

T.C.  
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI

HAYAT BOYU ÖĞRENME GENEL MÜDÜRLÜĞÜ  
AÇIK ÖĞRETİM DAİRE BAŞKANLIĞI

# FİZİK

8

DERS KİTABI

YAZAR

Sedef AKIN



ANKARA - 2023

**MEB HAYAT BOYU ÖĞRENME GENEL MÜDÜRLÜĞÜ YAYINLARI**  
**AÇIK ÖĞRETİM OKULLARI**

**Dil Uzmanı**  
Bülent Kenan ERKAN

**Grafik ve Görsel Tasarım**



Kocatepe Mahallesi İnkılap Sokak  
22/13 Çankaya / ANKARA  
(507) 883 36 88

Copyright © MEB

Her hakkı saklıdır. Millî Eğitim Bakanlığına aittir. Tümü ya da bölümleri izin alınmadan hiçbir şekilde çoğaltılamaz, basılamaz ve dağıtılamaz.



## İSTİKLÂL MARŞI

Korkma, sönmez bu şafaklarda yüzen al sancak;  
Sönmeden yurdumun üstünde tüten en son ocak.  
O benim milletimin yıldızıdır, parlayacak;  
O benimdir, o benim milletimindir ancak.

Çatma, kurban olayım, çehreni ey nazlı hilâl!  
Kahraman ırkıma bir gül! Ne bu şiddet, bu celâl?  
Sana olmaz dökülen kanlarımız sonra helâl.  
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl.

Ben ezelden beridir hür yaşadım, hür yaşarım.  
Hangi çılgın bana zincir vuracakmış? Şaşarım!  
Kükremiş sel gibiyim, bendimi çiğner, aşarım.  
Yırtarım dağları, enginlere sığmam, taşarım.

Garbın âfâkını sarmışsa çelik zırhlı duvar,  
Benim iman dolu göğsüm gibi serhaddim var.  
Ulusun, korkma! Nasıl böyle bir imanı boğar,  
Medeniyet dediğin tek dişi kalmış canavar?

Arkadaş, yurduma alçakları uğratma sakın;  
Siper et gövdeni, dursun bu hayâsızca akın.  
Doğacaktır sana vâdettiği günler Hakk'ın;  
Kim bilir, belki yarın, belki yarından da yakın

Bastığın yerleri toprak diyerek geçme, tanı:  
Düşün altındaki binlerce kefensiz yatanı.  
Sen şehit oğlusun, incitme, yazıktır, atanı:  
Verme, dünyaları alsan da bu cennet vatanı.

Kim bu cennet vatanın uğruna olmaz ki feda?  
Şüheda fışkıracak toprağı sıksan, şüheda!  
Cânı, cânânı, bütün varımı alsın da Huda,  
Etmesin tek vatanımdan beni dünyada cüda.

Ruhumun senden İlahî, şudur ancak emeli:  
Değmesin mabedimin göğsüne nâmâhrem eli.  
Bu ezanlar -ki şehadetleri dinin temeli-  
Ebedî yurdumun üstünde benim inlemeli.

O zaman vecd ile bin secde eder -varsa- taşım,  
Her cerihamdan İlahî, boşanıp kanlı yaşım,  
Fışkırır ruh-ı mücerret gibi yerden naşım;  
O zaman yükselerek arşa değer belki başım.

Dalgalar sen de şafaklar gibi ey şanlı hilâl!  
Olsun artık dökülen kanlarımın hepsi helâl.  
Ebediyyen sana yok, ırkıma yok izmihlâl;  
Hakkıdır hür yaşamış bayrağımın hürriyyet;  
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl!

**Mehmet Âkif ERSOY**

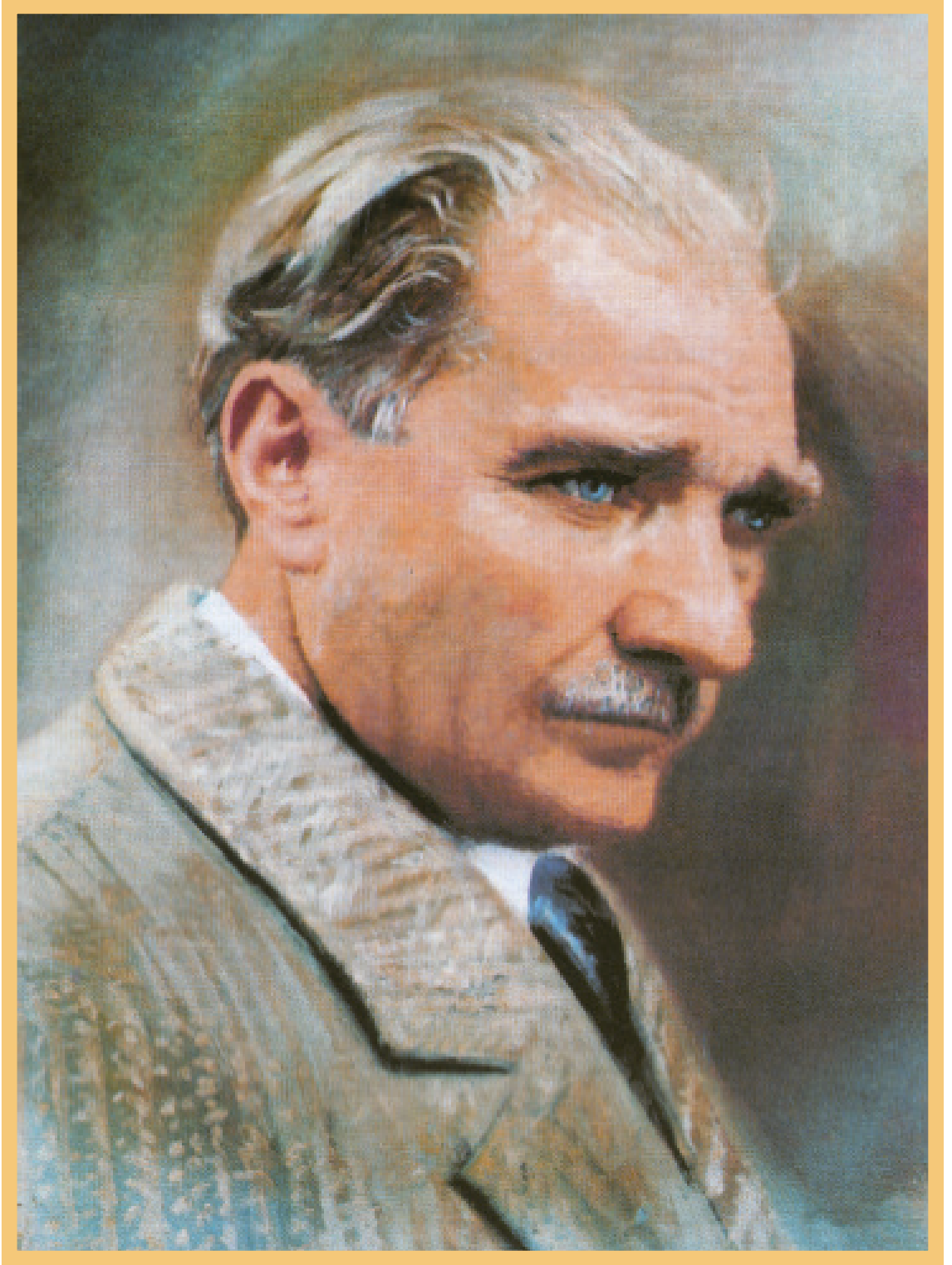
## GENÇLİĞE HİTABE

Ey Türk gençliği! Birinci vazifen, Türk istiklâlini, Türk Cumhuriyetini, ilelebet muhafaza ve müdafaa etmektir.

Mevcudiyetinin ve istikbalinin yegâne temeli budur. Bu temel, senin en kıymetli hazinendir. İstikbalde dahi, seni bu hazineden mahrum etmek isteyen dâhilî ve hâricî bedhahların olacaktır. Bir gün, istiklâl ve cumhuriyeti müdafaa mecburiyetine düşersen, vazifeye atılmak için, içinde bulunacağın vaziyetin imkân ve şeraitini düşünmeyeceksin! Bu imkân ve şerait, çok namüsaît bir mahiyette tezahür edebilir. İstiklâl ve cumhuriyetine kastedecek düşmanlar, bütün dünyada emsali görülmemiş bir galibiyetin mümessili olabilirler. Cebren ve hile ile aziz vatanın bütün kaleleri zapt edilmiş, bütün tersanelerine girilmiş, bütün orduları dağıtılmış ve memleketin her köşesi bilfiil işgal edilmiş olabilir. Bütün bu şeraitten daha elîm ve daha vahim olmak üzere, memleketin dâhilinde iktidara sahip olanlar gaflet ve dalâlet ve hattâ hıyanet içinde bulunabilirler. Hattâ bu iktidar sahipleri şahsî menfaatlerini, müstevlîlerin siyasî emelleriyle tevhit edebilirler. Millet, fakr u zaruret içinde harap ve bîtap düşmüş olabilir.

Ey Türk istikbalinin evlâdı! İşte, bu ahval ve şerait içinde dahi vazifen, Türk istiklâl ve cumhuriyetini kurtarmaktır. Muhtaç olduğun kudret, damarlarındaki asil kanda mevcuttur.

Mustafa Kemal Atatürk



MUSTAFA KEMAL ATATÜRK

# İÇİNDEKİLER

## 1.ÜNİTE: ATOM FİZİĞİNE GİRİŞ VE RADYOAKTİVİTE

<b>1.1. ATOM KAVRAMININ TARİHSEL GELİŞİMİ</b> .....	<b>11</b>
A. Atom Kavramı .....	11
B. Milikan'ın Yağ Damlası Deneyi .....	12
C. Bohr Atom Modeli.....	14
D. Bohr Atom Teorisinde Atom Yarıçapı, Enerji Seviyeleri, Uyarılma, İyonlaşma ve Işıma.....	16
1.1.2. Atomun Uyarılması.....	19
1.1.3. Modern Atom Teorisi .....	23
Heisenberg Belirsizlik İlkesi .....	24
Schrödinger Dalga Denklemi.....	24
<b>1.2. BÜYÜK PATLAMA VE EVRENİN OLUŞUMU</b> .....	<b>26</b>
1.2. BÜYÜK PATLAMA VE EVRENİN OLUŞUMU .....	27
1.2.1. Büyük Patlama Teorisi .....	27
1.2.2. Atom Altı Parçacıkların Temel Özellikleri.....	29
1.2.3. Madde Oluşum Süreci .....	33
1.2.4. Madde ve Antimadde.....	34
<b>1.3. RADYOAKTİVİTE</b> .....	<b>38</b>
1.3.1. Kararlı ve Kararsız Atomlar.....	38
1.3.2. Radyoaktif Bozunma Sonucu Atomun Kütle Numarası, Atom Numarası ve Enerjisindeki Değişim .....	40
1.3.3. Nükleer Fisyon ve Füzyon .....	42
1.3.4. Radyasyonun Canlılar Üzerindeki Etkileri .....	44
1. ÜNİTE ÖZET .....	47
1. ÜNİTE ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	49

## 2.ÜNİTE: MODERN FİZİK

<b>2.1. ÖZEL GÖRELİLİK</b> .....	<b>57</b>
2.1.1. Michelson- Morley Deneyi.....	57
2.1.2. Einstein'ın Özel Görelilik (İzafiyet) Teorisi .....	58
2.1.3. Görelî Zaman ve Görelî Uzunluk.....	59
2.1.4. Kütle Enerji Eşdeğerliliği.....	60
<b>2.2. KUANTUM FİZİĞİNE GİRİŞ</b> .....	<b>63</b>
2.2.1. Siyah Cisim Işıması .....	63
Planck'ın Hipotezi.....	66
<b>2.3. FOTOELEKTRİK OLAYI</b> .....	<b>68</b>
2.3.1. Foton Kavramı .....	68

2.3.2. Fotoelektrik Olayı.....	68
2.3.3. Farklı Metallerin Maksimum Kinetik Enerji ile Frekans Arasındaki İlişkisi .....	70
2.3.4. Fotoelektronların Sahip Olduğu Maksimum Kinetik Enerji, Durdurma Gerilimi ve Metalin Eşik Enerjisi Arasındaki İlişki.....	73
2.3.5. Fotoelektrik Olayın Günlük Hayattaki Uygulamaları .....	76
<b>2.4. COMPTON SAÇILMASI VE DE BROGLIE DALGA BOYU.....</b>	<b>79</b>
2.4.1. Compton Saçılması .....	80
2.4.2. Compton ve Fotoelektrik Olaylarının Benzerlikleri .....	82
2.4.3. Işığın İkili Doğası .....	82
2.4.4. Madde ve Dalga İlişkisi.....	83
2. ÜNİTE ÖZET .....	85
2. ÜNİTE ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	87

## 3.ÜNİTE: MODERN FİZİĞİN TEKNOLOJİDEKİ UYGULAMALARI

<b>3.1. GÖRÜNTÜLEME TEKNOLOJİLERİ .....</b>	<b>95</b>
3.1.1. Görüntüleme Cihazlarının Çalışma Prensipleri.....	95
3.1.2. LCD ve Plazma Teknolojisi .....	98
<b>3.2. YARI İLETKEN TEKNOLOJİSİ.....</b>	<b>101</b>
3.2.1. Yarı İletken Maddeler .....	101
3.2.2. Yarı İletkenlerin Teknolojideki Önemi.....	103
3.2.3. LED Teknolojisi .....	106
3.2.4. Güneş Pilinin Çalışma Prensibi.....	107
<b>3.3. SÜPER İLETKENLER .....</b>	<b>106</b>
3.3.1. Süper İletken Maddenin Temel Özellikleri .....	111
Kritik Manyetik Alan .....	111
3.3.2. Süper İletkenlerin Teknolojideki Kullanım Alanları .....	112
<b>3.4. NANOTEKNOLOJİ.....</b>	<b>114</b>
3.4.1. Nanobilim ve Nanoteknoloji.....	114
3.4.2. Nanomalzemeler ve Özellikleri .....	115
3.4.3. Nanomalzemelerin Teknolojide Kullanım Alanları.....	117
<b>3.5. LASER IŞINLARI .....</b>	<b>120</b>
3.5.1. Laser Işınlığının Elde Edilişi.....	120
3.5.2. Laser Işınlığının Teknolojideki Kullanım Alanları .....	122
3. ÜNİTE ÖZET .....	124
3. ÜNİTE ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME SORULARI .....	126
CEVAP ANAHTARI.....	130
SÖZLÜK VE KAYNAKÇA .....	131



**1. ÜNİTE**  
**ATOM FİZİĞİNE GİRİŞ VE**  
**RADYOAKTİVİTE**

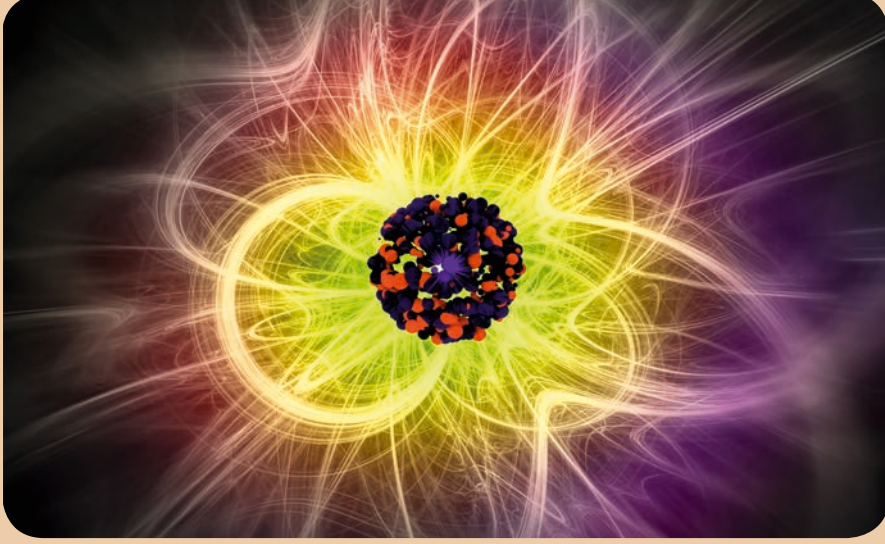


# 1. ÜNİTENİN KONULARI

- ▶ ATOM KAVRAMININ TARİHSEL GELİŞİMİ
- ▶ BÜYÜK PATLAMA VE EVRENİN OLUŞUMU
- ▶ RADYOAKTİVİTE

# 1. BÖLÜM

## ATOM KAVRAMININ TARİHSEL GELİŞİMİ



### NELER ÖĞRENECEĞİZ ?

**Bu bölümü tamamladığınızda;**

- Atomun tarihsel gelişimini ve bu süreçte atom ile ilgili geliştirilen model ve açıklamaları,
- Atomun uyarılabilme yollarını öğreneceksiniz.

### ANAHTAR KAVRAMLAR

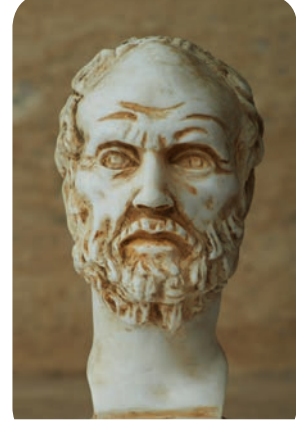
- Atom,
- Bohr,
- Atom teorisi,
- Enerji seviyesi,
- Uyarılma,
- İyonlaşma,
- Işıma,
- Büyük patlama,
- Alt parçacık,
- Antimadde,
- Radyoaktivite,
- Fisyon,
- Füzyon

## 1. 1. ATOM KAVRAMININ TARİHSEL GELİŞİMİ

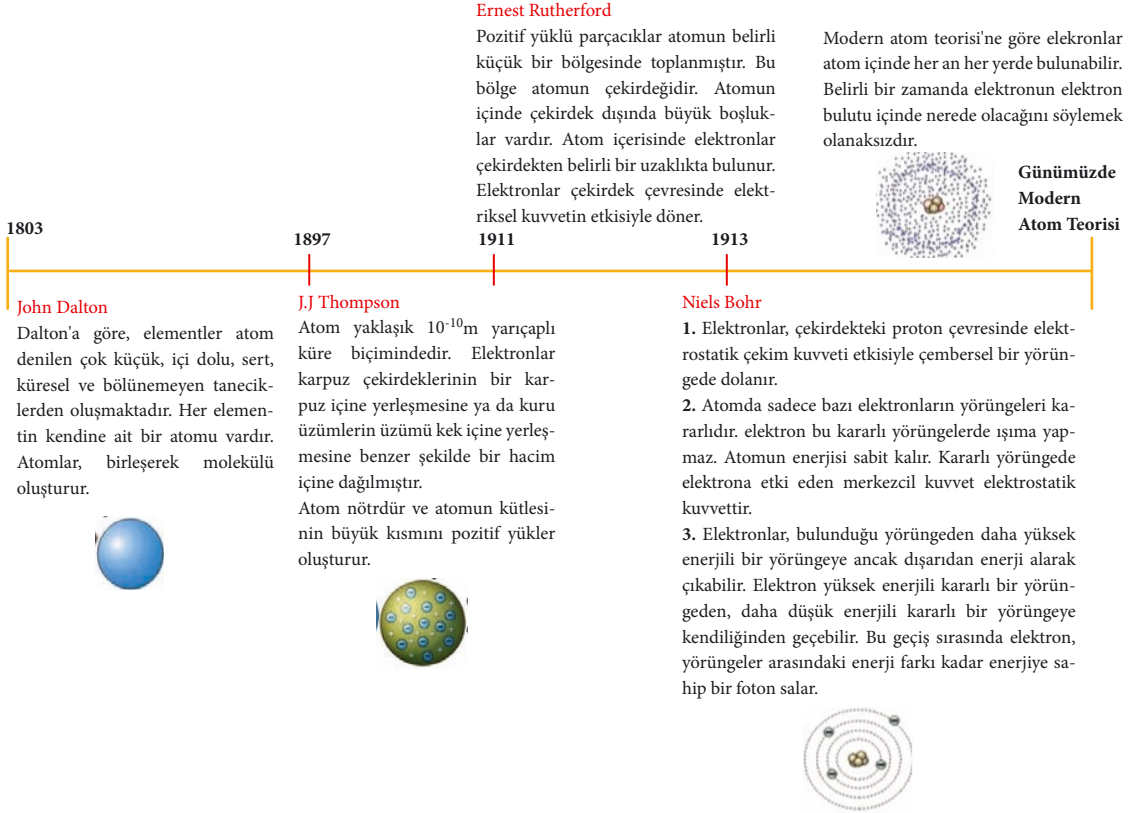
### A. Atom Kavramı

Bilim tarihinde bilim insanları maddenin yapısının nasıl olduğunu ve maddenin nelerden meydana geldiğini merak etmişler ve bu konuda birçok çalışma yapmışlardır.

Democritus (Demokritus) atom kavramından bahseden ilk kişidir. Democritus'a göre madde taneciklerden oluşur. Madde sürekli olarak parçalara bölündüğünde en sonunda bölünemeyen bir tanecik elde edilir. Democritus (Resim 1.1) bu parçacığa bölünemeyen anlamına gelen "atomus" (atom) adını vermiştir. Tablo 1.1'de Democritus'tan sonra atomun tarihsel gelişimi özet hâlinde verilmiştir.



Resim 1.1. Democritus  
(temsili)



Tablo 1.1. Atomun tarihsel gelişimi

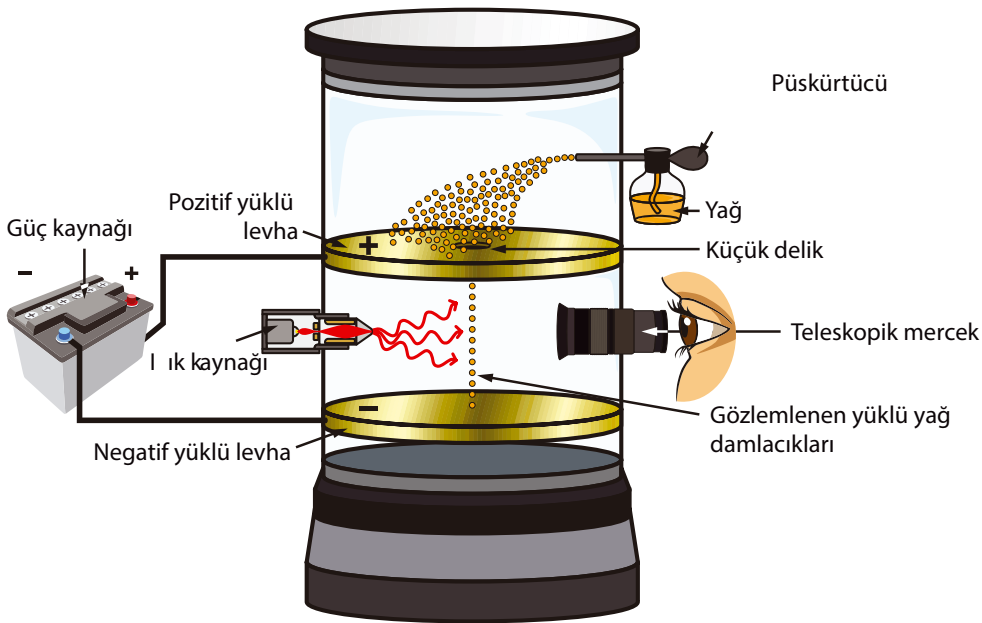
Bilim tarihi boyunca ortaya atılan atom modelleri birbiri ile ilişkilidir. İlk bilimsel atom modeli olan Dalton'ın atom modelinde atom içi dolu yoğun bir yapıda olduğunu

düşündü ancak Dalton'ın atom modelinde bazı eksiklikler vardı. Thomson yaptığı deneylerde atomun pozitif (+) ve negatif (-) yük içerdiğini keşfederek atomun tanecikli yapıda olduğunu göstermiştir. Deneylerle Thomson, atomdaki negatif yüklü taneciklerin yükünün, kütesine oranını ( $e/m$ ) hesaplamıştır.

## B. Milikan'ın Yağ Damlası Deneyi

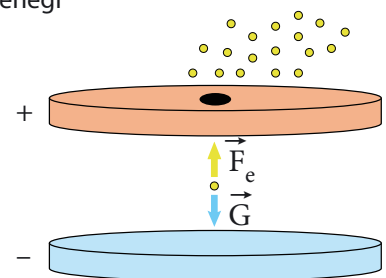
Milikan bu deneyle Thomson'ın  $e/m$  oranını kullanarak elektronun kütesini  $9,1 \cdot 10^{-31}$  kg olarak hesaplamıştır.

Robert Milikan (Rabırt Milikın) 1910-1913 yılları arasında yaptığı deneyde bir püskürtücü ile yüklenmiş yağ damlacıklarını aydınlatmak için yatay doğrultuda bir ışık demeti kullandı. Karanlık bir ortamda yapılan deney düzeninde parlayan bir yıldız gibi görünen yağ damlacıklarının hareketini gözlemledi. Damlaların hareketini bir teleskop ile inceledi.



Şekil 1. 1. Milikan'ın yağ damlası deney düzeni

Yağ damlacıkları çok küçük deliklerden levhalar arasına püskürtüldüğünde yağ damlacığı yer çekim kuvveti ile aşağı yönde hareket eder. Eğer levhalar bir üretece bağlanırsa levhalar arasında bir elektrik alan oluşur. Levhalar arasına giren yağ damlacıkları yer çekimi kuvveti etkisiyle aşağı doğru düşerken elektriksel kuvvetin etkisiyle dengelenir (Şekil 1. 2). Bö-

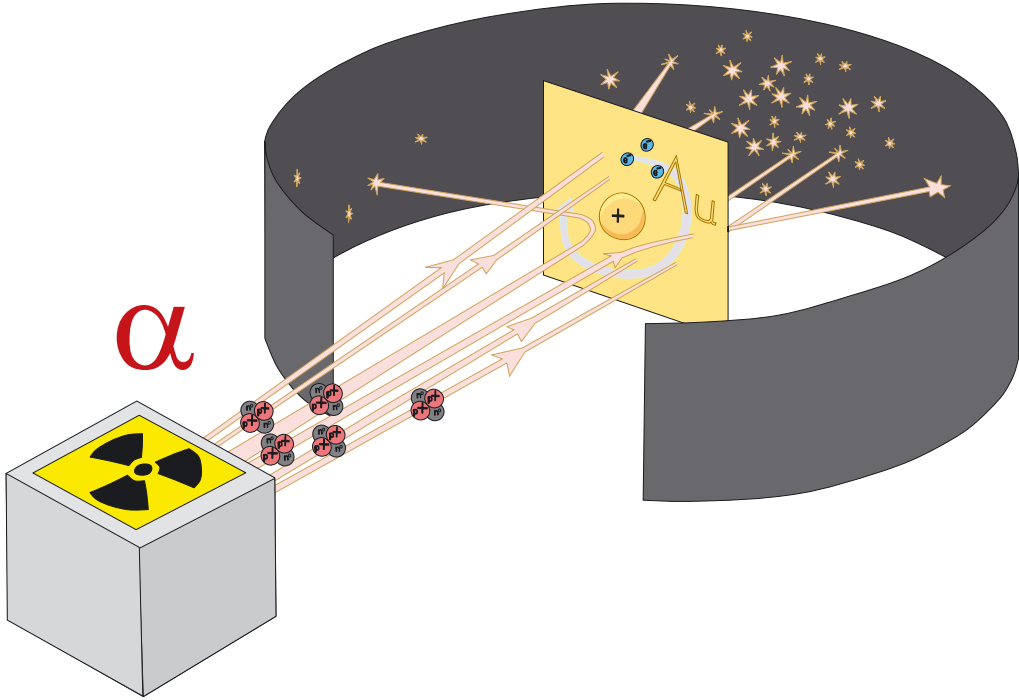


Şekil 1.2. Yağ damlacığına etki eden kuvvetler

lece yağ damlaları Newton'ın I. Yasası'na göre limit hız ile hareket eder. Milikan ve arkadaşları binlerce damlacık üzerinde yaptıkları çalışmalar sonunda bütün damlacıkların elementer yükün (1 elektron yükü =  $1,602 \cdot 10^{-19}$  C) tam katı kadar yüke sahip olduğunu buldular. Yapılan bu deneyin sonucuna göre elektrik yükünün toplam miktarı her zaman elektron yükünün bir tam sayısı olmak zorundadır.

$$q = n \cdot e ; n = 1, 2, 3, \dots$$

1911 yılında Ernest Rutherford (Örniş Radırford) ve öğrencileri Thomson'ın atom modelinin doğruluğunu araştırmak için bir deney düzenlediler. Bu deneyde helyum atom çekirdeği olarak bilinen pozitif yüklü  $\alpha$  parçacıklarını kullandılar. Radyoaktif helyum çekirdeğini kurşun bloka yerleştirerek küçük bir delikten  $\alpha$  parçacıkları demetini ince altın levhaya gönderdiler. Şekil 1. 3' te Rutherford ve öğrencilerinin hazırladığı deney düzeneği verilmiştir.

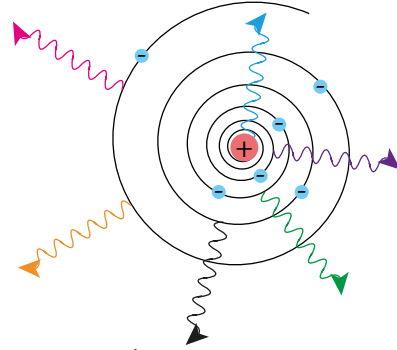


Şekil 1. 3. Rutherford'un deney düzeneği

Yapılan deneyde  $\alpha$  parçacıklarının çoğu sanki boş uzayda hareket ediyormuş gibi altın yapraktan geçiyordu. Rutherford ve ekibi bazılarının büyük açılarla saçıldığını, çok azının da geri döndüğünü gözlemlediler. Bu sonuç Rutherford ve ekibini yeni bir atom modeli arayışına yöneltti. Rutherford ve arkadaşlarının önerdiği atom modeli gezegenlerin güneşin etrafında dolanmasına benzemektedir.

Rutherford'un atom modeli iki temel yönden yetersizdir:

1. Elektronlar çembersel yörüngelerde hareket ederken merkezci ivmenin etkisindedir. Maxwell'in (Maksvel) elektromanyetik dalga teorisine göre yüklü parçacıklar ivmeli hareket yaparsa elektromanyetik dalga yaymaları gerekir. Buna göre elektronlar çekirdek çevresindeki dolanımları sırasında ivmeli hareket yaptıkları için sürekli ışımaya yaparak enerji kaybeder. Bu durumda elektron Şekil 1.4'teki gibi spiral bir yol çizer. Yörünge yarıçapı gittikçe küçülür. Elektron çekirdek içine düşer ve atom çöker. Ancak gerçekte bu böyle değildir. Atomların durup dururken çöktüğü görülmemiştir. Burada Rutherford atom modeli elektromanyetizma yasaları ile çelişmektedir.



Şekil 1.4. İvmeli hareket yapan elektronlar ışımaya meydana getirir.

2. Rutherford Atom Modeli'nin açıklayamadığı durumlardan biri de atom spektrumlarıdır. Elektromanyetik ışımaya yaparak çekirdeğe yaklaşan elektronun frekansı artacaktır. Bu durum, atomdan yayılan ışımaların sürekli bir tayf meydana getirmesi anlamına gelir. Ancak bu konuda spektrokopistlerin yaptığı çalışmalar, atomlardan elde edilen tayfların sürekli değil belirli enerji değerlerinde olduğunu göstermektedir.

1913 yılında Niels Bohr (Niyıls Bor), Rutherford atom modelindeki eksiklikleri gidermek ve atom spektrumundaki belirsizlikleri ortadan kaldırmak için yeni bir model ortaya koydu.

### C. Bohr Atom Modeli

Thomson ve Rutherford'un yanında çalışmış Danimarkalı fizikçi Bohr (Resim 1.2) daha önce Balmer (1850) tarafından bulunan hidrojen atomunun çizgi tayfına ilişkin formülü ile Max Planc (Meks Pilank) kuantum düşüncesini bir araya getirebileceğini düşündü. Planck element atomlarının yaptığı ışımaların farklı olmasından yola çıkarak maddenin alıp vereceği enerjinin belli bir değerin katları olduğunu ifade etmiştir. Planck, elektromanyetik ışımaya şeklinde yayılan en küçük enerji miktarına **kuantum** adını vermiştir. Her bir parçacığın enerjisinin değerini hesaplamak için  $E = h \cdot f$



Resim 1.2. Niels Bohr

bağıntısını kullanmıştır. Bu bağıntıdaki  $h$ , Planck sabiti olup değeri  $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$  J·s dir,  $f$  ise ışığın frekansdır. Planck bu bağıntı ile enerjinin ancak belirli büyüklüklerde alınıp verileceğini kanıtlamıştır.

Bohr, Planck'ın kuantum düşüncesini, atomdan yayılan ışığın frekansını ifade etmek için Einstein'ın foton kavramını, daha önceki atom modellerini ve Newton mekaniğini bir araya getirerek bir atom modeli tasarladı. Bohr Atom Modeli'nde Rutherford'un Atom Modeli'nde olduğu gibi ortada pozitif yüklü bir çekirdek vardı. Ancak elektronlar yalnızca belli yörüngelerde dolanıyordu. Çekirdek ve elektronlar arasındaki elektriksel kuvvete rağmen elektronların çekirdeğe düşmeleri mümkün olmuyor, bu da atomun kararlı olduğunu ifade ediyordu.

Bohr Atom Modeli, en basit yapıdaki atom olan hidrojen atomunun ısıtılmasıyla yapılan çalışmalar sonucunda dört temel varsayım üzerine kurulmuştur:

**1. Varsayım:** Elektronlar, çekirdekteki proton çevresinde elektrostatik çekim kuvveti etkisiyle çembersel bir yörüngede dolanırlar.

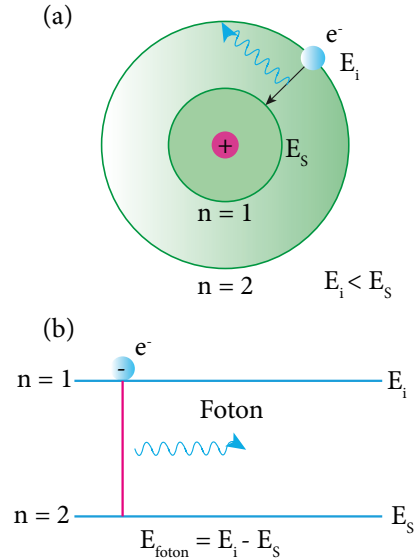
**2. Varsayım:** Atomda sadece bazı elektronların yörüngeleri karardır. Elektron bu kararlı yörüngelerde ışımaya yapmaz. Atomun enerjisi sabit kalır. Kararlı yörüngede elektrona etki eden merkezci kuvvet elektrostatik kuvvettir.

**3. Varsayım:** Elektronlar, bulunduğu yörüngeden daha yüksek enerjili bir yörüngeye ancak dışarıdan enerji alarak çıkabilir. Elektron yüksek enerjili kararlı bir yörüngeden, daha düşük enerjili kararlı bir yörüngeye kendiliğinden geçebilir. Bu geçiş sırasında elektron, yörüngeler arasındaki enerji farkı kadar enerjiye sahip bir foton salar. Bu olay Şekil 1.5a, b'deki gibi modellenmiştir. Enerji seviyeleri arasındaki geçiş sırasında yayılan fotonun enerjisi ve frekansı elektronun bulunduğu ilk ve son yörüngelerin enerji farkı ile hesaplanır.

$$E_{\text{foton}} = E_i - E_s = h \cdot f$$

Bu bağıntıda;

$E_i$  : Elektronun bulunduğu ilk yörünge enerjisini,



**Şekil 1.5.a.b** Elektronun yörüngeler arası geçişi

$E_s$ : Elektronun bulunduğu son yörünge enerjisini,

$h$ : Planck sabitini,

$f$ : Yayılan ışık fotonunun frekansını ifade etmektedir.

**4. Varsayım:** Elektronlar sadece belli yörüngelerde dolanabilir. Bu yörüngelerde elektronun açısal momentumu  $n$  nin tam katlarına sahiptir. Bu koşula sahip elektronlar buldukları yörüngede ışımaya yapmadan dolanırlar. Bu durumdaki elektronun açısal momentumu;

$$L_n = n \cdot m_e \cdot v \cdot r_n \text{ şeklinde yazılır.}$$

Bu eşitlikte;

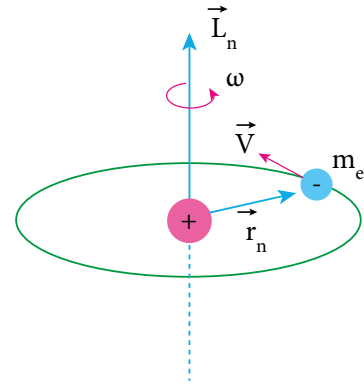
$n$ : Elektronun bulunduğu yörünge numarasını,

$L_n$ : Elektronun bulunduğu yörüngedeki açısal momentumunu,

$m_e$ : Elektronun kütesini,

$v$ : Elektronun yörünge üzerindeki çizgisel süratini,

$r_n$ : Elektronun bulunduğu yörünge yarıçapını ifade etmektedir.



**Şekil 1.6.** Elektronun açısal momentum vektörü

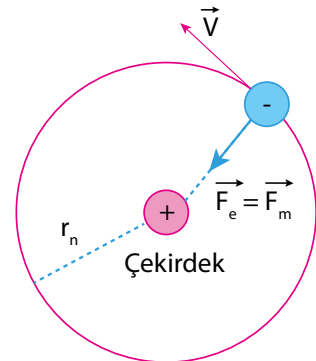
Bohr'un dördüncü varsayımını Şekil 1.6 'daki gibi modelleyebiliriz. Şekilde  $m_e$  kütleli elektron çekirdek etrafında,  $r_n$  yarıçaplı kararlı bir yörüngede  $L_n$  açısal momentumu ile dolanmaktadır.

### D. Bohr Atom Teorisinde Atom Yarıçapı, Enerji Seviyeleri, Uyarılma, İyonlaşma ve Işıma

Bohr hidrojen için geliştirdiği atom modelinde elektron, çekirdek çevresinde dolanmaktadır (Şekil 1.7). Elektron ( $e^-$ ) ile çekirdek arasındaki elektriksel çekim kuvveti ikinci varsayımına göre elektrona etkiyen merkezci kuvvet olmalıdır. Buna göre  $F_{\text{çekim}} = F_{\text{merkezci}}$  dir.

Bohr'un dördüncü varsayımına göre,

$L = m \cdot v \cdot r = n$  yazılabilir. Çekim kuvveti ile merkezci kuvvet arasındaki eşitlik ve açısal momentum arasında yapılan işlemlerden hidrojen atomunda  $n$ . yörün-



**Şekil 1.7.** Bohr atom modeli



gede dolanan elektronun yörünge yarıçapı için;

$$r_n = \frac{h^2}{4\pi^2 ke^2 m_e} = 0,53A$$

eşitliği elde edilir. Bu eşitlikte  $n$  dışındaki bütün değerler sabittir.  $n = 1$  en küçük yarıçaplı yörüngeye karşılık gelir. Eşitlikteki  $n^2/Z$  ifadesinin önündeki sabit değerler hesaplanırsa **Bohr yarıçapı** ( $a_0$ ) adı verilen en küçük yarıçaplı yörüngeye değeri

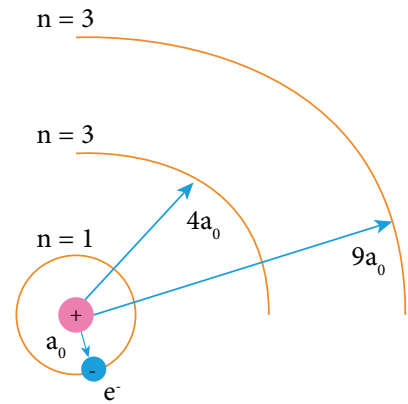
$$a_0 = \frac{h^2}{4\pi^2 ke^2 m_e} = 0,53A$$

olarak elde edilir.

Hidrojen atomunun atom numarası  $Z = 1$  olduğundan hidrojen atomundaki herhangi bir yörünge için  $r_n = a_0 \cdot n^2$  ( $n = 1, 2, 3, \dots$ ) yazılır. Bu eşitlik yörünge yarıçaplarının kesikli değerler aldığını göstermektedir. Yörünge yarıçapları için elde edilen bu sonucun temeli Bohr'un elektronun sadece  $n$  tam sayısı ile belirlenen kararlı yörüngelerde bulunabileceğini ifade eden varsayımdır. Şekil 1.8'de hidrojen atomunun ilk üç Bohr yörüngesi bu varsayıma göre çizilmiştir. Elektronun bulunduğu yörünge yarıçaplarının kesikli olması, enerjisinin de kesikli olduğunu gösterir. Elektron çekirdek çevresinde dolarken hem kinetik enerjisi hem de elektriksel potansiyel enerjisi vardır. Elektron çizgisel hızından dolayı kinetik enerjiye, çekirdekle arasındaki çekim kuvvetinden dolayı elektriksel potansiyel enerjiye sahiptir. Burada elektronun, kinetik ve elektriksel potansiyel enerjisi yerine yazılıp atom yarıçapıyla gerekli işlemler yapıldıktan sonra, toplam enerjisi

$$E_n = -13,6 \frac{Z^2}{n^2} \text{ olarak elde edilir.}$$

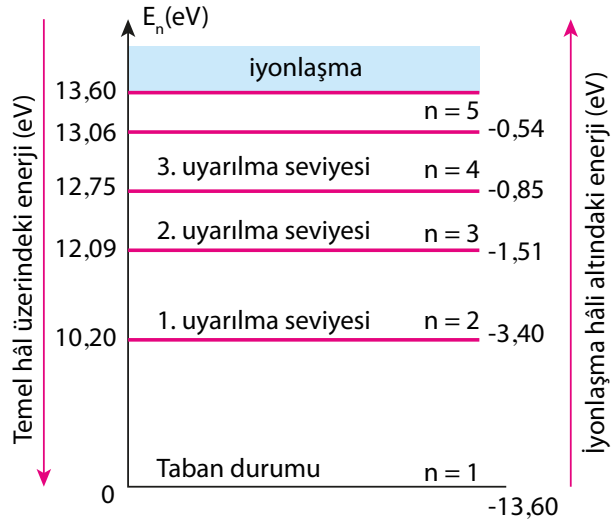
Bu sonuca göre elektronların enerjisi de kesikli değerler alır. Toplam enerji bağıntısında her bir  $n$  sayısı için hesaplanan enerji değerlerine **enerji seviyeleri** adı verilir. Eşitlikteki  $n$ , elektronun bulunduğu yörünge numarasını ifade eder ve  $n = 1, 2, 3, \dots$  değerini alır. Toplam enerjideki (-) işareti elektronun çekirdeğe bağlı olduğunu ifade eder. Yörünge sayısı büyüdükçe toplam enerjinin değeri sifıra yaklaşarak büyür. Bunun anlamı ise şudur: Bir elektronun çekirdekten uzaktaki bir yörüngede iken sahip olduğu enerji, çekirdeğe daha yakın bir yörüngede iken sahip olduğu enerjiden daha büyüktür. Buna göre bir elektronun bulunduğu yörünge çekirdeğe ne kadar yakınsa



Şekil 1. 8. Hidrojen atomunun ilk üç Bohr yörüngesi

toplam enerjisi sıfır yapan enerji de o kadar büyük olur. Bu enerjiye **bağlanma enerjisi** adı verilir. Bağlanma enerjisinin değeri elektronun bulunduğu yörüngede sahip olduğu kinetik enerji ve elektriksel potansiyel enerjinin toplamına eşittir.

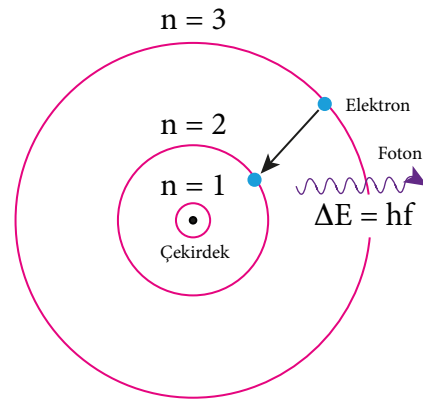
Hidrojen atomu için enerji seviyeleri Grafik 1.1'de verilmiştir. En küçük yarıçaplı kararlı yörüngedeki elektronun bağlanma enerjisi 13,6 eV'tur. Bu enerji düzeyine **taban durumu** ya da **temel hâl enerji seviyesi** adı verilir. Bir sonraki enerji seviyesi için toplam enerji  $n=2$  ve  $E_e = -3,4 \text{ eV}$ 'tur. Bu enerji düzeyine de **birinci uyarılma enerji seviyesi** adı verilir. Toplam enerjinin sıfır olduğu ( $E_n = 0$ ) durum elektronun atomdan koparıldığı durumu ifade eder. Atomu iyonlaştırmak için gerekli en küçük enerjiye **iyonlaşma enerjisi** denir. Buna göre taban durumundaki hidrojen atomunu iyonlaştıracak enerji değeri 13,6 eV'tur.



