CORRECCIÓN DEL EJERCICIO DE AUTOEVALUACIÓN

1. a)

Cambios observables	Descripción energética
Instante inicial	Instante inicial
El agua está a una determinada altura y temperatura y tiene una rapidez de 10 m/s.	El agua tiene una energía cinética e interna determinada y el sistema Tierra-agua tiene una energía potencial gravitatoria determinada.
Instante final	Instante final
El agua está 50 m más baja, tiene una rapidez de 4 m/s y ha aumentado su temperatura.	El agua ha perdido energía cinética y ganado energía interna. El sistema Tierra-agua ha perdido energía potencial gravitatoria.

b) Si tomamos el nivel de referencia para la energía potencial la posición del agua en el fondo de la cascada y consideramos g = 9,8 N/kg, podremos escribir el siguiente balance de energía para una masa m de agua, considerando aislado al sistema Tierra-agua:

$$E_{\text{inicial}} = E_{\text{final}}$$

$$E_{\text{pi}} + E_{\text{ci}} + E_{\text{ii}} = E_{\text{pf}} + E_{\text{cf}} + E_{\text{if}}$$

$$m\,9{,}8\cdot 50 + \frac{1}{2}m10^2 + E_{\text{ii}} = 0 + \frac{1}{2}m4^2 + E_{\text{if}}$$

$$\left.\begin{aligned} E_{\text{i}} &= m\,9{,}8(50-0) + \frac{1}{2}m(10^2-4^2) \\ E_{\text{i}} &= m c_e \quad t = m4180 \quad t \end{aligned}\right\} \quad m\,4180 \quad t = 490m + 50m - 8m$$

$$t = \frac{532m}{4180m} = 0{,}13 ºC$$

Hemos igualado el cálculo de la variación de energía interna mediante el balance de energía y mediante la expresión de cálculo del calor. El calor específico del agua es 1 cal/gºC, pero teniendo en cuenta que utilizamos las unidades del sistema internacional ese valor es equivalente a 4180 J/kgºC.

2. a) Los sistemas que interaccionan térmicamente son el hierro líquido y el agua. También participa el recipiente que contiene al agua, aunque no lo tendremos en cuenta en los cálculos pues no tenemos datos sobre él. Como el hierro líquido está a la temperatura de solidificación, 1539 ºC, igual a la de fusión, pasará a sólido al ponerse en contacto con el agua fría. Si una vez sólido, el agua se encuentra todavía a una temperatura inferior, el hierro seguirá enfriándose hasta alcanzar la misma temperatura que el agua. Por otro lado, el agua irá aumentando su temperatura. El equilibrio se alcanzará cuando ambos estén a la misma temperatura.

b) Puesto que el recipiente está aislado la energía del sistema agua-hierro debe permanecer constante. Las únicas variaciones de energía son de energía interna, por lo que podemos decir que la variación de energía interna del agua será igual y de signo contrario a la variación de energía interna del hierro. Eso permite escribir:

$$\Delta E_{\text{i agua}} + \Delta E_{\text{i hierro}} = 0$$

$$600 \cdot 1(t_f - 20) + [20(-66) + 20 \cdot 0{,}10(t_f - 1539)] = 0$$

$$t_f = 27{,}2 \text{ ºC}$$

El resultado es razonable pues es superior a la temperatura inicial del agua e inferior a la temperatura inicial del hierro. Además, como la cantidad de agua es muy superior a la del hierro, la temperatura final es más cercana a la del agua que a la del hierro.

c) La variación de energía interna del agua será: $\Delta E_{\text{iagua}} = 600 \cdot 1 \cdot (27,2 - 20) = 4320$ cal, igual a la variación de energía interna del hierro, aunque ésta será negativa, ya que en el proceso disminuye la energía interna del hierro. En este caso se puede hablar de calor ya que la transferencia de energía entre el hierro y el agua se lleva a cabo por la diferencia de temperatura entre ambos.

