Campo gravitatorio

Test de 10 preguntas y flashcards de este tema en **farmeandopau.com** ›

Última revisión: 1 de noviembre de 2026.

Escanea y haz el test del tema

LA IDEA EN 30 SEGUNDOS

La **ley de la gravitación universal** dice que dos masas se atraen con una fuerza $F = Gm_1m_2/r^2$, dirigida según la recta que las une. El **campo gravitatorio** $\vec{g} = \vec{F}/m$ es la fuerza por kilogramo y, si hay varias masas, se **suma como vector** (superposición). En la superficie de un planeta, $g_0 = GM/R^2$; a una altura h, $g = GM/(R+h)^2$. Sale en **46 de las 68 convocatorias, en las 17 comunidades**: g, masa, densidad o peso de un planeta (30 de 68) y campo de varias masas o punto de campo nulo (26 de 68).

1 La ley de la gravitación universal

Newton la publicó en 1687 en los *Principia*: la misma fuerza que hace caer una manzana mantiene a la Luna en su órbita. Toda masa atrae a cualquier otra masa, y la fuerza solo depende de las dos masas y de la distancia entre ellas.

- **Enunciado:** dos masas puntuales m_1 y m_2 separadas una distancia r se atraen con una fuerza **directamente proporcional al producto de sus masas** e **inversamente proporcional al cuadrado de la distancia** que las separa, dirigida según la recta que las une.
- **Forma vectorial:** $\vec{F}_{1\to 2} = -G\,\dfrac{m_1m_2}{r^2}\,\vec{u}_r$, donde $\vec{u}_r$ es el vector unitario que va **de la masa que atrae (m_1) a la que sufre la fuerza (m_2)**. El signo menos dice que la fuerza apunta al revés que $\vec{u}_r$, es decir, hacia m_1: la gravedad **siempre es atractiva**.
- **Constante de gravitación universal:** $G = 6{,}674 \cdot 10^{-11}\ \mathrm{N{\cdot}m^2/kg^2}$ (CODATA 2018). Es la misma en todo el universo y muy pequeña: dos masas de 1 kg a 1 m se atraen con $6{,}7 \cdot 10^{-11}$ N. Henry Cavendish midió en 1798, con una balanza de torsión, la atracción entre esferas de plomo para calcular la densidad de la Tierra; de sus medidas se obtiene G (él no la expresó como constante).
- **Tercera ley de Newton:** $\vec{F}_{2\to 1} = -\vec{F}_{1\to 2}$. La Tierra atrae a la Luna con la misma fuerza que la Luna a la Tierra (unos $1{,}98 \cdot 10^{20}$ N); lo que cambia es la aceleración, $a = F/m$, mucho mayor en la Luna.
- **Cuerpos esféricos:** fuera de un planeta o una estrella, su atracción es la misma que si toda su masa estuviera en el centro (teorema de la capa, de Newton). Por eso r **se mide siempre entre los centros**, nunca desde la superficie.
- **Fuerza central:** apunta siempre hacia un punto fijo (el centro de la masa que atrae) y su módulo solo depende de la distancia a ese punto. De ahí salen dos cosas que verás después: es **conservativa** (Tema 4) y conserva el **momento angular** (Tema 6).

CAMBIAR MASAS Y DISTANCIA

Si duplicas una de las masas y también la distancia entre los centros, ¿qué le pasa a la fuerza gravitatoria entre dos cuerpos?

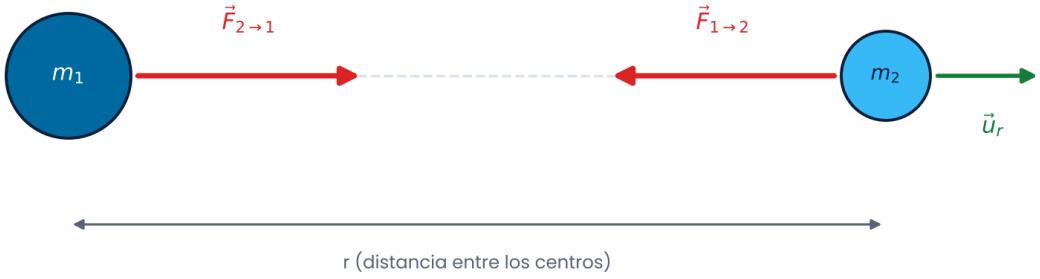
Respuesta modelo

Por la ley de la gravitación universal, $F' = G\dfrac{(2m_1)\,m_2}{(2r)^2} = \dfrac{2}{4}\,G\dfrac{m_1 m_2}{r^2} = \dfrac{F}{2}$. La fuerza se reduce **a la mitad**: la masa entra a la primera potencia y la distancia, al cuadrado.

Por qué puntúa. En estas cuestiones escribe la ley con los valores nuevos y simplifica. Decir «se reduce a la mitad» sin la expresión no se considera justificado.

$$\vec{F}_{1\to 2} = -G\frac{m_1\,m_2}{r^2}\,\vec{u}_r$$

Mismo módulo, misma dirección y sentidos opuestos (tercera ley de Newton): siempre atractivas



La ley de Newton en forma vectorial. El unitario $\vec{u}_r$ va de m_1 a m_2; la fuerza sobre m_2 apunta al revés (hacia m_1). Las dos fuerzas del par tienen el mismo módulo y sentidos opuestos.

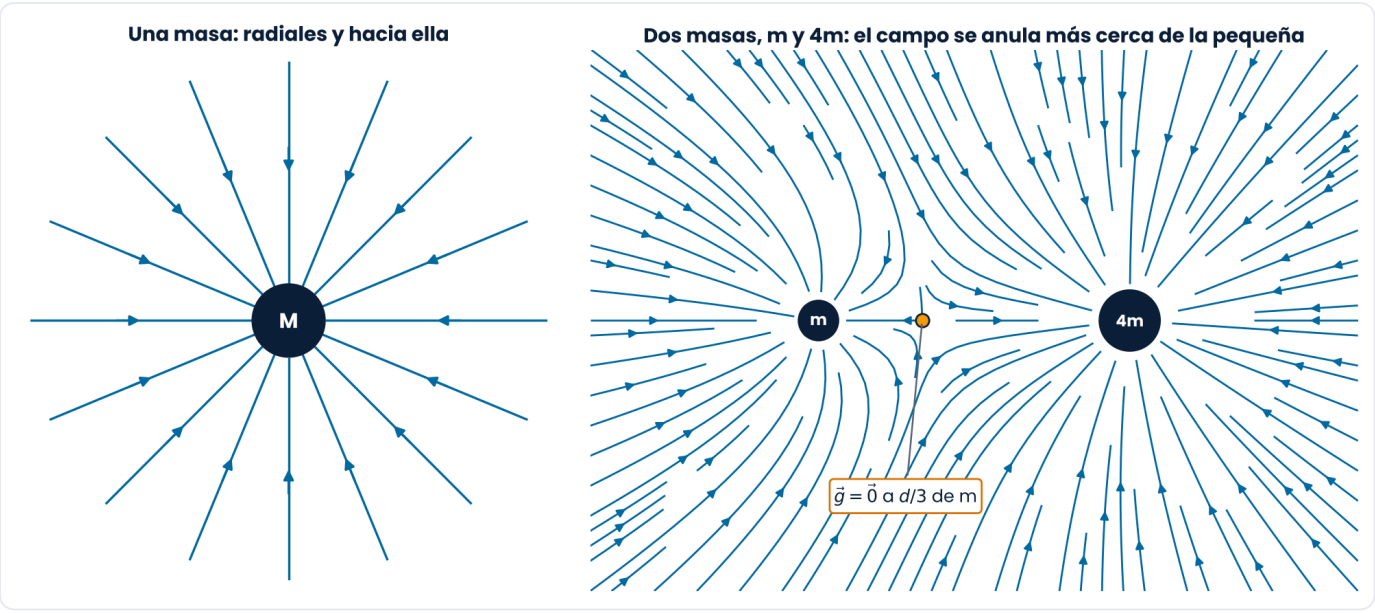
2 Intensidad del campo gravitatorio y líneas de campo

Una masa M modifica el espacio que la rodea: cualquier masa que coloques cerca notará una fuerza. Para describir esa propiedad del espacio sin depender de la masa que pongas se define el **campo gravitatorio**.

- **Definición:** $\vec{g} = \dfrac{\vec{F}}{m}$, la fuerza por unidad de masa en ese punto. Unidad: **N/kg, que es lo mismo que m/s²**: el campo es la aceleración con la que cae un cuerpo si solo actúa la gravedad.
- **Campo de una masa puntual (o esférica, en su exterior):** $\vec{g} = -G\dfrac{M}{r^2}\,\vec{u}_r$. Módulo $g = GM/r^2$, dirección radial y sentido **hacia la masa** que lo crea ($\vec{u}_r$ va de M al punto).
- Depende de la masa que **crea** el campo y de la distancia, **no de la masa que colocas**. Por eso, en el vacío, una pluma y un martillo caen con la misma aceleración.
- **Fuerza sobre una masa m en ese punto:** $\vec{F} = m\,\vec{g}$. El **peso** de un cuerpo es exactamente eso: $\vec{P} = m\,\vec{g}$.
- **Dimensiones:** $[g] = \mathrm{L\,T^{-2}}$. Andalucía limita las cuestiones sobre el campo de una masa puntual a su expresión, sus características y sus dimensiones: «Las cuestiones acerca del campo gravitatorio de una masa puntual se limitarán a su expresión, características y dimensiones» (Directrices y orientaciones 2026-27).
- **Líneas de campo:** son tangentes a $\vec{g}$ en cada punto y llevan su sentido. En el campo gravitatorio **llegan a las masas** (vienen del infinito), **nunca se cortan** (en cada punto $\vec{g}$ solo tiene una dirección) y están **más juntas donde el campo es más intenso**. El currículo de Murcia lo cita expresamente: «Líneas de campo gravitatorio producido por distribuciones de masa sencillas» (Decreto 251/2022).

