FÍSICA 2º BACHILLERATO / SELECTIVIDAD PAU ANDALUCÍA
LOS 5 EJERCICIOS MÁS REPETIDOS DE CAMPO GRAVITATORIO

Boletín Oficial de Entrenamiento y Autoevaluación • Distrito Único Andaluz
Autoría: **D. José Garcés Ávila** (Ingeniero Mecánico • Director Pedagógico) • WhatsApp: **+34 679 71 06 64**

■ **LAS 3 EXIGENCIAS INNEGOCIABLES DE LA PONENCIA DE FÍSICA DE ANDALUCÍA:**
1. Deducción Obligatoria: Prohibido poner fórmulas de memoria ($v = \sqrt{(GM/r)}$ o $T^2 = 4\pi^2r^3/(GM)$). Debe partirse siempre del equilibrio dinámico: $\mathbf{F_g = F_c}$.
2. Radio Orbital vs Altura: El radio orbital es la distancia al centro del planeta: $\mathbf{r = R_T + h}$. Confundir radio con altura arruina todo el problema.
3. Signo Negativo de la Energía: La energía potencial ($E_p = -G\cdot M\cdot m/r$) y la energía mecánica orbital ($E_m = -½\cdot G\cdot M\cdot m/r$) son **estrictamente negativas** en estados ligados.

EJERCICIO 1: DISTRIBUCIÓN CARTESIANA 2D, CAMPO VECTORIAL Y SIGNO DEL TRABAJO

PEvAU Andalucía — Convocatoria Ordinaria (Junio 2024), Ejercicio A1 (2,5 puntos)

a) Dos satélites, A y B, describen órbitas circulares concéntricas alrededor de la Tierra. Razone cuál de los dos tiene mayor energía cinética en las siguientes situaciones:
i) Sus masas son iguales y el radio orbital de A es mayor que el de B.
ii) Los dos satélites están en la misma órbita y la masa de A es menor que la de B.
b) Dos masas puntuales de 10 kg y 5 kg están situadas en los puntos A(0, 3) m y B(4, 0) m, respectivamente.
i) Realice un esquema del campo gravitatorio producido por cada una de las masas en el punto C(4, 3) m y calcule su valor en dicho punto.
ii) Determine el trabajo necesario para desplazar una tercera masa de 4 kg desde el punto C hasta el punto O(0, 0) m. Discuta el signo del trabajo.
(Dato: $G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}$ N·m²·kg^{-2})

■ **Claves del Corrector:** a) Expresa $E_c = ½\cdot G\cdot M\cdot m/r$ a partir de $F_g = F_c$. A mayor radio menor energía cinética; a mayor masa mayor energía cinética. b) Superposición vectorial: $\mathbf{g_C} = \mathbf{g_A} + \mathbf{g_B}$. El trabajo realizado por el campo es $W_{campo} = -m\cdot\Delta V = -m\cdot(V_O - V_C)$. Como $W < 0$, el desplazamiento requiere un agente exterior en contra de las fuerzas del campo.

■ **Resultados Numéricos Finales:**
- $\mathbf{g_C = (-4{,}17\cdot10^{-11}\ i - 1{,}85\cdot10^{-11}\ j)}$ **N/kg**
- $\mathbf{|g_C| = 4{,}56\cdot10^{-11}}$ **N/kg**
- $\mathbf{V_C = -2{,}78\cdot10^{-10}}$ **J/kg**
- $\mathbf{V_O = -1{,}94\cdot10^{-10}}$ **J/kg**
- $\mathbf{W_{ext} = +3{,}34\cdot10^{-10}}$ **J** ($\mathbf{W_{campo} = -3{,}34\cdot10^{-10}}$ **J**)

EJERCICIO 2: ANULACIÓN DE CAMPO VECTORIAL VS POTENCIAL ESCALAR A ESCALA GALÁCTICA

PEvAU Andalucía — Convocatoria Extraordinaria (Julio 2024), Ejercicio A1 (2,5 puntos)

a) Nuestra galaxia vecina, Andrómeda, tiene una masa de 1,5 veces la masa de la Vía Láctea. A escala galáctica, ambas se pueden considerar como dos masas puntuales.

i) Justifique razonadamente si existe algún punto entre las galaxias donde se anule el campo gravitatorio originado por ambas. En caso afirmativo, determine la relación entre las distancias de ese punto a cada galaxia.

ii) ¿Se anula el potencial gravitatorio en algún punto entre ambas galaxias? Justifique su respuesta.

b) Se sitúa una masa puntual de 3 kg en el punto A(0, -2) m y otra de 2 kg en el punto B(3, 0) m. Calcule:

i) El campo gravitatorio en el origen de coordenadas, ayudándose de un esquema.

ii) El potencial gravitatorio en el origen de coordenadas.