3. a) El trabajo necesario para subir la pieza de hierro será igual al producto de la fuerza que se ejerce sobre la pieza por la distancia recorrida por ella (suponemos que la dirección de la fuerza es la misma que la dirección del desplazamiento por lo que el coseno del ángulo que forman será igual a la unidad). Puesto que el peso de la pieza es de 3 000 N (tomando $g = 10$ N/kg) y el desplazamiento es de 5 metros, el trabajo realizado sobre la pieza será de 15 000 julios, que coincide con el aumento de energía potencial de la pieza.

b) El aparejo permite que la fuerza que nosotros hagamos sea menor de 3 000 N, pero el desplazamiento que debe hacer nuestra mano será mayor que la distancia recorrida por el cuerpo. Aunque nosotros hagamos una fuerza menor, la fuerza que se hace sobre la pieza de hierro para subirlo sigue siendo de 3 000 N. Por lo tanto, el trabajo realizado será igual al calculado en el apartado anterior. Ya que el aumento de energía potencial que experimenta la pieza es siempre el mismo, el trabajo realizado por la fuerza exterior, que mide ese aumento de energía potencial, será siempre el mismo.

c) La utilidad del aparejo es permitir que se pueda elevar el cuerpo haciendo la persona una fuerza menor que el peso del cuerpo y que entre dentro de las posibilidades corporales de una persona. Sin embargo, cualquier disminución de fuerza irá acompañada de un aumento de distancia recorrida, de forma que nunca podemos conseguir la misma variación de energía realizando un trabajo menor.

4. a) Para que la persona suba con rapidez constante, la fuerza que haga la cuerda sobre ella debe ser igual al peso de la persona y de sentido contrario. Por lo tanto será vertical hacia arriba e igual a $62 \cdot 9,8 = 607,6$ N.

b) La variación de energía potencial gravitatoria del sistema Tierra-persona es:

$$\Delta E_p = m\,g\,\Delta h = 62 \cdot 9,8 \cdot 4 = 2\,430,4 \text{ J}$$

El trabajo realizado por la fuerza Tierra-persona es igual a menos la variación de la energía potencial gravitatoria: – 2430,4 J. Podemos comprobar que es así aplicando la expresión que permite calcular el trabajo.

$$W_{F_{T,P}} = F_{T,P} \cdot d \cdot \cos 180 = 607 \cdot 4(-1) = -\,2430,4 \text{ J}$$

El ángulo que forma la fuerza con el desplazamiento es de 180 º ya que aunque tienen la misma dirección tienen sentidos contrarios.

c) La cuerda no realiza trabajo sobre la persona ya que aunque ejerce una fuerza sobre ella, el desplazamiento del punto de aplicación de esa fuerza es nulo. Eso es coherente con el que la cuerda no disminuya su energía en ese proceso. La energía interna de la persona disminuye y eso explica el aumento de energía potencial del sistema Tierra-persona.

En realidad, la energía interna de la persona disminuye bastante más que aumenta la energía potencial. Se debe a que como máquina, el rendimiento del cuerpo humano es pequeño.

5. a) La energía necesaria para producir la vaporización del meteorito será la suma de la que se necesita para aumentar su temperatura de –200 a 1000 ºC, así como la que se necesita para los procesos de fusión y de ebullición. Si suponemos que el calor específico de las sustancias que formen el meteorito es el mismo en estado sólido que en estado líquido, podemos escribir:

$$\Delta E_i = 2000 \cdot 0,1(1000 + 200) + 2000 \cdot 35 + 2000 \cdot 275 = 622400 \text{ cal}$$

b) Al llegar el meteorito a la atmósfera tiene una gran energía cinética y una gran energía potencial gravitatoria. Esa energía debe ser suficiente para que, debido al rozamiento con el aire de la atmósfera, aumente la temperatura del meteorito hasta llegar a fundir e incluso llegar a vaporizarse totalmente. La energía mecánica del meteorito al llegar a la atmósfera es:

$$E_{\text{mi}} = E_{\text{p}_\text{i}} + E_{\text{c}_\text{i}} = 2 \cdot 9{,}8 \cdot 20000 + \frac{1}{2} 2 \cdot 10000^2 = 100392000 \text{ J} = 24017224 \text{ cal}$$

Dado que la energía que tiene el meteorito al llegar a la atmósfera es mayor que la energía necesaria para su vaporización, será posible que se pueda producir la vaporización total del mismo.

c) En el apartado anterior hemos visto que los meteoritos tiene más energía de la que necesita para producir su total vaporización. Pero hay que distinguir entre que exista la energía suficiente para que un proceso pueda ocurrir y que el mecanismo por el que se produce la conversión de energía permita que éste se lleve a cabo en un determinado tiempo.

Para que el meteorito no choque con la tierra es necesario que la conversión de energía cinética y potencial en energía interna sea lo suficientemente rápida como para que se pueda vaporizar totalmente en la atmósfera. Esa conversión de energías será igual al producto de la fuerza de rozamiento que frena al meteorito por la distancia que recorre. Esa fuerza de rozamiento depende, entre otros factores, de la superficie exterior, es decir del cuadrado del radio del meteorito (supuesto esférico). Conforme aumenta el radio del meteorito aumenta la fuerza de rozamiento, pero al mismo tiempo aumenta la masa del meteorito. El aumento de superficie depende del cuadrado del radio, mientras que el aumento de masa depende del cubo del radio, es decir, aumenta la masa más rápidamente que la fuerza de rozamiento, por lo que puede llegar un momento en el que la conversión de energía no sea suficientemente rápida para volatizar a todo el meteorito.

