Centro de Estudios ILLICE

PRUEBA DE CERTIFICACIÓN PARA EXTRANJEROS

FÍSICA

Muestra gratuita · Centro de Estudios Illice

Física · Prueba de Certificación para Extranjeros

Incluye dos simulacros de examen propios, con la misma estructura, puntuación y duración que el modelo de examen oficial de la asignatura, resueltos paso a paso.

Primera edición: 2026

© 2026 Juan Marcos Sanmartín. Todos los derechos reservados.

Edita: Juan Marcos Sanmartín (Centro de Estudios Illice) · Pont dels Ortissos, 6, entresuelo · 03203 Elche (Alicante)
contacto@centrodeestudiosillice.com · www.centrodeestudiosillice.com

Este libro es para uso personal de quien lo ha comprado. Queda prohibida su reproducción, distribución, comunicación pública o transformación, total o parcial, por cualquier medio (incluidos WhatsApp, redes sociales y plataformas de apuntes), sin autorización escrita del titular, conforme a la Ley de Propiedad Intelectual.

Si has recibido este libro sin haberlo comprado, puedes conseguir tu propia copia en
www.centrodeestudiosillice.com/libros

ÍNDICE

BLOQUE I. CAMPO GRAVITATORIO

Tema 1 El campo gravitatorio 5
Tema 2 Energía y potencial gravitatorio 35
Tema 3 Movimiento de planetas y satélites 65

BLOQUE II. CAMPO ELECTROMAGNÉTICO

Tema 4 El campo eléctrico 99
Tema 5 Potencial y energía eléctrica. Teorema de Gauss 131
Tema 6 El campo magnético 161
Tema 7 Inducción electromagnética 195
Tema 8 Ondas electromagnéticas y síntesis de Maxwell 225

BLOQUE III. VIBRACIONES Y ONDAS

Tema 9 Movimiento armónico simple 249
Tema 10 Movimiento ondulatorio 281
Tema 11 Fenómenos ondulatorios y sonido 315
Tema 12 Óptica: naturaleza de la luz y óptica geométrica 347

BLOQUE IV. FÍSICA MODERNA

Tema 13 Física relativista 383
Tema 14 Física cuántica 411
Tema 15 Física nuclear y de partículas 441
Anexo A Formulario, constantes y unidades 475
Anexo B Ejercicios resueltos 501
Anexo C La prueba y los exámenes resueltos 615

Muestra gratuita. Centro de Estudios Illice
© Juan Marcos Sanmartín · Centro de Estudios Illice · Uso personal · Prohibida su distribución

Centro de Estudios ILLICE

PRUEBA DE CERTIFICACIÓN PARA EXTRANJEROS

FÍSICA

EL CAMPO GRAVITATORIO

1

Muestra gratuita · Centro de Estudios Illice

El campo gravitatorio

Dos cuerpos cualesquiera se atraen. No hace falta que se toquen, ni que haya nada entre ellos: basta con que tengan masa. Esa atracción es la que mantiene a la Luna dando vueltas alrededor de la Tierra, la que hace que una piedra caiga y la que explica que un satélite artificial no se escape. Describirla es el objeto de la ley de gravitación universal y de la magnitud que la resume, la intensidad del campo gravitatorio.

Este es el primero de los bloques de la Física, y todo lo que viene después —la energía potencial, la velocidad de escape, las órbitas y las leyes de Kepler— se apoya en dos expresiones: la de la fuerza entre dos masas y la del campo que una masa crea a su alrededor.

DE DÓNDE SALE

Newton publicó la ley en 1687, en los *Principia*. Su mérito no fue descubrir que los cuerpos caen, sino afirmar que **la fuerza que hace caer una manzana y la que retiene a la Luna son la misma**, con la misma expresión y la misma constante. Esa unificación —la del cielo y la tierra bajo una sola ley— es la primera gran síntesis de la física, y el modelo de las que vinieron después.

La constante *G* no aparece en los *Principia*: Newton escribió la ley como una proporcionalidad. El valor numérico llegó más de un siglo después, cuando Henry Cavendish midió en 1798, con una balanza de torsión, la atracción entre dos esferas de plomo en un laboratorio. Por eso se dice que Cavendish «pesó la Tierra»: conocida *G*, la masa del planeta sale de una división.

