

Examen de fin d'études secondaires 2015

Sections : B et C

Branche : Physique

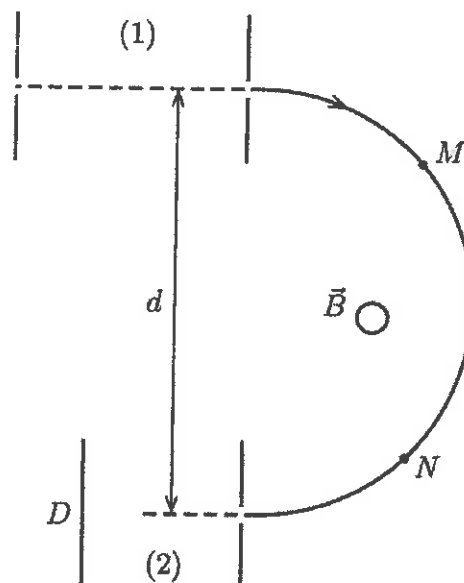
2015-3

Numéro d'ordre du candidat

1. MOUVEMENT DANS UN CHAMP MAGNÉTIQUE

POINTS : 3+4+4+2 = 13

Un électron, initialement au repos, est accéléré sous une tension $U_1 = 0,2 \text{ kV}$ entre les plaques du condensateur (1). Il pénètre ensuite dans un champ magnétique \vec{B} perpendiculaire au plan de la figure. Après avoir parcouru un demi-cercle, l'électron entre dans le condensateur (2) dont la plaque D sert de détecteur d'électrons.



- Représenter aux points M et N la force de Lorentz \vec{f} exercée sur l'électron. Exprimer \vec{f} dans la base de Frenet.
- Montrer que le mouvement de l'électron est uniforme et établir l'expression de la valeur de sa vitesse en fonction de l'intensité de \vec{B} et du diamètre d de la trajectoire circulaire.
- Calculer la valeur de la vitesse de l'électron à la sortie du condensateur (1). Déterminer le sens du champ magnétique et calculer son intensité sachant que $d = 8 \text{ cm}$.
- La tension U_2 entre les plaques du condensateur (2) est initialement nulle. On l'augmente jusqu'à ce qu'aucun électron ne soit détecté en D . Donner, sans calcul, cette valeur limite de U_2 et indiquer la polarité des plaques.

2. EXPÉRIENCE DE MELDE

POINTS : 8+2+1 = 11

On étudie une corde de masse linéique $\mu = 7,72 \text{ g} \cdot \text{m}^{-1}$ et de longueur $\ell = 7,2 \text{ m}$ dont une extrémité est animée par un vibreur de fréquence $f = 20 \text{ Hz}$ et dont l'autre est soumise à une force \vec{F} .

- En se basant sur l'élongation de la source, établir l'expression du mouvement en tout point de la corde et en déduire les abscisses des ventres d'une onde stationnaire.
- Calculer les intensités des forces à appliquer si l'on veut réaliser une onde stationnaire avec un ou deux ventres.
- Expliquer comment il faut varier l'intensité de la force si l'on veut multiplier le nombre de fuseaux par trois ou quatre?

Épreuve écrite

Examen de fin d'études secondaires 2015

Sections : B et C

Branche : Physique

Numéro d'ordre du candidat

3. OSCILLATEUR MÉCANIQUE

POINTS : 4+3+1+(3+1)+3 = 15

Un solide S de masse 680 g peut se déplacer sans frottements le long d'un axe horizontal Ox . S est relié à un ressort de raideur $k = 65\text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$, dont l'autre extrémité est fixe. À l'équilibre, le centre de gravité G du solide se projette sur Ox en O , origine des abscisses.

On écarte le solide de $\Delta x = 11\text{ cm}$ de sa position d'équilibre. À l'instant $t = 0\text{ s}$, le solide est lâché sans vitesse.

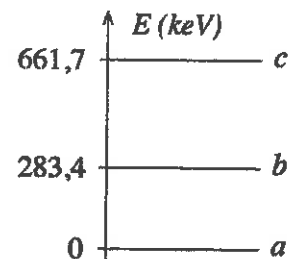
- a) Faire une figure et le bilan des forces à l'instant $t = 0$. Établir l'équation différentielle du mouvement.
- b) Donner une équation horaire générale du mouvement du solide S et vérifier qu'elle est une solution de l'équation différentielle. Indiquer la solution avec les valeurs numériques.
- c) Calculer la période propre du système.
- d) Exprimer l'énergie mécanique totale du système, en fonction de k , m , x et $\dot{x} = \frac{dx}{dt}$.
 - [1] Montrer que l'énergie mécanique est constante. En déduire l'expression de l'énergie mécanique en fonction de la constante de raideur k du ressort et de l'amplitude X_m .
 - [2] Calculer la valeur de l'énergie mécanique.
- e) Calculer la vitesse maximale et en déduire l'accélération maximale du solide S .

