FUNDAMENTOS DE FÍSICA I (1$^{\text{er}}$ curso, Física). **Septiembre 2019**

- **Cuestión:** Hasta 1 punto. Incluya una **breve, pero clara, explicación** de la respuesta.
- **Problemas:** Hasta 3 puntos cada uno. No es suficiente con escribir ecuaciones; debe desarrollar las soluciones, justificar hipótesis y explicar en detalle los pasos. Cuide dimensiones, unidades y los órdenes de magnitud de sus resultados.
- **Material auxiliar: Solo una calculadora no programable.** Tiempo: 2 horas.

CUESTIÓN

- Un camión pesado y un coche ligero se mueven con la misma velocidad por la misma carretera. Si el coeficiente de fricción estática entre las ruedas y la carretera es el mismo para el camión y el coche y los dos vehículos frenan sin bloquear las ruedas con aceleración constante ¿cuál de los dos vehículos es capaz de parar recorriendo una distancia menor?

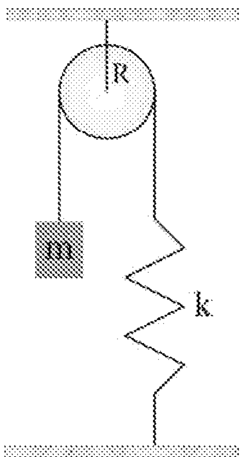
(a) el coche.

(b) el camión.

(c) los dos pueden parar recorriendo la misma distancia.

PROBLEMAS. Si ha seguido la evaluación continua solo debe resolver dos de los problemas.

- 1.– Se tiene el sistema que se muestra en la figura, en el que un bloque de masa m está unido, mediante una cuerda sin masa e inextensible, a un muelle de constante elástica k a través de una polea, que puede considerarse como un disco macizo uniforme de radio R y masa M (momento de inercia respecto a un eje perpendicular que pasa por su centro, $I = MR^2/2$). La polea está fijada al techo y el muelle al suelo. Se supone, además, que la cuerda no desliza sobre la polea.



(a) En primer lugar, se deja descender suavemente el bloque hasta que el sistema se encuentra en equilibrio. Encontrar la expresión que nos da cuánto se ha estirado el muelle, x_e.

(b) A partir de la situación de equilibrio mencionada en el apartado anterior, se desplaza hacia abajo el bloque una distancia A y después se suelta, de forma que se inicia un movimiento oscilatorio. ¿Cuál es la aceleración del bloque en ese momento?

(c) Calcular el periodo del movimiento oscilatorio anterior.

(Datos numéricos: $m = 1$ kg, $k = 200$ N/m, $M = 1$ kg, $A = 3$ cm, $g = 9{,}8$ m/s^2.
Nota importante: haga números sólo después de encontrar las expresiones algebraicas de las magnitudes que se piden.)

