

Genel Fizik III

Editörler:

Doç. Dr. Yasin Ünsal
Doç. Dr. Şebnem Kandil İnceç

Bölüm Yazarları:

Doç. Dr. Şebnem Kandil İnceç - Doç. Dr. Hüseyin Küçüközer - Doç. Dr. Aynur Özcan Tatar
Doç. Dr. Tuncay Özsevgeç - Doç. Dr. Pervin Ünlü Yavaş - Doç. Dr. Yasin Ünsal
Yrd. Doç. Dr. Burak Kağan Temiz - Yrd. Doç. Dr. Ahmet Yavuz - Dr. Hasan Şahin Kızılcık

**Editörler:**

Doç. Dr. Yasin ÜNSAL

Doç. Dr. Şebnem KANDİL İNGEÇ

GENEL FİZİK III

ISBN 978-605-364-906-9

Kitap içeriğinin tüm sorumluluğu yazarlarına aittir.

© 2014, Pegem Akademi

Bu kitabın basım, yayın ve satış hakları

Pegem Akademi Yay. Eğt. Dan. Hizm. Tic. Ltd. Şti.ne aittir.

Anılan kuruluşun izni alınmadan kitabın tümü ya da bölümleri, kapak tasarımı; mekanik, elektronik, fotokopi, manyetik, kayıt ya da başka yöntemlerle çoğaltılamaz, basılamaz, dağıtılamaz.

Bu kitap T.C. Kültür Bakanlığı bandrolü ile satılmaktadır.

Okuyucularımızın bandrolü olmayan kitaplar hakkında yayinevimize bilgi vermesini ve bandrolsüz yayınları satın almamasını diliyoruz.

I. Baskı: Kasım 2014, Ankara

Yayın-Proje Yönetmeni: Ayşegül Eroğlu

Dizgi-Grafik Tasarım: Gamze Dumlupınar

Kapak Tasarımı: Gürsel Avcı

Baskı: Ayrıntı Basım Yayın ve Matbaacılık Ltd. Şti
İvedik Organize Sanayi 28. Cadde 770. Sokak No: 105/A

Yenimahalle/ANKARA

(0312-394 55 90)

Yayıncı Sertifika No: 14749

Matbaa Sertifika No: 13987

İletişim

Karanfil 2 Sokak No: 45 Kızılay / ANKARA

Yayınevi: 0312 430 67 50 - 430 67 51

Yayınevi Belgeç: 0312 435 44 60

Dağıtım: 0312 434 54 24 - 434 54 08

Dağıtım Belgeç: 0312 431 37 38

Hazırlık Kursları: 0312 419 05 60

İnternet:www.pegem.net

E-ileti: pegem@pegem.net

ÖN SÖZ

Pegem Akademi Yayıncılık tarafından daha önce yayımlanmış olan ve beğeni toplayan Genel Fizik 1 ve Genel Fizik 2'nin ardından serinin sonuncusu olan Genel Fizik 3 ders kitabımızı sizlere sunmanın sevinç ve heyecanı içerisindeyiz. Kavramsal öğrenmeye ağırlık verdiğimiz ve özgün bir anlayış geliştirmeye çalıştığımız Genel Fizik serisinin hazırlanmasında emeği geçen tüm bilim insanlarımıza teşekkür ederiz.

Titiz ve özverili bir çalışma süreci sonucunda alanında uzman ve bu dersi bizzat okutan öğretim üyeleri tarafından hazırlanan bu eser, Yükseköğretim Kurulu Başkanlığı (YÖK) tarafından oluşturulan, Eğitim Fakülteleri İlköğretim Bölümü Fen Bilimleri/Fen ve Teknoloji Öğretmenliği programlarında yer alan "Genel Fizik 3" dersi kur tanımına uygun olarak hazırlanmıştır. Bu dersin içeriğinde; Termodinamik, Geometrik Optik, Dalga Optiği, Optik Araçlar, Dalga Hareketi, Alternatif Akım Devreleri, Elektromanyetik Dalgalar ve Çekirdek Fiziği konuları bulunmaktadır. Yapmış olduğumuz koordinasyon ve bölüm organizasyonuna sadık kalınarak hazırlanmış olan içerikler; bilimsel içerik, dil-anlatım ve kitap düzeni bakımlarından titizlikle incelenmiş, gerekli durumlarda ilaveler yapılarak içerik zenginleştirilmiş ve ortak bir kitap formatına dönüştürülmüştür. Bölümlerde teknoloji entegrasyonunun yapıldığı az ve öz kavramsal bilgi yanında, konular arasında çözümlü örneklerin ve bölüm sonlarında zengin bölüm sonu değerlendirme sorularının yer almasına özellikle dikkat edilmiştir.

Kitabın, hedef kitesinde yer alan tüm öğretmen adaylarına ve dersi okutan öğretim elemanlarına faydalı olacağı kanaatindeyiz. Çeşitli kanallarla bize ileteneğiniz yapıcı geri bildirimler, kitabımızın bundan sonraki baskılarında yapılacak güncellemeler konusunda bizlere ışık tutacaktır.