4. PHYSIQUE NUCLÉAIRE

POINTS: 2+3+2+2+2 = 11

À la rentrée 2000, le laboratoire de physique d'un lycée a acheté une source radioactive de césium 137 , émetteur β^- ayant une activité de $63,4\text{ kBq}$. La demi-vie de cet isotope du césium est $30,07\text{ a}$. Le noyau fils est émis dans un état excité.

- a) Écrire les équations des transformations nucléaires.
- b) Calculer la masse du césium contenue dans la source à la date de l'achat. La masse d'un atome de césium est $136,9\text{ u}$.
- c) Calculer l'activité de la source à la rentrée 2014.
- d) Sans calcul, donner la date à laquelle l'activité n'est plus que 25% de l'activité initiale.
- e) La figure ci-contre montre le diagramme énergétique du noyau fils. Calculer la longueur d'onde du rayonnement émis lors de la transition de l'état excité c vers l'état fondamental a .



Épreuve écrite

Examen de fin d'études secondaires 2015

Sections : B et C

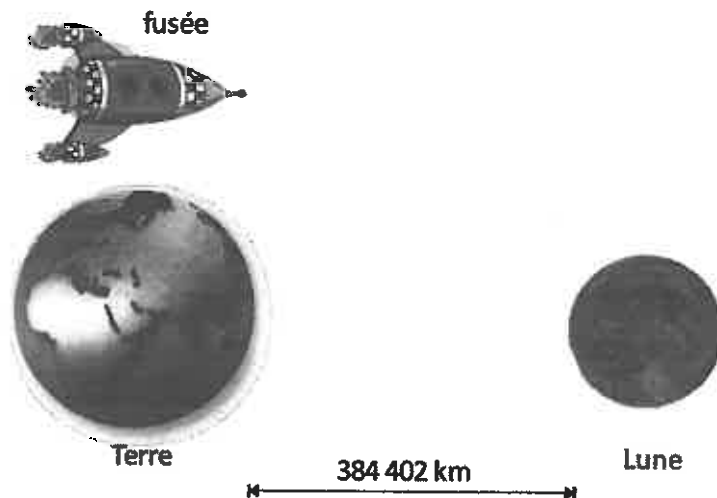
Branche : Physique

Numéro d'ordre du candidat

5. RELATIVITÉ

POINTS: 2+1+2+3+2 = 10

Dans un futur lointain des touristes de la Vénus vont passer leurs vacances sur Mars. Les quatre astres étant alignés au cours de ce voyage, ils vont passer près de la Terre et de la Lune. Le voyage Terre-Lune est surveillé depuis un centre de contrôle installé sur la Terre en coopération avec un contrôleur sur la Lune.



La distance de la Terre à la Lune, mesurée dans le référentiel Terre-Lune, est de 384 402 kilomètres.

Au cours de ce voyage le mouvement de la Lune autour de la Terre est négligeable.

La navette touristique effectue le trajet à la vitesse $v = 0,15 c$.

Les horloges de la Lune et de la Terre ont été synchronisées par l'envoi d'un signal lumineux.

- Définir intervalle de temps propre et intervalle de temps impropre.
- Les passagers et le centre de contrôle vont mesurer la durée du trajet Terre-Lune. Qui va mesurer la durée propre ? Justifier.
- Est-ce que les passagers de la navette verront la distance Terre-Lune plus grande ou plus petite que les observateurs dans le référentiel de la Terre ? Justifier.
- Calculer la différence des durée du trajet Terre-Lune mesurée par les passagers de la navette et le centre de contrôle sur la Terre.
- Une autre navette NGV (navette à grande vitesse) atteint une vitesse de $v' > v$. Comparer les distances parcourues dans les référentiels des passagers des deux navettes ?

