Trabajo, fuerzas conservativas y energía mecánica

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

Es el repaso de 1.º que **Andalucía pregunta en el ejercicio A**: trabajo de una fuerza ($W = F\,\Delta r\cos\alpha$, o el área bajo la gráfica F–x), potencia, **teorema de las fuerzas vivas** ($W_{total} = \Delta E_c$), fuerzas conservativas y energía potencial (mgh, $\frac{1}{2}kx^2$) y el balance con rozamiento $W_{nc} = \Delta E_m$ en **planos inclinados con esquema de fuerzas**. Sale en **4 de las 68 convocatorias**, todas de Andalucía (y en las 9 convocatorias publicadas de Andalucía de 2025–2026, contando las reservas); fue el **ejercicio obligatorio de la ordinaria de 2026**. En el resto de comunidades es la herramienta de los Temas 4, 5 y 8.

1 Quién pregunta este tema y con qué documento

Trabajo y energía son saberes de **1.º de Bachillerato**: el Real Decreto 243/2022 los pone en Física y Química, bloque F «Energía»: «Conceptos de trabajo y potencia: elaboración de hipótesis sobre el consumo energético de sistemas mecánicos o eléctricos del entorno cotidiano y su rendimiento» y «Energía potencial y energía cinética de un sistema sencillo: aplicación a la conservación de la energía mecánica en sistemas conservativos y no conservativos y al estudio de las causas que producen el movimiento de los objetos en el mundo real». En la Física de 2.º el mismo decreto los usa dentro del campo gravitatorio: «Energía mecánica de un objeto sometido a un campo gravitatorio: deducción del tipo de movimiento que posee, cálculo del trabajo o los balances energéticos existentes en desplazamientos entre distintas posiciones, velocidades y tipos de trayectorias». Lo que cambia de una comunidad a otra es si se preguntan **por sí solos** o solo como herramienta.

Comunidad	Documento	Qué dice
Andalucía	Directrices y orientaciones generales para las Pruebas de Acceso y Admisión a la Universidad, curso 2026-27 (17-jun-2026)	«En la resolución de los ejercicios puede ser necesario el uso de conceptos básicos de Física y Matemáticas previos a 2º de Bachillerato» y, en el bloque A: «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.» Y: «Se podrán formular problemas en los que deban realizarse balances energéticos que incluyan energías potenciales gravitatorias.»
Galicia	Orientaciones del grupo de trabajo de Física de la CiUG, curso 2025-26 (vigentes en la página de la materia a 20-oct-2026)	Conocimientos previos que «el alumnado deberá dominar»: «TRABAJO Y ENERGÍA – Concepto de trabajo y energía. – Diferencia entre fuerzas conservativas y no conservativas. – Energía cinética y potencial. – Principio de conservación de la energía» (traducido del gallego).
Cataluña	Orientacions per a l'examen de Física, PAU 2027 (oct-2026)	«Hay que conocer y saber utilizar los contenidos fundamentales de cursos anteriores para resolver situaciones y responder las preguntas» (traducido del catalán).

Comunidad	Documento	Qué dice
Asturias	Universidad de Oviedo, «Información sobre la PAU. Curso 2025/2026. Física», anexo, indicadores 9 y 10	«Utilizar la relación entre el trabajo realizado por la fuerza gravitatoria y las variaciones de energía cinética y potencial para la resolución de problemas» y conservar la energía en la caída libre «considerando despreciable el rozamiento con una posible atmósfera».
Canarias	Matriz de especificaciones de Física, PAU 2027, saber I.3	«Formula y aplica la Segunda Ley de Newton y el Principio de Conservación de la Energía Mecánica a un objeto sometido a un campo gravitatorio.»
Extremadura	Aspectos curriculares orientativos, Bloque A (PAU 2026-27, octubre de 2026)	Epígrafe «Interacción gravitatoria»: «Fuerzas conservativas. Energía potencial. Conservación de la energía.»
Aragón	Orden ECD/1173/2022, currículo de Física de Bachillerato de Aragón (BOA núm. 157, 12-8-2022)	El campo gravitatorio encaja «la cinemática, la dinámica y la energía, vistas en cursos anteriores» (bloque A), y el MAS usa «la ley de conservación de la energía, trabajada en cursos anteriores» (bloque C).
La Rioja	Guía de calificación de la materia Física, PAU curso 2025-2026 (matriz de especificaciones, bloque A)	«5. Aplicando el principio de conservación de la energía mecánica, calcula la energía necesaria para poner un satélite en órbita circular alrededor de un cierto planeta.»
Madrid	Presentación de la Comisión de Materia de Física, PAU 2025-26	«Los conocimientos adquiridos en 1º de Bachillerato • No serán susceptibles de ser preguntados directamente. • Sí podrán ser requeridos para el desarrollo de cuestiones de 2º de bachillerato.» (2025-26; pendiente de confirmar para 2027).
Illes Balears, Cantabria, Castilla-La Mancha, Castilla y León, Comunitat Valenciana, Murcia, Navarra y País Vasco	Sus documentos de la PAU no lo citan	No es un saber de 2.º (RD 243/2022): no cae como pregunta propia, pero lo usas en los balances de energía de los campos (Temas 4 y 8).

Citas literales de cada documento (las de Galicia y Cataluña, traducidas). Que una comunidad no lo nombre no quiere decir que no lo puedas necesitar: todas usan la conservación de la energía en los Temas 4, 5 y 8.

Andalucía, pregunta propia; el resto, herramienta

En **Andalucía** ha caído en el ejercicio A de las **9 convocatorias publicadas de 2025–2026** (ordinarias, extraordinarias y reservas): unas veces en el apartado a) (verdadero o falso, o una caída libre), otras en el b) (plano inclinado o suelo horizontal con rozamiento) y, en la ordinaria de 2026, en los dos, porque fue el **ejercicio obligatorio**. Entra también en el modelo 2026-27. En las demás comunidades no ha caído como pregunta propia en 2025–2026, lo que no quiere decir que no entre: **Aragón, Asturias, Canarias, Cataluña, Extremadura, Galicia y La Rioja** lo piden o lo dan por sabido en sus documentos (tabla), y en el resto no es un saber de 2.º, pero lo usarás en cada balance de energía de los campos. **Madrid** dice expresamente que lo de 1.º no se pregunta directamente (en 2025-26; pendiente de confirmar para 2027).

2 Trabajo de una fuerza constante

Una fuerza **realiza trabajo** cuando su punto de aplicación se desplaza y tiene una componente en la dirección del desplazamiento. Para una fuerza constante:

$$W = \vec{F} \cdot \Delta\vec{r} = F\,\Delta r \cos\alpha$$

donde α es el ángulo entre $\vec{F}$ y $\Delta\vec{r}$. El trabajo es un **escalar** (sin flecha) y se mide en **julios**: $1\ \mathrm{J} = 1\ \mathrm{N{\cdot}m}$.

- **Es un producto escalar** (lo ves en el Tema 1): solo cuenta la componente de la fuerza paralela al desplazamiento, $F\cos\alpha$. Con componentes: $W = F_x\,\Delta x + F_y\,\Delta y + F_z\,\Delta z$.
- **El signo dice si la fuerza ayuda o frena.** Si $\alpha < 90^\circ$, $W > 0$ (trabajo **motor**); si $\alpha = 90^\circ$, $W = 0$; si $\alpha > 90^\circ$, $W < 0$ (trabajo **resistente**). El rozamiento dinámico va siempre contra el deslizamiento; sobre una

superficie fija, $\alpha = 180^\circ$ y $W_r = -F_r\, d$.

- **Fuerzas que no trabajan:** la **normal** sobre una superficie fija (es perpendicular al desplazamiento), el **peso** en un tramo horizontal, la **fuerza centrípeta** de un movimiento circular uniforme y cualquier fuerza sobre un cuerpo que no se mueve. Sujetar una maleta quieto te cansa, pero en física $W = 0$.
- **Trabajo total** = suma de los trabajos de todas las fuerzas = trabajo de la resultante: $W_{total} = \sum W_i$. Es el que decide si la energía cinética sube o baja.
- **Trabajo del peso:** $W_P = mg\,(h_A - h_B)$. Solo depende de cuánto bajas o subes, no del camino: bajando un plano de altura h y longitud d, $W_P = mg\,\operatorname{sen}\alpha \cdot d = mgh$, igual que en caída vertical. Al subir, $W_P = -mgh$.

Ángulo entre F y Δr	Trabajo	Ejemplo
$\alpha = 0^\circ$	Máximo, $W = F\,d$	Empujar en el sentido del movimiento
$0^\circ < \alpha < 90^\circ$	Positivo (motor)	Tirar de una maleta con una correa inclinada
$\alpha = 90^\circ$	Nulo	La normal; el peso en un tramo horizontal; la fuerza centrípeta
$90^\circ < \alpha < 180^\circ$	Negativo (resistente)	El peso cuando un cuerpo sube por un plano
$\alpha = 180^\circ$	$W = -F\,d$	El rozamiento dinámico

La normal no trabaja si la superficie está fija; el peso solo trabaja si cambia la altura.

TIRAR DE UN CARRO

Tiras de un carro con una fuerza de 50 N que forma 30° con la horizontal y lo desplazas 4 m por el suelo. ¿Qué trabajo haces?

Respuesta modelo

$W = F\,d\cos\alpha = 50 \cdot 4 \cdot \cos 30^\circ = 173{,}2$ J ≈ 173 J. Solo trabaja la componente horizontal, $50\cos 30^\circ = 43{,}3$ N; la vertical no, porque el carro no se mueve en vertical.

Por qué puntúa. Escribe la fórmula con el ángulo antes de sustituir: es lo que se valora en el planteamiento.

3 Trabajo de una fuerza variable: el área bajo la gráfica F–x

Si la fuerza cambia con la posición, no basta con multiplicar. Se divide el recorrido en tramos tan pequeños que en cada uno la fuerza es casi constante y se suman:

$$W = \int_{x_A}^{x_B} F_x\, dx$$

que es el **área bajo la gráfica F–x** (el área por debajo del eje cuenta negativa).

