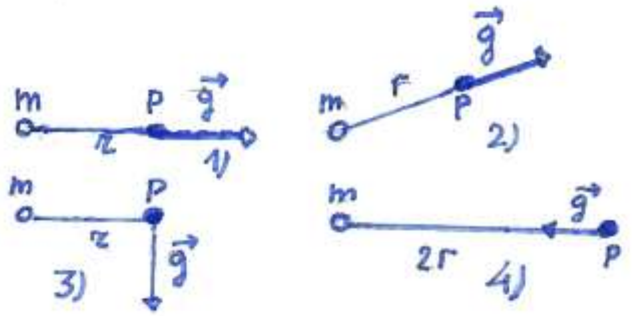
Solucionario. Campos gravitatorio y eléctrico

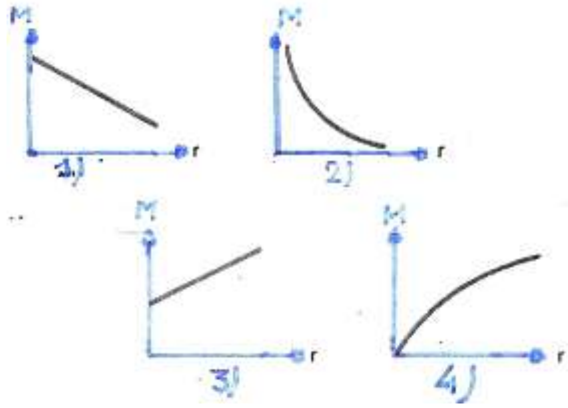
1.- El vector campo creado por una masa puntual m en un punto P está representado correctamente en la opción



1) 1 2) 2 3) 3 4) 4

$\vec{g} = -G\frac{m}{r^2}\vec{\varepsilon}_r$ El signo menos indica que el campo es atractivo, siendo $\vec{\varepsilon}_r$ un vector unitario en la dirección radial y cuyo sentido es saliendo de la masa. **Opción 4**

2,- En las gráficas, M representa el módulo de un campo creado por una carga positiva y aislada frente a la distancia. La gráfica correcta es:



1) 1 2) 2 3) 3 4) 4

$M = \left|\vec{E}\right| = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{r^2}$, según la ecuación, $\left|\vec{E}\right|$ no puede ser una recta, y al ser $\left|\vec{E}\right|$ inversamente proporcional al cuadrado de la distancia, $\left|\vec{E}\right|$ disminuye a medida que r. aumenta. **Opción 2**

3,- En la cuestión anterior, suponemos que M representa el módulo del campo vectorial $\vec{g}$, se deduce que la gráfica que representa la variación de ese módulo con la distancia es la gráfica

1) 1 2) 2 3) 3 4) 4

$\vec{g} = G\frac{m}{r^2}\vec{\varepsilon}_r \Rightarrow |\vec{g}| = G\frac{m}{r^2}$, G y m son constantes y g disminuye con el cuadrado de la distancia . Como r está elevada al cuadrado, la opción correcta es la 2. **Opción 2**

4,- Cuando consideramos las interacciones eléctricas de los protones y electrones, se desprecia la interacción gravitatoria, ya que
1) Los electrones carecen de masa 2) Los protones carecen de masa
3) Las masas son muy pequeñas 3) Estas partículas por tener carga eléctrica no tienen interacciones gravitatorias.

La interacción gravitatoria es importante con masas grandes. Los electrones y protones tienen masa muy pequeña y por eso su interacción gravitatoria es despreciable frente a la eléctrica. **Opción 3**

Para obtener cuantitativamente la afirmación anterior, supongamos un protón y un electrón a 1 metro de distancia

$$F_e = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q_e \cdot q_p}{r^2} = 9{,}10^9\frac{1{,}6.10^{-19} \cdot 1{,}6.10^{-19}}{1^2} = 2{,}3.10^{-26}\,N$$

$$F_g = G\frac{m_e \cdot m_p}{r^2} = 6{,}67.10^{-11}\frac{9{,}1.10^{-31} \cdot 1{,}7.10^{-27}}{1^2} = 1{,}0.10^{-67}\,N$$

