

SOLUCIONES A LOS PROBLEMAS PROPUESTOS DE ESTRUCTURA ATÓMICA

PROBLEMA 1

La energía asociada a un fotón se calcula mediante la expresión:

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

Sustituyendo:

$$E = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot \frac{2,9973 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}{470 \text{ nm}} \cdot \frac{10^9 \text{ nm}}{1 \text{ m}} \cdot \frac{1 \text{ cal}}{4,184 \text{ J}} = 1,01 \cdot 10^{-19} \text{ cal}$$

Relacionando esta energía con la energía solar recibida por el colector, se obtiene el número de fotones que impactan en él:

$$\frac{0,430 \text{ cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}}{1,01 \cdot 10^{-19} \text{ cal} \cdot \text{foton}^{-1}} = 4,26 \cdot 10^{18} \text{ fotones} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$$

El número de fotones que están incidiendo es de $4,26 \cdot 10^{18}$ fotones por minuto y centímetro cuadrado.

PROBLEMA 2

En todos los casos hay que aplicar la ecuación de Einstein sobre el efecto fotoeléctrico:

$$E = h \cdot f = W_{\text{extracción}} + E_{c \text{ max}} = h \cdot f_0 + E_{c \text{ max}}$$

1.

$$W_{\text{extracción}} = h \cdot f_0 = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot 9,17 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1} = 6,08 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$6,08 \cdot 10^{-19} \text{ J} \cdot \frac{1 \text{ eV}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}} = 3,8 \text{ eV}$$

$$h \cdot f = W_{\text{extracción}} + E_{c \text{ max}} \Rightarrow f = \frac{6,08 \cdot 10^{-19} \text{ J} + 1,9 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}} = 1,2 \cdot 10^{15} \text{ s}^{-1}$$



2.

$$W_{extracción} = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot 9,05 \cdot 10^{14} \text{ Hz} - 1,65 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 4,35 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$4,35 \cdot 10^{-19} \text{ J} \cdot \frac{1 \text{ eV}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}} = 2,72 \text{ eV}$$

$$W_{extracción} = h \cdot f_0 \Rightarrow f_0 = \frac{4,35 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}} = 6,56 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

3.

$$W_{extracción} = 2,1 \text{ eV} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \frac{\text{C}}{\text{electrón}} = 3,36 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$W_{extracción} = h \cdot f_0 \Rightarrow f_0 = \frac{3,36 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}} = 5,07 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

$$E_{c \max} = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot 9,00 \cdot 10^{14} \text{ Hz} - 3,36 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 2,61 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

4.

$$W_{extracción} = h \cdot f_0 = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot 8,01 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1} = 5,31 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$5,31 \cdot 10^{-19} \text{ J} \cdot \frac{1 \text{ eV}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}} = 3,32 \text{ eV}$$

$$E_{c \max} = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot 1,5 \cdot 10^{15} \text{ Hz} - 5,31 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 4,64 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

La tabla rellena quedaría de la siguiente manera:

	$W_{extracción} \text{ (eV)}$	$f \text{ (Hz)}$	$f_0 \text{ (Hz)}$	$E_{c \max} \text{ (J)}$
1	3,8	$1,20 \cdot 10^{14}$	$9,17 \cdot 10^{14}$	$1,90 \cdot 10^{-19}$
2	2,7	$9,05 \cdot 10^{14}$	$6,56 \cdot 10^{14}$	$1,65 \cdot 10^{-19}$
3	2,1	$9,00 \cdot 10^{14}$	$5,07 \cdot 10^{14}$	$2,61 \cdot 10^{-19}$
4	3,3	$1,50 \cdot 10^{15}$	$8,01 \cdot 10^{14}$	$4,64 \cdot 10^{-19}$



PROBLEMA 3

La energía asociada a un fotón puede calcularse por medio de la ecuación:

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

$$E = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot 2,998 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}{514,5 \text{ nm}} \cdot \frac{1 \text{ nm}}{10^{-9} \text{ m}} = 3,86 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

El fotón del láser tiene una energía de $3,86 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.

PROBLEMA 4

La energía del enlace Cl-Cl es:

$$E = \frac{243 \text{ kJ}}{1 \text{ mol}} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{6,022 \cdot 10^{23} \text{ enlaces}} \cdot \frac{10^3 \text{ J}}{1 \text{ kJ}} = 4,04 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

De acuerdo con la ecuación de Planck, la longitud de onda necesaria para romper ese enlace será:

$$E = \frac{h \cdot c}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot 2,998 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{4,04 \cdot 10^{-19} \text{ J}} \cdot \frac{1 \text{ nm}}{10^{-9} \text{ m}} = 492 \text{ nm}$$

La longitud de onda necesaria para romper el enlace Cl-Cl es de 492 nm.