Campo y fuerza no son lo mismo

$\vec{g}$ es una propiedad del **punto** (N/kg); $\vec{F} = m\vec{g}$ es lo que nota una masa concreta (N). Si te piden el campo, no multipliques por ninguna masa; si te piden la fuerza sobre un cuerpo, multiplica el campo por **su** masa.



Líneas de campo gravitatorio. A la izquierda, una masa: líneas radiales que llegan a ella. A la derecha, dos masas m y $4m$ (líneas calculadas sumando los dos campos): entre ellas hay un punto en el que $\vec{g} = \vec{0}$, a un tercio de la distancia desde la pequeña.

3 Principio de superposición: el campo de varias masas

Si hay varias masas, cada una crea su campo como si estuviera sola y el campo total es la **suma vectorial** de todos. Es el primer saber del Real Decreto 243/2022: «Determinación, a través del cálculo vectorial, del campo gravitatorio producido por un sistema de masas».

- **Fórmula general:** $\vec{g}_P = \sum_i \vec{g}_i = \sum_i G\,\dfrac{m_i}{r_i^2}\,\vec{u}_{P\to i}$.
- **Simetría:** con dos masas iguales a la misma distancia de P, las componentes perpendiculares al eje de simetría se anulan y las paralelas se suman: $g = 2\,g_1\cos\alpha$, siendo α el ángulo de cada campo con ese eje.
- **Fuerza sobre una masa m en P:** $\vec{F} = m\,\vec{g}_P$. Si te piden la fuerza sobre **una de las masas del sistema**, suma solo las fuerzas de las demás: una masa no se atrae a sí misma.
- **Signo de las componentes:** comprueba siempre con el dibujo que cada $\vec{g}_i$ apunta hacia su masa. Un signo cambiado es un error de concepto, no de cálculo.

Dibuja los ejes, las masas y el punto P. Calcula la distancia r_i de cada masa a P (con Pitágoras si no están en la misma recta).

↓

Módulo de cada campo: $g_i = G\,m_i/r_i^2$.

↓

Dirección y sentido

de P **hacia** la masa. El unitario es $\vec{u}_{P\to i} = (\vec{r}_i - \vec{r}_P)/r_i$: restando coordenadas te salen los signos solos, sin pensar en ángulos.

↓

Componentes

$\vec{g}_i = g_i\,\vec{u}_{P\to i}$; suma las $\vec{\imath}$ por un lado y las $\vec{\jmath}$ por otro.

↓

Resultado

da el vector y, si lo piden, su módulo y el ángulo con los ejes. Si hay simetría, di qué componentes se cancelan y por qué.

DOS MASAS IGUALES CON SIMETRÍA

Dos masas de 30 kg están en (-1, 0) m y (1, 0) m. Calcula el campo gravitatorio en P(0, 2) m ($G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}$ N·m²/kg²).

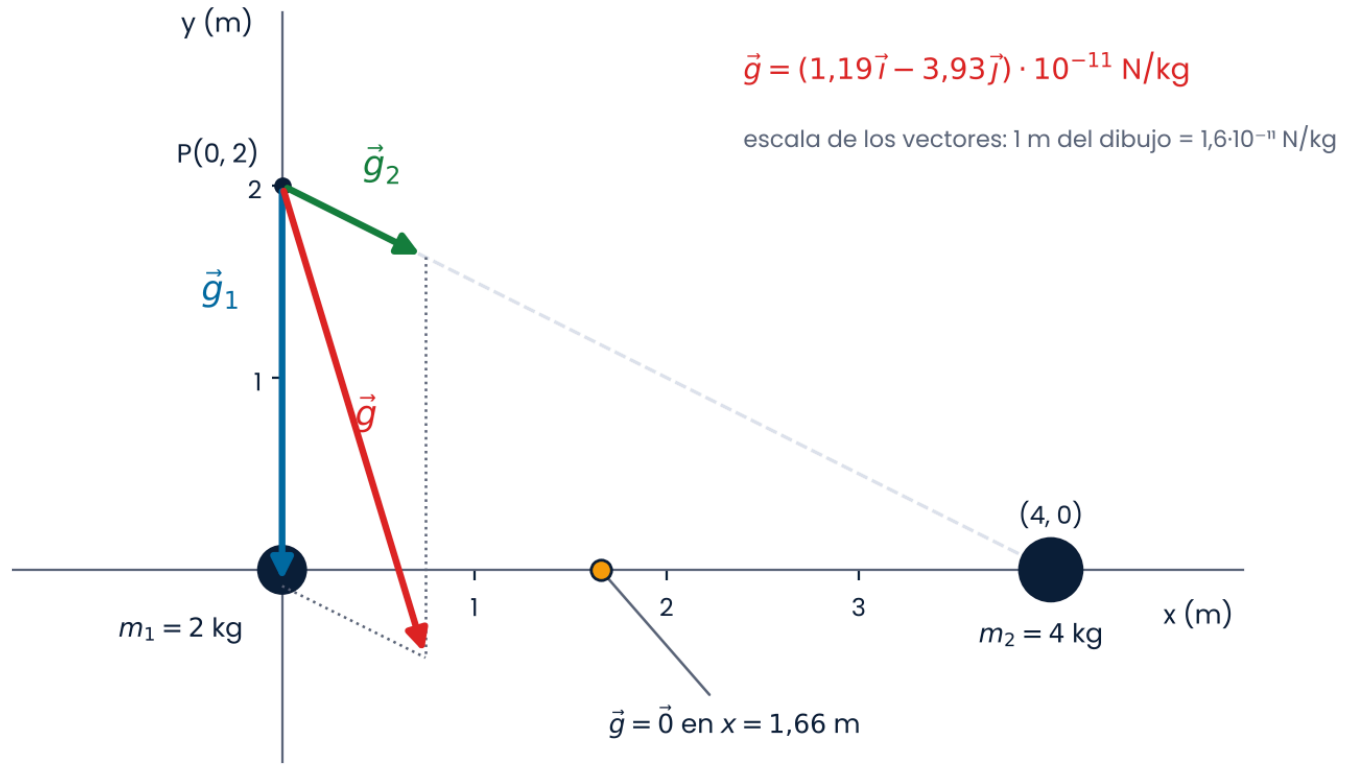
Respuesta modelo

Distancia de cada masa a P: $r = \sqrt{1^2 + 2^2} = \sqrt{5}$ m. Módulo de cada campo: $g_1 = g_2 = \dfrac{6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot 30}{5} = 4{,}00 \cdot 10^{-10}$ N/kg. Unitarios: $\vec{u}_{P\to1} = \dfrac{(-1,\,-2)}{\sqrt{5}}$ y $\vec{u}_{P\to2} = \dfrac{(1,\,-2)}{\sqrt{5}}$. Las componentes x se anulan por simetría y las y se suman: $\vec{g} = -2 \cdot 4{,}00 \cdot 10^{-10} \cdot \dfrac{2}{\sqrt{5}}\vec{\jmath} = -7{,}16 \cdot 10^{-10}\,\vec{\jmath}$ N/kg.

Por qué puntúa. El campo apunta hacia abajo, hacia el punto medio de las dos masas: tiene sentido, porque las dos tiran de P hacia el eje x.

Cuántas masas pueden ponerte

Andalucía: «Los problemas se limitarán, como máximo, a la acción de dos masas sobre una tercera» (Directrices y orientaciones 2026-27). **Extremadura**, lo mismo, y añade: «También podrán presentarse problemas en los que intervengan más masas si existen simetrías que puedan simplificar el cálculo» (Aspectos curriculares orientativos, Bloque A, PAU 2026-27). **Canarias:** «una distribución de tres masas como máximo» (Matriz de especificaciones PAU 2027). **Asturias** («varias masas puntuales situadas en el mismo plano», ficha 2025-26) y **Murcia** («sistemas sencillos de masas puntuales o con simetría esférica», Especificaciones 2027) concretan los casos sin ninguna frase que limite: no es un límite. En las demás no hay límite escrito.



Superposición con dos masas (es el ejercicio resuelto de Madrid 2026, al final del tema). En P(0, 2) m, $\vec{g}_1$ apunta hacia m_1 y $\vec{g}_2$ hacia m_2; el campo total es la diagonal del paralelogramo. Vectores dibujados a escala.

4 El punto de campo nulo entre dos masas

«¿En qué punto se anula el campo?» (o «la fuerza sobre una nave») es una de las preguntas más repetidas del tema: entre dos masas, entre la Tierra y la Luna o entre la Tierra y el Sol.

- **Solo puede estar en el segmento que une las dos masas.** Fuera de él, los dos campos apuntan hacia el mismo lado y se suman; entre ellas tienen sentidos opuestos y se anulan donde sus módulos son iguales.

- Con m_1 en el origen y m_2 a una distancia d: $G\dfrac{m_1}{x^2} = G\dfrac{m_2}{(d-x)^2}$. Sacando la raíz (todo es positivo): $\dfrac{d-x}{x} = \sqrt{\dfrac{m_2}{m_1}} \Rightarrow x = \dfrac{d}{1+\sqrt{m_2/m_1}}$.
- G **se cancela:** no hace falta su valor, y a menudo basta el cociente de masas (Tierra/Luna ≈ 81).
- Si desarrollas la ecuación de segundo grado (masas distintas) salen **dos soluciones**: la que cae fuera del segmento no vale, porque allí los campos no tienen sentidos opuestos. **Dilo por escrito** al descartarla.
- El punto está siempre **más cerca de la masa pequeña**. Masas iguales: en el punto medio. Masas m y $4m$: a $d/3$ de m.
- **Tierra-Luna:** con $M_T/M_L = 81{,}3$ (NASA), el campo se anula a $0{,}900\,d$ del centro de la Tierra, unos 346 000 km.

¿PUEDE ANULARSE FUERA DE LAS MASAS?

Razona si el campo gravitatorio creado por dos masas puede anularse en algún punto de la recta que las une situado fuera del segmento entre ellas.

Respuesta modelo

No. Cada campo apunta hacia la masa que lo crea. En un punto exterior al segmento, las dos masas quedan al mismo lado, así que $\vec{g}_1$ y $\vec{g}_2$ tienen el mismo sentido y su suma no puede ser cero. Solo entre las masas los campos tienen sentidos opuestos, y el punto nulo es aquel en el que $Gm_1/x^2 = Gm_2/(d-x)^2$.