Ankara, Ekim 2014

Doç. Dr. Yasin ÜNSAL

yunsal@gazi.edu.tr

Doç. Dr. Şebnem KANDİL İNGEÇ

singec@gazi.edu.tr

BÖLÜMLER VE YAZARLAR

1. BÖLÜM: Maddenin Isıl Özellikleri

*Dr. Hasan Şahin KIZILCIK
Gazi Üniversitesi Eğitim Fakültesi*

2. BÖLÜM: Termodinamik

*Doç. Dr. Tuncay ÖZSEVGİÇ
Karadeniz Teknik Üniversitesi Eğitim Fakültesi*

3. BÖLÜM: Geometrik Optik

*Doç. Dr. Yasin ÜNSAL
Gazi Üniversitesi Eğitim Fakültesi*

4. BÖLÜM: Dalga Optiği

*Doç. Dr. Aynur ÖZCAN TATAR
Gazi Üniversitesi Fen Fakültesi*

5. BÖLÜM: Optik Araçlar

*Yrd. Doç. Dr. Burak Kağan TEMİZ
Niğde Üniversitesi Eğitim Fakültesi*

6. BÖLÜM: Dalga Hareketi

*Yrd. Doç. Dr. Ahmet YAVUZ
Niğde Üniversitesi Eğitim Fakültesi*

7. BÖLÜM: Alternatif Akım Devreleri

*Doç. Dr. Şebnem KANDİL İNGEÇ
Gazi Üniversitesi Eğitim Fakültesi*

8. BÖLÜM: Elektromanyetik Dalgalar

*Doç. Dr. Hüseyin KÜÇÜKÖZER
Balıkesir Üniversitesi Necatibey Eğitim Fakültesi*

9. BÖLÜM: Çekirdek Fiziği

*Doç. Dr. Pervin ÜNLÜ YAVAŞ
Gazi Üniversitesi Eğitim Fakültesi*

İÇİNDEKİLER

1. BÖLÜM MADDENİN ISIL ÖZELLİKLERİ

| | |
|---|----|
| Giriş..... | 2 |
| 1.1. Sıcaklık Kavramı | 3 |
| 1.1.1. Sıcaklığın Ölçülmesi | 4 |
| 1.2. Isı Kavramı..... | 7 |
| 1.2.1. Denge ve Isıl Denge Nedir?..... | 7 |
| 1.2.2. Isının Ölçülmesi | 8 |
| 1.2.3. Özgül Isı (Öz Isı) Kavramı | 10 |
| 1.2.4. İç Enerji ve Isıl Enerji Kavramları..... | 12 |
| 1.2.5. Isıl İletkenlik | 13 |
| 1.2.6. İletim..... | 13 |
| 1.2.7. Taşınım | 14 |
| 1.2.8. Işınım..... | 15 |
| 1.2.9. Faz (Evre) Değişimi | 17 |
| 1.2.10. Erime ve Donma | 18 |
| 1.2.11. Kaynama ve Yoğunlaşma | 21 |
| 1.2.12. Isıl Genleşme | 23 |
| Bölüm Sonu Değerlendirme Soruları..... | 27 |
| Kaynaklar..... | 29 |

2. BÖLÜM TERMODİNAMİK

| | |
|--|----|
| Giriş..... | 32 |
| 2.1. Termodinamik Sistem ve İlgili Kavramlar..... | 33 |
| 2.2. Termodinamik Yasaları | 34 |
| 2.3. Termodinamiğin Sıfıncı (Denge) Yasası | 35 |
| 2.4. Termodinamiğin Birinci (Enerji Korunumu) Yasası | 35 |
| 2.4.1. Termodinamiğin İkinci (Yararlılık-Entropi) Yasası | 40 |
| 2.4.2. Termodinamiğin Üçüncü (Mutlak Entropi) Yasası | 50 |
| Bölüm Sonu Değerlendirme Soruları..... | 54 |
| Kaynaklar..... | 56 |

3. BÖLÜM

GEOMETRİK OPTİK

| | |
|--|----|
| Giriş..... | 58 |
| 3.1. Işığın Doğası..... | 59 |
| 3.2. Işık Hızının Büyüklüğünün Ölçülmesi | 63 |
| 3.3. Işık Kaynakları..... | 64 |
| 3.3.1. Doğal Işık Kaynakları | 64 |
| 3.3.2. Yapay Işık Kaynakları | 64 |
| 3.4. Geometrik Optikte Işın Yaklaşımı | 65 |
| 3.5. Işığın Yansıması..... | 66 |
| 3.5.1. Yansıma Yasaları..... | 66 |
| 3.6. Düzlem Aynalar | 67 |
| 3.6.1. Düzlem Aynalarda Görüntü Oluşumu..... | 67 |
| 3.6.2. Düzlem Aynaların Bazı Özellikleri..... | 68 |
| 3.6.3. Düzlem Aynalarda Görüş Alanı..... | 69 |
| 3.7. Küresel Aynalar | 70 |
| 3.7.1. Çukur Aynalar | 71 |
| 3.7.2. Tümsek Aynalar..... | 76 |
| 3.7.3. Küresel Aynalarda Boyca Büyütme Oranı | 79 |
| 3.8. Işığın Kırılması | 79 |
| 3.8.1. Kırılma Yasaları | 79 |
| 3.9. Mercekler | 81 |
| 3.9.1. İnce Kenarlı Merceklerde Özel Işımlar..... | 83 |
| 3.9.2. İnce Kenarlı Merceklerde Görüntü Çizimi..... | 84 |
| 3.9.3. İnce Kenarlı Mercek Formülleri..... | 85 |
| 3.9.4. Kalın Kenarlı Merceklerde Özel Işımlar..... | 87 |
| 3.9.5. Kalın Kenarlı Merceklerde Görüntü Çizimi..... | 88 |
| 3.9.6. Kalın Kenarlı Mercek Formülleri..... | 88 |
| 3.10. Optik Sistemler..... | 89 |
| Bölüm Sonu Değerlendirme Soruları..... | 91 |
| Kaynaklar..... | 94 |

