

**İSTATİSTİK FİZİK VE TERMODİNAMİK
DENEY KİTABI**

**Dr. Öğr. Üyesi İlhan CANDAN
Prof. Dr. Gülten KAVAK BALCI**

İSTATİSTİK FİZİK VE TERMODİNAMİK DENEY KİTABI

Dr. Öğr. Üyesi İlhan CANDAN

Prof. Dr. Gülten KAVAK BALCI

yaz
yayınları

2025

İstatistik Fizik ve Termodinamik Deney Kitabı

Yazar: Dr. Öğr. Üyesi İlhan CANDAN

ORCID No: 0000-0001-9489-5324

Yazar: Prof. Dr. Gülten KAVAK BALCI

ORCID No: 0000-0001-7037-2676

© YAZ Yayınları

Bu kitabın her türlü yayın hakkı Yaz Yayınları'na aittir, tüm hakları saklıdır. Kitabın tamamı ya da bir kısmı 5846 sayılı Kanun'un hükümlerine göre, kitabı yayınlayan firmanın önceden izni alınmaksızın elektronik, mekanik, fotokopi ya da herhangi bir kayıt sistemiyle çoğaltılamaz, yayınlanamaz, depolanamaz.

E_ISBN 978-625-8508-75-8

Kasım 2025 – Afyonkarahisar

Dizgi/Mizanpaj: YAZ Yayınları

Kapak Tasarım: YAZ Yayınları

YAZ Yayınları. Yayıncı Sertifika No: 73086

M.İhtisas OSB Mah. 4A Cad. No:3/3

İscehisar / AFYONKARAHİSAR

www.yazyayinlari.com

yazyayinlari@gmail.com

info@yazyayinlari.com

Önsöz

İstatistik Fizik ve Termodinamik, fizik biliminin temel taşlarından biri olup, mikroskopik düzeydeki parçacıkların istatistiksel davranışlarını makroskopik yasalarla ilişkilendiren disiplinlerdir. Bu alanlar, enerji dönüşümlerinden denge koşullarına, madde faz geçişlerinden olasılıksal yaklaşımlara kadar geniş bir yelpazede doğa olaylarının anlaşılmasına katkı sağlamaktadır.

Elinizdeki “İstatistik Fizik ve Termodinamik Deneyleri Kitabı”, fizik bölümü lisans öğrencilerinin bu temel konuları yalnızca teorik çerçevede öğrenmekle kalmayıp, deneysel uygulamalar aracılığıyla da kavrayabilmelerini amaçlamaktadır. Kitapta sunulan deneyler, öğrencilere temel kavramların somutlaştırılması, ölçüm ve analiz yöntemlerinin öğretilmesi, ayrıca bilimsel düşünme ve araştırma becerilerinin geliştirilmesi için hazırlanmıştır.

İstatistik fizik ve termodinamiğin ilkeleri, yalnızca teorik fizik açısından değil, aynı zamanda çağdaş teknolojilerin gelişimi açısından da büyük önem taşımaktadır. Nanoteknolojiden malzeme bilimine, enerji sistemlerinden biyofiziğe kadar pek çok alanda bu kavramların doğrudan uygulamaları bulunmaktadır. Bu nedenle, öğrencilerin bu bilgileri laboratuvar ortamında deneysel olarak tecrübe etmeleri, hem konuları daha derinlemesine anlamalarını hem de ilerideki araştırmalarında disiplinler arası bakış açıları geliştirmelerini sağlayacaktır.

Bu çalışmanın, öğrencilerin öğrenim süreçlerine katkı sunmasının yanı sıra, ileride yürütecekleri akademik ve bilimsel çalışmalarda da bir başvuru kaynağı olacağı düşünölmektedir. Ayrıca kitabın, istatistik fizik ve termodinamiğın temel ilkelerinin anlaşılmasına yönelik laboratuvar uygulamaları açısından da önemli bir boşluğu dolduracağı kanaatindeyiz.

Bu eserin lisans düzeyinde eğitim-öğretim gören tüm öğrencilere faydalı olmasını temenni ederiz.

İÇİNDEKİLER

1. Deney: Yazı-Tura Deneyi: Deneysel Olasılık ve İstatistiksel Analiz (Para Atma Olasılık Deneyi).....	1
2. Deney: Zar Atma Deneyi: Teorik ve Deneysel Olasılık Analizi	13
2.1. Altı Yüzlü Standart Zar.....	14
2.2. Hileli Zar ile İlgili Olasılık ve İstatistik Deneyi	23
2.3. 20 Yüzlü Zar (D20) ile Olasılık Dağılımı ve Frekans Analizi Deney	30
3. Deney: Termoelektrik Dönüştürücü.....	36
4. Deney: Çeşitli Maddelerin Isı İletkenlik Katsayısının Belirlenmesi.....	57
5. Deney: Isının Elektriksel Eşdeğeri	66
6. Deney: Isının Mekanik Eşdeğeri	82
Kaynaklar	89

"Bu kitapta yer alan bölümlerde kullanılan kaynakların, görüşlerin, bulguların, sonuçların, tablo, şekil, resim ve her türlü içeriğin sorumluluğu yazar veya yazarlarına ait olup ulusal ve uluslararası telif haklarına konu olabilecek mali ve hukuki sorumluluk da yazarlara aittir."

Deney Raporu Yazım Kuralları

Laboratuvar çalışmalarında hazırlanan deney raporları belirli bir formata göre düzenlenmelidir. Rapor hazırlanırken aşağıdaki adımlara dikkat edilmelidir.

1. **Deneyin Adı:** Raporun başında deneyin tam adı belirtilmelidir.
2. **Deneyin Amacı:** Bu bölümde, yapılan deney ile hangi sonuca ulaşmak istendiği kendi cümlelerinizle açık ve net şekilde yazılmalıdır.
3. **Araç-Gereçler:** Deneyde kullanılan araç-gereçler eksiksiz yazılmalıdır.
4. **Deneyin Teorisi:** Deneyin dayandığı teorik bilgiler farklı kaynak kitaplardan yararlanılarak ayrıntılı biçimde açıklanmalıdır.
5. **Deneyin Yapılışı:** Deney düzeneğinin nasıl kurulduğu, kullanılan aletlerin neler olduğu, ölçümlerin nasıl alındığı adım adım yazılmalıdır. Bu bölümde ayrıca tüm hesaplamalar eksiksiz yapılmalı, kullanılan birimler eksiksiz belirtilmeli, gerekiyorsa grafikler milimetrik kâğıda çizilmelidir.
6. **Sonuç, Hata Hesabı ve Yorum:** Elde edilen sonuçlar değerlendirilir, hesaplanan büyüklüklerle ilgili hata hesapları yapılır ve deneyin genel yorumu yazılır.

7. **Analiz:** Deneyin daha iyi yapılması için ileriye dönük öneriler verilmelidir.

Önemli Not: Tüm raporlar **elle, rapor defterine** yazılacaktır.

DENEY 1

YAZI-TURA DENEYİ: DENEYSEL OLASILIK VE İSTATİSTİKSEL ANALİZ (PARA ATMA OLASILIK DENEYİ)

Kullanılan Araç ve Gereçler:

- 1 adet madeni para ve kalem
- Rapor hazırlamak için defter
- Hesap makinesi

Amaç:

1. Yazı-tura atışı yoluyla olasılık kavramını incelemek.
2. Teorik olasılığı deneysel olarak test etmek.
3. Veri kaydetme, frekans analizi, bağıl frekans hesaplama ve grafik çizme becerilerini geliştirmek.
4. Deneysel olasılıkların, atış sayısı arttıkça teorik değere yaklaşma eğilimini gözlemek.

GİRİŞ

Olasılık teorisi, belirsizlik içeren durumların matematiksel olarak incelenmesini sağlar ve istatistiğin temelini oluşturur. Günlük yaşamda karşılaşılan birçok olay, belirli bir olasılık dağılımına göre gerçekleşir. Bu olaylardan en temel ve klasik örneklerden biri para atma deneyidir. Para atma, hem basit yapısı hem de teorik olarak eş olasılıklı iki farklı sonucu (yazı ve tura) içermesi nedeniyle olasılık konularının öğretilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Teorik olarak, dengeli bir para atıldığında yazı gelme olasılığı %50, tura gelme olasılığı ise yine %50'dir. Bu oran, paranın fiziksel özelliklerine ve atışın rastgele olmasına bağlıdır. Ancak gerçek deneylerde elde edilen sonuçlar, özellikle düşük atış sayılarında, teorik olasılıktan sapmalar gösterebilir. Bu durum, istatistikte örneklem büyüklüğü kavramı ve büyük sayılar kanunu (Law of Large Numbers) ile açıklanmaktadır. Büyük sayılar kanununa göre, bir deney çok sayıda tekrarlandığında, elde edilen deneysel olasılık teorik olasılığa giderek yaklaşır. Örneğin, 10 kez para

atıldığında yazı sayısı 3 veya 7 olabilirken, 1000 kez atıldığında yazı oranı %50'ye daha yakın çıkacaktır. Bir milyon kez atış yapıldığında ise beklenen %50-%50 (sırasıyla yazı ve tura) gelme olasılığını yakalamak çok daha gerçekçi olacaktır. İdeal olarak sonsuz sayıda atış yapıldığında her bir yazı ve tura için teorik değer olan $\frac{1}{2}$ gelme olasılığı yakalanabilecektir.

Bu deney, öğrencilerin olasılık, frekans, deneysel olasılık ve teorik olasılık gibi temel kavramları somut bir örnek üzerinden öğrenmesine olanak tanır. Ayrıca rastgelelik kavramının pratikteki anlamını, atış sayısının sonucu nasıl etkilediğini ve olasılık teorisinin gerçek yaşamdaki yansımalarını kavramalarını sağlar. Para atma deneyi, istatistik derslerinin yanı sıra fizik deneylerinde de kullanılır; örneğin kaotik davranış, rastgelelik, istatistiksel termodinamik gibi konulara girişte temel bir uygulamadır.

Bu deneyin amacı, öğrencilerin olasılık teorisine dair sezgilerini geliştirmek, deneysel sonuçlarla teorik beklentileri karşılaştırmalarını sağlamak ve istatistiksel yorumlama yeteneklerini pekiştirmektir. Deney

sırasında elde edilecek veriler, grafik çizimi ve hesaplamalarla desteklenerek, öğrencilere bilimsel araştırma basamaklarının uygulamalı bir örneği de sunmuş olacaktır.

TEORİK TEMEL

1. Olasılık Kavramı

Para atma deneyi, istatistikte temel olasılık kavramlarını anlamak için kullanılan klasik bir örnektir. Bir madeni para atıldığında iki olası sonuç vardır: yazı (Y) veya tura (T). Bu durumda her iki sonucun gerçekleşme olasılığı eşittir ve teorik olarak:

$$P(Y) = P(T) = \frac{1}{2}$$

Yani para adil ise, her iki sonucun gelme olasılığı %50'dir.

2. Bernoulli Denemeleri

Para atma deneyi, Bernoulli denemeleri kapsamında değerlendirilir.

Bernoulli denemesi, yalnızca iki olası sonucun bulunduğu ve birbirinden bağımsız tekrarlanan deneyleri tanımlar. Bernoulli denemeleri:

- İki olası sonucun bulunduğu (başarı-başarısızlık) deneylerdir.
- Başarı olasılığı (p)
- Başarısızlık olasılığı ($q = 1 - p$)
- Sonuçlar birbirinden bağımsızdır.
- Her denemede başarı olasılığı sabittir.

Yazı-tura deneyi bu tanıma birebir uyar. Her para atışı bir Bernoulli denemesi olarak kabul edilir:

- Yazı gelmesi = Başarı ($p = 0.5$)
- Tura gelmesi = Başarısızlık ($q = 0.5$)

3. Binom Dağılımı

Para atma deneyleri art arda tekrarlandığında, toplamda kaç kez yazı (veya tura) geldiği binom dağılımına uyar. Binom dağılımı şu şekilde tanımlanır:

$$P(X = k) = \binom{n}{k} p^k q^{n-k}$$

- n: Deneme sayısı (ör. 10 kez atma)
- k: İstenen başarı sayısı (ör. 10 atışta 6 kez yazı gelmesi)
- p: Başarı olasılığı (yazı için 0.5)
- $\binom{n}{k}$: Kombinasyon sayısıdır, “n’in k’lı kombinasyonu” şeklinde hesaplanır.

Örneğin, 10 atışta 6 yazı gelme olasılığı:

$$P(X = 6) = \binom{10}{6} 0.5^6 0.5^4 = 0.5^{10}$$

4. Büyük Sayılar Kanunu (Law of Large Numbers)

Büyük Sayılar Kanunu, çok sayıda tekrar edilen deneylerde (örneklem büyüklüğü arttıkça) deneysel (gözlemsel) olasılığın teorik olasılığa yaklaşacağını ifade eder. Bu ilke, istatistiğin temel taşlarından biridir.