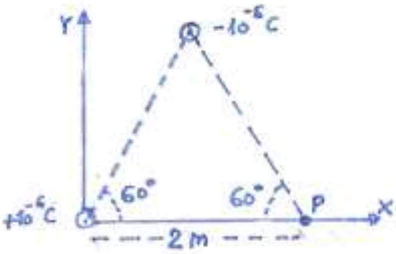
$$F_e = \frac{2{,}3.10^{-26}}{1{,}0.10^{-67}}F_g = 2{,}3.10^{41}F_g$$

5.- Dos masas m_1 y m_2 están separadas L metros. Si se acercan hasta una distancia L/10 m, el módulo de la fuerza gravitatoria aumenta

1) 10 veces 2) 20 veces 3) 50 veces 4) 100 veces

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{G\dfrac{m_1\,m_2}{L^2}}{G\dfrac{m_1\,m_2}{\left(\dfrac{L}{10}\right)^2}} \Rightarrow F_2 = 100\,F_1$$ **Opción 4**

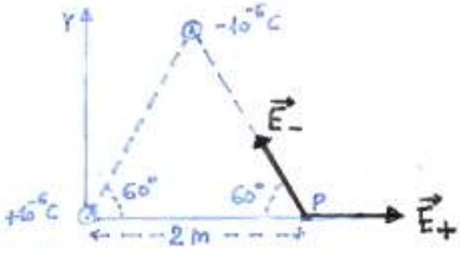
6.- Supóngase la distribución de cargas de la figura. Los módulos del campo eléctrico en el punto P sobre los ejes, expresados en N/C, son:



$$1)\ E_X = 1{,}125.10^3\,\frac{N}{C},\ E_Y = 1{,}949.10^3\,\frac{N}{C} \qquad 2)\ E_X = 1{,}949.10^3\,\frac{N}{C},\ E_Y = 1{,}125.10^3\,\frac{N}{C}$$

$$3)\ E_X = 1{,}125.10^4\,\frac{N}{C},\ E_Y = 1{,}949.10^4\,\frac{N}{C} \qquad 4)\ E_X = 1{,}949.10^4\,\frac{N}{C},\ E_Y = 1{,}125.10^4\,\frac{N}{C}$$

En la figura se han representado los campos eléctricos creados por las cargas en el punto P

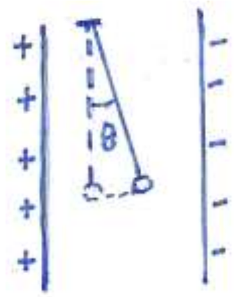


$$|E_+| = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{10^{-6}}{2^2} = 9.10^9\,\frac{10^{-6}}{4} = \frac{9}{4}10^3\,\frac{N}{C} \quad ; \quad |E_-| = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{10^{-6}}{2^2} = 9.10^9\,\frac{10^{-6}}{4} = \frac{9}{4}10^3\,\frac{N}{C}$$

$$E_X = \frac{9}{4}10^3 - \frac{9}{4}10^3\cdot\cos 60^o = 1{,}125:10^3\frac{N}{C} \quad ; \quad E_Y = \frac{9}{4}10^3\cdot sen 60^o = 1{,}949.10^3\,\frac{N}{C}$$

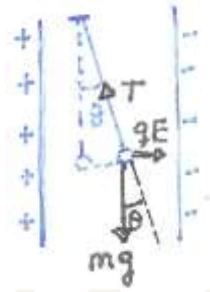
Opción 1

7.- Una esfera pequeña cargada positivamente se encuentra en equilibrio formando un ángulo θ, tal como se observa en la figura. Si el campo eléctrico entre las placas se duplica, la nueva posición de equilibrio forma con la vertical un ángulo α. La relación entre los ángulos α y θ es:



1) $\alpha = 2\theta$ 2) $\cos\alpha = 2\cos\theta$ 3) $\operatorname{sen}\alpha = 2\operatorname{sen}\theta$ 4) $\operatorname{tag}\alpha = 2\operatorname{tag}\theta$

E representa el módulo del campo eléctrico entre las placas, m la masa de la esfera, q su carga y T la tensión de la cuerda. La figura inferior representa las fuerzas que actúan en el equilibrio



$$\operatorname{tag}\theta = \frac{qE}{mg} \quad ; \quad \operatorname{tag}\alpha = \frac{2qE}{mg} \quad \Rightarrow \quad \frac{\operatorname{tag}\alpha}{\operatorname{tag}\theta} = 2 \;\Rightarrow\; \operatorname{tag}\alpha = 2\operatorname{tag}\theta \qquad \textbf{Opción 4}$$

