

José Aguilar Peris  
José Luis Garzón

# FISICA Y QUIMICA



problemas  
y soluciones

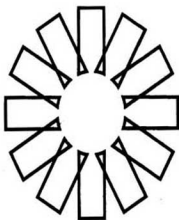
3°

anaya



# FISICA Y QUIMICA 3<sup>o</sup>

PROBLEMAS Y SOLUCIONES



JOSE AGUILAR PERIS  
JOSE LUIS GARZON

anaya

# PROLOGO

El conocimiento real de la Física y la Química sólo se adquiere con la práctica. Las clases teóricas y los libros de texto son fundamentales y constituyen el basamento sobre el que se apoya toda la estructura, pero la mejor prueba para juzgar la comprensión de un alumno sobre una materia científica es su capacidad para utilizarla por medio de ejercicios y problemas. Esta tarea, junto con las experiencias de laboratorio, son el complemento ideal para la formación del futuro científico.

Conscientes de la escasez de tiempo, la amplitud de programas y la dificultad proverbial de los temas científicos, publicamos, aparte, la solución detallada de la colección de ejercicios propuestos en nuestro texto, a fin de prestar un apoyo muy conveniente en estos niveles de enseñanza sin interferir el esfuerzo personal empeñado en vencer las dificultades.

Nos atrevemos a recordar que el aprendizaje memorístico de la resolución de un problema no sólo es inútil sino incluso contraproducente: inútil, dada la variedad casi innumerable de problemas que sobre un mismo tema pueden presentarse, y contraproducente porque incapacita la mente para su función imaginativa y creadora tan importante en el campo científico.

*J. Aguilar.  
J. L. Garzón.*



# METODOLOGIA GENERAL PARA LA RESOLUCION DE PROBLEMAS DE FISICA Y QUIMICA

1. *Leer cuidadosamente el enunciado del problema.*
2. *Entender bien los objetivos que deben alcanzarse en la resolución del mismo. ¿Cuáles son las incógnitas? ¿Cuáles son los datos? Si el problema posee más de una etapa, separar claramente cada una de ellas.*
3. *En muchos casos conviene hacer un esquema gráfico que ayude a la visualización de las características del problema y sus objetivos. Introducir en el dibujo la notación adecuada.*
4. *Plantear las ecuaciones, reacciones químicas o teoremas que relacionan las variables que intervienen en cada etapa del problema. Observar si con los datos conocidos se pueden resolver las incógnitas que se solicitan. De no ser así, replantear el problema comprobando si se han utilizado todas las condiciones del problema, y si es necesario, recurrir a nuevas fórmulas o teoremas.*
5. *Expresar todos los datos del problema en unidades homogéneas del sistema internacional.*
6. *Si se trata de una ecuación química, comprobar que los coeficientes de la reacción cumplen las leyes estequiométricas.*
7. *No efectuar el cálculo numérico hasta que el problema esté planteado con las ecuaciones necesarias para su resolución.*
8. *Expresar el resultado con el mismo número de cifras significativas (como máximo) que ofrecen los datos del problema. Normalmente bastan dos o tres. El resto debe expresarse en potencias de 10.*
9. *No olvidar las dimensiones del resultado.*
10. *Analizar la solución obtenida. Reflexionar si el resultado es lógico y comprobarlo si es posible.*

## INDICE

|                   |     |
|-------------------|-----|
| Capítulo 1 .....  | 5   |
| Capítulo 2 .....  | 13  |
| Capítulo 3 .....  | 27  |
| Capítulo 4 .....  | 34  |
| Capítulo 5 .....  | 40  |
| Capítulo 6 .....  | 45  |
| Capítulo 7 .....  | 50  |
| Capítulo 8 .....  | 58  |
| Capítulo 9 .....  | 66  |
| Capítulo 10 ..... | 72  |
| Capítulo 11 ..... | 79  |
| Capítulo 12 ..... | 86  |
| Capítulo 13 ..... | 91  |
| Capítulo 14 ..... | 97  |
| Capítulo 15 ..... | 101 |
| Capítulo 16 ..... | 105 |
| Capítulo 17 ..... | 109 |
| Capítulo 18 ..... | 117 |
| Capítulo 19 ..... | 122 |
| Capítulo 20 ..... | 126 |
| Capítulo 21 ..... | 131 |
| Capítulo 22 ..... | 134 |
| Capítulo 23 ..... | 137 |
| Capítulo 24 ..... | 142 |
| Capítulo 25 ..... | 147 |
| Capítulo 26 ..... | 151 |
| Capítulo 27 ..... | 154 |

# CAPITULO 1

- 1.1 Un concierto de música es escuchado simultáneamente por una persona situada en el patio de butacas de un teatro y por un astronauta que posee un receptor de radio a bordo de una cápsula espacial a 12 000 km de altura. ¿A qué distancia de la orquesta debe estar situada la persona del auditorio para percibir las primeras notas de la obra al mismo tiempo que el astronauta?

Datos:

Velocidad del sonido,  $v = 340$  m/s, velocidad de las ondas de la radio,  $c = 300\,000$  km/s

El tiempo de propagación del sonido desde la orquesta hasta la persona del auditorio es

$$t_1 = \frac{x_1}{v}$$

siendo  $x_1$  la distancia recorrida. Por otra parte, el tiempo de propagación de las ondas de la radio es

$$t_2 = \frac{x_2}{c}$$

siendo  $x_2$  la distancia desde el teatro a la cápsula espacial, o sea, 12 000 km. Por tanto,

$$\frac{x_1}{v} = \frac{x_2}{c} ; x_1 = x_2 \frac{v}{c} = 12 \times 10^6 \cdot \frac{340}{3 \times 10^8} = 13,60 \text{ m}$$

- 1.2 Un coche que parte del punto A recorre en línea recta la distancia AB con una velocidad de 60 km/h y regresa a A con una velocidad de 80 km/h. ¿Cuál fue su velocidad media considerando el viaje completo de ida y vuelta?

A primera vista la respuesta es de 70 km/h. Sin embargo, esto no es correcto, ya que el coche invierte tiempos distintos para recorrer la misma distancia.

$$x = 60t_1 = 80t_2$$

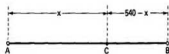
Es decir:

$$t_1 = \frac{80t_2}{60} = \frac{4}{3}t_2$$

y la velocidad media será

$$\bar{v} = \frac{2x}{t_1 + t_2} = \frac{2 \cdot 80t_2}{\frac{4}{3}t_2 + t_2} = 68,5 \text{ km/h}$$

- 1.3 La distancia entre dos ciudades A y B unidas por una autopista es de 540 km. Dos automóviles parten al mismo tiempo de A y B en direcciones opuestas. ¿A qué distancia de A se encontrarán sabiendo que el que parte de A lleva una velocidad de 100 km/h y el de B, 80 km/h. Representar gráficamente ambos movimientos e indicar el punto de intersección y el tiempo transcurrido.



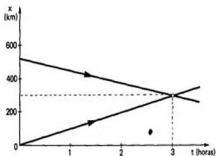
Si se encuentran en C, el tiempo empleado hasta alcanzar este punto es el mismo para ambos coches, o sea

$$t = \frac{x}{100} = \frac{540 - x}{80}$$

$$8x = 5400 - 10x$$

$$5400 = 18x \quad \boxed{x = 300 \text{ km}}$$

$$t = \frac{300}{100} = 3 \text{ horas}$$



- 1.4 Un móvil parte del reposo con una aceleración constante de  $0,8 \text{ m/s}^2$ . ¿Cuál es la ecuación del movimiento? ¿Cuál es su velocidad y el espacio recorrido al cabo de 10 s?

$$x = \frac{1}{2} at^2 = 0,4t^2 \quad Y$$

$$v = \frac{dx}{dt} = 0,8t$$

$$x_{10} = 40 \text{ m} \quad ; \quad v_{10} = 8 \text{ m/s}$$

1.5 Demostrar que en un movimiento uniformemente acelerado los espacios recorridos por el móvil durante intervalos de tiempo consecutivos e iguales forman una progresión aritmética.

$$x_0 = \frac{1}{2}at^2$$

$$x_1 = \frac{1}{2}a(t + \theta)^2 = \frac{1}{2}at^2 + a\theta t + \frac{1}{2}a\theta^2$$

$$x_2 = \frac{1}{2}a(t + 2\theta)^2 = \frac{1}{2}at^2 + 2a\theta t + \frac{4}{2}a\theta^2$$

$$x_3 = \frac{1}{2}a(t + 3\theta)^2 = \frac{1}{2}at^2 + 3a\theta t + \frac{9}{2}a\theta^2$$

$$x_4 = \frac{1}{2}a(t + 4\theta)^2 = \frac{1}{2}at^2 + 4a\theta t + \frac{16}{2}a\theta^2$$

$$e_1 = x_1 - x_0 = a\theta t + \frac{1}{2}a\theta^2$$

$$e_2 = x_2 - x_1 = a\theta t + \frac{3}{2}a\theta^2$$

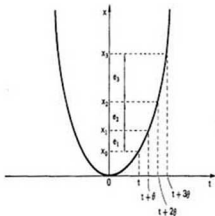
$$e_3 = x_3 - x_2 = a\theta t + \frac{5}{2}a\theta^2$$

$$e_4 = x_4 - x_3 = a\theta t + \frac{7}{2}a\theta^2$$

Como puede verse se pasa de un término al siguiente sumando

$$\frac{2}{2}a\theta^2 = a\theta^2$$

es decir, se trata de una progresión aritmética. La representación gráfica de  $x$  en función de  $t$  sigue una ley parabólica como puede verse en la figura adjunta.



- 1.6 Determinar el valor de la aceleración de la gravedad con los siguientes datos:

Una piedra lanzada verticalmente hacia arriba recorre 45 m en el primer segundo y 15 m durante el cuarto segundo de su recorrido ascendente.

$$x = v_0 t - \frac{1}{2} a t^2$$

$$45 = v_0 - \frac{1}{2} a$$

$$x_4 - x_3 = v_0(4 - 3) - \frac{1}{2} a(4^2 - 3^2) = 15$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 15 = v_0 - \frac{1}{2} a(16 - 9) = v_0 - \frac{7}{2} a \\ 45 = v_0 - \frac{1}{2} a \end{array} \right.$$

$$30 = 3a \quad ; \quad a = 10 \text{ m/s}^2$$

- 1.7 Se lanza una piedra verticalmente hacia arriba con una velocidad inicial de 6 m/s. ¿Al cabo de cuánto tiempo volverá a su posición inicial? ¿Cuál fue la altura máxima alcanzada por la piedra?

a)  $v_0 = 6 \text{ m/s}$ ,  $g = -9,81 \text{ m/s}^2$

$$Z = Z_0 + 6t - \frac{1}{2} 9,81 t^2 \quad ; \quad (Z_0 = 0)$$

La piedra volverá a su posición inicial cuando  $Z = 0$

$$6t - \frac{1}{2} 9,81 t^2 = 0$$

$$t_1 = 0 \quad (\text{inicial})$$

$$t_2 = \frac{12}{9,81} = 1,22 \text{ s}$$

- b) En el punto máximo

$$v = 6 - 9,81 t = 0$$

$$t_m = \frac{6}{9,81} = 0,61 \text{ s}$$

$$\left( \text{obsérvese que } t_m = \frac{1}{2} t_2 \right)$$

$$Z_{\text{máx}} = 6(0,61) - \frac{1}{2} 9,81(0,61)^2 = 1,83 \text{ m}$$

- 1.8 Un objeto se lanza desde una altura de 98 m con una velocidad horizontal inicial de 20 m/s. ¿A qué distancia  $x$  del punto de partida se encuentra el objeto al golpear contra el suelo?

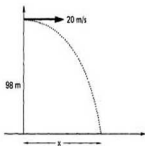
$$y = -\frac{1}{2}gt^2 = -98$$

$$98 = \frac{1}{2}9,8t^2$$

$$t = \sqrt{20} = 4,47 \text{ s}$$

Por tanto

$$x = v_x t = 20 \cdot 4,47 = 89,4 \text{ m}$$



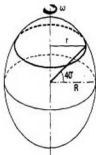
- 1.9 ¿A qué velocidad y en qué dirección debe volar horizontalmente un avión sobre la latitud de Madrid ( $\sim 40^\circ$ ) para que el piloto partiendo a medio día vea siempre el Sol al sur? (Radio de la Tierra, 6300 km.)

El avión debe volar siempre hacia el oeste a una velocidad igual a la velocidad lineal de la tierra en Madrid.

$$v = \omega r = \omega R \cos 40$$

$$\omega = \frac{2\pi}{24} = \frac{\pi}{12} \text{ rad/h}$$

$$v = \frac{\pi}{12} \cdot 6300 \times 0,766 = 1263 \text{ km/h (Oeste)}$$



- 1.10 Un electrón que se mueve con una velocidad de  $4 \times 10^6$  m/s atraviesa una lámina de papel de 10 micras de espesor. Al salir del papel, su velocidad se ha reducido a la mitad. ¿Qué tiempo empleó el electrón en atravesar el papel?

Teniendo en cuenta la expresión

$$v^2 - v_0^2 = 2ax$$

en donde

$$\begin{aligned}v_0 &= 4 \times 10^6 \text{ m/s} \\v &= 2 \times 10^6 \text{ m/s} \\x &= 10 \times 10^{-6} \text{ m} = 10^{-5} \text{ m}\end{aligned}$$

resulta

$$\begin{aligned}(4 - 16)10^{12} &= 2a10^{-5} \\a &= -6 \times 10^{17} \text{ m/s}^2 \text{ (mov. retardado)}\end{aligned}$$

Por otra parte

$$\begin{aligned}v &= v_0 + at \\t &= \frac{v - v_0}{a} = \frac{-2 \times 10^6}{-6 \times 10^{17}} = 3,3 \times 10^{12} \text{ s}\end{aligned}$$

- 1.11 Una bala se dispara verticalmente hacia arriba con una velocidad inicial de 100 m/s. ¿Cuál es la altura máxima alcanzada por el proyectil?

$$v^2 - v_0^2 = 2ay \quad ; \quad a = g = -9,81 \text{ m/s}^2$$

En el punto más alto se cumple

$$\begin{aligned}v &= 0 \\y &= \frac{-v_0^2}{2g} = -\frac{-10^4}{-2 \cdot 9,81} = \frac{10000}{19,62} = 509,7 \text{ m}\end{aligned}$$

- 1.12 Una piedra se deja caer en un pozo y un segundo después se deja caer otra. ¿Qué distancia les separa al cabo de 10 segundos?

Distancia recorrida por la primera piedra en el tiempo  $t$ :

$$x_1 = \frac{1}{2}gt^2$$

Distancia recorrida por la segunda en el tiempo  $(t - 1)$ :

$$x_2 = \frac{1}{2}g(t - 1)^2$$

Separación de las dos piedras:

$$x_1 - x_2 = \frac{1}{2}gt^2 - \frac{1}{2}g(t^2 + 1 - 2t) = -\frac{1}{2}g + gt = 10g - \frac{g}{2} = 9,5g = 93,19 \text{ m}$$



- 1.13 ¿Qué tiempo de exposición debe darse a una fotografía de un caballo que corre a la velocidad de 10 m/s para que la imagen del negativo no resulte «movida», teniendo en cuenta que para ello es necesario que la imagen no se desplace más de 0,1 mm? La longitud del caballo es de 2,4 m y la imagen resultante de 2,4 cm.

La relación entre el objeto y la imagen es  $\frac{2400}{2,4} = 100$ . Esta misma relación debe existir entre el espacio recorrido por el caballo en el tiempo máximo de exposición  $t$  y el corrimiento  $x$  de la imagen en ese tiempo. Es decir

$$\frac{vt}{x} = 100 \quad ; \quad t = \frac{100x}{v} = \frac{100 \times 0,01}{1000} = 10^{-3} \text{ s}$$

- 1.14 Una bala disparada verticalmente vuelve a su punto de partida en 4 segundos. Determinar la velocidad inicial con que fue lanzada.

Tomando la dirección hacia arriba como positiva  $g = -9,8 \text{ m/s}^2$ . Para  $t = 4 \text{ s}$ ,  $y = 0$ , es decir:

$$y = v_0 t + \frac{1}{2} g t^2$$

$$0 = 4v_0 - \frac{1}{2} \cdot 9,8 \cdot 16 \quad ; \quad 4v_0 = 8 \times 9,8$$

$$v_0 = 2 \times 9,8 = 19,6 \text{ m/s}$$

- 1.15 Una piedra se deja caer en un pozo seco y tarda 5 segundos en llegar al fondo. Determinar la velocidad con que la piedra choca contra el fondo y la profundidad del pozo.

$$v = v_0 + gt = 0 + 9,81 \times 5 = 49,5 \text{ m/s}$$

$$x = v_0 t + \frac{1}{2} g t^2 = 0 + \frac{1}{2} \cdot 9,81 \times 25 = 122,6 \text{ m}$$

- 1.16 Un avión se mueve de sur a norte con la velocidad de 200 km/h respecto al aire, el cual se mueve de este a oeste con velocidad de 30 km/h. ¿Cuál es la velocidad relativa del avión respecto a la tierra?

$$\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2$$

Con notación vectorial tendríamos

$$\vec{v}_1 = -30\mathbf{i} \quad ; \quad \vec{v}_2 = 200\mathbf{j}$$

Luego

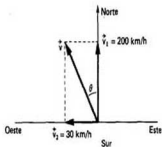
$$\vec{v} = -30\mathbf{i} + 200\mathbf{j}$$

El módulo de  $\vec{v}$  será

$$v = \sqrt{900 + 40000} = 202,2 \text{ km/h}$$

y su dirección

$$\text{tg } \theta = \frac{-30}{200} \quad ; \quad \theta = 8,53^\circ \quad (\text{a la izquierda del Norte})$$



- 1.17 Un cohete alcanza una velocidad de  $3 \times 10^4$  km/h en 2 minutos. ¿Cuál fue su aceleración media en km/hora · segundo? ¿Qué velocidad tiene al cabo de 1 hora y qué distancia ha recorrido en ese tiempo?

$$a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{3 \times 10^4 \text{ km/h}}{2 \times 60} = 250 \text{ km/h} \cdot \text{s}$$
$$= \frac{250 \times 1000}{3600} = 69,44 \text{ m/s}^2$$

$$v = a_m t = 250 \text{ km/h} \cdot \text{s} \times 3600 \text{ s} = 9 \times 10^5 \text{ km/h}$$

$$x = \frac{1}{2} a t^2 = \frac{1}{2} 69,44 \times 3600^2 = 4,50 \times 10^8 \text{ m} = 4,50 \times 10^5 \text{ km}$$

- 1.18 Un astronauta da una vuelta alrededor de la Luna en un tiempo de 1 hora 48 m 20 s. Si su distancia al centro de la Luna es de 1700 km, ¿cuál sería su aceleración centrípeta?

$$T = 1 \text{ h } 48 \text{ m } 20 \text{ s} = 6500 \text{ s}$$

$$a = \omega^2 R = \frac{4\pi^2}{T^2} R = \frac{4 \times (3,14)^2 \times 1,7 \times 10^6}{(6500)^2} = 1,6 \text{ m/s}^2$$

# CAPITULO 2

- 2.1 Un planeta de masa  $m$  gira alrededor del Sol según la trayectoria elíptica de la figura. ¿En qué punto  $P_1$  o  $P_2$  será mayor su velocidad?

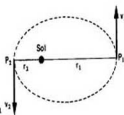
Teniendo en cuenta que el momento cinético del planeta alrededor del sol es constante resulta

$$mv_1 r_1 = mv_2 r_2$$

Como  $r_2 < r_1$  resulta

$$v_2 > v_1$$

La velocidad es mayor cuando el planeta está más próximo al Sol.



- 2.2 Determinar a partir de los siguientes datos la aceleración centrípeta de la Luna en su movimiento alrededor de la Tierra. Distancia Tierra-Luna = 380 000 km. Período lunar, 27,3 días.

$$T = 27,3 \text{ días} = 27,3 \times 86\,400 = 2,36 \times 10^6 \text{ s}$$

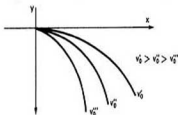
$$a = \omega^2 R = \frac{4\pi^2}{T^2} R = \frac{4\pi^2 \times 3,8 \times 10^8}{(2,36 \times 10^6)^2} = 2,69 \times 10^{-3} \text{ m/s}^2$$

- 2.3 Una bola se lanza horizontalmente desde lo alto de una torre con una velocidad inicial  $V_0$ . Determinar la ecuación de la trayectoria y representarla gráficamente en un sistema de coordenadas  $xy$ . ¿Cómo se modifican las trayectorias a medida que crece  $V_0$ ?

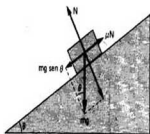
$$\left. \begin{aligned} x &= v_0 t \\ y &= -\frac{1}{2} g t^2 \end{aligned} \right\} y = -\frac{1}{g} \left( \frac{x}{v_0} \right)^2 = -\frac{g}{2v_0^2} x^2$$

ecuación de una parábola que viene representada en la figura para distintos valores de  $v_0$ .

La parábola se aproxima más al eje horizontal a medida que crece  $v_0$ .



2.4 Un cuerpo se proyecta por un plano de inclinación  $\theta$  en dirección descendente con velocidad inicial  $v_0$ . Si el coeficiente de rozamiento del cuerpo con el plano es  $\mu$  determinar, la aceleración y la velocidad del movimiento, así como el espacio recorrido al cabo de un tiempo  $t$ . Discutir los casos en que 1.º)  $\mu = 0$ ; y 2.º)  $\theta = \pi/2$ .



Las fuerzas que actúan son:

$$\begin{cases} \text{componente de la gravedad} & : mg \operatorname{sen} \theta \\ \text{fuerza de rozamiento} & : \mu N = \mu mg \cos \theta \end{cases}$$

Por tanto:

$$ma = mg \operatorname{sen} \theta - \mu mg \cos \theta$$

$$a = \frac{dv}{dt} = g \operatorname{sen} \theta - \mu g \cos \theta$$

$$v = g(\operatorname{sen} \theta - \mu \cos \theta)t + C$$

para  $t = 0$ ,  $v_0 = 0 + C$ . Por tanto,

$$v = \frac{dx}{dt} = g(\operatorname{sen} \theta - \mu \cos \theta)t + v_0$$

Integrando de nuevo

$$x = \frac{1}{2}g(\operatorname{sen} \theta - \mu \cos \theta)t^2 + v_0 t + C$$

$$\text{para } t = 0, x_0 = 0, C = 0$$

En resumen

$$a = g \operatorname{sen} \theta - \mu g \cos \theta$$

$$v = v_0 + g(\operatorname{sen} \theta - \mu \cos \theta)t$$

$$x = \frac{1}{2}g(\operatorname{sen} \theta - \mu \cos \theta)t^2 + v_0 t$$

Si no hubiera rozamiento,  $\mu = 0$

$$a = g \operatorname{sen} \theta$$

$$v = v_0 + g t \operatorname{sen} \theta$$

$$x = \frac{1}{2}g t^2 \operatorname{sen} \theta + v_0 t$$

Si  $\theta = 90^\circ$  (caída vertical)

$$a = g$$

$$v = v_0 + g t$$

$$x = \frac{1}{2}g t^2 + v_0 t$$

2.5 Una piedra se lanza hacia arriba junto a un precipicio a una velocidad de 30 m/s. ¿Dónde se encontrará la piedra al cabo de 5 s y al cabo de 10 s de haber sido lanzada?

$$\left. \begin{array}{l} 1.^{\circ}) \quad v_0 = 30 \text{ m/s} \\ \quad \quad t = 5 \text{ s} \\ \quad \quad a = -9,8 \text{ m/s}^2 \end{array} \right\}$$

$$y = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 = 150 - \frac{1}{2} \cdot 9,8 \cdot 25 = 150 - 122 = 28 \text{ m}$$

Como  $y > 0$ , la piedra está por encima del punto de lanzamiento. Para ver si está subiendo o bajando, calculamos  $v$ :

$$v = v_0 + at = 30 - 9,8 \cdot 5 = 30 - 49,0 = -19 \text{ m/s}$$

Como  $v < 0$ , la piedra está bajando.

$$\left. \begin{array}{l} 2.^{\circ}) \quad v_0 = 30 \text{ m/s} \\ \quad \quad t = 10 \text{ s} \\ \quad \quad a = -9,8 \text{ m/s}^2 \end{array} \right\}$$

$$y = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 = 300 - \frac{1}{2} \cdot 9,8 \cdot 100 = 300 - 490 = -190 \text{ m}$$

La piedra está por debajo del punto de lanzamiento.

2.6 Una bala de 20 g se dispara contra un árbol con velocidad inicial de 200 m/s. La bala se detiene después de penetrar 5 cm en la madera. Calcular la fuerza de resistencia ejercida por la madera.

$$v_0 = 200 \text{ m/s}$$

$$v = 0$$

$$x = 5 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$v^2 - v_0^2 = 2ax$$

$$0 - 4 \times 10^4 = 2a \times 5 \times 10^{-2}$$

$$a = -\frac{4 \times 10^4}{10^{-1}} = -4 \times 10^5 \text{ m/s}^2$$

$$f = ma = 20 \times 10^{-3} (-4 \times 10^5) = -80 \times 10^2 = -8000 \text{ N}$$

2.7 Un cuerpo de masa 6 kg experimenta la siguiente fuerza

$$\vec{F} = (3i - 8j) \text{ newtons}$$

Calcular su velocidad a los dos segundos de iniciado el movimiento.

$$F_x = 3i \quad 3 = 6a_x \quad a_x = 0,5 \text{ m/s}^2$$

$$F_y = 8j \quad -8 = 6a_y \quad a_y = -\frac{4}{3} \text{ m/s}^2$$

$$v_x = a_x t = 0,5 \times 2 = 1 \text{ m/s}$$

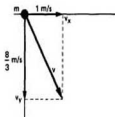
$$v_y = a_y t = -\frac{4}{3} \times 2 = -\frac{8}{3} \text{ m/s}$$

Velocidad resultante:

$$\vec{v} = \left(1i - \frac{8}{3}j\right) \text{ m/s}$$

Módulo de v:

$$= \sqrt{1 + \frac{64}{9}} = \sqrt{\frac{73}{9}} = 2,85 \text{ m/s}$$



2.8 Un camión de 10 toneladas y velocidad 60 km/h choca frontalmente contra un automóvil de masa 1000 kg y velocidad 80 km/h. Si permanecen unidos después de la colisión ¿con qué velocidad se mueve el conjunto inmediatamente después del choque?

Por el principio de conservación de la cantidad de movimiento:

$$MV - mv = (M + m)v_0$$

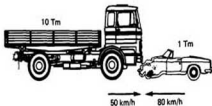
$$M = 10 \text{ m}$$

$$10 mV - mv = 11000 v_0$$

$$V = 60 \text{ km/h} = \frac{60000}{3600} = 16,67 \text{ m/s}$$

$$v = 80 \text{ km/h} = \frac{80000}{3600} = 22,22 \text{ m/s}$$

$$v_0 = \frac{m(10V - v)}{11000} = \frac{1000(10 \times 16,67 - 22,22)}{11000} = 13,13 \text{ m/s} \approx 47,3 \text{ km/h}$$



- 2.9 Un átomo de radio en reposo emite espontáneamente una partícula  $\alpha$ . Si la velocidad de esta partícula en el momento de la emisión es de  $10^7$  m/s, ¿cuál será la velocidad del núcleo de radio una vez emitida? Peso atómico del radio, 226.

Momento lineal del núcleo de radio antes de la emisión = 0



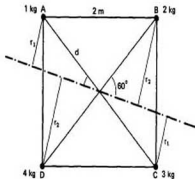
Momento lineal del sistema después de la emisión =  $m_1 v_1 + m_2 v_2$



$$0 = m_1 v_1 + m_2 v_2$$

$$v_2 = -\frac{m_1}{m_2} v_1 = -\frac{4}{222} 10^7 = -0,018 \times 10^7 = -1,8 \times 10^5 \text{ m/s}$$

- 2.10 En los vértices A, B, C y D de un cuadrado de lado 2 m existen masas de 1, 2, 3 y 4 kg respectivamente. Hallar el momento de inercia de este sistema respecto a un eje que pasando por el centro del cuadrado está contenido en el plano del cuadrado y forma un ángulo de  $30^\circ$  con la diagonal AC, cortando los lados AD y BC.



$$I = \sum m r^2$$

$d = \text{diagonal}$

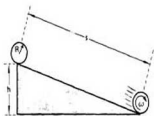
$$d = \sqrt{2^2 + 2^2} = \sqrt{8} = 2,83$$

$$r_1 = \frac{2,83}{2} \text{ sen } 30 = \frac{2,83}{4} = 0,707 \text{ m}$$

$$r_2 = \frac{2,83}{2} \text{ sen } 60 = 1,415 \times 0,866 = 1,225$$

$$\begin{aligned} I &= 1 \times 0,707^2 + 2 \times 1,225^2 + 3 \times 0,707^2 + 4 \times 1,225^2 \\ &= (0,4998) + (2 \times 1,5006) + (3 \times 0,4998) + (4 \times 1,5006) \\ &= 4 \times 0,4998 + 6 \times 1,5006 = 1,9992 + 9,0037 = 11,003 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

- 2.11 Una esfera sólida de radio 1 cm y masa 1 kg se deja caer rodando desde la parte alta de un plano inclinado de altura 70 cm. ¿Qué velocidad lineal posee al alcanzar la parte inferior del plano inclinado?



Por el principio de conservación de la energía

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\omega^2$$

$$I = \frac{2}{5}mR^2 \quad (\text{momento de inercia de la esfera})$$

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{5}mR^2 \frac{v^2}{R^2}$$

$$= \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{5}mv^2 = \frac{7}{10}mv^2$$

$$v = \sqrt{\frac{10gh}{7}} = \sqrt{\frac{10 \times 9,81 \times 0,70}{7}} = \sqrt{9,81} = 3,13 \text{ m/s}$$

(Obrévese que el resultado es independiente de la inclinación del plano.)

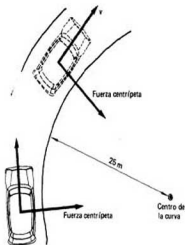
- 2.12 ¿Cuál es la máxima velocidad con que un automóvil puede tomar una curva de 25 m de radio en una carretera horizontal si el coeficiente de rozamiento de los neumáticos sobre la carretera es de 0,40?

fuerza centrípeta = fuerza de rozamiento

$$m \frac{v^2}{R} = 0,40mg$$

$$v^2 = 0,4gR$$

$$v = \sqrt{0,4 \cdot 9,8 \cdot 25} = \sqrt{98} = 9,9 \text{ m/s}$$





- 2.13 ¿Qué peralte debe tener una curva de 125 m de radio para que un automóvil circule por ella a 100 km/h sin peligro (independientemente del rozamiento)?

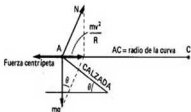
$$v = 100 \text{ km/h} = 27,78 \text{ m/s}$$

Las dos fuerzas que actúan sobre el automóvil son:

- 1) Su peso  $mg$  que actúa verticalmente.
- 2) La reacción  $N$  que es normal a la calzada.

La resultante de estas dos fuerzas debe ser igual a la fuerza centrípeta  $mv^2/R$  requerida para mantener el automóvil en la trayectoria circular.

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \theta &= \frac{mv^2/R}{mg} = \frac{v^2}{Rg} = 0,629 \\ \theta &= 35,8^\circ \end{aligned}$$



- 2.14 Determinar la fuerza que un hombre de 75 kg ejerce sobre el suelo de un ascensor cuando:

- a) Está en reposo.
- b) Asciende con velocidad constante de 2 m/s.
- c) Desciende con velocidad constante de 2 m/s.
- d) Asciende con aceleración constante de  $2 \text{ m/s}^2$ .
- e) Desciende con aceleración constante de  $2 \text{ m/s}^2$ .

peso del hombre = 75 kg = 735 N

$$f = m(g + a) = 75(9,8 + 2) = 11,8 \cdot 75 = 885 \text{ N}$$

$$f = m(g - a) = 75(9,8 - 2) = 7,8 \cdot 75 = 585 \text{ N}$$



- 2.15 Un montacargas de un pozo vertical de masa 3000 kg arranca hacia abajo con una aceleración de  $1,2 \text{ m/s}^2$ . ¿Cuál es la tensión del cable del montacargas?

$$P - T = ma$$

$$T = P - ma = m(g - a) = 3000(9,8 - 1,2) = 3000 \times 8,6 = 25\,800 \text{ N}$$



- 2.16 Una cuerda desliza por una polea sujeta a una masa de 10 kg en un extremo y de 15 kg en el otro. ¿Cuál es la aceleración y la tensión de la cuerda, suponiendo que no existen rozamientos?

La tensión es la misma en ambas partes de la cuerda.

- a) Consideremos la fuerza que actúa sobre la masa de 10 kg:

$$T - 10 \cdot 9,8 = 10a \quad (1)$$

- b) Consideremos la fuerza que actúa sobre la masa de 15 kg:

$$15 \cdot 9,8 - T = 15a \quad (2)$$

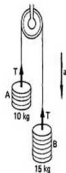
Sumando ambas ecuaciones

$$9,8(15 - 10) = 25a$$

$$a = \frac{49,0}{25} = 1,96 \text{ m/s}^2$$

y sustituyendo  $a$  en cualesquiera de las ecuaciones (1) o (2) resulta

$$T = 19,6 + 98 = 117,6 \text{ N}$$



- 2.17 Un automóvil de masa 1000 kg lleva una velocidad de 100 km/h por una carretera horizontal. ¿Cuál es la fuerza aplicada a los frenos si se detiene totalmente en 70 m?

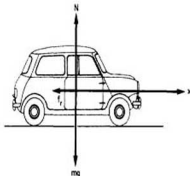
En la figura se indican las fuerzas que actúan sobre el automóvil, que se mueve en la dirección x. Al aplicar la fuerza de frenado  $f_r$  constante, el coche adquiere un movimiento uniformemente decelerado y se verifica

$$v^2 - v_0^2 = 2ax$$

$$0 - \left(\frac{100\,000}{3600}\right)^2 = 2a \cdot 70 \quad (\text{por ser la velocidad final } v = 0)$$

$$771,6 = 140a \quad ; \quad a = 5,51 \text{ m/s}^2$$

$$f_r = ma = 1000 \cdot 5,51 = 5510 \text{ N}$$



- 2.18 Una piedra se lanza horizontalmente con una velocidad de 15 m/s desde lo alto de una torre de 25 m de altura. ¿A qué distancia medida desde el pie de la torre toca la piedra el suelo?

Componente vertical

$$v_{0y} = 0$$

$$a_y = g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$y = 25$$

$$y = v_{0y}t + \frac{1}{2}gt^2$$

$$25 = \frac{1}{2}gt^2$$

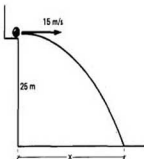
$$t = \sqrt{\frac{50}{9,8}} = 2,26 \text{ s}$$

Componente horizontal

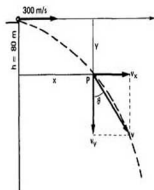
$$v_{0x} = 15 \text{ m/s}$$

$$t = 2,26 \text{ s}$$

$$x = v_{0x}t = 15 \times 2,26 = 33,90 \text{ m}$$



- 2.19 Un obús se dispara horizontalmente con una velocidad inicial de 300 m/s desde lo alto de una torre de 80 m de altura. ¿A qué distancia del pie de la torre chocará el obús contra el suelo? ¿Qué tiempo transcurre desde el disparo hasta el impacto? ¿Cuál es la velocidad del proyectil en el instante de chocar contra el suelo?



- a) Movimiento vertical

$$y = \frac{1}{2}gt^2 \quad ; \quad 80 = \frac{1}{2} \cdot 9,8t^2$$

$$t = \sqrt{\frac{160}{9,8}} = 4,04 \text{ s}$$

- b) Movimiento horizontal

$$x = vt = 300 \cdot 4,04 = 1212 \text{ m}$$

- c) Velocidad vertical a los 4,04 s

$$v_y = gt = 9,8 \times 4,04 = 39,59 \text{ m/s}$$

Velocidad horizontal a los 4,04 s

$$v_x = 300 \text{ m/s}$$

Velocidad resultante final

$$v = \sqrt{300^2 + 39,59^2} = \sqrt{90 \times 10^3 + 1567} = 302,6 \text{ m/s}$$

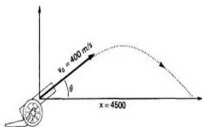
$$\theta = \arctg \frac{39,59}{300} = 7,5^\circ$$

- 2.20 Determinar el ángulo de tiro de un cañón para que disparando un obús con una velocidad inicial de 400 m/s, alcance un blanco situado al mismo nivel que el cañón a la distancia de 4500 m.

