

# Física e Introducción a la Biofísica

© Ediciones Villoldo Yanele, Buenos Aires, Argentina.

Correo electrónico: [villoldoyanele@yahoo.com.ar](mailto:villoldoyanele@yahoo.com.ar)

Tel. (15) 4045-8326

Printed in Argentina.

Primera impresión, julio de 2003

Impreso en la Argentina en marzo de 2014 en Artes Gráficas Leo, Remedios de Escalada 3152, Valentín Alsina. Provincia de Buenos Aires.

Todos los derechos reservados.

Hecho el depósito que marca la ley 11.723.

I.S.B.N: 987-97468-1-3

Prohibida la reproducción total o parcial de este trabajo, su almacenamiento en sistema informático, su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio electrónico, mecánico, fotocopia u otros métodos sin el permiso del editor.

Universidad de Buenos Aires  
Ciclo Básico Común

**Física**  
**e**  
**Introducción a la Biofísica**

*Guía de Actividades*

**UNIDAD 3 : La termodinámica de los seres vivos**

**UNIDAD 4: Bases físicas de los fenómenos bioeléctricos**

# UNIDAD 3

## La termodinámica de los seres vivos

### Ejercitación

*Esta actividad le permitirá resolver ejercicios en orden creciente de dificultad. Revise sus resultados con los ofrecidos en la guía. Resuelva los ejercicios sin omitir pasos y trate de justificar los razonamientos que utiliza.*

- 1)
  - a) Si dos cuerpos de igual masa, uno de cobre y otro de hierro, ambos a la misma temperatura inicial, reciben la misma cantidad de calor, ¿cuál de los dos alcanzará una temperatura mayor?, ¿por qué?
  - b) Dos cuerpos de igual material y distinta masa se introducen, con temperaturas iniciales diferentes, en un recipiente adiabático de capacidad calorífica despreciable hasta que alcanzan el equilibrio térmico, ¿cuál de los dos experimenta mayor variación en su temperatura? ¿Qué suposición hay que hacer para responder esta pregunta?
- 2) El volumen de agua en un tanque abierto es de  $2 \times 10^6$  litros ¿Qué cantidad de calor cede el agua durante una tarde en que su temperatura desciende  $20^\circ\text{C}$  a  $18^\circ\text{C}$ ?
- 3) ¿Cuál es la variación de temperatura que sufre un trozo de latón de 450 g al perder 1800 cal?  
( $c_{\text{latón}} = 0,094 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$ )
- 4) El té de una taza está muy caliente y se decide agregarle un poco de agua fría para poder tomarlo ¿Cuánta agua de la canilla habrá que agregarle? (Estime Ud. los datos que necesite)
- 5) ¿Cuántas calorías requiere un bloque de hielo de 40 kg a  $-20^\circ\text{C}$  para pasar, a presión atmosférica normal, al estado:
  - a) líquido a  $40^\circ\text{C}$ .
  - b) vapor a  $100^\circ\text{C}$ .
  - c) 20 Kg. de líquido a  $100^\circ\text{C}$  en equilibrio con su vapor  
(Considere  $L_f = 80 \text{ cal/g}$ ;  $L_v = 540 \text{ cal/g}$  y  $c_{p, \text{hielo}} = 0,5 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$ )
- 6) Un trozo de platino de 200 g a  $150^\circ\text{C}$  se introduce en un recipiente adiabático que tiene 200 g de agua a  $50^\circ\text{C}$ . ( $c_{p, \text{platino}} = 0,032 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$ ). Desprecie la capacidad calorífica del recipiente.
  - a) Responda sin hacer cuentas: ¿espera que la temperatura de equilibrio sea mayor, igual o menor que la media entre 150 y  $50^\circ\text{C}$ ? Explique.
  - b) Calcule la temperatura de equilibrio que alcanza la mezcla.
  - c) Repita el cálculo, suponiendo que la capacidad calorífica del recipiente no es despreciable, sino que vale  $20 \text{ cal/}^\circ\text{C}$ .
- 7) Se vierten 250 g de esquirlas de plomo (Pb) a  $150^\circ\text{C}$  sobre un bloque de hielo de 50 g en un recipiente adiabático. Desprecie la capacidad calorífica del recipiente. La temperatura inicial del hielo es de  $-30^\circ\text{C}$ . ¿Cuál es la temperatura final del sistema?  
( $c_{p, \text{hielo}} = 0,5 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$  ,  $c_{p, \text{Pb}} = 0,03 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$ ). Resuelva analítica y gráficamente.

8)

- Los recipientes usados para transportar agua durante salidas de campamento están cubiertos exteriormente por una tela que, en el verano, es mojada antes de salir de excursión. ¿Cuál es el propósito de esa operación?
- ¿Cuál es la función del desempañador de los vidrios de los autos?

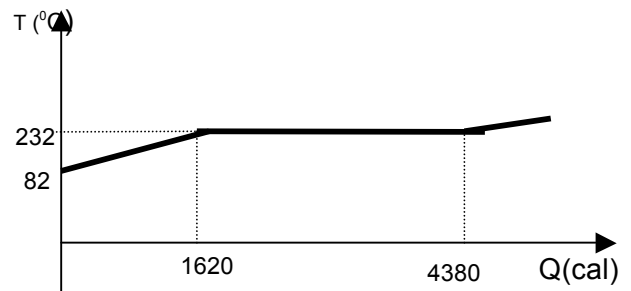
9) En un recipiente adiabático que contiene 550 g de agua a 22°C, se echan 300 g de plomo fundido (líquido) a 327°C. Puede despreciarse la capacidad calorífica del recipiente. Consulte los datos que necesite en la tabla adjunta y determine:

| Propiedad / Sustancia | Calor esp. del sólido (cal/g °C) | Calor latente de fusión (cal/g) | Calor esp. del líquido (cal/g °C) | Temp. de fusión/solid. (°C) |
|-----------------------|----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| Plomo                 | 0,031                            | 5,5                             | Sin dato                          | 327                         |
| Agua                  | 0,5                              | 80                              | 1                                 | 0                           |

- La temperatura del agua cuando finaliza la solidificación del plomo.
- La temperatura de equilibrio del sistema agua-plomo.
- 

10) Si se calientan 200 g de estaño sólido, inicialmente a 82°C, su temperatura varía con el calor entregado como se indica en el gráfico adjunto. Calcule:

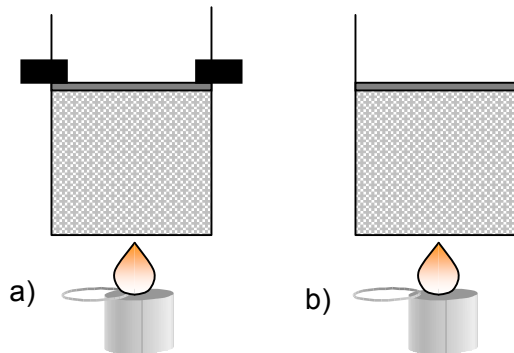
- El calor específico del estaño sólido y su calor latente de fusión.
- ¿Cuál es el estado del estaño cuando se le han entregado 3000 cal?



11) Un cilindro como el indicado en la figura, contiene 3 moles de O<sub>2</sub>, a presión 1 atmósfera y temperatura 20 °C. La presión exterior es la atmosférica.

Calcular el calor requerido<sup>1</sup> para elevar la temperatura del O<sub>2</sub> hasta 26 °C:

- si la tapa está trabada,
- si la tapa puede desplazarse sin rozamiento y la expansión es suficientemente lenta como para que el gas se mantenga a presión constante.



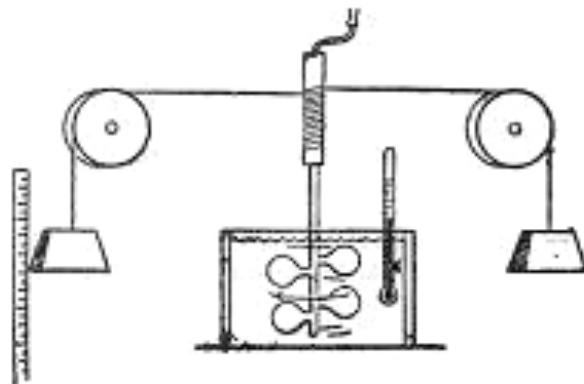
<sup>1</sup> La mayor parte de los intercambios de calor que efectúan los sólidos y los líquidos son a presión constante. En esas condiciones el calor específico es aproximadamente constante dentro de un rango amplio de temperaturas. Para presión atmosférica normal este es el valor que figura en tablas. En el caso de los gases, el calor intercambiado depende de la evolución. Esto significa que el calor específico es distinto para cada evolución. En general, para gases ideales, suelen darse dos valores característicos que son el calor específico a volumen constante ( $c_v$ ) y el calor específico a presión constante ( $c_p$ ). Para gases ideales monoatómicos  $c_v = 3/2 R$  y  $c_p = 5/2 R$  y para diatómicos  $c_v = 5/2 R$  y  $c_p = 7/2 R$ , siendo  $R$  la constante universal de los gases

- 12) Entre las propiedades térmicas del cobre sólido figuran su calor específico sensible y su conductividad térmica. Explique qué significa que el calor específico sensible del cobre sea  $c_{Cu} = 0,091 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$  y que su conductividad térmica sea  $k_{Cu} = 0,9 \text{ cal/ } ^\circ\text{C cm seg}$ .
- 13) ¿Qué longitud debe tener una barra cilíndrica de cobre, de sección  $15 \text{ cm}^2$ , que se encuentra en contacto, por un extremo con una fuente a  $100^\circ\text{C}$  y por el otro con una fuente a  $20^\circ\text{C}$ , para que el flujo de calor en ella en estado estacionario sea  $300 \text{ W}$ ? (Suponga que la barra sólo intercambia calor por los extremos). Dato:  $k_{cu} = 0,92 \text{ cal/cm.}^\circ\text{C. seg}$
- 14)
- En invierno, algunas personas acostumbran dormir acurrucados y no con el cuerpo totalmente extendido sobre la cama. Explique cómo influye la posición del cuerpo en la transmisión de calor al medio ambiente.
  - Las estufas se colocan en la parte inferior de las habitaciones. ¿Por qué? Realice un esquema gráfico que justifique su respuesta.
  - En las zonas muy frías, en las ventanas se utilizan dos vidrios separados algunos centímetros entre sí donde se confina una capa de aire estanco. ¿Cómo influye esta estructura en la transmisión del calor? Si la separación entre ambos vidrios se incrementa y se permite el movimiento del aire, ¿qué sucede con el aislamiento?
  - En los calefones el agua se calienta al pasar por una serpentina en contacto con los quemadores. ¿Por qué se utiliza para transportar el mismo caudal, una serpentina larga y angosta y no, un conducto más ancho y corto?
  - Dos vasos con agua, iguales, uno de plástico y uno de aluminio quedan toda la noche en una heladera, por lo que tienen igual temperatura. ¿Por qué razón, al tomarlos entre las manos, el de aluminio se siente más frío que el de plástico?
  - Una nave espacial en órbita, ¿intercambia calor por conducción, por convección o por radiación?
  - Un cuerpo absorbe el 90 % de la radiación que incide sobre él ¿Es razonable decir que se trata de un buen emisor?
  - ¿Porqué la sensación térmica puede ser de  $2^\circ\text{C}$  un día que el termómetro indica que la temperatura ambiente es  $7^\circ\text{C}$ ?
  - Al final del día, las superficies del suelo y del lago cercano están a la misma temperatura ¿Cuál se enfría más rápidamente durante la noche?
- 15) Estime la cantidad de calor por hora que trasmite por conducción una frazada que cubre a una persona que se halla en una habitación a  $0^\circ\text{C}$ . Considere que la superficie de la frazada en contacto con el cuerpo es  $1 \text{ m}^2$ , el espesor de la frazada,  $1 \text{ cm}$  y su coeficiente de conductividad térmica,  $8 \times 10^{-5} \text{ cal / cm.}^\circ\text{C. seg}$ .  
(Nota: Suponga que las temperaturas de la cara interior y de la cara exterior de la frazada son  $33^\circ\text{C}$  (temperatura de la piel) y  $0^\circ\text{C}$ . ¿Es correcta esta aproximación?)
- 16) a) Calcule la cantidad neta de calor por hora que transfiere el cuerpo humano al medio ambiente por radiación un día que la temperatura exterior es  $25^\circ\text{C}$ . Suponga que la superficie corporal es del orden de  $1,8 \text{ m}^2$  y se comporta aproximadamente como un cuerpo negro a temperatura de  $33^\circ\text{C}$ .  
b) ¿Mediante qué otros mecanismos el cuerpo humano transfiere calor al ambiente? Explique.
- 17) Calcule la energía emitida por segundo en forma de radiación térmica por un cuerpo negro de  $1 \text{ m}^2$  a  $300 \text{ K}$ . Repita el cálculo si la temperatura es  $3000 \text{ K}$  y compare ambos valores.

- 18) La potencia radiante emitida por cada  $\text{m}^2$  de la superficie de un cuerpo que está a una temperatura de 1000 K es  $34 \text{ kW/m}^2$  ¿Cuál es su coeficiente de emisión o emisividad?, ¿Y su coeficiente de absorción?
- 19) Se quiere utilizar energía solar para calentar un tanque con 1000 litros de agua desde  $20^\circ\text{C}$  a  $60^\circ\text{C}$ . Para ello se utilizan  $9 \text{ m}^2$  de paneles que absorben la radiación solar incidente y la transmiten al tanque por conducción, prácticamente sin pérdidas. ¿ Cuántas horas de sol se requieren, si la irradiación es en promedio de  $400 \text{ W/m}^2$  y los paneles solares tienen un coeficiente de absorción 0,75?
- 20) Indique si los siguientes sistemas termodinámicos son cerrados, abiertos o aislados: una nube, un ratón vivo, un fragmento de roca en el espacio exterior, el refrigerador de la heladera, café en un termo.
- 21) Explique, aplicando el primer principio de la termodinámica, los siguientes fenómenos:
- Un fósforo puede encenderse tanto raspándolo contra la caja como al ponerlo en contacto con la llama.
  - Una expansión rápida del gas contenido en una garrafa produce una disminución de su temperatura.
  - Al frotar rápidamente dos ramas secas se produce una llama. ¿Por qué este procedimiento debe hacerse rápidamente?
  - Si se agita un recipiente de telgopor lleno de hielo picado, el hielo se derrite
- 22) Determine si los siguientes procesos se pueden efectuar tanto en forma reversible como irreversible. En caso afirmativo explique cómo sería el proceso ideal reversible.
- Una expansión adiabática de un gas.
  - Una compresión isobárica de un gas.
  - Un globo que se desinfla en contacto con el aire atmosférico.
  - La mezcla, en un recipiente adiabático, de dos masas de agua a distinta temperatura.
  - La condensación del vapor de agua que sale del pico de una pava con agua hirviendo, al entrar en contacto con el aire ambiente

23)

- ¿ Qué cantidad de calor debe entregar un mechero para calentar 2 litros de agua de  $20^\circ\text{C}$  a  $21^\circ\text{C}$ ?
- Si la misma variación de temperatura se quiere lograr con un dispositivo similar al utilizado por Joule en su famosa experiencia ¿Desde qué altura hay que dejar caer dos pesas, de 10 kg cada una? Desprecie la capacidad calorífica del sistema de paletas.