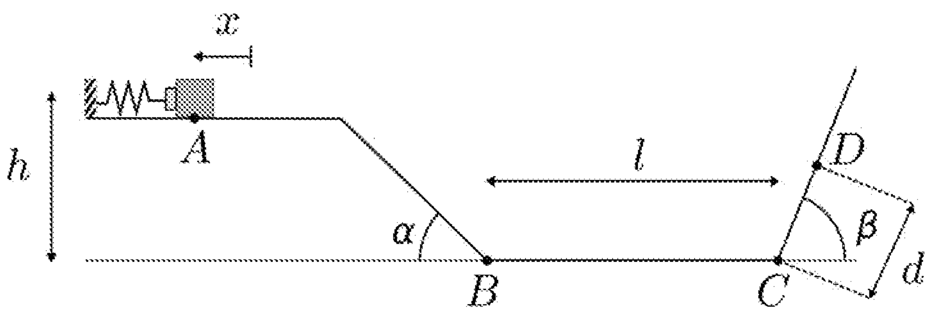
Sigue en la siguiente página ⟼

• 2.– Un objeto de masa $m = 1$ kg se encuentra en el punto (A) de la figura, sujeto a un muelle de constante elástica $k = 10$ N/m que se encuentra comprimido respecto de su posición de equilibrio una distancia $x = 10$ cm. En un instante dado el muelle se suelta y el objeto adquiere una cierta velocidad, avanza por una superficie horizontal sin rozamiento y comienza a descender una rampa, también sin rozamiento, desde una altura $h = 2$ m y que forma un ángulo $\alpha = \pi/3$ radianes con la horizontal. Cuando llega al suelo en el punto (B), comienza a deslizar por un plano horizontal con rozamiento, de longitud $l = 2$ m, que le hace perder un 20 % de su energía cinética en todo su recorrido desde el punto (B) hasta el punto (C). Con la velocidad que alcanza en este punto (C) asciende por un plano inclinado sin rozamiento que forma un ángulo $\beta = 2\pi/3$ radianes, hasta que se detiene en el punto (D).

(a) ¿Qué velocidad tiene el objeto en el punto (B) y en el punto (C)?

(b) ¿Qué trabajo se ha realizado en recorrer la distancia l y cuánto vale el coeficiente de rozamiento del plano?

(c) ¿Qué distancia d ha recorrido por el segundo plano inclinado?



• 3.– La densidad de masa de una esfera viene dada por $\rho(r) = C/r$, donde r es la distancia al centro de la esfera. La esfera tiene un radio de 5 m y una masa de 10^{11} kg.

(a) Determine la constante C

(b) Calcule el campo gravitatorio creado por la esfera, g, en dos puntos situados a una distancia (medida desde el centro de la esfera) de $r = 2$ m y de $r = 6$ m, respectivamente.

• **Cuestión:** Hasta 1 punto. Incluya una **breve, pero clara, explicación** de la respuesta.

• **Problemas:** Hasta 3 puntos cada uno. No es suficiente con escribir ecuaciones; debe desarrollar las soluciones, justificar hipótesis y explicar en detalle los pasos. Cuide dimensiones, unidades y los órdenes de magnitud de sus resultados.

• **Material auxiliar: Solo una calculadora no programable.** Tiempo: 2 horas.

CUESTIÓN

• Dos esferas macizas, una grande y la otra pequeña, y un cilindro, también macizo, ruedan, sin deslizar, por un plano inclinado. Los tres objetos comienzan a rodar desde el mismo punto. Cuando llegan al final del plano ¿cuál de los cuerpos tiene la mayor velocidad lineal y cuál la menor?

(a) La esfera grande tiene la mayor velocidad; el cilindro tiene la menor.

(b) Las dos esferas tiene la misma velocidad y es la mayor; el cilindro tiene la menor.

(c) No se puede saber, depende de las masas de los cuerpos.

(Nota: el momento de inercia, respecto al diámetro, de una esfera maciza de masa m y radio R es $I_e = 2/5\ mR^2$; el momento de inercia, respecto a su eje, de un cilindro macizo de masa m y radio R es $I_c = 1/2\ mR^2$)

PROBLEMAS. Si ha seguido la evaluación continua solo debe resolver dos de los problemas.

• 1.– El coeficiente de rozamiento estático entre un neumático de caucho y la superficie de la carretera es $\mu_e = 0,85$. Calcule la aceleración máxima posible de un camión de diez toneladas con tracción a las cuatro ruedas si la carretera forma un ángulo de 12^o con la horizontal en las situaciones siguientes:

(a) El camión está subiendo.

(b) El camión está descendiendo.

(c) Ahora suponga que el conductor para el camión y pone el freno de mano ¿el camión se deslizará cuesta abajo o permanecerá quieto? ¿y si en lugar de un camión fuera un coche que pesara diez veces menos?

(Nota: en este problema considere el camión como un objeto puntual)

Sigue en la siguiente página $\longmapsto$

• 2.– Un bloque con masa M está conectado a un extremo de un muelle horizontal de constante k, cuyo otro extremo está sujeto a la pared. El bloque se mueve con un movimiento armónico simple sobre una superficie sin fricción. La amplitud del movimiento armónico es A_1. Cuando el bloque pasa por la posición de equilibrio, un trozo de plastilina, de masa m, se deja caer verticalmente sobre el bloque y se queda pegado a él. Se supone que el pedazo de plastilina cae desde una pequeña distancia, de forma que se pega al bloque mientras este está todavía pasando por la posición de equilibrio.