4. BÖLÜM DALGA OPTİĞİ

| | |
|--|-----|
| Giriş..... | 96 |
| 4.1. Girişim..... | 96 |
| 4.1.1. Çift Yarık Deneyi | 98 |
| 4.1.2. İnce Filmlerde Girişim | 102 |
| 4.1.3. Kırınım (Tek Yarıkta Girişim) | 107 |
| 4.1.4. Çözünürlük..... | 110 |
| 4.1.5. Kutuplanma (Polarizasyon) | 113 |
| Bölüm Sonu Değerlendirme Soruları | 117 |
| Kaynaklar..... | 121 |

5. BÖLÜM OPTİK ARAÇLAR

| | |
|--|-----|
| Giriş..... | 124 |
| 5.1. Gözün Yapısı, Göz Kusurları ve Gözlükler | 126 |
| 5.2. Büyüteç..... | 130 |
| 5.3. Mikroskop..... | 133 |
| 5.4. Teleskop ve Dürbün..... | 135 |
| 5.4.1. Düz Görüntü Veren Teleskop (Yer Dürbünü)..... | 138 |
| 5.5. Fotoğraf Makinesi | 142 |
| 5.6. Tepegöz Projektörü..... | 143 |
| 5.7. Projeksiyon Cihazı | 144 |
| 5.8. Prizma Spektrometresi | 145 |
| Bölüm Sonu Değerlendirme Soruları | 148 |
| Kaynaklar..... | 150 |

6. BÖLÜM DALGA HAREKETİ

| | |
|--|-----|
| Giriş..... | 152 |
| 6.1. Dalganın Fiziksel Gösterimi | 155 |
| 6.2. Dalga Fonksiyonu | 156 |
| 6.3. Dalganın Enerjisi ve Gücü | 159 |
| 6.4. Ses..... | 160 |

| | |
|---|-----|
| 6.4.1. Ses Hızı | 162 |
| 6.4.2. Ses Düzeyi | 163 |
| 6.5. Dalgalarda Yansıma | 165 |
| 6.6. Dalgalarda Girişim..... | 168 |
| 6.7. Dalgalarda Kırılma | 170 |
| 6.8. Duran Dalgalar ve Rezonans | 172 |
| 6.9. İp Üzerinde Duran Dalgalar | 173 |
| 6.10. Ses Dalgalarında Rezonans | 175 |
| 6.10.1. İki Ucu Açık Tüpte Duran Dalgalar..... | 176 |
| 6.10.2. Bir Ucu Kapalı Tüpte Duran Dalgalar | 176 |
| 6.11. Duran Dalgalar İçin Dalga Fonksiyonu..... | 177 |
| 6.12. Doppler Olayı | 178 |
| 6.12.1. Kaynak Hareketli Gözlemci Durgun | 178 |
| 6.12.2. Kaynak Durgun Gözlemci Hareketli | 179 |
| Bölüm Sonu Değerlendirme Soruları | 182 |
| Kaynaklar..... | 184 |

7. BÖLÜM

ALTERNATİF AKIM DEVRELERİ

| | |
|--|-----|
| Giriş..... | 186 |
| 7.1. Alternatif Akım | 187 |
| 7.1.1. Alternatif Akım ve Gerilimin Değerleri..... | 190 |
| 7.1.2. Ani Değer | 190 |
| 7.1.3. Ortalama Değer | 190 |
| 7.1.4. Etkin Değer | 190 |
| 7.2. Sinüzoidal Akım ve Gerilimin Etkin Değeri | 191 |
| 7.3. Fazör Diyagramları..... | 193 |
| 7.4. Alternatif Akım Devreleri..... | 197 |
| 7.4.1. Direnç | 197 |
| 7.4.2. Kondansatörlü AC Devreleri (C) | 201 |
| 7.5. Seri AC Devreleri | 203 |
| 7.5.1. Seri R-L Devresi..... | 203 |
| 7.5.2. Seri R-C Devresi | 208 |
| 7.5.3. Seri R-L-C Devresi | 214 |
| 7.6. AC Devresinde Güç | 217 |

| | |
|---|-----|
| 7.7. Seri R-L-C Devresinde Rezonans..... | 217 |
| 7.8. Paralel R-L-C Devresinde Rezonans | 220 |
| 7.9. Filtreler | 224 |
| 7.9.1. Yüksek-Frekans RC Filtreleri..... | 225 |
| 7.9.2. Alçak-Frekans RC Filtreleri | 227 |
| 7.9.3. Bant Geçiren Filtreler | 228 |
| 7.10. Radyo Verici ve Alıcısı | 230 |
| 7.10.1. Radyo Alıcılarının Çalışma Şekli | 231 |
| 7.10.2. Radyo Vericilerinin Çalışma Şekli | 322 |
| 7.11. Antenler | 233 |
| 7.11.1. Anten Çeşitleri..... | 235 |
| Bölüm Sonu Değerlendirme Soruları | 238 |
| Kaynaklar..... | 242 |

