



F í s i c a

APUNTES DE EJERCICIOS Y PROBLEMAS

Recopilación y elaboración

Prof. Adj. Lic. (Dra.) Paula Almirón
JTP Lic. (Dra.) Clara Victoria Colombo
JTP Ing. Agr. (Dr.) Enrique Montero
JTP Lic. (Dra.) Aldana Zayas
JTP Ing. Civ. Ma. Florencia Hermida
JTP Lic. Natalia Mosconi
Ayud 1^{ra} Ing. Civ. Estefanía Lanas
Ayud 1^{ra} Prof. Ilena Seifert

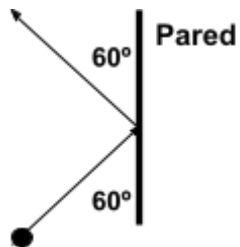
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Departamento de Instrumental Básico UNR

2024

Índice

Capítulo I - Mecánica.....	pág. 3
Capítulo II - Mecánica de los fluidos.....	pág. 6
Capítulo III - Fenómenos de volumen y superficie.....	pág. 11
Capítulo IV - Termodinámica.....	pág. 13
Capítulo V - Propiedades térmicas de la materia.....	pág. 16
Capítulo VI - Fenómenos ondulatorios.....	pág. 20
Capítulo VII - Electromagnetismo.....	pág. 23
Tabla Constantes Universales.....	pág. 27
Mediciones y Errores.....	pág. 28

Capítulo I - Mecánica

- ¿Cuál es el momento lineal de un camión de **1000 kg** cuya velocidad es **20 m/s**? ¿Qué velocidad debe alcanzar un camión de **5000 kg** para tener el mismo momento lineal?
- Un rifle cuya masa es **3 kg** está apoyado en una mesa (sin rozamiento) y dispara un proyectil de **10 g** de masa con una velocidad de **700 m/s**. Calcule la velocidad (módulo, dirección y sentido) del rifle, después del disparo.
- Dos bloques de **300 g** y **200 g** de masa se mueven uno hacia el otro sobre una superficie horizontal sin roce con velocidades de **50 cm/s** y **100 cm/s** respectivamente. Si ambos bloques chocan y quedan **unidos**, halle la velocidad final (luego del impacto) y el sentido. Calcule el cambio en la energía cinética del sistema. ¿De qué tipo de choque se trata?
- Un cuerpo cuya masa es de **50 kg** se mueve a **10 m/s** en dirección **O-E** mientras otro cuerpo de **25 kg** se desplaza en dirección **S-N** a **15 m/s**, ambos cuerpos colisionan y quedan **unidos**. Calcule la velocidad de ambos (módulo, dirección y sentido) luego del impacto. Calcule el cambio en la energía cinética del sistema. ¿De qué tipo de choque se trata?
- Se dinamita una roca y se fragmenta en tres pedazos; dos de ellos salen despedidos en ángulo recto, y sus masas y velocidades son, respectivamente, **10 kg** y **20 kg**; y **15 m/s** y **10 m/s**. La velocidad del tercer pedazo es **5 m/s**. ¿Cuál era la masa de la roca?
- Se lanza una pelota de baseball a una velocidad de **2,5 m/s** siguiendo una trayectoria horizontal hacia el bateador. Éste batea la pelota que vuelve por el mismo camino que antes pero con una velocidad de **5 m/s**. La masa de la pelota es de **140 g**. ¿Cuál es la fuerza media ejercida por el bate si el tiempo de contacto entre él y la pelota es **0,01 s**?
- Estimar la fuerza media que el cinturón de seguridad ejerce sobre un conductor de **75 kg** cuando su automóvil, moviéndose a **110 km/h**, choca contra un objeto fijo y de masa mucho mayor a la del auto. El tiempo que dura el impacto es **0,08 s**.
- Una bola de acero de **3 kg** se mueve con una velocidad de **10 m/s** formando un ángulo de **60°** (respecto de la vertical) hacia una pared vertical. Pega contra ella y rebota saliendo con una velocidad de igual módulo y formando el mismo ángulo con la vertical (como indica la figura). Calcule la fuerza media (módulo, dirección y sentido) si el tiempo de impacto es de **0,05 s**.
 
- Tres cuerpos de masas, $m_1 = 5 \text{ g}$, $m_2 = 10 \text{ g}$ y $m_3 = 15 \text{ g}$ se encuentran alineadas horizontalmente y en ese orden (de izquierda a derecha) de manera que la distancia entre 1 y 2 es de **2 m** y entre 2 y 3 es de **4 m**.
 - Calcule la posición del centro de masa del sistema.
 - Si m_1 se mueve hacia la derecha a **5 m/s**, m_2 se mueve a **3 m/s** hacia la izquierda y m_3 se encuentra en reposo, determine la cantidad de movimiento lineal total del sistema.
 - Calcule la velocidad del centro de masa del sistema.
- Un satélite de comunicaciones sigue una órbita circular alrededor de la Tierra a una altitud de **500 km**, respecto de la superficie terrestre. Si el satélite cumple una revolución

cada **90 minutos**. Determine: **a)** el período del movimiento y la frecuencia; **b)** la velocidad sobre la órbita y la aceleración centrípeta.

$$R_{\text{Tierra}} = 6,4 \cdot 10^6 \text{ m}$$

11. Un automóvil se aproxima a una curva que tiene un radio de **45 m**. Si el pavimento de concreto está seco ¿cuál es la máxima velocidad a la cual el automóvil puede tomar la curva con velocidad constante? $\mu_{\text{caucho-concreto}} = 0,85$

12. Un auto de **1500 kg** se mueve sobre una carretera horizontal y plana y sigue una curva circular de radio **35 m**. Si el coeficiente de rozamiento estático entre los neumáticos y el pavimento es de **0,5**; calcular la máxima velocidad (módulo) que debe alcanzar el auto, para dar la curva sin problemas.

13. Una curva de **30 m** de radio está peraltada de manera que un automóvil puede tomarla a una velocidad de **15 m/s**. Calcule el ángulo de peralte de la curva.

14. Una centrifuga de laboratorio, opera con una rapidez rotacional de **12000 rpm**.

a) ¿Cuál es el valor de la aceleración centrípeta de una célula roja sanguínea a una distancia radial de **8 cm** del eje de rotación de la centrifuga?

b) Compare este valor con la aceleración de la gravedad.

15. Un cuerpo de masa **0,5 kg** está sujeto al extremo de una barra de **1 m** de largo (masa despreciable), realizando un **MCU** en el plano vertical. A través de un mecanismo se lo hace girar con una frecuencia constante de **180 rpm**, calcule la tensión en la barra cuando el cuerpo pasa por el extremo superior y también en el extremo inferior.

16. Una esfera de **50 g** de masa, se desliza (sin rozamiento) en una pista circular vertical de **5 m** de diámetro.

a) Determine la mínima velocidad que la esfera debe tener en la parte más alta de la pista para no caerse.

b) Suponiendo que la esfera se mueva con el doble de la velocidad calculada en el inciso **a)**, calcule la fuerza normal ejercida por la esfera contra la pista, en el extremo superior.

17. Sobre un eje que gira a **1500 rpm** se montaron **3 poleas** de **10, 20, y 30 cm** de diámetro. Calcule:

a) la velocidad angular del eje en rad/s; **b)** la velocidad en las periferias de las poleas.

18. Dos poleas **A y B** están enlazadas por una correa. La polea **A** gira a **1000 rpm** y no hay deslizamiento entre polea y correa. Calcular la velocidad angular y tangencial (en la periferia) de la polea **A**; la velocidad angular y la frecuencia de la polea **B**.

$$R_A = 0,075 \text{ m} \quad R_B = 0,125 \text{ m}$$

19. a) ¿Cuál será la máxima potencia desarrollada por un ciclista si la fuerza, supuesta constante, que hace su pie sobre el pedal es de **10 N**?

b) Determine la distancia recorrida por la bicicleta para una vuelta del pedal.

$$R_{\text{corona}} = 10 \text{ cm} \quad r_{\text{piñón}} = 3 \text{ cm} \quad r_{\text{rueda}} = 35 \text{ cm} \quad f_{\text{corona}} = 0,5 \text{ hz} \quad \text{long. pedal} = 15 \text{ cm}$$

20. Un motor de **220 W** tiene una polea de **0,1 m** de diámetro acoplado a su eje. Si el eje gira con una frecuencia de **1800 rpm** ¿Cuál es el módulo de la carga que puede arrastrar la correa que corre sobre la polea?

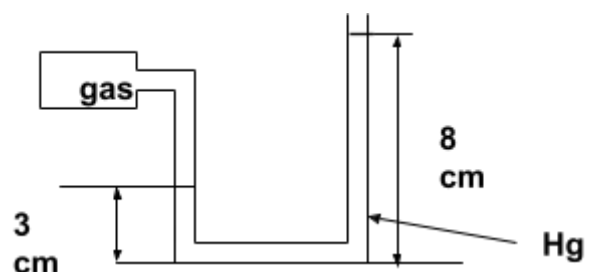
- 21.** La rueda motriz de un tractor tiene un diámetro de **1,8 m** y gira a **22 rpm**. La potencia disponible en ella es de **80 kW**. Calcular:
- La fuerza disponible en la periferia de la rueda.
 - La potencia del motor si el rendimiento de la transmisión es del **85 %**.
- 22.** ¿Qué potencia media (en W) desarrolla un hombre de **80 kg** cuando sube en **10 s** un tramo de escaleras que asciende **6 m** verticalmente?. Exprese la potencia en **kW**; **CV** y **HP**.
1 HP = 746 W 1 CV = 735 W
- 23.** Si la energía eléctrica tiene un valor monetario de **\$330,00** cada **kWh** ¿Cuánto cuesta hacer funcionar un motor eléctrico durante **6 horas** si su potencia es de **10 HP**?
- 24.** Se requiere una bomba para elevar **800 kg** de agua por minuto desde un pozo de **10 m** de profundidad y lanzarla con una velocidad de **20 m/s**.
- Determine el trabajo que realizará la bomba (tener en cuenta que se debe elevar la masa de agua y salir expulsada con velocidad distinta de cero).
 - ¿Qué potencia necesita el motor, expresada en **kW** y **HP**?
 - Si el motor funciona durante **4 horas** diarias durante **20 días** al mes, ¿cuánto hay que abonar por bimestre a la EPE si el kWh cuesta **\$330,00**?
- 25.** Una grúa eleva un carro de **200 kg** que contiene **30** bolsas de trigo de medio quintal cada una (**1 qq = 100 kg**), hasta una altura de **8 m** en **20 s**. Sabiendo que la potencia suministrada por el motor es **11 kW**; calcule:
- El trabajo de salida.
 - La potencia de entrada y la potencia de salida suponiendo que la grúa trabaja a velocidad constante.
 - El rendimiento de la grúa.
- 26.** Se quiere llenar un silo con **12000** toneladas de soja. Para ello se utiliza una noria de **25 m** de altura, empleando en la tarea **194 horas**. Determinar la energía total de salida en **kWh**. Si el rendimiento de la instalación es del **60%**; halle la potencia requerida en el motor.
- 27.** Si un adulto consume **10^7 J/día** según la cantidad de trabajo que hace (en sentido técnico), calcular la velocidad metabólica **R**, es decir, la potencia que consume.
- 28.** Si por cada litro de oxígeno consumido, una persona libera **$2 \cdot 10^4$ J**, calcule:
- La velocidad metabólica **R** para un consumo de **1,45 litros de oxígeno/minuto**.
 - La potencia producida si el rendimiento de los músculos es **25 %**.
- 29.** ¿Cuál sería la velocidad de consumo de oxígeno durante el sueño, suponiendo una velocidad metabólica de **$R = 75$ W** y que la energía liberada por unidad de volumen de O_2 consumido es **$E_v = 2 \cdot 10^4$ Joule/l**.

