



**T.C.**

**ALANYA ALAADDİN KEKUBAT ÜNİVERSİTESİ**

**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**MATEMATİK VE FEN BİLİMLERİ EĞİTİMİ ANA BİLİM DALI**

**TERMODİNAMİK KONUSUNA İLİŞKİN KAVRAMLARIN ÖĞRETİMİNDE  
KULLANILAN BİLGİSAYAR DESTEKLİ KAVRAM HARİTALARININ  
AKADEMİK BAŞARIYA VE ÖĞRENMEYİ KOLAYLAŞTIRMAYA ETKİSİ**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Esra AVCI**

**Danışman**

**Dr. Öğr. Üyesi Tuba DEMİRCİ**

**ALANYA**

**2024**



**T.C.**  
**ALANYA ALAADDİN KEYKUBAT ÜNİVERSİTESİ**  
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**TERMODİNAMİK KONUSUNA İLİŞKİN KAVRAMLARIN ÖĞRETİMİNDE**  
**KULLANILAN BİLGİSAYAR DESTEKLİ KAVRAM HARİTALARININ**  
**AKADEMİK BAŞARIYA VE ÖĞRENMEYİ KOLAYLAŞTIRMAYA ETKİSİ**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Esra AVCI**

**Anabilim Dalı: Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi**

**Program Adı: Fen Bilgisi Eğitimi Tezli Yüksek Lisans**

**Danışman**

**Dr.Öğr.Üyesi Tuba DEMİRCİ**

**ALANYA**

**(2024)**

## ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilemeyen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programıyla tarandığını ve “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm.

.....

Esra AVCI

## TEŞEKKÜR

‘Bilgi deneyimden gelir. Bilgi malumat değildir. Bilmenin tek yolu deneyimlemektir.’ Bu süreçte bana yol gösteren desteğini ve ilgisini esirgemeyen danışmanım sayın Dr. Öğr. Üyesi Tuba DEMİRCİ hocama teşekkür ediyorum.

Tezimin uygulamasını yaptığım Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi Eğitim Fakültesi Fen Bilgisi Öğretmenliği 2.sınıfında öğrenim gören geleceğin değerli öğretmen adaylarına çok teşekkür ederim. Bu süreçte gösterdikleri desteği unutmayacağım.

Kıymetli zamanlarını ayırarak tezime katkıda bulunan jüri üyeleri sayın Dr. Öğr. Üyesi Cüneyt ÇAPRAZ ve Dr. Öğr. Üyesi Sibel SADİ hocalarıma da yaptıkları faydalı önerileri için teşekkür ederim.

Bu uzun ve yorucu süreçte destekleriyle bana güç veren beni cesaretlendiren kardeşim Süleyman AVCI’ ve nişanlım Mehmet SERÇEK’ e teşekkür ediyorum. Her şeyden önemlisi bugüne kadar elde ettiğim başarılarımda maddi manevi desteğini benden hiçbir zaman esirgemeyen kızları olmaktan gurur duyduğum, gelecek eğitim öğretim hayatımda da desteğini benden hiçbir zaman esirgemeyeceğine koşulsuz güvendiğim canım annem Aynur AVCI’ ya ve canım babam Ahmet AVCI’ ya sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi Eğitim Fakültesi Fen Bilgisi Eğitiminde görevli lisans eğitimimden itibaren üzerimde emeği olan tüm değerli hocalarıma teşekkürlerimi sunuyorum.

Ve öğrenmenin hiç bitmeyen bir serüven olduğuna inanıyorum...

Teşekkürlerimle,

Esra AVCI

## ÖZET

### TERMODİNAMİK KONUSUNA İLİŞKİN KAVRAMLARIN ÖĞRETİMİNDE KULLANILAN BİLGİSAYAR DESTEKLİ KAVRAM HARİTALARININ AKADEMİK BAŞARIYA VE ÖĞRENMEYİ KOLAYLAŞTIRMAYA ETKİSİ

Esra AVCI

Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı

Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü,

Aralık, 2024 (85 Sayfa)

Bu çalışmada, termodinamik konusuna ilişkin kavramların öğretiminde kullanılan bilgisayar destekli kavram haritalarının akademik başarıya ve öğrenmeyi kolaylaştırmaya etkisini incelemek amaçlanmıştır. Çalışmada zayıf deneysel desenlerden tek gruplu ön test- son test modeli kullanılmıştır.

Çalışma, 2023-2024 öğretim yılı güz döneminde Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi Fen Bilgisi Öğretmenliği programına kayıtlı 2. sınıfta öğrenim gören ve Web 2.0 araçları seçmeli dersini alan 31 kız ve 14 erkek olmak üzere toplam 45 fen bilgisi öğretmen adayı ile yapılmıştır. Beş hafta süren çalışmada ilk hafta öğrencilere ilgili ders kapsamında yapılacak araştırma ile ilgili bilgiler verilmiş ve ön testler uygulanmıştır. Diğer haftalarda araştırmacı tarafından öğretmen adaylarına bilgisayarda Bubbl.us uygulaması kullanılarak kavram haritası hazırlama eğitimleri verilmiş, ‘termodinamik’ ile ilgili bilgisayarda hazırlanan kavram haritaları ile konu anlatımları yapılmıştır. Her uygulama sonrasında öğretmen adaylarından Bubbl.us programını kullanarak konuya yönelik kendi kavram haritalarını yapmaları istenmiştir.

Çalışmada veriler “Akademik Başarı Testi” ve “Bilişsel Yük Ölçeği” isimli veri toplama araçları ile toplanmıştır. Çalışmada kullanılan verilerin analizi, bağımlı ve bağımsız örneklemeler için t testi kullanılarak yapılmıştır. Çalışmanın bulgularında, akademik başarı ve bilişsel yük ölçeğinin ön test ve son test puanlarında anlamlı farklılaşma görülmüştür. Her iki ölçme aracından elde edilen sonuçlara göre uygulamaların cinsiyet üzerine etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Bilgisayar destekli güncel öğretim uygulamalarının eğitim süreçlerine katılması, daha etkili ve verimli eğitim yapılmasına katkı sağlayacaktır.

**Anahtar Sözcükler:** Bubbl.us, Termodinamik, Akademik başarı, Öğrenme kolaylığı.

## **ABSTRACT**

### **THE EFFECT OF COMPUTER AIDED CONCEPT MAPS USED IN TEACHING CONCEPTS RELATED TO THERMODYNAMICS ON ACADEMIC ACHIEVEMENT AND FACILITATING LEARNING**

Esra AVCI

Department of Mathematics and Science Education

Graduate School of Alanya Alaaddin Keykubat University,

December, 2024

This study aimed to examine the effect of computer-aided concept maps used in teaching concepts related to Thermodynamics on academic achievement and facilitating learning. In the study, a one-group pretest-posttest model, one of the weak experimental designs, was used.

The study was conducted with a total of 45 pre-service science teachers, 31 female and 14 male, who were enrolled in Alanya Alaaddin Keykubat University Science Teacher Education program in the fall semester of the 2023-2024 academic year and took the Web 2.0 tools elective course. In the first week of the five-week study, students were informed about the research to be conducted within the scope of the related course, and pre-tests were applied. In the other weeks, the researcher trained pre-service teachers to prepare concept maps using the Bubbl.us application on the computer, and subject explanations about 'thermodynamics' were made with the concept maps prepared on the computer. After each application, pre-service teachers were asked to make their concept maps for the subject using the Bubbl.us program.

Quantitative data were collected using data collection tools named the "Academic Achievement Test" and the "Cognitive Load Scale." The quantitative data used in the study were analyzed using a t-test for dependent and independent samples. In the study's quantitative findings, significant differences were observed in the pre-test and post-test scores of the academic achievement and cognitive load scale. According to the results of both quantitative measurement tools, the applications did not affect gender variable. Including current computer-assisted instructional practices in educational processes will contribute to more effective and efficient education.

**Keywords:** Bubbl.us, Thermodynamics, Academic achievement, Facilitating learning.

## İÇİNDEKİLER

|                                                                                  |      |
|----------------------------------------------------------------------------------|------|
| JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI .....                                                      | i    |
| ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ .....                                | ii   |
| TEŞEKKÜR.....                                                                    | iii  |
| ÖZET .....                                                                       | iv   |
| ABSTRACT.....                                                                    | v    |
| İÇİNDEKİLER .....                                                                | vi   |
| TABLolar LİSTESİ.....                                                            | viii |
| RESİMLER LİSTESİ .....                                                           | ix   |
| SİMGELER VE KISALTMALAR .....                                                    | x    |
| 1. GİRİŞ.....                                                                    | 1    |
| 1.1. Problem Durumu .....                                                        | 1    |
| 1.2. Problem Cümlesi .....                                                       | 3    |
| 1.2.1. Alt Problemler.....                                                       | 3    |
| 1.3. Araştırmanın Amacı .....                                                    | 4    |
| 1.4. Araştırmanın Önemi .....                                                    | 4    |
| 1.5. Sayıtlar (Varsayımlar).....                                                 | 6    |
| 1.6. Kapsam ve Sınırlılıklar.....                                                | 7    |
| 1.7. Tanımlar .....                                                              | 7    |
| 2. LİTERATÜR .....                                                               | 8    |
| 2.1. Bilgisayar Destekli Kavram Haritaları İle Kavram Öğretimi .....             | 8    |
| 2.2. Termodinamik ve Yasaları .....                                              | 12   |
| 2.2.1. Termodinamiğin sıfırıncı yasası .....                                     | 12   |
| 2.2.2. Termodinamiğin birinci yasası .....                                       | 13   |
| 2.2.3. Termodinamiğin ikinci yasası.....                                         | 13   |
| 2.2.4. Termodinamiğin üçüncü yasası .....                                        | 13   |
| 2.3. İlgili Araştırmalar .....                                                   | 13   |
| 2.3.1. Bilgisayar destekli kavram haritaları ile ilgili yapılan çalışmalar ..... | 14   |
| 2.4. Termodinamik konusunda yapılan ilgili çalışmalar .....                      | 17   |
| 3. YÖNTEM .....                                                                  | 27   |
| 3.1. Araştırma Deseni.....                                                       | 27   |
| 3.2. Çalışma grubu.....                                                          | 27   |
| 3.3. Araştırma Süreci.....                                                       | 27   |
| 3.4. Veri Toplama Araçları.....                                                  | 48   |

|                                                                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.4.1. Akademik başarı testi.....                                                                                                    | 48 |
| 3.4.2. Bilişsel yük ölçeği.....                                                                                                      | 48 |
| 3.5. Verilerin Analizi.....                                                                                                          | 49 |
| 3.5.1. Nicel verilerin analizi.....                                                                                                  | 49 |
| 4. BULGULAR.....                                                                                                                     | 51 |
| 4.1. Akademik Başarı Testine İlişkin Bulgular .....                                                                                  | 51 |
| 4.1.1. Akademik başarı testine ilişkin ön test ve son test bulguları .....                                                           | 51 |
| 4.1.2. Cinsiyete göre kavramsal başarı testine ilişkin ön test ve son test bulguları .....                                           | 51 |
| 4.2. Bilişsel Yük Ölçeğine İlişkin Bulgular .....                                                                                    | 52 |
| 4.2.1. Bilişsel yük ölçeğine ilişkin ön test- son test bulguları.....                                                                | 52 |
| 4.2.2. Cinsiyete göre bilişsel yük ölçeğine ilişkin ön test- son test bulguları ....                                                 | 52 |
| 3. TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER .....                                                                                                 | 53 |
| 4.3. Bilgisayar Destekli Kavram Haritaları İle Yapılan Kavram Öğretiminin Akademik Başarıya Etkisine İlişkin Tartışma ve Sonuç ..... | 53 |
| 4.4. Bilgisayar Destekli Kavram Haritalarının Öğrenmeyi Kolaylaştırmaya Etkisine İlişkin Tartışma ve Sonuç .....                     | 55 |
| 4.5. Öneriler.....                                                                                                                   | 57 |
| 5. KAYNAKLAR .....                                                                                                                   | 58 |
| 6. EKLER .....                                                                                                                       | 75 |
| Ek 1: Etik izin.....                                                                                                                 | 75 |
| Ek 2: Akademik Başarı Testi ve İzni.....                                                                                             | 76 |
| Ek 3: Bilişsel Yük Ölçeği ve İzni .....                                                                                              | 83 |
| ÖZGEÇMİŞ .....                                                                                                                       | 84 |

## TABLÖLAR LİSTESİ

|                                                                                                         |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tablo 3.1.</b> Araştırma deseni .....                                                                | 27 |
| <b>Tablo 3.2.</b> Araştırma süreci .....                                                                | 27 |
| <b>Tablo 3.3.</b> Akademik başarı testi güvenilirlik düzeyi .....                                       | 48 |
| <b>Tablo 3.4.</b> Bilişsel yük ölçeği güvenilirlik düzeyleri.....                                       | 49 |
| <b>Tablo 3.5.</b> Öğretmen adaylarının cinsiyete göre dağılımı .....                                    | 49 |
| <b>Tablo 3.6.</b> Nicel verilerin analizi.....                                                          | 49 |
| <b>Tablo 3.7.</b> Verilerin dağılımı.....                                                               | 49 |
| <b>Tablo 3.8.</b> Betimsel bulgular .....                                                               | 50 |
| <b>Tablo 4.1.</b> Akademik başarı bağımlı örneklem t-testi sonuçları.....                               | 51 |
| <b>Tablo 4.2.</b> Cinsiyete göre akademik başarı bağımsız örneklem t-testi sonuçları...                 | 51 |
| <b>Tablo 4.3.</b> Bilişsel yük ölçeğine ilişkin bağımlı örneklem t-testi sonuçları.....                 | 52 |
| <b>Tablo 4.4.</b> Cinsiyete göre bilişsel yük ölçeğine ilişkin bağımsız örneklem t-testi sonuçları..... | 52 |

## RESİMLER LİSTESİ

|                                                                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Resim 3.1.</b> Uygulama fotoğraflarından örnekler.....                                                               | 28 |
| <b>Resim 3.2.</b> Bubbl.us uygulamasında kavram haritası oluşturma aşamaları (Ekran görüntüsü 1-9).....                 | 30 |
| <b>Resim 3.3.</b> Araştırmacı tarafından anlatılan ‘termodinamik’ konulu kavram haritaları (kavram haritası 1-5).....   | 35 |
| <b>Resim 3.4.</b> Öğretmen adayıtarafındanBubbl.us programında oluşturulan örnek kavram haritası.....                   | 36 |
| <b>Resim 3.5.</b> Araştırmacı tarafından anlatılan ‘termodinamik’ konulu kavram haritaları (kavram haritası 6-10).....  | 41 |
| <b>Resim 3.6.</b> Öğretmen adayıtarafındanBubbl.us programında oluşturulan örnek kavram haritası .....                  | 42 |
| <b>Resim 3.7.</b> Araştırmacı tarafından anlatılan ‘termodinamik’ konulu kavram haritaları (kavram haritası 11-14)..... | 46 |
| <b>Resim 3.8.</b> Öğretmen adayı tarafından Bubbl.us programında oluşturulan örnek kavram haritası.....                 | 47 |

## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Kısaltmalar

**BDKH** : Bilgisayar Destekli Kavram Haritaları

**MEB** : Milli Eğitim Bakanlığı



# 1. GİRİŞ

## 1.1. Problem Durumu

Hava durumu, terleme, ısıtma-soğutma ve araba motorları gibi günlük hayatta karşımıza çıkan olayların bilimsel karşılığı olan, ısı ve sıcaklık gibi kavramlar termodinamik ile ilgilidir. Albert Einstein termodinamik konusunun deneysel bir bilim olduğunu ve deneylerle kazanılmış genellemelerden oluşan ilkeye bağlı olduğunu düşünmüş *“Bir teoremin önermeleri ne kadar basit, ilgili olduğu şeyler ne kadar çok ve uygulama alanı ne kadar geniş olursa, o kadar etkileyicidir. Bu nedenle klasik termodinamik beni derin bir şekilde etkiledi.”*olarak ifade etmiştir. Termodinamik günlük hayattan kavramlarla bağlantılı olmasına rağmen öğrenilmesi güç bir konudur (Bain vd., 2014). Bireyler etraflarında olup biten şeyleri gözlemlene eğiliminde olup bu gözlemler sonucunda ulaştıkları genellemelerin her birine ‘kavram’ adı verilen ve bu genellemeleri temsil eden bir ‘isim’ verilmektedir. Anlamli hale gelen bilgiler ışığında yeni bilgi ve kavramlar üretilir (Kılıç, 2001). Kavramların bazıları somut, bazıları soyuttur. Somut olarak ifade edilen kavramlar daha çok yaşantı yolu ile deneyimlenerek öğrenilirken, soyut kavramlar doğası gereği mantık ve çıkarım gibi zihinsel süreçler sonucunda edinilmektedir (Abraham vd., 1992). Kavramların zihinde doğru yapılandırılması gerekir. Öğrenciler daha önceki yanlış öğrenmelerinden hareketle fiziksel olayları akıllarını kullanarak ya da doğru olduğunu düşündükleri bilgilerle açıklayabileceklerini düşündüklerinden konu ile ilgili öğrenme güçlükleri ortaya çıkmaktadır (Allen, 2019). Isı enerjisi, iç enerji ve entropi gibi kavramların mikro boyutta olması gözlem yapma olanağını zayıflattığından öğrenme güçlüklerine neden olabilir (Dreyfus vd., 2015).

Termodinamik kavramlarına ilişkin öğrenci görüşleri incelendiğinde öğrencilerin kavramlarla ilgili farklı tanımlamalar yaptıkları görülmüştür. Fen bilimleri olgular, kavramlar, genellemeler, ilkeler, kuramlar ve doğa yasalarından oluştuğu görülmektedir. Kavramlar bir varlıktan bahsedilince, onunla ilgili olarak insan zihnine gelen ilk bilgilerdir (Kırıkkaya & Güllü, 2008). Öğrencilerde var olan öğrenme güçlüklerinin ortaya çıkarılması fen eğitiminde önemli bir yere sahiptir. Yapılan çalışmalarda genel olarak termodinamik konusunun öğrenilmesi güç bir konu olduğu ifade edilmiştir. Çünkü termodinamik konusu öğrencilerin çeşitli öğrenme yöntemlerini kullanmalarını ve birinden diğerine (kelimeler, tablolar, grafikler, denklemler ve diyagramlar) geçiş yapmalarını gerektirir (Redish, 1994). Termodinamik konusunda karşılaşılan öğrenme

güçlüklerinin üstesinden gelmek için çeşitli yaklaşım ve öneriler sunan bazı çalışmalar bulunmaktadır (Sözbilir, 2003; Mulop vd., 2012; Fenditasari & Istiyono, 2020). Öğrenme zorluklarının daha iyi anlaşılması ve ortalama öğrenmeyi iyileştirmek için öğretme-öğrenme sürecinde köklü değişikliklerin olması gerektiğinin farkına varılmıştır (Brown, 1992). Bilim insanları 19. yüzyıldan itibaren öğrenmenin nasıl gerçekleştiği ile ilgili bilimsel araştırmalar yapmaya başlamıştır (Schunk, 2009). Ausubel (1968) bilginin keşif yoluyla öğrenilmesinin güç olduğunu bu nedenle bilginin bireye sunulmasının öğrenmeyi kolaylaştıracağını düşünmektedir. Ausubel'in benimsediği bu yaklaşım modelinde 'anlamli öğrenmeye' vurgu yapılmaktadır (Senemoğlu, 2001). Anlamli öğrenmenin gerçekleşmesi kavramlar ve kavramlar arası ilişkilerin doğru öğrenilmesi ile mümkündür. Ausubel, öğrenmede sistemin en üstünde ana bir kavramın olduğunu, diğer alt kavramların bu ana kavram ile ilişkili olduğunu ve alt kavramların ana kavramın altında sınıflandırılarak incelendiğinden bahsetmektedir. Ausubel'in kuramında önce ana temel ilkeler öğrencilere sunulmalı, ardından daha özel bilgilere ya da örneklere geçilmelidir (Woolfolk & Margetts, 2001).

Kavram haritaları anlamli öğrenmeyi sağlayan bir öğretim yöntemi olarak karşımıza çıkmaktadır (Kaptan, 1998). Kavram haritaları fen eğitiminde anlamli öğrenmenin gerçekleşmesi için kullanılmaktadır (Martin, 1994). Kavram haritalarının görsel olması kavramlar arası bağlantıların kolaylıkla görülmesini sağlar ve kavram öğrenimini kolaylaştırır. Öğrenciler kavramları uzun metinler içinde değil konuyu anlatan kavram haritalarından öğrenebilir. Öğrenciler öğrenilmesi zor olan kavramları kolay öğrendiği kavramlarla ilişkilendirerek öğrenirler (Novak & Gowin, 1984). Novak tarafından geliştirilen kavram haritalarının öğrenmeyi kolaylaştırıcı yenilikçi stratejilerden olduğu belirtilmiştir (Gaines, 2002; Kılınç, 2007; Çetinkaya & Taş, 2011; Tuluk, 2015; Yapıcı, 2016; Bektüzün & Yel, 2019; Sönmez vd. 2020; Karyağdı & Aydın, 2023).

Hızla değişen ve gelişen teknolojinin ürünü olarak bilgi yığınları oluşmaktadır. Bu bilgilerin etkili ve kalıcı bir şekilde öğretilmesi için her şeyi öğrenmek yerine 'öğrenmeyi öğrenmek' daha doğru bulunmuştur (Taşkesenligil vd., 2008). 21. yüzyıl becerileri arasında yer alan teknolojiyi anlama, yönlendirme, yönetme ve değerlendirmelerin yapılabileceği teknoloji okuryazarlığı fen eğitimi için önem arz etmektedir (Atakişi, 2019). Günümüz teknolojisinde anlamli öğrenmenin gerçekleşmesi için teknoloji destekli öğrenme ortamları oluşturulmaya çalışılmaktadır. Fen eğitiminde kullanılan kavram haritası oluşturma yazılımları mevcuttur (Plotnick, 1997). Yapılan

araştırmada bilgisayar destekli kavram haritalarının oluşturulmasında kullanılan Bubbl.us programı kavram haritası oluşturma yazılımlarından birisidir. Bubbl.us uygulaması, kullanıcıların online kavram haritaları hazırlayıp kavram haritalarını bilgisayarlarına kaydederek görsel içerikler oluşturacağı ücretsiz kolay kullanımlı bir araç olarak görülmektedir (Stair, 2013). Kavram haritaları, hazırlama sayfasında çıkan otomatik kutucuklar ile kolay bir şekilde hazırlanmakta ve kavramlar arası ilişkilerin kurulması sağlanmaktadır (Yeşilyurt, 2019). Hazırlanan kavram haritaları web sitelerinde paylaşıp, istenildiğinde bastırılabilir. Bu uygulama ile kavram haritaları farklı renklerde hazırlanabilir. Hazırlanan kavram haritalarının yapımına daha sonra devam edilerek, eklemeler yapılabilir (Buber vd., 2015). Bilgisayar destekli öğretim öğrencilerin bireysel farklılıklarına göre düzenlendiği için, geleneksel öğretime göre üstünlükleri bulunmaktadır (Ross & Anand, 1987).

Öğrencilerin akademik bilgiye ulaşma yollarına kolaylık sağlayan teknolojinin eğitime entegrasyonu ile eğlenceli ve farklı etkinlikler ortaya çıkmıştır (Öztürk & Göktaş, 2020). Öğretim teknolojilerinin kullanılmasıyla birlikte öğrenmede zaman kazanma ve öğrencilerle iletişimin kolaylaştığı belirtilmiştir (McKnight vd., 2016).

## **1.2. Problem Cümlesi**

Termodinamik konusuna ilişkin kavramların öğretiminde kullanılan bilgisayar destekli kavram haritalarının akademik başarıya ve öğrenmeyi kolaylaştırmaya etkisi nedir?

### **1.2.1. Alt Problemler**

1. Bilgisayar destekli kavram haritaları ile kavram öğretiminin fen bilgisi öğretmen adaylarının akademik başarıları üzerinde etkisi var mıdır?
2. Bilgisayar destekli kavram haritaları ile kavram öğretimi fen bilgisi öğretmen adaylarının akademik başarıları üzerinde cinsiyete göre farklılık göstermekte midir?
3. Bilgisayar destekli kavram haritaları ile kavram öğretiminin fen bilgisi öğretmen adaylarının öğrenmelerini kolaylaştırma üzerinde etkisi var mıdır?
4. Bilgisayar destekli kavram haritaları ile kavram öğretiminin fen bilgisi öğretmen adaylarının öğrenmelerini kolaylaştırmada cinsiyet üzerinde etkisi var mıdır?

### 1.3. Araştırmanın Amacı

Bu çalışmada ‘Termodinamik’ konusuna ilişkin kavramların öğretiminde kullanılan bilgisayar destekli kavram haritalarının fen bilgisi öğretmen adaylarının akademik başarılarına ve öğrenmelerini kolaylaştırmaya etkisini incelemek amaçlanmaktadır.

### 1.4. Araştırmanın Önemi

Yaşadığımız çevredetermodinamiğin uygulamaları ile karşılaşabiliriz (Çengel & Boles, 2011). Termodinamik disiplinler arası bir alandır (Meltzer, 2004). Termodinamiğin mühendislik, kimya ve fizik bölümlerinde temel bir alan olduğu göz önüne alındığında termodinamik öğretiminin oldukça önemli olduğu söylenebilir (Sözbilir, 2001; Çengel & Boles, 2011). Öğrencilerin termodinamik konusunda geçen bazı kavramlarla ilgili günlük hayatta sahip oldukları yanlış bilgilerin, termodinamik öğretimini zorlaştıracığı belirtilmiştir (Patron, 1997). Öğrencilerin formal ve informal öğrenme ortamlarında öğrendikleri bazı kavramlar bilimsel karşılığı ile uyuşmamaktadır (Bilgin vd., 2003; Gilbert vd., 1982).

Termodinamik öğretiminde yaşanan zorlukların temelinde; ısı, sıcaklık, entropi kavramlarının ve termodinamik yasalarının açıklanmasında kullanılan yaklaşımlar olduğu belirtilmiştir (Bucher, 2007; Erol & Kuzucu, 2022). Öğrencilerin entropi kavramını anlaması için entropi ile ilgili daha fazla araştırma yapılması gerektiği önerilmiştir (Sözbilir, 2001). Yapılan araştırmalarda termodinamik konusunda genellikle problem çözümleri üzerinde durulmuş, sadece problemlere odaklanmanın entropi ve Gibbs serbest enerjisi gibi kavramların anlaşılmasını zorlaştırdığı belirtilmiştir (Carson & Watson, 2002). Öğrenilmesi zor bir konu olan termodinamik öğretimi ile ilgili yapılacak çalışmaların oldukça önemli olduğu düşünülmektedir (Kala, 2012).

Literatürde termodinamik konusunu öğrenmede öğrencilerin zorluk yaşadığını bildiren çalışmalar bulunmaktadır. Gürçay ve Gülbaş (2016) çalışmasında, öğretmen adaylarının doğru cevaplama en çok zorlandıkları soruların ısı kavramı ile ilgili olduğu görülmüştür. Bu durum, öğretmen adaylarının ısı kavramını anlama düzeylerinin düşük olduğunu göstermektedir. Sözbilir (2001) çalışmasında, öğrencilerin büyük çoğunluğu entropiyi ‘görsel düzensizlik’ olarak algılamakta ve bu nedenle de olayları mikro (moleküler) düzeyde açıklamakta ve yorumlamakta zorlandıkları görülmüştür. Loverude, Kautz ve Heron (2002) çalışmasında, öğretmen adaylarının çoğunun termodinamiğin

birinci yasasını bilmelerine rağmen soruların çözümünde ideal gaz yasalarını kullanma eğilimde oldukları belirlenmiştir. Kandemir (2019) çalışmasında, öğretmen adaylarının termodinamiğin birinci yasası çerçevesinde iş, ısı, enerji ve iç enerji değişimi kavramlarında zorluk yaşadıkları görülmüştür. Kala (2012) çalışmasında, termodinamikte en çok öge etkileşiminin olduğu kavramlardan biri olan entalpinin deney ve kontrol grubundaki öğrenciler tarafından konuyu farklı durumlara transfer etmede zorlandıkları sonucuna varılmıştır. Elagöz (2014) çalışmasında, öğrencilerin ‘entalpi’ kavramı ile çok sık karşılaşmasına rağmen kavramsal boyutta en zor yapılandırılan kavramlardan olduğunu belirtmiştir. Yürümezoğlu, Ayaz ve Çökelez (2009) çalışmasında, öğrencilerin enerjinin kaynağı, formu ve transferi durumlarını kavramada zorlandıklarını zihinlerindeki enerji fikrinin nasıl bir enerji durumu olduğunu bilmediklerini belirtmişlerdir. Gürses, Sözbilir ve Açıkyıldız (2005) çalışmasında, yükseköğretim kurumlarında öğretimi güç bir kavram olarak termodinamik konusunda dikkat çeken entropi kavramıyla ilgili açıklamalara ve düzenlemelere yer verilmiştir.

Töman ve Çimer (2016) çalışmasında, farklı eğitim seviyesinde öğrenim gören öğrencilerin enerji kavramını anlamadıkları belirtilmiştir. İlhan ve Asiltürk (2019) çalışmasında, fen bilgisi öğretmen adaylarının termokimya, termodinamik ve bazı kimya konularında akıl yürütmelerinin düşük olduğu ve doğru olmayan akıl yürütmelerine sahip oldukları belirtilmiştir. Baran (2013) çalışmasında, öğrencilerin çoğunluğunun termodinamik konusunu öğrenmede zorluk çektiğini ve bu zorluğun temel nedeninin konuyu anlamada zorluk olduğu belirtilmiştir. Sözbilir (2003) çalışmasında, alanyazın incelemesinde lise ve üniversite öğrencilerinin entropinin anlaşılmasını zor bulduğunu, öğrencilerin anlamalarının sınırlı, çarpık, yanlış olduğunu, güçlüklerin termodinamikteki denklemlerin yanlış yorumlanmasından ve öğrencilerin mevcut bilgileriyle yeni bilgilerinin yeterli şekilde ilişkilendirilememesinden kaynaklandığını belirtmiştir. Pinto Casulleras (1991) çalışmasında, öğrencilerde termodinamiğin birinci ve ikinci yasalarına ilişkin öğrenme zorluklarının olduğu bildirilmiştir. Williams ve Glasser (1991) çalışmasında, termodinamik konusunun öğrencilere zor geldiğini ve öğrencilerin konuyu anlamada güçlük yaşadıklarını belirtmiştir.

Termodinamiğin genellikle zor bir konu olarak algılanması ve gerçek dünya ile bağlantısının kurulamaması öğrencilerin konuyu anlamasına engel olabilir (Çengel, 2005; Tatar, 2007). Öğrencilerin termodinamik konusunda akademik başarılarını ve konuya yönelik algılarını olumlu yönde etkilemek için termodinamik konusunun öğretiminin önemsenmesi gerekmektedir. Yapılan çalışma ile karmaşık bağlantıları olan

termodinamik konusunun daha iyi öğrenilmesi için geleneksel yöntemlerden uzaklaşarak yenilikçi yaklaşımlar kullanılmasının konunun öğrenci başarısı ve kolay öğrenilmesine katkı sağlayacağı düşünülmüştür. Yenilikçi yaklaşımlar içerisinde önemli görülen bilgisayar teknolojileri kullanıcılara verileri depolama, paylaşma ve görselleştirme imkanı sunmaktadır (Altun, 2008). Öğrenciler bilgisayar ortamında oluşturulan içeriğe katkı sağlamaya teşvik edilmektedir (Altınok vd., 2017). Mevcut gelişmeler ışığında bireyler geleneksel metotlar yerine, yeniçağın gereksinimlerine uygun dijital araçlarla desteklenen öğretim yaklaşımları kullanmayı tercih etmektedirler (Dinçer, 2015). Bilgisayar destekli yazılımların öğretimde aktif olarak kullanılmasıyla daha etkili bir öğretim yapılacağı düşünülmektedir (Kocaoğlu Acar, 2012). Öğrencilerin bilgisayar destekli uygulamalar sayesinde akademik başarılarının üst seviyelere çıktığı belirtilmiştir (Altınkaya, 1998; Akdeniz vd., 2017). Geleceğin eğitimcilerinin dijital uygulamalardan faydalanmak için kendilerini bu konuda geliştirmeleri beklenir. Öğretmen adaylarına gelecekteki sınıflarında bilgisayar destekli uygulamaları eğitim ve öğretim sürecinde kullanılabilecekleri becerilerin kazandırılması gerekmektedir (Altınok vd., 2017). Eğitimde teknolojik materyallerin uygun ve etkili bir öğretim yöntemi ile birleştirildiğinde etkin olabileceği belirtilmiştir (Clark, 1994).

Kwon ve Cifuentes (2009) bilgisayar destekli kavram haritalarının öğrencilerin bilgilerini inşa etmelerini kolaylaştırdığını belirtmişlerdir. Öğrenme materyali karmaşık bilgiler içeriyorsa öğrenme zor olmaktadır (Sweller & Chandler, 1994). Öğretim materyallerinin doğru seçilmesi bilişsel süreçleri olumlu yönde etkileyecek ve öğrenme kolaylaşacaktır. Öğrencilere verilen görevlerin zorluk düzeyi arttıkça öğrenci daha fazla çaba harcayacak bunun sonucunda bilişsel yüklenme artacak ve öğrenme zorlaşacaktır (Flad, 2002). Yapılan çalışma ile termodinamik konusuna yönelik bilgisayar destekli güncel ve somut materyallerin geliştirilmesinin termodinamik gibi zor öğrenilen konuların daha kolay öğrenilmesinde fayda sağlayacağı ön görülmektedir.

