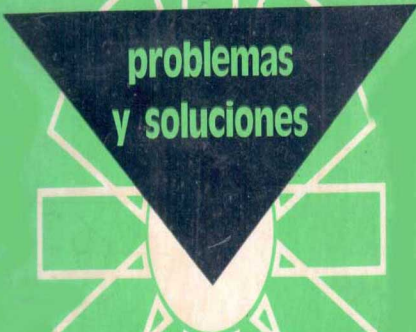


José Aguilar Peris
José Luis Garzón

FISICA Y QUIMICA



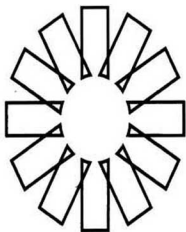
problemas
y soluciones

2^o

anaya

FISICA Y QUIMICA 2^o

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.*

CAPITULO 1

- 1.1 Comprobar las dimensiones de la fórmula del período del péndulo $T = 2\pi\sqrt{l/g}$, en donde T = período, l = longitud y g = aceleración de la gravedad.

Las dimensiones del primer miembro son $T = [T]$. Las del segundo

$$\sqrt{\frac{l}{g}} = \sqrt{\frac{L}{LT^{-2}}} = \frac{1}{\sqrt{T^{-2}}} = [T]$$

Por tanto, la ecuación es dimensionalmente correcta.

- 1.2 Una magnitud física, la viscosidad η , se define por la relación $F = \eta A \frac{\Delta v}{\Delta x}$ en donde F = fuerza, A = superficie, v = velocidad y x = distancia. Determinar las dimensiones de η .

$\eta = \frac{F \Delta x}{A \Delta v}$ Teniendo en cuenta que

$$[F] = [MLT^{-2}], [x] = [L], [A] = [L^2]$$

$$[v] = [LT^{-1}] \text{ resulta}$$

$$[\eta] = \frac{MLT^{-2}L}{L^2LT^{-1}} = [ML^{-1}T^{-1}]$$

- 1.3 A partir de la teoría del factor de escala justificar por qué el elefante posee las patas extraordinariamente gruesas, incluso comparadas con su tamaño.

La fuerza relativa de un animal depende del cociente entre el peso que puede levantar (o soportar) y su propio peso. El primero depende de la sección transversal de sus músculos y de sus huesos (piénsese en un levantador de pesos), es decir, de la dimensión superficie, L^2 . En cambio, el peso del animal depende de su volumen, es decir, de la dimensión L^3 . Es decir, la fuerza relativa de un animal grande disminuiría al crecer si su forma relativa se conservara. Un animal del tamaño de un elefante no podría tener la forma de un perro o de un caballo gigante, porque se aplastaría por su propio peso. Los huesos y los músculos de sus miembros deben ser muy gruesos.

- 1.4 Explicar con los mismos argumentos del factor escala por qué una ballena varada en una playa tiene un fatal destino.

Una ballena soporta su propio peso en tanto se desplaza en el seno del agua gracias a la fuerza ascensional de los líquidos (principio de Arquímedes). Si falla esta ayuda, como ocurre si se encuentra junto a una playa, la ballena no puede moverse y acaba por morir.

1.5 ¿Sería posible la existencia de un gigante cuya altura fuera 10 veces superior a la de un hombre normal con un cuerpo semejante al humano?

Como se ha indicado en el ejercicio 1.3, la relación entre la fuerza de los miembros estructurales (huesos, músculos, tendones) y el peso que debe soportar la estructura del ser vivo (función de su volumen) establece un límite superior al tamaño de los animales. Un hombre de tamaño 10 veces superior al normal no podría soportar su peso a menos que la sección de sus miembros inferiores fuera mucho mayor de la que se establecería por una simple razón de semejanza.

1.6 ¿Qué dimensiones tienen las razones trigonométricas? ¿Y el número π ?

Las razones trigonométricas $\operatorname{sen} x = \frac{b}{a}$, $\operatorname{cos} x = \frac{c}{a}$, $\operatorname{tg} x = \frac{b}{c}$, etc., carecen de dimensiones por tratarse del cociente de dos magnitudes lineales. El número π también carece de dimensiones. Basta considerar que es el cociente entre la longitud de la circunferencia y el diámetro, $\pi = \frac{l}{2r}$, o sea, entre dos longitudes.

1.7 Un alumno no recuerda cuál de estas dos fórmulas es la de la energía cinética,

$$E = \frac{1}{2} rv^2 \quad \text{o} \quad E = \frac{1}{2} mv^2$$

¿Cómo podría comprobarlo fácilmente?

Basta comprobar las dimensiones de los dos miembros de cada fórmula. Las dimensiones de la energía cinética son las del trabajo, o sea, ML^2T^{-2} . En la primera fórmula

$$\left| \frac{1}{2} rv^2 \right| = |LL^2T^{-2}| = |L^3T^{-2}|$$

y en la segunda

$$\left| \frac{1}{2} mv^2 \right| = |ML^2T^{-2}|$$

Por tanto, es correcta la segunda y no la primera.

1.8 Para medir distancias muy grandes los astrónomos utilizan la unidad año-luz que es la distancia recorrida por la luz en un año. ¿A cuántos kilómetros equivale? (La velocidad de la luz es de 300 000 km/s).

Teniendo en cuenta que un año tiene

$$365 \times 24 \times 60 \times 60 = 31\,536\,000 \text{ s}$$

resulta

$$(300\,000 \text{ km/s}) \times (31\,536\,000 \text{ s}) = 9,4608 \times 10^{12} \text{ km/s}$$

- 1.9 Una magnitud tiene las dimensiones ML^2T^{-2} . Escoger entre las siguientes la magnitud correcta: (a) potencia, (b) presión y (c) trabajo.

(c) trabajo

- 1.10 Deducir las dimensiones y las unidades en el S. I. de la constante de gravitación universal G a partir de la fórmula

$$F = G \frac{mm'}{r^2}$$

en donde F = fuerza, r = distancia, m y m' son masas.

$$|G| = \frac{Fr^2}{mm'} = \frac{[MLT^{-2}][L^2]}{[M^2]} = [M^{-1}L^3T^{-2}]$$

$$|G| = \frac{\text{newton} \times \text{m}^2}{\text{kg}^2}$$

- 1.11 Deducir las dimensiones y las unidades en el S. I. de la constante de Planck h a partir de la ecuación $W = hv$ en donde v es una frecuencia y W una energía.

$$[h] = \left[\frac{W}{v} \right] = \frac{ML^2T^{-2}}{T^{-1}} = [ML^2T^{-1}]$$

$$[h] = \left[\frac{\text{energía}}{(\text{tiempo})^{-1}} \right] = |\text{energía} \times \text{tiempo}| = |\text{acción}|$$

- 1.12 Expresar en metros, micras y angstroms ($1 \text{ \AA} = 10^{-8} \text{ cm}$) la longitud de onda λ , de una radiación luminosa cuya frecuencia es de $1,5 \times 10^{15}$ periodos por segundo.

Entre la longitud de onda λ y la frecuencia ν de una radiación luminosa que se propaga con la velocidad c existe la relación

$$\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{\nu (\text{s}^{-1})}$$

Por tanto,

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8}{1,5 \times 10^{15}} = 2 \times 10^7 \text{ m} = 2 \times 10^{-1} \mu = 2000 \text{ \AA}$$

- 1.13 La Vía Láctea contiene alrededor de 10^{11} estrellas. Se estima que el 1 por 100 de estas estrellas posee un planeta de condiciones semejantes a las de la Tierra con posibilidades de albergar seres vivos. Teniendo en cuenta que se conocen 10^8 galaxias, ¿cuántos planetas existen en condiciones habitables en el universo?

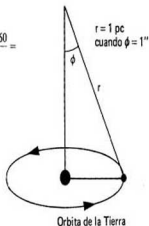
El 1% de 10^{11} es 10^9 .

Por tanto, existen $10^9 \times 10^8 = 10^{17}$ planetas de condiciones habitables.

- 1.14 Una estrella está a una distancia de 1 parsec del Sol cuando el radio de la órbita terrestre alrededor del Sol (igual a $1,5 \times 10^8$ km) subtende un ángulo de 1 segundo de arco desde la estrella. Calcular el número de kilómetros que tiene 1 parsec.

Teniendo en cuenta la relación geométrica $\text{arco} = \text{ángulo} \times \text{radio}$ y que 1 segundo de arco es igual a $\frac{2\pi}{360 \times 60 \times 60}$ radianes resulta (véase la figura)

$$\begin{aligned} 1 \text{ parsec} &= \frac{\text{distancia-Sol-Tierra}}{\text{ángulo } \phi} = \\ &= \frac{1,5 \times 10^8 \times 360 \times 60 \times 60}{2\pi} = \\ &= 3,094 \times 10^{13} \text{ km} \end{aligned}$$



CAPITULO 2

2.1 Convertir las siguientes velocidades a m/s:

- Un hombre camina a 5 km/h.
- Un coche lleva una velocidad de 80 km/h.
- La velocidad del vehículo espacial «Apolo» al salir de la órbita terrestre era de 40 000 km/h.

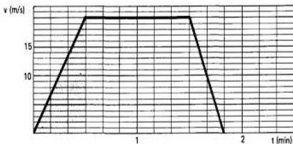
a) $5 \text{ km/h} = \frac{5000}{3600} = 1,39 \text{ m/s}$

b) $80 \text{ km/h} = \frac{80 \times 10^3}{3600} = 22,22 \text{ m/s}$

c) $40\,000 \text{ km/h} = \frac{4 \times 10^7}{3600} = 11\,111 \text{ m/s}$

2.2 Un coche parte del reposo y acelera uniformemente hasta conseguir una velocidad de 20 m/s en 30 segundos, continúa a esta velocidad durante 1 minuto y luego frena uniformemente hasta detenerse en 20 segundos.

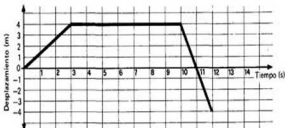
- Representar la velocidad del coche en función del tiempo en todo su recorrido.
- ¿Cuál fue el desplazamiento durante los primeros 30 segundos?



(b) $x = \frac{v_0 + v}{2} \cdot t = \frac{0 + 20}{2} \cdot 30 = 300 \text{ m}$

2.3 Un móvil se desplaza según una línea recta. La figura adjunta muestra su desplazamiento desde el punto de partida en función del tiempo.

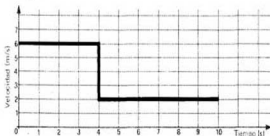
- ¿Cuál es el desplazamiento del móvil al cabo de 4 segundos?
- ¿Cuántos segundos estuvo el móvil en reposo?
- ¿Cuánto vale la velocidad media al cabo de 11 segundos?



(a) $x = 4 \text{ m}$; (b) $t = 7 \text{ s}$; (c) $\bar{v} = 0,73 \text{ m/s}$

(la distancia recorrida es 8 m)

- 2.4 A partir de la figura adjunta que representa la velocidad de un móvil en función del tiempo, calcular el desplazamiento del mismo en los primeros 6 segundos.



En los 4 primeros segundos la velocidad es de 6 m/s y en los 2 últimos de 2 m/s. Por tanto,

$$x = x_1 + x_2 = v_1 t_1 + v_2 t_2 = 6 \times 4 + 2 \times 2 = 28 \text{ m}$$

- 2.5 Dos electrones de carga opuesta están separados 8 cm. Un electrón parte del electrodo negativo con velocidad cero y atraído por el positivo recorre los primeros 2 cm en una milésima de segundo.

- ¿Cuál es la aceleración del electrón?
- ¿Qué velocidad posee el electrón al cabo de dos milésimas de segundo?
- ¿Cuánto tiempo tarda el electrón en ir del electrodo negativo al positivo?

- (a) Al cabo de 0,001 s la velocidad media del electrón es

$$\bar{v} = \frac{0 + v}{2} = \frac{0,02 \text{ m}}{0,001 \text{ s}} = 20 \text{ m/s}$$

y su velocidad instantánea

$$v = 2 \times 20 = 40 \text{ m/s}$$

La aceleración será por tanto

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{40 \text{ m}}{0,001 \text{ s}} = 4 \times 10^4 \text{ m/s}^2$$

- (b) Al cabo de 0,002 s la velocidad será

$$v' = at = 4 \times 10^4 \times 2 \times 10^{-3} = 80 \text{ m/s}$$

- (c)

$$t = \sqrt{\frac{2x}{a}} = \sqrt{\frac{2 \times 8 \times 10^{-2}}{4 \times 10^4}} = 2 \times 10^{-3} \text{ s}$$

- 2.6 ¿Cuántos radianes hay en un ángulo de π radianes 180°?

- 2.7 ¿Cuántos grados contiene un ángulo de $3\pi/2$ radianes? -270 grados
-

- 2.8 Si un coche recorre una distancia de 1 000 m a lo largo de un arco de circunferencia que abarca un ángulo recto, ¿cuál es el radio de esta circunferencia?
- $$r = \frac{\text{arco}}{\text{ángulo (rad)}} = \frac{1\,000}{\pi/2} = 636,6 \text{ m}$$
-

- 2.9 Determinar la velocidad angular de la rotación de la Tierra alrededor de su eje.
- $$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{86\,400} = 7,27 \times 10^{-5} \text{ rad/s}$$
- (1 día = $24 \times 60 \times 60 = 86\,400$ s)
-

- 2.10 Determinar la velocidad lineal de un punto de la Tierra situado sobre la superficie en el ecuador como consecuencia de la rotación terrestre alrededor de su eje. (Radio de la Tierra 6 360 km)
- Tomando el valor de ω obtenido en el ejercicio anterior resulta
- $$v = \omega R = 7,27 \times 10^{-5} \times 6,360 \times 10^6 = 462,4 \text{ m/s}$$
-

- 2.11 El radio medio de la órbita terrestre alrededor del Sol es de $1,5 \times 10^8$ km. Sabiendo que las ondas electromagnéticas se propagan en el espacio con la misma velocidad de la luz, o sea, 3×10^8 km/s determinar el tiempo que un pulso de radar tardaría en alcanzar la superficie solar, reflejarse y volver a la Tierra.
- $$t = \frac{2R}{c} = \frac{2 \times 1,5 \times 10^{11} \text{ m}}{3 \times 10^8 \text{ m/s}} = 1000 \text{ s}$$
-

- 2.12 La estrella más próxima a la Tierra dista aproximadamente 4×10^{16} m (4 años luz).
- a) ¿Qué velocidad debería llevar un cohete para alcanzar esta estrella en 8 años?
- b) ¿Cuánta energía se necesita para acelerar un vehículo espacial de 3×10^5 kg a esta velocidad?
- $$v = \frac{4 \times 10^{16}}{8 \times 365 \times 86\,400} = 1,58 \times 10^9 \text{ m/s}$$
- $$E = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 3 \times 10^5 \times (1,58 \times 10^9)^2 = 3,72 \times 10^{21} \text{ J}$$
-

- 2.13 Un móvil realiza un giro de 90° siguiendo un arco circular a velocidad constante. Si el radio del arco es de 25 m y el tiempo empleado ha sido de π segundos, determinar el cambio total de velocidad, la aceleración media y la aceleración centrípeta.

La velocidad angular es

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{4\pi} = 0,5 \text{ s}^{-1}$$

y la velocidad lineal al describir el arco de 25 m

$$v = \omega r = 0,5 \times 25 = 12,5 \text{ m/s}$$

Esta velocidad es constante, pero su dirección realiza un giro de 90° en π segundos. Por tanto el cambio vectorial de \vec{v} será

$$\Delta \vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$$

y la magnitud de este cambio

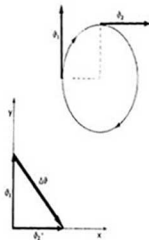
$$|\Delta \vec{v}| = \sqrt{v_1^2 + v_2^2} = \sqrt{2v_1^2} = v_1\sqrt{2} = 12,5\sqrt{2} = 17,63 \text{ m/s}$$

La aceleración media será

$$\vec{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{17,63}{\pi} = 5,61 \text{ m/s}^2$$

La aceleración centrípeta es

$$a_c = \frac{v^2}{R} = \frac{12,5^2}{25} = 6,25 \text{ m/s}^2$$



- 2.14 En una prueba un coche lleva una velocidad de 100 km/h cuando el conductor recibe la señal de detenerse. Si transcurren 0,5 segundos antes de que pueda aplicar el freno y 5 segundos más para detener el coche, calcular la magnitud de la deceleración y el espacio recorrido desde que el conductor recibió la señal.

En 0,5 segundos a 100 km/h = 27,78 m/s recorre el espacio

$$x_1 = vt_1 = 27,78 \times 0,5 = 13,89 \text{ m}$$

La aceleración negativa (deceleración) será

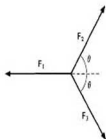
$$a = \frac{v}{t} = \frac{27,78}{5} = 5,56 \text{ m/s}^2$$

y el espacio recorrido desde que se produjo la señal

$$x = x_1 + x_2 = 13,89 + \frac{1}{2}at^2 = 13,89 + 69,44 = 83,33 \text{ m}$$

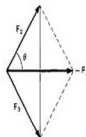
CAPITULO 3

- 3.1 Sabiendo que $F_2 = F_3$ y $F_1 = 1,2F_2$, ¿cuánto debe valer el ángulo θ para que las fuerzas F_1 , F_2 y F_3 , dispuestas como indica la figura adjunta, estén en equilibrio?



La resultante vectorial de F_2 y F_3 debe ser igual a F_1 pero de sentido contrario. Por tanto, como $F_1 = 1,2 F_2$ resulta

$$\cos \theta = \frac{0,6F_2}{F_2} = 0,6$$
$$\theta = 53,13^\circ$$

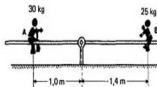


- 3.2 Dos niños A y B, juegan al columpio sobre una tabla que oscila sobre un pivote situado en su punto medio. El niño A, cuyo peso es de 30 kg, se sitúa a 1 m del pivote y el niño B, de peso 25 kg, está situado a 1,40 m del pivote en el lado opuesto. ¿Están en equilibrio? Si no lo están, ¿qué desplazamiento debería realizar el niño A para conseguirlo?

Como $25 \times 1,40 \neq 30 \times 1$, la primera posición no es de equilibrio. El equilibrio se alcanza cuando el niño A está en la posición x de modo que se cumple

$$25 \cdot 1,40 = 30x$$
$$x = 1,17 \text{ m}$$

El niño A debe desplazarse 17 cm a la izquierda de su primera posición.



- 3.3 Una persona de 70 kg flota en el agua. ¿Cuánto vale el empuje del agua?

$$E = 70 \text{ kgp} = 686 \text{ N}$$

3.4 Utilizando un método gráfico, determinar la resultante de las siguientes fuerzas: 10 kg Noreste, 10 kg Sur, 20 kg Este.

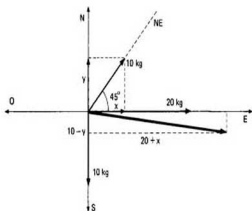
La fuerza de 10 kg NE puede descomponerse en otras dos, X e Y, en direcciones E y N respectivamente, de valores

$$X = 10 \cos 45^\circ = 10 \times 0,71 = 7,1 \text{ kg}$$

$$Y = 10 \sin 45^\circ = 10 \times 0,71 = 7,1 \text{ kg}$$

Por tanto, en la dirección E actúa una fuerza resultante $20 + X = 27,1 \text{ kg}$ y en la dirección S otra fuerza de $10 - Y = 2,9 \text{ kg}$. La resultante total será

$$R = \sqrt{27,1^2 + 2,9^2} = 27,25 \text{ kg} = 267 \text{ N}$$

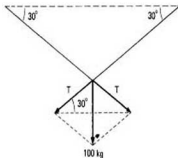


3.5 Una masa de 100 kg se suspende de dos cables, cada uno de los cuales forma un ángulo de 30° con la horizontal. Determinar la tensión que soporta cada alambre.

Geoméricamente se ve que

$$\frac{P}{2} = T \sin 30^\circ = \frac{T}{2}$$

Por tanto $T = P = 100 \times 9,81 = 981 \text{ N}$.



3.6 *Sostener una regla de metro horizontalmente sobre los dedos índices de ambas manos. Cada uno de los dedos se mueve lentamente hacia el otro. ¿Por qué los dos dedos se encuentran siempre en el centro de la regla?*

Porque es el único modo de que el centro de gravedad se mantenga en el centro de la distancia que existe entre los dedos y la regla esté en equilibrio.

3.7 *Un bloque rectangular de madera, de masa 1 kg, descansa sobre un plano inclinado de 60 cm de altura y 100 cm de largo. Determinar:*

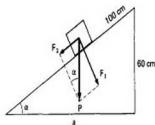
- La fuerza que empuja el bloque contra el plano.*
- La fuerza que le hace descender por el plano.*

La base a del plano mide

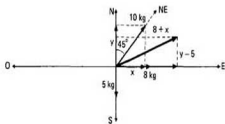
$$a = \sqrt{100^2 - 60^2} = 80 \text{ cm}$$

$$(a) F_1 = P \cos \alpha = P \frac{80}{100} = 0,8P = 0,8 \times 9,8 = 7,84 \text{ N}$$

$$(b) F_2 = P \sin \alpha = P \frac{60}{100} = 0,6P = 0,6 \times 9,8 = 5,88 \text{ N}$$



3.8 *¿Cuál es la magnitud de la fuerza capaz de equilibrar las siguientes fuerzas: 10 kg Noroeste, 8 kg Este y 5 kg Sur.*



La fuerza de 10 kg NE puede descomponerse en las X e Y de direcciones N y E respectivamente:

$$X = 10 \cos 45^\circ = 7,07 \text{ kg}$$

$$Y = 10 \sin 45^\circ = 7,07 \text{ kg}$$

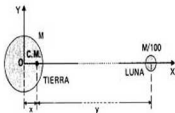
En la dirección E actúa una fuerza resultante de $8 + 7,07 = 15,07 \text{ kg}$ y en la dirección N otra fuerza de valor $7,07 - 5 = 2,07 \text{ kg}$. La resultante total será

$$R = \sqrt{2,07^2 + 15,07^2} = 15,21 \text{ kg} = 149 \text{ N}$$

que vendrá neutralizada por otra igual y de sentido contrario R' dirigida al sur del oeste.

3.9 La Luna tiene una masa que es aproximadamente igual a la centésima parte de la masa terrestre. Si la distancia Tierra-Luna es de 380 000 km, ¿dónde está el centro de masas del sistema formado por la Tierra y la Luna?

$$\begin{aligned}
 x + y &= 380\,000 \text{ km} \\
 Mx &= \frac{M}{100} y \\
 y &= 100x \\
 101x &= 380\,000 \\
 x &= 3762 \text{ km}
 \end{aligned}$$



Como el radio de la Tierra es de 6360 km resulta que el centro de masas del sistema Tierra-Luna está situado en el interior de la Tierra. Este centro de masas es el que describe una órbita elíptica alrededor del Sol durante el período de un año.

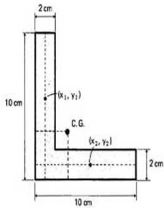
3.10 Hallar la posición del centro de gravedad de una lámina homogénea, cuya forma y dimensiones sean las de la figura.

Las coordenadas del centro de gravedad de una superficie son

$$x_0 = \frac{\sum S_i x_i}{\sum S_i} ; y_0 = \frac{\sum S_i y_i}{\sum S_i}$$

que en este caso se reducen a

$$\begin{aligned}
 x_0 &= \frac{S_1 x_1 + S_2 x_2}{S_1 + S_2} = \frac{20 \times 1 + 20 \times 5}{20 + 20} = 3 \text{ cm} \\
 y_0 &= \frac{S_1 y_1 + S_2 y_2}{S_1 + S_2} = \frac{20 \times 5 + 20 \times 1}{20 + 20} = 3 \text{ cm}
 \end{aligned}$$



CAPITULO 4

- 4.1 Un montacargas de 500 kg arranca hacia arriba con una aceleración de $0,5 \text{ m/s}^{-2}$ hasta alcanzar su velocidad uniforme de régimen, y se detiene con una aceleración de $0,3 \text{ m/s}^{-2}$. ¿Qué fuerza ejerce sobre el montacargas un viajero de 70 kg en cada una de las tres fases del movimiento?

En la primera fase

$$F = 70(9,8 + 0,5) = 721 \text{ N}$$

En la segunda fase

$$F = 70 \times 9,8 = 686 \text{ N}$$

En la tercera fase

$$F = 70(9,8 - 0,3) = 665 \text{ N}$$

- 4.2 Una cuerda que se apoya sobre la garganta de una polea de eje horizontal y masa despreciable sostiene en sus extremos masas de 10 y 15 kg. Hallar la aceleración y la tensión en la cuerda prescindiendo del rozamiento.

