

## TRABAJO PRACTICO Nº 7

### TEORÍA CUÁNTICA Y LA ESTRUCTURA ELECTRÓNICA DE LOS ÁTOMOS

#### 1. PROPIEDADES DE LAS ONDAS: $u = \lambda \cdot v$

1.1 Calcule la velocidad de una onda cuya longitud de onda y frecuencia son 17,4 cm y 87,4 Hz

$$u = \lambda \cdot v$$

$$u = 17,4 \text{ cm} \times 87,4 \text{ s}^{-1}$$

$$u = 1520,76 \text{ cm} \times \text{s}^{-1}$$

1.2 Calcule la frecuencia (en Hz) de una onda cuya velocidad y longitud de onda son 713 m/s y 1.14 m respectivamente.

$$v = \frac{u}{\lambda}$$

$$v = \frac{713 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{1,14 \text{ m}}$$

$$v = 625,44 \text{ Hz}$$

#### 2. RADIACIÓN ELECTROMAGNETICA: $v = c/\lambda$ ; (1 nm = $1 \cdot 10^{-9}$ m) ; ( $c = 3 \cdot 10^8$ m/s)

2.1 La longitud de onda de la luz verde de un semáforo se sitúa alrededor de 522 nm. ¿Cuál es la frecuencia de esta radiación?

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

$$v = \frac{3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{522 \text{ nm} \times \frac{10^{-9} \text{ m}}{\text{nm}}}$$

$$v = 5,75 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

2.2 ¿Cuál es la longitud de onda (en metros) de una onda electromagnética cuya frecuencia es  $3,64 \cdot 10^7$  Hz?

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

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{3,64 \times 10^7 \text{ s}^{-1}}$$

$$\lambda = 8,24 \text{ m}$$

#### 3. EFECTO FOTOELECTRICO: $E = h \cdot v = h \cdot c / \lambda$

3.1 Calcule la energía (en J) de :

a) un fotón con una longitud de onda de  $5 \cdot 10^4$  nm (región infrarroja)

$$E = h \cdot v$$

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

$$E = \frac{6,63 \times 10^{-34} \text{ J} \times \text{s} \times 3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{5 \times 10^4 \text{ nm} \times \frac{10^{-9} \text{ m}}{\text{nm}}}$$

$$E = 3,98 \times 10^{-21} \text{ J}$$

b) un fotón con una longitud de  $5 \cdot 10^{-2} \text{ nm}$  (región de los rayos X)

$$E = h \cdot \nu \quad E = \frac{h c}{\lambda} \quad E = \frac{6,63 \times 10^{-34} \text{ J} \times s \times 3 \times 10^8 \frac{m}{s}}{5 \times 10^{-2} \text{ nm} \times \frac{10^{-9} \text{ m}}{\text{nm}}} \quad \boxed{E = 3,98 \times 10^{-15} \text{ J}}$$

3.2 La energía de un fotón es  $5,87 \cdot 10^{-20} \text{ J}$  ¿Cuál es su longitud de onda en nm?

$$\lambda = \frac{h c}{E} \quad \lambda = \frac{6,63 \times 10^{-34} \text{ J} \times s \times 3 \times 10^8 \frac{m}{s} \times 1 \text{ nm}}{5,87 \times 10^{-20} \text{ J} \times 10^{-9} \text{ m}} \quad \boxed{\lambda = 3388,4 \text{ nm}}$$

**4. ESPECTRO DE EMISION:**  $\Delta E = R_H [(1/n_i^2) - (1/n_f^2)]$  ;  $\lambda = c / \nu = c \cdot h / \Delta E$

4.1 ¿Cuál es la longitud de onda (en nm) de un fotón emitido durante la transición desde el estado  $n_i = 6$  al estado  $n_f = 4$  en el átomo de H?

$$\Delta E = R_H [(1/n_i^2) - (1/n_f^2)] \quad \Delta E = 2,18 \times 10^{-18} \text{ J} [(1/6^2) - (1/4^2)] \quad \boxed{\Delta E = -7,57 \times 10^{-20} \text{ J}}$$

4.2 ¿Cuál es la longitud de onda de un fotón emitido durante la transición desde el estado  $n_i = 5$  al estado  $n_f = 2$  en el átomo de hidrógeno?

