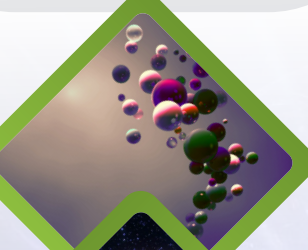




# 4. ÜNİTE

## ATOM FİZİĞİNE GİRİŞ VE RADYOAKTİVİTE

1.



2.



3.



Bu ünite de atom kavramının tarihsel gelişimi üzerinden atom kavramı açıklanıp atomun uyarılma yolları ve modern atom teorisinin önemi vurgulanacaktır.

Büyük patlama teorisi ve atom altı parçacıklarının özellikleri temel düzeyde açıklanıp maddenin oluşum süreci ile madde ve antimadde kavramları üzerinde durulacaktır.

Kararlı ve kararsız durumdaki atomların özellikleri karşılaştırılacak, radyoaktif bozunma sonucu atomun kütle numarası, atom numarası ve enerjisindeki değişimin nasıl olduğu açıklanacaktır. Nükleer fisyon ve füzyon olayları ile radyasyonun canlılar üzerindeki etkileri hakkında bilgi verilecektir.

- 1. BÖLÜM:** ATOM KAVRAMININ TARİHSEL GELİŞİMİ
- 2. BÖLÜM:** BÜYÜK PATLAMA VE EVRENİN OLUŞUMU
- 3. BÖLÜM:** RADYOAKTİVİTE

# 1. BÖLÜM

## ATOM KAVRAMININ TARİHSEL GELİŞİMİ

### Konular

- 4.1.1. Atom Kavramı
- 4.1.2. Atomun Uyarılması
- 4.1.3. Modern Atom Teorisi

### Anahtar Kavramlar

- Atom
- Bohr atom teorisi
- Enerji seviyesi
- Uyarılma
- İyonlaşma
- Işıma

- Geçmişten günümüze atom kavramıyla ilgili düşünceler nasıl değişmiştir?
- Atomun çekirdeğini oluşturan temel parçacıklar proton ve nötronlar mıdır?

Bu bölümde atomun tarihsel gelişim süreci içinde atom teorilerine yer verilerek bu teorilerin birbiriyle ilişkili olarak geliştirildiği vurgulanacaktır.

Bohr (Bohr) atom teorisinde atom yarıçapı, enerji seviyeleri, uyarılma, iyonlaşma ve ışıma kavramları vurgulanacaktır.

Milikan'ın (Milikan) yağ damlası, Thomson'ın (Tamsın) e/m tayini, Rutherford (Rutherford) saçılması deneylerine değinilecek; atomların birbiriyle, elektron, foton ve ısıyla uyarılma şartlarının tartışılması sağlanacaktır.

Heisenberg (Hayzınbörg) Belirsizlik İlkesi, kuantum sayıları, olasılık dalgası ve Schrödinger (Şördinger) dalga denklemleri ile Feza Gürsey, Asım Orhan Barut ve Behram N. Kurşunoğlu'nun atom fiziği konusunda yaptığı çalışmalara değinilecektir.

### 4.1.1. Atom Kavramı

Bir maddenin tüm özelliklerini taşıyan en küçük yapıya **atom** denir. Bilim insanları atomun yapısı ile ilgili çalışmalara her zaman önem vermiş, eski çağlardan bugüne kadar maddenin yapısı hep merak konusu olmuştur.

Miletli Tales (Miletli Tales, MÖ 624-546) dünyanın özünün su olduğunu söylemiş, Anaxagoras (Anaksigoras, MÖ 500-428) ise maddedeki değişikliklerin maddeyi oluşturan 'bölünmez parçacık'ların farklı biçimlerde düzenlenmesinden kaynaklandığını ifade etmiştir. Empedokles (Empedokles, MÖ 484-424) maddeyi oluşturan bu bölünmez parçacıkları toprak, hava, ateş ve su olmak üzere dört element altında toplamıştır. Democritus (Demikrotus, MÖ 460-370), maddeleri, bölünemez veya kesilemez anlamına gelen "atomos" olarak adlandırmış ve maddelerin bölünemez taneciklerden oluştuğunu ifade etmiştir. Democritus atom denilen bu bölünemez parçacıkların şekil, konum ve düzenleniş bakımından birbirinden farklı olduğunu her türlü maddenin temel yapıtaşlarını oluşturduğunu belirtmiştir. Aristo (Aristo, MÖ 384-322), toprak, hava, ateş ve sudan oluşan dört element görüşünü onaylamıştır. Aristo'nun görüşleri yüzyıllar boyunca düşünce dünyasını etkisi altına almış ve sarsılması güç bir otorite hâline gelmiştir. Atomun varlığına dair ilk ciddi deneysel deliller 19. yüzyılın başında John Dalton (Con Dalton) tarafından ortaya konulmuştur. Bugüne kadar ortaya atılan atom teorileri birbiriyle ilişkili olarak geliştirilmiştir. Ortaya atılan bir teori, bir önceki teorinin eksikliklerini gidermeye çalışmıştır.

### Dalton Atom Modeli

John Dalton (Jon Dalton, 1766-1844) (Görsel 4.1), kimyasal bileşiklerin temeli olan katlı oranlar yasası ve kütle korunumu yasasından yararlanarak geliştirdiği atom kuramına göre

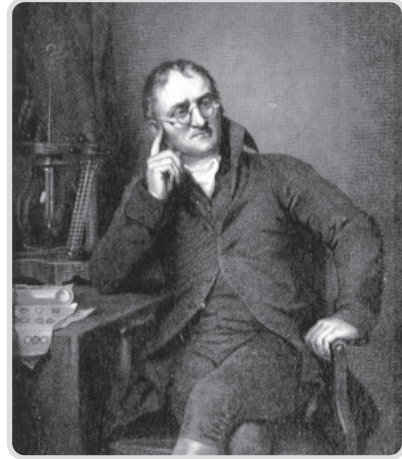
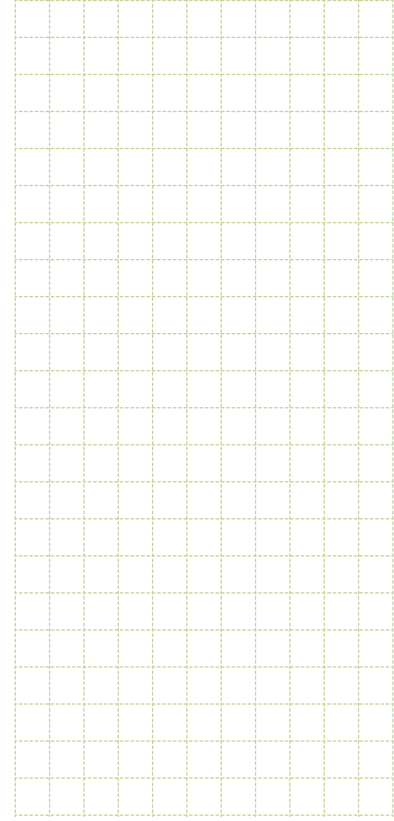
- Her element atom adı verilen çok küçük ve bölünemeyen taneciklerden oluşmuştur. Atomlar, içleri dolu ve sert taneciklerdir.
- Kimyasal tepkimelerde atomlar bölünemez ve yeniden oluşturulamaz.

Dalton'un ortaya attığı bu model, atomun iç yapısını açıklayamamasına rağmen bundan sonraki modellerin gelişmesinde önemli rol oynamıştır.

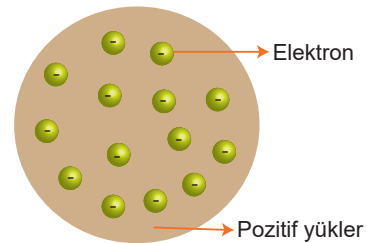
### Thomson Atom Modeli

George Johnstone Stoney'in (Corç Jonston Stoney) elektronu keşfinden sonra 1897 yılında J. J. Thomson, bir katot ışını tüpü kullanarak ürettiği ışınlara elektrik ve manyetik alanların uyguladığı kuvvetlerden hareketle katot ışınları için elektron yükünün kütlelerine oranını  $\frac{e}{m} = 1,7588 \cdot 10^{11}$  C/kg oranını hesaplamıştır.

Thomson bu sonuçlardan hareketle üzümlü keke benzetilen ve üzümlü kek modeli olarak da bilinen yeni bir atom modeli geliştirmiştir (Şekil 4.1).



Görsel 4.1: John Dalton  
(Temsili resmi)



Şekil 4.1: J. J. Thomson  
üzümlü kek modeli



Thomson'ın modeline göre atomlar

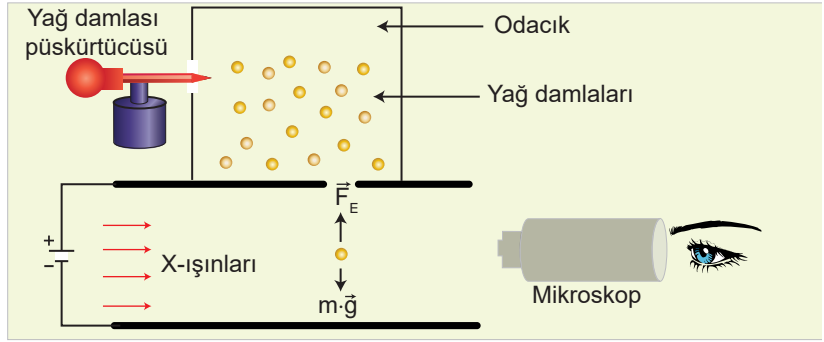
- Çapı yaklaşık  $10^{-10}$  m mertebesinde olan küre şeklindedir. Pozitif yüklü madde ile tam doludur. Elektronlar, atomu nötr tutacak şekilde küre içinde homojen bir şekilde hareketsiz ve gömülü olarak bulunur.

### Milikan'ın Yağ Damlası Deneyi

Thomson'un  $\frac{e}{m}$  oranı tayininden sonra Robert Andrews Milikan (Robert Andrew Milikan) (Görsel 4.2), yer çekiminin etkisinde ve düzgün bir elektrik alan içerisinde bulunan yüklü bir yağ damlasının hareketini inceleyerek elektronun yükünü ölçmek için Şekil 4.2'deki deney düzenini hazırlamıştır.



Görsel 4.2: Robert Andrews Milikan (1868-1953)

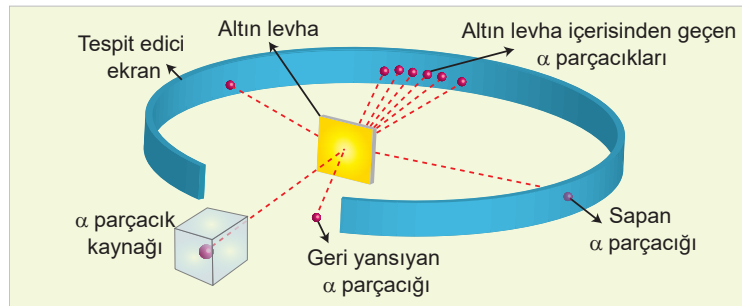


Şekil 4.2: Millikan'ın yağ damlası deneyi

Yüklü yağ damlacıklarına etkiyen elektriksel kuvvet ( $\vec{F}_E$ ) ile ağırlığını ( $m \cdot \vec{g}$ ) dengelemek suretiyle yaptığı "Yağ damlası" deneyleri sonucunda elektronun yükünü ölçmüş, pozitif ya da negatif yüklü tüm maddelerin yüklerinin, elektronun yükünün tam katları olduğunu göstermiştir. Thomson'un bulduğu  $\frac{e}{m}$  oranı kullanılarak bir elektronun kütesini de hesaplamıştır.

### Rutherford Atom Modeli

1909 yılında Hans Geiger (Hans Giger) ve Ernest Marsden (Örnis Marsden) Rutherford'un önerdiği atomun yapısını incelemeye başlamışlardır. 1911 yılında altın levha içinden geçirilen alfa parçacıklarının büyük çoğunluğunun hiçbir sapmaya uğramadığını, çok küçük bir miktarının saptığını veya saçıldığını, bazılarının ise geri döndüğünü gözlemlemişlerdir (Şekil 4.3). Rutherford bu verilerden hareketle atomun iç yapısında büyük miktarda boş alan bulunduğu bu alanın merkezinde ise artı yük taşıyan oldukça ağır fakat küçük bir çekirdeğin olduğu sonucuna varmıştır.



Şekil 4.3: Rutherford saçılma deneyi

#### İzleyerek Öğreniniz



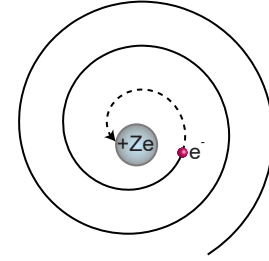
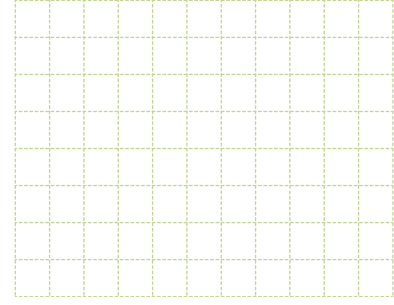
Thomson ve Rutherford atom modellerini izlemek için karekoddan yararlanınız.



Rutherford atom modeline göre

- Bir atomun kütesinin çok büyük bir kısmı pozitif yüklüdür. Bu yüklerin tamamı çekirdek olarak tanımlanan çok küçük bir bölgede yoğunlaşır.
- Atom elektrik yükü bakımından nötrdür.
- Çekirdek etrafında büyük boşluklar vardır.
- Elektronlar, çekirdek çevresindeki boşluklarda bulunur.

Rutherford atom modeli, bir atomun çekirdeğinin çevresinde elektronların nasıl yerleştiğini açıklayamaz. Oysa bir atomdaki elektronlar, tıpkı bir gezegenin Güneş etrafındaki yörüngesel hareketi gibi hareket hâlinindedir. Elektronlar, Güneş sistemine benzer bir şekilde çekirdeğin etrafında dairesel hareket yaptığında merkezci bir ivmenin etkisinde kalır. İvmeli hareket yapan elektronlar ışımaya yapacağından enerjileri azalır ve elektronların spiral bir yörünge çizerek çekirdeğe düşmesi beklenir (Şekil 4.4). Elektronların çekirdeğe düşmemesinin sebeplerini açıklayamaması Rutherford atom modelinin en önemli eksikliklerinden biridir. Ayrıca Rutherford modeli, nötronlardan bahsetmediği için de eksik kalmıştır.



Şekil 4.4: Çekirdekli atomun klasik modeli

## Bohr Atom Teorisi

1913 yılında Danimarkalı Fizikçi Niels Bohr (Nils Bohr), Planck'ın kuantumlu enerji düzeyleri düşüncesini ve Rutherford'un bulgularını bir araya getirip yeni bir model önermiştir. Bu modele göre elektronlar çekirdek çevresinde dairesel yörüngelerde dolmaktadır. Bohr, atom yörüngelerinde dolaşan elektronların Rutherford modelinde önerildiği gibi sürekli enerji değerlerinden herhangi birine sahip olmadığını, çekirdekten belirli uzaklıklarda bulunabileceklerini ve belirli enerjilere sahip olabileceğini öne sürmüştür.

Bohr, tek elektronlu en basit atomik yapıya sahip hidrojen atomuyla yaptığı çalışmalar sonucunda ortaya koymuş olduğu modeli üç varsayımla ifade etmiştir.

### 1. Varsayım

Elektronlar, pozitif yüklü çekirdeğin çevresinde Coulomb Kuvveti etkisiyle ışımaya yapmadan kararlı yörüngelerde dolar.

### 2. Varsayım

Çekirdeğin çevresinde kararlı yörüngelerde dolanan elektronların açısal momentumu  $\frac{h}{2\pi}$  nin tam katlarıdır.

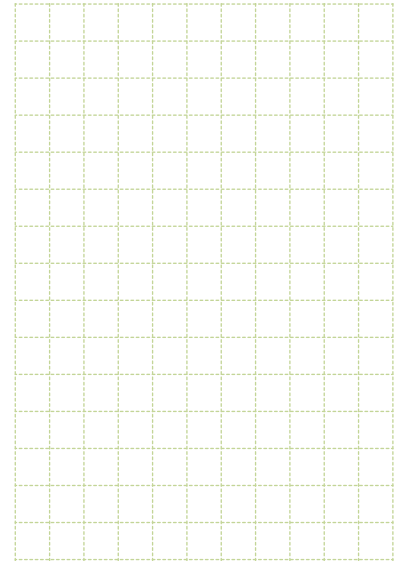
n. yörüngede dolanan bir elektronun açısal momentumu

$$L = n \cdot \frac{h}{2\pi} \text{ ifadesiyle bulunur.}$$

h : Planck sabiti

L : Açısal momentum

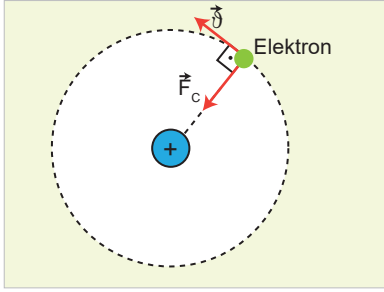
n : Elektronun yörünge numarası



### Simülasyon



Hidrojen atom modelini incelemek için karekoddan yararlanınız.