La aceleración resulta de la expresión

$$a = \frac{(m - m')g}{m + m'} = \frac{5g}{25} = 1,96 \text{ m/s}^2$$

La tensión en las dos partes de la cuerda es la misma. Aplicando la ley de Newton a cada una de ellas resulta

$$mg - T = ma$$

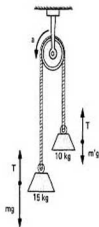
$$T - m'g = m'a$$

es decir,

$$T = m(g - a) = m'(g + a) =$$

$$= 15(9,81 - 1,96) =$$

$$= 10(9,81 + 1,96) = 117,7 \text{ N}$$



- 4.3 Un bloque de madera de 25 kg descansa sobre una tabla horizontal. El coeficiente de rozamiento entre el bloque y la tabla es 0,50. Calcular la velocidad que llevaría el bloque al cabo de 3 segundos si le aplicásemos una fuerza horizontal de 20 kg.

La fuerza de rozamiento que se opone al movimiento de arrastre es

$$F_r = \mu N = 0,5 \times 25 = 12,5 \text{ kg}$$

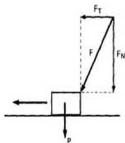
Por ser inferior a la fuerza aplicada iniciará un movimiento de aceleración

$$a = \frac{F - F_r}{m} = \frac{(20 - 12,5)g}{25} = 2,94 \text{ m/s}^2$$

Al cabo de 3 segundos la velocidad será

$$v = 2,94 \times 3 = 8,82 \text{ m/s}^2$$

- 4.4 Una fuerza constante de 10 kg, aplicada bajo un ángulo de 60° con la horizontal sobre un bloque de 20 kg hace que éste adquiera una velocidad de 8 m/s en 5 segundos sobre una tabla horizontal. Calcular el coeficiente de rozamiento entre el bloque y la tabla.



La fuerza aplicada tiene las componentes

$$F_N = 10 \operatorname{sen} 60 = 8,66 \text{ kg} = 84,87 \text{ N}$$

$$F_T = 10 \operatorname{cos} 60 = 5 \text{ kg} = 49 \text{ N}$$

El peso normal del cuerpo sobre la tabla será

$$P_N = P + F_N = 20 + 8,66 = 28,66 \text{ kg} = 280,8 \text{ N}$$

y la fuerza de rozamiento

$$F_r = \mu P_N = 280,8\mu$$

Por otra parte, la aceleración del movimiento es

$$a = \frac{F_T - F_r}{m} = \frac{49 - 280,8\mu}{20} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{8}{5}$$

De aquí resulta para μ el valor

$$\mu = 0,60$$

4.5 Un muelle elástico, cuya longitud es directamente proporcional a la fuerza deformada, se utiliza como dinamómetro para medida de pesos. Si el aparato ha sido calibrado en un lugar donde la aceleración de la gravedad es de $9,81 \text{ m/s}^2$ ¿qué peso indicaría si, situado en un lugar del espacio de aceleración de la gravedad $7,81 \text{ m/s}^2$ colgara de él un kilogramo patrón?

El kilogramo patrón tiene como constante la masa de 1 kg. En el lugar calibrado el dinamómetro marcaría

$$F = 1 \times 9,81 = 9,81 \text{ N}$$

y en el segundo lugar

$$F' = 1 \times 7,81 = 7,81 \text{ N}$$

4.6 Una máquina de Atwood tiene masas de 500 y 510 g suspendidas de una polea sin rozamiento. ¿Cuál será la aceleración de la masa más pesada? ¿Cuánto tiempo tardará esta masa en recorrer 1 m?

La aceleración del movimiento será

$$a = \frac{F}{m_1 + m_2} = \frac{(m_1 - m_2)g}{m_1 + m_2} = \frac{0,010 \times 9,8}{1,01} = 0,097 \text{ m/s}^2$$

El espacio recorrido es

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

Por tanto, recorrerá 1 m en el tiempo

$$t = \sqrt{\frac{2x}{a}} = \sqrt{\frac{2 \times 1}{0,097}} = 4,54 \text{ s}$$

4.7 Una barca que pesa 500 kg debe deslizarse hacia el agua por una rampa inclinada 10° , siendo el coeficiente de rozamiento igual a 0,40. ¿Deslizará por sí misma o habrá que empujarla? En este último caso, ¿con qué fuerza paralela a la rampa debería empujarse?

La fuerza de rozamiento es

$$F_R = \mu N = 0,4 \times 500 \times 9,8 \times \cos 10 = 1930 \text{ N}$$

La componente del peso en la dirección de la rampa es

$$F = P \operatorname{sen} \alpha = 500 \times 9,8 \operatorname{sen} 10 = 851 \text{ N}$$

Como $F_R > F$, para que la barca deslice habrá que empujarle con una fuerza

$$F_R - F = 1930 - 851 = 1079 \text{ N}$$

- 4.8 Un muchacho situado junto a un pozo lanza una piedra hacia arriba con una velocidad inicial de 5 m/s. La piedra cae dentro del pozo, que tiene una profundidad de 30 m. ¿Cuánto tiempo tardará en llegar al fondo desde el instante de su lanzamiento?

La altura máxima alcanzada por la piedra es

$$h = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{5^2}{2 \times 9,8} = 1,28 \text{ m}$$

recorrida en un tiempo

$$t_1 = \frac{v_0}{g} = \frac{5}{9,8} = 0,51 \text{ s}$$

Desde el punto más alto de la trayectoria hasta el fondo del pozo la piedra recorre $1,28 + 30 = 31,28 \text{ m}$ y el tiempo de recorrido será

$$t_2 = \sqrt{\frac{2x}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times 31,28}{9,8}} = 2,53 \text{ s}$$

El tiempo total será

$$t_1 + t_2 = 0,51 + 2,53 = 3,04 \text{ s}$$

- 4.9 Un astronauta en un planeta lanza hacia arriba una piedra con una velocidad inicial de 10 m/s y la recoge 6 segundos después. ¿Qué pesa en ese planeta una masa de 1 kg?

Si llamamos a a la aceleración de la gravedad en el planeta el tiempo empleado por la piedra hasta alcanzar su altura máxima es

$$t = \frac{v_0}{a} = \frac{10}{a} = 3 \text{ s}$$

$$a = \frac{10}{3} = 3,33 \text{ m/s}^2$$

y la masa de 1 kg pesaría

$$P = ma = 3,33 \text{ N}$$

- 4.10 Una bala sale del cañón formando un ángulo de 45° sobre la horizontal y alcanza una distancia de 2 km. ¿Cuál fue su altura máxima?

Las fórmulas del alcance R y altura máxima h en el movimiento de proyectiles son

$$h = \frac{v_0^2 \sin^2 \theta}{g} ; R = \frac{v_0^2 \sin 2\theta}{g}$$

en donde v_0 es la velocidad inicial y θ el ángulo de tiro. Por tanto

$$h = \frac{R}{\sin 2\theta} \sin^2 \theta$$

Para $\theta = 45^\circ$ y $R = 2 \text{ km}$ resulta

$$h = \frac{2000}{\sin 90} \sin^2 45 = 1000 \text{ m}$$

4.11 Una fuerza de 10 N actúa durante 10 s sobre una masa de 5 kg que está en reposo sobre una superficie horizontal sin rozamiento.

- ¿Cuál es el impulso de la fuerza?
- ¿Cuál es el cambio en cantidad de movimiento experimentado por el cuerpo?
- ¿Cuál es su velocidad final?

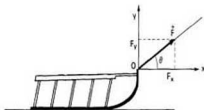
$$(a) \quad F \cdot t = 10 \text{ N} \times 10 \text{ s} = 100 \text{ N} \cdot \text{s}$$

$$(b) \quad \Delta m v = 100 \text{ N} \cdot \text{s} = m v$$

$$(c) \quad v = \frac{100}{m} = \frac{100}{5} = 20 \text{ m/s}$$

4.12 Un muchacho tirando de una cuerda con una fuerza de 50 N arrastra un trineo recorriendo un trayecto horizontal de 100 m. ¿Qué trabajo ha realizado?

- si la cuerda se mantiene horizontal.
- si la cuerda está inclinada 30° con la horizontal.



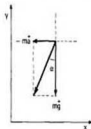
$$(a) \quad W = F \times s = 50 \times 100 = 5000 \text{ J}$$

$$(b) \quad W = F_x \times s = F \times s \cos \theta = 50 \times 100 \times 0,87 = 4330 \text{ J}$$

(el trabajo realizado por F_y es nulo porque no produce ningún desplazamiento en la dirección x).

4.13 Un péndulo cuelga del techo de un coche de modo que puede oscilar en un plano vertical paralelo a la longitud del coche. Describir el movimiento del péndulo:

- Cuando el coche acelera desde el reposo.
- Cuando el coche alcanza su velocidad de régimen.
- Cuando el coche llega a un stop.



(a) Al acelerar el coche, la fuerza de inercia $\vec{f} = -m\vec{a}$, de sentido contrario al movimiento del vehículo, actúa sobre el péndulo y éste se eleva hacia atrás, tanto más cuanto mayor sea la aceleración. La composición de \vec{f} con el peso del péndulo $m\vec{g}$ determina el valor del ángulo α .

(b) Al alcanzar la velocidad constante de régimen, desaparece la fuerza de inercia y el péndulo recupera la posición vertical.

(c) Al frenar, la fuerza de inercia actúa hacia delante y el péndulo se eleva en la dirección del movimiento.

- 4.14 Una masa de 20 kg debe bajarse desde un quinto piso de un edificio a la planta baja y se dispone de una cuerda que sólo soporta una tensión de 125 N. ¿Con qué aceleración debe bajarse la masa para que la cuerda no se rompa?

La masa de 20 kg equivale a una fuerza de $20 \times 9,8 = 196$ N que no puede soportar la cuerda a menos que se baje con una aceleración a cuya fuerza de inercia $F = ma$ sea igual a $196 - 125 = 71$ N.

$$a = \frac{F}{m} = \frac{71}{20} = 3,55 \text{ m/s}^2$$

- 4.15 Dos masas de 100 y 80 kg cuelgan respectivamente de los extremos opuestos de una cuerda que pasa por una polea sin rozamiento. ¿Con qué aceleración se mueve el sistema?

$$a = \frac{100 - 80}{100 + 80} g = 1,09 \text{ m/s}^2$$

- 4.16 ¿Cuál es la velocidad mínima con que puede girarse en un circuito vertical de radio 1,20 m un cubo lleno de agua para que ésta no se derrame?

En la parte más alta de la trayectoria la fuerza centrífuga $\frac{mv^2}{R}$ debe, por lo menos, ser igual al peso del cubo

$$\frac{mv^2}{R} \geq mg$$

$$v \geq \sqrt{gR} = \sqrt{9,8 \times 1,2} = 3,43 \text{ m/s}$$



CAPITULO 5

- 5.1 Calcular en newtons la fuerza que se opone al movimiento de un coche que desarrolla una potencia de 50 CV cuando marcha a 100 km/h por una carretera horizontal.

$$50 \text{ CV} = 50 \times 736 = 3680 \text{ W}$$

$$p = f \cdot v = f \frac{100\,000}{3600} = f \cdot 27,7 \text{ W}$$

Por tanto

$$f = \frac{3680}{27,7} = 132,8 \text{ N}$$

- 5.2 Calcular el número de kW/h que consume un motor de 22 CV en 10 horas de funcionamiento.

$$1 \text{ CV} = 736 \text{ W}$$

$$22 \text{ CV} = 736 \times 22 = 16\,192 \text{ W} = 16,19 \text{ kW}$$

En 10 horas consumirá

$$161,9 \text{ kW} \cdot \text{hora}$$

- 5.3 Desde una altura h lanzamos un cuerpo verticalmente hacia abajo con una velocidad v_0 . ¿Con qué velocidad llegará al suelo?

$$v = v_0 + gt$$

$$h = v_0 t + \frac{1}{2} gt^2$$

Eliminando el tiempo entre estas dos ecuaciones resulta

$$t = \frac{v - v_0}{g} \quad ; \quad h = v_0 \frac{v - v_0}{g} + \frac{1}{2} g \left(\frac{v - v_0}{g} \right)^2$$

Simplificando y ordenando resulta

$$v^2 - v_0^2 = 2gh$$

y por tanto

$$v = \sqrt{v_0^2 + 2gh}$$

- 5.4 Un atleta de 80 kg de peso salta sobre el extremo de un tablón apoyado por su punto medio desde una altura de 3 metros. En el otro extremo existe un muchacho que pesa 40 kg. Si suponemos que $\frac{3}{4}$ partes de la energía cinética del atleta se transmiten al muchacho, calcular la altura que éste ascenderá.

Por el principio de conservación de la energía se verificará

$$\frac{3}{4} mgh = m'gh'$$

en donde m = masa del atleta, m' = masa del muchacho, $h = 3$ m

$$\frac{3}{4} 80 \times 3 = 40 h'$$

$$h' = 4,5 \text{ m}$$

- 5.5 Un cuerpo de 10 kg se desliza por un plano inclinado de 5 m de longitud que forma un ángulo de 30° con la horizontal. Si el coeficiente de rozamiento es 0,4, ¿qué energía cinética tendrá el cuerpo al final de su recorrido?

La aceleración con que desciende el cuerpo es

$$a = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$$

y la velocidad de deslizamiento

$$v = \sqrt{2ax}$$

Por tanto, la energía cinética será

$$\begin{aligned} E_c &= \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} m 2ax = mgx(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) \\ &= 10 \times 9,8 \times 5(\sin 30^\circ - 0,4 \cos 30^\circ) = \\ &= 75,26 \text{ J} \end{aligned}$$

- 5.6 Un coche desciende por una carretera rectilínea que tiene una pendiente del 20 por 100. Cuando su velocidad es de 50 km/h, ¿qué fuerza (paralela a la carretera) debe aplicarse a los frenos para que el coche se detenga en 30 m? Masa del coche 1000 kg.

A la pendiente del 20% corresponde

$$\operatorname{tg} \alpha = 0,2 \quad ; \quad \alpha = 11,30^\circ \quad ; \quad \sin \alpha = 0,196$$

y la velocidad

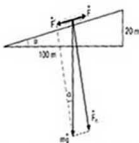
$$v = 50 \text{ km/h} = \frac{50 \times 10^3}{3600} = 13,8 \text{ m/s}$$

Teniendo en cuenta que

$$a = \frac{F - F'}{m} = \frac{F - mg \sin \alpha}{m} = \frac{v^2}{2s}$$

resulta

$$\begin{aligned} \frac{F - 1000 \times 9,8 \times 0,196}{1000} &= \frac{13,8^2}{2 \times 30} \\ F &= 5084 \text{ N} \end{aligned}$$



- 5.7 Desde lo alto de una torre de 50 m de altura se lanza una flecha de 100 g de masa formando un ángulo de 60° con la horizontal y una velocidad de 50 m/s. Por aplicación del principio de conservación de la energía, deducir la velocidad de la flecha cuando se encuentra a 10 m sobre el suelo.

Según el principio de conservación de la energía

$$(E_c + E_p)_{\text{torre}} = (E_c + E_p)_{\text{10 metros}}$$

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

$$\frac{50^2}{2} + 9,8 \times 50 = \frac{v'^2}{2} + 9,8 \times 10$$

$$v = 57,31 \text{ m/s}$$

Obsérvese que el resultado es independiente de la masa de la flecha y del ángulo de lanzamiento.

- 5.8 Una bola de 5 kg cae desde una altura de 1 metro, comprimiendo un muelle que tiene una constante elástica de 100 N/m. Calcular la disminución de longitud ocasionada en el muelle a causa de la compresión.

El trabajo de deformación del muelle

$$W = k \frac{l^2}{2}$$

es igual a la energía potencial de la bola

$$E_p = mgh$$

Por tanto

$$l = \sqrt{\frac{2mgh}{k}} = \sqrt{\frac{2 \times 5 \times 9,8 \times 1}{100}} = 0,99 \text{ m}$$

- 5.9 Una piedra de 0,6 kg se deja caer libremente desde lo alto de una torre de 50 m de altura. En el momento de llegar al suelo su velocidad es de 25 m/s. ¿Cuánta energía se ha disipado por rozamiento con el aire?

Energía potencial de la piedra en la torre

$$E_p = mgh = 0,6 \times 9,8 \times 50 = 294 \text{ J}$$

Energía cinética al llegar al suelo

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 0,6 \times 25^2 = 187,5 \text{ J}$$

Energía disipada:

$$E_p - E_c = 294 - 187,5 = 106,5 \text{ J}$$

- 5.10 Una bala de 25 g y una velocidad de 300 m/s atraviesa una puerta de 5 cm de espesor. ¿Con qué velocidad sale el proyectil de la puerta si la resistencia que ésta opone a su paso es de 100 kg?

El trabajo realizado en la deformación es igual a la variación de energía cinética

$$F \cdot s = \frac{1}{2} m (v_1^2 - v_2^2)$$

$$100 \times 9,8 \times 0,05 = \frac{1}{2} \cdot 0,025(300^2 - v_2^2)$$

$$v = 293,4 \text{ m/s}$$

- 5.11 Un muchacho de 60 kg sube en una bicicleta de 15 kg por una carretera de pendiente 10° , con una velocidad constante de 1,5 m/s. Las fuerzas de rozamiento en las partes móviles de la bicicleta equivalen a una fuerza de 10 N en dirección contraria al movimiento. ¿Qué trabajo ha realizado al cabo de 1 minuto? ¿Cuál es su potencia?

peso del muchacho + bicicleta = $75 \times 9,8 = 735 \text{ N}$
 componente del peso según el plano = $735 \text{ sen } 10 = 127,6 \text{ N}$
 fuerza de rozamiento = 10 N, fuerza total = $127,6 + 10 = 137,6 \text{ W}$

Trabajo

$$W = f \cdot x = 137,6 \text{ m} = 137,6 \times 1,5 \times 60 = 12384 \text{ J}$$

$$\text{Potencia} = \frac{12384}{60} = 206,4 \text{ W}$$

- 5.12 Un vagón A de masa 20 toneladas se desliza por una vía horizontal con la velocidad constante de 3 m/s hasta que se acopla con otro vagón en reposo de masa 35 toneladas. Despreciando todo rozamiento, determinar:
 a) Cantidad de movimiento inicial de A.
 b) Velocidad de los dos vagones cuando se mueven después del choque.
 c) Energía cinética antes y después del choque.

(a) $m_1 v_1 = 20 \times 10^3 \times 3 = 6 \times 10^4 \text{ kg m/s}$

(b) $m_1 v_1 = (m_1 + m_2) v_2$

$$v_2 = \frac{6 \times 10^4}{55 \times 10^3} = 1,09 \text{ m/s}$$

(c) $\frac{1}{2} m_1 v_1^2 = \frac{1}{2} \cdot 20 \times 10^3 \times 9 = 9 \times 10^4 \text{ J}$

$$\frac{1}{2} (m_1 + m_2) v_2^2 = \frac{1}{2} (55 \times 10^3) (1,09)^2 = 3,27 \times 10^4 \text{ J}$$

- 5.13 Se lanza un ladrillo deslizándolo sobre el suelo con una velocidad de 10 m/s. Hallar el tiempo que tardará en detenerse y la distancia recorrida sabiendo que el coeficiente de rozamiento entre el suelo y el ladrillo es de 0,40.

La energía cinética del ladrillo se convierte en trabajo de rozamiento

$$\frac{1}{2} m v^2 = W_f = F_r \cdot x = \mu m g x$$

es decir

$$x = \frac{v^2}{2g\mu} = \frac{10^2}{2 \times 9,8 \times 0,40} = 12,76 \text{ m}$$

Por otra parte

$$x = \frac{1}{2} a t^2 = \frac{1}{2} \frac{F_r}{m} t^2 = \frac{1}{2} \frac{\mu m g}{m} t^2$$

$$t = \sqrt{\frac{2x}{\mu g}} = \sqrt{\frac{2 \times 12,76}{0,4 \times 9,8}} = 2,55 \text{ s}$$

- 5.14 Un cañón con un tubo de 2,8 m dispara un proyectil de 25 kg de masa con una velocidad de 500 m/s. Calcular la fuerza media que se ejerce sobre el proyectil durante su recorrido por el tubo.

El proyectil recorre el tubo en un tiempo

$$t = \frac{2,8}{500} = 0,0056 \text{ s}$$

Por tanto,

$$f = \frac{mv}{t} = \frac{25 \times 500}{0,056} = 2,23 \times 10^5 \text{ N}$$

- 5.15 Un motor de potencia 10 CV, cuyo rendimiento es de 95 por 100, acciona una grúa de rendimiento igual al 50 por 100. ¿Con qué velocidad subirá la grúa un peso de 500 kg?

La potencia útil de la grúa será

$$0,50 \times 0,95 \times 10 \times 736 = 3496 \text{ W}$$

Por tanto

$$p = f \cdot v = 500 \times 9,8$$
$$v = \frac{3496}{500 \times 9,8} = 0,71 \text{ m/s}$$

- 6.4 Calcular el volumen de hierro que tiene la misma capacidad calorífica que 1 litro de agua. Calor específico del hierro, 0,12 cal/g °C. Densidad del hierro 7,5 g/cm³.

La capacidad calorífica de 1 litro de agua es $C = mc = 1000$ cal/°C. El volumen V de hierro de igual capacidad cumplirá la condición

$$V\rho_{Fe}C_{Fe} = 1000$$

$$V = \frac{1000}{\rho_{Fe}C_{Fe}} = \frac{1000}{7,5 \times 0,12} = 1111 \text{ cm}^3$$

- 6.5 ¿Desde qué altura debe caer un trozo de hielo a 0 °C para que se funda por efecto del choque? Se supone que todo el calor producido en el choque es absorbido por el hielo. Calor de fusión del hielo, 80 cal/g.

La energía potencial del hielo a la altura h se convierte en el calor de fusión del hielo. Expresando éste en julios/kilogramo:

$$mgh = 80 \times 1000 \times m \times 0,24$$

$$h = \frac{19,2 \times 1000}{9,8} = 1959 \text{ m}$$

- 6.6 Un proyectil de plomo que pesa 30 gramos se incrusta en el blanco con una velocidad de 300 m/s. Si la mitad del calor producido pasa al proyectil, ¿cuánto se elevará su temperatura? Dato: Calor específico del plomo 0,030 cal/g °C.

El calor absorbido por el proyectil es igual a la mitad de su energía cinética

$$mc\Delta t = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} mv^2 \right)$$

$$30 \times 10^{-3} \times 0,030 \times 1000 \times \Delta t = \frac{1}{4} 30 \times 10^{-3} \times 300^2 \times 0,24$$

en donde se ha introducido el factor 0,24 para expresar la energía en calorías,

$$\Delta t = 180 \text{ °C}$$

- 6.7 Desde cierta altura caen 20 kg de agua a 20 °C y se mezclan con 10 kg de agua a 10 °C. La temperatura final de la mezcla es de 16,8 °C. ¿Desde qué altura cayó el agua?

Por el principio de conservación de la energía

$$mgh + mc(t_2 - t_0) = m'c(t_0 - t_1)$$

$$(20 \times 9,8 \times h \times 0,24) + 20 \times 1000(20 - 16,8) = 10 \times 1000(168 - 10)$$

$$h = 85,03 \text{ m}$$

- 6.8 Un trozo de aluminio que pesa 25 gramos y se halla a 97 °C es introducido en una vasija de cobre que pesa 18 gramos y contiene 260 gramos de agua a 10 °C. Hallar la temperatura final. Datos: Calor específico del aluminio 0,217 cal/g °C. Calor específico del cobre 0,093 cal/g °C.

Iguando la energía térmica cedida por el aluminio con el calor ganado por el agua y el calorímetro resulta

$$m(t_2 - t_0) = m'c(t_0 - t_1) + m''c'(t_0 - t_1)$$

$$25 \times 0,217(97 - t_0) = 260 \times 1(t_0 - 10) + 18 \times 0,093(t_0 - 10)$$

$$t_0 = 11,77 \text{ °C}$$

CAPITULO 6

- 6.1 En un calorímetro se introducen masas iguales de agua a $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ y de hielo a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$. ¿Cuál será la temperatura final de la mezcla? (Calor específico del agua, $1\text{ cal/g }^{\circ}\text{C}$; calor específico del hielo, $0,5\text{ cal/g }^{\circ}\text{C}$. Calor de fusión del hielo, 80 cal/g).

Al enfriarse el agua de $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ cede 50 m calorías con las cuales m gramos de hielo elevan su temperatura en $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ y sobran 30 m calorías, ya que el hielo exige

$$m \times 0,5 \times 40 = 20\text{ m calorías}$$

Con las 30 m calorías se funden $\frac{30\text{ m}}{80}$ g de hielo y la mezcla queda a 0° .