Por qué puntúa. Es justo la razón para descartar la segunda solución de la ecuación. Con cargas de signos opuestos (Tema 7) sí puede haber un punto nulo fuera: la gravedad no tiene «masas negativas».

No es el punto de Lagrange L1

En L1 el campo **no** es cero: allí la atracción neta es justo la fuerza centrípeta que necesita un satélite para girar con el mismo periodo que la Luna (o que la Tierra alrededor del Sol). L1 Tierra-Luna está a unos 326 000 km de la Tierra, no a 346 000. Entre el Sol y la Tierra la diferencia es enorme: el campo se anula a unos 259 000 km de la Tierra, pero L1, donde trabajan observatorios solares como SOHO, está a 1,5 millones de km. En la PAU te piden el punto de **campo nulo**: no metas la rotación. Ojo: el enunciado de **Navarra 2025** (extraordinaria, 1.B c) llama a ese punto «punto Lagrange-1»; calcula lo que pide (dónde la gravedad es cero) y, si quieres, aclara que el L1 real está algo más cerca de la Tierra.

5 g en la superficie de un planeta y a una altura

El peso de un cuerpo en la superficie de un planeta es la atracción gravitatoria del planeta. Igualando las dos expresiones sale la fórmula más usada del tema.

- **En la superficie:** $m\,g_0 = G\dfrac{Mm}{R^2} \Rightarrow g_0 = \dfrac{GM}{R^2}$. Con los datos de la NASA para la Tierra ($GM = 3{,}986 \cdot 10^{14}$ m³/s², $R = 6371$ km): $g_0 = 9{,}82$ m/s².
- **A una altura h:** la distancia al centro es $r = R + h$, así que $g = \dfrac{GM}{(R+h)^2} = g_0\left(\dfrac{R}{R+h}\right)^2$.
- $GM = g_0R^2$**:** cuando te dan g_0 y R en lugar de G y M (lo hacen a veces la Comunitat Valenciana o el País Vasco), sustituye GM por g_0R^2.
- **Altura a la que g es una fracción de g_0:** si $g = g_0/n$, entonces $(R+h)^2 = nR^2$ y $h = R(\sqrt{n}-1)$. Por ejemplo, $g_0/4$ a una altura $h = R$.
- Unos cientos de kilómetros apenas cambian g: en la ISS, a unos 400 km, $g = 8{,}69$ m/s², un 89 % del valor en el suelo. Los astronautas flotan porque caen libremente con la estación, no porque no haya gravedad (Tema 5).
- **Valor normalizado:** $g_n = 9{,}806\,65$ m/s² es un valor convencional (3.ª Conferencia General de Pesas y Medidas, 1901), no una medida. En los exámenes se usa 9,8 o 9,81 m/s². **Murcia** no te lo da: está en

su lista de valores que hay que saber, «aceleración de la gravedad en superficie terrestre (9.8 m/s²)» (Especificaciones 2027).

Lugar	Altura h	r = R + h	g (m/s²)
Superficie (radio medio)	0	6371 km	9,82
Estación Espacial Internacional	≈ 400 km	6771 km	8,69
Satélites GPS	20 200 km	26 571 km	0,565
Satélites Galileo	23 222 km	29 593 km	0,455
Órbita geoestacionaria	35 786 km	42 157 km	0,224
Distancia media de la Luna	—	384 400 km	0,002 70

Calculado con $GM = 3{,}986 \cdot 10^{14}$ m³/s² y $R = 6371$ km (NASA, Earth Fact Sheet). La altura de la ISS varía entre unos 400 y 420 km. Las alturas de los satélites son nominales y se miden sobre el ecuador: el radio real de la órbita geoestacionaria es $6378 + 35\,786 = 42\,164$ km (g sale igual, 0,224 m/s²).

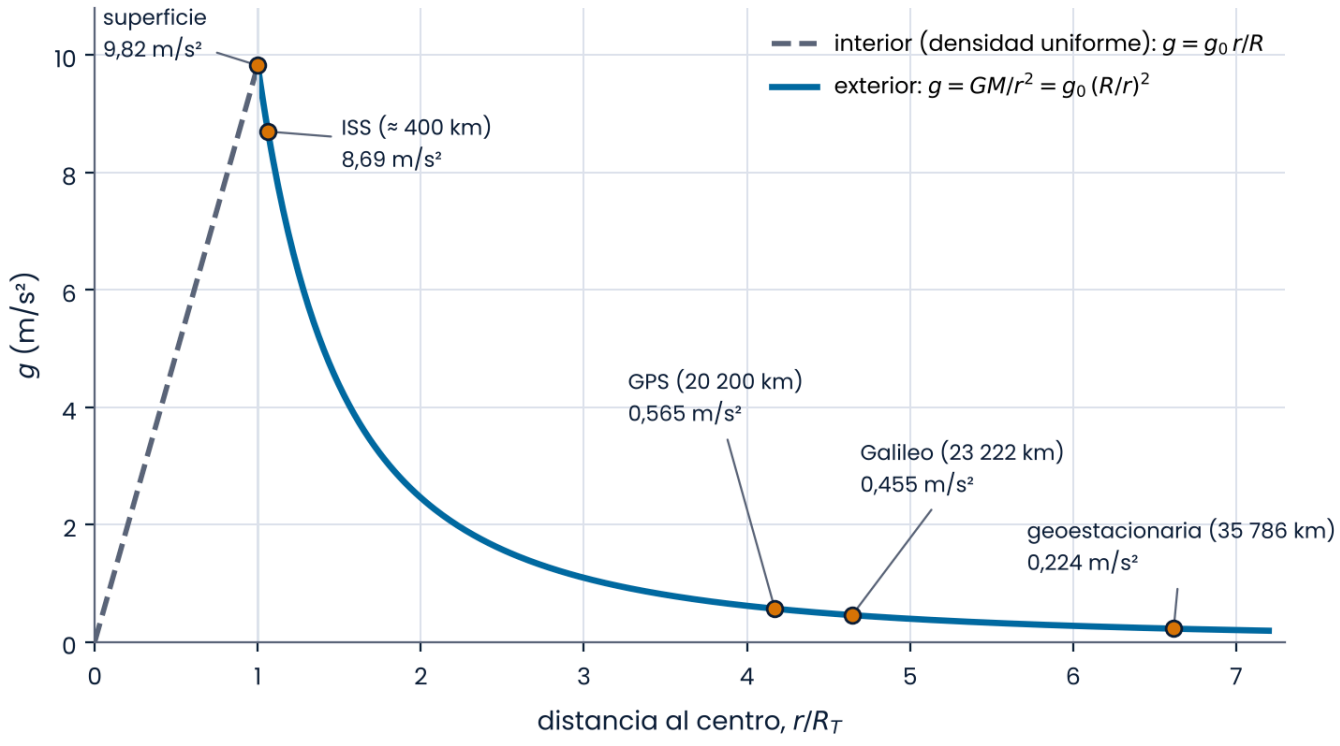
¿A QUÉ ALTURA PESAS LA MITAD?

¿A qué altura sobre la superficie terrestre el peso de un cuerpo es la mitad que en la superficie? ($R_T = 6371$ km)

Respuesta modelo

La masa no cambia, así que el peso se reduce a la mitad si lo hace g: $\dfrac{g}{g_0} = \left(\dfrac{R}{R+h}\right)^2 = \dfrac{1}{2} \Rightarrow R + h = \sqrt{2}\,R \Rightarrow h = (\sqrt{2} - 1)R = 0{,}414\,R = 2639$ km.

Por qué puntúa. No hace falta ni G ni M: es un cociente. Y fíjate en que la mitad de peso **no** está a la mitad de altura ni al doble de radio.



Cómo cambia g con la distancia al centro de la Tierra. Fuera, disminuye con $1/r^2$; a la altura de la órbita geoestacionaria queda en $0{,}224$ m/s². La recta discontinua del interior es el modelo de densidad uniforme (siguiente sección).

6 Masa y densidad de un planeta; peso en otro planeta

Con $g_0 = GM/R^2$ puedes ir hacia atrás: si conoces la gravedad en la superficie y el radio, sabes la masa y la densidad del planeta. Así se «pesan» los astros.

- **Masa:** $M = \dfrac{g_0 R^2}{G}$. Para la Tierra: $M = \dfrac{9{,}82 \cdot (6{,}371 \cdot 10^6)^2}{6{,}674 \cdot 10^{-11}} = 5{,}97 \cdot 10^{24}$ kg.
- **Densidad media:** $\rho = \dfrac{M}{\frac{4}{3}\pi R^3}$, o directamente $\rho = \dfrac{3g_0}{4\pi G R}$. Para la Tierra sale **5513 kg/m³**, el valor de la NASA. Si te dan la densidad en g/cm³, pásala: 1 g/cm³ = 1000 kg/m³.
- **Planetas con la misma densidad:** como $g_0 = \frac{4}{3}\pi G \rho R$, la gravedad en la superficie es proporcional al radio.
- **Peso en otro planeta:** la **masa no cambia**, cambia g. $P_p = m\, g_p$, y $\dfrac{P_p}{P_T} = \dfrac{g_p}{g_T}$.
- **Comparar planetas sin G:** $\dfrac{g_p}{g_T} = \dfrac{M_p}{M_T}\left(\dfrac{R_T}{R_p}\right)^2$. Marte tiene $0{,}107\, M_T$ y $0{,}532\, R_T$: $g_M/g_T = 0{,}107/0{,}532^2 = 0{,}378$. Una persona de 70 kg pesa 687 N en la Tierra y unos 260 N en Marte.
- **Medir g:** con un péndulo ($T = 2\pi\sqrt{L/g}$, Tema 12), con un muelle calibrado ($mg = k\,\Delta x$) o cronometrando una caída. Madrid (modelo 2025) y País Vasco (modelo 2025) lo han preguntado con la pendiente de una gráfica: lo ves en el Tema 1.