- **En la PAU no hace falta integrar:** la gráfica es de tramos rectos y el área se saca con rectángulos, triángulos y trapecios.
- **Ley de Hooke:** un muelle estirado o comprimido una distancia x desde su longitud natural ejerce $F = -kx$ (fuerza **recuperadora**, contra la deformación). La constante k se mide en N/m.
- **Trabajo para deformar un muelle** desde la longitud natural hasta x: la fuerza que haces crece de 0 a kx, y el área es un triángulo: $W = \frac{1}{2}kx^2$. El muelle hace el trabajo contrario, $-\frac{1}{2}kx^2$; entre dos deformaciones, $W_{muelle} = \frac{1}{2}k\,(x_A^2 - x_B^2)$.
- **No es lineal en x:** estirar de 10 a 20 cm cuesta el triple que de 0 a 10 cm, porque la fuerza ya es mayor desde el principio.
- Muelles y péndulos vuelven en el **Tema 12** (MAS); Andalucía añade «Péndulos y muelles» a sus orientaciones 2026-27.

LEER LA GRÁFICA

La fuerza de la gráfica de la izquierda actúa en la dirección del movimiento. ¿Qué trabajo hace entre $x = 0$ y $x = 7$ m?

Respuesta modelo

Área = triángulo + rectángulo + triángulo $= \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 20 + 3 \cdot 20 + \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 20 = 20 + 60 + 20 = 100$ J.

Por qué puntúa. Pon las unidades a cada área: N·m = J.

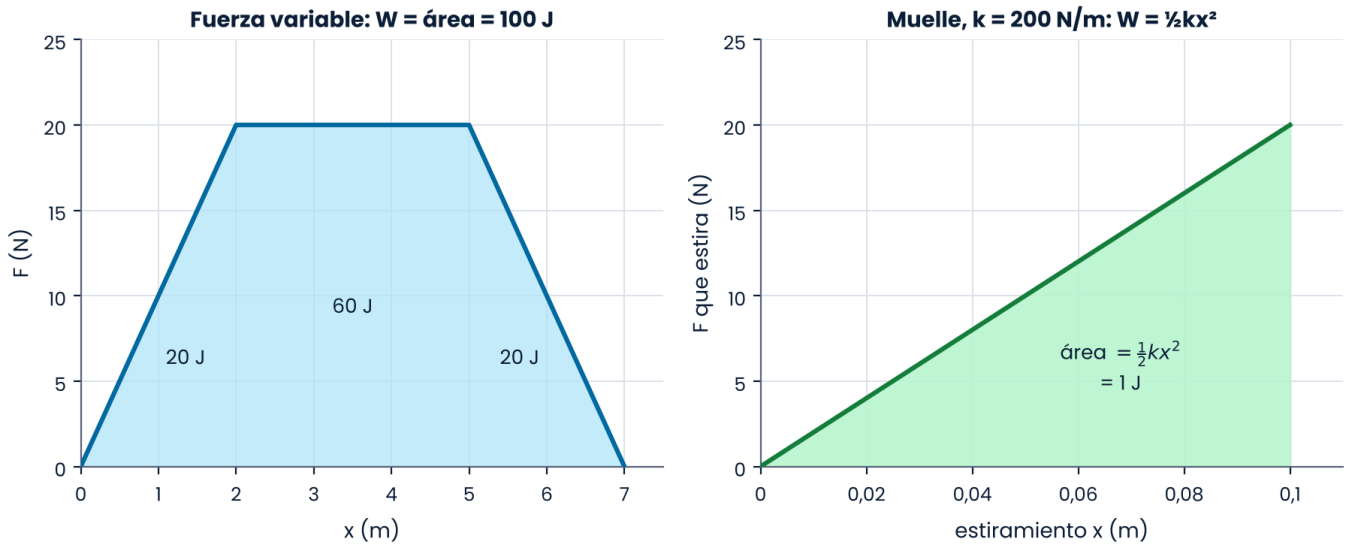
ESTIRAR UN MUELLE

Un muelle tiene $k = 200$ N/m. ¿Qué trabajo hay que hacer para estirarlo 10 cm desde su longitud natural? ¿Y para pasar de 10 a 20 cm?

Respuesta modelo

$W_1 = \frac{1}{2} \cdot 200 \cdot 0{,}10^2 = 1{,}0$ J. $W_2 = \frac{1}{2} \cdot 200 \cdot (0{,}20^2 - 0{,}10^2) = 3{,}0$ J: el triple, aunque el estiramiento es el mismo.

Por qué puntúa. Pasa los centímetros a metros antes de sustituir.



El trabajo es el área bajo F–x. A la izquierda, una fuerza que sube de 0 a 20 N en 2 m, se mantiene hasta 5 m y baja a 0 en 7 m: $20 + 60 + 20 = 100$ J. A la derecha, la fuerza para estirar un muelle de $k = 200$ N/m hasta 10 cm: el triángulo vale $\frac{1}{2}kx^2 = 1$ J.

4 Potencia y rendimiento

La **potencia** mide lo rápido que se hace un trabajo (o se transfiere energía):

$$P = \frac{W}{t}$$

Se mide en **vatios**: $1\ \mathrm{W} = 1\ \mathrm{J/s}$. Si una fuerza constante tira en la dirección de la velocidad, la potencia en cada instante es $P = F\,v$ (en general, $P = \vec{F} \cdot \vec{v}$).

- **El kilovatio hora es energía, no potencia:** $1\ \mathrm{kWh} = 1000\ \mathrm{W} \cdot 3600\ \mathrm{s} = 3{,}6 \cdot 10^6$ J. Es lo que factura la compañía eléctrica.
- **Subir algo a velocidad constante:** la fuerza del motor iguala al peso (más el rozamiento, si lo hay), así que, sin rozamiento, $P = mg\,v$.
- **Rendimiento:** $\eta = \dfrac{P_{útil}}{P_{consumida}}$ (o el cociente de energías). En una máquina real es menor que 1 (menor que el 100 %): el resto se disipa como calor por rozamiento o por efecto Joule. El RD de 1.º lo pide

expresamente («consumo energético [...] y su rendimiento»).

- Misma energía en menos tiempo = más potencia. Dos grúas que suben la misma carga a la misma altura hacen el mismo trabajo; la más rápida tiene más potencia.

UNA GRÚA

Una grúa sube un palé de 500 kg a velocidad constante de 2 m/s ($g = 9{,}8$ m/s²). ¿Qué potencia útil desarrolla? Si consume 12 kW, ¿cuál es su rendimiento? ¿Qué trabajo hace en 10 s?

Respuesta modelo

$P = mg\,v = 500 \cdot 9{,}8 \cdot 2 = 9{,}8 \cdot 10^3$ W $= 9{,}8$ kW. $\eta = 9{,}8/12 = 0{,}82$, un 82 %. En 10 s: $W = P\,t = 9{,}8 \cdot 10^4$ J (sube 20 m: $mgh = 500 \cdot 9{,}8 \cdot 20$, lo mismo).

Por qué puntúa. A velocidad constante la energía cinética no cambia: todo el trabajo del motor va a energía potencial.

5 Energía cinética y teorema de las fuerzas vivas

La **energía cinética** es la que tiene un cuerpo por moverse: $E_c = \frac{1}{2}mv^2$. El **teorema de las fuerzas vivas** (o del trabajo y la energía cinética) dice que el trabajo de **todas** las fuerzas que actúan sobre un cuerpo es igual a la variación de su energía cinética:

$$W_{total} = \Delta E_c = \tfrac{1}{2}mv_B^2 - \tfrac{1}{2}mv_A^2$$

- **De dónde sale** (resultante constante): en un MRUA, $v_B^2 = v_A^2 + 2a\,d$; multiplicando por $\frac{1}{2}m$ y usando $F = ma$: $F\,d = \frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_A^2$. El teorema vale también con fuerzas variables.
- **Cómo se lee:** $W_{total} > 0$, la rapidez aumenta; $W_{total} < 0$, disminuye; $W_{total} = 0$, el **módulo** de la velocidad no cambia (puede cambiar su dirección, como en un movimiento circular uniforme).
- **Es el trabajo total, no el de una fuerza:** puedes hacer trabajo positivo sobre una caja y que se frene, si el rozamiento hace más trabajo negativo que tú.
- **La energía cinética nunca es negativa:** $m > 0$ y $v^2 \geq 0$. Es un escalar: no depende de hacia dónde te muevas.
- **Va con el cuadrado de la velocidad:** a doble velocidad, cuádruple energía cinética y, con la misma fuerza de frenado, cuádruple distancia para pararse.

FRENAR UN COCHE

Un coche de 1200 kg circula a 72 km/h y frena hasta pararse en 40 m. ¿Qué trabajo total se hace sobre él y qué fuerza media lo frena? ¿Qué distancia necesitaría a 144 km/h con la misma fuerza?

Respuesta modelo

$v = 72/3{,}6 = 20$ m/s; $E_c = \frac{1}{2} \cdot 1200 \cdot 20^2 = 2{,}4 \cdot 10^5$ J. $W_{total} = \Delta E_c = -2{,}4 \cdot 10^5$ J, así que $F = 2{,}4 \cdot 10^5/40 = 6{,}0 \cdot 10^3$ N. A doble velocidad la E_c se multiplica por 4: $d = 4 \cdot 40 = 160$ m.

Por qué puntúa. Convierte km/h a m/s dividiendo entre 3,6 antes de nada.

ANDALUCÍA 2026, EXTRAORDINARIA (EJERCICIO A, A1)

«Razone la veracidad de las siguientes afirmaciones: i) (0,5 puntos) si el trabajo total realizado sobre una partícula es positivo, su energía cinética necesariamente aumenta; ii) (0,5 puntos) si la fuerza resultante es siempre perpendicular a la trayectoria del movimiento del cuerpo, esta no realiza trabajo y, por tanto, no puede variar el módulo de la velocidad.»

Respuesta modelo

i) Verdadera. Por el teorema de las fuerzas vivas, $W_{total} = \Delta E_c$; si $W_{total} > 0$, $E_{c,B} > E_{c,A}$ y la rapidez aumenta. **ii) Verdadera.** Si $\vec{F}_{res} \perp d\vec{r}$ en cada instante, $dW = F\,dr\cos 90^\circ = 0$, así que $W_{total} = 0 = \Delta E_c$ y $|\vec{v}|$ no cambia. Lo que cambia es la **dirección** de la velocidad: es el movimiento circular uniforme (un satélite en órbita circular, Tema 5, o una carga en un campo magnético, Tema 9).