El estado final estaría formado por

$$m + \frac{30\text{ m}}{80} = \frac{110}{80}\text{ m gramos de agua}$$

$$m - \frac{30\text{ m}}{80} = \frac{50}{80}\text{ m gramos de hielo}$$

-
- 6.2 El mercurio hierve a $367\text{ }^{\circ}\text{C}$. ¿Cómo es posible que puedan utilizarse termómetros de mercurio para medir temperaturas hasta $550\text{ }^{\circ}\text{C}$?

En estos termómetros el espacio que queda en el tubo por encima del mercurio está lleno de un gas inactivo como el nitrógeno. En estas condiciones, cuando aumenta la temperatura, crece la presión del gas y, en consecuencia, se eleva la temperatura de ebullición del mercurio.

-
- 6.3 Un calorímetro contiene 450 gramos de agua a $15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Se añaden 200 gramos de agua a $50\text{ }^{\circ}\text{C}$; la temperatura final es de $25,4\text{ }^{\circ}\text{C}$. ¿Cuál es el equivalente en agua del calorímetro?

La energía térmica cedida por el agua caliente se invierte en aumentar la temperatura del agua fría y en aumentar la temperatura del calorímetro:

$$m'c(t_2 - t_0) = m'c(t_0 - t_1) + K(t_0 - t_1)$$

en donde c = calor específico del agua = $1\text{ cal/g }^{\circ}\text{C}$ y K = equivalente en agua del calorímetro. Por tanto,

$$200(50 - 25,4) = 450(25,4 - 15) + K(25,4 - 15)$$

$$4920 = 4680 + 10,40\text{ K}$$

$$K = 23,08$$

- 6.4 Calcular el volumen de hierro que tiene la misma capacidad calorífica que 1 litro de agua. Calor específico del hierro, 0,12 cal/g °C. Densidad del hierro 7,5 g/cm³.

La capacidad calorífica de 1 litro de agua es $C = mc = 1000 \text{ cal/}^\circ\text{C}$. El volumen V de hierro de igual capacidad cumplirá la condición

$$V\rho_{Fe}C_{Fe} = 1000$$

$$V = \frac{1000}{\rho_{Fe}C_{Fe}} = \frac{1000}{7,5 \times 0,12} = 1111 \text{ cm}^3$$

- 6.5 ¿Desde qué altura debe caer un trozo de hielo a 0 °C para que se funda por efecto del choque? Se supone que todo el calor producido en el choque es absorbido por el hielo. Calor de fusión del hielo, 80 cal/g.

La energía potencial del hielo a la altura h se convierte en el calor de fusión del hielo. Expresando éste en julios/kilogramo:

$$mgh = 80 \times 1000 \times m \times 0,24$$

$$h = \frac{19,2 \times 1000}{9,8} = 1959 \text{ m}$$

- 6.6 Un proyectil de plomo que pesa 30 gramos se incrusta en el blanco con una velocidad de 300 m/s. Si la mitad del calor producido pasa al proyectil, ¿cuánto se elevará su temperatura?

Dato: Calor específico del plomo 0,030 cal/g °C.

El calor absorbido por el proyectil es igual a la mitad de su energía cinética

$$mc\Delta t = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} mv^2 \right)$$

$$30 \times 10^{-3} \times 0,030 \times 1000 \times \Delta t = \frac{1}{4} 30 \times 10^{-3} \times 300^2 \times 0,24$$

en donde se ha introducido el factor 0,24 para expresar la energía en calorías,

$$\Delta t = 180 \text{ }^\circ\text{C}$$

- 6.7 Desde cierta altura caen 20 kg de agua a 20 °C y se mezclan con 10 kg de agua a 10 °C. La temperatura final de la mezcla es de 16,8 °C. ¿Desde qué altura cayó el agua?

Por el principio de conservación de la energía

$$mgh + mc(t_2 - t_0) = m'c'(t_0 - t_1)$$

$$(20 \times 9,8 \times h \times 0,24) + 20 \times 1000(20 - 16,8) = 10 \times 1000(16,8 - 10)$$

$$h = 85,03 \text{ m}$$

- 6.8 Un trozo de aluminio que pesa 25 gramos y se halla a 97 °C es introducido en una vasija de cobre que pesa 18 gramos y contiene 260 gramos de agua a 10 °C. Hallar la temperatura final.

Datos: Calor específico del aluminio 0,217 cal/g °C. Calor específico del cobre 0,093 cal/g °C.

Igualando la energía térmica cedida por el aluminio con el calor ganado por el agua y el calorímetro resulta

$$m(t_2 - t_0) = m'c'(t_0 - t_1) + m''c''(t_0 - t_1)$$

$$25 \times 0,217(97 - t_0) = 260 \times 1(t_0 - 10) + 18 \times 0,093(t_0 - 10)$$

$$t_0 = 11,77 \text{ }^\circ\text{C}$$

- 6.9 Un calorímetro, cuyo equivalente en agua es 15 gramos, contiene 420 gramos de agua a 20 °C. Se añaden 80 gramos de cobre a 250 °C y 40 gramos de hierro a 425 °C. ¿Cuál es la temperatura final del equilibrio? Datos: Calor específico del cobre 0,093 cal/g °C. Calor específico del hierro 0,12 cal/g °C.

Aplicando el principio general de la calorimetría de mezclas resulta

$$80 \times 0,093(250 - t) + 40 \times 0,12(425 - t) = (420 \times 1 + 15)(t - 20)$$

$$t = 28,18 \text{ °C}$$

- 6.10 En un calorímetro cuyo equivalente en agua es 25 gramos se colocan 410 gramos de glicerina a 20 °C. Se añaden 300 gramos de cobre (calor específico 0,093 cal/g °C) a 80 °C. La temperatura final es 25,8 °C. ¿Cuál es el calor específico de la glicerina?

Por el principio de conservación de la energía térmica

$$300 \times 0,093 \times (80 - 25,8) = (410c + 25)(25,8 - 20)$$

$$c = 0,575 \text{ cal/g °C}$$

- 6.11 La potencia eléctrica absorbida por un cierto motor eléctrico es de 0,5 kW y la potencia mecánica producida es de 0,4 CV.
a) ¿Cuál es el rendimiento del motor?
b) ¿Cuántas kcal se producen en el motor en una hora de trabajo?

(a) 0,54 CV equivalen a $0,54 \times 0,736 \text{ kW} = 0,4 \text{ kW}$. Por tanto, el rendimiento del motor será

$$\eta = \frac{0,4}{0,5} = 0,8 = 80\%$$

(b) El calor desprendido por segundo en el motor es la diferencia entre la potencia absorbida y la potencia producida, o sea, $0,5 - 0,4 = 0,1 \text{ kW} = 100 \text{ J/s}$. El calor desprendido en una hora será

$$Q = 100 \text{ J/s} \times 3600 \text{ s} \times 0,24 \times 10^{-3} \text{ kcal/J} = 86,4 \text{ kcal}$$

- 6.12 Un automóvil que pesa 1000 kg marcha por una carretera horizontal a una velocidad de 80 km/h. ¿Cuántas kcal se desarrollan en los frenos al detener el coche?

La energía que el automóvil convierte en calor será la totalidad de su energía cinética

$$v = 80 \text{ km/h} = \frac{80 \times 10^3}{3,6 \times 10^3} = 22,22 \text{ m/s}$$

$$E = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 1000 \times 22,22^2 = 2,46 \times 10^5 \text{ J}$$

$$Q = 0,24 \times 10^{-3} E = 59,25 \text{ kcal}$$

- 6.13 Se deja caer mercurio desde una altura de 100 m sobre una superficie aislante. ¿Cuál será el incremento de temperatura experimentado por el mercurio? Calor específico del Hg 0,033 cal/g °C.

El calor específico del Hg en unidades del S. I. es

$$c = 0,033 \text{ cal/g}^\circ\text{C} \times 4,18 \text{ J/cal} \times 1000 \text{ g/kg} = 137,94 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$$

La energía potencial del mercurio a 100 m se invierte íntegramente en calor

$$mgh = Q = mc\Delta t$$

o sea

$$\Delta t = \frac{gh}{c} = \frac{9,8 \times 100}{137,94} = 7,10 \text{ s}$$

- 6.14 ¿Qué cantidad de mantequilla (6000 cal/g) será necesaria para compensar la energía consumida por un hombre de 75 kg al escalar un pico situado a 2500 m de altura?

La energía consumida por el hombre es

$$W = 75 \times 9,8 \times 2500 = 1,8375 \times 10^6 \text{ J}$$

El poder calorífico de la mantequilla en unidades del S. I. es

$$6000 \text{ cal/g} = 6000 \text{ cal/g} \times 4,18 \text{ J/cal} \times 1000 \text{ g/kg} = 25,08 \times 10^6 \text{ J/kg}$$

Por tanto, para compensar la energía consumida en el ascenso debe ingerir

$$\frac{1,8375 \times 10^6}{25,08 \times 10^6} = 0,073 \text{ kg de mantequilla}$$

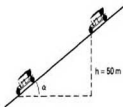
- 6.15 ¿Qué cantidad de calor se desarrolla en un automóvil de 1000 kg, si con los frenos puestas por una carretera con velocidad uniforme verifica un descenso vertical de 50 metros?

El trabajo realizado en el descenso es

$$mgh = 1000 \times 9,8 \times 50 = 4,9 \times 10^5 \text{ J}$$

equivalente a

$$4,9 \times 10^5 \times 0,24 = 11,76 \times 10^4 \text{ cal}$$



- 6.16 ¿Qué cantidad de calor se desprende al taladrar un agujero en un bloque de fundición si se consume una potencia de 0,5 CV durante 5 minutos?

El trabajo realizado es

$$W = 0,5 \times 736 \times 5 \times 60 = 11,04 \times 10^4 \text{ J}$$

equivalente a

$$11,04 \times 10^4 \times 0,24 = 26\,496 \text{ cal}$$

- 6.17 Con motor de 1 CV de rendimiento 90 por 100 se pone en marcha un agitador, que introducido en un vaso con 10 litros de agua eleva su temperatura en 10 °C. ¿Cuánto tiempo ha estado funcionando el agitador?

En un motor en el tiempo t ha suministrado

$$0,90 \times 1 \times 736t = 662,4t \text{ J}$$

que se invierten en elevar la temperatura de agua:

$$10 \times 4180 \times 10 = 4,18 \times 10^5 \text{ J}$$

Por tanto,

$$t = \frac{4,18 \times 10^5}{662,4} = 631 \text{ s} = 10 \text{ m } 31 \text{ s}$$

- 6.18 Un cohete de aluminio alcanza en su lanzamiento una altura de 100 km sobre la Tierra, donde la temperatura es de 40 °C. Desciende entonces y cuando alcanza la Tierra lleva una velocidad de 540 m/s. Si admitimos que el 80 por 100 del calor engendrado en el choque se incierte en el propio cohete, ¿qué temperatura máxima alcanzará? (Calor específico del aluminio 0,217 cal/g °C).

Cuando alcanza la Tierra, el cohete posee una energía cinética $\frac{1}{2}mv^2$ que transforma en calor. El 80% de este calor se invierte en elevar la temperatura del cohete que era inicialmente de 40 °C. Es decir

$$0,80 \frac{1}{2}mv^2 = Jmc\Delta t$$

$$0,40v^2 = Jc\Delta t$$

$$\Delta t = \frac{0,40 \times 540^2}{4180 \times 0,217} = 128 \text{ °C}$$

La temperatura final será

$$128 + 40 = 168 \text{ °C}$$

- 6.19 Un corredor de pista realiza un trabajo equivalente al de un motor de 5 CV en 1 minuto. ¿Qué cantidad de azúcar debe ingerir para compensar la energía consumida? El poder calorífico del azúcar es de 4000 cal/g y el rendimiento del cuerpo humano en transformación de la energía química es del 30 por 100.

La energía consumida por el corredor es

$$5 \times 736 \times 60 = 2,208 \times 10^5 \text{ J}$$

El azúcar posee en el S. I. un poder calorífico de

$$4000 \text{ cal/g} = 4 \times 10^4 \text{ cal/kg} = 4 \times 4,18 \times 10^4 \text{ J/kg} = 16,72 \times 10^4 \text{ J/kg}$$

Por tanto debe ingerir (rendimiento del 30%)

$$\frac{2,208 \times 10^5}{16,72 \times 10^4 \times 0,30} = 0,044 \text{ kg} = 44 \text{ g de azúcar}$$

CAPITULO 7

- 7.1 Una cantidad determinada de un gas ocupa a 25 °C y presión de 1,4 atmósferas, un volumen de 12,3 litros. Calcular el volumen que ocupará a 7,2 atmósferas, si la temperatura se mantiene constante.

Se aplica la ecuación de los gases perfectos a las condiciones iniciales y finales del gas. Como $T = \text{Cte.}$, se tiene:

$$P_i V_i = P_f V_f \quad ; \quad V_f = \frac{P_i V_i}{P_f}$$

$$V_f = \frac{1,4 \text{ atm} \times 12,3 \text{ l}}{7,2 \text{ atm}} = 2,4 \text{ litros}$$

- 7.2 La presión que se ejerce sobre una masa de un gas, a una temperatura determinada, es de 300 mm de Hg. ¿Qué presión habrá que aplicar para cuadruplicar el volumen a la misma temperatura?

Se aplica la ecuación de los gases perfectos a las condiciones iniciales y finales del gas. Como $T = \text{Cte.}$ y $V_f = 4V_i$, se tiene:

$$P_i V_i = P_f \times 4V_i \quad ; \quad P_f = \frac{P_i V_i}{4V_i}$$

$$V_f = \frac{300 \text{ mm Hg}}{4} = 75 \text{ mm Hg}$$

- 7.3 El volumen de cierto gas ideal pasa de 25 litros a 30 °C, a 37,5 litros a presión constante. Calcular la temperatura final del gas.

Se aplica la ecuación de los gases perfectos a las condiciones iniciales y finales del gas. Como $P = \text{Cte.}$ se tiene:

$$\frac{V_i}{T_i} = \frac{V_f}{T_f} \quad ; \quad T_f = \frac{V_f T_i}{V_i}$$

$$T_f = \frac{37,5 \text{ l} \times (30 + 273) \text{ K}}{25 \text{ l}} = 454,5 \text{ K}$$

$$454,5 \text{ K} - 273 \text{ K} = 181,5 \text{ °C}$$

7.4 Una masa determinada de gas ocupa un volumen de 150 litros a 42 °C y 760 mm de Hg. Si la presión pasa a 1000 mm de Hg y la temperatura a 100 °C. ¿Cuál será el nuevo volumen?

Se aplica la ecuación de los gases perfectos a las condiciones iniciales y final del gas

$$\frac{P_i V_i}{T_i} = \frac{P_f V_f}{T_f} \quad ; \quad V_f = \frac{P_i V_i T_f}{P_f T_i}$$

$$V_f = \frac{760 \text{ mm Hg}}{1000 \text{ mm Hg}} \times 150 \text{ l} \times \frac{(100 + 273) \text{ K}}{(42 + 273) \text{ K}} = 134,9 \text{ litros}$$

7.5 Una cantidad de gas que ocupa un volumen de 200 litros a 30 °C y 1,2 atmósferas, se comprime a un volumen de 75 litros, a una presión de 1900 mm de Hg. ¿Cuál será la temperatura final del gas?

Se aplica la ecuación de los gases perfectos a las condiciones iniciales y final del gas.

$$\frac{P_i V_i}{T_i} = \frac{P_f V_f}{T_f} \quad ; \quad T_f = \frac{P_f V_f T_i}{P_i V_i}$$

$$T_f = \frac{1900 \text{ mm Hg}}{760 \text{ mm Hg/atm}} \times 75 \text{ l} \times \frac{(30 + 273) \text{ K}}{1,2 \text{ atm} \times 200 \text{ l}} = 236,7 \text{ K}$$

$$236,7 \text{ K} - 273 \text{ K} = -36,3 \text{ °C}$$

7.6 Calcular el volumen que ocupan 1,5 moles de un gas a la presión de 670 mm de Hg y 25 °C de temperatura.

Se aplica la ecuación de los gases perfectos

$$PV = nRT \quad ; \quad V = \frac{nRT}{P}$$

$$V = \frac{1,5 \text{ mol} \times 0,082 \text{ atm} \cdot \text{l/K} \cdot \text{mol} \times (25 + 273) \text{ K}}{\frac{670 \text{ mm Hg}}{760 \text{ mm Hg/atm}}} = 41,6 \text{ l}$$

7.7 ¿Cuánto pesan 100 litros de nitrógeno a 1,8 atmósferas y 32 °C?

Se calcula el número de moles de nitrógeno mediante la ecuación de los gases perfectos

$$PV = nRT \quad ; \quad n = \frac{PV}{RT}$$

$$n = \frac{1,8 \text{ atm} \times 100 \text{ l}}{0,082 \text{ atm} \cdot \text{l/K} \cdot \text{mol} \times (32 + 273) \text{ K}} = 7,2 \text{ moles}$$

Como el peso molecular del nitrógeno es 28 g, el peso del gas es:

$$7,2 \text{ moles} \times 28 \text{ g/mol} = 201,6 \text{ g}$$

7.8 Una vasija de capacidad 250 ml se llena con un gas a 725 mm de Hg y 10 °C; el peso del gas resulta ser de 0,329 g. Calcular el peso molecular del gas.

Se calcula el volumen que ocuparán en condiciones normales los 0,329 g de gas.

$$\frac{P_i V_i}{T_i} = \frac{P_o V_o}{T_o} \quad ; \quad V_o = \frac{P_i V_i T_o}{P_o T_i}$$

$$V_o = \frac{725 \text{ mm Hg}}{760 \text{ mm Hg/atm}} \times \frac{250 \text{ ml}}{1000 \text{ ml/l}} \times \frac{273 \text{ K}}{\text{atm} \times (10 + 273) \text{ K}} = 0,230 \text{ litros}$$

Se halla ahora el peso de un volumen molar, que es el peso molecular:

$$\text{Peso molecular} = \frac{0,329 \text{ g}}{0,230 \text{ l}} \times 22,4 \text{ l} = 32,04 \text{ g}$$

7.9 Explicar, desde un punto de vista cinético, cuáles son las diferencias entre los tres estados de agregación de la materia.

- Estado gaseoso. Se caracteriza porque el valor de las fuerzas dispersivas —energía cinética de las moléculas— es mayor que el valor de las fuerzas atractivas o de cohesión.
- Estado líquido. En este estado de agregación, las fuerzas intermoleculares —dispersivas y atractivas— presentan un valor de magnitud semejante.
- Estado sólido. En el estado sólido, el valor de las fuerzas de atracción entre las moléculas es mayor que el valor de las fuerzas dispersivas.

7.10 ¿Cuáles son las causas de la desviación del comportamiento ideal de los gases reales? Este comportamiento ¿depende de la presión? ¿Y de la temperatura?

- La existencia de fuerzas atractivas intermoleculares.
- A presiones bajas y temperaturas elevadas el comportamiento de los gases se acerca al ideal y en caso contrario, se aleja.

7.11 ¿Cuáles son las causas de la existencia de la tensión superficial en los líquidos? ¿Cuál es la función de un detergente?

- La existencia de fuerzas atractivas, hacia el interior del líquido, en las moléculas situadas en la superficie del mismo.
- Un detergente disminuye la tensión superficial del agua de manera notable.

7.12 La presión de vapor del benceno a 50 °C es de 271 mm de Hg y la del tolueno, a la misma temperatura, 92,6 mm. ¿Cuál hierve a temperatura más alta? ¿Cuál desprende más vapores a 50 °C? Justificar las respuestas.

- El tolueno hierve a temperatura más alta ya que su presión de vapor, a igualdad de temperatura, es menor que la del benceno.
- El benceno ya que su presión de vapor es más elevada que la del tolueno, a igualdad de temperatura.

7.13 *¿En qué condiciones se lograría sublimar el hielo?*

Cuando el cambio de estado se realizara a una presión inferior a la correspondiente al punto triple del agua.

7.14 *Un sólido A funde en un intervalo de dos grados centígrados y otro, B en un intervalo de siete. Estos resultados ¿nos dan algún dato sobre la pureza de las muestras? ¿Y sobre su estado de cristalización?*

- a) Sí, ya que cuanto más pequeño sea el intervalo de fusión, más pura es la sustancia. A es más pura que B.
- b) Sí, ya que las sustancias cristalinas tienen puntos de fusión definidos, mientras que las sustancias amorfas, al fundir, pasan por estados pastosos que determinan que el intervalo de fusión sea mayor. A es cristalino y B amorfo.
-

7.15 *El cristal de las ventanas ¿es amorfo o cristalino? ¿Cómo se podrá poner de manifiesto con facilidad?*

- a) Amorfo.
- b) Observando que el cristal no tiene un punto de fusión neto sino que en la transición sólido/líquido pasa por un estado pastoso.
-

CAPITULO 8

8.1 La presión sanguínea de sistole de un enfermo es 220 mm Hg. Convertir esta presión en N/m^2 y en centímetros de agua.

Teniendo en cuenta que

$$1 \text{ atm} = 1,013 \times 10^5 \text{ N/m}^2 = 760 \text{ mm Hg} = 10,34 \text{ m de agua}^*$$

resulta

$$p = 1,013 \times 10^5 \frac{220}{760} = 29\,324 \text{ N/m}^2$$

$$p = 1034 \frac{220}{760} = 299,3 \text{ cm de agua}$$

* En efecto, $1 \text{ atm} = \rho gh = 1000 \times 9,8 \times 10,34 = 1,013 \times 10^5 \text{ N/m}^2$.

8.2 El corazón bombea la sangre en la aorta con una presión media de 100 mm Hg. Si la sección de la aorta es de 3 cm^2 , ¿cuál es la fuerza media ejercida por el corazón sobre la sangre que entra en la aorta?

$$f = pS = \frac{100}{760} \text{ N/cm}^2 \times 3 \times 10^{-4} \text{ m}^2 = 3,94 \times 10^{-5} \text{ N}$$

8.3 ¿Qué fracción de un iceberg está por debajo de la superficie del agua? (Densidad del hielo $0,92 \text{ g/cm}^3$; densidad del agua del mar $1,025 \text{ g/cm}^3$.)

En el equilibrio se verifica

$$\text{peso} = \text{empuje}$$

$$V\rho g = V'\rho'g$$

$$V = \text{volumen total} \quad \rho = \text{densidad del hielo}$$

$$V' = \text{volumen sumergido} \quad \rho' = \text{densidad del agua}$$

$$\frac{V'}{V} = \frac{\rho}{\rho'} = \frac{0,92}{1,025} = 89,7\%$$

- 8.4 ¿Qué fuerza gravita sobre un cofre hundido en el océano a 100 m de profundidad, sabiendo que sus dimensiones son $1,50 \times 0,50 \times 0,50 \text{ m}^3$ y que la densidad del agua es de $1,025 \text{ g/cm}^3$.

$$f = (p_0 + p)S$$

siendo p_0 = presión atmosférica.

p = presión hidrostática a 100 m de profundidad = ρgh .

S = superficie del cofre = $1,50 \times 0,50 \text{ m}^2$.

Por tanto,

$$f = (1,013 \times 10^5 + 1025 \times 9,8 \times 100)1,50 \times 0,50 = 8,29 \times 10^5 \text{ N}$$

- 8.5 Un tubo de ensayo de 1 cm^2 de sección contiene 3 cm^3 de mercurio (densidad, $13,6 \text{ g/cm}^3$), 10 cm^3 de agua (densidad, 1 g/cm^3) y 2 cm^3 de aceite (densidad, $0,85 \text{ g/cm}^3$). Representar en un gráfico las presiones internas que soportan las paredes del tubo en función de la profundidad.

Las presiones ejercidas por los distintos líquidos son

$$\text{aceite } p_1 = 0,85 \times 10^3 \times 9,8 \times 0,02 = 1,66 \times 10^2 \text{ N/m}^2$$

$$\text{agua } p_2 = 1 \times 10^3 \times 9,8 \times 0,1 = 9,8 \times 10^2 \text{ N/m}^2$$

$$\text{mercurio } p_3 = 13,6 \times 10^3 \times 9,8 \times 0,03 = 39,98 \times 10^2 \text{ N/m}^2$$

Gráfica:

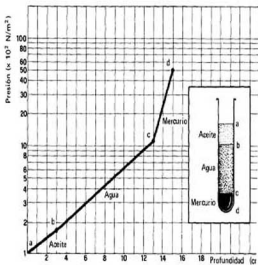
En el punto *a* existe la presión atmosférica = p_0 .

En el punto *b* existe la presión $p_0 + 1,66 \times 10^2 \text{ N/m}^2$.

En el punto *c* existe la presión $p_0 + 11,46 \times 10^2 \text{ N/m}^2$.

En el punto *d* existe la presión $p_0 + 51,44 \times 10^2 \text{ N/m}^2$.