PROBLEMA 5

Aplicando la ecuación de Einstein para el efecto fotoeléctrico

$$h \cdot f = h \cdot f_0 + E_c \Rightarrow f_0 = \frac{h \cdot \frac{c}{\lambda} - E_c}{h}$$

Sustituyendo los valores dados:

$$f_0 = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{1,5 \cdot 10^{-7} \text{ m}} - 3 \text{ eV} \cdot \frac{1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{1 \text{ eV}}}{6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}} = 1,28 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$$

La frecuencia umbral del metal es de $1,28 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$.



PROBLEMA 6

El modelo de Bohr para el hidrógeno, de transición electrónica entre niveles de energías cuantizados, con diferentes números cuánticos n , produce un fotón de emisión con energía cuántica:

$$E_{\text{fotón}} = h \cdot f = E_2 - E_1 = -13,6 \cdot \left[\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right] \text{ eV}$$

La energía asociada a una transición electrónica $4 \rightarrow 2$ es:

$$\Delta E_{4 \rightarrow 2} = 13,6 \cdot \left[\frac{1}{4^2} - \frac{1}{2^2} \right] = -2,55 \text{ eV}$$

Como $\Delta E < 0$ se trata de un salto electrónico en el que se emite energía.

PROBLEMA 7

La ecuación del modelo de Bohr que permite calcular la longitud de onda correspondiente a una línea espectral asociada a un salto electrónico es:

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \cdot \left[\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right]$$

Sustituyendo:

$$\frac{1}{\lambda} = 1,097 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1} \cdot \left[\frac{1}{2^2} - \frac{1}{5^2} \right] = 2,304 \cdot 10^6 \text{ m}^{-1}$$

$$\lambda = 4,34 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

La longitud de onda emitida por el átomo es de $4,34 \cdot 10^{-7} \text{ m}$.

PROBLEMA 8

a)

La energía correspondiente a la radiación de 50 nm es:

$$E = h \cdot f = h \cdot \frac{c}{\lambda} = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}{50 \cdot 10^{-9} \text{ m}} = 3,978 \cdot 10^{-18} \text{ J}$$



Esta energía es mayor que la energía de ionización (o potencial de ionización) del potasio.

Por tanto, será suficiente para producir la ionización del potasio.

b)

Para ionizar 4 g de potasio en su estado fundamental y gaseoso, se necesitarán:

$$E = 4 \text{ g de K} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{39,1 \text{ g}} \cdot \frac{6,02 \cdot 10^{23} \text{ átomos}}{1 \text{ mol}} \cdot \frac{6,94 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{\text{átomo}} = 42\,740,46 \text{ J}$$

Para ionizar 4 g de K son necesarios 42,74 kJ de energía.

PROBLEMA 9

Según la ecuación de Planck:

$$\Delta E = h \cdot f \Rightarrow f = \frac{\Delta E}{h}$$

Sustituyendo:

$$f = \frac{1,5 \cdot 10^{-15} \text{ J}}{6,624 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}} = 2,26 \cdot 10^{18} \text{ s}^{-1}$$

La frecuencia de la radiación emitida es de $2,26 \cdot 10^{18} \text{ s}^{-1}$.

PROBLEMA 10

En la serie de Balmer $n_1 = 2$ y en la segunda raya $n_2 = 4$.

La longitud de onda se halla mediante la ecuación:

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \cdot \left[\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right]$$

Sustituyendo los valores:

$$\frac{1}{\lambda} = 1,09677 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1} \cdot \left[\frac{1}{2^2} - \frac{1}{4^2} \right] = 2,05 \cdot 10^6 \text{ m}^{-1} \Rightarrow \lambda = 4,86 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

La longitud de onda de la segunda raya de la serie de Balmer es $4,86 \cdot 10^{-7} \text{ m}$.



La frecuencia se halla aplicando la relación entre longitud de onda y frecuencia:

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{4,86 \cdot 10^{-7} \text{ m}} = 6,17 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1}$$

Y la frecuencia es de $6,17 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1}$.

