2º C-D-BACH - QUÍMICA - 15-FEBRERO-2008- Problemas-SOLUCIONES

1º - La energía del primer nivel electrónico del átomo de hidrógeno tiene un valor de -13,60 eV. Calcular:
a) La frecuencia de la radiación emitida al caer un electrón desde el segundo nivel al primero. b) La energía total desprendida por un mol de átomos de hidrógeno que experimentan la transformación indicada en el apartado anterior. c) La masa de hidrógeno atómico necesaria para evaporar 500 g. de hielo que se encuentran a 0ºC, suponiendo que toda la energía desprendida en el anterior salto electrónico se transforme íntegramente en calor.

2º - Es sabido que las partícula, alfa son núcleos de helio. de masa aproximadamente cuatro veces mayor que la del protón. Consideremos un protón v una partícula alfa con la misma energía cinética. ¿Qué relación existe entre las longitudes de onda asociadas a ambas partículas (Ondas de De Broglie) correspondientes a esas dos partículas?

3º - Si los números atómicos respectivos de nitrógeno, argón, magnesio y cobalto son 7, 18, 12 y 27.
a) Escriba las configuraciones electrónicas de los referidos átomos.
b) Escriba las configuraciones electrónicas de los iones N^{3-}, Mg^{2+} y Co^{3+}
e) Indique el número de electrones desapareados que existen en el elemento nitrógeno y en los iones Mg^{2+} y Co^{3+} del apartado anterior.

4º - El color amarillo de la luz de vapor del sodio proviene de la raya D del espectro visible de dicho elemento. La longitud de onda correspondiente a dicha raya es de 5 890 $\overset{0}{A}$ Calcular la diferencia de energía de los niveles electrónicos del átomo de sodio correspondiente a dicha transición, expresando el resultado en J/át y en eV/át.

5º - Calcular la energía cinética máxima de los electrones emitidos por una superficie metálica cuando inciden sobre ella fotones de 2.10^{-7} m de longitud de onda. El trabajo de extracción de ese metal es 4,2 eV.

DATOS: Velocidad de la luz en el vacío: 3.10^{8} m/s
Constante de Planck: $h = 6{,}62.10^{-34}$ J.s
Cte de Rydberg para el Hidrógeno: Ry = 109740 cm^{-1}
Carga del electrón: $1{,}6.10^{-19}$ Culombios
Masa del electrón en reposo: $9{,}1.10^{-31}$ Kg
Masa del protón en reposo: $1{,}67.10^{-27}$ Kg
Calor latente de fusión del hielo: 80 cal/g
Calor latente vaporización del agua: 540 cal/g
Calor específico del agua líquida: 1 cal/g.ºC
1 caloría = 4,18 Julios
1 $\overset{0}{A}$ = 10^{-10} m Pesos atómicos: Ar = 40,0; Co = 59,0; H = 1,0; Mg = 24,3; N = 14,0; Na = 23,0; O = 16,0

SOLUCIONES

1º - La energía del primer nivel electrónico del átomo de hidrógeno tiene un valor de -13,60 eV. Calcular:
a) La frecuencia de la radiación emitida al caer un electrón desde el segundo nivel al primero.
b) La energía total desprendida por un mol de átomos de hidrógeno que experimentan la transformación indicada en el apartado anterior.
c) La masa de hidrógeno atómico necesaria para evaporar 500 g. de hielo que se encuentran a 0ºC, suponiendo que toda la energía desprendida en el anterior salto electrónico se transforme íntegramente en calor.

RESOLUCIÓN

a) Para calcular la frecuencia o energía desprendida al caer un electrón de una órbita a otra más interior, se utiliza la fórmula de Balmer: $\bar{\nu} = R_H.\left(\frac{1}{n^2_{final}} - \frac{1}{n^2_{inicial}}\right)$ donde R_H es la constante de Rydberg = 109.677,6 cm^{-1} ; "número de ondas" : $\bar{\nu}$, **que es:** $\bar{\nu} = \frac{1}{\lambda}$; $\bar{\nu} = \frac{\nu}{c} \Rightarrow \nu = c.\bar{\nu}$

y $n_{inicial}$ y n_{final} son los niveles electrónicos, en este caso el nivel 2 y el 1, respectivamente.

Por tanto, tendremos: $\bar{\nu} = 109677{,}6.\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2}\right) = 82258{,}2\ cm^{-1}$ Que es el valor del número de ondas, por lo que la frecuencia de esa radiación será:

$$\nu = 3.10^{10}\ cm/s\ .\ 82258{,}2\ cm^{-1} = 2{,}468.10^{15}\ s^{-1}$$

b) La energía correspondiente a una radiación se determina por la fórmula de Planck, que la relaciona con su frecuencia: **$E = h.\nu$**, pero hemos de tener en cuenta que la frecuencia calculada en el apartado anterior corresponde al salto de UN ELECTRÓN, por lo que la energía así calculada será la correspondiente a un átomo, de manera que para cada mol de átomos, hemos de multiplicarla por el número de Avogadro: $6{,}023.10^{23}$. Así, tendremos:

$E = h.\nu = 6,6252.10^{-34}.2,468.10^{15} = 1,635.10^{-18}$ J/átomo ==>
==> $E_{mol} = 1,635.10^{-18}.6,023.10^{23} = 9,848.10^{5}$ Julios/mol)

c) La cantidad de calor necesaria para evaporar 500 g de hielo que se encuentran a 0ºC la calcularemos teniendo en cuenta que ese calentamiento se hace en tres etapas:

1ª - Fusión del hielo: $\Delta Q = m.c_L$ = 500 g . 80 cal/g = 40.000 cal

2ª - Esos 500 g, ya en forma de agua líquida, se calientan desde 0º hasta 100ºC:

$\Delta Q = m.c_e.\Delta T$ = 500 g . 1 cal/g.ºC . (100 - 0) = 5.000 cal

3ª - El agua líquida, ya a 100ºC, se vaporiza: $\Delta Q = m.c_L$ = 500g . 540 cal/g = 270.000 cal

Por tanto, la cantidad de calor necesaria es: 40.000 + 5.000 + 270.000 = 315.000 cal = 1316700 J

Como esa cantidad de calor nos la tiene que suministrar la radiación emitida por los saltos electrónicos, hemos de dividir la energía necesaria para ese calentamiento (1316700 J) entre la energía emitida por un mol de átomos de H ($9,848.10^5$), y así tendremos:

Moles de H necesaria = $\frac{1316700}{9,848.10^5}$ = 1,337 moles de H

2º - Es sabido que las partícula, alfa son núcleos de helio. de masa aproximadamente cuatro veces mayor que la del protón. Consideremos un protón v una partícula alfa con la misma energía cinética. ¿Qué relación existe entre las longitudes de onda asociadas a ambas partículas (Ondas de De Broglie) correspondientes a esas dos partículas?

SOLUCIÓN

Dado que ambas partículas tienen la misma energía cinética y nos dan la relación entre sus masas, ($m_{P.\alpha} = 4.m_{PROTON}$ vamos a determinar las relaciones entre sus velocidades:

Protón: Ec(protón) = $\frac{1}{2} m_{PROTON}.V_{PROTON}^2$

Partícula α : Ec(part. α) = $\frac{1}{2} m_{P.\alpha}.V_{P.\alpha}^2 = \frac{1}{2}.4m_{PROTON}.V_{P.\alpha}^2$, por lo que igualando ambas:

$\frac{1}{2} m_{PROTON}.V_{PROTON}^2 = \frac{1}{2}.4m_{PROTON}.V_{P.\alpha}^2$, de donde: $V_{PROTON} = 2.V_{P.\alpha}$

La longitud de onda asociada a una partícula viene dada por la ecuación de De Broglie: $\lambda = \frac{h}{m.v}$, por lo que para determinar la relación entre ambas longitudes de onda, dividiremos la expresión correspondiente al protón $\left(\lambda_{PROTON} = \frac{6,64.10^{-34}}{m_{PROTON}.2.V_{\alpha}} \right)$ por la correspondiente a la Partícula α : $\left(\lambda_{\alpha} = \frac{6,64.10^{-34}}{4m_{PROTON}.V_{\alpha}} \right)$

y nos quedará: $\frac{\lambda_{PROTON}}{\lambda_{\alpha}} = \frac{\frac{6,64.10^{-34}}{m_{PROTON}.2V_{\alpha}}}{\frac{6,64.10^{-34}}{4m_{PROTON}.2.V_{\alpha}}}$ y, al simplificar: $\boxed{\frac{\lambda_{PROTON}}{\lambda_{\alpha}} = 2}$

3º - Si los números atómicos respectivos de nitrógeno, argón, magnesio y cobalto son 7, 18, 12 y 27.

a) Escriba las configuraciones electrónicas de los referidos átomos.

b) Escriba las configuraciones electrónicas de los iones N^{3-} , Mg^{2+} y Co^{3+}

e) Indique el número de electrones desapareados que existen en el elemento nitrógeno y en los iones Mg^{2+} y Co^{3+} del apartado anterior.

RESOLUCIÓN

a) Los números atómicos nos indican el número de protones que tiene cada átomo en su núcleo, y si se trata de un átomo neutro, nos indican también el número de electrones que tienen en la corteza.