Yazı-tura deneyinde bu kanun şöyle gözlemlenir:

- Eğer 10 kez para atılırsa, yazı sayısı 10’da 6 ($p = 0.6$) veya 3 olabilir ($p = 0.3$). Bu değerler teorik $p = 0.5$ ’ten sapma gösterir.
- Ancak, Deneme sayısı arttıkça (örn. 10, 100, 1000, 10000 atış),

- Elde edilen gözlemsel olasılık (frekans oranı), teorik olasılığa (0.5) gittikçe daha fazla yaklaşır.

5. Beklenen Değer (Matematiksel Beklenti)

- Bir para atma deneyinde yazı gelmesi “1”, tura gelmesi “0” olarak kodlanırsa, beklenen değer ($E[X]$):

$$E[X] = p = 0.5$$

Yani, uzun vadede her atışta ortalama 0.5 başarı beklenir.

6. Varyans ve Standart Sapma

Aynı şekilde, Bernoulli dağılımının varyansı:

$$\text{Var}(X) = p(1-p) = 0.5 \times 0.5 = 0.25$$

Binom dağılımında ise:

$$\text{Var}(X) = np(1-p)$$

$$\sigma = \sqrt{\text{Var}(X)}$$

Örneğin 100 atış için standart sapma:

$$\sigma = \sqrt{100 \times 0.5 \times 0.5} = 5$$

Bu, 100 atışta yazı sayısının ortalama 50, standart sapmasının ise 5 olacağı anlamına gelir.

7. Yazı-Tura Deneyinin İstatistiksel Anlamı

Her atış bağımsız Bernoulli denemesi olduğu için, atış sayısı arttıkça elde edilen dağılım binom dağılımına uyar.

- Atış sayısı çok büyürse ($n \rightarrow \infty$), merkezi limit teoremi gereği, binom dağılımı normal dağılıma yaklaşır. Bu da sonuçların tahmin edilebilirliğini artırır.
- Büyük Sayılar Kanunu, istatistiksel analizlerin temelini oluşturur. Örneğin, anket çalışmalarında örneklemin büyütülmesiyle daha güvenilir sonuçlar elde edilmesi aynı prensibe dayanır.

DENEYİN YAPILIŞI

1. Hazırlık:

- a. Parayı inceleyin, herhangi bir deformasyon olmadığından emin olun ve Parayı eliniz ile tutarak baş üstüne kadar kaldırın.
- b. Parayı havaya atın ve yere düşene kadar sonucu gözlemleyin.

c. Deneme No, Sonuç (Y/T), Toplam Yazı, Toplam Tura, Yazı Bağlı Frekansı, Tura Bağlı Frekansı adlı sütunlara sahip bir tablo hazırlayın:

$$P(Y) = \frac{\text{Yazı sayısı}}{\text{Toplam atış sayısı}}$$

$$P(T) = \frac{\text{Tura sayısı}}{\text{Toplam atış sayısı}}$$

2. Birinci Deney - Küçük Örneklem:

- a. Parayı 20 kez atın.
- b. Her sonucu tablonuza kaydedin.
- c. Toplam yazı ve tura sayılarını sayın.
- d. Hesaplayın:

$$\text{Yazının DeneySEL Olasılığı} = \frac{\text{Yazı Sayısı}}{20}$$

$$\text{Turanın DeneySEL Olasılığı} = \frac{\text{Tura Sayısı}}{20}$$

3. İkinci Deney - Orta Örneklem:

- a. Parayı 50 kez daha atın, böylece toplam 70 atış olur.
- b. Sonuçları kaydetmeye devam edin.
- c. Toplamları güncelleyin ve yeni deneysel olasılıkları hesaplayın.

4. Üçüncü Deney - Büyük Örneklem:

- a. Parayı 30 kez daha atın, toplam 100 atış yapmış olun.
- b. Her sonucu kaydedin, tüm hesaplamaları güncelleyin.

5. Veri Analizi:

- a. Her aşamadan sonra bağıl frekansları (deneysel olasılıkları) hesaplayın. Bağıl frekans, bir olayın **toplam deneme sayısına oranıdır**. Yani, belirli bir sonucun kaç kez gerçekleştiğini tüm deneme sayısına bölerek hesaplanır.
- b. Atış Sayısı (x eksen) ve Yazı/Tura Deneysel Olasılıkları (y eksen) grafiğini çizin.
- c. Deneysel olasılıkların, deneme sayısı arttıkça 0.5 teorik değerine nasıl yaklaştığını gözlemleyin.

Veri Tablosu Şablonu (ilk birkaç satır örnek):

Deneme No	Sonuç (Y/T)	Toplam Y	Toplam T	Y Bağıl Frekans	T Bağıl Frekans
1	Y	1	0	1.00	0.00
2	T	1	1	0.50	0.50
3	Y	2	1	0.67	0.33

SONUÇLAR VE HESAPLAMALAR:

1. 100 atış sonrası toplam yazı ve tura sayılarını yazın.
2. Her bir sonucun deneysel olasılığını hesaplayın.
3. Hazırladığınız grafiği ekleyin.
4. 20, 70 ve 100 atış sonrası deneysel olasılıkları teorik olasılıklarla karşılaştırın.

TARTIŞMA SORULARI:

1. Yazı veya tura gelmenin teorik olasılığı nedir?
2. Deneysel sonuçlarınız, her örneklem büyüklüğünde teorik olasılıklarla nasıl karşılaştırıldı?
3. Atış sayısı arttıkça olasılıklar nasıl değişti? Yani bu deneyi 1000 atış ile tekrar etseniz ne gözlemlerdiniz? Nedenini açıklayın!

4. Büyük Sayılar Yasası nedir? Bu Yasayı, deney verileriniz üzerinden açıklayın.
5. DeneySEL olasılıkla teorik olasılık her zaman aynı mı olur? Açıklayınız.
6. DeneySEL sonuçlarda teorik olasılıktan sapmaya sebep olabilecek faktörler nelerdir?

Rapor

Raporunuzu kitabın başında ifade edilen düzende hazırlayınız:

DENEY 2

ZAR ATMA DENEYİ: TEORİK VE DENEYSEL OLASILIK ANALİZİ

GENEL BİLGİ

Zarlar, temel olasılık kavramlarını somut olarak göstermek için istatistik ve matematik eğitiminde yaygın şekilde kullanılan nesnelerdir. Bu laboratuvar çalışmasında, üç farklı zar türü ile olasılık dağılımı, bağıl frekans, kümülatif frekans, hata hesapları ve Büyük Sayılar Kanunu gibi temel istatistik kavramları incelenecektir. Öğrenciler, adil ve hileli zar deneylerini birlikte incelediğinde, yalnızca teorik ve deneysel olasılık arasındaki farklar değil, aynı zamanda gerçek hayattaki sapma durumlarının nasıl analiz edildiğini de öğrenir. Özellikle hileli zar deneyinde:

- Rastgele olmayan sistemlerin tespiti,
- Oyun teorisi ve karar verme problemleri,
- Endüstride kalite kontrol uygulamaları,

- Finans, sigorta ve risk yönetimi gibi alanlarda kullanılan istatistiksel analiz yöntemleri

için temel oluşturur.

Sonuç olarak, adil ve hileli zar deneyleri;

1. Teorik olasılığın deneysel olarak doğrulanması,
2. Örneklem büyüklüğünün sonuçlara etkisi,
3. Beklenen değer kavramının somutlaştırılması,
4. Sapmalı (hileli) sistemlerin istatistiksel olarak analiz edilmesi

gibi konularda öğrencilere kapsamlı uygulama ve analiz becerileri kazandırır.

2.1. Altı Yüzlü Standart Zar

Deneyin Amacı:

- Altı yüzlü adil bir zarı belirli sayıda atarak her yüzün kaç kez geldiğini kayıt altına almak, her yüz için deneysel olasılıkları (bağıl frekansları) hesaplamak ve bu değerleri teorik olasılıkla karşılaştırmaktır.
- Bağıl frekans kavramını anlamak ve hesaplamak.

- Büyük Sayılar Yasası'nı gözlemlemek.
- Verilerin grafik üzerinde gösterimi, düzenlenmesi ve yorumlanması becerilerini geliştirmek.

Kullanılan Materyaller:

- 1 adet standart altı yüzlü zar (d6)
- Düz ve sert bir zemin
- Kayıt için defter veya deney föyü
- Kalem
- İsteğe bağlı: bilgisayar/ tablo programı (veri analizi için)



Şekil 2.1. Altı yüzlü zarların görünümü

GİRİŞ

Zar atma deneyi, olasılık teorisinin temel uygulamalarından biri olup, rastgelelik kavramını anlamada oldukça önemlidir. Standart altı yüzlü bir zar (d6) kullanıldığında her yüz (1,2,3,4,5,6) teorik olarak eşit olasılığa sahiptir. Yani, zar adil ve simetrik ise her yüzün gelme olasılığı:

$$P(1)=P(2)=P(3)=P(4)=P(5)=P(6)$$

$$P(\text{sayı}) = 1/6 \approx 0.1667 \text{ ya da } \%16.67$$

Bu deney, Bernoulli Denemeleri kapsamında incelenir. Bernoulli Denemeleri, yalnızca iki sonuçlu (başarı/başarısızlık gibi) olaylar için kullanılan bir kavramdır. Ancak zar atmada da her bir yüzün gelmesi, kendine göre ayrı bir "başarı" olarak tanımlanabilir. Böylece her atış, birbirinden bağımsız ve eş dağılımlı rasgele bir deneme olarak kabul edilir.

Bu tür deneylerde, deneme sayısı arttıkça gözlenen bağıl frekansların teorik olasılıklara yaklaşacağı Büyük Sayılar Kanunu tarafından ifade edilir. Bu kanuna göre, bir olayın tekrarlı bağımsız denemelerindeki örnek ortalaması, ilgili olayın beklenen değerine (teorik

ortalama) giderek yakınsar. Örneğin, sadece 10 atış yapıldığında 3 sayısının hiç gelmemesi mümkündür; ancak 1000 atış yapıldığında 3 sayısının yaklaşık %16-17 oranında geldiği gözlemlenecektir.

Bu deney, öğrenciler için aynı zamanda şu kazanımları sağlar:

- Teorik olasılığın nasıl hesaplandığını ve teorik olasılık ile deneysel olasılık farkını anlamalarını,
- Bağımsız denemelerin mantığını kavramalarını,
- Deneysel verilerle teoriyi karşılaştırmak.
- Örneklem büyüklüğünün sonuçlar üzerindeki etkisini görmek.
- Frekans, bağıl frekans, olasılık dağılımı kavramlarını uygulamalı öğrenmek.
- Gerçek veriler üzerinde hesaplama ve yorumlama becerilerini geliştirmelerini sağlar.

Sonuç olarak, zar atma deneyi olasılık, istatistik, rastgele değişkenler, Bernoulli süreci ve Büyük Sayılar Kanunu gibi kavramların hem matematiksel hem de

deneysel olarak pekiştirilmesi için ideal bir uygulamadır.

TEORİK TEMEL

Bir olayın olasılığı:

$$P(E) = \frac{\text{İstenen Durum Sayısı}}{\text{Tüm Durum Sayısı}}$$

Deneysel olasılık, yapılan deneyler sonucu elde edilen **bağıl frekans** ile hesaplanır:

Bağıl Frekans:

$$\text{Bağıl frekans} = \frac{\text{İlgili Sonucun Gözlenme Sayısı (Sayı frekansı)}}{\text{Toplam Deneme Sayısı (Toplam atış sayısı)}}$$

Büyük Sayılar Yasası'na göre, deney sayısı arttıkça deneysel olasılık teorik olasılığa yaklaşır.

DENEYİN YAPILIŞI

1. Hazırlık:

- a. Zarı kontrol edin, yüzlerinin net ve düzgün olduğundan emin olun.
- b. Aşağıdaki sütunları içeren bir tablo hazırlayın:
Deneme No, Sonuç (1-6), 1'in Toplamı, 2'nin

Toplamı, 3'ün Toplamı, 4'ün Toplamı, 5'in Toplamı, 6'nın Toplamı, Bağlı Frekanslar.

2. Birinci Deney – Küçük Örneklem:

- a. Zarı **30 kez atın**.
- b. Her sonucu tabloya kaydedin.
- c. 1'den 6'ya kadar her sayının kaç kez geldiğini sayın.
- d. Her sonuç için bağlı frekansları hesaplayın:

3. İkinci Deney – Orta Örneklem:

- a. Zarı **70 kez daha atın**, böylece toplam **100 atış** yapmış olun.
- b. Sonuçları kaydetmeye devam edin.
- c. Her sayı için toplam gözlenme sayısını ve **100 atış üzerinden bağlı frekanslarını** hesaplayın.