- 24) Un bloque de plomo de masa 1 kg desliza sobre una superficie horizontal sin rozamiento con una rapidez de 20 m/s, choca contra una pared vertical, rebota, y se verifica que inmediatamente después del choque su rapidez disminuyó a 2 m/s y su temperatura aumentó en 1 °C. ( $c_{Pb} = 0,031 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ )
- ¿Cuánta energía mecánica se transforma en energía interna térmica (desordenada) del bloque?
  - ¿Cuánta energía se transfiere del bloque al medio exterior?
  - Si define el universo de este problema, como el sistema constituido por el cuerpo, la superficie horizontal, la pared y el aire, ¿cambia la energía del universo? Explique
- 25) El ventilador eléctrico de una habitación que tiene paredes adiabáticas se conecta a una batería de larga duración que descansa en el piso del cuarto. El ventilador se enciende y funciona hasta que la batería se agota. ¿Qué sucede, durante este proceso, con la energía del cuarto y con su temperatura?
- 26)
- ¿Cuánto varía la energía interna de un sistema cerrado que absorbe la misma cantidad de calor que el trabajo que realiza?
  - Un sistema cerrado recibe 100 J de calor y realiza 125 J de trabajo sobre el medio exterior, ¿es esto posible?
  - ¿Cuánto varía la energía interna de un sistema cerrado que no realiza trabajo y que cede en forma de calor 1000 calorías al medio exterior?
  - Si ahora el sistema del ítem c) evoluciona entre los mismos estados que antes, pero cediendo al medio exterior en forma de calor 1500 calorías ¿cuánto varía su energía interna? ¿Cuánto trabajo realiza?
- 27)
- El consumo de energía por unidad de tiempo de los animales, incluidos los seres humanos, en reposo pero despiertos, se denomina tasa metabólica basal. Suele expresarse por unidad de peso corporal y es aproximadamente 1,2 W/kg para un hombre de 20 años y 1,1 W/kg para una mujer de la misma edad. ¿Cuál es la tasa metabólica basal, expresada en kcal/día para un hombre de 70 kg. de peso y para una mujer de 60 kg, ambos de 20 años?
  - Cuando una persona desarrolla una actividad, la tasa metabólica aumenta. Parte de ese aumento se necesita para proporcionar el trabajo realizado por la persona. El resto se debe a las demandas internas del cuerpo para desarrollar esta actividad. La mujer del ítem a), haciendo gimnasia durante 2 horas entrega un trabajo mecánico de 200 kJ y transfiere al medio exterior 700 kcal. en forma de calor ¿A qué velocidad perdió energía interna ( tasa metabólica para la actividad desarrollada)?
  - El rendimiento del hombre en la realización de trabajo suele expresarse como el porcentaje de trabajo entregado con respecto a la diferencia entre la energía interna total consumida en la realización de ese trabajo y la energía interna basal ¿Cuál es el rendimiento para la actividad "hacer gimnasia" para la joven mencionada anteriormente?
  - ¿Qué cantidad de calorías debe reponer la joven en su alimentación para compensar las pérdidas generadas por la actividad desarrollada? ¿Qué cantidad de calorías debería reponer para compensar las pérdidas si hubiera permanecido en reposo en lugar de hacer gimnasia?



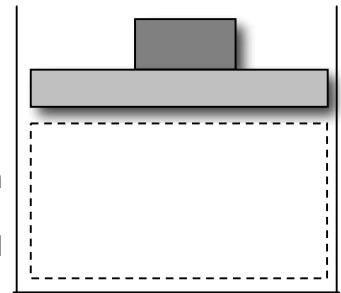
28) La tasa metabólica y el intercambio de calor:

- Un cuerpo en contacto con un ambiente a distinta temperatura intercambia calor fundamentalmente por convección y radiación. Para ambos mecanismos, el calor intercambiado por unidad de tiempo es directamente proporcional a la superficie del cuerpo. Considere dos cubos de aristas 1 cm y 10 cm, del mismo material, a la misma temperatura inicial, e inmersos en un ambiente de menor temperatura. Demuestre que la velocidad de enfriamiento ( $v_{\text{enfr}} = \Delta T / \Delta \tau$ ) del cubo grande es la décima parte de la del cubo chico.
- Con el resultado obtenido en a), a igualdad de restantes condiciones, ¿quién disipa más rápidamente calor por unidad de masa un adulto o un niño?
- ¿Cómo asociaría sus conclusiones de b) con los valores de la tasa metabólica por unidad de peso de un niño y de un adulto?
- Respecto a la alimentación, el niño debe alimentarse más, ¿sólo debido a que está creciendo?

29) Un gas en equilibrio se encuentra en un recipiente cilíndrico tapado y a una presión de 150 kPa como se muestra en la figura. La presión del aire exterior es de 100 kPa. El área transversal del cilindro es de  $0,03 \text{ m}^2$ .

Se transfiere calor al gas manteniendo constantes las restantes condiciones exteriores. Como resultado de ello el pistón se eleva una distancia de 0,3 m.

- ¿Cuál es el trabajo realizado por el gas?
- ¿Cuál es el trabajo realizado por el sistema constituido por el pistón y el gas?
- Si ahora el gas se enfría y el pistón desciende 0,3 m, ¿cuál es el trabajo realizado por el gas?
- ¿Bajo qué condiciones la expansión y la compresión descritas, serían reversibles?



30) Un gas absorbe 20 kcal y se expande contra una presión exterior de 1,2 atm. desde un volumen de 5 litros hasta triplicar su volumen ¿cuál es la variación de su energía interna?

31) Un volumen de 200 litros de agua a  $15^\circ\text{C}$ , contenido en un recipiente adiabático rígido se calienta por medio de una resistencia eléctrica, conectada a una batería, que entrega 2500 calorías al agua. Calcule el calor intercambiado, el trabajo y la variación de la energía interna, considerando como sistema:

- el agua
- el agua y la resistencia
- el agua, la resistencia y la fuente.

Nota: suponga que en la batería no se producen pérdidas de energía, que las capacidades caloríficas del recipiente y de la resistencia son despreciables y que el trabajo de volumen debido a la dilatación del agua es insignificante. Explique en qué pasos de su desarrollo necesita hacer estas suposiciones para poder dar, con los datos dados, una respuesta numérica.

32) Calcule el cambio en la energía interna de un gramo de agua líquida a  $100^\circ\text{C}$  cuando se convierte, a presión atmosférica normal (1 atm) en:

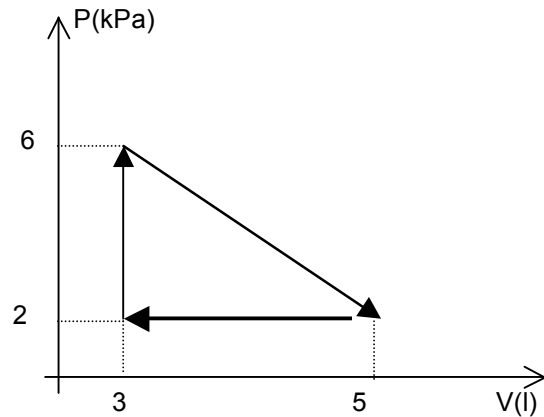
- vapor a  $100^\circ\text{C}$
- líquido a  $25^\circ\text{C}$
- sólido a  $-10^\circ\text{C}$

En las condiciones del problema, el volumen específico del vapor es  $1.7 \text{ m}^3/\text{kg}$ , mientras que los del agua líquida y del hielo son aproximadamente iguales y valen  $10^{-3} \text{ m}^3/\text{kg}$ .

$$c_{p, \text{agua líquida}} = 1 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}; L_v = 540 \text{ cal/g}; c_{p, \text{hielo}} = 0,5 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}; L_f = 80 \text{ cal/g}$$

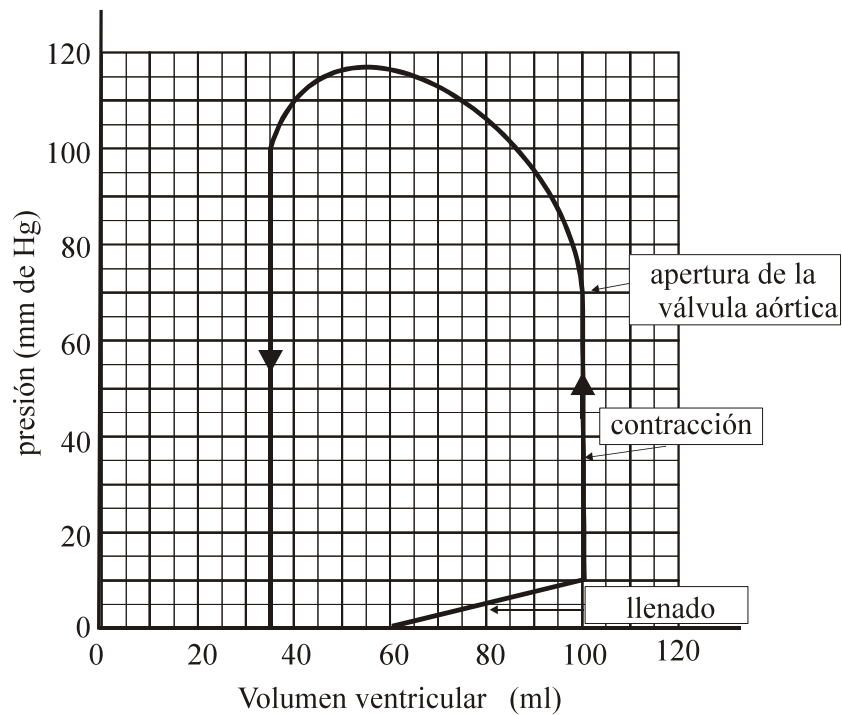
33) En la figura se muestra el gráfico  $p = p(V)$  para un gas que evoluciona reversiblemente. Calcule para el ciclo completo:

- el trabajo realizado por el gas
- el calor intercambiado
- la variación de energía interna.
- Para cada una de las evoluciones del ciclo, indique cuáles de las magnitudes: calor, trabajo y variación de energía interna, pueden calcularse sin ninguna suposición adicional y cuáles requerirían suposiciones adicionales respecto a las características del gas que evoluciona.



34)

- Estimar el trabajo que realiza el músculo cardíaco durante un ciclo a partir del siguiente gráfico que representa la presión sanguínea en el ventrículo izquierdo en función de su volumen.
- Calcular a partir del resultado anterior la potencia desarrollada por el corazón al bombear sangre al circuito sistémico, teniendo en cuenta el número de pulsaciones por minuto de una persona. Comparar el resultado con la respuesta del problema de la unidad de fluidos referido a la potencia media del corazón humano.



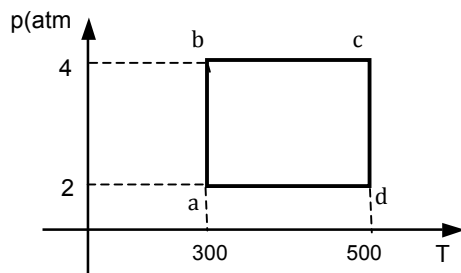
Presión en función del volumen ventricular izquierdo durante un ciclo  
 Ref.: Hobbie, R. "Intermediate Physics for Medicine and Biology"  
 3rd edition AIP Press

- 35) Un mol de un gas ideal monoatómico ( $c_p = 5R/2$ ) ocupa un volumen de  $120 \text{ dm}^3$  a una presión de  $12,8 \text{ kPa}$ . Se le entrega calor de manera que el gas se expande isobárica y reversiblemente hasta ocupar un volumen de  $300 \text{ dm}^3$ . Calcule:
- el trabajo realizado por el gas,
  - la variación de energía interna del gas.

- 36) ¿Cuánto calor intercambia un gas ideal que se expande isotérmicamente realizando un trabajo de  $3500 \text{ J}$ ?

- 37) Un recipiente rígido y adiabático de volumen  $2 \text{ m}^3$  está dividido por una pared interna en dos partes iguales. Un gas ideal monoatómico ocupa la mitad del mismo. La presión del gas es  $100 \text{ kPa}$  y su temperatura,  $300 \text{ K}$ . La otra mitad del recipiente se encuentra evacuada. Se quita la pared que separa ambas mitades dejando que el gas se expanda libremente,
- calcule el trabajo realizado por el gas y la variación de su energía interna.
  - ¿cuál es la temperatura final del gas?
  - ¿cuáles de las respuestas anteriores no cambian si el gas no es ideal?

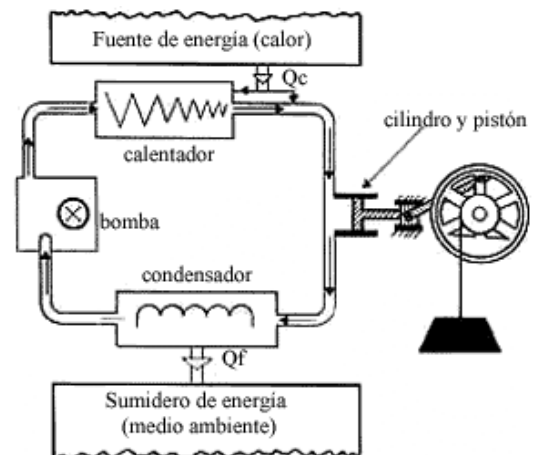
- 38) Un mol de gas ideal evoluciona cumpliendo el ciclo de la figura, en sentido abcda.
- Efectúe el gráfico de presión en función de volumen.
  - En el cuadro adjunto indique, sin efectuar cálculos, los signos del trabajo y del calor intercambiados y de la variación de energía interna del gas, en cada evolución y en el ciclo.



|                         | ab | bc | cd | da | ciclo |
|-------------------------|----|----|----|----|-------|
| Q                       |    |    |    |    |       |
| L                       |    |    |    |    |       |
| $\Delta U_{\text{gas}}$ |    |    |    |    |       |

- 39) La figura adjunta representa en forma esquemática una máquina de vapor

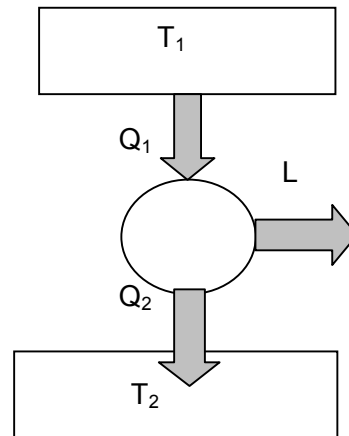
- ¿Qué partes del esquema constituyen la máquina térmica?, ¿cuál es el sistema que evoluciona según ciclos? Identifique la fuente caliente y la fría.
- Utilizando los símbolos aceptados convencionalmente para máquina térmica e intercambiador de calor (fuente), efectúe el diagrama correspondiente para la máquina de vapor.



