

## Física do século XX

[Método e recomendacións](#)

### ● Efecto fotoeléctrico

1. Unha radiación monocromática que ten unha lonxitude de onda de 600 nm penetra nunha célula fotoeléctrica de cátodo de cesio cuxo traballo de extracción é  $3,2 \times 10^{-19}$  J. Calcula:
- A lonxitude de onda limiar para o cesio.
  - A enerxía cinética máxima dos electróns emitidos.
  - A velocidade máxima coa que son emitidos os electróns.
  - O potencial de freado.
  - Representa graficamente a enerxía cinética máxima dos electróns emitidos en función da frecuencia da luz incidente.
  - A lonxitude de onda de De Broglie asociada aos electróns emitidos polo metal con velocidade máxima.

DATOS:  $h = 6,62 \times 10^{-34}$  J·s;  $c = 3 \times 10^8$  m·s<sup>-1</sup>;  $q_e = -1,6 \times 10^{-19}$  C; 1 nm =  $10^{-9}$  m

*Problema modelo baseado en A.B.A.U. ord. 18*

**Rta.:** a)  $\lambda_0 = 621$  nm; b)  $E_c = 1,1 \cdot 10^{-20}$  J; c)  $v = 1,6 \cdot 10^5$  m/s ; d)  $V = 0,069$  V; f)  $\lambda_d = 4,7$  nm

#### Datos

Lonxitude de onda da radiación  
Traballo de extracción do metal  
Constante de Planck  
Velocidade da luz no baleiro  
Carga do electrón

#### Incógnitas

Lonxitude de onda limiar  
Enerxía cinética máxima coa que son emitidos os electróns  
Velocidade máxima dos electróns emitidos  
Potencial de freado  
Lonxitude de onda de De Broglie dos electróns

#### 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  
Lonxitude de onda de De Broglie

#### Cifras significativas: 3

$\lambda = 600$  nm =  $6,00 \cdot 10^{-7}$  m  
 $W_e = 3,20 \cdot 10^{-19}$  J  
 $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$  J·s  
 $c = 3,00 \cdot 10^8$  m/s  
 $q_e = -1,60 \cdot 10^{-19}$  C

$\lambda_0$

$E_c$

$v$

$V$

$\lambda_d$

$$E_f = h \cdot f$$

$$E_f = W_e + E_c$$

$$f = c / \lambda$$

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

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

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

#### Solución:

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 se produza 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:

$$E_f = h \cdot f$$

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

a) A lonxitude de onda limiar corresponde a unha radiación coa enerxía mínima para provocar o efecto fotoeléctrico.

Na ecuación de Einstein do efecto fotoeléctrico substitúese a enerxía do fotón polo seu equivalente na ecuación de Planck:

$$\left. \begin{array}{l} E_f = W_e + E_c \\ E_f = h \cdot f \end{array} \right\} h \cdot f = W_e + E_c$$

A radiación que teña a frecuencia limiar terá a enerxía estritamente necesaria para arrincar o electrón, pero non sobrá nada para comunicarlle enerxía cinética.

$$h \cdot f_0 = W_e + 0$$

La relación entre a frecuencia limiar e o traballo de extracción é:

$$W_e = h \cdot f_0$$

Calcúlase a frecuencia, despegándoa da relación anterior:

$$f_0 = \frac{W_e}{h} = \frac{3,20 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{6,62 \cdot 10^{-24} \text{ J} \cdot \text{s}} = 4,83 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1}$$

Calcúlase a lonxitude de onda limiar, despegándoa na relación entre frecuencia e lonxitude de onda:

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_0} = \frac{3,00 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}{4,83 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1}} = 6,21 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 621 \text{ nm}$$

b) Para calcular a enerxía cinética máxima dos electróns emitidos emprégase ecuación de Einstein:

$$E_c = E_f - W_e$$

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

$$E_f = h \cdot f = \frac{h \cdot c}{\lambda} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} [\text{J} \cdot \text{s}] \cdot 3,00 \cdot 10^8 [\text{m} \cdot \text{s}^{-1}]}{6,00 \cdot 10^{-7} [\text{m}]} = 3,31 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Calcúlase entón a enerxía cinética máxima dos electróns emitidos:

$$E_c = 3,31 \cdot 10^{-19} [\text{J}] - 3,20 \cdot 10^{-19} [\text{J}] = 1,1 \cdot 10^{-20} \text{ J}$$

c) Calcúlase a velocidade a partir da expresión da enerxía cinética:

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2E_c}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,1 \cdot 10^{-20} [\text{J}]}{9,11 \cdot 10^{-31} [\text{kg}]}} = 1,6 \cdot 10^5 \text{ m/s}$$

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

$$E_c = |e| \cdot V \Rightarrow V = \frac{E_c}{|e|} = \frac{1,1 \cdot 10^{-20} [\text{J}]}{1,60 \cdot 10^{-19} [\text{C}]} = 0,069 \text{ V}$$

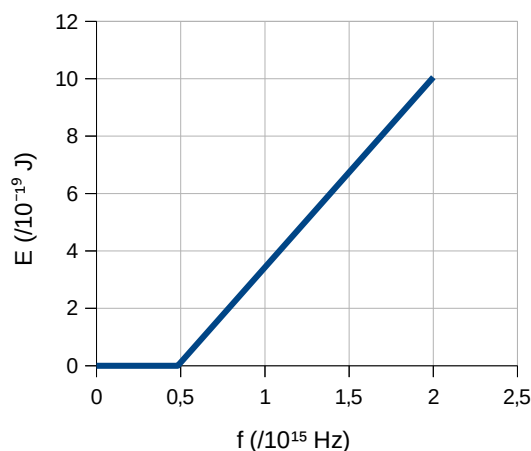
e) A representación gráfica é a seguinte:

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.


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

$$\lambda_3 = \frac{h}{m \cdot v} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} [\text{J} \cdot \text{s}]}{9,10 \cdot 10^{-31} [\text{kg}] \cdot 1,6 \cdot 10^5 [\text{m/s}]} = 4,7 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 4,7 \text{ nm}$$

A maior parte das respostas pode calcularse coa folla de cálculo [Física \(gal\)](#).

As instrucións para o manexo desta folla de cálculo poden verse na ligazón [instrucións](#).

Para ir á folla onde resolver un problema de Efecto fotoeléctrico, pode elixir unha destas opcións:

- Prema sobre a icona ► do grupo ◀ ◀ ► ► situado na parte inferior esquerda da folla de cálculo e prema sobre a lapela:  Fisica moderna.
- Ou, vaia ao índice, buscando a ligazón [Índice](#) na zona superior dereita e pulsando a tecla Ctrl mentres preme sobre [Índice](#). No índice, pulse a tecla Ctrl mentres preme sobre a cela [Efecto fotoeléctrico](#) do capítulo **Física moderna**.

Se ten borrado os datos, verá en DATOS:

|                                 |  |  |
|---------------------------------|--|--|
| Cátodo (Elixa unha unidade →)   |  |  |
| Fotóns (Elixa unha unidade →)   |  |  |
|                                 |  |  |
| Electróns (↑ Elixa a magnitude) |  |  |

Escriba os datos nas celas de cor branca con bordo azul. Prema nas celas de cor salmón para elixir entre as opcións que se presentan. Para este problema debería ser:

|                              |                             |    |
|------------------------------|-----------------------------|----|
| Traballo de extracción       | $W_0 = 3,20 \cdot 10^{-19}$ | J  |
| Lonxitude de onda dos fotóns | $\lambda = 600$             | nm |
|                              |                             |    |

Tamén pode escribir 3,2E-19 en vez de  $3,20 \cdot 10^{-19}$ . Os resultados son:

|                             |                                  |   |
|-----------------------------|----------------------------------|---|
| a) Lonxitude de onda limiar | $\lambda_0 = 6,21 \cdot 10^{-7}$ | m |
| Enerxía dos fotóns          | $E = 3,31 \cdot 10^{-19}$        | J |
| b) Enerxía cinética         | $E = 1,11 \cdot 10^{-20}$        | J |

Facendo clic na cela de cor salmón pódense elixir os valores pedidos nos outros apartados.