Capítulo II - Mecánica de los fluidos

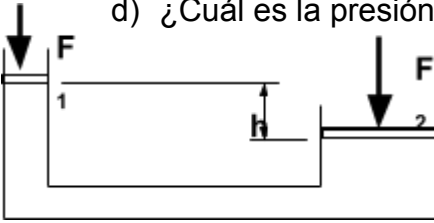
- Un submarino se encuentra a **50 m** por debajo de la superficie del océano, en equilibrio. Si desciende hasta **100 m**, y vuelve al equilibrio: ¿Aumenta el empuje, disminuye o permanece invariable?
- La densidad del agua es **1g/cm³**. Expresarla en kg/m³ y kg/dm³.
- ¿Por qué en el barómetro se utiliza mercurio y no agua? Calcule la altura de agua que alcanzaría en el barómetro, al medir la presión atmosférica.
- Un recipiente cilíndrico tiene un diámetro de **10 cm** y una altura de **20 cm**. Se lo llena al ras con aceite y se determina que la masa del aceite es de **752,7 g**. Calcule:
 - el volumen del recipiente.
 - La densidad del aceite en **g/cm³** y en **kg/ m³**.
- En un día de plena cosecha de trigo se recibió en una planta de acopio **1300 toneladas** de ese cereal, con una densidad promedio de **770 kg/m³**. Si todo este cereal se colocó en un mismo silo, calcular qué volumen de éste se ocupa.
- La plata pura tiene una densidad de **10500 kg/m³**. Un anillo que se vendió como de plata pura, tiene **25 g** de masa. Al sumergirlo en una probeta con agua, el nivel sube **2 mL**. Determina si el anillo es de plata pura.
- Una vasija vacía tiene una masa **2,94 kg**. Llena de agua, su masa es de **51,94 kg** y llena de glicerina tiene una masa de **64,68 kg**. Hallar la densidad relativa de la glicerina.
- La presión atmosférica en Marte es **10 veces menor** a la terrestre. ¿A qué altura subiría una columna de mercurio en Marte? ¿y en la Luna?
- El pistón de un cilindro hidráulico de una máquina agrícola tiene un diámetro de **0,075 m** y debe realizar una fuerza de **26000 N**. Calcular la presión del líquido hidráulico requerida para poder ejercer dicha fuerza.
- Un tanque australiano tiene una profundidad de **1,80 m**, su borde superior está a **3,40 m** por encima de la válvula de llenado de un bebedero. Cuando el tanque está completamente lleno, calcule:
 - La presión absoluta y manométrica en el fondo del tanque.
 - La presión absoluta y manométrica en la válvula del bebedero.
 Considere la presión atmosférica de **1013 hPa**.

- El líquido del manómetro de la figura es mercurio. La presión atmosférica es de **1013 hPa**. Densidad del mercurio: **13,6 g/cm³**

a) ¿Cuál es la presión absoluta en el fondo del tubo en U?



- b) ¿Cuál es la presión absoluta en el tubo abierto a una profundidad de **5 cm** por debajo de la superficie libre?
 c) ¿Cuál es la presión absoluta del gas en el depósito?
 d) ¿Cuál es la presión manométrica del gas?



12. En el sistema hidráulico de la figura se tienen los siguientes datos:

$$A_1 = 0,005 \text{ m}^2 \quad A_2 = 0,150 \text{ m}^2 \quad F_1 = 285 \text{ N} \quad h = 5 \text{ m}$$

$$\delta = 880 \text{ kg/m}^3$$

Calcular la fuerza F_2 para mantener el equilibrio.

13. Un cuerpo tiene una masa de **46,8 kg** y un volumen de **0,006 m³**. Suspendido de una cuerda se lo sumerge en un líquido de densidad **890 kg/m³**. Calcule:

- El empuje.
- La tensión de la cuerda.

14. Una pieza de metal de masa **90 g**, sumergida totalmente en **agua** tira de un resorte con una fuerza de **0,735 N**. Calcule el volumen y la densidad de la pieza de metal.

$$\delta_{\text{ag}} = 1 \text{ g/cm}^3$$

15. Un bloque cúbico de acero flota en mercurio.

¿qué fracción del bloque se encuentra por encima de la superficie de mercurio?

$$\delta_{\text{acero}} = 7,8 \text{ g/cm}^3$$

$$\delta_{\text{hg}} = 13,6 \text{ g/cm}^3$$

16. Una esfera hueca de radio interior **9,5 cm** y radio exterior **10 cm** flota hasta el **ecuador** sumergida en un líquido de densidad relativa **0,8**.

- Calcule la densidad del material de la esfera.
- ¿Cuál sería la densidad de un líquido en el que la esfera pudiera flotar totalmente sumergida?

17. Una boya cilíndrica de **10 cm** de diámetro flota sumergida hasta la **mitad** en el agua. Tropa sobre ella una rana de **0,25 kg**. ¿En cuánto se incrementa la altura sumergida?

18. Un tambor cilíndrico hueco de **0,6 m** de diámetro flota en agua, en posición vertical, sumergido **0,2 m**. ¿Cuál será la distancia que se sumerge cuando se coloca en su interior **0,004 m³** de arcilla cuya densidad relativa es **1,8**?

19. Un globo aerostático cuya masa con todos sus accesorios es de **600 kg** y **desciende** con una aceleración **10 veces menor** que la gravedad. ¿Qué masa de lastre se debe arrojar para que **ascienda** con la misma aceleración (desprecie el rozamiento)?

20. La presión manométrica de cada uno de los **4** neumáticos de un automóvil es de **200 kPa**. Cada neumático tiene un área de **0,024 m²** en contacto con el suelo. Calcule la masa del automóvil.

21. Un medidor de presión está constituido por un resorte ($k = 1000 \text{ N/m}$) y un pistón cuyo diámetro es de **2 cm**. Si este medidor se introduce en agua, ¿qué profundidad hará que el pistón se comprima **0,5 cm**? $\delta_{\text{ag}} = 1 \text{ g/cm}^3$

22. Una pelotita de ping-pong tiene un diámetro de **3,8 cm** y una densidad promedio de **0,084 g/cm³**. Determine la fuerza necesaria para mantener la pelota sumergida totalmente debajo del agua.

23. Un bloque de metal de **10 kg** cuya base cuadrada es de **10 cm x 10 cm** y tiene una altura de **12 cm**, se suspende de un dinamómetro y se sumerge en agua, de manera que el bloque sobresale **7 cm** sobre la superficie del agua. Determine la lectura en el dinamómetro.

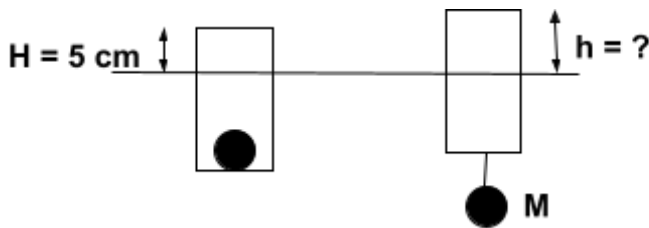
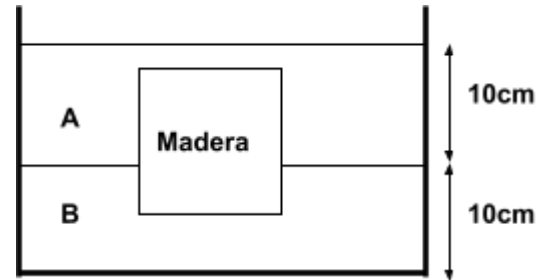
24. Un bloque cúbico de madera de **10 cm** de arista flota entre la superficie de separación de aceite (A) y agua (B) como indica la figura, estando su cara inferior **2 cm** por debajo de la superficie de separación.

$$\delta_{ac} = 0,6 \text{ g/cm}^3 \quad \delta_{ag} = 1,0 \text{ g/cm}^3$$

Calcule:

a) las presiones en las caras superior e inferior del bloque de madera.

b) la masa de dicho bloque.



25. Una lata cilíndrica de **0,2 m** de diámetro flota en agua sobresaliendo **5 cm** cuando tiene colocado en su interior un bloque de hierro **M = 10 kg**. Si el bloque de hierro se lo retira y se cuelga de la lata, ¿cuánto será ahora lo que sobresale de la superficie del agua?

$$\delta_{Fe} = 7800 \text{ kg/m}^3 \quad \delta_{ag} = 1 \text{ g/cm}^3$$

26. Por un canal de riego de **30 m²** de sección transversal fluye **agua** con una velocidad de **1,6 m/s**. Calcular el caudal en **m³/s**.

27. El caudal de agua que circula por una tubería de **media pulgada** de diámetro es de **250 cm³/s**. Calcular la velocidad de escurrimiento del agua.

28. Un caudal de agua de **320 cm³/s** circula, primero por una tubería de **5 cm²** de sección, y luego ésta se reduce a de **1,25 cm²**. Hallar la velocidad del agua en cada tubería.

29. Un tanque australiano tiene al nivel del fondo un orificio de desagote de **0,05 m** de diámetro. La altura del agua en el tanque lleno es de **1,80 m**. Si se deja salir por el orificio:

a) ¿cuáles serán la velocidad de salida y el caudal?

b) ¿cuáles serán la velocidad de salida y el caudal cuando el tanque tenga la mitad de la altura inicial del agua?

30. Una manguera de jardín que tiene **20 mm** de diámetro interior se conecta con un aspersor de césped que consiste en una caja con **24 agujeritos**, cada uno de **2 mm** de diámetro, la velocidad del agua en la manguera es de **1 m/s**. Calcule la velocidad del agua a la salida de los agujeros del aspersor, considerando al agua como fluido ideal y circulando en régimen estacionario.

31. Una bomba eleva agua de la superficie de un lago a razón de **0,6 m³/min**, a través de una tubería de **5 cm** de diámetro, descargándola en una acequia a **8 m** por sobre la superficie del lago. Considerando el agua como un fluido ideal, calcule:

a) la velocidad del agua en el punto de descarga;

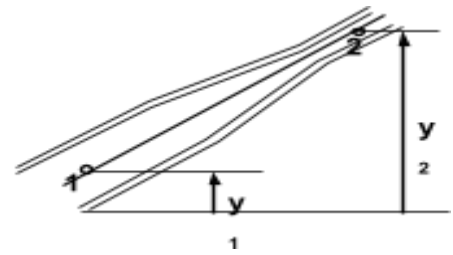
b) la potencia desarrollada por la bomba.

