

Örnek

Hidrojen atomunun elektronu 3. enerji düzeyinden temel hale geçerken bir foton salıyor.

Buna göre salınan fotonun dalga boyu kaç metredir?

($R = 1,09.10^7 \text{ m}^{-1}$)

- A) $0,97.10^{-7}$ B) $1,03.10^{-7}$ C) $1,2.10^{-9}$
D) $1,5.10^{-7}$ E) $1,8.10^{-7}$

Çözüm

Hidrojen atomunun elektronu $n_2 = 3$ enerji düzeyinden $n_1 = 1$ enerji düzeyine (temel hale) dönerken yayınladığı fotonun λ dalga boyu;

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2} \right) \text{bağıntısından}$$

$$\frac{1}{\lambda} = 1,09.10^7 \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{3^2} \right)$$

$$\lambda = \frac{9}{8.1.09.10^7} = 1,03.10^{-7} \text{m bulunur.}$$

YANIT B

DE BROGLİE ELEKTRON DALGASI

de Broglie, atomdaki elektronlara da madde dalgalarının eşlik ettiğini, elektronların sadece tanecik olarak değil onlara eşlik eden dalgalarla birlikte düşünülmesi gerektiğini savundu. Bohr da elektronların çekirdek çevresinde açısız

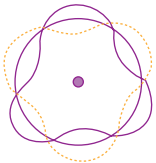
momentumları $L = n \frac{h}{2\pi}$ olan yörüngelerde dolabileceğini belirtmişti. Elektronun kütlesi m , r_n yarıçaplı n . yörüngedeki

çizgisel hızının büyüklüğü ϑ ise açısız momentum $L = m\vartheta r_n = n \frac{h}{2\pi}$ ①,

bu yörüngede elektrona eşlik eden madde dalgalarının boyu, $\lambda = \frac{h}{m\vartheta}$ ② dir.

① ve ② bağıntılarından $2\pi r_n = n\lambda$ ③ bulunur.

① bağıntısındaki $2\pi r_n$, n . yörüngenin çevresi olup $n\lambda$ ya eşittir. O halde elektronun dolandığı yörüngenin çevresi ona eşlik eden dalganın dalga boyunun tam katları kadardır. 1. yörüngenin çevresinin uzunluğu, bu yörüngede dolanan elektrona eşlik eden dalganın boyu kadar, 2. yörüngenin çevresinin uzunluğu bu yörüngede dolanan elektrona eşlik eden dalganın boyunun iki katı kadardır.



Şekilde, 3. yörünge ile bu yörüngede dolanan elektrona eşlik eden madde dalgalarının ölçekli olmayan çizimi gösterilmiştir. Bu yörüngenin çevresi, bu yörüngede hareket eden elektrona eşlik eden dalganın dalga boyunun üç katı kadardır.

Örnek

Hidrojen atomunun elektronu 1. yörüngede dolanırken elektrona eşlik eden dalganın dalga boyu λ dir. Buna göre bu elektron 3. yörüngeye uyarılırsa elektrona eşlik eden dalganın boyu kaç λ olur?

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

KÜANTUM SAYILARI

Bohr atom modeli, atomlardaki elektronların yerleri ve enerjileri hakkında bilgi vermekte ve elektronların çekirdeğe uzaklıkları ile sahip olabileceği enerjileri, $n = 1, 2, 3 \dots$ gibi tam sayılara bağlı olarak ifade etmekteydi. Ancak hidrojenin spektrum çizgileri, gelişmiş spektroskopik tekniklerle incelendiğinde Bohr atom modelinin düzeltilmesi gerektiği görüldü.

Balmer serisinin çizgilerinin ve diğer seri çizgilerinin tek çizgi olmadığının farkına varıldı. Aslında her bir çizgi birbirine çok yakın yerleşmiş çizgiler grubundan oluşmaktaydı. Bir başka güçlük de atomların kuvvetli bir manyetik alana konulması durumunda, belirli bir spektrum çizgilerinin Şekil 1'deki gibi birbirine çok yakın üç çizgiye ayrıldığına gözlenmesinde ortaya çıktı.

Atom hakkında somut düşünceler ileri süren modern fizikçilerden biri olan Schrödinger, atoma matematiksel bir yaklaşımla bakarak, elektronların bir çok özelliklerinin, onlara ait dalga denklemi ile ifade edilebileceğini öne sürerek dalga mekaniğini kurmuştur. Schrödinger denkleminin çözümü; elektronların atom içindeki "yerleri", "enerjileri" ve "açısal momentimleri" gibi fiziksel özellikleri hakkında ikna edici bilgiler verdi. Schrödinger ile birlikte çalışan Dirac da elektronların kendilerine ait özellikleri olduğunu buldu. Aynı yıllarda daha bir çok fizikçinin yaptığı deneyler ve bu deneylerin sonuçlarında elektrona ait özelliklerin Bohr'un dediği gibi sadece yörünge numarası ile sınırlandırılmayacağı vurgulanarak elektronun atom içindeki davranışlarını belirleyen sayılar ve semboller kullanıldı. Modern atom teorisinde, atomdaki elektronların durumunu net olarak açıklamak için kullanılan bu sayıları "Kuantum sayıları" denir.

Kuantum sayıları;

1. Baş kuantum sayısı (n)
 2. Orbital kuantum sayısı (ℓ)
 3. Manyetik kuantum sayısı (m_ℓ)
 4. Spin kuantum sayısı (m_s)
- olmak üzere dört tanedir.

Çözüm

Hidrojen atomunun n . yörüngesinin r_n yarıçapı $Z = 1$ olduğundan, $r_n = a_0 \cdot n^2$ ① bağıntısından, bu yörüngede elektrona eşlik eden dalganın dalga boyu da, $2\pi r_n = n\lambda$ ② bağıntısından bulunur.

Elektron $n = 1$ yörüngesindeyken yörünge yarıçapı ① bağıntısından, $r_1 = a_0$,

$n = 3$ yörüngesindeyken yörünge yarıçapı,

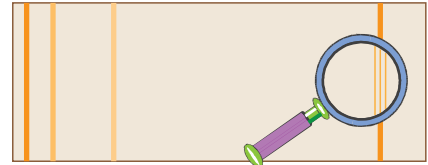
$$r_3 = 3^2 \cdot a_0 = 9a_0 \text{ dir.}$$

Yörünge yarıçapları ② bağıntısında yerine konulup oranlanırsa elektrona 3. yörüngede eşlik eden dalganın λ' dalga boyu;

$$\frac{2\pi a_0}{2\pi \cdot 9 a_0} = \frac{\lambda}{3\lambda'}$$

$$\lambda' = 3\lambda \text{ bulunur.}$$

YANIT D



Şekil 1

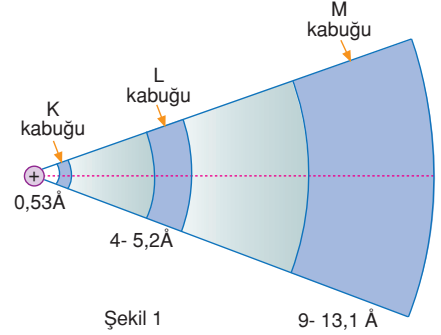
1. Baş Kuantum Sayısı (n)

Modern atom teorisinde elektronun çekirdekte uzaklığı elektron bulutları kavramı ile ifade edilir. Baş kuantum sayısı, elektron bulutlarının çekirdeğe uzaklığı ile ilgili olup sıfırdan farklı tam sayılardır. ($n = 1, 2, 3, \dots$). Bunlar atomun enerji seviyelerini gösterir ve bu enerji seviyelerine de “**elektron kabukları**” denir. Her kabuk, aynı zamanda bir harfle sembolize edilir. **Buna göre;**

- $n = 1$ için **K** kabuğu
- $n = 2$ için **L** kabuğu
- $n = 3$ için **M** kabuğu
- $n = 4$ için **N** kabuğu
- $n = 5$ için **O** kabuğu

şeklinde devam eder.

Hidrojen atomundaki kabukların yerleşimi Şekil 1'deki gibidir.



Şekil 1

9- 13,1 Å

2. Orbital Kuantum Sayısı (l)

Yarıçapı r olan bir çemberin üzerinde hareket eden bir parçacığın çemberin merkezine göre açısal momentumunun büyüklüğünün;

$$L = m\vartheta r$$

olduğunu ve açısal momentum vektörünün (\vec{L}), çemberin çevrelediği daire düzlemine dik olduğunu, yönünün ise sağ el kuralı ile bulunduğunu biliyoruz. Klasik fizikte elde edilen sonuçlara göre L her değeri alabilir. Oysa hidrojen atomunun Bohr modeli, elektronun açısal momentumunun \hbar ($\hbar = \frac{h}{2\pi}$) nin tam katları ile sınırlı olduğunu yani;

$$L = m\vartheta r = n \hbar \text{ olduğunu ifade etmektedir.}$$

Modern fizikçilerin yaptığı çalışmalarda atomdaki elektronların açısal momentumlarının büyüklüğü;

$$L = \sqrt{\ell(\ell + 1)} \hbar \quad \ell = 0, 1, 2, \dots, (n - 1) \text{ olarak tanımlandı.}$$

Modern atom teorisine göre ℓ değerleri kabuk içindeki “alt kabuklar” olarak tanımlanır. Yani her kabukta açısal momentumu aynı olan elektronlar alt kabukları oluşturmaktadır. Alt kabuklar da harflerle sembolize edilebilir.

Bunlar;

- $\ell = 0$ için **s** alt kabuğu
- $\ell = 1$ için **p** alt kabuğu
- $\ell = 2$ için **d** alt kabuğu
- $\ell = 3$ için **f** alt kabuğu

Kabuk	Alt kabuk
K ($n = 1$)	1s
L ($n = 2$)	2s, 2p
M ($n = 3$)	3s, 3p, 3d
N ($n = 4$)	4s, 4p, 4d, 4f

Tablo 1

K, L, M, N kabuğundaki alt kabuklar Tablo 1'de gösterildiği gibidir.

3. Manyetik Kuantum Sayısı (m_ℓ)

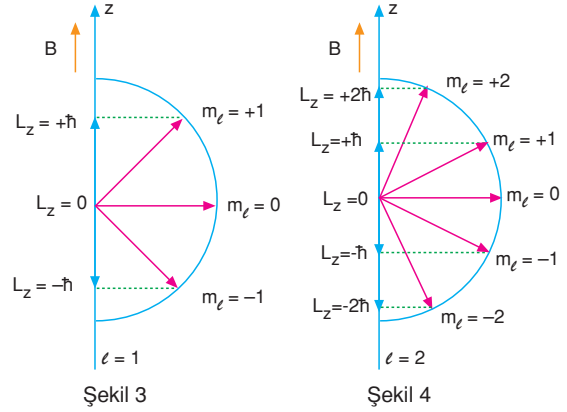
Açısal momentum bir vektör olduğu için yönünde belirlenmesi gerekir. Kapalı bir devrede dolanan elektronun manyetik tork oluşturan bir akım ilmeği olarak düşünülebileceğini manyetizma konusunda öğrendik. Böyle bir manyetik alan B manyetik alanı içinde bulunursa manyetik alanla etkileşir. Uzayda, yön tanımlayan z eksenı boyunca bir manyetik alan oluşturulduğu varsayalım. Kuantum mekaniğine göre L nin z eksenı boyunca izdüşümü olan L_z , kuantumlu (kesikli) değerlere sahip olur. Manyetik kuantum sayısı m_ℓ ,

$$L_z = m_\ell \hbar \quad m_\ell = -\ell, \dots, -1, 0, 1 \dots \ell$$

ifadesine göre izinli olabilen L_z değerlerini belirler. L nin yöneliminin, dış manyetik alana göre kuantumlu olduğunu vurgulamak için bu duruma **“uzay kuantumlanması”** denilir.

Bir dış manyetik alan uygulandığında $\ell = 1$ ve $\ell = 2$ alt kabuklarındaki elektronların açısal momentumlarının yönelimleri Şekil 3 ve Şekil 4'teki gibidir.

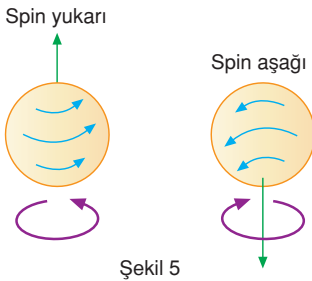
Yukarıdaki bağıntıdan ve Şekil 1 ve Şekil 2'den anlaşılacağı gibi herbir ℓ için $2\ell + 1$ tane m_ℓ değeri vardır. m_ℓ değerleri elektronların yerleşebileceği yerlerin sayısını belirler. Bu yerlere, **“orbital”** denilir.



Alt kabuk	Orbital sayısı
$\ell = 0$	$m_\ell = 0$ (1 tane s orbitali)
$\ell = 1$	$m_\ell = -1, 0, 1$ (3 tane p orbitali)
$\ell = 2$	$m_\ell = -2, -1, 0, 1, 2$ (5 tane d orbitali)

Tablo 2

4. Spin Manyetik Kuantum Sayısı (m_s)



Spin kuantum sayısını tanımlamak için elektronun çekirdek etrafında dolarken kendi eksenı etrafında döndüğü yani spin yaptığı düşünüldü. Elektron şekil 5 teki gibi iki tür spin hareketi yapabilir. Spinin yönü yukarıya yönelik ise elektronun spin yukarı durumunda, spinin yönü aşağıya yönelik ise elektronun spin aşağı durumunda olduğu ifade edilir. Dış manyetik alan varken bu iki spin yönü için elektronun sahip olduğu enerjiler arasındaki fark çok küçüktür. Elektronun spinine karşılık gelen kuantum sayıları spin yukarı durumu için

$$m_s = \frac{1}{2}, \text{ spin aşağı durumu için } m_s = -\frac{1}{2} \text{ dir.}$$

Elektron için S spin açısal momentumun büyüklüğü;

$$S = \sqrt{s(s+1)} \hbar = \frac{\sqrt{3}}{2} \hbar \text{ dir.}$$

Buna göre; n = 2 baş kuantum sayısına karşılık gelen kabuktaki elektron için sekiz durum tablo 4 teki gibi olur.

n = 2	$\ell = 0$	$m_\ell = 0$	$m_s = \frac{1}{2}$
			$m_s = -\frac{1}{2}$
	$\ell = 1$	$m_\ell = 1$	$m_s = \frac{1}{2}$
			$m_s = -\frac{1}{2}$
		$m_\ell = 0$	$m_s = \frac{1}{2}$
			$m_s = -\frac{1}{2}$
		$m_\ell = -1$	$m_s = \frac{1}{2}$
			$m_s = -\frac{1}{2}$

Tablo 4

UYARI

Spin, kütle ve yük gibi parçacığın çevresinden bağımsız bir özelliğidir.

Örnek

Bir atomun baş kuantum sayısı $n = 2$ olan kabuğu için;

- I. 2 alt kabuk bulunur.
- II. 4 orbital bulunur.
- III. 5 orbital bulunur.

yargılarından hangileri doğrudur?

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

Çözüm

Baş kuantum sayısı n olan bir kabukta bulunan alt kabuk sayısı, orbital kuantum sayısı (ℓ) ile bulunur.

$\ell = 0, 1, 2, \dots (n - 1)$ olduğundan baş kuantum sayısı $n = 2$ olan bir kabukta (L kabuğunda) orbital kuantum sayıları; $\ell = 0, 1$ olan iki alt kabuk bulunur.

I. yargı doğrudur.

Bir alt kabuktaki orbital sayısı, manyetik kuantum sayısı (m_ℓ) ile bulunur. Orbital kuantum sayısı ℓ olan bir alt kabukta manyetik kuantum sayıları;

$$m_\ell = -\ell, \dots, -1, 0, +1, \dots, \ell$$

olan orbitaller yani $(2\ell + 1)$ tane orbital bulunur.

Buna göre;

$$\ell = 0 \text{ alt kabuğunda (2s), 1 orbital}$$

$$\ell = 1 \text{ alt kabuğunda (2p), 3 orbital}$$

bulunur. Buna göre baş kuantum sayısı $n = 2$ olan kabukta, 4 orbital bulunur. II. yargı doğru, III. yargı yanlıştır.

YANIT D

PAULİ PRENSİBİ

Pauli prensibi “Bir atomda iki elektron hiçbir zaman aynı kuantum durumunda olamaz, yani aynı atoma ait iki elektron aynı kuantum takımına sahip olamaz” şeklinde ifade edilir.

Pauli prensibine göre bir atomda iki elektron aynı n , ℓ , m_ℓ ve m_s değerlerine sahip olamaz, bu sayılardan en az bir tanesi farklı olmalıdır.

Örnek

Modern atom kuramına göre baş kuantum sayısı $n = 2$ olan kabukta bulunan elektronların yörüngesel açısal momentümleri;

- I. 0
- II. $\sqrt{2} \hbar$
- III. $\sqrt{6} \hbar$

değerlerinden hangileri olabilir?

($\hbar = \frac{h}{2\pi}$ olup h , planck sabitidir.)

