

FÍSICA

FECHA: 2 de junio del 2016

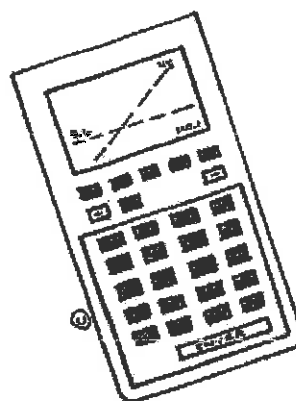
DURACIÓN DEL EXAMEN:

3 horas (180 minutos)

MATERIAL AUTORIZADO:

Calculadora TI-Nspire en modo « Press-to-test ».

Lápiz para las gráficas



OBSERVACIONES:

- Utilice una hoja diferente para cada una de las cuestiones.
- Las respuestas deben ir siempre acompañadas de las explicaciones pertinentes.
- Las soluciones proporcionadas deben ir acompañadas por los razonamientos utilizados.
- Si se utiliza algún gráfico para encontrar una solución, se debe realizar un esbozo del mismo.
- A no ser que se indique de otra manera, no se otorgará la máxima calificación a una respuesta correcta si no está acompañada de los razonamientos o de las explicaciones de cómo se han alcanzado los resultados o las soluciones.
- Cuando la respuesta es incorrecta, aún se puede obtener algún punto si se muestra que se ha utilizado un método apropiado y/o un enfoque correcto.

BACHILLERATO EUROPEO 2016 : FÍSICA

Cuestión 1		
PARTE A	PÁGINA 1/3	Baremo
<p><i>JUICE - JUpiter ICy moons Explorer - es la primera misión de gran clase del programa de la ESA "Cosmic Vision 2015-2025".</i></p> <p><i>Se planea que JUICE sea lanzado en el 2022 para que llegue cerca de Júpiter en 2030. Utilizará al menos tres años en realizar observaciones detalladas del planeta gaseoso gigante Júpiter y de sus tres mayores lunas, Ganímedes, Calisto y Europa.</i></p> <p>Fuente: ESA</p>		
<p>a) Está previsto situar a JUICE, en una órbita circular alrededor de Ganímedes a una altura $h = 500$ km sobre su superficie, en 2033. Ignore todas las interacciones gravitatorias a excepción de la que hay entre Ganímedes y JUICE.</p> <p>Se considera cero la energía potencial en el infinito.</p>		
<p>i. Calcule el valor de la fuerza gravitatoria entre Ganímedes y JUICE cuando esté situado en esa órbita.</p>		3 puntos
<p>ii. Demuestre que la velocidad de JUICE en esta órbita viene dada por:</p> $v = \sqrt{\frac{G \cdot M_G}{R_G + h}}$		3 puntos
<p>iii. Calcule esta velocidad.</p>		1 punto
<p>iv. Compruebe, mediante un cálculo, que la energía mecánica de JUICE en esta órbita es $-3,0 \times 10^9$ J.</p>		4 puntos
<p>b) Supongamos que JUICE aterriza en la superficie de Ganímedes.</p> <p>Calcule la energía que se debe disipar durante el descenso de JUICE desde su órbita hasta que se pose en la superficie de Ganímedes con una velocidad despreciable.</p> <p>Desprecie la energía cinética de JUICE debida a la rotación de Ganímedes una vez aterrizado.</p>		4 puntos

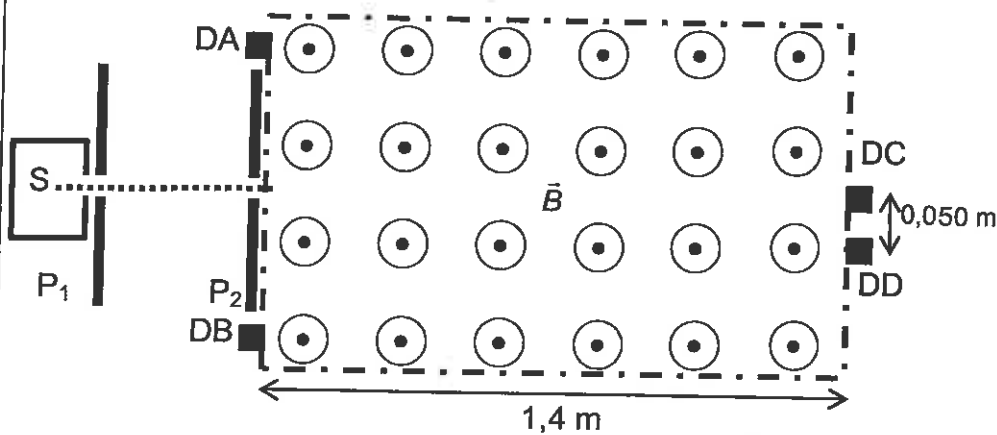
Cuestión 1

PARTE B

PÁGINA 2/3

Baremo

Los iones nitrógeno N^{3-} emitidos por una fuente S son acelerados por un campo eléctrico uniforme entre las placas paralelas cargadas P_1 y P_2 . La velocidad de los iones en P_1 es despreciable y la velocidad en P_2 es $v = 7,8 \times 10^5 \text{ m s}^{-1}$.



- a) La masa de un ion N^{3-} es $m = 14,0 \text{ u}$
 Calcule la diferencia de potencial que hay que aplicar entre las placas P_1 y P_2 para obtener la velocidad v .
- b) Los iones entran en una región donde existe un campo magnético uniforme \vec{B} perpendicular al plano de la figura. No existe ningún campo eléctrico en esta zona. Hay cuatro detectores: DA, DB, DC y DD. Los iones nitrógeno describen un semicírculo antes de alcanzar el detector DA.
 Explique por qué los iones llegan al detector DA y no llegan al detector DB.

3 puntos

2 puntos

BACHILLERATO EUROPEO 2016 : FÍSICA

Cuestión 1		
PARTE B	PÁGINA 3/3	Baremo
<p>c) Al añadir un campo eléctrico uniforme \vec{E} a la región donde actúa el campo magnético, el haz de N^{3-} llega al detector DC, colocado justo enfrente de la abertura de la placa P_2.</p> <p>Dibuje un esquema que muestre la dirección y el sentido del campo eléctrico \vec{E}.</p>		3 puntos
<p>d) El valor del campo magnético es $B = 50 \text{ mT}$.</p> <p>Calcule la intensidad del campo eléctrico E.</p>		3 puntos
<p>e) Se posiciona al cuarto detector, DD, a $0,050 \text{ m}$ del detector DC. Se desconecta el campo magnético. Se ajusta la intensidad del campo eléctrico para que el haz llegue al detector DD.</p> <p>La región tiene $1,4 \text{ m}$ de largo (véase la figura).</p> <p>Calcule la intensidad del campo eléctrico.</p>		4 puntos
PARTE A Y PARTE B		
<p><u>Datos:</u></p> <p>Constante de gravitación universal: $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$.</p> <p>Masa de JUICE: $M_J = 1,9 \times 10^3 \text{ kg}$.</p> <p>Masa de Ganímedes: $M_G = 1,48 \times 10^{23} \text{ kg}$.</p> <p>Radio de Ganímedes: $R_G = 2,63 \times 10^6 \text{ m}$.</p> <p>Unidad de masa atómica: $1 \text{ u} = 1,66 \times 10^{-27} \text{ kg}$.</p> <p>Carga elemental: $e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$.</p>		

BACHILLERATO EUROPEO 2016 : FÍSICA

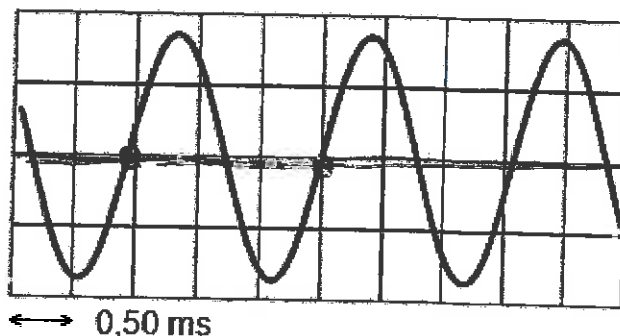
Cuestión 2

PARTE A

PÁGINA 1/3

Baremo

- a) Un generador de señales está conectado a un altavoz. El sonido emitido lo recibe un micrófono que está conectado a un osciloscopio. La figura muestra la pantalla del osciloscopio. La escala de tiempo (base de tiempo) del osciloscopio es de 0,50 ms por división.