En la gráfica se representan las presiones en función de la profundidad.



- 8.6 Un mineral de oro y cuarzo pesa 100 g. Calcular la proporción de oro que contiene, sabiendo que en g/cm^3 la densidad del oro es 19,3; la del cuarzo, 2,6 y la densidad del mineral, 5,3.

Sea m_1 la masa de oro contenida en un volumen V_1 y $100 - m_1$ la del cuarzo contenida en un volumen V_2 . El volumen total de los 100 g será $V_1 + V_2$:

$$\begin{aligned} m_1 &= V_1 \times 19,3 \\ 100 - m_1 &= V_2 \times 2,6 \\ 100 &= (V_1 + V_2)5,3 \end{aligned}$$

De estas ecuaciones resulta

$$\begin{aligned} \frac{100}{5,3} &= \frac{m_1}{19,3} + \frac{100 - m_1}{2,6} \\ m_1 &= 58,87 \text{ g de oro} \end{aligned}$$

- 8.7 Una esfera hueca, construida con un material de densidad $7,0 \text{ g/cm}^3$ y peso 10 kg, flota en agua de tal modo que la línea de flotación pasa por el centro de la esfera.
1.ª ¿Qué espesor tiene dicha esfera?
2.ª ¿Cuántos perdigones de 0,1 g de peso deberíamos introducir en la esfera para que ésta se hunda justamente en el seno del líquido?

1.ª El peso de la esfera será igual al empuje experimentado por la media esfera sumergida:

$$mg = V\rho g$$

o sea

$$10 = \frac{4}{3}\pi R^3 \cdot 10^3 \quad ; \quad R = 0,168 \text{ m}$$

Llamando r al radio interior de la esfera

$$\frac{4}{3}\pi(R^3 - r^3) = \frac{m}{\rho} = \frac{10}{7 \times 10^3} \quad ; \quad r = 0,164 \text{ m}$$

Espesor: $R - r = 0,004 \text{ m} = 0,40 \text{ cm}$.

2.ª Para que la esfera se hunda justamente, el peso total ha de ser igual al empuje

$$(10 + M)g = V'\rho g$$

siendo M la masa de los perdigones

$$10 + M = \frac{4}{3}\pi R^3 \cdot 1000$$

$M = 9,96 \text{ kg}$ equivalente a 99 600 perdigones.

- 8.8 Una piedra cae desde una altura de 5 m sobre las aguas de un pozo de profundidad 6 m y tarda 8,5 segundos en llegar al fondo. Despreciando rozamientos, determinar la densidad de la piedra.

Si ρ es la densidad del agua y ρ' la de la piedra, el empuje ascensional será

$$E = V\rho g = \frac{m}{\rho'}\rho g$$

Por tanto, la aceleración dentro del líquido será

$$a = \frac{\text{peso} - \text{empuje}}{m} = \frac{1}{m} \left(mg - mg \frac{\rho}{\rho'} \right) = g \left(1 - \frac{\rho}{\rho'} \right)$$

El tiempo de caída antes de alcanzar la superficie del agua es

$$t = \sqrt{\frac{2x}{g}} = \sqrt{\frac{10}{9,8}} = 1,010 \text{ s}$$

El tiempo que tarda en recorrer el agua es

$$8,5 - 1,01 = 7,49 \text{ s}$$

La velocidad de la piedra al llegar a la superficie del agua es

$$\sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 9,8 \times 5} = 9,9 \text{ m/s}$$

La ecuación del movimiento de la piedra en el agua es

$$H = V_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

y la aceleración

$$a = \frac{2H - 2V_0 t}{t^2} = -2,43 \text{ m/s}^2$$

Igualando (1) y (2)

$$-2,43 = 9,8 \left(1 - \frac{1000}{\rho'} \right) ; \rho' = 801,3 \text{ kg/m}^3 = 0,8 \text{ g/cm}^3$$

8.9 Un tubo de plástico de 25 cm de longitud y de radio 1 cm, cerrado por sus extremos y lastrado en su interior con 10 g de perdigones, flota en equilibrio en el seno del agua. Si la densidad del plástico es de 3,25 g/cm³, ¿qué espesor tiene el tubo?

Si flota en el seno del agua su densidad será 1 g/cm³, es decir,

$$d = \frac{m}{V} = 1$$

en donde,

$$m = 10 + (2\pi r e)25 \times 3,25 \quad \text{y} \quad V = \pi r^2 \times 25$$

siendo e = espesor del tubo y $r = 1$ cm, o sea,

$$\frac{10 + 6,28e \times 81,25}{78,50} = 1$$

$$e = 0,13 \text{ cm}$$

8.10 Un tapón de corcho de densidad 0,24 g/cm³ se suelta desde el fondo de un depósito con agua a 5 m de profundidad. ¿Cuánto tiempo tardará en subir a la superficie?

La aceleración del corcho (véase Ej. 8.8) es

$$a = g \left(1 - \frac{\rho}{\rho'} \right)$$

o sea

$$a = 9,8 \left(1 - \frac{1000}{240} \right) = -31,03 \text{ m/s}^2$$

Por tanto

$$t = \sqrt{\frac{2h}{a}} = \sqrt{\frac{2 \times 5}{31,03}} = 0,57 \text{ s}$$

8.11 ¿Qué espesor tiene un iceberg si sobresale 1 m de la línea de flotación sabiendo que la densidad del hielo es de 0,92 g/cm³ y la del agua del mar 1,025 g/cm³?

En el equilibrio se verifica

$$\begin{aligned} \text{empuje} &= \text{peso del iceberg} \\ h s \rho g &= (h + h') s \rho' g \end{aligned}$$

en donde h = altura sumergida
 h' = altura emergente = 1 m
 s = sección del iceberg
 ρ = densidad del agua
 ρ' = densidad del hielo

Sustituyendo los datos

$$\begin{aligned} h \times 1,025 &= (h + 1)0,92 \\ h &= 8,76 \text{ m} \end{aligned}$$

- 8.12 Un buque que pesa 50 000 toneladas pasa del agua del mar (densidad, 1,025 g/cm³) a la de un río (densidad, 1,00 g/cm³). ¿Qué variación experimenta el volumen de líquido que desplaza?

En el agua del mar

$$E = mg = V\rho g$$

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{5 \times 10^7}{1,025 \times 10^3} = 4,88 \times 10^4 \text{ m}^3$$

En el agua del río

$$E = mg = V'\rho'g$$

$$V' = \frac{m}{\rho'} = \frac{5 \times 10^7}{1000} = 5 \times 10^4 \text{ m}^3$$

Esto supone un aumento en el volumen sumergido de

$$(5 - 4,88)10^4 = 1200 \text{ m}^3$$

- 8.13 Un objeto metálico pesa en el aire 100 g y en el seno del agua 89 g. ¿Cuál es su densidad?

En el seno del agua pesa

$$p = mg - E = mg - \frac{m}{\rho'}\rho g = mg \left(1 - \frac{\rho}{\rho'}\right)$$

o sea

$$89 \times 10^{-3} \times 9,8 = 100 \times 10^{-3} \times 9,8 \left(1 - \frac{1}{\rho'}\right)$$

$$89 = 100 - \frac{100}{\rho'}$$

$$\rho' = 9,09 \text{ g/cm}^3$$

- 8.14 ¿Qué presión debe actuar sobre el agua de los tanques de un submarino situado a 100 m de profundidad para vaciarlos y poder ascender? Densidad del agua del mar, 1,025 g/cm³.

$$p = p_0 + \rho gh = 1,013 \times 10^5 + 1025 \times 9,8 \times 100 = 1,106 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

- 8.15 El petróleo de un pozo de 3 km de profundidad tiene una presión de 180 atm. ¿Qué altura debe tener una columna de lodo de densidad 2,8 g/cm³ para taponar el surtidor de petróleo e impedir que salga a la superficie?

La columna de lodo debe ejercer una presión de 179 atm (se tiene en cuenta presión atmosférica). Por tanto,

$$\rho gh = 179 \times 1,013 \times 10^5$$

$$2800 \times 9,8 \times h = 179 \times 1,013 \times 10^5$$

$$h = 664,5 \text{ m}$$

8.16 En una fábrica de cemento la contaminación de polvo es igual a 10^8 partículas de densidad $2,8 \text{ g/cm}^3$ por cada m^3 de aire. Admitiendo que las partículas son esféricas de radio 1 micra determinar la masa de polvo que existe en una sala de $20 \times 10 \times 4 \text{ m}$. ¿Cuántos gramos de polvo se inhalan en una aspiración de $1/2$ litro de aire?

- (a) El volumen de la habitación es $20 \times 10 \times 4 = 800 \text{ m}^3$ y en ella existen 800×10^8 partículas de cemento. Cada partícula tiene una masa

$$m = V\rho = \frac{4}{3}\pi r^3\rho = \frac{4}{3}\pi(10^{-6})^3 \times 2800 = 1,172 \times 10^{-14} \text{ kg}$$

La masa total de polvo en la habitación será

$$M = 800 \times 10^8 \times 1,172 \times 10^{-14} = 937 \times 10^{-6} \text{ kg} = 0,937 \text{ g}$$

- (b) Como en 1 m^3 existe una masa de partículas igual a $1,172 \times 10^{-11} \times 10^8 = 1,172 \times 10^{-3} \text{ g}$, al aspirar medio litro de aire se inhalan

$$\frac{1,172 \times 10^{-3}}{2 \times 1000} = 0,58 \times 10^{-6} \text{ g} = 0,58 \mu\text{g de polvo}$$

CAPITULO 9

9.1 Se disuelven 10 g de NO_3K en 72 g de agua. Calcular la concentración de la disolución en tanto por ciento en peso.

Peso total de la disolución:

$$72 \text{ g agua} + 10 \text{ g NO}_3\text{K} = 82 \text{ g}$$

$$\frac{10 \text{ g NO}_3\text{K}}{82 \text{ g disolución}} \times 100 \text{ g disolución} = 12,2 \% \text{ NO}_3\text{K}$$

9.2 ¿Cuántos gramos de BrH se necesitan para preparar 250 cm^3 de una disolución 1,5 M? ¿1,5 N?

Peso molecular del BrH = 80,9 g.

(a) Disolución 1,5 M.

$$1,5 \text{ moles/l} \times 80,9 \text{ g/mol} \times 250 \text{ cm}^3/1000 \text{ cm}^3/\text{l} = 30,3 \text{ g BrH}$$

(b) Disolución 1,5 N.

En el ácido bromhídrico la normalidad y la molaridad son iguales, por lo que se necesita el mismo peso obtenido en el apartado (a).

9.3 Una disolución saturada de SO_4K_2 en agua contiene 2,6 g de la sal por 100 cm^3 . Calcular la normalidad.

Peso molecular del $\text{SO}_4\text{K}_2 = 174,2$ g.

Peso equivalente del SO_4K_2 :

$$\frac{174,2 \text{ g SO}_4\text{K}_2}{2} = 87,1 \text{ g SO}_4\text{K}_2$$

En un litro de disolución hay:

$$10 \times 2,6 \text{ g K}_2\text{SO}_4 = 26 \text{ g SO}_4\text{K}_2$$

Equivalentes de SO_4K_2 :

$$\frac{26 \text{ g SO}_4\text{K}_2}{87,1 \text{ g SO}_4\text{K}_2} = 0,3 \text{ N}$$

9.4 Se tienen 61 g de SO_4H_2 del 90 por 100 en peso. ¿Cuántos cm^3 de disolución de ácido 0,1 N se obtendrán?

Peso molecular del $\text{SO}_4\text{H}_2 = 98 \text{ g}$.

Peso equivalente del SO_4H_2 :

$$\frac{98 \text{ g SO}_4\text{H}_2}{2} = 49 \text{ g SO}_4\text{H}_2$$

Equivalentes de SO_4H_2 :

$$\frac{61 \text{ g SO}_4\text{H}_2}{49 \text{ g SO}_4\text{H}_2/\text{eq}} \times \frac{90}{100} = 1,12 \text{ N}$$

Volumen de ácido 0,1 N:

$$\frac{1,12 \text{ N}}{0,1 \text{ N}} \times 1000 \text{ cm}^3 = 11 200 \text{ cm}^3$$

9.5 750 cm^3 de una disolución de KOH contienen 6,2 g de la base. ¿Qué peso de KOH debe añadirse para transformarla en 1 M?

Peso molecular del KOH = 56,1 g.

750 cm^3 de una disolución 1 M de KOH contiene:

$$56,1 \text{ g KOH} \times 750 \text{ cm}^3 / 1000 \text{ cm}^3 = 42,1 \text{ g KOH}$$

Hay que añadir:

$$42,1 \text{ g} - 6,2 \text{ g} = 35,9 \text{ g KOH}$$

9.6 A 50 °C la presión de vapor del benceno (C_6H_6) es de 269,3 mm Hg. Hallar la presión de vapor de una disolución que contiene 262 g de antraceno ($\text{C}_{14}\text{H}_{10}$) en 21,17 g de benceno.

Peso molecular del antraceno = 178 g.

Peso molecular del benceno = 78 g.

Moles de antraceno:

$$n_1 = \frac{262 \text{ g antraceno}}{178 \text{ g antraceno/mol}} = 0,015 \text{ moles}$$

Moles de benceno:

$$n_2 = \frac{21,17 \text{ g benceno}}{78 \text{ g benceno/mol}} = 0,271 \text{ moles}$$

Número total de moles:

$$n_1 + n_2 = 0,015 + 0,271 = 0,286 \text{ moles}$$

Aplicando la Ley de Raoult, se tiene:

$$P = P_0 \frac{n_2}{n_1 + n_2} = 269,3 \text{ mm Hg} \times \frac{0,271 \text{ moles benceno}}{0,286 \text{ moles totales}} = 255,2 \text{ mm Hg}$$

9.7 Se tiene una disolución 0,25 molar de un soluto no volátil en agua. Calcular los puntos de ebullición y congelación de la disolución.

a) Punto de ebullición:

$$\delta = \Delta_m = 0,52 \text{ }^\circ\text{C/mol} \times 0,25 \text{ moles} = 0,13 \text{ }^\circ\text{C}$$

La temperatura de ebullición es:

$$100 \text{ }^\circ\text{C} + 0,13 \text{ }^\circ\text{C} = 100,13 \text{ }^\circ\text{C}$$

b) Punto de congelación:

$$\delta = \Delta_m = -1,86 \text{ }^\circ\text{C/mol} \times 0,25 \text{ moles} = -0,47 \text{ }^\circ\text{C}$$

El punto de congelación es:

$$0 \text{ }^\circ\text{C} - 0,47 \text{ }^\circ\text{C} = -0,47 \text{ }^\circ\text{C}$$

9.8 Determinar el punto de ebullición de una disolución que tiene la composición siguiente: 78,7 g de azúcar ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$) en 500 g de agua.

Peso molecular del azúcar = 342 g.

En 1000 g de agua hay: $78,7 \times 2 = 157,4$ g de azúcar.

Moles de azúcar en la disolución:

$$\frac{157,4 \text{ g de azúcar}}{342 \text{ g azúcar/mol}} = 0,46 \text{ moles}$$

$$\delta = \Delta_m = 0,52 \text{ }^\circ\text{C/mol} \times 0,46 \text{ moles} = 0,24 \text{ }^\circ\text{C}$$

La temperatura de ebullición es:

$$100 \text{ }^\circ\text{C} + 0,24 \text{ }^\circ\text{C} = 100,24 \text{ }^\circ\text{C}$$

9.9 ¿Qué peso de glicerina ($\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$) se tiene que disolver en 5 kg de agua para obtener una disolución que congele a $-8,37 \text{ }^\circ\text{C}$?

Peso molecular de la glicerina = 92 g.

Los moles de glicerina, por kg de agua, que producen un descenso crioscópico de $-8,37 \text{ }^\circ\text{C}$, son:

$$m = \frac{\delta}{\Delta_c} = \frac{-8,37 \text{ }^\circ\text{C}}{-1,86 \text{ }^\circ\text{C/mol}} = 4,5 \text{ moles}$$

Como se tienen 5 kg de agua son necesarios:

$$5 \times 4,5 \text{ moles} = 22,5 \text{ moles glicerina}$$

El peso de la glicerina es:

$$22,5 \text{ moles} \times 92 \text{ g/mol} = 2070 \text{ g glicerina}$$

9.10 Calcular los puntos de ebullición de tres disoluciones acuosas de glucosa ($C_6H_{12}O_6$) al 10, 20 y 30 por 100 en peso.

Peso molecular de la glucosa = 180 g.

a) Disolución al 10 por 100.

En 1000 g de agua hay:

$$\frac{10 \text{ g glucosa}}{90 \text{ g agua}} \times 1000 \text{ g agua} = 111,1 \text{ g glucosa}$$

Moles de glucosa en la disolución:

$$\frac{111,1 \text{ g glucosa}}{180 \text{ g glucosa/mol}} = 0,62 \text{ moles}$$

$$\delta = \Delta_p m = 0,52 \text{ }^\circ\text{C/mol} \times 0,62 \text{ moles} = 0,32 \text{ }^\circ\text{C}$$

El punto de ebullición es:

$$100 \text{ }^\circ\text{C} + 0,32 \text{ }^\circ\text{C} = 100,32 \text{ }^\circ\text{C}$$

b) Disolución al 20 por 100.

En 1000 g de agua hay:

$$\frac{20 \text{ g glucosa}}{80 \text{ g agua}} \times 1000 \text{ g agua} = 250 \text{ g glucosa}$$

Moles de glucosa en la disolución:

$$\frac{250 \text{ g glucosa}}{180 \text{ g glucosa/mol}} = 1,39 \text{ moles}$$

$$\delta = \Delta_p m = 0,52 \text{ }^\circ\text{C/mol} \times 1,39 \text{ moles} = 0,72 \text{ }^\circ\text{C}$$

El punto de ebullición es:

$$100 \text{ }^\circ\text{C} + 0,72 \text{ }^\circ\text{C} = 100,72 \text{ }^\circ\text{C}$$

c) Disolución al 30 por 100.

En 1000 g de agua hay:

$$\frac{30 \text{ g glucosa}}{70 \text{ g agua}} \times 1000 \text{ g agua} = 428,6 \text{ g glucosa}$$

Moles de glucosa en la disolución:

$$\frac{428,6 \text{ g glucosa}}{180 \text{ g glucosa/mol}} = 2,38 \text{ moles}$$

$$\delta = \Delta_p m = 0,52 \text{ }^\circ\text{C/mol} \times 2,38 \text{ moles} = 1,24 \text{ }^\circ\text{C}$$

El punto de ebullición es:

$$100 \text{ }^\circ\text{C} + 1,24 \text{ }^\circ\text{C} = 101,24 \text{ }^\circ\text{C}$$

- 9.11 Una disolución de 15,2 g de un compuesto en 470 g de benceno hace disminuir el punto de congelación del disolvente en 0,72 °C. Calcular el peso molecular de la sustancia, sabiendo que la constante crioscópica molar del benceno vale 4,12 °C/mol.

$$M = \frac{1000a\Delta_f}{\delta b}$$

$$M = \frac{1000 \text{ g} \times 15,2 \text{ g} \times 4,12 \text{ }^\circ\text{C/mol}}{0,72 \text{ }^\circ\text{C} \times 470 \text{ g}} = 185,1 \text{ g/mol}$$

- 9.12 Una disolución de peróxido de hidrógeno en agua, de concentración 3,72 por 100 congela a -2,11 °C. Calcular el peso molecular del peróxido de hidrógeno.

$$M = \frac{1000 a\Delta_f}{\delta b}$$

$$M = \frac{1000 \text{ g} \times 3,72 \text{ g} \times 1,86 \text{ }^\circ\text{C/mol}}{2,11 \text{ }^\circ\text{C} \times (100 - 3,72) \text{ g}} = 34,1 \text{ g/mol}$$

- 9.13 32 g de un compuesto disueltos en 1000 g de agua dan una disolución que hierve a 100,28 °C. Hallar el peso molecular del compuesto.

$$M = \frac{1000 a\Delta_b}{\delta b}$$

$$M = \frac{1000 \text{ g} \times 32 \text{ g} \times 0,52 \text{ }^\circ\text{C/mol}}{0,28 \text{ }^\circ\text{C} \times 1000 \text{ g}} = 59,4 \text{ g/mol}$$

- 9.14 Calcular la presión osmótica a 32 °C de una disolución de concentración 2,7 M de un soluto no iónico.

$$\pi = cRT$$

$$\pi = 2,7 \text{ mol/l} \times 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{l}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \times (32 + 273) \text{ K} = 67,5 \text{ atm}$$

- 9.15 Se prepara una disolución acuosa que contiene 1,70 g de soluto en 500 cm³ de disolución. Se mide su presión osmótica y resulta ser de 228 mm de Hg a 30 °C. Hallar el peso molecular del soluto.

En un litro de disolución hay: $1,70 \times 2 = 3,4 \text{ g soluto}$

$$M = \frac{nRT}{\pi V}$$

$$M = \frac{3,4 \text{ g} \times 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{l}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \times (30 + 273) \text{ K}}{\frac{228 \text{ mm Hg}}{760 \text{ mm Hg/atm}} \times 1 \text{ l}} = 281,6 \text{ g/mol}$$

CAPITULO 10

10.1 ¿Cuál de las afirmaciones siguientes es correcta?

- a) Las ondas sonoras se propagan por el vacío.
- b) En una onda sonora las partículas vibran en ángulo recto con la dirección de propagación.
- c) Las ondas sonoras son longitudinales.

c) Las ondas sonoras son longitudinales.

10.2 Al crecer la temperatura, la velocidad del sonido se modifica según la fórmula

$$c = c_0 \sqrt{1 + \alpha t}$$

en donde $c_0 = 331,4 \text{ m/s}$, y $\alpha = 1/273 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

¿Cuánto vale este crecimiento para un $\Delta t = 1 \text{ } ^\circ\text{C}$?

Por ser α muy pequeño, en primera aproximación puede tomarse

$$c = c_0(1 + \alpha t)^{1/2} \approx c_0 \left(1 + \frac{1}{2} \alpha t\right)$$

$$c - c_0 \approx \frac{c_0 \alpha t}{2}$$

y para $t = 1 \text{ } ^\circ\text{C}$

$$c - c_0 = \frac{c_0 \alpha}{2} = \frac{331,4}{2 \times 273} = 0,61 \text{ m/s } ^\circ\text{C}$$

10.3 Describir algunas propiedades que ilustren las diferencias entre ondas transversales, longitudinales y estacionarias. ¿A qué tipo pertenecen las vibraciones de una cuerda de violín? ¿Y las ondas sonoras emitidas por el violín en el aire que le rodea?

Ondas transversales (de tipo mecánico). Se polarizan. Se propagan sólo en los sólidos y en la superficie de los líquidos.

Ondas longitudinales. No se polarizan. Se propagan en sólidos, líquidos y gases. Su velocidad de propagación es mayor que la de las ondas transversales en un medio sólido.

Ondas estacionarias. La energía no se transporta a lo largo del medio, ya que los puntos nodales, permanentemente en reposo, impiden el transporte. Ejemplo: tubo de Kundt.

Cuerda de violín: ondas transversales.

Ondas sonoras: ondas longitudinales.

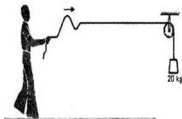
- 10.4 Una cuerda de 25 m que pesa 40 g por metro está sometida a una tensión de 20 kg. Si producimos un pulso en un extremo, ¿cuánto tiempo tardará en llegar al otro extremo?

La velocidad de propagación del pulso en la cuerda es

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{20 \times 9,8}{0,04}} = 70 \text{ m/s}$$

El tiempo que tardará en llegar al otro extremo es

$$t = \frac{l}{v} = \frac{25}{70} = 0,36 \text{ s}$$



- 10.5 Un alambre de acero de 0,5 mm de diámetro y 80 cm de longitud está sometido a una tensión de 10 kg. ¿Cuál es la frecuencia fundamental de su vibración transversal? (Densidad del acero 7,8 g/cm³).

La densidad lineal es igual a la densidad cúbica multiplicada por la sección del alambre:

$$\mu = 7800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{\pi}{4} (0,5 \times 10^{-3})^2 \text{ m}^2 = 1,53 \times 10^{-3} \text{ kg/m}$$

y por tanto, la velocidad de propagación de una vibración transversal:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{10 \times 9,8}{1,53 \times 10^{-3}}} = 253 \text{ m/s}$$

La frecuencia fundamental de la vibración transversal en una cuerda es

$$N = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

es decir,

$$N = \frac{253}{2 \times 0,80} = 158 \text{ Hz}$$

10.6 Una cuerda de violín vibra con una frecuencia fundamental de 435 hertz. ¿Cuál será su frecuencia de vibración si se le somete a una tensión doble? ¿Y si la tensión se reduce a la mitad?