6. a) El producto de la fuerza de rozamiento del suelo sobre el arado por el desplazamiento es $4{,}8 \cdot 10^7$ J. Esa cantidad indica la energía mecánica que pierde el tractor debido a ese rozamiento.

A ese producto no debemos llamarle trabajo ya que el trabajo se calcula como el producto de una fuerza por el desplazamiento del punto de aplicación de esa fuerza. Como sabemos, no podemos calcular el desplazamiento de cada una de las fuerzas microscópicas cuya suma es la fuerza de rozamiento.

La disminución de energía mecánica es igual al aumento de energía interna del suelo y del arado en conjunto. Podemos conocer la suma de ambas, pero no podemos conocer cada una por separado

b) Para que el tractor mantenga su energía mecánica, el motor debe aportar la energía que pierde debido al rozamiento. Si el rendimiento del tractor fuese del 100 %, el motor tendría que aportar $4{,}8 \cdot 10^7$ J, pero como el rendimiento es del 8 %, la energía que debe aportar el combustible es:

$$0{,}08 = \frac{4{,}8 \cdot 10^7}{E} \qquad E = 6 \cdot 10^8 \text{ J}$$

El poder calorífico del combustible nos indica la energía que se puede obtener de la combustión de 1 gramo del mismo. Para utilizar unidades coherentes, diremos que el poder calorífico es 41800 J/g. Por lo tanto, la cantidad total de combustible que se necesita será:

$$m \cdot 41800 = 6 \cdot 10^8; \quad m = 14354 \text{ g}$$

c) La potencia eficaz depende de la energía aprovechada y del tiempo empleado. La potencia total depende de la energía total transformada y del tiempo empleado. Sus valores son:

$$P_{\text{eficaz}} = \frac{4{,}8 \cdot 10^7}{3000} = 1{,}6 \cdot 10^4 \text{ W}$$

$$P_{\text{total}} = \frac{6 \cdot 10^8}{3000} = 2 \cdot 10^5 \text{ W} = 272 \text{ CV}$$

7. a) Si suponemos que la energía cinética que ha ganado la flecha es igual a la energía potencial elástica que tenía el arco podemos calcular esta última:

$$E_p = \Delta E_c = ½\ 0{,}2 \cdot 17^2 - 0 = 28{,}9\ \text{J}$$

Por tanto, la energía potencial elástica del arco era 28,9 J, suponiendo que toda esa energía ha podido ser transferida a la flecha.

b) Teniendo en cuenta la relación entre la energía potencial elástica y la deformación del muelle podemos escribir:

$$E_p = ½\ k\ 0{,}25^2 = 28{,}9; \quad k = 925\ \text{N/m}$$

c) La energía del sistema formado por el arco y la flecha no cambia en el lanzamiento de la flecha. Sobre el sistema sólo actúan como fuerzas exteriores la que hace la Tierra hacia abajo y la que hace el arquero para sostenerlo. Como el arco no se mueve, las fuerzas que actúan sobre él no desplazan su punto de aplicación y por lo tanto no realizan trabajo sobre el sistema. La fuerza que hace la Tierra sobre la flecha es perpendicular al desplazamiento de la flecha, por lo que tampoco realiza trabajo sobre ésta. Por lo tanto, la energía total del sistema permanece constante. La fuerza que hace el arco sobre la flecha y la que hace ésta sobre el arco, son fuerzas internas y el trabajo asociado a ellas no cambia la energía total del sistema. Ese trabajo mide la transferencia de energía potencial elástica a energía cinética de la flecha.

Ahora, cuando tensamos el arco hay que hacer una fuerza exterior para tensarlo, fuerza que además desplaza su punto de aplicación por lo que sí se realiza trabajo sobre el sistema. Ese trabajo aumenta la energía del sistema. Concretamente, la energía que aumenta es la energía potencial elástica.