8.- En la cuestión anterior, la relación entre la tensión T de la cuerda y el ángulo θ, está expresada mediante la ecuación

1) $T = mg\cos\theta$ 2) $T = mg\cos^2\theta$ 3) $T = \dfrac{mg}{\cos\theta}$ 4) $T = \dfrac{mg}{\cos^2\theta}$

$$T = \sqrt{(mg)^2 + (qE)^2} \quad ; \operatorname{tag}\theta = \frac{qE}{mg} \quad \Rightarrow T = \sqrt{(mg)^2 + (mg\operatorname{tag}\theta)^2} = \sqrt{(mg)^2\left(1 + \operatorname{tag}^2\theta\right)} \Rightarrow$$

$$T = \sqrt{(mg)^2\left(1 + \frac{\operatorname{sen}^2\theta}{\cos^2\theta}\right)} = \sqrt{(mg)^2\left(\frac{\cos^2\theta + \operatorname{sen}^2\theta}{\cos^2\theta}\right)} = \frac{mg}{\cos\theta} \qquad \textbf{Opción 3}$$

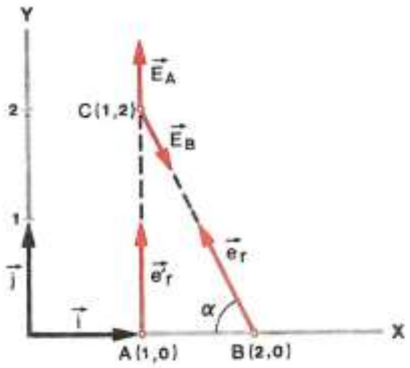
El resultado se obtiene rápidamente observando la figura. Dado que la esfera está en equilibrio, la componente vertical y hacia arriba de la tensión es igual al peso

$$T\cos\theta = mg \Rightarrow T = \frac{mg}{\cos\theta}$$

9.- Una carga de $+10^{-6}$ C está situada en el punto A (1,0) m. Una segunda carga -2.10^{-6} C esta situada en el punto B (2,0) m. El vector campo en el punto de coordenadas C (1,2) m vale

1) $2{,}61.10^{3}\vec{i}-0{,}97.10^{3}\,\vec{j}\,\dfrac{N}{C}$ 2) $1{,}61.10^{3}\vec{i}-0{,}97.10^{3}\,\vec{j}\,\dfrac{N}{C}$

3) $-1{,}61.10^{3}\vec{i}+0{,}97.10^{3}\,\vec{j}\,\dfrac{N}{C}$ 4) $-2{,}61.10^{3}\vec{i}+0{,}97.10^{3}\,\vec{j}\,\dfrac{N}{C}$



$$\vec{E}_A=\frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{10^{-6}}{2^2}\vec{\varepsilon}'_r=9.10^9\frac{10^{-6}}{4}\vec{j}=2{,}25.10^3\,\vec{j}\,\frac{N}{C}\quad;\quad \vec{E}_B=\frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{-2.10^{-6}}{5}\vec{\varepsilon}_r=-3{,}6.10^3\,\vec{\varepsilon}_r\,\frac{N}{C}$$

$$\vec{\varepsilon}_r=-1\cdot\cos\alpha\,\vec{i}+1\cdot\operatorname{sen}\alpha\,\vec{j}=-\frac{1}{\sqrt{5}}\vec{i}+\frac{2}{\sqrt{5}}\vec{j}=\frac{1}{\sqrt{5}}\left(-\vec{i}+2\vec{j}\right)$$

$$\vec{E}_B=-3{,}6.10^3\left[\frac{1}{\sqrt{5}}\left(-\vec{i}+2\vec{j}\right)\right]\frac{N}{C}=1{,}61.10^3\,\vec{i}-3{,}22.10^3\,\vec{j}$$

$$\vec{E}_C=\vec{E}_A+\vec{E}_B=2{,}25.10^3\,\vec{j}+1{,}61.10^3\vec{i}-3.22.10^3\,\vec{j}=1{,}61.10^3\vec{i}-0{,}97.10^3\,\vec{j}\,\frac{N}{C}$$ **Opción 2**