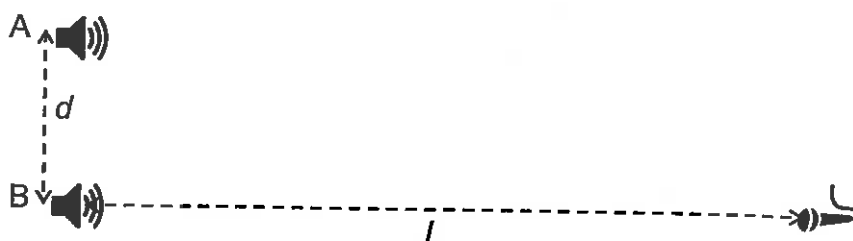


- Utilice la figura anterior para mostrar que la frecuencia es $f \approx 600 \text{ Hz}$.
- Compruebe que la longitud de onda de las ondas sonoras emitidas es de 0,55 m. Suponga que $v_{\text{sonido}} = 343 \text{ m s}^{-1}$ y $f = 625 \text{ Hz}$.

3 puntos

3 puntos

b)



Se conecta el generador de señales a dos altavoces, A y B, separados entre sí una distancia $d = 1,65 \text{ m}$ (véase la figura). La línea que une el micrófono con el altavoz B es perpendicular a la línea que conecta a los dos altavoces.

Se coloca el micrófono a una gran distancia L del altavoz B, de forma que d es mucho menor que L . A continuación, se acerca el micrófono directamente al altavoz B. La diferencia entre las distancias desde el micrófono a cada uno de los dos altavoces se puede calcular como:

$$\sqrt{L^2 + d^2} - L$$

Calcule la mayor distancia L para la cual el micrófono/osciloscopio detecta un mínimo.

5 puntos

Cuestión 2

PARTE B

PÁGINA 2/3

Baremo

Se ilumina una doble rendija con una luz láser de longitud de onda $\lambda = 640\text{nm}$. La distancia entre los centros de las rendijas es d . Un detector fotoeléctrico se mueve, paralelo a la doble rendija, a lo largo de una pantalla situada a una distancia $L = 7,4\text{ m}$ y registra la intensidad luminosa. Véase la figura 1.

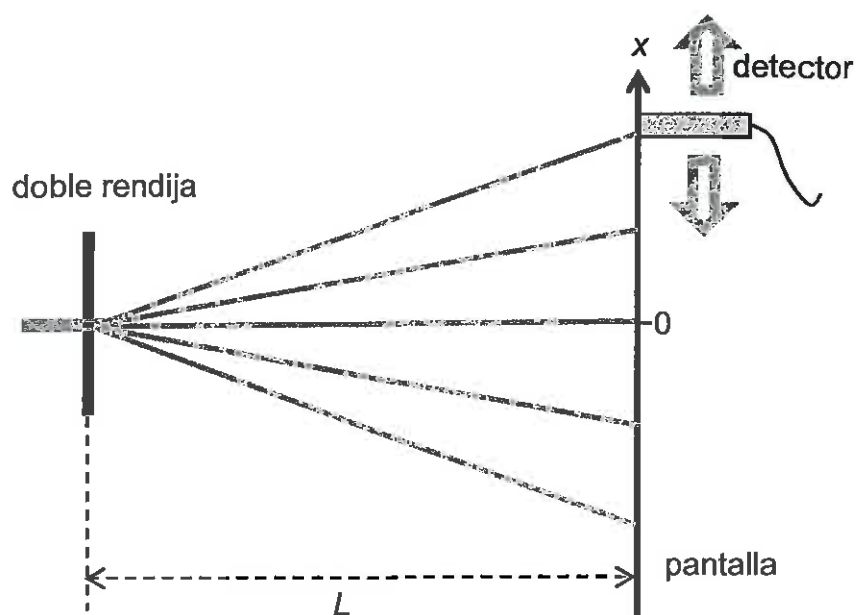


Figura 1

En la figura 2 se muestra la intensidad de la luz medida por el detector fotoeléctrico cuando se mueve a lo largo de la pantalla.

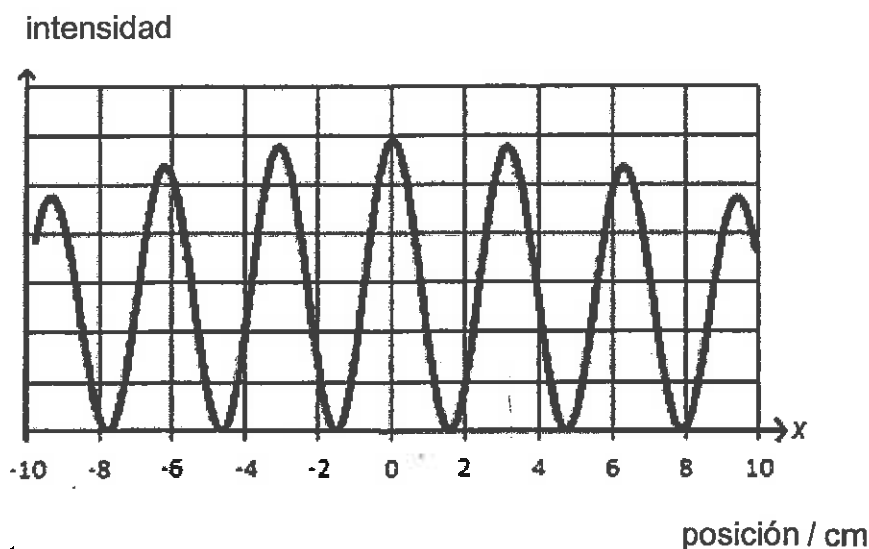


Figura 2

BACHILLERATO EUROPEO 2016 : FÍSICA

Cuestión 2		
PARTE B	PÁGINA 3/3	Baremo
<p>a) i. Deduzca la fórmula:</p> $x_k = \pm \frac{k \cdot \lambda \cdot L}{d}$ <p>Donde x_k es la posición de cada máximo para $k = 0, 1, 2, \dots$. Especifique las aproximaciones utilizadas.</p> <p>ii. Utilice la figura 2 para calcular la separación entre las rendijas d.</p> <p>iii. Calcule el ángulo de desviación del máximo de tercer orden.</p>		<p>5 puntos</p> <p>3 puntos</p> <p>4 puntos</p>
<p>b) A continuación, se ilumina una doble rendija, con una separación entre rendijas de 0,25 mm, con una luz visible cuyas longitudes de onda varían entre 400 nm y 750 nm.</p> <p>i. Explique lo que se observa en el punto $x = 0$.</p> <p>ii. Calcule el ancho sobre la pantalla del espectro de primer orden.</p>		<p>2 puntos</p> <p>5 puntos</p>

Cuestión 3

PÁGINA 1/3

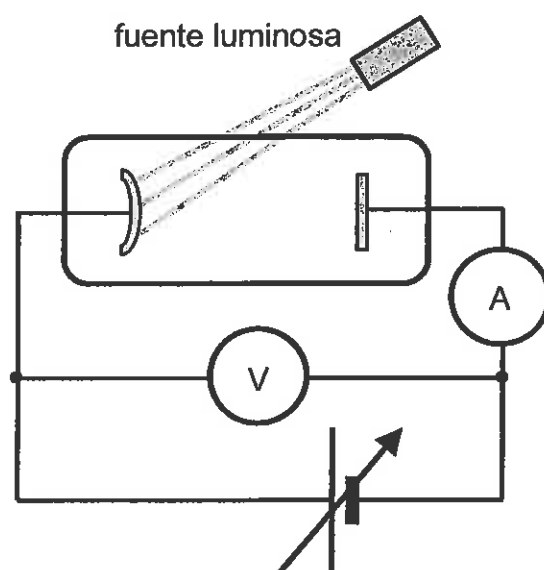
Baremo

a) La teoría cuántica sugiere que las ondas electromagnéticas transmiten energía en paquetes discretos de energía llamados fotones, mientras que la teoría clásica sugiere un modelo ondulatorio.

- i. Indique una razón por la cual el efecto fotoeléctrico no se puede explicar mediante un modelo ondulatorio.

3 puntos

La siguiente figura muestra un montaje experimental utilizado para medir el potencial de frenado de una celda fotoeléctrica. Se aumenta la frecuencia de luz emitida por la fuente luminosa y para cada valor de la frecuencia se mide el potencial de frenado.