Relevé des principales constantes physiques

Grandeur physique	Symbole usuel	Valeur numérique	Unité
Constante d'Avogadro	N_A (ou L)	$6,022 \cdot 10^{23}$	mol^{-1}
Constante molaire des gaz parfaits	R	8,314	$\text{J K}^{-1} \text{mol}^{-1}$
Constante de gravitation	K (ou G)	$6,673 \cdot 10^{-11}$	$\text{N m}^2 \text{kg}^{-2}$
Constante électrique pour le vide	$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$	$8,988 \cdot 10^9$	$\text{N m}^2 \text{C}^{-2}$
Célérité de la lumière dans le vide	c	$2,998 \cdot 10^8$	m s^{-1}
Perméabilité du vide	μ_0	$4\pi \cdot 10^{-7}$	H m^{-1}
Permittivité du vide	$\epsilon_0 = \frac{1}{\mu_0 c^2}$	$8,854 \cdot 10^{-12}$	F m^{-1}
Charge élémentaire	e	$1,602 \cdot 10^{-19}$	C
Masse au repos de l'électron	m_e	$9,1094 \cdot 10^{-31}$ $5,4858 \cdot 10^{-4}$ 0,5110	kg u MeV/c^2
Masse au repos du proton	m_p	$1,6726 \cdot 10^{-27}$ 1,0073 938,27	kg u MeV/c^2
Masse au repos du neutron	m_n	$1,6749 \cdot 10^{-27}$ 1,0087 939,57	kg u MeV/c^2
Masse au repos d'une particule α	m_α	$6,6447 \cdot 10^{-27}$ 4,0015 3727,4	kg u MeV/c^2
Constante de Planck	h	$6,626 \cdot 10^{-34}$	J s
Constante de Rydberg de l'atome d'hydrogène	R_H	$1,097 \cdot 10^7$	m^{-1}
Rayon de Bohr	r_1 (ou a_0)	$5,292 \cdot 10^{-11}$	m
Energie de l'atome d'hydrogène dans l'état fondamental	E_1	-13,59	eV

Grandeurs liées à la Terre et au Soleil (elles peuvent dépendre du lieu ou du temps)		Valeur utilisée sauf indication contraire	
Composante horizontale du champ magnétique terrestre	B_h	$2 \cdot 10^{-5}$	T
Accélération de la pesanteur à la surface terrestre	g	9,81	m s^{-2}
Rayon moyen de la Terre	R	6370	km
Jour sidéral	T	86164	s
Masse de la Terre	M_T	$5,98 \cdot 10^{24}$	kg
Masse du Soleil	M_S	$1,99 \cdot 10^{30}$	kg

Conversion d'unités en usage avec le SI

1 angström	$= 1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$
1 électronvolt	$= 1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
1 unité de masse atomique	$= 1 \text{ u} = 1,6605 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 931,49 \text{ MeV}/c^2$

Tableau périodique

	I	II	III										IV	V	VI	VII	VIII			
1.	1 H Hydrogène 1,008																			
2.	3 Li Lithium 6,941	4 Be Béryllium 9,012											6 C Carbone 12,01	7 N Azote 14,01	8 O Oxygène 16,00	9 F Fluor 19,00	10 Ne Néon 20,18			
3.	11 Na Sodium 22,99	12 Mg Magnésium 24,31											13 Al Aluminium 26,98	14 Si Silicium 28,09	15 P Phosphore 30,97	16 S Soufre 32,07	17 Cl Chlore 35,45	18 Ar Argon 39,95		
4.	19 K Potassium 39,10	20 Ca Calcium 40,08	IIIa		IVa		Va		VIa		VIIa		IIa		31 Ga Gallium 69,72	32 Ge Germanium 72,61	33 As Arsenic 74,92	34 Se Sélénium 78,96	35 Br Brome 79,90	36 Kr Krypton 83,80
5.	37 Rb Rubidium 85,47	38 Sr Strontium 87,62	39 Y Yttrium 88,91	40 Zr Zirconium 91,22	41 Nb Niobium 92,91	42 Mo Molybdène 95,94	43 Tc Technétium [98]	44 Ru Ruthénium 101,1	45 Rh Rhodium 102,9	46 Pd Palladium 106,4	47 Ag Argent 107,9	48 Cd Cadmium 112,4	49 In Indium 114,8	50 Sn Étain 118,7	51 Sb Antimoine 121,8	52 Te Tellurium 127,6	53 I Iode 126,9	54 Xe Xénon 131,3		
6.	55 Cs Césium 132,9	56 Ba Baryum 137,3	Lanthanide		72 Hf Hafnium 178,5	73 Ta Tantale 180,9	74 W Tungstène 183,8	75 Re Rhénium 186,2	76 Os Osmium 190,2	77 Ir Iridium 192,2	78 Pt Platine 106,4	79 Au Or 197,0	80 Hg Mercure 200,6	81 Tl Thallium 204,4	82 Pb Plomb 207,2	83 Bi Bismuth 209,0	84 Po Polonium [209]	85 At Astato [210]	86 Rn Radon [222]	
7.	87 Fr Francium [223]	88 Ra Radium [226]	Actinide		104 Rf Rutherfordium [261]	105 Db Dubnium [262]	106 Sg Seaborgium [263]	107 Bh Bohrium [264]	108 Hs Hassium [265]	109 Mt Meitnerium [268]	110 Uun [269]	111 Uuu [272]	112 Uub [277]							