La frecuencia fundamental de la vibración transversal de una cuerda es

$$N_0 = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

Por tanto, si $N_0 = 435$, al duplicar la tensión F

$$\frac{435}{N} = \frac{1}{\sqrt{2}}; N = 435\sqrt{2} = 615 \text{ Hz}$$

y si la tensión se reduce a la mitad:

$$\frac{435}{N'} = \sqrt{2}; N' = \frac{435}{\sqrt{2}} = 308 \text{ Hz}$$

10.7 Un trueno se oye 1,5 segundos después del relámpago. ¿A qué distancia está la tormenta si la temperatura ambiente es de 15 °C?

La velocidad del sonido en el aire a 15 °C es

$$c = c_0 \sqrt{1 + \alpha t} = 331,4 \sqrt{1 + \frac{15}{273}} = 340,4 \text{ m/s}$$

Por tanto,

$$l = vt = 340,4 \times 1,5 = 510,6 \text{ m}$$

10.8 En un pozo hueco de 50 m de profundidad se deja caer una piedra. ¿Cuánto tiempo se tardará en oír el impacto de la piedra sobre el fondo?

tiempo de caída,

$$t_1 = \sqrt{\frac{2x}{g}} = \sqrt{\frac{100}{9,8}} = 3,19 \text{ s}$$

tiempo que tarda en llegar el sonido,

$$t_2 = \frac{x}{c} = \frac{50}{340} = 0,15 \text{ s}$$

$$t_1 + t_2 = 3,19 + 0,15 = 3,34 \text{ s}$$

10.9 Demostrar que en los gases se cumple la expresión

$$\frac{c}{c_0} = \sqrt{\frac{T}{T_0}}$$

siendo c la velocidad del sonido a la temperatura T y c_0 la velocidad a la temperatura T_0 .

De la expresión

$$c = c_0 \sqrt{1 + \alpha t}$$

resulta

$$c = c_0 \sqrt{1 + \frac{t}{273}} = c_0 \sqrt{\frac{273 + t}{273}}$$

y como

$$T = 273 + t \quad \text{y} \quad T_0 = 273$$

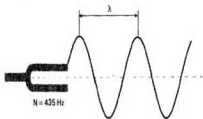
será

$$\frac{c}{c_0} = \sqrt{\frac{T}{T_0}}$$

- 10.10 Un diapasón tiene una frecuencia de vibración de 435 hertz. Si la temperatura del aire es de 24 °C. ¿Cuál será la longitud de onda de las ondas producidas en el aire?

$$c = c_0 \sqrt{1 + \alpha t} = 331,4 \sqrt{\frac{273 + 24}{273}} = 345,7 \text{ m/s}$$

$$\lambda = cT = \frac{c}{N} = \frac{345,7}{435} = 0,795 \text{ m}$$



- 10.11 Un tubo de órgano tiene una longitud de 1,80 m. Determinar la frecuencia de su sonido fundamental y de su primer armónico.

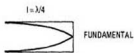
- a) cuando el tubo está abierto por los dos extremos.
b) cuando está abierto por un extremo y cerrado por el otro.

$$\text{a) } N_1 = \frac{c}{2l} = \frac{340}{2 \cdot 1,80} = 94,4 \text{ Hz}$$

$$N_2 = \frac{2c}{2l} = \frac{340}{1,80} = 188,9 \text{ Hz}$$

$$\text{b) } N_1 = \frac{c}{4l} = \frac{340}{7,20} = 47,2 \text{ Hz}$$

$$N_2 = \frac{3c}{4l} = \frac{1020}{7,20} = 141,7 \text{ Hz}$$



a)

b)

- 10.12 El primer armónico de un tubo de órgano abierto, tiene la misma frecuencia que el primer armónico de un tubo cerrado de 1 m de longitud. ¿Qué longitud tiene el tubo abierto?

$$\text{Tubo abierto, primer armónico } N = \frac{2c}{2l} = \frac{c}{l}$$

$$\text{Tubo cerrado, primer armónico } N' = \frac{3c}{4l'}$$

$$\text{Si } N = N' \text{ y } l' = 1 \text{ m}$$

$$\frac{c}{l} = \frac{3c}{4} \quad l = \frac{4}{3} = 1,33 \text{ m}$$

- 10.13 Calcular la longitud de onda de los sonidos extremos (20 y 20 000 hertz) que puede percibir el oído humano.

$$\lambda_1 = \frac{c}{N_1} = \frac{340}{20} = 17 \text{ m}$$

$$\lambda_2 = \frac{c}{N_2} = \frac{340}{20 \times 10^3} = 17 \times 10^{-3} \text{ m} = 17 \text{ mm}$$

- 10.14 ¿Por qué en los descansos de un concierto en local cerrado hay que afinar de nuevo los instrumentos?

Porque al elevarse la temperatura de la sala los instrumentos se dilatan y al tener el mismo coeficiente de dilatación varían sus tonos en forma distinta. En los instrumentos de viento (de latón, tubos de órgano, etc.) el efecto es mayor, ya que al aumentar la velocidad del sonido en el aire con la temperatura, crece también la frecuencia emitida.

- 10.15 ¿Cómo puede un violinista aumentar la frecuencia fundamental de la nota producida por una cuerda?

Aumentando la tensión de la cuerda, pues, de este modo crece la velocidad de propagación de la onda y con ello la frecuencia es mayor.

- 10.16 ¿Cuántas personas deben gritar a razón de 50 decibeles cada una, para producir en total un sonido de 70 decibeles?

El aumento de sensación sonora es de 20 decibeles. Por tanto, aplicando la ley de Weber

$$S = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

resulta

$$S_2 - S_1 = 10 \log \frac{I_2}{I_1} = 20 \text{ db}$$

es decir,

$$\log \frac{I_2}{I_1} = 2 \quad I_2 = 100I_1$$

Deben gritar, por tanto, 100 personas.

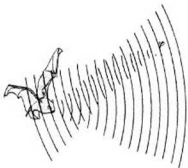
- 10.17 Calcular la longitud de onda de las ondas de la radio de una emisora de FM que opera a 100 MHz.

$$\lambda = \frac{c}{N} = \frac{3 \times 10^8}{100 \times 10^6} = 3 \text{ m}$$

- 10.18 Los marciálagos emiten ondas ultrasónicas de frecuencia 10^5 Hz. ¿Cuál es la longitud de onda de estas ondas en el aire a 20°C ?

$$c = c_0 \sqrt{1 + \alpha t} = 331,4 \sqrt{\frac{293}{273}} = 343,3 \text{ m/s}$$

$$\lambda = \frac{c}{N} = \frac{343,3}{10^5} = 3,4 \times 10^{-3} \text{ m}$$



- 10.19 Los delfines emiten ondas ultrasónicas de una frecuencia de $2,5 \times 10^5$ Hz. ¿Cuál es la longitud de onda de estos ultrasonidos en el agua, sabiendo que la velocidad del sonido en este líquido es 1498 m/s ?

$$\lambda = \frac{c}{N} = \frac{1498}{2,5 \times 10^5} = 6 \times 10^{-3} \text{ m}$$

- 10.20 Una cuerda de guitarra tiene una densidad lineal de $3,2 \times 10^{-3} \text{ kg/m}$. ¿Cuál es la velocidad de las ondas transversales en esta cuerda si la tensión que soporta es de 90 N ?

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{90}{3,2 \times 10^{-3}}} = 167,7 \text{ m/s}$$

10.21 Una cuerda de guitarra de 0,75 m de longitud produce un sonido de 440 Hz de frecuencia fundamental. ¿Dónde debe presionarse para producir una frecuencia fundamental de 660 Hz?

La frecuencia fundamental obedece a la ecuación

$$N = \frac{c}{2l}$$

Por tanto, en el primer caso

$$440 = \frac{c}{2 \times 0,75}$$

y en el segundo

$$660 = \frac{c}{2l}$$

Dividiendo miembro a miembro

$$\frac{440}{660} = \frac{l}{0,75}$$

de donde resulta $l = 0,50$ m. La cuerda debe presionarse a 2/3 de su longitud.

CAPITULO 11

11.1 El índice de refracción del agua respecto al aire es $n = 4/3$. Calcular el ángulo de refracción r para una incidencia de 60° .

$$n = \frac{\text{sen } i}{\text{sen } r} = \frac{4}{3}$$

$$\text{sen } r = \frac{3}{4} \text{sen } i = 0,649$$

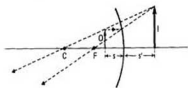
$$r = 40,5^\circ$$

11.2 Determinar la posición y el tamaño de las imágenes de un objeto de 5 cm de altura cuando se sitúa a las distancias de 20 y 35 cm, respectivamente, de un espejo cóncavo cuyo radio de curvatura vale 45 cm.

(a) $\frac{1}{20} + \frac{1}{s'} = \frac{2}{45}$; $s' = -180$ cm (imagen virtual)

$$A = \frac{\text{imagen}}{\text{objeto}} = \frac{s'}{s} = \frac{180}{20} = 9$$

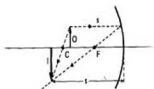
Tamaño de la imagen: $9 \times 5 = 45$ cm



(b) $\frac{1}{35} + \frac{1}{s'} = \frac{2}{45}$; $s = 63$ cm

$$A = \frac{\text{imagen}}{\text{objeto}} = \frac{63}{35} = 1,8$$

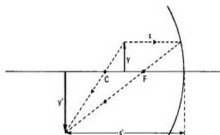
Tamaño imagen: $1,8 \times 5 = 9$ cm



- 11.3 ¿A qué distancia de un espejo cóncavo de 20 cm de distancia focal debe colocarse un objeto para que se forme una imagen real de tamaño doble?

$$\begin{cases} \frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{20} & ; \quad \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} = 2 \\ s' = 2s \end{cases}$$

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{2s} = \frac{1}{20} \quad ; \quad s = 30 \text{ cm}$$



- 11.4 Un prisma de ángulo de refringencia 60° y de índice de refracción 1,5 recibe un rayo de luz que incide bajo un ángulo de 45° . Calcular el ángulo de emergencia i_2 y el ángulo de desviación d .

$$\text{sen } i_1 = n \text{ sen } r_1$$

$$\text{sen } 45 = 1,5 \text{ sen } r_1 \quad ; \quad r_1 = 28,13^\circ$$

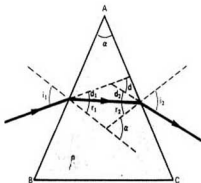
$$r_1 + r_2 = \alpha$$

$$28,13 + r_2 = 60 \quad ; \quad r_2 = 31,87^\circ$$

$$\text{sen } i_2 = n \text{ sen } r_2 = 1,5 \times 0,53 = 0,79$$

$$i_2 = 52,37^\circ$$

$$d = i_1 + i_2 - \alpha = 45 + 52,37 - 60 = 37,37^\circ$$



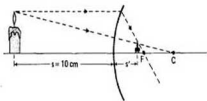
11.5 Una llama de una bujía de 3 cm de altura está situada a 10 cm de un espejo convexo de 6 cm de radio de curvatura. Determinar gráfica y analíticamente la posición y el tamaño de la imagen.

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = -\frac{2}{r}$$

$$\frac{1}{10} + \frac{1}{s'} = -\frac{2}{6} ; s' = -2,31 \text{ cm (imagen virtual a 2,31 cm por detrás del espejo)}$$

$$A = \frac{\text{imagen}}{\text{objeto}} = \frac{s'}{s} = \frac{2,31}{10} = 0,23$$

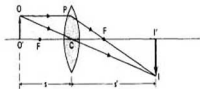
$$\text{Imagen} = 0,23; \text{objeto} = 0,23 \times 3 = 0,69 \text{ cm}$$



11.6 Un objeto está situado a 30 cm de una lente de 25 cm de distancia focal. Hallar la posición de la imagen. ¿Y si se sitúa a 20 cm de la lente?

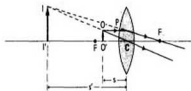
$$(a) \frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$$

$$\frac{1}{25} = \frac{1}{30} + \frac{1}{s'} ; s' = 150 \text{ cm (imagen real)}$$



$$(b) \frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$$

$$\frac{1}{25} = \frac{1}{20} + \frac{1}{s'} ; s' = -100 \text{ cm (imagen virtual al mismo lado de la lente que el objeto)}$$



- 11.7 Una diapositiva de $8 \times 8 \text{ cm}^2$ se proyecta en una pantalla y el tamaño de la imagen es de $2 \times 2 \text{ m}$ a 10 m de distancia. ¿Cuál es la distancia focal de la lente del proyector utilizado?

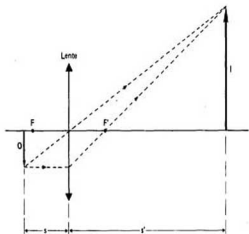
$$\frac{1}{3} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{1000} = \frac{1}{f}$$

$$A = \frac{200}{8} = \frac{s'}{s} = \frac{1000}{s} ; s = \frac{8000}{200} = 40 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{40} + \frac{1}{1000} = \frac{1}{f} ; f = 38,46 \text{ cm}$$

La diapositiva se sitúa aproximadamente a $1,5 \text{ cm}$ del foco de la lente.



- 11.8 ¿A qué distancia de una lente convergente de 10 cm de focal debe situarse un objeto para que se forme una imagen real de tamaño triple?

$$\begin{cases} \frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f} = \frac{1}{10} \\ \frac{s'}{s} = 3 \end{cases}$$

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{3s} + \frac{1}{10} ; s = \frac{40}{3} = 13,33 \text{ cm}$$

- 11.9 A 35 cm de un espejo esférico cóncavo de 60 cm de radio se encuentra un objeto. Determinar a qué distancia hay que colocar un espejo plano, normal al eje del sistema, para que la imagen formada, después de reflejarse los rayos en este plano, quede situada en el centro de curvatura del espejo cóncavo.

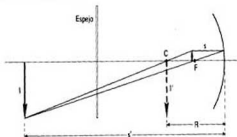
$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f} = \frac{2}{R}$$

$$s = 35 \text{ cm} \quad ; \quad R = 60 \text{ cm}$$

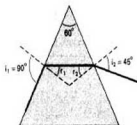
$$\frac{1}{35} + \frac{1}{s'} = \frac{2}{60}$$

de donde $s' = 210 \text{ cm}$.

Entre la porción de la imagen I y el centro de curvatura hay, por tanto, una distancia de $210 - 60 = 150 \text{ cm}$. Para que la nueva imagen I' quede situada en el centro de curvatura del espejo esférico, el espejo plano debe colocarse a $150/2 = 75 \text{ cm}$ de dicho centro.



- 11.10 ¿Cuál es el índice de refracción de un prisma de 60° , si un rayo, con incidencia rasante a una cara, sale formando un ángulo de 45° con la cara adyacente del prisma?



Aplicando las fórmulas del prisma

$$n = \frac{\text{sen } i_1}{\text{sen } r_1} = \frac{\text{sen } 90}{\text{sen } r_1} = \frac{1}{\text{sen } r_1}$$

$$n = \frac{\text{sen } i_2}{\text{sen } r_2} = \frac{\text{sen } 45}{\text{sen } r_2} = \frac{\sqrt{2}}{2 \text{sen } r_2}$$

$$r_1 + r_2 = 60$$

resulta $r_1 = 60 - r_2$

$$\text{sen } r_1 = \text{sen } 60 \cos r_2 - \cos 60 \text{sen } r_2 = \frac{\sqrt{3}}{2} \cos r_2 - \frac{1}{2} \text{sen } r_2$$

Igualando (1) y (2) y simplificando después de sustituir (3) resulta

$$\text{tg } r_2 = \frac{\sqrt{6}}{4 + \sqrt{2}} = 0,45$$

$r_2 = 24,35^\circ$ $\text{sen } r_2 = 0,412$ y por último, de (2)

$$n = \frac{\sqrt{2}}{2 \text{sen } r_2} = \frac{0,705}{0,412} = 1,71$$

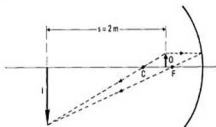
- 11.11 Delante de un espejo esférico cóncavo de radio 1 m se halla un objeto cuya imagen real dista del objeto 2 m. Hallar a qué distancia del objeto está el espejo.

$$\frac{1}{2} + \frac{1}{s'} = \frac{2}{R}$$

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{2+s} = \frac{2}{1} ; \frac{2+2s}{2s+s^2} = 2$$

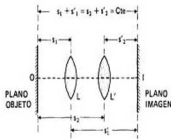
$$2s^2 + 2s - 2 = 0$$

$$s = 0,62 \text{ m}$$



- 11.12 Demostrar que, en general, una lente convergente puede ocupar dos posiciones para formar una imagen real de un objeto iluminado sobre la pantalla cuando la distancia entre estos dos últimos es fija.

En efecto, si la distancia entre el objeto y la pantalla no se modifica, lo que equivale a decir que $s + s' = \text{Cte}$, un objeto a la distancia s forma su imagen a la distancia s' y por la reversibilidad de los rayos ópticos, un objeto a la distancia s' forma su imagen a la distancia s . Es decir, la lente a la distancia s (posición L) o s' (posición L'), siempre que $s + s' = \text{Cte}$, forma la imagen sobre la pantalla.



- 11.13 Una lente biconvexa de índice de refracción 1,5 posee dos caras de 25 cm de radio de curvatura. ¿Cuál es su distancia focal?

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

$$n = 1,5 ; R_1 = R_2 = 25 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{f} = 0,5 \frac{2}{25} ; f = 25 \text{ cm}$$

- 11.14 Una lente de 0,5 dioptrías tiene un índice de refracción de 1,40. Si sus dos caras tienen igual curvatura, ¿cuál es su radio?

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

$$R_1 = R_2 = R$$

$$p = 0,5 \quad ; \quad f = \frac{1}{0,5} = 2 \text{ m}$$

$$\frac{1}{2} = (1,40 - 1) \frac{2}{R}$$

$$R = 1,6 \text{ m}$$

- 11.15 Una lente plano-convexa tiene un radio de 10 cm y una distancia focal de 25 cm. Hallar el índice de refracción medio del vidrio de la lente.

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \frac{1}{R_1} \quad ; \quad (R_2 = \infty)$$

$$\frac{1}{25} = (n - 1) \frac{1}{10}$$

$$n = \frac{35}{25} = 1,4$$

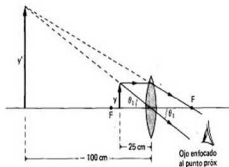
- 11.16 La distancia más próxima a la cual puede enfocar un anciano es 1 m. ¿Qué tipo de lente y de cuántas dioptrías debe ser su potencia para que el anciano pueda leer correctamente manteniendo un libro a 25 cm de distancia de sus ojos?

La lente correctiva debe formar una imagen virtual a 100 cm ($s' = -100$) del libro que se halla a 25 cm de la lente, o sea, debe usar una lente convergente de focal:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{25} - \frac{1}{100} = \frac{3}{100}$$

$$f = 33,3 \text{ cm}$$

$$\text{Potencia de la lente} = \frac{1}{0,333} = 3 \text{ dioptrías}$$



- 11.17 Un naturalista desea fotografiar un rinoceronte a una distancia de 75 m. El animal tiene 4 m de longitud y la imagen debe ser de 1,2 cm en la película. ¿Qué objetivo debe usar?

$$s = 75 \text{ m} = 7500 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{7500} + \frac{1}{s'}$$

$$\frac{s}{s'} = \frac{400}{1,2} = \frac{7500}{s'} ; s' = 22,5 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{7500} + \frac{1}{22,5} ; f = 22,4 \text{ cm}$$

- 11.18 A los 45 años un hombre requiere unas gafas de 2 dioptrías para leer un libro a 25 cm. A los 50 años observa que con las gafas puestas debe sostener el libro a 40 cm. ¿Qué gafas debería usar realmente?

Cuando usaba las gafas de 2 dioptrías, es decir, de distancia focal $f = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ m}$ su punto remoto se encontraba a la distancia s'

$$\frac{1}{50} = \frac{1}{25} + \frac{1}{s'} ; s' = -50 \text{ cm}$$

A los 50 años este punto remoto se distancia. En efecto, debe sostener el libro a $s = 40 \text{ cm}$, o sea:

$$\frac{1}{50} = \frac{1}{40} + \frac{1}{s'} ; s' = -200 \text{ cm}$$

Por tanto, para leer a 25 cm necesitará unas gafas de distancia focal

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{25} - \frac{1}{200} = \frac{175}{5000}$$
$$f = 28,57 \text{ cm}$$

es decir, de potencia

$$\frac{1}{0,2857} = 3,5 \text{ dioptrías}$$

CAPITULO 12

12.1 ¿Qué diferencias existen entre un protón y un electrón?

- (a) El protón se halla en el núcleo atómico, tiene carga positiva y su masa es 1845 veces mayor que la del electrón.
(b) El electrón se encuentra en la corteza atómica, su carga es negativa y su masa es 1845 veces menor que la del protón.

12.2 El número atómico del potasio es 19 y su peso atómico 39. Determinar el número de sus partículas subatómicas y dar la notación de su núcleo.

- (a) 19 protones y $39 - 19 = 20$ neutrones.
(b) Notación del núcleo: K_{19}^{39} .

12.3 Determinar el número de electrones presentes en la capa L del litio, M de azufre y O del xenón.

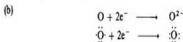
- (a) Litio. $Z = 3$. Capa L = 1 electrón.
(b) Azufre. $Z = 16$. Capa M = 6 electrones.
(c) Xenón. $Z = 54$. Capa O = 8 electrones.

12.4 Dar las características esenciales de los gases nobles.

Se caracterizan por tener el último nivel electrónico completo, es decir, con ocho electrones, salvo el helio, que completa su nivel K con dos electrones. Presentan una reactividad nula ante agentes químicos enérgicos.

12.5 ¿Cómo se forma un ion negativo? Poner un ejemplo.

- (a) Por ganancia, en un átomo, de uno o varios electrones hasta adquirir configuración de gas noble.



- 12.6 *¿Qué son propiedades periódicas? Citar tres.*
- (a) Son las propiedades de los elementos que, al estar relacionadas con los electrones de valencia se repiten periódicamente, al repetirse la misma configuración electrónica de valencia en distintos elementos.
- (b) Volumen atómico, potencial de ionización y afinidad electrónica.
-

- 12.7 *Según la teoría electrónica. ¿Cómo se define un metal? ¿Y un no metal?*
- (a) Un metal es un elemento con 1, 2 ó 3 electrones en su nivel más externo.
- (b) Un no metal es un elemento con 5, 6 ó 7 electrones en su nivel más externo.
-

12.8 *Ordenar los elementos: Litio, cromo, hierro, cobre, aluminio y cloro, de acuerdo con su carácter metálico creciente.*



12.9 *Entre el sodio y el cloro, ¿cuál presenta un potencial de ionización mayor? Razonar la contestación.*

El cloro.

El sodio pierde fácilmente —con poca energía— su electrón de valencia para adquirir configuración de gas noble; por el contrario el cloro, con siete electrones de valencia tiene tendencia a ganar un electrón para adquirir configuración de gas noble, por lo que para arrancarle un electrón habrá que suministrarle una mayor cantidad de energía.

12.10 *Comparar los valores de la afinidad electrónica del flúor y el bromo, razonando las diferencias.*

La afinidad electrónica del flúor es mayor que la del bromo. Ambos elementos tienen siete electrones de valencia, pero en el flúor estos electrones están en el nivel L, mientras que en el bromo se hallan en el nivel N. Como la atracción nuclear es más intensa al ser menor la distancia núcleo/electrón, y el nivel L es más interno que el nivel N, habrá que suministrar más energía para arrancar un electrón L —caso del flúor— que para arrancar un electrón N, caso del bromo.

12.11 *¿Qué es enlace covalente? ¿Qué elementos lo pueden formar?*

- (a) Es el enlace que forman los átomos por compartición de uno o más pares de electrones.
- (b) Los elementos no metálicos que presentan cuatro o más electrones de valencia, sin llegar a ocho.
-

12.12 *¿Cuál es el enlace que presenta el cloruro sódico? ¿Cómo se unen los iones para formar el cristal?*

- (a) Enlace iónico o electrovalente.
- (b) Mediante una atracción electrostática.
-

12.13 Determinar la estructura electrónica de los iones sulfuro, sodio, fluoruro y magnesio.

-Sulfuro:

S^{2-} — 18 electrones — estructura electrónica de A

Sodio:

Na^+ — 10 electrones — estructura electrónica de Ne

Fluoruro:

F^- — 10 electrones — estructura electrónica de Ne

Magnesio:

Mg^{2+} — 10 electrones — estructura electrónica de Ne

12.14 Explicar cuál es el motivo de la aparición de moléculas polares.

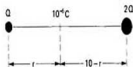
La diferente electronegatividad de los átomos que forman el enlace.

