XXXVI Olimpiada
ESPAÑOLA DE FÍSICA
Valencia
11-14 de abril, 2025

Real Sociedad Española de Física
R.S.E.F.

Departamento de Física
UNIVERSIDAD DE BURGOS

XXXVI OLIMPIADA ESPAÑOLA DE FÍSICA
FASE LOCAL DE BURGOS
21 de febrero de 2025

Examen elaborado con la colaboración de los profesores:

Nicolás A. Cordero Tejedor
Fernando M. García Reguera
Manuel Iván González Martín
Rodrigo Martínez Mayo
Andrés Serna Gutiérrez
Verónica Tricio Gómez
Rolando Valdés Castro

POR FAVOR, REALICE CADA PRUEBA EN UNA HOJA APARTE.

LOS EJERCICIOS DE LA PRUEBA 1 SE PUEDEN REALIZAR EN LA MISMA HOJA.

PUEDE UTILIZAR LOS REVERSOS DE LAS HOJAS DE ENUNCIADOS.

PRUEBA Nº 1

"Prueba de opción múltiple" ***(20 puntos)***

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

Ejercicio 1

Considera el campo eléctrico originado por una distribución de dos cargas puntuales, q_1 situada en el origen de coordenadas y q_2 situada en el punto $P_2(4, 0)$ m. La medición del campo eléctrico total en el punto P(4, 4) m da como resultado: $\vec{E} = (-0{,}994\,\vec{\imath} + 0{,}131\,\vec{\jmath})$ N/C (Figura 1). Deduce el signo y el valor de las cargas q_1 y q_2.

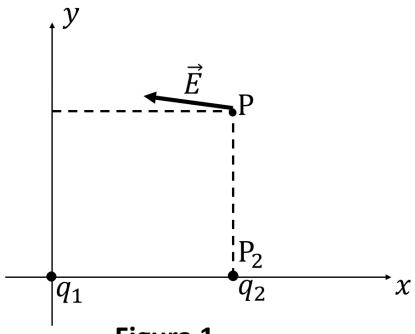


Figura 1

a) q_1 = -3 nC, q_2 = 3 nC **b)** q_1 = 4 nC, q_2 = -1 nC

c) q_1 = -5 nC, q_2 = 2 nC **d)** q_1 = -4 nC, q_2 = 3 nC

Ejercicio 2

Calcular la velocidad de una bala de plomo para que se funda al chocar con un obstáculo, suponiendo que toda su energía se transforma en energía térmica, y ésta se transfiere en forma de calor únicamente sobre la bala. La temperatura de la bala en el instante justamente anterior al impacto es de 20 ºC.

Datos: calor específico del plomo, c = 0,031 cal/g ºC;
calor latente de fusión del plomo, L_f = 5,8 cal/g
temperatura de fusión del plomo, T_f = 326 ºC

a) 310 m/s **b)** 357 m/s **c)** 365 m/s **d)** 396 m/s

Ejercicio 3

Una partícula oscila en la dirección del eje Y, en torno al origen de coordenadas, con una amplitud de 4 cm y una frecuencia de 2 Hz. Su posición inicial en t = 0 s es y = 2 cm y su velocidad inicial es $\vec{v_y}(0) = -43{,}5\,\vec{\jmath}$ cm/s. Sus oscilaciones dan lugar a una onda armónica transversal que se propaga en el sentido positivo del eje X. Sabiendo que la distancia entre dos puntos consecutivos del eje X que oscilan con un desfase de π radianes es de 20 cm; determina la velocidad de oscilación de un punto del eje X situado a 25 cm del origen en el instante t = 3 s, $v_y(0'25,\ 3)$.

a) 50,3 cm/s **b)** 43,5 cm/s **c)** 13,01 cm/s **d)** 0 cm/s

Ejercicio 4

Un hilo conductor por el que circula una corriente de intensidad I = 8 A origina un campo magnético cuyo módulo en puntos situados a una distancia x del hilo vale: $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi x}$. En la Figura 2 se muestra el hilo y una espira rectangular de dimensiones a = 20 cm y b = 12 cm. La espira se sitúa a una distancia d = 15 cm del hilo. Para esta situación el flujo magnético que atraviesa la espira vale:

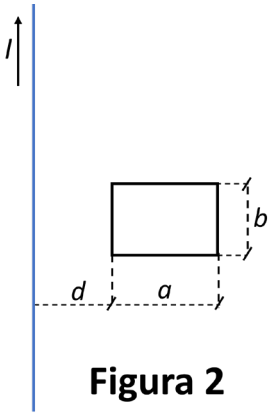


Figura 2

a) 0,163 μWb **b)** 0,206 μWb

c) 0,251 μWb **d)** 0,298 μWb

Datos: $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ T m A^{-1}; 1 μWb = 10^{-6} Wb

Nota: $\int \frac{dx}{x} = \ln x$

Ejercicio 5

Supón ahora que la espira rectangular del ejercicio anterior se mueve. Considera las dos situaciones distintas, A y B, mostradas en la Figura 3 (la espira se mueve con velocidad constante paralelamente al hilo), y en la Figura 4 (la espira se aleja del hilo con velocidad constante).

Rellena la tabla con la opción que consideres correcta para cada una de las dos situaciones (recuerda que debes **justificar** tu elección).

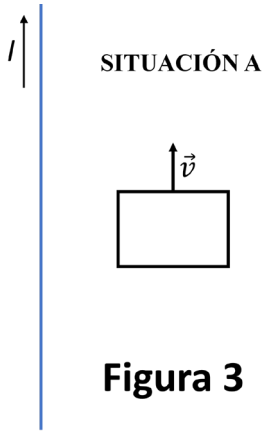


Figura 3

SITUACIÓN A		
Se induce una corriente en la espira de sentido antihorario	No se induce corriente en la espira	Se induce una corriente en la espira de sentido horario

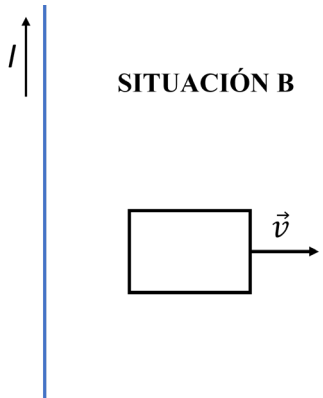


Figura 4

SITUACIÓN B		
Se induce una corriente en la espira de sentido antihorario	No se induce corriente en la espira	Se induce una corriente en la espira de sentido horario

PRUEBA Nº 2

"Disco con movimiento de rodadura" ***(10 puntos)***

En este problema vamos a estudiar el movimiento de un disco que gira y se traslada a la vez (Figura 1). El movimiento del disco, como decimos, se puede describir como superposición de dos movimientos:

a) Una traslación del sistema como si toda su masa estuviera concentrada en el centro de masas, G. En este primer movimiento se considera que la velocidad de todos los puntos del sistema es la misma y vale: $\vec{v}_G$.
b) Una rotación del sistema alrededor de un eje perpendicular al disco y que pase por G. La velocidad de rotación estará caracterizada por el vector $\vec{\omega}$.

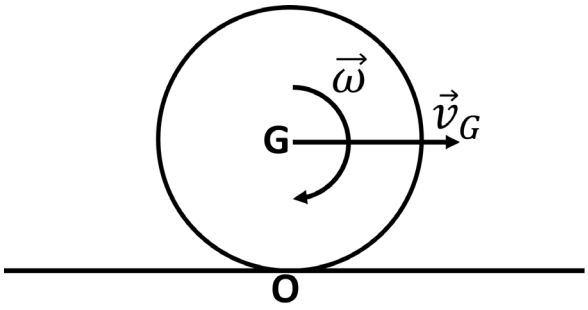


Figura 1

Para este movimiento plano, centraremos la atención en aquella situación en la que el disco se mueve sin deslizar (movimiento de rodadura). Este movimiento está caracterizado porque la velocidad instantánea del punto O del disco (punto de contacto entre el disco y la superficie sobre la que se mueve) es **nula**.