- 40) Un inventor afirma haber desarrollado una máquina que extrae  $25200 \text{ kcal}$  de una fuente térmica, entrega  $6500 \text{ kcal}$  a otra fuente térmica y realiza un trabajo de  $25 \text{ kWh}$ . ¿Es posible este invento? Justifique su respuesta.

- 41) Una máquina térmica con un rendimiento del 20% realiza un trabajo de 100 J en cada ciclo. ¿Cuánto calor absorbe en cada ciclo?, ¿cuánto calor cede?
- 42) Un refrigerador recibe trabajo a razón de 370 W de potencia y extrae del congelador 21,2 kcal/min.
- Calcular cuánto calor cede al ambiente en una hora, suponiendo que la máquina realiza un número entero de ciclos en ese lapso.
  - Calcular la eficiencia del refrigerador, definida como el cociente entre la cantidad de calor extraída de la fuente fría y el trabajo recibido por el refrigerador en el mismo tiempo (en valor absoluto).

- 43) El esquema de la figura representa una máquina que intercambia calor con las fuentes  $T_1$  y  $T_2$ . La máquina entrega 200 cal de trabajo al exterior absorbiendo 1000 cal de la fuente  $T_1$  (500K) y entregando 800 cal a la fuente  $T_2$  que se halla a 300K.
- Muestre que la máquina descrita es termodinámicamente factible porque no contradice ninguno de los principios termodinámicos.
  - Calcule el rendimiento de esta máquina (definido como el cociente entre el trabajo realizado y el calor absorbido de la fuente a mayor temperatura)



- 44) Un kilogramo de hielo a  $0^\circ\text{C}$  se funde hasta transformarse totalmente en agua líquida a  $0^\circ\text{C}$  en un ambiente a  $20^\circ\text{C}$ .
- ¿Cuánto ha variado la entropía del hielo?
  - ¿Cuánto ha variado la entropía del Universo?
  - ¿Cómo debería procederse para realizar el mismo proceso en forma reversible?
- 45) Se comprime un mol de un gas ideal en forma reversible e isotérmica a  $20^\circ\text{C}$  de temperatura efectuando para ello un trabajo de 5000 J.
- ¿Cuál es el cambio en la entropía del sistema?
  - ¿Cuál es el cambio en la entropía del universo?

- 46) Para el ciclo descrito en el ejercicio 38 indique, en el cuadro adjunto, sin efectuar cálculos, el signo de la variación de entropía del gas, del medio exterior y del universo para cada evolución y para el ciclo completo.

|                              | ab | bc | cd | da | ciclo |
|------------------------------|----|----|----|----|-------|
| $\Delta S_{\text{gas}}$      |    |    |    |    |       |
| $\Delta S_{\text{ambiente}}$ |    |    |    |    |       |
| $\Delta S_{\text{Universo}}$ |    |    |    |    |       |

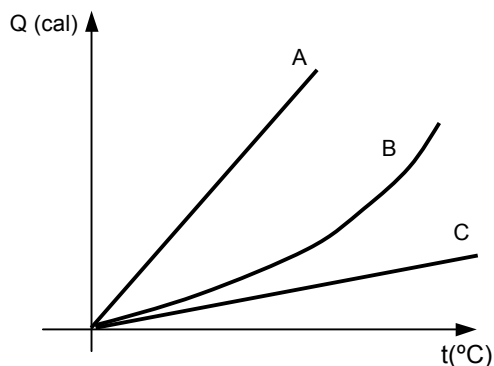
- 47) Una bolsa de arena de 5 kg, originalmente en reposo, se deja caer desde una altura de 6 m hasta el piso, choca contra él y se detiene. La bolsa, el piso y la atmósfera están inicialmente a  $27^\circ\text{C}$ . En este proceso:
- ¿Se conserva la energía del universo? Explique
  - ¿Se mantiene constante la entropía del universo? Explique.
  - ¿Se podría hacer descender la bolsa de arena en forma reversible?, ¿cómo?
  - Suponiendo despreciable la deformación de la bolsa y tratando al piso y a la bolsa como fuente térmica infinita, estime la variación de entropía del universo.

## 4. Elección múltiple

Mediante estos ejercicios podrá practicar otra forma de responder preguntas de Física. Le recomendamos que lea atentamente el enunciado y recién después pase a buscar la solución. En algunas situaciones la solución puede obtenerse descartando las opciones que conceptualmente son imposibles. En otros casos será necesario hacer cálculos del mismo modo que en un problema de desarrollo.

### Problema 1

Se colocan en termos iguales la misma masa de tres líquidos A, B y C, a la misma temperatura inicial. Se los calienta mediante calentadores de inmersión. Se registra la cantidad de calor entregada y la temperatura que adquieren y con estos valores se confecciona un gráfico como el indicado. Para el rango de temperaturas de la experiencia, indique cuál de las siguientes afirmaciones es verdadera:



- El líquido A es el de mayor calor específico.
- Los tres líquidos mantienen constante su calor específico.
- Para producir la misma variación de temperatura, las tres masas requieren intercambiar la misma cantidad de calor.
- Si los tres sistemas intercambian la misma cantidad de calor, el líquido A aumenta más su temperatura que los otros dos.
- El líquido B cambia de fase durante el proceso.
- El calor específico del líquido B disminuye con la temperatura.

### Problema 2

Un pedazo de cobre de 150 g que está a una temperatura de  $100^{\circ}\text{C}$  se coloca dentro del vaso de un calorímetro que contiene 200 g de agua a  $20^{\circ}$ . El vaso es de aluminio y tiene una masa de 37 g. Si la temperatura final de la mezcla es de  $25^{\circ}\text{C}$ . ¿Cuál es el calor específico del cobre ( $c_{\text{Cu}}$ )?

Datos:  $c_{\text{agua}} = 1 \text{ kcal/kg} \cdot ^{\circ}\text{C}$      $c_{\text{Al}} = 0,22 \text{ kcal /kg} \cdot ^{\circ}\text{C}$

- |   |   |   |
|---|---|---|
| a) $0,093 \text{ kcal/kg} \cdot ^{\circ}\text{C}$ | b) $0,93 \text{ kcal/kg} \cdot ^{\circ}\text{C}$  | c) $0,052 \text{ kcal/kg} \cdot ^{\circ}\text{C}$ |
| d) $0,52 \text{ kcal/kg} \cdot ^{\circ}\text{C}$  | e) $0,064 \text{ kcal/kg} \cdot ^{\circ}\text{C}$ | f) $0,64 \text{ kcal/kg} \cdot ^{\circ}\text{C}$  |

### Problema 3:

En climas de fuertes heladas, es habitual que los agricultores coloquen dentro de los invernaderos grandes tachos con agua. Un agricultor coloca un barril con 100 kg de agua a  $20^{\circ}\text{C}$  en el invernadero donde cultiva verduras. Si la temperatura del agua desciende a  $0^{\circ}\text{C}$  y luego se congela totalmente, calcule el calor entregado por el agua al interior del invernadero, y cuánto tiempo tendría que haber funcionado un calefactor eléctrico de 1 kW para entregar la misma cantidad de calor que el agua.

- 2000 kcal; 2,3 horas
- 10000 kcal; 11,6 horas
- 8000 kcal; 9,3 horas
- 10000 kcal; 9,3 horas
- 100 kcal; 1,16 horas
- 10000 kcal; 2,8 horas

#### Problema 4

Una varilla metálica cuyos extremos están, uno a  $250^{\circ}\text{C}$  y el otro a  $40^{\circ}\text{C}$  conduce  $75,4 \text{ cal/s}$ . Si su longitud y su diámetro se reducen a la mitad, y se colocan sus extremos a las mismas temperaturas que antes, la varilla conducirá (en  $\text{cal/s}$ ):

- a) 75,4      b) 7,5      c) 18,9      d) 754      e) 150,8      f) 37,7

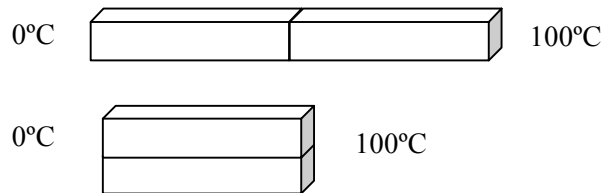
#### Problema 5

Un iglú tiene forma semiesférica, 2 metros de radio interno, y está construido con bloques de hielo de 40 cm de espesor. Si la temperatura de la cara interior de la pared de la vivienda es de  $0^{\circ}\text{C}$  y la de la cara exterior,  $-40^{\circ}\text{C}$ , calcule cuánto calor se transmite por conducción a través de las paredes en una hora. ( $k_{\text{hielo}} = 0,0004 \text{ kcal}/^{\circ}\text{C m s}$ ). Observe que la superficie a través de la cual fluye del calor no es constante, como lo es en el caso de una varilla o una pared plana. No obstante, para las condiciones del problema, es una buena aproximación considerarla constante y tomar como radio de la misma el promedio de los radios de las caras interna y externa.

- a) 4380 kcal      b) 8734 kcal      c) 2189 kcal      d) 1,2 kcal      e) 43,8 kcal      f) 4,18 kcal

#### Problema 6

Dos barras rectangulares idénticas están unidas como se muestra en la figura superior, de modo que cuando las temperaturas son las indicadas, en régimen estacionario, se transmiten a través de ellas 10 calorías por minuto.



¿Cuál sería la potencia transmitida si estuvieran unidas como se muestra en la figura inferior? En ambas situaciones el sistema está aislado lateralmente.

- a) 20 calorías por minuto      b) 10 calorías por minuto  
c) 40 calorías por minuto      d) cero  
e) 2,5 calorías por minuto      f) calorías por minuto

#### Problema 7

Una varilla de cobre y otra de acero de igual longitud y sección transversal están soldadas con un extremo en común. El extremo libre de la varilla de cobre se mantiene a  $100^{\circ}\text{C}$  y el extremo libre de la de acero, a  $0^{\circ}\text{C}$ . Las varillas están aisladas lateralmente. El coeficiente de conductividad térmica del cobre es 8 veces el del acero. Una vez que alcanza el régimen estacionario, podemos afirmar que:

- a) la temperatura de la unión de ambas varillas es menor que  $50^{\circ}\text{C}$ .  
b) la temperatura de la unión de ambas varillas es mayor que  $50^{\circ}\text{C}$ .  
c) las diferencias de temperatura entre los extremos de ambas varillas son iguales.  
d) la cantidad de calor que, por unidad de tiempo, atraviesa cualquier sección transversal de la varilla de cobre es mayor que la que atraviesa cualquier sección transversal de la varilla de acero.  
e) la cantidad de calor que, por unidad de tiempo, atraviesa cualquier sección transversal de la varilla de cobre es menor que la que atraviesa cualquier sección transversal de la varilla de acero.  
f) no fluye calor a través de las varillas.

### Problema 8

Sean dos recipientes cúbicos A y B conteniendo hielo. Las paredes son adiabáticas, salvo la superior que está expuesta al aire. Los cubos de hielo están a una temperatura inicial de  $0^{\circ}\text{C}$  y la arista del cubo A es la mitad de la del cubo B. En el mismo lapso en que el cubo A se funde totalmente, la masa de B que se funde es:

- a) toda.
- b) la cuarta parte de su masa inicial.
- c) la mitad de su masa inicial.
- d) la octava parte de su masa inicial.
- e) la décima parte de su masa inicial.
- f) la tercera parte de su masa inicial.

### Problema 9

Si la temperatura de la superficie del Sol fuera la quinta parte de su temperatura actual (ambas expresadas en K), la potencia que la Tierra recibiría del Sol sería, con respecto al actual, aproximadamente:

- a) 16 veces menor
- b) la misma
- c) la quinta parte
- d) la mitad
- e) 25 veces menor
- f) más de 600 veces menor

### Problema 10

Una persona que realiza trabajo mecánico a razón de 34 W pierde energía interna a razón de 300 W. Si el calor disipado por la persona se distribuye un 70% en radiación y el resto en evaporación del sudor, la cantidad de agua que pierde la persona en una hora es aproximadamente: ( $L_v$  a  $37^{\circ}\text{C}$  = 570 cal/g)

- a) 2,8 litros
- b) 0,5 litros
- c) 2,5 litros
- d) 0,67 litros
- e) 9,3 litros
- f) 0,12 litros

### Problema 11

Indique cuál de las siguientes afirmaciones es la única verdadera:

- a) La energía interna de cualquier sistema termodinámico es sólo función de la temperatura.
- b) La energía interna de un gas ideal es sólo función de la temperatura.
- c) En una evolución isotérmica el sistema no intercambia calor.
- d) En un proceso adiabático el sistema no varía la temperatura.
- e) Si un sistema no varía su volumen, entonces no realiza ni recibe trabajo.
- f) Si un gas no varía su energía interna entonces no recibe calor.