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

Çözüm

Elektronların yörüngesel açısal momentümleri;

$$L = \sqrt{\ell(\ell + 1)} \hbar \text{ ① bağıntısıyla bulunur.}$$

Baş kuantum sayısı $n = 2$ olan kabukta orbital kuantum sayısı $\ell = 0$ ve $\ell = 1$ olan iki alt kabuk vardır. ℓ 'nin değerleri ① bağıntısında yerine yazılırsa elektronların yörüngesel açısal momentümleri;

$$L = \sqrt{0(0+1)} \hbar = 0$$

$$L = \sqrt{1(1+1)} \hbar = \sqrt{2} \hbar \text{ bulunur.}$$

YANIT B

NOT

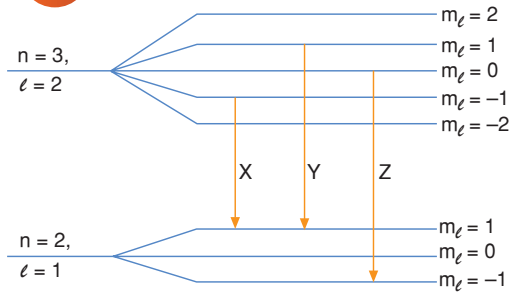
Modern atom teorisi, atomların elektronlarının enerji seviyeleri arasındaki geçişlerinin belli kurallara bağlı olarak gerçekleştiğini göstermiştir. Yani bazı geçişler izinli iken bazı geçişlerin mümkün olmadığı kabul edilmiştir. Atomdaki enerji seviyeleri arasındaki geçişleri sınırlayan kurala “**seçicilik kuralı**” denir.

Seçicilik kuralına göre bir atom ancak;

$$\Delta \ell = \pm 1 \quad \text{ve} \quad \Delta m_\ell = 0, \pm 1$$

koşulları dahilinde geçiş yapabilir. Bu kurala uyan geçişlere “**izinli geçişler**”, uymayan geçişlere de “**yasak geçişler**” denir. (Yasak geçişler gerçekte oluşur ama geçiş olasılıkları izinli geçiş olasılıklarıyla karşılaştırıldığında çok küçüktür.)

Örnek



Şekilde $n = 3, \ell = 2$ düzeyinden $n = 2, \ell = 1$ düzeyine bazı geçişler gösterilmiştir.

Buna göre bu geçişlerden kaç tanesi izinli geçiştir?

- A) Yalnız X B) Yalnız Y C) X ve Z
D) Y ve Z E) X, Y ve Z

Çözüm

Bir atomdaki enerji seviyeleri arasındaki izinli geçişler için koşul;

$$\Delta \ell = \pm 1, \Delta m_\ell = 0, \pm 1 \text{ dir.}$$

Buna göre Y ve Z izinli geçiştir.

YANIT D

HEISENBERG BELİRSİZLİK İLKESİ

Herhangi bir anda bir parçacığın konumu ve hızı ölçülmek istenirse, ölçümlerde daima bir deneysel belirsizlikle karşılaşılır. Klasik mekaniğe göre ölçümleri istenildiği kadar küçük belirsizlikle ya da son derece doğrulukla yapmak olasıdır. Kuantum mekaniği ise bir parçacığın konumunu ve hızını aynı anda son derece doğrulukla ölçmenin olanaksız olduğunu öngörür.

1927 yılında Werner Heisenberg ilk kez bir parçacığın konumunu ve momentumunu aynı anda ve son derece doğrulukla belirlemenin olanaksız olacağını ortaya koydu.

Heisenberg belirsizlik ilkesi “Eğer bir konum ölçümü Δx duyarlılığıyla ve momentum ölçümü de aynı anda ΔP duyarlılığıyla yapılırsa, o zaman, iki belirsizliğin çarpımı asla $\frac{\hbar}{2}$ ($\frac{h}{4\pi}$) mertebesindeki bir sayıdan küçük olamaz.”

şeklinde ifade edilir. Yani, $\Delta x \cdot \Delta P \geq \frac{\hbar}{2}$ olup $\hbar = \frac{h}{2\pi}$ dir.

“**Bir parçacığın konumunu ve momentumunu aynı anda ve tam bir doğrulukla ölçmek fiziksel olarak olanaksızdır.**” Eğer Δx küçükse ΔP büyük, Δx büyükse ΔP küçük olacaktır. Heisenberg Δx ve ΔP 'nin kaçınılmaz belirsizlikler olduğunu, ölçü aletlerinden ileri gelmediğini, maddenin kuantumlu yapısından kaynaklandığını ifade etmiştir.

Buna göre atom içindeki elektronların yerini ya da hareketlerini tam olarak belirlemek olanaksızdır. Elektronun atom içindeki konumu ne kadar net belirlenirse, momentumu o kadar belirsizleşir. Heisenberg'in belirsizlik ilkesi, atomda elektronların yerlerinin Bohr'un dediği gibi net olarak ifade edilemeyeceğini ortaya koymuştur.

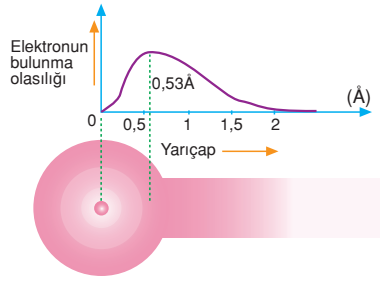
Bir başka belirsizlik ilkesi de, enerji - zaman belirsizlik ilkesidir. Bu ilke, eğer ölçü için sonlu bir Δt zaman aralığı verilirse, bir sistemin ölçülebilen ΔE enerjisinin doğruluğu üzerine sınır getirir.

Enerji - zaman belirsizlik ilkesi; $\Delta E \cdot \Delta t \geq \frac{\hbar}{2}$ şeklinde ifade edilir.

UYARI

Heisenberg'in belirsizlik ilkesi ile ilgili çalışmaları yaptığı tarihlerde, aynı konuda çalışma yapan bir başka fizikçi Schrödinger, Heisenberg belirsizlik ilkesini desteklemiştir.

Schrödinger'e göre, atom içinde hareket eden elektronların net yerlerinden söz etmek olası değildir. Ancak elektronların bulunma olasılığının yüksek olduğu yerler saptanabilir.



Schrödinger'in bu görüşü hidrojen atomu için düşünülürse şekildeki gibi çekirdekten itibaren sonsuza kadar düşünülebilir, ancak belli bir uzaklıktan sonra bu olasılık hemen hemen sıfırdır. Belirli uzaklıklarda elektronun bulunma olasılığı çok yüksektir. Elektronun bulunma olasılığının yüksek olduğu bu yerlere "**elektron bulutu**" denir.

Örnek

Bir elektronun hızı % 0,1 hata ile 2.10^4 m/s olarak ölçülüyor.

Buna göre elektronun konumundaki belirsizlik en az kaç mm'dir?

($\hbar = 1,05 \cdot 10^{-34}$ J.s, $m_e = 9.10^{-31}$ kg)

- A) $1,45 \cdot 10^{-3}$ B) $1,82 \cdot 10^{-3}$ C) $2,42 \cdot 10^{-3}$
D) $2,91 \cdot 10^{-3}$ E) $3,05 \cdot 10^{-3}$

Çözüm

Elektronun momentumu,

$$P = m_e \cdot v \text{ bağıntısından}$$

$$P = 9.10^{-31} \cdot 2.10^4 = 18.10^{-27} \text{ kg.m/s bulunur.}$$

Elektronun momentumundaki belirsizlik P değerinin % 0,1 i yani 0,001 i kadar olduğundan;

$$\Delta P = 18.10^{-27} \cdot 0,001 = 18.10^{-30} \text{ kgm/s dir.}$$

Elektronun konumundaki minimum belirsizlik ΔX ;

$$\Delta X \cdot \Delta P \geq \frac{\hbar}{2} \text{ bağıntısından } \Delta X = \frac{\hbar}{2 \cdot \Delta P}$$

$$\Delta X = \frac{1,05 \cdot 10^{-34}}{2 \cdot 18 \cdot 10^{-30}}$$

$$\Delta X = 2,91 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 2,91 \cdot 10^{-3} \text{ mm bulunur.}$$

YANIT D

ATOMUN BOYUTU

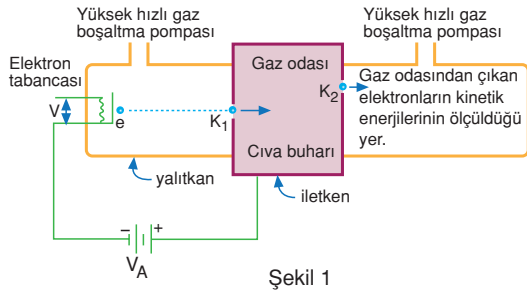
Atom, bir küreye benzetilirse, merkezde çekirdek ve çekirdeğin etrafında dönen elektronlardan oluşur. Çekirdek ile elektronların arasının boşluk olduğu kabul edilir.

Çekirdek, atomun cinsine bağlı belirli sayılarda nötronlardan ve protonlardan oluşur. Çekirdeğin yarıçapı 10^{-14} m, atomun yarıçapı ise 10^{-10} m dir.

ATOMLARIN UYARILMASI VE IŞIMASI

Normal şartlarda atomlar, minimum enerjili durumda (temel halde) bulunmak ister. Ancak bazen bir dış etkiyle (sıcaklık ve basınç artırma gibi), atoma bir miktar enerji verilirse, temel haldeki (taban durumundaki) atomlar üst enerji seviyelerine çıkabilirler. İşte bu duruma **“atomun uyarılması”** denir. Enerji seviyeleri arasındaki bu tür geçişlere de **“uyarılmış soğurma”** denilir.

Uyarılmış durumda bulunan bir atom, sahip olduğu fazla enerjisi 10^{-8} s gibi bir süre içinde atarak temel hale döner. Bu geçiş, atomdan $h\nu$ enerjili bir foton salınarak gerçekleşebilir. Buna **“atomun ışınması”** denir.



1914 yılında Franck ve Hertz, Şekil 1'de şeması verilen düzeneğe yaptıkları deneyde, civa buharını elektronlarla bombardıman ederek civa atomlarının soğurdukları enerjileri araştırmışlardır.

Sistemde, elektron tabancasından bırakılan elektronlar hızlandırıcı V_A potansiyel farkı ile $E_k = e \cdot V_A$ kadar kinetik enerji kazanır ve bu enerjiyle K_1 deliğinden gaz odasına girer.

Gaz odasında civa atomlarıyla çarpışan elektronlar K_2 deliğinden kinetik enerjilerinin ölçüleceği yere girer. (K_1 ve K_2 delikleri aynı hizada değildir. Delikler aynı hizada olsaydı elektronlar gaz odasından civa atomları ile çarpışmadan çıkabilirdi.)

V_A	$E_{k_{giriş}}$	$E_{k_{çıkış}}$	Civa atomlarının aldığı enerji
3 V	3 eV	3 eV	–
5 V	5 eV	0,14 eV	4,86 eV
		6 eV	–
6 V	6 eV	1,14 eV	4,86 eV
		7 eV	–
7 V	7 eV	2,14 eV	4,86 eV
		0,33 eV	6,67 eV
9 V	9 eV	9 eV	–
		4,14 eV	4,86 eV
		2,33 eV	6,67 eV
		0,16 eV	8,84 eV

Düzeneğe uygulanan V_A potansiyel farkının bazı değerleri, elektronların gaz odasına giriş ve çıkış kinetik enerjileri ile civa atomlarının aldıkları enerjiler tablodaki gibidir. Örneğin gaz odasına 9 eV lik enerjile giren elektronlardan bazıları civa atomları ile esnek çarpışma yapar ve 9 eV lik kinetik enerji ile gaz odasından çıkar. Bazı elektronlar çarpıştığı civa atomlarına 4,86 eV, bazı civa atomlarına 6,67 eV, bazı civa atomlarına da 8,84 eV enerji verir.

Atomlar iç enerji seviyelerini değiştirebilirler ancak bu değişimler kesin olarak belirli basamaklarda olur.

Bir atom tarafından alınabilecek en küçük enerji miktarına o atomun **“birinci uyarılma”** enerjisi denir. Bu değer civa atomu için 4,86 eV dir. Atomlar enerjisi belli paketler halinde alırlar ve bu

paketlerin büyüklüğü her cins atom için farklıdır. Bir atomun iç enerjisi sürekli değil ancak belli seviyelerde değişir ve bir atomun ardarda sahip olabileceği bu iç enerjilere, o atomun **“enerji seviyeleri”** denir.

Herhangi bir uyarılma enerjisi verilmeden önce bir atomun içinde bulunduğu hale **“temel hal”** denir. Temel halin üstünde, aralıklı olarak çeşitli uyarılma halleri bulunur. Atomlara çarpan elektronların enerjisi yeterli ise bu uyarılma hallerinden biri meydana gelir. Elektronlar atoma uyarılma enerjilerinden daha yüksek enerjiler verdiğinde atomdan bir elektron fırlar, geriye pozitif yüklü bir iyon kalır. Atomdan fırlayan elektronun enerjisi herhangi bir değerde olabilir. Atom iyonlaşma enerjisinden büyük her değeri alabilir.

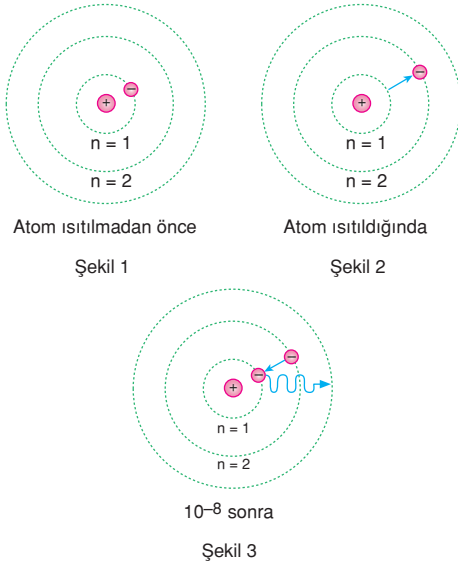
İyonlaşma	10,4 (iyonlaşma enerjisi)
n = 4	8,84 (3. uyarılma enerjisi)
n = 3	6,67 (2. uyarılma enerjisi)
n = 2	4,86 (1. uyarılma enerjisi)
n = 1	0 (Temel hal)

Şekil 2

Franck - Hertz deneyinin sonucunda bulunan civa atomlarının enerji seviyeleri Şekil 2'deki gibidir.

ATOMLARIN UYARILMASI

1. Atomu ısıtarak uyarma



Hidrojen atomunun elektronu normal halde Şekil 1'deki gibi en düşük enerji düzeyinde yani temel halde bulunur. Hidrojen atomu ısıtıldığında elektronun enerjisi artar ve elektron Şekil 2'deki gibi üst yörüngeye çıkar. Atomun kararlı olma eğiliminden dolayı 10^{-8} s gibi bir sürede temel hale geri döner. Bu geçişi sırasında aldığı fazla enerjiyi bir ışık fotonu salarak geri verir.

2. Atomları çarpıştırarak uyarma

Atomlar yüksek sıcaklık ve basınçta birbirleriyle çarpıştırılabilirler. Birbirleriyle çarpıştırılan elektronlar değişik enerji düzeylerine uyarılabilirler. Uyarılan atomlar aldıkları enerjiyi 10^{-8} s gibi bir sürede ışımaya yoluyla sağlar.

3. Atomu elektronla uyarma

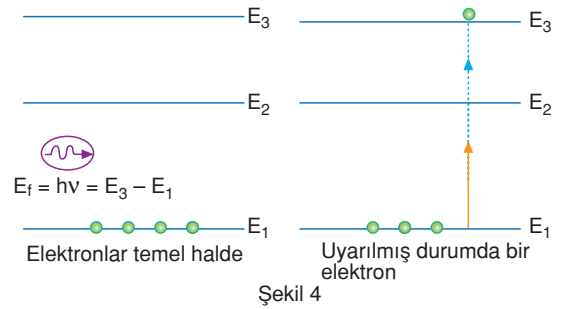
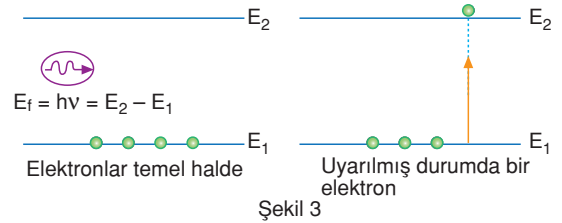
Uyarıcı elektronların kinetik enerjisi E_e , atomun 1. uyarılma enerjisi E_1 olsun.

★ $E_e > E_1$ olursa elektron enerjisinin büyüklüğüne bağlı olarak, atomu 1., 2., 3., ... uyarılma seviyesine uyarabilir ya da atomla esnek çarpışma yapıp E_e kadar enerjiyle ortamı terk edebilir.

Uyarılan atoma ait elektronlar üst enerji seviyelerine tek hamlede çıkar. Uyarılan bir atomu tekrar tekrar uyararak mümkün değildir. Bunun temel nedeni ise, daha öncede vurgulandığı gibi, izinli enerji durumlarına uyarılmış atomlar normal şartlar altında minimum enerjili durumda bulunmak istediklerinden 10^{-8} s gibi kısa bir sürede temel hale dönme eğiliminde olmalarıdır.

4. Atomu fotonla uyarma

Atomların fotonlar ile uyarılması olayında, (fotonlar atomlarla etkileştiklerinde) ya enerjilerinin tamamını atoma aktarırlar ya da hiç enerjilerini kaybetmeden ortamı terk ederler.