8. a) El rendimiento máximo de la máquina térmica se puede calcular por la expresión de Clausius:

$$= \frac{W}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = \frac{873 - 293}{873} = 0{,}66$$

b) La combustión de 10 g de combustible permite obtener un máximo de 400 000 J. Suponiendo que no hay pérdidas, la máquina térmica anterior permite utilizar sólo el 66 % de esa energía para realizar trabajo sobre otro sistema.

$$W = 0{,}66 \cdot 400\,000 = 264\,000\ \text{J}$$

La realización de ese trabajo sobre el agua de un pozo permite aumentar la energía potencial del sistema Tierra-agua. Suponiendo que en ese proceso no hay pérdidas de energía y que la energía cinética y la energía interna del agua es la misma cuando está en el pozo que cuando está fuera del pozo, podemos escribir:

$$W_{ext} = \Delta E_p = m \cdot 10 \cdot 40 = 264\,000\ \text{J}$$

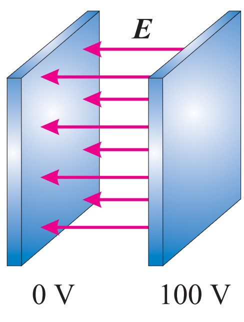
$$m = 660\ \text{kg}$$

Hemos supuesto que el agua la hemos elevado sólo los 40 m de profundidad del pozo.

9. a) El campo eléctrico entre las armaduras es:

$$E = \Delta V/d = 100/0{,}0005 = 20\,000\ \text{V/m}$$

La intensidad de campo estará dirigida desde la placa que se encuentra a un potencial mayor hacia la placa que está a un menor potencial. El dibujo adjunto recoge una representación del campo eléctrico.



b) La dirección de la fuerza eléctrica sobre un electrón será la misma que la del campo eléctrico y su sentido será el opuesto. El valor del módulo de esa fuerza es:

$$F = q\,E = 1{,}6 \cdot 19^{-19} \cdot 20\,000 = 3{,}2 \cdot 10^{-15}\ \text{N}$$

Se trata de una fuerza muy pequeña, pero hay que tener en cuenta que está actuando sobre un electrón.

c) El sistema formado por un electrón y el campo eléctrico del interior del condensador podemos considerar que está aislado. Por lo tanto su energía total será constante. Por un lado disminuye la energía potencial eléctrica del sistema y por lo tanto aumenta la energía cinética de forma que la energía total siga siendo constante.

$$\Delta E_p = -1{,}6 \cdot 10^{-19}\,(100 - 0) = -1{,}6 \cdot 10^{-17}\ \text{J}$$

Y puesto que no existe variación de energía total, podemos escribir:

$$\Delta E_p + \Delta E_c = 0$$

$$\Delta E_c = -\,\Delta E_p = 1{,}6 \cdot 10^{-17}\ \text{J}$$

Si el electrón siguiese la trayectoria representada por la línea discontinua, la energía cinética adquirida sería la misma ya que sería igual la disminución de energía potencial eléctrica. Como se demostró al hablar de la energía potencial gravitatoria, la diferencia de energía potencial eléctrica cuando un cuerpo cargado se encuentra en dos posiciones de un campo eléctrico depende de esas posiciones y no de la trayectoria que haya seguido.

10. a) Una forma de saber lo que marca el voltímetro será conocer primero la intensidad de corriente en R_1 y luego aplicar la ley de Ohm a esa resistencia.

La intensidad de corriente en R_1 es la que podemos llamar intensidad total en ese circuito. Para conocerla es necesario calcular previamente la resistencia equivalente del circuito; ya que está formado por un par de resistencias en paralelo entre sí, en serie con otra resistencia, podemos plantear:

Asociación en paralelo $\dfrac{1}{R_{ep}} = \dfrac{1}{8} + \dfrac{1}{8} = \dfrac{2}{8}$ $\qquad R_{ep} = 4$

Circuito completo $R_e = 6 + 4 = 10$

Aplicando la ecuación del circuito sabremos la intensidad total: $I = 20/10 = 2$ A.

Si ahora aplicamos la ley de Ohm a R_1, la diferencia de potencial entre los extremos de esa resistencia es:

$$\Delta V = 2 \cdot 6 = 12\ \text{V}$$

b) Para saber la intensidad en cada una de las resistencias en paralelo podemos razonar de varias formas. En primer lugar, puesto que en este caso las resistencias son iguales es lógico suponer que los 2 A de la intensidad total, se reparte por igual entre ambas, por lo que sería de 1 A en cada una.

