



Real
Sociedad
Española de
Física



Departamento de Física
UNIVERSIDAD DE BURGOS

XXXIII OLIMPIADA ESPAÑOLA DE FÍSICA

FASE LOCAL DE BURGOS

4 de marzo de 2022

Examen elaborado con la colaboración de los profesores:

Alfredo Bol Arreba
Nicolás A. Cordero Tejedor
Fernando M. García Reguera
M^a Isabel Gómez Ayala
Manuel Iván González Martín
Rodrigo Martínez Mayo
Andrés Serna Gutiérrez
Verónica Tricio Gómez

POR FAVOR, REALICE CADA PRUEBA EN UNA HOJA APARTE



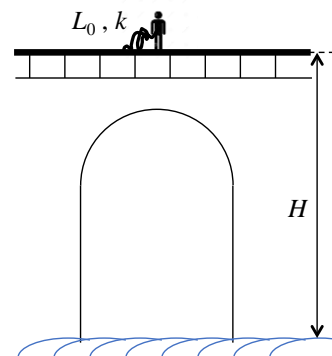
PRUEBA Nº 1

“Prueba de opción múltiple”

Solo una de las soluciones propuestas es correcta. Deberá justificarse razonadamente la elección de la opción marcada en cada uno de los ejercicios.

1.- Un saltador de puenting de masa $m = 75$ kg se **deja caer** desde lo alto de un puente de altura $H = 100$ m sobre la superficie del agua. La cuerda elástica a la que está atado tiene una constante k y una **longitud natural** (longitud sin estirar) de valor $L_0 = 40$ m. La distancia a la superficie del agua a la que se produce el primer rebote del saltador es $h = 25$ m. ¿Cuál es el valor de la constante elástica de la cuerda?

- a) 100,5 N/m b) 80,3 N/m c) 90,0 N/m d) 75,2 N/m

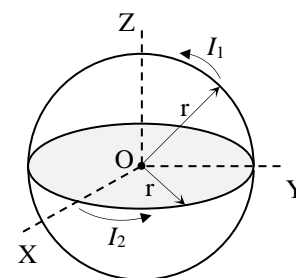


2.- Una persona toma impulso y se eleva en la Tierra una distancia vertical de 60 cm. ¿Qué altura alcanzará si realiza el mismo proceso en un planeta imaginario de radio $R_P = R_T/3$ y densidad $\rho_P = 2\rho_T$?

- a) 90 cm b) 40 cm c) 50 cm d) 87 cm

3.- Dos espiras circulares conductoras, aisladas entre ellas y de radios iguales $r = 20$ cm, se disponen en ángulo recto una respecto de la otra con centro común O, tal como indica la figura. Si las intensidades de corriente que circulan por ellas son $I_1 = 6$ A y $I_2 = 8$ A, el módulo del campo magnético resultante \vec{B} creado por ellas en el punto O vale:

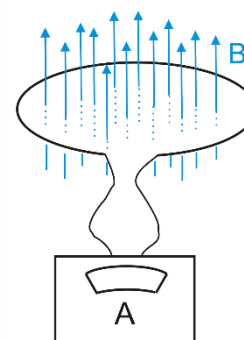
- a) $B = 12,0 \mu\text{T}$ b) $B = 6,28 \mu\text{T}$ c) $B = 44,0 \mu\text{T}$ d) $B = 31,4 \mu\text{T}$



DATO: $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ unidades SI.

4.- En la figura se muestra un cable, que forma una espira circular de radio $r = 25$ cm contenida en un plano, conectado a un amperímetro. La resistencia conjunta del cable y el amperímetro es de $1,25 \Omega$. El cable se encuentra en el seno de un campo magnético $B = 0,25$ mT uniforme y constante, que atraviesa de forma perpendicular la espira. En estas condiciones, la lectura del amperímetro será:

- a) 2 A b) $2 \cdot 10^{-4}$ A c) 0 A d) 0,2 A



5.- En un recipiente térmicamente aislado y de capacidad térmica despreciable, tenemos 300 g de agua a una temperatura de $27,3^\circ\text{C}$. Introducimos en el recipiente una pieza de cobre a $123,8^\circ\text{C}$ de modo que transcurrido cierto tiempo se alcanza un estado de equilibrio en el que la temperatura es de $34,1^\circ\text{C}$. La masa de la pieza de cobre introducida es:

- a) 267,5 g b) 292,0 g c) 318,4 g d) 246,6 g

DATOS:

Calor específico del agua: $c_{\text{agua}} = 4186$ J/(kg K); calor específico del cobre: $c_{\text{cobre}} = 386$ J/(kg K)



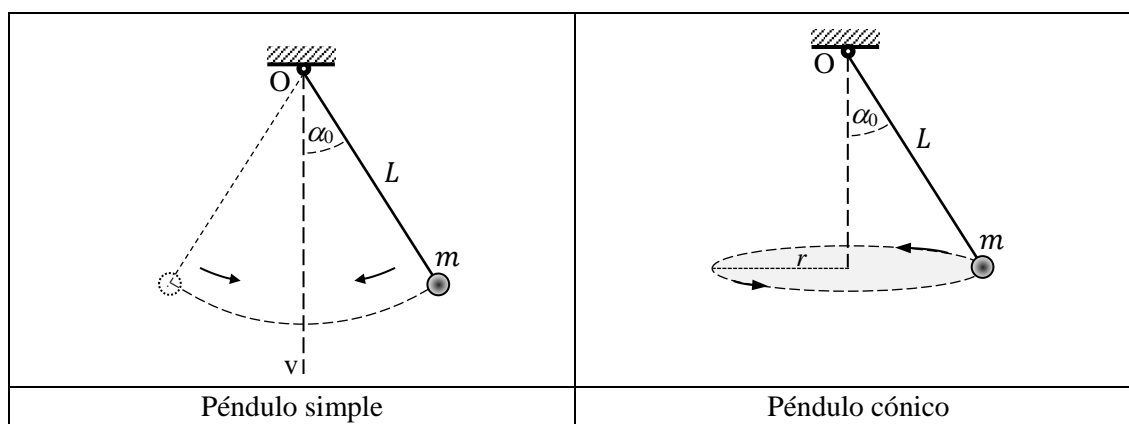
PRUEBA Nº 2

“Péndulo simple versus péndulo cónico”

En los libros de física aparecen péndulos de muchos tipos: péndulo simple, péndulo físico, péndulo esférico, péndulo cónico, péndulo de torsión, péndulo bifilar, péndulo de Foucault, etc. Vamos a poner nuestra atención en dos de ellos: el péndulo simple y el péndulo cónico.

El *péndulo simple* o péndulo matemático consiste en una partícula de masa m suspendida de un punto fijo O mediante un hilo de longitud L y masa despreciable y que, cuando es separada de su posición de equilibrio un ángulo α y se deja en libertad, oscila en un plano vertical por la acción de su peso.

El *péndulo cónico* es análogo al péndulo simple, pero, a diferencia de este, el péndulo cónico no oscila, sino que la masa m describe una trayectoria circular en un plano horizontal con celeridad v constante.



Nota: para todas las preguntas consideraremos que el ángulo α_0 es el mismo para ambos péndulos.

- a) Dibuje las fuerzas que actúan sobre la masa m en cada caso. Razone cuál es la dirección y sentido del vector aceleración de la masa en cada uno de los péndulos. Representétele en cada caso.
- b) Calcule, en la posición indicada en las figuras, el módulo de la aceleración sobre la masa m en ambos péndulos. ¿Cuál de los módulos es mayor? ¿Cuánto mayor si el valor del ángulo α_0 es 20° ?
- c) Determine el periodo del péndulo cónico τ_{PC} , es decir, el tiempo que la masa m tarda en describir una circunferencia completa y compárelo con el periodo del péndulo simple, cuya expresión para pequeñas oscilaciones es $\tau_{PS} = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$, donde L representa la longitud del péndulo y g la gravedad.
- d) Demuestre que, para un ángulo inicial α_0 pequeño, la energía cinética del péndulo cónico es aproximadamente igual a la energía cinética máxima del péndulo simple. Para ello puede utilizar las siguientes aproximaciones válidas para pequeños ángulos (cuando estos son expresados en radianes, sus unidades en el S.I.):

$$\cos(\alpha) \approx 1 - \frac{\alpha^2}{2} \quad \text{y} \quad \text{tg}(\alpha) \approx \text{sen}(\alpha) \approx \alpha$$