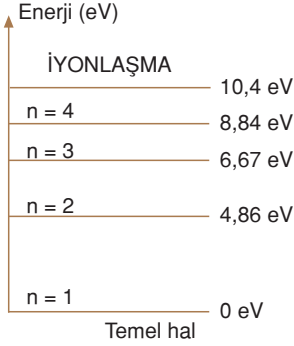


Bir fotonun bir elektronu uyarabilmesi için “**fotonun enerjisinin, atomun üst enerji seviyelerinden herhangi biri ile temel hal arasındaki farka eşit olması gerekir.**” Örneğin Şekil 3'te uyarıcı fotonun enerjisi, ikinci enerji seviyesi ile temel hal arasındaki farka ($E_2 - E_1$) eşit olduğundan atomu uyarır ve atomun bir elektronu temel halden ikinci enerji durumuna uyarılır. (Noktalar elektronları temsil etmektedir). Enerjisi, üçüncü enerji seviyesi ile temel hal arasındaki farka ($E_3 - E_1$) eşit olan foton ise atomu Şekil 4'teki gibi üçüncü enerji seviyesine uyarır.

Bir fotonun, bir atomu uyarabilmesi koşulu; **“Uyarıcı fotonun enerjisi, atomun uyarılma enerjilerinden birine eşit olmalıdır”** şeklinde de ifade edilebilir.

Bir foton ancak bir atomu uyarabilir. Fotonun enerjisi yetse bile birden çok atomu uyaramaz.

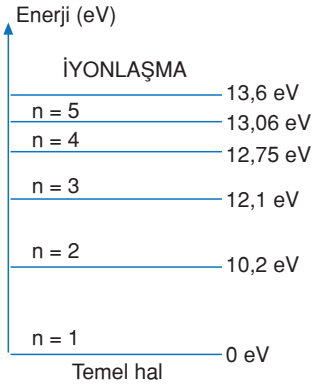
Uyarıcı fotonun enerjisi, atomun iyonlaşma enerjisine eşit ya da büyük ise fotoelektrik olay gerçekleşir yani at-
omdan elektron sökülür, geriye pozitif yüklü bir iyon kalır.

Örnek

Franck – Hertz deneyinde civa buharı içinden 9,74 eV enerjili elektronlar geçiriliyor.

Civa atomlarının bazı enerji seviyeleri şekildeki gibi olduğuna göre gaz odasından çıkan elektronların enerjisi kaç eV olamaz?

- A) 0,02 B) 0,90 C) 3,07
D) 3,70 E) 4,88

Örnek

Temel halde bulunan hidrojen atomlarının bazı enerji seviyeleri şekildeki gibidir.

- I. 10,5 eV enerjili elektronlar
II. 10,5 eV enerjili fotonlar
III. 13,5 eV enerjili elektronlar

hidrojen atomlarını uyararak için kullanılıyor.

Buna göre hangilerinde uyarılmış atomlar tek dalga boylu ışın yayarlar?

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

Çözüm

Gelen elektronun enerjisi	Atomun alabileceği enerji	Çıkan elektronun enerjisi
9,74 eV	0 eV	9,74 eV
9,74 eV	8,84 eV	0,90 eV
9,74 eV	6,67 eV	3,07 eV
9,74 eV	4,86 eV	4,88 eV
4,88 eV	4,86 eV	0,02 eV

Yukarıdaki tabloya bakıldığında çıkan elektronların enerjilerinin 3,70 olamayacağı görülür.

YANIT D

Çözüm

Atomların tek dalga boylu ışık yaymaları için temel halden 1. uyarılma enerji seviyesine (n = 2. enerji düzeyine) uyarılması gerekir.

- I. 10,5 eV enerjili elektronlar temel haldeki elektronu n = 2. yörüngeye uyarabilir.
- II. 10,5 eV enerjili fotonlar atomu uyaramaz.
- III. 13,5 eV enerjili elektronlar atomları 2. ve 3. enerji düzeylerine uyarabilir.

YANIT A

UYARILMIŞ ATOMUN IŞIMASI

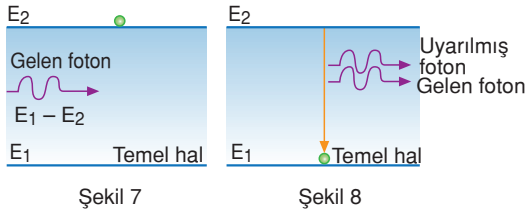
Işımlar üzerine yapılan çalışmalar uyarılmış atomların yaptığı ışımaların, **kendiliğinden ışımaya** ve **uyarılmış ışımaya** olmak üzere iki çeşit olduğunu göstermiştir.

1. Kendiliğinden Işıma

Uyarılmış atomların bir dış etki olmaksızın temel hale geçerken yapmış oldukları ışımaya **“kendiliğinden ışımaya”** denir. Şekil 5 ve şekil 6 da uyarılmış atomlara hiç bir dış etki olmadığından elektronların temel hale dönerken yaptığı ışımalar, kendiliğinden ışımadır.

2. Uyarılmış Işıma

Einstein, atomların kendiliğinden ışımaya yapabilecekleri gibi, bazı dış etkilere ışımaya zorlanabileceklerini savundu ve uyarılmış bir atom, uyarılma enerjisine eşit enerjili bir fotonla zorlanırsa atomun ışımaya yapabileceğini teorik olarak gösterdi. İşte uyarılmış bir atomun dış etki ile ışımaya zorlanması sonucu ortaya çıkan ışımalara **“uyarılmış ışımaya”** denir. Uyarılmış ışımaya, **“foton zorlaması ile foton yayınlanmasıdır”** şeklinde de tanımlanabilir.



Örneğin Şekil 7’de sembolize edildiği gibi temel halden (E_1), E_2 enerji seviyesine uyarılmış olan atoma $E_2 - E_1$ enerjili bir foton gönderildiğinde bu foton temel haldeki bir fotonu uyarmak yerine E_2 enerji seviyesindeki atomu E_1 enerji seviyesine inmeye zorlayarak Şekil 8’de gösterildiği gibi $E_2 - E_1$ enerjili ışımaya neden olabilir. Bu durumda gelen foton soğurulmadığı gibi, bu fotona, atomu zorlayarak temel hale döndürürken yayınlanan

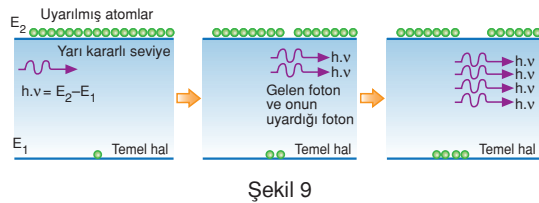
foton eşlik eder. Bu iki fotonun enerjileri, frekansları ve fazları aynıdır.

Uyarılmış ışımaya için birinci koşul, atomda yarı kararlı seviyelerin bulunmasıdır.

Acaba, **“fotonlar ile bombardıman edildiğinde neden yeni atomlar uyarılmıyor da, uyarılmış atomların elektronları temel hale döndürülerek ışımaya zorlanıyorlar?”** sorusu akla gelebilir. İşte bu sorunun yanıtı, uyarılmış ışımaya için ikinci bir koşulun gerektiğini ortaya çıkarır.

2. Uyarılmış ışımaya için ikinci önemli koşul, uyarılmış atom sayısının, uyarılmamış atom sayısından fazla olmasıdır. Atomların çoğunun uyarılmış halde bulunduğu bu duruma **“tersine birikim”** denir.

Bu durumda uyarılmış atomlar, uyarılmamış atomlardan daha çok olduğundan bombardıman fotonlarının uyarılmış atomları etkileme olasılığı daha yüksektir.

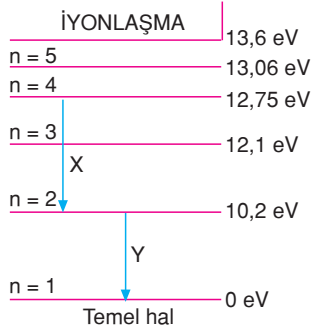


Uyarılmış ışımaya için gerekli olan iki koşulun sağlanması durumunda Şekil 9’da sembolik olarak gösterildiği gibi atomlardan birinin $E_2 - E_1$ enerjili bir ışımaya yapması uyarılmış ışımaya başlaması için yeterlidir. $E_2 - E_1$ enerjili bu foton, başka bir atomu $E_2 - E_1$ enerjili ışımaya yapmaya zorlar. Dolayısıyla foton sayısı sürekli iki katına çıkar. Bir foton iki tane, iki foton dört

tane, dört foton sekiz tane olur ve foton sayısı geometrik dizi şeklinde artar.

Uyarılmış ışımadaki bütün fotonlar aynı frekans ve aynı fazla olup aynı doğrultuda hareket ederler. Bu nedenle ortaya çıkan enerji çok şiddetlidir. Aynı frekans, aynı faz ve aynı doğrultudaki bu tür ışımalara **“uyumlu (koherent) ışık”** denir.

Örnek

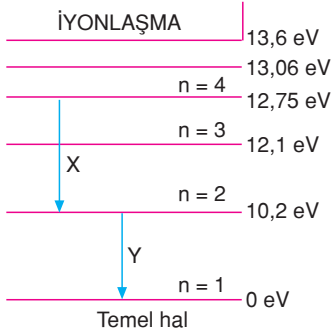


Hidrojen atomlarının bazı enerji düzeyleri şekildeki gibidir. 4. enerji düzeyine kadar uyarılan bir hidrojen atomu temel hale dönerken şekildeki X ve Y ışımalarını yapıyor. Atomun açısal momentumu X ışınması yaptığında ΔL_1 , Y ışınması yaptığında da ΔL_2 kadar değişiyor.

Bohr atom modeline göre $\frac{\Delta L_1}{\Delta L_2}$ oranı nedir?

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

Çözüm



Bohr atom modeline göre atomun açısal momentumu $L = n \frac{h}{2\pi}$ olup n, atomun bulunduğu enerji

düzeyi (baş kuantum sayısı) dır.

Uyarılan hidrojen atomu X ışınması yaparken n = 4. enerji düzeyinden n = 2. enerji düzeyine, Y ışınması yaparken de n = 2. enerji düzeyinden n = 1. enerji düzeyine inmiştir.

Buna göre,

$$\Delta L_1 = 4 \frac{h}{2\pi} - 2 \frac{h}{2\pi} = 2 \frac{h}{2\pi} \quad \textcircled{1}$$

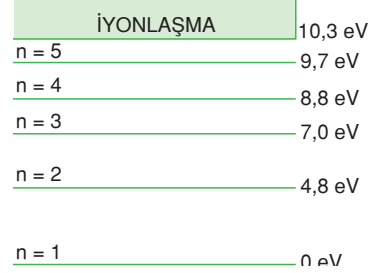
$$\Delta L_2 = 2 \frac{h}{2\pi} - \frac{h}{2\pi} = \frac{h}{2\pi} \quad \textcircled{2}$$

① ve ② bağıntıları oranlanırsa,

$$\frac{\Delta L_1}{\Delta L_2} = 2 \text{ bulunur.}$$

YANIT D

Örnek



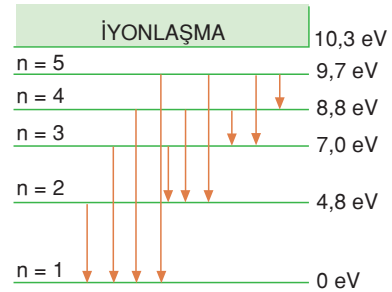
Tek elektronlu X atomunun enerji düzeyleri şekildeki gibidir. X gazının içinden 9,7 eV enerjili fotonlar geçiriliyor.

Buna göre uyarılmış X atomları temel hale dönerken enerjileri farklı kaç ışına yapabilir?

- A) 3 B) 4 C) 6 D) 9 E) 10

Çözüm

Uyarıcı fotonların enerjisi, X gazının atomlarının 5. enerji düzeyine eşittir. Bu nedenle foton soğuran X atomunun elektronları temel halden 5. enerji düzeyine çıkar.



Elektronlar temel hale dönerken tek hamlede de dönebilir, kademeli de dönebilir. Buna göre 5. enerji düzeyine uyarılan X atomları şekilde gösterildiği gibi enerjileri farklı 10 ışına yapabilir.

YANIT E

UYARI

n. enerji düzeyine uyarılan tek elektronlu atomların temel hale dönerken yaptığı, enerjileri farklı ışınların sayısı;

$$\frac{n \cdot (n - 1)}{2} \text{ bağıntısıyla da bulunur.}$$

Örnek

Aynı enerji düzeyine uyarılan hidrojen atomlarının spektrumunda Paschen serisinden sadece bir ışıma oluşuyor.

Paschen serisinde oluşan ışıma, bu serinin en küçük enerjili ışıması olduğuna göre spektrumda Lyman ve Balmer serisinden hangi ışımalar olabilir?

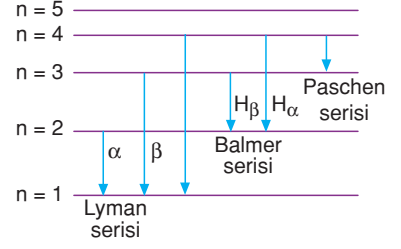
Lyman	Balmer
A) α	H_{α}
B) β	H_{α}
C) α, β	H_{β}
D) α, β	H_{α}
E) α, β, γ	H_{α}, β

Etkinlik 1

Aşağıdaki yargılardan doğru olanın yanına D, yanlış olanın yanına Y yazınız.

- 1) Elektrik yüklü bir yağ damlacığının yükü $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C'luk yükün tam katları olabilir.
- 2) Thomson elektronun yükünün kütesine oranını deneylerle ölçmüştür.
- 3) Millikan elektronun yükünün değerini deneysel olarak bulmuştur.
- 4) Dalton atom modeline göre, atom çekirdeği çevresinde elektronlar çembersel yörüngelerde dolanırlar.
- 5) Thomson, atomun boşluklu yapıda olduğunu bulmuştur.
- 6) Atomun yapısının Güneş sistemine benzediğini ileri süren bilim insanı Rutherford'dur.
- 7) Bohr modeline göre, elektron çekirdekten her uzaklıkta bulunabilir.
- 8) Bir fotonun enerjisi ne kadar olursa olsun atomu uyarabilir.
- 9) Bohr modeline göre, 3. enerji düzeyine kadar uyarılmış hidrojen atomunun elektronu 2. enerji düzeyine geçerken görünür ışık yayar.
- 10) Modern atom teorisinde, elektronun tüm özelliklerinin bilinmesi için 4 tane kuantum sayısı gereklidir.
- 11) Uyarılmış bir atomun elektronu, yeni konumunda sürekli dolanır, eski konumuna geçmez.
- 12) 1. uyarılma enerjisi 10,2 eV olan bir atomu enerjisi 11 eV olan elektron uyarabilir.
- 13) 1. uyarılma enerjisi 10,2 eV olan atomu enerjisi 11 eV olan foton uyarabilir.
- 14) "Bir elektronun yeri ve momentumu aynı anda ve tam bir doğrulukla ölçülmez." diyen bilim insanı Heisenberg'dir.
- 15) Uyarılmış emisyon yolu ile elde edilen ışınlara laser ışını denir.

Çözüm



Uyarılan hidrojen atomları Paschen serisinden sadece bir ışıma yaptığına ve bu ışıma, bu serinin en küçük enerjili ışıması olduğuna göre hidrojen atomları 4. enerji düzeyine uyarılmıştır. 4. enerji düzeyine uyarılan hidrojen atomları temel hale dönerken şekilde gösterildiği gibi Lyman serisinden α, β, γ , Balmer serisinden H_{α}, H_{β} ışıması yapabilir.

YANIT E

1. I. Thomson Atom Modeli
II. Rutherford Atom Modeli
III. Bohr Atom Modeli

Yukarıdaki atom modellerinden hangilerinde atomun ortasında (+) yüklü bir çekirdek vardır?

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

2. Bohr Atom Modeline göre, hidrojen atomunun elektronu $n = 2$ enerji düzeyinde iken elektronun yörünge yarıçapı r kadardır.

Bu modele göre, He^+ iyonunun elektronu $n = 1$ enerji düzeyinde iken yörünge yarıçapı kaç r dir?

- A) $\frac{1}{8}$ B) $\frac{1}{4}$ C) $\frac{1}{2}$ D) 1 E) 2

3. Bohr Atom Modeli'ne göre, hidrojen atomunun elektronunun toplam enerjisi, elektron $n = 1$ enerji düzeyinde iken $-13,6$ eV'tur.

Bu elektronu $n = 2$ enerji düzeyine geçirmek için kaç eV'luk enerji vermek gereklidir?

- A) 3,4 B) 6,8 C) 10,2
D) 13,6 E) 27,2

4. Bohr Atom Modeli'ne göre, hidrojen atomunun elektronu temel halden $n = 3$ enerji düzeyine geçiyor.

Elektronun açısal momentumu $\frac{h}{2\pi}$ 'nin kaç katı kadar artar?

- A) 1 B) 2 C) 3 D) 6 E) 9

- 5.

$n = 4$	_____	12,8eV
$n = 3$	_____	12,1eV
$n = 2$	_____	10,2eV
$n = 1$	_____	0

Hidrojen atomunun enerji düzeylerinden bazıları şekildeki gibidir.

