

## 1) Bloque 1. La actividad científica. Bloque 2. Interacción gravitatoria.

### Contenidos

Ley de Gravitación Universal: fuerza gravitatoria. Campo gravitatorio. Intensidad del campo gravitatorio. Campos de fuerza conservativos. Potencial gravitatorio. Relación entre energía y movimiento orbital.

### Criterios de evaluación

- Asociar el campo gravitatorio a la existencia de masa y caracterizarlo por la intensidad del campo y el potencial.
- Reconocer el carácter conservativo del campo gravitatorio por su relación con una fuerza central y asociarle en consecuencia un potencial gravitatorio.
- Interpretar variaciones de energía potencial y el signo de la misma en función del origen elegido.
- Aplicar el principio de conservación de la energía y justificar las variaciones energéticas de un cuerpo en movimiento en el seno de campos gravitatorios.
- Relacionar el movimiento orbital de un cuerpo con el radio de la órbita y la masa generadora del campo.
- Conocer la importancia de los satélites artificiales de comunicaciones, GPS y meteorológicos y las características de sus órbitas.

### Comentarios

- Los problemas se limitarán, como máximo, a la acción de dos masas sobre una tercera, aplicando el principio de superposición y prestándose especial atención al correcto tratamiento de las magnitudes vectoriales.
- Las cuestiones referentes a fuerzas conservativas y energía potencial versarán sobre: la independencia del trabajo de la trayectoria; la equivalencia entre trabajo de una fuerza conservativa y diferencia de energía potencial; la idea de que lo que realmente tiene significado físico es la diferencia de energía potencial entre dos puntos. Se prestará especial interés a la comprensión del concepto de energía potencial en general, aplicable a cualquier fuerza conservativa.
  - Se podrán formular problemas en los que deban realizarse balances energéticos que incluyan energías potenciales gravitatorias.
- Las cuestiones acerca del campo gravitatorio de una masa puntual se limitarán a su expresión, características y dimensiones.
  - Al formular cuestiones o problemas acerca de la relación entre campo y potencial no se requerirá, en ningún caso, la utilización del concepto de gradiente. Dado el carácter central de la interacción gravitatoria, la relación entre campo y potencial gravitatorios puede limitarse a una descripción unidimensional.
- No se exigirá la deducción de la expresión del campo gravitatorio terrestre
- Los problemas referentes a movimiento de cuerpos en las proximidades de la superficie terrestre se limitarán a casos sencillos (cuerpos apoyados sobre superficies con o sin rozamiento). Se podrá requerir la representación en un esquema de las fuerzas que actúan sobre un cuerpo.
- Los problemas podrán referirse a movimiento de planetas y satélites artificiales, limitándose al caso de órbitas circulares, velocidad orbital y velocidad de escape.

### Ejercicios del Bloque.

1.- (ejemploA) a) Defina el concepto de fuerza conservativa y su relación con su energía potencial. Indique dos ejemplos de fuerzas conservativas.

b) Un bloque de 4 kg asciende por un plano inclinado que forma un ángulo de  $30^\circ$  con la horizontal. La velocidad inicial del bloque es de  $10 \text{ m s}^{-1}$  y se detiene después de recorrer 8 m a lo largo del plano. Calcule las variaciones de energía cinética y potencial y el trabajo realizado por la fuerza de rozamiento durante el ascenso.

