

# Física

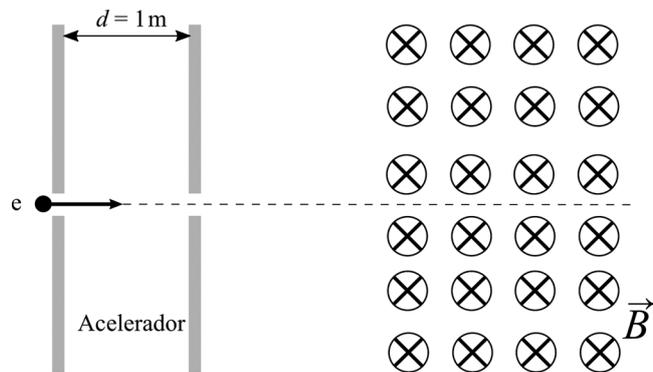
## Serie 1

El examen consta de una parte común (problemas P1 y P2), que debe hacer obligatoriamente, y de una parte optativa, de la que tiene que escoger UNA de las dos opciones (A o B) y hacer los problemas P3, P4 y P5 correspondientes.

Cada problema vale 2 puntos.

### PARTE COMÚN

P1) El sincrotrón Alba es una instalación de investigación que utiliza la luz generada por electrones acelerados para analizar las propiedades y la estructura de la materia. Las principales cualidades de esta radiación son un amplio espectro, una elevada intensidad y un extraordinario brillo. Para acelerar los electrones se utilizan campos eléctricos y magnéticos. El esquema muestra un modelo muy simplificado de su funcionamiento: al inicio del proceso se generan electrones que se aceleran en un acelerador lineal mediante un campo eléctrico que supondremos uniforme a lo largo de la zona de aceleración, la cual tiene una longitud  $d = 1,00$  m.



La energía cinética inicial de los electrones es cero, pero cuando salen del acelerador es de  $1,00$  keV.

a) Determine la intensidad del campo eléctrico dentro del acelerador y dibuje cómo son las líneas de campo en esta región.

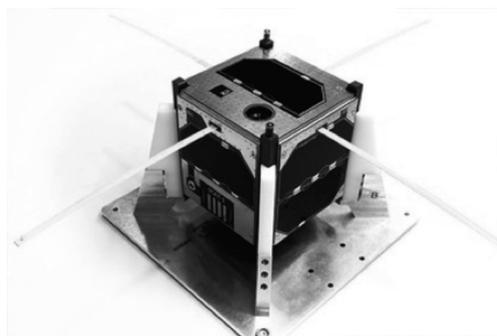
[1 punto]

b) Una vez los electrones han sido acelerados, se los conduce al anillo de propulsión. Para guiar a los electrones a lo largo del anillo se utilizan campos magnéticos. En el esquema se muestra el primer campo magnético que encuentran los electrones mientras se dirigen al anillo de propulsión cuando salen del acelerador lineal. Si en esta región no hay campo eléctrico y el campo magnético es de  $0,15$  T, calcule la magnitud de la fuerza que actuará sobre un electrón. ¿Qué tipo de trayectoria describirá el electrón en esta región? Justifique la respuesta.

[1 punto]

DATOS:  $m_e = 9,11 \times 10^{-31}$  kg.  
 $|e| = 1,602 \times 10^{-19}$  C.  
 $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19}$  J.

**P2)** El 29 de noviembre de 2018, el nanosatélite *CubeCat-1*, desarrollado por estudiantes e investigadores de la Universidad Politécnica de Catalunya (UPC), se lanzó al espacio desde la base espacial de Sriharikota, en la costa este de la India, dentro de un cohete de la agencia espacial india ISRO.



FUENTE: <https://www.upc.edu>.

El *CubeCat-1* tiene una masa de 1,30 kg y orbita a 530 km de la superficie de la Tierra.

**a)** Calcule el período orbital del *CubeCat-1* e indique el número de vueltas que completa cada día alrededor de la Tierra.

[1 punto]

**b)** ¿Cuál es el peso del nanosatélite en su órbita?

[1 punto]

DATOS:  $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$ .