Otra forma sería calcular previamente la diferencia de potencial entre los extremos de la asociación en paralelo. Puesto que la total es 20 V y en la resistencia R_1 hemos calculado que es 12 V, en la asociación en paralelo la diferencia de potencial es 8 V. Ahora se puede aplicar la ley de Ohm a cada una de esas resistencias, obteniéndose también que la intensidad sería 1 A. La ventaja de esta segunda forma es que su cálculo no depende de que las resistencias sean iguales o diferentes.

c) Si cambiamos la resistencia R_1 por otra de un valor mayor, es necesario volver a hacer un estudio global del circuito para saber lo que marcaría ahora el voltímetro. Podemos razonar como sigue:

Si aumenta R_1 aumenta la resistencia equivalente del circuito. Por lo tanto disminuye la intensidad total pues la pila no ha cambiado. La diferencia de potencial entre los extremos de asociación de resistencias en paralelo será menor ($\Delta V = I\,R$) ya que ha disminuido la intensidad y no ha cambiado su resistencia equivalente. Por lo tanto, como la diferencia de potencial total tiene que ser igual a la fem de la pila, el voltímetro entre los extremos de la nueva resistencia debe marcar más, para que la suma siga siendo 20 voltios.

11. a) Quiere decir que la potencia desarrollada por la estufa es de 1000 W cuando se conecta a un voltaje de 220 V. El voltaje y la potencia no son característicos de los aparatos, es decir si se conecta a un voltaje menor la potencia será también menor. Si la conexión se hiciese a un voltaje mayor la potencia aumentaría.

b) La energía eléctrica consumida será: $\Delta E = P\,\Delta t = 1\ \text{kW} \cdot 2\text{h} = 2\ \text{kWh}$.

c) El coste será $2 \cdot 0{,}08 = 0{,}16$ euros.

d) Una estufa que caliente más rápidamente tiene que desarrollar mayor potencia conectándola a 220 V que es el voltaje de la red eléctrica. La inscripción podría ser: 220 V – 2000 W.

e) Por la segunda, pues la potencia se calcula como $P = I\,\Delta V$ y al ser la potencia mayor y el voltaje igual la intensidad de la corriente que circula debe ser mayor.

12. Para calcular el tiempo que debe estar conectado el termo, tenemos que calcular la energía necesaria para aumentar la temperatura del agua: $Q = \Delta E = 50\,000 \cdot 1\,(40 - 10) = 15 \cdot 10^5$ cal $= 62{,}7 \cdot 10^5$ J. Como el rendimiento es del 90 % la energía eléctrica consumida será mayor:

$$\Delta E = 62{,}7 \cdot 10^5 \cdot 100/90 = 69{,}67 \cdot 10^5 \text{ J}$$

Teniendo en cuenta que la potencia que desarrolla el termo es 1000 W, el tiempo necesario será:

$$\Delta t = 69{,}67 \cdot 10^5/1000 = 6\,967 \text{ segundos} = 1 \text{ hora, } 56 \text{ minutos, } 7 \text{ segundos.}$$

b) Cuando el termo está conectado a 220 V circula una corriente cuya intensidad es: $I = P/\Delta V = 9{,}1$ A. Por lo tanto el interruptor magnetotérmico no saltará y no desconectará el circuito, por lo que podrá funcionar.

13. a) Aplicando la ecuación del circuito al motor podemos calcular su fuenza contraelectromotriz.

$$I = \frac{\varepsilon - \varepsilon'}{R + r_g + r_m}; \qquad 15 = \frac{220 - \varepsilon'}{5}; \qquad \varepsilon' = 145 \text{ V}$$

Ese valor nos indica que se transforman 145 J en energía cinética de rotación del motor por cada unidad de carga que pase por él.

b) La potencia útil del motor es la que podemos aprovechar: $P_{\text{útil}} = 15 \cdot 145 = 2175$ W.

La potencia disipada por efecto Joule en el motor es: $P_{\text{disipada}} = 15^2 \cdot 5 = 1125$ W.

Por lo tanto, la potencia total del motor es 3300 W. Es igual que la potencia proporcionada por el generador de corriente.

El rendimiento del motor es: $r = \dfrac{\text{Potencia aprovechada}}{\text{Potencia utilizada}} 100 = \dfrac{2175}{3300} 100 = 65{,}9\ \%$.

14. a) La relación entre el número de espiras del primario y el secundario será: $n_1/n_2 = V_1/V_2 = 10000/220$. Es un transformador de baja, por lo que la intensidad en el secundario será mayor que en el primario. Debe estar cerca del consumidor para que las pérdidas de energía no sean importantes.

b) Si la potencia es de 10^6 W, la intensidad de la corriente en el secundario no puede ser de 5000 A, pues en este caso la potencia en el secundario sería: $P = I\,\Delta V = 5000 \cdot 220 = 1\,100\,000$ W y habría habido un aumento de potencia. En el caso en que el transformador tuviera un rendimiento del 100 % la intensidad en el secundario sería:

$$I = P/\Delta V = 1\,000\,000/220 \text{ V} = 4\,545 \text{ A}$$

c) La resistencia del cable es:

$$R = 1{,}72 \cdot 10^{-8} \frac{500}{10^{-4}} = 8{,}6 \cdot 10^{-2}$$

La potencia disipada por efecto Joule sería: $P = R\,I^2 = 8{,}6 \cdot 10^{-2} \cdot 10^6 = 86\,000$ W.

