrt{2}$ formülüyle etkili öğrenme puanı hesaplanmıştır. Çalışmada bahsedilen performans puanları, hatırlama ve transfer düzeyindeki öğrenci başarısı dikkate alınarak hesaplanmıştır. Dolayısıyla çalışmada hatırlama ve transfer performansı olmak üzere iki tür performans puanından bahsedilmektedir. Performans Z puanının zihinsel çaba Z puanından yüksek olması yani E puanının pozitif olması, etkili öğrenmenin sağlandığı şeklinde yorumlanmaktadır. Ayrıca etkili öğrenmenin yorumlanmasında etkili öğrenme grafiği kullanılmıştır. Aşağıdaki grafikte görüldüğü gibi bir öğrenme görevi çok az zihinsel çaba ve yüksek performansla gerçekleştirildiğinde yüksek etkililik; yüksek zihinsel çaba ve düşük performans ortaya konulduğunda düşük etkililik bölgesinde yer almaktadır.



Şekil 14. Etkili öğrenme grafiği

Etkili öğrenme grafiğinde görüldüğü gibi A grubundaki öğrenciler, verilen öğrenme görevinde yüksek performans düşük bilişsel yüklenme gösterdiklerinden öğrenmede yüksek etkililik sağlamışlardır. Bununla birlikte B grubundaki öğrenciler, öğrenme sürecinde A grubundaki öğrencilere göre düşük performans yüksek bilişsel yüklenme gösterdiklerinden öğrenmede düşük etkililik göstermişlerdir. Dolayısıyla A grubundaki öğrencilerin etkili öğrenme puanları (E) pozitifken, B grubundaki öğrencilerin etkili öğrenme puanları (E) negatiftir.

3. BULGULAR

Bu bölümde, öncelikle uygulamaya başlamadan önce örneklemdeki öğrencilerle ilgili bilgi sahibi olmak için uygulanan ön testlerden elde edilen bulgular sunulmuştur. Uygulama sürecini daha iyi yansıtabilmek için sekiz oturumdan elde edilen veriler analiz edilerek ilk iki (1. ve 2. oturum) oturumun bulguları bu bölümde, diğer altı oturum (3., 4., 5., 6., 7. ve 8. oturum) ise tekrardan kaçınmak için ekler bölümüne (Ek-1) konulmuştur. Termodinamik ünitesi ile ilgili genel durumu ortaya kayabilmek adına, öncelikle sekiz oturumdan elde edilen bulguların genel dağılımı betimsel olarak incelenmiştir. Daha sonra, her bir öğrenci için sekiz oturumdan sonra uygulanan testlerin ortalaması alınarak ortalama Hatırlama Testi, ortalama Transfer Testi ve ortalama Bilişsel Yük Ölçeği ve uygulama sonrası Termodinamik Akademik Başarı Son Testinden elde edilen bulgular sunulmuştur. Son olarak bu bölümde, deney grubundaki öğrencilerin Bilişsel Yük Kuramına göre geliştirilen öğretim yazılımı ve bu kuram doğrultusunda geliştirilen öğretim tasarımı hakkındaki görüşleri ile ilgili bulgulara yer verilmiştir.

3.1. Asıl Çalışma Öncesi Uygulanan Testlerden Elde Edilen Bulgular

Bu bölümde, asıl uygulama yapılmadan önce deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin termodinamik başarı testi, Sayı Dizisi Bellek Testi, Bilimsel İşlem Becerileri Testi ve Genel Kimya-I dersi akademik başarı ortalama puanlarından elde edilen bulgulara yer verilmiştir.

3.1.1. “Termodinamik Akademik Başarı Testi”nin Ön Test Uygulamalarından Elde Edilen Bulgular

Uygulamadan önce termodinamik ünitesinde deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin ön bilgileri arasında anlamlı bir fark olup olmadığını belirlemek amacıyla Termodinamik Akademik Başarı Testi aritmetik ortalamaları karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma yapılmadan önce grupların Termodinamik Akademik Başarı Testi puanı varyansları arasında farklılık olup olmadığı belirlenmiştir. Varyansların eşitliği için yapılan

Levene testine göre grupların varyanslarının eşit olduğu belirlenmiş [$F= 0.01$, $p= 0.90$, $p>0.05$] ve t testi yapılmasına karar verilmiştir.

Tablo 5’de deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin termodinamik başarı testi puanlarının aritmetik ortalamaları, standart sapmaları ve t-testi sonuçları sunulmuştur.

Tablo 5. Deney ve kontrol gruplarındaki öğrencilerin “Termodinamik Akademik Başarı Testi” ön test uygulama t-Testi sonuçları

Grup	N	X	Ss	sd	t	p
Kontrol	19	4.53	2.04	35	0.35	0.36
Deney	18	3.88	2.17			

Tablo 5’de görüldüğü gibi termodinamik başarı ön test uygulamalarının sonuçları bakımından kontrol grubundaki öğrencilerin ortalama puanlarının ($X= 4.53$) deney grubundaki öğrencilerin ortalama puanlarına ($X= 3.88$) yakındır. Yapılan t-testine göre deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin Termodinamik Akademik Başarı Testi ön test uygulama puanları arasında anlamlı bir fark yoktur [$t(35)=0.35$, $p=0.36$, $p>0.05$].

3.1.2. Sayı Dizisi Bellek Testinden Elde Edilen Bulgular

Asıl uygulamadan önce öğrenmeyi etkilediği düşünülen bellek genişliğini ölçmek amacıyla örneklemdaki öğrencilere Sayı Dizisi Bellek Testi uygulanmıştır. Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin bellek genişlikleri arasında farklılık olup olmadığını belirlemek amacıyla bu gruplara uygulanan Sayı Dizisi Bellek Testi sonuçları karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma yapılmadan önce grupların Sayı Dizisi Bellek Testi puanı varyansları arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığı belirlenmiştir. Varyansların eşitliği için yapılan Levene testine göre grupların varyanslarının eşit olduğu belirlenmiş [$F= 0.01$, $p= 0.94$, $p>0.05$] ve t testi yapılmasına karar verilmiştir.

Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin Sayı Dizisi Bellek Testi puanlarının aritmetik ortalamaları, standart sapmaları ve t-testi sonuçları Tablo 6’da sunulmuştur.

Tablo 6. Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin “Sayı Dizisi Bellek Testi” t-Testi sonuçları

Grup	N	X	Ss	sd	t	p
Kontrol	19	9.95	2.76	35	0.54	0.59
Deney	18	10.38	2.12			

Deney grubundaki öğrencilerin ortalama bellek puanı ($\bar{X}=10.38$) ile kontrol grubundaki öğrencilerin ortalama bellek puanları ($\bar{X}=9.95$) birbirine oldukça yakın olduğu çizelgeden de görülmektedir. Yapılan t testine göre bu iki grup arasında bellek puanları açısından anlamlı bir fark bulunamamıştır [$t(35)=0.54$, $p=0.59$, $p>0.05$].

3.1.3. Bilimsel İşlem Becerileri Testinden Elde Edilen Bulgular

Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin bilimsel işlem becerileri arasında fark olup olmadığını belirlemek için bu testten aldıkları ortalama puanlar karşılaştırılmıştır. Belirtilen karşılaştırma yapılmadan önce grupların bilimsel işlem beceri testi puanı varyansları arasında farklılık olup olmadığı belirlenmiştir. Varyansların eşitliği için yapılan Levene testine göre grupların varyanslarının eşit olduğu belirlenmiş [$F=2.82$, $p=0.10$, $p>0.05$] ve t testi yapılmasına karar verilmiştir.

Tablo 7’de deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin Bilimsel İşlem Becerileri Testi puanlarının aritmetik ortalamaları, standart sapmaları ve t-testi sonuçları sunulmuştur.

Tablo 7. Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin “Bilimsel İşlem Becerileri Testi” t-Testi sonuçları

Grup	N	\bar{X}	Ss	sd	t	p
Deney	18	21.89	3.07	35	0.59	0.56
Kontrol	19	21.16	4.38			

Tablo 7’de görüldüğü gibi Bilimsel İşlem Becerileri Testi sonuçlarına göre deney grubundaki ($\bar{X}=21.89$) ve kontrol grubundaki öğrencilerin ortalama puanları ($\bar{X}=21.16$) birbirine yakındır. Yapılan t-testine göre deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin Termodinamik Başarı Testi ön test uygulama puanları arasında anlamlı bir fark yoktur [$t(35)=0.59$, $p=0.56$, $p>0.05$].

3.1.4. Genel Kimya-1 Dersi Akademik Başarı Ortalamalarından Elde Edilen Bulgular

Örneklemdaki öğrencilerin akademik başarıları arasında farklılık olup olmadığını belirlemek için Genel Kimya-I dersi akademik başarı ortalama puanları karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma yapılmadan önce grupların Genel Kimya-I dersi akademik başarı puanı varyansları arasında farklılık olup olmadığı belirlenmiştir. Bu amaçla yapılan Levene testine göre grupların varyanslarının eşit olduğu belirlenmiş [$F= 0.64$, $p= 0.43$, $p>0.05$] ve t testi yapılmasına karar verilmiştir.

Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin Genel Kimya-I dersi akademik başarı puanlarının aritmetik ortalamaları, standart sapmaları ve t-testi sonuçları Tablo 8’de sunulmuştur.

Tablo 8. Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin “Genel Kimya-I Dersi Akademik Başarı Ortalamaları” t-Testi sonuçları

Grup	N	\bar{X}	Ss	sd	t	p
Deney	18	48.94	12.24	35	1.23	0.23
Kontrol	19	54.37	14.40			

Genel Kimya-I dersi akademik başarı ortalama puanlarına göre kontrol grubundaki öğrencilerin ortalama puanlarının ($\bar{X} = 54.37$), deney grubundaki öğrencilerin ortalama puanlarından ($\bar{X} = 48.94$) daha yüksek olduğu Tablo 8’den görülmektedir. Bununla birlikte yapılan t-testine göre deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin Genel Kimya-I dersi akademik başarı puanları arasında istatistiki olarak anlamlı bir farklılık bulunamamıştır [$t(35)= 1.23$, $p=0.23$, $p>0.05$].

3.2. Termodinamik Ünitesi 1. Oturumundan Elde Edilen Bulgular

Araştırmanın bu bölümünde termodinamik ünitesi ile ilgili yapılan uygulamanın birinci oturumundan elde edilen bulgular sunulmuştur. Bu oturumda deney ve kontrol grubundaki öğrenciler termodinamik ile ilgili temel kavramları öğrenmişlerdir.

3.2.1. Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Termodinamik Ünitesi 1. Oturumundaki Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeğinden Elde Edilen Bulgular

Termodinamik ile ilgili temel kavramların öğretildiği ilk oturumdan sonra deney ve kontrol grubundaki öğrencilere uygulanan Hatırlama Testi-1, Transfer Testi-1 ve Bilişsel Yük Ölçeği-1'den elde edilen puanlar karşılaştırılmıştır. Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin Hatırlama Testi-1, Transfer Testi-1 ve Bilişsel Yük Ölçeği-1 puanlarının aritmetik ortalamaları ve standart sapmaları Tablo 9'da sunulmuştur.

Tablo 9. Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği aritmetik ortalamalarının betimsel istatistikleri

	Grup	N	Ortalama	Ss
Hatırlama Testi-1	Deney	18	82.22	22.17
	Kontrol	19	51.63	20.75
Transfer Testi-1	Deney	18	82.50	23.34
	Kontrol	19	40.42	24.70
Bilişsel Yük Ölçeği-1	Deney	18	3.15	1.60
	Kontrol	19	2.19	1.13

Tablo 9'dan da görüldüğü gibi deney grubundaki öğrencilerin Hatırlama Testi aritmetik puan ortalamaları 82.22 iken kontrol grubundaki öğrencilerin 51.63 bulunmuştur. Yine aynı tablodan deney grubundaki öğrencilerin Transfer Testi aritmetik ortalama puanlarının ($\bar{X} = 82.50$), kontrol grubundaki öğrencilerin Transfer Testi puanlarından ($\bar{X} = 40.42$) yüksek olduğu görülmektedir. Bilişsel Yük Ölçeğinden ise deney grubundaki öğrencilerin ortalama bilişsel yük puanlarının ($\bar{X} = 3.15$) kontrol grubundaki öğrencilerin ortalama bilişsel yük puanına ($\bar{X} = 2.19$) göre daha yüksek olduğu yani birinci oturumdaki konuları öğrenirken zihinsel olarak daha fazla çaba sarfettikleri belirlenmiştir. Hatırlama Testi, Transfer Testi ve bilişsel yük testlerindeki tabloda görülen farklılıkların istatistiki olarak 0.05 düzeyinde anlamlı olup olmadığı çok faktörlü varyans analiziyle (MANOVA) test edilmiştir.

Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin hatırlama, transfer ve Bilişsel Yük Ölçeği puanlarını analiz etmeden önce bu bağımlı değişkenlerin varyans ve kovaryans matrisleri arasında anlamlı bir fark bulunup bulunmadığı test edilmiştir. Araştırmada varyansların eşitliğini sınamak için yapılan Levene testine göre hatırlama [$F(1-35) = 0.21$, $p = 0.65$,

$p>0.05$], transfer [$F(1-35)= 0.14, p= 0.71, p>0.05$] ve bilişsel yük [$F(1-35)= 2.60, p= 0.12, p>0.05$] testinin varyanslarının eşit olduğu belirlenmiştir. Kovaryans matrislerinin eşitliğini sınamak amacıyla yapılan Box's M testine göre [$F(6-8798,4)=0.66, p=0.68, p>0.05$], deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin hatırlama, transfer ve Bilişsel Yük Ölçeği puanlarının kovaryans matrislerinin eşit olduğunu görülmüş ve çok faktörlü varyans analizi yapılmasına (MANOVA) karar verilmiştir.

Araştırmada kovaryans eşitliği sağlandığı için grup değişkeninin Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeğine etkisini yorumlamada Wilks' Lambda testi kullanılmıştır. Wilks' Lambda testine göre bellek kontrol değişkeninin bağımlı değişkenlerle yüksek düzeyde anlamlı bir ilişkisinin olduğu [$(\lambda)=0.96, F(3-32)=486, \eta_p^2 =0.04, p=0.69, p>0.05$] ve grup bağımsız değişkenin bağımlı değişkenler üzerine anlamlı bir etkiye sahip olduğu bulunmuştur [$(\lambda)=0.37, F(3-32)=18.13, \eta_p^2 =0.63, p=0.00, p<0.05$]. Araştırmada bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkenler üzerindeki etkisini belirlemek için kısmi eta kare (η_p^2) değerleri kullanılmıştır. Kısmi eta kare (η_p^2) değeri 0,14'den büyük olduğu için grup değişkeninin hatırlama, transfer ve bilişsel yük testleri üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Kısmi eta kare değerine göre, grup değişkeni hatırlama, transfer ve bilişsel yük testlerinde meydana çıkan farkın % 63'ünü açıklamaktadır.

Tablo 10. Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği ortalama puanlarına göre MANOVA sonuçları

Varyansın Kaynağı	Bağımlı Değişkenler	Kareler Toplamı	Sd	Ortalamalar Karesi	F	p	η_p^2
Bellek	Hatırlama Testi-1	222.73	1	222.73	0.48	0.50	0.01
	Transfer Testi-1	11.22	1	11.22	0.02	0.89	0.00
	Bilişsel Yük Ölçeği-1	1.86	1	1.86	0.97	0.33	0.03
Grup	Hatırlama Testi-1	8832.14	1	8832.14	18.90	0.00	0.36
	Transfer Testi-1	16151.24	1	16151.24	27.14	0.00	0.44
	Bilişsel Yük Ölçeği-1	9.21	1	9.21	4.82	0.04	0.12
Hata	Hatırlama Testi-1	15888.81	34	467.32			
	Transfer Testi-1	20235.91	34	595.17			
	Bilişsel Yük Ölçeği-1	65.01	34	1.91			
Toplam	Hatırlama Testi-1	24761.24	36				
	Transfer Testi-1	36613.57	36				
	Bilişsel Yük Ölçeği-1	75.41	36				

Tablo 10'da bellek kontrol değişkeninin, hatırlama [$F(1-34)=0.48, \eta_p^2 = 0.01, p= 0.50, p>0.05$] ve bilişsel yük [$F(1-34)=0.97, \eta_p^2 = 0.03, p= 0.33, p>0.05$] testi puanlarıyla

orta düzeyde anlamlı bir ilişkiye sahip olduğu; Transfer Testi ortalama puanlarıyla ise üst düzeyde ve anlamlı ilişkiye sahip olduğu görülmektedir [$F(1-34)=0.02$, $\eta_p^2 = 0.00$, $p=0.89$, $p>0.05$]. Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin Hatırlama Testi [$F(1-34)=18.90$, $\eta_p^2=0.36$, $p=0.00$, $p<0.00$] ve Transfer Testi [$F(1-34)=27.14$, $\eta_p^2=0.44$, $p=0.00$, $p<0.00$] puanları arasında deney grubu lehine; Bilişsel Yük Ölçeği [$F(1-34)=4.82$, $\eta_p^2=0.12$, $p=0.04$, $p<0.05$] puanları arasında ise kontrol grubu lehine anlamlı bir farklılık olduğu bulunmuştur.

3.2.2. Deney ve Kontrol Grubundaki Uzman ve Uzman Olmayan Öğrencilerin Termodinamik Ünitesi 1. Oturumundaki Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeğinden Elde Edilen Bulgular

Birinci oturumun uygulanmasından sonra deney ve kontrol gruplarındaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin Hatırlama Testi-1, Transfer Testi-1 ve Bilişsel Yük Ölçeği-1'den elde edilen puanları karşılaştırılmıştır. Deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin Hatırlama Testi-1, Transfer Testi-1 ve Bilişsel Yük Ölçeği-1'in aritmetik ortalamaları ve standart sapma değerleri Tablo 11'de görülmektedir.

Tablo 11. Deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi Ve Bilişsel Yük Ölçeği betimsel istatistikleri

	Uzmanlık	N	Ortalama	Ss
Hatırlama Testi-1	Deney Uzman	10	87.00	15.85
	Deney Uzman Olmayan	8	76.25	28.25
	Kontrol Uzman	12	51.33	25.59
	Kontrol Uzman Olmayan	7	52.14	9.51
Transfer Testi-1	Deney Uzman	10	87.00	20.03
	Deney Uzman Olmayan	8	76.88	27.25
	Kontrol Uzman	12	42.25	28.37
	Kontrol Uzman Olmayan	7	37.29	18.36
Bilişsel Yük Ölçeği-1	Deney Uzman	10	2.90	1.37
	Deney Uzman Olmayan	8	3.47	1.91
	Kontrol Uzman	12	2.35	1.37
	Kontrol Uzman Olmayan	7	1.92	0.55

Tablo 11'den de görüldüğü gibi Hatırlama Testi puanlarına göre deney grubundaki uzman öğrenciler ($\bar{X} = 87.00$); deney grubundaki uzman olmayan öğrencilerden

($\bar{X} = 76.25$), kontrol grubundaki uzman ($\bar{X} = 51.33$) ve uzman olmayan öğrencilerden ($\bar{X} = 52.14$) daha yüksek puana sahiptir. Transfer Testi puanlarına göre deney grubundaki uzman öğrenciler ($\bar{X} = 87.00$), deney grubundaki uzman olmayan öğrencilerden ($\bar{X} = 76.25$) ve kontrol grubundaki uzman öğrenciler ($\bar{X} = 51.33$), kontrol grubundaki uzman olmayan öğrencilerden ($\bar{X} = 52.14$) daha yüksek puan almıştır. Transfer Testi puanlarına göre bu dört grup arasında en yüksek puana yine deney grubundaki uzman öğrencilerin ulaştığı tablodan görülmektedir. Bilişsel Yük Ölçeği sonuçlarına göre birinci oturumteki konuları öğrenirken zihinsel olarak en fazla deney grubundaki uzman olmayan öğrenciler ($\bar{X} = 3.47$) çaba sarf ederken, kontrol grubundaki uzman olmayan öğrenciler ($\bar{X} = 1.92$) ise zihinsel olarak en az çabayı sarf ettiği belirlenmiştir. Hatırlama Testi, Transfer Testi ve bilişsel yük testlerindeki Tablo 11’de görülen farklılıkların istatistiki olarak 0.05 düzeyinde anlamlı olup olmadığı çok faktörlü varyans analiziyle (MANOVA) test edilmiştir.

Deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin hatırlama, transfer ve Bilişsel Yük Ölçeği puanlarını analiz etmeden önce bu bağımlı değişkenlerin varyansları ve kovaryans matrisleri arasında anlamlı bir fark olup olmadığı test edilmiştir. Araştırmada varyansların eşitliğini sınamak için Levene Testi yapılmıştır. Bu teste göre hatırlama [$F(3-33) = 4.44, p = 0.01, p < 0.05$] testinin varyansı eşit olmamakla birlikte, transfer [$F(3-33) = 1.21, p = 0.32, p < 0.05$] ve bilişsel yük [$F(3-33) = 1.25, p = 0.31, p < 0.05$] testinin varyanslarının eşit olduğu görülmektedir. Kovaryansların eşitliğini sınamak için yapılan Box’s M testine göre, deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin hatırlama, transfer ve Bilişsel Yük Ölçeği puanlarının kovaryans matrislerinin eşit olduğu görülmüş [$F(18-2663.15) = 1.48, p = 0.09, p > 0.05$] ve çok faktörlü varyans analizi yapılmasına (MANOVA) karar verilmiştir.

Wilks' Lambda testine göre bellek kontrol değişkeninin hatırlama, transfer ve Bilişsel Yük Ölçeği puanları üzerinde yüksek düzeyde ve anlamlı bir ilişkiye sahip olduğu [$(\lambda) = 0.95, F(3-30) = 0.51, \eta_p^2 = 0.05, p = 0.68, p > 0.05$] ve uzmanlık değişkeninin ise bu bağımlı değişkenler üzerine anlamlı bir etkiye sahip olduğu bulunmuştur [$(\lambda) = 0.34, F(9-73.16) = 4.57, \eta_p^2 = 0.30, p = 0.00, p < 0.00$]. Kısmi eta kare değeri incelendiğinde ($\eta_p^2 = 0.30$) uzmanlık değişkeninin bağımlı değişkenler üzerinde yüksek bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. Dolayısıyla uzmanlık değişkeni Hatırlama, Transfer ve Bilişsel Yük Testlerinde meydana gelen farkın % 30’unu açıklamaktadır.

Tablo 12. Deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği ortalama puanlarına göre MANOVA sonuçları

Varyansın Kaynağı	Bağımlı Değişkenler	Kareler Toplamı	Sd	Ortalamalar Karesi	F	p	η_p^2
Bellek	Hatırlama Testi-1	606.20	1	606.20	1.29	0.26	0.04
	Transfer Testi-1	4.85	1	4.85	0.01	0.93	0.00
	Bilişsel Yük Ölçeği-1	0.60	1	0.60	0.30	0.59	0.01
Uzmanlık	Hatırlama Testi-1	9732.13	3	3244.04	6.93	0.00	0.39
	Transfer Testi-1	16709.45	3	5569.82	9.06	0.00	0.46
	Bilişsel Yük Ölçeği-1	10.23	3	3.41	1.71	0.19	0.14
Hata	Hatırlama Testi-1	14988.83	32	468.40			
	Transfer Testi-1	19677.70	32	614.93			
	Bilişsel Yük Ölçeği-1	63.99	32	2.00			
Toplam	Hatırlama Testi-1	24761.24	36				
	Transfer Testi-1	36613.57	36				
	Bilişsel Yük Ölçeği-1	75.41	36				

Tablo 12'den bellek kontrol değişkeninin, Hatırlama [$F(1-32)=1.29$, $\eta_p^2=0.04$, $p=0.26$, $p>0.05$] ve Bilişsel Yük [$F(1-32)=0.30$, $\eta_p^2=0.01$, $p=0.59$, $p>0.05$] Testi puanlarıyla orta düzeyde anlamlı bir ilişkiye sahip olduğu; Transfer Testi ortalama puanlarıyla ise üst düzeyde ve anlamlı ilişkiye sahip olduğu görülmektedir [$F(1-32)=0.01$, $\eta_p^2=0.00$, $p=0.93$, $p>0.05$]. Deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin Hatırlama Testi [$F(3-32)=6.93$, $\eta_p^2=0.39$, $p=0.00$, $p<0.05$] ve Transfer Testi [$F(3-32)=9.01$, $\eta_p^2=0.46$, $p=0.00$, $p<0.05$] puanları arasında anlamlı bir fark varken Bilişsel Yük Ölçeği [$F(3-32)=1.71$, $\eta_p^2=0.14$, $p=0.19$, $p>0.05$] puanları arasında anlamlı bir fark olmadığı bulunmuştur.

Deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeğinden aldıkları puanlarına göre çoklu karşılaştırmaları Tablo 13'de görülmektedir.

Tablo 13. 1. Oturumda deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği ortalama puanlarına göre Bonferroni Testi sonuçları

Bağımlı Değişken	Uzmanlık	Uzmanlık	Ortalamalar Farkı	Standart Hata	Sig.
Hatırlama Testi-1	DU	DUO	14.26	10.72	0.19
		KU	40.06(*)	10.04	0.00
		KUO	33.87(*)	10.70	0.00

Tablo 13'ün devamı

Hatırlama Testi-1	DUO	DU	-14.26	10.72	0.19
		KU	25.80(*)	9.91	0.01
		KUO	19.61	11.88	0.11
	KU	DU	-40.06(*)	10.04	0.00
		DUO	-25.80(*)	9.91	0.01
		KUO	-6.19	11.33	0.59
	KUO	DU	-33.87(*)	10.70	0.00
		DUO	-19.61	11.88	0.11
		KU	6.19	11.33	0.59
Transfer Testi-1	DU	DUO	9.81	12.28	0.43
		KU	44.36(*)	11.50	0.00
		KUO	49.80(*)	12.26	0.00
	DUO	DU	-9.81	12.28	0.43
		KU	34.55(*)	11.35	0.01
		KUO	39.99(*)	13.61	0.01
	KU	DU	-44.36(*)	11.50	0.00
		DUO	-34.55(*)	11.35	0.01
		KUO	5.45	12.98	0.68
	KUO	DU	-49.80(*)	12.26	0.00
		DUO	-39.99(*)	13.61	0.01
		KU	-5.45	12.98	0.68
Bilişsel Yük Ölçeği-1	DU	DUO	-0.46	0.70	0.51
		KU	0.69	0.66	0.30
		KUO	0.95	0.70	0.19
	DUO	DU	0.46	0.70	0.51
		KU	1.15	0.65	0.09
		KUO	1.41	0.78	0.08
	KU	DU	-0.69	0.66	0.30
		DUO	-1.15	0.65	0.09
		KUO	0.26	0.74	0.73
	KUO	DU	-0.95	0.70	0.19
		DUO	-1.41	0.78	0.08
		KU	-0.26	0.74	0.73

DU: Deney Uzman, DUO: Deney Uzman Olmayan, KU: Kontrol Uzman,

KUO: Kontrol Uzman Olmayan

* 0.05 düzeyinde anlamlı

Yukarıda bahsedilen deney ve kontrol gruplarındaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin Hatırlama Testi ve Transfer Testi puanları arasındaki farkın hangi gruplar arasında olduğunu belirlemek için Bonferroni testi kullanılmıştır. Tablo 13'den de görüldüğü gibi deney grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin hatırlama puanları arasında önemli bir fark olmasına rağmen aradaki fark anlamlı değildir. Deney grubundaki uzman öğrencilerin Hatırlama Testi puanları kontrol grubundaki hem uzman hemde uzman olmayan öğrencilerin Hatırlama Testi puanlarına göre ve deney grubundaki

uzman olmayan öğrencilerin Hatırlama Testi puanları ise kontrol grubundaki uzman öğrencilerin puanlarıyla anlamlı olarak farklılaşmaktadır. Hatırlama Testi puanlarına göre kontrol grubundaki uzman olmayan öğrenciler hem kontrol grubundaki uzman öğrencilerle hemde deney grubundaki uzman öğrencilerle anlamlı farklılık göstermemektedir. Transfer Testi puanlarına göre hem deney grubundaki uzman öğrenciler ile uzman olmayan öğrenciler hemde kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrenciler arasında anlamlı farklılık bulunamamıştır. Tablo 13'den de görüldüğü gibi deney grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin Transfer Testi puanları kontrol grubundaki hem uzman hemde uzman olmayan öğrencilerin ortalama puanlarına göre anlamlı olarak farklılaşmaktadır. Yukarıda belirtildiği gibi deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin Bilişsel Yük Ölçeği puanlarına göre anlamlı farklılık göstermediği Tablo 13'den de görülmektedir.

3.2.3.1. Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Termodinamik Ünitesi 1. Oturumundaki Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği Puanlarına Dayanarak Hesaplanan Etkili Öğrenme Düzeyine İlişkin Bulgular

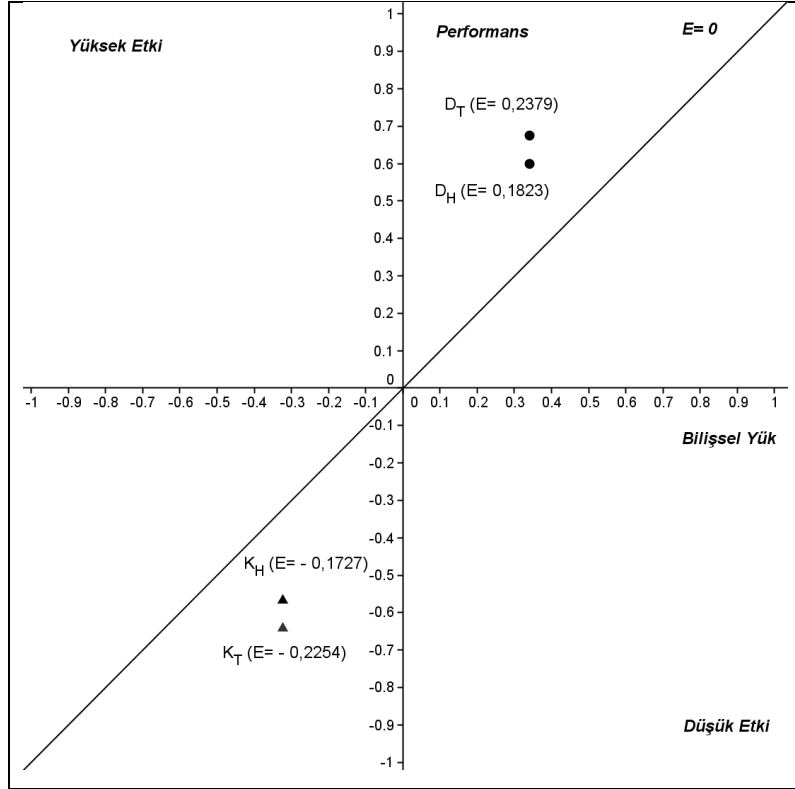
Bu bölümde öğrencilerin termodinamik ünitesindeki konuları bilişsel yük ilkelerine göre hazırlanmış öğretim yazılımından veya geleneksel yolla işlenmesinin etkili öğrenmeye etkisi ile ilgili bulgulara yer verilmiştir.

Tablo 14'de deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin hatırlama ve transfer düzeyindeki performans Z puanları, bilişsel yük Z puanları ve her iki düzeyde de hesaplanan etkili öğrenme puanları görülmektedir.

Tablo 14. 1. oturuma göre deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin performans Z puanları, bilişsel yük Z puanları ve etkili öğrenme puanları

	Grup	N	Performans Z Puanı	Bilişsel Yük Z Puanı	Etkili Öğrenme Puanı (E)
Hatırlama Testi-1	Deney	18	0.60	0.34	0.18
	Kontrol	19	-0.57	-0.32	-0.17
Transfer Testi-1	Deney	18	0.68	0.34	0.24
	Kontrol	19	-0.64	-0.32	-0.23

Tablo incelendiğinde deney grubundaki öğrencilerin hatırlama Z puanı ortalamalarının ($\bar{X} = 0.60$) kontrol grubundaki öğrencilerin Z puanı ortalamalarından ($\bar{X} = -0.57$) daha yüksek olduğu görülmektedir. Aynı şekilde Transfer Testi performanslarına göre de deney grubundaki öğrencilerin ortalama Z puanları ($\bar{X} = 0.68$) kontrol grubundaki öğrencilerden ($\bar{X} = -0.64$) yüksektir. Deney grubundaki öğrencilerin Hatırlama Testi Z puanları Transfer Testi Z puanlarından daha düşük olduğu için hatırlama etkili öğrenme puanı 0.18 iken transfer etkili öğrenme puanı 0.24'dır. Bu durumun aksine kontrol grubundaki öğrencilerin hatırlama Z puanları daha yüksek olduğundan hatırlama etkili öğrenme puanı ($E = -0.17$) transfer etkili öğrenme puanından ($E = -0.23$) daha yüksektir.



Şekil 15. 1. oturuma göre deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin hatırlama ve transfer düzeyindeki etkili öğrenme grafiği

E: Etkili Öğrenme Puanı, D_H: Deney Hatırlama, D_T: Deney Transfer, K_H: Kontrol Hatırlama, K_T: Kontrol Transfer

Etkili öğrenme grafiğinden de görüldüğü gibi 2. oturum için deney grubunun hem hatırlama hemde transfer düzeyindeki öğrenmelerinin grafiğin birinci bölgesine yani

yüksek performans yüksek zihinsel çaba bölgesine tekabül etmektedir. Kontrol grubunun hatırlama ve transfer düzeyindeki öğrenmelerinin ise düşük performans düşük zihinsel çaba bölgesi olan üçüncü bölgede bulunduğu grafikten görülmektedir.

3.2.3.2. Deney ve Kontrol Grubundaki Uzman ve Uzman Olmayan Öğrencilerin Termodinamik Ünitesi 1. Oturumdaki Hatırlama Testi-1, Transfer Testi-1 ve Bilişsel Yük Ölçeği-1 Puanlarına Dayanarak Hesaplanan Etkili Öğrenme Düzeyine İlişkin Bulgular

Tablo 15’de deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin, hatırlama ve transfer düzeyindeki performans Z puanı aritmetik ortalamaları; bilişsel yük Z puanı aritmetik ortalamaları ve her iki düzeyde de hesaplanan etkili öğrenme puanları görülmektedir.

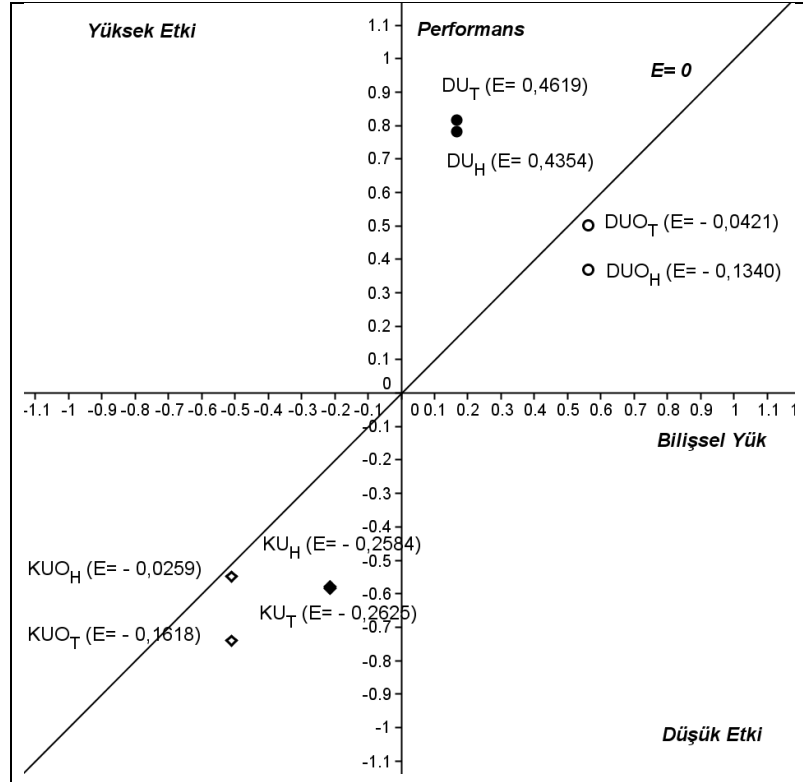
Tablo 15. 2. oturuma göre uzman ve uzman olmayan öğrencilerin performans Z puanları, bilişsel yük Z puanları ve etkili öğrenme puanları

	Grup	N	Performans Z Puanı	Bilişsel Yük Z Puanı	Etkili Öğrenme Puanı (E)
Hatırlama Testi-1	DU	10	0.78	0.17	0.44
	DUO	8	0.37	0.56	-0.13
	KU	12	-0.58	-0.21	-0.26
	KUO	7	-0.55	-0.51	-0.03
Transfer Testi-1	DU	10	0.82	0.17	0.46
	DUO	8	0.50	0.56	-0.04
	KU	12	-0.59	-0.21	-0.26
	KUO	7	-0.74	-0.51	-0.16

DU: Deney Uzman, DUO: Deney Uzman Olmayan, KU: Kontrol Uzman, KUO: Kontrol Uzman Olmayan

Tablo 15’de görüldüğü gibi deney grubundaki uzman öğrenciler en yüksek hatırlama z puanına sahipken ($\bar{X} = 0.78$) kontrol grubundaki uzman öğrenciler en düşük Z puanına ($\bar{X} = -0.58$) sahiptir. Transfer Z puanlarına göre ise en yüksek puanı deney grubundaki uzman öğrenciler ($\bar{X} = 0.82$) alırken en düşük puanı kontrol grubundaki uzman olmayan öğrencilerin ($\bar{X} = -0.74$) aldığı görülmektedir. Bilişsel yük puanlarına göre deney grubundaki uzman olmayan öğrenciler ($\bar{X} = 0.57$) uzman öğrencilerden ($\bar{X} = 0.16$) daha fazla yüklenirken kontrol grubundaki uzman olmayan öğrenciler ($\bar{X} = -0.51$) uzman öğrencilerden ($\bar{X} = -0.21$) daha az yüklenmiştir. Hem hatırlama hemde Transfer Testine

göre deney grubundaki uzman öğrenciler kısmen yüksek bilişsel yüklenmeye rağmen yüksek performans gösterdikleri için diğer üç gruba göre etkili öğrenme puanları daha yüksektir. Kontrol grubundaki uzman öğrencilerin ise düşük bilişsel yük puanlarına rağmen düşükte performans Z puanlarına sahip olduğundan diğer üç gruba göre en düşük etkili öğrenme puanına sahiptir.



Şekil 16. 1. oturuma göre deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin hatırlama ve transfer düzeyindeki etkili öğrenme grafiği

DU_H: Deney Uzman Hatırlama, DU_T: Deney Uzman Transfer, DUO_H: Deney Uzman Olmayan Hatırlama, DUO_T: Deney Uzman Olmayan Transfer, KU_H: Kontrol Uzman Hatırlama, KU_T: Kontrol Uzman Transfer, KUO_H: Kontrol Uzman Olmayan Hatırlama, KUO_T: Kontrol Uzman Olmayan Transfer

Etkili öğrenme grafiği incelendiğinde kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin hem hatırlama hemde transfer düzeyindeki etkili öğrenmelerinin grafiğin 3. yani düşük performans düşük bilişsel yük bölgesine tekabül ettiği görülmektedir. Bununla birlikte deney grubundaki öğrencilerin etkili öğrenme puanlarının ise 1. yani yüksek performans, yüksek bilişsel yük bölgesine tekabül etmektedir.

3.3. Termodinamik Ünitesi 2. Oturumundan Elde Edilen Bulgular

Araştırmanın bu bölümünde termodinamik ünitesi ile ilgili yapılan uygulamanın 2. oturumundan elde edilen bulgular sunulmuştur. Bu oturumda deney ve kontrol grubundaki öğrenciler iç enerji konusunu öğrenmişlerdir.

3.3.1. Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Termodinamik Ünitesi 2. Oturumdaki Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeğinden Elde Edilen Bulgular

İkinci oturumda termodinamiğin iç enerji konusunun öğretiminden sonra deney ve kontrol grubundaki öğrencilere uygulanan Hatırlama Testi-2, Transfer Testi-2 ve Bilişsel Yük Ölçeği-2'den elde edilen puanlar karşılaştırılmıştır. Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin hatırlama, transfer ve Bilişsel Yük Ölçeği puanlarının aritmetik ortalamaları ve standart sapmaları Tablo 16'da sunulmuştur.

Tablo 16. Gruplara göre Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği betimsel istatistikleri

	Grup	N	Ortalama	Ss
Hatırlama Testi-2	Deney	18	75.00	22.75
	Kontrol	19	41.05	23.01
Transfer Testi-2	Deney	18	78.61	21.95
	Kontrol	19	37.42	18.17
Bilişsel Yük Ölçeği-2	Deney	18	3.64	1.55
	Kontrol	19	2.39	1.05

Tablo 16'dan da görüldüğü gibi deney grubundaki öğrencilerin Hatırlama Testi aritmetik puan ortalamaları ($\bar{X} = 75.00$) kontrol grubundaki öğrencilerden ($\bar{X} = 41.05$) yüksektir. Yine aynı tablodan deney grubundaki öğrencilerin Transfer Testi aritmetik ortalama puanlarının ($\bar{X} = 78.61$), kontrol grubundaki öğrencilerin Transfer Testi puanlarından ($\bar{X} = 37.42$) farklı olduğu görülmektedir. Bilişsel Yük Ölçeğine göre ise deney grubundaki öğrencilerin ortalama bilişsel yük puanları ($\bar{X} = 3.64$) kontrol grubundaki öğrencilerin ortalama bilişsel yük puanına ($\bar{X} = 2.39$) göre daha yüksektir. Bu testlere göre deney ve kontrol grubundaki puan farkının istatistiki olarak 0.05

düzeyinde anlamlı olup olmadığı çok faktörlü varyans analizi (MANOVA) ile test edilmiştir.

Deney ve kontrol gruplarının hatırlama, transfer ve Bilişsel Yük Ölçeği puanlarını analiz etmeden önce bu bağımlı değişkenlerin varyans ve kovaryans matrislerinin eşit olup olmadığı sınınanmıştır. Araştırmada varyansların eşitliğini sınamak için yapılan Levene testine göre Hatırlama [$F(1-35)=0.10$, $p=0.75$, $p>0.05$], Transfer [$F(1-35)=1.35$, $p=0.25$, $p>0.05$] ve Bilişsel Yük [$F(1-35)=4.05$, $p=0.05$, $p>0.05$] testlerinin varyanslarının eşit olduğu belirlenmiştir. Kovaryans matrislerinin eşitliğini sınamak amacıyla Box's M testi yapılmıştır. Bu teste göre, deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin Hatırlama, Transfer ve Bilişsel Yük Ölçeği puanlarının kovaryans matrislerinin eşit olduğunu görmüş [$F(6-8798,4)=0.738$, $p=0.619$, $p>0.05$] ve çok faktörlü varyans analizine (MANOVA) karar verilmiştir.

Araştırmada kovaryans eşitliği sağlandığı için grup değişkeninin Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeğine etkisini yorumlamada Wilks' Lambda testi kullanılmıştır. Wilks' Lambda testine göre bellek kontrol değişkeninin bağımlı değişkenlerle yüksek düzeyde anlamlı bir ilişkisinin olduğu [$(\lambda)=0.98$, $F(3-32)=0.22$, $\eta_p^2=0.02$, $p=0.88$, $p>0.05$] ve grup bağımsız değişkenin bağımlı değişkenler üzerine anlamlı bir etkiye sahip olduğu bulunmuştur [$(\lambda)=0.39$, $F(3, 32)=16.67$, $\eta_p^2=0.61$, $p=0.00$, $p<0.05$]. Kısmi eta kare (η_p^2) değeri 0.14'den büyük olduğu için grup değişkeni hatırlama, transfer ve bilişsel yük testleri üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Dolayısıyla bu değerlere göre grup değişkeni bellek değişkeniyle birlikte; hatırlama, transfer ve bilişsel yük testlerinde meydana çıkan farkın % 61'ini açıklamaktadır.

Tablo 17. Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği ortalama puanlarına göre MANOVA sonuçları

Varyansın Kaynağı	Bağımlı Değişkenler	Kareler Toplamı	Sd	Ortalamalar Karesi	F	p	η_p^2
Bellek	Hatırlama Testi-2	326.74	1	326.74	0.62	0.44	0.02
	Transfer Testi-2	7.19	1	7.17	0.02	0.90	0.00
	Bilişsel Yük Ölçeği-2	0.00	1	0.00	0.00	0.97	0.00
Grup	Hatırlama Testi-2	10905.73	1	10905.73	20.60	0.00	0.38
	Transfer Testi-2	15489.72	1	15489.72	37.28	0.00	0.52
	Bilişsel Yük Ölçeği-2	14.14	1	14.14	7.92	0.01	0.19

Tablo 17'nin devamı

Hata	Hatırlama Testi-2	18002.21	34	529.48			
	Transfer Testi-2	14127.72	34	415.52			
	Bilişsel Yük Ölçeği-2	60.69	34	1.79			
Toplam	Hatırlama Testi-2	151600.00	37				
	Transfer Testi-2	151976.00	37				
	Bilişsel Yük Ölçeği-2	408.00	37				

Tablo 17'den bellek kontrol değişkeninin, Hatırlama Testi puanlarıyla orta düzeyde anlamlı bir ilişkiye sahip olduğu [$F(1-34)= 0.62$, $\eta_p^2 = 0.02$, $p= 0.44$, $p>0.05$]; transfer [$F(1-34)= 0.02$, $\eta_p^2 = 0.00$, $p= 0.90$, $p>0.05$] ve Bilişsel Yük Ölçeği ortalama puanlarıyla ise üst düzeyde ve anlamlı ilişkiye sahip olduğu görülmektedir [$F(1-34)= 0.00$, $\eta_p^2 = 0.00$, $p= 0.96$, $p>0.05$]. Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin Hatırlama Testi [$F(1-34)=20.60$, $\eta_p^2 = 0.38$, $p= 0.00$, $p<0.05$] ve Transfer Testi [$F(1-34)=37.28$, $\eta_p^2 = 0.52$, $p=0.00$, $p<0.05$] puanları arasında deney grubu lehine; Bilişsel Yük Ölçeği [$F(1-34)=7.92$, $\eta_p^2 = 0.19$, $p= 0.01$, $p<0.05$] puanları arasında ise kontrol grubu lehine anlamlı bir farklılık olduğu bulunmuştur.

3.3.2. Deney ve Kontrol Grubundaki Uzman ve Uzman Olmayan Öğrencilerin Termodinamik Ünitesi 2. Oturumdaki Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeğinden Elde Edilen Bulgular

İkinci oturumdaki konuların işlenmesinden sonra deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilere uygulanan Hatırlama Testi-2, Transfer Testi-2 ve Bilişsel Yük Ölçeği-2'den elde edilen puanlar karşılaştırılmıştır. Deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin hatırlama, transfer ve Bilişsel Yük Ölçeği puanlarının aritmetik ortalamaları ve standart sapmaları Tablo 18'de sunulmuştur.

Tablo 18. Deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin termodinamik ünitesi 2. oturumdaki Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği betimsel istatistikleri

	Uzmanlık	N	Ortalama	Ss
Hatırlama Testi-2	Deney Uzman	10	67.00	25.63
	Deney Uzman Olmayan	8	85.00	14.39
	Kontrol Uzman	12	44.17	27.62
	Kontrol Uzman Olmayan	7	35.71	11.70

Tablo 18'in devamı

Transfer Testi-2	Deney Uzman	10	83.00	14.57
	Deney Uzman Olmayan	8	73.13	28.90
	Kontrol Uzman	12	42.92	16.58
	Kontrol Uzman Olmayan	7	28.00	17.97
Bilişsel Yük Ölçeği-2	Deney Uzman	10	3.55	1.71
	Deney Uzman Olmayan	8	3.75	1.44
	Kontrol Uzman	12	2.63	1.15
	Kontrol Uzman Olmayan	7	2.00	0.76

Tablo 18'den de görüldüğü gibi Hatırlama Testi puanlarına göre en yüksek puanı deney grubundaki uzman olmayan öğrenciler ($\bar{X}=85.00$) alırken, en düşük puanı kontrol grubundaki uzman olmayan öğrencilerin aldığı görülmektedir ($\bar{X}=35.71$). Transfer Testi puanlarına göre en yüksek puan alan deney grubundaki uzman öğrencilerle ($\bar{X}=83.00$) deney grubundaki uzman olmayan öğrenciler ($\bar{X}=73.13$) arasında yaklaşık 10 puan fark varken kontrol grubundaki uzman öğrencilerle ($\bar{X}=42.92$) uzman olmayan öğrenciler ($\bar{X}=28.00$) arasında yaklaşık 15 puan olduğu tablodan görülmektedir. Bilişsel Yük Ölçeğine göre iç enerji konusunu öğrenirken zihinsel olarak en fazla deney grubundaki uzman olmayan öğrenciler ($\bar{X}=3.75$) çaba sarfederken, kontrol grubundaki uzman olmayan öğrencilerin ($\bar{X}=2.00$) zihinsel olarak en az çabayı sarfettiği belirlenmiştir. Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeğine göre gruplar arasındaki görülen puan farkının istatistiki olarak 0.05 düzeyinde anlamlı olup olmadığı çok faktörlü varyans analiziyle (MANOVA) test edilmiştir.

Deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği puanlarını analiz etmeden önce bu bağımlı değişkenlerin varyans ve kovaryans matrislerinin eşit olup olmadığı sınınanmıştır. Araştırmada varyansların eşit olup olmadığını belirlemek için Levene testi kullanılmıştır. Bu teste göre hatırlama [$F(3-33)=3.03$, $p=0.05$], transfer [$F(3-33)=2.27$, $p=0.10$, $p>0.05$] ve bilişsel yük [$F(3-33)=1.50$, $p=0.23$, $p>0.05$] testlerinin varyanslarının eşit olduğu belirlenmiştir. Kovaryans matrislerinin eşitliğini sınamak amacıyla yapılan Box's M testine göre, deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin hatırlama, transfer ve Bilişsel Yük Ölçeği puanlarının kovaryans matrislerinin eşit olduğunu görmüş [$F(18-2663.153)=1.349$, $p=0.147$, $p>0.05$] ve çok faktörlü varyans analizi (MANOVA) yapılmasına karar verilmiştir.

Araştırmada kovaryans eşitliği sağlandığı için uzmanlık değişkenlerine göre Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeğinin etkisini yorumlamada Wilks' Lambda testi kullanılmıştır. Wilks' Lambda testine göre bellek kontrol değişkeninin bağımlı değişkenlerle yüksek düzeyde anlamlı bir ilişkisinin olduğu [$(\lambda)=0.98$, $F(3-30)=0.18$, $\eta_p^2 = 0.02$, $p=0.91$, $p>0.05$] ve uzmanlık bağımsız değişkenin bağımlı değişkenler üzerine anlamlı bir etkiye sahip olduğu bulunmuştur [$(\lambda)= 0.30$, $F(9-73.16)= 5.16$, $\eta_p^2 = 0.33$, $p=0.00$, $p<0.05$]. Uzmanlık değişkenine göre kısmi eta kare (η_p^2) değeri 0.14'den büyük olduğu için hatırlama, transfer ve bilişsel yük testleri üzerinde uzmanlık değişkeni büyük bir etkiye sahiptir. Bu değerlere göre uzmanlık değişkeni; hatırlama, transfer ve bilişsel yük testlerinde ortaya çıkan varyansın % 33'ünü açıklamaktadır.

Tablo 19. Deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği ortalama puanlarına göre MANOVA sonuçları

Varyansın Kaynağı	Bağımlı Değişkenler	Kareler Toplamı	Sd	Ortalamalar Karesi	F	p	η_p^2
Bellek	Hatırlama Testi-2	1.10	1	1.10	0.00	0.96	0.00
	Transfer Testi-2	125.77	1	125.77	0.32	0.58	0.01
	Bilişsel Yük Ölçeği-2	0.64	1	0.64	0.36	0.56	0.01
Uzmanlık	Hatırlama Testi-2	12335.95	3	4111.98	7.94	0.00	0.43
	Transfer Testi-2	17025.43	3	5675.14	14.42	0.00	0.58
	Bilişsel Yük Ölçeği-2	16.69	3	5.56	3.06	0.04	0.22
Hata	Hatırlama Testi-2	16571.10	32	517.88			
	Transfer Testi-2	12592.02	32	393.50			
	Bilişsel Yük Ölçeği-2	58.14	32	1.82			
Toplam	Hatırlama Testi-2	28981.08	36				
	Transfer Testi-2	29817.19	36				
	Bilişsel Yük Ölçeği-2	75.00	36				

Bellek kontrol değişkeninin, Hatırlama Testi puanlarıyla üst düzeyde anlamlı bir ilişkiye sahip olduğu [$F(1-32)= 0.00$, $\eta_p^2 = 0.02$, $p= 0.96$, $p>0.05$]; transfer [$F(1-32)= 0.32$, $\eta_p^2 = 0.01$, $p= 0.58$, $p>0.05$] ve Bilişsel Yük Ölçeği [$F(1-32)= 0.36$, $\eta_p^2 = 0.01$, $p= 0.56$, $p>0.05$] ortalama puanlarıyla ise orta düzeyde ve anlamlı ilişkiye sahip olduğu Tablo 19'da görülmektedir. Deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin Hatırlama Testi [$F(3-32)= 7.94$, $\eta_p^2 = 0.43$, $p= 0.00$, $p<0.05$] ve Transfer Testi [$F(3-32)= 14.42$, $\eta_p^2 = 0.58$, $p=0.00$, $p<0.05$] puanları arasında deney grubu lehine; Bilişsel Yük

Ölçeği [F(3-32)= 3.06, $\eta_p^2 = 0.22$, p= 0.04, p<0.05] puanları arasında ise kontrol grubu lehine anlamlı bir farklılık olduğu bulunmuştur.

Deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin Hatırlama Testi-2, Transfer Testi-2 ve Bilişsel Yük Ölçeği-2'den aldıkları puanlara göre çoklu karşılaştırmaları Tablo 20'de görülmektedir.

Tablo 20. Deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği ortalama puanlarına göre bonferroni testi sonuçları

Bağımlı Değişken	Uzmanlık (I)	Uzmanlık (J)	Ortalama Farkı	Standart Hata	p
Hatırlama Testi-2	DU	DUO	-17.85	11.27	0.74
		KU	23.02	10.56	0.22
		KUO	31.24	11.25	0.06
	DUO	DU	17.85	11.27	0.74
		KU	40.87(*)	10.42	0.00
		KUO	49.09(*)	12.49	0.00
	KU	DU	-23.02	10.56	0.22
		DUO	-40.87(*)	10.42	0.00
		KUO	8.22	11.91	1.00
	KUO	DU	-31.24	11.25	0.06
		DUO	-49.09(*)	12.49	0.00
		KU	-8.22	11.91	1.00
Transfer Testi-2	DU	DUO	8.28	9.83	1.00
		KU	38.08(*)	9.20	0.00
		KUO	55.45(*)	9.81	0.00
	DUO	DU	-8.28	9.83	1.00
		KU	29.81(*)	9.08	0.02
		KUO	47.18(*)	10.89	0.00
	KU	DU	-38.08(*)	9.20	0.00
		DUO	-29.81(*)	9.08	0.02
		KUO	17.37	10.38	0.63
	KUO	DU	-55.45(*)	9.81	0.00
		DUO	-47.18(*)	10.89	0.00
		KU	-17.37	10.38	0.63
Bilişsel Yük Ölçeği-2	DU	DUO	-0.31	0.67	1.00
		KU	0.78	0.63	1.00
		KUO	1.58	0.67	0.14
	DUO	DU	0.31	0.67	1.00
		KU	1.10	0.62	0.51
		KUO	1.90	0.74	0.09
	KU	DU	-0.78	0.63	1.00
		DUO	-1.10	0.62	0.51
		KUO	0.80	0.71	1.00
	KUO	DU	-1.58	0.67	0.14
		DUO	-1.90	0.74	0.09
		KU	-0.80	0.71	1.00

DU: Deney Uzman, DUO: Deney Uzman Olmayan, KU: Kontrol Uzman, KUO: Kontrol Uzman Olmayan

* 0.05 düzeyinde anlamlı

İkinci oturumdaki konuların öğrenilmesinden sonra uzman ve uzman olmayan öğrencilere uygulanan Hatırlama Testine göre deney grubundaki uzman olmayan öğrencilerle kontrol grubundaki hem uzman hemde uzman olmayan öğrenciler arasında anlamlı bir farklılık olduğu diğer gruplar arasındaki farklılığın istatistiki olarak anlamlı olmadığı Tablo 20'den görülmektedir. Transfer Testine göre ise deney grubundaki uzman öğrencilerle kontrol grubundaki hem uzman hemde uzman olmayan öğrenciler arasında ve deney grubundaki uzman olmayan öğrencilerle kontrol grubundaki hem uzman hemde uzman olmayan öğrenciler arasında anlamlı bir farklılık olduğu belirlenmiştir. Bilişsel Yük Ölçeğine göre gruplar arasında istatistiki olarak anlamlı bir farklılık görülmemektedir. Bununla birlikte iç enerji konusunu hatırlama ve transfer düzeyinde öğrenmede ve bu öğrenme sürecindeki bilişsel yüklenme açısından hem deney grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrenciler arasında hemde kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrenciler arasındaki farklılığın anlamlı olmadığı bulunmuştur.

3.3.3. Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Termodinamik Ünitesi 2. Oturumdaki Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği Puanlarına Dayanarak Hesaplanan Etkili Öğrenme Düzeyine İlişkin Bulgular

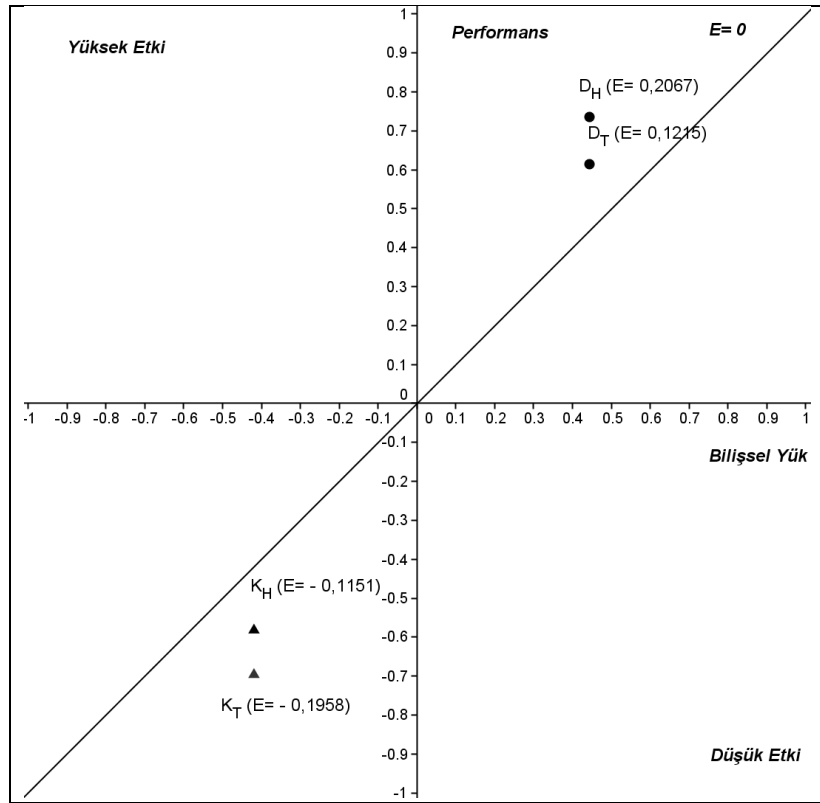
Bu bölümde öğrencilerin termodinamik ünitesindeki iç enerji ve termodinamiğin birinci yasası konularını bilişsel yük ilkelerine göre hazırlanmış öğretim yazılımından veya geleneksel yolla işlenmesinin etkili öğrenmeye etkisi ile ilgili bulgulara yer verilmiştir.

Tablo 21'de deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin hatırlama ve transfer düzeyindeki performans Z puanları, bilişsel yük Z puanları ve her iki düzeyde de hesaplanan etkili öğrenme puanları görülmektedir.

Tablo 21. 2. oturuma göre öğrencilerin performans Z puanları, bilişsel yük Z puanları ve etkili öğrenme puanları

	Grup	N	Performans Z Puanı	Bilişsel Yük Z Puanı	Etkili Öğrenme Puanı (E)
Hatırlama Testi-2	Deney	18	0.61	0.44	0.12
	Kontrol	19	-0.58	-0.42	-0.12
Transfer Testi-2	Deney	18	0.74	0.44	0.21
	Kontrol	19	-0.70	-0.42	-0.20

Tablo incelendiğinde deney grubundaki öğrencilerin hatırlama Z puanı ortalamalarının ($\bar{X} = 0.61$) kontrol grubundaki öğrencilerin Z puanı ortalamalarından ($\bar{X} = -0.58$) daha yüksek olduğu görülmektedir. Transfer Testi performanslarına göre ise yine deney grubundaki öğrencilerin ortalama Z puanlarının kontrol grubundaki öğrencilerden yüksektir. Bununla birlikte deney grubundaki öğrencilerin bilişsel yük Z puanları daha düşük olduğu için hatırlama etkili öğrenme puanı 0.12 iken transfer etkili öğrenme puanı 0.21'dir. Kontrol grubunun hatırlama etkili öğrenme puanı -0.12 iken transfer etkili öğrenme puanı -0.20'dir. Yani deney grubunun hem hatırlama hemde transfer etkili öğrenme puanları kontrol grubuna göre daha yüksektir.



Şekil 17. 2. oturuma göre deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin hatırlama ve transfer düzeyindeki etkili öğrenme grafiği

E: Etkili Öğrenme Puanı, D_H: Deney Hatırlama, D_T: Deney Transfer,
K_H: Kontrol Hatırlama, K_T: Kontrol Transfer

Etkili öğrenme grafiğinden de görüldüğü gibi ikinci oturum için deney grubunun hem hatırlama hemde transfer düzeyindeki öğrenmelerinin grafiğin 1. bölgesine yani yüksek performans yüksek bilişsel yüklenme bölgesine tekabül etmektedir. Kontrol

grubunun hatırlama ve transfer düzeyindeki öğrenmelerinin ise düşük performans düşük bilişsel yük bölgesi olan 3. bölgede bulunduğu grafikten görülmektedir.

3.3.4. Deney ve Kontrol Grubundaki Uzman ve Uzman Olmayan Öğrencilerin Termodinamik Ünitesi 2. Oturumdaki Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği Puanlarına Dayanarak Hesaplanan Etkili Öğrenme Düzeyine İlişkin Bulgular

Tablo 22’de deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin, hatırlama ve transfer düzeyindeki performans Z puanı aritmetik ortalamaları; bilişsel yük Z puanı aritmetik ortalamaları ve her iki düzeyde de hesaplanan etkili öğrenme puanları görülmektedir.

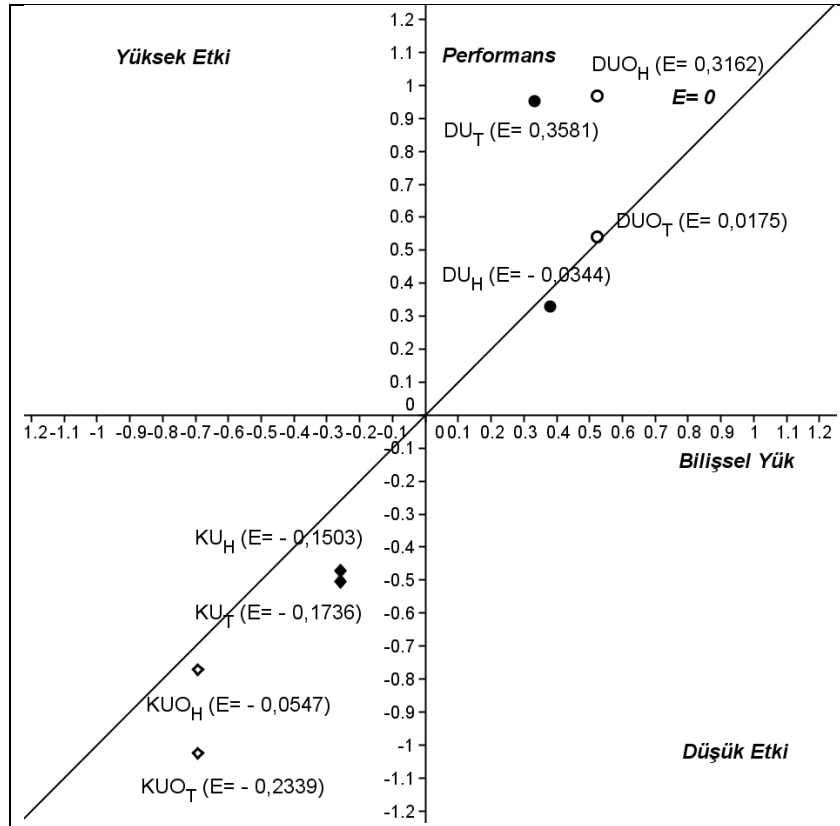
Tablo 22. 2. oturuma göre uzman ve uzman olmayan öğrencilerin performans Z puanları, bilişsel yük Z puanları ve etkili öğrenme puanları

	Grup	N	Performans Z Puanı	Bilişsel Yük Z Puanı	Etkili Öğrenme Puanı (E)
Hatırlama Testi-2	DU	10	0.33	0.38	-0.03
	DUO	8	0.97	0.52	0.32
	KU	12	-0.47	-0.26	-0.15
	KUO	7	-0.77	-0.69	-0.06
Transfer Testi-2	DU	10	0.89	0.38	0.36
	DUO	8	0.54	0.52	0.02
	KU	12	-0.51	-0.26	-0.17
	KUO	7	-1.02	-0.69	-0.23

DU: Deney Uzman, DUO: Deney Uzman Olmayan, KU: Kontrol Uzman, KUO: Kontrol Uzman Olmayan

Tablo 22’de görüldüğü gibi deney grubundaki uzman olmayan öğrenciler en yüksek hatırlama Z puanına sahipken kontrol grubundaki uzman olmayan öğrenciler en düşük Z puanına sahiptir. Benzer durum bilişsel yük z puanları için de geçerlidir. Deney grubundaki uzman öğrencilerin bilişsel yük Z puanları ($\bar{X} = 0.38$) uzman olmayan öğrencilerden ($\bar{X} = 0.52$) daha düşük olmasına rağmen hatırlama performans Z puanları da düşük olduğundan etkili öğrenme puanları da deney grubundaki uzman olmayan öğrencilere göre daha düşüktür. Kontrol grubundaki uzman öğrencilerin ise hem hatırlama z puanları hemde bilişsel yük Z puanları uzman olmayan öğrencilerden daha yüksektir. Tablodan da görüldüğü gibi kontrol grubundaki uzman öğrencilerin etkili öğrenme puanları (E= -0.15)

kontrol grubundaki uzman olmayan öğrencilerden ($E = -0.06$) daha yüksek olmakla birlikte her iki grubun E puanı da negatiftir. Transfer düzeyinde ise en yüksek performansı deney grubundaki uzman öğrencilerin gösterdiği tablodan görülmektedir. Deney grubundaki uzman öğrenciler uzman olmayan öğrencilere göre yüksek performan düşük bilişsel yük Z puanına sahip oldukları için daha büyük etkili öğrenme puanına sahiptir. Kontrol grubundaki uzman öğrencilerin bilişsel yük Z puanları ($\bar{X} = -0.51$) uzman olmayan öğrencilere göre daha yüksek ($\bar{X} = -1.02$) olmasına rağmen performans Z puanları da yüksek olduğundan etkili öğrenme puanları ($E = -0.17$) da yüksektir. Hatırlama etkili öğrenme puanlarında olduğu gibi kontrol grubunun transfer etkili öğrenme puanları da negatiftir.