4. Veri Analizi:

- a. Her örneklem büyüklüğünde (30 ve 100 atış) elde ettiğiniz bağlı frekansları, teorik olasılıkla karşılaştırın.
- b. Grafik çizin: x eksenini $\rightarrow$ 1'den 6'ya kadar zar yüzleri; y eksenini $\rightarrow$ bağlı frekanslar.

c. Teorik olasılık çizgisini grafiğe ekleyin (0.167 değeri) ve deneysel sonuçlarla karşılaştırın.

Bağıl frekans hesabı; örneğin, 3 sayısı 8 kere geldiyse ve toplam 60 atış varsa: $8/60 = 0.1333 = \%13.33$). Sonuçları yorumlayın ve teorik olasılık ($1/6 \approx \%16.67$) ile karşılaştırın.

Veri Tablosu Şablonu (ilk birkaç satır örnek):

Deneme No	Sonuç	1Top.	2Top.	3Top.	4Top.	5Top.	6Top.	Bağıl Frekanslar (her yüz)
1	6	0	0	0	0	0	1	
2	4	0	0	0	1	0	1	
3	5	0	0	0	1	1	1	
...	...	...	...	...	...	...	...	

SONUÇLAR VE HESAPLAMALAR

1. Her zar yüzü için toplam gözlenme sayılarını yazın.
2. Her yüz için deneysel olasılıkları (bağıl frekans) hesaplayın.
3. Çizdiğiniz grafiği föyünüze ekleyin.
4. Deneysel ve teorik olasılıkları karşılaştırın ve yorumlayın.

TARTIŞMA SORULARI

1. Teorik olarak her yüzün gelme olasılığı nedir?
2. Hangi sayı en fazla geldi? Bu beklediğiniz bir sonuç mu? Neden?
3. Bağlı frekanslar teorik olasılık ile ne kadar uyumlu çıktı?
4. Deneysel sonuçlarınız teorik olasılıklarla ne derece uyumludur?
5. Deneysel olasılıklar teorik değerden farklı çıktıysa nedeni ne olabilir?
6. Örneklem büyüklüğünün artması, deneysel olasılıkların teorik olasılığa yaklaşmasında nasıl bir rol oynamıştır?
7. Deneyde sapma olmasına sebep olabilecek etkenler nelerdir?
8. Bu deneyi 1000 kez tekrarlasanız ne gözlemlerdiniz? Neden?
9. Büyük Sayılar Kanunu nedir? Bu deneyde nasıl gözlemlediniz?

10. Eğer zar hileli olsaydı, sonuçlarda ne tür bir farklılık gözlemlerdiniz?

SONUÇ:

- DeneySEL olasılıklar ile teorik olasılıkların karşılaştırılması yapılır.
- Büyük Sayılar Yasası'nın gözlemlenip gözlemlenmediği açıklanır.
- Deneydeki hata kaynakları (zarın atılma şekli, kayıt hatası vb.) tartışılır.

Rapor

Raporunuzu kitabın başında ifade edilen düzende hazırlayınız:

2.2. Hileli Zar ile İlgili Olasılık ve İstatistik Deneyi

Gerekli Malzemeler ve Araçlar:

- 1 adet hileli zar (verilen teorik olasılıklar bilinecek)
- Veri kayıt föyü veya defter
- Hesap makinesi
- Grafik kağıdı veya Excel programı

Bu deneyin amacı:

- Hileli bir zar kullanılarak, her yüzün teorik olasılıklarının farklı olduğu durumlarda deneysel olasılıkları incelemek.
- Zarı belirli sayıda atarak her yüzün kaç kez geldiğini kaydetmek,
- Deneysel olasılıkları hesaplayıp teorik olasılıklarla karşılaştırmak,
- Frekans, beklenen değer ve olasılık dağılımı kavramlarını anlamak.

- Beklenen değeri, hem teorik hem deneysel verilerle hesaplayarak zarın hangi yüze avantaj sağladığını deneysel verilerle doğrulamaktır.

GİRİŞ

Gerçek hayatta, tüm şans araçları ideal (adil) olmayabilir. Standart (adil) bir zar atıldığında, her yüzün gelme olasılığı eşittir ($1/6 \approx 0.1667$). Ancak bazı zarlar bilerek veya üretim hatası nedeniyle hileli olabilir. Yani hileli zarlar, ağırlık merkezi kaydırılarak veya yüzey tasarımı değiştirilerek belirli sayıların gelme olasılığının arttırıldığı zar modelleridir. Hileli zarda her yüzün teorik olasılığı farklıdır ve deney öncesinde bu olasılıkların bilinmesi gerekir.

Bu deneyde;

- Hileli zarın olasılık dağılımı incelenecek.
- Adil zar ile deneysel karşılaştırması yapılacaktır.
- Sapmaların istatistiksel analizi gerçekleştirilecektir.

TEORİK TEMEL

Beklenen Değer ($E[X]$):

$$E[X] = \sum x_i P(x_i)$$

Bu formül, zar atıldığında uzun vadede ortalama hangi sayının elde edileceğini gösterir.

Örneğin, bir hileli zar için üretici tarafından verilen teorik olasılıklar şu şekilde olabilir:

Tablo 1. Bir hileli zar için üretici tarafından verilen teorik olasılıklar

Yüz	Teorik Olasılık
1	0.10
2	0.10
3	0.15
4	0.20
5	0.20
6	0.25

Bu durumda 6 gelme olasılığı en yüksek olacaktır. Bağlı frekans (deneysel olasılık) ise:

$$\text{Bağlı frekans} = \frac{\text{İlgili Sonucun Gözlenme Sayısı}}{\text{Toplam Deneme Sayısı}}$$

DENEYİN YAPILIŞI

1.Hazırlık:

- a. Hileli zarın hangi yüzlerinin daha yüksek olasılıkla geldiğini öğrenin. (Örneğin yukarıdaki teorik dağılım verilecektir.)
- b. Aşağıdaki sütunları içeren bir tablo hazırlayın:
Deneme No, Sonuç (1-6), 1'in Toplamı, 2'nin Toplamı, 3'ün Toplamı, 4'ün Toplamı, 5'in Toplamı, 6'nın Toplamı, Bağlı Frekanslar.

2.Deney:

- a. Hileli zarı 100 kez atın.
- b. Her sonucu tabloya kaydedin.
- c. Her yüz için toplam gözlenme sayılarını hesaplayın.
- d. Her yüz için bağlı frekansları hesaplayın.

3.Verİ Analizi:

- a. Teorik olasılıkları tabloya ekleyin.
- b. Her yüz için deneysel (bağlı) olasılığı teorik olasılık ile karşılaştırın.
- c. Beklenen değeri hem teorik hem de deneysel sonuçlar üzerinden hesaplayın:

Teorik Beklenen Değer:

$$E[X]_{teorik} = (1 \times 0.10) + (2 \times 0.10) + (3 \times 0.15) + (4 \times 0.20) + (6 \times 0.25)$$

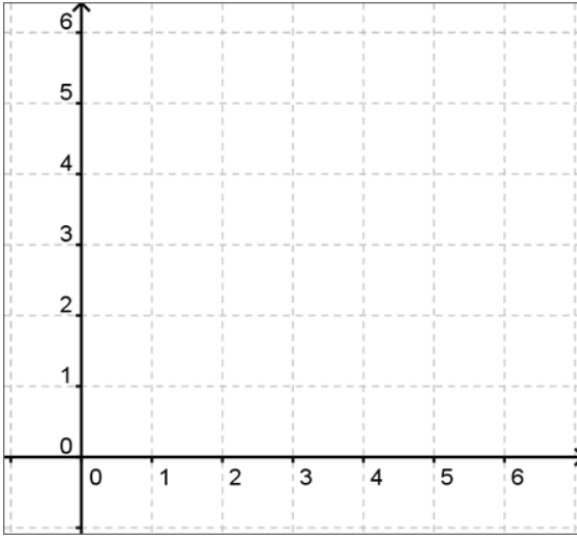
Deneysel Beklenen Değer:

$$E[X]_{deneysel} = \sum (x_i P_{deneysel}(x_i))$$

Grafik Çizimi:

x eksenini → 1' den 6'ya kadar zar yüzleri

y eksenini → olasılıklar



4. Teorik ve deneysel olasılıkları aynı grafikte farklı renklerle gösterin.

Tablo 2. Veri Tablosu Şablonu (ilk birkaç satır örnek):

Deneme No	Sonuç	1Top.	2Top.	3Top.	4Top.	5Top.	6Top.	Bağıl Frekanslar (her yüz)
1	6	0	0	0	0	0	1	
2	4	0	0	0	1	0	0	
3	5	0	0	0	0	1	0	
4	6	0	0	0	0	0	1	

SONUÇLAR VE HESAPLAMALAR:

1. Her zar yüzü için toplam gözlenme sayısını yazın.
2. Her yüz için deneysel olasılıkları hesaplayın.
3. Teorik ve deneysel beklenen değerleri hesaplayın.
4. Çizdiğiniz grafiği föyünüze ekleyin.
5. Hileli zarın hangi yüze avantaj sağladığını deney verileriyle doğrulayın.

TARTIŞMA SORULARI:

1. Adil zarın her yüzünün teorik olasılığı nedir?
2. Hileli zar atışlarında hangi sayı teorik değerden fazla geldi?

3. Teorik olasılıklara göre hangi yüzün gelme olasılığı en yüksektir?
4. Deneysel sonuçlar teorik olasılıkları ne derece yansıtmaktadır?
5. Beklenen değer hesaplamasında teorik ve deneysel sonuçlarınız uyumlu mu?
6. Örneklem büyüklüğünün artması, sonuçların güvenilirliğini nasıl etkiler?
7. Bu deneyi 1000 kez tekrarlasaydınız, ne gözlemlerdiniz?
8. Büyük Sayılar Kanunu bu deneyde nasıl gözlenir?

Rapor

Raporunuzu kitabın başında ifade edilen düzende hazırlayınız:

2.3. Deney 2.3. 20 Yüzlü Zar (D20) ile Olasılık Dağılımı ve Frekans Analizi Deneyi

Kullanılan Araçlar ve Gereçler

- 1 adet 20 yüzlü zar (D20)
- Kayıt tablosu için kağıt veya bilgisayar
- Hesap makinesi



Şekil 2.2. Yirmi yüzlü zarlar

Deneyin Amacı:

Bu deneyin amacı, 20 yüzlü zar kullanılarak yapılan çok sayıda atış sonucunda teorik olasılık ile deneysel frekansların karşılaştırılması, bağıl frekans ve kümülatif

frekans kavramlarının öğrenilmesi ve **Büyük Sayılar Kanunu**'nun pratikteki doğrulanmasıdır.

GİRİŞ

Düzgün ikosahedron yapısına sahip, her yüzünde 1'den 20'ye kadar bir sayı bulunan bir zardır. Özellikle rol yapma oyunlarında (RPG) kullanılmakta olup, zarda hile yoksa, her sayının gelme olasılığı eşittir ($1/20 = \%5$). Daha büyük örnek uzayları ve çok yüzlü zarların olasılık hesaplamaları üzerinde etkisini göstermek için idealdir.

TEORİK TEMEL

- **Olasılık Hesabı**

Bir yüzün gelme olasılığı:

$$P(A) = \frac{1}{20} = 0.05$$

- **Bağıl Frekans (Relative Frequency)**

Bir sonucun gözlenme sayısının toplam deneme sayısına oranıdır. Formülü:

$$\text{Bağıl Frekans} = \frac{f_i}{n}$$

Burada f_i , ilgili sonucun gözlenme sıklığı, n toplam deneme sayısıdır.

- **Büyük Sayılar Kanunu**

Denemeler arttıkça, deneysel olasılık (bağıl frekans) teorik olasılığa yaklaşır.

- **Kümülatif Frekans**

Belirli bir değere kadar olan tüm frekansların toplamıdır. Veri analizinde dağılımın genel eğilimini görmek için kullanılır (Dağılım eğilimini gösterir).