32. Del conducto de la figura se tienen los siguientes datos:

$$Q = 0,012 \text{ m}^3/\text{s} \quad A_1 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \quad A_2 = 5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\delta = 840 \text{ kg/m}^3 \quad y_1 = 1 \text{ m} \quad y_2 = 4 \text{ m} \quad p_2 = 102000 \text{ Pa}$$

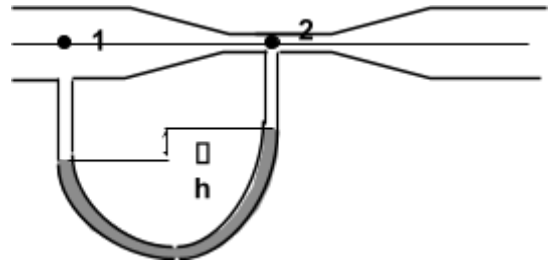
Halle las velocidades v_1 y v_2 del líquido y la presión p_1 .



33. El tubo de la figura tiene la sección $A_1 = 36 \text{ cm}^2$ y la sección $A_2 = 9 \text{ cm}^2$. Cada 5 s salen del tubo 27000 cm^3 de agua. Calcule:

- el caudal Q ;
- las velocidades v_1 y v_2 del líquido;
- la diferencia de presiones ($p_1 - p_2$);
- la diferencia Δh entre las alturas de la

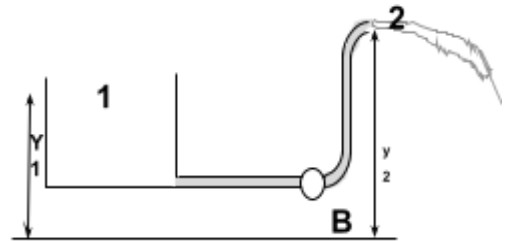
columna de mercurio del tubo en U. $\delta_{\text{Hg}} = 13,6 \text{ g/cm}^3$



34. En el sistema hidráulico de la figura, la bomba (B) entrega al líquido la energía por unidad de volumen $E = 668800 \text{ J/m}^3$. Los demás datos son:

$$y_1 = 2 \text{ m}; \quad y_2 = 18 \text{ m} \quad \delta_{\text{ag}} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

¿Cuál será la velocidad v_2 de salida del chorro de agua?



35. El sistema hidráulico consiste en una represa (R) y una turbina (T). Los datos son: $v_2 = 8 \text{ m/s}$ $y_1 = 40 \text{ m}$; $y_2 = 0 \text{ m}$

$$\delta_{\text{ag}} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

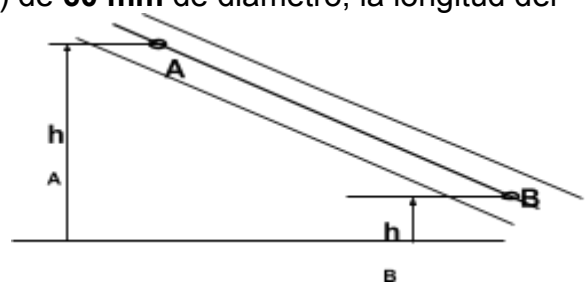
Calcule:

- la energía por unidad de volumen que entra a la turbina;
- la potencia que entra a la turbina, si el caudal que por ella circula es $Q = 4 \text{ m}^3/\text{s}$.

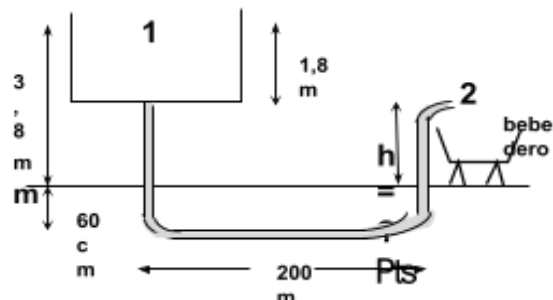
36. La cañería indicada es de P.V.C. (usar ábaco) de **60 mm** de diámetro, la longitud del segmento **AB** es **25 m**, la presión $P_B = 122000 \text{ Pa}$, la velocidad es $v = 1,4 \text{ m/s}$, las alturas de **A** y **B** son:

$h_A = 2 \text{ m}$, $h_B = 1 \text{ m}$. Calcule el caudal que circula, la pérdida de carga entre **A** y **B**, y la presión en **A** en los siguientes casos:

- el agua circula de **A** a **B** (desciende)
- el agua circula de **B** a **A** (asciende).

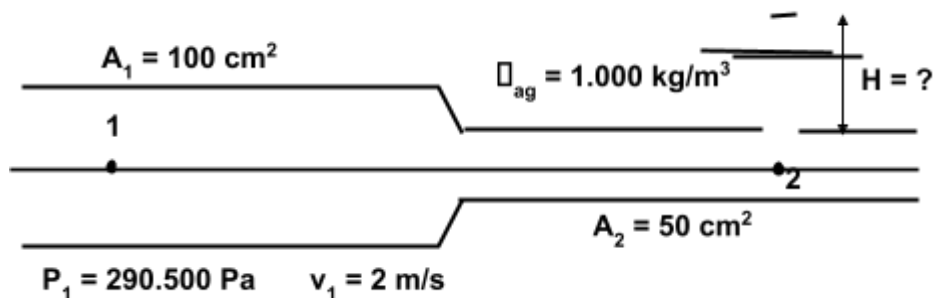


37. La cañería que comunica el tanque con el bebedero es de **4 pulgadas** de diámetro. Admitiendo que la pérdida de carga por unidad de longitud que se produce es de **0,01 m/m**, calcule cuál es la máxima altura h a la que se puede colocar un bebedero para que no sea necesario usar bomba (desprecie pérdidas localizadas).



39. ¿Qué pérdida de carga se tendrá en una cañería de **PVC** de **2 pulgadas** de diámetro y **250 m** de longitud y un **codo** a **45°** si se quiere obtener un caudal $Q = 4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$? Usar ábaco

40. En una cañería horizontal de **PVC** circula agua, desde la sección mayor, que tiene una longitud de **70 m** hacia el estrechamiento; a **30 m** de éste (en la parte de menor sección) se coloca un tubo abierto. ¿Hasta qué altura **H** asciende el agua en el tubo? (desprecie la pérdida de carga localizada en el estrechamiento, pero tenerla en cuenta en todo el resto de la cañería). Usar ábaco



Capítulo III - Fenómenos de volumen y superficie

1. a) ¿Cuál es la resistencia al flujo de agua de una aguja hipodérmica de **8 cm** de longitud y **0,04 cm** de radio interno

b) La aguja está unida a una jeringa con un émbolo de **3,5 cm²** de área. ¿Cuál es la fuerza que debe aplicarse al émbolo para conseguir que el agua fluya desde la jeringa a una vena con un caudal de **2 cm³/s**? Suponer que la presión en la vena es **9 mm de Hg**.

$$\eta_{\text{agua}} = 1,00 \cdot 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$$

2. a) Un fluido ejerce una fuerza viscosa F_v sobre cualquier cuerpo que se desplaza a través de él. Si el cuerpo es una esfera de radio r que se mueve a velocidad v , F_v está dada por la ley de Stokes: $F_v = 6 \pi \eta r v$. ¿Cuál es la fuerza viscosa F_v sobre una gota de lluvia de **0,02 cm** de radio que se mueve en el aire con $v = 2 \text{ m/s}$

$$\delta_{\text{aire}} = 1,23 \text{ kg/m}^3 \qquad \eta_{\text{aire}} = 1,71 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}\cdot\text{s}$$

b) Una gota que cae en el aire aumenta su velocidad hasta que la gota se mueve en equilibrio. A partir de allí, la gota cae a velocidad constante (velocidad límite) v_L . ¿Cuál será la v_L para la gota de lluvia del caso a)?

3. a) ¿Cuál es el trabajo necesario para aumentar el tamaño de una pompa de jabón desde **5 cm** a **15 cm** de diámetro si el coeficiente de tensión superficial del agua jabonosa es $\gamma = 0,04 \text{ N/m}$?

b) ¿Cuál es la presión interior en cada caso, si la exterior es la presión atmosférica normal?

4. Hallar la presión en el interior de una esfera de aire de **1.10⁻³ cm** de radio, formada en el fondo de un estanque de **5 m** de profundidad. Considere la presión atmosférica normal y

$$\gamma_{\text{ag}} = 7,7 \cdot 10^{-2} \text{ N/m}$$

5. ¿Cuál es la presión en el interior de un alvéolo pulmonar hinchado con aire hasta un radio de **0,07 mm**, si la tensión superficial del fluido que lo rodea es **0,06 N/m**?

6. Un vaso sanguíneo capilar posee un diámetro de **4.10⁻⁶ m**. ¿hasta qué altura podría ascender la sangre en dicho vaso si el ángulo de contacto es cero?

$$\gamma_{\text{sangre}} = 5,8 \cdot 10^{-2} \text{ N/m} \qquad \delta_{\text{sangre}} = 1050 \text{ kg/m}^3$$

7. Un tubo de sección circular y radio exterior **0,14 cm**, cerrado en un extremo, flota en agua en posición vertical con el extremo cerrado, previamente lastrado, hacia abajo. La masa total del tubo y el lastre es **0,2 g**. Si el ángulo de contacto es **nulo**, ¿a qué distancia por debajo de la superficie está el fondo del tubo?