### Problema 12

Un hombre de 70 kg andando en bicicleta entrega una potencia mecánica de 100 W. La tasa metabólica (rapidez con la que varía la energía interna de un ser vivo) para la actividad "andar en bicicleta", para un hombre de 70 kg, es aproximadamente 500 W. Entonces, la cantidad de calor que el hombre entrega al medio exterior si marcha en bicicleta durante 4 horas es, expresada en kilocalorías, aproximadamente:

- a) 600
- b) 2067
- c) 2512
- d) 573
- e) 1380
- f) 100

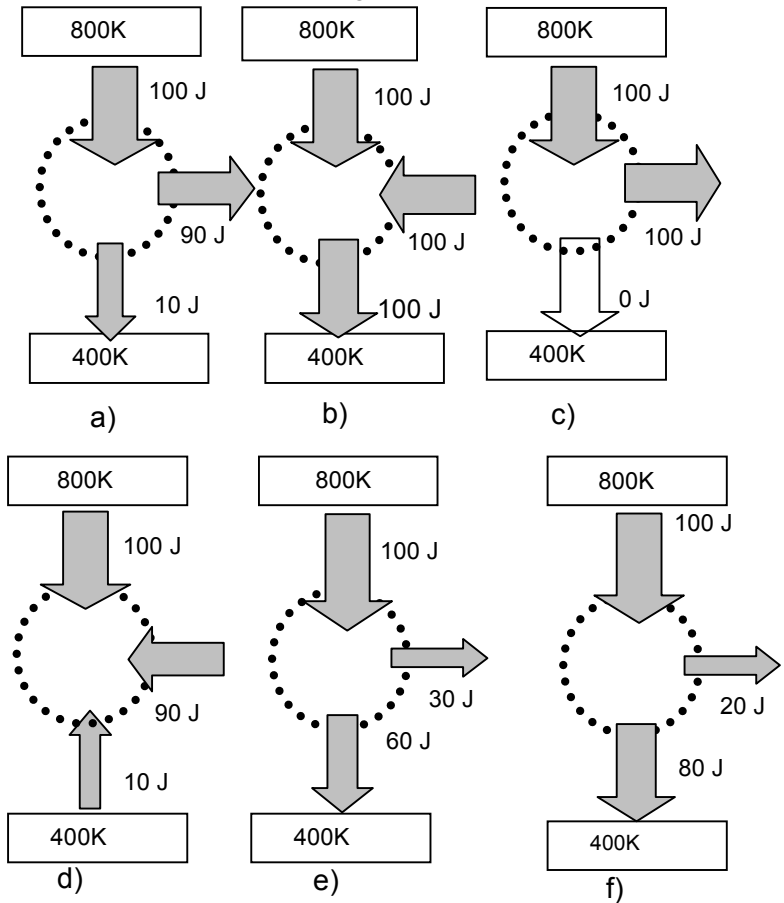
### Problema 13

Una central termoeléctrica cuyo rendimiento es del 33%, entrega  $1000\text{ MW} = 10^9\text{ W}$  de potencia eléctrica. Si el 15% del calor residual se elimina por la chimenea y el resto se transfiere a un río cuyo caudal medio es de  $100\text{ m}^3/\text{s}$  ¿Cuánto aumenta la temperatura del agua?

- a)  $5,7^{\circ}\text{C}$
- b)  $1,3^{\circ}\text{C}$
- c)  $1300^{\circ}\text{C}$
- d)  $4,1^{\circ}\text{C}$
- e)  $0,24^{\circ}\text{C}$
- f)  $0,67^{\circ}\text{C}$

### Problema 14

En la figura, los círculos representan seis máquinas cíclicas, que operan entre dos fuentes de temperaturas 800 K y 400 K. Las flechas verticales representan intercambios de calor con las fuentes; las horizontales, de trabajo con el exterior de las máquinas. Sólo una de ellas es posible, debido a que no viola ninguno de los principios termodinámicos. ¿Cuál es?



### Problema 15

A cierta masa de agua que se encuentra a temperatura inicial 20°C se le entregan 100 kJ de trabajo mediante un sistema de paletas y simultáneamente se le extraen 10 kcal poniéndola en contacto con un cuerpo a menor temperatura (evolución A). Luego el agua vuelve a su estado inicial pero intercambiando sólo calor (evolución B). Entonces, en la evolución B, el agua:

- a) absorbe 34 kcal y aumenta su entropía.
- b) absorbe 14 kcal y aumenta su entropía.
- c) cede 14 kcal y aumenta su entropía.
- d) cede 34 kcal y disminuye su entropía.
- e) cede 14 kcal y disminuye su entropía.
- f) absorbe 10 kcal y aumenta su entropía.

### Problema 16

Al mezclar, en un recipiente adiabático, a presión atmosférica constante, una cierta masa de agua a 50°C con un kilogramo de hielo a 0°C se comprueba que el hielo se funde totalmente y el sistema alcanza una temperatura final de 0°C. (Considere  $L_f = 80 \text{ cal/g}$ ). Desprecie el cambio de volumen del hielo en las transformación

Parte A: la masa de agua (en kg) que había en el calorímetro es:

- a) cero
- b) 1
- c) 1,6
- d) 2
- e) 0,625
- f) 4,2

Parte B: la variación de entropía del hielo (en kcal/K) es:

- a) cero
- b) 0,29
- c) infinito
- d) 8
- e) - 8
- f) - 0,29



Parte C: la variación de entropía del agua líquida es (conteste sin efectuar cuentas):

- a) cero
- b) de igual valor absoluto y signo opuesto a la del hielo.
- c) negativa y de valor absoluto mayor que la del hielo.
- d) negativa y de valor absoluto menor que la del hielo.
- e) positiva y mayor que la del hielo.
- f) positiva y menor que la del hielo.

Parte D: la variación de entropía del agua líquida ( en kcal/K) es:

- |            |            |
|------------|------------|
| a) cero    | b) - 0,29  |
| c) - 0,247 | d) - 0,269 |
| e) 0,269   | f) 0,021   |

**Problema 17**

Un mol de gas ideal evoluciona en forma reversible desde una presión de 1,2 atm y un volumen de 5 litros hasta una presión de 4 atm y un volumen de 1,5 litros. En esa evolución la variación de energía interna del gas ( $\Delta U$ ) y la variación de entropía del gas ( $\Delta S$ ) valen

- |                                 |                                 |                                 |
|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| a) $\Delta U = 0, \Delta S = 0$ | b) $\Delta U = 0, \Delta S > 0$ | c) $\Delta U = 0, \Delta S < 0$ |
| d) $\Delta U > 0, \Delta S = 0$ | e) $\Delta U < 0, \Delta S < 0$ | f) $\Delta U < 0, \Delta S > 0$ |

**Problema 18**

Indique cuál de las siguientes afirmaciones es la única verdadera:

- a) Cuando un sistema pasa de un estado A a otro estado B, la cantidad de calor neta intercambiada por el sistema es la misma cualquiera sea el proceso entre ambos estados.
- b) Cuando un sistema pasa de un estado A a otro estado B, la variación de su entropía es la misma cualquiera sea el proceso entre ambos estados.
- c) Cuando un sistema pasa de un estado A a otro estado B, la variación de la entropía del universo es la misma cualquiera sea el proceso entre ambos estados.
- d) Siempre que un sistema realiza un ciclo, el trabajo total que intercambia con el medio exterior es cero.
- e) El trabajo entregado a un sistema nunca puede transformarse completamente en calor cedido a una fuente térmica.
- f) El calor absorbido de una única fuente térmica nunca puede transformarse en completamente en trabajo.

**Problema 19**

Indique cuál de las siguientes afirmaciones es la única verdadera:

- a) Es imposible transferir una cantidad determinada de calor de una fuente a cierta temperatura a otra fuente a mayor temperatura.
- b) La entropía de un sistema nunca puede disminuir.
- c) Si un sistema puede volver a su estado inicial luego de una transformación entonces la transformación se llama reversible.
- d) Todos los procesos que se producen muy lentamente son procesos reversibles
- e) Los procesos espontáneos son aquellos que se producen con un aumento de la entropía del universo.
- f) Cuando un sistema evoluciona en forma espontánea de un estado a otro disminuye su energía interna.

### Problema 20

Una cacerola contiene agua a 70°C. El sistema se enfría reversiblemente hasta que su temperatura iguala a la del ambiente que es de 22°C. Durante ese proceso se puede afirmar que:

- a) El proceso se realiza poniendo la cacerola en contacto con el ambiente
- b) La energía y la entropía del sistema disminuyen, la energía del universo no cambia y su entropía aumenta.
- c) La energía del sistema disminuye, su entropía aumenta, y la energía y la entropía del universo no cambian.
- d) La energía y la entropía del sistema disminuyen, y las del universo no cambian.
- e) La energía del sistema disminuye, su entropía aumenta, la energía del universo no cambia y su entropía aumenta.
- f) La energía y la entropía del medio exterior aumentan, la energía del universo no cambia y su entropía aumenta.

## 6. Respuestas

Se utilizaron las aproximaciones: 1 cal = 4,18 joule; 1 joule = 0,24 cal

Pequeñas diferencias en los resultados pueden deberse a que en lugar de multiplicar por 0,24 se dividió por 4,18, o viceversa.

### Ejercitación

- 1) a) El cobre porque tiene menor  $c_p$ .  
b) El de menor masa. Que no haya cambios de fase.
- 2)  $4 \times 10^6$  kcal
- 3)  $-42,5$  °C
- 4) Una estimación posible es: Capacidad de una taza: 200 ml. El té es prácticamente agua. Se hizo con agua hirviendo pero por transmisión de calor al ambiente, la temperatura cuando está en taza es 90°C; la temperatura del agua de la canilla 20°C. Para poder tomarlo deberá estar a unos 70°C, hay que agregar 80 ml de agua fría.
- 5) a) 5200 kcal, b) 29200 kcal, c) 18400 kcal
- 6) a) menor que la media y cercana a la del agua, ya que las masas son iguales y el calor específico del platino es mucho menor que el del agua  
b) 53,1 °C  
c) 52,8 °C
- 7) Estado final; 4,7 g de agua, 45,3 g de hielo y 250 g de Pb a temperatura 0°C
- 8)
  - a) El calor que el ambiente a mayor temperatura trasmite al recipiente y su contenido, se usa en una primera etapa para evaporar el agua de la tela mojada con lo cual se demora el calentamiento del contenido
  - b) Evaporar el rocío acumulado en la superficie de los vidrios, entregándole al agua el calor necesario para producir la evaporación. Evitar la condensación al aumentar la temperatura ambiente cercana al vidrio y con ello el punto de rocío.

- 9) a) 25°C; b) 30,02 °C
- 10) a) 0,054 cal/g°C; 13,8 cal/g; b) 100 g líquido y 100 g sólido.
- 11) a) 89,7 cal; b) 125,6 cal
- 12)
- Que 1 g de cobre intercambia 0,091 cal por cada °C de variación de temperatura.
  - Que, si a lo largo de una varilla de cobre de 1 cm<sup>2</sup> la temperatura disminuye a razón de 1°C por cada 1 cm, la varilla conduce 0,9 cal/s.
- 13) 15,4 cm
- 14)
- El calor entregado por convección y radiación es directamente proporcional al área en contacto con el ambiente. Dormir acurrucado disminuye el área.
  - Para contribuir a la convección natural del aire.
  - El aire tiene bajo coeficiente de conducción y si no se permite que haya convección actúa como aislante.
  - Aumentar la superficie de contacto con el quemador y por tanto la cantidad de calor que transmite al agua
  - El coeficiente de conducción del aluminio es mayor que el del plástico, por tanto conduce más rápidamente el calor de la mano al vaso.
  - Por radiación
  - Sí, emite el 90% de la radiación que emitiría, a igual temperatura, si fuera negro.
  - La temperatura del aire exterior no siempre es un indicador seguro y digno de confianza para determinar el frío que una persona puede sentir, si está expuesta al aire libre. Existen otros parámetros meteorológicos que influyen como la velocidad del viento, la radiación y la humedad relativa. El término sensación térmica es usado para describir el grado de incomodidad que un ser humano siente, como resultado de la combinación de la temperatura y el viento en invierno y de la temperatura, la humedad y el viento en verano.
  - Como el calor específico del agua es 2,5 veces el del suelo, a igualdad de calor cedido, el descenso de la temperatura del agua es 0,4 veces el de la temperatura del suelo. El efecto se hace aún más notable si la emisividad el suelo es mayor que la del agua (la cantidad de calor radiado no es necesariamente igual para el agua que para el suelo ya que depende de sus emisividades)
- 15) 95 kcal/h. No es totalmente correcta, la temperatura de la frazada del lado externo es algo mayor que cero (conducción en la capa de aire inmóvil cercana a la pared) y del lado interno algo menor que 33 °C (conducción en la capa de aire piel-frazada).
- 16) a) 77,4 kcal/h
- por convección, por evaporación del sudor, por evaporación de agua en los pulmones, por calentamiento del aire exhalado, por calentamiento de la orina.
- 17) 459,3 W;  $459,3 \times 10^4$  W.  
La potencia es 10.000 veces mayor pues la temperatura absoluta es 10 veces mayor.
- 18) 0,6; 0,6
- 19) 17,15 h

20) abierto, abierto, cerrado, cerrado, aislado ( si no se saca café ni se agita el termo)

21)

- a) En el primer caso se entrega trabajo y en segundo calor. En ambos casos aumenta la energía interna del fósforo y con ello se alcanza la temperatura a la cual se produce la combustión.
- b) Una expansión rápida es casi adiabática porque el calor necesita tiempo para transmitirse. El trabajo de expansión se efectúa a expensas de una disminución de la energía interna del gas y la consiguiente disminución de su temperatura.
- c) Se entrega trabajo, aumenta la energía interna. Debe hacerse rápidamente para que no se produzca un flujo de calor de las ramas al ambiente.
- d) Se entrega trabajo en forma adiabática. Aumenta la energía interna.

22)

- a) reversible o irreversible
- b) reversible o irreversible
- c) irreversible
- d) irreversible
- e) irreversible

23) a) 2 kcal, b) 42,65 m ( con  $|g| = 9,8 \text{ m/s}^2$ )

24) a) 129,6 J

b) 68,4 J

c) No cambia, se transforman 198 J de energía mecánica en energía térmica.

25) La energía se mantiene constante, la energía química se transforma en térmica; la temperatura aumenta.