Şekil 4.5: Elektronu etki eden merkezci kuvvet

Bir atomun çekirdeğinden belirli uzaklıklarda elektronların bulunabileceği dairesel yörüngelere **enerji seviyesi** denir. Enerji seviyesi  $n$  ile gösterilir. 1, 2, 3, 4 ... gibi tam sayı değerleri alır.

Elektronların kararlı yörüngelerde dolanımını sağlayan Coulomb Kuvveti, elektrona etki eden merkezci kuvvettir (Şekil 4.5).

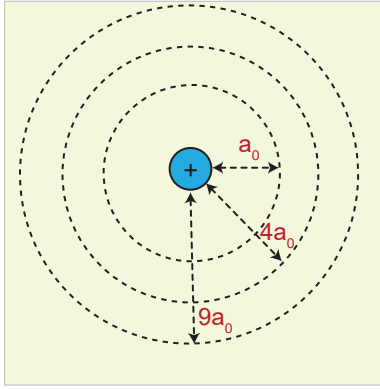
$\vec{F}_{\text{Merkezci}} = \vec{F}_{\text{Coulomb}}$  eşitliğinden  $n$ . yörüngede dolanan elektronun yörünge yarıçapını veren

$$r_n = a_0 \frac{n^2}{Z}$$

$Z$  : Atom numarası

$a_0$  : 0,529 Å olan Bohr yarıçapı

$n$  pozitif tam sayılar olduğu için yarıçap her değeri alamaz. Bu durum elektronların yörünge yarıçaplarının belirli değerler alabileceğini gösterir. Yani elektronun yörünge yarıçapları kesikli (kuantumlu) değerler alır (Şekil 4.6).



Şekil 4.6: Elektronların bulunabileceği yörünge yarıçapları

Çekirdeğin çevresinde kararlı yörüngelerde dolanan elektronların sahip olduğu kinetik enerji ve potansiyel enerjinin toplamına **elektronun toplam enerjisi** denir. Çekirdek çevresinde dolanan elektronların toplam enerjileri de yörünge yarıçapları gibi kesikli başka bir ifadeyle belirli değerler alabilir.

$n$ . yörüngede dolanan elektronun toplam enerjisi

$$E_n = -R \cdot \frac{Z^2}{n^2}$$

Bağıntıdaki "R" Rydberg (Reyböck) sabiti olarak tanımlanır. Büyüklüğü 13,6 eV tur (Elektron Volt). Elektronun herhangi bir yörünge üzerinde sahip olduğu toplam enerjinin birimi de eV tur.

### 3. Varsayım

Elektron kararlı yörüngelerden birinde bulunurken atomdan foton yayılmaz. Elektronlar, enerjisi yüksek olan bir enerji seviyesinden düşük enerji seviyesine geçtiğinde seviyeler arasındaki enerji farkına eşit enerjiye sahip foton yayar.

Yayılan fotonun enerjisi  $E_{\text{Foton}} = E_{\text{ilk}} - E_{\text{son}}$  ifadesiyle bulunur.

Bir fotonun enerjisi frekansı ile doğru orantılı ya da dalga boyuyla ters orantılıdır. Bu nedenle  $E_{\text{ilk}} - E_{\text{son}} = h \cdot f = \frac{h \cdot c}{\lambda}$  olur.

$h$  : Planck sabiti

$f$  : Yayımlanan enerjinin frekansı

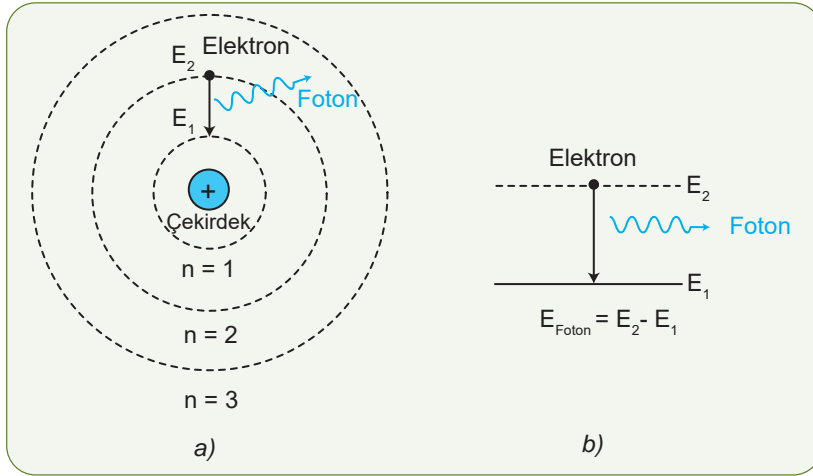
$h \cdot f$ : Fotonun enerjisini ifade eder.

Elektronun enerjisi en düşük olan enerji seviyesinde ( $n = 1$ ) kararlı olarak bulunduğu yörüngeye **temel hâl** denir.

Elektrona yeterli enerji verildiğinde elektronun bulunduğu enerji seviyesinden daha yüksek enerji seviyesine çıkması olayına **uyarılma** denir.

Elektronun atomdan koparılarak serbest kalması olayına **iyonlaşma**, iyonlaşmanın gerçekleşmesi için gerekli enerjiye de **iyonlaşma enerjisi** denir.

Kararlı yörüngede dolanan elektrona enerji verilirse elektron bulunduğu enerji seviyesinden daha yüksek enerji seviyesine sıçrar. Böylece atom uyarılmış olur. Kararsız hâle gelen atomun kararlı hâle dönebilmesi için yüksek enerji seviyesine çıkan elektronu tekrar eski enerji seviyesine dönmesi gerekir. (Şekil 4.7: a). Bu dönüş sırasında almış olduğu enerjiyi foton olarak etrafa yayar (Şekil 4.7: b). Bu olaya **ışınım** ya da **emisyon** denir.



Şekil 4.7: a) Elektronun bir üst enerji seviyesinden alt enerji seviyesine geçişi b) Bu geçiş sırasında etrafa yayılan foton

Herhangi bir kararlı yörüngede dolanan elektronların sahip olması gereken toplam enerjiden yola çıkılarak atomun enerji seviyeleri elde edilebilir.

Atom numarası  $Z = 1$  olan hidrojen atomu enerji seviyeleri

$$E_n = -R \cdot \frac{Z^2}{n^2} \text{ den}$$

$$n = 1 \text{ olduğunda } E_1 = -13,6 \text{ eV (Temel hâl)}$$

$$n = 2 \text{ olduğunda } E_2 = -3,40 \text{ eV}$$

$$n = 3 \text{ olduğunda } E_3 = -1,50 \text{ eV}$$

$$n = 4 \text{ olduğunda } E_4 = -0,8 \text{ eV}$$

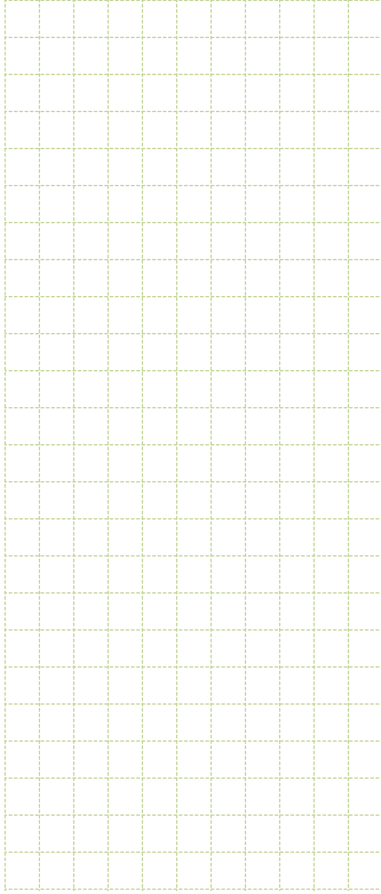
$$n = 5 \text{ olduğunda } E_5 = -0,54 \text{ eV}$$

$$\vdots$$

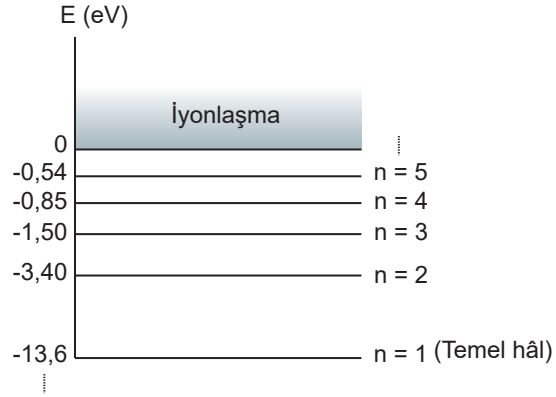
$$n = \infty \text{ olduğunda } E_\infty = 0 \text{ olur.}$$

Elektronun toplam enerjisi 0 olduğundan elektron atomdan koparılabilir.





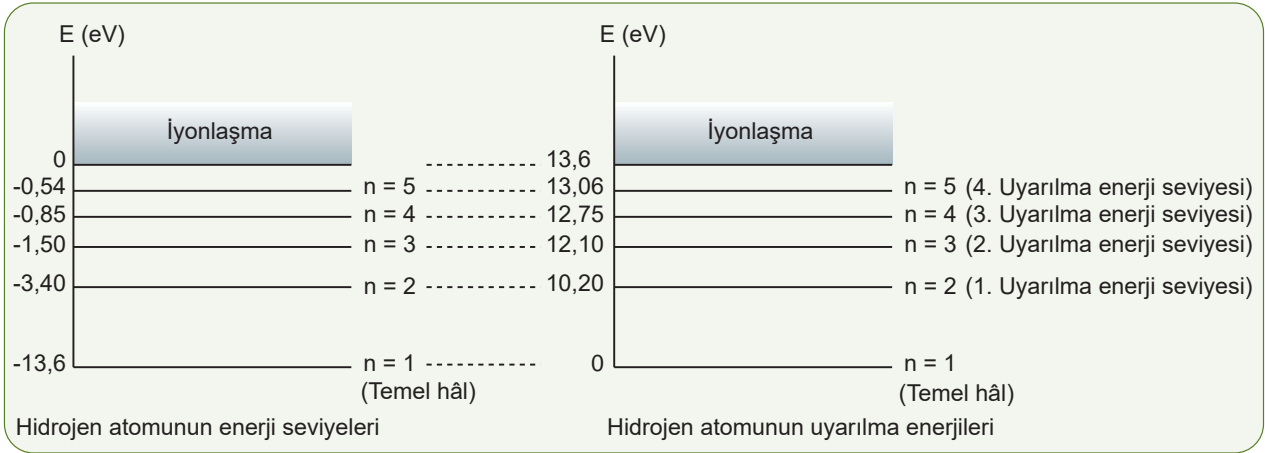
Bulunan bu değerler kullanılarak atomun iç enerji seviyeleri diyagramı elde edilir (Şekil 4.8).



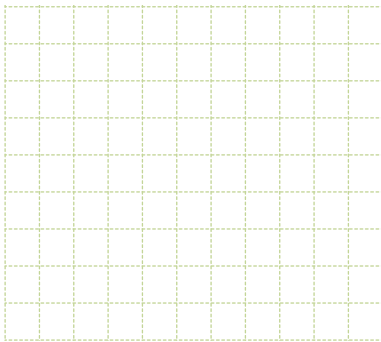
Şekil 4.8: Hidrojen atomunun enerji seviyeleri

Temel hâl ( $n = 1$ ) düzeyindeki elektronun  $n = 2, 3, 4 \dots$  gibi üst yörüngelere çıkması için atoma dışarıdan verilmesi gereken enerjiye **uyarılma enerjisi** denir.

Atomun iç enerji diyagramından yola çıkılarak atomun uyarılması için gerekli enerjiler ve bu enerjileri gösteren diyagram elde edilebilir (Şekil 4.9).



Şekil 4.9: Hidrojen atomunun enerji seviyeleri ile uyarılma enerjileri



Temel hâlde bulunan bir elektronun, bir uyarılma seviyesine çıkabilmesi için dışarıdan enerji alması gerekir. Elektronun alması gereken enerji, bulunan ilk seviye ile çıkılan son seviyenin enerjilerinin farkına eşit olmalıdır. Bu enerji  $\Delta E = E_{\text{Son}} - E_{\text{İlk}}$  bağıntısıyla bulunur. Hidrojen atomunun uyarılma enerjileri Şekil 4.9'daki gibidir.

## Sıra Sizde - 1

- I. Atomun boşluklu yapıda olduğunu ilk kez Rutherford söylemiştir.
- II. Elektronların ışıma yapmadan çekirdek etrafında çekirdeğe düşmeden dolanmasını Bohr açıklayabilmiştir.
- III. Thomson'a göre atom, çekirdeğin içinde yer alan proton ve nötrondan, çekirdeğin çevresindeki yörüngelerde dolanan elektronlardan oluşmuştur.

ifadelerinden hangileri doğrudur?

## Çözüm






## Sıra Sizde - 2

**Bohr Atom Teorisine göre**

- I. Elektronlar çekirdek etrafında ışıma yapmadan dolanmaktadır.
- II. Elektronlar çekirdeğin çevresinde herhangi bir uzaklıktaki yörüngelerde dolanabilir.
- III. Çekirdek etrafında dolanan elektronlar belirli enerji değerlerine sahiptir.

ifadelerinden hangileri doğrudur?

## Çözüm






#### 4.1.2. Atomun Uyarılması

Kararlı bir yörüngede dolanan elektronun yüksek enerji seviyelerine uyarılması, atomların birbiriyle çarpıştırılması, elektron, foton ya da ısıyla sağlanabilir.

##### 1. Atomların Birbiriyle Çarpıştırılarak Uyarılması

Atomlar yüksek basınç ve sıcaklık altında birbirleriyle çarpıştırılarak uyarılabilir. Çarpışma sırasında değişik enerji seviyelerine uyarılan atomların elektronları, foton yayınlayarak tekrar temel hâle geri gelir.

##### Araştırınız



Atom kavramının tarihsel gelişiminde Bohr atom modelinin önemini araştırınız. Araştırma sonucunu arkadaşlarınızla paylaşınız.

## 2. Atomun Elektronla Uyarılması

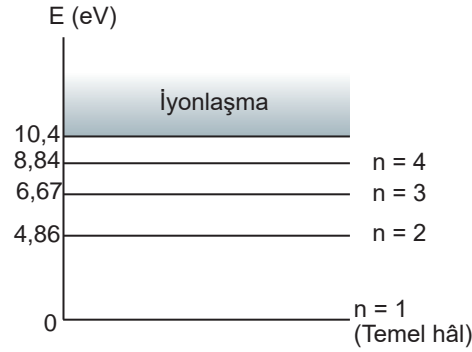
Bir atomun elektronla uyarılabilmesi için gönderilen elektronun kinetik enerjisinin en az 1. uyarılma seviyesinin ( $n = 2$ ) enerjisine eşit veya bu seviyenin enerjisinden büyük olmalıdır. Gönderilen elektronun kinetik enerjisi 1. uyarılma enerji seviyesinin enerjisinden küçükse atomla esnek çarpışma yapar ve atomu uyarmaz.

Yeterince kinetik enerjiye sahip bir elektron birden fazla atomu aynı enerji seviyesinden ya da farklı enerji seviyelerinden uyarabileceği gibi herhangi bir çarpışma yapmadan ya da esnek çarpışmalar yaparak atomları uyarmadan ortamdan ayrılabilir.

Elektronun kinetik enerjisi, atomun iyonlaşma enerjisine eşit ya da iyonlaşma enerjisinden büyükse elektron, atomu uyarabilir, iyonlaştırabilir ya da esnek çarpışma yaparak geldiği enerjiyle atomdan ayrılabilir. Uyarılan atomun elektronu foton yayınlamaya tekrar temel hâle geri döner.

### Sıra Sizde - 3

Enerji diyagramını verilen cıva atomu buharına 10 eV enerjili elektronlar gönderiliyor.



Elektronlar atomdan hangi kinetik enerjilerle ayrılabilir?