### 1.5. Sayıtlar (Varsayımlar)

- Fen bilgisi öğretmen adayları araştırma sürecine gönüllü katılmışlardır.
- Araştırma sürecince fen bilgisi öğretmen adayları araştırmada kullanılan veri toplama araçlarına verdikleri cevaplar yansız ve gerçeği yansıtmıştır.
- Fen bilgisi öğretmenliği 2.sınıf öğrencilerinin ‘Termodinamik’ konusunu bir önceki dönem Kimya 2 dersinde öğrendikleri varsayılmıştır.

## 1.6. Kapsam ve Sınırlılıklar

- Araştırmanın örnekleme, 2023-2024 eğitim öğretim yılı güz döneminde Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi Eğitim Fakültesi Fen Bilgisi Öğretmenliği programına kayıtlı Web 2.0 araçları dersini alan toplam 45 ikinci sınıf öğretmen adayı ile sınırlıdır.
- Bu araştırma haftada bir gün her biri 50 dakika olan iki ders saati olmak üzere toplam da 5 haftalık bir uygulama ile sınırlıdır.
- Araştırmadan elde edilen veriler, veri toplama aracı olarak kullanılan akademik başarı testi ve bilişsel yük ölçeklerine verilen cevaplar ile sınırlıdır.
- Termodinamik konusunun öğretiminde kullanılan bilgisayar destekli uygulama Bublls.up programı ile sınırlıdır.

## 1.7. Tanımlar

**Termodinamik:** Termodinamik; ısı, iş, sıcaklık ve enerji arasındaki ilişki ile ilgilenen bilim dalıdır.

**Evren:** Sistem ve ortam bütünüdür.

**Çevre:** Sistemin dışında kalan evren parçasıdır.

**Sistem:** Kimyasal bir tepkimede tepkimeye girecek bileşik ve moleküllerin tamamıdır.

**İç enerji:** Bir sistemin sabit hacimdeki toplam enerjisine denir.

**Isı:** Sıcaklık farkından dolayı açığa çıkan enerji alışverişidir. Sıcak bir cisimden soğuk bir cisme enerji aktarımı sağlanır.

**Entalpi:** Sabit basınç altında sistemin sahip olduğu toplam enerji veya sistemin dışarı verdiği enerjinin büyüklüğü entalpi olarak düşünülebilir (Mapple, 1996).

**Hess Yasası:** Ayrı ayrı reaksiyonların standart entalpileri toplanabilir. Termodinamiğin birinci kanunun uygulamasına “Hess Kanunu” denir.

**Entropi:** “Entropi bir sistemdeki düzensizliktir” şeklinde ifade edilen ve düzensizliğin ölçüsü olarak da “maddenin gaz halinde tanecikler daha serbest, o yüzden katı hale göre daha düzensizdir” şeklinde ifade edilmiştir (Gustavsson vd., 2013).

**Gibbs Serbest Enerji:**  $\Delta G$  ile gösterilir. Gibbs serbest enerjisi  $\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S$  formülü ile bulunur. Entalpi ve entropi durumunun süreç içerisinde açıklanmasını sağlar (Wei vd., 2014).

## 2. LİTERATÜR

### 2.1. Bilgisayar Destekli Kavram Haritaları İle Kavram Öğretimi

Kavram, bir nesnenin zihindeki soyut ve genel tasarımıdır (Türk Dil Kurumu Komisyon, 1988). Kavramlar, bireyin düşünmesini sağlayan zihinsel araçlardır. Kavramlara sahip olmayan bir yetişkinin düşünmesi, bir bebeğin düşünmesi gibi duyuşsal algılamalarıyla sınırlıdır. Kavramlar, düşünme için gereklidir. Kavramları anlamak, ilkeleri anlamak, problem çözmek ve dünyayı anlamak için gereklidir. Kavramlar, çok kapsamlı bilgileri kullanılabılır birimler haline getirir (Senemoğlu, 2001). Kavramlar insanların zihninde oluşmaktadır. Kavramların geliştirilmesinde kullanılan zihinsel süreçler genelleme, ayırım ve tanımlamadır. Kavram gelişiminde genelleme, varlıkları ortak özelliklerine göre bir grupta toplama sürecidir. Kavramların geliştirilmesinde zihinsel süreçlerden bir diğeri ayırım sürecidir. Bu süreç, genellenmenin aksine varlıkların ve olayların birbirine benzemeyen özelliklerini görerek bir sınıflama sürecine gitme olarak tanımlanabilir. Kavram geliştirmede kullanılan bir diğeri zihinsel işlem tanımlamadır. Kavramların özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir (Fidan, 1986).

- Kavramlar somuttan soyuta derecelendirilebilir.
- Kavramlar basitten karmaşığa doğru bir sıralanma gösterirler.
- Kavramlar, dikey ve yatay organizasyon içerisindedirler.
- Bazı kavramlar birbiriyle ilişkili birçok kavramı içerirler.
- Kavramların temel özellikleri ya tanımlama veya fonksiyonel türden olabilir.
- Kavramlar hangi yolla kazanılırsa kazanılsın, yalnız kişinin kendi yaşantısıyla anlam kazanır.
- İnsanlar kavramların önemli bir kısmını sembolik şekillerle zihinlerine yerleştirir ve hatırlarlar.

Bilişsel yapıda var olan kavramlara, yenilerinin eklenmesi, düzenlenmesi ve yeniden yapılandırılması hayat boyu devam eden bir süreçtir. Etkili ve kalıcı bir kavram öğretimi öğrencileri ezbere teşvik etmek yerine, kavramların anlamlı öğrenilmesini sağlamak ile gerçekleşebilir. Anlamlı öğrenme, öğrencilerin önceki bilgileri ile yeni öğrendikleri bilgiler arasında tutarlı ve mantıklı bir ilişki oluşturdıklarında gerçekleşir (Yahşi, 2006). Öğrenmenin insan zihninde nasıl oluştuğu ile ilgili çeşitli kuramlar geliştirilmiştir (Senemoğlu, 2001). Bunlardan birisi Ausubel’inde savunucusu olduğu

“Yapılandırmacı Öğrenme” yaklaşımıdır. Ausubel (1968)’e göre, eski bilgiler ile yeni bilgiler bilişsel yapıda ilişkilendirilerek bütünleştirildiği zaman anlamlı öğrenme gerçekleşmektedir. Piaget’e göre öğrenciler yeni bilgileri kendilerinde önceden var olan şemaya katarak yapılandırır. Öğrencilere kazandırılacak fen kavramlarının anlamlı olması için öğrencilerde var olan kavramlarla, yeni öğrenilecek kavramlar arasında tutarsızlık olmamalıdır. Anlamlı öğrenme için kavramların zihinde doğru yapılandırılması gerekir.

Öğretim yöntemleriyle ilgili yapılan çalışmalarda öğrenme kuramlarına dayalı olarak birçok öğretim stratejisi geliştirilmiştir. Öğretim stratejisi konu seçimini, konu analizini ve sentezini, konu öğretiminde hangi öğrenme modellerinin kullanılacağı gibi alanlardan oluşur. Yapılan çalışmada sunuş stratejisine dayalı öğretim kullanılmıştır. Sunuş stratejisinde öğretmen açısından ‘sunuş yoluyla’ öğretme, öğrenci açısından ‘alış yoluyla’ öğrenme vardır (Senemoğlu, 2001). Zaman açısından ekonomik, uygulanmasının kolay, soyut ve gerçek terimleri öğretmede etkili olması açısından sunuş yoluyla öğretim eğitimciler tarafından sıklıkla kullanılmaktadır (Çakıcı vd., 2010). Sunuş stratejisine dayanan anlamlı öğrenme yönteminde ders başında yeni terimler ve tanımlar verildiğinden öğrencinin yanlış anlamaları engellenir. Öğretilecek yeni soyut kavramlar öğrencilere sunulur ve sonrasında öğrencilerden öğrenecekleri soyut bilgileri konuyla ilgili örneklerle açıklamaları istenir. Bilgiyi sunan öğretmen olduğundan her ne kadar öğretmen merkezli bir öğretme yöntemi olsa da öğretmen-öğrenci arasında oluşan iletişime ve etkileşime dayandığı için öğrencinin etkin katılımının da önemli olması gerekmektedir. Bu yöntemdeki en önemli husus önceden öğrenilen bilginin yanlış ve eksik olmamasıdır. Yanlış ve eksik öğrenmelerde öğrenciler eski ve yeni bilgileri arasında bağlantı kurmakta zorlanmakla birlikte tam ve doğru öğrenme gerçekleşmez (Ausubel, 1968). David Ausubel (1968)’e göre “Öğrenmeyi etkileyen en önemli faktör öğrencinin mevcut bilgi birikimidir.” Anlamlı öğrenmeyi gerçekleştirmek için Çakıcı, Alver ve Ada (2006) tarafından aşağıdaki bilgiler aktarılmıştır.

- Anlamlı bir bağlam sağlayacak yeni malzemeye başlangıç niteliğinde etkinliklerin kullanılması.
- Soyut düşünceleri ifade ederken somut örnek ve benzetimler kullanılması.
- Bilgilerin grafikler, haritalar, resimler ve üç boyutlu modeller gibi görselliğe dayanan yöntemlerle sunulması.
- Diğer konuya aktararak uygulanması.

Kavram öğretimi, öğrenilecek kavramın çocuğun zihninde oluşmasını sağlama işidir (Çaycı, 2007). Eğitimin en temel amaçlarından birisi öğrencilerin kavramları anlamlı ve kalıcı olarak öğrenmeleridir. Geleneksel olarak tanımlanan kavram öğretiminde; Kavramın tanıtılması, kavram tanımının yapılması, kavramın tanımlayıcı ve ayırt edici özelliklerinin verilmesi, kavrama dahil olan ve olmayan örneklerin verilmesi şeklinde öğrenciye sunulmaktadır (Kaptan, 1998). Bu yöntemin kullanılmasıyla öğrencinin kavram öğrenimi belli bir düzeyde kalır. Kavram öğretiminde, hangi yöntemin seçileceği ve kullanılacağı çok önemlidir (Köksal, 2006). Kavram öğretiminde geleneksel kavram öğretimi ve modern kavram öğretimi olmak üzere iki yöntem kullanılabilir (Kaptan, 1999). Araştırmalar, geleneksel kavram öğretiminin kavram öğrenmede etkisiz olduğunu göstermektedir (Kılıç, 2001). Kavram öğretiminde kullanılan bir diğer yöntem modern kavram öğretimidir. Öğrenciyi merkeze alan bu yöntem, kavramların doğru kazanılması ve edinilen bilgilerin yeni öğrenme durumlarına doğru bir şekilde transferini sağlamaktadır (Köksal, 2006).

Öğrencilerde anlamlı öğrenmenin gerçekleşmesinde kullanılan yöntemlerden birisi kavram haritalarıdır (Kalaycı & Çakmak, 2000). Kavram haritaları, Ausubel'in anlamlı öğrenme kuramı temel alınarak Novak ve Gowin (1984) tarafından geliştirilmiştir. Kavram haritaları belirli bir kavramın, alt kavramları ile hiyerarşik ilişkisi ve diğer kavramlar ile olan ilişkisini gösteren şema olarak ifade edilmektedir (Senemoğlu, 2001). Kavram haritaları bir konu ile ilgili bilgilerin anlamlandırılmasında kullanılan, karmaşık yapıya sahip bilgilerin örgütlenme biçimi olarak görülebilir (Kalaycı & Çakmak, 2000). Kavram haritalarının öğrencilerin yaratıcılıklarının artmasında da etkili araçlar olduğu söylenebilir, öğrenciler zihinsel süreçlerinde hangi kavramları seçeceklerini ve bu kavramları hangi önermelerle bağlayacaklarına kendileri karar vermektedirler. Öğrenciler yaptıkları kavram haritalarını arkadaşları ve öğretmenleri ile paylaşarak, etkileşimli bir öğrenme ortamına sahip olurlar (Gaines & Shaw, 1995). Öğrencilerin kavram haritaları ile ilgili bilgilendirilmesi ve eğitimler sunulması birkaç saatlik bir sürede gerçekleştirilmektedir (Kaya & Ebenezer, 2003). Kavram haritalarının öğretilmesi sürecinde ilk olarak, öğrencilere kavram haritası elemanları tanıtılmalıdır. Öğrenciler önerme, hiyerarşi ve merkezi kavram gibi terimlerin ne olduğunu bilerek sürece başlamalıdır (Kaptan, 1998).

Kavram öğretiminde kavram haritalarının kullanılması en etkili yöntemlerden biri olarak görülmektedir (Gürdal vd., 2001). Geleneksel yöntemle çizilen kavram haritalarında hataların düzeltilmesi zordur (Chang vd., 2001, Tsai vd., 2001; Çepni vd.,

2003). Fen bilimlerinde diğ er disiplinlerin aksine somut olgulardan çok, soyut olguların bulunması fen bilimlerine bilgisayarların entegre edilmesi ihtiya ını doğ urmuştur (Kurt, 2006). Bilgisayarların eğitimde kullanılması ile ger ekleş en bilgisayar destekli öğretimle öğrenme süreci öğrenciler için daha keyifli hale gelmektedir (Zorlu & Baykara, 2014). Bilgisayar destekli  ğretim ile gerçekleştirilen öğretimin, geleneksel yöntemlere göre daha başarılı olduğu dikkat çekmektedir. Bunun nedeni, öğrencilerin derse olan ilgilerinin artması ve öğretilmek istenen i eriğ in birçok duyuya hitap etmesidir (Emrahoğ lu &  z, 2018).

Bilgisayarlar fen öğretimde etkili birer araçtır ( etin, 2007). Fen bilimlerinde öğretilmesi hedeflenen bazı konular doğ ası gereği yaparak ve yaşıyarak öğrenmeye imkan vermez ancak bilgisayar teknolojilerinin eğitimde kullanılması ile öğrencilerin yaparak ve yaşıyarak öğrenmeyi deneyimleme fırsatı bulmaları sağlanmaktadır (Kurt, 2006). Bu sayede konular öğrenciler tarafından daha iyi anlaşılarak anlamlı öğrenme gerçekleştirilir (Aykanat vd., 2005). Özellikle analitik düşünme gibi becerilerin kazandırılmasında bilgisayar destekli öğretimin diğ er yöntem ve tekniklere göre daha etkili olması, fen eğitiminde kullanılması gerektiğini göstermektedir (Krajick & Haney, 1987). Fen derslerinde öğrencilere kazandırılmak istenen olgu, kavram, kanun ve kuramlar bilgisayar destekli  ğretim yazılımları ile yapılabilir. Bilgisayar destekli kavram haritaları ile geleneksel kağıt kalem yöntemi ile hazırlanan kavram haritalarından kaynaklanan sınırlılıkların önüne geçebileceği düşünülmektedir (Daley vd., 2007). Bilgisayar destekli kavram haritaları Chang vd. (2001) tarafından ilgili tüm kavramların iliş kilendirilerek konunun öğrenilmesine yardımcı olmak amacı ile geliştiri miştir. Bilgisayar destekli kavram haritaları odaklanmayı kolaylaştırmada, araştırmaya teşvik etmede ve kavram haritalarında düzeltme yapmaya olanak sağlamaktadır. Bilgisayar ortamında kavram haritaları hazırlarken, uygulamada olan kutucuklardan istenildiği kadar rahatlıkla seçilip kavram haritalarına yerleştirilmesi, yanlış yerleştirilmesi durumunda geleneksel kağıt kalem yönteminde olduğu gibi kavram haritalarının yeniden çizilmesine gerek kalmadan kutucuğun düzeltilmesi, ses ve video gibi özelliklerinin olması bilgisayar destekli kavram haritalarını, geleneksel kavram haritalarından daha avantajlı hale getirmektedir (Plotnick, 1997). Bilgisayar destekli kavram haritaları öğretmenlerin, öğrencilere bilgiyi sunma süreçlerini kolaylaştırmaktadır (Akkuş, 2013). Yapılan çalışmada, termodinamik konusunun  ğretimi Bubbl.us programında hazırlanan kavram haritaları ile gerçekleştirilmiştir.

## 2.2. Termodinamik ve Yasaları

Latince therme (ısı) ve dynamic (güç) sözcüklerinden oluşturulmuş ve öğrencilerin anlamada zorlandığı bir konudur. Isı tarihsel süreç içerisinde çok tartışılan termodinamik kavramlarından birisi olmuştur. Herschel (1833) ısıнын bu gezegende tüm canlılara güç verdiğini düşünmüştür. M.Ö 322-384 arasında Yunanlılar ‘ısı’ kavramının cisimler arasında kolaylıkla aktarılabilen ve algılanamayan özgün bir madde olduğunu varsayan yeni ‘kavramsal şema’ olarak açıklamışlardır. Termal denge gibi bazı kavramların açıklanmasında kavramsal şemanın yararlı olacağı düşünülmüştür (Cotignola vd., 2002 ). Fiziksel sistemlerin madde miktarı, hacim, iş, ısı ve sıcaklık gibi özelliklerini incelen fizik dalına termodinamik denir (Tolman, 1987). Yağışların oluşumu, buharlaşma ve erime gibi çevremizdeki olaylar termodinamik ile ilgilidir. Isı kavramları enerji ile tanımlandığından termodinamik genel olarak ‘enerji bilimi’ olarak ifade edilir (Mikailov & San, 2008). Enerji bilimi veya enerjinin değişik şekilleri arasındaki ilişkileri inceleyen bilim dalı ‘termodinamik’ olarak ifade edilirken, termodinamik kanunlarının deneysel ve matematiksel bağlantıları incelediği varsayılmıştır (Aydın, 2018). Clausius (1879) tarafından ısı ve iş’in enerjinin iki formundan oluştuğu ileri sürülmüştür. Bu yüzden enerjinin vardan yok, yoktan var olamayacağı yalnızca bir türden başka bir türe dönüşeceği ve bu yeni yaklaşımda ‘enerjinin korunumu’ yasası adını vermişlerdir. Termodinamiğin bir bilim dalı olarak ortaya çıkması Savery (1697) ve Newcomen (1712) buhar ile çalışan makineleri yapmasına bağlıdır (Çengel & Boles, 1996). Termodinamik terimi ilk olarak Kelvin (1849) tarafından yapılan bir yayında kullanılmıştır. Clausius, Rankin ve Kelvin (1850) tarafından termodinamiğin birinci ve ikinci yasaları ortaya atılmıştır (Çengel & Boles, 1996). Termodinamik kavramlarından ‘entropi’ 19. yüzyılda düşük verimle çalışan buhar makinalarının verimliliğinin artırılması için yapılan çalışmalar ile karşımıza çıkar. Clausius 1865-1867 yıllarında yayınladığı eserlerinde ilk defa entropi kavramından bahsetmiştir. Korunum yasaları ve Entropi klasik fiziğin temelidir (Mutlu, 2014).

### 2.2.1. Termodinamiğin sıfırıncı yasası

Fowler (1931) tarafından tanımlanan bu yasa; temel bir fizik ilkesi olarak karşımıza çıktığı ve doğal olarak termodinamiğin 1. ve 2. yasalarından önce gelme zorunluluğu doğduğu için ‘sıfırıncı yasa’ adını almıştır (Keller vd., 1993). Isı geçirgenliği olan iki sistemin durum değişkenleri değişmezse bu iki sistem denge halindedir. Isıl

denge durumundaki sistemlerin sıcaklıkları aynıdır. Aynı ayrı ısı dengede olan sistemler bir üçüncü sistemle dokunma durumunda üçüncü sistemde diğer iki sistem ile aynı sıcaklığa ulaşır. Bu sonuçlar termodinamiğin sıfıncı kanunu oluşturur.

### **2.2.2. Termodinamiğin birinci yasası**

Bir sistemle çevresi arasındaki enerji aktarma biçimine ‘ısı ( $Q$ )’ denir. Isı sistemin çevresiyle arasındaki sıcaklık farkından kaynaklı aktarılan enerjidir. Isı enerjisini aktarma yolunda ‘iş ( $W$ )’tir. Sıcaklık farkından bağımsız olarak aktarılan enerjiye ‘iş’ denir (Keller vd., 1993). Sistemin çevre ile arasındaki enerji akışı ile iç enerjideki değişimi birbiriyle bağlantılıdır. İç enerji gazın durgun referans sistemindeki toplam enerjisi olarak açıklanır. Termodinamiğin birinci yasası ‘herhangi bir değişim sırasında, bir sisteme aktarılan  $Q$  ısı  $W$  işi ile sistemin bir  $W$  işini yaptığı tüm süreçlerde  $Q-W$  net enerjisi sistemin iç enerjisindeki değişime eşittir’ olarak ifade edilir (Keller vd., 1993).

### **2.2.3. Termodinamiğin ikinci yasası**

Termodinamiğin ikinci yasası günümüzde en kusursuz ve doğru yasa olarak kabul edilmektedir (Lieb & Yngvason, 2000). Kendiliğinden gerçekleşen doğal süreçlerde entropi korunmaz ve genellikle artma eğilimindedir ifadesi termodinamiğin ikinci kanunu ile ilgilidir (Lieb & Yngvason, 2000). Entropi; makroskobik düzeyde yararlı iş yapmak için kullanılamayan bir enerjinin ölçüsü, mikroskobik düzeyde düzensizliğin ölçüsü ya da mikro hallerin sayısını (Gürses vd., 2005) ifade etmektedir.

### **2.2.4. Termodinamiğin üçüncü yasası**

Saf kristal maddenin mutlak sıfır sıcaklığında entropisi sıfırdır, çünkü moleküllerin konumu bellidir (Çengel & Boles, 1996). Sistemin entropisi sistemi belirleyen hacim manyetik alan gibi fiziksel niceliklerden bağımsız değere ulaşmasını mutlak sıcaklığın sıfıra ulaşması durumu sağlar. Sıcaklık sıfır değerine yaklaştıkça enerji seviyesi minimum enerji eğilimine ulaşır (Mikailov & San, 2008).

## **2.3. İlgili Araştırmalar**

Bu bölümde yurt içinde ve yurt dışında yapılan ilgili çalışmalar alt başlıkların altında birlikte verilmiştir.

### 2.3.1. Bilgisayar destekli kavram haritaları ile ilgili yapılan çalışmalar

Çavaş ve Şahin Pekmez (2001)'in 'Fen Eğitiminde Kavram Haritaları ve Inspiration Programı Uygulamaları' adlı çalışmasında, fen bilgisi öğretmenlerinin 'inspiration' programında kavram haritası oluşturmaları sağlanmıştır. Çalışma sonucunda, öğretmenlerin bilgisayar kullanımındaki yetersizliklerinden dolayı sorun yaşadıkları görülmüş ve derslerin yoğun geçmesinden dolayı bilgisayar destekli uygulamalara yer veremedikleri belirtilmiştir.

Baki ve Mandacı Şahin (2004)'in 'Bilgisayar Destekli Kavram Haritası Yöntemiyle Öğretmen Adaylarının Matematiksel Öğrenmelerinin Değerlendirilmesi' adlı çalışmasında, sınıf öğretmen adaylarına bilgisayar destekli kavram haritası hazırlatılarak öğrencilerde 'küme' konusunda var olan kavram yanlışlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda öğrencilere bilgisayar destekli kavram haritaları hazırlatmanın etkili bir değerlendirme yöntemi olarak kullanılabileceği görülmüştür.

Kocatürk Kapucu (2008)'nin 'Bilgisayar Destekli Kavram Haritası Kullanımının, Öğrencilerin Bilişsel Senaryo Oluşturma Becerileri, Erişi, Öğrenmelerinin Kalıcılığı ve Derse Yönelik Tutumları Üzerindeki Etkiler' adlı çalışmasında, 6. sınıf öğrencilerinin bilişsel senaryo hazırlama düzeylerine ve tutumlarındaki değişime bilgisayar destekli kavram haritalarının etkisini belirlemek amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda, bilgisayar destekli kavram haritalarının öğrencilerin bilişsel senaryo oluşturabilme becerilerini ve erişki düzeylerini (başlangıç ve son durum düzeyleri arasındaki gelişmeler) arttırdığı belirtilmiştir.

Dalmolin, Nassar, Bastos ve Mateus (2009)'un 'A Concept Map Extractor Tool For Teaching and Learning' adlı çalışmasında, öğretmenlerin görsel düzenleyicileri kullanarak kendi haritalarını yapabilmeleri, öğrencilerin öğrenme nesnelere istedikleri gibi ulaşabilecekleri ve kendi hazırladıkları kavram haritaları sayesinde kendi notlarını tutabilmelerine olanak sağladığı için kavram haritalarının öğretmenlere ve öğrencilere faydalı olduğu belirtilmiştir.

Rueda, Arruarte, Elorriaga ve Herrán (2009)'in 'Learning The Attachment Theory With The CM-ED Concept Map Editor' adlı çalışmasında, bilgisayar destekli kavram haritası çizimine yarayan multimedya yazılımı CM-ED uygulamasının öğrencilere öğretilerek değerlendirilmesi hedeflenmiştir. Çalışma sonucunda, öğrencilerin bu uygulamayı nasıl kullanacağı ve ders içeriğini öğrendikleri belirtilmiştir.

Çetinkaya ve Taş (2011)'in 'Canlıların Sınıflandırılması Konusu İçin Web

Destekli Kavram Haritaları ve Anlam Çözümleme Tablolarının Öğrenme Üzerindeki Etkisinin Araştırılması' adlı çalışmada, 50 fen bilgisi öğretmen adayına 'canlıların sınıflandırılması' konusunun öğretiminde bilgisayar destekli kavram haritaları ve anlam çözümleme tabloları kullanmanın kavram öğretimi ve öğretmen adaylarının tutumları üzerine etkisi incelenmiştir. Çalışma sonucunda, bilgisayar destekli kavram haritalarının ve anlam çözümleme tablolarının kavram yanlışlarının giderilmesinde pozitif bir etki sağladığı görülmüştür.

Köse (2011)'nin Bilgisayar Destekli Kavram Haritalarına Uygun Bir Ders Örneği: Dolaşım Sistemi' adlı çalışmada, kağıda çizilerek hazırlanan kavram haritalarının yetersiz kalması üzerine 'inspiration' programının altıncı sınıf öğrencilerinde dolaşım sistemi konusunda var olan kavram yanlışlarını giderme düzeyleri incelenmiştir. Çalışma sonucunda, bilgisayar destekli hazırlanan kavram haritalarının, kağıt kalem ile hazırlanan kavram haritalarına göre daha etkili olduğu görülmüştür.

Chen, Chen ve Chen (2012)'in 'The Design and Effect of A Scaffolded Concept Mapping Strategy on Learning Performance in An Undergraduate Database Course' adlı çalışmada, bilgisayar destekli kavram haritası stratejisi ile öğrenciler üzerinde anlamlı öğrenmelerin sağlanarak tüm sınıfın eş güdümlü olarak derste ilerlemesi amaçlanmıştır. Araştırma veri tabanı ve yönetimi dersini alan 54 lisans öğrencisi üzerinde gerçekleştirilen çalışma sonucunda, kavram haritası stratejisi kullanılarak işlenen dersi alan öğrencilerin, geleneksel yöntemler ile işlenen dersi alan öğrencilere göre akademik başarılarının daha yüksek olduğu görülmüştür.

Köse ve Akkuş (2013)'ün 'Klasik Kavram Haritaları İle Bilgisayar Destekli Kavram Haritaları Kullanımının 6.Sınıf Öğrenci Başarısına Etkilerinin Karşılaştırılması: Dolaşım Sistemi' adlı çalışmada, 6. sınıfta öğrenim gören 56 öğrenciye dolaşım sistemi konusunda yaptırılan bilgisayar destekli kavram haritalarının, kağıt kalem ile çizilen kavram haritalarına göre kavram öğretimi ve kavram yanlışlarının giderilmesi üzerinde etkisi incelenmiştir. Çalışma sonucunda hem klasik kavram haritalarında, hem de bilgisayar destekli kavram haritalarında kavram yanlışlığı belirlenmiştir. Kavram yanlışlıkların giderilmesinde ve öğrencilerin olumlu tutum geliştirmelerinde bilgisayar destekli kavram haritalarının daha etkili olduğu belirtilmiştir.

Liu ve Lee (2013)'nin 'Using A Concept Map Knowledge Management System To Enhance The Learning Of Biology' adlı çalışmada, öğrencilerin biyoloji ile ilgili gelişim düzeylerine bilgisayar destekli kavram haritalarının etkisi incelenmiştir. Çalışma sonucunda, bilgisayar destekli kavram haritaları ile yapılan biyoloji eğitimi ile

öğrencilerin öz değerlendirme yapabilmesi ve öğrenme üzerine olumlu etki yapabileceği ifade edilmiştir.

Güveli ve Güveli (2014)'nin 'Matematik Öğretimi Dersinde Kullanılan Bilgisayar Destekli Kavram Haritalarına Yönelik Sınıf Öğretmeni Adaylarının Görüşleri' adlı çalışmasında, 113 sınıf öğretmen adayının bilgisayar destekli kavram haritaları hakkında görüşleri değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda, öğretmen adaylarının bilgisayar destekli kavram haritaları hakkında olumlu görüşlere sahip olduğu belirtilmiştir.

Tuluk (2015)'un 'Ortaokul Matematik Öğretmeni Adaylarının Açık Kavramına İlişkin Oluşturdukları Kavram Haritalarının Değerlendirilmesi' adlı çalışmasında, bilgisayar destekli programlarda hazırlanan kavram haritalarının ilköğretim matematik öğretmenliği bölümünde okuyan öğrencilerin kavramsal algılarını ve bu kavramlarda oluşan yapısal değişimleri açığa çıkarmada önemli bir teknik olduğu bildirilmiştir.

Violante ve Vezzetti (2015)'nin 'Design of Web-Based Interactive 3D Concept Maps: A Preliminary Study For An Engineering Drawing Course' adlı çalışmasında, bilgisayar destekli üç boyutlu ve etkileşimli kavram haritalarının geliştirilmesine katkı sağlamayı amaçlamışlardır. Çalışmada iki boyutlu kavram haritaları ile bilgisayar destekli (üç boyutlu) kavram haritalarının bireylerin uzamsal yeteneği ile öğrenme çıktıları üzerine etkileri araştırılmıştır. Çalışma sonucunda, bilgisayar destekli (üç boyutlu) kavram haritalarının, iki boyutlu kavram haritalarına göre uzamsal yeteneği düşük olan öğrencilerin eksiklerinin giderilmesinde etkili olduğu belirlenmiştir.

Karacı ve Güleç (2019)'in 'Çevrimiçi Kavram Haritalarının Fen Bilimleri Dersindeki Başarı ve Kalıcılığa Etkisi' adlı çalışmasında, ortaokulda öğrenim gören 28 öğrencinin bilgisayar destekli kavram haritası uygulaması 'captivate' yazılımı ile yapılan fen bilimleri dersinin, geleneksel kağıt kalem yöntemi ile gerçekleştiren derse göre akademik başarıya ve kalıcılığa etkisi incelenmiştir. Çalışma sonucunda, ortaokul öğrencilerine 'kütle ve ağırlık' konusunun öğretilmesinde kullanılan eğitsel kavram haritası yazılımı ile gerçekleştirilen dersin, geleneksel kağıt kalem yöntemi ile yapılan derse göre akademik başarıyı ve kalıcılığı arttırdığı görülmüştür.

Çağan, Gömlekçi ve Kutluca (2019)'nın 'Olasılık Konusu Öğretiminde Bilgisayar Destekli Bir Kavram Haritası Kullanımı: CMAP' adlı çalışmasında, bilgisayar destekli CMap kavram haritası uygulamasının matematik öğretiminde kullanılmasına örnek vermek amacı ile olasılık konusu ile ilgili örneklerin gösterilmesi hedeflenmiştir. Çalışma sonucunda, matematik öğretiminde olasılık gibi zor öğrenilen bir konunun bilgisayar destekli kavram haritaları ile öğretiminin faydalı olacağı belirtilmiştir.

Chiou, Tien ve Tang (2020)'in 'Applying Structured Computer-Assisted Collaborative Concept Mapping To Flipped Classroom For Hospitality Accounting' adlı çalışmasında, bilgisayar destekli kavram haritalarının öğrencilerin öğrenme düzeyleri ve motivasyonlar'ı üzerinde oluşturacağı etkinin incelenmesi amaçlanmıştır. Yarı deneysel desen ile gerçekleştirilen çalışmaya tayvandaki bir üniversitenin turizm ve otelcilik bölümünde öğrenim gören 114 öğrenci katılmıştır. Çalışma sonucunda, bilgisayar destekli kavram haritaları kullanılarak gerçekleştirilen dersin öğrencilerin akademik başarılarının artmasında ve derse olan güdülenmelerinde pozitif yönde bir etki sağladığı görülmüştür.

Joshua (2021)'nin 'Effects of Computer-Aided Concept-Diagram and Vee-Mapping Strategies on Organic Chemistry Learning Outcome Among Senior Secondary School Students in Niger State' adlı çalışmasında, bilgisayar destekli kavram haritalarının ve Vee diyagramlarının ortaöğretim öğrencileri üzerinde etkisi incelenmiştir. Çalışma sonucunda, Vee diyagramı ile öğrenim gören Nijerli öğrencilerin, kavram haritası ile öğrenim gören öğrencilerden daha başarılı oldukları belirtilmiştir.

Çağan ve Kutluca (2021)'nin 'Matematik Öğretiminde Bilgisayar Destekli Kavram Haritası Kullanımına İlişkin Öğretmen Görüşleri' adlı çalışmasında, matematik dersinde bilgisayar destekli kavram haritalarının kullanımına yönelik matematik öğretmenlerinin düşüncelerinin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda, matematik öğretmenlerinin derslerinde bilgisayar destekli kavram haritaları kullanma konusunda olumlu görüşlere sahip oldukları görülmüştür. Kavram haritalarının dersin öğretilmesinde, pekiştirilmesinde ve ödev aşamalarında kullanılabileceği belirtilmiştir.