Astro	Masa (10^{24} kg)	Radio medio (km)	g = GM/R² (m/s²)	Densidad (kg/m³)
Tierra	5,97	6371	9,82	5513
Luna	0,0735	1737	1,62	3344
Marte	0,642	3390	3,73	3934
Júpiter	1898	69 911	25,9	1326

Datos de los *Fact Sheets* de la NASA (consultados el 1-nov-2026; actualizados entre 2024 y 2025). En Júpiter, que gira en menos de 10 horas y está muy achatado, la aceleración real va de 23,1 m/s² en el ecuador a 27,0 m/s² en los polos.

MITAD DE MASA Y MITAD DE RADIO

Un planeta tiene la mitad de masa y la mitad de radio que la Tierra. ¿Cuánto vale la gravedad en su superficie?

Respuesta modelo

$g_p = G\dfrac{M_T/2}{(R_T/2)^2} = \dfrac{1/2}{1/4}\,G\dfrac{M_T}{R_T^2} = 2\,g_0 \approx 19{,}6$ m/s². Pesarías el doble.

Por qué puntúa. Menos masa no siempre significa menos gravedad: el radio va al cuadrado y pesa más.

Radio, no diámetro; y suma el radio a la altura

Los criterios de **Extremadura** (2025, extraordinaria) lo dicen así: «Si utiliza el dato del diámetro en lugar del radio, el valor máximo de esta cuestión se reduce al 50%» y «Si olvida sumar el radio de la Tierra a la distancia, el valor máximo de esta cuestión se reduce al 50%». En casi todas las comunidades esos dos fallos cambian el resultado y quitan buena parte del apartado.

7 g según la latitud y en el interior del planeta

Galicia lo pide expresamente en sus orientaciones: «Variación da intensidade do campo gravitacional coa profundidade, coa altura e coa latitude» [variación de la intensidad del campo gravitatorio con la profundidad, la altura y la latitud] (Orientacións do grupo de traballo de Física, curso 2025-26, vigentes en 2026-27).

- **Latitud:** la gravedad medida vale 9,780 m/s² en el ecuador y 9,832 m/s² en los polos (NASA). Hay dos causas.

- **La rotación:** en el ecuador, parte de la atracción se emplea en la aceleración centrípeta del giro diario, $\omega^2 R = (7{,}292 \cdot 10^{-5})^2 \cdot 6{,}378 \cdot 10^6 = 0{,}0339$ m/s², con $\omega = 2\pi/T$ y T = 23 h 56 min (día sideral). En los polos esa aceleración es cero. En el ecuador, $g_{ef} = g_0 - \omega^2 R$.
- **El achatamiento:** el radio ecuatorial (6378 km) es mayor que el polar (6357 km); en los polos estás más cerca del centro y g es mayor.
- **Interior (modelo de densidad uniforme):** a una distancia $r < R$ del centro solo atrae la masa de la esfera de radio r, $M(r) = M\,r^3/R^3$; la capa exterior no tira en ninguna dirección neta. Por eso $g = G\dfrac{M(r)}{r^2} = g_0\dfrac{r}{R}$: crece **linealmente** desde cero en el centro hasta g_0 en la superficie.
- A una profundidad p: $g = g_0\,(1 - p/R)$. A 1000 km de profundidad: $g = 9{,}82 \cdot 5371/6371 = 8{,}28$ m/s² en este modelo. La Tierra real no es uniforme (el núcleo es mucho más denso que la corteza), así que esta recta es solo una aproximación: en la Tierra real, g apenas cambia al bajar por el manto (incluso crece un poco hasta el borde del núcleo) y solo después cae hasta cero en el centro.

El interior, comunidad por comunidad

Asturias concreta las gráficas $g(r)$ y $V(r)$ con «[r (distancia) ≥ R (radio de la masa)]» y el cálculo de g en «un punto exterior al planeta» (ficha 2025-26), sin frase que excluya el interior. **Madrid** excluye el «teorema de Gauss para campo gravitatorio» (presentación de la Comisión 2025-26; pendiente de confirmar para 2027) y **Extremadura** también: «No se incluye el teorema de Gauss del campo gravitatorio» (Aspectos curriculares, Bloque A, PAU 2026-27). La fórmula del interior suele deducirse con ese teorema, aunque también sale del teorema de la capa; ninguno de los dos documentos habla expresamente de g en el interior. **Galicia** la cita en sus orientaciones. En 2025–2026 no ha caído g en el interior en ninguna comunidad.

8 Cuestiones razonadas y lo que hay que deducir

Además de los problemas, caen cuestiones cortas (verdadero o falso, comparar, razonar) y a veces te piden **deducir** una expresión. En casi todas las comunidades, una respuesta sin justificar no puntúa.

- **Deducir $g_0 = GM/R^2$:** el peso en la superficie es la fuerza gravitatoria del planeta, $mg_0 = GMm/R^2$, y se simplifica m. Castilla-La Mancha lo pidió «deduciendo las expresiones» (2025, ordinaria) y la Comunitat Valenciana pidió deducir $g(h)$ en función de g_0 y R (2026, ordinaria). **Andalucía**, en cambio: «No se exigirá la deducción de la expresión del campo gravitatorio terrestre» (Directrices 2026-27).
- **Para justificar, cita la ley:** «por la ley de la gravitación universal…», «por el principio de superposición…». Galicia lo pide así: «Nas respostas cualitativas débese citar a lei, principio ou teorema que se aplica, ou ben expoñer o razoamento que conduce á conclusión» [en las respuestas cualitativas se debe citar la ley, principio o teorema que se aplica, o bien exponer el razonamiento que conduce a la conclusión] (criterios PAU 2026).
- **Vectores:** si el enunciado dice «el campo», «la fuerza» o «el vector», da **componentes** (o módulo, dirección y sentido) y un esquema. Si dice «el módulo», basta el número.

¿NO HAY GRAVEDAD EN LA ISS?

Verdadero o falso: «Los astronautas de la Estación Espacial Internacional flotan porque a 400 km de altura no hay gravedad».

Respuesta modelo

Falso. A $r = R + h = 6771$ km, $g = g_0\,(R/r)^2 = 9{,}82 \cdot (6371/6771)^2 = 8{,}69$ m/s², un 89 % del valor en la superficie. Los astronautas y la estación caen juntos alrededor de la Tierra con esa aceleración, por eso no notan el apoyo (ingravidez aparente, Tema 5).

Por qué puntúa. El número es lo que convence al corrector: calcula g a esa altura aunque no te lo pidan.

¿DÓNDE PESAS MÁS?

¿Dónde pesa más un mismo cuerpo, en un polo o en el ecuador? Justifícalo.

Respuesta modelo

En el **polo**. Allí está más cerca del centro de la Tierra (radio polar 6357 km frente a 6378 km en el ecuador) y no gira, así que no hay que restar la aceleración centrípeta $\omega^2 R$. La gravedad medida pasa de 9,780 m/s² en el ecuador a 9,832 m/s² en los polos.

Por qué puntúa. Galicia incluye la latitud en sus orientaciones; en las demás comunidades es una buena cuestión de razonamiento.

Lo que cuesta dar solo el módulo

Cantabria: «Si no se da carácter vectorial al campo gravitatorio, aunque esté bien calculado el módulo, se puntuará con 0.25 sobre los 0.5 puntos de esa parte» (criterios de junio de 2026): la mitad. **Extremadura:** el módulo vale el 50 % y la dirección y el sentido, el otro 50 %. **Andalucía, Illes Balears, Navarra, Aragón, Canarias, Castilla y León, Murcia y País Vasco:** -0,1 por olvidar la flecha de vector (en varias, «más de una vez»). **Galicia:** -0,25. Confundir vector y escalar es un error grave en todas.

9 Qué te piden en tu comunidad

El campo gravitatorio ha salido en 46 de las 68 convocatorias ordinarias y extraordinarias de 2025 y 2026, en las 17 comunidades. Lo que cambia es el formato y la forma de corregir. «x de 4» son las convocatorias ordinarias y extraordinarias de 2025 y 2026 en las que ha caído.

Comunidad	Cómo ha caído en 2025–2026	Lo que tienes que saber
Andalucía	3 de 4: verdadero o falso sobre el campo de dos masas iguales (2025 ord.), campo de dos masas de 200 kg con esquema (2025 extr.), peso en Marte (2026 extr.). Siempre en el bloque A.	Como máximo dos masas sobre una tercera; no se exige deducir el campo terrestre; solo puedes usar los datos del enunciado.
Aragón	3 de 4: fuerza Tierra-Luna y radio y g de la Luna con su densidad (2025 extr.), masa de Marte desde su velocidad de escape (2025 ord.), punto de campo nulo Tierra-Luna y peso en la Luna (2026 extr.).	Sin exclusiones. -0,1 por cada resultado sin unidades u omisión del carácter vectorial.
Asturias	4 de 4, siempre en las preguntas 1 o 2 (2 puntos): campo de dos masas (2025 ord.), g en la superficie y en la órbita (2025 extr.), Júpiter y las calabazas (2026 ord.), naranja entre un melón y una sandía (2026 extr.).	La concreción trabaja g en puntos exteriores ($r \geq R$) y masas en un plano, sin excluir lo demás; unidades también al sustituir (desde 2025-26).
Illes Balears	1 de 4: punto de fuerza nula entre la Tierra y la Luna (2026 ord., problema 1, obligatorio).	-0,1 si falta la flecha de vector (más de una vez) o una unidad; en 2027, cuatro bloques de 2,5 puntos, el 1 (campo gravitatorio) obligatorio y sin opciones, y constantes en cada pregunta.
Canarias	3 de 4: g a 400 km y fuerza de dos masas sobre una tercera (2025 ord.), tres masas en un arco (2025 extr.), vector campo de dos masas (2026 extr., obligatoria).	Tres masas como máximo. En 2027, resultados con tres cifras significativas (-0,05, máximo -0,1 por bloque).
Cantabria	4 de 4: el vector campo de una o dos masas en todas (en 2025 extr., 2026 ord. y 2026 extr., «calcular y representar gráficamente»); g en la superficie y en la órbita (2025 y 2026 extr.).	Solo el módulo: la mitad. Planteamiento 80 %, resultado 20 %.
Castilla-La Mancha	1 de 4: g en Saturno y velocidad de escape «deduciendo las expresiones» (2025 ord.); repetido en el modelo 2026.	Olvidar la flecha de vector es falta leve: las faltas leves restan 0,25 de tres en tres (de 1 a 3, -0,25; de 4 a 6, -0,50…).