$$\Delta E = R_H [(1/n_i^2) - (1/n_f^2)] \quad \Delta E = 2,18 \times 10^{-18} \text{ J} [(1/5^2) - (1/2^2)] \quad \Delta E = -4,58 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$\lambda = \frac{h c}{\Delta E} \quad \lambda = \frac{6,63 \times 10^{-34} \text{ J} \times s \times 3 \times 10^8 \frac{m}{s} \times 1 \text{ nm}}{4,58 \times 10^{-19} \text{ J} \times 10^{-9} \text{ m}} \quad \boxed{\lambda = 434 \text{ nm}}$$

**5. NATURALEZA DUAL DEL ELECTRON:**  $\lambda = h / m \cdot v$

5.1 Calcule la longitud de onda asociada a una pelota de tenis de  $6 \cdot 10^{-2} \text{ kg}$  que viaja a  $62 \text{ m/s}$ .

$$\lambda = \frac{h}{m \times v} \quad \lambda = \frac{6,63 \times 10^{-34} \text{ Kg} \times m^2 \times s}{6 \times 10^{-2} \text{ Kg} \times 62 \frac{m}{s} \times s^2} = 1,78 \times 10^{-34} \text{ m} \times \frac{1 \text{ nm}}{10^{-9} \text{ m}} \quad \boxed{\lambda = 1,78 \times 10^{-25} \text{ nm}}$$

5.2 Calcule la longitud de onda asociada a un electrón que se mueve a  $62 \text{ m/s}$  y tiene una masa de  $9,1095 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ .

$$\lambda = \frac{h}{m \times v} \quad \lambda = \frac{6,63 \times 10^{-34} \text{ Kg} \times m^2 \times s}{9,1095 \times 10^{-31} \text{ Kg} \times 62 \frac{m}{s} \times s^2} = 1,17 \times 10^{-5} \text{ m} \times \frac{1 \text{ nm}}{10^{-9} \text{ m}} \quad \boxed{\lambda = 1,18 \times 10^4 \text{ nm}}$$

## 6. ORBITALES ATÓMICOS

6.1 Proporcione una lista con los valores de  $n$ ,  $l$  y  $m_l$  para los orbitales del subnivel 4d

El número que designa el nivel corresponde a  $n$  por lo tanto  $n=4$   
La letra designa el tipo de orbital d indica un valor de  $l=2$   
En el subnivel 4d  $n=4$   $l=2$   
Los valores de  $m_l$  van a variar desde  $-l$  a  $+l$ . En este caso los valores de  $m_l$  podrán ser : -2,-1,0,1 ó 2

6.2 ¿Cuál es el número total de orbitales asociados al número cuántico principal  $n = 3$ ?

Para  $n=3$   $l$  puede valer 0,1 y 2 por lo tanto hay un orbital 3s( $n=3, l=0$  y  $m_l=0$ ); existen tres orbitales 3p ( $n=3, l=1$  y  $m_l=-1,0,1$ ); hay cinco orbitales 3d( $n=3, l=2$  y  $m_l=-2,-1,0,1,2$ )  
El número total de orbitales es :  $1 + 3 + 5 = 9$

(\*)El número total d orbitales para un determinado valor de  $n$  siempre es  $n^2$   $3^2=9$

## 7. CONFIGURACIÓN ELECTRÓNICA

7.1 Escriba los cuatro números cuánticos para un electrón en un orbital 3p

$n=3$        $l=1$        $m_l=(-1,0,1)$        $m_s = (-1/2 ; +1/2)$

Tenemos seis combinaciones posibles para los seis electrones que estarán alojados en el orbital 3p :

(3,1,-1,+1/2)	(3,1,-1,-1/2)
(3,1,0,+1/2)	(3,1,0,-1/2)
(3,1,1,+1/2)	(3,1,1,-1/2)

7.2 Hacer un esquema con el orden de llenado de los subniveles atómicos en un átomo polielectrónico hasta el subnivel 7p

Para determinar el orden de llenado de los orbitales debemos seguir la regla de las diagonales:

1s
2s 2p
3s 3p 3d
4s 4p 4d 4f
5s 5p 5d 5f
6s 6p 6d
7s 7p

7.3 Cuál es el número máximo de electrones que pueden estar presentes en el nivel principal para el que  $n = 3$  y para  $n = 4$ ?

Determinamos anteriormente que el número total de orbitales está dado por  $n^2$ ; además, sabemos que se pueden alojar un máximo de dos electrones por orbital el número total de electrones estará dado por la expresión  $2n^2$

Para  $n=3$  número total de electrones =  $2 \times 3^2 = 18$  electrones

Para  $n=4$  número total de electrones =  $2 \times 4^2 = 32$  electrones

7.4 Un átomo de O tiene 8 electrones. Escribir los cuatro números cuánticos para cada uno de los 8 electrones en su estado fundamental.