Filik (2022)'in 'Bilgisayar Destekli Kavram Haritası İle Matematik Öğretiminin 7. Sınıf Öğrencilerinin Üstbilişsel Beceri Gelişimine Etkisi' adlı çalışmasında, bilgisayar destekli kavram haritaları ile öğretilen 'çokgenler' konusunun öğrencilerin bilişsel becerileri üzerine etkisi incelenmiştir. Çalışma sonucunda, bilgisayar destekli dersin daha eğlenceli olduğu, üst bilişsel becerileri geliştirdiği ve öğrenme süresini olumlu yönde etkilediği belirtilmiştir.

#### **2.4. Termodinamik konusunda yapılan ilgili çalışmalar**

Linn ve Songer (1991) tarafından yapılan "Teaching Thermodynamics To Middle School Students: What Are Appropriate Cognitive Demands?" adlı çalışmada, 8.sınıf öğrencilerinden oluşan dört grubun 13 haftanın sonunda son test performansları

karşılaştırılmıştır. Araştırmacılar müfredatın öğrencileri motive etmesi gerektiğini ve ortaokul öğrencilerinin akademik kavramların "pragmatik modelleri" olarak adlandırdıkları modellerden yararlanılması gerektiğini savunmuşlardır.

Marcella (1992) tarafından yapılan "Entropy Production and The Second Law Of Thermodynamics: An Introduction to Second Law Analysis" adlı çalışmada entropi kavramının analiz edilmesinin, termodinamiğin ikinci kanununa niceliksel yaklaşım sağladığı ortaya çıkarılmıştır. Termodinamiğin birinci kanununun toplam entropi artışı türünden yazılmasıyla ulaşılan iş-entropi bağlamının ikinci kanun olan  $\Delta S \geq 0$ 'a uygulanmıştır. Böylece ikinci kanunun sınırları ve makroskobik termodinamikteki entropinin önemini açıkça ortaya çıkartmışlardır. Termodinamiğin ikinci kanununun tersinmezlik, enerjinin bozulması ve entropi üretimi olduğu görülmüştür.

Kesidou ve Duit (1993) tarafından yapılan "Students' Conceptions of The Second Law of Thermodynamics-An Interpretive Study" adlı çalışmada lise öğrencilerinin (12-16) termodinamik ve tersinmezlik konusu hakkındaki anlayışlarını ortaya çıkarmak için Almanya'da görüşme yapılmıştır. Öğrencilerin günlük yaşamda öğrendiği termodinamik bilgilerinin, okulda öğrendikleri akademik bilgilerinden daha fazla olduğu görülmüştür. Isının sıcak cisimden, soğuk cisime doğru akan bir enerji olduğunu düşünen öğrenci sayısının oldukça fazla olduğu ortaya çıkarılmıştır. Bu sonucun aksine cisimlerin belirli düzeyde sıcaklığa sahip olduğunu düşünen öğrencilerinde olduğu saptanmıştır. Termodinamiğin ikinci yasası ile ilgili kavramların 10. sınıf lise öğrencilerine nadir öğretildiği birinci yasa kadar önem verilmediği saptanmıştır. Öğrencilerin enerjinin korunmadığını düşündükleri saptanmıştır. Çalışma sonucunda, araştırmacılar enerji, ısı ve sıcaklık kavramlarının öğretilmesinde yeni bir öğretim yaklaşımı gerektiğini belirtmişlerdir.

Patron (1997) tarafından yapılan "Conceptual Understanding of Thermodynamics: A Study of Undergraduate and Graduate Students" adlı çalışmada öğrencilerin fizikokimya, fen bilimleri ve termodinamik hakkındaki görüşleri incelenmiştir. Termodinamiğe giriş dersini alan 9 lisans ve 13 yüksek lisans öğrencisi olmak üzere 25 kişi katılmıştır. Çalışma sonucunda, lisans ve yüksek lisans öğrencilerinin aynı kavram yanılgılarına ve kavramsal zorluklara sahip olduğu görülmüştür. Öğrencilerin fizikokimyanın zor bir konu olduğu algısının, dersin müfredatıyla bilişsel ihtiyaçları arasındaki uyumun olmamasından kaynaklandığı ifade edilmiştir. Bir dönem sonra yapılan çalışmada, öğrencilerin termodinamik konusundaki kavramlar ve kavramların birbiriyle olan ilişkilerinde bağlantı kurabilmede yeterli düzeye geldikleri

saptanmıştır. Öğrencilerin matematiksel denklemlere önem verdikleri ve entalpi, gibbs serbest enerjisi gibi kavramları daha çok denklemler üzerinde açıkladıkları görülmüştür. Birçok öğrencinin matematiksel boyutta resimler ve semboller verilerek sunuş yolu ile anlatılan termodinamik konusuna ilişkin bağlantı kurmada zorluk yaşadıkları ortaya çıkarılmıştır. Öğrencilerin ön bilgileriyle iç enerji ve termodinamik kavramları arasında bağlantı kuramadıkları belirtilmiştir.

Thomas (1997) "Student Conceptions of Equilibrium and Fundamental Thermodynamic Concepts in College Physical Chemistry" adlı çalışmasında üç farklı okuldan fizikokimya dersini alan 16 öğrenci ile yarı yapılandırılmış görüşmeler yapıyıl sonuna doğru gerçekleştirilmiştir. Kimyasal denge ve kimyasal termodinamik kavramları fizikokimya dersinde sunulmuştur. Kimyasal termodinamiği ve kimyasal dengeyi kapsayan alternatif kavramlar ve kavram dışı kavramlar tespit edilmiştir. Konuya ilişkin yaygın olarak kullanılan termodinamiğin birinci yasası; gibbs serbest enerji, kendiliğinden değişim, tersinirlik, ısı, iş ve entalpi, termodinamiğin ikinci yasası; denge, entropi, dengeyi etkileyen faktörler ve temel termodinamik kavramlarına ilişkin 29 tane farklı alternatif kavram ve kavram dışı kavram bulunmuştur. Öğrencilerin %25'i daha az yaygın olarak kullanılan alternatif kavramları ve kavram dışı kavramları bulmuştur. Öğrencilerin %75'i yalnızca ileri düzey lisans sınıfı konularında temel kimya kavramlarıyla ilgili zorluklar yaşadıklarını belirtmişlerdir. Öğrencilerin %60'ı endotermik tepkimelerin kendiliğinden gerçekleşmeyeceğine, % 44'ü izotermal şartlar altında ısı oluşmayacağına inanmışlardır. Termodinamiğin ikinci yasasına ilişkin öğrencilerin % 55'i 'entropinin kendiliğinden bir değişim için artması gerekir' demiştir.

Harrison, Grayson ve Treagust (1999) tarafından yapılan "Investigating A Grade 11 Student's Evolving Conceptions of Heat and Temperature" adlı çalışma öğrencilerin ısı ve sıcaklık kavramlarını ayırt edememesi, ısı kavramını genellikle iç enerji kavramıyla karıştırmaları gerekçesiyle 11.sınıf öğrencilerine ısı ve sıcaklık konusunda bilişsel ve duyuşsal becerilere odaklanılması amacıyla yapılmıştır. Başlangıçta öğrencilerin ısı ve sıcaklık kavramlarına bakış açılarının farklı olmadığı görülmüştür. Kavramsal değişim için uygulanan etkinliklerin öğrencilerin ısı ve sıcaklık kavramına ilişkin bakış açılarını değiştirdiği belirtilmiştir. Uygulama sonrasında öğrencilerin öğrenmek için daha fazla sorumluluk aldığı, sözlü ve yazılı problem çözme becerilerinin geliştiği bildirilmiştir.

Bingöl (2001)'ün "Termodinamik Eğitiminin Etkileşimli Bilgisayar Ortamında Gerçek Zamanlı Jeva-Telnet Destekli Olarak Gerçekleştirilmesi" adlı çalışmasında, Nesneye dayalı Java programlama dili etkileşimi sağlamak için kullanılmıştır. Tüm

öğrenciler için aynı problemler verilmiş belirli bir mantık çerçevesinde her biri sistem tarafından her bir öğrenci için seçilmiştir. Öğrencilerin programı beraber kullanabilmeleri sağlanmıştır. Çözüm üretme aşamasında bireysel olarak çalışmışlardır. Ödev değerlendirme amaçlı termodinamik dersinde kullanılan programın ilerleyen yıllarda yapılacak çalışmalara ön bilgi niteliği taşıyacağı düşünülmüştür.

Sözbilir (2001) "A Study of Undergraduates' Understandings of Key Chemical Ideas in Thermodynamics" adlı çalışmasında kimyadaki termodinamik ile ilgili yanlış anlamaları entalpi, iç enerji, gibbs serbest enerji ve entropi gibi kavramların anlaşılmasından kaynaklı olduğu düşünülmüştür. Öğretim öncesinde ve sonrasında yarı yapılandırılmış görüşmelerden ve anketlerden yararlanılarak veriler toplanmıştır. 91 öğrenci çalışmaya katılmıştır. Ön görüşmeler ardından, son görüşmeler yapılmıştır. Çalışma sonucunda, 39 yanlış anlaşılma ortaya çıkarılmıştır. Önceki çalışmalarda belirlenen yanlış anlaşılmaların 14 tanesi iç enerji ile ilgili, 12 tanesi entalpi ile ilgili, 6 tanesi entropi ile ilgili ve 7 tanesi de gibbs serbest enerji ile ilgili olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Çalışmanın bulgularının eğitmenlere ve öğretim elemanlarına bilgi sağlayacağı aynı zamanda termodinamik konusunun öğretimi için stratejiler ve daha etkili materyaller tasarlamaya yardımcı olacağı düşünülmüştür.

Loverude, Kautz ve Heron (2002) tarafından yapılan "Student Understanding of The First Law of Thermodynamics: Relating Work To The Adiabatic Compression of An Ideal Gas" adlı çalışmada, öğrencilerin termodinamiğin birinci kanunu anlamaları amacıyla yapılan araştırmayı rapor etmişlerdir. Üniversite birinci ve ikinci sınıf termal fizik dersini alan öğrenciler araştırmanın katılımcıları olmuştur. Termodinamiğin birinci kanununun ideal bir gazın adyabatik sıkıştırmasıyla bağlantı kurma yetenekleri üzerine olduğu görülmüştür. Termodinamiğin birinci kanuna çalışmış olmalarına rağmen adyabatik süreçteki sıcaklık değişimini açıklayabilmek için iş kavramını kullanmanın önemini çok az sayıda öğrencinin anladığı sonucuna ulaşılmıştır. Öğrencilerin birçoğunun açıklamalarının ve tahminlerinin ideal gaz yasasını yanlış yorumlamalarından kaynaklı olduğunu düşünülmüştür. İş ve enerji ile ilgili birçok öğrenci yanlış açıklama yapmıştır. Öğrencilerin iç enerji, ısı sıcaklık ve iş kavramlarını ayırt etmede zorlandıkları ayrıca makroskobik olayları yanlış yorumlamalarının, mikroskobik modelleri yanlış yorumlamasından kaynaklı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Çalışma sonucunda, mekanik ve termal fiziğin öğretime uygun çıkarımların tartışılması gerektiği önerilmiştir.

Carson ve Watson (2002) 'Undergraduate Students' Understandings of Entropy and Gibbs Free Energy' adlı çalışmasında, entropi ve Gibbs serbest enerjisi hakkında

öğrencilerin yaşadığı zorlukların ne olduğu ve bunların nereden kaynaklandığını bulmak amacıyla İngiltere’de bir üniversitenin 20 öğrencisi ile öğretimden önce gerçekleştirdikleri görüşmelerde, öğrencilerin entropi kavramına yönelik çok sayıda alternatif kavrama sahip olduklarını ortaya çıkarmışlardır.

Sözbilir (2003) “What Students Understand From Entropy A Review of Selected Literature” adlı çalışmasında, entropinin anlaşılması konusuna ilişkin öğrenciler üzerinde yürütülen araştırmaların önemli bulgularını toplayarak gözden geçirmeyi amaçlamıştır. Entropi tanımlanmasına yönelik yanlış anlaşılmalara ve ortaya çıkan yeni yanlış anlaşılmalara yönelik yaklaşımlar kendini göstermiştir. Çalışmanın fen ve kimya eğitimi alanındaki araştırmacılara başlangıç noktası teşkil etmesi ve öğretim elemanlarına orta çıkarılan yanlış anlamaları hazır olarak kullanmalarına olanak sağlaması olmak üzere iki yönlü fayda sağlayacağı düşünülmüştür. Çalışma sonucunda, entropinin lisans ve lise öğrencileri tarafından anlaşılması zor bir kavram olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Öğrencilerin matematiği yanlış yorumlamasından kaynaklı entropi konusuna ilişkin anlamaları sınırlı, çarpık veya yanlış anlaşılmalıdır. Termodinamik konusuna ilişkin yeni bilgilerin öğrencilerin mevcut bilgileri ile birleştirilmesi ve denklemlerin çözülmesi konusunda zorlandıkları ortaya çıkarılmıştır. Öğrencilerin yaptıkları açıklamalar ise makrofiziksel dünyaya dayanmıştır. Öğrencilerin yarısı salınan kauçuğun başlangıçtaki durumuna göre düzensizliğinin arttığı, büzülen bir telin sıcaklığının başlangıçtaki halinden fazla olduğu ve sistem üzerinde iş yapıldığını entropinin gösterdiği gibi yanlış anlamaları ortaya çıkarılmıştır. Çalışma sonucunda, öğretim elemanlarının öğrencilerin doğru bilgi edininip edinmediklerini kontrol etmesi gerektiği önerilmiştir.

Meltzer (2004) tarafından yapılan “Investigation of Student’s Reasoning Regarding Heat, Work and the First Law of Thermodynamics in An Introductory” adlı çalışmada, üniversiteye giriş düzeyindeki öğrencilerin termal fiziğin temel konularıyla ilgili zorlandıkları görülmüştür. Çalışmaya dört ayrı kurstan 685 öğrenci katılmıştır. Öğrencilerden yalnızca %20’si öğretimden sonra termodinamiğin birinci kanunu etkili bir şekilde kullanmıştır. Öğrencilerin kavramsal zorluklarının nedeninin iç enerji, iş ve ısı kavramlarının aynı birimden oluştuğunu düşünmeleri olduğu belirtilmiştir. Çalışma sonucunda, öğrencilerin termodinamik kavramlarını anlamlandırabilmeleri için mevcut öğretimde iyileştirmeler yapılması gerektiği önerilmiştir.

Sözbilir (2004) "Students’ Ideas and Misunderstandings of Enthalpy and Spontaneity: A Review of Selected Researches" adlı çalışmasını, öğrencilerin kendiliğinden gerçekleşme ve entalpi konusu ile ilgili seçilmiş çalışmalardan özet

çıkartmak amacıyla yapmıştır. Araştırmada alanda yapılan çalışmaların önemli bulguları, ortaya çıkan yanlış anlamaları ve bu yanlış anlamaların olası sebepleri belirtilmiştir. Araştırmanın fen eğitimcilerine, kimya öğretmenlerine ve araştırmacılara fayda sağlayacağı düşünülmüştür.

Kruatong, Sung-ong, Singh, Jones (2006) tarafından yapılan "Thai high school students' understanding of heat and thermodynamics" adlı çalışmada ısı ve termodinamiği içeren kavramlara açıklık getirmek amacıyla 12 Taylandlı öğrenciye uygulanmıştır. Öğrencilerle ısıнын günlük termal yoluyla transfer edilebilmesi, termal özellikler, iletkenler, yalıtkanlar, termal denge, ısı enerjisi ve ilgili kavramlar hakkında görüşmeler yapılmıştır. Yapılan görüşmelerden elde edilen verilerden Isı ve termodinamik kavramlarını geliştirmek için Bangkok'taki üç liseden 214 öğrenciye uygulanan Konsept Anketi (HTCQ)'nin uygulanması için kullanılmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre sıcaklık kavramı hakkında akademik bilgileri eksik öğrenci %84 oranında belirlenmiştir. Taylandlı öğrencilerin yalıtkanlar ve iletkenler hususunda anlama düzeylerinin iyi olduğu ortaya çıkarılmıştır. Ayrıca öğrencilerin günlük hayattaki deneyimlerinden yola çıkarak kavramları başarılı bir şekilde açıkladıkları görülmüştür. Fakat akademik bilgilerine karşı tutum ve gerekçe gösterme düzeylerinin düşük olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Isı ve termodinamik konusuna ilişkin bilimsel bilgiler ve öğrencilerin kişisel deneyimleri birbirini destekliyorlar ve alternatif düşünce tarzları ile karşılaştırma yaparak konuyu pekiştirebiliyorlar şeklinde iki temel düşünce ortaya çıkarılmıştır. Bu çalışmaya göre ısı kavramının yanında termodinamik tanımı, kavramların arasındaki zıtlıkları karşılaştırmaları ve kavramları tanımlayabilecekleri öngörüldüğünden lise müfredatında da yer verilmesi gerektiği önerilmiştir.

Cochran ve Heron (2006) tarafından yapılan "Development and Assessment of Research-Based Tutorials on Heat Engines and The Second Law of Thermodynamics" adlı çalışma öğrencilerin buzdolapları ve ısı motorları gibi cihazların çalışmasında termodinamiğin ikinci kanununun önemini anlamalarını raporlaştırmak için yapılmıştır. Çalışma sonucunda, ikinci kanunun günlük hayatla ilişkisinin farkına varılamaması ve kavramsal zorlukların olduğu ortaya çıkartılmıştır.

Tanel (2006)'in "Termodinamiğin İkinci Yasası ve Entropi Konularının Öğrenimine İşbirlikli Öğrenme Yönteminin Etkilerinin İncelenmesi" adlı çalışmada, termodinamiğin ikinci kanunu ve entropinin işbirlikli öğrenme ve geleneksel öğretim yöntemleri ile öğrenilmesinin bazı değişkenler üzerinde etkisi incelenmiştir. Çalışma sonucunda, işbirlikli öğrenme yönteminin deney grubu öğrencilerinin termodinamik

başarısını arttırdığı ve bilgilerinin kalıcılığını sağladığı, deney grubu öğrencilerinin termodinamik dersine yönelik tutumları ile fizik dersine yönelik özgüvenleri ve fizik konularını anlamalarında etkili olmadığı belirtilmiştir.

Meltzer (2008) tarafından yapılan "Investigating and Addressing Learning Difficulties in Thermodynamics" adlı çalışmasında orta batı üniversitesinde fizik ve kimya alanında temel ve ileri seviye derslere kayıtlı öğrencilerin görüşlerini incelemiştir. Çalışmasının bir bölümünde ise üst düzey termal fizik dersi alan öğrencilerin öğrenme güçlüklerini incelemiştir. Araştırmacı yazılı olarak kullanılan cevaplı teşhis soruları ve nedenlerini açıklayarak çözümleri problemlerden uzun süren klinik görüşmelerin kombinasyonunu kullanmıştır. Temel seviyedeki öğrencilerin %80'inin öğretim tamamlandıktan sonrada ısı ve iş kavramını yanlış anladıkları ve termodinamiğin birinci kanunu ile ilgili problem çözmede sorun yaşadıkları ortaya çıkarmıştır. Öğrencilerin büyük bir çoğunluğunun termodinamiğin ikinci kanuna ilişkin entropi kavramı ile ilgili kafa karışıklığına sahip olduklarını görülmüştür. Bunun sebebinin formüldeki kavramların tam olarak anlaşılmamasından, yanlış ilişki kurulmasından, sistem ve çevre gibi yaygın kullanılan terimlerin kafa karışıklığından kaynaklanabileceğini ön görmüştür. Araştırmacı öğrencilerdeki bu anlama güçlüklerini küçük gruplar halinde araştırmaya dayalı çalışma sayfaları üzerinde çalışmayı vurgulayan öğrenme stratejileri aracılığıyla çözmeye çalışmıştır.

Tatar ve Oktay (2009)'ın "Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Termodinamik Kanunu İle İlgili Öğrenmeleri Üzerine Probleme Dayalı Öğrenme Yaklaşımının Etkisi" adlı çalışmasında, öğrencilerin işbirliği ile probleme dayalı öğrenmenin sunum yapma becerileri ve çalışma düzeylerini artırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Probleme dayalı öğrenmede zaman sıkıntısının olduğu, yöntem yabancı ve iletişimde güçlük çeken öğrencilerin uygulamada zorlandığı görülmüştür.

Yürümezoğlu, Ayaz ve Çökelez (2009)'ın 'İlköğretim İkinci Kademe Öğrencilerinin Enerji ve Enerji ile İlgili Kavramları Algılamaları' adlı çalışmasında, öğrencilerin ilköğretim öğrenimleri süresince, farklı disiplinlerde yer alan, enerji ve enerji ile ilgili kavramları zihinlerinde eksik ve bunlara alternatif olabilecek kavramlarla yapılandırdıkları belirtilmiştir. Öğrencilerin enerjinin kaynağı, enerjinin formu ve enerjinin transferi durumlarını kavramakta zorlandıkları, zihinlerindeki enerji fikrinin nasıl bir enerji durumu olduğunu bilemedikleri bu yüzden öğrencilere enerji konusu anlatılırken günlük hayattan örnekler verilmesi gerektiği belirtilmiştir.

Kala (2012)'nın "Bilişsel Yük Kuramına Göre Termodinamik Konusunda

Hazırlanan Öğretim Tasarımının Kimya Öğrencilerinin Hatırlama ve Transfer Düzeyindeki Öğrenmelerine Etkisi" adlı çalışmada, sunuş stratejisine dayalı bilişsel yük kuramına göre geliştirilen 8 oturum olarak belirlenen bir öğretim yazılımından uzman olmayan ve uzman öğrencilerin öğrenmeleri incelenmiştir. Çalışmada, deney grubu öğrencilerinin çoğunlukla daha fazla yüklenmelerine rağmen hem hatırlama, hem de transfer düzeyinde kontrol grubundaki öğrencilere göre daha etkili öğrenme sağladıkları sonucuna varılmıştır. Bilişsel yük kuramına göre geliştirilen tasarımdan öğrenen uzman olmayan öğrencilerin, hatırlama düzeyinde uzman öğrencilerden daha yüksek puan aldığı, Transferde uzman öğrencilerin daha başarılı olduğu belirlenmiştir.

Baran (2013)'ın "Yaşam Temelli Probleme Dayalı Öğretim Yönteminin Termodinamik Konusunun Öğretimine Etkisi" adlı çalışmada, üniversite öğrencilerinin 'Termodinamik' konusunda 'Yaşam Temelli Probleme Dayalı Öğretim' problem çözme becerilerine, kalıcılığa, kimya başarılarına, kimya tutumlarına ve motivasyonlarına etkisi incelenmiştir. Çalışma sonucunda, üniversite öğrencilerinin akademik başarılarının arttığı, motivasyon ve problem çözme becerilerinde değişim olmadığı belirtilmiştir.

Wei, Reed, Hu ve Xu (2014) tarafından yapılan "Energy Spreading or Disorder? Understanding Entropy From The Perspective of Energy" adlı çalışmada, entropi için enerji dağılımı metaforu ve entropi değişimi için enerji yayılımı metaforunu incelenmiş ve bu metaforların öğrencilere enerji perspektifinden kendiliğinden gerçekleşen süreçler hakkında bilimsel bir anlayış nasıl sağlayabileceği açıklanmıştır. Ayrıca, K-12 fen eğitiminde entropi kavramının öğretimi ve öğrenimi için kullanılan metaforu diğerlerine göre kullanmanın avantajları örneğin; metaforun entropinin özelliklerine uyması, metaforu kullanırken yaygın yanlış anlamalardan kaçınma, metaforun küçük yaştaki öğrencilere erişilebilirliği, metaforun giderek daha karmaşık entropi anlayışları için güncellenmeye elverişli olması ve entropi için yaygın olarak kullanılan düzensizlik metaforundan neden kaçınılması gerektiği tartışılmıştır. Çalışma sonucunda, kendiliğinden oluşan süreçleri enerji perspektifinden anlamak için olası bir K-12 öğrenme modeli önerilmiştir.

Elagöz (2014)'ün "Probleme Dayalı Öğretim Yaklaşımı İle Entalpi Kavramının Öğretimi" adlı çalışmada, probleme dayalı öğretim yönteminin entalpi ve termokimya konusunda öğrencilerin akademik başarılarına etkisi incelemiştir. Oluşturulan problemler hedef kavram (entalpi fonksiyonu) ve ana konu olmak üzere öğrenci merkezli çözümler üretilecek şekilde önu açık ve tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda,

öğrencilerin akademik başarılarında pozitif yönde anlamlı bir değişimin olduğu, uygulamanın ölçme, kritik yapma, problem durumunu tanımlama, sonuç çıkarma ve hipotez kurma gibi bilimsel süreç becerilerine de pozitif yönde katkı sağladığı bildirilmiştir.

Haglund, Andersson ve Elmgren (2015) "Chemical Engineering Students' Ideas of Entropy" adlı çalışmada, termodinamik kavramlarından biri olan entropinin soyut bir kavram olması nedeniyle öğrenciler için zorlayıcı olduğu görülmüştür. Araştırmada termodinamik konusunun analogi ve metafor yoluyla somutlaştırılarak öğretilmesi hedeflenmiştir. Araştırmaya 73 öğrenci katılmıştır. Öğrencilerin çoğunlukla '*entropi düzensizliktir*' metaforun'u yaygın olarak kullandıkları bildirilmiştir. Öğrenciler kimyasal termodinamik dersinden önce ve sonra verilen anketi yanıtlamışlardır. Ankette entropinin ne olduğunu açıklamaları, entropiyle ilgili diğer bilimsel kavramları listelemelerini ve kurstan sonra bunun onların anlayışlarını nasıl etkilediğini açıklamaları istenmiştir. Öğrencilerin birçoğunun entropinin parçacıkların hareket özgürlüğü olduğu görüşüne sahip olduğu belirtilmiştir. Çalışma sonucunda, entropi kavramının bir metafor kullanılarak değil, birden fazla metafor kullanılarak yorumlanması önerilmiştir.

Haglund, Andersson ve Elmgren (2016) tarafından yapılan "Language Aspects of Engineering Students' View of Entropy" adlı çalışmada, entropi kavramının termodinamikte soyut doğası ve öğrencilerin günlük dilinin bir parçası olmaması nedeniyle öğrencilerin öğrenmede zorlandıkları görülmüştür. Kimyasal termodinamik dersini alan 6 öğrenci ile görüşmeler yapılmıştır. Öğrencilerden entropi, iç enerji ve sıcaklık kavramlarını içeren cümlelerin anlamlı olup olmadıklarını değerlendirmeleri istenmiştir. Çalışma sonucunda, öğrencilerin entropiyi değil, iç enerjiyi somut olarak kabul ettikleri belirtilmiştir. Öğrencilerin problem çözme becerilerinde, entropiyi entalpi ve Gibbs serbest enerjisiyle ilişkilendirme konusunda zorluk yaşamadıkları bu üç kavramın termodinamikte bir 'üçlü' oluşturduğu düşüncesine sahip oldukları görülmüştür. Öğrencilerin entropi ile termodinamiğin ikinci yasası arasında ilişki kuramadıkları için zorlandıkları sonucuna ulaşılmıştır.

Bezen, Aykutlu ve Bayrak (2016) tarafından yapılan "Conceptual Comprehension of Pre-Service Physics Teachers Towards 1st Law of Thermodynamics" adlı çalışma fizik öğretmen adaylarının termodinamiğin birinci kanuna ile ilgili kavramsal anlayışlarını ortaya çıkartmak amacıyla yürütülmüştür. 25 öğrencinin katıldığı nitel çalışmada, durum çalışması deseni kullanılmış ve bütüncül tek durum deseni özümsemiştir. Beş adet çizim ve açıklamalardan oluşan açık uçlu soru veri toplama aracı kullanılmıştır.

Bulguların teyit edilmesi için fizik öğretmen adaylarının %20'si ile yarı yapılandırılmış görüşme gerçekleştirilmiştir. Çalışmada fizik öğretmen adaylarının enerjiyi genellikle potansiyel, elektrik ve titreşim enerjisi olarak belirledikleri dünyayı ise yalıtılmış bir sistem olarak kabul ettikleri bu nedenle sınırlı bir dönüşüm enerjisi olduğu görüşüne sahip olduklarına kanaat getirilmiştir. Araştırmacılar, termodinamiğin birinci kanunun günlük hayattan örneklerle öğrencilere anlatılmasının uygun olacağını önermişlerdir.

Kandemir (2019)'in "Fizik Öğretmen Adaylarının Termodinamiğin Birinci Yasası Çerçevesinde Isı, İş ve İç Enerji İle İlgili Kavramsal Zorlukları" isimli çalışmasında, termodinamiğin birinci kanununa yönelik 'ısı, iş ve iç enerji' kavramlarına ilişkin öğretmen adaylarının zorlandıkları kavramsal anlamalar incelenmiştir. Çalışmaya bir devlet üniversitesinden 133 kişi katılmıştır. Çalışmada Meltzer (2004)'in geliştirdiği diagnostik (teşhis) sorular ve yarı yapılandırılmış görüşmeler veri toplama aracı olarak kullanılmıştır. Diagnostik sorular termodinamiğin 1. kanunu çerçevesinde yapılan iş, soğurulan ısı ve enerji değişimi olmak üzere 3 sorudan oluşmuştur. Çalışma sonucunda, öğretmen adaylarının termodinamiğin birinci kanunu ile ilgili akademik bilgilerinin olduğu, grafik okumada güçlük çektikleri, formül kullanarak yorum yapabildikleri ancak formüllerin nerede kullanılacağını bilmedikleri belirlenmiştir. Öğretmen adaylarının termodinamiğin birinci kanununa ilişkin P-V (basınç-hacim) grafiğinde "eğri altında kalan alan" olarak 'iş'i yorumlamada zorlandıkları görülmüştür. Öğretmen adaylarının birçoğunun 'iş'in termodinamikten bağımsız olduğu, 'iş' gibi 'ısı'nın da süreçten bağımsız olduğu ve enerji/iç enerji değişimi konusunda "sürekli artan enerji değişimi vardır" görüşlerine sahip oldukları belirlenmiştir.

Akbulut (2020)'un "Entropi Kavramına Bütüncül Bir Bakış Açısıyla Geliştirilen 'Üç Ayak Yaklaşımının' Lise Öğrencilerinin Anlama Düzeyine Etkisinin İncelenmesi" adlı çalışmasında, termodinamik ve istatistiksel yaklaşımın öğrencilere nasıl anlatılacağı ile ilgili zorluğun ve düzensizlik temelinde yaşanan karmaşanın üstesinden gelebilmek amacıyla "Üç ayak Yaklaşımı" geliştirilmiştir. Öğrenciler özellikle entropi kavramı başta olmak üzere diğer termodinamik kavramlar ve bunlar arasındaki ilişkilere odaklanan etkinliklere dâhil edilmiştir. Nicel ve nitel araştırma sürecinin sonunda, termodinamik kavramlarının ve yasalarının anlaşılmasında amaçlanan öğretim hedeflerine büyük oranda ulaşıldığı sonucuna varılmıştır. Çalışmada "Entropi; kullanılamayan enerjinin veya enerji dağılımının olasılıklı bir ölçüsüdür" olarak yeniden tanımlanmıştır.

### 3. YÖNTEM

Bu bölümde, araştırma desenine, araştırma örnekleme, araştırma sürecine, veri toplama araçlarına ve verilerin analizine ilişkin bilgiler bulunmaktadır.

#### 3.1. Araştırma Deseni

Araştırma desenin belirlenmesinin amacı araştırma soruları için en geçerli ve güvenilir sonuçlara ulaşmaktır (McMillan & Schumacher, 2006). Araştırmada zayıf deneysel desenlerden tek gruplu ön test- son test modeli kullanılmıştır (Tablo 3.1).

**Tablo 3.1.** Araştırma deseni

| Grup            | Ön test               | İşlem               | Son test              |
|-----------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|
| Araştırma grubu | Akademik başarı testi | Bubbl.us uygulaması | Akademik başarı testi |
|                 | Bilişsel yük ölçeği   |                     | Bilişsel yük ölçeği   |

#### 3.2. Çalışma grubu

Bu araştırmada olasılıksız (seçkisiz olmayan) örnekleme yöntemlerinden amaçlı örnekleme kullanılmıştır. Amaçlı örnekleme araştırmanın amacına uygun olarak seçim yapılabilir, örneklem kolay ulaşılabilir ve uygulama yapılabilir birimlerden seçilebilir. Bu araştırmanın örneklemini 2023-2024 öğretim yılı güz döneminde Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi Fen Bilgisi Öğretmenliği programında kayıtlı 2. sınıfta öğrenim gören ve Web 2.0 araçları seçmeli dersini alan 31 kız ve 14 erkek olmak üzere toplam 45 fen bilgisi öğretmen adayı oluşturmaktadır.

#### 3.3. Araştırma Süreci

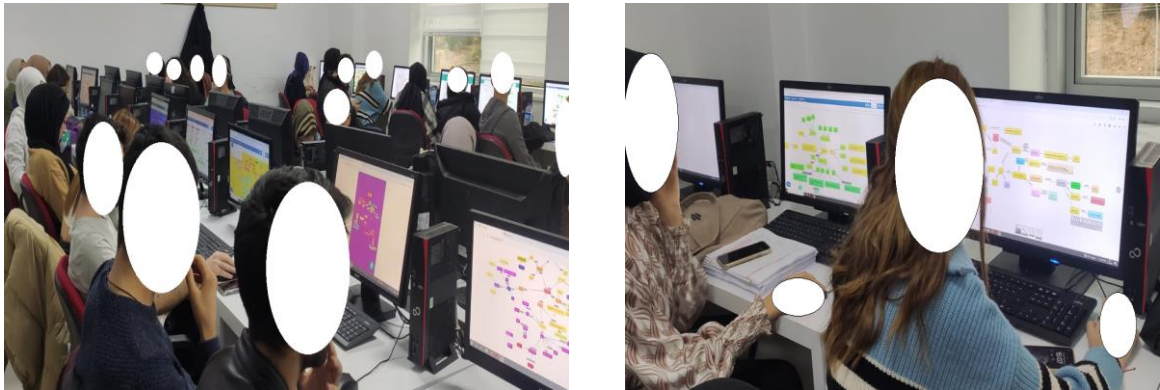
Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi Etik Kurulun'dan gerekli izinler alındıktan sonra (Ek-1) araştırma süreci başlamıştır. Bu araştırma 2023-2024 öğretim yılı güz döneminde 5 haftalık bir süreçte gerçekleştirilmiştir (Tablo 3.2).