- ii. Explique lo que se entiende por potencial de frenado.

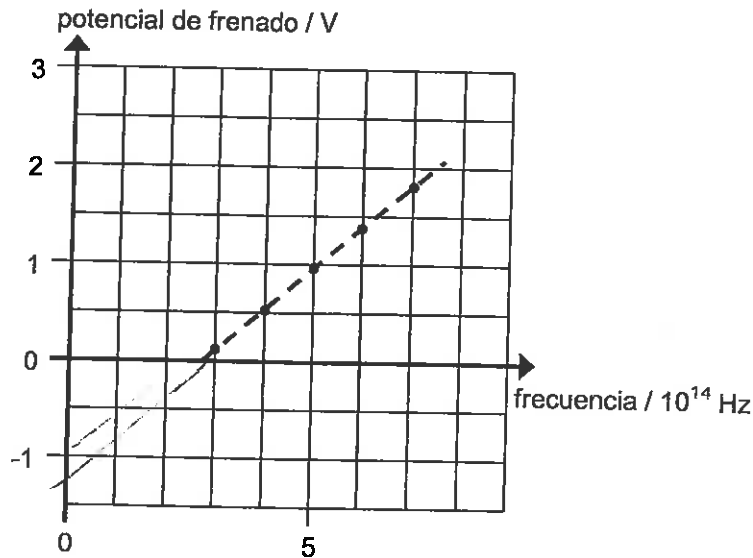
3 puntos

Cuestión 3

PÁGINA 2/3

Baremo

En la siguiente gráfica se muestra el potencial de frenado en función de la frecuencia de la luz emitida por la fuente.



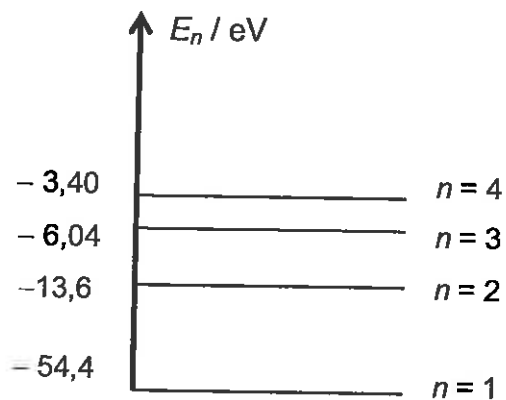
iii. Explique lo que se entiende por trabajo de extracción de un metal.

4 puntos

iv. Utilice la gráfica para determinar, sin realizar ningún cálculo, el trabajo de extracción, en eV, del metal que recubre el fotocátodo.

2 puntos

b) Se representa los niveles de energía del ion He^+ de la forma siguiente:



i. Calcule longitud de onda más pequeña posible del fotón emitido en la desexcitación del ion He^+ desde el nivel de energía 4.

3 puntos

ii. Determine la energía mínima necesaria para extraer el electrón del ion He^+ en su estado fundamental.

2 puntos

BACHILLERATO EUROPEO 2016 : FÍSICA

Cuestión 3		
	PÁGINA 3/3	Baremo
<p>iii. Durante la desexcitación de un ion He^+ desde el nivel de energía 6 al nivel 4, se emite un fotón de longitud de onda 658 nm.</p> <p>Calcule la energía del nivel 6.</p>		3 puntos
<p><u>Datos:</u></p> <p>Carga elemental : $e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$.</p> <p>Constante de Planck : $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J s}$.</p> <p>Velocidad de la luz en el vacío : $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$.</p> <p>Masa del electrón : $m_e = 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$.</p>		

BACHILLERATO EUROPEO 2016 : FÍSICA

Cuestión 4

	PÁGINA 1/2	Baremo
El isótopo radiactivo carbono-14, $^{14}_6\text{C}$, tiene un periodo de semidesintegración de 5730 años. Esto es útil para realizar dataciones arqueológicas.		
a) i. Explique lo que se entiende por "isótopo"		1 punto
ii. Indique la composición del núcleo del carbono-14.		1 punto
b) Los neutrones forman parte de la radiación cósmica que bombardea la Tierra desde el espacio exterior. Por la interacción de los neutrones con nitrógeno en la alta atmósfera se produce carbono-14. La ecuación de la formación del carbono-14 es la siguiente: $^1_0\text{n} + ^{14}_7\text{N} \rightarrow ^{14}_6\text{C} + ^A_Z\text{X}$ Determine A y Z e identifique a la partícula X.		2 puntos
c) El carbono-14 se desintegra mediante una emisión β^- .		
i. Escriba la ecuación de la desintegración β^- del carbono-14.		2 puntos
ii. Calcule la energía cinética máxima de una partícula β^- producida en esta desintegración.		4 puntos
d) Explique lo que se entiende por "periodo de semidesintegración de un isótopo radiactivo".		2 puntos
e) Demuestre que la relación entre la constante radiactiva λ y el periodo de semidesintegración $T_{1/2}$ de un isótopo radiactivo viene dado por : $T_{1/2} = \frac{\ln(2)}{\lambda}$		3 puntos
f) Los seres vivos mantienen un nivel constante de actividad radiactiva debido al intercambio de carbono-14 con la atmósfera. En el momento de su muerte, estos intercambios cesan y la actividad radiactiva comienza a bajar. 1,00 g de carbono de un organismo vivo actual tiene una actividad de 13,6 desintegraciones por minuto. Ötzi, el hombre del hielo, es un hombre prehistórico naturalmente momificado y encontrado congelado en los Alpes italianos en 1991. Se ha medido la actividad de 1,00 g de carbono proveniente de Ötzi y es de 0,121 Bq.		
i. Calcule cuántos años hace que murió Ötzi.		4 puntos
ii. Indique un factor que pueda afectar a la precisión de la datación por carbono-14.		1 punto

BACHILLERATO EUROPEO 2016 : FÍSICA

Cuestión 4

PÁGINA 2/2

Baremo

Datos:

Velocidad de la luz en el vacío : $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$.

Unidad de masa atómica : $1 \text{ u} = 1,66 \times 10^{-27} \text{ kg} = 931,5 \text{ MeV c}^{-2}$.

Masa del electrón : $m_e = 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$.

Masas atómicas: $M(^{14}_6\text{C}) = 14,003\,242 \text{ u}$.

$M(^{14}_7\text{N}) = 14,003\,074 \text{ u}$.

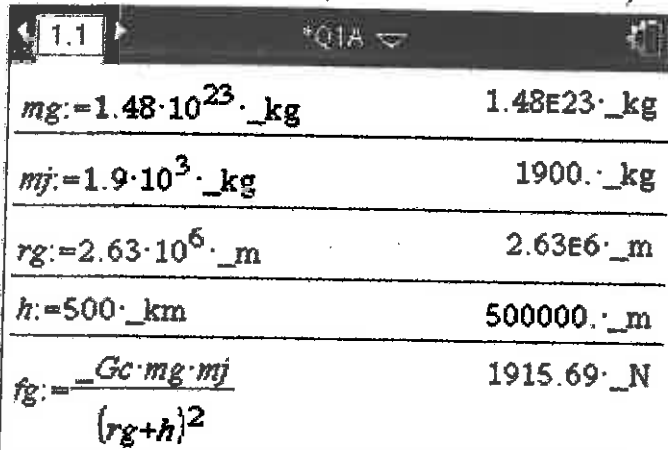
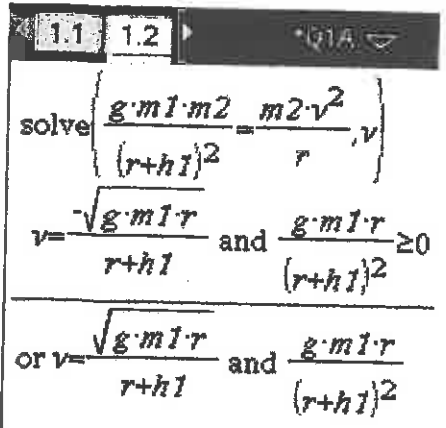
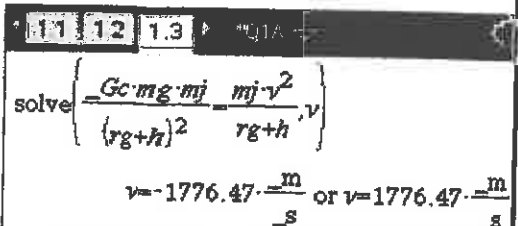
PHYSICS