Bu atomu enerjileri;

- I. 12eV olan elektron
II. 10,2 eV olan foton
III. 10,5 eV olan foton

parçacıklarından hangileri uyarabilir?

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

6. Temel haldeki hidrojen atomu uyarılınca, Bohr Atom Modeli'ne göre, açısal momentumu $\frac{2h}{\pi}$ oluyor.

Bu atom temel hale dönerken görünür ışık bölgesinde kaç farklı foton yayar?

- A) 1 B) 2 C) 3 D) 4 E) 6

7. Uyarılan bir hidrojen atomu ile ilgili;

- I. Elektronun açısal momentumu artar.
- II. Elektronun kinetik enerjisi azalır.
- III. Elektronun yörünge yarıçapı artar.

yargılarından hangileri doğrudur?

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

8. Bohr Atom Modeli'ne göre, hidrojen atomunun elektronu çekirdekten $r = 0,53\text{Å}$, $4r$, $9r$, $16r$... uzaklıklarda çemberler üzerinde dolunur.

Modern Atom Teorisi'ne göre, elektronun çekirdekten uzaklığı;

- I. $\frac{r}{2}$ II. r III. $\frac{3r}{2}$

değerlerinden hangileri olabilir?

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

9. Heisenberg belirsizlik ilkesine göre, bir parçacığın momentumundaki belirsizlik ΔP 'dir.

Buna göre, parçacığın konumundaki belirsizlik;

- I. $\frac{h}{4\pi \cdot \Delta P}$ den çok
II. $\frac{h}{8\pi \cdot \Delta P}$ den az
III. $\frac{h}{6\pi \cdot \Delta P}$

değerlerinden hangisi olabilir?

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

10. Modern Atom Teorisi'ne göre bir hidrojen atomunun elektronunun orbital kuantum sayısı $\ell = 2$ 'dir.

Bu elektronun açısal momentumu $\frac{h}{2\pi}$ 'nin kaç katıdır?

- A) 2 B) $\sqrt{2}$ C) $\sqrt{6}$ D) 4 E) $\frac{1}{2}$

11. I. Fotonlarla bombardıman etme
II. Elektrik alanı içine yerleştirme
III. Manyetik alan içine yerleştirme

Bir atomu uyarmak için, yukarıdaki işlemlerden hangileri yapılmalıdır?

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

12. Uyarılmış hidrojen atomları temel hâle dönerken Balmer serisinden $H\alpha$ ve $H\beta$ fotonları yayılıyor.

Bu atomlar aşağıdaki fotonlardan hangilerini yaymaz?

- A) Lyman α B) Paschen β
C) Paschen α D) Lyman β
E) Lyman γ

1. Thomson Atom Modeli'ne göre, atom içi dolu küre biçimlidir. Rutherford ve Bohr Modellerine göre atomun merkezinde (+) yüklü çekirdek bulunur.

YANIT E

2. Bohr Atom Modeli'ne göre, hidrojen gibi bir elektronlu bir atomun elektronunun yörünge yarı çapı

$$r = 0,53 \frac{n^2}{Z} (\text{Å}) \text{ formülü ile bulunur.}$$

$$\text{Hidrojen için: } Z = 1, n = 2 \text{ ise } r = 0,53 \frac{4}{1} \text{ olur.}$$

$$\text{Helyum için: } Z = 2, n = 1 \text{ ise } r_{\text{HE}} = 0,53 \frac{1}{2}$$

$$\text{olduğundan } r_{\text{HE}} = \frac{r}{8} \text{ olur.}$$

YANIT A

3. Bohr Atom Modeli'ne göre, elektronun toplan enerjisi:

$$E = -13,6 \frac{Z^2}{n^2} (\text{eV}) \text{ tur.}$$

$$n = 1 \text{ iken } (Z = 1 \text{ olduğundan}) E_1 = -13,6 \text{ eV}$$

$$n = 2 \text{ olunca } E_2 = -3,4 \text{ eV olur.}$$

$$\Delta E = -3,4 - (-13,6) = 10,2 \text{ eV}$$

O halde elektrona 10,2 eV'luk enerji verilirse $n = 1$ enerji düzeyinden $n = 2$ düzeyine geçer.

YANIT C

4. Açısal momentum $L = \frac{nh}{2\pi}$ olduğundan;

$$n_1 = 1 \text{ iken } L_1 = \frac{h}{2\pi}$$

$$n_2 = 3 \text{ iken } L_2 = \frac{3h}{2\pi}$$

$$\Delta L = \frac{3h}{2\pi} - \frac{h}{2\pi} = 2 \frac{h}{2\pi} \text{ olur.}$$

YANIT B

5. Bir elektronun enerjisi iki enerji düzeyi farkına eşit veya daha fazla ise atomu uyabilir. Fakat fotonun atomu uyarması için enerjinin tam iki enerji düzeyi farkı kadar olması gerekir. I. ve II. parçacık atomu uyabilir.

YANIT D

6. $L_1 = \frac{h}{2\pi}$ ve $L_2 = \frac{n_2 \cdot h}{2\pi} = \frac{2h}{\pi} \Rightarrow n_2 = 4$ olur.

$n_2 = 4$ enerji düzeyine geçmiş elektronlar $n = 2$ enerji düzeyine doğrudan geçebilir. Veya önce $n = 3$ enerji düzeyine geçip oradan $n = 2$ enerji düzeyine geçerken görünür ışık (Balmer Serisi) verilir. Böylece 2 farklı görünür ışık fotonu yayılır.

YANIT B

7. Uyarılan atomun elektronu çekirdekten uzaklaşır. Açısal momentumu artar. Kinetik enerjisi azalır. Yörünge yarıçapı artar.

YANIT E

8. Modern Atom Teorisi'ne göre, elektron çekirdekten her uzaklıkta bulunabilir.

YANIT E

9. Heisenberg belirsizlik ilkesine göre, bir parçacığın konumundaki belirsizlik (Δx) ile momentumundaki belirsizlik (ΔP) çarpımı $\frac{h}{4\pi}$ kadar veya daha fazladır.

$$\Delta x \cdot \Delta P \geq \frac{h}{4\pi} \text{ ise } \Delta x \geq \frac{h}{4\pi \Delta P} \text{ olur.}$$

Konum belirsizliği I. değeri alabilir.

YANIT A

10. Modern Atom Teorisine göre elektronun açısal momentumu:

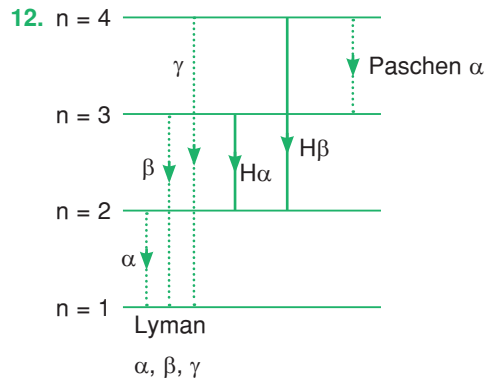
$$L = \sqrt{\ell \cdot (\ell + 1)} \cdot \frac{h}{2\pi} \text{ formülü ile bulunur.}$$

$$\ell = 2 \text{ olduğundan } L = \sqrt{6} \frac{h}{2\pi} \text{ bulunur.}$$

YANIT C

11. Bir atomu uyararak için, atomu ısıtma, atomları birbirleriyle çarpıştırma, foton veya elektronlarla bombardıman etme işlemleri yapılabilir. I. işlem atomu uyarabilir.

YANIT A



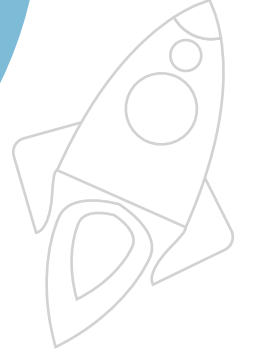
Şekilde görüldüğü gibi atomlar n = 4 enerji düzeyine geçmişse, temel hale dönerken Balmer serisinden $H\alpha, H\beta$, Lyman serisinden α, β, γ ve Paschen serisinden yalnız α fotonu yayar. Paschen β oluşmaz.

YANIT B

$$E=mc^2$$

FİZİK

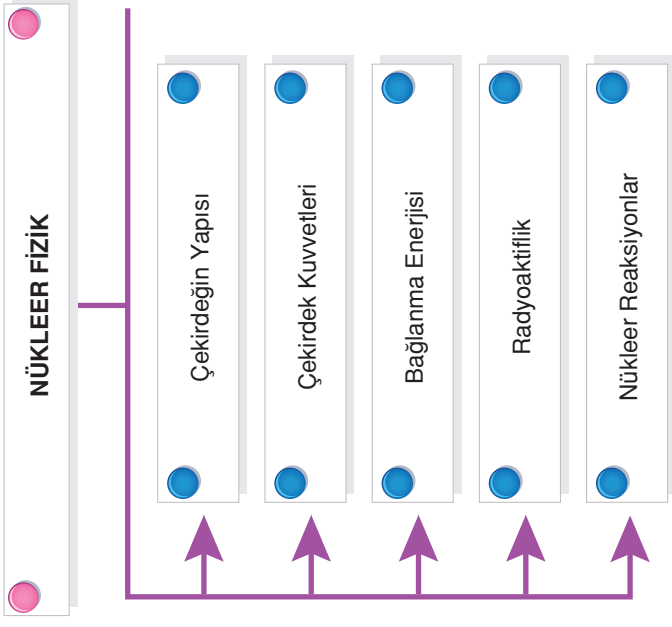
YKS - AYT

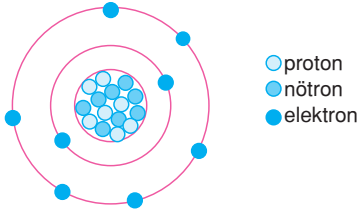


NÜKLEER FİZİK

- **Çekirdeğin Yapısı**
- **Çekirdek Kuvvetleri**
- **Bağlanma Enerjisi**
- **Radyoaktivlik**
- **Nükleer Reaksiyonlar**

AKILLI HARİTAM



ÇEKİRDEĞİN YAPISI

Şekilde görüldüğü gibi, herhangi bir atomun merkezinde çekirdek ve çekirdek çevresindeki yörüngelerde dönen elektronlar vardır.

Bir atomun çekirdeğinde proton ve nötron adı verilen tanecikler bulunur. Bu taneciklere topluca **nükleon** denir. Protonlar pozitif yüklü, nötronlar yüksüzdür. Proton sayısı aynı zamanda **atom numarası**dır. Çekirdekdeki proton sayısı **Z** ile, nötron sayısı **N** ile, nükleon sayısı (**atomun kütle numarası**) da **A** ile gösterilir. Buna göre, bir atomun kütle numarası **A = Z + N** yazılır.

Bir X çekirdeğinin; atom numarası, kütle numarası, aşağıdaki gibi gösterilir.



Atom çekirdeğinin hacmi atomun hacmine göre çok küçüktür. Çekirdeğin çapı, atom çapından yaklaşık 10^5 defa daha küçüktür. Atom çapı 10^{-8} cm iken çekirdek çapı 10^{-13} cm dir.

Çekirdek çapının çok küçük olması çekirdeği oluşturan proton ve nötronların birbirine çok yakın olduğunu gösterir.

Çekirdeklerin yarıçapı, kütle numarasına bağlıdır. Kütle numarası A olan bir atomun çekirdek yarıçapı;

$$r = r_0 A^{\frac{1}{3}} \text{ bağıntısıyla bulunur.}$$

$$r_0 = 1,2 \cdot 10^{-15} \text{ m ya da } r_0 = 1,2 \text{ fermi (fm) dir.}$$

ÇEKİRDEK KUVVETLERİ GÜÇLÜ (YEĞİN) NÜKLEER KUVVET

Çekirdek içindeki protonlar, elektromanyetik kuvvetin birbirlerini itmesi sonucu, çekirdeğin dağılmasını gerekli kılarlarken, protonların çekirdek içinde bir arada olmaları ancak bu kuvvete karşı gelebilecek daha yüksek bir kuvvetin varlığı ile açıklanmaktadır.

İşte bu kuvvete **güçlü (yeğİN) nükleer kuvvet** adı verilir ve proton ile nötronları ayrıca bunları meydana getiren quarkları birbirlerine bağlayarak atom çekirdeğinin yerinde kalmasını zorunlu kılan doğanın en güçlü kuvvetidir. Menzili 10^{-13} cm den az olup, kütleless ve yüksüz, (1) spinli foton (bozon) olan **gulonlar** tarafından taşınmaktadır. Bu kuvvet elektromanyetik kuvvetlerden 10^2 defa, zayıf nükleer kuvvetten $10^6 - 10^{10}$ defa ve kütle çekim kuvvetinden de 10^{38} kez daha şiddetlidir.

ZAYIF NÜKLEER KUVVET

Çekirdekler içinde kararsızlıklar oluşturmaya meyilli, kısa menzilli çekirdek kuvvetleridir. Zayıf nükleer kuvvet; sadece elektron, muon, tau, nötrinodan oluşmuş lepton ailesine etkilidir.

Bu kuvvet yalnızca belirli bir parçacık çarpması ve bozunması sırasında (başka temel parçacıklara dönüşmesi sırasında) ortaya çıkmaktadır. Radyoaktif bozunma reaksiyonlarının çoğu bu zayıf çekirdek kuvvetleri tarafından meydana getirilir.

ÇEKİRDEK BAĞLANMA ENERJİSİ VE ÇEKİRDEĞİN KARARLILIĞI

Bir atom çekirdeğinde bulunan protonların dağılmadan tutulmasını sağlayan enerjiye **çekirdek bağlanma enerjisi** denir.

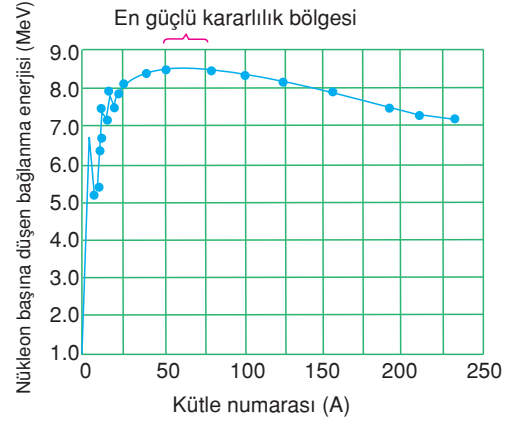
Bir atomun kütlesi (çekirdek kütlesi) çekirdekdeki proton ve nötronların sayılarının toplamına bağlıdır. Ancak bir atom çekirdeğinin gerçek kütlesi, bu çekirdeği oluşturan proton ve nötronların ayrı ayrı kütlelerinin toplamından biraz daha azdır. İşte aradaki kütle farkı Einstein'in $E = mc^2$ formülüne göre enerji halinde bulunur. Bu enerji protonları bir arada tutan kuvveti oluşturan çekirdek bağlanma enerjisidir.

Çekirdekdeki proton sayısı, dolayısıyla çekirdeğin atomik kütlesi (proton ve nötronların toplamı) arttıkça protonlar arasındaki itme kuvveti artacağından çekirdek bağlanma enerjisi de artar ve çekirdek daha kararlı hale gelir. Ancak bunun bir sınırı vardır. Atomik kütlesi 55 - 80 arasında olan çekirdekler kararlı çekirdekler olarak bilinirler. Örneğin atomik kütlesi 56 olan demir atomunun çekirdeğinde 26 proton, 30 nötron vardır ve bu çekirdek en kararlı çekirdektir. Bu örnekte olduğu gibi çekirdeğinde çift sayıda proton ve nötron olan atomlar diğerlerine göre daha kararlı olabilmektedir. Atomik numarası 55 in altında ve 80 nin üstünde olan çekirdekler kararsız olma eğilimindedir. Atom çekirdeklerinin kararlı veya kararsız olmaları nötron ve proton sayısına bağlıdır. Diğer yandan çekirdekte bulunan nötronlar elektrik yüküne sahip olmadıklarından birbirlerini itmezler ve protonlar arasında dağınık olarak dururlar. Dolayısıyla nötron sayısı arttıkça protonlar arası mesafe artar ve protonların birbirini itme kuvveti azalır. Diğer bir deyişle nötronların belli bir sayıda olması çekirdeği kararlı kılabilecek bir bağlanma enerjisinin oluşmasında katkıda bulunurlar. Yani protonlar arasındaki elektromanyetik itme kuvvetini çekirdek kuvvetleri ile dengelerler.

Çekirdekdeki proton sayısı çok fazla arttığında protonlar arasındaki itme kuvveti fazlaşır ve çekirdek kendini kararlı kılabilecek enerjiden daha fazlasını taşıyacak hale gelir, çekirdek nötron sayısından bağımsız olarak kararsızlaşır. Proton sayısı 83'ten (bizmut atomu) fazla olan çekirdekler, oldukça kararsızdır ve daha sonra açıklanacağı gibi kararlı hale dönebilmek için içerdikleri fazla enerjiyi açığa çıkarmaya, diğer bir deyişle bozunmaya başlarlar. Bu bir anlamda protonlar arasındaki itme kuvvetinin, protonları bir arada tutan bağlanma kuvvetini yendiği anlamına gelir.