(a) Calcular la energía del sistema en la nueva situación (bloque con plastilina) y compararla con la energía inicial del sistema (sin la plastilina).

(b) Calcular la amplitud y el periodo del movimiento en la nueva situación, en función de los datos conocidos.

(c) Si se supone ahora que la plastilina se deja caer sobre el bloque cuando este se encuentra en uno de los extremos de su movimiento, repetir los cálculos de los apartados (a) y (b) anteriores.

• 3.– Europa es un satélite que se mueve en una órbita circular de Júpiter con un periodo de 3,55 días y a una distancia de $6{,}71 \times 10^8$ m de Júpiter.

(a) A partir de estos datos, calcular la masa de Júpiter.

(b) Otro satélite de Júpiter, Calisto, se mueve a una distancia de $18{,}8 \times 10^8$ m en una órbita circular de periodo 16,7 días. A partir de estos datos determinar las aceleraciones de Calisto y de Europa.

(Nota: Suponer en ambos casos que las distancias dadas son del centro del satélite al centro de Júpiter. Dato: $G = 6,673 \times 10^{-11}$ Nm^2/kg^2)

FUNDAMENTOS DE FÍSICA I 1^er curso Grado en Física
Prueba Presencial–Febrero 2019–2^a semana

CUESTIÓN

La solución correcta es la (b). Llamando h a la altura respecto al suelo desde la que comienzan a moverse los cuerpos, m la masa, v la velocidad lineal, ω la velocidad angular, I el momento de inercia, y aplicando la conservación de la energía entre los puntos inicial (en el punto más alto del plano inclinado) y final (en el punto final del plano inclinado), tenemos $E_i = E_f \Rightarrow mgh = mv^2/2 + I\omega^2/2 = mv^2/2 + I\left(v^2/R^2\right)/2$, donde hemos usado la condición de rodadura sin deslizamiento $\omega = v/R$. El momento de inercia de los tres cuerpos se puede escribir como $I = amR^2$, donde $a = 2/5$ para las esferas y $a = 1/2$ para el cilindro. Por lo tanto, la conservación de la energía nos lleva a

$$gh = \frac{1}{2}v^2 + \frac{1}{2}av^2 \Rightarrow v^2 = \frac{2gh}{1+a}$$

que, como se ve, es una expresión para la velocidad lineal que es independiente de la masa del cuerpo y de su radio. Por lo tanto, para las dos esferas ($a = 2/5$), $v_e = \sqrt{1,43gh}$, mientras que para el cilindro ($a = 1/2$), $v_c = \sqrt{1,33gh}$. En resumen, la velocidad lineal de las dos esferas es igual y además se cumple que $v_e > v_c$.

PROBLEMAS

Problema 1

Para resolver este problema suponemos un sistema de coordenadas en el que el eje x es paralelo a la carretera (plano inclinado), con la dirección positiva hacia arriba de la misma, y el eje y es perpendicular a la carretera. Las fuerzas que se aplican sobre el camión (considerado como un objeto puntual) son el peso, mg, la fuerza de rozamiento estática de la carretera sobre el camión, f_e, y la fuerza normal de la carretera sobre el camión, F_n.
(a) En primer lugar, el camión está subiendo por la carretera. Aplicamos la segunda ley de Newton a la componente horizontal (en el eje x) de las fuerzas que se ejercen sobre el camión (la fuerza que acelera el camión hacia arriba es la fuerza de rozamiento que ejerce la carretera sobre las ruedas del camión, y esa fuerza va en la dirección positiva, "hacia arriba de la carretera")

$$\sum F_x = f_e - mg\,\mathrm{sen}\,12^o = ma$$

Haciendo lo mismo para la componente vertical (en el eje y),

$$\sum F_y = F_n - mg\cos 12^o = 0$$

Como queremos calcular la aceleración máxima posible, la fuerza de rozamiento estática tendrá que ser máxima, $f_e = f_{e,\text{máx}} = \mu_e F_n$. De la ecuación para la componente vertical se obtiene

$$f_{e,\text{máx}} = \mu_e mg \cos 12^o$$

Sustituyendo este resultado en la ecuación para la componente horizontal y despejando $a_{\text{máx}}$ llegamos a

$$a_{\text{máx}} = g(\mu_e \cos 12^o - \operatorname{sen} 12^o) = 6,12\text{m/s}^2$$