### Çözüm

## 3. Atomların Fotonlarla Uyarılması

Bir fotonun temel hâlde bulunan bir elektronunun üst enerji seviyelerinden birine uyarılabilmesi için enerjisinin uyarılacak seviyenin enerjisine eşit olmalıdır. Enerji, seviyelerden birinin enerjisine eşit olmayan foton, atom ile etkileşmez. İyonlaşma enerjisine eşit veya iyonlaşma enerjisinden büyük enerjiye sahip foton, atomdan elektron kopararak atomun iyonlaşmasına neden olur. Atomların foton ile uyarılmasında foton soğurulur ve temel hâldeki elektron, fotonun enerjisinin eşit olduğu seviyeye çıkar. Üst enerji seviyelerine çıkan elektron, foton yayınlamaya tekrar temel hâle geri döner.



#### 4. Atomların Isıyla Uyarılması

Temel hâlde bulunan atomların sıcaklıkları artırıldığında alınan enerjiye karşılık elektronlar üst enerji seviyelerine çıkar. Üst enerji seviyelerine çıkan elektronlar, foton yayınlayarak temel hâle geri döner. Atoma verilen ısı enerjisi miktarına göre temel hâlde bulunan elektronun çıkabileceği üst enerji seviyesi farklılaşır. Bu durumda temel hâle dönerken yayılan fotonların enerjisi yani frekanslarında da farklılaşma olur.

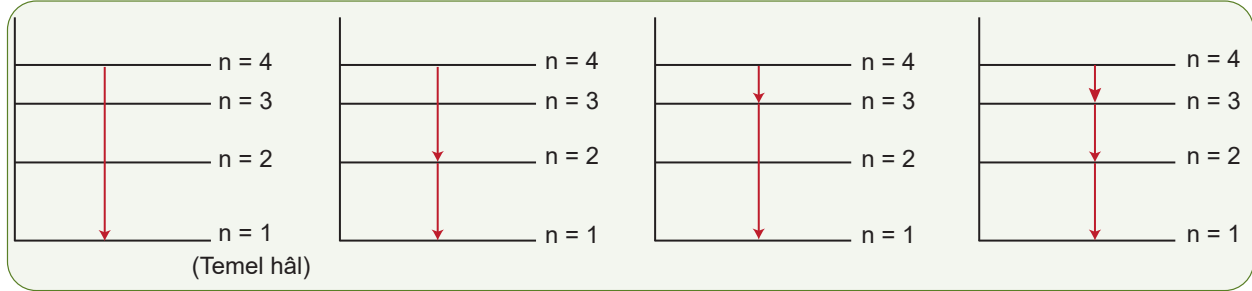
Bir metalin sıcaklığı artırılırken, görünür bölgeden ışığa yapmaya başladığında yayılan ışığın rengi kırmızıdır. Sıcaklık arttıkça farklı seviyelerden de ışığa gözlenebildiği için yayılan fotonların frekansı artar ve ışığın rengi sarı ve maviye doğru kayar.

#### Sıra Sizde - 4

**Bir atomun fotonla veya elektronla uyarılma yolları arasındaki farklar nelerdir? Arkadaşlarınızla tartışınız.**

#### Çözüm

Uyarılmış atomun enerjisi kararsızdır. Alınan enerjiyi, ortalama  $10^{-8}$  s'de foton olarak yayınlanıp (ışığa yapılıp) tekrar temel hâle döner. Üst enerji seviyesinde bulunan elektron temel hâle dönerken ya doğrudan ya da kısa geçişler yapar (Şekil 4.10).



Şekil 4.10: Elektronun temel hâle farklı geçişleri

Elektronun temel hâle dönüşü sırasında yayınladığı fotonun enerjisi, bulunduğu ilk seviyenin enerjisi ( $E_{ilk}$ ) ile geldiği son seviyenin enerjisi ( $E_{son}$ ) arasındaki farka eşittir. Bu durum

$$E_{Foton} = E_{ilk} - E_{son} \text{ şeklinde ifade edilir.}$$

Yayılan fotonun enerjisinin frekansı ile doğru orantılıdır. Bu durumda

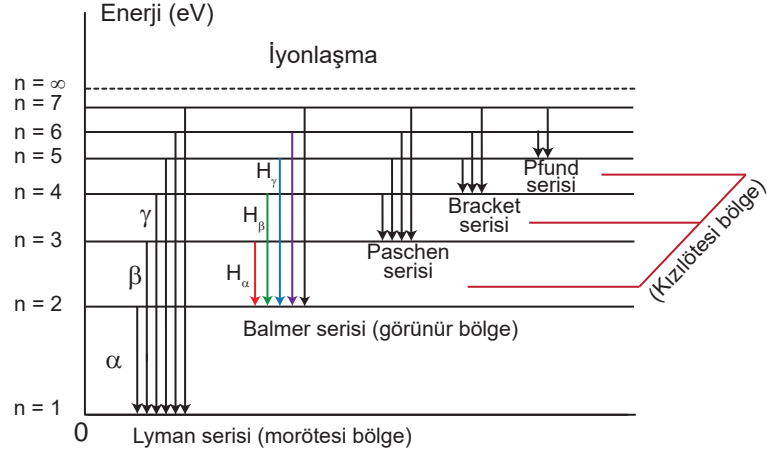
$$E_{Foton} = E_{ilk} - E_{son} = h \cdot f \text{ ifadesiyle yayılan fotonun frekansı bulunabilir.}$$

Uyarılmış bir atomda elektron temel hâle dönerken

$$\frac{n \cdot (n - 1)}{2} \text{ tane farklı ışığa yapabilir.}$$

Denkleimde yer alan  $n$  ifadesi uyarılmış elektronun uyarıldığı enerji düzeyini belirtir.

Uyarılmış bir hidrojen atomunda elektron temel hâle dönerken yapabileceği ışımalar seriler hâlinde gruplandırılır. Oluşturulan serilerin isimleri, bu çizgileri ilk araştıran bilim insanlarının isimlerine atfen verilmiştir (Şekil 4.11).



**Şekil 4.11:** Uyarılmış bir hidrojen atomunda elektronların temel hâle dönerken oluşturduğu seriler

Uyarıldığı seviyeden bir elektron  $n = 1$  seviyesine iniyorsa yapılan ışımaya Lyman serisinde olur. Lyman serisinde yapılan fotonların enerjileri büyük olduğundan elektromanyetik dalga spektrumunun morötesi bölgesine karşılık gelir.

Uyarılmış atomdaki elektronun uyarıldığı seviyeden  $n = 2$  enerji seviyesine yapılan geçişler Balmer serisini oluşturur. Bu seride yayınlanan fotonlar görünür ışık bölgesindedir.

Geçiş yapılan son enerji seviyesi  $n = 3$  olan ışımalar Paschen serisi, son enerji seviyesi  $n = 4$  olan ışımalar Brackett serisi ve son enerji seviyesi  $n = 5$  olan ışımalar Pfund serisi olarak adlandırılır. Bu üç seride de yapılan ışımalar elektromanyetik dalga spektrumunda kızılötesi bölgeye karşılık gelir. Yapılan ışımaların sembolleri Şekil 4.12'de verilmiştir.

### Bohr Atom Modelinin Eksiklikleri

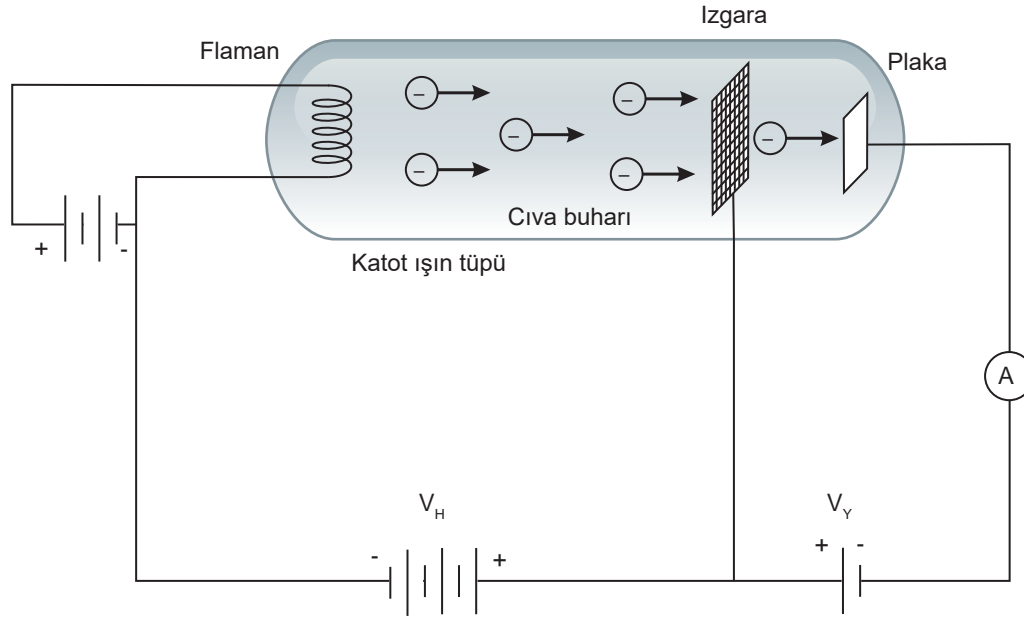
Rutherford atom modelinin açıklayamadığı durumlara açıklık getirilmesine rağmen bu modelde bazı eksiklikler vardır.

- Bohr modeline göre elektronun açısal momentumunun en küçük değeri  $\frac{h}{2\pi}$  dir. Ancak gerçekte açısal momentumun en küçük değeri sıfırdır.
- Bohr modeli atomların kendi aralarında nasıl etkileştiklerini ve bu etkileşimlerin maddenin fiziksel ve kimyasal özelliklerini nasıl etkilediğini açıklayamamıştır.
- Bohr atom modeli, hidrojen ve tek elektrona sahip atomlar için başarı ile uygulanmıştır. Ayrıca tek elektrona sahip iyonlar için de ( $\text{He}^+$ ,  $\text{Li}^{+2}$ ) Bohr atom modeli kullanılabilir. Ancak çok elektronlu atomların özelliklerinin açıklamasında eksik kalmıştır.

- Atom ile ilgili bugünkü bilgilere göre Bohr'un ifade ettiği gibi elektronların dairesel yörüngelerde hareket ettikleri ifadesinin yanlış olduğu görülmüştür.

### Franck-Hertz Deneyi

1914 yılında gerçekleştirilen Franck-Hertz deneyi ile atomların enerji seviyelerinin kesikli olduğu kanıtlanmıştır. Bu deneyle elektronların belirli enerji seviyelerinde bulunduğu gösterilmiş ve Bohr atom modeli desteklenmiştir.

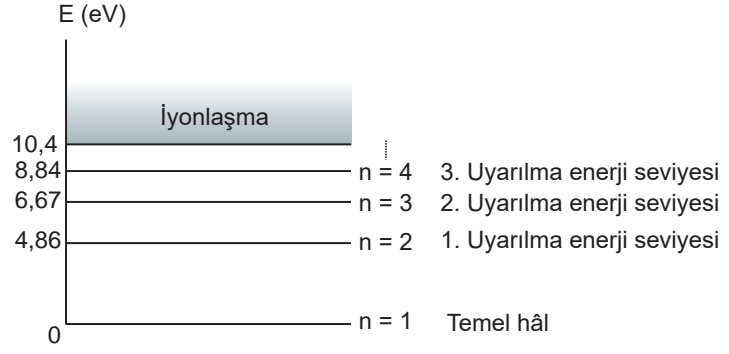
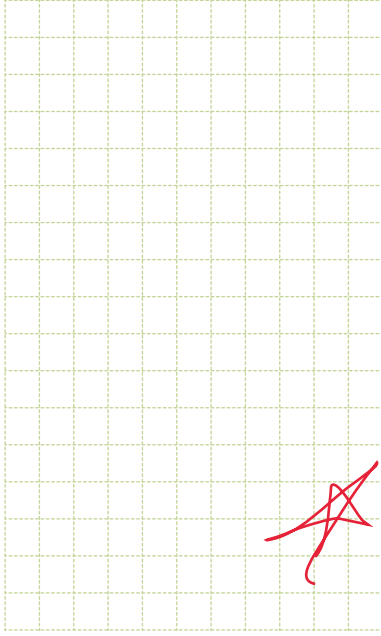


Şekil 4.12: Franck-Hertz deney tüpünün şematik gösterimi

Franck-Hertz deney düzeneğinde (Şekil: 4.12) katot ışını tüpü, düşük basınçlı cıva buharı ile doludur. Düzenek tüpün bir ucunda ısıtıldığında elektron saçan bir flaman ile diğer ucun yüzeyinde oluşan elektronları toplayan metal plakadan oluşur. Bu ikisinin arasına elektronları hızlandırmak için bir ızgara yerleştirilmiştir. Flaman ve ızgara arasında uygulanan  $V_H$  hızlandırıcı gerilim sayesinde oluşan elektrik alan etkisinde flamandan ayrılan bir elektron hızlanarak ızgaradan geçer. Izgarayı geçen elektronlar yavaşlatıcı gerilim altında yavaşlayarak plakaya ulaşır ve akım oluşur.

Hızlandırıcı potansiyel farkı artırıldığında ampermetreden okunan akım şiddeti artar. Ancak hızlandırıcı potansiyel farkı yaklaşık 4,9 eV değerine ulaştığında artması beklenen akımda düşüş meydana gelir. Bunun nedeni cıva buharı içerisinde hareket eden elektronların cıva atomları ile esnek olmayan çarpışma yapıp atomları uyardıkları sonucunda kinetik enerjilerinin bir kısmını kaybetmeleridir. Akımda meydana gelen düşüşün hızlandırıcı potansiyel farkı arttıkça tekrarlandığı görülür. Bu da atomun her seviyedeki enerjiyi değil, belli değerlere karşılık gelen enerjileri aldığını gösterir.





Şekil 4.13: Cıva atomunun enerji seviyeleri

Yapılan deney sonucunda cıva atomunun soğurduğu enerji miktarları hesaplanmış ve cıva atomuna ait enerji seviyeleri Şekil 4.13'teki gibi belirlenmiştir. Deney başka maddeler için de tekrarlanmış ve bütün atomların enerji seviyelerinin kesikli olduğu ve atomun cinsine bağlı olarak farklılaştığı kanıtlanmıştır.

## Örnek

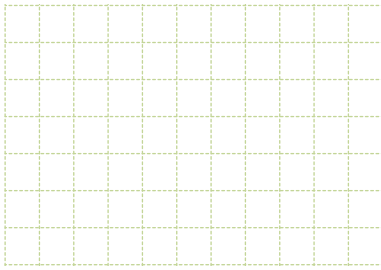
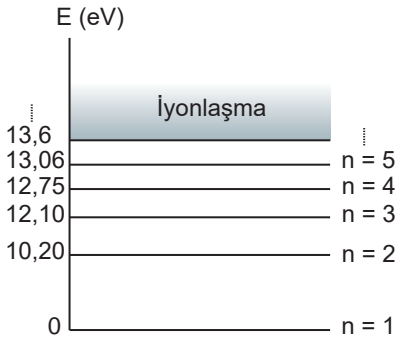
Hidrojen atomunun enerji seviyeleri verilmiştir.

## Buna göre

- I. 12 eV enerjili foton ile
- II. 12 eV enerjili elektron ile
- III. 13,06 eV enerjili foton ile

## hangileriyle hidrojen atomu uyarılabilir?

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



## Çözüm

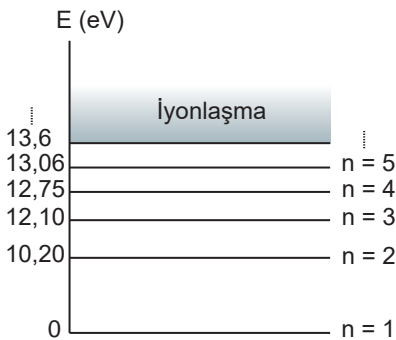
Fotonların enerjisinin enerji seviyelerinden birine eşit olması gerekir. Bu nedenle I yanlış, III doğru olur. Elektronun atomu uyarabilmesi için enerjisinin 1. uyarılma seviyesine eşit veya bu seviyeden büyük olması gerekir. Bu nedenle II de doğrudur. Doğru cevap D seçeneğidir.

## Örnek

Enerji seviyeleri verilen hidrojen atomu 12,75 eV enerjili foton ile uyarılmaktadır.

Buna göre elektron temel hâle dönerken yapılan ışımanın enerjisi hangisi olamaz?

- A) 0,65 eV      B) 1,90 eV      C) 2,55 eV  
D) 5,20 eV      E) 10,20 eV



## Çözüm

12,75 enerjili foton soğurulur ve temel hâlde bulunan elektron  $n = 4$  seviyesine çıkar. Elektron temel hâle dönerken

$n = 4$  ten  $n = 3$  e inerse  $12,75 - 12,10 = 0,65$  eV enerjili foton yayar.