Çekirdeklere nükleon başına düşen bağlanma enerjisinin kütle numarasına bağlı değişim grafiği aşağıdaki gibidir.

Grafikten de görüleceği gibi nükleon başına düşen bağlanma enerjisi; $A < 20$ değerleri için 8MeV den küçük, $20 < A < 55$ değerleri için 8MeV civarında, $55 < A < 80$ değerleri için 8MeV ile 8,77MeV aralığında, $A > 80$ değerleri için de 7,5MeV civarındadır. Bunun sonucu olarak hafif çekirdeklerle ağır çekirdeklerin orta ağırlıktaki çekirdeklere nazaran daha az kararlı oldukları ortaya çıkar. İki hafif çekirdek birleşerek daha kararlı bir çekirdeğe ve yine ağır bir çekirdek orta ağırlıkta farklı iki çekirdeğe dönüşebilir.

**Örnek**

- I. Bir atomdaki proton sayısı, atom numarasına eşittir.
- II. Farklı cins iki elementin atomunun çekirdeğinde aynı sayıda proton olabilir.
- III. Bir atomdaki nükleon sayısı, atomun kütle numarasını verir.

Yukarıda verilen ifadelerden hangileri doğrudur?

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

Çözüm

Bir atomdaki proton sayısı, atom numarasına (Z) eşittir. I. ifade doğrudur.

Bir atomdaki proton sayısı elementi tanımlar. Bu nedenle farklı cins iki elementin atomlarının proton sayıları eşit olamaz. II. ifade yanlıştır.

Bir atomun nükleon sayısı (A), proton sayısı (Z) ile nötron sayısının (N) toplamına eşittir. Bu da atomun kütle numarasını verir. III. ifade doğrudur.

YANIT D

Örnek

${}_{13}^{27}\text{X}$ atomu nötrdür.

Buna göre atomun,

- I. Elektron sayısı 13 tür.
- II. Nötron sayısı 14 tür.
- III. Çekirdek yarıçapı $3r_0$ dir.

yargılarından hangileri doğrudur?

($r_0 = 1,2 \text{ fm}$)

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

Örnek

- I. Çekirdekdeki protonlar ile nötronları ve bunları oluşturan quarkları bir arada tutan kuvvettir.
- II. Bir atom çekirdeğinin ortalama boyutlarında etkili olan kısa menzilli bir kuvvettir.
- III. Doğadaki kuvvetlerin en şiddetlisidir.

Yeğın (güçlü) nükleer kuvvetle ilgili olarak yukarıda verilenlerden hangileri doğrudur?

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

Örnek

Bir çekirdeğin toplam kütlesi, çekirdeği oluşturanların toplam kütesinden Δm kadar küçüktür. $E = \Delta m \cdot c^2$ kadar enerji çekirdekdeki proton veları bir arada tutmak için kullanılır ve bu enerjiye denir. Bir çekirdekte nükleon başına düşen bağlanma enerjisi ne kadar büyükse o kadar kararlıdır.

Yukarıda verilen paragraftaki boşluklar aşağıda verilen sözcüklerle doldurulduğunda hangi sözcük açıkta kalır? (c: ışık hızıdır.)

- A) çekirdek B) bağlanma enerjisi
C) nötron D) atomik kütle birimi
E) nükleon

Çözüm

X atomunun kütle numarası $A = 27$, atom numarası yani proton sayısı $Z = 13$ tür. Atom nötr olduğundan proton sayısı elektron sayısına eşittir.

Buna göre I. yargı doğrudur.

X atomunun nötron sayısı N,

$$A = Z + N \text{ bağıntısından } 27 = 13 + N$$

$$N = 14 \text{ bulunur.}$$

O halde II. yargı doğrudur.

X atomunun çekirdek yarıçapı r;

$$r = r_0 A^{1/3} \text{ bağıntısından}$$

$$r = r_0 \sqrt[3]{27}$$

$$r = 3r_0 \text{ bulunur.}$$

Buna göre III. yargı da doğrudur.

YANIT E

Çözüm

Yeğın (güçlü) nükleer kuvvetle ilgili olarak soruda verilenlerin üçü de doğrudur.

YANIT E

Çözüm

Soruda verilen paragraftaki boşluklar doldurulduğunda aşağıdaki gibi olur.

Bir çekirdeğin toplam kütlesi, çekirdeği oluşturan **nükleon**ların toplam kütesinden Δm kadar küçüktür. $E = \Delta m \cdot c^2$ kadar enerji çekirdekdeki proton ve **nötron**ları bir arada tutmak için kullanılır ve bu enerjiye **bağlanma enerjisi** denir. Bir çekirdekte nükleon başına düşen bağlanma enerjisi ne kadar büyükse **çekirdek** o kadar kararlıdır.

YANIT D

RADYOAKTİFLİK

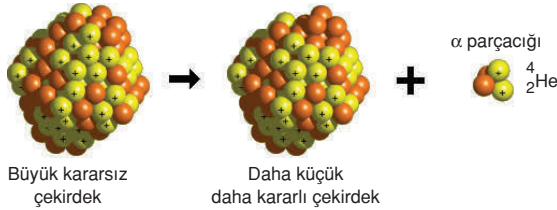
Bir atomun çekirdeğinde bulunan proton ya da nötron sayıları çeşitli nedenlerle çekirdek tepkimesi adı verilen bir olay sonucunda değişebilir. Genellikle bu değişimler çekirdek bağlanma enerjisi yüksek olan atomlarda ortaya çıkar. Bu tür atomların çekirdeklerine kararsız çekirdek adı da verilir. Kararsız çekirdekler kararlı hale dönme eğilimindedirler. Dolayısıyla kararsız çekirdekler, kararlı hale gelebilmek için kendiliğinden farklı enerji düzeylerine sahip çeşitli ışınlar yayınlırlar. Bu olaya **radioaktivite** ya da **radioaktif bozunma** ya da **radyasyon** denir. Radyasyon yayabilen elementlere **radioaktif element** ya da **radioaktif madde**, bu maddenin atomuna **radioizotop**, bu atomların çekirdeğine **radioaktif çekirdek**, yayılan enerjiye de **radioaktivite** denir.

Yüksek enerjili bu ışınlar başka bir atoma çarptıklarında o atomun dış yörüngesinde bulunan elektronu koparıbiliyorsa yani atomu iyon haline getirebiliyorsa bunlara **iyonlaştırıcı radyasyon (iyonizan radyasyon)** denir. İnsan sağlığını olumsuz yönde etkileyen radyasyon bu tip radyasyondur. Herhangi bir kaynaktan çıkan (örneğin Güneş) ancak iyonizasyona neden olmayan radyasyona da **iyonlaştırmayan radyasyon (non - iyonizan radyasyon)** adı verilir.

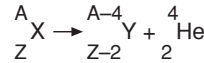
Radyasyona neden olan çekirdek tepkimelerinde enerji, ya kütlesi olan parçacıklar şeklinde ya da dalgalar şeklinde yayılabilir. Parçacıklara; alfa ve beta ışınlarını, dalgalara; gama ışını, X - ışını, morötesi ışınlar, görünür ışın, kızılötesi ışınlar, mikrodalgalar, radyo dalgalarını kısaca elektromanyetik dalgaları örnek olarak verebiliriz. Bunlardan alfa, beta, gama ve X - ışınları iyonizan radyasyon, diğerleri ise non - iyonizan radyasyon sınıfına girerler. Bu bağlamda; cep telefonları, baz istasyonları, mikrodalga fırınlar, radarlar, yüksek gerilim hatlarının iyonlaştırıcı radyasyon olmadığını belirtmekte fayda vardır.

ALFA (α) BOZUNMASI (α IŞIMASI)

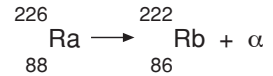
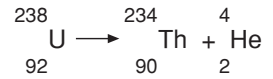
Çekirdeğin kararsızlığı hem proton hem de nötron fazlalığından ileri geliyorsa, çekirdek 2 proton ve 2 nötrondan oluşan bir α parçacığı yayınlıyarak bozunur, daha kararlı çekirdek haline gelir. α parçacıkları +2 yüklü helyum iyonlarıdır, ${}^4_2\text{He}$ şeklinde gösterilir.



Bir α ışımaya yapan elementin atom numarası 2, kütle numarası 4 azalır.



Burada X'e ana çekirdek, Y'ye ürün çekirdek denir. α ışımaya genellikle kütle numarası 190'dan büyük radyoaktif çekirdeklere daha sık görülür. Örnek olarak uranyum ve radyum verilebilir.

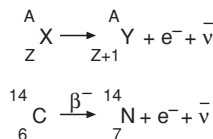
**BETA (β) BOZUNMASI (β IŞIMASI)**

Beta bozunumunun üç farklı türü vardır. Bunlar;

- * **β^- bozunumu:** Eğer bir radyoaktif maddenin kararsızlığı nötron fazlalığından ileri geliyorsa, çekirdeğindeki enerji fazlalığını gidermek için nötronlardan birini 1 proton, 1 elektron ve 1 antinötrino haline dönüştürür.

Proton çekirdekte kalırken, elektron hızla atomdan dışarı atılır. Bu yüksek hızlı elektrona **beta parçacığı** adı verilir.

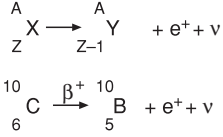
Bu şekilde β^- bozunumu yapan elementin atom numarası 1 artar, kütle numarası değişmez.



* β^+ bozunumu:

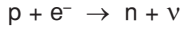
Atomun kararsızlığı nötron azlığından veya proton fazlalığından ileri geliyorsa, protonlardan birini; 1 nötron, 1 pozitron (elektronun karşıt parçacığı, pozitif yüklü elektron) ve bir nötrino haline dönüştürür. (nötrino; ν ile gösterilir.) $p \rightarrow n + e^+ + \nu$

Nötron çekirdekte kalır, pozitron dışarı atılır. Bu şekilde β^+ bozunumu yapan (pozitron yayımlayan) elementin atom numarası 1 azalır, kütle numarası değişmez.

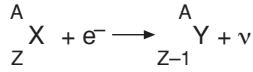


* Elektron yakalama olayı:

Çekirdek proton fazlalığından dolayı kararsız ise atomun çekirdeğe yakın (K, L) yörüngelerindeki elektronlardan biri çekirdek tarafından yakalanır. Elektronla bir proton birleşerek nötron oluşur ve nötrino yayınlanır.



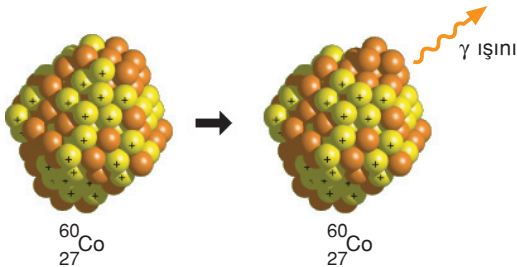
Bu bozunmada çekirdekten parçacık salınmaz. Ancak pozitron bozunmasında olduğu gibi proton sayısı bir eksilir. Yani atom numarası 1 azalır, kütle numarası değişmez.



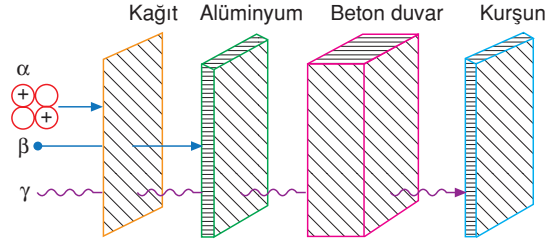
Bu olayda boşalan elektron yörüngesine üst yörüngelerdeki bir elektron geçer ve frenleme radyasyonu adı verilen X – ışınları yayınlanır.

GAMA (γ) BOZUNMASI (γ IŞIMASI)

Çekirdekteki enerji fazlalığı veya çekirdek, bozunma olayı ile radyasyon yayınladıktan sonra çok defa hemen kararlı duruma geçemez, bozunmada oluşan çekirdek hala yarı kararlı durumdadır. Bu fazla kalan uyarılma enerjisini hemen elektromanyetik özellikte olan bir gama radyasyonu şeklinde yayımlar.



Bu şekilde bozulan yarı kararlı çekirdeğin atom numarası ve kütle numarası değişmez.



α parçacıklarının giriciliği çok düşük olduğundan şekildeki gibi kağıt ile durdurulabilir.

Beta parçacıkları kağıttan kolaylıkla geçmesine rağmen alüminyum yapraktan geçemez.

Gama ışınları ise daha girici olduklarından beton duvardan bile geçer ancak kurşun blok içinde durdurulabilirler.

Örnek

- I. ${}^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow {}^{222}_{86}\text{Rn} + X$
- II. ${}^{14}_6\text{C} \rightarrow {}^{14}_7\text{N} + Y$
- III. ${}^{12}_6\text{C} + {}^0_{-1}\text{e} \rightarrow {}^{12}_6\text{C} + Z$

Yukarıda verilen I, II, III radyoaktif tepkimelerinde X, Y, Z olarak verilenlerden hangileri parçacıktır?

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

Çözüm

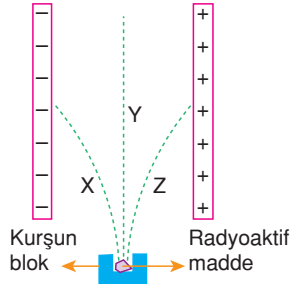
Çekirdek tepkimelerinde tepkimenin her iki tarafındaki toplam kütle numaraları ile toplam atom numaraları eşittir. Buna göre I. tepkimede kütle numarası 4, atom numarası 2 azaldığına göre X, ${}^4_2\text{He}$ parçacığı yani α ışımasıdır.

II. tepkimede atom numarası 1 artmış, kütle numarası değişmemiştir. O halde Y, ${}^0_{-1}\text{e}$ parçacığı yani β^- ışımasıdır.

III. tepkimede ${}^{12}_6\text{C}$ çekirdeğinin atom numarası ve kütle numarası değişmediğinden Z, elektromanyetik dalga olan γ ışımasıdır.

YANIT B

Örnek



Radyoaktif bir maddeden çıkan radyoaktif ışınların, eşit ve zıt yüklü levhalar arasındaki yörüngeleri şekildedeki gibidir.

Buna göre;

- I. X yörüngesini izleyen α ışınlarıdır.
- II. Y yörüngesini izleyen γ ışınlarıdır.
- III. Z yörüngesini izleyen β ışınlarıdır.

yargılarından hangileri doğrudur?

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

RADYOAKTİF BOZUNMA

Radyoaktivite çekirdek yapısıyla ilgilidir. Radyoaktif maddeler kuvvetli birer enerji kaynağıdır. Radyoaktif elementler bu enerjiyi kendiliklerinden yayınlıyorlar ve hiçbir şekilde durdurmak mümkün değildir. Çekirdekleri kararlı olmayan izotoplar (izotop; proton sayıları eşit, nötron sayıları farklı olan çekirdeklerdir.) alfa, beta, gama ışınları yaparak daha kararlı hale gelmek isterler. Bir başka deyişle bozunan çekirdeğin durgunluk enerjisi, oluşan ürün çekirdeklerin toplam durgunluk enerjisinden büyük olduğu için radyoaktif bozunma gerçekleşir. Çekirdeklerin parçalanması sırasında yayılan radyoaktif ışınların milyon elektronvolt (MeV) derecesinde çok yüksek enerjilere sahip olduğu saptanmıştır. Moleküllerin oluşumu veya ayrışması gibi kimyasal olaylarda molekül başına düşen oluşum enerjisinin veya ayrışma enerjisinin ancak birkaç elektronvolt olduğu düşünülürse çekirdeklerin bozunması ile açığa çıkan enerjinin ne kadar büyük olduğu daha iyi anlaşılır.

DOĞAL RADYOAKTİFLİK

Doğada kararlı hale gelmek için atomların kendiliğinden ışın yaymasına **doğal radyoaktivite**, kendiliğinden ışın yapan elementlere de **doğal radyoaktif element** denir. Atom numarası 83 - 92 arasındaki elementler doğal radyoaktif elementlerdir. Bunun yanında atom numarası 83 ten küçük olup doğal radyoaktivite gösteren elementlerde vardır. Potasyum (K), karbon (C), rubidyum (Rb) gibi.

YAPAY RADYOAKTİFLİK

Kararlı ya da kararsız elementlerin alfa, nötron, proton gibi tanecikler ile bombardımanında oluşan yeni elementler de radyoaktiftir. Bombardıman yoluyla elde edilen radyoaktif elementlerin bu özelliğine **yapay radyoaktivite** denir.

RADYOAKTİF ÇEKİRDEĞİN BOZUNMA HIZI

Bir radyoaktif madde içinde t anında N tane atomun olduğunu düşünelim. Bu atomlardan dt gibi çok küçük bir zaman aralığında bozunmaya uğrayacak ortalama atom sayısı dN olsun.

Bir radyoaktif izotopun birim zamanda bozulan atom sayısına bu atomun **aktivitesi** denir. "R" ile gösterilir.

$$R = - \frac{dN}{dt} \text{ bağıntısıyla hesaplanır.}$$

Çözüm

X yörüngesini izleyen (+) yüklü, Y yörüngesini izleyen yüksüz, Z yörüngesini izleyen de (-) yüklüdür. α ışını, helyum çekirdeği olduğundan (+) yüklü, β ışını, elektron olduğundan (-) yüklü, γ ışını ise elektromanyetik dalga olduğundan yüksüzdür. Buna göre I., II. ve III. yargılar doğrudur.