Comunidad	Cómo ha caído en 2025–2026	Lo que tienes que saber
Castilla y León	4 de 4: peso a una altura y en un exoplaneta (2025 ord.), escape de un planeta con la mitad de radio y de g (2025 extr.), fuerza al triplicar la distancia (2026 ord.), satélite LEO y asteroide (2026 extr.).	Tabla fija con $g_0 = 9{,}80$ m/s², $R_T = 6{,}38 \cdot 10^6$ m y $M_T = 5{,}98 \cdot 10^{24}$ kg; -0,1 por omitir reiteradamente la flecha de vector.
Cataluña	1 de 4: BepiColombo en Mercurio (2025 extr.). En el examen de incidencias de 2026, la nave Hera en Marte (ejercicio resuelto de este tema).	Campos y fuerzas con «mòdul, direcció i sentit o les seves components»; -0,25 por errores de unidades y -0,10 por 6 o más cifras significativas (o solo 1).
Comunitat Valenciana	2 de 4: sistema IK Pegasi y $g(h)$ (2025 ord.), deducir $g(h)$ con g_0 y R (2026 ord.); y dos esferas en contacto en la extraordinaria DANA de julio de 2025.	A veces dan g_0 y R en vez de G y M. Planteamiento simbólico 60 %, resultado 40 %.
Extremadura	4 de 4, siempre en la pregunta 1 obligatoria: astronautas y basura espacial (2025 ord.), «Estrella de la Muerte» (2025 extr.), nave Orión (2026 ord.), punto de campo nulo (2026 extr.).	Como máximo dos masas sobre una tercera, salvo simetría (Aspectos curriculares 2026-27); fallo de unidades: -50 % de la cuestión (criterios específicos 2025-2026), con un tope de 1 punto en el examen (Criterios 2026-27).
Galicia	3 de 4, siempre en la pregunta 1 competencial: g en la órbita geoestacionaria (2025 ord.), órbita elíptica (2026 ord.), eclipse de 2026 (2026 extr.).	Añade g con la profundidad, la altura y la latitud. Planteamiento 75 %; elección sin justificar, 0.
La Rioja	2 de 4: fuerza sobre un satélite (2025 ord.), g de Urano desde su velocidad de escape (2026 ord.).	El solucionario puntúa aparte el esquema vectorial.
Madrid	3 de 4: masa y g de Eris con su densidad (2025 ord., pregunta 1), dos masas de 3 kg (2025 extr.), punto de campo nulo y vector (2026 ord., ejercicio resuelto de este tema).	Excluye el teorema de Gauss gravitatorio y el gradiente (directrices 2025-26; pendiente de confirmar para 2027). Las soluciones dan el vector en $\vec{i}, \vec{j}$.
Murcia	2 de 4: campo nulo entre la Tierra y el Sol (2025 ord.), campo en el punto medio Tierra-Luna (2026 extr., obligatoria).	Masas puntuales o con simetría esférica; $g = 9{,}8$ m/s² no te la dan.
Navarra	4 de 4: g de un planeta, Luna con $M/81$ y $R/4$ y punto de campo nulo, al que el enunciado llama «punto Lagrange-1» (2025), exoplaneta y Marte (2026 ord.), Sol y Tierra sobre la Luna en un eclipse (2026 extr.).	Identificar o aplicar mal la ley es error grave: 0 en la pregunta. -0,1 por vector sin flecha.
País Vasco	2 de 4: altura a la que $g = g_0/3$ (2025 extr.), g a 250 km de Marte como fracción de g_0 (2026 extr.).	Cálculo simbólico antes que numérico; -0,1 por unidades y por vectores.

Fuentes: exámenes y criterios oficiales de cada comunidad y sus documentos de 2025-26 y 2026-27 (en las fuentes del tema). Que algo no haya caído no quiere decir que no entre.

10 Ejercicio resuelto: punto de campo nulo y campo de dos masas (Madrid 2026)

PAU COMUNIDAD DE MADRID 2026 · CONVOCATORIA ORDINARIA · PREGUNTA 2.B (BLOQUE CAMPO GRAVITATORIO; A ELEGIR ENTRE 2.A Y 2.B; 2,5 PUNTOS)

Dos masas puntuales, m1 = 2 kg y m2 = 4 kg están situadas en el origen de coordenadas y en el punto (4, 0) m del plano xy, respectivamente. Calcule: [...] Dato: Constante de la Gravitación Universal, G = 6,67 · 10⁻¹¹ N m² kg⁻².

a) El punto del eje x entre ambas masas en el que el campo gravitatorio creado por las dos masas es nulo. (1,5 puntos)

b) El campo gravitatorio total debido a ambas masas en el punto (0, 2) m. (1 punto)

Apartado a)

1. **La idea:** entre las dos masas, $\vec{g}_1$ apunta hacia m_1 (hacia la izquierda) y $\vec{g}_2$ hacia m_2 (hacia la derecha). Tienen sentidos opuestos, así que el campo total se anula donde sus **módulos son iguales**. Llamamos x a la distancia del punto a m_1; la distancia a m_2 es $4 - x$.
2. Igualamos los módulos (ley de la gravitación): $G\,\dfrac{m_1}{x^2} = G\,\dfrac{m_2}{(4-x)^2}$. La G se cancela.
3. Como todo es positivo, sacamos la raíz: $\dfrac{4-x}{x} = \sqrt{\dfrac{m_2}{m_1}} = \sqrt{2} \;\Rightarrow\; x = \dfrac{4}{1+\sqrt{2}} = 1{,}657$ m.
4. Si prefieres desarrollar, como hace la solución oficial: $m_2 x^2 = m_1(4-x)^2 \Rightarrow 2x^2 + 16x - 32 = 0$, con soluciones $x = 1{,}66$ m y $x = -9{,}66$ m. La segunda está fuera del segmento (a la izquierda de m_1): allí los dos campos apuntan hacia la derecha y se suman, así que **se descarta**.
5. Comprobación: el punto está más cerca de m_1, la masa pequeña, como debe ser.

SOLUCIÓN El campo se anula en el punto **(1,66; 0) m**, a 1,66 m de m_1 y 2,34 m de m_2.

Apartado b)

1. **La idea:** principio de superposición. Calculamos el campo de cada masa en P(0, 2) como vector (apuntando hacia la masa) y sumamos componentes.
2. Campo de m_1: la distancia es $r_1 = 2$ m y el unitario de P hacia m_1 es $-\vec{\jmath}$. $\vec{g}_1 = -G\,\dfrac{m_1}{r_1^2}\,\vec{\jmath} = -\dfrac{6{,}67\cdot 10^{-11}\cdot 2}{2^2}\,\vec{\jmath} = -3{,}335\cdot 10^{-11}\,\vec{\jmath}$ N/kg.
3. Campo de m_2: $r_2 = \sqrt{4^2+2^2} = \sqrt{20}$ m y el unitario de P hacia m_2 es $\dfrac{(4,\,-2)}{\sqrt{20}} = \left(\dfrac{2}{\sqrt{5}}, -\dfrac{1}{\sqrt{5}}\right)$. Módulo: $g_2 = \dfrac{6{,}67\cdot 10^{-11}\cdot 4}{20} = 1{,}334\cdot 10^{-11}$ N/kg. En componentes: $\vec{g}_2 = (1{,}193\,\vec{\imath} - 0{,}597\,\vec{\jmath})\cdot 10^{-11}$ N/kg.
4. Suma: $\vec{g} = \vec{g}_1 + \vec{g}_2 = (1{,}193\,\vec{\imath} - 3{,}932\,\vec{\jmath})\cdot 10^{-11}$ N/kg. Módulo: $g = \sqrt{1{,}193^2 + 3{,}932^2}\cdot 10^{-11} = 4{,}11\cdot 10^{-11}$ N/kg, a 73,1° por debajo del eje x.
5. **Ojo al redondeo:** la solución oficial da $-3{,}94\,\vec{\jmath}$ porque suma los valores ya redondeados ($-3{,}34 - 0{,}60$). Sin redondear antes de sumar sale $-3{,}93$. La diferencia es del 0,3 % y no cambia nada.

SOLUCIÓN $\vec{g} = (1{,}19\,\vec{\imath} - 3{,}93\,\vec{\jmath})\cdot 10^{-11}$ N/kg (módulo $4{,}11\cdot 10^{-11}$ N/kg): apunta hacia abajo y un poco hacia m_2, porque la masa más cercana, m_1, es la que más tira.

Lo que puntúa. Los criterios específicos de Madrid no reparten puntos dentro del apartado, pero dicen qué se valora: «En la corrección de las preguntas se tendrá en cuenta el proceso seguido en la resolución de las mismas, valorándose positivamente la identificación de los principios y leyes físicas involucradas» y «Se valorará positivamente la inclusión de pasos detallados, así como la realización de diagramas, dibujos y esquemas». La solución oficial hace un dibujo, nombra el principio de superposición y da el campo **en componentes** con su unidad (N kg⁻¹).

Error típico que te quita puntos. En b), dar solo el módulo o **sumar los módulos** ($3{,}34 + 1{,}33$) como si los dos campos fueran paralelos. En a), quedarse con $x = -9{,}66$ m o plantear $Gm_1/x^2 = Gm_2/x^2$ con la misma distancia a las dos masas.