8. BÖLÜM ELEKTROMANYETİK DALGALAR

| | |
|---|-----|
| Giriş..... | 246 |
| 8.1. Maxwell Denklemleri | 247 |
| 8.2. Elektromanyetik Dalgaların Deneysel Keşfi: Hertz Deneyi | 250 |
| 8.3. Elektromanyetik Dalgaların Oluşumu: Dipol Anten Örneği..... | 252 |
| 8.4. Elektromanyetik Dalgaların Hızı, Enerjisi ve Momentumu..... | 254 |
| 8.4.1 Hız | 254 |
| 8.4.2. Enerji..... | 255 |
| 8.4.3. Momentum | 256 |
| 8.5. Elektromanyetik Dalga Türleri, Özellikleri ve Kullanım Alanları..... | 256 |
| 8.5.1. Radyo Dalgaları..... | 257 |
| 8.5.2. Mikro Dalgalar | 258 |
| 8.5.3. Kırmızı (Kızıl) Ötesi Dalgalar (İnfrared- IR) | 259 |
| 8.5.4. Görünür Dalgalar (Görünür Işık)..... | 260 |
| 8.5.5. Mor Ötesi Dalgalar (Ultraviole-UV) | 260 |
| 8.5.6. Röntgen Dalgaları/Röntgen Işınları (X Işınları) | 261 |
| 8.5.7. Gamma Dalgaları (Gamma Işınları) | 263 |
| 8.6. Elektromanyetik Dalgaların Genel Özellikleri..... | 263 |
| Bölüm Sonu Değerlendirme Soruları | 265 |
| Kaynaklar..... | 267 |

9. BÖLÜM ÇEKİRDEK FİZİĞİ

| | |
|---|-----|
| Giriş..... | 270 |
| 9.1. Çekirdeğin Yapısı | 272 |
| 9.1.1. Bağlanma Enerjisi | 274 |
| 9.1.2. Kararlılık..... | 275 |
| 9.2. Radyoaktivite | 276 |
| 9.2.1. Radyasyon Birimleri | 278 |
| 9.2.2. Radyoaktif Yaş Tayini | 280 |
| 9.2.3. Alfa Bozunması | 281 |
| 9.2.4. Beta Bozunması..... | 282 |
| 9.2.5. Gamma Işınımı..... | 283 |
| 9.3. Çekirdek Reaksiyonları | 284 |
| 9.4. Fisyon | 286 |
| 9.5. Füzyon | 287 |
| 9.6. Reaktörler..... | 288 |
| Bölüm Sonu Değerlendirme Soruları | 292 |
| Kaynaklar..... | 294 |
| Yazarlar Hakkında | 295 |

1. BÖLÜM

MADDENİN ISIL ÖZELLİKLERİ



Hazırlık Soruları

1. Sıcaklık nedir? Bir cismin sıcak veya soğuk olup olmadığını neye göre belirleriz?
2. Neden birden çok sıcaklıkölçer (termometre) türü vardır? Aralarındaki farklar nelerdir?
3. Sıcaklığın değerinin alt ve üst sınırları var mıdır?
4. Isı nedir? Herhangi bir madde ısı depolayabilir mi?
5. Isıl denge ne demektir?
6. Özgül ısı ne demektir?
7. İç enerji ve ısıl enerji ne demektir?
8. Isı aktarımı hangi yollarla yapılabilir?
9. Isının aktarım yönü ne tarafa doğrudur?
10. Erime ve donma nasıl gerçekleşir?
11. Kaynama ve yoğunlaşma nasıl gerçekleşir?
12. Buharlaşma ne demektir? Kaynamadan farkı nedir?
13. Sıcaklıkları artan maddeler nasıl genişler?

Giriş

Isı ve sıcaklık, yaşamımızla iç içe geçmiş birer kavramdır. Başta mutfak olmak üzere, evimizin içindeki birçok aygıt, maddenin ısıl özelliklerinden yararlanarak çalışır. Bu kavramlar, yiyeceklerimizin bozulmaması için kullandığımız buzdolapları ve donduruculardan tutun da yemeklerimizi pişirmek için kullandığımız ocaklara, kışın ısınmak için kullandığımız aygıtlara kadar birçok alanda karşımıza çıkmaktadır. Yaz geldiğinde serinlemek, yiyeceklerimizi serin tutmak, kışın ise soğuktan korunmak esastır. Otomobillerimiz için yazın hararet yapmaya, kışın ise donmaya karşı önlemler alırız. Evlerimizin yapım aşamasında kullanılan yalıtım sistemleri, üşmemizi engelleyen giysilerimiz vb. maddenin ısıl özelliklerini temel alır. En ilgisiz görünen aygıtların bile tasarımında sıcaklık farkı nedeniyle yaz ve kış koşulları göz önüne alınır. Bu nedenle maddenin ısıl olarak temel özelliklerini bilmek önemlidir.