Şekil 18. 2. oturuma göre deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin hatırlama ve transfer düzeyindeki etkili öğrenme grafiği

DU_H: Deney Uzman Hatırlama, DU_T: Deney Uzman Transfer, DUO_H: Deney Uzman Olmayan Hatırlama, DUO_T: Deney Uzman Olmayan Transfer, KU_H: Kontrol Uzman Hatırlama, KU_T: Kontrol Uzman Transfer, KUO_H: Kontrol Uzman Olmayan Hatırlama, KUO_T: Kontrol Uzman Olmayan Transfer

Etkili öğrenme grafiği incelendiğinde, kontrol grubundaki öğrencilerin hem hatırlama hemde transfer düzeyindeki etkili öğrenmelerinin grafiğinin 3. yani düşük performans, düşük bilişsel yük bölgesine tekabül ettiği görülmektedir. Bununla birlikte deney grubundaki öğrencilerin etkili öğrenme puanları ise 1. yani yüksek performans, yüksek bilişsel yük bölgesine tekabül etmektedir.

Yukarıda, her bir oturum için yapılan analizlere örnek teşkil etmesi bakımından 1. ve 2. oturumlardan elde edilen bulgular sunulmuştur. Geri kalan altı (3., 4., 5., 6., 7. ve 8.) oturumdan elde edilen bulgular ise Ek-1 bölümünde görülmektedir.

3.4. Termodinamik Ünitesinden Elde Edilen Bulgular

Araştırmaya genel bir perspektiften bakmak amacıyla hazırlanan bu bölümde; termodinamik ünitesinde yapılan sekiz oturumdan elde edilen bulgulara yer verilmiştir.

3.4.1. Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Termodinamik Ünitesindeki Hatırlama Testi, Transfer Testi, Bilişsel Yük Ölçeği ve Termodinamik Başarı Testinden Elde Edilen Bulgular

Bu bölümde araştırmanın 1. alt problemine yanıt aranmıştır. Bu amaçla, öncelikle deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin termodinamik ünitesinde hazırlanan sekiz oturumun her birinden sonra uygulanan Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeklerinden elde edilen veriler incelenmiştir.

Tablo 23. Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin sekiz oturumdaki Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği ortalama puanları

Oturum	Oturumlarda Uygulanan Veri Toplama Araçları	Deney (\bar{X})	Kontrol (\bar{X})
1. Oturum	Hatırlama Testi-1	82.22	51.63
	Transfer Testi-1	82.50	40.42
	Bilişsel Yük Ölçeği-1	3.15	2.19
2. Oturum	Hatırlama Testi-2	75.00	41.05
	Transfer Testi-2	78.61	37.42
	Bilişsel Yük Ölçeği-2	3.64	2.39
3. Oturum	Hatırlama Testi-3	79.17	32.37
	Transfer Testi-3	40.83	20.53
	Bilişsel Yük Ölçeği-3	3.81	2.58

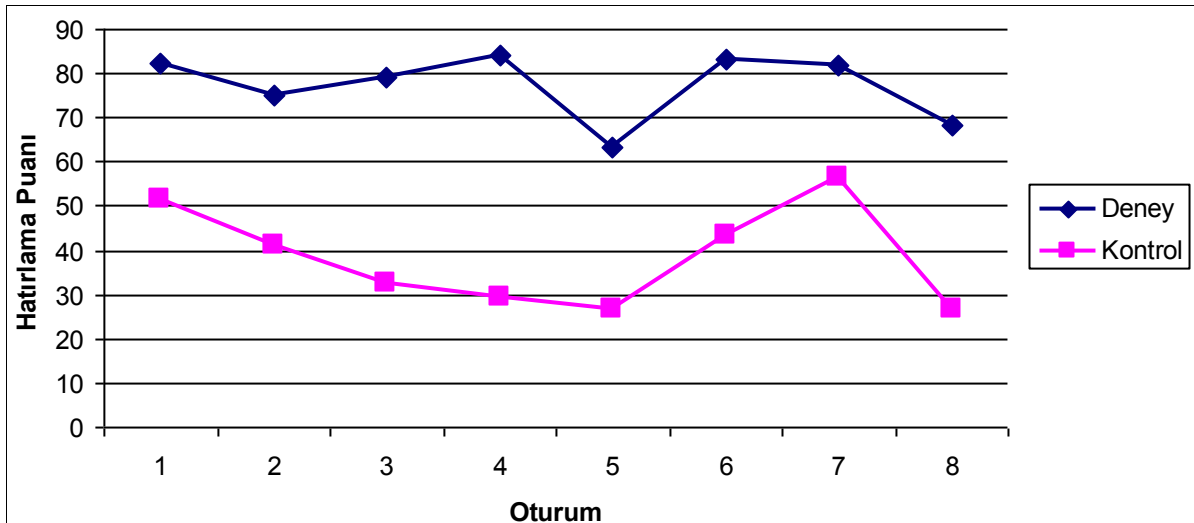
Tablo 23'ün devamı

4. Oturum	Hatırlama Testi-4	84.17	29.21
	Transfer Testi-4	56.11	34.84
	Bilişsel Yük Ölçeği-4	2.81	3.05
5. Oturum	Hatırlama Testi-5	63.39	26.58
	Transfer Testi-5	69.72	20.74
	Bilişsel Yük Ölçeği-5	3.17	3.07
6. Oturum	Hatırlama Testi-6	83.11	43.42
	Transfer Testi-6	68.39	16.37
	Bilişsel Yük Ölçeği-6	3.20	3.23
7. Oturum	Hatırlama Testi-7	81.89	56.47
	Transfer Testi-7	58.28	28.89
	Bilişsel Yük Ölçeği-7	3.33	3.05
8. Oturum	Hatırlama Testi-8	68.11	26.84
	Transfer Testi-8	49.22	29.68
	Bilişsel Yük Ölçeği-8	4.07	3.05

Tablo 23'de görüldüğü gibi deney grubundaki öğrenciler hem hatırlama ($\bar{X} = 82.22$) hemde Transfer Testinden ($\bar{X} = 82.50$) yüksek puanlar almışlardır. Bununla birlikte bu oturumda kontrol grubundaki öğrenciler ($\bar{X} = 2.19$) daha az yüklenmiştir. İkinci oturumda da benzer şekilde deney grubundaki öğrenciler Hatırlama Testi ($\bar{X} = 75.00$), Transfer Testi ($\bar{X} = 78.61$) ve bilişsel yük testinden ($\bar{X} = 3.64$) daha yüksek puan almışlardır. Üçüncü oturumda deney grubundaki öğrenciler Hatırlama Testinden 79.17 puan alırken kontrol grubundaki öğrenciler ortalama 32.37 puan almışlardır. Benzer şekilde Transfer Testinden de deney grubundaki öğrenciler kontrol grubundaki öğrencilere göre yüksek puan almışlardır. Bununla birlikte deney grubundaki öğrencilerin hatırlama ve transfer puanları arasındaki farkın yaklaşık 40 puan olduğu tablodan görülmektedir. İlk iki oturumda olduğu gibi bu oturumda da kontrol grubundaki öğrenciler ($\bar{X} = 2.58$) deney grubundaki öğrencilere ($\bar{X} = 3.81$) göre daha az yüklenmişlerdir. Dördüncü oturumda Hatırlama Testinden deney grubundaki öğrenciler ($\bar{X} = 84.17$), kontrol grubundaki öğrencilere ($\bar{X} = 29.21$) göre daha yüksek puan almışlardır. Bu oturumda benzer şekilde deney grubundaki öğrenciler ($\bar{X} = 56.11$) Transfer Testinden kontrol grubundaki öğrencilere ($\bar{X} = 34.84$) göre daha yüksek puan almışlardır. Dördüncü oturumda ilk üç oturumdan farklı olarak deney grubundaki öğrenciler bu oturumdaki konuları öğrenirken kontrol grubundaki öğrencilere göre daha az yüklenmişlerdir. Beşinci oturumda benzer şekilde deney grubundaki öğrenciler hem hatırlama ($\bar{X} = 63.39$) hemde Transfer Testinde ($\bar{X} = 69.72$) kontrol grubundaki öğrencilere göre daha yüksek puan almışlardır. Bununla birlikte deney

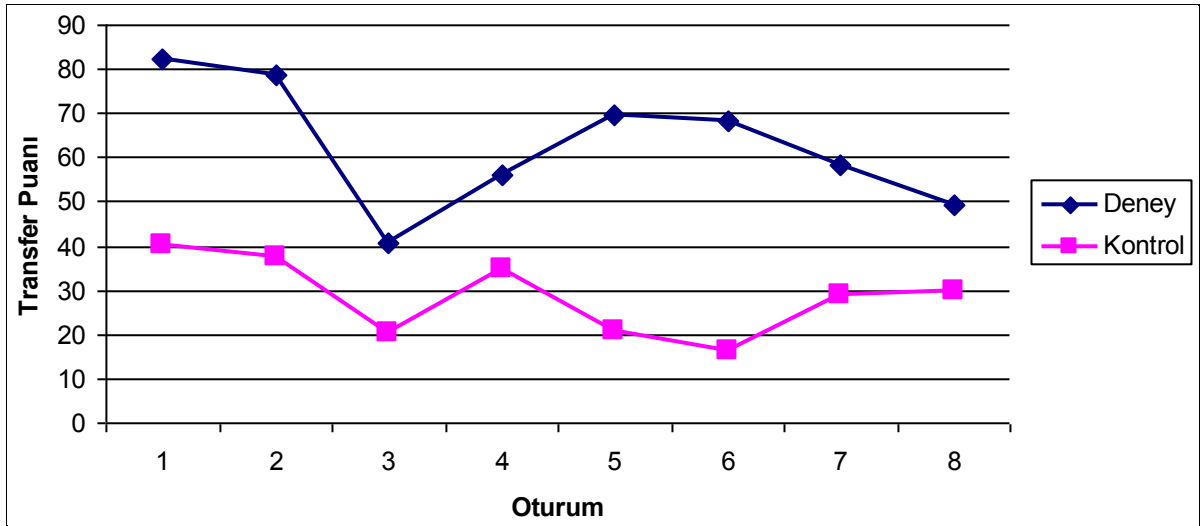
grubundaki öğrenciler kısmen de olsa kontrol grubundaki öğrencilere göre daha fazla yüklenmişlerdir. Tablo 23'den de görüldüğü gibi altıncı oturumda hem hatırlama hemde Transfer Testine göre deney ve kontrol grubu arasında deney grubu lehine ciddi farklar vardır. Bilişsel yük puanları bakımından ise deney grubundaki öğrenciler kısminde olsa kontrol grubundaki öğrencilere göre daha az yüklenmişlerdir. Yedinci oturumda deney grubundaki öğrenciler Hatırlama Testinden 81.89 puan alırken kontrol grubundaki öğrenciler 56.47 puan almıştır. Benzer şekilde Transfer Testinden de deney grubundaki öğrenciler daha yüksek puan almışlardır. Bununla birlikte deney grubundaki öğrenciler ($\bar{X} = 3.33$) bu oturumdaki konuları öğrenirken kontrol grubundaki öğrencilere ($\bar{X} = 3.05$) göre kısmen de olsa daha fazla yüklenmişlerdir. Sekizinci oturumda ise deney grubundaki öğrenciler Hatırlama Testinden 68.11 puan alırken kontrol grubundaki öğrenciler 26.84 puan almışlardır. Transfer Testinden de deney grubundaki öğrencilerin daha fazla puan aldıkları tablodan görülmektedir. Bilişsel yük puanına göre ise deney grubundaki öğrenciler kontrol grubundaki öğrencilere göre daha fazla puan almışlardır.

Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeklerinden elde edilen veriler istatistiksel olarak karşılaştırılmadan önce sekiz oturuma göre dağılımları incelenmiştir. Şekil 19'da Hatırlama Testi puanlarının oturumlara göre dağılımı görülmektedir.



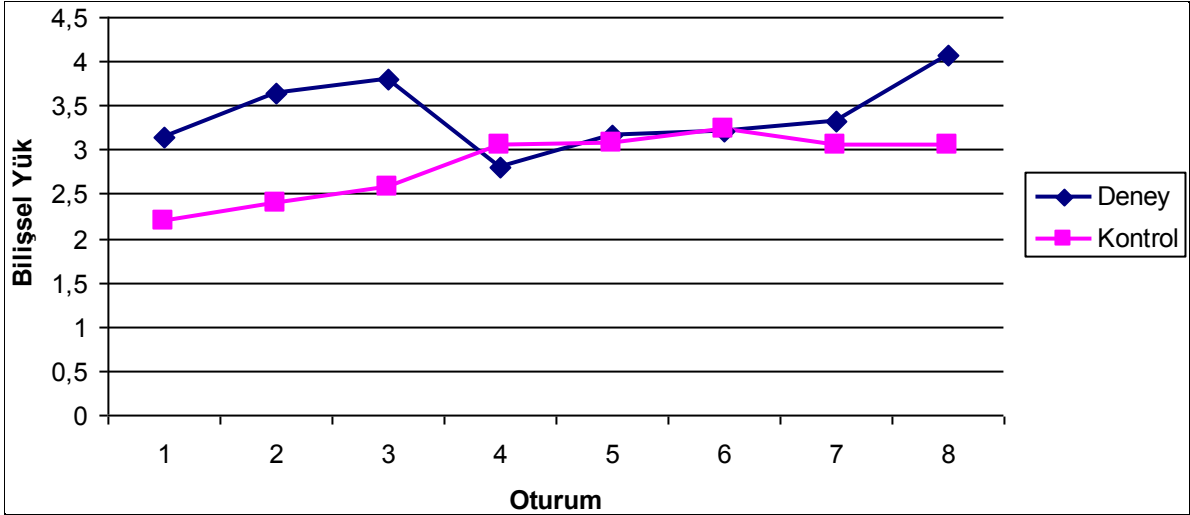
Şekil 19. Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin sekiz oturuma göre Hatırlama Testi puanı dağılımı

Hatırlama puanı dağılımında görüldüğü gibi deney grubundaki öğrenciler 1., 4., 6. ve 7. oturumda yüksek puan alırken 5. ve 8. oturumda düşük puan almışlardır. Kontrol grubundaki öğrenciler ise 1. ve 7. oturumda diğer oturumlara göre yüksek puan alırken; 4., 5. ve 8. oturumda düşük puan aldıkları görülmektedir. Kontrol grubundaki öğrencilerin ilk beş oturumda hatırlama puanında sürekli düşüş göze çarpmaktadır. Bununla birlikte deney grubundaki öğrencilerin ilk dört oturumdaki puanlarında çok büyük bir değişim görülmemekte fakat 5. oturumda bir önceki oturuma göre ciddi bir puan farkı görülmektedir. 3. ve 4. oturumda, deney grubundaki öğrencilerin hatırlama puanları önceki oturumlara göre daha yüksek olmakla birlikte kontrol grubundaki öğrencilerin bu iki oturumdaki puanları sekiz oturumdaki en düşük puanlardandır.



Şekil 20. Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin oturumlara göre Transfer Testi puanı dağılımı

Şekilde görüldüğü gibi hem deney hemde kontrol grubundaki öğrencilerin ilk iki oturumdaki transfer puanları diğer oturumlara göre daha yüksektir. Bununla birlikte her iki gruptaki öğrencilerin 3. oturumdaki transfer puanı ilk iki oturuma göre çok düşüktür. Grupların puanlarındaki ciddi farklılık ise 5. ve 6. oturumda görülmektedir. Deney grubundaki öğrencilerin 5. ve 6. oturumdaki transfer puanları önceki iki oturuma göre daha yüksekken kontrol grubunda tam tersi bir durum gözlenmektedir.



Şekil 21. Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin oturumlara göre Bilişsel Yük Ölçeği puanı dağılımı

Örneklemdaki öğrencilerin bilişsel yük puanı dağılımı incelendiğinde kontrol grubundaki öğrencilerin bilişsel yük puanlarında sekiz oturum boyunca yükselme görülmekle birlikte en yüksek ve en düşük bilişsel yük puanı arasında ciddi farklılıklar görülmemektedir. Deney grubunda ise oturumlara göre öğrencilerin bilişsel yüklenmelerinde düşüş ve yükselişler göze çarpmaktadır. 1., 2., 3. ve 8. oturumda deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin bilişsel yüklenmelerinde ciddi farklılıklar görülmekle birlikte diğer dört oturumdaki bilişsel yüklenmeler birbirine yakın olduğu çizelgeden görülmektedir. Deney grubundaki öğrenciler 4. oturumdaki konuları öğrenirken en düşük zihinsel çabayı harcarken; kontrol grubundaki öğrencilerin bu oturumdaki zihinsel çabaları diğer gruplara göre daha yüksektir.

Termodinamik ünitesi, dolayısıyla dört termodinamik yasanın öğretildiği sekiz oturumdan elde edilen verilerin dağılımının incelenmesinden sonra bu bölümde, uygulamanın genelinden elde edilen veriler istatistiki olarak karşılaştırılmıştır. Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi, Termodinamik Akademik Başarı Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği puanlarının aritmetik ortalamaları ve standart sapmaları Tablo 24’de sunulmuştur.

Tablo 24. Gruplara göre Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği aritmetik ortalamalarının betimsel istatistikleri

	Grup	N	Ortalama	Ss
Hatırlama Testi	Deney	18	77.07	11.15
	Kontrol	19	38.48	13.55
Transfer Testi	Deney	18	62.96	12.39
	Kontrol	19	29.67	9.44
Termodinamik Akademik Başarı Son Testi	Deney	18	10.39	3.20
	Kontrol	19	8.16	3.96
Bilişsel Yük Ölçeği	Deney	18	3.34	1.07
	Kontrol	19	2.70	0.94

Tablo 24’de de görüldüğü gibi deney grubundaki öğrencilerin Hatırlama Testi aritmetik ortalama puanı 77.07 iken kontrol grubundaki öğrencilerin aritmetik ortalama puanı 38,48’dir. Bununlabirlikte deney grubundaki öğrencilerin Transfer Testi aritmetik ortalama puanlarının ($\bar{X} = 62.96$) kontrol grubundaki öğrencilerin Transfer Testi aritmetik ortalama puanlarından ($\bar{X} = 29.67$) daha yüksek olduğu görülmektedir. Deney grubundaki öğrencilerin termodinamik akademik başarı son testi aritmetik ortalama puanları 10.39 iken kontrol grubundaki öğrencilerin aritmetik ortalama puanları 8.16’dır. Bilişsel Yük Ölçeğine göre ise kontrol grubundaki öğrencilerin bilişsel yük aritmetikortalama puanları ($\bar{X} = 2.70$) deney grubundaki öğrencilerin aritmetik ortalama puanlarından daha düşüktür. Hatırlama Testi, Transfer Testi, termodinamik akademik başarı testi son uygulama ve bilişsel yük testlerindeki tabloda görülen farklılıkların istatistiki olarak 0.05 düzeyinde anlamlı olup olmadığı çok faktörlü varyans analiziyle (MANOVA) test edilmiştir.

Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi, termodinamik akademik başarı testi son uygulama ve Bilişsel Yük Ölçeği puanlarını analiz etmeden önce bu bağımlı değişkenlerin varyans ve kovaryans matrisleri arasında anlamlı bir fark bulunup bulunmadığı test edilmiştir. Araştırmada varyansların eşitliğini sınamak için Levene testiyapılmıştır. Bu test sonuçlarına göre Hatırlama Testi [$F(1-35) = 0.05$, $p = 0.82$, $p > 0.05$], Transfer Testi [$F(1-35) = 0.01$, $p = 0.94$, $p > 0.05$], termodinamik akademik başarı testi son uygulama [$F(1-35) = 0.53$, $p = 0.47$, $p > 0.05$] ve Bilişsel Yük Ölçeğinin [$F(1-35) = 0.11$, $p = 0.74$, $p > 0.05$] varyanslarının eşit olduğu belirlenmiştir. Kovaryans matrislerinin eşitliğini sınamak amacıyla yapılan Box’s M testine göre [$F(10-5813.61) = 0.92$, $p = 0.51$, $p > 0.05$], deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi, termodinamik akademik başarı testi son uygulama ve Bilişsel Yük

Ölçeği puanlarının kovaryans matrislerinin eşit olduğunu görülmüştür. Bağımlı değişkenlerin varyans ve kovaryansları eşit olduğun için çok faktörlü varyans analizi (MANOVA) yapılmasına karar verilmiştir.

Araştırmada kovaryans eşitliği sağlandığı için grup değişkeninin Hatırlama Testi, Transfer Testi, termodinamik akademik başarı son test uygulama ve Bilişsel Yük Ölçeğine etkisini yorumlamada Wilks' Lambda testi kullanılmıştır. Bu test sonucuna göre bellek kontrol değişkeninin bağımlı değişkenlerle orta düzeyde $[(\lambda)=0.87, F(4-30)=1.08, \eta_p^2 = 0.13, p=0.38, p>0.05]$ ve termodinamik akademik başarı ön test kontrol değişkeninin $[(\lambda)=0.94, F(4-30)=0.46, \eta_p^2 = 0.06, p=0.77, p>0.05]$ ise yüksek düzeyde anlamlı bir ilişkisinin olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte grup bağımsız değişkeni bağımlı değişkenler üzerine anlamlı bir etkiye sahiptir $[(\lambda)= 0.18, F(4-30)=33.43, \eta_p^2 = 0.82, p=0.00, p<0.05]$. Termodinamik akademik başarı ön testi ve bellek değişkenleri kontrol altına alındığında grupbağımsız değişkeninin (kısmi eta kare (η_p^2) değeri 0.14'den büyük olduğu için Hatırlama Testi, Transfer Testi, Termodinamik Akademik Başarı Son Testi ve Bilişsel Yük Testleri üzerinde büyük bir etkiye sahip olduğu söylenebilir. Bu değerlere göre termodinamik ünitesindeki konuların Bilişsel Yük Kuramı ilkelerine göre hazırlanan tasarımından veya sunuş stratejisine dayalı diğer tasarımdan öğrenilmesinin; Hatırlama Testi, Transfer Testi, Termodinamik Akademik Başarı Son Testi ve Bilişsel Yük Testlerinde ortaya çıkan farkın % 82'sini açıklamaktadır.

Tablo 25. Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği ortalama puanlarına göre MANOVA sonuçları

Varyansın Kaynağı	Bağımlı Değişkenler	Kareler Toplamı	Sd	Ortalamalar Karesi	F	p	η_p^2
Bellek	Hatırlama Testi	105.33	1	105.33	0.67	0.42	0.02
	Transfer Testi	106.10	1	106.09	0.86	0.36	0.03
	Bilişsel Yük Ölçeği	0.00	1	0.00	0.00	0.95	0.00
	T.A.B.S.T.	4.99	1	4.99	0.37	0.55	0.01
T.A.B.Ö.T	Hatırlama Testi	100.57	1	100.57	0.64	0.43	0.02
	Transfer Testi	9.40	1	9.40	0.08	0.78	0.00
	Bilişsel Yük Ölçeği	0.26	1	0.26	0.25	0.62	0.01
	T.A.B.S.T.	0.01	1	0.01	0.00	0.98	0.00
Grup	Hatırlama Testi	13087.97	1	13087.97	83.74	0.00	0.72
	Transfer Testi	9751.67	1	9751.67	78.91	0.00	0.71
	Bilişsel Yük Ölçeği	3.34	1	3.34	3.14	0.09	0.09
	T.A.B.S.T.	46.84	1	46.84	3.42	0.07	0.09
Hata	Hatırlama Testi	5157.78	33	156.30			
	Transfer Testi	4077.96	33	123.58			
	Bilişsel Yük Ölçeği	35.06	33	1.06			
	T.A.B.S.T.	451.52	33	13.68			

Tablo 25'in devamı

Toplam	Hatırlama Testi	19181.27	36				
	Transfer Testi	14454.01	36				
	Bilişsel Yük Ölçeği	39.11	36				
	T.A.B.S.T.	502.81	36				

T.A.B.Ö.T.: Termodinamik Akademik Başarı Ön Test, T.A.B.S.T.: Termodinamik Akademik Başarı Son Test

Tablo 25'de görüldüğü gibi bellek kontrol değişkeni; Hatırlama Testi [F(1-33)= 0.67, $\eta_p^2 = 0.02$, $p = 0.42$, $p > 0.05$], Transfer Testi [F(1-33)= 0.86, $\eta_p^2 = 0.03$, $p = 0.36$, $p > 0.05$] ve Bilişsel Yük Ölçeği [F(1-33)=0.37, $\eta_p^2 = 0.01$, $p = 0.55$, $p > 0.05$] ortalama puanlarıyla orta düzeyde anlamlı bir ilişkiye sahipken; termodinamik akademik başarı son test [F(1-33)= 0.00, $\eta_p^2 = 0.00$, $p = 0.95$, $p > 0.05$] ortalama puanlarıyla yüksek düzeyde anlamlı ilişkiye sahiptir. Araştırmadaki bir diğer kontrol değişkeni olan termodinamik akademik başarı ön testiyle Hatırlama Testi [F(1-33)=0.64, $\eta_p^2 = 0.02$, $p = 0.43$, $p > 0.05$] ve termodinamik akademik başarı son testi [F(1-33)= 0.25, $\eta_p^2 = 0.01$, $p = 0.62$, $p > 0.05$] ortalama puanlarıyla yüksek düzeyde anlamlı ilişkiye sahiptir; Transfer Testi [F(1-33)= 0.08, $\eta_p^2 = 0.00$, $p = 0.78$, $p > 0.05$] ve Bilişsel Yük Ölçeği [F(1-33)=0.00, $\eta_p^2 = 0.00$, $p = 0.98$, $p > 0.05$] ortalama puanlarıyla yüksek düzeyde anlamlı bir ilişkiye sahiptir. Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin Hatırlama Testi [F(1-33)=83.74, $\eta_p^2 = 0.72$, $p = 0.00$, $p < 0.05$], Transfer Testi [F(1-33)=78.91, $\eta_p^2 = 0.71$, $p = 0.00$, $p < 0.05$] puanları arasında anlamlı bir farklılık varken termodinamik akademik başarı son testi [F(1-33)= 3.14, $\eta_p^2 = 0.09$, $p = 0.09$, $p < 0.05$] ve Bilişsel Yük Ölçeği [F(1-33)=3.42, $\eta_p^2 = 0.09$, $p = 0.07$, $p > 0.05$] puanları arasında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır.

3.4.2. Deney ve Kontrol Grubundaki Uzman ve Uzman Olmayan Öğrencilerin Termodinamik Ünitesine Göre Hatırlama Testi, Transfer Testi, Termodinamik Akademik Başarı Son Testi ve Bilişsel Yük Ölçeğinden Elde Edilen Bulgular

Bu bölümde deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin termodinamik ünitesinde hazırlanan sekiz oturumun her birinden sonra öğrencilere uygulanan Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeğinden elde edilen puanların öncelikle oturumlara göre dağılımı betimsel olarak incelenmiştir. Daha sonra her bir öğrencinin bahsedilen üç veri toplama aracındaki sekiz puanının ortalaması alınarak

ortalama Hatırlama Testi, ortalama Transfer ve ortalama Bilişsel Yük Ölçeği puanı elde edilmiştir. Araştırmanın 2. problemine yanıt aranılan bu bölümde Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeğinden elde edilen ortalama puanlar ve ünite sonunda uygulanan Termodinamik Akademik Başarı Son Testinden elde edilen puanlar istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır.

Tablo 26. Deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin sekiz oturumdaki Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği ortalama puanları

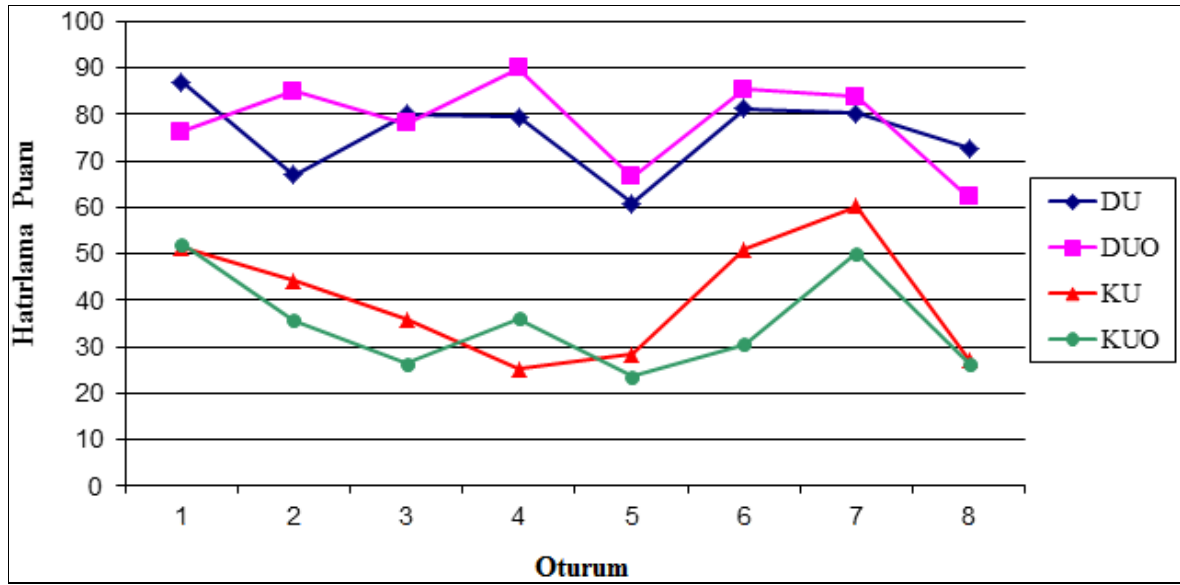
Oturum	Oturumlarda Uygulanan Veri Toplama Araçları	DU (\bar{X})	DUO (\bar{X})	KU (\bar{X})	KUO (\bar{X})
1. Oturum	Hatırlama Testi-1	87.00	76.25	51.33	52.14
	Transfer Testi-1	87.00	76.88	42.25	37.29
	Bilişsel Yük Ölçeği-1	2.90	3.47	2.35	1.92
2. Oturum	Hatırlama Testi-2	67.00	85.00	44.17	35.71
	Transfer Testi-2	83.00	73.13	42.92	28.00
	Bilişsel Yük Ölçeği-2	3.55	3.75	2.63	2.00
3. Oturum	Hatırlama Testi-3	80.00	78.13	35.83	26.43
	Transfer Testi-3	45.00	35.63	22.50	17.14
	Bilişsel Yük Ölçeği-3	3.30	4.44	2.92	2.00
4. Oturum	Hatırlama Testi-4	79.50	90.00	25.25	36.00
	Transfer Testi-4	56.00	56.25	40.92	24.43
	Bilişsel Yük Ölçeği-4	3.00	2.57	3.63	2.07
5. Oturum	Hatırlama Testi-5	60.80	66.63	28.33	23.57
	Transfer Testi-5	70.50	68.75	21.17	20.00
	Bilişsel Yük Ölçeği-5	3.57	2.67	2.94	3.29
6. Oturum	Hatırlama Testi-6	81.30	85.38	51.00	30.43
	Transfer Testi-6	71.30	64.75	17.33	14.71
	Bilişsel Yük Ölçeği-6	3.27	3.13	3.19	3.29
7. Oturum	Hatırlama Testi-7	80.30	83.88	60.17	50.14
	Transfer Testi-7	57.50	59.25	33.33	21.29
	Bilişsel Yük Ölçeği-7	3.30	3.38	3.14	2.91
8. Oturum	Hatırlama Testi-8	72.80	62.25	27.08	26.43
	Transfer Testi-8	51.00	47.00	33.50	23.15
	Bilişsel Yük Ölçeği-8	3.87	4.33	3.14	2.91

DU: Deney Uzman, DUO: Deney Uzman Olmayan, KU: Kontrol Uzman, KUO: Kontrol Uzman Olmayan

Tablo 26'da görüldüğü gibi birinci oturumda deney grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin Hatırlama Testi-1 ve Transfer Testi-1 puanları birbirine oldukça yakınken kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin bu iki test türündeki

puanları arasında yaklaşık 10 puan fark vardır. Bununla birlikte bu oturumda deney grubundaki uzman olmayan öğrenciler en yüksek bilişsel yük puanını alırken kontrol grubundaki uzman olmayan öğrenciler en düşük puanı almışlardır. İkinci oturumda ise deney grubundaki uzman olmayan öğrenciler 85.00 puanla en yüksek hatırlama puanına sahipken kontrol grubundaki uzman olmayan öğrenciler 35.71 ile en düşük hatırlama puanına sahiptir. Bu oturumda, Bilişsel Yük Testi-2'den deney grubundaki uzman öğrenciler ortalama 3.55 puan, uzman olmayan öğrenciler 3.75 puan alırken kontrol grubundaki uzman öğrenciler 2.63 puan, uzman olmayan öğrenciler 2.00 puan almıştır. 3. oturumda hem Hatırlama Testi-3'den hemde Transfer Testi-3'den deney grubundaki uzman öğrenciler en yüksek puanı alırken kontrol grubundaki uzman olmayan öğrenciler en düşük puanı almışlardır. Bilişsel Yük Ölçeği-3'e göre ise en fazla deney grubundaki uzman olmayan öğrenciler ($\bar{X} = 4.44$), en az kontrol grubundaki uzman olmayan öğrencilerin yüklendiği tablodan görülmektedir. 4. oturumda, Hatırlama Testi-4'ten en yüksek puanı deney grubundaki uzman olmayan öğrenciler alırken en düşük puanı kontrol grubundaki uzman öğrenciler almıştır. Transfer Testi-4'ten deney grubundaki uzman öğrenciler 56.00, uzman olmayan öğrenciler 56.25 puan alırken kontrol grubundaki uzman öğrenciler 40.92, uzman olmayan öğrenciler 24.43 puan aldıkları ilgili tablodan görülmektedir. 4. oturumda en fazla zihinsel çabayı kontrol grubundaki uzman öğrencilerin, en az çabayı ise yine aynı gruptan uzman olmayan öğrencilerin harcadıkları belirlenmiştir. Tabloda görüldüğü gibi 5. oturumda deney grubundaki uzman olmayan öğrenciler ($\bar{X} = 66.63$) en yüksek puanı, kontrol grubundaki öğrenciler ise en düşük hatırlama puanını ($\bar{X} = 23.57$) almışlardır. Bununla birlikte Transfer Testi-5'ten deney grubundaki uzman öğrenciler en yüksek puanı ($\bar{X} = 70.50$), kontrol grubundaki uzman olmayan öğrenciler en düşük puanı ($\bar{X} = 20.00$) almışlardır. Bu oturumda en fazla zihinsel çabayı deney grubundaki uzman öğrencilerin ($\bar{X} = 3.57$) harcarken, en az zihinsel çabayı yine deney grubundaki uzman olmayan öğrencilerin ($\bar{X} = 2.67$) harcadıkları belirlenmiştir. 6. oturum Hatırlama Testinde ise en yüksek puanı deney grubundaki uzman olmayan öğrenciler ($\bar{X} = 85.38$) alırken en düşük puanı kontrol grubundaki uzman olmayan öğrenciler ($\bar{X} = 30.43$) almıştır. Transfer Testi-6'ya göre ise en yüksek puanı deney grubundaki uzman öğrenciler alırken alırken en düşük puanı kontrol grubundaki uzman olmayan öğrenciler almıştır. Tablodan bu oturumdaki konuları öğrenirken en fazla deney grubundaki uzman öğrencilerin en az ise deney grubundaki uzman olmayan öğrencilerin zihinsel çaba sarf ettikleri görülmektedir. 7. oturumda deney grubundaki uzman ve uzman

olmayan öğrencilerin Hatırlama Testi-7'den aldıkları puanlar birbirine yakınken kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrenciler arasındaki farkın daha fazla olduğu tablodan görülmektedir. Benzer durum Transfer Testi-7 için de geçerlidir. Bilişsel yük Testi-7'ye göre en yüksek puanı deney grubundaki uzman olmayan öğrenciler en düşük puanı ise kontrol grubundaki uzman olmayan öğrenciler almakla birlikte, gruplar arasında büyük farklılıklar olmadığı da Tablo 26'da görülmektedir. 8. oturumda Hatırlama Testinde kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin puanları birbirine oldukça yakınken, deney grubundaki uzman öğrenciler uzman olmayan öğrencilere göre 10 puan daha yüksek puan almışlardır. Transfer Testi-8'e göre ise kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrenciler arasındaki farkın daha fazla olduğu görülmektedir. Bu oturumda deney grubundaki uzman olmayan öğrenciler en fazla zihinsel çaba sarf ederken kontrol grubundaki uzman olmayan öğrenciler en az çabayı sarf etmişlerdir.

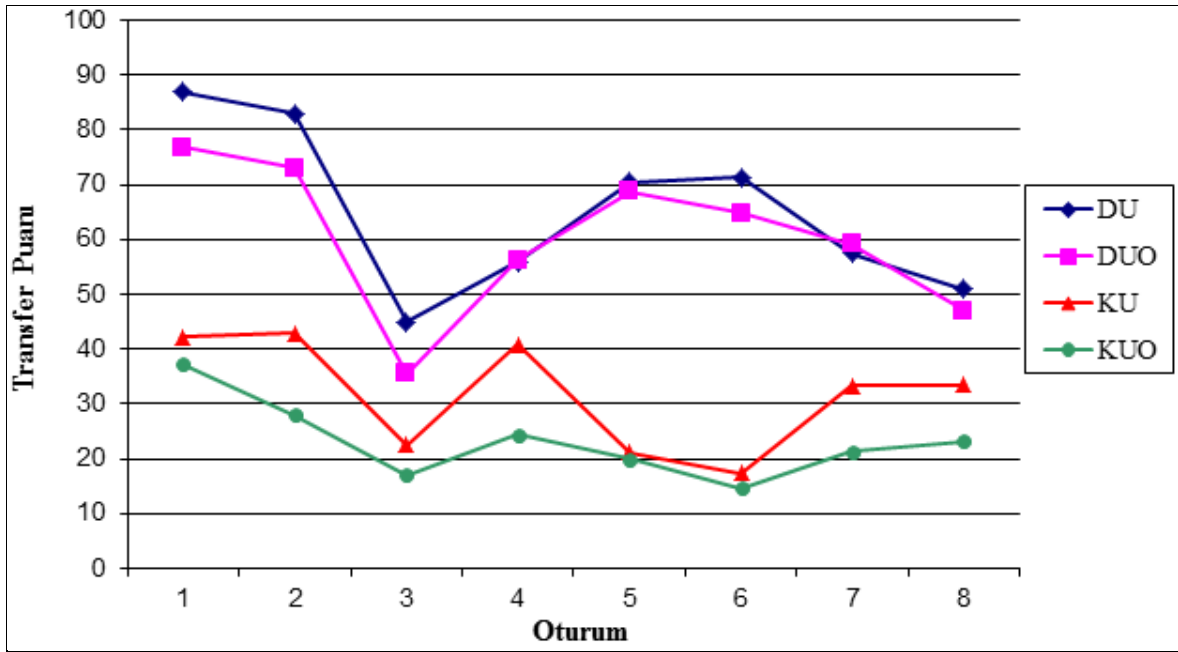


Şekil 22. Deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin sekiz oturuma göre Hatırlama Testi puanı dağılımları

DU: Deney Uzman, DUO: Deney Uzman Olmayan, KU: Kontrol Uzman, KUO: Kontrol Uzman Olmayan

Yukarıdaki çizelgeden de görüldüğü gibi her oturumdan sonra uygulanan Hatırlama Testi sonuçlarına göre deney grubundaki uzman olmayan öğrencilerin hatırlama puanı çoğunlukla diğer üç gruba göre daha yüksektir. Kontrol grubundaki uzman olmayan öğrencilerin hatırlama puanı ise çoğunlukla diğer gruplara göre daha düşüktür. Her grubu

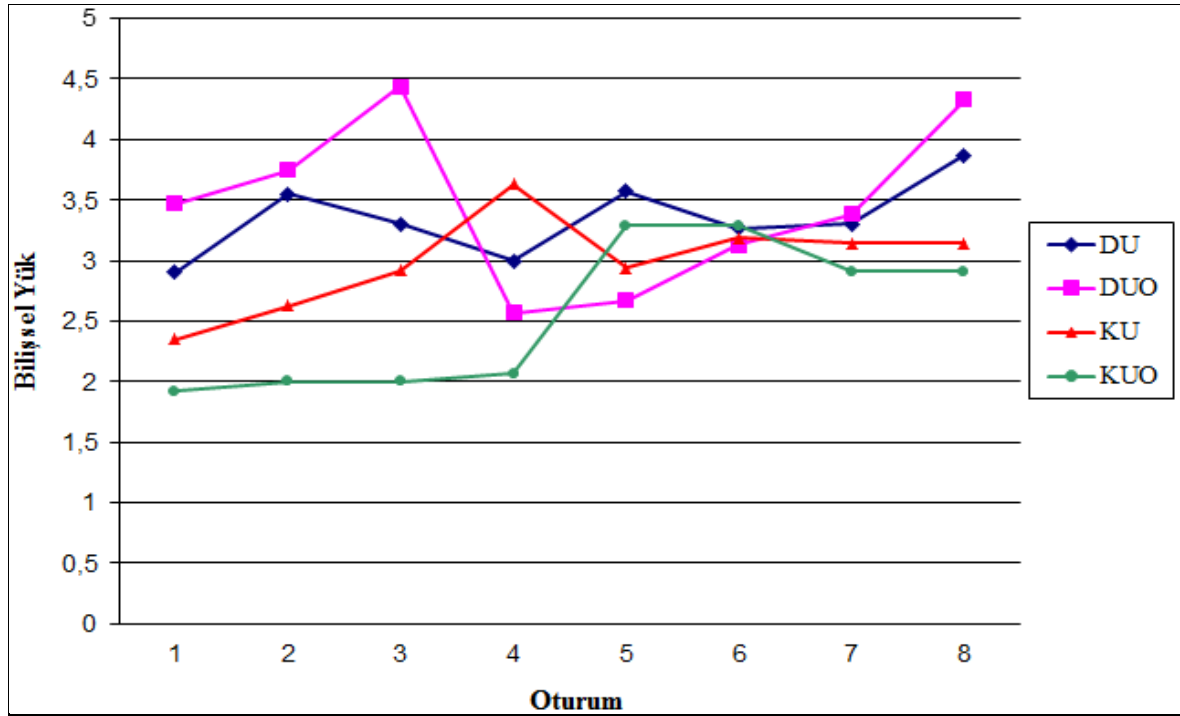
kendi içinde incelediğimizde; deney grubundaki uzman öğrencilerin en yüksek hatırlama puanını birinci oturumda aldığı; 3., 4., 6. ve 7. derslerinde birbirine yakın puanlar aldığı görülmektedir. Bununla birlikte deney grubundaki uzman öğrenciler Hatırlama Testindeki en düşük puanları ise 2., 5. ve 8. oturumda almıştır. Deney grubundaki uzman olmayan öğrencileri ise en yüksek puanını 4. oturumda alırken 1., 2., 3., 6. ve 7. oturumda da birbirine yakın ve yüksek puanlar aldığı çizelgeden görülmektedir. Bununla birlikte deney grubundaki uzman olmayan öğrenciler en ciddi hatırlama puanı düşüşlerini 5. ve 8. oturumlarda yaşamışlardır. Kontrol grubundaki uzman öğrenciler ise en yüksek puanları 1., 6. ve 7. oturumda alırken birinci oturumdan dördüncü oturuma kadar hatırlama puanlarında sürekli bir düşüş görülmekte ve bir önceki oturuma göre en büyük puan düşüşü ise 8. oturumda görülmektedir. Kontrol grubundaki uzman olmayan öğrenciler en yüksek puanları 1. ve 7. derte alırken en düşük puanları 3., 5. ve 8. oturumlarda almışlardır. Dört grubun hatırlama puanları genel anlamda incelendiğinde ise 1., 6. ve 7. oturumlarda puanların yükseldiğini; 5. ve 8. oturumlarda ise puanların düştüğü görülmektedir.



Şekil 23. Deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin sekiz oturuma göre Transfer Testi puanı dağılımları

DU: Deney Uzman, DUO: Deney Uzman Olmayan, KU: Kontrol Uzman, KUO: Kontrol Uzman Olmayan

Transfer Testi puan dağılımı incelendiğinde sekiz oturum boyunca deney grubundaki uzman öğrenciler genellikle diğer gruplara göre daha yüksek puanlar alırken kontrol grubundaki uzman olmayan öğrenciler daha düşük puan almışlardır. Şekil incelendiğinde tüm grupların ilk iki oturumda diğer oturumlara göre daha yüksek transfer puanı aldıkları görülmektedir. Bunun yanında 3. oturum bir önceki oturuma göre en büyük transfer puanı düşüşünün yaşandığı oturumdur. Şekilde ilk üç oturumda deney grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin puan farklılıkları görülürken 4., 5. ve 7. oturumda bu farklılıkların kaybolduğu görülmektedir. Kontrol grubunda ise 2., 4. ve 7. oturumda uzman ve uzman olmayan öğrencilerin puanlarında farklılık ortaya çıkarken 5. ve 6. oturumlarda bu puan farklılığının ortadan kalktığı görülmektedir.



Şekil 24. Deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin sekiz oturuma göre Bilişsel Yük Ölçeği puanı dağılımları

DU: Deney Uzman, DUO: Deney Uzman Olmayan, KU: Kontrol Uzman, KUO: Kontrol Uzman Olmayan

Bilişsel Yük Ölçeği dağılımı incelendiğinde deney grubundaki uzman öğrencilerin en az birinci ve dördüncü oturumdaki konuları öğrenirken yüklenirken en fazla 2., 5. ve 8. oturumda yüklendikleri görülmektedir. Deney grubundaki uzman olmayan öğrenciler ise en fazla 1., 2., 3. ve 8. oturumda yüklenirken en az 4. ve 5. oturumda yüklenmişlerdir. Kontrol

grubundaki uzman öğrenciler ise en az birinci en fazla 4., 6., 7. ve 8. oturumda yüklendikleri bulunmuştur. Kontrol grubundaki uzman olmayan öğrenciler ise ilk dört oturumdaki yüklenmelerinin aksine son dört oturumdaki yüklenmeleri fazladır. Grupların bilişsel yük puan aralığı incelendiğinde deney grubundaki uzman öğrencilerin sekiz oturum boyunca yüklenmelerinin yaklaşık 3-4 aralığında olduğu da görülmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi deney grubundaki uzman öğrenciler diğer gruplara göre sekiz oturumda en dar puan aralığına sahiptir. Deney grubundaki uzman olmayan öğrenciler ise en değişken puan aralığına sahip gruplardan biridir. Bunun yanında çizelge incelediğinde ilk üç derste grupların zihinsel olarak yüklenmelerinde büyük farklılıklar varken 6. ve 7. oturumlarda grupların yüklenmelerinin birbirine oldukça yakın olduğu görülmektedir. Bilişsel yük puanlarını oturum düzeyinde incelediğimizde ise 3., 5. ve 6. oturumdaki bulgular farklılık göstermektedir. Deney grubundaki uzman öğrencilerin aksine diğer üç grup 3. oturumdaki konuları öğrenirken bir önceki oturuma göre daha fazla çaba sarfetmiştir. 5. oturumda ise bir önceki oturuma göre kontrol grubundaki uzman öğrencilerin aksine tüm gruplar zihinsel olarak daha fazla yüklenmişlerdir. 6. oturumda bir diğer oturuma göre deney grubundaki uzman öğrencilerin yüklenmeleri azalırken diğer tüm grupların yüklenmeleri artmıştır.

Deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin sekiz oturuma göre yukarıda dağılımı incelenen Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği ve ünite sonunda uygulanan Termodinamik Akademik Başarı Son Testi puanlarının aritmetik ortalamaları ve standart sapmaları Tablo 27’de sunulmuştur. Burada sunulan puanlar her bir öğrenci için, sekiz oturumdan elde edilen puanların ortalamaları alınarak elde edilmiştir.

Tablo 27. Uzmanlık faktörüne göre öğrencilerin termodinamik ünitesindeki Hatırlama Testi, Transfer Testi, Termodinamik Akademik Başarı Son Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği betimsel istatistikleri

	Uzmanlık	N	Ortalama	Ss
Hatırlama Testi	Deney Uzman	10	75.98	12.16
	Deney Uzman Olmayan	8	78.44	10.39
	Kontrol Uzman	12	40.81	15.50
	Kontrol Uzman Olmayan	7	34.48	8.97
Transfer Testi	Deney Uzman	10	65.16	6.92
	Deney Uzman Olmayan	8	60.20	17.19
	Kontrol Uzman	12	33.00	10.07
	Kontrol Uzman Olmayan	7	23.96	4.58

Tablo 27'in devamı

Termodinamik Akademik Başarı Son Testi	Deney Uzman	10	11.00	3.89
	Deney Uzman Olmayan	8	9.63	2.07
	Kontrol Uzman	12	9.58	3.58
	Kontrol Uzman Olmayan	7	5.71	3.55
Bilişsel Yük Ölçeği	Deney Uzman	10	3.25	1.32
	Deney Uzman Olmayan	8	3.45	0.73
	Kontrol Uzman	12	2.84	1.04
	Kontrol Uzman Olmayan	7	2.47	0.75

Hatırlama Testine göre en yüksek puanı deney grubundaki uzman olmayan öğrenciler ($\bar{X} = 78.44$) alırken en düşük puanı ise kontrol grubundaki uzman olmayan öğrenciler ($\bar{X} = 34.48$) almıştır. Transfer Testine göre ise en yüksek puanı deney grubundaki uzman öğrencilerin ($\bar{X} = 65.16$) en düşük puanı ise kontrol grubundaki uzman olmayan öğrencilerin ($\bar{X} = 23.96$) aldığı Tablo 27'de görülmektedir. Tablodan görüldüğü gibi kontrol grubundaki uzman öğrenciler hem hatırlama hemde Transfer Testinde uzman olmayan öğrencilerden daha yüksek puan alırken deney grubunda bu durum farklıdır. Deney grubundaki uzman olmayan öğrencilerin Hatırlama Testinden; uzman öğrencilerin ise Transfer Testinden daha yüksek puan aldıkları tablodan görülmektedir. Termodinamik akademik başarı son testi aritmetik ortalama puanlarına göre ise hem deney hemde kontrol grubundaki uzman öğrencilerin uzman olmayan öğrencilerden daha yüksek puan aldığı belirlenmiştir. Bilişsel Yük Ölçeğine göre en yüksek puanı deney grubundaki uzman olmayan öğrenciler ($\bar{X} = 3.57$) alırken en düşük puanı ise kontrol grubundaki uzman olmayan öğrenciler ($\bar{X} = 2.67$) almıştır. Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeğindeki tabloda görülen farklılıkların istatistikî olarak 0.05 düzeyinde anlamlı olup olmadığı çok faktörlü varyans analiziyle (MANOVA) test edilmiştir.

Deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi, termodinamik akademik başarı son testi ve Bilişsel Yük Ölçeği puanlarını analiz etmeden önce bu bağımlı değişkenlerin varyans ve kovaryans matrisleri arasında anlamlı bir fark bulunup bulunmadığı test edilmiştir. Araştırmada varyansların eşitliğini sınamak amacıyla Levene testi kullanılmıştır. Levene testine göre Hatırlama Testi [$F(3-33)=0.41, p= 0.75, p>0.05$], Transfer Testi [$F(3-33)=2.89, p= 0.05, p=0.05$], termodinamik akademik başarı son testi [$F(3-33)= 0.68, p= 0.57, p>0.05$] ve Bilişsel Yük Ölçeğinin [$F(3-33)=1.08, p=0.37, p>0.05$] varyanslarının eşit olduğu belirlenmiştir.

Kovaryans matrislerinin eşitliğini sınamak amacıyla ise Box's M testi yapılmıştır. Box's M testine göre $[F(30-2131.67)= 1.19, p=0.22, p>0.05]$, deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin hatırlama, transfer, akademik başarı son test ve Bilişsel Yük Ölçeği puanlarının kovaryans matrislerinin eşit olduğu görülmüş ve çok faktörlü varyans analizi (MANOVA) yapılmasına karar verilmiştir.

Araştırmada kovaryans eşitliği sağlanamadığı için uzmanlık değişkeninin Hatırlama Testi, Transfer Testi, termodinamik akademik başarı son testi ve Bilişsel Yük Ölçeğine etkisini yorumlamada Wilks' Lambda testi kullanılmıştır. Wilks' Lambdatestine göre bellek kontrol değişkeninin bağımlı değişkenlerle orta düzeyde $[(\lambda)=0.86, F(4-28)=1.14, \eta_p2 = 0.14, p=0.36, p>0.05]$ ve termodinamik akademik başarı ön testi puanlarının bağımlı değişkenlerle yüksek düzeyde $[(\lambda)= 0.95, F(4-28)= 0.38, \eta_p2= 0.05, p= 0.82, p>0.05]$ anlamlı bir ilişkisinin olduğu bulunmuştur. Bununla birlikte uzmanlık bağımsız değişkenin bağımlı değişkenler üzerine anlamlı bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir $[(\lambda)= 0.14, F(12-74.37)=6.90, \eta_p2= 0.48, p= 0.00, p<0.05]$. Uzmanlık değişkenine göre kısmi eta kare (η_p2) değeri 0.14'den büyük olduğu için hatırlama, transfer ve bilişsel yük testleri üzerinde uzmanlık değişkeninin büyük bir etkisi vardır. Bu değerlere göre uzmanlık değişkeni; hatırlama, transfer ve bilişsel yük testlerinden ortaya çıkan farkın % 48'ini açıklamaktadır.

Tablo 28. Deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi, Termodinamik Akademik Başarı Son Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği ortalama puanlarına göre MANOVA sonuçları

Varyansın Kaynağı	Bağımlı Değişkenler	Kareler Toplamı	Sd	Ortalamalar Karesi	F	p	η_p2
Bellek	Hatırlama Testi	25.25	1	25.25	0.16	0.70	0.01
	Transfer Testi	328.21	1	328.21	2.99	0.10	0.09
	Bilişsel Yük Ölçeği	0.13	1	0.13	0.12	0.73	0.00
	T.A.B.S.T.	0.20	1	0.20	0.02	0.90	0.00
T.A.B.Ö.T.	Hatırlama Testi	107.20	1	107.20	0.66	0.42	0.02
	Transfer Testi	0.00	1	0.00	0.00	0.10	0.00
	Bilişsel Yük Ölçeği	0.23	1	0.23	0.21	0.65	0.01
	T.A.B.S.T.	1.79	1	1.79	0.15	0.71	0.01
Uzmanlık	Hatırlama Testi	13184.88	3	4394.96	26.92	0.00	0.72
	Transfer Testi	10423.82	3	3474.61	31.63	0.00	0.75
	Bilişsel Yük Ölçeği	4.17	3	1.39	1.26	0.31	0.12
	T.A.B.S.T.	117.98	3	39.33	3.21	0.04	0.24
Hata	Hatırlama Testi	5060.86	31	163.25			
	Transfer Testi	3405.82	31	109.87			
	Bilişsel Yük Ölçeği	34.22	31	1.10			
	T.A.B.S.T.	380.37	31	12.27			

Tablo 28'in devamı

Toplam	Hatırlama Testi	19181.27	36				
	Transfer Testi	14454.01	36				
	Bilişsel Yük Ölçeği	39.11	36				
	T.A.B.S.T.	502.81	36				

T.A.B.Ö.T.: Termodinamik Akademik Başarı Ön Test, T.A.B.S.T.: Termodinamik Akademik Başarı Son Test

Bellek kontrol değişkeninin, Hatırlama Testi [F(1-31)= 0.16, $\eta_p^2 = 0.01$, $p = 0.70$, $p > 0.05$], Termodinamik Akademik Başarı Son Testi [F(1-31)= 0.12, $\eta_p^2 = 0.00$, $p = 0.73$, $p > 0.05$] ve Bilişsel Yük Ölçeği [F(1-31)= 0.02, $\eta_p^2 = 0.00$, $p = 0.90$, $p > 0.05$] ortalama puanlarıyla orta ve yüksek düzeyde anlamlı ilişkiye sahipken Transfer Testi [F(1-31)= 2.99, $\eta_p^2 = 0.09$, $p = 0.09$, $p > 0.05$] ortalama puanlarıyla zayıf fakat anlamlı ilişkiye sahiptir. Bir diğer kontrol değişkeni olan termodinamik akademik başarı ön testinin ise Hatırlama Testi [F(1-31)= 0.66, $\eta_p^2 = 0.02$, $p = 0.42$, $p > 0.05$], Transfer Testi [F(1-31)= 0.00, $\eta_p^2 = 0.00$, $p = 0.10$, $p > 0.05$], termodinamik akademik başarı son testi [F(1-31)= 0.21, $\eta_p^2 = 0.01$, $p = 0.65$, $p > 0.05$] ve Bilişsel Yük Ölçeği [F(1-31)=0.15, $\eta_p^2 = 0.01$, $p = 0.71$, $p > 0.05$] ortalama puanlarıyla orta ve yüksek düzeyde anlamlı ilişkiye sahip olduğu Tablo 28'de görülmektedir. Deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin Hatırlama Testi [F(3-31)=26.92, $\eta_p^2 = 0.72$, $p = 0.00$, $p < 0.05$], Transfer Testi [F(3-31)=31.62, $\eta_p^2 = 0.75$, $p = 0.00$, $p < 0.05$] ve Bilişsel Yük Ölçeği [F(3-31)= 3.21, $\eta_p^2 = 0.24$, $p = 0.04$, $p < 0.05$] ortalama puanları arasında anlamlı bir farklılık varken Termodinamik Akademik Başarı Son Testi [F(1-31)=1.26, $\eta_p^2 = 0.11$, $p = 0.31$, $p > 0.05$] ortalama puanları arasında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır.

Deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi, termodinamik akademik başarı son testi ve Bilişsel Yük Ölçeğinden aldıkları puanlarına göre çoklu karşılaştırmaları Tablo 29'da görülmektedir.

Tablo 29. Deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi, Termodinamik Akademik Başarı Son Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği ortalama puanlarına göre Bonferroni Testi sonuçları

Bağımlı Değişken	Uzmanlık (I)	Uzmanlık (J)	Ortalama Farkı	Standart Hata	p
Hatırlama Testi	DU	DUO	-0.34	6.49	1.00
		KU	36.16(*)	5.93	0.00
		KUO	41.31(*)	6.32	0.00
	DUO	DU	0.34	6.49	1.00
		KU	36.49(*)	6.09	0.00
		KUO	41.65(*)	7.14	0.00
	KU	DU	-36.16(*)	5.93	0.00
		DUO	-36.49(*)	6.09	0.00
		KUO	5.16	6.70	1.00
	KUO	DU	-41.31(*)	6.32	0.00
		DUO	-41.65(*)	7.14	0.00
		KU	-5.16	6.70	1.00
Transfer Testi	DU	DUO	2.35	5.33	1.00
		KU	28.89(*)	4.87	0.00
		KUO	41.94(*)	5.18	0.00
	DUO	DU	-2.35	5.33	1.00
		KU	26.55(*)	4.10	0.00
		KUO	39.59(*)	5.86	0.00
	KU	DU	-28.89(*)	4.87	0.00
		DUO	-26.55(*)	4.10	0.00
		KUO	13.04	5.49	0.14
	KUO	DU	-41.94(*)	5.18	0.00
		DUO	-39.59(*)	5.86	0.00
		KU	-13.04	5.49	0.14
Termodinamik Akademik Başarı Son Testi	DU	DUO	1.49	1.78	1.00
		KU	1.35	1.63	1.00
		KUO	5.31(*)	1.73	0.03
	DUO	DU	-1.49	1.78	1.00
		KU	-0.14	1.67	1.00
		KUO	3.82	1.96	0.36
	KU	DU	-1.35	1.63	1.00
		DUO	0.14	1.67	1.00
		KUO	3.96	1.84	0.23
	KUO	DU	-5.31(*)	1.73	0.03
		DUO	-3.82	1.96	0.36
		KU	-3.96	1.84	0.23
Bilişsel Yük Ölçeği	DU	DUO	-0.19	0.53	1.00
		KU	0.35	0.49	1.00
		KUO	0.80	0.52	0.80
	DUO	DU	0.19	0.53	1.00
		KU	0.54	0.50	1.00
		KUO	0.99	0.59	0.61

Tablo 29'un devamı

Bilişsel Yük Ölçeği	KU	DU	-0.35	0.49	1.00
		DUO	-0.54	0.50	1.00
		KUO	0.46	0.55	1.00
	KUO	DU	-0.80	0.52	0.80
		DUO	-0.99	0.59	0.61
		KU	-0.46	0.55	1.00

DU: Deney Uzman, DUO: Deney Uzman Olmayan, KU: Kontrol Uzman, KUO: Kontrol Uzman Olmayan

* 0,05 düzeyinde anlamlı

Sekiz oturumun genelinden elde edilen Hatırlama Testi puanlarına göre deney grubundaki uzman öğrencilerle kontrol grubundaki hem uzman hemde uzman olmayan öğrenciler arasında ve deney grubundaki uzman olmayan öğrencilerle kontrol grubundaki hem uzman hemde uzman olmayan öğrenciler arasında anlamlı bir farklılık olduğu Tablo 29'da görülmektedir. Hatırlama Testine benzer şekilde Transfer Testi puanlarına göre de deney grubundaki uzman öğrencilerle kontrol grubundaki hem uzman hemde uzman olmayan öğrenciler arasında ve deney grubundaki uzman olmayan öğrencilerle kontrol grubundaki hem uzman hemde uzman olmayan öğrenciler arasında anlamlı bir farklılık olduğu bulunmuştur. Tablo 29'da da görüldüğü gibi grupların Bilişsel Yük Ölçeği ortalama puanları arasında anlamlı bir farklılık bulunamazken termodinamik akademik başarı son test puanlarına göre deney grubundaki uzman öğrencilerle kontrol grubundaki uzman olmayan öğrenciler arasında anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir. Bununla birlikte hem deney grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrenciler hemde kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrenciler arasında Hatırlama Testi, Transfer Testi, Termodinamik Akademik Başarı Son Testi ve Bilişsel Yük Ölçeğinden aldıkları puanlarına göre anlamlı bir farklılık bulunamamıştır.

3.4.3. Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Termodinamik Ünitesindeki Hatırlama Testi, Transfer Testi, Termodinamik Akademik Başarı Son Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği Puanlarına Dayanarak Hesaplanan Etkili Öğrenme Düzeylerine İlişkin Bulgular

Bu bölümde öğrencilerin termodinamik ünitesindeki konuların bilişsel yük ilkelerine göre hazırlanmış öğretim yazılımından veya geleneksel yolla öğrenmelerinin etkili öğrenmelerine katkısı ile ilgili bulgulara yer verilmiştir.

Tablo 30’da deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin hatırlama ve transfer düzeylerine göre ve termodinamik akademik başarı son testine göre hesaplanan performans Z puanları, bilişsel yük Z puanları ve bu üç düzeyde hesaplanan etkili öğrenme puanları görülmektedir.

Tablo 30. Termodinamik ünitesinde öğrencilerin performans Z puanları, bilişsel yük Z puanları ve etkili öğrenme puanları

	Grup	N	Performans Z Puanı	Bilişsel Yük Z Puanı	Etkili Öğrenme Puanı (E)
Hatırlama Testi	Deney	18	0.86	0.31	0.39
	Kontrol	19	-0.81	-0.30	-0.37
Transfer Testi	Deney	18	0.85	0.31	0.38
	Kontrol	19	-0.81	-0.30	-0.36
Termodinamik Akademik Başarı Son Testi	Deney	18	0.31	0.31	-0.01
	Kontrol	19	-0.29	-0.30	0.01

Tablo 30’dan da görüldüğü gibi deney grubundaki öğrencilerin Hatırlama Testi Z puanı ortalamalarının $\bar{X} = 0.86$ iken kontrol grubundaki öğrencilerin Z puanı ortalaması $\bar{X} = -0.81$ ’dir. Transfer Testine göre de deney grubundaki öğrencilerin ortalama Z puanlarının ($\bar{X} = 0.85$) kontrol grubundaki öğrencilerin ortalama Z puanlarından ($\bar{X} = -0.81$) daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu iki testte olduğu gibi termodinamik akademik başarı son testine göre hesaplanan Z puanlarında da deney grubundaki öğrencilerin puanı ($\bar{X} = 0.31$) kontrol grubundaki öğrencilerden ($\bar{X} = -0.30$) yüksektir. Öğrencilerin performans Z puanlarında olduğu gibi bilişsel yük Z puanına göre de deney grubundaki öğrencilerin puanlarının ($\bar{X} = 0.31$) kontrol grubundaki öğrencilerin puanlarından ($\bar{X} = -0.30$) daha yüksektir. Bu puanlara dayanarak hesaplanan hatırlama etkili öğrenme puanına göre deney grubunun puanının (E= 0.39) kontrol grubu puanlarından (E= -0.37) yüksek olduğu belirlenmiştir. Aynı şekilde deney grubunun transfer etkili öğrenme puanı (E= 0.38) da kontrol grubunun puanından (E= -0.36) daha yüksektir. Deney grubundaki öğrencilerin termodinamik akademik başarı son testi Z puanı kontrol grubundan yüksek olmasına rağmen zihinsel çaba puanlarında büyük olmasından dolayı termodinamik akademik başarı etkili öğrenme puanı kontrol grubundan düşüktür.

Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin hatırlama, transfer ve termodinamik başarı etkili öğrenme puanlarına ilişkin etkili öğrenme grafiği aşağıda görülmektedir.

3.4.4. Uzmanlık Değişkenine Göre Öğrencilerin Termodinamik Ünitesindeki Hatırlama Testi, Transfer Testi, Termodinamik Akademik Başarı Son Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği Puanlarına Dayanarak Hesaplanan Etkili Öğrenme Düzeylerine İlişkin Bulgular

Bu bölümde farklı öğretim tasarımından termodinamik ünitesindeki konuları öğrenen öğrencilerin uzman veya uzman olmama durumlarının etkili öğrenmelerine katkısı ile ilgili bulgulara yer verilmiştir.

Tablo 31’de deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin hatırlama ve transfer düzeylerine ve termodinamik akademik başarı son testine göre hesaplanan performans Z puanları, bilişsel yük Z puanları ve bu üç düzeyde hesaplanan etkili öğrenme puanları görülmektedir.