10.- El potencial gravitatorio de una masa m = 10 kg a una distancia r = 50 m vale V_1 si se escoge como referencia el infinito con valor cero y V_2 si se escoge como referencia un punto X a 20 m de la masa con valor cero. Los valores de V_1 y V_2 , expresados en J/kg son:

1) $V_1=-1{,}33.10^{-11}$; $V_2=+2{,}00.10^{-11}$; 2) $V_1=+1{,}33.10^{-11}$; $V_2=-2{,}00.10^{-11}$

3) $V_1=-2{,}00.10^{-11}$; $V_2=+1{,}33.10^{-11}$; 4) $V_1=+2{,}00.10^{-11}$; $V_2=-1{,}33.10^{-11}$

Escogemos dos puntos del campo designados A y B; el trabajo para trasladar la unidad de masa de A a B es

$$V_A - V_B = \int_A^B -\frac{G\,m}{r^2} dr = -G\,m \left| -\frac{1}{r} \right|_A^B = \frac{G\,m}{r_B} - \frac{G\,m}{r_A}$$

Escogemos el punto B en el infinito con potencial cero

$$V_1 - 0 = \frac{G\,m}{\infty} - \frac{G\,m}{r} \Rightarrow V_1 = -\frac{G\,m}{r} = -\frac{6{,}67.10^{-11} \cdot 10}{50} = -1{,}33.10^{-11}\ \frac{J}{kg}$$

Escogemos el punto X a 20 m con potencial cero

$$V_2 - 0 = \frac{G\,m}{20} - \frac{G\,m}{50} \Rightarrow V_2 = G\,m\left(\frac{1}{20} - \frac{1}{50}\right) = 6{,}67.10^{-11} \cdot 10 \cdot \frac{3}{100} = +2{,}00.10^{-11}\ \frac{J}{kg}$$

Opción 1

11.- Un electrón se desplaza desde el `punto A al punto B. A está situado a una distancia de 10^{-2} m de una carga puntual Q= $+10^{-8}$ C y B a una distancia de la misma carga de 8.10^{-3} m. Un electrón parte del reposo desde A y llega a B con una velocidad v. El valor de esta velocidad es:

1) $0{,}81.10^7\ \frac{m}{s}$ 2) $1{,}81.10^7\ \frac{m}{s}$ 3) $2{,}81.10^7\ \frac{m}{s}$ 4) $3{,}81.10^7\ \frac{m}{s}$

Al ser el campo eléctrico conservativo, la suma de la energía potencial más la cinética se conserva cuando la carga se mueve bajo la fuerza del campo eléctrico

$$E_{P(A)} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{Qq}{r_A} = 9.10^9\ \frac{10^{-8} \cdot (-1{,}6.10^{-19})}{10^{-2}} = -1{,}44.10^{-15}\,J$$

$$E_{P(B)} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{Qq}{r_A} = 9.10^9\ \frac{10^{-8} \cdot (-1{,}6.10^{-19})}{8.10^{-3}} = -1{,}80.10^{-15}\,J$$

$$E_{P(A)} - E_{C(A)} = E_{P(B)} - E_{C(B)} \Rightarrow E_{P(A)} - E_{P(B)} = \frac{1}{2} mv^2 \Rightarrow$$

$$v = \sqrt{\frac{2\left(E_{P(A)} - E_{P(B)}\right)}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot (-1{,}44 + 1{,}80).10^{-15}}{9{,}1.10^{-31}}} = 2{,}81.10^7\ \frac{m}{s}$$ **Opción 2**

12.- Entre las láminas de un condensador plano existe un campo eléctrico uniforme de módulo E = 6.10^4 N/C. La distancia entre las láminas es ℓ = 2,5 cm. Si un electrón sale sin velocidad inicial, de la lámina negativa, la velocidad con que llega a la lámina positiva y el tiempo que emplea en ello son, respectivamente, v_e y τ. Los valores de v_e y τ son

1) $v_e = 2{,}18\,.10^7$ m/s ; $\tau = 2{,}3.10^{-9}$s ; $v_e = 1{,}18\,.10^7$ m/s ; $\tau = 1{,}3.10^{-9}$s