Isı, sıcaklık, iç enerji ve ısıl enerji kavramları; günlük yaşamımızda sıkça kullanılan ancak sıklıkla birbirine karıştırılan kavramlardır. Bu kavramlar, yanlış olarak birbirlerinin yerine kullanılmakta ve bunun sonucunda da çeşitli yanlışlıkların oluşmasına neden olmaktadır. Örneğin; yazılı ve görsel basında hava durumunu ile ilgili haberlerde sıkça hatalı olarak “hava sıcaklığı” yerine “hava ısı” denilmek-

tedir. Yine benzer biçimde “vücut sıcaklığı” yerine kullanılan “vücut ısısı” terimi de yanlış bir kullanımdır. Diğer yandan, dilimizde sıcaklık anlamında kullanılan hararet sözcüğü de yanlış olarak sıkça ısı anlamında kullanılmaktadır. Ayrıca diğer enerji biçimleriyle karıştırılarak maddelerin ısı depoladığı gibi bir yanlış da ortaya çıkmaktadır. Yukarıda belirtilen örnekler ve daha birçokları, yaşamımızın her alanında karşımıza çıkan bu kavramların toplum tarafından kavranmadığı düşüncesini uyandırmaktadır. Maddenin ısı özellikleri ile ilgili temel kavramların doğru biçimde kavranması, bu ilkelere göre çalışan aygıtların tasarlanmasının ve kullanılmasının yanı sıra, düzenimizi çok önemli ölçüde etkileyebilecek sorunlar yaşamamızı da engeller.

1.1. Sıcaklık Kavramı

“Sıcak” sözcüğü, “ısı” sözcüğünden türetilmiş bir sözcüktür. Dilimizde olan “-çak” eki (ancak, kolçak, kucak, gerçek vb. gibi sözcüklerde olan) ile ısı sözcüğünden türetilmiştir. Anlam olarak, “ısıtılmış, ısı almış olan” anlamına gelmektedir. Günlük hayatta “sıcaklık” sözcüğünün karşıtı olarak “soğukluk” diye bir kavramdan söz ediyor olsak da bilimsel açıdan “soğukluk” diye bir kavram yoktur. Bilimde sıcaklığın düşük olduğu duruma, günlük hayatta “soğuk” denmektedir. İşin ilginç yanı, “soğuk” sözcüğü de “soğurmak” sözcüğü ile kökteştir. “Enerjisi soğurularak azaltılmış” anlamına gelir. Dilimizde sıcak ve soğuk sözcükleri, enerji belirtmemekle birlikte enerji ile doğru biçimde ilişkilendirilmiştir.

Sıcaklık, tanımı yapılması oldukça zor olan bir kavramdır. Sıcaklık bazı kaynaklarda “ılıklik” ve “soğukluk” bildiren, dokunma duyumuzla algıladığımız bir olgu olarak adlandırılmaktadır. Bilimsel anlamda “ılıklik” ve “soğukluk” sözcüklerinin bir anlamı olmasa da, sıcaklığa göreceli ve nitel bir anlam getiren bu işlemsel tanımın (operational definition) yanı sıra bazı kaynaklarda kavramsal tanım (conceptual definition) olarak, taneciklerin ortalama kinetik enerjilerinin bir ölçüsü biçiminde (Kelvin birimi ile) tanımlanmaktadır. Sıcaklık, enerji değildir; ancak cismin ısı enerjisinin bir ölçüsü olarak alınır.

Bir cismin sıcaklığını, cismin sahip olduğu taneciklerin madde içinde ötelenmelerinden ileri gelen kinetik enerjilerinin ortalaması belirler. Ancak sıcaklık enerji değildir, söz konusu kinetik enerji ile orantılı olarak değişen bir büyüklüktür. Bir cismi oluşturan tanecikler, madde içinde ötelenme hareketi yaparlar. Bu sırada diğer taneciklerle etkileşerek yön değiştirir ve hareketlerini sürdürürler. Cismi oluşturan taneciklerin tümünün bu öteleme hareketinden ötürü sahip olduğu enerjinin ortalaması alındığında, bu ortalama ile sıcaklık arasında bir ilişki olduğu görülür.

Bir cisme ısı vermek, o cismi oluşturan taneciklerin ötelenme kinetik enerjilerini arttıracaktır. Bu durumda ortalama ötelenme kinetik enerjilerinin artması, sıcaklığın da artması anlamına gelir. Diğer yandan; cisim ısı verecek olursa, taneciklerin ötelenmesine neden olan ortalama kinetik enerjileri azalacak ve sıcaklığı düşecektir.

1.1.1. Sıcaklığın Ölçülmesi



Şekil 1.1. Sıcaklık ölçer örneği

Sıcaklık fizikte İngilizce “temperature” kelimesinin ilk harfi olması nedeniyle “T” simgesi ile gösterilir. Sıcaklık, sıcaklıkölçer (termometre) ile ölçülür (Şekil 1.1) Ancak sıcaklığın birden çok birimi olduğu gibi birden çok sıcaklıkölçer türü de vardır. Bunun nedeni; sıcaklığın taneciklerin öteleme kinetik enerjisi ile değişen bir büyüklük olmasına karşın, bu değişimin bir mutlaklık içermesinin gerekli olmamasıdır. Nasıl ki mekanikte kütle-çekimi potansiyel enerjisinin hesaplanmasında bir başlangıç noktası belirleniyorsa burada da benzer bir yöntem izlenmektedir. Şöyle ki: Potansiyel enerji ile yükseklik arasındaki ilişki, moleküllerin kinetik enerjisi ile sıcaklık arasındaki ilişkiye benzer. Yüksekliği belirlerken, nasıl başlangıç noktası bağıl olarak seçiliyorsa, sıcaklığı belirlerken de başlangıç noktası bağıl olarak seçilir. Nasıl ki yükseklik potansiyel enerji ile orantılı olduğu halde enerji cinsinden değilse, sıcaklık da ısı enerjisi ile orantılı olduğu halde enerji cinsinden değildir.