Tablo 31. Uzman ve uzman olmayan öğrencilerin termodinamik ünitesindeki performans Z puanları, bilişsel yük Z puanları ve etkili öğrenme puanları

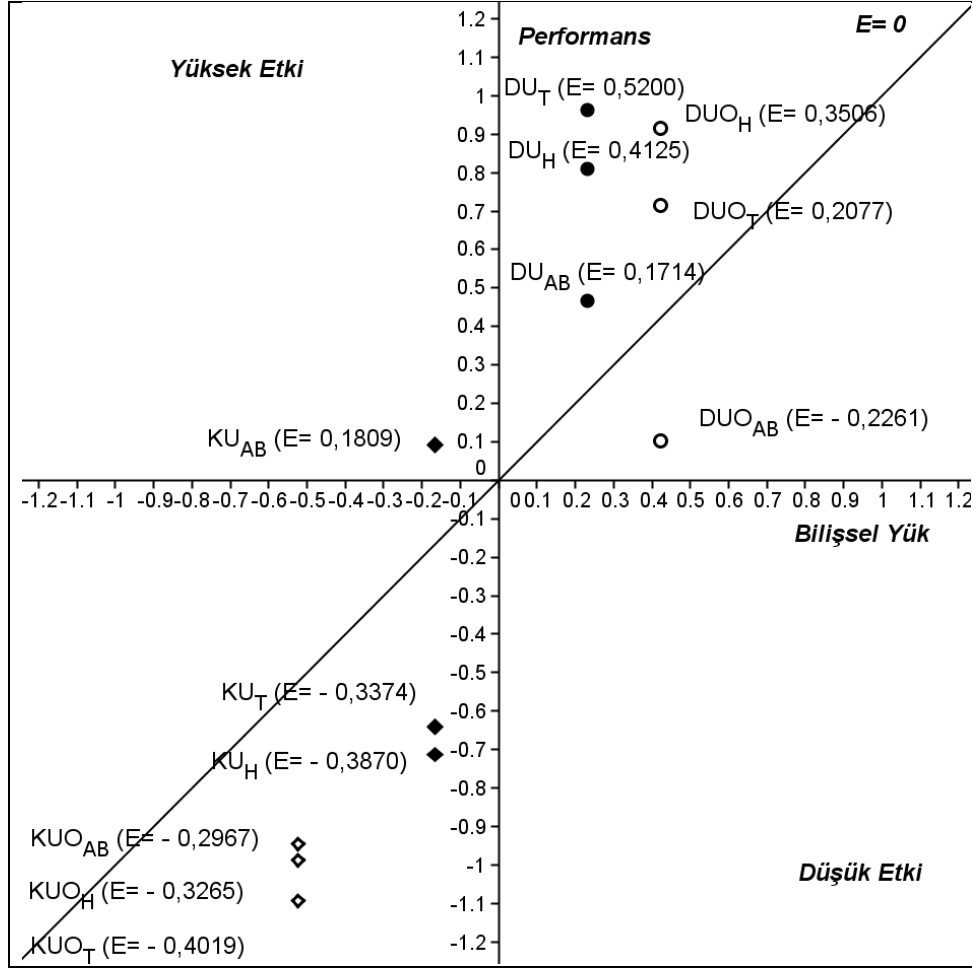
	Grup	N	Performans Z Puanı	Bilişsel Yük Z Puanı	Etkili Öğrenme Puanı (E)
Hatırlama Testi	DU	10	0.81	0.23	0.41
	DUO	8	0.92	0.42	0.35
	KU	12	-0.71	-0.17	-0.39
	KUO	7	-0.99	-0.53	-0.33
Transfer Testi	DU	10	0.96	0.23	0.52
	DUO	8	0.72	0.42	0.21
	KU	12	-0.64	-0.17	-0.34
	KUO	7	-1.09	-0.53	-0.40
Termodinamik Akademik Başarı Son Testi	DU	10	0.47	0.23	0.17
	DUO	8	0.10	0.42	-0.23
	KU	12	0.09	-0.17	0.18
	KUO	7	-0.94	-0.53	-0.30

DU: Deney Uzman, DUO: Deney Uzman Olmayan, KU: Kontrol Uzman, KUO: Kontrol Uzman Olmayan

Tablo 31’de görüldüğü gibi deney grubundaki uzman ($\bar{X}=0.81$) ve uzman olmayan ($\bar{X}=0.92$) öğrencilerin hatırlama Z puanı pozitifken kontrol grubundaki uzman ($\bar{X}=-0.71$) ve uzman olmayan öğrencilerin ($\bar{X}=-0.99$) puanı negatiftir. Transfer Testi Z puanlarına göre hem deney hem de kontrol grubundaki uzman öğrenciler kendi gruplarındaki uzman olmayan öğrencilerden daha yüksek hatırlama Z puanına sahiptir. Termodinamik akademik başarı son testine göre de uzman öğrenciler uzman olmayan öğrencilerden daha yüksek Z

puanı aldıkları tablodan görülmektedir. Yine aynı tablodan görüldüğü gibi deney grubundaki uzman olmayan öğrencilerin bilişsel yük Z puanı ($\bar{X} = 0.42$) deney grubundaki uzman öğrencilerden ($\bar{X} = 0.23$) daha yüksekken kontrol grubundaki uzman olmayan öğrencilerin Z puanı ($\bar{X} = -0.53$) kontrol grubundaki uzman öğrencilerin Z puanından ($\bar{X} = -0.17$) daha düşüktür. Deney grubundaki uzman olmayan öğrencilerin yüksek hatırlama performans Z puanına sahip olmalarına rağmen yüksek bilişsel yük Z puanına sahip olmasından dolayı deney grubundaki uzman öğrencilerden daha düşük hatırlama etkili öğrenme puanına ($E = 0.35$) sahiptir. Hatırlama etkili öğrenme puanına göre deney grubundaki uzman öğrenciler en yüksek puanı alırken ($E = 0.41$) kontrol grubundaki uzman öğrenciler en düşük etkili öğrenme puanını aldığı ($E = -0.39$) tablodan görülmektedir. Bununla birlikte transfer etkili öğrenme puanında en yüksek puanı yine deney grubundaki uzman öğrenciler alırken ($E = 0.52$) en düşük puanı kontrol grubundaki uzman olmayan öğrenciler almıştır ($E = -0.40$). Kontrol grubundaki uzman öğrenciler en yüksek termodinamik akademik başarı etkili öğrenme puanını alırken ($E = 0.18$) kontrol grubundaki uzman olmayan öğrenciler en düşük etkili öğrenme puanını ($E = -0.30$) almıştır.

Deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin hatırlama, transfer ve termodinamik başarı etkili öğrenme puanlarına ilişkin etkili öğrenme grafiği Şekil 26'da görülmektedir.



Şekil 26. Deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin hatırlama, transfer ve termodinamik başarı etkili öğrenme puanlarına ilişkin etkili öğrenme grafiği

DU_H (●): Deney Uzman Hatırlama, DU_T (●): Deney Uzman Transfer, DU_{AB} (●): Deney Uzman Akademik Başarı, DUO_H (○): Deney Uzman Olmayan Hatırlama, DUO_T (○): Deney Uzman Olmayan Transfer, DUO_{AB} (○): Deney Uzman Olmayan Akademik Başarı, KU_H (◆): Kontrol Uzman Hatırlama, KU_T (◆): Kontrol Uzman Transfer, KU_{AB} (◆): Kontrol Uzman Akademik Başarı, KUO_H (◇): Kontrol Uzman Olmayan Hatırlama, KUO_T (◇): Kontrol Uzman Olmayan Transfer, KUO_{AB} (◇): Kontrol Uzman Olmayan Akademik Başarı

Diyagramdan da görüldüğü gibi hem hatırlama hemde transfer düzeyinde deney grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin etkili öğrenme puanları, yüksek performans yüksek bilişsel yüklenme bölgesi olan koordinatın 1. bölgesine tekabül ederken; kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin öğrenmeleri düşük performans düşük bilişsel yük nedeniyle 3. bölgeye tekabül etmektedir. Deney grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin termodinamik başarı etkili öğrenme puanları ise

yüksek performans yüksek bilişsel yüklenme bölgesine yani koordinatın 1. bölgesindedir. Bununla birlikte kontrol grubundaki uzman öğrencilerin termodinamik başarı etkili öğrenme puanı yüksek performans düşük bilişsel yüklenme bölgesi olan diyagramın 2. bölgesine; kontrol grubundaki uzman olmayan öğrenciler ise düşük performans yüksek düşük bilişsel yüklenme bölgesi olan 3. bölgeye tekabül etmektedir.

3.5. Bilişsel Yük Kuramına Göre Hazırlanan Öğretim Tasarımı Hakkındaki Yarı Yapılandırılmış Öğrenci Görüş Formundan Elde Edilen Bulgular

Bu bölümde, termodinamik ünitesinde Bilişsel Yük Kuramı ilkelerine göre hazırlanan öğretim tasarımı ile ilgili öğrenci görüşlerinin yoklanmasına ilişkin olarak hazırlanan yarı yapılandırılmış öğrenci görüş formundan elde edilen bulgulara yer verilmiştir. Aşağıda da görüldüğü gibi öncelikle öğrencilerin bilgisayar kullanımına ilişkin sorular daha sonra hazırlanan öğretim yazılımı ile ilgili sorular ve en sonra da hazırlanan öğretim tasarımı ile ilgili öğrenci düşünceleri sunulmuştur.

Tablo 32. Bilgisayar kullanımına ilişkin bilgi ve beceri düzeyi

Bilgisayar kullanımına ilişkin bilgi ve beceri düzeyi		f
	Çok iyi	5
	İyi	6
	Orta	7
	Zayıf	-
	Çok zayıf	-

Tablodan da görüldüğü gibi deney grubundaki öğrencilerin tümü, orta veya üst düzeyde bilgisayar kullanma becerisine sahip olduklarını belirtmektedirler.

Tablo 33. Öğretim yazılımından konuyu yeterince öğrenememe nedenleri

Öğretim yazılımından konuyu yeterince öğrenememe nedenleri	f
Bireysel öğrenme güçlüğü	3
Ders işleme yöntemi farkı	2
Bilgisayardan öğrenme güçlüğü	1

Deney grubundaki öğrencilerin 12’si “Öğretim yazılımından konuya çalışırken konuyu yeterince öğrendiniz mi?” sorusuna evet yanıtını verirken 6 öğrenci hayır yanıtını vermiştir. Tablo 33’den da görüldüğü gibi bu öğrencilerin öğretim yazılımından konuyu yeterince öğrenememelerindeki en önemli neden; “bireysel öğrenme güçlüğü”dür. Bu konuda öğrencilerden biri fikrini “Kendi kendine öğrenmede bilgiler kalıcı olmuyor ve daha çok zorlanılıyor. Dinleyerek daha kalıcı oluyor.” Cümlesiyle dile getirmiştir. Bir diğer öğrenci ise yazılımı yararlı bulduğunu belirtmekle birlikte yazılımdan yeterince öğrenme konusunda fikrini “Kendi çabayla öğrenmenin her zaman bir hocadan dinlemekten daha verimsiz olduğunu düşünüyorum.” Cümlesiyle ifade etmiştir. Öğrencilerin konuyu yeterince öğrenememelerindeki bir diğer neden ise “ders işleme yöntemi farkı”dır. Bu konuda öğrencilerden biri fikrini “Çünkü şimdiye kadar ders işleme yönteminden çok farklı. Eğitim hayatımız boyunca neredeyse 14 yıldır hoca tahtada anlatırdı biz dinlerdik bu yüzden” cümlesiyle dile getirirken diğeri “yeterince değil evde tekrar yapmalıyım” yanıtını vermiştir. Bir diğer öğrenememe nedeni ise “bilgisayardan öğrenme güçlüğü”dür. Bu konuda öğrenci problemini “Bilgisayardaki durağan durum yorucu...” şeklinde belirtmiştir.

Tablo 34. Öğretim yazılımından konuya çalışırken zorlanma nedenleri

Öğretim yazılımından konuya çalışırken zorlanma nedenleri	f
Bireysel öğrenme güçlüğü	4
Bilgisayardan çalışma güçlüğü	1
Dikkat dağınıklığı.	2
Aşırı rahat ortam.	1

Deney grubundaki 8 öğrenci “Öğretim yazılımından konuya çalışırken zorlandınız mı?” sorusuna evet yanıtını verirken 10 öğrenci hayır yanıtını vermiştir. Öğrencilerin konuyu çalışırken zorlanmalarındaki en temel neden “bireysel öğrenme güçlüğü”dür. Bu konuda öğrencilerin sıklıkla dile getirdikleri cümleler ise “Bir öğretmenin anlatması daha kolay olurdu...” veya “Bu zamana kadar dersi hep hocalardan dinlemeye alıştığımız için...” şeklindedir. Bir diğer problem ise “bilgisayardan çalışma güçlüğü”dür. Bu konuda öğrenci fikrini “ Bilgisayar başında konuya çalışmak yorucu...” ifadesi ile dile getirmiştir. Konuya çalışırken problemlerden biri “Dikkat dağınıklığı” iken bir diğeri ise “aşırı rahat ortam”dır.

Tablo 35. Bu yazılımı yararlı bulmama nedeni

Bu yazılımı yararlı bulmama nedeni	f
Bireysel öğrenme güçlüğü	2

“Bu yazılımı yararlı buldunuz mu?” sorusuna deney grubundaki öğrencilerin 16’sı evet yanıtını verirken 2’si yararlı bulmadığını belirtmiştir. Yazılımdan konuyu yeterince öğrendiğini ve farklı derslerde de bu tür yazılımlardan faydalanmak istediğini belirtmelerine rağmen yazılımı yararlı bulmadığını belirten 2 öğrenci fikirlerini “Kısmen yararlı buldum. Konuyu okuyarak değilde bana anlatılırsa anlayanlardım.”, “Hocanın anlatması taraftarıyım. Daha dikkatli ve önemliolan noktaları daha iyi anlayabiliriz diye düşünüyorum.” Cümleleriyle dile getirmişlerdir.

Tablo 36. Farklı derslerde de bu tür öğretim yazılımlarından yararlanmak istememe nedenleri

Farklı derslerde de bu tür öğretim yazılımlarından yararlanmak istememe nedenleri	f
Bütün alanlar için uygun olmaması	1
Bütün konular için uygun olmaması	1
Bireysel öğrenme güçlüğü	4

Termodinamik ünitesinde geliştirilen öğretim yazılımından çalışan öğrencilerin 12’si “Farklı derslerde de bu tür öğretim yazılımlarından yararlanmak ister misiniz?” sorusuna evet yanıtı verirken 6’sı bu soruya olumsuz yanıt vermiştir. Öğrencilerin öğretim yazılımlarından faydalanmamak istememelerinin en önemli nedeni “bireysel öğrenme güçlüğü”dür. Bu konuda öğrencilerden biri “Yazılımdan konunun anlaşılması zor oluyor ve yeterince öğrenilmiyor.” Cümlesiyle ifade ederken bir diğeri “Hocadan dinlemeyi tercih ederim.” Cümlesiyle düşüncesini belirtmiştir. Bazı öğrenciler ise öğretim yazılımının tüm alanlar veya tüm konular için uygun olmadığı yönünde görüşleri olduğu belirlenmiştir. Bu konuda öğrencilerden biri “Matematik, laboratuvar gibi derslerde bu tür yazılımlardan yararlanmak istemem. Laboratuvar uygulamadır. Matematikte de anlama zorluğu çekebilirim.” Cümleleriyle fikrini dile getirmiştir. Bir diğer öğrenci ise bu konuda düşüncesini “Bazı görsel durumlar için ideal ama konunun tamamı anlaşılabilir.” Cümlesiyle belirtmiştir.

Tablo 37. Geliştirilen öğretim yazılımın öğrenciler tarafından beğenilen yönleri

Geliştirilen öğretim yazılımın beğenilen yönleri	f
Tekrar çalışma imkânı sağlaması	2
Çoklu ortam	6
Yorum yapma yeteneğini geliştirmesi	1
Konuyla ilgili düşünmeye sevk etme	1
Yalın anlatım	2
Konuların sunum biçimi	1
Çözümlü örneklerin sunum biçimi	3

Tablo 37’de görüldüğü gibi örneklemedeki öğrencilerin büyük kısmının öğretim yazılımındaki “çoklu ortam”dan hoşlanmaktadır. Bu konudaki bazı öğrenci görüşleri şöyledir: “...görsel olarak alınan bilginin ses ile dinlenmesi çok hoş.”, “Bazı konuları görsel ve seslerle anlatması hoşuma gitti.”, “Sunumun hem görsel hemde duyuşsal olması konuyu öğrenebilmemizi kolaylaştırdığına inanıyorum.”, “Bu yazılımla hem görsel hemse işitsel yönden konuyu kavradım.”. Öğrencilerin yazılımda hoşlarına giden bir diğere husus ise “çözümlü örneklerin sunum biçimi” dir. Bu konuda öğrenciler fikirlerini “Her konunun sonunda bireysel soru çözümü çok hoş.”, “Anlatım sırası, önemli olan yerlerin verilmesi, daha sonra öğrenilenlerle sınanması.” Cümleleriyle dile getirmişlerdir. “Bazı tanımları kısa net ve örneklerle açıklanması.” ve “Sesli ve görüntülü anlatımı sade ve anlaşılır” cümlelerinde de görüldüğü gibi öğrencilerin yazılımda beğendikleri bir diğere husus “yalın anlatım”dır. Yazılımda beğenilen bir diğere husus ise “tekrar çalışma imkânı sağlaması” kodu altında toplanmaktadır. Bu konuda öğrenciler memnuniyetlerini “Anlaşılmadığında tekrar tekrar izlenebilmesi, okunabilmesi hoş...” ve “Anlamadım dediğimde ters ters yüzüme bakmaması.” cümleleriyle dile getirmişlerdir. Bir öğrencinin “Şekiller üzerinde konunun anlatılması daha anlaşılır olmuş.” cümlesinden de görüldüğü gibi yazılımın beğenilen yönlerinden biri de “konuların sunum biçimi”dir. Bazı öğrenciler yazılımın “düşündürmeye sevk etmesi”ni bazıları ise “yorum yapma yeteneğini geliştirmesi”ni beğendiğini belirtmiştir.

Tablo 38. Geliştirilen öğretim yazılımının beğenilmeyen yönleri

Geliştirilen öğretim yazılımın beğenilmeyen yönleri	f
Örnek çözümlerin az olması	3
Bilgisayardan çalışma güçlüğü	2

Tablo 38'in devamı

Çözümlü örneklerin sunum biçimi	2
Bireysel çalışma gücülüğü	3
Tek çeşit sunum olması	1

Yukarıda da görüldüğü gibi öğretim yazılımında öğrencileri “Örnek çözümlerin az olması” durumu rahatsız etmiştir. Bu konuda öğrencilerden biri “Daha ayrıntılı ve bol örnek olması daha iyi olabilirdi...”, diğeri “Yapamadığımız soru örnekleriyle ilgili daha çok alıştırmaya olmaması çok hoş değil...” cümlesiyle yazılımda beğenmediği yönü tenkit etmiştir. Bazı öğrencileri ise örnek çözümlerin sayısının az olmasının yanında örneklerin sunum biçimi rahatsız etmiştir. Bu konuda öğrencilerden biri “Örneklerin sesli olarak çözülmemesi hoş değil...” cümlesiyle fikrini dile getirirken bir diğeri “Örneklerde bir sorunun bütün üniteyi kapsamaması değil kolaydan zora doğru olması daha iyi olurdu...” cümlesiyle problemini belirtmiştir. “Anlaşılmayan yerlerde aynı yeri aynı kelimelerle görmekten başka alternatifimiz yok...” cümlesinden de görüldüğü gibi yazılımın eleştirisi alan bölümlerinden biri de “tek çeşit sunum olması” kodu altında gösterilmektedir. Bazı öğrencilerin ise bilgisayardan çalışırken sorun yaşadığı görülmektedir. Bu konuda öğrencilerden biri problemini “Bilgisayar ekranı insanın gözünü çok yoruyor ve kendi kendine öğrenmeye çalışmak çok yorucu oluyor ” cümlesiyle dile getirmiştir.

Tablo 39. Sanal bir ortamdan konuya hazırlanmaktan hoşlanmama nedeni

Sanal bir ortamdan konuya hazırlanmaktan hoşlanmama	f
Öğrenme alışkanlığı farkı	3
Bilgisayardan çalışma gücülüğü	2

Uygulamaya katılan öğrencilerin yarısı “Sanal bir ortamdan konuya hazırlanmaktan hoşlandınız mı?” sorusuna evet yanıtını verirken diğeri yarısı hayır yanıtını vermiştir. Tablodan da görüldüğü gibi bazı öğrenciler alıştıkları öğrenme alışkanlıklarından farklı olduğu için sanal ortamdan hoşlanmadıklarını belirtmişlerdir. Bu konudaki öğrenci görüşleri şöyledir: “Sanal ortamda konuya hazırlık çok sıkıcı”, “Alışılmamış bir şey olduğu için...” ve “Dersi anlatan hocamız anlamadığımız zaman o konuyu anlayabilmemiz için en basite indirgeyebiliyor”. Bazı öğrenciler ise bilgisayarla ilgili problemlerini “Sürekli bilgisayara bakmak gözlerimi yoruyor ve bazen algılamada zorluk çekiyorum.” ve “Sürekli

bilgisayara bakmak gözlerimi yoruyor ve başımı ağrıtıyor” cümleleriyle dile getirmektedirler.

Tablo 40. Öğretim tasarımının beğenilen yönleri

Öğretim tasarımının beğenilen yönleri	f
Bireysel çalışma imkanı	1
Konudan hemen sonra yapılan sınavlar	1
Görsel ortam	2
Öğretim elemanının rehberliği	2

Bilişsel Yük Kuramı ilkelerine göre işlenen bu dersle ilgili öğrenciler dersin görsel ortamda yani çok boyutlu ortamda işlenmesinden olan memnuniyetini “Şekillerle öğrenilmesi biraz daha zevkli.” Cümlesiyle dile getirmiştir. Bazıları ise dersi yürütülmesi sürecindeki destekten hoşnut kaldıklarını belirtmişlerdir. Bir öğrenci “Bireysel çalışmamız ve kendi bildiğimiz gibi anlamaya çalışmamız hoş. Her kişinin anlama şekli farklı olduğu için bu uygulamada herkes bildiği yöntemle anlamaya çalışıyor” cümlesiyle bireysel çalışma imkanından memnun kaldığını belirtmektedir. Bir diğeri ise ders sonunda yapılan sınavların öğrenmelerine katkısını “Konudan hemen sonra kısa bir sınav olmamız konuyu iyi anlayabilmemiz için yararlı oldu, bu hoşuma gitti” cümlesiyle dile getirmişlerdir.

Tablo 41. Öğretim tasarımının hoşlanılmayan yönleri

Öğretim tasarımının hoşlanılmayan yönleri	f
Geneneksel yöntemden farkı	5
Rahat ortam	2

Dersin işlenişi ile ilgili öğrenciler en çok alıştıkları uygulamalardan farklı bir uygulamayla karşılaşmış olmalarından dolayı sorun yaşamışlardır. Bu konudaki öğrenciler görüşlerini: “Farklıydı ama sınıfta eskisi gibi işlemeyi tercih ederim.”, “Görsel eğitim daha avantajlıdır ama konu önceden bilinip uygulama görselde yapılmalıdır.”, “Bir öğretmenin anlatması daha akılda kalıcı oluyor ve insanı daha az yoruyor”, “Her konu sonunda anlamadığımız yerler sorulup sınıfa genel bir anlatım yapılabilir” cümleleriyle dile getirmişlerdir. Öğrencilerin hazırlanan bu ortamdaki hoşlanmadıkları bir diğer durum ise rahat ortam yani kendi öğrenmelerinin kendilerine bırakılmasıdır.

Sekiz oturumunda uygulanan bu araştırmada; her oturumdan önce, süreçte ve sonra birçok veri toplama aracı uygulanmıştır. Bu bölümde, bu veri toplama araçlarından elde edilen bulgulara yer verilmiştir. Bir sonraki bölümde elde edilen bu bulgular; Bilişsel Yük Kuramı ve mevcut literatür ışığında tartişılmıştır.

4. TARTIŞMA

Bu bölümde öncelikle farklı öğretim tasarımından termodinamik ünitesine çalışan deney ve kontrol grubundaki öğrencilerden elde edilen bulgular tartışılmıştır. Daha sonra, farklı tasarımlardan konuya çalışan uzman ve uzman olmayan öğrencilerden elde edilen bulgular tartışılmıştır. Bunun yanında farklı bir tasarımından konuya çalışan deney grubundaki öğrencilerin hem termodinamik ünitesinde Bilişsel Yük Kuramı doğrultusunda geliştirilen öğretim yazılımı hem de bu yazılımın kullanıldığı öğretim tasarımı hakkındaki görüşlerinden elde edilen bulgular irdelenmiştir. Bu haliyle tartışma, üç bölümden oluşmaktadır.

4.1. Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi, Bilişsel Yük Ölçeği ve Termodinamik Akademik Başarı Testinden Elde Edilen Bulgularla İlgili Tartışma

Birinci oturumda örneklemdaki öğrenciler; termodinamik ünitesi ile ilgili “termodinamik, sistem, çevre, açık sistem, kapalı sistem, izole sistem, ısı, iş ve hal fonksiyonu” olmak üzere sekiz tane kavram öğrenmişlerdir. Bu kavramlardan öğrenciler; ısı, iş gibi bazı kavramlarla daha önceki eğitim yaşantılarında karşılaşmakla birlikte sistem, hal fonksiyonu gibi bazı kavramlarla ilk kez bu oturumda karşılaşmışlardır. Bilişsel Yük Kuramına göre ilk kez öğrenilen bir konuda içsel bilişsel yükün fazla olması beklenir (Sweller, 2003) fakat Bilişsel Yük Ölçeği incelendiğinde her iki grubunda toplam bilişsel yükün düşük bilişsel yük sınıfında olduğu görülür. Bu oturum için aşırı bilişsel yüklenmenin olmamasının nedeni kavramların çoğu hakkında öğrencilerin daha önceden bilgi sahibi olmalarından ve yeni öğrenilen kavramların ise birbiriyle kısmen de olsa bağımsız şekilde ele alınmasından kaynaklanabilir. Bilişsel Yük Ölçeğine göre deney grubundaki öğrencilerin bu oturumdaki konuları öğrenirken zihinsel olarak daha fazla çaba sarf ettikleri görülmektedir (Tablo 9). Her iki grupta da aynı konu öğretildiği için içsel bilişsel yükün birbirine çok yakın olması beklenir. Dolayısıyla iki grup arasındaki bilişsel yük puanı farkı ya dışsal bilişsel yükten yani öğretim tasarımından yada etkili bilişsel yükten kaynaklanabilir. Bu durumun açıklanmasında performans puanlarının incelenmesi yararlı olacaktır. Deney grubundaki öğrencilerin hem hatırlama hem de Transfer Testinde

kontrol grubundaki öğrencilerden daha başarılı oldukları bulunmuştur (Tablo 9). Yapılan analizlerde de hatırlama, transfer testi ve Bilişsel Yük Ölçeğine göre deney ve kontrol grubundaki öğrenciler arasında farklılık olduğu bulgulardan görülmektedir (Tablo 10). Dolayısıyla deney grubunun bilişsel yüklenmesinin fazla olmasının nedeninin etkili öğrenmeyi gösteren etkili bilişsel yükten kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Bunun yanında bulgulardan görüldüğü gibi deney grubundaki öğrencilerin hatırlama ve Transfer Testi puanları birbirine oldukça yakınken kontrol grubunda Transfer Testi puanının Hatırlama Testi puanından 11 puan daha düşüktür. Kontrol grubunun transfer puanının düşük olmasının nedenini anlayabilmek için Transfer Testi-1 soruları incelenmiş ve bu soruların ancak bu oturumda öğrenilen bilgilerin, Fizik dersindeki temel bilgilere transfer edilerek çözülebileceği görülmektedir. Örneklemdaki tüm öğrencilerin bu çok temel düzeydeki Fizik bilgisine sahip olduğu düşünülürse transfer puanları arasındaki farkın deney grubu için hazırlanan öğretim tasarımından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Bunun yanında iki grubun etkili öğrenme grafikleri incelendiğinde, deney grubunun diğer gruba göre daha etkili bir öğrenme gerçekleştirdiği görülmektedir. Literatür incelendiğinde gerek Tabbers, Martens ve van Merriënboer (2000)'in dikkatin dağılma etkisi ve biçim etkisini karşılaştırdıkları çalışmasında gerekse Paas (1992)'in dikkatin dağılma etkisini baz alınarak veya geleneksel olarak hazırlanan iki materyali karşılaştırdığı çalışmada bilişsel yüklenme açısından anlamlı farklılık bulunamazken performansta açığa çıkan farkın etkili bilişsel yükten kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir. Literatürdeki bu ve benzeri çalışmaların bulguları bu çalışmanın bulguları ile örtüşmekle birlikte bazı açılardan da farklılık göstermektedir. Örneğin Cierniak, Scheiter ve Gerjets (2009) dikkatin dağılması etkisine göre geliştirilen materyalden öğrenen öğrencilerin daha iyi performans göstermekle birlikte daha az yüklendiklerini bulmuştur. Oysa bu çalışmada yukarıda da belirtildiği gibi kontrol grubundaki öğrencilerin düşük performans düşük bilişsel yük; deney grubundaki öğrencilerin ise yüksek performans, yüksek bilişsel yük gösterdikleri belirlenmiştir. Literatürden farklı olarak ortaya çıkan bu bulgunun nedeninin; literatürdeki çalışmalarda karşılaştırılan gruplardaki tüm öğrencilerin farklı özellikteki materyallerden bireysel olarak çalıştıkları fakat bu çalışmada deney grubundaki öğrenciler öğretim üyesinin rehberliğinde bireysel olarak hazırlanan öğretim yazılımından çalışken, kontrol grubundaki öğrencilerin geleneksel bir öğretime tabii tutulmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bununla birlikte deney grubundaki yüklenmenin düşük bilişsel yüklenme bölgesinde olması (Şekil 15) ve performans puanları bakımından da kontrol grubuyla

arasında çok büyük farklılıklar göstermesi (Tablo 9) hazırlanan öğretim tasarımının dışsal bilişsel yükü düşürerek etkili bilişsel yükü artırdığını göstermektedir.

İç enerji ve termodinamiğin 1. yasası konularının işlendiği 2. oturumdan elde edilen bulgular grup değişkeni açısından incelendiğinde; öğrencilerin Bilişsel Yük Kuramı ilkelerine göre hazırlanmış yazılımın kullanıldığı öğretim tasarımından veya geleneksel yolla öğrenmelerinin Hatırlama Testi-2, Transfer Testi-2 ve Bilişsel Yük Ölçeği-2 puanları üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. Yapılan analizlere göre grupların hatırlama, transfer ve bilişsel yük puanları arasındaki farklılık da anlamlıdır (Tablo 17). Elde edilen bulgular Bilişsel Yük Ölçeği puanları ışığında incelendiğinde, deney grubundaki öğrencilerin bu konuları öğrenirken kontrol grubuna göre daha fazla zihinsel çaba sarfederek daha büyük bir başarı kaydettikleri görülmektedir. Literatür incelendiğinde daha düşük bilişsel yüklenmeyle daha büyük performans gösterildiğine dair birçok çalışmaya (Yeung, Jin ve Sweller, 1997; Kalyuga, Chandler ve Sweller, 1999; Kalyuga vd. 2001; Elteren, 2004; Große ve Renkl, 2007) rastlamakla birlikte bu çalışmada olduğu gibi yüksek zihinsel çaba ile yüksek performansın gösterildiği çalışmalara ulaşamamıştır. Bilişsel Yük Kuramına göre deney ve kontrol grubundaki öğrenciler aynı konuyu öğrendikleri için aynı içsel bilişsel yüke sahip oldukları kabul edilir. Bu kurama göre deney grubundaki öğrenciler daha yüksek bir başarı gösterdikleri için etkili bilişsel yüklerinin kontrol grubundan fazla olması ve bu iki grup farklı öğretim tasarımından öğrendikleri için de dışsal bilişsel yüklerinin de farklı olması beklenir. Dolayısıyla deney grubundaki öğrencilerin daha fazla yüklenmeyle daha büyük bir başarı göstermeleri etkili bilişsel yük ile açıklanabilir. Bu oturumda incelenmesi gereken bulgulardan biri, deney grubu öğrencilerinin Transfer Testi puanlarının Hatırlama Testi puanlarından daha yüksekken kontrol grubundaki öğrencilerin Hatırlama Testi puanlarının Transfer Testi puanlarından daha yüksek olmasıdır. Öğrencilerin Hatırlama Testi puanlarının Transfer Testi puanlarından yüksek olması olağan bir durumdur, bu bağlamda ilginç olan Transfer Testi puanlarının yüksek olmasıdır çünkü transfer için öncelikle bilginin hatırlanıp sonra diğer bilgilerle ilişki kurulması beklenir. Burada her iki grupta da hatırlama ve Transfer Testi puanları arasındaki fark çok fazla olmamakla birlikte bu farkın nedeninin araştırılmasının yararlı olacağı düşünülmektedir. Bu bulguyu açıklamak için Transfer Testi-2 incelendiğinde bu oturum kapsamında öğrencilere biri yakın diğeri uzak transfer olmak üzere iki soru yöneltildiği görülmektedir. Transfer Testi-2’de sorulan yakın transfer sorusu kısa açıklamalı, uzak taransfer sorusu ise işlemsel bir sorudur. Örneklemdaki öğrencilerin

yeni üniversite sınavından çıktıkları için daha ziyade işlemsel sorulara alışkın olmaları ve üniversitede kontrol grubunda yapılan gözlemlerde öğretim üyelerinin de işlemsel sorulara ağırlık vermeleri nedeniyle işlemsel soruların daha rahat yanıtlamaları olağandır. Fakat buradaki işlemsel soruyu yanıtlayabilmek için öğrencilerin Fizik ve Matematik bilgilerini kullanmaları gerekmektedir. Bu noktadan hareketle, kontrol grubundaki öğrencilerin bilgiyi transfer etmede sorun yaşadıkları için Transfer Testi-2'deki soruları yanıtlamakta zorlandıkları düşünülebilir. Deney grubundaki öğrenciler ise Transfer Testindeki sorular daha kısa yanıtlı olduğu için açıklama gerektiren sorulardan ziyade transfer sorularını çözmeyi tercih etmiş olabilirler.

3. oturumda örneklemdaki öğrenciler entalpi konusunu işlemişlerdir. Literatür incelendiğinde entalpi konusunun ele alındığı sınırlı sayıda çalışmaya (Thomas ve Schwenz, 1998; Carson ve Watson, 1999; Tatar, 2007) rastlanmakla birlikte, yapılan çalışmalarda entalpinin öğrencilerin anlamakta zorlandıkları konulardan olduğu görülmüştür. Öğrencinin entalpi konusunu anlayabilmesi için öncelikle sistem, sistem türleri, çevre, ısı, iş gibi birçok konu hakkında yeterli bilgiye sahip olması gerekmektedir. Bilişsel Yük Kuramı bir anda çalışan bellekte çok fazla ögenin işlenmesi durumunda belleğin çok yükleneceğini ve öğrenmenin güçleşeceğini belirtmektedir (Sweller, van Merriënboer ve Paas 1998; Sweller 2003). Literatürden hareketle öğrencilerin entalpi konusunu öğrenmekte güçlük yaşamalarının nedeni çok fazla öge etkileşiminin olmasından kaynaklanabilir. Bu çalışmada kontrol grubundaki öğrenciler entalpi konusunu öğrenirken daha az yüklenmekle birlikte hem hatırlama hem de transfer düzeyindeki başarılarının düşüktür (Tablo 23). Dolayısıyla puanlar arasındaki bu farklılık, deney grubu lehine istatistiki olarak da anlamlı olarak farklılaşmaktadır (Ek-1, Tablo 2). Deney grubundaki öğrenciler ise hem hatırlama hemde transfer düzeyinde kontrol grubuna göre daha yüksek performans göstermekle birlikte bu konuyu öğrenmek için daha fazla çaba sarf etmişlerdir. Bilişsel yük puanının fazla olmasına rağmen deney grubunun hem hatırlama hem de transfer etkili öğrenme puanı pozitif, kontrol grubunun her iki düzeydeki etkili öğrenme puanları da negatiftir. Deney grubunun bilişsel yük puanı kontrol grubundan fazla olmasına rağmen Tablo 23'de görüldüğü gibi üçüncü oturumda deney grubundaki öğrencilerin yüklenmeleri 9'luk skalada 5'in altında olduğundan aşırı yüklenme aralığından oldukça uzaktır. Yani; konunun öge etkileşiminin fazla olması, dolayısıyla içsel bilişsel yükünün fazla olması ve deney grubundaki öğrencilerin aşırı yüklenme aralığında olmaması göz önüne alındığında deney grubundaki öğrencilerin yüklenmesinin makul aralıkta olduğu düşünülmektedir.

Örneklemedeki öğrencilerin testlerde gösterdikleri başarıya bakıldığında deney grubunun başarısı daha yüksek olduğundan etkin bilişsel yükünün kontrol grubundan yüksek olduğu görülmektedir. Bu noktadan hareketle deney grubundaki öğrencilerin başarılarındaki farklılığının nedenin çalıştıkları öğretim tasarımının dışsal bilişsel yükü düşürerek etkili bilişsel yükün artırmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Dolayısıyla hazırlanan bu tasarımın Bilişsel Yük Kuramının amacına uygun olduğu söylenebilir. Literatür incelendiğinde Bilişsel Yük Kuramına dayalı hazırlanan tasarımların daha başarılı olduğuna dair pek çok çalışma görülmektedir (Yeung, Jin ve Sweller, 1997; Kalyuga, Chandler ve Sweller, 1999, 2000; Kalyuga vd. 2001; Elteren, 2004; Große ve Renkl, 2007). Bu oturumdaki elde edilen önemli bulgulardan biri ise öğrencilerin hatırlama ve transfer testleri arasındaki puan farklılığıdır. Kontrol grubunda bu iki düzey arasındaki farklılık yaklaşık 12 puanken deney grubunda yaklaşık 40 puandır (Tablo 23). Transfer düzeyi, hatırlamaya göre daha üst düzey olduğundan daha düşük puan alınması normal karşılanabilir fakat deney grubundaki bu farklılık incelenmesi gereken bir durumdur. Bu amaçla Hatırlama Testi-3 ve Transfer Testi-3 incelendiğinde hatırlama soruları 3. oturumdaki konularla birebir örtüştüğü ve soruların güçlüğü ile ilgili bir problem olmadığı söylenebilir. Transfer Testi-3 de ise sorulardan biri yakın diğeri uzak transfer sorusu olmakla birlikte soruların çözümünün çok uzun olduğu görülmektedir. Örneğin “Deposuna konulan 1560 g benzenin (C_6H_6) yanmasıyla 1100 Kg’lık bir otomobil, $0,5 \text{ m/s}^2$ ’lik bir ivme ile 1200m yol almıştır. Otomobil hareketi sırasında motorun ısınmasıyla çevreye 550 J’lük enerji verdiğine göre iç enerji değişimini hesaplayınız [$\Delta H_{ol}^{\circ}(C_6H_6(s)) = +226 \text{ kJ/mol}$, $\Delta H_{ol}^{\circ}(CO_2(g)) = -393 \text{ kJ/mol}$, $\Delta H_{ol}^{\circ}(H_2O(g)) = -241 \text{ kJ/mol}$, $\Delta H_{ol}^{\circ}(O_2(g)) = 0 \text{ kJ/mol}$, $M_A(C_6H_6) = 78 \text{ g/mol}$].” Sorusu uzak transfer kategorisindedir. Çünkü öğrenci bu soruyu çözebilmek için öncelikle Fizik dersindeki hareket konusunu bilmesi daha sonra ise çok sayıda işlem yapması gerekmektedir. Dolayısıyla öğrenci soruyu çözebilecek yeterli bilgiye sahip olsa dahi gerekli sabrı yoksa başarısız görülebilir. Kontrol grubundaki öğrenciler çok temel düzeydeki hatırlama sorularını da yanıtlamakta zorlandıkları için bu konuyu öğrenme ile ilgili genel bir problem yaşadıkları söylenebilir fakat deney grubunda Transfer Testindeki bekleneninde üstünde bir düşüşün yaşanmasının nedeninin seçilen soruların öge etkileşiminin fazla olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

İstemlilik ve entropi konularının ele alındığı çalışmanın 4. oturumunda deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin hatırlama testi-4, Transfer Testi-4 ve Bilişsel Yük Ölçeği-4 puanları birbirinden farklıdır (Tablo 23). Yapılan çok faktörlü varyans analizine göre de

gruplar arasında anlamlı bir farklılık olduğu bulunmuştur. Literatürde istemlilik ve entropi konularının öğrenme süreci ve bu süreçte karşılaşılan problemlerle ilgili sınırlı sayıda çalışmaya (Carson ve Watson, 2002; Sözbilir ve Bennet 2007) rastlanılmıştır. Verilerin toplanması kısmında da belirtildiği gibi deney grubundaki öğrenciler bu oturumdaki konulara çok kısa sürede çalışmışlardır. Çalışma süresinin bilişsel yüklenmenin göstergelerinden biri olduğu (Mousavi, Low ve Sweller, 1995; Cierniak, Scheiter ve Gerjets, 2009) göz önüne alınırsa, öğrencilerin bu kavramları öğrenmekte diğerlerine göre daha az zorlandıkları söylenebilir. Dördüncü oturumdan elde edilen bulgular incelendiğinde deney grubundaki öğrencilerin hem hatırlama hemde transfer düzeyinde daha yüksek performans gösterdiğini ve bu süreçte de kontrol grubundaki öğrencilerden daha az yüklendikleri görülebilir (Tablo 23). Dolayısıyla bu verilere dayanarak hesaplanan hatırlama ve transfer etkili öğrenme puanları bakımından deney grubunun puanları daha yüksektir (Ek-1, Tablo 13). Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin giriş özelliklerinin birbirine çok yakın olduğunu ve bu oturumda aynı konuyu işlediklerini düşündüğümüzde her iki grupta içsel bilişsel yükünün aynı olmasını bekleriz. Kontrol grubunun gösterdiği performans deney grubundan daha düşük olduğundan, etkili bilişsel yükünün de deney grubuna göre daha düşük olması gerekir. Dolayısıyla kontrol grubunun daha fazla yüklenmesinin nedeni dışsal bilişsel yükten kaynaklanabilir ki buradan deney grubu için hazırlanan öğretim tasarımının öğrenme sürecinde öğrencilerin dışsal bilişsel yükünü azaltarak daha az yüklenmelerine neden olduğu söylenebilir. Bu oturumdan elde edilen ilginç bir bulgu ise deney grubunda hatırlama puanı transfer puanından yüksekken kontrol grubunda durumun tersine olmasıdır (Tablo 23). Bu bulguyu irdelemek için Hatırlama Testi-4 ve Transfer Testi-4 incelendiğinde her iki testte kavramsal ağırlıklı soruların sorulduğunu görülmektedir. Hatırlama Testi-4'te öğrencilerden istemlilik ve entropi kavramlarını açıklamaları istenmiştir. Kontrol grubunun Hatırlama Testindeki başarısı göz önüne alındığında, bu iki kavramla ilgili şemaların tam olarak yapılanamadığı söylenebilir. Transfer Testi-4'ün ilk sorusunda öğrencilerden yeni öğrendikleri bilgilerini kullanarak daha önceden öğrendikleri bir durumu açıklayıp bir genellemeye ulaşmaları beklenmektedir. Bu soru kontrol grubundaki öğrencileri daha fazla zorlamakla birlikte her iki gruptaki öğrencilerin de yanıtlamakta zorlandığı bir sorudur. Öğrencilerin sorulara verdikleri yanıtlar göz önüne alındığında testteki bir diğer soruyu nispeten daha kolay buldukları görülmektedir. Dolayısıyla kontrol grubundaki öğrencilerin Hatırlama Testindeki kavramları açıklamaktansa bu soruya ağırlık verdikleri düşünülmektedir. Bir

diğer bulgu ise kontrol grubundaki öğrencilerin hatırlama ve transfer puanları birbirine oldukça yakınken deney grubunda bu iki puan arasında ciddi fark göze çarpmasıdır. Deney grubundaki Hatırlama Testi puan ortalamalarının yüksek olması öğrencilerin istemlilik ve entropi konularını, hazırlanan yazılımdan çok kolaylıkla öğrenmeleri ve Hatırlama Testindeki iki açıklama sorusunu da bu nedenle çok kolaylıkla açıklayabilmeleriyle açıklanabilir. Fakat Transfer Testindeki özellikle “Erime ve buharlaşma olaylarındaki entropi değişimlerini karşılaştırdığınızda hangisindeki entropi değişimi daha fazladır, tartışınız.” Sorusunu bazı öğrencilerin yorumlamakta zorlandıkları veya yorumlamak istememelerinden dolayı hatırlama ve Transfer Testi arasında yaklaşık 30 puanlık bir farklılığın oluştuğu düşünülmektedir.

Standart reaksiyon entropisi ve termodinamiğin üçüncü yasası konularının ele alındığı uygulamanın beşinci oturumundan elde edilen bulgular incelendiğinde deney grubundaki öğrencilerin kontrol grubundaki öğrencilere göre hem hatırlama ve hemde transfer düzeyinde daha yüksek puanlar almakla birlikte bilişsel yüklenmelerinin birbirine çok yakın olduğu görülmektedir (Tablo 23). Yapılan çok faktörlü varyans analizine göre de; deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin hatırlama testi-5, Transfer Testi-5 ve Bilişsel Yük Ölçeği-5 puanları arasında anlamlı bir farklılık olduğu belirlenmiştir (Ek-1). Deney grubundaki öğrenciler yüksek performans ve düşük bilişsel yüklenmeden dolayı hem hatırlama hemde transfer düzeyinde daha yüksek etkili öğrenme puanlarına sahiptirler (Ek-1, Tablo 20). Her iki gruptaki öğrencilerinde giriş özelliklerinin birbirine çok yakın ve aynı konuyu öğrendiklerini düşünürsek içsel bilişsel yüklenmelerinin aynı olacağı söylenebilir. Örneklemdeki öğrencilerin farklı tasarımdan öğrendikleri düşünülürse dışsal bilişsel yüklerinin farklı olması beklenir. Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin hem hatırlama hemde transfer düzeyindeki başarıları incelendiğinde her iki düzeyde de deney grubundaki öğrencilerin daha başarılı oldukları düşünülürse deney grubundaki öğrencilerin etkili bilişsel yüklerinin fazla olması muhakkaktır. Dolayısıyla bu durumu her iki grubun bilişsel yüklenmelerinin birbirine çok yakın olması bağlamında ele aldığımızda deney grubundaki öğrencilerin dışsal bilişsel yüklerinin düşük etkili bilişsel yüklerinin yüksek; kontrol grubunun ise dışsal bilişsel yüklerinin fazla etkili bilişsel yüklerinin düşük olduğunu söyleyebiliriz. Bunun yanında her iki grubun da konuyu öğrenirken az yüklenmekle birlikte deney grubundaki öğrenciler hem hatırlama hem de transfer düzeyinde orta düzeyde puan alırken kontrol grubundaki öğrencilerin her iki düzeydeki puanları çok düşüktür. Bunun nedenin ise Hatırlama Testi-5 ve Transfer Testi-5’deki soruların işlemsel

değil de açıklama gerektiren sorular olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Çünkü kontrol grubunda yapılan gözlemlerde öğretim üyesinin anlattığı konularla ilgili seçtiği örneklerin tamamına yakınının işlemsel sorulardan oluştuğu görülmüştür. Bunun yanında örneklemedeki öğrencilerin üniversite sınavının etkisinden daha çıkamadığı da düşünülürse yorum yapmakta zorlanmaları muhakkaktır. Bu oturum için ilginç bir diğer bulgu ise kontrol grubundaki öğrencilerin hatırlama puanları transfer puanlarından yüksekken deney grubundaki öğrencilerin transfer puanlarının daha yüksek oluşu dolayısıyla da transfer aşamasında iki grup arasındaki farkın daha da açılmasıdır. Bu durumu açıklayabilmek için yapılan Hatırlama Testi-5 ve Transfer Testi-5 incelenmiştir. Transfer Testi-5'deki ikinci soru bu derste öğrendikleri bir bilgiyi benzer bir başka duruma uyarlamaları beklenen yani yakın transfer sorusu olmakla birlikte ilk soru öğrendikleri bilgilerden hareketle bir genellemeye ulaşmaları beklenen bir sorudur. Elde edilen bulgular göz önüne alındığında deney grubundaki öğrencilerin bu üst düzey ilişkileri kurmada daha başarılı olmalarının nedeninin, Bilişsel Yük Kuramı ilkelerine göre hazırlanan yazılımından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çevrenin entropisi, toplam entropi ve termodinamiğin 2. yasası konularının ele alındığı araştırmanın 6. oturumundan elde edilen bulgulara göre hem deney hem de kontrol grubundaki öğrencilerin yüklenmelerinin 5'in altında olmasından dolayı düşük bilişsel yük aralığında ve birbirine yakın olduğu görülmektedir (Tablo 23). Bununla birlikte her iki grubun hem hatırlama hem de transfer düzeyindeki performanslarında deney grubu lehine büyük farklılıklar görülmektedir (Ek-1, Tablo 23). Deney grubundaki öğrencilerin diğer gruba göre daha az yüklenip, her iki düzeyde de yüksek performans göstermelerinden dolayı hazırlanan öğretim tasarımının dışsal bilişsel yükü azaltarak deney grubundaki öğrencilerin etkili bilişsel yüklerini artırmaya neden olduğu söylenebilir. Fakat ilginç olan her iki gruptaki yüklenmenin fazla olmamasıyla birlikte deney grubundaki öğrencilerin transfer puanlarının hatırlama puanlarına göre 15 puan; kontrol grubundaki öğrencilerin ise 27 puan düşük olmasıdır. Bu durumu açıklayabilmek için Transfer Testi-6 incelendiğinde; bir tane işlem gerektiren uzak transfer sorusu ve birde açıklama gerektiren yakın transfer sorusu sorulduğu görülmektedir. Daha önceki oturumlarda belirtildiği gibi sürekli çoktan seçmeli sorulara alışan öğrencilerin yorum sorularında zorlandığı ve bu nedenle de transfer puanlarının düşük olduğu düşünülmektedir.

Gibbs serbest enerjisi konusunun işlendiği oturumla ilgili bulgular incelendiğinde; deney grubundaki öğrencilerin hem hatırlama hem de transfer düzeyinde daha yüksek puan

almakla birlikte yüklenmelerinin birbirine yakın olduğu görülmektedir (Tablo 23). Bu bulgu Bilişsel Yük Kuramı çerçevesinde incelendiğinde, deney grubundaki öğrencilerin yüksek performans göstermelerinden dolayı etkili bilişsel yüklerinin; kontrol grubunun ise düşük performansla yaklaşık aynı yüke sahip olması dışsal bilişsel yüklerinin deney grubuna göre daha yüksek olmasıyla açıklanabilir. Bu Bilişsel Yük Kuramının hedeflediği bir durumdur. Literatür incelendiğinde Bilişsel Yük Kuramı ilkelerine göre hazırlanan öğretim tasarımının burada olduğu gibi zor öğrenilen konularda başarılı olduğuna dair birçok çalışma mevcuttur (Sweller ve Chandler, 1994; Tindall-Ford, Chandler ve Sweller, 1997; Moreno ve Mayer, 1999; Leahy, Chandler ve Sweller 2003). Bunun yanında bulgular incelendiğinde her iki grubun da transfer düzeyindeki puanlarının hatırlama düzeyine göre ciddi düşüşler gösterdiği görülmektedir. Gibbs enerjisi ile ilgili literatür incelendiğinde, konunun öğrenilme güçlüğü çekilen konular arasındadır (Sözbilir, 2002; Sözbilir ve Bennet 2007). Transfer Testi-7'den elde edilen veriler incelendiğinde yorum gerektiren transfer sorusunda başta kontrol grubu olmak üzere her iki grubunda zorlandığı görülmektedir. Benzer durumlara daha önceki oturumlarda da rastlanıldığı için gerekli açıklamalar yapılmıştır.

8. oturumda ele alınan “gibbs enerjisi ve denge” ve “termodinamiğin birinci yasası” konularının güçlüğü ve öğrenme sürecinde yaşanan problemlerle ilgili literatürde çalışmaya rastlanılmamıştır. Bununla birlikte yöntemde belirtildiği gibi bu oturum öğrencilerin en uzun çalıştıkları oturumlardandır. İlgili literatürden hareketle, bu konuların öğrenilme süresinin çok olması güçlüğüne göstergesi niteliğindedir (Mousavi, Low ve Sweller, 1995; Cierniak, Scheiter ve Gerjets, 2009). Bu oturumdan elde edilen bulgulara göre Bilişsel Yük Kuramına göre hazırlanmış öğretim tasarımından öğrenen öğrencilerin geleneksel yöntemle öğrenen kontrol grubundaki öğrencilere göre Hatırlama Testinden iki buçuk kat daha fazla puan almıştır. Benzer şekilde deney grubundaki öğrenciler Transfer Testi-8'den kontrol grubuna göre 20 puan, Bilişsel Yük Ölçeği-8'den de 1 puan fazla almıştır. Çok faktörlü varyans analizine göre de veri toplama araçlarındaki bu puan farkı deney grubu lehine anlamlı olarak farklılaşmaktadır (Ek-1, Tablo 39). Deney grubundaki öğrencilerin sekizinci oturumda geçen konuları öğrenirken daha fazla zihinsel çaba harcamışlardır. Bununla birlikte Paas ve van Merriënboer (1993)'in bilişsel yük ile ilgili sınıflandırmalarına göre hem deney hemde kontrol grubundaki öğrencilerin Bilişsel Yük Ölçeğinden almış oldukları puan düşük bilişsel yük kategorisindedir. Öğrenme ile bilişsel yükü ilişkilendirdiğimizde düşük bilişsel yüklenmenin çok iyi tasarlanmış öğretim

tasarımından kaynaklanabileceği gibi öğrenme için çaba sarf etmemekten de kaynaklanabileceği düşünülmektedir ki etkili öğrenme grafiği incelendiğinde kontrol grubundaki öğrencilerin durumunun ikinci kısma daha yakın olduğu yani daha az öğrenme daha az yüklenme ile ilgili olduğu görülmektedir (Ek-1, Şekil 10). Bu bölümde ele alınan konular düşünüldüğünde termodinamiğin sıfıncı kanununu öğrencilerin ilköğretimin ikinci kademesinden beri öğrendikleri düşünülürse bu konuyla ilgili içsel bilişsel yüklenmenin çok olmaması beklenir. Fakat “gibbs enerjisi ve denge” konusu öğrencilerin hem denge konusunu öğrenirken hemde gibbs enerjisini öğrenirken zorlandıklarıyla ilgili çalışmalara literatürde rastlanılmamakla birlikte iki konunun entegre edilmiş halinin öğrenilmesinde öğrencilerin zorlanacağı çok beklenen bir durumdur. Öğrenciler bu konuyu öğrenirken konuyu öğrenmeye zemin hazırlayan alt şemalara sahip değilse ilgili şemaları ilk baştan oluştururken zihinsel olarak zorlanacağı beklenen bir durumdur. Yani Bilişsel Yük Kuramı açısından hem içeriğin kompleks hemde bu konuyu öğrencilerin ilk kez gördükleri düşünülürse içsel bilişsel yükünün yüksek olması olağandır. Bu bölümde ilginç olan bulgulardan biri de deney grubundaki öğrencilerin Hatırlama Testi ortalama puanlarının Transfer Testi puanlarına göre yaklaşık 20 puan fazla olmasına rağmen kontrol grubundaki öğrencilerin Transfer Testinden daha yüksek puana almış olmalarıdır. Bu oturum için hazırlanan hatırlama ve transfer testleri tekrar incelendiğinde Hatırlama Testinde daha fazla sözel açıklama gerektiren sorular sorulurken Transfer Testinde daha ziyade işlemsel soruların sorulduğu görülmüştür. Gruplar arasındaki bu tezatlığın kontrol grubunda uygulama sürecinde çok fazla işlemsel soru çözülmüş olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Sekiz oturumdan elde edilen verileri Hatırlama Testi kapsamında incelediğimizde; kontrol grubundaki öğrencilerin 3, 4, 5 ve 8. oturumlardaki hatırlama testlerinden daha düşük puanlar aldıkları görülmektedir. Bununla birlikte Transfer Testinde kontrol grubundaki öğrencilerin 3, 5 ve 6. oturumda öğrendikleri bilgileri transfer etmede diğer oturumlara göre daha çok zorlandıkları görülmektedir. Bu durumun nedeni öge etkileşiminin artışı olabileceği gibi bahsedilen testlerdeki yorum gerektiren sorulardan da kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Kontrol grubundaki öğrencilerin yüklenmeleri incelendiğinde ise 6. oturuma kadar bilişsel yük puanlarının sürekli arttığı görülmektedir (Şekil 21). Bunun sebebinin gittikçe konulardaki öge etkileşiminin artması olacağı gibi öğrencilerin her oturum sonunda karşılaştıkları sınavlarda kendilerini değerlendirmelerinden de kaynaklanabilir. Deney grubundaki öğrenciler incelendiğinde ise

Hatırlama Testinde 5 ve 8. oturumlarda düşüş göze çarpmaktadır. Transfer Testinde ise en büyük düşüşlerin 3 ve 8. oturumlarda olduğu belirlenmiştir. Deney grubundaki öğrencilerin bilişsel yük ölçekleri incelendiğinde ise en büyük yüklenmelerin de 3 ve 8. oturumda olduğu görülmektedir. Bu bulgular Bilişsel Yük Kuramına göre değerlendirildiğinde bu oturumlardaki öge etkileşiminin fazla olmasından dolayı içsel bilişsel yükün artmasıyla açıklanabilir. Her iki grubun Bilişsel Yük Ölçeği birlikte incelendiğinde; deney grubundaki öğrencilerin sadece 4 ve 6. oturumlarda kontrol grubundaki öğrencilerden daha az; 5. oturumda ise yaklaşık aynı yüklenmeye sahip oldukları görülmektedir. Bahsedilen üç oturum için hazırlanan yazılım incelendiğinde tamamlanmamış örnek ilkesinin ya hiç kullanılmadığı ya da tek örnek sunulduğu görülmektedir. Deney grubundaki öğrenciler bahsedilen oturumlardaki konuları daha az çabayla öğrenmiş olabilecekleri gibi tamamlanmamış örnek ilkesinin, bu öğrencilerin kendi başarılarıyla yüzleşmelerinde önemli bir katkısının olduğu da söylenebilir.

Bilişsel yük ölçekleri incelendiğinde çalışmanın genelinde kontrol grubundaki öğrencilerin daha az yüklendikleri görülmektedir. Bunun yanında deney grubundaki öğrencilere öğretim yazılımı ve öğretim tasarımı hakkında sorulan tüm sorulara öğrencilerin "...hoca anlatsa daha kolay olurdu.", "...hoca anlatsa daha kalıcı olurdu." gibi yanıtlar verdikleri görülmektedir. Bunun nedenin ise sınıfta öğretmenin dersi anlatmasının öğrencilerde "hoca anlatır", "hoca öğretir" şeklinde büyük bir güven duygusu hissetmelerine neden olduğu düşünülmektedir. Bu noktadan hareketle kontrol grubundaki öğrencilerin her iki düzeyde de düşük performans göstermelerine rağmen sınıf içinde öğretim üyesine olan güven duygusuyla birlikte öğrenme sorumluluklarını da dersin öğretim üyesine yükledikleri ve dolayısıyla konu güçlüğüne çok farkında olmadıklarından, daha az yüklendikleri düşünülmektedir. Deney grubu için hazırlanan öğretim tasarımında öğrencilerin öğrenme sürecinde öğretim yazılımıyla karşı karşıya kalmalarının, kendi öğrenme sorumluluklarını yüklenmelerine ve kendileriyle ilgili farkındalıklarının artmasına katkı sağladığı düşünülmektedir.

Araştırmanın genelinde deney grubundaki öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi ve termodinamik akademik başarı testinde daha büyük başarı göstermekle birlikte kontrol grubundaki öğrencilerden daha fazla yüklendikleri belirlenmiştir. Bununla birlikte bu veri toplama araçları arasındaki puan farkının da anlamlı olduğu bulunmuştur. Yöntem kısmında da bahsedildiği gibi kontrol grubunda konu anlatımı kısmı bittikten sonra öğretim üyesi tümtermodinamik ünitesiyle ilgili 4 ders saati fazladan soru çözmeye rağmen bu

gruptaki öğrenciler Termodinamik Akademik Başarı testinden deney grubundan daha düşük puan almışlardır fakat bu puan farkı istatistiki olarak anlamlı değildir (Tablo 25). Deney grubundaki öğrencilerin hatırlama ve transfer düzeyindeki etkili öğrenme puanları daha yüksektir (Tablo 30). Fakat kontrol grubundaki öğrenciler termodinamik akademik başarı testinden deney grubundaki öğrencilere göre daha düşük başarı elde etmelerine rağmen daha az yüklendikleri için bu alanda hesaplanan etkili öğrenme puanları daha yüksektir (Tablo 30). Elde edilen bulgular Bilişsel Yük Kuramı eşliğinde incelendiğinde deney grubundaki öğrencilerin kontrol grubuna göre kısmen fazla yüklenmekle birlikte yüksek performans göstermelerinin nedenin bu kuram doğrultusunda geliştirilen yazılımın kullanıldığı öğretim tasarımının dışsal bilişsel yükü azaltarak öğrenmeye neden olan etkili bilişsel yükü artırmasıyla açıklanabilir.

4.2. Deney ve Kontrol Grubundaki Uzman ve Uzman Olmayan Öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi, Bilişsel Yük Ölçeği ve Termodinamik Akademik Başarı Testinden Elde Edilen Bulgularla İlgili Tartışma

Bu bölümde uzman ve uzman olmayan öğrencilerin farklı öğretim tasarımından hatırlama ve transfer düzeyindeki öğrenmeleri ile ilgili bulgular ele alınmıştır. Bu amaç doğrultusunda, sekiz oturum öncelikle kendi içinde, daha sonra tüm termodinamik ünitesi için genel tartışma yapılmıştır.

Bu bağlamda uzmanlık faktörü açısından birinci oturumdaki bulgular incelendiğinde; deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin hatırlama, transfer ve bilişsel yük puanları arasında anlamlı farklılık olduğu görülmektedir (Tablo 17). Deney grubundaki uzman öğrencilerin bilişsel yük puanları uzman olmayan öğrencilere göre düşük, performans puanları yüksek olmasından dolayı hem hatırlama hem de transfer etkili öğrenme puanları daha yüksektir (Tablo 21). Elde edilen bulgular Bilişsel Yük Kuramı etrafında incelendiğinde deney grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrenciler aynı öğretim tasarımından öğrendiklerinden, aynı dışsal bilişsel yüke sahip olmaları beklenir. Bununla birlikte uzman öğrencilerin hem hatırlama hemde transfer düzeyinde daha yüksek puan almalarından dolayı yüksek etkili bilişsel yüke sahip olmaları beklenir bu durumda toplam bilişsel yükteki farkın uzmanlık faktöründen yani içsel bilişsel yükün düşük olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Bilişsel Yük Kuramına göre bu durum, uzman öğrencilerin öğrenilen konu ile ilgili birebir şemalara sahip olmaları dahi birinci

oturumdaki konuları öğrenebilmek için gerekli ön bilgilerle ilgili şemalara sahip olmalarından kaynaklanabilir. Dolayısıyla bu temel şemalar eşliğinde bu oturum için gerekli şemaları daha az zihinsel çabayla kurmalarından kaynaklanabileceği şeklinde açıklanabilir (Sweller, van Merriënboer ve Paas 1998; Sweller, 2003). Kontrol grubundaki uzman olmayan öğrencilerin bilişsel yük puanları kendi gruplarındaki uzman öğrencilere göre daha düşük, hatırlama performans puanları yüksek olduğundan hatırlama etkili öğrenme puanları yüksek; fakat transfer performans puanları düşük olduğundan transfer etkili öğrenme puanları da düşüktür (Tablo 11 ve 15). Bu durum kontrol grubu için incelendiğinde Hatırlama Testine göre uzman ve uzman olmayan öğrenciler yaklaşık aynı puanı almakla birlikte Transfer Testinde uzman öğrencilerin daha fazla zihinsel çaba harcayarak daha yüksek bir performans gösterdikleri görülmektedir. Bu kuramına göre, kontrol grubundaki öğrencilerin aynı öğretim tasarımıyla öğrendikleri düşünülürse dışsal bilişsel yüklerinin aynı olması; içsel bilişsel yükün ise yukarıda açıklandığı gibi uzman öğrencilerin şema oluşumu ve otomasyonundan dolayı daha düşük olması beklenir. Dolayısıyla bu kurama göre kontrol grubundaki uzman öğrencilerin daha yüksek puan için daha fazla zihinsel çaba göstermesinin nedeninin etkili bilişsel yüklerinin yüksek olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Gruplar arasında karşılaştırma yapmak amacıyla yapılan Bonferroni testi sonucuna göre ise deney grubundaki uzman öğrencilerin Hatırlama Testi puanları kontrol grubundaki hem uzman hemde uzman olmayan öğrencilerin Hatırlama Testi puanlarına göre anlamlı farklılık göstermektedir. Ayrıca deney grubundaki uzman olmayan öğrencilerin Hatırlama Testi puanları ile kontrol grubundaki uzman öğrencilerin puanları arasında da anlamlı farklılık belirlenmiştir. Deney grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin ortalama Transfer Testi puanları kontrol grubundaki hem uzman hemde uzman olmayan öğrencilerin puanlarına göre anlamlı olarak farklılaşmaktadır. Hatırlama ve Transfer Testi puanlarına göre hem deney grubundaki uzman öğrenciler ile uzman olmayan öğrenciler hemde kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrenciler arasında bir puan farkı olmasına rağmen bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (Tablo 13). Bununla birlikte, deney grubunda uzman olmayan öğrenciler yaklaşık 10 puan yüksek alırken Transfer Testinde uzman olmayan öğrencilerin daha yüksek puan aldıkları görülmektedir.