Por qué puntúa. Las dos son verdaderas: no busques siempre una trampa. Afirma, cita la ley y pon un ejemplo.

6 Fuerzas conservativas y energía potencial

Una fuerza es **conservativa** si el trabajo que hace al llevar un cuerpo de A a B **no depende del camino**, solo de A y de B. Es lo mismo que decir que su trabajo en un **camino cerrado es nulo**. Solo a estas fuerzas se les puede asociar una **energía potencial** E_p, definida de modo que

$$W_c = -\Delta E_p = E_{p,A} - E_{p,B}$$

- **Lo que pide Andalucía**, literal: «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» (orientaciones 2026-27).
- **Peso, cerca de la superficie:** $E_p = mgh$, con h medida desde un **origen que eliges tú** (el suelo, la mesa, el final del tobogán). Por debajo del origen, $E_p < 0$. Cambiar el origen suma la misma constante a todas las E_p y no cambia ninguna diferencia: por eso solo ΔE_p tiene sentido físico.
- **Muelle:** $E_{p,e} = \frac{1}{2}kx^2$, con el origen en la longitud natural ($x = 0$). Siempre es positiva, estires o comprimas.
- **Son conservativas** el peso y la fuerza gravitatoria en general (Tema 4), la fuerza elástica y la eléctrica (Tema 8). **No lo son** el rozamiento, la resistencia del aire y las fuerzas que hace una persona o un motor. La normal sobre una superficie fija no trabaja, así que no entra en el balance.
- **Por qué el rozamiento no tiene energía potencial:** su trabajo, $-F_r \cdot (\text{camino recorrido})$, crece con la longitud del camino. Arrastrar una caja de A a B por un rodeo cuesta más que en línea recta; no hay una función de la posición cuya diferencia dé ese trabajo.
- **Fuerza y energía potencial** (en una dimensión): $F_x = -\dfrac{dE_p}{dx}$; para el muelle, $-\dfrac{d}{dx}\left(\frac{1}{2}kx^2\right) = -kx$. La fuerza apunta hacia donde la E_p baja. Andalucía no pide el gradiente («no se requerirá, en ningún caso, la utilización del concepto de gradiente»).

Fuerza	¿Conservativa?	Energía potencial	Trabajo de A a B
Peso (cerca de la superficie)	Sí	mgh	$mg\,(h_A - h_B)$
Elástica (muelle)	Sí	$\frac{1}{2}kx^2$	$\frac{1}{2}k\,(x_A^2 - x_B^2)$
Gravitatoria general (Tema 4)	Sí	$-\dfrac{GMm}{r}$	$GMm\left(\dfrac{1}{r_B} - \dfrac{1}{r_A}\right)$
Rozamiento dinámico	No	No existe	$-F_r \cdot (\text{camino})$

En todas las conservativas, el trabajo es la energía potencial inicial menos la final.

ANDALUCÍA 2025, RESERVA 1 (EJERCICIO A, A)

«Se deja caer un objeto de masa m desde una altura h sobre la superficie de la Tierra y llega al suelo sin que actúe ninguna fuerza de rozamiento. Considerando que la altura es mucho menor que el radio terrestre, y mediante razonamientos energéticos, calcule: i) (0,5 puntos) el trabajo que realiza la fuerza peso en ese trayecto; ii) (0,5 puntos) la velocidad con que el cuerpo llega al suelo.»

Respuesta modelo

i) Como $h \ll R_T$, el peso es constante y conservativo: $W_P = -\Delta E_p = mgh - 0 = mgh$ (positivo: el peso va en el sentido del movimiento). **ii)** Solo trabaja el peso, así que se conserva la energía mecánica: $mgh = \frac{1}{2}mv^2$, de donde $v = \sqrt{2gh}$. No depende de la masa.

Por qué puntúa. «Mediante razonamientos energéticos»: nada de $v^2 = 2gh$ sacado de la cinemática sin el balance. Di qué se conserva y por qué.

El signo de Wc = -ΔEp

Cuando un cuerpo **baja**, el peso hace trabajo positivo y la E_p disminuye: $W_P = mgh > 0$ y $\Delta E_p = -mgh$. Cuando **sube**, al revés. Si te lías, piensa en la caída libre: el peso «ayuda» y la energía potencial se gasta en energía cinética.

7 Energía mecánica: cuándo se conserva y cuándo no

La **energía mecánica** es la suma $E_m = E_c + E_p$. Si separas el trabajo total en el de las fuerzas conservativas y el de las no conservativas, $W_c + W_{nc} = \Delta E_c$, y como $W_c = -\Delta E_p$:

$$W_{nc} = \Delta E_c + \Delta E_p = \Delta E_m$$

Es la ecuación de los problemas con rozamiento.

- **Si solo trabajan fuerzas conservativas** ($W_{nc} = 0$), la energía mecánica **se conserva**: $\frac{1}{2}mv_A^2 + mgh_A = \frac{1}{2}mv_B^2 + mgh_B$. También se conserva si actúan fuerzas no conservativas que no trabajan, como la normal.
- **Con rozamiento**, $W_r < 0$ y la energía mecánica **disminuye**: se transforma en energía interna (el cuerpo y la superficie se calientan). La energía **total** se sigue conservando: es el principio de conservación de la energía, que Galicia cita entre los conocimientos previos.
- **Una fuerza no conservativa también puede aumentar la E_m:** la persona que sube un mueble, un motor, un ascensor. Si $W_{nc} > 0$, $\Delta E_m > 0$.
- **Conservar la E_m no exige resultante nula**, ni al revés. En caída libre la resultante es el peso y la E_m se conserva; un bloque que baja a velocidad constante con rozamiento tiene resultante nula y su E_m disminuye.
- **Sin rozamiento, la velocidad final no depende del camino:** bajando una altura h por un tobogán liso, por una rampa o en vertical, $v = \sqrt{2gh}$ (cambia el tiempo que tardas, no la rapidez con la que llegas).
- **Puente al Tema 4:** mgh solo vale cerca de la superficie, con g constante. La energía potencial gravitatoria exacta es $-GMm/r$; entre la superficie y una altura h, $\Delta E_p = GMm\left(\frac{1}{R} - \frac{1}{R+h}\right) = mgh\,\frac{R}{R+h}$. Usar mgh sobrestima el resultado en un factor $1 + h/R$ (tabla).

Altura h	Cuánto se pasa mgh (h/R)
2 m (un tobogán)	$3 \cdot 10^{-5}$ %
10 km (un avión)	0,16 %
400 km (la Estación Espacial)	6,3 %

Altura h	Cuánto se pasa mgh (h/R)
1000 km	15,7 %
6371 km ($h = R_T$)	100 % (el doble)

Con $R_T = 6371$ km (radio medio). Por encima de unos pocos kilómetros, usa $-GMm/r$ (Tema 4).

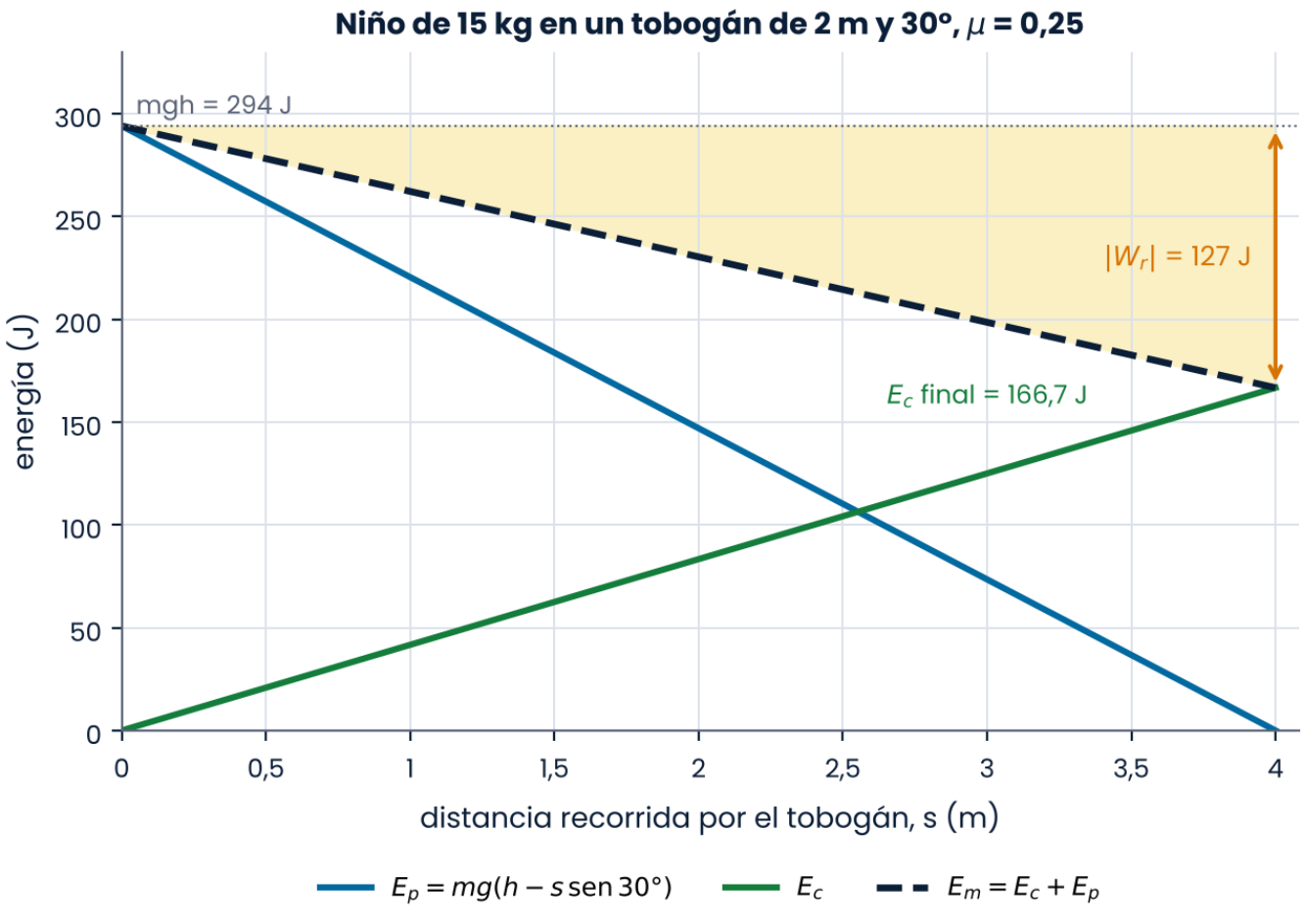
UN LANZADOR DE MUELLE

Comprimes 10 cm un muelle de $k = 200$ N/m y lanzas con él, verticalmente y sin rozamiento, una bola de 50 g ($g = 9{,}8$ m/s²). ¿Con qué velocidad sale? ¿Hasta qué altura sube por encima del punto donde la sueltas?