$n = 3$  ten  $n = 2$  ye inerse  $12,10 - 10,20 = 1,90$  eV enerjili foton yayar.

$n = 4$  ten  $n = 2$  ye inerse  $12,75 - 10,20 = 2,55$  eV enerjili foton yayar.

$n = 2$  den  $n = 1$  e inerse  $10,20 - 0 = 10,20$  eV enerjili foton yayar.

Doğru cevap D seçeneğidir.

## Örnek

Enerji seviyeleri verilen hidrojen atomu 12,75 eV enerjili foton ile uyarılıyor.

**Buna göre elektron temel hâle dönerken Lyman serisine ait kaç ışığa gözlenebilir?**

- A) 1                      B) 2                      C) 3                      D) 4                      E) 5

## Çözüm

Hidrojen atomu 12,75 eV enerjili foton ile uyarıldığından temel hâldeki elektron  $n = 4$  enerji seviyesine çıkar. Lyman serisi son yörüngesi  $n = 1$  olan ışımalarıdır. Bu durumda  $n = 4$  ten  $n = 1$  e,  $n = 3$  ten  $n = 1$  e ve  $n = 2$  den  $n = 1$  e yapılacak ışımalar Lyman serisindedir. Doğru cevap C seçeneğidir.

## Sıra Sizde - 5

## Bohr atom teorisi

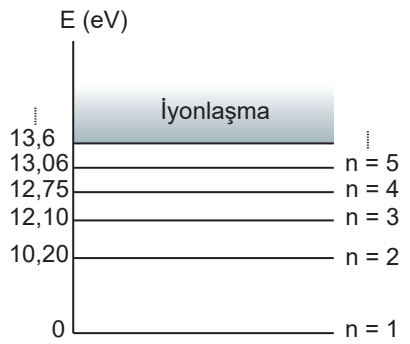
- I. Elektronun sahip olduğu açısal momentumun en küçük değerinin sıfır olması
- II. Çok elektronlu atomların özelliklerinin açıklanması
- III. Elektronların yörünge yarıçaplarının kesikli değerlere sahip olması

verilen ifadelerden hangilerini açıklayamaz?

## Çözüm

Empty grid for the solution of the example question.

Empty grid for the solution of the example question.

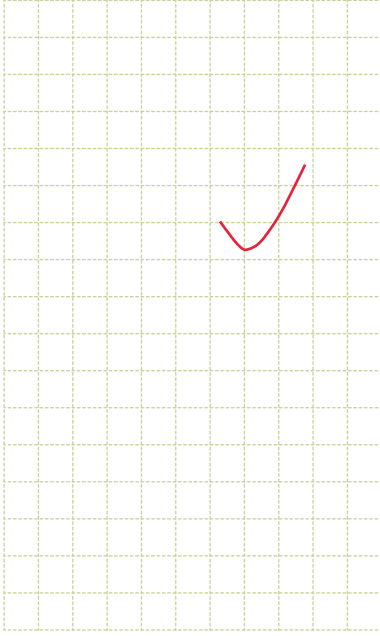


Empty grid for the solution of the example question.

## Sıra Sizde - 6

Atomların uyarılma yollarını kısaca açıklayınız?

## Çözüm



Görse 4.3: Erwin Schrödinger



Görse 4.4: Werner Heisenberg

## 4.1.3. Modern Atom Teorisi

Bohr atom modeli, yetersizliklerine rağmen klasik mekanikten kuantum mekaniğine geçişte önemli adımlar atılmasını sağlamıştır. 1925 yılından sonra Schrödinger ve Heisenberg gibi önemli bilim insanlarının katkılarıyla kuantum mekaniği teorisi geliştirilmiş ve Bohr atom modelinin yetersizlikleri ortadan kaldırılmıştır.

Kuantum mekaniği, atom ölçeğinde madde ve ışığın özelliklerini açıklayan parçacık ve dalga modelini birleştiren bir fizik dalıdır.

1923 yılında Louis de Broglie, hazırladığı doktora tezinde ışığı oluşturan fotonların hem parçacık hem de dalga özelliğine sahip olduğundan maddesel parçacıkların da dalga özelliğine sahip olabileceğini belirtmiştir.

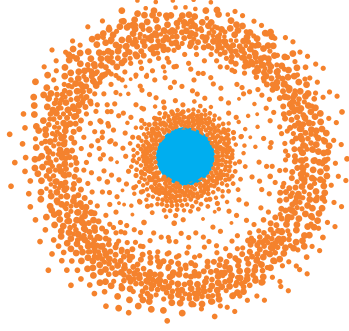
Avusturyalı Fizikçi Erwin Schrödinger (Erwin Şördinger, 1887-1961) (Görse 4.3) 1926 yılında bir dalga denklemi oluşturmuştur. Bu denklem, madde dalgalarının uzay ve zaman içindeki değişimini açıklayarak kuantum mekaniği teorisinin gelişmesine önemli katkıda bulunmuştur. Schrödinger'in oluşturduğu denklem Broglie tarafından ortaya konan parçacıkların dalga yapısına da uygundur.

Max Born (Maks Born), 1926 yılında Louis de Broglie dalgalarının fiziksel bir dalga olmadığını, bir **olasılık dalgası** olarak yorumlanması gerektiği düşüncesini ortaya atmıştır. Buna göre parçacıklar, de Broglie dalgasının bulunduğu her yerde bulunur. Dalganın güçlü olduğu yerlerde yüksek, zayıf olduğu yerlerde de düşük olasılıkla bulunur. Bu sebeple parçacığın konumu doğal bir belirsizlik taşır. Max Born, bu çalışmalarından dolayı 1954 yılında Nobel Ödülü'nü kazanmıştır.

Dalga karakterine sahip küçük parçacıkların konumunun belirlenmesine yönelik Alman Fizikçi Werner Heisenberg (1901-1976) (Görse 4.4) tarafından bir ilke ortaya konmuştur. Heisenberg Belirsizlik İlkesi olarak bilinen ifadeye göre "Bir parçacığın konumunun ve momentumunun aynı anda ve kusursuz olarak ölçülmesi mümkün değildir."

Klasik fizikte hassas yöntemlerle bir cismin hem konumunun hem de momentumunun kusursuz olarak ölçülmesinde bir engel yoktur.

Modern atom teorisinde elektron yörüngelerinden bahsedilmez. Elektronun yeri tam olarak bilinmemesine karşın elektronun belli bir zaman aralığında nerede bulunabileceği olasılığı açıklanabilir (Şekil 4.14). Modern atom teorisinde yörünge yerine atom orbitali terimi kullanılır. Orbitaler elektronların bulunma ihtimalinin yüksek olduğu bölgelerdir.



Şekil 4.14: Hidrojen atomunun  $n = 2$  durumu için elektronun bulunma olasılığını gösteren noktalı grafik

Hidrojen atomu için Schrödinger denklemi çözümünde elektronların bulunabileceği enerji düzeyleri ve buna karşılık gelen dalga fonksiyonları üç kuantum sayısı ile gösterilir. Bu sayılar elektronların atomdaki dağılımlarını açıklar. Baş kuantum sayısı, açısal momentum kuantum sayısı ve manyetik kuantum sayısı atom orbitallerinin ve bu orbitallerde yer alan elektronların belirlenmesinde kullanılır. Ancak bazı gaz atomlarının spektrum çizgilerinde görülen alışılmadık dışındaki bir görünümü açıklamak için dördüncü bir kuantum sayısına ihtiyaç duyulmaktadır. Spin kuantum sayısı olarak bilinen dördüncü kuantum sayısı ile elektronların davranışı açıklanır.

Atomdaki elektronların dağılımı ve bulunabileceği enerji düzeyi dört tane kuantum sayısı ile ifade edilir. Kuantum sayıları;

1. **Baş kuantum sayısı (n):** Elektronun ait olduğu kabuğu ya da enerji seviyesini belirtir. Yörünge numarası olarak da bilinir.
2. **Açısal momentum kuantum sayısı ( $\ell$ ):** Elektron bulutlarının şekillerini ve şekil farkı nedeni ile enerji seviyelerinde nasıl ayrılmanın olabileceğini belirtmek için kullanılan kuantum sayısıdır.
3. **Manyetik kuantum sayısı ( $m_\ell$ ):** Manyetik alan etkisinde kalan orbitallerin uzaydaki yönelim biçimini belirlemek için kullanılır.
4. **Spin kuantum sayısı ( $m_s$ ):** Elektronların çekirdek etrafında dönerken aynı zamanda kendi eksenleri etrafında da döndüğünü belirlemek için kullanılır.

1925 yılında Wolfgang Pauli (Volfgein Pavli, 1900-1958) elektronların kuantum sayılarıyla ilgili çok önemli bir ilkeyi ortaya koymuştur. Pauli dışlama ilkesi olarak bilinen bu ilkeye göre aynı yerde, aynı anda iki elektron bulunamaz.

#### Araştırınız

Bohr atom modeli ile modern atom teorisini karşılaştırarak modern atom teorisinin önemini ve nükleer fiziğe katkılarını araştırınız. Araştırma sonucunu arkadaşlarınızla paylaşınız.





# 2. BÖLÜM

# BÜYÜK PATLAMA VE EVRENİN OLUŞUMU

## Konular

- 4.2.1. Büyük Patlama Teorisi
- 4.2.2. Atom Altı Parçacıklar ve Temel Özellikleri
- 4.2.3. Madde Oluşum Süreci

## Anahtar Kavramlar

- Büyük patlama
- Alt parçacık
- Antimadde

- Evrenin bugünkü şekilde olmasında en etkili temel kuvvet hangisidir?
- Proton, nötron ve elektrondan başlayarak maddenin oluşum süreci nasıldır?

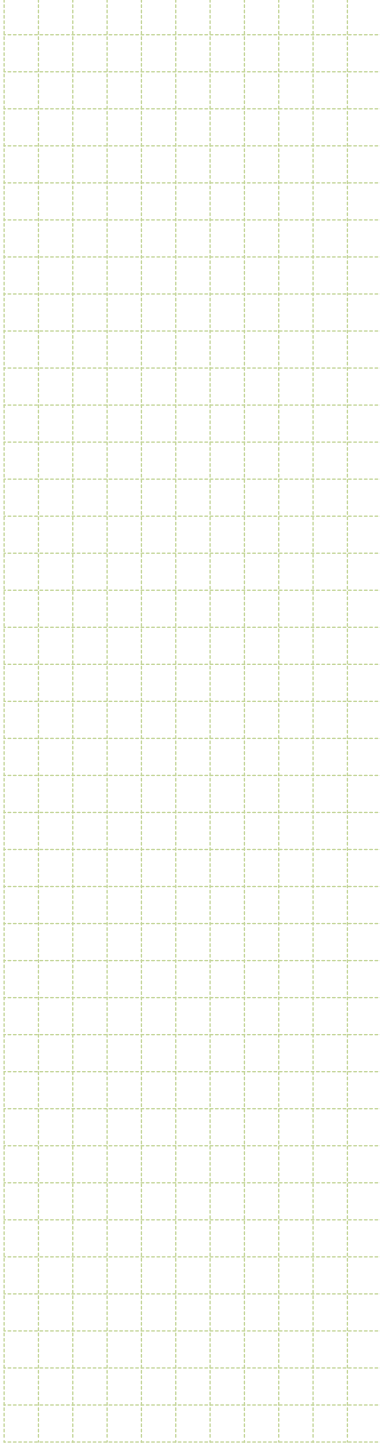
Bu bölümde evrenin oluşumu ve geleceğiyle ilgili farklı teorilerin de olduğu ifade edilerek büyük patlama teorisini destekleyen bilimsel çalışmalardan bahsedilerek Hubble Yasası'na değinilecektir.

Atom altı parçacıkları standart model çerçevesinde tanımlanarak açıklanacaktır.

Atom altı parçacıklardan başlayarak maddenin oluşumunun modellenmesi sağlanarak Higgs bozonuna kısaca değinilecektir.

## Araştırınız

Büyük patlama teorisini, bu teoriyi destekleyen bilimsel çalışmalarını araştırınız ve araştırma sonuçları hakkında rapor hazırlayınız. Hazırladığınız bu raporu arkadaşlarınızla paylaşınız.

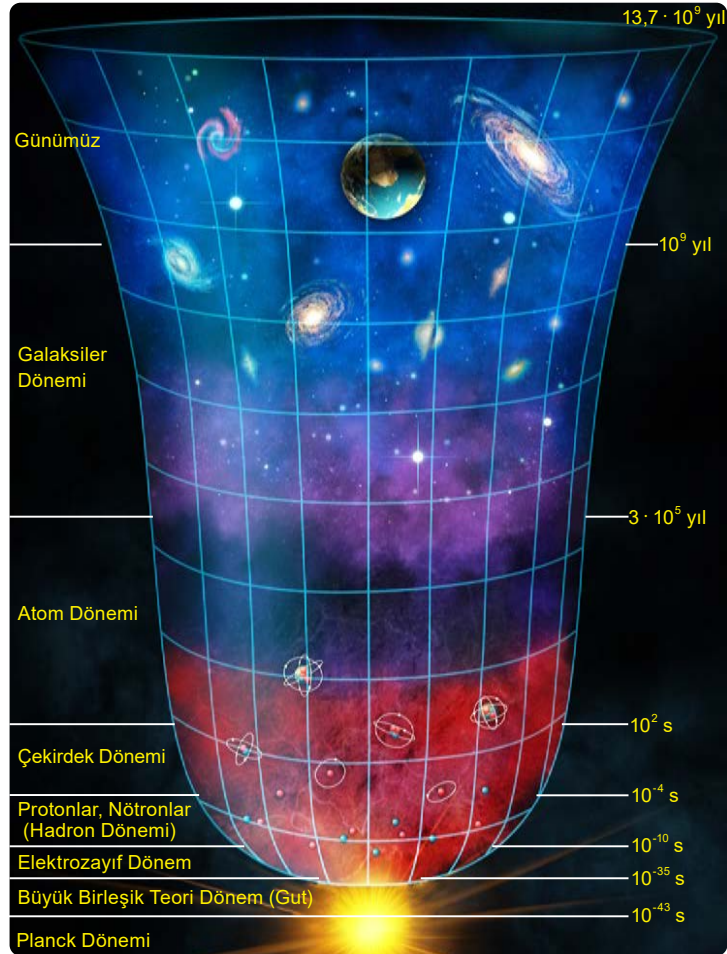


## 4.2.1. Büyük Patlama Teorisi

Dünya'yı evrenin merkezine yerleştirerek evreni Güneş, çevresindeki gezegenler ve görülebilen yıldızlar olarak kabul eden görüşler 21. yüzyıldan itibaren değişmeye başlamıştır.

Hubble, 1929 yılında yaptığı gözlem ve çalışmalar sonucunda galaksilerden gelen ışığın dalga boyundaki artış (kırmızıya kayma) ile galaksilerin Dünya'ya olan uzaklıkları arasında bir ilişki bulmuştur. Hubble Yasası olarak bilinen bu ilişkiye göre galaksiler birbirinden uzaklaşmakta ve evren her yönde genişlemektedir. Ancak galaksilerde genişleme olmaz.

Evrenin belirli bir noktadan dışarıya doğru genişlediği düşüncesinden yola çıkılarak bir başlangıcının olması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Büyük patlama teorisine göre evrenin bir başlangıcı vardır. Bu başlangıçta ne madde ne uzay ne zaman ne de boşluk bulunmaktadır. Bu hiçlik içerisinde bulunan neredeyse nokta kadar bir büyüklükte ve Güneş'in çekirdeğinden trilyonlarca kat daha sıcak olan saf enerji bundan yaklaşık 13,7 milyar yıl önce henüz bilinmeyen bir nedenle bir anda genişleyerek şişmeye ve soğumaya başlamıştır. Evrenin büyük patlamadan günümüze kadar geçen sürede gelişimi Görsel 4.8'de verilmiştir.



Görsel 4.8: Evrenin büyük patlamadan günümüze kadarki gelişimi



Evrenin oluşumu ve geleceğiyle ilgili farklı teoriler de bulunmaktadır. Bu teorilerden bazıları süper simetri, süper kütle çekimi, süper sicim, süper zar ve M kuramıdır. M kuramı "Her şeyin" bileşik kuram olma yolunda en ümit verenidir.

Evrenin varoluş sürecini ortaya koymaya çalışan teoriler gibi yok olma sürecini anlatan büyük donma, büyük çöküş, büyük değişim, büyük parçalanma teorileri de ortaya atılmıştır.

### Sıra Sizde - 9

#### Büyük patlama teorisine göre

- I. Evrenin bir başlangıcı vardır.
- II. Başlangıçta her şey saf enerji halindedir.
- III. Evren genişlemektedir.