**Tablo 3.2.** Araştırma süreci

| Haftalar                             | Araştırma sürecinde yapılan uygulamalar                                                                                                                                                                                                                                                          |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.hafta/07.12.2023<br>(1 ders saati) | Araştırmacı tarafından öğretmen adaylarına yapılacak araştırma süreci ile ilgili genel bilgiler verilmiş ardından ön testler uygulanmıştır. Ön testler (araştırmada kullanılan veri toplama araçları; akademik başarı testi ve bilişsel yük ölçeği) öğretmen adayları tarafından doldurulmuştur. |
| 1.hafta/07.12.2023<br>(1 ders saati) | Öğretmen adaylarına uygulama sürecinde kullanacakları kavram haritaları ile ilgili genel bilgiler verilmiş daha sonra kavram haritası hazırlama aşamaları anlatılmıştır.                                                                                                                         |
| 2.hafta/14.12.2023<br>(1 ders saati) | Bubbl.us programında kavram haritası oluşturma eğitimi; Araştırmacı tarafından öğretmen adaylarına Bubbl.us programında kavram haritalarının nasıl                                                                                                                                               |

|                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                      | oluşturulacağı anlatılmıştır.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 2.hafta/14.12.2023<br>(1 ders saati) | Araştırmacı ‘Termodinamik’ konusuna ilişkin Bubbl.us programında hazırladığı 5 ayrı kavram haritası ile konuyu anlatmıştır. Araştırmacı dersin sonunda, öğretmen adaylarına Bubbl.us programında ‘Termodinamik’ konusu ile ilgili ikinci hafta, kavram haritalarında anlatılan kavramları kullanarak kendi kavram haritalarını oluşturmalarını ifade etmiş ve bir sonraki hafta için ödevlendirme yapmıştır.                                                                                   |
| 3.hafta/21.12.2023<br>(1 ders saati) | Öğretmen adaylarının ödev sunumları; Öğretmen adayları Bubbl.us programında hazırladıkları ‘Termodinamik’ konusu ile ilgili bireysel kavram haritalarını sunmuş ve her bir kavram haritası sınıf arkadaşları ile tartışılmıştır.                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 3.hafta/21.12.2023<br>(1 ders saati) | Araştırmacı ‘Termodinamik’ konusuna ilişkin başlangıçta kullandığı kavramlara konu ile ilgili yeni kavramları ekleyerek Bubbl.us programında hazırladığı diğer 5 yeni kavram haritası ile konuyu anlatmıştır. Araştırmacı dersin sonunda, öğretmen adaylarına Bubbl.us programında ‘Termodinamik’ konusu ile ilgili üçüncü hafta kavram haritalarında anlatılan kavramları kullanarak kendi kavram haritalarını oluşturmalarını ifade etmiş ve bir sonraki hafta için ödevlendirme yapmıştır.  |
| 4.hafta/28.12.2023<br>(1 ders saati) | Öğretmen adaylarının ödev sunumları; Öğretmen adayları Bubbl.us programında hazırladıkları ‘Termodinamik’ konusu ile ilgili bireysel kavram haritalarını sunmuş ve her bir kavram haritası sınıf arkadaşları ile tartışılmıştır.                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 4.hafta/28.12.2023<br>(1 ders saati) | Araştırmacı ‘Termodinamik’ konusuna ilişkin daha ayrıntılı örneklerin ve matematiksel formüllerin bulunduğu, Bubbl.us programında hazırladığı diğer 4 yeni kavram haritası ile konuyu anlatmıştır. Araştırmacı dersin sonunda, öğretmen adaylarına Bubbl.us programını kullanarak ‘Termodinamik’ konusu ile ilgili dördüncü hafta kavram haritalarında anlatılan kavramları kullanarak kendi kavram haritalarını oluşturmalarını ifade etmiş ve bir sonraki hafta için ödevlendirme yapmıştır. |
| 5.hafta/04.01.2024<br>(1 ders saati) | Öğretmen adaylarının ödev sunumları; Öğretmen adayları Bubbl.us programında hazırladıkları ‘Termodinamik’ konusu ile ilgili bireysel kavram haritalarını sunmuş ve her bir kavram haritası sınıf arkadaşları ile tartışılmıştır.                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 5.hafta/04.01.2024<br>(1 ders saati) | Son testler; Araştırmada kullanılan veri toplama araçları (akademik başarı testi ve bilişsel yük ölçeği) öğretmen adayları tarafından doldurulmuştur.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

Fen bilgisi öğretmen adaylarının bilgisayar laboratuvarında yaptıkları uygulamalara ilişkin örnek fotoğraflar Resim 3.1’de görülmektedir.



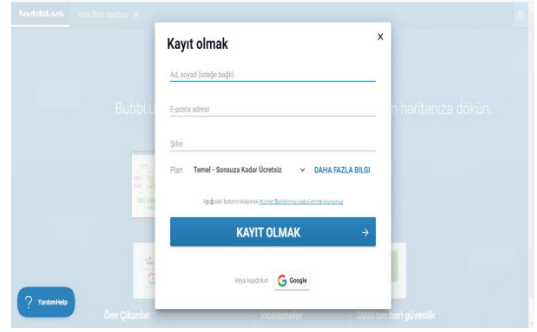
**Resim 3.1.** Uygulama fotoğraflarından örnekler

1.hafta/07.12.2023 (1 ders saati); Kavram haritası hazırlama aşamalarının öğretim sürecinde, araştırmacı çalışmaya başlanmadan önce öğretmen adaylarına kavram haritasının ne olduğunu, özelliklerinin neler olduğunu sormuştur. Kavram haritalarının temel elemanlarına değinilmiş kavramlar, ana kavram, kavramlar arasındaki ilişkiyi gösteren ok ve önermeler detaylı bir şekilde anlatılmıştır.

2.hafta/14.12.2023 (1 ders saati); Bubbl.us programının öğretimi sürecinde, araştırmacı tarafından Bubbl.us uygulaması detaylı olarak öğretmen adaylarına tanıtılmıştır. Araştırmacı tarafından Bubbl.us uygulamasında kavram haritası oluşturma eğitiminde Resim 3.2’de ekran görüntüleri (Ekran görüntüsü 1-9) ile gösterilen aşamalar takip edilmiştir.

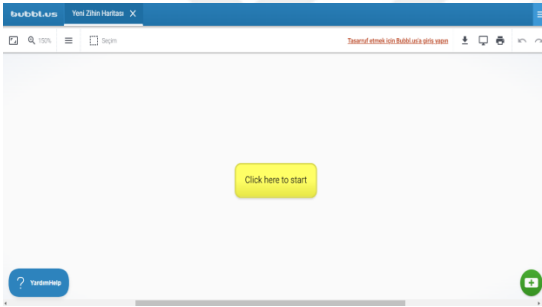


Ekran görüntüsü 1

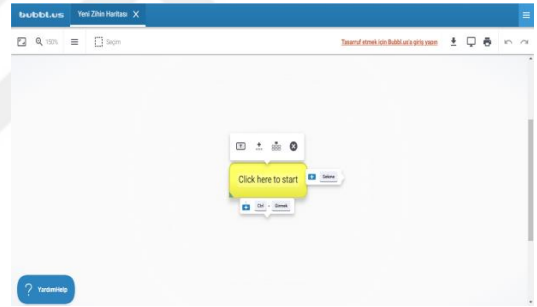


Ekran görüntüsü 2

Google arama motoruna ‘Bubbl.us’ yazılarak arama yapıp açılan sayfada gösterildiği üzere google ya da e-posta ile kayıt olabileceklerini ayrıca programı kullanmaya İngilizce ya da Türkçe dili ile devam edebilecekleri anlatılmıştır (Ekran görüntüsü 1 ve 2).



Ekran görüntüsü 3

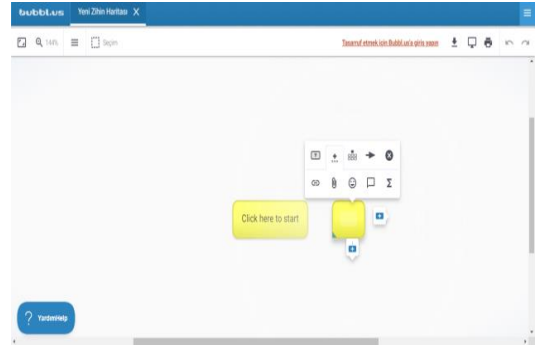


Ekran görüntüsü 4

Öğretmen adayları kayıt olduktan sonra zihin haritası oluştur butonuna tıkladıklarında kavram haritası hazırlayabilecekleri ekran gösterilmiştir. Açılan ekranda ana kavram kutucuğun üzerine tıklandığında yazacağı kavramın yazı tipi boyutunu, şeklini ve ana kavrama bağlı olacak olan yeni kavramları ekleyebileceklerinden bahsedilmiştir (Ekran görüntüsü 3 ve 4).



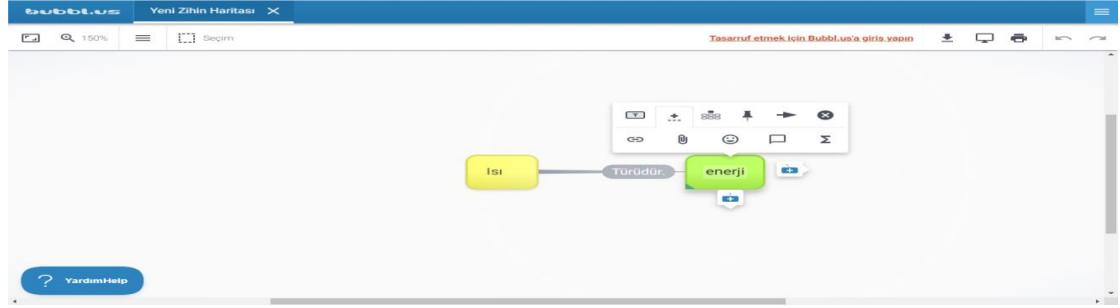
Ekran görüntüsü 5



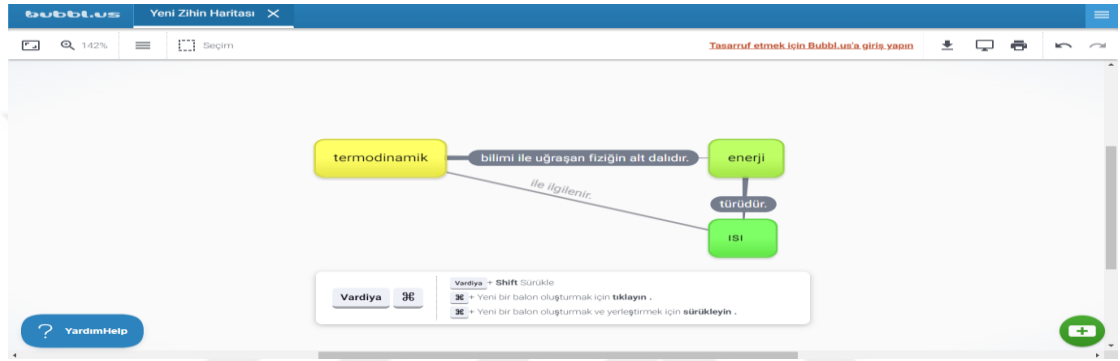
Ekran görüntüsü 6

Kavram kutucuğu üst kısmında yer alan (+) ya tıklandığında emoji not ve formül eklenebileceği gösterilmiştir. Ana kavram ile ilişkili yeni kavramlar ana kavram kutucuğunun altında yer alan (+)

işaretine tıklandığında yapılabilir. Ana kavram dışında başka bir ana kavram oluşturulmak istendiğinde ana kavram kutucuğunun sağ kenarında bulunan (+) işaretine tıklandığında oluşturulabilir (Ekran görüntüsü 5 ve 6).



Ekran görüntüsü 7



Ekran görüntüsü 8

Kavramlar arası bağlantı için ilişki bağı sistemde ok şeklinde gösterilir ve bu bağlantı üzerine sağ çift tıklayarak önerme yazılabilir. Farklı kavram kutucukları arasındaki bağlantı; kavram kutusu üzerinde yer alan büyük ok işaretine tıklandığında diğer kavrama ok çıkar, ilgili kavramın üzerine tıklanarak tekrar önerme yazılabileceği gösterilmiştir (Ekran görüntüsü 7 ve 8).

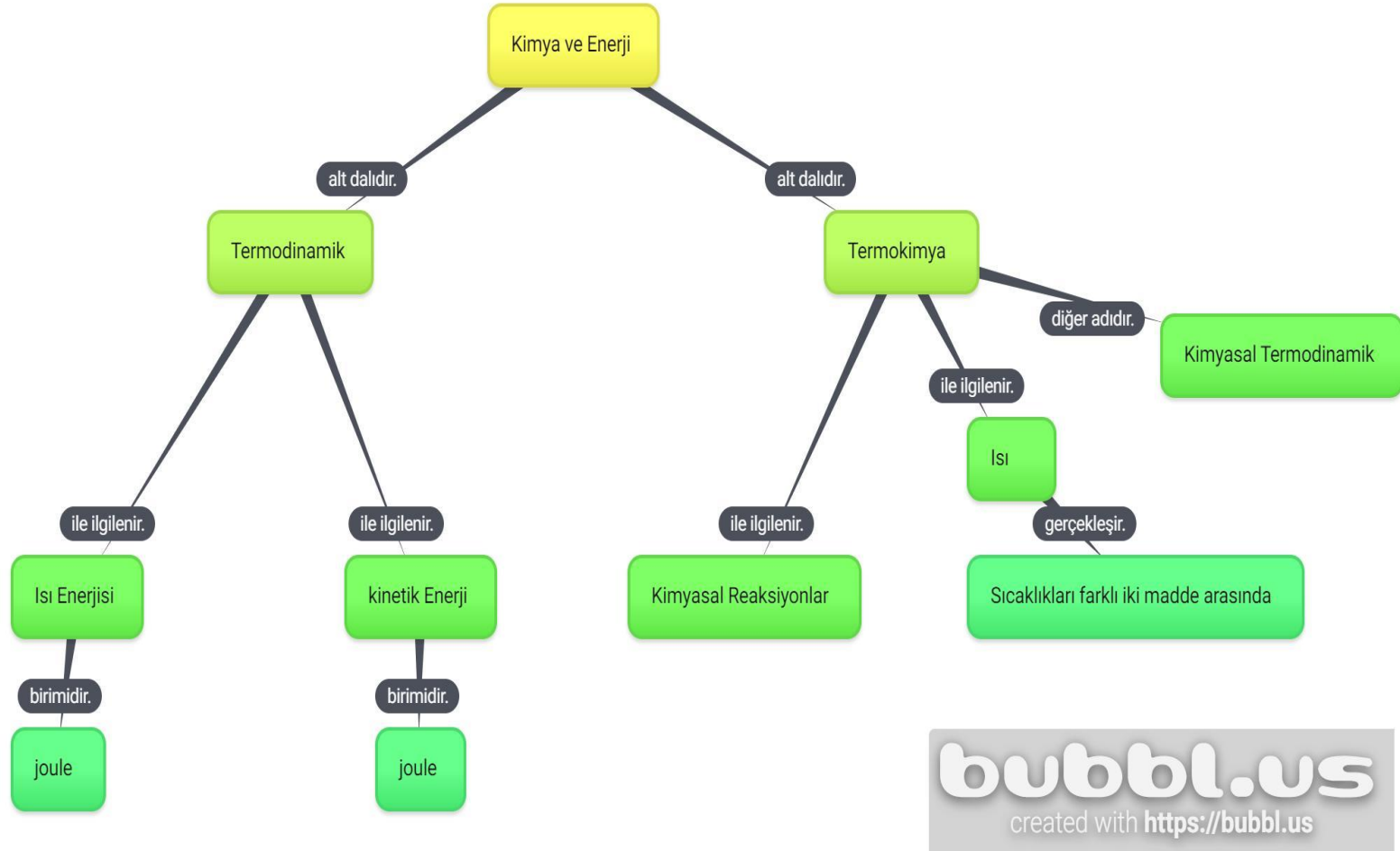
Kavram haritasında yer alan kavram kutucuğuna tıklandığında çıkan 'T' harfine tekrar tıklandığında gördüğümüz 'A' harfinin üzerine tıklayarak renkler açığa çıkar. Buradan istenilen renkler seçilebilir (Ekran görüntüsü 9).



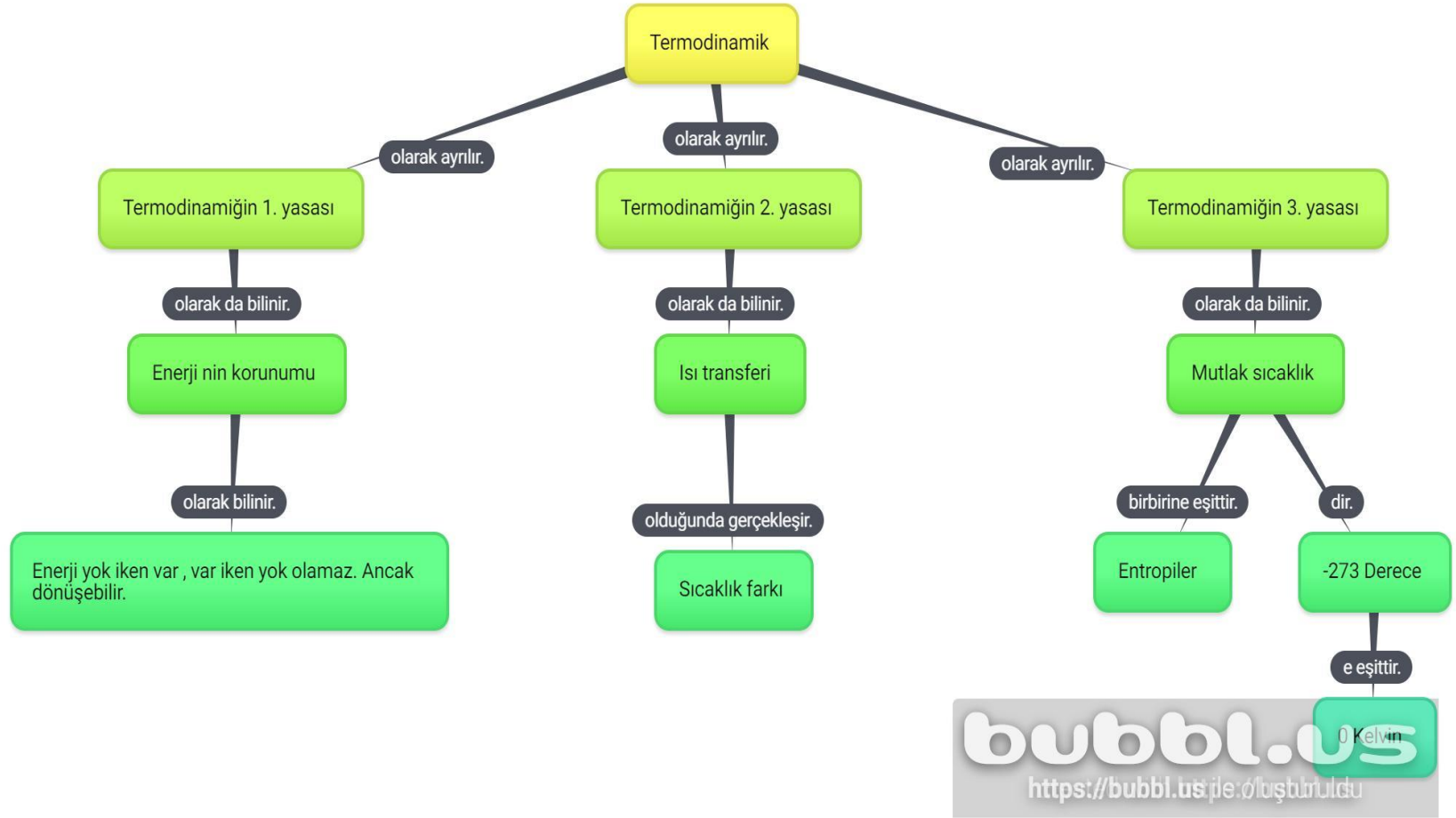
Ekran görüntüsü 9

**Resim 3.2.** Bubbl.us kavram haritası oluşturma aşamaları (Ekran görüntüsü 1-9)

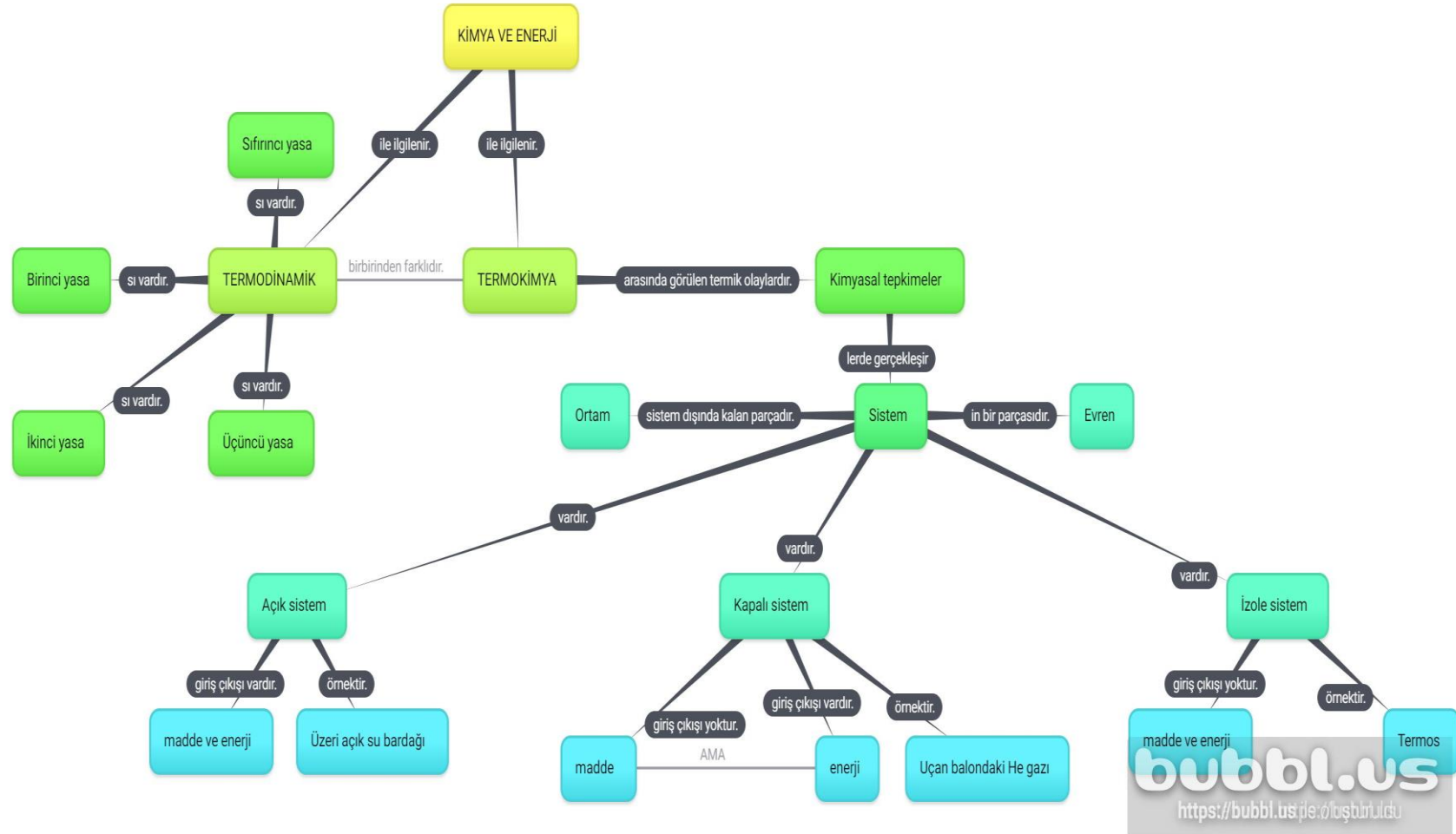
2.hafta/14.12.2023 (1 ders saati); Araştırmacı “Termodinamik” konusunu Bubbl.us programında hazırladığı 5 ayrı kavram haritası (kavram haritası 1-5) üzerinden anlatmıştır (Resim 3.3).



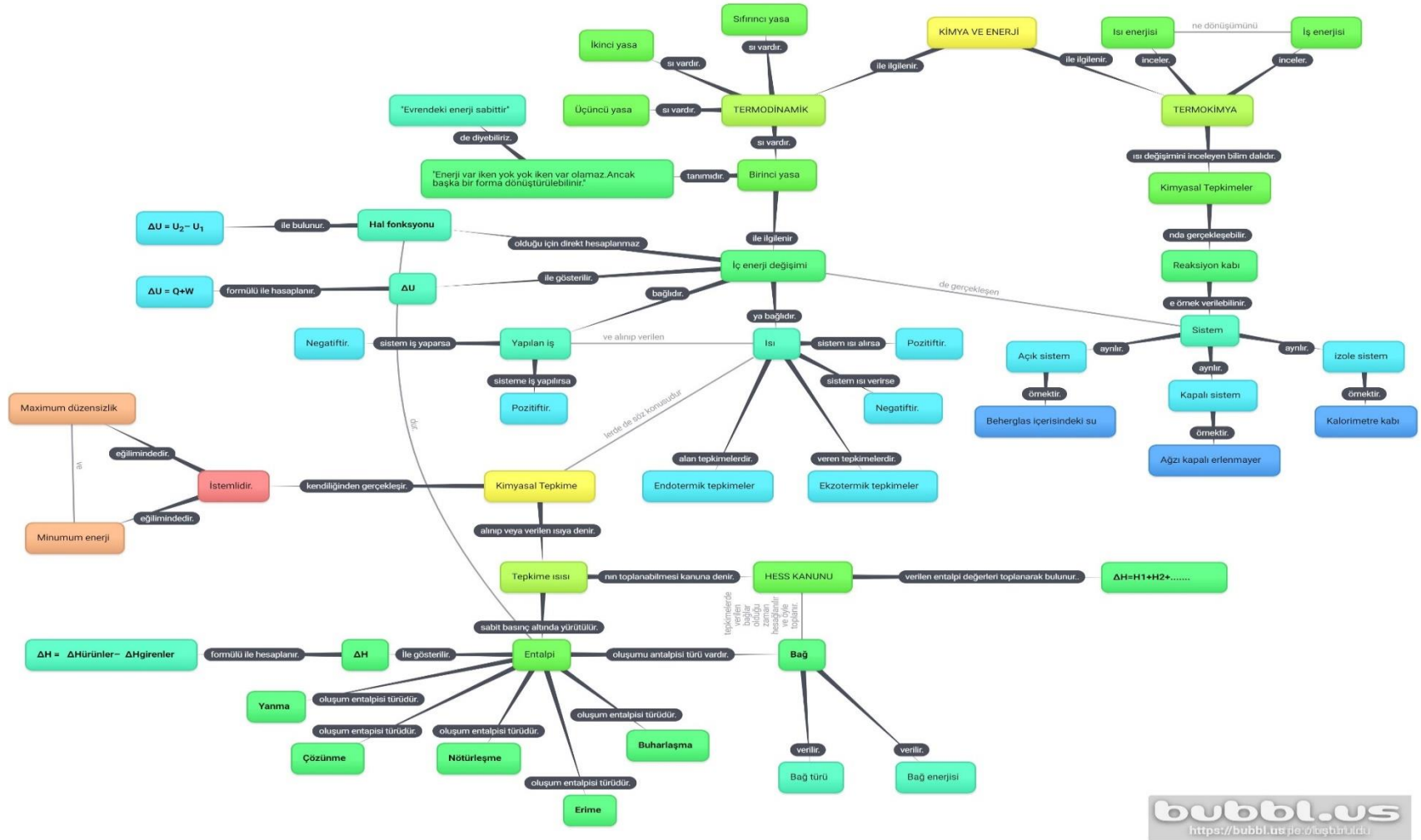
Kavram haritası 1. 'Kimya ve enerji' ana kavramından oluşan kavram haritası



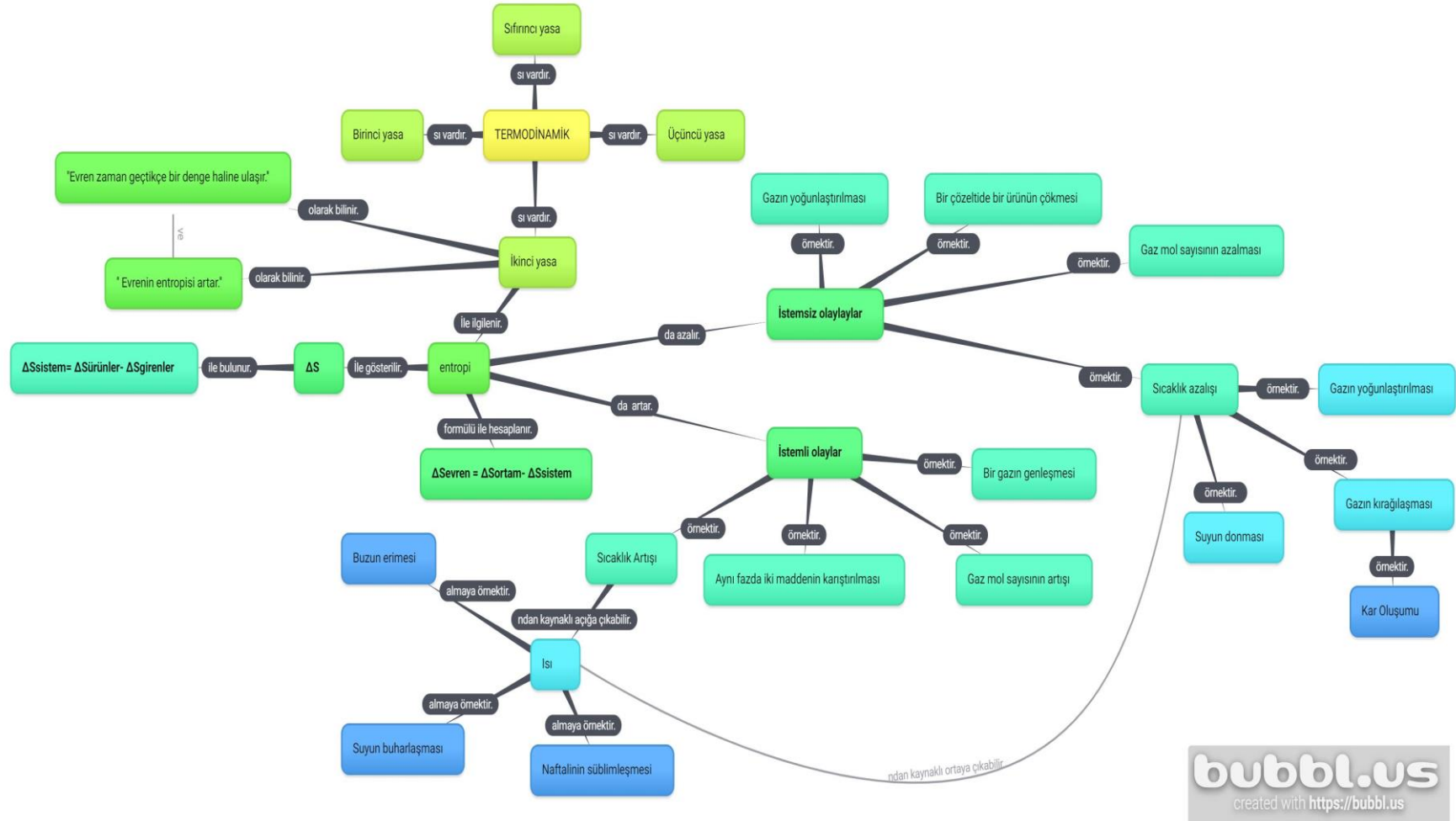
Kavram haritası 2. ‘Termodinamik yasaları’ ana kavramından oluşan kavram haritası



Kavram haritası 3. 'Termokimya' ve 'sistem' ana kavramlarından oluşan kavram haritası



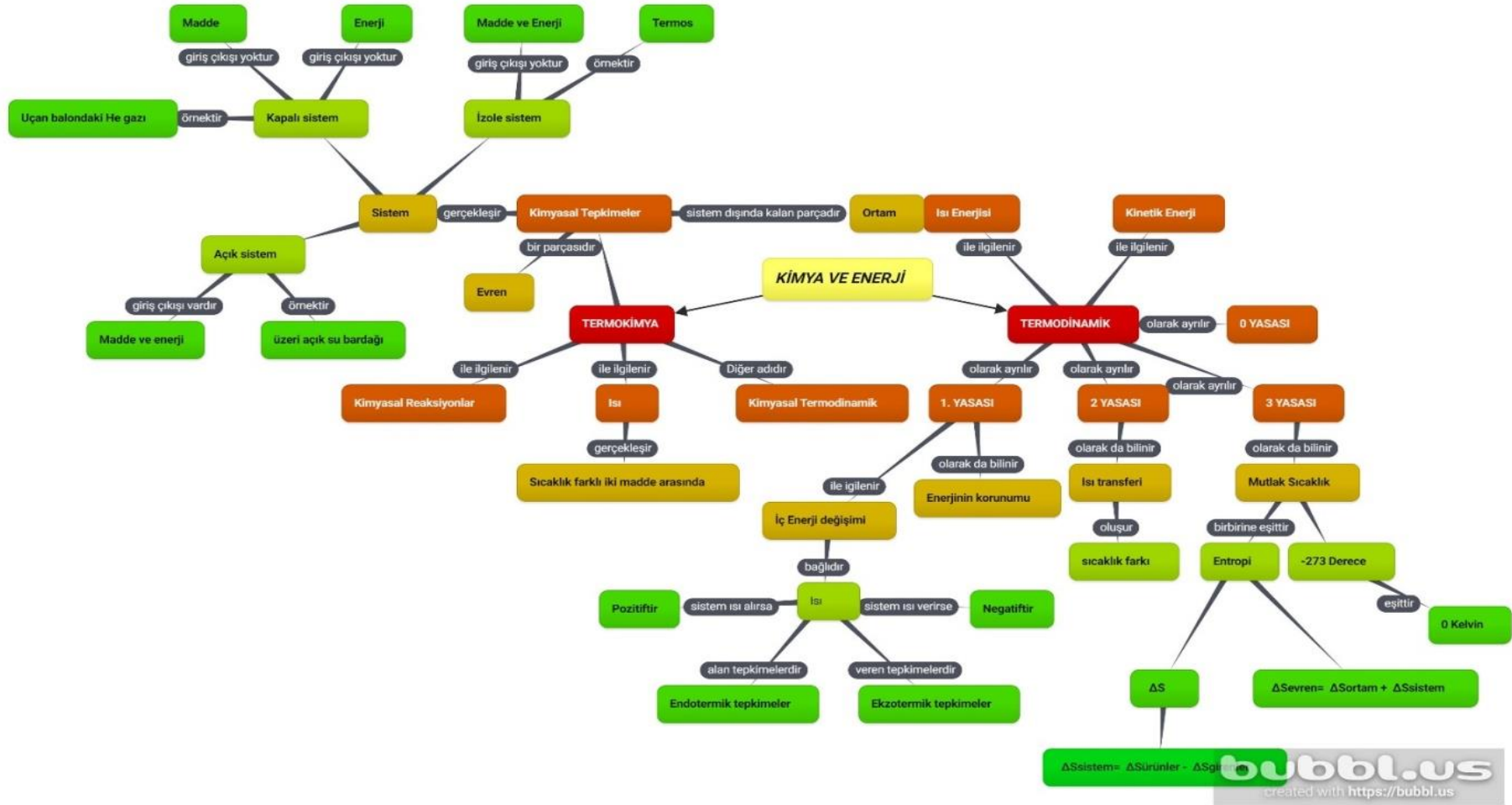
Kavram haritası 4. 'İç enerji' ve 'entalpi' ana kavramlarından oluşan kavram haritası



Kavram haritası 5. Entropi ana kavramından oluşan kavram haritası

**Resim 3.3.** Araştırmacı tarafından anlatılan 'termodinamik' konulu kavram haritaları (kavram haritası 1-5)

3.hafta/21.12.2023 (1 ders saati); Öğretmen adaylarının oluşturduğu kavram haritalarından bir örneğe Resim 3.4' de yer verilmiştir.