Respuesta modelo

$E_{p,e} = \frac{1}{2} \cdot 200 \cdot 0{,}10^2 = 1{,}0$ J. Si desprecias lo que sube la bola mientras el muelle se estira, $\frac{1}{2}mv^2 = 1{,}0$ J y $v = \sqrt{2 \cdot 1{,}0/0{,}050} = 6{,}32$ m/s. Altura: toda la energía elástica acaba en potencial gravitatoria, $mgh = 1{,}0$ J, $h = 1{,}0/(0{,}050 \cdot 9{,}8) = 2{,}04$ m.

Por qué puntúa. La altura sale exacta con el balance entre el punto de partida y el punto más alto, donde $v = 0$: no hace falta pasar por la velocidad de salida.



Las energías a lo largo del tobogán del ejercicio obligatorio de Andalucía 2026 (15 kg, 2 m de altura, 30°, $\mu = 0{,}25$). La E_p baja de 294 J a 0; la E_c sube hasta 166,7 J; la diferencia, 127 J, es el trabajo del rozamiento: la E_m (discontinua) baja en línea recta.

8 La dinámica de 1.º que necesitas: el esquema de fuerzas

Para calcular el trabajo del rozamiento necesitas la **normal**, y para la normal, el **esquema de fuerzas**. Andalucía lo avisa: «Se podrá requerir la representación en un esquema de las fuerzas que actúan sobre un cuerpo», y en su modelo de examen el esquema vale 0,25 puntos por sí solo.

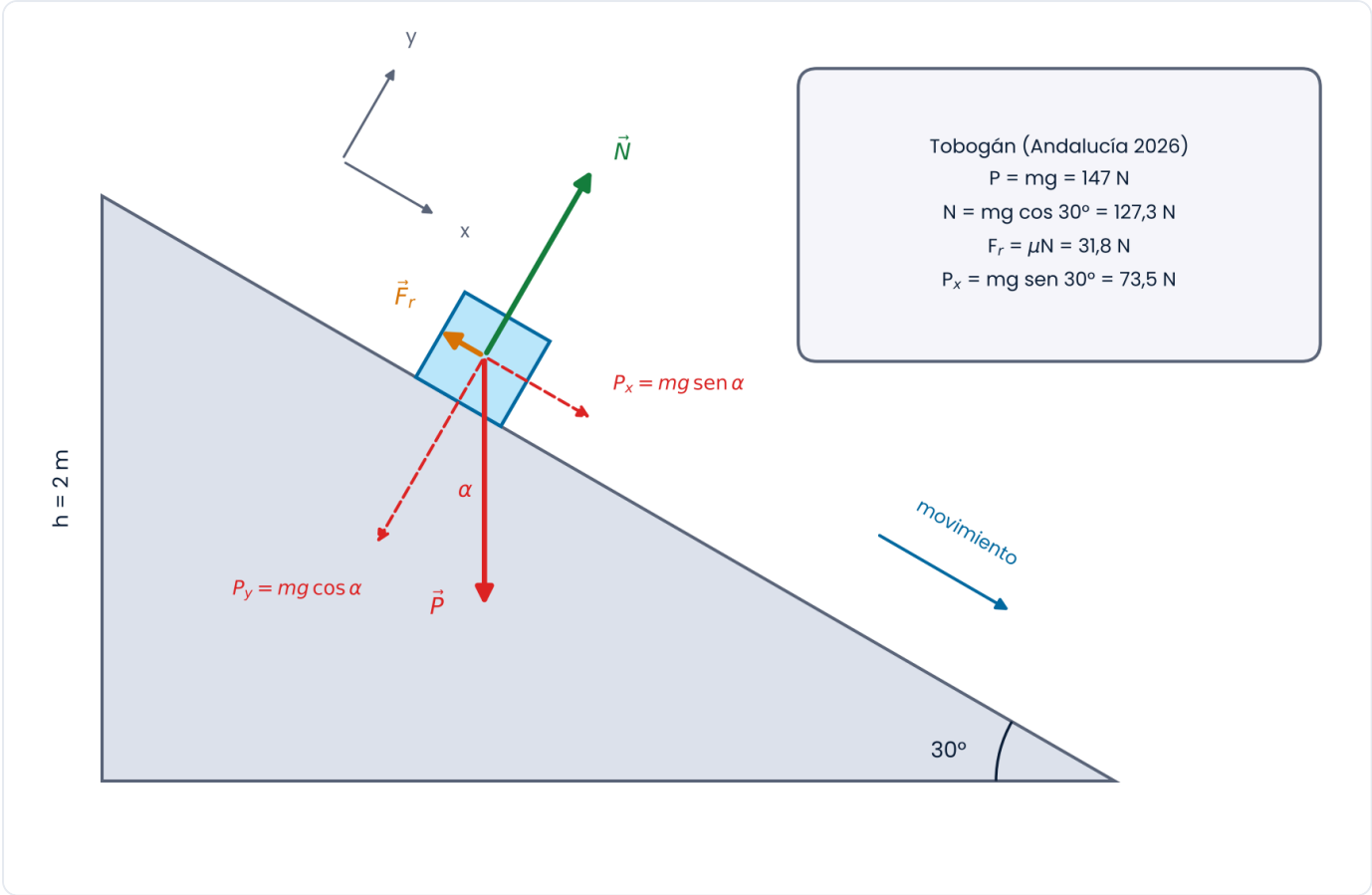
- **Las fuerzas que dibujas** (todas aplicadas sobre el cuerpo): el **peso** $\vec{P}$, vertical hacia abajo, de módulo mg; la **normal** $\vec{N}$, perpendicular a la superficie y hacia fuera; el **rozamiento** $\vec{F}_r$, paralelo a la superficie y **contra el deslizamiento**; y la fuerza que se aplique (una persona, una cuerda $\vec{T}$). No existe una «fuerza del movimiento».
- **Ejes** en un plano inclinado: x paralelo al plano, y perpendicular. Solo el peso se descompone: $P_x = mg \operatorname{sen}\alpha$ (a lo largo del plano, hacia abajo) y $P_y = mg\cos\alpha$ (contra el plano). Dibuja las componentes **discontinuas**: no son fuerzas nuevas.
- **La normal sale del eje perpendicular**, donde no hay movimiento: $\sum F_y = 0$. En un plano inclinado sin más fuerzas perpendiculares, $N = mg\cos\alpha$. Si una fuerza oblicua tira hacia arriba, la normal **baja**; si empuja hacia abajo, **sube**.
- **Rozamiento dinámico:** $F_r = \mu N$, con μ sin unidades. El **estático** se ajusta a lo que haga falta para que no deslice, hasta un máximo $\mu_e N$; un cuerpo suelto en un plano empieza a deslizar si $\tan\alpha > \mu_e$.
- **Longitud del plano:** $d = h/\operatorname{sen}\alpha$. El trabajo del rozamiento al recorrerlo es $W_r = -\mu mg\cos\alpha \cdot d = -\dfrac{\mu mgh}{\tan\alpha}$.

Situación	Normal	Rozamiento dinámico
Superficie horizontal, sin más fuerzas verticales	mg	μmg
Plano inclinado (subiendo o bajando, con o sin fuerza paralela al plano)	$mg\cos\alpha$	$\mu mg\cos\alpha$
Horizontal, tiras con una fuerza F que forma α hacia arriba	$mg - F\operatorname{sen}\alpha$	$\mu\,(mg - F\operatorname{sen}\alpha)$
Horizontal, empujas con una fuerza F que forma α hacia abajo	$mg + F\operatorname{sen}\alpha$	$\mu\,(mg + F\operatorname{sen}\alpha)$

La tercera fila es la maleta de Andalucía 2025 (ordinaria); la segunda, el mueble de 2026 (extraordinaria), en el que la fuerza es paralela a la rampa y no cambia la normal.

La normal no siempre es mg

Escribir $N = mg$ en un plano inclinado, o con una fuerza oblicua, arrastra el error a todo lo que viene después: el rozamiento, su trabajo y la velocidad salen mal. Calcula siempre la normal con $\sum F_y = 0$ en tu esquema.



Esquema de fuerzas en un plano inclinado, con los datos del tobogán de Andalucía 2026 (15 kg, 30°, $\mu = 0{,}25$). Las flechas son proporcionales a los módulos: $P = 147$ N, $N = 127{,}3$ N, $F_r = 31{,}8$ N. El rozamiento apunta hacia arriba del plano porque el niño baja; las componentes del peso van discontinuas.

9 Método para el problema del plano inclinado

El apartado b) de Andalucía repite el mismo esquema con distintas incógnitas: velocidad final, trabajo de cada fuerza, coeficiente de rozamiento o distancia hasta pararse. A menudo añade «mediante razonamientos energéticos» (2025, reservas 2 y 4), «por razonamientos energéticos» (2025, reserva 3) o «mediante consideraciones energéticas» (2026, reserva 2): entonces lo que tienes que escribir es el balance de energía.