3) $v_e = 1{,}3\,.10^7$ m/s ; $\tau = 2{,}3.10^{-9}$s ; $v_e = 2{,}3\,.10^7$ m/s ; $\tau = 2{,}18.10^{-9}$s

$$q\,E = m\,a = m\frac{dv}{dt} \;\Rightarrow\; \int_0^{\tau} q\,E\,dt = \int_o^{V} m\;\,dv\,;\Rightarrow\; q\,E\,\tau = mv \Rightarrow\; \tau = \frac{mv}{qE}$$

$$d = \frac{1}{2}a\tau^2 \;\Rightarrow d = \frac{1}{2}\frac{qE}{m}\frac{m^2v^2}{q^2E^2} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2\,d\,q\,E}{m}} = \sqrt{\frac{2\cdot 2{,}5.10^{-2}\cdot 1{,}6.10^{-19}\cdot 6.10^4}{9{,}1.10^{-31}}} = 2{,}3.10^7\,\frac{m}{s}$$

$$\tau = \frac{9{,}1.10^{-31}\cdot 2{,}3.10^7}{1{,}6.10^{-19}\cdot 6.10^4} = 2{,}18.10^{-9}\,s$$

Opción4

Otra manera de resolver la cuestión

$$E = -\,\mathrm{grad}\,V \;= -\frac{d\,V}{d\,\ell} \Rightarrow \int_{V_+}^{V_-} -\,dV = \int_0^{\ell} E\;\,d\ell = -\left(V_- - V_+\right) = E\,\ell \Rightarrow\; V_+ - V_- = E\,\ell\;;$$

Energía el electrón en la lámina negativa Ec=0 ; E_P= q V_-

Energía el electrón en la lámina positiva $E_C = \frac{1}{2}m\,v_e^2$; E_P= q V_+

$$0 + qV_- = \frac{1}{2}m\,v_e^2 + q\,V_+ \;\Rightarrow q\left(V_- - V_+\right) = \frac{1}{2}m\,v_e^2 \;\Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_e = \sqrt{\frac{2\,q\,(-E\,\ell)}{m}} = \sqrt{\frac{2\cdot(-1{,}6.10^{-19})\,(-6.10^4\cdot 2{,}5.10^{-2}}{9{,}1.10^{-31}}} = 2{,}3.10^7\,\frac{m}{s}$$

13.- El átomo de hidrógeno, según el modelo de Bohr, consta de un protón que se considera en reposo y un electrón que en el estado fundamental gira alrededor del protón describiendo una circunferencia de radio r =0,529.10^{-10} m. Las energías potencial gravitatoria y eléctrica del electrón son;

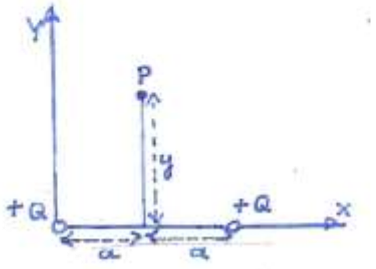
1) $E_P^G = -1{,}92.10^{-57}$J ; $E_P^E = -4{,}36.10^{-18}$J ; 2) $E_P^G = +1{,}92.10^{-57}$J ; $E_P^E = -4{,}36.10^{-18}$J

3) $E_P^G = -1{,}92.10^{-18}$J ; $E_P^E = -4{,}36.10^{-57}$J ; 4) $E_P^G = -1{,}92.10^{-57}$J ; $E_P^E = +4{,}36.10^{-18}$J

$$E_P^G = m_e V^G = m_e \frac{-G\,m_p}{r} = -{,}6{,}67.10^{-11}\,\frac{9{,}1.10^{-31}\cdot 1{,}67.10^{-27}}{0{,}529.10^{-10}} = -1{,}92.10^{-57}\,J$$

$$E_P^E = q_e V^E = q_e \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q_p}{r} = -1{,}6.10^{-19}\cdot 9.10^{9}\,\frac{1{,}6.10^{-19}}{0{,}529.10^{-10}} = -4{,}36.10^{-18}\,J$$ **Opción1**

14.- En la figura inferior las cargas están fijas, el punto P es cualquiera de la recta, por tanto, y es una variable.