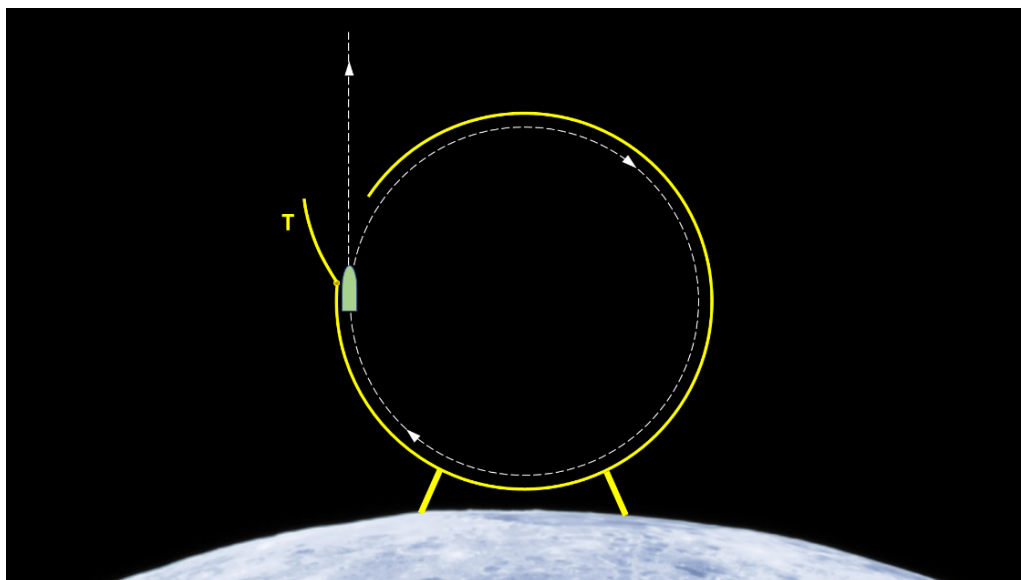
PRUEBA Nº 3

“Rampa de lanzamiento lunar”

Poner en órbita satélites artificiales no es fácil ni barato. Se necesita mucha energía para escapar de la atracción gravitatoria de la Tierra o del astro que se desea abandonar. Generalmente esa energía se obtiene quemando grandes cantidades de combustible que el satélite debe llevar consigo al despegar.

- a) Determine la energía mínima necesaria para colocar en una órbita geostacionaria (órbita de período el de la rotación terrestre) un satélite de telecomunicaciones de masa $m = 200$ kg.

Algunos han propuesto determinadas alternativas que hagan innecesaria una gran carga de combustible; este ejercicio trata sobre una de ellas. Observe la imagen: representa una especie de rampa de lanzamiento circular, por cuyo interior se hace avanzar aceleradamente la nave, tantas vueltas como sean necesarias, hasta que alcanza la velocidad de escape. En ese momento se abre una trampilla (T) y la nave sale disparada hacia el espacio.



- b) Explique por qué esta idea está condenada al fracaso como forma de abandonar la Tierra.

Seamos un poco menos exigentes y fijémonos en la Luna. Suponga que se construye una base lunar y que le encargan diseñar una rampa circular para devolver materiales y personas hacia la Tierra en naves cuya masa, carga incluida, será de 50000 kg. La nave, en su trayecto de la Luna a la Tierra, debe llegar a un punto P, situado a una distancia x del centro de la Tierra, en el que las fuerzas de atracción gravitatoria de ambos astros se compensen.