26)

a) cero

b) sí, a expensas de una disminución de su energía interna de 25 J.

c) -1000 cal

d) -1000 cal; el medio exterior realiza un trabajo de 500 cal sobre el sistema :  $L = -500 \text{ cal}$

27)

a)  $84 \text{ W} = 1733 \text{ kcal/día}$ ;  $66 \text{ W} = 1362 \text{ kcal/día}$

b)  $374 \text{ kcal/h} = 434,25 \text{ W}$

c) 7,54 %

d) 748 kcal; 114 kcal

28)

a) de elaboración personal

b) un niño

c) la tasa metabólica por kilogramo de peso es mayor para el niño que para el adulto

d) no

29) a) 1,35 kJ; b) 0,9 kJ; c) -1,35 kJ, d) de elaboración personal

30) 19,7 kcal

31)

a) Agua:

$Q = 2500 \text{ cal}$

$L = 0$

$\Delta U = 2500 \text{ cal}$

- b) Agua y resistencia:  $Q = 0$   
 c) Agua, resist. y batería:  $Q = 0$

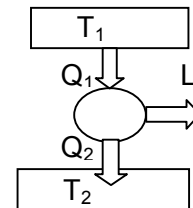
$L = -2500 \text{ cal}$   $\Delta U = 2500 \text{ cal}$   
 $L = 0$   $\Delta U = 0$

- 32) a) 498,7 cal; b) -75 cal; c) -185 cal (se desprecian las variaciones de volumen en el caso de sólidos y líquidos)
- 33) a)  $L_{\text{ciclo}} = 4 \text{ J}$ ; b)  $Q_{\text{ciclo}} = 4 \text{ J}$ ; c)  $\Delta U_{\text{ciclo}} = 0$ ; d)  $L_{AB}$ ;  $L_{BC}$ ;  $L_{CA}$
- 34) a) el trabajo es aproximadamente 0,9 J  
 b) la potencia es aproximadamente 1 W
- 35) a) 2304 J; b) 3456 J
- 36)  $Q = 3500 \text{ J} = 836 \text{ cal}$ , absorbido
- 37) a)  $L = 0, \Delta U = 0$ ; b) 300 K; c) La respuesta a)

38)

|                         | ab | bc | cd | da | ciclo |
|-------------------------|----|----|----|----|-------|
| Q                       | -  | +  | +  | -  | +     |
| L                       | -  | +  | +  | -  | +     |
| $\Delta U_{\text{gas}}$ | 0  | +  | 0  | -  | 0     |

- 39) El calentador, el cilindro con el pistón, el condensador, la bomba que regresa el agua a la caldera; el sistema que evoluciona es el agua  
 Fuente caliente: alimentación del calentador.  
 Fuente fría: sumidero que recibe el calor cedido por el condensador



- 40) No es posible, contradice el primer principio (no se conserva la energía del Universo):  
 $Q_{\text{neto en el ciclo}} = 1,87 \times 10^4 \text{ kcal}$ ;  $L_{\text{en el ciclo}} = 2,16 \times 10^4 \text{ kcal}$
- 41) 500 J = 119,42 cal; 400 J = 95,53 cal
- 42) a)  $Q = 1591 \text{ kcal}$ ; b) Eficiencia = 4
- 43)  
 a)  $1000 \text{ cal} - 800 \text{ cal} = 200 \text{ cal}$ ;  $\Delta S_{\text{universo}} = 0,66 \text{ cal/K} > 0$ .  
 b) 0,2
- 44)  
 a)  $\Delta S_{\text{hielo}} = 0,293 \text{ kcal/K}$   
 b)  $\Delta S_{\text{universo}} = 0,02 \text{ kcal/K}$   
 c) Se debería fundir el hielo en contacto con una fuente a temperatura  $0^\circ\text{C} + dT$
- 45)  $\Delta S_{\text{gas}} = -17,1 \text{ J/K}$ ;  $\Delta S_{\text{universo}} = 0$

46)

|                              | ab | bc | cd | da | ciclo |
|------------------------------|----|----|----|----|-------|
| $\Delta S_{\text{gas}}$      | -  | +  | +  | -  | 0     |
| $\Delta S_{\text{ambiente}}$ | +  | -  | -  | +  | 0     |
| $\Delta S_{\text{Universo}}$ | 0  | 0  | 0  | 0  | 0     |

47)

- a) Sí:  $\Delta E_{\text{pgravitatoria bolsa}} = \Delta U_{\text{bolsa}} + \Delta U_{\text{entorno}}$
- b) No, aumenta, pues se trata de una evolución irreversible.
- c) Sí, por ejemplo haciéndola descender muy lentamente mediante una cuerda que pasa por una polea y en cuyo extremo hay enganchado un balde con arena de peso total apenas inferior al de la bolsa.
- d)  $\Delta S_{\text{universo}} = 1 \text{ joule/K}$  (tomando  $|g| = 10 \text{ ms}^{-2}$ )

## Elección múltiple

1) a

2) a

3) b

4) f

5) a

6) c

7) b

8) c

9) f

10) f

11) b

12) e

13) d

14) f

15) e

16) Parte A: c    Parte B: b    Parte C: d    Parte D: d

17) c

18) b

19) e

20) d

## UNIDAD 4

### Bases físicas de los fenómenos bioeléctricos

#### 3. Ejercitación

*Esta actividad le permitirá resolver ejercicios en orden creciente de dificultad. Revise sus resultados con los ofrecidos en esta guía. Resuelva los ejercicios sin omitir pasos y trate de justificar los razonamientos que utiliza.*

Datos:

|   |                                    |
|---|------------------------------------|
| Aceleración de la gravedad:               | $9,8 \text{ m/s}^2$                |
| Carga del electrón y del protón (módulo): | $1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$  |
| Masa del electrón:                        | $9,109 \times 10^{-31} \text{ kg}$ |
| Masa del protón:                          | $1,672 \times 10^{-27} \text{ kg}$ |
| Permitividad del vacío ( $\epsilon_0$ )   | $8,85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$ |

- 1) Efectúe un dibujo cualitativo de las líneas de campo correspondientes a las siguientes distribuciones de carga:
  - a) Una carga positiva.
  - b) Dos cargas positivas del mismo valor, separadas una distancia  $d$ ,
  - c) Un dipolo eléctrico,
  - d) Dos placas paralelas cargadas uniformemente con cargas de igual módulo y signos opuestos.
- 2)
  - a) La intensidad del campo eléctrico  $E$  debido a una carga  $Q$  en el punto donde está situada una carga  $Q' > Q$  es superior, inferior, o igual a la del campo eléctrico  $E'$  debido a la carga  $Q'$  en el punto donde está situado  $Q$  ?
  - b) la misma pregunta para las intensidades de las fuerzas  $F$  (que  $Q$  ejerce sobre  $Q'$ ) y  $F'$  (que  $Q'$  ejerce sobre  $Q$ )
- 3) Un plano infinito se carga de manera que el campo eléctrico  $|E| = 2,25 \times 10^3 \text{ N/C}$  para un punto que se halla a 3m del plano.
  - a) Dibuje las líneas de campo.
  - b) Calcule la diferencia de potencial para dos puntos ubicados a 5m y 7 m del plano. ¿Cambia el resultado anterior si los puntos indicados están sobre una misma línea de campo?
  - c) Calcule la energía cinética que adquiere un electrón cuando se mueve desde el reposo a lo largo de un centímetro.
- 4) La intensidad del campo eléctrico uniforme entre dos placas en un tubo de un osciloscopio es de 200 V/cm :
  - a) ¿Cuál es la fuerza ejercida sobre un electrón cuando pasa entre ellas?
  - b) ¿Cuál es la aceleración de un electrón cuando está sometido a esta fuerza?
  - c) Comparar con la aceleración debida a la atracción gravitatoria.
- 5) El aparato para medir la carga del electrón por el método de Millikan consta de dos placas planas paralelas y horizontales separadas 1,5 cm. Se requiere un campo eléctrico de  $6,34 \times 10^4 \text{ V/m}$  para sostener en equilibrio una gota de aceite cargada. ¿Qué diferencia de potencial existe entre ellas?

6) Un *electrón-volt* es una unidad de energía igual a la energía cinética de un electrón que ha sido acelerado, partiendo del reposo, con una diferencia de potencial de 1 V.

a) Calcular esta energía en joules.

b) ¿Cuál es la velocidad de un electrón cuya energía cinética es 1 electrón-volt?

c) ¿Cuál es la velocidad de un deuterón cuya energía cinética es de 100 eV, si su masa equivale a la de dos protones.

7) ¿Qué energía almacena un capacitor de 10000  $\mu\text{F}$  cuando se conecta a una fuente de 300 V?

8) Las láminas de un condensador (o capacitor) plano están separadas 1 mm, tienen 2 m<sup>2</sup> de área y se encuentran en el vacío. Se aplica al condensador una diferencia de potencial de 10000 V. Calcular:

a) Su capacidad.

b) La carga de cada lámina.

c) La intensidad de campo eléctrico entre las placas.

9) Recalcular lo solicitado en el problema anterior, si se llena el espacio entre las placas con papel cuya constante dieléctrica relativa es 3,5. Comparar resultados.

10) Se conecta un capacitor de placas paralelas de 1 m<sup>2</sup>, separadas 1 mm, a una fuente 100 V y, una vez cargado, se desconecta la fuente y se separan las placas hasta que están distantes 2 mm. El espacio entre placas está vacío.

a) Calcule la energía del capacitor antes y después de haber alejado sus placas, y explique de dónde ha salido esa diferencia.

b) Repita los cálculos anteriores sin desconectar la fuente, y explique sus resultados.

11) En el interior de una célula hay un exceso de iones negativos sobre los iones positivos. Un número igual de iones positivos en exceso se halla presente en el fluido intersticial (exterior de la célula). Los iones en exceso forman finas capas de carga, a cada lado de la membrana celular, lo que origina una diferencia de potencial entre el interior y el exterior de la célula. Considere una membrana celular de espesor de 10 nm y constante dieléctrica relativa  $\epsilon_r = 8$ . Sabiendo que la diferencia de potencial entre el interior y el exterior de la célula es 70 mV determine:

a) la capacidad por unidad de área de la membrana (trátela como un capacitor plano),

b) el campo eléctrico en el interior de la membrana (módulo, dirección y sentido),

c) el trabajo eléctrico (en eV) para transportar desde el interior al exterior de la célula un ion de  $\text{Na}^+$ , un ion de  $\text{Cl}^-$  y un ion de  $\text{K}^+$ , respectivamente. Discuta en cada caso el signo del trabajo.

12) Un condensador de 1 mF se conecta en paralelo con otro de 2 mF y dicho paralelo se conecta a su vez en serie con un condensador de 6 mF.

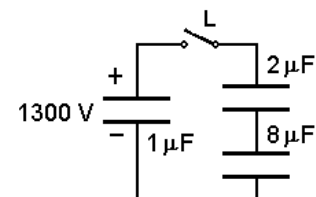
a) ¿Cuál es la capacidad equivalente de esta asociación?

b) Si se aplica al conjunto una diferencia de potencial de 6 V. ¿Cuánto vale la carga de cada condensador, y la diferencia de potencial entre sus placas?

13) Un condensador de 1  $\mu\text{F}$  se carga a 1300 V mediante una batería. Se desconecta de la batería, y se conecta inmediatamente a los extremos de otros dos condensadores, previamente descargados, de 2  $\mu\text{F}$  y 8  $\mu\text{F}$  de capacidad, respectivamente, conectados entre sí como se muestra en la figura. Calcular:

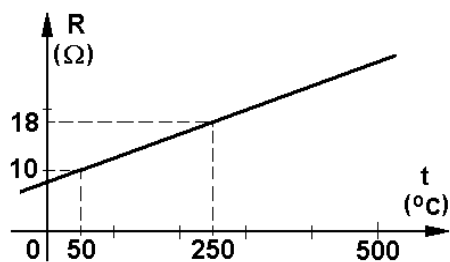
a) la diferencia de potencial entre las placas del primer condensador después de la conexión a los otros dos.

b) la variación de energía electrostática asociada al proceso en joules.





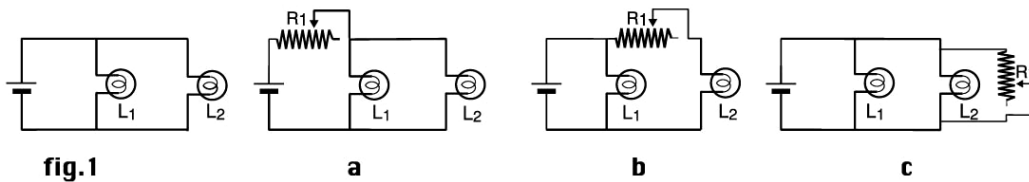
- 14) ¿Qué intensidad media de corriente corresponde al pasaje de una carga de 100 C en un tiempo de una hora?
- 15) Cuando se toca el pulsador del timbre, la campanilla que está a 10 m suena inmediatamente, ¿circulan tan rápido los electrones?
- 16) Una corriente de 10 A en un alambre produce una diferencia de potencial de 1V entre sus extremos. Si es un conductor óhmico, ¿Qué corriente producirá una diferencia de potencial de 6 V?
- 17) ¿Qué resistencia debería tener un rollo de alambre de cobre de 1 mm<sup>2</sup> de sección y 100 m de longitud? Y otro de 2,5 mm<sup>2</sup> de sección ?
- 18) El filamento de una lámpara incandescente de 220 V y 40 W debería tener, de acuerdo con la ley de Ohm, una resistencia  $R = 1210 \Omega$ . Sin embargo, cuando le medimos su resistencia con un multímetro (¡Desconecten la lámpara antes de hacer esa medición!), leemos sólo unos 100  $\Omega$  ¿A qué se debe? En este caso, ¿no vale la ley de Ohm?
- 19) Una fibra nerviosa (axón) se puede considerar como un largo cilindro. Si su diámetro es de 10  $\mu\text{m}$  y su resistividad es 2  $\Omega\text{m}$ , ¿cuál es la resistencia de una fibra de 30 cm de longitud? ¿Qué longitud debería tener un cable de cobre del mismo diámetro para tener la misma resistencia? (Resistividad del cobre:  $1,72 \times 10^{-8} \Omega\text{m}$ )
- 20) a) ¿De qué manera se puede improvisar una resistencia de 100 k $\Omega$  si se dispone de dos resistores de 200 k $\Omega$ ?  
 b) ¿Qué resistencia equivalente presentan dos resistencias de 300 k $\Omega$  y 600 k $\Omega$  conectadas en paralelo?  
 c) Dos resistores de 1000  $\Omega$  y 500  $\Omega$  se conectan en paralelo entre sí y en serie con una resistencia de 1000  $\Omega$  ¿Qué resistencia presenta el conjunto?
- 21) De acuerdo con el siguiente gráfico de resistencia en función de la temperatura, determinar el valor de la misma a 500 °C.