1. La ley de gravitación universal

La ley de gravitación universal establece que **dos masas puntuales se atraen con una fuerza directamente proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa**. En módulo:

$$F = G\,\frac{M\,m}{r^2}$$

donde *M* y *m* son las masas, en kilogramos; *r*, la distancia entre ellas, en metros, y *G*, la constante de gravitación universal. La fuerza sale en newtons.

1.1. La forma vectorial

La expresión anterior da el módulo, pero una fuerza es un vector y hay que decir también hacia dónde apunta. Si se coloca el origen en la masa *M* y se llama $\vec{r}$ al vector que va de *M* a *m*, la fuerza que *M* ejerce sobre *m* es

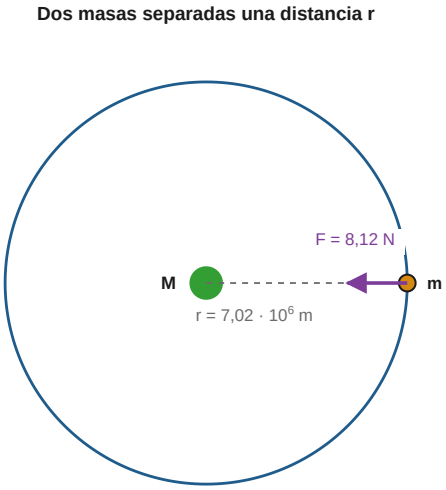
$$\vec{F} = -\,G\,\frac{M\,m}{r^2}\,\vec{u}_r \qquad \text{con} \qquad \vec{u}_r = \frac{\vec{r}}{r}$$

El vector unitario $\vec{u}_r$ marca la dirección de la recta que une las dos masas y apunta *hacia afuera*, alejándose de la fuente. El **signo menos** es, por tanto, toda la física del asunto: dice que la fuerza va en sentido contrario, **hacia la masa que la crea**. La gravedad siempre atrae; no existe la masa negativa que permitiría una repulsión gravitatoria.

La fuerza sobre *M* debida a *m* tiene el mismo módulo y sentido opuesto, como exige el principio de acción y reacción. Que la Tierra atraiga a una persona con 700 N y la persona atraiga a la Tierra con

Muestra gratuita. Centro de Estudios Illice
© Juan Marcos Sanmartín · Centro de Estudios Illice · Uso personal · Prohibida su distribución

esos mismos 700 N no es una paradoja: lo que cambia es la aceleración que cada una adquiere, porque las masas son distintas.



r en la recta que une las masas. Sobre M actúa otra igual y opuesta. La circunferencia une los puntos situados a la misma distancia d

1.2. Fuerza central y fuerza conservativa

Dos propiedades de esta fuerza se piden razonadas con frecuencia, y conviene tener claro qué significa cada una.

Es una fuerza central

Su dirección pasa siempre por un punto fijo —el centro de la masa que la crea— y su módulo sólo depende de la distancia *r* a ese punto. De aquí se sigue que **el momento de la fuerza respecto de ese centro es nulo**, porque $\vec{r}$ y $\vec{F}$ son paralelos, y por tanto **el momento angular del cuerpo respecto del centro se conserva**. Esa conservación es la que obliga a que la trayectoria sea plana y la que está detrás de la segunda ley de Kepler.

Es una fuerza conservativa

El trabajo que realiza al trasladar un cuerpo de un punto a otro **no depende del camino**, sino sólo de las posiciones inicial y final; en un recorrido cerrado el trabajo total es nulo. Por eso se le puede asociar una energía potencial y por eso la energía mecánica de un satélite aislado se mantiene constante.

1.3. La constante G

La constante de gravitación universal vale

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

Tres cosas que hay que saber de ella:

- **Es universal**: el mismo valor para dos bolas de plomo en un laboratorio y para dos galaxias. No depende del medio que haya entre las masas, a diferencia de lo que ocurre en electrostática con la constante de Coulomb.
- **Es minúscula**. Por eso la gravedad sólo se nota cuando una de las dos masas es astronómica. Entre dos personas de 70 kg separadas un metro la fuerza es del orden de 10^{-7} N: imperceptible.
- **Se da como dato**, con el valor redondeado $6{,}67 \cdot 10^{-11}$, junto con los demás que hagan falta. No hay que memorizarla; hay que saber usarla y arrastrar bien las unidades.