8. La pata de un mosquito en el agua forma una depresión de radio $r = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ y un ángulo de 37° (respecto de la vertical), calcule la masa máxima del insecto, suponiendo que está igualmente sostenido sobre sus seis patas. $\gamma_{\text{ag}} = 7,7 \cdot 10^{-2} \text{ N/m}$

9. Se tiene un tubo barométrico en un día de presión atmosférica **950 hPa**.

a) ¿Cuál sería la altura alcanzada por el mercurio en el tubo, sin considerar efecto de la tensión superficial?

b) ¿Cuál es la altura de mercurio en un tubo barométrico de **2 mm** de radio (capilar)?

c) ¿Qué diámetro mínimo debe tener el tubo para que la corrección por capilaridad sea inferior a **0,01 cm** de Hg?

$$\delta_{\text{hg}} = 13,6 \text{ g/cm}^3 \quad \gamma_{\text{Hg}} = 46,5 \cdot 10^{-2} \text{ N/m}; \quad \alpha_{\text{Hg-vidrio}} = 140^\circ$$

10. Una vasija cerrada tiene insertado un tubo capilar de **0,1 mm** de radio. Contiene agua a una presión de **1,01 atm**. ¿A qué altura se elevará el líquido en el capilar, considerando el extremo superior de éste abierto a la atmósfera? $\gamma_{\text{H}_2\text{O}} = 7,7 \cdot 10^{-2} \text{ N/m}$

11. Un tubo horizontal cuyo diámetro interno es de **3 cm** y cuya longitud es de **6 m** lleva agua con un caudal de **40 L/min**. ¿Cuál es la diferencia de presión que se requiere entre los extremos del tubo? Determine el N° de Reynolds en estas condiciones.

$$\delta_{\text{ag}} = 1000 \text{ kg/m}^3 \quad \eta_{\text{ag}} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Pa.s}$$

12. a) ¿Con qué velocidad cae una bola de hierro de **1 mm** de radio en un depósito de glicerina en un instante en que su aceleración vale **3,3 m/s²**?

b) ¿Cuál es la velocidad límite de la bola de hierro en glicerina?

$$\delta_{\text{glic}} = 1,26 \text{ g/cm}^3 \quad \delta_{\text{Fe}} = 7,6 \text{ g/cm}^3 \quad \eta_{\text{glic}} = 1,41 \text{ Pa.s}$$

13. El vapor de agua en la atmósfera al condensarse aparece en suspensión aparente en el aire, formando las nubes y las nieblas; ambas constituidas por gotitas muy pequeñas cuyo diámetro medio es **0,01 mm**.

a) ¿Cuál es la velocidad límite de esas gotitas en el aire?

b) Bajo ciertas condiciones, varias gotitas se unen y forman una gota cuyo diámetro es **1 mm**; se produce el fenómeno de la lluvia. ¿Cuál es la velocidad límite de estas últimas gotas?

$$\eta_{\text{aire}} = 18 \cdot 10^{-6} \text{ Pa.s} \quad \eta_{\text{ag}} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Pa.s}$$

14. Calcule la tensión superficial de un líquido que asciende **50 cm** por un tubo capilar de **0,04 mm** de diámetro, $\delta = 0,8 \text{ g/cm}^3$ y el ángulo de contacto es de **20°**.

15. Un líquido de $\delta_1 = 1 \text{ g/cm}^3$ y coeficiente de tensión superficial $72 \cdot 10^{-3} \text{ N/m}$, asciende **50 mm** en un tubo capilar. Otro líquido cuya $\delta_2 = 0,8 \text{ g/cm}^3$ asciende **30 mm** en el mismo capilar. Calcule el coeficiente de tensión superficial del último líquido, si ambos tienen el mismo ángulo de contacto.

16. En el xilema de los vegetales, una de sus células componentes puede compararse a un cilindro hueco de aproximadamente **1 mm** de radio interior. Si se encuentra en una solución salina de $\delta_{\text{sal}} = 1,05 \text{ g/cm}^3$ y $\gamma_{\text{sal}} = 74,22 \cdot 10^{-3} \text{ N/m}$ y sabiendo que el ángulo de contacto es **25°**. Calcule:

a) Cuál será el ascenso capilar.

b) La presión en el interior de la interfase, correspondiente al líquido, considerando que el sistema se halla a la presión atmosférica normal.

Capítulo IV - Termodinámica

1. El punto de ebullición del azufre es de **444,5°C**. Expresa esa temperatura en **°F** y **K**.
2. El punto de ebullición del oxígeno es **-297,35°F**. Expresa esa temperatura en **°C** y **K**.
3. En una revista científica encontramos la siguiente afirmación: “en Plutón, un planeta enano muy alejado del Sol, la temperatura alcanza **380 grados bajo cero**”. No obstante no se haya aclarado cuál fue la escala termométrica que se utilizó, se sabe que quién escribió el texto se estaba refiriendo a una de las siguientes escalas: **Kelvin, Celsius** o **Fahrenheit**.
¿Cuál utilizó? Fundamente.
4. Un día la temperatura disminuye desde los **68°F** hasta los **-5°C**. Expresa la diferencia de temperatura en las escalas **Celsius** y **Kelvin**.
5. Determine la variación térmica de un día de invierno en que se registra una temperatura mínima de **0°C** y una máxima de **12°C**, en: **a)** grados Celsius, **b)** Kelvin, **c)** grados Fahrenheit.
6. Paula inventó su propia escala termométrica y la definió a partir de los siguientes puntos de referencia: a la temperatura de **10°C** le asignó el valor **0°P** y, a **170°C** le asignó el valor **100°P**. Determine, en **°P** la temperatura de **50°C**.
7. ¿Qué cantidad de calor se debe suministrar a **0,20 kg** de cobre, cuya capacidad calorífica específica es **$c_{cu} = 384 \text{ J/kg.K}$** , para elevar su temperatura en **50 K**?
8. ¿Qué cantidad de calor es necesario intercambiar para convertir **0,020 kg** de hielo en su **punto de fusión** en agua a **30°C**? **$L_f = 334000 \text{ J/kg}$** y **$c_{ag} = 4200 \text{ J/kg°C}$**
9. Calcule el calor a intercambiar para vaporizar totalmente un trozo de **500 g** de hielo que se encuentra inicialmente a **-15°C** (todo el proceso se realiza a presión atmosférica normal).
 $c_h = 0,530 \text{ cal/g°C}$ **$L_f = 80 \text{ cal/g}$** **$c_{ag} = 1 \text{ cal/g°C}$** **$L_v = 540 \text{ cal/g}$**
10. Un calorímetro de masa **200 g** contiene **500 g** de agua, estando ambos a **12°C**. Se introduce en el calorímetro una masa de **400 g** de metal a **100°C** y todo el sistema alcanza una temperatura final de **18°C**. Determine la capacidad calorífica específica del metal.
 $c_{cal} = 0,20 \text{ cal/g°C}$ **$c_{ag} = 1 \text{ cal/g°C}$**

11. Un trozo de hierro a 100°C de masa 200 g , se introduce en un recipiente de paredes adiabáticas con agua a 5°C , y se enfría a 20°C , obtenga la masa equivalente en agua del recipiente. $c_{\text{Fe}} = 0,11\text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$

12. En un calorímetro ideal que contiene 500 g de agua a 25°C , se introducen 75 g de hielo a 0°C . Calcule la temperatura final de la mezcla y la composición de la misma.

$$L_f = 80\text{ cal/g} \quad c_{\text{ag}} = 1\text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$$

13. En el interior de un calorímetro ideal hay 50 g de hielo a 0°C , Se introducen 12 g de vapor de agua a 100°C . ¿Cuál será la temperatura de equilibrio y la composición final de la mezcla?

$$L_f = 80\text{ cal/g} \quad c_{\text{ag}} = 1\text{ cal/g}^{\circ}\text{C} \quad L_v = 540\text{ cal/g}$$

14. En un calorímetro ideal se colocan 100 g de hielo a -25°C . Luego se introduce en el mismo 800 g de vapor de agua a 120°C . Determinar la temperatura de equilibrio de la mezcla y el contenido del calorímetro.

$$c_n = 0,530\text{ cal/g}^{\circ}\text{C} , c_v = 0,5\text{ cal/g}^{\circ}\text{C} , L_v = 540\text{ cal/g} , L_f = 80\text{ cal/g} , c_{\text{ag}} = 1\text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$$

15. Un termo ideal contiene 150 g de agua a 20°C . Dentro de él se colocan 75 g de un metal a 120°C . Después de establecerse el equilibrio, la temperatura del agua y el metal es de 40°C . ¿Cuál es el calor específico del metal?

16. En un calorímetro de cobre ($c_{\text{cu}} = 384\text{ J/kg K}$) se queman exactamente 3 g de gasoil, produciéndose una combustión completa. La masa del calorímetro es de $1,5\text{ kg}$ y la masa de agua del aparato es 2 kg . La temperatura inicial de la experiencia fue de 20°C y la final de $34,3^{\circ}\text{C}$. Determinar el poder calorífico del gasoil en J/kg y en kcal/kg . $c_{\text{agua}} = 4186\text{ J/kg K}$

17. El petróleo utilizado como combustible en un horno tiene un poder calorífico de 5000 kcal/kg . Suponiendo que es aprovechable el 70% del calor de la combustión, calcule la cantidad (masa) de combustible necesaria para calentar 500 kg de agua desde 10°C hasta 80°C .

18. Se suministran 6000 cal a un sistema, y a continuación se comprime realizándose para ello un trabajo de 15000 J . Calcule el incremento de la energía interna del sistema.

$$1\text{ cal} = 4,186\text{ J}$$

19. En cierto proceso se suministra a un sistema 500 cal y al mismo tiempo se realiza sobre el sistema un trabajo de 100 J . ¿Cuál es el incremento de su energía interna?

$$1\text{ cal} = 4,186\text{ J}$$

20. Una bala de plomo penetra en una plancha de madera a la velocidad de 400 m/s y después de perforarla sale de ella. Suponiendo que la mitad de la energía perdida se ha empleado en "calentar" la bala, se observa que su temperatura ha aumentado 200°C , sabiendo que el calor específico del plomo es $125,4\text{ J/kg}^{\circ}\text{C}$ ¿Cuál era la velocidad de salida de la bala?

21. En una carrera en día caluroso, un ciclista consume 8 L de agua durante $3,5\text{ horas}$. Si hacemos la aproximación de que toda la energía del ciclista se destina a evaporar esta agua como sudor, ¿cuánta energía (en kcal) usa el ciclista durante el recorrido?

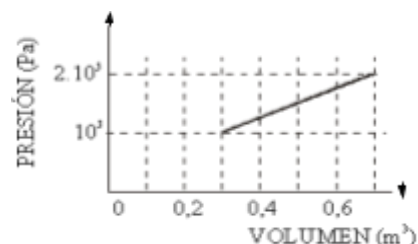
22. El calor específico del mercurio es $138\text{ J/kg}^{\circ}\text{C}$. Determine el calor latente de fusión del mercurio usando los siguientes datos de un calorímetro: 1 kg de mercurio sólido en su punto de fusión de -39°C se coloca en un calorímetro de aluminio ($c_{\text{aluminio}} = 411\text{ J/kg}^{\circ}\text{C}$) de $0,62$

kg con **0,40 kg** de agua ($c_{\text{agua}}=4200 \text{ J/kg}\cdot^{\circ}\text{C}$) a **12,80°C**; la temperatura de equilibrio resultante es **5,06°C**.

23. Un patinador de hielo de **58 kg** que se mueve a **7,5 m/s** se desliza hasta detenerse. Si se supone que el hielo está a **0°C** y que el **50%** del calor generado por fricción lo absorbe el hielo, ¿qué masa de hielo se funde?

24. En un proceso se suministran a un sistema **209300 J** de energía en forma de calor y, simultáneamente el sistema se expande venciendo una **presión exterior constante** de **705600 N/m²**. La variación energía interna del sistema es de **138740 J** en dicho proceso. Calcule el **incremento** de volumen del sistema.