2. oturumda, kontrol grubundaki uzman öğrenciler kendi gruplarındaki uzman olmayan öğrencilere göre her iki testte de daha yüksek başarı elde ederken deney grubunda bu durum daha farklıdır (Tablo 18). Uzman öğrencilerin bir konu ile ilgili veya o konuya

zemin oluşturacak şemalara daha önceden sahip olmalarından dolayı uzman olmayan öğrencilere göre daha fazla başarı göstermesi olağandır. Bilişsel Yük Kuramı uzman olmayan öğrencilerin, bahsedilen durumdan dolayı her ne kadar içsel bilişsel yükleri uzmanlara göre daha fazla olsa da, iyi hazırlanmış bir öğretim tasarımı ile dışsal bilişsel yükleri azaltılarak etkili bilişsel yüklerinin artırılabilirliğini savunmaktadır (Sweller, van Merriënboer ve Paas, 1998; Sweller, 2003). İç enerji konusunu öğrenirken, deney grubundaki uzman olmayan öğrencilerin süreçte en fazla zihinsel çabayı sarf eden; kontrol grubundaki uzman olmayan öğrencilerin ise zihinsel olarak en az çabayı sarf eden grup olduğu belirlenmiştir (Tablo 18). Deney grubundaki uzman olmayan öğrenciler bu oturumdaki konuları öğrenirken en fazla çabayı sarf etmelerine rağmen Hatırlama Testindeki yüksek başarılarından dolayı diğer gruplara göre en yüksek hatırlama etkili öğrenme puanına sahiptir (Tablo 22). Hatırlama Testine deney grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrenciler arasındaki 23 puanlık fark her ne kadar Bonferroni testine göre anlamlı olmasa da manidar bir bulgudur. Bu durumun, uygulamada her iki testinde eş zamanlı olarak dağıtılmasından dolayı özellikle uzman öğrencilerin zoru başarıma mutluluğunu yaşama arzularından dolayı enerjilerini transfer sorularına kanalize etmelerinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Deney grubundaki uzman olmayan öğrencilerin kendi gruplarındaki uzman öğrencilere göre Hatırlama Testinden daha yüksek puan alması Bilişsel Yük Kuramına göre hazırlanan öğretim tasarımının bu grup üzerinde de hedeflenen başarıyı gösterdiğini ortaya çıkarmıştır. Deney grubundaki uzman öğrenciler kısmen yüksek bilişsel yüklenmelerine rağmen Transfer Testinde en yüksek başarıyı elde ettikleri için diğer gruplara göre transfer düzeyinde en etkili öğrenmeyi gerçekleştirmişlerdir (Tablo 22). Kontrol grubundaki uzman olmayan öğrencilerin her iki testte de uzman öğrencilere göre daha düşük başarı ve düşük bilişsel yüklenme göstermeleri Bilişsel Yük Kuramı açısından incelendiğinde; her iki grupta aynı öğretim tasarımından öğrendikleri için dışsal bilişsel yüklerinin aynı olması olağandır. Bununla birlikte yukarıda da bahsedildiği gibi uzman olmayan öğrencilerin içsel bilişsel yük puanları daha yüksek olacağından toplam yüklerinin de fazla olması beklenir. Fakat uzman öğrencilerin toplamda daha fazla yüklenmeleri hatırlama ve transfer performanslarının daha yüksek olmasından dolayı etkili bilişsel yüklerinin fazla olmasıyla açıklanabilir.

Üçüncü oturumdan elde edilen bulgulara göre hem deney hem de kontrol grubunda her iki testte de uzman öğrenciler uzman olmayan öğrencilerden yüksek puan almakla birlikte bilişsel yüklenmeleri farklılık göstermektedir (Tablo 23). Bulgulardan görüldüğü

gibi deney grubundaki uzman olmayan öğrenciler entalpi konusunu öğrenirken en çok çabayı sarf ederken kontrol grubundaki uzman olmayan öğrenciler en az yüklenen öğrencilerdir (Tablo 23). Yapılan analizlere göre de deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin hatırlama, transfer ve bilişsel yük puanları arasındaki farkın anlamlı olduğu belirlenmiştir (Ek-1). Deney grubundaki uzman olmayan öğrenciler, uzman öğrencilere göre her iki testten de daha düşük puan almaları bu gruptaki uzman öğrencilerin etkili bilişsel yüklerinin daha fazla olması anlamına gelir. Deney grubundaki uzman öğrencilerin uzman olmayan öğrencilere göre yüksek etkili bilişsel yüklerini, düşük içsel bilişsel yükü dengeleyerek toplamda daha az yüklendikleri düşünülmektedir. Bu bulgu ile Bilişsel Yük Kuramının amaçladığı noktaya ulaşıldığı söylenebilir. Bulgulardan görüldüğü gibi uzman olmayan öğrenciler en az bilişsel yüke sahiptirler. Kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrenciler aynı tasarımdan konuyu öğrendikleri için dışsal bilişsel yükleri aynı fakat uzman öğrencilerin performans puanları daha yüksek olduğundan etkili bilişsel yükleri fazla olması ve uzmanlıktan dolayı da içsel bilişsel yüklerinin daha düşük olması beklenir. Dolayısıyla kontrol grubundaki uzman olmayan öğrencilerin az çaba harçayarak düşük performans göstermeleri öğrenmeyi açıklayan etkili bilişsel yükü açıklanabilir. Bununla birlikte kontrol grubundaki uzman olmayan öğrenciler her iki düzeyde de en az performans puanına sahip olmasına rağmen düşük bilişsel yüklenmelerinden dolayı özellikle transfer düzeyinde kendi gruplarındaki uzman öğrencilerden ve deney grubundaki uzman olmayan öğrencilerden daha yüksek transfer etkili öğrenme puanına sahiptir. Kontrol grubundaki uzman olmayan öğrencilerin toplam bilişsel yük puanlarının düşük olması göz önüne alınırsa etkili bilişsel yükteki düşüş daha da göz önüne çıkmaktadır ki bu da kontrol grubundaki tasarımın uzman olmayan öğrencileri yeterince motive edemedikleri şeklinde de yorumlanabilir.

İstemlilik ve entropi konularının ele alındığı 4. oturumdan uzmanlıkla ilgili elde edilen bulgular incelendiğinde; deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin hatırlama, transfer ve bilişsel yük puanları bakımından anlamlı olarak farklılaştığı görülmektedir (Ek-1). 4. oturumda her iki gruptaki uzman öğrencilerin belirtilen konuları öğrenirken uzman olmayan öğrencilere göre daha fazla zihinsel çaba harcadıkları görülmektedir (Tablo 26). Dolayısıyla her iki düzeydeki performans z puanları ve bilişsel yük z puanları göz önüne alındığında deney ve kontrol grubundaki uzman olmayan öğrencilerin kendi gruplarındaki uzman öğrencilere göre hem hatırlama hemde transfer düzeyinde daha yüksek etkili öğrenme puanına sahip oldukları görülmektedir (Ek-

1, Tablo 14). Her grubu kendi içinde ele aldığımızda deney grubundaki uzman öğrencilerin içsel bilişsel yüklerinin daha düşük olması ve performans puanlarının kısmen de olsa uzman olmayan öğrencilere göre düşük olmasından dolayı etkili bilişsel yüklerinin de düşük olması beklenir. Uzman ve uzman olmayan öğrenciler aynı öğretim tasarımından öğrendikleri için dışsal bilişsel yüklerinin de aynı olması beklenir. Bu nedenle deney grubundaki uzman öğrencilerin daha fazla yüklenmeleri kuram açısından ilginçtir. Bu bulguyu irdelemek amacıyla öğretim yazılımı incelendiğinde; 4. oturumun biçem ilkesinin en yoğun olarak kullanılan oturum olduğu görülmektedir. Clark, Nguyen ve Sweller (2006) sesli sunumun (biçem ilkesi) bilişsel yükün fazla olduğu durumlarda daha yararlı olduğunu fakat öğretim amaçları veya öğretilecek içerik basitse çok etken olmadığını belirtmiştir. Zira Leahy, Chandler ve Sweller (2003)'ün yaptığı tasarımda, grafiği tanımlamak için grubun birinde metin, diğerinde sesli sunum kullanmışlar ve öğrencilere bu grafik ile ilgili kolay ve zor sorular sormuşlardır. Bu araştırma sonucunda araştırmacılar kolay sorularda gruplar arasında fark bulamazken zor sorularda sesli sunum eklenmiş olan materyalden çalışan grubun daha başarılı olduğunu bulmuşlardır. Benzer bir bulguya da Kalyuga, Chandler ve Sweller (2000) tarafından yapılan araştırmada da rastlanılmaktadır. Araştırmacılar bu çalışmada, öğrencilerin ön bilgileri, dolayısıyla uzmanlık seviyelerinin arttığında sesli sunumun etkisinin azaldığını belirlemişlerdir. Bu noktadan hareketle 4. oturumda bazı durumlarda görsel bilgiler yeterliyken buna sesli sunumun eklenmesi uzman öğrenciler için gereksiz olabilir. Tasarımdaki bu gereksiz bilginin de uzman öğrenciler için dışsal bilişsel yükün yükselmesine neden olduğu düşünülmektedir. Bunun yanında kontrol grubundaki uzman öğrencilerin en fazla yüklenirken aynı gruptaki uzman olmayan öğrencilerin en az yüklenmesi ilginç bir bulgudur. Kontrol grubundaki uzman öğrencileri deney grubundaki uzman öğrencilerle karşılaştırsak; bu öğrencilerin uzmanlık seviyesi aynı olduğundan yaklaşık aynı içsel bilişsel yüke sahiptirler. Bunun yanında deney grubundaki uzman öğrenciler her iki düzeyde de daha büyük başarı gösterdiklerinden etkili bilişsel yükleri daha fazla olması gerekir. Fakat yukarıda da belirtildiği gibi deney grubundaki uzman öğrenciler daha az yüklenmiştir. Bunun sebebinin ise deney grubundaki uzman öğrencilerin öğrendikleri bilişsel yük odaklı öğretim tasarımdan kaynaklandığı düşünülmektedir. Kontrol grubundaki uzman olmayan öğrencilerin en az bilişsel yüke sahip olmaları ise her iki düzeydeki performans puanlarının düşük olması göz önüne alındığında etkili bilişsel yük puanlarının düşük olması ile açıklanabilir.

Uygulamanın 5. oturumundan elde edilen bulgulara göre deney grubundaki uzman olmayan öğrencilerin hatırlama düzeyinde diğer üç gruptan daha iyi bir performans gösterdikleri belirlenmiştir. Beşinci oturumdaki konuları öğrenirken en fazla deney grubundaki uzman öğrenciler, onları takibende kontrol grubundaki uzman olmayan öğrenciler çaba sarf ederken en az deney grubundaki uzman olmayan öğrencilerin zihinsel çaba sarf etmişlerdir (Tablo 26). Ek-1 bölümünde sunulan bulgulardan görüldüğü gibi, deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin Hatırlama Testi-5, Transfer Testi-5 ve Bilişsel Yük Ölçeği-5 puanları arasındaki farkın da istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur (Ek-1, Tablo 18). Dolayısıyla hatırlama düzeyindeki en etkili öğrenme puanına da deney grubundaki uzman olmayan öğrenciler sahiptir. Transfer düzeyinde ise deney grubundaki uzman öğrenciler diğer gruptaki öğrencilerden daha yüksek bir performans göstermişlerdir. Deney grubundaki uzman olmayan öğrencilerin düşük bilişsel yük ve yüksek performanstan dolayı hem hatırlama hem de transfer düzeyinde diğer gruplara göre daha yüksek etkili öğrenme puanına sahip oldukları bulgulardan görülmektedir (Ek-1, Tablo 21). Bu bulgu hazırlanan yazılımın ve bu doğrultuda geliştirilen öğretim tasarımının uzman öğrenciler kadar uzman olmayan öğrenciler üzerinde de etkili olduğunun göstergesi olarak kabul edilebilir. Kontrol grubundaki uzman öğrencilerin hem hatırlama hemde transfer düzeyindeki puanları kontrol grubundaki uzman olmayan öğrencilere göre daha yüksektir. Beşinci oturumdaki ilginç bulgulardan biri deney grubundaki uzman öğrencilerin bilişsel yüklerinin uzman olmayan öğrencilerden daha yüksek oluşudur. Bu durum ise uzman öğrencilerin transfer düzeyinde daha yüksek puan almalarından dolayı etkili bilişsel yüklerinin yüksek olmasıyla açıklanabilir. Kontrol grubundaki uzman olmayan öğrencilerin fazla yüklenmeleri ise içsel bilişsel yükün konudan kaynaklanan kısmı aynı olmakla birlikte uzmanlık faktöründen dolayı içsel bilişsel yükten kaynaklandığı düşünülmektedir.

Uzmanlık faktörü açısından 6. oturumda; deney grubundaki uzman olmayan öğrenciler Hatırlama Testine göre en yüksek puanı alırken kontrol grubundaki uzman olmayan öğrenciler en düşük puanı almıştır (Tablo 26). Bununla birlikte Hatırlama Testi-6'ya göre deney grubundaki uzman öğrenciler uzman olmayan öğrencilere göre daha düşük puan alırken kontrol grubundaki uzman öğrenciler uzman olmayan öğrencilere göre daha yüksek puan almışlardır. Transfer Testine göre, hem deney hemde kontrol grubunda uzman öğrenciler uzman olmayanlara göre daha yüksek puan almışlardır. Bilişsel Yük Ölçeği puanına göre ise tüm grupların ortalama puanları birbirine çok yakın olmakla

birlikte deney uzman olmayan öğrencilerin en düşük ortalamaya sahip olduğu belirlenmiştir. Deney grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin bilişsel yük puanlarının birbirine çok yakın olmakla birlikte uzman öğrencilerin puanları uzman olmayan öğrencilerin ortalamasına göre çok az da olsa yüksektir. Yapılan MANOVA'ya göre de bellek puanları kontrol altına alındığında Hatırlama Testi-6, Transfer Testi-6 ve Bilişsel Yük Ölçeği-6 arasındaki farkın anlamlı anlamlı olduğu belirlenmiştir (Ek-1). Bilişsel Yük Kuramı açısından yüklenme durumu değerlendirildiğinde; bu iki grup öğrenci aynı öğretim tasarımdan öğrendikleri için dışsal bilişsel yüklerinin aynı olması uzman öğrencilerin yeni öğrenilecek konuya temel teşkil edilebilecek şemalara sahip olmalarından dolayı içsel bilişsel yüklerinin daha düşük olması beklenir. Bununla birlikte uzman öğrencilerin özellikle transfer düzeyinde daha yüksek performans göstermelerinden dolayı etkili bilişsel yüklerinin fazla olduğu dolayısıyla da toplam bilişsel yük puanlarının daha fazla olduğu düşünülmektedir. Kontrol grubundaki uzman öğrencilerin her iki düzeyde de daha yüksek puan almalarına rağmen daha az yüklenmelerinin nedenini ise içsel bilişsel yükten kaynaklanabileceği düşünülmektedir (Sweller, van Merriënboer ve Paas 1998; Sweller, 2003). Çünkü bu grup içindeki uzman ve uzman olmayan öğrenciler aynı öğretim tasarımından öğrendikleri için yaklaşık aynı dışsal bilişsel yüke sahip olmaları beklenir. Uzman öğrenciler daha yüksek puan aldıkları için etkili bilişsel yüklerinin daha yüksek olacağı fakat 6. oturumda öğrenecekleri konulara temel teşkil edebilecek şemalara daha önceden sahip oldukları için bu bilgileri işlerken daha az yüklendikleri için toplam yüklerinin kendi gruplarındaki uzman olmayan öğrencilere göre daha düşük puan aldıkları düşünülmektedir. Hatırlama Testine göre deney grubundaki uzman olmayan öğrenciler en yüksek etkili öğrenme puanını alırken Transfer Testine göre en yüksek etkili öğrenme puanını deney grubundaki uzman öğrenciler almıştır (Ek-1, Tablo 28). Kontrol grubundaki uzman olmayan öğrenciler ise hem hatırlama hemde transfer düzeyinde en düşük etkili öğrenme puanına sahiptirler (Ek-1, Tablo 28). Bulgulardan da görüldüğü gibi kontrol grubundaki uzman öğrencilerin hatırlama ve Transfer Testi puanları arasında yaklaşık 33 puanlık bir farklılık vardır ki bunu 20 puanlık bir farkla deney grubundaki uzman olmayan öğrenciler takip etmektedirler. Hatırlama ve transfer puanları arasındaki bu ciddi farklılığın nedenini ortaya koyabilmek için incelenen Hatırlama Testi-6'da iki tane açıklama gerektiren soru sorulduğu görülmektedir. Yukarıda belirtildiği gibi Transfer Testi-6'daki sorularda kontrol grubundaki hem uzman hem de uzman olmayan öğrencilerin düşük puan almalarının nedeninin, öğrencilerin yorum yapmada zorlanmaları ve her ne kadar işlemsel

sorularda başarılı olsalar da farklı derslerde öğrenilen bir bilgiyi uzun süreli bellekten çağırarak yeni bilgilerle ilişkilendirmede zorlanmalarından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Bu bağlamda deney grubu için hazırlanan öğretim tasarımının bilgilerin transferinde daha başarılı olduğu söylenebilir.

Gibbs serbest enerjisi konusunun öğrenildiği 7. oturumda deney grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin hem hatırlama hemde transfer düzeyindeki öğrenmelerinin bir birine oldukça yakın olduğu belirlenmiştir. Bu bulgu, Bilişsel Yük Kuramına göre hazırlanan öğretim tasarımının uzman öğrenciler kadar uzman olmayan öğrenciler üzerinde de etkili olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin hem hatırlama hemde transfer düzeyindeki öğrenmelerinde uzman öğrenciler lehine 10 puandan fazla farklılık görülmektedir. Kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrenciler arasındaki bu farklılık istatistiki olarak anlamlı olmasa da dikkate değer bir farklılaşmadır (Ek-1, Tablo 33). Buna göre kontrol grubundaki uzman olmayan öğrencilerin bilişsel yük puanları incelendiğinde uzman öğrencilere çok yakın bir puan aldıkları görülmektedir (Tablo 26). Bilişsel Yük Kuramına göre kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrenciler aynı öğretim tasarımından öğrendikleri için dışsal bilişsel yüklerinin aynı olması; aynı konuyu öğrenseler dahi uzman öğrencilerin gibbs serbest enerjisi konusunu öğrenmelerine temel teşkil edecek daha fazla alt şemaya sahip olacakları için içsel bilişsel yüklenmenin daha az olması beklenir. Bu durumda kontrol grubundaki uzman olmayan öğrencilerin hem hatırlama hemde transfer aşamasında daha zayıf bir performans fakat yaklaşık aynı düzeyde yüklenme göstermeleri etkin bilişsel yüklerinin daha az olmasıyla açıklanabilir.

8. oturumdaki bulgular uzmanlık faktörüne göre ele alındığında; deney grubundaki uzman öğrencilerin hem hatırlama hem de transfer düzeyinde en yüksek performansı gösterdikleri ve bu iki düzeyde de tüm gruplar içinde en yüksek etkili öğrenme puanına sahip oldukları görülmektedir (Ek-1, Tablo 42). Bu bulguyu öncelikle deney grubu içinde değerlendirdiğimizde; uzman öğrencilerin uzman olmayanlara göre daha az yüklenmeleri içsel bilişsel yükü açıklanabilir. Yani uzman öğrencilerin gösterdikleri yüksek performanstan dolayı etkili bilişsel yüklerinin artmasına rağmen bu oturumdaki konular veya konulara temel teşkil edebilecek şemalara önceden sahip olmalarından dolayı içsel bilişsel yükleri düşerek ve toplamda daha az yüklendikleri düşünülmektedir. Bu bulgunun aksine kontrol grubundaki uzman olmayan öğrenciler ise öğrenme sürecinde en az yüklenmelerine rağmen her iki düzeydeki düşük performanslarından dolayı tüm gruplar

içerisinde öğrenmede en az etkililiği gösteren gruptur (Ek-1, Tablo 42). Kontrol grubundaki iki alt grup karşılaştırıldığında uzman öğrencilerin yüksek performans ortaya göstermekle birlikte fazla yüklenmelerinin nedenin etkili bilişsel yükten kaynaklandığı düşünülmektedir. Bilişsel yük puanları incelendiğinde deney grubundaki uzman olmayan öğrenciler en çok yüklenirken en düşük puanın kontrol grubundaki uzman olmayan öğrencilere ait olduğu görülmektedir (Tablo 26). Daha öncede belirtildiği gibi Bilişsel Yük Kuramına göre kompleks bir konunun öğrenilmesinde uzman olmayan öğrencilerin, hem öge etkileşimi hem de öğrenen uzmanlığından dolayı içsel bilişsel yüklerinin artması beklenen bir durumdur (Sweller, van Merriënboer ve Paas 1998; Sweller, 2003). Dolayısıyla burada ilginç olan kontrol grubundaki uzman olmayan öğrencilerin durumudur. Kontrol grubundaki uzman olmayan öğrencilerin çok az yüklenmesi etkili bilişsel yüklerinin düşük olmasıyla açıklanabilir. Bunun nedenin ise kontrol grubundaki öğrencilere sunulan öğretim tasarımından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Sekiz oturumdaki bulgular genel olarak incelendiğinde, hem deney hemde kontrol gruplarındaki uzman ve uzman olmayan öğrenciler arasında genel bir düzen olduğu göze çarpmaktadır. Deney grubunun sekiz oturumundaki Hatırlama Testi dağılımı incelendiğinde 1, 3 ve 8. oturum hariç tüm oturumlarda uzman olmayan öğrencilerin uzman öğrencilerden daha başarılı olduklarını; Transfer Testinde ise uzman öğrencilerin uzman olmayan öğrencilerden daha başarılı oldukları görülmektedir (Şekil 23 ve 24). Daha öncede ele alındığı gibi çalışmanın 3. ve 8. oturumlarındaki konular yüksek öge etkileşimine sahiptir. Bu bağlamda çalışmanın genelinde her ne kadar deney grubundaki uzman olmayan öğrenciler uzman öğrencilere göre hatırlama düzeyinde daha fazla başarı göstermiş olsalar da öge etkileşiminin yüksek olduğu konuları hatırlamakta uzman öğrenciler kadar başarı gösterememişlerdir. Kontrol grubunda ise hem hatırlama hem de Transfer Testine göre uzman öğrencilerin uzman olmayan öğrencilerden daha başarılı oldukları göze çarpmaktadır (Şekil 23 ve 24). Bilişsel Yük Ölçeğine göre ise çoğunlukla deney grubundaki uzman olmayan öğrenciler daha çok yüklenirken kontrol grubunda uzman öğrencilerin kendi grubundaki uzman olmayan öğrencilerden daha çok yüklendikleri görülmektedir (Şekil 25). Sweller, van Merriënboer ve Paas (1998) çalışan bellekte kolay tutulan materyalleri öğrenmenin daha kolay olduğunu belirtmişlerdir. Fakat burada deney grubundaki uzman olmayan öğrencilerin bilgiyi hatırlamada uzman öğrencilerden daha başarılı olmasına rağmen onlar kadar transfer edememeleri irdelenmesi gereken bir durumdur. Daha önceki bölümlerde belirtildiği gibi bilgi yaklaşık 20 saniye

kadar çalışan bellekte tutulup şemalar halinde uzun süreli belleğe gönderilir. Yani uzman olmayan öğrenciler bu bilgiyi en az yarım sonra hatırlayabildiklerine göre şema oluşumunda sorun olmadığı düşünülmektedir. Bununla birlikte bu öğrencilerin transfer aşamasında uzman öğrenciler kadar başarılı olamadıkları göz önüne alındığında; uzun bir zaman geçtikten sonra şemaları geri çağırma ve şemalar arasında ilişki kurmada sorun yaşadıkları görülmektedir. Bunun nedeninin ise uzman olmayan öğrencilerin yeni bir konuda adeta spesifik ama çok sayıda şemalar oluştururken uzman öğrencilerin daha önceden bu konuda şemaları varsa şema asimilasyonuna gittikleri düşünülmektedir. Dolayısıyla hatırlama düzeyinde öğrenmede bireye o derste öğrenilen konu ile ilgili soru sorulduğu için uzman olmayan öğrenciler bu yeni oluşturulan spesifik şemadan dolayı bilgiyi hatırlamada daha başarılı oldukları düşünülmektedir. Transfer düzeyinde ise uzman öğrenciler eskiden oluşturulan şemaları otomasyona uğratarak sürekli aktive etmelerinden dolayı kolay geri çağırabildikleri ve şemalar arasındaki bağlantıyı daha rahat kurabildikleri için bu durum hem bilişsel yüklenmelerini azaltmakta hem de transfer düzeyinde öğrenmelerine katkı yaptığı düşünülmektedir. Sekiz oturumdaki transfer testleri incelendiğinde uzman ve uzman olmayan öğrenciler arasındaki farkın gittikçe kapandığı görülmektedir. Bunun nedeninin ise bir oturumda öğrenilen bir bilgi değerinin ön bilgisi niteliğinde olduğundan öğrencilerin uzmanlığının da gittikçe artmış olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bilindiği gibi hazırlanan bir öğretim tasarımının uzman olmayan öğrencilerin başarısını, olabildiğince uzman öğrencilerin seviyesine getirebilmesi oldukça önemlidir. Bunun gerçekleşmesi için de yapılacak olan öğretim tasarımının yalın, kavramlar arasındaki ilişkiyi çok iyi kurabilecek ve öğrencilerin bilişsel farkındalıklarını artıracak şekilde tasarlanması çok önemlidir. Bu bağlamda Bilişsel Yük Kuramına göre hazırlanan tasarımın hedeflenen amaçlara büyük ölçüde ulaştığı düşünülmektedir.

Araştırmanın genelinde deney grubundaki uzman olmayan öğrenciler uzman öğrencilere göre daha fazla yüklenmişlerdir. Bununla birlikte 4, 5 ve 6. oturumda uzman öğrencilerin daha fazla yüklendikleri belirlenmiştir. Bu durumun nedeni araştırıldığında ise bu oturumlarda biçem etkisinin çok fazla kullanıldığı görülmüştür. Daha öncede belirtildiği gibi uzman öğrenciler için bir bilginin sunumunda resim ya da diyagramlar yeterliyse eklenen sesli sunumun gereksiz olduğunu gösteren çalışmalar mevcuttur (Leahy, Chandler ve Sweller, 2003; Kalyuga, Chandler ve Sweller, 2000). Burada da çok fazla biçem ilkesinin kullanılmasının uzman öğrencilerin dışsal bilişsel yüklerini dolayısıyla da toplam bilişsel yüklerini artırdığı düşünülmektedir.

Uzmanlık faktörü açısından sekiz oturum incelendiğinde deney grubundaki uzman öğrencilerin kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilere göre daha fazla yüklenmekle birlikte tüm gruplar içinde hem hatırlama hem de transfer düzeyinde öğrenmede en yüksek etkiyi sağladıkları görülmektedir (Tablo 31). Yapılan çok faktörlü varyans analizine göre de Hatırlama Testi, Transfer Testi, termodinamik akademik başarı testi ve Bilişsel Yük Ölçeğine göre bahsedilen gruplar arasında istatistiki olarak anlamlı farklılık bulunmuştur. Deney grubundaki uzman olmayan öğrenciler, tüm gruplar içinde en yüksek bilişsel yüke sahip olmalarına rağmen en yüksek hatırlama performansını sergilemişlerdir. Bu durumu deney grubunun kendi içinde ele alırsak; her iki grupta da performans puanları yüksek olmakla birlikte deney uzman olmayan öğrencilerin daha fazla yüklenmeleri içsel bilişsel yükü açıklanabilir. Kontrol grubundaki uzman öğrenciler ise kendi gruplarındaki uzman olmayan öğrencilere göre daha fazla yüklenmekle birlikte tüm alanlarda yüksek performans gösterdiklerinden transfer düzeyinde ve termodinamik akademik başarı testinde daha yüksek etkili öğrenme puanına sahiptir. Bununla birlikte çalışmanın genelinden elde edilen etkili öğrenme tablosu incelendiğinde kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin neredeyse tüm etkili öğrenme puanlarının negatif olduğu görülmektedir (Tablo 31). Deney ve kontrol grubundaki uzman öğrencilerin yüklenmeleri göz önüne alındığında; deney grubundaki uzman öğrencilerin yaklaşık 0,5 puan daha fazla yüklenmeleri ise gösterdikleri performansın yüksek oluşu nedeniyle dışsal bilişsel yüklerinin az, etkili bilişsel yüklerinin yüksek oluşu ile açıklanabilir.

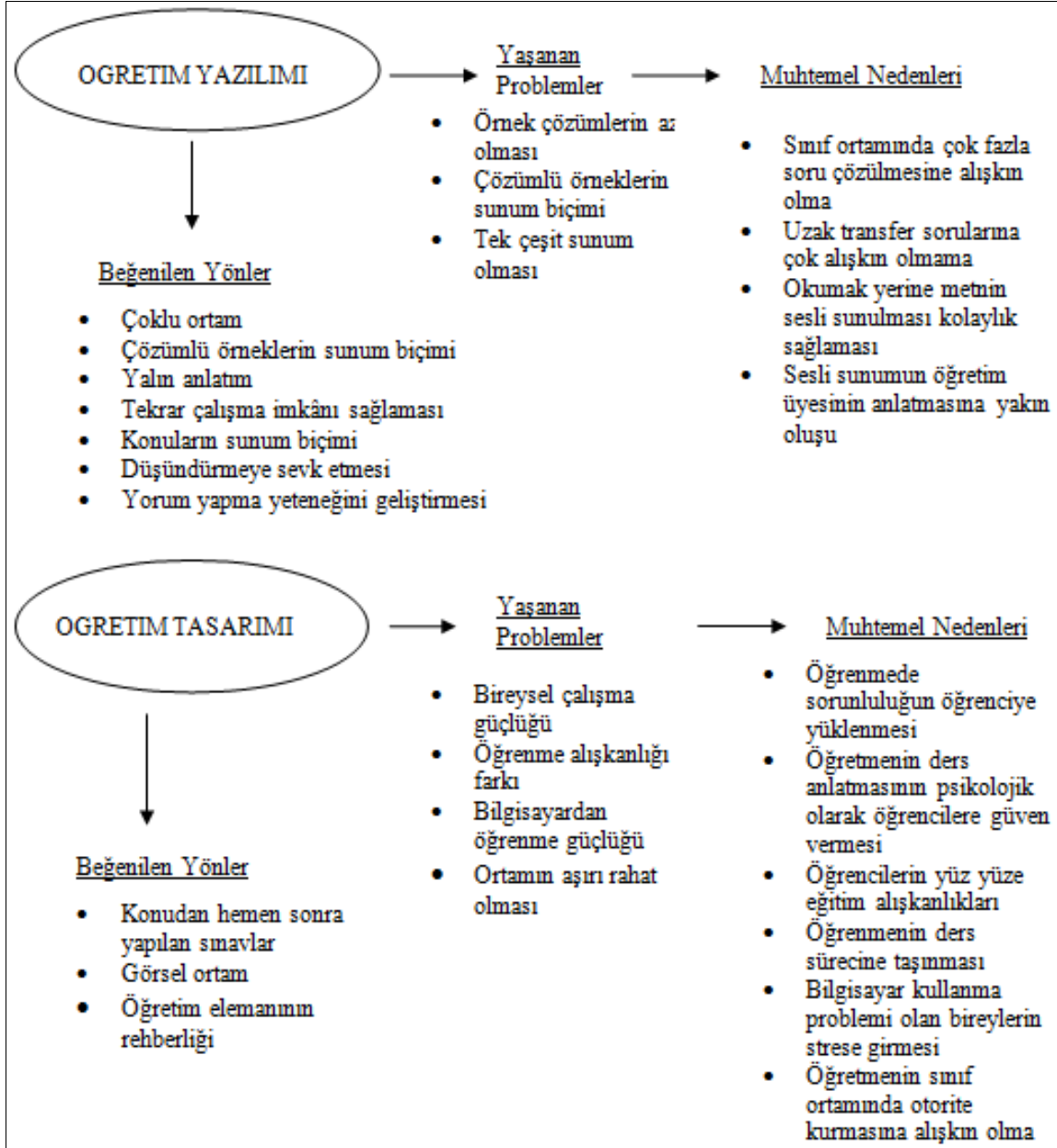
4.3. Bilişsel Yük Kuramına Göre Hazırlanan Öğretim Tasarımı Hakkında Öğrenci Görüş Formundan Elde Edilen Bulgular ile İlgili Tartışma

Hazırlanan öğretim tasarımını hakkındaki öğrenci görüş formundan elde edilen bulgulardan da görüldüğü gibi öğrencilerin tamamına yakını kendilerine sunulan öğretim yazılımını yararlı bulduklarını ifade etmişlerdir. Bununla birlikte örnekteki öğrencilerin üçte biri bu tür öğretim yazılımlarını farklı derslerde kullanmak istemediklerini belirtmişlerdir. “Bazı görsel durumlar için ideal ama konunun tamamı anlaşılabilir.” cümlesinden görüldüğü gibi öğrencilerden biri öğretim yazılımlarının tüm konular için diğeri de tüm alanlar için uygun olmadığını belirtirken dört öğrencinin yanıtı, “bireysel öğrenme güçlüğü” kodu altında toplanmaktadır. Öğrencilerin üçte ikisi,

hazırlanan yazılımdan konuyu öğrendiklerini belirtmişlerdir. Kendilerine sunulan yazılımdan konuyu öğrenemeyen üçte birlik öğrenci kesiminin öğrenememe nedenleri irdelendiğinde, sunulan nedenlerin neredeyse hiç birinin yazılımla ilgili olmadığı görülmektedir. “...Eğitim hayatımız boyunca neredeyse 14 yıldır hoca tahtada anlatırdı biz dinlerdik bu yüzden” cümlesinden de görüldüğü gibi öğrencilerin büyük çoğunluğunun konuyu öğrenememe nedenlerinin, bu yaşa kadar kazanılan öğrenme alışkanlıklarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bunun yanında öğrencilerin yarısına yakını hazırlanan öğretim yazılımından konuya çalışmakta zorlandıklarını belirtmişlerdir. Yazılımdan konuya çalışırken öğrencilerin ne tür problemler yaşadıkları irdelendiğinde ise “bireysel öğrenme güçlüğü”, “bilgisayardan çalışma güçlüğü”, “dikkat dağınıklığı” ve “aşırı rahat ortam” kodları ön plana çıkmaktadır.

Örneklemedeki öğrenciler hazırlanan yazılımın en çok “çoklu ortam” sağlamasını beğendiklerini belirtmişlerdir. Bunun yanında yazılımın beğenilen yönleri “çözümlü örneklerin sunum biçimi”, “yalın anlatım”, “tekrar çalışma imkânı sağlaması”, “konuların sunum biçimi”, “düşündürmeye sevk etmesi” ve “yorum yapma yeteneğini geliştirmesi” kodları altında toplanmaktadır. Öğretim yazılımı ile ilgili sorulan tüm sorular irdelendiğinde, yazılımda problem görülen hususlar aşağıdaki modellemede görüldüğü gibi “örnek çözümlerin az olması”, “tek tip sunum olması” ve “çözümlü örneklerin sunum biçimi”dir. Yöntem bölümünün kontrol grubundaki uygulama kısmında görüldüğü gibi örneklemedeki öğrenciler bu dersi veren öğretim üyesinin çok kısa konu anlatımı yapıp çok fazla örnek çözümler yapmasına alışmış olmaları nedeniyle yazılımdaki örnek sayısının yetersiz bulunduğu düşünülmektedir. Bunun yanında öğretim yazılımının problemleri görülen hususlarından bir diğeri ise “çözümlü örneklerin sunum biçimi” kodu altında bulunmaktadır. Çözümlü örneklerin sunum biçimi bazı öğrenciler tarafından beğenilirken bazıları tarafından beğenilmemiştir. Öğrencilerin verdikleri yanıtlar irdelendiğinde tüm soruların sesli sunumla çözülmesinin beklendiği görülmektedir. Örneklemedeki öğrencilerin böyle bir beklentiye sahip olmalarının nedeninin ise bir metni okumaktansa dinlemenin daha kolay oluşu ve aynı zamanda dersi öğretim üyesi anlatıyormuş gibi bir hisse neden olmalarından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Öğretim yazılımının beğenilmeyen yönlerinden biri de konunun anlaşılabilmesi ve dolayısıyla bir problemle ilgili üçüncü kez yanlış çözüm yapılması durumunda yazılım öğrencilere konu kısmını tekrar incelemesini önermektedir. “Anlaşılmayan yerlerde aynı yeri aynı kelimelerle görmekten başka alternatifimiz yok...” cümlesinden de görüldüğü gibi yazılımdaki her bir konu ile ilgili

alternatif konu anlatım kısımlarının olmaması yazılımın kritik edilen yönlerindedir. Öğretim yazılımıyla ilgili öğrencilere sorulan soruların geneli incelendiğinde çok azı, yazılımın tasarım boyutuyla ilgili yaşadıkları problemi dile getirmiştir. Oysa Sezgin (2009)'in bilgisayar ortamında Çok Ortamlı Öğrenmede Bilişsel Kurama göre geliştirilen yazılımdan öğrenen öğrencilerin, yazılımın arayüz tasarımıyla kullanılan sesin kalitesine kadar birçok konuyu kritik ettikleri görülmektedir. Örnekteki öğrencilerin yazılımla ilgili çok fazla problem belirtmemelerinin nedeni hazırlanan yazılımı beğenmiş olma ihtimallerinin yanında Sezgin (2009)'in çalışmasını BÖTE, bu çalışmanın ise Fen Fakültesi Kimya Bölümü öğrencileri ile yürütülmüş olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Zira, BÖTE öğrencileri öğretim yazılımlarıyla ilgili daha fazla bilgi sahibi olmakla birlikte bazı Kimya öğrencilerinin bir öğretim yazılımından beklenen nitelikler hakkında çok fazla bilgi sahibi olmamalarından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.



Şekil 27. Bilişsel yük kuramına göre geliştirilen öğretim yazılımı ve bu yazılımın kullanıldığı öğretim tasarımı hakkında öğrenci görüşleri

“Bireysel çalışmamız ve kendi bildiğimiz gibi anlamaya çalışmamız hoş. Her kişinin anlama şekli farklı olduğu için bu uygulamada herkes bildiği yöntemle anlamaya çalışıyor” cümlesinden görüldüğü gibi öğretim tasarımının beğenilen yönlerinden biri “bireysel çalışma imkanı” dır. Buna ilaveten öğrencilerin öğretim tasarımındaki beğendikleri yönlerle ilgili yanıtları; “Konudan hemen sonra yapılan sınavlar”, “Görsel ortam” ve “Öğretim elemanının rehberliği” kodları altında toplanmaktadır. Tüm görüş formundan yola çıkarak öğrencilerin hazırlanan öğretim tasarımı ile ilgili düşünceleri Şekil 27’de

görülmektedir. Burada en dikkat çekici kodlardan biri “bireysel çalışma güçlüğü” dür. Bulgulardan görüldüğü gibi öğrencilerin büyük çoğunluğu ister yazılım ister öğretim tasarımı ile ilgili yönlendirilen bütün soruları “... güzeldi ama hoca anlatsa daha iyiydi” veya “...güzeldi ama hoca anlatsa daha kolaydı” şeklinde yanıt vermişlerdir. Bunun nedeninin ise geleneksel sınıflarda öğrenme için bilgi kaynağının yani öğretmenin çabası varken bu tip öğrenme ortamlarında öğrenmek için öğrencilerin çaba sarfetmeleri gerekmektedir. Dolayısıyla öğretmen geleneksel sınıflarda bir öğrenme için psikolojik olarak bir güven unsuruyken aynı zamanda başarısızlıklarda da sorumluluğun üzerine itildiği biri haline gelmektedir. Bu bağlamda birçok öğrencinin verdikleri yanıtın nedeninin öğrencilerin kendi öğrenmelerinden sorumlu olmak istemeyişlerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Deney grubundaki öğrencilerin problem olarak ileri sürdükleri hususlardan biri de “öğrenme alışkanlığı farkı”dır. MEB (2011) ortaöğretim yönetmeliğinde de belirtildiği gibi ortaöğretimlerde ders süresi 45, ikili öğretim yapan okullarda 40 dakikadır. Bunun yanında bilindiği gibi ortaöğretim kurumlarında yüzyüze eğitim yapılmaktadır. Oysa bu çalışmada bir konuya ne kadar çalışacağına öğrenci karar vermekte ve öğretmenin rolünü de sınırlanmaktadır. “Her konu sonunda anlamadığımız yerler sorulup sınıfa genel bir anlatım yapılabilir” yanıtından da görüldüğü gibi öğrenci en azından konu sonunda öğretmenin ders anlatmasını istemektedir ki bu durum öğrencilerin belirli öğrenme alışkanlıklarıyla uyuşmadığından kaynaklandığı düşünülmektedir. “Sürekli bilgisayara bakmak gözlerimi yoruyor ve başımı ağrıttıyor” yanıtından da görüldüğü gibi iki tane öğrenci “bilgisayardan öğrenme güçlüğü” yaşadığını belirtmiştir. Bilindiği gibi günümüzde genç ve çocuklar zamanlarının büyük çoğunluğunu bilgisayar başında geçirmektedirler. Bulgulardan da görüldüğü gibi (Tablo 32) deney grubundaki öğrencilerin tümü orta ve üst düzeyde bilgisayar kullandıklarını belirtmelerine rağmen sorun yaşamalarının nedeninin, bilgisayar okur-yazarlıklarının yeterli olmadığı için strese girmelerinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Bunun yanında bazı öğrencilerin hazırlanan öğrenme ortamının çok rahat olduğundan ve dikkat dağınıklığından şikayet etmektedirler. Öğrencilerin bu probleminin nedeninin ise öğretmenlerin yıllardır sınıfta bir otorite kaynağı olarak bulunmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

5. SONUÇLAR

Bilişsel Yük Kuramına göre geliştirilen öğretim tasarımının Kimya Bölümündeki öğrencilerin hatırlama ve transfer düzeyindeki öğrenmelerini incelemek amacıyla yapılan bu araştırma sekiz oturumda gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın sonuçlar bölümü, tartışmada olduğu gibi üç bölümden oluşmaktadır. Bu bağlamda bu bölümde, öncelikle termodinamik ünitesindeki konulara farklı öğretim tasarımından çalışan deney ve kontrol grubundaki öğrencilerden elde edilen sonuçlara yer verilmiştir. Daha sonra farklı tasarımlardan konuya çalışan deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerden elde edilen sonuçlar sunulmuştur. Son olarakta, deney grubundaki öğrencilerin hem Bilişsel Yük Kuramı doğrultusunda geliştirilen öğretim yazılımı hem de bu yazılımın kullanıldığı öğrenme ortamı hakkındaki görüşlerinden elde edilen sonuçlara yer verilmiştir.

5.1. Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi, Bilişsel Yük Ölçeği ve Termodinamik Akademik Başarı Testinden Elde Edilen Sonuçlar

Birinci oturumda, termodinamik ünitesindeki temel kavramları Bilişsel Yük Kuramına göre geliştirilen öğretim tasarımından öğrenen öğrencilerin kontrol grubu öğrencilerine göre bellek puanları kontrol edildiğinde Hatırlama Testi-1, Transfer Testi-1 ve Bilişsel Yük Ölçeği-1 puanlarının anlamlı farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Bu oturumdaki konuları öğrenirken deney grubundaki öğrenciler daha fazla çaba sarf etmesine rağmen hem hatırlama hem de Transfer Testinden daha yüksek puanlar aldıklarından bu iki düzeyde de kontrol grubuna göre daha etkili bir öğrenme sağladıkları sonucuna varılmıştır.

Termodinamiğin 1. yasası ve iç enerji konularının öğrenilmesinin hedeflendiği ikinci oturumda, deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin bellek puanları kontrol edildiğinde Hatırlama Testi-2, Transfer Testi-2 ve Bilişsel Yük Ölçeği-2'den elde edilen puanlar arasında deney grubu lehine anlamlı farklılık olduğu belirlenmiştir. Kontrol grubundaki öğrencilerin bu konuyu öğrenirken deney grubundaki öğrencilere göre çok daha az zihinsel çaba sarf etmelerine rağmen özellikle şema adaptasyonu ve otomasyonunda sorun yaşamalarından dolayı öğrenmede hem hatırlama hem de transfer düzeyinde daha düşük etki sağladıkları sonucuna varılmıştır.

3. oturumda entalpi konusunda örneklemedeki öğrencilerin bellek puanları kontrol altına alındığında Bilişsel Yük Kuramına göre hazırlanan öğretim tasarımından konuyu öğrenen öğrencilerin Hatırlama Testi-3, Transfer Testi-3 ve Bilişsel Yük Ölçeği-3'den elde edilen puanlarının kontrol grubundaki öğrencilerin puanlarıyla anlamlı farklılık gösterdiği ortaya konulmuştur. Deney grubundaki öğrenciler kontrol grubuna göre zihinsel olarak daha fazla yüklenmesine rağmen aynı zamanda her iki düzeyde de yüksek performans gösterdiklerinden hem hatırlama hem de transfer etkili öğrenme puanları daha yüksektir. Fakat entalpinin termodinamikteki en çok öge etkileşiminin olduğu konulardan biri olmasından dolayı hem deney hemde kontrol grubundaki öğrencilerin konuyu farklı durumlara transfer etmede zorlandıkları sonucuna varılmıştır.

İstemlilik ve entropi konularının ele alındığı 4. oturumun sonucunda, örneklemedeki öğrencilerin bellek puanları kontrol altına alındığında deney grubundaki öğrencilerin Hatırlama Testi-4, Transfer Testi-4 ve Bilişsel Yük Ölçeği-4'den elde edilen puanlarının kontrol grubundaki öğrencilerin puanlarıyla anlamlı farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Bu oturumda deney grubundaki öğrenciler bilişsel yüklerinin düşük, performans puanlarının yüksek olmasından dolayı hem hatırlama hem de transfer düzeyinde daha etkili öğrenme sağlamışlardır. Bu noktadan hareketle deney grubundaki öğrencilere sunulan Bilişsel Yük Kuramına göre hazırlanan öğretim tasarımının amaçlandığı gibi dışsal bilişsel yükü azaltarak etkili bilişsel yükü artırdığı ve dolayısıyla da daha etkili öğrenme sağladığı sonucuna varılmıştır.

Örneklemedeki öğrencilerin standart reaksiyon entropisi ve termodinamiğin üçüncü yasasının öğrenilmesinin hedeflendiği 5. oturumda ise öğrencilerin bellek puanları kontrol altına alındığında Bilişsel Yük Kuramına göre hazırlanan öğretim tasarımının uygulandığı öğrencilerin Hatırlama Testi-5, Transfer Testi-5 ve Bilişsel Yük Ölçeği-5'den elde edilen puanlarının kontrol grubundaki öğrencilerin puanlarıyla anlamlı olarak farklılaşmaktadır. Bilişsel Yük Kuramına göre hazırlanan öğretim tasarımından konuyu öğrenen deney grubu öğrencileri bu oturumda, zihinsel olarak kontrol grubundaki öğrencilere çok yakın bir çaba harcarken çok yüksek performans göstermişler dolayısıyla da daha etkili bir öğrenme sağlanmıştır.

Termodinamiğin ikinci yasası ve toplam entropi değişiminin öğrenildiği 6. oturumda örneklemedeki öğrencilerin bellek puanları kontrol altına alındığında deney grubundaki öğrencilerin Hatırlama Testi-6, Transfer Testi-6 ve Bilişsel Yük Ölçeği-6'dan elde edilen puanlarının kontrol grubundaki öğrencilerin puanlarıyla anlamlı farklılık gösterdiği

sonucuna varılmıştır. Ayrıca bu oturumda deney grubundaki öğrencilerin kontrol grubundaki öğrencilere göre daha az yüklenerek daha yüksek performans gösterdikleri belirlenmiştir. Bundan dolayı da Bilişsel Yük Kuramına göre bu oturum için hazırlanan öğretim tasarımının dışsal bilişsel yükü azaltarak etkili öğrenmeyi sağladığı sonucuna varılmıştır. 6. oturumdaki konuları öğrenirken deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin hatırlama düzeyi puanları arasında çok yüksek fark olmasıyla birlikte bu farkın hatırlama düzeyinde daha da arttığı belirlenmiştir. Öğrencilerin 6. oturumdaki konuları öğrenirken sürekli olarak daha önceki oturumlarda oluşturdukları şemaları uzun süreli belleklerinden çağırarak kritik düşünme sürecine girmeleri gerekmektedir. Deney grubundaki öğrencilerin bu süreçte daha başarılı olmalarının nedenin ise çalıştıkları öğretim tasarımından kaynaklandığı sonucuna varılmıştır.

7. oturumda gibbs serbest enerjisi konusunda örneklemedeki öğrencilerin bellek puanları kontrol altına alındığında Bilişsel Yük Kuramına göre hazırlanan öğretim yazılımı ve bu yazılımın kullanıldığı öğretim yazılımından çalışan öğrencilerin Hatırlama Testi-7, Transfer Testi-7 ve Bilişsel Yük Ölçeği-7’den elde edilen puanlarının kontrol grubundaki öğrencilerin puanlarıyla anlamlı farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Deney ve kontrol grubundaki öğrenciler bu konuyu öğrenirken birbirine yakın çaba sarf etmekle birlikte deney grubundaki öğrenciler, hem hatırlama hem de transfer düzeyinde daha yüksek performans gösterdiğinden daha etkili öğrenme sağlanmıştır.

8. oturumda örneklemedeki öğrencilerin bellek puanları kontrol altına alındığında deney grubundaki öğrencilerin Hatırlama Testi-8, Transfer Testi-8 ve Bilişsel Yük Ölçeği-8’den elde edilen puanlarının kontrol grubundaki öğrencilerin puanlarıyla anlamlı olarak farklılaşmaktadır. Deney grubundaki öğrenciler kontrol grubuna göre zihinsel olarak fazla yüklenmesine rağmen aynı zamanda yüksek performans gösterdiklerinden hatırlama düzeyinde etkili öğrenmeyi sağlarken, çok fazla yüklenmeden dolayı transfer etkili öğrenme puanları daha düşüktür. Bunun yanında her iki düzeyde de düşük performans gösteren kontrol grubu öğrencilerinin çok az zihinsel çaba sarf etmelerinden dolayı özellikle transfer etkili öğrenme puanları beklenenden daha yüksektir. Bu oturumda kontrol grubundaki öğrencilerin hatırlama ve transfer düzeyi puanları düşük ve birbirine oldukça yakınken hem gibbs enerjisi hem de denge konularındaki öge etkileşiminin çok olmasından dolayı deney grubundaki öğrencilerde bu iki düzey arasında önemli puan farklılığı ortaya çıkmıştır.

Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin bellek ve termodinamik akademik başarı ön testi puanları kontrol altına alındığında Hatırlama Testi, Transfer Testi, termodinamik akademik başarı son testi ve Bilişsel Yük Ölçeğinden elde edilen puanlar arasında anlamlı farklılık olduğu belirlenmiştir. Sekiz oturumdan elde edilen verilere göre; deney grubundaki öğrencilerin zihinsel olarak yüklenmelerinde kontrol grubu lehine çok küçük bir fark olmasına rağmen yüksek performans gösterdiklerinden hem hatırlama hem de transfer düzeyinde daha etkili bir öğrenmenin sağlandığı sonucuna varılmıştır. Bu sonuç, deney grubu için hazırlanan öğretim tasarımının öğrencilerin dışsal bilişsel yükü azaltarak etkili bilişsel yükü artırma amacının gerçekleştirildiğini göstermektedir.

Geliştirilen öğretim yazılımında çözülmüş örnek etkisinin yanında tamamlanmamış örnek etkisinin de etkin bir şekilde kullanılmıştır. Araştırmanın genelinde deney grubundaki öğrenciler kontrol grubundakilere göre daha fazla yüklenmekle birlikte özellikle 4., 5. ve 6. oturumlarda tamamlanmamış örnek etkisinin kullanılmadığı veya sınırlı kullanıldığı oturumlarda deney grubundaki öğrenciler kontrole göre daha az yüklenmiştir. Bu bağlamda termodinamik ünitesinde Bilişsel Yük Kuramına göre geliştirilen yazılımda tamamlanmamış örnek ilkesinin öğrenenlere aşamalı bir öğrenme desteği sunmasının yanında bireylerin kendi başarılarıyla yüzleşmelerinde de önemli bir katkı sağladığı sonucuna varılmıştır.

Uygulamanın genelinde deney grubundaki öğrencilerin hatırlama testlerinin tümünde kontrol grubuna göre yüksek başarı elde etmişlerdir. Bunun yanında transfer testlerinde; gerek işlemsel gerekse 4., 5. ve 6. oturumlarda olduğu gibi kavramsal düzeyde bilginin transferinde deney grubundaki öğrencilerin kontrol grubuna göre daha başarılı oldukları belirlenmiştir. Bundan dolayı deney grubundaki öğrencilere uygulanan öğretim tasarımının bilginin hem hatırlanması hem de transferinde çok büyük katkı sağladığı sonucuna varılmıştır.

5.2. Deney ve Kontrol Grubundaki Uzman ve Uzman Olmayan Öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi, Bilişsel Yük Ölçeği ve Termodinamik Akademik Başarı Testinden Elde Edilen Sonuçlar

1. oturumun uygulanmasından sonra deney ve kontrol gruplarındaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin bellek puanları kontrol edildiğinde Hatırlama Testi-1, Transfer Testi-1 ve Bilişsel Yük Ölçeği-1'den elde edilen puanlarında da anlamlı farklılık görülmüştür.

Termodinamik konusundaki temel kavramların öğrenildiği bu oturumda deney grubundaki uzman olmayan öğrenciler hem hatırlama hemde transfer düzeyinde yüksek kabul edilebilecek puanlar almış olmalarına rağmen diğer gruplara daha fazla zihinsel çaba sarf ettiğinden her iki düzeyde öğrenmelerinde düşük etki sağladıkları sonucuna varılmıştır. Bu oturumda her iki düzeyde de deney grubundaki uzman öğrenciler öğrenmede yüksek etkiyi sağlamışlardır.

İç enerji konusunun öğrenildiği 2. oturumda uzmanlık faktörü açısından Hatırlama Testi-2, Transfer Testi-2 ve Bilişsel Yük Ölçeği-2'den elde edilen puanlar arasında anlamlı farklılık olduğu belirlenmiştir. Kontrol grubundaki uzman olmayan öğrenciler, öge etkileşiminin yüksek olduğu iç enerji konusunu öğrenirken en az zihinsel çabayı sarf etmelerine rağmen özellikle transfer düzeyinde daha düşük etkili öğrenme sağladıkları belirlenmiştir. Deney grubundaki uzman olmayan öğrenciler ise en yüksek zihinsel çabayı sarf eden grup olmasına rağmen Hatırlama Testinden çok yüksek puan almalarından dolayı öğrenmede bu düzeydeki en yüksek etkinin görüldüğü gruptur. Bu noktadan hareketle Bilişsel Yük Kuramına göre hazırlanan öğretim yazılımının uzman olmayan öğrencileri de uzmanlar kadar şema oluşumu ve otomasyonuna sevk ettiği sonucuna varılmıştır.

3. oturumda, deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin bellek puanları kontrol edildiğinde, uygulanan Hatırlama Testi-3, Transfer Testi-3 ve Bilişsel Yük Ölçeği-3 puanlarının anlamlı olarak farklılaştığı belirlenmiştir. Deney grubundaki uzman olmayan öğrenciler kontrol grubundaki öğrencilere göre çok daha yüksek performans göstermelerine rağmen zihinsel olarak çok fazla çaba sarf ettiklerinden daha düşük etkili öğrenme puanına sahiptirler. Bunun aksine kontrol grubundaki uzman olmayan öğrenciler, çok düşük performans göstermelerine rağmen aynı zamanda konuyu öğrenirken de çok düşük zihinsel çaba gösterdiklerinden hem deney grubundaki uzman olmayan öğrencilerden hemde kontrol grubundaki uzman öğrencilerden daha yüksek transfer etkili öğrenme puanına sahiptirler. Bilişsel Yük Kuramına göre öge etkileşiminin çok olduğu konuların doğal olarak içsel bilişsel yükü fazladır. Buradan hareketle, bu çalışmada entalpi gibi içsel bilişsel yükün çok olacağı bir konuda çok az zihinsel çabanın oluşmasının, ya öğrenmenin yada öğrenme çabasının olmadığı anlamına geldiği sonucuna varılmıştır.

İstemlilik ve entropi konularının işlendiği 4. oturumda da deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin bellek puanları kontrol edildiğinde, uygulanan Hatırlama Testi-4, Transfer Testi-4 ve Bilişsel Yük Ölçeği-4'den elde edilen

puanlar arasında da anlamlı farklılık olduğu belirlenmiştir. Bu oturumda deney grubundaki uzman olmayan öğrenciler düşük bilişsel yüklenme ve yüksek performanstan dolayı diğer gruplara göre öğrenmede en yüksek etkiyi sağladıkları belirlenmiştir.

5. oturumda, deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin bellek puanları kontrol edildiğinde, uygulanan Hatırlama Testi-5, Transfer Testi-5 ve Bilişsel Yük Ölçeği-5'den elde edilen puanlar arasında da anlamlı farklılık olduğu ortaya konulmuştur. Deney grubundaki uzman olmayan öğrenciler konuyu öğrenirken daha az zihinsel çaba harcamalarından ve özellikle de hatırlama düzeyinde deney grubundaki uzman öğrencilerden dahi yüksek performans göstermelerinden dolayı her iki düzeyde de daha etkili öğrenme sağlamışlardır. Bu bağlamda, uzman olmayan öğrencilerin uzman öğrencilerden daha yüksek hatırlama fakat daha düşük transfer puanına sahip olmalarından dolayı Bilişsel Yük Kuramına göre geliştirilen öğretim tasarımının öğrencilerin yeni şemalar oluşturmalarında etkili olduğu fakat uzman olmayan öğrenciler konu ile alakalı yeterince alt şemalara sahip olmadığından transfer aşamasında uzman öğrencilere göre daha düşük başarı gösterdikleri sonucuna varılmıştır.

6. oturumda, uzmanlık faktörü açısından Hatırlama Testi-6, Transfer Testi-6 ve Bilişsel Yük Ölçeği-6 puanları istatistiki olarak deney grubu lehine anlamlı farklılık göstermektedir. Deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin konuyu öğrenirken harcadıkları zihinsel çabanın birbirine yakın olmasına rağmen hatırlama düzeyinde deney grubundaki uzman olmayan öğrenciler, transfer düzeyinde de yine deney grubundaki uzman öğrencilerin tüm gruplar içinde öğrenmede en yüksek etkiyi gösterdikleri sonucuna varılmıştır.

Buna ilaveten 7. oturumda, deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin bellek puanları kontrol edildiğinde, uygulanan Hatırlama Testi-7, Transfer Testi-7 ve Bilişsel Yük Ölçeği-7'den elde edilen puanların anlamlı olarak farklılaştığı belirlenmiştir. Deney grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin hem bilişsel yüklenmeleri hem de performansları bakımından gruplar arasında çok fazla fark olmaması nedeniyle etkili öğrenme puanlarının da birbirine yakın olduğu ortaya konulmuştur. Bununla birlikte bu oturumda kontrol grubundaki uzman öğrenciler daha fazla zihinsel çaba sarf etmesine rağmen her iki düzeyde de daha yüksek performans gösterdiğinden uzman olmayan öğrencilere göre daha etkili öğrenme sağlamıştır. Uzman öğrencilerin mevcut şemalarından dolayı daha etkili öğrenme sağlamaları olağandır. Bu kuramın amacı

uzman olmayan öğrencilerin de uzman öğrencilerin seviyesine ulaştırılmasıdır ki hazırlanan öğretim yazılımının bu yönüyle etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

Termodinamik ünitesi gibbs enerjisi ve denge, termodinamiğin sıfırıncı kanunu konularının işlendiği bu oturumda, deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin bellek puanları kontrol edildiğinde; Hatırlama Testi-8, Transfer Testi-8 ve Bilişsel Yük Ölçeği-8'den elde edilen puanlar arasında anlamlı farklılık olduğu görülmüştür. Deney grubundaki uzman öğrenciler kontrol grubundaki öğrencilere göre konuyu öğrenirken daha fazla zihinsel çaba sarf etmelerine rağmen hem hatırlama hem de transfer düzeyinde yüksek performans göstermelerinden dolayı öğrenmede etkililiği sağlamışlardır. Bunun yanında deney grubundaki uzman olmayan öğrenciler çok fazla öğe etkileşiminin olduğu bu konuları öğrenirken çok fazla zihinsel çaba sarf ettiklerinden transfer düzeyinde negatif etkili öğrenme puanına sahiptirler. Kontrol grubunda hatırlama düzeyinde hem uzman hem de uzman olmayan öğrenciler deney grubuna göre daha düşük zihinsel çaba sarf etmelerine rağmen düşükte performans gösterdiklerinden etkili öğrenme sağlanamamıştır. Bunun yanında kontrol grubundaki uzman öğrenciler düşük performans ve düşük bilişsel yüklenmeye rağmen bilişsel yük puanları performans puanlarından daha düşük olduğundan transfer etkili öğrenme puanları da pozitiftir. Fakat burada her ne kadar transfer etkili öğrenme puanı pozitif olsa da öğrenme gerçekleşmemiştir.

Termodinamik ünitesinin genelinde ise, deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin bellek ve termodinamik akademik başarı ön testi puanları kontrol altına alındığında; Hatırlama Testi, Transfer Testi, termodinamik akademik başarı son testi ve Bilişsel Yük Ölçeğinden elde edilen puanlarının anlamlı olarak farklılaştığı sonucuna varılmıştır.

Araştırmanın genelinde deney grubundaki uzman olmayan öğrencilerin uzman öğrencilere göre daha fazla zihinsel çaba sarf ettikleri belirlenmiştir. Bununla birlikte 4., 5. ve 6. oturumda olduğu gibi biçem etkisinin yoğun olarak kullanıldığı oturumlarda durum tam tersinedir. Bu noktadan hareketle, biçem ilkesinin sıklıkla kullanılmasının uzman öğrencilerde gereksizlik etkisi yarattığı bu nedenle deney grubundaki uzman öğrencilerin uzman olmayanlara göre daha yüksek zihinsel çaba ve hatta bazı oturumlarda düşük performans sergilemelerine neden olduğu sonucuna varılmıştır.

Uygulamanın genelinde deney grubundaki uzman olmayan öğrenciler uzman öğrencilere göre hatırlama düzeyinde daha yüksek performans sergilemişlerdir. Transfer düzeyinde ise uzman öğrencilerin daha yüksek performans gösterdikleri belirlenmiştir.

Yapılan uygulamada 4. oturumdan itibaren deney grubundaki uzman olmayan öğrencilerin transfer puanı aynı gruptaki uzman öğrencilerin puanına gittikçe daha fazla yaklaşmasından dolayı geliştirilen öğretim tasarımının uzman olmayan öğrencilerin transfer becerilerinin gelişmesine katkı yaptığı sonucuna varılmıştır.

Kontrol grubundaki uzman öğrenciler araştırmanın genelinde hem hatırlama hem de transfer düzeyinde daha yüksek başarı göstermişlerdir. Deney grubunda ise uzman olmayan öğrenciler hatırlama düzeyinde, uzman öğrenciler ise çoğunlukla transfer düzeyinde öğrenmede daha başarılı oldukları belirlenmiştir. Bununla birlikte 3. ve 8. oturum gibi öge etkileşiminin fazla olduğu konularda, her iki düzeyde de deney grubundaki uzman öğrenciler daha yüksek başarı elde etmişlerdir. Bu noktadan hareketle geliştirilen öğretim tasarımının, uzman olmayan öğrencilerin öge etkileşimi yüksek konularda şema oluşturmakta veya oluşturulan şemaları geri getirmekte diğer konular kadar başarı gösteremediği belirlenmiştir.

5.3. Bilişsel Yük Kuramına Göre Hazırlanan Öğretim Tasarımı Hakkında Öğrenci Görüş Formundan Elde Edilen Sonuçlar

Deney grubundaki öğrencilerin, Bilişsel Yük Kuramı ilkelerine göre geliştirilen öğretim yazılımını “çoklu ortam” sağlamasını “çözümlü örneklerin sunum biçimi”, “yalın anlatım”, “tekrar çalışma imkânı sağlaması”, “konuların sunum biçimi”, “düşündürmeye sevk etmesi” ve “yorum yapma yeteneğini geliştirmesi” gibi özelliklerinden dolayı beğendikleri sonucuna varılmıştır. Bununla birlikte bazı öğrencilerin “bireysel öğrenme güçlüğü”, “bilgisayardan çalışma güçlüğü”, “dikkat dağınıklığı” ve “aşırı rahat ortam” gibi bazı öğrenme alışkanlıklarına uymadığı için öğretim yazılımından çalışırken sorun yaşadıkları belirlenmiştir. Deney grubundaki öğrencilerin bu kurama göre geliştirilen öğretim yazılımının kullanıldığı öğretim tasarımını; bireysel çalışma imkanı sağlaması, öğretim elemanının rehberliği gibi nedenlerden dolayı beğendikleri sonucuna varılmıştır.

Mevcut literatürde özellikle uzman öğrencilerin çok fazla benzer örnekleri çözmelerinin gereksizlik etkisinden dolayı fazla yüklenmeye neden olacağı belirtildiğinden (McNamara, Kintsch, Songer, & Kintsch, 1996; Kalyuga, Chandler ve Sweller, 2000; Paas, Tuovinen, van Merriënboer, & Darabi, 2005) bu çalışmada seçilen çözülmüş örnekler ve tamamlanmamış örnek sayıları sınırlı tutulmuştur. Fakat hem araştırma sonucunda hemde öğrenci görüşlerinde belirtildiğine göre 3. ve 8. oturum gibi

öge etkileşiminin çok olduğu konularda özellikle uzman olmayan öğrenciler için uygulama sayısının yetersiz olduğu sonucuna varılmıştır.

Hazırlanan öğretim tasarımının tamamlanmamış örneklerinde öğrencinin üst üste üç kez hata yapması durumunda öğrenciye sıradaki slayta geçmeleri önerilmektedir. Konuların başlangıçtakinden farklı olarak tekrar ele alınmasının öğrencide kargaşaya neden olarak zihinsel çabasının artacağı düşüncesiyle tercih edilen bu yöntemle, öğrenci görüş formunda da belirtildiği özellikle uzmanlık seviyesi düşük öğrencilerin zorlandıkları sonucuna varılmıştır.

Uygulamanın genelinde deney grubundaki öğrenciler öğrenmede yüksek performans göstermekle birlikte kontrol grubuna göre daha fazla yüklenmişlerdir. Gerek kontrol grubunun uygulama sürecindeki gözlemlerden gerekse geliştirilen öğretim tasarımı ile ilgili öğrenci görüş formundan öğrencilerin sınıfta bir öğretim elemanı olduğunda öğrenme sorumluluğunu öğretim elemana yükledikleri belirlenmiştir. Kontrol grubundaki öğrencilerin öğrenme sorumluluğunu dersin öğretim elemanına yüklemelerinden dolayı konuya odaklanmadıkları ve bu nedenle de hem performanslarının hem de bilişsel yüklerinin düştüğü sonucuna varılmıştır. Deney grubundaki öğrencilerin ise konuyu öğretim yazılımından bireysel olarak öğrenmeleri ve öğrenme sorumluluğunu üstlenmelerinden dolayı konuyu öğrenmek için ne kadar çaba sarf ettiklerinin farkında oldukları belirlenmiştir. Dolayısıyla geliştirilen öğretim tasarımının deney grubundaki öğrencilerin kendi öğrenme sorumluluklarını yüklenmelerine ve kendileriyle ilgili farkındalıklarının artmasına katkı sağladığı sonucuna varılmıştır.

6. ÖNERİLER

Araştırmanın bu bölümünde, çalışmanın sonuçlarına ve araştırmacının deneyimlerine dayanarak öneriler sunulmuştur. Bu bakımdan öneriler, araştırmanın sonuçlarına dayanarak yapılan öneriler ve diğer araştırmacılara öneriler olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır.