11 Ejercicio resuelto: g y masa de Júpiter a partir de un peso (Asturias 2026)

PAU ASTURIAS 2026 · CONVOCATORIA ORDINARIA · PREGUNTA 1 (SE ELIGEN CINCO PREGUNTAS CUALESQUIERA DE OCHO; 2 PUNTOS)

Nos encontramos en la superficie del planeta Júpiter y al medir el peso de un melón que en la superficie de la Tierra era de 150 N, obtenemos un valor de 380 N. Calcule: [...] (Datos de la tabla común del examen que hacen falta: G = 6.67×10⁻¹¹ N·m²·kg⁻²; RJúpiter = 7.15×10⁷ m; MTierra = 5.97×10²⁴ kg; RTierra = 6.37×10⁶ m.)

a) El valor de la aceleración de la gravedad en la superficie de Júpiter. (1 punto)

b) La masa de Júpiter. (1 punto)

Apartado a)

1. **La idea:** el peso es $P = mg$ y la **masa del melón es la misma** en los dos planetas. Con el peso en la Tierra sacamos la masa; con la masa y el peso en Júpiter, g_J. Primero necesitamos g_0 terrestre, que no dan: la calculamos con los datos de la tabla.
2. Gravedad en la superficie de la Tierra: $g_0 = G\,\dfrac{M_T}{R_T^2} = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ \mathrm{N{\cdot}m^2/kg^2} \cdot \dfrac{5{,}97 \cdot 10^{24}\ \mathrm{kg}}{(6{,}37 \cdot 10^{6}\ \mathrm{m})^2} = 9{,}81\ \mathrm{m/s^2}$.
3. Masa del melón: $m = \dfrac{P_T}{g_0} = \dfrac{150\ \mathrm{N}}{9{,}81\ \mathrm{m/s^2}} = 15{,}3\ \mathrm{kg}$.
4. Gravedad en Júpiter: $g_J = \dfrac{P_J}{m} = \dfrac{380\ \mathrm{N}}{15{,}3\ \mathrm{kg}} = 24{,}9\ \mathrm{m/s^2}$. Más rápido: $g_J = g_0\,\dfrac{P_J}{P_T} = 9{,}81 \cdot \dfrac{380}{150}$, el mismo resultado.
5. **Ojo al redondeo:** la solución oficial redondea g_0 a 9,8 m/s² y obtiene $m = 15{,}31$ kg y $g_J = 24{,}8$ m/s². Arrastrando los decimales ($g_0 = 9{,}814$) sale 24,86 m/s². Las dos son correctas: solo difieren en la tercera cifra.

SOLUCIÓN $g_J \approx 24{,}9$ m/s² (24,8 en la solución oficial), unas 2,5 veces la terrestre. Coincide con el $GM/R^2_{ecuador} = 24{,}8$ m/s² de la NASA, que no tiene en cuenta la rotación de Júpiter (con ella, una báscula marcaría unos 23,1 m/s² en el ecuador y 27,0 m/s² en los polos).

Apartado b)

1. **La idea:** en la superficie, $g_J = G\,\dfrac{M_J}{R_J^2}$; despejamos la masa.
2. $M_J = \dfrac{g_J R_J^2}{G} = \dfrac{24{,}86\ \mathrm{m/s^2} \cdot (7{,}15 \cdot 10^{7}\ \mathrm{m})^2}{6{,}67 \cdot 10^{-11}\ \mathrm{N{\cdot}m^2/kg^2}} = 1{,}91 \cdot 10^{27}\ \mathrm{kg}$.
3. Comprobación sin G: $\dfrac{M_J}{M_T} = \dfrac{g_J}{g_0}\left(\dfrac{R_J}{R_T}\right)^2 = \dfrac{380}{150} \cdot \left(\dfrac{7{,}15 \cdot 10^{7}}{6{,}37 \cdot 10^{6}}\right)^2 = 319$, y $319 \cdot 5{,}97 \cdot 10^{24} = 1{,}91 \cdot 10^{27}$ kg.
4. **Errata menor de la solución oficial:** usa $R_J = 7{,}14 \cdot 10^{7}$ m, aunque la tabla del examen da $7{,}15 \cdot 10^{7}$ m. Su resultado, $M_J \approx 1{,}9 \cdot 10^{27}$ kg, coincide con el nuestro a dos cifras.

SOLUCIÓN $M_J = 1{,}91 \cdot 10^{27}$ kg, unas 319 veces la masa de la Tierra. La NASA da $1{,}898 \cdot 10^{27}$ kg: un 0,4 % de diferencia.

Lo que puntúa. La ficha de Asturias (2025-26) dice: «Se valorará primordialmente la construcción correcta frente a la solución correcta aportada» y «Se penalizará con un descuento de 0.25 puntos por error grave o acumulativo de varios errores leves». Desde ese curso, además, hay que escribir las unidades al sustituir: «En el desarrollo de las soluciones de los ejercicios deben emplearse las magnitudes consideradas, no sólo expresando sus valores numéricos, sino también sus unidades de medida». Por eso los pasos de arriba llevan las unidades dentro de las fracciones.

Error típico que te quita puntos. Tomar los 150 N como si fueran la masa, o pensar que la masa del melón cambia en Júpiter. En b), olvidar elevar el radio al cuadrado o usar el radio de la Tierra.

12 Ejercicio resuelto: la nave Hera pasa junto a Marte (Cataluña 2026)

PAU CATALUÑA 2026 · CONVOCATORIA ORDINARIA, EXAMEN DE INCIDENCIAS (SERIE 5) · EJERCICIO 1, OPCIÓN A (A ELEGIR ENTRE A Y B; 2,5 PUNTOS; VERSIÓN EN CASTELLANO PUBLICADA POR LA COMISIÓN)

La nave espacial Hera (mH = 1 130 kg) tiene que llegar a un sistema de asteroides para recoger información. Para conseguirlo en el 2025 pasó cerca de Marte y aprovechó su gravedad para acelerar. […] Datos: G = 6,67 × 10^{-11} N m² kg^{-2}. Masa de Marte: MM = 6,42 × 10^{23} kg. Radio de Marte: RM = 3,39 × 10^{3} km. Semieje mayor Sol-Tierra: aST = 1,50 × 10^{8} km. Tercera ley de Kepler: T^2/a^3 = constante, donde a es el semieje mayor de la órbita.

1.1) En un punto de la trayectoria, Hera pasó a una distancia de 5 000 km de la superficie de Marte. Calcule en este punto la intensidad del campo gravitatorio generado por Marte y la fuerza gravitatoria ejercida por Marte sobre Hera. Realice un esquema que represente Marte y Hera, y dibuje la fuerza que Marte ejerce sobre Hera. (1,25 puntos)

1.2) Hera describe una trayectoria elíptica alrededor del Sol con un periodo de 2 años y 274 días. Sabiendo que el periodo de la órbita de la Tierra alrededor del Sol es de 365 días, calcule el semieje mayor de la órbita elíptica de Hera. Sabiendo que el perihelio de la órbita de Hera se encuentra a 1,49 × 10^{8} km, ¿a qué distancia del Sol se encuentra el afelio? Calcule el cociente entre la velocidad de Hera en el perihelio y en el afelio. (1,25 puntos)

Apartado 1.1)

1. **La idea:** Marte es esférico, así que su campo en el exterior es el de una masa puntual en su centro. La distancia que cuenta es **al centro**: hay que sumar el radio a los 5000 km.
2. Distancia al centro: $r = R_M + h = 3{,}39 \cdot 10^6 + 5{,}00 \cdot 10^6 = 8{,}39 \cdot 10^6$ m.
3. Intensidad del campo (ley de la gravitación y $g = F/m$): $g = G\,\dfrac{M_M}{r^2} = 6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot \dfrac{6{,}42 \cdot 10^{23}}{(8{,}39 \cdot 10^6)^2} =$ $0{,}608$ m/s² (o N/kg).
4. Fuerza sobre Hera: $F = m_H\, g = 1130\ \text{kg} \cdot 0{,}608\ \text{N/kg} = 687$ N.
5. Esquema: un círculo (Marte), un punto (Hera) a $r = 8{,}39 \cdot 10^6$ m del centro y una flecha desde Hera **hacia el centro de Marte**: la fuerza es atractiva y está dirigida según la línea que une los dos centros. En forma vectorial, $\vec{F} = -G\,\dfrac{M_M m_H}{r^2}\,\vec{u}_r$, con $\vec{u}_r$ de Marte a Hera.

SOLUCIÓN $g = 0{,}608$ m/s² (unas 16 veces menor que en la superficie terrestre) y $F = 687$ N, dirigida de Hera hacia el centro de Marte.

Apartado 1.2)

1. **La idea:** este apartado es del Tema 6 (leyes de Kepler y momento angular); te lo resolvemos para que tengas el ejercicio completo. La tercera ley vale para todos los cuerpos que orbitan el Sol, así que comparamos Hera con la Tierra.
2. Periodo de Hera: $T_H = 2 \cdot 365 + 274 = 1004$ días. Tercera ley: $\dfrac{T_H^2}{a_H^3} = \dfrac{T_T^2}{a_T^3} \Rightarrow a_H = a_T \left(\dfrac{T_H}{T_T}\right)^{2/3} = 1{,}50 \cdot 10^{11} \cdot \left(\dfrac{1004}{365}\right)^{2/3} = 2{,}94 \cdot 10^{11}$ m.

3. En una elipse, perihelio + afelio = eje mayor: $r_P + r_A = 2a_H \Rightarrow r_A = 2 \cdot 2{,}945 \cdot 10^{11} - 1{,}49 \cdot 10^{11} = 4{,}40 \cdot 10^{11}$ m.

4. La fuerza del Sol es central, así que el **momento angular se conserva**. En el perihelio y en el afelio $\vec{r}$ y $\vec{v}$ son perpendiculares: $m_H r_P v_P = m_H r_A v_A \Rightarrow \dfrac{v_P}{v_A} = \dfrac{r_A}{r_P} = \dfrac{4{,}40 \cdot 10^{11}}{1{,}49 \cdot 10^{11}} = 2{,}95$.

SOLUCIÓN $a_H = 2{,}94 \cdot 10^{11}$ m (1,96 veces el de la Tierra), afelio a $4{,}40 \cdot 10^{11}$ m y $v_P/v_A = 2{,}95$: en el perihelio Hera va casi tres veces más deprisa. Coincide con la pauta oficial.