Sıcaklıkölçerler istenilen sıcaklık ölçeğine göre birimlendirilebilir. Ancak çalışma biçimleri sıcaklık ölçümünde kullanılacak maddenin özelliklerine göre değişmektedir. Gazların hacimleri ve basınçları, akışkanların ve katıların sıcaklıklarının değişmesiyle genleşmeleri ve büzüşmeleri, katıların elektrik ve manyetik özellikleri, sıvıların veya katıların hacimleri, sıcak cisimlerin yaydığı ışığın rengi gibi maddelerin sıcaklıkla değişen özelliklerinin baz alındığı sıcaklık ölçerler mevcuttur. En çok kullanılan sıcaklıkölçerlerde ise sıcaklığı ölçmek için, havası alınmış ince bir cam borunun alt bölümünde yer alan bir bölme içine konan bir sıvı (renklendirilmiş alkol veya cıva gibi) kullanılır. Sıvının düzey değişimine göre sıcaklık belirlenir. Sıcaklık, taneciklerin ortalama kinetik enerjisi ile ilgili bir büyüklük olduğundan, sıcaklıkölçerinin altında bulunan bölme içindeki sıvı da ortamla ısı alışverişi yaparak ısı dengeye gelir. Sıcaklığı değişen sıvının hacminde de değişim olur. Buna bağlı olarak, cam boru içindeki sıvı düzeyi değişir. Cam borunun kesiti küçük olduğundan, içindeki sıvının sıcaklıkla genleşme miktarına göre sıvı düzeyi artar veya düşer.

Dünyada en çok kullanılan sıcaklık ölçeği, Celcius (santigrat) ölçeğidir. 18. yy'da İsveçli gökbilimci Anders Celcius tarafından öne sürülmüştür. Deniz düzeyinde, 1 atm basınç altında, suyun donması ve kaynaması temel alınarak belirlenmiş bir ölçektir. Buna göre; suyun belirtilen koşullar altında donduğu sıcaklığa 0 °C (derece santigrat veya derece Selsiyus diye okunur), aynı koşullarda kaynadığı sıcaklığa ise 100 °C denmiştir. Bu iki nokta arası, sıcaklıkölçerde eşit olarak bölmelendirilmiştir.

Özellikle Büyük Britanya ve ona bağlı ülkelerde yaygın olarak kullanılan Fahrenheit ölçeği, Alman fizikçi Daniel Gabriel Fahrenheit tarafından öne sürülmüştür. Ölçek belirlenirken, deniz düzeyinde (1 atm basınç altında), tuzlu deniz suyunun donması ve insan vücudunun en yüksek sıcaklığı temel alınmıştır. Deniz suyunun donduğu sıcaklığa 0 °F, insan vücudunun en yüksek sıcaklığına ise 100 °F denmiştir. Bu ikisi arası eşit bölmelendirilmiştir. Buna göre, saf suyun söz konusu koşullarda donduğu sıcaklık 32 °F, kaynadığı sıcaklık ise 212 °F olmuştur.

Sıcaklığın mutlaklık gerektirmeden belirlenebilir olması, mutlak olarak da belirlenemeyeceği anlamına gelmez. Bu yüzden İskoçyalı fizikçi Lord William Thomson Kelvin, 19. yy'da sıcaklık için mutlak bir ölçek belirlemiştir. Herhangi bir cismin taneciklerinin ötelenme kinetik enerjisinin, dolayısıyla bu enerji ile ilişkili olan sıcaklığının da olmadığı bir nokta olmalıdır. Taneciklerin öteleme kinetik enerjisi azaldıkça sıcaklığın düştüğü, öteleme kinetik enerjileri arttıkça sıcaklığın arttığı bilinmektedir. Sıcaklık artışının üst sınırı olmasa da, bir alt sınırı olmak zordur. Bu da taneciklerin öteleme hareketinin olmadığı noktadır. Lord Kelvin, bu sıcaklık değerini hesaplamış ve Celcius ölçeğine göre -273,15 °C olarak bulmuştur. Bu sıcaklığa "mutlak sıfır" adını vermiştir. Buna göre, Kelvin (K) adında bir sıcaklık ölçeği belirlenmiş ve 0 K=-273,15 °C olacak biçimde doğrusal olarak ölçeklendirilmiştir. Celcius ve Kelvin ölçeklerinin bölmeleri eşit aralıktır. Biri bir birim arttığında, diğeri de bir birim artmaktadır. Ancak Kelvin ölçeğinin negatif tarafta bölmeleri yoktur. Bilimde, genellikle, Kelvin sıcaklık ölçeği kullanılmaktadır.