6.1. Araştırma Sonuçlarına Dayanarak Yapılan Öneriler

Çalışma kapsamı geniş olduğu için uzman ve uzman olmayan öğrenciler için tek tasarım yapılmıştır. Bununla birlikte, yapılacak çalışmalarda uzman olmayan öğrenciler için kolaydan zora doğru daha fazla rehber çözümün ve daha fazla tamamlanmamış örneğin sunulduğu ayrı bir tasarımın yapılmasının uzman ve uzman olmayan öğrencilerin yüklenmelerinin azaltılarak performanslarının artırılmasında yararlı olacağı düşünülmektedir. Fakat yaşanan olumsuzluklarla birlikte çalışmada kullanılan sekiz oturumluk bir öğretim yazılımının sadece bilgisayarda tasarlanmasının aylar sürdüğü düşünülürse alternatif yazılımların geliştirileceği çalışmaların kapsamının daraltılması veya daha büyük bir ekiple çalışılması önerilmektedir.

Bu çalışmada olduğu gibi farklı düzeydeki öğrenciler için birden fazla yazılımın geliştirilmesinde güçlük yaşanması durumunda ise her konu sonunda, kolaydan zora ve çözülmüş örneğin uygulandığı örneklerden geleneksel problemlere farklı sunumlarda ilave örneklerin sunulmasının özellikle uzman olmayan öğrenciler için yararlı olacağı düşünülmektedir.

Geliştirilen öğretim tasarımında öğrencilere aşamalı destek sağlamak için tamamlanmamış örnek etkisi yoğun olarak kullanılmıştır. Yazılımda konuyu anlamadığı için hatalı çözüm yapan öğrenciler tekrar konu kısmına yönlendirilmektedir. Konuya dikkatli çalışmayan öğrenciler için bu uygulama yararlı olmuştur. Fakat öğrenci görüş formunda da belirtildiği gibi dikkatli olarak birkaç kez çalıştığı halde konuyu anlamayan öğrenciler için konunun kritik kısımlarının alternatif bir yolla tekrar ele alınan tasarımların geliştirilmesinin özellikle de uzmanlık seviyesi düşük öğrenciler için yararlı olacağı düşünülmektedir.

Araştırmada özellikle uzman olmayan öğrencilerin bilgiyi transfer etmede uzman öğrencilere göre daha başarısız oldukları fakat çalışmanın ilerleyen zamanlarında bu öğrencilerin transfer becerilerinde gelişmeler görülmüştür. Bu noktadan hareketle Bilişsel Yük Kuramının daha uzun süre uygulanmasının uzman olmayan öğrencilerin düşünme stratejilerini geliştirerek transfer düzeyinde daha başarılı olmalarına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

6.2. Yapılacak Araştırmalara Yönelik Öneriler

Çalışmada uzman ve uzman olmayan öğrencilerin farklı düzeydeki öğrenmeleri incelenmiş, fakat çalışma daha çok nicel metodolojiye dayandığı için ortaya çıkan bazı bulgular kesin olarak yorumlanmakta zorluk yaşanmıştır. Bu nedenle Bilişsel Yük Kuramına göre farklı düzeydeki öğrencilerin öğrenmelerini daha derinden inceleyen kapsamlı, nitel çalışmaların yapılmasının bu öğrencilerin öğrenme sürecinin aydınlatılmasında yararlı olacağı düşünülmektedir.

Bu çalışmada, lisanas düzeyinde termodinamik ünitesi gibi zor öğrenilen bir konuda Bilişsel Yük Kuramına göre bir yazılım ve buna uygun da bir öğretim tasarımı geliştirilmiştir. Kimya alanında öğretilmesinde güçlük yaşanan diğer konularda benzer çalışmaların yapılmasının yararlı olacağı düşünülmektedir.

Bu araştırma Kimya alanında yapılmıştır. Diğer alanlarda da benzer uygulamaların yürütülmesinin yararlı olacağı düşünülmektedir.

Araştırma lisans düzeyinde yürütülmüştür. Benzer araştırmaların ortaöğretim düzeyinde yapılması önerilmektedir. Bununla birlikte öğrenci görüş formunda da görüldüğü gibi ülkemizde ilk ve ortaöğretim kurumlarında yüz yüze eğitime alışan öğrencilerin birden bire öğrenme sorumluluklarını yüklenmelerinde zorluk yaşanacağı düşünülmektedir. Bunun yanında eğitim kurumlarımızdaki ders sürelerinin sabit oluşu ve bu saatler dışında öğrencilerin dışarıya çıkmalarının sorun oluşturabileceğinden, ortaöğretimlerde yapılacak çalışmaların Bilişsel Yük Kuramına uygun bir öğrenme modeli kapsamında sunulması önerilmektedir.

Bu araştırma için öğretim tasarımı geliştirilirken öğrencilerin bilişsel farkındalıklarının gelişimine dikkat edilmiş fakat çalışma sonunda bu konuda herhangi bir araştırma yürütülmemiştir. Farklı araştırmalarda Bilişsel Yük Kuramının öğrencilerin

bilişsel farkındalıklarının ve öz yeterliklerinin incelenmesinin yararlı olacağı düşünülmektedir.

7. KAYNAKLAR

- Akkoyunlu, B., Altun, A. ve Soylu, M. Y. (2008). Öğretim Tasarımı, Maya Yayıncılık, Ankara
- Akkoyunlu, B., Yılmaz, M. (2005). Türetimci Çoklu Ortam Öğrenme Kuramı, Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, Cilt. 28, s.9-19
- Aldağ, H.; Sezgin, M. E. (2003). Çok Ortamlı Öğrenmede İkili Kodlama Kuramı ve Bilişsel Model. Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Sayı: 11, Cilt:11, 121-135
- Atam, O. ve Tekdal, M. (2010). Fen ve teknoloji dersi ısı-sıcaklık konusunda hazırlanan simülasyon tabanlı bir yazılımın ilköğretim 5. Sınıf öğrencilerinin akademik başarılarına ve kalıcılığa etkisi. Eğitim Teknolojileri Araştırma Dergisi, 1(2).
- Ayas, A., Çepni, S. ve Akdeniz, A. R. (1993). Development of the Turkish secondary science curriculum, Science Education, V. 77(4), p. 433-440
- Ayvacı, H. Ş. (2009). Teknoloji ve Tasarım. Geliştirilmiş Teknolojik Tasarım Örnekleri İlaveli. Pegem Akademi. Ankara.
- Baddeley, A., (2003). Working memory and language: An overview. Journal of Communication Disorders, V. 36, p.189-208
- Baddeley, A., (2005). Human Memory: Theory and Practice. Revised Edition, Psychology Pres, New York
- Baddeley, A., D., (2002). Is Working Memory Still Working?. European Psychologist, V. 7(2), p. 85-97
- Baddeley, A.,D., (2000). Working Memory. Science, V.255, p.556-558, www.sciencemag.com, 07.01.2011
- Bağ, H., (2008). Genel kimya. Pegem Akademi, 2. Baskı, Ankara
- Brook, A., and Driver, (1984). Aspects of secondary student understanding of energy: Summary report. Children's Learning in Science Project, AAAS Project 2061, <http://www.project2061.org/publications/rs1/online/RESEARCH/REPORTS/RPT07.HTM>.
- Brown, A., Green, T.D, (2006). The Essentials of Instructional Design: Connecting Fundamental Principles with Process and Practice. Pearson Education, USA

- Brown, T.L., Lemay, H.E. ve Bursten, B.E., (2006). Chemistry: The central science, Pearson Education, USA
- Brünken, R., Plass, J.L., & Leutner, D., (2004). Assessment of cognitive load in multimedia learning with dual-task methodology: Auditory load and modality effects. *Instructional Science*, V.32, p.115–132.
- Büyüköztürk, Ş., (2012). Veri Analizi El Kitabı. Pegem Akademi, 16. Baskı, Ankara
- Carlson, R., Chandler, P., ve Sweller, J. (2003). Learning and Understanding Science Instructional Material. *Journal of Educational Psychology*, V. 95, p.629-640
- Carr, M., ve Kirkwood, V., (1988). Teaching and learning about energy in New Zealand secondary school junior science classrooms. *Physics Education*, V.23, p. 86–91
- Carson, E. M.; Watson, J. R. , (2002), “Undergraduate students’ understandings of entropy and gibbs free energy”, *University Chemical Education*, V.6, p.4–12
- Carson, E.M. ve Watson, J.R., (1999). Undergraduate students’ understanding of enthalpy change. *University Chemistry Education*, V.3 (2), p.46-51
- Chandler, P. ve Sweller, J. (1991). Cognitive Load Theory and the Format of Instruction. *Cognition and Instruction*. V.8 (4), p.293–332.
- Chang, C.C. ve Yang F.Y. (2010). Exploring the cognitive loads of high-school students as they learn concepts in web-based environments. *Computers and Education*, V. 55, p. 673-680
- Chang, R., (Çeviri Editörü: Soydan, B., Aroğuz, A.Z.), (2000). Fen ve Mühendislik Bölümleri için Kimya, Altıncı baskıdan çeviri, Beta Yayım
- Christiansen, F.V., Rump, C., (2008). Three Conceptions of Thermodynamics: Technical Matrices in Science and Engineering. *Research in Science Education*, V.38(5), p. 545–564
- Chung, Y.H., (2009). Teaching Thermodynamic Relations Using a Story and Two-Dimensional Cartesian Coordinate System. *Chemistry Education in the ICT Age*, Book Chapter, p.19-25
- Cierniak, G., Scheiter, K. ve Gerjets, P., (2009). Explaining the split-attention effect: Is the reduction of extraneous cognitive load accompanied by an increase in germane cognitive load?, *Computers in Human Behavior*, Vol. 25, p. 315–324
- Clark, R.C., Nguyen, F., ve Sweller, J., (2006). *Efficiency in Learning: Evidence-Based Guidelines to Manage Cognitive Load*. Published by Pfeiffer, USA

- Cotignola, M. I., Bordogna, C., Punte, G. ve Cappannini, O. M. (2002). Difficulties in Learning Thermodynamic Concepts: Are They Linked to the Historical Development of this Field?, *Science and Education*, V.11, p.279–291
- Cowan, N. (2001). The magical number 4 in short-term memory: a reconsideration of mental storage capacity. *The Behavioral and Brain Sciences*, V.24, p.87-114
- Cunningham, K.D., (2011). Characterizing the development of students' understandings regarding the second law of thermodynamics: Using Learning Progressions to Illuminate Thinking in High School Chemistry. Yayınlanmamış Doktora Tezi, University of Wisconsin-Madison, Madison
- Çengel, Y.A. (2005). The first lecture: Motivating, exciting, and challenging the beginning thermodynamics students. Second International Conference on Applied Thermodynamics, İstanbul, Turkey.
- Çengel, Y.A. ve Boles, M.A, (1989). *Thermodynamics: An Engineering Approach*. McGraw-Hill Higher Education
- Çengel, Y.A. ve Boles, M.A, (2006). *Thermodynamics: An Engineering Approach*. McGraw-Hill Higher Education, 5th Edition.
- Demircioğlu, G., (2003). Lise II Asitler ve Bazlar Ünitesi ile İlgili Rehber Materyal Geliştirilmesi ve Uygulanması, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon
- Dick, W. Carey, L. ve Carey, J. O. (2005). *The Systematic Design of Instruction*, 6 th Edition, MA: Pearson Allyn and Bacon, Boston
- Donnelly, S. M., (2010). An Analysis of Science Content and Representations in introductory College Physics Textbooks and Multimodal Learning Resources. Yayınlanmamış Doktora Tezi, University at Albany, School of Education, New York
- Ebenezer, J. V. (2001). A hypermedia environment to explore and negotiate students' conceptions: Animation of the solution process of table salt. *Journal of Science Education and Technology*, V.10 (1), p.73-92.
- Ekiz, D., (2003). *Eğitimde Araştırma Yöntem ve Metodlarına Giriş*. Anı Yayıncılık, Ankara
- Elteren, J.J.V., (2004). The relation between learning and cognitive load on a modern multimedia device. 1st Twente Student Conference on IT, Enschede, http://referaat.cs.utwente.nl/documents/2004_01_C-Intelligent_Interaction/2004_01_C_J.J.vanElteren-The_relation_between_learning_and_cognitive_load_on_a_modern_multimedia_device.pdf 24.01.2011
- Fer, S. (2009). *Öğretim Tasarımı*, Anı Yayıncılık, Ankara.

- Gagne, R. M.; Wager, W. W.; Golas, K. C.; Keller, J. M. (2005). Principles of Instructional Design. USA: Wadsworth/Thomson Learning
- Galili, L., ve Lehavi, Y. (2006). Definitions of physical concepts: A study of physics teachers' knowledge and views. *International Journal of Science Education*, V.28(5), p.521-541
- Geban, Ö., Aşkar, P. and Özkan, İ., (1992). Effects of computer simulations and problem-solving approaches on high school students. *Journal of Educational Research*, V.86 (1), p.5-10.
- Große, C.,S., Renkl, A., (2007). Finding and fixing errors in worked examples: Can this foster learning outcomes?. *Learning and Instruction*, Vol. 17, p. 612-634
- Guan, Y.H., (2002). Reexamining the modality effect from the perspective of Baddeley's working memory model. Appeared in the Proceedings to the International Workshop on Dynamic Visualizations and Learning, Tübingen, Germany. <http://www.iwm-kmrc.de/workshops/visualization/guan.pdf> 23.12. 2011
- Harp, S.F., ve Mayer, R.E., (1997). The role of interest in learning from scientific text and illustrations: On the distinction between emotional interest and cognitive interest. *Journal of Educational Psychology*, V.89(1), p.92-102
- Hovardaoğlu, S., (2000). Davranış Bilimleri İçin Araştırma Teknikleri. Ve-Ga Yayınları, Ankara
- Jeung, H., Paul Chandler ve John Sweller (1997): The Role of Visual Indicators in Dual Sensory Mode Instruction, *Educational Psychology: An International Journal of Experimental Educational Psychology*, V.17(3), p.329-345
- Jeung, H., Chandler, P. ve Sweller, J. (1997). The Role of Visual Indicators in Dual Sensory Mode Instruction. *Educational Psychology*, V.17, p. 329-343
- Kablan, Z. (2005). Bilgisayar Destekli Fen Bilgisi Öğretiminde Yazılı Metin ve Animasyonlara Uygulanan Mekansal Konumlandırma Yaklaşımlarının (Ekranda Ayırma, Ekranda Bütünleştirme) Bilişsel Yük Açısından Karşılaştırılması. Yayımlanmamış Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul
- Kalyuga, S., (2009). Knowledge elaboration: A cognitive load perspective. *Learning and Instruction*, V. 19, p. 402-410
- Kalyuga, S., Ayres, P., Chandler, P., ve Sweller, J., (2003). The expertise reversal effect, *Educational Psychologist*, V. 38 (1), p.23-31
- Kalyuga, S., Chandler, P. ve Sweller, J., (2001). Learner Experience and Efficiency of Instructional Guidance. *Educational Psychology*, V.21(1), p.5-23

- Kalyuga, S., Chandler, P., Sweller, J, (1999). Managing split-attention and redundancy in multimedia instruction. *Applied Cognitive Psychology*, Vol. 13, p.351-371
- Kalyuga, S., Chandler, P., Sweller, J, (2000). Incorporating learner experience into the design of multimedia instruction. *Journal of Educational Psychology*, Vol.92, No.1, pp.126-136
- Kandemir, M., (2006). İnfraentoriyal inmelerde kognitif etkilenme. Bakırköy Ruh Sağlığı ve Sinir Hastalıkları Hastanesi, 3. Nöroloji Kliniği, Uzmanlık Tezi, İstanbul
- Kaper, W. H. and Goedhart, M. J., (2002). ‘Forms of energy’, an intermediary language on the road to thermodynamics? Part I, *International Journal of Science Education*, Vol. 24, No. 1, p. 81- 95
- Kayri, M., (2009). Araştırmalarda gruplar arası farkın belirlenmesine yönelik çoklu karşılaştırma (post-hoc) teknikleri, *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, Cilt: 19, Sayı: 1, s.51-64, Elazığ
- Kılıç E. (2006). Çoklu Ortamlara Dayalı Öğretimde Paralel Tasarım ve Görev Zorluğunun Üniversite Öğrencilerinin Başarılarına ve Bilişsel Yüklenmelerine Etkisi. Yayımlanmamış Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kılıç E., ve Karadeniz, Ş. (2004). Hiper ortamlarda öğrencilerin bilişsel yüklenme ve kaybolma düzeylerinin belirlenmesi. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Yönetimi Dergisi*, 40, 562–579
- Kılıç, E., Yıldırım, Z., (2010). Evaluating working memory capacity and cognitive load in learning from goal based scenario centered 3D multimedia, *Procedia Social and Behavioral Sciences*, V.2, p. 4480–4486
- Kruger, C., Palacio, D., ve Summers, M., (1992). Surveys of English primary teachers' conceptions of force, energy, and materials. *Science Education*, V.76 (4), p.339–351
- Kurnaz , M. A., Arslan, A.S., (2010). Praxeological analysis of the teaching conditions of the energy Concept. *Cypriot Journal of Educational Sciences*, V.5(4), p.233-242
- Le Maréchal, J.,F. ve El Bilani, R., (2008). Teaching and Learning Chemical Thermodynamics in School. *International Journal of Thermodynamics*, V. 11 (2), p. 91-99
- Leahy, W., Chandler, P. ve Sweller, J., (2003). When auditory presentations should and should not be a component of multimedia instruction. *Applied Cognitive Psychology*, V.17, p.401-418

- Lim, J. H. (2006). Effects of Part-Task and Whole-Task Instructional Approaches and Learner Levels of Expertise on Learner Performance of a Complex Cognitive Task. Yayınlanmamış doktora tezi, The Florida State University, College of Education
- Lin, H. ve Chen, T., (2006). Decreasing cognitive load for novice EFL learners: Effects of question and descriptive advance organizers in facilitating EFL learners' comprehension of an animation-based content lesson. *System*, V.34, p.416–431
- Marcus, N., Cooper, M. ve Sweller, J., (1996). Understanding instructions. *Journal of Education Psychology*, V.88(1), p.49-63
- Mayer, R. E. (2001), "Multimedia Learning", Cambridge University Pres, Cambridge, UK
- Mayer, R. E., (1997). Multimedia Learning: Are we Asking The Right Questions? *Educational Psychologist*, V.32, p.1-19
- Mayer, R. ve Moreno, R., (1998). A Split-attention Effect in Multimedia Learning: Evidence for Dual-processing Systems in Working Memory. *Journal of Educational Psychology*, V.90, p.312-320
- Mayer, R., Heiser, J. ve Lonn, S. (2001). Cognitive constraints on multimedia learning: When presenting more material results in less understanding. *Journal of Educational Psychology*, V.93, p.187–198
- Mayer, R.E., Jackson, J., (2004). Consise science instruction: When quantitative details hurt qualitative understanding. Paper presented at the American Educational Research Association Conference, San Diego, California
- MEB (2011). Millî Eğitim Bakanlığı Ortaöğretim Kurumları Yönetmeliği. http://mevzuat.meb.gov.tr/html/27305_0.html, 25.07.2012
- Meltzer, D.E. (2004). Investigation of students' reasoning regarding heat, work, and the first law of thermodynamics in an introductory calculus-based general physics course. *American Journal of Physics*, V.72, p.1432–46
- Van Merriënboer, J.J.G. ve Ayres, P., (2005). Research on Cognitive Load Theory and its design implications for e-learning. *Educational Technology Research ve Development*, V.53, p.5-13
- Miller, G.A. (1956). The magic number seven plus or minus two: some limits on our capacity to process information. *Psychological Review* 63: 81–97
- Moreno, R. (2004), Decreasing cognitive load for novice students: Effects of explanatory versus corrective feedback on discovery-based multimedı. *Instructional Science*, V.32, p.99-113

- Moreno, R. ve Mayer, R. (1999). Cognitive principles of multimedia learning: The role of modality and contiguity. *Journal of Educational Psychology*, V.91, p.358–368
- Moreno, R., Valdez, A., (2005). Cognitive load and learning effects of having students organize pictures and words in multimedia environments: The role of student interactivity and feedback”, *Educational Technology Research ve Development*, V.53, p.35-45
- Mousavi, S.Y., Low, R., ve Sweller, J., (1995). Reducing cognitive load by mixing auditory and visual presentation modes. *Journal of Educational Psychology*, V. 87, p. 319-334
- Najjar, L. J. (1996). Multimedia information and learning. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, V.5, p.129-150
- Ngu, B. H., Mit, E., Shahbodin, F. ve Tuovinen, J. (2009). Chemistry problem solving instruction: A comparison of three computer-based formats for learning from hierarchical network problem representations. *Instructional Science*, V.37, p. 21–42
- Özbay, Y., (2002). *Gelişim ve Öğrenme Psikolojisi: Araştırma Kuram Uygulama*. İBER Matbaacılık San. Tic. Ltd. Ş., Trabzon
- Paas, F.G.W.C, (1992). Training strategies for attaining transfer of problem solving skill in statistics: A cognitive load approach. *Journal of Educational Psychology*, V.84, p.429–434
- Paas, F.G.W.C. ve van Merriënboer, J. J. G. (1993). The efficiency of instructional conditions: An approach to combine mental effort and performance measures. *Human Factors*, V.35(4), p.737-743
- Paas, F.G.W.C. ve van Merriënboer, J. J. G. (1994). Instructional control of cognitive load in the training of complex cognitive tasks. *Educational Psychology Review*, 6, 351-372
- Paas, F.G.W.C. ve van Merriënboer, J. (1993). The efficiency of instructional conditions: An approach to combine mental-effort and performance measures. *Human Factors*, V.35, p.737–743
- Paas, F.G.W.C. ve van Merriënboer, J. (1994). Variability of worked examples and transfer of geometrical problem-solving skills: A cognitive-load approach. *Journal of Educational Psychology*, V.86, p.122–133
- Paas, F.G.W.C., Renkl, A. ve Sweller, J. (2003). Cognitive Load Theory and instructional design: Recent developments”, *Educational Psychologist*, Guest Editorial Statement, V.38, p.1-4

- Paas, F.G.W.C., Tuovinen, J. E., Tabbers, H., Van Gevren, P. W. M. (2003). Cognitive Load Measurement as a Means to Advance Cognitive Load Theory. *Educational Psychologist*, V.38(1), p.63–71
- Paas, F.G.W.C. ve Van Merriënboer, J. J. G., (1994). Variability of worked examples and transfer of geometrical problem-solving skills: A Cognitive-Load Approach”, *Journal of Educational Psychology*, V.86(1), p.122-133
- Paas, F.G.W.C., Renkl, A., ve Sweller, J. (2004). Cognitive Load Theory: Instructional implications of the interaction between information structures and cognitive architecture1. *Instructional Science*, V.32, p.1-8
- Petrucci, R.H. ve Harwood, W.S., (Çeviri Editörü: Uyar, T.), (1995). Genel Kimya: Prensipler ve Modern Uygulamalar, Cilt I ve II, Palme Yayıncılık, Ankara
- Pinto, R., Couso, D. and Gutierrez, R., (2005). Using research on teachers’ transformations of innovations to inform teacher education; The case of energy degradation. *Science Education*, V.89 (1), p.38–55
- Price, J.L., Catrambone, R. (2004). Part-whole statistics training: Effects on learning and cognitive load. 26 th Annual Meeting of the Cognitive Science Society, Chicago, USA
- Redundancy Effects in Reading with Explanatory Notes
- Pollock, E., Chandler, P. ve Sweller, J. (2002). Assimilating complex information, *Learning and Instruction*, V.12, p.61–86.
- Reigeluth, C.M. (1999). *Instructional Design Theories And Models: A New Paradigm Of Instructional Theory: Volume II*. Lawrence Erlbaum Associates, Inc. New Jersey.
- Reiser, A.R., Dempsey, J.V., (2007), “ Trends and Issues in Instructional Design and Technology”, Pearson Education, USA
- Robbins, T. W., Anderson, E. J., Barker, D. R., Bradley, A. C., Fearnlyhough, C., Henson, R., Hudson, S. R. and Baddeley, A. D., (1996). Working memory in chess, *Memory and Cognition*, V.24 (1), p.83-93
- Senemoğlu, N., (2001). Gelişim öğrenme ve öğretim kuramdan uygulamaya. Gazi Kitabevi, Ankara
- Sezgin, M. E., (2009). Çok ortamlı öğrenmede bilişsel kuram ilkelerine göre hazırlanan öğretim yazılımının bilişsel yüke, öğrenme düzeylerine ve kalıcılığa etkisi. Yayımlanmamış doktora tezi, Çukurova Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Adana

- Shiffrin, R.M, Nosofsky, R.M, (1994). Seven plus or minus two: A Commentary on limitations. *Psychological Review*, Vol.101, No.2, p.357-361
- Solomon, J. (1985). Teaching the conservation of energy. *Physics Education*, V.20, p.165–70
- Sözbilir, M., (2002). Turkish chemistry undergraduate students. misunderstandings of Gibbs free energy. *Universty Chemical Education*, V.6, p.73-83
- Sözbilir, M., Bennett, J. M. (2007) “A Study of Turkish Chemistry Undergraduates’ Understandings of Entropy”, *Journal of Chemical Education* , V. 84, No. 7, p. 1204-1208
- Sübaşı, G., (1999). Bilişsel öğrenme yaklaşımı bilgiyi işleme kuramı. *Mesleki Eğitim Dergisi*, Sayı: 2, s. 29-38
- Sweller, J., ve Chandler, P. (1994). Whysome material is difficult to learn. *Cognition and Instruction*, 12(3), 185–233.
- Sweller, J. ve Cooper, G.A., (1985). The use of worked examples as a substitute for problem solving in learning algebra. *Cognition and Instruction*, V.2, p.59-89
- Sweller, J., (1988). Cognitive Load During Problem Solving: Effects on Learning. *Cognitive Science*, V.12, p.257-285
- Sweller, J. (2003) Evolution of Human Cognitive Architecture, In *The Psychology of Learning and Motivation*, V.43, p,215-266. Brian Ross (eds.). San Diego: Academic Press.
- Sweller, J., van Merriënboer, J.J.G., ve Paas, F.G.W.C., (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, V.10, p.251–296
- Sweller, J.,ve Cooper, G. A. (1985).The use of worked examples as a substitute for problem solving in learning algebra. *Cognition and Instruction*, V.2, p.59–89
- Şimşek, A. (2009), *Öğretim Tasarımı*, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- Tabbers, H., Martens, R. & van Merriënboer, J., (2000). Multimedia instructions and Cognitive Load Theory: split-attention and modality effects. Paper presented at the AECT 2000 in Long Beach, California
- Taşkın, G.,Soran, H., (2008). Hücre Bölünmesi konusunda çoklu ortam uygulamalarının kavrama ve uygulama düzeyinde öğrenme başarısına etkisi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi (H. U. Journal of Education)*, Cilt. 34, s.233-243

- Tatar, E. ve Oktay, M., (2007). Students' Misunderstandings about the Energy Conservation Principle: A General View to Studies in Literature. *International Journal of Environmental and Science Education*, V.2(3), p.79 – 81
- Tatar, E. ve Oktay, M., (2011). The effectiveness of problem-based learning on teaching the first law of thermodynamics. *Research in Science & Technological Education*, V. 29, No. 3, p.315–332
- Tatar, E., (2007). Probleme Dayalı Öğrenme Yaklaşımının Termodinamiğin Birinci Kanununu Anlamaya Etkisi, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum
- Thomas, P. and Schwenz, R. (1998). College physical chemistry students' conceptions of equilibrium and fundamental thermodynamics. *Journal of Research In Science Teaching*, V.35, p.1151-1160.
- Tindall-Ford, S., Chandler, P. ve Sweller, J., (1997). When Two Sensory Modes are Better Than One. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, V.3, p. 257-287
- Treptow, R.S. (2005). $E=mc^2$ for the chemist: When is mass conserved?, *Journal of Chemical Education*, V.82, p.1636–41
- Thomas, P. L., ve Schwenz, R. W. (1998). College physical chemistry students' conceptions of equilibrium and fundamental thermodynamics. *Journal of Research in Science Teaching*, v.35(10), p.1151-1191.
- Wong, A., Leahy, W., Marcus, N., Sweller, J., (2012). Cognitive load theory, the transient information effect and e-learning, *Learning and Instruction*, V.22(6), p.449–457
- Yalın, H.İ, (2003), “Öğretim Teknolojileri ve Materyal Geliştirme”, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara
- Yeung, A.S., Jin, P. and Sweller, J., (1997). Cognitive Load and Learner Expertise: Split-attention and Redundancy Effects in Reading with Explanatory Notes, *Contemporary educational psychology*, V. 23, p.1–21
- Yiğit, N., Akdeniz, A.R., (2003). Fizik Öğretiminde Bilgisayar Destekli Etkinliklerin Öğrenci Kazanımları Üzerine Etkisi: Elektrik Devreleri Örneği. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, Cilt 23, Sayı 3 ,s.99-113
- Zheng, L. ve Smaldino, S. (2003). Key Instructional Design Elements for Distance Education. *The Quarterly Review of Distance Education*, V.4(2), pp.153-166.

EKLER

Ek 1. 3., 4., 5., 6., 7. ve 8. Oturumlardan Elde Edilen Bulgular

1. Termodinamik Ünitesi 3. Oturumundan Elde Edilen Bulgular

Araştırmanın bu bölümünde, örneklemdaki öğrencilerin entalpi konusunu öğrendikleri 3. oturumdan elde edilen bulgular sunulmuştur.

1.1. Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Termodinamik Ünitesi 3. Oturumundaki Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeğinden Elde Edilen Bulgular

3. oturumdaki entalpi konusunun öğretiminden sonra deney ve kontrol grubundaki öğrencilere uygulanan Hatırlama Testi-3, Transfer Testi-3 ve Bilişsel Yük Ölçeği-3'den elde edilen puanlar karşılaştırılmıştır. Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin hatırlama, transfer ve Bilişsel Yük Ölçeği puanlarının aritmetik ortalamaları ve standart sapmaları Tablo 1'da sunulmuştur.

Tablo 1. Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin 3. Oturumdaki Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği Betimsel İstatistikleri

	Grup	N	Ortalama	S
Hatırlama Testi-3	Deney	18	79,17	20,09
	Kontrol	19	32,37	14,18
Transfer Testi-3	Deney	18	40,83	18,81
	Kontrol	19	20,53	10,66
Bilişsel Yük Ölçeği-3	Deney	18	3,81	1,63
	Kontrol	19	2,58	1,68

Tablo 1'den de görüldüğü gibi deney grubundaki öğrencilerin Hatırlama Testi aritmetik puan ortalamaları ($\bar{X} = 79,17$) kontrol grubundaki öğrencilerin puanından ($\bar{X} = 32,37$) yüksektir. Yine aynı tablodan deney grubundaki öğrencilerin Transfer Testi aritmetik ortalama puanlarının ($\bar{X} = 40,83$), kontrol grubundaki öğrencilerin Transfer Testi puanlarından ($\bar{X} = 20,53$) yaklaşık 20 puan fazla olduğu görülmektedir. Bilişsel Yük Ölçeği puanlarına göre ise deney grubundaki öğrencilerin ortalama bilişsel yük puanları ($\bar{X} = 3,81$) kontrol grubundaki öğrencilerin ortalama bilişsel yük puanından ($\bar{X} = 2,58$) daha yüksektir. Bu testlere göre deney ve kontrol grubundaki puan farkının istatistiki olarak 0,05 düzeyinde anlamlı olup olmadığı çok faktörlü varyans analizi (MANOVA) ile test edilmiştir.

Deney ve kontrol gruplarının hatırlama, transfer ve Bilişsel Yük Ölçeği puanlarını analiz etmeden önce bu bağımlı değişkenlerin varyans ve kovaryans matrislerinin eşit olup olmadığı sınıanmıştır. Araştırmada varyansların eşitliğini sınamak için Levene testi yapılmıştır. Bu teste göre Hatırlama Testi [$F(1-35) = 2,832$, $p = 0,101$, $p > 0,05$], Transfer Testi [$F(1-35) = 6,305$, $p = 0,017$, $p < 0,05$] ve Bilişsel Yük Ölçeğinin [$F(1-35) = 1,073$, $p = 0,307$, $p > 0,05$] varyanslarının eşit olduğu belirlenmiştir. Kovaryans matrislerinin eşitliğini sınamak amacıyla Box's M testi yapılmıştır. Bu teste göre, deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin hatırlama, transfer ve Bilişsel Yük Ölçeği puanlarının kovaryans matrislerinin eşit olduğunu görülmüş [$F(6-8798,394) = 1,189$, $p = 0,309$, $p > 0,05$] ve çok faktörlü varyans analizine (MANOVA) karar verilmiştir.

Ek 1'in devamı

Araştırmada kovaryans eşitliği sağlandığı için grup değişkeninin Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeğine etkisini yorumlamada Wilks' Lambda testi kullanılmıştır. Wilks' Lambda testine göre bellek kontrol değişkeninin bağımlı değişkenlerle yüksek düzeyde anlamlı bir ilişkisinin olduğu $[(\lambda)= 0,814, F(3-32)= 2,445, \eta_p2 = 0,186, p= 0,082, p>0,05]$ ve grup bağımsız değişkenin bağımlı değişkenler üzerine anlamlı bir etkiye sahip olduğu bulunmuştur $[(\lambda)= 0,299, F(3, 32)= 24,991, \eta_p2 = 0,701, p= 0,000, p<0,05]$. Kısmi eta kare (η_p2) değeri 0,14'den büyük olduğu için grup değişkeni hatırlama, transfer ve bilişsel yük testleri üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Dolayısıyla bu değerlere göre termodinamik ünitesinin 3. oturumunun bilişsel yük ilkelerine göre hazırlanan yazılımdan veya geleneksel yolla işlenmesi; hatırlama, transfer ve bilişsel yük testlerinde meydana çıkan farkın %70,1'ini açıklamaktadır.

Tablo 2. Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin 3. Oturumdaki Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği Ortalama Puanlarına Göre MANOVA Sonuçları

Varyansın Kaynağı	Bağımlı Değişkenler	Kareler Toplamı	Sd	Ortalama lar Karesi	F	p	η_p2
Bellek	Hatırlama Testi-3	,015	1	,015	,000	,994	,000
	Transfer Testi-3	91,519	1	91,519	,391	,536	,011
	Bilişsel Yük Ölçeği-3	17,485	1	17,485	7,601	,009	,183
Grup	Hatırlama Testi-3	20076,962	1	20076,962	65,130	,000	,657
	Transfer Testi-3	3672,828	1	3672,828	15,677	,000	,316
	Bilişsel Yük Ölçeği-3	16,780	1	16,780	7,294	,011	,177
Hata	Hatırlama Testi-3	10480,906	34	308,262			
	Transfer Testi-3	7965,718	34	234,286			
	Bilişsel Yük Ölçeği-3	78,216	34	2,300			
Toplam	Hatırlama Testi-3	30724,324	36				
	Transfer Testi-3	11868,919	36				
	Bilişsel Yük Ölçeği-3	109,608	36				

Tablo 2'den bellek kontrol değişkeninin, Hatırlama Testi puanlarıyla yüksek düzeyde anlamlı bir ilişkiye sahip olduğu $[F(1-34)= 0,000, \eta_p2 = 0,000, p= 0,994, p>0,05]$ ve Transfer Testi $[F(1-34)= 0,391, \eta_p2 = 0,011, p= 0,536, p>0,05]$ ortalama puanlarıyla orta düzeyde anlamlı ilişkiye sahip olduğu görülürken Bilişsel Yük Ölçeği $[F(1-34)= 7,601, \eta_p2 = 0,183, p= 0,009, p<0,05]$ puanlarıyla anlamlı bir ilişkisinin olmadığı görülmektedir. Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin Hatırlama Testi $[F(1-34)=65,130, \eta_p2 = 0,657, p= 0,000, p<0,05]$ Transfer Testi $[F(1-34)= 15,677, \eta_p2 = 0,316, p=0,000, p<0,05]$ ve Bilişsel Yük Ölçeği $[F(1-34)= 7,294, \eta_p2 = 0,177, p= 0,011, p<0,05]$ puanları arasında anlamlı bir farklılık olduğu bulunmuştur.

Ek 1'in devamı

1.2. Deney ve Kontrol Grubundaki Uzman ve Uzman Olmayan Öğrencilerin Termodinamik Ünitesi 3. Oturumundaki Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeğinden Elde Edilen Bulgular

Termodinamik ünitesi entalpi konusunun işlendiği 3. oturumdan sonra deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilere uygulanan Hatırlama Testi-3, Transfer Testi-3 ve Bilişsel Yük Ölçeği-3'den elde edilen puanlar karşılaştırılmıştır. Deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin hatırlama, transfer ve Bilişsel Yük Ölçeği puanlarının aritmetik ortalamaları ve standart sapmaları Tablo 3'de sunulmuştur.

Tablo 3. Uzmanlık Faktörüne Göre Öğrencilerin Termodinamik Ünitesi 3. Oturumundaki Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği Betimsel İstatistikleri

	Uzmanlık	N	Ortalama	S
Hatırlama Testi-3	Deney Uzman	10	80,00	21,73
	Deney Uzman Olmayan	8	78,13	19,26
	Kontrol Uzman	12	35,83	12,22
	Kontrol Uzman Olmayan	7	26,43	16,26
Transfer Testi-3	Deney Uzman	10	45,00	16,16
	Deney Uzman Olmayan	8	35,63	21,62
	Kontrol Uzman	12	22,50	12,52
	Kontrol Uzman Olmayan	7	17,14	5,67
Bilişsel Yük Ölçeği-3	Deney Uzman	10	3,30	1,58
	Deney Uzman Olmayan	8	4,44	1,55
	Kontrol Uzman	12	2,92	1,94
	Kontrol Uzman Olmayan	7	2,00	,96

Tablo 3'dan da görüldüğü gibi Hatırlama Testi puanlarına göre en yüksek puanı deney grubundaki uzman öğrenciler ($\bar{X} = 80,00$) alırken, en düşük puanı kontrol grubundaki uzman olmayan öğrencilerin aldığı görülmektedir ($\bar{X} = 26,43$). Transfer Testi puanlarına göre en yüksek puanı alan deney grubundaki uzman öğrencilerle ($\bar{X} = 45,00$), deney grubundaki uzman olmayan öğrenciler ($\bar{X} = 35,63$) arasında yaklaşık 9 puan fark varken kontrol grubundaki uzman öğrencilerle ($\bar{X} = 22,50$) uzman olmayan öğrenciler ($\bar{X} = 17,14$) arasında yaklaşık 5 puan olduğu tablodan görülmektedir. Bilişsel Yük Ölçeğine göre en yüksek puanı, dolayısıyla en fazla zihinsel çabayı deney grubundaki uzman olmayan öğrenciler ($\bar{X} = 4,44$) sarfederken, kontrol grubundaki uzman olmayan öğrencilerin ($\bar{X} = 2,00$) zihinsel olarak en az çabayı sarfettiği belirlenmiştir. Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeğine göre gruplar arasındaki görülen puan farkının istatistiki olarak 0,05 düzeyinde anlamlı olup olmadığı çok faktörlü varyans analiziyle (MANOVA) test edilmiştir.

Deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği puanlarını analiz etmeden önce bu bağımlı değişkenlerin varyans ve kovaryans matrislerinin eşit olup olmadığı sınıanmıştır. Araştırmada varyansların eşit olup olmadığını belirlemek için Levene testi kullanılmıştır.

Ek 1'in devamı

Bu teste göre hatırlama [$F(3-33)= 1,331, p= 0,281, p>0,05$], transfer [$F(3-33)= 3,610, p= 0,023, p<0,05$] ve bilişsel yük [$F(3-33)= 0,404, p= 0,751, p>0,05$] testlerinin varyanslarının eşit olduğu belirlenmiştir. Kovaryans matrislerinin eşitliğini sınamak amacıyla Box's M testi yapılmıştır. Box's M testine göre, deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin hatırlama, transfer ve Bilişsel Yük Ölçeği puanlarının kovaryans matrislerinin eşit olmadığı görülmüş [$F(18-2663,153)= 1,689, p=0,034, p<0,05$].

Araştırmada kovaryans eşitliği sağlanamadığı için uzmanlık değişkenlerine göre Hatırlama Testi, Transfer Testi ve bilişsel yük testlerinin etkisini yorumlamada Pillai's Trace testi kullanılmıştır. Pillai's Trace testine göre bellek kontrol değişkeninin bağımlı değişkenlerle yüksek düzeyde anlamlı bir ilişkisinin olduğu [Pillai's Trace= 0,018, $F(3-30)= 0,182, \eta_p^2 = 0,018, p= 0,908, p>0,05$] ve uzmanlık bağımsız değişkenin bağımlı değişkenler üzerine anlamlı bir etkiye sahip olduğu bulunmuştur [Pillai's Trace= 0,791, $F(9-96)= 3,823, \eta_p^2 = 0,264, p= 0,000, p<0,05$]. Uzmanlık değişkenine göre kısmi eta kare (η_p^2) değeri 0,14'den büyük olduğu için hatırlama, transfer ve bilişsel yük testleri üzerinde uzmanlık değişkeni büyük bir etkiye sahiptir. Bu değerlere göre uzmanlık değişkeni; hatırlama, transfer ve bilişsel yük testlerinde ortaya çıkan farkın %26,4'ünü açıklamaktadır.

Tablo 4. 3.Oturumda, Deney ve Kontrol Grubundaki Uzman ve Uzman Olmayan Öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği Ortalama Puanlarına Göre MANOVA Sonuçları

Varyansın Kaynağı	Bağımlı Değişkenler	Kareler Toplamı	Sd	Ortalamalar Karesi	F	p	η_p^2
Bellek	Hatırlama Testi-3	1,097	1	1,097	,002	,964	,000
	Transfer Testi-3	125,773	1	125,773	,320	,576	,010
	Bilişsel Yük Ölçeği-3	,644	1	,644	,355	,556	,011
Uzmanlık	Hatırlama Testi-3	12335,945	3	4111,982	7,940	,000	,427
	Transfer Testi-3	17025,430	3	5675,143	14,422	,000	,575
	Bilişsel Yük Ölçeği-3	16,690	3	5,563	3,062	,042	,223
Hata	Hatırlama Testi-3	16571,998	32	517,875			
	Transfer Testi-3	12592,018	32	393,501			
	Bilişsel Yük Ölçeği-3	58,143	32	1,817			
Toplam	Hatırlama Testi-3	28981,081	36				
	Transfer Testi-3	29817,189	36				
	Bilişsel Yük Ölçeği-3	75,000	36				

Bellek kontrol değişkeninin, Hatırlama Testi puanlarıyla üst düzeyde anlamlı bir ilişkiye sahip olduğu [$F(1-32)= 0,002, \eta_p^2 = 0,00, p= 0,964, p>0,05$]; transfer [$F(1-32)= 0,320, \eta_p^2 = 0,010, p= 0,576, p>0,05$] ve Bilişsel Yük Ölçeği [$F(1-32)= 0,355, \eta_p^2 = 0,011, p= 0,556, p>0,05$] ortalama puanlarıyla ise orta düzeyde ve anlamlı ilişkiye sahip olduğu Tablo 4'de görülmektedir. Deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin Hatırlama Testi [$F(3-32)= 7,940, \eta_p^2 = 0,427, p= 0,000, p<0,05$] ve Transfer Testi [$F(3-32)= 14,422, \eta_p^2 = 0,575, p=0,000, p<0,05$] puanları arasında deney grubu lehine; Bilişsel Yük Ölçeği [$F(3-32)= 3,062, \eta_p^2 = 0,223, p= 0,042, p<0,05$] puanları arasında ise kontrol grubu lehine anlamlı bir farklılık olduğu Tablo 4'de görülmektedir.

Ek 1'in devamı

Deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeğinden aldıkları puanlarına göre çoklu karşılaştırmaları Tablo 5'de görülmektedir.

Tablo 5. 3. Oturumda, Deney ve Kontrol Grubundaki Uzman ve Uzman Olmayan Öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği Ortalama Puanlarına Göre Bonferroni Testi Sonuçları

Bağımlı Değişken	Uzmanlık (I)	Uzmanlık (J)	Ortalama Farkı	Standart Hata	p
Hatırlama Testi-3	DU	DUO	,769	8,762	1,000
		KU	42,782(*)	8,206	,000
		KUO	53,883(*)	8,747	,000
	DUO	DU	-,769	8,762	1,000
		KU	42,014(*)	8,099	,000
		KUO	53,115(*)	9,710	,000
	KU	DU	-42,782(*)	8,206	,000
		DUO	-42,014(*)	8,099	,000
		KUO	11,101	9,259	1,000
	KUO	DU	-53,883(*)	8,747	,000
		DUO	-53,115(*)	9,710	,000
		KU	-11,101	9,259	1,000
Transfer Testi-3	DU	DUO	7,928	7,551	1,000
		KU	20,689(*)	7,071	,038
		KUO	28,265(*)	7,538	,004
	DUO	DU	-7,928	7,551	1,000
		KU	12,762	6,980	,461
		KUO	20,337	8,367	,125
	KU	DU	-20,689(*)	7,071	,038
		DUO	-12,762	6,980	,461
		KUO	7,576	7,979	1,000
	KUO	DU	-28,265(*)	7,538	,004
		DUO	-20,337	8,367	,125
		KU	-7,576	7,979	1,000
Bilişsel Yük Ölçeği-3	DU	DUO	-,686	,764	1,000
		KU	,948	,716	1,000
		KUO	1,173	,763	,805
	DUO	DU	,686	,764	1,000
		KU	1,634	,707	,164
		KUO	1,859	,847	,213
	KU	DU	-,948	,716	1,000
		DUO	-1,634	,707	,164
		KUO	,225	,808	1,000
	KUO	DU	-1,173	,763	,805
		DUO	-1,859	,847	,213
		KU	-,225	,808	1,000

DU:Deney Uzman, DUO:Deney Uzman Olmayan, KU:Kontrol Uzman, KUO:Kontrol Uzman Olmayan

* 0,05 düzeyinde anlamlı

Ek 1'in devamı

Tablodan görüldüğü gibi Hatırlama Testi puanlarına göre deney grubundaki uzman öğrencilerle kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrenciler arasında; deney grubundaki uzman olmayan öğrencilerle kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrenciler arasında anlamlı bir farklılık vardır. Bunun yanında Transfer Testine göre de deney grubundaki uzman öğrencilerle kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrenciler arasında anlamlı bir farklılık görülmektedir. Yukarıda da belirtildiği gibi Bilişsel Yük Ölçeğine göre gruplar arasında anlamlı bir farklılığın olmadığı tablodan görülmektedir. Buna ilaveten deney grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrenciler arasında; kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrenciler arasında da bu üç teste göre de anlamlı bir farklılık görülmemektedir.

1.3. Grup Değişkenine Göre Öğrencilerin Termodinamik Ünitesi 3. Oturumdaki Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği Puanlarına Dayanarak Hesaplanan Etkili Öğrenme Düzeyine İlişkin Bulgular

Bu bölümde öğrencilerin termodinamik ünitesindeki entalpi konusunu bilişsel yük ilkelerine göre hazırlanmış öğretim yazılımından veya geleneksel yolla öğrenen öğrencilerin etkili öğrenmeleri ile ilgili bulgulara yer verilmiştir.

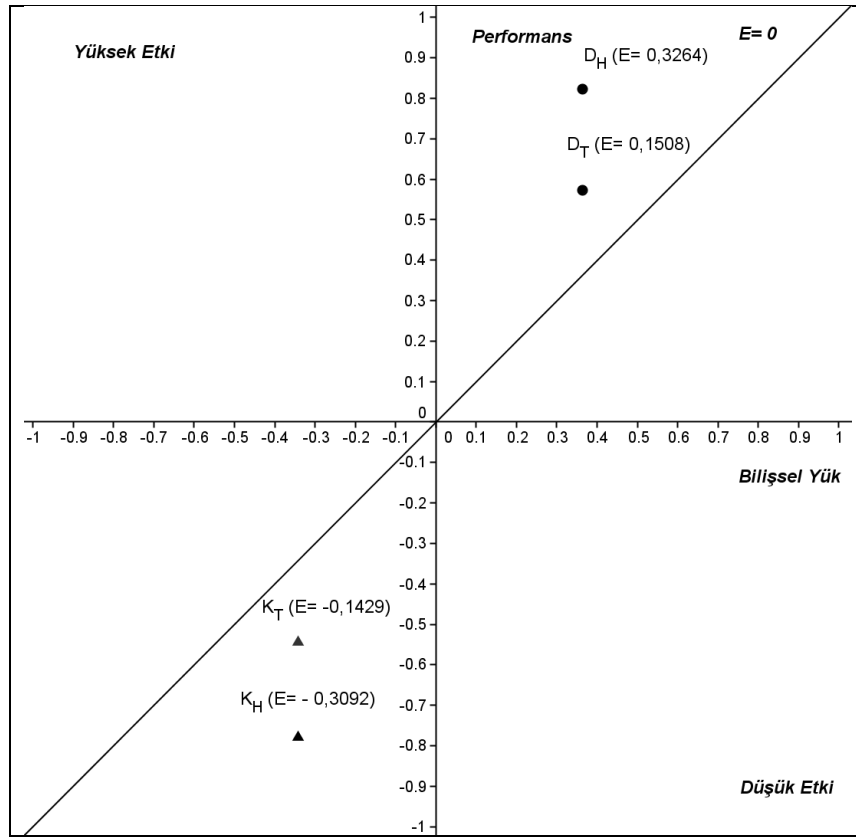
Aşağıda Tablo 6'de deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin hatırlama ve transfer düzeyindeki performans z puanları, bilişsel yük z puanları ve her iki düzeyde de hesaplanan etkili öğrenme puanları görülmektedir.

Tablo 6. 3. Oturuma Göre Öğrencilerin Performans Z Puanları, Bilişsel Yük Z Puanları ve Etkili Öğrenme Puanları

	Grup	N	Performans Z Puanı	Bilişsel Yük Z Puanı	Etkili Öğrenme Puanı (E)
Hatırlama Testi-3	Deney	18	0,8226	0,3610	0,3264
	Kontrol	19	-0,7793	-0,3420	-0,3092
Transfer Testi-3	Deney	18	0,5743	0,3610	0,1508
	Kontrol	19	-0,5441	-0,3420	-0,1429

Tablo incelendiğinde deney grubundaki öğrencilerin hatırlama Z puanı ortalamalarının ($\bar{X} = 0,8226$) kontrol grubundaki öğrencilerin Z puanı ortalamalarından ($\bar{X} = -0,7793$) daha yüksek olduğu görülmektedir. Transfer Testi performanslarına göre deney grubundaki öğrencilerin ortalama transfer z puanları kontrol grubundaki öğrencilerden yüksektir. Benzer şekilde bilişsel yük puanlarına göre de deney grubundaki öğrencilerin ortalama bilişsel yük z puanlarının ($\bar{X} = 0,3610$) kontrol grubundaki öğrencilerin puanından ($\bar{X} = -0,3420$) yüksek olduğu görülmektedir. Deney grubundaki öğrencilerin bilişsel yük z puanları kontrol grubundaki öğrencilerin puanına göre daha yüksek olmasına rağmen performans puanları da yüksek olduğundan hem hatırlama hemde transfer etkili öğrenme puanları daha yüksektir. Bu bağlamda deney grubundaki öğrencilerin ortalama hatırlama etkili öğrenme puanı 0,3264 ve transfer etkili öğrenme puanı da 0,1508'dir. Kontrol grubunun hatırlama etkili öğrenme puanı -0,3092 iken transfer etkili öğrenme puanı -0,1429'dır.

Ek 1'in devamı



Şekil 1. 3. Oturuma Göre Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Hatırlama ve Transfer Düzeyindeki Etkili Öğrenme Grafiği

D_H(●):Deney Hatırlama, D_T(●):Deney Transfer
K_H(▲):Kontrol Hatırlama, K_T(▲):Kontrol Transfer

Etkili öğrenme diyagramından da görüldüğü gibi üçüncü oturumda deney grubunun hem hatırlama hemde transfer düzeyindeki öğrenmelerinin diyagramın birinci bölgesine yani yüksek performans yüksek bilişsel yüklenme bölgesine tekabül etmektedir. Kontrol grubunun hatırlama ve transfer düzeyindeki öğrenmelerinin ise düşük performans düşük bilişsel yük bölgesi olan üçüncü bölgede bulunmaktadır.

1.4. Uzmanlık Değişkenine Göre Öğrencilerin Termodinamik Ünitesi 3. Oturumdaki Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği Puanlarına Dayanarak Hesaplanan Etkili Öğrenme Düzeyine İlişkin Bulgular

Tablo 7'de deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin, hatırlama ve transfer düzeyindeki performans Z puanı aritmetik ortalamaları; bilişsel yük Z puanı aritmetik ortalamaları ve her iki düzeyde de hesaplanan etkili öğrenme puanlarına yer verilmiştir.

Ek 1'in devamı

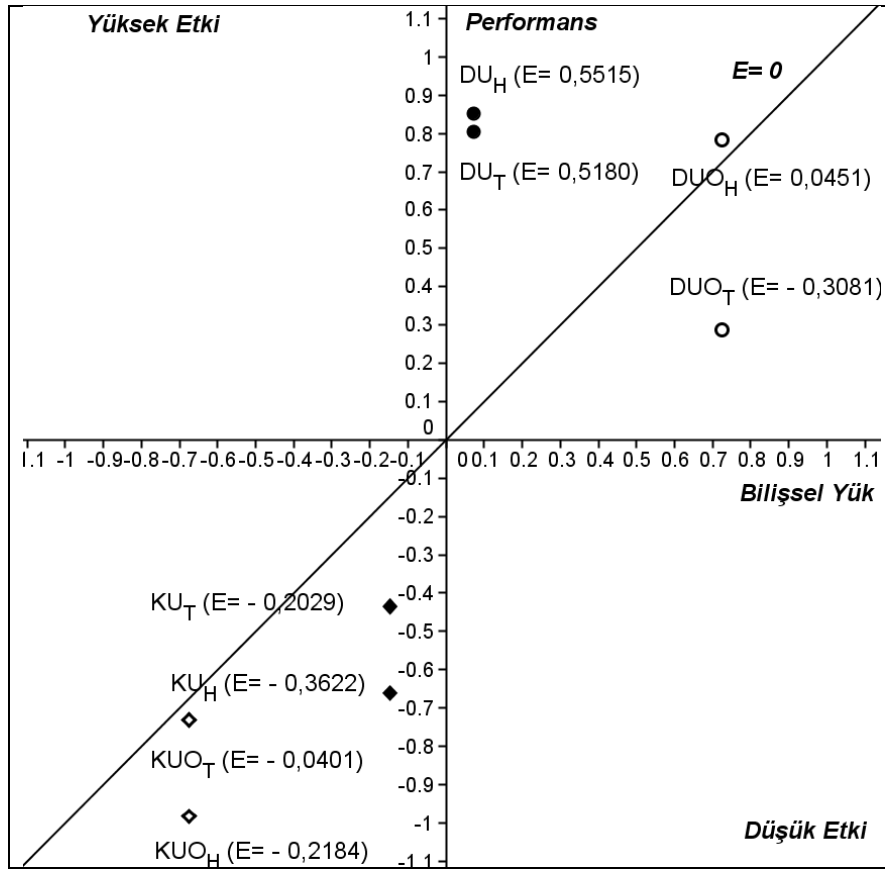
Tablo 7. 3. Oturuma Göre Uzman ve Uzman Olmayan Öğrencilerin Performans Z Puanları, Bilişsel Yük Z Puanları ve Etkili Öğrenme Puanları

	Grup	N	Performans Z Puanı	Bilişsel Yük Z Puanı	Etkili Öğrenme Puanı (E)
Hatırlama Testi-3	DU	10	0,8511	0,0713	0,5515
	DUO	8	0,7869	0,7232	0,0451
	KU	12	-0,6607	-0,1484	-0,3622
	KUO	7	-0,9826	-0,6738	-0,2184
Transfer Testi-3	DU	10	0,8038	0,0713	0,5180
	DUO	8	0,2875	0,7232	-0,3081
	KU	12	-0,4354	-0,1484	-0,2029
	KUO	7	-0,7304	-0,6738	-0,0401

DU:Deney Uzman, **DUO:**Deney Uzman Olmayan, **KU:**Kontrol Uzman, **KUO:**Kontrol Uzman Olmayan

Tablo 7'de görüldüğü gibi deney grubundaki uzman öğrencilerin hatırlama z puanı ($\bar{X} = 0,8511$) uzman olmayan öğrencilerden ($\bar{X} = 0,7869$) ve kontrol grubundaki uzman öğrencilerin hatırlama Z puanı ($\bar{X} = -0,6607$) da kendi grubundaki uzman olmayan öğrencilerin ortalama puanından ($\bar{X} = -0,9826$) yüksektir. Benzer durum ortalama Transfer Testi z puanlarında da görülmektedir. Bilişsel yük z puanlarına göre ise en yüksek yüklenmenin deney grubundaki uzman olmayan öğrencilerde ($\bar{X} = 0,7232$) görülürken en düşük yüklenme kontrol grubundaki uzman olmayan öğrencilerde ($\bar{X} = -0,6738$) görülmektedir. Deney grubundaki uzman öğrenciler uzman olmayan öğrencilere göre daha düşük bilişsel yük ve daha yüksek performans Z puanına sahip olmalarından dolayı her iki düzeyde de daha yüksek etkili öğrenme puanına sahiptirler. Deney grubundaki uzman öğrencilerin ortalama hatırlama etkili öğrenme puanı 0,5515 iken uzman olmayan öğrencilerin puanı 0,0451; transfer etkili öğrenme puanı 0,5180 iken deney grubundaki uzman olmayan öğrencilerin puanı -0,3081'dir. Kontrol grubundaki uzman öğrenciler ise hem hatırlama hemde transfer z puanları kontrol grubundaki uzman olmayan öğrencilerden daha yüksek olmasına rağmen daha yüksek bilişsel yük Z puanına sahip oldukları için uzman olmayan öğrencilere göre daha düşük etkili öğrenme puanına sahiptirler. Kontrol grubundaki uzman öğrencilerin hatırlama etkili öğrenme puanı -0,3622 iken uzman olmayan öğrencilerin ortalama hatırlama etkili öğrenme puanı -0,2184; transfer etkili öğrenme puanı -0,2029 iken kontrol grubundaki uzman olmayan öğrencilerin puanı -0,0401'dir.

Ek 1'in devamı



Şekil 2. 3. Oturuma Göre Deney ve Kontrol Grubundaki Uzman ve Uzman Olmayan Öğrencilerin Hatırlama ve Transfer Düzeyindeki Etkili Öğrenme Grafiği

DU_H (●):Deney Uzman Hatırlama, DU_T (●):Deney Uzman Transfer

DUO_H (○):Deney Uzman Olmayan Hatırlama, DUO_T (○):Deney Uzman Olmayan Transfer

KU_H (◆): Kontrol Uzman Hatırlama, KU_T (◆): Kontrol Uzman Transfer,

KUO_H (◇):Kontrol Uzman Olmayan Hatırlama, KUO_T (◇):Kontrol Uzman Olmayan Transfer

Etkili öğrenme diyagramı incelendiğinde kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin hem hatırlama hemde transfer düzeyindeki etkili öğrenmelerinin diyagramın üçüncü yani düşük performans düşük bilişsel yük bölgesine tekabül ettiği görülmektedir. Bununla birlikte deney grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin her iki düzeydeki etkili öğrenme puanlarının da birinci yani yüksek performans yüksek bilişsel yük bölgesine tekabül etmektedir.

2. Termodinamik Ünitesi 4. Oturumundan Elde Edilen Bulgular

Araştırmanın bu bölümünde termodinamik ünitesi ile ilgili yapılan uygulamanın dördüncü oturumundan elde edilen bulgular sunulmuştur. Bu oturumda deney ve kontrol grubundaki öğrenciler entropi konusunu öğrenmişlerdir.

Ek 1'in devamı

2.1. Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Termodinamik Ünitesi 4. Oturumundaki Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği'ten Elde Edilen Bulgular

Termodinamik ünitesindeki istemlilik ve entropi konularının öğretiminden sonra deney ve kontrol grubundaki öğrencilere uygulanan Hatırlama Testi-4, Transfer Testi-4 ve Bilişsel Yük Ölçeği-4'ten elde edilen puanlar karşılaştırılmıştır.

Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin hatırlama, transfer ve Bilişsel Yük Ölçeği puanlarının aritmetik ortalamaları ve standart sapmaları Tablo 8'de sunulmuştur.

Tablo 8. 4. Oturumda Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği Betimsel İstatistikleri

	Grup	N	Ortalama	S
Hatırlama Testi-4	Deney	18	84,17	22,18
	Kontrol	19	29,21	22,73
Transfer Testi-4	Deney	18	56,11	13,68
	Kontrol	19	34,84	19,56
Bilişsel Yük Ölçeği-4	Deney	18	2,81	1,51
	Kontrol	19	3,05	1,60

Tablo 8'den de görüldüğü gibi deney grubundaki öğrencilerin hem Hatırlama Testi aritmetik puan ortalamaları ($\bar{X} = 84,17$) kontrol grubundaki öğrencilerin aritmetik ortalama puanlarından ($\bar{X} = 29,51$) hemde Transfer Testi aritmetik ortalama puanları ($\bar{X} = 56,11$) kontrol grubundaki öğrencilerin Transfer Testi aritmetik ortalama puanlarından ($\bar{X} = 34,84$) daha yüksektir. Bilişsel Yük Ölçeğine göre ise kontrol grubundaki öğrencilerin ortalama bilişsel yük puanları ($\bar{X} = 3,05$) deney grubundaki öğrencilerin ortalama bilişsel yük puanına ($\bar{X} = 2,19$) göre daha yüksektir. Hatırlama Testi, Transfer Testi ve bilişsel yük testlerindeki tabloda görülen farklılıkların istatistiki olarak 0,05 düzeyinde anlamlı olup olmadığı çok faktörlü varyans analiziyle (MANOVA) test edilmiştir.

Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin hatırlama, transfer ve Bilişsel Yük Ölçeği puanlarını analiz etmeden önce bu bağımlı değişkenlerin varyans ve kovaryans matrisleri arasında anlamlı bir fark bulunup bulunmadığı test edilmiştir. Araştırmada varyansların eşitliğini sınamak için yapılan Levene testine göre hatırlama [$F(1-35) = 0,054$, $p = 0,818$, $p > 0,05$], transfer [$F(1-35) = 1,055$, $p = 0,311$, $p > 0,05$] ve bilişsel yük [$F(1-35) = 0,111$, $p = 0,741$, $p > 0,05$] testinin varyanslarının eşit olduğu belirlenmiştir. Kovaryans matrislerinin eşitliğini sınamak amacıyla yapılan Box's M testine göre [$F(6-8798,394) = 0,648$, $p = 0,692$, $p > 0,05$], deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin hatırlama, transfer ve Bilişsel Yük Ölçeği puanlarının kovaryans matrislerinin eşit olduğunu görülmüştür. Bağımlı değişkenlerin varyans ve kovaryansları eşit olduğun için çok faktörlü varyans analizi (MANOVA) yapılmasına karar verilmiştir.

Araştırmada kovaryans eşitliği sağlandığı için grup değişkeninin Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeğine etkisini yorumlamada Wilks' Lambda testi kullanılmıştır. Bu test sonucuna göre bellek kontrol değişkeninin bağımlı değişkenlerle orta düzeyde anlamlı bir ilişkisinin olduğu [$(\lambda) = 0,925$, $F(3-32) = 0,867$, $\eta_p^2 = 0,075$, $p = 0,468$, $p > 0,05$] ve grup bağımsız değişkenin bağımlı değişkenler üzerine anlamlı bir

Ek 1'in devamı

etkiye sahip olduğu belirlenmiştir [$(\lambda) = 0,314$, $F(3-32) = 23,331$, $\eta_p2 = 0,686$, $p = 0,000$, $p < 0,05$]. Grup değişkenine göre kısmi eta kare (η_p2) değeri 0,14'den büyük olduğu için hatırlama, transfer ve bilişsel yük testleri üzerinde bağımsız değişken büyük bir etkiye sahiptir. Bu değerlere göre grup değişkeni; hatırlama, transfer ve bilişsel yük testlerinde ortaya çıkan farkın %68,6'sını açıklamaktadır.

Tablo 9. 4. Oturumda, Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği Ortalama Puanlarına Göre MANOVA Sonuçları

Varyansın Kaynağı	Bağımlı Değişkenler	Kareler Toplamı	Sd	Ortalamalar Karesi	F	p	η_p2
Bellek	Hatırlama Testi-4	132,298	1	132,298	,257	,616	,007
	Transfer Testi-4	100,058	1	100,058	,341	,563	,010
	Bilişsel Yük Ölçeği-4	3,968	1	3,968	1,675	,204	,047
Grup	Hatırlama Testi-4	28033,778	1	28033,778	54,393	,000	,615
	Transfer Testi-4	4029,247	1	4029,247	13,749	,001	,288
	Bilişsel Yük Ölçeği-4	,320	1	,320	,135	,716	,004
Hata	Hatırlama Testi-4	17523,360	34	515,393			
	Transfer Testi-4	9964,247	34	293,066			
	Bilişsel Yük Ölçeği-4	80,549	34	2,369			
Toplam	Hatırlama Testi-4	45571,892	36				
	Transfer Testi-4	14245,676	36				
	Bilişsel Yük Ölçeği-4	85,081	36				

Tablo 9'da görüldüğü gibi bellek kontrol değişkeni, Hatırlama Testi [$F(1-34) = 0,257$, $\eta_p2 = 0,007$, $p = 0,616$, $p > 0,05$] ve Transfer Testi [$F(1-34) = 0,341$, $\eta_p2 = 0,010$, $p = 0,563$, $p > 0,05$] ortalama puanlarıyla orta düzeyde anlamlı bir ilişkiye sahipken; Bilişsel Yük Ölçeği [$F(1-34) = 1,675$, $\eta_p2 = 0,047$, $p = 0,204$, $p > 0,05$] ortalama puanlarıyla zayıf ve anlamlı ilişkiye sahiptir. Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin Hatırlama Testi [$F(1-34) = 54,393$, $\eta_p2 = 0,615$, $p = 0,000$, $p < 0,05$] ve Transfer Testi [$F(1-34) = 13,749$, $\eta_p2 = 0,288$, $p = 0,001$, $p < 0,05$] puanları arasında deney grubu lehine anlamlı bir farklılık varken; Bilişsel Yük Ölçeği [$F(1-34) = 0,135$, $\eta_p2 = 0,004$, $p = 0,716$, $p > 0,05$] puanları arasında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır.

2.2. Deney ve Kontrol Grubundaki Uzman ve Uzman Olmayan Öğrencilerin Termodinamik Ünitesi 4. Oturumundaki Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği'den Elde Edilen Bulgular

Entropi konusunun öğretiminden sonra deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin Hatırlama Testi-4, Transfer Testi-4 ve Bilişsel Yük Ölçeği-4'ten elde edilen puanlar karşılaştırılmıştır.

Deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin hatırlama, transfer ve Bilişsel Yük Ölçeği puanlarının aritmetik ortalamaları ve standart sapmaları Tablo 10'da sunulmuştur.