**Grafik 1.1.** Hidrojen atomunun enerji seviyeleri

Buna göre taban durumundaki hidrojen atomunu iyonlaştıracak enerji değeri 13,6 eV'tur.

Bir elektron bulunduğu enerji seviyesinden başka enerji seviyesine dışarıdan yapılan bir etki ile geçebilir. Bu olaya atomun uyarılması adı verilir. Bir element atomuna enerji verilerek elektronlarının bir ya da birkaçı daha yüksek enerji seviyelerine çıkarsa bu atoma uyarılmış atom denir. Atom, uyarılmış durumundan  $10^{-8}$  s içinde fazla enerjisini ışıma yaparak kaybeder ve temel hâle geri döner. Bazen de elektron hiçbir dış etki olmadan, bulunduğu yörüngeden alt yörüngeye kendiliğinden geçebilir. Bu durumda da atom, ışıma yaparak enerji kaybeder. Bohr Atom Modelin'in üçüncü varsayımına göre geçiş sırasında yörüngeler arası enerji farkı kadar enerjiye sahip bir foton salınır. Bohr'un 3. varsayımına göre fotonun enerjisi  $E_{\text{foton}} = E_1 - E_s = h \cdot f$  şeklinde yazılır. Şekil 1. 9'da üst yörüngeden alt yörüngeye atomun geçişi gösterilmiştir.



**Şekil 1. 9.** Uyarılmış atomda elektronun yüksek enerjili kararlı yörüngeden bir alt enerji seviyesine geçişi.

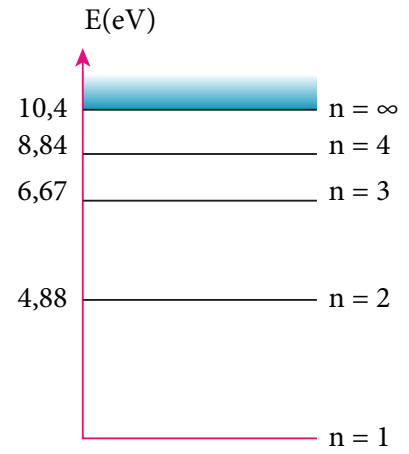
### 1. 1. 2. Atomun Uyarılması

Atomun uyarılması için dışarıdan enerji alması gerekir. Elektronlar genellikle taban enerji durumunda (temel hâl) bulunmak ister. Uyarılmış bir atom  $10^{-8}$  saniyede foton salarak taban enerji durumuna geri döner.

Atomda enerji artışına neden olacak her türlü dış etki, atomu uyarma sebebidir. Kararlı durumdaki bir atom elektronla, fotonla, ısı vererek ve birbirleriyle çarpıştırarak uyarılabilir. Şimdi, atomu uyarma yollarını sırasıyla inceleyelim:

#### 1. Elektronla Uyarma

Bir atomla çarpışan elektronun atomu uyarılması için elektronun enerjisi en az, atomun 1. uyarılma seviyesi kadar olmalıdır. Eğer elektronun enerjisi yeterli değilse elektron atomla esnek çarpışma yapar ve enerji kaybetmeden atomu terk eder. Yeterli enerjiye sahip olan elektron, atomu uyarabilir ve enerjisinin bir kısmını atoma aktarır. Geri kalan enerjisiyle atomu terk eder. Bu sırada atom ışımaya yapar. Çarpışma sonrasında, elektronun kalan enerjisi yeterliyse birden fazla çarpışma yapabilir. Örneğin Şekil 1.10'da enerji seviyeleri verilen cıva atomuna 6 eV enerjili elektron gönderilsin. Elektron cıva atomundaki elektronu  $n=2$  enerji seviyesine uyarırken kendisi  $6\text{eV} - 4,88\text{eV} = 1,12\text{eV}$  enerji ile atomu terk eder. Uyarılan atom tekrar kararlı hâle geçerken bir foton salar. Eğer çarpışma sonunda elektronun enerjisi  $n=2$  enerji seviyesinden fazla olsaydı ikinci kez cıva atomu ile çarpışma yapabilirdi.



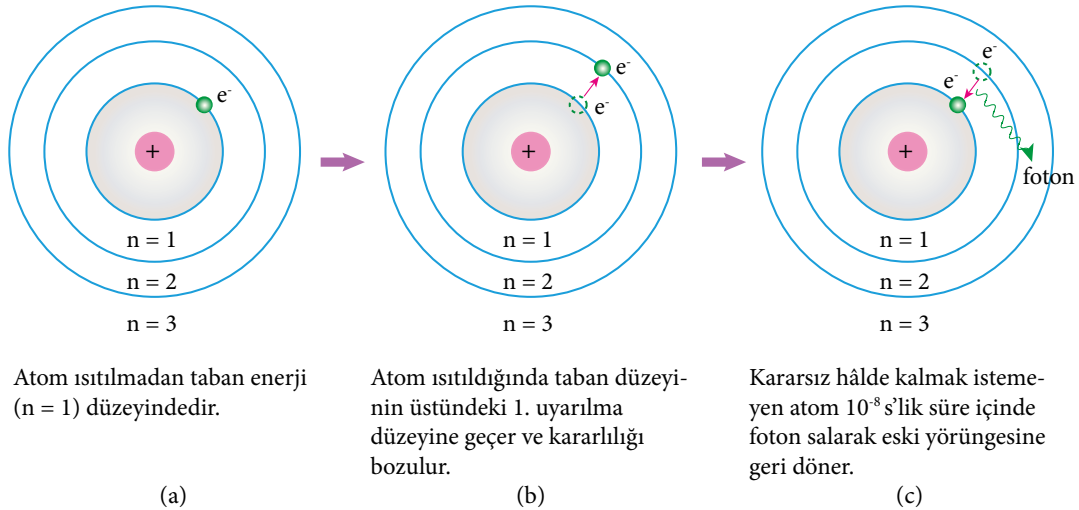
Şekil 1. 10. Cıva atomunun elektronla uyarılması.

#### 2. Fotonlarla Uyarma

Atomu uyarması için fotonun, atomun uyarılma enerji seviyelerinden birine eşit enerjiye sahip olması gerekir. Herhangi bir seviyeye denk gelmeyen foton atomu uyaramaz, esnek çarpışma yapıp atomu terk eder. Uyarma şartını sağlayan foton, atomu kendi enerji değerine uyarır ve atom fotonu soğurur. Uyarılan atom taban durumuna dönmek için ışımaya yapar. Gelen fotonun enerjisi atomun iyonlaşma enerjisinden büyük ise enerjinin iyonlaşma enerjisi kadarlık kısmı ile atomu iyonlaştırır. Artan enerji kopan elektrona aktarılır ve atom fotonu soğurur.

### 3. Isıtılarak Uyarma

Bir atom ısıtıldığında iç yörüngede bulunan elektronun enerjisi artar ve elektron bir üst yörüngeye sıçrar. Böylelikle atomun kararlılığı bozular. Atom kararlı hâlde bulunma isteğinden dolayı  $10^{-8}$  saniyede ışımaya yaparak sahip olduğu fazla enerjiyi foton salarak dışarı atar. Foton salınımı sonucunda elektron eski yörüngesine döner (Şekil 1.11.a.b.c.).



Şekil 1. 11. a. b. c. Atomun ısı ile uyarılması

### 4. Çarpıştırılarak Uyarma

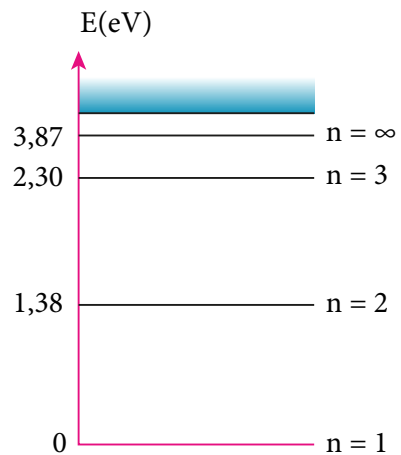
Atomlar yüksek sıcaklık ve basınçla birbirleriyle çarpıştırılabilir. Birbiriyle çarpıştırılan atomlar değişik enerji seviyelerine uyarılır. Atomlar çarpışma sırasında aldıkları fazla enerjiyi  $10^{-8}$  s içinde foton salarak kaybeder.

#### Örnek

Sezyum atomunun bazı enerji seviyeleri yandaki şekilde verilmiştir. Taban durumundaki sezyum buharındaki atomlar 3,60 eV enerjili elektronlarla çarpıştırıldığında sezyum buharından çıkan elektronların enerjiler kaç eV olabilir?

#### Çözüm

Sezyum atomu buharına gönderilen elektronlar için olası durumlar aşağıdaki gibidir:



3,60 eV enerjili elektronlar sezyum atomundaki elektronu  $n=3$  enerji seviyesine uyarır. Bu durumda elektron,

$3,60 - 2,30 = 1,30$  eV enerji ile atomu terk edebilir.

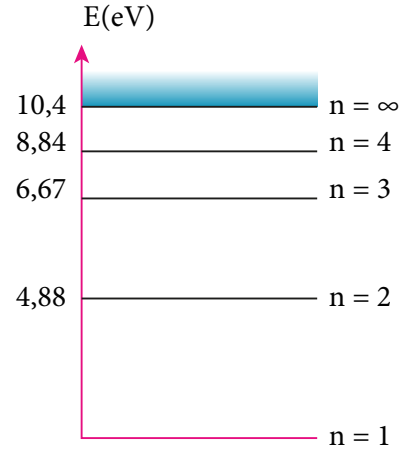
$3,60 - 1,38 = 2,22$  eV enerji ile çıkabilir. Kalan enerji ile atomu  $n=2$  seviyesine uyarabilir ve

$2,22 - 1,38 = 0,84$  eV enerji ile atomu terk edebilir.

$3,60 - 0 = 3,60$  eV enerji ile esnek çarpışma yapıp çıkabilir.

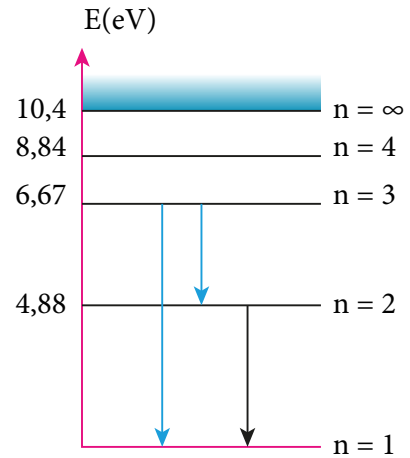
### Örnek

Cıva atomunun bazı enerji düzeyleri yandaki şekilde verilmiştir. Kararlı durumdaki cıva buharına 6,67 eV enerjili fotonlar gönderiliyor. Cıva atomu uyarıldığına göre kaç tane ışımaya meydana gelebilir?



### Çözüm

6,67 eV enerjili fotonlar cıva atomunu 2. uyarılma seviyesine ( $n=3$  seviyesi) uyarır. Atom taban durumuna enerji seviyeleri arasında aşağıdaki geçişleri yaparken ışımaya yapar. Şekilde de görüldüğü gibi  $n=3$  seviyesine uyarılan cıva atomunda 3 farklı ışımaya gözlenebilir.

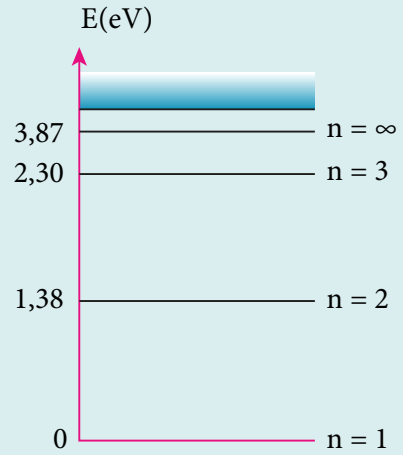




### 1. UYGULAMA

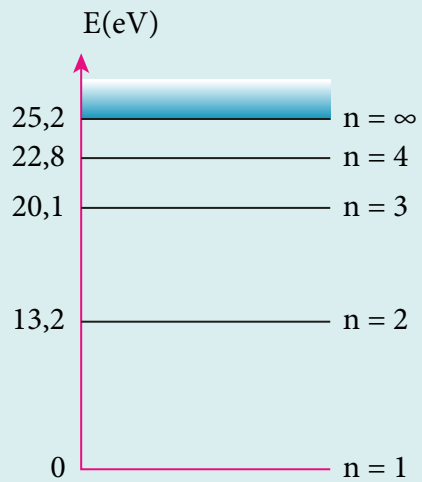
1. Sezyum atomunun enerji düzeyleri şekildeki gibidir. Sezyum buharı üzerine 3 eV enerjili elektronlar gönderiliyor. Bu elektronlar sezyum buharından hangi enerjilerle dışarı çıkabilir?

#### Çözüm



2. Bir X atomunun bazı enerji düzeyleri şekildeki gibidir. X atomuna 22,8 eV enerjili fotonlar gönderiliyor. Buna göre taban durumuna dönen X atomunun yapabileceği ışımalar kaç tanedir?

#### Çözüm



### 1.1.3. Modern Atom Teorisi

Bohr Atom Teorisi tek elektronlu atom ya da iyonlar için geçerli bir atom modelini açıklamaktadır. Bu model, tek elektronlu atomların elektronunun yörünge yarıçapını ve enerji düzeylerini açıklayabilmektedir fakat, elektron sayısı artarsa güçlüklerle karşılaşmaktadır. Ayrıca, elektronun tam olarak nerede bulunduğunu ve yörüngelerde geçiş sırasında yayınlanan ışığın spektrumunu açıklayamamaktadır.

Bohr Atom Teorisi'nin yukarıda belirtilen yetersizlikleri kuantum mekaniğinde yapılan önemli keşiflerle giderilmiştir. 1923 yılında Fransız fizikçi Louis de Broglie (Luis dö Brogli, Resim 1.3) elektronların tanecik hareketinden başka dalga şeklinde hareketi olduğunu ve bu hareketlerin birbirinden bağımsız olamadığını keşfetmiştir. Yani atomdaki elektronlar hem tanecik hem de dalga özelliğine sahiptir. Broglie'ye göre çizgisel momentumu  $p$  olan bir ta-



Resim 1.3. Louis de Broglie

neciğe dalga boyu  $\lambda = \frac{h}{p}$  olan bir dalga eşlik eder. Çizgisel momentum  $p = m \cdot v$  olduğuna göre taneciğe eşlik eden dalganın dalga boyu  $\lambda = \frac{h}{m \cdot v}$  olarak elde edilir. Taneciğe eşlik eden bu dalgaya, **olasılık dalgası** adı verilir.

Bohr'un 4. varsayımında  $L = m_e \cdot v \cdot r = n \cdot \frac{h}{2\pi}$  açısal momentum ifadesindeki çizgisel momentumu  $m_e \cdot v$  yerine, olasılık dalgası cinsinden yazılırsa

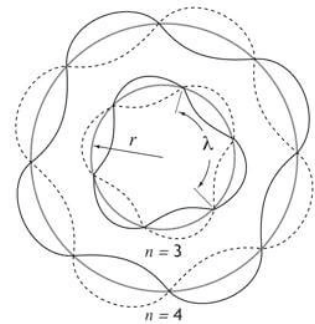
$$\frac{h}{\lambda} \cdot r_n = n \cdot \frac{h}{2\pi}$$

$$2\pi \cdot r_n = n \cdot \lambda \quad (n=1, 2, 3, \dots) \text{ elde edilir.}$$

Elde edilen eşitlikte  $2\pi \cdot r_n$  elektronun dolandığı yörüngenin çevresidir. Yörüngenin çevresinin uzunluğu elektrona eşlik eden dalganın dalga boyunun tam katlarına eşittir. Buna göre;

1. yörüngenin çevresi:  $n=1$ ,  $2\pi \cdot r_1 = \lambda$
2. yörüngenin çevresi:  $n=2$ ,  $2\pi \cdot r_2 = 2\lambda$
3. yörüngenin çevresi:  $n=3$ ,  $2\pi \cdot r_3 = 3\lambda$
4. yörüngenin çevresi:  $n=4$ ,  $2\pi \cdot r_4 = 4\lambda$

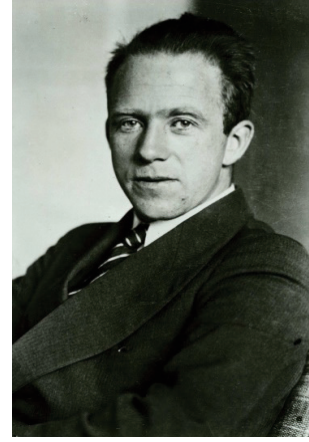
Şekil 1.12'de  $n=3$  ve  $n=4$  yörüngelerinde dolanan elektrona eşlik eden dalgalar modellenmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi, 3. yörüngede 3 tam dalga boyu, 4. yörüngede 4 tam dalga boyu bulunmaktadır.



Şekil 1.12. Elektrona eşlik eden dalgalar

## Heisenberg Belirsizlik İlkesi

Broglie'nin tanecik ve dalga ilişkisini ifade eden önemli keşfi dalganın konumunun nasıl belirleneceği sorusunu da beraberinde getirmiştir. Bu konuda ilk çalışmayı yapan Alman fizikçi Werner Heisenberg'dür (Verner Hayzınbörg, Resim 1.4). Heisenberg'e göre bir parçacığın konumu ve momentumunu aynı anda kesin olarak ölçmek mümkün değildir. Heisenberg Belirsizlik İlkesi olarak adlandırılan bu ilkeye göre Bohr Atom Teorisi'nde elektronu tam olarak tanımlanmış yörüngelerde dönen bir tanecik olarak tanımlamak yanlış olacaktır. Ayrıca bir parçacığın sahip olduğu enerji sınırlı bir ölçüm süresi içinde tam olarak ölçülemez. Bu belirsizlik aynı zamanda enerjinin belli bir süre içinde korunamayacağı anlamına da gelmektedir.



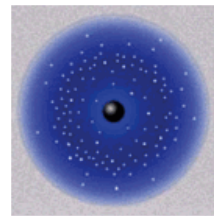
Resim 1.4. Werner heisenberg

## Schrödinger Dalga Denklemi

Avusturyalı fizikçi Erwin Schrödinger (Örvin Şırödinger, Resim 1.5), Heisenberg'den bağımsız olarak, Broglie'nin hipotezinden yola çıkarak tüm parçacıkların hareketinin hesaplanabileceği bir dalga mekaniği oluşturdu. Dalga mekaniğine göre bir kuvvetin etkisi altında olan dalgaların nasıl oluşacağı ve gelişeceği açıklanabilir. Bu teoriye göre tanecik sayısının fonksiyonu  $\Psi$ 'nin (psi) karesi ile doğru orantılıdır. Hidrojen atomunda elektronun bulunabileceği enerji düzeyi ve dalga fonksiyonları Schrödinger Dalga Denklemi adı verilen bu eşitlikle açıklanabilir. Schrödinger yaptığı çalışmalarda Heisenberg Belirsizlik İlkesi'ni destekler şekilde "Atom içinde hareket eden elektronların kesin konumundan bahsedilemez ancak elektronların bulunma ihtimallerinin yüksek olduğu yerler belirlenebilir."ifadesini kullanmıştır. Modern Atom Teorisi olarak da tanımlanan Schrödinger'in yaptığı çalışmaların sonucuna göre hidrojen atomunun elektronu çekirdekten itibaren sonsuza kadar her yerde bulunabilir (Şekil 1.13). Ancak bu ihtimal belirli bir uzaklığa kadar çok yüksekken bu uzaklıktan sonra neredeyse sıfır olur. Elektronun bulunma ihtimalinin yüksek olduğu yerlere **elektron bulutu** adı verilir.



Resim 1.5. Erwin Schrödinger



Şekil 1.13. Modern atom modeli



Modern Atom Teorisi'nde atomdaki elektronun bulunabileceği düzeyler ve dalga fonksiyonlarının kuantum sayıları ile gösterilir. Elektronun, elektron bulutu içerisinde bulunma ihtimalinin olduğu yerlere **orbital** denir. Schrödinger'e göre elektronların hangi orbitallerde (yörüngelerde) bulunduğunu açıklamak için üç koordinat ya da üç kuantum sayısına ihtiyaç vardır. Schrödinger'in dalga denklemlerinden gelen bu üç kuantum sayısı; yörünge'nin (orbitalin) büyüklüğünü tanımlayan baş kuantum sayısı ( $n$ ), yörünge'nin biçimini açıklayan açısal momentum kuantum sayısı ( $\ell$ ), yörünge'nin uzayda yönelimini açıklayan magnetik kuantum sayısıdır ( $m_\ell$ ). Modern atom modelini ifade eden Schrödinger'in bulmuş olduğu denklem, birden fazla elektrona sahip atomun yapısını tam olarak açıklayamamıştır. Günümüzde de hâlâ atomun yapısını anlamak için çalışmalar devam etmektedir.

Atom fiziği konusunda çalışmalar yapan Türk bilim insanları da vardır. Feza Gürsey (Resim 1.6), Asım Orhan Barut (Resim 1.7) ve Türkiye Atom Enerjisi Kurumunun kurucularından olan Behram N. Kuşçuoğlu (Resim 1.8) bunlardan bazılarıdır. Bu değerli Türk bilim insanları yaptıkları çalışmalarla sahip oldukları uluslararası ün ve prestijli yurt dışı iş olanaklarına rağmen yurda geri dönmüşlerdir.



**Resim 1.6.** Feza Gürsey



**Resim 1.7.** Asım Orhan Barut



**Resim 1.8.** Behram N. Kuşçuoğlu

## 2. BÖLÜM

### BÜYÜK PATLAMA VE EVRENİN OLUŞUMU



#### NELER ÖĞRENECEĞİZ ?

**Bu bölümü tamamladığınızda;**

- Büyük patlama teorisi, evrenin oluşumu ve geleceği ile ilgili farklı teorileri,
- Standart model çerçevesinde tanımlanan atom altı parçacıkların neler olduğunu,
- Atom altı parçacıklardan başlayarak madde oluşum sürecini öğreneceksiniz.

#### ANAHTAR KAVRAMLAR

- Büyük Patlama
- Hubble Yasası
- Atom altı parçacıklar
- Antimadde
- Higgs Bozonu
- Standart model

## 1.2. BÜYÜK PATLAMA VE EVRENİN OLUŞUMU

### 1.2.1. Büyük Patlama Teorisi

Evren (kozmos), tüm varlıkları ve olayları içeren bir sistemdir. Evren bilimi (koz-moloji) açısından bu kelime “gözlemlediğimiz evren” olarak tanımlanır. Bilim insan-ları oldukça kompleks bir yapıya sahip olan evrenin oluşumu hakkında tarih boyunca değişik fikirler ve teoriler ortaya atmışlardır. Evrenin başlangıcı konusu, bilim insanla-rı arasındaki tam bir fikir birliğiyle **Büyük Patlama (Big Bang / Big Beng)** adı verilen teoriye dayandırılmaktadır.

Büyük Patlama, evrenin yaklaşık 13,8 milyar yıl önce aşırı yoğun ve sıcak bir nok-tadan meydana geldiğini savunan, bilimsel temelleri en fazla olan teoridir. Büyük Pat-lama'nın ortaya çıkışı esasen evrenin sürekli genişliyor oluşunun bilimsel bulgularının tespitiyle gerçekleşmiştir.

Ünlü astronom Edwin Hubble (Edvin Habil, Resim 1.9), 1929 yılında yaptığı gözlemler sonu-cunda gök adaların Dünya'dan olan uzaklıklarının artmasıyla birlikte gök adalardan gelen ışığın tayflarında oluşan kırmızıya kaymanın da arttığı-nı fark etti. Işığın dalga boyundaki bu artışı, gök adanın Dünya'dan uzaklığı ile uzaklaşma hızının doğru orantılı olduğunu göstermekteydi. **Hubble Yasası** olarak tanımlanan bu oran evrenin geniş-lediğini doğruladı. Hubble'ın bu ispatı Büyük Patlama Teorisi için çok büyük bir kanıt-tı.



Resim 1.9. Edwin Hubble

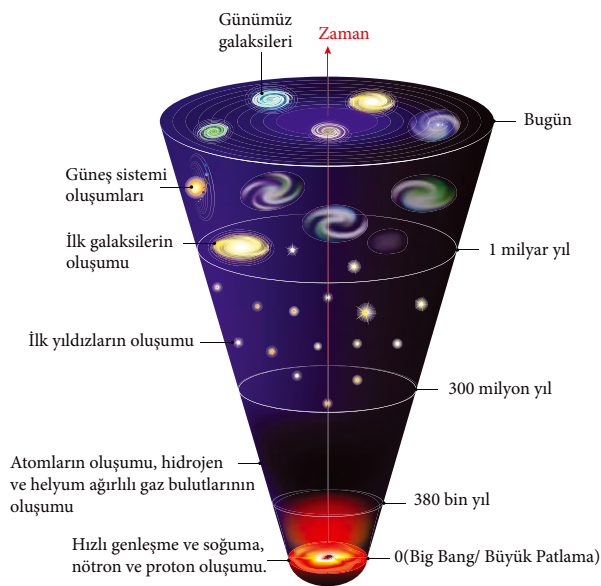
Yapılan bilimsel çalışmalar sonucu elde edilen bilgilerle Big Bang Teorisi orta-ya konuldu. Bu teoriye göre yaklaşık 13 milyar yıl önce madde ve zaman yokken Big Bang adı verilen büyük bir patlamayla madde ve zamanın ortaya çıktığı tahmin edilmektedir. Teorinin temel fikri, hâlen genişlemeye devam eden evrenin geçmişteki belirli bir zamanda sıcak ve yoğun bir başlangıç durumundan itibaren genişleyerek şişmeye ve soğumaya başlamış olduğudur.

## BİLGİ KUTUSU



Bilim insanlarının yaptığı teorik hesaplamalara göre Büyük Patlama'dan kalması gereken radyasyonu (ışımayı) araştırmak üzere NASA tarafından 1989 yılında Kozmik Fon Kâşifi (Cosmic Background Explorer / Kozmik Bekfıront Ekspılörır) adı verilen COBE (KOBİ) uydusu yörüngeye gönderildi. Uydı, fırlatılışından sekiz dakika sonra radyasyonu belirleyerek Büyük Patlama Teorisi'ni kesin olarak kanıtladı. Bu kanıttan sonra art arda gelen diğİer kanıtlar teoriyi desteklemeye devam etti.

Evrenin büyük patlamadan günümüze kadar geçen süre içindeki gelişimi Şekil 1.14'te gösterilmiştir.



Şekil 1.14. Evrenin Gelişimi

Evrenin oluşumu ve geleceği ile ilgili farklı teoriler ortaya atılmıştır. Süper simetri, süper kütle çekimi, süper zar, M kuramı, süper sicim bunlardan birkaçıdır. Süper sicim teorisine göre evren, bütün madde ve enerjinin; insanların, gezegenlerin, yıldızların, kedilerin, köpeklerin, kısacası düşünebildiğiniz her şeyin yaradılıştan kıyamete kadar küçücük sicimlerin etki ve etkileşimlerine bağlandığı bir varlık olarak düşünülüyor. Bu yüzden bilim insanları, süper sicim'i kısaca "Her Şeyin Teorisi" olarak adlandırıyorlar.

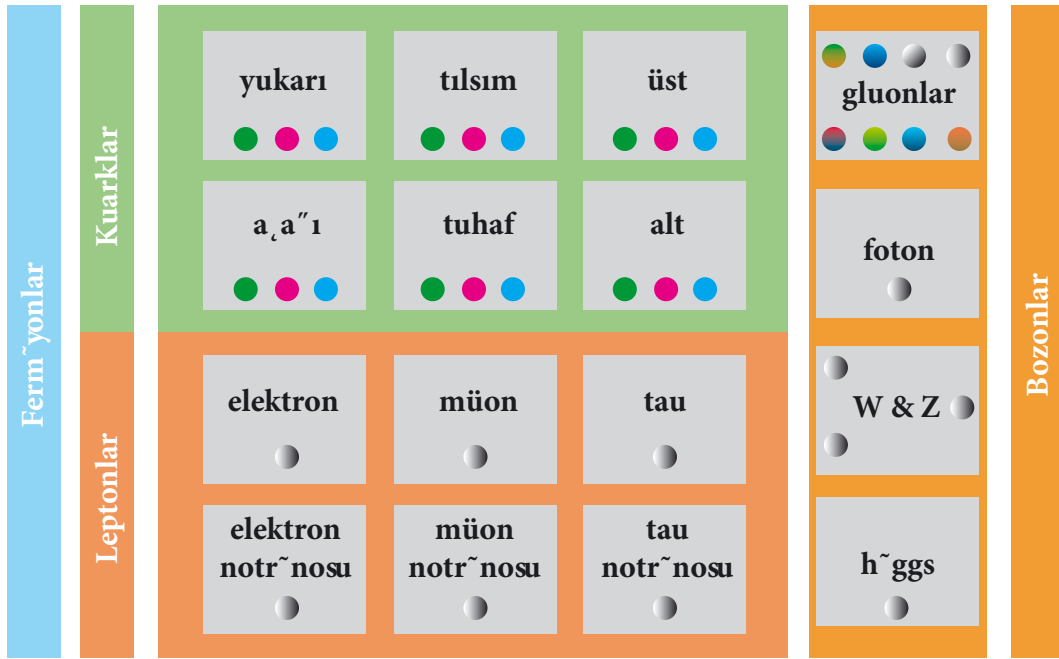
### 1.2.2. Atom Altı Parçacıkların Temel Özellikleri

Yirminci yüzyılın başlarında atom altı parçacıklar üzerinde çalışan bilim insanları proton, nötron ve elektronlardan daha küçük atom altı parçacıkları keşfetmeye başladılar. Bu parçacıkları farklı kuvvetler aracılığıyla birbirleriyle etkileşimlerine göre üç grupta topladılar. Bunlar; fotonlar, hadronlar ve leptonlardır.

*Atom altı parçacık olarak tanımlanan foton, hadron ve leptonlardan başka küçük parçacıklar var mıdır?*

Yapılan çalışmalarda atom altı parçacıklardan olan protonlar ve nötronlar parçacık hızlandırıcılarda çarpıştırılmış ve yeni tanecikler ortaya çıkmıştır. 1960'lı yıllarda Murray Gell Mann (Möri Cel Man) ve George Zweig (Corc Zıvayk) adlı fizikçiler birbirlerinden bağımsız olarak gerçekleştirdikleri çalışmalar sonucunda hadronların daha küçük parçacıklardan oluştuğu fikrini ortaya atmışlardır. Yapılan deneyler sonucunda **kuark** ve **antikuark** adı verilen daha küçük parçacıkların varlığı ispat edilmiştir.

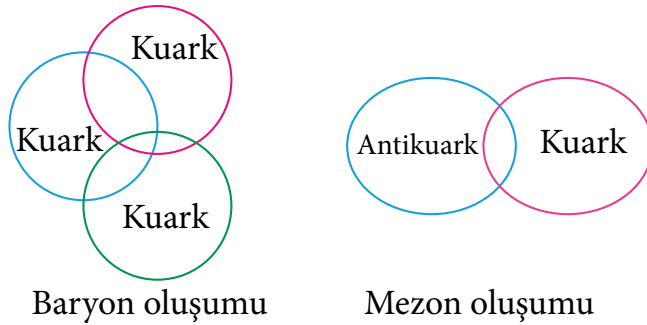
Atom altı parçacıkların çarpıştırılması deneyleri sonrasında 1964 yılında geliştirilen **standart model**, farklı temel taneciklerin atom içerisinde nasıl düzenlendiğini ve değişik kuvvetler aracılığıyla birbirlerini nasıl etkilediğini açıklamayı kolaylaştırmıştır. Standart model altında isimlendirilmiş 17 parçacık vardır. Bu parçacıklar, **fermiyonlar** ve **bozonlar** olarak iki ana guruba ayrılır. Fermiyonlar madde parçacıkları, bozonlarsa bu parçacıklar arasındaki etkileşimlere aracılık eden kuvvet parçacıklarıdır. Standart modele göre evrende temel parçacık olarak 6 çeşit kuark, 6 çeşit leptondan oluşan fermiyonlar ve kuvvet taşıyıcıları olan bozonlar vardır (Şekil 1.15).



Şekil 1.15. Parçacık Ailesi

### Kuarklar

Standart modele göre altı tür kuark vardır: Yukarı (u), aşağı (d), tılsım (c), garip (s), alt (b) ve üst (t). Bu fermiyonlar doğada serbest hâlde bulunmazlar ancak bir araya gelerek çeşitli parçacıkları oluştururlar. Doğada her parçacığın bir antiparçacığı olduğu gibi kuarkların antiparçacığı antikuarklardır. Bir kuark ve bir antikuark içeren parçacıklara **mezon**, üç kuark içeren parçacıklara **baryon** denir. Kuarklardan oluşan parçacıkların genel adı **hadron**dur (Şekil 1.16).



Şekil 1.16. Hadronların (baryon ve mezon) oluşumu

Parçacık fiziğinde her kuarkın elektrik yüküne benzer şekilde bir renk yükü taşıdığı söylenir. Bir kuark üç farklı renkten birine sahip olabilir: kırmızı (k), yeşil (y), mavi (m). Tamamı farklı renkte üç kuark bir araya geldiğinde renk yükü nötr olan bir baryon oluşur. Herhangi bir renge sahip olan kuarkla o rengin zıttına sahip olan bir antikuark bir araya geldiklerinde renk yükü nötr olan bir mezon oluşur.

## Leptonlar

Doğada serbest hâlde bulunan fermiyonlara **lepton** adı verilir. Bu gruba giren parçacıkların en bilinen örneği elektrondur. Lepton kelimesi Yunancadaki leptos kelimesinden türetilmiştir. İnce, zarif, hafif, küçük gibi anlamlara karşılık gelir. Leptonlar, hadronlardan daha hafiftir ancak 1975 yılında keşfedilen tau isimli leptonun kütlesi protonun kütlesinin iki katıdır. Standart modeldeki temel parçacıkların isimleri ve özellikleri Tablo 1. 1'de verilmiştir

STANDART MODELDEKİ TEMEL PARÇACIKLAR								
Aile	Simge	İsim	Tahmin	Keşif	Spin Sayısı	Elektrik Yükü	Renk Yükü	Kütle (MeV/ c <sup>2</sup> )
Fermiyonlar	u	yukarı kuark	1964	1968	1/2	+2/3	k, y, m	2,3
	d	aşağı kuark	1964	1968	1/2	-1/3	k, y, m	4,8
	c	tılsım kuark	1970	1974	1/2	+2/3	k, y, m	1275
	s	tuhaf kuark	1964	1968	1/2	-1/3	k, y, m	95
	t	üst kuark	1973	1995	1/2	+2/3	k, y, m	173.200
	b	alt kuark	1973	1977	1/2	-1/3	k, y, m	4420
	e	elektron	1874	1897	1/2	-1	-	0,5110
	n	müon		1936	1/2	-1	-	105,7
	x	tau		1975	1/2	-1	-	1777
	e <sub>e</sub>	elektron nötrinosu	1930	1956	1/2	0	-	<10 <sup>-5</sup>
	n <sub>n</sub>	müon nötrinosu	1940'lar	1962	1/2	0	-	<10 <sup>-5</sup>
x <sub>x</sub>	tau nötrinosu	1970'ler	2000	1/2	0	-	<10 <sup>-5</sup>	
Bozonlar	g	gluon	1962	1978	1	0	8 renk	0
	c	foton	1899		1	0	-	0
	W	W bozonu	1968	1983	1		-	80.390
	Z	Z bozonu	1968	1983	1		-	91.190
	H	Higgs bozonu	1964	2013	0		-	125.900

**Tablo 1.1.** Standart modeldeki temel parçacıklar. Renk yükleri; k: kırmızı, y: yeşil, m: mavi

## Bozonlar

Parçacıklar arasında etkileşmeyi sağlayan dört temel kuvvete aracılık eden parçacıklara **bozon** adı verilir. Kuarklar ve leptonlar bozonlar aracılığıyla etkileşime girerek evrendeki maddelerin tümünü oluşturur. Günümüzde bilinen, parçacıklar arasındaki etkileşime aracılık eden parçacıklar (bozonlar) gluon, foton, graviton, Z, W ve Higgs bozonu'dur.

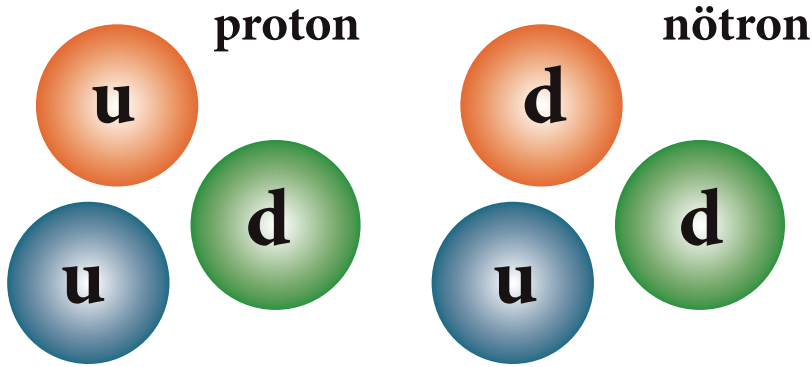
## Antiparçacıklar

Parçacıklar ile aynı büyüklükte ve kütlede ancak zıt işaretli elektrik yüküne sahip parçacıklardır. Örneğin elektronun (e<sup>-</sup>) elektrik yükü -1 iken elektronun antiparçacığı olan pozitronun (e<sup>+</sup>) elektrik yükü +1'dir.

Kırmızı renkli,  $+2/3$  elektrik yüklü bir yukarı kuarkın antiparçacığının elektrik yükü  $-2/3$ , rengi ise mavi ile yeşilin karışımı (cyan) yani camgöbeğidir. Antiparçacıkların üzerine genellikle “-“ işareti konur. Örneğin yukarı kuarkın simgesi  $u$ , antikuarkın simgesi  $\bar{u}$  dur. Antiparçacıkların bir araya gelmesiyle antimadde oluşur. Örneğin protonun antiparçacığı olan antiproton iki antiyukarı kuark ( $\bar{u}$ ) ve bir antiaşağı kuarktan ( $\bar{d}$ ) oluşur.

### Nükleonlar

Atom çekirdeğinde bulunan proton ve nötronlar **nükleon** olarak adlandırılır. Her ikisi de baryondur. Protonlar iki yukarı bir aşağı kuarktan, nötronlarsa iki aşağı bir yukarı kuarktan oluşur. (Şekil 1.17)



Şekil 1.17. Proton ve nötronları oluşturan parçacıklar

### Standart Modelde Etkileşimler

Standart model güçlü çekirdek kuvveti, zayıf çekirdek kuvveti, elektromanyetik kuvvet ve kütle çekim kuvveti içerir. Bir parçacığa kuvvet etki etmesinin sebebi, belirli bir özelliğe sahip olmasıdır. Elektromanyetik kuvvet, elektrik yüklü parçacıklara; güçlü kuvvet ise renk yükü olan parçacıklara etki eder. Etkileşimlere bozonlar aracılık eder. Elektromanyetik etkileşime foton, güçlü etkileşime gluonlar, zayıf etkileşime W ve Z bozonları. Bu bozonların tamamının spini 1'dir.

**Kütle çekim kuvveti**, tüm parçacıkların birbirini çekmesinden sorumludur. Kütleler arasındaki çekim kuvvetinin iletilmesine **graviton** adlı parçacıklar aracılık eder.

**Güçlü çekirdek kuvveti**, çekirdek boyutunda etkili, şiddeti en büyük olan kuvvettir. Protonlar arasındaki elektromanyetik itme kuvvetinden daha büyük bir değere sahip olan bu kuvvet, çekirdeğin dağılmasını engeller.

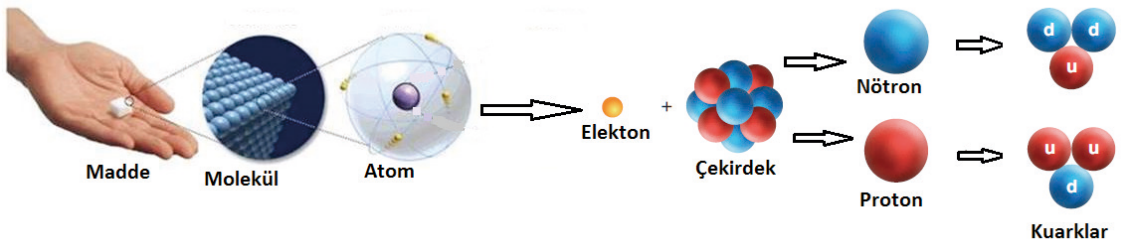


**Zayıf çekirdek kuvveti**, kararsız çekirdeklerin bozunmasından, nötrinoların ve diğer lepton türlerinin çekirdek ile etkileşmesinden sorumlu kuvvettir.

**Elektromanyetik kuvvet**, kütle çekimi gibi uzun menzilli bir kuvvettir. Yüklü parçacıklar arasındaki elektriksel kuvvet (Coulomb Kuvveti), mıknatıslar arasında ise elektromanyetik kuvvet olarak kendini gösterir. İki elektronun elektromanyetik etkileşimi sırasında elektronlar birbirlerine foton aracılığıyla elektromanyetik kuvvet uygular. Bu etkileşimde bir elektron diğerine enerji ve momentum aktarır. 1979 Nobel Fizik Ödülü Abdus Salam, Sheldon Lee Glashow (Şeldin Li Gılaşov) ve Steven Weinberg'e (Sitivin Vaynbörg) verilmiştir. Bu üç bilim insanı temel parçacıklar arasındaki elektromanyetik ve zayıf kuvvetin birleşik bir kuvvet görünümünde olduğunu ortak çalışmalarıyla keşfetmişlerdir.

### 1.2.3. Madde Oluşum Süreci

Atomu oluşturan en küçük parçacık kuarklardır. Yukarı ve aşağı kuarklar bir araya gelerek proton ve nötronu oluşturur. Proton ve nötronlar da çekirdeği oluşturur. Çekirdek ile çevresinde dolanan elektronlar ise atomu oluşturur. Sonuç olarak yukarı ve aşağı kuarklar ile elektronların maddenin üç temel yapı taşı olduğunu söylenebilir. İki veya daha fazla atomun bir araya gelmesiyle moleküller, çok fazla sayıda molekülün bir araya gelmesiyle de madde oluşur. Aşağıda maddeyi oluşturan parçacıkların oluşum basamağı Şekil 1. 18'de verilmiştir.



**Şekil 1.18.** Maddeyi oluşturan parçacıkların oluşum süreci

Kısaca özetlemek gerekirse madde moleküllerden, molekül; iki ya da daha fazla atomun bir araya gelmesinden, atom; lepton ailesinden olan elektronlar ile çekirdekten, çekirdek; baryon ailesinden olan proton ve nötronlardan, proton ve nötronlar ise kuarklardan oluşur.

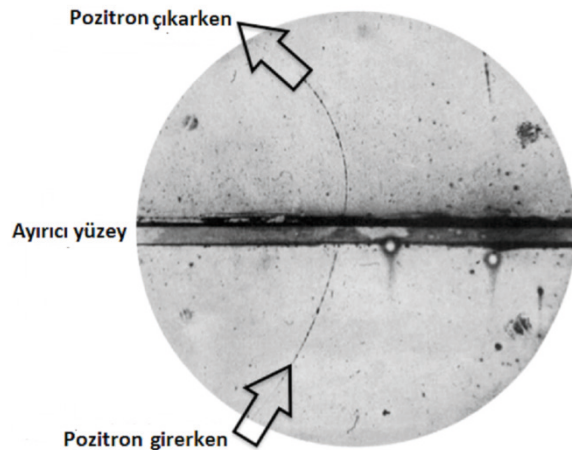
## Higgs Bozonu

Higgs Bozonu, parçacık fiziğinin standart modelinde yer alan temel parçacıklardan biridir. İlk kez 1960'larda var olduğu öne sürülen bu parçacığın gerçekten var olup olmadığı parçacık fiziğinin en temel sorusu olarak görülüyordu. Standart modelde elektromanyetik etkileşim ve zayıf etkileşimi bir araya getirme çabaları hep aynı noktada tıkanıyordu. Bu iki etkileşimin bir araya gelmesiyle oluşan yeni kuramın istenilen simetrilere sahip olabilmesi için ya kütleli olduğu bilinen pek çok parçacığın kütsesiz olması ya da var olmayan kuvvetlerin ve kütsesiz parçacıkların kurama eklenmesi gerekiyordu. Araştırmacılara göre bugün Higgs Alanı olarak anılan bir alan tüm uzayı kaplıyor ve çeşitli temel parçacıkların kütle kazanmasına sebep oluyordu. Takip eden yıllarda bu çalışmalardan yola çıkılarak tutarlı bir kuram oluşturuldu

Yapılan çalışmaların sonucu, eğer böyle bir parçacık varsa kütsesinin  $114,4 \text{ GeV}/c^2$ 'den küçük olamayacağını gösteriyordu. Higgs Bozonu'nun varlığına işaret eden ilk sonuçlar, 2010'larda CERN'de yapılan deneyler sırasında elde edildi. Araştırmacılar 2013 yılının Mart ayında kütsesi yaklaşık  $125 \text{ GeV}/c^2$  olan bir parçacık gözlemlediklerini ve detaylı analizlerin bu parçacığın bir Higgs Bozonu olduğunu gösterdiğini açıkladı.