- c) Determine el valor de x .
- d) Calcule la energía mínima con la que debe partir la nave desde la Luna para llegar al punto P. ¿Cuál será la velocidad de partida?

Tenga en cuenta ahora que el cuerpo humano puede desplazarse a cualquier velocidad, pero no puede resistir aceleraciones demasiado elevadas. Suponga, en concreto, que los pasajeros de la nave así acelerada no deben soportar en ningún momento más de 15 veces la aceleración de la gravedad terrestre.

Suponga, por último, que la máxima fuerza disponible para aplicar sobre la nave en la dirección de su avance mientras acelera es de $2 \cdot 10^6$ N.

- e) Diseñe una rampa segura para los pasajeros de las naves, es decir, determine qué radio (o intervalo de radios) es idóneo para la rampa, y cuántas vueltas (como mínimo o tal vez como máximo, averígüelo usted) debe completar la nave antes de que la trampilla se abra.
- f) Si la fuerza aplicada es la máxima que se indicó arriba, ¿cuánto durará el proceso de despegue?
- g) Dé su opinión sobre la viabilidad técnica de la rampa así diseñada.

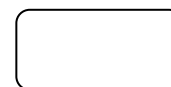
DATOS: Radio y masa de la Luna: $R_L = 1737 \text{ km}$, $M_L = 7,4 \times 10^{22} \text{ kg}$.

Radio y masa de la Tierra: $R_T = 6378 \text{ km}$, $M_T = 5,974 \times 10^{24} \text{ kg}$.

Distancia del centro de la Tierra al centro de la Luna: $R_{TL} = 384400 \text{ km}$.

Constante de gravitación: $G = 6,674 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$.

No olvide que un objeto describiendo un movimiento circular con velocidad v y radio R experimenta, incluso si el movimiento es uniforme, una aceleración hacia el centro de valor v^2/R .



PRUEBA Nº 4

“Dilatación de gases...20 años después de la XIII OEF en Burgos”

En el año 2002 celebramos en Burgos la fase Nacional de la Olimpiada, en la que se preparó una prueba experimental, utilizando un bote de refresco para el estudio de la dilatación de los gases.

El ejercicio siguiente es una sencilla variante de aquella prueba: Imaginemos un gas encerrado en un bote de refresco unido a un manómetro en forma de U y a un tubo con una llave de apertura y cierre, el cual se puede calentar como se ve en la Figura 1(a).

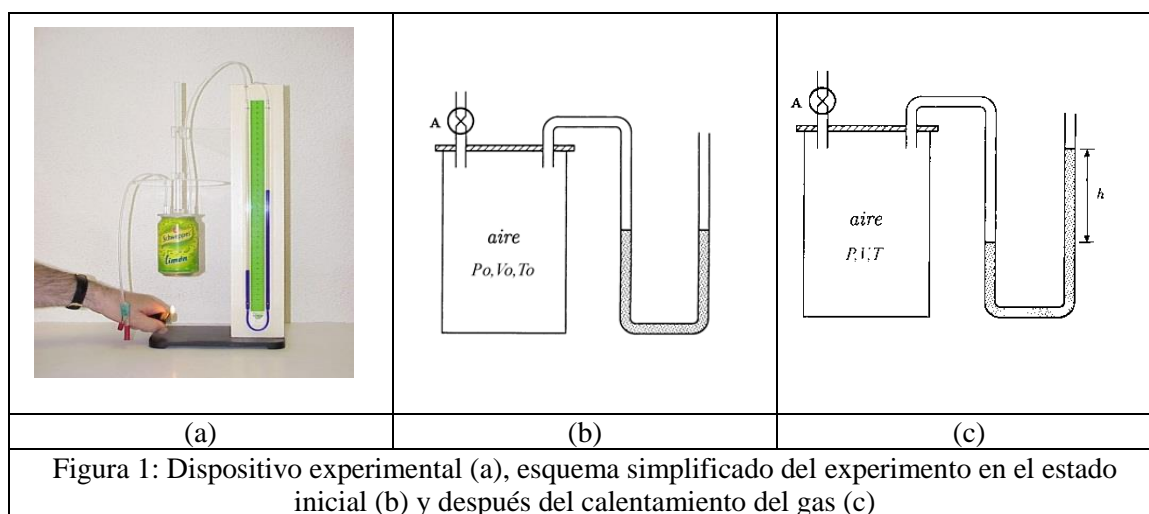


Figura 1: Dispositivo experimental (a), esquema simplificado del experimento en el estado inicial (b) y después del calentamiento del gas (c)