Muestra gratuita. Centro de Estudios Illice
© Juan Marcos Sanmartín · Centro de Estudios Illice · Uso personal · Prohibida su distribución

ERRORES FRECUENTES

- ✕ Poner *r* en el denominador sin elevar al cuadrado, o elevar al cuadrado una distancia dada en kilómetros sin pasarla antes a metros. Un radio de 6400 km son $6{,}4 \cdot 10^6$ m, no 6400 m.
- ✕ Confundir la distancia entre los centros con la altura sobre la superficie. En un satélite a 620 km de altura, la *r* de la fórmula es $R + h$, no *h*.
- ✕ Escribir la ley con signo positivo y luego decir que la fuerza es atractiva. Si se usa la forma vectorial, el signo menos tiene que estar.
- ✕ Olvidar que *G* lleva unidades. Sin ellas, el resultado queda incompleto.

2. El principio de superposición

Cuando sobre un cuerpo actúan varias masas a la vez, la fuerza total es **la suma vectorial de las fuerzas que cada una de ellas ejercería por separado**, como si las demás no estuvieran. Ese es el principio de superposición:

$$\vec{F}_{\text{total}} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \cdots + \vec{F}_n = \sum_{i=1}^{n} \vec{F}_i$$

Tres consecuencias prácticas:

1. **La presencia de una tercera masa no altera la interacción entre las otras dos.** Cada pareja se atrae exactamente igual que si estuviera sola.
2. **La suma es vectorial, no de módulos.** Dos fuerzas de 3 N y 4 N pueden dar 7 N, 1 N o 5 N según el ángulo que formen. Sumar los módulos directamente es el error más frecuente de todo el bloque.
3. **Si los vectores no son paralelos, hay que descomponer.** Se elige un sistema de referencia, se escriben las componentes de cada vector y se suman componente a componente.

El principio es igual de válido para el campo gravitatorio y para el campo eléctrico. De hecho, la mayor parte de los problemas de campo eléctrico se resuelven con este mismo esquema cambiando $G\,M$ por $k\,q$.

3. La intensidad del campo gravitatorio

Decir que la Tierra atrae a un cuerpo «a distancia» y sin intermediario incomodaba ya al propio Newton. La solución que la física adoptó después es la idea de **campo**: la masa *M* modifica el espacio que la rodea, y ese espacio modificado es el que actúa sobre cualquier otra masa que se coloque en él. La ventaja es práctica: la propiedad del espacio se puede describir **antes** de saber qué cuerpo se va a poner, y luego la fuerza sale de una multiplicación.

La **intensidad del campo gravitatorio** en un punto es **la fuerza que actúa sobre la unidad de masa colocada en ese punto**:

$$\vec{g} = \frac{\vec{F}}{m} \qquad \Longrightarrow \qquad \vec{g} = -\,G\,\frac{M}{r^2}\,\vec{u}_r$$

La segunda expresión se obtiene sin más que sustituir la ley de gravitación y simplificar la masa de prueba *m*. Y ahí está lo importante: **el campo no depende de la masa que se coloque**, sólo de la masa que lo crea y de la distancia. Es una propiedad del punto del espacio, no del cuerpo que pasa por él.