- 22) Unas zapatillas de goma tienen un área conjunta de 250 cm<sup>2</sup> y un grosor de 1 cm. La resistividad eléctrica de la goma es del orden de  $10^5 \Omega\cdot\text{m}$ . Hallar su resistencia eléctrica, entre el piso y la planta del pie.  
 Comparar la intensidad de la corriente que pasaría por el cuerpo de una persona ( $R = 2000 \Omega$ ) que tocara un cable a 250 V si fuera descalza y si fuera calzada con dichas zapatillas. (Nota: Una intensidad superior a 10 mA resulta peligrosa).
- 23) Metrogas nos suministra gas, Aguas Argentinas nos suministra agua, la compañía eléctrica ¿nos suministra electrones?

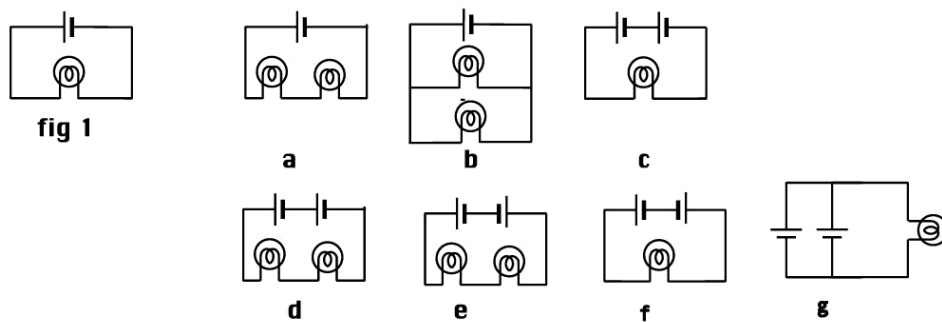
24) ¿Qué potencia transmite al ambiente un resistor de  $100\ \Omega$  conectado a los  $220\ \text{V}$  de la red eléctrica domiciliaria?

25) En el circuito de la figura 1 se quiere agregar una resistencia variable que permita graduar el brillo de la lamparita 2, sin cambiar el de la lamparita 1.



¿Cuál es la conexión correcta? ¿Cuál sería el efecto de las otras dos conexiones?

26) Compare el brillo de cada una de las lámparas con el brillo de la lamparita de la figura, teniendo en cuenta que todas las lamparitas y las baterías del esquema son idénticas.



27) ¿Cuántos amperes circulan por la línea de un calefón eléctrico que calienta un caudal de agua de cinco litros por minuto desde  $20^\circ\text{C}$  hasta  $40^\circ\text{C}$ ?

28) En las guirnaldas de corsos y circos ¿las lámparas están en serie o en paralelo? ¿Y en las de los arbolitos de Navidad?

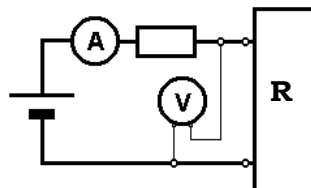
29) Se pretende medir la resistencia de arrollamiento de alambre conductor.

a) Si se utiliza un voltímetro, un amperímetro y una batería, ¿cómo deben conectarse? ¿Qué errores se introducen?

b) Si se utiliza un multímetro, ¿cómo debe conectarse? ¿Cómo debe procederse?

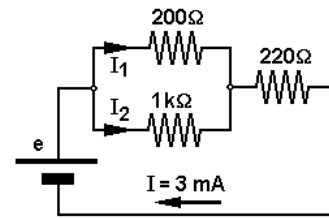
30) Una membrana de  $10^{-8}\ \text{m}$  de espesor contiene poros de  $10\ \text{ohm cm}$  de resistividad. La resistividad del material de la membrana es  $10^{14}\ \Omega\ \text{cm}$ . Sabiendo que la resistividad total de la membrana es  $10^9\ \text{ohm cm}$ , estime la relación entre el área de los poros y el área del material de la membrana. Ayuda : Recuerde que entre el interior y el exterior de la membrana celular hay una diferencia de potencial (problema 11) Si llama  $R_t$  a la resistencia eléctrica total de la membrana,  $R_m$  a la del material que la constituye y  $R_p$  a la de los poros, ¿cuál sería el circuito eléctrico que propondría para modelizar este problema?

31) En la figura la tensión de la pila es  $100\ \text{V}$  y la tensión que indica el voltímetro es  $80\ \text{V}$ . El amperímetro indica una intensidad de corriente de  $2\ \text{A}$ , cuánto vale la resistencia  $R$ ?

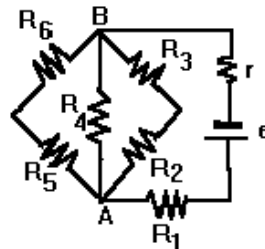


32) En el circuito de la figura, la corriente  $I$  es de 3 mA.

- ¿De qué intensidad son las corrientes  $I_1$  e  $I_2$ ?
- ¿Cuánto vale la diferencia de potencial entre los extremos de cada uno de los resistores?
- ¿Cuál resistor requiere más potencia? Explique.



33) De acuerdo con el circuito esquematizado en la figura, obtener la potencia desarrollada en  $R_4$ .



$$R_1 = 25 \Omega$$

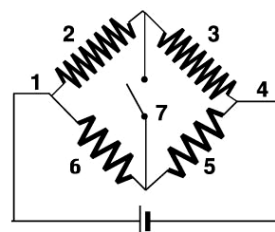
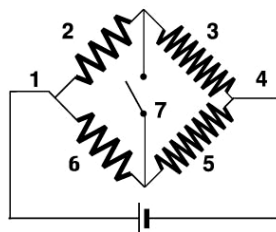
$$R_2 = R_3 = R_5 = R_6 = 80 \Omega$$

$$r = 5 \Omega$$

$$e = 340V$$

$$V_{AB} = 220V$$

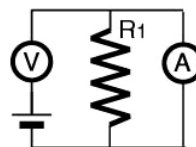
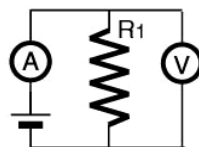
34) Sabiendo que  $R > r$ , ordene de mayor a menor las intensidades de corriente que circula por los cables 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7 en el circuito **a** antes de cerrar el interruptor y después de cerrarlo. Idem para el circuito **b**.



**a**

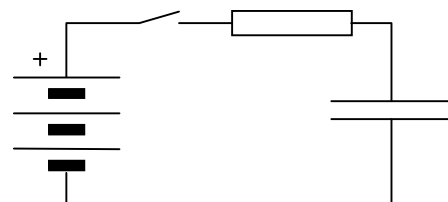
**b**

35) Una resistencia de un centenar de ohm se conecta a una fuente de tensión de un centenar de volt. Se mide correctamente la tensión en los extremos de la resistencia y la intensidad que lo atraviesa, disponiendo un voltímetro en paralelo y un amperímetro en serie con la resistencia (figura de la izquierda). Si uno se equivoca en el montaje y conecta el voltímetro en serie y el amperímetro en paralelo (figura de la derecha), ¿qué valores indican los instrumentos? Desprecie las resistencias internas de las pilas.



36) Se conecta una fuente de 1000 V cc a un capacitor de 1000  $\mu$ F inicialmente descargado, a través de un resistor de 1000  $\Omega$ . Cuando finalice la carga

- ¿cuánta energía habrá entregado la fuente al circuito?
- ¿Cuánta habrá recibido el capacitor?
- ¿Y cuánta habrá disipado el resistor? (Sobra un dato.)



37) Una persona debe tocar un cable de energía eléctrica para hacer una reparación sin interrumpir el servicio. ¿Qué precaución debe adoptar?

- a) Subirse a una plataforma aislante.
- b) Tomarse firmemente de un metal conectado al cable a tierra.
- c) Ambas cosas.

38) a) Un pájaro se sostiene sobre una pata apoyada en una línea de alta tensión. ¿Qué pasa cuando pone la otra pata sobre la misma línea? ¿Qué pasaría si el pájaro pusiera su otra pata sobre un conductor conectado a tierra?

- b) Una máquina eléctrica de afeitar enchufada cae accidentalmente al agua. ¿Es peligroso meter la mano en el agua para sacarla? ¿Es importante que esté o no encendida? Explicarlo.
- c) ¿Por qué es especialmente importante conectar adecuadamente a tierra los aparatos cuando se usan al aire libre o en sótanos?

39) a) ¿Encendería un buscapolos de lámpara de neón si introdujéramos su contacto en el vivo, pero tomáramos su cuerpo subidos a una silla de plástico, o aislados muy bien de tierra por cualquier otro medio?

b) ¿A qué se debe el fulgor débil que emiten a veces los tubos fluorescentes en la oscuridad, aunque estén apagados?

40) Un kilowatt hora vale aproximadamente 15 centavos; un litro de kerosene, un peso, y un metro cúbico de gas, 50 centavos, en febrero de 2003. El poder energético aproximado del kerosene es de 10.000 kcal/kg; el del gas, 10.000 kcal/m<sup>3</sup>. Comparar el costo de la calefacción eléctrica, la de kerosene y la de gas, en orden creciente de costo.

41) ¿Cuánto cuesta, por bimestre, mantener encendida una lámpara de 25 W durante toda la noche? ¿Y tostar el pan durante 10 minutos diarios, con una tostadora de 1000 W?

#### **4. Elección múltiple**

*Mediante estos ejercicios podrá practicar otra forma de responder preguntas típicas de examen de Física. Le recomendamos que lea atentamente el enunciado y recién después pase a resolverlas buscar la solución. En algunas situaciones la solución puede obtenerse descartando las opciones que conceptualmente son imposibles. En otros casos será necesario hacer cálculos del mismo modo que en un problema de desarrollo.*

1) Indique cuál de las afirmaciones siguientes es verdadera:

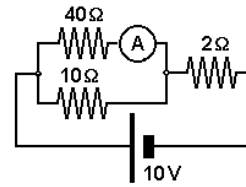
- a) Se define la capacidad de un capacitor como la cantidad total de carga que puede almacenar.
- b) La capacidad de un condensador depende de la diferencia de potencial entre sus placas.
- c) Un dieléctrico insertado entre las placas de un condensador incrementa su capacidad.
- d) La capacidad equivalente de dos condensadores en serie es mayor que la de cada uno por separado.
- e) La capacidad equivalente de dos condensadores en paralelo es igual que la de cada uno por separado.
- f) Un dieléctrico insertado entre las placas de un condensador que se mantiene conectado a su fuente disminuye la energía que almacena.

2) Supongamos que la máxima intensidad de corriente que puede pasar por una mano sin que impida funcionar a los músculos es de 14 mA. ¿Cuál debe ser la resistencia mínima desde la mano hasta el suelo para que al tocar accidentalmente un conductor a 220 V se pueda soltarlo?

- a) 15,72  $\Omega$
- b) 3080  $\Omega$
- c) Infinito
- d) 15720  $\Omega$
- e) 0
- f) 64  $\Omega$

3) ¿ Cuánto indica el amperímetro de la figura?

- a) 1 A                      b) 0,8 A                      c) 0,2 A  
 d) 0,25 A                      e) 1,54 A                      f) 0



4) Una persona toca el gabinete metálico de una tostadora en marcha con un buscapolos. Observa que el buscapolos enciende sólo mientras permanece en contacto. Eso ocurre debido a lo siguiente:

- a) Hay una conexión accidental entre el gabinete y un cable, o falta la conexión a tierra.  
 b) Hay baja tensión en la red de alimentación.  
 c) El enchufe está en cortocircuito.  
 d) Los cables están interrumpidos.  
 e) El buscapolos se encuentra defectuoso.  
 f) Este efecto ocurre porque la tostadora es de 110 V y se la conecta a 220V.

5) Se desea llevar a su punto de ebullición a presión normal un litro de agua que se halla inicialmente a 20°C, en cinco minutos. La potencia eléctrica que se necesita es un valor:

- a) menor que 400 watt                      b) entre 400 y 800 watt  
 c) entre 800 y 1600 watt                      d) entre 1600 y 3200 watt                      e) mayor que 3200 watt

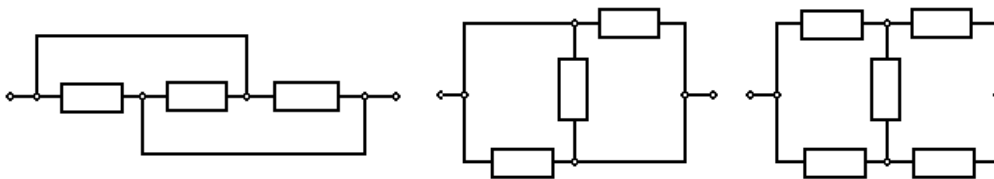
6) ¿Cuál es la resistencia eléctrica de un artefacto evaporador de insecticida de potencia máxima 1 watt, conectado a la red de 220 V?

- a) entre 45 y 100 kΩ                      b) entre 10 y 45 kΩ                      c) más de 100 kΩ  
 d) entre 100 y 10000 Ω                      e) entre 10 y 100 Ω                      f) menos de 10 Ω

7) ¿Qué capacidad es necesaria para acumular en un capacitor una energía de 1 joule con una tensión de 100 volt?

- a) 200 μF                      b) 100 μF                      c) 20 mF  
 d) 200 mF                      e) 100 mF                      f) depende de la carga

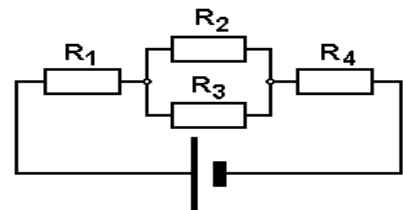
8) Los resistores de las figuras tienen todos una resistencia de tres ohms. ¿Cuánto vale la resistencia equivalente en cada caso?



- a) 1Ω, 1Ω, 1Ω                      b) 1Ω, 3Ω, 3Ω                      c) 3Ω, 1Ω, 3Ω  
 d) 1Ω, 1Ω, 3Ω                      e) 3Ω, 3Ω, 3Ω                      f) 3Ω, 1Ω, 3Ω

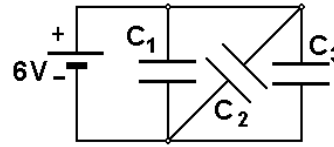
9) En el circuito de la figura  $R_1 = R_2$  y  $R_3 = R_4 = R_1/2$ , entonces las intensidades de las corrientes que los atraviesan verifican:

- a)  $I_1 > I_4$ ;  $I_2 < I_1$ ;  $I_2 < I_3$   
 b)  $I_1 > I_4$ ;  $I_2 < I_1$ ;  $I_2 > I_3$   
 c)  $I_1 = I_4$ ;  $I_2 < I_1$ ;  $I_2 > I_3$   
 d)  $I_1 = I_4$ ;  $I_2 < I_1$ ;  $I_2 < I_3$   
 e)  $I_1 = I_4$ ;  $I_2 = I_1$ ;  $I_2 < I_3$   
 f) No se pueden dar relaciones entre las corrientes porque faltan datos.