(Dato: $G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}$ N·m²·kg^{-2})

■ **Claves del Corrector:** a) El campo **g** es vectorial: se anula donde los vectores tienen igual módulo y sentidos opuestos: $G \cdot M_A/d_A^2 = G \cdot M_V/d_V^2 \Rightarrow d_A/d_V = \sqrt{(1{,}5)} \approx 1{,}225$. El potencial V es escalar y estrictamente negativo ($V = -G \cdot M/r < 0$): la suma de dos números negativos nunca puede ser cero en puntos finitos. b) Dibuja los vectores hacia las masas tractoras.

■ **Resultados Numéricos Finales:**
- $d_{Andrómeda} / d_{VíaLáctea} = \sqrt{1{,}5} \approx 1{,}225$
- **V = 0 solo en el infinito (nunca entre ellas)**
- $g_O = (0{,}74 \cdot 10^{-11}\ i - 0{,}50 \cdot 10^{-11}\ j)$ N/kg
- $|g_O| = 0{,}89 \cdot 10^{-11}$ N/kg
- $V_O = -1{,}44 \cdot 10^{-10}$ J/kg

EJERCICIO 3: SISTEMA TIERRA-LUNA, EQUILIBRIO DE FUERZAS Y MISIÓN ARTEMIS

PEvAU Andalucía — Convocatoria Ordinaria (Junio 2023), Ejercicio A2 (2,5 puntos)

a) i) Escriba la expresión del potencial gravitatorio creado por una masa puntual M, indicando las magnitudes que aparecen en la misma y sus respectivas unidades.

ii) Razone el signo del trabajo realizado por la fuerza gravitatoria cuando una masa m, inicialmente en reposo en las proximidades de M, se desplaza por acción del campo gravitatorio.

b) Recientemente la NASA envió la nave **ORIÓN-Artemis** a las proximidades de la Luna. Sabiendo que la masa de la Tierra es 81 veces la de la Luna y la distancia entre sus centros es $3{,}84 \cdot 10^5$ km:

i) Calcule en qué punto, entre la Tierra y la Luna, la fuerza ejercida por ambos cuerpos sobre la nave es cero.

ii) Determine la energía potencial de la nave en ese punto sabiendo que su masa es de 5000 kg.

(Datos: $G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}$ N·m²·kg^{-2}; $M_T = 5{,}97 \cdot 10^{24}$ kg)

■ **Claves del Corrector:** a) $V = -G \cdot M/r$ (J/kg). Al soltarse en reposo, se mueve espontáneamente hacia potenciales decrecientes (hacia M), por lo que $\Delta V < 0$ y $W = -m \cdot \Delta V > 0$ (el trabajo del campo es positivo). b) Igualdad de fuerzas: $G \cdot M_T \cdot m/x^2 = G \cdot M_L \cdot m/(d-x)^2$. Como $M_T = 81 \cdot M_L$, al tomar raíces cuadradas: $9/x = 1/(d-x) \Rightarrow x = 0{,}9 \cdot d$.

■ **Resultados Numéricos Finales:**
- **Distancia a Tierra: $x = 3{,}456 \cdot 10^5$ km ($3{,}456 \cdot 10^8$ m)**
- **Distancia a Luna: $d - x = 3{,}84 \cdot 10^4$ km**
- **$M_{Luna} = 7{,}37 \cdot 10^{22}$ kg**
- **$E_p = E_{p,T} + E_{p,L} = -6{,}45 \cdot 10^9$ J (-6,45 GJ)**

EJERCICIO 4: VELOCIDAD DE ESCAPE ORBITAL Y CARACTERIZACIÓN DE EXOPLANETA

PEvAU Andalucía — Convocatoria Extraordinaria (Julio 2023), Ejercicio A1 (2,5 puntos)

a) Un satélite artificial describe una órbita circular alrededor de la Tierra. La velocidad de escape desde la órbita es la cuarta parte de la velocidad de escape desde la superficie terrestre.

i) Deduzca la relación que existe entre el radio de la órbita y el radio terrestre.

ii) Determine la relación entre la aceleración de la gravedad en la superficie terrestre y en la órbita del satélite.

b) Un planeta tiene un radio de 5000 km y la gravedad en su superficie es 8,2 $m \cdot s^{-2}$. Este planeta orbita en torno a una estrella que tiene una masa de $8 \cdot 10^{31}$ kg. Determine:

i) La masa del planeta.

ii) La velocidad de escape desde su superficie.

iii) El radio de la órbita en la que la energía mecánica del planeta tiene un valor de $-8{,}15 \cdot 10^{33}$ J.