Dibujar los electrones en las casillas cuánticas de Pauli.



Electrón	n	l	ml	ms	Orbital
1	1	0	0	+1/2	1s
2	1	0	0	- 1/2	
3	2	0	0	+1/2	2s
4	2	0	0	- 1/2	
5	2	1	-1	+1/2	2p <sub>x</sub> , 2p <sub>y</sub> , 2p <sub>z</sub>
6	2	1	0	+1/2	
7	2	1	1	+1/2	
8	2	1	1	- 1/2	(*)

(\*)La colocación del octavo electrón en un orbital con  $ml=1$  es arbitraria.

También es correcto asignarle valores de  $ml=0$  ó  $ml=-1$

7.5 Escriba un conjunto completo de números cuánticos para cada uno de los electrones del B.



Electrón	n	l	ml	ms	Orbital
1	1	0	0	+1/2	1s
2	1	0	0	- 1/2	
3	2	0	0	+1/2	2s
4	2	0	0	- 1/2	
5	2	1	1	+1/2	(*) 2p

(\*)La colocación del quinto electrón en un orbital con  $ml=1$  y  $ms=+1/2$  es arbitraria.

También es correcto asignarle valores de  $ml=0$  ó  $ml=-1$  y de  $ms=-1/2$

7.6 Escriba la configuración electrónica del S ( $Z = 16$ )

Configuración electrónica completa:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$

Configuración electrónica abreviada:  $[\text{Ne}] 3s^2 3p^4$

7.7 Escriba la configuración electrónica del Pd ( $Z = 46$ )

Configuración electrónica completa:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 4d^{10}$

Configuración electrónica abreviada:  $[\text{Kr}] 4d^{10}$

7.8 Escriba la configuración electrónica del P ( $Z = 15$ )

Configuración electrónica completa:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$

Configuración electrónica abreviada:  $[\text{Ne}] 3s^2 3p^3$

7.9 El número atómico de un elemento es 73 ¿Es diamagnético o paramagnético?

Cuando el número atómico del elemento es un número impar tenemos la certeza de que habrá al menos un electrón desapareado por lo tanto se trata de un elemento paramagnético

7.10 Indique el número de electrones no apareados presentes en cada uno de los siguientes elementos: B, Ne, P, Sc, Mn, Se, Kr, Fe, Cd, I, Pb.

B  $1s^2 2s^2 2p^1$  un electrón desapareado

Ne  $1s^2 2s^2 2p^6$  ningún electrón desapareado

P  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$  tres electrones desapareados

Sc  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^1$  un electrón desapareado

Se  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^4$  dos electrones desapareados

Kr  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6$  ningún electrón desapareado

Fe  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^6$  cuatro electrones desapareados

Cd  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10}$  ningún electrón desapareado

I  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^5$  un electrón desapareado

Pb  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^6 6s^2 4f^{14} 5d^{10} 6p^2$  dos electrones desapareados

7.11 Escriba las configuraciones electrónicas en el estado fundamental para los siguientes elementos: Ge, Fe, Zn, Ni, W, Tl

Ge  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^2$

Fe  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^6$

Zn  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10}$

Ni  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^8$

W  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^6 6s^2 4f^{14} 5d^4$

Tl  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^6 6s^2 4f^{14} 5d^{10} 6p^1$

## Trabajo Práctico n ° 7

### Ejercicios complementarios:

1. Un fotón tiene una longitud de onda de 624 nm. Calcule la energía del fotón en Joules.

$$E = h \cdot \nu \quad E = \frac{h c}{\lambda} \quad E = \frac{6,63 \times 10^{-34} \text{ J} \times s \times 3 \times 10^8 \frac{m}{s}}{624 \text{ nm} \times \frac{10^{-9} \text{ m}}{\text{nm}}} \quad \boxed{E = 3,19 \times 10^{-19} \text{ J}}$$

2. ¿Cuál es la longitud de onda (en nm) y la frecuencia (en Hz) de un fotón emitido por un átomo de hidrógeno cuando su electrón cae del nivel  $n = 4$  al de  $n = 2$  ?

$$\Delta E = R_H \left[ \left( \frac{1}{n_i^2} \right) - \left( \frac{1}{n_f^2} \right) \right] \quad \Delta E = 2,18 \times 10^{-18} \text{ J} \left[ \left( \frac{1}{4^2} \right) - \left( \frac{1}{2^2} \right) \right] \quad \Delta E = -4,09 \times 10^{-19} \text{ J}$$