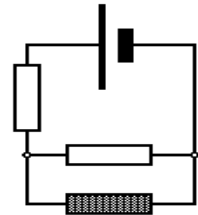
10) Mediante una pila de 6V se cargan los capacitores  $C_1 = 1\mu\text{F}$ ,  $C_2 = 2\mu\text{F}$  y  $C_3 = 3\mu\text{F}$  conectados según se muestra en la figura. Luego se desconectan los bornes de la pila. Entonces, la carga acumulada en las placas de cada capacitor es:

- a)  $Q_1=12\mu\text{C}$   $Q_2=12\mu\text{C}$   $Q_3=12\mu\text{C}$
- b)  $Q_1=6\mu\text{C}$   $Q_2=12\mu\text{C}$   $Q_3=18\mu\text{C}$
- c)  $Q_1=18\mu\text{C}$   $Q_2=12\mu\text{C}$   $Q_3=6\mu\text{C}$
- d)  $Q_1=6\mu\text{C}$   $Q_2=12\mu\text{C}$   $Q_3=22\mu\text{C}$
- e)  $Q_1=6\mu\text{C}$   $Q_2=6\mu\text{C}$   $Q_3=6\mu\text{C}$
- f)  $Q_1=6\mu\text{C}$   $Q_2=12\mu\text{C}$   $Q_3=12\mu\text{C}$



11) Un circuito eléctrico dispone de una fuente de 200 V. Se conectan tres resistencias iguales (de  $200\Omega$ ) a la fuente como indica la figura. En esta conexión el resistor sombreado disipará con una potencia de :

- a) 33,3W      b) 66,6 W      c) 100 W
- d) 22,2W      e) 166,6W      f) 200 W



12) Una batería de 50 V alimenta a un motor a través de cables de cobre de resistencia R. Si se pretende alimentar con los mismos cables otro motor pero con una batería de 100 V que desarrolle la misma potencia que la anterior, la nueva de disipación en los cables será: (despreciar la resistencia interna de ambas baterías)

- a) la cuarta parte      b) el doble      c) la mitad
- d) la misma      e) faltan datos      f) ocho veces más

13) Un capacitor descargado se conecta a una batería de 9 V y, alcanzado el equilibrio, adquiere una carga de  $900\mu\text{C}$ . Se lo retira y se lo conecta a otra pila de 6 V, pero con sus placas conectadas al revés que antes (la que antes se unía al positivo de la pila ahora lo hace con el negativo). Una vez alcanzado el equilibrio, la carga en el capacitor es:

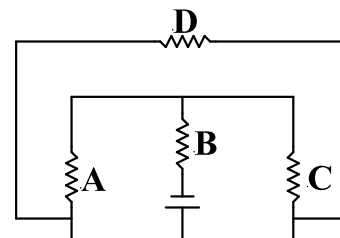
- a)  $1500\mu\text{C}$       b)  $300\mu\text{C}$       c)  $600\mu\text{C}$       d)  $750\mu\text{C}$       e)  $900\mu\text{C}$       f) cero

14) Hay disponibles dos resistores de  $100\Omega$  y uno de  $400\Omega$ . Establecer cómo conectarlos para obtener una resistencia de  $180\Omega$ .

- a) Se conectan los tres en serie.
- b) Se conectan los tres en paralelo.
- c) Se conectan los dos de  $100\Omega$  en serie y se agrega el de  $400\Omega$  en paralelo a ese conjunto.
- d) Se conectan los dos de  $100\Omega$  en paralelo y se agrega el de  $400\Omega$  en serie a ese conjunto.
- e) Se conecta en serie uno de  $100\Omega$  con el de  $400\Omega$  y se agrega el otro de  $100\Omega$  en paralelo a ese conjunto.
- f) Se conecta en paralelo uno de  $100\Omega$  con el de  $400\Omega$  y se agrega el otro de  $100\Omega$  en serie.

15) El circuito de la figura está formado por una batería y cuatro resistencias A, B, C, D. Por cuál o cuáles de las resistencias no circula corriente?

- a) Resistencia A      b) Resistencia B
- c) Resistencia C      d) Resistencia D
- e) Resistencia A y C      f) Resistencias A, B, C



16) Se tienen tres capacitores, de capacitancias  $C_1 > C_3 > C_2$ , inicialmente descargados. Se conectan en serie entre sí y con una batería de 10V, entonces:

- a)  $V_1 < V_3 < V_2$  y  $q_1 = q_2 = q_3$       b)  $V_1 = V_2 = V_3$  y  $q_1 < q_3 < q_2$   
 c)  $V_1 = V_2 = V_3$  y  $q_1 > q_3 > q_2$       d)  $V_1 > V_3 > V_2$  y  $q_1 > q_3 > q_2$   
 e)  $V_1 = V_2 = V_3$  y  $q_1 = q_2 = q_3$       e)  $V_1 > V_3 > V_2$  y  $q_1 = q_2 = q_3$

17) Un dispositivo de corriente continua funciona con 6 V y su potencia es de 12 mW. Si se tiene una batería de 12 V, ¿Cuál de los siguientes arreglos, alimentado con la batería disponible, hace que funcione correctamente?

- a) Conectar el aparato en serie con una resistencia de 2 kΩ.  
 b) Conectar el aparato en paralelo con una resistencia de 3 kΩ.  
 c) Conectar el aparato en serie con una resistencia de 3 kΩ.  
 d) Conectar el aparato en serie con una resistencia de 1 kΩ  
 e) Conectar el aparato en paralelo con una resistencia de 1 kΩ  
 f) No es posible lograrlo con esa batería, conectando resistencias.

18) Dos condensadores, uno de 1 mF y otro de 2 mF se conectan en paralelo a una fuente de 1000 V. Una vez cargados se desconectan de la fuente y se conectan entre sí, uniendo las armaduras que tienen carga de distinto signo. Entonces, cuando se alcanza el equilibrio, la carga final de cada uno es, respectivamente

- a) 333 mC y 667 mC      b) Cero y cero      c) 1000 mC y 2000 mC  
 d) 667 mC y 1333 mC      e) 1000 mC y 1000 mC      f) otro valor

19) La batería de un automóvil de 12 V y 0,008 Ω permite el pasaje de 80 A de corriente al motor de arranque. Entonces la potencia en el motor y la disipada en la batería son, respectivamente:

- a) 960 W y 6,4 W      b) 953,6 W y 6,4 W      c) 908,8 W y 51,2 W  
 d) 454,4 W y 25,6 W      e) 960 W y 51,2 W  
 f) ninguna respuesta de las anteriores es correcta.

20) Al circuito de la figura 1 se le agrega un resistor de resistencia similar a la de las lámparas, ambas encendidas, como indica la figura 2. ¿Cuál es el efecto?

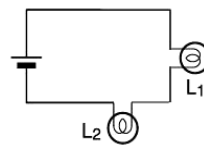


Fig. 1

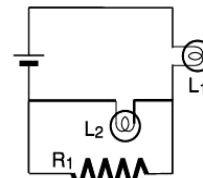


Fig. 2

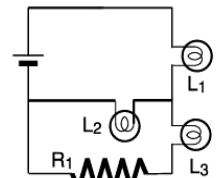


Fig. 3

- a) Disminuye el brillo de L1 y el de L2  
 b) Aumenta el brillo de L1 y disminuye el de L2  
 c) Aumenta el brillo de L2 y disminuye el de L1  
 d) El brillo de L1 no cambia y disminuye el de L2  
 e) El brillo de L1 no cambia y aumenta el de L2  
 f) No cambia el brillo de L1 ni de L2

21) En el problema anterior, partiendo del estado de la figura 2, si a continuación se agrega la lámpara 3 (encendida) de la fig 3 ¿cuál es el efecto? Vuelva a elegir una opción del listado anterior.

22) Se carga un capacitor plano cuyas láminas están separadas por aire ( $\epsilon_r = 1$ ) conectándolo a una fuente de tensión continua. Se desconecta luego el capacitor de la fuente, se lo aísla y se introduce entre sus placas un plástico descargado de espesor igual a la distancia entre placas y constante dieléctrica relativa igual a 20. Si para la primera situación, llamamos  $C_1$  a la capacidad del capacitor y  $E_{p1}$  a la energía potencial electrostática almacenada y  $C_2$  y  $E_{p2}$  a las mismas magnitudes en la segunda situación, se verifica que:

- a)  $C_1 = C_2$        $E_{p2} = E_{p1}$       b)  $C_2 = 20 C_1$        $E_{p2} = 20 E_{p1}$   
 c)  $C_1 = C_2$        $E_{p2} = 20 E_{p1}$       d)  $C_2 = C_1/20$        $E_{p2} = E_{p1}/20$   
 e)  $C_2 = 20 C_1$        $E_{p2} = E_{p1}/20$       f)  $C_2 = 20 C_1$        $E_{p2} = 400 E_{p1}$

23) Un capacitor inicialmente descargado se conecta a una pila y adquiere una carga de 2 mC y una diferencia de potencial entre sus placas de 10 V. Se desconecta la pila y se conectan los extremos del capacitor con los de otro idéntico, pero descargado. Cuando se llega al equilibrio, la tensión y la carga en este último capacitor son, respectivamente:

- a) 10 V y 2 mC                      b) 10 V y 1 mC                      c) 5 V y 2 mC  
d) 5 V y 1 mC                      e) cero y cero                      f) Cero y 1 mC

24) ¿Cuánta energía eléctrica se gasta por bimestre para calentar todos los días 100 litros de agua desde 20°C hasta 40°C.

- a) entre 2 Wh y 20 Wh                      b) entre 20 Wh y 200 Wh                      c) entre 200 Wh y 2 kW  
d) entre 2 kWh y 20 kWh                      e) entre 20 kWh y 200 kWh                      f) entre 200 kWh y 2000 kWh

25) ¿Qué pasa si se conecta un amperímetro directamente a los dos polos de un tomacorriente de una casa?

- a) El amperímetro indica cero, pues no hay conectado ningún otro elemento.  
b) Se produce una chispa intensa, es posible que se estropee el instrumento y actúe la protección contra cortocircuitos que posea la instalación o el amperímetro.  
c) El amperímetro indica 220 A de corriente alterna  
d) El amperímetro indica 6 A, la corriente nominal de los tomacorrientes hogareños.  
e) El amperímetro indica la corriente total que circula por los cables de alimentación a la vivienda.  
f) El instrumento indica unos pocos miliamperes, que corresponden a la corriente de fuga o de pérdida de instalación.

26) Un par de placas metálicas paralelas separadas por aire forman un capacitor, que está conectado a una batería. Sin desconectar la batería se sumergen las placas en agua destilada ( $\epsilon_r = 80$ ). Entonces respecto de sus valores anteriores:

- a) la carga aumenta y la tensión entre placas no se modifica.  
b) la carga y la tensión entre placas aumentan  
c) la carga y la tensión entre placas disminuyen  
d) la carga disminuye y la tensión entre placas no se modifica.  
e) la carga y la tensión entre placas no se modifican  
f) la carga no cambia y la tensión entre placas aumenta.

27) Se reemplaza la lámpara encendida de 60 W de un velador por otra de 100 W. Comparada con la anterior la nueva lámpara: (las resistencias corresponden a la temperatura de trabajo)

- a) tiene menos resistencia y circula más corriente por ella.  
b) tiene igual resistencia pero circula más corriente por ella  
c) tiene más resistencia y circula más corriente por ella.  
d) tiene menos resistencia y circula menos corriente por ella.  
e) tiene igual resistencia y circula menos corriente por ella.  
f) tiene más resistencia y circula menos corriente por ella.

28) La diferencia de potencial entre dos placas metálicas paralelas es de 100 V. Para desplazar un electrón (carga  $-1,6 \cdot 10^{-19}$  C) una distancia de 1 cm, con velocidad constante, en forma paralela a las placas en el espacio entre ellas, es necesario realizar un trabajo exterior de:

- a)  $-1,6 \times 10^{-17}$  J    b)  $1,6 \times 10^{-17}$  J    c)  $-1,6 \times 10^{-19}$  J    d)  $1,6 \times 10^{-19}$  J    e)  $1,6 \times 10^{-21}$  J    f) 0

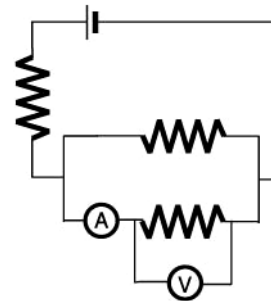
29) Se carga a una tensión de 40 V un capacitor de 10 microfaradios, que se conecta después con otro igual que inicialmente estaba descargado. ¿Cuánto vale la disminución de la energía almacenada por los capacitores entre el estado inicial (con uno solo cargado) y el estado final con la carga repartida entre ambos?. Un milijoule (mJ) es la milésima parte de un Joule.

- a) 128 mJ    b) 64 mJ    c) 32 mJ    d) 16 mJ    e) 8 mJ    f) 4 mJ



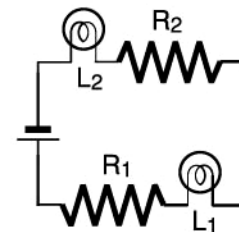
30) El voltímetro y el amperímetro del circuito de la figura se consideran ideales. Los tres resistores son de 10 ohms cada uno, y la pila de 1,5V. ¿Cuánto valen las indicaciones de los instrumentos, respectivamente?.

- a) 0,5 V y 50 mA      b) 5 V y 5 mA      c) 5 V y 5 A  
 d) 0,5 V y 500  $\mu$ A      e) 10 V y 100 mA      f) 1 V y 100 mA



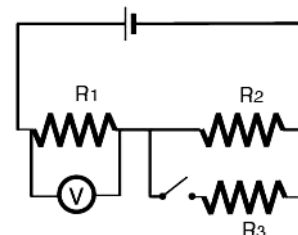
31) En el circuito de la figura las lamparitas son idénticas. Inicialmente R1 y R2 son iguales y similares a las de las lamparitas. Se cambia R2 por otra de resistencia doble, podemos afirmar que:

- a) El brillo de L1 y L2 permanece igual.  
 b) El brillo de L2 disminuye y el brillo de L1 permanece igual.  
 c) El brillo de L1 disminuye y el de L2 permanece igual.  
 d) El brillo de L1 y L2 disminuye por igual.  
 e) El brillo de L1 aumenta y el de L2 disminuye.  
 f) Aumenta el brillo de L1 y de L2.