Ek 1'in devamı

Tablo 10. 4. Oturumda Uzmanlık Faktörüne Göre Öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği Betimsel İstatistikleri

	Uzmanlık	N	Ortalama	S
Hatırlama Testi-4	Deney Uzman	10	79,50	25,22
	Deney Uzman Olmayan	8	90,00	17,53
	Kontrol Uzman	12	25,25	18,96
	Kontrol Uzman Olmayan	7	36,00	28,37
Transfer Testi-4	Deney Uzman	10	56,00	10,22
	Deney Uzman Olmayan	8	56,25	17,88
	Kontrol Uzman	12	40,92	20,14
	Kontrol Uzman Olmayan	7	24,43	14,29
Bilişsel Yük Ölçeği-4	Deney Uzman	10	3,00	1,96
	Deney Uzman Olmayan	8	2,57	,68
	Kontrol Uzman	12	3,63	1,67
	Kontrol Uzman Olmayan	7	2,07	,89

İstemlilik ve entropi konularında hazırlanan Hatırlama Testine göre en yüksek puanı deney grubundaki uzman olmayan öğrencilerin ($\bar{X} = 90,00$) aldığı Tablo 10'dan görülmektedir. Hatırlama Testine göre hem deney grubundaki uzman olmayan öğrenciler uzman öğrencilerden hemde kontrol grubundaki uzman olmayan öğrenciler uzman öğrencilerden daha yüksek puan almıştır. Transfer Testinden deney grubundaki uzman ($\bar{X} = 56,00$) ve uzman olmayan öğrencilerin ortalama puanlarının ($\bar{X} = 56,25$) birbirine çok yakın olduğu kontrol grubundaki uzman ($\bar{X} = 40,92$) ve uzman olmayan öğrenciler ($\bar{X} = 24,43$) arasında ise yaklaşık 14 puan fark olduğu tablodan görülmektedir. Bilişsel Yük Ölçeğine göre en yüksek puanı kontrol grubundaki uzman öğrenciler ($\bar{X} = 3,63$) alırken en düşük puanı ise yine kontrol grubundaki uzman olmayan öğrenciler ($\bar{X} = 2,07$) almıştır. Hatırlama Testi, Transfer Testi ve bilişsel yük testlerindeki tabloda görülen farklılıkların istatistiki olarak 0,05 düzeyinde anlamlı olup olmadığı çok faktörlü varyans analiziyle (MANOVA) test edilmiştir.

Deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin hatırlama, transfer ve Bilişsel Yük Ölçeği puanlarını analiz etmeden önce bu bağımlı değişkenlerin varyans ve kovaryans matrisleri arasında anlamlı bir fark bulunup bulunmadığı test edilmiştir. Araştırmada varyansların eşitliğini sınamak amacıyla Levene testi kullanılmıştır. Levene testine göre Hatırlama Testi [$F(3-33) = 1,164, p = 0,338, p > 0,05$], Transfer Testi [$F(3-33) = 1,425, p = 0,253, p > 0,05$] ve Bilişsel Yük Ölçeğinin [$F(3-33) = 2,761, p = 0,058, p > 0,05$] varyanslarının eşit olduğu belirlenmiştir. Kovaryans matrislerinin eşitliğini sınamak amacıyla yapılan Box's M testine göre [$F(18-2663,153) = 1,388, p = 0,127, p > 0,05$], deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin hatırlama, transfer ve Bilişsel Yük Ölçeği puanlarının kovaryans matrislerinin eşit olduğunu görülmüştür. Bağımlı değişkenlerin varyans ve kovaryansları eşit olduğun için çok faktörlü varyans analizi (MANOVA) yapılmasına karar verilmiştir.

Araştırmada kovaryans eşitliği sağlandığı için uzmanlık değişkeninin Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeğine etkisini yorumlamada Wilks' Lambda testi kullanılmıştır. Wilks' Lambda testine göre bellek kontrol değişkeninin bağımlı değişkenlerle orta düzeyde anlamlı bir ilişkisinin olduğu [$(\lambda) = 0,886, F(3-30) = 1,281, \eta_p^2 =$

Ek 1'in devamı

0,114, $p=0,299$, $p>0,05$] ve uzmanlık bağımsız değişkenin bağımlı değişkenler üzerine anlamlı bir etkiye sahip olduğu bulunmuştur [$(\lambda)= 0,220$, $F(9-73,163)= 7,022$, $\eta_p2 = 0,397$, $p=0,000$, $p<0,05$]. Uzmanlık değişkenine göre kısmi eta kare (η_p2) değeri 0,14'den büyük olduğu için hatırlama, transfer ve bilişsel yük testleri üzerinde uzmanlık değişkeninin büyük bir etkisi vardır. Bu değerlere göre grup değişkeni; hatırlama, transfer ve bilişsel yük testlerinden ortaya çıkan farkın %39,7'sini açıklamaktadır.

Tablo 11. Deney ve Kontrol Grubundaki Uzman ve Uzman Olmayan Öğrencilerin 4. Oturumdaki Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği Ortalama Puanlarına Göre MANOVA Sonuçları

Varyansın Kaynağı	Bağımlı Değişkenler	Kareler Toplamı	Sd	Ortalama ar Karesi	F	p	η_p2
Bellek	Hatırlama Testi-4	284,141	1	284,141	,555	,462	,017
	Transfer Testi-4	756,444	1	756,444	2,986	,094	,085
	Bilişsel Yük Ölçeği-4	1,099	1	1,099	,489	,489	,015
Uzmanlık	Hatırlama Testi-4	29186,529	3	9728,843	19,017	,000	,641
	Transfer Testi-4	5887,806	3	1962,602	7,748	,001	,421
	Bilişsel Yük Ölçeği-4	8,973	3	2,991	1,331	,281	,111
Hata	Hatırlama Testi-4	16370,609	32	511,582			
	Transfer Testi-4	8105,687	32	253,303			
	Bilişsel Yük Ölçeği-4	71,896	32	2,247			
Toplam	Hatırlama Testi-4	45571,892	36				
	Transfer Testi-4	14245,676	36				
	Bilişsel Yük Ölçeği-4	85,081	36				

Bellek kontrol değişkeninin, Hatırlama Testi [$F(1-32)= 0,555$, $\eta_p2 = 0,017$, $p= 0,462$, $p>0,05$] ve Bilişsel Yük Ölçeği [$F(1-32)= 0,489$, $\eta_p2 = 0,015$, $p= 0,489$, $p>0,05$] puanlarıyla orta düzeyde anlamlı bir ilişkiye sahip olduğu; Transfer Testi [$F(1-32)= 2,986$, $\eta_p2 = 0,085$, $p= 0,094$, $p>0,05$] ortalama puanlarıyla ise zayıf fakat anlamlı ilişkiye sahip olduğu Tablo 11'de görülmektedir. Deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin Hatırlama Testi [$F(3-32)= 19,017$, $\eta_p2 = 0,641$, $p= 0,000$, $p<0,05$] ve Transfer Testi [$F(3-32)= 7,748$, $\eta_p2 = 0,421$, $p= 0,001$, $p<0,05$] puanları arasında anlamlı bir farklılık varken Bilişsel Yük Ölçeği ortalama puanları [$F(3-32)= 1,331$, $\eta_p2 = 0,111$, $p= 0,281$, $p>0,05$] arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır.

Deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeğinden aldıkları puanlarına göre çoklu karşılaştırmaları Tablo 12'de görülmektedir.

Ek 1'in devamı

Tablo 12. 4. Oturumda, Deney ve Kontrol Grubundaki Uzman ve Uzman Olmayan Öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği Ortalama Puanlarına Göre Bonferroni Testi Sonuçları

Bağımlı Değişken	Uzmanlık (I)	Uzmanlık (J)	Ortalama Farkı	Standart Hata	p
Hatırlama Testi-4	DU	DUO	-8,096	11,203	1,000
		KU	57,257(*)	10,491	,000
		KUO	42,823(*)	11,183	,003
	DUO	DU	8,096	11,203	1,000
		KU	65,354(*)	10,355	,000
		KUO	50,919(*)	12,414	,002
	KU	DU	-57,257(*)	10,491	,000
		DUO	-65,354(*)	10,355	,000
		KUO	-14,434	11,839	1,000
	KUO	DU	-42,823(*)	11,183	,003
		DUO	-50,919(*)	12,414	,002
		KU	14,434	11,839	1,000
Transfer Testi-4	DU	DUO	-4,172	7,883	1,000
		KU	10,177	7,382	1,000
		KUO	32,677(*)	7,869	,001
	DUO	DU	4,172	7,883	1,000
		KU	14,348	7,287	,346
		KUO	36,848(*)	8,736	,001
	KU	DU	-10,177	7,382	1,000
		DUO	-14,348	7,287	,346
		KUO	22,500	8,330	,066
	KUO	DU	-32,677(*)	7,869	,001
		DUO	-36,848(*)	8,736	,001
		KU	-22,500	8,330	,066
Bilişsel Yük Ölçeği-4	DU	DUO	,587	,742	1,000
		KU	-,438	,695	1,000
		KUO	,886	,741	1,000
	DUO	DU	-,587	,742	1,000
		KU	-1,025	,686	,871
		KUO	,299	,823	1,000
	KU	DU	,438	,695	1,000
		DUO	1,025	,686	,871
		KUO	1,324	,785	,607
	KUO	DU	-,886	,741	1,000
		DUO	-,299	,823	1,000
		KU	-1,324	,785	,607

DU:Deney Uzman, **DUO:**Deney Uzman Olmayan, **KU:**Kontrol Uzman, **KUO:**Kontrol Uzman Olmayan

* 0,05 düzeyinde anlamlı

Ek 1'in devamı

Uzmanlık faktörüne göre hangi gruplar arasında farklılık olduğunu ortaya koymak için yapılan Bonferroni testine göre Hatırlama Testinde deney grubundaki uzman öğrencilerle kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrenciler arasında deney grubundaki uzman öğrenciler lehine anlamlı bir farklılık vardır. Benzer şekilde Hatırlama Testine göre deney grubundaki uzman olmayan öğrencilerle kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrenciler arasında deney grubundaki uzman olmayan öğrenciler lehine anlamlı bir farklılık vardır. Transfer Testine göre ise kontrol grubundaki uzman olmayan öğrencilerle deney grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrenciler arasında anlamlı bir farklılık olduğu tablodan görülmektedir. Bununla birlikte hatırlama ve Transfer Testine göre hem deney grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrenciler hemde kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrenciler arasında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır. Yukarıda da görüldüğü gibi bilişsel yüklenme bakımından gruplar arasında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır.

3.5.3. Grup Değişkenine Göre Öğrencilerin Termodinamik Ünitesi 4. Oturumdaki Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği Puanlarına Dayanarak Hesaplanan Etkili Öğrenme Düzeyine İlişkin Bulgular

Bu bölümde öğrencilerin termodinamik ünitesindeki istemlilik ve entropi konularının bilişsel yük ilkelerine göre hazırlanmış öğretim yazılımından veya geleneksel yolla öğrenmelerinin öğrencilerin etkili öğrenmelerine katkısı ile ilgili bulgulara yer verilmiştir.

Tablo 13'de deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin hatırlama ve transfer düzeyindeki performans z puanları, bilişsel yük z puanları ve her iki düzeyde de hesaplanan etkili öğrenme puanları görülmektedir.

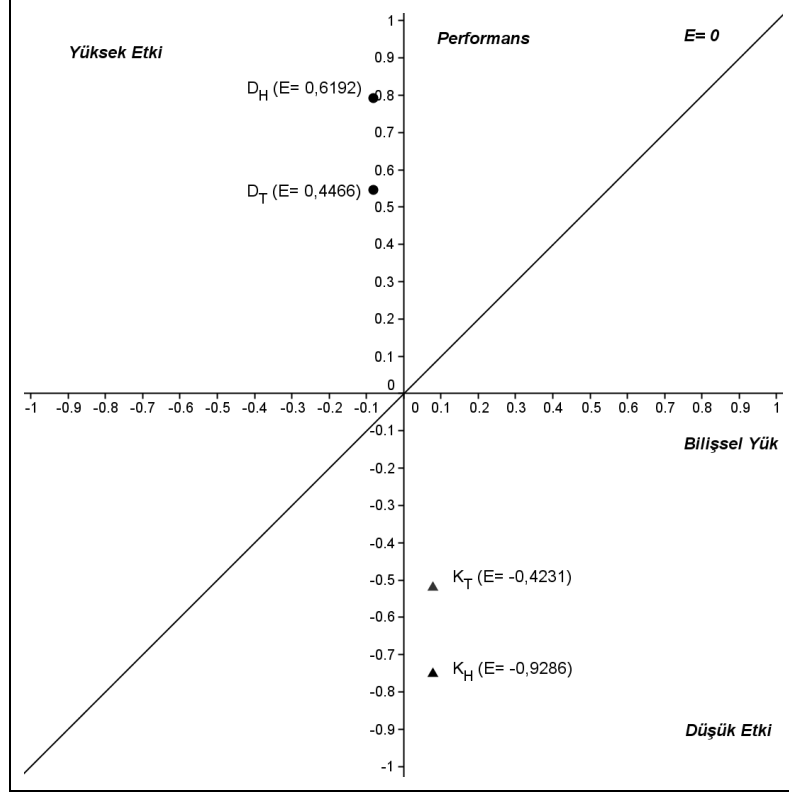
Tablo 13. 4. Oturuma Göre Öğrencilerin Performans Z Puanları, Bilişsel Yük Z Puanları ve Etkili Öğrenme Puanları

	Grup	N	Performans Z Puanı	Bilişsel Yük Z Puanı	Etkili Öğrenme Puanı (E)
Hatırlama Testi-4	Deney	18	0,7932	-0,0825	0,6192
	Kontrol	19	-0,7514	0,0782	-0,9286
Transfer Testi-4	Deney	18	0,5490	-0,0825	0,4466
	Kontrol	19	-0,5201	0,0782	-0,4231

Tablo 13'e göre deney grubundaki öğrencilerin Hatırlama Testi Z puanı ortalamalarının ($\bar{X} = 0,7932$) kontrol grubundaki öğrencilerin z puanı ortalamalarından ($\bar{X} = -0,7514$) daha yüksektir. Yine aynı tablodan deney grubundaki öğrencilerin ortalama Transfer Testi z puanlarının kontrol grubundaki öğrencilerden yüksek olduğu görülmektedir. Öğrencilerin hatırlama ve transfer performans z puanlarının aksine bilişsel yük Z puanına göre deney grubundaki öğrencilerin puanlarının ($\bar{X} = -0,0825$) kontrol grubundaki öğrencilerin puanlarından ($\bar{X} = 0,0782$) daha düşüktür. Bu puanlara dayanarak hesaplanan hatırlama etkili öğrenme puanına göre deney grubunun puanının (E= 0,6192) kontrol grubu puanlarından (E= -0,9286) yüksek olduğu belirlenmiştir. Aynı şekilde deney

Ek 1'in devamı

grubunun transfer etkili öğrenme puanına göre kontrol grubun puanının oldukça farklı olduğu da görülmektedir. Yani deney grubunun hem hatırlama hemde transfer etkili öğrenme puanları kontrol grubuna göre daha yüksektir.



Şekil 3. 4. Oturuma Göre Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Hatırlama ve Transfer Düzeyindeki Etkili Öğrenme Grafiği

D_H(●):Deney Hatırlama, D_T(●):Deney Transfer

K_H(▲):Kontrol Hatırlama, K_T(▲):Kontrol Transfer

Etkili öğrenme diyagramından da görüldüğü gibi ikinci oturum için deney grubunun hem hatırlama hemde transfer düzeyindeki öğrenmelerinin diyagramın ikinci bölgesine yani yüksek performans düşük bilişsel yüklenme bölgesine tekabül etmektedir. Kontrol grubunun hatırlama ve transfer düzeyindeki öğrenmelerinin ise düşük performans yüksek bilişsel yük bölgesi olan dördüncü bölgede bulunduğu diyagramdan görülmektedir.

2.4. Uzmanlık Değişkenine Göre Öğrencilerin Termodinamik Ünitesi 4. Oturumdaki Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği Puanlarına Dayanarak Hesaplanan Etkili Öğrenme Düzeyine İlişkin Bulgular

Tablo 14'de deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin, hatırlama ve transfer düzeyindeki performans Z puanı aritmetik ortalamaları; bilişsel yük Z puanı aritmetik ortalamaları ve her iki düzeyde de hesaplanan etkili öğrenme puanları görülmektedir.

Ek 1'in devamı

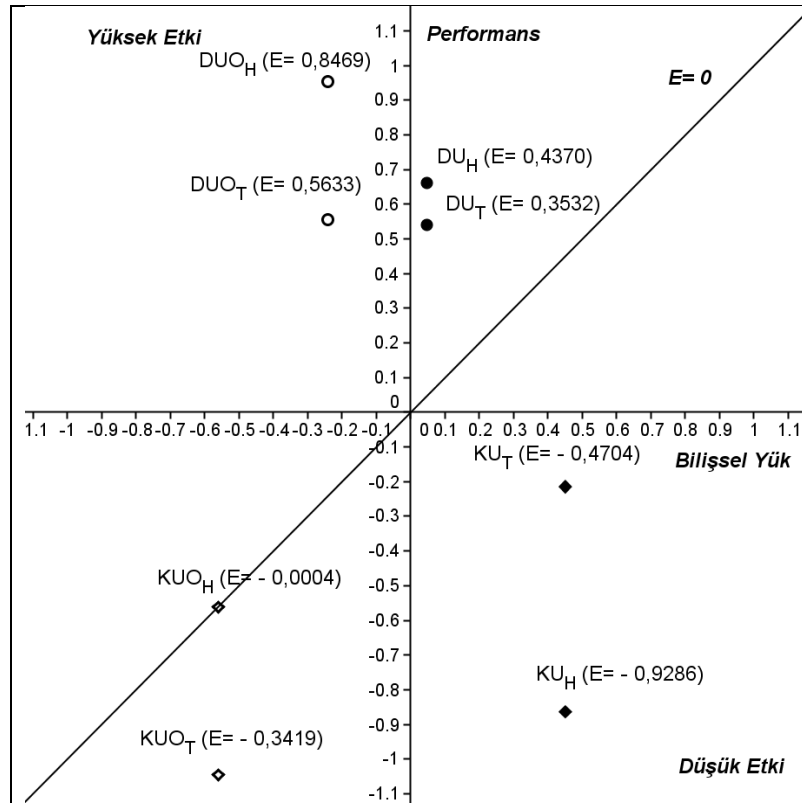
Tablo 14. 4. Oturuma Göre Uzman ve Uzman Olmayan Öğrencilerin Performans Z Puanları, Bilişsel Yük Z puanları ve Etkili Öğrenme Puanları

	Grup	N	Performans Z Puanı	Bilişsel Yük Z Puanı	Etkili Öğrenme Puanı (E)
Hatırlama Testi-4	DU	10	0,6620	0,0440	0,4370
	DUO	8	0,9571	-0,2406	0,8469
	KU	12	-0,8627	0,4505	-0,9286
	KUO	7	-0,5606	-0,5601	-0,0004
Transfer Testi-4	DU	10	0,5435	0,0440	0,3532
	DUO	8	0,5560	-0,2406	0,5633
	KU	12	-0,2148	0,4505	-0,4704
	KUO	7	-1,0436	-0,5601	-0,3419

DU:Deney Uzman, **DUO:**Deney Uzman Olmayan, **KU:**Kontrol Uzman, **KUO:**Kontrol Uzman Olmayan

Tablo 14'de görüldüğü gibi deney grubundaki uzman olmayan öğrenciler en yüksek hatırlama Z puanına ($\bar{X} = 0,9571$) sahipken kontrol grubundaki uzman öğrenciler en düşük Z puanına ($\bar{X} = -0,8627$) sahiptir. Transfer Testi z puanlarına göre deney grubundaki uzman ($\bar{X} = 0,5435$) ve uzman olmayan ($\bar{X} = 0,5560$) öğrencilerin z puanları birbirine oldukça yakınken kontrol grubundaki uzman ($\bar{X} = -0,2148$) ve uzman olmayan ($\bar{X} = -1,0436$) öğrencilerin z puanlarının birbirinden çok farklı olduğu görülmektedir. Bilişsel yük z puanlarına göre ise hem deney hemde kontrol grubundaki uzman olmayan öğrencilerin z puanlarının uzman öğrencilerden daha düşüktür. Deney grubundaki uzman olmayan öğrencilerin yüksek performans Z puanına fakat düşük bilişsel yük Z puanına sahip olduğundan dolayı diğer üç gruba göre daha yüksek hatırlama etkili öğrenme puanına (E= 0,8469) sahiptir. Kontrol grubundaki uzman öğrenciler ise düşük hatırlama performansı kısmen yüksek yüklenme nedeniyle diğer üç gruba göre en düşük hatırlama etkili öğrenme puanına (E= -0,9286) sahiptirler. Benzer durum transfer etkili öğrenme puanları için de söylenebilir. Tablodan görüldüğü gibi deney grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin hem hatırlama hemde transfer düzeyindeki etkili öğrenme puanları pozitifken kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin hem hatırlama hemde transfer düzeyindeki etkili öğrenme puanları negatiftir. Deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin hatırlama ve transfer düzeyindeki etkili öğrenme puanları ilişkin etkili öğrenme grafiği aşağıda görülmektedir.

Ek 1'in devamı



Şekil 4.4. Oturuma Göre Deney ve Kontrol Grubundaki Uzman ve Uzman Olmayan Öğrencilerin Hatırlama ve Transfer Düzeyindeki Etkili Öğrenme Grafiği

DU_H (●):Deney Uzman Hatırlama, DU_T (●):Deney Uzman Transfer
 DUO_H (○):Deney Uzman Olmayan Hatırlama, DUO_T (○):Deney Uzman Olmayan Transfer
 KU_H (◆): Kontrol Uzman Hatırlama, KU_T (◆): Kontrol Uzman Transfer,
 KUO_H (◇):Kontrol Uzman Olmayan Hatırlama, KUO_T (◇):Kontrol Uzman Olmayan Transfer

Tabloya göre hem hatırlama hemde transfer düzeyinde deney grubundaki uzman öğrencilerin etkili öğrenme puanları, yüksek performans yüksek bilişsel yüklenme nedeniyle koordinatın birinci bölgesine tekabül ederken; deney grubundaki uzman olmayan öğrencilerin öğrenmeleri yüksek performans düşük bilişsel yük nedeniyle ikinci bölgeye tekabül etmektedir. Etkili öğrenme diyagrama göre kontrol grubundaki uzman öğrencilerin hem hatırlama hemde transfer düzeyindeki etkili öğrenmelerinin diyagramın üçüncü bölgesine yani düşük performans yüksek düşük bilişsel yüklenmeye bölgesine tekabül etmektedir. Kontrol grubundaki uzman olmayan öğrenciler ise iki düzeyde öğrenmeleri de düşük performans düşük bilişsel yüklenme bölgesine yani dördüncü bölgededir.

Ek 1'in devamı

3. Termodinamik Ünitesi 5. Oturumundan Elde Edilen Bulgular

Araştırmanın bu bölümünde örneklemdaki öğrencilerin standart reaksiyon entropisi ve termodinamiğin üçüncü yasasının öğrenildiği uygulamanın 5. oturumundan elde edilen bulgular sunulmuştur.

3.1. Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Termodinamik Ünitesi 5. Oturumundaki Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeğinden Elde Edilen Bulgular

Standart reaksiyon entropisi ve termodinamiğin üçüncü yasasının konularının öğretiminden sonra deney ve kontrol grubundaki öğrencilere uygulanan Hatırlama Testi-5, Transfer Testi-5 ve Bilişsel Yük Ölçeği-5'den elde edilen puanlar karşılaştırılmıştır. Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin hatırlama, transfer ve Bilişsel Yük Ölçeği puanlarının aritmetik ortalamaları ve standart sapmaları Tablo 15'de sunulmuştur.

Tablo 15. 5. Oturumda, Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği Betimsel İstatistikleri

	Grup	N	Ortalama	S
Hatırlama Testi-5	Deney	18	63,39	23,06
	Kontrol	19	26,58	15,64
Transfer Testi-5	Deney	18	69,72	20,25
	Kontrol	19	20,74	16,33
Bilişsel Yük Ölçeği-5	Deney	18	3,17	1,61
	Kontrol	19	3,07	1,26

Tablo 15'den de görüldüğü gibi deney grubundaki öğrencilerin Hatırlama Testi aritmetik puan ortalamaları ($\bar{X} = 63,39$) kontrol grubundaki öğrencilerin aritmetik ortalama puanlarından ($\bar{X} = 26,58$) daha yüksektir. Bunun yanında deney grubundaki öğrencilerin Transfer Testi aritmetik ortalama puanlarının ($\bar{X} = 69,72$) kontrol grubundaki öğrencilerin Transfer Testi aritmetik ortalama puanlarından ($\bar{X} = 20,74$) daha yüksek olduğu görülmektedir. Bilişsel Yük Ölçeğine göre ise kontrol grubundaki öğrencilerin ortalama bilişsel yük puanları ($\bar{X} = 3,07$) ile deney grubundaki öğrencilerin ortalama bilişsel yük puanı ($\bar{X} = 3,17$) birbirine oldukça yakındır. Hatırlama Testi, Transfer Testi ve bilişsel yük testlerindeki tabloda görülen farklılıkların istatistiki olarak 0,05 düzeyinde anlamlı olup olmadığı çok faktörlü varyans analiziyle (MANOVA) test edilmiştir.

Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin hatırlama, transfer ve Bilişsel Yük Ölçeği puanlarını analiz etmeden önce bu bağımlı değişkenlerin varyans ve kovaryans matrisleri arasında anlamlı bir fark bulunup bulunmadığı test edilmiştir. Araştırmada varyansların eşitliğini sınamak için yapılan Levene testine göre hatırlama [$F(1-35) = 4,448$, $p = 0,042$, $p < 0,05$] testinin varyansları eşit değilken; transfer [$F(1-35) = 0,912$, $p = 0,346$, $p > 0,05$] ve bilişsel yük [$F(1-35) = 1,052$, $p = 0,312$, $p > 0,05$] testinin varyanslarının eşit olduğu belirlenmiştir. Kovaryans matrislerinin eşitliğini sınamak amacıyla yapılan Box's M testine göre [$F(6-8798,394) = 1,160$, $p = 0,325$, $p > 0,05$], deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin

Ek 1'in devamı

hatırlama, transfer ve Bilişsel Yük Ölçeği puanlarının kovaryans matrislerinin eşit olduğunu görülmüştür. Bağımlı değişkenlerin varyans ve kovaryansları eşit olduğun için çok faktörlü varyans analizi (MANOVA) yapılmasına karar verilmiştir.

Araştırmada kovaryans eşitliği sağlandığı için grup değişkeninin Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeğine etkisini yorumlamada Wilks' Lambda testi kullanılmıştır. Bu test sonucuna göre bellek kontrol değişkeninin bağımlı değişkenlerle orta düzeyde anlamlı bir ilişkisinin olduğu $[(\lambda)=0,968, F(3-32)= 0,356, \eta_p^2 = 0,075, p=0,785, p>0,05]$ ve grup bağımsız değişkenin bağımlı değişkenler üzerine anlamlı bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir $[(\lambda)= 0,328, F(3-32)= 21,882, \eta_p^2 = 0,672, p= 0,000, p<0,05]$. Grup değişkenine göre kısmi eta kare (η_p^2) değeri 0,14'den büyük olduğu için hatırlama, transfer ve bilişsel yük testleri üzerinde bağımsız değişken büyük bir etkiye sahiptir. Bu değerlere göre beşinci oturumdaki konuların, Bilişsel Yük Kuramı ilkelerine göre hazırlanan yazılımdan veya geleneksel yolla öğrenilmesinin; hatırlama, transfer ve bilişsel yük testlerinde ortaya çıkan farkın %67,2'sini açıklamaktadır.

Tablo 16. Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Hatırlama Testi-5, Transfer Testi-5 ve Bilişsel Yük Ölçeği-5 Ortalama Puanlarına Göre MANOVA Sonuçları

Varyansın Kaynağı	Bağımlı Değişkenler	Kareler Toplamı	Sd	Ortalamalar Karesi	F	p	η_p^2
Bellek	Hatırlama Testi-5	,022	1	,022	,000	,994	,000
	Transfer Testi-5	,440	1	,440	,001	,972	,000
	Bilişsel Yük Ölçeği-5	2,250	1	2,250	1,087	,304	,031
Grup	Hatırlama Testi-5	12422,378	1	12422,378	31,428	,000	,480
	Transfer Testi-5	21975,926	1	21975,926	63,477	,000	,651
	Bilişsel Yük Ölçeği-5	,024	1	,024	,012	,915	,000
Hata	Hatırlama Testi-5	13438,888	34	395,261			
	Transfer Testi-5	11770,856	34	346,202			
	Bilişsel Yük Ölçeği-5	70,379	34	2,070			
Toplam	Hatırlama Testi-5	25963,243	36				
	Transfer Testi-5	33951,081	36				
	Bilişsel Yük Ölçeği-5	72,715	36				

Tablo 16'da görüldüğü gibi bellek kontrol değişkeni, Hatırlama Testi $[F(1-34)= 0,000, \eta_p^2 = 0,000, p= 0,994, p>0,05]$ ve Transfer Testi $[F(1-34)= 0,001, \eta_p^2 = 0,000, p= 0,972, p>0,05]$ ortalama puanlarıyla yüksek düzeyde anlamlı bir ilişkiye sahipken; Bilişsel Yük Ölçeği $[F(1-34)= 1,087, \eta_p^2 = 0,031, p= 0,304, p>0,05]$ ortalama puanlarıyla orta düzeyde anlamlı ilişkiye sahiptir. Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin Hatırlama Testi $[F(1-34)= 31,428, \eta_p^2 = 0,480, p= 0,000, p<0,05]$ ve Transfer Testi $[F(1-34)= 63,477, \eta_p^2 = 0,651, p=0,000, p<0,05]$ puanları arasında deney grubu lehine anlamlı bir ilişki varken; Bilişsel Yük Ölçeği $[F(1-34)= 0,012, \eta_p^2 = 0,000, p= 0,915, p>0,05]$ puanları arasında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır.

Ek 1'in devamı

3.2. Deney ve Kontrol Grubundaki Uzman ve Uzman Olmayan Öğrencilerin Termodinamik Ünitesi 5. Oturumundaki Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği'nden Elde Edilen Bulgular

Uygulamanın 5. oturumundaki konuların öğretiminden sonra deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin Hatırlama Testi-5, Transfer Testi-5 ve Bilişsel Yük Ölçeği-5'ten elde edilen puanlar karşılaştırılmıştır. Deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin hatırlama, transfer ve Bilişsel Yük Ölçeği puanlarının aritmetik ortalamaları ve standart sapmaları Tablo 17'de sunulmuştur.

Tablo 17. Uzmanlık Faktörüne Göre Öğrencilerin Termodinamik Ünitesi 5. Oturumundaki Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği Betimsel İstatistikleri

	Uzmanlık	N	Ortalama	S
Hatırlama Testi-5	Deney Uzman	10	60,80	26,09
	Deney Uzman Olmayan	8	66,63	19,85
	Kontrol Uzman	12	28,33	18,63
	Kontrol Uzman Olmayan	7	23,57	8,99
Transfer Testi-5	Deney Uzman	10	70,50	14,99
	Deney Uzman Olmayan	8	68,75	26,56
	Kontrol Uzman	12	21,17	18,69
	Kontrol Uzman Olmayan	7	20,00	12,58
Bilişsel Yük Ölçeği-5	Deney Uzman	10	3,57	1,97
	Deney Uzman Olmayan	8	2,67	,91
	Kontrol Uzman	12	2,94	1,10
	Kontrol Uzman Olmayan	7	3,29	1,56

Hatırlama Testine göre deney grubundaki uzman olmayan öğrenciler ($\bar{X} = 66,63$) uzman öğrencilerden ($\bar{X} = 60,80$) daha yüksek puan alırken kontrol grubundaki uzman öğrenciler ($\bar{X} = 28,33$) uzman olmayan öğrencilerden ($\bar{X} = 23,57$) daha yüksek puan almıştır. Transfer Testine göre ise hem deney grubundaki uzman ($\bar{X} = 70,50$) ve uzman olmayan öğrencilerin ortalama puanlarının ($\bar{X} = 68,75$) hemde kontrol grubundaki uzman ($\bar{X} = 21,17$) ve uzman olmayan öğrencilerin ($\bar{X} = 20,00$) ortalama puanlarının birbirine çok yakın olduğu Tablo 17'de görülmektedir. Bilişsel Yük Ölçeğine göre en yüksek puanı deney grubundaki uzman öğrenciler ($\bar{X} = 3,57$) alırken en düşük puanı ise yine deney grubundaki uzman olmayan öğrenciler ($\bar{X} = 2,67$) almıştır. Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeğindeki tabloda görülen farklılıkların istatistiki olarak 0,05 düzeyinde anlamlı olup olmadığı çok faktörlü varyans analiziyle (MANOVA) test edilmiştir.

Deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin hatırlama, transfer ve Bilişsel Yük Ölçeği puanlarını analiz etmeden önce bu bağımlı değişkenlerin varyans ve kovaryans matrisleri arasında anlamlı bir fark bulunup bulunmadığı test edilmiştir. Araştırmada varyansların eşitliğini sınamak amacıyla Levene testi kullanılmıştır. Levene testine göre Hatırlama Testi [$F(3-33) = 2,140, p = 0,114, p > 0,05$],

Ek 1'in devamı

Transfer Testi [F(3-33)= 2,200, p= 0,107, p>0,05] ve Bilişsel Yük Ölçeğinin [F(3-33)= 1,823, p=0,162, p>0,05] varyanslarının eşit olduğu belirlenmiştir. Kovaryans matrislerinin eşitliğini sınamak amacıyla yapılan Box's M testine göre [F(18-2663,153)= 2,490, p=0,001, p<0,05], deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin hatırlama, transfer ve Bilişsel Yük Ölçeği puanlarının kovaryans matrislerinin eşit olmadığı görülmüştür.

Araştırmada kovaryans eşitliği sağlanamadığı için uzmanlık değişkeninin Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeğine etkisini yorumlamada Pillai's Trace testi kullanılmıştır. Pillai's Trace testine göre bellek kontrol değişkeninin bağımlı değişkenlerle yüksek düzeyde anlamlı bir ilişkisinin olduğu [Pillai's Trace=0,019, F(3-30)= 0,192, $\eta_p^2 = 0,019$, p=0,901, p>0,05] ve uzmanlık bağımsız değişkenin bağımlı değişkenler üzerine anlamlı bir etkiye sahip olduğu bulunmuştur [Pillai's Trace= 0,729, F(9-96)= 3,421, $\eta_p^2 = 0,243$, p=0,001, p<0,05]. Uzmanlık değişkenine göre kısmi eta kare (η_p^2) değeri 0,14'den büyük olduğu için hatırlama, transfer ve bilişsel yük testleri üzerinde uzmanlık değişkeninin büyük bir etkisi vardır. Bu değerlere göre grup değişkeni; hatırlama, transfer ve bilişsel yük testlerinden ortaya çıkan farkın %24,3'ünü açıklamaktadır.

Tablo 18. 5. Oturumda, Deney ve Kontrol Grubundaki Uzman ve Uzman Olmayan Öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği Ortalama Puanlarına Göre MANOVA Sonuçları

Varyansın Kaynağı	Bağımlı Değişkenler	Kareler Toplamı	Sd	Ortalamalar Karesi	F	p	η_p^2
Bellek	Hatırlama Testi-5	66,025	1	66,025	,161	,691	,005
	Transfer Testi-5	,600	1	,600	,002	,968	,000
	Bilişsel Yük Ölçeği-5	,658	1	,658	,310	,581	,010
Uzmanlık	Hatırlama Testi-5	12739,434	3	4246,478	10,356	,000	,493
	Transfer Testi-5	21995,715	3	7331,905	19,966	,000	,652
	Bilişsel Yük Ölçeği-5	2,547	3	,849	,400	,754	,036
Hata	Hatırlama Testi-5	13121,831	32	410,057			
	Transfer Testi-5	11751,066	32	367,221			
	Bilişsel Yük Ölçeği-5	67,856	32	2,120			
Toplam	Hatırlama Testi-5	25963,243	36				
	Transfer Testi-5	33951,081	36				
	Bilişsel Yük Ölçeği-5	72,715	36				

Bellek kontrol değişkeninin, Hatırlama Testi [F(1-32)= 0,161, $\eta_p^2 = 0,005$, p= 0,691, p>0,05], Transfer Testi [F(1-32)= 0,002, $\eta_p^2 = 0,000$, p= 0,968, p>0,05] ve Bilişsel Yük Ölçeği [F(1-32)= 0,310, $\eta_p^2 = 0,010$, p= 0,581, p>0,05] ortalama puanlarıyla orta ve yüksek düzeyde anlamlı ilişkiye sahip olduğu Tablo 18'den görülmektedir. Deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin Hatırlama Testi [F(3-32)= 10,356, $\eta_p^2 = 0,493$, p= 0,000, p<0,05] ve Transfer Testi [F(3-32)= 19,966, $\eta_p^2 = 0,652$, p=0,000, p<0,05] puanları arasında anlamlı bir farklılık varken Bilişsel Yük Ölçeği ortalama puanları [F(3-32)= 0,400, $\eta_p^2 = 0,036$, p= 0,754, p>0,05] arasında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır.

Deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin Hatırlama Testi-5, Transfer Testi-5 ve Bilişsel Yük Ölçeği-5'ten aldıkları puanlarına göre çoklu karşılaştırmaları Tablo 19'da görülmektedir.

Ek 1'in devamı

Tablo 19. 5. Oturumda, Deney ve Kontrol Grubundaki Uzman ve Uzman Olmayan Öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği Ortalama Puanlarına Göre Bonferroni Testi Sonuçları

Bağımlı Değişken	Uzmanlık (I)	Uzmanlık (J)	Ortalama Farkı	Standart Hata	p
Hatırlama Testi-5	DU	DUO	-6,984	10,030	1,000
		KU	31,017(*)	9,393	,014
		KUO	37,555(*)	10,012	,004
	DUO	DU	6,984	10,030	1,000
		KU	38,001(*)	9,271	,002
		KUO	44,539(*)	11,115	,002
	KU	DU	-31,017(*)	9,393	,014
		DUO	-38,001(*)	9,271	,002
		KUO	6,538	10,599	1,000
	KUO	DU	-37,555(*)	10,012	,004
		DUO	-44,539(*)	11,115	,002
		KU	-6,538	10,599	1,000
Transfer Testi-5	DU	DUO	1,640	9,492	1,000
		KU	49,195(*)	8,889	,000
		KUO	50,531(*)	9,475	,000
	DUO	DU	-1,640	9,492	1,000
		KU	47,556(*)	8,774	,000
		KUO	48,892(*)	10,518	,000
	KU	DU	-49,195(*)	8,889	,000
		DUO	-47,556(*)	8,774	,000
		KUO	1,336	10,030	1,000
	KUO	DU	-50,531(*)	9,475	,000
		DUO	-48,892(*)	10,518	,000
		KU	-1,336	10,030	1,000
Bilişsel Yük Ölçeği-5	DU	DUO	,784	,721	1,000
		KU	,478	,675	1,000
		KUO	,314	,720	1,000
	DUO	DU	-,784	,721	1,000
		KU	-,307	,667	1,000
		KUO	-,471	,799	1,000
	KU	DU	-,478	,675	1,000
		DUO	,307	,667	1,000
		KUO	-,164	,762	1,000
	KUO	DU	-,314	,720	1,000
		DUO	,471	,799	1,000
		KU	,164	,762	1,000

DU:Deney Uzman, **DUO:**Deney Uzman Olmayan, **KU:**Kontrol Uzman, **KUO:**Kontrol Uzman Olmayan

* 0,05 düzeyinde anlamlı

Ek 1'in devamı

Tablo 19'den görüldüğü gibi hem Hatırlama Testi puanları hemde Transfer Testi puanlarına göre deney grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrenciler arasında ve aynı şekilde kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrenciler arasında anlamlı bir farklılık yoktur. Bununla birlikte hem Hatırlama Testi hemde Transfer Testi puanlarına göre deney grubundaki uzman öğrencilerle kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrenciler arasında ve deney grubundaki uzman olmayan öğrencilerle kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrenciler arasında anlamlı bir farklılık vardır. Bilişsel Yük Ölçeği puanlarına göre ise yukarıda da bahsedildiği gibi gruplar arasında anlamlı bir farklılık olmadığı tablodan görülmektedir.

3.3. Grup Değişkenine Göre Öğrencilerin Termodinamik Ünitesi 5. Oturumdaki Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği Puanlarına Dayanarak Hesaplanan Etkili Öğrenmeye İlişkin Bulgular

Bu bölümde öğrencilerin termodinamik ünitesindeki standart reaksiyon entropisi ve termodinamiğin üçüncü kanunu konularının bilişsel yük ilkelerine göre hazırlanmış öğretim yazılımından veya geleneksel yolla öğrenmelerinin öğrencilerin etkili öğrenmelerine katkısı ile ilgili bulgulara yer verilmiştir.

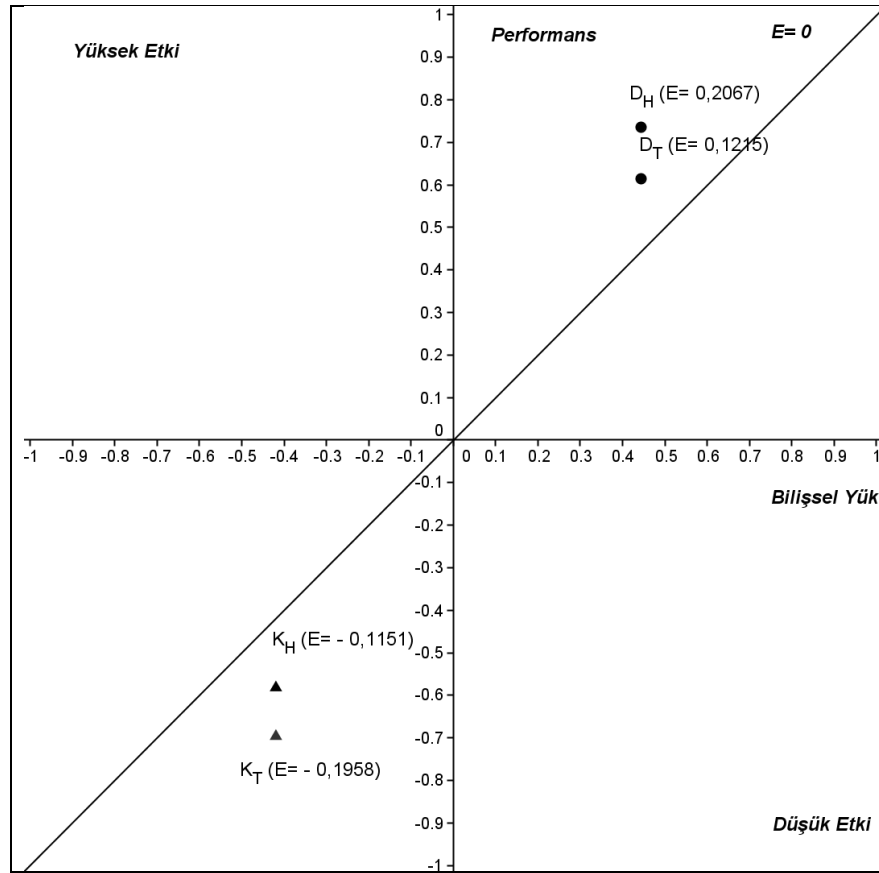
Tablo 20'de deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin hatırlama ve transfer düzeyindeki performans z puanları, bilişsel yük z puanları ve her iki düzeyde de hesaplanan etkili öğrenme puanları görülmektedir.

Tablo 20. 5. Oturuma Göre Öğrencilerin Performans Z Puanları, Bilişsel Yük Z Puanları ve Etkili Öğrenme Puanları

	Grup	N	Performans Z Puanı	Bilişsel Yük Z Puanı	Etkili Öğrenme Puanı (E)
Hatırlama Testi-5	Deney	18	0,7225	0,0349	0,4862
	Kontrol	19	-0,6845	-0,0330	-0,4606
Transfer Testi-5	Deney	18	0,7588	0,0349	0,5119
	Kontrol	19	-0,7189	-0,0330	-0,4850

Deney grubundaki öğrencilerin Hatırlama Testi Z puanı ortalamalarının ($\bar{X} = 0,7225$) kontrol grubundaki öğrencilerin Z puanı ortalamalarından ($\bar{X} = -0,6845$) oldukça farklı olduğu Tablo 20'den görülmektedir. Yine aynı tablodan deney grubundaki öğrencilerin ortalama Transfer Testi z puanlarının kontrol grubundaki öğrencilerden yüksek olduğu görülmektedir. Öğrencilerin hatırlama ve transfer performans z puanlarında olduğu gibi bilişsel yük Z puanına göre de deney grubundaki öğrencilerin puanlarının ($\bar{X} = 0,0349$) kontrol grubundaki öğrencilerin z puanlarından ($\bar{X} = -0,0330$) daha yüksektir. Hatırlama düzeyi z puanlarına dayanarak hesaplanan hatırlama etkili öğrenme puanına göre deney grubundaki öğrencilerin puanı pozitifken kontrol grubu hatırlama etkili öğrenme puanı negatiftir. Aynı şekilde deney grubunun transfer etkili öğrenme puanının ($E = 0,5119$) kontrol grubu etkili öğrenme puanından ($E = -0,4850$) oldukça farklı olduğu da görülmektedir.

Ek 1'in devamı



Şekil 5. 5. Oturuma Göre Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Hatırlama ve Transfer Düzeyindeki Etkili Öğrenme Grafiği

$D_H(\bullet)$:Deney Hatırlama, $D_T(\bullet)$:Deney Transfer

$K_H(\blacktriangle)$:Kontrol Hatırlama, $K_T(\blacktriangle)$:Kontrol Transfer

Etkili öğrenme diyagramından da görüldüğü gibi beşinci oturum için deney grubunun hem hatırlama hemde transfer düzeyindeki öğrenmelerinin diyagramın birinci bölgesine yani yüksek performans yüksek bilişsel yüklenme bölgesine tekabül etmektedir. Kontrol grubunun hatırlama ve transfer düzeyindeki öğrenmelerinin ise düşük performans düşük bilişsel yük bölgesi olan üçüncü bölgede bulunduğu diyagramdan görülmektedir.

3.4. Uzmanlık Değişkenine Göre Öğrencilerin Termodinamik Ünitesi 5. Oturumdaki Hatırlama Testi-5, Transfer Testi-5 ve Bilişsel Yük Ölçeği-5 Puanlarına Dayanarak Hesaplanan Etkili Öğrenmeye İlişkin Bulgular

Tablo 21'de deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin, hatırlama ve transfer düzeyindeki performans Z puanı aritmetik ortalamaları; bilişsel yük Z puanı aritmetik ortalamaları ve her iki düzeyde de hesaplanan etkili öğrenme puanları görülmektedir.

Ek 1'in devamı

Tablo 21. 5. Oturuma Göre Uzman ve Uzman Olmayan Öğrencilerin Performans Z Puanları, Bilişsel Yük Z puanları ve Etkili Öğrenme Puanları

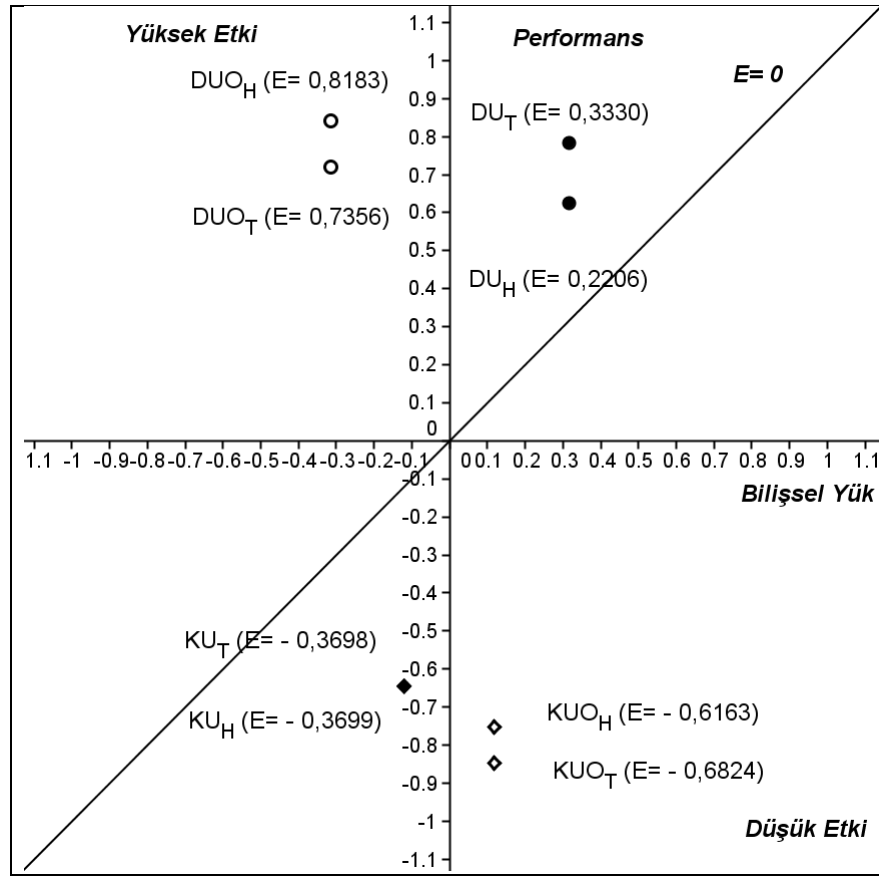
	Grup	N	Performans Z Puanı	Bilişsel Yük Z Puanı	Etkili Öğrenme Puanı (E)
Hatırlama Testi-5	DU	10	0,6283	0,3163	0,2206
	DUO	8	0,8403	-0,3169	0,8183
	KU	12	-0,6446	-0,1215	-0,3699
	KUO	7	-0,7529	0,1186	-0,6163
Transfer Testi-5	DU	10	0,7872	0,3163	0,3330
	DUO	8	0,7234	-0,3169	0,7356
	KU	12	-0,6445	-0,1215	-0,3698
	KUO	7	-0,8464	0,1186	-0,6824

DU:Deney Uzman, **DUO:**Deney Uzman Olmayan, **KU:**Kontrol Uzman, **KUO:**Kontrol Uzman Olmayan

Hatırlama düzeyi z puanlarına göre deney grubundaki uzman olmayan öğrenciler ($\bar{X} = 0,8403$) uzman öğrencilerden ($\bar{X} = 0,6283$) daha yüksek puana sahipken kontrol grubunda bu durum tam tersine yani uzman öğrencilerin hatırlama Z puanı ($\bar{X} = -0,6446$) uzman olmayan öğrencilerden ($\bar{X} = 0,7529$) daha yüksektir. Tablo 21'de görüldüğü gibi deney grubundaki uzman öğrenciler en yüksek transfer Z puanına ($\bar{X} = 0,7872$) sahipken kontrol grubundaki uzman olmayan öğrenciler en düşük Z puanına ($\bar{X} = -0,8464$) sahiptir. Bilişsel yük z puanlarına göre ise deney grubundaki uzman öğrencilerin bilişsel yük z puanları uzman olmayan öğrencilerden daha yüksekken kontrol grubundaki uzman olmayan öğrencilerin Z puanı uzman öğrencilerden daha yüksektir. Deney grubundaki uzman olmayan öğrencilerin yüksek performans Z puanına fakat düşük bilişsel yük Z puanına sahip olduğundan dolayı diğer üç gruba göre daha yüksek hatırlama etkili öğrenme puanına (E= 0,8183) sahiptir. Kontrol grubundaki uzman olmayan öğrenciler ise en düşük hatırlama performansı, kısmen yüksek yüklenme nedeniyle diğer üç gruba göre en düşük hatırlama etkili öğrenme puanına (E= -0,6163) sahiptirler. Deney grubundaki uzman öğrenciler uzman olmayan öğrencilere göre daha yüksek transfer Z puanı sahip olmasına rağmen yüksek bilişsel yük puanına sahip olduğu için daha düşük transfer etkili öğrenme puanına sahip olduğu görülmektedir. Kontrol grubundaki uzman öğrenciler uzman olmayan öğrencilere göre yüksek performans Z puanına ve düşük bilişsel yük Z puanına sahip olduğu için transfer etkili öğrenme puanı daha yüksektir. Tablo 21'den görüldüğü gibi deney grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin hem hatırlama hemde transfer düzeyindeki etkili öğrenme puanları pozitifken kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin hem hatırlama hemde transfer düzeyindeki etkili öğrenme puanları negatiftir.

Deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin hatırlama ve transfer düzeyindeki etkili öğrenme puanları ilişkin etkili öğrenme diyagramı aşağıda görülmektedir.

Ek 1'in devamı



Şekil 6. 5. Oturuma Göre Deney ve Kontrol Grubundaki Uzman ve Uzman Olmayan Öğrencilerin Hatırlama ve Transfer Düzeyindeki Etkili Öğrenme Grafiği

DU_H (●):Deney Uzman Hatırlama, DU_T (●):Deney Uzman Transfer
 DUO_H (○):Deney Uzman Olmayan Hatırlama, DUO_T (○):Deney Uzman Olmayan Transfer
 KU_H (◆): Kontrol Uzman Hatırlama, KU_T (◆): Kontrol Uzman Transfer,
 KUO_H (◇):Kontrol Uzman Olmayan Hatırlama, KUO_T (◇):Kontrol Uzman Olmayan Transfer

Grafiğe göre hem hatırlama hemde transfer düzeyinde deney grubundaki uzman öğrencilerin etkili öğrenme puanları, yüksek performans yüksek bilişsel yüklenme nedeniyle koordinatın birinci bölgesine tekabül ederken; deney grubundaki uzman olmayan öğrencilerin öğrenmeleri yüksek performans düşük bilişsel yük nedeniyle ikinci bölgeye tekabül etmektedir. Etkili öğrenme diyagramına göre kontrol grubundaki uzman öğrencilerin hem hatırlama hemde transfer düzeyindeki etkili öğrenmelerinin diyagramın üçüncü bölgesine yani düşük performans yüksek düşük bilişsel yüklenme bölgesine tekabül etmektedir. Kontrol grubundaki uzman olmayan öğrenciler ise hem hatırlama hem transfer düzeyindeki etkili öğrenmeleri düşük performans yüksek bilişsel yüklenme yani dördüncü bölgededir.

Ek 1'in devamı

4. Termodinamik Ünitesi 6. Oturumundan Elde Edilen Bulgular

Bu bölümünde termodinamik ünitesi ile ilgili yapılan uygulamanın 6. oturumdan elde edilen bulgular sunulmuştur. Bu oturumda örneklemedeki öğrenciler termodinamiğin ikinci yasasını ve toplam entropi değişimini öğrenmişlerdir.

4.1. Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Termodinamik Ünitesi 6. Oturumundaki Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeğinden Elde Edilen Bulgular

Örneklemedeki öğrenciler termodinamiğin ikinci yasası ve toplam entropi konularını öğrendikten sonra deney ve kontrol gruplarına uygulanan Hatırlama Testi-6, Transfer Testi-6 ve Bilişsel Yük Ölçeği-6'dan elde edilen puanlar karşılaştırılmıştır. Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin hatırlama, transfer ve Bilişsel Yük Ölçeği puanlarının aritmetik ortalamaları ve standart sapmaları Tablo 22'de sunulmuştur.

Tablo 22 Gruplara Göre Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği Aritmetik Ortalamalarının Betimsel İstatistikleri

	Grup	N	Ortalama	S
Hatırlama Testi-6	Deney	18	83,11	15,99
	Kontrol	19	43,42	31,08
Transfer Testi-6	Deney	18	68,39	18,29
	Kontrol	19	16,37	12,02
Bilişsel Yük Ölçeği-6	Deney	18	3,20	1,18
	Kontrol	19	3,23	1,31

Tablo 22'den görüldüğü gibi deney grubundaki öğrencilerin Hatırlama Testi aritmetik puan ortalamaları 83,11 iken kontrol grubundaki öğrencilerin ortalaması 43,42'dir. Deney grubundaki öğrencilerin Transfer Testi aritmetik ortalamalarının ($\bar{X} = 68,39$), kontrol grubundaki öğrencilerin Transfer Testi puanlarından ($\bar{X} = 16,37$) yüksek olduğu yine aynı tablodan görülmektedir. Bilişsel Yük Ölçeğine göre deney grubundaki öğrencilerin ortalama bilişsel yük puanlarıyla ($\bar{X} = 3,20$) kontrol grubundaki öğrencilerin ortalama bilişsel yük puanının ($\bar{X} = 3,23$) birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. Yani her iki gruptaki öğrencilerinde altıncı oturumdaki konuları öğrenirken zihinsel olarak birbirine yakın çaba sarfettikleri belirlenmiştir. Hatırlama Testi, Transfer Testi ve bilişsel yük testlerindeki tabloda görülen farklılıkların istatistiki olarak 0,05 düzeyinde anlamlı olup olmadığı çok faktörlü varyans analiziyle (MANOVA) test edilmiştir.

Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin hatırlama, transfer ve Bilişsel Yük Ölçeği puanlarını analiz etmeden önce bu bağımlı değişkenlerin varyans ve kovaryans matrisleri arasında anlamlı bir fark bulunup bulunmadığı test edilmiştir. Araştırmada varyansların eşitliğini sınamak için Levene testi yapılmıştır. Bu teste göre; hatırlama [$F(1-35) = 4,039$, $p = 0,052$, $p > 0,05$], transfer [$F(1-35) = 2,288$, $p = 0,139$, $p > 0,05$] ve bilişsel yük [$F(1-35) = 0,009$, $p = 0,927$, $p > 0,05$] testinin varyanslarının eşit olduğu belirlenmiştir. Kovaryans

Ek 1'in devamı

matrislerinin eşitliğini sınamak amacıyla yapılan Box's M testine göre [$F(6-8798,394)=1,987$, $p=0,064$, $p>0,05$], deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin hatırlama, transfer ve Bilişsel Yük Ölçeği puanlarının kovaryans matrislerinin eşit olduğunu görülmüş ve çok faktörlü varyans analizi yapılmasına (MANOVA) karar verilmiştir.

Araştırmada kovaryans eşitliği sağlandığı için grup değişkenlerine göre Hatırlama Testi, Transfer Testi ve bilişsel yük testlerinin etkisini yorumlamada Wilks' Lambda testi kullanılmıştır. Wilks' Lambda testine göre bellek kontrol değişkeninin bağımlı değişkenlerle yüksek düzeyde anlamlı bir ilişkisinin olduğu [$(\lambda)=0,904$, $F(3-32)=1,138$, $\eta_p^2 = 0,096$, $p=0,349$, $p>0,05$] ve grup bağımsız değişkenin bağımlı değişkenler üzerine anlamlı bir etkiye sahip olduğu bulunmuştur [$(\lambda)=0,177$, $F(3-32)=49,596$, $\eta_p^2 = 0,823$, $p=0,000$, $p<0,05$]. Grup değişkenine göre kısmi eta kare (η_p^2) değeri 0,14'den büyük olduğu için hatırlama, transfer ve bilişsel yük testleri üzerinde uzmanlık değişkeni büyük bir etkiye sahiptir. Bu değerlere göre grup değişkeni; hatırlama, transfer ve bilişsel yük testlerinde ortaya çıkan farkın %82,3'ünü açıklamaktadır.

Tablo 23. Deney ve Kontrol Grubundaki Uzman ve Uzman Olmayan Öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği Ortalama Puanlarına Göre MANOVA Sonuçları

Varyansın Kaynağı	Bağımlı Değişkenler	Kareler Toplamı	S d	Ortalamalar Karesi	F	p	η_p^2
Bellek	Hatırlama Testi-6	20,209	1	20,209	,032	,860	,001
	Transfer Testi-6	88,857	1	88,857	,369	,548	,011
	Bilişsel Yük Ölçeği-6	3,369	1	3,369	2,241	,144	,062
Grup	Hatırlama Testi-6	14340,143	1	14340,143	22,462	,000	,398
	Transfer Testi-6	24532,746	1	24532,746	101,748	,000	,750
	Bilişsel Yük Ölçeği-6	,058	1	,058	,039	,845	,001
Hata	Hatırlama Testi-6	21706,200	34	638,418			
	Transfer Testi-6	8197,842	34	241,113			
	Bilişsel Yük Ölçeği-6	51,118	34	1,503			
Toplam	Hatırlama Testi-6	36287,297	36				
	Transfer Testi-6	33300,108	36				
	Bilişsel Yük Ölçeği-6	54,492	36				

Tablo 23'de görüldüğü gibi bellek kontrol değişkeninin, Hatırlama Testi puanlarıyla üst düzeyde anlamlı bir ilişkiye sahip olduğu [$F(1-34)=0,032$, $\eta_p^2 = 0,001$, $p=0,860$, $p>0,05$]; transfer [$F(1-34)=0,369$, $\eta_p^2 = 0,011$, $p=0,548$, $p>0,05$] ve Bilişsel Yük Ölçeği [$F(1-34)=2,241$, $\eta_p^2 = 0,062$, $p=0,144$, $p>0,05$] ortalama puanlarıyla ise zayıf ve orta düzeyde anlamlı ilişkiye sahiptir. Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin Hatırlama Testi [$F(1-34)=22,462$, $\eta_p^2 = 0,398$, $p=0,000$, $p<0,05$] ve Transfer Testi [$F(1-34)=101,748$, $\eta_p^2 = 0,750$, $p=0,000$, $p<0,05$] puanları arasında deney grubu lehine anlamlı bir fark varken; Bilişsel Yük Ölçeği [$F(1-34)=0,039$, $\eta_p^2 = 0,001$, $p=0,845$, $p>0,05$] puanları arasında ise anlamlı bir farklılık olduğu bulunamamıştır.

Ek 1'in devamı

4.2. Deney ve Kontrol Grubundaki Uzman ve Uzman Olmayan Öğrencilerin Termodinamik Ünitesi 6. Oturumdaki Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeğinden Elde Edilen Bulgular

Örneklemdaki öğrenciler altıncı oturumdaki bahsedilen konuları öğrendikten sonra uygulanan Hatırlama Testi-6, Transfer Testi-6 ve Bilişsel Yük Ölçeği-6'dan elde edilen puanlar karşılaştırılmıştır.

Deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin Hatırlama Testi-6, Transfer Testi-6 ve Bilişsel Yük Ölçeği-6 puanlarının aritmetik ortalamaları ve standart sapmaları Tablo 24'da sunulmuştur.

Tablo 24 Uzmanlık Faktörüne Göre Öğrencilerin Termodinamik Ünitesi 6. Oturumdaki Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği Betimsel İstatistikleri

	Uzmanlık	N	Ortalama	S
Hatırlama Testi-6	Deney Uzman	10	81,30	17,93
	Deney Uzman Olmayan	8	85,38	14,03
	Kontrol Uzman	12	51,00	30,51
	Kontrol Uzman Olmayan	7	30,43	29,64
Transfer Testi-6	Deney Uzman	10	71,30	19,04
	Deney Uzman Olmayan	8	64,75	17,87
	Kontrol Uzman	12	17,33	13,73
	Kontrol Uzman Olmayan	7	14,71	9,11
Bilişsel Yük Ölçeği-6	Deney Uzman	10	3,27	1,50
	Deney Uzman Olmayan	8	3,13	,69
	Kontrol Uzman	12	3,19	1,20
	Kontrol Uzman Olmayan	7	3,29	1,58

Hatırlama Testi aritmetik ortalama puanlarına göre en yüksek puanı deney grubundaki uzman olmayan öğrenciler alırken en düşük puanı kontrol grubundaki uzman olmayan öğrenciler almıştır. Tablo 24'dan da görüldüğü gibi Hatırlama Testi puanlarına göre deney grubunda uzman olmayan öğrenciler uzman öğrencilerden daha yüksek puan alırken kontrol grubunda bu durumun tam tersinedir. Yine aynı tablodan deney grubundaki uzman öğrencilerin Transfer Testi aritmetik ortalama puanlarının ($\bar{X} = 71,30$) deney grubundaki uzman olmayan öğrencilerden ($\bar{X} = 64,75$) ve kontrol grubundaki hem uzman ($\bar{X} = 17,33$) hemde uzman olmayan öğrencilerden ($\bar{X} = 14,71$) daha yüksek olduğu görülmektedir. Bilişsel Yük Ölçeğinden; en yüksek puanı kontrol grubundaki uzman olmayan öğrenciler, en düşük puanı ise deney grubundaki uzman olmayan öğrenciler almıştır. Hatırlama Testi, Transfer Testi ve bilişsel yük testlerindeki tabloda görülen farklılıkların istatistiki olarak 0,05 düzeyinde anlamlı olup olmadığı çok faktörlü varyans analiziyle (MANOVA) test edilmiştir.

Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin hatırlama, transfer ve Bilişsel Yük Ölçeği puanlarını analiz etmeden önce bu bağımlı değişkenlerin varyans ve kovaryans matrisleri arasında anlamlı bir fark olup olmadığı test edilmiştir. Araştırmada varyansların

Ek 1'in devamı

eşitliğini sınamak için yapılan Levene testine göre hatırlama [$F(3-33)=1,705$, $p=0,185$, $p>0,05$], transfer [$F(3-33)=1,341$, $p=0,278$, $p>0,05$] ve bilişsel yük [$F(3-33)=1,103$, $p=0,362$, $p>0,05$] testinin varyanslarının eşit olduğu belirlenmiştir. Kovaryans matrislerinin eşitliğini sınamak amacıyla yapılan Box's M testine göre [$F(18-2663,153)=1,104$, $p=0,341$, $p>0,05$], deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin hatırlama, transfer ve Bilişsel Yük Ölçeği puanlarının kovaryans matrislerinin eşit olduğunu görülmüş ve çok faktörlü varyans analizi yapılmasına (MANOVA) karar verilmiştir.

Araştırmada kovaryans eşitliği sağlandığı için uzmanlık değişkenlerine göre Hatırlama Testi, Transfer Testi ve bilişsel yük testlerinin etkisini yorumlamada Wilks' Lambda testi kullanılmıştır. Wilks' Lambda testine göre bellek kontrol değişkeninin bağımlı değişkenlerle zayıf ve anlamlı bir ilişkisinin olduğu [$(\lambda)=0,821$, $F(3-30)= 2,180$, $\eta_p2 = 0,179$, $p=0,111$, $p>0,05$]; uzmanlık bağımsız değişkenin ise bağımlı değişkenler üzerine anlamlı bir etkiye sahip olduğu bulunmuştur [$(\lambda)= 0,140$, $F(9-73,163)= 10,084$, $\eta_p2 = 0,480$, $p= 0,000$, $p<0,05$]. Uzmanlık değişkenine göre kısmi eta kare (η_p2) değeri 0,14'den büyük olduğu için hatırlama, transfer ve bilişsel yük testleri üzerinde uzmanlık değişkeni büyük bir etkiye sahiptir. Bu değerlere göre uzmanlık değişkeni; hatırlama, transfer ve bilişsel yük testlerinde ortaya çıkan farkın %48'ini açıklamaktadır.