$M_{\text{Tierra}} = 5,98 \times 10^{24} \text{ kg}$ .

$R_{\text{Tierra}} = 6,37 \times 10^6 \text{ m}$ .

### OPCIÓN A

**P3)** Un astronauta que está en el espacio quiere medir su masa. Para ello, se sienta y se ata a una silla de 2,00 kg de masa que está unida a un muelle de constante elástica  $k = 320 \text{ N m}^{-1}$ . El astronauta se da impulso y tarda 62,8 s en hacer 20 oscilaciones completas.

**a)** ¿Cuál es la masa del astronauta?

[1 punto]

**b)** Posteriormente el astronauta llega a la Luna, donde hace oscilar un péndulo simple de 1,00 kg de masa y 1,50 m de longitud. Este péndulo tarda 2 min y 1 s en hacer 20 oscilaciones completas. ¿Cuál es la intensidad del campo gravitatorio en la superficie de la Luna? ¿Cuál es la masa de la Luna?

[1 punto]

DATOS:  $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$ .

$R_{\text{Luna}} = 1,737 \times 10^6 \text{ m}$ .

El período de oscilación de un péndulo de longitud  $L$  es  $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$ .

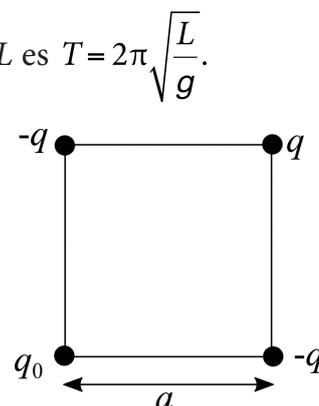
**P4)** Se ha colocado una partícula puntual con una carga  $q = 10 \mu\text{C}$  y dos partículas puntuales con una carga  $-q$  en los vértices de un cuadrado de lado  $a = 1,50 \text{ cm}$  como se indica en la figura.

**a)** ¿Cuál es el valor de la carga puntual  $q_0$  situada en el cuarto vértice si la fuerza eléctrica sobre la carga  $q$  es nula?

[1 punto]

**b)** ¿Qué trabajo debe realizarse para llevar una carga puntual de  $0,50 \mu\text{C}$  desde una distancia muy grande hasta el centro del cuadrado?

[1 punto]



DATO:  $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 8,99 \times 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$ .

NOTA: Suponga que las velocidades inicial y final de la carga que se lleva hasta el centro del cuadrado son nulas.

**P5)** El Reactor Experimental Termonuclear Internacional (International Thermonuclear Experimental Reactor, ITER) es el primer proyecto que estudia la posibilidad de producir energía por fusión nuclear. De todas las reacciones de fusión posibles, la reacción entre el deuterio y el tritio (dos isótopos del hidrógeno) es la más factible con la tecnología actual. Esta fusión origina  ${}^4_2\text{He}$  y un neutrón.

**a)** A partir de los datos, indique cuántos protones y cuántos neutrones tienen el deuterio, el tritio y el  ${}^4_2\text{He}$ . Escriba la ecuación nuclear que corresponde a este proceso de fusión.

[1 punto]

**b)** Calcule la energía que se libera en la reacción de fusión anterior.

[1 punto]

DATOS:  $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$ .

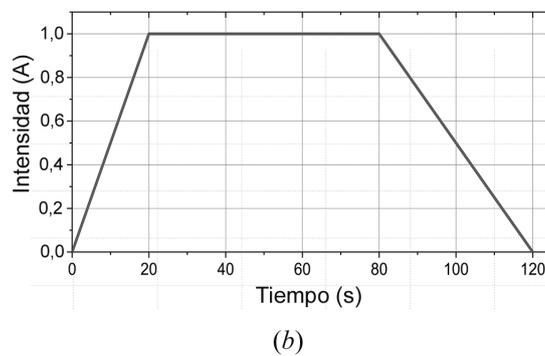
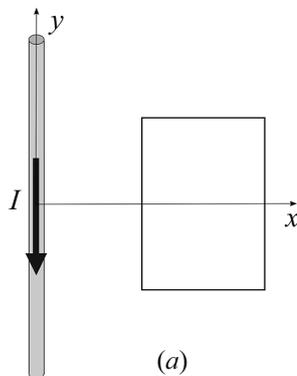
$c = 3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ .

Masas (en kg):

${}^1_0\text{n}$ (neutrón)	${}^4_2\text{He}$ (helio)	${}^2_1\text{H}$ (deuterio)	${}^3_1\text{H}$ (tritio)
$1,674\,927 \times 10^{-27}$	$6,644\,657 \times 10^{-27}$	$3,343\,584 \times 10^{-27}$	$5,007\,357 \times 10^{-27}$

## OPCIÓN B

**P3)** Una espira rectangular y conductora se encuentra cerca de un hilo conductor rectilíneo infinito por el que circula una intensidad de corriente  $I$  hacia abajo, tal como muestra la figura *a*.



**a)** Represente el sentido y la dirección del campo magnético creado por el hilo conductor en la región plana delimitada por la espira. ¿Se puede afirmar que este campo magnético es uniforme en la región delimitada por la espira? Justifique la respuesta.

[1 punto]

**b)** El hilo conductor y la espira no se mueven, pero la intensidad de la corriente que circula por el conductor varía con el tiempo, tal como indica la gráfica (figura *b*). Argumente si se induce o no corriente en la espira en los siguientes intervalos de tiempo: de 0 a 20 s, de 20 a 80 s y de 80 a 120 s. ¿En cuál de estos tres intervalos de tiempo la intensidad de la corriente inducida es mayor? Justifique la respuesta.

[1 punto]

- P4)** La longitud de la cuerda de un violonchelo es de 70 cm y la velocidad de propagación de las ondas en esta cuerda es de  $308 \text{ m s}^{-1}$ . Para el tercer armónico:
- a)** Represente esquemáticamente la onda estacionaria de este armónico indicando todos sus nodos y vientres. Calcule la longitud de onda. ¿Cuál es la distancia entre dos nodos consecutivos?  
[1 punto]
- b)** Suponiendo que la cuerda está en posición horizontal, calcule, para un vientre, el tiempo que tarda la posición vertical en pasar de su valor máximo a su valor mínimo (del punto más alto al punto más bajo).  
[1 punto]

- P5)** Cuando se ilumina una superficie metálica con una radiación ultravioleta  $\lambda = 300 \text{ nm}$ , el metal emite electrones con tal energía cinética que, para frenarlos (anular la corriente), debe aplicarse un potencial de frenado de 1,04 V.
- a)** Calcule la energía de los fotones incidentes y el trabajo de extracción (o función de trabajo) de este metal.  
[1 punto]
- b)** A partir del balance de energía del efecto fotoeléctrico, determine la expresión de la velocidad máxima de los fotoelectrones emitidos en función de la masa de los electrones ( $m$ ), la constante de Planck, la velocidad de la luz, la longitud de onda de la luz incidente y el trabajo de extracción ( $W_e$ ).  
[1 punto]

DATOS:  $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$ .  
 $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ .  
 $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J s}$ .



Institut  
d'Estudis  
Catalans

# Física

## Serie 4

El examen consta de una parte común (problemas P1 y P2), que debe hacer obligatoriamente, y de una parte optativa, de la que tiene que escoger UNA de las dos opciones (A o B) y hacer los problemas P3, P4 y P5 correspondientes.

Cada problema vale 2 puntos.

### PARTE COMÚN

**P1)** En el año 2004 se consiguió medir la masa de un virus. Se determinó la frecuencia de oscilación de un pequeñísimo brazo horizontal, primero sin el virus y después con el virus adherido. Sin el virus, la frecuencia de oscilación era de  $2,00 \times 10^{15}$  Hz, y con el virus, esta frecuencia fue de  $2,87 \times 10^{14}$  Hz.

**a)** Si se supone que el brazo horizontal sin el virus adherido se comporta como un muelle con una masa oscilante de  $2,10 \times 10^{-16}$  g atada a un extremo, ¿cuál es la constante elástica de este supuesto muelle?