- **Dos tramos** (rampa y luego horizontal, como el trineo de 2026 o el bloque de 2025, reserva 2): aplica el balance a cada tramo o al recorrido entero, de la salida al punto donde se para: $mgh = \mu mg\cos\alpha \cdot d_1 + \mu mg\, d_2$.
- **Velocidad constante** (la maleta de 2025, el mueble de 2026): $\Delta E_c = 0$, así que $W_{total} = 0$ y el trabajo de la fuerza aplicada compensa el de las demás.
- **Sube y se para** (el bloque del modelo 2026-27 y de 2025, reserva 3): $\Delta E_c = -\frac{1}{2}mv_0^2$, $\Delta E_p = mg\,d\,\text{sen}\,\alpha$ y $W_r = \Delta E_m$.
- **Unidades en cada dato y en cada resultado**, también en los intermedios. Andalucía resta «0.1 punto por cada unidad ausente o incorrecta, hasta una penalización máxima de 0.25 (cuando se detecten 3 o más fallos) en cada apartado b)», y cuenta también la «transcripción a la hoja del examen» de los datos. No es error omitirlas al sustituir en una ecuación.

Esquema con el cuerpo, los ejes, $\vec{P}$ (y sus componentes discontinuas), $\vec{N}$, $\vec{F}_r$ contra el movimiento y la fuerza aplicada si la hay. Anota h, d y el ángulo.

Normal y rozamiento

$\sum F_y = 0$ da N; luego $F_r = \mu N$.

Trabajo de cada fuerza

$W_P = \pm mgh$ (+ si baja), $W_N = 0$, $W_r = -F_r\, d$, $W_F = F\, d \cos\alpha$.

Balance

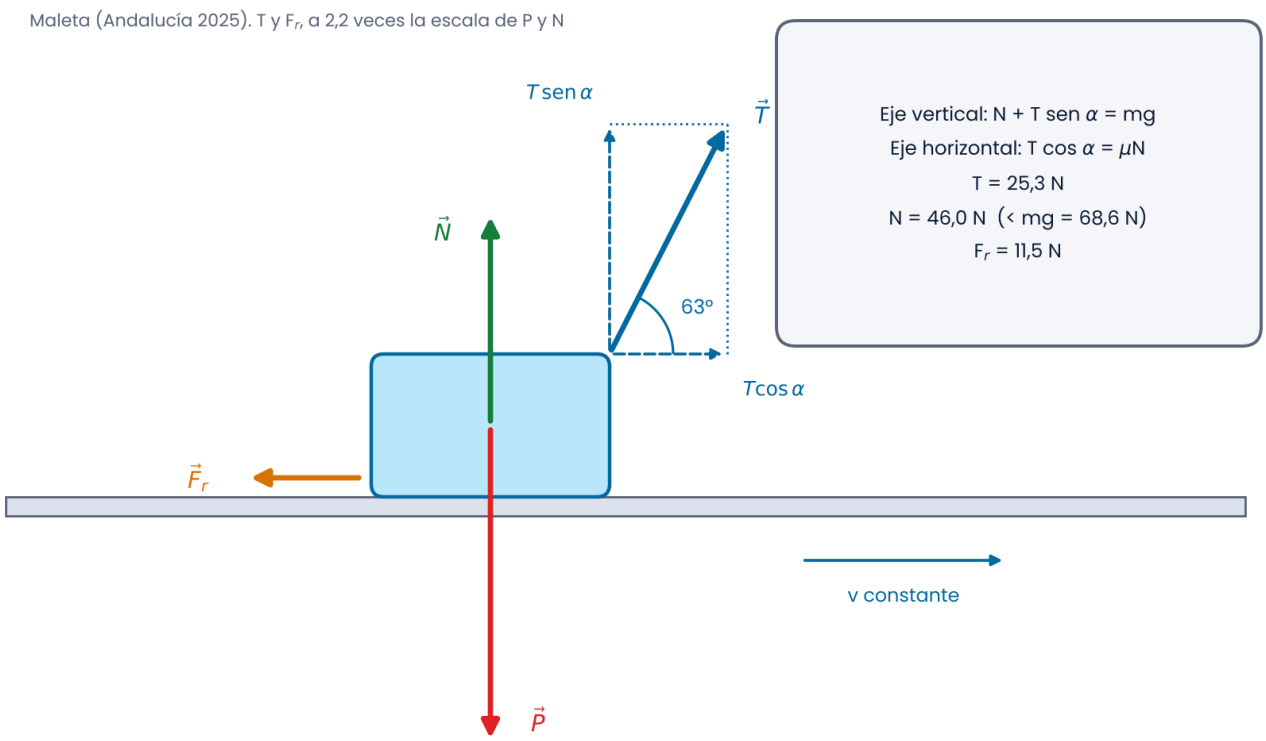
o bien $W_{total} = \Delta E_c$ (con el trabajo del peso), o bien $W_{nc} = \Delta E_m$ (con la energía potencial). Uno de los dos, no los dos a la vez.

Despeja y comprueba

la velocidad con rozamiento tiene que salir menor que $\sqrt{2gh}$; si el cuerpo se mueve solo hacia abajo, $\mu < \tan\alpha$; el trabajo del rozamiento, negativo.

No cuentes el peso dos veces

En $W_{total} = \Delta E_c$ el peso entra como **trabajo** ($\pm mgh$). En $W_{nc} = \Delta E_m$ entra como **energía potencial** dentro de ΔE_m. Si lo pones como trabajo **y** como energía potencial en la misma ecuación, lo cuentas dos veces.



Fuerza oblicua: la normal baja. La maleta de Andalucía 2025 (7 kg, correa a 63°, $\mu = 0{,}25$, velocidad constante). La componente vertical de la tensión, $T\,\mathrm{sen}\,63^\circ$, levanta en parte la maleta: $N = 46{,}0$ N en lugar de $mg = 68{,}6$ N.

10 Las cuestiones de verdadero o falso de energía que caen en Andalucía

El apartado a) del ejercicio A pide a menudo razonar dos afirmaciones (0,5 puntos cada una). En el modelo 2026-27 cada una se reparte en «0,25 ecuación energía cinética; 0,25 respuesta razonada» o «0,25 principio de conservación; 0,25 razonamiento»: sin razonamiento te quedas, como mucho, en la mitad. Las resuelves todas con tres herramientas: $W_{total} = \Delta E_c$, $W_{nc} = \Delta E_m$ y la definición de fuerza conservativa.

- **Afirma primero** («Falsa.»), **cita la ley** y, si es falsa, da **un contraejemplo concreto**. Un contraejemplo basta para tumbar un «siempre» o un «necesariamente».

- **Contraejemplos que sirven para casi todo:** la caída libre (resultante no nula y E_m constante; el peso trabaja), un bloque que baja con rozamiento a velocidad constante (resultante nula, E_m disminuye), un movimiento circular uniforme (hay fuerza y no hay trabajo) y una persona que sube una caja (fuerza no conservativa que aumenta la E_m).
- **Lee las palabras clave:** «trabajo» frente a «trabajo **total**»; «se conserva» frente a «es nula»; «necesariamente», «siempre» y «nunca» piden una justificación general o un contraejemplo.

Afirmación (literal)	Examen	Respuesta
«para que la energía mecánica se conserve es necesario que la resultante de todas las fuerzas que actúan sobre un cuerpo sea nula»	2026, ordinaria	Falsa (caída libre). Resuelta abajo
«la energía mecánica se conserva cuando sobre un cuerpo actúan solo fuerzas conservativas»	2026, ordinaria	Verdadera. Resuelta abajo
«si el trabajo total realizado sobre una partícula es positivo, su energía cinética necesariamente aumenta»	2026, extraordinaria	Verdadera (teorema de las fuerzas vivas)
«si la fuerza resultante es siempre perpendicular a la trayectoria […] no puede variar el módulo de la velocidad»	2026, extraordinaria	Verdadera (MCU)
Con fuerzas no conservativas, «la energía mecánica del sistema nunca puede aumentar» y «la energía cinética siempre permanece constante»	2026, reserva 2	En «Ponte a prueba»
«si se realiza trabajo sobre una partícula, su energía cinética aumenta» y «las fuerzas conservativas siempre realizan trabajo nulo»	2025, extraordinaria	En «Ponte a prueba»
«¿puede ser negativa la energía cinética de una partícula?» y «si únicamente actúa una fuerza conservativa, ¿se cumple siempre que el aumento de energía cinética es igual a la disminución de energía potencial?»	Modelo 2026-27	No; sí. Resuelta abajo

Los exámenes de 2025 y 2026 son los de las convocatorias oficiales de Andalucía; el modelo 2026-27 es idéntico al de 2025-26.

11 Ejercicio resuelto: verdadero o falso y el tobogán con rozamiento (Andalucía 2026)

PAU ANDALUCÍA 2026 · CONVOCATORIA ORDINARIA · EJERCICIO A (EL OBLIGATORIO DE ESA CONVOCATORIA: APARTADOS A Y B SIN OPCIÓN; 2,5 PUNTOS)

A) CAMPO GRAVITATORIO. Responda a y b. (El tobogán es un contexto cotidiano: el enunciado no trae figura.)

a) Razone la veracidad de las siguientes afirmaciones: i) (0,5 puntos) para que la energía mecánica se conserve es necesario que la resultante de todas las fuerzas que actúan sobre un cuerpo sea nula; ii) (0,5 puntos) la energía mecánica se conserva cuando sobre un cuerpo actúan solo fuerzas conservativas. (1 punto)

b) Un niño de 15 kg resbala desde el reposo a lo largo de un tobogán de 2 m de altura cuya inclinación con respecto a la horizontal es de 30°. Sabiendo que el coeficiente de rozamiento dinámico es 0,25: i) (0,75 puntos) realice un esquema con las fuerzas que actúan sobre el niño y determine el trabajo de la fuerza de rozamiento. ii) (0,75 puntos) Calcule la energía cinética del niño al final del tobogán y la velocidad con la que llega. Responda razonadamente. g = 9,8 m s^{-2} (1,5 puntos)

Apartado a)

1. **La idea:** las dos afirmaciones hablan de cuándo se conserva la energía mecánica. La ley que lo decide es $W_{nc} = \Delta E_m$: la E_m se conserva cuando las fuerzas no conservativas no hacen trabajo. La resultante no aparece por ningún lado.