(b) Cuando el camión está descendiendo, la fuerza de rozamiento de la carretera sobre las ruedas tiene sentido contrario en el diagrama de fuerzas (esta fuerza de rozamiento ayuda a acelerar el camión en el descenso, por lo que va en la dirección negativa, "hacia abajo de la carretera"). La aplicación de la segunda ley de Newton para la componente vertical es igual al del primer apartado, mientras que para la componente horizontal es

$$-f_{e,\text{máx}} - mg \operatorname{sen} 12^o = ma_{\text{máx}}$$

Sustituyendo de nuevo $f_{e,\text{máx}} = \mu_e mg \cos 12^o$ y despejando la aceleración obtenemos

$$a_{\text{máx}} = -g(\mu_e \cos 12^o + \operatorname{sen} 12^o) = -10,2\text{m/s}^2$$

(c) En el caso de que el camión se pare, para saber qué le pasa tenemos que comparar la fuerza de rozamiento máxima con la componente horizontal del peso y ver cuál es mayor

$$f_{e,\text{máx}} - mg \operatorname{sen} 12^o = mg\left(\mu_e \cos 12^o - \operatorname{sen} 12^o\right) = 0,62mg > 0$$

Es decir, la fuerza de rozamiento máxima es mayor que la componente horizontal del peso. Por tanto, el camión permanecerá quieto. Como el signo de la expresión anterior solo depende del ángulo de la carretera y de μ_e y no de la masa del vehículo, la situación para el coche sería la misma, permanecería parado.

Problema 2

(a) Antes del choque de la plastilina con el bloque, cuando este pasa por la posición de equilibrio, su energía mecánica es únicamente cinética

$$E_1 = \frac{1}{2}kA_1^2 = K_1 = \frac{1}{2}Mv_1^2 \Rightarrow v_1 = A_1\sqrt{\frac{k}{M}}$$

lo que nos da la velocidad del bloque cuando pasa por ese punto de equilibrio. Al caer la plastilina sobre el bloque se produce un choque completamente inelástico, en el que se conserva el momento lineal. Para la componente horizontal de ese momento lineal tenemos

$$Mv_1 + 0 = (M+m)\,v_2 \Rightarrow v_2 = \frac{M}{M+m}v_1$$

lo que indica que la velocidad después del choque del bloque y la plastilina es menor que la que llevaba el bloque antes del choque. Como justo después del choque la energía sigue siendo exclusivamente cinética, tenemos

$$E_2 = \frac{1}{2}(M+m)\,v_2^2 = \frac{1}{2}(M+m)\left(\frac{M}{M+m}\right)^2 v_1^2 = \frac{M}{M+m}\left(\frac{1}{2}Mv_1^2\right) = \left(\frac{M}{M+m}\right)E_1$$

es decir, que se ha perdido energía debido a la fricción entre el bloque (que está en movimiento) y la plastilina (que se queda pegada al bloque).
(b) A partir de la energía total obtenemos la nueva amplitud

$$E_2 = \frac{1}{2}kA_2^2 = \left(\frac{M}{M+m}\right)E_1 = \left(\frac{M}{M+m}\right)\frac{1}{2}kA_1^2 \Rightarrow A_2 = A_1\sqrt{\frac{M}{M+m}}$$

lo que muestra que la amplitud se reduce. En cuanto al periodo, tenemos

$$T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{M+m}{k}}$$

de forma que el periodo aumenta.
(c) Si ahora el bloque se encuentra en el extremo de su movimiento, se encontrará momentáneamente en reposo, por lo que su energía cinética, es cero, justo antes y después del choque, lo mismo que la componente horizontal de su momento lineal. Por lo tanto la energía del sistema es únicamente potencial, justo antes y después del choque, por lo que

$$E_2 = E_1 = \frac{1}{2}kA_1^2$$

lo que implica que la energía no cambia (no hay disipación por fricción en este caso, ya que el bloque está parado durante el choque). Por el resultado anterior, la amplitud del movimiento es la misma antes y después, $A_2 = A_1$. Para el periodo, lo importante no es el choque, sino la masa del sistema, por lo que $T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{M+m}{k}}$, igual que en el apartado anterior.