Muestra gratuita · Centro de Estudios Illice
© Juan Marcos Sanmartín · Centro de Estudios Illice · Uso personal · Prohibida su distribución

3.1. Unidades, y por qué son dos

De la definición $\vec{g} = \vec{F}/m$ se deduce que la unidad del campo en el Sistema Internacional es el **newton por kilogramo**, N/kg. Pero si se aplica la segunda ley de Newton a un cuerpo sometido sólo a la gravedad, $\vec{F} = m\,\vec{a}$, resulta $\vec{a} = \vec{F}/m = \vec{g}$: la intensidad del campo **coincide numéricamente con la aceleración** que adquiere cualquier cuerpo abandonado en él, y entonces se mide en m/s².

$$1\ \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}} = 1\ \frac{\mathrm{kg\cdot m/s^2}}{\mathrm{kg}} = 1\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s^2}}$$

Las dos unidades son la misma y se usan indistintamente: el mismo dato puede aparecer como «8 m/s²» o como «$g_0 = 9\ \mathrm{m\,s^{-2}}$». Que sean equivalentes explica también el hecho que a Galileo le costó tanto convencer a sus contemporáneos: **en el vacío, todos los cuerpos caen con la misma aceleración**, sea cual sea su masa, porque la masa se simplifica.

3.2. La relación con el peso

El **peso** de un cuerpo es la fuerza con que el campo gravitatorio tira de él:

$$\vec{P} = m\,\vec{g}$$

De donde se siguen dos cosas:

- **La masa es una propiedad del cuerpo y no cambia**; el peso depende de dónde esté. Los 70 kg de una persona son 70 kg en la Tierra, en la Luna y en órbita; su peso, no.
- **El peso no desaparece en órbita.** Un astronauta a 400 km de altura está sometido a un campo de unos 8,7 N/kg, casi el 90 % del de la superficie. Lo que se anula no es el peso, sino la fuerza que el suelo de la nave le hace: nave y astronauta caen con la misma aceleración, y por eso flota. A eso se le llama, con poca fortuna, «ingravidez».

ERRORES FRECUENTES

- ✕ Decir que «en órbita no hay gravedad». Si no la hubiera, el satélite se movería en línea recta y se iría.
- ✕ Confundir masa con peso y dar el resultado en kilogramos cuando se pide una fuerza, o en newtons cuando se pide una masa.
- ✕ Escribir $g = G\,M/r^2$ y sustituir en *M* la masa del cuerpo de prueba en vez de la del astro que crea el campo.
- ✕ Tomar $g = 9{,}8$ m/s² en un problema que transcurre en otro planeta, o a gran altura sobre la Tierra. Ese valor sólo sirve en la superficie terrestre.

4. La gravedad en la superficie de un planeta y a una altura h

Esta es una deducción básica: antes que el número hay que tener la expresión. Conviene tenerla hecha y entendida, no memorizada.

4.1. El campo en la superficie

Un planeta esférico y homogéneo de masa *M* y radio *R* crea, en un punto de su superficie, un campo cuyo módulo se obtiene aplicando la expresión del campo con $r = R$:

Muestra gratuita. Centro de Estudios Illice
© Juan Marcos Sanmartín · Centro de Estudios Illice · Uso personal · Prohibida su distribución

$$g_0 = G\,\frac{M}{R^2}$$

Esta igualdad se usa constantemente **en los dos sentidos**. Hacia la derecha, para calcular g_0 cuando se conocen la masa y el radio. Hacia la izquierda, despejando

$$G\,M = g_0\,R^2$$

que permite sustituir el producto $G\,M$ —difícil de conocer— por $g_0 R^2$, que casi siempre se conoce. Muchos problemas se construyen sobre esta sustitución: se dan g_0 y *R*, y no se dan ni la masa ni *G*.

4.2. El campo a una altura h

Un punto situado a una altura *h* sobre la superficie está a una distancia $r = R + h$ del centro del planeta, porque **las distancias de la ley de gravitación se miden desde el centro** y no desde el suelo. El módulo del campo allí es

$$g = G\,\frac{M}{(R+h)^2}$$

Para escribirlo en función de g_0, que es lo que piden, basta sustituir $G\,M = g_0 R^2$:

$$g = \frac{g_0\,R^2}{(R+h)^2} = g_0\left(\frac{R}{R+h}\right)^2$$

O, lo que es lo mismo, dividiendo miembro a miembro las dos expresiones del campo —la de la superficie y la de la altura *h*—, con lo que *G* y *M* se simplifican:

$$\frac{g}{g_0} = \frac{GM/(R+h)^2}{GM/R^2} = \frac{R^2}{(R+h)^2}$$

Esta segunda vía es la que conviene escribir: deja a la vista **por qué** desaparecen *G* y la masa.