Tras esta descripción inicial, abordemos el problema en sí.
Considera un disco homogéneo que rueda sin deslizar sobre una superficie horizontal (Figura 1).

a) Dibuja los vectores velocidad en el punto O del disco debidos a la traslación del sistema y a la rotación del mismo alrededor de un eje perpendicular al plano del papel que pasa por G.
b) Demuestra que la relación entre los módulos de los vectores $\vec{v}_G$ y $\vec{\omega}$ es la siguiente: $v_G = \omega R$; donde R es el radio del disco.

Discutamos ahora los aspectos energéticos del problema.
La energía cinética de un disco que sólo gira viene dada por la expresión:

$$E_{cr} = \frac{1}{2} I \omega^2$$

donde I es el momento de inercia del sólido respecto al eje de giro y ω es la velocidad angular.

c) ¿Cuáles son las unidades del momento de inercia en el S.I.?

Si tenemos un disco homogéneo de masa $m = 1$ kg, radio $R = 5$ cm y cuyo momento de inercia es $I = \frac{1}{2} m R^2$ que se mueve rodando sin deslizar por una superficie horizontal con una velocidad de $v_G = 2\ m \cdot s^{-1}$:

d) ¿Qué energía de rotación posee?

e) ¿Cuál es su energía cinética de traslación?

f) ¿Cuál es su energía cinética total?

(Continúa detrás)

Situemos ahora el disco en lo alto de un plano inclinado de ángulo α y altura h (Figura 2). Soltamos el disco y este comienza a descender por el plano (suponemos que en todo momento el disco rueda sin deslizar):

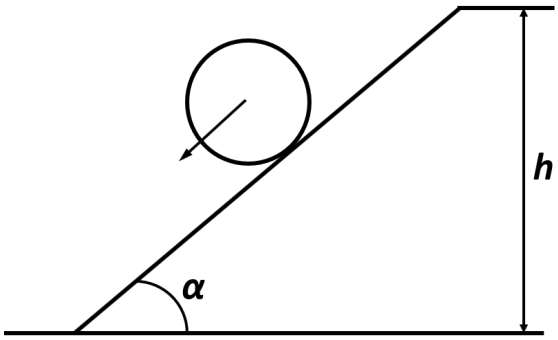


Figura 2

g) Calcula la velocidad del centro de masas del disco al llegar al final del plano inclinado.
Datos: $m = 1$ kg, $R = 5$ cm, $\alpha = 37°$, $h = 10$ m y $I = \frac{1}{2}mR^2$.

Estudiamos ahora el descenso de un aro, un disco y una esfera maciza todos homogéneos, de masa m, y radio R.

h) Determina la velocidad del centro de masas de cada uno de estos sólidos al llegar a la superficie horizontal si todos parten a la vez del reposo de lo alto del plano inclinado del apartado anterior.

Nota: Momento de inercia del aro: $I_{aro} = mR^2$;
Momento de inercia del disco: $I_{disco} = \frac{1}{2}mR^2$;
Momento de inercia de la esfera: $I_{esfera} = \frac{2}{5}mR^2$

i) ¿Influye la masa de cada sólido en la velocidad final?

PRUEBA Nº 3

"Aplicación de conceptos de física a un fenómeno de la vida cotidiana" ***(10 puntos)***

Piotr Leonídovich Kapitsa (1894 – 1984) fue galardonado con el Premio Nobel de física en el año 1978 por el descubrimiento de la superfluidez del helio a baja temperatura. Junto a su labor investigadora prestó especial atención a la actividad pedagógica y solía idear y plantear a los estudiantes ejercicios caracterizados siempre por la originalidad.