Suggested Solutions

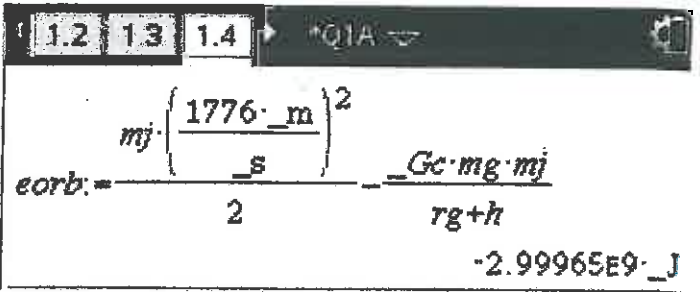

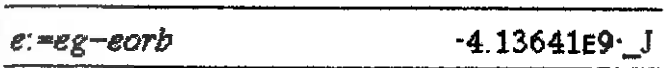
Note:

Depending on the TI-nspire calculator used, the solutions created with the TI-nspire may differ slightly from the results shown in the suggested solutions. Many fundamental constants stored in the TI-nspire are given to several decimal places. Usually only three significant figures are specified in the questions. This remark concerns in particular, the universal gravitational constant G (required in Question 1 – part A). Its value is known accurately only to three significant figures.

EUROPEAN BACCALAUREATE : PHYSICS

Question 1 Part A			Mark
Q1	a) i	$F_G = \frac{GM_E M_J}{(R_E + h)^2} = \frac{6.67 \times 10^{-11} \times 1.48 \times 10^{23} \times 1.9 \times 10^3}{(2.63 \times 10^6 + 500 \times 10^3)^2} = 1.91 \times 10^3 \text{ N}$ 	3
	a) ii	$ F_{\text{gravitational}} = F_{\text{centripetal}} $ $G \frac{m_J M_E}{(R_E + h)^2} = \frac{m_J v^2}{(R_E + h)}$ $\Rightarrow v^2 = \frac{GM_E}{(R_E + h)}$ $\Rightarrow v = \sqrt{\frac{GM_E}{(R_E + h)}}$ 	3
	a) iii.	$v = \sqrt{\frac{GM_E}{(R_E + h)}} = \sqrt{\frac{(6.67 \times 10^{-11})(1.48 \times 10^{23})}{(2.63 \times 10^6 + 500 \times 10^3)}} = 1.78 \times 10^3 \text{ m s}^{-1}$ 	1

EUROPEAN BACCALAUREATE : PHYSICS

Question 1 Part A		Mark
a) iv.	$E_{\text{orbit}} = E_{\text{kin}} + E_{\text{pot}} = \frac{1}{2} M_J v^2 + \left(-G \frac{M_G M_J}{(R_G + h)} \right)$ $E_{\text{orbit}} = \frac{1 \times 1.9 \times 10^3 \times (1.78 \times 10^3)^2}{2} - \frac{6.67 \times 10^{-11} \times 1.48 \times 10^{23} \times 1.9 \times 10^3}{(2.63 \times 10^6 + 500 \times 10^3)}$ $E_{\text{orbit}} = -3.0 \times 10^9 \text{ J}$  <p>Alternatively:</p> $v^2 = \frac{GM_J}{(R_G + h)}, ((a)(ii)) \Rightarrow E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} M_J v^2 = \frac{1}{2} M_J \frac{GM_G}{R_G + h}$ $E_{\text{orbit}} = E_{\text{kin}} + E_{\text{pot}} = \frac{1}{2} G \frac{M_J M_G}{(R_G + h)} - G \frac{M_J M_G}{(R_G + h)} = -G \frac{M_J M_G}{2(R_G + h)}$ $E_{\text{orbit}} = -6.67 \times 10^{-11} \frac{1.9 \times 10^3 \times 1.48 \times 10^{23}}{2(2.63 \times 10^6 + 500 \times 10^3)} = -3.0 \times 10^9 \text{ J}$	4
Q1 b)	<p>Since E_{kin} of JUICE on the surface of Ganymede, due to the rotation of Ganymede, is to be neglected, the energy of JUICE on the surface of Ganymede, E_G, is potential energy due to its weight.</p> $E_G = E_{\text{pot}} = -G \frac{M_J M_G}{(R_G)} = - \frac{(-6.67 \times 10^{-11})(1.9 \times 10^3)(1.48 \times 10^{23})}{2.63 \times 10^6} = -7.13 \times 10^9 \text{ J}$ $\Delta E = E_G - E_{\text{orbit}} = -7.13 \times 10^9 - (-3.0 \times 10^9)$ $\Delta E = -4.13 \times 10^9 \text{ J}$  	4

EUROPEAN BACCALAUREATE : PHYSICS

Question 1 Part A

Mark

Alternative:

$$\Delta E = E_g - E_{orbit} = -G \frac{M_J M_g}{(R_g)} - G \frac{M_J M_g}{2(R_g + h)}$$

$$\Delta E = GM_J M_g \left(\frac{1}{2(R_g + h)} - \frac{1}{R_g} \right)$$

$$\Delta E = (6.67 \times 10^{-11}) (1.9 \times 10^3) (1.48 \times 10^{23}) \left(\frac{1}{2(2.63 \times 10^6 + 500 \times 10^3)} - \frac{1}{2.63 \times 10^6} \right)$$

$$\Delta E = -4.14 \times 10^9 \text{ J}$$

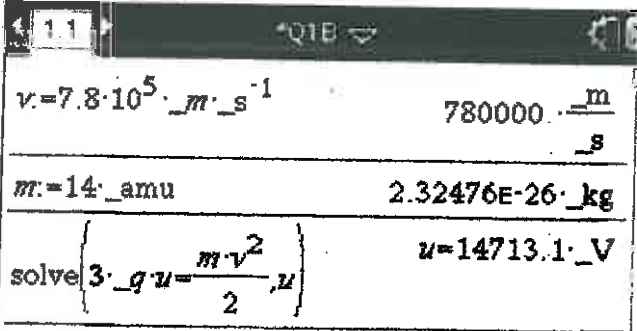
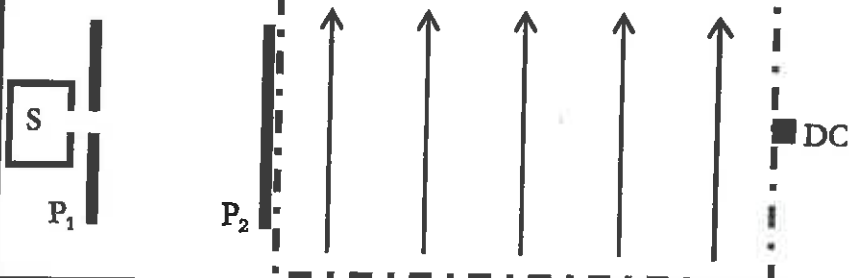
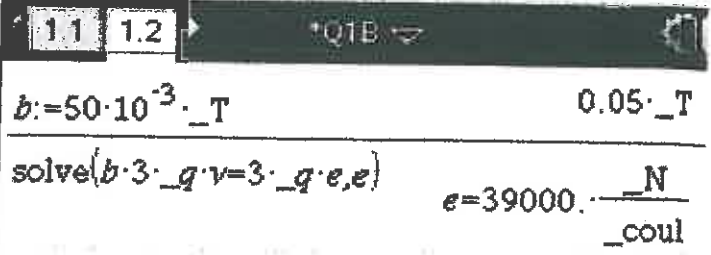


$$edis: = -Gc \cdot mg \cdot mj \cdot \left(\frac{1}{2 \cdot (rg + h)} - \frac{1}{rg} \right)$$