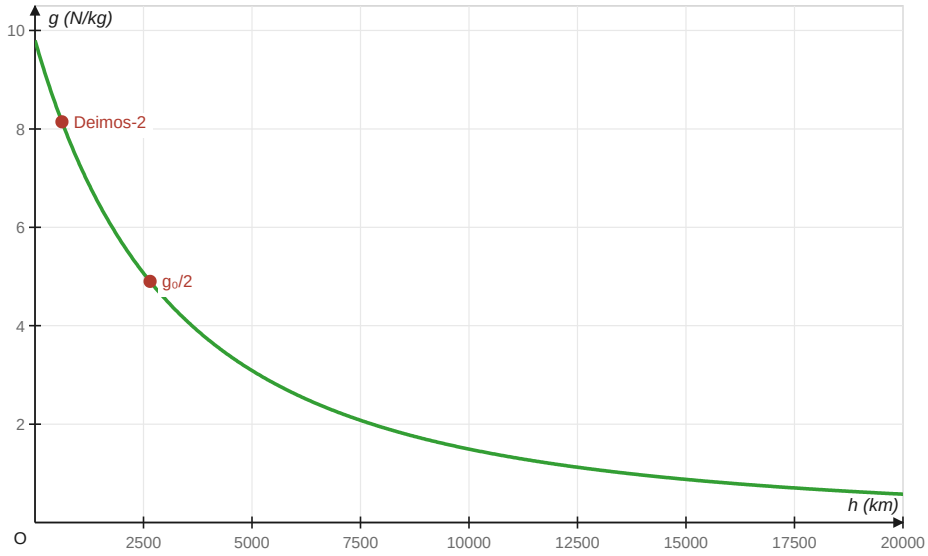
LAS TRES EXPRESIONES DEL TEMA

$$g_0 = \frac{G\,M}{R^2} \qquad g = \frac{G\,M}{(R+h)^2} \qquad g = g_0\left(\frac{R}{R+h}\right)^2$$

La tercera no es una fórmula nueva: es el cociente de las dos primeras. Si se olvida, se reconstruye en dos líneas.

Muestra gratuita. Centro de Estudios Illice
© Juan Marcos Sanmartín · Centro de Estudios Illice · Uso personal · Prohibida su distribución

La gravedad terrestre frente a la altura sobre la superficie



Calculada con $g = g_0 R^2/(R+h)^2$, con R = 6400 km y g_0 = 9,8 m/s².

La gráfica deja ver dos cosas que conviene razonar. Primero, que la caída del campo con la altura es **rápida al principio y lenta después**: sobre la Tierra el campo se reduce a la mitad al subir unos 2650 km —menos de la mitad de un radio terrestre—, y hacen falta otros 3750 km para que vuelva a reducirse a la mitad. Y segundo, que **el campo nunca llega a anularse**: tiende a cero cuando *h* crece, pero no alcanza el cero a ninguna distancia finita.

4.3. El campo terrestre real, y por qué se simplifica

Todo lo anterior supone que el planeta es una **esfera perfecta y homogénea que no gira**. La Tierra no cumple ninguna de las tres condiciones, y por eso el valor de *g* medido en la superficie no es exactamente el mismo en todas partes. Las tres causas de la variación son estas:

- **La altura.** Es el efecto ya estudiado y el único que se calcula en estos problemas: al subir, aumenta la distancia al centro y *g* disminuye.
- **El achatamiento.** La Tierra no es esférica: está algo achatada por los polos, de modo que un punto del ecuador se encuentra más lejos del centro que uno polar, y allí el campo es algo menor.
- **La rotación.** Un cuerpo en reposo sobre la superficie gira con el planeta y describe una circunferencia, de modo que parte de la fuerza gravitatoria se emplea en mantener ese giro. Lo que una balanza mide —el peso aparente— es algo menor que $m\,g$, y la diferencia es máxima en el ecuador y nula en los polos, donde el radio de giro es cero.

A esas tres se añade una cuarta, local: la **densidad del terreno** bajo el punto de medida. Un yacimiento de mineral denso o una bolsa de sal alteran el valor de *g* en la sexta o séptima cifra significativa, y medir esas diferencias con gravímetros es una técnica habitual de prospección geofísica.