Tablo 25. Deney ve Kontrol Grubundaki Uzman ve Uzman Olmayan Öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği Ortalama Puanlarına Göre MANOVA Sonuçları

Varyansın Kaynağı	Bağımlı Değişkenler	Kareler Toplamı	Sd	Ortalamalar Karesi	F	p	η_p2
Bellek	Hatırlama Testi-6	761,214	1	761,214	1,281	,266	,038
	Transfer Testi-6	83,435	1	83,435	,334	,567	,010
	Bilişsel Yük Ölçeği-6	3,671	1	3,671	2,318	,138	,068
Uzmanlık	Hatırlama Testi-6	17025,868	3	5675,289	9,548	,000	,472
	Transfer Testi-6	24748,328	3	8249,443	33,071	,000	,756
	Bilişsel Yük Ölçeği-6	,487	3	,162	,102	,958	,010
Hata	Hatırlama Testi-6	19020,475	32	594,390			
	Transfer Testi-6	7982,260	32	249,446			
	Bilişsel Yük Ölçeği-6	50,690	32	1,584			
Toplam	Hatırlama Testi-6	36287,297	36				
	Transfer Testi-6	33300,108	36				
	Bilişsel Yük Ölçeği-6	54,492	36				

Bellek kontrol değişkeninin, hatırlama [$F(1-32)= 1,281$, $\eta_p2 = 0,038$, $p= 0,266$, $p>0,05$] ve Bilişsel Yük Ölçeği [$F(1-32)= 2,318$, $\eta_p2 = 0,068$, $p= 0,138$, $p>0,05$] ortalama puanlarıyla zayıf ve anlamlı bir ilişkiye sahip olduğu; transfer [$F(1-32)= 0,334$, $\eta_p2 = 0,010$, $p= 0,567$, $p>0,05$] testi puanlarıyla ise orta düzeyde ve anlamlı ilişkiye sahip olduğu Tablo 25'de görülmektedir. Deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin Hatırlama Testi [$F(3-32)= 9,548$, $\eta_p2 = 0,472$, $p= 0,000$, $p<0,05$] ve Transfer Testi [$F(3-32)= 33,071$, $\eta_p2 = 0,756$, $p=0,000$, $p<0,05$] puanları arasında deney grubu lehine anlamlı bir farklılık olduğu; Bilişsel Yük Ölçeği [$F(3-32)= 0,102$, $\eta_p2 = 0,010$, $p= 0,958$, $p>0,05$] puanları arasında ise anlamlı bir farklılık olmadığı bulunmuştur.

Ek 1'in devamı

Deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin Hatırlama Testi-6, Transfer Testi-6 ve Bilişsel Yük Ölçeği-6'dan aldıkları puanlarına göre çoklu karşılaştırmaları Tablo 26'da görülmektedir.

Tablo 26. Deney ve Kontrol Grubundaki Uzman ve Uzman Olmayan Öğrencilerin 6. Oturumdaki Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği Ortalama Puanlarına Göre Bonferroni Testi Sonuçları

Bağımlı Değişken	Uzmanlık (I)	Uzmanlık (J)	Ortalama Farkı	Standart Hata	p
Hatırlama Testi-6	DU	DUO	-8,009	12,076	1,000
		KU	25,378	11,309	,191
		KUO	51,980(*)	12,055	,001
	DUO	DU	8,009	12,076	1,000
		KU	33,387(*)	11,162	,032
		KUO	59,989(*)	13,382	,001
	KU	DU	-25,378	11,309	,191
		DUO	-33,387(*)	11,162	,032
		KUO	26,602	12,761	,271
	KUO	DU	-51,980(*)	12,055	,001
		DUO	-59,989(*)	13,382	,001
		KU	-26,602	12,761	,271
Transfer Testi-6	DU	DUO	5,248	7,823	1,000
		KU	52,337(*)	7,326	,000
		KUO	56,953(*)	7,809	,000
	DUO	DU	-5,248	7,823	1,000
		KU	47,090(*)	7,231	,000
		KUO	51,705(*)	8,669	,000
	KU	DU	-52,337(*)	7,326	,000
		DUO	-47,090(*)	7,231	,000
		KUO	4,616	8,267	1,000
	KUO	DU	-56,953(*)	7,809	,000
		DUO	-51,705(*)	8,669	,000
		KU	-4,616	8,267	1,000
Bilişsel Yük Ölçeği-6	DU	DUO	-,132	,623	1,000
		KU	-,270	,584	1,000
		KUO	,058	,622	1,000
	DUO	DU	,132	,623	1,000
		KU	-,138	,576	1,000
		KUO	,189	,691	1,000
	KU	DU	,270	,584	1,000
		DUO	,138	,576	1,000
		KUO	,328	,659	1,000
	KUO	DU	-,058	,622	1,000
		DUO	-,189	,691	1,000
		KU	-,328	,659	1,000

DU:Deney Uzman, **DUO:**Deney Uzman Olmayan, **KU:**Kontrol Uzman, **KUO:**Kontrol Uzman Olmayan

* 0,05 düzeyinde anlamlı

Ek 1'in devamı

Tablo 26'dan da görüldüğü gibi Hatırlama Testine göre deney grubundaki uzman öğrencilerle kontrol grubundaki uzman olmayan öğrenciler arasında anlamlı bir farklılık vardır. Bunun yanında Hatırlama Testine göre deney grubundaki uzman olmayan öğrencilerle kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrenciler arasında deney grubu lehine bir farklılık olduğu bulunmuştur. Transfer Testine göre ise deney grubundaki uzman öğrencilerle kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrenciler arasında ve deney grubundaki uzman olmayan öğrencilerle kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrenciler arasında deney grubu lehine istatistiki olarak anlamlı bir farklılık olduğu tespit edilmiştir. Bilişsel Yük Ölçeğine göre ise gruplar arasında bir farklılık bulunamamıştır. Bununla birlikte tablodan da görüldüğü gibi Hatırlama Testi-6, Transfer Testi-6 ve Bilişsel Yük Ölçeği-6'ya göre deney grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrenciler arasında ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrenciler arasında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır.

4.3. Grup Değişkenine Göre Öğrencilerin Termodinamik Ünitesi 6. Oturumdaki Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği Puanlarına Dayanarak Hesaplanan Etkili Öğrenme Düzeyine İlişkin Bulgular

Bu bölümde öğrencilerin termodinamik ünitesindeki çevrenin entropisi ve toplam entropi konularının bilişsel yük ilkelerine göre hazırlanmış öğretim yazılımından veya geleneksel yolla öğrenmelerinin öğrencilerin etkili öğrenmelerine katkısı ile ilgili bulgulara yer verilmiştir.

Tablo 27'de deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin hatırlama ve transfer düzeyindeki performans z puanları, bilişsel yük z puanları ve her iki düzeyde de hesaplanan etkili öğrenme puanları görülmektedir.

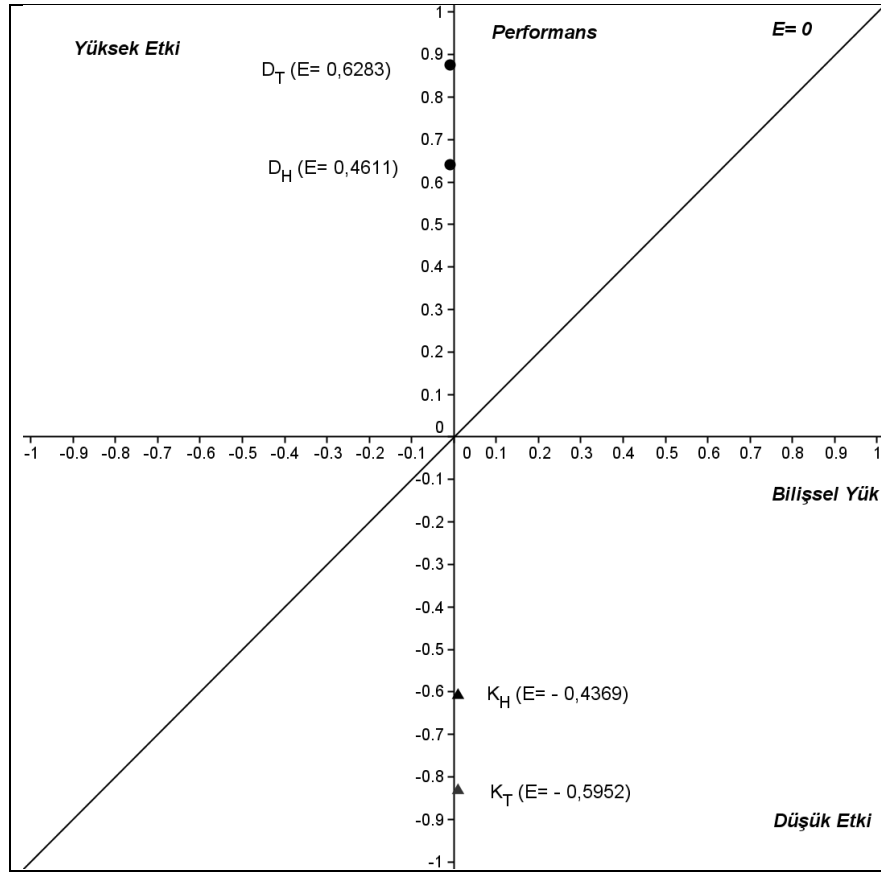
Tablo 27. 6. Oturuma Göre Öğrencilerin Performans Z Puanları, Bilişsel Yük Z puanları ve Etkili Öğrenme Puanları

	Grup	N	Performans Z Puanı	Bilişsel Yük Z Puanı	Etkili Öğrenme Puanı (E)
Hatırlama Testi-6	Deney	18	0,6420	-0,0102	0,4611
	Kontrol	19	-0,6082	0,0096	-0,4369
Transfer Testi-6	Deney	18	0,8783	-0,0102	0,6283
	Kontrol	19	-0,8321	0,0096	-0,5952

Tablo 27'de de görüldüğü gibi deney grubundaki öğrencilerin Hatırlama Testi Z puanı ortalamalarının ($\bar{X} = 0,6420$) kontrol grubundaki öğrencilerin Z puanı ortalamalarından ($\bar{X} = -0,6082$) daha yüksektir. Deney grubundaki öğrencilerin ortalama Transfer Testi z puanlarının ($\bar{X} = 0,8783$) kontrol grubundaki öğrencilerin Transfer Testi z puanlarından ($\bar{X} = -0,8321$) daha yüksek olduğu tablodan görülmektedir. Öğrencilerin hatırlama ve transfer performans z puanlarının aksine bilişsel yük Z puanına göre deney grubundaki öğrencilerin puanlarının ($\bar{X} = -0,0102$) kontrol grubundaki öğrencilerin puanlarından ($\bar{X} = 0,0096$) daha düşüktür. Bu puanlara dayanarak hesaplanan etkili öğrenme puanına göre deney grubunun hatırlama etkili öğrenme puanının (E= 0,4611)

Ek 1'in devamı

kontrol grubu puanlarından ($E= -0,4369$) yüksek olduğu görülmektedir. Transfer etkili öğrenme puanına göre de deney grubundaki öğrencilerin puanı ($E= 0,6283$) kontrol grubundaki öğrencilerin puanından ($E= -0,5952$) yüksektir. Bununla birlikte deney grubundaki öğrencilerin transfer etkili öğrenme puanlarının hatırlama etkili öğrenme puanlarından yüksekken kontrol grubundaki öğrencilerin hatırlama etkili puanlarının transferden etkili öğrenme puanlarından daha yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 7. 6. Oturuma Göre Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Hatırlama ve Transfer Düzeyindeki Etkili Öğrenme Grafiği

D_H(●):Deney Hatırlama, D_T(●):Deney Transfer
K_H(▲):Kontrol Hatırlama, K_T(▲):Kontrol Transfer

Etkili öğrenme diyagramından da görüldüğü gibi 6. oturumda deney grubunun hem hatırlama hemde transfer düzeyindeki öğrenmeleri diyagramın ikinci bölgesinde olan yüksek performans, düşük bilişsel yüklenme bölgesinde yani yüksek etki bölgesindedir. Kontrol grubunun hatırlama ve transfer düzeyindeki etkili öğrenmelerinin ise düşük performans, yüksek bilişsel yük bölgesi olan dördüncü bölgede yani düşük etki bölgesinde bulunduğu diyagramdan görülmektedir.

Ek 1'in devamı

6.4. Uzmanlık Değişkenine Göre Öğrencilerin Termodinamik Ünitesi 6. Oturumdaki Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği Puanlarına Dayanarak Hesaplanan Etkili Öğrenme Düzeyine İlişkin Bulgular

Bu bölümde çevrenin entropisi ve toplam entropi konularını öğrenmede uzmanlık faktörünün etkili öğrenmeye katkısı ile ilgili bulgulara yer verilmiştir.

Tablo 28'de deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin, hatırlama ve transfer düzeyindeki performans Z puanı aritmetik ortalamaları; bilişsel yük Z puanı aritmetik ortalamaları ve her iki düzeyde de hesaplanan etkili öğrenme puanları görülmektedir.

Tablo 28. 6. Oturuma Göre Uzman ve Uzman Olmayan Öğrencilerin Performans Z Puanları, Bilişsel Yük Z puanları ve Etkili Öğrenme Puanları

	Grup	N	Performans Z Puanı	Bilişsel Yük Z Puanı	Etkili Öğrenme Puanı (E)
Hatırlama Testi-6	DU	10	0,5849	0,0410	0,3846
	DUO	8	0,7133	-0,0741	0,5568
	KU	12	-0,3695	-0,0177	-0,2487
	KUO	7	-1,0174	0,0565	-0,7594
Transfer Testi-6	DU	10	0,9740	0,0410	0,6598
	DUO	8	0,7587	-0,0741	0,5889
	KU	12	-0,8004	-0,0177	-0,5534
	KUO	7	-0,8865	0,0565	-0,6668

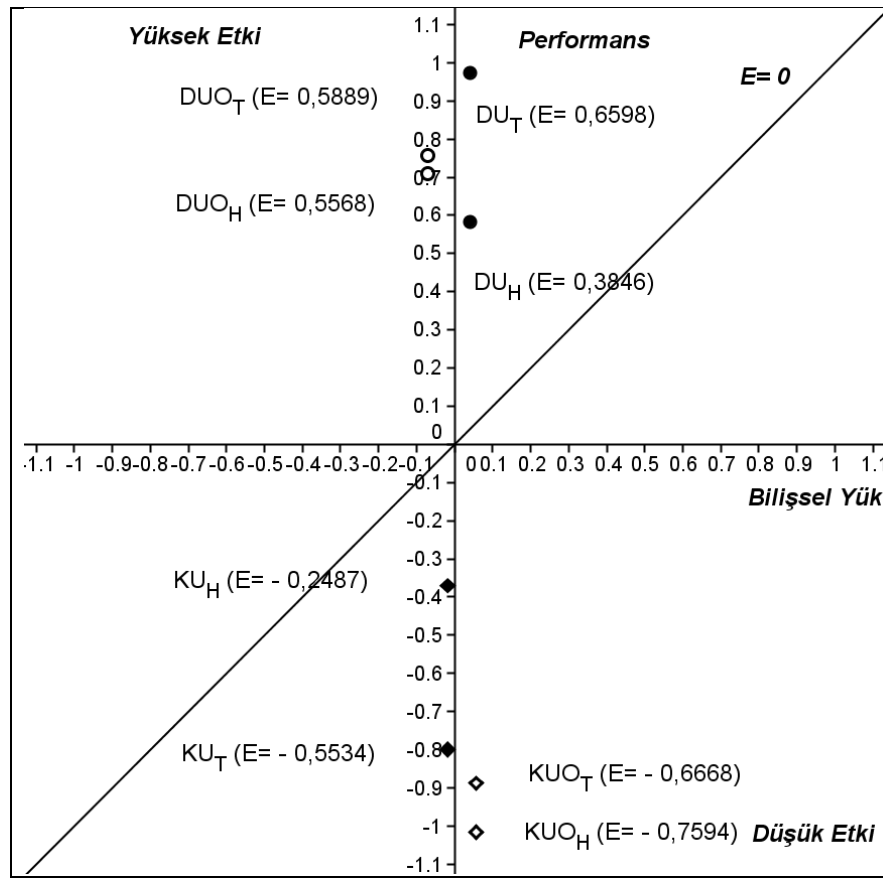
DU:Deney Uzman, **DUO:**Deney Uzman Olmayan, **KU:**Kontrol Uzman, **KUO:**Kontrol Uzman Olmayan

Hatırlama Testine göre deney grubundaki uzman olmayan öğrenciler ($\bar{X} = 0,7133$) uzman öğrencilerden ($\bar{X} = 0,5849$) daha yüksek Z puanına sahipken kontrol grubunda bu durum tam tersine yani uzman öğrencilerin hatırlama Z puanı ($\bar{X} = -0,3695$) uzman olmayan öğrencilerden ($\bar{X} = -1,0174$) daha yüksektir. Tablodan da görüldüğü gibi Transfer Testi z puanlarına göre deney grubundaki uzman öğrenciler ($\bar{X} = 0,9740$) en yüksek hatırlama Z puanı ortalamasına sahipken kontrol grubundaki uzman olmayan ($\bar{X} = -0,8865$) öğrenciler en düşük Z puanı ortalamasına sahiptir. Bilişsel yük z puanlarına göre en yüksek Z puanı kontrol grubundaki uzman olmayan öğrenciler ($\bar{X} = 0,0565$) alırken en düşük puanı deney grubundaki uzman olmayan öğrencilerin aldığı ($\bar{X} = -0,0741$) tablodan görülmektedir. Deney grubundaki uzman olmayan öğrencilerin yüksek performans Z puanına fakat düşük bilişsel yük Z puanına sahip olduğundan dolayı diğer üç gruba göre daha yüksek hatırlama etkili öğrenme puanına ($E = 0,5568$) sahiptir. Kontrol grubundaki uzman öğrenciler ise en düşük hatırlama performans puanına ve en yüksek bilişsel yük puanına sahip olduğu için diğer üç gruba göre en düşük hatırlama etkili öğrenme puanına ($E = -0,7594$) sahiptirler. Transfer etkili öğrenme puanlarına göre deney grubundaki uzman öğrenciler kısmen yüksek bilişsel yüklenmeye rağmen en yüksek performans puanını aldığı için en yüksek etkili öğrenme puanı ($E = 0,6598$) almıştır bununla birlikte kontrol grubundaki uzman olmayan öğrenciler en düşük performans en yüksek bilişsel yük puanını

Ek 1'in devamı

aldığından en düşük etkili öğrenme puanını ($E = -0,6668$) almıştır. Tablodan görüldüğü gibi deney grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin hem hatırlama hemde transfer düzeyindeki etkili öğrenme puanları pozitifken kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin hem hatırlama hemde transfer düzeyindeki etkili öğrenme puanları negatiftir.

Deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin hatırlama ve transfer düzeyindeki etkili öğrenme puanları ilişkin etkili öğrenme grafiği aşağıda görülmektedir.



Şekil 8.6. Oturuma Göre Deney ve Kontrol Grubundaki Uzman ve Uzman Olmayan Öğrencilerin Hatırlama ve Transfer Düzeyindeki Etkili Öğrenme Grafiği

DU_H (●):Deney Uzman Hatırlama, DU_T (●):Deney Uzman Transfer
 DUO_H (○):Deney Uzman Olmayan Hatırlama, DUO_T (○):Deney Uzman Olmayan Transfer
 KU_H (◆): Kontrol Uzman Hatırlama, KU_T (◆): Kontrol Uzman Transfer,
 KUO_H (◇):Kontrol Uzman Olmayan Hatırlama, KUO_T (◇):Kontrol Uzman Olmayan Transfer

Şekil 8'e göre hem hatırlama hemde transfer düzeyinde deney grubundaki uzman öğrencilerin etkili öğrenme puanları, yüksek performans, yüksek bilişsel yüklenme nedeniyle koordinatın birinci bölgesine tekabül ederken; deney grubundaki uzman

Ek 1'in devamı

olmayan öğrencilerin öğrenmeleri yüksek performans, düşük bilişsel yük nedeniyle ikinci bölgeye yani yüksek etki bölgesine tekabül etmektedir. Etkili öğrenme diyagrama göre kontrol grubundaki uzman öğrencilerin hem hatırlama hemde transfer düzeyindeki etkili öğrenmelerinin diyagramın üçüncü bölgesine yani düşük performans, düşük bilişsel yüklenmeye bölgesine tekabül etmektedir. Kontrol grubundaki uzman olmayan öğrencilerin iki düzeydeki öğrenmeleri de düşük performans, yüksek bilişsel yüklenme bölgesi olan dördüncü bölgede yani düşük etki bölgesindedir.

5. Termodinamik Ünitesi 7. Oturumdan Elde Edilen Bulgular

Araştırmanın bu bölümünde, örneklemdeki öğrencilerin “Gibbs serbest enerjisi” konusunu öğrendikleri 7. oturumdan elde edilen bulgular sunulmuştur.

5.1 Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Termodinamik Ünitesi 7. Oturumdaki Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeğinden Elde Edilen Bulgular

Bu bölümde uygulamanın 7. oturumunun öğretiminden sonra deney ve kontrol grubundaki öğrencilere uygulanan Hatırlama Testi-7, Transfer Testi-7 ve Bilişsel Yük Ölçeği-7'den elde edilen puanlar karşılaştırılmıştır. Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin hatırlama, transfer ve Bilişsel Yük Ölçeği puanlarının aritmetik ortalamaları ve standart sapmaları Tablo 29'de sunulmuştur.

Tablo 29. 7. Oturumda, Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği Betimsel İstatistikleri

	Grup	N	Ortalama	S
Hatırlama Testi-7	Deney	18	81,89	17,23
	Kontrol	19	56,47	30,28
Transfer Testi-7	Deney	18	58,28	33,56
	Kontrol	19	28,89	31,79
Bilişsel Yük Ölçeği-7	Deney	18	3,33	1,29
	Kontrol	19	3,05	1,08

Gibbs serbest enerjisi konusunda hazırlanan Hatırlama Testine göre deney grubundaki öğrencilerin aritmetik puan ortalamaları ($\bar{X} = 81,89$) kontrol grubundaki öğrencilerin aritmetik ortalama puanlarından ($\bar{X} = 56,47$) yaklaşık 25 puan daha yüksektir. Aynı zamanda deney grubundaki öğrencilerin Transfer Testi aritmetik ortalama puanlarının ($\bar{X} = 58,28$) kontrol grubundaki öğrencilerin Transfer Testi aritmetik ortalama puanlarından ($\bar{X} = 28,89$) daha yüksek olduğu Tablo 29'da görülmektedir. Bilişsel Yük Ölçeğine göre ise deney grubundaki öğrencilerin ortalama bilişsel yük puanı ($\bar{X} = 3,33$) kontrol grubundaki öğrencilerin ortalama bilişsel yük puanları ($\bar{X} = 3,05$) ile birbirine oldukça yakındır. Hatırlama Testi, Transfer Testi ve bilişsel yük testlerindeki tabloda görülen farklılıkların istatistiksel olarak 0,05 düzeyinde anlamlı olup olmadığı çok faktörlü varyans analiziyle (MANOVA) test edilmiştir.

Ek 1'in devamı

Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin hatırlama, transfer ve Bilişsel Yük Ölçeği puanlarını analiz etmeden önce bu bağımlı değişkenlerin varyans ve kovaryans matrisleri arasında anlamlı bir fark bulunup bulunmadığı test edilmiştir. Araştırmada varyansların eşitliğini sınamak için Levene testi yapılmıştır. Levene testine göre Hatırlama Testi [$F(1-35) = 4,896$, $p = 0,034$, $p < 0,05$], Transfer Testi [$F(1-35) = 0,001$, $p = 0,993$, $p > 0,05$] ve Bilişsel Yük Ölçeğinin [$F(1-35) = 0,053$, $p = 0,819$, $p > 0,05$] varyanslarının eşit olduğu belirlenmiştir. Kovaryans matrislerinin eşitliğini sınamak amacıyla yapılan Box's M testine göre [$F(6-8798,394) = 3,253$, $p = 0,012$, $p < 0,05$], deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin hatırlama, transfer ve Bilişsel Yük Ölçeği puanlarının kovaryans matrislerinin eşit olmadığı görülmüştür.

Araştırmada kovaryans eşitliği sağlanamadığı için grup değişkeninin Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeğine etkisini yorumlamada Pillai's Trace testi kullanılmıştır. Bu testin sonucuna göre bellek kontrol değişkeninin bağımlı değişkenlerle alt düzeyde anlamlı bir ilişkisinin olduğu [Pillai's Trace = 0,200, $F(3-32) = 2,659$, $\eta_p^2 = 0,200$, $p = 0,065$, $p > 0,05$] ve grup bağımsız değişkenin bağımlı değişkenler üzerine anlamlı bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir [Pillai's Trace = 0,248, $F(3-32) = 3,514$, $\eta_p^2 = 0,248$, $p = 0,026$, $p < 0,05$]. Grup değişkenine göre kısmi eta kare (η_p^2) değeri 0,14'den büyük olduğu için hatırlama, transfer ve bilişsel yük testleri üzerinde bağımsız değişken büyük bir etkiye sahiptir. Bu değerlere göre 7. oturumdaki konuların Bilişsel Yük Kuramı ilkelerine göre hazırlanan yazılımdan veya geleneksel yolla öğrenilmesinin; hatırlama, transfer ve bilişsel yük testlerinde ortaya çıkan farkın %24,8'ini açıklamaktadır.

Tablo 30. Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği Ortalama Puanlarına Göre MANOVA Sonuçları

Varyansın Kaynağı	Bağımlı Değişkenler	Kareler Toplamı	Sd	Ortalamalar Karesi	F	p	η_p^2
Bellek	Hatırlama Testi-7	1371,363	1	1371,363	2,310	,138	,064
	Transfer Testi-7	126,063	1	126,063	,115	,736	,003
	Bilişsel Yük Ölçeği-7	2,944	1	2,944	2,155	,151	,060
Grup	Hatırlama Testi-7	6453,649	1	6453,649	10,873	,002	,242
	Transfer Testi-7	7731,597	1	7731,597	7,063	,012	,172
	Bilişsel Yük Ölçeği-7	,480	1	,480	,351	,557	,010
Hata	Hatırlama Testi-7	20181,152	34	593,563			
	Transfer Testi-7	37217,338	34	1094,628			
	Bilişsel Yük Ölçeği-7	46,448	34	1,366			
Toplam	Hatırlama Testi-7	27523,027	36				
	Transfer Testi-7	45323,676	36				
	Bilişsel Yük Ölçeği-7	50,120	36				

Tablo 30'da görüldüğü gibi bellek kontrol değişkeni, Hatırlama Testi [$F(1-34) = 2,310$, $\eta_p^2 = ,064$, $p = 0,138$, $p > 0,05$] ve Bilişsel Yük Ölçeği [$F(1-34) = 2,155$, $\eta_p^2 = 0,060$, $p = 0,151$, $p > 0,05$] ortalama puanlarıyla düşük; Transfer Testi [$F(1-34) = 0,115$, $\eta_p^2 = 0,003$, $p = 0,736$, $p > 0,05$] ortalama puanlarıyla ise yüksek düzeyde anlamlı bir ilişkiye sahiptir. Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin Hatırlama Testi [$F(1-34) = 10,873$, $\eta_p^2 = 0,242$, $p = 0,002$, $p < 0,05$] ve Transfer Testi [$F(1-34) = 7,063$, $\eta_p^2 = 0,172$, $p = 0,012$,

Ek 1'in devamı

$p < 0,05$] ortalama puanları arasında deney grubu lehine anlamlı bir farklılık varken Bilişsel Yük Ölçeği [$F(1-34) = 0,351$, $\eta_p^2 = 0,010$, $p = 0,557$, $p > 0,05$] puanları arasında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır.

5.2. Deney ve Kontrol Grubundaki Uzman ve Uzman Olmayan Öğrencilerin Termodinamik Ünitesi 7. Oturumdaki Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeğinden Elde Edilen Bulgular

Bu bölümde uygulamanın 7. oturumdaki konuların öğretiminden sonra deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin Hatırlama Testi-7, Transfer Testi-7 ve Bilişsel Yük Ölçeği-7'den elde edilen puanlar karşılaştırılmıştır. Deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin hatırlama, transfer ve Bilişsel Yük Ölçeği puanlarının aritmetik ortalamaları ve standart sapmaları Tablo 31'de sunulmuştur.

Tablo 31. Uzmanlık Faktörüne Göre Öğrencilerin Termodinamik Ünitesi 7. Oturumdaki Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği Betimsel İstatistikleri

	Uzmanlık	N	Ortalama	S
Hatırlama Testi-7	Deney Uzman	10	80,30	18,28
	Deney Uzman Olmayan	8	83,88	16,82
	Kontrol Uzman	12	60,17	31,28
	Kontrol Uzman Olmayan	7	50,14	29,72
Transfer Testi-7	Deney Uzman	10	57,50	35,87
	Deney Uzman Olmayan	8	59,25	32,85
	Kontrol Uzman	12	33,33	34,51
	Kontrol Uzman Olmayan	7	21,29	27,26
Bilişsel Yük Ölçeği-7	Deney Uzman	10	3,30	1,60
	Deney Uzman Olmayan	8	3,38	,87
	Kontrol Uzman	12	3,14	1,16
	Kontrol Uzman Olmayan	7	2,91	1,01

Hatırlama Testine göre deney grubundaki uzman olmayan öğrenciler ($\bar{X} = 83,88$) uzman öğrencilerden ($\bar{X} = 80,30$) daha yüksek puan alırken kontrol grubundaki uzman öğrenciler ($\bar{X} = 60,17$) uzman olmayan öğrencilerden ($\bar{X} = 50,14$) daha yüksek puan almıştır. Transfer Testine göre ise deney grubundaki uzman ($\bar{X} = 57,50$) ve uzman olmayan öğrencilerin ortalama puanları ($\bar{X} = 59,25$) birbirine çok yakınken kontrol grubundaki uzman öğrencilerin ($\bar{X} = 33,33$) uzman olmayan öğrencilerden ($\bar{X} = 21,29$) daha yüksek puan aldığı Tablo 31'de görülmektedir. Bilişsel Yük Ölçeğine göre en yüksek puanı deney grubundaki uzman olmayan öğrenciler ($\bar{X} = 3,38$) almakla birlikte dört grupta puanlarının birbirine oldukça yakın olduğu belirlenmiştir. Hatırlama Testi, Transfer Testi ve bilişsel yük testlerine göre tabloda görülen farklılıkların istatistiki olarak $0,05$ düzeyinde anlamlı olup olmadığı çok faktörlü varyans analiziyle (MANOVA) test edilmiştir.

Ek 1'in devamı

Deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin hatırlama, transfer ve Bilişsel Yük Ölçeği puanlarını analiz etmeden önce bu bağımlı değişkenlerin varyans ve kovaryans matrisleri arasında anlamlı bir fark bulunup bulunmadığı test edilmiştir. Araştırmada varyansların eşitliğini sınamak amacıyla Levene testi kullanılmıştır. Bu teste göre Hatırlama Testi [$F(3-33)= 1,917$, $p= 0,146$, $p>0,05$] ve Transfer Testinin [$F(3-33)= 0,148$, $p= 0,931$, $p>0,05$] varyanslarının eşit olduğu fakat Bilişsel Yük Ölçeğinin [$F(3-33)= 3,436$, $p=0,028$, $p<0,05$] varyanslarının eşit olmadığı belirlenmiştir. Kovaryans matrislerinin eşitliğini sınamak amacıyla yapılan Box's M testine göre [$F(18-2663,153)= 1,518$, $p= 0,074$, $p>0,05$], deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin hatırlama, transfer ve Bilişsel Yük Ölçeği puanlarının kovaryans matrislerinin eşit olduğu görülmüş ve çok faktörlü varyans analizi (MANOVA) testinin yapılmasına karar verilmiştir.

Araştırmada kovaryans eşitliği sağlandığı için uzmanlık değişkeninin Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeğine etkisini yorumlamada Wilks' Lambda testi kullanılmıştır. Wilks' Lambda testine göre bellek kontrol değişkeninin bağımlı değişkenlerle anlamlı bir ilişkisinin olmadığı [$(\lambda)=0,751$, $F(3-30)= 3,316$, $\eta_p^2 = 0,249$, $p= 0,033$, $p<0,05$] ve uzmanlık bağımsız değişkenin belirtilen bağımlı değişkenler üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olmadığı bulunmuştur [$(\lambda)= 0,684$, $F(9-73,163)= 1,373$, $\eta_p^2 = 0,119$, $p=0,216$, $p<0,05$]. Uzmanlık değişkenine göre kısmi eta kare (η_p^2) değeri 0,06'dan büyük olduğu için hatırlama, transfer ve bilişsel yük testleri üzerinde uzmanlık değişkeninin orta düzeyde bir etkisi vardır. Bu değerlere göre uzmanlık değişkeninin; hatırlama, transfer ve bilişsel yük testlerinden ortaya çıkan farkın %11,9'unu açıklamaktadır.

Tablo 32. Deney ve Kontrol Grubundaki Uzman ve Uzman Olmayan Öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği Ortalama Puanlarına Göre MANOVA Sonuçları

Varyansın Kaynağı	Bağımlı Değişkenler	Kareler Toplamı	Sd	Ortalamalar Karesi	F	p	η_p^2
Bellek	Hatırlama Testi-7	917,882	1	917,882	1,459	,236	,044
	Transfer Testi-7	653,340	1	653,340	,580	,452	,018
	Bilişsel Yük Ölçeği-7	4,978	1	4,978	3,608	,067	,101
Uzmanlık	Hatırlama Testi-7	6501,184	3	2167,061	3,444	,028	,244
	Transfer Testi-7	8914,180	3	2971,393	2,639	,066	,198
	Bilişsel Yük Ölçeği-7	2,782	3	,927	,672	,575	,059
Hata	Hatırlama Testi-7	20133,617	32	629,176			
	Transfer Testi-7	36034,756	32	1126,086			
	Bilişsel Yük Ölçeği-7	44,147	32	1,380			
Toplam	Hatırlama Testi-7	27523,027	36				
	Transfer Testi-7	45323,676	36				
	Bilişsel Yük Ölçeği-7	50,120	36				

Tablo 32'den görüldüğü gibi bellek kontrol değişkeninin, Hatırlama Testi [$F(1-32)= 1,459$, $\eta_p^2 = 0,044$, $p= 0,236$, $p>0,05$], Transfer Testi [$F(1-32)= 0,580$, $\eta_p^2 = 0,018$, $p= 0,452$, $p>0,05$] ve Bilişsel Yük Ölçeği [$F(1-32)= 3,608$, $\eta_p^2 = 0,101$, $p= 0,067$, $p>0,05$] ortalama puanlarıyla zayıf ve orta düzeyde anlamlı ilişkiye sahiptir. Aynı tablodan deney

Ek 1'in devamı

ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin Hatırlama Testi [$F(3-32)=3,444$, $\eta_p^2 = 0,244$, $p= 0,028$, $p<0,05$] puanları arasında anlamlı bir farklılık olduğu fakat Transfer Testi [$F(3-32)= 2,639$, $\eta_p^2 = 0,198$, $p=0,066$, $p>0,05$] ve Bilişsel Yük Ölçeği [$F(3-32)= 0,672$, $\eta_p^2 = 0,059$, $p= 0,575$, $p>0,05$] ortalama puanları arasında anlamlı bir farklılık olmadığı görülmektedir.

Deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeğinden aldıkları puanlarına göre çoklu karşılaştırmaları Tablo 33'de görülmektedir.

Tablo 33. Deney ve Kontrol Grubundaki Uzman ve Uzman Olmayan Öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği Ortalama Puanlarına Göre Bonferroni Testi Sonuçları

Bağımlı Değişken	Uzmanlık (I)	Uzmanlık (J)	Ortalama Farkı	Standart Hata	p
Hatırlama Testi-7	DU	DUO	,745	12,424	,953
		KU	25,538(*)	11,635	,036
		KUO	28,940(*)	12,402	,026
	DUO	DU	-,745	12,424	,953
		KU	24,793(*)	11,484	,038
		KUO	28,195(*)	13,768	,049
	KU	DU	-25,538(*)	11,635	,036
		DUO	-24,793(*)	11,484	,038
		KUO	3,402	13,129	,797
	KUO	DU	-28,940(*)	12,402	,026
		DUO	-28,195(*)	13,768	,049
		KU	-3,402	13,129	,797
Transfer Testi-7	DU	DUO	-5,395	16,621	,748
		KU	19,607	15,566	,217
		KUO	37,241(*)	16,592	,032
	DUO	DU	5,395	16,621	,748
		KU	25,001	15,364	,113
		KUO	42,636(*)	18,419	,027
	KU	DU	-19,607	15,566	,217
		DUO	-25,001	15,364	,113
		KUO	17,635	17,564	,323
	KUO	DU	-37,241(*)	16,592	,032
		DUO	-42,636(*)	18,419	,027
		KU	-17,635	17,564	,323
Bilişsel Yük Ölçeği-7	DU	DUO	-,393	,582	,504
		KU	-,237	,545	,667
		KUO	,485	,581	,410
	DUO	DU	,393	,582	,504
		KU	,156	,538	,773
		KUO	,878	,645	,183
	KU	DU	,237	,545	,667
		DUO	-,156	,538	,773
		KUO	,722	,615	,249

Ek 1'in devamı

Tablo 33'ün devamı

Bilişsel Yük Ölçeği-7	KUO	DU	-,485	,581	,410
		DUO	-,878	,645	,183
		KU	-,722	,615	,249

DU:Deney Uzman, **DUO:**Deney Uzman Olmayan, **KU:**Kontrol Uzman, **KUO:**Kontrol Uzman Olmayan

* 0,05 düzeyinde anlamlı

Bonferroni testi sonuçlarına göre deney grubundaki uzman öğrencilerin Hatırlama Testi puanlarının kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilere göre ve deney grubundaki uzman olmayan öğrencilerin kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilere göre anlamlı bir farklılık göstermektedir. Transfer Testine göre deney grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerle kontrol grubundaki uzman olmayan öğrenciler arasında anlamlı bir farklılık bulunmuştur. Bununla birlikte Hatırlama Testi ve Transfer Testi puanlarına göre hem deney grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrenciler hemde kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrenciler arasında anlamlı bir farklılık olmadığı belirlenmiştir. Bilişsel Yük Ölçeği puanlarına göre gruplar arasında anlamlı bir farklılık olmadığı da Tablo 33'den görülmektedir.

5.3. Grup Değişkenine Göre Öğrencilerin Termodinamik Ünitesi 7. Oturumdaki Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği Puanlarına Dayanarak Hesaplanan Etkili Öğrenme Düzeyine İlişkin Bulgular

Gibbs serbest enerjisi konusunun ele alındığı bu oturumda, öğrencilerin konuyu bilişsel yük ilkelerine göre hazırlanmış öğretim yazılımından veya geleneksel yolla öğrenmelerinin öğrencilerin etkili öğrenmeleri üzerine katkısı ile ilgili bulgulara yer verilmiştir.

Tablo 34'de deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin hatırlama ve transfer düzeyindeki performans z puanları, bilişsel yük z puanları ve her iki düzeyde de hesaplanan etkili öğrenme puanlarına yer verilmiştir.

Tablo 34. 7. Oturuma Göre Öğrencilerin Performans Z Puanları, Bilişsel Yük Z Puanları ve Etkili Öğrenme Puanları

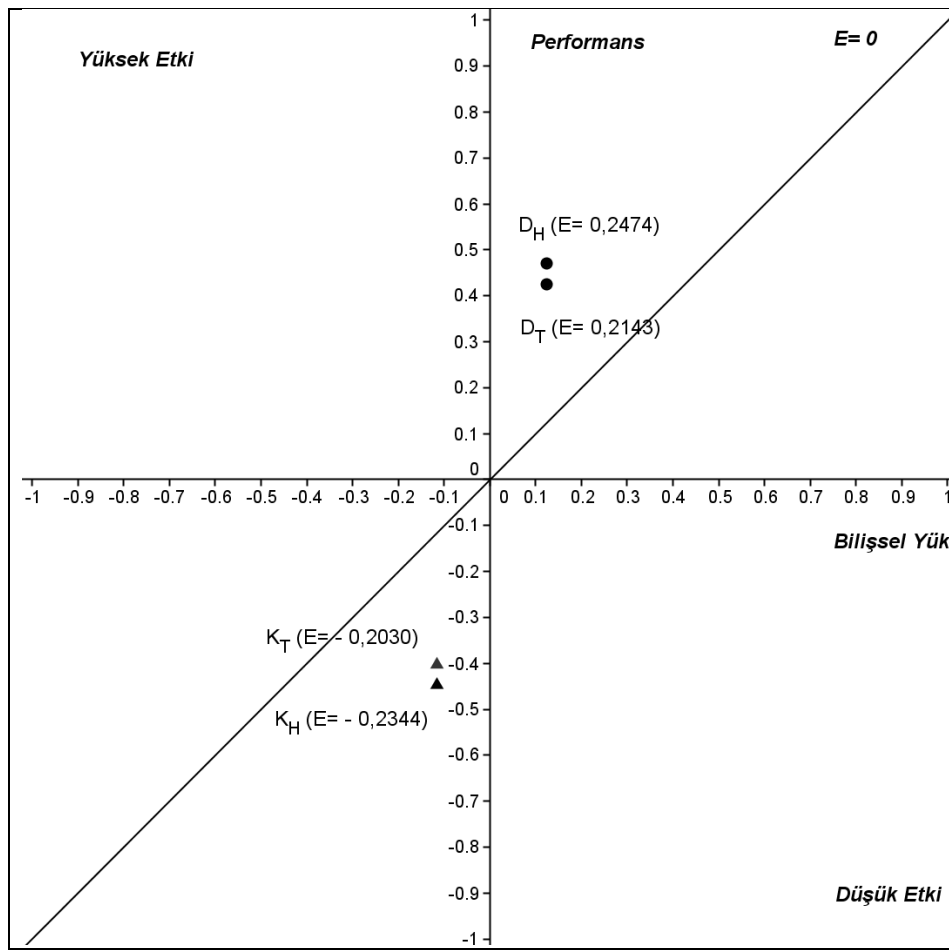
	Grup	N	Performans Z Puanı	Bilişsel Yük Z Puanı	Etkili Öğrenme Puanı (E)
Hatırlama Testi-7	Deney	18	0,4720	0,1222	0,2474
	Kontrol	19	-0,4472	-0,1157	-0,2344
Transfer Testi-7	Deney	18	0,4252	0,1222	0,2143
	Kontrol	19	-0,4029	-0,1157	-0,2030

Tablo 34'den de görüldüğü gibi deney grubundaki öğrencilerin hem hatırlama hemde transfer performans puanları kontrol grubundaki öğrencilerin performans puanlarından daha yüksektir. Bununla birlikte deney grubundaki öğrencilerin ortalama bilişsel yük z

Ek 1'in devamı

puanlarının ($\bar{X} = 0,1222$) da kontrol grubundaki öğrencilerin ortalama bilişsel yük puanlarından ($\bar{X} = -0,1157$) yüksek olduğu görülmektedir. Kontrol grubundaki öğrencilerin daha düşük bilişsel yük Z puanına sahip olmalarına rağmen hatırlama puanları daha düşük olduğu için hatırlama etkili öğrenme puanları deney grubuna göre daha düşüktür. Transfer etkili öğrenme puanına göre de kontrol grubundaki öğrencilerin etkili öğrenme puanının ($E = -0,2030$) deney grubundaki öğrencilerin puanından ($E = 0,2143$) düşük olduğu tablodan görülmektedir.

Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin hem hatırlama hemde transfer etkili öğrenme puanlarına ait grafik aşağıda görülmektedir.



Şekil 9. 7. Oturuma Göre Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Hatırlama ve Transfer Düzeyindeki Etkili Öğrenme Grafiği

D_H(●):Deney Hatırlama, D_T(●):Deney Transfer
 K_H (▲):Kontrol Hatırlama, K_T (▲):Kontrol Transfer

Ek 1'in devamı

Etkili öğrenme diyagramından da görüldüğü gibi gibbs enerjisi konusunu öğrenirken deney grubundaki öğrencilerin hem hatırlama hemde transfer düzeyindeki öğrenmelerinin diyagramın birinci bölgesine yani yüksek performans yüksek bilişsel yüklenme bölgesindedir. Kontrol grubunun ise hatırlama ve transfer düzeyindeki öğrenmelerinin düşük performans düşük bilişsel yük bölgesi olan üçüncü bölgede bulunduğu diyagramdan görülmektedir.

5.4. Uzmanlık Değişkenine Göre Öğrencilerin Termodinamik Ünitesi 7. Oturumdaki Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği Puanlarına Dayanarak Hesaplanan Etkili Öğrenme Düzeyine İlişkin Bulgular

Tablo 35'de deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin, hatırlama ve transfer düzeyindeki performans Z puanı aritmetik ortalamaları; bilişsel yük Z puanı aritmetik ortalamaları ve her iki düzeyde de hesaplanan etkili öğrenme puanları görülmektedir.

Tablo 35. 7. Oturuma Göre Uzman ve Uzman Olmayan Öğrencilerin Performans Z Puanları, Bilişsel Yük Z puanları ve Etkili Öğrenme Puanları

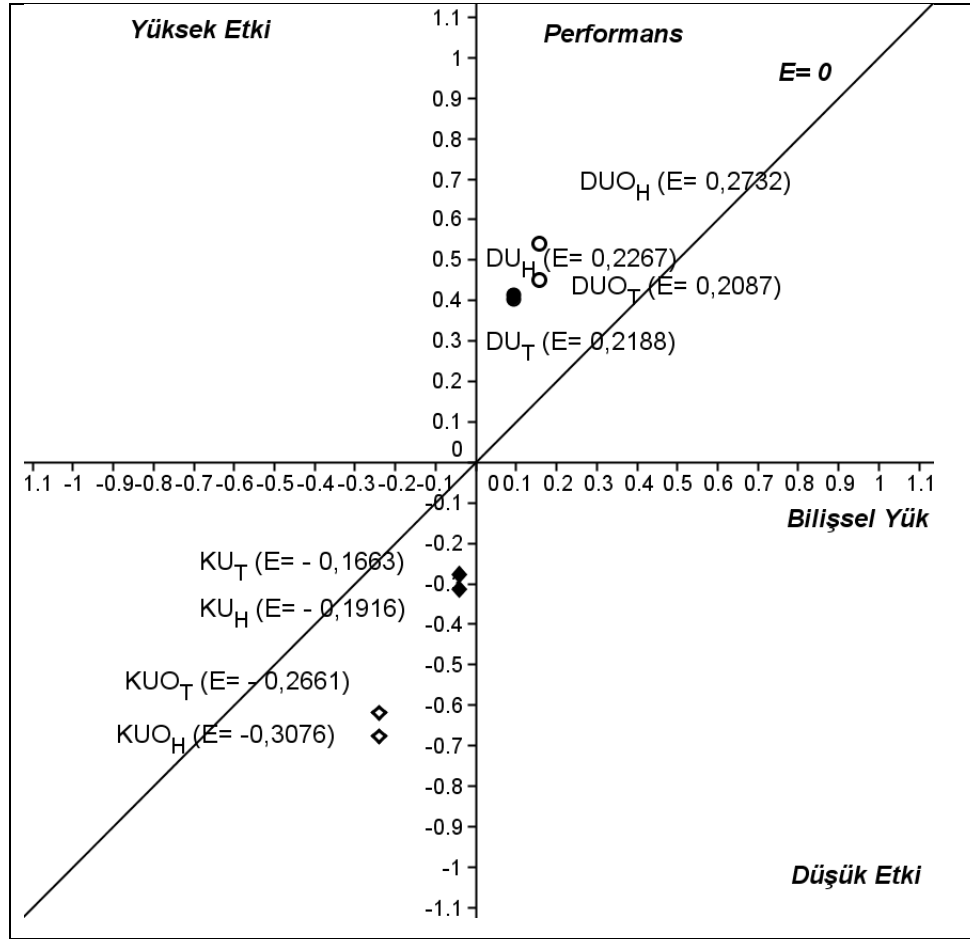
	Grup	N	Performans Z Puanı	Bilişsel Yük Z Puanı	Etkili Öğrenme Puanı (E)
Hatırlama Testi-7	DU	10	0,4145	0,0939	0,2267
	DUO	8	0,5438	0,1575	0,2732
	KU	12	-0,3136	-0,0426	-0,1916
	KUO	7	-0,6761	-0,2411	-0,3076
Transfer Testi-7	DU	10	0,4033	0,0939	0,2188
	DUO	8	0,4526	0,1575	0,2087
	KU	12	-0,2778	-0,0426	-0,1663
	KUO	7	-0,6173	-0,2411	-0,2661

DU:Deney Uzman, **DUO:**Deney Uzman Olmayan, **KU:**Kontrol Uzman, **KUO:**Kontrol Uzman Olmayan

Bu oturumda hem hatırlama hemde transfer düzeyinde deney grubundaki uzman olmayan öğrencilerin diğer üç gruba göre daha yüksek performans Z puanına sahipken kontrol grubundaki uzman olmayan öğrencilerin en düşük performans Z puanına sahip oldukları görülmektedir. Yine aynı tablodan görüldüğü gibi her iki düzeyde de deney grubundaki uzman olmayan öğrenciler kendi gruplarındaki uzman öğrencilerden daha yüksek performans gösterirken kontrol grubundaki uzman olmayan öğrenciler kendi gruplarındaki uzman olmayan öğrencilerden daha düşük performans sergilemişlerdir. Bununla birlikte deney grubundaki uzman öğrenciler ($\bar{X} = 0,0939$) kendi gruplarındaki uzman olmayan öğrencilere ($\bar{X} = 0,1575$) göre daha düşük bilişsel yük Z puanına sahipken kontrol grubundaki uzman öğrenciler ($\bar{X} = -0,0426$) kendi gruplarındaki uzman olmayan öğrencilere ($\bar{X} = -0,2411$) göre daha yüksek bilişsel yük Z puanına sahiptirler. Deney grubundaki uzman olmayan öğrenciler kendi gruplarındaki uzman öğrencilere göre daha yüksek bilişsel yük Z puanına sahip olmalarına rağmen hatırlama düzeyinde uzman

Ek 1'in devamı

öğrencilere göre daha yüksek performans Z puanına sahip olduklarından daha yüksek hatırlama etkili öğrenme puanına ($E= 0,2732$) sahiptirler. Fakat deney grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin transfer z puanları birbirine yakın olduğu ve uzman öğrenciler de daha düşük bilişsel yük Z puanına sahip oldukları için uzman öğrencilerin transfer etkili öğrenme puanı ($E= 0,2188$) uzman olmayan öğrencilere göre daha fazladır ($E= 0,2087$). Kontrol grubundaki uzman öğrenciler kendi gruplarındaki uzman olmayan öğrencilere göre daha yüksek bilişsel yük Z puanına sahip olmalarına rağmen hem hatırlama hemde transfer düzeyinde daha yüksek performans puanına sahip olduklarından her iki düzeyde de daha yüksek etkili öğrenme puanına sahip oldukları Tablo 35'den görülmektedir. Tablodan görüldüğü gibi deney grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin hem hatırlama hemde transfer düzeyindeki etkili öğrenme puanları pozitifken kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin hem hatırlama hemde transfer düzeyindeki etkili öğrenme puanları negatiftir.



Şekil 10.7. Oturuma Göre Deney ve Kontrol Grubundaki Uzman ve Uzman Olmayan Öğrencilerin Hatırlama ve Transfer Düzeyindeki Etkili Öğrenme Grafiği

DU_H (●):Deney Uzman Hatırlama, DU_T (●):Deney Uzman Transfer

DUO_H (○):Deney Uzman Olmayan Hatırlama, DUO_T (○):Deney Uzman Olmayan Transfer

KU_H (◆): Kontrol Uzman Hatırlama, KU_T (◆): Kontrol Uzman Transfer,

KUO_H (◇):Kontrol Uzman Olmayan Hatırlama, KUO_T (◇):Kontrol Uzman Olmayan Transfer

Ek 1'in devamı

Diyagramdan da görüldüğü gibi hem hatırlama hemde transfer düzeyinde deney grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin etkili öğrenme puanları birinci yani yüksek performans yüksek bilişsel yüklenme bölgesindedir. Kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin etkili öğrenme bölgelerinin ise düşük performans düşük bilişsel yüklenmeyi gösteren üçüncü bölgede olduğu görülmektedir.

6. Termodinamik Ünitesi 8. Oturumdan Elde Edilen Bulgular

Bu bölümde, “Gibbs Enerjisi ve Denge; Termodinamiğin Sıfıncı Kanunu” konularının işlendiği sekizinci oturumdan sonra örneklemdaki öğrencilere uygulanan Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeğinde elde edilen bulgulara yer verilmiştir.

6.1. Deney ve Kontrol Grubundaki Uzman ve Uzman Olmayan Öğrencilerin Termodinamik Ünitesi 8. Oturumundaki Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeğinden Elde Edilen Bulgular

Örneklemdaki öğrencilerin sekizinci oturumdaki konuları öğrenmesinden sonra deney ve kontrol gruplarına uygulanan Hatırlama Testi-8, Transfer Testi-8 ve Bilişsel Yük Ölçeği-8'den elde edilen puanlar karşılaştırılmıştır.

Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin Hatırlama Testi-8, Transfer Testi-8 ve Bilişsel Yük Ölçeği-8 puanlarının aritmetik ortalamaları ve standart sapmaları Tablo 36'da sunulmuştur.

Tablo 36. 8. Oturumda, Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği Betimsel İstatistikleri

	Grup	N	Ortalama	S
Hatırlama Testi-8	Deney	18	68,11	22,02
	Kontrol	19	26,84	31,01
Transfer Testi-8	Deney	18	49,22	35,86
	Kontrol	19	29,68	21,16
Bilişsel Yük Ölçeği-8	Deney	18	4,07	1,57
	Kontrol	19	3,05	1,18

Deney grubundaki öğrencilerin Hatırlama Testi aritmetik puan ortalamaları ($\bar{X} = 68,11$) kontrol grubundaki öğrencilerin ortalamasından ($\bar{X} = 26,84$) daha yüksektir. Benzer şekilde Transfer Testi aritmetik ortalama puanlarına göre de deney grubundaki öğrencilerin ($\bar{X} = 49,22$), kontrol grubundaki öğrencilerde ($\bar{X} = 29,68$) daha yüksek puan aldıkları Tablo 36'dan görülmektedir. Yine aynı tablodan deney grubundaki öğrencilerin ortalama bilişsel yük puanının ($\bar{X} = 3,20$) kontrol grubundaki öğrencilerin ortalama bilişsel yük puanından ($\bar{X} = 3,23$) yüksek olduğu görülmektedir. Dolayısıyla deney grubundaki öğrencilerin bu oturumdaki “Gibbs Enerjisi ve Denge; Termodinamiğin Sıfıncı Kanunu” konularını öğrenirken zihinsel olarak daha fazla çaba sarfettikleri belirlenmiştir. Hatırlama Testi, Transfer Testi ve bilişsel yük testlerindeki tabloda görülen farklılıkların istatistiksel olarak 0,05 düzeyinde anlamlı olup olmadığı çok faktörlü varyans analiziyle (MANOVA) test edilmiştir.

Ek 1'in devamı

Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin hatırlama, transfer ve Bilişsel Yük Ölçeği puanlarını analiz etmeden önce bu bağımlı değişkenlerin varyans ve kovaryans matrisleri arasında anlamlı bir fark bulunup bulunmadığı test edilmiştir. Araştırmada varyansların eşitliğini sınamak için Levene testi yapılmıştır. Levene testine göre; hatırlama [$F(1-35)=1,700$, $p=0,201$, $p>0,05$], transfer [$F(1-35)=4,525$, $p=0,045$, $p<0,05$] ve bilişsel yük [$F(1-35)=3,302$, $p=0,078$, $p>0,05$] testinin varyanslarının eşit olduğu belirlenmiştir. Kovaryans matrislerinin eşitliğini sınamak amacıyla yapılan Box's M testine göre [$F(6-8798,394)=1,278$, $p=0,263$, $p>0,05$], deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin hatırlama, transfer ve Bilişsel Yük Ölçeği puanlarının kovaryans matrislerinin eşit olduğunu görülmüş ve çok faktörlü varyans analizi yapılmasına (MANOVA) karar verilmiştir.

Grup değişkenine göre Hatırlama Testi, Transfer Testi ve bilişsel yük testlerinin etkisini yorumlamada, araştırmada kovaryans eşitliği sağlandığı için Wilks' Lambda testi kullanılmıştır. Wilks' Lambda testine göre bellek kontrol değişkeninin bağımlı değişkenlerle orta düzeyde anlamlı bir ilişkisinin olduğu [$(\lambda)=0,920$, $F(3-32)=0,932$, $\eta_p^2=0,080$, $p=0,436$, $p>0,05$] ve grup bağımsız değişkenin bağımlı değişkenler üzerine anlamlı bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir [$(\lambda)=0,535$, $F(3-32)=9,273$, $\eta_p^2=0,465$, $p=0,000$, $p<0,05$]. Grup değişkenine göre kısmi eta kare (η_p^2) değeri 0,14'den büyük olduğu için hatırlama, transfer ve bilişsel yük testleri üzerinde uzmanlık değişkeni büyük bir etkiye sahip olmakla birlikte, grup değişkeni bağımlı değişkenlerde ortaya çıkan farkın %46,5'ini açıklamaktadır.

Tablo 37. Deney ve Kontrol Grubundaki Uzman ve Uzman Olmayan Öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği Ortalama Puanlarına Göre MANOVA Sonuçları

Varyansın Kaynağı	Bağımlı Değişkenler	Kareler Toplamı	Sd	Ortalamalar Karesi	F	p	η_p^2
Bellek	Hatırlama Testi-8	151,843	1	151,843	,203	,655	,006
	Transfer Testi-8	2031,343	1	2031,343	2,476	,125	,068
	Bilişsel Yük Ölçeği-8	2,452	1	2,452	1,295	,263	,037
Grup	Hatırlama Testi-8	15893,680	1	15893,680	21,273	,000	,385
	Transfer Testi-8	3027,820	1	3027,820	3,690	,063	,098
	Bilişsel Yük Ölçeği-8	8,697	1	8,697	4,592	,039	,119
Hata	Hatırlama Testi-8	25402,461	34	747,131			
	Transfer Testi-8	27895,874	34	820,467			
	Bilişsel Yük Ölçeği-8	64,396	34	1,894			
Toplam	Hatırlama Testi-8	41296,757	36				
	Transfer Testi-8	33455,676	36				
	Bilişsel Yük Ölçeği-8	76,492	36				

Tablo 37'de görüldüğü gibi bellek kontrol değişkeninin, Hatırlama Testi [$F(1-34)=0,203$, $\eta_p^2=0,006$, $p=0,860$, $p>0,05$] puanlarıyla üst düzeyde anlamlı bir ilişkiye sahip olduğu; transfer [$F(1-34)=2,476$, $\eta_p^2=0,068$, $p=0,125$, $p>0,05$] ve Bilişsel Yük Ölçeği [$F(1-34)=1,295$, $\eta_p^2=0,037$, $p=0,263$, $p>0,05$] ortalama puanlarıyla ise zayıf ve orta düzeyde anlamlı bir ilişkiye sahiptir. Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin Hatırlama Testi [$F(1-34)=21,273$, $\eta_p^2=0,385$, $p=0,000$, $p<0,05$] ve Bilişsel Yük Ölçeği [$F(1-34)=$

Ek 1'in devamı

4,592, $\eta_p^2 = 0,119$, $p = 0,039$, $p < 0,05$] puanları arasında anlamlı bir farklılık varken Transfer Testi [$F(1-34) = 3,690$, $\eta_p^2 = 0,098$, $p = 0,063$, $p > 0,05$] puanları arasında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır.

6.2. Deney ve Kontrol Grubundaki Uzman ve Uzman Olmayan Öğrencilerin Termodinamik Ünitesi 8. Oturumdaki Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeğinden Elde Edilen Bulgular

Bu bölümde örneklemden öğrenciler “Gibbs enerjisi ve denge; Termodinamiğin sıfıncı kanunu” konularını öğrendikten sonra uygulanan Hatırlama Testi-8, Transfer Testi-8 ve Bilişsel Yük Ölçeği-8'den elde edilen puanlar karşılaştırılmıştır.

Deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği puanlarının aritmetik ortalamaları ve standart sapmaları Tablo 38'de sunulmuştur.

Tablo 38. Uzmanlık Faktörüne Göre Öğrencilerin Termodinamik Ünitesi 8. Oturumdaki Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği Betimsel İstatistikleri

	Uzmanlık	N	Ortalama	S
Hatırlama Testi-8	Deney Uzman	10	72,80	20,62
	Deney Uzman Olmayan	8	62,25	23,68
	Kontrol Uzman	12	27,08	31,66
	Kontrol Uzman Olmayan	7	26,43	32,37
Transfer Testi-8	Deney Uzman	10	51,00	37,33
	Deney Uzman Olmayan	8	47,00	36,36
	Kontrol Uzman	12	33,50	23,62
	Kontrol Uzman Olmayan	7	23,15	15,57
Bilişsel Yük Ölçeği-8	Deney Uzman	10	3,87	1,79
	Deney Uzman Olmayan	8	4,33	1,31
	Kontrol Uzman	12	3,14	1,20
	Kontrol Uzman Olmayan	7	2,91	1,21

Tablo 38'den deney grubundaki uzman öğrencilerin Hatırlama Testi aritmetik ortalama puanlarının ($\bar{X} = 72,80$) deney grubundaki uzman olmayan öğrencilerden ($\bar{X} = 62,25$) ve kontrol grubundaki hem uzman ($\bar{X} = 27,08$) hemde uzman olmayan öğrencilerden ($\bar{X} = 26,43$) daha yüksek olduğu görülmektedir. Transfer Testi aritmetik ortalama puanlarına göre en yüksek puanı deney grubundaki uzman öğrenciler ($\bar{X} = 51,00$) alırken en düşük puanı kontrol grubundaki uzman olmayan öğrenciler ($\bar{X} = 23,15$) almıştır. Bilişsel Yük Ölçeği ortalama puanlarına göre en yüksek puanı kontrol grubundaki uzman olmayan öğrenciler ($\bar{X} = 4,33$), en düşük puanı ise deney grubundaki uzman olmayan öğrenciler ($\bar{X} = 2,91$) almıştır. Hatırlama Testi, Transfer Testi ve bilişsel yük testlerine göre tabloda görülen farklılıkların istatistiki olarak 0,05 düzeyinde anlamlı olup olmadığı çok faktörlü varyans analiziyle (MANOVA) test edilmiştir.

Ek 1'in devamı

Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin hatırlama, transfer ve Bilişsel Yük Ölçeği puanlarını analiz etmeden önce bu bağımlı değişkenlerin varyans ve kovaryans matrisleri arasında anlamlı bir fark olup olmadığı test edilmiştir. Araştırmada bağımlı değişkenlerin varyanslarının eşitliğini sınamak için yapılan Levene testi yapılmıştır. Bu teste göre, hatırlama [$F(3-33)= 0,578$, $p=0,634$, $p>0,05$], transfer [$F(3-33)= 1,953$, $p=0,140$, $p>0,05$] ve bilişsel yük [$F(3-33)= 1,638$, $p=0,199$, $p>0,05$] testinin varyanslarının eşit olduğu belirlenmiştir. Kovaryans matrislerinin eşitliğini sınamak amacıyla yapılan Box's M testine göre [$F(18-2663,153)= 0,818$, $p=0,681$, $p>0,05$], deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin hatırlama, transfer ve Bilişsel Yük Ölçeği puanlarının kovaryans matrislerinin eşit olduğunu görülmüştür. Varyans ve kovaryans eşitliği sağlandığı için bu testlerin arasındaki farklılığı belirlemede çok faktörlü varyans analizi yapılmasına (MANOVA) karar verilmiştir.

Araştırmada kovaryans eşitliği sağlandığı için uzmanlık değişkenlerine göre Hatırlama Testi, Transfer Testi ve bilişsel yük testlerinin etkisini yorumlamada Wilks' Lambda testi kullanılmıştır. Wilks' Lambda testine göre bellek kontrol değişkeninin bağımlı değişkenlerle anlamlı bir ilişkisinin olduğu [$(\lambda)=0,847$, $F(3-30)= 1,804$, $\eta_p^2 = 0,153$, $p=0,168$, $p>0,05$]; uzmanlık bağımsız değişkenin ise bağımlı değişkenler üzerine anlamlı bir etkiye sahip olduğu bulunmuştur [$(\lambda)= 0,466$, $F(9-73,163)= 2,998$, $\eta_p^2 = 0,225$, $p=0,004$, $p<0,05$]. Uzmanlık değişkenine göre kısmi eta kare (η_p^2) değeri 0,14'den büyük olduğu için hatırlama, transfer ve bilişsel yük testleri üzerinde uzmanlık değişkeni büyük bir etkiye sahiptir. Bu değerlere göre uzmanlık değişkeni; hatırlama, transfer ve bilişsel yük testlerinde ortaya çıkan farkın %22,5'ini açıklamaktadır.

Tablo 39. Deney ve Kontrol Grubundaki Uzman ve Uzman Olmayan Öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği Ortalama Puanlarına Göre MANOVA Sonuçları

Varyansın Kaynağı	Bağımlı Değişkenler	Kareler Toplamı	Sd	Ortalama Karesi	F	p	η_p^2
Bellek	Hatırlama Testi-8	404,466	1	404,466	,525	,474	,016
	Transfer Testi-8	3468,393	1	3468,393	4,283	,047	,118
	Bilişsel Yük Ölçeği-8	5,330	1	5,330	2,828	,102	,081
Uzmanlık	Hatırlama Testi-8	16642,875	3	5547,625	7,201	,001	,403
	Transfer Testi-8	5010,229	3	1670,076	2,062	,125	,162
	Bilişsel Yük Ölçeği-8	12,784	3	4,261	2,261	,100	,175
Hata	Hatırlama Testi-8	24653,265	32	770,415			
	Transfer Testi-8	25913,465	32	809,796			
	Bilişsel Yük Ölçeği-8	60,309	32	1,885			
Toplam	Hatırlama Testi-8	41296,757	36				
	Transfer Testi-8	33455,676	36				
	Bilişsel Yük Ölçeği-8	76,492	36				

Tablo 39'da görüldüğü gibi bellek kontrol değişkeninin, Hatırlama Testi [$F(1-32)= 0,525$, $\eta_p^2 = 0,016$, $p= 0,474$, $p>0,05$], Transfer Testi [$F(1-32)= 4,283$, $\eta_p^2 = 0,118$, $p= 0,047$, $p<0,05$] ve Bilişsel Yük Ölçeği [$F(1-32)= 2,828$, $\eta_p^2 = 0,081$, $p= 0,102$, $p>0,05$] ortalama puanlarıyla anlamlı bir ilişkiye sahiptir. Deney ve kontrol grubundaki uzman ve

Ek 1'in devamı

uzman olmayan öğrencilerin Hatırlama Testi [$F(3-32)= 7,201$, $\eta_p2 = 0,403$, $p= 0,001$, $p<0,05$] puanlarına göre anlamlı bir farklılık olduğu; Transfer Testi [$F(3-32)= 2,062$, $\eta_p2 = 0,162$, $p=0,125$, $p<0,05$] ve Bilişsel Yük Ölçeği [$F(3-32)= 2,261$, $\eta_p2 = 0,175$, $p= 0,100$, $p>0,05$] puanları arasında ise anlamlı bir farklılık olmadığı bulunmuştur.

Deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilere sekizinci oturumdaki “gibbs enerjisi ve denge; termodinamiğin sıfıncı kanunu” konuları işlendikten sonra uygulanan Hatırlama Testi-8, Transfer Testi-8 ve Bilişsel Yük Ölçeği-8'den aldıkları puanlarına göre Bonferroni testi sonuçları Tablo 40'da görülmektedir.

Tablo 40. Deney ve Kontrol Grubundaki Uzman ve Uzman Olmayan Öğrencilerin Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği Ortalama Puanlarına Göre Bonferroni Testi Sonuçları

Bağımlı Değişken	Uzmanlık (I)	Uzmanlık (J)	Ortalama Farkı	Standart Hata	p
Hatırlama Testi-8	DU	DUO	13,418	13,748	1,000
		KU	49,304(*)	12,875	,003
		KUO	45,563(*)	13,724	,014
	DUO	DU	-13,418	13,748	1,000
		KU	35,887(*)	12,708	,049
		KUO	32,146	15,235	,257
	KU	DU	-49,304(*)	12,875	,003
		DUO	-35,887(*)	12,708	,049
		KUO	-3,741	14,528	1,000
	KUO	DU	-45,563(*)	13,724	,014
		DUO	-32,146	15,235	,257
		KU	3,741	14,528	1,000
Transfer Testi-8	DU	DUO	-4,397	14,095	1,000
		KU	6,994	13,200	1,000
		KUO	30,224	14,070	,236
	DUO	DU	4,397	14,095	1,000
		KU	11,391	13,029	1,000
		KUO	34,621	15,619	,203
	KU	DU	-6,994	13,200	1,000
		DUO	-11,391	13,029	1,000
		KUO	23,230	14,895	,772
	KUO	DU	-30,224	14,070	,236
		DUO	-34,621	15,619	,203
		KU	-23,230	14,895	,772
Bilişsel Yük Ölçeği-8	DU	DUO	-,796	,680	1,000
		KU	,316	,637	1,000
		KUO	1,055	,679	,780
	DUO	DU	,796	,680	1,000
		KU	1,112	,629	,519
		KUO	1,851	,754	,118
	KU	DU	-,316	,637	1,000
		DUO	-1,112	,629	,519
		KUO	,739	,719	1,000

Ek 1'in devamı

Tablo 40'in devamı

Bilişsel Yük Ölçeği-8	KUO	DU	-1,055	,679	,780
		DUO	-1,851	,754	,118
		KU	-,739	,719	1,000

DU:Deney Uzman, **DUO:**Deney Uzman Olmayan, **KU:**Kontrol Uzman, **KUO:**Kontrol Uzman Olmayan

* 0,05 düzeyinde anlamlı

Hatırlama Testi puanlarına göre gruplar arasında yukarıda bahsedilen farklılığın deney grubundaki uzman öğrencilerle kontrol grubundaki hem uzman ve hemde uzman olmayan öğrenciler arasında; buna ilaveten deney grubundaki uzman olmayan öğrencilerle kontrol grubundaki uzman öğrenciler arasında olduğu tablodan görülmektedir. Yine aynı tablodan görüldüğü gibi hem deney grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrenciler arasında hemde kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrenciler arasında istatistiki olarak anlamlı fark yoktur. Bunun yanında yukarıda da bahsedildiği gibi, gruplar arasında hem transfer hemde Bilişsel Yük Ölçeği puanlarına göre anlamlı bir fark olmadığı görülmektedir.

6.3. Grup Değişkenine Göre Öğrencilerin Termodinamik Ünitesi 8. Oturumdaki Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği Puanlarına Dayanarak Hesaplanan Etkili Öğrenme Düzeyine İlişkin Bulgular

Bu bölümde öğrencilerin termodinamik ünitesindeki “gibbs enerjisi ve denge ve termodinamiğin sıfıncı kanunu” konularının bilişsel yük ilkelerine göre hazırlanmış öğretim yazılımından veya geleneksel yolla öğrenmelerinin öğrencilerin etkili öğrenmelerine katkısı ile ilgili bulgulara yer verilmiştir.

Tablo 41’de deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin hatırlama ve transfer düzeyindeki performans z puanları, bilişsel yük z puanları ve her iki düzeyde de hesaplanan etkili öğrenme puanları görülmektedir.

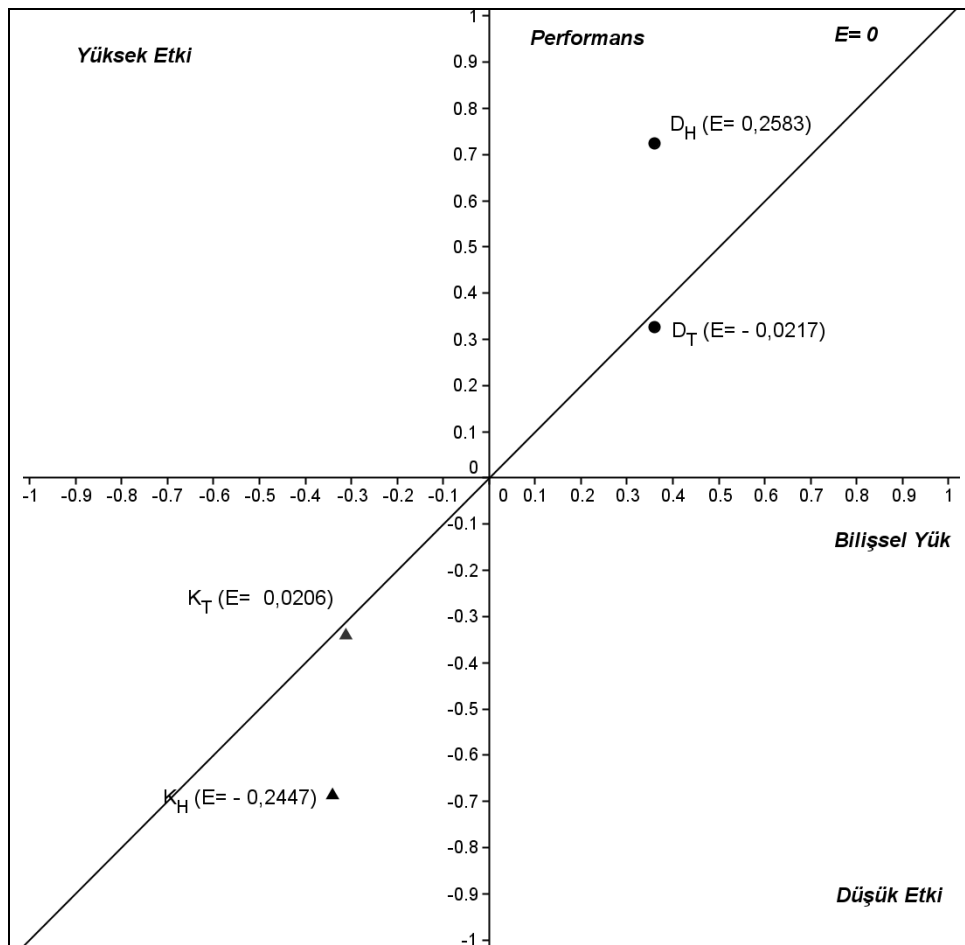
Tablo 41. 8. Oturuma Göre Öğrencilerin Performans Z Puanları, Bilişsel Yük Z Puanları ve Etkili Öğrenme Puanları

	Grup	N	Performans Z Puanı	Bilişsel Yük Z Puanı	Etkili Öğrenme Puanı (E)
Hatırlama Testi-8	Deney	18	0,7252	0,3598	0,2583
	Kontrol	19	-0,6870	-0,3409	-0,2447
Transfer Testi-8	Deney	18	0,3291	0,3598	-0,0217
	Kontrol	19	-0,3118	-0,3409	0,0206

Tablo 41’e göre deney grubundaki öğrencilerin Hatırlama Testi Z puanı ortalamaları ($\bar{X} = 0,7252$) kontrol grubundaki öğrencilerin Z puanı ortalamalarından ($\bar{X} = -0,6870$) daha yüksektir. Yine aynı tablodan deney grubundaki öğrencilerin ortalama Transfer Testi z puanlarının ($\bar{X} = 0,3291$) kontrol grubundaki öğrencilerden yüksek

Ek 1'in devamı

olduğu ($\bar{X} = -0,3118$) görülmektedir. Öğrencilerin bilişsel yük Z puanına göre ise deney grubundaki öğrencilerin puanlarının ($\bar{X} = 0,3598$) kontrol grubundaki öğrencilerin puanlarından ($\bar{X} = -0,3409$) daha yüksektir. Bu puanlara dayanarak hesaplanan etkili öğrenme puanına göre deney grubunun hatırlama etkili öğrenme puanının ($E = 0,2583$) kontrol grubu puanlarından ($E = -0,2447$) yüksek olduğu görülmektedir. Transfer etkili öğrenme puanına göre ise deney grubundaki öğrenciler yüksek performans puanına sahip olmalarına rağmen yüksek bilişsel yüklenmeye de sahip olduklarından transfer etkili öğrenme puanları ($E = -0,0217$) kontrol grubunun transfer etkili öğrenme puanlarından daha düşüktür ($E = 0,0206$). Hatırlama ve transfer etkili öğrenme grafiği aşağıda görülmektedir.



Şekil 11. 8. Oturuma Göre Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Hatırlama ve Transfer Düzeyindeki Etkili Öğrenme Grafiği

D_H(●):Deney Hatırlama, D_T(●):Deney Transfer
K_H(▲):Kontrol Hatırlama, K_T(▲):Kontrol Transfer

Etkili öğrenme diyagramından da görüldüğü gibi sekizinci oturum için deney grubunun hem hatırlama hemde transfer düzeyindeki öğrenmelerinin diyagramın birinci

Ek 1'in devamı

bölgesine yani yüksek performans, yüksek bilişsel yüklenme bölgesine tekabül etmektedir. Kontrol grubunun hatırlama ve transfer düzeyindeki öğrenmelerinin ise düşük performans, düşük bilişsel yük bölgesi olan üçüncü bölgede bulunduğu diyagramdan görülmektedir.

6.4. Uzmanlık Değişkenine Göre Öğrencilerin Termodinamik Ünitesi 8. Oturumdaki Hatırlama Testi, Transfer Testi ve Bilişsel Yük Ölçeği Puanlarına Dayanarak Hesaplanan Etkili Öğrenme Düzeyine İlişkin Bulgular

Tablo 42'de deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin, hatırlama ve transfer düzeyindeki performans Z puanı aritmetik ortalamaları; bilişsel yük Z puanı aritmetik ortalamaları ve her iki düzeyde de hesaplanan etkili öğrenme puanları görülmektedir.

Tablo 42. 8. Oturuma Göre Uzman ve Uzman Olmayan Öğrencilerin Performans Z Puanları, Bilişsel Yük Z Puanları ve Etkili Öğrenme Puanları

	Grup	N	Performans Z Puanı	Bilişsel Yük Z Puanı	Etkili Öğrenme Puanı (E)
Hatırlama Testi-8	DU	10	0,8600	0,2176	0,4543
	DUO	8	0,5566	0,5377	0,0134
	KU	12	-0,6055	-0,2817	-0,2290
	KUO	7	-0,8267	-0,4423	-0,2718
Transfer Testi-8	DU	10	0,3874	0,2176	0,1201
	DUO	8	0,2562	0,5377	-0,1990
	KU	12	-0,1866	-0,2817	0,0672
	KUO	7	-0,5264	-0,4423	-0,0594

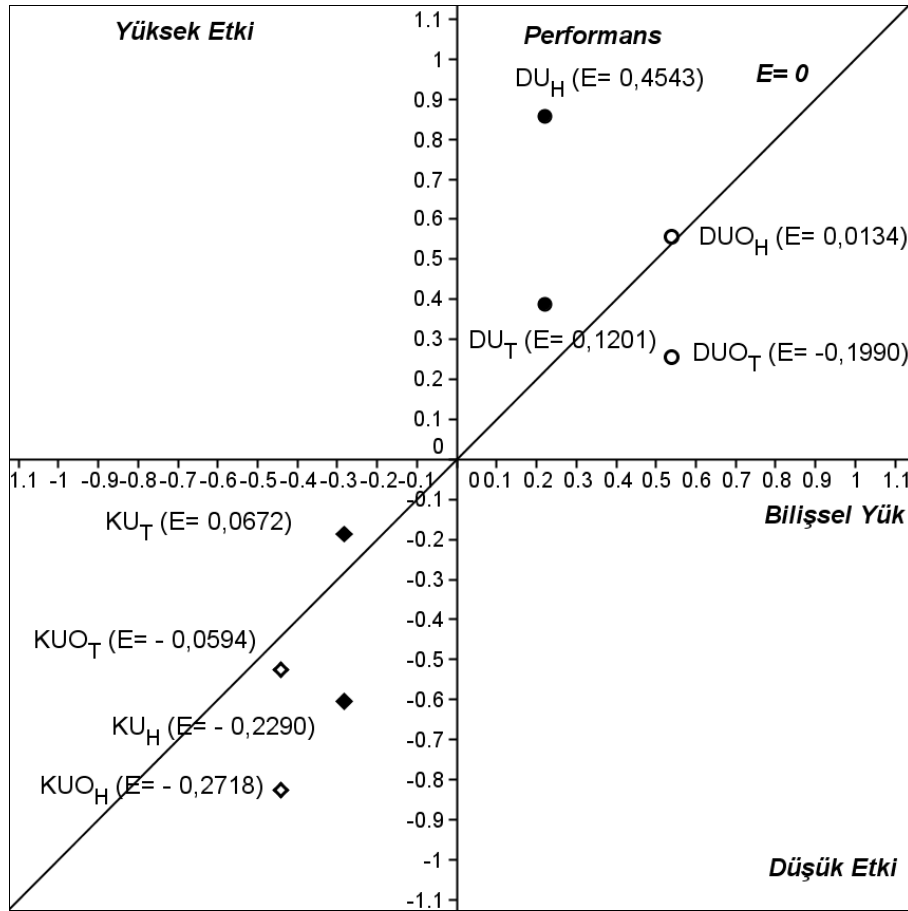
DU:Deney Uzman, **DUO:**Deney Uzman Olmayan, **KU:**Kontrol Uzman, **KUO:**Kontrol Uzman Olmayan

Tablo 42'de görüldüğü gibi deney grubundaki uzman öğrenciler en yüksek hatırlama Z puanına ($\bar{X} = 0,8600$) sahipken kontrol grubundaki uzman olmayan öğrenciler en düşük hatırlama Z puanına ($\bar{X} = -0,8267$) sahiptir. Benzer durum Transfer Testi z puanlarında da görülmektedir. Bilişsel yük Z puanına göre ise deney grubundaki uzman olmayan öğrenciler ($\bar{X} = 0,5377$) kendi grubundaki uzman öğrencilerden daha fazla bilişsel yük Z puanına sahipken ($\bar{X} = 0,2176$) kontrol grubundaki uzman öğrenciler ($\bar{X} = -0,2817$) kontrol grubundaki uzman olmayan öğrencilerden daha fazla bilişsel yük Z puanına sahiptirler ($\bar{X} = -0,4423$). Hatırlama etkili öğrenme puanına göre deney grubundaki uzman öğrenciler kısmen yüksek bilişsel yük Z puanına rağmen diğer gruplara göre oldukça yüksek hatırlama performans puanı aldıklarından daha yüksek hatırlama etkili öğrenme puanına ($E = 0,8469$) sahiptirler. Kontrol grubundaki uzman olmayan öğrenciler ise oldukça düşük bilişsel yük Z puanı almış olmalarına rağmen düşük hatırlama performans Z puanından dolayı en düşük hatırlama etkili öğrenme puanını ($E = 0,8469$) almışlardır. Transfer etkili öğrenme puanına göre deney grubundaki uzman olmayan öğrenciler kısmen yüksek performans puanı almış olmalarına rağmen diğer gruplara göre

Ek 1'in devamı

en yüksek bilişsel yük Z puanını aldıkları için en düşük transfer etkili öğrenme puanına ($E=0,8469$) sahiptirler. Kontrol grubundaki uzman olmayan öğrenciler kendi gruplarındaki uzman öğrencilerden daha düşük bilişsel yük Z puanı almış olmalarına rağmen oldukça düşük performans puanı aldıkları için negatif transfer etkili öğrenme puanı alırken kontrol grubundaki uzman öğrenciler düşük bilişsel yük puanından dolayı pozitif transfer etkili öğrenme puanı almışlardır. Dolayısıyla deney grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin hatırlama etkili öğrenme puanları pozitifken deney ve kontrol grubundaki uzman öğrencilerin transfer etkili öğrenme puanlarının pozitif olduğu Tablo 42'den görülmektedir.

Deney ve kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin hatırlama ve transfer düzeyindeki etkili öğrenme puanları ilişkin etkili öğrenme grafiği aşağıda görülmektedir.



Şekil 12. 8. Oturuma Göre Deney ve Kontrol Grubundaki Uzman ve Uzman Olmayan Öğrencilerin Hatırlama ve Transfer Düzeyindeki Etkili Öğrenme Grafiği

DU_H (●):Deney Uzman Hatırlama, DU_T (●):Deney Uzman Transfer
 DUO_H (○):Deney Uzman Olmayan Hatırlama, DUO_T (○):Deney Uzman Olmayan Transfer
 KU_H (◆): Kontrol Uzman Hatırlama, KU_T (◆): Kontrol Uzman Transfer,
 KUO_H (◇):Kontrol Uzman Olmayan Hatırlama, KUO_T (◇):Kontrol Uzman Olmayan Transfer

Ek 1'in devamı

Diyagramda da görüldüğü gibi hem hatırlama hemde transfer düzeyinde sekizinci oturumdaki konuları öğrenmede deney grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin etkili öğrenme puanlarının yüksek performans, yüksek bilişsel yüklenme bölgesi olan koordinatın birinci bölgesine tekabül etmektedir. Bununla birlikte kontrol grubundaki uzman ve uzman olmayan öğrencilerin her iki düzeydeki öğrenmeleri ise düşük performans, düşük bilişsel yüklenme bölgesi yani üçüncü bölgededir.

Ek 2. Termodinamik Akademik Başarı Testi

Adı-soyadı:

No:

Sevgili arkadaşlar, Genel Kimya dersi termodinamik ünitesi ile ilgili geliştirilen bu test, bir doktora tez çalışmasında kullanılacaktır. Çalışmanın önem ve hassasiyeti bakımından testteki soruların dikkatle çözülmesi büyük önem taşımaktadır. Zaman ayırdığınız için teşekkür ederim.

Arş. Gör. Nesli KALA

1- Aşağıdaki sistemlerden hangisi kapalı sisteme örnektir?

- a) Çaydanlıkta kaynayan su b) Yanan bir soba c) Termometre
d) İçi sıcak kahve ile dolu tamamen yalıtılmış termos e) Bir fincan sıcak çay

2- Bir kase içindeki bir miktar su katılarak buz haline geldiği durum için, aşağıdakilerden hangisi söylenemez?

- a) Sistemin iç enerjisi azalır b) Çevrenin entropisi artar c) Entalpi değişimi negatiftir
d) Sistemin entropisi azalır e) Sistemin entropisi artar

3- İzole bir sistemde gerçekleşen reaksiyon sonucu 420 kJ enerji açığa çıkmıştır. Sistemin bulunduğu çevrenin enerjisinde 730 kJ'lük bir artış olduğuna göre sistemin iç enerji değişimi nedir?

- a) 0 kJ b) +1150 kJ c) - 1150 kJ
d) - 420 kJ e) + 420 kJ

4 -Su dolu bir behere 40 kJ'lük enerji verilmiştir. Bu sisteme karşı aynı zamanda 25 kJ'lük iş yapıldığına göre sistemin iç enerjisindeki değişim nedir?

- a) - 15 kJ b) +15 kJ c) - 65 kJ
d) + 40 kJ e) + 65 kJ

5- 270g glikoz ($C_6H_{12}O_6$ (k)) tüketen bir insanın, vücudunda bu glikozun tümü yıkıldıktan sonra açığa çıkacak enerjiyi hesaplayınız.

($\Delta H_{ol}^{\circ}(C_6H_{12}O_6$ (k))= - 600 kJ/mol, $\Delta H_{ol}^{\circ}(H_2O$ (s))= - 140 kJ/mol, $\Delta H_{ol}^{\circ}(CO_2$ (g))= - 200 kJ/mol ve $\Delta H_{ol}^{\circ}(O_2$ (g))= 0 kJ/mol, C= 12 g/mol, H= 1 g/mol, O= 16 g/mol)

- a) 2160 kJ b) 1440 kJ c) 940 kJ
d) 2640 kJ e) 2040 kJ

6-Sürtünmesiz pistonlu bir silindirde gerçekleştirilen reaksiyon sonucunda sistemden çevreye 760 kJ'lük enerji salınmaktadır. Sistemin iç enerji değişiminin - 800 kJ olduğu bilindiğine göre yapılan işi hesaplayınız.

- a) 1560 kJ b) - 1560 kJ c) + 40 kJ
d) - 40 kJ e) - 760 kJ

7- C_2H_6 (s) + 7/2 O_2 (g) \longrightarrow 2 CO_2 (g) + 3 H_2O (s) ΔH_r° = - 1498,53 kJ

Reaksiyonuna göre 6 g etanın(C_2H_6) yanması sonucu açığa çıkan enerji ile 25 °C'deki 5000 g su ısıtılmaktadır. Suyun son sıcaklığı kaç °C olur? (c_{su} = 4,18 J/g. °C, C= 12 g/mol, H= 1 g/mol)

- a) 14,34 °C b) 39,34 °C c) 25,07 °C
d) 71,7 °C e) 96,7 °C

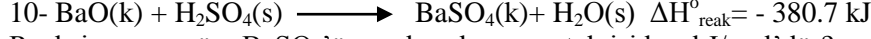
8-Bir otomobilin deposundaki 390g benzenin (C_6H_6) yanmasıyla motor, pistonunu itmek suretiyle 5622,5 kJ'lük iş yapmıştır. Bu otomobilin motoru % kaç verimle çalışmaktadır? ($\Delta H_{ol}^{\circ}(C_6H_6$ (s))= + 110 kJ/mol, $\Delta H_{ol}^{\circ}(O_2$ (g))= 0 kJ/mol, $\Delta H_{ol}^{\circ}(H_2O$ (s))= -140 kJ/mol, $\Delta H_{ol}^{\circ}(CO_2$ (g))= -200 kJ/mol, $M_A(C_6H_6)$ = 78 g/mol)

- a) 65 b) 34,2 c) 30,7
d) 72,5 e) 35

Ek 2'nin devamı

9- 70 °C 50g su ile 50 °C'de 30g etil alkol karıştırılıyor. Karışımın son sıcaklığı kaç °C'dir? ($c_{su}= 1$ Cal/g°C, $c_{etilalkol} = 0.5$ Cal/g°C)

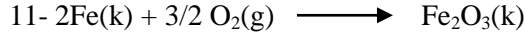
- a) 60,9 °C b) 70 °C c) 65,38 °C d) 53,84 °C e) 50 °C



Reaksiyonuna göre $BaSO_4$ 'ün molar oluşum entalpisi kaç kJ/mol'dür?

($\Delta H_{ol}^{\circ}(H_2SO_4(s)) = - 811.3$ kJ/mol, $\Delta H_{ol}^{\circ}(BaO(k)) = -558.2$ kJ/mol, $\Delta H_{ol}^{\circ}(H_2O(s)) = -285.8$ kJ/mol)

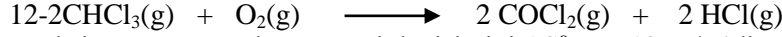
- a) + 703.0 kJ/mol b) - 703.0 kJ/mol c) - 1083.7 kJ/mol
d) + 1464.4 kJ/mol e) - 1464.4 kJ/mol



25 °C'de demirin oksitlenmesi reaksiyonundaki standart entropi değişimini nedir?

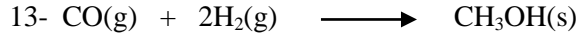
($\Delta S^{\circ}(Fe(k)) = 27.2$ J/K.mol, $\Delta S^{\circ}(O_2(g)) = 205.0$ J/K.mol, $\Delta S^{\circ}(Fe_2O_3(k)) = 90.0$ J/K.mol)

- a) $\Delta S_r^{\circ} = - 142.2$ J/K b) $\Delta S_r^{\circ} = + 62.8$ J/K c) $\Delta S_r^{\circ} = + 62.8$ J/K
d) $\Delta S_r^{\circ} = + 271.2$ J/K e) $\Delta S_r^{\circ} = - 271.2$ J/K



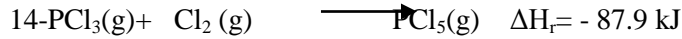
Reaksiyonun standart entropi değişimini $\Delta S_r^{\circ} = + 127$ J/K'dir. Bu reaksiyondan dolayı çevredeki entropi değişimi $\Delta S_{\text{çev}}^{\circ} = + 43$ J/K olduğuna göre toplam entropi değişimini bulunuz.

- a) +85 J/K b) - 84 J/K c) + 84 J/K
d) + 170 J/K e) - 170 J/K



Metanın 298 K'de CO ve H_2 gazlarından oluştuğu reaksiyonun entalpisi $\Delta H_r^{\circ} = -90,2$ kJ ve entropisi $\Delta S_r^{\circ} = -885$ J/K olduğuna göre toplam entropi nedir?

- a) - 1187,7 J/K b) +1187,7 J/K c) - 582,3 J/K
d) + 582,3 J/K e) - 975,2 J/K



298 K'deki tepkime için standart oluşum serbest enerjileri $\Delta G_{ol}^{\circ}(PCl_3(g)) = - 286$ kJ/mol, $\Delta G_{ol}^{\circ}(Cl_2(g)) = 0$ kJ/mol, $\Delta G_{ol}^{\circ}(PCl_5(g)) = - 325$ kJ/mol olduğuna göre ΔS_r° 'nin değeri nedir?

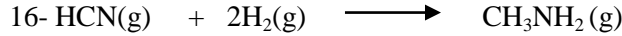
- a) - 0,164 J/K b) - 164 J/K c) + 164 J/K
d) + 130,8 J/K e) - 130,8 J/K



Zehirli fosgen gazının ($COCl_2$) standart oluşum serbest enerjisini hesaplayınız.

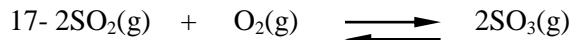
($\Delta G_{ol}^{\circ}(CO(g)) = - 137,3$ kJ/mol $\Delta G_{ol}^{\circ}(Cl_2(g)) = 0$ kJ/mol)

- a) - 274,6 kJ/mol b) + 368,3 kJ/mol c) - 368,3 kJ/mol
d) - 93,7 kJ/mol e) + 93,7 kJ/mol



Tepkimesinin $\Delta H_r^{\circ} = - 159$ kJ ve $\Delta G_r^{\circ} = -265$ kJ'dür. Bu tepkimenin 25 °C'deki ΔS_r° değeri nedir?

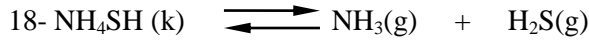
- a) + 355,7 J/K b) - 355,7 J/K c) + 0,356 J/K
d) + 4,24 J/K e) - 4240 J/K



Reaksiyonun denge sabiti $5 \cdot 10^4$ ve $\Delta G_r^{\circ} = - 140,0$ kJ/mol olduğuna göre sıcaklık kaç K'dir? ($R = 8,31$ J/K.mol)

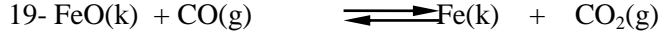
- a) 1,5578 K b) 298 K c) 4566,2 K
d) 1557,8 K e) 5000 K

Ek 2'nin devamı



Reaksiyonun $\Delta G_r^\circ = -37 \text{ kJ/mol}$ olduğuna göre 300 K 'deki denge sabitinin değeri nedir? ($R = 8,31 \text{ J/K.mol}$)

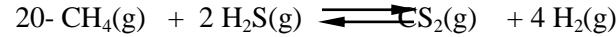
- a) $1,48 \cdot 10^{-2}$ b) $1,48 \cdot 10^2$ c) $2,79 \cdot 10^{-6}$
d) $2,79 \cdot 10^6$ e) 1,01



Denge sisteminin reaktif ve ürünlerin standart oluşum serbest enerjileri aşağıdaki gibidir. Reaksiyonun $50 \text{ }^\circ\text{C}$ 'deki denge sabiti nedir?

($\Delta G^\circ_{\text{ol}}(\text{FeO}(\text{k})) = -255,2 \text{ kJ/mol}$, $\Delta G^\circ_{\text{ol}}(\text{CO}(\text{g})) = -137,3 \text{ kJ/mol}$, $\Delta G^\circ_{\text{ol}}(\text{Fe}(\text{k})) = 0 \text{ kJ/mol}$, $\Delta G^\circ_{\text{ol}}(\text{CO}_2(\text{g})) = -394,4 \text{ kJ/mol}$, $R = 8,31 \text{ J/K.mol}$)

- a) 2.03 b) 1.00 c) 10.0
d) 12,1 e) 1.21

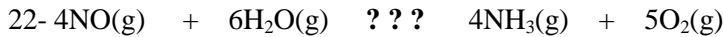


Reaksiyon kabındaki gazların kısmi basınçları $P_{\text{CH}_4} = 0,24 \text{ atm}$, $P_{\text{H}_2\text{S}} = 0,35 \text{ atm}$, $P_{\text{CS}_2} = 0,66 \text{ atm}$, $P_{\text{H}_2} = 1 \text{ atm}$ ve $25 \text{ }^\circ\text{C}$ 'deki $\Delta G_r^\circ = 181,9 \text{ kJ}$ olduğuna göre reaksiyon serbest enerjisi, ΔG_r , nedir? ($R = 8,31 \text{ J/K.mol}$)

- a) 187,01 kJ b) 189,61 kJ c) 174,19 kJ
d) 185,25 kJ e) 188,72 kJ

21- Aşağıdaki reaksiyonlardan hangisinin kesinlikle istemli olduğunu söyleyebiliriz?

- a) $\text{C}(\text{grafit}) + 2 \text{H}_2(\text{g}) \longrightarrow \text{C}_2\text{H}_4(\text{g}) \quad \Delta H = 52 \text{ kJ}$
b) $4 \text{NH}_3(\text{g}) + \text{N}_2(\text{g}) \longrightarrow 3 \text{N}_2\text{H}_4(\text{s}) \quad \Delta H = -172 \text{ kJ}$
c) $2 \text{NH}_4\text{NO}_3(\text{k}) \longrightarrow 2 \text{N}_2(\text{g}) + 4 \text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \quad \Delta H = -236 \text{ kJ}$
d) $2 \text{NO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow 2 \text{NO}_2(\text{g}) \quad \Delta H = -114 \text{ kJ}$
e) $\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + 15/2 \text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow \text{H}_2\text{O}_2(\text{g}) \quad \Delta H = 105 \text{ kJ}$



Reaksiyonunun standart serbest enerjisinin $\Delta G_r^\circ = 959,42 \text{ kJ}$ olduğu bilindiğine göre aşağıdaki ifadelerden hangisi kesinlikle doğrudur?

- a) $\Delta G_r^\circ > 0$ olduğu için reaksiyon dengededir (\rightleftharpoons)
b) $\Delta G_r^\circ > 0$ olduğu için reaksiyon ürünler yönüne istemlidir (\longrightarrow)
c) Entropi azaldığı için reaksiyon ürünler yönüne istemlidir (\longrightarrow)
d) $\Delta G_r^\circ > 0$ olduğu için reaksiyon girenler yönüne istemlidir (\longleftarrow)
e) Entropi azaldığı için reaksiyon dengededir (\rightleftharpoons)

23- 250 K 'den mutlak sıfıra düzenli bir şekilde kristallenenen CO ve CO_2 karışımının entropi değişikliği için ne söylenebilir?

- a) Entropisi artar b) Entropisi azalır ama sıfır olmaz
c) Entropisi azalır ve sıfır olur
d) Entropisi değişmez e) Entropisi artar ve sıfır olur

Ek 4. Hatırlama Testi Örnekleri**Hatırlama Testi-1**

Adı-Soyadı:

No:

Şube:

Termodinamik nedir açıklayınız.

Kapalı sistemin özellikleri nedir?

Hatırlama Testi-2

Adı-Soyadı:

No:

Şube:

Termodinamiğin birinci yarasını açıklayınız.

Hacim kontrollü olmayan (örneğin sürtünmesiz piston) bir sistemin iç enerjisi hangi yollarla değiştirilebilir.

Hatırlama Testi-8

Adı-Soyadı:

No:

$\Delta G_r^\circ = - R.T.\ln K$ formülünde K yerine K_C veya K_P 'nin kullanılabileceği koşullarla ilgili bilgi veriniz.

Sıfırncı kanunun termodinamiğe katkısını nedir?

Ek 5. Transfer Testi Örnekleri

Transfer Testi-1

Adı-Soyadı:

No:

Şube:

Sürtünmesiz bir pistondaki gaz karışımı 3 atm'lik basınçla sıkıştırarak hacmi 8 L azalmıştır. Bu işlem sırasında yapılan iş kaç J'dür? (1 L.atm=101,3247 J)

50 Kg'lık bir insan $0,2 \text{ m/s}^2$ 'lik ivme ile 1500 m tempolu yürüyüş yaptığında kaç J'lük iş yapar? (1N.m = J)

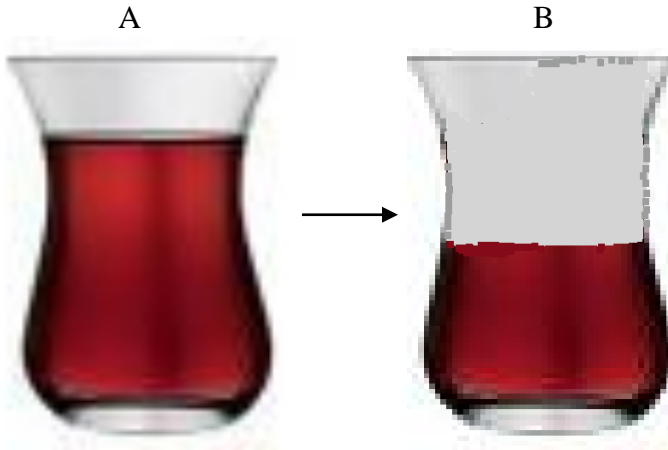
Transfer Testi-2

Adı-Soyadı:

No:

Şube:

Saniyede 100 J'lük enerji üreten bir elektrik ısıtıcı, sürtünmesiz bir pistondaki gaz karışımını ısıtmak için 20 dakika çalıştırılıyor. Gaz karışımı aldığı enerjiyle 1 atm'lik bir dış basınca karşı 2 L'den 2,5 L'ye genişliyor. Gazın iç enerji değişimi kaç J'dür? (1 L.atm= 101,325 J)



100 °C'de 200 ml

30 °C'de 150 ml

A konumundan B konumuna ulaşan çay bardağının iç enerjisinde değişiklik olup olmadığını yorumlayınız.

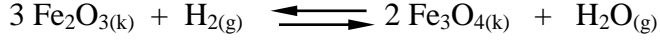
Ek 5'in devamı

Transfer Testi-8

Adı-Soyadı:

No:

Şube:



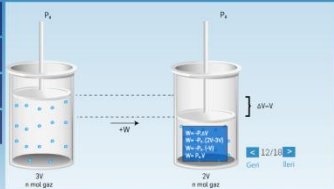
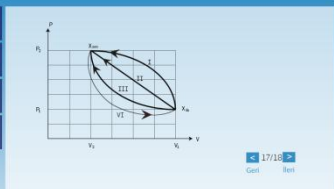


330 K'de denge sabiti $2,5 \cdot 10^5$ olan reaksiyonun standart gibbs serbest enerjisi (ΔG_r°) - 29 kJ olduğuna göre bu sıcaklıkta reaksiyonun yönü için ne söylenebilir ($R = 8,3145 \text{ J/K.mol}$).

120 g X bileşiğinin yanmasından açığa çıkan enerjiyle 25 °C'deki 200 g suyun sıcaklığı 38 °C'ye ulaşmıştır. X bileşiğinin molar yanma entalpisi -2,717 kJ/mol olduğuna göre bu bileşiğin mol kütleini hesaplayınız ($c_{\text{su}} = 4,18 \text{ J/g.}^\circ\text{C}$).

Ek 6. Bilişsel Yük Kuramı İlkelerine Göre Geliştirilen Öğretim Yazılımının Ekran Görüntü Örnekleri

1. Oturumun Ekran Görüntü Örnekleri

<p>Termodinamik -Sistem ve Çevre</p> <p>Özellikler</p> <p>Sistem ve Çevre</p> <p>İş ve İş</p> <p>Hal Fonksiyonu</p> 	<p>Termodinamik -Sistem ve Çevre</p> <p>Özellikler</p> <p>Sistem ve Çevre</p> <p>İş ve İş</p> <p>Hal Fonksiyonu</p> 
<p>Termodinamik -İş ve İş</p> <p>Özellikler</p> <p>Sistem ve Çevre</p> <p>İş ve İş</p> <p>Hal Fonksiyonu</p> <p>Bir cisim zıt bir kuvvete karşı hareket ettirildiği zaman iş yapar. İş "İş= Kuvvet x Yol" yani $W = F \cdot d$ formülü ile hesaplanırken, Kimyada çoğunlukla, basınç-hacim işinden bahsedilir ve iş;</p> <p>$W = -P\Delta V$ $W = -P(V_{son} - V_{ilk})$ formülü ile hesaplanır.</p> <p>11/18</p>	<p>Termodinamik -İş ve İş</p> <p>Özellikler</p> <p>Sistem ve Çevre</p> <p>İş ve İş</p> <p>Hal Fonksiyonu</p> 
<p>Termodinamik -İş ve İş</p> <p>Özellikler</p> <p>Sistem ve Çevre</p> <p>İş ve İş</p> <p>Hal Fonksiyonu</p> <p>90 kg'lık bir yetiğin bir saat araba kullandıktan (68 Kg'lık bir yetiğin 3 saat araba kullandıktan) 752 kJ'lık iş yapar) sonra 1,5 saat tempolu yürüyüş (68 Kg'lık bir yetiğin 1 saat tempolu yürüyüşünde 1805 kJ'lık iş yapar) yapmıştır. Bu yetiğinin bu aktiviteleri sırasında yaptığı işi hesaplayınız.</p> <p>Çözüm:</p> <p>W(araba kullanma) = 90 Kg . 752 (kJ/saat) . 1 saat = 995,29 kJ 68 Kg W(tempolu yürüyüş) = 90 Kg . 1805 (kJ/saat) . 1,5 saat = 3583,46 kJ 68 Kg W(toplam) = W(araba kullanma) + W(tempolu yürüyüş) = 995,29 + 3583,46 = 4578,75 kJ</p> <p>14/18</p>	<p>Termodinamik -Hal Fonksiyonu</p> <p>Özellikler</p> <p>Sistem ve Çevre</p> <p>İş ve İş</p> <p>Hal Fonksiyonu</p> 

Ek 6'nın devamı

2. Oturumun Ekran Görüntü Örnekleri

Termodinamik -Termodinamiğin Birinci Yasası: İç Enerji

Termodinamik Birinci Yasası - İç Enerji

İç Enerji

Termodinamiğin birinci yasasına göre evrenin enerjisi sabittir. Yani:

- Enerji yoktan var, varıdan yok edilemez
- Enerji bir şekilden başka bir şekle (ısı, ışık, elektrik vb.) dönüştürülebilir.
- Enerji bir yerden başka bir yere transfer edilebilir.


1/12

Geçir

Termodinamik -Termodinamiğin Birinci Yasası: İç Enerji

Termodinamik Birinci Yasası - İç Enerji

İç Enerji



2/12

Geçir

Termodinamik -İç Enerji

Termodinamik Birinci Yasası - İç Enerji

İç Enerji



4/12

Geçir

Termodinamik -İç Enerji

Termodinamik Birinci Yasası - İç Enerji

İç Enerji



5/12

Geçir

Termodinamik -İç Enerji

Termodinamik Birinci Yasası - İç Enerji

İç Enerji

Soruç:

$-W = 120 \text{ kJ}$

$\Delta U = 165 \text{ kJ}$

$q = ?$

10/12

Geçir

Termodinamik -İç Enerji

Termodinamik Birinci Yasası - İç Enerji

İç Enerji

Bir araba motorunda bir miktar yakıt yandığı sonrasında 1780 kJ enerji açığa çıkmıştır. Motorun % 94 veriminde çalıştığı bilindiğine göre verilen enerjinin kaç kJ'ü çevreye ısı olarak yayılmıştır?

Verim = $\frac{\text{deneyisel iş}}{\text{teorik iş}}$

$94 = \frac{1780 \text{ kJ}}{\text{deneyisel iş}}$

$\text{deneyisel iş} = \frac{1780 \text{ kJ} \cdot 94}{100}$

$\text{deneyisel iş} = 1654,4 \text{ kJ}$

$\Delta U = q + W$

$-1780 = 1654,4 + q$

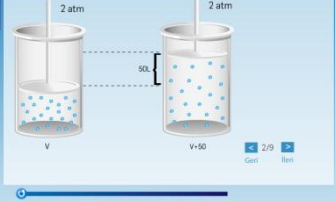
$q = -105,6 \text{ kJ}$

12/12

Geçir

Ek 6'nın devamı

3. Oturumun Ekran Görüntü Örnekleri


<p>Termodinamik -Entalpi</p> <p>Entalpi</p>  <p>2 atm 2 atm</p> <p>50</p> <p>V V+50</p> <p>2/9</p> <p>Geri İleri</p>	<p>Termodinamik -Entalpi</p> <p>Entalpi</p> <p>$2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O}_{(s)} \rightarrow 2\text{NaOH}_{(aq)} + \text{H}_2$ $\Delta H = -350 \text{ kJ}$</p> <p>Sabit basınçta sodyum metalinin su ile reaksiyonundan oluşan H_2 gazı 20 kJ/tük bir enerji ile genişleme işi (-W) yapıyor.Sistemin iç enerji değişimi ($\Delta U = \Delta H + W$) hesaplayınız. Çözümü tamamlayarak yanıt kutucuğa yazınız.</p> <p>Sonuç: <input type="text"/></p> <p>3/9</p> <p>Geri İleri</p>
<p>Termodinamik -Entalpi</p> <p>Entalpi</p> <p>Baz reaksiyonların enerji değişimlerini hesaplayacak bir başka yeti, sıcaklığın sabit ve gaz hareketlerinin ideal olduğunu kabul etmektir. Bu durumda:</p> <p>Ürünler için $P_{i(g)} = n_iRT$ Girenler için $P_{i(g)} = n_iRT$</p> <p>$P_{i(g)} \cdot V_{i(g)} = n_iRT = n_iRT$ $P_{i(g)} \cdot V_{i(g)} = (P_{i(g)} V_{i(g)})$ $P \Delta V = \Delta nRT$ $\Delta H = \Delta U + P \Delta V$ eşliği $\Delta H = \Delta U + nRT$ şeklinde denir.</p> <p>Bu formülle: $\Delta n =$ Gaz halindeki ürünlerin toplam mol sayısı- Gaz halindeki girenlerin toplam mol sayısı $R = 0,082056 \text{ L.atm/mol. (ideal gaz sabiti)}$ Latın'ı Joule cinsinden ifade edersek: $1 \text{ Latın} = 101,325 \text{ J}$ $R = 0,082056 \times 101,3247 \text{ J/K.mol}$ $R = 8,3143 \text{ J/K.mol}$ T mutlak sıcaklık ve birimi K ($^{\circ}\text{C} + 273$)'dir</p> <p>4/9</p> <p>Geri İleri</p>	<p>Termodinamik -Entalpi</p> <p>Entalpi</p> <p>$2\text{NH}_3 + 3/2 \text{O}_2 \rightarrow \text{N}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$</p> <p>Reaksiyonu kapalı bir sistemde 25°C'de gerçekleşmiştir. Bu reaksiyon sonunda iç enerji (U) 500 kJ azaldığına göre entalpi değişimi (ΔH) kaç kJ'dür?</p> <p>Çözüm:</p> <p>$R = 8,3143 \text{ J/K.mol}$ $\Delta H = \Delta U + \Delta nRT$ $= -500,1000 \text{ J} + [1 \text{ mol N}_2] - [2 \text{ mol NH}_3] + 1,5 \text{ mol O}_2] \cdot 8,3143 \text{ J/K.mol} \cdot (273+25) \text{ K}$ $= -500,000 \text{ J} + (-2,5 \text{ mol}) \cdot 8,3143 \text{ J/K.mol} \cdot (273+25) \text{ K}$ $= -500,000 \text{ J} - 61,94,1535 \text{ J}$ $= -506,194,1535 \text{ J}$ sonucu kJ cinsinden istediği için $= -506,1942 \text{ kJ'dür.}$</p> <p>5/9</p> <p>Geri İleri</p>
<p>Termodinamik -Entalpi</p> <p>Entalpi</p> <p>Termodinamikte bir reaksiyonun standart reaksiyon entalpisi, o reaksiyonun girenler ve ürünlerdeki taneciklerin standart oluşum entalpilerinden hesaplanabileceği görülmüştür.</p> <p>$\Delta H_f = \sum n \Delta H_f(\text{ürünler}) - \sum n \Delta H_f(\text{girenler})$</p> <p>Bir elementin standart oluşum entalpisi sıfıra eşittir.</p> <p>7/9</p> <p>Geri İleri</p>	<p>Termodinamik -Entalpi</p> <p>Entalpi</p> <p>$\text{CF}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 2\text{HF}$</p> <p>Teşkilatları için $\Delta H_f(\text{CF}_4) = 23 \text{ kJ/mol}$, $\Delta H_f(\text{H}_2\text{O}) = -241 \text{ kJ/mol}$, $\Delta H_f(\text{O}_2) = 0 \text{ kJ/mol}$, $\Delta H_f(\text{HF}) = -268 \text{ kJ/mol}$'dir. Reaksiyonu sonucunda 8 g HF ($M_w = 20 \text{ g/mol}$) oluştuğuna göre alınan veya verilen ısı hesaplayınız.</p> <p>$\Delta H_f = \sum n \Delta H_f(\text{ürünler}) - \sum n \Delta H_f(\text{girenler})$ $\Delta H_f = [2 \text{ mol } \Delta H_f(\text{HF})] - [1 \text{ mol } \Delta H_f(\text{CF}_4) + 1 \text{ mol } \Delta H_f(\text{H}_2\text{O})]$ $= [2 \text{ mol} \cdot (-268 \text{ kJ/mol})] - [1 \text{ mol} \cdot 23 \text{ kJ/mol} + 1 \text{ mol} \cdot (-241 \text{ kJ/mol})]$ $= -536 \text{ kJ} + 218 \text{ kJ}$ $= -318 \text{ kJ}$ $n = \frac{m}{M_w} = 8 \text{ g} / 20 \text{ g/mol} = 0,4 \text{ mol}$</p> <p>2 mol HF oluştuğunda 318 kJ enerji açığa çıkarsa 0,4 mol HF'den X kJ enerji açığa çıkar</p> <p>$X = 0,4 \text{ mol HF} \cdot 318 \text{ kJ} / 2 \text{ mol HF} = 63,6 \text{ kJ}$ enerji açığa çıkar.</p> <p>8/9</p> <p>Geri İleri</p>

Ek 6'nın devamı

4. Oturumun Ekran Görüntü Örnekleri

Termodinamik -İstemli Değişme	Termodinamik -İstemli Değişme
<p>İstemli Değişme</p> <p>Termod. İkinci Yasası - Entropi</p>  <p>2/17</p> <p>Geri İleri</p>	<p>İstemli Değişme</p> <p>Termod. İkinci Yasası - Entropi</p> <p>Bağladktan sonra işlemin devam etmesi için dışardan bir etkiye ihtiyaç olmayan işlemlere kendiliğinden olan (istemli) işlemler denir.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Bir işlem istemli ise tam tersi işlem istemsizdir. -Hem istemli hem de istemsiz işlemler vardır. -İstemli bir işlemin hıç olması gerekmez. Örneğin, demirin paslanması istemli fakat yavaşdır. <p>4/17</p> <p>Geri İleri</p>

Termodinamik -Termodinamiğin İkinci Yasası: Entropi	Termodinamik -Termodinamiğin İkinci Yasası: Entropi
<p>İstemli Değişme</p> <p>Termod. İkinci Yasası - Entropi</p>  <p>6/17</p> <p>Geri İleri</p>	<p>İstemli Değişme</p> <p>Termod. İkinci Yasası - Entropi</p>  <p>8/17</p> <p>Geri İleri</p>

Termodinamik -Termodinamiğin İkinci Yasası: Entropi	Termodinamik -Termodinamiğin İkinci Yasası: Entropi
<p>İstemli Değişme</p> <p>Termod. İkinci Yasası - Entropi</p>  <p>11/17</p> <p>Geri İleri</p>	<p>İstemli Değişme</p> <p>Termod. İkinci Yasası - Entropi</p> $2\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s}) \rightarrow 2\text{N}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$ <p>Δn = Gaz halindeki ürünlerin toplam mol sayısı - Gaz halindeki reaktiflerin toplam mol sayısı</p> <p>$\Delta n = 7 \text{ mol gaz} - 0 \text{ mol gaz} = 7 \text{ mol gaz}$</p> <p>12/17</p> <p>Geri İleri</p>

Ek 6'nın devamı

5. Oturumun Ekran Görüntü Örnekleri

Termodinamik - Standart Entropi	Termodinamik - Standart Entropi
<p>Standart Entropiler</p> <p>Mutlak Entropi</p> <p>Saf bir maddenin 25 °C'da (298 K) ve 1 atm'deki molar entropisi <u>standart molar entropi</u> (S°) olarak adlandırılır.</p> <p>Termokimyasal veriler genellikle 25 °C'da (298 K)'de verilir.</p> <p>1/11</p> <p>Geri İleri</p>	<p>Standart Entropiler</p> <p>Mutlak Entropi</p> <p>$\text{NO}_2(\text{g}), \text{C}_2\text{H}_2(\text{g}), \text{CO}_2(\text{g}), \text{NaOH}(\text{s}), \text{HNO}_3(\text{l}), \text{C}_6\text{H}_6(\text{l})$</p> <p>$S^\circ_{\text{NO}_2(\text{g})} < S^\circ_{\text{C}_2\text{H}_2(\text{g})} < S^\circ_{\text{CO}_2(\text{g})} < S^\circ_{\text{NaOH}(\text{s})} < S^\circ_{\text{HNO}_3(\text{l})} < S^\circ_{\text{C}_6\text{H}_6(\text{l})}$</p> <p>5/11</p> <p>Geri İleri</p>

Termodinamik - Standart Entropi	Termodinamik - Standart Entropi
<p>Standart Entropiler</p> <p>Mutlak Entropi</p> <p>Bir reaksiyonun standart entropi değeri (ΔS°), standart entropi değerine (S°) benzer şekilde hesaplanabilir.</p> <p>$\Delta S^\circ = \sum n S^\circ_{\text{ürünler}} - \sum n S^\circ_{\text{girenler}}$</p> <p>-Entropiden farklı olarak, bir elementin standart ölçüm entropisinin sıfırdan farklı olduğuna.</p> <p>-Entropi değerinin düşük enerjilerde ifade edildiği için kilo joule ile değil, joule ile ifade edildiğine dikkat ediniz.</p> <p>6/11</p> <p>Geri İleri</p>	<p>Standart Entropiler</p> <p>Mutlak Entropi</p> <p>$\text{SO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2\text{S}(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$</p> <p>$S^\circ_{\text{SO}_2(\text{g})} = 249 \text{ J/K.mol}$, $S^\circ_{\text{H}_2(\text{g})} = 130 \text{ J/K.mol}$, $S^\circ_{\text{H}_2\text{S}(\text{g})} = 205 \text{ J/K.mol}$, $S^\circ_{\text{H}_2\text{O}(\text{g})} = 189 \text{ J/K.mol}$ ölçüm entropilerinden yararlanarak standart reaksiyon entropisinin kaç J/K olduğunu hesaplayınız.</p> <p>$(\Delta S^\circ = \sum n S^\circ_{\text{ürünler}} - \sum n S^\circ_{\text{girenler}})$, yanıtınızı kutucuğa yazınız.</p> <p>Sonuç: <input type="text"/> <input type="button" value="Kontrol Et"/></p> <p>8/11</p> <p>Geri İleri</p>

Termodinamik - Mutlak Entropi	Termodinamik - Mutlak Entropi
<p>Standart Entropiler</p> <p>Mutlak Entropi</p> <p>Termodinamiğin üçüncü yasası; mutlak sıfır (0 K yani -273 °C) noktasında <u>düzgün kristallerin</u> saf bir maddenin entropisinin sıfır olarak alınabileceğini belirtir. Any kristalleşmemiş, maddede gerçek ağı yapısına ulaşılmadığı için mutlak sıfırda, entropisi sıfırdan daha büyüktür.</p> <p>Termodinamiğin üçüncü yasası, saf maddelerin farklı sıcaklıktaki mutlak entropilerinin hesaplanmasına imkan verir.</p> <p>10/11</p> <p>Geri İleri</p>	<p>Standart Entropiler</p> <p>Mutlak Entropi</p> <p></p> <p>11/11</p> <p>Geri İleri</p>

Ek 6'nın devamı

7. Oturumun Ekran Görüntü Örnekleri

Termodinamik -Gibbs Serbest Enerjisi	Termodinamik -Gibbs Serbest Enerjisi
<p>Gibbs Serbest Enerjisi</p> $\Delta S_{\text{Sistem}} = \Delta S_{\text{Sistem}} + \Delta S_{\text{Çevre}}$ <p>Standart Reaksiyon Serbest Enerjisi</p> $\Delta S_{\text{Sistem}} = \Delta S_{\text{Sistem}} - \Delta H_{\text{Sistem}} / T$ <p>Faz Geçişleri</p> $T \Delta S_{\text{Sistem}} = \Delta H_{\text{Sistem}} - \Delta G_{\text{Sistem}}$ <p>(eşitliğin her iki tarafını da "-" ile çarparsak)</p> $-T \Delta S_{\text{Sistem}} = \Delta H_{\text{Sistem}} - T \Delta S_{\text{Sistem}}$ $-T \Delta S_{\text{Sistem}} = \Delta H_{\text{Sistem}} - T \Delta S_{\text{Sistem}}$ ΔG <p>2/15</p>	<p>Gibbs Serbest Enerjisi</p> $-T \Delta S_{\text{Sistem}} = \Delta H_{\text{Sistem}} - T \Delta S_{\text{Sistem}}$ $\Delta G = \Delta H - T \Delta S$ <p>3/15</p>

Termodinamik -Gibbs Serbest Enerjisi	Termodinamik -Standart Reaksiyon Serbest Enerjisi
<p>Gibbs Serbest Enerjisi</p> <p>ΔG negatif ($\Delta G < 0$) ise reaksiyon ürünleri oluşturma yönüne istemlidir.</p> <p>ΔG sıfır ($\Delta G = 0$) ise reaksiyon dengededir. Yani, reaksiyon hem ürünler hemde girenler yönüne istemlidir.</p> <p>ΔG pozitif ($\Delta G > 0$) ise reaksiyon istemsizdir fakat reaksiyon aksi yöne (girenler yönüne) istemlidir.</p> <p>4/15</p>	<p>Gibbs Serbest Enerjisi</p> $\text{SF}_6 + 6 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + 6 \text{HF} + 4 \text{H}_2\text{O}$ <p>Standart ölçüm Gibbs enerjileri ΔG°_f (SF_6) = -992 kJ/mol, ΔG°_f (H_2O) = -1,20 kJ/mol, ΔG°_f (H_2SO_4) = -313 kJ/mol, ΔG°_f (HF) = -270,2 kJ/mol ve ΔG°_f (H_2) = 0 kJ/mol olan reaksiyonun yararı olarak ΔG°'yi hesaplayarak reaksiyonun termodinamik olarak istendiği sıcaklığı bulunuz.</p> <p>Faz Geçişleri</p> $\Delta G^\circ = \sum \Delta G^\circ_f(\text{ürünler}) - \sum \Delta G^\circ_f(\text{girenler})$ $= [11 \text{ mol} \cdot \Delta G^\circ_f(\text{H}_2\text{O}) + 6 \text{ mol} \cdot \Delta G^\circ_f(\text{HF})] - [11 \text{ mol} \cdot \Delta G^\circ_f(\text{SF}_6) + 6 \text{ mol} \cdot \Delta G^\circ_f(\text{H}_2)]$ $= [11 \text{ mol} \cdot (-1,20 \text{ kJ/mol}) + 6 \text{ mol} \cdot (-270,2 \text{ kJ/mol})] - [11 \text{ mol} \cdot (-992 \text{ kJ/mol}) + 6 \text{ mol} \cdot (-1,20 \text{ kJ/mol})]$ $= -3502,3 \text{ kJ} + 998,8 \text{ kJ}$ $\Delta G^\circ = -2503,5 \text{ kJ'dür. Reaksiyonda } \Delta S^\circ = 0 \text{ olduğu için standart koşullarda yani } 25^\circ\text{C}'de \text{ reaksiyon istemlidir.}$ <p>10/15</p>

Termodinamik -Faz Geçişleri	Termodinamik -Faz Geçişleri
<p>Gibbs Serbest Enerjisi</p> <p>Birazını molar buharlaşma ısısı 31,0 kJ/mol ve molar buharlaşma entropisi 87,8 J/mol.K olduğuna göre benzersiz bir atomik kaynama sıcaklığı hesaplayınız.</p> <p>Standart Reaksiyon Serbest Enerjisi</p> <p>Kaynama sırasında sistem dengededir dolayısıyla $\Delta G^\circ = 0$'dır.</p> <p>$0 = \Delta H - T \Delta S$ formülünden:</p> <p>$T_{\text{kb}} = \Delta H_{\text{vap}} / \Delta S_{\text{vap}}$</p> <p>$= 31,0 \times 1000 \text{ J/mol} / 87,8 \text{ J/mol.K}$</p> <p>$= 353,07 \text{ K}$ veya $80,0^\circ\text{C}$'de kaynar.</p> <p>14/15</p>	<p>Gibbs Serbest Enerjisi</p> <p>0°C'de 11 molar erime ısısı (ΔH_{erime}) 6,01 kJ/mol olduğuna göre molar erime entropisi (ΔS_{erime}) kaç J/mol.K'dir?</p> <p>Standart Reaksiyon Serbest Enerjisi</p> <p>$0 = \Delta H - T \Delta S$ formülünden gözünü tamamlayarak sonucu kutucuğa yazınız.</p> <p>Faz Geçişleri</p> <p>Sonuç: <input type="text"/> <input type="button" value="kontrol B"/></p> <p>15/15</p>

Ek 6'nın devamı

8. Oturumun Ekran Görüntü Örnekleri

<p>Termodinamik -Serbest Enerji Değişimi ve Denge</p> <p>Serbest Enerji Değişimi ve Denge</p> <p>Termodinamiğin Sıfıncı Kanunu</p> <p>$\Delta G^{\circ} = 0$ ise, reaktiflerin ürünler, ürünlerin reaktiflere dönüşme eğilimi eşittir ve sistem dengededir.</p> <p>Standart haldeki reaktiflerle, standart haldeki ürünler denge konumundaysa $\Delta G^{\circ} = 0$'dır. Fakat, standart olmayan koşullarda yani farklı sıcaklık ve basınçta dengeyi tanımlamak istersek ΔG° yerine ΔG'yi kullanmamız gerekir.</p> <p>1/14 Gözet İleri</p>	<p>Termodinamik -Serbest Enerji Değişimi ve Denge</p> <p>Serbest Enerji Değişimi ve Denge</p> <p>Termodinamiğin Sıfıncı Kanunu</p> <p>$SF_{6(g)} + 8 HI_{(g)} \rightarrow H_2S_{(g)} + 8 HF_{(g)} + 4 I_{2(g)}$</p> <p>Reaksiyonu için 25 °C'de standart reaksiyon serbest enerjisi $\Delta G^{\circ} = -2638,8$ kJ'dür. Her bir gazın kısmi basıncının 10 atm olduğu zamanki reaksiyon serbest enerjisi hesaplayınız ve reaksiyonun istenilür yönünü yorunlayınız. ($R = 8,3145$ J/K.mol)</p> <p>$Q_p = (P_{H_2})^1 (P_{I_2})^4 / (P_{SF_6})^1 (P_{HI})^8$</p> <p>$Q_p = 10^1 \cdot 10^4 / 10 \cdot 10^8$</p> <p>$Q_p = 10^2$</p> <p>$\Delta G = \Delta G^{\circ} + 2,303 \cdot R \cdot T \cdot \log Q_p$</p> <p>$\Delta G = -2638,80 \text{ kJ} + 2,303 \cdot (8,3145 \text{ J/K.mol}) \cdot (273+25) \text{ K} \cdot \log 10^2$</p> <p>$\Delta G = -2638800 \text{ J} + 11410,33 \text{ J}$</p> <p>$\Delta G = -2627389,67 \text{ J}$</p> <p>$\Delta G = -2627,389$ kJ'dür. Reaksiyon ürünler yönüne istenlidir.</p> <p>4/14 Gözet İleri</p>
<p>Termodinamik -Serbest Enerji Değişimi ve Denge</p> <p>Serbest Enerji Değişimi ve Denge</p> <p>Termodinamiğin Sıfıncı Kanunu</p> <p>Sistem dengede ise, $Q_p = K_p$ ya da $Q_p > K_p$ yani, genel olarak $Q < K$'dir. Denge konumunda $\Delta G = 0$ olduğundan;</p> <p>$\Delta G = -Q_p + R \cdot T \cdot \ln K = 0$</p> <p>$\Delta G^{\circ} = -R \cdot T \cdot \ln K$</p> <p>veya</p> <p>$\Delta G^{\circ} = -2,303 \cdot R \cdot T \cdot \log K$ yazılabilir.</p> <p>5/14 Gözet İleri</p>	<p>Termodinamik -Serbest Enerji Değişimi ve Denge</p> <p>Serbest Enerji Değişimi ve Denge</p> <p>Termodinamiğin Sıfıncı Kanunu</p> <p>$CO_{2(g)} + C_{(s)} \rightleftharpoons CO_{(g)}$</p> <p>Dengedeki bu tepkime için 298 K'de $\Delta G^{\circ} (CO_{(g)}) = -137$ kJ/mol ve $K_p = 1,6 \cdot 10^{12}$ olduğuna göre $\Delta G^{\circ} (CO_{2(g)})$ kaç kJ/mol'dür? ($R = 8,3145$ J/K.mol)</p> <p>$\Delta G^{\circ} = -2,303 \cdot R \cdot T \cdot \log K_p$ ve</p> <p>$\Delta G^{\circ} = \sum n \Delta G^{\circ}_{p}(\text{ürünler}) - \sum n \Delta G^{\circ}_{p}(\text{girenler})$ formüllerinden yararlanarak çözümü tamamlayarak sonucu cevap kutucuğuna yazınız.</p> <p>Soruç: <input type="text"/> <input type="button" value="kontrol"/></p> <p>9/14 Gözet İleri</p>
<p>Termodinamik -Termodinamiğin Sıfıncı Kanunu: Termal Denge</p> <p>Serbest Enerji Değişimi ve Denge</p> <p>Termodinamiğin Sıfıncı Kanunu</p>  <p>$T_A = T_B = T_C = T_C$ ise</p> <p>$T_A = T_B = T_C$</p> <p>11/14 Gözet İleri</p>	<p>Termodinamik -Termodinamiğin Sıfıncı Kanunu: Termal Denge</p> <p>Serbest Enerji Değişimi ve Denge</p> <p>Termodinamiğin Sıfıncı Kanunu</p>  <p>13/14 Gözet İleri</p>

Ek 7. Pilot ve Asıl Uygulama İçin Alınan İzin Belgeleri

T.C. KARADENİZ
TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
Fatih Eğitim Fakültesi
Dekanlık



KARADENİZ
TECHNICAL UNIVERSITY
Fatih Faculty of Education
Dean's Office



Sayı / Ref. : B.30.2.KTÜ.0.12.00.00/ 020/1228-
Konu / Subj. : Arş.Gör.Nesli KALA

Trabzon, 20.04.2011

K.T.Ü EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

İLGİ: 11.04.2011 gün ve B.30.2.KTÜ.0.43.00-320/394 sayılı yazınız.

Enstitünüz Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi Anabilim Dalı Doktora programı öğrencisi Arş.Gör.Nesli KALA'nın doktora tez çalışmasının uygulamalarını Fakültemiz İlköğretim Bölümü Fen Bilgisi Öğretmenliği Lisans Programında yürütülen Prof.Dr.Şule BAHÇECİ ve Yrd.Doç.Dr.Hasan GENÇ'in yürüttüğü "IFKM 108 Genel Kimya-II" dersinde yapması Dekanlığımızca uygun görülmüştür.

Bilgilerinize ve gereğini rica ederim.

Prof.Dr. Adnan BAKI
DEKAN

EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ			
Tarih:	21.06.2011		
Sayı:	845	Ek:	-

Ek 7'nin devamı

**T.C. KARADENİZ
TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**
Fen Fakültesi
Kimya Bölüm Başkanlığı



**KARADENİZ
TECHNICAL UNIVERSITY**
Faculty of Science
Department of Chemistry

Sayı / Ref. : B.30.2.KTÜ.0.13.00.00/ 945
Konu / Subj. :

02/05/2011

DEKANLIK MAKAMINA

İlgi : 14.04.2011 tarih ve 1576 sayılı yazınız.

İlgi tarih ve sayılı yazınız gereği Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi Anabilim Dalı doktora programı öğrencisi Arş.Gör.Nesli KALA, CHM194 General Chemistry-II ve KİM194 Genel Kimya-II derslerinde tez çalışması uygulamalarını yapması Bölüm Başkanlığımızca uygun görülmüştür.

Bilgilerinize arz ederim.


Prof.Dr.Halit KANTEKİN
Bölüm Başkanı

ÖZGEÇMİŞ

10.04.1978 tarihinde Kahramanmaraş'ta doğdu. İlk ve ortaöğrenimini aynı ilde tamamlayan araştırmacı, 2000 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fatih Eğitim Fakültesi Kimya Öğretmenliği Programından mezun oldu. Bir süre özel bir eğitim kurumunda Kimya Öğretmeni olarak görev yapan araştırmacı, bir yıl süreyle Kars ili Kağızman ilçesinde Sınıf Öğretmeni olarak görev yaptı. 2002 yılı güz döneminde Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İlköğretim Anabilim Dalı Fen Bilgisi Eğitiminde yüksek lisansa başladı. Aynı yıl Kafkas Üniversitesi Eğitim Fakültesinde Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı. 2005 yılında “Fen Bilgisi Öğretmenlerinin İlköğretim 7. ve 8. Sınıftaki Kimya Konularına Yönelik Laboratuvar Becerilerini Geliştirmede Eğitim Fakültelerinin Yeterliliği” adlı tezi sunarak yüksek lisans programından mezun olan araştırmacı aynı yıl YÖK tarafından 35. madde ile doktora yapmak üzere Karadeniz Teknik Üniversitesine görevlendirildi. 2007 yılı bahar döneminde Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi Anabilim Dalı Kimya Eğitiminde doktora başlayan araştırmacının yabancı dili İngilizcedir.

E-mail: n_kala46@yahoo.com.tr