ACTIVIDADES DE RECUPERACIÓN

Se trata de repasar algunas de las ideas básicas que se incluyen en el control de clase.

A.1.- a) El enunciado no especifica una serie de datos que son necesarios para resolver el problema. Debemos establecer las condiciones iniciales que creamos razonables y buscar los datos necesarios.

La temperatura inicial del hierro es 15 ºC. La temperatura de fusión del hierro es de 1539 ºC, el calor específico de 0,1 cal/gºC y el calor de fusión de 66 cal/g. También podemos suponer que se utilizará antracita cuyo poder calorífico es 7 800 kcal/kg. Con esos datos, para fundir 2 kg de hierro se necesitan 436 800 calorías. Dado que el rendimiento es sólo del 20 % se necesitan 0,28 kg de antracita para obtener esa energía.

b) La temperatura final que alcanza el agua después de echar en ella los dos kilogramos de hierro fundido se puede calcular teniendo en cuenta que si el sistema está aislado, la cantidad de energía que gana el agua será igual a la que pierda la pieza de hierro.

$$(\Delta E_{\text{int}})_{\text{agua}} + (\Delta E_{\text{int}})_{\text{hierro}} = 0$$

$$100000 \cdot 1{,}00(t_f - 15) + [2000(-66) + 2000 \cdot 0{,}10(t_f - 1539)] = 0$$

$$t_f = 57{,}8\ \text{ºC}$$

A.2.- De nuevo faltan algunos datos que podemos buscar en la tabla. Teniendo en cuenta la densidad del aire 1,3 g/L (ese valor se puede estimar a partir de la densidad del oxígeno y del nitrógeno que aparecen en la tabla) se calcula previamente que los 60 m^3 de aire son 78 000 gramos de aire.

a) La energía mínima necesaria para calentar al aire es: 78 000 · 0,24 · (20 – 5) = 280 800 cal.

b) La potencia mínima que corresponde a la realización de esa transferencia de energía en un tiempo de 20 minutos es: 280 800/1 200 = 234 W.

c) El propano-butano mínimo gastado en la operación sería: 280 800/11 000 = 25,5 g.

d) La cantidad de propano-butano realmente gastada será más de la que se ha calculado porque siempre hay pérdidas de energía. En este caso, debemos suponer que entrará aire frío e irá saliendo aire caliente. Además, junto al aire se deben calentar los muebles, paredes, cortinas, etc. Todo ello supone que el combustible gastado sea mayor que el calculado como mínimo teórico.

A.3.- a) Sobre la maleta actúan dos fuerzas, la que hace la Tierra sobre ella, 196 N y la que hacemos para sostenerla, también igual a 196 N pero de sentido contrario a la anterior. La suma de ambas es cero, por lo que el trabajo es nulo. También podemos llegar a la misma conclusión teniendo en cuenta que la dirección de cada una de esas fuerzas forma un ángulo de 90 º con la dirección del desplazamiento, por lo que el trabajo realizado por cada fuerza es nulo.

b) La maleta no experimenta cambio de energía pues no varía su rapidez y tampoco lo hace su altura respecto a la Tierra. Por lo tanto, su energía es constante. Eso es coherente con el resultado anterior de que no se hace trabajo sobre la maleta.

A.4.- El sistema que cambia su energía es el agua que pasa de estar bajo el nivel del suelo a estar 13 metros por encima del suelo y pasa de estar en reposo a tener rapidez de 0,5 m/s. El aumento de energía del agua es:

$$\Delta E = 300 \cdot 9{,}8 \cdot 19 + \tfrac{1}{2}\, 300 \cdot 0{,}5^2 = 55\ 898\ \text{J}$$

Puesto que el rendimiento es del 80 % se necesita más energía para conseguir que suba el agua. Se necesita 69872 J. La energía termina degradándose pues el agua cae por los desagües y termina de nuevo al nivel del suelo.