Nada de esto entra en las cuentas de los problemas, que tratan al planeta como una esfera homogénea. Pero conviene saber que la simplificación existe y por qué es legítima: los cuatro efectos juntos cambian *g* en menos de un 1 %, muy por debajo de la precisión de dos cifras significativas con la que se dan los datos.

PRÁCTICA RESUELTA 1

Un satélite artificial se encuentra a una altura de 500 km sobre la superficie de un planeta. El campo gravitatorio en la superficie del planeta es de 8 m/s². ¿Cuál es la aceleración de la gravedad a la altura a

Muestra gratuita. Centro de Estudios Illice
© Juan Marcos Sanmartín · Centro de Estudios Illice · Uso personal · Prohibida su distribución

la que se encuentra el satélite artificial? ¿A qué altura sobre la superficie del planeta el valor de la aceleración de la gravedad se reduce a la mitad del valor en su superficie?

Dato: radio del planeta, *R* = 5000 km. Utiliza exclusivamente los datos aportados en el enunciado.

Qué se pide y qué ley lo resuelve. Las dos preguntas son la misma expresión leída en dos sentidos. Como no se dan ni *G* ni la masa del planeta, hay que trabajar con el cociente entre el campo a una altura y el campo en la superficie, en el que ambos desaparecen.

Planteamiento simbólico. El campo creado por el planeta, de masa *M*, en un punto a distancia *r* de su centro es $g = GM/r^2$. En la superficie, $r = R$; a una altura *h*, $r = R + h$. Dividiendo:

$$\frac{g}{g_0} = \frac{GM/(R+h)^2}{GM/R^2} = \frac{R^2}{(R+h)^2} \qquad \Longrightarrow \qquad g = g_0 \left(\frac{R}{R+h}\right)^2$$

La constante de gravitación y la masa del planeta se simplifican: por eso el enunciado puede decir «utiliza exclusivamente los datos aportados».

Sustitución. Las dos longitudes están en kilómetros y aparecen como cociente, de modo que la unidad se cancela y no hace falta pasarlas a metros; aun así conviene escribirlas:

$$g = 8\ \mathrm{m/s^2} \cdot \left(\frac{5000\ \mathrm{km}}{5000\ \mathrm{km} + 500\ \mathrm{km}}\right)^2 = 8\ \mathrm{m/s^2} \cdot \left(\frac{5000}{5500}\right)^2$$

Resultado. $g = 6{,}6\ \mathrm{m/s^2}$, con dos cifras significativas, que son las del dato 8 m/s².

Segunda parte. Ahora se impone $g = g_0/2$ y se despeja la altura:

$$\frac{g_0}{2} = g_0 \left(\frac{R}{R+h}\right)^2 \Longrightarrow \left(\frac{R+h}{R}\right)^2 = 2 \Longrightarrow \frac{R+h}{R} = \sqrt{2} \Longrightarrow h = R\left(\sqrt{2} - 1\right)$$

Se toma la raíz positiva porque una distancia no puede ser negativa. Sustituyendo:

$$h = 5000\ \mathrm{km} \cdot (\sqrt{2} - 1) = 5000\ \mathrm{km} \cdot 0{,}414$$

Resultado. $h = 2{,}1 \cdot 10^3\ \mathrm{km}$, es decir, unos 2100 km.

Discusión. El primer resultado, 6,6 m/s², es menor que los 8 m/s² de la superficie, como debe ser: subir aleja del centro y el campo disminuye. La reducción es del 17 % para una altura que es sólo el 10 % del radio, lo que confirma que la caída es apreciable desde el principio. El segundo resultado dice que el campo no se reduce a la mitad al duplicar la distancia al centro —eso lo reduciría a la cuarta parte—, sino al multiplicarla por $\sqrt{2}$. La respuesta, 2100 km, es del orden del 40 % del radio del planeta: razonable.