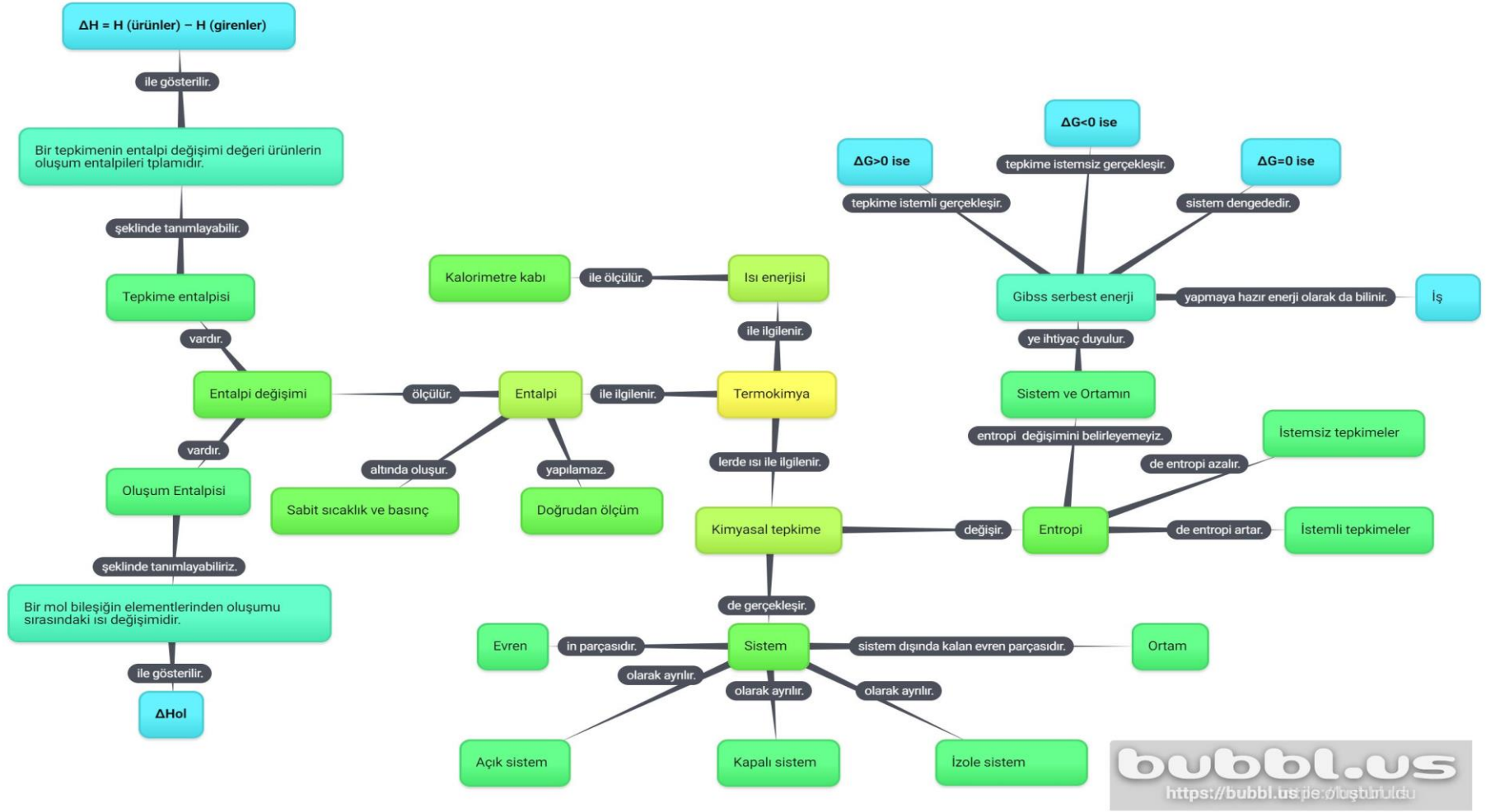
Resim 3.4. Öğretmen adayı tarafından Bubbl.us programında oluşturulan örnek kavram haritası

a/21.12.2023 (1 ders saati); Araştırmacı ‘termodinamik’ konusuna ilişkin olarak Bubbl.us programında hazırladığı 5 yeni kavram haritası (kavram haritası)

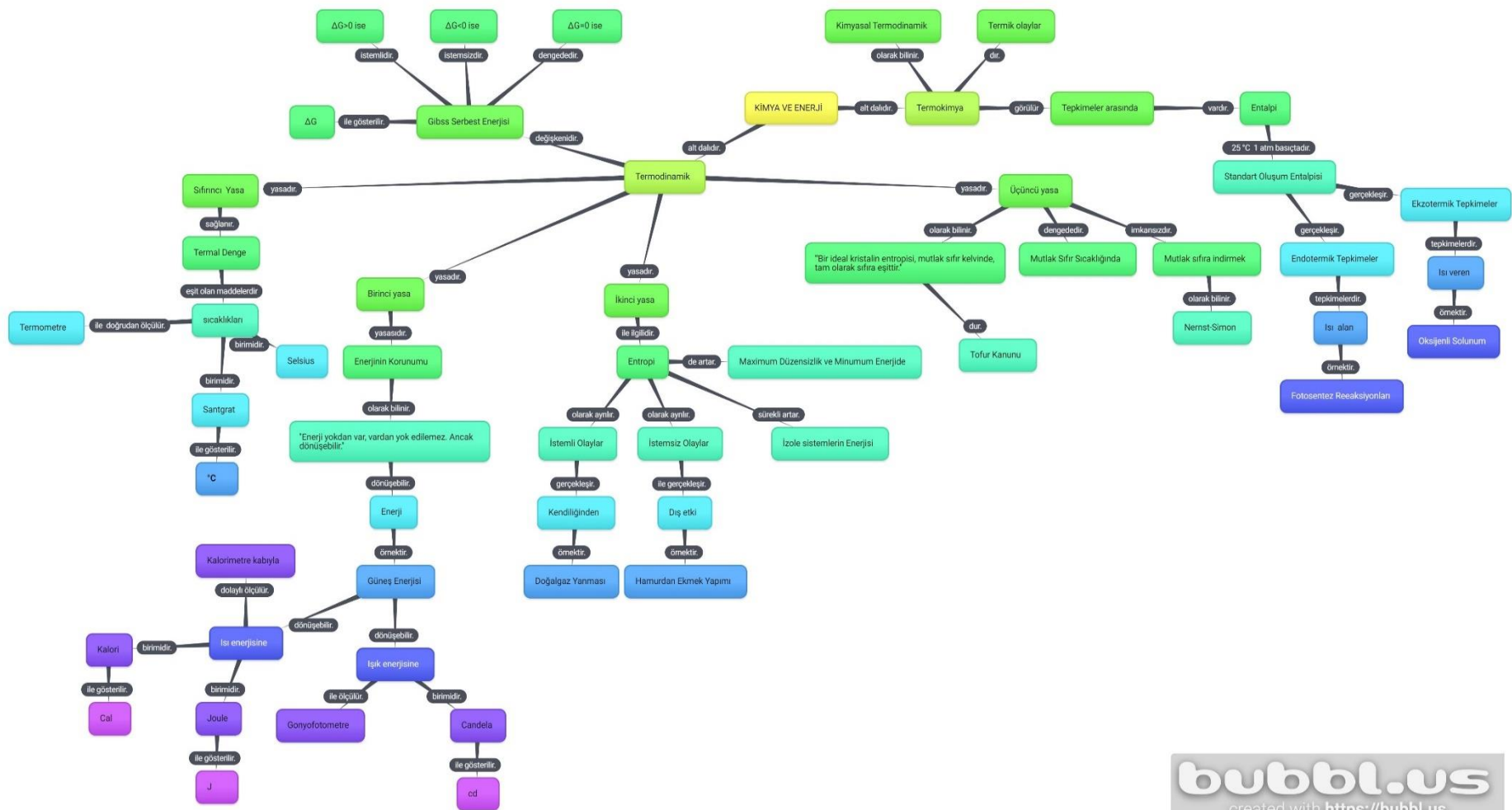


Kavram haritası 6. ‘Gibbs serbest enerjisi’ ana kavramından oluşan kavram haritası

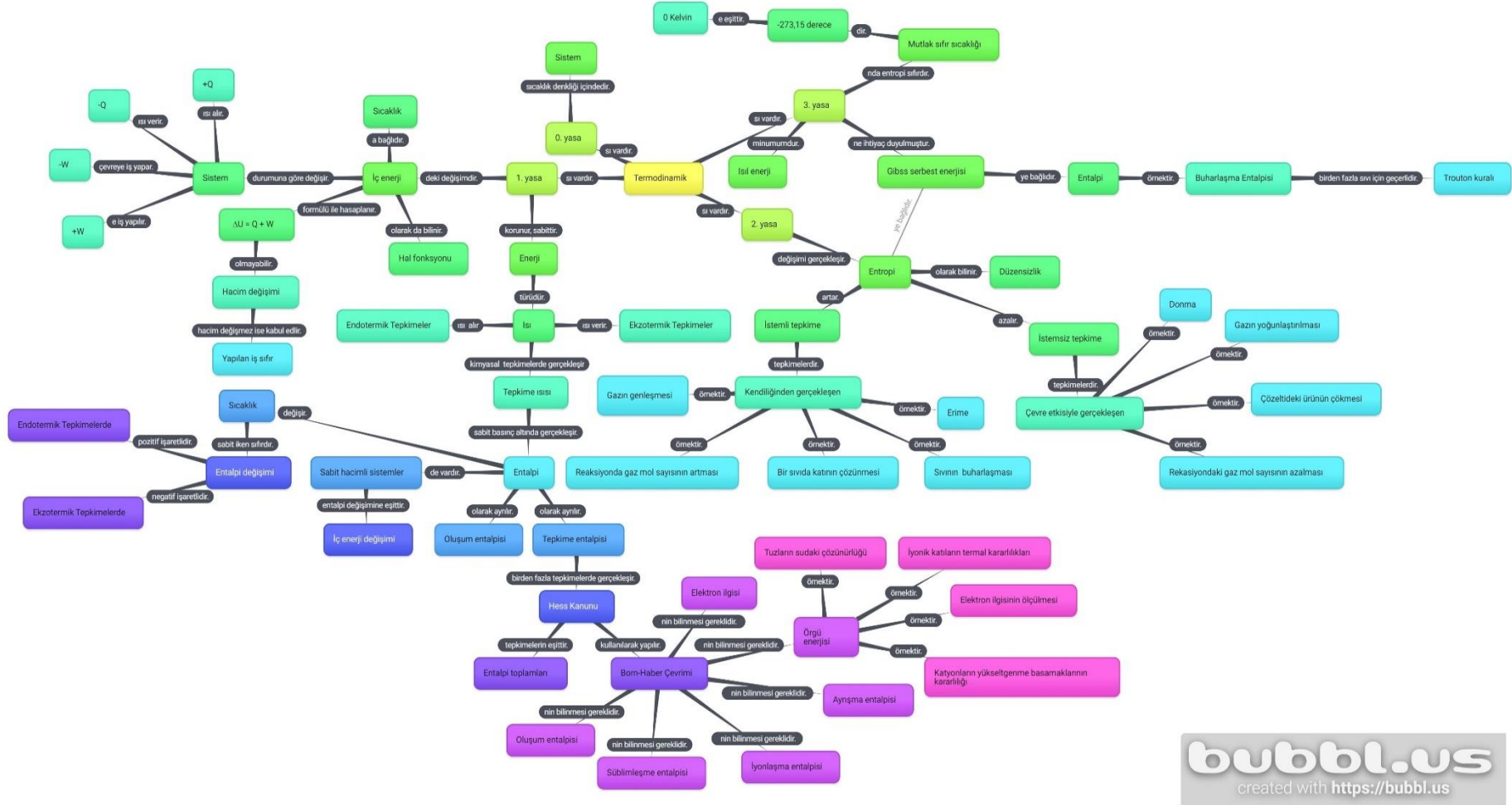




Kavram haritası 8. 'Oluşum entalpisi' kavramını anlatan kavram haritası



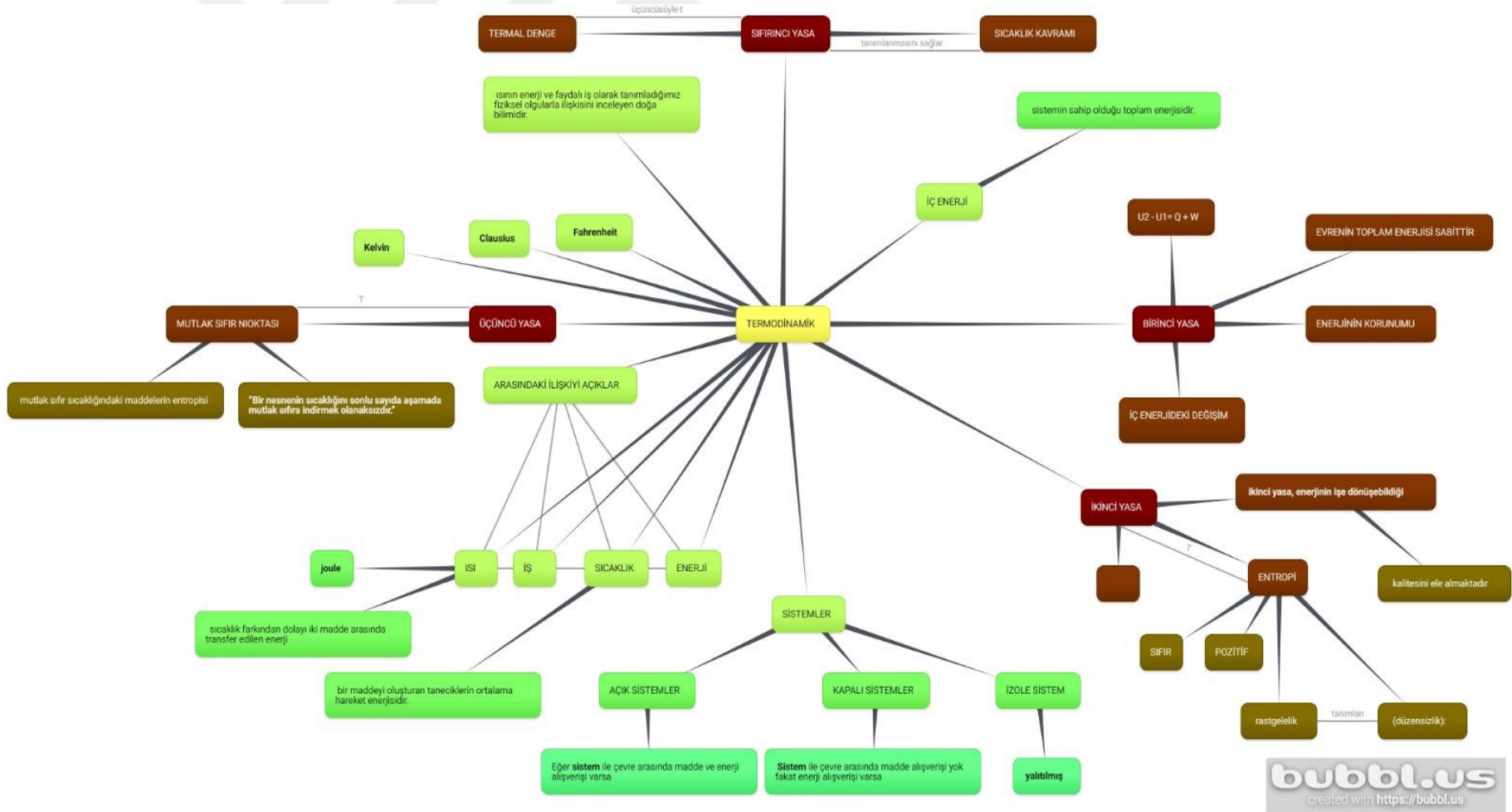
Kavram haritası 9. ‘Enerji’ kavramını anlatan kavram haritası



Kavram haritası 10. 'Born-haber çevrimi' kavramını anlatan kavram haritası

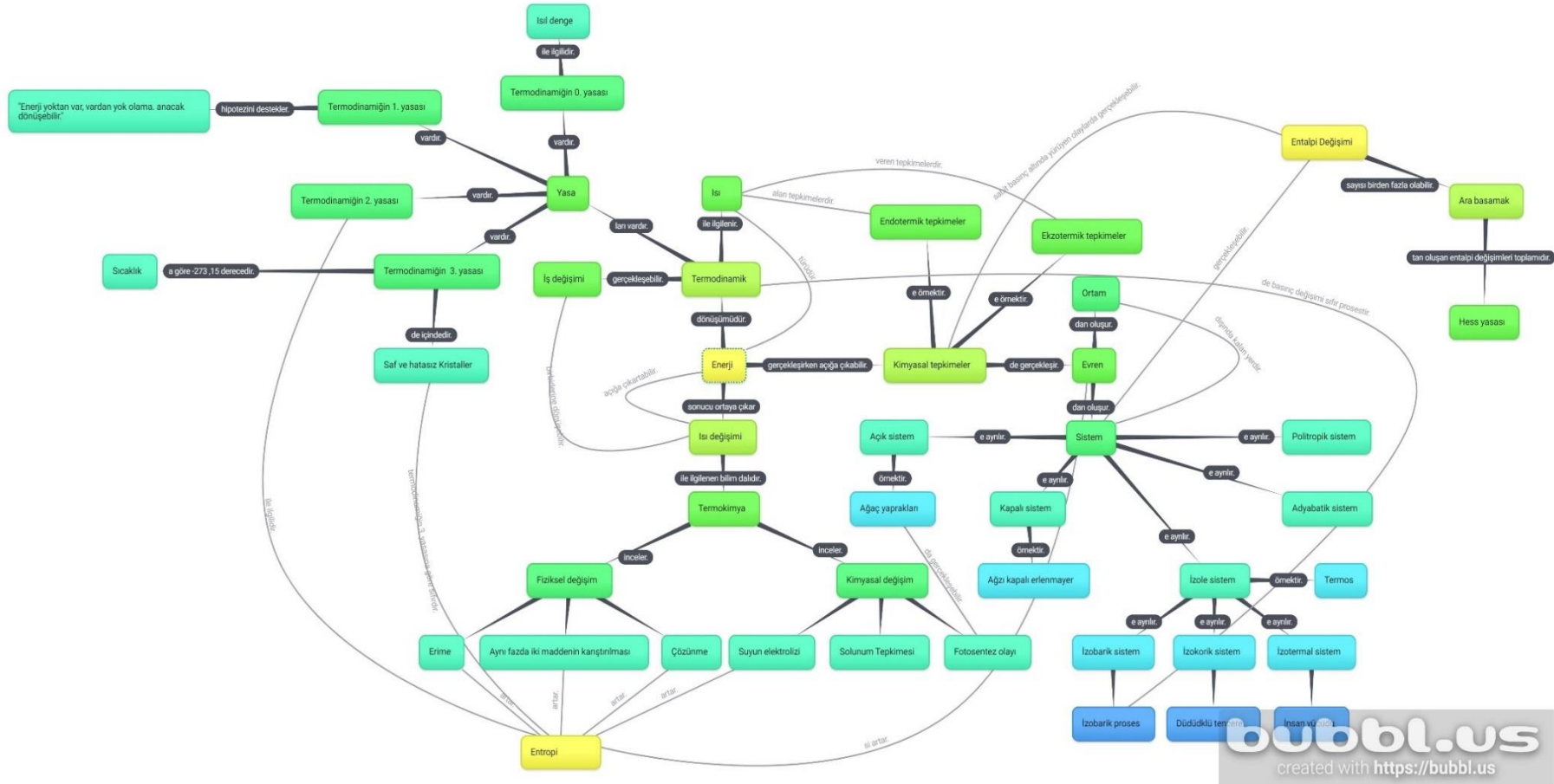
**Resim 3.5.** Araştırmacı tarafından anlatılan 'termodinamik' konulu kavram haritaları (kavram haritası 6-10)

4.hafta/28.12.2023 (1 ders saati); Öğretmen adaylarının oluşturduğu kavram haritalarından bir örneğe Resim 3.6’da yer verilmiştir.

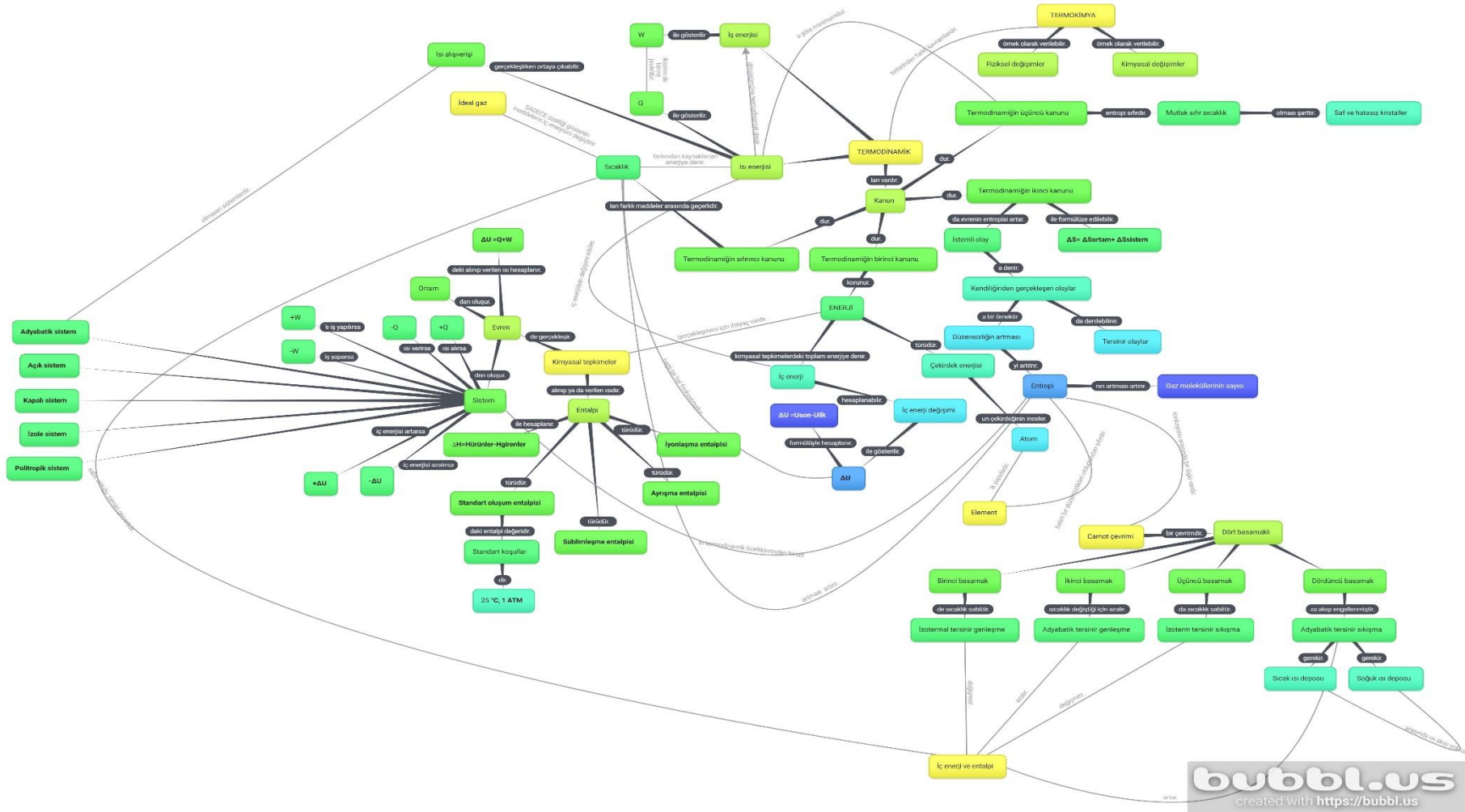


Resim 3.6. Öğretmen adayı tarafından Bubbl.us programında oluşturulan örnek kavram haritası

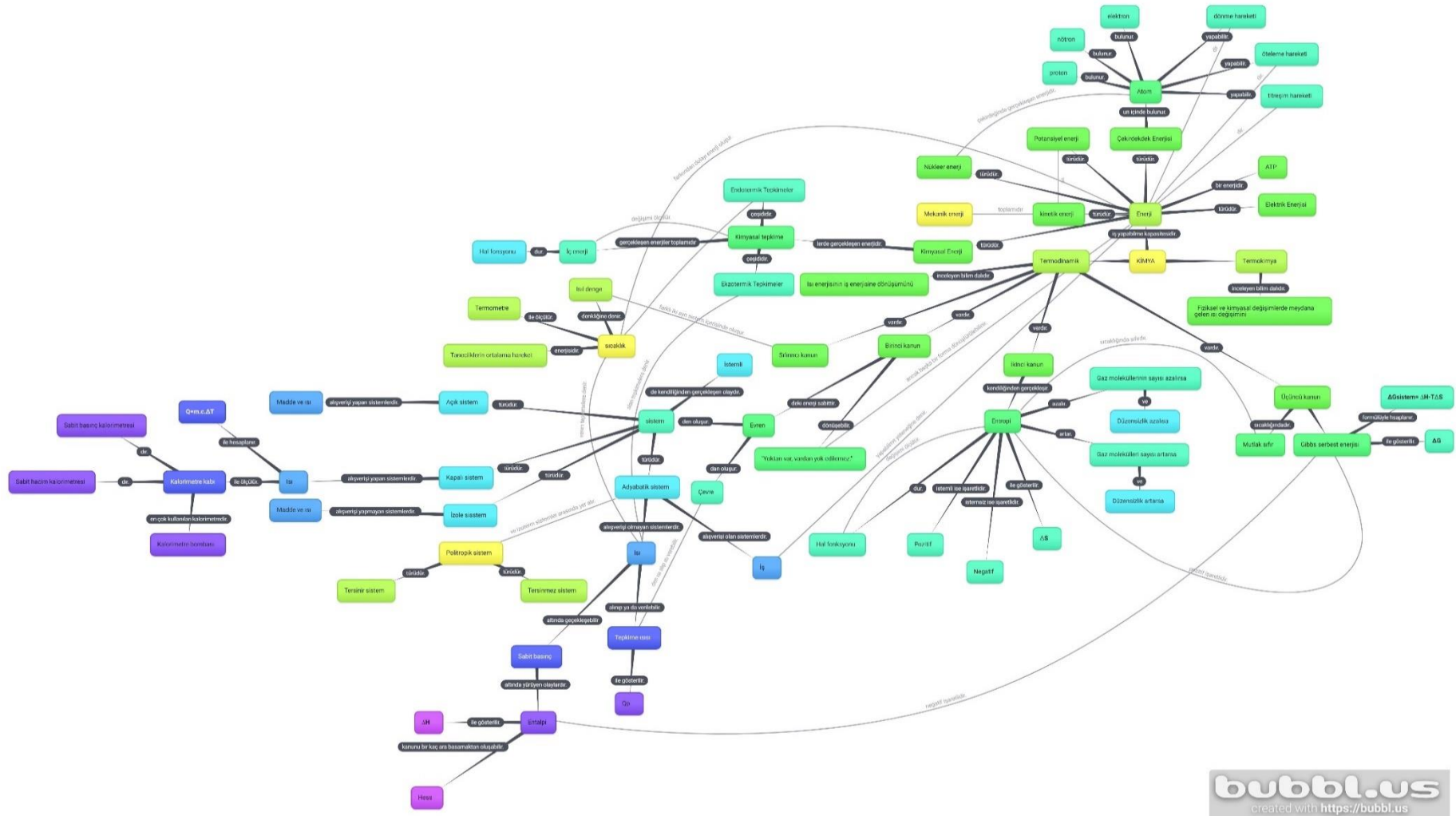
4.hafta/28.12.2023 (1 ders saati); Araştırmacı ‘Termodinamik’ konusuna ilişkin konu ile ilgili daha ayrıntılı kavramları, örnekleri ve matematiksel formülleri ekleyerek Bubbl.us programında hazırladığı 4 yeni kavram haritası (kavram haritası 11-14) ile konuyu anlatmıştır (Resim 3.7).



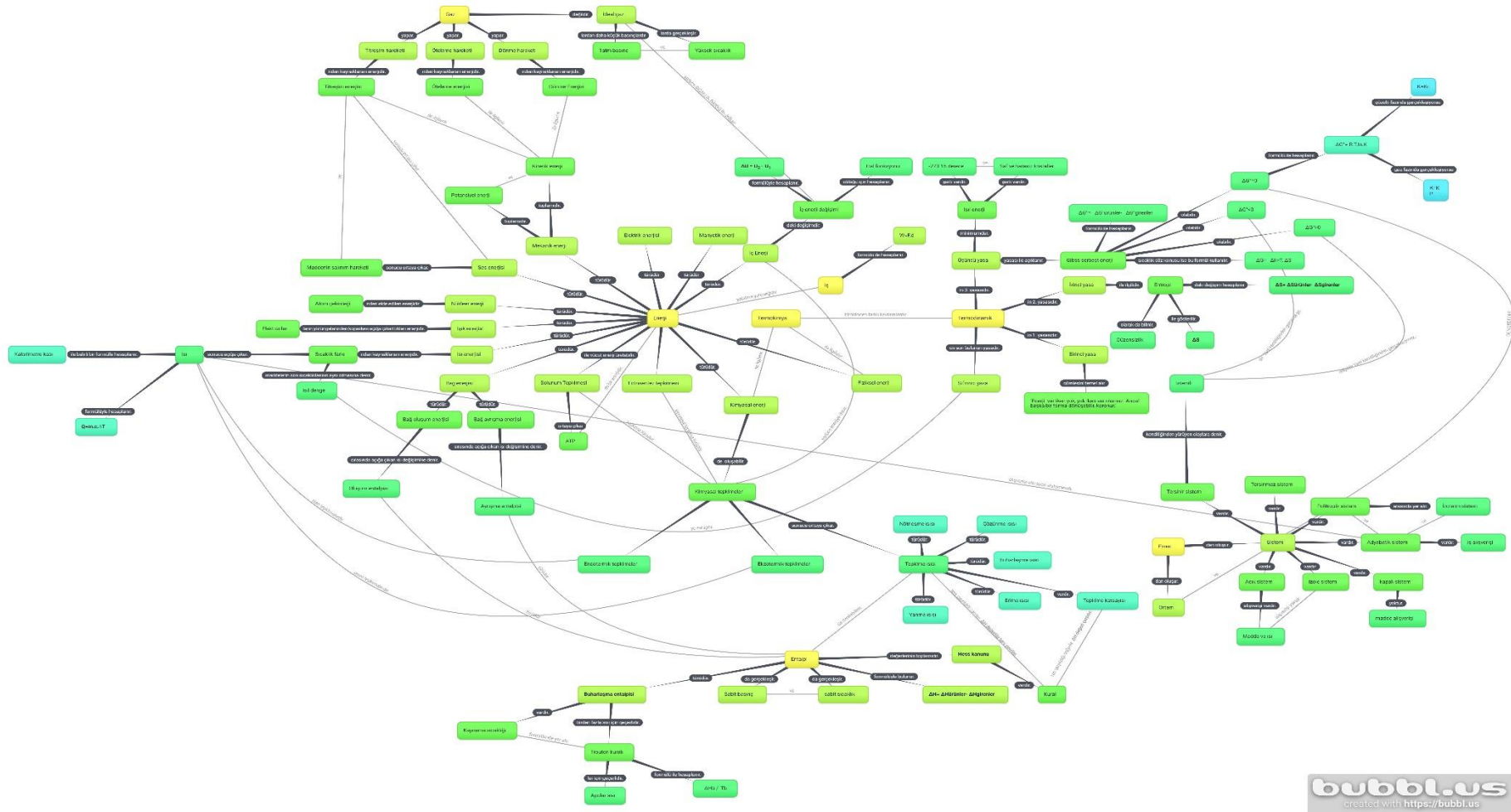
Kavram haritası 11. Konu ile ilgili ayrıntılı örneklerin verildiği ve uzak kavramlar arası bağlantıların kurulduğu kavram haritası



Kavram haritası 12. Konuya ilişkin kavramların matematiksel sembollerinin olduğu kavram haritası



Kavram haritası 13. Konu ile ilgili ayrıntılı örneklerin verildiği ve matematiksel sembollerin olduğu kavram haritası



Kavram haritası 14. Matematiksel formüllerin ve konu ile ilgili ayrıntılı örneklerin verildiği kavram haritası

**Resim 3.7.** Araştırmacı tarafından anlatılan ‘termodinamik’ konulu kavram haritaları (kavram haritası 11-14)

5.hafta/04.01.2024 (1 ders saati); Öğretmen adaylarının oluşturduğu kavram haritalarından bir örneğe Resim 3.8’de yer verilmiştir.