### 1. 2. 4. Madde ve Antimadde

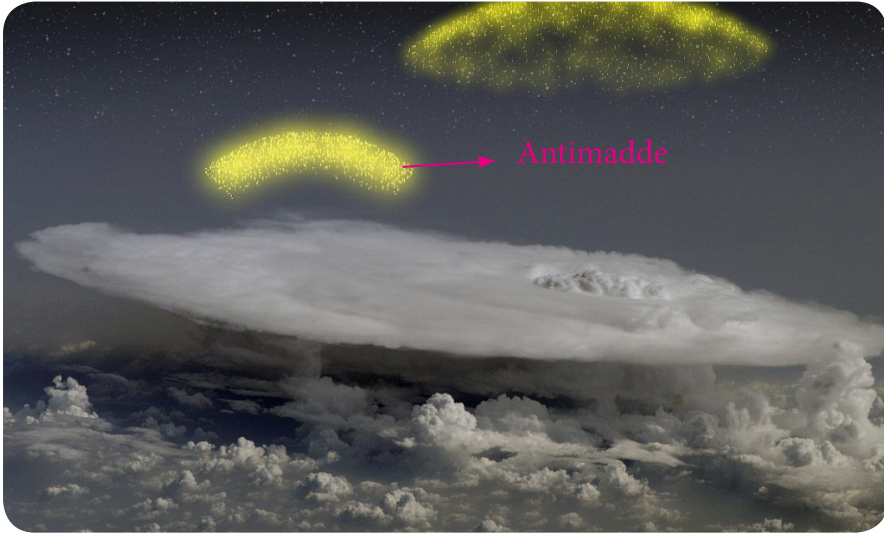
Antimadde, antiparçacıklardan oluşan maddedir. Antiparçacıklar ise maddelerin yapı taşı olan parçacıklarla aynı kütleyle fakat zıt işaretli ve aynı büyüklükte elektrik yüküne sahip parçacıklardır. 1928 yılında bilim insanları elektronun pozitif ve negatif enerjiye sahip olabileceğini ileri sürmüşlerdir. Bilim insanları yaptıkları bu çalışmayla doğada antielektronun (pozitron) olması gerektiğini savunmuşlardır. 1932 yılında Carl Anderson (Karl Endırsın) deneysel bir çalışmayla pozitronun varlığını kanıtladı. Anderson pozitronu, pozitif yüklü elektron benzeri parçacıkların sis odasında meydana getir-



Resim 1.10. Proton izi

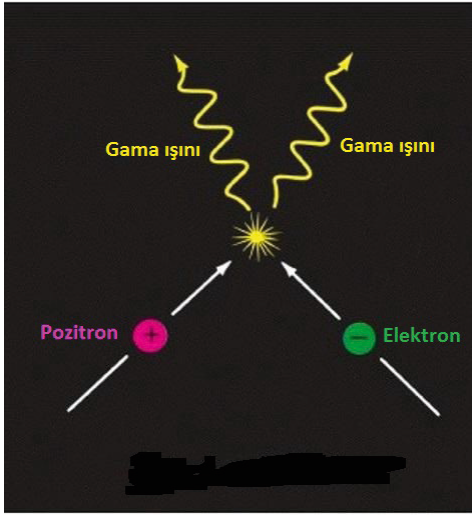
diği izleri incelerken keşfetti. Pozitif ve negatif y¼kleri birbirinden ayırt etmek için sis odasını, y¼klerin eğrisel yollar izlemesine neden olan bir manyetik alan içine yerleştirdi. Anderson elektron benzeri izlerin pozitif y¼kl¼ parçacığa karşılık gelen yönde saptırıldığını belirtti. Pozitronun Şekil 1.19'daki gibi Anderson tarafından gözlemlenmesinden sonra 1955 yılında proton ve nötronun antiparçacıkları Segre (Segre) ve Chamberlain (Çemberleyn) tarafından keşfedilmiştir. Protonun antiparçacığına **antiproton**, nötronun antiparçacığına **antinötron** adı verilir.

Doğada her parçacığın bir anti (karşıt) parçacığı vardır. Anti parçacıkları bir araya gelmesiyle antimadde oluşur. NASA'nın (Amerika Uzay Araştırmaları Merkezi) Fermi uzay teleskobu ile fırtına bulutları üzerinde ilk kez karşıt madde tespit edilmiştir (Resim 1. 11). Tesad¼fen Fermi uzay teleskobuyla gözlemlenen bu olay karşıt madde- nin ilk kez doğal yolla oluşabileceğini ortaya ¼ıkarmıřtır.

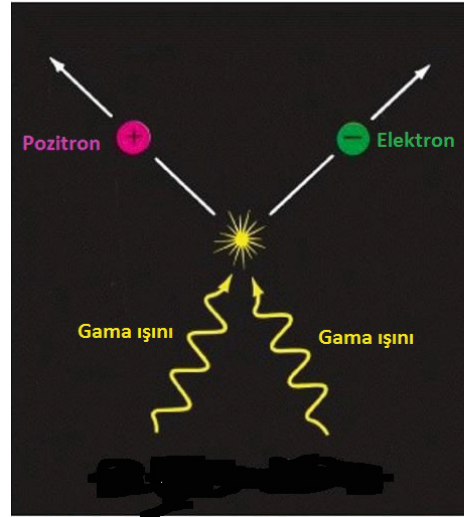


**Resim 1. 11.** Fırtına bulutları üzerinde oluşan antimaddeler

Madde ve antimadde parçacıkları, elektrik y¼kleri zıt işaretli olduğu için bir araya geldikleri zaman birbirlerini yok eder. Örneğin elektron ( $e^-$ ) ve onun antiparçacığı pozitron ( $e^+$ ) çarpıştıklarında birbirlerini yok eder ve gama ışını olarak enerjiye dönüşür (Şekil 1.19). Bu olayın tersi de mümkündür. Yeterli miktarda enerjiye sahip iki gama ışık fotonu çarpıştığında enerji maddeye dönüşebilir. Şekil 1. 20'de iki gama ışık fotonu çarpıştığında elektron ve onun antiparçacığı olan pozitron oluşabilir.



**Şekil 1. 19.** Elektron ve pozitron çarpışması sonucunda madde enerjiye dönüşür.



**Şekil 1. 20.** İki gama ışık fotonu çarpıştığında enerji maddeye dönüşebilir.



## 2. UYGULAMA

### 1. Standart modele göre maddeyi oluşturan parçacıklarla ilgili olarak,

- I. Fermiyonlar ve bozonlar olarak iki ana grupta toplanırlar.
- II. Fermiyonlar birer madde parçacığıdır.
- III. Kuarklar bir araya gelerek mezonları meydana getirir.

**ifadelerinden hangileri doğrudur?**

### 2. Atom altı parçacıklar arasındaki etkileşime aracılık eden parçacıklar nelerdir?

# 3. BÖLÜM

## RADYOAKTİVİTE



### NELER ÖĞRENECEĞİZ ?

**Bu bölümü tamamladığınızda;**

- Kararlı ve kararsız durumdaki atomların özelliklerini,
- Radyoaktif bozunma sonucu atomun kütle ve enerjisinde meydana gelecek değişimi,
- Nükleer füzyon ve fisyon olayının nasıl meydana geldiğini,
- Rasyasyonun canlılar üzerindeki etkisini öğrenmiş olacaksınız.

### ANAHTAR KAVRAMLAR

- Radyoaktif madde
- Radyasyon
- Radyoaktif bozunma
- Fisyon
- Füzyon

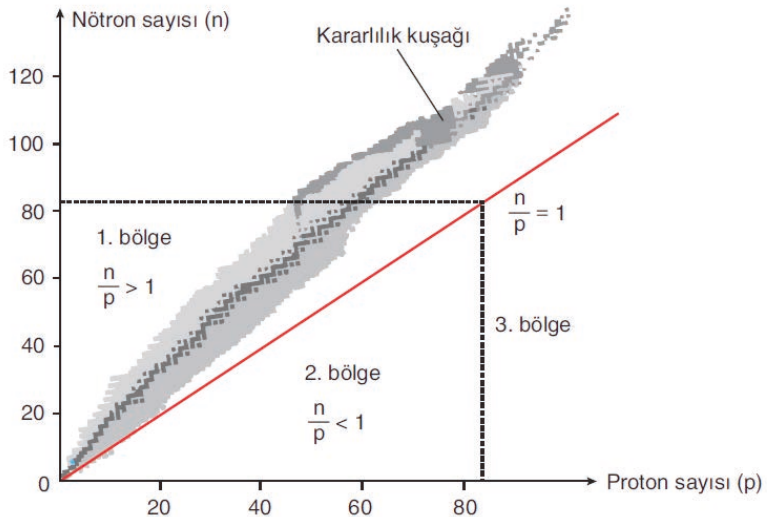
## 1.3. RADYOAKTİVİTE

### 1.3.1. Kararlı ve Kararsız Atomlar

Bir atomun çekirdeğini oluşturan proton ve nötronda bulunan kuarkları bir arada tutan kuvvet güçlü çekirdek kuvvetidir. Bu kuvvet sayesinde proton ve nötronlar çok büyük bir enerjiyle karşılaşmadıkça atomlar kararlı kalır. Atom çekirdeğinin kararlılığı çekirdek yoğunluğu ile ilişkilidir. Ortalama bir atom çekirdeğinin yoğunluğu  $2 \times 10^{-14} \text{ g/cm}^3$  tür. Bu kadar yüksek bir çekirdek yoğunluğu, çekirdekteki parçacıkları bir arada tutan güçlerin ne olduğu sorusunu akla getirir.

Elektrik yükleri arasında aynı cins yükler birbirini iter, zıt yüklerin birbirini çeker. Çekirdek içinde protonların birbirine ne kadar yakın oldukları göz önüne alındığında birbirlerini çok kuvvetli bir biçimde itmelerini beklenir. Gerçekte durum böyledir ancak protonların birbirini itmesi dışında, çekirdeği oluşturan parçacıklar arasında kısa menzilli çekim kuvvetleri de vardır. Herhangi bir çekirdeğin kararlılığı bu elektriksel itme kuvveti ve kısa menzilli çekme kuvvetleri arasındaki fark ile belirlenir: Çekme kuvveti üstün gelirse çekirdek dolayısıyla atom kararlıdır. Eğer itme kuvvetleri, çekme kuvvetlerine baskın gelirse çekirdek radyoaktif ışınla yaparak parçalanır. Yapılan incelemelerde herhangi bir maddenin atom çekirdeğindeki nötronların sayısı, proton sayısına göre oldukça fazla ise bu tür maddeler kararlı bir yapı göstermekte ve çekirdek alfa, beta ve gama ışınları yayarak parçalanmaktadır. Çevresine bu şekilde ışın saçarak parçalanan maddelere **radyoaktif madde** denir. Meydana gelen bu olaya da **radyoaktivite** adı verilir. Radyoaktivite olayı kendiliğinden gerçekleşiyorsa **doğal radyoaktivite**, dışarıdan bir etki ile gerçekleşiyorsa **yapay radyoaktivite** adı verilir.

Bir atomun çekirdeğinin kararlılığını belirleyen etken, çekirdekdeki nötron sayısının proton sayısına oranıdır  $\left(\frac{n}{p}\right)$ . Kararlı bir atomun çekirdeğinde bu oran 1'e yakındır. Periyodik tablodaki atomların proton ve nötron sayıları incelendiğinde atom numarası (proton sayısı) 20'ye



**Grafik 1.1** Atomların proton ve nötron sayılarına göre kararlılığı

yakın olan elementlerin  $\frac{n}{p}$  oranı yaklaşık olarak 1'dir. Dolayısıyla bu atomlar kararlıdır. Atom numarası 20'den büyük olan elementlerde  $\frac{n}{p}$  oranı artar. Bu artış atom numarası 83 olan bizmut elementinde 1,5 oranına ulaşır. Atom numarası 83'ten büyük olan atomlar kararsızdır. Bu atomlar kararlı hâle gelebilmek için çekirdekleri sürekli parçalanır. Kendiliğinden yapısını değiştiren ve ışıma yaparak enerji kaybeden atomların çekirdekleri **radyoaktif çekirdek** olarak adlandırılır. Kararlı olan çekirdek radyoaktif değildir. Grafik 1.1'de atomların nötron ve proton sayılarına değişimine bağlı olarak kararsızlık durumu gösterilmiştir.

Atom çekirdeğinin kararlılığını proton ve nötronları bir arada tutmak için kullanılan enerji ile de açıklanabilir. Çekirdeğin yapısı üzerine bilim insanlarının yaptığı çalışmalar çekirdeğin kütlelerinin, kendisini oluşturan proton ve nötronların kütlelerinin toplamından daha küçük olduğunu göstermiştir. Einstein, bu kütle farkını kütlelerin enerjiye dönüşümü ile ifade etmiştir. Çekirdekte proton ve nötronları bir arada tutmak için kullanılan bu enerjiye **bağlanma enerjisi** adı verilir. Bir çekirdekte nükleon (elektron + proton) başına düşen bağlanma enerjisi ne kadar büyükse çekirdek o kadar kararlıdır.

### İlk Radyoaktivite Çalışmaları

Röntgen ışınları (X- ışınları)1895 yılında Alman fizikçi Wilhelm Conrad Röntgen (Vilhelm Konrad Röntgen) tarafından keşfedilmiştir. Bu keşif radyoaktiviteyle ilgili çalışmaların önünü açmıştır. Röntgen X-ışınlarının özelliklerini incelerken radyoaktif ışımların yansımaları, soğurulması ve bu tür ışımların havayı iyonlaştırması konusunda keşifler yaptı. Röntgen'in bu keşfi günümüzde nükleer santrallerin çalışmasında kullanılmaktadır.

Röntgen'in X - ışınlarını bulmasından kısa bir süre sonra Becquerel (Bekerel), karanlık bir odada uranyum tuzu kristalinin gözle görünmeyen ışıma yaparak fotoğraf filminin kararmasına neden olduğunu gözlemledi. Radyoaktiviteyle ilgili çalışmalar yapan diğer araştırmacılar Marie (Mari) ve Pierre Curie'dir (Piyer Küri, Resim 1. 20). Curieler yaptıkları çalışmalarla polonyum ve radyum elementlerini keşfettiler. Bu konuda yapılan diğer çalışmalar radyoaktiviteğin kararsız çekirdeklerin parçalanması sonucu meydana geldiğini gösterdi.



Resim 1. 20. Marie ve Pierre Curie

### 1. 3. 2. Radyoaktif Bozunma Sonucu Atomun Kütle Numarası, Atom Numarası ve Enerjisindeki Değişim

Kararsız atomlar, kararlı hâle geçmek için alfa ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ) ve gama ( $\gamma$ ) ışınları yayar. Bu ışınlar sırasında atom enerji kaybederken kütle ve atom numarasında değişimler meydana gelebilir.

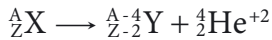
#### Alfa ( $\alpha$ ) Bozunması

Alfa bozunması geçiren atomlar oranını 1 e yaklaştırmak ister. Alfa ışınması yapan atomun kütle numarası 4, atom numarası 2 birim azalır. Bu sırada çekirdekten  $\text{He}^{+2}$  iyonu ( $\alpha$  parçacığı) yayınlanır. Bu radyoaktif bozunmaya ait reaksiyon denklemini aşağıdaki gibi gösterebiliriz:

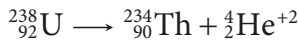


#### BİLGİ KUTUSU

Bir atom çekirdeğinde proton sayısı (atom numarası) Z, nötron sayısı N, kütle numarası A sembolü ile gösterilir. Kütle numarası, atom numarası ve nötron sayısı arasında  $A = Z + N$  eşitliği vardır. Sembolik olarak bir atom şeklinde gösterilir.



Bozunma sırasında atom enerjisinin bir kısmı yayınlanan  $\alpha$  parçacığının kinetik enerjisine dönüşür. Bu nedenle atomun enerjisi azalır. Kararsız atomlardan biri olan (uranyum) atomu bir alfa bozunması geçirdiğinde atom numarası ve kütle numarasındaki değişim aşağıdaki gibi olur.



Yukarıdaki denklemde de görüldüğü gibi alfa bozunması sonucunda yeni bir atom olarak  ${}^{234}_{90} \text{Th}$  (toryum) atomu ve bir alfa parçacığı yayınlanır.

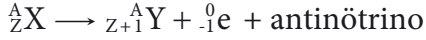
#### Beta ( $\beta$ ) Bozunması

Beta bozunması  $\beta^-$  ve  $\beta^+$  olmak üzere iki çeşittir:

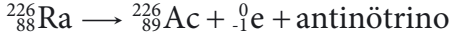
**a)  $\beta^-$  bozunması:** Atomun çekirdeğinde oranı 1'den büyük olan çekirdekler ışınması yapar. Bu ışınma sırasında nötron proton, elektron ve antinötrinoya dönüşürken bir elektron parçacığı olarak yayınlanır. Bozunma sonucu oluşan yeni atom çekirdeğinde bir adet proton fazlalığı meydana gelirken kütle numarası değişmez. Bu radyo-



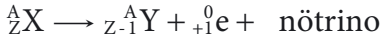
aktif bozunmaya ait reaksiyon denklemini aşağıdaki gibi gösterebiliriz.



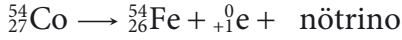
Kararsız atomlardan biri olan ( radyum) atomu bir kez bozunması geçirdiğinde atom numarası ve kütle numarasındaki değişim aşağıdaki gibi olur.



**b)  $\beta^+$  bozunması:** : Atomun çekirdeğinde oranı 1'den büyük olan çekirdekler ışınması yapar. Bu ışınma sırasında proton nötron, proton ve nötrinoya dönüşürken pozitron parçacığı olarak yayınlanır. Bozunma sonucu oluşan yeni atom çekirdeğinde bir adet proton azalması meydana gelirken kütle numarası değişmez. Bu radyoaktif bozunmaya ait reaksiyon denklemini aşağıdaki gibi gösterebiliriz.

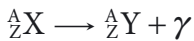


Kararsız atomlardan biri olan (kobalt) atomu bir kez bozunması geçirdiğinde atom numarası ve kütle numarasındaki değişim aşağıdaki gibi olur.

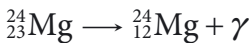


### Gama Bozunması

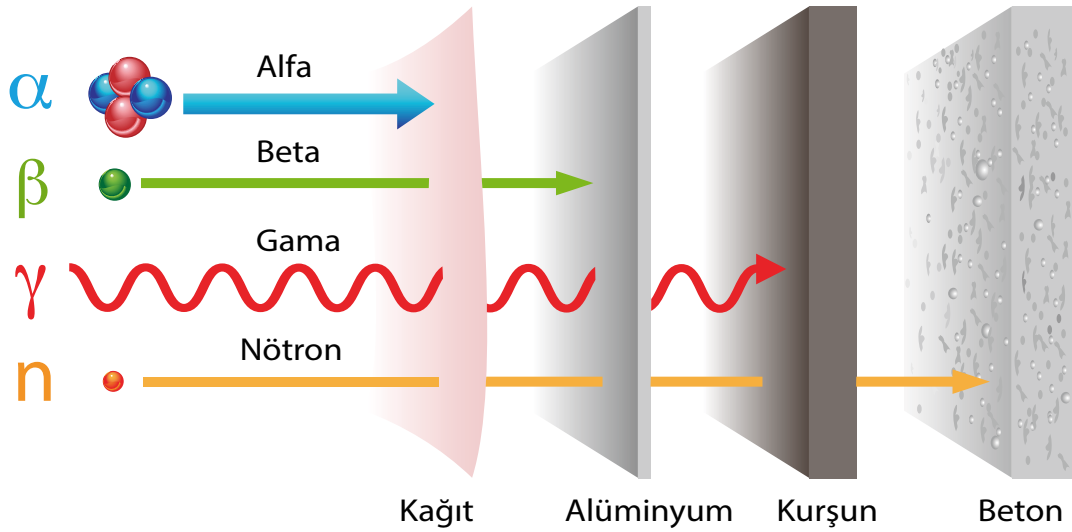
Alfa ve beta bozunması yapan bir çekirdek uyarılmış durumdan kararlı hâle geçmek için enerjinin bir kısmını foton hâlinde salar. Bu tür ışımaya **gama bozunması** adı verilir. Gama ışınlarının frekansı ve buna bağlı olarak enerjisi çok yüksektir. Bozunma sırasında çekirdek gama ( $\gamma$ ) fotonu salarak temel hâle geçer ve kararlı hâle gelir.  $\gamma$  bozunması geçiren atomun çekirdeği enerji kaybeder. Gama ışınması yapan kararsız çekirdeğin kütle ve atom numarası değişmez, atom başka bir atoma dönüşmez. Gama bozunmasını aşağıdaki gibi gösterebiliriz.



Kararsız  ${}^{24}_{12}\text{Mg}$  (magnezyum) atomu bir kez  $\gamma$  bozunması geçirdiğinde reaksiyon denklemini aşağıdaki gibidir.



Radyoaktif çekirdekten yayılan  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  radyasyonları oldukça farklı giricilik gücüne sahiptir. Alfa parçacıkları sadece bir kâğıt yaprağından geçebilirken beta parçacıkları alüminyum içinde birkaç milimetre ilerleyebilir. Gama ışınları ise kurşun içerisine santimetrelerce girebilir. Nötronlar ise kurşun içerisinden geçebilirken betondan geçemez (Şekil 1.21).



**Şekil 1. 21.** Alfa, beta, gama ve nötronun kâğıt, alüminyum, kurşun ve betondan geçişi

### 1. 3. 3. Nükleer Filyon ve Füzyon

Dünya'daki tüm enerjilerin kaynağı olan Güneş'te ortaya çıkan enerji çekirdeklerin kaynaşmasıyla, nükleer santrallerde ve atom bombasında ortaya çıkan enerji ise radyoaktif çekirdeklerin bölünerek kararlı hâle gelmesi sırasında oluşur. Ortaya çıkan bu enerjiye **nükleer enerji** adı verilir. Nükleer enerji **filyon** ve **füzyon** adı verilen tepkimeler sonucu elde edilir.

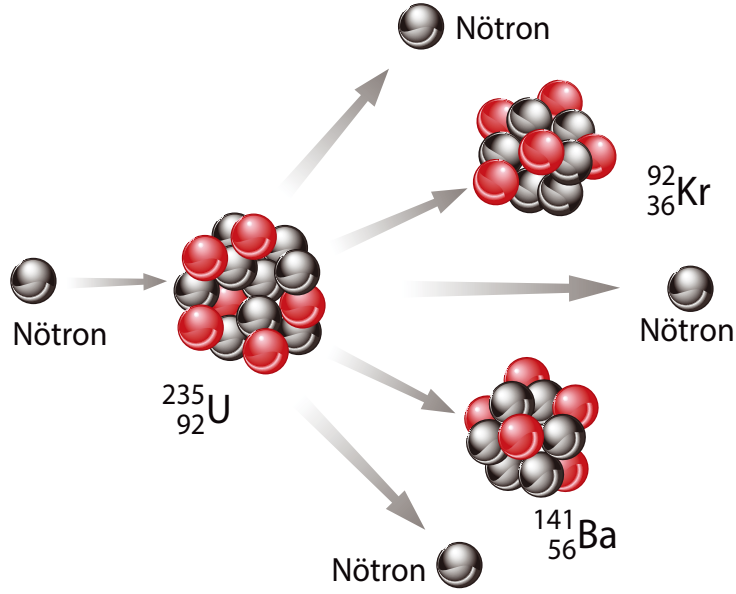
#### Nükleer Filyon (Çekirdek Bölünmesi)

Nötron bombardımanıyla kararsız hâle getirilen büyük kütleli atom çekirdekleri parçalanarak daha küçük kütleli atom çekirdeklerine dönüşür. Bu olaya **filyon (çekirdek bölünmesi)** adı verilir. Bunun en iyi bilinen örneği atom bombasıdır (Resim 1. 13).



**Resim 1. 13.** Atom bombası

Filyon reaksiyonunda uranyum ( $^{235}_{92}\text{U}$ ) nötronla bombardıman edilerek kripton ( $^{92}_{36}\text{Kr}$ ) ve baryum ( $^{141}_{56}\text{Ba}$ ) çekirdeğine dönüşürken üç adet nötron ve çok büyük bir enerji ortaya çıkar ( Şekil 1. 22).

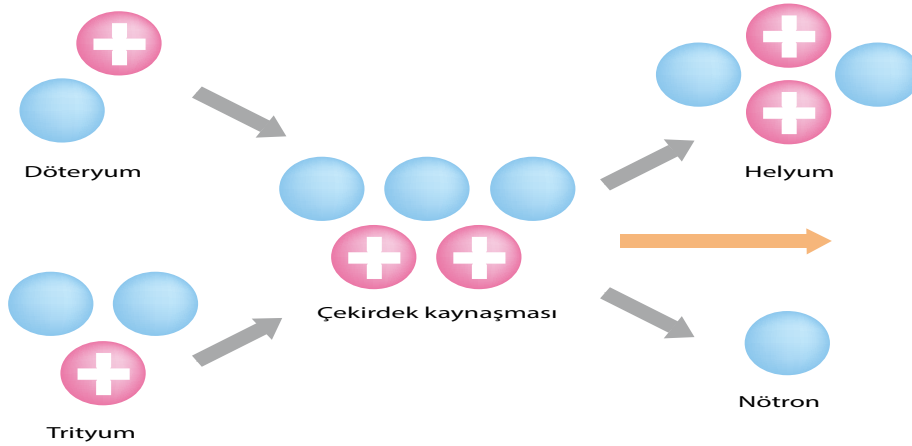


**Şekil 1. 22.** Filyon tepkimesi

Nükleer reaktörlerde enerji elde edilirken filyon tepkimeleri kullanılır. Filyon tepkimelerinde açığa çıkan enerji kontrol edilmediğinde büyük bir tepkime meydana gelir. Atom bombasının patlamasının temelinde kontrol altında tutulmayan zincir tepkime vardır. Nükleer reaktörler sadece elektrik enerjisinin üretildiği birimler değildir. Tıp başta olmak üzere birçok alanda kullanılan radyoizotopların büyük bir kısmı nükleer reaktörlerde üretilir. Dünya ülkeleri artan enerji ihtiyacını karşılamak için 60 yıldan fazla süredir nükleer teknolojiye faydalanmaktadır. Yapılan araştırmalarda ülkelerin gelişmişlik ve refah düzeyleri ile nükleer enerjiden faydalanma oranları arasında doğrudan bir ilişki olduğu görülmüştür.

### Nükleer Füzyon (Çekirdek Kaynaşması)

Hafif iki çekirdeğin yüksek enerji ve basınç altında ağır bir çekirdek oluşturması olayıdır. Güneş'te meydana gelen reaksiyonlar füzyon olayına en iyi örnektir. Güneş'te hafif ağırlığa sahip döteryum ( $^2_1\text{H}$ ) ve trityum ( $^3_1\text{H}$ ) atomları yüksek basınç ve sıcaklıkta birleşerek helyum ( $^4_2\text{He}$ ) atomuna dönüşür. Bunun sonucunda bir nötron salınırken oldukça büyük enerji açığa çıkar (Şekil 1.23).



**Şekil 1.23** Füzyon tepkimesi

Füzyon olayı radyoaktif elementlerle gerçekleştirilmez. Bu nedenle füzyon olayı sonucunda elde edilen enerji çevre dostu enerji olarak nitelendirilir. Üstelik füzyon reaksiyonu için en çok kullanılan döteryum elementi dünyanın büyük bir kısmını oluşturan okyanuslarda oldukça fazla miktarda bulunmaktadır.

### **Nükleer silahsızlanma neden önemlidir?**

Nükleer silahlar ilk kez İkinci Dünya Savaşı'nda kullanılmıştır. İkinci Dünya Savaşı'nın sonunda ilk kez atom bombasının kullanılması, silahsızlanma girişimlerinin nükleer silahlara ilişkin bir görünüm kazanmasını sağlamıştır. Nükleer silahlara ilk karşı çıkanların başında nükleer enerjinin askerî amaçlar için kullanılmasında rol alan ve nükleer silahların üretilmesine katkıda bulunan bilim insanları gelmiştir.

İnsanlığa karşı bir imha hareketi demek olan nükleer silahların günümüzde gerçek ve yakın bir tehlike olması, nükleer silahlara karşı çıkmanın en önemli noktasıdır. Bugün nükleer silahların erişmiş olduğu düzeyle uluslararası silahlanma yarışı insanlığı tehdit eden bir boyuta ulaşmıştır. Bir bakıma, geçmişteki dünya savaşlarına benzer faciaların oluşmasını engellemiş olması yönünden olumlu ise de yarattığı potansiyel tehlike hâlâ süregelmektedir.

### **1. 3. 4. Radyasyonun Canlılar Üzerindeki Etkileri**

Teknolojinin gelişmesi ile artan elektrik enerjisi ihtiyacını karşılamak için 31 ülkede 438 nükleer güç santrali kurulmuştur. Gerekli önlemler alındığında nükleer güç santrallerinin temiz enerji üretimine katkısı çoktur. Nükleer güç santrallerinde yakıt olarak kullanılan radyoaktif çubuklar, radyasyonun çevreye yayılmasını önlemek için radyasyon seviyeleri normal değerlere ulaşmaya kadar su altında bekletilir. Daha sonra kurşun bloklar içinde toprağa gömülür. Radyoaktif sıvı atıklar ise eritilmiş cama

kariştirilip elik kalıplarda soğutularak katı hâle getirilir. Böylece radyasyonun çevreye yayılması nlenmiş olur.

Nükleer enerji santrallerinin en önemli dezavantajlarından biri çevreye ve canlılara verebileceği zararlarıdır. Radyasyonun iyonlaştırıcı etkisi hücreye, daha da önemlisi DNA'ya zarar verebileceğinden kansere neden olma ihtimali vardır. Alfa ve beta parçacıkları, kozmik ışınlar, gama ve X-ışınları atomları iyonlaştıracak enerjiye sahip radyasyon çeşitleridir. İyonlaştırıcı radyasyon tıp, sanayi, araştırma, inşaat gibi birçok alanda yaygın olarak kullanılır. Kullanımı sırasında gerekli önlemler alınmadığı takdirde birçok sağlık sorununa yol açabilir. Canlı dokuların iyonlaştırıcı radyasyona maruz kalması sonucunda, cilt yanıkları, kanser, tümör, genetik hasarlar ve radyasyona bağlı çeşitli hastalıklar hatta ölümler meydana gelebilir. Nükleer radyasyonun bulunduğu iş alanlarında çalışan kişileri koruyucu giysiler giymesi zorunludur (Resim 1. 14) . Nükleer radyasyon toz bulutları ile atmosfere yerleşip daha sonra radyoaktif yağış şeklinde yeryüzüne inebilir. Bu durum bitkilerin, toprağın ve su kaynaklarının kirlenmesine neden olur. Bazı bitkiler radyasyonun bir kısmını bünyelerinde barındırabilir. Bu bitkileri tüketen insanlarda sağlık sorunları ortaya çıkabilir.



**Resim 1.14.** Radyasyonun zararlı etkilerine karşı koruyucu giysiler giyilmelidir.

## OKUMA PARÇASI

### NÜKLEER ENERJİYE NEDEN İHTİYACIMIZ VAR?

Son yıllarda ülkemizdeki elektrik talebi hızla artmaktadır. Yapılan araştırmalar sonucunda ülkemiz, 2010 yılında elektrik talep artışında, dünyada 1,5 milyar nüfuslu in'den sonra ikinci, Avrupa' da ise birinci sırada yer almıştır. Ülkemiz nüfusunun 2023 yılında 84 milyona ulaşması öngörülmektedir. Nüfustaki bu hızlı artış elektrik ihtiyacını da artırmaktadır. Elektrik enerjisi talep artışını etkileyen diğer bir faktör sürekli büyüyen ekonomimizdir. Yapılan araştırmalar elektrik talebinin ekonomik büyümeden daha hızlı arttığını göstermiştir. Elektrik enerjisi talebimizin, önümüzdeki 10 yıl boyunca %7 oranında yıllık artış ile 2023 yılında 500 milyar kWh'e ulaşacağı öngörülmektedir. Sahip olduğumuz yenilenebilir enerji kaynakları artan enerji ihtiyacımızı karşılamak için yeterli değildir. Toplam enerji ihtiyacının %72'sini ithalatla karşılayan ülkemiz enerjide büyük oranda dışa bağımlıdır. Örneğin lkemizde elekt-

rik üretiminin neredeyse yarısı doğal gazdan karşılanmaktadır ve doğal gazın %98'i ithal edilmektedir. 2023 yılında dünyanın ilk on ekonomisi arasına girmeyi hedefleyen ülkemizde hidroelektrik, rüzgâr, güneş, jeotermal, biokütle gibi yenilenebilir enerji kaynaklarıyla 500 milyar kWh'lik enerji ihtiyacının sadece yarısı karşılanabilecektir. Bu nedenle ülkemizde Mersin Akkuyu'da nükleer enerji santrali kurma çalışmaları başlatılmıştır.

### **Peki, neden nükleer enerji santrali kurmak tercih edilmiştir?**

Nükleer santraller yenilenebilir enerji santrallerine göre daha az yer kaplar. Örneğin 1.000 MW kurulu güce sahip bir nükleer güç santrali 1 km<sup>2</sup> yer kaplarken aynı güçteki güneş santralleri için gerekli alan 500 km<sup>2</sup>, rüzgâr için 600 km<sup>2</sup>, hidroelektrik için 2.400 km<sup>2</sup> ve biyokütle için 6.000 km<sup>2</sup> civarındadır. Bu durumda Mersin'de Akkuyu Nükleer Santrali yerine yarı miktarı kadar elektrik üretimi için hidroelektrik santral (HES) yapılırsa Düzce ilinin tamamı sular altında kalırdı. Eğer rüzgâr santrali kurulsa Yalova ilinin tamamı rüzgâr gülleriyle kaplanırdı. Akkuyu'da kurulacak ülkemizin ilk nükleer santraliyle daha az kaynakla çok miktarda enerji elde etmek imkânı olacaktır. Böylelikle ülkemizin dışa bağımlılığı azalacaktır. Enerjiye yönelik yapılan bu yatırım ve çalışmalar ülkemizde enerji çeşitliliğini artırırken enerji açığının da kapatılmasında büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle nükleer enerji santrali yapımı bir tercih değil zorunluluk hâline gelmiştir.

Kaynak: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Nükleer Santral Bilgilendirme Kitapçığı



(NEPUD/Yayın No:3)

## 1. ÜNİTE ÖZETİ

### ATOM FİZİĞİNE GİRİŞ VE RADYOAKTİVİTE

Bilim tarihi boyunca ortaya atılan atom modelleri birbiri ile ilişkilidir. İlk bilimsel atom modeli olan Dalton'ın atom modelinde atom içi dolu yoğun bir yapıda olduğunu düşündü ancak Dalton'ın atom modelinde bazı eksiklikler vardı. Thomson yaptığı deneylerde atomun pozitif (+) ve negatif (-) yük içerdiğini keşfederek atomun tanecikli yapıda olduğunu göstermiştir. Deneylerle Thomson, atomdaki negatif yüklü taneciklerin yükünün, kütesine oranını ( $e/m$ ) hesaplamıştır.

Rutherford ve ekibi yaptığı saçılma deneyi ile atom modeline farklı bir açıklama getirdi. Rutherford'a göre atomun içinin çoğu boşluktu. Elektronlar çekirdek çevresinde belirli yörüngelerde dolanmaktadırlar. Rutherford açıkladığı atom modelini Güneş sistemine benzetmiştir.

Bohr, Plank'tın kuantum düşüncesinden yararlanarak bir atom modeli tasarladı. Bohr Atom Modeli dört temel varsayım üzerine kurulmuştur. Bunlardan en önemlisi elektronlar yüksek enerjili kararlı bir yörüngeden düşük enerjili kararlı bir yörüngeye geçerken ışımaya yaparlar. Ayrıca elektronlar açısal momentumu  $h/2\pi$  nin tam katları olan yörüngelerde dolanırlar.

Atomun uyarılması için dışarıdan enerji alması gerekir. Kararlı haldeki bir atom elektronlarla, fotonlarla, birbiriyle çarpıştırarak ve ısıtılarak uyarılabilir. Bir atomla çarpışan elektronun atomu uyarılabilmesi için elektronun enerjisi en az, atomun 1. uyarılma seviyesi kadar olmalıdır. Atomu uyarması için fotonun, atomun uyarılma enerji seviyelerinden birine eşit enerjiye sahip olması gerekir. Bir atom ısıtıldığında iç yörüngede bulunan elektronun enerjisi artar ve elektron bir üst yörüngeye sıçrar. Böylelikle atomun kararlılığı bozulur. Atomlar yüksek sıcaklık ve basınçla birbirleriyle çarpıştırılabilir. Birbiriyle çarpıştırılan atomlar değişik enerji seviyelerine uyarılır.

Bohr Atom Teorisi tek elektronlu atomlar için ideal bir açıklamadır ancak çok elektronlu atomlar için yetersiz kalmaktadır. Louis de Broglie (Luis dö Brogli) elektronların tanecik hareketinden başka dalga şeklinde hareketi olduğunu ve bu hareketlerin birbirinden bağımsız olmadığını keşfetmiştir. Yani atomdaki elektronlar elektronlar hem tanecik hem de dalga özelliğine sahiptir. Modern Atom Teorisi'nde atomdaki elektronun bulunabileceği ihtimalinin olduğu yerlere orbital denir.

Yapılan bilimsel çalışmalar sonucu elde edilen bilgilerle Big Bang Teorisi ortaya konuldu. Bu teoriye göre yaklaşık 13 milyar yıl önce madde ve zaman yokken Big Bang adı verilen büyük bir patlamayla madde ve zamanın ortaya çıktığı tahmin edilmekte-

dir. Teorinin temel fikri, hâlen genişlemeye devam eden evrenin geçmişteki belirli bir zamanda sıcak ve yoğun bir başlangıç durumundan itibaren genişleyerek şişmeye ve soğumaya başlamış olduğudur.

Atom altı parçacıklar fermiyonlar ve bozonlar olarak iki ana gruba ayrılır. Fermiyonlar madde parçacıkları, bozonlarsa bu parçacıklar arasındaki etkileşimlere aracılık eden kuvvet parçacıklarıdır. Standart modele göre evrende temel parçacık olarak 6 çeşit kuark, 6 çeşit leptondan oluşan fermiyonlar ve kuvvet taşıyıcıları olan bozonlar vardır. Doğada serbest hâlde bulunan fermiyonlara lepton adı verilir. Bu gruba giren parçacıkların en bilinen örneği elektrondur. Anti parçacıklar, parçacıklar ile aynı büyüklükte ve kütlede ancak zıt işaretli elektrik yüküne sahip parçacıklardır. Antimadde, antiparçacıklardan oluşan maddedir. Doğada her parçacığın bir anti (karşıt) parçacığı vardır. Anti parçacıkların bir araya gelmesiyle antimadde oluşur. Madde ve antimadde parçacıkları, elektrik yükleri zıt işaretli olduğu için bir araya geldikleri zaman birbirlerini yok eder.

Bir atomun çekirdeğinin kararlılığını belirleyen etken, çekirdekdeki nötron sayısının proton sayısına oranıdır. Bir çekirdekte nükleon (elektron + proton) başına düşen bağlanma enerjisi ne kadar büyükse çekirdek o kadar kararludur. Kararsız atomlar, kararlı hâle geçmek için alfa ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ) ve gama ( $\gamma$ ) ışınları yayar. Alfa ışınması yapan atomun kütle numarası 4, atom numarası 2 birim azalır. Beta bozunması ise " $\beta^+$ " ve " $\beta^-$ " olmak üzere iki çeşittir. " $\beta^-$ " bozunmasında, oluşan yeni atom çekirdeğinde bir adet proton fazlalığı meydana gelirken kütle numarası değişmez. " $\beta^+$ " bozunmasında ise bozunma sonucu oluşan yeni atom çekirdeğinde bir adet proton azalması meydana gelirken kütle numarası değişmez. Alfa ve beta bozunması yapan bir çekirdek uyarılmış durumdan kararlı hâle geçmek için enerjinin bir kısmını foton hâlinde salar. Bu tür ışımaya gama bozunması adı verilir. Gama ışınması yapan kararsız çekirdeğin kütle ve atom numarası değişmez, atom başka bir atoma dönüşmez.

Nötron bombardımanı ile kararsız hâle getirilen büyük kütleli atom çekirdekleri parçalanarak daha küçük kütleli atom çekirdeklerine dönüşür. Bu olaya fisyon (çekirdek bölünmesi) adı verilir. Füzyon, hafif iki çekirdeğin yüksek enerji ve basınç altında ağır bir çekirdek oluşturması olayıdır. Güneş'te meydana gelen reaksiyonlar füzyon olayına en iyi örnektir.



## 1.ÜNİTE

### ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME SORULARI

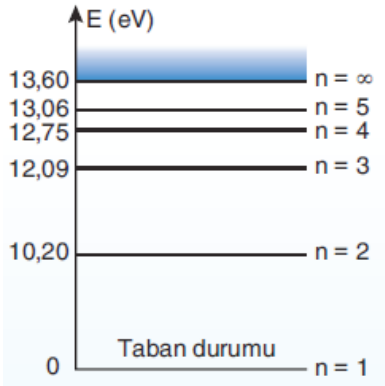
#### 1. Bohr Atom Modeli'ne göre,

- I. Elektronlar çekirdek çevresinde ışınma yapmadan kararlı yörüngede dolanırlar.
- II. Kararlı yörüngelerde dolanan elektronlar  $L = n \cdot h/2\pi$  büyüklüğünde açısal momentuma sahiptir.
- III. Elektronlar, enerjisi yüksek olan bir enerji seviyesinden düşük enerji seviyesine geçtiğinde iki enerji seviyesi farkı kadar foton yayarlar.

ifadelerinden hangileri doğrudur?

- A) I ve II                                      B) II ve III  
C) I ve III                                      D) I, II ve III

#### 2. Hidrojen atomuna ait bazı enerji düzeyleri şekilde verilmiştir.



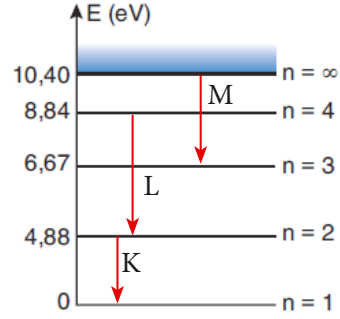
Temel hâlde bulunan bu hidrojen atomunu uyarabilmek için,

- I. 11,2 eV enerjili foton
- II. 13,06 ev enerjili foton
- III. 12 eV enerjili elektron

taneciklerinden hangileri kullanılabilir?

- A) Yalnız I                                      B) II ve III  
C) I ve II                                      D) I ve III

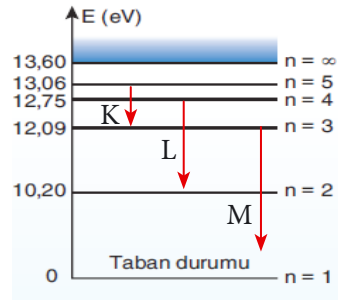
#### 3. Civa atomuna ait bazı enerji düzeyleri şekilde gibidir.



Uyarılmış bu civa atomunun elektronunun temel hâle dönüşü sırasında yaptığı K, L, M ışımalarının frekansları  $f_K$ ,  $f_L$  ve  $f_M$  arasındaki ilişki aşağıdakilerin hangisinde doğru verilmiştir?