Tablo 2.3.1. Örnek Dağılım (100 atış için)

Yüz (Sayı)	Gözlenen Frekans	Beklenen Frekans ($100 \div 20 = 5$)	Sapma ($\pm$)	Olasılık (%)
1	4	5	-1	4.0%
2	6	5	+1	6.0%
3	7	5	+2	7.0%
4	5	5	0	5.0%
5	3	5	-2	3.0%
6	4	5	-1	4.0%
7	6	5	+1	6.0%
8	5	5	0	5.0%
9	2	5	-3	2.0%
10	4	5	-1	4.0%
11	6	5	+1	6.0%
12	5	5	0	5.0%
13	3	5	-2	3.0%

14	5	5	0	5.0%
15	6	5	+1	6.0%
16	5	5	0	5.0%
17	7	5	+2	7.0%
18	4	5	-1	4.0%
19	3	5	-2	3.0%
20	5	5	0	5.0%

Bu tablo **örnek bir dağılımı** göstermektedir. Zar gerçekten atıldığında sonuçlar farklı olabilir. Gerçek bir eşit olasılıklı zar için her sayının gelme olasılığı %5'tir ($100 \div 20$). Sapma, gözlenen frekans ile beklenen frekans (5) arasındaki farktır.

Tablo 2.3.2. Örnek Deneysel İstatistik Tablosu (10 deneme için)

Deneme No	Sonuç
1	3
2	5
3	3
4	4
5	5
6	5
7	2
8	4
9	3
10	5

Tablo 2.3.3. Örnek Frekans Tablosu (10 deneme için)

Sonuç	Frekans (f_i)	Bağıl Frekans ($\frac{f_i}{n}$)	Kümülatif Frekans
2	1	$1/10 = 0.10$	1
3	3	$3/10 = 0.30$	4
4	2	$2/10 = 0.20$	6
5	4	$4/10 = 0.40$	10

DENEYİN YAPILIŞI

1. Zarın fiziksel bütünlüğünü kontrol edin; her yüzün düzgün ve okunaklı olduğundan emin olun.
2. Zar 100 kere atılacaktır. (Not: Gözlem sayısı, sınıf veya zaman durumuna göre arttırılabilir.)
3. Her atışta gelen sayı tabloya kaydedilecektir.
4. Deney tamamlandıktan sonra:
 - o Her sayının frekansı hesaplanacaktır.
 - o Bağıl frekansları bulunacaktır.
 - o Kümülatif frekanslar çıkarılacaktır.
5. Sonuçlar teorik olasılıklarla karşılaştırılacaktır.

Sonuçlar, Hata Hesabı ve Yorum

- Sonuç: Bağlı frekanslar teorik olasılığa (0,05) yakın mıdır? Hangi sayılar daha fazla veya az gelmiştir?
- Hata Hesabı:

Hata=|Teorik Olasılık–DeneySEL Bağlı Frekans|

TARTIŞMA SORULARI

1. En sık gelen sayı nedir? Bunun nedeni ne olabilir?
2. Tüm sayıların teorik olasılığı eşitken, deneySEL sonuçlarda farklılıklar olması normal midir?
3. Sonuçlar Büyük Sayılar Kanunu ile örtüşüyor mu (uyumlu mu)? Atış (deneme) sayısı artsaydı bağlı frekanslar teorik olasılığa daha da yaklaşır mıydı? Yani;
4. Deneme sayısı arttığında (ör:1000 olduğunda) hata payı nasıl değişir?

Rapor

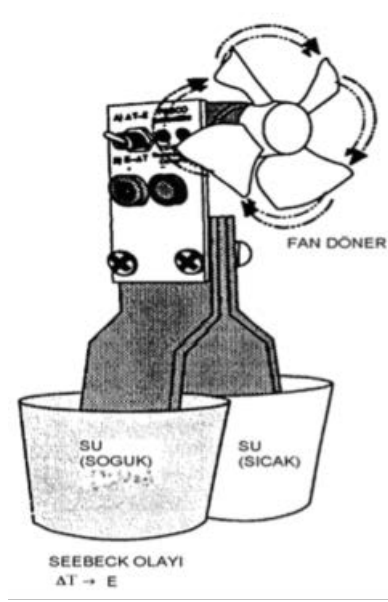
Raporunuzu kitabın başında ifade edilen düzende hazırlayınız:

DENEY 3

TERMoeLEKTRİK DÖNÜŞTÜRÜCÜ

Deneyin Amacı:

1. Termodinamiğin Birinci Yasası (enerjinin korunumu) ile İkinci Yasası (enerji dönüşüm yönü ve verimlilik) arasındaki ilişkiyi termoelektrik dönüşüm üzerinden açıklamak.
2. Termoelektrik dönüştürücülerin (Peltier ve Seebeck etkileri) yapısı ve çalışma prensipleri hakkında bilgi edinmek.
3. Termoelektrik modüllerde enerji dönüşümünü anlamak.Yani, ısı enerjisinin elektrik enerjisine (veya tersi) dönüşümünü deneysel olarak göstermek. Ayrıca, Termoelektrik modüllerin pratik kullanım alanları hakkında bilgi sahibi olmak (örneğin: soğutucular, enerji üretimi, uzay araçlarında enerji dönüşümü).
4. Termoelektrik dönüştürücüde sıcaklık farkı ile gerilim arasındaki ilişkiyi incelemek.
5. Seebeck katsayısını deneysel olarak belirlemek.



Şekil 3.1. Termoelektrik dönüştürücü düzeneği

1. GİRİŞ

Termoelektrik olaylar, ısı ve elektrik enerjisi arasındaki doğrudan dönüşümleri inceleyen fiziksel süreçlerdir. Termoelektrik etkiler, hem teorik hem de uygulamalı fizik açısından oldukça önemlidir. Bu olaylar, özellikle enerji dönüşüm sistemlerinin geliştirilmesi ve atık ısı geri kazanımı gibi uygulamalarda büyük önem taşımaktadır. Termoelektrik dönüştürücüler, ısı enerjisini doğrudan elektrik enerjisine (Seebeck etkisi) veya elektrik enerjisini doğrudan ısı farkına (Peltier etkisi) dönüştüren yarı iletken cihazlardır. Seebeck

etkisiyle sıcaklık farklarından elektrik üretilirken, Peltier etkisiyle elektrik enerjisi kullanılarak soğutma sağlanabilmektedir. Bu etkiler, çevre dostu ve mekanik aksam içermeyen sistemlerin geliştirilmesine katkıda bulunur. Ayrıca termoelektrik dönüştürücüler; elektronik soğutucular, atık ısı geri kazanımı, güneş enerjisi destekli enerji sistemleri ve uzay uygulamaları gibi alanlarda kullanılmaktadır.

Deneyde kullanılacak olan Pasco marka TD-8550A model termoelektrik dönüştürücü, iki alüminyum çubuk arasında konumlanmış bir termoelektrik modülden oluşur. Bu modül, bir sıcaklık farkı oluşturulduğunda elektrik üretir veya üzerine uygulanan elektrikle sıcaklık farkı oluşturur. Cihazın ucunda yer alan küçük pervane motoru, sistemde enerji dönüşümünü görsel olarak gözlemlemeyi sağlar. Deneysel ölçümler, bu etkilerin nicel değerlendirilmesi için kritik öneme sahiptir.

2. TERMOELEKTRİK ETKİ

2.1. Seebeck Etkisi

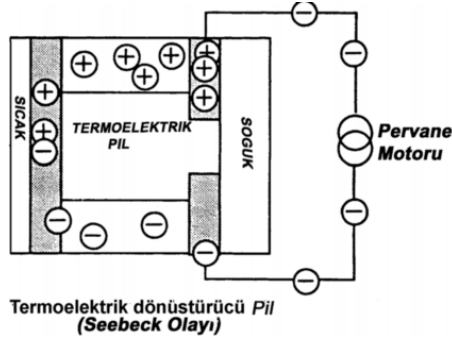
Seebeck etkisi, 1821 yılında Thomas Johann Seebeck tarafından keşfedilmiştir. Bu etki, iki farklı iletken ya da yarı iletkenin birleştirilmesiyle oluşturulan bir devrede, bağlantı noktaları arasında sıcaklık farkı oluştuğunda bir **elektromotor kuvvet (emk)** üretilmesi olarak tanımlanır. Sıcaklık farkı, malzemeler arasında **elektriksel potansiyel farkı** oluşmasına yol açar. Bu durum, enerji taşıyan **yük taşıyıcılarının** sıcak uçtan soğuk uca doğru hareket etmesiyle gerçekleşir. Böylece devrede bir gerilim farkı ortaya çıkar. Bu fiziksel olaya **Seebeck etkisi**, bu etkiyi kullanarak ısıyı elektriğe dönüştüren aygıta ise **termoelektrik dönüştürücü (TEG)** adı verilir.

İki farklı metal veya yarı iletken malzemenin birleşim noktalarında sıcaklık farkı oluştuğunda, malzemeler arasında oluşan elektriksel potansiyel farkı :

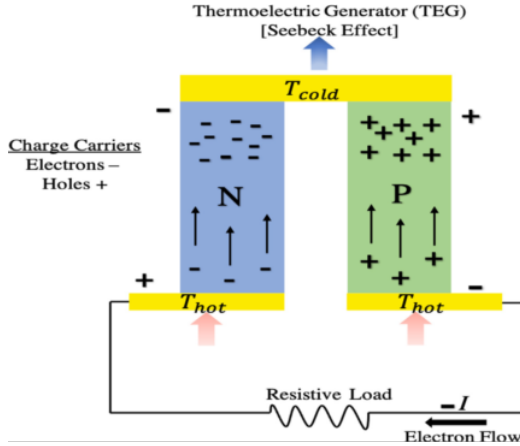
$$V = \int_{T_1}^{T_2} (S_A - S_B) dT$$

- V : Oluşan termoelektrik gerilim (Volt)
- S_A, S_B : İki malzemenin Seebeck katsayıları (V/K)
- T_1, T_2 : Malzemenin iki ucu arasındaki sıcaklıklar (K)
- ΔT : İki uç arasındaki sıcaklık farkıdır (Kelvin veya °C).

Malzemelerin Seebeck katsayıları, taşıyıcı tipine (elektron/delik), enerji bant yapısına ve sıcaklığa bağlıdır. İki farklı yarıiletkenin (n-tipi ve p-tipi) sıcaklık uçları arasında fark olduğunda, kapalı devrede elektrik akımı oluşur. Açık devrede bu, bir gerilim farkı (V) olarak ölçülür. Her bir malzeme için karakteristik bir **Seebeck katsayısı (S)** tanımlanır.



Şekil 3.2. Seebeck Olayı, Seebeck etkisi, elektriksel olarak iletken bir malzemenin iki noktası arasında sıcaklık farkı olduğunda oluşan elektromotor kuvvetidir (emk). Bu emk'ye Seebeck emk'si (veya termo/termal/termoelektrik emk) denir.



Şekil 3.3. Termoelektrik dönüştürücü yüklerin akış şeması ve akımın oluşması.

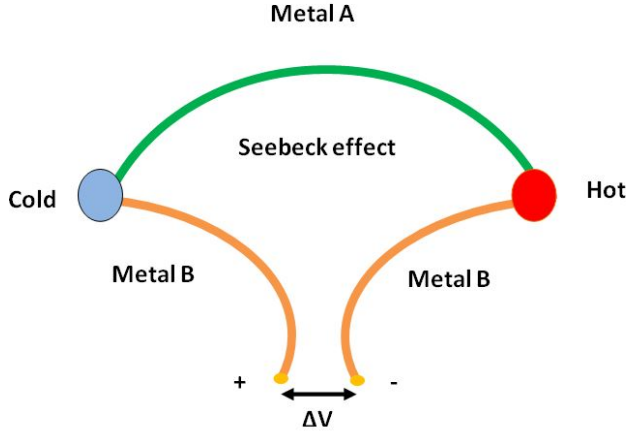
Seebeck etkisi sırasında, bir termal gradyan uygulanarak pile ısı verildiğinde, bu ısı enerjisi yarıiletken içerisindeki bazı elektronların enerji düzeylerini artırır. Yeterli enerji kazanan bu elektronlar, valans bandından iletim bandına geçerek serbest taşıyıcı hâline gelir. Bu süreç, kristal yapıda elektronların bulundukları yerlerin boşalmasına ve *deşik* (hole) adı verilen pozitif yük taşıyıcılarının oluşmasına neden olur.

Serbest hâle gelen elektronlar, N-tipi yarıiletken üzerinden hareket ederken;deşikler ise P-tipi yarıiletken içerisinde valans bandı boyunca bir taşıyıcı gibi yer değiştirir. Düşük enerjili elektronlar doğrudan serbest hareket edemezler, ancak valans bandında birdeşikten diğerine geçerek dolaylı taşıma sağlarlar. Bu mekanizma, yarıiletken içinde yük taşıyıcısı hareketini mümkün kılar.

Şekil 3.3' de gösterildiği gibi, sıcak uçtan soğuk uca doğru elektronlar N-tipi malzeme içinde,deşikler ise P-tipi malzeme içinde taşınır. Bu taşıyıcıların yönlü hareketi, dış devrede bir elektrik akımı oluşturur.