2. **i) Falsa.** De $W_c + W_{nc} = \Delta E_c$ y $W_c = -\Delta E_p$ se obtiene $W_{nc} = \Delta E_m$. La condición es $W_{nc} = 0$, no $\vec{F}_{res} = 0$. Contraejemplo: en una **caída libre** la resultante es el peso ($\vec{F}_{res} = m\vec{g} \neq 0$) y la energía mecánica se conserva, porque el peso es conservativo. Y al revés: un bloque que baja un plano a velocidad constante con rozamiento tiene resultante nula y su E_m disminuye.
3. **ii) Verdadera.** Si solo actúan fuerzas conservativas, $W_{nc} = 0$ y por tanto $\Delta E_m = 0$: $E_c + E_p$ es constante. (Sigue siendo cierto si además actúan fuerzas no conservativas que no trabajan, como la normal sobre una superficie fija.)

SOLUCIÓN i) Falsa: lo que hace falta es que las fuerzas no conservativas no trabajen (caída libre: resultante no nula y E_m constante). ii) Verdadera: con solo fuerzas conservativas, $\Delta E_m = W_{nc} = 0$.

Apartado b)

1. **La idea:** te piden un esquema, el trabajo del rozamiento y, con él, la energía cinética final. Es un balance $W_{nc} = \Delta E_m$ en el que la única fuerza no conservativa que trabaja es el rozamiento (la normal es perpendicular al desplazamiento).
2. **Esquema (i):** sobre el niño actúan el peso $\vec{P}$ (vertical, hacia abajo), la normal $\vec{N}$ (perpendicular al tobogán) y el rozamiento $\vec{F}_r$ (paralelo al tobogán, hacia arriba, porque el niño baja). Ejes: x a lo largo del tobogán y y perpendicular. Es la figura de la sección «La dinámica de 1.º que necesitas».
3. **Longitud del tobogán:** $d = \dfrac{h}{\operatorname{sen} 30^\circ} = \dfrac{2}{0{,}5} = 4$ m.
4. **Normal y rozamiento:** en el eje y no hay movimiento, $N = mg\cos 30^\circ = 15 \cdot 9{,}8 \cdot 0{,}866 = 127{,}3$ N. Entonces $F_r = \mu N = 0{,}25 \cdot 127{,}3 = 31{,}8$ N.
5. **Trabajo del rozamiento (i):** fuerza y desplazamiento forman 180°: $W_r = F_r\, d \cos 180^\circ = -31{,}8 \cdot 4 = -127{,}3$ J ≈ -127 J. Es negativo porque el rozamiento se opone al movimiento.
6. **Balance (ii):** con el origen de alturas al final del tobogán y partiendo del reposo, $E_{m,A} = mgh = 15 \cdot 9{,}8 \cdot 2 = 294$ J y $E_{m,B} = E_{c,B}$. Como $W_r = E_{m,B} - E_{m,A}$:

$$E_{c,B} = mgh + W_r = 294 - 127{,}3 = 166{,}7 \text{ J}$$

7. **Velocidad:** $E_c = \tfrac{1}{2}mv^2 \Rightarrow v = \sqrt{\dfrac{2E_c}{m}} = \sqrt{\dfrac{2 \cdot 166{,}7}{15}} = 4{,}71$ m/s.
8. **¿Tiene sentido?** Sin rozamiento llegaría a $\sqrt{2gh} = 6{,}26$ m/s; con rozamiento, menos. Y el niño baja solo porque $P_x = mg\operatorname{sen} 30^\circ = 73{,}5$ N es mayor que $F_r = 31{,}8$ N.

SOLUCIÓN $W_r = -127$ J (el 43 % de la energía potencial inicial se disipa); E_c final $= 166{,}7$ J y v = 4,71 m/s al final del tobogán.

Lo que puntúa. Andalucía no publica soluciones ni reparto por pasos de sus convocatorias: los «criterios específicos de corrección» de 2026 son genéricos. En el b) valoran, entre otros, la «Explicación de la situación física e indicación de las leyes a utilizar», la «Utilización de esquemas o diagramas que aclaren la resolución del problema» y la «Utilización correcta de las unidades», y advierten que «una correcta interpretación de la situación sin llegar al resultado final pedido, será valorada apreciablemente». En el a), la «Comprensión y descripción cualitativa del fenómeno» y la «Precisión en el lenguaje, claridad conceptual y orden lógico». Como referencia, en el modelo 2026-27 un esquema de un plano inclinado vale 0,25 y cada afirmación razonada, 0,25 por la ley y 0,25 por la respuesta.

Error típico que te quita puntos. Tomar $N = mg$ (147 N) en lugar de $mg\cos 30^\circ$: el rozamiento sale 36,8 N, el trabajo -147 J y la velocidad 4,43 m/s. También es frecuente usar como recorrido la altura (2 m) en lugar de la longitud del tobogán (4 m), o responder en el a) «falsa» sin ningún contraejemplo.

12 Ejercicio resuelto: trabajo de cada fuerza al subir un mueble por una rampa (Andalucía 2026)

PAU ANDALUCÍA 2026 · CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA · EJERCICIO A, APARTADO B1 (EJERCICIO OPTATIVO; A ELEGIR ENTRE B1 Y B2; 1,5 PUNTOS)

b1) Para subir un mueble de 40 kg a la parte trasera de una furgoneta se utiliza una rampa con una inclinación de 30º respecto al suelo y 45 cm de altura. La persona que lo sube ejerce una fuerza paralela a la rampa de 230 N y el coeficiente de rozamiento dinámico entre el mueble y el plano es 0,10. g = 9,8 m s^{-2}

i) Realice un esquema con las fuerzas que actúan sobre el cuerpo cuando desliza sobre el plano inclinado y determine el módulo de estas. (0,75 puntos)

ii) Calcule el trabajo que realiza cada fuerza a lo largo de la rampa y el trabajo total sobre el mueble. (0,75 puntos)

Apartado i)

1. **La idea:** cuatro fuerzas sobre el mueble: el peso, la normal, el rozamiento (hacia **abajo** de la rampa, porque el mueble sube) y la fuerza de la persona (paralela a la rampa, hacia arriba). La fuerza aplicada es paralela al plano, así que no cambia la normal.
2. **Esquema:** ejes x a lo largo de la rampa (hacia arriba) e y perpendicular. $\vec{P}$ vertical hacia abajo, con componentes discontinuas $P_x = mg\,\text{sen}\,30^\circ$ (rampa abajo) y $P_y = mg\cos 30^\circ$; $\vec{N}$ perpendicular a la rampa hacia fuera; $\vec{F}_r$ rampa abajo; $\vec{F}$ rampa arriba.
3. **Peso:** $P = mg = 40 \cdot 9{,}8 = 392$ N.
4. **Normal:** $\sum F_y = 0 \Rightarrow N = mg\cos 30^\circ = 392 \cdot 0{,}866 = 339{,}5$ N.
5. **Rozamiento:** $F_r = \mu N = 0{,}10 \cdot 339{,}5 = 33{,}9$ N (33,95 N sin redondear).
6. **Fuerza de la persona:** $F = 230$ N (dato).

SOLUCIÓN P = 392 N (vertical); N = 339,5 N (perpendicular a la rampa); $F_r = 33{,}9$ N (rampa abajo); F = 230 N (rampa arriba).

Apartado ii)

1. **La idea:** cada trabajo es $F\,d\cos\alpha$ con el ángulo entre esa fuerza y el desplazamiento (rampa arriba). Primero, la longitud de la rampa: $d = \dfrac{h}{\text{sen}\,30^\circ} = \dfrac{0{,}45}{0{,}5} = 0{,}90$ m.
2. **Fuerza de la persona** (0°): $W_F = 230 \cdot 0{,}90 = 207$ J.
3. **Peso:** el mueble sube 0,45 m, así que $W_P = -mgh = -392 \cdot 0{,}45 = -176{,}4$ J (también $-mg\,\text{sen}\,30^\circ \cdot d = -196 \cdot 0{,}90$).
4. **Rozamiento** (180°): $W_r = -33{,}95 \cdot 0{,}90 = -30{,}6$ J.
5. **Normal** (90°): $W_N = 0$.
6. **Trabajo total:** $W_{total} = 207 - 176{,}4 - 30{,}6 + 0 \approx 0$ J (sin redondear, 0,05 J). Tiene sentido: la resultante a lo largo de la rampa es $230 - 196 - 33{,}95 = 0{,}05$ N, prácticamente nula. El mueble sube **a velocidad constante** y, por el teorema de las fuerzas vivas, su energía cinética no cambia.
7. **Lectura energética:** de los 207 J que aporta la persona, 176,4 J quedan como energía potencial del mueble y 30,6 J se disipan por rozamiento ($W_{nc} = W_F + W_r = 176{,}4$ J $= \Delta E_m$).

SOLUCIÓN $W_F = 207$ J; $W_P = -176{,}4$ J; $W_r = -30{,}6$ J; $W_N = 0$; trabajo total ≈ 0 J (0,05 J): el mueble sube a velocidad prácticamente constante.

Lo que puntúa. Sin solución oficial ni reparto por pasos (criterios genéricos de 2026). Cuentan la «Utilización de esquemas o diagramas que aclaren la resolución del problema» y la «Interpretación de los resultados y contrastación de órdenes de magnitud de los valores obtenidos»: decir que el trabajo total ≈ 0 significa velocidad constante es justo esa interpretación. Penalizaciones del examen: unidades («Se restará 0.1 punto por cada unidad ausente o incorrecta»), «Error de redondeo» si un resultado intermedio cambia más de un 5 % y el símbolo de vector en las fuerzas (-0,1 si falta «más de una vez»).

Error típico que te quita puntos. Dibujar el rozamiento hacia arriba de la rampa (va contra el movimiento: el mueble sube), usar 45 cm como recorrido en lugar de los 0,90 m de rampa o poner un trabajo positivo al peso. Otro clásico: «el trabajo total no puede ser 0 si la persona hace trabajo»; sí puede, si las demás fuerzas lo compensan.