PROBLEMA 11

Se deduce de los postulados de Bohr la fórmula para el radio de las órbitas del electrón en el caso de hidrógeno:

$$r = \frac{h^2 \cdot n^2}{4 \cdot \pi^2 \cdot m \cdot e^2 \cdot K}$$

Donde:

$$h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J.s} ; n = 1 ; m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg} ; e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} ; K = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0} ;$$

$$\epsilon_0 = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot 9 \cdot 10^9} \text{ C}^2 \cdot \text{N}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$$

Sustituyendo los valores:

$$r = \frac{(6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J.s})^2 \cdot 1^2}{4 \cdot \pi^2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot (1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C})^2 \cdot 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}} = 0,53 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

El radio de la primera órbita de Bohr para el átomo de hidrógeno es de $0,53 \text{ Å}$.

PROBLEMA 12

La energía se obtiene de los postulados de Bohr que, en el caso del hidrógeno será:

$$E = - \frac{K^2 \cdot 2 \cdot \pi^2 \cdot m \cdot e^4}{h^2 \cdot n^2}$$

Donde:

$$h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J.s} ; n = 1 ; m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg} ; e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} ; K = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0} ;$$



$$\varepsilon_0 = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot 9 \cdot 10^9} \text{ C}^2 \cdot \text{N}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$$

Sustituyendo los valores:

$$E = - \frac{(9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2})^2 \cdot 2 \cdot \pi^2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot (1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C})^4}{(6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s})^2 \cdot 1^2} = -2,176 \cdot 10^{-18} \text{ J}$$

$$E = -2,176 \cdot 10^{-18} \text{ J} \cdot \frac{1 \text{ eV}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}} = -13,6 \text{ eV}$$

La energía de ionización del hidrógeno es de 13,6 eV.

PROBLEMA 13

Relacionemos la energía de los neutrones, que será cinética, con la energía dada por la ecuación correspondiente a la dualidad onda-corpúsculo, al efecto de obtener la longitud de onda asociada al haz de neutrones:

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

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

De ambas ecuaciones se obtiene que:

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2 \cdot m \cdot E}} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}}{\sqrt{2 \cdot 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \cdot 0,032 \text{ eV} \cdot \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{1 \text{ eV}}}} = 1,60 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

La longitud de onda de De Broglie asociada a este haz de neutrones es de 1,60 Å.

PROBLEMA 14

El número cuántico (3,2) se refiere a los orbitales *d* (*l*=2), de la tercera capa o nivel (*n*=3), simbolizados por orbitales 3*d*.

Hay 5 orbitales *d* en una capa o nivel (*m*=-2, -1, 0, 1, 2), y cada orbital puede contener como máximo dos electrones (*s*=+1/2, *s*=-1/2). En consecuencia, habrá como máximo 10 electrones con esa combinación.



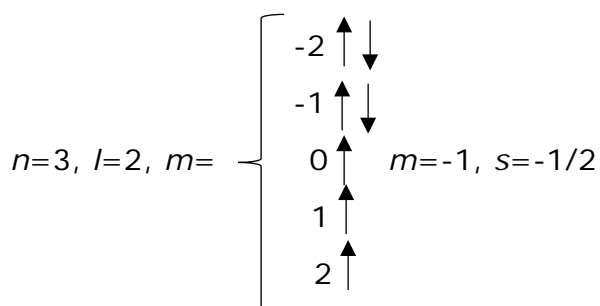
(2, 0, -1) es una agrupación imposible, ya que si $l=0$ el único valor posible para m es el cero.

(5, 2, 1, -1/2) se refiere a uno de los electrones (se especifica su número cuántico espín, $s=-1/2$) que se encuentra en uno de los orbitales d ($l=2$ y $m=1$) de la quinta capa. Se puede simbolizar mediante $5d_{xy}^1$, pero no podemos precisar de qué orbital se trata.

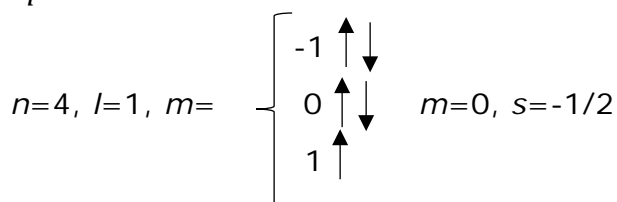
(2), al dar sólo el número cuántico principal se está refiriendo a una capa o nivel, concretamente a la segunda, $n=2$. Cumplen con esta especificación de números cuánticos los electrones alojados en el orbital $2s$ o en cualquiera de los tres orbitales $2p$. En total son 4 orbitales que pueden albergar 8 electrones en total.

PROBLEMA 15

$3d^7$



$4p^5$



$5s^1$

$n=5, l=0, m=0, s=1/2$