El problema que a continuación se enuncia está basado en uno de aquellos que Kapitsa proponía a los jóvenes interesados en cursar la carrera universitaria en el Instituto de Física y Tecnología de Moscú (IFTM).

Un taburete de masa m es inclinado, apoyándolo solamente en dos de sus patas (Figura 1). De este modo su centro de masa es elevado a la altura h. Cuando el cuerpo se suelta, caen sobre el suelo las patas que estaban inicialmente levantadas, el taburete se desplaza y se detiene a cierta distancia l de la posición inicial. El fenómeno transcurre de manera que las únicas fuerzas a considerar son la de gravedad $\boldsymbol{F}_{\mathrm{g}}$ y la de fricción $\boldsymbol{F}_{\mathrm{roz}}$ durante el desplazamiento.

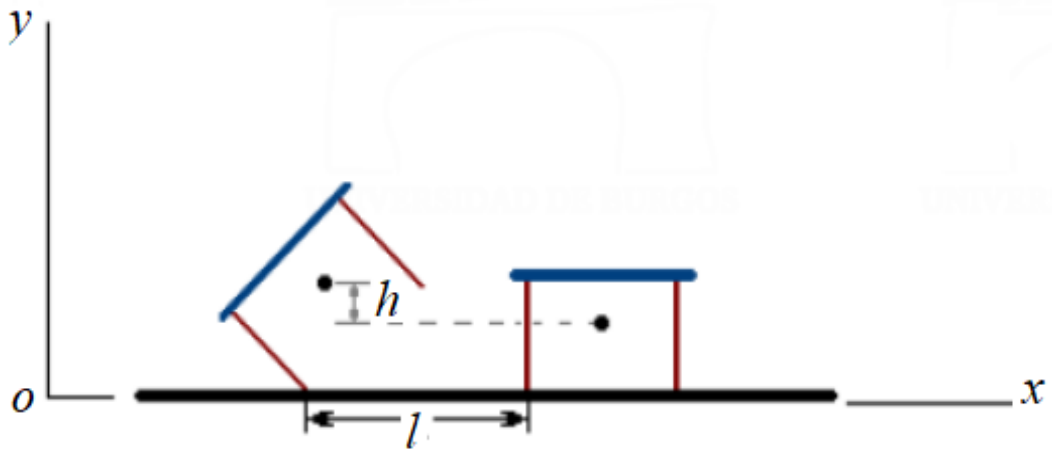


Figura 1

a) Describa las transformaciones de energía que caracterizan el movimiento del cuerpo desde que es soltado, hasta que se detiene.

b) Deduzca la expresión analítica del trabajo W_{g} realizado por la fuerza de gravedad.

c) Escriba, en dependencia del coeficiente de fricción μ entre las patas del taburete y el suelo, la fórmula que representa el trabajo W_{roz} realizado por la fuerza de rozamiento. Justifique su respuesta.

d) Determine el trabajo total W_{T} realizado sobre el taburete.

e) Halle, en función de la distancia l y de la altura h, la fórmula para calcular el valor del coeficiente de fricción μ entre las patas del taburete y el suelo. Argumente su respuesta.

f) ¿Tiene unidades el coeficiente de rozamiento μ? Justifique su respuesta.

g) Estime el valor de μ cuando $h = 3$ cm y $l = 7$ cm.

Observaciones:

- Considere el teorema del trabajo y la energía cinética de una partícula:

  El trabajo total realizado por la resultante de todas las fuerzas aplicadas sobre una partícula durante su desplazamiento, es numéricamente igual a la variación de la energía cinética de dicha partícula, independientemente del tipo de fuerzas consideradas.