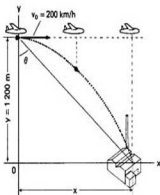
$$x = \frac{v^2 \sin 2\theta}{g}$$

$$\sin 2\theta = \frac{gx}{v^2} = \frac{9,8 \cdot 4500}{400^2} = 0,2756$$

$$2\theta \approx 16^\circ \quad \theta = 8^\circ$$



- 2.21 Un avión en vuelo horizontal a 1200 m sobre el suelo y a 200 km/h suelta una bomba sobre un blanco terrestre. Determinar el ángulo que forma la vertical con la línea que une el avión y el blanco en el momento de soltar la bomba.



$$\operatorname{tg} \theta = \frac{x}{1200}$$

- 1.º Consideremos primero el movimiento vertical

$$y = \frac{1}{2} g t^2$$

$$1200 = \frac{1}{2} \cdot 9,8 t^2$$

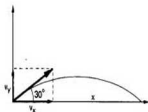
$$t = \sqrt{\frac{2400}{9,8}} = 15,65 \text{ s}$$

- 2.º Movimiento horizontal

$$x = v t = \frac{200 \cdot 1000}{3600} \cdot 15,6 = 869,4 \text{ m}$$

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{869,4}{1200} = 0,722 \quad ; \quad \theta = 35,9^\circ$$

- 2.22 Una bala se dispara con una velocidad inicial de 300 m/s formando un ángulo de  $30^\circ$  con la horizontal. ¿A qué distancia del fusil choca el proyectil contra el suelo?



$$\operatorname{sen} 30 = 0,5$$

$$\operatorname{cos} 30 = 0,866$$

$$v_x = v \operatorname{cos} 30 = 259,8 \text{ m/s}$$

$$v_y = v \operatorname{sen} 30 = 150 \text{ m/s}$$

Desplazamiento vertical,  $g = -9,8 \text{ m/s}^2$

$$y = v_y t + \frac{1}{2} g t^2$$

al final de su recorrido,  $y = 0$

$$0 = 150t - \frac{1}{2} \cdot 9,8 t^2 \quad ; \quad 150 = 4,9t$$

$$t = 30,6 \text{ s}$$

Considerando ahora el movimiento horizontal únicamente

$$x = v_x t = 259,8 \times 30,6 = 7953 \text{ m}$$

- 2.23 Un volante que gira a 600 rpm se frena pasando a 300 rpm mientras realiza 75 revoluciones. Determinar la aceleración angular y el tiempo transcurrido durante dichas 75 revoluciones.

$$\omega_1^2 = \omega_0^2 = 2\alpha\theta \quad \begin{cases} \omega_0 = 600 \text{ r.p.m.} = 10 \text{ r.p.s.} \\ \omega_1 = 300 \text{ r.p.m.} = 5 \text{ r.p.s.} \end{cases}$$

$$\alpha = \frac{\omega_1^2 - \omega_0^2}{2\theta} = \frac{25 - 100}{2 \cdot 75} = -0,5 \text{ r/s}^2 = -0,5 \times 2\pi \text{ rad/s}^2 = 3,14 \text{ rad/s}^2$$

$$\theta = \bar{\omega}t = \frac{\omega_0 + \omega_1}{2}t = \frac{15}{2}t$$

$$t = \frac{2 \times 75}{15} = 10 \text{ s}$$



- 2.24 Un volante que gira con una velocidad de rotación de 1200 rpm se va parando con una aceleración negativa de  $5 \text{ rad/s}^2$ . ¿Qué tiempo tarda en pararse y cuántas revoluciones da en ese tiempo?

$$\begin{cases} \omega_1 = 1200 \text{ r.p.m.} = \frac{1200 \cdot 2\pi}{60} = 40\pi \text{ rad/s} \\ \omega_2 = 0 \end{cases}$$

$$\omega_2 - \omega_1 = \alpha t$$

$$0 - 40\pi = -5t$$

$$t = 8\pi = 25,1 \text{ s}$$

Por otra parte

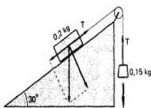
$$\omega_2^2 - \omega_1^2 = 2\alpha\theta$$

$$0 - (40\pi)^2 = -2 \cdot 5 \cdot \theta = -10\theta$$

$$\theta = \frac{1600\pi^2}{10} = 160\pi^2 \text{ rad} = \frac{160\pi^2}{2\pi} = 80\pi$$

$$N = 251,2 \text{ revoluciones}$$

- 2.25 Un bloque de 200 g de masa está situado sobre un plano inclinado  $30^\circ$ . El bloque está conectado mediante una cuerda que pasa por una polea con otra masa de 150 g que cuelga verticalmente. Calcular la distancia que esta segunda masa, partiendo del reposo, recorre en 0,5 segundos y la tensión de la cuerda.



- 1.º Movimiento de la masa de 200 g

$$T - 0,2 \times g \sin 30^\circ = 0,2 a \quad (1)$$

- 2.º Movimiento de la masa de 150 g

$$0,15 g - T = 0,15 a \quad (2)$$

Sumando (1) y (2) resulta

$$(0,15 - 0,2 \sin 30^\circ) g = 0,35 a$$

es decir,

$$a = \frac{(0,15 - 0,2/2)9,81}{0,35} = \frac{0,05 \times 9,81}{0,35} = \frac{49,05}{35} = 1,4 \text{ m/s}^2$$

Por tanto, la masa de 150 g en 0,5 s desciende

$$x = \frac{1}{2} at^2 = \frac{1}{2} 1,4 \times 0,5^2 = 0,175 \text{ m}$$

La tensión de la cuerda se obtiene sustituyendo en (1) el valor de la aceleración

$$\begin{aligned} T - 0,2 g \sin 30^\circ &= 0,2 \cdot 1,4 \\ T &= 0,2(1,4 + 9,8/2) = 1,26 \text{ N} \end{aligned}$$

- 2.26 Una masa de 1 kg se mueve en cualquier dirección con velocidad de 1 m/s a una altura de 3 m sobre la superficie de la tierra. ¿Cuál será su velocidad cuando se encuentre a 2 m sobre la tierra?

A 3 m de altura las energías potencial y cinética de la masa serán respectivamente

$$E_p = mgh = 9,8 \times 3 = 29,4 \text{ J};$$

$$E_c = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} 1 \cdot 1^2 = 0,5 \text{ J}$$

y su energía total

$$E = E_p + E_c = 29,9 \text{ J}$$

A 2 m de altura la energía potencial será

$$E_p = mgh' = 9,8 \times 2 = 19,6 \text{ J}$$

y por tanto su energía cinética

$$E_c = E - E_p = 29,9 - 19,6 = 10,3 = \frac{1}{2} mv'^2$$

Por tanto, la velocidad a 2 m sobre la tierra es

$$v' = \sqrt{\frac{2 \times 10,3}{1}} = 4,54 \text{ m/s}$$

2.27 Determinar la posición del centro de gravedad de una pieza metálica formada por un cuadrado de 12 cm de lado y un triángulo isósceles, cuya base de 12 cm está unida a un lado del cuadrado y cuya altura es de 12 cm.

Área del cuadrado,  $12 \times 12 = 144 \text{ cm}^2$ ; área del triángulo,  $\frac{1}{2} \times 12 \times 12 = 72 \text{ cm}^2$

Tomando como origen de coordenadas el centro del cuadrado ( $G_1$ ) y teniendo en cuenta que el centro de gravedad ( $G_2$ ) del triángulo está a  $\frac{1}{3}$  de su base resulta:

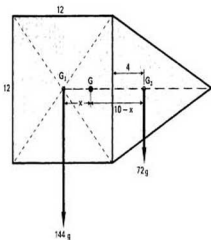
$$144\rho x = 72\rho(10 - x)$$

en donde  $\rho$  es la densidad superficial de la lámina

$$144x = 720 - 72x$$

$$216x = 720$$

$$x = 3,33 \text{ cm (del centro del cuadrado)}$$





# CAPITULO 3

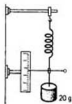
- 3.1 Un muelle vertical suspendido de su parte superior se alarga 5 cm cuando pende de él una masa de 20 gramos. A partir de esta condición de equilibrio se alarga 3 cm y se deja en libertad.

Determinar el período y la aceleración máxima que toma la partícula en el MAS que se origina.

$$F = -ky \quad ; \quad k = -\frac{F}{y} = -\frac{0,02 \times 9,8}{-0,05} = 3,92 \text{ N/m}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi \sqrt{\frac{0,02}{3,92}} = 0,448 \text{ s}$$

$$a = \omega^2 x = \omega^2 A = \frac{4\pi^2}{T^2} A = \frac{4 \cdot 3,14^2 \cdot 3 \cdot 10^{-2}}{0,448^2} = 5,89 \text{ m/s}^2$$



- 3.2 ¿Cuál es la ecuación de un movimiento armónico simple de amplitud igual a 5 cm y fase  $60^\circ$  que realiza 150 vibraciones por minuto?

$$A = 5 \quad ; \quad \varphi = 60^\circ = \frac{\pi}{3}$$

$$N = \frac{150}{60} = 2,5 \text{ hertz}$$

$$x = 5 \text{ sen} (2\pi Nt + \varphi) = 5 \text{ sen} \left( 5\pi t + \frac{\pi}{3} \right) \text{ cm}$$

- 3.3 Un MAS posee una amplitud de 5 cm, un período de 4 s y una fase inicial de  $45^\circ$ . Hallar la ecuación del MAS y la elongación del punto vibrante para  $t = 0$  y para  $t = 1,5$  s.

$$x = 5 \text{ sen} \left( 2\pi \frac{t}{4} + \frac{\pi}{4} \right)$$

$$t = 0, \quad x_0 = 5 \text{ sen} 45^\circ = 5 \frac{\sqrt{2}}{2} = 3,52 \text{ cm}$$

$$t = 1,5 = \frac{3}{2}, \quad x_{1,5} = 5 \text{ sen} \left[ \frac{2\pi \cdot 3}{8} + \frac{\pi}{4} \right] = 5 \text{ sen} \pi = 0$$

- 3.4 El periodo de un MAS es de 12 segundos. Si la fase inicial es igual a cero, ¿al cabo de cuánto tiempo la velocidad del punto vibrante es igual a la mitad de su valor máximo?

$$\begin{aligned}
 x &= A \sin \omega t \\
 v &= A\omega \cos \omega t \\
 v_0 &= A\omega \\
 v &= \frac{v_0}{2} = \frac{A\omega}{2} \left. \vphantom{\begin{aligned} v_0 &= A\omega \\ v &= \frac{v_0}{2} = \frac{A\omega}{2} \end{aligned}} \right\} \frac{A\omega}{2} = A\omega \cos \omega t \\
 \cos \omega t &= \frac{1}{2} ; \quad \omega t = 60^\circ = \frac{\pi}{3} \\
 t &= \frac{\pi}{3\omega} = \frac{\pi T}{3 \cdot 2\pi} = \frac{T}{6} = \frac{12}{6} = 2 \text{ s}
 \end{aligned}$$

- 3.5 Si un reloj de péndulo que funciona correctamente en la Tierra ( $T = 1 \text{ s}$ ) se traslada a la Luna, ¿cuál sería allí su nuevo periodo? Valor de  $g$  en la Luna,  $1,63 \text{ cm/s}^2$ .

$$\begin{aligned}
 T_1(\text{tierra}) &= 2\pi \sqrt{\frac{l}{g_1}} \\
 T_2(\text{luna}) &= 2\pi \sqrt{\frac{l}{g_2}} \\
 \frac{T_2}{T_1} &= \sqrt{\frac{g_1}{g_2}} = \sqrt{\frac{9,81}{1,63}} = 2,45, \quad T_2 = 2,45 \text{ s}
 \end{aligned}$$

Una hora registrada en la luna por este reloj equivaldría a casi dos horas y media reales.

- 3.6 Una cuerda de alpinista de 25 m de longitud se alarga 0,5 m bajo el peso de un hombre de 80 kg. ¿Cuál será el periodo de oscilación vertical del alpinista cuando éste penda libremente de la cuerda?

$$\begin{aligned}
 F &= kx \\
 80 \times 9,81 &= k \times 0,5 \\
 k &= \frac{80 \times 9,81}{0,5} = 1570 \text{ N/m} \\
 F &= ma = -kx \\
 a &= -\left(\frac{k}{m}\right)x \left. \vphantom{\begin{aligned} F &= ma = -kx \\ a &= -\left(\frac{k}{m}\right)x \end{aligned}} \right\} T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi \sqrt{\frac{80}{1570}} = 1,42 \text{ s}
 \end{aligned}$$

- 3.7 Un autobús sin pasajeros pesa 6000 kg. Al subir 40 pasajeros cuya masa total es de 2400 kg, los muelles de la suspensión se comprimen una longitud de 12 cm. ¿Cuál es el periodo de oscilación del autobús cargado?

$$\begin{aligned}
 F &= kx \\
 2400 \cdot 9,81 &= kx_{0,12}, \quad k = \frac{2400 \times 9,81}{0,12} = 1,96 \times 10^5 \text{ N/m} \\
 F &= ma = -kx \\
 a &= -\frac{k}{m}x \left. \vphantom{\begin{aligned} F &= ma = -kx \\ a &= -\frac{k}{m}x \end{aligned}} \right\} m = 6000 + 2400 = 8400 \text{ kg} \\
 T &= 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} = 6,28 \sqrt{\frac{8400}{1,96 \times 10^5}} = 1,30 \text{ s}
 \end{aligned}$$

3.8 En el extremo de un muelle de constante  $k = 2\text{ N/m}$  fijamos una masa de  $18\text{ kg}$  y le alargamos hasta una distancia de  $1\text{ m}$  contada desde su posición de equilibrio. Si se deja entonces la masa en libertad, ¿cuál será su velocidad al pasar por la posición de equilibrio?

En el instante de dejarle en libertad,  $E_p = 0\text{ J}$

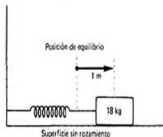
$$E_p = \frac{1}{2} kx^2 = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 1^2 = 1\text{ J}$$

Al pasar por la posición de equilibrio,  $E_p = 0\text{ J}$

$$E_c = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} \cdot 18 \cdot v^2 = 1\text{ J}$$

$$v^2 = \frac{1}{9}$$

$$v = \frac{1}{3} = 0,33\text{ m/s}$$



3.9 Determinar el periodo de revolución de un péndulo cónico de longitud  $l\text{ m}$  cuando el ángulo que forma el hilo con la vertical es de  $30^\circ$ .

Descomponiendo la tensión  $T$  del hilo en sus dos componentes  $T_x$  y  $T_y$ , resulta

$$T_x = T \sin 30^\circ = \frac{mv^2}{R} \quad (1)$$

$$T_y = T \cos 30^\circ = mg \quad (2)$$

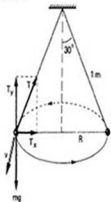
Dividiendo (1) y (2) resulta

$$\operatorname{tg} 30^\circ = \frac{v^2}{Rg}$$

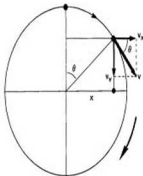
$$v = \sqrt{gR \operatorname{tg} 30^\circ}$$

$$T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi R}{\sqrt{gR \operatorname{tg} 30^\circ}} = 2\pi \sqrt{\frac{l \operatorname{sen} 30^\circ}{g \operatorname{tg} 30^\circ}}$$

$$= 2\pi \sqrt{\frac{l \cos 30^\circ}{g}} = 6,28 \sqrt{\frac{\cos 30^\circ}{9,81}} = 1,87\text{ s}$$



- 3.10 Una partícula que realiza un movimiento armónico simple en línea recta posee una velocidad de 10 cm/s cuando se encuentra a 2 cm de su posición de equilibrio y una velocidad de 6 cm/s a 4 cm de su posición de equilibrio. Determinar con estos datos la amplitud y el periodo de la partícula.



$$v_x = v \cos \theta = v \frac{\sqrt{A^2 - x^2}}{A}$$

Con los datos del problema

$$10 = \frac{v}{A} \sqrt{A^2 - 4} \quad (1)$$

$$6 = \frac{v}{A} \sqrt{A^2 - 16} \quad (2)$$

Elevando al cuadrado (1) y (2) y dividiendo miembro a miembro

$$\frac{100}{36} = \frac{A^2 - 4}{A^2 - 16}$$

$$100A^2 - 1600 = 36A^2 - 144$$

$$64A^2 = 1456$$

$$A = \sqrt{\frac{1456}{64}} = 4,77 \text{ cm}$$

$$T = \frac{2\pi A}{v}$$

De (1) resulta

$$\frac{A}{v} = \frac{\sqrt{A^2 - 4}}{10} = \frac{\sqrt{22,75 - 4}}{10}$$

$$T = 2\pi \frac{\sqrt{18,75}}{10} = 0,628 \times 4,33 = 2,72 \text{ s}$$

- 3.11 Una bola de 1 kg sujeta en el extremo de una varilla es desplazada lateralmente 20 cm bajo la acción de una fuerza de 5 N. Determinar la constante elástica del sistema y la frecuencia de la vibración resultante en oscilaciones por minuto.

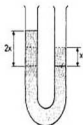


$$F = kx, \quad k = \frac{F}{x} = \frac{5}{0,20} = 25 \text{ N/m}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi \sqrt{\frac{1}{25}} = \frac{2\pi}{5} = 1,26 \text{ s}$$

$$N = \frac{60}{T} = \frac{60}{1,26} = 47,7 \text{ v/m}$$

- 3.12 Al introducir 10 kg de mercurio en un tubo en forma de U, de diámetro uniforme de 1 cm, el mercurio oscila libremente en las dos ramas. Calcular el periodo de las oscilaciones. Densidad del mercurio 13,6 g/cm<sup>3</sup>.



Cuando la columna Hg desciende x cm en una rama, asciende x en la otra, y la diferencia de alturas es 2x.

Peso de una columna de x = 1 cm:

$$p = mg = \pi \frac{d^2}{4} \times \rho g = \pi \cdot \frac{1}{4} \cdot 13,6 \cdot 981 = 10478,5 \text{ dinas} = 0,105 \text{ N}$$

Constante del sistema vibrante

$$k = \frac{f}{l} = \frac{2 \cdot 0,105}{1} = 0,21 \text{ N/cm} = 21 \text{ N/m}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi \sqrt{\frac{10}{21}} = 4,33 \text{ s}$$

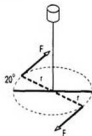
- 3.13 Determinar la aceleración de la gravedad en un lugar donde un péndulo de 1,25 m de longitud da 100 vibraciones en 3 minutos y 45 segundos.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} ; T^2 = 4\pi^2 \frac{l}{g}$$

$$T = \frac{180 + 45}{100} = \frac{225}{100} = 2,25 \text{ s}$$

$$g = 4\pi^2 \frac{l}{T^2} = 4\pi^2 \frac{1,25}{2,25^2} = 9,75 \text{ m/s}^2$$

- 3.14 Un alambre rígido vertical sostiene por su centro una barra metálica que puede girar en un plano horizontal. Aplicando un par horizontal de valor 10 Nm, la barra gira un ángulo de 20° respecto a su posición de equilibrio, y al dejarla en libertad oscila con un periodo de 1 segundo. Determinar el momento de inercia del sistema.



$$M = -k\theta ; l \frac{d^2\theta}{dt^2} = -k\theta ; \frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{k}{l}\theta$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{k}} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{M/l\theta}}$$

$$T^2 = 4\pi^2 \frac{l\theta}{M}$$

$$l = \frac{MT^2}{4\pi^2\theta} = \frac{10 \cdot 1^2}{4\pi^2 \left( \frac{20 \times 2\pi}{360} \right)} = \frac{360}{16\pi^3} = 0,72 \text{ kg/m}^2$$

- 3.15 Un soporte sobre el cual descansa un objeto verifica oscilaciones armónicas simples de amplitud 5 cm según una línea vertical. ¿Cuál será la máxima frecuencia de oscilación a que puede someterse el soporte sin que el objeto se separe del mismo.

La separación se verifica cuando la aceleración  $a$  del movimiento sea  $a \geq g$

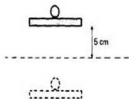
$$\begin{aligned}x &= A \operatorname{sen} \omega t \\v &= A \omega \cos \omega t \\a &= -A \omega^2 \cos \omega t\end{aligned}$$

Valor máximo de  $a$ :

$$a_0 = A \omega^2 = A \frac{4\pi^2}{T^2}$$

Este valor máximo tiene lugar cuando  $x$  es máximo, es decir, en la parte más alta del movimiento. Por tanto,

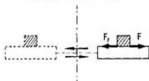
$$\begin{aligned}A \frac{4\pi^2}{T^2} &= g \quad ; \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{A}{g}} \\N = \frac{1}{T} &= \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{A}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{9,81}{0,05}} = 2,23 \text{ oscilaciones/s}\end{aligned}$$



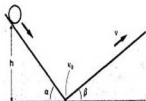
- 3.16 Un soporte efectúa oscilaciones armónicas en una línea horizontal con un periodo de 3 segundos. Un cuerpo situado sobre el soporte comienza a deslizar cuando la elongación de las oscilaciones es de 50 cm. ¿Cuál es el coeficiente de rozamiento entre el cuerpo y el soporte?

El cuerpo empieza a deslizar cuando  $F \geq F_r$ ,

$$\begin{aligned}F &= ma = m(A\omega^2) = mA \frac{4\pi^2}{T^2} \\F_r &= \mu mg \\ \mu g &= A \frac{4\pi^2}{T^2} \quad ; \quad \mu = A \frac{4\pi^2}{T^2 g} \\ \mu &= \frac{0,5 \cdot 4\pi^2}{9 \cdot 9,81} = \frac{\pi^2}{9 \cdot 4,9} = \frac{\pi^2}{44,1} = 0,22\end{aligned}$$



- 3.17 Determinar el periodo de oscilación de una bola que partiendo de una altura de 0,5 m se desliza por un plano inclinado 45° y luego remonta otro inclinado 30°.



$$v_0 = \sqrt{2gh}$$

$$v = v_0 - at = v_0 - gt \operatorname{sen} \beta$$

Subirá hasta que su velocidad sea  $v = 0$ , o sea, para

$$t_1 = \frac{v_0}{g \operatorname{sen} \beta}$$

La bola se moverá hacia abajo durante el mismo tiempo y, por tanto, el tiempo total de su movimiento en el plano de la derecha será

$$T_1 = 2t_1 = \frac{2v_0}{g \operatorname{sen} \beta}$$

Lo mismo ocurrirá ahora con el plano de la izquierda, o sea

$$T_2 = \frac{2v_0}{g \operatorname{sen} \alpha}$$

Periodo de la oscilación:

$$\begin{aligned} T &= T_1 + T_2 = \frac{2v_0}{g} \left( \frac{1}{\operatorname{sen} \alpha} + \frac{1}{\operatorname{sen} \beta} \right) = 2 \sqrt{\frac{2h}{g}} \left( \frac{1}{\operatorname{sen} \alpha} + \frac{1}{\operatorname{sen} \beta} \right) = \\ &= T = 2 \sqrt{\frac{2 \times 0,5}{9,81}} \left( \frac{1}{0,707} + \frac{1}{0,50} \right) = 2,18 \text{ s} \end{aligned}$$

- 3.18 Hacer un resumen de los distintos fenómenos gobernados por la ley del movimiento armónico, especificando en cada caso los valores de  $\omega^2$  y del periodo.

| Sistema   | $\omega^2$                     | Periodo                             |
|---|--------------------------------|-------------------------------------|
| Muelle elástico                                 | $\omega^2 = \frac{k}{m}$       | $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$       |
| Alambre (tracción)                              | $\omega^2 = \frac{SY}{mI}$     | $T = 2\pi \sqrt{\frac{mI}{SY}}$     |
| Péndulo simple                                  | $\omega^2 = \frac{g}{l}$       | $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$       |
| Péndulo de torsión                              | $\omega^2 = \frac{C}{I}$       | $T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{C}}$       |
| Péndulo compuesto                               | $\omega^2 = \frac{mgh}{I}$     | $T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgh}}$     |
| Cuerpo flotante<br>(oscilaciones verticales)    | $\omega^2 = \frac{S\rho g}{m}$ | $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{S\rho g}}$ |
| Buque en oscilación<br>(oscilaciones angulares) | $\omega^2 = \frac{mgd}{I}$     | $T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgd}}$     |
|   | (d = distancia metacéntrica)   |                                     |

# CAPITULO 4

- 4.1 Determinar por cálculo dimensional la fórmula

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

de la velocidad de propagación de una onda transversal en una cuerda.

( $F$  = tensión de la cuerda;  $\mu$  = densidad lineal o masa por unidad de longitud de la cuerda.)

$$v = \text{const} \times F^\alpha \mu^\beta$$

$$LT^{-1} = \text{const} \times (MLT^{-2})^\alpha (ML^{-1})^\beta$$

$$LT^{-1} = \text{const} \times M^{\alpha+\beta} L^{\alpha-\beta} T^{-2\alpha}$$

Identificando los exponentes que corresponden a las mismas dimensiones en ambos miembros

$$\left. \begin{aligned} 1 &= \alpha - \beta & \alpha &= 1/2 \\ 0 &= \alpha + \beta & \beta &= -1/2 \\ -1 &= -2\alpha \end{aligned} \right\}$$

$$v = \text{const} \cdot F^{1/2} \mu^{-1/2} = \text{const} \cdot \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

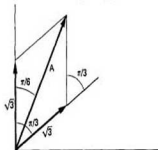
- 4.2 Deducir por la regla de Fresnel la ecuación de la vibración resultante de la superposición de los movimientos armónicos

$$x_1 = \sqrt{3} \text{sen } \omega t$$

$$x_2 = \sqrt{3} \text{sen} \left( \omega t + \frac{\pi}{3} \right)$$

$$\begin{aligned} A &= \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos 60^\circ} = \\ &= \sqrt{3 + 3 + 2\sqrt{3}\sqrt{3} \cdot \frac{1}{2}} = \\ &= \sqrt{9} = 3 \end{aligned}$$

$$x = 3 \text{sen} \left( \omega t + \frac{\pi}{6} \right)$$





4.3 Determinar por medio de la construcción de Fresnel la resultante de las funciones siguientes de igual periodo

$$x_1 = 4 \operatorname{sen} \left( \omega t + \frac{\pi}{4} \right)$$

$$x_2 = 3 \operatorname{sen} \left( \omega t - \frac{\pi}{4} \right)$$

(la amplitud está expresada en cm).

Los vectores amplitud 3 y 4 forman un ángulo  $\pi/2$ . Por tanto,

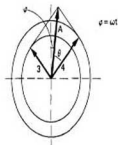
$$A = \sqrt{16 + 9} = 5 \text{ cm}$$

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{3}{4}$$

$$\theta = \operatorname{arc} \operatorname{tg} 0,75 = 36,8^\circ$$

$$\varphi = 45 - 36,8 = 8,2^\circ$$

$$x = 5 \operatorname{sen} (\omega t + 8,2^\circ)$$



4.4 Determinar por medio de la construcción de Fresnel la resultante de las funciones sinusoidales de igual periodo:

$$x_1 = 5 \operatorname{sen} \omega t$$

$$x_2 = 5 \operatorname{sen} \left( \omega t + \frac{\pi}{2} \right)$$

(la amplitud está expresada en cm).

Amplitud resultante:

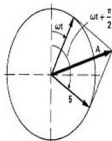
$$A = \sqrt{25 + 25} = \sqrt{50} = 5\sqrt{2} = 5 \times 1,414 = 7,070 \text{ cm}$$

Fase resultante:

$$\varphi = \frac{\pi}{4}$$

Elongación resultante:

$$x = x_1 + x_2 = 7,07 \operatorname{sen} \left( \omega t + \frac{\pi}{4} \right)$$



- 4.5 Determinar la intensidad del sonido a 3 m de una fuente sonora de 2 vatios situada a nivel del suelo.

$$I = \frac{P}{2\pi r^2} = \frac{2}{2\pi \times 3^2} = 3,54 \times 10^{-2} \text{ W/m}^2$$

(Debe considerarse una superficie semiesférica dentro de la cual se propaga el sonido.)

- 4.6 Sobre un mismo punto inciden las dos vibraciones perpendiculares

$$x = \text{sen } \pi t$$

$$y = 2 \text{ sen } \left( \pi t + \frac{\pi}{2} \right)$$

Determinar analíticamente la trayectoria del movimiento del punto vibrante y dibujar dicha trayectoria.

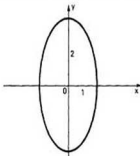
$$x = \text{sen } \pi t$$

$$\frac{y}{2} = \text{sen } \pi t \cos \frac{\pi}{2} + \cos \pi t \text{sen } \frac{\pi}{2} = \cos \pi t$$

Elevando al cuadrado las dos ecuaciones anteriores y sumando resulta:

$$\boxed{\frac{x^2}{1} + \frac{y^2}{4} = 1}$$

ecuación de una elipse de semiejes 1 y 2, centrada sobre el origen de coordenadas.



- 4.7 Una emisora de radio emite con una longitud de onda de 208 m. ¿Cuál es su frecuencia?

$$N = \frac{1}{T} = \frac{c}{\lambda} = \frac{300 \times 10^6 \text{ m/s}}{208} = 1,47 \times 10^6 \text{ Hz}$$

- 4.8 Una partícula de 2 g de masa verifica una vibración armónica simple de frecuencia 10 hertz y amplitud 0,5 cm. Calcular en newtons el valor máximo de la fuerza que produce el movimiento.

$$x = A \text{ sen } \omega t, \quad x_0 = A$$

$$v = A\omega \cos \omega t$$

$$a = -A\omega^2 \text{ sen } \omega t = -\omega^2 x$$

$$f = ma_0 = m\omega^2 x_0 = 2 \cdot 4\pi^2 N^2 \cdot A$$

$$= 2 \cdot 400\pi^2 \cdot 0,5 \times 10^{-2}$$

$$= 4\pi^2 = 39,5 \text{ N}$$

- 4.9 Determinar el tiempo transcurrido desde el comienzo de un movimiento vibratorio armónico de periodo 24 s y fase inicial igual a cero hasta que el punto vibrante posea una elongación igual a la mitad de la amplitud.

$$x = \frac{A}{2}, \quad T = 24 \text{ s}, \quad \varphi = 0$$

$$x = \frac{A}{2} = A \operatorname{sen} \omega t = A \operatorname{sen} \frac{2\pi}{24} t$$

$$0,5 = \operatorname{sen} \frac{\pi}{12} t \quad ; \quad \frac{\pi}{12} t = 30^\circ = \frac{\pi}{6}$$

$$t = 2 \text{ s}$$

- 4.10 La ecuación de un movimiento armónico es

$$x = \operatorname{sen} \frac{\pi}{12} t$$

$$x = \operatorname{sen} \frac{\pi}{12} t$$

Determinar los tiempos en que los valores de la velocidad y de la aceleración pasan por un máximo.

$$1) \quad v = \frac{dx}{dt} = \frac{\pi}{12} \cos \frac{\pi}{12} t$$

$$\text{Condición de máximo} \quad \cos \frac{\pi}{12} t = 1$$

o sea,

$$\frac{\pi}{12} t = n\pi \quad (n = 0, 1, 2, \dots)$$

$$t = 12n = 0, 12, 24, \dots \text{ segundos}$$

$$2) \quad a = \frac{dv}{dt} = -\left(\frac{\pi}{12}\right)^2 \operatorname{sen} \frac{\pi}{12} t$$

Condición de máximo (valor absoluto).

$$\operatorname{sen} \frac{\pi}{12} t = 1 \quad ; \quad \frac{\pi}{12} t = (2n + 1) \frac{\pi}{2}$$

$$t = (2n + 1) \frac{12}{2} = 12n + 6 = 6, 18, 30, \dots \text{ segundos}$$

- 4.11 El extremo de una cuerda vibra con un periodo de 2 segundos y una amplitud de 4 cm. La velocidad de las ondas es de 0,5 m/s. Calcular el desplazamiento de una partícula de la cuerda situada a 1 m del extremo vibrante a los 5 segundos de iniciado el movimiento.

$$x = A \operatorname{sen} 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{d}{\lambda} \right), \quad \lambda = vT = 50 \cdot 2 = 100 \text{ cm}$$

$$x = 4 \operatorname{sen} 2\pi \left( \frac{5}{2} - \frac{100}{100} \right)$$

$$= 4 \operatorname{sen} 2\pi \left( \frac{3}{2} \right) = 4 \operatorname{sen} 3\pi = 0$$

Un punto situado a 3 m de distancia del foco vibrante posee una elongación igual a  $\frac{1}{2}$  de amplitud en el instante en que  $t = 2T$ . Determinar la longitud de onda del movimiento.

$$x = A \operatorname{sen} 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{d}{\lambda} \right)$$

$$\frac{A}{2} = A \operatorname{sen} 2\pi \left( 2 - \frac{3}{\lambda} \right)$$

$$\frac{1}{2} = \operatorname{sen} 2\pi \left( \frac{2\lambda - 3}{\lambda} \right)$$

$$2\pi \frac{2\lambda - 3}{\lambda} = \frac{\pi}{6} ; \quad \frac{2\lambda - 3}{\lambda} = \frac{1}{12}$$

$$24\lambda - 36 = \lambda$$

$$23\lambda = 36 ; \quad \lambda = \frac{36}{23} = 1,56 \text{ m}$$

- 4.13 Determinar la elongación de un punto que se encuentra a la distancia  $d = \frac{\lambda}{6}$  del foco vibrante en el instante en que  $t = \frac{T}{4}$  teniendo en cuenta que la amplitud de la vibración es  $A = 10 \text{ cm}$ .

$$x = A \operatorname{sen} 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{d}{\lambda} \right)$$

$$x = 0,10 \operatorname{sen} 2\pi \left( \frac{1}{4} - \frac{1}{6} \right) = 0,10 \operatorname{sen} 2\pi \frac{2}{24} =$$

$$= 0,10 \operatorname{sen} \frac{\pi}{6} =$$

$$= 0,10 \operatorname{sen} 30 = 0,05 \text{ m}$$

- 4.14 Un movimiento ondulatorio se propaga en un medio homogéneo. ¿Qué diferencia de fase existe entre las vibraciones de dos puntos situados sobre un mismo rayo separados entre sí 1 m, si la longitud de onda es de 2 m?

$$x_1 = A \operatorname{sen} 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{x_1}{\lambda} \right) ; \quad \varphi_1 = -2\pi \frac{x_1}{\lambda}$$

$$x_2 = A \operatorname{sen} 2\pi \left[ \frac{t}{T} - \frac{(x_1 + 1)}{\lambda} \right] ; \quad \varphi_2 = -2\pi \frac{x_1}{\lambda} - \frac{2\pi}{\lambda}$$

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{2} = \pi$$

- 4.15 Una cuerda de 1 m de longitud que pesa 10 g está sometida a una tensión de 30 N. ¿Cuál será la velocidad de una onda transversal que se propaga en dicha cuerda?

$$v = \sqrt{\frac{T}{\rho}} = \sqrt{\frac{30}{0,01/1}} = \sqrt{3000} = 54,8 \text{ m/s}$$

# CAPITULO 5

5.1 ¿Qué dimensiones tienen la carga eléctrica y el campo eléctrico en el sistema de unidades cgs electrostático?

a)  $q^2 = fr^2$

$$[q] = [f^{1/2}] \cdot L = M^{1/2} L^{3/2} T^{-1}$$

b)  $[E] = \frac{f}{q} = \frac{MLT^{-2}}{M^{1/2} L^{3/2} T^{-1}} = M^{1/2} L^{-1/2} T^{-1}$

5.2 Determinar la carga idéntica de dos esferas que, suspendidas del modo indicado en la figura, se repelen con la fuerza de  $10^{-2}$  N siendo la separación entre sus centros de 5 cm.



$$F = 9 \times 10^9 \frac{q^2}{r^2}$$

$$q = r \sqrt{\frac{F}{9 \times 10^9}} = 5 \times 10^{-2} \sqrt{\frac{10^{-2}}{9 \times 10^9}}$$

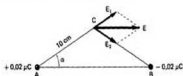
$$= 5 \times 10^{-2} \times 1,05 \times 10^{-6} = 5,30 \times 10^{-8} \text{ C}$$

5.3 En los vértices A y B de un triángulo isósceles se disponen dos cargas de  $+0,02 \mu\text{C}$  y  $-0,02 \mu\text{C}$  respectivamente. Hallar el campo eléctrico en el vértice C sabiendo que  $AC = BC = 10 \text{ cm}$  y  $\alpha = 30^\circ$ .

$$|E_1| = |E_2| = 9 \times 10^9 \frac{0,02 \times 10^{-6}}{(10^{-1})^2} = 18 \times 10^3 \text{ N/C}$$

$$|E| = 2|E_1| \cos 30^\circ = 2 \times 18 \times 10^3 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 3,1 \times 10^4 \text{ N/C}$$

El vector  $\vec{E}$  es paralelo a la dirección AB.



5.4 Determinar la aceleración experimentada por un electrón (carga  $1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ; masa  $9,1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ ) en un campo eléctrico de  $3,12 \times 10^4 \text{ N/C}$ .

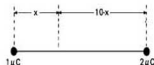
$$F = qE = 1,6 \times 10^{-19} \times 3,12 \times 10^4 = 5,0 \times 10^{-15} \text{ N}$$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{5,0 \times 10^{-15}}{9,1 \times 10^{-31}} = 5,5 \times 10^{15} \text{ m/s}^2$$

5.5 ¿Qué campo debe aplicarse a un electrón para que experimente una fuerza eléctrica igual a su peso?

$$E = \frac{f}{e} = \frac{mg}{e} = \frac{9,1 \times 10^{-31} \times 9,81}{1,6 \times 10^{-19}} = 5,6 \times 10^{-11} \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

5.6 Una carga positiva de  $1 \mu\text{C}$  está situada a  $10 \text{ cm}$  de otra también positiva y de carga  $2 \mu\text{C}$ . ¿En qué punto de la línea que une las dos cargas el campo eléctrico es nulo?



$$E_1 = E_2$$

$$9 \times 10^9 \frac{q_1}{x^2} = 9 \times 10^9 \frac{q_2}{(10-x)^2}$$

$$\frac{1}{x^2} = \frac{2}{(10-x)^2}$$

$$100 + x^2 - 20x = 2x^2$$

$$x^2 + 20x - 100 = 0$$

$$x = \frac{-20 \pm \sqrt{400 + 400}}{2} = \frac{-20 \pm 20\sqrt{2}}{2} =$$

$$= \frac{20\sqrt{2} - 20}{2} = 10\sqrt{2} - 10 = 10(\sqrt{2} - 1) = 4,1 \text{ cm}$$

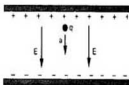
(a partir de la carga de  $1 \mu\text{C}$ .)

5.7 Una partícula de masa  $m$  y carga  $q$  se sitúa en reposo en un campo eléctrico  $\vec{E}$ . ¿Qué velocidad tendrá al cabo de  $10$  segundos y cuál sería su energía cinética? (Prescindase del campo gravitatorio.)

$$a = \frac{F}{m} = \frac{qE}{m}$$

$$v = at = 10 \frac{qE}{m}$$

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m \cdot \frac{10^2 q^2 E^2}{m^2} = 50 \frac{q^2 E^2}{m}$$



- 5.8 Un dipolo eléctrico está formado por dos cargas de  $5 \mu\text{C}$  separadas por  $1 \text{ cm}$  de distancia. ¿Cuál será el momento máximo del par ejercido por un campo de  $10^6 \text{ N/C}$  sobre este dipolo?

$$M = qEl \sin 90 = 5 \times 10^{-6} \times 10^6 \times 10^{-2} = 5 \times 10^{-2} \text{ N/m}$$

- 5.9 Como indica la figura, una carga A de  $+2 \mu\text{C}$  está situada a  $1 \text{ m}$  de distancia de otra carga B de  $-5 \mu\text{C}$ . ¿Cuál será el potencial en un punto C situado a la mitad de distancia entre A y B? ¿Y en un punto D situado a  $25 \text{ cm}$  de A? ¿Qué trabajo se necesitaría para trasladar  $1 \mu\text{C}$  de C a D?



$$V_C = \sum \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_i}{r_i}$$

$$= 9 \times 10^9 \left( \frac{q_1}{r_1} + \frac{q_2}{r_2} \right) = 9 \times 10^9 \left( \frac{+2 \times 10^{-6}}{0,5} + \frac{-5 \times 10^{-6}}{0,5} \right)$$

$$= \frac{9 \times 10^9}{0,5} (-3 \times 10^{-6}) = -54 \times 10^3 \text{ V}$$

$$V_D = 9 \times 10^9 \left( \frac{+2 \times 10^{-6}}{1/4} + \frac{-5 \times 10^{-6}}{3/4} \right) = 9 \cdot 10^9 \frac{10^{-6}}{3/4} = 12 \times 10^3 \text{ V}$$

$$W = q(V_D - V_C) = 10^{-6}(12 + 54) \times 10^3 = +66 \times 10^{-3} \text{ J}$$

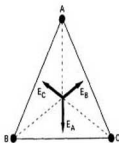
- 5.10 Una ddp de  $220 \text{ V}$  se establece entre los extremos de un alambre de elevada resistencia. El centro del alambre se conecta a tierra. ¿Cuál será el potencial en el centro y en cada uno de los extremos de la resistencia?