A la temperatura T_0 de la escala absoluta (0°C de la escala centígrada) el líquido del tubo en forma de U (de radio interior, $r = 2,5 \text{ mm}$), tiene el mismo nivel en las dos ramas, lo que quiere decir que la presión P_0 interior coincide con la presión atmosférica (**1 atm**) del exterior (ver Figura 1(b)). En estas condiciones, el volumen ocupado por el gas es $V_0 = 0,333 \text{ L}$.

Calentamos el gas a la temperatura T de la escala absoluta (temperatura t de la escala centígrada) y observamos que el nivel del líquido en la rama de la izquierda desciende y en la rama de la derecha asciende (ver Figura 1(c)).

a) En este experimento de calentamiento del gas, ¿cómo varían el volumen V y la presión P ? seleccione razonadamente entre las que se indican a continuación, la/las respuesta/s correcta/s.

$V < V_0,$	$V > V_0,$	$V > V_0,$	$V < V_0,$	$V = V_0,$	$V > V_0,$
$P < P_0$	$P < P_0$	$P > P_0$	$P > P_0$	$P > P_0$	$P = P_0$

Durante el experimento se han ido midiendo diversos valores de h y de t . En la siguiente Tabla se indica la diferencia de alturas h entre los niveles del líquido en función de la temperatura t del gas (para el análisis del experimento supondremos que t es la misma para todo el gas encerrado).

Tabla: Diferencia de alturas h frente a la temperatura t del gas

t ($^\circ\text{C}$)	0	2	4	6	8	10
h (cm)	0	5,8	11,6	17,3	23,1	28,8

- b) Sobre el papel milimetrado que se entrega, represente gráficamente h frente a t , dibuje la recta de ajuste que pasa por los puntos experimentales y calcule su pendiente.
- c) A partir de los datos experimentales de h y t podemos determinar para cada temperatura los valores de ΔV y ΔP , además de los valores de PV/T . Sabiendo que la densidad del líquido es $\rho = 10^3 \text{ kg m}^{-3}$, complete la Tabla adjunta y explique las ecuaciones necesarias para los cálculos solicitados.

t (°C)	h (cm)	ΔP (atm)	ΔV (cm ³)	PV/T (atm L K ⁻¹)
0	0			
2	5,8			
4	11,6			
6	17,3			
8	23,1			
10	28,8			

- d) Interprete los resultados de la columna PV/T .



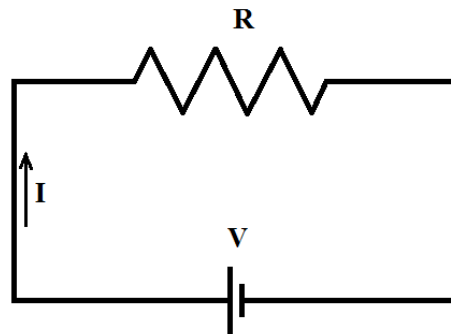
PRUEBA N° 5

“Circuitos magnéticos”

Al igual que se define la resistencia eléctrica R como la resistencia que opone un material al paso de corriente eléctrica, se define la reluctancia \mathcal{R} como la resistencia que opone un material al paso de un flujo magnético.