13 Ejercicio resuelto: energía cinética negativa y bloque que sube y se para (Andalucía, modelo 2026-27)

PAU ANDALUCÍA · MODELO DE EXAMEN DEL CURSO 2026-27 (IDÉNTICO AL DE 2025-26), EN LAS DIRECTRICES Y ORIENTACIONES DE 17-JUN-2026 · EJERCICIO A, APARTADOS A1 Y B1 (A ELEGIR ENTRE A1 Y A2 Y ENTRE B1 Y B2; 2,5 PUNTOS)

A) CAMPO GRAVITATORIO. Responda a1 o a2. Responda b1 o b2. (Sin figura.)

a1) Conteste, razonadamente, a las siguientes preguntas: i) (0.5 puntos) ¿puede ser negativa la energía cinética de una partícula?; ii) (0.5 puntos) si únicamente actúa una fuerza conservativa, ¿se cumple siempre que el aumento de energía cinética es igual a la disminución de energía potencial? (1 punto)

b1) Un bloque de 4 kg asciende por un plano inclinado que forma un ángulo de 30º con la horizontal. La velocidad inicial del bloque es de 10 m s^{-1} y se detiene después de recorrer 8 m a lo largo del plano. Realice un esquema (0.25 puntos) y calcule razonadamente: i) (0.75 puntos) las variaciones de energía cinética y potencial durante el ascenso; ii) (0.5 puntos) el trabajo realizado por la fuerza de rozamiento en ese trayecto. g = 9,8 m s^{-2} (1,5 puntos)

Apartado a1)

1. **La idea:** i) se responde con la definición de E_c; ii) con el teorema de las fuerzas vivas y la definición de energía potencial. Los criterios del modelo piden exactamente eso: «0,25 ecuación energía cinética; 0,25 respuesta razonada» y «0,25 principio de conservación; 0,25 razonamiento».
2. **i) No.** $E_c = \frac{1}{2}mv^2$; la masa es positiva y $v^2 \geq 0$, así que $E_c \geq 0$ siempre. Es nula solo si la partícula está en reposo (en el sistema de referencia elegido).
3. **ii) Sí, siempre.** Si la única fuerza es conservativa, el trabajo total es el suyo: $W_{total} = W_c$. Por el teorema de las fuerzas vivas, $W_{total} = \Delta E_c$, y por ser conservativa, $W_c = -\Delta E_p$. Entonces $\Delta E_c = -\Delta E_p$: lo que aumenta la energía cinética es lo que disminuye la potencial (la energía mecánica se conserva). Ejemplo: en la caída libre, $\frac{1}{2}mv^2 = mgh$.

SOLUCIÓN i) No: $E_c = \frac{1}{2}mv^2 \geq 0$. ii) Sí: $\Delta E_c = W_c = -\Delta E_p$, es decir, la E_m se conserva.

Apartado b1)

1. **La idea:** se conocen la velocidad inicial y la final (0) y el recorrido; con eso salen ΔE_c y ΔE_p, y su suma es el trabajo del rozamiento, la única fuerza no conservativa que trabaja: $W_r = \Delta E_m$.

2. **Esquema (0,25):** peso $\vec{P}$ vertical hacia abajo (componentes discontinuas $mg\,\text{sen}\,30^\circ$ plano abajo y $mg\cos 30^\circ$ contra el plano), normal $\vec{N}$ perpendicular al plano y rozamiento $\vec{F}_r$ **plano abajo**, porque el bloque sube.
3. **Variación de energía cinética (i):** $\Delta E_c = 0 - \frac{1}{2}\cdot 4\cdot 10^2 = -200$ J.
4. **Variación de energía potencial (i):** sube $h = d\,\text{sen}\,30^\circ = 8\cdot 0{,}5 = 4$ m; $\Delta E_p = mgh = 4\cdot 9{,}8\cdot 4 = 156{,}8$ J.
5. **Trabajo del rozamiento (ii):** $W_r = \Delta E_m = \Delta E_c + \Delta E_p = -200 + 156{,}8 = -43{,}2$ J. Comprobación con el teorema de las fuerzas vivas: $W_P + W_r + W_N = -156{,}8 - 43{,}2 + 0 = -200$ J $= \Delta E_c$.
6. **Lo que no piden, pero se deduce:** $F_r = 43{,}2/8 = 5{,}4$ N y, con $N = mg\cos 30^\circ = 33{,}9$ N, $\mu = 5{,}4/33{,}9 = 0{,}16$. Como $\mu < \tan 30^\circ = 0{,}577$, el bloque no se quedará quieto arriba si el rozamiento estático es parecido: volverá a bajar.

SOLUCIÓN $\Delta E_c = -200$ J; $\Delta E_p = +156{,}8$ J; $W_r = -43{,}2$ J (de los 200 J de energía cinética, 156,8 J se guardan como energía potencial y 43,2 J se disipan).

Lo que puntúa. Es el único ejercicio de este tipo con reparto oficial por pasos, en los «Criterios específicos del modelo de prueba» de las orientaciones 2026-27: a1) «i) 0,25 ecuación energía cinética; 0,25 respuesta razonada. ii) 0,25 principio de conservación; 0,25 razonamiento»; b1) «0,25 esquema; i) 0,25 variación energía cinética; 0,5 variación energía potencial; ii) 0,5 trabajo». La energía potencial vale el doble que la cinética porque exige pasar de los 8 m de recorrido a los 4 m de altura.

Error típico que te quita puntos. Usar 8 m como altura ($\Delta E_p = 313{,}6$ J) y obtener un trabajo de rozamiento **positivo** (+113,6 J), que es imposible. Otro error: dar $\Delta E_c = +200$ J (el bloque se frena: la variación es final menos inicial, negativa).

Conceptos clave

Trabajo de una fuerza

Producto escalar de la fuerza por el desplazamiento de su punto de aplicación: $W = F\,\Delta r\cos\alpha$ para una fuerza constante; el área bajo la gráfica F–x si es variable. Escalar; se mide en julios.

Julio (J)

Unidad SI de trabajo y energía: el trabajo de una fuerza de 1 N que desplaza su punto de aplicación 1 m en su dirección. $1\ \text{J} = 1\ \text{N·m} = 1\ \text{kg·m}^2/\text{s}^2$.

Potencia

Trabajo realizado (o energía transferida) por unidad de tiempo: $P = W/t$; con fuerza constante en la dirección de la velocidad, $P = F\,v$. Se mide en vatios (1 W = 1 J/s).

Kilovatio hora (kWh)

Unidad de energía (no de potencia): la que transfiere en una hora una potencia de 1 kW. $1\ \text{kWh} = 3{,}6\cdot 10^6$ J.

Rendimiento

Cociente entre la potencia (o energía) útil y la consumida, $\eta = P_{útil}/P_{consumida}$; en las máquinas reales es menor que 1.

Energía cinética

Energía de un cuerpo por estar en movimiento: $E_c = \frac{1}{2}mv^2$. Escalar y nunca negativa.

Teorema de las fuerzas vivas

El trabajo total (de todas las fuerzas) sobre un cuerpo es igual a la variación de su energía cinética: $W_{total} = \Delta E_c$.

Fuerza conservativa

Fuerza cuyo trabajo entre dos puntos no depende del camino (su trabajo en un camino cerrado es nulo). Ejemplos: peso, fuerza gravitatoria, elástica, eléctrica.

Energía potencial

Función de la posición asociada a una fuerza conservativa tal que $W_c = -\Delta E_p$. Solo tienen sentido físico sus diferencias; el origen se elige.

Energía potencial gravitatoria cerca de la superficie

$E_p = mgh$, con h medida desde un origen elegido. Es la aproximación de $-GMm/r$ para alturas pequeñas frente al radio del planeta (Tema 4).

Energía potencial elástica

Energía de un muelle deformado una distancia x desde su longitud natural: $E_{p,e} = \frac{1}{2}kx^2$.

Energía mecánica

Suma de las energías cinética y potencial, $E_m = E_c + E_p$. Su variación es el trabajo de las fuerzas no conservativas: $\Delta E_m = W_{nc}$.

Fuerza no conservativa

Fuerza cuyo trabajo depende del camino, como el rozamiento, la resistencia del aire o la fuerza de una persona o un motor; no tiene energía potencial asociada.

Fuerza normal

Fuerza que ejerce una superficie sobre un cuerpo apoyado, perpendicular a ella. Se calcula con $\sum F_y = 0$: en un plano inclinado sin otras fuerzas perpendiculares, $N = mg\cos\alpha$.

Coeficiente de rozamiento

Número sin unidades que relaciona el rozamiento con la normal. Dinámico: $F_r = \mu N$ mientras desliza. Estático: el rozamiento puede valer hasta $\mu_e N$ sin que el cuerpo deslice.

MODO PAU

Siete claves que valen puntos

Esquema primero

Dibuja las fuerzas **sobre el cuerpo** con su flecha de vector y el rozamiento contra el movimiento. En el modelo de Andalucía el esquema solo ya vale **0,25**.

Normal

Sácala de $\sum F_y = 0$: $mg\cos\alpha$ en un plano; $mg \mp F\,\mathrm{sen}\,\alpha$ con una fuerza oblicua. Solo es mg en una superficie horizontal sin otras fuerzas verticales.

Altura frente a recorrido

El peso usa la **altura** h; el rozamiento, el **recorrido** $d = h/\mathrm{sen}\,\alpha$.

Signo del trabajo

Rozamiento sobre una superficie fija, siempre **negativo**; peso, positivo al bajar y negativo al subir; normal, **cero**.

Una ecuación

$W_{total} = \Delta E_c$ (el peso como trabajo) o $W_{nc} = \Delta E_m$ (el peso como E_p). Nunca los dos a la vez.

Unidades y datos

Andalucía resta **0,1 por cada unidad** ausente o mal (hasta 0,25 por apartado b), también al copiar los datos. Usa solo los datos del enunciado: $g = 9{,}8$ **m s⁻²**.

Verdadero o falso

Respuesta + ley + contraejemplo. Caída libre, bloque con rozamiento a velocidad constante y movimiento circular uniforme sirven para casi todas.