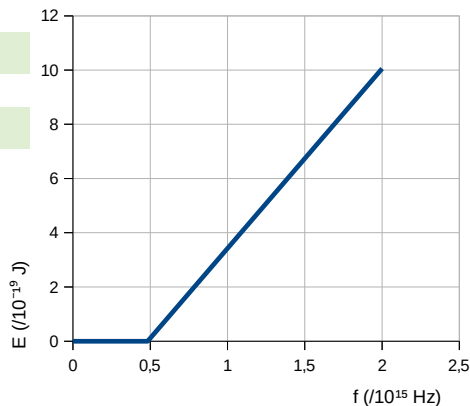
|                      |                       |     |
|----------------------|-----------------------|-----|
| c) Velocidade máxima | $v = 1,56 \cdot 10^5$ | m/s |
|----------------------|-----------------------|-----|

|                        |              |   |
|------------------------|--------------|---|
| d) Potencial de freado | $V = 0,0691$ | V |
|------------------------|--------------|---|

|                                    |                                  |   |
|------------------------------------|----------------------------------|---|
| f) Lonxitude de onda de De Broglie | $\lambda_d = 4,66 \cdot 10^{-9}$ | m |
|------------------------------------|----------------------------------|---|

Se escribe «2» á dereita de « $f =$ », o aspecto da gráfica será:

| GRÁFICAS         |          |                      |
|------------------|----------|----------------------|
| Enerxía cinética | fronte a | Frecuencia           |
| dos electróns    |          | dos fotóns           |
| Frecuencia máx.  | $f =$    | $2 \cdot 10^{15}$ Hz |



## ● Desintegración radioactiva

- O período de semidesintegración do  $^{90}_{38}\text{Sr}$  é 28 anos. Calcula:
  - A constante de desintegración radioactiva expresada en  $\text{s}^{-1}$ .
  - A vida media do  $^{90}\text{Sr}$ .
  - A actividade inicial dunha mostra de 6,25 mg.
  - A masa que queda desa mostra 100 anos máis tarde.
  - O tempo necesario para que se desintegre o 70 % dos átomos iniciais.
  - Representa nunha gráfica, de forma cualitativa, a variación da masa en función do tempo.

Datos:  $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ; masa atómica do  $^{90}_{38}\text{Sr} = 90 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

*Problema modelo baseado no A.B.A.U. ord. 17*

**Rta.:** a)  $\lambda = 7,8 \cdot 10^{-10} \text{ s}^{-1}$ ; b)  $\tau = 40$  anos; c)  $A_0 = 3,28 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$ ; d)  $m = 0,53 \text{ mg}$ ; e)  $t = 49$  anos

### **Datos**

Período de semidesintegración

Masa da mostra

Tempo para calcular a masa restante

Fracción de mostra desintegrada

Masa atómica do  $^{90}_{38}\text{Sr}$

Número de Avogadro

### **Incógnitas**

Vida media

Constante de desintegración radioactiva

Actividade inicial dunha mostra de 6,25 mg.

Masa que queda desa mostra 100 anos máis tarde.

Tempo necesario para que a masa redúzase de 1 mg a 0,25 mg

### **Ecuacións**

Lei da desintegración radioactiva

Cando  $t = T$ ,  $N = N_0 / 2$

Vida media

Actividade radioactiva

### **Cifras significativas: 3**

$T_{1/2} = 28,0 \text{ anos} = 8,84 \cdot 10^8 \text{ s}$

$m_0 = 6,25 \text{ mg} = 6,25 \cdot 10^{-3} \text{ g}$

$t = 100 \text{ anos} = 3,16 \cdot 10^9 \text{ s}$

$f = 70,0 \% = 0,700$

$M = 90,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

$\tau$

$\lambda$

$A_0$

$m$

$t$

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

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

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

$$\tau = 1 / \lambda$$

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

### **Solución:**

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

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \frac{0,693}{8,84 \cdot 10^8 [\text{s}]} = 7,84 \cdot 10^{-10} \text{ s}^{-1}$$