Problema 3
(a) Aplicamos la tercera ley de Kepler para la órbita de Europa

$$T_E^2 = \frac{4\pi^2}{GM_J}R_E^3$$

donde T_E es el periodo de la órbita de Europa, R_E es el radio de la órbita y M_J es la masa de Júpiter.

Despejando la masa de Júpiter,

$$M_J = \frac{4\pi^2}{GT_E^2}R_E^3$$

Sustituyendo los valores correspondientes (con $T_E = 3,55$ días $= 3,067 \times 10^5$s), obtenemos

$$M_J = 1,9 \times 10^{27}\text{kg}$$

(b) Expresamos de forma general la aceleración centrípeta en función del radio y el periodo

$$a = \frac{v^2}{R} = \frac{\left(\frac{2\pi R}{T}\right)^2}{R} = \frac{4\pi^2 R}{T^2}$$

Sustituyendo los datos correspondientes para cada uno de los satélites ($T_C = 16,7$ días $= 1,443 \times 10^6$s), obtenemos

$$a_{\text{Europa}} = 0,282 \text{ m/s}^2$$
$$a_{\text{Calisto}} = 0,036 \text{ m/s}^2$$

- **Cuestión:** Hasta 1 punto. Incluya una **breve, pero clara, explicación** de la respuesta.
- **Problemas:** Hasta 3 puntos cada uno. No es suficiente con escribir ecuaciones; debe desarrollar las soluciones, justificar hipótesis y explicar en detalle los pasos. Cuide dimensiones, unidades y los órdenes de magnitud de sus resultados.
- **Material auxiliar: Solo una calculadora no programable.** Tiempo: 2 horas.

CUESTIÓN

- Sobre una superficie horizontal sin rozamiento, una masa sujeta a un muelle oscila con movimiento armónico simple con una amplitud de 4 cm. Cuando la masa se encuentra a 2 cm de la posición de equilibrio, ¿qué fracción de su energía total es energía potencial?

(a) 1/4.

(b) 1/3.

(c) 1/2.

PROBLEMAS. Si ha seguido la evaluación continua solo debe resolver dos de los problemas.

- 1.– Una piedra A se deja caer desde el punto más alto de un edificio de 40 m en el mismo instante en el que otra piedra B se lanza verticalmente hacia arriba desde el suelo. Sabiendo que, mientras la piedra A baja y la B sube, las dos piedras se cruzan sin colisionar, y que en ese momento la velocidad de la piedra A es tres veces la velocidad de la piedra B, calcule:

(a) La altura a la cual las dos piedras se cruzan.

(b) Los tiempos, medidos desde el momento en el que comienzan a moverse, que tardan las piedras A y B en llegar al suelo.

Sigue en la siguiente página ⟼

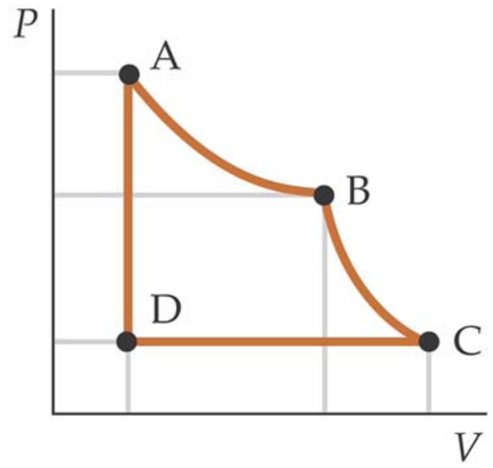
• 2.– El asteroide Ida, cuyo volumen es de 14100 km^3, tiene un pequeño satélite llamado Dactyl, el cual se encuentra girando en una órbita circular alrededor de Ida, a una distancia de 100 km del centro de Ida. Suponga que, tanto Ida como Dactyl tienen forma esférica y que el periodo de la órbita en la que gira Dactyl es de 27 horas.