Potencial en el centro =  $0 \text{ V}$   
 Potencial en un extremo =  $+60 \text{ V}$   
 Potencial en el otro extremo =  $-60 \text{ V}$

- 5.11 En los vértices de un triángulo equilátero existen cargas iguales de  $1 \mu\text{C}$ . ¿Cuál es la intensidad del campo eléctrico creado por una de las cargas en un punto interior del triángulo que equidista  $10 \text{ cm}$  de los tres vértices? ¿Cuál es el campo resultante producido por las tres cargas en ese punto?

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} = 9 \times 10^9 \frac{10^{-6}}{0,1^2} = 9 \times 10^9 \frac{10^{-6}}{10^{-2}} = 9 \times 10^5 \text{ N/C}$$

El campo resultante es nulo como puede verse sin más que observar la simetría de la figura.



- 5.12 Un protón se deja en libertad en un punto que está situado a una distancia de  $10^{-13}$  m de un núcleo de uranio. ¿Cuál será en MeV la energía adquirida por el protón?  $N.^{\circ}$  atómico del uranio 92; carga del protón  $1,6 \times 10^{-19}$  C.

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Zq}{r} = 9 \times 10^9 \frac{92 \cdot 1,6 \times 10^{-19}}{10^{-13}} = 1,32 \times 10^6 \text{ V}$$

A través de esta ddp el protón adquirirá una energía cinética:

$$E_k(\text{eV}) = 1,32 \times 10^6 \text{ eV} = 1,32 \text{ MeV}$$

- 5.13 Según el modelo atómico de Bohr del hidrógeno, el electrón gira alrededor del núcleo en un círculo de radio 0,53 Å. ¿Cuál es la velocidad del electrón en esta órbita? Masa del electrón  $9,1 \times 10^{-31}$  kg; carga del electrón  $1,6 \times 10^{-19}$  C.

fuerza centripeta = fuerza de Coulomb

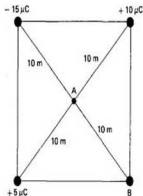
$$\frac{mv^2}{r} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r^2} = 9 \times 10^9 \frac{e^2}{r^2}$$

$$v^2 = \frac{9 \times 10^9 e^2}{mr} = \frac{9 \times 10^9 \times 1,6^2 \times 10^{-38}}{9,1 \times 10^{-31} \times 0,53 \times 10^{-10}}$$

$$\approx 5,12 \times 10^{12}$$

$$v = 2,2 \times 10^6 \text{ m/s}$$

- 5.14 Determinar la ddp que existe entre los puntos A y B de la figura 5.17.



$$V_A = \sum \frac{q_i}{4\pi\epsilon_0 r_i} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{10 \times 10^{-6}}{10} + \frac{5 \times 10^{-6}}{10} - \frac{15 \times 10^{-6}}{10} \right) = 0$$

El potencial de A es el mismo que si estuviera en el infinito. El trabajo necesario para transportar una carga del infinito a A sería cero

$$V_B = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{10 \times 10^{-6}}{10\sqrt{2}} + \frac{5 \times 10^{-6}}{10\sqrt{2}} - \frac{15 \times 10^{-6}}{20} \right) =$$

$$= 9 \times 10^9 \times 10^{-6} \left( \frac{15}{10\sqrt{2}} - \frac{15}{20} \right) = 9 \times 10^3 \times \frac{15}{20} \left( \frac{1}{\sqrt{2}} - \frac{1}{2} \right)$$

$$= 2796 \text{ V. Luego } V_B - V_A = 2796 \text{ V.}$$



- 5.15 Dos cargas eléctricas A y B de  $10^5$  coulombios cada una, pero de sentido contrario están situadas sobre el eje Y en las siguientes posiciones (expresadas en metros):

A(0,10) carga positiva  
B(0, -10) carga negativa

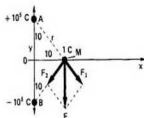
En el punto (10, 0) se sitúa una tercera carga M positiva de 1 coulombio, móvil sobre el eje x. Calcular para esta posición la energía potencial de la interacción de la carga M con las carga A y B (es decir, el trabajo necesario para transportar M desde el infinito a su posición sobre el eje x). Interpretar físicamente el resultado. (Las cargas están en el vacío.)

$$E_p = \sum \frac{qq'}{4\pi\epsilon r} = \frac{1}{4\pi\epsilon r} (q_1 + q_2)$$

$$= \frac{9 \cdot 10^9}{\sqrt{200}} (10^5 - 10^5) = 0$$

$$q' = 1 \text{ C}$$

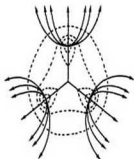
$$r = \sqrt{10^2 + 10^2} = \sqrt{200}$$



Interpretación: F es perpendicular al eje x, de modo que no se requiere ningún trabajo para desplazarse sobre el eje x.

- 5.16 Dibujar las superficies equipotenciales y las líneas de fuerza de tres cargas puntuales iguales y del mismo signo situadas en los vértices de un triángulo equilátero.

La solución analítica supera el nivel matemático de este curso, pero por un sencillo procedimiento experimental se puede obtener una figura como la siguiente. Obsérvese que las líneas de fuerza (trazo continuo) son perpendiculares a las superficies equipotenciales (trazo punteado).



- 5.17 Expresar la constante de la fórmula de Coulomb en  $\text{Nm}^2/(\text{carga elemental})^2$ . ¿Cuál es su significado físico?

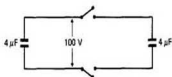
$$K = 9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} = 9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\left(\frac{1}{1,6 \times 10^{-19}}\right)^2 \text{ carga elemental}^2} =$$

$$= 2,304 \times 10^{-28} \frac{\text{Nm}^2}{(\text{carga elemental})^2}$$

Esta constante representa la fuerza en newtons ejercida entre dos cargas elementales separadas un metro.

# CAPITULO 6

6.1 Un condensador de capacidad  $4 \mu\text{F}$  tiene entre sus armaduras una ddp de  $100 \text{ V}$ . Se conecta en paralelo con un condensador descargado de igual capacidad. ¿Qué relación existe entre la energía almacenada por el primer condensador y la almacenada por el sistema de los dos condensadores en paralelo?



$$Q_1 = C_1 V_1 = 4 \times 10^{-6} \times 100 = 4 \times 10^{-4} \text{ C}$$

$$E_1 = \frac{1}{2} Q_1 V_1 = \frac{1}{2} 4 \times 10^{-4} \times 100 = 2 \times 10^{-2} \text{ J}$$

Al conectarlos

$$C_2 = 2 \times 4 \times 10^{-6} = 8 \times 10^{-6} \text{ F}$$

$$Q_2 = 4 \times 10^{-4} \text{ C}$$

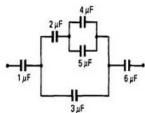
$$V_2 = \frac{4 \times 10^{-4}}{8 \times 10^{-6}} = 0,5 \times 10^2 = 50 \text{ V}$$

$$E_2 = \frac{1}{2} Q_2 V_2 = \frac{1}{2} 4 \times 10^{-4} \times 50 = 10^{-2} \text{ J}$$

$$\frac{E_1}{E_2} = 2$$

Las figuras indican las etapas seguidas en el cálculo

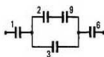
6.2 Determinar la capacidad equivalente del sistema de condensadores de la figura siguiente:



$$\text{a) } \frac{1}{2} + \frac{1}{9} = \frac{1}{c}$$

$$\frac{9 + 2}{18} = \frac{1}{c}$$

$$c = \frac{18}{11}$$



$$\text{b) } \frac{18}{11} + \frac{3 \times 11}{11} = \frac{51}{11}$$



$$\text{c) } \frac{1}{c} = \frac{1}{1} + \frac{11}{51} + \frac{1}{6} = \frac{306}{306} + \frac{66}{306} + \frac{51}{306} = \frac{423}{306}$$

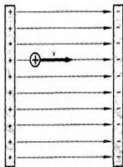
$$c = \frac{306}{423} = 0,72 \mu\text{F}$$



- 6.3 Entre dos placas metálicas existe la ddp de 1 V. ¿Qué velocidad posee un protón liberado en la placa positiva en el instante de chocar contra la placa negativa? El sistema se encuentra en el vacío

$$\text{masa del protón} = 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$\text{carga del protón} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$$



$$q(V_1 - V_2) = \frac{1}{2} mv^2$$

$$v = \sqrt{\frac{2q(V_1 - V_2)}{m}}$$

$$= \sqrt{\frac{2 \times 1,6 \times 10^{-19} \times 1}{1,67 \times 10^{-27}}} = 1,38 \times 10^4 \text{ m/s}$$

- 6.4 ¿Qué relación existe entre el peso de un protón y la fuerza ejercida sobre este protón por el campo eléctrico de un condensador formado por dos placas paralelas separadas 10 cm entre las cuales se establece una ddp de 1000 V? Carga del protón  $1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ; masa del protón  $1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$ .

$$p = mg = 1,67 \times 10^{-27} \times 9,81 = 16,38 \times 10^{-27} \text{ N}$$

$$f = qE = 1,6 \times 10^{-19} \times \frac{1000}{0,1} = 1,6 \times 10^{-15} \text{ N}$$

$$\frac{p}{f} = \frac{16,38 \times 10^{-27}}{1,6 \times 10^{-15}} \approx \frac{1}{10^{11}}$$

(la fuerza gravitatoria es despreciable frente a la fuerza eléctrica).

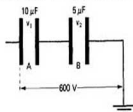
- 6.5 ¿Qué velocidad posee el protón del ejercicio anterior después de recorrer 2 cm partiendo del reposo? ¿Cuál es el tiempo transcurrido?

$$a = \frac{f}{m} = \frac{1,6 \times 10^{-15}}{1,67 \times 10^{-27}} \approx 10^{12} \text{ m/s}^2$$

$$v = \sqrt{2ax} = \sqrt{2 \times 10^{12} \cdot 2 \times 10^{-2}} = 2 \times 10^5 \text{ m/s}$$

$$t = \frac{v}{a} = \frac{2 \cdot 10^5}{10^{12}} = 0,2 \text{ } \mu\text{s}$$

- 6.6 Los condensadores A y B de capacidades 10 y 5  $\mu\text{F}$  respectivamente están conectados en serie. La placa libre de B está conectada a tierra y la placa libre de A se conecta a una fuente de potencial de 600 V. Determinar la ddp entre las placas de ambos condensadores y la energía que almacenan.



Por tanto,

$$\begin{aligned} V_1 + V_2 &= 600 \\ Q &= C_1 V_1 = 10 \times 10^{-6} \times V_1 \\ Q &= C_2 V_2 = 5 \times 10^{-6} \times V_2 \\ 10 \times 10^{-6} \times V_1 &= 5 \times 10^{-6} \times V_2 \\ \left. \begin{aligned} 2V_1 &= V_2 \\ V_1 + V_2 &= 600 \end{aligned} \right\} 3V_1 &= 600 \\ \boxed{V_1 = 200 \text{ V}} \quad \boxed{V_2 = 400 \text{ V}} \end{aligned}$$

$$E_1 = \frac{1}{2} C_1 V_1^2 = \frac{1}{2} 10^{-5} \times (200)^2 = 0,2 \text{ J}$$

$$E_2 = \frac{1}{2} C_2 V_2^2 = \frac{1}{2} 5 \times 10^{-6} \times (400)^2 = 0,4 \text{ J}$$

- 6.7 Dos esferas metálicas de igual radio R con cargas opuestas están muy separadas una de la otra. Cual es la capacidad del conjunto?

Al estar muy separadas, la presencia de una esfera no afecta la carga y potencial de la otra.

$$\left. \begin{aligned} V_1 &= \frac{+q}{C_1} = \frac{+q}{4\pi\epsilon_0 R} \\ V_2 &= -\frac{q}{C_2} = -\frac{q}{4\pi\epsilon_0 R} \end{aligned} \right\} V_1 - V_2 = \frac{2q}{4\pi\epsilon_0 R}$$

Capacidad de las dos esferas:

$$C = \frac{q}{V_1 - V_2} = \frac{4\pi\epsilon_0 R}{2} = \frac{C_1}{2}$$

o sea, es igual a la mitad de la capacidad de una de las esferas aisladas.

- 6.8 N gotas idénticas de mercurio de forma esférica se cargan simultáneamente al mismo potencial V. Cual sera el potencial V' de la gran gota formada por combinación de las N gotas?

Si r es el radio de las gotas pequeñas y R el de la gota grande

$$\begin{aligned} N \cdot \frac{4}{3} \pi r^3 &= \frac{4}{3} \pi R^3 \\ R^3 &= r^3 N \quad \boxed{R = r\sqrt[3]{N}} \end{aligned}$$

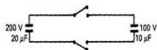
La carga de la gota pequeña es

$$q = CV = 4\pi\epsilon_0 r^2 V$$

y la carga de la gota grande

$$\begin{aligned} Q &= Nq = N \cdot 4\pi\epsilon_0 r^2 V = 4\pi\epsilon_0 R^2 V' \\ N r^2 V &= R^2 V' = r^2 \sqrt[3]{N} V' \\ V' &= N V / \sqrt[3]{N} = V \sqrt[3]{N^2} \end{aligned}$$

- 6.9 Un condensador de  $10 \mu\text{F}$  se carga a un potencial de  $100 \text{ V}$  y otro de  $20 \mu\text{F}$  a un potencial de  $200 \text{ V}$ . Si se conectan ahora los dos condensadores en paralelo, ¿cuál será la ddp entre las placas?



- 6.10 La fuerza de interacción electrostática de dos conductores esféricos de igual carga suspendidos de sendas cuerdas en el aire es de  $10 \text{ N}$ . ¿Cuál será la fuerza de interacción entre los conductores al introducirlos en un líquido de constante dieléctrica relativa  $2,2$  si mantenemos sus potenciales al mismo valor que tenían en el aire?

En el aire:



$$F_1 = q_1 E = 10 \text{ N}$$

$q$  = carga de una esfera  
 $E$  = campo creado por la otra

En el líquido:

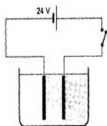


Como  $V = \frac{q}{C}$  y  $C$  queda multiplicado por  $\epsilon'$ , para que  $V$  sea constante hay que multiplicar  $q$  por  $\epsilon'$ .

Por tanto,

$$F_2 = q_2 E = q_1 \epsilon' E = 10 \epsilon' = 22 \text{ N}$$

- 6.11 Un condensador de placas paralelas se introduce en un vaso y se conecta a una batería de  $24 \text{ V}$ , como indica la figura. La superficie de las placas es de  $20 \text{ cm}^2$  y la distancia de separación de  $1 \text{ mm}$ . ¿Qué ocurre con la carga de las placas, la capacidad del condensador y la ddp entre las armaduras si después de desconectar la batería se llena el vaso de un líquido de constante dieléctrica relativa  $3,5$ ?



1. La carga no varía
2. La capacidad

$$C = \epsilon_0 \frac{S}{d} = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{20 \times 10^{-4}}{10^{-3}} = 17,7 \times 10^{-12} \text{ F} = 17,7 \text{ pF}$$

queda multiplicada por  $3,5$ , ya que

$$C' = \epsilon' \epsilon_0 \frac{S}{d}$$

o sea,  $C' = 61,95 \text{ pF}$ .

3. La ddp entre las placas que inicialmente era:

$$V = \frac{Q}{C} = 24 \text{ V}$$

pasa a ser

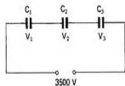
$$V' = \frac{Q}{C'}$$

o sea,

$$\frac{V'}{V} = \frac{C}{C'} = \frac{1}{3,5}$$

$$V' = \frac{V}{3,5} = \frac{24}{3,5} = 6,86 \text{ V}$$

- i.12 Tres condensadores de 2, 4 y 8 pF se conectan en serie. Si el voltaje de ruptura (rigidez dieléctrica) es de 1200 V para cualquiera de ellos, ¿podremos aplicar una diferencia de potencial de 3500 V a la combinación en serie?



Como la carga en sus placas es la misma se verificará

$$\begin{aligned} C_1 V_1 &= C_2 V_2 = C_3 V_3 \\ 2V_1 &= 4V_2 = 8V_3 \\ V_1 + V_2 + V_3 &= 3500 \end{aligned}$$

$$\left. \begin{aligned} V_1 + \frac{V_1}{2} + \frac{V_1}{4} &= 3500 \\ 1,75 V_1 &= 3500 \end{aligned} \right\} \begin{aligned} V_1 &= \frac{3500}{1,75} = 2000 \text{ V} \\ V_2 &= 1000 \text{ V} \\ V_3 &= 500 \text{ V} \end{aligned}$$

Por tanto, los condensadores 2 y 3 serían perforados. No pueden aplicarse los 3500 V.

- i.13 Un condensador de placas paralelas en aire se carga a 1000 V. Al introducirle en un líquido se observa que para alcanzar la misma ddp entre sus placas es necesario triplicar la carga depositada. Determinar la constante dieléctrica del líquido.

En aire  $V = \frac{Q}{C} = 1000 \text{ V}$

En líquido  $\frac{3Q}{C} = 1000 \text{ V}$

Por tanto,

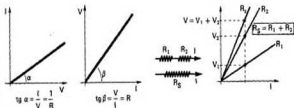
$$C = 3C$$

Como

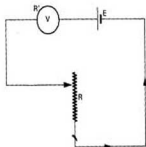
$$C = \epsilon' C, \text{ será } \epsilon' = 3$$

# CAPITULO 7

- 7.1 Si se representa en un gráfico la intensidad  $I$  que circula por un conductor metálico que cumple la ley de Ohm en función de la ddp  $V$ , ¿qué significa la pendiente de la línea obtenida? ¿Y si se representa  $V$  en función de  $I$ ? Teniendo esto en cuenta demostrar gráficamente que la resistencia equivalente a dos resistencias en serie  $R_1$  y  $R_2$  es  $R_0 = R_1 + R_2$ .



- 7.2 Una pila de fem constante y resistencia despreciable se conecta en serie con un voltmetro y con una resistencia variable  $R$ . Cuando  $R = 20 \Omega$  el voltmetro indica  $1,8 \text{ V}$ , y cuando  $R = 80 \Omega$ , el voltmetro marca  $1,5 \text{ V}$ . Determinar la resistencia  $R'$  del voltmetro y la fem  $E$  de la pila.



La intensidad en el circuito es

$$I = \frac{E}{R + R'}$$

Por tanto, la caída de potencial a través del voltmetro será

$$IR' = \frac{ER'}{R + R'} \text{ voltios}$$

Sustituyendo los datos del problema

$$\frac{ER'}{20 + R'} = 1,8 \quad (1)$$

$$\frac{ER'}{80 + R'} = 1,5 \quad (2)$$

Dividiendo (1) y (2) miembro a miembro

$$\frac{80 + R'}{20 + R'} = \frac{1,8}{1,5} = \frac{6}{5}$$

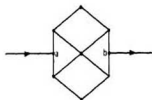
$$400 + 5R' = 120 + 6R'$$

$$R' = 280 \Omega$$

y sustituyendo en (1):

$$\frac{280E}{300} = 1,8 \quad E = \frac{540}{280} = 1,93 \text{ V}$$

- 7.3 Determinar la resistencia eléctrica de un circuito formado por alambre que tiene la forma de un hexágono regular con dos diagonales como indica la figura. La corriente penetra en el hexágono por el punto medio del lado a y sale por el punto medio del lado opuesto b. La resistencia eléctrica de un lado del hexágono es  $10 \Omega$ .



Existen dos circuitos en paralelo que conectan los puntos de entrada y salida de la corriente, formado cada uno de ellos por medio lado del hexágono, un rombo y otro medio lado del hexágono en serie. La resistencia del rombo es  $10 \Omega$  y, por tanto, la resistencia de cada uno de los dos circuitos en paralelo es  $20 \Omega$ .

La resistencia total es  $\frac{1}{R} = \frac{2}{20}$ ;  $R = 10 \Omega$ .

- 7.4 Un calentador eléctrico hace hervir  $100 \text{ l}$  de agua en 1 hora, utilizando una resistencia de  $12 \text{ m}$  de longitud. Si queremos que la ebullición se verifique en 20 minutos, ¿cómo debemos modificar la longitud de la resistencia?

El calor desarrollado en el tiempo  $t$  es

$$Q = 0,24 \frac{V^2}{R} t = mc \Delta\theta$$

siendo  $\Delta\theta$  el incremento de temperatura.

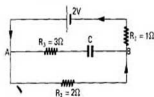
Como el calor  $Q$  necesario es el mismo en los dos casos citados y  $V$  no se modifica

$$\frac{t_1}{R_1} = \frac{t_2}{R_2}, \quad \text{o sea,} \quad \frac{t_1}{l_1} = \frac{t_2}{l_2}$$

siendo  $l_1$  y  $l_2$  las longitudes de la resistencia. Por tanto

$$\frac{60}{12} = \frac{20}{l_2} \quad l_2 = 4 \text{ m}$$

- 7.5 Una pila de 2 voltios está conectada al circuito de la figura. ¿A qué voltaje quedará cargado finalmente el condensador C?



La pila carga el condensador hasta un cierto potencial  $V$ , y una vez alcanzado, cesa de pasar corriente por él y por la resistencia de  $3 \Omega$  continuando por el resto del circuito. La ddp entre las armaduras del condensador será la misma que entre A y B, o sea la caída de potencial en la resistencia de  $2 \Omega$ . Por tanto, como

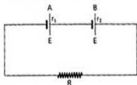
$$I = \frac{E}{R_1 + R_2} = \frac{2}{3}$$

será

$$V = IR_2 = \frac{2}{3} \cdot 2 = 1,33 \text{ voltios}$$



- 7.6 Dos pilas A y B de igual fem y resistencias internas  $3 \Omega$  y  $1 \Omega$  respectivamente, se conectan en serie con una resistencia externa R. ¿Qué valor debe tener R para que la ddp en los terminales de A sea cero?

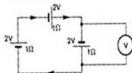


$$I = \frac{2E}{r_1 + r_2 + R}$$

$$V_A = E - Ir_1 = E - \frac{2Er_1}{r_1 + r_2 + R} = \frac{(r_1 + r_2 + R)E - 2Er_1}{r_1 + r_2 + R} = 0$$

$$(r_1 + r_2 + R)E = 2Er_1 \quad -r_1 + r_2 + R = 0 \quad R = r_1 - r_2 = 3 - 1 = 2 \Omega$$

- 7.7 Tres pilas de  $2 \text{ V}$  y resistencia interna  $1 \Omega$  se conectan, como indica la figura, por medio de conductores de resistencia despreciable. ¿Qué voltaje indicará el voltímetro conectado entre los bornes de una cualquiera de las pilas?



$$I = \frac{3E}{3r} = \frac{E}{r}$$

$$V = E - Ir = E - E = 0$$

(Resultado lógico, ya que las pilas están cortocircuitadas por ser nula la resistencia de los conductores de conexión.)

- 7.8 Una pila de fem  $E_1$  y resistencia interna  $r_1$  produce una corriente  $I_1$  cuando se conecta con una resistencia exterior R. Si la pila  $E_1$  se conecta en serie con otra pila  $E_2$  de resistencia interna  $r_2$  y se cierra el circuito con la misma resistencia exterior R se obtiene una intensidad  $I_2$ . ¿Qué condición debe cumplir el cociente  $E_2/E_1$  para que  $I_2 < I_1$  si  $r_1 = 1 \Omega$ ,  $r_2 = 2 \Omega$  y  $R = 3 \Omega$ .

$$I_1 = \frac{E_1}{r_1 + R} \quad I_2 = \frac{E_1 + E_2}{r_1 + r_2 + R}$$

Para que  $I_2 < I_1$  debe cumplirse

$$\frac{E_1 + E_2}{r_1 + r_2 + R} < \frac{E_1}{r_1 + R} \quad \frac{E_1 + E_2}{E_1} < \frac{r_1 + r_2 + R}{r_1 + R}$$

$$\frac{E_2}{E_1} < \frac{r_2}{r_1 + R} \quad \text{o sea} \quad \frac{E_2}{E_1} < \frac{2}{4} \quad E_2 < (E_1/2)$$



7.9 Dos bombillas de 220 V y 60 W, una de filamento metálico y otra de carbón brillan lo mismo en derivación, pero si se conectan en serie en un circuito de 220 V, ¿cuál de ellas brillará más?

(La resistencia del carbón disminuye al crecer la temperatura.)

La de carbón se pondrá más incandescente. En efecto la  $R_{\text{carbón}}$  disminuye al crecer la temperatura, mientras que  $R_{\text{metal}}$  crece con  $T$ . Cuando están conectadas en derivación, ambas tienen igual  $R$  (ya que su potencia es la misma), pero conectadas en serie, la temperatura de ambos filamentos será inferior al valor de funcionamiento normal y, por tanto,  $R_{\text{carbón}} > R_{\text{metal}}$ . La de carbón brillará más.

7.10 Cuatro pilas de 2 V y resistencia interna  $1 \Omega$  se conectan primero en serie y después en paralelo cerrando el circuito a través de un conductor de resistencia  $R$ . ¿Cuánto debe valer  $R$  para que la intensidad en ambos casos sea la misma?

Serie:

$$I = \frac{nE}{nr + R} = \frac{4 \times 2}{4 \times 1 + R} = \frac{8}{4 + R}$$

Paralelo:

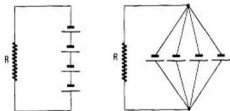
$$I = \frac{E}{\frac{r}{n} + R} = \frac{2}{\frac{1}{4} + R} = \frac{8}{1 + 4R}$$

$$4 + R = 1 + 4R$$

$$3 = 3R$$

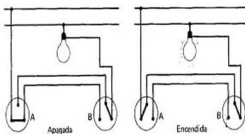
$$R = 1 \Omega$$

En general,  $R = r$ .

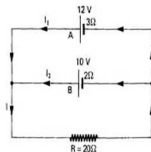


7.11 Se desea instalar una lámpara en el centro de un pasillo de modo que pueda encenderse y apagarse en cada uno de sus extremos. Representar el esquema de los interruptores que deben montarse.

Como indica la figura, la lámpara se puede encender o apagar con el interruptor A o con el B, cualquiera que sea la posición del otro.



- 7.12 Una batería A de fem 12 V y resistencia interna  $3 \Omega$  se conecta en paralelo con otra batería B de 10 V y resistencia interna  $2 \Omega$ . Determinar la intensidad de corriente que circula por una resistencia externa de  $20 \Omega$  en paralelo con las baterías.



Apliquemos las leyes de Kirchhoff:

- a) Al circuito de A con R

$$3I_1 + 20I = 12$$

$$3I_1 + 20(I_1 + I_2) = 12$$

$$\boxed{23I_1 + 20I_2 = 12}$$

- b) Al circuito de B con R

$$2I_2 + 20I = 10$$

$$2I_2 + 20(I_1 + I_2) = 10$$

$$\boxed{22I_2 + 20I_1 = 10}$$

Resolviendo las ecuaciones, resulta

$$I_2 = -10,6A \quad I_1 = 9,74A$$

El signo menos de  $I_2$  indica que la corriente  $I_2$  tiene sentido contrario al indicado en la figura.

- 7.13 Un calentador eléctrico de 250 vatios se sumerge en un calorímetro que contiene 2 litros de agua a  $20^\circ\text{C}$ . Cuánto tiempo tardará en hervir el agua si la presión es de 1 atm y el equivalente en agua del calorímetro es de 40 gramos. Se supone que un 10 por 100 de la energía suministrada se pierde en forma de calor.

Calor absorbido por el agua y el calorímetro en el tiempo  $t$ :

$$\frac{9}{10} 250t \text{ julios} = 225t \text{ J}$$

Calor necesario para la ebullición

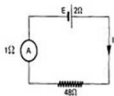
$$2040 \times 1 \times (100 - 20) \times 4,18 \text{ julios}$$

Luego

$$225t = 2040 \times 80 \times 4,18$$

$$t = 3031 \text{ s} = 50 \text{ min } 31 \text{ s}$$

- 7.14 Un circuito está formado por una resistencia de  $48 \Omega$ , un amperímetro de  $1 \Omega$  y una batería de resistencia interna  $2 \Omega$ , todo ello en serie. Si el amperímetro indica una intensidad de  $10 \text{ A}$ , ¿qué intensidad circularía por el mismo circuito al quitar el amperímetro?



- a) Con amperímetro:

$$I = \frac{E}{R + R_A + r} = \frac{E}{51} = 10 \text{ A}$$

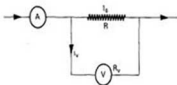
$$E = 51 \times 10 = 510 \text{ V}$$

- b) Sin amperímetro:

$$I' = \frac{E}{50} = \frac{510}{50} = 10,2 \text{ A}$$



- 7.15 Para medir una resistencia se realiza un montaje en derivación corta. El amperímetro marca  $1,5 \text{ A}$  y el voltímetro  $110 \text{ V}$ . ¿Cuál es el valor de  $R$  si la resistencia interna del voltímetro es de  $2800 \Omega$ ? ¿Qué error cometeremos si al hacer el cálculo aplicamos la simple fórmula  $R = V/I$ ?



$$I = I_0 + I_v = \frac{V}{R} + \frac{V}{R_v}$$

$$\frac{V}{R} = I - \frac{V}{R_v} = \frac{R_v I - V}{R_v}$$

$$R = \frac{V R_v}{R_v I - V} = \frac{110 \times 2800}{2800 \cdot 1,5 - 110} = \frac{308000}{4090} = 75,3 \Omega$$

$$R' = \frac{V}{I} = \frac{110}{1,5} = 73,3 \quad \Delta R = 2 \Omega \approx 3\%$$

- 7.16 Calcular la longitud del filamento de una bombilla de  $220 \text{ V}$  y  $60 \text{ W}$  sabiendo que su diámetro es de  $0,01 \text{ mm}$  y que cuando está encendida normalmente su temperatura es de  $2500 \text{ K}$ . También se sabe que la resistividad del filamento a  $0^\circ \text{ C}$  es de  $5 \times 10^{-8} \Omega \text{ m}$  y que este valor crece proporcionalmente con la temperatura absoluta del filamento.

Resistencia del filamento:

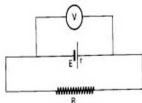
$$R = \rho \frac{l}{s} = \frac{V}{I} = \frac{V^2}{IV} = \frac{V^2}{W}; \quad \frac{\rho}{\rho_0} = \frac{T}{T_0}; \quad \rho_0 \frac{T}{T_0} \frac{l}{s} = \frac{V^2}{W}$$

$$l = \frac{V^2 s T_0}{W \rho_0 T} = \frac{220^2 \times 273 \times \pi \times (10^{-3})^2 / 4}{60 \times 5 \times 10^{-8} \times 2500}$$

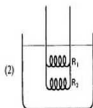
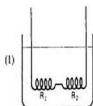
$$= \frac{220^2 \pi \times 273 \times 10^{-10}}{240 \times 5 \times 15 \times 10^{-4}} = 0,138 \text{ m} = 13,8 \text{ cm}$$

7.17 La fem de una batería es 12 V, su resistencia interna  $2 \Omega$  y la resistencia externa  $10 \Omega$ . Determinar la diferencia de potencial en los bornes de la batería.

$$V = E - Ir = E - \frac{E}{R+r} r = E \left( 1 - \frac{r}{R+r} \right) = E \left( \frac{R}{R+r} \right) = 12 \frac{10}{10+2} = 10 \text{ voltios}$$



7.18 Un calentador eléctrico posee dos arrollamientos. Con uno de ellos el agua de un vaso hierve en 10 minutos y con el otro en 20 minutos. ¿En cuánto tiempo hervirá el agua si ambos arrollamientos están conectados: (1) en serie y (2) en paralelo?



La cantidad de calor disipada por el arrollamiento  $R_1$  en  $t_1 = 10$  min. es igual a la disipada por  $R_2$  en 20 min., o sea,

$$Q = \frac{V^2}{R_1} t_1 = \frac{V^2}{R_2} t_2$$

$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{R_1}{R_2} = \frac{10}{20} = \frac{1}{2}$$

1. Serie

$$R_3 = R_1 + R_2$$

$$Q = \frac{V^2 t_3}{R_1 + R_2} = \frac{V^2 t_1}{R_1}$$

(En el tiempo  $t_3$  la resistencia  $R_3$  disipa el mismo calor que  $R_1$  en  $t_1 = 10$  min)

$$\frac{t_3}{t_1} = \frac{R_1 + R_2}{R_1} = \frac{1+2}{1} = 3$$

$$t_3 = 3t_1 = 30 \text{ min.}$$

2. Paralelo

$$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{R_4}; \quad \frac{1}{R_4} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2}; \quad R_4 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

$$Q = \frac{V^2 t_4}{R_4} = \frac{V^2}{R_1 R_2} (R_1 + R_2) t_4 = \frac{V^2 t_1}{R_1}$$

$$\frac{t_4}{t_1} = \frac{R_1 + R_2}{R_2} = \frac{1+2}{2} = \frac{3}{2}$$

$$t_4 = \frac{3t_1}{2} = \frac{3}{2} \cdot 10 = 15 \text{ min} = 15 \text{ min } 30 \text{ seg}$$

- 7.19 Una batería se conecta a una resistencia de  $10 \Omega$  y luego a una resistencia de  $5 \Omega$  y en ambos casos disipa el mismo calor en el mismo tiempo. ¿Qué valor debe tener la resistencia interna de la batería para que se cumpla esta propiedad?

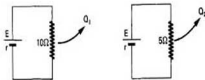
$$\begin{cases} Q_1 = Q_2 \\ 0,24I_1^2 R_1 t = 0,24I_2^2 R_2 t \end{cases}$$

$$\left(\frac{E}{R_1 + r}\right)^2 R_1 = \left(\frac{E}{R_2 + r}\right)^2 R_2$$

$$\frac{R_1}{(R_1 + r)^2} = \frac{R_2}{(R_2 + r)^2}; \quad R_1(R_2^2 + 2rR_2 + r^2) = R_2(R_1^2 + 2rR_1 + r^2)$$

$$R_1 R_2^2 + R_1 r^2 = R_2 R_1^2 + r^2 R_2 \quad r^2(R_1 - R_2) = R_1 R_2 (R_1 - R_2)$$

$$r = \sqrt{R_1 R_2} = \sqrt{50} = 7,07 \Omega$$

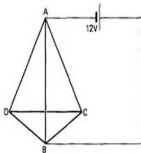


- 7.20 Seis conductores rectilíneos iguales de  $10 \Omega$  de resistencia cada uno están unidos de forma que con ellos se forma un tetraedro regular. Si dos vértices del tetraedro se unen a los bornes de una batería de  $12 \text{ V}$ , ¿qué corriente circula a través de la batería?

El conjunto puede considerarse como tres conductores en paralelo

$$AB \rightarrow 10 \Omega \quad ADB \rightarrow 20 \Omega \quad ACB \rightarrow 20 \Omega$$

Los puntos  $D$  y  $C$  por simetría están al mismo potencial y, por tanto, no circula corriente por la arista  $CD$ . Resistencia equivalente:



$$\frac{1}{R} = \frac{1}{10} + \frac{1}{20} + \frac{1}{20} = \frac{4}{20} = \frac{1}{5}$$

$$R = 5 \Omega \quad I = \frac{12}{5} = 2,4 \text{ A}$$

- 7.21 Demostrar que el producto CAPACIDAD  $\times$  RESISTENCIA tiene las dimensiones de un tiempo.

Demostraremos que  $F$  (faradios)  $\times \Omega$  (ohmios) =  $s$  (segundos). En efecto:

$$F = C/V$$

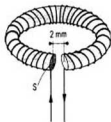
$$\Omega = V/A = V/CS^{-1} = Vs/C$$

Por tanto

$$F \times \Omega = \frac{C}{V} \frac{Vs}{C} = s$$

# CAPITULO 8

- 8.1 El flujo magnético en un circuito formado por un anillo de hierro de  $10 \text{ cm}^2$  y longitud  $1 \text{ m}$  con un arrollamiento toroidal de 2000 espiras es de  $3,14 \times 10^{-3}$  webers. Si en este circuito se corta un entrehierro de  $2 \text{ mm}$  de espesor, ¿qué intensidad debe circular por el arrollamiento para que el flujo no se modifique?  
(Para el hierro  $\mu' = 250$ .)



$$\mu = \mu' \mu_0 = 250 \times 4\pi \times 10^{-7} = \pi \times 10^{-4}$$

Reluctancia total:

$$\begin{aligned} R &= R_1 + R_2 = \frac{l_1}{\mu_1 S_1} + \frac{l_2}{\mu_2 S_2} = \\ &= \frac{1}{\pi \times 10^{-4} \times 10 \times 10^{-4}} + \frac{2 \times 10^{-3}}{4\pi \times 10^{-7} \times 10 \times 10^{-4}} \\ &= \frac{1}{\pi \times 10^{-7}} + \frac{2 \times 10^{-3}}{4\pi \times 10^{-10}} = \frac{6 \times 10^7}{4\pi} = 0,48 \times 10^7 \frac{\text{A} \cdot \text{V}}{\text{Wb}} \end{aligned}$$

Flujo magnético

$$\begin{aligned} \Phi &= \frac{NI}{R}; \quad NI = \Phi \cdot R = 3,14 \times 10^{-3} \times 0,48 \times 10^7 \\ I &= \frac{1,51 \times 10^4}{2000} = 7,54 \text{ A} \end{aligned}$$

- 8.2 Una barra de hierro posee una fuerza coercitiva de  $10^4 \text{ A/m}$ . ¿Qué corriente debe circular por un solenoide que le rodea, de  $25 \text{ cm}$  de longitud y 250 espiras de alambre para que la barra se desimante?