(Dato: $G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ N \cdot m^2 \cdot kg^{-2}$)

■ **Claves del Corrector:** a) $v_{esc} = \sqrt{(2 \cdot G \cdot M/r)}$. Si $v_{esc,orb} = ¼ \cdot v_{esc,sup} \Rightarrow \sqrt{(1/r)} = ¼ \cdot \sqrt{(1/R_T)} \Rightarrow r = 16 \cdot R_T$. La gravedad varía como $1/r^2$, por tanto $g_0/g_{orb} = (r/R_T)^2 = 16^2 = 256$. b) En la superficie: $g_0 = G \cdot M_p/R_p^2 \Rightarrow M_p$. La energía mecánica orbital es $E_m = -½ \cdot G \cdot M_{estrella} \cdot M_p/r_{orb} < 0$.

■ **Resultados Numéricos Finales:**
- **$r_{orb} / R_T = 16$ ($r = 16 \cdot R_T$)**
- **$g_{superficie} / g_{órbita} = 256$**
- **Masa planeta: $M_p = 3{,}07 \cdot 10^{24}$ kg**
- **Velocidad escape: $v_{esc} = 9055$ m/s (9,06 km/s)**
- **Radio orbital: $r_{orb} = 1{,}00 \cdot 10^{12}$ m**

EJERCICIO 5: DEDUCCIÓN v_{orb} VS v_{esc} Y DINÁMICA DEL SATÉLITE PAZ

PEvAU Andalucía — Convocatoria Reserva 1 (2023), Ejercicio A1 (2,5 puntos)

a) Deduzca razonadamente la relación existente entre la velocidad orbital y la velocidad de escape de un satélite que se encuentra orbitando a una distancia r del centro de la Tierra.

b) El satélite español **Paz**, que se lanzó en febrero de 2018, tiene una masa de 1400 kg y se mantiene en una órbita circular a una velocidad de 7,6 $km \cdot s^{-1}$.

i) Determine razonadamente el radio de la órbita.

ii) ¿Cuántas vueltas dará alrededor de la Tierra en 1 día?

iii) Calcule la diferencia de energía potencial del satélite en su órbita con respecto a la que tendría en la superficie terrestre.

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

■ **Claves del Corrector:** a) Deduce $v_{orb} = \sqrt{(G \cdot M/r)}$ desde $F_g = F_c$ y $v_{esc} = \sqrt{(2 \cdot G \cdot M/r)}$ desde $E_c + E_p = 0 \Rightarrow v_{esc} = \sqrt{2} \cdot v_{orb}$. Penalizan si se pone sin deducir. b) Despeja $r = G \cdot M_T/v^2$ (¡ojo a 7600 m/s!). Calcula el periodo $T = 2\pi r/v$ y halla $n = 86400/T$. La diferencia de energía potencial es $\Delta E_p = E_p(r) - E_p(R_T) = G \cdot M_T \cdot m \cdot (1/R_T - 1/r) > 0$.

■ **Resultados Numéricos Finales:**
- **Relación deducida: $v_{esc} = \sqrt{2} \cdot v_{orb}$**
- **Radio orbital: $r = 6{,}90 \cdot 10^6$ m ($h \approx 530$ km)**
- **Periodo: T = 5707 s (95,1 min)**
- **Vueltas en 1 día: 15,14 vueltas**
- **Variación $\Delta E_p = +4{,}60 \cdot 10^9$ J (+4,60 GJ)**

■ **¿QUIERES PREPARAR LA SELECTIVIDAD DE FÍSICA AL MÁXIMO NIVEL?**
En **Academia MJ (Santa Fe, Granada)** impartimos clases de refuerzo e intensivos específicos para la PAU de Andalucía.
- **Dirección:** Ronda de Belén, 21, Local Izquierda, 18320 Santa Fe (Granada)
- **Canal Oficial de WhatsApp:** +34 679 71 06 64
- **Web Oficial:** https://academia-santafe.es/ejercicios-mas-repetidos-campo-gravitatorio-selectividad-andalucia/