- b) Calcúlase a vida media a partir da constante radioactiva:

$$\tau = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{7,84 \cdot 10^{-10} [\text{s}^{-1}]} = 1,27 \cdot 10^9 \text{ s} = 40,4 \text{ anos}$$

- c) Calcúlanse cantos átomos hai en 6,25 mg de Sr:

$$N = 6,25 \cdot 10^{-3} \text{ g } ^{90}_{38}\text{Sr} \cdot \frac{1 \text{ mol } ^{90}_{38}\text{Sr}}{90,0 \text{ g } ^{90}_{38}\text{Sr}} \cdot \frac{6,022 \cdot 10^{23} \text{ átomos } ^{90}_{38}\text{Sr}}{1 \text{ mol } ^{90}_{38}\text{Sr}} \cdot \frac{1 \text{ núcleo } ^{90}_{38}\text{Sr}}{1 \text{ átomo } ^{90}_{38}\text{Sr}} = 4,18 \cdot 10^{19} \text{ núcleos } ^{90}_{38}\text{Sr}$$

Calcúlase a actividade radioactiva:

$$A = \lambda \cdot N = 7,84 \cdot 10^{-10} [\text{s}^{-1}] \cdot 4,18 \cdot 10^{19} [\text{núcleos}] = 3,28 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$$

- d) Emprégase a lei de desintegración radioactiva para calcular a masa:

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

Como a masa é proporcional á cantidade de núcleos,  $m = M \cdot N / N_A$ , pódese obter unha expresión similar á lei da desintegración radioactiva, na que aparece a masa en lugar da cantidade de átomos:

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

Calcúlase a masa:

$$m = 6,25 \text{ [mg]} \cdot e^{-7,84 \cdot 10^{-10} [\text{s}^{-1}] \cdot 3,16 \cdot 10^9 [\text{s}]} = 0,526 \text{ mg}$$

e) Emprégase a ecuación da lei de desintegración radioactiva expresada en forma logarítmica, para calcular o tempo:

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

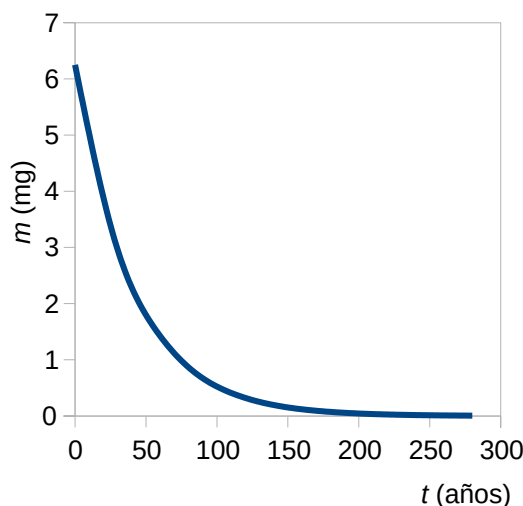
Calcúlase o tempo, tendo en conta que queda o 30 %, ao desintegrarse o 70 %.

$$t = \frac{\ln(N_0/N)}{\lambda} = \frac{\ln(100 \text{ átomos } {}^{90}_{38}\text{Sr} / 30 \text{ átomos } {}^{90}_{38}\text{Sr})}{7,84 \cdot 10^{-10} [\text{s}^{-1}]} = 1,8 \cdot 10^9 \text{ s} = 49 \text{ anos}$$

Análise: Posto que nese tempo a mostra reduciuse a un 30 %, pouco máis da cuarta parte =  $\left(\frac{1}{2}\right)^2$ ,

transcorreran algo menos de 2 períodos de semidesintegración (56 anos), polo que 49 anos parece un resultado razoable.

f) A gráfica é unha función exponencial decrecente.



A maior parte das respostas pode calcularse coa folla de cálculo [Física \(gal\)](#).