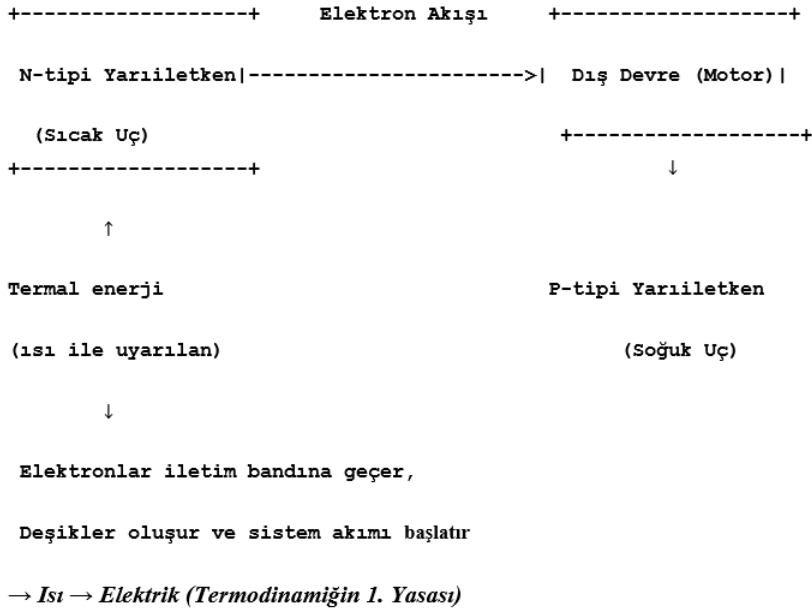
Oluşan bu akım bir yükü (örneğin pervane motorunu) çalıştırabilir. Devreyi tamamlayan elektronlar, soğuk uçta pile geri döner ve burada P-tipi yarıiletkenindeşikleriyle rekombinasyona girer. Rekombinasyon sırasında elektronlar, fazla enerjilerini ısı biçiminde ortama bırakır.

Pil uçları arasında bir sıcaklık farkı olduğu sürece, termal enerji sürekli olarak yük taşıyıcılarını hareket ettirir. Bu süreç, termal enerjinin elektrik enerjisine dönüşümünü sürdüren bir döngü oluşturur. Ancak, eğer pilin iki ucu arasında sıcaklık farkı kalmazsa, elektronlar artık enerjilerini kaybedemez ve P-tipi yarıiletkendekideşiklerle birleşemez. Bu durumda, taşıyıcı hareketi durur ve dış devrede akım oluşmaz. Sistem enerji üretimini durdurur.



Şekil.3.4. Seebeck etkisi şeması

Grafiksel Anlatım



Termodinamiğin Birinci Yasası (Enerjinin Korunumu)

Bir cisme veya sisteme verilen enerji, iç enerjideki değişimin ve yapılan işin toplamına eşittir

$$\Delta U = Q - W$$

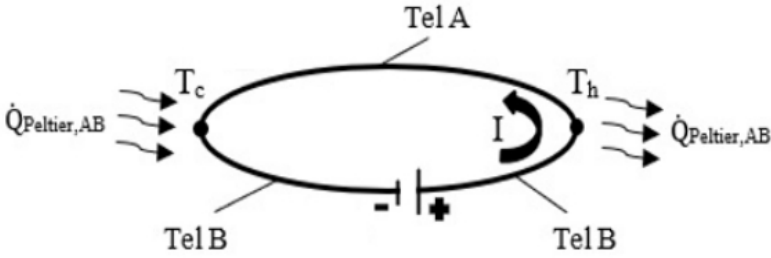
Bu yasa, enerjinin yoktan var edilemeyeceğini ve yok edilemeyeceğini belirtir. Termoelektrik sistemlerde, **ısı enerjisi elektrik enerjisine dönüştürülürken** bu yasa geçerlidir.

2.2. Peltier Etkisi

Peltier etkisi, yalnızca bir elektrik akımı uygulandığında ortaya çıkar. Bu etki, Fransız fizikçi tarafından 1834 yılında keşfedilmiştir. Farklı türdeki iki malzeme arasında bir elektrik akımı geçtiğinde, bağlantı noktalarında ısı alışverişi olur; yani bu noktalarda ısı soğurulabilir ya da açığa çıkabilir.

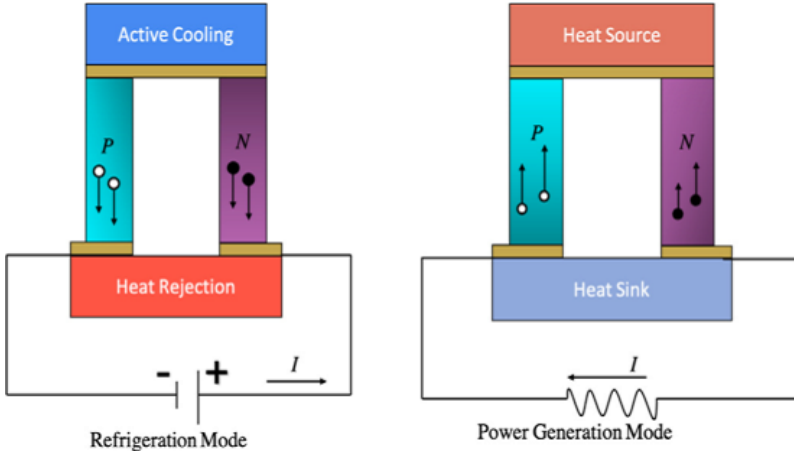
Bu durum, malzemelerin termal özelliklerine bağlıdır. Enerji dönüşümü sırasında enerjinin kullanılabilirliği azalır. Isı kendiliğinden yalnızca sıcak ortamdan soğuk ortama geçebilir. Ancak bu süreç **elektrik enerjisi kullanılarak tersine çevrilebilir** (örneğin: bir yüzeyi

soğutup diğerini ısıtmak = Peltier etkisi). N-tipi ve P-tipi yarıiletkenler, elektriksel olarak seri; termal olarak paralel bağlanarak bir modül oluşturulur.



Şekil 3.5. Peltier Etkisi

Şekil 3.5. 'de gösterildiği gibi devreye doğru akım (DC) uygulandığında, farklı türde iki iletkenin birleşim noktalarında ısıl değişim meydana gelir. Bir birleşim noktasında Q_{Peltier} kadar ısı açığa çıkarken (ısıtma), diğer birleşim noktasında $-Q_{\text{Peltier}}$ kadar ısı çekilir (soğutma). Bu ısı miktarı, devreden geçen akımın şiddetiyle doğru orantılıdır. Akım yönünün değiştirilmesi, sıcak ve soğuk uçların yerlerinin de değişmesine neden olur.



Şekil 3.6. Güç Üretimi ve Elektrikli Soğutma (Peltier Etkisi)

Peltier etkisi, ilk olarak 1834 yılında Charles Peltier tarafından gözlemlenmiş olup, Seebeck etkisinin ters yönlü bir olgusu olarak tanımlanır. Peltier katsayısı, uygulanan akımda ne kadar ısıtma veya soğutma elde edildiğinin bir ölçüsüdür. Etkinin büyüklüğü aşağıdaki ifade ile belirlenir:

$$\dot{Q}_{Peltier} = \pi_{AB} \cdot I$$

- $\dot{Q}$: Alınan veya verilen ısı (Joule)
- π_{AB} : Peltier katsayısı (V)
- I : Akım şiddeti (A)

Bu denklemde; π_{AB} Peltier katsayısıdır ve bu katsayı uygulanan DC akımdan ne kadar ısıtma ya da soğutma

elde edilebildiğinin bir ölçüsüdür. Peltier ısıtma ya da soğutma, ısı ve elektrik arasında tersinirdir.

→ *Elektrik* → *Isı* (Termodinamiğin 2. Yasasına uygun enerji dönüşümü)

Termodinamiğin İkinci Yasası

Isı kendiliğinden yalnızca sıcak ortamdan soğuk ortama geçebilir. Ancak bu süreç **elektrik enerjisi kullanılarak tersine çevrilebilir** (örneğin: bir yüzeyi soğutup diğerini ısıtmak = Peltier etkisi). Ayrıca sistemin **verimi hiçbir zaman %100 olamaz**, bu yasa bunu sınırlar.

2.1. Seebeck Etkisi Deneyi

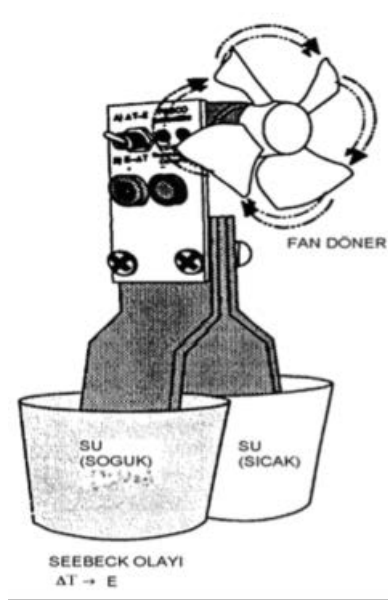
Kullanılan Araçlar ve Gereçler

- İki farklı iletken
- Voltmetre
- Isıtıcı ve buz banyosu (sıcaklık farkı yaratmak için)
- Termoelektrik dönüştürücü (Pasco model TD-8550A)
- Soğuk ve sıcak su kabı

- Bağlantı kabloları
- DC güç kaynağı
- Termometre

DENEYİN YAPILIŞI

1. Seebeck Olayını göstermek için anahtarı yukarı konuma ($\Delta T \rightarrow E$) getiriniz.
2. Pilin artı ve eksi uçları bir voltmetreye ya da küçük bir motora bağlanır.
3. Kaplardan birine soğuk diğerine ise sıcak su koyunuz.
4. Termoelektrik pilin bir yüzeyi sıcak su dolu bir kaba şekilde görüldüğü gibi yerleştirin
5. Diğer yüzeyi buzla dolu başka bir kaba yerleştirin.



Şekil 3.1a Seebeck Etkisi

Sıcak sudan gelen ısı enerjisinin bir bölümü, termoelektrik dönüştürücü yardımıyla elektrik enerjisine çevrilir ve bu enerjiyle pervane çalışmaya başlar.

Daha sonra, sıcak ve soğuk suyu daha büyük bir kaptan birleştirerek karıştırın. Termoelektrik modülün her iki ucu da aynı sıcaklıktaki bu suya batırıldığında pervanedeki hareketi gözlemleyin: Dönmeye devam ediyor mu, yoksa duruyor mu?

Bir sonraki aşamada, karıştırılmış suyun hâlâ kullanılabilir düzeyde ısı enerjisi içerdiğini göstermek amacıyla, dönüştürücünün bir ucunu bu karışık suya, diğer ucunu ise yalnızca buz içeren ayrı bir kaba yerleştirin ve oluşan sıcaklık farkının pervane üzerindeki etkisini gözlemleyin.



Şekil 3.1.b Seebeck Etkisi

Seebeck Etkisinin Kullanım Alanları

Seebeck etkisi, sıcaklık farkından elektriksel potansiyel farkı üretilmesi ilkesine dayandığından, birçok teknolojik ve endüstriyel uygulamada kullanılmaktadır:

1. **Termoelektrik Jeneratörler (TEG):** Atık ısıнын elektrik enerjisine dönüştürülmesinde kullanılır. Özellikle otomotiv endüstrisinde egzoz gazlarının ısınıı elektrik üretiminde değerlendirmek amacıyla uygulanmaktadır.
2. **Enerji Geri Kazanımı:** Fabrika, santral veya motor gibi sistemlerde ortaya çıkan atık ısıнын elektrik enerjisine dönüştürülmesi için termoelektrik sistemler kullanılmaktadır.
3. **Sensörler ve Ölçüm Cihazları:** Hassas sıcaklık ölçümü gereken alanlarda termoçiftler kullanılmaktadır. Termoçiftlerin çalışma prensibi Seebeck etkisine dayanmaktadır.
4. **Giyilebilir Elektronikler:** Vücut ısıısı ile çalışan düşük güçlü sensörler ve küçük cihazların enerji ihtiyacını karşılamak için araştırmalarda kullanılmaktadır.

SORULAR:

1. Ölçtüğünüz Seebeck katsayısı kaç $V/^{\circ}C$ olarak hesaplandı?

2. Termoelektrik dönüştürücüler hangi enerji dönüşümünü sağlar?
3. Termoelektrik dönüştürücünün verimliliğini artırmak için hangi malzeme özellikleri tercih edilmelidir?
4. Seebeck etkisi nedir? Formülünü yazınız.
5. Seebeck katsayısı nedir ve birimi nedir?
6. Deneyde elde edilen Seebeck katsayısı teorik değerden farklı çıktıysa nedeni ne olabilir?
7. Termoelektrik modüller neden soğutucu olarak kullanılır?