12.15 Explicar por qué un compuesto iónico, en estado sólido, no es conductor de la electricidad, mientras que en estado líquido es conductor.

En el estado sólido los iones se encuentran en posiciones fijas en las redes cristalinas y no son conductores. Cuando el cristal funde, la red cristalina desaparece y los iones quedan en libertad, lo que determina que el compuesto se haga conductor.

CAPITULO 13

- 13.1 Dos masas puntuales, una con carga doble que la otra y del mismo signo, están separadas 10 cm. Determinar el punto en que se encontrará en equilibrio una carga positiva de 1 microcoulombio.



El equilibrio se alcanza cuando las fuerzas de interacción son iguales:

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q \cdot 10^{-6}}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{2Q \cdot 10^{-6}}{(10-r)^2}$$

es decir,

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

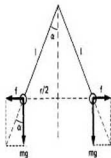
ecuación que desarrollada toma la forma de una ecuación de segundo grado:

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

y, por tanto,

$$r = 4,14 \text{ cm}$$

- 13.2 Dos bolitas de plástico muy ligero, de 1 g de masa cada una, están suspendidas del mismo punto por sendos hilos de seda de 30 cm de longitud, de modo que se tocan justamente. ¿Qué carga debe comunicarse a cada bola para que se separen los hilos formando un ángulo de 25°?



Cuando se alcanza el equilibrio se cumplirá la relación

$$\text{tg } \alpha = \frac{f}{mg} = 9 \cdot 10^9 \frac{Q^2}{r^2 mg}$$

Para que el ángulo α sea de $25/2 = 12,5^\circ$ debe verificarse $r = 2l \text{ sen } 12,5 = 0,60 \times 0,216 = 0,1298 \text{ m}$ y por tanto, como $\text{tg } 12,5 = 0,2217$, será

$$Q^2 = \frac{0,2217 \times 0,1298^2 \times 10^{-3} \times 9,8}{9 \times 10^9} = 4,016 \times 10^{-15}$$

$$Q = 6,37 \times 10^{-8} \text{ C}$$

13.3 Determinar la capacidad equivalente de un sistema formado por tres condensadores de 10, 20 y 30 microfaradios para cada uno de los casos que se pueden obtener, combinándolos de todas las formas posibles.

(1) Los tres en serie



$$\frac{1}{C} = \frac{1}{10} + \frac{1}{20} + \frac{1}{30} = \frac{11}{60}$$

$$C = \frac{60}{11} = 5,45 \mu\text{F} \quad (1)$$

(2) Los tres en paralelo



$$C = C_1 + C_2 + C_3 = 60 \mu\text{F} \quad (2)$$

(3) Combinaciones mixtas

(a) $\frac{1}{C} = \frac{2}{30}$
 $C = 15 \mu\text{F}$

(b) $\frac{1}{C} = \frac{1}{40} + \frac{1}{20} = \frac{3}{40}$
 $C = 13,33 \mu\text{F}$

(c) $\frac{1}{C} = \frac{1}{50} + \frac{1}{10} = \frac{6}{50}$
 $C = 8,33 \mu\text{F}$

13.4 Dos esferas conductoras de tamaño despreciable cargadas $+30\mu\text{C}$ y $-15\mu\text{C}$ respectivamente, y situadas a la distancia de 25 cm, se ponen en contacto mediante un alambre delgado. ¿Qué fuerza ejercerán entre sí las dos esferas después del contacto?

Al ponerse en contacto se neutralizan en parte y la carga total $Q = 30 - 15 = +15 \mu\text{C}$ se distribuye por igual entre las dos esferas que ejercerán entonces una fuerza repulsiva de valor

$$f = 9 \cdot 10^9 \frac{QQ'}{r^2} = 9 \times 10^9 \frac{(7,5 \times 10^{-6})^2}{(0,25)^2} = 8,1 \text{ N}$$

- 13.5 En los vértices de un triángulo equilátero ABC de 10 cm de lado se disponen cargas de $+5\mu\text{C}$, $-10\mu\text{C}$ y $20\mu\text{C}$. ¿Cuál es la fuerza total que se ejerce sobre la carga de $-10\mu\text{C}$?

Entre A y B se ejerce una fuerza atractiva F_{AB} de valor

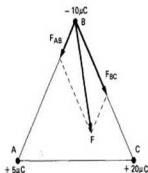
$$F_{AB} = 9 \cdot 10^9 \frac{5 \times 10 \times 10^{-12}}{10^{-2}} = 4,5 \text{ N}$$

Entre C y B la fuerza también atractiva F_{BC} será

$$F_{BC} = 9 \cdot 10^9 \frac{20 \times 10 \times 10^{-12}}{10^{-2}} = 18,0 \text{ N}$$

Por tanto, la fuerza total F será

$$F = \sqrt{4,5^2 + 18^2 + 2 \times 4,5 \times 18 \cos 60} = 20,62 \text{ N}$$



- 13.6 ¿Qué relación existe entre la fuerza de atracción electrostática del núcleo del átomo de hidrógeno y su electrón, situado a la distancia de 10^{-8} cm, y la fuerza de atracción gravitatoria existente entre las mismas partículas? Masa del electrón $9,1 \times 10^{-31}$ kilogramos. Masa del protón, $1,67 \times 10^{-27}$ kilogramos. Carga del electrón = carga del protón = $1,6 \cdot 10^{-19}$ C.

Atracción electrostática: $f_e = 9 \cdot 10^9 \frac{q_1 q_2}{r^2}$

$$f_e = 9 \cdot 10^9 \frac{1,6^2 \times 10^{-38}}{(10^{-10})^2} = 2,3 \times 10^{-8} \text{ N}$$

Atracción gravitatoria: $f_g = G \frac{m m'}{r^2}$

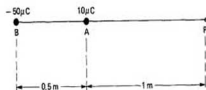
$$f_g = 6,67 \times 10^{-11} \frac{9,1 \times 10^{-31} \times 1,67 \times 10^{-27}}{(10^{-10})^2} = 1,01 \times 10^{-47} \text{ N}$$

Es decir:

$$\frac{f_e}{f_g} = \frac{2,30 \times 10^{-8}}{1,01 \times 10^{-47}} = 2,27 \times 10^{39}$$

- 13.7 ¿Qué trabajo hay que realizar en contra de las fuerzas de Coulomb para desplazar la carga A, de $+10\mu\text{C}$, desde un punto situado a 50 cm de la carga B, de $-50\mu\text{C}$, a otro punto P situado en la recta de dirección BA y a 1 m de distancia de A?

$$W = 9 \cdot 10^9 q_1 q_2 \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) = 9 \cdot 10^9 \times 10 \times 50 \times 10^{-12} \left(\frac{1}{0,5} - \frac{1}{1,5} \right) = 6 \text{ J}$$



- 13.8 La diferencia de potencial entre las armaduras de un condensador plano es de 100 V. La superficie de cada armadura es de 20 cm^2 , y la carga que soportan $5\mu\text{C}$. ¿Qué distancia de separación existe entre las placas?

La capacidad del condensador es

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{5 \times 10^{-6}}{100} = 5 \times 10^{-8} \text{ F}$$

magnitud que está relacionada con la superficie de las placas y la distancia separación de las mismas por la expresión

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

Sustituyendo los valores numéricos conocidos

$$5 \times 10^{-8} = \frac{1}{36\pi \cdot 10^9} \frac{20 \times 10^{-4}}{d}$$

$$d = 0,35 \times 10^{-6} \text{ m} = 0,35 \mu\text{m}$$

- 13.9 ¿Con qué fuerza se repelerán un núcleo de helio de carga $+2e$ y un núcleo de carbono de carga $+6e$, siendo $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ si se encuentran a la distancia de 30 angstroms ($1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$)?

$$f = 9 \times 10^9 \frac{Q_1 Q_2}{r^2} = 9 \times 10^9 \frac{2 \times 6 \times (1,6 \times 10^{-19})^2}{(30 \times 10^{-10})^2} = 3,07 \times 10^{-10} \text{ N}$$

- 13.10 Un condensador con aire entre sus placas tiene una capacidad de $10\mu\text{F}$. ¿Cuál será su capacidad si entre sus placas se introduce mica de constante dieléctrica relativa igual a 6,5?

$$C_0 = \epsilon_0 \frac{S}{d} = 10 \mu\text{F}$$

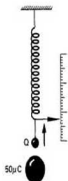
$$C = \epsilon' \epsilon_0 \frac{S}{d} = \epsilon' C_0 = 6,5 \times 10 = 65 \mu\text{F}$$

- 13.11 Cuando una esfera cargada está suspendida 10 cm por encima de una carga de $50\mu\text{C}$, el peso aparente de la esfera disminuye en $0,01\text{ N}$. ¿Cuál es el signo y magnitud de la carga?

Las cargas son del mismo signo y su magnitud puede deducirse de la fórmula de Coulomb:

$$f = 9 \times 10^9 \frac{Q \cdot 50 \times 10^{-6}}{(10 \times 10^{-2})^2} = 0,01$$

$$Q = 2,2 \times 10^{-10} \text{ C} = 2,2 \times 10^{-4} \mu\text{C}$$



- 13.12 ¿Cuál es la intensidad del campo eléctrico capaz de soportar el peso de una gotita de agua de 1 miligramo y una carga de $2 \times 10^{-6} \text{ C}$?

$$E = \frac{F}{Q} = \frac{\text{peso de la gotita}}{\text{carga}} = \frac{10^{-3} \times 9,8}{2 \times 10^{-6}} = 4,9 \times 10^3 \text{ N/C}$$

- 13.13 ¿A qué velocidad debe girar el electrón de un átomo de hidrógeno alrededor de su núcleo con un radio de 0,5 angstroms, para equilibrar exactamente la fuerza electrostática? Carga del electrón = carga del protón = $1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$; masa del electrón = $9,1 \times 10^{-31} \text{ kg}$.

La fuerza de atracción electrostática debe ser igual a la fuerza centrípeta para que haya equilibrio:

$$f = 9 \times 10^9 \frac{Q^2}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$$

de donde resulta

$$v^2 = \frac{9 \times 10^9 \times Q^2}{mr} = \frac{9 \times 10^9 \times (1,6 \times 10^{-19})^2}{9,1 \times 10^{-31} \times 0,5 \times 10^{-10}} = 5,06 \times 10^{12}$$

$$v = 2,25 \times 10^6 \text{ m/s}$$

- 13.14 ¿Qué capacidad tiene un condensador plano formado por dos discos metálicos de 3,5 cm de radio separados 0,5 mm por un dieléctrico de constante 5,8?

La capacidad de un condensador plano es

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{S}{d}$$

y por tanto

$$C = \frac{1}{4\pi \times 9 \times 10^9} \times 5,8 \frac{\pi(3,5 \times 10^{-2})^2}{0,5 \times 10^{-3}} = 3,95 \times 10^{-10} \text{ F} = 0,39 \text{ nF}$$

- 13.15 Una gota de aceite electrizada está en equilibrio en el campo eléctrico que existe entre dos placas metálicas paralelas y horizontales separadas entre sí 1,5 cm, entre las cuales existe una diferencia de potencial de 3000 V. Calcular el diámetro de esta gota sabiendo que la densidad del aceite es $9,9 \text{ g/cm}^3$ y que la gota posee un exceso de 10 cargas elementales ($1 \text{ carga elemental} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$).

La intensidad del campo eléctrico entre las placas es

$$E = \frac{V}{d} = \frac{3000}{1,5 \times 10^{-2}} = 2 \times 10^5 \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

Esta intensidad también puede expresarse en la forma

$$E = \frac{F}{Q} = \frac{\text{peso de la gota}}{\text{carga}} = \frac{mg}{Q} = \frac{V\rho g}{Q} = \frac{(4/3)\pi r^3 \rho g}{Q}$$

en donde r = radio de la gota, $\rho = 0,9 \text{ g/cm}^3$ y $Q = 10$ cargas elementales. Igualando con la expresión primera del campo resulta

$$\frac{4\pi r^3 \times 0,9 \times 10^3 \times 9,8}{3 \times 10 \times 1,6 \times 10^{-19}} = 2 \times 10^5$$

$$r = 2,05 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$d = 2r = 4,10 \times 10^{-6} \text{ m} = 4,10 \mu$$

- 13.16 Calcular el número de electrones necesarios para que, bajo una caída de potencial de 1 millón de voltios, den lugar a un trabajo eléctrico equivalente a 1 julio. ¿Cuál sería la carga total de estos electrones?

Llamando n al número de electrones debe verificarse

$$1,6 \times 10^{-19} \text{ C} \times 10^6 \text{ V} \times n = 1 \text{ J}$$

$$n = \frac{1}{1,6 \times 10^{-19} \times 10^6} = 6,25 \times 10^{12} \text{ electrones}$$

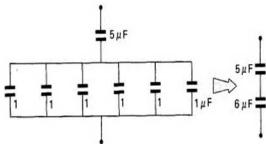
- 13.17 ¿Por qué chisporrotean los tejidos de nylon al manipularlos?

El nylon es un cuerpo aislante que se electriza fácilmente por frotamiento, especialmente en tiempo seco, dando lugar a una acumulación de cargas que son la causa de pequeñas chispas que chasquean ligeramente.

- 13.18 ¿A qué es debido el molesto contacto del papel de estaño con los dientes recubiertos de oro?

El papel de estaño y la amalgama de oro que recubre el diente, al entrar en contacto por medio de un líquido electrolítico como es la saliva, se comportan como una pila voltaica y se engendra una corriente eléctrica que excita las terminaciones nerviosas produciendo una sensación desagradable.

- 13.19 Un condensador de $5\mu\text{F}$ está conectado en serie con una batería de 6 condensadores idénticos de $1\mu\text{F}$ agrupados en paralelo. Calcular la capacidad de la asociación así realizada.



$$\frac{1}{C} = \frac{1}{5} + \frac{1}{6} = \frac{11}{30}$$

$$C = \frac{30}{11} = 2,73\mu\text{F}$$

- 13.20 Un filamento incandescente de una lámpara electrónica emite electrones que se aceleran hacia la placa con una diferencia de potencial de 800 V entre filamento y placa. ¿Qué energía cinética y qué velocidad tiene un electrón cuando alcanza la placa? Masa del electrón $= 9,1 \times 10^{-31}$ kilogramos. Carga del electrón $= 1,6 \times 10^{-19}\text{ C}$.

La energía cinética del electrón es

$$E = QV = 1,6 \times 10^{-19} \times 800 = 1,28 \times 10^{-16}\text{ J}$$

y, por tanto, su velocidad se deduce de la expresión

$$E = \frac{1}{2}mv^2 = 1,28 \times 10^{-16}\text{ J}$$

$$v = \frac{\sqrt{2,56 \times 10^{-16}}}{\sqrt{9,1 \times 10^{-31}}} = 1,67 \times 10^7\text{ m/s}$$

CAPITULO 14

14.1 a) Dar los nombres de las unidades en las cuales se miden las siguientes magnitudes eléctricas:

- diferencia de potencial
- potencia
- resistencia eléctrica.

a) voltio
vatio
ohmio

b) $1\text{mA} = 10^{-3}\text{A}$
 $1\text{M}\Omega = 10^6\Omega$
 $1\text{KV} = 10^3\text{V}$

b) Dar el significado de las siguientes unidades:

- miliamperio
- megohm
- kilovoltio

14.2 Determinar la corriente que alimenta una plancha eléctrica de 750 W conectada a un generador de 125 V.

$$p = IE$$
$$750 = I \cdot 125$$

$$I = \frac{750}{125} = 6\text{ A}$$

14.3 Determinar la relación entre las cantidades de calor Q_1 y Q_2 que se desprenden de dos resistencias R_1 y R_2 conectadas:

- a) en serie.
b) en paralelo.

a) Cuando R_1 y R_2 están conectadas en serie la intensidad es la misma en ambas y por tanto:

$$\left. \begin{aligned} Q_1 &= 0,24I^2R_1t \\ Q_2 &= 0,24I^2R_2t \end{aligned} \right\} \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

b) Cuando R_1 y R_2 están conectadas en paralelo la $d.d.p$ entre sus extremos es la misma y, por tanto,

$$\left. \begin{aligned} Q_1 &= 0,24 \frac{V^2}{R_1} t \\ Q_2 &= 0,24 \frac{V^2}{R_2} t \end{aligned} \right\} \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{R_2}{R_1}$$

- 14.4 ¿Qué potencia posee la resistencia de un cazo eléctrico si 0,5 litros de agua tardan 2 minutos en hervir? Si la tensión de la red es 220 V, ¿cuántos ohmios tiene la resistencia utilizada?

El trabajo realizado al calentar el agua que suponemos a 15 °C hasta su ebullición es

$$W = 500 \times 1 \times (100 - 15) \times 4,18 \text{ J}$$

y, por tanto, la potencia del cazo es

$$p = \frac{W}{t} = \frac{500 \times 85 \times 4,18}{120} = 1480 \text{ W}$$

Teniendo en cuenta que

$$p = IV = \frac{V^2}{R}$$

resulta

$$R = \frac{V^2}{p} = \frac{220^2}{1480} = 32,7 \Omega$$

- 14.5 Dos conductores, uno de cobre y otro de latón, poseen la misma resistencia e igual longitud. ¿Qué relación existe entre sus secciones? La resistividad del cobre es $1,75 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m}$, y la del latón, $7 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m}$.

Teniendo en cuenta que

$$R = \rho \frac{l}{s} \text{ (cobre)} \quad R' = \rho' \frac{l}{s'} \text{ (latón)}$$

y que $R = R'$, $l = l'$ resulta

$$\frac{\rho}{s} = \frac{\rho'}{s'}$$

Es decir

$$\frac{s \text{ (cobre)}}{s' \text{ (latón)}} = \frac{\rho}{\rho'} = \frac{1,75 \times 10^{-8}}{7 \times 10^{-8}} = 0,25$$

- 14.6 Por una resistencia de cobre de 100 Ω a la temperatura de 20 °C circula una corriente que eleva su temperatura y, por tanto, su resistencia. ¿Cuál será la temperatura del conductor cuando la resistencia es de 120 Ω ? Coeficiente de resistividad de temperatura del cobre

$$4,2 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

A las temperaturas t y t' se cumple

$$R_t = R_0(1 + \alpha t)$$

$$R_{t'} = R_0(1 + \alpha t')$$

y dividiendo miembro a miembro

$$\frac{100}{120} = \frac{1 + 20\alpha}{1 + t'\alpha}$$

siendo t' la temperatura solicitada. Simplificando la ecuación anterior

$$100 + 100t'\alpha = 120 + 2400\alpha$$

$$t' = \frac{2400\alpha + 20}{100\alpha}$$

Sustituyendo el valor de $\alpha = 4,2 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ resulta

$$t' = 71,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

14.7 Una habitación se calienta mediante una estufa eléctrica conectada a la red de 220 V. Sabiendo que la habitación pierde 1000 kcal/h, ¿qué resistencia debería tener la estufa para que la habitación se mantuviera a temperatura constante? ¿Qué longitud debería tener el hilo de nicrom de la estufa si su diámetro es de 2 mm? (Resistividad del nicrom $1 \times 10^{-6} \Omega\text{m}$)

Para que la temperatura permanezca estacionaria la estufa debe producir la misma cantidad de calor que pierde la habitación o sea, 1000 kcal/h. Es decir

$$\frac{Q}{t} = \frac{10^6}{3600} = 0,24 \frac{V^2}{R} = 0,24 \frac{220^2}{R}$$

$$R = 41,8 \Omega$$

Por otra parte

$$R = \rho \frac{l}{s} = 10^{-6} \frac{l}{\pi d^2/4}$$

$$l = \frac{41,8 \times \pi \times (2 \times 10^{-3})^2}{4 \times 10^{-6}} = 131,25 \text{ m}$$

14.8 Un evaporador de agua funciona con una resistencia conectada a 220 V de tensión. Si cada 10 minutos se evapora 1 l de agua a 100 °C, ¿cuál será el valor de la resistencia? Si el kW hora vale 2 ptas., ¿cuánto costaría la evaporación por este sistema de 1 m³ de agua? Calor de vaporización del agua, 540 cal/g.

a) En la resistencia del evaporador se producen

$$\frac{Q}{t} = \frac{1000 \times 540}{10 \times 60} = 900 \text{ cal/s}$$

$$900 = 0,24 \frac{V^2}{R} = \frac{0,24 \times 220^2}{R}$$

$$R = 12,91 \Omega$$

b) Para evaporar 1 m³ de agua hacen falta $10 \times 1000 = 10^4$

$$\text{equivalentes a } = \frac{10^4}{60} \text{ horas}$$

Potencia del evaporador:

$$\frac{900 \times 4,18}{1000} = 3,762 \text{ kW}$$

Energía consumida al evaporar 1 m³ de agua:

$$3,762 \text{ kW} \times \frac{10^4}{60} \text{ h} = 627 \text{ kWh}$$

Precio:

$$627 \text{ kWh} \times 2 \text{ ptas./kWh} = 1254 \text{ ptas.}$$

14.9 Un hornillo eléctrico tiene las características 220 V, 1500 W. Su resistencia es de nicrom de 0,30 mm de diámetro. El nicrom tiene una resistividad a 0 °C de $10^{-6} \Omega\text{m}$ y su coeficiente de temperatura es $4 \times 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$. Determinar:

- a) La corriente que circula por la resistencia en el momento de enchufar (0 °C).
 b) La corriente que circula a 100 °C.
 c) La longitud del alambre.

(Se supone que la potencia corresponde al valor de 0 °C).

$$a) P = I \cdot E$$

$$1500 = I \cdot 220$$

$$I = \frac{1500}{220} = 6,8 \text{ A}$$

- b) Calculemos primero la resistencia del hornillo a 0 °C:

$$R = \frac{E}{I} = \frac{220}{6,8} = 32,3 \Omega$$

Por tanto, a 100 °C será

$$R_{100} = R_0(1 + \alpha t) = 32,3(1 + 4 \times 10^{-4} \times 100) = 33,5 \Omega$$

$$I = \frac{220}{33,5} = 6,6 \text{ A}$$

$$c) R = \rho \frac{l}{s} = \rho \frac{l}{\pi d^2/4}$$

$$l = \frac{3,14 \times 0,30^2 \times 10^{-6} \times 32,3}{4 \times 10^{-6}} = 2,28 \text{ m (a } 0 \text{ } ^\circ\text{C)}$$

14.10 En una red de 240 V se instalan los siguientes elementos:

- a) Un calentador de agua eléctrico de 750 W que funciona 6 horas por semana.
 b) Una estufa eléctrica de 1,5 kW que funciona 2 horas al día.
 c) Tres hornillos de 2 kW que funcionan 1,5 horas por día.
 d) Tres lámparas de 100 W y 5 lámparas de 60 W que se encienden 5 horas por día.

Calcular: (1) la cantidad de energía consumida por semana; (2) la corriente total suministrada cuando todos los instrumentos se están utilizando al mismo tiempo.

(1)

$$a) \frac{750 \text{ W}}{1000} \times 6 \text{ h} = 4,5 \text{ kWh por semana}$$

$$b) 1,5 \times 2 \times 7 = 21 \text{ kWh por semana}$$

$$c) 3 \times 2 \times 1,5 \times 7 = 63 \text{ kWh por semana}$$

$$d) (3 \times 100 + 5 \times 60) \times 5 \times 7 = 21000 \text{ Wh} = 21 \text{ kWh}$$

$$\text{Total: } 4,5 + 21 + 63 + 21 = 109,5 \text{ kWh} = 3,9 \times 10^8 \text{ J por semana.}$$

(2) La potencia total es

$$p = 750 + 1500 + 6000 + 600 = 8850 \text{ W}$$

y, por tanto, la corriente suministrada cuando todos los instrumentos están funcionando simultáneamente será:

$$I = \frac{P}{E} = \frac{8850}{240} = 36,9 \text{ A}$$

14.11 Un radiador eléctrico tiene las indicaciones siguientes: 225 V, 600 W. Calcular:

- La cantidad de calor que suministra por minuto.
- La energía eléctrica (en kWh) consumida en 6 horas.

$$a) Q = 0,24I^2Rt = 0,24 \text{ pt} = 0,24 \times 600 \times 60 = 8640 \text{ cal}$$

$$b) E = \frac{600}{1000} \times 6 = 3,6 \text{ kWh} = 3600 \text{ W} \times 3600 \text{ s} = 1,3 \times 10^7 \text{ J}$$

14.12 ¿Durante cuánto tiempo debe pasar una corriente de 3 A por una resistencia de 100Ω para producir la ebullición de 1 l de agua que inicialmente estaba a 15°C ? (Calor de vaporización del agua a 100°C , $L = 540 \text{ cal/g}$.)