- A)  $f_K > f_L > f_M$                               B)  $f_M > f_L > f_K$   
C)  $f_K = f_L = f_M$                               D)  $f_K > f_L = f_M$

#### 4. Hidrojen atomuna ait bazı enerji düzeyleri şekilde verilmiştir.



Uyarılmış bu hidrojen atomundan yayılan K, L, M ışımalarından salınan fotonlarla ilgili aşağıdaki niceliklerden hangisi aynıdır?

- A) Dalga boyları                                      B) Enerjileri  
C) Hızları                                      D) Frekansları

**5. Bohr Atom Modeli'ne göre, hidrojen atomunun elektronu 3. enerji düzeyinden 4. enerji düzeyine uyarıldığında bu atomun;**

- I. Bağlanma enerjisi
- II. Elektriksel potansiyel enerjisi
- III. Yörünge yarıçapı

**niceliklerinden hangileri artar?**

- A) I ve II
- B) II ve III
- C) I ve III
- D) I, II ve III

**6. Atomun yapısını oluşturan**

- I. Elektron
- II. Proton
- III. Foton

**parçacıklarından hangisinin yapısında kuark bulunur?**

- A) Yalnız I
- B) Yalnız II
- C) II ve III
- D) I ve III

**7. Elektronun bulunduğu enerji seviyesinden daha üst enerji seviyesine çıkarılması atomun uyarılması olarak açıklanır.**

**Buna göre, aşağıdaki işlemlerden hangisi atomun uyarılma yollarından biri değildir?**

- A) Fotonun enerjisi atomun uyarılma enerji seviyelerinden birine eşit olmalıdır.
- B) Elektronun enerjisi atomun uyarılma enerji seviyelerinden birine eşit olmalıdır.
- C) Yüksek sıcaklık ve basınçta atomlar birbiriyle çarpıştırılmalıdır.
- D) Atomu ışık hızına yakın hızda hareket ettirilmelidir.

**8. Aşağıdaki temel parçacıklardan hangisinin karşıt parçacığı yine kendisidir?**

- A) Elektron
- B) Proton
- C) Foton
- D) Nötron

**9. Parçacık, karşıt parçacık ve fotonlarla ilgili,**

- I. Parçacık maddeyi, karşıt parçacık ise karşıt maddeyi oluşturur.
- II. Foton her durumda parçacık ve karşıt parçacık çifti oluşturur.
- III. Bir parçacık ile karşıt parçacığı birleştiğinde yok olma tepkimesi gerçekleşir.

**yargılarından hangileri kesinlikle doğrudur?**

- |              |             |
|--------------|-------------|
| A) Yalnız I  | B) I ve III |
| C) II ve III | D) I ve II  |

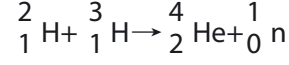
**10. Evrenin oluşumu ile ilgili ortaya atılan Büyük Patlama Teorisi'ne göre,**

- I. Bugünkü evreni oluşturan her şey patlamadan önce atomdan çok küçük boyutta enerji hâlindeydi.
- II. Patlamadan önce Güneş sistemi oluşmuştur.
- III. Evren sürekli genişlemektedir.

**yargılarından hangileri doğrudur?**

- |             |                 |
|-------------|-----------------|
| A) I ve II  | B) II ve III    |
| C) I ve III | D) I, II ve III |

**11. İki hidrojen atom çekirdeğinin birleşerek helyum çekirdeğine dönüştüğü;**



füzyon tepkimesi sonucu enerji açığa çıktığı bilinmektedir.

**Bu tepkimenin gerçekleşebilmesi için;**

- I.  ${}^4_1\text{He}$  çekirdeğinin  ${}^2_1\text{H}$  çekirdeğinden daha kararlı olması,
- II.  ${}^4_2\text{He}$  çekirdeğinin  ${}^3_1\text{H}$  çekirdeğinden daha kararlı olması,
- III.  ${}^2_1\text{H}$  çekirdeğinin  ${}^3_1\text{H}$  çekirdeğinden daha kararlı olması.

**şartlarından hangilerinin sağlanması gerekir?**

- |              |             |
|--------------|-------------|
| A) Yalnız I  | B) I ve II  |
| C) II ve III | D) I ve III |

**12. Aşağıdakilerden hangisi radyasyonun canlılar üzerindeki olumlu etkilerindedir?**

- A) Üreme hücrelerinde DNA yapısının değişmesi
- B) İyonize etkisiyle canlı hücresini iyonlaştırması
- C) Ciltte yanıklara neden olması
- D) Kanser tedavisinde kullanılması

**13. Radyoaktif bozunumlar sonucunda atomun,**

- I. enerjisi
- II. atom numarası
- III. kütle numarası

**niceliklerinden hangileri değişir?**

- A) Yalnız I
- B) I ve II
- C) II ve III
- D) I,II ve III

**14. Doğada her parçacığın bir karşıt parçacığı vardır. Elektron ve pozitron karşılaştığında gama ışını yayar. Buna göre;**

- I. Bir parçacık ve onun anti parçacığı bir araya geldiğinde parçacıkların kütle enerjilerine eşdeğer bir ışınım olur.
- II. Enerjisi, parçacıkların durgun kütle enerjisine eşit olan iki foton bir araya geldiğinde parçacık ve anti parçacık oluşur.

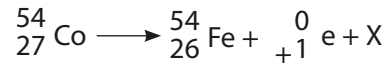
**verilen açıklamaların tanımı aşağıdakilerin hangisinde doğru sınıflandırılmıştır?**

- | I                        | II                    |
|--------------------------|-----------------------|
| A) yok olma tepkimesi    | çift oluşum tepkimesi |
| B) çift oluşum tepkimesi | yok olma tepkimesi    |
| C) $\alpha$ bozunumu     | higgs parçacığı       |
| D) yok olma tepkimesi    | $\alpha$ bozunumu     |

**15.  ${}^4_2\text{He}$  atomunun çekirdeğini oluşturan proton ve nötronlardaki aşağı (d) ve yukarı (u) kuarklarının toplam sayısı aşağıdakilerden hangisinde doğru verilmiştir?**

	Aşağı (d) kuarklar	Yukarı (u) kuarklar
A)	6	6
B)	2	4
C)	12	6
D)	4	4

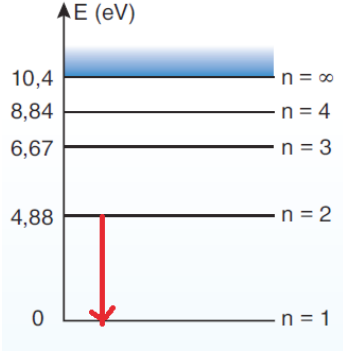
**16. Kararsız atomlardan biri olan  ${}^{54}_{27}\text{Co}$  (kobalt) atomu bir kez  $\beta^+$  bozunması geçirdiğinde atom numarası ve kütle numarasındaki değişim şekildeki gibi olur.**



**Buna göre, X ile gösterilen parçacık aşağıdakilerden hangisi olmalıdır?**

- A) Elektron
- B) Pozitron
- C) Nötrino
- D) Karşıtnötrino

17. Civa atomuna ait bazı enerji düzeyleri şekildeki gibidir.



Buna göre, taban (temel) durumundaki civa atomunun elektronunu 2. uyarılmış enerji düzeyine çıkarabilmek için, bu atomun kaç eV enerjili fotonlarla uyarılması gerekir?

- A) 4,88  
B) 6,67  
C) 8,84  
D) 9,76

18. Madde parçacıkları arasındaki etkileşimlere aracılık eden kuvvet parçacıklarına bozon denir. Kuarklar ve leptonlar bozonlar aracılığıyla etkileşime girerek evrendeki maddeleri oluşturur.

Buna göre, aşağıdaki parçacıklardan hangisi bozon değildir?

- A) Foton  
B) Elektron  
C) Graviton  
D) Gluon

19. Nükleer enerjinin elektrik enerjisine dönüştürmenin en önemli aracı nükleer enerji santralleridir. Nükleer enerji, reaktörlerin atıkları güvenle muhafaza edildiği sürece temiz bir enerji türüdür.

**Bu bilgilerden yola çıkarak, nükleer enerji santrallerinin bir ülkede bulunması ile ilgili;**

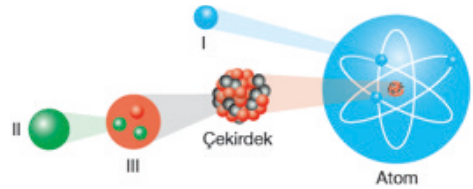
- Dışa olan bağımlılığı azaltır.
- Doğal kaynakların korunmasını sağlar.
- Atıkları karbondioksit salınımı ile çevreyi kirletir.

**gelişmelerden hangileri bu santrallerin işleyişinin olumlu sonuçlarındandır?**

- A) Yalnız I  
B) I ve II  
C) II ve III  
D) I, II ve III

HAYAT BOYU ÖĞRENME

20. Atomun yapısını oluşturan parçacıklar şekildeki gibidir.



Buna göre, I, II ve III ile numaralandırılmış parçacıkların adları aşağıdaki hangisinde doğru verilmiştir?

- |    | I        | II       | III      |
|----|----------|----------|----------|
| A) | elektron | kuark    | proton   |
| B) | kuark    | nötron   | elektron |
| C) | proton   | elektron | kuark    |
| D) | elektron | nötron   | foton    |



# **2. ÜNİTE** **MODERN FİZİK**

## 2. ÜNİTENİN KONULARI

- ▶ ÖZEL GÖRELİLİK
- ▶ KUANTUM FİZİĞİNE GİRİŞ
- ▶ FOTOELEKTRİK OLAYI
- ▶ COMPTON SAÇILMASI VE DE BROGLİE DALGA BOYU

# 1. BÖLÜM

## ÖZEL GÖRELİLİK



### NELER ÖĞRENECEĞİZ ?

**Bu bölümü tamamladığınızda;**

- Michelson–Morley deneyinin amacını ve sonuçlarını
- Einstein'ın Özel Görelilik Teorisi'nin temel postülalarını,
- Görelî zaman ve görelî uzunluk kavramlarını,
- Kütle-enerji eşdeğerliğini öğreneceksiniz.

### ANAHTAR KAVRAMLAR

- Özel görelilik,
- Fotoelektrik olayı,
- De Broglie dalga boyu
- Siyah cisim ışıması,
- Compton olayı,



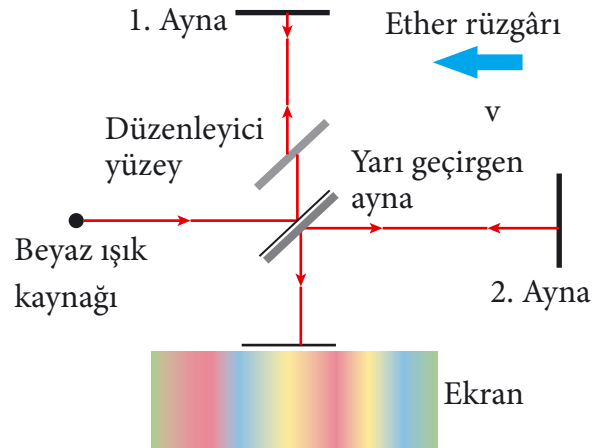
## 2.1. ÖZEL GÖRELİLİK

### 2. 1. 1. Michelson- Morley Deneyi

Geceleri gökyüzünde parlayan cisimlerin neden düşmediği sorusu ilk çağlarda bilim insanlarının merak konusu olmuştu. Modern felsefenin kurucusu olan Descartes (Dekart) evrenin su gibi bir madde ile dolu olduğunu söylemiş, gökyüzündeki parlak cisimlerin de bu maddenin üzerinde durduğunu ifade etmişti. 19. yüzyıldan itibaren fizikçilere göre Yunancada göğün maviliği anlamına gelen **ether** (esir) adı verilen bu maddede Dünya'nın Güneş etrafında dönmesi, etherde bir salınım oluşturmalı ve Güneş'ten Dünya'ya gelen ışık bu dalgalanma doğrultusunda hareket etmeliydi. Buna göre, eğer ışık ether adı verilen ortamda yayılıyorsa ışık hızında farklı veriler elde edilebilir mi? Işığın farklı gözlemcilere göre hızı değişir mi? sorularına cevap bulunması gerekir.

Yukarıdaki sorulara cevap bulabilmek amacıyla bilim insanları, ışık hızındaki bu küçük değişimleri algılama şansını arttırmak için hareketli sistem olarak Dünya'yı kullanmaya karar verdiler. Bu durumda ışık hızını belirlemek, bir hava akımı ya da rüzgâr içinde hareket eden bir parçacığın hızını belirlemek gibidir; sonuç olarak Dünya üzerinde sabit konumda tutulan bir ölçü aracının çevresinde esen bir "ether rüzgârından" söz edilebilir.

Işık hızında meydana gelen küçük değişimleri gözlemlemek için yapılan ilk deney 1881 yılında Albert Michelson (Albirt Maykılın) tarafından yapıldı. Deney, Dünya'nın var olduğu kabul edilen ethere göre hızını belirlemek için tasarlanmıştı. Deney düzeneği Şekil 2. 1'de görülen interferometreydi. Daha sonra aynı deney değişik koşullar altında Michelson ve Edward Morley (Edvird Morliy) tarafından tekrarlandı. Ether rüzgârı kavramına göre ışığın hızı, ışık demeti 2. aynaya yaklaşırken  $c - v$ , aynadan yansıdıktan sonra  $c + v$  olmalıdır. 1 ve 2. aynalardan yansıyan iki ışık demeti bir araya gelerek ekranda girişim deseni oluşturur. İnterferometrenin (girişimölçerin) 90° döndürülmesi sırasında bu girişim deseni gözlenebilmiştir. Deney düzeneğinin farklı



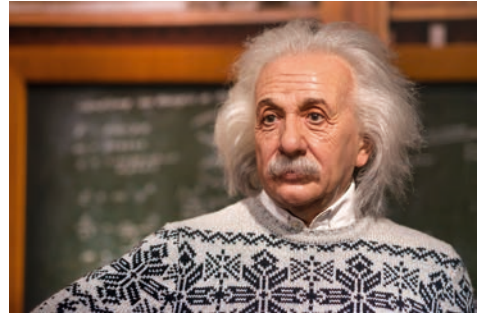
Şekil 2.1. İnterferometre

açılarla döndürülmesiyle deney tekrarlandığında girişim deseninin az ama ölçülebilir miktarda kayması gerekirken hiçbir değişme gözlenmemiştir. Deney, ether rüzgârının doğrultusunun ve şiddetinin değişmesinin beklendiği yılın değişik zamanlarında hem Michelson hem de diğer bilim insanları tarafından yıllarca tekrarlanmış fakat sonuç hep aynı olmuştur. Bu deneyin sonucunda uzayı kapladığı düşünülen ether fikrinden vazgeçilmiştir ancak bu deney, bir bilim insanının bilimsel bir probleme çözüm ararken sabırlı, istekli ve kararlı olmasının en güzel örneğidir.

Michelson- Morley deneyi ışık hızının değerinin her ortamda aynı olduğunu ve ışığın yayılması için herhangi bir ortama ihtiyaç olmadığını göstermesi, Einstein'ın modern fiziğin temelini oluşturan Özel İzafiyet (Görelilik) Teorisini geliştirmesini sağlamıştır.

## 2. 1. 2. Einstein'ın Özel Görelilik (İzafiyet) Teorisi

Özel Görelilik Kuramı ya da İzafiyet teorisi, Albert Einstein (Albirt Aynştayn) (Resim 2. 1) tarafından 1905'te yayınladığı makalesinde açıklanan bir fizik kuramıdır. Kurama göre, bütün varlıklar ve varlığın fizikî olayları görelidir. Zaman, mekân, hareket, birbirlerinden bağımsız değildir. Aksine bunların hepsi birbirine bağlı göreceli olaylardır. Cisim zamanla, zaman cisimle, mekân hareketle, hareket mekânla ve dolayısıyla hepsi birbiriyle bağımlıdır. Bunlardan hiçbiri birbirinden bağımsız değildir.



Resim 2.1. Albert Einstein

Einstein tüm fizik yasalarının geçerli olacağı eylemsiz referans sistemleri için gerekli olan iki postüla öne sürdü.

**Özel göreliliğin 1. Postülası: Bütün eylemsiz referans sistemlerinde fizik yasaları aynıdır.**

Bir referans noktasına göre sabit duran bir gözlemci ile o referans noktasına göre düzgün doğrusal hareket yapan bir başka gözlemci bütün hareket yasalarını aynı algılar. Yani durmakta olan bir araçta yapılan bir deneyin ölçüm sonuçları, bu araca göre sabit hızla hareket eden araçta yapılan deneyin sonuçlarıyla aynıdır.

**Özel göreliliğin 2. Postülası: Gözlemcinin veya ışık kaynağının hızından bağımsız olarak bütün eylemsiz referans sistemlerinde ışığın boşluktaki hızı sabit olup değeri  $c = 2,99792458 \cdot 10^8$  m/s'dir.**

Özel göreliliğin ikinci varsayımı birinci varsayım için gereklidir. Eğer ışık hızı bütün eylemsiz referans sistemlerinde aynı olmasaydı hız ölçümleri arasındaki fark, eylemsiz referans sistemlerinde meydana gelen olayların arasındaki farkın belirlenmesini sağlayacaktı. Işık hızı eylemsiz referans sisteminde sabittir, gözlemcinin ve kaynağın hızından bağımsızdır.

Özel Görelilik Kuramı'nın en önemli sonuçlarından biri, ışığın boşluktaki hızının hiçbir şekilde aşılamayacağını ifade etmesidir. CERN'de yapılan parçacık hızlandırıcı deneylerde şimdiye kadar hiçbir parçacık ışık hızına ulaştırılamamıştır.

### 2. 1. 3. Görelî Zaman ve Görelî Uzunluk

#### Görelî Zaman

Hareket hâlindeki bir tren vagonunun tam ortasında bir lamba olduğunu düşünelim. Lamba yandığında ışık hüzmeleri hem trenin gidiş yönüne hem onun ters yönüne  $c=3\times 10^8\text{m/s}$  hızla yayılacaktır. Vagonun içindeki bir gözlemci, ışığın vagonun önüne ve arkasına aynı anda (eş zamanlı) ulaştığını görecektir. Öte yandan, tren dışındaki bir gözlemci için durum farklıdır. Işığın hızı, gözlemcinin içinde bulunduğu eylemsiz sisteme bağlı olmaksızın, her gözlemciye göre aynıdır ve vagonun her iki yönüne doğru  $c$  hızıyla gider. Vagonun arkası kendisine doğru gelen ışığa yaklaşırken, vagonun önü kendisine doğru gelen ışıktan uzaklaşmaktadır. Dolayısıyla, ışık vagonun arkasına daha çabuk, vagonun önüne daha geç ulaşacaktır. Demek ki, bu iki olay, yerdeki gözlemci için eş zamanlı değildir.

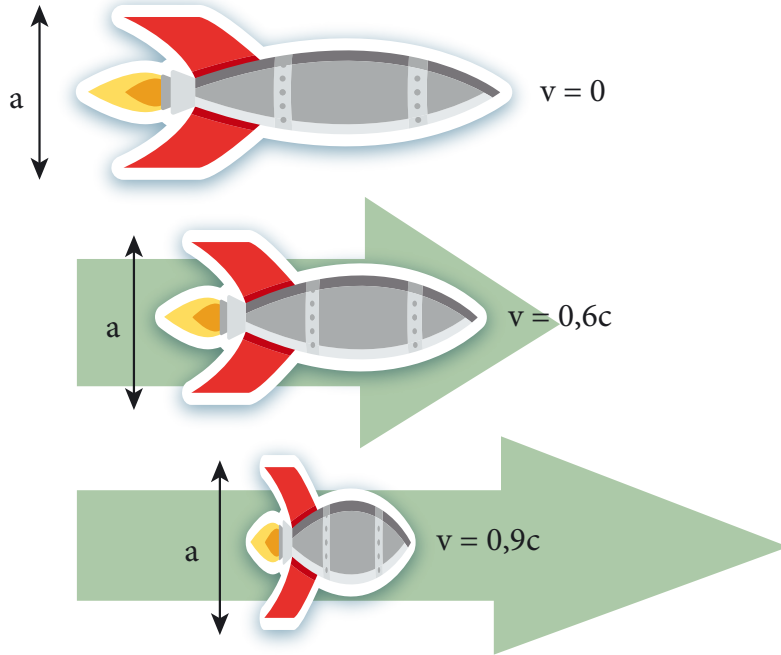
Görüldüğü gibi, tren içindeki gözlemciye eşzamanlı görünen iki olay tren dışındaki gözlemciye farklı zamanlarda olan iki olay olarak görünmektedir. Yani her yerde herkes için aynı zamandan söz edilemez. Bu nedenle zaman kavramından bahsederken bunun hangi gözlemcinin saatine göre olduğunu söylemek zorundayız. O hâlde zaman görelidir. Zaman ayrıca olayların geçtiği konuma da bağlıdır. Einstein'ın Özel Görelilik Teorisi'ne göre zaman, ışık hızına yakın hızlarda hareket eden bir sistemde yavaş akacaktır yani zaman genişler.

#### Görelî Uzunluk

Zamanın görelî olması gibi cisimlerin boy uzunluğu da görelidir yani uzunluk da referans sistemine bağlıdır. Bir cismin has uzunluğu, o cisme göre durgun olan biri tarafından ölçülen uzunluktur. Cismin kendine göre hareketli referans sisteminde ölçülen uzunluğu daima has uzunluğundan küçüktür. Bu olay **uzunluk büzülmesi** olarak adlandırılır.

Işık hızına yakın hızlarda hareket eden bir cisim, durgun bir gözlemciye göre daha kısa görünür. Bu daralmanın miktarı cismin hızına bağlıdır ve cismin uzunluğu, cisim hızı ışık hızına yaklaştıkça sifira yaklaşır. Cisim ile birlikte hareket eden gözlemci ise cismin boyunu has uzunluğu kadar ölçer.

Örneğin bir roket durgun hâldeyken yani hızı sıfır iken uzunluğu 200 cm olsun. Bu roket yerde duran bir gözlemcinin yanından hızla geçtiğini düşünelim. Gözlemci roketin uzunluğunu 200 cm'den daha kısa ölçer. Bu ölçümün değeri roketin ne kadar hızlı hareket ettiğine bağlıdır. Ayrıca roketin sadece hareket doğrultusundaki uzunluğu kısa görünür. Diğer kısımlarının uzunluğu durgun hâldeki uzunluğu ile aynıdır (Şekil 2.2).



**Şekil 2. 2.** Işık hızına yakın hızla yaklaştıkça yerde duran gözlemci roketin uzunluğunu kısa ölçer.

### 2. 1. 4. Kütle Enerji Eşdeğerliliği

Einstein'ın Özel Görelilik Teorisi'nin en önemli sonuçlarından biri de kütle-enerji eşdeğerliğidir. Einstein meşhur  $E = m \cdot c^2$  eşitliğini yazarak kütle ve enerji arasındaki denklığı ifade etmiştir. Bu eşitliğe göre kütle enerjinin bir formudur ya da enerji kütlenin bir formudur. Bu nedenle kütle enerjiye dönüştürülebilir ve enerji de kütleye.

$E = m \cdot c^2$  bağıntısı aslında enerjinin kütleye, kütlenin de enerjiye ne kadar dönüştü-

günü ifade eder. Bu denklemde  $E$ , enerji miktarını,  $m$  kütle miktarını,  $c$  ise ışık hızını sembolize etmektedir. Eğer enerji kütleyle dönüşebiliyorsa kütle miktarı ile ışık hızının karesinin çarpımı üretilen enerji miktarını verir.  $E = m \cdot c^2$  denklemine göre 1 kilogramlık kütle ışık hızı ile hareket ediyorsa  $9 \cdot 10^{16}$  J'lük enerjiye dönüşür.

Klasik fizikçiler kütle ve enerjinin birbirinden farklı nicelikler olduğundan her ikisinin de farklı korunum yasalarına sahip olduğunu düşünüyorlardı. Einstein kütle ve enerjinin aynı şeyin farklı versiyonu olduğunu gösterdiğinde, enerjinin korunum yasası ve kütle korunum yasasını birleştirilmiş oldu. Evrendeki kütle- enerjinin toplam miktarının sabit kalması gerekir ancak kütle ve enerjinin her biri  $E = m \cdot c^2$  dönüşüm denklemine göre birbiriyle değişebilmektedir. Evrende toplam kütle- enerjinin korunması için, nükleer ve kimyasal reaksiyonlarda serbest kalan enerji  $E = m \cdot c^2$  denklemine göre tepkimeye girenlerin toplam kütlesi azalmalıdır. Kaybolan kütle reaksiyonlarda enerjinin kaynağıdır. Einstein bu durumu şöyle ifade etmiştir: “Bir cisim elektromanyetik ışınla yaparak  $E$  kadar enerji kaybederse kütlesi  $E/c^2$  kadar azalır.”

Bütün çekirdek reaksiyonlarında atom altı parçacıkların kütlelerindeki değişimle bağlantılı olarak büyük miktarda enerji salınır. Bir nükleer reaktörde uranyum çekirdekleri, büyük miktarda kinetik enerjiye sahip daha birçok hafif parçanın oluştuğu fisyon reaksiyonuna girer. Fisyon olayı sonucunda oluşan bütün parçaların toplam kütlesi, ana uranyum çekirdeğinin kütlesinden azdır.

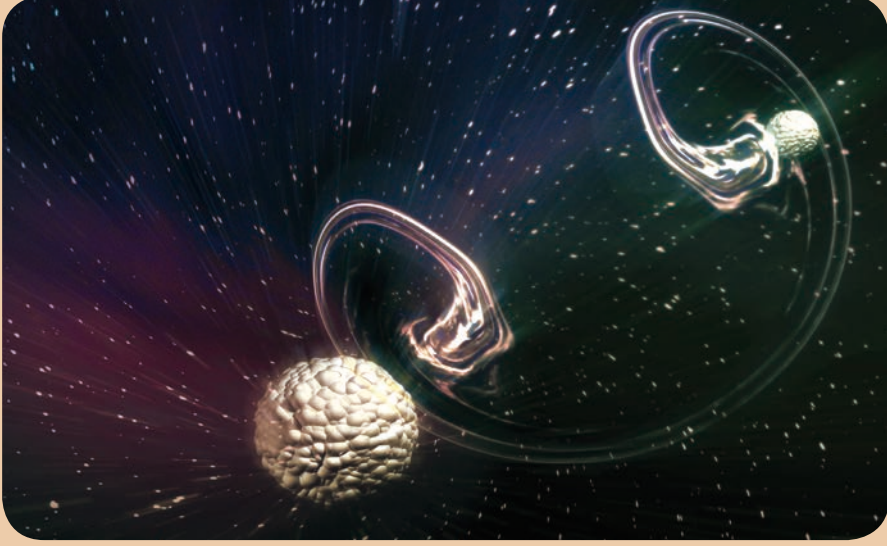
Einstein'ın kütle-enerji eşdeğerliliğine göre bu kütle farkına eş değer olan enerji, fisyon ürünlerinin kinetik enerjileri toplamına eşittir. Bu kinetik enerji, reaktördeki suyu ısıtarak onu elektrik enerjisi üretiminde kullanılacak buhara dönüştürür (Resim 2. 2).



**Resim 2. 2.** Nükleer reaktörün soğutma kulesinden çıkan su buharı

## 2. BÖLÜM

### KUANTUM FİZİĞİNE GİRİŞ



#### NELER ÖĞRENECEĞİZ ?

**Bu bölümü tamamladığınızda;**

- Planck Hipotezi ile siyah cisim ışımasını Kuantum Teorisi'yle ilişkilendirebileceksiniz.

#### ANAHTAR KAVRAMLAR

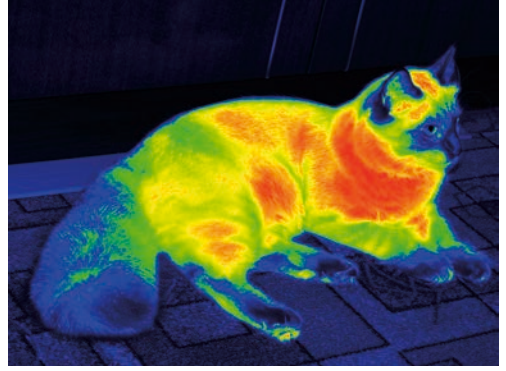
- Siyah cisim ışıması,
- Planck Hipotezi

## 2.2 KUANTUM FİZİĞİNE GİRİŞ

### 2. 2. 1. Siyah Cisim Işıması

Bir atom altı parçacık olan elektron, kütle ve yüke sahip olduğu için tanecik olarak adlandırılır. Bunun yanında elektronun kırınım, girişim gibi olayları gerçekleştirmesi bilim insanlarına elektronun dalga gibi davranabileceğini düşündürmüştür. Bu dalga-tanecik ikililiğinin anlaşılabilmesi için öncelikle enerji kavramının incelenmesi gerekir.

19. yüzyılda fizikçiler ısıtılan cisimlerin ışımaya yaptığını keşfetmişler ve bu ışımaya özelliğinin maddenin cinsine ve sıcaklığına bağlı olduğunu belirlemişlerdir. Düşük sıcaklıklarda ışımaya dalga boyları elektromanyetik tayfın kızılötesi bölgesindedir ve ışımaya gözle görülmez. Örneğin bizim vücudumuzu oluşturan atomlar titreşim hareketi yapar ve ışımaya meydana gelir. Bu ışımaya kızılötesi bölgededir ve sadece termal kamera yardımıyla görülebilir (Resim 2. 3).



Resim 2. 3. Termal kamera görüntüsü

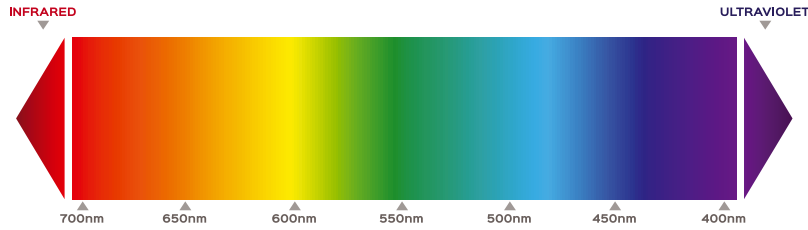
Üzerine gelen elektromanyetik dalgayı soğuran cisimlere **siyah cisim** denir. Siyah cisim ışımaya ise bir cismin sıcaklığına bağlı olarak yayımladığı elektromanyetik ışımadır.

Yanan linyit kömürünün (Resim 2.4) yaptığı ışımaya siyah cismin ışımaya benzer. Işığın rengi kömür parçalarının sıcaklığına bağlıdır. Siyah cisimler görünür bölgede kırmızı ışımaya



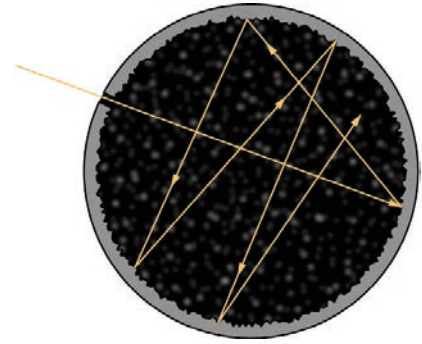
Resim 2. 4. Kor hâlindeki kömürün ışımaya

yayarken cismin sıcaklığı arttıkça turuncu, sarı, yeşil ve maviye doğru değişen ışımalar yapar. Buna göre sıcaklığı artırılan cismin yaydığı ışımaya tayfı Şekil 2. 3'te görüldüğü gibi kızılötesi, görünür ve morötesi bölgesine ayrılmış sürekli dalga boyları dağılımına sahiptir.



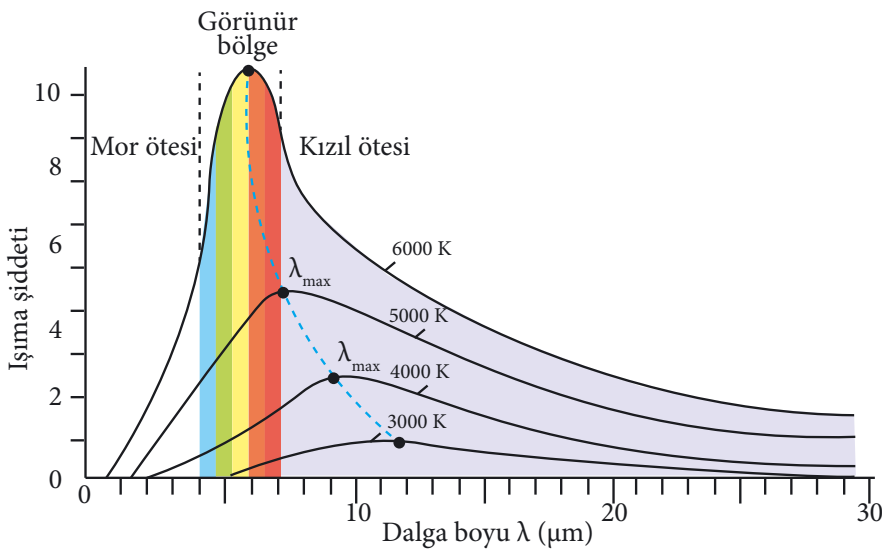
Şekil 2.3. Işıma tayfı

Siyah cismin yapısı aşağıdaki gibi tanımlanabilir: Üzerinde küçük bir delik bulunan küre şeklinde bir cisim düşünelim. Bu küçük delikten içeriye giren ışınlar birçok yansıma ve soğurmalar sonucu dışarı çıkmayacaktır. Cisim, üzerine gelen ışığı tamamen soğurur ve sıcaklığa bağlı olarak elektromanyetik ışıma yapar. İşte bu ışıma siyah cisim ışımasıdır. Siyah cismin şematik gösterimi Şekil 2.4'te verilmiştir.



Şekil 2.4. Siyah cisim modeli

Yapılan deneyler siyah cisimlerin bütün dalga boylarında ışıma yaptığını göstermiştir. Işımanın en büyük değerde olduğu dalga boyunun cismin sıcaklığı ile ters orantılı olduğu yine yapılan deneyler sonucunda belirlenmiştir. Siyah cisimlerin yaptığı ışınımın, sıcaklık artışı ve ışınım şiddetinin ışınımın dalga boyuna bağlı değişim grafiği Grafik 2.1'de verilmiştir.



Grafik 2.1. Işıma enerjisinin sıcaklıkla değişimi



Grafiğe göre aşağıdaki çıkarımlar yapılır:

1. Dağılımın tepesi sıcaklık arttıkça daha kısa dalga boylarına doğru kaymaktadır yani cismin sıcaklığı arttıkça yayılan ışınım enerjisi artmaktadır. Dağılımın kızılötesi bölgeden morötesi bölgeye kayması, **Wien Yer Değiştirme Yasası** adı verilen;

$$\lambda_{\max} \cdot T = 2,898 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$$

bağıntısına uymaktadır. Eşitlikte;

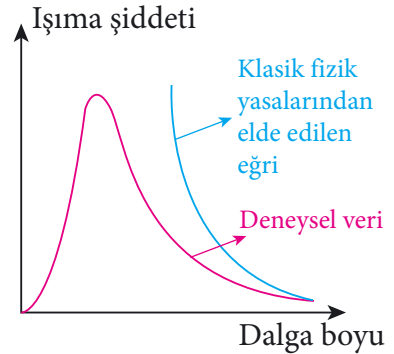
$\lambda_{\max}$  : Eğrinin tepe yaptığı dalga boyunu,

T : Işıma yapan cismin mutlak sıcaklık değerini ifade eder.

2. Cismin yayımladığı toplam enerji miktarı, sıcaklığın artmasıyla birlikte artar. Wien Yer Değiştirme Yasası kısa dalga boyları için deneysel verilerle uyumludur ancak dalga boyu büyüdükçe bu uyum bozulur. Bu durum kısa dalga boylarında klasik fizik ile deneysel veriler arasında uyumsuzluk olduğunu gösterir. Klasik fiziğe göre siyah cismin iç duvarlarındaki yüklerin titreşim yapmasıyla tüm dalga boylarında ışınım meydana gelir. Bu durumda tüm dalga boyları için ışınım enerjilerinin toplamı sonsuz olmalıdır. Buna göre siyah cisim ışınım tayfının dalga boyuna bağlı değişimi Grafik 2.2'deki gibi olmalıdır. Grafiğe göre klasik fizik yasalarından elde edilen eğrinin altında kalan alan sonsuzdur. Bu durum teori ile deney sonuçları arasındaki uyumsuzluğu göstermektedir. Bilim insanları teori ile deney arasında meydana gelen bu uyumsuzluğa

**morötesi felaket** adını vermişlerdir.

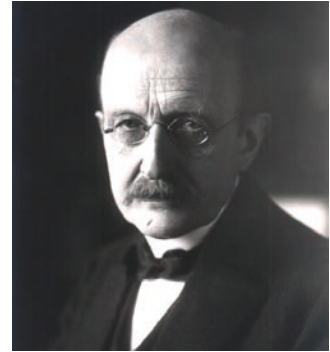
1900 yılında Max Planck (Meks Plenck) klasik fizik yaklaşımı ve deneysel veriler arasındaki bu uyumsuzluğa ışınım enerjisinin sürekli değil de kesikli olduğunu öne sürerek çözüm getirmiştir. Şimdi Planck'ın siyah cisim hipotezini inceleyelim:



**Grafik 2.2.** Farklı sıcaklıklar için ışınım şiddetinin ışınımın dalga boyuna bağlı değişim grafiği

## Planck'ın Hipotezi

Planck (Resim 2. 5) hipotezinde kara cisim üzerinde titreşen taneciklerin yaydığı enerjinin kesikli bir yapıda olduğunu öne sürerek sistemin enerjisinin **kuanta** denilen bir miktarın katları olduğu varsayımında bulunmuştur.



Resim 2. 5. Max Planck

Bu varsayıma göre;

1. Titreşen tanecikler sadece

$E_n = n \cdot h \cdot f$  şeklinde belli bir enerjiye sahiptir ( $n = 1, 2, 3, \dots$ ). Burada;

$f$  : Taneciklerin frekansı,

$h$  : Planck sabitidir. Değeri  $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$  J.s'dir.

Planck, bu varsayımıyla ışıma enerjisinin ancak belirli değerlerde soğurulup yayınlanabileceğini ve ışımının frekansı ile doğru orantılı olduğunu ifade etmiştir. Planck'ın bu ifadesi Kuantum Teorisi olarak adlandırılmaktadır.

2. Parçacıkların yaydığı elektromanyetik dalga daha sonra foton olarak isimlendirilecek olan kesikli enerji paketleri şeklindedir. Planck'a göre tanecikler bir kuantum durumundan başka bir kuantum durumuna sıçrayarak bu enerji paketlerini (fotonları) soğurur veya yayımlar. Ardışık iki kuantum düzeyi arasındaki sıçrama sırasındaki enerji farkı

$E = h \cdot f$  kadar olur.

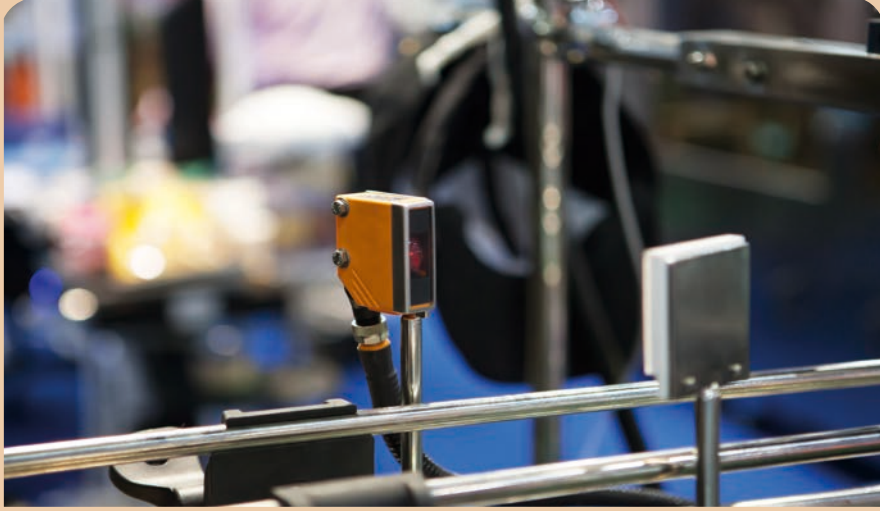
Planck'ın hipotezi kuantum fiziğinin temelini atmıştır. Bu yüzden siyah cisim ışınması kuantum fiziğinin başlangıcı olarak kabul edilmektedir.

Aşağıda verilen Genel Ağ adresindeki simülasyonu yaparak siyah cisim ışınmasını inceleyiniz.

<https://phet.colorado.edu/tr/simulation/legacy/blackbody-spectrum>

# 3. BÖLÜM

## FOTOELEKTRİK OLAYI



### NELER ÖĞRENECEĞİZ ?

**Bu bölümü tamamladığınızda;**

- Foton kavramını,
- Fotoelektrik olayını,
- Farklı metaller için maksimum kinetik enerjinin frekansa bağlılığını,
- Fotoelektronların sahip olduğu maksimum kinetik enerji, durdurma gerilimi ve metalin eşik enerjisi arasındaki ilişkiyi,
- Fotoelektrik olayının günlük hayattaki uygulamalarını öğrenmiş olacaksınız.

### ANAHTAR KAVRAMLAR

- Özel görelilik,
- Fotoelektrik olayı,

## 2.3. FOTOELEKTRİK OLAYI

### 2.3.1. Foton Kavramı

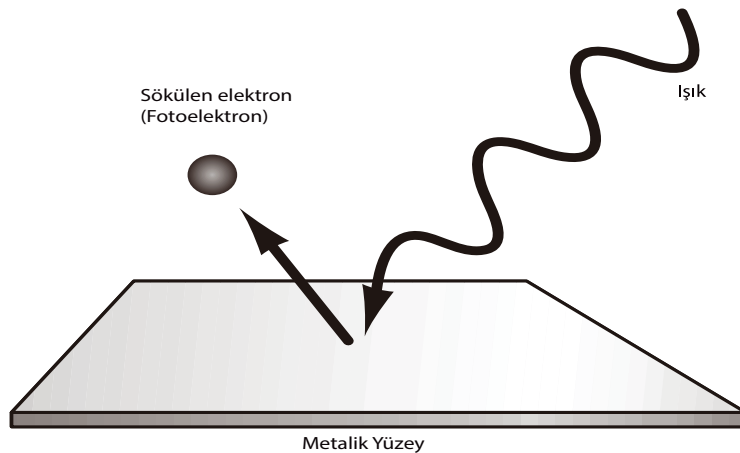
Kuantum fiziği moleküler, atomik ve atom altı seviyede madde ve enerjinin doğasını ve davranışını inceleyen modern fiziğin önemli bir çalışma alanıdır. 1900 yılında Max Planck **kuanta** adını verdiği ışığın küçük enerji paketlerinden oluştuğunu açıkladı. Einstein Planck'ın çalışmalarından yola çıkarak ışığın, **foton** adını verdiği enerji paketleri hâlinde ilerlediğini ifade etti.

Fotonların özelliklerini aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

- Kütleleri yoktur.
- Işık hızıyla hareket eder.
- Soğrulduğunda yok olur.
- Enerji ve momentumu vardır. Enerji ve momentumu dalga boylarına ve frekansa bağlıdır.
- Elektrik ve manyetik alandan etkilenmez.
- Elektrikçe yüksüzdür.

### 2.3.2. Fotoelektrik Olayı

Fotoelektrik olayı ilk olarak 1887 yılında Henrich Hertz (Henriç Hertz) tarafından belgelenmiştir. Hertz, elektromanyetik dalgaları incelemek için yaptığı deneyde o zamana kadar görülmemiş bir olayı gözlemledi. Deneyde morötesi ışının, iki metal yüzey arasında bir bağlantı ya da üreteç olmamasına rağmen düzenekteki ampermetrenin saptığını gözlemledi. Bu olayı ışığın metalden elektron kopması olarak yorumladı. Hertz'in gözlemlediği olayın modellenmesi Şekil 2. 5'teki gibidir.



Şekil 2. 5. Işığın metalden elektron sökmesi

19. yüzyılın sonlarında fizikçiler ışığın metal yüzeyden elektron koparma olayını açıklayabilmek için kontrollü deneyler yaptılar. Işığın frekansı değiştiğinde metalden kopan elektronların hızı da değişiyordu. Işığın şiddeti arttırıldığında ise beklenenin aksine elektronların hızı artmıyordu. **Fotoelektrik etki** adı verilen bu olayın kuramsal açıklaması yapılamamıştı. Kopan elektronların (fotoelektron) sayısını veya kinetik enerjisini belirleyen mekanizmanın ne olduğu anlaşılamamıştı. Metalden kopan elektronların hızı, metale gönderilen ışığın şiddetine değil rengine bağlıydı. Bu da Maxwell'in oluşturduğu Işığın Dalga Kuramı'na aykırı bir durumdu.

