

## Física do século XX

[Método e recomendacións](#)

### ◇ PROBLEMAS

#### ● Física cuántica

1. A frecuencia limiar do volframio é  $1,30 \cdot 10^{15}$  Hz.
  - a) Xustifica que, se se ilumina a súa superficie con luz de lonxitude de onda  $1,50 \cdot 10^{-7}$  m, se emiten electróns.
  - b) Calcula a lonxitude de onda incidente para que a velocidade dos electróns emitidos sexa de  $4,50 \cdot 10^5$  m·s<sup>-1</sup>.
  - c) Cal é a lonxitude de onda de De Broglie asociada aos electróns emitidos coa velocidade de  $4,50 \cdot 10^5$  m·s<sup>-1</sup>?

Datos:  $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$  J·s;  $c = 3 \cdot 10^8$  m·s<sup>-1</sup>;  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$  kg

(P.A.U. set. 15)

Rta.: a) Si; b)  $\lambda = 208$  nm; c)  $\lambda_3 = 1,62$  nm

#### Datos

Frecuencia limiar do volframio

Lonxitude de onda

Velocidade dos electróns emitidos

Constante de Planck

Velocidade da luz no baleiro

Masa do electrón

#### Incógnitas

Energía dun fotón de  $\lambda = 1,5 \cdot 10^{-7}$  m

Lonxitude de onda incidente para que a velocidade dos electróns emitidos sexa  $4,50 \cdot 10^5$  m/s

Lonxitude de onda de De Broglie asociada aos electróns

#### Outros símbolos

Traballo de extracción

#### Ecuacións

Ecuación de Planck (energía do fotón)

Ecuación de Einstein do efecto fotoeléctrico

Relación entre a frecuencia limiar e o traballo de extracción

Relación entre a frecuencia dunha onda luminosa e a lonxitude de onda

Energía cinética

Lonxitude de onda de De Broglie

#### Cifras significativas: 3

$$f_0 = 1,30 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$$

$$\lambda_1 = 1,50 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

$$v = 4,50 \cdot 10^5 \text{ m/s}$$

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J·s}$$

$$c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$m_e = 9,10 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

$$E_f$$

$$\lambda_2$$

$$\lambda_3$$

$$W_e$$

$$E_f = h \cdot f$$

$$E_f = W_e + E_c$$

$$W_e = h \cdot f_0$$

$$f = c / \lambda$$

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

$$\lambda = \frac{h}{m \cdot v}$$

#### Solución:

a) Unha luz producirá efecto fotoeléctrico se a súa enerxía é maior que o traballo de extracción.

Calcúlase o traballo de extracción a partir da frecuencia limiar:

$$W_e = h \cdot f_0 = 6,63 \cdot 10^{-34} [\text{J·s}] \cdot 1,30 \cdot 10^{15} [\text{Hz}] = 8,61 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Calcúlase a enerxía da radiación de  $\lambda = 1,50 \cdot 10^{-7}$  m, combinando a ecuación de Planck coa relación entre a frecuencia e a lonxitude de onda:

$$E_f = h \cdot f = \frac{h \cdot c}{\lambda} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} [\text{J·s}] \cdot 3,00 \cdot 10^8 [\text{m·s}^{-1}]}{1,50 \cdot 10^{-7} [\text{m}]} = 1,32 \cdot 10^{-18} \text{ J}$$

Compárase a enerxía da radiación co traballo de extracción:

$$(E_f = 1,32 \cdot 10^{-18} \text{ J}) > (W_e = 8,61 \cdot 10^{-19} \text{ J})$$

Producirase efecto fotoeléctrico porque a enerxía da radiación de  $\lambda = 1,50 \cdot 10^{-7} \text{ m}$  é maior que o traballo de extracción. Por tanto se emitirán electróns.

b) Calcúlase a enerxía cinética dos electróns emitidos:

$$E_c = m \cdot v^2 / 2 = 9,10 \cdot 10^{-31} [\text{kg}] \cdot (4,50 \cdot 10^5 [\text{m/s}])^2 / 2 = 9,22 \cdot 10^{-20} \text{ J}$$

Calcúlase a enerxía dos fotóns usando a ecuación de Einstein do efecto fotoeléctrico:

$$E_f = W_e + E_c = 8,61 \cdot 10^{-19} [\text{J}] + 9,22 \cdot 10^{-20} [\text{J}] = 9,54 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Calcúlase a frecuencia dos fotóns incidentes usando a ecuación de Planck:

$$E_f = h \cdot f \Rightarrow f = \frac{E_f}{h} = \frac{9,54 \cdot 10^{-19} [\text{J}]}{6,63 \cdot 10^{-34} [\text{J} \cdot \text{s}]} = 1,44 \cdot 10^{15} \text{ s}^{-1} = 1,44 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$$

Calcúlase a lonxitude de onda dos fotóns usando a relación entre a frecuencia e a lonxitude de onda:

$$f = \frac{c}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{c}{f} = \frac{3,00 \cdot 10^8 [\text{m/s}]}{1,44 \cdot 10^{15} \text{ s}^{-1}} = 2,08 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 208 \text{ nm}$$

c) Calcúlase a lonxitude de onda asociada aos electróns usando a ecuación de De Broglie

A interpretación de Einstein do efecto fotoeléctrico demostrou que a luz se comporta como un chorro de partículas, chamadas fotóns, cuxa enerxía é proporcional á frecuencia:

$$E = h \cdot f$$

No efecto Compton, o fotón compórtase como unha partícula de momento lineal:

$$p = \frac{E}{c} = \frac{h \cdot f}{c} = \frac{h \cdot f}{\lambda \cdot f} = \frac{h}{\lambda}$$

Como xa estaba establecido que a luz se propaga como unha onda, propúxose que o comportamento era dual: nalgúns experimentos o comportamento da luz parece ser corpuscular e noutros, ondulatorio.

De Broglie propuxo que este comportamento dual tamén afecto a calquera partícula. Nalgúns casos o comportamento de certas partículas podería interpretarse como o de ondas cuxa lonxitude de onda asociada  $\lambda$  vén dada pola expresión:

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{m \cdot v}$$

Nesta ecuación  $h$  é a constante de Planck,  $m$  é a masa da partícula e  $v$  é a súa velocidade.

$$\lambda_3 = \frac{h}{m \cdot v} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} [\text{J} \cdot \text{s}]}{9,10 \cdot 10^{-31} [\text{kg}] \cdot 4,50 \cdot 10^5 [\text{m/s}]} = 1,62 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 1,62 \text{ nm}$$

2. Un raio de luz produce efecto fotoeléctrico nun metal. Calcula:

a) A velocidade dos electróns se o potencial de freado é de 0,5 V.

b) A lonxitude de onda necesaria se a frecuencia limiar é  $f_0 = 10^{15} \text{ Hz}$  e o potencial de freado é 1 V.

c) Aumenta a velocidade dos electróns incrementando a intensidade da luz incidente?

Datos:  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ;  $e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ;  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ ;  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

(P.A.U. xuño 11)

**Rta.:** a)  $v = 4,2 \cdot 10^5 \text{ m/s}$ ; b)  $\lambda = 242 \text{ nm}$

### Datos

Potencial de freado a

Frecuencia limiar

Potencial de freado b

Constante de Planck

Velocidade da luz no baleiro

Carga do electrón

Masa do electrón

### Incógnitas

Velocidade dos electróns

### Cifras significativas: 3

$V_a = 0,500 \text{ V}$

$f_0 = 1,00 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$

$V_b = 1,00 \text{ V}$

$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

$c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

$e = -1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

$m_e = 9,10 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

$v$

**Incógnitas**

Lonxitude de onda

 $\lambda$ **Ecuacións**

Ecuación de Planck (enerxía do fotón)

$$E_f = h \cdot f$$

Ecuación de Einstein do efecto fotoeléctrico

$$E_f = W_e + E_c$$

Relación entre a frecuencia limiar e o traballo de extracción

$$W_e = h \cdot f_0$$

Relación entre a frecuencia dunha onda luminosa e a lonxitude de onda

$$f = c / \lambda$$

Enerxía cinética

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

Relación entre potencial de freado  $V$  e enerxía cinética

$$E_c = |e| \cdot V$$

**Solución:**

a) Calcúlase a velocidade máxima dos electróns emitidos igualando as expresións da enerxía cinética en función da velocidade e en función do potencial de freado:

$$\frac{1}{2} m_e \cdot v^2 = |e| \cdot V$$

$$v = \sqrt{\frac{2|e| \cdot V_a}{m_e}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,60 \cdot 10^{-19} [\text{C}] \cdot 0,500 [\text{V}]}{9,10 \cdot 10^{-31} [\text{kg}]}} = 4,19 \cdot 10^5 \text{ m/s}$$

b) Para determinar a lonxitude de onda necesaria para producir efecto fotoeléctrico nun metal, úsase a ecuación de Einstein do efecto fotoeléctrico:

$$E_f = W_e + E_c$$

Calcúlase o traballo de extracción a partir da lonxitude de onda limiar:

$$W_e = h \cdot f_0 = 6,63 \cdot 10^{-34} [\text{J} \cdot \text{s}] \cdot 1,00 \cdot 10^{15} [\text{s}^{-1}] = 6,63 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Calcúlase a enerxía cinética a partir da súa expresión en función do potencial de freado:

$$E_c = |e| \cdot V_b = 1,60 \cdot 10^{-19} [\text{C}] \cdot 1,00 [\text{V}] = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Calcúlase a enerxía do fotón a partir da ecuación de Einstein do efecto fotoeléctrico:

$$E_f = W_e + E_c = 6,63 \cdot 10^{-19} [\text{J}] + 1,60 \cdot 10^{-19} [\text{J}] = 8,23 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Calcúlase a frecuencia do fotón a partir da ecuación de Planck:

$$E_f = h \cdot f \Rightarrow f = \frac{E_f}{h} = \frac{8,23 \cdot 10^{-19} [\text{J}]}{6,63 \cdot 10^{-34} [\text{J} \cdot \text{s}]} = 1,24 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$$

Calcúlase a lonxitude de onda:

$$f = c / \lambda \Rightarrow \lambda = \frac{c}{f} = \frac{3,00 \cdot 10^8 [\text{m} \cdot \text{s}^{-1}]}{1,24 \cdot 10^{15} [\text{s}^{-1}]} = 2,42 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

c) A intensidade da luz non afecta á velocidade dos electróns que só depende da frecuencia da luz. É unha das leis experimentais do efecto fotoeléctrico, explicada pola interpretación de Einstein que di que a luz é un feixe de partículas chamadas fotóns. Cando un fotón choca cun electrón, comunícalle toda a súa enerxía. Pola ecuación de Planck:

$$E_f = h \cdot f$$

Se a enerxía é suficiente para arrincar o electrón do metal ( $E_f > W_e$ ), a enerxía restante queda en forma de enerxía cinética do electrón. Canto maior sexa a frecuencia do fotón, maior será a velocidade do electrón. Ao aumentar a intensidade da luz, o que se conseguiría sería un maior número de fotóns, que, de ter a enerxía suficiente, arrincarían máis electróns, producindo unha maior intensidade de corrente eléctrica.

3. A lonxitude de onda máxima capaz de producir efecto fotoeléctrico nun metal, é 4500 Å:

a) Calcula o traballo de extracción.

b) Calcula o potencial de freado se a luz incidente é de  $\lambda = 4000 \text{ Å}$ .

c) Habería efecto fotoeléctrico con luz de  $5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ ?

Datos:  $e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ;  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ ;  $1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ m}$ ;  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

(P.A.U. xuño 10)

**Rta.:** a)  $W_0 = 4,4 \cdot 10^{-19}$  J; b)  $V = 0,34$  V

### Datos

Lonxitude de onda limiar  
Lonxitude de onda  
Frecuencia da radiación  
Constante de Planck  
Velocidade da luz no baleiro  
Carga do electrón

### Incógnitas

Traballo de extracción  
Potencial de freado  
Enerxía dun fotón de  $f = 5 \cdot 10^{14}$  Hz

### Outros símbolos

Enerxía cinética máxima dos electróns emitidos

### Ecuacións

Ecuación de Planck (enerxía do fotón)  
Ecuación de Einstein do efecto fotoeléctrico  
Relación entre a frecuencia limiar e o traballo de extracción  
Relación entre a frecuencia dunha onda luminosa e a lonxitude de onda  
Relación entre potencial de freado e enerxía cinética

### Cifras significativas: 3

$\lambda_0 = 4500 \text{ Å} = 4,50 \cdot 10^{-7} \text{ m}$   
 $\lambda = 4000 \text{ Å} = 4,00 \cdot 10^{-7} \text{ m}$   
 $f = 5,00 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$   
 $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$   
 $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$   
 $e = -1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

$W_e$

$V$

$E_f$

$E_c$

$$E_f = h \cdot f$$

$$E_f = W_e + E_c$$

$$W_e = h \cdot f_0$$

$$f = c / \lambda$$

$$E_c = |e| \cdot V$$

### Solución:

a) Calcúlase o traballo de extracción a partir da lonxitude de onda limiar:

$$W_e = h \cdot f_0 = \frac{h \cdot c}{\lambda_0} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} [\text{J} \cdot \text{s}] \cdot 3,00 \cdot 10^8 [\text{m} \cdot \text{s}^{-1}]}{4,50 \cdot 10^{-7} [\text{m}]} = 4,42 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

b) O potencial de freado calcúlase a partir da enerxía cinética máxima dos electróns emitidos. Calcúlase a enerxía cinética máxima dos electróns emitidos a partir da ecuación de Einstein do efecto fotoeléctrico:

$$E_c = E_f - W_e$$

A enerxía dos fotóns, despois de substituír a frecuencia pola súa expresión en función da lonxitude de onda, é:

$$E_f = h \cdot f = \frac{h \cdot c}{\lambda} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} [\text{J} \cdot \text{s}] \cdot 3,00 \cdot 10^8 [\text{m} \cdot \text{s}^{-1}]}{4,00 \cdot 10^{-7} [\text{m}]} = 4,97 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

A enerxía cinética máxima dos electróns emitidos vale:

$$E_c = 4,97 \cdot 10^{-19} [\text{J}] - 4,42 \cdot 10^{-19} [\text{J}] = 5,5 \cdot 10^{-20} \text{ J}$$

Calcúlase o potencial de freado a partir da ecuación que o relaciona coa enerxía cinética:

$$E_c = |e| \cdot V \Rightarrow V = \frac{E_c}{|e|} = \frac{5,5 \cdot 10^{-20} [\text{J}]}{1,60 \cdot 10^{-19} [\text{C}]} = 0,35 \text{ V}$$

c) Unha luz producirá efecto fotoeléctrico se a súa enerxía é maior que o traballo de extracción. Calcúlase a enerxía da radiación de  $f = 5,00 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$

$$E_f = h \cdot f = 6,63 \cdot 10^{-34} [\text{J} \cdot \text{s}] \cdot 5,00 \cdot 10^{14} [\text{s}^{-1}] = 3,32 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Compárase co traballo de extracción:

$$(E_f = 3,32 \cdot 10^{-19} \text{ J}) < (W_e = 4,42 \cdot 10^{-19} \text{ J})$$

Como a enerxía da radiación é menor que o traballo de extracción, non se producirá efecto fotoeléctrico.