As instrucións para o manexo desta folla de cálculo poden verse na ligazón [instrucións](#).

Para ir á folla onde resolver un problema de Efecto fotoeléctrico, pode elixir unha destas opcións:

- Prema sobre a icona ► do grupo ◀ ◀ ► ► situado na parte inferior esquerda da folla de cálculo e prema sobre a lapela: Desintegr.
- Ou, vaia ao índice, buscando a ligazón [Índice](#) na zona superior dereita e pulsando a tecla Ctrl mentres preme sobre [Índice](#). No índice, pulse a tecla Ctrl mentres preme sobre a cela [Desintegración radioactiva](#) do capítulo **Física moderna**.

Se ten borrado os datos, verá en DATOS:

|                  |              |  |       |
|------------------|--------------|--|-------|
|                  |              |  |       |
| Cantidad inicial |              |  |       |
|                  |              |  |       |
| Despois de...    | $\Delta t =$ |  |       |
| Masa atómica     | $M =$        |  | g/mol |
| Tempo            | $t =$        |  |       |

Faga clic nas celas de cor salmón e elixa as opcións como se mostra. Escriba os datos nas celas de cor branca e bordo azul. Para este problema debería ser:

|                               |       |         |
|-------------------------------|-------|---------|
| Período de semidesintegración | $T =$ | 28 anos |
|-------------------------------|-------|---------|

|               |              |          |
|---------------|--------------|----------|
| Masa inicial  | $m_0 =$      | 6,25 mg  |
| Desintégrense |              | 70 %     |
| Despois de... | $\Delta t =$ |          |
| Masa atómica  | $M =$        | 90 g/mol |
| Tempo         | $t =$        | 100 anos |

Para obter os primeiros resultados faga clic na cela cor salmón debaixo de «Constante» e elixa «Vida media». Faga clic na cela cor salmón debaixo de « $\tau$ » e elixa «Bq»

|    |              |                      |                                      |
|----|--------------|----------------------|--------------------------------------|
| a) | Constante    | $\lambda =$          | $7,84 \cdot 10^{-10} \text{ s}^{-1}$ |
| b) | Vida media   | $\tau =$             | $1,27 \cdot 10^9 \text{ s}$          |
|    | Actividade   | Bq                   |                                      |
| c) | Inicial      | $3,28 \cdot 10^{10}$ |                                      |
|    | Queda un 30% | $9,84 \cdot 10^9$    | en 48,6 anos                         |
|    | En 100 anos  | $2,76 \cdot 10^9$    |                                      |

Para os seguintes resultados, cambie «Bq» por «mg», e elixa «anos» na cela salmón da dereita:

|    |              |       |              |
|----|--------------|-------|--------------|
|    | Masa         | mg    |              |
|    | Inicial      | 6,25  |              |
| e) | Queda un 30% | 1,88  | en 48,6 anos |
| d) | En 100 anos  | 0,526 |              |

## ● Enerxía nuclear

1. O isótopo do boro  ${}^{10}_5\text{B}$  é bombardeado por unha partícula  $\alpha$  e prodúcese  ${}^{13}_6\text{C}$  e outra partícula.

- Escribe a reacción nuclear.
- Calcula a enerxía liberada por núcleo de boro bombardeado.
- Calcula a enerxía liberada si considérase 1 g de boro.
- Calcula a enerxía de enlace nuclear do  ${}^{13}_6\text{C}$ .
- Calcula a súa enerxía de enlace por nucleón.

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(protón) = 1,0073 u;  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ ;  $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ;  $1 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ .

(P.A.U. sep. 16)

**Rta.:** a)  ${}^{10}_5\text{B} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{13}_6\text{C} + {}^1_1\text{H}$ ; b)  $E = 7,17 \cdot 10^{-13} \text{ J/átomo}$ ; 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

Enerxía 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

$m({}^{10}_5\text{B}) = 10,0129 \text{ u}$

$m({}^{13}_6\text{C}) = 13,0034 \text{ u}$

$m({}^4_2\text{He}) = 4,0026 \text{ u}$

$m({}^1_1\text{H}) = 1,0073 \text{ u}$

$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

$1 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

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

$E$

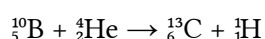
$E_2$

$\lambda$

$E = m \cdot c^2$

### 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:

$$E = m \cdot c^2 = 7,97 \cdot 10^{-30} \text{ [kg]} \cdot (3,00 \cdot 10^8 \text{ [m/s]})^2 = 7,17 \cdot 10^{-13} \text{ J/átomo B}$$

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:

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

d) O defecto de masa é a diferenza entre a masa do núcleo de  ${}^{13}_6\text{C}$  e a suma das masas dos protóns e neutróns que o forman. O número de protóns é o número atómico, 6, e o de neutróns é 7, a diferenza entre o número másico 13 e o número de protóns 6.

$$\Delta m = m({}^{13}_6\text{C}) - 6 \cdot m({}^1_1\text{H}) - 7 \cdot m({}^1_0\text{n}) = 13,0034 \text{ [u]} - 6 \cdot 1,0073 \text{ [u]} - 7 \cdot 1,008665 \text{ [u]} = -0,101 \text{ u}$$

$$\Delta m = -0,101 \text{ [u]} \cdot \frac{1 \text{ [g]}}{6,02 \times 10^{23} \text{ [u]}} \cdot \frac{1 \text{ [kg]}}{10^3 \text{ [g]}} = -1,68 \cdot 10^{-28} \text{ kg}$$

A enerxía equivalente calcúlase coa ecuación de Einstein

$$E_e = m \cdot c^2 = 1,68 \cdot 10^{-28} \text{ [kg]} \cdot (3,00 \cdot 10^8 \text{ [m/s]})^2 = 1,51 \cdot 10^{-11} \text{ J/átomo } {}^{13}\text{C}$$


e) A enerxía de enlace por nucleón calcúlase dividindo entre o número de nucleóns:

$$E_{\text{en}} = \frac{1,51 \cdot 10^{-11} \text{ [J/átomo C]}}{13 \text{ [nucleóns/átomo C]}} = 1,16 \cdot 10^{-12} \text{ J/nucleón}$$

A maior parte das respostas pode calcularse coa folla de cálculo [Física \(gal\)](#).

As instrucións para o manexo desta folla de cálculo poden verse na ligazón [instrucións](#).

Para ir á folla onde resolver un problema de Efecto fotoeléctrico, pode elixir unha destas opcións:

- Prema sobre a icona ► do grupo ◀ ◀ ► ► situado na parte inferior esquerda da folla de cálculo e prema sobre a lapela:  EnerNuclear.
- Ou, vaia ao índice, buscando a ligazón [Índice](#) na zona superior dereita e pulsando a tecla Ctrl mentres preme sobre [Índice](#). No índice, pulse a tecla Ctrl mentres preme sobre a cela [Enerxía nuclear](#) do capítulo **Física moderna**.

Se ten borrado os datos, verá en DATOS:

|                      | N.º atómico | Z | N.º másico A |  |
|----------------------|-------------|---|--------------|--|
| Partícula proxectil  |             |   |              |  |
| Núclido diana        |             |   |              |  |
| Núclido formado      |             |   |              |  |
| 2º núclido/partícula |             |   |              |  |
| Masa da mostra       |             |   |              |  |

Faga clic nas celas de cor salmón e elixa as opcións como se mostra. Escriba os datos nas celas de cor branca e bordo azul. Para este problema debería ser:

|                     | Carga | (e <sup>+</sup> ) | Masa      |
|---------------------|-------|-------------------|-----------|
| Partícula proxectil |       | 2                 | 4,0026 u  |
| Núclido diana       |       | 5                 | 10,0129 u |
| Núclido formado     |       | 6                 | 13,0034 u |
| Partícula emitida   |       | 1                 | 1,0073 u  |

|                      |  |     |          |
|----------------------|--|-----|----------|
| 2ª partícula emitida |  |     |          |
| Masa da mostra       |  | 1 g | N. diana |