Hiç kuşkusuz, yirminci yüzyılın başlarında bilim insanlarının zihinlerini meşgul eden konulardan biri fotoelektrik olaydı. Einstein'ın bu olaya getirdiği açıklama, fizik tarihinde bir kilometre taşı oldu ve kuantum mekaniğinin doğuşuna yol açtı.

Einstein fotoelektrik olayı, ışık ışınlarının **foton** adı verilen enerji paketlerinden oluştuğunu öne sürerek açıkladı. Elektronlar, metalden koparken tek bir foton soğuruyordu. Dolayısıyla Hertz'in düzeneğinde bir akım gözlemlenebilmesi için tek tek fotonların enerjisinin belirli bir eşik değerinin (metalden bir elektron koparmak için gerekli enerji miktarının) üzerinde olması gerekiyordu. Bu açıklama ile fotoelektrik olgusunun bütün gizemi çözülmüş oldu. Her bir foton parçacığının sahip olduğu enerji, foton parçacığını temsil eden dalganın frekansı ile orantılıdır ( $E_f = h \cdot f$ ). Elektronu metalden koparmak için ışık frekansının belli bir eşik değerinin üzerinde olması yeterlidir. Bu eşik değer altında kalan düşük frekanslı ışık çok şiddetli gönderilse bile metalden tek bir elektron dahi kopmaz. Einstein'ın fotoelektrik denklemine göre bir fotonun enerjisi ( $E_f$ ); metalin eşik enerjisi ( $E_0$ ) 'den büyük ise metalden elektron koparılır. Fotonun enerjisinden, metalin eşik enerjisi kadarlık kısmı, metal tarafından soğrulur ve kalan kısmı kopan elektrona kinetik enerji ( $E_K$ ) olarak aktarılır. Bu durum Einstein'ın Fotoelektrik Denklemi adı verilen denklemlerle

$$E_f = E_0 + E_K \quad \text{şeklinde ifade edilir.}$$

Foton enerjisi çok küçük değerlere sahiptir. Bu yüzden enerji birimi olarak joule yerine elektronvolt (eV) ifadesi kullanılır. Elektronvolt bir elektronun 1 voltluk potansiyel farkı altında kazandığı kinetik enerjisini ifade eder.  $1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19}$  jouledür.

Aşağıdaki Genel Ağ adresinde verilen simülasyonu yaparak fotoelektrik olayına etki eden faktörleri inceleyiniz.

<https://phet.colorado.edu/tr/simulation/legacy/photoelectric>

### 2. 3. 3. Farklı Metallerin Maksimum Kinetik Enerji ile Frekans Arasındaki İlişkisi

Einstein'ın teorisine göre metal yüzeyden elektron koparma olayında fotonun anlık olarak tek bir elektrona aktardığı enerjiyle elektron metalden sökülür ancak fotonların metalden elektron sökebilmesi için elektronları metale bağlayan kuvveti yenmesi gerekir. Öyle ki bu ancak belirli enerji değerlerinde gerçekleşir. Metalin cinsine göre elektronun metale bağlanma enerjisi vardır. Metalden elektron sökülebilmesi için fotonun enerjisi, metalin bağlanma enerjisine eşit veya daha büyük olmalıdır. Bu enerjiye **eşik enerjisi** ( $E_0$ ) adı verilir. Bu enerjiye karşılık gelen ışığın frekansına **eşik frekansı** ( $f_0$ ), dalga boyuna **eşik dalga boyu** ( $\lambda_0$ ) adı verilir. Buna göre herhangi bir metalin bağlanma enerjisine ( $E_b$ ) eşit enerjili bir fotonun eşik enerjisi;

$$E_b = E_0 = h \cdot f_0 = \frac{h \cdot c}{\lambda_0} \text{ olarak yazılır.}$$

Einstein enerjinin korunumundan yararlanarak yazdığı fotonun enerjisi denkleminde, metalin bağlanma enerjisini ve fotoelektronun enerjisini bir araya getirilerek;

$$E_f = E_b + E_K \text{ eşitliğini elde edilir.}$$

Bu eşitlik  $E_f = h \cdot f$  ve  $E_b = E_0 = h \cdot f_0$  olduğundan;

$$h \cdot f = h \cdot f_0 + E_K \text{ olarak da yazılır.}$$

Bu eşitliğe göre;

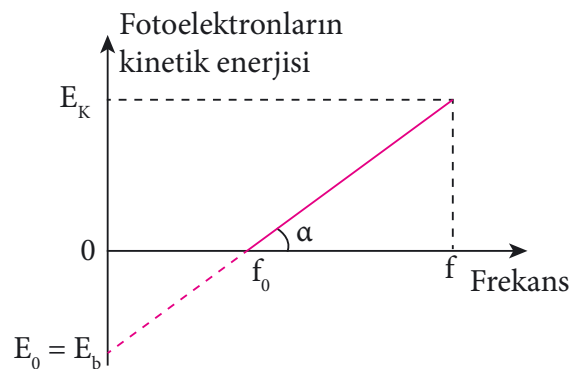
1.  $f < f_0$  ise metalden elektron sökülmez.

2.  $f = f_0$  ise metalden elektron sökülür ancak sökülen elektronun kinetik enerjisi sıfır olur.

3.  $f > f_0$  ise metalden elektron sökülür. Sökülen elektronun (fotoelektron) en büyük kinetik enerjisi  $E_K$

$E_K = h \cdot (f - f_0)$  bağıntısı ile hesaplanır.

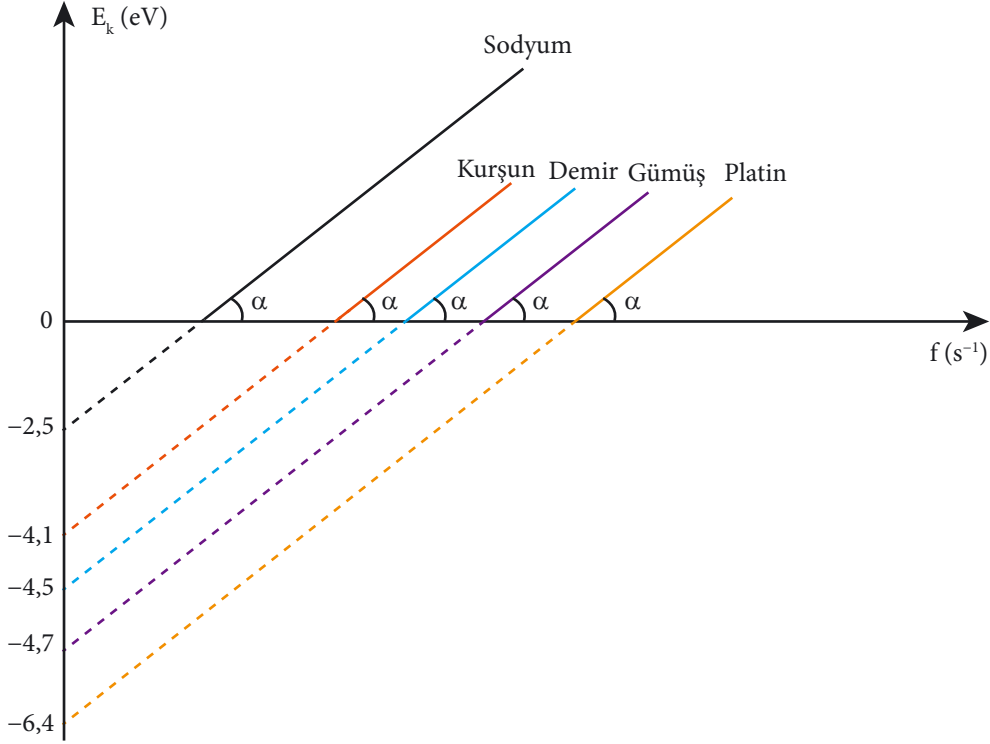
$h = \frac{E_K}{f - f_0} = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ j}\cdot\text{s}$  sabiti, Planck Sabiti olarak bilinir ve Grafik 2.3'te verilen grafiğin eğimidir.



**Grafik 2. 3.** Kinetik enerji- frekans grafiği

Bilim insanları farklı metaller için yaptıkları deneylerde metal yüzeyden koparılan fotoelektronların maksimum kinetik enerjileri ile metal levha üzerine gelen

ışık fotonlarının frekansları arasında doğru orantı olduğunu belirlemişlerdir. Yapılan deneylerde çeşitli metal yüzeylere değişik frekanslı ışıklar gönderilerek sökülün elektronların maksimum kinetik enerji-frekans grafikleri Grafik 2. 4'teki gibidir.



**Grafik 2. 4.** Farklı metallerin kinetik enerji- frekans grafiği

Grafiğe göre;

- Bütün metaller için kinetik enerji- frekans grafiği bir doğrudur. Doğrunun eğimi bütün metaller için aynıdır ( $\tan\alpha = h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ j.s}$ ).
- Grafikte bütün metaller için çizilen doğrular frekans eksenini belirli bir değerde kesmektedir. Bu durum, belirli bir frekans değeri altındaki ışık fotonlarının metalden elektron sökemeceğini göstermektedir.
- Bütün metaller için çizilen doğruların uzantıları kinetik enerji eksenini negatif (-) bölgede kesmektedir. Bu durum, metal yüzeyine ışık gelmediği hâlde enerjiye sahip olduğunu gösterir. İşte bu enerji elektronu metale bağlayan enerjidir (bağlanma enerjisi). Elektronu en az bağlanma enerjisi kadar enerji verilirse elektron bulunduğu yerden sökülür ancak sadece metal yüzeyine kadar çıkabilir.

## Örnek

Eşik enerjisi 6 eV olan bir metalin yüzeyine 12 eV enerjili fotonlardan oluşan bir ışık demeti gönderiliyor.

**Buna göre metal yüzeyden koparılan fotoelektronların maksimum kinetik enerjisi kaç eV olur?**

## Çözüm

Einstein'ın fotoelektrik denklemine göre;

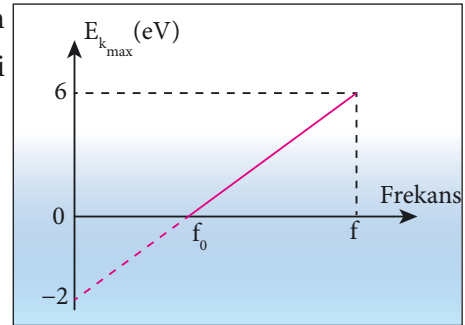
$E_f = E_0 + E_K$  eşitliğinden elektronun kinetik enerjisi  $E_K = E_f - E_0$  olur.

Verilen değerler yerine konulursa  $E_K = 12 - 6 = 6$  eV bulunur.

## Örnek

Bir metalden sökülen fotoelektronların maksimum kinetik enerjilerinin frekansa bağlı grafiği şekildeki gibidir. Grafikte verilenlere göre;

- Fotonun enerjisini bulunuz.
- Metalin eşik dalga boyu kaç Å'dür ( $h \cdot c = 12400$  eVÅ)?



## Çözüm

a) Grafikte verilenlere göre  $E_b = 2$  eV ve  $E_K = 6$  eV'tur. Elde edilen bu değerler fotoelektrik denkleminde  $E_f = E_b + E_K$  yerine yazıldığında

$E_f = 2 + 6 = 8$  eV bulunur.

b) Metalin bağlanma enerjisi elektronun eşik enerjisine eşittir. Eşik enerjisini veren bağıntı

$$E_b = E_0 = \frac{h \cdot c}{\lambda_0} \quad \text{ve buradan} \quad \lambda_0 = \frac{h \cdot c}{E_b} \quad \text{yazılır.}$$

Verilenler yerine yazıldığında metalin eşik dalga boyu,

$$\lambda_0 = \frac{12400 \text{ eVÅ}}{2 \text{ eV}} = 6200 \text{ Å} \quad \text{olarak bulunur.}$$



## 2. 3. 4. Fotoelektronların Sahip Olduğu Maksimum Kinetik Enerji, Durdurma Gerilimi ve Metalin Eşik Enerjisi Arasındaki İlişki

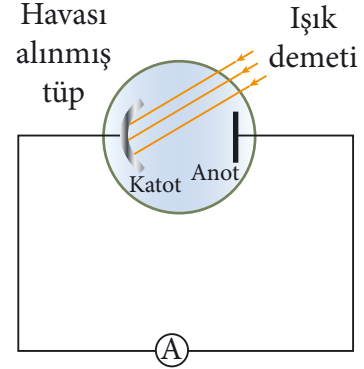
Fotoelektrik olayının en kolay incelendiği düzenekler **fotosel** adı verilen, ışık enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren düzeneklerdir. Fotoseller havası boşaltılmış bir cam tüp ve içerisine konulan iki alkali metalden oluşur. Alkali metallere, üzerine ışık düşürülen levhaya **katot**, katottan kopan elektronların ulaştığı ve katodun karşısına yerleştirilmiş levhaya da **anot** adı verilir.

Fotoelektronların sahip olduğu maksimum kinetik enerji, durdurma gerilimi ve metalin eşik enerjisi arasındaki ilişkiyi bir fotosel devresi üzerinde inceleyelim:

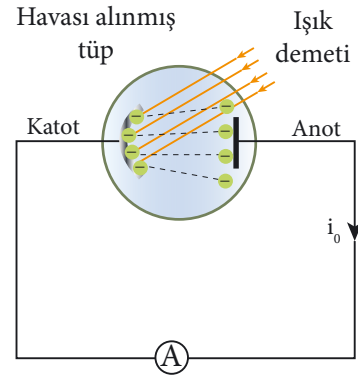
### 1. Düzenekte Üreteç Yoksa

Şekil 2. 7'deki gibi havası boşaltılmış bir cam tüp içerisinde alkali metalin bağlanma enerjisinden daha büyük enerjili tek renkli ışık düşürüldüğünde metalden elektron sökülür. Sökülen fotoelektronların bir kısmı anoda ulaşarak devrenin tamamlanmasını sağlar. Anoda ulaşan fotoelektronların oluşturduğu akıma **fotoelektrik akımı** adı verilir ve  $i_0$  ile gösterilir. Üretecin olmadığı bir fotoelektrik devresinde fotoelektrik akımını etkileyen faktörleri aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

- Katot yüzeyine düşürülen ışık şiddetinin artırılması levhaya düşen foton sayısını artırır. Bu da kopan fotoelektron sayısını artırarak devrenin fotoelektrik akımını ( $i_0$ ) artırır.
- Katot yüzeyine gelen fotonların enerjisi büyük ise kopan fotoelektronların kinetik enerjisi de büyük olur. Fotoelektronların anoda ulaşma ihtimali artar. Bunu sonucunda fotoelektrik akımının değeri artar.
- Bağlanma enerjisi küçük metaller kullanmak fotoelektronların sahip olacağı kinetik enerji değerini artırır. Bu durumda fotoelektronların anoda ulaşma ihtimali artacağından fotoelektrik akımı da artar.
- Katot ve anot arası uzaklık artırıldığında rastgele yönlere saçılan fotoelektronların anoda çarpma ihtimali azalır. Bu durumda fotoelektrik akımı azalır.



Şekil 2. 6. Fotosel düzeneği



Şekil 2. 7. Üreteci olmayan fotosel düzeneğinde akım oluşması

- Katot yüzeyine gelen ışık ışınlarına engel olmamak şartıyla anot yüzeyinin artması fotoelektrik akımını artırır. Işık ışınları noktasal bir kaynaktan çıkıyorsa kaynak katot yüzeyine yaklaştırıldığında yüzeye düşen foton sayısı artacağından fotoelektrik akımı da artar.
- Katot yüzeyini büyötmek daha fazla fotonun yüzeyle temas etmesi ve anot yüzeyini büyötmek sökülerek levhaya ulaşabilen elektron sayısını artıracığından fotoelektrik akımı artar.

Devrede üreteç yokken meydana gelen fotoelektrik olayın denklemi

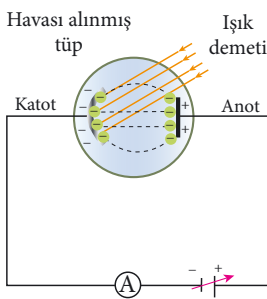
$E_f = E_b + E_K$  şeklinde yazılır.

## 2. Düzenekte Üreteç Varsa

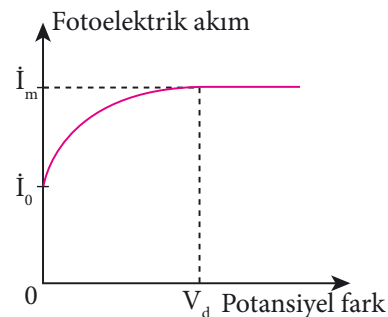
Ayarlanabilir ucu fotoselin anot ve katoduna bağlanarak düzenekte fotoelektrik akımı elde edilebilir:

### a. Üreteç Düz Bağlanırsa

Bir fotoelektrik devresine üreteç Şekil 2. 8'deki gibi pozitif kutbu fotoselin anot, negatif kutbu fotoselin katoduna bağlandığında anottan katoda doğru bir elektrik alan oluşur. Bu durumda katottan sökülün fotoelektronlar elektrik alana zıt yöndeki elektrikselsel kuvvetin etkisinde hareket eder. Fotoelektronlar sahip oldukları kinetik enerjiyi ek olarak üretecin verdiği eV enerjisini de alarak anoda daha çok sayıda ve daha yüksek enerjiyle ulaşır. Bu da devredeki fotoelektrik akımını artırır. Fotoelektrik akım, birim zamanda anoda ulaşan fotoelektron sayısı ile doğru orantılı olduğundan ancak belirli bir değere kadar artar. Üretecin gerilimi belirli bir değere ulaştığında fotoelektrik akımının sabit kaldığı görülür. Bu durumda akım maksimum değerini almıştır çünkü katottan kopan elektronların tamamı anoda ulaşmıştır. Fotoelektrik akımın maksimum değeri ( $i_m$ ) almasını sağlayan gerilime **doyma gerilimi** ( $V_d$ ) denir. Fotoelektrik akımın üretecin gerilimine göre değişim grafiği Grafik 2. 5'te verilmiştir.



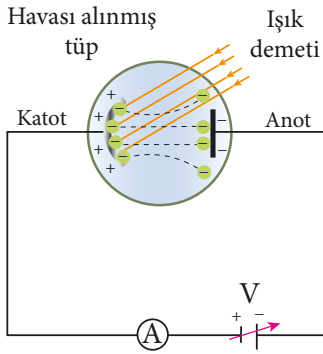
Şekil 2. 8. Fotosel düzeneğine üreteç bağlanması



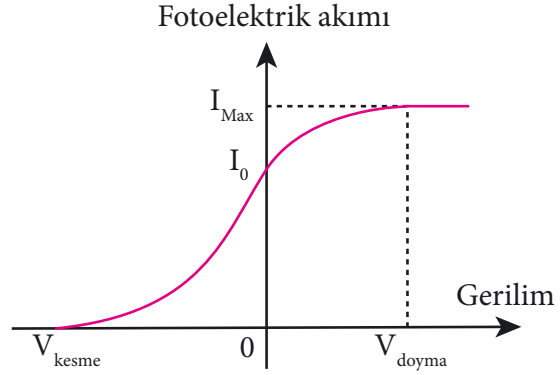
Grafik 2. 5. Fotoelektrik olayda doyma gerilimi

### b. Üreteç Ters Bağlanırsa

Şekil 2. 8'deki fotoelektrik devresinde üreticinin pozitif kutbu katoda, negatif kutbu anoda bağlanacak şekilde ters çevrildiğinde (Şekil 2.9) katotla anot arasında oluşan elektrik alanı yön değiştirir. Elektriksel kuvvet fotoelektronların anoda ulaşmasını engeller. Bu durumda kinetik enerjisi büyük olan fotoelektronlar anoda ulaşabilecektir. Üreticinin gerilimi artırıldığında fotoelektrik akımı azalır ve gerilimin belirli bir değerinde ampermetrede sapma gözlenmez. Akımın kesilme sebebi, fotoelektronların maksimum enerjiye sahip olanlarının da anoda ulaşamamasıdır. Fotoelektrik akımı sıfır yapan potansiyel farkına kesme potansiyel farkı ( $V_k$ ) denir. Üreticinin kesme potansiyel farkı elektronların maksimum kinetik enerji miktarıyla doğru orantılıdır. Fotoelektrik devrede akım-gerilim grafiği Grafik 2. 6'da verilmiştir. Grafikte üreticinin negatif kutbu katoda, pozitif kutbu anoda bağlanıp potansiyel fark, akım maksimum değerine ulaşmaya kadar artırılmıştır. Üreteç devreye ters bağlanıp gerilim arttığında akımın azaldığı,  $V_k$  değerine ulaştığında ise kesildiği görülmektedir.



**Şekil 2. 9.** Fotosel düzeneğine üreticinin ters bağlanması



**Grafik 2. 6.** Fotoelektrik olayda akımın gerilime göre değişimi

Üreticinin fotosel düzeneğine ters bağlandığı durumda elektrik alanının yaptığı iş, fotoelektronların maksimum kinetik enerjisine eşit olduğunda fotoelektronlar anoda ulaşamaz. Bu durum matematiksel olarak  $E_K = e \cdot V_{kesme}$  şeklinde ifade edilir. Böyle bir durumda Einstein'in fotoelektrik denklemi

$$E_f = E_b + E_K \text{ bağıntısında; } E_f = h \cdot f, \quad E_b = E_0 \text{ ve } E_K = e \cdot V_{kesme} \text{ yazılırsa}$$

$$h \cdot f = E_0 + e \cdot V_{kesme}$$

$$V_{kesme} = \frac{h \cdot f - E_0}{e} \text{ eşitliği elde edilir.}$$

Eşitliğe göre kesme potansiyeli gelen ışık fotonlarının frekansına bağlıdır. Frekansı yüksek olan fotonlar için kesme potansiyeli de yüksektir. Kesme potansiyeli metalin eşik enerjisine (bağlanma enerjisi) de bağlıdır. Bağlanma enerjisi yüksek metal kullanıldığında metalden kopan elektronlara aktarılan enerji azalacağından, fotoelektronların durdurmak için gerekli olan kesme potansiyeli de azalır.

Fotoelektrik olayda metal yüzeyine gönderilen ışık fotonları için kesme potansiyeline ulaşıldıktan sonra ışığın şiddetinin artırılması devrede akım oluşturmaz. Bunun nedeni kopan elektronların maksimum kinetik enerjilerinin kesme potansiyeline eşit olmasıdır.

### 2. 3. 5. Fotoelektrik Olayın Günlük Hayattaki Uygulamaları

Günümüzde fotoelektrik olayının en yaygın kullanıldığı yer fotoselli kapılardır (Resim 2. 6.). Kapı üzerine yerleştirilen bir fotosel lambadan oluşan algılama sistemi (radar) kapının açılmasını sağlar.

Kapıda bulunan algılama sistemi kızılötesi ışınları algılayarak çalışır. Vücudumuzun kızılötesi ışınları yayımlar. Kapıya yaklaştığımızda algılama sistemindeki fotosel lambaya düşen ışık ışınları, gereken düşük voltajlı elektrik sinyalinin oluşmasını sağlayarak kapıyı açar. Hastanelerde kullanılan görüntüleme cihazlarında ve çeşitli güvenlik sistemlerinde fotoelektrik olayından yararlanılmaktadır. Fotoelektrik olayını kullanarak çalışan foto dirençler (Resim 2. 7) sayesinde özellikle herkese açık alanlarda kullanılan musluk (Resim 2.8), sabunluk, kâğıt havlu ve el kurutma cihazlarında hijyen sağlanmaktadır. Yine fotodirençler yardımıyla sokak lambaları gün ışığına göre ayarlanır. Böylece enerji tasarrufu edilir ve ülke ekonomisine büyük katkı sağlanır.



Resim 2. 6. Fotoelektrik olayına dayalı çalışan kapı



Resim 2. 7. fotodirenç



Resim 2. 8. Fotoelektrik olayı ile çalışan musluk

## Örnek

Katodunun bağlanma enerjisi 5 eV olan fotosel tüpe 2 voltluk üreteç ters bağlanmıştır. Fotosel tüpün katoduna enerjisi 8 eV olan tek renkli ışık gönderiliyor. Buna göre katottan sökülen fotoelektronlar anoda en fazla kaç eV'luk kinetik enerji ile çarpır?

## Çözüm

Devrede üreteç olmasaydı fotoelektronların levhaya çarpma kinetik enerjisi, Einstein'ın fotoelektrik denklemine göre  $E_f = E_b + E_k$  olarak yazılır. Devrede üreteç ters bağlanmıştır. Buna göre fotoelektrik denklemi;

$$E_f - 2 \text{ eV} = E_b + E_k \text{ şeklinde yazılır.}$$

Veriler denklemde yerine yazılırsa;

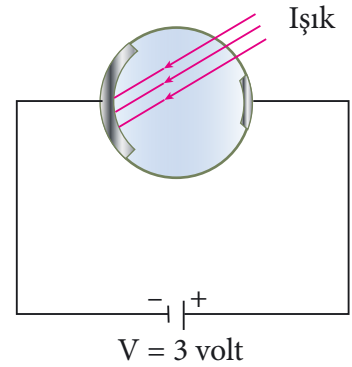
$$8 \text{ eV} - 2 \text{ eV} = 5 \text{ eV} + E_k$$

$$6 \text{ eV} - 5 \text{ eV} = E_k$$

$$E_k = 1 \text{ eV bulunur.}$$

## Örnek

Katodunun eşik enerjisi 4 eV olan bir fotoelektrik devreye 3 voltluk üreteç şekildeki gibi bağlanmıştır. Katoda frekansı  $f$  olan ışık ışınları düşürülünce sökülen elektronlar anoda 1 eV'luk maksimum kinetik enerji ile çarpıyor. Buna göre devreye gönderilen ışık ışınlarının enerjisi kaç eV'dur?



## Çözüm

Devrede üreteç olmasaydı fotoelektrik denklemi  $E_f = E_b + E_k$  şeklinde yazılır. 3 voltluk üreteç devreye düz bağlanmıştır. Bu durumda katoda  $f$  frekanslı ışık ışınları düşürüldüğünde fotoelektrik denklemi,

$$E_f + 3 \text{ eV} = E_b + E_k \text{ şeklinde yazılır.}$$

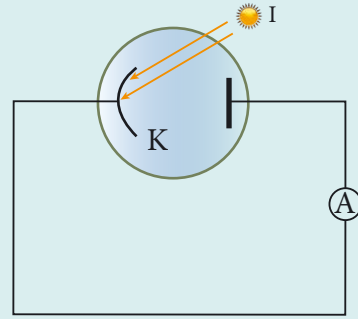
$$\text{Buradan } E_f + 3 \text{ eV} = 4 \text{ eV} + 1 \text{ eV}$$

$$E_f = 5 \text{ eV} - 3 \text{ eV} = 2 \text{ eV}$$



### 1. UYGULAMA

1. Şekildeki fotosele I şiddetinde ışık gönderildiğinde devreden küçük bir akımın geçtiği gözleniyor. Buna göre akımın değerini artırmak için ne yapılması gerekir? Açıklayınız.



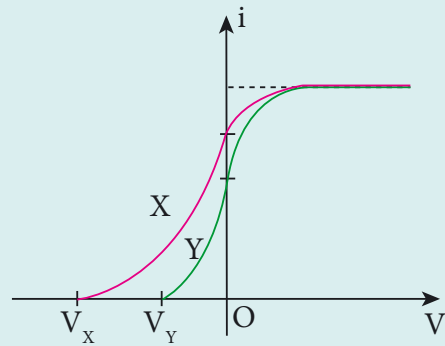
2. Bir fotosele düşürülen K, L ve M ışık ışınlarının oluşturdukları fotoelektrik akımın şiddetleri ile ışık ışınlarının frekansları verilmiştir.

	Akım Şiddeti	Işık Frekansı
X	$i$	$2f$
Y	$2i$	$f$
Z	$i$	$2f$

Buna göre fotoelektronlar için kesme potansiyelinin büyüklük sıralaması nasıldır?

3. Bir fotosele X ve Y ışınları ayrı ayrı düşürülünce  $i$  fotoelektrik akımın gerilime bağlı grafiği şekildeki gibi oluyor.

X ve Y ışınlarının ışık şiddetleri  $I_X$  ve  $I_Y$  olduğuna göre aşağıdakilerden hangisi ışık şiddetleri arasındaki ilişki nasıldır?



# 4. BÖLÜM

## COMPTON SAÇILMASI VE DE BROGLİE DALGA BOYU



### NELER ÖĞRENECEĞİZ ?

**Bu bölümü tamamladığınızda;**

- Compton Olayında foton ve elektron etkileşimini
- Compton ve fotoelektrik olaylarının benzer yönlerini ve ışığın tanecik doğasını,
- Işığın ikili doğasını öğreneceksiniz.

### ANAHTAR KAVRAMLAR

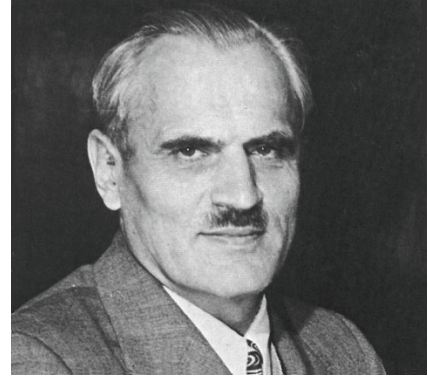
- De Broglie dalga boyu
- Madde dalgaları
- Compton olayı,

## 2.4. COMPTON SAÇILMASI VE DE BROGLIE DALGA BOYU

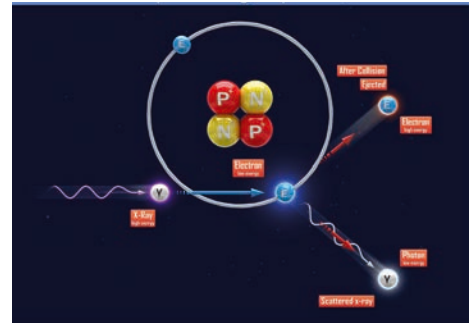
### 2. 4. 1. Compton Saçılması

Fotoelektrik olayında elektronların metalden sökülebilmesi için ışık enerjisi fotonlarla metale aktarılır. Yaptığı çalışmalarda ışığın tanecikli yapıda olduğunu ifade eden Einstein, fotonların da momentumu olması gerektiği fikrini ortaya attı. Einstein enerjisi  $E_f = h \cdot f$  olan fotonun sahip olduğu momentumu;  $P = \frac{E_f}{c} = \frac{h \cdot f}{c}$  şeklinde tanımladı. Ancak bu fikir fazla ilgi görmedi. 1923 yılında A. H. Compton (Resim 2.9) tarafından yapılan deney Einstein'ın foton momentumu fikrini daha ileri götürdü. Compton kendi adıyla anılan deneyinde, x-ışınlarını elektronlar üzerine göndererek saçılmalarını inceledi. Compton Olayı, ışığın tanecikli yapısı hakkında kesin deliller ortaya koymaktadır.

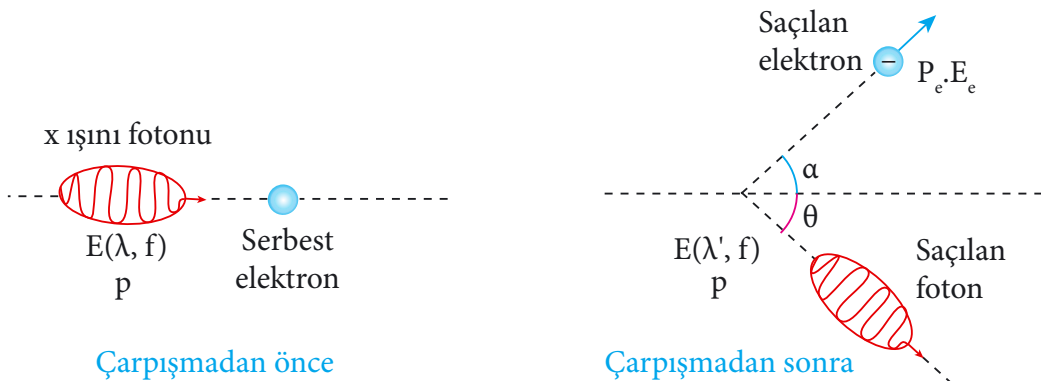
Compton deneyinde yüksek enerjili x-ışınlarını, karbon elementinin serbest elektronuyla çarpıştırmıştır (Şekil 2. 10) Serbest elektronun enerjisi, X-ışını fotonunun enerjisinden çok küçük olduğu için durgun kabul edilir.



Resim 2. 9. A. H. Compton



Şekil 2. 10. Compton Saçılması

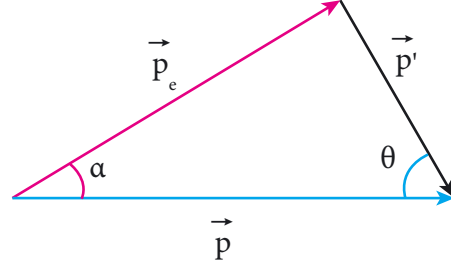


Şekil 2. 11. Compton Saçılması modeli



Deneyde hedef elektronun çarpışmadan sonra kazandığı kinetik enerji  $E_e$ , momentumu  $P_e$  olacak şekilde  $\alpha$  açısıyla saçılmıştır. Bu olay ışığın tanecik doğasını fotoelektrik olaydan daha çok destekler. Deney sırasında meydana gelen olay, momentumun ve kinetik enerjinin korunduğu bir

esnek çarpışmadır. Compton Olayı modellenmesindeki niceliklerden  $E$ ,  $f$ ,  $\lambda$ ,  $p$ ; gelen fotonun enerjisini, frekansını, dalga boyunu ve momentumunu;  $E'$ ,  $f'$ ,  $\lambda'$ ,  $p'$  nicelikleri ise saçılan fotonun enerjisini, frekansını, dalga boyunu ve momentumunu ifade etmektedir. Compton Olayı'nda foton ve elektronun çarpışması, merkezi olmayan esnek çarpışması şeklinde gerçekleşir. Foton ile elektronun esnek çarpışmasında momentumun korunumu; fotonun momentumu ( $p$ ), saçılan fotonun momentumu ( $p'$ ) ile saçılan elektronun momentumunun ( $p_e$ ) vektörel toplamına eşittir. Bu vektörel toplam diyagramı Şekil 2.12'deki gibidir.



Şekil 2.12. Momentumun korunumu diyagramı

Foton çarpışma sırasında enerjisinin bir kısmını elektrona aktardığı için enerjisi dolayısıyla frekansı azalır, dalga boyu artar. Compton yaptığı deneyde, fotonun dalga boyundaki bu artışın saçılma açısına ( $\theta$ ) bağlı olarak meydana geldiğini gördü. Enerjinin korunumu yasasına göre gelen fotonun enerjisi ( $E$ ), saçılan fotonun enerjisi ( $E'$ ) ile saçılan elektronun kinetik enerjisinin ( $E_e$ ) toplamına eşittir ( $E = E' + E_e$ ). Bu durumda gelen fotonun enerjisi saçılan fotonun enerjisinden büyük olduğundan gelen fotonun frekansı ( $f$ ) saçılan fotonun frekansından ( $f'$ ) büyüktür. Fotonun dalga boyu frekansı ile ters orantılı olduğundan gelen fotonun dalga boyu saçılan fotonun dalga boyundan küçüktür.

Fotonlar ile serbest elektronlar arasında gerçekleşen Compton Olayı, ışığın tanecik modelini destekleyen en önemli deneydir. Bu deneye göre ışığı oluşturan fotonların bir tanecik gibi enerji ve momentumu korunur. Compton Olayı, fotonlar ile atomlara bağlı elektronlar arasındaki etkileşimi açıklamakta kullanılmaz. Compton deneylerinde bir açıda sadece tek bir ışın frekansı gözlemlenmiş olması ışığın dalga teorisiyle çelişmektedir.

### 2. 4. 2. Compton ve Fotoelektrik Olaylarının Benzerlikleri

Compton ve fotoelektrik olayları, ışığın dalga doğasının benimsendiği dönemde yapılan ve sonuçları nedeniyle ışığın dalga doğasıyla açıklanamayıp ışığın tanecik doğası tarafından açıklanabilen önemli olaylardandır.

- Compton Olayı ve fotoelektrik olayı, ışığın yapısını kanıtlayan bilim tarihindeki iki önemli olaydır. Her iki olayda da ışığı oluşturan fotonlar, enerjisini bir tanecik olan elektrona aktarır.
- Fotoelektrik olay ve Compton olayı ışığın dalga teorisi ile açıklanamamıştır.
- Fotoelektrik ve Compton olayında ışık dalga olarak değil tanecik olarak davranmıştır. Her iki olayda da fotonların enerjisi  $E_f = h \cdot f$  ve momentumları  $p = \frac{h \cdot f}{c}$  olan parçacık olarak ifade edilmiştir. Her iki olay da ışığın tanecik modeli ile açıklanabilmiştir.
- Fotoelektrik olayında metal yüzeye gelen ışık fotonu metale bağlı elektronlar tarafından soğurulur ancak Compton Olayı'nda serbest elektrona çarpan ışık fotonu soğurulmaz, saçılır.

### 2. 4. 3. Işığın İkili Doğası

Işık, bilim tarihinde eski zamanlardan beri bilim insanlarının ilgisini çekmiştir. Newton, ışığın yansıma ve kırılma yasalarını ışığın tanecik modelini kullanarak açıklamıştır. Newton'ın bu teorisi uzun yıllar diğer bilim insanları tarafından desteklenmiştir. Christian Huygens (Kıristiyan Huygins), ışığın yansıma ve kırılma olaylarını ışığın dalga teorisi ile de açıklayabilmiştir. Daha sonraki yıllarda Thomas Young (Tams Yang), ışıktaki girişim deneyini gerçekleştirerek, ışığın dalga doğasını açıkça ortaya koymuştur. 1905 yılında ise Einstein, ışığın **foton** adı verilen enerji paketlerinden oluştuğunu belirtmiştir.

Yukarıda sıralanan bilimsel açıklamalar ışığın ikili doğaya sahip olduğunu gösterir. Işık bazı olaylarda tanecik gibi davranırken, bazı olaylarda dalga gibi davrandığı görülmüştür. Tablo 2. 2'de ışığın tanecik ve dalga gibi davrandığı bazı olaylar verilmiştir.

Işık Olayı	Işığın Tanecik Doğası	Işığın Dalga doğası
Işığın doğrusal yayılması	X	X
Gölge oluşması	X	X
Kırılma	X	X
Girişim		X
Yansıma	X	X
Kırılma ve yansımanın aynı anda gerçekleşmesi		X
Işığın renklere ayrılması	X	X
Işık basıncı	X	
Kırınım		X
Aydınlanma	X	X
Fotoelektrik olayı	X	
Compton saçılması	X	
Polarizasyon		X
Işık ışınlarının birbiri içinden geçebilmesi	X	X
Işığın soğrulması	X	

#### 2. 4. 4. Madde ve Dalga İlişkisi

Işığın doğasındaki dalga-parçacık ikiliği modern fiziğin kurulmasını sağlamıştır. Elektron, foton gibi gözlemlenemeyen parçacıklar için dalga-parçacık ikiliğini birbirinden bağımsız düşünülemez. Maxwell yaptığı çalışmalarla ışığın dalga karakterini ortaya koymuştur. Bununla birlikte ışığın tanecik modelini tanımlayan fotoelektrik olay ve Compton Olayı ışığın dalga modeli ile açıklanamamaktadır. Işığın dalga ve tanecik doğasının tek başına optik olayını açıklayamaması bilim insanlarını ışık için yeni bir model arayışına yöneltmiştir

1923 yılında Louis de Broglie (Resim 2. 10) ışığın dalga ve tanecik doğasının bir arada olabileceğini söyleyerek yeni bir tartışma başlatmıştır. Heisenberg ve Schrödinger gibi birçok fizikçi ışığın dalga ve tanecik doğasını biraraya getirmek için çalışmalar yapmışlardır. Böylelikle fizikçiler **dalga mekaniği** adı verilen yeni bir fizik dalının ortaya çıkmasını sağlamışlardır.



Resim 2. 10. Louis de Broglie

Lous de Broglie “Işık tanecik özelliği gösteriyorsa tanecikler de dalga özelliği gösterir.” düşüncesini ortaya atmıştır. Broglie, Planck’ın bir fotonun enerjisini ifade eden  $E = h \cdot f$  eşitliği ile Einstein’a ait  $E = m \cdot c^2$  eşitliklerini kullanarak fotonun dalga boyunu hesaplamıştır. Elde ettiği sonuçları tüm tanecikli yapılar için genellemiştir. Buna göre ışık hızında hareket eden tanecikler için  $E = h \cdot f$  ve  $E = m \cdot c^2$  enerji eşitlikleri yazılırsa

$$h \cdot f = m \cdot c^2 \text{ eşitliği yazılabilir.}$$

Burada f frekansı yerine  $f = \frac{c}{\lambda}$  yazılırsa

$$h \cdot \frac{c}{\lambda} = m \cdot c^2 \text{ ve buradan } \frac{h}{\lambda} = m \cdot c \text{ eşitliği elde edilir.}$$

Parçacığın hızı ile kütesinin çarpımı, parçacığın momentumuna eşit olduğuna göre elde edilen son eşitlik  $\frac{h}{\lambda} = p$  olarak yazılabilir. Bu eşitlikte bir fotonun momentumunun dalga boyuna bağlı olduğu görülmektedir. Maddenin tanecik-dalga ikili doğasını açıklayan bu bağıntı **de Broglie Bağıntısı** olarak bilinir. De Broglie Bağıntısı’na göre hareket eden maddesel parçacıklara eşlik eden bu dalgalara **madde dalgaları** adı verilir. Madde dalgaları mekanik ve elektromanyetik dalgalardan farklıdır. De Broglie, madde dalgaları enerjilerinin fotonların enerjisi gibi  $E = h \cdot f$  bağıntısına uyması gerektiğini ifade eder. Parçacığın frekansı f ise enerjisi  $E = h \cdot f$  dir.



### 1. UYGULAMA

1. Fotoelektrik olay ile Compton Olayı arasındaki benzerlikler nelerdir?
2. Işığın tanecik doğasının açıklayamadığı ışık olayları hangileridir?
3. Işık neden ikili doğaya sahiptir?
4. De Broglie tarafından ortaya konulan bağıntıdan yola çıkarak madde ve dalga arasındaki ilişkiyi açıklayınız.

## 2. ÜNİTE ÖZETİ

### MODERN FİZİK

Michelson-Morley deneyi, ether (esir) adı verilen maddenin olmadığını ve ışık hızının değerinin her ortamda aynı olduğunu, ışığın yayılması için herhangi bir ortama ihtiyaç olmadığını göstermesi, Einstein'ın modern fiziğin temelini oluşturan Özel İzafeyet (Görelilik) Teorisi'ni geliştirmesini sağlamıştır. Özel Görelilik Kuramı ya da İzafeyet Teorisi, Albert Einstein (Albirt Aynştayn) tarafından 1905'te yayınladığı makalesinde açıklanan bir fizik kuramıdır. Kurama göre, bütün varlıklar ve varlığın fizikî olayları görelidir. Zaman, mekân, hareket, birbirlerinden bağımsız değildir. Einstein'ın göre;

1. Bütün eylemsiz referans sistemlerinde fizik yasaları aynıdır.
2. Gözlemcinin veya ışık kaynağının hızından bağımsız olarak bütün eylemsiz referans sistemlerinde ışığın boşluktaki hızı sabittir.

Einstein'ın Özel Görelilik Teorisi'ne göre zaman, görelidir. Yani her yerde herkes için aynı zamandan söz edilemez. Bu nedenle zaman kavramından bahsederken bunun hangi gözlemcinin saatine göre olduğunu söylemek zorundayız. Zaman, ışık hızına yakın hızlarda hareket eden bir sistemde yavaş olacaktır. Işık hızına yakın hızlarda hareket eden bir cisim, durgun bir gözlemciye göre daha kısa görünür. Bu olay uzunluk büzülmesi olarak adlandırılır.

$E = m \cdot c^2$  bağıntısı aslında enerjinin kütleyle, kütlelerin de enerjiye ne kadar dönüştüğünü ifade eder. Bu denklemde E, enerji miktarını, m kütle miktarını, c ise ışık hızını sembolize etmektedir. . Bu nedenle kütle enerjiye dönüştürülebilir ve enerji de kütleyle.