YANIT E

Bağıntıdaki (-) işareti, maddedeki atom sayısının zamanla azaldığını belirtmektedir.

Birim zamanda bozulan atom sayısı (R), t anında mevcut olan atom sayısı (N) ile orantılıdır.

Bu oran, $R = -\frac{dN}{dt} = \lambda N$ şeklinde yazılabilir.

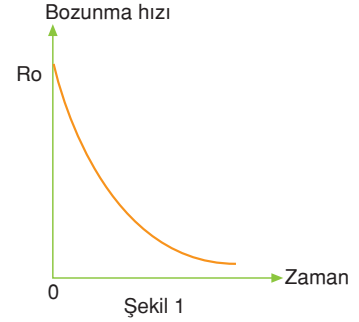
N : Bozunmamış element miktarı (t anındaki)

N_0 : Başlangıçtaki element miktarı (t = 0 anındaki)

t : Geçen süre

λ : Bozunma sabiti; orantı katsayısı olan bozunma sabiti, her radyoaktif izotop için kendine has değerler alır.

Bu denklem, araya yeni atomlar girmediği takdirde bozunma hızının ve mevcut radyoaktif atom sayısının, zamanla üstel olarak azaldığını göstermektedir.



AKTİVİTE BİRİMİ

SI'de aktiflik birimi bequerel'dir.

1Bq = 1 bozunma / saniye ve 1Ci = $3,7 \cdot 10^{10}$ bozunma / saniye

YARI ÖMÜR (YARILANMA SÜRESİ)

Bir radyoaktif elementin başlangıçta mevcut olan atomlarının yarısının parçalanması (bozunması) için geçen süreye **yarı ömür (yarılanma süresi)** denir. $T_{1/2}$ şeklinde gösterilir.

$$T_{1/2} = \frac{0,693}{\lambda} \text{ elde edilir.}$$

ORTALAMA ÖMÜR

Ortalama ömür, bir radyoaktif atomun yaklaşık olarak ne kadar zaman aktif kalacağını ifade eder. Bu ömür, radyoaktif izotopun bozunma sabitinin tersine eşittir. τ ile gösterilir. Buna göre, $\tau = \frac{1}{\lambda}$ dir.

Yarı ömür için yazılan $T_{1/2} = \frac{0,693}{\lambda}$ bağıntısı dikkate alınırsa ortalama ömür ile yarı ömür arasında;

$\tau \cong 1,44 \cdot T_{1/2}$ bağıntısı bulunur.

Örnek

- I. Bozunma hızı
- II. Yarı ömür
- III. Ortalama ömür

Yukarıda verilen niceliklerden hangileri radyoaktif elementin cinsine bağlıdır?

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

Cözüm

Bir radyoaktif elementin bozunma sabiti λ , bir t anındaki bozunmamış atom sayısı N ise bozunma

hızı; $\frac{dN}{dt} = \lambda N$ ① dir.

Bir radyoaktif maddenin yarı ömrü; $T_{1/2} = \frac{0,693}{\lambda}$ ② dir.

ortalama ömrü; $\tau = \frac{1}{\lambda}$ ③ dir.

Bozunma sabiti λ radyoaktif elementler için ayırtedici özellik olup radyoaktif elementin cinsine bağlıdır. ①, ②, ③, bağıntılarına göre bozunma hızı, yarı ömür ve ortalama ömür nicelikleri radyoaktif elementin cinsine bağlıdır.

YANIT E

Örnek

Bir radyoaktif elementin bozunma sabiti $3,85 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ dir.

Buna göre bu elementin yarılanma süresi kaç saattir?

- A) 2 B) 4 C) 5 D) 8 E) 10

Örnek

Yarılanma süresi 20 gün olan radyoaktif elementte 10^{15} tane atom vardır.

Buna göre 1.s de bozunan atom sayısı kaçtır?

- A) $2 \cdot 10^8$ B) $4 \cdot 10^8$ C) $5 \cdot 10^8$
D) $4 \cdot 10^9$ E) $5 \cdot 10^9$

Çözüm

Soruda verilen elementin bozunma sabiti

$$\lambda = 3,85 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1} \text{ dir.}$$

Radyoaktif elementin yarılanma süresi;

$$T_{1/2} = \frac{0,693}{\lambda} \text{ bağıntısından}$$

$$T_{1/2} = \frac{0,693}{3,85 \cdot 10^{-5}} = 18000 \text{ s bulunur.}$$

1 saat = 60 dakika = 3600 saniye olduğundan,

$$T_{1/2} = \frac{18000}{3600} = 5 \text{ saat tir.}$$

YANIT C

Çözüm

Bozunmamış N atomu bulunan ve bozunma sabiti λ olan radyoaktif elementin yarılanma süresi;

$$T_{1/2} = \frac{0,693}{\lambda} \text{ ① dir. Bozunma hızı; } \frac{dN}{dt} = \lambda N \text{ ② dir.}$$

$$\text{Bozunma sabiti ① bağıntısından } \lambda = \frac{0,693}{T_{1/2}}$$

$$\lambda = \frac{0,693}{20 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60} = 4 \cdot 10^{-7} \text{ s}^{-1} \text{ bulunur.}$$

Radyoaktif elementin 1.s deki bozunma hızı bağıntısından, ② bağıntısından,

$$\frac{dN}{dt} = 4 \cdot 10^{-7} \cdot 10^{15} = 4 \cdot 10^8 \text{ atom/s bulunur.}$$

YANIT B

RADYOAKTİFLİĞİN YAŞ TAYİNİNDE KULLANILMASI

Doğal radyoaktivliğe, yeryüzünün doğal saati denilebilir. Özellikle radyoaktif yapısı olan karbon-14(^{14}C) izotopu yardımıyla, antik testi ve çömlerlerden firavun mumyalarına; fosillerden antika ahşap eşyalara kadar her alanda yaş tayini yapılabilir.

NÜKLEER REAKSİYONLAR

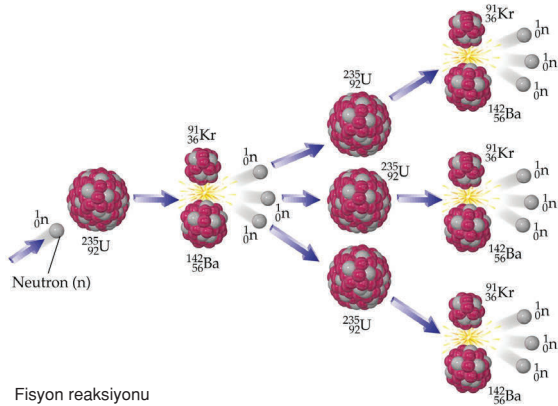
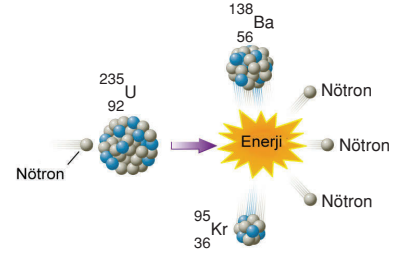
Bir atomun çekirdeğinin değişikliğe uğramasına **nükleer reaksiyon** adı verilir. Nükleer reaksiyon sırasında çekirdek kütlelerinin bir kısmı enerjiye dönüşür. Açığa çıkan enerji çok büyüktür. Nükleer reaksiyon sonucu bir element başka bir elemente dönüşür. Nükleer reaksiyonlar fisyon ve füzyon olmak üzere ikiye ayrılır.

FİSYON (ÇEKİRDEK BÖLÜNMESİ)

Fisyon adı verilen tepkime, evrendeki en güçlü kuvvet olan “güçlü nükleer kuvvet” ile bir arada tutulan atom çekirdeğinin parçalanmasıdır. Bir başka deyişle, ağır bir çekirdeğin nötronlarla bombardıman edilerek birbirine yakın kütleli iki çekirdeğe bölünmesi olayına **fisyon (çekirdek bölünmesi)** denir. Yapılan deneyler, bu bölünme sırasında çok büyük bir enerjinin açığa çıktığını göstermiştir. Bölünme tepkimeleri atom bombalarının yapımında, nükleer santrallerde enerji üretiminde, denizaltı ve uçakgemileri ile buzkıran gemilerinde kullanılmaktadır.

Örneğin nötronlarla bombardıman edilen $^{235}_{92}\text{U}$ (uranyum) çekirdeği nötronu aldığı zaman kararsızlaşarak baryum 138 ve kripton 95'e dönüşebilir. Bununla birlikte üç nötron salar ve yüksek miktarda gama ışınması yapar.

Bu tepkimede yaklaşık 25.000 ton kömürün enerjisine eşit enerji açığa çıkar. Fisyon tepkimelerinde açığa çıkan enerji, nükleer reaktörlerde kontrollü olarak kullanılarak enerji elde edilir. Ayrıca açığa çıkan alfa ve gama ışınları bilimsel deneylerde kullanılır.



Fisyon reaksiyonu

Fisyon tepkimesinde açığa çıkan nötronlar ortamdan uzaklaştırılmazsa başka çekirdekler tarafından yakalanarak bu çekirdeklerin kararsızlaşmalarına neden olur ve birbirini takip eden tepkimeler zincirleme meydana gelir. Kontrolsüz bir zincirleme reaksiyon, çok çok kısa bir sürede çok büyük bir enerjinin çıkmasına neden olur, atom bombasının oluşumu bu şekildedir. Nükleer santrallerde ise zincirleme reaksiyon kontrollü bir şekilde yapılır. Bu kontrolün kaybedilerek nükleer yakıtın bir bomba haline dönüşmesi fiziksel olarak olanaksızdır.

FÜZYON (NÜKLEER KAYNAŞMA)

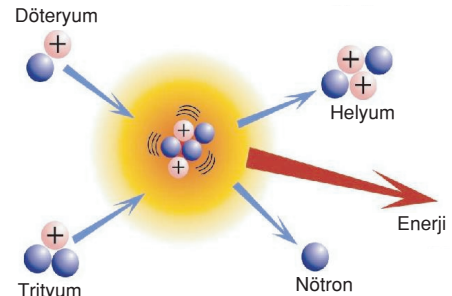
İki hafif atom çekirdeğinin birleşerek daha ağır ve daha kararlı bir atom çekirdeği oluşturmasına **füzyon (nükleer kaynaşma)** denir. Çekirdek tepkimesi olarak da bilinen bu tepkimenin sonucunda çok büyük miktarda enerji açığa çıkar.

Füzyon tepkimeleri Güneş'te her an doğal olarak gerçekleşmektedir. Güneş'ten gelen ısı ve ışık, hidrojen çekirdeklerinin birleşerek helyuma dönüşmesi ve bu dönüşüm sırasında kütle kaybı karşılığı enerjinin açığa çıkması sayesinde meydana gelmektedir. Kütle kaybının karşılığı enerjinin büyüklüğü Einstein'ın ünlü $E = mc^2$ formülüyle hesaplanır.

Hidrojenin füzyonunda reaksiyona giren birim kütle başına açığa çıkan enerji 6,42MeV, $^{235}_{92}\text{U}$ in fisyonunda ise birim kütle başına çıkan enerji yaklaşık 0,85MeV dir. Füzyon reaksiyonlarında birim kütle başına açığa çıkan enerji, fisyon reaksiyonunda birim kütle başına düşen enerjiden çok daha büyüktür.

Füzyon enerjisinden kontrollü bir şekilde yararlanabilmek için, füzyon için gerekli olan plazmanın elde edilmesi ve çekirdeklerin kaynaşmalarını sağlayacak bir zaman süresince plazmanın bir bölgede tutulması gerekir. Plazma içinde füzyon reaksiyonların oluşması için sıcaklık çok yüksek ($\sim 10^7\text{K}$) olmalıdır. Sıcaklığı çok yüksek olan plazmanın basıncı da çok yüksektir. Yüksek sıcaklık ve yüksek basınca dayanıklı bir kabın yapımı ve bu kab içindeki plazmanın kontrollü olarak füzyon reaksiyonuna girmesini sağlamak oldukça güçtür.

Füzyon reaksiyonunun kontrolsüz olarak gerçekleşmesiyle hidrojen bombası yapılmaktadır. Hidrojen bombası atom bombasına oranla çok daha fazla tahribat yaratacak güçtedir.



Füzyon reaksiyonuna bir örnek

NÜKLEER SANTRALLER

Nükleer santral, bir veya daha fazla sayıda nükleer reaktörün, yakıt olarak radyoaktif maddeleri kullanarak elektrik enerjisinin üretildiği tesistir. Radyoaktif maddelerin kullanılmasından dolayı diğer santrallerden farklı ve daha sıkı güvenlik önlemlerini teknolojileri içinde barındırırlar. Günümüzde ısı açığa çıkaran fisyon tepkimelerinden yararlanılarak ısı enerjisinin dönüşümü yoluyla elektrik enerjisi elde edilir. Radyoaktif maddeden oluşan yakıt çubukları reaktörün kalbini oluşturmaktadır. Fisyonndan çıkan enerji, reaktörün kalbini dolaşan suyu ısıtır. Yüksek basınç altında ısıtılan bu su, buhar jeneratörüne gönderilir. Yüksek sıcaklık ve yüksek basınçtaki bu su, buhar jeneratöründeki ikinci devrenin suyunu buharlaştırır. Bu buhar elektrik üreten jeneratöre gönderilerek onun çalışmasını sağlar. Buradaki enerji dönüşümleri, Nükleer enerji → Isı enerjisi → Hareket enerjisi → Elektrik enerjisi şeklinde özetlenebilir.

NÜKLEER RADYASYONUN ZARARLARI

Günümüzde doğal olarak ya da teknolojik gelişmeler sonucu üretilen bir çok cihaz radyasyon yaymaktadır. Biz hiç farkında olmadan organlarımız, dokularımız sürekli olarak radyasyonla etkileşime girmektedir. Bu etkileşim bazen gözle görülür durumlarda olurken bazende hiç haberimiz olmadan vücudumuzu etkilemektedir.

Radyasyon; dalga, parçacık veya foton olarak adlandırılan enerji paketleri ile yayılan enerjidir ve daima doğada var olan, birlikte yaşadığımız bir olgudur. Radyo ve televizyon iletişimini olanaklı kılan radyodalgaları, endüstride kullanılan X – ışınları ve güneş ışınları günlük hayatımızda alışkın olduğumuz radyasyon çeşitleridir. Teknolojinin ve sanayinin gelişmesiyle de uranyum elementi kullanılmaya başlanmış ve radyasyonun etkileri giderek artmıştır.

İyonlaştırıcı radyasyon, (gama ışınları, X – ışınları, α ve β ışınları) hücrenin genetik materyali olan DNA'yı parçalayabilecek kadar enerji taşımakta ve DNA'nın parçalanması ile hücreler ölmektedir. Bunun sonucunda doğal olarak dokular zarar görür ve kansere yol açabilir.

Örnek

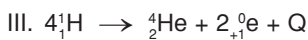
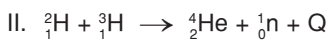
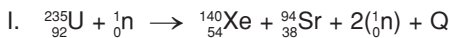
Bir arkeolojik kazıda, yangın enkazından kalan kömürler bulunmuştur.

Buna göre yangının kaç yıl önce çıktığının bulunabilmesi için,

- I. Yaş bir ağaçtan kesilen odunun 1 gramındaki ^{14}C ün bozunma hızı
- II. Bulunan kömürün 1 gramındaki ^{14}C ün bozunma hızı
- III. ^{14}C ün bozunma sabiti

niceliklerinden hangileri bilinmelidir?

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

Örnek

Yukarıda verilen radyoaktif tepkimelerden hangileri füzyon tepkimesidir?

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

Çözüm

Yaş ağaçtan kesilen odunun 1 gramında bulunan ^{14}C ün bozunma hızı, yangın olmadan önceki bozunma hızı R_0 , yangından t süre sonra yani kömürlerin bulunduğu zaman kömürün 1 gramında bulunan ^{14}C bozunma hızı R, ^{14}C ün bozunma sabiti λ arasındaki ilişki;

$$R = R_0 e^{-\lambda t} \text{ dir.}$$

Buna göre t nin bulunabilmesi için R_0 , R ve λ nin bilinmesi gerekir.

YANIT E

Çözüm

Ağır bir çekirdeğin nötronlarla bombardıman edilerek birbirine yakın kütleli iki çekirdeğe bölünmesi olayına fisyon, hafif iki çekirdeğin uygun koşullarda kaynaşarak daha ağır ve kararlı bir çekirdek oluşturmasına füzyon denir. Buna göre I tepkimesi fisyon, II ve III tepkimeleri füzyondur.

YANIT D

Örnek

Bozunma sabiti 2.10^{-7} s^{-1} olan radyoaktif elementte 10^{12} tane atom vardır.

Buna göre kaç saniye sonra bozunmamış 10^8 tane atom kalır?

($\log_e = 0,43$)

- A) $2,34.10^7$ B) $3,68.10^7$ C) $4,65.10^7$
D) $2,34.10^8$ E) $4,65.10^8$

Çözüm

$t_0 = 0$ anındaki atom sayısı $N_0 = 10^{12}$, t anındaki bozunmamış atom sayısı $N = 10^8$, bozunma sabiti $\lambda = 2.10^{-7} \text{ s}^{-1}$ olup $N = N_0 e^{-\lambda t}$ dir.