N (Z = 7) $1s^2\ 2s^2\ 2p^3$ **Ar (Z = 18) $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ \ 3s^2\ 3p^6$**

Mg (Z = 12) $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ \ 3s^2$ **Co (Z = 27) $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ \ 3s^2\ 3p^6\ 3d^7\ 4s^2$**

b) Los iones tienen más o menos electrones que el átomo neutro, según nos indique su carga negativa o positiva, respectivamente. Si la carga es positiva pierde los electrones de valencia: los más externos y los más débilmente retenidos)

N^{3-} (Tiene 10 e^-) **$1s^2\ 2s^2\ 2p^6$**

Mg^{2+} (tiene 10 e^-) **$1s^2\ 2s^2\ 2p^6$**

Co^{3+} (Tiene 24 e^-) **$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ \ 3s^2\ 3p^6\ 3d^6$**

c) Si escribimos las configuraciones electrónicas teniendo en cuenta el Principio de máxima multiplicidad de Hund, nos quedarán:

N^0 (Tiene 7 e^-) **$1s^2\ 2s^2\ \ 2p_x^{\ 1}\ 2p_y^{\ 1}\ 2p_z^{\ 1}$** Tiene tres electrones desapareados El subnivel p tiene tres orbitales, en los cuales se sitúa un electrón en cada una. Los electrones existentes en este subnivel pueden representarse también así: $\boxed{\uparrow}\boxed{\uparrow}\boxed{\uparrow}$

Mg^{2+} (tiene 10 e^-) **$1s^2\ 2s^2\ 2p_x^{\ 2}\ 2p_y^{\ 2}\ 2p_z^{\ 2}$** No tiene ningún electrón desapareado. Pueden representarse los tres orbitales **p** también así: $\boxed{\uparrow\downarrow}\boxed{\uparrow\downarrow}\boxed{\uparrow\downarrow}$

Co^{3+} (Tiene 24 e^-) **$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ \ 3s^2\ 3p^6\ 3d^6$** El subnivel **d** tiene cinco orbitales, por lo que los seis electrones existentes en este subnivel se distribuirán lo más desapareados posible: dos electrones en un orbital y uno solo en los otros cuatro: $\boxed{\uparrow\downarrow}\ \boxed{\uparrow}\boxed{\uparrow}\boxed{\uparrow}\ \boxed{\uparrow}$ Por tanto, existirán 4 electrones desapareados

---

4º - El color amarillo de la luz de vapor del sodio proviene de la raya D del espectro visible de dicho elemento. La longitud de onda correspondiente a dicha raya es de 5 890 $\overset{0}{A}$ Calcular la diferencia de energía de los niveles electrónicos del átomo de sodio correspondiente a dicha transición, expresando el resultado en J/át y en eV/át.

SOLUCIÓN

Para determinar la energía de cualquier radiación electromagnética viene dada por la ecuación de Planck: **$E = h.\nu$** donde h es la constante de Plnack= $6,6252.10^{-34}$ J.s, y ν es la frecuencia de dicha radiacción, la cual está relacionada con la longitud de onda (λ) por la velocidad de la misma: **$c = \lambda.\nu$**.

Por tanto, para esta radiación de la cual conocemos su longitud de onda: $\lambda = 5890\ \overset{0}{A} = 5,89.10^{-7}$ m , tenemos:

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3.10^8}{5,89.10^{-7}} = 5,093.10^{14}\,s^{-1}$$

Y por tanto, la energía correspondiente a esta radiación, emitida por el salto de un electrón, procedente de un átomo será:

$E = h.\nu$ $= 6,6252.10^{-34}.5,093.10^{14}$ = **$3,37.10^{-19}$ Julios/átomo**, y dado que hemos de expresarla en eV (electrones-Voltio) y sabemos que 1 eV = $1,60219.10^{-19}$ J, nos quedará:

$$\frac{3,37.10^{-19}}{1,60219.10^{-19}} = 2,11\ \frac{eV}{atomo}$$

5º - Calcular la velocidad de los electrones emitidos por una superficie metálica cuando inciden sobre ella fotones de 2.10^{-7} m de longitud de onda. El trabajo de extracción de ese metal es 4,2 eV.

SOLUCIÓN

El trabajo de extracción o frecuencia umbral es la frecuencia que ha de tener una radiación para arrancar un electrón a un átomo. Por ello, si iluminamos un átomo exactamente con una radiación de esa frecuencia, el electrón saldría sin energía cinética alguna, pero si la radiación tiene una frecuencia mayor, el electrón saldría con una energía (cinética) igual a la diferencia entre la energía de la radiación con la cual se ilumina al átomo y la necesaria para arrancarlo (umbral)

Así, la energía correspondiente a la frecuencia umbral y la de la radiación con la cual se ilumina son:

$$\left.\begin{array}{l} E_{umbral} = 4{,}2eV = 4{,}2.1{,}6.10^{-19} = 6{,}72.10^{-19}\,J \\ E_{luz} = 6{,}62.10^{-34}\,J.s.\dfrac{3.10^{8}\ m/s}{2.10^{-7}\,m} = 9{,}93.10^{-19}\,J \end{array}\right\}\text{de donde sale la energia del electron}$$

$$E_{electron} = E_{luz} - E_{umbral} = 9{,}93.10^{-19} - 6{,}72.10^{-19} = 3{,}21.10^{-19}\,J$$

Y dado que esta energía que lleva el electrón es energía cinética, y la masa del mismo es $9{,}1.10^{-31}$ Kg, la velocidad que lleva será:

$$Ec = \frac{1}{2}m.v^{2} \Rightarrow 3{,}21.10^{-19} = \frac{1}{2}9{,}1.10^{-31}.v^{2}\ ;$$ **v = 839937,2 m/s**