El campo magnético que se establece dentro del solenoide debe ser igual a la fuerza coercitiva que posee el hierro

$$\frac{NI}{l} = 10^4 \text{ A/m}$$

$$I = \frac{10^4 l}{N} = \frac{10^4 \times 0,25}{250} = 10 \text{ A}$$

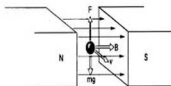


- 8.3 Una partícula portadora de una carga eléctrica se desplaza horizontalmente con una velocidad de 1000 m/s en ángulo recto con un campo de inducción magnética igual a  $5 \times 10^{-3}$  tesla. Por la acción del campo, la partícula sigue en el mismo plano horizontal, como si no le afectara la acción de la gravedad. ¿Cuál es la masa de la partícula? (Carga del electrón =  $1,6 \times 10^{-19}$  C.)

La fuerza magnética equilibra justamente el peso:

$$mg = q \cdot vB$$

$$m = \frac{qvB}{g} = \frac{1,6 \times 10^{-19} \times 10^3 \times 5 \times 10^{-3}}{9,81} = 8,2 \times 10^{-20} \text{ kg}$$



- 8.4 El TnC emite partículas alfa de 6,048 MeV que después de ser colimadas penetran en un campo magnético, perpendicular al haz, de inducción  $B = 1T$ . ¿Cuál es el radio del círculo descrito por las partículas alfa en el campo magnético?

Velocidad de las partículas  $\alpha$ :

$$6,048 \text{ MeV} = 6,048 \times 1,6 \times 10^{-13} \text{ J} = 9,678 \times 10^{-13} \text{ J}$$

$$\frac{1}{2} mv^2 = 9,678 \times 10^{-13} \text{ J}$$

$$v = \sqrt{\frac{19,358 \times 10^{-13}}{6,64 \times 10^{-27}}} = 1,707 \times 10^7 \text{ ms}^{-1}$$

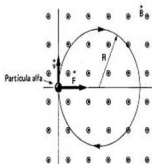
(Masa de las partículas  $\alpha$ :

$$6,64 \times 10^{-27} \text{ kg.})$$

Radio del círculo descrito:

$$qvB = \frac{mv^2}{R}$$

$$R = \frac{mv}{qB} = \frac{6,64 \times 10^{-27} \times 1,707 \times 10^7}{2 \times 1,6 \times 10^{-19} \times 1} = 0,35 \text{ m}$$



- 8.5 Un protón ( $m = 1,67 \times 10^{-27}$  kg) dotado de una velocidad de  $2 \times 10^6$  m/s gira en un campo magnético según un círculo de 10 cm de radio que es perpendicular al campo. ¿Cuál es la inducción magnética?

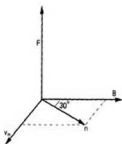
Igualando la fuerza engendrada al paso del protón por el campo magnético con la fuerza centrípeta resulta:

$$f = qvB = \frac{mv^2}{r}$$

$$B = \frac{mv}{qr} = \frac{1,67 \times 10^{-27} \times 2 \times 10^6}{1,6 \times 10^{-19} \times 10^{-1}} = 0,209 \text{ T}$$



- 8.6 Un protón con velocidad  $2 \times 10^6$  m/s penetra en un campo magnético formando un ángulo de  $30^\circ$  con el vector  $\vec{B}$  cuya magnitud es de 1 tesla. ¿Qué movimiento describirá el protón?



La velocidad  $\vec{v}$  del protón puede descomponerse en  $\vec{v}_B$  y  $\vec{v}_\perp$ :

$$v_B = v \cos 30^\circ = 2 \times 10^6 \frac{\sqrt{3}}{2} = \sqrt{3} \cdot 10^6 \text{ m/s}$$

$$v_\perp = v \sin 30^\circ = 2 \times 10^6 \times \frac{1}{2} = 10^6 \text{ m/s}$$

En virtud de la primera, la fuerza magnética

$$\vec{F} = q(\vec{v}_B \wedge \vec{B}) = 0$$

ya que  $\vec{v}_B$  y  $\vec{B}$  son paralelos. Por tanto, la partícula se mueve en la dirección del campo con la velocidad  $\sqrt{3} \cdot 10^6$  m/s.

Por otra parte, como  $\vec{v}_\perp$  es perpendicular a  $\vec{B}$ , girará en un círculo de radio

$$r = \frac{mv_\perp}{qB} = \frac{1,67 \times 10^{-27} \times 10^6}{1,6 \times 10^{-19} \times 1} = 0,0104 \text{ m} = 1,04 \text{ cm}$$

En conjunto el movimiento del protón consistirá en la superposición de un movimiento de rotación y otro de traslación, es decir, describirá un movimiento helicoidal.

- 8.7 Un cable conduce una corriente eléctrica de 200 A en dirección Sur-Norte. ¿Cuál es la inducción magnética producida por la corriente en un punto situado a 2 m por debajo del cable?

Por la ley de Biot y Savart

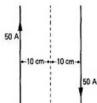
$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi R} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 200}{2\pi \cdot 2} = 2 \times 10^{-5} \text{ T}$$

De acuerdo con la regla del pulgar de la mano derecha,  $B$  está dirigida hacia el Oeste.

- 8.8 Un solenoide de 1 m de longitud está formado por 2000 espiras por las que circula una corriente de 10 A. Determinar la inducción magnética creada en el interior del solenoide.

$$B = \mu_0 \frac{NI}{l} = 4\pi \cdot 10^{-7} \left( \frac{\text{kgm}}{\text{C}^2} \right) \frac{2000 \text{ vueltas} \times 10 \text{ A}}{1 \text{ m}} \\ = 8\pi \times 10^{-3} \frac{\text{N}}{\text{A} \cdot \text{m}} = 8\pi \times 10^{-3} \text{ T}$$

- 8.9 Por dos cables paralelos separados 20 cm circulan corrientes iguales de 50 A, pero de sentido contrario. ¿Cuánto vale la inducción magnética en la línea media entre los dos cables?



Sus efectos se suman:

$$B = 2 \times \frac{\mu_0 I}{2\pi R} = 2 \times \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 50}{2\pi \times 0,10} = 2,10^{-4} \text{ T} = 2 \text{ gauss}$$

- 8.10 Determinar la fuerza atractiva que se ejerce entre dos conductores paralelos de 1 m de longitud separados 10 cm y por los que circulan corrientes iguales y de igual sentido de 50 A.

$$F = \mu_0 \frac{I_1 I_2 l}{2\pi d} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 50^2 \times 1}{2\pi \times 0,1} = 5 \times 10^{-3} \text{ N}$$

- 8.11 El electrón del átomo de hidrógeno gira alrededor del protón en una órbita circular de radio  $5,3 \times 10^{-11} \text{ m}$  con una frecuencia de  $6,62 \times 10^{15} \text{ rps}$ . ¿Cuál es la inducción magnética en el centro de la órbita? (Carga del electrón =  $1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ .)

Teniendo en cuenta que la intensidad es la carga que circula por unidad de tiempo

$$I = \frac{q}{t} = qv$$

resulta:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2R} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 1,6 \times 10^{-19} \times 6,62 \times 10^{15}}{2 \times 5,30 \times 10^{-11}} = 12,6 \text{ teslas}$$

- 8.12 Una espira circular de radio 10 cm se conecta a una batería de fem constante. ¿Cómo se modifica la inducción magnética en el centro del círculo, si con el alambre de esta espira se construyen dos espiras de radio 5 cm, que se disponen adyacentes y se conectan a la misma fuente?

1.ª Inducción creada por una espira

$$B_1 = \frac{\mu_0 I}{2R_1}$$

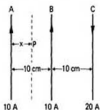
2.ª Inducción creada por las dos espiras

$$B_2 = 2 \frac{\mu_0 I}{2 \frac{R_1}{2}} = \frac{2\mu_0 I}{R_1}$$

Por tanto,

$$\frac{B_2}{B_1} = 4$$

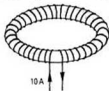
- 8.13 Tres cables paralelos de gran longitud A, B y C están separados entre sí 10 cm sobre el mismo plano. Por A y B circulan corrientes de 10 A de igual sentido y por C circula una corriente de 20 A en sentido contrario. Determinar la línea del plano en la cual la excitación magnética originada por las tres corrientes es nula.



- 8.14 Un haz de partículas cargadas positivamente de velocidad variable penetra en una región donde existe un campo electrostático  $\vec{E}$  y un campo magnético de inducción  $\vec{B}$ . Los vectores  $\vec{v}$ ,  $\vec{B}$  y  $\vec{E}$  son perpendiculares entre sí. Si la inducción magnética es de 0,5 T, ¿qué campo eléctrico sería necesario para que las partículas de velocidad  $v = 10^6$  m/s pasarán esta región sin desviarse de su trayectoria?



- 8.15 Un anillo toroidal de sección transversal  $S$  de  $10 \text{ cm}^2$  y longitud  $l$  m posee 1000 espiras por las que circula una corriente de 10 A. Determinar la inducción magnética y el flujo magnético en el anillo ( $\mu' = 900$ ).



Consideremos un punto  $P$  a la distancia  $x$  del primer cable. Teniendo en cuenta las direcciones de los campos ejercidos en  $B$  debe cumplirse

$$H_1 = \frac{I}{2\pi x}; \quad H_2 = \frac{-I}{2\pi(10-x)}; \quad H_3 = \frac{2I}{2\pi(10+x)}$$

o sea,

$$\frac{I}{2\pi} \left( \frac{1}{x} - \frac{1}{10-x} + \frac{2}{10+x} \right) = 0$$

Simplificando resulta

$$2x^2 - 5x - 50 = 0$$

$$x = \frac{5 \pm \sqrt{25 + 400}}{4} = 6,4 \text{ cm}$$

Se trata de la línea paralela a los cables que dista 6,6 cm de  $A$ .

Para que no haya desviación debe cumplirse que

$$F_e = F_m; \quad qE = qvB$$

$$E = vB = 0,5 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

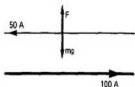
$$H = \frac{NI}{l} = \frac{1000 \times 10}{1} = 10^4 \text{ A/m}$$

$$\mu = \mu' \mu_0 = 900 \times 4\pi \times 10^{-7} = 1,13 \times 10^{-3} \text{ Wb/A} \cdot \text{m}$$

$$B = \mu H = 1,13 \times 10^{-3} \times 10^4 = 11,3 \text{ T}$$

$$\Phi = BS = 11,3 \times 10 \times 10^{-4} = 11,3 \times 10^{-3} \text{ Wb}$$

- 8.16 Una barra horizontal sujeta firmemente por sus extremos transporta una corriente de 100 A. ¿A qué distancia por encima de esta barra debe situarse un alambre fino que pesa 10 g por metro, y por el que circula una corriente de 5 s A en sentido contrario, para que situado paralelamente a la barra sea soportado por repulsión magnética?



La fuerza magnética por unidad de longitud debe ser igual al peso de la unidad de longitud del alambre.

$$\frac{mg}{l} = \frac{F}{l} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d}$$

$$\frac{mg}{l} = 10 \text{ g/m} = \frac{10}{1000} \cdot 9,8 \frac{\text{N}}{\text{m}} = 0,098 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

$$d = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi (mg/l)} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 100 \times 50}{2\pi \times 0,098} = \frac{10^{-3}}{98 \times 10^{-3}} = 0,0102 \text{ m} = 1,02 \text{ cm}$$

- 8.17 Hallar la excitación magnética en un punto situado a 5 cm de un conductor infinitamente largo por el cual fluye una corriente de 10 A.

$$H = \frac{B}{\mu_0} = \frac{I}{2\pi R} = \frac{10}{6,28 \times 5 \times 10^{-2}} = \frac{1000}{31,40} = 31,8 \frac{\text{A}}{\text{m}}$$

- 8.18 Determinar la excitación magnética de un punto situado en el centro de una espira circular de radio 10 cm por la que circula una corriente de 40 A.

$$H = \frac{B}{\mu_0} = \frac{I}{2R} = \frac{40}{2 \times 10 \times 10^{-2}} = \frac{200}{1} \frac{\text{A}}{\text{m}}$$

- 8.19 Determinar el valor de la excitación magnética en un punto del eje de una espira circular de radio R y situado a una distancia a del plano de la misma. Por la espira circula una corriente de intensidad I.

La excitación magnética en el punto P debida al elemento de corriente  $\Delta l$  es

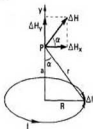
$$\Delta H = \frac{\Delta B}{\mu_0} = \frac{I \Delta l}{4\pi r^2} \sin \theta = \frac{I \Delta l}{4\pi r^2}$$

ya que r es perpendicular a  $\Delta l$ . Por tanto,

$$\Delta H_y = \Delta H \sin \alpha = \frac{I \Delta l}{4\pi r^2} \sin \alpha = \frac{I \Delta l}{4\pi r^2} \frac{R}{r}$$

Como  $\Sigma \Delta l = 2\pi R$  será finalmente

$$H_y = \frac{IR}{4\pi r^2} 2\pi R = \frac{IR^2}{2r^2} = \frac{IR^2}{2\sqrt{(R^2 + a^2)^3}}$$



- 8.20 Dos espiras circulares A y B de 4 cm de radio cada una están separadas entre sí 5 cm. Por ambas espiras fluyen en igual sentido corrientes iguales de 10 A. Determinar la excitación magnética en el centro de una cualquiera de las espiras.

Aplicando la expresión deducida en el ejercicio anterior, tendremos:

- a) Excitación ejercida en el centro de A por la corriente que circula por B:

$$H_1 = \frac{IR^2}{2\sqrt{(R^2 + a^2)^3}} = \frac{10 \times 16 \times 10^{-4}}{2 \times 10^{-6} \sqrt{(16 + 25)^3}} = 30,47 \frac{A}{m}$$

- b) Excitación debida a la propia espira

$$H_2 = \frac{B}{\mu_0} = \frac{I}{2R} = \frac{10}{2 \times 0,04} = 125 \frac{A}{m}$$

Por tanto,

$$H_{\text{total}} = 155,47 \frac{A}{m}$$

- 8.21 Determinar la inducción magnética en un punto P situado en el eje de un carrete de 100 espiras circulares muy apretadas de 5 cm de radio y a la distancia de 25 cm sobre el plano del carrete por el que circulan 10 A.

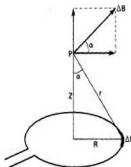
La inducción magnética creada en P por el elemento de corriente  $\Delta l$  es

$$\Delta B = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I \Delta l \sin \theta}{r^2} = 10^{-7} \frac{I \Delta l}{r^2} \quad r = \sqrt{z^2 + R^2}$$

ya que  $\Delta l$  es perpendicular a  $r$  ( $\theta = 90^\circ$ ).

Como  $\Sigma \Delta l = 2\pi R \cdot N$

$$\begin{aligned} B &= \frac{10^{-7} I}{r^2} 2\pi R N = \frac{10^{-7} I}{z^2 + R^2} (2\pi R) N \\ &= \frac{10^{-7} \cdot 10 \cdot 2\pi \cdot 5 \cdot 10^{-2} \cdot 100}{(25^2 + 5^2) 10^{-4}} = \frac{0,314}{650} = 4,8 \cdot 10^{-4} \text{ T} \end{aligned}$$



8.22 Determinar la velocidad de la luz a partir de los valores de la constante dieléctrica  $\epsilon_0$  y de la permeabilidad  $\mu_0$  del vacío.

Entre  $c$ ,  $\epsilon_0$  y  $\mu_0$  existe la relación

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

$$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^9} \left( \frac{C}{Nm^2} \right)$$

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \left( \frac{Wb}{A \cdot m} \right)$$

$$c = \frac{1}{\sqrt{\frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^9}}} = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{9} \cdot 10^{-16}}} = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

8.23 Demostrar que la permeabilidad magnética puede expresarse en

$$\frac{Tm}{A} \quad \text{o en} \quad \frac{N}{A^2}$$

De la fórmula de Ampère resulta

$$|\mu_0| = \frac{[T] \cdot [m^2]}{[A] \cdot [m]} = \frac{Tm}{m}$$

Por otra parte, de la ley de Laplace resultan para el tesla las dimensiones

$$T = \frac{N}{Am}$$

y por tanto

$$|\mu_0| = \frac{Nm}{A^2 m} = \frac{N}{A^2}$$

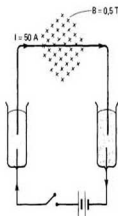
8.24 Los extremos de un alambre de cobre de masa 10 g doblado en forma de U se introducen como indica la figura en dos depósitos de mercurio cerrándose el circuito a través de una pila. El alambre está situado entre los polos de un imán de 0,5 T que actúa sobre 4 cm del cable y perpendicularmente al campo magnético que está dirigido de fuera hacia dentro en la figura. ¿Con qué aceleración inicial (despreciando la gravedad) es impulsado el cable si por éste circula una corriente de 50 A?

Como  $l$  es perpendicular a  $\vec{B}$  resulta

$$F = IlB = 50 \times 0,04 \times 0,5 = 1N$$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{1N}{10 \times 10^{-3} \text{ kg}} = 100 \text{ m/s}^2$$

Esta aceleración cesa en el momento en que los extremos del alambre dejan de hacer contacto con el mercurio.



# CAPITULO 9

- 9.1 Una bobina de 100 espiras es extraída en una décima de segundo de su posición entre los polos de un imán donde existe un flujo de  $10 \times 10^{-5}$  Wb. ¿Cuál es la fem media inducida en la bobina?

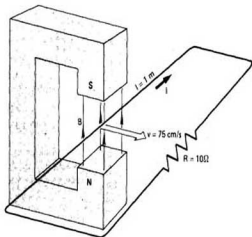
Por la fórmula de Faraday

$$\varepsilon = N \frac{\Delta\phi}{\Delta t} = 100 \frac{50 \times 10^{-5}}{0,1} = 0,5 \text{ V}$$

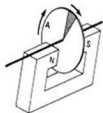
- 9.2 Un alambre de cobre de 1 m de longitud se mueve con una velocidad de 75 cm/s perpendicularmente a un campo magnético de 1 T. ¿Qué fem se induce en la barra? Si sus extremos se conectan a una resistencia de  $10 \Omega$ , ¿cuál es la potencia disipada en el movimiento de alambre?

$$\varepsilon = Blv = 1 \times 1 \times 0,75 = 0,75 \text{ V}$$

$$p = \frac{\varepsilon^2}{R} = \frac{0,75^2}{10} = 0,056 \text{ W}$$



- 9.3. Un disco de cobre de 25 cm gira con una velocidad angular de 2400 rpm alrededor de su eje y perpendicularmente a un campo magnético de 1 T. ¿Qué diferencia de potencial se induce entre el borde del disco y su centro?



Consideremos una banda radial del disco. Como

$$\omega = 2400 \text{ rpm} = \frac{2400}{60} = 40 \text{ rps},$$

en una vuelta, o sea en  $\frac{1}{40}$  segundos cada banda radial del disco cortará todas las líneas de flujo que cubre su área  $A$ . Por tanto,

$$\Phi = BS = 1 \cdot \pi \cdot 0,25^2 = 0,196 \text{ weber}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{0,196}{1/40} = 7,85 \text{ V}$$

- 9.4. Un tren se desplaza de Norte a Sur con una velocidad uniforme de 120 km/h. Si la componente vertical del campo magnético terrestre es de 0,54 gauss, ¿cuál es la ddp inducida que se engendra entre los extremos de un eje de las ruedas del tren si su longitud es de 1,25 m?

$$\varepsilon = vBl$$

$$v = 120 \text{ km/h} = 33,33 \text{ m/s}$$

$$B = 0,54 \text{ gauss} = 0,54 \times 10^{-4} \text{ T}$$

$$l = 1,25 \text{ m}$$

$$\varepsilon = 33,33 \times 0,54 \times 10^{-4} \times 1,25 = 22,5 \times 10^{-4} \text{ V}$$

- 9.5. Una barra metálica de 1 m de longitud se deja caer desde una altura de 20 metros permaneciendo horizontal con sus extremos apuntando en la dirección Este-Oeste. ¿Qué ddp se induce entre sus extremos en el instante justo de llegar al suelo? Componente horizontal del campo magnético terrestre  $B_H = 0,17$  gauss.

$$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 9,18 \cdot 20} = 19,81 \text{ m/s}$$

$$\varepsilon = vBl = 19,81 \times 0,17 \times 10^{-4} \times 1 = 3,37 \times 10^{-4} \text{ V}$$

- 9.6. Sobre un núcleo de hierro de 1 m de longitud y 2 cm de radio se arrollan dos solenoides. Uno de ellos, que actúa de primario posee 1000 espiras y por él circula una corriente de 5 amperios. ¿Qué fem se inducirá en el secundario que posee 5000 espiras cuando la corriente del primario se extingue en 1/10 de segundo? Para el hierro  $\mu' = 50$ .

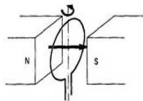
Flujo inicial

$$\Phi = BS = \mu' \mu_0 \frac{N_1 I}{l} S = 50 \times 4\pi \times 10^{-7} \frac{1000 \times 5}{1} \pi (0,02)^2 \\ = 3,94 \times 10^{-4} \text{ Wb}$$

$$\varepsilon (\text{secundario}) = N_2 \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = 5000 \frac{3,94 \times 10^{-4}}{1/10} = 19,7 \text{ V}$$



- 9.7 Una espira circular de radio 10 cm está situada perpendicularmente al campo magnético de 0,5 T de un electroimán. ¿Cuál es la fem que se induce en la espira cuando gira alrededor de su diámetro con una velocidad de 1200 rpm?



$$\omega = 1200 \text{ rpm} = \frac{1200}{60} = 20 \text{ rps}$$

En  $\frac{1}{4}$  de vuelta (equivalente a  $\frac{1}{80}$  segundos) la espira pasa de una posición de máximo número de líneas de flujo cortadas a otra posición de mínimo (cero). Por tanto,

$$\varepsilon = N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = N \frac{BS}{\Delta t} = 1 \times \frac{0,5 \times \pi \times (0,1)^2}{1/80} = \frac{40\pi}{100} = 0,4\pi = 1,26 \text{ V}$$

- 9.8 Una bobina de 1000 espiras y radio 5 cm conectada a un galvanómetro y situada perpendicularmente al campo de un electroimán se extrae bruscamente del mismo. El galvanómetro, cuya resistencia es de 1000  $\Omega$ , acusa en este proceso una carga total inducida de  $10^{-3}$  C. Determinar la inducción magnética del electroimán, sabiendo que la bobina tiene una resistencia de 20  $\Omega$ .

$$\varepsilon = N \frac{\Phi}{t} = IR$$

$$B = \frac{\Phi}{S} = \frac{(It)R}{NS} = \frac{10^{-3} \times 1020}{1000 \times \pi(0,05)^2} = 0,13 \text{ T}$$

- 9.9 Calcular la autoinducción de un solenoide de N espiras, de sección S en cuyo interior existe un material ferromagnético de permeabilidad relativa  $\mu'$ .

$$\phi = BS$$

$$B = \mu \frac{NI}{l} = \mu' \mu_0 \frac{NI}{l}$$

$$\Delta\phi = S\Delta B = S\mu' \mu_0 \frac{N}{l} \Delta I$$

$$\varepsilon_1 = -N \frac{\Delta\phi}{\Delta t} = -\frac{\mu' \mu_0 SN^2}{l} \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

Teniendo en cuenta que entre  $\varepsilon_1$  y  $\frac{\Delta I}{\Delta t}$  existe la relación

$$\varepsilon_1 = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

resulta

$$L = \frac{\mu' \mu_0 SN^2}{l}$$

9.10 Demostrar que

$$a) I \frac{N}{A^2} = I \frac{Wb}{A \cdot m} = I \frac{\text{henry}}{m}$$

$$b) I \frac{C^2}{Nm^2} = I \frac{F}{m}$$

$$a) 1 \text{ weber} = 1 \text{ volt} \cdot \text{seg} = 1 \frac{\text{julio}}{\text{cul}} \text{ seg}$$

Luego,

$$\frac{1 \text{ weber}}{A \cdot m} = \frac{1 \text{ julio seg}}{\text{cul} \cdot A \cdot m} = \frac{1 N \cdot m}{A^2 m} = \frac{1 N}{A^2}$$

$$1 \text{ henry} = \frac{1 \text{ voltio}}{A/S} = \frac{1 \text{ julio} \cdot \text{seg}}{1 \text{ cul} A}$$

Luego,

$$\frac{1 \text{ henry}}{m} = \frac{1 \text{ julio} \cdot \text{seg}}{1 \text{ cul} \cdot A \cdot m} = 1 \frac{N}{A^2}$$

$$b) 1F = \frac{1C}{V} = \frac{1C}{\text{julio/C}} = 1 \frac{C^2}{Nm}$$

$$\frac{F}{m} = 1 \frac{C^2}{Nm^2}$$

9.11 Una bobina de autoinducción  $L = 1$  henrio se conecta a una batería de 24 V. Calcular  $dI/dt$ :

a) En el instante de conectar la bobina a la batería.

b) En el momento en que la corriente alcanza el 90 por 100 del valor correspondiente a la ley de Ohm.

a) En el instante inicial,  $I = 0$  y, por tanto,  $IR = 0$

$$V - L \frac{dI}{dt} = IR = 0$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{V}{L} = \frac{24}{1} = 24 \text{ A/s}$$

b) Valor máximo de la corriente (ley de Ohm)

$$I_m = \frac{V}{R} = \frac{24}{R}$$

$$V - L \frac{dI}{dt} = IR$$

$$24 - 1 \frac{dI}{dt} = \left(0,90 \frac{24}{R}\right) R = 21,6$$

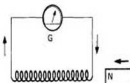
$$\frac{dI}{dt} = 24 - 21,6 = 2,4 \frac{A}{s}$$

9.12 Acercando un imán a una bobina de 2000 espiras se incrementa el flujo magnético que corta a la bobina de 0 a  $1,5 \times 10^{-5}$  weber en 1/10 de segundo. Si la resistencia de la bobina es de 20  $\Omega$ , determinar la corriente media que se induce en la misma.

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{\varepsilon}{20}$$

$$\varepsilon = -N \frac{d\phi}{dt} = -2000 \frac{1,5 \cdot 10^{-5}}{10^{-1}} = -0,3 \text{ V}$$

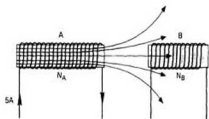
$$I = \frac{0,3}{20} = 0,015 \text{ A}$$



9.13 Dos bobinas A y B situadas una junto a la otra poseen 1000 y 2000 espiras respectivamente. Cuando por A circula una corriente de 5 amperios se produce en A un flujo de  $3 \times 10^{-3}$  Wb, y en B un flujo de  $1,3 \times 10^{-3}$  Wb. Calcular la autoinducción de A y la inductancia mutua de las bobinas A y B.

$$a) L_A = \frac{N_A \phi_A}{I_A} = \frac{1000 \cdot 3 \times 10^{-3}}{5} = 0,60 \text{ H}$$

$$b) M_{AB} = \frac{N_B \phi_B}{I_A} = \frac{2000 \times 1,3 \times 10^{-3}}{5} = \frac{2,6}{5} = 0,52 \text{ H}$$



9.14 Calcular la fem inducida en la bobina B del ejercicio anterior si la corriente que circula por A se extingue en 0,1 segundos.

$$\epsilon_B = M_{AB} \frac{\Delta I_A}{\Delta t} = 0,52 \frac{5 - 0}{0,1} = 26,0 \text{ V}$$

o también

$$\epsilon_B = N_B \frac{\Delta \phi_B}{\Delta t} = 2000 \frac{1,3 \times 10^{-3}}{0,1} = 26,0 \text{ V}$$

9.15 Una corriente continua de 5 A en una bobina de 1000 vueltas da lugar a un flujo de  $10^{-3}$  weber en el interior de la misma. Calcular (1) la fem de autoinducción inducida en la bobina si la corriente se interrumpe en 0,1 segundos, (2) la autoinducción de la bobina.

$$1) \epsilon = N \frac{\Delta \phi}{\Delta t} = 1000 \frac{10^{-3} - 0}{0,1} = 10 \text{ V}$$

$$2) \epsilon = L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$10 = L \frac{5 - 0}{1/10} = 50L \quad L = \frac{10}{50} = 0,20 \text{ H}$$

o también,

$$L = \frac{N \phi}{I} = \frac{1000 \times 10^{-3}}{5} = 0,20 \text{ H}$$

9.16 Determinar las dimensiones del cociente  $L/R$ . ¿Cuánto vale 1 henrio/ohmio?

Recordando las expresiones

$$\varepsilon = -L \frac{di}{dt} \quad \text{y} \quad V = iR$$

→ resulta

$$1 \text{ voltio} = 1 \text{ henrio} \frac{1 \text{ amp}}{1 \text{ seg}}$$

$$1 \text{ voltio} = 1 \text{ amp} \cdot 1 \text{ ohmio}$$

Por tanto

$$\frac{1 \text{ henrio}}{\text{ohmio}} = \frac{1 \text{ henrio}}{\text{ohmio}} \left( \frac{1 \text{ volt} \cdot \text{seg}}{1 \text{ henrio} \cdot \text{amp}} \right) \left( \frac{1 \text{ ohmio} \cdot \text{amp}}{1 \text{ volt}} \right) = 1 \text{ seg}$$

$$\text{Dimensiones} \left[ \frac{L}{R} \right] = |\text{tiempo}|$$

$$\frac{1 \text{ henrio}}{\text{ohmio}} = 1 \text{ segundo}$$

Por esta razón el cociente  $L/R$  suele llamarse *constante de tiempo*.

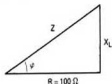
# CAPITULO 10

- 10.1 Determinar el ángulo de fase en un circuito RL donde  $L = 0,50$  H,  $R = 100 \Omega$  y la frecuencia es de  $360/\pi$  hertz.

$$X_L = 2\pi\nu L = 2\pi \frac{360}{\pi} 0,5 = 360 \Omega$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{X_L}{R} = \frac{360}{100} = 3,6$$

$$\varphi = 74,5^\circ$$



- 10.2 Una resistencia  $R$  de  $15 \Omega$  y una autoinducción  $L$  de  $0,02$  henrios están conectados en serie con un generador de c. a. de fem eficaz:  $50$  V y una frecuencia de  $500/\pi$  hertz. Determinar la reactancia inductiva, la impedancia del circuito, la intensidad eficaz, la ddp entre los extremos de  $R$  y la ddp entre los extremos de  $L$ .

$$X_L = L\omega = L2\pi\nu = 0,02 \cdot 2\pi \frac{500}{\pi} = 20 \Omega$$

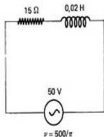
$$Z = \sqrt{15^2 + 20^2} = 25 \Omega$$

$$i_e = \frac{V_e}{Z} = \frac{50}{25} = 2 \text{ A}$$

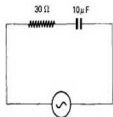
$$V_r = 15 \times 2 = 30 \text{ V}$$

$$V_L = 20 \times 2 = 40 \text{ V}$$

$$V_e = \sqrt{30^2 + 40^2} = 50 \text{ V}$$



- 10.3 Una resistencia  $R$  de  $30 \Omega$  y un condensador de capacidad  $C = 10 \mu\text{F}$  están conectados en serie con un generador de  $150 \text{ V}$  eficaces y una frecuencia de  $1250/\pi$  hertz. Determinar la intensidad eficaz de la corriente y la  $d\dot{a}p$  entre los extremos de cada componente.



$$X_C = \frac{1}{2\pi\nu C} = \frac{1}{2\pi \frac{1250}{\pi} 10 \cdot 10^{-6}}$$

$$= \frac{10000}{2500} = 40 \Omega$$

$$Z = \sqrt{30^2 + 40^2} = 50 \Omega$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{4}{3}$$

$$I_e = \frac{150}{50} = 3 \text{ A}$$

$$V_C = 40 \times 3 = 120 \text{ V}$$

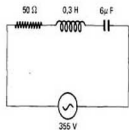
$$V_R = 30 \times 3 = 90 \text{ V}$$

Comprobación:

$$V_e = \sqrt{120^2 + 90^2} = 150 \text{ voltios}$$



- 10.4 Un circuito está formado por una resistencia óhmica  $R = 50 \Omega$ , una autoinducción  $L = 0,3$  henrios y un condensador de capacidad  $C = 6 \mu\text{F}$ , todo ello en serie con una fuente alterna de fem eficaz:  $355 \text{ V}$  y frecuencia  $500/\pi$  hertz. Determinar la intensidad eficaz y las  $d\dot{a}p$  entre los extremos de cada componente.



$$X_L = L\nu = 0,3 \cdot 2\pi \frac{500}{\pi} = 300 \Omega$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi\nu C} = \frac{1}{2\pi \frac{500}{\pi} 6 \times 10^{-6}}$$

$$= \frac{10000}{60} \approx 167 \Omega$$

$$X_L - X_C = 300 - 167 = 133 \Omega$$

$$Z = \sqrt{50^2 + 133^2} = 142 \Omega$$

$$I_e = \frac{355}{142} = 2,5 \text{ A}$$

$$V_R = 50 \cdot 2,5 = 125 \text{ V}$$

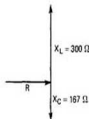
$$V_L = 300 \cdot 2,5 = 750 \text{ V}$$

$$V_C = 166,6 \cdot 2,5 = 416,5 \text{ V}$$

Comprobación:

$$V_L - V_C = 333,5$$

$$V = \sqrt{333,5^2 + 125^2} \approx 355 \text{ V}$$



- 10.5 Una estufa eléctrica de 600 vatios está conectada a la red de 220 V. Calcular la resistencia del hilo de calefacción, la intensidad eficaz y el calor suministrado por hora.

$$P = \frac{V^2}{R}$$

$$R = \frac{V^2}{P} = \frac{220^2}{600} = 80,67 \, \Omega$$

$$I = \frac{P}{V} = \frac{600}{220} = 2,73 \, \text{A}$$

$$W = Pt = 600 \, \text{W} \times 1 \, \text{h} = 600 \times 3600 = 2\,160\,000 \, \text{J} = \frac{2\,160\,000}{4180} = 517 \, \text{kcal}$$

- 10.6 Calcular la frecuencia de resonancia de un circuito de resistencia despreciable que contiene una autoinducción de 50 mH y una capacidad de 1200  $\mu\text{F}$ .

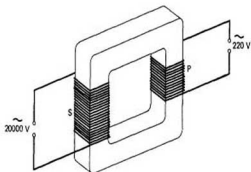
$$\nu = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{50 \times 10^{-3} \times 1200 \times 10^{-12}}} = 20,56 \, \text{kilociclos/s}$$

- 10.7 Un transformador de alta se utiliza en una línea de 220 V para suministrar 20 000 V. El primario posee 1000 vueltas. ¿Cuántas vueltas posee el secundario?

$$\frac{e_1}{e_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

$$\frac{220}{20\,000} = \frac{1000}{N_2}$$

$$N_2 = \frac{2 \times 10^7}{220} = 90\,909$$



- 10.8 Una bobina de autoinducción  $L = 0,2 \text{ H}$  y resistencia  $20 \Omega$  se conecta a una fuente de c. a. de  $220 \text{ V}$  y frecuencia  $200/\pi$  hertz. Calcular la corriente que circula por la bobina el ángulo de fase, el factor de potencia y la potencia absorbida por la bobina.

$$X_L = 2\pi\nu L = 2\pi \frac{200}{\pi} \cdot 0,2 = 80 \Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{20^2 + 80^2} = 82,5 \Omega$$

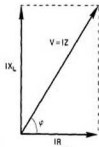
$$I = \frac{V}{Z} = \frac{220}{82,5} = 2,67 \text{ A}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{X_L}{R} = \frac{80}{20} = 4$$

$$\varphi = 75,96^\circ$$

$$\cos \varphi = 0,24$$

$$p = IV \cos \varphi = 2,67 \times 220 \times 0,24 = 142 \text{ W}$$



- 10.9 Un condensador, cuya reactancia capacitiva es de  $50 \Omega$ , está en serie con una resistencia de  $40 \Omega$  y todo ello conectado a una fuente de c. a. de  $220 \text{ V}$ . Determinar la intensidad de la corriente, el ángulo de fase y el factor de potencia.

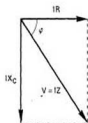
$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2} = \sqrt{40^2 + 50^2} = 64 \Omega$$

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{220}{64} = 3,44 \text{ A}$$

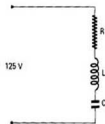
$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{X_L - X_C}{R} = \frac{0 - 50}{40} = -1,25$$

$$\varphi = -51,34^\circ$$

$$\cos \varphi = 0,62$$



- 10.10 Un circuito RCL en serie está formado por una fuente de c. a. de  $125 \text{ V}$ ,  $50$  ciclos/segundo una resistencia de  $120 \Omega$ , una bobina de  $0,12 \text{ H}$  y un condensador de  $24 \mu\text{F}$ . Calcular la corriente en el circuito, el ángulo de fase y el factor de potencia.



$$X_L = 2\pi\nu L = 2\pi \cdot 50 \cdot 0,12 = 314 \cdot 0,12 \approx 38 \Omega$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi\nu C} = \frac{10^6}{2\pi \cdot 50 \cdot 24} = 133 \Omega$$

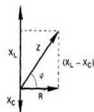
$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{120^2 + (38 - 133)^2} = 153 \Omega$$

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{125}{153} = 0,82 \text{ A}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{X_L - X_C}{R} = \frac{38 - 133}{120} = -0,79$$

$$\varphi = -38,4^\circ$$

$$\cos \varphi = 0,78$$





10.11 Un circuito RCL conectado a una fuente de c. a. de 220 V, 50 ciclos/segundo está formado por un condensador de  $40 \Omega$  de reactancia capacitativa, una resistencia de  $100 \Omega$  y una bobina de  $80 \Omega$  de reactancia inductiva. Determinar la corriente que circula por el circuito, la *ddp* a través de cada uno de los elementos del mismo, el ángulo de fase, el factor de potencia y la potencia absorbida por el circuito.