$$-4.13801E9 \cdot \text{J}$$

EUROPEAN BACCALAUREATE : PHYSICS

Question 1 Part B

a)	$E_{\text{pot lost}} = E_{\text{kin gained}}$ $\Rightarrow qU = \frac{1}{2} m_{\text{Na}} v^2 \Rightarrow 3eU = \frac{1}{2} m_{\text{Na}} v^2$ $\Rightarrow U = \frac{m_{\text{Na}} v^2}{2(3e)} = \frac{14 \times 1.66 \times 10^{-27} \times (7.8 \times 10^5)^2}{6 \times 1.6 \times 10^{-19}} = 14.7 \text{ kV} \approx 15 \text{ kV}$  <p>Handwritten calculation for part a showing the derivation of the potential U from the kinetic energy gained by sodium ions. The final result is U ≈ 15 kV.</p>	3
b)	<p>According to Fleming's Left hand rule, the middle finger gives the direction of motion of positive charge, which is to the left, (opposite to that of the negative ions) and the index finger gives the direction of the magnetic field which is perpendicular to and out of the plane of the paper \odot. Hence the thumb, which gives the direction of the magnetic force, points upwards towards DA, and not downwards towards DB.</p>	2
c)	 <p>Diagram for part c showing a cross-section of a particle accelerator. A source 'S' emits particles through a slit 'P1'. A vertical plate 'P2' is on the right. A dashed line 'DC' is further right. Five upward-pointing arrows represent a magnetic field between P1 and P2.</p>	3
d)	<p>Since the ions travel in a straight line, the force on the ions due to the magnetic field is equal in magnitude and opposite in direction to the force due to the electric field.</p> $F_{\text{el}} = F_{\text{mag}} \Rightarrow qE = Bqv \Rightarrow E = Bv$ $E = 50 \times 10^{-3} \times 7.8 \times 10^5 = 3.9 \times 10^4 \text{ V m}^{-1} = 3.9 \times 10^4 \text{ N C}^{-1}$  <p>Handwritten calculation for part d showing the derivation of the electric field E from the magnetic field B and velocity v. The final result is E = 3.9 × 10^4 N C⁻¹.</p>	3

e)

Uniform motion in the horizontal direction:

$$x = vt \Rightarrow t = \frac{x}{v}$$

Uniformly accelerated motion in the vertical direction
(perpendicular to the plates) in the direction of the electric field:

$$y = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2}\frac{F}{m}t^2 = \frac{qE}{2(14u)}t^2 = \frac{3eE}{2(14u)}\left(\frac{x}{v}\right)^2$$

$$\Rightarrow E = \frac{2(14u)yv^2}{3ex^2} = \frac{2(14 \times 1.66 \times 10^{-27})(0.050)(7.8 \times 10^5)^2}{3(1.60 \times 10^{-19})(1.4)^2} = 1.5 \times 10^3 \text{ Vm}^{-1}$$

$E = 1.5 \text{ kV m}^{-1}$

4

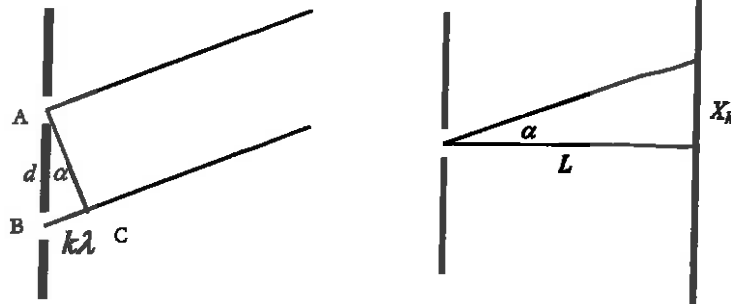
$sx := 1.4 \text{ _m}$	1.4 _m
$t := \frac{sx}{v}$	1.795E-6 _s
$f := 3 \cdot q \cdot e$	4.807E-19 _e _coul
$a := \frac{f}{m}$	2.068E7 _e _coul _kg
$sy := 0.05 \text{ _m}$	5.E-2 _m
$\text{solve}(sy = 0.5 \cdot a \cdot t^2, e)$	$e = 1.501E3 \cdot \frac{\text{_N}}{\text{_coul}}$

EUROPEAN BACCALAUREATE : PHYSICS

Question 2 Part A		Mark
a) i	<p>From the figure: $3\lambda \approx 9.5$ divisions $\Rightarrow \lambda \approx 3.2$ divisions</p> $T = (3.2)(0.5 \times 10^{-3}) = \frac{1}{625}$ $f = \frac{1}{T} \Rightarrow f = 625 \text{ Hz}$	3
ii	$\lambda = \frac{v_{\text{sound}}}{f} = \frac{343}{625} = 0.5488 \approx 0.55 \text{ m}$	3
b)	<p>The path difference between the waves from the two loudspeakers (two coherent sources) to the microphone, decreases, as the microphone moves away from the left loudspeaker. Hence the largest distance L for which the microphone detects a minimum is when the path difference equals one half of a wavelength.</p> $\sqrt{L^2 + d^2} - L = \frac{\lambda}{2}$ $\sqrt{L^2 + d^2} = \frac{\lambda}{2} + L$ $L^2 + d^2 = \left(\frac{\lambda}{2} + L\right)^2 = \frac{\lambda^2}{4} + \lambda L + L^2$ $\Rightarrow d^2 = \frac{\lambda^2}{4} + \lambda L$ $\Rightarrow \lambda L = d^2 - \frac{\lambda^2}{4}$ $\Rightarrow L = \frac{d^2}{\lambda} - \frac{\lambda}{4} = \frac{1.65^2}{0.5488} - \frac{0.5488}{4} = 4.82 \text{ m}$	5

Question 2 , Part B

a i)



5

The path difference BC between the waves emerging from adjacent slits must be a whole number of wavelengths ($k\lambda$) for constructive interference to occur when they overlap on a screen.

- Since the slit separation d is very small compared to the distance L from the slits to the screen ($L \gg d$), then we can approximate rays from adjacent slits to the screen as being parallel to each other and at an angle α to the central axis. Given this approximation, the triangle formed by ABC is right angled at C and the angle inside that triangle at A is equal to α .

$$\sin \alpha = \frac{\text{path diff}}{d} = \frac{k\lambda}{d} \text{ for constructive interference}$$

- Since α is very small,
 $\sin \alpha \approx \tan \alpha$

$$\frac{k\lambda}{d} = \frac{x_k}{L} \Rightarrow x_k = \frac{k\lambda L}{d}$$

1.1	
$\sin \alpha = \frac{k\lambda}{d}$	$\frac{k\lambda}{d}$
$\tan \alpha = \frac{x_k}{L}$	$\frac{x_k}{L}$
$\text{solve}(\sin \alpha = \tan \alpha, x_k)$	$x_k = \frac{k\lambda L}{d}$

ii) From the figure: $x_3 \approx 9.5 \text{ cm}$

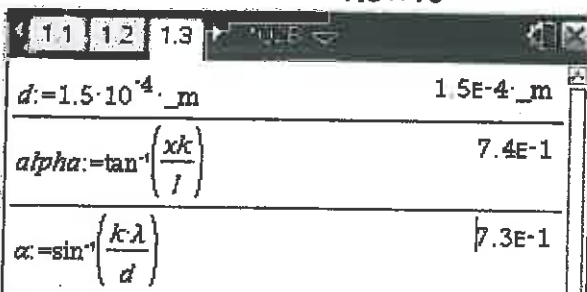
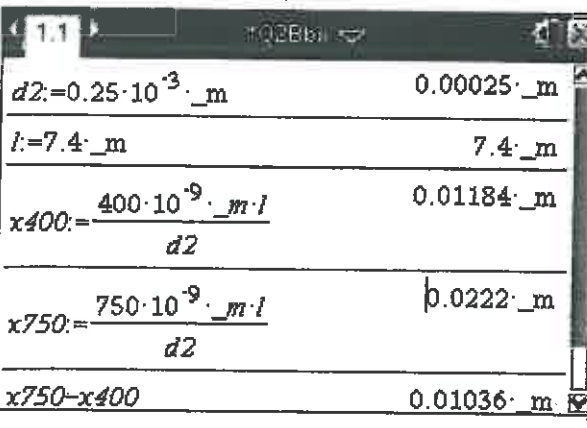
$$\Rightarrow x_k = \frac{k\lambda L}{d}$$

$$\Rightarrow d = \frac{k\lambda L}{x_k} = \frac{3(640 \times 10^{-9})(7.4)}{9.5 \times 10^{-2}} = 1.5 \times 10^{-4} \text{ m} = 0.15 \text{ mm}$$