Resim 3.8. Öğretmen adayı tarafından Bubbl.us programında oluşturulan örnek kavram haritası

### 3.4. Veri Toplama Araçları

Çalışmada veriler “Termodinamik Akademik Başarı Testi (Ek-2)” ve “Bilişsel Yük Ölçeği (Ek-3)” başlıklı veri toplama araçları ile toplanmıştır. Kullanılan ölçme araçlarına ilişkin güvenilirlik bilgilerine de bu bölümde yer verilmiştir.

#### 3.4.1. Akademik başarı testi

Bilgisayar destekli uygulamalardan sonra fen bilgisi öğretmen adaylarının termodinamik konusuna ilişkin akademik başarılarında meydana gelen değişimi belirlemek amacıyla termodinamik konusuna yönelik Baran (2013) tarafından geliştirilen, 36 soruluk 5 seçenekli çoktan seçmeli termodinamik akademik başarı testi kullanılmıştır. Testin geçerliği, kapsam geçerliği olarak belirlenmiş, güvenilirliği ise KR-20 değeri 0,868 olarak hesaplanmıştır. Bu çalışmada kullanılan akademik başarı testi için güvenilirlik düzeyi Tablo 3.3’de verilmiştir.

**Tablo 3.3.** Akademik başarı testi güvenilirlik düzeyi

| Ölçümler              | Kuder-Richardson 20 (KR-20) |
|-----------------------|-----------------------------|
| Akademik başarı testi | 0,833                       |

Akademik başarı testinin güvenilirliğinin incelenmesi için Kuder-Richardson 20 (KR-20)güvenirlik analizi yapılmış güvenilirlik düzeyinin 0.70’in üzerinde olduğu görülmüştür. Akademik başarı testi Kuder-Richardson 20 (KR-20) güvenilirlik katsayısı 0,833 olarak belirlenmiştir.

#### 3.4.2. Bilişsel yük ölçeği

Bilgisayar destekli kavram haritalarının fen bilgisi öğretmen adaylarının termodinamik konusunu öğrenmelerini kolaylaştırmaya etkisini belirlemek amacıyla Bralfish, Borg ve Dornic (1972) tarafından, verilen bir görevin güçlüğü ölçmek için geliştirilen Paas ve van Merrienboer (1993) tarafından düzenlenmesiyle oluşturulan bilişsel yük ölçeği ölçeği kullanılmıştır. 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. Ölçeğin Cronbach Alfa iç tutarlık katsayısı 0,90 olarak hesaplanmıştır. Bu çalışmada kullanılan bilişsel yük ölçeğinin Türkçeye uyarlaması Kılıç ve Karadeniz (2004) tarafından yapılmış ve

Cronbach Alfa iç tutarlık katsayısı 0,78 olarak hesaplanmıştır. Bu çalışmada kullanılan ölçek için güvenilirlik düzeyleri Tablo 3.4’de verilmiştir.

**Tablo 3.4.** Bilişsel yük ölçeği güvenilirlik düzeyleri

| Ölçümler            | Cronbach’s Alpha |
|---------------------|------------------|
| Bilişsel yük ölçeği | 0,936            |

Bilişsel yük ölçeğinin güvenilirliğinin incelenmesi için cronbach’s alpha güvenilirlik analizi yapılmış ve güvenilirlik düzeyinin 0.70’in üzerinde olduğu görülmüştür (Tablo 3.4). Literatürde cronbach’s alfa güvenilirlik katsayısının  $0,80 \leq \alpha < 1,00$  olduğu durumlarda ölçeğin yüksek derecede güvenilir olduğu bildirilmiştir (Terzi, 2017). Bilişsel yük ölçeği Cronbach’s Alpha güvenilirlik katsayısı 0,936 olarak belirlenmiştir.

### 3.5. Verilerin Analizi

#### 3.5.1. Nicel verilerin analizi

Çalışmadan elde edilen veriler SPSS 25.0 programı ile analiz edilmiş olup, fen bilgisi öğretmen adaylarının cinsiyetlerine göre dağılımlarının belirlenmesinde frekans ve yüzde analizi yapılmıştır (Tablo 3.5).

**Tablo 3.5.** Öğretmen adaylarının cinsiyete göre dağılımı

| Cinsiyet | n  | %      |
|----------|----|--------|
| Kadın    | 31 | 68,90  |
| Erkek    | 14 | 31,10  |
| Toplam   | 45 | 100,00 |

‘Akademik başarı’ ve ‘Bilişsel yük’ ölçeklerinde; ön test ve son test arasındaki farkın belirlenmesinde bağımlı örneklem t-testi ve cinsiyetler arasındaki farkın belirlenmesinde bağımsız örneklem t-testi yapılmıştır (Tablo 3.6).

**Tablo 3.6.** Nicel verilerin analizi

| Ölçümler (Ön test- Son test)       | Yapılan analizler         |
|------------------------------------|---------------------------|
| Akademik başarı                    | Bağımlı örneklem t-testi  |
| Akademik başarı (cinsiyet üzerine) | Bağımsız örneklem t-testi |
| Bilişsel yük                       | Bağımlı örneklem t-testi  |
| Bilişsel yük (cinsiyet üzerine)    | Bağımsız örneklem t-testi |

Çalışmada toplanan verilerin normallik dağılımları Tablo 3.7’de gösterilmiştir.

**Tablo 3.7.** Verilerin dağılımı

| Ölçümler                     | Ort.   | Medyan | Basıklık | Çarpıklık |
|------------------------------|--------|--------|----------|-----------|
| Akademik başarı ön test      | 12,38  | 12,00  | 0,782    | 0,707     |
| Akademik başarı son test     | 24,36  | 26,00  | -0,959   | 0,694     |
| Bilişsel yük ölçeği ön test  | 122,91 | 125,00 | -0,468   | -0,664    |
| Bilişsel yük ölçeği son test | 62,84  | 59,00  | 1,652    | 4,331     |

Normal dağılım analizi sonucunda incelenen merkezi eğilim ölçümlerinden ortalama-medyanın birbirine yakınlığı ve basıklık ile çarpıklığın  $\pm 2$  arasında olması nedeniyle elde edilen verilerin normal dağılımdan geldiği belirlenmiştir (George & Mallery 2010). Çarpıklık ve basıklık değerlerinin kesme noktaları mutlak değer olarak çarpıklık için -3 ve +3 aralığında ve basıklık için +10'un altında olmalıdır. Aynı zamanda araştırmaya dâhil olan öğretmen adayı sayısı yeterli olduğu için ( $n \geq 30$ ) merkezi limit teoreminden hareketle istatistiksel açıdan daha güçlü olan parametrik yöntemlere başvurulmuştur (Ghasemi & Zahediasl, 2012). Araştırmanın alt problemlerinin incelenmesinde verilerin dağılımında betimsel istatistik kullanılmıştır. Betimsel bulgulara Tablo 3.8'de yer verilmiştir.

**Tablo 3.8.** Betimsel bulgular

| Ölçekler                    | Ort.   | s.s   |
|-----------------------------|--------|-------|
| Akademik başarı ön test     | 12,38  | 4,49  |
| Akademik başarı son test    | 24,36  | 3,92  |
| Bilişsel yük ölçeğiön test  | 122,91 | 33,69 |
| Bilişsel yük ölçeğison test | 62,84  | 25,32 |

Tablo 3.8 incelendiğinde, fen bilgisi öğretmen adaylarının akademik başarı puanlarının  $12,38 \pm 4,49$  olduğu belirlenirken uygulanan eğitim sonrası puanların  $24,36 \pm 3,92$ 'e yükseldiği belirlenmiştir. Akademik başarı testinden alınacak en yüksek puan '36', en düşük puan '0' olarak kabul edilmektedir. Bu durumda 0 puana yaklaşılması akademik başarılarının düşük düzeyde, 36 puana yaklaşılması akademik başarılarının yüksek düzeyde olduğunu temsil etmektedir. Tablo 3.8 incelendiğinde, fen bilgisi öğretmen adaylarının bilişsel yük ölçeği puanlarının  $122,91 \pm 33,69$  olduğu belirlenirken, uygulanan eğitim sonrası puanların  $62,84 \pm 25,32$ 'e gerilediği belirlenmiştir. Öğrencilerin bilişsel yük düzeyinin hesaplanmasında 0,89 puan aralığı ( $8/9=0,89$ ) kullanılmıştır. Buna göre ölçeğin başlangıç puanı üzerine 0,8'lik puan aralığı eklenerek her ölçüm düzeyine denk gelen aralık hesaplanmaktadır. Bu durumda 1-1,89 aralığı çok çok düşük, 1.89-2.78 aralığı çok düşük, 2.78-3.67 aralığı düşük, 3.67-4.56 aralığı kısmen düşük, 4.56-5.45 aralığı orta, 5.45-6.34 aralığı kısmen yüksek, 6.34-7.23 aralığı yüksek, 7.23-8.12 aralığı çok yüksek ve 8.12-9,00 aralığı çok çok yüksek düzeyi temsil eder ve bilişsel yük düzeyi toplam puan üzerinden hesaplandığı için bu aralıkların madde sayısı (Madde Sayısı=22) ile çarpılması gerekir.

## 4. BULGULAR

Bu bölümde çalışmadan elde edilen verilerin analiz bulguları çalışmanın alt problemlerine göre yorumlanmıştır.

### 4.1. Akademik Başarı Testine İlişkin Bulgular

#### 4.1.1. Akademik başarı testine ilişkin ön test ve son test bulguları

Araştırmanın birinci alt problemi “Bilgisayar destekli kavram haritaları ile kavram öğretiminin fen bilgisi öğretmen adaylarının akademik başarıları üzerinde etkisi var mıdır? şeklinde ifade edilmiştir. Bağımlı örneklemeler için yapılan t-testinde elde edilen bulgular (Tablo 4.1)’de sunulmuştur.

**Tablo 4.1.** Akademik başarı bağımlı örneklemeler t-testi sonuçları

| Ölçüm                    | n  | Ort.  | s.s  | t       | sd | p      |
|--------------------------|----|-------|------|---------|----|--------|
| Akademik başarı ön test  | 45 | 12,38 | 4,49 |         |    |        |
| Akademik başarı son test | 45 | 24,36 | 3,92 | -14,426 | 44 | 0,001* |

\*p<0.05

Tablo 4.1 incelendiğinde, fen bilgisi öğretmen adaylarının akademik başarı ön test ve son test puanlarının ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $t=-14,426$ ;  $p=0.001<0.05$ ). Bu sonuç uygulanan eğitimin fen bilgisi öğretmen adaylarının akademik başarı düzeylerini artırdığını göstermektedir.

#### 4.1.2. Cinsiyete göre kavramsal başarı testine ilişkin ön test ve son test bulguları

Araştırmanın ikinci alt problemi “Bilgisayar destekli kavram haritaları ile kavram öğretiminin fen bilgisi öğretmen adaylarının akademik başarıları üzerinde cinsiyete göre farklılık göstermekte midir ?” olarak ifade edilmiştir. Bağımsız örneklemeler için yapılan t-testinde elde edilen bulgular (Tablo 4.2)’de sunulmuştur.

**Tablo 4.2.** Cinsiyete göre akademik başarı bağımsız örneklemeler t-testi sonuçları

| Değişkenler              | Cinsiyet | n  | Ort.  | s.s  | t     | p     |
|--------------------------|----------|----|-------|------|-------|-------|
| Akademik başarı ön test  | Kadın    | 31 | 13,13 | 4,28 | 1,704 | 0,096 |
|                          | Erkek    | 14 | 10,71 | 4,66 |       |       |
| Akademik başarı son test | Kadın    | 31 | 24,71 | 3,31 | 0,90  | 0,373 |
|                          | Erkek    | 14 | 23,57 | 5,08 |       |       |

p>0.05

Araştırmaya katılan fen bilgisi öğretmen adaylarının akademik başarı ön test son test puanları ile cinsiyetleri arasında anlamlı bir fark bulunup bulunmadığını bulgulamak amacı ile yapılan bağımsız örneklem t-testi sonucuna göre; cinsiyet ile akademik başarı ön test son test puanları arasında anlamlı bir farklılaşma bulunmamıştır ( $p>0,05$ ).

## 4.2. Bilişsel Yük Ölçeğine İlişkin Bulgular

### 4.2.1. Bilişsel yük ölçeğine ilişkin ön test- son test bulguları

Araştırmanın üçüncü alt problemi “Bilgisayar destekli kavram haritaları ile kavram öğretiminin fen bilgisi öğretmen adaylarının öğrenmelerini kolaylaştırma üzerinde etkisi var mıdır ?” şeklinde ifade edilmiştir. Bağımlı örneklemeler için yapılan t-testinden elde edilen bulgular (Tablo 4.3)’de sunulmuştur.

**Tablo 4.3.** Bilişsel yük ölçeğine ilişkin bağımlı örneklemeler t-testi sonuçları

| Değişkenler                            | n  | Ort.   | s.s   | t     | s.d | p      |
|----------------------------------------|----|--------|-------|-------|-----|--------|
| Bilişsel yük ölçeğine ilişkin ön test  | 45 | 122,91 | 33,69 | 9,541 | 44  | 0,001* |
| Bilişsel yük ölçeğine ilişkin son test | 45 | 62,84  | 25,32 |       |     |        |

\*p<0.05

Tablo 4.3 incelediğinde, fen bilgisi öğretmen adaylarının bilişsel yük ölçeğine ilişkin ön test ve son test puanlarının ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (t=9,541; p=0.001<0.05). Ön test sonuçları bilgisayar destekli kavram haritaları ile öğretimden önce öğretmen adaylarının daha önce öğrendikleri kavramları öğrenmede oldukça zorluk yaşadıklarını ancak bilgisayar destekli kavram haritaları ile yapılan öğretimden sonra son test sonuçlarına göre daha az zorlandıklarını göstermiştir.

### 4.2.2. Cinsiyete göre bilişsel yük ölçeğine ilişkin ön test- son test bulguları

Araştırmanın dördüncü alt problemi “Bilgisayar destekli kavram haritaları ile kavram öğretiminin fen bilgisi öğretmen adaylarının öğrenmelerini kolaylaştırmada cinsiyet üzerinde etkisi var mıdır ?” olarak ifade edilmiştir. Bağımsız örneklemeler için yapılan t-testinde elde edilen bulgular (Tablo 4.4)’da sunulmuştur.

**Tablo 4.4.** Cinsiyete göre bilişsel yük ölçeğine ilişkin bağımsız örneklemeler t-testi sonuçları

| Değişkenler                            | Cinsiyet | n  | Ort.   | s.s   | t      | p     |
|----------------------------------------|----------|----|--------|-------|--------|-------|
| Bilişsel yük ölçeğine ilişkin ön test  | Kadın    | 31 | 122,90 | 30,81 | -0,002 | 0,998 |
|                                        | Erkek    | 14 | 122,93 | 40,63 |        |       |
| Bilişsel yük ölçeğine ilişkin son test | Kadın    | 31 | 66,58  | 26,39 | 1,494  | 0,143 |
|                                        | Erkek    | 14 | 54,57  | 21,34 |        |       |

p>0.05

Tablo 4.4 incelediğinde, cinsiyete göre fen bilgisi öğretmen adaylarının bilişsel yük ölçeğine ilişkin ön test ve son test puanlarının ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (p>0.05). Bu sonuç, uygulanan eğitimin fen bilgisi öğretmen adaylarının cinsiyetlerine göre bilişsel yük düzeylerini değiştirmediğini göstermektedir.

### 3. TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, bilgisayar destekli uygulamaların akademik başarıya ve öğrenmeyi kolaylaştırmaya etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaca yönelik bilgisayar destekli kavram haritaları ile kavram öğretimi yapılmış ve fen bilgisi öğretmen adayları çalışmada belirtilen süre boyunca ilgili konu kapsamında verilen ödevlerle kavram öğrenime dahil olmuştur.

#### 4.3. Bilgisayar Destekli Kavram Haritaları İle Yapılan Kavram Öğretiminin Akademik Başarıya Etkisine İlişkin Tartışma ve Sonuç

Yapılan araştırmada akademik başarı ön test ve son test bulgularında uygulama sonrasında öğretmen adaylarının başarı puanlarında pozitif yönde değişme olduğu görülmüştür. Literatürde termodinamik konusunda bilgisayarın kullanıldığı sadece bir çalışmaya rastlanmıştır. Bingöl (2001)'ün çalışmasında ödev değerlendirme amaçlı termodinamik dersinde kullanılan programın ilerleyen yıllarda yapılacak çalışmalara ön bilgi niteliği taşıyacağı düşünülmüştür. Literatürde farklı yöntemlerin termodinamik konusunda akademik başarı üzerine etkisinin incelendiği çalışmalar bulunmaktadır. Tanel (2006)'ın çalışmasında, işbirlikli öğrenme yönteminin deney grubu öğrencilerinin termodinamik başarısını artırdığı belirtilmiştir. Kala (2012)'nin çalışmasında, sunuş stratejisine dayalı bilişsel yük kuramına göre geliştirilen 8 oturum olarak belirlenen bir öğretim yazılımından uzman olmayan ve uzman öğrencilerin öğrenmelerinde uzman olmayan öğrencilerin, hatırlama düzeyinde uzman öğrencilerden daha yüksek puan aldığı, transferde uzman öğrencilerin daha başarılı olduğu belirlenmiştir. Baran (2013)'in çalışmasında, üniversite öğrencilerinin 'Termodinamik' konusunda 'Yaşam Temelli Probleme Dayalı Öğretimin' akademik başarılarını artırdığı belirtilmiştir. Elagöz (2014)'ün çalışmasında, probleme dayalı öğretim yönteminin entalpi ve termokimya konusunda öğrencilerin akademik başarılarında pozitif yönde anlamlı bir değişimin olduğu bildirilmiştir. Akbulut (2020)'un çalışmasında, termodinamik kavramlarının öğretilmesine yönelik yürütülen öğretim etkinliklerinin nicel boyutunda başarı puanları arasında deney grubu lehine anlamlı bir farklılık oluşmuştur.

Uygulamalar sonrasında öğretmen adaylarının başarı puanlarında pozitif yönde değişme olduğu görülmüştür. Literatürde farklı fen konularında yapılan bilgisayar destekli çalışmalarının bu bulguyu desteklediği görülmüştür. Aykanat, Doğru ve Kalender (2005) çalışmasında, bilgisayar destekli kavram haritalarının öğrencilerin

akademik başarılarını, geleneksel yöntemle göre daha çok arttırdığını belirtmişlerdir. Çömek ve Bayram (2006)'ın çalışmasında, bilgisayar destekli öğretimin, geleneksel yöntemle göre akademik başarıyı daha çok arttırdığı görülmüştür. Candan vd. (2006) çalışmasında, bilgisayar destekli kavram haritalarının deney grubunda, geleneksel yöntem uygulanan kontrol grubuna göre pozitif yönde bir farklılık oluşturduğu anlaşılmıştır. Kahraman (2007)'ın çalışmasında, bilgisayar destekli kavram haritalarının öğrencilerin akademik başarıları üzerinde pozitif katkı sağladığı belirtilmiştir. Akçay vd. (2008) çalışmasında, bilgisayar destekli öğretimin, geleneksel yöntemle göre öğrencilerin akademik başarılarını arttırdığı ifade edilmiştir. Altunay ve Şeker (2008) çalışmasında, bilgisayar destekli kavram haritaları ile öğrencilerin akademik başarılarının arttığı saptanmıştır. Pektaş vd. (2009) çalışmasında, bilgisayar destekli öğretimin, geleneksel yöntemle göre akademik başarıyı daha çok arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Güven ve Sülün (2012)'ün çalışmasında, geleneksel yöntemle göre bilgisayar destekli öğretimin öğrencilerin akademik başarıları üzerinde pozitif etki oluşturduğu görülmüştür. Chen, Chen ve Chen (2012)'in çalışmasında, bilgisayar destekli kavram haritası kullanılarak işlenen dersi alan öğrencilerin, geleneksel yöntemler ile işlenen dersi alan öğrencilere göre akademik başarılarının daha yüksek olduğu görülmüştür. Akkuş (2013)'ün çalışmasında, bilgisayar destekli kavram haritaları ile yapılan öğretimin, geleneksel yöntem ile yapılan öğretimden daha etkili olduğunu belirtmiştir. Güleç ve Karacı (2019) çalışmasında, bilgisayar destekli kavram haritası uygulaması olan captive yazılımı ile gerçekleştirilen dersin, geleneksel derse göre akademik başarıyı arttırdığı belirtilmiştir. Chiou, Tien ve Tang (2020) çalışmasında, bilgisayar destekli kavram haritalarının yardımcı eğitim aracı olarak kullanılmasının öğrencilerin akademik başarılarının artırılmasında pozitif yönde bir etki sağladığı görülmüştür.

Araştırma sonucunda cinsiyet değişkeni ile akademik başarı ön test son test puanları arasında anlamlı bir farklılaşma bulunmamıştır. Literatür incelendiğinde akademik başarı son test puanlarının cinsiyete göre değişmediği çalışmalar görülmüştür. Pearson ve Somekh (2003) çalışmasında, “bugünün dünyasındaki bilgisayarlar” konusu ile ilgi yaptıkları kavram haritası uygulaması sonrasında öğrencilerin bilgi düzeylerinin cinsiyete göre değişmediği bildirilmiştir. Pektaş, Türkmen ve Solak (2006) çalışmasında, bilgisayar destekli öğretimin geleneksel yöntemle göre son test verilerinde kız ve erkek öğrencilerin başarıları incelendiğinde cinsiyet ile akademik başarı arasında bir ilişkinin olmadığı görülmüştür. Çetinkaya ve Taş (2011) çalışmasında, bilgisayar destekli kavram haritalarının cinsiyet faktörüne göre başarı üzerinde etkisinin olmadığı bildirilmiştir.

#### **4.4. Bilgisayar Destekli Kavram Haritalarının Öğrenmeyi Kolaylaştırmaya Etkisine İlişkin Tartışma ve Sonuç**

Fen bilgisi öğretmen adaylarının bilişsel yük ölçeğine ilişkin ön test ve son test puanlarının ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $t=9,541$ ;  $p=0.001<0.05$ ). Fen bilgisi öğretmen adayları bilişsel yük ölçeğinde yer alan termodinamik kavramlarını öğrenmede son testte daha az zihinsel çaba harcamışlardır. Uygulanan bilgisayar destekli eğitim sonrasında öğretmen adaylarının bilişsel yüklerinde azalma görülmüştür. Bu sonuç bilgisayar destekli kavram haritaları ile yapılan öğretimin öğretmen adaylarına kavramları öğrenmede kolaylık sağladığını göstermektedir. Mayer (2005) etkili öğretim materyalleri kullanılarak aktarılan bilgilerin, öğrencilerin bilişsel yükünü azaltarak öğrenmelerini kolaylaştırdığını ifade etmiştir.

Literatürde teknoloji destekli öğretim kullanılarak yapılan bazı çalışmalarda bilişsel yükün azaldığı bildirilmiştir. Kılıç ve Karadeniz (2004) çalışmalarında, öğrencilerin internet kullanma düzeyi arttıkça bilişsel yük düzeylerinin azaldığı belirtilmiştir. Huang (2006) çalışmasında, farklı öğretim yöntemlerinin bilişsel yükü değiştirdiği belirtilmiştir. Hasler, Kersten ve Sweller (2007) çalışmalarında, öğrencilerin hız ve kontrolünde ilerleyen animasyonların bilişsel yükü azalttığı belirtilmiştir. Paas, van Gerven ve Wouters (2007) çalışmalarında, etkileşimli animasyonlar içeren öğretim ortamlarında öğrencilerin daha az zihinsel çaba harcadığını ve öğretime fayda sağladığı belirtilmiştir. Cheon (2008) çalışmasında, metaforik ara yüzlerin öğrencilerin performansını ve bilişsel yükünü olumlu olarak etkilediği belirtilmiştir. Kablan ve Erden (2008) çalışmalarında, yazılı metin ve animasyonların mekansal olarak bütünleştirme yaklaşımının öğrencilerin sarf etmesi gereken zihinsel çabayı azalttığı ve öğrenmeye yarar sağladığı belirtilmiştir. Kılıç (2009) çalışmasında, amaç tabanlı kurgu yaklaşımını temel alarak tasarlanan çoklu ortam yazılımlarının konu dışı bilişsel yükü azaltan ilkelerin öğrenme kazanımlarını arttırdığını ve harcanan zihinsel çabayı azalttığı görülürken, bilişsel yük ilkeleri göz ardı edildiğinde, öğrenme kazanımlarının düştüğü ve zihinsel çabanın arttığı belirtilmiştir. Katırcı (2010) çalışmasında, farklı türde çoklu ortamların öğrenci bilişsel yüklenmelerini farklı etkilediği, animasyon simülasyon içeren çoklu ortamların bilişsel yüklenmede etkili olduğu belirtilmiştir. Takır (2011) çalışmasında, bilişsel yük ilkelerine göre hazırlanan bir ders yazılımının öğrencilerin akademik başarılarını artırırken, bilişsel yüklenmelerini azalttığı bildirilmiştir. Eryılmaz (2012) çalışmasında, uyarlanabilir gezinme ve içerik bulunan ortamlarda çalışan öğrencilerin

bilişsel yüklenme durumlarının daha düşük olduğu belirtilmiştir. İzmirli (2012) çalışmasında, sunum türü ile ilerleme hızı etkileşiminin bilişsel yüklenme durumlarını etkilediği belirtilmiştir. Liu, Lin, Tsai ve Paas (2012) çalışmalarında, etkileşimli animasyonlar içeren öğretim ortamlarının bilişsel yükü azaltarak öğrenme verimliliğini artırdığı belirtilmiştir. Küçük, Yılmaz ve Göktaş (2014) çalışmalarında, artırılmış gerçeklik uygulamalarının bilişsel yüke olumlu etkisi olduğu bildirilmiştir. Coşkun (2015) çalışmasında, çoklu ortamların bilişsel yükü azalttığı bildirilmiştir. Dinçer (2015) çalışmasında, tercihe dayalı çoklu eğitsel ara yüze sahip bilgisayar destekli yazılımların bilişsel yüklenme üzerinde olumlu etkisi olduğu bildirilmiştir. Kaya (2015) çalışmasında, teknoloji destekli rehber materyallerin öğrencilerin etkili öğrenmesine katkı sağladığı ve bilişsel yüklenmelerini azaltarak anlamlı öğrenmeyi sağladığı belirtilmiştir. Akgün, Babur ve Albayrak (2016) çalışmalarında, çoklu yollar ve tasarımlar içeren Prezi sunumlarının konu dışı bilişsel yükü azalttığı ve kavramsal öğrenmeye olumlu etkisi olduğu belirtilmiştir. Sinanoğlu (2017) çalışmasında, Web destekli kavram karikatürleri ve kavramsal değişim metinlerinin deney grubu öğrencilerinin bilişsel yük düzeyini düşürdüğü belirtilmiştir. Başoğlu (2017) çalışmasında, teknoloji destekli tanılayıcı dallanmış ağaç diyagramları kullanılan deney grubu öğrencilerinin bilişsel yüklenmelerinin kontrol grubuna göre daha düşük olduğu belirtilmiştir. Yalçın (2018) çalışmasında, ARCS motivasyon modeli kullanılarak hazırlanan bir eğitim yazılımının konu dışı bilişsel yükü düşürerek, aşırı bilişsel yüklenmenin önüne geçmiş ve öğretim ortamından daha yüksek verim alınmasını sağladığı belirtilmiştir. Emirtekin (2019) çalışmasında, eğitsel videoda hazırlanmış olduğu gömülü sorulara açıklayıcı dönüt verilmesinin öğrencilerin bilişsel yüklenmelerini azalttığını belirtmiştir. Yeşiltaş (2019) çalışmasında, sanal gerçeklik destekli fen bilimleri yazılımının mevcut öğretime göre bilişsel yükü azalttığı bulunmuştur. Lai vd. (2019) çalışmasında, artırılmış gerçeklik tabanlı fen öğrenim yaklaşımıyla öğrenen öğrencilerin geleneksel öğrenenlere göre öğrenme etkinliği sırasında dışsal bilişsel yük algılarının önemli ölçüde azaldığı belirtilmiştir. Yılmaz (2020) çalışmasında, animasyonlarda ipucu kullanmanın öğrencilerin bilişsel yüklerini azalttığı belirtilmiştir. Kelepçe (2021) çalışmasında, zihin haritası kullanılan deney grubu öğrencilerinin bilişsel yük puanlarının deney grubu lehine olduğu belirtilmiştir. Liu vd. (2022) çalışmalarında, sanal gerçeklik tabanlı sınıfın ilköğretim öğrencilerinin bilişsel yüklerini azalttığı belirtilmiştir. Özmen (2024) çalışmasında, çevrimiçi ortamlarda oyunlaştırma uygulamalarının kullanılmasının bilişsel yüklenmeleri azalttığı belirtilmiştir.

Literatürde teknoloji destekli öğretim kullanılarak yapılan bazı çalışmalarda da bilişsel yükün arttığı bildirilmiştir. Homer, Plass ve Blake (2008) çalışmalarında, görüntü ve sesin bir arada olduğu video türlerinin yüksek bilişsel yük oluşturduğu bildirilmiştir. Taşkın (2011) çalışmasında, çoklu ortam tasarım ilkelerinin başarı ve bilişsel yük arasında fark oluşturmadığını belirtmiştir. Kala (2012) çalışmasında, bilişsel yük kuramı ilkelerine göre hazırlanan eğitim yazılımının deney grubu öğrencilerinde daha fazla bilişsel yük oluşmasına neden olduğu belirtilmiştir. Chen ve Wu (2015) çalışmalarında, sunum seslendirme video türünün, diğer türlere göre bilişsel yükün artmasına neden olduğunu belirtmiştir.

#### 4.5. Öneriler

- Bu çalışmada Bubbl.us uygulaması kullanılmıştır. Kavram haritası oluşturmada kullanılan farklı programlar kullanılarak araştırmalar yapılabilir.
- Öğretmenlere hizmet içi öğretim programlarında bilgisayar destekli uygulamalar ile ilgili bilgiler verilebilir.
- Gelecekte yapılacak olan çalışmalarda bilgisayar destekli uygulamaların kalıcı öğrenme üzerinde etkileri incelenebilir.
- Bilgisayar destekli uygulamaların motivasyon üzerinde etkileri incelenebilir.
- Araştırma sadece eğitim fakültesi değil bilgisayar üzerine eğitim veren bölümlerde öğrenim gören öğrenciler üzerinde de yapılabilir.
- Araştırma sadece yükseköğrenim değil daha alt sınıf düzeylerinde yapılarak ulaşılan bulgular karşılaştırılabilir.
- Kavram öğretiminde bilgisayar destekli kavram haritalarının dışında diğer bilgisayar destekli uygulamalarda kullanılabilir.
- Araştırma ‘termodinamik’ konusunun öğretildiği fizik, kimya ve mühendislik gibi bilim alanlarında da yapılabilir.
- Farklı nicel ve nitel ölçekler kullanılarak ‘termodinamik’ konusundadaha detaylı bilgilere ulaşılabilir.
- Öğrenmenin kolaylaştırılmasına yönelik farklı ölçekler geliştirilerek, öğrencilerin öğrenmelerine katkı sağlayacak eğitim araştırmaları yapılabilir.

## 5. KAYNAKLAR

- Abraham, M. R., Grzybowski, E. B., Renner, J. W., & Marek, E. A. (1992). Understanding and misunderstanding of eight graders of five chemistry concepts found in textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(2), 105-120. <http://dx.doi.org/10.1002/tea.3660290203>
- Akbulut, F. (2020). *Entropi kavramına bütüncül bir bakış açısıyla geliştirilen "uçayak yaklaşımı"nın lise öğrencilerinin anlama düzeyine etkisinin incelenmesi*. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi Anabilim Dalı, Ankara.
- Akçay, H., Tüysüz, C., Feyzioğlu, B., & Oğuz, B., (2008). Bilgisayar tabanlı ve bilgisayar destekli kimya öğretiminin öğrenci tutum ve başarısına etkisi. *Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 4(2), 169-181.
- Akdeniz, A. R., Öztürk, M., & Bakırcı, H. (2017). Bilgisayar destekli öğretim uygulamalarının sekizinci sınıf öğrencilerinin fen dersi akademik başarılarına ve bilginin kalıcılığına etkisi. *HAYEF Journal of Education*, 14 (2), 59-77.
- Akgün, Ö., Babur, A. & Albayrak, E. (2016). Effects of lectures with powerpoint or prezi presentations on cognitive load, recall, and conceptual learning. *International Online Journal of Educational Sciences*, 8(3), 1-11. doi:10.15345/iojes.2016.03.001
- Akkuş, G. (2013). *6. sınıf öğrencilerinde dolaşım sistemi konusunda görülen kavram yanlışlarının giderilmesinde bilgisayar destekli kavram haritalarının etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü. Denizli.
- Allen, M. (2019). *Misconceptions in Primary Science 3e*. McGraw-hill education (UK).
- Altınkaya, H. (1998). *Türkiye’de bilgisayar destekli eğitimin gelişimi*. (Yayınlanmamış yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik-Bilgisayar Eğitimi Ana Bilim Dalı. Ankara.
- Altıok, S., Yükseltürk, E., & Üçgül, M. (2017). Web 2.0 eğitimine yönelik gerçekleştirilen bilimsel bir etkinliğin değerlendirilmesi: Katılımcı görüşleri. *Journal of Instructional Technologies ve Teacher Education*, 6(1), 1-8.