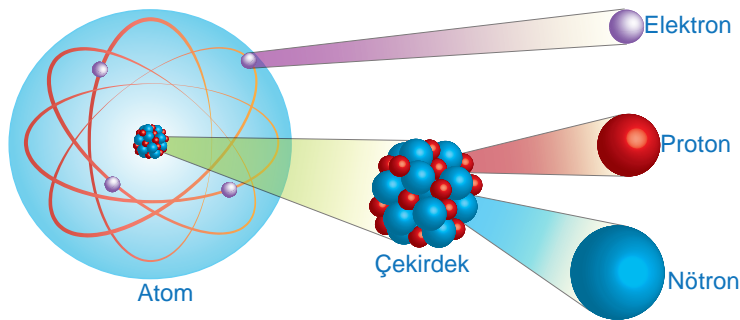
ifadelerinden hangileri doğrudur?

#### Çözüm

Çözüm alanı için boşluk bırakınız.

### 4.2.2. Atom Altı Parçacıklar ve Temel Özellikleri

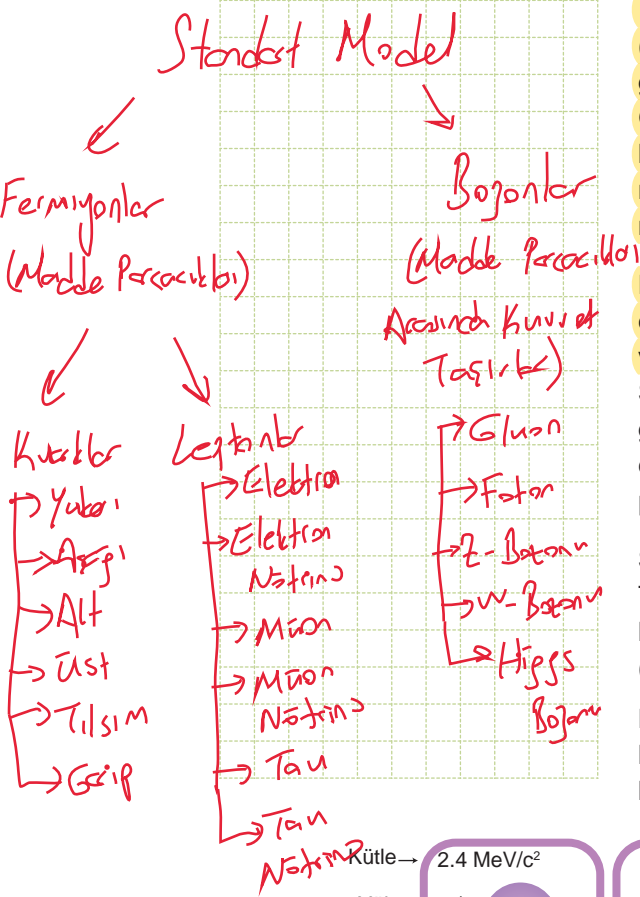
İnsanoğlu tarih boyunca çevresinde gördüğü olayları anlamaya çalışmış, bunun için de gördüğü nesnelere sürekli incelemiştir. Bu sayede 21. yüzyılın ilk yarısı geçilmeden elektron, proton ve nötron keşfedilmiştir. Uzun bir süre elektron, proton ve nötron atomun temel yapı taşları kabul edilmiştir (Şekil 4.15). Ancak çok geçmeden bunların atomun temel yapı taşları olmadığı anlaşılmıştır. Yapılan saçılma deneylerinde atomun yapısında proton ve nötrondan daha küçük parçacıkların da olduğu tespit edilmiş ve bu parçacıklara **atom altı parçacık** adı verilmiştir. İlerleyen süreçte birçok yeni parçacık daha keşfedilmiştir.



Şekil 4.15: Atomun yapısında bulunan proton, nötron ve elektron gösterimi

#### Hatırlatma

Yapılan araştırmalarda evrenin yaklaşık %4 ünün maddeden, %26 sının karanlık maddeden, %70 inin ise karanlık enerji olarak adlandırılan enerji formundan oluştuğu tespit edilmiştir.



1964 yılında Murray Gell-Mann (Muri Gilman) ve George Zwig (Corc Zwig) proton ve nötronun maddenin temel yapı taşları olmadığını, yapı taşlarını kuark ve antikuarkların oluşturduğunu ifade etmiştir. Gell-Mann ve Zwig'in bu görüşüne kuark modeli adı verilmiştir. Kuarkların varlığını ispatlamak için 1967-1973 yılları arasında Stanford Doğrusal Hızlandırıcı Merkezi'nde hızlandırılan elektronlar, proton ve nötron ile çarpıştırılarak parçacıkların iç yapıları keşfedilmeye çalışılmıştır.

Parçacık fiziğinde temel parçacıkları ve bu parçacıkların aralarındaki etkileşimlerinde etkili olan güçlü nükleer kuvvet, zayıf nükleer kuvvet ve elektromanyetik kuvveti açıklayan modele **standart model** denir. Standart model altında parçacıklar, fermiyonlar ve bozonlar diye iki gruba ayrılır. Fermiyonlar madde parçacıkları, bozonlar da bu parçacıklar arasında meydana gelen etkileşimlere aracılık eden kuvvet parçacıklarıdır.

Standart modelin öngörülerinin ispatlanması uzun zaman almıştır. Thomson'ın elektronu keşfiyle başlayan süreç 2012 yılında büyük hadron çarpıştırıcısında modelin son parçacığı olan Higgs bozonunun (Higgs bozonu) keşfine kadar devam etmiştir.

Basitçe ifade etmek gerekirse evren, 6 çeşit kuark, 6 çeşit lepton ve kuvvet taşıyıcıları olan bozonlardan oluşur. Evrende bulunan kuarklar, leptonlar ve bunlara ait kuvvet taşıyıcıları Şekil 4.16'da verilmiştir.

	Kütle →	Yük →					
FERMİYONLAR	KUARKLAR	2.4 MeV/c <sup>2</sup>	+2/3	<b>u</b>	yukarı	BOZONLAR	
		1.27 GeV/c <sup>2</sup>	+2/3	<b>c</b>	tılsım		
		171.2 GeV/c <sup>2</sup>	+2/3	<b>t</b>	üst		
	4.8 MeV/c <sup>2</sup>	-1/3	<b>d</b>	aşağı	<b>g</b>		gluon
	95 MeV/c <sup>2</sup>	-1/3	<b>s</b>	gariş	<b>γ</b>		foton
	4.18 GeV/c <sup>2</sup>	-1/3	<b>b</b>	alt	<b>H</b>		Higgs bozonu
LEPTONLAR	0.511 MeV/c <sup>2</sup>	-1	<b>e</b>	elektron	BOZONLAR		
	< 105.7 MeV/c <sup>2</sup>	-1	<b>μ</b>	müon			
	< 1.777 GeV/c <sup>2</sup>	-1	<b>τ</b>	tau			
	< 2,2 eV/c <sup>2</sup>	0	<b>ν<sub>e</sub></b>	elektron nötrino		<b>Z</b>	Z bozonu
< 0,17 MeV/c <sup>2</sup>	0	<b>ν<sub>μ</sub></b>	müon nötrino	<b>W</b>	W bozonu		
< 15,5 MeV/c <sup>2</sup>	0	<b>ν<sub>τ</sub></b>	tau nötrino				

Şekil 4.16: Kuark, lepton ve bozonlara ait bazı özellikler

### a) Kuvvet Taşıyıcı Parçacıklar (Bozonlar)

Parçacıklar arasında etkileşmeyi sağlayan dört temel kuvvet ve kuvvet taşıyıcıları vardır. Fermiyon parçacıkları ile etkileşen kuvvet taşıyıcıları

(alan) parçacıklara **bozon** adı verilir. Dalda duran bir elma, taş atılarak düşürülmek istendiğinde taş, elmanın bulunduğu dala çarpar ve düşmesine neden olur. Bu durumda taşa uygulanan kuvvet, elmaya taş tarafından iletilmiş gibi düşünülebilir. Kuvveti uygulayanla elma arasındaki etkileşimi sağlayan atılan taştır. Günlük hayatta karşılaşılan bu duruma benzer bir etkileşim madde parçacıkları (fermionlar) ile kuvvet taşıyıcı etkileşim (alan) parçacığı olan bozonlar arasında gerçekleşmektedir. Bozonlar kendi içlerinde dört gruba ayrılır. Standart modelde her kuvvetin kendine özgü iki çeşit parçacığı vardır. Kuarklar ve leptonlar, kuvvet taşıyıcı parçacıklar olan bozonlar aracılığıyla etkileşime girerek evrendeki görünür maddenin tümünü oluşturur.

## b) Kuarklar

Kuarkların varlığı 1960 yılında matematiksel olarak öngörülmüş ancak varlığı 1969-1995 yılları arasında da deneysel olarak kanıtlanmıştır.

Standart modelde altı çeşit kuark vardır. Kuarklar

yukarı (u) - aşağı (d)

tılsım (c) - acaip (s)

üst (t) - alt (b) gibi çiftler hâlinde anılır.

Doğada her parçacığın bir antiparçacığı bulunduğu gibi kuarkların antiparçacıkları da antikuarklarıdır. Parçacık-antiparçacık çiftinde olduğu gibi bir kuarkla o kuarkın antikuarkı aynı kütle ve yüke sahiptir, ancak yüklerinin işareti zıttır. Antiparçacıklar, parçacığın sembolü üzerine çizilen bir çizgi ile gösterilir (Şekil 4.17).

## Hadronlar (Kuark Ailesi)

Kuarklar, güçlü kuvvet etkisiyle ikili veya üçlü gruplar hâlinde bir araya gelerek hadronları oluşturur. Hadronlar, baryonlar ve mezonlar olmak üzere iki gruba ayrılır (Şekil 4.18: a, b).

## Baryonlar

Üç kuarkın güçlü etkileşimle birbirine bağlanarak oluşturduğu parçacıklara **baryon** adı verilir. Baryonların kütlesi, bu ailenin en hafif parçacığı olan protonun kütlesinden daha büyüktür. Proton ve nötronlar üç kuarktan oluşan birer baryondur (Şekil 4.19).

## Mezonlar

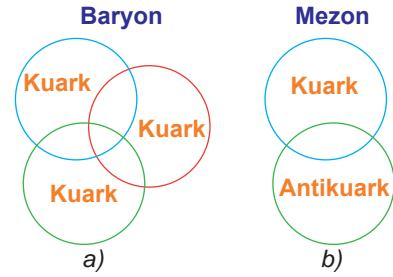
Bir kuarkla bir karşıt kuarktan oluşan parçacıklara **mezon** adı verilir. Mezonlar, baryonlardan daha küçük kütleli parçacıklardır. Mezonlar genelde çok kararsızdır ve hızla diğer parçacıklara bozunur (Şekil 4.20).

## c) Leptonlar

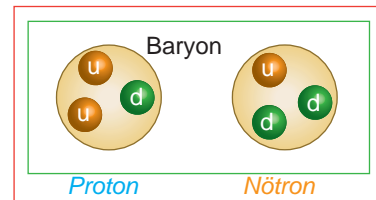
Doğada serbest hâlde bulunan fermiyonlara lepton denir. Bu gruba giren parçacıkların en bilinen örneği elektrondur. Lepton kelimesi Yunancadaki "leptos" kelimesinden türetilmiştir. İnce, zarif, hafif, küçük anlamlarına gelir. Leptonlar hadronlardan daha hafiftir.

Nesil	1	2	3
Kuarklar	u yukarı	c tılsım	t üst
	d aşağı	s acaip	b alt
Antikuarklar	$\bar{u}$ antiyukarı	$\bar{c}$ antitılsım	$\bar{t}$ antiüst
	$\bar{d}$ antiaşağı	$\bar{s}$ antiacaip	$\bar{b}$ antialt

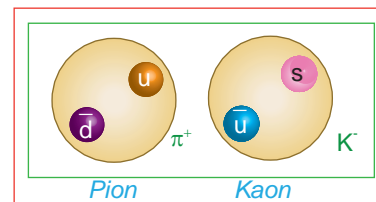
Şekil 4.17: Kuarklar ve antikuarklar



Şekil 4.18: a) Baryonların oluşum modeli b) Mezon oluşum modeli



Şekil 4.19: Proton ve nötronların kuark yapısı modelleri



Şekil 4.20: Pion ve kaon mezonlarının kuark yapısı modelleri



## Sıra Sizde - 10

## Atom altı parçacık aileleriyle ilgili

- I. Kuarklar ve leptonlar temel parçacıklardır.
- II. Mezonlar ve baryonlar hadronları oluşturur.
- III. Kuvvet taşıyıcı parçacıklar bozon olarak adlandırılır.

## yargılarından hangileri doğrudur?

## Çözüm

## Temel Kuvvetler

Doğada bilinen dört çeşit temel kuvvet vardır.

- Kütle çekim kuvveti
- Güçlü çekirdek kuvveti (Yeğin kuvvet)
- Zayıf çekirdek kuvveti
- Elektromanyetik kuvvet

## Kütle Çekim (Gravitasyonel) Kuvveti

Kütle çekim kuvveti, kütleli tüm parçacıkların birbirini çekmesinden sorumludur. Kütleler arasındaki çekim kuvvetinin iletilmesine **graviton** adı verilen parçacıklar aracılık eder. Ancak gravitonlar deneysel olarak hâlen gözlenememiştir. Bu kuvvet büyük kütlelerin olduğu yerlerde çok etkili olmasına karşın temel parçacıklar üzerindeki etkisi ihmal edilebilecek kadar küçüktür. Uzun menzilli kuvvettir.

## Güçlü Çekirdek Kuvveti

Güçlü (yeğin) çekirdek kuvveti çekirdek boyutunda etkili, şiddeti en büyük kuvvettir. Protonlar arasındaki elektromanyetik itme kuvvetinden çok daha şiddetli olan bu kuvvet, çekirdeğin dağılmasını engeller. Bu kuvvetin iletimini sağlayan parçacıklara **gluon** adı verilir. Menzili kısadır. Temel kuvvetler arasında en güçlü olanıdır.

## Zayıf Çekirdek Kuvveti

Kararsız çekirdeklerin bozulmasından nötrinoların ve diğer lepton türlerinin çekirdek ile etkileşimlerinden sorumlu kuvvettir. Kısa menzilli olan bu kuvvetin taşıyıcıları W ve Z bozonlarıdır. Şiddeti, güçlü nükleer kuvvetlerin milyarda biri kadardır.

## Elektromanyetik Kuvvet

Kütle çekim kuvveti gibi uzun menzilli bir kuvvettir. Elektromanyetik kuvvet, yüklü parçacıklar arasındaki Coulomb Kuvveti, mıknatıslar arasında da elektromanyetik kuvvet olarak kendini gösterir. Bu kuvvetin taşıyıcı parçacıkları fotonlardır.

Abdus Salam (Abdus Selam), Sheldon Lee Glashow (Şeldin Li Glaşov) ve Steven Weinberg'in (Stivin Veinberg) elektromanyetik ve zayıf kuvvetin birleşik bir kuvvet görünümünde olduğunu keşfetmeleri üzerine Nobel ödülünü almışlardır.

### Sıra Sizde - 11

#### Temel kuvvetlerle ilgili

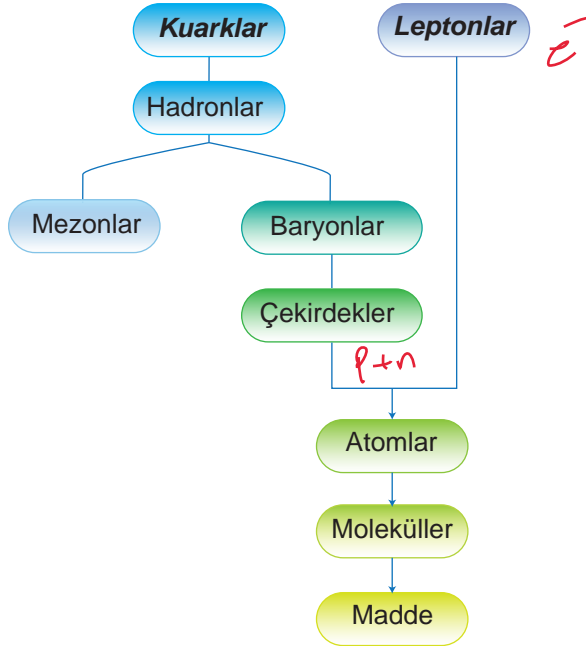
- I. Temas gerektirmeyen kuvvetlerdir.
- II. Uzun menzilli kuvvetlerdir.
- III. Atomun çekirdeğinin dağılmasını engelleyen kuvvet güçlü nükleer kuvvettir.

verilenlerden hangileri kesinlikle doğrudur?