2.2. Peltier Deneyi (Elektrikle Soğutma/Isıtma)

Deneyin Amacı

Elektrik enerjisi kullanılarak termoelektrik modülün yüzeyleri arasında sıcaklık farkı oluşturulmasını gözlemlemek ve Peltier etkisini incelemek.

Kullanılacak Malzemeler

- Termoelektrik modül (Peltier elemanı)
- Doğru akım (DC) güç kaynağı

- İki adet termometre (veya dijital sıcaklık sensörü)
- Metal bloklar (ısı transferini artırmak için)
- Küçük fan (gerektiğinde)
- Bağlantı kabloları

DENEYİN YAPILIŞI

1. Termoelektrik modülün uçlarını doğru polaritede olacak şekilde DC güç kaynağına bağlayınız.
2. Güç kaynağından akımı veriniz.
3. Modülün her iki yüzeyine termometre yerleştiriniz.
4. Sıcaklık artışı görülen ve sıcaklık düşüşü görülen yüzeyleri gözlemleyip kaydediniz.
5. Ölçümlerin daha sağlıklı olması için yüzeylere metal blok ekleyiniz veya küçük fan kullanınız.
6. Daha sonra güç kaynağındaki akımın yönünü değiştiriniz
7. Akım yönü değiştiğinde yüzeylerdeki sıcaklık değişimlerini tekrar ölçünüz ve kaydediniz.

Peltier Etkisinin Günlük Hayattaki Kullanım Alanları

1. Taşınabilir mini buzdolapları
2. Araç içi içecek soğutucuları ve ısıtıcılar
3. Elektronik cihazların soğutulması (bilgisayar işlemcileri, lazerler, hassas cihazlar)
4. Tıbbi cihazlarda küçük hacimli soğutma sistemleri
5. Isıtmalı/soğutmalı koltuk ve oturma minderleri

SORULAR

1. Deney sırasında termoelektrik modülün iki yüzeyinde ne tür sıcaklık değişimleri gözlemlediniz?
2. Modülün bir yüzeyi ısınırken diğer yüzeyinin soğumasını nasıl açıklarsınız?
3. Akım yönü değiştirildiğinde yüzeylerde ne gibi değişiklikler oldu? Gözlemlerinizi ayrıntılı olarak yazınız.
4. Elektrik enerjisinin bu deneyde nasıl bir enerji dönüşümü sağladığını açıklayınız.

5. Ölçtüğünüz sıcaklık farkları beklediğiniz sonuçlarla karşılaştırıldığında nasıl bir yorum yapabilirsiniz?
6. Metal blok veya fan kullandığınızda sıcaklık değişimlerinde ne gibi farklılıklar gözlemlediniz?
7. Günlük hayatta Peltier etkisinin kullanıldığı bir örnek veriniz ve bu örneği deney sonuçlarınızla ilişkilendiriniz.
8. Deneyden elde ettiğiniz sonuçlar, termoelektrik dönüştürücülerin çalışma mantığı hakkında size hangi fikirleri verdi?

Tablo 3.1. Örnek Peltier Etkisi Ölçümleri Tablosu

Zaman (dk)	Sıcak Yüzey (°C)	Soğuk Yüzey (°C)	ΔT (°C)
0	25	25	0
1	33	21	12
2	39	19	20
5	47	16	31

DENEY 4

ÇEŞİTLİ MADDELERİN ISI İLETKENLİK KATSAYISININ BELİRLENMESİ

Amaç: Bu deneyin amacı, farklı malzemelerden yapılmış levhaların ısı iletim özelliklerini incelemek ve ısı iletkenlik katsayısı (κ) değerini deneysel olarak hesaplamaktır.

GİRİŞ

Isı, bir cismin yapıtaşlarını oluşturan atom ve moleküllerin ortalama kinetik enerjisine bağlı bir büyüklüktür. Parçacıkların titreşim ve hareket hızları arttıkça, cismin sahip olduğu ısı enerjisi de artar. Isı, her zaman yüksek sıcaklıktan düşük sıcaklığa doğru yayılır ve bu süreç üç temel mekanizma ile gerçekleşir: iletim, taşınım (konveksiyon) ve ışıınım.

Katı maddelerde ısı aktarımı genellikle iletim yoluyla gerçekleşir. Bu durumda yüksek sıcaklıktaki atomların titreşim enerjisi, yakınındaki atomlara aktarılır ve böylece enerji malzeme boyunca yayılır. Sıvı ve

gazlarda ise ısı, moleküllerin yer değiştirmesiyle yani konveksiyon ile taşınır. Ayrıca, sıcaklığı mutlak sıfırın üzerinde olan her cisim elektromanyetik dalgalar yayarak çevresine enerji iletir; bu mekanizma ışıınım olarak adlandırılır.

Bu deneyde odaklanılan konu ısı iletimidir. Isı iletimi, katı bir ortamda sıcak bölgelerden soğuk bölgelere enerji aktarımı olarak tanımlanır.

TEORİK TEMEL

Isı iletkenlik (termal iletkenlik), bir malzemenin ısıyı iletme yeteneğini tanımlayan fiziksel bir özelliktir ve κ harfi ile gösterilir. Termal iletkenlik katsayısının birimi $\text{Cal}(\text{cm}^{-1}\text{s}^{-1} \text{ K}^{-1})$ 'dir. İletim süreci, Fourier Kanunu ile açıklanır. İletim yoluyla ısıнын yayılmasında, bir yüzeyi T_1 diğer yüzeyi T_2 sıcaklığında tutulan h kalınlığındaki bir levhanın sıcak tarafından soğuk tarafına Δt sürede geçen ısı miktarı;

$$\Delta Q = \frac{\kappa A (T_2 - T_1)}{h} \quad (1)$$

ile verilir. Burada Q iletilen ısı miktarını (Cal), A ısı akışına dik kesit alanını (cm^2), κ , levhanın yapıldığı

malzemenin ısı iletkenlik katsayısını gösterir ve malzemenin ısıyı iletme yeteneği hakkında bilgi verir. κ değeri yüksekse malzeme iyi bir ısı iletkenidir; düşükse malzeme iyi bir ısı yalıtkanıdır.

$$\kappa = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \frac{h}{A \Delta T} \quad (2)$$

Burada $\frac{\Delta Q}{\Delta t}$ ısısal iletim hızı ve $\Delta T = (T_2 - T_1)$ dir.

Buzun erimesi sırasında aldığı ısı miktarı:

$$\Delta Q = mL \quad (3)$$

şeklindedir. Burada L , buzun erime gizli ısıdır (yaklaşık 80 cal/g). Başka bir deyişle, buzun her 1 gramı eriyebilmesi için 80 kalori ısı almalıdır. Denklemin her iki tarafı zamana (Δt) ye bölünürse:

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{m L}{\Delta t} = R_0 L \quad (4)$$

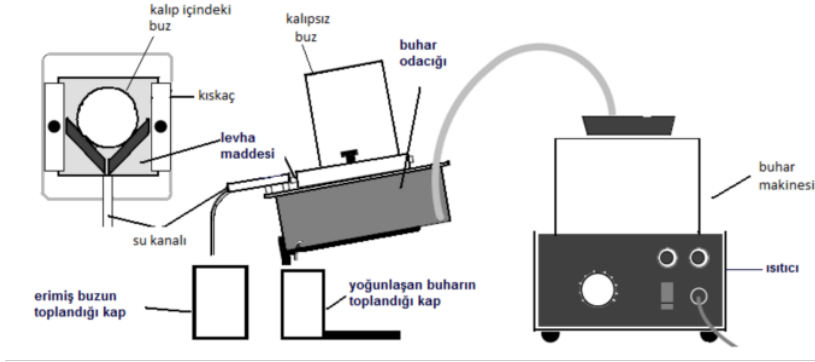
elde edilir. Buradaki $\frac{m}{\Delta t}$; buzun erime hızını verir (R_0).

$$\kappa = R_0 L \frac{h}{A \Delta t} \quad (5)$$

Buradan yola çıkarak κ iletkenlik katsayısı hesaplanır:

Deneyde Kullanılan Araç ve Gereçler:

1. Isısal iletkenlik katsayısı ölçüm aleti (Pasco TD- 8556).
2. Buhar makinesi (Pasco TD- 8556A).
3. Silindirik bir kalıpta dondurulmuş buz.
4. Erimiş buzun toplandığı kap.
5. Yoğunlaşan buharın toplandığı kap.
6. Çeşitli Maddeler: Tahta, mika, cam, alçı vb.
7. Kronometre ve hassas terazi



Şekil 4.1. Deney düzeneğinin şematik gösterimi.

DENEYİN YAPILIŞI

1. Silindirik bir kalıp içerisine saf su doldurulur ve dondurularak buz elde edilir. Saf suyun kullanılması, yüzeylerde tortu oluşumunu engellediğinden tercih edilmektedir.
2. Su donarken kalıbın kapağı kapatılmaz. Donma işlemi tamamlandıktan sonra buz kalıptan kolayca çıkarabilmek için kalıp kısa bir süre oda sıcaklığında bekletilir.
3. Deneyde kullanılacak levhanın kalınlığı ölçülerek h değeri kaydedilir.
4. Levha, Şekil 4.1’de görüldüğü şekilde buhar odacığının üzerine yerleştirilir ve sabitlenir.
5. Buz, kalıptan çıkarılmadan önce levhanın üzerine konur ve yaklaşık 1-2 dakika bekletilerek yüzeyle tam temas etmesi sağlanır.
6. Ardından buz kalıptan çıkarılır, çapı ölçülür ve d_1 olarak kaydedilir.
7. Buhar odacığı bu aşamada henüz buhar kaynağına bağlanmaz. Oda sıcaklığında, yaklaşık

5 dakika boyunca buzun erimesine izin verilir. Eriyen su toplanır, kütlesi tartılır (m_1) ve süre t ile birlikte tabloya kaydedilir.

8. Daha sonra buhar odacığı, plastik boru yardımıyla önceden 10-15 dakika çalıştırılmış buhar makinesine bağlanır. Böylece odacığa sıcak buhar gelmeye başlar.
9. Buhar, levhayı ısıtır ve levha aracılığıyla buza enerji aktarımı gerçekleşir. Bu sayede buzun erimesi hızlanır.
10. Aynı süre boyunca (yaklaşık 5 dakika) bu işlem sürdürülür. Eriyen buzdan elde edilen su, özel kanallar yardımıyla toplanır, hassas teraziyle kütlesi (m) tartılır ve bu kütle m_2 olarak tabloya kaydedilir.
11. Erime sonrası buzun çapı tekrar ölçülerek d_2 olarak Tablo 1 e kaydedilir.
12. Ölçülen veriler kullanılarak buzun erime hızı ($R_0 = m / \Delta t$) hesaplanır.

13. Aynı işlem diğer malzeme levhaları için de uygulanır.

κ İletkenlik Katsayısının Hesaplanması:

Odacığın buhar makinesine bağlanmadan önceki(R_1) ve sonraki(R_2) buzun erime hızı,

$$R_1 = m_1 / t$$

$$R_2 = m_2 / t$$

bağıntılarıyla hesaplanır.

$$R_0 = R_2 - R_1$$

ise sadece buza geçen ΔQ ısısı nedeniyle buzun erime hızını verir. Ayrıca

$$A = \pi r^2$$

den buzun levhayla etkileştiği alan hesaplanır. Burada r buzun ortalama yarıçapıdır. Bulunan değerler (5) bağıntısında yerine yazılarak verilen maddeler için κ ayrı ayrı hesaplanır.

Tablo 4.1. Ölçüm Sonuçları

	h(cm)	d ₁ (cm)	d ₂ (cm)	$\Delta t(s)$	m ₁ (g)	m ₂ (g)	d _{ort} (cm)	A(cm ²)	R ₁	R ₂	R ₀	$\kappa(\text{Calcm}^{-1}\text{s}^{-1}\text{K}^{-1})$
Tahta												
Mika												

Burada h: levha kalınlığını; d₁: ilk çapı, d₂: son çapı, t: erime süresini, m₁: oda sıcaklığında eriyen buz kütleini, m₂: buhar ile eriyen buz kütleini göstermektedir.

Değerlendirme Soruları

1. Isı iletkenlik katsayısı (κ) nedir ve fiziksel olarak neyi ifade eder?
2. Bir malzemenin iyi bir ısı iletkeni veya iyi bir yalıtkan olduğunu nasıl anlarsınız? Açıklayınız!
3. Deney düzeneğinde neden buz kullanılmıştır? Başka bir madde kullanılabilir miydi?
4. Buhar odacığının sıcaklığının 100 °C'de sabit tutulmasının deney için önemi nedir?
5. Oda sıcaklığında buzun bir miktar erimesi deney sonuçlarını nasıl etkiler?
6. Ölçümlerde buz kütleinin ve çapının alınmasının amacı nedir?