- Altun, A. (2008). Yapılandırmacı öğretim sürecinde viki kullanımı. *Paperpresented at the 8th International Educational Technology Conference*, , 6-9 Mayıs, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir (ss. 127-130).
- Altunay, A. Y. & Şeker, R. (2008). Bilgisayar ortamında hazırlanan kavram haritalarının bir öğretim materyali olarak fen bilgisi dersinde kullanılması. *Türkiye Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 12 (3), 19-32.
- Atakişi, T. (2019). *Öğretmenlerin ve öğretmen adaylarının 21. yüzyıl becerilerini esas alan bilgi okuryazarlık durumlarının çeşitli değişkenler açısından incelenmesi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Kafkas Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü. Kars.
- Ausubel, D. P. (1968). *Educational psychology: A cognitive view*. New York: Holt, Rinehart and Winston. <https://doi.org/10.1080/00461526809528961>
- Ayas, A. (2005). *Kavram öğrenimi, Salih Çepni (Ed.) Kuramdan Uygulamaya Fen ve Teknoloji Öğretimi*, 4. Baskı, 65-97, Pegem Yayıncılık, Ankara. <https://doi.org/10.14527/9786053186496.05>
- Aydın, S. (2018). *Metalurji ve Malzeme Mühendisleri için Termodinamik*. İstanbul: Literatür.
- Aykanat, F., Doğru, M., & Kalender, S. (2005). Bilgisayar destekli kavram haritaları yöntemiyle fen öğretiminin öğrenci başarısına etkisi. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 13(2). 391-400.
- Bain, K., Moon, A., Mack, M. R., & Towns, M. H. (2014). A review of research on the teaching and learning of thermodynamics at the university level. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(3), 320-335. <https://doi.org/10.1039/C4RP00011K>
- Baki, A., & Mandacı Şahin, S. (2004). Bilgisayar destekli kavram haritası yöntemiyle öğretmen adaylarının matematiksel öğrenmelerinin değerlendirilmesi. *Türkiye Çevrimiçi Eğitim Teknolojileri Dergisi*, 3(2), 91-104.
- Baran, M. (2013). *Yaşam temelli probleme dayalı öğretim yönteminin termodinamik konusunun öğretimine etkisi*. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.

- Başıoğlu, S. (2017). *Klasik ve teknoloji destekli tanılayıcı dallanmış ağaç tekniğinin öğrencilerin başarılarına, kavram yanlışlarına ve bilişsel yüklerine etkisi*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ordu.
- Bezen, S., Aykutlu, I., & Bayrak, C. (2016). Conceptual comprehension of pre-service physics teachers towards 1st law of thermodynamics. *Journal of Turkish Science Education*, 13(1), 55-75. <https://doi.org/10.12973/tused.10157a>
- Bilgin, İ., Uzuntiryaki, E., & Geban, Ö. (2003). Öğrencilerin kimyasal denge konusundaki kavram yanlışları. *Eğitim ve Bilim*, 28(127).
- Bingöl, G.(2001). *Termodinamik eğitiminin etkileşimli bilgisayar ortamında gerçek zamanlı java-telnet destekli olarak gerçekleştirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bralfish, O., Borg, G., & Dornic, S. (1972). *Perceived item-difficulty in three tests of intellectual performance capacity* (Rep. No. 29). Stockholm: Institute of Applied Psychology. <https://doi.org/10.1037/e420862004-001>
- Brown, A. L. (1992). Design experiments: Theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. *Journal of the Learning Sciences*, 2(2), 141–178. [https://doi.org/10.1207/s15327809jls0202\\_2](https://doi.org/10.1207/s15327809jls0202_2)
- Buber, M., Sucu, F., Bulut, I., & Kursun, R. (2015). Cloud computing environments which can be used in health education. *International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering*, 3(4), 124-126.
- Bucher, M. (2007). Comment on “Development and assessment of research-based tutorials on heat engines and the second law of thermodynamics,” by Matthew J. Cochran and Paula RL Heron [Am. J. Phys. 74 (8), 734–741 (2006)]. *American Journal of Physics*, 75(4), 377-379. <https://doi.org/10.1119/1.2437748>
- Candan, A., Türkmen, L., & Çardak, O. (2006). Kavram haritalamanın ilköğretim öğrencilerinin hareket ve kuvvet kavramlarını anlamalarına etkileri. *Journal of Turkish Science Education*, 3(1), 66-75.
- Carson, E. M., & Watson, J. R. (2002). Undergraduate students’ understandings of entropy and Gibbs free energy. *University Chemistry Education*, 6(1), 4-12.

- Cengel, Y.A., & Boles, M.A. (2001). *Thermodynamics: An Engineering Approach*, 4th edition, 1056 pp. McGraw-Hill, New York.
- Chang, K.E., Sung, Y.T., & Chen, S.F. (2001). "Learning through computer-based concept mapping with scaffolding aid". *Journal of Computer Assisted Learning*, 17, 21-33. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2001.00156.x>
- Chen, C. M. & Wu, C. H. (2015). Effects of different video lecture types on sustained attention, emotion, cognitive load, and learning performance. *Computers & Education*, 80, 108-121.
- Chen, H. H., Chen, Y. J., & Chen, K. J. (2012). The design and effect of a scaffolded concept mapping strategy on learning performance in an undergraduate database course. *IEEE Transactions on Education*, 56(3), 300-307.
- Cheon, J. (2008). *Cueing for schema construction: The effects of metaphorical interface on germane cognitive load* (Order No. 3328186). Available from ProQuest Dissertations & Theses Global. (304568850). <https://search.proquest.com/docview/304568850?accountid=16701>
- Chiou, C. C., Tien, L. C., & Tang, Y. C. (2020). Applying structured computer-assisted collaborative concept mapping to flipped classroom for hospitality accounting. *Journal of Hospitality, Leisure, Sport ve Tourism Education*, 26, 100243. <https://doi.org/10.1016/j.jhlste.2020.100243>
- Clausius, R. (1879). *The mechanical theory of heat*. Macmillan.
- Cochran, M. J., & Heron, P. R. (2006). Development and assessment of research-based tutorials on heat engines and the second law of thermodynamics. *American Journal of Physics*, 74(8), 734-741. <https://doi.org/10.1119/1.2198889>
- Coşkun, H.İ. (2015). *Üç boyutlu çoklu ortamlarda öğrencilerin öğrenme stilleri, bilişsel yükleri ve akademik başarıları arasındaki ilişki*. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi Anabilim Dalı, Ankara.
- Cotignola, M. I., Bordogna, C., Punte, G., & Cappannini, O. M. (2002). Difficulties in learning thermodynamic concepts are they linked to the historical development of this field?. *Science & Education*, 11, 279-291.

- Çağan, N.,& Kutluca, T. (2021). Matematik öğretiminde bilgisayar destekli kavram haritası kullanımına ilişkin öğretmen görüşleri. *Vadim KUZMIN, Ph. D. Ali KORKUT, Ph. D. Nadejda AÇAN, Ph. D. Hasan KARACAN, Ph. D.*, 107.
- Çağan, N., Gömlekçi, M., & Kutluca, T. (2019 ). Olasılık konusu öğretiminde bilgisayar destekli bir kavram haritası kullanımı: CMAP. 5. *Avrasya Dil ve Sosyal Bilimler Konferansı* (p. 78). Antalya.
- Çakıcı, D., Alver, B., & Ada, Ş. (2006). Anlamlı öğrenmenin öğretimde uygulanması. *Atatürk Üniversitesi Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi Dergisi*, (13), 71-80.
- Çavaş, B.,& Pekmez, E. Ş. (2001). Fen eğitiminde kavram haritaları ve inspiration programı uygulamaları. *Yeni Binyılın Başında Türkiye’de Fen Bilimleri Eğitimi Sempozyumu*, Maltepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi, 7 - 8 Eylül, İstanbul.
- Çaycı, B. (2007). Kavram değiştirme metinlerinin kavram öğrenimi üzerindeki etkisinin incelenmesi. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 27(1), 87-102.
- 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.,& Boles, Y. (1996). “*Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik*”, McGraw Hill Literatür Yayıncılık, ISBN 975-8431-91-9, 1-869
- Çepni, S., Taş, E., & Köse, S. (2003). Fotosentez konusu için geliştirilen bir web destekli kavram haritası materyalinin kavram yanılgıları üzerine etkisi. *Bilgi Teknolojileri Kongresi Bildiriler kitabı*, Pamukkale Üniversitesi, 01-04 Mayıs, Denizli, 287-289.
- Çetin, Ü. (2007). *ARCS motivasyon modeli uyarınca tasarlanmış eğitim yazılımı ile yapılan öğretimle geleneksel öğretimin öğrencilerin başarıları ve öğrenmenin kalıcılığı açısından karşılaştırılması*. (Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Çetinkaya, M.,& Taş, E. (2011). Canlıların sınıflandırılması konusu için web destekli kavram haritaları ve anlam çözümleme tablolarının öğrenme üzerindeki etkisinin araştırılması. *Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi*, (16), 180-195.

- Çömelek, A., & Bayram, H. (2006). Fen bilgisi öğretiminde ısı konusunun bilgisayar destekli öğretim materyalleri ile öğretilmesi, *VI. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi* (9-11 Eylül 2004), İstanbul, s192-197
- Daley, B., Canas, A., & Schweitzer, T. (2007). Cmaptools: Integrating teaching, learning, and evaluation in online courses. *New Directions For Adult and Continuing Education*, 113. <https://doi.org/10.1002/ace.245>
- Dalmolin, L. C. D., Nassar, S. M., Bastos, R. C., & Mateus, G. P. (2009). A concept map extractor tool for teaching and learning. In *2009 Ninth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies* (pp. 18-20). <https://doi.org/10.1109/ICALT.2009.210>
- Demirel, Ö. (1997). *Kuramdan uygulamaya eğitimde program geliştirme*. Kardeş Kitap ve Yayınevi.
- Dinçer, S. (2015). Bilgisayar destekli öğrenmenin Türkiye'deki öğrenci başarılarına etkileri: Bir meta-analiz. *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, 12 (1), 99-118.
- Dreyfus, B. W., Geller, B. D., Meltzer, D. E., & Sawtelle, V. (2015). Resource letter TTSM-1: Teaching thermodynamics and statistical mechanics in introductory physics, chemistry, and biology. *American Journal of Physics*, 83(1), 5-21. <https://doi.org/10.1119/1.4891673>
- Elagöz, E. (2014). *Probleme dayalı öğretim yaklaşımı ile entalpi kavramının öğretimi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Emirtekin, E. (2019). *Eğitsel videolardaki sorulara yönelik geri bildirim türünün öğretmen adaylarının başarı ve bilişsel yüklerine etkisi*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi. Ege Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Anabilim Dalı, İzmir.
- Erol, M., & Kuzucu, M. E. (2022). Measuring thermal conductivity via basic home equipment. *Momentum: Physics Education Journal*, 6(1), 19-28.
- Eryılmaz, M. (2012). *Uyarlanabilir içerik ve uyarlanabilir gezinme kullanılan hiper ortamların öğrencilerin başarıları doyumları ve bilişsel yüklenmelerine etkisi*. (Yayınlanmamış Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi>)

- Fenditasari, K.,& Istiyono, E. (2020). Identification of misconceptions on heat and temperature among physics education students using four-tier diagnostic test. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1470, No. 1, p. 012055). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1470/1/012055>
- Fidan, N. (1986). *Okulda Öğrenme, Öğretme. Kavramlar, İlkeler ve Yöntemler*, Alkım Yayınevi: Ankara.
- Gaines, B. R.,& Shaw, M. L. (1995). Concept maps as hypermedia components. *International Journal of Human-Computer Studies*, 43(3), 323-361. <https://doi.org/10.1006/ijhc.1995.1049>
- Gilbert, J.K., Osborne, R.J., & Fensham, P.J. (1982). Children's science and its consequences for teaching. *Science Education*, 7, 165-171. <https://doi.org/10.1002/sce.3730660412>
- Gürçay, D.,& Gülbaş, E.(2016). Fizik öğretmen adaylarının ısı, sıcaklık ve iç enerji ile ilgili kavram yanlışları. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 31(3), 461- 474. <https://doi.org/10.16986/HUJE.2016015697>
- Gürdal, A., Şahin, F., & Çağlar, A. (2001). Fen eğitimi ilkeler, stratejiler ve yöntemler. *İstanbul: Marmara Üniversitesi Atatürk Eğitim Fakültesi*, 88-89.
- Gürses, A., Sözbilir, M., & Açıkyıldız, M. (2005). Düzensizlik ve mikro haller: Entropi. *Atatürk Üniversitesi Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi Dergisi*, (11), 577-589.
- Güveli, E.,& Güveli, H. (2014). Matematik öğretimi dersinde kullanılan bilgisayar destekli kavram haritalarına yönelik sınıf öğretmeni adaylarının görüşleri. *Öğretim Teknolojileri Öğretmen Eğitimi Sempozyumu*. Afyon.
- Güven, G.,& Sülün, Y. (2012). Bilgisayar destekli öğretimin 8. sınıf fen ve teknoloji dersindeki akademik başarıya ve öğrencilerin derse karşı tutumlarına etkisi. *Journal of Turkish Science Education*, 9(1), 68-79.
- Haglund, J., Andersson, S., & Elmgren, M. (2015). Chemical engineering students' ideas of entropy. *Chemistry Education Research and Practice*, 16(3), 537-551. <https://doi.org/10.1039/C5RP00047E>

- Haglund, J., Andersson, S., & Elmgren, M. (2016). Language aspects of engineering students' view of entropy. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(3), 489-508. <https://doi.org/10.1039/C5RP00227C>,
- Harrison, A. G., Grayson, D. J., & Treagust, D. F. (1999). Investigating a grade 11 student's evolving conceptions of heat and temperature. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 36(1), 55-87. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199901\)36:1<55::AID-TEA5>3.0.CO;2-P](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199901)36:1<55::AID-TEA5>3.0.CO;2-P)
- Hasler, B. S., Kersten, B. & Sweller, J. (2007). Learner control, cognitive load and instructional animation. *Applied cognitive psychology*, 21(6), 713-729.
- Herschel, J. F. W. (1833). XIX. Observations of nebulae and clusters of stars, made at Slough, with a twenty-feet reflector, between the years 1825 and 1833. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, (123), 359-505. <https://doi.org/10.1098/rstl.1833.0021>
- Homer, B. D., Plass, J. L. & Blake, L. (2008). The effects of video on cognitive load and social presence in multimedia-learning. *Computers in Human Behavior*, 24(3), 786-797.
- Huang, W. (2006). *The interaction effect between instructional methods and instructional multimedia: A cognitive load approach* (Order No. 3251629). Available from ProQuest Dissertations & Theses Global. (305263439). <https://search.proquest.com/docview/305263439?accountid=16701>
- İlhan, G., & Asiltürk, E. (2019). Fen bilgisi öğretmeni adaylarının bazı kimya konularında akıl yürütmelerinin incelenmesi. *Bayburt Eğitim Fakültesi Dergisi*, 14(28), 391-417. <https://doi.org/10.35675/befdergi.477156>
- İzmirli, S. (2012). *Öğrenen ve sistem hızında ilerleyen farklı çoklu ortam sunum türlerinin çeşitli değişkenler açısından incelenmesi* (Yayınlanmamış Doktora Tezi). Anadolu Üniversitesi, Eskişehir. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi>
- Joshua, O.(2021). Effects of computer-aided concept-diagram and vee-mapping strategies on organic chemistry learning outcome among senior secondary school

- students in niger state. *Journal of Research ve Method in Education, Nigeria*, 11(4), 15-21.
- Kablan, Z. & Erden, M. (2008). Instructional efficiency of integrated and separated text with animated presentations in computer-based science instruction. *Computers & Education*, 51(2), 660-668.
- Kahraman, Ö. (2007). *İlköğretim 7.sınıf fen bilgisi dersi fizik konularının öğretilmesinde bilgisayar destekli öğretimin öğrenci tutum ve başarısına etkisi*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İlköğretim Ana Bilim Dalı, Denizli.
- Kala, N. (2012). *Bilişsel yük kuramına göre termodinamik konusunda hazırlanan öğretim tasarımının kimya öğrencilerinin hatırlama ve transfer düzeyindeki öğrenmelerine etkisi*. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi. Trabzon.
- Kalaycı, N.,& Çakmak, M. (2000). Kavram haritalarının öğretim sürecinde kullanılması. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Yönetimi*, 24(24), 571-580.
- Kandemir, B. (2019). *Fizik öğretmen adaylarının termodinamiğin birinci yasası çerçevesinde ısı, iş ve iç enerji ile ilgili kavramsal zorlukları*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi Anabilim Dalı Biyoloji Eğitimi Bilim Dalı, Ankara.
- Kaptan, F. (1998). Fen öğretiminde kavram haritası yönteminin kullanılması. *Hacettepe Eğitim Fakültesi Dergisi*, 14, 95-99.
- Kaptan, F. (1999). *Fen Bilgisi Öğretimi*. İstanbul: Milli Eğitim Basımevi.
- Karacı, A.,& Güleç, M. (2019). Çevrimiçi kavram haritalarının fen bilimleri dersindeki başarı ve kalıcılığa etkisi. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 46(46), 271-289. <https://doi.org/10.9779/pauefd.458653>
- Katırcı, E. (2010). *Farklı çoklu ortamların öğrencilerin mekanik konusundaki kavram yanlışlarının giderilmesine ve bilişsel yüklenmelerine etkilerinin incelenmesi: görsel-uzamsal zekâ boyutunda bir analiz*. (Yüksek Lisans Tezi). Marmara Üniversitesi/Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İstanbul. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr>

- Kaya, E. (2015). *Güneş sistemi ve ötesi: Uzay Bilmecesi" ünitesi için bilişsel yük kuramı ilkelerine göre geliştirilen teknoloji destekli rehber materyallerin etkililiğinin belirlenmesi*. (Yayınlanmamış Doktora Tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Trabzon. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr>
- Kaya, O. N.,& Ebenezer, J. V. (2003). A longitudinal study of the effects of concept mapping and Vee diagramming on senior university students' achievement, attitudes and perceptions in science laboratory. *Paper presented at the annual conference of the National Association for Research in Science Teaching (NARST, USA), Philadelphia, March.*
- Kelepçe, O. (2021). *Fen bilimleri dersinde zihin haritası kullanımının 4. sınıf öğrencilerinin başarılarına, bilimsel süreç becerilerine, tutumlarına ve bilişsel yüklerine etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Temel Eğitim Anabilim Dalı, Elazığ.
- Keller, F. J., Gettys, W. E., & Skove, M. J. (1993). *Physics* (pp. 99–100). New York, NY: McGraw Hill
- Kelvin, L. (1849). On vis-viva of a liquid in motion. *Camb. Dublin Math. J.* 4, 107–112.
- Kesidou, S.,& Duit, R. (1993). Students' conceptions of the second law of thermodynamics—an interpretive study. *Journal of research in science teaching*, 30(1), 85-106. <https://doi.org/10.1002/tea.3660300107>
- Kılıç E.,& Karadeniz, Ş. (2004). Hiper ortamlarda öğrencilerin bilişsel yüklenme ve kaybolma düzeylerinin belirlenmesi. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Yönetimi Dergisi*, 40, 562–579.
- Kılıç, E. (2009). *The effects of cognitive load in learning from goal based scenario designed multimedia learning environment for learners having different working memory capacities*. (Yayınlanmamış Doktora Tezi). Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Ankara. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr>
- Kılıç, F. (2008). Kavramların öğretiminde kavram analizi yönteminin akademik başarıya ve bilişsel esnekliğe etkisi. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 18(2), 223-238.
- Kılıç, Z. (2001). *İlköğretim okulu fen bilgisi ders kitapları inceleme kılavuzu*. Nobel Yayınevi, Ankara.

- Kırıkkaya, E. B., & Güllü, D. (2008). İlköğretim beşinci sınıf öğrencilerinin ısı, buharlaşma ve kaynama konularındaki kavram yanılgıları. *İlköğretim Online*, 7 (1), 15-27.
- Kocaoğlu Acar, G. (2012). *Web tabanlı yazılım olan vitamin programının öğrencilerin fen ve teknoloji dersindeki başarılarına ve tutumlarına etkisi*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
- Kocatürk Kapucu, N. (2008). *Bilgisayar destekli kavram haritası kullanımının, öğrencilerin bilişsel senaryo oluşturma becerileri, erişimi, öğrenmelerinin kalıcılığı ve derse yönelik tutumları üzerindeki etkiler*. (Yüksek Lisans Tezi) .Muğla Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eğitim Programları ve Öğretimi Ana Bilim Dalı. Muğla.
- Köksal, M.S. (2006). Kavram öğretimi ve çoklu zeka teorisi. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 14(2), 473-480.
- Köse, S. (2011). Bilgisayar destekli kavram haritalarına uygun bir ders örneği: dolaşım sistemi. *Education Sciences*, 6(1), 765-777.
- Köse, S., & Akkuş, G. (2013). Klasik kavram haritaları ile bilgisayar destekli kavram haritaları kullanımının 6.sınıf öğrenci başarısına etkilerinin karşılaştırılması: dolaşım sistemi. *7.Uluslararası Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Sempozyumu Özet Kitapçığı (7th ICITS)*, 155-156.
- Krajick, J. S., & Haney, R. E. (1987). Proportional reasoning and achievement in high school chemistry. *School Science and Mathematics*, 87 (1), 25-32. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.1987.tb17215.x>
- Kruatong, T., Sung-ong, S., Singh, P., & Jones, A. (2006). Thai high school students' understanding of heat and thermodynamics. *Kasetsart Journal of Social Sciences*, 27(2), 321-330.
- Kurt, A. G. (2006). *Anlamlı öğrenme yaklaşımına dayalı bilgisayar destekli 7. sınıf fen bilgisi dersi için hazırlanan bir ders yazılımının öğrencilerin akademik başarılarına ve kalıcılığa etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi). Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi Ana Bilim Dalı. Adana.

- Küçük, S., Yilmaz, R. & Göktas, Y. (2014). Augmented reality for learning English: Achievement, attitude and cognitive load levels of students. *Egitim ve Bilim*, 39(176), 393-404.
- Lai, A. F., Chen, C. H., & Lee, G. Y. (2019). An augmented reality-based learning approach to enhancing students' science reading performances from the perspective of the cognitive load theory. *British Journal of Educational Technology*, 50(1), 232-247.
- Lieb, E. H., & Yngvason, J. (2000). A fresh look at entropy and the second law of thermodynamics. *Physics Today*, 53(4), 32-37. <https://doi.org/10.1063/1.883034>
- Linn, M. C., & Songer, N. B. (1991). Teaching thermodynamics to middle school students: What are appropriate cognitive demands?. *Journal of research in Science teaching*, 28(10), 885-918. <https://doi.org/10.1002/tea.3660281003>
- Liu, R., Wang, L., Koszalka, T. A., & Wan, K. (2022). Effects of immersive virtual reality classrooms on students' academic achievement, motivation and cognitive load in science lessons. *Journal of Computer Assisted Learning*, 38(5), 1422-1433.
- Liu, S. H., & Lee, G. G. (2013). Using a concept map knowledge management system to enhance the learning of biology. *Computers ve Education*, 68, 105-116. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.05.007>
- Liu, T. C., Lin, Y. C., Tsai, M. J. & Paas, F. (2012). Split-attention and redundancy effects on mobile learning in physical environments. *Computers & Education*, 58(1), 172-180.
- Loverude, M. E., Kautz, C. H., & Heron, P. R. (2002). Student understanding of the first law of thermodynamics: Relating work to the adiabatic compression of an ideal gas. *American journal of physics*, 70(2), 137-148.
- Marcella, T. V. (1992). Entropy production and the second law of thermodynamics: An introduction to second law analysis. *American journal of physics*, 60(10), 888-895. <https://doi.org/10.1119/1.17138>
- Martin, D. J. (1994). Concept mapping as an aid to lesson planning: A longitudinal study. *Journal of Elementary Science Education*, 6(2), 11. <https://doi.org/10.1007/BF03173755>

- Mayer, R. E. (2005). *The Cambridge handbook of multimedia learning*. Cambridge University Press.
- McKnight, K., O'Malley, K., Ruzic, R., Horsley, M. K., Franey, J. J., & Bassett, K. (2016). Teaching in a digital age: How educators use technology to improve student learning. *Journal of research on technology in education*, 48(3), 194-211. <https://doi.org/10.1080/15391523.2016.1175856>
- Meltzer, D. (2008, June). Investigating and addressing learning difficulties in thermodynamics. In *2008 Annual Conference & Exposition* (pp. 13-812). <https://doi.org/10.18260/1-2--3900>
- 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*, 72(11), 1432-1446.
- Mikailov, F., & San, S.E. (2008). *Termodinamik ve istatistik Fizik*. İstanbul: Papatya.
- Mulop, N., Yusof, K. M., & Tasir, Z. (2012). A review on enhancing the teaching and learning of thermodynamics. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 56, 703-712. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.706>
- Mutlu, L. (2014). *Enerji devrimi*. Yalın Yayıncılık. İstanbul.
- Novak, J. D., & Gowin, D. B. (1984). Learning how to learn. *Cambridge: Cambridge University Press*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139173469>
- Özmen, H. (2004). Fen öğretiminde öğrenme teorileri ve teknoloji destekli yapılandırmacı (constructivist) öğrenme. *TOJET*, 3(1), 14. Erişim adresi: <http://www.tojet.net/articles/3114.htm>
- Öztürk, E., & Gökdaş, İ. (2020). Öğrenme-öğretme ortamlarına teknoloji entegrasyonu sürecinde ilkökul düzeyinde dijital materyallerin kullanım durumlarının incelenmesi. *Journal of Instructional Technologies and Teacher Education*, 9(1), 65-80.
- Paas, F. G., & Van Merriënboer, J. J. (1993). The efficiency of instructional conditions: An approach to combine mental effort and performance measures. *Human factors*, 35(4), 737-743. <https://doi.org/10.1177/001872089303500412>

- Paas, F. G., Van Gerven, P. W. & Wouters, P. (2007). Instructional efficiency of animation: Effects of interactivity through mental reconstruction of static key frames. *Applied Cognitive Psychology*, 21(6), 783-793.
- Patron, F. (1997). *Conceptual understanding of thermodynamics: a study of undergraduate and graduate students* (Doctoral dissertation, Purdue University).
- Pearson, M., & Somekh, B. (2003). Concept-mapping as a research tool: A study of primary children's representations of information and communication technologies (ICT). *Education and Information Technologies*, 8, 5-22. <https://doi.org/10.1023/A:1023970123406>
- Pektaş, H. M., Çelik, H., Katrancı, M., & S, Köse. (2009). 5. sınıflarda ses ve ışık ünitesinin öğretiminde bilgisayar destekli öğretimin öğrenci başarısına etkisi. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 17 (2), 657-666.
- Pektaş, M., Türkmen, L., & Solak, K. (2006). Bilgisayar destekli öğretimin fen bilgisi öğretmen adaylarının sindirim sistemi ve boşaltım sistemi konularını öğrenmeleri üzerine etkisi. *Kastamonu Education Journal*, 14(2), 465-482.
- Pinto Casulleras, R. (1991). *Some concepts related to the first and second laws of thermodynamics: A study of difficulties in understanding* (Doctoral dissertation, Doctoral thesis, Universitat Autònoma de Barcelona, 335–339).
- Plotnick, E. (1997). *Concept mapping: A graphical system for understanding the relationship between concepts* (pp. 1998-1). Syracuse, NY: ERIC Clearinghouse on Information and Technology.
- Redish, E. F. (1994). Implications of cognitive studies for teaching physics. *American Journal of Physics*, 62(9), 796-803. <https://doi.org/10.1119/1.17461>
- Ross, S. M., & Anand, P. G. (1987). A computer-based strategy for personalizing verbal problems in teaching mathematics. *Educational Communications and Technology Journal*, 35, (3), 151-162. <https://doi.org/10.1007/BF02793843>
- Rueda, U., Arruarte, A., Elorriaga, J. A., & Herrán, E. (2009). Learning the attachment theory with the CM-ED concept map editor. *Computers Education*, 52(2), 460-469. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2008.09.015>
- Schunk, D. H. (2012). *Learning theories an educational perspective*. Pearson Education, Inc.

- Senemoğlu, N. (2001). Kuramdan uygulamaya gelişim ve öğrenme. *Ankara: Gazi Kitabevi*, 92.
- Sinanoğlu, K. (2017). *Kavram karikatürleri ve kavramsal değişim metinlerinin 6. Sınıf öğrencilerinin bilişsel yüküne, akademik başarısına ve kalıcılığına etkisi*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi) Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ordu. <http://earsiv.odu.edu.tr:8080/xmlui/bitstream/handle/11489/646/10155861.pdf?sequence=1&isAllowed=n>
- Sözbilir, M. (2001). *A study of undergraduates' understandings of key chemical ideas in thermodynamics*, Unpublished PhD Thesis, University of York, York, UK.
- Sözbilir, M. (2003). What students understand from entropy A review of selected literature. *Journal of Baltic Science Education*, 2(1).
- Sözbilir, M. (2004). Students' ideas and misunderstanding of enthalpy and spontaneity: a review of selected researches. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 26(26).
- Stair, N. (2013). Bubbl. us–Web 2.0 mind mapping. *Compass: Journal of Learning and Teaching in HE*, 4(8). <https://doi.org/10.21100/compass.v4i8.92>
- Takır, A. (2011). *The effect of an instruction designed by cognitive load theory principles on 7th grade students' achievement in algebra topics and cognitive load* (Unpublished PhD Thesis). Orta Doğu Teknik University, Ankara. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Tanel, R. (2006). *Termodinamiğin ikinci yasası ve entropi konularının öğrenimine işbirlikli öğrenme yönteminin etkilerinin incelenmesi*. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Taşkesenligil, Y., Şenocak, E., & Sözbilir, M. (2008). Probleme dayalı öğrenme teorik temelleri. *Milli Eğitim*, (177), 50-64.
- Taşkın, B. (2011). *E-öğrenme ortamlarında tasarım özelliklerinin öğrencilerin başarıları ve bilişsel yüklenme düzeylerine etkisi*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi. Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Tatar, E. (2007). *Probleme dayalı öğrenme yaklaşımının termodinamiğin birinci kanununu anlamaya etkisi*. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Erzurum.

- Tatar, E.,& Oktay, M. (2008). Fen bilgisi öğretmen adaylarının termodinamiğin birinci kanunu ile ilgili öğrenmeleri üzerine probleme dayalı öğrenme yaklaşımının etkisi. *Erzincan University Journal of Science and Technology*, 1(1), 61-84.
- TDK, (1988). Türk Dil Kurumu. Türkçe sözlük (genişletilmiş baskı). Ankara: TDK.
- Thomas, P. L. (1997). *Student conceptions of equilibrium and fundamental thermodynamic concepts in college physical chemistry* (Order No. 9729078). Available from ProQuest Dissertations & Theses Global. (304382579).
- Tolman, R. C. (1987). *Relativity, thermodynamics, and cosmology*. Courier Corporation.
- Töman, U.,& Çimer, S. O. (2016). Enerji kavramının farklı öğrenim seviyelerinde öğrenilme durumunun araştırılması. *Bayburt Eğitim Fakültesi Dergisi*, 6(1), 31-43.
- Tsai, C., Lin, S., & Yuan, S. (2001). Students' use of web based concept map testing and strategies for learning. *Journal of Computer-Assisted Learning*, 17(1), 72-84. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2001.00160.x>
- Tuluk, G. (2015). Ortaokul matematik öğretmeni adaylarının aç kavramına ilişkin oluşturdukları kavram haritalarının değerlendirilmesi. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)*, 6(2), 323-337. <https://doi.org/10.16949/turcomat.36234>
- Violante, M. G.,&Vezzetti, E. (2015).Design of web-based interactive 3D concept maps: A preliminary study for an engineering drawing course. *Computer Applications in Engineering Education*, 23(3), 403-411.<https://doi.org/10.1002/cae.21610>
- Wei, R., Reed, W., Hu, J., & Xu, C. (2014). Energy spreading or disorder? Understanding entropy from the perspective of energy. In *Teaching and learning of energy in K-12 education* (pp. 317-335). Cham: Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-05017-1\\_18](https://doi.org/10.1007/978-3-319-05017-1_18)
- Williams, D. F.,& Glasser, D. (1991). An introduction to equilibrium thermodynamics: A rational approach to its teaching. Part 2: Internal energy, entropy and temperature. *Chemical Engineering Education*, 25(3), 164-172.
- Woolfolk, A.,& Margetts, K. (2012). *Educational psychology Australian edition*. Pearson Higher Education AU.