(a) Calcule la masa del asteroide.

(b) Calcule la velocidad de escape del asteroide.

(Dato: $G = 6{,}67 \times 10^{-11}$ N m^2/kg^2)

• 3.– Dos moles de un gas ideal monoatómico ($C_V = 3nR/2$) describen el ciclo ABCDA que se muestra en el diagrama PV de la figura adjunta. El segmento AB representa una expansión isotérmica y el segmento BC una expansión adiabática. En A la presión es de 5 atm y la temperatura de 600 K. El volumen en B es doble que en A. La presión en D es de 1 atm.



(a) Calcular la presión en B.

(b) Calcular la temperatura en C.

(c) Calcular el trabajo realizado por el gas en los procesos $B \to C$ y $C \to D$.

(Datos numéricos: $R = 8,314$ J/mol·K $= 0,082$ atm·L/mol·K; 1 atm·L $= 101,3$ J; $\gamma = 5/3$)

FUNDAMENTOS DE FÍSICA I **1$^{\text{er}}$ curso Grado en Física**
Prueba Presencial–Febrero 2019–1^{a} semana

CUESTIÓN

La solución correcta es la (a). La energía total es $E_T = K + U = kA^2/2$. Cuando la masa se encuentra en la posición correspondiente a la amplitud del movimiento, $x = A = 4$ cm, la energía es totalmente potencial, $E_T = U = kA^2/2$. Cuando se encuentra en la posición $x = A/2 = 2$ cm, la energía total es $E_T = K+U = K+\frac{1}{2}k\left(\frac{A}{2}\right)^2 = K+\frac{1}{4}\left(\frac{1}{2}kA^2\right) = K + \frac{1}{4}E_T$, de donde se deduce que, en ese punto, $K = 3E_T/4$ y por lo tanto $U = E_T/4$.

PROBLEMAS

Problema 1

(a) Suponemos que el origen de alturas está situado en el suelo. Expresamos las posiciones de las dos piedras, y_A, y_B, mediante la ecuación que describe un movimiento con aceleración constante

$$y_A = h - \frac{1}{2}gt^2$$
$$y_B = v_0 t - \frac{1}{2}gt^2$$

Las condiciones en el momento del cruce son $y_A = y_B$ (misma altura) y $v_A = -3v_B$ (el signo menos se debe a que las velocidades tienen direcciones distintas). Por otra parte, la velocidad de las piedras en función del tiempo es

$$v_A = -gt$$
$$v_B = v_0 - gt$$

por lo que, definiendo el tiempo en el que se produce el cruce como t_c, de las condiciones $y_A = y_B$ y $v_A = -3v_B$ obtenemos

$$h - \frac{1}{2}gt_c^2 = v_0 t_c - \frac{1}{2}gt_c^2 \Rightarrow h = v_0 t_c$$
$$-gt_c = -3\left(v_0 - gt_c\right) \Rightarrow v_0 = \frac{4}{3}gt_c$$

que es un sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas, t_c y v_0.

Resolviendo el sistema llegamos a

$$t_c = \sqrt{\frac{3h}{4g}} \quad \text{y} \quad v_0 = \sqrt{\frac{4gh}{3}}$$

Finalmente, sustituyendo la expresión para t_c en la ecuación de y_A obtenemos la altura a la que se cruzan las dos piedras

$$y_A = h - \frac{1}{2}g\left(\frac{3h}{4g}\right) = \frac{5h}{8} = 25\text{m}$$

(b) Empleando la ecuación de la posición de la piedra A, obtenemos que el tiempo que tarda esa piedra en llegar al suelo es

$$0 = h - \frac{1}{2}gt_A^2 \Rightarrow t_A = \sqrt{\frac{2h}{g}} = 2,86\text{s}$$