El signo negativo de  $\Delta E$  indica que la energía será liberada a los alrededores. Para calcular la longitud de onda (que se expresa con números positivos) ingresamos a la fórmula el valor de  $\Delta E$  sin el signo:

$$\lambda = \frac{h c}{\Delta E} \quad \lambda = \frac{6,63 \times 10^{-34} \text{ J} \times s \times 3 \times 10^8 \frac{m}{s} \times 1 \text{ nm}}{4,09 \times 10^{-19} \text{ J} \times 10^{-9} \text{ m}} \quad \boxed{\lambda = 486,3 \text{ nm}}$$

3. ¿Cuál es la longitud de onda de De Broglie (en cm) asociada con una pelota de ping pong de 2,5g que viaja a 56,33 km/h ?

$$\lambda = \frac{h}{m \times v} \quad \lambda = \frac{6,63 \times 10^{-34} \text{ Kg} \times \text{m}^2 \times \text{s}}{2,5 \times 10^{-3} \text{ Kg} \times 56,33 \frac{\text{Km}}{\text{h}} \times \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ Km}} \times \frac{\text{Km}}{\text{h}} \times \frac{3600 \text{ s}}{\text{h}} \times \frac{1}{\text{s}^2}} = 7,37 \times 10^{-38} \text{ m} \times \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}}$$
$$\boxed{\lambda = 7,37 \times 10^{-36} \text{ cm}}$$

4. Un electrón de un cierto átomo está en el nivel cuántico  $n = 2$ . Enumere los valores posibles de  $l$  y  $m_l$  que puede tener.

Para el nivel  $n=2$   $l$  puede tener valores 0,1

Si  $n=2$  y  $l=0$  entonces,  $m_l=0$

Si  $n=2$  y  $l=1$   $m_l$  puede tener valores (-1,0,1)

5. Las configuraciones electrónicas del estado fundamental que se muestran a continuación son incorrectas. Explique qué errores se han cometido en cada una y escriba las configuraciones correctas:

Al:  $1s^2 2s^2 2p^4 3s^2 3p^3$

B:  $1s^2 2s^2 2p^5$

F:  $1s^2 2s^2 2p^6$

Al:  $1s^2 2s^2 2p^4 3s^2 3p^3$  No respeta el principio de Aufbau de llenado de los orbitales desde el nivel más bajo de energía. El subnivel 2p debe estar completo antes de comenzar a ubicar electrones en el subnivel 3s.

Para el Al  $Z=13$  debo ubicar 13 electrones en la configuración electrónica, respetando el orden de llenado que establece la regla de las diagonales

Al:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$  Configuración electrónica completa correcta

B:  $1s^2 2s^2 2p^5$  La configuración electrónica no corresponde al B  $Z=5$ , que debe tener 5 electrones. La suma de los superíndices de los orbitales nos indica el número total de electrones ubicados en la configuración electrónica:

$$2+2+5=9$$

La configuración electrónica completa del B es: B:  $1s^2 2s^2 2p^1$

F:  $1s^2 2s^2 2p^6$  La configuración electrónica no corresponde al elemento F  $Z=9$  que debe tener 9 electrones. La suma de los superíndices de los orbitales nos indica el número total de electrones ubicados en la configuración electrónica:

$$2+2+6=10$$

La configuración electrónica completa del F es: F:  $1s^2 2s^2 2p^5$

6. Escriba la configuración electrónica completa y abreviada del tecnecio en el estado fundamental.

Configuración electrónica completa:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 4d^7$

Configuración electrónica abreviada:  $[\text{Kr}] 4d^7$



7. Escriba la configuración electrónica completa y abreviada del selenio en el estado fundamental.

Configuración electrónica completa:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^4$

Configuración electrónica abreviada:  $[\text{Ar}]4s^2 3d^{10} 4p^4$

8. La configuración electrónica de un átomo neutro es:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ . Escriba el conjunto completo de números cuánticos para cada uno de los electrones. Identifique al elemento.

Electrón	n	l	ml	ms	Orbital
1	1	0	0	+1/2	1s
2	1	0	0	- 1/2	
3	2	0	0	+1/2	2s
4	2	0	0	- 1/2	
5	2	1	-1	+1/2	2p
6	2	1	0	+1/2	
7	2	1	1	+1/2	
8	2	1	-1	- 1/2	
9	2	1	0	- 1/2	
10	2	1	1	- 1/2	3s
11	3	0	0	+1/2	
12	3	0	0	-1/2	