7. Deney sırasında oluşabilecek sistematik hatalara örnek veriniz.
8. Elde ettiğiniz sonuçları tabloya kaydettikten sonra, farklı levhalar için κ değerlerini karşılaştırınız. Hangi malzeme daha iyi bir iletkendir, hangisi daha iyi bir yalıtıcıdır?
9. Günlük yaşamda ısı iletkenliği düşük ve yüksek olan malzemelere örnekler veriniz.
10. Isı iletkenlik katsayısının mühendislik ve teknolojiadaki kullanım alanlarını açıklayınız.

DENEY 5

ISININ ELEKTRİKSEL EŞDEĞERİ

Amaç: Elektrik enerjisinin ısıya dönüşümünü incelemek ve bu yolla **ısının elektriksel eşdeğerini (J_e)** deneysel olarak hesaplamak. Ayrıca, akkor lambanın yaydığı ışık enerjisiyle suya aktarılan ısı enerjisi karşılaştırılarak **lambanın verimi** belirlenecektir.



Şekil 5.1. Deney Düzenegi

GİRİŞ

Isı ve enerji, termodinamiğin temel taşlarını oluşturan iki önemli kavramdır. Günlük yaşamda karşılaşılan pek çok fiziksel süreç, enerjinin farklı biçimlere dönüşümüyle açıklanır. Bu dönüşümlerden biri de elektrik enerjisinin ısı enerjisine dönüşmesidir ve Joule yasaları ile tanımlanır. Bir elektrik devresinden geçen akımın direnç üzerinde harcadığı enerji, ısıya dönüşerek çevreye aktarılır. Bu olgu, hem enerji dönüşümlerinin anlaşılmasında hem de elektriksel ölçümlerin ısı süreçlerle ilişkilendirilmesinde önemli bir deneysel yöntem sağlar.

Sıcaklık, bir sistemin ortalama moleküler kinetik enerjisinin bir ölçüsüdür ve Celsius, Kelvin, Fahrenheit gibi ölçeklerle ifade edilir. Isı ise, sıcaklık farkından dolayı bir sistemden diğerine aktarılan enerjidir ve genellikle kalori birimiyle tanımlanır. 1 gram suyun sıcaklığını 1 °C artırmak için gerekli enerji 1 kalori olup yaklaşık 4,18 joule değerine eşittir. Bu ilişki, ısıнын elektriksel eşdeğerinin belirlenmesinde temel bir referans noktasıdır.

Termodinamiğin yasaları da bu bağlamda önemlidir:

- **Sıfırıncı Yasa:** Isıl dengedeki iki sistemin üçüncü bir sistemle de dengede olması, bu sistemlerin sıcaklıklarının eşit olduğunu gösterir.
- **Birinci Yasa:** Bir sistemin iç enerjisindeki değişim, sisteme verilen ısı ile sistemin yaptığı iş arasındaki farkla belirlenir.

“Isının Elektriksel Eşdeğeri” deneyi, elektrik enerjisi ile ısı enerjisi arasındaki bağıntıyı ortaya koymayı ve bu dönüşümü sayısal olarak doğrulamayı amaçlar. Deneyde kalorimetre kabı, su ve rezistans yardımıyla sisteme verilen elektrik enerjisinin, sıcaklık artışıyla birlikte ısıya nasıl dönüştüğü gözlemlenir. Ayrıca deney iki aşamalı olarak gerçekleştirilir:

1. **Mürekkepli su:** Görünür ışık soğurularak elektrik enerjisinin yalnızca ısıya dönüşümü incelenir.
2. **Mürekkepsiz su:** Görünür ışığın bir kısmı dışarı çıkmasına izin verilerek, elektrik enerjisinin hem

ısıya hem ışığa dönüşümü karşılaştırılır ve böylece lambanın verimi hesaplanır.

Bu sayede, enerjinin korunumu ilkesi deneysel olarak doğrulanırken elektriksel büyüklüklerle ısıl değişkenler arasındaki ilişki de nicel olarak incelenmiş olur.

TEORİK TEMEL

Elektrik enerjisi ile ısı enerjisi arasındaki ilişki ilk olarak 19. yüzyılda James Prescott Joule tarafından yapılan deneylerle ortaya konmuştur. Joule, elektrik akımının bir iletken den geçerken ısı ürettiğini ve bu ısının akımın karesi ile doğru orantılı olduğunu göstermiştir. Bu bulgu, daha sonra “Joule Yasası” olarak adlandırılmış ve ısı-enerji dönüşümlerinin nicel olarak ifade edilmesine olanak sağlamıştır.

Sıcaklık, bir sistemin moleküllerinin ortalama kinetik enerjisinin ölçüsüdür. Isı ise sıcaklık farkı nedeniyle aktarılan enerjidir. 1 g suyun sıcaklığını 1 °C artırmak için yaklaşık 1 cal (= 4,18 J) enerji gerekir.

Bir dirençten geçen elektrik akımı tarafından harcanan güç,

$$P = VI = \frac{E}{t}$$

bağıntısıyla verilir. Burada I akım, t , akımın direnç üzerinden geçtiği süre, V ise direnç uçları arasındaki potansiyel farktır. Güç, zamanla çarpıldığında harcanan elektrik enerjisi elde edilir:

$$E = Pt = V I t$$

Deneyde, elektrik enerjisi kalorimetre içindeki suyu ısıtmak için kullanılır. Su ve kalorimetre kabı tarafından soğurulan ısı miktarı ise, sıcaklık değişimi göz önünde bulundurularak şu şekilde ifade edilir:

$$Q = Mc\Delta T$$

Isının elektriksel eşdeğeri, $J_e(\text{cal} \leftrightarrow \text{J})$ dönüşümü deneysel oran):

$$J_e = \frac{E}{Q} \left[\frac{\text{J}}{\text{cal}} \right]$$

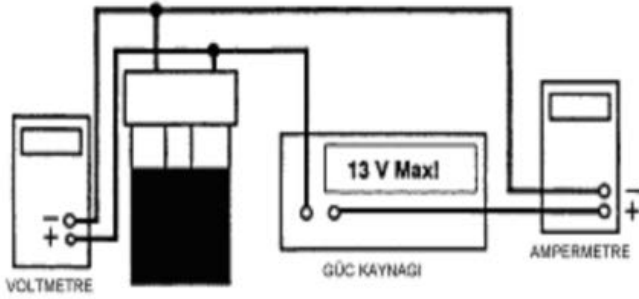
Bu bağıntı, farklı enerji türleri arasındaki dönüşümü sayısal olarak ifade eder ve enerjinin korunumu ilkesini doğrular.

İkinci aşamada akkor lambanın verimi ölçülecektir. Bu aşamada elektriksel enerjinin bir kısmı ışık olarak açığa

çkar. Deneyin bu aşamasında suyun içine mürekkep damlatılmayacaktır. Böylece, lambadan yayılan termal enerji ile kızılötesi (IR) radyasyon su tarafından soğurulacak, fakat görünür (beyaz) ışık soğurulmadan su kabından dışarı çıkacaktır.

Deneyde Kullanılacak Araç-Gereçler:

- 12 V, 12 A ayarlı DC güç kaynağı
- 35 W akkor lamba
- Voltmetre
- Ampermetre
- Termometre
- Kronometre
- Kalorimetre kabı
- Beher ve şeffaf bardak
- Damlalık ve mürekkep (8-10 damla)



Şekil 5.2. Kurulan düzeneğin şematik devre gösterimi.

Dikkat - Güvenlik ve Uygulama Notları

1. Akkor lambaya **13 V** üstü gerilim uygulanmamalıdır (nominal 12 V ile çalışın).
2. Lamba **önce suya daldırılmalı**, ardından enerjilendirilmelidir. Suda değilken yakmayın.
3. Kap taşmayacak şekilde doldurun; lamba camına ani sıcaklık şoku uygulamayın.
4. Ölçümlerde **dijital V-I ölçümü** yapın; değerlerde sapma olursa ortalama alınız.
5. Suyun kütlesini **terazi ile** belirleyin (beher+su brüt, beher dara).

DENEYİN YAPILIŞI

5.I. Aşama - Isının Elektriksel Eşdeğeri (Mürekkep ile)

1. Oda sıcaklığını ölçüp kaydediniz.
2. Beher ile ölçülmüş bir miktar suya yaklaşık **10 damla mürekkep** ekleyiniz. Toplam kütleyi ($M_{\text{toplam}} = M_{\text{su}} + M_{\text{mürekkep}}$) belirleyiniz.
3. Mürekkepli suyu kalorimetre kabına yerleştiriniz. Böylece görünür ışığın kaçıışı engellenmiş olacaktır.
4. Deney devresini Şekil 5.3'deki gibi kurunuz: Ampermetre seri, voltmetre lamba üzerine paralel bağlanacaktır. Güç kaynağını 12 V'a ayarlayınız (13 V'u geçmeyiniz).
5. Termometreyi kalorimetreye yerleştiriniz ve ilk sıcaklığı (T_i) kaydediniz.
6. Güç kaynağını açınız. Referans zamanı belirlemek için saat tutulur ve güç kaynağını **20 dakika** boyunca açık bırakın. Bu süre içinde

devreden geçen **akım (I)** ve direnç uçlarındaki **potansiyel farkı (V)** ölçerek not ediniz.

7. Voltaj (V_i) ve akımı (I_i) ölçerek kaydediniz. Deney boyunca bu değerlerde değişim olup olmadığını kontrol ediniz.

o Eğer ölçümler sabit kalmazsa ortalama değerleri hesaplayınız:

$$V_{ort} = \frac{V_1 + V_2}{2}$$

$$I_{ort} = \frac{I_1 + I_2}{2}$$

8. Su sıcaklığı, başlangıçtaki fark kadar oda sıcaklığının üstüne çıkıncaya kadar ölçmeye devam ediniz. Bu sıcaklığa ulaştığınızda güç kaynağını kapatınız.

9. Termometre en yüksek değere ulaşip tekrar düşmeye başladığı sıcaklığı da T_s olarak kaydediniz ve sıcaklık değişimini hesaplayınız:

$$\Delta T = T_s - T_i$$

10. Elektrik enerjisini (E), suyun kazandığı ısıyı (Q) ve ısının elektriksel eşdeğerini (J_e) hesaplayınız.

11. Bulduğunuz J değerini teorik değerle (4.18 J/cal) karşılaştırarak yüzde hatayı belirleyiniz.
12. Deney tamamlandığında kalorimetre kabındaki su boşaltılır ve düzenek temizlenir.

Değerlendirme Soruları

1. Joule deneyi hangi temel fizik yasasını doğrulamaktadır?
2. Deneyde elde edilen J değeriniz teorik değerden farklı çıktıysa, bu farkın nedenlerini açıklayınız.
3. Elektrik enerjisinin ısıya dönüşümünde, ısı kayıplarını en aza indirmek için nasıl önlemler alınabilir?
4. Deneyde kullanılan kalorimetre kabının su cinsinden değeri (W) neden hesaplamalara dahil edilmiştir?
5. Ölçümlerde kullanılan aletlerin (termometre, ampermetre, voltmetre) hassasiyetinin sonuçlara etkisi nedir?
6. Günlük yaşamda elektrik enerjisinin ısıya dönüşümüne örnekler veriniz.

7. Eğer deney süresi 20 dakika yerine 10 dakika olsaydı, ΔT nasıl değişirdi? Açıklayınız.
8. Deneyin yapılışı sırasında çevresel faktörler (hava akımı, ortam sıcaklığı vb.) sonuçları nasıl etkileyebilir?

Isının elektriksel eşdeğeri $J_e(\text{cal} \leftrightarrow \text{J})$ dönüşümü deneysel oran):

$$J_e = \frac{E}{Q} \left[\frac{\text{J}}{\text{cal}} \right]$$

ifadesinden bulunacak ve bulunan değer, teorik değer olan 4,18 J/cal ile karşılaştırılır ve yüzde hata şu şekilde hesaplanır:

$$\%Hata = \left| \frac{J_{e\text{Teorik}} - J_{e\text{Deneysel}}}{J_{e\text{Teorik}}} \right| \times 100$$

1 gr suyun sıcaklığını 1 °C yükseltmek için gerekli olan enerji 1 kaloridir (1 cal $\approx$ 4,18 J)

II. Aşama-Isının Elektriksel Eşdeğeri – Mürekkepsiz Su ile (Kalorimetre Kabı Olmadan)

Amaç

Deney 5.1' de uygulanan düzeneği, suya mürekkep katmadan ve kalorimetre kabı kullanmadan tekrar

ederek, görünür ışığın sudan tamamen çıkması sağlandığında ölçülen enerji akışlarını incelemek ve elde edilen sonuçların Isının Elektriksel Eşdeğeri (Je) hesaplamasına etkilerini değerlendirmek.