Para hervir el litro de agua hacen falta

$$Q = mc\Delta t + mL = 1000 \times 1(100 - 15) + 1000 \times 540 = 6,25 \times 10^5 \text{ cal}$$

Este calor es suministrado por la corriente en el tiempo t :

$$Q = 0,24I^2Rt = 0,24 \times 9 \times 100t$$

$$t = \frac{6,25 \times 10^5}{0,24 \times 900} = 2893,5 \text{ s} = 48,2 \text{ min}$$

CAPITULO 15

15.1 Dos resistencias A, de 4Ω y B, de 12Ω están conectadas en paralelo. Una tercera resistencia C, de 9Ω está conectada en serie con el grupo paralelo y el circuito completo está conectado a un generador de 220 V . Determinar:

- La diferencia de potencial entre los extremos de la resistencia C.
- La intensidad de corriente a través de cada resistencia.

Resistencia de la asociación en paralelo

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{4} + \frac{1}{12} = \frac{4}{12} \quad R = 3 \Omega$$

Resistencia total

$$R_t = 3 + 9 = 12 \Omega$$

Intensidad del circuito

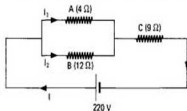
$$I = \frac{220}{12} = 18,3 \text{ A}$$

- Entre los extremos de la resistencia de 9Ω la ddp es

$$V = 18,3 \times 9 = 164,7 \text{ voltios}$$

- Llamando I_1 e I_2 a las intensidades que circulan por las resistencias de 4 y 12Ω resulta

$$\left. \begin{array}{l} I_1 + I_2 = 18,3 \text{ A} \\ I_1 R_1 = I_2 R_2 \end{array} \right\} \begin{array}{l} 4I_1 = 12I_2 \\ I_1 = 3I_2 \end{array} \left. \begin{array}{l} I_1 = 13,8 \text{ A} \\ I_2 = 4,5 \text{ A} \end{array} \right\}$$



15.2 Un cable con una resistencia total de $0,02 \Omega$ transporta una corriente de 180 A . Calcular:

- La caída de tensión en el cable.
- La pérdida de potencia en el cable.

a) $V = IR = 180 \times 0,02 = 3,6$ voltios

b) $p = I^2 R = 180^2 \times 0,02 = 648 \text{ W}$

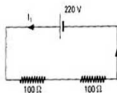
15.3 Una placa eléctrica tiene dos elementos de calefacción que pueden conectarse en serie o en paralelo por medio de un interruptor. La resistencia de cada elemento es de $100\ \Omega$ y el voltaje en los terminales de la placa es de $220\ \text{V}$. Calcular la corriente que circula y la potencia absorbida por la placa cuando los elementos están conectados:

- a) En serie.
b) En paralelo.

a) En serie

$$I_1 = \frac{\varepsilon}{2R} = \frac{220}{200} = 1,1\ \text{A}$$

$$P_1 = I_1^2(2R) = 1,1^2 \times 200 = 242\ \text{W}$$

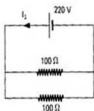


b) En paralelo

$$\frac{1}{R_1} = \frac{1}{100} + \frac{1}{100} = \frac{2}{100}; \quad R = 50\ \Omega$$

$$I_2 = \frac{\varepsilon}{R_1} = \frac{220}{50} = 4,4\ \text{A}$$

$$P_2 = I_2^2 \times R_1 = 4,4^2 \times 50 = 968\ \text{W}$$



15.4 Si sólo disponemos de cuatro resistencias de $60\ \Omega$, ¿cómo las conectaríamos para obtener una resistencia equivalente total de: a) $180\ \Omega$; b) $90\ \Omega$; c) $15\ \Omega$ y d) $80\ \Omega$?

a) Tres en serie:

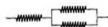
$$R_1 = 60 + 60 + 60 = 180\ \Omega$$



b) Dos en paralelo y en serie con una tercera

$$\frac{1}{60} + \frac{1}{60} = \frac{1}{R}; \quad R = 30\ \Omega$$

$$R_1 = 30 + 60 = 90\ \Omega$$



c) Las cuatro en paralelo:

$$\frac{4}{60} = \frac{1}{R}; \quad R = 15\ \Omega$$



d) Tres en paralelo y el conjunto en serie con la cuarta

$$\frac{3}{60} = \frac{1}{R}; \quad R = 20\ \Omega$$

$$R_1 = 20 + 60 = 80\ \Omega$$



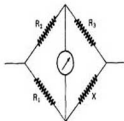
- 15.5 Un puente de Wheatstone equilibrado tiene resistencias de 50, 100 y 150 Ω en tres de sus brazos. Determinar los valores posibles de la resistencia en el otro brazo.

~ Cuando el puente está equilibrado se verifica que $X R_2 = R_1 R_3$.
Según R_2 sea igual a 50, 100 ó 150 Ω ; resultará

$$X_1 = \frac{100 \times 150}{50} = 300 \Omega$$

$$X_2 = \frac{50 \times 150}{100} = 75 \Omega$$

$$X_3 = \frac{100 \times 50}{150} = 33,3 \Omega$$



- 15.6 Un alambre de resistencia R presenta entre sus extremos una diferencia de potencial de 125 V cuando está recorrido por una corriente de 10 A. Su longitud es de 3 m y su sección de 0,3 mm². ¿Cuál es el valor de R y cuál es su resistividad?

Según la ley de Ohm

$$R = \frac{V}{I} = \frac{125}{10} = 12,5 \Omega$$

Por tanto,

$$R = \rho \frac{l}{s} = \rho \frac{3}{0,3 \times 10^{-6}} = 12,5 \Omega$$

$$\rho = 1,25 \times 10^{-6} \Omega \text{m}$$

- 15.7 Un motor de resistencia $r' = 10 \Omega$, funcionando bajo una diferencia de potencial de 220 V, consume una potencia de 1 kW cuando gira realizando un trabajo. Calcular:

La intensidad de corriente es

$$I = \frac{P}{V} = \frac{1000}{220} = 4,55 \text{ A}$$

- a) Su fuerza contraelectromotriz.
b) La potencia mecánica que suministra.

y la fem se deduce de la expresión general

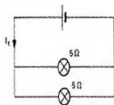
$$I = \frac{\Sigma \mathcal{E}_i}{\Sigma R_i} = \frac{220 - \mathcal{E}'}{r'}$$

- a) $\mathcal{E}' = 220 - I r' = 220 - 4,55 \times 10 = 174,5 \text{ V}$
b) La potencia mecánica consumida es

$$P_m = \mathcal{E}' I = 174,5 \times 4,55 = 793,9 \text{ W}$$

(La potencia consumida en forma calorífica es $I^2 r' = 4,55^2 \times 10 = 207 \text{ W}$)

- 15.8 Las lámparas de los dos faros de un automóvil conectadas en paralelo sobre los bornes de la batería tienen una resistencia de 5Ω cada una y consumen 50 W . ¿Qué intensidad de corriente atraviesa cada lámpara y qué potencia suministra la batería? (Suponer que es igual a la consumida por las lámparas.)



La potencia de consumo de cada lámpara es $p = IV = I^2 R$, de donde

$$I = \sqrt{\frac{p}{R}} = \sqrt{\frac{50}{5}} = 3,16 \text{ A}$$

La intensidad total suministrada por la batería es

$$I_t = 3,16 + 3,16 = 6,32 \text{ A}$$

La resistencia total es

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{5} + \frac{1}{5} = \frac{2}{5} \quad R_t = \frac{5}{2} \Omega$$

Por tanto, la potencia suministrada por la batería es

$$p = I_t^2 R_t = 6,32^2 \frac{5}{2} \approx 100 \text{ W}$$

- 15.9 Un circuito comprende 2 pilas idénticas en serie y una resistencia exterior de 20Ω ; cada pila tiene una fem de $1,5 \text{ V}$ y una resistencia interna de 1Ω . ¿Cuál es la intensidad de la corriente?

$$I = \frac{\Sigma \varepsilon}{\Sigma R} = \frac{1,5 + 1,5}{20 + 1 + 1} = \frac{3}{22} = 0,14 \text{ A}$$

- 15.10 Los bornes de un generador de fem 125 V y resistencia 2Ω están unidos por conductores de resistencia 10Ω a un receptor de fem de 50 V y una resistencia interna de 1Ω . Calcular:

- a) $I = \frac{\Sigma \varepsilon}{\Sigma R} = \frac{125 - 50}{2 + 10 + 1} = \frac{75}{13} = 5,8 \text{ A}$
 b) $V_2 - V_1 = Ir + \varepsilon = 5,8 \times 1 + 50 = 55,8 \text{ V}$
 c) $p' = \varepsilon I = 50 \times 5,8 = 290 \text{ W}$

- a) La intensidad de la corriente que circula.
 b) La diferencia de potencial en los bornes del receptor.
 c) La potencia absorbida por el receptor distinta al efecto Joule.

- 15.11 Dos generadores montados en serie dan una fem total de 4 V . Montados en oposición dan una fem total de $0,1 \text{ V}$. ¿Cuál es la fem de cada uno de ellos?

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_1 + \varepsilon_2 &= 4 \\ \varepsilon_1 - \varepsilon_2 &= 0,1 \end{aligned} \right\} \begin{aligned} \varepsilon_1 &= 2,05 \text{ V} \\ \varepsilon_2 &= 1,95 \text{ V} \end{aligned}$$

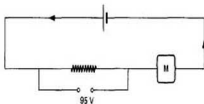
- 15.12 Una máquina de afeitar eléctrica tiene las siguientes características: 125 V, 10 W. Calcular el valor de la resistencia que es preciso conectar en serie con la máquina para que funcione correctamente con una diferencia de potencial de 220 V.

→ La intensidad de funcionamiento normal de la máquina es

$$I = \frac{P}{V} = \frac{10}{125} = 0,08 \text{ A}$$

y su resistencia

$$R = \frac{V^2}{P} = \frac{125^2}{10} = 1563 \Omega$$



Si se conecta a 220 V debe conectarse en serie con la máquina una resistencia R' tal que la caída de tensión en sus bornes al circular 0,08 A sea $220 - 125 = 95$ V, es decir

$$R' = \frac{95}{0,08} = 1188 \Omega$$

- 15.13 En el arranque de un automóvil la batería de 12 V y resistencia interna 0,01 Ω suministra una corriente de 200 A. ¿Qué diferencia de potencial existe entre sus bornes?

$$V = \varepsilon - Ir = 12 - 200 \times 0,01 = 12 - 2 = 10 \text{ voltios}$$

- 15.14 Se disponen en serie sobre una toma de corriente de 220 V:

- Un motor de f.c.m. 90 V y resistencia interna 1 Ω .
- Dos voltímetros, cada uno de los cuales tiene una f.c.m. de 2 V y una resistencia interna de 0,5 Ω .
- Una bombilla de 100 Ω de resistencia. Calcular la intensidad de corriente que circula por el circuito.

$$I = \frac{\Sigma \varepsilon}{\Sigma R} = \frac{220 - 90 - 2 - 2}{1 + 0,5 + 0,5 + 100} = \frac{126 \text{ V}}{102 \Omega} = 1,24 \text{ A}$$

CAPITULO 16

- 16.1 ¿Cuál es la inducción magnética en el centro de una bobina de 1000 vueltas y 10 cm de radio por la que circula una corriente de 10 A?

$$B = \frac{\mu_0 n I}{2R} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 1000 \times 10}{2 \times 0,1} = 62,8 \times 10^{-3} \text{ T}$$

- 16.2 Una corriente de 10 A que pasa por un hilo conductor de 25 cm de longitud forma un ángulo de 30° con un campo de 10^{-4} T. ¿Qué fuerza se ejerce sobre el conductor?

Por la ley de Laplace

$$f = I l B \sin \theta = 10 \times 0,25 \times 10^{-4} \sin 30^\circ = 1,25 \times 10^{-4} \text{ T}$$

- 16.3 Determinar el valor de la inducción magnética en un punto situado a 10 cm de un alambre rectilíneo por el que circula una corriente de 30 amperios.

Según la ley de Biot-Savart

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi R} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 30}{2\pi \times 0,10} = 6 \times 10^{-5} \text{ T}$$

- 16.4 ¿Qué fuerza actúa sobre un conductor de 20 cm de longitud que forma un ángulo de 60° con un campo magnético de $1,5 \times 10^{-4}$ teslas y, por el cual, circula una corriente de 100 A? ¿Cuál es la dirección de esta fuerza?

Según la ley de Laplace

$$\begin{aligned} F &= I l B \sin \theta = 100 \times 0,20 \times 1,5 \times 10^{-4} \sin 60^\circ = \\ &= 3 \times 10^{-3} \frac{\sqrt{3}}{2} = 2,6 \times 10^{-3} \text{ N} \end{aligned}$$

La fuerza F es perpendicular al plano formado por el conductor y el campo magnético. Su sentido viene dado por la regla de la mano izquierda. Si el dedo índice señala la dirección de \vec{B} y el dedo medio la dirección de $I \text{ sen } \theta$, el pulgar señala la dirección de \vec{F} .

16.5 Una bobina rectangular de $20 \times 10 \text{ cm}^2$ está situada en un campo magnético de $2 \times 10^{-4} \text{ T}$. Por ella circula una corriente de 10 A y tiene 60 vueltas. ¿Cuál es la magnitud del par que tiende a girar la bobina cuando el plano de ésta forma un ángulo de 45° con el campo?

$$M = nISB \sin \theta = 60 \times 100,20 \times 0,102 \times 10^{-4} \sin 45 = 17 \times 10^{-4} \text{ Nm}$$

16.6 Una barra horizontal de 5 m de longitud orientada en la dirección Este-Oeste cae desde lo alto de un precipicio, formando un ángulo recto con la componente horizontal del campo magnético terrestre, de valor $0,24 \times 10^{-4}$ teslas. ¿Cuál es el valor instantáneo de la fem inducida en la barra a los 5 segundos y a los 10 segundos de caída? ¿Qué dirección tiene la fem inducida? ¿Qué extremo de la barra estará a mayor potencial?

Su velocidad a los 5 y 10 segundos respectivamente es

$$v_5 = gt = 9,81 \times 5 = 49,05 \text{ m/s}$$

$$v_{10} = gt = 9,81 \times 10 = 98,10 \text{ m/s}$$

Las fems respectivas inducidas en la barra son

$$\varepsilon_5 = Bvl = 0,24 \times 10^{-4} \times 49,05 \times 5 = 5,89 \times 10^{-3} \text{ V}$$

$$\varepsilon_{10} = Bvl = 11,78 \times 10^{-3} \text{ V}$$

Al caer la barra, las cargas positivas se desplazan en ella de Este a Oeste. Por tanto, el extremo Oeste estará a mayor potencial y la fem inducida estará dirigida de Oeste a Este.

16.7 ¿Qué fem se induce en el eje frontal de un coche que se dirige hacia el Norte a la velocidad uniforme de 100 km/h , si el eje es de $1,5 \text{ m}$ de largo y la componente vertical del campo magnético terrestre es de $0,5 \times 10^{-4}$ teslas? ¿Qué extremo del eje estará a mayor potencial?

El eje se desplaza con una velocidad de $100 \text{ km/h} = 27,8 \text{ m/s}$. Por tanto, la fem inducida será

$$\varepsilon = Blv = 0,5 \times 10^{-4} \times 1,5 \times 27,8 = 20,85 \times 10^{-4} \text{ V}$$

Como las cargas positivas se desplazan de Este a Oeste estará a mayor potencial el extremo izquierdo del eje.

16.8 Un protón de 50 MeV de energía se mueve normalmente a un campo magnético de inducción 1 tesla . ¿Qué fuerza actúa sobre el protón? Masa del protón $1,67 \times 10^{-27}$ kilogramos.

Teniendo en cuenta que

$$1 \text{ MeV} = 10^6 \text{ eV} = 10^6 \times 1,6 \times 10^{-19} \text{ C} \times 1 \text{ V} = 1,6 \times 10^{-13} \text{ J}$$

la velocidad del protón será

$$v = \sqrt{\frac{2E}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 50 \times 1,6 \times 10^{-13}}{1,67 \times 10^{-27}}} \approx 10^8 \text{ m/s}$$

Por tanto, la fuerza magnética que actúa sobre el protón es

$$F = qvB = 1,6 \times 10^{-19} \times 10^8 \times 1 = 1,6 \times 10^{-11} \text{ N}$$

- 16.9 ¿Qué frecuencia debe poseer un ciclotrón para acelerar protones de masa $1,67 \times 10^{-27}$ kg y carga $1,6 \times 10^{-19}$ C, si la inducción magnética es de 2,5 teslas?

Si el protón describe una trayectoria circular de radio R , igualando la fuerza magnética con la centripeta resulta

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

es decir,

$$R = \frac{mv}{qB}$$

y la frecuencia

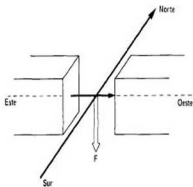
$$v = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{v}{2\pi R} = \frac{qB}{2\pi m} = \frac{1,6 \times 10^{-19} \times 2,5}{2\pi \times 1,67 \times 10^{-27}} = 3,8 \times 10^7 \text{ s}^{-1}$$

- 16.10 Determinar la magnitud y dirección de la fuerza que actúa sobre un conductor horizontal de 25 cm de largo que transporta una corriente de 15 A de S a N, cuando se sitúa dentro de un campo magnético horizontal de 0,5 T dirigido de E a O.

Por la ley de Laplace

$$F = I l B \sin 90 = 15 \times 0,25 \times 0,5 = 1,88 \text{ N}$$

Como indica la figura y de acuerdo con la regla de la mano izquierda, la fuerza es perpendicular al campo y a la corriente, y dirigida hacia abajo.



- 16.11 Un protón penetra en un campo magnético de 1 T con una velocidad de $1,5 \times 10^7$ m/s, formando un ángulo de 60° con la dirección del campo. ¿Qué fuerza actúa sobre el protón? Carga del protón $1,6 \times 10^{-19}$ C.

La fuerza de Lorentz ejercida sobre el protón es

$$F = qvB \sin \theta = 1,6 \times 10^{-19} \times 1,5 \times 10^7 \times 1 \times 0,87 = 2,1 \times 10^{-12} \text{ N}$$

- 16.12 Un protón en un momento de su trayectoria describe un semicírculo de radio 2 cm dentro de un ciclotrón. Sabiendo que el campo magnético del ciclotrón es de 0,5 T. ¿Qué velocidad llevaba el protón?
Carga del protón: $1,6 \times 10^{-19}$ C
Masa del protón: $1,67 \times 10^{-27}$ kg

En su trayectoria circular en el ciclotrón son iguales la fuerza magnética y la centrípeta, o sea,

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

Por tanto,

$$v = \frac{qBR}{m} = \frac{1,6 \times 10^{-19} \times 0,5 \times 0,02}{1,67 \times 10^{-27}} = 9,6 \times 10^5 \text{ m/s}$$

- 16.13 Un electrón con una energía cinética de 10^{-16} J penetra perpendicularmente en un campo magnético de 0,01 T. ¿Cuál será el radio de la trayectoria descrita?

La velocidad v del electrón es

$$\frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} 9,11 \times 10^{-31} \times v^2 = 10^{-16} \text{ J}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \times 10^{-16}}{9,11 \times 10^{-31}}} = 1,48 \times 10^7 \text{ m/s}$$

Por otra parte igualando la fuerza magnética qvB con la fuerza centrípeta mv^2/R resulta para R el valor

$$R = \frac{mv}{qB} = \frac{9,11 \times 10^{-31} \times 1,48 \times 10^7}{1,6 \times 10^{-19} \times 10^{-2}} = 8,40 \times 10^{-3} \text{ m} = 8,4 \text{ mm}$$

- 16.14 Una bobina rectangular de 100 vueltas está suspendida en un campo de 0,5 T con el plano de las espiras paralelo a la dirección del campo. Si la superficie de las espiras es de 150 cm^2 y el par que actúa sobre la bobina es de 10 Nm, ¿qué corriente circula por ella?

$$M = nIBS \sin \theta \quad \theta = 90^\circ$$

$$I = \frac{10}{100 \times 0,5 \times 1,50 \times 10^{-4}} = 13,3 \text{ A}$$

CAPITULO 17

17.1 Dar tres ejemplos de reacciones de combinación.

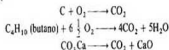
- a) $\text{Cl}_2 + \text{Ca} \longrightarrow \text{Cl}_2\text{Ca}$
b) $\text{Br}_2 + 2\text{Na} \longrightarrow 2\text{BrNa}$
c) $2\text{Fe} + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{FeO}$
-

17.2 Póngase ejemplos de reacciones endotérmicas y exotérmicas que se utilizan cotidianamente por el hombre.

a) Endotérmicas:



b) Exotérmicas:



17.3 Dos compuestos A y B reaccionan para dar C; esa reacción se puede hacer en fase sólida, líquida o gaseosa. ¿En qué caso la velocidad de reacción es mayor? ¿Cuáles son los motivos?

a) En fase gaseosa.

b) Para que A y B estén en fase gaseosa, la temperatura ha de ser más elevada, por lo que habrá un mayor número de moléculas activadas. El grado de división de los reactivos en fase gaseosa es también máximo.

17.4 Igualar los procesos:



- a) $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO} + \text{O}_2$
b) $4\text{ClH} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
-

17.5 *¿Influye siempre la temperatura sobre el equilibrio? ¿Por qué?*

- a) Sí.
- b) Porque una modificación en la temperatura supone una variación diferente en las velocidades de las reacciones directa e inversa, lo que supone una modificación de la constante de equilibrio del proceso.

17.6 *Escribanse las constantes de equilibrio de los siguientes procesos:*



- a) $K = \frac{[NO]^2}{[N_2][O_2]}$
- b) $K = \frac{[CO_2][H_2]}{[CO][H_2O]}$

17.7 *Aplicar la ley de acción de masas en los ejemplos siguientes:*



¿Cómo se desplazará el equilibrio al modificar la presión del sistema?

- a) El equilibrio se desplaza a la derecha al aumentar la concentración de Cl_3P y a la izquierda al aumentar la concentración de Cl_2P y/o Cl_2 . Al aumentar la presión del sistema, el equilibrio se desplaza a la izquierda, mientras que al disminuir la presión, el equilibrio se desplaza hacia la derecha.
- b) El equilibrio se desplaza a la derecha al aumentar la concentración de NO y/o O_2 y a la izquierda al aumentar la concentración de NO_2 . Al aumentar la presión del sistema, el equilibrio se desplaza a la derecha, mientras que al disminuir la presión, el equilibrio se desplaza hacia la izquierda.

17.8 *Igualar el proceso: $O_2 \rightleftharpoons O_3$. ¿Puede aportar algún dato sobre el intercambio energético de este proceso? Si fuera endotérmico ¿el ozono será más o menos estable que el oxígeno molecular?*

- a) $3O_2 \rightleftharpoons 2O_3$
- b) Es un proceso endotérmico. Sabido es que durante las tormentas se produce ozono.
- c) Sería menos estable.

17.9 *En el sistema: $I_2 + H_2 \rightleftharpoons 2HI - \text{calor}$. ¿Qué influencia tendrá sobre el equilibrio:*
a) *Un aumento de temperatura.*
b) *Una disminución de presión.*
c) *Un aumento de la concentración de hidrógeno?*

- a) Desplazar el equilibrio hacia la derecha.
- b) No influye en el equilibrio.
- c) Desplazar el equilibrio hacia la derecha.

17.10 Se desean obtener 62 g de CaO. ¿Qué peso de calcio y oxígeno se han de emplear? ¿A cuántos litros, medidos en condiciones normales, equivale el peso de oxígeno necesario?

La ecuación de formación del óxido de calcio, CaO, es:



I. Conversión de los gramos de CaO en moles.

El peso molecular del CaO es 56,1 g. El número de moles de CaO que habrá en 62 g será:

$$\text{Moles CaO} = \frac{62 \text{ g CaO}}{56,1 \text{ g CaO/mol}} = 1,11 \text{ moles}$$

II. Cálculo de los átomogramos de Ca y moles de O₂ necesarios.

A la vista de la ecuación igualada se sabe que para formar un mol de CaO son necesarios un átomogramos de Ca y medio mol de O₂; para formar 1,11 moles de CaO son necesarios 1,11 átomogramos de Ca y 0,55 moles de O₂.

$$\text{Peso de Ca} = 1,11 \text{ atmg} \times 40,1 \text{ g/atmg} = 44,5 \text{ g Ca}$$

$$\text{Peso de O}_2 = 0,55 \text{ moles} \times 32 \text{ g/mol} = 17,5 \text{ g O}_2$$

III. Cálculo del volumen de oxígeno en condiciones normales

$$V = 0,55 \text{ moles O}_2 \times 22,4 \text{ l/mol} = 12,32 \text{ litros}$$

17.11 Calcular los volúmenes necesarios de hidrógeno y oxígeno, en condiciones normales, para obtener 100 g de agua.

La ecuación de formación del agua es:



I. Conversión de los gramos de H₂O en moles.

El peso molecular del H₂O es 18 g. El número de moles de H₂O que habrá en 100 g será:

$$\text{Moles H}_2\text{O} = \frac{100 \text{ g H}_2\text{O}}{18 \text{ g H}_2\text{O/mol}} = 5,56 \text{ moles}$$

II. Cálculo de los moles de H₂ y O₂ necesarios.

A la vista de la ecuación igualada se sabe que para formar un mol de H₂O son necesarios un mol de H₂ y medio mol de O₂; para formar 5,56 moles de H₂O son necesarios 5,56 moles de H₂ y 2,78 moles de O₂.