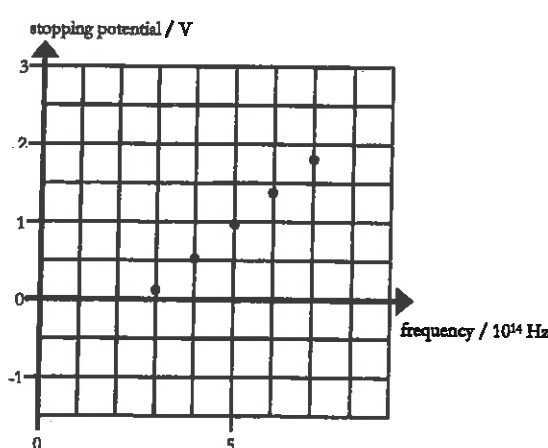
1.2	
$k=3$	3
$x_k=9.5 \cdot \text{cm}$	0.095 · _m
$\lambda=640 \cdot 10^{-9} \cdot \text{m}$	6.4E-7 · _m
$L=7.4 \cdot \text{m}$	7.4 · _m
$\text{solve}(\sin \alpha = \tan \alpha, d)$	$d=1.5E-4 \cdot \text{m}$

3

EUROPEAN BACCALAUREATE : PHYSICS

	iii)	$\tan \alpha = \frac{x_k}{L}$ $\Rightarrow \alpha = \tan^{-1} \frac{x_k}{L} = \tan^{-1} \frac{9.5 \times 10^{-2}}{7.4} = 0.74^\circ$ <p>Alternatively :</p> $\sin \alpha = \frac{k\lambda}{d}$ $\Rightarrow \alpha = \sin^{-1} \frac{k\lambda}{d} = \sin^{-1} \frac{3(640 \times 10^{-9})}{1.5 \times 10^{-4}} = 0.73^\circ$ 	4
b)	i)	<p>At $x = 0$, a maximum (white line) occurs. At $x = 0$, $\alpha = 0$, and the path difference $d \sin \alpha$ for all wavelengths is zero. Hence constructive interference occurs for all values of λ at $x = 0$ and a white line is seen at $x = 0$.</p>	2
	ii)	$x_{1,400} = \frac{\lambda L}{d} \Rightarrow x_{1,400} = \frac{\lambda L}{0.25 \times 10^{-3}} = \frac{(400 \times 10^{-9})(7.4)}{0.25 \times 10^{-3}} = 1.18 \times 10^{-2} \text{ m}$ $x_{1,750} = \frac{\lambda L}{d} \Rightarrow x_{1,750} = \frac{\lambda L}{0.25 \times 10^{-3}} = \frac{(750 \times 10^{-9})(0.74)}{0.25 \times 10^{-3}} = 2.22 \times 10^{-2} \text{ m}$ <p>Width of first order spectrum = $2.22 \times 10^{-2} \text{ m} - 1.18 \times 10^{-2} \text{ m} = 1.04 \times 10^{-2} \text{ m}$</p> 	5

EUROPEAN BACCALAUREATE : PHYSICS

Question 3			Mark
a)	i.	<p>According to the wave model, there would be no threshold frequency required, which there is, in order for the photoelectric effect to occur.</p> <p>According to wave model, the electrons should receive more energy at higher intensities than at lower intensities, so the maximum kinetic of the emitted electrons should be greater at higher intensities. This is not observed. Instead the maximum kinetic energy depends on the frequency (once it is above the threshold frequency) and not on the intensity of the light.</p> <p>According to the wave model, at low intensities, a delay is expected in the production of photoelectrons until enough energy has been absorbed by the material. This does not happen. At low intensities, provided the frequency is greater than or equal to the threshold frequency, electrons are immediately released.</p> <p><i>(One valid reason only is required.)</i></p>	3
	ii.	<p>The stopping potential V_s is the minimum value of the reversed potential difference applied between the cathode and the collecting electrode in the photocell, such that no photoelectric current flows.</p> <p>$e V_s$ equals the maximum kinetic energy of the emitted photoelectrons.</p>	3
	iii.	<p>The work function of a metal, is the minimum energy needed to liberate an electron from the surface of the metal.</p>	4
	iv.	<p>The straight line graph is extended to show the intercept on the y-axis which is approximately equal to -1.2 Volts. Hence the work function is approximately 1.2 eV. (1 mark)</p> <div></div> <p>The difference in energy between a photon with frequency 0 (y-intercept: $f = 0$) and frequency equal to the threshold frequency f_0 (x-intercept: $f = f_0$) is the work function of the metal. This energy in electron volts is the numerical value of the y-intercept of the graph in electron volts, given that the electron volt is the energy gained by an electron accelerated through a potential difference of 1 volt.</p>	2

EUROPEAN BACCALAUREATE : PHYSICS

Question 3

Mark

Alternative:

$$hf = W + E_k = hf_0 + \frac{1}{2}mv_{\max}^2 \Rightarrow \frac{1}{2}mv_{\max}^2 = eV_s = hf - hf_0 \Rightarrow V_s = \frac{hf}{e} - \frac{hf_0}{e}$$

The graph of stopping potential versus frequency is in the form
 $y = mx + c$

The graph must be extended to show the intercept on the y-axis, c ,

where $c = -\frac{hf_0}{e}$

Extending the graph to where it cuts the y-axis, $c \approx -1.2 \text{ V}$.

Hence $hf_0 \approx 1.2 \text{ eV}$

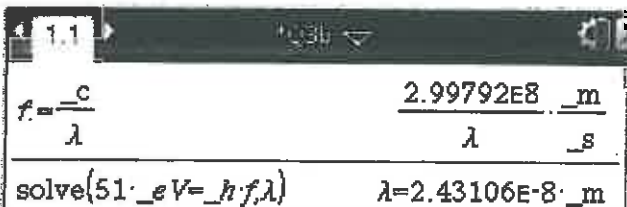
- b) i)** The smallest possible emitted wavelength corresponds to the largest drop in energy from level 4.

This corresponds to de-excitation of the He^+ ion from level 4 to level 1.

$$\Delta E = E_{\text{final}} - E_{\text{initial}} = E_1 - E_4 = (-54.4) - (-3.40) = -51 \text{ eV}$$

$$\Delta E = hf_{\max} = h \frac{c}{\lambda_{\min}}$$

$$\lambda_{\min} = \frac{hc}{|\Delta E|} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3.00 \times 10^8}{51 \times 1.6 \times 10^{-19}} = 2.44 \times 10^{-8} \text{ m}$$



Handwritten calculation for λ_{\min} using a calculator interface. It shows the formula $f = \frac{c}{\lambda}$ and the calculation $\lambda = \frac{hc}{\Delta E}$ resulting in $\lambda = 2.43106 \times 10^{-8} \text{ m}$.

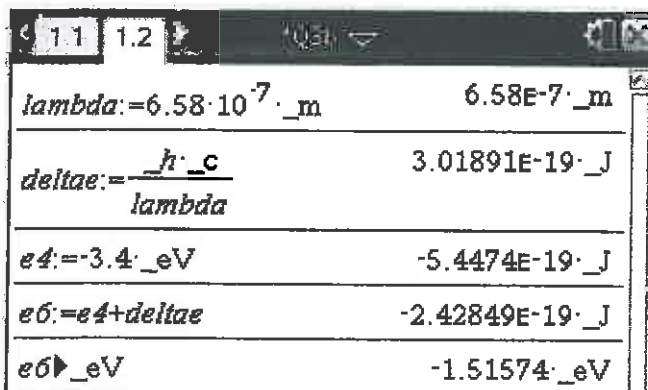
3

- ii)** $\Delta E_{\text{ionisation}} = E_{\infty} - E_1 = 0 - (-54.4) = 54.4 \text{ eV}$

2

- iii)** $\Delta E_{6,4} = hf = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{658 \times 10^{-9}} = 3.019 \times 10^{-19} \text{ J} = 1.9 \text{ eV}$

$$E_6 = E_4 + \Delta E_{6,4} = -3.4 + 1.9 = -1.5 \text{ eV}$$



Handwritten calculation for E_6 using a calculator interface. It shows the calculation of λ from ΔE , then E_6 from E_4 and $\Delta E_{6,4}$, resulting in $E_6 = -1.51574 \text{ eV}$.