4. O traballo de extracción do cátodo metálico nunha célula fotoeléctrica é 3,32 eV. Sobre el incide radiación de lonxitude de onda  $\lambda = 325 \text{ nm}$ . Calcula:

a) A velocidade máxima coa que son emitidos os electróns.

b) O potencial de freado.

Datos: constante de Planck  $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$  J·s,  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s,  $1 \text{ nm} = 10^{-9}$  m,  $1 \text{ eV} = 1,60 \cdot 10^{-19}$  J,

$e = -1,60 \cdot 10^{-19}$  C,  $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31}$  kg

(P.A.U. xuño 05)

**Rta.:** a)  $v = 4,2 \cdot 10^5$  m/s, b)  $V = 0,51$  V

### Datos

Lonxitude de onda da radiación

Traballo de extracción do metal

Constante de Planck

Velocidade da luz no baleiro

Masa do electrón

### Incógnitas

Velocidade máxima coa que son emitidos os electróns

Potencial de freado

### Ecuacións

Ecuación de Planck (enerxía do fotón)

Ecuación de Einstein do efecto fotoeléctrico

Relación entre a frecuencia dunha onda luminosa e a lonxitude de onda

Enerxía cinética

Relación entre a enerxía cinética dos electróns e o potencial de freado

### Cifras significativas: 3

$\lambda = 325 \text{ nm} = 3,25 \cdot 10^{-7} \text{ m}$

$W_e = 3,32 \text{ eV} = 5,31 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J·s}$

$c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

$m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

$v$

$V$

$E_f = h \cdot f$

$E_f = W_e + E_c$

$f = c / \lambda$

$E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2$

$E_c = |e| \cdot V$

### Solución:

a) Obtense a velocidade máxima coa que son emitidos os electróns a partir da enerxía cinética.

A enerxía cinética máxima dos electróns emitidos calcúlase a partir da ecuación de Einstein do efecto fotoeléctrico:

$$E_c = E_f - W_e$$

A enerxía dos fotóns, despois de substituír a frecuencia pola súa expresión en función da lonxitude de onda, é:

$$E_f = h \cdot f = \frac{h \cdot c}{\lambda} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} [\text{J·s}] \cdot 3,00 \cdot 10^8 [\text{m·s}^{-1}]}{3,25 \cdot 10^{-7} [\text{m}]} = 6,12 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

A enerxía cinética máxima dos electróns emitidos vale:

$$E_c = 6,12 \cdot 10^{-19} [\text{J}] - 5,31 \cdot 10^{-19} [\text{J}] = 8,1 \cdot 10^{-20} \text{ J}$$

Calcúlase a velocidade a partir da expresión da enerxía cinética:

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2 E_c}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 8,1 \cdot 10^{-20} [\text{J}]}{9,11 \cdot 10^{-31} [\text{kg}]}} = 4,2 \cdot 10^5 \text{ m/s}$$

b) Calcúlase o potencial de freado na ecuación que o relaciona coa enerxía cinética:

$$E_c = |e| \cdot V \Rightarrow V = \frac{E_c}{|e|} = \frac{8,1 \cdot 10^{-20} [\text{J}]}{1,60 \cdot 10^{-19} [\text{C}]} = 0,51 \text{ V}$$

## ● Física nuclear e de partículas

1. O isótopo do boro  $^{10}_{5}\text{B}$  é bombardeado por unha partícula  $\alpha$  e prodúcese  $^{13}_{6}\text{C}$  e outra partícula.

a) Escriba a reacción nuclear.

b) Calcula a enerxía liberada por núcleo de boro bombardeado.

c) Calcula a enerxía liberada se se considera 1 g de boro.

Datos: masa atómica( $^{10}_{5}\text{B}$ ) = 10,0129 u; masa atómica( $^{13}_{6}\text{C}$ ) = 13,0034 u; masa( $\alpha$ ) = 4,0026 u; masa(proton) = 1,0073 u;  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s;  $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ;  $1 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-27}$  kg.

(P.A.U. set. 16)

**Rta.:** a)  $^{10}_{5}\text{B} + ^4_2\text{He} \rightarrow ^{13}_{6}\text{C} + ^1_1\text{H}$ ; b)  $E = 7,15 \cdot 10^{-13} \text{ J/átomo}$ ; c)  $E_2 = 43,1 \text{ GJ/g}$

**Datos**

Masa: boro-10  
 carbono-13  
 partícula  $\alpha$   
 protón  
 Número de Avogadro  
 Unidade de masa atómica  
 Velocidade da luz no baleiro

**Incógnitas**

Energía liberada por núcleo de boro bombardeado  
 Enerxía liberada / g de boro

**Outros símbolos**

Constante de desintegración radioactiva

**Ecuacións**

Equivalencia masa enerxía de Einstein

**Cifras significativas: 3**

$m({}^{10}\text{B}) = 10,0129 \text{ u}$   
 $m({}^{13}\text{C}) = 13,0034 \text{ u}$   
 $m({}^4_2\text{He}) = 4,0026 \text{ u}$   
 $m({}^1_1\text{H}) = 1,0073 \text{ u}$   
 $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$   
 $1 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$   
 $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

$E$

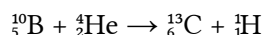
$E_2$

$\lambda$

$$E = m \cdot c^2$$

**Solución:**

a) Escríbese a reacción nuclear aplicando os principios de conservación do número másico e da carga eléctrica nos procesos nucleares.



b) Calcúlase o defecto de masa

$$\Delta m = m({}^{13}_6\text{C}) + m({}^1_1\text{H}) - (m({}^{10}_5\text{B}) + m({}^4_2\text{He})) = 13,0034 [\text{u}] + 1,0073 [\text{u}] - (10,0129 [\text{u}] + 4,0026 [\text{u}]) = -0,00480 \text{ u}$$

$$\Delta m = -0,00480 \text{ u} \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg/u} = -7,97 \cdot 10^{-30} \text{ kg}$$

Calcúlase a enerxía equivalente segundo a ecuación de Einstein

$$E = m \cdot c^2 = 7,97 \cdot 10^{-30} [\text{kg}] \cdot (3,00 \cdot 10^8 [\text{m/s}])^2 = 7,15 \cdot 10^{-13} \text{ J/átomo B}$$

c) Calcúlase a cantidade de átomos de boro que hai en 1 g de boro.

$$N = 1,00 \text{ g B} \cdot \frac{1 \text{ mol B}}{10,012 \text{ g B}} \cdot \frac{6,022 \cdot 10^{23} \text{ átomos}}{1 \text{ mol}} = 6,01 \cdot 10^{22} \text{ átomos B}$$

Calcúlase a enerxía para 1 g de boro

$$E_2 = 7,15 \cdot 10^{-13} [\text{J/átomo B}] \cdot 6,01 \cdot 10^{22} [\text{átomos B/g B}] = 4,31 \cdot 10^{10} \text{ J} = 43,1 \text{ GJ/g B}$$

2. O Cobalto 60 é un elemento radioactivo utilizado en radioterapia. A actividade dunha mostra redúcese á milésima parte en 52,34 anos. Calcula:

a) O período de semidesintegración.

b) A cantidade de mostra necesaria para que a actividade sexa de  $5 \cdot 10^6$  desintegracións/segundo.

c) A cantidade de mostra que queda ao cabo de 2 anos.

Datos  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ; masa atómica do  ${}^{60}\text{Co} = 60 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ; 1 ano =  $3,16 \cdot 10^7 \text{ s}$  (P.A.U. xuño 16)

Rta.: a)  $T_{1/2} = 5,25$  anos; b)  $m = 0,12 \text{ } \mu\text{g}$ ; c)  $m_2 = 0,091 \text{ } \mu\text{g}$

**Datos**

Actividade ao cabo de 52,34 anos  
 Tempo transcorrido  
 Actividade para o cálculo da cantidade do apartado b  
 Tempo para o cálculo da cantidade do apartado c

**Incógnitas**

Período de semidesintegración  
 Cantidade de mostra para que a actividade sexa de  $5 \cdot 10^6 \text{ Bq}$   
 Cantidade de mostra que queda ao cabo de 2 anos

**Outros símbolos****Cifras significativas: 3**

$A = 0,00100 A_0$   
 $t = 52,34 \text{ anos} = 1,65 \cdot 10^9 \text{ s}$   
 $A_b = 5 \cdot 10^6 \text{ Bq}$   
 $t_c = 2,00 \text{ anos} = 6,32 \cdot 10^7 \text{ s}$

$T_{1/2}$

$m$

$m_2$

**Incógnitas**

Constante de desintegración radioactiva

 $\lambda$ **Ecuacións**

Lei da desintegración radioactiva

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

$$\lambda = \ln(N_0 / N) / t$$

Cando  $t = T_{1/2}$ ,  $N = N_0 / 2$ 

$$T_{1/2} = \ln 2 / \lambda$$

Actividade radioactiva

$$A = -dN / dt = \lambda \cdot N$$

**Solución:**a) Calcúlase a constante de desintegración radioactiva  $\lambda$  na ecuación de desintegración radioactiva

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

É máis fácil usar a expresión anterior en forma logarítmica.

$$-\ln(N / N_0) = \ln(N_0 / N) = \lambda \cdot t$$

$$\lambda = \frac{\ln(N_0 / N)}{t} = \frac{\ln(\lambda \cdot N_0 / \lambda \cdot N)}{t} = \frac{\ln(A_0 / A)}{t} = \frac{\ln(1000)}{1,65 \cdot 10^9 [s]} = 4,18 \cdot 10^{-9} [s^{-1}]$$

Calcúlase o período de semidesintegración a partir da constante de desintegración radioactiva:

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{4,18 \cdot 10^{-9} [s^{-1}]} = 1,653 \cdot 10^9 s = 5,25 \text{ anos}$$

b) Calcúlase o número de átomos a partir da actividade

$$N = \frac{A}{\lambda} = \frac{5,00 \cdot 10^6 \text{ Bq}}{4,18 \cdot 10^{-9} [s^{-1}]} = 1,20 \cdot 10^{15} \text{ átomos}$$

Co número de Avogadro e a masa atómica calcúlase a masa de cobalto-60

$$m = 1,20 \cdot 10^{15} \text{ átomos } {}^{60}\text{Co} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{6,02 \cdot 10^{23} \text{ átomos}} \cdot \frac{60 \text{ g } {}^{60}\text{Co}}{1 \text{ mol } {}^{60}\text{Co}} = 1,19 \cdot 10^{-7} \text{ g} = 0,119 \mu\text{g}$$

c) Calcúlase a masa que queda coa ecuación de desintegración radioactiva.

A lei de desintegración radioactiva,  $N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$ , pode escribirse en función da masa porque o número de átomos dun elemento é proporcional a súa masa.A constante de proporcionalidade é:  $N_A / M$ , o número de átomos que hai na unidade de masa dese elemento, onde  $N_A$  é o número de Avogadro e  $M$  é a masa atómica do elemento.

$$N = m \cdot N_A / M$$

$$m \frac{N_A}{M} = m_0 \frac{N_A}{M} e^{-\lambda \cdot t}$$

$$m = m_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

$$m_2 = 1,19 \cdot 10^{-7} [g] \cdot e^{-4,18 \cdot 10^{-9} [s^{-1}] \cdot 6,32 \cdot 10^7 [s]} = 9,15 \cdot 10^{-8} \text{ g} = 0,091 \mu\text{g}$$

3. Unha mostra de carbono-14 ten unha actividade de  $2,8 \cdot 10^8$  desintegracións/s. O período de semidesintegración é  $T_{1/2} = 5730$  anos. Calcula:

a) A masa da mostra no instante inicial.

b) A actividade ao cabo de 2000 anos.

c) A masa de mostra nese instante.

 $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ; masa atómica do  ${}^{14}\text{C} = 14 \text{ g/mol}$ ; 1 ano =  $3,16 \cdot 10^7 \text{ s}$ 

(P.A.U. xuño 12)

**Rta.:** a)  $m_0 = 1,7 \text{ mg}$ ; b)  $A = 2,2 \cdot 10^8 \text{ Bq}$ ; c)  $m = 1,3 \text{ mg}$ **Datos**

Período de semidesintegración

Actividade da mostra

**Cifras significativas: 3** $T_{1/2} = 5730 \text{ anos} = 1,81 \cdot 10^{11} \text{ s}$  $A_0 = 2,80 \cdot 10^8 \text{ Bq}$

**Datos**

Tempo para calcular a actividade

Masa atómica do  $^{14}\text{C}$ 

Número de Avogadro

**Incógnitas**

Masa inicial da mostra

Actividade radioactiva aos 2000 anos

Masa da mostra aos 2000 anos

**Outros símbolos**

Constante de desintegración radioactiva

**Ecuacións**

Lei da desintegración radioactiva

Cando  $t = T_{1/2}$ ,  $N = N_0 / 2$ 

Actividade radioactiva

**Cifras significativas: 3** $t = 2000 \text{ anos} = 6,31 \cdot 10^{10} \text{ s}$  $M = 14,0 \text{ g/mol}$  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$  $m_0$  $A$  $m$  $\lambda$ 

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

$$\lambda = \ln(N_0 / N) / t$$

$$T_{1/2} = \ln 2 / \lambda$$

$$A = -dN / dt = \lambda \cdot N$$

**Solución:**a) Pódese calcular o número de átomos  $N$  a partir da expresión da actividade radioactiva:  $A = \lambda \cdot N$ .Antes hai que calcular a constante  $\lambda$  de desintegración radioactiva, a partir do período de semidesintegración

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \frac{0,693}{1,81 \cdot 10^{11} [\text{s}]} = 3,83 \cdot 10^{-12} \text{ s}^{-1} = 0,000175 \text{ ano}^{-1}$$

$$N_0 = \frac{A_0}{\lambda} = \frac{2,80 \cdot 10^8 [\text{Bq}]}{3,83 \cdot 10^{-12} [\text{s}^{-1}]} = 7,30 \cdot 10^{19} \text{ átomos}$$

A masa é proporcional á cantidade de átomos:

$$m_0 = \frac{N_0}{N_A} \cdot M = \frac{7,30 \cdot 10^{19} [\text{átomos}]}{6,02 \cdot 10^{23} [\text{átomos/mol}]} \cdot 14,0 [\text{g/mol}] = 1,70 \cdot 10^{-3} \text{ g} = 1,70 \text{ mg}$$

b) Como a actividade radioactiva é proporcional á cantidade de núcleos,  $A = \lambda \cdot N$ , pódese obter unha expresión similar á lei da desintegración radioactiva,  $N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$ , na que aparece a actividade no canto da cantidade de átomos, multiplicando cada termo da igualdade por  $\lambda$ :

$$\lambda \cdot N = \lambda \cdot N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

$$A = A_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} = 1,00 \cdot 10^7 [\text{Bq}] \cdot e^{-0,000175 [\text{ano}]^{-1} \cdot 2000 [\text{ano}]} = 2,20 \cdot 10^8 \text{ Bq}$$

c) Como a masa tamén é proporcional á cantidade de núcleos pódese obter unha expresión similar á lei da desintegración radioactiva,  $N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$ , na que aparece a masa no canto da cantidade de átomos. A constante de proporcionalidade é:  $N_A / M$ , o número de átomos que hai na unidade de masa dese elemento, onde  $N_A$  é o número de Avogadro e  $M$  é a masa atómica do elemento.

$$N = m \cdot N_A / M$$

$$m \cdot \frac{N_A}{M} = m_0 \cdot \frac{N_A}{M} \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

$$m = m_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} = 1,70 [\text{mg}] \cdot e^{-0,000175 [\text{año}]^{-1} \cdot 2000 [\text{año}]} = 1,33 \text{ mg}$$

4. O carbono-14 ten un período de semidesintegración  $T_{1/2} = 5730$  anos. Unha mostra ten unha actividade de  $6 \cdot 10^8$  desintegracións/minuto. Calcula:

a) A masa inicial da mostra.

b) A súa actividade dentro de 5000 anos.

c) Xustifica por que se usa este isótopo para estimar a idade de xacementos arqueolóxicos.