Çözüm

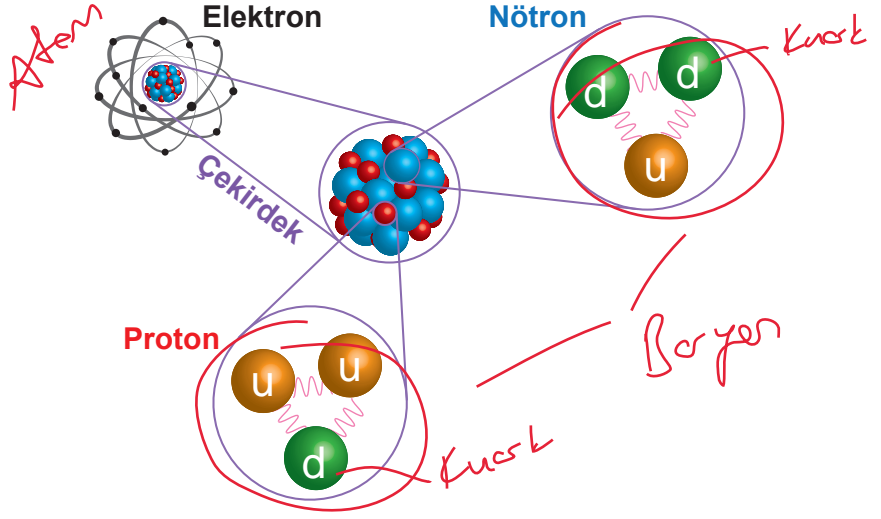
### 4.2.3. Madde Oluşum Süreci

Maddeyi oluşturan yapı taşları ve bu yapı taşlarının maddeyi oluşturma süreci Şekil 4.21'de verilmiştir. Parçacık ailesi iki ana yapıdan oluşur. Bozonlar, atomu oluşturan parçacıkları bir arada tutan kuvvet taşıyıcılarıdır. Fermiyonlar ise maddeyi oluşturan yapı taşlarıdır. Fermiyon ailesi kuarklar ve leptonlar olarak ikiye ayrılır.



Şekil 4.21: Madde oluşum süreci

Maddeyi oluşturan atomların oluşum basamakları Şekil 4.22'de verilmiştir.

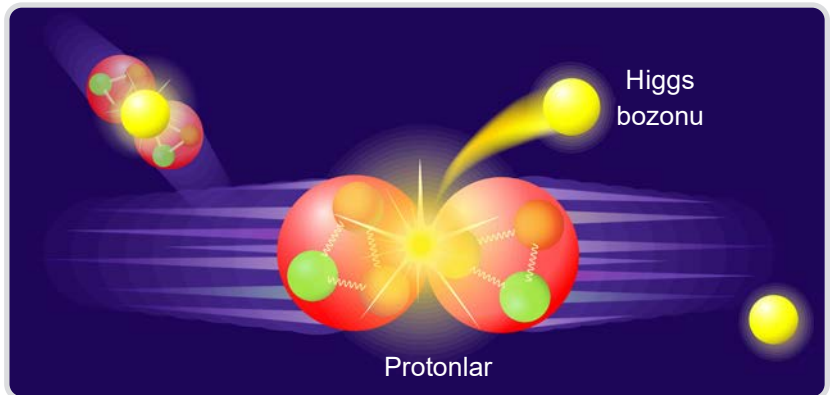


Şekil 4.22: Atomun yapısında bulunan temel parçacıklar

Doğada her çeşit madde, **fermion** adı verilen parçacıkların bozonlar aracılığı ile bir araya gelmesinden oluşmuştur. Kuarkların farklı şekillerde bir araya gelmesiyle oluşan atom altı yapılara **hadronlar** denir. Hadronlar, kendi içinde kütle büyüklüklerine göre mezonlar ve baryonlar olarak iki gruba ayrılır. Baryon üyesi olan proton ve nötronlar bir araya gelerek atomun çekirdeğini, atom çekirdeği lepton üyesi olan elektronlarla bir araya gelerek atomu, atomlar bir araya gelerek molekülleri, moleküller de bir araya gelerek maddeyi oluşturur.

### Kütle ve Higgs Bozonu

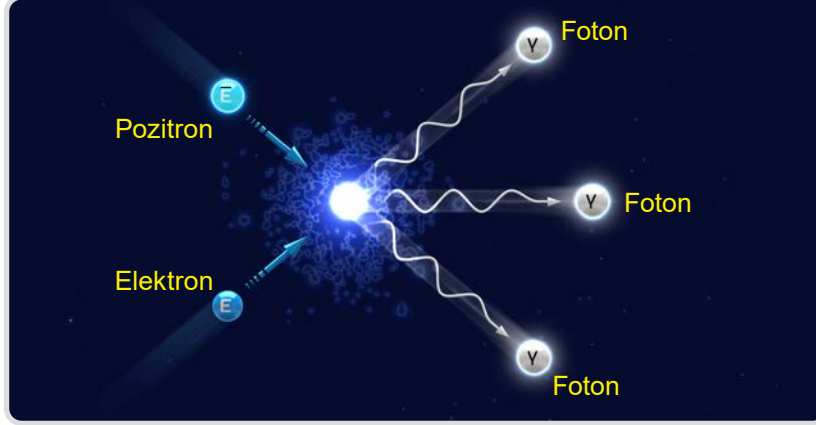
Standart modeldeki parçacıkların bazıları kütleliken bazıları kütsesizdir. Standart model bu durumu Higgs mekanizmasıyla açıklar. Tüm uzayın Higgs alanıyla dolu olduğu varsayılır. Fermiyonlar, W ve Z bozonları uzayda hareket ederken bu alanla etkileşerek kütle kazanır. Fotonun ve gluonların kütsesiz olmasının sebebi ise Higgs alanıyla etkileşmemeleridir. Etkileşime aracılık eden parçacığa **Higgs bozonu** ya da **Higgs parçacığı** denir. Higgs bozonunun kendisi de Higgs alanıyla etkileşerek kütle kazanır (Görsel 4.9).



Görsel 4.9: Higgs bozonu illüstrasyonu

#### 4.2.4. Madde-Antimadde

Doğada her parçacığın bir karşıt parçacığı (antiparçacık) vardır. 1930 yılında kozmik ışınların incelenmesi sırasında keşfedilen ilk antiparçacık, pozitrondur. Parçacık ve antiparçacıkların kütle ve yük büyüklükleri eşit, yük işaretleri zıttır. Antiparçacıkların bir araya gelmesiyle antimadde oluşur.



Görsel 4.10: Yok olma tepkimesi

Elektron ve karşıt parçacığı olan pozitron karşılaştığında birbirini yok ederek gama ışını yayar. Görsel 4.10'da bir parçacık ve onun karşıt parçacığı (antiparçacık) bir araya geldiğinde parçacıkların kütle enerjilerinin toplamına eşdeğer bir ışımaya oluşur, buna **yok olma tepkimesi** adı verilir. Bu olay tersinirdir. Enerjisi, parçacıkların durgun kütle enerjisine eşdeğer olan iki foton bir araya geldiğinde parçacık ve antiparçacık oluşur, buna **çift oluşumu tepkimesi** adı verilir.

#### Sıra Sizde - 12

**Standart modele göre maddeyi oluşturan parçacık ve taşıyıcıları hakkında**

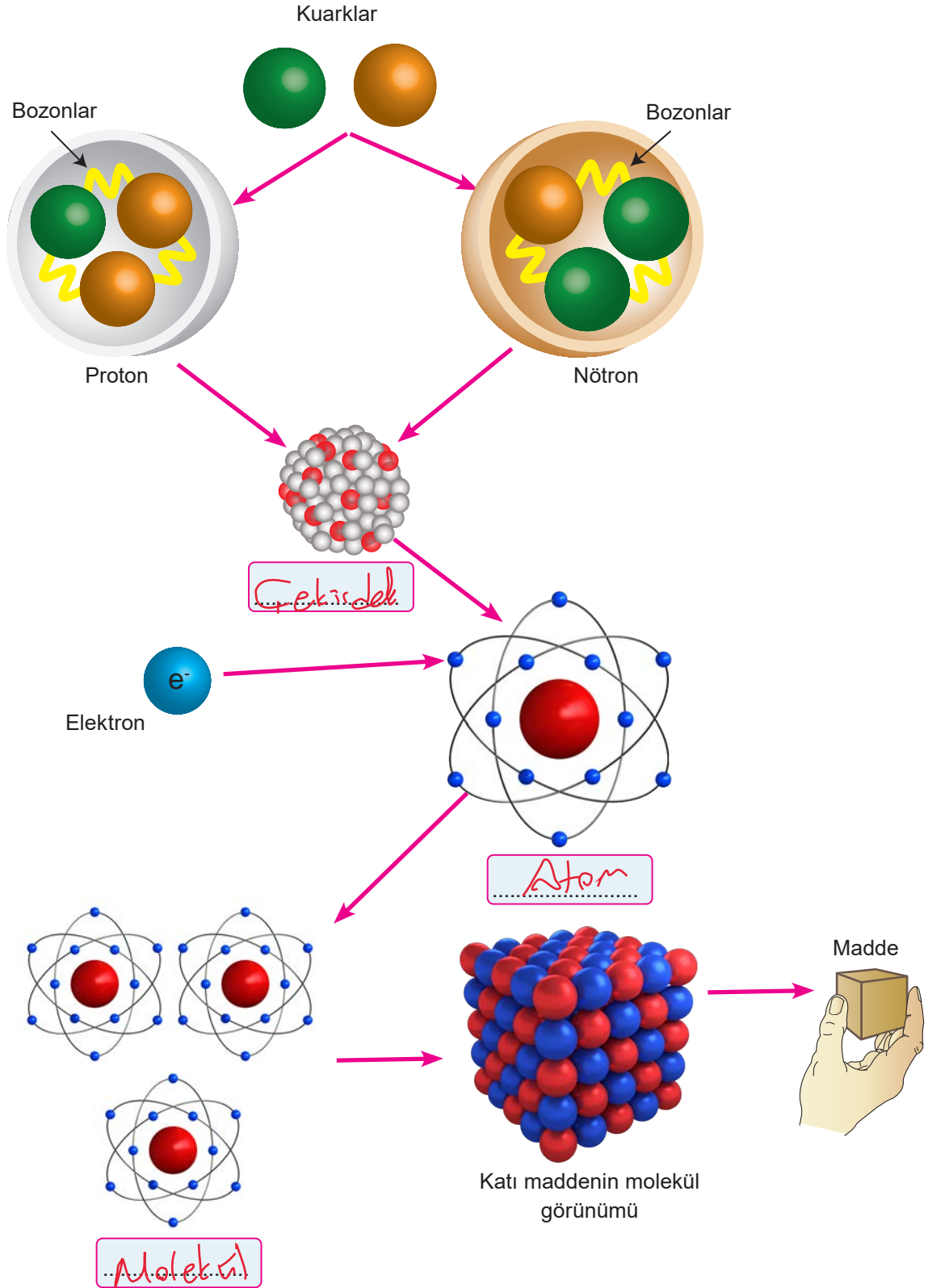
- I. Atom çekirdeği kuarklardan oluşur.
- II. Elektron lepton ailesinin üyesidir.
- III. Kuarklar ve leptonlar bozonlar aracılığıyla etkileşerek atomun yapısını oluşturur.

**ifadelerinden hangileri doğrudur?**

**Çözüm**

✍

## Sıra Sizde - 13



Yukarıdaki etkinlikte maddenin bilinen en küçük yapı taşından başlanarak maddenin oluşum sürecine kadar giden basamakları verilmiştir.

**Buna göre boş kalan kutuları uygun terimlerle doldurunuz.**



# 3. BÖLÜM

## RADYOAKTİVİTE

### Konular

- 4.3.1. Kararlı ve Kararsız Atomların Özellikleri
- 4.3.2. Radyoaktif Bozunma Sonucu Atomun Kütle Numarası, Atom Numarası ve Enerjisindeki Değişimi
- 4.3.3. Nükleer Fisyon ve Füzyon
- 4.3.4. Radyasyonun Canlılar Üzerindeki Etkileri

### Anahtar Kavramlar

- Radyoaktivite
- Fisyon
- Füzyon

- Günlük hayatta kullanılan cep telefonu, mikrodalga fırın ve bilgisayar radyasyon yayar mı?
- Nükleer enerjinin teknolojik ve çevresel etkileri neler olabilir?

Bu bölümde radyoaktif madde, radyoaktivite, radyoaktif ışınma kavramları üzerinde durularak alfa, beta ve gama ışınimleri açıklanacaktır. Nükleer enerji ile çalışan sistemler hakkında bilgi verilerek nükleer reaktörlerin bilime, teknolojiye, ülke ekonomisine ve çevreye etkileri üzerinde durulacaktır.

Atom bombasının yıkıcı etkileri tarihî gerçekler üzerinden açıklanarak nükleer silahsızlanmanın dünya barışı açısından önemi anlatılacaktır. Yaşam alanlarında var olan radyasyon kaynakları, radyasyondan korunma yolları ve radyasyon güvenliği hakkında bilgiler verilecektir.





Görsel 4.11: Mersin Akkuyu Nükleer Güç Santrali Maketi

Dünya, fosil yakıtlarının aşırı tüketiminden kaynaklanan çevre sorunları ile karşı karşıyadır. Fosil yakıtların azalıyor olması insanların yeni enerji kaynaklarına yönelmesine neden olmuştur. Bu enerji kaynaklarından biri de nükleer enerjidir. Nükleer enerji, atom çekirdeklerinin parçalanması veya birleşmesi sonucunda açığa çıkan bir enerji türüdür.

Ülkemizde Görsel 4.11'de maketi görülen Mersin Akkuyu Nükleer Güç Santrali de artan enerji ihtiyacını karşılamak amacıyla yapılmaktadır.

Radyoaktivite, atom çekirdeğinin tanecik veya gama ışınları yayarak parçalanmasıdır. Bu parçalanma sonucunda enerji açığa çıkar. Bazı atom çekirdekleri çeşitli yollarla ışınları yayabilir. Kendiliğinden veya dışarıdan bir etkiyle çekirdeği bozunuma uğrayabilen atom çekirdeklerine **radyoaktif çekirdek**, bu atomların oluşturduğu maddelere **radyoaktif madde** denir. Radyoaktif bozunma kendiliğinden gerçekleşirse **doğal radyoaktivite**, dışarıdan bir etki ile gerçekleşirse **yapay radyoaktivite** adını alır.

Radyoaktif bozunma sonucu açığa çıkan enerjiye kısaca **radyasyon enerjisi** denir. Radyasyon enerjisinden özellikle nükleer santrallerde elektrik üretimi ve tıpta görüntüleme, teşhis ve tedavi amaçlı yararlanılmakla beraber Radyasyon enerjisi jeoloji ile arkeolojide de radyo-karbon tarihlendirme amaçlı kullanılmaktadır.

#### 4.3.1. Kararlı ve Kararsız Atomların Özellikleri

Pozitif elektrik yüklü proton ve elektrik yükü taşımayan nötrondan oluşan çekirdeğin hacmi, atomun hacminin çok az bir kısmını kaplarken kütlesi atom kütlesinin büyük bir kısmını oluşturur.

Yapılan çalışmalar çekirdek kütlesinin, çekirdeği oluşturan proton ve nötronların kütleleri toplamından daha az olduğunu göstermektedir. Albert Einstein, bu kütle farkının enerjiye dönüştüğünü ifade etmiştir. Çekirdekdeki proton ve nötronları bir arada tutan bu enerjiye **bağlanma enerjisi** adı verilir.

Nükleon başına düşen bağlanma enerjisi büyük olan çekirdeklere **kararlı çekirdek** denir. Demir ve bakır elementleri kararlı çekirdeklere örnektir. Bağlanma enerjisi küçük olan çekirdeklere ise **kararsız (radyoaktif) çekirdek** denir. Kararsız atom çekirdekleri kararlı hâle gelmek için çeşitli yollarla ışınları yayar. Uranyum, toryum, aktinyum ve radyum gibi elementler kararsız çekirdeklerdir.

Kararlı çekirdeklere nötron sayısının proton sayısına oranı 1 e yakın olurken bu oran 1 den uzaklaştıkça kararlılık azalır. Atom numarası 20 ye kadar olan elementlerin nötron ve proton oranı ( $\frac{n}{p}$ ) 1 e yakındır. Bu nedenle atom numarası 20 ye kadar olan atomların çekirdekleri genellikle kararlıdır.