3

EUROPEAN BACCALAUREATE : PHYSICS

Question 4			Mark
a)	i)	The atoms of each isotope of an element have the same number of protons (i.e. the same atomic number) but a different number of neutrons (i.e. a different mass number).	1
	ii)	The carbon -14 nucleus has 6 protons and $14 - 6 = 8$ neutrons.	1
b)		$1 + 14 = 14 + A \Rightarrow A = 1$ $0 + 7 = 6 + Z \Rightarrow Z = 1$ ${}^1_1\text{X} = {}^1_1\text{H}$ which is a proton	2
c)	i)	${}^{14}_6\text{C} \rightarrow {}^{14}_7\text{N} + {}^0_{-1}\text{e}$	2
	ii)	$[m({}^{14}_6\text{C}) - 6m_e] = [m({}^{14}_7\text{N}) - 7m_e] + m_e + \Delta m$ $\Delta m = m({}^{14}_6\text{C}) - m({}^{14}_7\text{N})$ $\Delta m = (14.003242 - 14.003074) \text{ u} = 1.68 \times 10^{-4} \text{ u}$ $\Delta m = 1.68 \times 10^{-4} \times 931.5 \frac{\text{MeV}}{\text{c}^2} = 1.56 \times 10^{-1} \frac{\text{MeV}}{\text{c}^2}$ $\Delta E = \Delta mc^2 = 1.56 \times 10^{-1} \text{ MeV} (= 2.5 \times 10^{14} \text{ J})$	4
d)		The half-life of a radioactive isotope is the time taken for the number of radioactive nuclei N to fall to half of the original value N_0 .	2
e)		$N = N_0 e^{-\lambda t}$ When $t = T_{1/2}$, $N = \frac{N_0}{2}$ $\frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow \frac{1}{2} = e^{-\lambda T_{1/2}} \Rightarrow 2 = e^{\lambda T_{1/2}}$ $\Rightarrow \ln(2) = \lambda T_{1/2} \Rightarrow T_{1/2} = \frac{\ln(2)}{\lambda}$	3

EUROPEAN BACCALAUREATE : PHYSICS

Question 4

Mark

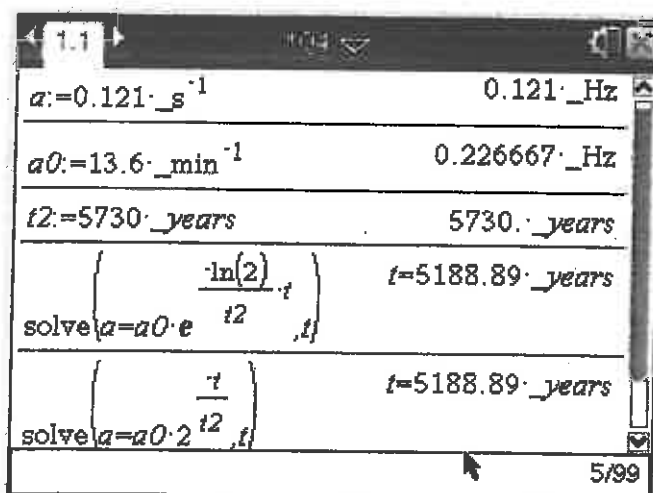
f) i)

$$A = A_0 e^{-\lambda t} = A_0 e^{-\frac{\ln(2)}{T_{1/2}} t}$$

$$\frac{A}{A_0} = e^{-\frac{\ln(2)}{T_{1/2}} t}$$

$$\ln\left(\frac{A}{A_0}\right) = -\frac{\ln(2)}{T_{1/2}} t \Rightarrow t = -T_{1/2} \frac{\ln\left(\frac{A}{A_0}\right)}{\ln(2)}$$

$$t = -5730 \frac{\ln(0.121 / (13.6 / 60))}{\ln(2)} = 5189 \text{ years} \approx 5200 \text{ years}$$



4

ii)

The variation in the proportion of carbon -14 present in the atmosphere over time may affect the accuracy of carbon -14 dating.

The sample could be contaminated by more recent Carbon or older Carbon.

If the object is very old, the activity may be so low as to make it difficult to obtain accurate measurements.

(One valid reason is sufficient.)

1

Name und Vorname

Name and Christian name

Nom et prénom

Guillardini, Sergio Alvaro

Code: 02-ES-00007

Fach / Subject

Discipline

Física

Datum / Date / Date

02/06/16

Lehrer / Teacher

Professeur

Estrella Gancedo



Pregunta 1

$$a) i) F_g = \frac{GMm}{r+h} \rightarrow x = \frac{G \cdot 1.48 \cdot 10^{23} \cdot 1.9 \cdot 10^3}{(2.63 \cdot 10^6)^2} =$$

$$1914.49 \text{ N}$$

$$ii) E_c = E_p \rightarrow \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{GMm}{r+h} \rightarrow v^2 = \frac{GM}{r+h}$$

$$v = \sqrt{\frac{G \cdot M}{r+h}}$$

$$iii) v = \sqrt{\frac{G \cdot 1.48 \cdot 10^{23}}{2.63 \cdot 10^6}} = 1775.91 \text{ m/s}$$

$$iv) E_m = E_c + E_p \rightarrow E_m = \frac{1}{2} m \cdot v^2 + \frac{GMm}{r+h}$$

$$E_m = 2.996 \cdot 10^9 \text{ J}$$

b)

$$E_{m \text{ orbita}} = E_{m \text{ tierra}}$$

Se deben

disipar $4.14 \cdot 10^9$
julios para tener un
aterrizaje tranquilo.

$$\begin{array}{l} \text{Cinética } \frac{1}{2} m v^2 \\ \text{Gravitatoria } \frac{GMm}{r} \end{array}$$

Parte B

a)

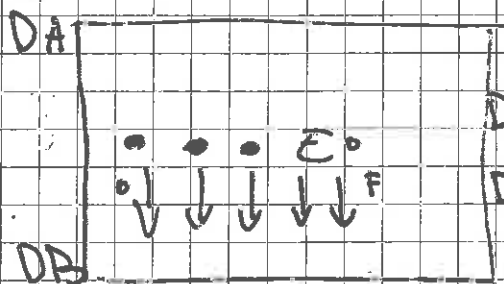
$$E_{\text{conseguida}} = E_c \quad \frac{1}{2} m \cdot v^2 \rightarrow \frac{1}{2} 1.66 \cdot 10^{-27} \cdot 14 \cdot 7.8 \cdot 10^3$$

$$E = 7 \cdot 10^{-15} \text{ J} \text{ hay que aplicar}$$

$$\Delta \phi = -\frac{E}{q} = 3125 \text{ V}$$

b) Porque la fuerza del campo magnético es muy superior a la de la gravedad, entonces los iones son desviados hacia arriba.

c)



Sentido hacia dentro del plano del papel y la fuerza hacia abajo.

d)

$$F_m = B \cdot q \cdot v \quad F_m = 50 \cdot 10^3 \cdot 1.66 \cdot 10^{-27} \cdot 14 \cdot 7.8 \cdot 10^3$$

$$F_m = 9.06 \cdot 10^{-16} \text{ N}$$

$$I = q/E \rightarrow I = 1.6 \cdot 10^{-17} / 9.06 \cdot 10^{-16} = I = 1.77 \cdot 10^{-4} \text{ C/N}$$

Maturitatis examen Europaeum

Name und Vorname

Name and Christian name

Nom et prénom

Guillardini González Sergio

Code :

02-ES-00007

Fach / Subject

Discipline

Física

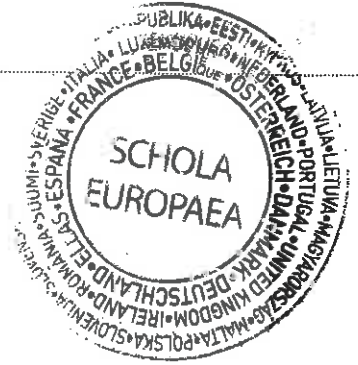
Datum / Date / Date

02/06/16

Lehrer / Teacher

Professeur

Estrella Cancedo



Parte A

Pregunta 2

a)

$$600 = \frac{1}{T}$$

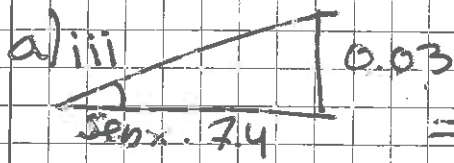
i) $f = \frac{1}{T} = T = 0.00166$ que pasando a ms es 166 que es aproximadamente lo representado en el dibujo.

ii) $\lambda = \frac{v}{f} \rightarrow \lambda = \frac{343}{625} = 0.5488 \text{ m}$

b)

Parte B

Máximo cado 3cm.



$$= \text{sen}(x) = \frac{0.03}{7.4} = \text{sen}(x) = 5.16^\circ$$

Maturitatis examen Europaeum

Name und Vorname

Name and Christian name

Nom et prénom

Sergio Guillardini González

Code :