Datos:  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ; masa atómica do  $^{14}\text{C} = 14 \text{ g}$ 

(P.A.U. set. 10)

Rta.: a)  $m = 6,04 \cdot 10^{-5} \text{ g}$ ; b)  $A = 5,46 \cdot 10^6 \text{ Bq}$



**Datos**

Período de semidesintegración  
 Actividade da mostra  
 Tempo para calcular a actividade  
 Masa atómica do  $^{14}\text{C}$   
 Número de Avogadro

**Incógnitas**

Masa inicial da mostra  
 Actividade radioactiva aos 5000 anos

**Outros símbolos**

Constante de desintegración radioactiva

**Ecuacións**

Lei da desintegración radioactiva

Cando  $t = T_{1/2}$ ,  $N = N_0 / 2$

Actividade radioactiva

**Cifras significativas: 3**

$$T_{1/2} = 5\,730 \text{ anos} = 1,81 \cdot 10^{11} \text{ s}$$

$$A_0 = 6,00 \cdot 10^8 \text{ deas/min} = 1,00 \cdot 10^7 \text{ Bq}$$

$$t = 5\,000 \text{ anos} = 1,58 \cdot 10^{11} \text{ s}$$

$$M = 14,0 \text{ g/mol}$$

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

$$m_0$$

$$A$$

$$\lambda$$

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

$$\lambda = \ln(N_0 / N) / t$$

$$T_{1/2} = \ln 2 / \lambda$$

$$A = -dN / dt = \lambda \cdot N$$

**Solución:**

a) Pódese calcular o número de átomos  $N$  a partir da expresión da actividade radioactiva:  $A = \lambda \cdot N$ .

Antes hai que calcular a constante  $\lambda$  de desintegración radioactiva, a partir do período de semidesintegración.

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \frac{0,693}{1,81 \cdot 10^{11} [\text{s}]} = 3,83 \cdot 10^{-12} \text{ s}^{-1} = 0,000\,175 \text{ ano}^{-1}$$

$$N_0 = \frac{A_0}{\lambda} = \frac{1,00 \cdot 10^7 [\text{Bq}]}{3,83 \cdot 10^{-12} [\text{s}^{-1}]} = 2,61 \cdot 10^{18} \text{ átomos}$$

A masa é proporcional á cantidade de átomos:

$$m_0 = \frac{N_0}{N_A} \cdot M = \frac{2,61 \cdot 10^{18} [\text{átomos}]}{6,02 \cdot 10^{23} [\text{átomos/mol}]} \cdot 14 [\text{g/mol}] = 6,06 \cdot 10^{-5} \text{ g} = 60,6 \text{ } \mu\text{g}$$

b) Como a actividade radioactiva é proporcional á cantidade de núcleos,  $A = \lambda \cdot N$ , pódese obter unha expresión similar á lei da desintegración radioactiva,  $N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$ , na que aparece a actividade en vez da cantidade de átomos:

$$\frac{A}{A_0} = \frac{N}{N_0} \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

$$A = A_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} = 1,00 \cdot 10^7 [\text{Bq}] \cdot e^{-0,000175 [\text{ano}]^{-1} \cdot 5000 [\text{ano}]} = 5,46 \cdot 10^6 \text{ Bq} = 3,28 \cdot 10^8 \text{ des/min}$$

c) Polo valor do período de semidesintegración, o carbono-14 emprégase para datar restos (que necesariamente deben conter carbono, normalmente restos orgánicos como madeira, ósos, etc.) relativamente recentes, de menos de 50 000 anos, (tempo no que a actividade radioactiva orixinal diminuíría á milésima parte). O método do carbono-14 baséase no feito de que a proporción de carbono-14 nas plantas vivas mantense constante ao longo da súa vida, xa que o carbono desintegrado compénsase polo asimilado na fotosíntese, e que o carbono-14 atmosférico restitúese pola radiación cósmica que converte o nitróxeno atmosférico en carbono-14. Cando a planta morre, o carbono que se desintegra xa non se repón e, coa ecuación anterior, podemos determinar o tempo transcorrido medindo a súa actividade radioactiva e comparándoa coa que ten unha planta viva.

5. O  $^{210}\text{Po}$  ten unha vida media  $\tau = 199,09$  días. Calcula:

a) O tempo necesario para que se desintegre o 70 % dos átomos iniciais.

b) Os miligramos de  $^{210}\text{Po}$  ao cabo de 2 anos se inicialmente había 100 mg.

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

**Rta.:** a)  $t = 240$  días; b)  $m = 2,55$  mg.

(P.A.U. set. 06)

**Datos**

Vida media

Porcentaxe da mostra que se desintegrou

Masa inicial da mostra

Tempo para calcular a masa que queda

Masa atómica do  $^{210}\text{Po}$ 

Número de Avogadro

**Incógnitas**

Tempo necesario para que se desintegre o 70 %

Masa (mg) ao cabo de 2 anos

**Outros símbolos**

Constante de desintegración radioactiva

**Ecuacións**

Lei da desintegración radioactiva

Vida media

**Cifras significativas: 3**

$$\tau = 199 \text{ días} = 1,72 \cdot 10^7 \text{ s}$$

$$d = 70,00 \%$$

$$m = 100 \text{ mg} = 1,00 \cdot 10^{-7} \text{ kg}$$

$$t = 2,00 \text{ anos} = 6,31 \cdot 10^7 \text{ s}$$

$$M = 210 \text{ g/mol}$$

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

 $t$  $m$  $\lambda$ 

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

$$\lambda = \ln(N_0 / N) / t$$

$$\tau = 1 / \lambda$$

**Solución:**

a) Calcúlase a constante radioactiva a partir da vida media

$$\lambda = \frac{1}{\tau} = \frac{1}{1,72 \cdot 10^7 [\text{s}]} = 5,81 \cdot 10^{-8} \text{ s}^{-1}$$

Se se desintegrou o 70,0 %, só queda o 30,0 %.

Calcúlase o tempo na ecuación da lei de desintegración radioactiva

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

É máis fácil usar a expresión anterior en forma logarítmica.

$$-\ln(N / N_0) = \ln(N_0 / N) = \lambda \cdot t$$

$$t = \frac{\ln(N_0 / N)}{\lambda} = \frac{\ln(100/30,0)}{5,81 \cdot 10^{-8} [\text{s}^{-1}]} = 2,07 \cdot 10^7 \text{ s} = 240 \text{ días}$$

b) A lei de desintegración radioactiva,  $N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$ , pode escribirse en función da masa porque o número de átomos dun elemento é proporcional a súa masa.A constante de proporcionalidade é:  $N_A / M$ , o número de átomos que hai na unidade de masa dese elemento, onde  $N_A$  é o número de Avogadro e  $M$  é a masa atómica do elemento.

$$N = m \cdot N_A / M$$

$$m \frac{N_A}{M} = m_0 \frac{N_A}{M} e^{-\lambda \cdot t}$$

$$m = m_0 e^{-\lambda \cdot t} = 100 [\text{mg}] \cdot e^{-5,81 \cdot 10^{-8} [\text{s}] \cdot 6,31 \cdot 10^7 [\text{s}]} = 2,55 \text{ mg}$$

6. Nunha mostra de  $^{131}_{53}\text{I}$  radioactivo cun período de semidesintegración de 8 días había inicialmente  $1,2 \cdot 10^{21}$  átomos e actualmente só hai  $0,2 \cdot 10^{20}$ . Calcula:

a) A antigüidade da mostra.

b) A actividade da mostra transcorridos 50 días desde o instante inicial.

(P.A.U. xuño 06)

**Rta.:** a)  $t = 47$  días; b)  $A = 1,6 \cdot 10^{13} \text{ Bq}$ **Datos**

Cantidade inicial

Cantidade actual

Período de semidesintegración

Tempo para o cálculo da actividade

**Cifras significativas: 2**

$$N_0 = 1,2 \cdot 10^{21} \text{ núcleos}$$

$$N = 0,20 \cdot 10^{20} \text{ núcleos}$$

$$T_{1/2} = 8,0 \text{ días} = 6,9 \cdot 10^5 \text{ s}$$

$$t' = 50 \text{ días} = 4,3 \cdot 10^6 \text{ s}$$

**Incógnitas**

Tempo transcorrido

 $t$ 

Actividade radioactiva

 $A$ **Outros símbolos**

Constante de desintegración radioactiva

 $\lambda$ **Ecuacións**

Lei da desintegración radioactiva

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

$$\lambda = \ln(N_0 / N) / t$$

Cando  $t = T_{1/2}$ ,  $N = N_0 / 2$ 

$$T_{1/2} = \ln 2 / \lambda$$

Actividade radioactiva

$$A = -dN / dt = \lambda \cdot N$$

**Solución:**

a) Calcúlase a constante de desintegración radioactiva do iodo-131 a partir do período de semidesintegración

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \frac{0,69}{6,9 \cdot 10^5 [\text{s}]} = 1,0 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-1}$$

Calcúlase o tempo na ecuación da lei de desintegración radioactiva

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

É máis fácil usar a expresión anterior en forma logarítmica.

$$-\ln(N / N_0) = \ln(N_0 / N) = \lambda \cdot t$$

$$t = \frac{\ln\left(\frac{N_0}{N}\right)}{\lambda} = \frac{\ln\left(\frac{1,2 \cdot 10^{21} [\text{núcleos}]}{0,20 \cdot 10^{20} [\text{núcleos}]}\right)}{1,0 \times 10^{-6} [\text{s}^{-1}]} = 4,1 \cdot 10^6 \text{ s} = 47 \text{ días}$$

b) Para calcular a actividade calcúlase primeiro o número de átomos que quedan ao cabo de 50 días

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} = 1,2 \cdot 10^{21} [\text{núcleos}] \cdot e^{-1,0 \cdot 10^{-6} [\text{s}] \cdot 4,3 \cdot 10^6 [\text{s}]} = 1,6 \cdot 10^{19} \text{ núcleos}$$

A actividade será:

$$A = \lambda \cdot N = 1,0 \cdot 10^{-6} [\text{s}^{-1}] \cdot 1,6 \cdot 10^{19} [\text{núcleos}] = 1,6 \cdot 10^{13} \text{ Bq}$$

7. O período  $T_{1/2}$  do elemento radioactivo  ${}^{60}_{27}\text{Co}$  é 5,3 anos e desintégrose emitindo partículas  $\beta$ . Calcula:

a) O tempo que tarda a mostra en converterse no 70 % da orixinal.

b) Cantas partículas  $\beta$  emite por segundo unha mostra de  $10^{-6}$  gramos de  ${}^{60}\text{Co}$ ?

Dato:  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

(P.A.U. set. 05)

Rta.: a)  $t = 2,73$  anos; b)  $A = 4,1 \cdot 10^7 \text{ Bq}$

**Datos**

Período de semidesintegración

Porcentaxe que queda sen desintegrar da mostra

Masa da mostra

Número de Avogadro

**Cifras significativas: 3**

$$T_{1/2} = 5,3 \text{ ano} = 1,67 \cdot 10^8 \text{ s}$$

70,00 %

$$m = 1,00 \cdot 10^{-6} \text{ g} = 1,00 \cdot 10^{-9} \text{ kg}$$

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

**Incógnitas**

Tempo transcorrido

 $t$ Partículas  $\beta$  emitidas por segundo $A$ **Outros símbolos**

Constante de desintegración radioactiva

 $\lambda$ **Ecuacións**

Lei da desintegración radioactiva

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

$$\lambda = \ln(N_0 / N) / t$$

Cando  $t = T_{1/2}$ ,  $N = N_0 / 2$ 

$$T_{1/2} = \ln 2 / \lambda$$

Actividade radioactiva

$$A = -dN / dt = \lambda \cdot N$$

**Solución:**

a) Calcúlase a constante radioactiva a partir do período de semidesintegración

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \frac{0,693}{1,67 \cdot 10^8 [\text{s}]} = 4,14 \cdot 10^{-9} \text{ s}^{-1}$$

Calcúlase o tempo na ecuación da lei de desintegración radioactiva

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

É máis fácil usar a expresión anterior en forma logarítmica.

$$-\ln(N / N_0) = \ln(N_0 / N) = \lambda \cdot t$$

$$t = \frac{\ln(N_0 / N)}{\lambda} = \frac{\ln(100 / 70,0)}{4,14 \cdot 10^{-9} [\text{s}^{-1}]} = 8,62 \cdot 10^7 \text{ s} = 2,73 \text{ anos}$$

*Análise Posto que aínda non se desintegrou nin a metade da mostra, o tempo transcorrido debe ser menor que o período de semidesintegración.*

b) Se a ecuación de desintegración é:  ${}^{60}_{27}\text{Co} \rightarrow {}^{60}_{28}\text{Ni} + {}^0_{-1}\text{e} + {}^0_0\bar{\nu}_e$ , o número de partículas  $\beta$  ( $\text{e}^-$ ) emitidas por segundo é igual ao número de desintegracións por segundo, ou sexa, a actividade radioactiva.