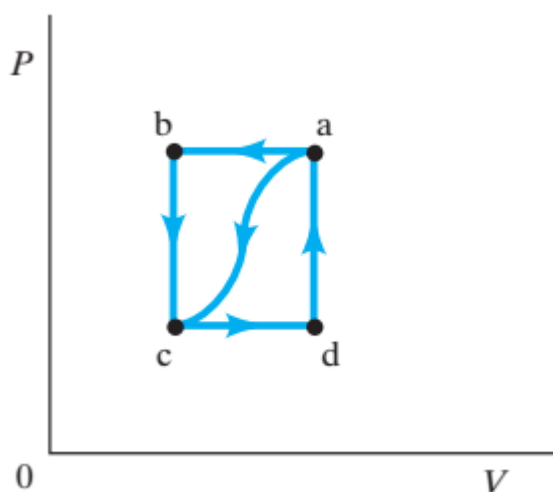
25. Un globo contiene inicialmente **0,3 m³** de gas a una presión de **1.10⁵ Pa** y experimenta un cambio de la presión (hasta **2.10⁵ Pa**) y de volumen (hasta **0,7 m³**) ver diagrama p-V. ¿Cuál es el trabajo realizado por el gas?



26. Un sistema termodinámico realiza un proceso en el cual su energía interna decrece **500 J**, al mismo tiempo, se realizan **220 J** de trabajo sobre el sistema. Calcule la energía transferida en forma de calor.

27. Cuando un gas se lleva desde el estado "a" al estado "c" a lo largo de la trayectoria curva (ver figura), el trabajo que realiza el gas es **W = -35 J** y el calor agregado al gas es **Q = -63 J**. A lo largo de la trayectoria "abc", el trabajo realizado es **W = -54 J**. a) ¿Cuál es el calor intercambiado en la trayectoria "abc"? b) Si la presión en "c" es la mitad de la presión en "b"; ¿cuál es el trabajo intercambiado para la trayectoria "cda"? c) ¿Cuál es el calor intercambiado para la trayectoria "cda"? d) ¿Cuánto vale $I_a - I_c$?

e) Si $I_d - I_c = 12 \text{ J}$, ¿cuál es el calor intercambiado en la trayectoria "da"?



Capítulo V - Propiedades térmicas de la materia

1. En un laboratorio se realizaron distintas experiencias con **1g** de hidrógeno (H_2), en condiciones que puede considerarse gas ideal. Con esos datos se elaboraron 2 tablas que se muestran a continuación:

c) ¿A de

V (lts)	p (atm)
10,0	1,0
5,0	2,0
4,0	2,5
2,0	5,0

V (lts)	t (°C)
0,5	-90
1,0	93
1,5	276
2,0	459

a) Determina la masa molecular de H_2 .

b) Determina el número moles que se experimentan. qué transformaciones se expuso el gas?

d) Grafica la presión en función del volumen para la primera tabla.

de la temperatura para la

e) Grafica el volumen en función segunda tabla.

f) Indica qué leyes se ponen de manifiesto.

g) Determina la temperatura del gas para cada estado de la primera tabla.

h) Determina la presión del gas para cada estado de la segunda tabla.

2. En condiciones de gas ideal se trabaja con **580 g** de gas butano (C_4H_{10}) que ocupan un volumen de **500 L** soportando una presión de **2 atm**. Determina:

a) El número de moles de la muestra.

b) La temperatura a la que se encuentra el gas.

c) Determina la presión del gas al duplicar su volumen y disminuir su temperatura a la mitad.

d) Determina las densidades para el estado inicial y final del gas.

3. Un **mol** de cierto gas que ocupaba **1,5 lts** a **4 atm** de **presión**, se dilata **isotérmicamente** hasta **1 atm de presión**. Después se enfría a **presión constante** hasta que alcanza su **volumen inicial**.

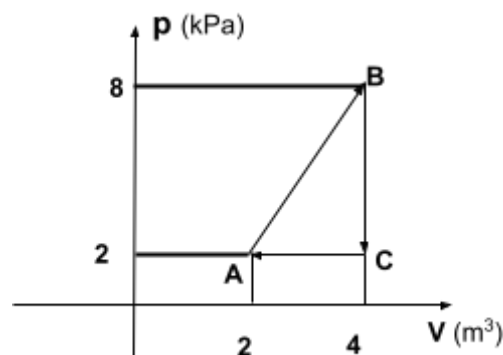
a) Hacer la gráfica de ambos procesos en ejes p – V.

b) Determinar p, V y T para cada estado.

4. Un gas experimenta un proceso cíclico como se indica en la figura. Suponiendo que la temperatura en **A** es **10°C**. Calcule:

a) Las temperaturas en los estados **B** y **C**.

b) El trabajo intercambiado en cada evolución.



- c) El trabajo intercambiado en el ciclo.
- d) La cantidad de calor intercambiada en el ciclo.

5. Un mol de un **gas ideal** realiza un trabajo de **3000 J** sobre sus alrededores, a medida que se expande (isotérmicamente) hasta alcanzar una presión final de **1 atm** y un volumen de **25 L**. Obtenga:

- a) la temperatura del gas; b) el volumen inicial; c) la variación de energía interna.

6. Un **gas ideal**, que se encuentra inicialmente a la temperatura de **300 K**, se expande isobáricamente a **2500 Pa**, incrementándose el volumen desde **1 m³** hasta **3 m³** y se transfieren **12500 J** al gas en forma de calor, calcule:

- a) el cambio de su energía interna;
- b) su temperatura final.

7. A un sistema constituido por **1,12 litros** de gas en condiciones normales de presión y temperatura (**1 atm y 0°C** respectivamente), se le reduce el volumen a la **mitad** durante un proceso isotérmico.

a) Calcule la presión del gas al finalizar el proceso isotérmico, dando el resultado en Pa, atmósferas y cm de mercurio.

b) Haga las representaciones gráficas de la presión p en función del volumen V , y del Volumen en función de la Temperatura, indicando los correspondientes valores iniciales y finales de las variables.

8. Un sistema constituido por **140 litros** de amoníaco que se encuentra a presión y temperatura **normales**, se enfría hasta que la presión se reduce al **75%** de su valor inicial, sin que se produzca un cambio de volumen.

a) Calcule la temperatura final del sistema, expresando el resultado en la escala **Celsius** y **Kelvin**.

b) Represente gráficamente la presión en función del volumen y el volumen en función de la temperatura, indicando los correspondientes valores iniciales y finales de las variables.

9. Una masa de gas está encerrada en un cilindro de **8 litros**; el manómetro marca **3 atm** y el gas, que estaba a **200°C**, es enfriado a **127°C**. ¿Qué presión absoluta y que presión manométrica tendrá?

10. Un sistema constituido por **10 litros** de gas que se encuentra inicialmente a **6 atm** y **200 K** se somete a los siguientes cambios sucesivos:

I- Se expande hasta **triplicar** el volumen inicial mediante un proceso **isotérmico**.

II- Se aumenta su temperatura **sin que cambie el volumen** hasta que la presión retoma el valor inicial de **6 atm**.

III- Se comprime a **presión constante**, hasta lograr condiciones de volumen y temperatura coincidentes con las iniciales.

a) Represente todo el proceso en un diagrama **P-V**.

b) Calcule la presión, volumen y temperatura al finalizar cada uno de los tres cambios

c) el calor que se debe entregarle para calentarlo hasta **10°C**, a volumen constante;

d) ídem pero a presión constante;

e) el trabajo realizado por el pistón y comparar el resultado con la diferencia de las respuestas de las dos preguntas anteriores.

$c_v = 706,4 \text{ J/kg}\cdot^\circ\text{C}$ (capacidad calórica específica del aire a V constante)

$c_p = 993,2 \text{ J/kg}\cdot^\circ\text{C}$ (capacidad calórica específica del aire a P constante)

11. Una muestra de **2 moles** de un **gas ideal** con $\gamma = 1,4$ se expande lentamente y de manera adiabática desde una presión de **5 atm** y un volumen de **12 litros** hasta un volumen final de **30 litros**.

- ¿Cuál es la presión final del gas?
- ¿Cuáles son las temperaturas inicial y final?
- Calcular **Q**, **W** y **ΔI** del proceso.

12. ¿Cuánto trabajo se requiere para comprimir **5 mol** de aire a **20°C** y **1 atm** de presión hasta un **décimo** del volumen inicial,

- si el proceso es isotérmico
- si el proceso es adiabático.
- ¿Cuál es la presión final en cada uno de dichos casos?
 $c_p = 29,1 \text{ J/mol.K}$ y $c_v = 20,8 \text{ J/mol.K}$

13. Obtenga el rendimiento termodinámico ideal (Carnot) de una máquina térmica que funciona entre dos focos a **175° C** y **398° C**:

14. Un motor de Carnot presenta un rendimiento termodinámico del **40%** y su foco frío se encuentra a **7°C**. Se quiere aumentar su rendimiento hasta el **50%**; para ello si se mantiene la temperatura del foco frío, ¿Cuántos grados debe elevarse la temperatura del foco caliente?

15. En un ciclo de Carnot reversible se absorbe calor de un punto de **527°C** y se cede calor a otro punto de **327°C**, manteniendo la temperatura del punto caliente, se quiere **duplicar** el rendimiento, calcule la nueva temperatura del punto frío.

16. Una de las máquinas térmicas más eficientes que se han construido funciona entre **430°C** y **1870°C**.

- Determine su rendimiento **teórico** máximo.
- Si el rendimiento real de la máquina es de **42%**, ¿cuál es la potencia útil que desarrolla si absorbe **140000 J** de energía por **cada segundo** del foco caliente?

17. Un inventor sostiene que ha desarrollado una máquina que extrae **20000 kcal** a una temperatura de **400K** y entrega **10000 kcal** a **200K** realizando un trabajo mecánico de **17,4kW.h**. ¿Invertiría dinero para su construcción? Justifique su respuesta.

18. El hilo de acero de un alambrado se tensó perfectamente un día de invierno con temperatura de **8°C**. En ese momento la longitud era de **1000 m**. Calcular cuánto se alargará el alambre, un día de verano con temperatura de **35°C**.

$$\alpha_{ac} = 11 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

19. Un agujero circular en una placa de aluminio tiene un diámetro de **0,0254 m** a **0°C**. ¿Cuál es el diámetro cuando la temperatura de la placa se eleva a **100°C**?

$$\alpha_{al} = 23 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

20. Un eje de acero tiene **3 cm** de diámetro y un anillo de bronce tiene **2,992 cm** de diámetro, ambos medidos a **25°C**. ¿A qué temperatura común entrará justamente el anillo en el eje? $\alpha_{ac} = 11 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ $\alpha_{bronce} = 19 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

21. Una placa rectangular de acero cuya área es **0,060 m²** se enfría de **350°C** a la temperatura ambiente de **20°C**. ¿En que **porcentaje** decrece el área?

22. Un frasco de vidrio de 200 cm^3 se llena completamente de mercurio a 20°C . ¿Cuánto mercurio se derramará al subir la temperatura del sistema hasta 100°C ?

$$\beta_{\text{vidrio}} = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\beta_{\text{Hg}} = 18 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$$

23. La densidad del mercurio a 0°C es $13,6 \text{ g/cm}^3$ y su coeficiente de dilatación lineal, $\alpha_{\text{Hg}} = 0,61 \cdot 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$. Obtenga la densidad del mercurio a 50°C .