Celcius, Fahrenheit ve Kelvin sıcaklık ölçekleri dışında; Rankine (Ra), Römer (Rø), Newton (N), Delisle (D), Réaumur (Ré) gibi daha birçok sıcaklık ölçeği bulunmaktadır (Tablo 1.1). Bu ölçeklerin birbirine dönüştürülmesinde, suyun 1 atm basınç altında donma derecesi ve kaynaması derecesine göre şu eşitlik kullanılabilir:

$$\frac{X - (\text{Donma S.})}{(\text{Kayn. S.}) - (\text{Donma S.})} = \frac{^{\circ}\text{C} - 0}{100 - 0} = \frac{^{\circ}\text{F} - 32}{212 - 32} = \frac{\text{K} - 273,15}{373,15 - 273,15} = \dots \quad (1.1)$$

Tablo 1.1. Bazı sıcaklık ölçeklerinin karşılaştırılması

| Sıcaklık Ölçeği | Mutlak Sıfır | Suyun Donma Noktası (1 atm'de) | Suyun Kaynama Noktası (1 atm'de) |
|-----------------|--------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| Kelvin (°K) | 0 | 273,15 | 373,15 |
| Celcius (°C) | -273,15 | 0 | 100 |
| Fahrenheit (°F) | -459,67 | 32 | 212 |
| Rankine (°Ra) | 0 | 491,67 | 671,64 |
| Römer (°Rø) | -135,90 | 7,5 | 60 |
| Newton (°N) | -90,13 | 0 | 33 |
| Delisle (°D) | 559,72 | 150 | 0 |
| Réaumur (°Ré) | -218,52 | 0 | 80 |

Örnek 1.1. Bir kişinin normal koşullarda vücut sıcaklığı $37,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ olarak verilir. Bu sıcaklığın;

a) Kelvin ve

b) Fahrenheit ölçeklerine göre derecelendirilmiş sıcaklıkölçerlerle ölçülmesi durumunda okunacak olan değerler ne olur?

Çözüm: Sıcaklık ölçeklerinin birbirine dönüştürülmesinde (1.1) bağıntısında, verilen değerler yazılarak işlem yapılır.

a) $37,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'nin Kelvin ölçeğine göre karşılığına " $x\text{ K}$ " dersek;

$$\frac{37,5^{\circ}\text{C} - 0}{100 - 0} = \frac{x\text{K} - 273,15}{373,15 - 273,15}$$

elde edilir. Bulunan bu eşitlikte içler-dışlar çarpımı yapılırsa;

$$(373,15 - 273,15) \cdot 37,5^{\circ}\text{C} = 100 \cdot (x\text{K} - 273,15)$$

$$x\text{K} = 37,5^{\circ}\text{C} + 273,15 = 310,65\text{ K bulunur.}$$

b) $37,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'nin Fahrenheit ölçeğine göre karşılığına " $x\text{ }^{\circ}\text{F}$ " dersek;

$$\frac{37,5^{\circ}\text{C} - 0}{100 - 0} = \frac{x^{\circ}\text{F} - 32}{212 - 32}$$

eşitliği elde edilir. Bu eşitlikte içler-dışlar çarpımı yapılırsa;

$$(212 - 32) \cdot 37,5^{\circ}\text{C} = 100 \cdot (x^{\circ}\text{F} - 32)$$

$$x^{\circ}\text{F} = 37,5^{\circ}\text{C} \cdot 1,8 + 32 = 99,5^{\circ}\text{F} \text{ elde edilir.}$$

Örnek 1.2. Bir kişi, kendine bir sıcaklıkölçer yapmak istiyor. Buna göre; $^{\circ}\text{Z}$ adını verdiği ölçeğinde, suyun 1 atm basınç altında kaynadığı sıcaklığa $250\text{ }^{\circ}\text{Z}$, aynı basınç altında donduğu sıcaklığa ise $-30\text{ }^{\circ}\text{Z}$ demeye karar veriyor. Buna göre $45\text{ }^{\circ}\text{Z}$ sıcaklığındaki bir su kaç $^{\circ}\text{C}$ sıcaklığındadır?

Çözüm: Sıcaklık ölçeklerinin birbirine dönüştürülmesinde kullanılan (1.1) bağıntısında, °Z ölçeği için verilen değerler yazılarak, °Z ölçeğini °C ölçeğine çeviren bağıntı,

$$\frac{x^{\circ}\text{Z} - (\text{Donma S.})}{(\text{Kayn.S.}) - (\text{Donma S.})} = \frac{45^{\circ}\text{Z} - (-30)}{(250) - (-30)} = \frac{45^{\circ}\text{Z} + 30}{280} = \frac{x^{\circ}\text{C} - 0}{100 - 0}$$

şeklinde elde edilir. Bu eşitlikten aşağıdaki sonuç elde edilir.

$$x^{\circ}\text{C} = \frac{45^{\circ}\text{Z} + 30}{280} \cdot 100 \cong 41,66^{\circ}\text{C}$$

1.2. Isı Kavramı

Isı, bazı kaynaklarda veya ders kitaplarında çok değişik biçimlerde ve özelliklerle de “maddede saklanan enerji” biçiminde tanımlansa da bu düşünce bilimsel kuramlarla uyumsuz. Isı, ısıl dengede olmayan kütleler arasında alınan ya da verilen ısıl enerjiye verilen addır. Bu nedenle “ısı enerjisi” kavramı da yanlıştır. Isı zaten alınan veya verilen enerjinin adıdır. Bu yüzden sonuna “enerjisi” ifadesi getirilmez. Isı, yalnızca alışveriş sırasında söz konusu olan bir enerjidir. Maddede saklanmaz, depolanmaz. Bu nedenle herhangi bir “maddenin ısı”ndan söz edilemez.