Calcúlase primeiro a cantidade de átomos.

$$N = 1,00 \cdot 10^{-6} \text{ g } {}^{60}_{27}\text{Co} \cdot \frac{1 \text{ mol } {}^{60}_{27}\text{Co}}{60 \text{ g } {}^{60}_{27}\text{Co}} \cdot \frac{6,02 \cdot 10^{23} \text{ átomos } {}^{60}_{27}\text{Co}}{1 \text{ mol } {}^{60}_{27}\text{Co}} \cdot \frac{1 \text{ núcleo } {}^{60}_{27}\text{Co}}{1 \text{ átomo } {}^{60}_{27}\text{Co}} = 1,0 \cdot 10^{16} \text{ núcleos } {}^{60}_{27}\text{Co}$$

Despois calcúlase a actividade radioactiva

$$A = \lambda \cdot N = 4,14 \cdot 10^{-9} [\text{s}^{-1}] \cdot 1,0 \cdot 10^{16} [\text{núcleos}] = 4,1 \cdot 10^7 \text{ Bq} = 4,1 \cdot 10^7 \text{ partículas } \beta / \text{s}$$

8. O tritio ( ${}^3_1\text{H}$ ) é un isótopo do hidróxeno inestable cun período de semidesintegración  $T_{1/2}$  de 12,5 anos, e se desintegra emitindo unha partícula beta. A análise dunha mostra nunha botella de auga leva a que a actividade debida ao tritio é o 75 % da que presenta a auga no manancial de orixe. Calcula:

a) O tempo que leva embotellada a auga da mostra.

b) A actividade dunha mostra que contén  $10^{-6} \text{ g}$  de  ${}^3_1\text{H}$ .

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

(P.A.U. set. 04)

**Rta.:** a)  $t = 5,2 \text{ anos}$ ; b)  $A = 4 \cdot 10^8 \text{ Bq}$

**Datos**

Período de semidesintegración

Actividade da mostra

Masa da mostra

Número de Avogadro

**Incógnitas**

Tempo transcorrido

Actividade radioactiva

**Outros símbolos**

Constante de desintegración radioactiva

**Ecuacións**

Lei da desintegración radioactiva

Cando  $t = T_{1/2}$ ,  $N = N_0 / 2$

Actividade radioactiva

**Cifras significativas: 3**

$$T_{1/2} = 12,5 \text{ ano} = 3,94 \cdot 10^8 \text{ s}$$

$$A = 75,0 \% A_0 = 0,750 A_0$$

$$m = 1,00 \cdot 10^{-6} \text{ g} = 1,00 \cdot 10^{-9} \text{ kg}$$

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

$t$

$A$

$\lambda$

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

$$\lambda = \ln(N_0 / N) / t$$

$$T_{1/2} = \ln 2 / \lambda$$

$$A = -dN / dt = \lambda \cdot N$$

**Solución:**

a) Calcúlase a constante radioactiva a partir do período de semidesintegración

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \frac{0,693}{3,94 \cdot 10^8 [\text{s}]} = 1,76 \cdot 10^{-9} \text{ s}^{-1}$$

Calcúlase o tempo na ecuación da lei de desintegración radioactiva

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

É máis fácil usar a expresión anterior en forma logarítmica.

$$-\ln (N / N_0) = \ln (N_0 / N) = \lambda \cdot t$$

Como a actividade radioactiva é proporcional á cantidade de núcleos,  $A = \lambda \cdot N$ , obtense unha expresión similar na que aparece a actividade no canto da cantidade de átomos:

$$\lambda t = \ln \left( \frac{N_0}{N} \right) = \ln \left( \frac{A_0 / \lambda}{A / \lambda} \right)$$

$$t = \frac{\ln (A_0 / A)}{\lambda} = \frac{\ln (100 / 75,0)}{1,76 \cdot 10^{-9} [\text{s}^{-1}]} = 1,64 \cdot 10^8 \text{ s} = 5,19 \text{ anos}$$

*Análise: Posto que aínda non se ha desintegrado nin a metade da mostra, o tempo transcorrido debe ser menor que o período de semidesintegración.*

b) Para calcular a actividade calcúlase primeiro o número de átomos que hai  $10^{-6}$  g de  ${}^3_1\text{H}$

$$N = 1,00 \cdot 10^{-6} \text{ g } {}^3_1\text{H} \cdot \frac{1 \text{ mol } {}^3_1\text{H}}{3 \text{ g } {}^3_1\text{H}} \cdot \frac{6,02 \cdot 10^{23} \text{ átomos } {}^3_1\text{H}}{1 \text{ mol } {}^3_1\text{H}} \cdot \frac{1 \text{ núcleo } {}^3_1\text{H}}{1 \text{ átomo } {}^3_1\text{H}} = 2,01 \cdot 10^{17} \text{ núcleos } {}^3_1\text{H}$$

A actividade será:

$$A = \lambda \cdot N = 1,76 \cdot 10^{-9} [\text{s}^{-1}] \cdot 2,01 \cdot 10^{17} [\text{núcleos}] = 3,53 \cdot 10^8 \text{ Bq}$$

9. Unha mostra radioactiva diminúe desde  $10^{15}$  a  $10^9$  núcleos en 8 días. Calcula:

- A constante radioactiva  $\lambda$  e o período de semidesintegración  $T_{1/2}$ .
- A actividade da mostra unha vez transcorridos 20 días desde que tiña  $10^{15}$  núcleos.

(P.A.U. xuño 04)

**Rta.:** a)  $\lambda = 2 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ ;  $T_{1/2} = 9$  horas; b)  $A$  (20 días)  $\approx 0$

### Datos

Cantidade inicial

Cantidade ao cabo de 8 días

Tempo transcorrido

Tempo para o cálculo da actividade

### Incógnitas

Constante de desintegración radioactiva

Período de semidesintegración

Actividade radioactiva

### Ecuacións

Lei da desintegración radioactiva

Cando  $t = T_{1/2}$ ,  $N = N_0 / 2$

Actividade radioactiva

### Cifras significativas: 1

$N_0 = 10^{15}$  núcleos

$N = 10^9$  núcleos

$t = 8$  días =  $7 \cdot 10^5 \text{ s}$

$t' = 20$  días =  $2 \cdot 10^6 \text{ s}$

$\lambda$

$T_{1/2}$

$A$

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

$$\lambda = \ln (N_0 / N) / t$$

$$T_{1/2} = \ln 2 / \lambda$$

$$A = -dN / dt = \lambda \cdot N$$

### Solución:

a) Calcúlase a constante de desintegración radioactiva  $\lambda$  na ecuación da lei de desintegración radioactiva

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

É máis fácil usar a expresión anterior en forma logarítmica.

$$-\ln (N / N_0) = \ln (N_0 / N) = \lambda \cdot t$$

$$\lambda = \ln(N_0 / N) / t = \ln(10^6) / 7 \cdot 10^5 \text{ [s]} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$$

$$T_{1/2} = \ln 2 / \lambda = 3 \cdot 10^4 \text{ s} \approx 9 \text{ horas}$$

b) Para calcular a actividade calcúlase primeiro o número de átomos que quedan ao cabo de 20 días,

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} = 10^{15} \cdot e^{-40} = 1 \text{ núcleo}$$

*Este resultado indica que a lei estatística da desintegración deixa de ser válida, xa que o número de átomos é demasiado pequeno. (É coma se quixésese aplicar o dato da esperanza de vida dunha muller (83 anos) para deducir que unha muller concreta – María – morrería aos 83 anos). Para un átomo en concreto, só se pode dicir que a probabilidade de que se desintegre no período de semidesintegración é do 50 %.*

Como non se pode calcular a cantidade de núcleos que quedan (poden ser uns poucos ou ningún), a actividade tampouco se pode calcular (unhas  $10^{-4}$  ou  $10^{-5}$  Bq ou ningunha). tendo en conta de  $10^{-4}$  Bq é unha desintegración cada 3 horas, un contador Geiger non detectaría actividade na mostra ao cabo deses 20 días)

## ♦ CUESTIÓNS

### ● Física relativista

1. A enerxía relativista total dunha masa en repouso:
  - A) Relaciona a lonxitude de onda coa cantidade de movemento.
  - B) Representa a equivalencia entre materia e enerxía.
  - C) Relaciona as incertezas da posición e do momento.

(P.A.U. set. 12)

**Solución:** B

A ecuación de Einstein establece a relación entre masa e enerxía.

$$E_0 = m_0 \cdot c^2$$

$E_0$  representa a enerxía en repouso dunha partícula e  $m_0$  é a masa en repouso da partícula, Esta ecuación permite expresar a masa das partículas en unidades de enerxía. Por exemplo, a masa dun protón é de 938 MeV, ou a do electrón 0,511 MeV.

As outras opcións:

A. Falsa. A ecuación que relaciona a lonxitude de onda  $\lambda$  coa cantidade de movemento  $p$  é a ecuación de Luís De Broglie, da dualidade onda-partícula.

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{m \cdot v}$$

Permite calcular a lonxitude de onda asociada a unha partícula de masa  $m$  que se move cunha velocidade  $v$ .  
C. Falsa. O principio de indeterminación (antes coñecido como principio de incerteza) de Heisenberg podía interpretarse como a imposibilidade de coñecer con precisión absoluta dúas magnitudes cuxo produto tivese as unidades de enerxía · tempo («acción»). A incerteza na posición dunha partícula  $\Delta x$  multiplicado pola incerteza no seu momento (cantidade de movemento)  $\Delta p_x$  era superior á constante  $h$  de Planck dividida entre  $4\pi$ .

$$\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \frac{h}{4\pi}$$

2. Un vehículo espacial afástase da Terra cunha velocidade de  $0,5 c$  ( $c$  = velocidade da luz). Desde a Terra envíase un sinal luminoso e a tripulación mide a velocidade do sinal obtendo o valor:
  - A)  $0,5 c$
  - B)  $c$

- C  
C) 1,5 c

(P.A.U. set. 07, xuño 04)

**Solución:** B

O segundo postulado da teoría especial da relatividade de Einstein establece que a velocidade da luz no baleiro é constante e independente do sistema de referencia inercial desde o que se mida.

3. A ecuación de Einstein  $E = m \cdot c^2$  implica que:  
 A) Unha determinada masa  $m$  necesita unha enerxía  $E$  para poñerse en movemento.  
 B) A enerxía  $E$  é a que ten unha masa  $m$  que se move á velocidade da luz.  
 C)  $E$  é a enerxía equivalente a unha determinada masa.

(P.A.U. set. 05)

**Solución:** C

A ecuación  $E = m \cdot c^2$  dá a enerxía total dunha partícula (en ausencia de campos que poidan comunicarlle unha enerxía potencial). Aínda que a partícula estea en repouso, terá unha enerxía:

$$E_0 = m_0 \cdot c^2$$

Sendo  $m_0$  a masa en repouso da partícula.

Unha aplicación desa ecuación é para o cálculo da enerxía que pode obterse na desintegración nuclear, é dicir da enerxía nuclear. Un gramo ( $1 \cdot 10^{-3}$  kg) de masa, se se desintegra totalmente, produce unha enerxía de:

$$E = m \cdot c^2 = 1 \cdot 10^{-3} \text{ [kg]} \cdot (3 \cdot 10^8 \text{ [m/s]})^2 = 9 \cdot 10^{13} \text{ J} = 2,5 \cdot 10^7 \text{ kW} \cdot \text{h} = 250 \text{ GW} \cdot \text{h}$$

Enerxía que cubriría as necesidades enerxéticas dunha cidade mediana durante un mes.

## ● Física cuántica

1. Para o efecto fotoeléctrico, razoa cal das seguintes afirmacións é correcta:  
 A) A frecuencia limiar depende do número de fotóns que chegan a un metal en cada segundo.  
 B) A enerxía cinética máxima do electrón emitido por un metal non depende da frecuencia da radiación incidente.  
 C) A potencia de freado depende da frecuencia da radiación incidente.

(P.A.U. set. 16)

**Solución:** C

É unha das leis experimentais do efecto fotoeléctrico. Estas son:

1. Empregando luz monocromática, só se produce efecto fotoeléctrico se a frecuencia da luz supera un valor mínimo, chamado frecuencia limiar.
2. É instantáneo.
3. A intensidade da corrente de saturación é proporcional á intensidade da luz incidente.
4. A enerxía cinética máxima dos electróns emitidos polo cátodo, medida como potencial de freado, depende só da frecuencia da luz incidente.

A [ecuación de Einstein](#) do efecto fotoeléctrico pode escribirse:

$$E_f = W_e + E_c$$

A enerxía cinética  $E_c$  máxima dos electróns escríbese en función do potencial de freado

$$E_c = |e| \cdot V$$

A enerxía dos fotóns depende da súa frecuencia (ecuación de Planck).

$$E_f = h \cdot f$$

A ecuación de Einstein queda

$$h \cdot f = W_e + |e| \cdot V$$

$$V = (h \cdot f - W_e) / |e|$$

2. No efecto fotoeléctrico, a representación gráfica da enerxía cinética máxima dos electróns emitidos en función da frecuencia da luz incidente é:

- A) Unha parábola.  
B) Unha liña recta.  
C) Ningunha das respostas anteriores é correcta.

(P.A.U. xuño 16)

**Solución:** B

Cando a luz interactúa co metal da célula fotoeléctrica faino coma se fose un chorro de partículas chamadas fotóns (paquetes de enerxía).

Cada fotón choca cun electrón e transmítelle toda a súa enerxía.

Para que ocorra efecto fotoeléctrico, os electróns emitidos deben ter enerxía suficiente para chegar ao anti-cátodo, o que ocorre cando a enerxía do fotón é maior que o traballo de extracción, que é unha característica do metal.

A ecuación de Einstein do efecto fotoeléctrico pode escribirse:

$$E_f = W_e + E_c$$

Na ecuación,  $E_f$  representa a enerxía do fotón incidente,  $W_e$  o traballo de extracción do metal e  $E_c$  a enerxía cinética máxima dos electróns (fotoelectróns) emitidos.

A enerxía que leva un fotón de frecuencia  $f$  é:

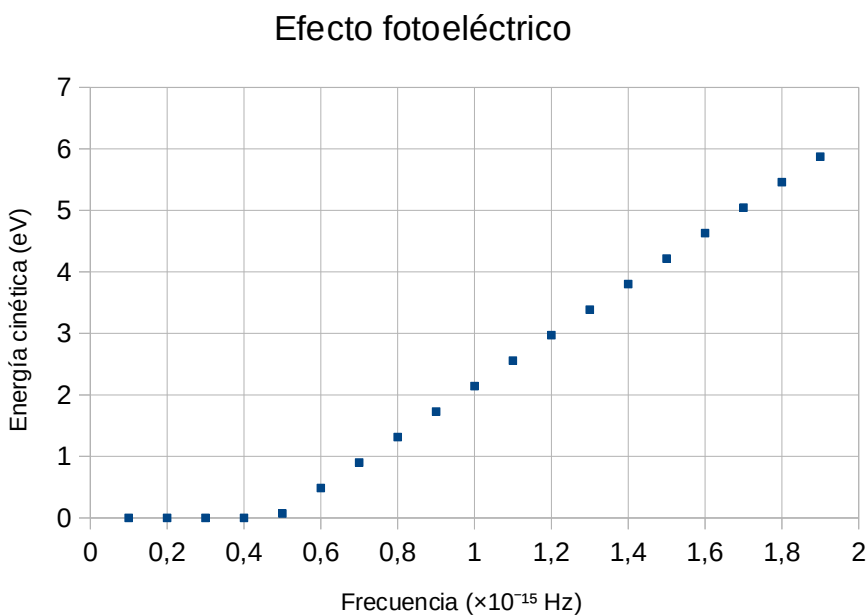
$$E_f = h \cdot f$$

En esta ecuación,  $h$  é a constante de Planck e ten un valor moi pequeno:  $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$  J·s

A enerxía cinética máxima dos electróns emitidos será:

$$E_c = E_f - W_e = h \cdot f - W_e$$

A representación gráfica da enerxía cinética fronte á frecuencia da radiación incidente é unha liña recta cuxa pendente é a constante de Planck. Tendo en conta que para enerxías inferiores ao traballo de extracción non se produce efecto fotoeléctrico, a enerxía cinética vale cero ata que a enerxía do fotón é maior que o traballo de extracción. A representación sería parecida á da figura.