[1 punto]

**b)** Partiendo de la misma suposición anterior sobre el comportamiento oscilatorio del sistema, calcule la masa del virus.

[1 punto]

**P2)** Determinar la masa y las posiciones de los cuerpos celestes fue, sin duda, un gran reto para los primeros astrónomos. Gracias a los valiosos datos sobre las posiciones de los astros que Tycho Brahe recogió a lo largo de su vida, Johannes Kepler pudo formular sus famosas tres leyes.

**a)** Deduzca la tercera ley de Kepler a partir de la segunda ley de Newton y de la ley de la gravitación universal, suponiendo que los planetas describen movimientos circulares uniformes alrededor del Sol.

[1 punto]

**b)** Determine la masa del Sol utilizando los datos que necesite de la siguiente tabla:

Planeta	Radio de la órbita (m)	Período (años)
Mercurio	$57,90 \times 10^9$	0,2408
Venus	$108,2 \times 10^9$	0,6152
Tierra	$149,6 \times 10^9$	1,000
Marte	$228,0 \times 10^9$	1,881

[1 punto]

DATO:  $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$ .



Kepler (izquierda) y Brahe (derecha)

## OPCIÓN A

**P3) a)** Escriba la ecuación del balance energético en el efecto fotoeléctrico. Diga el significado de cada uno de los términos y deduzca la expresión de la longitud de onda umbral a partir, únicamente, de la función de trabajo (trabajo de extracción) del metal y de constantes universales.

[1 punto]

**b)** Se ilumina una placa de sodio (función de trabajo, 2,36 eV) con radiación de frecuencia de 660 THz. Calcule la energía cinética máxima de los fotoelectrones que se emitirán y el potencial de frenado necesario para detenerlos.

[1 punto]

DATOS: Constante de Planck,  $h = 6,63 \times 10^{-34}$  J s.

Velocidad de la luz,  $c = 3,00 \times 10^8$  m s<sup>-1</sup>.

1 eV =  $1,60 \times 10^{-19}$  J.

Carga del electrón,  $q_e = -1,60 \times 10^{-19}$  C.

**P4)** Después de varias mediciones se determinó que hay un campo eléctrico alrededor de la Tierra. Su magnitud en la superficie terrestre es de unos 150 V m<sup>-1</sup> y está dirigido hacia el centro de la Tierra.

**a)** ¿Cuál es el valor de la carga eléctrica de la Tierra? (Considere toda la carga concentrada en un punto en el centro del planeta).

[1 punto]

**b)** ¿Cuántos electrones de más debe tener una gota de agua de 18 μm de radio para que esté estacionaria, es decir, para que no caiga, cuando se encuentra a una altura próxima a la superficie terrestre? (Considere que la gota tiene forma esférica).

[1 punto]

DATOS: Radio de la Tierra,  $R_T = 6,37 \times 10^6$  m.

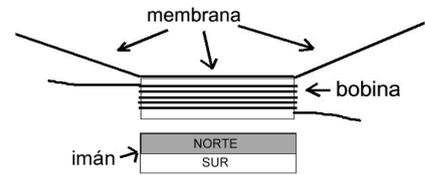
Carga del electrón,  $q_e = -1,60 \times 10^{-19}$  C.

Densidad del agua,  $\rho_{\text{agua}} = 1,00 \times 10^3$  kg m<sup>-3</sup>.

$g = 9,81$  m s<sup>-2</sup>.

$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 8,99 \times 10^9$  N m<sup>2</sup> C<sup>-2</sup>.

P5) a) Un altavoz está formado por un imán permanente en forma de disco y por una bobina por la que circula una corriente eléctrica. La bobina está unida a una membrana que participa de los movimientos de la bobina.



— ¿Cómo se moverá el conjunto bobina-membrana si se hace circular una corriente continua por la bobina que, vista desde arriba, gire en sentido horario?

[0,5 puntos]

— ¿Cómo se moverá el conjunto bobina-membrana si se hace circular una corriente alterna por la bobina?