24. Una esfera de latón de 6 cm de radio se enfría desde 100°C hasta 20°C . Calcule la variación de volumen:

a) Hallando primero la variación del radio y calculando después el nuevo volumen a partir del radio nuevo.

b) Utilizando el coeficiente de dilatación volumétrico. $\alpha_{\text{latón}} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$

25. Una barra de acero de 200 cm de longitud y 1 cm de diámetro tiene un extremo a 100°C y el otro a 0°C . Calcule la energía calorífica que pasa por ella en la unidad de tiempo (potencia). Coeficiente de conductibilidad térmica del acero: $k_{\text{ac}} = 0,12 \text{ cal s}^{-1} \text{ cm}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$

26. Se tiene una lámina de un aislador térmico de 100 cm^2 de superficie y 2 cm de espesor, su conductibilidad térmica es $k = 2 \cdot 10^{-4} \text{ cal/(s.cm.}^\circ\text{C)}$. Si la diferencia de temperatura entre las caras opuestas es de 100°C , ¿cuántas calorías pasarán a través de la lámina en un día?

27. Calcule el área de una ventana de vidrio a través de la cual el calor es transmitido a razón de 1000 J/s , si el coeficiente de conductibilidad del vidrio es $k_{\text{vidrio}} = 1 \text{ W/(m.}^\circ\text{C)}$. El espesor de vidrio es de $0,0025 \text{ m}$ y la diferencia de temperatura entre el exterior y el interior es de 1°C .

28. Suponga que la conductividad térmica del cobre es 4 veces mayor que la del latón. Dos varillas de 15 cm de largo y $2,5 \text{ cm}$ de diámetro se colocan una a continuación de la otra. Los extremos libres de las varillas de cobre y latón se encuentran a 95°C y 20°C respectivamente. Encuentre la temperatura de equilibrio de la unión **cobre – latón**.

29. Un invernadero de 10 m de ancho por 50 m de largo tiene un techo de vidrio de $0,04 \text{ m}$ de espesor. Durante una noche de invierno deberá mantener la temperatura interior a 10°C por encima de la exterior. Para ello se usan calefactores que queman gas oil.

a) ¿Cuántos **kg** de gas oil deberán quemarse por hora?

b) Si además la noche de invierno es ventosa se disipan por corrientes convectivas 10 W/m^2 más ; en cuanto aumenta el consumo de combustible para la misma diferencia de temperatura del apartado a?

$$\text{Poder calorífico del gas oil} = 40 \cdot 10^6 \text{ J/kg} \quad k_{\text{vidrio}} = 1 \text{ W/(m.}^\circ\text{C)}$$

30. Si un objeto tiene una emisividad de $0,65$ y un área de $0,2 \text{ m}^2$ ¿Cuánta energía irradiará a la temperatura de 25°C ?

$$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$$

31. Una muestra de gas helio se encuentra a una temperatura de 1000 K .

a) Calcular la energía cinética media de las moléculas de esa muestra.

b) Si se duplica la temperatura, ¿qué ocurre con el cálculo anterior?

32. El aire de una habitación contiene (entre otro) los siguientes gases: O_2 , CO_2 , H_2O , N_2 , H_2 . Suponga que la temperatura es la misma en cualquier punto de la habitación.

a) ¿Cuál de esos gases posee moléculas con mayor energía cinética media?

b) Coloca los gases en orden ascendente de las velocidades cuadráticas medias de sus moléculas.

Capítulo VI - Fenómenos ondulatorios

- Una esfera de acero de **2 kg** de masa está unida a uno de los extremos de una cinta metálica plana (vertical) que se encuentra sujeta a su base. Se requiere una fuerza de **5 N** para desplazar la esfera **16 cm**. ¿Cuál será el período de oscilación después de soltarla? ¿Cuál es su aceleración máxima?
- Un cuerpo vibra con **MAS** de **12 cm** de amplitud y una frecuencia de **4 Hz**. ¿Cuál es el período? ¿Cuál es la posición del cuerpo después de **3,2 s**?
- Un péndulo simple tiene una longitud de **2 m** y efectúa **21 vibraciones** completas en un **minuto**. Determina la aceleración debida a la gravedad del lugar.
- Un resorte se utiliza para construir un dinamómetro y se sabe que una fuerza de **20 N** estira al resorte **2 cm**. Determina la constante del resorte. Si se cuelga un cuerpo de **5 kg** de masa, ¿cuánto se estira el resorte? Si un cuerpo provoca un estiramiento de **3,5 cm**, ¿cuál es la masa del cuerpo?
- Una onda sinusoidal tiene una amplitud **A = 0,5 cm** y una longitud **$\lambda = 30$ cm**.
¿Cuál es el desplazamiento en **x = 0,6 cm** y **t = 0 s**?
- La ecuación de una onda sinusoidal es:
$$y(x,t) = 0,21 \text{ cm sen } (0,5 \pi \text{ cm}^{-1} \cdot x) \text{ para } t = 0.$$
 - Halle la amplitud y longitud de onda.
 - ¿Cuál es el desplazamiento en **x = 1,5 cm**?
- La misma onda del problema anterior se mueve hacia la **derecha** con **v = 70 cm/s**. ¿Cuál es su desplazamiento en **x = 0,5 cm** y **t = 15 s**?
- Un movimiento ondulatorio plano se propaga según la ecuación:
 $f(x,t) = \text{sen } (5 \cdot x - 4 \cdot t)$, con t en segundos, x en cm. ¿Cuál es su velocidad de propagación y el número de onda?
- La ecuación de una onda es: **y = 2 sen (0,628 x + 31,4 t)** Si la amplitud viene expresada en **cm**, determine: número de onda, frecuencia angular, velocidad de propagación y período.
- Responda:
 - ¿Cuál es la longitud de onda que emite una emisora de radio FM de **98,5 Mhz**?
 - ¿Y cuál la de LT8, que emite en **830 kHz**?
- Se le comunica a un extremo de una cuerda un movimiento sinusoidal de **5 Hz** de frecuencia y **0,01 m** de amplitud. La velocidad de propagación de la onda es **10 m/s**.
 - Halle la frecuencia angular, el período, la longitud de onda y el número de onda.
 - Escriba la función de onda que describe la onda.
 - Halle la posición del punto **x = 0,25 m** en el instante **t = 0,1 s**.
- La ecuación de una onda transversal que avanza por una cuerda es:
 $y = 10 \cdot \text{sen } \pi (0,01 \cdot x - 2 \cdot t)$ estando y en **cm**, x en **cm** y t en segundos.
Encuentre la amplitud, frecuencia, velocidad de propagación, longitud de onda y número de onda.

13. El desplazamiento vertical máximo de una onda senoidal que se propaga en la dirección del eje x positivo, es de **15 cm** y tiene una longitud de onda de **40 cm** y una frecuencia de **8 Hz**.

- a) Calcule el número de ondas; el período, la frecuencia angular y la velocidad de la onda.
b) Escriba la expresión matemática de la onda y calcule su desplazamiento para $x = 5 \text{ cm}$ y $t = 0 \text{ s}$

14. Una onda senoidal que se propaga en una cuerda tiene una velocidad de **6 m/s** y una frecuencia de **3 Hz**. Su amplitud es de **30 cm**. Si la onda se propaga hacia la izquierda: escriba la función matemática que la representa y determine el desplazamiento vertical para $x = 0,5 \text{ m}$ y $t = 1 \text{ s}$.

15. El índice de refracción del agua es $n_{\text{agua}} = 1,33$.

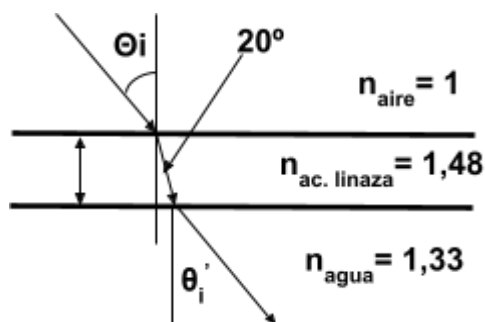
- a) ¿Cuál es la velocidad de la luz en el agua?
b) ¿Cuál es el **ángulo límite** o **crítico** o **de reflexión total** para que se produzca reflexión total cuando la luz pasa del agua al aire?

16. Un haz de rayos incide en la superficie de separación vidrio-aire formando un **ángulo de 35°** y se refracta con un **ángulo de 55°** . Determinar el ángulo de incidencia **crítico** entre el vidrio y el aire.

17. Un haz luminoso incide sobre una lámina de vidrio con un ángulo de incidencia de **45°** , siendo parte reflejado y parte refractado. Dichos haces forman entre sí **110°** . ¿Cuál es el índice de refracción del vidrio?

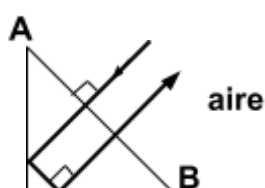
18. Un haz estrecho de luz amarilla de sodio, con longitud de onda en el vacío de **589 nm**, incide desde el vacío sobre la superficie de separación con agua con un ángulo de incidencia de **35°** . Realice un gráfico con la marcha del rayo y calcule:

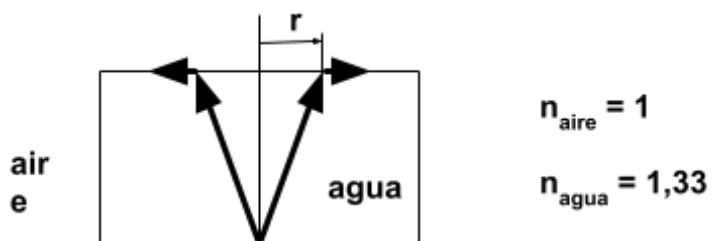
- a) la longitud de onda en el agua;
b) el ángulo de refracción en el agua.
c = $3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ $v_{\text{luz en agua}} = 2,25 \cdot 10^8 \text{ m/s}$



19. El haz mostrado en la figura incide desde el aire, atraviesa un bloque de aceite de linaza y luego sigue en agua. Calcule los ángulos de incidencia y refractado final (θ_i y θ'_i).

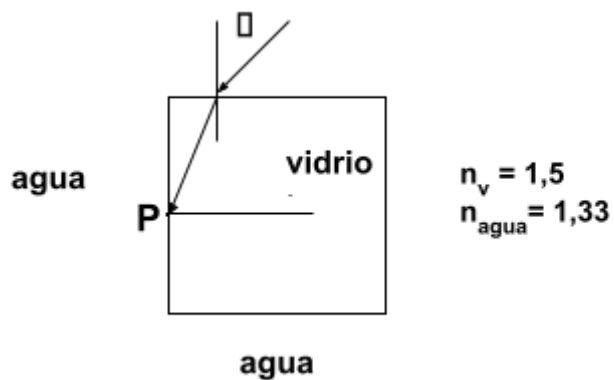
20. ¿Para qué valores del índice de refracción de un prisma rectangular es posible la trayectoria del rayo representado en la figura? La sección del prisma es un triángulo rectángulo isósceles; y el rayo incide normalmente a la cara **AB**.