3. Nunha célula fotoeléctrica, o cátodo metálico ilumínase cunha radiación de  $\lambda = 175$  nm e o potencial de freado é de 1 V. Cando usamos unha luz de 250 nm, o potencial de freado será:
- A) Menor.



- B) Maior.  
C) Igual.

(P.A.U. xuño 15)

**Solución:** A

Cando a luz interactúa co metal da célula fotoeléctrica faino coma se fose un chorro de partículas chamadas fotóns (paquetes de enerxía).

Cada fotón choca cun electrón e transmíttelle toda a súa enerxía.

Para que ocorra efecto fotoeléctrico, os electróns emitidos deben ter enerxía suficiente para chegar ao anticátodo, o que ocorre cando a enerxía do fotón é maior que o traballo de extracción, que é unha característica do metal.

A ecuación de Einstein do efecto fotoeléctrico pode escribirse:

$$E_f = W_e + E_c$$

Na ecuación,  $E_f$  representa a enerxía do fotón incidente,  $W_e$  o traballo de extracción do metal e  $E_c$  a enerxía cinética máxima dos electróns (fotoelectróns) emitidos.

A enerxía que leva un fotón de frecuencia  $f$  é:

$$E_f = h \cdot f$$

En esta ecuación,  $h$  é a constante de Planck e ten un valor moi pequeno:  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

A frecuencia dunha onda é inversamente proporcional a súa lonxitude de onda  $\lambda$ ,

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

Cuanto maior sexa a súa lonxitude de onda, menor será a frecuencia e menor será a enerxía do fotón.

A enerxía cinética máxima dos electróns emitidos será:

$$E_c = E_f - W_e$$

A enerxía do fotón, que depende da frecuencia  $f$ , escríbese en función da lonxitude de onda  $\lambda$ .

$$E_f = h \cdot f = h \cdot \frac{c}{\lambda}$$

A enerxía cinética  $E_c$  máxima dos electróns escríbese en función do potencial de freado

$$E_c = |e| \cdot V$$

A ecuación de Einstein queda:

$$\frac{h \cdot c}{\lambda} = W_e + |e| \cdot V$$

Por tanto, canto maior sexa a súa lonxitude de onda menor será a enerxía dos fotóns e a enerxía cinética e o potencial de freado dos electróns emitidos.

Se tivéssemos todos os datos para facer os cálculos (a constante de Planck, a velocidade da luz no baleiro e a carga do electrón) descubriríamos que a radiación de 250 nm non produciría efecto fotoeléctrico.

O traballo de extracción é:

$$W_e = \frac{h \cdot c}{\lambda} - |e| \cdot V = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} [\text{J} \cdot \text{s}] \cdot 3,00 \cdot 10^8 [\text{m/s}]}{175 \cdot 10^{-9} [\text{m}]} - 1,60 \cdot 10^{-19} [\text{C}] \cdot 1 [\text{V}] = 9,74 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

E a enerxía do fotón de 250 nm vale:

$$E_f = h \cdot f = h \cdot \frac{c}{\lambda} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} [\text{J} \cdot \text{s}] \cdot 3,00 \cdot 10^8 [\text{m/s}]}{250 \cdot 10^{-9} [\text{m}]} = 7,95 \cdot 10^{-19} [\text{J}]$$

Enerxía menor que o traballo de extracción. Non sería suficiente para producir efecto fotoeléctrico.

4. Se se duplica a frecuencia da radiación que incide sobre un metal:

- A) Duplicase a enerxía cinética dos electróns extraídos.

- B) A enerxía cinética dos electróns extraídos non experimenta modificación.  
 C) Non é certa ningunha das opcións anteriores.

(P.A.U. set. 14)

**Solución:** C

Cando a luz interactúa co metal da célula fotoelétrica faíno coma se fose un chorro de partículas chamadas fotóns (paquetes de enerxía).

Cada fotón choca cun electrón e transmítelle toda a súa enerxía.

Para que ocorra efecto fotoelétrico, os electróns emitidos deben ter enerxía suficiente para chegar ao anticátodo, o que ocorre cando a enerxía do fotón é maior que o traballo de extracción, que é unha característica do metal.

A ecuación de Einstein do efecto fotoelétrico pode escribirse:

$$E_f = W_e + E_c$$

Na ecuación,  $E_f$  representa a enerxía do fotón incidente,  $W_e$  o traballo de extracción do metal e  $E_c$  a enerxía cinética máxima dos electróns (fotoelectróns) emitidos.

A enerxía que leva un fotón de frecuencia  $f$  é:

$$E_f = h \cdot f$$

En esta ecuación,  $h$  é a constante de Planck e ten un valor moi pequeno:  $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$  J·s

A enerxía cinética máxima dos electróns emitidos será:

$$E_c = E_f - W_e$$

Por tanto, se se duplica a frecuencia da radiación incidente, duplícase a enerxía dos fotóns, e faise maior a enerxía cinética (e a velocidade) dos electróns emitidos.

Por tanto, a opción B é falsa.

Pero como non hai proporcionalidade entre a enerxía cinética e a enerxía do fotón, a opción A tamén é falsa.

5. Ao irradiar un metal con luz vermella (682 nm) prodúcese efecto fotoelétrico. Se irradiamos o mesmo metal con luz amarela (570 nm):

- A) Non se produce efecto fotoelétrico.  
 B) Os electróns emitidos móvense máis rapidamente.  
 C) Emítense máis electróns pero á mesma velocidade.

(P.A.U. xuño 14)

**Solución:** B

Cando a luz interactúa co metal da célula fotoelétrica faíno coma se fose un chorro de partículas chamadas fotóns (paquetes de enerxía).

Cada fotón choca cun electrón e transmítelle toda a súa enerxía.

Para que ocorra efecto fotoelétrico, os electróns emitidos deben ter enerxía suficiente para chegar ao anticátodo, o que ocorre cando a enerxía do fotón é maior que o traballo de extracción, que é unha característica do metal.

A ecuación de Einstein do efecto fotoelétrico pode escribirse:

$$E_f = W_e + E_c$$

Na ecuación,  $E_f$  representa a enerxía do fotón incidente,  $W_e$  o traballo de extracción do metal e  $E_c$  a enerxía cinética máxima dos electróns (fotoelectróns) emitidos.

A enerxía que leva un fotón de frecuencia  $f$  é:

$$E_f = h \cdot f$$

En esta ecuación,  $h$  é a constante de Planck e ten un valor moi pequeno:  $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$  J·s

A frecuencia dunha onda é inversamente proporcional a súa lonxitude de onda  $\lambda$ ,

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

Cuanto menor sexa a súa lonxitude de onda, maior será a frecuencia e maior será a enerxía do fotón. A enerxía cinética máxima dos electróns emitidos será:

$$E_c = E_f - W_e$$

Por tanto, canto maior sexa a enerxía dos fotóns, maior será a enerxía cinética (e a velocidade) dos electróns emitidos.

As outras opcións:

A. Falsa. Se a luz vermella produce efecto fotoeléctrico é que os seus fotóns teñen enerxía suficiente para extraer os electróns do metal. Como os fotóns de luz amarela teñen máis enerxía (porque a súa lonxitude de onda é menor), tamén poderán producir efecto fotoeléctrico.

C. Falsa. Como xa se dixo, o efecto fotoeléctrico prodúcese cando cada fotón choca cun electrón e transmítelle toda a súa enerxía. Para producir máis electróns tería que haber máis fotóns. A cantidade de fotóns está relacionada coa intensidade da luz, pero non ten que ver coa enerxía dos fotóns.

6. Unha radiación monocromática, de lonxitude de onda 300 nm, incide sobre cesio. Se a lonxitude de onda limiar do cesio é 622 nm, o potencial de freado é:

A) 12,5 V

B) 2,15 V

C) 125 V

Datos:  $1 \text{ nm} = 10^9 \text{ m}$ ;  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ ;  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ;  $e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

(P.A.U. set. 13)

#### Datos

Lonxitude de onda da radiación

Lonxitude de onda limiar do cesio

Constante de Planck

Velocidade da luz no baleiro

Carga do electrón

#### Incógnitas

Potencial de freado

#### Outros símbolos

Frecuencia limiar

#### Ecuacións

Ecuación de Planck (enerxía dun fotón)

Ecuación de Einstein do efecto fotoeléctrico

Relación entre a frecuencia dunha onda luminosa e a lonxitude de onda

Relación entre a enerxía cinética dos electróns e o potencial de freado

#### Cifras significativas: 3

$\lambda = 300 \text{ nm} = 3,00 \cdot 10^{-7} \text{ m}$

$\lambda_0 = 622 \text{ nm} = 6,22 \cdot 10^{-7} \text{ m}$

$h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$

$c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

$e = -1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

V

$f_0$

$E_f = h \cdot f$

$E_f = W_e + E_c$

$f = c / \lambda$

$E_c = |e| \cdot V$

#### Solución: B

Cando a luz interactúa co metal da célula fotoeléctrica faino coma se fose un chorro de partículas chamadas fotóns (paquetes de enerxía).

Cada fotón choca cun electrón e transmítelle toda a súa enerxía.

Para que ocorra efecto fotoeléctrico, os electróns emitidos deben ter enerxía suficiente para chegar ao anticátodo, o que ocorre cando a enerxía do fotón é maior que o traballo de extracción, que é unha característica do metal.

A ecuación de Einstein do efecto fotoeléctrico pode escribirse:

$$E_f = W_e + E_c$$

Na ecuación,  $E_f$  representa a enerxía do fotón incidente,  $W_e$  o traballo de extracción do metal e  $E_c$  a enerxía cinética máxima dos electróns (fotoelectróns) emitidos.

A enerxía que leva un fotón de frecuencia  $f$  é:

$$E_f = h \cdot f$$

En esta ecuación,  $h$  é a constante de Planck e ten un valor moi pequeno:  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$

Partindo da ecuación de Einstein e substituíndo nela as de Planck e a relación entre lonxitude de onda e frecuencia, queda:

$$E_c = E_f - W_e = h \cdot f - h \cdot f_0 = \frac{h \cdot c}{\lambda} - \frac{h \cdot c}{\lambda_0} = h \cdot c \left( \frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0} \right)$$

$$E_c = 6,62 \cdot 10^{-34} [\text{J} \cdot \text{s}] \cdot 3,00 \cdot 10^8 [\text{m} \cdot \text{s}^{-1}] \left( \frac{1}{3,00 \cdot 10^{-7} [\text{m}]} - \frac{1}{6,22 \cdot 10^{-7} [\text{m}]} \right) = 3,43 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Usando a relación entre a enerxía cinética dos electróns e o potencial de freado

$$E_c = |e| \cdot V \Rightarrow V = \frac{E_c}{|e|} = \frac{3,43 \cdot 10^{-19} [\text{J}]}{1,6 \cdot 10^{-19} [\text{C}]} = 2,14 \text{ V}$$

7. A lonxitude de onda asociada a un electrón de 100 eV de enerxía cinética é:

- A)  $2,3 \cdot 10^{-5} \text{ m}$
- B)  $1,2 \cdot 10^{-10} \text{ m}$
- C)  $10^{-7} \text{ m}$

Datos:  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ ;  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ ;  $e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

(P.A.U. set. 13)

**Solución:** B

De Broglie propuxo que nalgúns casos o comportamento de certas partículas podería interpretarse como o de ondas cuxa lonxitude de onda asociada  $\lambda$  viría dada pola expresión:

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{m \cdot v}$$

Na ecuación,  $h$  é a constante de Planck,  $m$  a masa da partícula e  $v$  a súa velocidade.

A enerxía cinética de 100 eV é:

$$E_c = 100 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} [\text{C}] \cdot 1 [\text{V}] = 1,6 \cdot 10^{-17} \text{ J}$$

Un electrón con esa enerxía cinética móvese a unha velocidade de:

$$v = \sqrt{\frac{2E_c}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-17} [\text{J}]}{9,1 \cdot 10^{-31} [\text{kg}]}} = 5,93 \cdot 10^6 \text{ m/s}$$

Substituíndo na ecuación de De Broglie, queda

$$\lambda = \frac{h}{m \cdot v} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} [\text{J} \cdot \text{s}]}{9,1 \cdot 10^{-31} [\text{kg}] \cdot 5,93 \cdot 10^6 [\text{m/s}]} = 1,23 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

8. Prodúcese efecto fotoeléctrico cando fotóns de frecuencia  $f$ , superior a unha frecuencia limiar  $f_0$ , inciden sobre certos metais. Cal das seguintes afirmacións é correcta?

- A) Emítense fotóns de menor frecuencia.
- B) Emítense electróns.
- C) Hai un certo atraso temporal entre o instante da iluminación e o da emisión de partículas.

(P.A.U. xuño 13)

**Solución:** B

Cando a luz interactúa co metal da célula fotoeléctrica faíno coma se fose un chorro de partículas chamadas fotóns (paquetes de enerxía).

Cada fotón choca cun electrón e transmíttelle toda a súa enerxía.

Para que ocorra efecto fotoeléctrico, os electróns emitidos deben ter enerxía suficiente para chegar ao anti-cátodo, o que ocorre cando a enerxía do fotón é maior que o traballo de extracción, que é unha característica do metal.

A ecuación de Einstein do efecto fotoeléctrico pode escribirse:

$$E_f = W_e + E_c$$

Na ecuación,  $E_f$  representa a enerxía do fotón incidente,  $W_e$  o traballo de extracción do metal e  $E_c$  a enerxía cinética máxima dos electróns (fotoelectróns) emitidos.

A enerxía que leva un fotón de frecuencia  $f$  é:

$$E_f = h \cdot f$$

En esta ecuación,  $h$  é a constante de Planck e ten un valor moi pequeno:  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$

As outras opcións:

A. Falsa. O fenómeno polo que algunhas sustancias emiten radiación de menor frecuencia ao ser iluminadas coñécese como fluorescencia, pero non ten nada que ver co efecto fotoeléctrico.

C. Falsa. Unha das leis experimentais do efecto fotoeléctrico di que a emisión de electróns polo metal é instantánea ao ser iluminado coa frecuencia adecuada. Non existe ningún atraso.

9. Segundo a hipótese de De Broglie, cúmprese que:

A) Un protón e un electrón coa mesma velocidade teñen asociada a mesma onda.

B) Dous protóns a diferente velocidade teñen asociada a mesma onda.