Para calcular el tiempo que tarda la piedra B en llegar al suelo, obtenemos primero el tiempo que tarda en alcanzar la altura máxima, haciendo $v_B = 0$ en la ecuación para su velocidad, que es $t_m = v_0/g$. Por lo tanto, el tiempo que emplea la piedra B en regresar al suelo es dos veces este tiempo, es decir,

$$t_B = 2\frac{v_0}{g} = \frac{2}{g}\sqrt{\frac{4gh}{3}} = 4,67\text{s}$$

Problema 2

(a) Si M_I y M_D son las masas de Ida y Dactyl, respectivamente, R es el radio de la órbita de Dactyl y v la velocidad de Dactyl en su órbita alrededor de Ida, la segunda Ley de Newton nos da

$$F = ma \Rightarrow G\frac{M_I M_D}{R^2} = M_D\frac{v^2}{R} \Rightarrow v^2 = G\frac{M_I}{R}$$

Teniendo en cuenta que $v = 2\pi R/T$, donde T es el periodo de la órbita de Dactyl, tenemos que

$$\frac{4\pi^2 R^2}{T^2} = G\frac{M_I}{R} \Rightarrow M_I = \frac{4\pi^2 R^3}{T^2 G}$$

Expresado en segundos, el periodo de la órbita de Dactyl es $T = 27 \times 3600 = 97200 = 9,72 \times 10^4$s, y como $R = 10^5$ m, entonces

$$M_I = 6,27 \times 10^{16}\,\text{kg}$$

(b) Aplicando la conservación de la energía, la velocidad de escape del asteroide cumple la ecuación

$$\frac{1}{2}v_e^2 = \frac{GM_I}{r_I}$$

donde r_I es el radio de Ida, que, como nos dan su volumen, V, vale

$$r_I = \left(\frac{3V}{4\pi}\right)^{1/3} = \left(\frac{3 \times 14,1 \times 10^{12}}{4\pi}\right)^{1/3} = 1,50 \times 10^4\,\text{m}$$

po lo que

$$v_e = \sqrt{\frac{2GM_I}{r_I}} = 23,61\,\text{m/s}$$

Problema 3

(a)El proceso $A \to B$ es isotermo, por lo que $T_B = T_A = 600$ K. Para calcular la presión aplicamos la ley de los gases ideales, de forma que tenemos

$$P_B V_B = P_A V_A \;\Rightarrow\; P_B = P_A \frac{V_A}{V_B} = \frac{P_A}{2} = 2,5 \text{ atm}$$

(b) Aplicando la ley de los gases ideales tenemos

$$T_C = T_B \frac{P_C V_C}{P_B V_B}$$

donde conocemos T_B, P_B y $P_C = P_D = 1$ atm. Para calcular V_B usamos de nuevo la ley de los gases ideales

$$V_B = \frac{nRT_B}{P_B} = \frac{(2 \text{ mol})\,(0,082 \text{ atm} \cdot \text{L/mol} \cdot \text{K})\,(600 \text{ K})}{(2,5 \text{ atm})} = 39,36 \text{ L}$$

y a partir de este dato, teniendo en cuenta que el proceso $B \to C$ es adiabático, podemos calcular V_C

$$V_C = V_B \left(\frac{P_B}{P_C}\right)^{1/\gamma}$$

donde $\gamma = C_P/C_V = (C_V + nR)/C_V = 5/3$, por lo que

$$V_C = 68,26 \text{ L}$$

de manera que

$$T_C = 416 \text{ K}$$

(c) El trabajo realizado en el proceso $B \to C$ (adiabático) *por* el gas es

$$W_{BC} = -C_V \Delta T = -\frac{3}{2} nR\,(T_C - T_B) = 4,59 \text{ kJ}$$

mientras que en el proceso $C \to D$ (presión constante) el trabajo realizado *por* el gas es

$$\begin{aligned} W_{CD} &= P_C\,(V_D - V_C) = P_C \left(\frac{V_B}{2} - V_C\right) = -48,56 \text{ atm} \cdot \text{L} \\ &= -48,56 \;\times 101,3 \text{ J} \;= -4,92 \text{ kJ} \end{aligned}$$