1.2.1. Denge ve Isıl Denge Nedir?

Denge kavramı bir uzlaşma halini tanımlar. Dengenin olduğu durumda, sistemin içinde değişime neden olacak bir etken yoktur. Bu yüzden ısıl olarak denge, aynı sıcaklığa sahip iki madde arasında olur. Özetle aynı sıcaklığa sahip iki madde için aralarında ısıl denge vardır. İki maddesel cisim arasında ısıl dengenin bozulması için aralarında sıcaklık farkının oluşması gerekir. Sistem veya madde, kendi içinde sıcaklık farkları da barındırabilir. Bu durumda sistem yine dengede değildir. Sistem kendi içinde enerji alışverişini yapar. Isı geçişi, her zaman sıcaklığı yüksek olan maddeden, sıcaklığı düşük olan maddeye doğru, ısıl denge sağlanana dek olur.

Sistem, belli bir kütleyi veya uzayın incelenmek üzere ayrılan bir bölgesini ifade eder. Bir sistemi bir bütün olarak tanımlamada kullanılan basınç, hacim, mol, sıcaklık, iç enerji gibi büyüklüklere **durum (hal) değişkenleri** veya **termodinamik değişkenler** denir. Bir sistemin durum değişkenleri zaman içinde değişmiyor ve sistemin her yerinde aynı kalıyorsa, bu duruma **denge** denir. Dengenin birçok çeşidi vardır ve ilgili tüm denge çeşitlerinin koşulları sağlanmadıkça sistem dengede değildir. Sistemin herhangi bir noktasında basınç zamana göre değişmiyorsa **mekanik denge**, sistemin kimyasal bileşimi zamana göre değişmiyorsa **kimyasal denge**, sistemin her noktasında sıcaklık aynı ise **ısıl denge**, bir sistemde

birden fazla faz (evre) varken her fazın kütlesi bir denge düzeyine ulaşmış ve orada kalmışsa **faz dengesinde**dir. Örneğin; 0 °C sıcaklığındaki bir parça buz ile aynı sıcaklıktaki bir miktar suyun durumu kütleli olarak değişmiyorsa o durumda faz dengesi vardır denebilir. Ancak suyun veya buzun kütlelerinde zamanla bir değişim söz konusu ise, **faz dengesi** yoktur. Bu durumda sistem tümüyle dengede değildir. Bir sistemin tümüyle dengede olabilmesi için hem ısı dengede, hem faz dengesinde, hem kimyasal dengede hem de mekanik dengede olması gerekir. **Isı geçişinin koşulu, ısı dengenin bozulmuş olmasıdır.** Diğer yandan, sistemdeki tüm maddeler aynı sıcaklıkta olsa bile, faz dengesi sağlanmamışsa, faz değişimi nedeniyle sistem dengede değildir ve iş yapılabilir.

1.2.2. Isının Ölçülmesi

Isı, fizikte Q simgesi ile gösterilir. Birimi kalori (cal) olarak ifade edilir. Doğada sıkça bulunan su, temel alınarak belirlenmiş bir birimdir. Bir gram suyun sıcaklığını 1 atm basınç altında bir derece santigrat °(C) arttırmak için gerekli olan enerji 1 cal denilmiştir. Kalori de bir enerji birimi olduğundan SI birim sisteminde enerji birimi olarak alınan Joule ile arasında şöyle bir ilişki vardır:

$$1 \text{ cal} = 4,1840 \text{ Joule} \quad (1.2)$$

Isı, ısı dengede olmayan kütleler arasında alınıp verilen enerji olduğu için, ısıyı aktarım olarak ele almak ve sıcaklıkla değil, sıcaklık farkı ile ilişkilendirmek daha doğru olur. Isı aktarımı, ısı denge sağlanana kadar sürer. Bu nedenle sıcaklık ile değil, “sıcaklık farkı” ile aktarılan ısı miktarı arasında doğru orantı vardır. Diğer yandan ısıyı alan ve veren cisimlerin kütle miktarları da dengeye ulaşmayı etkileyen bir unsurdur. Çünkü ısıyı alacak olan veya verecek olan kütle ne kadar çoksa, ısı dengeye ulaşmak için gerekecek enerji miktarı da o kadar çok olacaktır. Diğer yandan; aktarılan ısı miktarı, maddeyi oluşturan taneciklerin cinsinden de etkilenir. Bu yüzden iki cisim arasında alınan veya verilen ısı miktarı şu bağıntıyla belirlenir:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T = m \cdot c \cdot (T_{\text{son}} - T_{\text{ilk}}) \quad (1.3)$$

Bu bağıntıda; Q alınan veya verilen ısı miktarını kalori (cal) cinsinden, m ısıyı alan veya veren maddenin kütleli gram (g) cinsinden, c maddenin cinsine bağlı olan “cal/g°C” cinsinden özgül ısı katsayısını, ΔT ise ısıyı alan veya veren maddenin ilk sıcaklığı ile son sıcaklığı arasındaki farkını ($T_{\text{son}} - T_{\text{ilk}}$) derece santigrat °(C) veya Kelvin (K) cinsinden ifade eder. İdeal koşullarda alınan ve verilen ısı toplamı sıfırdır ve dolayısıyla miktar olarak eşittir. Çünkü enerji korunumludur.

$$Q_{\text{alınan}} + Q_{\text{verilen}} = 0 \Rightarrow Q_{\text{alınan}} = -Q_{\text{verilen}} \quad (1.4)$$