N ve N_0 'ın değerleri yukarıdaki bağıntıda yerine yazılırsa;

$$10^{12} = 10^8 e^{-\lambda t} \quad 10^{-4} = e^{-\lambda t} \text{ olur.}$$

Logaritma alınır,

$$-4 = -\lambda t \cdot \log_e$$

$$t = \frac{4}{\lambda \cdot \log_e}$$

$$t = \frac{4}{2.10^{-7} \cdot 0,43} = 4,65.10^7 \text{ s bulunur.}$$

YANIT C

Etkinlik

2

Aşağıdaki yargılardan doğru olanın yanına D, yanlış olanın yanına Y yazınız.

- 1) Atom çekirdeğini oluşturan proton ve nötron gibi parçacıklara nükleon adı verilir.
- 2) Bir çekirdekdeki proton sayısına atom numarası adı verilir.
- 3) Nükleon başına düşen bağlanma enerjisi arttıkça, çekirdeğin kararlılığı artar.
- 4) β^+ bozunması yapan bir çekirdeğin atom numarası 1 artar.
- 5) 1α bozunması yapan çekirdeğin kütle numarası 2 azalır.
- 6) γ ışınması yapan çekirdeğin atom ve kütle numarası değişmez.
- 7) Radyoaktif bir elementin 1 saniyede bozunan atom sayısına aktiflik denir.
- 8) Kararlı veya kararsız elementler alfa, nötron, proton gibi taneciklerle bombardıman edilirse yapay radyoaktif element oluşur.
- 9) Radyoaktif bir elementin yarısının bozunması için geçen süreye bozunma sabiti nedir.
- 10) Aktiflik birimi becquerel'dir.
- 11) Büyük atom çekirdeklerinin parçalanarak küçük atom çekirdeklerine bölünmesine füzyon adı verilir.
- 12) Dünya'daki nükleer santrallerde, füzyon reaksiyonu sonucu elektrik enerjisi elde edilir.
- 13) Bir çekirdeğin kütle numarası 8 katına çıkarsa, yarıçapı 2 katına çıkar.
- 14) ${}_{84}^{210}\text{X} \rightarrow {}_{82}^{206}\text{Y} + \text{Z}$ nükleer reaksiyonunda Z parçacığı alfa ışınıdır.
- 15) α , ışınının maddelere giriciliği γ ışınının giriciliğinden azdır.

1. X ve Y atom çekirdeklerinin kütle numaraları

$A_X = 8$, $A_Y = 27$ dir.

Bu çekirdeklerin yarıçapları oranı $\frac{r_X}{r_Y}$ kaçtır?

- A) $\frac{8}{27}$ B) $\frac{4}{3}$ C) $\frac{2}{3}$ D) $\frac{4}{9}$ E) 1

2. Atom çekirdeğinde protonları bir arada tutan kuvvet aşağıdakilerden hangisidir?

- A) Sürtünme kuvveti
B) Kütle çekim kuvveti
C) Elektriksel çekim kuvveti
D) Zayıf nükleer kuvvet
E) Güçlü nükleer kuvvet

3. ${}^{12}_6\text{X}$, ${}^{56}_{26}\text{Y}$, ${}^{238}_{92}\text{Z}$ atomları için;

- I. X'in proton sayısı nötron sayısına eşittir.
II. En kararlı atom çekirdeği Y'dir.
III. Üç atom çekirdeğinin de çapları eşittir.

yargılarından hangileri doğrudur?

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

4. Radyoaktif bir atom çekirdeği 1α ve $1\beta^+$ bozunması yapıyor.

Buna göre;

- I. Atom numarası 3 azalır.
II. Kütle değişmez.
III. Elementin izotopu oluşur.

yargılarından hangileri doğrudur?

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

5. ${}^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow {}^{222}_{86}\text{Rb} + \text{X}$

Yukarıdaki çekirdek reaksiyonunda X parçacığı nedir?

- A) Elektron B) α parçacığı C) Pozisyon
D) Nötron E) Proton

6. Bir radyoaktif atomun yarı ömrü 4 saniyedir.

$t_0 = 0$ anında N_0 tane radyoaktif atom varsa $t = 16$ saniye anında bozunmadan kalan atom sayısı kaçtır?

- A) $\frac{N_0}{2}$ B) $\frac{N_0}{3}$ C) $\frac{N_0}{4}$ D) $\frac{N_0}{8}$ E) $\frac{N_0}{16}$

7. I. Aktiflik
II. Yarı ömür
III. Bozunma katsayısı
Yukarıdaki büyüklüklerden hangileri yalnız atomun türüne bağlıdır?

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

8. I. Fisyon
II. Füzyon
III. Kimyasal reaksiyonlar
Yukarıdaki olaylardan hangilerinde atom çekirdekleri daha küçük atom çekirdeklerine bölünür?

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

9. $t_0 = 0$ anında 100 radyoaktif atomu bulunan 1 elementin ilk 1 saniyede 20 tane atomu bozuluyor.

Bu bilgilerle,

- I. Elementin $t_0 = 0$ anındaki aktifliği
II. Bozunma katsayısı
III. Yarı ömür

büyükliklerinden hangileri bulunabilir?

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

10. Aktifliğin SI'deki birimi aşağıdakilerden hangisidir?

A) curie B) nötrino C) becquerel
D) uranyum E) $\frac{\text{kg}}{\text{s}}$

11. α ışını, β ışını ve γ ışınının gircilikleri sırasıyla G_α , G_β , G_γ dir.

Bunlar arasındaki ilişki aşağıdakilerden hangisidir?

A) $G_\alpha = G_\beta = G_\gamma$ B) $G_\alpha < G_\beta < G_\gamma$
C) $G_\gamma < G_\beta < G_\alpha$ D) $G_\beta < G_\alpha < G_\gamma$
E) $G_\gamma < G_\alpha < G_\beta$

12. Aşağıdaki radyoaktif bozumaların hangisinde, bozunan çekirdek ile oluşan ürün çekirdeğin kütle numaraları birbirinden farklıdır?

A) β^- bozunması
B) β^+ bozunması
C) Gama bozunması
D) α bozunması
E) Elektron yakalama

1. Kütle numarası A olan çekirdeğin yarı çapı:

$$r = r_0 \cdot \sqrt[3]{A} \text{ formülü ile bulunur.}$$

$$r_X = r_0 \cdot \sqrt[3]{8} = 2r_0 \text{ ve } r_Y = r_0 \cdot \sqrt[3]{27} = 3r_0 \text{ olduğundan}$$

$$\frac{r_X}{r_Y} = \frac{2}{3} \text{ olur.}$$

YANIT C

2. Atom çekirdeğindeki protonların birbirini itmesi sonucu, çekirdeğin dağılmasını engelleyen güçlü nükleer kuvvettir.

YANIT E

3. X için: Atom numarası (proton sayısı) = 6
Kütle numarası (proton + nötron sayısı) = 12
olduğundan nötron sayısı 6 olur. I. yargı doğrudur.
Atom numarası 26, kütle numarası 56 olan demir atomu, en kararlı atom çekirdeğine sahiptir. II. yargı da doğrudur.

$$r = r_0 \cdot \sqrt[3]{A} \text{ olduğundan III. yargı yanlıştır.}$$

YANIT D

4. 1α ışınması yapan çekirdeğin atom numarası 2, kütle numarası 4 eksilir. $1\beta^+$ ışınması yapan çekirdekte bir proton nötrona dönüşür ve atom numarası 1 eksilir, kütle numarası değişmez. O halde toplamda atom numarası 3 eksilirken kütle numarası 4 eksilir. I. yargı doğru, II. ve III. yargı yanlıştır.

YANIT A

5. X'in atom ve kütle numaraları toplamı ile ${}^{222}_{86}\text{Rb}$ çekirdeğinin atom ve kütle numaraları toplamı, reaksiyona giren ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ çekirdeğinkine eşit olmalıdır.

$$X \text{ için atom numarası : } Z = 88 - 86 = 2$$

$$X \text{ için kütle numarası: } A = 226 - 222 = 4 \text{ olur.}$$

${}^4_2\text{X}$ olup bu helyum çekirdeği yani α parçacığdır.

YANIT B

Zaman	Aktif Atom Sayısı
0	N_0
4	$\frac{N_0}{2}$
8	$\frac{N_0}{4}$
12	$\frac{N_0}{8}$
16	$\frac{N_0}{16}$

Tablo incelenirse yarı ömrü 4 yıl olan elementin 16 yıl sonra başlangıçtaki aktif atom sayısının $\frac{1}{16}$ sı kalacağı anlaşılır.

YANIT E

7. Aktiflik birim zamanda bozunan atom sayısı olup, başlangıçtaki atom sayısı ile atomun türüne bağlıdır. Yarı ömür ve bozunma katsayısı ise radyoaktif atomun türüne bağlıdır.

YANIT E

8. Büyük ve kararsız atom çekirdeğinin parçalanıp küçük atom çekirdeklerine bölünmesine fisyon adı verilir.

YANIT A

9. 1 saniyede bozunan atom sayısı aktifliktir. O halde bu atomun aktifliği $R = 20$ becquerel'dir. Bir t anında radyoaktif atom sayısı N, bozunma katsayısı λ olan elementin aktifliği $R = \lambda \cdot N$ dir. $R = 20$ ve $N = 100$ olduğundan λ bulunabilir.

$$\text{Yarı ömür } \frac{T_1}{2} = \frac{0,693}{\lambda} \text{ olduğundan yarı ömür de bulunabilir.}$$

YANIT E

10. I'de aktiflik birimi becquerel'dir. (1 becquerel 1 saniyede 1 atomun bozunmasıdır.)

YANIT C

11. α ışınının giriciliği en az, γ ışınının giriciliği en fazladır.

$$G_\alpha < G_\beta < G_\gamma$$

YANIT B

12. α (helyum çekirdeği = ${}^4_2\text{He}$) ışınması yapan bir atomun kütle numarası 4 eksilir.

Diğer ışınalarda kütle numarası değişmez.

YANIT D

$$E=mc^2$$

FİZİK

YKS - AYT



BÜYÜK PATLAMA - ATOM ALTI PARÇACIKLAR

- Büyük Patlama
- Evrenin Oluşumu
- Evrenin Sonu
- Atom Altı Parçacıklar

AKILLI HARİTAM

BÜYÜK PATLAMA - ATOM ALTI PARÇACIKLAR



BÜYÜK PATLAMA VE KOZMİK ARDALAN IŞIMASI

1920'li yıllarda Belçikalı Georges Lemaitre, Rus Alexander Friedmann ve Amerikalı Edwin Hubble'ın yaptığı gözlemlerle evrenin genişlediğini ileri sürmüşlerdir.

Zaman geçtikçe galaksiler birbirinden uzaklaşıyorlar. Dolayısıyla geçmişte birbirlerine daha yakın olmaları gerekiyor. Evren filminin geriye doğru oynatıldığı düşünelim. Evren büzülür, gökadalara gittikçe birbirine yaklaşır ve sonunda yıldızlar ve gökadalara kendilerine özgü kimliklerini yitirirler. Evrendeki madde bir gazı andırmaya başlar. Evren büzülerek yoğunlaştıkça kozmik gazın sıcaklığı da gittikçe artar. Sıcaklık 10000K'e ulaştığında elektronlar atomlardan kopmaya başlar. Daha yüksek sıcaklıklarda ise atom çekirdekleri proton ve nötronlara ayrışır. Evrenin doğum anı yaklaştıkça sıcaklık artmaya devam eder. Sıcaklık 10 trilyon dereceye ulaştığında, proton ve nötronlar kuark adı verilen üç temel parçaya bölünür. Sonuçta evrendeki madde yoğunluğu sonsuz olan bir noktaya sıkışmış olur. Gök bilimciler, bu durumun günümüzden 13,7 milyar yıl önce olduğunu hesaplamışlardır. Bu ana **“büyük patlama”** adı veriliyor. Büyük patlamadan önce ne olduğu, halen teorik fizikçiler arasında tartışma konusudur.

Şimdi başlangıçtan itibaren zaman içinde ileriye doğru gidildiğini düşünelim. Büyük patlamadan yaklaşık 0,0001s sonra kuarklar birleşerek proton ve nötronları oluşturdu. En basit ve en hafif element olan hidrojenin çekirdeğinde yalnızca bir proton bulunur. Bu süre içerisinde başka hiçbir elementin bulunabilmesi mümkün değildir. Diğer bütün elementler iki ya da daha fazla atom altı parçacığın bir araya gelip kaynaşmasıyla oluşur ki evrenin başlangıç aşamasındaki yoğun sıcaklık koşullarında böyle kaynaşmalar gerçekleşemezdi. Evren genişledikçe soğudu. Başlangıçtan bir kaç dakika sonra sıcaklık milyar derece mertebesine düştü. Bu kritik sıcaklıklarda protonlar ve nötronlar, aralarında nükleer kuvvetler nedeniyle birleşmeye başladılar. Teorisyenlerin 1960'da ve 1970'lerde yaptıkları hesaplara göre, döteryum, helyum ve Lityum çekirdekleri bu sırada oluşmuş olmalıdır. Bu teorik hesaplar gözlemsel olarak saptanan hidrojen, helyum, lityum ve döteryum miktarları ile uyum içindedir. Bu uyum büyük patlama modelini destekleyen bir kanıttır. Karbon, oksijen ve demir gibi diğer tüm elementler çok daha sonraları yıldızlar tarafından üretilmişlerdir.

Yeni doğmuş ve dolayısıyla çok sıcak olan evren, bir ışınım üretmiş olmalıydı. Teorik hesaplar, büyük patlamanın üzerinden henüz bir kaç saniye geçtiği sıralarda, uzayda siyah cisim ışınımı adı verilen özel bir cins ışınımın üretilmiş olduğunu gösterdi. Bu ışımaya günümüzde **“fosil ışımaya”** diyenler olsa da genellikle **“kozmetik ardalan ışımaya”** denir. Kozmik ardalan ışımaya 2,7K sıcaklığındaki siyah cismin ışımaya denir.

Büyük patlama ile 300.000 yıl arasındaki süreçte kozmik ardalan ışımaya, serbest elektronların engellenmesi ile uzaya yayılmadı. Yani bu dönemde evren saydam değildi yani opaktı. Büyük patlamadan 300.000 yıl sonra, soğuma sırasında, serbest elektronlar, atomları oluşturmak üzere atom çekirdekleri ile bir araya geldiler. Elektronlar atom çekirdeği etrafına dizilmeye yani atomlar oluşmaya başladı. Bu yüzden bu döneme **“birleşme dönemi”** denir. Bu dönem aynı zamanda ışığın yayılmaya başladığı dönem olduğundan, bu döneme **“madde ile ışımaya ayrılma dönemi”** de denir. Kozmik ardalan ışımaya denilen bu ışımaya, bu dönemden itibaren günümüze dek gelebilmiş ışımaya denir.

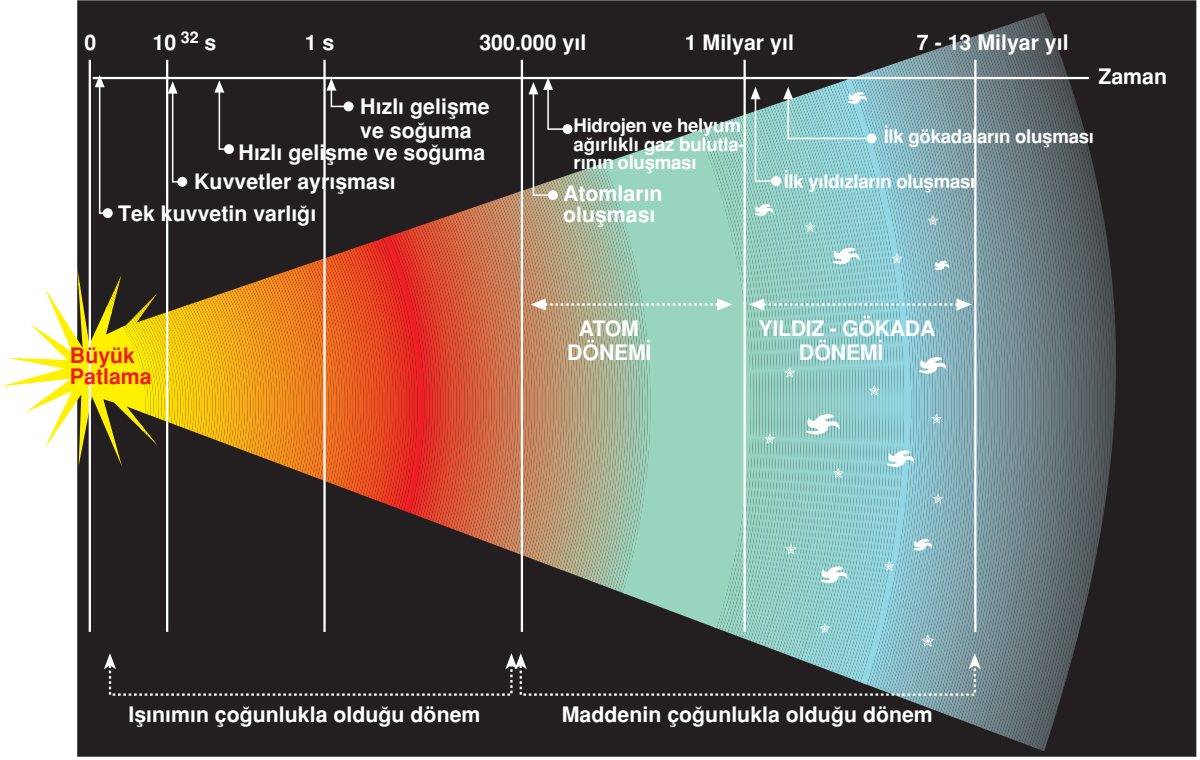
NASA'nın COBE uydusunun 1992 yılı verilerine göre büyük patlamadan 300.000 yıl sonraki halinin haritasının çıkarılmış olmasından dolayı, ışığın evrende serbestçe yayılabildiği zamanın başlangıcının 300000. yıl olduğu kabul ediliyor.