- a) El ángulo crítico o de reflexión total.
b) El radio del círculo r .

22. Un rayo de luz incide sobre un bloque **cúbico** de vidrio, totalmente sumergido en agua, según se ve en la figura. Halle el ángulo de incidencia θ , para que se produzca la **reflexión total** en **P**.



Capítulo VII – Electromagnetismo

1. Compare las fuerzas eléctrica y gravitatoria entre un electrón y un protón.

$$\begin{array}{lll} m_p = 1,673 \cdot 10^{-27} \text{ kg} & q_p = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C} & G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2/\text{kg}^2 \\ m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg} & q_e = -1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C} & k = 9 \cdot 10^9 \text{ N m}^2/\text{C}^2 \end{array}$$

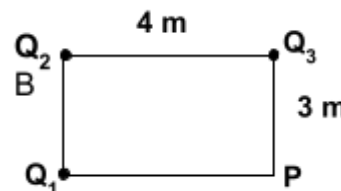
2. Tres partículas de cargas $q_a = +14 \text{ nC}$, $q_b = -26 \text{ nC}$ y $q_c = +21 \text{ nC}$ están ubicadas en una línea recta. La partícula "b" está entre la "a" y la "c", separada **120 mm** de la "a" y **160 mm** de la "c". Determine:

- La magnitud y el sentido de la fuerza eléctrica sobre "b".
- La magnitud y el sentido de la fuerza eléctrica sobre "c".

3. Tres cargas puntuales están en el eje X: $Q_1 = -6 \text{ mC}$ en $(-3,0) \text{ m}$, $Q_2 = 4 \text{ mC}$ en $(0,0) \text{ m}$, $Q_3 = 6 \text{ mC}$ en $(3,0) \text{ m}$. Obtenga el valor de la fuerza total ejercida sobre Q_2 .

4. Tres partículas con cargas $q_a = +14 \text{ nC}$; $q_b = -26 \text{ nC}$ y $q_c = +21 \text{ nC}$, están colocadas en las esquinas de un triángulo rectángulo. La partícula "a" está en la esquina de 90° , a una distancia de **18 cm** de la "b" y a **24 cm** de la "c". Coloque un sistema coordenadas centrado en "a", con "b" en el eje X y "c" en eje Y. Determine las **componentes cartesianas de la fuerza neta** ejercida sobre "c", así como su módulo.

5. Tres cargas eléctricas $Q_1 = 3 \mu\text{C}$, $Q_2 = -2 \mu\text{C}$ y $Q_3 = 4 \mu\text{C}$ están situadas en los vértices de un rectángulo de lados **3 y 4 metros**, tal como se indica en la figura. Obtenga el valor del potencial eléctrico y el campo eléctrico en el punto P.



6. Una partícula con carga **+5,8 nC** está colocada en el origen de coordenadas.

a) Calcule las componentes cartesianas del campo eléctrico producido en los puntos del plano: **(15 cm, 0 cm)**; **(15 cm, 15 cm)**; y **(10 cm, 20 cm)**.

b) Determine el **valor** (módulo) de **E** en los mismos puntos. Determine la dirección y sentido del campo eléctrico.

7. Un bloque rectangular de carbón tiene **1 cm x 1 cm x 50 cm**.

- ¿Cuál es la resistencia medida entre los extremos cuadrados?
- ¿Cuál es la resistencia medida entre dos caras rectangulares opuestas?

La resistividad del carbón a **20°C** es **$3,5 \times 10^{-5} \Omega \cdot \text{m}$**

8. Un calentador de inmersión cuya resistencia es de **100 Ω** se enchufa a **220 V** y se coloca dentro de una cacerola que contiene **2,0 litros** de agua a **20 °C**.

a) ¿Cuánto tiempo se requerirá para llevar el agua a la temperatura de ebullición, suponiendo que el **80%** de la energía disponible es absorbida por el agua?

b) ¿Cuánto tiempo más se requerirá para que se evapore por ebullición la **mitad** del agua?

$$c_{ag} = 1 \text{ cal/g } ^\circ\text{C} \quad L_v = 540 \text{ cal/g} \quad \delta_{ag} = 1 \text{ g/cm}^3 \quad 1 \text{ cal} = 4,186 \text{ J}$$

9. Tres resistencias de **23 Ω**, **45 Ω** y **31 Ω** están conectadas en serie.

- ¿Cuánto vale su resistencia equivalente?

b) Si la diferencia de potencial entre los extremos del conjunto es de **36 V**, ¿qué corriente pasa por cada resistencia?, y ¿qué diferencia de potencial hay entre los extremos de cada una?

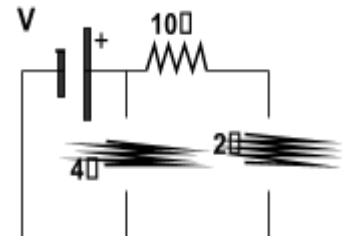
10. Tres resistencias de **16 Ω**, **25 Ω** y **31 Ω** están conectadas en paralelo.

a) ¿Cuál es la resistencia equivalente?

b) Si la diferencia de potencial entre los extremos del conjunto es de **14 V**, ¿qué corriente pasa por cada resistencia?, y ¿qué diferencia de potencial hay entre los extremos de cada una?

11. Calcule:

- a) la corriente que entrega la fuente de **V = 24 V**,
- b) la diferencia de potencial en la resistencia de **10 Ω**,
- c) la potencia disipada en la resistencia de **2 Ω**.

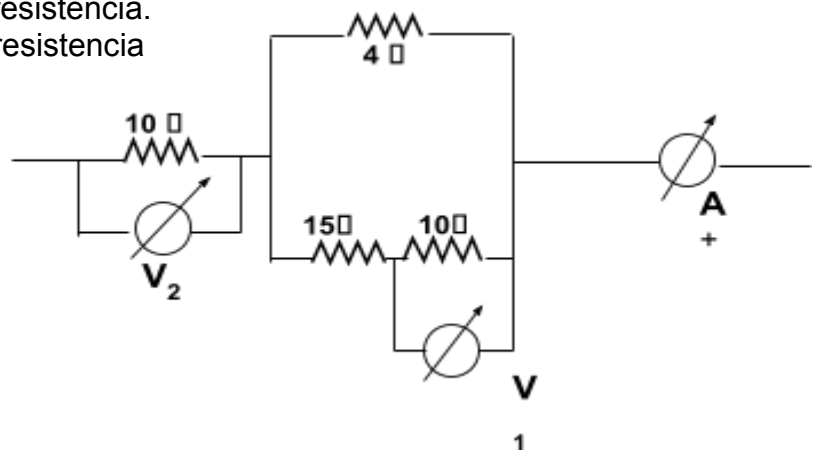


12. La resistencia de **4 Ω** del circuito de la figura disipa **23,9 calorías** cada **segundo**.

Deduzca las lecturas del:

- a) Voltímetro **V₁** de alta resistencia.
- b) Voltímetro **V₂** de alta resistencia
- c) Amperímetro **A**.

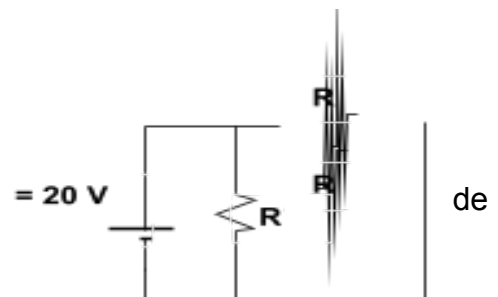
1 cal = 4,186 Joules



13. En el circuito de la figura, calcule la corriente que circula por cada una de las resistencias, ddp en las mismas y la potencia consumida en cada resistencia.

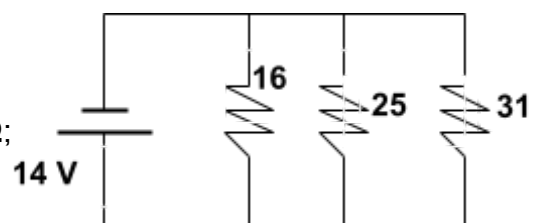


14. Halle la corriente que circula a través de cada resistencia; la diferencia de potencial eléctrico y la potencia disipada en cada una. Cada resistencia tiene un valor de **R = 10 Ω** y la fuente de tensión es **ε = 20 V**.



15. Calcule:

- a) la corriente que entrega la fuente de **14 V**;
- b) la corriente que pasa por la resistencia de **16 Ω**;
- c) la potencia consumida por la resistencia de **25 Ω**;

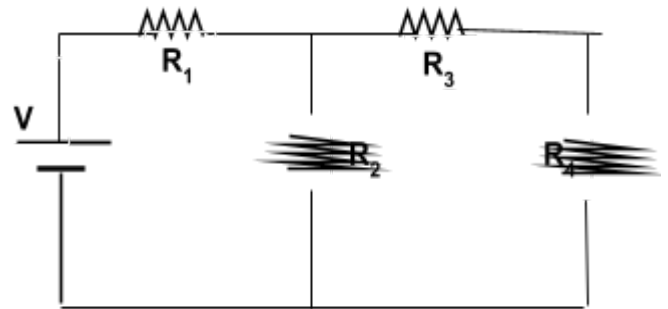


d) la potencia entregada por la fuente.

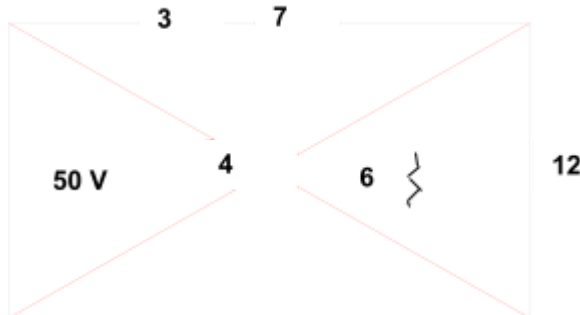
16. En el circuito de la figura, la resistencia R_3 disipa 120J de calor durante 10s . Halle los valores de:

- a) La resistencia total equivalente.
- b) La intensidad de corriente que circula por la R_3 .
- c) La caída de tensión en la R_2
- d) La intensidad de corriente por la fuente.
- e) La diferencia de potencial en bornes de la fuente (V)

$R_1 = 10\ \Omega$; $R_2 = 10\ \Omega$; $R_3 = 5\ \Omega$; $R_4 = 5\ \Omega$



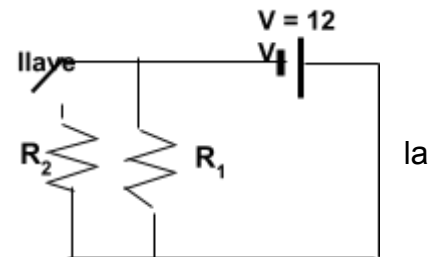
17. Una resistencia de $3\ \Omega$ y otra de $7\ \Omega$ se conectan en serie a una combinación paralelo formada por resistencias de $4\ \Omega$, $6\ \Omega$ y $12\ \Omega$, como se indica en la figura, este circuito se aplica una fem de 50V . Determine, a) la corriente total de línea y la resistencia total (equivalente); b) la caída de voltaje sobre la resistencia de $3\ \Omega$ y $7\ \Omega$, y sobre el grupo paralelo



18. a) Calcule la potencia disipada por R_1 cuando la llave está **cerrada**.