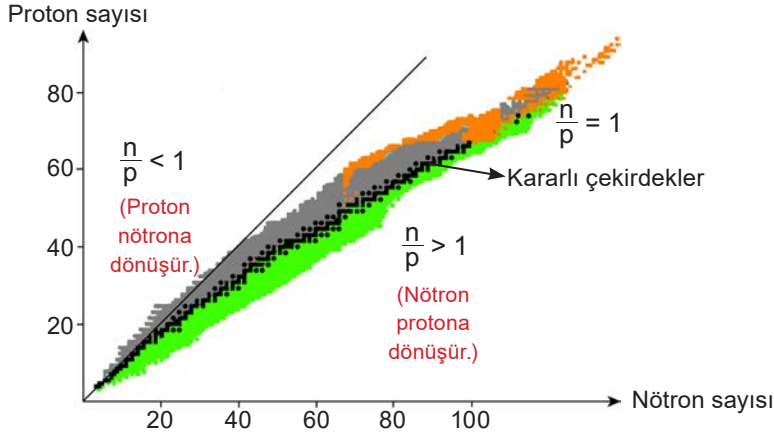
Nötron sayısının proton sayısına oranı, 1 den büyük olan çekirdeklere nötronlar protonlara, 1 den küçük olan çekirdeklere ise protonlar nötronlara dönüşerek kararlı hâle gelmeye çalışır (Şekil 4.23).

$$\frac{n}{p} \approx 1 \rightarrow \text{Kararlı çekirdek}$$

$$\frac{n}{p} > 1 \rightarrow \text{Nötron} \rightarrow \text{proton}$$

$$\frac{n}{p} < 1 \rightarrow \text{proton} \rightarrow \text{nötron}$$

↓ kararlı.



Şekil 4.23: Elementlerin proton ve nötron sayılarının değişimine bağlı olarak nükleer kararlılık eğrisi

Radyoaktivite, ilk kez Henri Becquerel (Henri Bekerele, 1852-1908) tarafından 1896'da uranyum tuzu kristallerinin görünmeyen radyasyon yaydığını keşfetmesiyle ortaya çıkmıştır.

Radyoaktivite üzerinde çalışmalar yapan Pierre Curie (Pier Kuri) ve Marie Curie (Mari Kuri) 1898 yılında radyum ve polonyum elementlerini keşfetmiştir. Marie Curie (Görsel 4.12) hem fizik hem de kimya alanında yaptığı çalışmalardan dolayı iki kez Nobel ödülü almıştır.

Röntgen'in ilk çalışması 1870 yılında kuartzın elektriksel ve diğer özelliklerini araştırmaktı. Röntgen, X-ışınlarını keşfetmesiyle adını duyurmuş ve bu buluşuyla Nobel ödülü almıştır.



Görsel 4.12: Marie Curie (Temsili resmi)

### Sıra Sizde - 14

Karanlık bir ortamda bulunan fotoğraf filminin, ortamda bulunan kararlı atomlardan etkilenirken kararlı atomlardan etkilenmediği görülür.

Bu olayın nedenini açıklayınız.

Çözüm

Çözüm

### 4.3.2. Radyoaktif Bozunma Sonucu Atomun Kütle Numarası, Atom Numarası ve Enerjisindeki Değişimi

Bir atom çekirdeğindeki proton sayısı veya atom numarası  $Z$ , nötron sayısı  $N$  ve atomun kütle numarası  $A$  sembolleriyle gösterilir. Kütle numarası

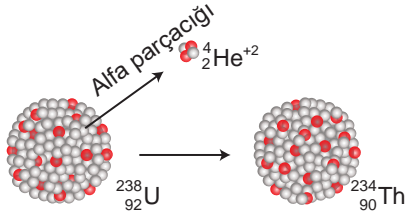
$$A = Z + N \text{ ile ifade edilir.}$$

Sembolik olarak bir atom,  ${}^A_ZX$  biçiminde gösterilir.

✓

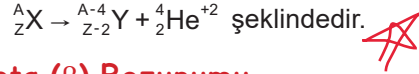
✓



Şekil 4.24: Alfa ( $\alpha$ ) bozunumu

### Alfa ( $\alpha$ ) Bozunumu

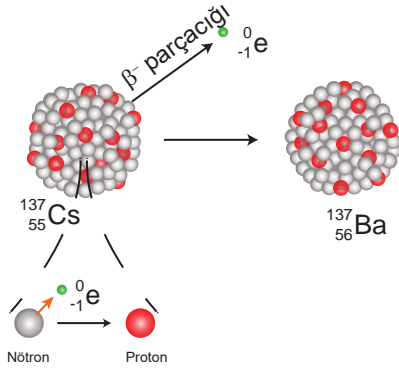
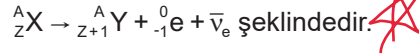
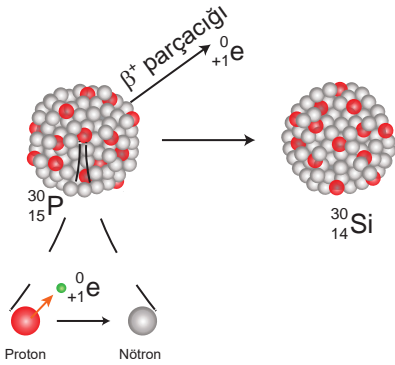
$\alpha$  bozunumu sonucunda, atom çekirdeğinden  ${}^4_2\text{He}^{+2}$  iyonu ( $\alpha$  parçacığı) yayınlanır (Şekil 4.24). Bu yayınlanma sonucunda çekirdeğin proton ve nötron sayısı 2 azalırken kütle numarası 4 azalmış olur.  $\alpha$  parçacığı uranyum, toryum, radyum ve aktinyum gibi elementlerin bozunumu sonucunda açığa çıkar. Bozunma sırasında atomun enerjisinin bir kısmı  $\alpha$  parçacığının kinetik enerjisine dönüşeceği için atomun enerjisi azalır. Bozunmanın denklemi



### Beta ( $\beta$ ) Bozunumu

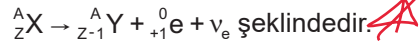
$\beta$  bozunması  $\beta^-$  ve  $\beta^+$  olmak üzere iki şekilde gerçekleşebilir. Nötron sayısının proton sayısına oranı, 1 den büyük olan çekirdekte  $\beta^-$  bozunması gerçekleşir. Bu bozunmada atom çekirdeği içinde bulunan bir nötron kendiliğinden proton, elektron ve anti-nötrinoya dönüşür (Şekil 4.25). Proton çekirdekte kalırken elektron  $\beta^-$  parçacığı ( ${}^0_{-1}\text{e}$ ) şeklinde yayınlanır. Ortaya çıkan proton nedeni ile atom numarası bir artarken kütle numarası değişmez.

Bu bozunmanın denklemi

Şekil 4.25:  $\beta^-$  bozunumuŞekil 4.26:  $\beta^+$  bozunumu

Nötron sayısının proton sayısına oranı, 1 den küçük olan çekirdekte  $\beta^+$  bozunması gerçekleşir. Bu bozunmada atom çekirdeği içerisinde bulunan bir proton kendiliğinden nötrona, pozitron ve nötrinoya dönüşür (Şekil 4.26). Nötron, çekirdekte kalırken pozitron  $\beta^+$  parçacığı ( ${}^0_{+1}\text{e}$ ) şeklinde yayınlanır. Ortaya çıkan nötron nedeniyle atom numarası bir azalırken kütle numarası değişmez.

Bu bozunmanın denklemi

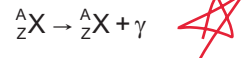


Bu reaksiyonlarda toplam enerji korunurken atom çekirdeğinin enerjisi azalır.

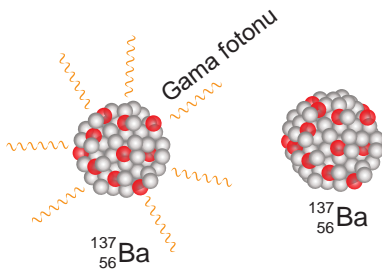
### Gama ( $\gamma$ ) Bozunumu

$\alpha$  ve  $\beta$  radyoaktif bozunumu gerçekleştiren bazı tepkimelerin sonunda çekirdek, uyarılmış hâlde kalır. Bu durumda çekirdek uyarılmış enerji seviyesinden temel enerji seviyesine geçişte gama ( $\gamma$ ) ışını adı verilen fotonlar yayınlayarak enerji kaybeder (Şekil 4.27).

Bu bozunmanın denklemi



şeklinde ifade edilir.

Şekil 4.27:  $\gamma$  bozunumu

Gama ışıması yapan çekirdeklerin kütle ve atom numarası değişmez. Çekirdek, enerjisinin bir kısmını foton olarak yayar. Böylece çekirdeğin enerjisi azalmış olur.

## Örnek

## Radyoaktif bozunumlar sonucunda atomun

- I. Kütle numarası
- II. Atom numarası
- III. Enerjisi

niceliklerinden hangileri kesinlikle değişir?

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

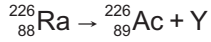
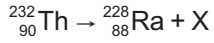
## Çözüm

$\alpha$  bozunumlarında atom numarası ve kütle numarası değişirken  $\beta$  bozunumunda sadece atom numarası değişir.  $\gamma$  bozunumlarında ise atom ve kütle numarası değişmez. Ancak her üç bozunmada da enerji değişir. Bu durumda doğru cevap C seçeneğidir.

## Sıra Sizde - 15

Radyoaktif elementler bozunuma uğrayarak yeni elementlere dönüşebilir. Bozunmalar sonucunda açığa enerji çıkar.

## Buna göre



şeklinde verilen radyoaktif tepkimelerdeki X ve Y parçacıkları nedir?

## Çözüm

--

## Sıra Sizde - 16

Kararlı çekirdekler için nötron sayısının proton sayısına göre değişim grafiği verilmiştir.

## Buna göre

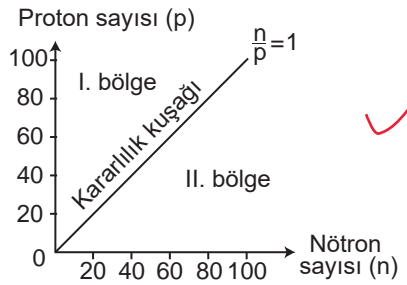
- I. Kütle numarası küçük olan çekirdeklere  $\frac{n}{p}$  oranı 1 e yaklaştıkça çekirdeklerin kararlılığı artar.
- II. II. bölgedeki bir çekirdeğin kararlı olabilmesi için  $\beta^-$  ışınması yapması gerekir.
- III. I. bölgedeki bir çekirdeğin kararlı olabilmesi için  $\beta^+$  ışınması yapması gerekir.

ifadelerinden hangileri doğrudur?

## Çözüm

--

--



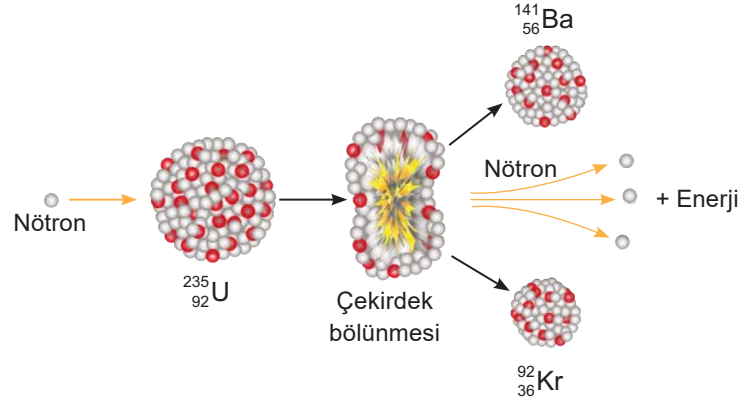


### 4.3.3. Nükleer Filyon ve Füzyon

#### Nükleer Filyon

Nükleer enerji denince akla ilk gelen ağır atom çekirdeklerinin parçalanmasıyla açığa çıkan çok yüksek enerjidir. Bu enerjiyi günlük hayatta kullanılan elektrik enerjisine çevirmenin aracı ise nükleer güç santralleridir. İnsanlığın artan elektrik enerjisi ihtiyacının çoğunu nükleer güç santralleriyle hidroelektrik ve termik santraller karşılamaktadır.

Nötronlarla bombardıman edilen ağır atom çekirdeğinin parçalanarak daha hafif iki veya daha fazla farklı çekirdeğe bölünmesine **filyon** denir.



Şekil 4.28: Filyon tepkimesi

$^{235}_{92}\text{U}$  çekirdeği nötron bombardımanı sonucu daha hafif ve kararlı olan  $^{141}_{56}\text{Ba}$  ve  $^{92}_{36}\text{Kr}$  çekirdeklerine dönüşürken üç tane nötron ve enerji açığa çıkar (Şekil 4.28).

Nükleer reaktörlerde enerji, uranyum ya da toryum çekirdeklerinin kontrollü filyonu sonucunda elde edilebilir. Nükleer reaktörlerde, nükleer enerji elde etmenin yanı sıra tıpta ve diğer birçok alanda kullanılan radyo izotoplarının büyük kısmı üretilir.

#### Araştırınız

Nükleer enerjiyle çalışan sistemleri araştırınız. Araştırma sonucunu arkadaşlarınızla paylaşınız.

Uluslararası Atom Enerjisi Kurumu tarafından yayımlanan rapora göre dünyada 31 ülkede nükleer güç reaktörü mevcuttur. Çalışır hâlde olan reaktörler, dünyadaki elektrik üretiminin %10-15 ini sağlamaktadır. Nükleer reaktörlerin atıkları güvenle muhafaza edildiği sürece temiz bir enerji türüdür.

Nükleer enerjinin ülke ekonomisine ve çevreye sağladığı faydalar aşağıda verilmiştir.

1. Dışa olan enerji bağımlılığını azaltacaktır.
2. Doğal kaynakların uzun süre korunmasını sağlayacaktır.
3. Ülke nükleer teknolojiye sahip olacaktır. Bu teknoloji tıp, bilim ve savunma sanayi gibi alanlarda ülkelere önemli katkılar sağlayacaktır.
4. Enerjide fiyat istikrarı sağlayacaktır.

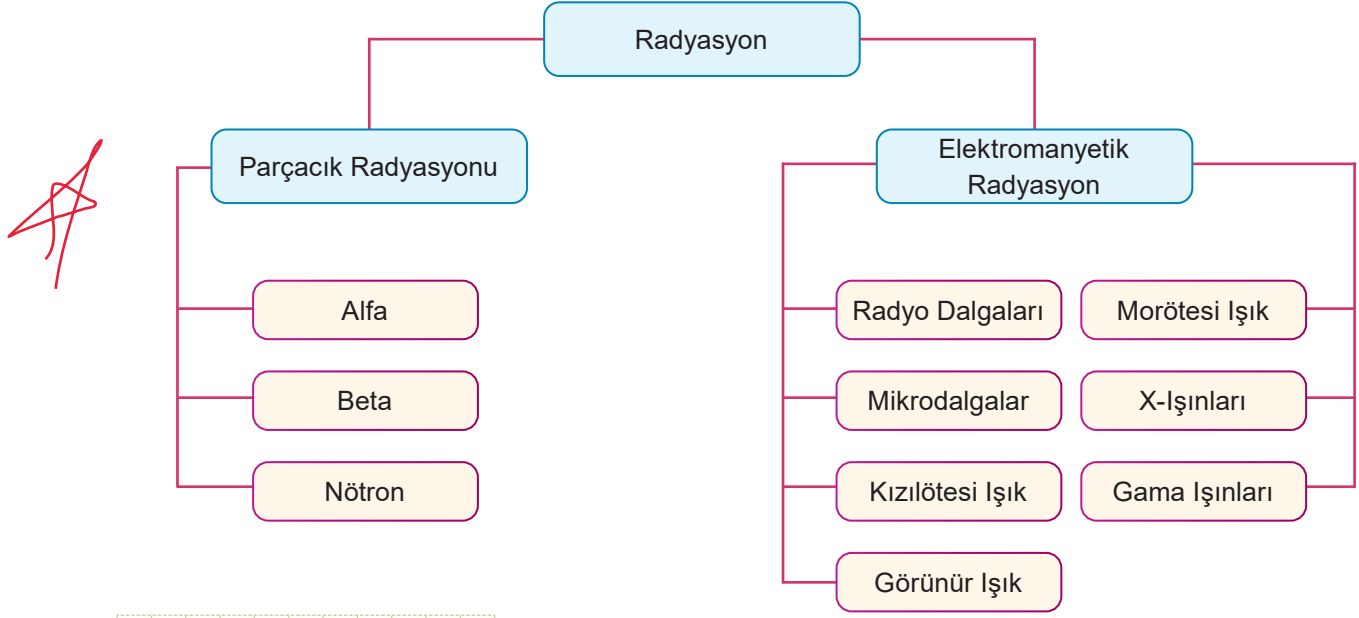


## 4.3.4. Radyasyonun Canlılar Üzerindeki Etkileri

## Araştırınız

Yaşam alanlarında var olan radyasyon kaynaklarını, radyasyondan korunma yollarını ve radyasyon güvenliğini araştırınız. Araştırma sonucunu arkadaşlarınızla paylaşınız.