El potencial eléctrico en el punto P está dado por la ecuación $V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{2Q}{\sqrt{a^2+y^2}}$. *El valor del módulo del campo en el punto P es:*

1) $\frac{2Q}{4\pi\varepsilon_o}\frac{y}{\left(a^2+y^2\right)^{\frac{1}{2}}}$ 2) $\frac{2Q}{4\pi\varepsilon_o}\frac{y}{\left(a^2+y^2\right)}$ 3) $\frac{2Q}{4\pi\varepsilon_o}\frac{y}{\left(a^2+y^2\right)^{\frac{3}{2}}}$ 4) $\frac{2Q}{4\pi\varepsilon_o}\frac{y}{\left(a^2+y^2\right)^{2}}$

$$E = -\operatorname{grad} V = -\frac{dV}{dy} = -\frac{2Q}{4\pi\varepsilon_o}\,\frac{-\frac{2y}{2\sqrt{a^2+y^2}}}{a^2+y^2} = \frac{2Q}{4\pi\varepsilon_o}\frac{y}{\left(a^2+y^2\right)^{\frac{3}{2}}}$$ **Opción3**

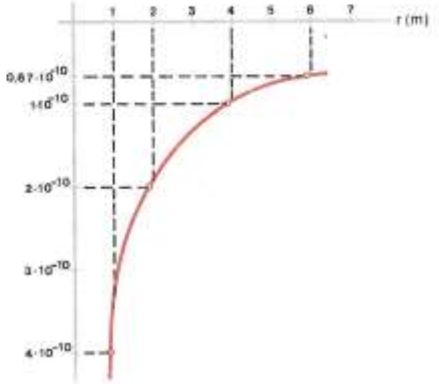
15.- En la cuestión anterior, el módulo del campo eléctrico es máximo cuando se cumple que

1) $y = \frac{a}{3}$ 2) $y = \frac{a}{\sqrt{3}}$ 3) $y = \frac{a}{2}$ 4) $y = \frac{a}{\sqrt{2}}$

$$\frac{dE}{dy} = 0 \;\Rightarrow\; \frac{2Q}{4\pi\varepsilon_o}\,\frac{\left(a^2+y^2\right)^{\frac{3}{2}} - y\left[\frac{3}{2}\left(a^2+y^2\right)^{\frac{1}{2}}\cdot 2y\right]}{\left(a^2+y^2\right)^{3}} = 0 \;\Rightarrow\; \left(a^2+y^2\right)^{\frac{3}{2}} - 3y^2\left(a^2+y^2\right)^{\frac{1}{2}} = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow\; \frac{\left(a^2+y^2\right)^{\frac{3}{2}}}{\left(a^2+y^2\right)^{\frac{1}{2}}} = 3y^2 \;\Rightarrow\; a^2+y^2 = 3y^2 \Rightarrow\; y = \frac{a}{\sqrt{2}}$$ **Opción4**

16.- La gráfica inferior representa el valor del potencial creado por una masa puntual m frente a la distancia



El valor de la masa m es:

1) 2 kg *2) 4 kg* *3) 6 kg* *4) 8 kg*

$$V = -G\frac{m}{r} \;\Rightarrow\; m = \frac{|V|\,r}{G} = \frac{4.10^{-10}\cdot 1}{6{,}67.10^{-11}} = 6\,\text{kg} \;\Rightarrow m = \frac{1{,}0.10^{-10}\cdot 4}{6{,}67.10^{-11}} = 6\,\text{kg} \quad \textbf{Opción 3}$$

17) El módulo de la intensidad de un campo gravitatorio es 3 N/kg. La diferencia de potencial entre dos puntos situados a 10 m en la dirección del campo es

1) $0{,}3\frac{J}{kg}$ 2) $3\frac{J}{kg}$ 3) $30\frac{J}{kg}$ 4) $300\frac{J}{kg}$

$$V_A - V_B = \int_0^{10} 3\,dx = 3x\Big|_0^{10} = 30\,\frac{J}{kg} \quad \textbf{Opción 3}$$

18.- Supongamos que existe un planeta esférico cuya densidad es el doble que la de la Tierra y que su gravedad en su superficie es igual a la de la Tierra. El radio del planeta respecto al radio de la Tierra vale:

1) $\frac{1}{2}$ 2) $\frac{1}{3}$ 3) $\frac{1}{4}$ 4) $\frac{1}{5}$

$$g_T = G\frac{M_T}{R_T^2} = G\frac{4\pi R_T^3\rho}{R_T^2} = G\,4\pi R_T\,\rho \ \ ; \ \ g_P = G\frac{M_P}{R_P^2} = G\,4\pi R_P\,2\rho \quad \Rightarrow$$

$$\Rightarrow G\,4\pi R_T\,\rho = G\,4\pi R_P\,2\rho \quad \Rightarrow R_P = \frac{R_T}{2} \Rightarrow \frac{R_P}{R_T} = \frac{1}{2} \qquad \textbf{Opción1}$$

19.- Un cuerpo cae sobre la Tierra desde una altura h = 4000 km sin velocidad inicial. Se supone que la Tierra es una esfera homogénea de R = 6370 km y que en la caída no existe rozamiento. La velocidad del cuerpo al llegar a la superficie terrestre es:
Dato. Masa de la Tierra $6{,}0.10^{24}$ kg

1) $4{,}96.10^3\,\frac{m}{s}$ 2) $5{,}96.10^3\,\frac{m}{s}$ 3) $6{,}96.10^3\,\frac{m}{s}$ 4) $7{,}96.10^3\,\frac{m}{s}$

Para distancias grandes comparables con el radio de la Tierra, la intensidad del campo gravitatorio hay que considerarla variable
Con x designamos a una altura cualquiera de la trayectoria del cuerpo, por tanto, x es una variable cuyo valor mayor es R+h y cuyo valor más pequeño es R

$$-G\frac{M_T}{x^2} = a = \frac{dv}{dt} = \frac{dv}{dx}\frac{dx}{dt} = \frac{dv}{dx}v \Rightarrow \int -G\,M_T\,\frac{dx}{x^2} = \int v\,dv \;\Rightarrow \frac{G\,M_T}{x} = \frac{v^2}{2} + Cte \;\Rightarrow$$

$$\text{Cuando}\; x = R+h \;\; v = 0 \;\;\Rightarrow\; Cte = \frac{G\,M_T}{R+h} \;\Rightarrow \qquad v = \sqrt{2\,G\,M_T\left(\frac{1}{x} - \frac{1}{R+h}\right)} \Rightarrow$$

$$v_{ST} = \sqrt{2\,G\,M_T\left(\frac{1}{R} - \frac{1}{R+h}\right)} = \sqrt{2\cdot 6{,}67.10^{-11}\,6{,}0.10^{24}\left(\frac{1}{6370.10^3} - \frac{1}{10370.10^3}\right)} = 6{,}96.10^3\;\frac{m}{s}$$

Opción 3

20.- El trabajo para desplazar una masa de 2,0 kg desde la superficie de la Tierra hasta una distancia d= $5{,}10^4$ km del centro de la Tierra vale.

1) $1{,}00.10^8$ J 2) $1{,}10.10^8$ J 1) $1{,}20.10^8$ J 1) $1{,}30.10^8$ J

Por ser conservativo el campo gravitatorio, el trabajo es igual a la variación de la energía potencial

Energía potencial en la superficie de la Tierra:

$$E_{P(S)} = -G\frac{M_T m}{R_T} = -\frac{6{,}67.10^{-11}\cdot 5{,}97.10^{24}\cdot 2{,}0}{6370.10^3} = -1{,}25.10^8\,J$$

Energía potencial en d

$$E_{P(d)} = -G\frac{M_T m}{d} = -\frac{6{,}67.10^{-11}\cdot 5{,}97.10^{24}\cdot 2{,}0}{5.10^7} = -1{,}59.10^7\,J$$

$$\tau = -(\Delta E_P) = -\left(-1{,}25.10^8 + 1{,}59.10^7\right) = 1{,}10.10^8\,J$$

Otra forma de resolver la prueba: x distancia al centro de la Tierra de un punto comprendido entre R y d

$$d\tau = F\,dx = \frac{G\,M_T m}{x^2}dx \quad \Rightarrow \qquad \tau = \int_{R_T}^{d} G\frac{M_T m}{x^2}dx = G\,M_T m\int_{6370.10^3}^{5.10^7}\frac{dx}{x^2} \Rightarrow$$

$$\tau = G\,M_T m\cdot\left(-\frac{1}{x}\right) = 6{,}67.10^{-11}\cdot 5{,}97.10^{24}\cdot 2\left(-\frac{1}{5.10^7} + \frac{1}{6370.10^3}\right) = 1{,}10.10^8\,J$$

Opción 2