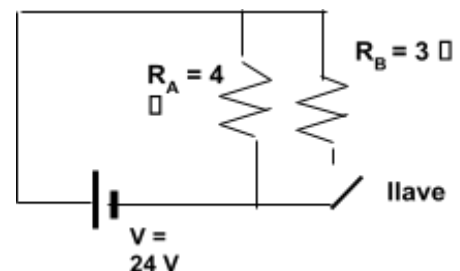
b) Calcule la intensidad de corriente por la **pila** cuando llave está **abierta** y cuando está **cerrada**.

$R_1 = 3\ \Omega$; $R_2 = 4\ \Omega$



19. a) Calcule la potencia disipada por R_B cuando la llave está **cerrada**.

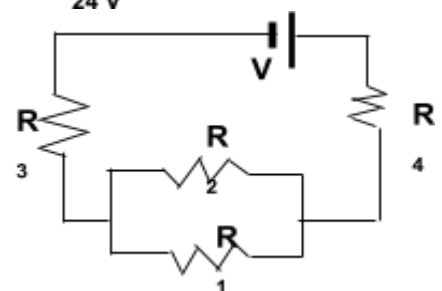
b) Calcule la intensidad de corriente por la **pila** cuando la llave está **abierta** y cuando está **cerrada**.



20. En el circuito de la figura la resistencia R_1 entrega 36000J de calor durante 2 horas . Halle:

- a) la resistencia equivalente del circuito.
- b) la diferencia de potencial V que debe entregar la fuente.

$R_1 = 10\ \Omega$, $R_2 = 6\ \Omega$, $R_3 = 5,25\ \Omega$, $R_4 = 6\ \Omega$



21. En un punto P del plano XY existe un campo magnético \mathbf{B} en la dirección positiva del eje y. Un protón pasa por ese punto con una velocidad $\mathbf{v} = 2 \cdot 10^6 \text{ m/s}$ en la dirección negativa del eje x. El módulo de la fuerza magnética que actúa en el punto P es $4,8 \cdot 10^{-15} \text{ N}$.

a) Determine el módulo del campo magnético \mathbf{B} que existe en P.

b) Determine la dirección y sentido de la fuerza \mathbf{F} que actúa sobre el protón.

c) Determine la **Fuerza magnética** (módulo, dirección y sentido) que actuaría sobre un electrón que pasa por el punto P con una velocidad de $\mathbf{v} = 1 \cdot 10^7 \text{ m/s}$ perpendicular al plano XY y saliendo de ese plano.

22. Una partícula cargada es lanzada a un campo magnético uniforme con una velocidad \mathbf{v} , que forma un ángulo θ con el vector \mathbf{B} . Diga cuál debe ser el valor del ángulo θ para que la fuerza magnética sobre la partícula sea: a) nula; b) máxima.

TABLA CONSTANTES UNIVERSALES

Nombre de la constante (símbolo)	Valor para cálculo
Velocidad de la luz en el vacío (c)	$3,00 \cdot 10^8$ m/s
Carga elemental (e)	$1,60 \cdot 10^{-19}$ C
Masa del electrón en reposo (m_e)	$9,11 \cdot 10^{-31}$ kg
Masa del protón en reposo (m_p)	$1,67 \cdot 10^{-27}$ kg
Masa del neutrón en reposo (m_n)	$1,67 \cdot 10^{-27}$ kg
Constante de Plank (h)	$6,63 \cdot 10^{-34}$ J.s
Constante Universal de los Gases (R)	8,31 J/mol.K
Constante de Avogadro (N_A)	$6,02 \cdot 10^{23}$ mol ⁻¹
Constante de Boltzmann (k)	$1,38 \cdot 10^{-23}$ J/K
Constante de Stefan-Boltzmann (σ)	$5,67 \cdot 10^{-8}$ W/m ² .K ⁴
Constante Gravitatoria (G)	$6,67 \cdot 10^{-11}$ N.m ² /kg ²
Permeabilidad del vacío (μ_0)	$1,26 \cdot 10^{-6}$ T.m/A
Permitividad del vacío (ϵ_0)	$8,85 \cdot 10^{-12}$ C ² /N.m ²

ALGUNAS EQUIVALENCIAS IMPORTANTES.

MASA:

$$1 \text{ kg} = 1000 \text{ g} = 6,022 \cdot 10^{26} \text{ uma}$$

ENERGÍA: (se agrega equivalencia masa-energía)

$$1 \text{ J} = 0,2389 \text{ cal} = 2,778 \cdot 10^{-7} \text{ kW.h} = 6,242 \cdot 10^{18} \text{ eV} = 1,113 \cdot 10^{-17} \text{ kg} = 6,702 \cdot 10^9 \text{ uma}$$

$$1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 3,827 \cdot 10^{-20} \text{ cal} = 4,450 \cdot 10^{-26} \text{ kW.h} = 1,783 \cdot 10^{-36} \text{ kg} = 1,074 \cdot 10^{-9} \text{ uma}$$

(uma) es unidad de masa atómica

Mediciones y Errores

1.- Se han medido los lados de un triángulo con una regla milimetrada, obteniéndose los siguientes resultados:

$$a = (136,5 \pm 0,5) \text{ mm}; \quad b = (65,5 \pm 0,5) \text{ mm}; \quad c = (78,0 \pm 0,5) \text{ mm}$$

Calcule el perímetro; $P = a + b + c$ y expréselo correctamente con la incerteza correspondiente.

2. Se ha medido la temperatura de un líquido en dos oportunidades, obteniéndose los siguientes valores:

$$t_1 = (10,5 \pm 0,5)^\circ\text{C} \qquad t_2 = (20,0 \pm 0,5)^\circ\text{C}$$

Calcule la variación de temperatura: $\Delta t = t_2 - t_1$ con la incerteza correspondiente.

3. Si medimos la longitud de una varilla con un metro y obtenemos el siguiente resultado:

$$L = (95,5 \pm 0,5) \text{ mm}$$

Calcule: a) El error relativo cometido. b) La precisión de dicha medición.

4. Si se mide el diámetro de una pieza con un calibre y se obtiene:

$$D = (10,15 \pm 0,05) \text{ mm}$$

Calcule: a) El error relativo. b) La precisión.

5. Se desea calcular la superficie de una lámina rectangular. Se dispone para tal fin de una **cinta métrica milimetrada** a la que se supone exenta de errores sistemáticos. Se admite además que quién realiza, la medición es un observador avezado, cuyo error de apreciación en las lecturas es de **0.2 mm**. Las lecturas obtenidas son:

$$a = (135,4 \pm 0,2) \text{ mm}$$

$$b = (12,2 \pm 0,2) \text{ mm}$$

Calcule la superficie de la lámina con su correspondiente error.

6. Se desea calcular la densidad de una sustancia. Para ello se ha determinado la masa de dicha sustancia con una balanza cuya apreciación es de **0,01g** y el volumen por medio del desplazamiento de un líquido en una probeta graduada cuya apreciación es de **1cm³**.

Las mediciones y los errores estimados fueron:

$$m = (63,00 \pm 0,01) \text{ g} \qquad V = (18,0 \pm 0,5) \text{ cm}^3$$

Calcule la densidad de dicha sustancia.

7. Con un tornillo micrométrico (palmer) de **0,01 mm** de apreciación, se ha medido la arista de un cubo, obteniéndose:

$$a = (36,23 \pm 0,01) \text{ mm}$$

Calcule el volumen del cubo.

8. La distancia focal, **f** de una lente delgada se va a medir usando la ecuación:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{o} + \frac{1}{i}$$

en donde: o (distancia objeto) = $(0,154 \pm 0,002)$ m; i (distancia imagen) = $(0,382 \pm 0,002)$ m. ¿Cuál es el valor calculado de la distancia focal, su error o incertidumbre absoluta y su error o incertidumbre relativa?

9. Un péndulo simple se usa para medir la aceleración de la gravedad, usando

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

El período medido fue $T = (1,24 \pm 0,02)$ s y la longitud $l = (0,381 \pm 0,002)$ m. Obtenga el valor de g y expréselo correctamente.

10. Con los siguientes datos obtenga la densidad de un líquido, expresándolo correctamente:

masa picnómetro vacío = $(23,25 \pm 0,5)$ g

masa picnómetro con líquido patrón (agua) = $(73,35 \pm 0,5)$ g

masa picnómetro con el líquido = $(66,70 \pm 0,5)$ g

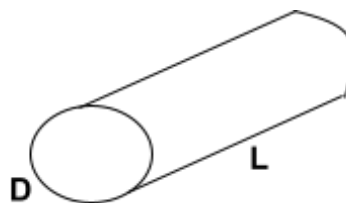
$\delta_{\text{agua}} = 1 \text{ g/cm}^3$ (considérela sin error)

11. Para medir el largo y el diámetro de una pieza cilíndrica se utilizaron los siguientes instrumentos de medición. para el largo: un calibre de 50 divisiones en su regla móvil (apreciación = $0,02$ mm) y para el diámetro: un tornillo micrométrico cuya apreciación es de $0,01$ mm.

Los valores obtenidos fueron:

$L' = 45,322$ mm (largo)

$D' = 10,047$ mm (diámetro)



- expresé correctamente el resultado final de cada medición.
- calcule el volumen de dicha pieza y expréselo correctamente con su correspondiente error.

12. Se desea sembrar un terreno rectangular, en el que se midió el largo L y el ancho A , resultando para ambas mediciones: $L = (60 \pm 1)$ m y $A = (30 \pm 1)$ m. Calcule el valor representativo del área, la indeterminación experimental y su indeterminación relativa porcentual.

13. La medición de la longitud de una pieza arroja un valor observado $l' = 30,55$ cm realizada con un instrumento cuya apreciación es $0,5$ mm.

a) Expresé correctamente el resultado de la medición.

b) Se repite la misma medición pero con otro instrumento, obteniéndose una precisión de $K = 500$. ¿Cuál de las dos mediciones es más precisa?

14. La expresión que indica el crecimiento del número de bacterias en función del tiempo es:

$$N(t) = t^2 - 4.t + 5$$

donde $N(t)$ se expresa en miles de bacterias y t en minutos. Se realiza una medición a los $t = (5,0 \pm 0,1)$ minutos. Determine:

- El número de bacterias en ese instante y expréselo con su error asociado (ΔN);
- El error relativo porcentual.