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{100^2 + (80 - 40)^2} = 108 \Omega$$

$$I = \frac{220}{108} = 2,04 \text{ A}$$

$$V_C = IX_C = 2,04 \times 40 = 81,5 \text{ V}$$

$$V_L = IX_L = 2,04 \times 80 = 163,2 \text{ V}$$

$$V_R = IR = 2,04 \times 100 = 204 \text{ V}$$

Comprobación:

$$V_L - V_C = 163,2 - 81,5 = 81,7 \text{ V}$$

$$V_R = 204 \text{ V}$$

$$\sqrt{204^2 + 81,7^2} \approx 220 \text{ V}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{X_L - X_C}{R} = \frac{80 - 40}{100} = \frac{40}{100} = 0,4$$

$$\varphi = 21,80^\circ$$

$$\cos \varphi = 0,90$$

$$p = IV \cos \varphi = 2,04 \times 220 \times 0,90 = 404 \text{ W}$$

10.12 Una bobina rectangular de área  $60 \text{ cm}^2$  y resistencia total  $10 \Omega$  está formada por 500 espiras y gira alrededor de un eje que pasa por los puntos medios de sus lados dentro de un campo magnético de 5000 gauss, cuyas líneas de fuerza son perpendiculares al eje de rotación. Determinar la velocidad de giro que debe poseer la bobina para que engendre una intensidad máxima de 100 A. ¿Cuál es la ecuación de la intensidad instantánea de corriente si en el instante  $t = 0$  la normal al plano de la bobina forma un ángulo  $\pi/12$  con el campo magnético?

$$B = 5000 \text{ gauss} = 0,5 \text{ T}$$

$$\Phi = nBS \cos(\omega t - \varphi)$$

$$e = - \frac{d\Phi}{dt} = nPS\omega \sin(\omega t - \varphi) = \underbrace{5000 \times 0,5 \times 60 \times 10^{-4}}_{\epsilon_0} \omega \sin(\omega t - \varphi)$$

$$I_0 = \frac{500 \times 0,5 \times 60 \times 10^{-4} \omega}{10} = 100; 0,15 \quad \omega = 100$$

$$\omega = 666 \text{ rad/s} = 106 \text{ V/s}$$

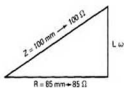
$$i = 100 \sin\left(666t - \frac{\pi}{12}\right)$$

- 10.13 Una bobina de resistencia  $R$  está conectada a una fuente de corriente alterna de  $100\text{ V}$ ,  $80$  ciclos/segundo y por ella circula una corriente de  $1\text{ A}$ . Si su factor de potencia es  $0,85$  determinar gráficamente la reactancia inductiva y la autoinducción de la bobina.

$$Z = \frac{V}{I} = \frac{100}{1} = 100\ \Omega$$

$$\cos \varphi = \frac{R}{Z} = 0,85 \quad R = 85\ \Omega$$

Se toman  $85\text{ mm}$  ( $85\ \Omega$ ) en abscisas y se construye un triángulo rectángulo de hipotenusa  $100\text{ mm}$  ( $100\ \Omega$ ). Gráficamente se lee  $L\omega = 53\ \Omega$



$$\text{(también } X_L = \sqrt{100^2 - 85^2} = 52,7\ \Omega)$$

Como  $\omega = 2\pi v = 160\pi = 502$ , será

$$L = \frac{53}{502} = 0,11\text{ H}$$

- 10.14 Se desea que por su circuito RL de resistencia  $20\ \Omega$  y autoinducción  $0,1\text{ H}$  conectado a una c. a. de  $50$  ciclos/segundo circule una corriente eficaz de  $10\text{ A}$ . Calcular la ecuación de la fem sinusoidal que hay que aplicar y el ángulo de fase.

$$I_0 = \frac{e_0}{\sqrt{R^2 + L^2\omega^2}} = 10\sqrt{2} \quad e_0 = 10\sqrt{2}Z$$

$$Z = \sqrt{R^2 + L^2\omega^2} = \sqrt{400 + 0,01 \cdot 4\pi^2 \cdot 50^2} = 37,2\ \Omega$$

$$\lg \varphi = \frac{L\omega}{R} = \frac{0,1 \times 2\pi \cdot 50}{20} = \frac{31,4}{20} = 1,57$$

$$\varphi = 57,5^\circ \approx 1\text{ rad}$$

$$z = e_0 \sin(\omega t - \varphi) = Z10\sqrt{2} \sin(\omega t - \varphi) = 372\sqrt{2} \sin(\omega t - \varphi) = 526 \sin(314t - 1)\text{ voltios}$$

- 10.15 En un circuito RCL en serie con una fuente de c. a. de  $50$  ciclos/segundo se conocen los valores de  $R = 20\ \Omega$  y  $C = 50\ \mu\text{F}$ . ¿Qué valor debe tener  $L$  para que se produzca el fenómeno de resonancia y la intensidad eficaz sea máxima?

Resonancia:

$$L\omega = \frac{1}{C\omega}$$

$$L = \frac{1}{C\omega^2} = \frac{1}{50 \times 10^{-6} \times 4\pi^2 \times 50^2} = \frac{10^6}{50^3 \times 4\pi^2} = 0,2\text{ H}$$

**10.16** Entre las armaduras de un condensador de  $100 \mu\text{F}$  se aplica una dep. alterna  $e = 125 \text{ sen } \omega t$ ,  $\nu = 50$  ciclos/segundo. Determinar la intensidad instantánea que pasa por el condensador.

Valor máximo de la intensidad:

$$I = \frac{V_0}{1/C\omega} = V_0 C \omega = 125 \times 100 \times 10^{-6} \times 2\pi \times 50 = 1,25\pi = 3,93 \text{ A}$$

$$i = 3,93 \text{ sen } (\omega t - \varphi)$$

Cálculo de  $\varphi$ :

$$\text{tg } \varphi = \frac{-\frac{1}{C\omega}}{R} = -\infty \quad \varphi = -\frac{\pi}{2}$$

$$i = 3,93 \text{ sen } \left( \omega t + \frac{\pi}{2} \right) = 3,93 \text{ cos } \omega t$$

**10.17** Un calentador eléctrico se conecta a una fuente de c. a. de 125 voltios (valor eficaz) y 50 ciclos/segundo. Introducida la resistencia calefactora en un calorímetro con 1 litro de agua da lugar a un aumento de  $25^\circ$  en 10 minutos. Determinar la fem instantánea y el valor de R.

$$1) \quad e = e_0 \text{ sen } \omega t = 125\sqrt{2} \text{ sen } 2\pi \times 50t = 176 \text{ sen } 314t$$

$$2) \quad 0,24 \frac{e^2}{R} \tau = mc\Delta t$$

$$0,24 \frac{125^2}{R} 10 \times 60 = 1000 \times 1 \times 25$$

$$R = \frac{0,24 \times 125^2 \times 600}{1000 \times 25} = 90 \Omega$$

**10.18** Mediante un aparato simple de radio se quiere detectar una emisora de longitud de onda 31,57 m. Si la inductancia del circuito de la antena es de  $2,8 \times 10^{-8} \text{ H}$  y su resistencia óhmica de  $10 \Omega$ , ¿cuál será la capacidad del condensador de sintonía cuando se capta la onda emitida y cuál es entonces la intensidad de la corriente inducida en el circuito de la antena, si el voltaje inducido es de  $15 \mu\text{V}$ ?

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{31,57} = 9,5 \times 10^6 \text{ Hz}$$

Aplicando la condición de resonancia

$$\omega L = \frac{1}{\omega C}$$

$$4\pi^2 \nu_0^2 LC = 1$$

resulta

$$C = \frac{1}{4\pi^2 \nu_0^2 L} = 1 \times 10^{-10} \text{ F}$$

$$I = \frac{V_0}{R} = \frac{15 \times 10^{-6}}{10} = 1,5 \mu\text{A}$$

# CAPITULO 11

11.1 El periodo de semidesintegración del fósforo radiactivo  $^{32}\text{P}$  es de 15 días. Determinar la actividad de un compuesto de  $^{32}\text{P}$  10 días después de su preparación si la actividad inicial era de 100 milicuries.

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

$$A = \left| \frac{dN}{dt} \right| = \lambda N = \lambda N_0 e^{-\lambda t}$$

$$A_0 = \lambda N_0 = 100 \text{ milicuries}$$

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

$$\lambda = \frac{0,693}{T} = \frac{0,693}{15} \text{ días}^{-1}$$

$$A_{10} = 100 e^{-\frac{0,693}{15} \cdot 10}$$

$$\ln A_{10} = \ln 100 - \frac{6,93}{15}$$

$$\log A_{10} = \log 100 - \frac{6,93}{2,3 \times 15} = 2 - 0,2 = 1,8$$

$$A_{10} = 63 \text{ milicuries}$$

11.2 El calor de reacción del proceso



es  $-5,4 \text{ MeV}$ . Conocidas las masas

$$^{14}\text{N} = 14,0075; \quad ^1_0\text{n} = 1,0089; \\ ^2_1\text{H} = 2,0147$$

determinar el peso atómico del  $^{13}\text{C}$ .

$$\begin{array}{l} 1 \text{ u} \longrightarrow 931 \text{ MeV} \\ \Delta m \longrightarrow -5,4 \text{ MeV} \end{array} \quad \left| \quad \Delta m = \frac{-5,4}{931} = -0,0058 \text{ u} \right.$$

$$(14,0075 + 1,0089) - (m_{^{13}\text{C}} + 2,0147) = -0,0058$$

$$m_{^{13}\text{C}} = 13,0075$$

- 11.3 ¿Cuál es la densidad del núcleo de oro?  
(Peso atómico del oro, 197.)

$$\begin{aligned} \text{Masa del núcleo de oro} &= \frac{Z}{N_A} = \frac{197}{6 \times 10^{23}} = 33 \times 10^{-23} \text{ g} = \\ &= 1,67 \times 10^{-24} \text{ A (gramos)} \\ &(A = \text{número de masa}) \end{aligned}$$

$$\text{volumen del núcleo} = \frac{4}{3} \pi R_0^3 = \frac{4}{3} \pi \times (1,2 \times 10^{-15})^3 \text{ A}$$

ya que

$$R_0 = 1,2 \times 10^{-15} A^{1/3} \text{ (metros)}$$

Por tanto

$$\rho = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}} = 2 \times 10^{14} \text{ g/cm}^3$$

- 11.4 ¿Cuánta energía se requiere para romper un núcleo de  $^{12}\text{C}$  en tres partículas alfa?  
Masa de la partícula alfa, 4,002603 u.

Por definición, la masa atómica del  $^{12}\text{C}$  es 12 u:

$$3m(^4\text{He}) = 3 \times 4,002603 \text{ u} = 12,007809 \text{ u}$$

Por tanto,

$$E = \Delta mc^2 = 0,007809 \times c^2 \Rightarrow 0,007809 \times 931 = 7,274 \text{ MeV}$$

- 11.5 ¿Qué fracción de la masa atómica del  $^{107}\text{Pb}$  se debe a sus electrones?

Como el  $\text{Pb}$  tiene un número atómico  $Z = 82$ , posee 82 electrones, cada uno de los cuales tiene una masa

$$m_e = \frac{9,1 \times 10^{-31} \text{ kg}}{1,66 \times 10^{-27} \text{ kg/u}} = 0,00055 \text{ u}$$

La fracción de masa debida a los electrones será

$$\frac{82 \times 0,00055}{107} = 4,26 \times 10^{-5} \approx 0,04 \%$$

- 11.6 Determinar el número de kilovatios-hora que se liberan en la transformación completa de 1 kg de materia en energía.

$$\begin{aligned} W = mc^2 &= 1 \times (3 \times 10^8)^2 = 9 \times 10^{16} \text{ julios} = \\ &= \frac{9 \times 10^{16}}{3,6 \times 10^6} \text{ kWh} = 2,5 \times 10^{10} \text{ kWh} \end{aligned}$$

- 11.7 Determinar la energía cinética en MeV de una partícula  $\alpha$  dotada de una velocidad de  $1,5 \times 10^7 \text{ ms}^{-1}$ .

$$E = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} \frac{4}{6,023 \times 10^{26}} (1,5 \times 10^7)^2 =$$

$$= 7,5 \times 10^{-13} \text{ J} = \frac{7,5 \times 10^{-13} \text{ J}}{1,6 \times 10^{-19} \text{ J/eV}} = 4,7 \times 10^6 \text{ eV} =$$

$$= 4,7 \text{ MeV}$$

- 11.8 Determinar en MeV la energía de enlace del núcleo  $^{120}_{50}\text{Sn}$  sabiendo que la masa isotópica del átomo correspondiente es 119,90213 u.

$$50m_p = 50 \times 1,007277 = 50,36365 \text{ u}$$

$$70m_n = 70 \times 1,008665 = 70,60655 \text{ u}$$

$$\text{masa total} \quad 120,97020 \text{ u}$$

$$119,90213 - 50m_p = \underline{119,87670 \text{ u}}$$

Defecto de masa en el núcleo de  $^{120}\text{Sn}$

$$\Delta m = 1,09350 \text{ u}$$

Energía de enlace

$$\Delta mc^2 = 1,09350 \text{ u} \times 931 \frac{\text{MeV}}{\text{u}} = 1018 \text{ MeV}$$

- 11.9 La unidad de actividad radiactiva es el curie, o cantidad de sustancia en la que ocurren  $3,7 \times 10^{10}$  desintegraciones/segundo. ¿Cuántos gramos de radio corresponde a 1 curie?  
(Período del radio, 1620 años, peso atómico = 226.)

$$T = 1620 \text{ años} = 5,1 \times 10^{10} \text{ segundos}$$

$$\lambda = \frac{0,693}{T} = 1,36 \times 10^{-11} \text{ s}^{-1}$$

$$A = \left| \frac{dN}{dt} \right| = |N\lambda|$$

$$3,7 \times 10^{10} = 1,36 \times 10^{-11} \cdot N$$

$$N = 2,72 \times 10^{21} \text{ átomos}$$

$$\text{masa} = \frac{N}{N_0} \cdot A = \frac{2,72 \times 10^{21}}{6,06 \times 10^{23}} \times 226 = 1,02 \text{ g} \approx 1 \text{ g}$$

- 11.10 Teniendo en cuenta que la edad de la tierra es  $10^{10}$  años, ¿qué fracción de la cantidad original de U - 238 existe aún sobre la tierra?  
( $T = 4,51 \times 10^9$  años.)

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

$$\lambda = \frac{0,693}{T} = 1,53 \times 10^{-10} \text{ año}^{-1}$$

$$\frac{N}{N_0} = e^{-1,53 \times 10^{-10} \times 10^{10}} = e^{-1,53} = 0,217 = 21,7 \%$$

11.11 Calcular en julios la energía máxima que puede extraerse de la fisión de todo el U - 235 que existe en 450 g de uranio natural, sabiendo que la proporción de U - 235 es del 0,72 por 100 y que la energía de fisión es de 200 MeV por átomo.

El número de átomos de  $^{235}\text{U}$  contenidos en 450 g de uranio natural será

$$\frac{0,72}{100} \times \frac{450}{238} \times 6,023 \times 10^{23} = 8,2 \times 10^{21}$$

Energía disponible:

$$200 \times 10^6 \times 1,6 \times 10^{-19} \times 8,2 \times 10^{21} = 2,6 \times 10^{11} \text{ J}$$

11.12 ¿Cuál es el equivalente energético de una unidad atómica de masa?

Por definición 1 u es  $\frac{1}{12}$  de la masa en reposo del isótopo de carbono  $^{12}_6\text{C}$  que tiene una masa atómica de 12. Por tanto,

$$\text{masa de 1 átomo de } ^{12}\text{C} = \frac{12}{6,023 \times 10^{23}}$$

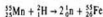
$$\text{masa de 1 u} = \frac{1}{6,023 \times 10^{23}} = 1,66 \times 10^{-24} \text{ g} = 1,66 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} W = mc^2 &= 1,66 \times 10^{-27} \times (3 \times 10^8)^2 = 1,49 \times 10^{-10} \text{ J} = \\ &= \frac{1,49 \times 10^{-10} \text{ J}}{1,60 \times 10^{-19} \text{ (J/eV)}} = 931 \times 10^6 \text{ eV} = 931 \text{ MeV} \end{aligned}$$

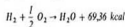
11.13 Determinar la energía de enlace del átomo de carbono  $^{12}\text{C}$  sabiendo que su masa atómica es 12,0038.

|                                |            |         |
|--------------------------------|------------|---------|
| Masa de 6 átomos de H          | 6 × 1,0081 | 6,0486  |
| Masa de 6 neutrones            | 6 × 1,0090 | 6,0540  |
| Masa total                     |            | 12,1026 |
| Masa del $^{12}\text{C}$       |            | 12,0038 |
|                                |            | 0,0988  |
| Energía de enlace 931 × 0,0988 | =          | 92 MeV  |

11.14 Completar las siguientes reacciones nucleares



- 11.15 Aplicar la relación de Einstein a la síntesis de un mol de agua a partir de  $H_2$  y  $O_2$  gaseosos según la reacción



y hallar la variación relativa de masa por mol de agua obtenido.

$$69,36 \text{ kcal} = 69\,360 \text{ cal} = 69\,360 \times 4,18 \text{ J} = 290\,000 \text{ J}$$

$$\Delta m = \frac{290\,000}{(3 \times 10^8)^2} = 3,2 \times 10^{-12} \text{ kg}$$

$$\frac{\Delta m}{m} = \frac{3,2 \times 10^{-12}}{18 \times 10^{-3}} = 1,8 \times 10^{-10}$$

(imposible de detectar en las mejores balanzas).

- 11.16 Un átomo de uranio 235 se escinde en dos núcleos de números de masa 96 y 139, a los cuales corresponde respectivamente energías de enlace por nucleón 8,5 y 8,2 MeV. ¿Cuánta energía en MeV se libera por átomo de uranio, si la energía de enlace por nucleón de éste es 7,5 MeV?

$$W = (96 \times 8,5) + (139 \times 8,2) - (235 \times 7,5) = 193,3 \text{ MeV}$$

- 11.17 Una muestra de 1 g de U - 238 está en equilibrio radiactivo con 0,34  $\mu\text{g}$  de Ra - 226. Determinar con estos datos el periodo del U - 238. El periodo del Ra - 226 es 1620 años.

$$\lambda_1 N_1 = \lambda_2 N_2 \quad \lambda = \frac{0,693}{T}$$

$$\frac{0,693}{T_1} \cdot \frac{6,023 \times 10^{23}}{238} = \frac{0,693}{1620} \times \frac{0,34 \times 10^{-6}}{226} \cdot 6,023 \times 10^{23}$$

$$\frac{1}{238 T_1} = \frac{0,34 \times 10^{-6}}{1620 \times 226}$$

$$T_1 = \frac{1620 \times 226}{0,34 \times 238} \times 10^6 = 4,52 \times 10^9 \text{ años}$$

- 11.18 Si un núcleo de características  ${}^A_Z X$  experimenta una de las siguientes reacciones nucleares: (n,  $\gamma$ ), (n, p), (n,  $\alpha$ ), (n, 2n), (p, n), (p,  $\alpha$ ), ( $\alpha$ , n), ( $\alpha$ , p) y ( $\alpha$ , 2n). ¿qué características tendría el elemento formado en cada caso?

| Reacción    | Producto                                   |               |  |
|-------------|--|---------------|--|
| n, $\gamma$ | $\begin{matrix} A-1 \\ Z \end{matrix} Y$   |               |  |
| n, p        | $\begin{matrix} A \\ Z-1 \end{matrix} Y$   | p, $\alpha$   | $\begin{matrix} A-3 \\ Z-1 \end{matrix} Y$ |
| n, $\alpha$ | $\begin{matrix} A-3 \\ Z-2 \end{matrix} Y$ | $\alpha$ , n  | $\begin{matrix} A+3 \\ Z+2 \end{matrix} Y$ |
| n, 2n       | $\begin{matrix} A-1 \\ Z \end{matrix} Y$   | $\alpha$ , p  | $\begin{matrix} A+3 \\ Z+1 \end{matrix} Y$ |
| p, n        | $\begin{matrix} A \\ Z+1 \end{matrix} Y$   | $\alpha$ , 2n | $\begin{matrix} A+2 \\ Z+2 \end{matrix} Y$ |



- 11.19 Determinar la actividad de 1 g de Ra-226 sabiendo que su periodo es de 1620 años.

$$\lambda = \frac{0,693}{1620} = 4,28 \times 10^{-4} \text{ años}^{-1} = 1,36 \times 10^{-11} \text{ seg}^{-1}$$

Número de átomos en 1 g de radio

$$N = \frac{N_A}{226} = \frac{6,023 \times 10^{23}}{226} = 2,66 \times 10^{21}$$

$$\begin{aligned} \text{Actividad } \frac{dN}{dt} &= \lambda N = (1,36 \times 10^{-11})(2,66 \times 10^{21}) \\ &= 3,62 \times 10^{11} \text{ d/s} = \frac{3,62 \times 10^{11}}{3,70 \times 10^{10}} = \\ &= 0,98 \text{ curies} \approx 1 \text{ curie} \end{aligned}$$

- 11.20 La energía necesaria para que tenga lugar la fusión del deuterio es aproximadamente de 1 MeV. ¿Qué temperatura alcanzaría la masa de deuterio en estas condiciones si aplicamos la fórmula de la teoría cinética  $E = 3/2 kT$ ?  $k =$  constante de Boltzmann  $= 1,38 \times 10^{-23}$  J/grado.

$$E = \frac{3}{2} kT \quad E = 1 \text{ MeV} \approx 10^{-13} \text{ J}$$

$$T = \frac{2}{3} \frac{E}{k} = \frac{2}{3} \frac{10^{-13}}{1,38 \times 10^{-23}} = 5 \times 10^9 \text{ K}$$

- 11.21 El periodo del radón es de 3,80 días. ¿Cuánto tiempo debe transcurrir para que 10 mg de radón queden reducidos a 0,312 mg?

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T} = \frac{0,693}{3,80} = 0,182/\text{día}$$

$$\frac{N}{N_0} = \frac{0,312}{10} = e^{-\lambda t} = e^{-0,182t}$$

$$\ln 0,0312 = -0,182t$$

$$t = -\frac{\ln 0,0312}{0,182} = 19,05 \text{ días}$$

- 11.22 ¿Cuántas desintegraciones por segundo se verifican en una muestra que contiene 1  $\mu\text{g}$  de uranio - 238 cuyo periodo es de  $4,5 \times 10^9$  años?

$$\frac{dN}{dt} = \lambda N = \frac{0,693}{T} \times \frac{6,023 \times 10^{23}}{238}$$

$$T = 4,9 \times 10^9 \text{ años} = 4,5 \times 10^9 \times 365 \times 86400 \text{ s} = 1,419 \times 10^{17} \text{ s}$$

$$\frac{dN}{dt} = \frac{0,693}{1,419 \times 10^{17}} \times \frac{6,023}{238} \times 10^{23} = 0,012 \text{ desint/s}$$

- 11.23 Determinar el volumen de Rn - 222 (en C. N.) en equilibrio con 1 g de radio - 226. El período de semidesintegración del radón es 3,82 días y el del radio, 1550 años.

$$\lambda_{Rn} N_{Rn} = \lambda_{Ra} N_{Ra}$$

$$N_{Rn} = \frac{\lambda_{Ra} N_{Ra}}{\lambda_{Rn}} = \frac{0,693}{1550} \times \frac{6,02 \times 10^{23} \times 3,82}{226 \times 0,693 \times 365} = 1,76 \times 10^{16} \text{ átomos}$$

$$\text{Volumen} = \frac{22\,400 \times 1,76 \times 10^{16}}{6,02 \times 10^{23}} = 6,54 \times 10^{-4} \text{ cm}^3$$

- 11.24 El calor de formación del agua es 68,3 kcal/mol. ¿Cuánta energía en eV corresponde por molécula de agua?

$$1 \text{ kcal} = 4180 \text{ J} = 4180 \times 6,242 \times 10^{18} \text{ eV} = 2,614 \times 10^{22}$$

$$Q = \frac{68,3 \times 2,614 \times 10^{22}}{6,02 \times 10^{23}} = 2,97 \text{ eV/molécula.}$$

- 11.25 Calcular el valor Q de la reacción



Datos: masa del  ${}^2_1\text{H}$  = 2,014102 u; masa del  ${}^3_1\text{H}$  = 3,016049 u; masa del neutrón, 1,008665 u; masa del  ${}^4_2\text{He}$  = 4,002603 u.

$$2,014102$$

$$3,016049$$

$$5,030151 = \text{masa del } {}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H}$$

$$1,008665$$

$$4,002603$$

$$5,011268 = \text{masa del } {}^1_0\text{n} + {}^4_2\text{He}$$

$$\Delta m = 0,018883 \text{ u}$$

$$Q = 0,018883 \text{ u} \times 931 \text{ MeV/u} = 17,6 \text{ MeV}$$

- 11.26 Una fuente radiactiva de Po - 210 posee una actividad de 10 millicuries. ¿Cuántos gramos de polonio existen en la fuente? El período del Po - 210 es de 138 días; 1 curie =  $3,7 \times 10^{10}$  d/s.

$$\left(\frac{dN}{dt}\right) = \lambda N = 10 \times 3,7 \times 10^7 = 3,7 \times 10^8 \text{ d/s}$$

$$N = \frac{1}{\lambda} \frac{dN}{dt} = \frac{T}{0,693} \frac{dN}{dt} = \frac{138 \times 86\,400}{0,693} \times 3,7 \times 10^8 = 6,36 \times 10^{13} \text{ at.}$$

$$m = \frac{N}{N_A} \times A = \frac{6,36 \times 10^{13}}{6,023 \times 10^{23}} \times 210 = 2,22 \times 10^{-6} \text{ g}$$

- 11.27 Si el peso de una muestra de radio es 1 g, ¿cuánto pesará dentro de 50 años? Período del radio, 1840 años.

$$\lambda = \frac{0,693}{T}$$

$$m = m_0 e^{-\frac{0,693}{T} t}$$

$$m = 1e^{-\frac{0,693 \times 50}{1840}} = 0,98 \text{ g}$$

# CAPITULO 12

- 12.1 ¿Cómo se modificará la velocidad de un electrón en una órbita de Bohr de un átomo de hidrógeno, si el valor del número cuántico principal se duplica?

Como el radio de la órbita de Bohr es

$$r = \frac{n^2 \hbar^2}{4\pi^2 m e^2}$$

al duplicar el valor de  $n$ ,  $r$  se hará 4 veces mayor. Por otra parte, se cumple

$$mvr = n \frac{h}{2\pi}; \quad v = \frac{nh}{mr \cdot 2\pi}$$

Por tanto si  $n$  se duplica y  $r$  se hace 4 veces mayor,  $v$  se reduce a la mitad.

- 12.2 Calcular la velocidad del electrón en la primera órbita de Bohr del átomo de hidrógeno.

$$v = \frac{nh}{2\pi mr}$$

$$r = \frac{\hbar^2 (4\pi\epsilon_0)^2}{4\pi^2 m e^2}$$

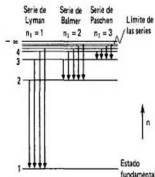
$$v = \frac{2\pi e^2}{nh(4\pi\epsilon_0)} = \frac{2\pi(1,60 \times 10^{-19} \text{ C})^2}{1 \times 6,63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} (1,899 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2)} = 2,18 \times 10^6 \text{ m/s}$$

- 12.3 Determinar la longitud de onda mínima o límite de la serie de Paschen.

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2} \right) \text{ (serie de Paschen)}$$

Haciendo  $n = \infty$

$$\frac{1}{\lambda_{\infty}} = \frac{R}{9} \quad \lambda_{\infty} = \frac{9}{R} = \frac{9}{1,0967 \times 10^7 \text{ m}^{-1}} = 82,06 \times 10^{-8} \text{ m} = 820,6 \text{ nm}$$



- 12.4 Determinar la energía molar de ionización del hidrógeno cuando su electrón se encuentra en el estado  $n = 2$ .

Haciendo  $n = \infty$  en la serie de Balmer resulta

$$\begin{aligned} \frac{1}{\lambda_{\infty}} &= R \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{\infty} \right) = \frac{R}{4} \\ \nu_{\infty} &= \frac{c}{\lambda_{\infty}} = \frac{Rc}{4} = N_A \cdot h \nu_{\infty} = N_A h \frac{Rc}{4} = \\ &= \frac{6,023 \times 10^{23} \times 6,626 \times 10^{-34} \times 1,097 \times 10^7 \times 3 \times 10^8}{4} = \\ &= \frac{1313 \text{ kJ}}{4 \text{ mol}} = 328 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

- 12.5 A partir de los valores en unidades del S. I. de las magnitudes

$m$  = masa del electrón  
 $e$  = carga del electrón  
 $\epsilon_0$  = constante dieléctrica del vacío  
 $h$  = constante de Planck  
 $c$  = velocidad de la luz

determinar la constante de Rydberg con cuatro cifras decimales.

$$\begin{aligned} R &= \frac{me^4}{8\epsilon_0^2 h^3 C} = \\ &= \frac{(9,1083 \times 10^{-31} \text{ kg})(1,6021 \times 10^{-19} \text{ C})^4}{8(8,8542 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2)^2 (6,6252 \times 10^{-34} \text{ Js})^3 (3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1})} \\ &= 1,0974 \times 10^7 \text{ m}^{-1} \end{aligned}$$

- 12.6 ¿Cuál es el momento magnético orbital de un átomo de hidrógeno en su estado fundamental de acuerdo con la teoría de Bohr?

$$\mu = IS = ev \cdot \pi r^2$$

en donde  $v$  el número de vueltas que da el electrón por segundo en su órbita

$$mvv = m r^2 \omega = n \frac{h}{2\pi}$$

$$m r^2 2\pi v = n \frac{h}{2\pi}$$

$$v = \frac{n\hbar}{4\pi^2 m r^2}$$

$$\mu = e\pi r^2 \frac{n\hbar}{4\pi m r^2} = \frac{en\hbar}{4\pi m}$$

para  $n = 1$

$$\mu = \frac{e\hbar}{4\pi m} = 9,3 \times 10^{-24} \text{ Am}^2$$

- 12.7 Determinar la longitud de onda de las tres primeras líneas de la serie de Balmer.

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{4} - \frac{1}{n^2} \right)$$

$$\boxed{n=3} \quad \frac{1}{\lambda} = 1,097 \times 10^7 \left( \frac{1}{4} - \frac{1}{9} \right) = \frac{5}{36} 1,097 \times 10^7$$

$$\lambda = \frac{36}{5 \times 1,097 \times 10^7} = 6,536 \times 10^{-7} \text{ m} = 656,3 \text{ nm}$$

$$\boxed{n=4} \quad \frac{1}{\lambda} = 1,097 \times 10^7 \left( \frac{1}{4} - \frac{1}{16} \right) = \frac{12 \times 1,097 \times 10^7}{64}$$

$$\lambda = \frac{64}{12 \times 1,097 \times 10^7} = 486,2 \text{ nm}$$

$$\boxed{n=5} \quad \frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{4} - \frac{1}{25} \right) = \frac{21R}{100}$$

$$\lambda = \frac{100}{21 \times 1,097 \times 10^7} = 434,1 \text{ nm}$$

- 12.8 Expresar la energía de ionización del hidrógeno en cal/mol.

La energía de ionización de un electrón es

$$E = 13,6 \text{ eV} = 13,6 \text{ eV} \times 1,6 \times 10^{-19} \frac{\text{J}}{\text{eV}} \times 0,24 \text{ cal/J} = 5,22 \times 10^{-19} \text{ cal/at}$$

$$E (\text{mol}) = 5,22 \times 10^{-19} \times 6,023 \times 10^{23} = 314 \text{ kcal/mol}$$

- 12.9 ¿Cuál es la energía del estado excitado del átomo de hidrógeno que se produce por absorción de luz ultravioleta de longitud de onda 121,6 nm?

$$v = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{1,216 \times 10^{-7}} = 2,466 \times 10^{15} \text{ s}^{-1}$$

$$E = h\nu = 6,625 \times 10^{-34} \times 2,466 \times 10^{15} = 1,63 \times 10^{-18} \text{ J}$$

$$= \frac{1,63 \times 10^{-18} \text{ J}}{1,6 \times 10^{-19} \text{ J/eV}} = 10,21 \text{ eV}$$

- 12.10 ¿Qué energía mínima (en eV) deben poseer los electrones para que al chocar con los átomos de hidrógeno sean estos excitados y aparezcan todas las series del espectro del H con todas sus rayas? ¿Qué velocidad mínima deberán tener estos electrones?

a) La energía de ionización que como sabemos es 13,6 eV.

$$b) \quad v = \sqrt{\frac{2E}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 1,6 \times 10^{-19} \times 13,6}{9,1083 \times 10^{-31}}} = 2,18 \times 10^6 \text{ m/s}$$

- 12.11 Determinar, según la teoría de Bohr, la velocidad angular del electrón del átomo de hidrógeno en su primera órbita.

$$\omega = \frac{v}{r} = \frac{nh}{2\pi m r^2} = \frac{nh}{2\pi m} \left( \frac{\pi m e^2}{\epsilon_0 n^2 h^2} \right)^2 = \frac{nh}{2\pi m} \frac{\pi^2 m^2 e^4}{\epsilon_0^2 n^4 h^4}$$

Para  $n = 1$

$$\omega = \frac{\pi m e^4}{2\epsilon_0^2 h^3} = 4,13 \times 10^{16} \text{ rad/s}$$

- 12.12 Calcular la frecuencia y la longitud de onda de la línea  $K_\alpha$  del molibdeno y la energía de la radiación X correspondiente a esta línea. Número atómico Z del molibdeno, 42.

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{3}{4} R(Z-1)^2$$

$$v = \frac{3Rc}{4} (42-1)^2 = \frac{3 \times 1,097 \times 10^7 \times 3 \times 10^8}{4} 41^2 = 4,15 \times 10^{18} \text{ s}^{-1}$$

$$\lambda = \frac{c}{v} = 7,23 \times 10^{-11} = 0,072 \text{ nm}$$

$$E = hv = 6,6252 \times 10^{-34} \times 4,15 \times 10^{18} = 2,75 \times 10^{-15} \text{ J} = \frac{2,75 \times 10^{-15} \text{ J}}{1,6 \times 10^{-19} \text{ J/eV}} = 1,72 \times 10^4 \text{ eV}$$

- 12.13 Deducir el voltaje mínimo de un tubo de rayos X para que aparezcan las líneas de la serie  $K_\alpha$  del molibdeno (véanse resultados del ejercicio anterior).

$$\lambda_0 \approx \frac{1234}{V} \text{ (nm) (fórmula de Duane Hunt)}$$

$$V_{M_0} = \frac{1234}{\lambda_{M_0}} = \frac{1234}{0,072} \approx 17,1 \text{ kV}$$

- 12.14 Determinar el voltaje de un tubo de rayos X sabiendo que la longitud de onda mínima de su espectro es 0,15 Å.

$$\lambda_0 = \frac{12340}{V} = 0,154 \text{ Å}$$

$$V = \frac{12340}{0,154} = 80,13 \text{ kV}$$

- 
- 12.15 Al saltar un electrón de la capa L a la K se produce una emisión de rayos X de longitud de onda igual a 0,788 Å. ¿De qué átomo se trata?

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{3}{4} R(Z - 1)^2$$

$$(Z - 1)^2 = \frac{4}{3R\lambda} = \frac{4}{3 \times 1,097 \times 10^7 \times 0,788 \times 10^{-10}}$$

$$Z - 1 = 39,27$$

$$Z = 40,27 = \text{circonio}$$

- 
- 12.16 La esfera de un electroscopio se irradia con rayos X. Las hojas del electroscopio dejan de separarse cuando el potencial de la esfera es de 10 kV. Determinar la longitud de onda de la radiación incidente.

Según la fórmula de Duane-Hunt

$$\lambda = \frac{1234}{10\,000} = 0,123 \text{ nm}$$

---

# CAPITULO 13

13.1 Un haz de electrones es acelerado por una diferencia de potencial de 100 V. Determinar:

- La velocidad de los electrones.
- Su cantidad de movimiento.
- Su longitud de onda de De Broglie.

$$E = 100 \text{ eV} = 100 \times 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$v = \sqrt{\frac{2E}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 100 \times 1,6 \times 10^{-19}}{9,1 \times 10^{-31}}} = 5,9 \times 10^6 \text{ m/s}$$

$$p = mv = (9,1 \times 10^{-31})(5,9 \times 10^6) = 5,4 \times 10^{-24} \text{ kg ms}^{-1}$$

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6,6 \times 10^{-34} \text{ Js}}{5,4 \times 10^{-24} \text{ kg ms}^{-1}} = 0,12 \text{ nm}$$

13.2 Teniendo en cuenta la corrección relativista de masa, calcular la velocidad de un electrón cuya masa total (por mol) es 0,605 mg.

(Masa del electrón en reposo,  $m = 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$ .)

Masa total (por mol) de los electrones en reposo

$$m_0 = 9,11 \times 10^{-31} \times 6,06 \times 10^{23} = 55,21 \times 10^{-8} \text{ kg/mol} = 0,55 \text{ mg/mol}$$

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \beta^2}} = 0,605$$

$$\frac{m}{m_0} = \frac{0,605}{0,55} = 1,10 = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} \quad \beta^2 = 0,18$$

$$\beta = 0,428 = \frac{v}{c}$$

$$v = 3 \times 10^8 \times 0,428 = 1,28 \times 10^8 \text{ m/s}$$



- 13.3 La longitud de onda umbral de cierto metal es 270 nm. Determinar la energía umbral necesaria para arrancar electrones de este metal y la velocidad máxima de los fotoelectrones producidos, si la longitud de onda empleada fuera de 200 nm.

$$W = \frac{1240}{\lambda \text{ (nm)}} = \frac{1240}{270} = 4,59 \text{ eV}$$

Según la ecuación del efecto fotoeléctrico

$$h(\nu - \nu_0) = \frac{1}{2} m v^2$$

$$\nu = \frac{c}{\lambda} \quad \nu_0 = \frac{c}{\lambda_0}$$

$$hc \left( \frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0} \right) = \frac{1}{2} m v^2$$

$$v = \left( \frac{2 hc \left( \frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0} \right)}{m} \right) = \sqrt{\frac{2 hc (\lambda_0 - \lambda)}{m \lambda \lambda_0}}$$

$$2 hc = 39,72 \times 10^{-26}$$

$$\lambda_0 - \lambda = 270 - 200 = 70 \text{ nm} = 70 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$m = 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$\lambda_0 = 270 \times 200 \times 10^{-18} \text{ m}^2$$

$$v = 7,48 \times 10^5 \text{ m/s}$$

- 13.4 El trabajo de extracción de un metal es 0,1 eV. Admitiendo que el gas electrónico es un gas perfecto, ¿a qué temperatura empezará a producirse la emisión de electrones? Si la temperatura se duplica en relación al valor anterior, ¿a qué velocidad son emitidos los electrones?

$$(1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J},$$

$$k = 1,38 \times 10^{-23} \text{ J/K})$$

La emisión de electrones comenzará a producirse cuando su energía térmica  $3kT/2$  alcance el valor correspondiente a la de extracción 0,1 eV o sea,

$$0,1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-20} = \frac{3kT}{2}$$

$$T = \frac{3,2 \times 10^{-20}}{3k} = 773 \text{ K} = 500^\circ \text{C}$$

Si la temperatura se duplica  $2T = 1546 \text{ K}$  la energía de los electrones será

$$\frac{3}{2} k \times 1546$$

y por tanto

$$\frac{1}{2} m v^2 = \frac{3}{2} kT$$

$$v = \sqrt{\frac{3 kT}{m}} = \sqrt{\frac{3 \times 1,38 \times 10^{-23} \times 1546}{9,11 \times 10^{-31}}} = 2,65 \times 10^5 \text{ m/s}$$

- 13.5 El trabajo de extracción de una determinada superficie metálica es de 4eV. Calcular la velocidad máxima de los electrones emitidos cuando se ilumina la superficie con una luz de frecuencia  $5 \cdot 10^{15}$  Hz.

$$W_0 = h\nu_0 = eV = 1,60 \times 10^{-19} \times 4 = 6,4 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$W = h\nu - h\nu_0 = \left(\frac{1}{2} mv^2\right)_{\max}$$

$$6,62 \times 10^{-34} \times 5 \times 10^{15} - 6,4 \times 10^{-19} = \left(\frac{1}{2} mv^2\right)_{\max}$$

$$33,1 \times 10^{-19} - 6,4 \times 10^{-19} = 26,7 \times 10^{-19} = \left(\frac{1}{2} mv^2\right)_{\max}$$

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{53,4 \times 10^{-19}}{9,11 \times 10^{-31}}} = \sqrt{5,8 \times 10^{12}} = 2,4 \times 10^6 \text{ m/s}$$

- 13.6 Hallar la masa de un fotón de longitud de onda  $\lambda = 5000 \text{ \AA}$ .

$$m = \frac{h\nu}{c^2} = \frac{h}{c\lambda} = \frac{6,626 \times 10^{-34}}{3 \times 10^8 \times 5000 \times 10^{-10}} = 4,41 \times 10^{-36} \text{ kg}$$

- 13.7 ¿Qué potencial debe aplicarse para detener los fotoelectrones más rápidos emitidos por una superficie de cobre bajo la acción de una radiación de longitud de onda 150 nm sabiendo que la energía umbral del cobre es de 4,4 eV?