A.5.- a) Para calcular el trabajo realizado sobre el muelle es mejor tener en cuenta el efecto de ese trabajo, aumentar la energía potencial elástica.

$$E_{\text{p elástica}} = \tfrac{1}{2}\, 2800 \cdot 0{,}12^2 = 20{,}2\ \text{J}$$

Por lo tanto, la energía potencial elástica ha aumentado en 20,2 J por lo que podemos decir que el trabajo hecho sobre el muelle ha sido de 20,2 J.

b) Suponiendo aislado el sistema cuerpo-muelle-Tierra, es decir suponiendo que no existen rozamientos, la energía debe ser la misma en ambas situaciones. Podemos escribir:

$$20{,}2 + 2 \cdot 9{,}8 \cdot 0{,}28 = 2 \cdot 9{,}8 \cdot h$$

$$h = 1{,}31 \text{ m}$$

c) El trabajo realizado por la fuerza que hace la Tierra sobre el cuerpo es:

$$W_{\mathrm{T,c}} = (2 \cdot 9{,}8)\,(1{,}31 - 0{,}28) \cdot \cos 180 = -\,20{,}2 \text{ J}$$

Podemos ver que ese trabajo es igual a menos la variación de energía potencial gravitatoria del cuerpo.

A.6.- a) El producto de la fuerza de rozamiento por el desplazamiento es –1 570 000 J. No debemos llamarlo trabajo porque ese desplazamiento no corresponde al de los puntos de aplicación de las numerosas fuerzas infinitesimales cuya suma corresponde al valor total de la fuerza de rozamiento.

b) La cantidad anterior mide la disminución de energía mecánica del coche debido a la fuerza de rozamiento. También mide el aumento de energía interna producido en el coche, en el aire y en la carretera por esos roces. Para que el coche mantenga su rapidez hay que aportarle en ese kilómetro una cantidad de 1 570 000 J. Esa energía procederá de la combustión de la gasolina.

c) La gasolina necesaria se puede calcular a partir de la energía total (el rendimiento es del 30 %) que es de 5 233 333 J. Eso supone un consumo de 122,5 g de gasolina/km.

A.7.- El rozamiento entre la varilla y el tronco es una fuerza que se opone al movimiento relativo entre ambos. El producto de esa fuerza por la distancia mide la energía que en ese proceso se está dando al tronco y a la varilla, energía que hace aumentar la energía interna de forma que en una zona se alcanza una temperatura elevada. Al alcanzarse esa temperatura puede comenzar a arder la madera, proceso que hará que se eleve más la temperatura y que se caliente el aire de los alrededores. La energía ganada por el aire podemos llamarla calor pues la transferencia energética se debe a una diferencia de temperaturas.

A.8.- La caja ha de subir por la rampa, por lo que aumentará su energía potencial y disminuirá su energía cinética. Si suponemos que el nivel de referencia está en la horizontal, al principio de la rampa la caja sólo tiene energía cinética: E_c= 640 J. La energía que tenga al final será la que tenía al principio menos la que haya perdido por rozamiento.

La fuerza de rozamiento es 25 N. Así pues, si suponemos que la caja es capaz de recorrer todo el plano, la energía mecánica que perderá en ese trayecto será $\Delta E = 25 \cdot 8 \cos 180 = -200$ J.

La energía que tenga la caja en el final de la rampa será la suma de la energía cinética y potencial que tenga en ese momento. Dado que la longitud de la rampa es de 8 metros y la inclinación de 30º, la altura de la parte final de la rampa respecto a la del comienzo de la misma será de 4 metros. Por lo tanto, la energía potencial en la posición final será: 20 · 9,8 · 4 = 784 J. Podemos escribir:

$$\Delta E_m = (E_p + E_c)_{\text{final de la rampa}} - (E_p + E_c)_{\text{alto de rampa}} = -200 \text{ J}$$

$$(784 + \tfrac{1}{2}\, 20\, v^2) - (0 + 640) = -200 \text{ J}$$

$$10\, v^2 = -344$$

El resultado es imposible ya que la raíz cuadrada de un número negativo no existe. ¿Qué interpretación puede tener ese resultado? Comprobado que no hay errores en los cálculos, alguna de las suposiciones que hayamos hecho debe ser incorrecta. Hemos supuesto que la caja recorre toda la rampa antes de pararse; ¿estamos seguros de que debe ser así? Un análisis de los valores energéticos lleva a que la energía cinética al principio no es suficiente para que la caja alcance la parte superior de la rampa.

b) La energía mecánica de la caja es mayor al principio que al final de la rampa. En este caso, parte de la energía la pierde debido al rozamiento. Eso no quiere decir que la energía total haya disminuido, pues la energía perdida por la caja la habrá ganado la rampa o el aire.

c) No se puede calcular la variación de energía interna de cada uno de los cuerpos. Ahora bien, como el aumento total de energía interna será igual a la disminución de energía mecánica del sistema, podemos decir que esa variación es la energía cinética inicial, 640 J, menos la energía potencial que tenga al final del proceso, supuesta nula la inicial. Si se hacen los cálculos, la disminución de energía mecánica es 130 J.