Elektriksel enerji bir kısmı ışık enerjisine, bir kısmı ise ısı enerjisine dönüşür. Deney düzeneğinde lambadan çıkan ışığın bir kısmı görünür spektrumda, bir kısmı ise kızılötesi (IR) spektrumda bulunabilir. Görünür ışık tamamen dışarı çıksa da, su IR radyasyonunu soğurur ve bu enerji ısıya dönüşerek Q' değerini artırır.

Işık verimi: Toplam elektrik enerjisinden, su tarafından soğurulan ısı miktarı çıkarıldığında geriye kalan kısım, yaklaşık olarak görünür ışık (ve ihmal edilen diğer kayıplar) kabul edilir. Bu durumda:

$$E_{ışık} = E - Q_{su}$$

(Bu yaklaşımda kızılötesi (IR) ışıının su tarafından soğurulduğu, görünür ışığın ise kaptan çıktığı varsayılır)

DENEYİN YAPILIŞI

Deney 5.1'deki deneyi suya mürekkep katmadan kalorimetre kabını kullanmadan tekrarlayınız.

Eğer suya mürekkep konulmuş olsaydı görünür ışığın sudaki Emilimi artar; fakat mürekkepsiz su kullanıldığında görünür bileşenin sudan kaçma olasılığı artar. Bu durum, ölçülen Q' değerini azaltır (çünkü daha az görünür ışık su tarafından ısıya dönüşür) ve dolayısıyla hesaplanan J_e değeri etkilenir.

$$Q' = Mc\Delta T$$

$$\%Verim = \frac{(E' - Q'xJ_e)}{E} \times 100$$

Buradaki Q' : suya aktarılan ısı miktarını; E' : Lambaya verilen elektrik enerjisini vermektedir.

Veri Toplama Tabloları

Tablo 5.1. Aşama I (Mürekkepli Su, Kalorimetrelili)

Beher Dara (g)	Beher+Su (g)	M_{su} (g)	T_i (°C)	T_s (°C)	ΔT (°C)	V (V)	I (A)	t(s)

Tablo 5.2. Aşama II (Mürekkepsiz, Kalorimetresiz)

Beher Dara (g)	Beher+Su (g)	M'_{su} (g)	T_i '(°C)	T_s' (°C)	$\Delta T'$ (°C)	V' (V)	I' (A)	t'(s)

Tartışma ve Rapor Soruları

1. Mürekkepli su görünür ışığı tamamen soğuramazsa Je değeri nasıl sapar?
2. Kalorimetre kabı ile oda arasında ısı alışverişi Q' yu nasıl etkiler? İşaretini ve mertebesini tartışın.
3. Mürekkep kullanılmadığında görünür ışığın sudan çıkması sağlanır. Bu durum, deneyde ölçülen Q' değerini nasıl etkiler? Açıklayınız!

4. Mürekkepsiz deneyde suyun IR radyasyonunu soğurması Q' üzerinde hangi yönde bir etki yapar? Neden?
5. Kalorimetre kabının kullanılmaması çevreyle ısı alışverişini artırır. Bu etki deney sonuçlarında nasıl bir belirsizlik veya hata kaynağı oluşturur?
6. Mürekkepsiz yapılan deney sonuçlarını, mürekkepli suyla yapılan deney sonuçlarıyla karşılaştırdığınızda hangi farklılıkları gözlemlemeniz beklenir?
7. Deneyin verim hesabında, görünür ışığın tamamen sudan çıkabilmesinin nasıl bir rolü vardır? Açıklayınız.
8. Görünür ışığın tamamının kaptan çıktığı, IR'nin ise su tarafından soğurulduğu varsayımının sınırlılıkları nelerdir?

Rapor Teslim Şablonu (Öneri)

- Başlık, Amaç, Düzenegin Şeması (el çizimi kabul)

- Ham Veriler: Tablo 5.1-5.2 (en az 2 tekrar önerilir)
- Hesaplamalar: Q , E , J_e , % Hata, Eışık(örnek hesap adımıyla)

DENEY 6

ISININ MEKANİK EŞDEĞERİ

Amaç

Mekanik işin sürtünme yoluyla ısıya dönüşümünü gözlemleyerek ısı enerjisi ile mekanik enerji arasındaki ilişkiyi ortaya koymak ve kalori ile joule arasındaki dönüşüm katsayısı olan Isının Mekanik Eşdeğerini deneysel olarak belirlemektir ($1 \text{ cal} \approx 4,186 \text{ J}$)

GİRİŞ

Enerji dönüşümleri, termodinamiğin temel konularından biridir. Enerjinin korunumu yasasına göre, bir sistemde yapılan iş tamamen ısıya dönüştüğünde, ortaya çıkan ısısal enerji yapılan işe eşdeğer olmalıdır. Ancak iş joule, ısı ise kalori cinsinden ifade edildiğinden, bu iki büyüklük arasında doğrudan bir eşitlik kurulamaz. Bu nedenle, joule ve kalori arasındaki dönüşüm katsayısı “Isının Mekanik Eşdeğeri” olarak tanımlanmıştır.

Isının mekanik eşdeğeri kavramı ilk kez 19. yüzyılda James Prescott Joule tarafından sistematik deneylerle ortaya konmuş ve yaklaşık olarak $1 \text{ cal} = 4.186 \text{ J}$ değeri bulunmuştur. Bu sonuç, enerjinin korunumu ilkesinin deneysel bir kanıtı olarak termodinamiğin gelişiminde kritik rol oynamıştır.

Bu çalışmada, PASCO TD-8551A cihazı kullanılarak mekanik işin sürtünme yoluyla ısıya dönüşümü incelenecektir. Alüminyum silindir üzerine sarılan ip ve bağlı ağırlık sayesinde uygulanan tork, silindirin sıcaklığını artırır. Silindire yerleştirilen termistör yardımıyla sıcaklık değişimi hassas bir şekilde ölçülür. Böylece yapılan iş ile açığa çıkan ısı karşılaştırılarak ısının mekanik eşdeğeri deneysel olarak belirlenecektir.

TEORİK TEMEL

Isının mekanik eşdeğeri, belirli bir miktar işin ısıya dönüşüm oranını tanımlayan bir katsayıdır. Enerjinin korunumu ilkesine göre yapılan işin (W) tamamı ısı enerjisine (Q) dönüşüyorsa, bu iki büyüklük arasındaki ilişki şu şekilde ifade edilir:

$$J = W/Q$$

Burada: W : yapılan mekanik iş (joule), Q : ortaya çıkan ısı enerjisi (calorie) ve J : ısıнын mekanik eşdeğeri (J/cal) değerini temsil eder.

Mekanik İşin Hesaplanması

Deney düzeneğinde, alüminyum silindirin üzerine sarılan ip ve bağlı ağırlık aracılığıyla silindire bir tork uygulanır. Silindir n kez döndürüldüğünde yapılan iş:

$$W = 2\pi n \cdot \tau$$

şeklinde yazılır. Burada τ (tork), ipteki gerilme kuvveti ($F = mg$) ile silindirin yarıçapı (r) çarpımıdır:

$$\tau = F \cdot r = mgr$$

Dolayısıyla:

$$W = 2\pi n mgr$$

elde edilir.

Isı Enerjisinin Hesaplanması

Silindirin sıcaklığındaki artış, ona aktarılan ısı enerjisini gösterir. Eğer silindirin kütlesi m , özgül ısısı c , gözlenen sıcaklık değişimi ise ΔT ise:

$$Q = mc\Delta T$$

ile ifade edilir.

Deneyde sıcaklık artışı **termistör** yardımıyla ölçülür. Termistörün direnci sıcaklığa bağlı olarak değiştiği için, ölçülen direnç değerleri uygun kalibrasyon tablosu yardımıyla sıcaklığa dönüştürülür.

Isının Mekanik Eşdeğerinin Belirlenmesi

Son olarak, yapılan iş ile ortaya çıkan ısı oranlanarak:

$$J=W/Q=2\pi n mgr/mc\Delta T$$

şeklinde ısıнын mekanik eşdeğeri hesaplanır. Teorik olarak bu değerin **yaklaşık 4,186 J/cal** çıkması beklenir.

Kullanılan Malzemeler

1. **TD-8551A Isının Mekanik Eşdeğeri cihazı**
2. **Termistör** (silindirin içine yerleştirilmiş, sıcaklık ölçümü için)
3. **Sayısal ohm metre** (termistör direncini ölçmek için)
4. **Alüminyum silindir** (ısının depolandığı ana parça)

5. **Naylon ip** (silindire sarılacak, ucu kütleye bağlanacak)
6. **6100 g kütle** (ipe bağlanacak ağırlık)
7. **Kurşun kalem tozu** (ipin silindir üzerinde daha rahat kayması için)
8. **Dönme sayacı** (n çevrim sayısını ölçmek için)
9. **Masa kelepçesi** (düzeneği masaya sabitlemek için)

DENEYİN YAPILIŞI

1. Cihazı yatay ve sağlam bir şekilde masanın kenarına sabitleyiniz.
2. Ohm metrenin uçlarını cihaz üzerindeki fişlere bağlayınız ve uygun ölçüm skalasını seçiniz.
3. Alüminyum silindirin üzerine bir miktar kurşun kalem tozu serpiniz.
4. Naylon ipin bir ucunu 6100 g'lık kütleye, diğer ucunu silindir etrafına 4-6 kez sarınız.

- o Dikkat: Kütle, yerdeyken ip silindire sarıldığında yaklaşık **3 cm yükselebilecek** şekilde ayarlanmalıdır.
5. Sayaçtaki siyah düğmeyi çevirerek sayacı sıfırlayınız.
 6. Silindirin başlangıç direncini ölçünüz, uygun tablodan sıcaklık değerini bulunuz ve **Ti** olarak kaydediniz.
 7. Kol çevrilmeye başlanır. Dönüş sayısını sayaçtan takip ediniz ve **n** değerini kaydediniz.
 8. Yeterli dönüşten sonra kolu durdurunuz. Silindirin yeni direncini ölçüp sıcaklığa çeviriniz ve **Ts** olarak kaydediniz.

Hesaplamalar

- Yapılan iş (W):

$$W = \tau \cdot \theta = mgr(2\pi n)$$

Burada:

m = ipe bağlı kütle (kg)

g = yerçekimi ivmesi (9,81 m/s²)

r = silindir yarıçapı (m)

n = dönüş sayısı

- **Üretilen ısı (Q):**

$$Q=mc(T_s-T_i)$$

Burada:

m = alüminyum silindirin kütlesi (g)

c = alüminyumun özgül ısısı (0,220 cal/g °C)

T_i = başlangıç sıcaklığı (°C)

T_s = son sıcaklık (°C)

Soru

Isı, sıcaklık ve özgül ısı kavramlarını tanımlayınız.

Kaynaklar

Ç.Ü. FEF Fizik Bölümü Termodinamik Laboratuvarı
ders notları, Adana 2010.

Danacıoğlu, N., Gürünlü Alma, Ö. Z. L. E. M., Yüksel, G., Çankaya, E., Yurt Öncel, S. E. V. G. İ., Arat, M., ... & Dağalp, R. (2014). Yakınsamanın iki türü, Zayıf Büyük Sayılar Kanunu, Merkezi Limit Teoremi ve Ek Sonuçlar.

İslamoğlu, Y. (2018). Termoelektrik enerji sistemleri: güç üretimi ve soğutma. *Termodinamik Dergisi*, 306, 66-70.

Jouhara, H., Żabnieńska-Góra, A., Khordehghah, N., Doraghi, Q., Ahmad, L., Norman, L., ... & Dai, S. (2021). Thermoelectric generator (TEG) technologies and applications. *International Journal of Thermofluids*, 9, 100063.

Köksal F. & Köseoğlu R., Isı, Termodinamik ve İstatistik Fizik, Seçkin Yayınları, 2013.

Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü.

Reif F. İstatistik Fizik, Berkeley Fizik Dersleri Serisi, Cilt 5, tercüme, T. N. Durlu, Y. Elerman, Bilim Yayın evi

Reif F. Fundamental of statistical and Thermal Physics, Waveland Press.,2009

Usta, H., & Kirmaci, V. (2002). Termoelektrik Etkiler ve Soğutma Etkinliğinin Uygulanması. *Teknoloji*, 5.

İSTATİSTİK FİZİK VE TERMODİNAMİK DENEY KİTABI

yaz
yayınları

YAZ Yayınları

M.İhtisas OSB Mah. 4A Cad. No:3/3

İscehisar / AFYONKARAHİSAR

Tel : (0 531) 880 92 99

yazyayinlari@gmail.com • www.yazyayinlari.com

ISBN: 978-625-8508-75-8



9 786258 508758