La energía de detención

$$W_0 = eV \quad (1)$$

debe ser igual a la energía de los fotoelectrones

$$W = h\nu - h\nu_0 = hc \left( \frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0} \right) = hc \frac{\lambda_0 - \lambda}{\lambda\lambda_0} \quad (2)$$

$$\lambda_0 \text{ (nm)} = \frac{1240}{W \text{ (eV)}} = \frac{1240}{4,4} = 282 \text{ nm}$$

Iguando (1) y (2)

$$V = \frac{hc(\lambda_0 - \lambda)}{e\lambda\lambda_0} = 3,8 \text{ V}$$

- 13.8 Un muelle de masa  $m = 4 \text{ kg}$  y constante  $k = 20 \text{ Nm}^{-1}$  oscila con una amplitud de  $2 \text{ cm}$ . Si su energía estuviera cuantizada en la forma  $E = nh\nu$ , ¿cuál sería el valor de  $n$  correspondiente a la energía del muelle? Si  $n$  aumenta en una unidad, ¿cuál será la variación relativa de energía del muelle?

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{k/m}} \nu = \frac{\sqrt{k/m}}{2\pi} = \frac{\sqrt{20/4}}{2\pi} = 0,355 \text{ s}^{-1}$$

$$E = \frac{1}{2} kx_{\text{máx}}^2 = \frac{1}{2} 20(2 \times 10^{-2})^2 = 4 \times 10^{-3} \text{ J}$$

$$n = \frac{E}{h\nu} = \frac{4 \times 10^{-3} \text{ J}}{6,6 \times 10^{-34} \times 0,355} = 16,8 \times 10^{30}$$

$$E = nh\nu \quad \Delta E = \Delta nh\nu = h\nu$$

$$\frac{\Delta E}{E} = \frac{h\nu}{nh\nu} = \frac{1}{n} = 6 \times 10^{-32}$$

(Los números cuánticos son enormes en los osciladores macroscópicos y, por ello no es apreciable la naturaleza cuantizada de su energía.)

- 13.9 El cobre metálico posee una función trabajo de  $4,5 \text{ eV}$ . ¿Se producirán fotoelectrones cuando el cobre se ilumina con luz de  $440 \text{ nm}$ ?

La longitud de onda de esta luz es

$$\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{hc}{h\nu} = \frac{6,62 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{4,4 \times 1,6 \times 10^{-19}} = 2,82 \times 10^{-7} \text{ m} = 282 \text{ nm}$$

Por tanto la luz de  $450 \text{ nm}$  no produce fotoelectrones en el.

- 13.10 Calcular la longitud de onda asociada a los electrones de velocidad  $c/100$  siendo  $c$  la velocidad de la luz.

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6,62 \times 10^{-34}}{(9,11 \times 10^{-31})(10^{-2} \times 3 \times 10^8)} = 2,42 \times 10^{-10} \text{ m} = 0,24 \text{ nm}$$

- 13.11 ¿Qué ddp se requiere en un microscopio electrónico para obtener electrones de  $1 \text{ \AA}$ ?

$$E_e = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} m \left( \frac{h}{m\lambda} \right)^2 = \frac{h^2}{2m\lambda^2}$$

$$= \frac{(6,62 \times 10^{-34})^2}{2 \times 9,11 \times 10^{-31} (1 \times 10^{-10})^2} \times \frac{1 \text{ eV}}{1,6 \times 10^{-19} \text{ J}} = 150 \text{ eV}$$

El potencial requerido es, por tanto, de  $150 \text{ V}$ .

- 13.12 ¿A qué velocidad debe moverse un electrón para que su energía cinética sea igual a la energía de un fotón de  $600 \text{ nm}$ ?

$$\frac{1}{2} mv^2 = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

$$v = \sqrt{\frac{2hc}{m\lambda}} = \sqrt{\frac{2 \times 6,626 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{9,11 \times 10^{-31} \times 600 \times 10^{-9}}} = 8,53 \times 10^5 \text{ m/s}$$

- 13.13 Determinar la energía, la masa y la cantidad de movimiento de un fotón de longitud de onda igual a  $2 \times 10^{-3}$  nm.

$$E = h\nu = h \frac{c}{\lambda} = \frac{6,626 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{2 \times 10^{-12}} = 9,94 \times 10^{-14} \text{ J}$$

$$E = h\nu = mc^2$$

$$m = \frac{h\nu}{c^2} = 1,10 \times 10^{-30} \text{ kg}$$

$$p = mc = 1,10 \times 10^{-30} \times 3 \times 10^8 = 3,3 \times 10^{-22} \text{ kg ms}^{-1}$$

- 13.14 Un foco de luz monocromático tiene una potencia de 160 W. ¿Cuántos fotones de longitud de onda 600 nm emite cada segundo si el 80 por 100 de la potencia se invierte en radiación?

$$0,8 \times 160 \text{ W} \cdot \text{s} = 128 \text{ J} = n h \nu = n h \frac{c}{\lambda}$$

$$n = \frac{128 \lambda}{h c} = \frac{128 \times 600 \times 10^{-9}}{6,626 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8} = 3,86 \times 10^{17} \text{ fotones}$$

- 13.15 Expresar la energía E de un cuanto de luz en función de su cantidad de movimiento p y su masa, m.

$$E = h\nu \quad E = \frac{m^2 c^2}{m} = \frac{p^2}{m}$$

$$h\nu = mc^2$$

- 13.16 ¿Cuál es la longitud de onda de un fotón si su masa es igual a la masa en reposo de un electrón?

$$\lambda = \frac{h}{mc} = \frac{6,626 \times 10^{-34}}{9,11 \times 10^{-31} \times 3 \times 10^8} = 2,42 \times 10^{-12} \text{ m} = 2,42 \text{ pm}$$

$$(1 \text{ pm} = 1 \text{ picómetro} = 10^{-12} \text{ m})$$

- 13.17 La posición del centro de una esfera de masa 1 g y la posición de un electrón se conocen con una exactitud de 0,01 cm. Calcular el error mínimo con que podrían determinarse las velocidades de la esfera y del electrón.

Según el principio de incertidumbre de Heisenberg:

$$\Delta p \Delta x = \frac{h}{2\pi}$$

$$m \Delta v \Delta x = \frac{h}{2\pi}$$

$$\Delta v = \frac{h}{2\pi m \Delta x}$$

a) Esfera

$$\Delta v = \frac{6,626 \times 10^{-34}}{6,28 \times 10^{-3} \times 10^{-4}} \approx 10^{-27} \text{ m/s}$$

b) Electrón

$$\Delta v = \frac{6,626 \times 10^{-34}}{6,28 \times 9,11 \times 10^{-31} \times 10^{-4}} = 1,16 \text{ m/s}$$

- 13.18 Por medios ópticos se determina la posición de un electrón con una incertidumbre de 1 micra. ¿Qué incertidumbre existe para su velocidad? ¿Con qué precisión podemos predecir su posición 5 segundos después?

Por el principio de Heisenberg

$$\Delta p_x \cdot \Delta x = \frac{h}{2\pi} \quad \Delta x = 1\mu = 10^{-6} \text{ m}$$

$$\Delta p_x = m\Delta v_x$$

$$\Delta v_x = \frac{h}{2\pi m \Delta x} = \frac{6,6 \times 10^{-34}}{6,28 \times 9,1 \times 10^{-31} \times 10^{-6}} \approx 110 \text{ m/s}$$

Al cabo de 5 segundos, el electrón podrá estar en cualquier punto dentro de una distancia de

$$\Delta x = 110 \times 5 = 550 \text{ m}$$

- 13.19 Determinar la incertidumbre relativa de la cantidad de movimiento de una bala de 50 g de velocidad 1000 m/s sabiendo que su posición se conoce con una incertidumbre de 1 mm.

$$\Delta x \Delta p_x = \frac{h}{2\pi} = \frac{6,6 \times 10^{-34}}{6,28} \approx 10^{-34}$$

$$\Delta p_x = \frac{10^{-34}}{\Delta x} = \frac{10^{-34}}{10^{-3}} = 10^{-31} \text{ kg m/s}$$

$$p_x = 0,050 \times 1000 = 50 \text{ kg m/s}$$

$$\frac{\Delta p_x}{p_x} = \frac{10^{-31}}{50} = 2 \times 10^{-33}$$

(imposible de detectar).

- 13.20 Determinar la incertidumbre relativa de la cantidad de movimiento de una molécula de hidrógeno de velocidad 2000 m/s sabiendo que su posición está determinada con una incertidumbre de 1 Å (diámetro molecular). Su masa es  $2 \times 10^{-27}$  kg.

$$\Delta x \Delta p_x = \frac{h}{2\pi} = \frac{6,6 \times 10^{-34}}{6,28} \approx 10^{-34}$$

$$\Delta p_x = \frac{10^{-34}}{\Delta x} = \frac{10^{-34}}{10^{-10}} = 10^{-24} \text{ kg m/s}$$

$$\Delta p_x = mv = 2 \times 10^{-27} \times 2 \times 10^3 = 4 \times 10^{-24} \text{ kg m/s}$$

$$\frac{\Delta p_x}{p_x} = \frac{10^{-24}}{4 \times 10^{-24}} = 0,25 = \frac{25}{100}$$

# CAPITULO 14

14.1 ¿En qué orbital es más energético un electrón?

- a) 2s o 3s
- b) 3s o 3p

Los diferentes electrones pertenecientes a un átomo determinado tienen la cantidad de energía que corresponde al subnivel energético donde se hallan ubicados. De acuerdo con el gráfico, se tendrá:

- a) Es más energético el electrón del subnivel 3s.
- b) Es más energético el electrón del subnivel 3p.

14.2 ¿Qué hechos experimentales hacen necesario admitir una estructura nuclear para el átomo?

Las experiencias de Lord Rutherford. El bombardeo de una lámina muy delgada de oro con partículas  $\alpha$  puso de manifiesto que si bien la mayoría de las partículas atravesaban la lámina sin desviarse –no chocaban– algunas partículas eran desviadas fuertemente. Hubo que aceptar que las partículas  $\alpha$  –átomos de helio con doble carga positiva– desviadas, colisionaban con una partícula de gran masa y de alta carga positiva denominada núcleo, que se encuentra en el centro del átomo.

14.3 Si el diámetro del núcleo del átomo del cloro tiene un valor de  $10^{-13}$  cm, calcular la densidad de dicho núcleo en  $\text{g/cm}^3$ .

Conocida la masa atómica del cloro, 35,5 g, y el número de Avogadro,

$$N = 6,0235 \times 10^{23} \text{ átomos/átomogramo}$$

se puede calcular el peso,  $p$  de un átomo de cloro:

$$p = \frac{35,5 \text{ g}}{6,0235 \times 10^{23} \text{ átomos}} = 5,9 \times 10^{-23} \text{ g/átomo}$$

Como prácticamente toda la masa del átomo está concentrada en el núcleo, la densidad de éste, será:

$$D = \frac{P}{V_{\text{núcleo}}} = \frac{5,9 \times 10^{-23} \text{ g}}{4/3\pi \left(\frac{10^{-13}}{2} \text{ cm}\right)^3} = 1,12 \times 10^{17} \text{ g/cm}^3$$

14.4 Explicar cuáles son las diferencias esenciales entre la imagen del átomo que se obtiene a partir del modelo de Bohr y la que se obtiene de la ecuación de Schrödinger.

En el modelo atómico de Bohr, los electrones describen órbitas sencillas, perfectamente definidas, alrededor del núcleo, mientras que en el modelo atómico obtenido a partir de la ecuación de Schrödinger los electrones se encuentran en zonas espaciales alrededor del núcleo, llamadas orbitales, sin que de manera exacta se pueda determinar la posición y el momento del electrón, de acuerdo con el Principio de incertidumbre.

14.5 Calcular el porcentaje del volumen atómico que ocupa el núcleo, sabiendo que el diámetro del núcleo vale  $10^{-13}$  cm, mientras que el diámetro del átomo tiene un valor de  $10^{-8}$  cm.

El volumen de un átomo,  $V$ , vale:

$$V = \frac{4}{3} \pi \left( \frac{10^{-8}}{2} \text{ cm} \right)^3 = 5,24 \times 10^{-23} \text{ cm}^3$$

El volumen de un núcleo,  $v$ , vale:

$$v = \frac{4}{3} \pi \left( \frac{10^{-13}}{2} \text{ cm} \right)^3 = 5,24 \times 10^{-38} \text{ cm}^3$$

El porcentaje del volumen total del átomo, ocupado por el núcleo es:

$$x = \frac{5,24 \times 10^{-38} \text{ cm}^3}{5,24 \times 10^{-23} \text{ cm}^3} \times 100 = 10^{-13} \%$$

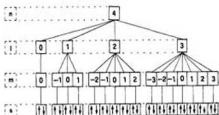
14.6 ¿Qué es un orbital atómico? ¿Y un nodo?

Un **orbital atómico** es la representación gráfica de la probabilidad de hallar a un electrón en una zona espacial determinada.

Un **nodo** es una zona espacial donde la probabilidad de encontrar a un electrón vale cero.

14.7 Indicar los electrones que pueden existir con  $n = 4$ .

Los valores posibles de los números cuánticos aparecen en el gráfico. En el mismo, y para mayor sencillez, se han sustituido los valores  $\pm \frac{1}{2}$  de  $s$  por flechas.



Como máximo pueden existir 32 electrones.

14.8 Cuando el número cuántico  $l$  vale tres, ¿nos encontramos frente a un orbital  $s$ ,  $p$ ,  $d$  o  $f$ ?

Frente a un orbital  $f$ .

14.9 Hacer una relación de todos los átomos que tengan los números cuánticos  $n = 3$  y  $l = 1$  en el nivel más externo.

Con  $n = 3$  y  $l = 1$ , es decir  $l = p$ , en el nivel más externo, los átomos que existen son:



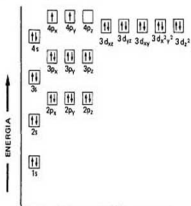
14.10 Escribir la estructura electrónica y de Lewis del germanio haciendo también la representación gráfica de la misma.

El número atómico del germanio es 32 y posee, por tanto, 32 electrones.

- a) Estructura electrónica:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^2$ .  
 b) Estructura de Lewis. Se significan con puntos los electrones de valencia:

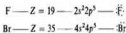


c) Representación gráfica.



14.11 Escribir la estructura electrónica y de Lewis de los electrones de valencia del flúor y del bromo.

Se procede de manera análoga al ejercicio anterior y sólo se consideran los electrones de valencia, es decir, los que tienen  $n$  mayor.





- 14.12 Escribir las configuraciones electrónicas de las especies siguientes: Al, S<sup>2-</sup>, A y K<sup>+</sup> indicando las que son isoelectrónicas.

|                 | z  | Núm. total de electrones | Configuración electrónica   |
|-----------------|----|--------------------------|---|
| Al              | 13 | 13                       | 1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>1</sup> |
| S <sup>2-</sup> | 16 | 16 + 2 = 18              | 1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>6</sup> |
| A               | 18 | 18                       | 1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>6</sup> |
| K <sup>+</sup>  | 19 | 19 - 1 = 18              | 1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>6</sup> |

S<sup>2-</sup>, A y K<sup>+</sup> tienen configuraciones isoelectrónicas.

- 14.13 Hacer una lista de todos los elementos con configuración electrónica ns<sup>2</sup>np<sup>4</sup> en sus orbitales de valencia.

O — [He] 2s<sup>2</sup>2p<sup>4</sup>

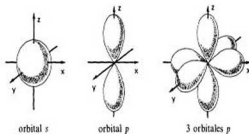
S — [Ne] 3s<sup>2</sup>3p<sup>4</sup>

Se — [Ar] 4s<sup>2</sup>4p<sup>4</sup>

Te — [Kr] 5s<sup>2</sup>5p<sup>4</sup>

Po — [Xe] 6s<sup>2</sup>6p<sup>4</sup>

- 14.14 Realizar esquemas de un orbital s y p, así como de los tres orbitales p en sus posiciones espaciales reales.



- 14.15 Deducir los números atómicos de los gases nobles sin consultar el Sistema Periódico, sabiendo que, salvo el helio, todos tienen una configuración electrónica ns<sup>2</sup>np<sup>6</sup> en sus capas de valencia.

Para ello, y utilizando el gráfico de llenado de orbitales, se van rellenando los subniveles con el número máximo de electrones permitidos. Cada vez que lleguemos a una configuración ns<sup>2</sup>np<sup>6</sup> (salvo en el primer gas noble que tiene una configuración 1s<sup>2</sup>) nos encontramos frente a un gas noble. Se cuentan los electrones presentes y ése será el número atómico:

Ejemplo: 1s<sup>2</sup>2s<sup>2</sup>2p<sup>6</sup> — Z = 10

1s<sup>2</sup>2s<sup>2</sup>2p<sup>6</sup>3s<sup>2</sup>3p<sup>6</sup>4s<sup>2</sup>3d<sup>10</sup>4p<sup>6</sup> — Z = 36

# CAPITULO 15

15.1 *¿Cuál fue la aportación de Newlands a la clasificación de los elementos?*

La **Ley de las octavas**. Cuando se ordenan los elementos en orden creciente de masas atómicas, el octavo elemento, a partir de uno dado, es una especie de repetición del primero.

15.2 *En el Sistema Periódico existen grupos y periodos, ¿cómo se definen?, ¿cómo se diferencian?, ¿cómo varían las propiedades de los elementos de ambos?*

Los **grupos** son las columnas verticales que reúnen a todos los elementos de propiedades semejantes (con el mismo número de electrones de valencia). Los **periodos** horizontales agrupan a todos los elementos cuyos electrones de valencia se encuentran en el mismo orbital (número cuántico principal igual). Si tomamos como ejemplo de propiedades periódicas la variación del primer potencial de ionización, se observa que en un grupo disminuye al aumentar  $Z$ , mientras que en un periodo se hace mayor al crecer  $Z$ .

15.3 *Deducir la estructura electrónica y el número atómico de:*

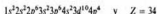
- 1.º El segundo metal alcalinotérreo.
- 2.º El tercer anfígeno.
- 3.º El último gas noble.

1. Se encuentra en el tercer periodo, por lo que sus electrones de valencia han de estar en el orbital  $n = 3$ . Como está en el grupo IIA tiene dos electrones de valencia, cuya notación será  $3s^2$ . Si se rellenan las capas internas, hasta llegar a  $3s^2$ , tendrá una estructura electrónica:

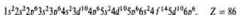


Como tiene 12 electrones,  $Z = 12$ .

2. Procediendo de manera análoga al ejemplo anterior, se llega a la conclusión que los electrones de valencia de este elemento son  $4s^2 4p^4$ , y su estructura electrónica

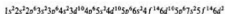


3. Del mismo modo, el último gas noble tiene sus electrones de valencia en  $6s^2 6p^6$ . Su estructura electrónica es:



15.4 Predecir, de manera razonada, las propiedades del elemento 104.

El elemento 104 tendrá una estructura electrónica:



Su configuración electrónica de valencia será  $7s^2$ , por lo que estará situado en el grupo de los metales alcalinotérreos y presentará propiedades semejantes a las de los elementos de este grupo.

15.5 A la vista de sus configuraciones electrónicas, clasificar como metales o no metales a los elementos de números atómicos 11, 14 y 17.

$Z = 11$  —  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$  —  $1e^-$  de valencia — metal

$Z = 14$  —  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$  —  $4e^-$  de valencia — no metal

$Z = 17$  —  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$  —  $7e^-$  de valencia — no metal

15.6 ¿Cómo se justifica, desde un punto de vista electrónico, que en la Tabla Periódica haya periodos cortos y largos?

Todos los elementos situados en un mismo periodo están llenando sus orbitales con el mismo número cuántico principal.

En el orbital  $n = 1$  sólo caben dos electrones y en el primer periodo habrá 2 elementos.

En el orbital  $n = 2$  y  $n = 3$  sólo caben ocho electrones y en cada uno de los periodos segundo y tercero habrá 8 elementos. (Periodos cortos.)

En el orbital  $n = 6$  y  $n = 7$  caben 32 electrones, por lo que en cada uno hay 32 elementos. (Periodos largos.)

15.7 El catión  $K^+$  y el anión  $Cl^-$  son isoelectrónicos. ¿Tendrán el mismo radio? Dar una respuesta razonada.

No.



Aunque el número de electrones es el mismo, el número de protones no lo es.  $K^+$  tiene más carga nuclear mayor que  $Cl^-$  por lo que la atracción de los electrones por el núcleo será mayor en el catión que en el anión; esto determina una disminución del radio iónico mayor en el  $K^+$  que en el  $Cl^-$  y el primero tendrá menor radio iónico.

15.8 ¿Se puede establecer una relación entre el carácter metálico de los elementos de un grupo y su volumen?

Si. Los metales pierden fácilmente electrones; es decir, son elementos con potenciales de ionización pequeños. En un grupo cualquiera, los valores de los potenciales de ionización disminuyen al descender en el mismo, debido a que el electrón, o electrones, que se arrancan se encuentran en un orbital de número cuántico principal cada vez mayor, por lo que la atracción nuclear se hace más débil al ser el radio del orbital mayor.

- 15.9 La pérdida del primer electrón de un átomo es siempre un proceso menos energético que la pérdida del segundo electrón. ¿Por qué?



Como se observa, la pérdida de un segundo electrón se hace en un átomo —ión— con carga positiva, por lo que la atracción electrostática entre el núcleo y el segundo electrón, al ser mayor la carga positiva, será mayor que en el caso de la pérdida del primer electrón que se hace desde un átomo neutro. La energía necesaria para arrancar este segundo electrón será también mayor.

- 15.10 ¿Cómo varía el radio iónico en los metales alcalinos? Justificar la respuesta.

Los metales alcalinos, al perder su electrón de valencia,  $ns^1$ , se transforman en iones unipositivos, con todos los orbitales electrónicos llenos.



Al descender en el grupo aumenta el número de orbitales por lo que también el valor del radio del ión.

- 15.11 ¿Por qué el oxígeno es más electronegativo que el selenio?

Las configuraciones del oxígeno y selenio son:



Para alcanzar configuración de gas noble deben captar 2 electrones que en el caso del oxígeno irán al orbital  $n = 2$  —más estable— y en el selenio al orbital  $n = 3$  —más energético—. Debido a la diferente energía de los dos orbitales, el oxígeno atraerá con más fuerza los electrones de los enlaces que forma con otro átomo diferente.

- 15.12 Dar una explicación al hecho de que las afinidades electrónicas de los elementos aumenten de izquierda a derecha a lo largo de un período.

Un átomo tiene tendencia a captar electrones para adquirir configuración electrónica de gas noble. Los metales —izquierda del período— al aceptar electrones se alejan de la configuración de gas noble, por lo que sus afinidades electrónicas son pequeñas. Los no metales —derecha del período— al aceptar electrones, presentan configuración de gas noble, por lo que sus valores de la afinidad electrónica son elevados.

15.13 *¿Cuál es el metal más activo? ¿Y el no metal?*

El metal más activo será el que se oxide —pierda electrones— con más facilidad; será, por tanto, el metal alcalino más voluminoso: **francio**.

El no metal más activo será el que se reduzca —gane electrones— con más facilidad; será, por tanto, el halógeno más pequeño: **flúor**.

---

15.14 *¿Cuáles son las razones por las que el cloro desplaza al bromo de sus compuestos?*

El cloro —menos voluminoso que el bromo— es más electronegativo que éste, por lo que al tener mayor tendencia a atraer electrones sobre sí, desplazará al bromo de sus combinaciones.

---

15.15 *¿Existe alguna relación entre el carácter metálico y la capacidad de oxidación o reducción de un elemento?*

Si. Cuanto más carácter metálico tenga un elemento, más fácilmente pierde electrones, por lo que será un agente **reductor fuerte**.

Cuanto menos carácter metálico tenga un elemento —mayor carácter no metálico— mayor será su afinidad electrónica, por lo que será un agente **oxidante fuerte**.

---

# CAPITULO 16

16.1 En condiciones químicas normales ¿sería posible un ión  $\text{Na}^{2+}$ ?

La configuración electrónica del sodio ( $Z = 11$ ) es  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ . Este elemento pierde fácilmente –primer potencial de ionización pequeño– un electrón para formar un ión  $\text{Na}^+$  – con configuración electrónica de gas noble:  $1s^2 2s^2 2p^6$ .

Para perder un segundo electrón y generar un ión  $\text{Na}^{2+}$  hay que suministrar al sistema una cantidad de energía más elevada, ya que este segundo electrón:

- Se extrae de un subnivel más interno que es menos energético.
- Se extrae de un orbital completo –configuración de gas noble– que presenta, por tanto, una gran estabilidad.
- Se extrae de un sistema que está cargado positivamente, por lo que la atracción electrostática de este segundo electrón es mayor que la que sufría el primer electrón.

Dado que la cantidad de energía presente en una reacción, en condiciones químicas normales, es menor que la necesaria para arrancar el segundo electrón, un ión  $\text{Na}^{2+}$  no es posible.

16.2 Dividir el Sistema Periódico en tres zonas y rotularlas con las palabras que les corresponden: metales, especies moleculares, sólidos covalentes.

|              |                          |                      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |              |              |               |    |
|--------------|--------------------------|----------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------------|--------------|---------------|----|
| $\text{H}_2$ | ← ESPECIES MOLECULARES → |                      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |              |              |               | He |
| Li           | Be                       | SOLIDOS COVALENTES → |    |    |    |    |    |    |    |    |    | B  | C  | $\text{N}_2$ | $\text{O}_2$ | $\text{F}_2$  | Ne |
| Na           | Mg                       | METALES →            |    |    |    |    |    |    |    |    |    | Al | Si | $\text{P}_4$ | $\text{S}_8$ | $\text{Cl}_2$ | A  |
| K            | Ca                       | Sc                   | Ti | V  | Cr | Mn | Fe | Co | Ni | Cu | Zn | Ga | Ge | As           | Se           | $\text{Br}_2$ | Kr |
| Rb           | Sr                       | Y                    | Zr | Nb | Mo | Tc | Ru | Rh | Pd | Ag | Cd | In | Sn | Sb           | Te           | $\text{I}_2$  | Xe |
| Cs           | Ba                       | La                   | Al | Ta | W  | Re | Os | Ir | Pt | Au | Hg | Tl | Pb | Bi           | Po           | $\text{At}_2$ | Rn |
| Fr           | Ra                       | Ac                   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |              |              |               |    |
|              |                          | Ce                   | Pr | Nd | Pm | Sm | Eu | Gd | Tb | Dy | Ho | Er | Tm | Yb           | Lu           |               |    |
|              |                          | Th                   | Pa | U  | Np | Pu | Am | Cm | Bk | Cf | Es | Fm | Md | No           | Lw           |               |    |

16.3 Calcular la longitud de la arista de un cubo que contiene un mol de cloruro sódico, sabiendo que su densidad vale  $2,17 \text{ g/cm}^3$ . Si se sabe que la distancia entre dos iones adyacentes es de  $2,9 \times 10^{-8} \text{ cm}$ , ¿cuántos iones habrá en una arista?

1. Longitud de la arista,  $l$  del cubo.  
Masa molecular del NaCl =  $58,5 \text{ g}$ .

$$D = 2,17 \text{ g/cm}^3 = \frac{M}{V} = \frac{58,5 \text{ g}}{l^3}; \quad l = \sqrt[3]{\frac{58,5 \text{ g}}{2,17 \text{ g/cm}^3}} = 2,99 \text{ cm}$$

2. Número de iones presentes en una arista

$$\frac{l}{d} = \frac{2,99 \text{ cm}}{2,9 \times 10^{-8} \text{ cm}} = 1,03 \times 10^8 \text{ iones}$$

16.4 En general, la cesión de un electrón de un átomo metálico a un átomo no metálico, es un proceso endotérmico; sin embargo, al formarse el compuesto correspondiente se desprende energía. ¿Cómo se puede justificar esta aparente contradicción?

Una vez formados los dos iones, se atraen electrostáticamente para formar una "molécula", desprendiendo una cantidad de energía que es mayor que la absorbida para formar los iones a partir de los elementos.

16.5 Explicar el enlace que se forma al reaccionar  $\text{NH}_3$  con  $\text{BF}_3$ .

El nitrógeno del  $\text{NH}_3$  cede su par de electrones no compartidos al boro del  $\text{BF}_3$  que tiene un orbital de valencia vacío. Se forma, pues, un enlace covalente coordinado:

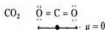


16.6 ¿Qué tipos de enlaces presentan momentos dipolares? ¿A qué son debidos?

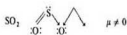
Los enlaces covalentes formados por átomos de diferente electronegatividad. El par o pares de electrones compartidos no se encuentran equipartidos por los dos átomos, sino que están desplazados hacia el átomo más electronegativo. Por este motivo, aparece una ligera carga negativa en la parte de la molécula donde se encuentra el átomo más electronegativo y, por el contrario, una ligera carga positiva sobre el átomo menos electronegativo. Esta distribución asimétrica de la carga determina la aparición de un momento dipolar en el enlace.

16.7 Al comparar dos moléculas muy semejantes,  $\text{CO}_2$  y  $\text{SO}_2$ , se observa que en la primera el momento dipolar es nulo, mientras que en la segunda no lo es. ¿Cómo se puede justificar esta diferencia?

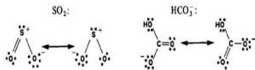
Por la diferente geometría espacial de las moléculas. La molécula de  $\text{CO}_2$  es lineal y su momento dipolar es nulo:



La molécula de  $\text{SO}_2$  es angular y su momento dipolar no es nulo:



16.8 Escribir las formas resonantes del  $\text{SO}_2$  y  $\text{HCO}_3^-$ .



16.9 En la siguiente relación hay moléculas que son polares y otras que no lo son. Seleccionar las primeras y dar las razones de la polaridad,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{HBr}$ ,  $\text{Cl}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ .

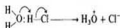
Moléculas polares:  $\text{CO}$ ,  $\text{HBr}$  y  $\text{H}_2\text{O}$ . Estas moléculas son polares porque sus enlaces covalentes tienen carácter iónico parcial, debido a la distinta electronegatividad de los átomos que los forman.

16.10 El cloro y el hidrógeno son muy poco solubles en agua, pero el cloruro de hidrógeno es muy soluble. Explicar las razones de este diferente comportamiento.

El cloruro de hidrógeno es una molécula con un enlace covalente parcialmente iónico:



Al disolverse en  $\text{H}_2\text{O}$  se forma un enlace covalente coordinado entre el protón y un par de electrones no compartidos del oxígeno de una molécula de agua:

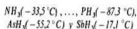


A su vez el  $\text{Cl}^-$  se solvata con moléculas de agua y el sistema se estabiliza. Las moléculas de cloro e hidrógeno son apolares y este ataque no se produce.

16.11 En los compuestos siguientes hay unos que son solubles en agua y otros no. Indicar, cuáles se disuelven en agua, justificando el motivo de su solubilidad. Cloruro potásico, dióxido de carbono, metano y flúor.

Son solubles, el cloruro potásico y el dióxido de carbono. Su solubilidad nace de que el  $\text{KCl}$  es un compuesto iónico y el  $\text{CO}_2$  es un compuesto covalente con enlaces parcialmente iónicos, por lo que se producen interacciones entre el agua-disolvente polar y los compuestos.

16.12 Entre paréntesis se dan los puntos de ebullición de los hidruros de la familia del nitrógeno:



Como se puede observar, el punto de ebullición del  $\text{NH}_3$  es anormalmente alto. Justificar este hecho.

La anomalía en el punto de ebullición del amoníaco se debe a que este compuesto forma asociaciones intermoleculares por enlaces de hidrógeno, mientras que el resto de los compuestos no las forman.



---

16.13 Poner ejemplos de:

- a) Sólidos de alta conductividad eléctrica.
- b) Sólidos no conductores que en estado líquido son conductores de la electricidad.
- c) Moléculas con enlaces de hidrógeno.
- d) Sólidos unidos por fuerzas intermoleculares y que funden a temperaturas muy bajas.

- a) Cualquier metal.
- b) Cualquier compuesto iónico.
- c) Agua, amoníaco, cualquier alcohol.
- d) Los gases nobles.

---

16.14 ¿Qué experiencias sencillas se pueden hacer para decidir si existen en un sólido uniones iónicas, covalentes o de van der Waals?

*Puntos de fusión.* Los sólidos iónicos –enlaces muy fuertes– tienen puntos de fusión muy elevados, los compuestos covalentes funden o se descomponen a temperaturas más bajas –generalmente por debajo de 300 °C– y los sólidos que solamente presentan enlaces de van der Waals –enlaces muy débiles– funden a temperaturas muy negativas.

*Solubilidad.* En general los sólidos iónicos son solubles en disolventes polares, mientras que los covalentes son solubles en disolventes apolares.

---

16.15 ¿Cuál será el tipo de enlace que se formará en la combinación de:

- a) Cloro y carbono.
- b) Bromo y sodio.
- c) Azufre y calcio.
- d) Flúor y magnesio.

- a) Covalente; b) Iónico; c) Covalente; d) Iónico.
-

# CAPITULO 17

17.1 Calcular los gramos de potasio necesarios para obtener 72 g de bromuro potásico.

La ecuación de formación del bromuro potásico, KBr, es:



I. Conversión de los gramos de KBr en moles.

El peso molecular del KBr es 119 g. El número de moles de KBr que habrá en 72 g será:

$$\text{Moles KBr} = \frac{72 \text{ g KBr}}{119 \text{ g KBr/mol}} = 0,605 \text{ moles}$$

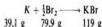
II. Cálculo de los átomogramos de K necesarios.

Mediante la ecuación igualada se sabe que un átomogrammo de K forma un mol de KBr; luego para formar 0,605 moles de KBr se necesitan 0,605 átomogrammos de K.

III. Cálculo del peso en gramos de los 0,61 átomogrammos de K. Se multiplica el número de átomogrammos por el peso atómico del K, que es 39,1 g/atmg

$$\text{Peso de K} = 0,605 \text{ atmg} \times 39,1 \text{ g/atmg} = 23,65 \text{ g K}$$

Este problema se puede resolver también mediante una regla de tres establecida a partir de las relaciones ponderales de la ecuación igualada del proceso:



$$\frac{39,1 \text{ g K}}{119 \text{ g KBr}} = \frac{x \text{ g K}}{72 \text{ g KBr}}$$

$$x = \frac{39,1 \text{ g K} \times 72 \text{ g KBr}}{119 \text{ g KBr}} = 23,65 \text{ g K}$$

17.2 Dar los valores de los pesos atómicos del cloro, aluminio, oxígeno y cobre, tomando como unidad el peso atómico del nitrógeno.

Los valores de los pesos atómicos de los citados elementos son:

$$\text{Cl} = 35,5; \quad \text{Al} = 27,0; \quad \text{O} = 16,0; \quad \text{Cu} = 63,5 \quad \text{y} \quad \text{N} = 14,0$$

Al tomar el valor de  $\text{N} = 14$  como unidad de peso atómico, los valores de los otros elementos son:

$$\begin{array}{l} \text{Cl} \longrightarrow \frac{35,5}{14,0} = 2,5 \\ \text{O} \longrightarrow \frac{16,0}{14,0} = 1,1 \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{Al} \longrightarrow \frac{27,0}{14,0} = 1,9 \\ \text{Cu} \longrightarrow \frac{63,5}{14,0} = 4,5 \end{array}$$

17.3 Se quieren obtener 100 g de sulfuro ferroso. ¿Qué peso de azufre e hierro son necesarios?

La ecuación de formación del sulfuro ferroso, FeS, es:



I. Conversión de los gramos de FeS en moles.

El peso molecular del FeS es 87,9 g. El número de moles de FeS que habrá en 100 g será:

$$\text{Moles FeS} = \frac{100 \text{ g FeS}}{87,9 \text{ g FeS/mol}} = 1,14 \text{ moles}$$

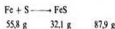
II. Cálculo de los átomogramos de S y Fe necesarios.