Üzerine gelen elektromanyetik dalgayı soğuran cisimlere siyah cisim denir. Siyah cisim ışıması ise bir cismin sıcaklığına bağlı olarak yayımladığı elektromanyetik ışımadır. Yapılan deneyler siyah cisimlerin bütün dalga boylarında ışıma yaptığını göstermiştir. Işımanın en büyük değerde olduğu dalga boyunun cismin sıcaklığı ile ters orantılı olduğu yine yapılan deneyler sonucunda belirlenmiştir.

Planck, hipotezinde kara cisim üzerinde titreşen taneciklerin yaydığı enerjinin kesikli bir yapıda olduğunu öne sürerek sistemin enerjisinin kuantal denilen bir miktarın katları olduğu varsayımında bulunmuştur. Planck, bu varsayımıyla ışıma enerjisinin ancak belirli değerlerde soğurulup yayınlanabileceğini ve ışımanın frekansıyla doğru orantılı olduğunu ifade etmiştir. Planck'ın bu ifadesi Kuantum Teorisi olarak adlandırılmaktadır. Einstein Planck'ın çalışmalarından yola çıkarak ışığın, foton adını verdiği enerji paketleri hâlinde ilerlediğini ifade etti. Fotonlar ışık hızıyla hareket eder, kütleleri yoktur ve soğurulduğunda yok olur.

Işığın metal yüzeyden elektron koparma olayına fotoelektrik olayı denir. Einstein fotoelektrik olayı, ışık ışınlarının foton adı verilen enerji paketlerinden oluştuğunu öne sürerek açıkladı. Elektronlar, metalden koparken tek bir foton soğuruyordu. Fotoelektrik akım gözlemlenebilmesi için fotonların enerjisinin belirli bir eşik değerinin (metalden bir elektron koparmak için gerekli enerji miktarının) üzerinde olması gerekir. Her bir foton parçacığının sahip olduğu enerji, foton parçacığını temsil eden dalganın frekansı ile orantılıdır ( $E_f = h \cdot f$ ).

Einstein'in fotoelektrik denklemine göre bir fotonun enerjisi ( $E_f$ ); metalin eşik enerjisi ( $E_0$ ) ve kopan elektronun kinetik enerji ( $E_K$ );

$E_f = E_0 + E_K$  şeklinde denklemlerle ifade edilir. Bu eşitliğe göre;

1.  $f < f_0$  ise metalden elektron sökülmez.
2.  $f = f_0$  ise metalden elektron sökülür ancak sökülen elektronun kinetik enerjisi sıfır olur.
3.  $f > f_0$  ise metalden elektron sökülür. Sökülen elektronun (fotoelektron) en büyük kinetik enerjisi EK

$E_K = h \cdot (f - f_0)$  bağıntısı ile hesaplanır.

Fotoelektrik olayının en kolay incelendiği düzenekler fotosel adı verilen, ışık enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren düzeneklerdir. Havaşı boşaltılmış bir cam tüp içerisinde alkali metalin bağlanma enerjisinden daha büyük enerjili tek renkli ışık düşürüldüğünde metalden elektron sökülür. Sökülen fotoelektronların bir kısmı anoda ulaşarak devrenin tamamlanmasını sağlar. Anoda ulaşan fotoelektronların oluşturduğu akıma fotoelektrik akımı adı verilir ve  $i_0$  ile gösterilir. Fotoelektrik akımı; gelen ışığın şiddeti, katot yüzeyinin alanı, metalin eşik enerjisi(cinsi), anot yüzeyinin alanı ve katot-anot arası uzaklık etkiler. Fotoelektrik devreye üreteç düz bağlandığında akım artar ve maksimum değeri alır. Fotoelektrik akımın maksimum değeri ( $i_m$ ) almasını sağlayan gerilime doyma gerilimi ( $V_d$ ) denir. Üreteç ters bağlandığında fotoelektrik akımı azalır ve gerilimin belirli bir değerinde ampermetrede sapma gözlenmez. Akımın kesilme sebebi, fotoelektronların maksimum enerjiye sahip olanlarının da anoda ulaşamamasıdır. Fotoelektrik akımı sıfır yapan potansiyel farkına kesme potansiyel farkı ( $V_k$ ) denir. Kesme potansiyeli gelen ışık fotonlarının frekansına ve metalin eşik enerjisine (bağlanma enerjisi) bağlıdır.

Compton kendi adıyla anılan deneyinde, X-ışınlarını elektronlar üzerine göndererek saçılmalarını inceledi. Compton Olayı, ışığın tanecikli yapısı hakkında kesin deliller ortaya koymaktadır.

Compton deneyinde yüksek enerjili X-ışınlarını, karbon elementinin serbest elektronuyla çarpıştırmıştır. Foton çarpışma sırasında enerjisinin bir kısmını elektrona aktardığı için enerjisi dolayısıyla frekansı azalır, dalga boyu artar, ancak fotonun hızı değişmez. Işığın doğasındaki dalga-parçacık ikiliği modern fiziğin kurulmasını sağlamıştır. Louis de Broglie, ışığın dalga ve tanecik doğasının bir arada olabileceğini söyleyerek yeni bir tartışma başlatmıştır. Heisenberg ve Schrödinger gibi birçok fizikçi ışığın dalga ve tanecik doğasını biraraya getirmek için çalışmalar yapmışlardır. Böylelikle fizikçiler dalga mekaniği adı verilen yeni bir fizik dalının ortaya çıkmasını sağlamışlardır. Parçacığın hızı ile kütesinin çarpımı, parçacığın momentumuna eşit olduğuna göre eşitlik " $h / \lambda = p$ " olarak yazılabilir. Bu eşitlikte bir fotonun momentumunun dalga boyuna bağlı olduğu görülmektedir. De Broglie Bağıntısı olarak bilinen bu bağıntıya göre, hareket eden maddesel parçacıklara eşlik eden bu dalgalara madde dalgaları adı verilir. Madde dalgaları mekanik ve elektromanyetik dalgalardan farklıdır.

## 2.ÜNİTE

### ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME SORULARI

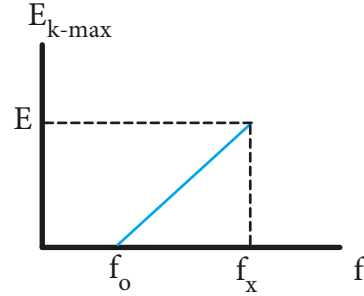
1. Aşağıdakilerden hangisi Michelson - Morley deneyinin sonuçlarından değildir?

- A) Işık hızının her ortamda aynı olduğu
- B) Işığın yayılması için herhangi bir ortama ihtiyaç olmadığı
- C) Işığın hızının tüm eylemsiz referans sistemlerinden bağımsız olduğu
- D) Uzayı kaplayan ether maddesinin olmadığı

2. Aşağıdaki yargılardan hangisi Einstein'ın Özel Görelilik Kuramının sonuçlarından biridir?

- A) Işık maddesel ortamlarda soğurulur.
- B) Işık saydam ortamlardan geçerken kırılır.
- C) Fizik yasaları tüm eylemsiz referans sistemlerinde aynıdır.
- D) Işık metal yüzeylerden elektron sökebilir.

3. Bir fotoelektrik olayı deneyinde, metal yüzeyine düşürülen ışığın frekansı ( $f$ ) ile metalden kopan elektronların maksimum kinetik enerjisi ( $E_{k-max}$ ) arasındaki değişim grafikteki gibidir.



Buna göre grafikte ilgili,

- I. Metalin eşik enerjisi artarsa grafikteki  $f_0$  da artar.
- II. Metale gelen  $f_x$  frekanslı ışık metalden elektron koparabilir.
- III. Grafiğin eğimi, Planck Sabiti'ne eşittir.

yargılarından hangileri doğrudur?

- A) Yalnız I
- B) I ve II
- C) II ve III
- D) I, II ve III

4. Einstein'ın Özel Görelilik Teorisi ile ilgili;

- I. Bütün eylemsiz referans sistemlerinde fizik yasaları aynıdır.
- II. Işığın hızı gözlemci ve kaynağın hızından bağımsızdır.
- III. Işık hızı tüm eylemsiz referans sistemlerinde sabittir.

yargılarından hangileri doğrudur?

- A) I ve II
- B) I ve III
- C) II ve III
- D) I, II ve III

**5. Işık hızına yakın hızda hareket eden bir cisim ile ilgili;**

- I. Zamanı genişler.
- II. Uzunluğu büzülür.
- III. Kütle küçülür.

**sonuçlarından hangileri gerçekleşir?**

- A) I ve II
- B) II ve III
- C) I ve III
- D) I, II ve III

**6. Dünya'yı eylemsiz referans sistemi olarak kabul edelim.**

**Dünya'dan ışık hızına yakın hız ile uzaklaşan bir uzay gemisi ile ilgili aşağıdaki açıklamalardan hangisi doğrudur?**

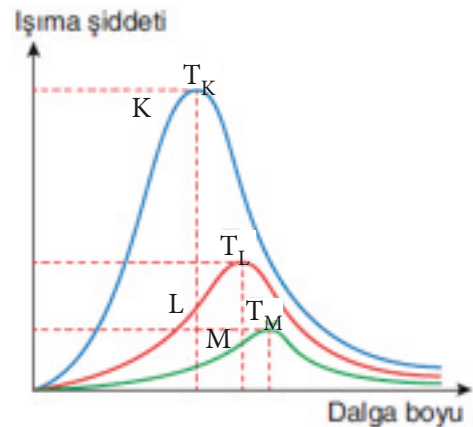
- A) Uzay gemisinde Dünya'ya göre su daha kısa sürede kaynar.
- B) Uzay gemisindeki duvar saati Dünya'daki saatlere göre daha yavaş çalışır.
- C) Uzay gemisindeki astronotun vücut fonksiyonları daha hızlı çalışır.
- D) Dünya'dan bakan gözlemci uzay gemisini olduğundan daha uzun görür.

**7. İki kardeşlerden Ahmet ve Mehmet 20 yaşındadır. Astronot olan Mehmet, Mars'ı incelemek için ışık hızına yakın bir hızla uzaya gönderilir. Ahmet ise Dünya'da kalır. Mehmet Dünya'ya döndüğünde Ahmet'ten daha gençtir.**

**Paragrafta bahsedilen ikizler paradoksuna göre Mehmet'in Ahmet'ten daha genç kalmasının sebebi aşağıdakilerden hangisidir?**

- A) Zaman görelidir.
- B) Uzunluk görelidir.
- C) Işığın boşluktaki hızı sabittir.
- D) Işığın yayılması için maddesel ortam gereklidir.

**8. Elektromanyetik ışıma yapan K, L, M siyah cisimlerinin ışıma şiddetlerinin dalga boyuna bağlı grafiği şekildeki gibidir.**

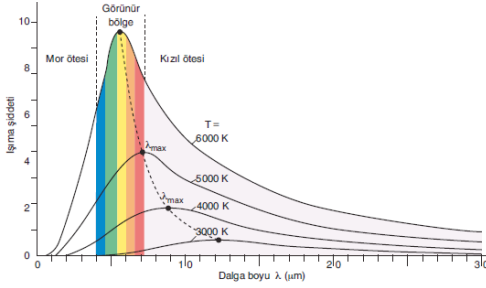


**Cisimlerin yaptıkları ışımaların mutlak sıcaklıkları  $T_K$ ,  $T_L$  ve  $T_M$  olduğuna göre, bu ışımaların maksimum dalga boyları  $\lambda_K$ ,  $\lambda_L$  ve  $\lambda_M$  arasındaki ilişki aşağıdakilerin hangisinde doğru verilmiştir?**

- A)  $\lambda_K > \lambda_L > \lambda_M$
- B)  $\lambda_K = \lambda_L = \lambda_M$
- C)  $\lambda_L > \lambda_K > \lambda_M$
- D)  $\lambda_M > \lambda_L > \lambda_K$



9. Siyah cisimlerin yaptığı ışımanın, sıcaklığın artışıyla ışınım şiddetinin, ışınım dalga boyuna bağlı grafiği şekildeki gibidir.



**Yalnızca bu grafikten yararlanılarak;**

- I. Sıcaklık arttıkça ışımanın şiddeti de artar.
- II. Cismin sıcaklığı arttıkça ışınımın dalga boyu küçülür.
- III. Işımanın şiddeti arttıkça ışınımın frekansı da artar.

**yorumlarından hangilerine ulaşılabilir?**

- A) Yalnız I  
B) I ve II  
C) II ve III  
D) I, II ve III

10. Einstein'ın  $E = m \cdot c^2$  kütle ve enerjinin eşdeğerliliği ilkesi,

- I. m kütleli bir madde ışık hızına ulaştığında  $E = m \cdot c^2$  büyüklüğünde bir enerji açığa çıkar.
- II. Madde enerjiye dönüşebilir.
- III. Çekirdek dönüşümlerinde yüksek enerjili fotonlar ortaya çıkar.

**ifadelerinden hangileri ile açıklanabilir?**

- A) Yalnız I  
B) I ve II  
C) II ve III  
D) I, II ve III

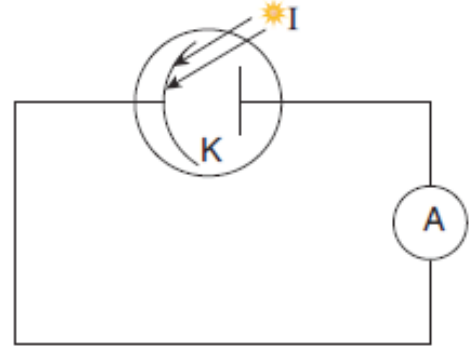
11. Bir fotoelektrik devrede kullanılacak bazı metaller ve bunların eşik enerjileri tabloda verilmiştir.

Metaller	Çinko	Gümüş	Kurşun	Demir
Bağlanma Enerjisi $E_b$ (eV)	4,31	4,73	4,13	4,52

**Bu metallere enerjisi 4,20 eV olan ışık ışınları düşürüldüğünde hangi metalden elektron koparabilir?**

- A) Çinko  
B) Gümüş  
C) Kurşun  
D) Demir

12. Bir öğrenci fotoelektrik olayını gözlemlemek için şekildeki devreyi kurarak katoda ışık düşürüyor ancak devredeki ampermetreden akım geçmediğini fark ediyor.



**Bu öğrenci ampermetreden akım geçmesi için;**

- I. Gelen ışığın şiddetini artırmalı
- II. Bağlanma enerjisi daha küçük metal kullanılmalı
- III. Gelen ışığın frekansını artırmalı

**işlemlerinden hangilerini tek başına yapmalıdır?**

- A) Yalnız I  
B) Yalnız III  
C) II ve III  
D) I ve II

13. Bir fotoelektrik olayı deneyinde, metal yüzeye 2 foton gönderildiğinde yüzeyden kopan fotoelektronların kinetik enerjileri  $E$ , devreden geçen akım şiddeti ise  $I$  olarak ölçülüyor.

**Aynı metal yüzeye aynı enerjiye sahip 8 foton gönderilirse yüzeyden sökülen fotoelektronların kinetik enerjileri ve devreden geçen akım şiddeti ne olur?**

	Kinetik enerji	Akım şiddeti
A)	$4E$	$4I$
B)	$4E$	$I$
C)	$E$	$4I$
D)	$E$	$I$

14. Bir fotoelektrik devresinde,  $E$  enerjili fotonlar  $K$  metali yüzeyine düşürüldüğünde sökülen fotoelektronların maksimum kinetik enerjisi  $4$  eV,  $L$  metaline düşürüldüğünde ise  $6$  eV oluyor.

**Buna göre,  $K$  ve  $L$  metallerinin eşik enerjileri  $E_K$  ve  $E_L$  aşağıdakilerden hangisi olabilir?**

	$E_K$ (eV)	$E_L$ (eV)
A)	$6$	$4$
B)	$4$	$4$
C)	$2$	$3$
D)	$3$	$2$

15. Compton olayında;  $0,6\lambda$  dalga boyulu X-ışınları fotonları, durmakta olan elektrona çarpıp saçılıyor.

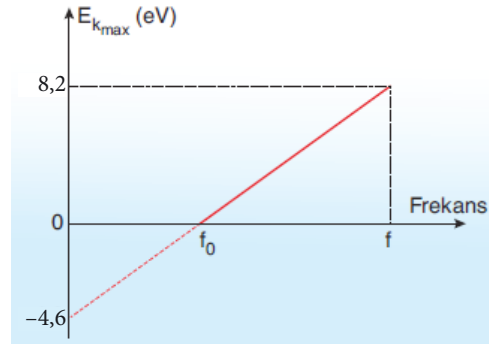
**Bu olayda saçılan fotonun dalga boyu,**

I.  $0,6\lambda$       II.  $0,8\lambda$       III.  $\lambda$

**değerlerinden hangileri olabilir?**

- A) Yalnız I      B) I ve II  
C) II ve III      D) I ve III

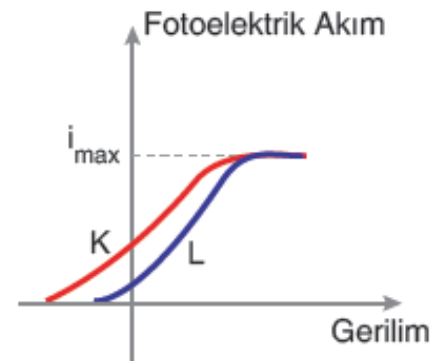
16. Bir fotoelektrik olayı deneyinde, metalden sökülen fotoelektronların maksimum kinetik enerjilerinin frekansa bağlı grafiği şekildeki gibidir.



**Buna göre, metal yüzeyine düşürülen ışığın enerjisi kaç eV'dir?**

- A) 3,6      B) 4,6  
C) 8,2      D) 12,8

17. Bir fotosel devrede metal yüzeye gönderilen iki farklı  $K, L$  ışınının oluşturduğu foto elektrik akımının devrede oluşan gerilime bağlı grafiği şekildeki gibidir.



**$K$  ve  $L$  ışınlarının ışık şiddetleri  $I_K$  ve  $I_L$ ; frekansları ise  $f_K$  ve  $f_L$  olduğuna göre bunlar arasındaki ilişki aşağıdakilerden hangisinde doğru verilmiştir?**

- A)  $I_K = I_L$ ;  $f_K = f_L$   
B)  $I_K = I_L$ ;  $f_K > f_L$   
C)  $I_K > I_L$ ;  $f_K = f_L$   
D)  $I_L > I_K$ ;  $f_L > f_K$

18. Compton olayında  $f_0$  frekanslı X-ışınları elektronla etkileştiğinde oluşan etkileşim şekilde modellenmiştir.

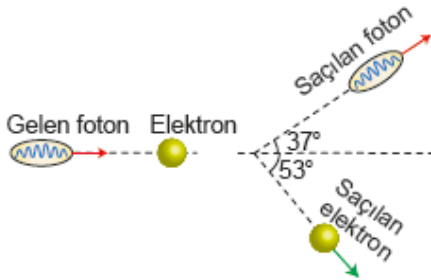


**Yalnızca bu modelden yola çıkarak,**

- I. Foton çarpışma sırasında enerjisinin bir kısmını elektrona aktarmıştır.
- II. Bu olayda enerji ve momentum korunmuştur.
- III. Bu olay ışığın tanecik modelini açıklar.

**yorumlarından hangilerine ulaşılabilir?**

- A) I ve II  
C) I ve III
19. Compton olayında, durmakta olan serbest elektrona gönderilen foton elektronla çarpışınca şekildeki gibi saçılıyor.



**Bu olayla ilgili,**

- I. Gelen fotonun enerjisi saçılan fotonun enerjisinden büyüktür.
- II. Gelen fotonun dalga boyu saçılan fotonun dalga boyundan büyüktür.
- III. Gelen fotonun momentumu saçılan fotonun momentumundan büyüktür.

**yorumlarından hangileri doğrudur?**

- A) Yalnız I  
C) I ve III
- B) I ve II  
D) II ve III

- B) II ve III  
D) I, II ve III

20. Radyometre; havası alınmış cam fanus içerisinde, sürtünmesiz iğne üzerine bir yüzü siyah, diğer yüzü parlatılmış yaprakların şekildeki gibi oturtulmasıyla oluşur. Güneş ışığına bırakılan radyometrenin yaprakları süratle dönmeye başlar.



**Bu olayın açıklanmasında,**

- I. Yaprakların dönmesi ışığın tanecik özelliğini açıklamaktadır.
- II. Işık, üzerine düşen yüzeylere basınç uygular.
- III. Üzerine net kuvvet etki eden cisimler hareket eder.

**bilgilerinden hangileri kullanılır?**

- A) I ve II  
C) II ve III
- B) I ve III  
D) I, II ve III



# **3. ÜNİTE**

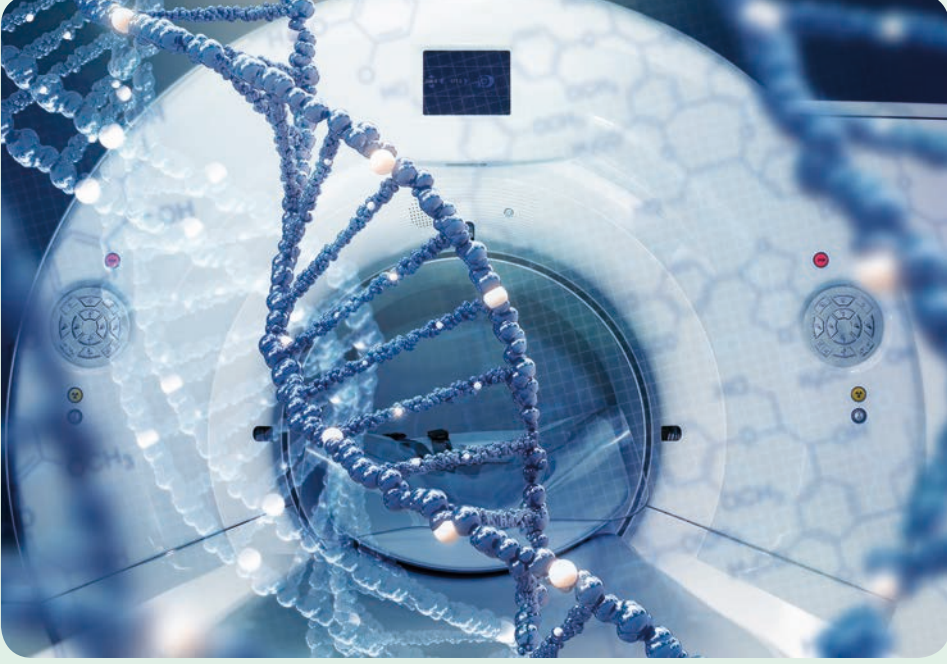
## **MODERN FİZİĞİN TEKNOLO- JİDEKİ UYGULAMALARI**

# ÜNİTE KONULARI

- ▶ GÖRÜNTÜLEME TEKNOLOJİLERİ
- ▶ YARI İLETKEN TEKNOLOJİSİ
- ▶ SÜPER İLETKENLER
- ▶ NANOTEKNOLOJİ
- ▶ LASER IŞINLARI

# 1. BÖLÜM

## GÖRÜNTÜLEME TEKNOLOJİLERİ



### NELER ÖĞRENECEĞİZ ?

**Bu bölümü tamamladığınızda;**

- MR, PET, tomografi, ultrason, radarlar, sonar ve termal kameraların çalışmasında fizik biliminin rolünü açıklayabilecek,
- LCD ve plazma teknolojilerinde fizik biliminin yerini öğrenmiş olacaksınız.

### ANAHTAR KAVRAMLAR

- Görüntüleme teknolojisi
- Yarı iletken
- Diyot
- LED
- Güneş pili
- Süper iletken
- Nanoteknoloji
- Nanobilim
- LASER

## 3.1. GÖRÜNTÜLEME TEKNOLOJİLERİ

### 3.1.1. Görüntüleme Cihazlarının Çalışma Prensipleri

Günümüzde modern fiziğin getirdiği yeniliklerle görüntüleme teknolojilerindeki gelişmeler hızla artmaktadır. Yaygın olarak kullanılan görüntüleme cihazları özellikle tıp biliminde hastalıkların teşhisi, tanısı ve tedavisinde en büyük yardımcıdır. Ayrıca askerî ve sivil alanda güvenlik amaçlı kullanılan görüntüleme cihazları da vardır. İnşaat mühendisliğinde, batık gemilerin ve balık sürülerinin yerinin saptanmasında, elektrik sektörü gibi alanlarda görüntüleme cihazlarından yararlanılır.

Yaygın olarak kullanılan bazı görüntüleme cihazlarının çalışma prensiplerini kısaca açıklayalım:

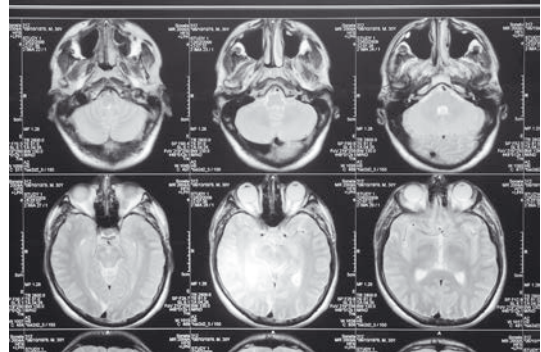
#### Manyetik Rezonans Görüntüleme Cihazı (MR Cihazı)

MRG cihazının (Resim 3.1) çalışma prensibi manyetizmaya dayanır. Manyetik rezonans (MR) canlıların iç yapısını görüntülemek amacıyla daha çok tıp alanında kullanılan bir yöntemdir. MR cihazında yüksek düzeydeki manyetik alan şiddetiyle canlı doku, soğurma ve geri yayma yöntemiyle görüntülenir.

MR cihazı, yapısında mıknatıs bulunan bir cihazdır. Canlının iç yapısını görüntüleme sırasında radyo dalgaları kullanılır. Hasta büyük bir selenoidin içine yerleştirilir. Cihaz çalıştırıldığında selenoid zamana göre sabit bir manyetik alan oluşturur. Oluşan manyetik alan vücut dokusundaki atom çekirdeklerinin farklı frekanslarda titreşim yapmalarına neden olur. Dokudaki atomunun yoğunluğuna ve hareketlerine göre görüntü oluşur. MR cihazında radyasyon kullanılmaz. Onun yerine manyetik alanla vücuttaki hücrelerindeki atom çekirdeklerindeki proton uyarılır. Alıcılara ulaşan sinyaller bilgisayar analizleriyle siyah beyaz görüntülere dönüştürülür (Resim 3. 2).

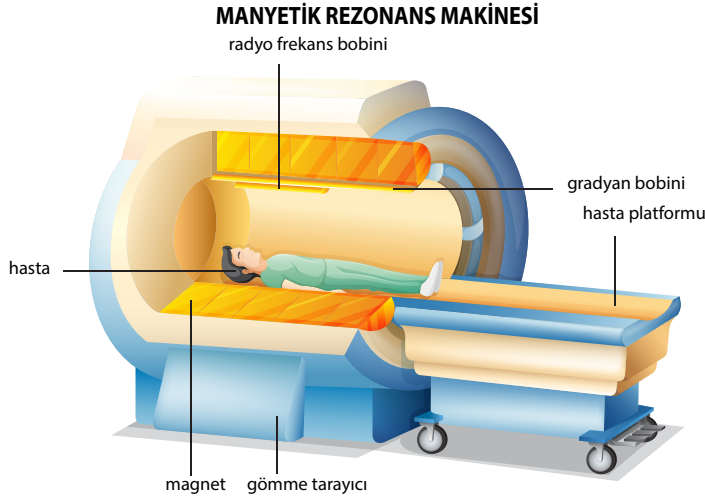


Resim 3.1 MR cihazı



Resim 3.2 Beyin MR filmi

Şekil 3.1'de MR cihazının şematik gösterimi verilmiştir.



**Şekil 3.1** MR cihazının şematik gösterimi

### Tomografi Cihazı

Tomografi cihazı, radyolojik teşhis yöntemi için kullanılan cihazdır. Tomografide görüntü, X-ışını üreten tüp ile röntgen filminin, radyografisi elde edilmek istenen organın karşısında hareketi sonucu elde edilir. Yürütme hareketi, sadece bu hareketin eksenindeki düzlemlerin görüntülerini okuyacak şekilde uygulanır. Tomografi, bir organın 1 cm ile 2 cm kalınlığında ince dilimlerinin görüntülerini verir. Bu yolla önden arkaya, yukarıdan aşağıya ya da yatay düzlemde, organın incelenebilmesi sağlanır.

Tomografi cihazında X-ışınları kullanıldığı için radyasyon alımı söz konusudur. Hatta normal, radyolojik görüntülemeye nispeten, hasta daha yoğun radyasyona maruz kalır. Tomografinin radyolojik görüntülemeye tercih edilmesindeki en önemli nedenlerden biri, daha yüksek çözünürlükte görüntü elde edilmesi ve detaylı inceleme yapılabilmesidir.

### PET (Pozitron Emisyon Tomografisi) Cihazı

Pozitron emisyon tomografisi (PET-CT) teknolojisi, bilgisayarlı tomografi (CT) ile birleştirilerek, bir çok hastalığın teşhisine olanak sağlayan ve bu alanda dünyada kullanılan en ileri teknoloji tıbbi görüntüleme yöntemidir. PET/CT çok büyük bir oranda kanserin tanı ve evrelemede kullanılmaktadır. Bunun yanında nedeni bilinmeyen ateş gibi "tanı konulamayan hastalıkların" teşhisi, enfeksiyon odaklarının bulunması, kalp hastalarında canlı dokunun tespiti ile Alzheimer ve demansın ayrımında da etkinliğinden yararlanılmaktadır. Özellikle kanserin ilk teşhisi, evrenmesi, yaygınlığının belirlenmesi ve doğru bir tedavi planı çıkarılması için tüm aşamalar PET/CT cihazı ile gerçekleştirilmektedir. PET/CT ile kanser haritası çıkarılarak hastalıkla etkin bir mücadele sağlanmaktadır.



## Ultrason Cihazı (USG)

Ultrason ya da ultrasonografi, tıpta yaygın olarak kullanılan görüntüleme yöntemlerinden biridir. Ultrasonun insan vücudunun içinde olup bitenleri anlamaya yarayan diğer görüntüleme yöntemlerden en önemli farkı X-ışınlarını kullanmaması yani radyasyon içermemesidir. Bunun yerine insan kulağının duyamayacağı frekansta ses dalgalarından yararlanmasıdır. (Resim 3.3)



Resim 3.3 Ultrason cihazı

Ultrason cihazı ses dalgalarının değişik yoğunlukta dokular içinde farklı hızlarda ilerlemesi ve yansması prensibine dayanan bir sistem ile çalışır. Bu sistem aslında doğada bazı canlılar tarafından kullanılmaktadır. Yarasaların uçarken, balinaların ise denizlerde yüzerken kullandıkları sistem de benzer bir prensibe dayanmaktadır. Öte yandan denizaltıların seyir sırasında ya da balıkçıların balık sürülerini ararken kullandıkları sonar cihazları da aynı mekanizma ile çalışırlar.

## Sonar Cihazı

Sonar cihazı , suda ses dalgaları aracılığıyla denizaltıların yerini belirlemek için geliştirilmiştir. Günümüzde sonar cihazı daha çok batık gemilerin ve balık sürülerinin yerinin saptanmasında, su derinliğinin ölçülmesinde, gemi yönetiminde ve araştırmalarda kullanılmaktadır. Sonar cihazının çalışma prensibi ultrason cihazınıninki ile aynıdır. Sonardan çıkan ses dalgaları su içerisinde ilerler. Hedefe çarpıp geri yansıyan ses dalgaları sonar cihazı tarafından algılanıp değerlendirilerek hedefin yeri belirlenir.

## Termal Kamera

Termal kamera görüntü yöntemi olarak gözümüzle göremediğimiz kızılötesi ışınım (IR) enerjisini esas alan ve görüntünün genel yapısını kızılötesi ışınım enerjisine göre oluşmuş renkler ve şekillerin belirlediği görüntüleme cihazıdır.

Sıcaklığı  $-273^{\circ}$  C'un üzerindeki tüm nesnelere gözümüzle göremediğimiz termal enerji adı verilen bir enerji yayar. Bu enerji nesnelere sıcaklığına bağlı olarak değişkenlik gösterir. Termal enerji gözümüzün göremediği kızılötesi aralıkta yayılır. Termal kamera, nesne ile doğrudan temas olmadan sıcaklığı algılar. Örneğin termal kamera bir binanın ısı kaybı olan yerlerini binadan yayılan ısı sayesinde görür (Resim 3.4). Ayrıca termal kameralarla canlıların vücut ısısından yararlanarak hareketlerini tespit edip yerlerini belirlenebilir.



Resim 3.4 Termal kamera

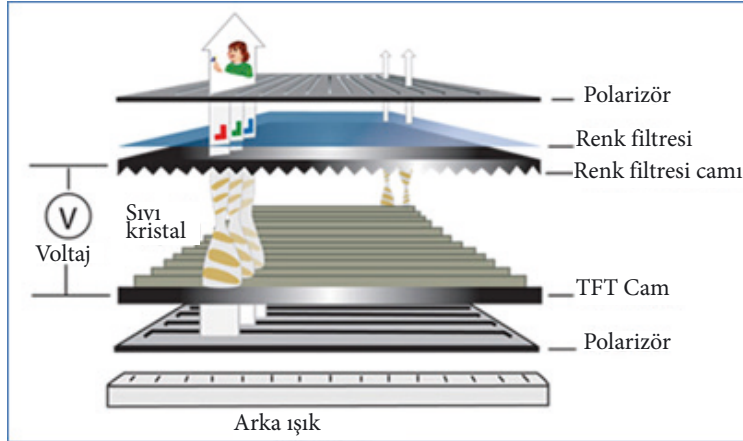
Termal kameralarda farklı sıcaklık değerleri ekranda farklı renkte görüntü oluşturur. Oluşan görüntüde soğuk bölgeler mavi, sıcak bölgeleri sarı renkte görülür.

### 3. 1. 2. LCD ve Plazma Teknolojisi

#### LCD Teknolojisi

LCD (liquid crystal display / likuid kristal dispiley) yani sıvı kristal ekran teknolojisi, elektrikle kutuplanan sıvının ışığı tek fazlı olarak geçirmesi ve bir kutuplanma filtresi ile ışığın gözle görülmesi ilkesine dayanan bir görüntüleme teknolojisidir. Madde katı ve sıvı arasındayken görülen bu durumu adlandırmak zordur. LCD teknolojisinde sıvı kristaller kullanılır. Sıvı kristaller, madde yapı olarak katı özellikleri gösterirken görünüş olarak sıvı olan maddedir.

LCD'lerin yapılabilmesi için ışığın polarize edilebilmesi (kutuplanabilme) gerekir. Polarize edilmiş ışığı sıvı kristallerin geçirebilmesi, sıvı kristalleri oluşturan molekül diziliminin elektrik akımı ile değiştirilebilmesi ve elektriği ileten yapıya sahip olması gerekir. LCD'lerin yapısı Şekil 3.2'de görüldüğü gibi farklı katmanlardan oluşur. Katmanlar bir araya geldiklerinde paneller oluşur. Bu paneller üzerindeki özelleşmiş bölgelerin iyon katmanındaki moleküller, elektrik akımı geçmeye başladığında sığaç ve transistör yardımıyla şekillendirilerek görüntü oluşturur.



Şekil 3.2 LCD'nin yapısı

LCD teknolojisi ilgili günlük yaşamda pek çok örnek vardır. Bilgisayar ve televizyon ekranları, dijital saatler, hesap makineleri, cep telefonları, otomobil ve uçakların gösterge panelleri LCD teknolojisinin ürünlerinden sadece birkaçıdır (Resim 3.5 ve Resim 3.6).



Resim 3.5 LCD televizyon



Resim 3.6 Araç sürat göstergesi

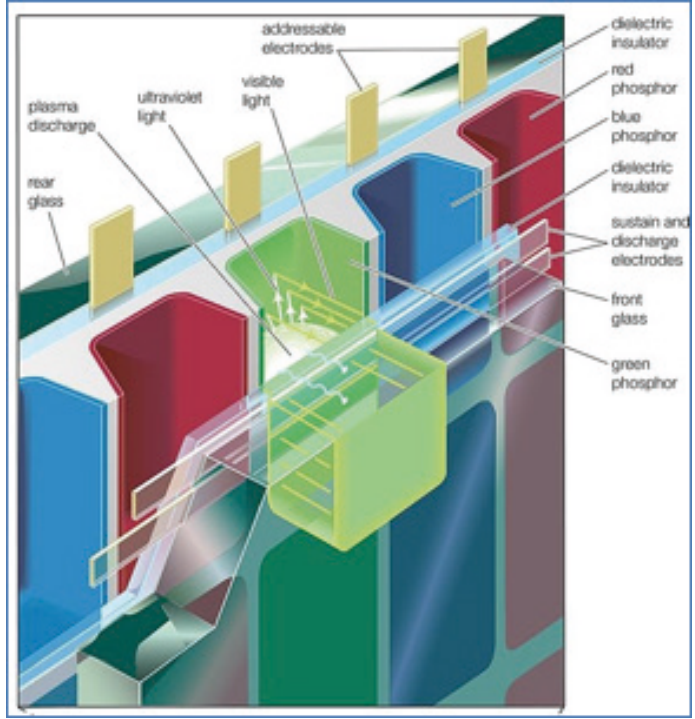
## Plazma Teknolojisi

Plazma, maddenin iyonlaşmış gaz hâlini ifade etmektedir. İyonlaşmış durumdaki gaz madde; negatif yüklü elektronlar, pozitif yüklü atom veya moleküllerden oluşur. Maddenin plazma hâli, çok yüksek sıcaklıklarda ve çok güçlü elektrik ya da manyetik alanlar yardımıyla oluşturulabilir.

Plazma teknolojisi görüntü kalitesi ve parlak görüntü oluşturması sayesinde pastel renklerin daha net görünmesi için geliştirilmiş bir görüntüleme teknolojisidir. Bu teknolojide ekran pixellerden oluşur. Her pixelde içleri neon-ksenon gaz karışımıyla dolu düşük basınçlı ka-

palı cam bölmecikler bulunur (Şekil 3.3). Düzeneğe gerilim uygulandığında bölmelerin içinde bulunan gaz karışımı iyonlaşır. Yani madde plazma hâline dönüşür. Bu sırada gözle görünmeyen ultraviyole ışın yayılır. Bu ışın kırmızı, mavi ve yeşil fosfor tabakasına çarparak görünür ışığı, dolayısıyla renkleri oluşturur.

Resmin orijinali adresi ve türkçesi yazılacak



Şekil 3.3 Plazma teknolojisi

## 2. BÖLÜM

### YARI İLETKEN TEKNOLOJİSİ



#### NELER ÖĞRENECEĞİZ ?

**Bu bölümü tamamladığınızda;**

- Yarı iletken maddelerin genel özelliklerini,
- Yarı iletken malzemelerin teknolojiadaki önemini,
- LED teknolojisinin kullanıldığı yerleri,
- Güneş pillerinin çalışma şeklini,
- Günlük hayatı kolaylaştıran, güneş pillerinin kullanıldığı sistemleri öğrenmiş olacaksınız.

#### ANAHTAR KAVRAMLAR

- Yarı iletken madde
- Diyot
- Transistör
- LED teknolojisi
- Güneş pilleri

## 3.2. YARI İLETKEN TEKNOLOJİSİ

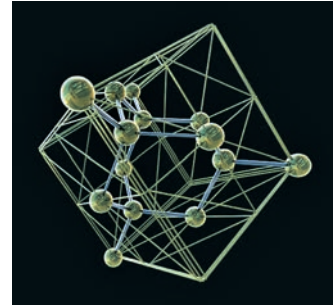
### 3.2.1. Yarı İletken Maddeler

Yeryüzündeki bütün maddelerin atomlardan meydana gelmiştir. Bir atomda çekirdek çevresinde değişik yörüngelerde dolanan negatif yüklü elektronlar bir etki ile atomdan ayrılabilir. Olay bir elektrik devresinde meydana gelirse atomdan ayrılan bu elektronların devre içerisinde elektrik akımını oluşturur. Elektronların hareketi her maddede aynı değildir. Bu nedenle elektronların hareketine göre maddeler iletken maddeler, yalıtkan maddeler ve yarı iletken maddeler olmak üzere üçe ayrılır.

Bir maddenin iletkenliğini belirleyen en önemli unsur, atomlarının son yörüngesindeki elektron sayısıdır. İletken maddeler elektrik akımını iyi iletir çünkü atomlarının dış yörüngesindeki elektronlar atoma zayıf olarak bağlıdır ve dış etkiyle kolaylıkla atomdan ayrılabilir. Yalıtkan maddeler de atomlar da son yörüngedeki elektronlar atoma sıkı sıkıya bağlıdır. Bu nedenle yalıtkan maddeler elektrik akımını iletmez. Elektriği iletme bakımından yalıtkan maddeler ile iletken maddeler arasında yer alan yarı iletken maddeler, elektrik akımının bir değere kadar akmasına izin verir. Bu değerden sonra elektrik akımına sonsuz küçük direnç gösterir.

Yarı iletken maddelerin özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Elektriksel iletkenlik bakımından iletken maddeler ile yalıtkan maddeler arasında yer alır.
- Normal hâlde yalıtkanlıdır.
- Isı, ışık ve manyetik alan gibi bir dış etki altında bırakıldığında ya da gerilim uygulandığında atomlarının son yörüngesindeki elektronlar serbest hâle geçerek iletkenlik özelliği kazanır.
- Dış etki ortadan kalkınca serbest kalan elektronlar tekrar atomlarına geri döner.
- Doğada kendiliğinden bulunabilse de bazıları laboratuvarında üretilebilir. Kristal yapıya sahiptir.
- Atomları yandaki Şekil 3.4'teki gibi kübik kafes sistemi denilen belirli bir düzende sıralanmıştır.
- İçlerine bazı özel maddeler katıldığında da iletkenlikleri artar. Örneğin saf silisyuma bor, galyum, fosfor ya da arsenik katıldığında iletkenliği artar.
- Elektrik devre elemanlarının yapımında kullanılır.

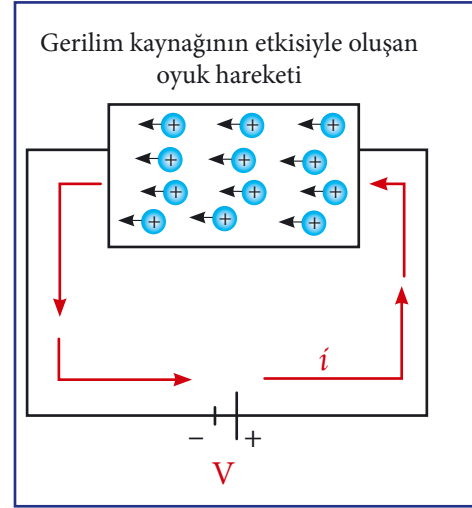


Şekil 3.4 Atomun kristal yapısı

Yarı iletkenli elektronik devre elemanlarında daha çok silisyum kullanılır. Silisyum elektronik devre elemanı üretiminde saf olarak kullanılmaz. Silisyuma arsenik ve bor ilave edilerek elektronik devre imalatında kullanılır. Katkı maddelerinin eklenmesine göre P tipi (pozitif) ve N tipi (negatif) yarı iletken maddeler elde edilir.

## P Tipi Yarı İletken

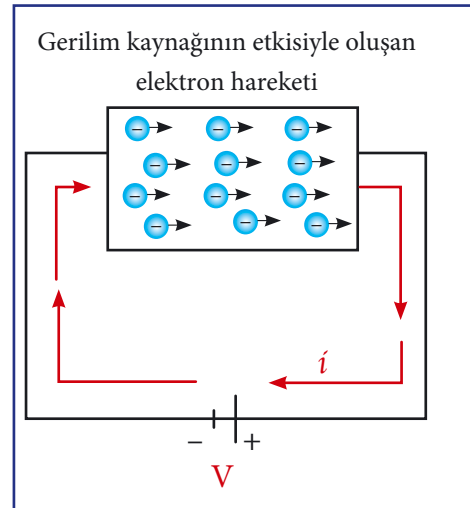
Silisyuma bor maddesinin katkılanmasıyla elde edilir. Katkılanma sonunda bor atomunda bir elektronluk boşluk kalır. Oyuuk adı verilen bu elektron boşluğu, katkılı yarı iletken maddenin pozitif elektrik yükü ile yüklenmesine neden olur. Oluşan bu yeni yarı iletkene P tipi yarı iletken adı verilir. Eğer P tipi yarı iletkene bir pil bağlanırsa elektriksel kuvvetin etkisiyle oyuklar pilin (-) ucuna doğru akar. Oyuklar yarı iletken içerisinde yük taşıyıcılığı görevi yaparak bir akım oluşmasını sağlar. (Şekil 3.5). Pilin uçları ters çevrilirse oyukların hareket yönü bir önceki yönün tersine olduğu görülür.