32) Los resistores que siguen son idénticos. En primera instancia la llave está abierta y después cerrada. Luego de cerrar el interruptor la indicación del voltímetro respecto de su valor original:

- a) aumenta en un 50%      b) disminuye en un 50%  
 c) disminuye en un 33%      d) disminuye en un 67%  
 e) aumenta en un 33%      f) no se modifica.



33) ¿Qué sucedería si se conectaran a los 220 V de la línea una tostadora (500 W) en serie con un evaporador de tabletas contra mosquitos (1 W)?

- a) Ambos artefactos funcionarían de manera prácticamente normal.  
 b) No funcionará ninguno de esos aparatos.  
 c) El evaporador insecticida funcionaría de manera prácticamente normal mientras que la tostadora no funcionaría.  
 d) La tostadora funcionaría de manera prácticamente normal mientras que el evaporador de insecticida no funcionaría.  
 e) No funcionaría la tostadora y se quemaría el evaporador.  
 f) Se produciría un gran cortocircuito.

## 5. Respuestas

### Ejercitación

1- De elaboración personal

2.- Los campos son de diferente módulo, y las fuerzas de igual módulo

3.- b)  $\Delta V = 4500$  Volt      c)  $E_c = 3,6 \times 10^{-18}$  J

4.- a)  $3,2 \times 10^{-15}$  N      b)  $3,5 \times 10^{15}$  m/s<sup>2</sup>      c)  $3,5 \times 10^{14}$  veces mayor que g.

5.- 951V

6.- a)  $1,6 \times 10^{-19}$  J b) 593 km/s c) 98 km/s

7.- 450J

8.- a) 17,7 nF b) 177  $\mu$ C c)  $10^7$  V/m

9.- a) 62 nF b) 620  $\mu$ C c)  $10^7$  V/m

10.- a)  $4,42 \times 10^{-5}$  J ;  $8,84 \times 10^{-5}$  J b)  $2,21 \times 10^{-5}$  J

11.- a) 7,1 mF/m<sup>2</sup>  
b)  $7 \cdot 10^6$  V/m hacia el interior de la célula  
c)  $-0,070$  eV;  $+0,070$  eV y  $-0,070$  eV respectivamente

12.- a) 2 mF b) 4 V y 4 mC ; 4 V y 8 mC ; 2 V y 12 mC respectivamente

13.- a) 500 V b)  $-520$  mJ

14.- 27,8 mA

15.- La velocidad de los electrones es de 1 a 10 mm/s. La campanilla suena casi inmediatamente ya que cada electrón interacciona con los electrones vecinos.

16.- 60 A

17.- 1700 m $\Omega$ ; 680 m $\Omega$ .

18.- Respuesta a cargo del estudiante.

19.- a)  $7,6 \times 10^9$   $\Omega$  ; b) 35000 km

20.- a) colocándolas en paralelo b) 200 k $\Omega$  c)  $4/3$  k $\Omega$

21.- 28  $\Omega$

22.- a) 40 k $\Omega$  b) 125 mA ; 6 mA

23.- La compañía eléctrica suministra energía eléctrica.

24.- 484W

25.- (b) (Atención, la conexión (c) podría dañar el resistor y/o la pila.)

26.- En (b), en (d) y en (g) brillan lo mismo que en la figura 1 (siempre que se desprecie la resistencia de las pilas). En (a) brilla con intensidad menor, y en (c) mayor. En (e) y en (f) no encienden.

27.- 31,7A

28.- En las de circo y corsos están en paralelo; si se quema una lámpara, las demás permanecen encendidas. En las de Navidad están en serie, y una sola que se quema o se desconecta apaga las demás.

29.- Respuesta a cargo del estudiante.

30.-  $A_p = 10^{-8} A_m$

31.-  $10 \Omega$ ;

32.- a)  $i_1 = 2,5 \text{ mA}$ ;  $i_2 = 0,5 \text{ mA}$

b)  $\Delta V_1 = \Delta V_2 = 500 \text{ mV}$ ;  $\Delta V_3 = 660 \text{ mV}$

c) El resistor de  $220 \Omega$ :  $Pot_1 = 1,25 \text{ mW}$ ;  $Pot_2 = 0,25 \text{ mW}$ ;  $Pot_3 = 2 \text{ mW}$

33.-  $275 \text{ W}$

34.- a)  $I_1 = I_4 > I_2 = I_3 = I_5 = I_6 > I_7 = 0$  antes y después de cerrar el interruptor.

b)  $I_1 = I_4 > I_5 = I_6 > I_2 = I_3 > I_7 = 0$  antes y después de cerrar el interruptor.

35.- El voltímetro indica casi  $100 \text{ V}$  y el amperímetro cero. Esto ocurre porque la resistencia del voltímetro es mucho mayor que la resistencia del amperímetro.

36.- a)  $1000 \text{ J}$       b)  $500 \text{ J}$       c) En el resistor se disipa la diferencia:  $500 \text{ J}$ .

(La batería entrega carga a tensión constante, y el capacitor la recibe con tensión variable. El resistor disipa la diferencia )

37.- a)

38.- Respuesta a cargo del alumno.

39.- a) Sí, encendería, porque aunque se elimine toda fuga resistiva a tierra, el operador tendrá una cierta capacidad eléctrica con respecto a tierra, que normalmente alcanza para encender débilmente la lámpara cada vez que ese capacitor se carga y se descarga en cada ciclo.

b) Obedece a que el interruptor corta el neutro en ese caso. El tubo apagado actúa, entonces, como un buscapolos. Para evitar ese efecto, si fuera indeseable, hay que colocar el interruptor en el vivo.

40.- Gas, kerosene electricidad

41.- Si suponemos que la lámpara se enciende a las 21 y se apaga a las 7, estará encendida 600 horas por bimestre, y consumirá  $\$2,25$  por bimestre. El costo del empleo de la tostadora es  $\$1,5$  por bimestre

## Elección múltiple

1.- c

2.- d

3.- c

4.- a

5.- c

6.- a

7.- a

8.- d

9.- d

10.- b

11.- d

12.- a

13.- c

14.- f

15.- d

16.- a

17.- c

18.- a

19.- c

20.- b

21.- c

22.- e

23.- d

24.- e

25.- b

26.- a

27.- a

28.- f

29.- f

30.- a

31.- d

32.- e

33.- c

# TABLAS Y CONSTANTES FÍSICAS

## CONSTANTES FÍSICAS

| <i>Magnitud</i>                    | Símbolo      | Valor   |
|------------------------------------|--------------|---|
| Carga del electrón                 | e            | $1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$                 |
| Constante de Avogadro              | $N_A$        | $6,022 \times 10^{23} \text{ partículas/mol}$     |
| Constante de Faraday               | F            | 96485 C / mol                                     |
| Constante de gravitación universal | G            | $6,672 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{kg}^2$ |
| Constante de la ley de Coulomb     | K            | $9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$          |
| Constante de Planck                | h            | $6,626 \times 10^{-34} \text{ J.s}$               |
| Constante de Stefan-Boltzmann      | $\sigma$     | $5,67 \times 10^{-8} \text{ W / m}^2.\text{K}^4$  |
| Constante universal de los gases   | R            | 8,314 J / mol.K                                   |
| Constante universal de los gases   | R            | 0,08207 l.atm /K.mol                              |
| Constante universal de los gases   | R            | 1,987 cal /mol.K                                  |
| Masa del electrón                  | $m_e$        | $9,109 \times 10^{-31} \text{ kg}$                |
| Masa del protón                    | $m_p$        | $1,673 \times 10^{-27} \text{ kg}$                |
| Permitividad del vacío             | $\epsilon_0$ | $8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N m}^2$   |
| Velocidad de la luz en el vacío    | c            | $2,998 \times 10^8 \text{ m / s}$                 |

## **EQUIVALENCIAS Y DEFINICIONES**

| <b>Magnitud</b> | <b>equivalencia o definición de unidades</b> |
|-----------------|--|
| Calor-trabajo   | caloría (cal) = 4,187 J                      |
| Energía         | Kilowatt-hora (kWh) = $3,6 \times 10^6$ J    |
| Energía         | electrón-volt (eV) = $1,6 \times 10^{-19}$ J |
| Potencia        | Caballo vapor (CV) = 735 W                   |
| Potencia        | Caballo de fuerza (HP) = 746 W               |

## **DENSIDADES (a 1 atm de presión)**

|                         |  |
|-------------------------|--|
| Sangre (37°C)           | $1,0595 \times 10^3$ kg / m <sup>3</sup> |
| Agua de mar (15°C)      | $1,025 \times 10^3$ kg / m <sup>3</sup>  |
| Agua pura (0°C)         | $1,000 \times 10^3$ kg / m <sup>3</sup>  |
| Aire (100°C)            | 0,95 kg / m <sup>3</sup>                 |
| Aire (20°C)             | 1,20 kg / m <sup>3</sup>                 |
| Aire (0°C)              | 1,29 kg / m <sup>3</sup>                 |
| Cobre (20°C)            | $8,5 \times 10^3$ kg / m <sup>3</sup>    |
| Hielo (0°C)             | $0,917 \times 10^3$ kg / m <sup>3</sup>  |
| Hierro (20°C)           | $7,8 \times 10^3$ kg / m <sup>3</sup>    |
| Mercurio (0°C)          | $13,6 \times 10^3$ kg / m <sup>3</sup>   |
| Plasma sanguíneo (37°C) | $1,030 \times 10^3$ kg / m <sup>3</sup>  |
| Plomo (20°C)            | $11,3 \times 10^3$ kg / m <sup>3</sup>   |

## **CALORES LATENTES Y ESPECIFICOS A PRESIÓN CONSTANTE**

**(1 atm)**

|   |                 |                 |
|---|-----------------|-----------------|
| Calor latente de fusión del agua            | 335 kJ / kg     | 80 cal / g      |
| Calor latente de vaporización del agua      | 2 260 kJ / kg   | 540 cal / g     |
| Calor específico del acero (25°C)           | 0,447 kJ / kg.K | 0,106 cal / g°C |
| Calor específico del agua (25°C)            | 4,169 kJ / kg.K | 0,995 cal / g°C |
| Calor específico del aluminio (25°C)        | 0,898 kJ / kg.K | 0,214 cal / g°C |
| Calor específico del cobre (25°C)           | 0,385 kJ / kg.K | 0,092 cal / g°C |
| Calor específico del hielo (0°C )           | 2,089 kJ / kg.K | 0,5 cal / g°C   |
| Calor específico del hierro (25°C)          | 0,443 kJ / kg.K | 0,106 cal / g°C |
| Calor específico del plomo (25°C)           | 0.13 kJ / kg.K  | 0,03 cal / g°C  |
| Calor específico del vapor de agua (100°C ) | 1,963 kJ / kg.K | 0,47 cal / g°C  |

## **ALGUNOS DATOS DE LA TIERRA Y SU ATMÓSFERA**

|   |                         |
|---|-------------------------|
| Radio de la Tierra (medio)                        | $6,371 \times 10^6$ m   |
| Abundancia del dióxido de carbono en la atmósfera | 0,03 % (V/V)            |
| Abundancia del nitrógeno en la atmósfera          | 78,09 % (V/V)           |
| Abundancia del oxígeno en la atmósfera            | 20,95 % (V/V)           |
| Aceleración de la gravedad (normal)               | $9,80665 \text{ m/s}^2$ |
| Presión atmosférica a 10 km de altura             | $2,8 \times 10^4$ Pa    |
| Presión atmosférica normal (1 atm)                | 760 torr                |
| Presión atmosférica normal (1 atm)                | $1,013 \times 10^5$ Pa  |

## **RESISTIVIDAD DE ALGUNOS METALES A 20 °C**

|           |                                |
|-----------|--------------------------------|
| Aluminio  | $2,66 \times 10^{-8} \Omega.m$ |
| Cobre     | $1,67 \times 10^{-8} \Omega.m$ |
| Plata     | $1,59 \times 10^{-8} \Omega.m$ |
| Tungsteno | $5,65 \times 10^{-8} \Omega.m$ |

## **CONSTANTE DIELECTRICA DE ALGUNOS MATERIALES A 20 °C**

|                          |         |
|--------------------------|---------|
| Agua                     | 80      |
| Aire seco (1 atm)        | 1,00059 |
| Membrana de axón (37 °C) | 8       |
| Papel                    | 3,5     |
| Plásticos                | 3 – 20  |
| Vidrio                   | 5 – 10  |

## **CONDUCTIVIDADES TÉRMICAS**

|                    |               |
|--------------------|---------------|
| Agua               | 0,59 W / K.m  |
| Aire seco 0 °C     | 0,024 W / K.m |
| Cobre              | 365 W / K.m   |
| Corcho             | 0,015 W / K.m |
| Hielo              | 2,1 W / K.m   |
| Hierro (fundición) | 72 W / K.m    |
| Madera (típico)    | 0,15 W / K.m  |
| Plata              | 418 W / K.m   |
| Vidrio (crown)     | 37 1 W / K.m  |

**CALOR DE COMBUSTIÓN Y ENERGÍA DISPONIBLE DE LOS PRINCIPALES COMPONENTES ALIMENTICIOS (EN KCAL/GRAMO)**

|                     | Calor de combustión* | Oxidación humana | Factor de conversión |
|---------------------|----------------------|------------------|----------------------|
| Proteínas           | 5,4                  | 4,1              | 4                    |
| Grasas              | 9,3                  | 9,3              | 9                    |
| Hidratos de carbono | 4,1                  | 4,1              | 4                    |

\*Valores obtenidos en la bomba calorimétrica

**MÚLTIPLOS Y SUBMÚLTIPLOS**

| Prefijo | símbolo | Potencia de 10 | Prefijo | símbolo | Potencia de 10 |
|---------|---------|----------------|---------|---------|----------------|
| Ato     | a       | $10^{-18}$     | Deca    | da      | $10^1$         |
| Femto   | f       | $10^{-15}$     | Hecto   | h       | $10^2$         |
| Pico    | p       | $10^{-12}$     | kilo    | k       | $10^3$         |
| Nano    | n       | $10^{-9}$      | mega    | M       | $10^6$         |
| Micro   | $\mu$   | $10^{-6}$      | giga    | G       | $10^9$         |
| Mili    | m       | $10^{-3}$      | tera    | T       | $10^{12}$      |
| Centi   | c       | $10^{-2}$      | peta    | P       | $10^{15}$      |
| Deci    | d       | $10^{-1}$      | exa     | E       | $10^{18}$      |