Lo que puntúa. La pauta oficial (en catalán; traducción nuestra) reparte el 1.1 así: **0,75** por calcular g con la ley de la gravitación y $F = m_H g$; **0,25** por la fuerza, 687 N; y **0,25** por el esquema: «La fuerza es atractiva y dirigida a lo largo de la línea que une los dos objetos». En el 1.2: 0,75 por el semieje con la tercera ley, 0,25 por el afelio y 0,25 por el cociente de velocidades con la conservación del momento angular. Además, en Cataluña uno o más errores de unidades restan 0,25 por problema y dar resultados con 6 o más cifras significativas (o con solo 1) resta 0,10.

Error típico que te quita puntos. Usar $r = 5000$ km sin sumar el radio de Marte: sale $g = 1{,}71$ m/s², casi el triple. También, olvidar pasar los km a metros o dibujar la fuerza desde Marte hacia la nave.

Conceptos clave

Ley de la gravitación universal

Dos masas puntuales se atraen con una fuerza proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de su distancia, dirigida según la recta que las une: $\vec{F} = -G\dfrac{m_1 m_2}{r^2}\vec{u}_r$.

Constante de gravitación universal

$G = 6{,}674 \cdot 10^{-11}$ N·m²/kg² (CODATA 2018). Es la misma en todo el universo; no confundir con g.

Intensidad del campo gravitatorio

Fuerza por unidad de masa en un punto, $\vec{g} = \vec{F}/m$. Se mide en N/kg, que equivale a m/s². Para una masa puntual, $\vec{g} = -GM/r^2\,\vec{u}_r$.

Fuerza central

Fuerza dirigida siempre hacia un punto fijo. La gravitatoria lo es y su módulo solo depende de la distancia: por eso es conservativa; y, por ser central, conserva el momento angular.

Línea de campo

Línea tangente al vector campo en cada punto. Las gravitatorias llegan a las masas, nunca se cortan y se juntan donde el campo es más intenso.

Principio de superposición

El campo creado por varias masas es la suma vectorial de los campos que crearía cada una por separado.

Punto de campo nulo

Punto del segmento entre dos masas en el que sus campos tienen igual módulo y sentidos opuestos; está más cerca de la masa menor: $x = d/(1 + \sqrt{m_2/m_1})$ desde m_1.

Peso

Fuerza con la que un planeta atrae a un cuerpo, $\vec{P} = m\vec{g}$. Cambia de un planeta a otro; la masa no.

Gravedad en la superficie

$g_0 = GM/R^2$. En la Tierra, 9,82 m/s² de media (9,780 en el ecuador y 9,832 en los polos). Permite escribir $GM = g_0 R^2$.

Densidad media de un planeta

$\rho = M/(\frac{4}{3}\pi R^3) = 3g_0/(4\pi G R)$. La de la Tierra es 5513 kg/m³.

Teorema de la capa

Una esfera con masa repartida con simetría esférica atrae a los cuerpos exteriores como si toda su masa estuviera en el centro; una capa esférica no ejerce fuerza neta en su interior.

Gravedad normal

$g_n = 9{,}806\,65$ m/s², valor convencional fijado en 1901 por la Conferencia General de Pesas y Medidas. No es el valor medido en ningún lugar concreto.

MODO PAU

Siete claves que valen puntos

Vector siempre

Si piden «el campo» o «la fuerza», da **componentes** con $\vec{\imath}, \vec{\jmath}$ (o módulo, dirección y sentido). En Cantabria, solo el módulo vale **la mitad**.

Esquema primero

Ejes, masas, punto y cada $\vec{g}_i$ apuntando **hacia su masa**. Muchas pautas le dan puntos propios (Cataluña, 0,25).

Distancia al centro

$r = R + h$, **nunca** la altura sola; y el **radio**, no el diámetro (Extremadura: -50 % en cada caso).

Punto de campo nulo

Solo **entre** las masas y más cerca de la pequeña. Saca la raíz: $\frac{d-x}{x} = \sqrt{m_2/m_1}$. Si sale otra solución, descártala **por escrito**.

GM = g₀R²

Si te dan g_0 y R en vez de G y M, úsalo. Para comparar planetas, divide: $g_p/g_T = (M_p/M_T)(R_T/R_p)^2$.

Unidades

km → m antes de sustituir; g en N/kg o m/s². Cataluña: -0,25 por problema; Extremadura: -50 % de la cuestión; Asturias: unidades también al sustituir.

Justifica y cita la ley

«Por la ley de la gravitación universal…», «por superposición…». En Galicia, una elección sin justificar vale 0; en Navarra, aplicar mal la ley anula la pregunta.

Cómo te lo pueden preguntar

- Calcular g en la superficie de un planeta o a una altura, la masa o la densidad de un planeta, el peso de un cuerpo en otro astro o comparar planetas con cocientes: sale en 30 de las 68 convocatorias ordinarias y extraordinarias de 2025 y 2026, en 15 comunidades.
- Campo o fuerza gravitatoria de dos o tres masas en un punto (cálculo vectorial con esquema) y punto de campo o fuerza nula entre dos masas, entre la Tierra y la Luna o entre la Tierra y el Sol: sale en 26 de las 68 convocatorias, en 13 comunidades.
- En conjunto, el tema sale en 46 de las 68 convocatorias, en las 17 comunidades, casi siempre en la primera pregunta o en el bloque A y a menudo junto al potencial y la velocidad de escape (Tema 4) o las órbitas (Tema 5).
- Cuestiones teóricas: verdadero o falso sobre el campo de dos masas (Andalucía 2025), enunciar y explicar la ley de la gravitación (modelo de Aragón 2025), razonar si cambia el peso en un eclipse (Galicia 2026).

No lo confundas

- **g con G:** g es el campo en un punto (cambia con la distancia); G es una constante universal que no cambia nunca.
- **Masa con peso:** la masa (kg) es la misma en cualquier planeta; el peso, $P = mg$ (N), depende del g del lugar.
- **Campo con fuerza:** $\vec{g}$ (N/kg) es del punto; $\vec{F} = m\vec{g}$ (N) es lo que nota una masa concreta.
- **Altura con distancia al centro:** en $g = GM/r^2$, $r = R + h$.
- **Radio con diámetro:** si te dan el diámetro, divide entre 2 antes de nada.
- **Punto de campo nulo con punto de Lagrange L1:** en L1 el campo no se anula; allí la atracción neta es la fuerza centrípeta de la órbita.
- **Ingravidez con $g = 0$:** en la ISS g vale 8,69 m/s²; los astronautas flotan porque caen libremente (Tema 5).
- **Campo nulo con potencial nulo:** el campo puede anularse entre dos masas; el potencial gravitatorio es negativo en todas partes y solo vale cero en el infinito (Tema 4).

Ponte a prueba

PAU Illes Balears 2026 (ordinaria), Pregunta 1 (2 puntos; traducido del catalán). El 5 de noviembre de 2025 fue el día en que la Luna se acercó más a la Tierra en todo aquel año. La figura muestra los tamaños de la Tierra y la Luna, así como su distancia aquel día, representados a escala. [Figura: la Tierra (T) y la Luna (L) dibujadas a escala, con la distancia entre sus centros d_{T-L} = 356833 km.] M_T (masa de la Tierra) = 5,9722×10²⁴ kg, M_L (masa de la Luna) = 7,3477×10²² kg. Responded a, b y c. **a)** Determinad la distancia x a la Luna del punto P donde las atracciones gravitatorias de la Tierra y la Luna se cancelaron el día 5 de noviembre y el cociente x/d_{T-L}. Aquí podéis usar M_T/M_L = 81,28. [1 punto] **b)** Calculad la energía potencial gravitatoria de una sonda de 1400 kg en el punto P, debida a la Tierra y la Luna. [0,5 puntos] **c)** Calculad la velocidad de la sonda de 1400 kg justo antes del impacto con la Luna si la sonda tiene una velocidad radial de 6200 m/s en el punto P. Podéis usar que la energía potencial gravitatoria de la sonda debida a la Tierra y la Luna, inmediatamente antes del impacto, tiene un valor de -5,52×10⁹ J. [0,5 puntos] (Formulario del examen: $G \approx 6{,}6743 \cdot 10^{-11}$ N m² kg⁻².)

Solución: a) Fuerzas iguales y opuestas en P: $G\,\dfrac{M_L}{x^2} = G\,\dfrac{M_T}{(d-x)^2} \Rightarrow \dfrac{d-x}{x} = \sqrt{81{,}28} = 9{,}016$, con $d = 3{,}56833 \cdot 10^8$ m. $x = \dfrac{d}{1+9{,}016} = 3{,}56 \cdot 10^7$ m y $x/d = 0{,}100$ (el punto está a $3{,}21 \cdot 10^8$ m de la Tierra, el 90 % del camino). **b)** (Tema 4) Las energías potenciales se suman como escalares: $E_p = -G\,m\left(\dfrac{M_L}{x} + \dfrac{M_T}{d-x}\right) = -6{,}6743 \cdot 10^{-11} \cdot 1400 \cdot \left(\dfrac{7{,}3477 \cdot 10^{22}}{3{,}563 \cdot 10^7} + \dfrac{5{,}9722 \cdot 10^{24}}{3{,}212 \cdot 10^8}\right) = -1{,}93 \cdot 10^9$ J. **c)** Conservación de la energía mecánica (solo actúa la gravedad): $\frac{1}{2}mv_P^2 + E_p(P) = \frac{1}{2}mv^2 + E_p(\text{impacto})$. $\frac{1}{2} \cdot 1400 \cdot 6200^2 - 1{,}93 \cdot 10^9 = 700\,v^2 - 5{,}52 \cdot 10^9$, de donde $v = 6{,}60 \cdot 10^3$ m/s. Coincide con la pauta oficial ($x = 3{,}56 \cdot 10^7$ m; 0,100; $-1{,}93 \cdot 10^9$ J; 6600 m/s).