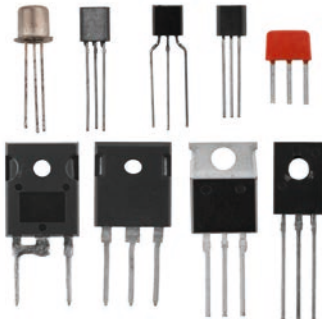
Şekil 3.5 P tipi yarı iletkende oyuk hareketi

## N Tipi Yarı İletken

Silisyuma arsenik maddesinin katkılanması ile elde edilir. Saf silisyuma arsenik ilave edildiğinde arseniğin bir elektronu açığa çıkar. Bu durumda oluşan katkılı kristal yapı içerisinde serbest elektron açığa çıkar. Böylece negatiflik özelliği kazanan bu katkılı kristale N tipi yarı iletken adı verilir. Eğer N tipi yarı iletkene bir pil bağlanırsa serbest hâldeki elektronlar elektriksel kuvvetin etkisiyle pilin (+) ucuna doğru akar (Şekil 3.6). Böylelikle yarı iletkende elektron akışı sağlanarak akım oluşması sağlanır. Pilin uçları ters çevrildiğinde ise elektronlar bir öncekine göre ters yönde akar. P tipi ve N tipi yarı iletkenler elektronik devre elemanı yapımında tek başına değil, çeşitli şekillerde bir araya getirilerek kullanılır. P tipi ve N tipi yarı iletkenler bir araya getirilerek elektronik devrelerde kullanılan diyot (Resim 3. 8) ve transistör (Resim 3. 9) adı verilen devre elemanları oluşturulur.



Şekil 3.6 N tipi yarı iletkende elektron hareketi



Resim 3.8 Diyot



Resim 3.9 Transistör

### 3.2.2. Yarı İletkenlerin Teknolojideki Önemi

Elektronik bir devrede, devrenin enerji ihtiyacını karşılayan devre elemanlarından ilki diyot lambadır. Bu lambalar oldukça büyük gerilimle çalışır. Daha sonraları yarı iletkenler üzerinde yapılan çalışmalarla transistörler icat edilmiştir.

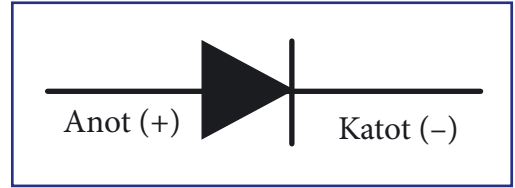
Amerikalı üç bilim insanı tarafından geliştirilen transistör düşük enerjiyle çalışabiliyor ve diyot lambaların yaptığı hemen her işi yapabiliyordu. Ayrıca bu transistör daha az akım tüketiyordu; daha ucuz, daha hafif ve daha küçüktü. Yarı iletken transistörün icadı elektronik endüstrisinde çok hızlı gelişmeleri de beraberinde getirmiştir. Elektronik devre elemanlarının minyatürleşmesiyle birlikte artık daha önceki devrelerde kullanılan tek bir devre elemanının boyutlarından binlerce kat daha küçük bir alana bütün bir devre sistemi sığdırılabilmektedir. Daha sonraki yıllarda keşfedilen tümleşik devre (entegre devre) ise insanlık tarihinin en önemli teknolojik keşiflerinden birisidir.

Entegre devre; iç bağlantılarla direnç, sığaç, diyot ve transistörün yonga, çip ya da mikroçip adı verilen tek bir silikon parçası üzerinde bir araya getirilmiş hâlidir. Öyle ki bir entegre devrede  $1 \text{ cm}^2$  alanda birkaç milyon devre elemanı bulunabilmektedir (Resim 3.7). Entegre devrenin icadından günümüze kadar geçen süre içerisinde çip teknolojisinde büyük gelişmeler olmuştur. Entegre devrelerin icadı dünyada ikinci endüstri devrimini başlatmıştır.

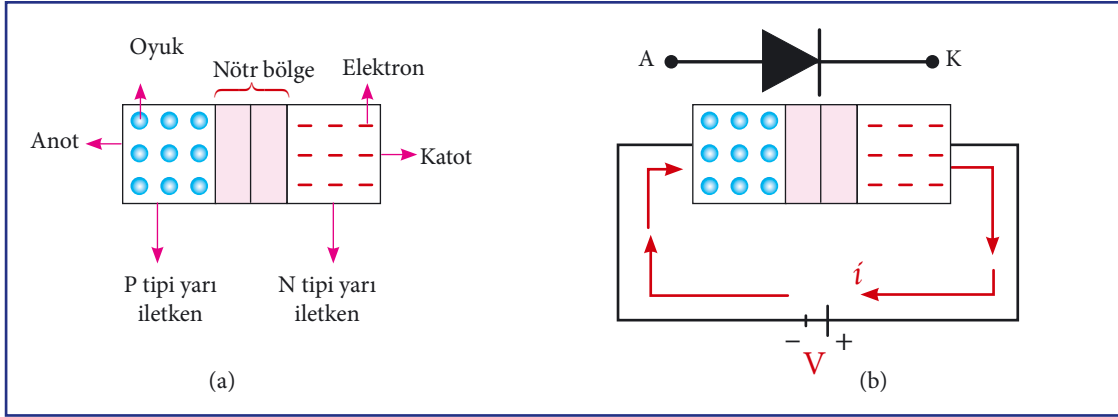
Günlük yaşamda kullanılan saat, kamera, otomobil, uçak, robot, uzay aracı ve bilgisayar gibi cihazların ana kalbini entegre devreler oluşturur. Yarı iletken teknolojisi ile geliştirilen transistör ise entegre devrenin en önemli parçasıdır.

#### Diyot

Radyo ve müzik çalar gibi elektronik cihazlar genellikle doğru akım kaynağı olan pillerle çalışır. Pillerin üretiminde ve kullanımında karşılaşılan zorluklardan dolayı alternatif akımı doğru akıma çeviren ve doğrultucu adı verilen aygıtlar kullanılır. Doğrultucuların en önemli elemanı diyottur. Diyotun bir elektronik devre şemasında devre sembolü Şekil 3. 7'deki gibidir. Semboldeki okun yönü, akımın yönünü gösterir. Diyot imal edilirken, P tipi yarı iletkenle N tipi yarı iletken kimyasal yollarla birleştirilir. Şekil 3. 8(a)'de görüldüğü gibi yarı iletkenlerin birleştiği orta kısımda pozitif yüklü iyonlar ile negatif yüklü elektronlar birbirini nötrler. Böylece orta kısımda nötr bir bölge oluşur.

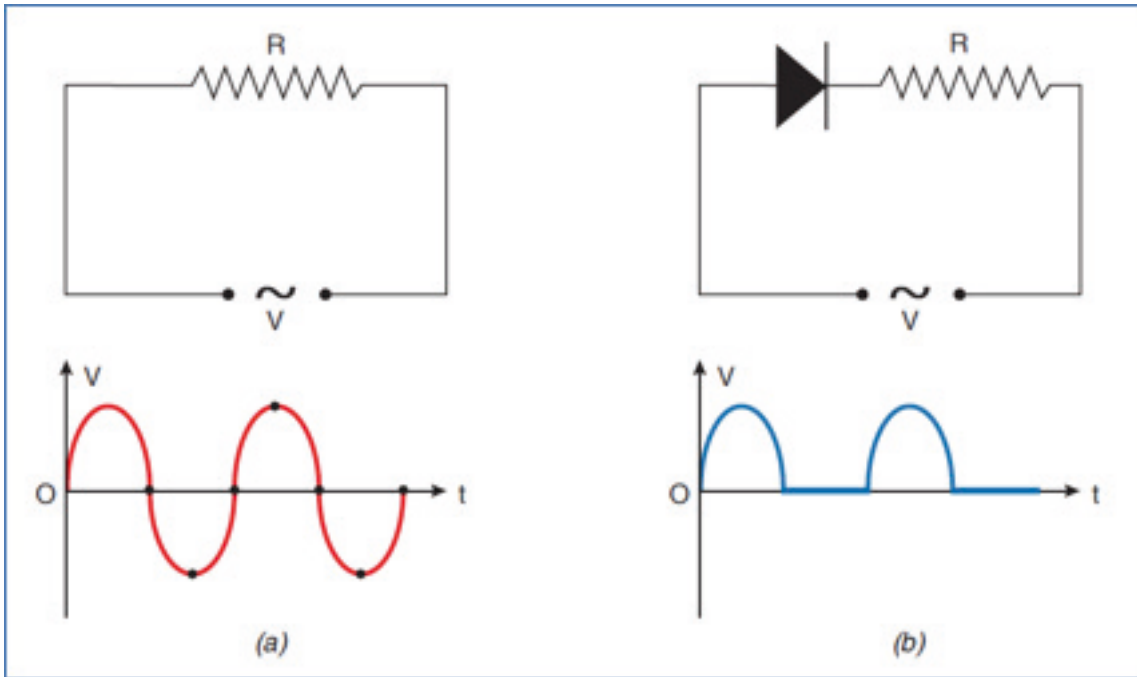


Şekil 3.7 Diyotun devre gösterimi



Şekil 3.8 a. P-N tipi yarı iletken b. P-N tipi yarı iletken devrede akım

Şekil 3. 8. (b)'deki gibi diyot, üretcin (+) ucu P tipine, (-) ucu N tipine bağlanıp gerilim uygulanırsa diyot doğru polarize olur ve bir akım akmaya başlar. Eğer diyot ters çevrilerek aynı üretee bağlanırsa diyottan akım geçmez. Buna ters polarizasyon denir ancak ters polarize durumunda gerilim belirli bir değerin üzerine çıkarılırsa devreden akım geçtiği gözlenir. İşte bu özellik, alternatif akımın doğru akıma çevrilmesinde kullanılır. Şekil 3. 9 (a)'daki R direncine alternatif gerilim uygulandığında gerilim grafiği iki yönlü olur. Devreye Şekil 3. 9 (b)'daki gibi bir diyot eklenirse (-) yöndeki gerilim kesilir. Böylece tek yönlü oluşan gerilim grafiğinde gerilimin değeri sabit olmasa bile doğru akım kaynağı olarak kullanılabilir.

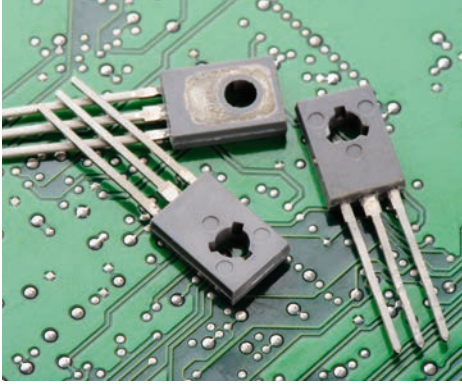


Şekil 3.9 a. alternatif akımda dirençli devrede gerilimin zamana göre değişimi  
b. Diyotlu ve dirençli devrede a geriliminin zamana göre değişimi

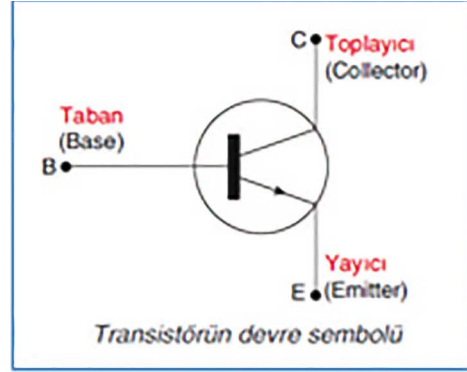


## Transistör

Transistör, NPN ya da PNP şeklinde dizilmiş üç yarı iletkenin birleştirilmesiyle oluşturulur. Transistör yapı olarak diyotun yapısına benzer ancak çalışması diyottan farklıdır. Transistör direncin değişmesine dayalı olarak çalışır (Resim 3. 10). Transistörün toplayıcı, taban ve yayıcı bağlantıları vardır. Toplayıcı uca collector (C) (kolektör); taban ucuna base (B) (beyz); yayıcı uca emitter (E) (emitör) adı verilir (Şekil 3. 10). NPN ve PNP transistörlerinin çalışma ilkesi ve yapısı birbirine çok benzerdir. Elektronik devrelerde yaygın olarak NPN tipi transistör kullanılır.



Resim 3.10 Transistör



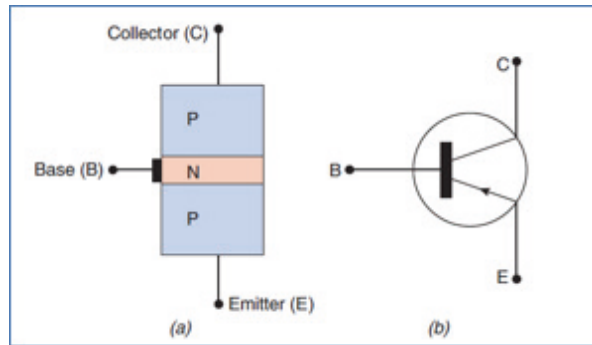
Şekil 3.10 Transistörün devre şemasında gösterimi

### NPN Tipi Transistörü

NPN tipi transistör iki adet N tipi yarı iletkenin arasına ince bir katman hâlinde P tipi yarı iletken base (B) tabakası yerleştirilerek oluşturulmuştur. Bu tip transistörde P tipi yarı iletken, N tipi iki yarı iletkenler arasındaki elektron-oyuk geçişini kontrol etmektedir. Şekil 3.11 (a, b)'de NPN tipi transistörün yarı iletken yapısı ve devre sembolü görülmektedir.

### PNP Tipi Transistör

PNP tipi transistör, iki adet P tipi yarı iletkenin arasına ince bir katman hâlinde N tipi yarı iletken base (B) tabakası yerleştirilerek oluşturulur. N tipi yarı iletken, iki P tipi yarı iletken arasındaki elektron ve oyuk geçişini kontrol eder. Şekil 3.11'de bir PNP tipi transistör ve devre sembolü görülmektedir.



Şekil3.11 PNP tipi transistör

Transistörler elektronik devrelerde çoğunlukla sinyal yükseltici olarak kullanılır. Yarı iletkenler çağdaş yaşamımızın bir parçası olan elektronik ürünlerin en önemli malzemesidir. Telsiz, kasetçalar, televizyon, ısıtma aygıtı, bilgisayar sistemleri, savunma sistemleri, cep telefonu, uydu sistemleri, enerji üretimi, sağlık gibi pek çok alanda kullanılmaktadır.

*Peki, yarı iletken malzemelerin ham maddesi nedir?*

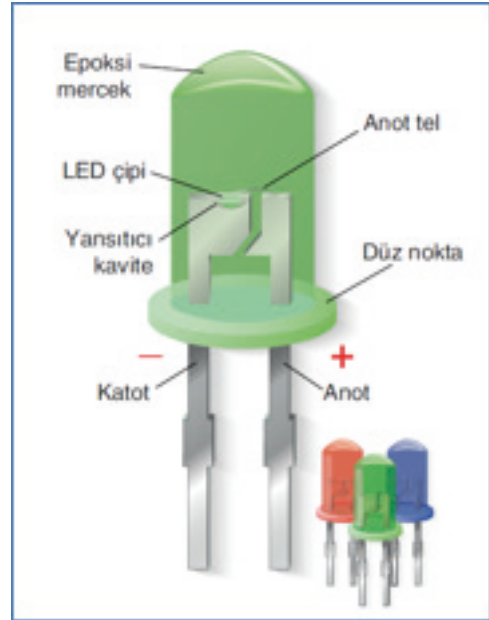
Teknolojide üretim süreci en karmaşık olan ürün, bilgisayarlarda kullanılan işlemcilerdir. İşlemcilerin yapımında kullanılan silisyum yer kabuğunda en yaygın bulunan elementtir. Kum yüksek miktarda silikon ( $\text{SiO}_2$ , silisyumdioksit) içermektedir. Silikon ise yarı iletken üretiminin ana bileşenidir. Bu nedenle kum entegre devre (çip) üreticilerin kullandığı ana maddedir.

### 3.2.3. LED Teknolojisi

Aydınlatmada enerji verimliliğini artırmak, uzun süre sorunsuz kullanılmak ve daha az enerji tüketmek amacıyla LED'li yani diyot temelli ışık yayan elektronik devre elemanlarının (Şekil 3. 12) kullandığı teknolojiye LED teknolojisi adı verilmektedir.

LED teknolojisinin sağladığı avantajlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1. Yönlü ışık yaymaları sayesinde enerji kaybı en azdır.
2. Kırılmaya karşı dayanıklı camla kaplı olduklarından LED'lerin flamanı titreşimlerden etkilenmez.
3. Küçük boyutlu, yönlü ışık yayan LED'ler aydınlatma sistemlerinin yapımında kolaylık sağlamaktadır.
4. LED'ler kullandığımız lambalara göre daha düşük sıcaklıklarda çalışır.
5. LED'ler çok kısa sürede tam parlaklık sağlar.
6. LED devrelerinde çıkış akımını kontrol edilerek ışık seviyesi istenildiği kadar ayarlanabilir.
7. LED'lerin yaydığı ışık görülebilir dalga boyundadır. Neredeyse hiç kızılötesi ve ultraviyole ışık yaymaz.
8. LED'ler çok kısa sürede ışık yaydığından açma/kapama süresi çok kısadır.



Şekil 3.12 LED'in iç yapısı

9. LED'lerin verimi renge göre değişmektedir.
10. LED'lerin ortalama kullanım süresi ampullerden daha uzundur.
11. LED'ler sık bakıma ihtiyaç duymaz. İşçilik ve bakım maliyetinin azlığıyla LED'ler önemli miktarda tasarruf sağlar.



Resim 3.11 LED'in iç yapısı

12. LED'lerin dış mekân aydınlatmada verimliliği diğer ampullere göre daha yüksektir (Resim 3.11).
13. LED'ler, düşük voltaj ve yüksek verimlilikte çalıştıkları için güneş enerjisi ve rüzgâr enerjisiyle aydınlatma sistemlerinde ışık kaynağı olarak kullanılır.

Görüntü uygulamaları, sensör ve gün ışığı sensörleri gibi uygulamalarda LED'leri kullanmak avantajlıdır. Trafik lambalarında, el fenerinde, reklam panolarında, araçlarda ve endüstriyel ekipmanlarda, asansörlerde, yürüyen merdivenlerde aydınlatma sistemlerinde LED'ler kullanılır.

### 3.2.4. Güneş Pili'nin Çalışma Prensibi

Güneş, çok büyük ve çok sıcak bir gaz topu olan bize en yakın yıldızdır. Güneş yüzeyinde meydana gelen füzyon tepkimeleri çok büyük miktarda enerji açığa çıkarır. Açığa çıkan bu enerji Güneş'in yüzeyinden uzayın her tarafına yayılır.

Güneş'ten gelen ısı, ışık ve diğer ışıklardan enerji elde edilmesine dayalı teknolojiye güneş enerjisi adı verilir. Bu teknolojinin önemli bir parçası olan güneş pilleri, Güneş'ten gelen ışık enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren cihazlardır.

***Peki, güneş pilleri ışık enerjisini elektrik enerjisine nasıl dönüştürür?***

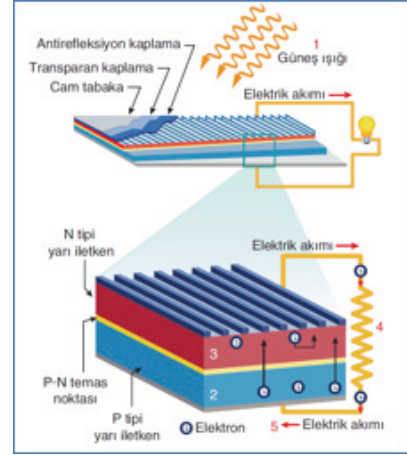
Güneş pili ya da fotovoltaik pil olarak adlandırılan bu cihazlar, yarı iletken diyot olarak çalışır. Güneş ışığının taşıdığı enerjiyi fotoelektrik olayı ile doğrudan elektrik enerjisine dönüştürür. Güneş pillerinin yüzeyleri kare, dikdörtgen ve daire şeklinde biçimlendirilmiştir. Üst tabakada dış darbelerden korumak ve enerji kaybının olmaması için yansımayı önleyici kaplama ve korumalar bulunur. Bu katmanların altında ise P tipi ve N tipi yarı iletken madde yer alır. Güç çıkışını artırmak amacıyla çok sayıda güneş pili birbirine seri ya da paralel bağlanarak fotovoltaik modül (güneş paneli) elde edilir (Resim 3.12).



Resim 3.12 Fotovoltaik panel

Güneş panelinin çalışması (Şekil 3.13) aşağıdaki gibidir:

1. Güneş ışığı güneş pili üzerine düşer. Güneş pilindeki fotovoltaik hücresel yapılar ışığı soğurur. Güneş pilinde, içerisinde elektronların yer aldığı N tipi yarı iletken ile çoğunlukla yük taşıyıcı oyuklardan oluşan P tipi yarı iletken madde bulunur.
2. Güneş ışığını oluşturan fotonlar P tipi yarı iletken maddede bulunan elektronları koparır. Bu sırada fotonlar soğurulur.
3. Enerji kazanan elektronlar N tipi yarı iletken maddeye doğru akar.
4. P ve N tipi yarı iletkenler arasında sabit ve tek yönlü elektron akışı oluşur. Bu elektron akışı sistemde doğru akımı oluşturur. Akım, kurulan devre boyunca akarak devreye bağlı ampulün ışık vermesini sağlar.
5. Doğru akımı oluşturan elektron hareketi, P tipi yarı iletkende son bulur.



Şekil 3.13 Güneş pilinin yapısı

### ***Peki, Güneş pillerinin günümüz ve gelecek için önemi nedir?***

Günümüzde güneş pilleriyle her türden küçük cihazı çalıştırmak mümkündür. Hesap makineleri gibi hafif ve çok fazla enerji gerektirmeyen cihazlarda güneş pilleri (fotovoltaik piller) kullanılır. Güneş enerjisiyle çalışan deniz feneri, güneş enerjili otobüs durakları ve trafik lambaları (Resim 3.13) güneş pillerinin ürettiği elektrik enerjisiyle çalışmaktadır.

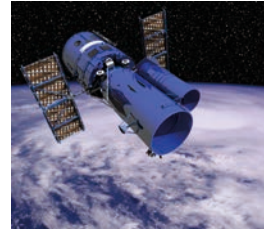


Resim 3.13 Güneş enerjisi ile çalışan trafik lambası

Günümüzde güneş pilleri arabalarda, teknelerde ve uzay araçlarında da kullanılmaktadır (Resim 3.14). Hubble Uzay Teleskobu'nun her bir kanadında 2,8 kW elektrik enerjisi üreten güneş pili levhaları bulunmaktadır (Resim 3.15). Bilim insanları güneş pillerinden oluşmuş çok büyük sistemleri uydulara yerleştirerek güneş ışınlarından büyük bir oranda yararlanmayı planlamaktadırlar.



Resim 3.14 Güneş enerjisi ile çalışan araba



Resim 3.15 Hubble uzay teleskobu



## 2. UYGULAMA

1. Yarı iletken malzemelerin teknolojideki önemi nedir?
2. Neden LED teknolojisi ile üretilmiş aydınlatma araçları kullanmalıyız?
3. Güneş pilleri nasıl çalışır?
4. Güneş pilleri hangi alanlarda kullanılır?

**Yukarıdaki soruların cevaplarını aşağıda verilen noktalı yerlere yazınız.**

1. ....  
.....  
.....
2. ....  
.....  
.....
3. ....  
.....  
.....
4. ....  
.....  
.....

# 3. BÖLÜM

## SÜPER İLETKENLER



### NELER ÖĞRENECEĞİZ ?

**Bu bölümü tamamladığınızda;**

- Süper iletken maddenin temel özelliğini,
- Süper iletkenlerin teknolojideki kullanım alanlarını öğrenmiş olacaksınız.

### ANAHTAR KAVRAMLAR

- Süper iletkenler
- Kritik sıcaklık

### 3.3.1. Süper İletken Maddenin Temel Özellikleri

Günlük yaşamda pek çok alanda kullanılan süper iletkenlik, bir metalin elektriksel direncinin sıfıra düşmesi olarak tanımlanır. Bilim insanları süper iletken tel halkalarda akımlar oluşturmuş ve oluşan manyetik alanlar gözlemlenmiştir. Gözlemleri sonucunda süper iletken telden geçen akım değerlerinde hiçbir azalma bulunmamıştır. Süper iletkenlerin gerçekten hiç dirençleri olmadığı fark edilmiştir. Bir maddenin süper iletken özelliğe sahip olabilmesi kritik sıcaklık ve kritik manyetik alana bağlıdır.

#### Kritik Sıcaklık

Süper iletkenlikte madde, belirli bir direnç gösterir durumda iken aniden hiçbir direnç göstermez duruma geçer. Yani madde kritik sıcaklık ( $T_C$ ) dediğimiz bir sıcaklıkta normal durumdan farklı bir fiziksel duruma geçmektedir. Bilim insanları cıva telinde 4,2 K sıcaklığına kadar inmeyi başarmışlardır. Cıva teli yüksek sıcaklıklardan yavaş yavaş düşerken aniden kritik sıcaklık ( $T_C$ ) olarak adlandırılan bir sıcaklıkta aniden direnci yaklaşık sıfıra düşer.

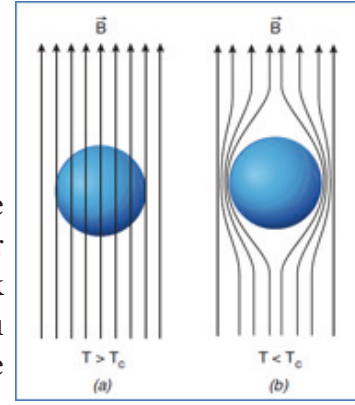
Kritik sıcaklığın altında cıva teli, artık süper iletkenidir. Bu durumda akım, dirençle karşılaşmadan cıva telinden geçer.

#### Kritik Manyetik Alan

Süper iletkenlerin sıfır direnç göstermesinin yanı sıra manyetik alan içerisine konulduklarında manyetik alanı dışlamaları gerekir. Bu olay, Meissner olayı (Meissner) olarak bilinir ve süper iletkenliğin önemli bir şartıdır.

Normal durumdaki bir madde manyetik alan içerisine konulduğunda alan çizgileri Şekil 3.14.(a)'daki gibi madde içerisinden geçer. Madde soğutulmaya başlandığında iki önemli olayla karşılaşılır:

1. Manyetik alan şiddeti yeteri kadar büyük değilse madde kritik sıcaklıktan ( $T_C$ ) düşük sıcaklıkta süper iletken duruma geçmektedir. Bu durumda manyetik alan Şekil 3.14.(b)'teki gibi maddeden dışarı atılmaktadır. Yani madde süper iletken hâle geldiğinde diamanyetik özellik göstermektedir.



Şekil 3.14 Kritik sıcaklığa göre manyetik alan çizgileri

2. Manyetik alan yeteri kadar büyükse madde süper iletken duruma geçememektedir. Yani manyetik alan süper iletkenlik durumunu bozabilmektedir. 0 K sıcaklıkta süper iletken durumdan normal duruma geçiren manyetik alan şiddetinin en küçük değerine kritik manyetik alan ( $H_C$ ) adı verilir. Böylelikle süper iletken maddeler manyetik alanda incelendiğinde iki farklı tipte süper iletken madde tanımlanabilir:

## I. Tip Süper İletken Madde

Bu tip süper iletkenler  $H_c$  kritik manyetik alana kadar süper iletkendir. Bu noktadan sonra ise normal duruma dönen maddelerdir.

## II. Tip Süper İletken Madde

Bu tip süper iletkenler hem manyetik alan bulunduran hem de süper iletken olan maddelerdir. Günümüzde, süper iletkenlik oda sıcaklığında gerçekleştirilememiştir. Bilim insanları yeni süper iletken maddeler bulmak için çalışmalarını sürdürmektedirler.

### 3.3.2. Süper İletkenlerin Teknolojideki Kullanım Alanları

Günümüzde binlerce süper iletken madde bilinmektedir. Bunlardan bazılarının kritik sıcaklıkları aşağıdaki Tablo 3.1'de verilmiştir. Tabloda görüldüğü gibi süper iletkenlerin kritik sıcaklık değerleri oldukça düşüktür. Süper iletkenlerin teknolojide kullanım alanının artması için kritik sıcaklığın yüksek olması hatta oda sıcaklığında olması gerekir.

Madde	T <sub>c</sub> (K)	Madde	T <sub>c</sub> (K)
Zn	0,88	Nb <sub>3</sub> Sn	18,05
Al	1.19	Nb <sub>3</sub> Ge	23,2
Sn	3,72	YBa <sub>2</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>7</sub>	92
Hg	4,2	Bi-Sr-Ca-Cu-O	105
Pb	7,18	Tl-Ba-Ca-Cu-O	125
Nb	9,46		

**Tablo 3.1** Bazı maddelerin kritik sıcaklıkları

- Bilinen elektromıknatısların on katı kadar etkili olan süper iletken mıknatıslar tıpta manyetik rezonans görüntüleme (MRG) cihazlarında kullanılmaktadır.
- Süper iletken teknolojisi ile oldukça yüksek kapasitede enerji iletim kabloları üretilmiştir.
- Demir yolu taşımacılığında süper iletkenlerden yararlanılmaktadır. Süper iletkenlerde elde edilen güçlü manyetik alan etkisiyle hareket eden MAGLEV trenleri geliştirilmiştir (Resim 3.16).
- Parçacık fiziği deneylerinde, parçacık çarpıştırıcılarında ışık hızına yakın hızla hareket eden atom altı parçacıklarını merkeze bağlı tutabilmek için kullanılan mıknatıslar süper iletkenlerle yapılmaktadır.
- Bilimsel araştırmalarda deneye imkân sağlayan nanorobotlar ( $10^{-9}$ m boyutunda) süper iletken malzemeler kullanılarak yapılmaktadır.
- Bütün elektronik devrelerde, süper iletken madde kullanılması maliyeti azaltmaktadır.

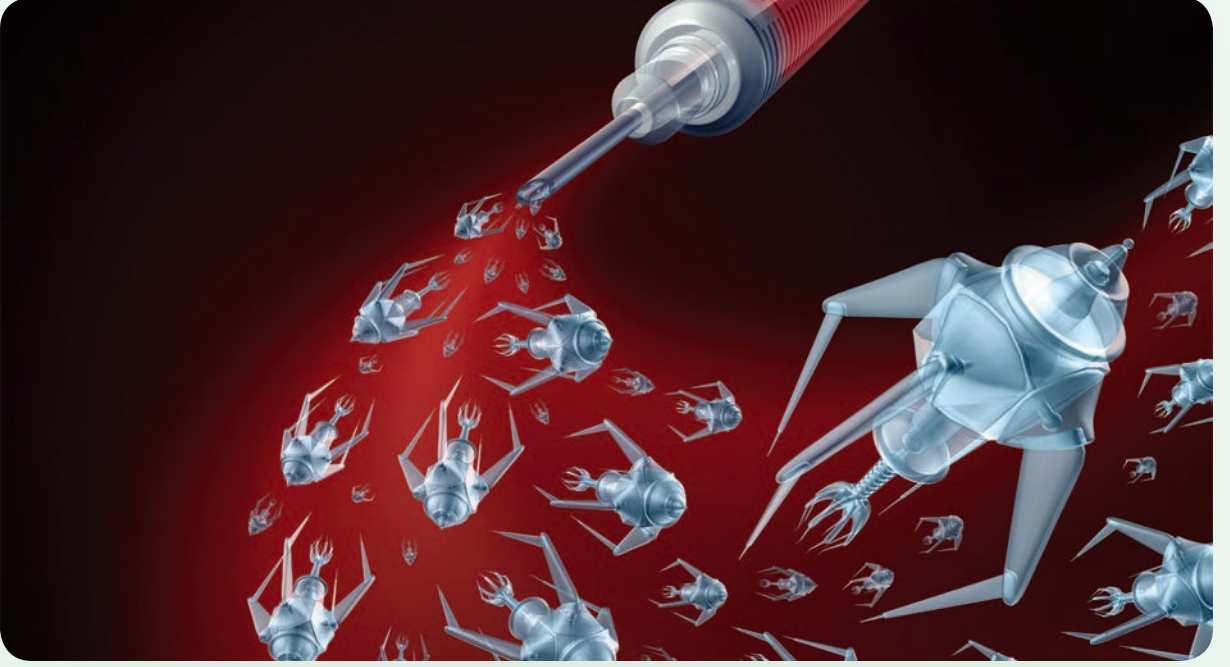


**Resim 3.16** MAGLEV tren



# 4. BÖLÜM

## NANOTEKNOLOJİ



### NELER ÖĞRENECEĞİZ ?

**Bu bölümü tamamladığınızda;**

- Nanobilimin temellerini
- Nanomalzemelerin temel özelliklerini öğrenmiş olacaksınız.

### ANAHTAR KAVRAMLAR

- Nanobilim
- Nanomalzemeler
- Nanoteknolojiler

## 3.4. NANO TEKNOLOJİ

### 3.4.1. Nanobilim ve Nanoteknoloji

Nanoteknoloji, kuantum fiziğinin gündelik yaşamımızda işlevsellik kazandığı bir alandır. Bu alanda uzunluk atomik boyutlarda ( $10^{-9}$  m) ifade edilir. 1-100 nanometrelik bir aralıkta nanoölçek adı verilen seviyeye yaklaştıkça maddelerin farklı özellikleri ortaya çıkmaktadır. Nanoölçekte, maddelerin momentumları ve enerjileri sürekli olarak değil, kesikli olarak tarif edilmektedir. Benzer olarak optik, elektronik, manyetik ve kimyasal davranışlar klasik fizikle değil, kuantum fiziğiyle tanımlanmaktadır. Maddeyi nanometre (nm) seviyesinde işleyip, ortaya çıkan özelliklerini kullanarak nanoölçekte cihazlar ve malzemeler yapmak mümkündür. Nanoteknolojiyle birlikte ortaya çıkan bu ürünler fizik, kimya, malzeme bilimi, elektronik, uzay ve sağlık bilimlerini ortak bir noktada buluşturmaktadır.

**Nanobilim**, maddenin nanometre ( $10^{-9}$  m) ölçülerinde meydana gelen kuantumsal özelliklerini ve davranışlarını inceleyen bir bilim dalıdır. Nanoteknoloji ise nanometre ölçekteki kuantumsal davranışları uygulanabilir hâle getiren teknolojinin adıdır. Nanobilim ve uygulama alanı olan nanoteknoloji farklı disiplinleri bir arada bulundurur. Yeni bir bilim dalı olmasına rağmen içinde barındırdığı farklı bilim alanlarının köklü geçmişleri nanobilimi de belirli temellere dayandırmıştır.

Nanobilimin temelleri şunlardır:

- Nanobilim, fizik, kimya, biyoloji, mühendislik, gibi farklı bilimleri bir arada bulundurur. Bu durum, farklı alanlarda uzmanlaşmış bilim insanlarının ortak çalışmalarında bulunması gerektiğini ifade eder.
- Maddelerin nanoölçekteki yapılarını ve bu yapıların kuantumsal davranışlarını inceler.
- Nanobilim eski bilgi birikimlerimize ve eski teknolojilere yeni bakış açısı getirir.
- Farklı bilim dallarındaki teorilerin ve kuralların nanoölçekte kullanılması nanobilimin ve nanoteknolojinin temelini oluşturur

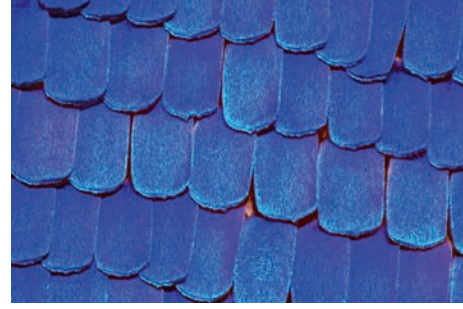
### Doğal ve Fonksiyonel Nano Yapılar

Etrafımızdaki bazı biyolojik sistemler doğal ve fonksiyonel birer nano yapıdır. Lotus (Latin) çiçeğinin yaprağındaki parafin kristallerinde; örümcek ipeği, Gecko kertenkelesinin ayaklarının altındaki “spatula” yapısında; deri, pençe, gaga, tüy, boynuz, saç, pamuk, kâğıt, sedef, mercan ve bazı kelebeklerin kanat yapısında doğal nano yapılar bulunmaktadır.

Bilim insanlarını bu canlılar üzerinde incelemeler yapmaya yöneltmiştir. Bilim insanları bu canlıları incelediklerinde yapılarında mikrokristallerle karşılaşmışlardır. Örneğin Morphorhetenor (Marforetenor) kelebeklerin kanatlarındaki çok katmanlı tabakalar ve boşluklar, çok hassas bir düzenle dizilerek fotonik kristal bir yapı oluşturmuştur. Bu kelebeklerin kanatları doğal fotonik olduğu için fotovoltaiik güneş pillerinin gelişimine ilham vermektedir (Resim 3. 17, Resim 3. 18).



**Resim 3.17** Morphorbetenor cinsi kelebek



**Resim 3.18** Kelebek kanadındaki yapı

### 3.4.2. Nanomalzemeler ve Özellikleri

Nanoboyuttaki bir malzeme bir manyetik alan içerisine konulduğunda ağırlığı, manyetik kuvvetlerin yanında ihmal edilebilecek kadar küçüktür. Bazı nanomalzemeler daha iyi ısı ve elektrik iletkeni olurken bazıları farklı manyetik, elektrik ve optik özellikler göstermektedir. Bazı nanomalzemeler ise ışığı iyi yansıtmaktadır. Normal boyutlarda ışığı geçirmeyen maddeler saydam olmaktadır. Normal boyutta yanıcı olmayan maddeler ise nanoboyutta yanıcı olmaktadır.

Nanoboyutlara inildikçe maddenin özelliklerinde meydana gelen değişimlerin çoğu maddenin kuantumsal davranışlarından meydana gelmektedir. Nanoboyutların altına inildikçe maddenin elektrik, manyetik ve optik özelliklerini değiştirmektedir. Nanoboyutlarda bu özelliklerin yerini kuantum özellikleri almaktadır. Nanomalzemeleri nanoparçacıklar, ince film ve yüzeyler, fullerenler, nanoteller, kuantum noktaları ve biyonomaddeleler şeklinde gruplandırarak incelenebilir.

#### Nanoparçacıklar



**Resim 3.19** Vitray

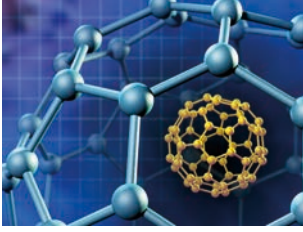
Boyutları 1-100 nm arasında bulunan tozlar ya da parçacıklardır. Doğada yaygın hâlde bulunur. Volkanik faaliyetler ya da bitkiler tarafından üretilmiş olabilir. Boyutlarının büyüklüğü, yansıtılan ışığın dalga boyunu dolayısıyla rengini belirler. Türk cam sanatının önemli uygulamalarından olan vitray camdaki (Resim

3.19) çeşitli renkler camın karışımında bulunan nanoboyuttaki çinko sülfat, kadmiyum sülfat, bakır oksit, kobalt, krom, altın ve demir gibi parçacıklardan oluşmuştur. Güneşin ultraviyole ışınlarını çekip geri yansıtılmalarından dolayı güneş kremlerinde kullanılır.

#### İnce Filmler ve Yüzeyler

Kalınlıkları nanoboyutlara hatta atomik boyutlara kadar inmektedir. Elektriksel, manyetik, kimyasal ve optik özellikler göstermektedirler. Elektriksel özellikleri nedeniyle; yarı iletken ve süper iletken cihazlarda, yalıtım ve iletim kaplamalarında, devre elemanı yapımında kullanılmaktadır. Manyetik özellikleri nedeniyle; oksidasyon veya korozyona karşı korumada ve sensörlerde kullanılmaktadır. Optik özellikleri nedeniyle; yansıtıcı ve yansıtıcı olmayan kaplamalarda, girişim filtrelerinde, optiksel disklerde kullanılmaktadır.

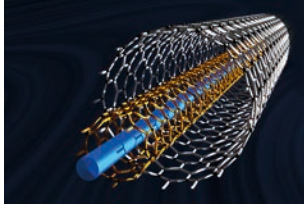
## Fullerenler



Resim 3.20 Fulleren

Fulleren (Resim 3.20), altmış adet karbon atomundan oluşan ve futbol topuna benzeyen bir parçacıktır. Laboratuvarda karbonun buharlaşması ile elde edilir. Doğada çok az miktarda bulunmaktadır. Oda sıcaklığında birçok çözücüde çözünebilir.

## Karbon Nanotüpler



Resim 3.21 Karbon nanotüp

Laboratuvar ortamında üretilen ve fullerenler grubuna dâhil olan bir nanomalzemedir. Grafitin bal peteğini andıran atom düzleminin bir silindir üzerine kesiksiz olarak sarılmışı şeklindedir (Resim 3.21). Çapı 1-2 nm kadardır, boyları en fazla birkaç santimetre düzeyindedir. Çelik bir telden daha dayanıklı, hafif ve esnek. Yapısına göre iletken ve yarı iletken olarak görev yapabilir. Isı iletkenliği çok yüksektir ve basınca

dayanıklısıdır.

Karbon nanotüpler; Nanoaygıt ve transistörlerden oluşan entegre devre yapımında, bilgisayar belleğinde, kurşun geçirmeyen kumaşlar, leke ve bakteri oluşturmeyen kumaşlarda, ortamda bulunan zehirli gazları algılayan gaz dedektöründe kullanılmaktadır.

## Nanoteller

1 nm civarında çapa sahiptirler. İletken, yarı iletken ve yalıtkan olabilirler. Üstün optik, elektrik ve manyetik özellik gösterebilirler. Üretimleri oldukça ileri teknikler içermektedir.

## Kuantum Noktaları (Dot)



Resim 3.22 Kuantum noktalarının renk değişimi

Boyutları 10 nm'den azdır. Birkaç yüz atomla birkaç bin atom büyüklüğünde yarı iletken kristal parçacıklardır. Yapay atom olarak adlandırılırlar. Işığı farklı dalga boylarında soğurur veya yansıtırlar. Boyutlarındaki değişimle renkleri de değişmektedir (Resim 3.22). Boyutu arttıkça rengi maviden kırmızıya doğru değişmektedir. Dotlar görülebilir bütün frekanslarda ışık yaydıkları için rahatlıkla

kontrol edilebilirler.

Kuantum noktalar; tıbbi görüntüleme işlemlerinde, LED üretiminde, güneş panellerinde, elektrik ve bilgisayar uygulamalarında, enerji üretiminde ve biyolojik uygulamalarda yaygın olarak kullanılır.

### Biyolojide Nanomaddeler



**Resim 3.23** Lotus (nilüfer) çiçeği)

Biyolojide nanomaddeler insan tarafından yapılmadığı için nanoteknoloji kapsamına girmemektedir. Nanoteknolojinin buradaki işlevi, doğadaki bu yapıları inceleyerek bunları yapabilmek ve taklit edebilme yeteneğine ulaşmaktır. Örneğin nilüfer çiçeğinin (lotus) bazı özellikleri, nanomalzeme yüzey özelliklerini geliştirmede kullanılmıştır (Resim 3.23).

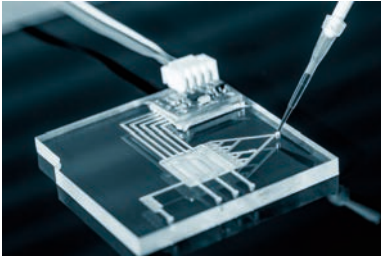
### 3.4.3. Nanomalzemelerin Teknolojide Kullanım Alanları

Günlük yaşamda birçok alanda kullanılan nanomalzemeler toplumlara sosyal ve ekonomik katkılar sağlamaktadır. Nanomalzemelerin teknolojide kullanım alanlarını aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

#### Malzeme ve İmalat Sektörü

Hafif ve kuvvetli malzemelerin yapımında nanomalzemeler kullanılmaktadır. Örneğin tenis raketlerinde hafifliği ve sağlamlığı sağlamak için karbon nanotüpler kullanılır.

#### Nanoelektronik ve Bilgisayar Teknolojileri



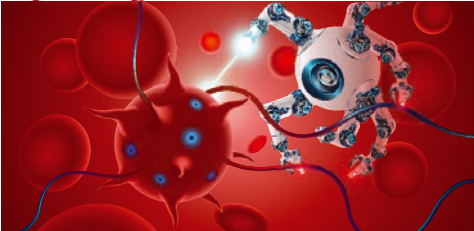
**Resim 3.24** Nanoelektronik uygulaması

Elektronik araçların nanomalzemelerle imal edilmesi (Resim 3.24) elektrik ve elektronik sektöründe kullanılan sistemlerin kapasitelerini oldukça artırmaktadır. Nanomalzemelerin kullanım yerlerinden biri olarak gösterilen kuantum bilgisayarlar, gelecekte kullanmakta olduğumuz modern bilgisayarların yerini alacaktır.