III. Cálculo de los volúmenes de hidrógeno y oxígeno en condiciones normales.

$$V_{\text{hidrógeno}} = 5,56 \text{ moles H}_2 \times 22,4 \text{ l/mol} = 124,54 \text{ litros H}_2$$

$$V_{\text{oxígeno}} = 2,78 \text{ moles O}_2 \times 22,4 \text{ l/mol} = 62,27 \text{ litros O}_2$$

17.12 ¿Qué dice el principio de Le Chatelier?

-Al modificar los factores que determinan el estado de equilibrio de un sistema, éste evoluciona desplazando su equilibrio de tal manera que se opone a la causa de dicha variación.

17.13 ¿Qué papel desempeña en una reacción química un catalizador?

Modificar la velocidad de reacción del proceso.

17.14 Al calentar óxido mercurio, HgO , y supuesto que se desprende todo el oxígeno, ¿cuánto óxido se necesita para obtener un volumen de 27,9 litros de oxígeno en condiciones normales?

La ecuación de descomposición del óxido mercurio HgO , es:



Un mol de HgO - 216,6 g - produce medio mol - 11,2 litros - de O_2 .

$$\text{Peso}_{\text{HgO}} = \frac{27,9 \text{ l O}_2 \times 216,6 \text{ g HgO}}{11,2 \text{ l O}_2} = 538,56 \text{ g HgO}$$

17.15 Calcular la constante de equilibrio K en el proceso:



Sabiendo que a una temperatura t las concentraciones de equilibrio son: 2,3 moles/litro de H_2 , 1,9 moles/litro de I_2 y 0,9 moles/litro de HI .

$$K = \frac{[\text{H}_2][\text{I}_2]}{[\text{HI}]^2} = \frac{2,3 \text{ moles/l} \times 1,9 \text{ moles/l}}{(0,9 \text{ moles/l})^2} = 5,39$$

CAPITULO 18

18.1 Escribir la ecuación de disociación iónica de los siguientes compuestos: ácido bromhídrico, hidróxido sódico, ácido sulfúrico, hidróxido ferroso y bicarbonato potásico.

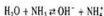
- a) $\text{BrH} \rightleftharpoons \text{Br}^- + \text{H}^+$
- b) $\text{NaOH} \rightleftharpoons \text{Na}^+ + \text{OH}^-$
- c) $\text{SO}_4\text{H}_2 \rightleftharpoons \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}^+$
- d) $\text{Fe}(\text{OH})_2 \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+} + 2\text{OH}^-$
- e) $\text{CO}_3\text{HK} \rightleftharpoons \text{CO}_3\text{H}^- + \text{K}^+$

18.2 El amoníaco tiene hidrógenos en su molécula. ¿Será un ácido según Arrhenius? ¿Por qué?

No, porque al disolverse en agua, no libera iones H^+ .

18.3 Dar una explicación de cómo una molécula de agua puede actuar como ácido y base.

El agua puede actuar como un ácido cediendo protones.



El agua puede también actuar como una base aceptando protones



18.4 ¿Es lo mismo ácido diluido que ácido débil?

No. Un ácido es diluido cuando su disolución contiene muy poca cantidad del mismo. Un ácido es débil cuando en su disolución hay pocas moléculas del mismo disociadas, en relación con la concentración total del ácido.

18.5 Una solución acuosa tiene un pH de 8,3. ¿Qué significa? ¿Será ácida o básica?

a) Significa que en esa disolución la concentración de iones hidronio, H_3O^+ , vale

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 5,1 \times 10^{-9} \text{ moles/l}$$

b) Será básica, ya que la $[\text{H}_3\text{O}^+]$ es menor que 10^{-7} .

18.6 Se quiere preparar, por neutralización, NO_3Ag , SO_4Ca y ClK . Escribir las ecuaciones iónicas correspondientes.

- a) $\text{NO}_3\text{H} + \text{AgOH} \longrightarrow \text{NO}_3\text{Ag} + \text{H}_2\text{O}$
 b) $\text{SO}_4\text{H}_2 + \text{Ca(OH)}_2 \longrightarrow \text{SO}_4\text{Ca} + 2\text{H}_2\text{O}$
 c) $\text{ClH} + \text{KOH} \longrightarrow \text{ClK} + \text{H}_2\text{O}$

18.7 Deseamos valorar 25 cc de NaOH con una disolución de SO_4H_2 , 0,5 N y utilizamos 75 cc del ácido. Calcular la normalidad de la base.

$$VN = V'N' \quad N' = \frac{VN}{V'}$$

$$N' = \frac{75 \text{ cc} \times 0,5 \text{ N}}{25 \text{ cc}} = 1,5 \text{ N}$$

18.8 El Al(OH)_3 es un anfótero. Explicar su significado con ayuda de ecuaciones químicas.

Un anfótero es un compuesto que presenta a la vez carácter de ácido y base. Si se trata el Al(OH)_3 con un ácido, reacciona como una base:



Si se trata el Al(OH)_3 con una base, reacciona como un ácido:



18.9 Tenemos dos disoluciones con una concentración de ion hidronio de 10^{-3} y 10^{-11} . ¿Cuál es más alcalina?

La segunda.

18.10 Determinar cuántos cc de SO_4H_2 de densidad 1,84 g/cc se necesitan para preparar 250 cc de disolución 0,1 N.

Peso equivalente del

$$\text{SO}_4\text{H}_2 = \frac{98 \text{ g SO}_4\text{H}_2}{2} = 49 \text{ g}$$

250 cc de SO_4H_2 0,1 N tienen:

$$\frac{250 \text{ cc}}{1000 \text{ cc/l}} \times 0,1 \text{ N} \times 49 \text{ g SO}_4\text{H}_2 = 1,23 \text{ g SO}_4\text{H}_2$$

que expresados en volumen son:

$$V = \frac{P}{D} = \frac{1,23 \text{ g SO}_4\text{H}_2}{1,84 \text{ g SO}_4\text{H}_2/\text{cc}} = 0,67 \text{ cc SO}_4\text{H}_2$$

18.11 Explicar el comportamiento químico de un indicador.

Sea el caso de un indicador tipo base débil BOH. En solución muy diluida en agua, las moléculas de BOH se ionizan en poca extensión de acuerdo con:

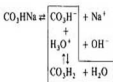


En un medio ácido rico en H_3O^+ , los iones OH^- procedentes del indicador, se combinan con los iones H_3O^+ , para dar agua y el equilibrio iónico se desplaza en el sentido 1, aumentando la concentración de B^+ y disminuyendo la de BOH, con lo que la disolución toma color verde.

Por el contrario, si el medio es básico, al aumentar la concentración de OH^- , estos iones se combinan con los iones B^+ para dar BOH y el equilibrio se desplaza en el sentido 2; se produce un aumento en la concentración de BOH y una disminución en la concentración de B^+ , por lo que la disolución vira al azul.

18.12 El bicarbonato sódico tiene un hidrógeno en su molécula y su disolución acuosa tiene pH alcalino. ¿Cómo se explica esta aparente contradicción?

Porque el bicarbonato sódico, CO_3HNa , es una sal de un ácido débil y una base fuerte y al disolverse en agua se hidroliza, generando una disolución alcalina

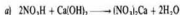


18.13 ¿Qué es una base, según la teoría de Lewis? Poner ejemplos.

a) Base es toda sustancia – molécula o ion – que puede ceder un par de electrones.

b) NH_3 , H_2O , CaO , NaOH , Cl^- , SO_4H^-

18.14 Completar e igualar las reacciones siguientes:



18.15 ¿Puede haber ácidos sin hidrógeno? Ejemplos.

a) Sí, ya que de acuerdo con la teoría de Lewis, ácido es toda sustancia – molécula o ion – que puede aceptar un par de electrones.

b) Cl_3Al , CO_2 , Cl_4Ti , F_3B , SO_3 .

CAPITULO 19

19.1 Determinar el número de oxidación de cada átomo en:

- a) ClO_4K d) $\text{Cr}_2\text{O}_7\text{K}_2$
 b) SO_4H_2 e) Cl_2
 c) H_2O_2 f) MnO_4K

- a) $\text{Cl} = +7, \text{O} = -2, \text{K} = +1$
 b) $\text{S} = +6, \text{O} = -2, \text{H} = +1$
 c) $\text{H} = +1, \text{O} = -1$
 d) $\text{Cr} = +7, \text{O} = -2, \text{K} = +1$
 e) $\text{Cl} = 0$
 f) $\text{Mn} = +7, \text{O} = -2, \text{K} = +1$

19.2 Identificar en la reacción siguiente, quiénes son los elementos oxidados y reducidos y quiénes actúan como agentes oxidantes y reductores:



- a) Elementos oxidados: S
 b) Elementos reducidos: O
 c) Agentes oxidantes: O_2
 d) Agentes reductores: SZn

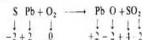
19.3 La combustión del gas butano, ¿es una reacción de oxidación-reducción? Si así fuera, ¿quién se oxida?, ¿quién se reduce?

- a) Sí.
 b) Se oxida el butano.
 c) Se reduce el oxígeno.

19.4 Ajustar por el método del número de oxidación, la siguiente ecuación:



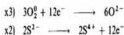
I. Se determinan los números de oxidación de todos los átomos presentes en el proceso.



II. Se establecen las ecuaciones electrónicas de los elementos que varían su número de oxidación.



III. Se determinan los coeficientes mínimos necesarios para multiplicar las ecuaciones anteriores e igualar el número de electrones puestos en juego.



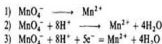
La ecuación igualada queda así:



19.5 Ajustar, por el método del ion-electrón, la siguiente ecuación:



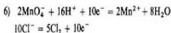
I. Ecuación de reducción del ion oxidante:



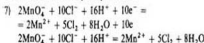
II. Ecuación de oxidación del ion reductor:



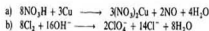
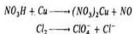
III. Igualación de electrones.



IV. Suma de ecuaciones y simplificación.



19.6 Escribir las ecuaciones igualadas para cada una de las reacciones redox siguientes:



19.7 Calcular el peso equivalente redox del manganeso en el ejercicio 5.

Peso molecular del $\text{MnO}_4\text{K} = 158 \text{ g}$.

El número de oxidación del manganeso en el MnO_4K es +7 y en el Cl_2Mn es +2; el número de electrones ganados es 5 y el peso equivalente redox será:

$$\text{Peq} = \frac{158}{5} = 31,6 \text{ g}$$

19.8 ¿Cuál es la razón por la que no se puede determinar directamente un potencial de electrodo?

Porque al conectar el electrodo con el electrolito mediante los hilos metálicos de un potenciómetro, entre el metal del hilo y los iones presentes en la disolución, se establece un nuevo potencial. El valor que mide el potenciómetro refleja la suma de dos diferencias de potencial: la que se pretendía medir y este último valor.

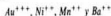
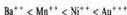
19.9 ¿Qué razones han motivado la introducción del electrodo normal de hidrógeno en la medida de potenciales?

La imposibilidad de la determinación de un potencial de electrodo aislado. Al electrodo normal de hidrógeno se le asigna arbitrariamente un valor cero y se determinan todos los potenciales de electrodo en relación con él.

19.10 ¿Qué es un proceso espontáneo? ¿Y un proceso forzado? Ponga varios ejemplos.

- a) *Proceso espontáneo.* Es el proceso que tiene lugar sin aporte de energía o trabajo desde el exterior. Ejemplos: la disolución de cloruro sódico en agua, la formación de IH a partir de I_2 e H_2 , la reacción entre el sodio y el agua, cualquier combustión.
- b) *Proceso forzado.* Es el proceso que no se produce a menos que se aporte energía al sistema, desde el exterior. Ejemplos: la separación de los cristales de cloruro sódico y el agua, la formación de un hidrocarburo a partir de CO_2 y H_2O , la obtención de flúor a partir de un fluoruro, la reducción de cinc iónico a cinc elemental con cobre.

19.11 Clasificar en orden creciente de potencial como agentes oxidantes los siguientes iones:



19.12 Un potencial de oxidación negativo y grande ¿qué significa?

Significa que el ion metálico tiene muy poca tendencia a captar electrones por oxidación de otro ion o elemento. En este caso el H^+ capta con más fuerza los electrones que el ion metálico.

19.13 Calcular si será espontáneo el proceso siguiente:



El proceso se descompone en:



$$E_{\text{total}}^0 = -0,74 \text{ V} + 1,66 \text{ V} = +0,92 \text{ V}$$

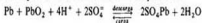
Proceso espontáneo

19.14 ¿Por qué no se encuentran en la Tierra metales alcalinos en estado nativo, como ocurre con el boro?

Por ser agentes reductores muy fuertes y perder fácilmente sus electrones de valencia.

19.15 Describir el funcionamiento de un acumulador.

El proceso total que ocurre en un acumulador de plomo es:

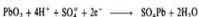


Cuando el acumulador suministra corriente —descarga— disminuye la concentración de ácido sulfúrico y se forma sulfato de plomo que precipita sobre los electrodos.

El proceso anódico es:



El proceso catódico es:



Para cargar el acumulador se conectan los electrodos a una tensión exterior superior a 2V y de sentido opuesto y se invierte el proceso químico total.

CAPITULO 20

20.1 *¿Qué importancia tuvo la síntesis de la urea de Wöhler?*

Demostrar que los compuestos orgánicos podían ser sintetizados a partir de los compuestos inorgánicos o minerales.

20.2 *¿Cuáles son las características distintivas de los compuestos de la Química del carbono?*

- a) Están formados por un número muy pequeño de elementos.
 - b) Son compuestos covalentes.
 - c) Las reacciones de estos compuestos son lentas y transcurren a temperaturas no muy elevadas.
 - d) Casi todos los compuestos carbonados se descomponen a temperaturas inferiores a 300 °C.
-

20.3 *El carbono y el silicio se encuentran en el mismo grupo del Sistema Periódico, por lo que cabrá esperar que tengan un comportamiento químico semejante. Sin embargo, las cadenas de átomos de silicio son poco numerosas y poco importantes. ¿Sabría dar una respuesta razonada a esta diferencia?*

Aunque el comportamiento químico del carbono y silicio es semejante, al ser el silicio un átomo más voluminoso que el carbono, sus enlaces covalentes son más débiles y, por tanto, su capacidad para formar cadenas, es muy pequeña.

20.4 *¿Existe alguna razón de tipo geométrico o energético que determine los valores de los ángulos de enlace de los compuestos carbonados?*

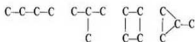
La disposición espacial de los enlaces en los compuestos carbonados obedece a razones energéticas: al adoptar el átomo de carbono una geometría, por ejemplo, tetraédrica, los pares de electrones de los enlaces covalentes están lo más alejado posible —ángulos de $109^{\circ} 28'$ — disminuyendo al mínimo las repulsiones y aumentando, por tanto, la estabilidad de la molécula.

20.5 *Poner varios ejemplos de productos de utilización diaria que provengan de residuos animales y vegetales.*

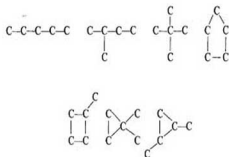
Vinos, alcoholes, cetonas, fibras textiles, cueros, algodón, etc.

20.6 Escribir todas las cadenas carbonadas diferentes que se pueden formar con 4 y 5 átomos de carbono.

a) Con 4 átomos de carbono:



b) Con 5 átomos de carbono:



20.7 ¿Qué es una fórmula empírica? ¿Y una fórmula molecular?

a) *Fórmula empírica.* Indica el número relativo de cada elemento que se halla presente en una molécula.

b) *Fórmula molecular.* Indica el número total de átomos de cada elemento presente en la molécula.

20.8 El análisis cuantitativo del carbono se suele hacer por combustión del mismo. ¿Quiere esto decir que combustible es sinónimo de compuesto orgánico?

Con contadas excepciones, por ejemplo, tetracloruro de carbono, todos los compuestos orgánicos son combustibles.

20.9 A partir de la fórmula molecular C_2H_7N ¿cuántas fórmulas estructurales podemos construir? Recuerde que el carbono es tetravalente, el nitrógeno trivalente y el hidrógeno monovalente.



20.10 ¿Qué diferencia existe entre un método físico y un método químico?

a) *Los métodos físicos* determinan propiedades físicas de las sustancias; sólo son necesarias pequeñas cantidades de muestra y son métodos no destructivos, es decir, que la muestra es recuperable.

b) *Los métodos químicos* se basan en las propiedades químicas de las sustancias; son necesarias mayores cantidades de muestra y son métodos destructivos.

- 20.11 Delimita, en las siguientes moléculas, los grupos funcionales de los radicales orgánicos:



Moléculas	Grupos funcionales	Radicales orgánicos
$\text{CH}_3\text{-OH}$	$-\text{OH}$	$\text{CH}_3\text{-}$
$\begin{array}{l} \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{---} \\ \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{---} \end{array} \text{O}$	>O	$\begin{array}{l} \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-} \\ \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-} \end{array}$
$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-NH}_2$	$-\text{NH}_2$	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-}$

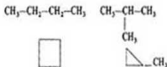
- 20.12 Poner ejemplos de alcanos, alquenos y alquinos.

- a) Alcanos: CH_4 , $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_3$, Δ , \square
 b) Alquenos: $\text{CH}_2=\text{CH}_2$, $\text{CH}_3\text{-CH}=\text{CH}_2$, $\hat{\Delta}$, $\hat{\square}$
 c) Alquinos: $\text{HC}\equiv\text{CH}$, $\text{CH}_3\text{-C}\equiv\text{CH}$, $\hat{\Delta}$, $\hat{\square}$

- 20.13 ¿Qué es una serie homóloga?

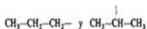
Es un conjunto de compuestos orgánicos que se diferencian solo en el número de grupos $-\text{CH}_2-$ presentes en las moléculas.

- 20.14 Escribir todos los hidrocarburos saturados que se pueden obtener a partir de cuatro átomos de carbono.



- 20.15 ¿Qué es un radical? A partir del propano, ¿cuántos radicales alquílicos se pueden derivar?

- a) Un radical es el resto hidrocarbonado que resulta al separar de una molécula los grupos funcionales presentes en la misma.
 b) Dos



CAPITULO 21

21.1 El ácido sulfúrico se obtiene a partir de piritas y se utiliza en grandes cantidades para fabricar abonos. Desde un punto de vista industrial se desea saber si es más interesante llevar las piritas a la fábrica de abonos y hacer allí el ácido, o, por el contrario, hacer el ácido a la salida de la mina y transportarlo hasta la fábrica de abonos.

El transporte del ácido sulfúrico es muy delicado —cisternas de material especial, riesgos de accidentes, etc.— por lo que se prefiere realizar la síntesis del ácido en la fábrica de abonos, a pesar de que el transporte de las piritas es también caro, debido al gran volumen de las mismas necesario para sintetizar un pequeño volumen de ácido.

21.2 Analice las analogías y diferencias existentes entre los dos procesos de obtención de ácido sulfúrico descritos.

a) *Analogías.* Ambos métodos utilizan el mismo esquema de reacción:



b) *Diferencias.* Fundamentalmente en el procedimiento de oxidación catalítica del anhídrido sulfuroso. En el método de las cámaras de plomo, las catálisis se realizan con óxidos de nitrógeno, mientras que en el método de contacto el catalizador es el pentóxido de vanadio o platino.

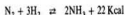
21.3 ¿Cuál es el papel que desempeña un catalizador en cualquier proceso industrial?

Un catalizador, al aumentar la velocidad de reacción, hace que el proceso sea más rápido y, por tanto, más económico.

21.4 ¿Por qué no es deseable el envenenamiento de un catalizador?

Porque se desactiva y pierde sus condiciones catalíticas.

21.5 ¿Qué modificaciones introduciría en el método Haber para aumentar el rendimiento en amoníaco? ¿Por qué cree que eso que piensa no se hace en la práctica?



- Aumentar la presión.
Disminuir la temperatura.
- El momento de presión está limitado por la necesaria solidez del reactor. Un aparato que soporta presiones muy elevadas, plantearía problemas técnicos y sería tan caro que no sería rentable.
La disminución de la temperatura supondría que el proceso se haría muy lento y tampoco sería rentable.

21.6 Se dice del ácido nítrico que es un oxidante muy fuerte. ¿Cómo varía su número de oxidación al actuar como oxidante? ¿A qué se reduce?

Cuando el ácido nítrico actúa como oxidante puede pasar principalmente a



- Variación del número de oxidación. En el primer caso su número de oxidación varía de +5 a +2 y en el segundo de +5 a +4.
- En el primer caso se reduce a óxido nítrico, NO, y en el segundo a NO₂, dióxido de nitrógeno.

21.7 ¿Qué es un fundente? ¿Y una escoria?

- Un fundente es un compuesto químico que se añade durante el proceso de obtención de un metal para que se combine con la ganga y forme una escoria fusible, menos densa que el metal fundido y que lo protege de la oxidación.
- Una escoria es el producto que se origina en la combinación entre un fundente y la ganga, y que permite la fácil separación de esta última del metal fundido.

21.8 ¿Se podrían hacer procesos siderúrgicos con hidrógeno en lugar de carbono? ¿Cuál sería la ecuación de reducción del óxido de hierro con hidrógeno? ¿Qué inconvenientes prácticos tiene este proceso?

- Si.
- $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2 \longrightarrow 2\text{Fe} + 3\text{H}_2\text{O}$
- Fundamentalmente económicos, ya que este tipo de reducción es considerablemente más caro que el método tradicional.

21.9 La industria siderúrgica se sitúa al lado de la mina de carbón o de la de óxido de hierro. ¿Por qué?

Como en la carga de un horno alto se utiliza, aproximadamente, el doble de mineral que de carbón, resulta más rentable montar las siderurgias cerca de las minas de mineral de hierro.

-
- 21.10 *¿Qué es el templeado?* El templeado es una operación física, que se realiza con el acero para aumentar su dureza. Consiste en calentar el acero a temperatura elevada y enfriarlo, con rapidez, por inmersión en agua o aceite.
-
- 21.11 *¿Qué papel desempeña la criolita en la metalurgia del aluminio?* Es un medio ionizante, análogo al agua cuando disuelve electrolitos.
-
- 21.12 *Describe una columna de destilación de petróleo.* Es una torre elevada en cuyo interior se inyecta petróleo a alta temperatura. Las distintas fracciones hidrocarbonadas, ordenadas según su punto de ebullición, van saliendo al exterior por tubuladuras colocadas a diferentes alturas de la torre. Por la parte superior salen los gases y por la inferior los productos indestilables.
-
- 21.13 *¿Qué es el cracking catalítico?* El cracking catalítico consiste en la producción de hidrocarburos de peso molecular pequeño mediante la ruptura de hidrocarburos de peso molecular elevado. Esta reacción se realiza a 500 °C y 2 atmósferas de presión y catalizada por Cl_3Al , Al_2O_3 o SiO_2 .
-
- 21.14 *¿Qué inconveniente presenta la existencia de hidrocarburos no saturados en una gasolina?* Los compuestos no saturados, presentes en la gasolina, al reaccionar con el oxígeno del aire, en la cámara de combustión de un motor, generan ácidos, que, a la temperatura del motor, atacan las paredes metálicas del mismo, produciendo su corrosión.
-
- 21.15 *¿Qué importancia tienen los derivados del petróleo en la industria química?* A partir del petróleo y por transformación química del mismo, se obtienen, entre otros productos, fibras textiles, plásticos, combustibles, colorantes, adhesivos, insecticidas, pesticidas, explosivos, etc. La importancia de los derivados del petróleo, en la industria química, es obvia.
-

INDICE

CAPITULO 1	7
CAPITULO 2	11
CAPITULO 3	15
CAPITULO 4	19
CAPITULO 5	25
CAPITULO 6	30
CAPITULO 7	35
CAPITULO 8	39
CAPITULO 9	46
CAPITULO 10.....	51
CAPITULO 11.....	58
CAPITULO 12.....	66
CAPITULO 13.....	69
CAPITULO 14.....	76
CAPITULO 15.....	81
CAPITULO 16.....	86
CAPITULO 17.....	90
CAPITULO 18.....	94
CAPITULO 19.....	97
CAPITULO 20.....	100
CAPITULO 21.....	103



UN LIBRO ANAYA