C) A lonxitude da onda asociada a un protón é inversamente proporcional ao seu momento lineal.

(P.A.U. set. 12)

**Solución:** C

De Broglie propuxo que nalgúns casos o comportamento de certas partículas podería interpretarse como o de ondas cuxa lonxitude de onda asociada  $\lambda$  viría dada pola expresión:

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{m \cdot v}$$

Na ecuación,  $h$  é a constante de Planck e  $m$  a masa da partícula e  $v$  a súa velocidade.

Como  $h$  é unha constante e  $m \cdot v$  é a expresión do momento lineal ou cantidade de movemento, a lonxitude da onda asociada a un protón é inversamente proporcional ao seu momento lineal.

As outras opcións.

A. Falsa. Da expresión anterior dedúcese que a lonxitude de onda depende da masa ademais da velocidade. Como a masa dun protón é moito maior que a do electrón, a lonxitude de onda asociada a un protón que se move á mesma velocidade que un electrón é moito menor.

B. Falsa. O protón máis rápido terá menor lonxitude de onda.

10. Cun raio de luz de lonxitude de onda  $\lambda$  non se produce efecto fotoeléctrico nun metal. Para conseguilo débese aumentar:

A) A lonxitude de onda  $\lambda$ .

B) A frecuencia  $f$ .

C) O potencial de freado.

(P.A.U. xuño 11)

**Solución:** B

Cando a luz interactúa co metal da célula fotoeléctrica faino coma se fose un chorro de partículas chamadas fotóns (paquetes de enerxía).

Cada fotón choca cun electrón e transmítelle toda a súa enerxía.

Para que ocorra efecto fotoeléctrico, os electróns emitidos deben ter enerxía suficiente para chegar ao anticátodo, o que ocorre cando a enerxía do fotón é maior que o traballo de extracción, que é unha característica do metal.

A ecuación de Einstein do efecto fotoeléctrico pode escribirse:

$$E_f = W_e + E_c$$

Na ecuación,  $E_f$  representa a enerxía do fotón incidente,  $W_e$  o traballo de extracción do metal e  $E_c$  a enerxía cinética máxima dos electróns (fotoelectróns) emitidos.

A enerxía que leva un fotón de frecuencia  $f$  é:

$$E_f = h \cdot f$$

En esta ecuación,  $h$  é a constante de Planck e ten un valor moi pequeno:  $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$  J·s

Canto maior sexa a frecuencia, maior será a enerxía do fotón.

Se non se produce efecto fotoeléctrico co raio de luz orixinal, haberá que empregar outro de maior enerxía, ou sexa, de maior frecuencia.

11. Para producir efecto fotoeléctrico non se usa luz visible, senón ultravioleta, e é porque a luz UV:

- A) Quenta máis a superficie metálica.
- B) Ten maior frecuencia.
- C) Ten maior lonxitude de onda.

(P.A.U. set. 09)

**Solución:** B

Unha das leis experimentais do efecto fotoeléctrico di que, empregando luz monocromática, só se produce efecto fotoeléctrico se a frecuencia da luz supera un valor mínimo, chamado frecuencia limiar.

Como a luz ultravioleta ten maior frecuencia que a luz visible, é máis seguro que se produza efecto fotoeléctrico con luz ultravioleta que con luz visible, aínda que existen metais empregados como cátodos en células fotoeléctricas nos que luz visible, de alta frecuencia como azul ou violeta, pode facelas funcionar.

12. Prodúcese efecto fotoeléctrico, cando fotóns máis enerxéticos que os visibles, por exemplo luz ultravioleta, inciden sobre a superficie limpa dun metal. De que depende o que haxa ou non emisión de electróns?:

- A) Da intensidade da luz.
- B) Da frecuencia da luz e da natureza do metal.
- C) Só do tipo de metal.

(P.A.U. set. 08)

**Solución:** B

A [ecuación de Einstein](#) do efecto fotoeléctrico pode escribirse:

$$E_f = W_e + E_c$$

Para que ocorra efecto fotoeléctrico debe haber electróns con enerxía suficiente para chegar ao anticátodo. Isto depende de que a enerxía dos fotóns supere ao traballo de extracción, que é unha característica do metal. A enerxía dos fotóns depende da súa frecuencia (ecuación de Planck).

$$E_f = h \cdot f$$

13. Da hipótese de De Broglie, dualidade onda-corpúsculo, derívase como consecuencia:

- A) Que as partículas en movemento poden mostrar comportamento ondulatorio.
- B) Que a enerxía total dunha partícula é  $E = m \cdot c^2$ .
- C) Que se pode medir simultaneamente e con precisión ilimitada a posición e o momento dunha partícula.

(P.A.U. xuño 08)

**Solución:** A. Ver a resposta á cuestión de [xuño de 2005](#)

14. Un metal cuxo traballo de extracción é 4,25 eV, ilumínase con fotóns de 5,5 eV. Cal é a enerxía cinética máxima dos fotoelectróns emitidos?

- A) 5,5 eV
- B) 1,25 eV
- C) 9,75 eV

(P.A.U. set. 07)

**Solución: B**

A [ecuación de Einstein](#) do efecto fotoeléctrico pode escribirse:

$$E_f = W_e + E_c$$

Na ecuación,  $E_f$  representa a enerxía do fotón incidente,  $W_e$  o traballo de extracción do metal e  $E_c$  a enerxía cinética máxima dos electróns (fotoelectróns) emitidos.

Substituíndo valores queda:

$$E_c = E_f - W_e = 5,5 - 4,25 = 1,2 \text{ eV}$$

15. A relación entre a velocidade dunha partícula e a lonxitude de onda asociada establécese:

- A) Coa ecuación de De Broglie.
- B) Por medio do principio de Heisenberg.
- C) A través da relación de Einstein masa-enerxía.

(P.A.U. xuño 05)

**Solución: A**

A interpretación de Einstein do efecto fotoeléctrico demostrou que a luz se comporta como un chorro de partículas chamadas fotóns de enerxía:

$$E = h \cdot f$$

No efecto Compton, o fotón compórtase como unha partícula de momento lineal:

$$p = \frac{E}{c} = \frac{h \cdot f}{c} = \frac{h \cdot f}{\lambda \cdot f} = \frac{h}{\lambda}$$

Como xa estaba establecido que a luz se propaga como unha onda, propúxose que o comportamento era dual: nalgúns experimentos o comportamento da luz parece ser corpuscular e noutros, ondulatorio.

De Broglie propuxo que este comportamento dual tamén afecta a calquera partícula. Nalgúns casos o comportamento de certas partículas podería interpretarse como o de ondas cuxa lonxitude de onda asociada  $\lambda$  vén dada pola expresión:

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{m \cdot v}$$

Na ecuación,  $h$  é a constante de Planck,  $m$  a masa da partícula e  $v$  a súa velocidade.

En poucos anos esta hipótese quedou confirmada polos experimentos de difracción de electróns.

16. A luz xerada polo Sol:

- A) Está formada por ondas electromagnéticas de diferente lonxitude de onda.
- B) Son ondas que se propagan no baleiro a diferentes velocidades.
- C) Son fotóns da mesma enerxía.

(P.A.U. set. 04)

**Solución: A**

A luz do Sol é luz branca. Newton xa demostrou que, ao pasar a través dun prisma de vidro, dispersábase en varias cores que ao pasar de novo por un segundo prisma, orientado adecuadamente, recompuñan de novo a luz branca. Aínda que Newton pensaba que a luz estaba formada por un chorro de partículas, foi a hipótese ondulatoria do seu rival Huygens a que se foi comprobando ao longo dos séculos. Así Young conseguiu figuras de interferencia ao facer pasar luz a través dunha dobre fenda. Maxwell unificou a forza eléctrica e a magnética e viu que o valor da velocidade da luz no baleiro obtíñase da expresión que combina a permitividade eléctrica  $\epsilon_0$  e a permeabilidade magnética  $\mu_0$  do baleiro:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \cdot \mu_0}}$$

Maxwell demostrou que a luz é unha superposición dun campo eléctrico oscilante que xeraba un campo magnético oscilante perpendicular ao eléctrico que se propagaba polo baleiro a 300 000 km/s. Unha luz monocromática ten unha lonxitude de onda determinada (entre 400 e 700 nm). As cores do arco iris corresponden a unha dispersión da luz nos seus compoñentes monocromáticas.

As outras opcións:

A opción B non pode ser correcta, xa que un dos postulados de Einstein da relatividade especial di que a velocidade da luz no baleiro é unha constante, independentemente do sistema de referencia desde o que se mida.

A opción C tampouco é a correcta. Cando a natureza ondulatoria da luz estaba probada, a interpretación de Einstein do efecto fotoeléctrico demostrou que a luz monocromática era tamén un chorro de partículas ás que chamou fotóns, que tiñan unha enerxía dada pola ecuación de Planck:

$$E = h \cdot f$$

Na ecuación,  $h$  é a constante de Planck e  $f$  a frecuencia da luz monocromática. Nas experiencias do efecto fotoeléctrico viuse que ao iluminar o cátodo con luz monocromática de distintas frecuencias, obtidas por exemplo, dispersando a luz branca cun prisma, existía unha frecuencia mínima ou frecuencia limiar para que se producise o efecto fotoeléctrico. Segundo a interpretación de Einstein, a luz que non producía o efecto fotoeléctrico era porque cada non dos fotóns non tiña a enerxía suficiente.

17. Cando se dispersan raios X en grafito, obsérvase que emerxen fotóns de menor enerxía que a incidente e electróns de alta velocidade. Este fenómeno pode explicarse por unha colisión :
- A) Totalmente inelástica entre un fotón e un átomo.
  - B) Elástica entre un fotón e un electrón.
  - C) Elástica entre dous fotóns.

(P.A.U. set. 04)

**Solución:** B

Coñécese como efecto Compton, que, xunto á interpretación de Einstein do efecto fotoeléctrico, sentou as bases da natureza corpuscular da luz (aínda que sen abandonar o seu carácter ondulatorio).

No efecto Compton os electróns debilmente ligados aos átomos de carbono son golpeados polos fotóns nun choque elástico. (Consérvase a enerxía, e tamén o momento lineal). Os raios X dispersados salguen cunha enerxía menor, e, por tanto, a súa lonxitude de onda aumenta.

$$\lambda_f - \lambda_0 = \frac{h}{m \cdot c} (1 - \cos \theta)$$

A ecuación permite calcular a variación da lonxitude de onda da radiación emerxente  $\lambda_f$  respecto da emerxente  $\lambda_0$  en función do ángulo de dispersión  $\theta$ . O termo  $h / (m \cdot c)$  ten dimensión de lonxitude e recibe o nome de lonxitude de onda de Compton.

A opción A non pode ser correcta porque nun choque inelástico as partículas quedan pegadas. Cando un fotón incide nun átomo, e a enerxía non chega para expulsar un electrón, provócase un salto do electrón a un nivel de enerxía superior, e logo emítese un fotón cando o electrón retorna ao seu nivel de enerxía máis baixo.

A opción C tampouco é correcta. Nun choque entre dous fotóns, se a enerxía é suficiente e as condicións adecuadas, producírase un par electrón-positrón, de acordo coa ecuación de equivalencia entre masa e enerxía de Einstein:  $E = m \cdot c^2$ .

## ● Física nuclear e de partículas

1. Indica, xustificando a resposta, cal das seguintes afirmacións é correcta:
- A) A actividade dunha mostra radioactiva é o número de desintegracións que teñen lugar en 1 s.
  - B) Período de semidesintegración e vida media teñen o mesmo significado.
  - C) A radiación gamma é a emisión de electróns por parte do núcleo dun elemento radioactivo.

(P.A.U. set. 15)



**Solución: A**

A actividade radioactiva é o número de desintegracións por segundo e é proporcional á cantidade de isótopo radioactivo

$$A = -dN / dt = \lambda \cdot N$$

Onde  $\lambda$  é a constante de desintegración radioactiva, que aparece na ecuación exponencial de desintegración:

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

A actividade radioactiva diminúe co tempo. Multiplicando ambos os membros da ecuación anterior por  $\lambda$  queda:

$$A = A_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

As outras opcións:

B: Falsa. A vida media é a «esperanza de vida» dun núcleo. É un termo estatístico igual á suma dos produtos do tempo de vida de cada núcleo polo número de núcleos que teñen ese tempo dividido polo total de núcleos.

$$\tau = \frac{\int_0^{N_0} t dN}{N_0} = \frac{1}{\lambda}$$

Onde  $\lambda$  é a constante de desintegración radioactiva, que aparece na ecuación exponencial de desintegración:

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

O período de semidesintegración é o tempo que tarda en reducirse á metade a cantidade de núcleos de sustancia radioactiva. Se na ecuación de desintegración substituímos  $N$  por  $N_0 / 2$ ,  $t = T_{1/2}$ .

$$\frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda T_{1/2}}$$

Ao extraer logaritmos:

$$\ln(1/2) = -\lambda \cdot T_{1/2}$$

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

A relación entre o período de semidesintegración e a vida media é:

$$T_{1/2} = \tau \cdot \ln 2$$

C: Falsa. A radiación gamma  $\gamma$  é unha radiación electromagnética de alta enerxía, mentres que a emisión de electróns por parte do núcleo dun elemento radioactivo é a desintegración  $\beta$ .

2. O período de semidesintegración dun elemento radioactivo que se desintegra emitindo unha partícula alfa é de 28 anos. Canto tempo terá que transcorrer para que a cantidade de mostra sexa o 75 % da inicial?
- A) 4234 anos.  
B) 75 anos.  
C) 11,6 anos.

(P.A.U. xuño 15)

**Solución: C**

O período de semidesintegración dunha sustancia radioactiva é o tempo que transcorre ata que só queda a metade da mostra orixinal. É un valor constante.

Se a cantidade de mostra que queda sen desintegrar ao cabo dun tempo é o 75 %, significa que aínda non transcorreu un período de desintegración. A opción C é a única que propón un tempo inferior ao período de semidesintegración.

É unha consecuencia da lei de desintegración radioactiva:

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

Sendo  $\lambda$  a constante de desintegración.

Para atopar a relación co período  $T_{1/2}$  de semidesintegración sacamos logaritmos:

$$-\ln(N/N_0) = \lambda \cdot t$$

Para  $t = T_{1/2}$ ,  $N = N_0 / 2$ ,

$$-\ln \frac{(N_0/2)}{N_0} = \lambda T_{1/2}$$

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = 0 \frac{,693}{28 [\text{ano}]} = 0,024 \text{ ano}^{-1}$$

Despexando o tempo  $t$  na ecuación de logaritmos

$$t = \frac{-\ln(N/N_0)}{\lambda} = \frac{-\ln 0,75}{0,024 [\text{ano}^{-1}]} = 11,6 \text{ anos}$$

3. Na formación do núcleo dun átomo:

- A) Diminúe a masa e despréndese enerxía.
- B) Aumenta a masa e absórbese enerxía.
- C) Nuns casos sucede a opción A e noutros casos a B.