Dalga ya da parçacık şeklinde yayılan enerjiye **radyasyon** denir. Enerji miktarına göre düşük ve yüksek enerjili radyasyon olarak ikiye ayrılır. Yüksek enerjili radyasyon, atomdan elektron koparabilen dolayısıyla atomu iyonlaştırabilen radyasyondur. Bu tür radyasyonlara **iyonlaştırıcı radyasyon** denir. İyonlaştırıcı radyasyon atom çekirdeğinden yayımlanıyorsa  $\gamma$ , yörüngelerden yayımlanıyorsa X-ışını şeklindedir. Radyasyon çeşitleri Şekil 4.29'da gibidir.



Şekil 4.29: Radyasyon çeşitleri

Radyasyonun iyonlaştırıcı etkisi nedeniyle canlı dokular zarar görebilir. İyonlaştırıcı radyasyon ciltteki yanıktan kansere kadar farklı hastalıklara sebep olabilir. Üreme hücrelerindeki DNA yapısının bozulması bedensel ve zihinsel engelli bireylerin dünyaya gelmesine neden olur. DNA yapısındaki değişim nesilden nesile aktarılarak kalıcı izler oluşturur.

Canlılar yaşamları boyunca belirli miktarda radyasyona maruz kalır. Bu radyasyonun çoğu Güneş'ten ve uzaydan gelen kozmik ışınlardan kaynaklanır. Teknolojik ürünler de radyasyon yaymaktadır.

Günlük hayatta kullanılan teknolojik ürünlerin yaydığı radyasyondan korunmak için alınabilecek tedbirlerden bazıları aşağıda verilmiştir.

- Kullanılmayan elektrikli aletler kapalı tutulmalı ve fişleri prizden çekilmelidir.
- Yatak odalarında TV, bilgisayar ve cep telefonu bulundurulmamalıdır.
- Cep telefonu ile uzun süreli konuşulmamalıdır.
- Televizyon, bilgisayar ve fotokopi makinelerinin en az bir metre uzağında durulmalıdır.



## A) Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcüğü/sözcükleri yazınız.

temel hâlde	füzyon	baryonlar
kuark	büyük patlama	foton
fisyon	hadronlar	zayıf
radioaktif çekirdek	ışık	kuantum mekaniği

1. Uyarılmamış bir atomda elektronlar ..... bulunur.
2. Uyarılmış bir atomda üst enerji seviyelerinden birine çıkan elektron ..... yayarak temel hâlde geri döner.
3. Atom ölçeğinde ışık ve maddenin özelliklerini açıklayan, parçacık ve dalga modelini birleştiren ..... bir fizik dalıdır.
4. Hadronlar, mezonlar ve ..... üzere ikiye ayrılır.
5. Hubble Yasası ..... teorisini desteklemektedir.
6. Güçlü kuvvet etkileşimi yapan parçacıklara ..... adı verilir.
7. Leptonlar, ..... kuvvet etkileşiminde bulunan parçacık grubudur.
8. Fotonlar ..... hızıyla hareket ederler.
9. Hadronlar ..... adı verilen iki ya da üç temel bileşenin bir araya gelmesinden oluşur.
10. Atom numarası küçük olan radyoaktif atom çekirdeklerinin birleşerek daha ağır atom çekirdekleri oluşturmalarına ..... denir.
11. Ağır bir atom çekirdeğinin nötronla bombardıman edilerek hafif çekirdeklere bölünmesine ..... denir.
12. Tanecikler arasındaki "Coulomb Kuvveti", proton ve nötron arasındaki güçlü çekirdek kuvvetinden büyük olan çekirdeklere ..... denir.

## B) Aşağıdaki soruların cevaplarını boş bırakılan alana yazınız.

13. Modern atom teorisinde elektronların ikili yapıya sahip oldukları kabul edilir. Elektronlar parçacık yapısı dışında hangi yapıya sahiptir?

Cevap: .....

14. Çekirdekdeki "güçlü nükleer kuvvet" itme kuvveti olan "Coulomb Kuvveti"nden büyük olan çekirdeklere ne ad verilir?

Cevap: .....

15. Evrenin ilk oluşum süreci olarak tanımlanan dönemin adı nedir?

Cevap: .....

16. Dalton atom modelinin atomun yapısıyla ilgili öngörülleri nedir? Kısaca açıklayınız.

Cevap: .....

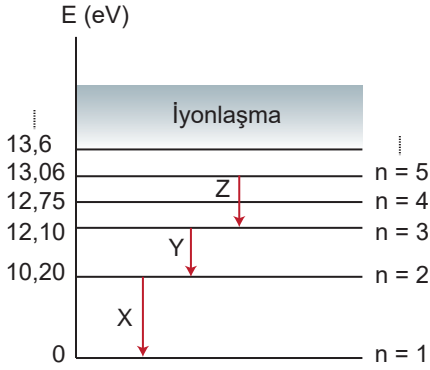
17. Bilim insanlarının tüm temel parçacıkları ve üç temel etkileşimi bir araya getirerek parçacık fiziğinde oluşturduğu modele ne ad verilir?

Cevap: .....



**C) Aşağıdaki çoktan seçmeli soruları okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.**

18. Bir hidrojen atomu  $n = 5$  enerji seviyesine uyarılıyor. Elektron temel hâle dönerken X, Y ve Z ışınları yapıyor. Yapılan ışınlar sırasında yayılan fotonlardan dalga boyları  $\lambda_x$ ,  $\lambda_y$  ve  $\lambda_z$  dir.



**Buna göre  $\lambda_x$ ,  $\lambda_y$  ve  $\lambda_z$  arasındaki ilişki nedir?**

- A)  $\lambda_z > \lambda_y > \lambda_x$       B)  $\lambda_y > \lambda_x > \lambda_z$   
 C)  $\lambda_x > \lambda_y > \lambda_z$       D)  $\lambda_x > \lambda_z > \lambda_y$   
 E)  $\lambda_z > \lambda_x > \lambda_y$

19. Güçlü çekirdek kuvveti (yeğın kuvvet) ile ilgili

- I. Kısa menzillidir.  
 II. Nötron ve protonu çekirdeğe bağlar.  
 III. Temel kuvvetler içerisinde en şiddetli olanıdır.

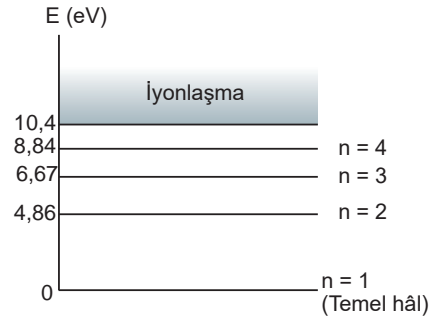
**İfadelerinden hangileri doğrudur?**

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

20. Bohr atom modeline göre bir atomun ikinci yörüngesinin yarıçapı  $r_1$ , üçüncü yörüngesinin yarıçapı  $r_2$  ise  $\frac{r_1}{r_2}$  oranı kaçtır?

- A)  $\frac{1}{16}$       B)  $\frac{1}{4}$       C)  $\frac{4}{9}$       D)  $\frac{2}{3}$       E)  $\frac{9}{4}$

21. Cıva atomunun enerji düzeyleri verilmiştir.



**Buna göre cıva atomu**

- I. 5 eV kinetik enerjili elektron  
 II. 6 eV enerjili foton  
 III. 10 eV enerjili foton

**hangileriyle uyarılabilir?**

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

22. Atom altı parçacıklarla ilgili

- I. Hepsi kuarklardan oluşur.  
 II. Baryonlar üç kuarktan oluşur.  
 III. En küçüğü iki kuarktan oluşur.

**İfadelerinden hangileri kesin doğrudur?**

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

23. Aşağıdaki ifadelerden hangisi Rutherford atom teorisinin öngörülerinden biri değildir?

- A) Atomun büyük bir kısmı boş bir uzay parçasıdır.  
 B) Elektrik yüklü maddelerin yükleri elektronun yükünün tam katlarıdır.  
 C) Elektronlar kararlı yörüngelerde dolanır.  
 D) Atomda, çekirdek yüküne eşit sayıda elektron bulunur.  
 E) Elektronlar, çekirdek çevresindeki boşluklarda hareket etmektedir.

## 24. Bohr atom teorisine göre

- I. Elektronlar atom çevresinde herhangi bir uzaklıkta bulunabilir.
- II. Atomun açısal momentumu kesiklidir.
- III. Atomun enerji seviyeleri kesiklidir.

verilenlerden hangileri yanlıştır?

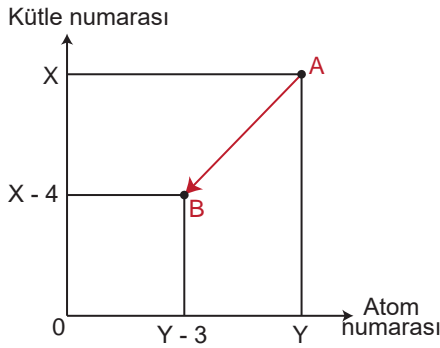
- A) Yalnız I    B) Yalnız II    C) Yalnız III  
D) II ve III    E) I, II ve III

25. I. Çekirdeğin etrafında yörüngede dolanır.  
II. Hem parçacık hem de dalga yapısına sahiptir.  
III. Hem konumları hem de momentumları aynı anda kusursuz olarak belirlenemez.

Yukarıdaki yargılardan hangileri modern atom teorisinin elektron için ortaya koyduğu durumlardan biri değildir?

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

26. Radyoaktif A çekirdeği yaptığı bozunma sonucu B çekirdeğine dönüşmektedir.



Buna göre A çekirdeği B çekirdeğine dönüşürken hangi ışınları yapmaktadır?

- A)  $\alpha$ ,  $\alpha$     B)  $\alpha$ ,  $\gamma$     C)  $\alpha$ ,  $\beta^-$   
D)  $\alpha$ ,  $\beta^+$     E)  $\gamma$ ,  $\gamma$

## 27. Thomson atom modeliyle ilgili

- I. Negatif yükler, pozitif yüklerin arasına homojen olarak dağılmıştır ve hareketsizdir.
- II. Pozitif yük miktarı negatif yük miktarına eşittir.
- III. Elektronun yükünün kütlesine oranını bulmuştur.

ifadelerinden hangileri doğrudur?

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

## 28. Radyasyon enerjisinin kullanım alanları ile ilgili

- I. Tıpta, katarakt göz tedavisinde
- II. Sanayide, kesme ve delme işlemlerinde
- III. Tarımda, böceklenmenin önlenmesinde

verilenlerden hangileri doğrudur?

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

29. Modern atom teorisinde atomdaki bir elektronun durumu dört kuantum sayısıyla belirlenir.

Buna göre

- I. Baş kuantum sayısı arttıkça elektron çekirdekten uzaklaşır.
- II. Açısal momentum kuantum sayısı, orbitalleri alt kabuk denilen gruplara böler.
- III. Manyetik kuantum sayısı, orbitalin uzaydaki yönelimini gösterir.

yargılarından hangileri doğrudur?

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

30. Atom teorileri birbiriyle ilişkili olarak geliştirilmiştir.

**Buna göre**

- I. Thomson'un  $\frac{e}{m}$  tayini
- II. Rutherford'un saçılma deneyi
- III. Heissenberg'in Belirsizlik İlkesi

**olaylarından hangileri Bohr'un atom modelini geliştirmesinde etkili olmuştur?**

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

31. Kararsız atom çekirdekleri  $\alpha$ ,  $\beta$ , ve  $\gamma$  ışınmaları gibi bozunma olayları gerçekleştirerek kararlı hale geçer.

**Bu metne göre aşağıdakilerden hangisine ulaşılabilir?**

- A) Bütün atom çekirdekleri kararsızdır.
- B) Kararlı atom çekirdekleri kendiliğinden ışınım yapabilir.
- C) Bazı atom çekirdekleri çeşitli yollarla ışınım yapabilir.
- D) Kararsız atomlarda sadece  $\alpha$ ,  $\beta$ , ve  $\gamma$  bozunması olur.
- E) Atom çekirdekleri  $\alpha$ ,  $\beta$ , ve  $\gamma$  ışınmaları yaparak kararsız hâle geçer.

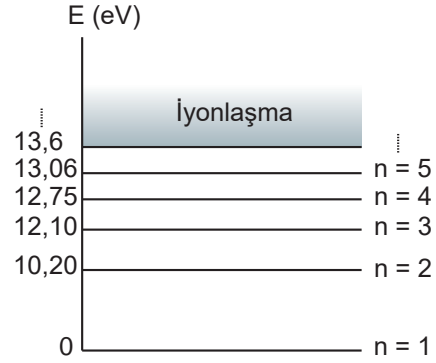
32. Madde ve antimaddeyle ilgili

- I. Kütleleri eşit büyüklüktedir.
- II. Gerekli koşullarda bir araya geldiklerinden birbirini yok ederler.
- III. Elektriksel olarak aynı işaretle yüklüdürler.

**verilenlerden hangileri doğrudur?**

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

33. Enerji seviyeleri şekilde verilen hidrojen atomu 13,5 eV kinetik enerjili elektronlarla bombardıman ediliyor.



**Buna göre atomu terk eden elektronun kinetik enerjisi kaç eV olamaz?**

- A) 0,44      B) 0,65      C) 0,75  
D) 1,40      E) 3,30

34. I. Yüklü oldukları için elektrik ve manyetik alanda sapma gösterir.  
II. Radyoaktif elementlerden yayılan kütleli parçacıktır.  
III. Enerji taşır.

**Yukarıdakilerden hangileri  $\alpha$ ,  $\beta$  ve  $\gamma$  ışınlarının ortak özelliklerindedir?**

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

35. Aşağıda verilen bilim insanlarından hangisi atom fiziği konusunda çalışma yapmamıştır?

- A) Feza Gürsey
- B) Asım Orhan Barut
- C) Ervin Schrödinger
- D) Thomas Young
- E) Behram N. Kurşunoğlu

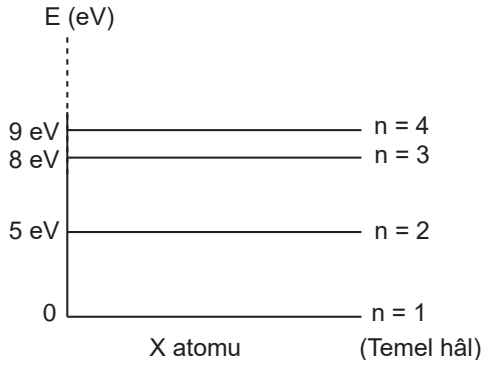
D) Aşağıdaki açık uçlu soruların cevabını boş bırakılan alana yazınız.

36. Bohr, elektronların atom çevresinde dolanırken ışımaya yapmamasını nasıl açıklamıştır?

Çözüm

Empty grid for solution of question 36.

37. X atomunun bazı enerji seviyeleri verilmiştir.



Buna göre 4. enerji seviyesine uyarılmış X atomu temel hâle gelirken yapılabilecek ışımaların enerjilerini yazınız?

Çözüm

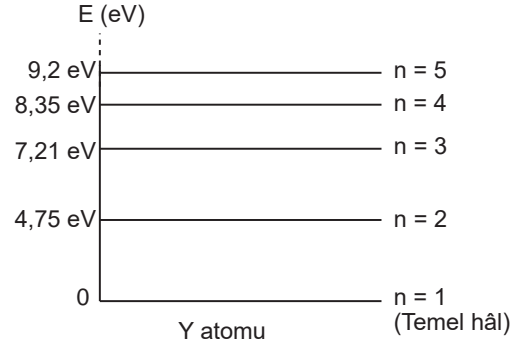
Empty grid for solution of question 37.

38. Elektromanyetik kuvvet ve zayıf kuvvetin birleşik bir kuvvet görünümünde olduğunu keşfederek Nobel ödülü kazanan bilim insanları kimlerdir?

Çözüm

Empty grid for solution of question 38.

39. Bazı enerji seviyeleri verilen Y atomu temel hâldeyken 9,2 eV enerjili fotonlarla uyarılıyor.



Buna göre elektron temel hâle dönerken yapılabilecek ışılardan kaç tanesi Lyman serisinde olur?

Çözüm

Empty grid for solution of question 39.

40. Bohr atom modeline göre elektronlar çekirdek etrafında kararlı yörüngelerde bulunur. Modern atom teorisi elektronların çekirdek etrafındaki konumunu nasıl açıklamıştır? Kısaca yazınız.

Çözüm

Empty grid for solution of question 40.

41. Thomson, Rutherford ve Bohr atom teorilerinin atomun yapısı hakkındaki ortak görüşleri nelerdir?

Çözüm

Empty grid for solution of question 41.