- Yahşi, D. (2006). *Farklı laboratuvar yaklaşımlarının ilköğretim 8. sınıf öğrencilerinin asit bazkonularındaki kavramları anlamalarına ve kavram yanlışlarının giderilmesine etkisi*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Abant İzzet Baysal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bolu.
- Yalçın, M. (2018). *Fen bilgisi eğitiminde ARCS motivasyon modeli kullanılarak hazırlanan bir eğitim yazılımının öğrenme üzerine etkilerinin araştırılması*. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü İlköğretim Anabilim Dalı, Samsun.
- Yeşiltaş, H.M. (2019). *Animasyon ve sanal gerçekliğe dayalı rehber materyallerin bazı öğrenme ürünlerine etkisi: Dolaşım sistemi örneği*. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı, Ordu.
- Yeşilyurt, Ş. (2019). Türkçenin yabancı dil olarak öğretiminde web 2.0 araçları. XI. *Uluslararası Dünya Dili Türkçe Sempozyumu*, 2053-2067.
- Yılmaz, R.M. (2020). Effects of using cueing in instructional animations on learning and cognitive load level of elementary students in science education, *Interactive Learning Environments*, DOI: 10.1080/10494820.2020.1857784
- Yürümezoğlu, K., Ayaz, S., & Çökelez, A. (2009). İlköğretim ikinci kademe öğrencilerinin enerji ve enerji ile ilgili kavramları algılamaları. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 3(2), 52-73.
- Zorlu, Y., & Baykara, O. (2014). Teknoloji bilimin uygulaması mıdır? Fen ve teknoloji öğretmen adaylarının görüşleri. *Atatürk Üniversitesi Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi Dergisi*, (29) 123-144.

## 6. EKLER

### Ek 1: Etik izin

T.C.

ALANYA ALAADDİN KEYKUBAT ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ<sup>Ek-2</sup>

Sosyal ve Beşeri Bilimler Alanı Bilimsel Araştırma Etiği Kurul Kararı

| TOPLANTI SAYISI | KARAR SAYISI | KARAR TARİHİ |
|-----------------|--------------|--------------|
| 04              | 11           | 02.08.2022   |

Karar Numarası: 2022/06

Dr. Öğr. Üyesi Tuba DEMİRCİ'nin Araştırmanın yürütücüsü olduğu(Diğer araştırmacı – Üniversitemiz Yüksek Lisans 1. Sınıf Öğrencisi Esra AVCI) "**Fen Bilimleri Öğretmen Adaylarının "Termodinamik" Konusu İle İlgili Kavramsal Yapılarının İncelenmesi**" başlıklı yüksek lisans tez çalışmasına ait etik kurul başvurusunun görüşülmesi istemi.

Dr. Öğr. Üyesi Tuba DEMİRCİ'nin Araştırmanın yürütücüsü olduğu(Diğer araştırmacı – Üniversitemiz Yüksek Lisans 1. Sınıf Öğrencisi Esra AVCI) "**Fen Bilimleri Öğretmen Adaylarının "Termodinamik" Konusu İle İlgili Kavramsal Yapılarının İncelenmesi**" başlıklı yüksek lisans tez çalışmasına ait etik kurul başvurusunun fikri, hukuki ve telif hakları bakımından metot ve ölçeğine ilişkin sorumluluğun başvuruçuya ait olmak üzere araştırma süresince uygulanmasının etik olarak uygun olduğuna oybirliği ile karar verildi 02.08.2022

(Mazeretli)

Prof. Dr. Özgür Kasım AYDEMİR  
Kurul Başkanı

(e-imzalıdır)

Prof. Dr. Kamile DEMİR  
(Kurul Başkan YRD.)

(e-imzalıdır)

Prof. Dr. Mehmet AK  
Üye

(e-imzalıdır)

Prof. Dr. Hamdi Alper GÜNGÖRMÜŞ  
Üye

(e-imzalıdır)

Prof. Dr. Seymur AGAZADE  
Üye

(Mazeretli)

Prof. Dr. Süleyman UYAR  
Üye

(Mazeretli)

Prof. Dr. Harun UÇAK  
Üye

Bu belge,güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır..

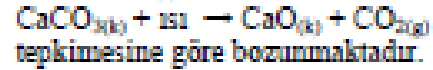
## Ek 2: Akademik Başarı Testi ve İzni

### Ek 2. Termodinamik Akademik Başarı Testi (TABT)

1. Bir kabın içerisindeki bir buz parçasının erimesi sırasında aşağıdakilerden hangisi gerçekleşir?
- Sistemden ortama ısı verilir
  - Sistem ortamdan ısı alır
  - Ortamın ısısı değişmez
  - Sistem soğur
  - Evrenin ısısı artar
2. I. Sabit hacimli kapalı bir kapta  $\text{KNO}_3$ 'ın ısıtılması  
II. Sürtünmesiz pistonlu kapta organik bir bileşiğin yanması  
III. İnsan vücudu
- Yukarıdaki sistemleri izotermal (eş sıcaklık=sabit sıcaklık), izobarik (eş basınçlı=sabit basınçlı), izokorik (eş hacimli=sabit hacimli) olarak sınıflandırınız?
- |    | İzotermal | İzobarik | İzokorik |
|----|-----------|----------|----------|
| a) | I         | II       | III      |
| b) | I         | III      | II       |
| c) | II        | I        | III      |
| d) | III       | I        | II       |
| e) | III       | II       | I        |
3. Aşağıda iç enerjiyle ilgili verilen açıklamalardan hangisi yanlıştır?
- Bir sistem dışarıya ısı verirse iç enerjisi azalır.
  - Bir sistemin iç enerjisi sahip olduğu taneciklerin (atom, molekül, iyon vs) toplam enerjisine eşittir.
  - Açık bir sistemin iç enerjisi sisteme aynı sıcaklıkta madde eklendiği zaman artar.
  - Kapalı bir sistemi ısıttığımızda iç enerjisi artar.
  - İzole bir sistem daha sıcak bir ortama götürüldüğünde iç enerjisi artar.

4. I. Sisteme iş yapılır  
II. Sistem çevreye iş yapar  
III. İç enerjisi artar  
IV. Entalpisi artar

Sürtünmesiz pistonlu bir kapta bulunan  $\text{CaCO}_{3(s)}$ :



Buna göre sistem için yukarıdakilerden hangileri söylenebilir?

- I, II ve III
- II ve IV
- II, III ve IV
- I, II, III ve IV
- Yalnız II

5. İçinde oksijen gazı ( $\text{O}_2$ ) bulunan kapalı bir kap

I. Soğutulursa,

II. Isıtılırsa,

III. İçine aynı sıcaklıkta bir miktar  $\text{O}_2$  gazı ilave edilirse,

IV. İçinden aynı sıcaklıkta bir miktar  $\text{O}_2$  gazı alınrsa

Yukarıdaki işlemlerden hangileri yapıldığında sistemin iç enerjisi artmış olur?

- I ve IV
- II ve III
- II, III ve IV
- I ve III
- I, II ve III

6. Aşağıdaki yargılardan hangisi Termodinamiğin I. Kanununu açıklar?
- Kendiliğinden gerçekleşen olaylarda çevrenin entropisi artar
  - Mutlak sıfır (0 K) noktasında saf maddelerin kristallerinin entropisi sıfırdır
  - $\Delta U = Q + \Delta H$
  - Evrenin enerjisi sabittir ve enerji bir dönüşüm halindedir.
  - Enerji yoktan var edilebilir ve sonsuz enerji üreten makine üretilebilir.
7. I.Yanan soba  
II.Buhar türbünü  
III.Çalışan buzdolabı  
IV.Bir fotoğraf makinesinin pili  
V.Çalışan otomobil

Yukarıdakilerden hangileri termodinamiğin I. Yasasının günlük hayattaki uygulama alanlarına örnek olarak verilebilir?

- I, II, III, IV ve V
  - III ve V
  - Yalnız IV
  - Yalnız I
  - Yalnız II
8.  $H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightarrow 2HCl_{(g)} + 186 \text{ kJ}$   
Yukarıdaki reaksiyona göre aşağıdakilerden hangisi yanlıştır?
- Reaksiyon endotermiktir
  - Reaksiyonda 2 mol HCl'nin oluşması sonucunda ortama 186 kJ ısı verilir
  - Reaksiyonda 0,5 mol  $H_2$  tepkimeye girerse ortama 93 kJ ısı verilir
  - Reaksiyon ekzotermiktir
  - Reaksiyonun standart oluşum entalpisi  $\Delta H^0 = -93 \text{ kJ/mol}$  şeklinde gösterilir.

9.  $N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2NO_{(g)}$   
tepkimesinin entalpisi kaç kJ'dur? ( $NO_{(g)}$  = -90,29 kJ/mol;  $N_{2(g)} = 0 \text{ kJ/mol}$ ,  $O_{2(g)} = 0 \text{ kJ/mol}$ )
- 180,58 kJ
  - 180,58 kJ
  - 0 kJ
  - +318,4 kJ
  - 318,4 kJ

10.  $C_{(k)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \rightarrow CO_{(g)}$   
 $\Delta H_f^0 = -110,5 \text{ kJ/mol}$



Yukarıdaki reaksiyonların standart entalpileri bilinmektedir. Buna göre;

$C_{(k)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)}$   
reaksiyonunun standart reaksiyon entalpisi kaçtır?

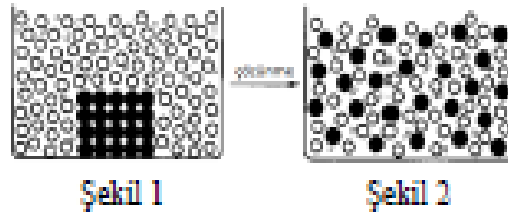
- 30,7 kJ/mol
- 1256 kJ/mol
- 1256 kJ/mol
- 393,5 kJ/mol
- 393,5 kJ/mol

11.  $H-H_{(g)} + Cl-Cl_{(g)} \rightarrow 2H-Cl_{(g)}$   
Tepkimesinin türü ve  $\Delta H$  değeri aşağıdakilerden hangisinde doğru olarak verilmiştir?  
(Bağ enerjileri  $H-H_{(g)} = 435 \text{ kJ/mol}$ ,  $Cl-Cl_{(g)} = 243 \text{ kJ/mol}$  ve  $H-Cl_{(g)} = 432 \text{ kJ/mol}$ )

- 99,1 kJ/mol, ekzotermik
- 186 kJ/mol, endotermik
- 99,1 kJ/mol, endotermik
- 186 kJ/mol, ekzotermik
- 99,1 kJ/mol, endotermik

12. I. Sıcak bir kaşığın soğuması  
 II. Seken bir topun belli bir süre sonra durması  
 III. Karın erimesi  
 Yukarıdaki olaylardan hangileri istemli olduğu halde minimum enerji eğilimine uymaz?
- a) Yalnız I  
 b) I ve III  
 c) I, II ve III  
 d) Yalnız III  
 e) Yalnız II

13.



Yukarıda Şekil 1'de oda sıcaklığında bulunan su ile doldurulmuş bir kaba bir tane küp şeker atılıyor ve belli bir süre sonra sistemin şekil 2 deki hali aldığı gözleniyor. Bu duruma göre;

- I. Şekerin çözünmesi ile sistemin entropisi artar  
 II. Toplam entropi artar  
 III. Şekerin çözünmesi ile sistemin entropisi azalır  
 IV. Şekerin çözünmesi ile toplam entropi değişmez

yargılarından hangileri doğrudur?

- a) Yalnız I  
 b) I ve II  
 c) Yalnız IV  
 d) III ve IV  
 e) Hepsi

14. I. Suya damlatılan bir mürekkebin kendiliğinden yayılması  
 II. Paslanan demirin tekrar eski haline gelmesi  
 III. Bacadan çıkan dumanın yayılması  
 IV. Sıcaklığı  $50^{\circ}\text{C}$  olan bir metalin oda sıcaklığında ( $25^{\circ}\text{C}$  'de) kendiliğinden soğuması

Yukarıdaki sistemlerde gerçekleşen olayların hangisi istemli olarak gerçekleşir?

- a) I, II, III ve IV  
 b) II ve IV  
 c) Yalnız II  
 d) I ve III  
 e) I, III ve IV

15. Aşağıdakilerden hangisi

Termodinamiğin III. Kanunu doğru olarak ifade etmektedir?

- a) Enerji yoktan var edilemez; var olan bir enerji yok edilemez  
 b) İstemli olaylarda evrenin entropisi artar  
 c) Isı, sıcaklık farkından doğan enerji akışıdır  
 d) Mutlak sıfır (0 K) noktasında saf kristal maddelerin entropisi sıfır olarak kabul edilir.  
 e)  $\Delta G < 0$  olduğunda tepkime kendiliğinden gerçekleşmez.

16. Aşağıdakilerden hangisi

Termodinamiğin II. Kanunu doğru olarak ifade etmektedir?

- a) Enerji yok olmaz ancak bir birine dönüşür  
 b) İstemli olaylarda evrenin entropisi artar  
 c) Eğer iki sistem bir diğer sistemle termodinamik dengede iseler bu iki sistem de kendi aralarında termodinamik dengededir.  
 d) Mutlak sıfır (0 K) noktasında saf maddelerin entropisi sıfırdır  
 e)  $Q_p = \Delta U + w$

17. Aşağıda verilen değerlere göre 25 °C de hangi olay istemli olarak gerçekleşir?
- a)  $\Delta H = -60,05 \text{ kJ/mol}$   $\Delta S = 0,03 \text{ kJ/mol K}$
- b)  $\Delta H = 980 \text{ kJ/mol}$   $\Delta S = -0,01 \text{ kJ/mol K}$
- c)  $\Delta H = 149 \text{ kJ/mol}$   $\Delta S = 0,5 \text{ kJ/mol K}$
- d)  $\Delta H = 440 \text{ kJ/mol}$   $\Delta S = -0,06 \text{ kJ/mol K}$
- e)  $\Delta H = -2,98 \text{ kJ/mol}$   $\Delta S = -0,01 \text{ kJ/mol K}$

18. Aşağıdaki maddelerden hangisinin standart oluşum entalpisi sıfır değildir?
- a)  $\text{Ag}_{(k)}$
- b)  $\text{O}_{2(g)}$
- c)  $\text{Cl}_{2(g)}$
- d)  $\text{Ca}_{(k)}$
- e)  $\text{CuO}_{(k)}$

19. Asetilenin kendi elementlerinden oluşum reaksiyonu şöyledir:
- $$2\text{C}_{(\text{grafit})} + \text{H}_{2(g)} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_{2(g)}$$
- Buna göre aşağıdaki reaksiyonlardan faydalananarak asetilenin ( $\text{C}_2\text{H}_2$ ) oluşum entalpisini hesaplayınız.

- I.  $\text{C}_{(\text{grafit})} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow \text{CO}_{2(g)} \Delta H^\circ_1 = -393,5 \text{ kJ/mol}$
- II.  $\text{H}_{2(g)} + \frac{1}{2} \text{O}_{2(g)} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(l)} \Delta H^\circ_{II} = -285,8 \text{ kJ/mol}$
- III.  $2\text{C}_2\text{H}_{2(g)} + 5\text{O}_{2(g)} \rightarrow 4\text{CO}_{2(g)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(l)} \Delta H^\circ_{III} = -2598,8 \text{ kJ/mol}$
- a) 2598,8 kJ/mol
- b) -2598,8 kJ/mol
- c) -226,6 kJ/mol
- d) 226,6 kJ/mol
- e) -393,5 kJ/mol

20. Aşağıda verilen olaylar dikkate alındığında;

- I.  $\text{Hg}_{(k)} \rightarrow \text{Hg}_{(g)}$
- II.  $3\text{O}_{2(g)} \rightarrow 2\text{O}_{3(g)}$
- III.  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}_{(k)} \rightarrow \text{CuSO}_{4(k)} + 5\text{H}_2\text{O}_{(g)}$
- IV.  $\text{H}_{2(g)} + \text{F}_{2(g)} \rightarrow 2\text{HF}_{(g)}$
- V.  $\text{H}_2\text{O}_{(g)} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(l)}$

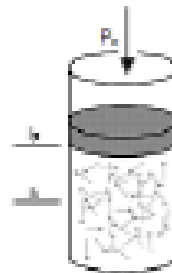
Sabit basınçta yukarıdaki olayların gerçekleştiği sistemler ve çevre arasında enerji alış verişi nasıl olmaktadır?

| Sistem iş yapar | Çevre iş yapar | İş yapılmaz |
|-----------------|----------------|-------------|
| a) I, III, V    | II             | IV          |
| b) IV           | III            | I, II, V    |
| c) I, III       | II, V          | IV          |
| d) II, III      | V              | I, IV       |
| e) V            | I, IV          | II, III     |

21. Aşağıdaki olaylardan hangisi ekzotermiktir?

- a) Kömürün yanması
- b) Suyun buharlaşması
- c) İyodun süblimleşmesi
- d) Suyun ayrışması
- ( $\text{H}_2\text{O}_{(s)} + \text{elektroliz} \rightarrow \text{H}_{2(g)} + \frac{1}{2} \text{O}_{2(g)}$ )
- e) Cıvanın erimesi

22.



Şekildeki gibi içerisinde ideal gaz bulunan sürtünmesiz pistonlu kapta piston dengededir. Bu sistem için aşağıdakilerden hangisi yanlıştır?

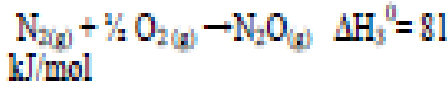
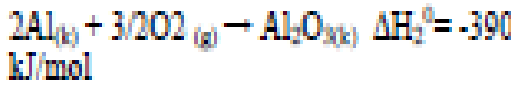
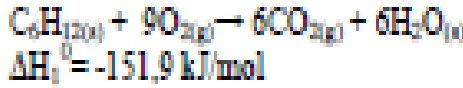
- a) Piston b seviyesinden a seviyesine getirilip sabitlenirse sistemin iç enerjisi artar
- b) Sistem kabın içindeki gazdır.
- c)  $P_0$  arttırılırsa sisteme iş yapılmış olur

- d) Kap soğutulduğu zaman sistemden çevreye iş yapılmış olur.  
e) Kap ısıtıldığında kabın hacmi artar.

23. Aşağıdaki olayların hangisinde sistemin iç enerjisi artar?

- a) Gaz kaçıran bir tüp  
b) Soğuyan demir  
c) Arabada sonuna kadar basılan debriyaj yayı  
d) Yavaşlayan otomobil  
e) Patlayan balon

24.



Yukarıdaki reaksiyonlarda bazı bileşiklerin oksijenle yanma tepkimeleri gösterilmiştir. Buna göre bu maddelerden her birinin 2 molünün reaksiyona girmesiyle meydana gelen ısı değişimleri  $q_1$ ,  $q_2$ ,  $q_3$  arasında nasıl bir ilişki vardır?

- a)  $q_2 > q_1 > q_3$   
b)  $q_3 > q_2 > q_1$   
c)  $q_1 > q_2 > q_3$   
d)  $q_1 = q_2 = q_3$   
e)  $q_3 > q_1 > q_2$

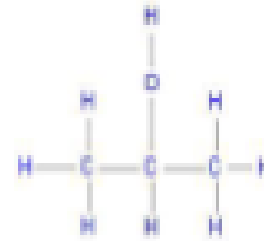
25. I. Sıcaklığı  $40^\circ\text{C}$  olan deniz  
II. Ağız açık bir kovada sıcaklığı  $90^\circ\text{C}$  olan sıcak su

III. Mutfak tüpündeki gaz

Yukarıdaki sistemlerin hangisi sabit basınçlı hangisi sabit hacimlidir?

| Sabit Basınç  | Sabit Hacim |
|---------------|-------------|
| a) I          | II ve III   |
| b) II         | I ve III    |
| c) III        | I ve II     |
| d) I, II, III | Hiçbiri     |
| e) I ve II    | III         |

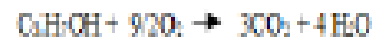
26.



$\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$



Yukarıdaki maddeler arasında;



reaksiyonu gerçekleşmektedir. Buna göre reaksiyonun reaksiyon entalpisi hangi seçenekte doğru olarak verilmiştir?

(Bağ enerjileri:  $\text{C}=\text{O}$ :  $736 \text{ kJ/mol}$ ,  $\text{H}-\text{O}$ :  $464 \text{ kJ/mol}$ ,  $\text{C}-\text{H}$ :  $414 \text{ kJ/mol}$ ,  $\text{C}-\text{H}$ :  $360 \text{ kJ/mol}$ ,  $\text{O}=\text{O}$ :  $498 \text{ kJ/mol}$ ,  $\text{C}-\text{C}$ :  $347 \text{ kJ/mol}$ )

- a)  $986 \text{ KJ/mol}$   
b)  $-986 \text{ KJ/mol}$   
c)  $-1471 \text{ KJ/mol}$   
d)  $1471 \text{ KJ/mol}$   
e)  $0 \text{ KJ/mol}$

27.  $X_{(k)} + Y_{(g)} \rightleftharpoons Z_{(g)}$  reaksiyonu için 327 °K'deki entropi değişimi,  $\Delta S = -26 \text{ kJ/mol.K}$  ve entalpi değişimi,  $\Delta H = -21045 \text{ kJ/mol}$  olduğuna göre bu reaksiyon için aşağıdakilerden hangisi ya da hangileri doğrudur?

- I. Reaksiyon istemlidir
- II. Reaksiyon istemsizdir
- III. Reaksiyon denge konumundadır
- IV. Gibbs Serbest Enerjisi  $\Delta G = 1653 \text{ kJ/mol}$

Yukarıdakilerden hangisi doğrudur?

- a) Yalnız I
- b) II, III ve IV
- c) III ve IV
- d) I ve IV
- e) Yalnız II



Yukarıdaki reaksiyona göre aşağıdakilerden hangisi doğrudur?

- a) Reaksiyon entalpisi -33 kcal'dir
- b) Tepkime endotermiktir
- c) Tepkime sonunda toplam entropi artar
- d) Reaksiyon için  $\Delta H = +33 \text{ kcal/mol}$  yazılabilir
- e) Reaksiyon gerçekleşirken çevreden ısı alır

29. Bir miktar benzinle sürekli (ömür boyu) çalışan bir araba yapmak isteyen kişi Termodinamiğin hangi kanununu göz ardı etmiştir?

- a) I. Kanun
- b) II. Kanun
- c) III. Kanun
- d) 0. Kanun
- e) Hiçbiri

30. Bir çay bardağında bulunan çay belli bir süre sonra soğur. Bu olayla ilgili olarak aşağıdakilerden hangisi söylenebilir?

- a) Minimum enerjiye gitme eğilimi göstermiştir

- b) Evrenin entropisi azalmıştır
- c) Sistem ortamdan ısı almıştır
- d) Sistemin moleküllerinin oluşturduğu iç enerji artmıştır
- e) Bu olayın geri dönüşümü kendiliğindedir.

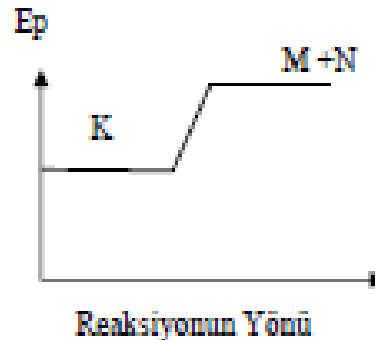
31. Kendiliğinden gerçekleşen olayların sonucunda evrenin entropisinin arttığını iddia eden bir bilim adamı aşağıdaki termodinamik kanunlarından hangisine ulaşmıştır?

- a) I. Kanun
- b) II. Kanun
- c) 0. Kanun
- d) III. Kanun
- e) Hepsi

32. 0 °K'de mükemmel kristal maddelerin entropisi için aşağıdaki değerlerden hangisi doğru olur?

- a) 2,3 kJ/mol.K
- b) -1,2 kJ/mol.K
- c) 23 kJ/mol.K
- d) 3,12 kJ/mol.K
- e) 0 kJ/mol.K

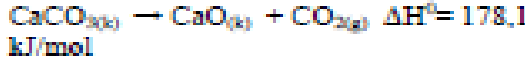
33.



Yukarıdaki grafiğe göre aşağıdakilerden hangisi doğrudur?

- a) Reaksiyonun oluşum entalpisi  $\Delta H^0 = (\Delta H_{L_{(g)}}^0 + \Delta H_{K_{(g)}}^0) - (\Delta H_{M_{(g)}}^0 + \Delta H_{N_{(g)}}^0)$  dir.

- b) Sabit basınçta meydana gelen enerji değişimi entropi değişimine eşittir.
- c) Reaksiyonun sonunda ortama ısı verilir.
- d) Reaksiyon endotermiktir.
- e) Reaksiyona giren reaktantların iç enerjileri toplamı ürünlerin iç enerjileri toplamından büyüktür.
34. Bileşik  $\Delta H^0$  (kJ/mol)
- |                    |        |
|--------------------|--------|
| $\text{CaO}_{(k)}$ | -635,5 |
| $\text{CO}_{2(g)}$ | -393,5 |



Yukarıdaki verilere göre  $\text{CaCO}_3$  için standart oluşum entalpisi kaç kJ/mol 'dür?

- a) -1207,1 kJ/mol
- b) 1207,1 kJ/mol
- c) 178,1 kJ/mol
- d) 850,9 kJ/mol
- e) -457,4 kJ/mol
35.  $\text{A}_{(g)} + \text{B}_{(g)} \rightarrow \text{AB}_{(g)} \quad \Delta H^0 = X \text{ kJ/mol}$   
 $\text{C}_{(g)} + \text{B}_{(g)} \rightarrow \text{CB}_{(g)} \quad \Delta H^0 = Y \text{ kJ/mol}$   
 $\text{AC}_{(g)} + 2\text{B}_{(g)} \rightarrow \text{AB}_{(g)} + \text{CB}_{(g)} \quad \Delta H^0 = Z \text{ kJ/mol}$
- Yukarıdaki tepkimelerden yararlanarak AC'nin oluşum entalpisinin hesaplanma şekli aşağıdaki seçeneklerin hangisinde doğru ifade edilmiştir?
- a)  $X+Y+Z$  kJ/mol
- b)  $X-Y-Z$  kJ/mol
- c)  $X+Y-Z$  kJ/mol
- d)  $X+Y$  kJ/mol
- e)  $X-Z$  kJ/mol

36.  $\Delta G = -T\Delta S_{\text{evren}}$  formülünden aşağıdaki yorumlardan hangisi çıkarılamaz?

- a. Sabit sıcaklık ve basınçta gerçekleşen bir olay için  $\Delta S_{\text{evren}} > 0$  ise olay istemlidir.
- b. Sabit sıcaklık ve basınçta gerçekleşen bir olay için  $\Delta S_{\text{evren}} < 0$  ise olay kendiliğinden gerçekleşir.

- c. Sabit sıcaklık ve basınçta gerçekleşen bir olay için evrenin kullanılmayan termal enerjisi azalıyorsa bu olay istemlidir.
- d. Eğer Sabit sıcaklık ve basınçta gerçekleşen bir olay için  $\Delta S_{\text{evren}} = 0$  ise sistem dengededir.
- e. Sabit sıcaklık ve basınçta gerçekleşen bir olay için  $\Delta S_{\text{evren}} < 0$  ise olayın gerçekleşmesi için dışarıdan müdahale gerekmektedir.

----- Forwarded message -----

Gönderen: Mustafa Sözbilir <[mailto:mustafasozbilir@gmail.com]>

Date: 31 Eki 2023 Sal 15:37

Subject: Re:

To: Esra Avcı <[mailto:esra.avci@ogretimci.com]>

Cc: Mukadder Baran <[mailto:mukadderbaran@gmail.com]>

Merhaba Esra,

Talep etmiş olduğunuz danışmanlığında yürütülen "YAŞAM TEMELLİ PROBLEME DAYALI ÖĞRETİM YÖNTEMİNİN TERMODİNAMİK KONUSUNUN ÖĞRETİMİNE ETKİSİ" tezindeki Ek2.Termodinamik Akademik Başarı Testi (TABT) ni bilimsel etik ilklere uygun olarak kaynak belirtmek suretiyle çalışmanızda kullanabilirsiniz.

### Ek 3: Bilişsel Yük Ölçeği ve İzni

Adı-Soyadı:

#### BİLİŞSEL YÜK ÖLÇEĞİ

Bilişsel Yük Ölçeği bir kavramı öğrenirken ne kadar çaba sarfettiğinizi (ne kadar zorlandığınızı) belirlemek amacıyla Paas ve Merrienboer tarafından geliştirilmiştir. Ders sürecindeki her bir kavram ya da ilkenin öğretiminden sonra, o kavram ya da ilkeyi öğrenirken ne kadar zorlandığınızı aşağıdaki tabloda işaretleyiniz.

Yüksek Lisans Öğrencisi Esra AVCI

| KAVRAMLAR                            | KAVRAMI ÖĞRENİRKEN NE KADAR ÇABA SARFETTİNİZ? |            |        |               |                    |                  |           |               |                   |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------|------------|--------|---------------|--------------------|------------------|-----------|---------------|-------------------|
|                                      | Çok çok az (1)                                | Çok az (2) | Az (3) | Kısmen az (4) | Ne az ne fazla (5) | Kısmen fazla (6) | Fazla (7) | Çok fazla (8) | Çok çok fazla (9) |
| Termodinamik:                        |                                               |            |        |               |                    |                  |           |               |                   |
| Sistem                               |                                               |            |        |               |                    |                  |           |               |                   |
| Çevre                                |                                               |            |        |               |                    |                  |           |               |                   |
| Açık sistem                          |                                               |            |        |               |                    |                  |           |               |                   |
| Kapalı sistem                        |                                               |            |        |               |                    |                  |           |               |                   |
| İzole sistem                         |                                               |            |        |               |                    |                  |           |               |                   |
| $I_u$                                |                                               |            |        |               |                    |                  |           |               |                   |
| $I_p$                                |                                               |            |        |               |                    |                  |           |               |                   |
| Hal fonksiyonu                       |                                               |            |        |               |                    |                  |           |               |                   |
| Termodinamiğin 1.yasası ve iç enerji |                                               |            |        |               |                    |                  |           |               |                   |
| Entalpi                              |                                               |            |        |               |                    |                  |           |               |                   |
| İstemli değişime                     |                                               |            |        |               |                    |                  |           |               |                   |
| Termodinamiğin 2. yasası             |                                               |            |        |               |                    |                  |           |               |                   |
| Entropi                              |                                               |            |        |               |                    |                  |           |               |                   |
| Standart entropi                     |                                               |            |        |               |                    |                  |           |               |                   |
| Mutlak entropi                       |                                               |            |        |               |                    |                  |           |               |                   |
| Termodinamiğin 3. yasası             |                                               |            |        |               |                    |                  |           |               |                   |
| Gibbs serbest enerjisi               |                                               |            |        |               |                    |                  |           |               |                   |
| Standart reaksiyon enerjisi          |                                               |            |        |               |                    |                  |           |               |                   |
| Faz geçişleri                        |                                               |            |        |               |                    |                  |           |               |                   |
| Serbest enerji değişimi ve denge     |                                               |            |        |               |                    |                  |           |               |                   |
| Termodinamiğin sıfırıncı yasası      |                                               |            |        |               |                    |                  |           |               |                   |

----- Forwarded message -----

Gönderen: Nesli Kala <[nesli.kala@yildiz.edu.tr](mailto:nesli.kala@yildiz.edu.tr)>

Date: 2 Ara 2023 Cmt 23:05

Subject: Re:

To: Esra Avcı <[esra.avci@yildiz.edu.tr](mailto:esra.avci@yildiz.edu.tr)>

Doktora tezim için hazırladığım Bilişsel Yük Ölçeğini kullanabilirsiniz.

## ÖZGEÇMİŞ

Adı-Soyadı: Esra AVCI

### Eğitim Geçmişi

- Taşucu Prof. Dr. Durmuş Tezcan Denizcilik Anadolu Mesleki ve Teknik Lisesi-2016
- Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi Eğitim Fakültesi Fen Bilgisi Öğretmenliği -2021
- Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Fen Bilgisi Eğitimi Tezli Yüksek Lisans-2024

### Yayınları ve Bilimsel/Sanatsal Faaliyetleri:

- Demirci, T., ve Avcı, E. (2023). Fen bilimleri öğretmen adaylarının kimya ve enerji konusunda bilgi yapılarının incelenmesi: Alternatif değerlendirme örneği, *presented at the 1. Bilisel International Gordion Science Researches Congress*, Ankara.

# TERMODİNAMİK KONUSUNA İLİŞKİN KAVRAMLARIN ÖĞRETİMİNDE KULLANILAN BİLGİSAYAR DESTEKLİ KAVRAM HARİTALARININ AKADEMİK BAŞARIYA VE ÖĞRENMEYİ KOLAYLAŞTIRMAYA ETKİSİ

ORIGINALITY REPORT

20%

SIMILARITY INDEX

PRIMARY SOURCES

|   |                                                                                                                                                                                                                                   |                 |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1 | <a href="http://acikbilim.yok.gov.tr">acikbilim.yok.gov.tr</a><br>Internet                                                                                                                                                        | 190 words — 10% |
| 2 | <a href="http://acikerisim.deu.edu.tr">acikerisim.deu.edu.tr</a><br>Internet                                                                                                                                                      | 35 words — 2%   |
| 3 | Yavuzarslan, Hatice. "Probleme Dayalı Öğrenme Yaklaşımının Ortaokul Matematik Öğretiminde Öğrenci Başarısına, Öğrenmenin Kalıcılığına ve Öğrenci Tutumuna Etkisinin İncelenmesi", Marmara Üniversitesi (Turkey), 2024<br>ProQuest | 27 words — 1%   |
| 4 | <a href="http://docplayer.biz.tr">docplayer.biz.tr</a><br>Internet                                                                                                                                                                | 25 words — 1%   |
| 5 | <a href="http://www.kimyakongreleri.org">www.kimyakongreleri.org</a><br>Internet                                                                                                                                                  | 18 words — 1%   |
| 6 | <a href="http://acikerisim.alanya.edu.tr">acikerisim.alanya.edu.tr</a><br>Internet                                                                                                                                                | 14 words — 1%   |
| 7 | <a href="http://www.nef.balikesir.edu.tr">www.nef.balikesir.edu.tr</a><br>Internet                                                                                                                                                | 14 words — 1%   |