A la vista de la ecuación igualada se sabe que para formar un mol de FeS son necesarios un átomogramos de S y un átomogramos de Fe; para formar 1,14 moles de FeS son necesarios 1,14 atmg de S y 1,14 atmg de Fe.

$$\text{Peso de S} = 1,14 \text{ atmg} \times 32,1 \text{ g/atmg} = 36,5 \text{ g S}$$

$$\text{Peso de Fe} = 1,14 \text{ atmg} \times 55,8 \text{ g/atmg} = 63,6 \text{ g Fe}$$

Este problema se puede resolver también mediante una regla de tres que se establece a partir de las relaciones ponderales de la ecuación igualada del proceso:



Peso de hierro necesario,

$$\begin{array}{l} \frac{55,8 \text{ g Fe}}{87,9 \text{ g FeS}} = \frac{x \text{ g Fe}}{100 \text{ g FeS}} \\ x = \frac{55,8 \text{ g Fe} \times 100 \text{ g FeS}}{87,9 \text{ g FeS}} = 63,5 \text{ g Fe} \end{array}$$

Peso de azufre necesario,

$$\begin{array}{l} \frac{32,1 \text{ g S}}{87,9 \text{ g FeS}} = \frac{x \text{ g S}}{100 \text{ g FeS}} \\ x = \frac{32,1 \text{ g S} \times 100 \text{ g FeS}}{87,9 \text{ g FeS}} = 36,5 \text{ g S} \end{array}$$

17.4 ¿Existe alguna relación entre el calor puesto en juego en una reacción y la estabilidad del compuesto formado?

Si un proceso  $A + B \rightarrow AB$  es exotérmico, la cantidad de calor desprendida en el mismo sirve de indicador de la estabilidad del compuesto formado: cuanto mayor sea la cantidad de energía desprendida más estable será  $AB$ , ya que mayor será la energía necesaria para disociar a  $AB$  en  $A$  y  $B$ .

Si un proceso  $C + D \rightarrow CD$  es endotérmico, cuanto mayor sea la cantidad de energía absorbida menos estable será el producto formado por motivos análogos.

17.5 Calcular, en condiciones normales, el volumen de hidrógeno que se desprende cuando reaccionan 12 g de sodio con agua.

La ecuación correspondiente a este proceso es:



I. Conversión de los gramos de Na en átomogramos.

El peso atómico del Na es 23 g. El número de átomogramos que habrá en 12 g, será:

$$\text{atmg Na} = \frac{12 \text{ g Na}}{23 \text{ g Na/atmg}} = 0,52 \text{ atmg}$$

II. Cálculo de los moles de  $\text{H}_2$  desprendidos.

Mediante la ecuación igualada se sabe que 2 atmg de Na forman un mol de  $\text{H}_2$ , luego

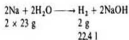
$$0,52 \text{ atmg Na formarán } \frac{0,52}{2} = 0,26 \text{ moles H}_2$$

III. Cálculo del volumen de  $\text{H}_2$  desprendido.

Como es sabido, un mol de  $\text{H}_2$  en condiciones normales ( $0^\circ \text{C}$  y 1 atm) ocupan 22,4 l, luego 0,26 moles  $\text{H}_2$  ocuparán

$$0,26 \text{ moles} \times 22,4 \text{ l/mol} = 5,83 \text{ l H}_2$$

Este problema se puede resolver también mediante una regla de tres establecida a partir de las relaciones ponderales y volumétricas de la ecuación igualada del proceso.



$$\frac{2 \times 23 \text{ g Na}}{22,4 \text{ l H}_2} = \frac{12 \text{ g Na}}{x \text{ l H}_2} \quad x = \frac{12 \text{ g Na} \times 22,4 \text{ l H}_2}{2 \times 23 \text{ g Na}} = 5,83 \text{ l H}_2$$

17.6 Se mezclan pesos iguales de bromo y calcio formándose bromuro cálcico. ¿Qué porcentaje del peso inicial del metal queda sin reaccionar?

La ecuación de formación del bromuro cálcico,  $\text{CaBr}_2$ , es:



La relación ponderal entre bromo y calcio en este compuesto es:

$$\begin{array}{l} \text{Br} \text{---} 1 \text{ mol} \text{---} 2 \times 79,9 = 159,8 \text{ g} \\ \text{Ca} \text{---} 1 \text{ atm} \text{---} 40,1 = 40,1 \text{ g} \end{array}$$

Si partimos de 100 g de Br podemos calcular el peso de Ca necesario para que reaccionen con los 100 g de Br.

$$\frac{159,8 \text{ g Br}_2}{40,1 \text{ g Ca}} = \frac{100 \text{ g Br}_2}{x \text{ g Ca}} \quad x = \frac{100 \text{ g Br}_2 \times 40,1 \text{ g Ca}}{159,8 \text{ g Br}_2} = 25,1 \text{ g Ca}$$

Como se han mezclado pesos iguales de Br y Ca, de los 100 g de Ca habrán reaccionado solamente 25,1 y habrá un exceso de  $100 - 25,1 = 74,9 \text{ g Ca}$ . Luego queda sin reaccionar el 74,9 por 100 del metal.

17.7 La reacción de combustión del gas butano es:



Se estima que una estufa doméstica quema 850 g de este combustible a la hora. ¿Qué volumen de aire, medido a 18 °C y 750 mm, es necesario para que la estufa funcione durante una hora? Suponemos que en el aire hay un 21 por 100 de oxígeno en volumen.

#### I. Cálculo de las relaciones molares.

Los moles de  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  que se queman a la hora, siendo 58 g el peso molecular del  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ , serán:

$$\frac{850 \text{ g}}{58 \text{ g C}_4\text{H}_{10}/\text{mol}} = 14,66 \text{ moles C}_4\text{H}_{10}$$

Como, según la ecuación igualada cada mol de  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  necesita para su combustión completa 6,5 moles de  $\text{O}_2$ , los 14,66 moles de  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  necesitarán  $14,66 \times 6,5 = 95,29$  moles de  $\text{O}_2$ .

#### II. Cálculo del volumen de oxígeno necesario.

Aplicando la ecuación de los gases perfectos, calculamos los litros de  $\text{O}_2$  a 18 °C y 750 mm Hg, que ocuparán los 95,29 moles de  $\text{O}_2$ .

$$V = \frac{nRT}{p} = \frac{95,29 \text{ moles O}_2 \times 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{l}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \times (18 + 273) \text{ K}}{\frac{750 \text{ mm Hg}}{760 \text{ mm Hg/atm}}} = 2304,1 \text{ O}_2$$

#### III. Volumen de aire necesario.

Como en 100 l de aire hay 21 l de  $\text{O}_2$ , se tendrá:

$$2304,1 \text{ l O}_2 \times \frac{100 \text{ l aire}}{21 \text{ l O}_2} = 10971,9 \text{ l aire}$$

17.8 Calcular el volumen de oxígeno necesario para oxidar 100 l de amoníaco, según la ecuación:



Según la ecuación, 4 moles de  $\text{NH}_3$  reaccionan con 5 moles de  $\text{O}_2$  y, de acuerdo con el principio de Avogadro, 4 litros de  $\text{NH}_3$  reaccionarán con 5 litros de  $\text{O}_2$ . En consecuencia 100 litros de  $\text{NH}_3$  reaccionarán con:

$$100 \text{ l NH}_3 \times \frac{5 \text{ l O}_2}{4 \text{ l NH}_3} = 125 \text{ l O}_2$$

17.9 Hallar el volumen de oxígeno, medido a  $25^\circ\text{C}$  y 746 mm, que es necesario para oxidar 25 l de sulfuro de hidrógeno, medidos a  $12^\circ\text{C}$  y 782 mm, de acuerdo con la ecuación:



#### I. Cálculo del volumen de $\text{H}_2\text{S}$ medido en condiciones normales.

Aplicamos la ecuación de los gases perfectos en las condiciones iniciales y finales:

$$\text{Condiciones iniciales } p_i V_i = nRT_i \longrightarrow n = \frac{p_i V_i}{RT_i}$$

$$\text{Condiciones finales } p_f V_f = nRT_f \longrightarrow n = \frac{p_f V_f}{RT_f}$$

Como el número de moles no varía, igualamos:

$$\frac{p_i V_i}{RT_i} = \frac{p_f V_f}{RT_f} \quad \text{y tenemos} \quad V_f = V_i \frac{p_i T_f}{p_f T_i}$$

sustituyendo en la expresión anterior:

$$V_f = 25 \text{ l} \frac{782 \text{ mm}}{760 \text{ mm/atm}} \times \frac{273 \text{ K}}{1 \text{ atm} \times (273 + 12) \text{ K}} = 24,64 \text{ l H}_2\text{S}$$

#### II. Relaciones volumétricas.

De acuerdo con la ecuación, 2 moles de  $\text{H}_2\text{S}$  reaccionan con 3 moles de  $\text{O}_2$ , es decir, que 2 litros de  $\text{H}_2\text{S}$  reaccionan con 3 litros de  $\text{O}_2$ . Por tanto, los 24,64 litros de  $\text{H}_2\text{S}$  necesitarán:

$$24,64 \text{ l H}_2\text{S} \times \frac{3 \text{ l O}_2}{2 \text{ l H}_2\text{S}} = 36,96 \text{ l O}_2$$

#### III. Cálculo del volumen de $\text{O}_2$ en condiciones finales.

De manera análoga a I, tenemos:

$$V_f = V_i \frac{p_i T_f}{p_f T_i} = 36,96 \text{ l O}_2 \times \frac{1 \text{ atm} \times (25 + 273) \text{ K}}{746 \text{ mm} \times 273 \text{ K}} = 41,10 \text{ l O}_2$$

17.10 Se quieren producir 10 l de cloruro de hidrógeno, medidos en condiciones normales, a partir de ácido sulfúrico y cloruro sódico. Calcular el peso de ácido del 98 por 100 necesario, supuesto que todo el ácido sulfúrico que reaccione pase a sulfato sódico.

La ecuación de obtención de cloruro de hidrógeno, HCl, es:



I. **Cálculo de los moles de HCl presentes en 10 l medidos en condiciones normales.**

Aplicamos la ecuación de los gases perfectos:

$$pV = nRT \quad n = \frac{pV}{RT} = \frac{1 \text{ atm} \times 10 \text{ l}}{0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{l}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \times 273 \text{ K}} = 0,446 \text{ moles HCl}$$

La ecuación nos dice que son necesarios un mol de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  para producir dos moles de HCl, luego para obtener 0,45 moles de HCl se necesitarán

$$\frac{0,45}{2} = 0,223 \text{ moles de } \text{H}_2\text{SO}_4$$

II. **Cálculo del peso de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  necesario.**

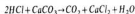
El peso molecular del  $\text{H}_2\text{SO}_4$  es 98,1 g, luego se necesitan:

$$0,223 \text{ moles} \times 98,1 \text{ g } \text{H}_2\text{SO}_4/\text{mol} = 21,87 \text{ g } \text{H}_2\text{SO}_4$$

Como el ácido del que disponemos es del 98 por 100 en peso, el peso final de ácido necesario será:

$$21,87 \text{ g} \times \frac{100}{98} = 22,32 \text{ g } \text{H}_2\text{SO}_4$$

17.11 Calcular los litros de ácido clorhídrico 2,5 M necesarios para obtener 40 litros de dióxido de carbono medidos a 25 °C y 760 mm, a partir de carbonato cálcico, según la reacción:



I. **Cálculo de los moles de  $\text{CO}_2$  en condiciones normales.**

Aplicamos la ecuación de los gases perfectos.

$$pV = nRT; \quad n = \frac{pV}{RT} = \frac{\frac{760 \text{ mm}}{760 \text{ mm/atm}} \times 40 \text{ l}}{0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{l}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \times (25 + 273) \text{ K}} = 1,64 \text{ moles } \text{CO}_2$$

II. **Cálculo de los moles de HCl necesarios.**

De acuerdo con la ecuación, dos moles de HCl producen un mol de  $\text{CO}_2$ , luego para obtener 1,64 moles de  $\text{CO}_2$  se necesitarán  $2 \times 1,64 = 3,28$  moles HCl.

III. **Cálculo del volumen de HCl necesario.**

En un litro de HCl hay 2,5 moles, luego para tener 3,28 moles de HCl se necesitarán:

$$1 \text{ l} \times \frac{3,28 \text{ M}}{2,5 \text{ M}} = 1,31 \text{ l HCl } 2,5 \text{ M}$$

17.12 Se quieren preparar 5 litros de hidróxido sodico 0,25 N. ¿Qué cantidad de hidróxido sólido habrá que pesar?

El peso molecular del NaOH es 40. En un litro 0,25 normal habrá

$$0,25 \times 40 \text{ g} = 10 \text{ g}$$

de NaOH y en 5 litros se necesitarán  $5 \times 10 \text{ g} = 50 \text{ g}$  de NaOH.

17.13 Se desea preparar una disolución de  $400 \text{ cm}^3$  de ácido sulfúrico 0,617 N a partir de un ácido de densidad  $1,83 \text{ g/cm}^3$  y de riqueza 93,64 por 100. ¿Qué volumen de ácido concentrado se necesita?

I. Cálculo de la normalidad del ácido sulfúrico que disponemos.

$$\text{Peso equivalente del } \text{H}_2\text{SO}_4 = \frac{P_m}{2} = \frac{98,1}{2} = 49,05 \text{ g } \text{H}_2\text{SO}_4/\text{eq.}$$

$$\text{Peso de 1 litro de } \text{H}_2\text{SO}_4: 1000 \text{ cm}^3 \times 1,83 \text{ g/cm}^3 = 1830 \text{ g}$$

Peso de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  por litro de ácido concentrado:

$$1830 \text{ g} \times \frac{93,64 \text{ g } \text{H}_2\text{SO}_4}{100 \text{ g disol.}} = 1713,61 \text{ g } \text{H}_2\text{SO}_4$$

Normalidad del ácido concentrado:

$$\frac{1713,61 \text{ g } \text{H}_2\text{SO}_4/\text{l}}{49,05 \text{ g } \text{H}_2\text{SO}_4/\text{eq}} = 34,94 \text{ eq/l}$$

II. Cálculo de la cantidad de ácido concentrado necesario.

Los equivalentes de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  presentes en los  $400 \text{ cm}^3$  son:

$$0,617 \text{ N} \times \frac{400 \text{ cm}^3}{1000 \text{ cm}^3/\text{l}} = 0,247$$

El volumen de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado que contendrá 0,247 equivalentes, será:

$$1000 \text{ cm}^3/\text{l} \times \frac{0,247 \text{ eq}}{34,94 \text{ eq/l}} = 7,07 \text{ cm}^3$$

17.14 Para valorar una disolución de  $50 \text{ cm}^3$  de potasa cáustica con ácido clorhídrico, con normalidad 2,3 se consumen  $37,2 \text{ cm}^3$  del ácido. ¿Cuál es la concentración de la base?



I. Cálculo de los moles de HCl presentes en la disolución ácida.

En el caso del HCl, 1 equivalente es igual a 1 mol. Los moles de HCl serán:

$$\text{Moles HCl} = \text{volumen} \times \text{concentración} = 37,2 \times 10^{-3} \text{ litros} \times 2,3 \text{ M} = 8,56 \times 10^{-2} \text{ moles}$$

II. En la reacción de neutralización, los iones  $\text{H}^+$  y  $\text{OH}^-$  reaccionan mol a mol, por lo que los  $50 \text{ cm}^3$  de KOH contendrán  $8,56 \times 10^{-2}$  moles de  $\text{OH}^-$ .

III. Cálculo de la concentración de iones hidróxido

$$[\text{OH}^-] = \frac{8,56 \times 10^{-2} \text{ moles}}{50 \times 10^{-3} \text{ litros}} = 1,71 \text{ M}$$



17.15 Se tiene una disolución de nitrato de plata de concentración desconocida. Cuando se adicionan a la misma 25 cm<sup>3</sup> de ácido clorhídrico 0,2 normal, precipita toda la plata en forma de cloruro. Calcular los gramos de nitrato de plata presentes en la disolución.



- I. Cálculo de los moles de HCl que precipitan al ión Ag<sup>+</sup>. En el caso del HCl un equivalente es igual a 1 mol. Los moles de HCl serán:

$$\begin{aligned} \text{Moles HCl} &= \text{volumen} \times \text{concentración} = 25 \times 10^{-3} \text{ litros} \times \\ &\times 0,2 \text{ M} = 5,0 \times 10^{-3} \text{ moles} \end{aligned}$$

- II. En la **reacción de precipitación**, los iones Cl<sup>-</sup> y Ag<sup>+</sup> reaccionan mol a mol, por lo que la disolución de nitrato de plata contiene  $5,0 \times 10^{-3}$  moles de ión Ag<sup>+</sup>.
- III. **Cálculo de los gramos de AgNO<sub>3</sub> presentes.**  
Los iones Ag<sup>+</sup> provienen de disociación del AgNO<sub>3</sub>, por lo que en la disolución habrá  $5,0 \times 10^{-3}$  moles de AgNO<sub>3</sub>. El peso molecular del AgNO<sub>3</sub> es 169,9 g y el peso de AgNO<sub>3</sub> será  $5,0 \times 10^{-3}$  moles  $\times$  169,9 g AgNO<sub>3</sub>/mol = 0,85 g AgNO<sub>3</sub>.
-

# CAPITULO 18

18.1 Cuando reacciona 1 g de bromo sobre un exceso de plata se produce un desprendimiento de energía igual a 0,298 kcal. Calcular el calor de formación del bromuro de plata.

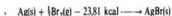
La ecuación de química de este proceso es:



El calor de formación del bromuro de plata, será la cantidad de energía desprendida al formarse 1 mol del compuesto. En un mol de bromuro de plata hay un átomo de bromo, luego se hará el cálculo del calor desprendido para el peso atómico del bromo, 79,9 g

$$\text{Calor formación AgBr} = 0,298 \text{ kcal} \times \frac{79,9 \text{ g Br}}{1 \text{ g Br}} = 23,81 \text{ kcal}$$

La ecuación termoquímica del proceso será:



---

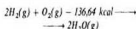
18.2 ¿Qué relación existe entre calor de reacción y energía interna?

La disminución de la energía interna de un sistema es igual al calor de reacción desprendido por el mismo, a volumen constante.

El aumento de la energía interna de un sistema es igual al calor de reacción absorbido por el mismo, a volumen constante.

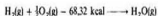
---

18.3 Escribir la ecuación siguiente, referida a un solo mol de agua:



¿Es un proceso exotérmico o endotérmico?

Como la ecuación anterior está referida a dos moles de agua y se quiere conocer la correspondiente a un mol, es decir, la mitad, habrá que reducir a la mitad las cantidades de las sustancias y la energía que aparecen en la ecuación dada, luego el proceso, referido a un mol de agua, será:



El proceso es exotérmico, ya que el calor de formación del agua aparece en el primer miembro de la ecuación termoquímica igualada con signo negativo.

18.4 ¿Por qué la variación de entalpía en un proceso no depende de la forma como se realiza el mismo?

La entalpía  $H = U + pV$  es una función de estado. Este tipo de funciones se caracterizan porque sólo dependen del estado final e inicial de la reacción y no del tipo de proceso seguido para pasar de uno a otro.

18.5 Cuando reaccionan 5 litros de cloro en condiciones normales con 5 litros de hidrógeno en las mismas condiciones, se forma cloruro de hidrógeno y se desprenden 9,85 kcal. Determinar el calor de formación del cloruro de hidrógeno.

La ecuación química de este proceso es:

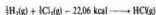


Medio mol de hidrógeno en condiciones normales, ocupan 11,2 litros, lo mismo que medio mol de cloro.

El calor desprendido al formarse un mol de cloruro de hidrógeno es:

$$\text{Calor formación HCl} = 9,85 \text{ kcal} \times \frac{11,2 \text{ l H}_2}{5 \text{ l H}_2} = 22,06 \text{ kcal}$$

La ecuación termoquímica del proceso será:



18.6 ¿Cómo se relacionan los calores de reacción a volumen y a presión constante? ¿Pueden ser iguales en algún caso?

El calor de reacción a volumen constante,  $Q_v$ , vale:

$$Q_v = \Delta U$$

El calor de reacción a presión constante,  $Q_p$ , vale:

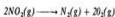
$$Q_p = \Delta U + p\Delta V$$

Luego  $Q_p = Q_v + p\Delta V$ . Como  $p\Delta V = W$ , la relación entre  $Q_v$  y  $Q_p$  es:

$$Q_p = Q_v + W$$

$Q_p$  y  $Q_v$  son iguales cuando  $W = 0$ , lo que se produce cuando  $\Delta V = 0$ , es decir cuando el número de moles de reactivos y de productos de reacción son iguales.

18.7 Calcular el trabajo que se realiza en la reacción:



a 1 atmósfera de presión, siendo la temperatura inicial y final del proceso 30 °C.

$$W = p\Delta V \quad (1)$$

Si  $V_i$  y  $V_f$  son los volúmenes ocupados por los reactivos y los productos y el proceso se realiza a presión constante, se tiene:

$$V = \frac{nRT}{p} \begin{cases} V_i = \frac{2RT}{p} \\ V_f = \frac{3RT}{p} \end{cases} \quad \Delta V = V_f - V_i = \frac{3RT - 2RT}{p} = \frac{RT}{p}$$

sustituyendo en (1)

$$W = p \frac{RT}{p} = RT$$

y sustituyendo por sus valores:

$$W = 1 \text{ mol} \times 1,987 \times 10^{-3} \frac{\text{kcal}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \times (273 + 30) \text{ K} = 0,602 \frac{\text{kcal}}{\text{mol}}$$

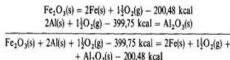
18.8 Las entalpías de combustión del hierro y el aluminio son, respectivamente,  $-200,48 \text{ kcal/mol}$  y  $-399,75 \text{ kcal/mol}$ . Calcular la cantidad de calor que se produce en la reducción de un mol de óxido férrico con aluminio.

- $2\text{Fe}(s) + 1\frac{1}{2}\text{O}_2(g) - 200,48 \text{ kcal} = \text{Fe}_2\text{O}_3(s)$
- $2\text{Al}(s) + 1\frac{1}{2}\text{O}_2(g) - 399,75 \text{ kcal} = \text{Al}_2\text{O}_3(s)$

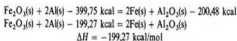
El proceso buscado es:



Se halla con sólo sumar el inverso de la reacción 1 con la reacción 2



De donde:



18.9 Hallar el calor de formación del acetileno,  $C_2H_2$  sabiendo que su calor de combustión es  $-310$  kcal y que los calores de formación del agua, al estado de vapor, y del dióxido de carbono son respectivamente  $-57,80$  kcal y  $-94,03$  kcal.

- $C_2H_2(g) + 2\frac{1}{2}O_2(g) - 310 \text{ kcal} = 2CO_2(g) + H_2O(g)$
- $H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) - 57,80 \text{ kcal} = H_2O(g)$
- $C(s) + O_2(g) - 94,03 \text{ kcal} = CO_2(g)$

El proceso buscado es:



Se halla sumando el inverso de la reacción 1 con la reacción 2 y con el doble de la reacción 3.

$$\begin{array}{r} 2CO_2(g) + H_2O(g) = C_2H_2(g) + 2\frac{1}{2}O_2(g) - 310 \text{ kcal} \\ H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) - 57,80 \text{ kcal} = H_2O(g) \\ 2C(s) + 2O_2(g) - 188,06 \text{ kcal} = 2CO_2(g) \\ \hline 2CO_2(g) + H_2O(g) + H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) - 57,80 \text{ kcal} + 2C(s) + 2O_2(g) \\ - 188,06 \text{ kcal} = C_2H_2(g) + 2\frac{1}{2}O_2(g) - 310 \text{ kcal} + H_2O(g) + 2CO_2(g) \end{array}$$

De donde:

$$\begin{array}{r} H_2(g) + 2C(s) - 57,80 \text{ kcal} - 188,06 \text{ kcal} = C_2H_2(g) - 310 \text{ kcal} \\ 2C(s) + H_2(g) + 64,14 \text{ kcal} = C_2H_2(g) \\ \Delta H_f = 64,14 \text{ kcal/mol} \end{array}$$

18.10 Utilizando los valores dados en la tabla de entalpías molares de formación en condiciones normales, calcular la entalpía de reacción para el proceso:



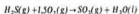
El valor de la entalpía de reacción  $\Delta H_R^\circ$  vale:

$$\Delta H_R^\circ = \Sigma \Delta H_f^\circ \text{ prod} - \Sigma \Delta H_f^\circ \text{ react}$$

Al sustituir se tiene:

$$\Delta H_R^\circ = -289,30 - (-151,90 - 94,05) = -43,35 \text{ kcal}$$

18.11 Calcular la entalpía de reacción de la combustión del  $H_2S$  según el proceso:



Utilizar la misma tabla del ejemplo anterior.

$$\begin{array}{r} \Delta H_R^\circ = \Sigma \Delta H_f^\circ \text{ prod} - \Sigma \Delta H_f^\circ \text{ react} \\ \Delta H_R^\circ = -70,92 - 68,32 - (-4,82 - 1,5 \times 0) = -134,42 \text{ kcal} \end{array}$$

18.12 Se afirma que, de manera aproximada, un aumento de  $10^{\circ}\text{C}$  en la temperatura de una reacción, duplica la velocidad de ésta. ¿Cómo puede ser esto cierto si un aumento de  $10^{\circ}\text{C}$  no supone que la energía cinética de las partículas se duplique?

El aumento de  $10^{\circ}\text{C}$  en la temperatura de una reacción supone un aumento en la energía cinética de las moléculas reaccionantes, con lo que aumenta el número de moléculas activadas y el porcentaje de choques eficaces se hace mayor.

Por otra parte al aumentar en  $10^{\circ}\text{C}$  la temperatura de una reacción, los enlaces de los reactivos se encuentran en un estado de mayor labilidad y la reacción se facilita también por este motivo.

La suma de estos dos factores hace que aproximadamente la velocidad de reacción se duplique.

18.13 ¿Cuáles son los factores que determinan que los choques entre los reactivos sean eficaces?

- Que posean la energía de activación necesaria.
- Que la orientación espacial de las moléculas sea favorable.

18.14 Mencionar los factores que influyen en la velocidad de reacción, poniendo ejemplos.

- Naturaleza de los reactivos.**  
Las reacciones iónicas en solución son más rápidas que las reacciones moleculares en las mismas condiciones.
- Concentración de los reactivos.**  
Un trozo de madera en oxígeno puro arde mucho más rápidamente que en aire.
- Temperatura.**
- División de los reactivos.**  
Las reacciones en fase líquida o gaseosa, a igualdad del resto de condiciones experimentales, son más rápidas que las realizadas en fase heterogénea.
- Catalizadores.**  
La descomposición del agua oxigenada se hace mucho más rápida en presencia de trazas de dióxido de manganeso.

18.15 ¿Cuál es la acción de un catalizador positivo en una reacción? ¿Aumenta el rendimiento del proceso o su velocidad? Explicar las razones.

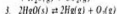
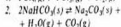
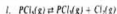
Aumentar la **velocidad** de la reacción, pero no el rendimiento de la misma. La acción de un catalizador en un proceso químico es modificar la energía de activación del mismo, con lo que varía la velocidad del proceso, pero no el estado de equilibrio del sistema.

# CAPITULO 19

19.1 ¿Puede un catalizador modificar el valor de la constante de equilibrio de una reacción? ¿Por qué?

No, porque un catalizador, al modificar la energía de activación de un proceso químico, hace que varíe la velocidad de reacción, pero no el estado de equilibrio del sistema.

19.2 Escribir la constante de equilibrio para cada una de las reacciones siguientes:



1.  $K_p = \frac{p_{\text{PCl}_3} \cdot p_{\text{Cl}_2}}{p_{\text{PCl}_5}}$

2.  $K_p = p_{\text{H}_2\text{O}} \cdot p_{\text{CO}_2}$

3.  $K_p = p_{\text{Hg}}^2 \cdot p_{\text{O}_2}$

19.3 En el proceso:  $2\text{HI} \rightleftharpoons \text{I}_2 + \text{H}_2$  a  $400^\circ\text{C}$  las concentraciones en equilibrio son:  $0,0239$  moles/litro de HI,  $0,031$  moles/litro de  $\text{I}_2$  y la misma concentración de  $\text{H}_2$ . ¿Cuál es la constante de equilibrio,  $K_c$ , para esta reacción?

La constante de equilibrio,  $K_c$ , para esta reacción es:

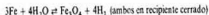
$$K_c = \frac{[\text{I}_2][\text{H}_2]}{[\text{HI}]^2}$$

Sustituyendo en la anterior expresión por los valores experimentales, se tiene:

$$K_c = \frac{0,031 \text{ moles/l} \times 0,031 \text{ moles/l}}{0,0239^2 (\text{moles/l})^2} = 1,68$$

19.4 Poner ejemplos de procesos reversibles e irreversibles.

Procesos reversibles:  $2\text{HCl} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$



Procesos irreversibles: Paso de calor de un cuerpo caliente a uno frío, expansión de un gas.

19.5 En un matraz se mezclan dos reactivos Y y X con una concentración de 1,2 moles/litro de cada uno. Se produce una reacción que genera Y y Z. En el estado de equilibrio se mide la concentración de Z, siendo ésta de 0,75 moles/litro. ¿Cuál es el valor de la constante de equilibrio?

La constante de equilibrio,  $K_c$ , para esta reacción es:

$$K_c = \frac{[Y][Z]}{[V][X]}$$

Las concentraciones de las sustancias en el equilibrio son:

$$\begin{aligned} [Z] &= 0,75 \text{ moles/l} & [Y] &= 1,2 - 0,75 = 0,45 \text{ moles/l} \\ [Y] &= 0,75 \text{ moles/l} & [X] &= 1,2 - 0,75 = 0,45 \text{ moles/l} \end{aligned}$$

Sustituyendo estos valores en la expresión de la constante de equilibrio tendremos:

$$K_c = \frac{0,75 \text{ moles/l} \times 0,75 \text{ moles/l}}{0,45 \text{ moles/l} \times 0,45 \text{ moles/l}} = 2,78$$

19.6 En el proceso:  $Cl_2(g) \rightleftharpoons 2Cl(g)$  se aumenta la temperatura. ¿Qué variación sufrirá la constante de equilibrio? ¿Por qué?

La disociación de una molécula en sus átomos es un proceso endotérmico, por lo que al aumentar la temperatura y, de acuerdo con el principio de Le Chatelier, el equilibrio desplazará hacia la derecha. Por lo tanto, aumentará la concentración de Cl y disminuirá la de  $Cl_2$ . Como la expresión de la constante de equilibrio,  $K_c$ , en este caso es:

$$K_c = \frac{[Cl]^2}{[Cl_2]}$$

el valor de  $K_c$  se hace mayor al aumentar la temperatura.

19.7 Se determina la concentración de dióxido de carbono presente en un matraz cerrado donde se ha producido la reacción:



El matraz, de un volumen de 2 litros, del que se ha expulsado todo el aire, contiene 0,008 g de dióxido de carbono por centímetro cúbico a una temperatura de 25 °C. ¿Cuál es el valor de la constante de equilibrio  $K_p$  de este proceso?

Como se trata de un sistema heterogéneo, los compuestos sólidos no intervienen en el equilibrio. La constante de equilibrio,  $K_p$  para esta reacción es:

$$K_p = p_{CO_2}$$

El número de gramos de  $CO_2$  que hay en los 2 litros son:

$$0,008 \text{ g/cm}^3 \times 2000 \text{ cm}^3 = 16 \text{ g } CO_2$$

y el de moles, sabiendo que el peso molecular del  $CO_2$  es 44, son:

$$\frac{16 \text{ g } CO_2}{44 \text{ g } CO_2/\text{mol}} = 0,364 \text{ moles } CO_2$$

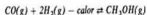
la presión se calcula mediante la ecuación de los gases perfectos:

$$p = \frac{nRT}{V} = \frac{0,364 \text{ moles} \times 0,084 \text{ K} \cdot \text{mol} \times (25 + 273) \text{ K}}{2 \text{ l}} = 4,56 \text{ atm}$$

$$K_p = 4,56 \text{ atm}$$



19.8 El esquema del proceso de fabricación del alcohol metílico es el siguiente:

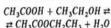


Al aumentar: a) la presión y b) la temperatura ¿cómo se modifica el equilibrio?

$$K_c = \frac{[\text{CH}_3\text{OH}]}{[\text{CO}][\text{H}_2]^2}$$

- a) **Aumento de presión.** Como el proceso se realiza con una disminución en el número de moles, un aumento de presión favorece el desplazamiento del equilibrio hacia la derecha (principio de Le Chatelier). Se produce un aumento en la concentración de  $\text{CH}_3\text{OH}$  y una disminución en las de  $\text{CO}$  y  $\text{H}_2$ .
- b) **Aumento de temperatura.** El proceso es exotérmico por lo que un aumento de la temperatura, de acuerdo con el principio de Le Chatelier, determinará un aumento de la velocidad de la reacción inversa; la concentración de los reactivos se hará mayor y la de los productos, menor. Por tanto, el valor de  $K_c$  debe disminuir.

19.9 En la reacción de esterificación:



el valor de la constante de equilibrio vale 4. Si partimos de 0,5 moles de ácido y 0,5 moles de alcohol, ¿cuál será la cantidad de éster obtenido?

$$K_c = \frac{[\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3][\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}]} = 4$$

Llamamos  $X$  a los valores de las concentraciones en el equilibrio del éster y agua:

$$\begin{aligned} [\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3] &= [\text{H}_2\text{O}] = X \\ [\text{CH}_3\text{COOH}] &= [\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}] = 0,5 - X \end{aligned}$$

Sustituyendo en la expresión del equilibrio, tendremos:

$$4 = \frac{X^2}{(0,5 - X)^2} \quad X = 0,33 \text{ moles}$$

19.10 En el estado de equilibrio del proceso:



¿Cuál sería el efecto sobre la cantidad de hidrógeno si:

- Se aumenta la temperatura.
- Se comprime la mezcla.
- Se introduce más  $\text{CO}$ ?

$$K_c = \frac{[\text{CO}_2][\text{H}_2]}{[\text{CO}][\text{H}_2\text{O}]}$$

- a) **Aumento de la temperatura.** Como el proceso es endotérmico, un incremento de la temperatura supone un aumento del valor de  $K_c$ . Por tanto, la cantidad de hidrógeno se hará mayor.
- b) **Compresión de la mezcla.** Al comprimir la mezcla se aumenta la concentración de las sustancias reaccionantes y también la presión. Como la reacción transcurre sin variación en el número de moles, en ambos miembros de la ecuación, el punto de equilibrio será independiente de la variación de presión; la cantidad de hidrógeno no varía al comprimir.
- c) **Introducción de más  $\text{CO}$ .** Como no varía la temperatura, el valor de  $K_c$  permanece constante. Al añadir más  $\text{CO}$ , en la expresión de la constante de equilibrio, aumenta el denominador; para que el cociente no varíe el sistema, evoluciona desplazándose a la derecha, con lo que aumenta la cantidad de hidrógeno.

19.11 Cuando se aumenta la temperatura del sistema:

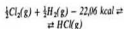


el valor de la constante de equilibrio disminuye. ¿Es un proceso endotérmico o exotérmico?

$$K_c = \frac{[C][D]}{[A][B]}$$

Exotérmico. Si el valor de  $K_c$  disminuye, significa que el equilibrio del sistema se desplaza hacia la izquierda al aumentar la temperatura.

19.12 El proceso siguiente tiene lugar en un reactor cerrado.



Sugerir cuatro formas de aumentar la concentración de cloruro de hidrógeno.

Para desplazar el equilibrio a la derecha, se puede:

1. Aumentar la concentración de  $\text{Cl}_2$ .
2. Aumentar la concentración de  $\text{H}_2$ .
3. Disminuir la temperatura.
4. Utilizar un catalizador positivo que permite trabajar a temperatura más baja con una velocidad de reacción mayor.

19.13 La putrefacción de la hoja de un árbol, ¿será un proceso espontáneo o forzado desde un punto de vista entálpico y entrópico?, y ¿el crecimiento de una planta?

- Putrefacción de la hoja de un árbol. La entalpía disminuye (exotérmico) y la entropía aumenta; será espontáneo.
- El crecimiento de una planta. Aumenta la entalpía (endotérmico) y disminuye la entropía; será forzado.

19.14 Establecer para cada una de las reacciones siguientes:

1.  $\text{S}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) - 70,9 \text{ kcal} \rightleftharpoons \text{SO}_2(\text{g})$
2.  $\text{H}_2\text{O}(\text{g}) - 10,52 \text{ kcal} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
3.  $\text{C}(\text{s}) + 2\text{S}(\text{s}) + 15,84 \text{ kcal} \rightleftharpoons \text{S}_2\text{C}(\text{l})$

- a) Si la situación de mínima energía favorece la formación de los reactivos o de los productos.
- b) Si la situación de desorden molecular máximo favorece la formación de los reactivos o de los productos.

1. Favorece: a) La formación de productos, al ser un proceso exotérmico, y b) la formación de productos al ser gases (mayor entropía).
2. Favorece: a) La formación de productos, al ser un proceso exotérmico, y b) al ser el producto de reacción un líquido y el reactivo un gas, hay una disminución de entropía y el proceso de formación del producto no está favorecido.
3. Favorece: a) la formación de reactivos, al ser un proceso endotérmico, y b) la formación de productos, ya que la entropía en éstos (líquido) es mayor que en los reactivos (sólidos).

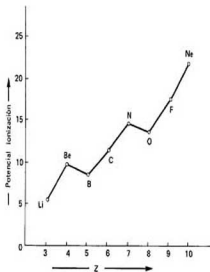
19.15 Poner ejemplos de procesos espontáneos y forzados.

- Espontáneos. Cualquier combustión, la putrefacción de una proteína.
- Forzados: La fotosíntesis, el crecimiento de un animal, la cristalización de una disolución.

# CAPITULO 20

**20.1** Representar gráficamente los primeros potenciales de ionización de los elementos del segundo período en función de su número atómico. ¿Se observa alguna regularidad? A la vista del gráfico, ¿se pueden ordenar los elementos en función de su capacidad reductora?

| Elementos                 | Li   | Be   | B    | C     | N     | O     | F     | Ne    |
|---------------------------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Número atómico            | 3    | 4    | 5    | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |
| Potencial ionización (eV) | 5,40 | 9,32 | 8,30 | 11,26 | 14,48 | 13,60 | 17,42 | 21,50 |

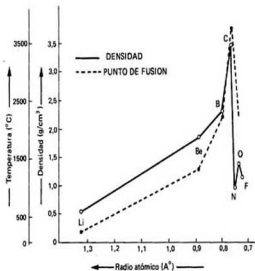


Si. Los elementos se pueden ordenar en función de su capacidad reductora, ya que un potencial de ionización pequeño supone una capacidad de reducción alta.