Os resultados son:

|  |                        |                           |  |
|--|------------------------|---------------------------|--|
| ${}^4_2\text{He} + {}^{10}_5\text{B} \rightarrow {}^{13}_6\text{C} + {}^1_1\text{H}$ |                        |                           |  |
| Defecto de masa $\Delta m =$   | $-7,17 \cdot 10^{-13}$ | J /átomo                  |  |
| Energía da mostra $E =$  | 43,1                   | GJ /g ${}^{10}_5\text{B}$ |  |

Para calcular a enerxía de enlace do carbono-13, hai que borrar todos os datos excepto o do carbono.

|                      | Carga<br>(e <sup>+</sup> ) | Masa      |  |
|----------------------|----------------------------|-----------|--|
| Partícula proxectil  |                            |           |  |
| Núclido diana        |                            |           |  |
| Núclido formado      | 6                          | 13,0034 u |  |
| Partícula emitida    |                            |           |  |
| 2ª partícula emitida |                            |           |  |
| Masa da mostra       |                            |           |  |

Los resultados son agora:

|                           |                        |          |
|---------------------------|------------------------|----------|
| Energía de enlace $E_e =$ | $-1,51 \cdot 10^{-11}$ | J /átomo |
|---------------------------|------------------------|----------|

Se cambiamos agora «/átomo» por «/nucleón» obtemos:

|                           |                        |            |
|---------------------------|------------------------|------------|
| Energía de enlace $E_e =$ | $-1,16 \cdot 10^{-12}$ | J /nucleón |
|---------------------------|------------------------|------------|

Cuestións e problemas das [Probos 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](#).

Alguns 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.

Actualizado: 18/03/24



## Sumario

### FÍSICA DO SÉCULO XX

|   |          |
|---|----------|
| <i>Efecto fotoeléctrico.....</i>  | <i>1</i> |
| 1. Unha radiación monocromática que ten unha lonxitude de onda de 600 nm penetra nunha célula fotoeléctrica de cátodo de cesio cuxo traballo de extracción é $3,2 \times 10^{-19}$ J. Calcula:..... | 1        |
| a) A lonxitude de onda limiar para o cesio.....   |          |
| b) A enerxía cinética máxima dos electróns emitidos.....  |          |
| c) A velocidade máxima coa que son emitidos os electróns.....   |          |
| d) O potencial de freado.....   |          |
| e) Representa graficamente a enerxía cinética máxima dos electróns emitidos en función da frecuencia da luz incidente.....  |          |
| f) A lonxitude de onda de De Broglie asociada aos electróns emitidos polo metal con velocidade máxima.....  |          |
| <i>Desintegración radioactiva.....</i>  | <i>4</i> |
| 1. O período de semidesintegración do $^{90}_{38}\text{Sr}$ é 28 anos. Calcula:.....  | 4        |
| a) A constante de desintegración radioactiva expresada en $\text{s}^{-1}$ .....   |          |
| b) A vida media do $^{90}\text{Sr}$ .....   |          |
| c) A actividade inicial dunha mostra de 6,25 mg.....  |          |
| d) A masa que queda desa mostra 100 anos máis tarde.....  |          |
| e) O tempo necesario para que se desintegre o 70 % dos átomos iniciais.....   |          |
| f) Representa nunha gráfica, de forma cualitativa, a variación da masa en función do tempo.....   |          |
| <i>Enerxía nuclear.....</i>   | <i>6</i> |
| 1. O isótopo do boro $^{10}_5\text{B}$ é bombardeado por unha partícula $\alpha$ e prodúcese $^{13}_6\text{C}$ e outra partícula.....   | 6        |
| a) Escribe a reacción nuclear.....  |          |
| b) Calcula a enerxía liberada por núcleo de boro bombardeado.....   |          |
| c) Calcula a enerxía liberada si considérase 1 g de boro.....   |          |
| d) Calcula a enerxía de enlace nuclear do $^{13}_6\text{C}$ .....   |          |
| e) Calcula a súa enerxía de enlace por nucleón.....   |          |