[0,5 puntos]

Justifique las respuestas explicitando en cada caso la dirección y el sentido del campo magnético producido por la bobina.

b) Se precisa más fuerza sobre la bobina y para ello es necesario que genere un campo magnético más intenso. Justifique qué efecto tendría cada una de las siguientes modificaciones sobre la intensidad del campo magnético producido por la bobina:

— Un aumento del número de vueltas de la bobina.

[0,5 puntos]

— Un aumento de la intensidad de la corriente eléctrica.

[0,5 puntos]

NOTA: Se entiende que en cada caso se mantiene constante el parámetro que cambia en la otra opción.

## OPCIÓN B

P3) En noviembre de 2017, varios observatorios de toda Europa registraron un aumento de las concentraciones del isótopo rutenio 106 ( $^{106}\text{Ru}$ ). Se desconoce la naturaleza exacta del accidente que provocó esta emisión radiactiva. Se calcula que, en el momento de la emisión, la actividad de la fuga era de 200 TBq aproximadamente. El período de semi-desintegración de este isótopo es de 374 días y se transforma en rodio 106 ( $^{106}\text{Rh}$ ).

a) Escriba la ecuación nuclear de la desintegración del rutenio 106, incluyendo todos los subíndices y superíndices, así como los nombres de todas las partículas que intervienen en la ecuación. ¿Cómo se denomina esta desintegración?

[1 punto]

b) Calcule la actividad del rutenio 106 siete meses (210 días) después de ser liberado a causa del accidente.

[1 punto]

DATOS: Número atómico del rutenio,  $Z(\text{Ru}) = 44$ .

Número atómico del rodio,  $Z(\text{Rh}) = 45$ .

- P4) a)** Un campo eléctrico de más de  $3,00 \times 10^6 \text{ V m}^{-1}$  provoca la ruptura dieléctrica del aire (los electrones son arrancados de los átomos y al recombinarse emiten luz). La descarga a través del aire causada por la ruptura dieléctrica se denomina *descarga en arco*. Un ejemplo familiar de descarga en arco es la descarga eléctrica que se recibe al tocar el pomo metálico de una puerta después de haber caminado por una alfombra en un día seco. Calcule, en este caso, la mínima diferencia de potencial entre la mano y el pomo de la puerta si en el momento de la descarga eléctrica están separados por 1,00 mm.



[1 punto]

- b)** Calcule el trabajo que debe realizarse para que tres electrones que inicialmente estaban muy separados queden a 0,1 nm el uno del otro y configuren un triángulo equilátero.

[1 punto]

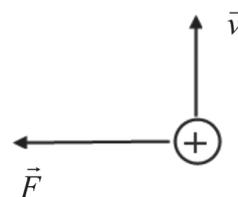
DATOS: Carga del electrón,  $q_e = -1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$ .

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 8,99 \times 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}.$$

- P5) a)** Un método para determinar las masas de iones pesados consiste en medir el tiempo que necesitan para dar un determinado número de vueltas en un campo magnético conocido. En una de estas mediciones, un ion con una carga igual a la de un electrón da 7,00 vueltas en 1,29 ms en un campo magnético perpendicular a la velocidad y con un módulo de 45,0 mT. Haga una representación de la trayectoria del ion y dibuje en dos posiciones de dicha trayectoria el vector fuerza que actúa sobre el ion. Calcule la masa del ion.

[1 punto]

- b)** Un protón que se mueve a una velocidad de  $5,00 \times 10^5 \text{ m s}^{-1}$  entra en una región del espacio donde existe un campo magnético. El módulo de la fuerza que produce el campo magnético sobre la carga es de  $8,00 \times 10^{-14} \text{ N}$ . Calcule el módulo del campo magnético. Especifique claramente la dirección y el sentido de este campo magnético si las direcciones y los sentidos, tanto de la fuerza como de la velocidad, son los representados en la figura.



[1 punto]

DATOS: Carga del electrón,  $q_e = -1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$ .  
Carga del protón,  $q_p = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$ .