(P.A.U. set. 14)

**Solución:** A

A masa do núcleo é sempre inferior á suma das masas dos nucleóns que o compoñen. A diferenza entre a masa do núcleo e os nucleóns chámase defecto de masa « $\Delta m$ ».

O proceso hipotético da formación dun núcleo a partir da unión dos protóns e neutróns que o forman desprende unha gran cantidade de enerxía que procede da transformación do defecto de masa « $\Delta m$ » en enerxía « $E$ », segundo a ecuación de Einstein.

$$E = \Delta m \cdot c^2$$

Sendo  $c$  a velocidade da luz no baleiro.

A esta enerxía coñécilla como enerxía de enlace e, dividida por en número de nucleóns, como enerxía de enlace por nucleón.

Esta enerxía de enlace por nucleón aumenta co número atómico nos núcleos máis lixeiros até alcanzar un máximo no ferro, a partir do cal descendo lixeiramente. Isto indica que o núcleo de ferro é o máis estable. En realidade os núcleos dos átomos fórmanse por reaccións de fusión nuclear ou ben no interior das estrelas, os anteriores ao ferro, ou ben na explosión de supernovas, os posteriores.

4. A actividade no instante inicial de medio mol dunha sustancia radioactiva cuxo período de semidesintegración é de 1 día, é:

- A)  $2,41 \cdot 10^{18}$  Bq
- B)  $3,01 \cdot 10^{23}$  Bq
- C) 0,5 Bq

Dato:  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

(P.A.U. set. 13)

**Solución:** A

A actividade radioactiva é o número de desintegracións por segundo e é proporcional á cantidade de isótopo radioactivo

$$A = - dN / dt = \lambda \cdot N$$

Sendo  $\lambda$  a constante de desintegración radioactiva.

Integrando a ecuación anterior, atópase a relación entre  $\lambda$  e o período de semidesintegración  $T_{1/2}$

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

$$\lambda = \frac{\ln(N_0/N)}{t}$$

Cando  $t = T_{1/2}$ ,  $N = N_0 / 2$

$$\lambda = \ln 2 / T_{1/2}$$

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \frac{0,693}{1 [\text{día}] \cdot 24 [\text{h/día}] \cdot 3600 [\text{s/h}]} = 8,02 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-1}$$

$$A = \lambda \cdot N = 8,02 \cdot 10^{-6} [\text{s}^{-1}] \cdot 0,500 [\text{mol}] \cdot 6,022 \cdot 10^{23} [\text{mol}^{-1}] = 2,42 \cdot 10^{18} \text{ Bq}$$

5. Na reacción  ${}^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{141}_{56}\text{Ba} + {}^{92}_{36}\text{X} + 3 {}^1_0\text{n}$  cúmprese que:

- A) É unha fusión nuclear.
- B) Libérase enerxía correspondente ao defecto de masa.
- C) O elemento X é  ${}^{92}_{35}\text{X}$ .

(P.A.U. xuño 13)

### Solución:

A ecuación de Einstein do efecto fotoeléctrico pode escribirse:

$$E_f = W_e + E_c$$

Na ecuación,  $E_f$  representa a enerxía do fotón incidente,  $W_e$  o traballo de extracción do metal e  $E_c$  a enerxía cinética máxima dos electróns (fotoelectróns) emitidos.

A enerxía que leva un fotón de frecuencia  $f$  é:

$$E_f = h \cdot f$$

En esta ecuación,  $h$  é a constante de Planck.

Ordenamos a ecuación de Einstein para que se axuste á gráfica.

$$E_c = E_f - W_e = h \cdot f - W_e$$

Esta é a ecuación dunha recta na que  $E_c$  é a variable dependente ( $y$ ),  $f$  é a variable independente ( $x$ ), e  $h$  sería a pendente  $m$ .

A pendente pode calcularse:

$$m = \frac{\Delta y}{\Delta x} \quad \Rightarrow \quad h = \frac{\Delta E_c}{\Delta f}$$

Lendo na gráfica os valores:

$$\begin{array}{ll} f_1 = 1,0 \cdot 10^{15} \text{ Hz} & E_{c1} = 0 \text{ eV} = 0 \text{ J} \\ f_2 = 1,3 \cdot 10^{15} \text{ Hz} & E_{c1} = 2 \text{ eV} = 3,2 \cdot 10^{-19} \text{ J} \end{array}$$

$$h = \frac{\Delta E_c}{\Delta f} = \frac{(3,2 \cdot 10^{-19} - 0) \text{ J}}{(1,3 \cdot 10^{15} - 1,0 \cdot 10^{15}) \text{ s}^{-1}} = \frac{(3,2 \cdot 10^{-19} - 0) \text{ J}}{3 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1}} = 1 \cdot 10^{-33} \text{ J} \cdot \text{s}$$

*Análise: O resultado do noso cálculo ten unha soa cifra significativa porque o denominador só ten unha cifra significativa. O valor da constante de Planck é  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$  como pode verse nos datos do problema 1 da opción B. É da mesma orde de magnitude.*

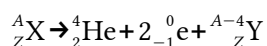
6. Se un núcleo atómico emite unha partícula  $\alpha$  e dúas partículas  $\beta$ , o seu número atómico  $Z$  e máscico  $A$ :

- A)  $Z$  aumenta en dúas unidades e  $A$  diminúe en dúas.  
 B)  $Z$  non varía e  $A$  diminúe en catro.  
 C)  $Z$  diminúe en dous e  $A$  non varía.

(P.A.U. xuño 12)

**Solución:** B

As propiedades do núcleo resultante despois dunha emisión alfa ou beta poden deducirse pola natureza destas radiacións e as leis de conservación do número másico e da carga eléctrica nos procesos nucleares. Unha partícula alfa é un núcleo de helio-4 ( $\alpha = {}^4_2\text{He}$ ) e unha partícula beta(-) é un electrón ( $\beta^- = {}^0_{-1}\text{e}$ ).  
 Escribindo as reaccións do enunciado e aplicando as leis de conservación mencionadas



7. Unha roca contén o mesmo número de núcleos de dous isótopos radioactivos A e B, de períodos de semidesintegración de 1600 anos e 1000 anos respectivamente. Para estes isótopos cúmprese que:  
 A) A ten maior actividade radioactiva que B.  
 B) B ten maior actividade que A.  
 C) Ambos teñen a mesma actividade.

(P.A.U. set. 11)

**Solución:** B

A actividade radioactiva é o número de desintegracións por segundo e é proporcional á cantidade de isótopo radioactivo

$$A = -dN/dt = \lambda \cdot N$$

Sendo  $\lambda$  a constante de desintegración radioactiva.

Integrando a ecuación anterior, atópase a relación entre  $\lambda$  e o período de semidesintegración  $T_{1/2}$ .

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

$$\lambda = \ln(N_0 / N) / t$$

Cando  $t = T_{1/2}$ ,  $N = N_0 / 2$

$$\lambda = \ln 2 / T_{1/2}$$

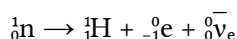
Terá unha constante  $\lambda$  de desintegración maior o isótopo de menor período de semidesintegración.

8. Na desintegración beta(-):  
 A) Emítese un electrón da parte externa do átomo.  
 B) Emítese un electrón desde o núcleo.  
 C) Emítese un neutrón.

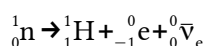
(P.A.U. set. 11)

**Solución:** B

As leis de Soddy din que cando un átomo emite radiación  $\beta(-)$ , o átomo resultante ten o mesmo número másico pero unha unidade máis de número atómico.



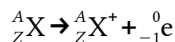
Cando se analizou a radiación  $\beta(-)$  descubriuse que estaba constituída por electróns. Como a desintegración é debida á inestabilidade do núcleo, os electróns proceden do núcleo aínda que o núcleo está constituído só por neutróns e protóns. Pero sábese que un neutrón illado descomponse por interacción débil en pouco tempo (unha vida media duns 15 min) nun protón, un electrón e un antineutrino electrónico.



Polo que se pode supor que os electróns nucleares proceden dunha desintegración semellante.

As outras opcións:

A: Falsa. Se un átomo emitise electróns da súa envoltura, obteríase un átomo do mesmo número atómico e másico, só que unha carga positiva (un catión).



B: Falsa. A emisión dun neutrón non é unha desintegración natural do núcleo. Só ocorre cando é bombardeado por outras partículas (mesmo neutróns). As formas de desintegración natural (radioactividade natural) son a desintegración alfa ( $\alpha$  = núcleo de helio-4), desintegración beta ( $\beta$  = electrón) e a emisión de radiación gamma ( $\gamma$  = radiación electromagnética de alta enerxía).

9. O elemento radioactivo  ${}^{232}_{90}\text{Th}$  se desintegra emitindo unha partícula alfa, dúas partículas beta e unha radiación gamma. O elemento resultante é:

A)  ${}^{227}_{88}\text{X}$

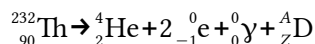
B)  ${}^{228}_{89}\text{E}$

C)  ${}^{228}_{90}\text{Z}$

(P.A.U. xuño 11)

**Solución:** C

As partículas alfa son núcleos de helio  ${}^4_2\text{He}$ , as partículas beta electróns  ${}^0_{-1}e$  e as radiacións gamma fotóns  ${}^0_0\gamma$ .  
Escribindo a reacción nuclear:



Aplicando os principios de conservación do número bariónico (ou número másico) e da carga, queda:

$$232 = 4 + A \Rightarrow A = 228$$

$$90 = 2 + 2 \cdot (-1) + Z \Rightarrow Z = 90$$

10. Nunha fusión nuclear:

A) Non se precisa enerxía de activación.

B) Interven átomos pesados.

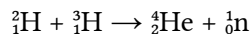
C) Libérase enerxía debida ao defecto de masa.

(P.A.U. set. 10)

**Solución:** C

O proceso de fusión nuclear consiste na reacción entre núcleos lixeiros para producir outros máis pesados. É o proceso que proporciona a enerxía as estrelas e que se produce na bomba de hidróxeno.

Unha reacción de fusión sería a que ocorre entre os isótopos tritio e deuterio para producir helio e un neutrón.



As reaccións nucleares producen unha gran cantidade de enerxía que procede da transformación do defecto de masa « $\Delta m$ » en enerxía « $E$ », segundo a ecuación de Einstein.

$$E = \Delta m \cdot c^2$$

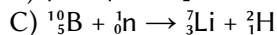
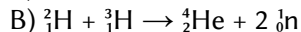
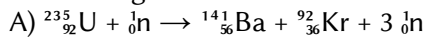
Sendo  $c$  a velocidade da luz no baleiro.

A suma das masas do helio-4 e do neutrón é inferior á suma das masas do tritio  ${}^3\text{H}$  e do deuterio  ${}^2\text{H}$ .

A enerxía de activación é un concepto da cinética química que mide a enerxía necesaria para iniciar un proceso, como a que achega a chama dun misto para iniciar a combustión do papel. As reaccións nucleares de fusión necesitan unha gran enerxía para achegar os núcleos a distancias moi curtas vencendo a repulsión eléctrica entre eles. A temperatura que necesitaría un gas de átomos de isótopos de hidróxeno para que os choques entre eles fosen eficaces e os núcleos producisen helio é da orde do millón de graos. O proceso ocorre no interior das estrelas onde a enerxía gravitacional produce enormes temperaturas. Nas probas nucleares da bomba H de hidróxeno, empregábase unha bomba atómica de fisión como detonante. Na

actualidade os experimentos para producir enerxía nuclear de fusión empregan láseres de alta enerxía que comuniquen a átomos individuais a enerxía suficiente para superar a barreira de repulsión eléctrica, e aínda que se obtiveron resultados positivos, non se deseñou un sistema rendible de producir enerxía a gran escala.

11. Cal das seguintes reaccións nucleares é correcta?



(P.A.U. xuño 10)

**Solución:** A

Polos principios de conservación do número bariónico (n.º de nucleóns = n.º de protóns + n.º de neutróns) e da carga, a única solución posible é a A, xa que o número bariónico total antes e despois é:

$$235 + 1 = 141 + 92 + 3 \cdot 1 = 236$$

Reacción	n.º bariónico	Carga
A: ${}^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{141}_{56}\text{Ba} + {}^{92}_{36}\text{Kr} + 3 {}^1_0\text{n}$	$235 + 1 = 141 + 92 + 3 \cdot 1 = 236$	$92 + 0 = 56 + 36 + 3 \cdot 0$
B: ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + 2 {}^1_0\text{n}$	$2 + 3 \neq 4 + 2 \cdot 1$	$1 + 1 = 2 + 2 \cdot 0$
C: ${}^{10}_5\text{B} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^7_3\text{Li} + {}^2_1\text{H}$	$10 + 1 \neq 7 + 2$	$5 + 0 \neq 3 + 1$

12. Unha masa de átomos radioactivos tarda tres anos en reducir a súa masa ao 90 % da masa orixinal. Cantos anos tardará en reducirse ao 81 % da masa orixinal?:

A) Seis.

B) Máis de nove.

C) Tres.

(P.A.U. set. 09)

**Solución:** A

O período de semidesintegración dunha sustancia radioactiva é o tempo que transcorre ata que só queda a metade da mostra orixinal. É un valor constante.

A ecuación que dá a cantidade N de sustancia que queda á fin e ao cabo dun tempo t é:

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

Sendo  $\lambda$  a constante de desintegración radioactiva.

Escribindo esta ecuación con logaritmos e substituíndo os datos pódese calcular a constante  $\lambda$ :

$$\ln N = \ln N_0 - \lambda \cdot t$$

$$\ln 0,90 N_0 = \ln N_0 - \lambda \cdot 3$$

$$\ln 0,90 = -\lambda \cdot 3$$

$$\lambda = \frac{-\ln 0,90}{3} = 0,015 \text{ ano}^{-1}$$

Co dato do 81 % despexamos t e queda:

$$t = \frac{-\ln 0,81}{\lambda} = \frac{-\ln 0,81}{0,015 \text{ ano}^{-1}} = 6 \text{ anos}$$

Tamén se podería resolver notando que o 81 % da mostra orixinal é o 90 % do que quedaba aos 3 anos. Por tanto terían que transcorrer 3 anos máis.

13. Se a vida media dun isótopo radioactivo é  $5,8 \cdot 10^{-6}$  s, o período de semidesintegración é:

A)  $1,7 \cdot 10^5$  s

- B)  $4,0 \cdot 10^{-6}$  s  
C)  $2,9 \cdot 10^5$  s

(P.A.U. xuño 09)

**Solución:** B

A resposta máis simple é por semellanza. Aínda que período de semidesintegración e vida media non son o mesmo, son do mesma orde de magnitude.