En un circuito eléctrico la relación entre diferencia de potencial V e intensidad de corriente I depende de la resistencia eléctrica R ; de acuerdo con la ley de Ohm:

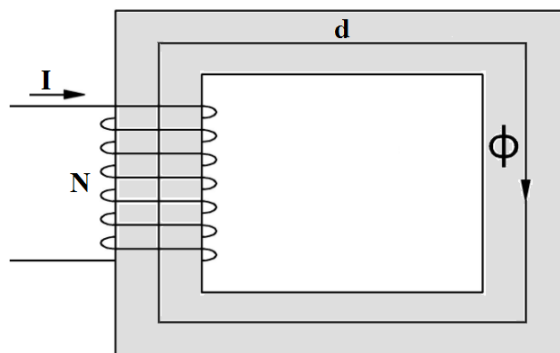
$$V = R \cdot I$$



De forma análoga en un circuito magnético la relación entre la fuerza magnetomotriz y el flujo magnético depende de la reluctancia:

$$\mathcal{F} = \mathcal{R} \cdot \phi$$

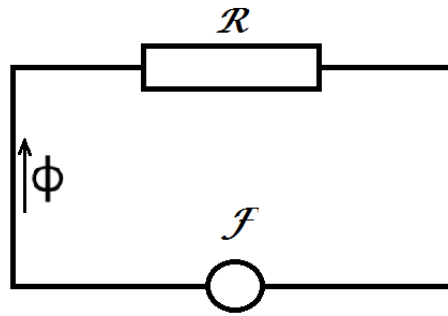
Un circuito magnético como el del dibujo:



Donde las N espiras por las que circula una intensidad de corriente eléctrica I crean una fuerza magnetomotriz $\mathcal{F} = N \cdot I$ (N es en número de vueltas que da el conductor por el que circula la corriente I). La reluctancia depende de la permeabilidad del material utilizado μ , la distancia que tenga que atravesar el flujo magnético d y la sección de dicho material S :

$$\mathcal{R} = \frac{d}{\mu \cdot S}$$

Este circuito del dibujo podemos representarlo de forma más esquemática como:



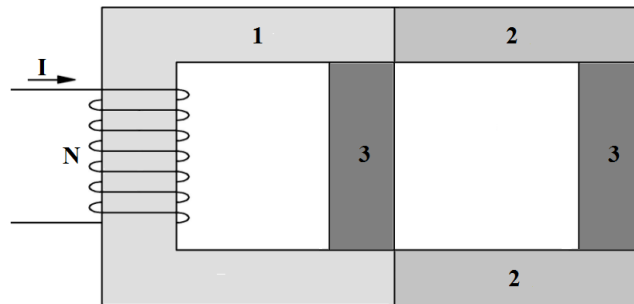
Responde a las siguientes cuestiones:

- a) Sabiendo que el flujo magnético viene dado en Webers (recordemos que $\text{Wb} = \text{T m}^2 = \text{m}^2 \text{ kg s}^{-2} \text{ A}^{-1}$) ¿cuáles son las unidades de la permeabilidad magnética μ ?
- b) Si asociáramos dos materiales distintos en un circuito magnético en paralelo, ¿cuál de las dos expresiones sería la correcta? Razona la respuesta.

$$\mathcal{R}_T = \mathcal{R}_1 + \mathcal{R}_2$$

$$\frac{1}{\mathcal{R}_T} = \frac{1}{\mathcal{R}_1} + \frac{1}{\mathcal{R}_2}$$

Dado el siguiente circuito magnético:



c) Representa el anterior circuito de forma esquemática.

d) Calcula la reluctancia total del anterior circuito sabiendo que:

$$S_1 = S_2 = S_3 = 12 \text{ mm}^2, d_1 = 10 \text{ cm}, d_2 = 4 \text{ cm}, d_3 = 3 \text{ cm}$$

Y las permeabilidades magnéticas de los distintos materiales son:

$$\mu_1 = 5 \cdot 10^3 \cdot \mu_0 \text{ (Ferrita)}$$

$$\mu_2 = 2 \cdot 10^3 \cdot \mu_0 \text{ (Acero)}$$

$$\mu_3 = 2,5 \cdot 10^4 \cdot \mu_0 \text{ (Permalloy)}$$

Donde μ_0 es la permeabilidad del vacío, cuyo valor en unidades S.I. es de $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$