Cómo te lo pueden preguntar

- Problema de plano inclinado o de superficie horizontal con rozamiento —esquema de fuerzas, trabajo de cada fuerza, velocidad final, coeficiente de rozamiento o distancia hasta pararse, «mediante razonamientos energéticos»—: es lo que más pesa de este tema, que sale en **4 de las 68 convocatorias** ordinarias y extraordinarias de 2025 y 2026, todas de **Andalucía** (1 comunidad). El problema cayó en tres de ellas (2025 ordinaria, maleta; 2026 ordinaria, tobogán; 2026 extraordinaria, mueble) y en las reservas 2, 3 y 4 de 2025 y 2 de 2026, además del modelo 2026-27.
- Verdadero o falso sobre trabajo, energía cinética, fuerzas conservativas y conservación de la energía mecánica (apartado a del ejercicio A de Andalucía): 2025 extraordinaria, 2026 ordinaria y extraordinaria, 2026 reserva 2 y el modelo 2026-27.
- Trabajo del peso y velocidad en una caída libre por razonamientos energéticos: Andalucía 2025, reserva 1.
- Fuera de Andalucía no ha caído como pregunta propia en 2025–2026, pero la conservación de la energía y el teorema de las fuerzas vivas se usan en los lanzamientos verticales y la velocidad de escape (Tema 4), la energía para poner en órbita un satélite (Tema 5) y las cargas aceleradas por una diferencia de potencial (Tema 8).

No lo confundas

- **Trabajo de una fuerza y trabajo total:** el teorema de las fuerzas vivas usa el **total**. Hacer trabajo positivo sobre un cuerpo no garantiza que se acelere.
- $W_{total} = \Delta E_c$ **y** $W_{nc} = \Delta E_m$**:** en la primera el peso entra como trabajo; en la segunda, como energía potencial. Si lo pones de las dos formas, lo cuentas dos veces.
- **Altura** h **y recorrido** d en un plano: $d = h/\operatorname{sen}\alpha$. El peso trabaja con h; el rozamiento, con d.
- **Normal y peso:** no son un par de acción y reacción (actúan sobre el mismo cuerpo); la reacción del peso es la fuerza con que el cuerpo atrae a la Tierra. Y la normal solo vale mg en una superficie horizontal sin más fuerzas verticales.
- **Rozamiento estático y dinámico:** el dinámico vale μN mientras desliza; el estático vale lo que haga falta, hasta $\mu_e N$.
- **Conservación de la energía mecánica y de la energía:** la mecánica se pierde con el rozamiento; la total, nunca (pasa a energía interna).
- **Potencia y energía:** el vatio es J/s; el kWh es energía ($3{,}6 \cdot 10^6$ J).
- mgh **y** $-GMm/r$**:** la primera es la aproximación de la segunda cerca de la superficie, con el origen donde quieras; la segunda tiene el origen en el infinito (Tema 4).

Ponte a prueba

PAU Andalucía 2025 (ordinaria), Ejercicio A, apartado b1 (a elegir entre b1 y b2; 1,5 puntos). Un asistente de vuelo arrastra con velocidad constante una maleta sin ruedas de 7 kg, por una superficie horizontal. Tira de la maleta con una correa que forma un ángulo de 63º con el suelo. El coeficiente de rozamiento entre la maleta y el suelo es 0,25. i) (0,25 puntos) Realice un esquema de las fuerzas que actúan sobre la maleta. ii) (1,25 puntos) Calcule razonadamente el trabajo realizado por cada una de las fuerzas que actúan sobre la maleta en un recorrido de 3,5 m. g = 9,8 m s⁻²

Solución: i) Peso $\vec{P}$ (abajo), normal $\vec{N}$ (arriba), tensión $\vec{T}$ a 63° sobre la horizontal y rozamiento $\vec{F}_r$ contra el movimiento (figura de la sección «Método para el problema del plano inclinado»). **ii)** Velocidad constante: resultante nula. Eje vertical: $N + T\,\text{sen}\,63^\circ = mg$; eje horizontal: $T\cos 63^\circ = \mu N$. Sustituyendo N: $T = \dfrac{\mu mg}{\cos 63^\circ + \mu\,\text{sen}\,63^\circ} = \dfrac{0{,}25 \cdot 68{,}6}{0{,}454 + 0{,}223} = 25{,}3$ N. Entonces $N = 68{,}6 - 25{,}3 \cdot 0{,}891 = 46{,}0$ N y $F_r = 0{,}25 \cdot 46{,}0 = 11{,}5$ N. Trabajos en 3,5 m: $W_T = T\cos 63^\circ \cdot d = 11{,}5 \cdot 3{,}5 = 40{,}3$ J; $W_r = -11{,}5 \cdot 3{,}5 = -40{,}3$ J; $W_P = W_N = 0$ (perpendiculares al desplazamiento). Trabajo total nulo, como corresponde a una velocidad constante ($\Delta E_c = 0$). Si tomas $N = mg$, $F_r = 17{,}15$ N y todo sale mal.

PAU Andalucía 2026 (reserva 2, examen suplente de la ordinaria), Ejercicio A, apartados a2 y b2 (a elegir entre a1 y a2 y entre b1 y b2; 1 + 1,5 puntos). a2) Si sobre un sistema actúan fuerzas no conservativas, razone la veracidad de las siguientes afirmaciones: i) (0,5 puntos) la energía mecánica del sistema nunca puede aumentar; ii) (0,5 puntos) la energía cinética siempre permanece constante. b2) Una niña montada en un trineo desciende, partiendo del reposo, por una colina nevada que forma un ángulo de 37º con la horizontal desde una altura de 25 m. Cuando llega al final de la colina, recorre una cierta distancia hasta detenerse. Sabiendo que el coeficiente de rozamiento dinámico con la nieve es de 0,1 y que la masa del sistema (niña-trineo) es 75 kg: i) (0,5 puntos) realice un esquema con las fuerzas que actúan sobre el sistema cuando desliza por la colina y por la superficie horizontal; ii) (1 punto) determine, mediante consideraciones energéticas, la velocidad con la que llega al final de la colina y la distancia recorrida en el tramo horizontal hasta detenerse. g = 9,8 m s⁻²

Solución: a2) i) Falsa. $W_{nc} = \Delta E_m$, y una fuerza no conservativa puede hacer trabajo positivo: una persona que sube una caja o un motor aumentan la E_m. El rozamiento con una superficie fija, en cambio, siempre la hace disminuir. **ii) Falsa.** La E_c cambia si el trabajo total no es nulo: el rozamiento frena un bloque que desliza por un suelo horizontal hasta pararlo. **b2) i)** En la colina: $\vec{P}$, $\vec{N}$ perpendicular a la ladera y $\vec{F}_r$ ladera arriba. En el llano: $\vec{P}$, $\vec{N}$ vertical y $\vec{F}_r$ contra el movimiento. **ii)** Ladera: $d_1 = 25/\text{sen}\,37^\circ = 41{,}5$ m; $N = mg\cos 37^\circ = 587{,}0$ N; $F_r = 58{,}7$ N; $W_r = -58{,}7 \cdot 41{,}5 = -2{,}44 \cdot 10^3$ J. Con $W_r = \Delta E_m$: $E_c = mgh + W_r = 18\,375 - 2438 = 1{,}59 \cdot 10^4$ J, y $v = \sqrt{2E_c/m} = 20{,}6$ m/s (sin rozamiento serían 22,1 m/s). Llano: $N = mg$ y toda la E_c se disipa: $\mu mg\,d_2 = E_c$, $d_2 = \dfrac{15\,937}{0{,}1 \cdot 75 \cdot 9{,}8} = 216{,}8$ m ≈ 217 m. (Sale lo mismo con el recorrido entero: $d_2 = h\left(\frac{1}{\mu} - \frac{1}{\tan 37^\circ}\right)$.)

PAU Andalucía 2025 (extraordinaria), Ejercicio A, apartado a (obligatorio dentro del ejercicio; 1 punto). Discuta razonadamente si los siguientes enunciados son verdaderos o falsos: i) (0,5 puntos) si se realiza trabajo sobre una partícula, su energía cinética aumenta; ii) (0,5 puntos) las fuerzas conservativas siempre realizan trabajo nulo.

Solución: i) Falsa. La energía cinética cambia según el trabajo **total**: $W_{total} = \Delta E_c$. Una fuerza puede hacer trabajo negativo (el rozamiento sobre un bloque que desliza hace $W_r < 0$ y la E_c disminuye), o hacer trabajo positivo mientras otra hace más trabajo negativo. **ii) Falsa.** Su trabajo es nulo en cualquier **camino cerrado** y entre dos puntos con la misma energía potencial (el peso en un tramo horizontal). En general vale $W_c = -\Delta E_p$, que no tiene por qué ser cero: en una caída libre desde una altura h, el peso hace $W_P = mgh > 0$.

Fuentes

1. Real Decreto 243/2022, de 5 de abril, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas del Bachillerato (Física de 2.º, bloque A; Física y Química de 1.º, bloque F «Energía»)
2. Real Decreto 2032/2009, de 30 de diciembre, por el que se establecen las unidades legales de medida (julio, vatio)
3. Andalucía: Directrices y orientaciones generales para la PAU, curso 2026-27, Física (con el modelo de examen y sus criterios; 17-jun-2026)
4. PAU Andalucía 2026, ordinaria: examen de Física
5. PAU Andalucía 2026, ordinaria: criterios específicos de corrección
6. PAU Andalucía 2026, extraordinaria: examen de Física
7. PAU Andalucía 2026, reserva 2: examen de Física
8. PAU Andalucía 2025, ordinaria: examen de Física
9. PAU Andalucía 2025, extraordinaria: examen de Física
10. PAU Andalucía 2025, reserva 1: examen de Física
11. PAU Andalucía, modelo de examen 2026-27 con criterios
12. Galicia (CiUG): Orientaciones del grupo de trabajo de Física, curso 2025-26 (conocimientos previos)
13. Cataluña: Orientacions per a l'examen de Física, PAU 2027
14. Asturias (Universidad de Oviedo): Información sobre la PAU 2025/2026, Física, con el anexo de concreción curricular
15. Canarias: Matriz de especificaciones de Física, PAU 2027
16. Extremadura (UEx): Aspectos curriculares orientativos de Física, Bloque A, PAU 2026-27 (octubre de 2026)
17. Madrid: Presentación de la Comisión de Materia de Física, PAU 2025-26 (conocimientos previos)

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.