A vida media é a «esperanza de vida» dun núcleo. É un termo estatístico igual á suma dos produtos do tempo de vida de cada núcleo polo número de núcleos que teñen ese tempo dividido polo total de núcleos.

$$\tau = \frac{\int_0^{N_0} t \, dN}{N_0} = \frac{1}{\lambda}$$

Onde  $\lambda$  é a constante de desintegración radioactiva, que aparece na ecuación exponencial de desintegración:

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

O período de semidesintegración é o tempo que tarda en reducirse á metade a cantidade de núcleos de sustancia radioactiva. Se na ecuación de desintegración substituímos  $N$  por  $N_0 / 2$ ,  $t = T_{1/2}$ .

$$\frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda T_{1/2}}$$

Extraemos logaritmos:

$$\ln(1/2) = -\lambda \cdot T_{1/2}$$

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

El período de semidesintegración é algo menor ( $\ln 2 = 0,693$ ) que a vida media  $\tau$ .

$$T_{1/2} = \tau \cdot \ln 2$$

Isto cúmprese coa opción B.

$$\frac{4,0 \cdot 10^{-6} \text{ [s]}}{5,8 \cdot 10^{-6} \text{ [s]}} = 0,69 \approx \ln 2$$

14. Nunha reacción nuclear de fisión:

- A) Fúndense núcleos de elementos lixeiros (deuterio ou tritio).  
B) É sempre unha reacción espontánea.  
C) Libérase gran cantidade de enerxía asociada ao defecto de masa.

(P.A.U. xuño 09)

**Solución:** C

Nas reaccións nucleares libérase moita enerxía que é equivalente ao defecto de masa, segundo a ecuación de Einstein:

$$E = \Delta m \cdot c^2$$

As reaccións de fisión prodúcense ao bombardear un núcleo pesado, uranio ou plutonio, con neutróns térmicos, que se moven á velocidade adecuada para producir a fragmentación do núcleo en dous núcleos máis pequenos e a emisión de dous ou tres neutróns que producen unha reacción en cadea (se non se controla).

As outras opcións:

A: Falsa. O proceso proposto corresponde a unha reacción de fusión. Concretamente a que ocorre no interior das estrelas para producir helio.

B: Falsa. Os procesos de fisión deben ser provocados. Aínda que é certo que algúns isótopos do uranio emiten espontaneamente neutróns, necesítase enriquecer o uranio para que a emisión de neutróns sexa capaz de manter a reacción. E necesítase que se acumule suficiente cantidade de uranio para superar a masa crítica que podería provocar a reacción de fisión.

15. O  $^{237}_{94}\text{Pu}$  desintégase, emitindo partículas alfa, cun período de semidesintegración de 45,7 días. Os días que deben transcorrer para que a mostra inicial redúzase á oitava parte son:

A) 365,6  
B) 91,4  
C) 137,1

(P.A.U. set. 08)

**Solución: C**

O período de semidesintegración dunha sustancia radioactiva é o tempo que transcorre ata que só queda a metade da mostra orixinal. É un valor constante.

Se se parte dunha masa  $m$  de isótopo, ao cabo dun período quedará a metade sen desintegrar, ao cabo doutro período quedará a cuarta parte e ao cabo dun terceiro período só haberá a cuarta parte.

O tempo transcorrido é de 3 períodos =  $3 \cdot 45,7 = 137$  días.

É unha consecuencia da lei de desintegración radioactiva:

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

Sendo  $\lambda$  a constante de desintegración, relacionada co período  $T_{1/2}$  de semidesintegración por:

$$\lambda = \ln 2 / T_{1/2}$$

16. Un isótopo radioactivo ten un período de semidesintegración de 10 días. Se se parte de 200 gramos do isótopo, teranse 25 gramos do mesmo ao cabo de:

A) 10 días.  
B) 30 días.  
C) 80 días.

(P.A.U. xuño 08)

**Solución: B**

O período de semidesintegración dunha sustancia radioactiva é o tempo que transcorre ata que só queda a metade da mostra orixinal. É un valor constante.

Se se parte de 200 g do isótopo, ao cabo de 10 días quedarán 100 g (a metade) sen desintegrar. Ao cabo doutros 10 días quedarán 50 g e ao cabo doutros 10 días só haberá 25 g.

O tempo transcorrido é de  $10 + 10 + 10 = 30$  días.

É unha consecuencia da lei de desintegración radioactiva:

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

Sendo  $\lambda$  a constante de desintegración, relacionada co período  $T_{1/2}$  de semidesintegración por:

$$\lambda = \ln 2 / T_{1/2}$$

17. Cal destas reaccións nucleares é posible?:

A)  $^2_1\text{H} + ^3_1\text{H} \rightarrow ^4_2\text{He}$   
B)  $^{14}_7\text{N} + ^4_2\text{He} \rightarrow ^{17}_8\text{O} + ^1_1\text{H}$   
C)  $^{235}_{92}\text{U} + ^1_0\text{n} \rightarrow ^{141}_{56}\text{Ba} + ^{92}_{36}\text{Kr} + 2 ^1_0\text{n}$

(P.A.U. xuño 07)



**Solución: B**

Polos principios de conservación do número bariónico ( $n.^{\circ}$  nucleóns =  $n.^{\circ}$  de protóns +  $n.^{\circ}$  neutróns) e da carga, a única solución posible é a B, xa que o número bariónico total antes e despois é:

$$14 + 4 = 17 + 1 = 18$$

Reacción	n.º bariónico	Carga
A: ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He}$	$2 + 3 \neq 4$	$1 + 1 = 2$
B: ${}^{14}_7\text{N} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{17}_8\text{O} + {}^1_1\text{H}$	$14 + 4 = 17 + 1$	$7 + 2 = 8 + 1$
C: ${}^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{141}_{56}\text{Ba} + {}^{92}_{36}\text{Kr} + 2 {}^1_0\text{n}$	$235 + 1 \neq 141 + 92 + 2 \cdot 1$	$92 + 0 = 56 + 36 + 2 \cdot 0$

18. Se un núcleo atómico emite unha partícula  $\alpha$ , dúas partículas  $\beta^-$  e dúas partículas  $\gamma$ , o seu número atómico:

- A) Diminúe en dúas unidades.
- B) Aumenta en dúas unidades.
- C) Non varía.

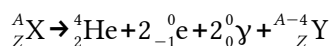
(P.A.U. xuño 07)

**Solución: C**

As propiedades do núcleo resultante despois dunha emisión alfa, beta ou gamma poden deducirse pola natureza destas radiacións e as leis de conservación do número másico e da carga eléctrica nos procesos nucleares.

Unha partícula alfa é un núcleo de helio-4 ( $\alpha = {}^4_2\text{He}$ ), unha partícula beta(-) é un electrón ( $\beta^- = {}^0_{-1}\text{e}$ ) e a radiación gamma é radiación electromagnética de alta enerxía ( $\gamma = {}^0_0\gamma$ ).

Escribindo as reaccións do enunciado e aplicando as leis de conservación mencionadas



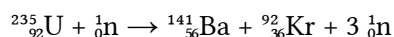
19. Cal das seguintes reaccións nucleares representa o resultado da fisión do  ${}^{235}_{92}\text{U}$  cando absorbe un neutrón?

- A)  ${}^{209}_{82}\text{Pb} + 5 \alpha + 3 \text{p} + 4 \text{n}$
- B)  ${}^{90}_{62}\text{Sr} + {}^{140}_{54}\text{Xe} + 6 \text{n} + \beta$
- C)  ${}^{141}_{56}\text{Ba} + {}^{92}_{36}\text{Kr} + 3 \text{n}$

(P.A.U. set. 06)

**Solución: C**

Unha reacción de fisión prodúcese cando un núcleo absorbe un neutrón e rompe en dous fragmentos emitindo dous ou tres neutróns.



Cumpre os principios de conservación do número bariónico e da carga eléctrica:

$$235 + 1 = 141 + 92 + 3 = 236$$

$$92 + 0 = 56 + 36 + 0 = 92$$

As outras opcións:

A: Falsa. El tamaño dos fragmentos  ${}^{209}_{82}\text{Pb}$  e  $\alpha$  ( ${}^4_2\text{He}$ ) é moi diferente, prodúcese un número de neutróns (4) excesivo, emítense protóns e non se cumpre o principio de conservación da carga eléctrica:  $82 + 5 \cdot 2 + 3 \cdot 1 \neq 92$ .

B: Falsa. Se produce un número de neutróns (6) excesivo, prodúcense ademais electróns  $\beta$  e non se cumpre o principio de conservación da carga eléctrica:  $62 + 54 + 6 \cdot 0 + (-1) \neq 92$ .

20. Cando se bombardea nitróxeno  $^{14}_7\text{N}$  con partículas alfa xérase o isótopo  $^{17}_8\text{O}$  e outras partículas. A reacción é:

- A)  $^{14}_7\text{N} + {}^4_2\alpha \rightarrow {}^{17}_8\text{O} + \text{p}$   
 B)  $^{14}_7\text{N} + {}^4_2\alpha \rightarrow {}^{17}_8\text{O} + \text{n} + \beta$   
 C)  $^{14}_7\text{N} + {}^4_2\alpha \rightarrow {}^{17}_8\text{O} + \text{p} + \text{n} + \gamma$

(P.A.U. xuño 06)

**Solución:** A

Partícula	Alfa $\alpha$	Beta $\beta$	Protón p	Neutrón n	Radiación $\gamma$
n.º bariónico	4	0	1	1	0
Carga	+2	-1	+1	0	0
Símbolo	${}^4_2\text{He}$	${}^0_{-1}\text{e}$	${}^1_1\text{H}$	${}^1_0\text{n}$	${}^0_0\gamma$

Polos principios de conservación do número bariónico (n.º nucleóns = n.º de protóns + n.º neutróns) e da carga, a única solución posible é a A, xa que o número bariónico total e a carga total dos reactivos e dos produtos das reaccións nucleares son:

Reactivos	N.º bariónico	Carga
$^{14}_7\text{N} + {}^4_2\alpha$ : ( $^{14}_7\text{N} + {}^4_2\text{He}$ )	$14 (\text{N}) + 4 (\alpha) = 18$	$7 (\text{N}) + 2 (\alpha) = +9$
Produtos	N.º bariónico	Carga
A) $^{17}_8\text{O} + \text{p}$ : ( $^{17}_8\text{O} + {}^1_1\text{H}$ )	$17 (\text{O}) + 1 (\text{p}) = 18$	$8 (\text{O}) + 1 (\text{p}) = +9$
B) $^{17}_8\text{O} + \text{n} + \beta$ : ( $^{17}_8\text{O} + {}^1_0\text{n} + {}^0_{-1}\beta$ )	$17 (\text{O}) + 1 (\text{n}) + 0 (\beta) = 18$	$8 (\text{O}) + 0 (\text{n}) + (-1) (\beta) = +7$
C) $^{17}_8\text{O} + \text{p} + \text{n} + \gamma$ : ( $^{17}_8\text{O} + {}^1_1\text{H} + {}^1_1\text{n} + {}^0_0\gamma$ )	$17 (\text{O}) + 1 (\text{p}) + 1 (\text{n}) + 0 (\gamma) = 19$	$8 (\text{O}) + 1 (\text{p}) + 0 (\text{n}) + 0 (\gamma) = +9$

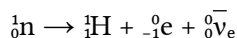
21. Na desintegración  $\beta^-$ .

- A) O número atómico aumenta unha unidade.  
 B) O número másico aumenta unha unidade.  
 C) Ambos permanecen constantes.

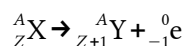
(P.A.U. xuño 05)

**Solución:** A

Unha desintegración  $\beta^-$  é unha emisión dun electrón do núcleo, que se produce pola transformación dun neutrón nun protón.



Polas leis de conservación da carga e o número másico



Actualizado: 27/02/24

## ACLARACIÓNS

Os datos dos enunciados dos problemas non adoitan ter un número adecuado de cifras significativas, ben porque o redactor pensa que a Física é unha rama das Matemáticas e os números enteiros son números «exactos» (p. ex. a velocidade da luz:  $3 \cdot 10^8$  m/s cre que é 300 000 000,000000 000 000 000... m/s) ou porque aínda non se decatou de que se pode usar calculadora no exame e parécelle máis sinxelo usar  $3 \cdot 10^8$  que 299 792 458 m/s).

Por iso supuxen que os datos teñen un número de cifras significativas razoables, case sempre tres ci-

fras significativas. Menos cifras darían resultados, en certos casos, cunha incerteza desmedida. Así que cando tomo un dato como  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s e reescriboo como:

***Cifras significativas: 3***

$$c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

O que quero indicar é que supoño que o dato orixinal ten tres cifras significativas (non que as teña en realidade) para poder realizar os cálculos cunha incerteza máis pequena que a que tería nese caso.

( $3 \cdot 10^8$  m/s ten unha soa cifra significativa, e unha incerteza relativa do 30 %. Como as incertezas adóitanse acumular ao longo do cálculo, a incerteza final sería inadmisibile. Entón, para que realizar os cálculos? Cunha estimación sería suficiente).

Cuestións e problemas das [Probas de avaliación de Bacharelato para o acceso á Universidade](#) (A.B.A.U. e P.A.U.) en Galiza.

[Respostas](#) e composición de [Alfonso J. Barbadillo Marán](#).

Algúns cálculos fixéronse cunha [folla de cálculo](#) de [LibreOffice](#) do mesmo autor.

Algunhas ecuacións e as fórmulas orgánicas construíronse coa extensión [CLC09](#) de Charles Lalanne-Cassou.

A tradución ao/desde o galego realizouse coa axuda de [traducindote](#), de Óscar Hermida López.

Procurouse seguir as [recomendacións](#) do Centro Español de Metrología (CEM).

Consultouse ao Copilot de Microsoft Edge e tivéronse en conta algunhas das súas respostas nas cuestións.

## Sumario

### FÍSICA DO SÉCULO XX

PROBLEMAS.....	1
<i>Física cuántica.....</i>	<i>1</i>
<i>Física nuclear e de partículas.....</i>	<i>5</i>
CUESTIÓNS.....	14
<i>Física relativista.....</i>	<i>14</i>
<i>Física cuántica.....</i>	<i>15</i>
<i>Física nuclear e de partículas.....</i>	<i>24</i>

### Índice de probas P.A.U.

2004.....	
1. (xuño).....	13, 15
2. (set.).....	12, 23 s.
2005.....	
1. (xuño).....	5, 23, 34
2. (set.).....	11, 15
2006.....	
1. (xuño).....	10, 34
2. (set.).....	9, 33
2007.....	
1. (xuño).....	32 s.
2. (set.).....	15, 22
2008.....	
1. (xuño).....	22, 32
2. (set.).....	22, 32
2009.....	
1. (xuño).....	31
2. (set.).....	22, 30
2010.....	
1. (xuño).....	3, 30
2. (set.).....	8, 29
2011.....	
1. (xuño).....	2, 21, 29
2. (set.).....	28
2012.....	
1. (xuño).....	7, 28
2. (set.).....	14, 21
2013.....	
1. (xuño).....	20, 27
2. (set.).....	19 s., 26
2014.....	
1. (xuño).....	18
2. (set.).....	18, 26
2015.....	
1. (xuño).....	17, 25
2. (set.).....	1, 24
2016.....	
1. (xuño).....	6, 16
2. (set.).....	5, 15