PAU Galicia 2026 (extraordinaria), Pregunta 1. Interacción gravitatoria (2,5 puntos; obligatoria; versión en castellano publicada por la CiUG). TEXTO: Eclipse solar. El próximo 12 de agosto de 2026, tendrá lugar uno de los espectáculos naturales más impresionantes: un eclipse total de Sol que será visible desde Galicia. Este fenómeno se produce cuando la Luna se interponen entre la Tierra y el Sol, produciendo un alineamiento casi perfecto de los tres astros. La Luna tapará casi completamente el Sol y oscurecerá partes del planeta durante unos minutos. Un grupo de estudiantes está organizando una jornada de observación en el instituto y surgen varias cuestiones científicas sobre el fenómeno, como por ejemplo los cambios en la fuerza de interacción entre los tres cuerpos, puesto que unos estudiantes dicen que la fuerza entre el Sol y la Tierra es menor que entre la Tierra y la Luna, ya que esta está mucho más cerca, y otros dicen lo contrario teniendo en cuenta la mayor masa del Sol respeto de la Luna. **1.1.** Responda a estos apartados. (1 punto) Ayude a los estudiantes a conocer la relación entre las fuerzas y calcule: a) la fuerza gravitatoria ejercida por el Sol sobre la Tierra. b) la fuerza gravitatoria ejercida por la Tierra sobre la Luna. c) Dibuje esquemas de la interacción entre los cuerpos que incluyan los vectores fuerza anteriores, comparando ambos resultados y comentando su orden de magnitud. **1.2.** Indique y justifique la correcta. (0,5 puntos) Uno de los estudiantes afirma que «el peso de una persona durante el eclipse va a cambiar debido a los cambios en las interacciones de la persona con la Luna y con el Sol». Justifique si el estudiante: a) está en lo cierto b) no tiene razón. **1.3.** Responda a estos apartados. (1 punto) La Luna es un satélite que describe una órbita prácticamente circular alrededor de la Tierra. a) Calcule la velocidad de la órbita de la Luna. b) Los estudiantes se preguntan si sería posible que la Luna «escape» de la atracción terrestre ¿cuál debería ser la velocidad de la Luna para que ocurriera este fenómeno? DATOS: G = 6,67×10⁻¹¹ N·m²·kg⁻²; MT = 5,98×10²⁴ kg, MS = 1,99×10³⁰ kg, ML = 7,35×10²² kg, Distancia media entre los centros Tierra-Sol: dTS = 1,5×10¹¹ m, Distancia media entre los centros Tierra-Luna: dTL = 3,84×10⁸ m. («se interponen» y «respeto» están así en el original.)

Solución: 1.1 a) $F_{ST} = G\,\dfrac{M_S M_T}{d_{TS}^2} = 6{,}67\cdot 10^{-11}\cdot \dfrac{1{,}99\cdot 10^{30}\cdot 5{,}98\cdot 10^{24}}{(1{,}5\cdot 10^{11})^2} = 3{,}53\cdot 10^{22}$ N. b) $F_{TL} = 6{,}67\cdot 10^{-11}\cdot \dfrac{5{,}98\cdot 10^{24}\cdot 7{,}35\cdot 10^{22}}{(3{,}84\cdot 10^{8})^2} = 1{,}99\cdot 10^{20}$ N. c) Dos esquemas: una flecha sobre la Tierra hacia el Sol (y su pareja sobre el Sol, hacia la Tierra) y otra sobre la Luna hacia la Tierra (y su pareja). $F_{ST}/F_{TL} = 177$: la fuerza Sol-Tierra es dos órdenes de magnitud mayor (10^{22} frente a 10^{20} N). Tienen razón los segundos: la masa del Sol, unos 27 millones de veces la de la Luna, pesa más que la mayor distancia, unas 390 veces la Tierra-Luna, que entra al cuadrado. **1.2 b) No tiene razón.** El peso es la fuerza con la que **la Tierra** atrae a la persona, $P = GM_T m/R_T^2$, y no depende de dónde estén el Sol y la Luna. Sus atracciones sobre una persona son pequeñas (unos $6\cdot 10^{-3}$ N/kg el Sol y $3\cdot 10^{-5}$ N/kg la Luna, frente a 9,8 N/kg) y, además, la Tierra entera cae hacia ellos con casi la misma aceleración, así que solo se nota la diferencia (la marea), del orden de una diezmillonésima de g y la misma en cualquier luna nueva, haya eclipse o no. **1.3** (Temas 5 y 4) a) Gravitación = fuerza centrípeta: $v = \sqrt{GM_T/d_{TL}} = \sqrt{6{,}67\cdot 10^{-11}\cdot 5{,}98\cdot 10^{24}/3{,}84\cdot 10^{8}} = 1{,}02\cdot 10^{3}$ m/s. b) Escape desde esa órbita, $E_m = 0$: $v_e = \sqrt{2GM_T/d_{TL}} = \sqrt{2}\cdot 1019 = 1{,}44\cdot 10^{3}$ m/s. (La CiUG no publicó resultados de esta pregunta; según sus criterios, en 1.2 una elección sin justificar vale 0.)

PAU Andalucía 2025 (extraordinaria), Bloque A, apartado b1 (1,5 puntos; a elegir entre b1 y b2). Dos masas puntuales de 200 kg están situadas en los puntos A(0,-3) m y B(0,3) m. Calcule razonadamente: i) (1 punto) el campo gravitatorio en el punto C(4,0) m, apoyándose en un esquema; ii) (0,5 puntos) la fuerza sobre una masa puntual de 3 kg situada en el origen. G = 6,67·10⁻¹¹ N m² kg⁻²

Solución: i) Distancia de cada masa a C: $r = \sqrt{4^2 + 3^2} = 5$ m. Módulo de cada campo: $g_A = g_B = \dfrac{6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot 200}{25} = 5{,}34 \cdot 10^{-10}$ N/kg. Unitarios de C hacia cada masa: $\dfrac{(-4,\,-3)}{5}$ y $\dfrac{(-4,\,3)}{5}$. Por simetría, las componentes y se anulan y las x se suman: $\vec{g}_C = 2 \cdot 5{,}34 \cdot 10^{-10} \cdot (-0{,}8)\,\vec{\imath} = -8{,}54 \cdot 10^{-10}\,\vec{\imath}$ N/kg (hacia el origen). En el esquema: dos flechas desde C, una hacia A y otra hacia B, y su suma sobre el eje x hacia la izquierda. **ii)** En el origen, cada masa está a 3 m y crea un campo de $\dfrac{6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot 200}{9} = 1{,}48 \cdot 10^{-9}$ N/kg, uno hacia $+\vec{\jmath}$ y otro hacia $-\vec{\jmath}$: se anulan. $\vec{g}_O = \vec{0}$, así que $\vec{F} = m\vec{g}_O = \vec{0}$: la masa de 3 kg está en equilibrio. Andalucía no publica soluciones; con sus criterios de 2026, restan 0,1 cada unidad ausente y la falta de la flecha de vector «más de una vez».

Fuentes

1. Real Decreto 243/2022, de 5 de abril, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas del Bachillerato (Física, saberes básicos, bloque A «Campo gravitatorio»)
2. Andalucía: Directrices y orientaciones generales para las PAU, curso 2026-27, Física (17-jun-2026)
3. Asturias: Información sobre la PAU, curso 2025/2026, Física (ficha con anexo de concreción curricular)
4. Canarias: Matriz de especificaciones de la PAU 2027, Física
5. Cantabria: criterios de corrección PAU junio 2026, Física (Universidad de Cantabria)
6. Cataluña: Orientacions per a l'examen de Física, PAU 2027
7. Extremadura: Aspectos curriculares orientativos, Bloque A. Campo gravitatorio, PAU 2026-27 (octubre de 2026)
8. Galicia: Orientacións do grupo de traballo de Física, curso 2025-26 (CiUG)
9. Madrid: presentación de la Comisión de Materia de Física, PAU 2025/2026 (UAM)
10. Murcia: Especificaciones para el ejercicio de Física PAU 2027 (Universidad de Murcia)
11. Murcia: Decreto 251/2022, de 22 de diciembre, currículo de Bachillerato de la Región de Murcia (BORM n.º 296, 24-12-2022), Física
12. PAU Navarra 2025, extraordinaria: examen de Física (Pregunta 1.B, «punto Lagrange-1»)
13. Navarra: Guía PAU de Física, curso 2025-2026 (UPNA)
14. PAU Madrid 2026, ordinaria: examen de Física con criterios y soluciones
15. PAU Asturias 2026, ordinaria: examen de Física
16. PAU Asturias 2026, ordinaria: examen resuelto de Física
17. PAU Cataluña 2026, examen de incidencias (Serie 5): examen de Física en castellano
18. PAU Cataluña 2026, examen de incidencias (Serie 5): pauta de corrección (en catalán)
19. PAU Illes Balears 2026, ordinaria: examen de Física (en catalán)
20. PAU Illes Balears 2026, ordinaria: criterios de corrección de Física (en catalán)
21. PAU Galicia 2026, extraordinaria: examen de Física
22. PAU Galicia 2026, extraordinaria: criterios específicos de Física
23. PAU Andalucía 2025, extraordinaria: examen de Física
24. PAU Extremadura 2025, extraordinaria: criterios de corrección de Física
25. NIST, CODATA: constante de gravitación newtoniana G
26. NIST, CODATA: aceleración normal de la gravedad g_n
27. NASA, Planetary Fact Sheet (métrico)
28. NASA, Earth Fact Sheet
29. NASA, Moon Fact Sheet
30. NASA, Mars Fact Sheet
31. NASA, Jupiter Fact Sheet
32. ESA: sobrevuelo de Marte de la misión Hera (12 de marzo de 2025)

Imágenes: Farmeando PAU: Farmeando PAU, esquema de elaboración propia (Python y matplotlib). · Farmeando PAU: Farmeando PAU, esquema de elaboración propia (Python y matplotlib). · Farmeando PAU: Farmeando PAU, esquema de elaboración propia (Python y matplotlib). · Farmeando PAU: Farmeando PAU, esquema de elaboración propia (Python y matplotlib).

Apuntes de Farmeando PAU · farmeandopau.com · Revisados frente a fuentes. Última revisión: 1 de noviembre de 2026. Licencia CC BY-NC-ND 4.0: puedes copiarlo y compartirlo citándonos, sin uso comercial ni cambios (las imágenes, con su propia licencia). ¿Un error? Avísanos desde la página del tema. Cómo los hacemos: farmeandopau.com/metodologia.