$$g = 9,8 \text{ m s}^{-2}$$

- 2.-** (ejemploB) a) Defina y deduzca la velocidad de escape para un cuerpo que está sobre la superficie de la Tierra.
- b) Un satélite artificial de 500 kg describe una órbita alrededor de la Tierra con una velocidad de  $4 \cdot 10^3 \text{ m s}^{-1}$ . Calcule la energía que se ha necesitado para situarlo en dicha órbita desde la superficie terrestre.
- $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$ ;  $M_T = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ ;  $R_T = 6370 \text{ km}$
- 3.-** (17 JUN) a) Dos partículas, de masas  $m$  y  $2m$ , se encuentran situadas en dos puntos del espacio separados una distancia  $d$ . ¿Es nulo el campo gravitatorio en algún punto cercano a las dos masas? ¿Y el potencial gravitatorio? Justifique las respuestas.
- b) Dos masas de 10 kg se encuentran situadas, respectivamente, en los puntos (0,0) m y (0,4) m. Represente en un esquema el campo gravitatorio que crean en el punto (2,2) m y calcule su valor.
- $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$
- 4.-** (17 JUN) a) Un bloque de acero está situado sobre la superficie terrestre. Indique justificadamente cómo se modificaría el valor de su peso si la masa de la Tierra se redujese a la mitad y se duplicase su radio.
- b) El planeta Mercurio tiene un radio de 2440 km y la aceleración de la gravedad en su superficie es  $3,7 \text{ m s}^{-2}$ . Calcule la altura máxima que alcanza un objeto que se lanza verticalmente desde la superficie del planeta con una velocidad de  $0,5 \text{ m s}^{-1}$ .
- $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$
- 5.-** (17 SEP) a) Explique brevemente el concepto de potencial gravitatorio. Discuta si es posible que existan puntos en los que se anule el campo gravitatorio y no lo haga el potencial en el caso de dos masas puntuales iguales separadas una distancia  $d$ .
- b) Un cuerpo de 3 kg se lanza hacia arriba con una velocidad de  $20 \text{ m s}^{-1}$  por un plano inclinado  $60^\circ$  con la horizontal. Si el coeficiente de rozamiento entre el bloque y el plano es 0,3, calcule la distancia que recorre el cuerpo sobre el plano durante su ascenso y el trabajo realizado por la fuerza de rozamiento, comentando su signo.
- $g = 9,8 \text{ m s}^{-2}$
- 6.-** (17 SEP) a) Haciendo uso de consideraciones energéticas, deduzca la expresión de la velocidad mínima que habría que imprimirle a un objeto de masa  $m$ , situado en la superficie de un planeta de masa  $M$  y radio  $R$ , para que saliera de la influencia del campo gravitatorio del planeta.
- b) El satélite español PAZ es un satélite radar del Programa Nacional de Observación de la Tierra que podrá tomar imágenes diurnas y nocturnas bajo cualquier condición meteorológica. Se ha diseñado para que tenga una masa de 1400 kg y describa una órbita circular con una velocidad de  $7611,9 \text{ m s}^{-1}$ . Calcule, razonadamente, cuál será la energía potencial gravitatoria de dicho satélite cuando esté en órbita.
- $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$ ;  $M_T = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ ;  $R_T = 6,37 \cdot 10^6 \text{ m}$
- 7.-** (17) a) Dibuje en un esquema las líneas del campo gravitatorio creado por una masa puntual  $M$ . Otra masa puntual  $m$  se traslada desde un punto A hasta otro B, más alejado de  $M$ . Razone si aumenta o disminuye su energía potencial.
- b) Dos esferas de 100 kg se encuentran, respectivamente, en los puntos (0,-3) m y (0,3) m. Determine el campo gravitatorio creado por ambas en el punto (4,0) m.
- $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$
- 8.-** (17) a) Indique razonadamente la relación que existe entre las energías cinética y potencial gravitatoria de un satélite que gira en una órbita circular en torno a un planeta.
- b) La masa del planeta Júpiter es, aproximadamente, 300 veces la de la Tierra y su diámetro 10 veces mayor que el terrestre. Calcule razonadamente la velocidad de escape de un cuerpo desde la superficie de Júpiter.
- $R_T = 6,37 \cdot 10^6 \text{ m}$ ;  $g = 9,8 \text{ m s}^{-2}$
- 9.-** (17) a) Si sobre una partícula actúan fuerzas conservativas y no conservativas, razone cómo cambian las energías cinética, potencial y mecánica de la partícula.

b) Un bloque de 2 kg se lanza hacia arriba por una rampa rugosa ( $\mu = 0,3$ ), que forma un ángulo de  $30^\circ$  con la horizontal, con una velocidad inicial de  $6 \text{ m s}^{-1}$ . Calcule la altura máxima que alcanza el bloque respecto del suelo.  $g = 9,8 \text{ m s}^{-2}$

**10.-** (17) a) Supongamos que la Tierra reduce su radio a la mitad manteniendo constante su masa. Razone cómo se modificarían la intensidad del campo gravitatorio en su superficie y su órbita alrededor del Sol.

b) La Luna describe una órbita circular alrededor de la Tierra. Si se supone que la Tierra se encuentra en reposo, calcule la velocidad de la Luna en su órbita y su periodo orbital.

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}; M_T = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}; D_{\text{Tierra-Luna}} = 3,84 \cdot 10^8 \text{ m}$$

**11.-** (17) a) Una partícula de masa  $m$  se desplaza desde un punto A hasta otro punto B en una región en la que existe un campo gravitatorio creado por otra masa  $M$ . Si el valor del potencial gravitatorio en el punto B es mayor que en el punto A, razone si el desplazamiento de la partícula es espontáneo o no.

b) Una masa  $m_1$ , de 500 kg, se encuentra en el punto (0,4) m y otra masa  $m_2$ , de 500 kg, en el punto (-3,0) m. Determine el trabajo de la fuerza gravitatoria para desplazar una partícula  $m_3$ , de 250 kg, desde el punto (3,0) m hasta el punto (0,-4) m.