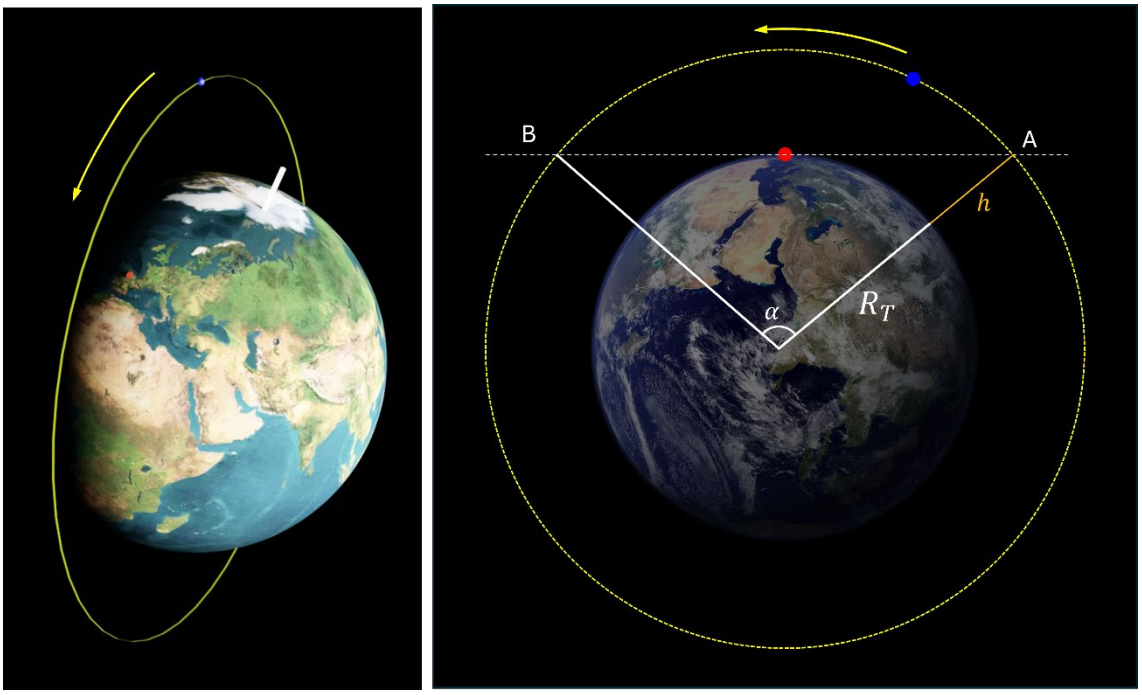
- Las soluciones de los apartados b, c, d y e son analíticas (se expresan solamente con fórmulas y no con valores numéricos).

PRUEBA Nº 4

"Orto y ocaso de un satélite" ***(10 puntos)***

En astronomía, llamamos **orto** de un astro al momento en que "asoma" o "sale" por encima del horizonte. Por ejemplo, si el astro es el Sol, el orto es el momento en que amanece. Igualmente, llamamos **ocaso** al momento en que el astro se esconde o se pone bajo el horizonte. En este ejercicio aplicaremos los conceptos de orto y ocaso a un satélite artificial.

Un satélite artificial (el circulito azul en la figura) describe una órbita circular en torno a la Tierra, a una distancia $h = 460$ km por encima de la superficie. Lo hace de modo que pasa justo por encima de un observador (circulito rojo) situado en la ciudad de Burgos. Precisamente la figura muestra dos vistas del observador y de la trayectoria del satélite, una en 3D y otra bidimensional.



a) Calcule la velocidad con que el satélite recorre su órbita.
b) Halle el periodo de la órbita.

Llamemos A y B a los puntos de orto y ocaso del satélite, respectivamente.

c) Determine el ángulo α delimitado por los puntos A y B. Dé su respuesta en grados y en radianes.
d) Utilice la definición de radián para determinar la longitud de órbita descrita por el satélite entre su orto y su ocaso.
e) Calcule el tiempo que transcurre entre la salida y la puesta del satélite.
f) ¿Qué tiempo habrá de esperar el observador desde la puesta para ver asomar el satélite de nuevo por encima del horizonte?

DATOS: Radio de la Tierra, $R_T = 6370$ km;
aceleración de la gravedad en la superficie terrestre, $g = 9{,}80\ \mathrm{m/s^2}$.