A.9.- El PCE no niega la posibilidad de un proceso que como único resultado tenga la disminución de energía de un sistema que tiene una temperatura menor y el aumento de energía de otro sistema que tiene una temperatura mayor, siempre que ocurran en la misma cantidad.

b) Sin embargo, el segundo principio de la termodinámica niega la posibilidad de que ocurra un proceso como el anterior. Exige que en los procesos espontáneos disminuya la energía interna de los cuerpos a mayor temperatura con un aumento simultáneo de la energía interna del cuerpo a menor temperatura. Al ir enfriándose el agua del vaso estaría a menor temperatura que el aire de la cocina y eso supone la imposibilidad de paso de energía del vaso del agua al aire.

c) Los motores de explosión son máquinas térmicas. Por ello, no pueden transformar íntegramente la energía que reciben del foco térmico a mayor temperatura, que será la que proporciona el combustible, para realizar trabajo. Una parte de la energía debe ser cedida al foco frío (en este caso, el aire).

Un motor de explosión que aprovechara el 100 % de la energía del combustible, cumpliría el PCE, pero no cumpliría el segundo principio de la termodinámica.

A.10.- a) La intensidad de campo eléctrico entre la superficie de la Tierra y las nubes es 30 000 V/m. Estará dirigido desde la Tierra hacia las nubes.

b) La disminución de energía potencial eléctrica cuando pasan 20 C es 600 millones de julios.

c) Los electrones se desplazan en sentido contrario a la dirección del campo eléctrico.

A.11.- Con esta actividad se volverá a reflexionar sobre la diferencia entre fuerza electromotriz y diferencia de potencial. A lo largo del tema hemos supuesto los generadores ideales de tal manera que las cargas eléctricas no pierden energía en su interior. Como el voltímetro mide la *ddp* entre dos puntos, si lo conectamos a un generador real marcará un valor menor que la *fem*, debido a la pérdida de energía de las cargas por efecto Joule, en el interior del generador.

A.12.- Para resolver la actividad deben distinguir entre los conceptos estudiados: *ddp*, intensidad, potencia y energía, así como la relación entre ellos. Se debe hacer hincapié en que el brillo está relacionado con la potencia y que ésta a su vez depende de la *ddp* al que está conectada y de la intensidad de la corriente que circula por ella. La potencia de la bombilla de la habitación es mayor que la de la linterna y sin embargo la intensidad que circula por ésta es mayor que la que circula por la de la habitación. Hay que prestar atención a lo que entienden los alumnos por brillo, pues algunos dicen que las dos bombillas brillan igual, pero sin embargo no tienen dificultad en admitir que la de la habitación «da más luz». En cuanto al consumo de energía es necesario precisar que depende del tiempo que esté funcionando cada una. La segunda parte de la actividad servirá para volver a reflexionar sobre el modelo de corriente y el concepto de intensidad.

A.13.- Será necesario calcular la resistencia equivalente del circuito (20 Ω) y aplicar la ley de Ohm. El voltímetro marcará 7,5 V y el amperímetro 0,25 A.

Las bombillas 2 y 3 son iguales pues tienen la misma resistencia, pero la bombilla 1 es diferente.

Puesto que el brillo está relacionado con la potencia, la que más brillará será la bombilla 1 porque la potencia desarrollada es mayor $P = 0{,}5 \cdot 7{,}5 = 3{,}75$ W, mientras que la potencia desarrollada en cualquiera de las otras dos es $P = 0{,}25 \cdot 2{,}5 = 0{,}625$ W.

Al desconectar la bombilla 2, cambian los valores de la intensidad de la corriente que circula por el circuito y por lo tanto la *ddp* al que estará conectado cada bombilla.

El nuevo circuito tendrá una resistencia equivalente de 25 Ω, y la intensidad que circula será de 0,4 A. El voltímetro marcará ahora 6 V, por lo tanto menos que antes.

A.14.- El ejercicio no presenta dificultades, más allá del conocimiento de las relaciones entre las diferentes magnitudes. Los resultados son:

a) Resistencia óhmica del horno, 22 Ω.

b) La carga eléctrica que pasa la resistencia en 30 minutos es 18 000 C.

c) Un fusible de 8 A no serviría pues por el horno pasa una corriente de 10 A.

d) La energía transformada en el horno es 4,4 kWh lo que supone un costo de 0,35 euros.