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$$

**12.-** (17) a) Discuta la veracidad de la siguiente afirmación: “Cuanto mayor sea la altura de la órbita de un satélite sobre la superficie terrestre, mayor es su energía mecánica y, por tanto, mayores serán tanto la energía cinética como la energía potencial del satélite”.

b) Un tornillo de 150 g, procedente de un satélite, se encuentra en órbita a 900 km de altura sobre la superficie de la Tierra. Calcule la fuerza con que se atraen la Tierra y el tornillo y el tiempo que tarda el tornillo en pasar sucesivamente por el mismo punto.

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}; R_T = 6,37 \cdot 10^6 \text{ m}; M_T = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$$

**13.-** (17) a) Dos partículas, de masas  $m$  y  $3m$ , están situadas a una distancia  $d$  la una de la otra. Indique razonadamente en qué punto habría que colocar otra masa  $M$  para que estuviera en equilibrio.

b) Dos masas iguales, de 50 kg, se encuentran situadas en los puntos (-3,0) m y (3,0) m. Calcule el trabajo necesario para desplazar una tercera masa de 30 kg desde el punto (0,4) m al punto (0,-4) m y comente el resultado obtenido.

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$$

**14.-** (17) a) Dos satélites de igual masa se encuentran en órbitas de igual radio alrededor de la Tierra y de la Luna, respectivamente. ¿Tienen el mismo periodo orbital? ¿Y la misma energía cinética? Razone las respuestas.

b) Según la NASA, el asteroide que en 2013 cayó sobre Rusia explotó cuando estaba a 20 km de altura sobre la superficie terrestre y su velocidad era  $18 \text{ km s}^{-1}$ . Calcule la velocidad del asteroide cuando se encontraba a 30000 km de la superficie de la Tierra. Considere despreciable el rozamiento del aire.

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}; M_T = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}; R_T = 6,37 \cdot 10^6 \text{ m}$$

**15.-** (18 JUN) a) Si la masa y el radio de la Tierra se duplican, razone si las siguientes afirmaciones son correctas: (i) El periodo orbital de la Luna se duplica; (ii) su velocidad orbital permanece constante.

b) La masa de Marte es aproximadamente la décima parte de la masa de la Tierra y su radio la mitad del radio terrestre. Calcule cuál sería la masa y el peso en la superficie de Marte de una persona que en la superficie terrestre tuviera un peso de 700 N.

$$g_T = 9,8 \text{ m s}^{-2}$$

**16.-** (18 JUN) a) Un satélite artificial describe una órbita circular en torno a la Tierra. ¿Cómo cambiaría su velocidad orbital si la masa de la Tierra se duplicase, manteniendo constante su radio? ¿Y su energía mecánica?

b) Se desea situar un satélite de 100 kg de masa en una órbita circular a 100 km de altura alrededor de la Tierra. (i) Determine la velocidad inicial mínima necesaria para que alcance dicha altura; (ii)

una vez alcanzada dicha altura, calcule la velocidad que habría que proporcionarle para que se mantenga en órbita.

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}; M_T = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}; R_T = 6370 \text{ km}$$

**17.-** (18 SEP) a) Analice las siguientes proposiciones, razonando si son verdaderas o falsas: (i) sólo las fuerzas conservativas realizan trabajo; (ii) si sobre una partícula únicamente actúan fuerzas conservativas la energía cinética de la partícula no varía.

b) En la superficie de un planeta de 2000 km de radio, la aceleración de la gravedad es de  $3 \text{ m s}^{-2}$ . Calcule: (i) La masa del planeta; (ii) la velocidad de escape de un cuerpo desde la superficie.

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$$

**18.-** (18 SEP) a) Dibuje las líneas de campo gravitatorio de dos masas puntuales de igual valor y separadas una cierta distancia. ¿Existe algún punto donde la intensidad de campo gravitatorio se anula? ¿Y el potencial gravitatorio? Razone sus respuestas.

b) Dos masas iguales de 50 kg se sitúan en los puntos A (0,0) m y B (6,0) m. Calcule: (i) El valor de la intensidad del campo gravitatorio en el punto P (3,3) m; (ii) si situamos una tercera masa de 2 kg en el punto P, determine el valor de la fuerza gravitatoria que actúa sobre ella.

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$$

**19.-** (18) a) Fuerzas conservativas y energía potencial. Ponga un ejemplo de fuerza conservativa y otro de fuerza no conservativa.

b) Dos masas puntuales  $m_1 = 2 \text{ kg}$  y  $m_2 = 3 \text{ kg}$  se encuentran situadas respectivamente en los puntos (0,2) m y (0,-3) m. Calcule el trabajo necesario para trasladar una masa  $m_3 = 1 \text{ kg}$  desde el punto (0,0) m al punto (1,0) m.