Büyük patlama anından 300000 yıl sonra, evren şimdikiye kıyasla bin defa daha sıcak, bir milyar katı kadar daha yoğunken yıldızlar ve gökadalara yoktu. Astronomik gözlemler yıldızların ve gökadalara, büyük patlamadan bir milyar yıl geçmeden oluştuklarını göstermektedir.

Evren şimdiki zamanda geçmişteki haline göre son derece az yoğun ve soğuktur. Şimdilerde evrende metre küp başına bir kaç atom düşmekte olup sıcaklığı 2,7 K yani yaklaşık -270°C dir. Her ne kadar çok sıcak yıldızlar varsa da evrenin şimdilerde karşı karşıya kaldığı ışınım çok zayıftır. Bunun sebebi de evrenin bir noktasındaki yıldız ile kendisine en yakın olan yıldız arasındaki uzaklığın son derece büyük olmasıdır.

UYARI

- ★ Kozmik ardaan ışımaların keşfi, evrendeki hidrojen - helyum oranı ve yıldızların ışığının kızıla kayması büyük patlama teorisinin bir kanıtıdır.



Büyük patlamanın ilk döneminden günümüze kadar evrenin genişlemesinin grafik tarzındaki temsili.

EVRENİN SONU

Şu anda evrenin genişlemekte olduğunu biliyoruz. Acaba bu genişleme sonsuza kadar sürer mi? Evrenin sonu ne olur? Yukarıya düşey olarak atılan bir taşın yükselirken yer çekimi kuvvetinin etkisiyle yavaşlaması gibi evrenin genişleme hızı da kütle çekim kuvvetinden dolayı azalmaktadır. Dışarıya doğru genişleme hızı ile içeriye doğru etki yapan kütle çekim kuvveti arasındaki rekabet bilim insanlarına iki olasılığı düşündürmektedir. Evren ya kurtulma hızından büyük hızla atılan bir cismin yer çekiminden kurtulup sonsuza gitmesi gibi sonsuza kadar genişleyebilir ya da yeterince büyük hızla atılmayan cismin belirli bir yüksekliğe kadar çıkıp geri dönmesi gibi bir noktaya kadar genişleyip sonra büzölmeye başlayabilir. Bu iki olasılık açık ve kapalı evrenler olarak isimlendirilir.

Evren kapalı ise bir gün genişlemesini durduracak ve büyük patlamanın tersine büzölmeye başlayacaktır. Sıcaklıklar azalma yerine artmaya başlayacak, sonunda bütün madde dağılıp yok oluncaya kadar sıkışacaktır. Evrenin ölümünden sonra başka bir evrenin doğup doğmayacağı ise tam bir bilinmeyendir.

Evren açık ise sonsuza kadar genişlemesini sürdürecektir, gittikçe soğuyacaktır. Yıldızlar ve gökadalarn evrimlerini gittikçe yavaşlayan bir hızda sürdürecektir. Yapılan hesaplamalara göre yaklaşık 10^{14} (100 trilyon) yıl sonra bütün yıldızlar yakıtları tükendiği için sönmeye başlayacak, 10^{15} yıl sonra gezegenler ile çevresinde döndükleri yıldızlar arasındaki bağlar kopacak, yaklaşık 10^{19} yıl sonra yıldızlar içinde buldukları gökadalarda çekimsel olarak kurtulacak ve yaklaşık 10^{1500} yıl sonra evrendeki madde tümüyle demire dönüşecektir.

BÜYÜK PATLAMA EVRENİN OLUŞUMU VE ATOM ALTI PARÇACIKLARI

PARÇACIK VE KARŞIT PARÇACIK

1890 yılından sonra kimliği gittikçe belirgin hale gelen **proton**dan sonra, 1896 da keşfedilen ilk temel tanecik **elektron** olmuştur. Bir temel tanecik olarak kabul edilen **foton**, fotoelektrik olayı açıklamayı başaran Einstein (1905) tarafından tanımlanmıştır. 1932 de Chadwick **nötronu** ve evren ışını araştırmalarında C.D. Anderson **pozitronu** keşfetmiştir.

Pozitronun kütlesi elektronunkine eşit olup, pozitif yük taşımaktadır. Pozitron, elektronun karşıt taneciğidir. Bu iki zıt kardeş herhangi bir şekilde karşılaştıklarında birbirlerini çekmekte ve çarpışma sonucunda 2 adet gama ışını fotonuna dönüşmektedirler.

elektron + pozitron \rightarrow 2 gama ışını fotonu

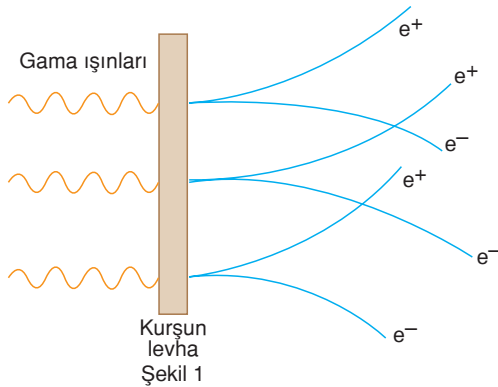
$$e^- + e^+ \rightarrow 2\gamma$$

Böylece her iki tanecik de ortadan kalkmakta ve bunlar yerine toplam enerjileri elektron ve pozitronun $E_0 = mc^2$ denklemiyle hesaplanan kütle enerjileri ve kinetik enerjileri toplamına eşit iki foton oluşmaktadır. **Yok olma olayı** olarak bilinen bu olayın tersinde mümkün olduğu deneylerle gerçekleşmiştir.

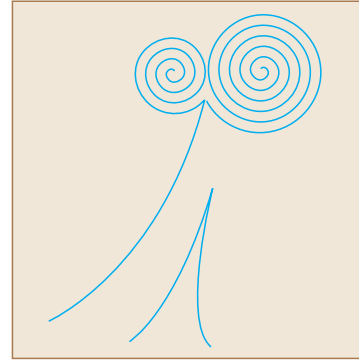
Eğer fotonun $h\nu$ ile tanımlı foton enerjisi, elektronun mc^2 kütle enerjisinin 2 katından daha büyük bir gama ışını veya X – ışını fotonu ağır bir çekirdekle etkileşirse

$$2\gamma = e^- + e^+$$

reaksiyonu uyarınca fotondan bir elektron pozitron çifti yaratılır. **Çift oluşumu** denen bu olayı; bir kurşun levhaya çarpan, yeterli enerjiye sahip gama ışınlarında Şekil 1 ve Şekil 2'deki gibi görebiliriz. Elektron - pozitron yok edilmesi, pozitron yayınlama tomografisi (PET) denilen tıbbi teşhis tekniğinde kullanılır. Kanserli tümörlerin belirlenmesinde ve beyinde alzheimer hastalığından kaynaklanan düzensizliği gösterebilir.



Şekil 1



Şekil 2

Çift oluşumu sırasında elektrik yükü, enerji ve momentumun korunacağı unutulmamalıdır.

Protonun karşıt parçacığı olan **antiproton (karşıtproton)** 1955 de Kaliforniya Üniversitesinde bir araştırma grubu tarafından keşfedilmiş ve kısa bir süre sonra da nötronun karşıt parçacığı **antinötron (karşıtnötron)** bulunmuştur.

Çok seyrek olarak bir proton ve bir antiproton birbirini yok ederek iki gama ışını fotonu meydana getirir. Araştırmalar bütün temel taneciklerin karşıtaneciği olduğunu ve bunlar arasında da yok olma ve çift oluşumu olaylarının meydana geldiğini ortaya koymuştur.

Çekirdek olayları ve temel parçacıklar arası etkileşmelerde çok sık ortaya çıkan taneciklerden biri de **nötrino**dur. Beta ışını yayarak bozunan doğal radyoaktif çekirdeklerin beta ve gama ışını tayfları arasındaki uyumsuzluğu, ayrıca bu tür olaylarda enerjinin ve momentumun konumunu ilkelerinin çiğnenir gibi görünmesini dikkate alan Pauli; bu görünürdeki uyumsuzlukların **nötrino** adını verdiği yüksüz, kütlesi son derece küçük (sıfıra yakın), fakat belirli bir momentuma, belirli bir spine ve herhangi bir değerinde enerjiye sahip, belirlenmesi zor bir tanecikle ilgili olduğunu 1931 yılında teorik olarak ortaya atmıştır. Pauli'nin tanımladığı nötrinolar 1956 yılında Raines ve Cowan tarafından denel olarak bulunmuştur. Üç tür nötrino vardır. Bunlar; elektronlarla birlikte ortaya çıkan elektron nötrinusu, müonlarla birlikte ortaya çıkan müon nötrinusu, taularla birlikte ortaya çıktığı düşünülen (henüz gözlenmedi, varlığına inanılıyor) tau nötrinodur. Bu üç nötrinonun da anti taneciği vardır. Nötrinolar "v" harfi ile belirtilirler. Nötrino ve antinötrino arasındaki farklılık açıl momentum (spin) ve çizgisel momentum vektörlerinin yönleri ile ilgilidir. Nötrinoda spin vektörü çizgisel momentum vektörü ile zıt yönlü, antinötrinoda ise bu iki vektör aynı yönlüdür yani hareket yönündedirler.

PARÇACIKLARIN SINIFLANDIRILMASI

Alan parçacıkları dışındaki tüm parçacıklar, yer aldıkları etkileşmelere göre iki ana sınıfa ayrılabilir. Bunlar, **hadronlar** ve **leptonlardır**.

UYARI

Modern fizikte, parçacıklar arasındaki etkileşmeler genelde **alan parçacığı** veya **değiş tokuş parçacığı** denilen büyüklüklerin değiş tokuş edilmesi veya sürekli yayınlanma ya da soğurulmasına bağlı olarak tarif edilir. Örneğin, elektromanyetik etkileşimde alan parçacığı fotonudur. Modern fizikte elektromanyetik kuvvete fotonun aracılık ettiği söylenir. Çekirdek kuvvetine (çekirdek parçacıklarını birbirine yapıştırdığı için) **gluon** denilen alan parçacıkları aracılık eder. Zayıf nükleer kuvvete **W** ve **Z bozonları** denilen alan parçacıkları aracılık eder ve kütleçekim kuvvetine **graviton** denilen alan parçacıkları aracılık eder.

1. HADRONLAR

Çekirdek kuvveti aracılığı ile etkileşen parçacıklara **hadronlar** denir. **Mezonlar** ve **baryonlar** olarak iki sınıfta toplanan hadronlar, kütle ve spinleri ile birbirinden ayırt edilir. Güçlü çekirdek kuvvetlerinden sorumlu parçacıklardır.

a) Mezonlar

Adları yunanca orta anlamında, mesodan gelmektedir. Kütleleri, elektron kütlesi ile proton kütlesi arasındadır. (Kütlesi proton kütlesinden büyük mezonlar varolmasına karşın, birçok mezonun kütlesi bu aralıktadır.) Tümü, sıfır ve tamsayı (0 veya 1) spinlidir. Günümüzde geçerli kurama göre; mezonlar, gluonların bir arada tuttıkları kuark ve karşıkuark çiftlerinden oluşurlar ve bütün temel etkileşimlere katılırlar. Varlıkları, 1935 te Japon bilim adamı Hideki Yukawa tarafından kuramsal olarak öngörülen ve **Pi mezon** ya da **pion** adı verilen, mezonların en hafifi olan bu mezon 1947 de bulunmuştur. π ile gösterilir. Yük durumuna bağlı olarak üç çeşit pion bulunur. Bunlar; π^+ , π^- ve π^0 dir. π^+ ve π^- ; π^- ve π^+ birbirinin anti parçacığıdır.

Parçacıkların herbirinin kütlesi $139,6 \text{ MeV}/c^2$ ve π^0 ın kütlesi $135 \text{ MeV}/c^2$ dir. Pionlar çok kararsız parçacıklardır. Örneğin ömrü $2,6 \times 10^{-8}$ saniye olan π^- , bir müon ve bir antinötrinoya bozunur.



UYARI

Yüksüz parçacıkların ve proton gibi bazı yüklü parçacıkların sembollerinin üstündeki çizgi, beta bozunmasında olduğu gibi anti parçacığı gösterir.

Tüm mezonlar sonunda elektron, pozitron, nötrino ve fotonlara bozunur.

Pionlar, evren ışınları arasındaki çok yüksek enerjili protonlarla atmosferdeki moleküller arası çarpışmalar sonucunda oluşmaktadır.

Pionun bulunduğu tarihten bu yana **kaon (K)** mezonları, eta mezonları, omega mezonları, ksi mezonları gibi başka mezonlarda bulunmuş, öngörülmeleri ve bulunmaları kuark kuramının geliştirilmesini sağlamıştır.

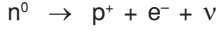
b) Baryonlar

Baryonlar; hadronların, kütleleri proton kütlesine eşit veya daha büyük olan ikinci sınıfıdır. Baryon, yunanca ağır anlamındadır. Spinleri daima buçuklu değerlerdir. ($1/2$ veya $3/2$) Bir çok diğer parçacık gibi proton ve nötron da baryondur.

BÜYÜK PATLAMA EVRENİN OLUŞUMU VE ATOM ALTI PARÇACIKLARI

Proton, “p” ile gösterilir, antiparçacığı p^- dir. Kütleleri $938,3\text{MeV}/c^2$, elektrik yükü $1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}$ olan kararlı bir parçacıktır.

Nötron, “n” ile gösterilir, antiparçacığı \bar{n} dir. Kütleleri $939,6\text{MeV}/c^2$, elektrik yükü sıfırdır (nötr). Ortalama ömrü 920 saniye olan nötron; bir proton, bir elektron ve bir nötrinoya dönüşür.



Proton dışında tüm baryonlar, son üründe proton bulunacak şekilde bozunur. Baryonların içinde en kararlı tanecik protondur.

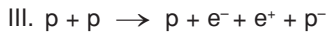
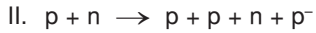
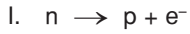
Günümüzde baryonların temel parçacık olmadığı, kuark ve karşıkuarklarından oluştuğu kabul edilmektedir.

UYARI

Baryon sayısının korunumu yasası, bir bozunmada veya çekirdek tepkimesinde bir baryon yaratıldığında bir antibaryonun da yaratılacağını söyler. Bu, her bir parçacığa bir kuantum sayısı, bir **baryon sayısı** verilerek uygulanabilir. Tüm baryonlar için $B = +1$, tüm antibaryonlar için $B = -1$ ve tüm diğer parçacıklar için $B = 0$ dir. O halde baryon sayısının korunumu yasası, bir çekirdek tepkimesi veya bozunması oluştuğunda, olaydan önceki baryon sayısının olaydan sonraki baryon sayısına eşit olması gerektiğini ifade eder.

Baryon sayısı kesin olarak korunursa, proton kesin olarak kararlı olmalıdır. Proton, baryon sayısının korunumu yasasına uymasaydı, bir pozitron ve bir nötr piyona dönüşürdü. Bununla beraber, böyle bir bozunma hiç gözlenmemiştir. Şu an söyleyebileceğimiz tek şey protonun yarı ömrünün en az 10^{33} yıl olduğudur. Bu da protonun en kararlı parçacık olduğunu göstermektedir.

Örnek



Baryon sayısının korunumu yasasına göre yukarıda verilen tepkimelerden hangisi kesinlikle gerçekleşmez?

A) Yalnız I

B) Yalnız II

C) Yalnız III

D) I ve II

E) I, II ve III

Çözüm

Nötron ve protonun (baryonların) baryon sayısı $B = +1$, antinötron ve antiprotonun baryon sayısı $B = -1$, diğer parçacıkların baryon sayıları $B = 0$ dir.

Baryonun korunumu yasası I tepkimesine uygulanırsa;

$$1 \rightarrow 1 + 0$$

II. tepkimesine uygulanırsa;

$$1 + 1 \rightarrow 1 + 1 + 1 + (-1)$$

$$2 \rightarrow 2$$

III. tepkimesine uygulanırsa;

$$1 + 1 \rightarrow 1 + 0 + 0 + (-1)$$

$$2 \rightarrow 0$$

olduğu görülür.

Buna göre III tepkimesinde baryon sayısı korunmadığından bu tepkime kesinlikle gerçekleşmez.

YANIT C