20.2 ¿Se puede establecer una relación entre el valor de los radios atómicos de los elementos sólidos del segundo periodo, su densidad y su punto de fusión?

| Elementos                           | Li   | Be   | B    | C*   | N              | O              | F               | Ne   |
|-------------------------------------|------|------|------|------|----------------|----------------|-----------------|------|
| Radio atómico (Å)                   | 1,33 | 0,89 | 0,80 | 0,77 | 0,74           | 0,73           | 0,72            | 0,71 |
| Densidad 20 °C (g/cm <sup>3</sup> ) | 0,54 | 1,86 | 2,33 | 3,50 | 0,96<br>sólido | 1,43<br>sólido | 1,11<br>líquido | —    |
| Punto fusión (°C)                   | 179  | 1280 | 2300 | 3730 | -210           | -218           | -223            | -249 |

\* Diamante



Como se observa por el gráfico, en los elementos sólidos en condiciones ambientales, se puede establecer que la densidad y el punto de fusión son inversamente proporcionales al radio atómico.

En los elementos gaseosos en condiciones ambientales, no se puede establecer relación, ya que el estado de agregación de estos elementos es diferente al de los anteriores.

20.3 ¿Cómo se explica que un mismo elemento, el carbono, tenga una conductividad eléctrica tan distinta, según se presente como diamante o grafito?

El diamante y el grafito son dos formas alotrópicas del carbono. En el diamante, los cuatro electrones de valencia del carbono forman cuatro enlaces covalentes con otros tantos átomos de carbono, y al no tener electrones libres en los orbitales de valencia no es conductor de la electricidad. En el grafito, cada átomo de carbono está unido solamente a otros tres átomos de carbono, por lo que le queda un electrón de valencia libre; esto hace que sea conductor de la electricidad.

20.4 Al comparar los puntos de fusión del carbono (diamante) y los de los elementos anterior y posterior al mismo en el Sistema Periódico, se observa una gran diferencia. Justificarla basándose en el tipo de agrupaciones atómicas que poseen estos elementos

B —————  $P_f = 2300\text{ }^\circ\text{C}$

C (diam) —  $P_f = 3730\text{ }^\circ\text{C}$

N —————  $P_f = -210\text{ }^\circ\text{C}$

El boro, en estado sólido, presenta una estructura icosaédrica tridimensional compacta, con enlaces B/B sólidos, por lo que su punto de fusión es elevado. El carbono (diamante) presenta una estructura tetraédrica tridimensional muy compacta, con enlaces C/C muy sólidos. Si comparamos las densidades del B ( $2,33\text{ g/cm}^3$ ) con las del diamante ( $3,50\text{ g/cm}^3$ ), se llega a la conclusión de que el diamante es mucho más compacto que el boro, y sus enlaces serán mucho más sólidos; de ahí su diferencia en el punto de fusión.

El nitrógeno en estado sólido, se encuentra formado por moléculas de  $\text{N}_2$  unidas entre sí por débiles fuerzas de van der Waals, por lo que su punto de fusión será muy bajo.

20.5 ¿Qué hidruros serán más solubles en agua, los iónicos o los covalentes? Razonar la respuesta.

Los iónicos.

El agua es un disolvente muy polar, por lo que disuelve bien las sustancias iónicas, al solvatar los iones del sólido. En el caso de la solubilidad de los hidruros iónicos, esta solubilidad viene aumentada por el hecho de que los hidruros iónicos reaccionan con el agua:



20.6 Al calentar, a temperaturas muy elevadas, el amoníaco, se descompone en: nitrógeno e hidrógeno atómicos, según:



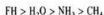
¿Cuál es la constante de equilibrio de este proceso? Se puede aplicar en este caso el principio de Le Chatelier?

$$K_c = \frac{[\text{N}][\text{H}]^3}{[\text{NH}_3]}$$

El principio de Le Chatelier es de validez general y se puede aplicar, por tanto, a este caso. Como la descomposición del amoníaco es un proceso endotérmico, el sistema se opone a la elevación de temperatura absorbiendo energía al producirse la disociación del amoníaco.

20.7 ¿Qué quiere decir que los hidruros tienen carácter ácido? Clasificar estos compuestos de acuerdo con sus propiedades ácidas decrecientes.

Que al reaccionar con las bases generan protones.



El  $\text{CH}_4$  prácticamente ya no presenta carácter ácido, y el resto de los hidruros de los elementos del segundo periodo, tampoco.

20.8 Al referirnos al estado natural de los elementos del segundo período se observa que los dos primeros elementos —litio y berilio— solamente se encuentran en la naturaleza combinados. ¿Por qué ocurre así? Sería lógico esperar un comportamiento semejante de los dos últimos elementos reactivos —oxígeno y flúor—, pero no ocurre así en el caso del oxígeno, como todos sabemos. ¿A qué es debido esta aparente anomalía?

El litio y el berilio son metales muy reductores y como cedén fácilmente sus electrones de valencia, en la naturaleza sólo se encuentran combinados en forma oxidada.

El oxígeno y el flúor no son metales y en su forma no combinada se hallan formando moléculas de  $F_2$  y  $O_2$ . Para que reaccionen es necesario, en primer lugar, que se disocien a estado atómico, a través de un proceso endotérmico:

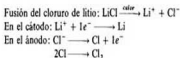


El calor de disociación del flúor es pequeño, y como es el elemento más oxidante que existe, se combina fácilmente y no aparece en la naturaleza en estado elemental. El oxígeno molecular, por el contrario, tiene un calor de disociación muy elevado, lo que le hace bastante inerte en las condiciones de energía ambientales, por lo que se encuentra en la naturaleza también sin combinar.

20.9 ¿Cuál es la razón de que el flúor no se obtenga por métodos químicos?

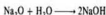
El flúor es el elemento más oxidante que existe, por lo que no se le pueden arrancar electrones en procesos químicos de oxidación-reducción.

20.10 Escribir las semirreacciones que tienen lugar cuando se obtiene el litio, por métodos electrolíticos, a partir de cloruro de litio.



20.11 ¿Cuáles son las características que permiten diferenciar entre óxidos básicos y óxidos ácidos?

Sus propiedades ácido-base en su comportamiento frente al agua. Los **óxidos básicos** son siempre óxidos metálicos y, en caso de ser solubles en agua, producen disoluciones alcalinas:



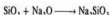
Los **óxidos básicos** insolubles en agua son solubles en disoluciones de ácidos fuertes, por lo que tienen también carácter básico:



Los **óxidos ácidos** son los óxidos de los no metales y, al disolverse en agua, producen disoluciones de carácter ácido:



Algunos **óxidos ácidos** insolubles en agua reaccionan con disoluciones de bases fuertes, por lo que tienen también carácter ácido:





# CAPITULO 21

21.1 ¿Qué metal es más activo: el cesio o el litio?

El cesio. Ambos metales adquieren la configuración de gas noble por pérdida de un electrón de valencia, en el litio el electrón  $2s^1$  y en el cesio el  $6s^1$ . Como el orbital  $n = 6$  es menos estable que el orbital  $n = 2$ , se necesita un potencial de ionización menor para arrancar el electrón de valencia del cesio que para arrancar el electrón de valencia del litio. Por tanto, el cesio es más activo.

21.2 Como es sabido, los metales alcalinos, debido a su gran capacidad de reacción, se conservan fuera del contacto del aire. ¿Cuáles son los componentes del aire – nitrógeno, oxígeno, dióxido de carbono o vapor de agua – que atacan a estos metales? Escribir las correspondientes reacciones.

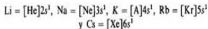
- a) Con el oxígeno:  $2\text{Na} + \frac{1}{2}\text{O}_2 \longrightarrow \text{Na}_2\text{O}$   
b) Con el vapor de agua:  $\text{Na} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{NaOH} + \frac{1}{2}\text{H}_2$

21.3 ¿Por qué los metales alcalinos se obtienen por métodos electrolíticos?

Por ser reductores fuertes.

21.4 Relacionar las propiedades físicas y químicas de los elementos del grupo IA con sus configuraciones electrónicas.

Las configuraciones electrónicas de los elementos del grupo IA son:



- a) **Propiedades físicas.** Son metales típicos muy blandos. Sus puntos de fusión y ebullición disminuyen al aumentar el número atómico del elemento, debido a la disminución de las fuerzas intermoleculares al aumentar el volumen del elemento.
- b) **Propiedades químicas.** Son los elementos más electropositivos, ya que alcanzan la configuración de gas noble por pérdida de un solo electrón de valencia.

Reaccionan con el agua, generando los correspondientes hidróxidos e hidrógeno. La reactividad aumenta al descender en el grupo.

Reaccionan con la mayoría de los no metales tanto más activamente cuanto más electropositivo sea el metal.

Se combinan directamente con el hidrógeno para formar hidruros iónicos, tanto más activamente cuanto más electropositivo sea el metal.



21.5 Los metales alcalinotérreos ¿son más o menos reductores que los metales alcalinos?

Menos, ya que tienen potenciales de ionización bastante mayores que los de los metales alcalinos.

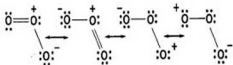
21.6 Aplicaciones del magnesio.

Se utiliza para aleaciones y en la industria fotográfica para producir luz (flashes).

21.7 Dar las fórmulas de los siguientes minerales: berilo, dolomita, yeso, celestina y barita.

berilo —  $\text{BeO}$   
dolomita —  $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$   
yeso —  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$   
celestina —  $\text{SrSO}_4$   
barita —  $\text{BaSO}_4$

21.8 Con ayuda de las fórmulas estructurales de Lewis, escribir las formas resonantes del ozono.



21.9 ¿En qué elementos del grupo VIB aparecen propiedades metálicas?

En los elementos del final del grupo, ya que al tener los electrones de valencia en orbitales muy energéticos, los potenciales de ionización son pequeños; por esta razón selenio, telurio y polonio presentan propiedades metálicas, tanto más acusadas cuanto mayor es el número atómico del elemento.

21.10 Describir los alótropos sólidos del azufre. ¿Qué es azufre elástico?

- Azufre rómbico ( $S_8$ ).** Sólido amarillo de estructura cristalina. Su punto de fusión es  $119^\circ\text{C}$  y su densidad 1,96.
- Azufre monoclinico ( $S_8$ ).** Punto de fusión  $119^\circ\text{C}$  y soluble en sulfuro de carbono. El azufre monoclinico, a temperatura ambiente, pasa a azufre rómbico.
- Azufre elástico.** Es un sólido plástico que se obtiene calentando azufre hasta una temperatura cercana a su punto de ebullición y enfriándolo rápidamente al verterlo en agua.

21.11 Métodos de obtención del oxígeno en el laboratorio.

- Descomposición térmica de los óxidos de metales poco activos, oxisales y peróxidos.
- Electrólisis del agua.

---

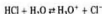
21.12 ¿Cuál es el halógeno químicamente más activo? Dar una explicación que tenga en cuenta la configuración electrónica del elemento.

El flúor. Su configuración electrónica es  $1s^2 2s^2 2p^5$  y sólo necesita un electrón para llegar a la configuración electrónica de gas noble, adquiriendo una gran estabilidad. Como el orbital donde entra el electrón es muy estable, desprende una gran cantidad de energía –afinidad electrónica– y es un oxidante muy energético.

---

21.13 El cloruro de hidrógeno es un gas que, al disolverse en agua, genera ácido clorhídrico. ¿Tienen ambos compuestos las mismas propiedades químicas?

No. El cloruro de hidrógeno, aunque es una molécula polar, no se encuentra ionizada como le ocurre al ácido clorhídrico,



Sus propiedades químicas son, pues, diferentes.

---

21.14 Aplicaciones de los halógenos.

- Flúor.** En estado molecular no tiene aplicaciones. Sus fluoruros se utilizan como insecticidas y fungicidas. El freón,  $\text{CF}_2\text{Cl}_2$ , se utiliza en los circuitos frigoríficos, y el teflón es el plástico más inerte al ataque de los reactivos químicos que se conoce.
- Cloro.** Se utiliza como agente microbicida en el agua de consumo humano y para fabricar colorantes e insecticidas. También, disuelto en el agua como agente de blanqueo en la industria papelera.
- Bromo.** Se utiliza para producir colorantes y aditivos antidetonantes para la gasolina. En forma de bromuro de plata, en la industria fotográfica.
- Iodo.** Encuentra aplicación como agente desinfectante y también en la industria fotográfica.

---

21.15 Comentar la reactividad de los halógenos frente al hidrógeno.

La reactividad de los halógenos frente al hidrógeno decrece al aumentar el número atómico del elemento.

---

# CAPITULO 22

22.1 *Para obtener los metales, a partir de sus sulfuros, se someten éstos a un proceso previo de tostación. ¿Por qué no se hace la reducción directamente sobre el sulfuro?*

Porque la presencia de azufre disuelto en el metal comunica a éste malas propiedades mecánicas.

22.2 *Describir el método de flotación.*

El mineral se muele hasta transformarlo en un polvo fino y se suspende en agua a la que se añade, en pequeña proporción, aceite de pino. Al inyectar al líquido una corriente de aire se producen burbujas que se estabilizan con el aceite. Como la estructura superficial de la mena y la ganga son diferentes, son mojadas de distinta manera por el agua y el aceite, lo que hace que las burbujas formadas se adhieran más fuertemente a las partículas de mena, con lo que éstas suben a la superficie junto con las burbujas, mientras que las partículas de ganga quedan en el fondo. Así se separan fácilmente la mena de la ganga.

22.3 *¿Cuáles son las razones de que la reducción de los óxidos de hierro no se haga con hidrógeno?*

Fundamentalmente económicas, pues el hidrógeno es mucho más caro que el carbón.

22.4 *¿Qué es el sinterizado de una mena? ¿Qué ventajas supone este proceso para las menas?*

El **sinterizado** consiste en aglomerar las menas pulverulentas, mediante una fusión incipiente, para obtener una masa compacta y porosa. Las menas sinterizadas son ideales para los procesos metalúrgicos ya que, debido a su mayor tamaño, no son arrastradas por los gases, y por su porosidad se hace mayor la superficie expuesta a los gases reductores.

22.5 *Enumerar y definir los diferentes procedimientos metalúrgicos extractivos.*

Pirometalurgia, hidrometalurgia y electrometalurgia.

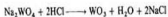
22.6 *¿Qué es el cinc spelter?*

Es el cinc obtenido por condensación del vapor del metal producido en el horno de reducción. El cinc spelter aparece impurificado por plomo, hierro y cadmio.

|   |  |
|---|--|
| 22.7 <i>¿Qué utilización se les da a los barros anódicos?</i>   | La recuperación de los metales nobles que contienen.   |
| 22.8 <i>La disolución del cloruro sódico en agua ¿es una operación de lixiviación? ¿Por qué?</i>                | No, porque la lixiviación es una disolución selectiva de determinado compuesto en presencia de otros que son insolubles en el disolvente.  |
| 22.9 <i>Citar la condición necesaria para que dos metales formen una aleación.</i>                              | Que sean miscibles en fase líquida.  |
| 22.10 <i>Definir los diferentes tipos de aleaciones.</i>  | Existen tres tipos de aleaciones:<br>a) Las formadas por elementos que son <b>inmiscibles</b> en fase sólida y que cristalizan de forma independiente, formando un mosaico de cristales de los diferentes elementos.<br>b) Las formadas por elementos que son <b>miscibles</b> en estado sólido, por lo que forman cristales mixtos.<br>c) Los <b>compuestos intermetálicos</b> . Compuestos que en fase sólida tienen puntos de fusión y composición definidos. |
| 22.11 <i>¿Qué es la cementita?</i>  | Es un carburo de hierro $Fe_3C$ que funde a $1550^{\circ}C$ y presenta propiedades distintas a las del hierro y carbono. Es un compuesto duro y frágil.  |
| 22.12 <i>Explicar las diferencias existentes entre el proceso de recocido y de revenido.</i>                    | a) El proceso de recocido se realiza sobre aceros dulces y medios para aumentar su dureza. El acero se calienta unos $50^{\circ}C$ por encima de su temperatura crítica superior y se deja enfriar lentamente.<br>b) El <b>proceso de revenido</b> se realiza sobre aceros templados para aumentar su tenacidad y ductilidad. El acero se calienta a inferior temperatura que la del recocido.   |
| 22.13 <i>¿Por qué no se suelen utilizar, salvo excepciones, los metales en estado puro y sí sus aleaciones?</i> | Porque las aleaciones presentan mejores propiedades físicas y químicas que los metales puros.  |

22.14 Describir el método de obtención del volfranio.

La mena de volfranio, volframita, que es una mezcla de volframatos de hierro y manganeso,  $\text{FeWO}_4$  y  $\text{MnWO}_4$ , se funde con hidróxido sódico para obtener volframato sódico  $\text{Na}_2\text{WO}_4$ . Al acidular se obtiene óxido de volfranio  $\text{WO}_3$ ,



El óxido hidratado se seca y se reduce con hidrógeno, en un horno eléctrico:



---

22.15 La sinterización del volfranio se hace en atmósfera de hidrógeno para evitar la oxidación del metal, a temperaturas elevadas. ¿Por qué en lugar de hidrógeno no se utiliza nitrógeno, que resulta más barato?

Porque el nitrógeno a temperaturas elevadas es reactivo y forma nitruros con el metal.

---

# CAPITULO 23

23.1 Establecer las diferencias existentes entre los compuestos carbonados y los no carbonados.

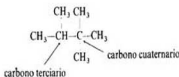
Las principales diferencias entre los compuestos carbonados y los no carbonados son las siguientes:

- Los compuestos carbonados están formados por un grupo muy pequeño de elementos: carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y, en menor extensión, cloro, bromo, yodo, azufre y fósforo. Los compuestos no carbonados están formados por combinaciones diferentes de todos los elementos del Sistema Periódico.
- Los compuestos carbonados son compuestos con enlaces principalmente covalentes, mientras que en los compuestos no carbonados los enlaces son generalmente iónicos.
- Las reacciones de los compuestos carbonados, al ser moleculares son lentas, mientras que las reacciones de los compuestos no carbonados, son rápidas, por ser iónicas.
- Los compuestos carbonados son combustibles, mientras que los compuestos no carbonados no son combustibles.

23.2 ¿Cuáles son los caracteres del átomo de carbono?

- Como el átomo de carbono posee cuatro electrones de valencia – configuración  $1s^2 2s^2 2p^2$  – alcanza la estructura de gas noble por covalencia o compartición de cuatro electrones de otros átomos; es pues un elemento **tetra-valente**.
- Dado que el átomo de carbono es el elemento de menor volumen con cuatro electrones de valencia, los enlaces covalentes que forme serán muy **fuertes** y **estables**, lo que permite la formación de cadenas carbonadas con un número de átomos de carbono prácticamente ilimitado.
- Los cuatro enlaces que forma el átomo de carbono están dispuestos espacialmente según las direcciones de los cuatro vértices de un tetraedro regular. Es un átomo **tetraédrico**.

23.3 Escribir la fórmula de una molécula donde aparezcan carbonos terciarios y cuaternarios.



---

23.4 Diferenciar con claridad los conceptos: fórmula empírica, molecular y estructural.

1. *Fórmula empírica.* Indica el número relativo de cada elemento que se halla presente en una molécula.
2. *Fórmula molecular.* Indica el número total de átomos de cada elemento presentes en la molécula.
3. *Fórmula estructural.* Suministra información de cómo están unidos los átomos en la molécula.

*EJEMPLO:* Consideremos el caso del ácido oxálico.

Fórmula empírica:  $(\text{CHO}_2)_2$

Fórmula molecular:  $(\text{CHO}_2)_2$ , es decir,  $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$

Fórmula estructural:  $\text{HOOC}-\text{COOH}$

---

23.5 ¿Qué es un átomo de carbono con reactividad nucleófila?

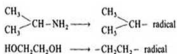
Es un carbono **enriquecido** en electrones por estar formando un enlace covalente -parcialmente iónico- con un elemento menos electronegativo que él.

---

23.6 ¿Qué es un radical?

Es el resto hidrocarbonado que resulta al separar de una molécula los grupos funcionales presentes en la misma.

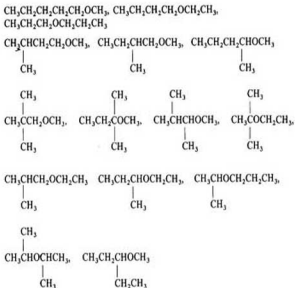
*EJEMPLOS:*



23.7 Escribir las fórmulas de los grupos funcionales nitrogenados.

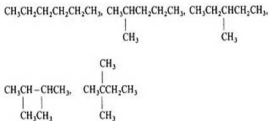
1. Con enlace sencillo:  $\text{R}-\text{N} < \text{---}$  grupo amina
  2. Con enlace múltiple:  
 $\text{R}-\overset{\text{O}}{\underset{|}{\text{C}}}-\text{N} < \text{---}$  grupo amida  
 $\text{R}-\text{C} \equiv \text{N} \text{ ---}$  grupo nitrilo
-

23.8 Escribir las fórmulas de todos los isómeros posibles de un éter con seis átomos de carbono,  $C_6H_{14}O$ .



23.9 ¿Cuántos isómeros de cadena tiene el hidrocarburo  $C_4H_{10}$ ?

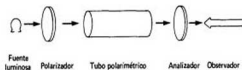
Cinco.







23.14 Hacer un esquema de un polarímetro y explicar su funcionamiento.



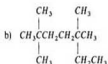
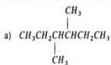
Las radiaciones procedentes de una fuente luminosa al atravesar el prisma polarizador se convierten en luz polarizada en un plano; esta luz atraviesa un tubo polarimétrico, donde se halla la muestra que desvía el plano de polarización de la luz, e incide sobre otro prisma, llamado analizador, que hay que girar hasta obtener una claridad máxima, lo que indica que el plano de la luz polarizada, desviada en el tubo polarimétrico y el plano del analizador coinciden. La medida del ángulo de giro es el ángulo de desviación de la luz polarizada por la sustancia.

23.15 Definir los siguientes conceptos: enantiómeros, dextrógiro, racémico.

1. *Enantiómeros*. Isómeros ópticos relacionados como objeto/imagen.
2. *Dextrógiro*. Molécula que desvía el plano de la luz polarizada a la derecha.
3. *Racémico*. Mezcla equimolecular de enantiómeros.

# CAPITULO 24

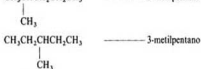
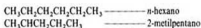
24.1 Nombrar los siguientes compuestos:



a) 2,3-dimetilhexano.

b) 2,2,5,5-tetrametilheptano.

24.2 Escribir y nombrar las estructuras de todos los hexanos isómeros.

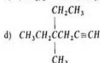




24.5 Nombrar los compuestos siguientes:

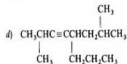
- a)  $HC \equiv CC \equiv CH$   
 b)  $CH_2 = CHCH_2CH = CHCH_2CH_3$   
 c)  $(CH_3)_3CC \equiv CC(CH_3)_3$

- a) 1,3-butadieno.  
 b) 1,4-heptadieno.  
 c) 2,2,5,5-tetrametil-3-hexino.  
 d) 4-etil-4-metil-1-hexino.

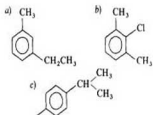


24.6 Escribir las fórmulas de los compuestos siguientes:

- a) vinilacetileno  
 b) 1,3,5-hexatrieno  
 c) 3,4-dimetil-1,5-hexadieno  
 d) 2,7-dimetil-5-propil-3-octino



24.7 Nombrar los compuestos siguientes:



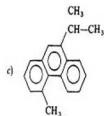
- a) m-etil-metilbenceno.  
 b) 1,3-dimetil-2-clorobenceno.  
 c) p-flúor-isopropilbenceno.

24.8 Escribir las fórmulas de los compuestos siguientes:

- a) Sec-butilbenceno  
 b) Vinilbenceno  
 c) o-dietilbenceno  
 d) 1,3,5-triclorobenceno



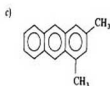
24.9 Nombrar los compuestos siguientes:



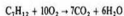
- a)  $\beta$ -metilnaftaleno  
 b) 10-etil-1-metilantraceno.  
 c) 9-isopropil-4-metilfenantreno.

24.10 Escribir las fórmulas de los compuestos siguientes:

- a) 2-bromonaftaleno  
 b) 2,3-diclorofenantreno  
 c) 2,4-dimetilantraceno  
 d)  $\alpha$ -isopropilnaftaleno



24.11 Escribir la ecuación igualada de la combustión del metilciclohexeno.



24.12 Escribir la fórmula empírica, la fórmula molecular y las fórmulas estructurales de los isómeros del penteno.

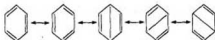
Fórmula empírica:  $(\text{CH}_2)_5$   
 Fórmula molecular:  $\text{C}_5\text{H}_{10}$   
 Fórmulas estructurales:



24.13 Indicar los métodos de obtención de alquenos.

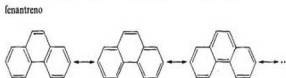
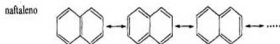
1. Cracking de alcanos.
2. Deshidrogenación de alcanos.
3. Deshidratación de alcoholes.
4. Deshidrohalogenación de alcanos halogenados.

24.14 Escribir las estructuras resonantes del benceno. ¿Por qué hay que representar la fórmula de este compuesto así?



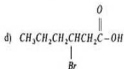
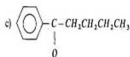
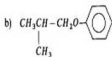
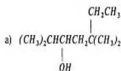
Porque los enlaces del benceno son resonantes, es decir, en la realidad son híbridos o intermedios entre sencillos y dobles.

24.15 Escribir alguna forma resonante del naftaleno y fenantreno.



# CAPITULO 25

25.1 Nombrar, de acuerdo con la nomenclatura de la IUPAC, los siguientes compuestos:



- a) 2,5,5-trimetil-3-heptanol.  
 b) fenil-isobutiléter.  
 c) 1-fenil-1-pentanona.  
 d) ácido 3-bromo-hexanoico.

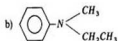
25.2 Escribir las estructuras de los compuestos siguientes:

- a) 1,2-propanodiol  
 b) o-clorofenol  
 c) p-aminobenzaldehído  
 d) ácido tricloroacético





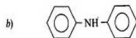
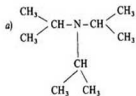
25.3 Nombrar, de acuerdo con la nomenclatura de la IUPAC, los siguientes compuestos:



- a) isobutildimetilamina  
 b) etilfenilmetilamina  
 c) p-toluidina o p-toluidina  
 d) butanonitrilo

25.4 Escribir las estructuras de los compuestos siguientes:

- a) Triisopropilamina.  
 b) Difenetamina.  
 c) Tercbutilamina.  
 d) Acetonitrilo.



---

25.5 Predecir el valor relativo, a igualdad de magnitud molecular de los puntos de ebullición de los alcoholes, éteres, aldehídos, ácidos y aminas.

$P_{eb}$  ácido >  $P_{eb}$  alcohol >  $P_{eb}$  amina >  $P_{eb}$  aldehído >  $P_{eb}$  éter

A igualdad de peso molecular, los puntos de ebullición de las especies químicas citadas, dependerán de la polaridad y, especialmente, de la capacidad de formación de enlaces por puentes de hidrógeno. Los ácidos, alcoholes y aminas están asociados por enlaces de hidrógeno, muy fuertes en los ácidos, de fuerza media en los alcoholes, menos fuerte en las aminas, y débiles en los aldehídos. Los éteres no se encuentran asociados.

---

25.6 Describir los métodos de obtención de alcoholes.

- Fermentación de azúcares.
- Hidrólisis del producto de reacción de alquenos con ácido sulfúrico.
- Hidrólisis alcalina de halogenuros de alquilo.
- Hidrólisis alcalina de éteres.

---

25.7 ¿Qué dos reacciones competitivas se presentan cuando se trata un alcohol primario con ácido sulfúrico?

La deshidratación intramolecular para generar alquenos y la deshidratación intermolecular para producir éteres.

---

25.8 ¿Quién presenta mayor acidez: un fenol o un alcohol?

Un fenol, debido a la presencia de un anillo aromático en la molécula.

---

25.9 Diferencias entre aldehídos y cetonas.

- Los aldehídos se oxidan fácilmente, mientras las cetonas, para oxidarse, necesitan oxidantes muy fuertes.
- Los aldehídos son reductores y las cetonas no.

---

25.10 ¿Es un buen método de obtención de aldehídos, la oxidación de un alcohol primario? ¿Por qué?

No, porque el agente utilizado para oxidar el alcohol a aldehído oxida fácilmente a éste hasta ácido.

---

- 25.11 *¿Qué es una esterificación? ¿Y una saponificación? ¿Cómo se catalizan?*
- a) Una esterificación es la reacción entre un ácido y un alcohol para dar un éter y agua.
  - b) Una saponificación es la reacción entre un éter y agua para dar un ácido y un alcohol.
  - c) La esterificación con ácidos y la saponificación con ácidos y bases.
- 

- 25.12 *Justificar la basicidad de las aminas.*
- Una amina presenta en su molécula un átomo de nitrógeno con un par de electrones no compartidos, por lo que son bases de Lewis.
- 

- 25.13 *¿Cómo se diferencian los tres tipos de aminas alifáticas con ácido nítrico?*
- a) **Aminas primarias.** Liberan nitrógeno gaseoso y se transforman en alcoholes.
  - b) **Aminas secundarias.** Forman nitrosaminas, aceites amarillos.
  - c) **Aminas terciarias.** No reaccionan.
- 

- 25.14 *¿A qué compuesto conduce la reducción de un nitrilo? ¿Y su hidrólisis?*
- a) A una amina.
  - b) A un ácido carboxílico.
- 

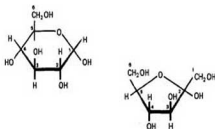
- 25.15 *¿Cómo se obtienen los nitrilos?*
- a) Por deshidratación de amidas.
  - b) Por reacción de un halogenuro de alquilo con un cianuro alcalino.
-

# CAPITULO 26

- 26.1 *¿Cuál es la estructura química de las grasas?* Son ésteres de ácidos grasos y glicerina.
- 
- 26.2 *Diferenciar entre un glicérido simple y un glicérido mixto.* En un **glicérido simple** aparece un solo tipo de ácido graso, mientras que en un **glicérido mixto** aparecen varios tipos de ácidos grasos.
- 
- 26.3 *Explicar la acción detergente de un jabón.* Cuando un jabón se disuelve en agua, disminuye la tensión superficial de ésta, favoreciendo la penetración del líquido en la sustancia a lavar.
- 
- 26.4 *Interés biológico de las grasas.* Las grasas almacenadas en el cuerpo humano sirven para:  
a) Proteger órganos vitales contra golpes.  
b) Aislar y evitar la pérdida de calor.  
c) Suministrar energía mediante su biocombustión.
- 
- 26.5 *¿Qué grupos funcionales se hallan presentes en los glúcidos?* Alcoholes, aldehídos y cetonas.
- 
- 26.6 *¿Qué diferencia existe entre un monosacárido y un oligosacárido?* Un **monosacárido** es un glúcido no hidrolizable, mientras que un **oligosacárido**, por hidrólisis, libera entre dos y diez moléculas de monosacárido.
-

26.7 ¿Qué diferencia existe entre una estructura furanósica y una estructura piranósica?

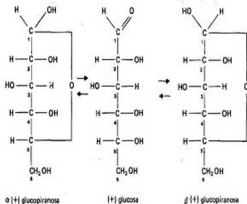
Se dice de un monosacárido que presenta **estructura furanósica** cuando se encuentra formando un ciclo hexagonal, mientras que si se encuentra formando un ciclo pentagonal, su **estructura es piranósica**.



26.8 Explicar el fenómeno de la mutarrotación.

La **mutarrotación** es un fenómeno que experimentan determinados monosacáridos en solución acuosa y que se caracteriza por el cambio gradual del valor de la rotación óptica hasta alcanzar su estabilidad.

Al disolver en agua, por ejemplo, glucosa, se forma  $\alpha(+)$  glucopiranososa – rotación específica  $+111^\circ$  – que, lentamente, a través de la estructura abierta, se va transformando en  $\beta(+)$  glucopiranososa – rotación específica  $+19^\circ$  – hasta que se establece un equilibrio entre los dos isómeros, con un valor estabilizado de la rotación específica de  $+52^\circ$ .



---

26.9 ¿Qué condición es necesaria para que un glúcido sea reductor?

Que tenga un grupo aldehído libre.

---

26.10 ¿Qué es el glucógeno? ¿Y la celulosa?

- a) El **glucógeno** es el polisacárido que constituye la reserva de carbohidratos en los animales. Presenta una estructura muy ramificada y por hidrólisis conduce exclusivamente a (+) glucosa.
- b) La **celulosa** es el polisacárido más abundante en la naturaleza, estando presente en todas las plantas. Su hidrólisis rinde sólo (+) glucosa y su estructura es lineal.
- 

26.11 ¿Qué son aminoácidos esenciales?

Son los aminoácidos que no son sintetizados por el organismo y tienen que ser suministrados por la dieta.

---

26.12 Definir el concepto de punto isoeléctrico.

Es el valor del pH de una solución de aminoácido, para el cual no se produce la emigración de la molécula en un campo eléctrico, ya que ésta presenta forma dipolar o neutra. El punto isoeléctrico es un valor característico para cada aminoácido.

---

26.13 La desnaturalización de una proteína es un proceso irreversible. ¿Por qué?

Porque la ruptura de los enlaces de hidrógeno de la proteína determina su desmoronamiento estructural.

---

26.14 Establecer las diferencias entre un péptido y una proteína.

Los **péptidos** son poliamidas, obtenidas a partir de aminoácidos, con peso molecular igual o inferior a 10 000. Si el peso molecular es mayor de 10 000, el compuesto recibe el nombre de **proteína**.  
Por ser los péptidos de menor magnitud que las proteínas presentan una mayor estabilidad química.

---

26.15 Diferenciar entre enzimas, hormonas y anticuerpos.

- a) Las **enzimas** son biocatalizadores que regulan los procesos químicos del organismo.
- b) Las **hormonas** son proteínas que estimulan, disminuyen o suspenden la función de algún órgano.
- c) Los **anticuerpos** son proteínas que desempeñan una función de protección contra enfermedades.
-

# CAPITULO 27

27.1 Definir: polímero, monómero y polimerización.

- a) Un **polímero** es un compuesto de gran magnitud molecular, que está formado por moléculas pequeñas y que se repiten.
  - b) Un **monómero** es cada una de estas moléculas pequeñas.
  - c) **Polimerización** es el proceso químico por el que se produce la unión de los monómeros.
- 

27.2 Diferencias entre los polímeros obtenidos por condensación y por adición.

- a) En los polímeros obtenidos por **condensación**, la cadena central de la macromolécula está formada por átomos de carbono y heteroátomos – nitrógeno, oxígeno, etc. –, mientras que en los polímeros obtenidos por **adición** la cadena central está formada exclusivamente por átomos de carbono.
  - b) En las polimerizaciones por **condensación**, se eliminan, como subproductos de la reacción, moléculas pequeñas – agua, metanol, etc. – mientras que en las polimerizaciones por **adición** no se elimina ningún tipo de moléculas.
- 

27.3 ¿Cuál es la diferencia entre un homopolímero y un copolímero?

- a) Un **homopolímero** es un polímero formado por la repetición de un sólo tipo de monómero.
  - b) Un **copolímero** es un polímero formado por dos o más tipos de monómeros diferentes.
- 

27.4 Explicar el motivo que hace que las siliconas sean incombustibles.

La presencia de enlaces Si/O en las siliconas hace que estos compuestos presenten una gran inercia a la oxidación producida en una combustión.

---

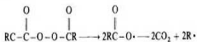
27.5 ¿Cuáles son las aplicaciones de los poliésteres lineales? ¿Y la de los poliésteres ramificados?

- a) Los poliésteres lineales se utilizan principalmente como fibras textiles.
  - b) Los poliésteres ramificados se utilizan como superficies protectoras: recubrimientos y pinturas.
-

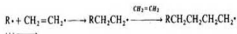
27.6 Dar una idea del mecanismo de una polimerización iniciada por radicales libres.

Consta de tres etapas:

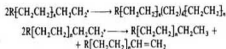
- a) *Iniciación*. Los radicales libres se generan mediante iniciadores de polimerización, que son peróxidos orgánicos que se descomponen a baja temperatura,



- b) *Propagación*. El radical libre formado ataca al doble enlace del monómero, generando un nuevo radical libre que sigue atacando moléculas de monómero de forma continua.



- c) *Terminación*. La reacción de propagación termina al combinarse dos radicales libres o por una reacción de desproporción.



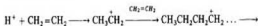
27.7 Características del politetrafluoretileno.

Gran inercia química, buena resistencia eléctrica y alta temperatura de reblandecimiento.

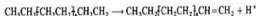
27.8 Escribir el mecanismo de la polimerización del etileno en un proceso catiónico.

Consta de tres etapas:

- a) *Iniciación*. El agente iniciador del proceso es un ácido que cede un protón.  
 b) *Propagación*. El protón se adiciona al doble enlace del alqueno, formando un carbocatión que sigue reaccionando con las moléculas de monómero de forma continua



- c) *Terminación*. La cadena en crecimiento cede un protón para dar una molécula de polímero con una insaturación final.



27.9 Dar una explicación del proceso de vulcanización.

Es el proceso de entrecruzamiento de las cadenas de un polímero, mediante el tratamiento, en caliente, con azufre.



27.10 Tipos de cauchos artificiales.

- a)- **Cauchos homopolímeros:** Polibutadieno  
 Poliisopreno  
 Policloropreno
- b) **Cauchos copolímeros:** Estireno-butadieno (GRS)  
 Butadieno-acrilonitrilo (GRN)

27.11 ¿Qué es el celofán?

Es un polímero de celulosa modificada –rayón viscosa– obtenido en forma de películas finas.

27.12 ¿Cómo se obtiene seda artificial a partir de la celulosa?

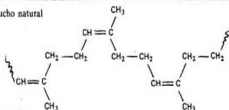
La celulosa se trata con una disolución de hidróxido sódico y se le hace pasar a la disolución sulfuro de carbono, formándose un compuesto llamado xantato, soluble en la disolución alcalina. La solución, muy viscosa, se hilaba y se recoge en un baño de ácido sulfúrico, precipitando en forma de hilo, que es la llamada seda artificial.

27.13 Diferenciar químicamente entre seda y lana.

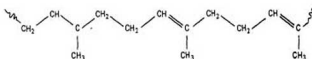
La **seda** es una proteína formada por 4  $\alpha$ -aminoácidos, mientras que la **lana** es una proteína formada por 20  $\alpha$ -aminoácidos.

27.14 Dibujar las estructuras del caucho natural y de la gutapercha.

a) Caucho natural



b) Gutapercha



27.15 Intentar identificar las estructuras de los objetos de plástico de utilización cotidiana.

Utilizar la tabla de identificación de polímeros por combustión.