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$$

**20.-** (18) a) Explique qué se entiende por velocidad orbital y deduzca su expresión para un satélite que describe una órbita circular alrededor de la Tierra. ¿Cuál es mayor, la velocidad orbital de un satélite de 2000 kg o la de otro de 1000 kg? Razone sus respuestas.

b) Un satélite de masa  $2 \cdot 10^3 \text{ kg}$  describe una órbita circular de 5500 km en torno a la Tierra. Calcule: (i) La velocidad orbital; (ii) la velocidad con que llegaría a la superficie terrestre si se dejara caer desde esa altura con velocidad inicial nula.

$$G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}; M_T = 5,98 \times 10^{24} \text{ kg}; R_T = 6370 \text{ km}$$

**21.-** (18) a) Razone la veracidad o falsedad de las siguientes frases: (i) La energía cinética y potencial toman siempre valores positivos; (ii) en un campo gravitatorio una masa en reposo comienza a moverse hacia donde su energía potencial disminuye.

b) Un objeto de 2 kg con una velocidad inicial de  $5 \text{ m s}^{-1}$  se desplaza 20 cm por una superficie horizontal para, a continuación, comenzar a ascender por un plano inclinado  $30^\circ$ . El coeficiente de rozamiento entre el objeto y ambas superficies es 0,1. Dibuje en un esquema las fuerzas que actúan sobre el objeto en ambas superficies y calcule la altura máxima que alcanza el objeto mediante consideraciones energéticas.

$$g = 9,8 \text{ m s}^{-2}$$

**22.-** (18) a) Defina velocidad de escape y deduzca razonadamente su expresión.

b) Un satélite artificial de 100 kg se mueve en una órbita circular alrededor de la Tierra con una velocidad de  $7,5 \cdot 10^3 \text{ m s}^{-1}$ . Calcule: (i) El radio de la órbita; (ii) la energía potencial del satélite; (iii) la energía mecánica del satélite.

$$G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}; M_T = 5,98 \times 10^{24} \text{ kg}; R_T = 6370 \text{ km}$$

**23.-** (18) a) ¿A qué altura de la superficie terrestre la intensidad del campo gravitatorio se reduce a la cuarta parte de su valor sobre dicha superficie? Expresar el resultado en función del radio de la Tierra  $R_T$ .

b) Sabiendo que el radio de Marte es 0,531 veces el radio de la Tierra y que la masa de Marte es 0,107 veces la masa de la Tierra. Determine: (i) El valor de la gravedad en la superficie de Marte; (ii) el tiempo que tardaría en llegar al suelo una piedra de 1 kg de masa que se deja caer desde una altura de 10 m sobre la superficie de Marte.

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}; M_T = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}; R_T = 6370 \text{ km}$$

**24.-** (18) a) Indique las características de la interacción gravitatoria entre dos masas puntuales.

b) Un cuerpo de 20 kg de masa se encuentra inicialmente en reposo en la parte más alta de una rampa que forma un ángulo de  $30^\circ$  con la horizontal. El cuerpo desciende por la rampa recorriendo 15 m, sin rozamiento y, cuando llega al final de la misma, recorre 20 m por una superficie horizontal rugosa hasta que se detiene. Calcule el coeficiente de rozamiento entre el cuerpo y la superficie horizontal haciendo uso de consideraciones energéticas.

$$g = 9,8 \text{ m s}^{-2}$$

**25.-** (18) a) Para calcular la energía potencial gravitatoria se suelen utilizar las fórmulas  $E_p = mgh$  y  $E_p = -G \frac{Mm}{r}$ . Indique la validez de ambas expresiones y dónde se sitúa el sistema de referencia que utiliza cada una de ellas.

b) Sobre un bloque de 10 kg, inicialmente en reposo sobre una superficie horizontal rugosa, se aplica una fuerza de 40 N que forma un ángulo de  $60^\circ$  con la horizontal. El coeficiente de rozamiento entre el bloque y la superficie vale 0,2. Realice un esquema indicando las fuerzas que actúan sobre el bloque y calcule la variación de energía cinética del bloque cuando éste se desplaza 0,5 m.

$$g = 9,8 \text{ m s}^{-2}$$

**26.-** (18) a) Un bloque de masa  $m$  tiene un peso  $P$  sobre la superficie terrestre. Indique justificadamente cómo se modificaría el valor de su peso en los siguientes casos: (i) Si la masa de la Tierra se redujese a la mitad sin variar su radio; (ii) si la masa de la Tierra no variase pero su radio se redujese a la mitad.

b) Un bloque de 1 kg de masa asciende por un plano inclinado que forma un ángulo de  $30^\circ$  con la horizontal. La velocidad inicial del bloque es de  $10 \text{ m s}^{-1}$  y el coeficiente de rozamiento entre las superficies del bloque y el plano inclinado es 0,3. Determine mediante consideraciones energéticas:

(i) La altura máxima a la que llega el bloque; (ii) el trabajo realizado por la fuerza de rozamiento.

$$g = 9,8 \text{ m s}^{-2}$$