#### Biyoteknoloji ve Tarım

Bugün yeni ilaçlar, gübreler, daha besleyici ve hastalık direnci yüksek bitkiler veya hayvanlar birçok üniversitenin araştırma alanları içerisinde bulunmaktadır. Bitki ve hayvan genlerinin düzenlenmesinde nanomalzemelerle üretilen ürünler kullanılmaktadır.

#### Tıp ve Sağlık Sektörü



**Resim 3.25** Nano robotla kanserli hücrenin yok edilmesi

Nanoteknoloji canlılara moleküler düzeyde müdahale etme imkânı oluşturabilir. Canlı organizmalarla etkileşime girebilecek boyutlarda araçlarla çok yeni teşhis ve tedavi yöntemleri geliştirilebilecektir. Geliştirilen nanorobotlarla kanserli hücreler yok edilmektedir (Resim 3.25).

## Havacılık ve Uzay Araştırmaları

Havacılık ve uzay teknolojilerinde kullanılan araçlar hem ağır hem de oldukça maliyetlidir. Nanomalzemelerle bu araçların ağırlığının önemli ölçüde azaltılması ve maliyetin düşürülmesi sağlanabilir. Böylelikle uzay araştırma maliyetlerinin bir kısmını oluşturan uzay aracı fırlatma maliyeti düşürülebilir.

## Çevre ve Enerji

Nanomalzemeler ve nanokompozitler günümüzde çevre kirliliğine neden olan fosil yakıtların verimliliğini geliştirecektir. Nanokompozitlerle daha yüksek verimliliğe sahip motorların yapılması, daha temiz ve çevre dostu ulaşım sistemlerinin kurulması mümkün olacaktır. Kuantum nokta nanomalzemeleri ile üretilen az enerjiyle çalışan ampuller, plazma televizyon önemli miktarda enerji tasarrufu sağlamaktadır.

## Tekstil Sektörü



**Resim 3.26** Nanoteknoloji ürünü ıslanmayan kumaş

Nanomalzemelerle üretilen kumaşlar güneş ışığında kendi kendini temizleyebilmektedir. Yine nanomalzemeler kullanılarak kırışmayan, ıslanmayan (Resim 3. 26) ve yanmayan tekstil ürünleri yapılmaktadır. Çorap üretiminde kullanılan gümüş nanoparçacıklar çoraba antibakteriyel ve mantarları yok edici özellikler kazandırmaktadır.

## Savunma Sektörü

Nanomalzemelerle yapılmış askerî uygulamalar gelecekte pek çok alanda kullanılacaktır. Günümüzdekinden daha iyi silah sistemleri, geliştirilmiş kamuflaj ve akıllı sistemler, geliştirilmiş elektronik savaş sistemleri birçok araştırma ve geliştirme çalışması nanomalzemelerle gerçekleştirilen ürünlerdir.

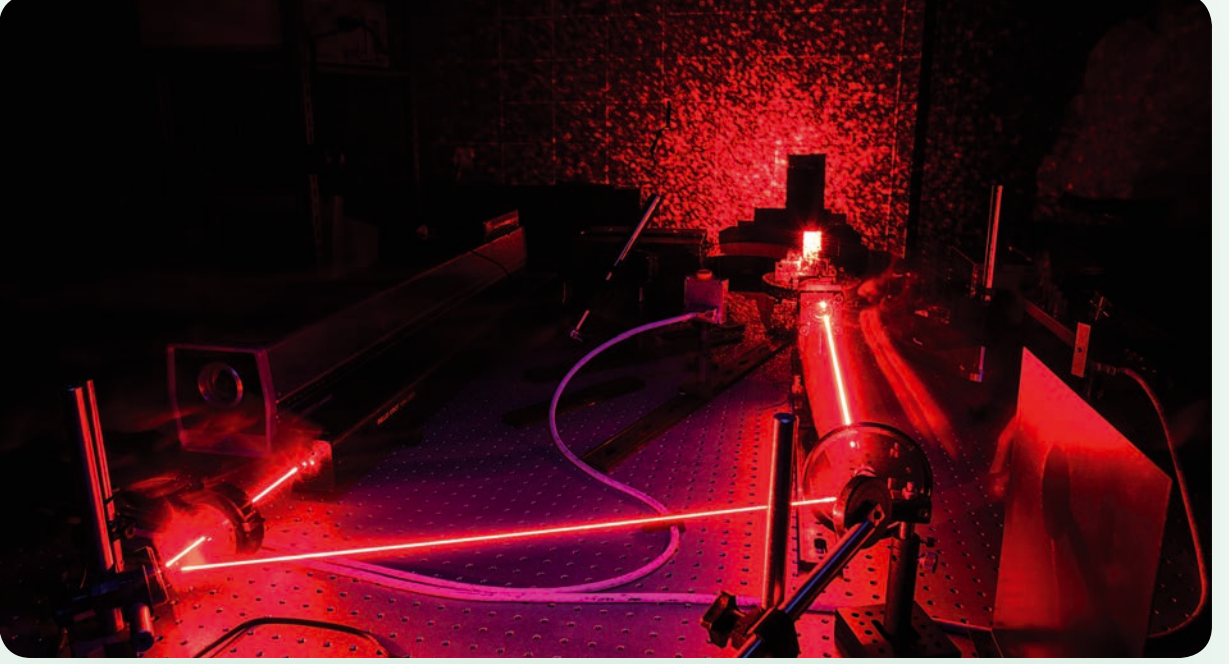


### 4. UYGULAMA

1. Nanoteknolojinin uygulama alanları nelerdir?
2. Nanomalzemelerin temel özellikleri nelerdir?

# 5. BÖLÜM

## LASER IŞINLARI



### NELER ÖĞRENECEĞİZ ?

**Bu bölümü tamamladığınızda;**

- LASER ışınlarının elde edilmesini,
- LASER ışınlarının teknolojiye kullanım alanlarını öğrenmiş olacaksınız.

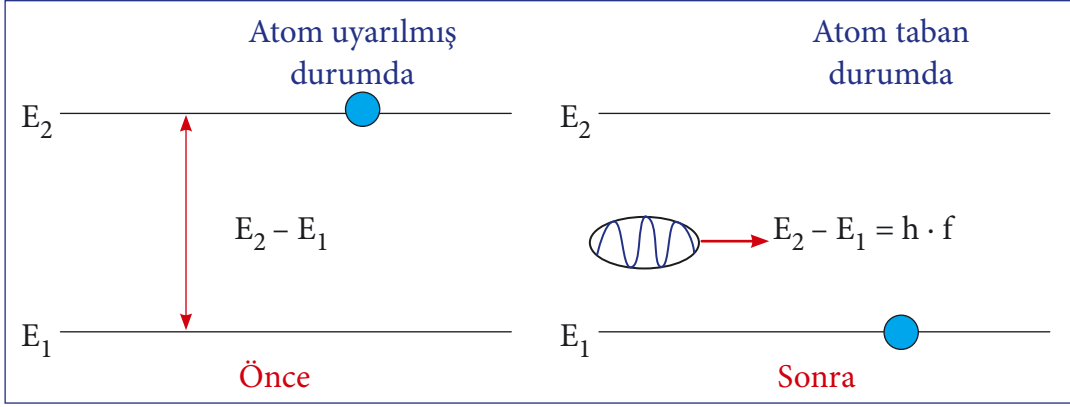
### ANAHTAR KAVRAMLAR

- LASER ışını
- Uyarılmış emisyon

### 3.5. LASER IŞINLARI

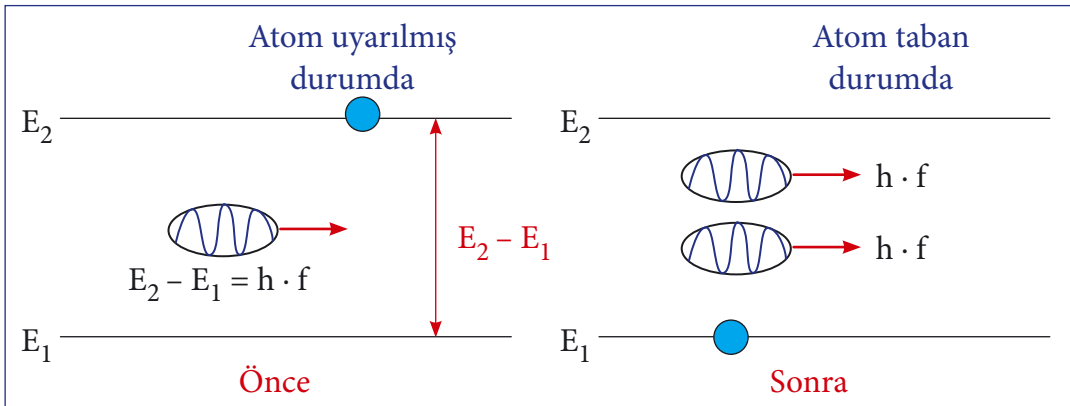
#### 3.5.1. LASER Işınlarnın Elde Edilişi

Bir atoma dışarıdan enerji verildiğinde atom uyarılır. Uyarılan atom, tekrar kararlı duruma geçerken ışın yaparak taban durumuna döner. Şekil 3.15'deki gibi atom  $E_2$  seviyesine uyarılsın. Uyarılmış olan atomun tekrar  $E_1$  taban durumuna dönme olasılığı vardır ve bu sırada bir foton salınır. Bu olay kendiliğinden ışın yayma olarak adlandırılır. Kendiliğinden ışın yayma olayında enerji seviyeleri arasında geçişte bir tetikleyiciye ihtiyaç yoktur. Bir atom uyarılmış durumda yaklaşık  $10^{-8}$  saniye kalabilir.



Şekil 3.15 Kendiliğinden ışın yayma

Atomun uyarılmış durumu yarı kararlı bir durumda olabilir. Yani atomun uyarılmış durumda kalma süresi  $10^{-8}$  saniyeden fazla olabilir. Bu zaman aralığında atom üzerine Şekil 3.17'deki gibi  $E_2 - E_1 = h \cdot f$  enerjili enerjili bir foton gönderilsin. Gelen foton atomu uyarabilir ve atomu taban seviyeye geri döndürerek  $h \cdot f = E_2 - E_1$  enerjili ikinci bir foton yaymasına sebep olur. Atomun zorlama sonucu yaptığı bu ışımaya uyarılmış ışın yayma veya uyarılmış emisyon adı verilir (Şekil 3.16).



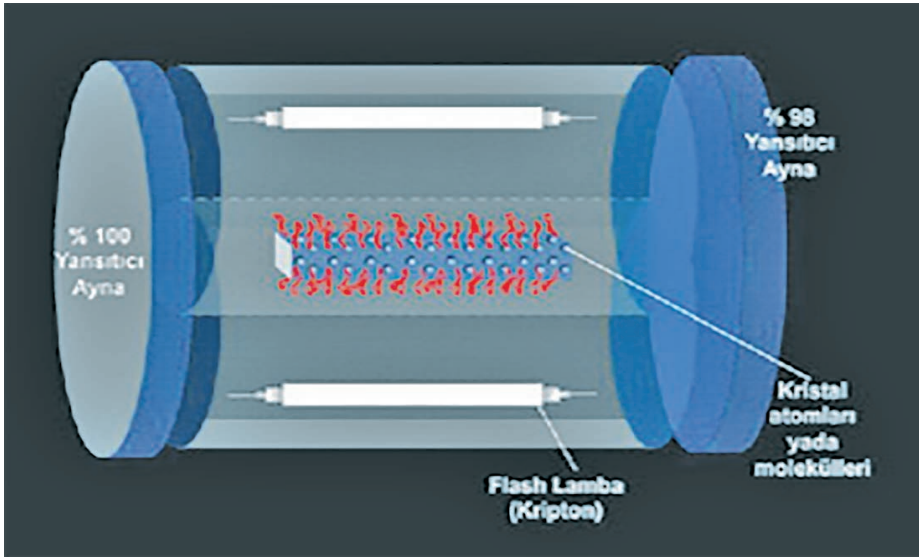
Şekil 3.16 Uyarılmış atomun ışın yayması



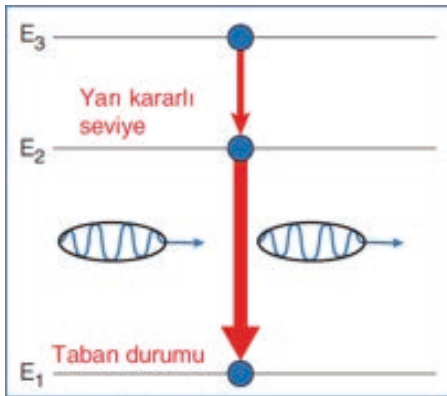
Uyarılmış ışın yayma olayında gelen foton soğurulmaz. Uyarılmış ışın yaymadan sonra enerjileri ve fazları özdeş olan biri gelen foton diğeri yayımlanan foton olmak üzere iki foton ortaya çıkar. Bu duruma **tersine birikim olayı** adı verilir. Bu olay, bir laserin çalışmasındaki temel ilkedir. Laser kelimesi, uyarılma ile yayımlanmada ışık yükseltilmesi anlamına gelen İngilizce kelimelerin baş harfleri ile oluşturulmuştur (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation / Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation).

### Bir LASER cihazı nasıl çalışır?

Uçları aynalar yardımıyla kapatılmış hava geçirmez bir cam tüp, laser ışığını oluşturacak gaz ile doldurulmuştur. Tüpe bağlı yüksek gerilim kaynağı yardımıyla tüp içinde hızlandırılan elektronlar veya fotonlar atomlarla çarpıştırılır (Şekil 3.17).



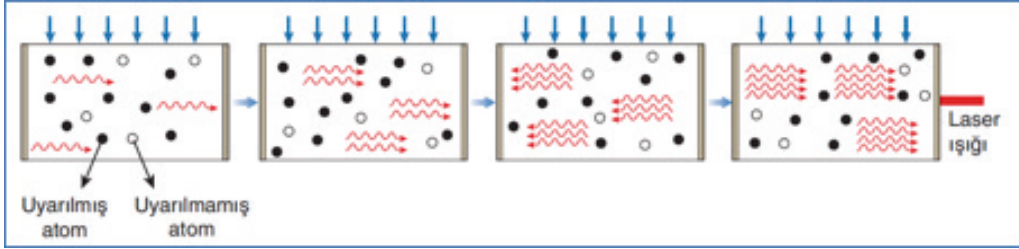
Şekil 3.17 LASER ışığı oluşum düzeni



Şekil 3.18 Uyarılmış atomun temel hâle dönmesi

Şekil 3.18'de görüldüğü gibi atomlar  $E_3$  enerji seviyesine uyarılmıştır. Bu seviyedeki atomlar taban durumuna dönmek yerine birikimin gerçekleştiği yarı kararlı seviye olan  $E_2$  seviyesine geçer. Bu sırada meydana gelen ışınım üst enerji düzeylerindeki komşu atomları etkileyerek ışınımaya zorlar. Tüpün iki ucu arasındaki aynalar yardımıyla ışınım fotonları yeterli süre sistemin içinde kalır. Böylelikle özdeş fotonların sayısı artırılmış olur. %98 yansıtıcı ve %2 geçirgen olan aynanın bulunduğu sistemde belli bir değerden itibaren,  $10^{-3}$  saniye gibi kısa bir sürede, aynı faz ve şiddetle fotonlar laser ışığı oluşturur.

LASER ışığı özdeş fotonlardan oluştuğu için tek renklidir. Bu fotonlar çok yüksek enerjili oldukları için dağılmadan çok uzak mesafelere kadar ilerleyebilir. Şekil 3.19'da bir LASER cihazının içerisinde LASER ışığının oluşumu modellenmiştir.



Şekil 3.19 LASER ışığının oluşumu

Aşağıda verilen Genel Ağ adresindeki simülasyonu yaparak laser ışığının oluşumunu inceleyiniz.

<https://phet.colorado.edu/tr/simulation/legacy/lasers>

### 3.5.2. LASER Işıklarının Teknolojideki Kullanım Alanları

LASER ışınları günlük yaşamda pek çok alanda kullanılmaktadır. LASER ışınları;

- Dağılmadan çok uzak mesafelere gidebildiği için mesafe ölçümünde (Resim 3. 27),
- İnşaatlarda boru ve tünel yapımında, yön ve doğrultu tayininde,
- Askerî alanda hedef belirleme işlemlerinde,
- Fiber optik sistemlerle yapılan telefon iletişiminde,
- Yüksek enerjili olduğundan delme, kesme, kaynak yapma gibi işlemlerde (Resim 3.28)
- Diş tedavisinde (Resim 3.29)



Resim 3.27 LASER ile uzunluk ölçümü



Resim 3.28 LASER ile metal kesme



Resim 3.29 LASER ile diş tedavisi

- Yüksek yoğunlukta ses ve görüntü depolama özelliğiyle CD ve hologram teknolojisinde,
- Tıpta hastaya acı vermeden yapılan ameliyatlarda,
- Kanser tedavisinde ve bazı göz hastalıklarının tedavisinde,
- Marketlerde ürünlerin fiyatlarını okumak için barkod cihazlarında ( Resim 3. 30).
- Bayram ve konserlerde yapılan ışık gösterilerinde kullanılır (Resim 3. 31).



**Resim 3.30** LASER ile barkod okuma



**Resim 3.31** Konserde LASER gösterisi



## 5. UYGULAMA

1. LASER ışığı nasıl oluşur?
2. LASER ışınlarından teknolojide hangi alanlarda yararlanır?

### 3. ÜNİTE ÖZETİ

#### MODERN FİZİĞİN TEKNOLOJİDEKİ UYGULAMALARI

Yaygın olarak kullanılan görüntüleme cihazları özellikle tıp biliminde hastalıkların teşhisi, tanısı ve tedavisinde en büyük yardımcıdır. Ayrıca askerî ve sivil alanda güvenlik amaçlı kullanılan görüntüleme cihazları da vardır. İnşaat mühendisliğinde, batık gemilerin ve balık sürülerinin yerinin saptanmasında, elektrik sektörü gibi alanlarda görüntüleme cihazlarından yararlanılır. MR cihazı, yapısında mıknatıs bulunan bir cihazdır. Canlının iç yapısını görüntüleme sırasında radyo dalgaları kullanılır. MR cihazında radyasyon kullanılmaz. Onun yerine manyetik alanla vücuttaki hücrelerindeki atom çekirdeklerindeki proton uyarılır. Alıcılara ulaşan sinyaller bilgisayar analizleriyle siyah beyaz görüntülere dönüştürülür. Tomografi cihazı, radyolojik teşhis yöntemi için kullanılan cihazdır. Tomografide görüntü, X-ışını üreten tüp ile röntgen filminin, radyografisi elde edilmek istenen organın karşısında hareketi sonucu elde edilir.

Pozitron emisyon tomografisi (PET-CT) teknolojisi, bilgisayarlı tomografi (CT) ile birleştirilerek, bir çok hastalığın teşhisine olanak sağlayan ve bu alanda dünyada kullanılan en ileri teknoloji tıbbi görüntüleme yöntemidir. PET/CT çok büyük bir oranda kanserin tanı ve evrelemesinde kullanılmaktadır. Ultrason cihazı ses dalgalarının değişik yoğunlukta dokular içinde farklı hızlarda ilerlemesi ve yansıması prensibine dayanan bir sistem ile çalışır. Ultrasonun insan vücudunun içinde olup bitenleri anlamaya yarayan diğer görüntüleme yöntemlerden en önemli farkı X-ışınlarını kullanmaması yani radyasyon içermemesidir. Sonar cihazının çalışma prensibi de ultrason cihazınıninki ile aynıdır. Termal kamera görüntü yöntemi olarak gözümüzle göremediğimiz kızılötesi ışınım (IR) enerjisini esas alan ve görüntünün genel yapısını kızılötesi ışınım enerjisine göre oluşmuş renkler ve şekillerin belirlediği görüntüleme cihazıdır.

LCD (liquid crystal display / likuid kristal dispiley) yani sıvı kristal ekran teknolojisi, elektrikle kutuplanan sıvının ışığı tek fazlı olarak geçirmesi ve bir kutuplanma filtresi ile ışığın gözle görülmesi ilkesine dayanan bir görüntüleme teknolojisidir. LCD'lerin yapılabilmesi için ışığın polarize edilebilmesi (kutuplanabilme) gerekir. Plazma teknolojisi görüntü kalitesi ve parlak görüntü oluşturması sayesinde pastel renklerin daha net görünmesi için geliştirilmiş bir görüntüleme teknolojisidir. Bu teknolojiye ekran pixellerden oluşur. Her pixelde içleri neon-ksenon gaz karışımıyla dolu düşük basınçlı kapalı cam bölmecikler bulunur. Düzeneğe gerilim uygulandığında bölmelerin içinde bulunan gaz karışımı iyonlaşır ve renkli görüntü oluşur.

Elektriği iletme bakımından yalıtkan maddeler ile iletken maddeler arasında yer alan yarı iletken maddeler, elektrik akımının bir değere kadar akmasına izin verir. Bu değerden sonra elektrik akımına sonsuz küçük direnç gösterir. Yarı iletken maddeler, ısı, ışık ve manyetik alan gibi bir dış etki altında bırakıldığında ya da gerilim uygulandığında atomlarının son yörüngesindeki elektronlar serbest hâle geçerek iletkenlik özelliği kazanır. İçlerine bazı özel maddeler katıldığında da iletkenlikleri artar. P tipi yarı iletkenler, silisyuma bor maddesinin katkılanmasıyla elde edilir. N tipi yarı iletkenler ise silisyuma arsenik maddesinin katkılanmasıyla elde edilir. P tipi ve N tipi yarı iletkenler bir araya getirilerek elektronik devrelerde kullanılan diyot ve transistör adı verilen devre elemanları oluşturulur. Pillerin üretiminde ve kullanımında karşılaşılan zorluklardan dolayı alternatif akımı doğru akıma çeviren ve doğrultucu adı verilen aygıtlar kullanılır.

Doğrultucuların en önemli elemanı diyottur. Diyotlar tek yönde akım geçirdiğinden alternatif akımın doğru akıma çevrilmesinde kullanılır. Transistör, NPN ya da PNP şeklinde dizilmiş üç yarı iletkenin birleştirilmesiyle oluşturulur. Transistör yapı olarak diyotun yapısına benzer ancak çalışması ve diyottan farklıdır. NPN tipi transistör iki adet N tipi yarı iletkenin arasına ince bir katman hâlinde P tipi yarı iletken base (B) tabakası yerleştirilerek oluşturulmuştur. PNP tipi transistör ise , iki adet P tipi yarı iletkenin arasına ince bir katman hâlinde N tipi yarı iletken base (B) tabakası yerleştirilerek oluşturulur. Aydınlatmada enerji verimliliğini artırmak, uzun süre sorunsuz kullanmak ve daha az enerji tüketmek amacıyla LED'li yani diyot temelli ışık yayan elektronik devre elemanlarının kullanıldığı teknolojiye LED teknolojisi adı verilmektedir. LED'ler kullandığımız lambalara göre daha düşük sıcaklıklarda çalışır. LED'lerin ortalama kullanım süresi ampullerden daha uzundur. LED'ler, düşük voltaj ve yüksek verimlilikte çalıştıkları için güneş enerjisi ve rüzgâr enerjisiyle aydınlatma sistemlerinde ışık kaynağı olarak kullanılır. Güneş pili ya da fotovoltaik pil olarak adlandırılan cihazlar, yarı iletken diyot olarak çalışır. Güneş ışığının taşıdığı enerjiyi fotoelektrik olayın ile doğrudan elektrik enerjisine dönüştürür.

Süper iletkenlikte madde, belirli bir direnç gösterir durumda iken aniden hiçbir direnç göstermez duruma geçer. Yani madde kritik sıcaklık (TC) dediğimiz bir sıcaklıkta normal durumdan farklı bir fiziksel duruma geçmektedir. Süper iletkenlerin sıfır direnç göstermesinin yanı sıra manyetik alan içerisine konulduklarında manyetik alanı dışlamaları gerekir. Günümüzde, süper iletkenlik oda sıcaklığında gerçekleştirilememiştir. Bilim insanları yeni süper iletken maddeler bulmak için çalışmalarını sürdürmektedirler. Süper iletkenler günümüzde, MR cihazlarında, iletim kablolarında, demir yolu taşımacılığında, nanoteknolojide kullanılmaktadır.

Nanoteknoloji, kuantum fiziğinin gündelik yaşamımızda işlevsellik kazandığı bir alandır. Bu alanda uzunluk atomik boyutlarda ( $10^{-9}$  m) ifade edilir. Nanoteknoloji, nanometre ölçekteki kuantumsal davranışları uygulanabilir hâle getiren teknolojinin adıdır. Nanoteknoloji, maddelerin nanoölçekteki yapılarını ve bu yapıların kuantumsal davranışlarını inceler. Nanomalzemeleri nanoparçacıklar, ince film ve yüzeyler, fullerenler, nanoteller, kuantum noktaları ve biyonomaddeleler şeklinde gruplandırarak incelenebilir. Günlük yaşamda birçok alanda kullanılan nanomalzemeler toplumlara sosyal ve ekonomik katkılar sağlamaktadır. Elektronik araçların nanomalzemelerle imal edilmesi elektrik ve elektronik sektöründe kullanılan sistemlerin kapasitelerini oldukça artırmaktadır. Geliştirilen nanorobotlarla kanserli hücreler yok edilmektedir. Kuantum nokta nanomalzemeleri ile üretilen az enerjiyle çalışan ampuller, plazma televizyon önemli miktarda enerji tasarrufu sağlamaktadır.

Laser kelimesi, uyarılma ile yayımlanmada ışık yükseltilmesi anlamına gelen İngilizce kelimelerin baş harfleri ile oluşturulmuştur. Laser ışığı özdeş fotonlardan oluştuğu için tek renklidir. Bu fotonlar çok yüksek enerjili oldukları için dağılmadan çok uzak mesafelere kadar ilerleyebilir. Laser ışınları, dağılmadan çok uzak mesafelere gidebildiği için mesafe ölçümünde, inşaatlarda boru ve tünel yapımında, yön ve doğrultu tayininde, askerî alanda hedef belirleme işlemlerinde kullanılır. Yüksek enerjili olduğundan delme, kesme, kaynak yapma gibi işlemlerde, tıpta hastaya acı vermeden yapılan ameliyatlarda, diş tedavisinde, kanser tedavisinde ve bazı göz hastalıklarının tedavisinde, marketlerde ürünlerin fiyatlarını okumak için barkod cihazlarında kullanılır.

### 3.ÜNİTE

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME SORULARI

**1. Bilgisayarlı tomografi ve röntgen cihazı ile ilgili,**

- I. X-ışınlarıyla görüntüleme elde edilir.
- II. Tıp alanında teşhis amacıyla kullanılır.
- III. Canlı hücrelerine zararlı etkisi olabilir.

**sonuçlarından hangileri her iki cihaz için de ortaktır?**

- A) Yalnız I
- B) I ve II
- C) II ve III
- D) I, II ve III

**2. Ultrason (USG) cihazının çalışma prensibi ve kullanım alanı ile ilgili,**

- I. Yüksek frekanslı ses dalgaları kullanılır.
- II. Görüntü, ses dalgalarının doku yüzeyinden yankı (eko) yapmasıyla oluşur.
- III. Gemilerde kıyıya olan uzaklığı tespit amacıyla kullanılır.

**yargılarından hangileri doğrudur?**

- A) I ve II
- B) II ve III
- C) I ve III
- D) I, II ve III

**3. Yarı iletkenlerle ilgili aşağıdaki bilgilerden hangisi doğrudur?**

- A) Elektronik devrelerde akımı değiştirmek için kullanılır.
- B) İletkenlik bakımından metallere daha iyi iletkenidir.
- C) Isı, ışık ve manyetik etki altında dahi yalıtıcıdır.
- D) Kristal yapıya sahiptir.

**4. Manyetik Resonans (MR) cihazında aşağıdaki elektromanyetik dalgardan hangisi kullanılır?**

- A) Radyo dalgaları
- B) Kızıl ötesi ışınlar
- C)  $\gamma$  ışınları
- D) X-ışınları

**5. Günlük yaşamda kullandığımız cihazların LCD ekranları ile ilgili,**

- I. Sıvı kristaller kullanılır.
- II. RGB(kırmızı-yeşil-mavi) renk piksellerinden oluşur.
- III. Panellerinde ışık polarize edilebilir.

**açıklamalarından hangileri doğrudur?**

- A) Yalnız I
- B) I ve II
- C) II ve III
- D) I, II ve III

**6. Elektronik devre elemanlarının üretiminde aşağıdaki maddelerden hangisi kullanılmaz?**

- A) Silisyum
- B) Magnezyum
- C) Germanyum
- D) Selenyum

**7. P tipi ve N tipi yarı iletkenler bir araya getirilerek elektronik devrelerde;**

- Duy
- Diyot
- Transistör

**devre elemanlarından hangileri kullanılır?**

- A) Yalnız Duy
- B) Duy ve Diyot
- C) Diyot ve Transistör
- D) Duy ve Transistör

**9. LED teknolojisi günlük hayatta birçok araçlarda kullanılıyor.**

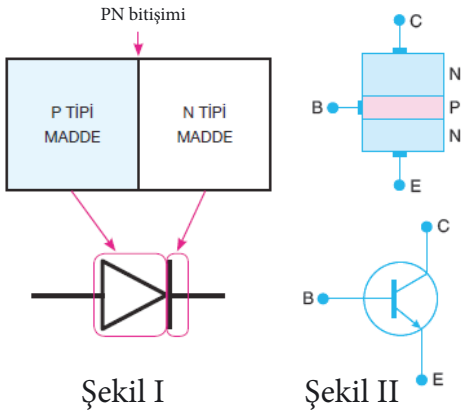
**Buna göre,**

- I. Televizyon kumandası
- II. Trafik lambaları
- III. Cep telefonu

**yukarıda verilen araçlardan hangilerinde LED teknolojisi kullanılmaktadır?**

- A) Yalnız I
- B) I ve II
- C) II ve III
- D) I, II ve III

**8. Bir elektronik devrede kullanılan yarı iletken devre elemanı ve sembolü şekildeki gibidir.**



**Buna göre, bu devre elemanlarının isimlerinin doğru eşleştirilmesi aşağıdakilerin hangisinde verilmiştir?**

	Şekil I	Şekil II
A)	Diyot	Transistör
B)	Duy	Diyot
C)	Transistör	Duy
D)	Transistör	Diyot

HAYAT BOYU ÖĞRENME

**10. Yarı iletken maddelerin özellikleri ile ilgili,**

- I. İletkenliği kontrol edilebilir.
- II. Kristal yapıya sahiptirler.
- III. Işık, ısı veya manyetik etki ile iletkenlik kazandırılabilir.

**yargılarından hangileri doğrudur?**

- A) I ve II
- B) II ve III
- C) I ve III
- D) I, II ve III

**11. Yarı iletken maddelerden biri olan diyotların kullanım alanları ile ilgili aşağıda verilen bilgilerden hangisi yanlıştır?**

- A) Elektronik devrelerde akımın tek yönde geçmesini sağlar.
- B) Elektronik devrelerde akımı yükseltmek veya düşürmek için kullanılır.
- C) Elektrikli devrelerde alternatif akımı doğru akıma dönüştürmek için kullanılır.
- D) Elektrik devrelerinde akımı kontrol eden anahtar olarak da kullanılabilir.

**12. Her geçen gün kullanım alanları artan transistörler, günlük hayatın vaz geçilmez araçlarında kullanılmaktadır.**

**Buna göre,**

- I. cep telefonları
- II. bilgisayarlar
- III. bataryalar

**verilen araçlardan hangilerinde transistör kullanılır?**

- A) Yalnız I
- B) Yalnız II
- C) I ve II
- D) II ve III

**13. Aşağıdakilerden hangisi LED teknolojisinin özelliklerinden biri değildir?**

- A) Dış etkilerden kolaylıkla etkilenir.
- B) Tek yönlü ışık yayar.
- C) Düşük sıcaklıklarda çalışır.
- D) Kızıl ötesi ışın yayar.

**14. Süper iletken maddeler ile ilgili,**

- I. Manyetik alana bırakıldığında manyetik itme oluşturur.
- II. Elektrik akımına karşı sıfır direnç gösterir.
- III. Elektrik enerji tasarrufu sağlar.

**yargılarından hangileri doğrudur?**

- A) Yalnız I
- B) I ve II
- C) II ve III
- D) I, II ve III

**15. Aşağıdaki malzemelerden hangisi nanoteknoloji ürünü değildir?**

- A) Vitray camlar
- B) Katalitik konverterler
- C) Flouresan lambalar
- D) Nanorobotlar

**16. Laser ışınlarının özellikleri ile ilgili,**

- I. Uyarılmış emisyon yoluyla elde edilir.
- II. Dalga boyu aynı olan fotonların oluşturduğu tek renkli ışındır.
- III. Tek bir noktaya odaklanarak o noktanın sıcaklığını düşürür.

**yargılarından hangileri doğrudur?**

- A) Yalnız I
- B) I ve II
- C) II ve III
- D) I ve III



**17. Laser ışınlarının teknolojideki kullanım alanları ile ilgili,**

- I. Alışverişlerde ürünlerin fiyatını okuyan barkod okuyucularında kullanılır.
- II. Tıpta hastaya acı hissettirmeden yapılan ameliyatlarda kullanılır.
- III. Astronomide gök cisimlerinin uzaklığının ölçümünde kullanılır.

**açıklamalarından hangileri doğrudur?**

- A) I ve II                                      B) II ve III  
C) I ve III                                      D) I, II ve III

**18. Süper iletken maddelerle ilgili aşağıdaki açıklamalardan hangisi doğrudur?**

- A) Sıcaklığının kritik sıcaklığın altında olması ve manyetik alanda alan çizgilerini dışlaması gerekir.
- B) Sıcaklığının oda sıcaklığında olması ve manyetik alandan etkilenmesi gerekir.
- C) Sıcaklığının kritik sıcaklığın üzerinde olması ve manyetik alanda alan çizgilerini çekmesi gerekir.
- D) Sıcaklığının oda sıcaklığının üzerinde olması ve içine manyetik alanın nüfuz edememesi gerekir.

**19. Yarı iletken maddelerle oluşturulan ve elektronik devre elemanlarından biri olan diyotlarla ilgili aşağıdaki açıklamalardan hangisi yanlış verilmiştir?**

- A) P tipi yarıiletken ile N tipi yarıiletkenin kimyasal yollarla birleştirilmesiyle elde edilir.
- B) Alternatif akımı doğru akıma dönüştüren devre elemanı olarak kullanılır.
- C) Ters bağlanan diyotlarda uygulanan gerilim artırılırsa diyotun gerilim de artar.
- D) Sıcaklık arttıkça diyottan geçen gerilim azalır.

**20. Süper iletken maddeler günümüz teknolojisinde birçok alanda kullanılmaktadır.**

**Buna göre, aşağıda verilen teknolojik araçların hangisinde süper iletken madde kullanılmaz?**

- A) Parçacık hızlandırıcılarında
- B) Fotovoltaik güneş pillerinde
- C) Maglev trenlerinde
- D) Manyetik Rezonans (MR) görüntüleme cihazlarında

## CEVAP ANAHTARI

<b>1. ÜNİTE</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
	D	B	A	C	C	B	D	C	B	C
	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
	B	D	D	A	A	C	B	B	B	A

DOĞRU SAYISI YANLIŞ SAYISI 

<b>2. ÜNİTE</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
	C	C	D	D	A	B	A	D	D	D
	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
	C	C	C	A	C	D	B	D	C	D

DOĞRU SAYISI YANLIŞ SAYISI 

<b>3. ÜNİTE</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
	D	A	D	A	D	B	C	A	D	D
	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
	B	C	D	D	C	B	D	A	C	B

DOĞRU SAYISI YANLIŞ SAYISI

## SÖZLÜK

### A

- akım** : Bir iletken madde içerisinde serbest elektronların, artı ve eksi iyonların elektrik ve manyetik alan etkisiyle akışı
- ampermetre** : Akım şiddetinin ölçülmesinde kullanılan araç
- anot** : 1. Elektrikle ayrışım olayında ve pillerde, yükseltgenme tepkimesinin olduğu elektrot 2. Artı uç
- anti madde** : Kendi maddesiyle birleştiğinde yok olup enerji açığa çıkmasına neden olan madde
- astronom** : Astronomi ile uğraşan. Gök bilimci
- astronomi** : Gök bilimi
- atom** : 1. Bir elementin özelliklerini taşıyan en küçük parçası.  
2. Birkaç türü birleştiğinde çeşitli molekülleri, bir tek türü ise bir kimyasal ögeyi oluşturan parçacık

### B

- baryon** : Protona eşit veya daha büyük kütlesi olan hadron grubu parçacık
- bozon** : Kuvvet taşıyıcısı olan parçacık

### C

- Compton Olayı** : X-ışınının elektronla esnek çarpışma yaparak saçılması

### D

- diyot** : yarı iletkenlerin birleştirilmesi sonucu tek yönde akım geçiren aygıt

### E

- elektron volt** : Potansiyel farkı 1 volt olan bir gerilim bölgesinde elektronun sahip olduğu enerji

## F

- fermion** : Tam sayı olmayan spine sahip olan atom altı parçacık
- fisyon** : Ağır çekirdeğin parçalanarak hafif çekirdeklere dönüşmesi
- foton** : Işığı oluşturan enerji paketi
- füzyon** : Hafif çekirdeklerin birleşerek ağır çekirdeğe dönüşmesi

## G

- gluon** : Kuarklar arasındaki güçlü etkileşimi sağlayan temel parçacık
- graviton** : Kütle çekimi kuvvetinden sorumlu etkileşim parçacığı

## H

- Higgs bozonu** : Standart modelde fermiyonlara kütle kazandırmak için varlığı öne sürülen ve spini sıfır olan temel parçacık

## K

- kozmik** : Evrenle ve onun genel düzeniyle ilgili
- kuark** : Hadronların temel parçacıkları olarak bilinen kütleyle, spine, baryon sayısına ve kesirli elektrik yüküne sahip parçacıklar

## L

- LED** : Işık yayan diyot
- lepton** : Maddenin temel yapı taşlarından biri. Temel parçacık

## M

- manyetik rezonans** : Hidrojen çekirdeği ve benzeri çekirdeklerin yüksek manyetik alan içerisinde uyarılmaları sonucu yaydıkları sinyalleri görüntüye dönüştürme temeline dayalı, yumuşak dokuların incelenmesini sağlayan bir tanı yöntemi

## N

- nükleon** : Atom çekirdeğini oluşturan proton ve nötron

## Ö

**Özel Görelilik** : Işık hızının değişmezliğini ve eylemsiz gözlem çerçevelerine göre fizik yasalarının aynı olduğunu öngören teori

## P

**PET** : Damar yolu ile enjekte edilen metabolik radyoaktif maddelerin biriktiği normal veya patolojik dokuları görüntüleyen nükleer tıp cihazının adı

**postüla** : İspat edilmeye gerek duyulmadan doğru olarak benimsenen önermeye verilen ad

## R

**radyoaktivite** : Kararsız atom çekirdeklerinin ışıma yapması

**referans sistemi** : Birbirine göre hareket etmeyen nesnelerin oluşturduğu ve böylece diğer nesnelerin hareketlerinin kolayca takip edilebildiği bir sistem

## S

**salınım** : Düzenli olarak hep aynı yönde aynı hızla yapılan hareket

**siyah cisim** : Üzerine düşen ışığı yüzde yüz yutan cisim

**süper iletken** : Bazı maddelerin türlerine göre belli bir sıcaklığın altında, sıfır elektriksel dirence sahip olması

## T

**tomografi** : Bir organ ya da sistemi görüntüleme yöntemi.

**transistör** : Devrelerde genellikle sinyal yükseltici işlevi olan ve yük taşıyıcıları farklı yoğunlukta, ikiden fazla katkılı yarı iletkenlerden oluşan aygıt

## U

**uyarılma** : Bir atomun kararlı bir durumdan, kararsız bir duruma gelmesi

## Y

**yarı iletken** : Elektrik iletkenliği bakımından iletken ve yalıtkan arası

**yeğın kuvvet** : Çekirdekte bulunan proton ve nötronları bir arada tutan kuvvet, çekirdek kuvveti

## KAYNAKÇA

- Balkan, N., & Erol, A. (2005). Çevremizdeki fizik. TÜBİTAK.
- Beiser, A. (2003). Concepts of modern physics. Tata McGraw-Hill Education.
- Güneş, B. (2017). Fizikte kavram yanılgıları. Ankara: Palme Yayıncılık.
- Guillen, M. (2012). Dünyayı Değiştiren Beş Denklem. Gürsel Tanrıöver (çev.). Ankara: TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları.
- Haliday, D., & Resnick, R. (1997). Fiziğin temelleri (çev. C. Yalçın). Ankara: Arkadaş Yayınevi.
- Halzen, F., & Martin, A. D. (2008). Quark & Leptons: An Introductory Course In Modern Particle Physics. John Wiley & Sons.
- Raymond A. Serway,R.J.(2016). Fen ve Mühendislik için Fizik, Modern Fizik( Beşinci baskıdan çeviri b.,Cilt 3). Ankara :Palme Yayıncılık.
- Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2018). Physics for scientists and engineers with modern physics. Cengage learning.
- Serway, R. A., & Beichner, R. J. (2011). Fen ve Mühendislik İçin Fizik-3, Beşinci Baskıdan Çeviri, Çev. ed. Kemal Çolakoğlu. Ankara: Palme Yayıncılık.
- T.C. Milli Eğitim Bakanlığı Orta Öğretim Fizik Dersi (9, 10, 11 ve 12. Sınıflar) Öğretim Programları
- Türkçe Sözlük, TDK yayınları (2013), Ankara.
- Walker, J. (2017). Fiziğin Temelleri 3. Kitap, Dokuzuncu Baskıdan Çeviri (H. M. B. G. Akınoğlu, Çev.). içinde Ankara: Palme Yayıncılık.
- Yazım Kılavuzu, TDK yayınları (2012),Ankara
- Young, H. D., Freedman, R. A., Ünlü, H., & Giz, A. T. (2010). Sears ve Zemansky'nin üniversite fiziği. Pearson Education Yayıncılık.Ankara.
- Young, H. D., & Freedman, R. A. (2009). Sears ve Zemansky'nin Üniversite Fiziği, Cilt II (çeviri).

## İNTERNET KAYNAKÇASI

- [https://www.nasa.gov/mission\\_pages/GLAST/news/fermi-thunderstorms.html](https://www.nasa.gov/mission_pages/GLAST/news/fermi-thunderstorms.html)
- Erişim tarihi: 20.09.2018 saat: 14:40
- [http://www.bilimteknik.tubitak.gov.tr/sites/default/files/posterler/albert\\_einstein.pdf](http://www.bilimteknik.tubitak.gov.tr/sites/default/files/posterler/albert_einstein.pdf)
- Erişim tarihi: 12.10.2018 saat: 10:15
- [http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com\\_yanlis&view=yanlis&kelimez=237](http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com_yanlis&view=yanlis&kelimez=237)
- Erişim tarihi: 17.09.2018 saat: 11:20
- <https://www.slideshare.net/u082930/crocodile-physics-presentation-864379>
- Erişim tarihi: 13.11.2018 saat: 14:40
- <http://yunus.hacettepe.edu.tr/~polat/FIZ217-DERS-NOTLARI.pdf>
- Erişim tarihi: 11.10.2018 saat: 15:00
- <http://w3.gazi.edu.tr/~bgunes/index.html>
- Erişim tarihi: 15.09.2018 saat: 10:00
- <http://www.academia.edu/4063554/Nanoteknoloji>
- Erişim tarihi: 11.12.2018 saat: 11:10
- [http://taner.balikesir.edu.tr/dersler/genel\\_kimya/atomik\\_yapi/siyah\\_cisim\\_isimasi\\_ve\\_planck\\_kurami/planck\\_kuantum\\_kurami.html](http://taner.balikesir.edu.tr/dersler/genel_kimya/atomik_yapi/siyah_cisim_isimasi_ve_planck_kurami/planck_kuantum_kurami.html)
- Erişim tarihi: 11.12.2018 saat: 15:00
- <https://phet.colorado.edu/tr/>
- Erişim tarihi: 19.12.2018 saat: 10:20
- <http://www.aertia.com/imprpag.asp?pid=328>
- Erişim tarihi: 10.11.2018 saat: 14:00