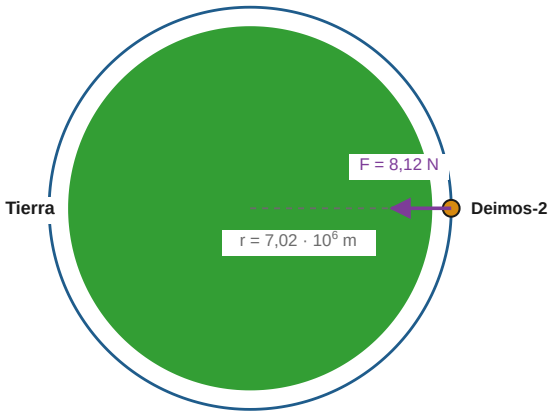
PRÁCTICA RESUELTA 2

El satélite Deimos-2 se utiliza en España por entidades comerciales, científicas y de respuesta a desastres, porque proporciona imágenes de la Tierra fiables y de muy alta resolución. Su altura orbital desde la superficie terrestre es *h* = 620 km. Deduce la expresión de la aceleración de la gravedad, *g*, en función de *h*, del radio terrestre *R* y de la aceleración en la superficie de la Tierra, g_0. Calcula su valor numérico para la posición en la que se encuentra el satélite.

Datos: aceleración de la gravedad en la superficie de la Tierra, g_0 = 9,8 m s⁻²; radio de la Tierra, *R* = 6400 km.

Muestra gratuita. Centro de Estudios Illice
© Juan Marcos Sanmartín · Centro de Estudios Illice · Uso personal · Prohibida su distribución

El Deimos-2, a h = 620 km sobre la superficie terrestre



La distancia que entra en la ley de gravitación es R + h, medida desde el centro de la Tierra.

Qué se pide y qué ley lo resuelve. Se pide la misma deducción que en la práctica anterior, esta vez con la Tierra y con el nombre del satélite cambiado. La ley aplicada es la de gravitación universal, escrita para el campo que crea una masa esférica.

Planteamiento simbólico. Llamando *M* a la masa de la Tierra, el campo en la superficie y el campo a la altura *h* valen, respectivamente,

$$g_0 = \frac{G\,M}{R^2} \qquad \text{y} \qquad g = \frac{G\,M}{(R+h)^2}$$

Como el producto $G\,M$ es el mismo en los dos casos —la masa de la Tierra no cambia porque el satélite suba—, se despeja de la primera, $G\,M = g_0\,R^2$, y se lleva a la segunda:

$$\boxed{g = \frac{g_0\,R^2}{(R+h)^2} = g_0\left(\frac{R}{R+h}\right)^2}$$

Sustitución. Con $R = 6400$ km y $h = 620$ km, la distancia al centro es $R + h = 7020$ km:

$$g = 9{,}8\ \mathrm{m/s^2} \cdot \left(\frac{6400\ \mathrm{km}}{7020\ \mathrm{km}}\right)^2 = 9{,}8\ \mathrm{m/s^2} \cdot 0{,}8312$$

Resultado. $g = 8{,}1\ \mathrm{m/s^2}$, con dos cifras significativas.

Discusión. El satélite está a 620 km, menos de la décima parte de un radio terrestre, y ahí el campo aún vale el 83 % del de la superficie. Este número contradice la idea intuitiva de que «en órbita no hay gravedad»: la hay, y casi entera. Lo que ocurre es que el satélite cae continuamente hacia la Tierra, y su velocidad horizontal hace que esa caída nunca lo acerque al suelo.

PRÁCTICA RESUELTA 3

Un planeta de radio $R_P = 5000$ km que tiene una intensa actividad volcánica emite fragmentos en las erupciones que pueden llegar a orbitar circularmente a una altura $h = 400$ km, donde el campo gravitatorio del planeta vale $g = 7\ \mathrm{m/s^2}$. Calcula el campo gravitatorio en la superficie del planeta.

Qué se pide y qué ley lo resuelve. Es la lectura inversa de la relación anterior: se conoce el campo a una altura y se pide el de la superficie. Se usa el mismo cociente, despejando ahora g_0.

Planteamiento simbólico.

Muestra gratuita. Centro de Estudios Illice
© Juan Marcos Sanmartín · Centro de Estudios Illice · Uso personal · Prohibida su distribución