02-ES-00007

Fach / Subject

Discipline

Física

Datum / Date / Date

02/06/16

Lehrer / Teacher

Professeur

Estrella Gancedo



a) Pregunta 3

ii) El potencial de frenado es la diferencia de potencia necesaria para que los electrones que han sido extraídos no lleguen al ánodo y vuelvan al cátodo. En resumen es la energía necesaria para neutralizar la energía cinética.

iii) La energía necesaria de cada fotón para poder extraer un electrón.

$$iv) 2.7 \cdot 10^{14} \cdot h = W_{ext} \cdot 1.60 \cdot 10^{-19} \rightarrow W_{ext} = \frac{2.7 \cdot 10^{14}}{1.60 \cdot 10^{-19}}$$

b) i)

$$\text{Ha perdido } 51 \text{ eV} \quad 51 \text{ eV} = h \cdot \nu = 4.8 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$$

$$\frac{h}{c} = \lambda = 160 \text{ nm}$$

$$ii) 54.4 \text{ eV} = 8.7 \cdot 10^{-18} \text{ J}$$

$$iii) \Delta E = h \cdot \nu \rightarrow \Delta E = 6.63 \cdot 10^{-34} \cdot 1.974 \cdot 10^{16} = 1.308 \cdot 10^{-17} \text{ J} \rightarrow \frac{1.308 \cdot 10^{-17}}{e} = 81.7976 \text{ eV}$$

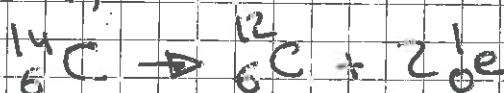
Pregunta 4

a) i) Son las distintas estructuras de un mismo elemento con variaciones los neutrones de su núcleo.

ii) 6 protones y 8 neutrones

b) $\frac{1}{2}$

c) $\frac{1}{2}$



ii)

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot 9.11 \cdot 10^{-31} \cdot v$$

d) El tiempo que tardan la mitad de los núcleos en desintegrarse.

e)

f)

$$A = A_0 e^{-\lambda \cdot t}$$

$$\lambda = \frac{\ln(2)}{T_{\frac{1}{2}}}$$

$$\lambda = \frac{\ln 2}{50194800}$$

$$\lambda = 1.38 \cdot 10^{-8}$$

$$0.121 = 1 \cdot e^{-1.38 \cdot 10^{-8} \cdot x}$$

$$x = 1.53 \text{ millones de años}$$

ii) Cambio de carbono¹⁴ en el ambiente.

EUROPEAN BACCALAUREATE 2016 - BACCALAUREAT EUROPEEN 2016 - EUROPAISCHE ABITUR 2016
PHYSICS - PHYSIQUE - PHYSIK

EUROPEAN SCHOOL:
 EUROPEAN SCHOOL:
 EUROPAISCHE SCHULE:

BRUXELLES I

SECTION / ABTEILUNG: **ES**

TEACHER / ENSEIGNANT / LEHRER: **ESTRELLA GARCIA**

EXTERNAL CORRECTOR / CORRECTEUR EXTERNE / EXTERNE PRÜFER: **LUIS FILLOL**

DATE / DATUM: **16/6/16**

Pupil / Elève / Schüler BACC ID Name / Nom	Question 1										Question 2										Question 3										Question 4										TOTAL /100
	PART A					PART B					PART A					PART B					PART A					PART B					PART A					PART B					
	a)		b)		c)		d)		e)		a)		b)		c)		d)		e)		a)		b)		c)		d)		e)		f)										
	I.	II.	III.	IV.		I.	II.	III.	IV.		I.	II.	III.	IV.		I.	II.	III.	IV.		I.	II.	III.	IV.		I.	II.	III.	IV.												
	3	3	1	4	4	4	3	2	3	3	4	3	3	5	5	3	4	2	5	3	3	4	2	3	3	1	1	1	2	2	4	2	3	4	1						
Marks / Points / Punkte																																									

4	6	3	0	1	4	4	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	3	4	0	1	2	0	1	1	1	0	0	2	0	1	1	35
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

EUROPEAN SCHOOL : Bruxelles I
 EUROPEAN SCHOOL :
 EUROPAISCHE SCHULE :

SECTION / ABTEILUNG : Spanish
 TEACHER / ENSEIGNANT / LEHRER : Estrella Gancedo
 EXTERNAL CORRECTOR / CORRECTEUR EXTERNE / EXTERNE PRÜFER :

m

DATE / DATUM: 10-June-2016

Pupil / Elève / Schüler BACC ID Name / Nom		Question 1										Question 2					Question 3					Question 4						TOTAL /100																														
		PART A				Part B						Part A					Part B																																									
		a)		b)		a)		b)		c)		d)		e)		a)		b)		a)		b)		a)		b)			c)		d)		e)		f)																							
		i.	ii.	iii.	iv.	i.	ii.	iii.	iv.	i.	ii.	iii.	iv.	i.	ii.	iii.	iv.	i.	ii.	iii.	iv.	i.	ii.	iii.	iv.	i.	ii.		iii.	iv.	i.	ii.	iii.	iv.	i.	ii.																						
		3	3	1	4	4	3	2	3	3	4	3	3	5	5	3	4	2	5	1.	ii.	iii.	iv.	i.	ii.	iii.	i.	ii.	1	2	4	2	3	4	1																							
Marks / Points / Noten /10																																																										

4	SERGIO GUILLARDINI	3.6	2	0	1	3	3	2	-	-	-	-	1.5	3	-	2	-	-	2.5	2	1.5	1	1	-	-	2	-	2	1	36
---	--------------------	-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-----	---	---	---	---	---	-----	---	-----	---	---	---	---	---	---	---	---	----

- ☐ École européenne / European School / Europäische Schule : BRUXELLES I
- ☐ Matière / Subject / Fach : PHYSIQUE
- ☐ Langue de l'épreuve / Language of the examination / Prüfungssprache : ESPAGNOL
- ☐ Date / Datum : 16/6/16
- ☐ Nom du correcteur / Name of the corrector / Name des Prüfer : LUIS FILIAL

Veillez s'il vous plaît noter un commentaire justificatif de la note attribuée à chaque élève.

Please write a justifying comment of the mark awarded to each pupil.

Bitte schreiben Sie einen begründeten Kommentar für die jedem Schüler erteilte Note.

Elève - Student - Schüler	Notes Marks	Commentaire / Comment / Kommentar
---------------------------	----------------	-----------------------------------

4. GUILLARDINI, Sergio	3,5	Tres mal Q1B et Q2B
------------------------	-----	---------------------

Remarque / Note / Anmerkung: Notes sur 10 avec 1 décimale. Marks out of 10 with one decimal place. Noten 0 bis 10 mit einer Dezimalstelle.

Signature du 1^{er} correcteur
Signature of the 1st corrector
Unterschrift des 1. Prüfers

Signature du 2^{ème} correcteur
Signature of the 2nd corrector
Name des 2. Prüfers

Signature du 3^{ème} correcteur
Signature of the 3rd corrector
Unterschrift des 3. Prüfers

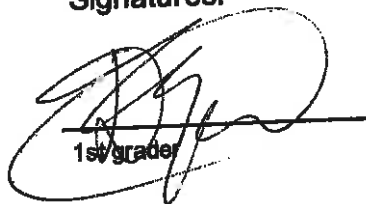
Signature de l'inspecteur / Signature of the Inspector / Unterschrift des Inspektor: _____

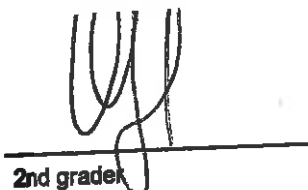
Course name S7PHYESA Teacher's name Mme E. GANCEDO
 Student count 11 Name of 2nd grader M. FILIP CRESTO
 Date 2/6/2016 Name of 3rd grader

Students		Grade (out of 10)		3rd potential grader
Student N°	Surname. name	1st grader	2nd grader	

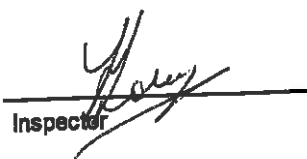
02-ES-00007	GUILLARDINI GONZALEZ, Sergio	3.6	8.6 3.5	
-------------	------------------------------	-----	------------	--

Signatures:


 1st grader


 2nd grader

3rd grader (when applicable)


 Inspector