Lanthanide et Actinide															
6.	57 La Lanthane 138,9	58 Ce Cérium 140,1	59 Pr Praseodyme 140,9	60 Nd Néodyme 144,2	61 Pm Prométhium [147]	62 Sm Samarium 150,4	63 Eu Europium 152,0	64 Gd Gadolinium 157,3	65 Tb Terbium 158,9	66 Dy Dysprosium 162,5	67 Ho Holmium 164,9	68 Er Erbium 167,3	69 Tm Thulium 168,9	70 Yb Ytterbium 173,0	71 Lu Lutétium 175
7.	89 Ac Actinium [227]	90 Th Thorium 232,0	91 Pa Protactinium 231,0	92 U Uranium 238,0	93 Np Neptunium [237]	94 Pu Plutonium [244]	95 Am Américium [243]	96 Cm Curium [247]	97 Bk Berkélium [247]	98 Cf Californium [251]	99 Es Einsteinium [252]	100 Fm Fermium [257]	101 Md Mendélévium [258]	102 No Nobelium [259]	103 Lr Lawrencium [262]

Formules trigonométriques

$$\sin^2 x + \cos^2 x = 1$$

$$\cos^2 x = \frac{1}{1 + \operatorname{tg}^2 x}$$

$$\sin^2 x = \frac{\operatorname{tg}^2 x}{1 + \operatorname{tg}^2 x}$$

$$1 + \operatorname{tg}^2 x = \frac{1}{\cos^2 x}$$

$$\begin{aligned} \sin(\pi - x) &= \sin x \\ \cos(\pi - x) &= -\cos x \\ \operatorname{tg}(\pi - x) &= -\operatorname{tg} x \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sin(\pi + x) &= -\sin x \\ \cos(\pi + x) &= -\cos x \\ \operatorname{tg}(\pi + x) &= \operatorname{tg} x \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sin(-x) &= -\sin x \\ \cos(-x) &= \cos x \\ \operatorname{tg}(-x) &= -\operatorname{tg} x \end{aligned}$$

$$\sin\left(\frac{\pi}{2} - x\right) = \cos x$$

$$\cos\left(\frac{\pi}{2} - x\right) = \sin x$$

$$\operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{2} - x\right) = \operatorname{cotg} x$$

$$\sin\left(\frac{\pi}{2} + x\right) = \cos x$$

$$\cos\left(\frac{\pi}{2} + x\right) = -\sin x$$

$$\operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{2} + x\right) = -\operatorname{cotg} x$$

$$\begin{aligned} \sin(x + y) &= \sin x \cos y + \cos x \sin y \\ \sin(x - y) &= \sin x \cos y - \cos x \sin y \end{aligned}$$

$$\operatorname{tg}(x + y) = \frac{\operatorname{tg} x + \operatorname{tg} y}{1 - \operatorname{tg} x \operatorname{tg} y}$$

$$\begin{aligned} \cos(x + y) &= \cos x \cos y - \sin x \sin y \\ \cos(x - y) &= \cos x \cos y + \sin x \sin y \end{aligned}$$

$$\operatorname{tg}(x - y) = \frac{\operatorname{tg} x - \operatorname{tg} y}{1 + \operatorname{tg} x \operatorname{tg} y}$$

$$\begin{aligned} \sin 2x &= 2 \sin x \cos x \\ \cos 2x &= \cos^2 x - \sin^2 x \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2 \cos^2 x &= 1 + \cos 2x \\ 2 \sin^2 x &= 1 - \cos 2x \end{aligned}$$

$$\sin 2x = \frac{2 \operatorname{tg} x}{1 + \operatorname{tg}^2 x}$$

$$\cos 2x = \frac{1 - \operatorname{tg}^2 x}{1 + \operatorname{tg}^2 x}$$

$$\operatorname{tg} 2x = \frac{2 \operatorname{tg} x}{1 - \operatorname{tg}^2 x}$$

$$\sin 3x = 3 \sin x - 4 \sin^3 x$$

$$\cos 3x = -3 \cos x + 4 \cos^3 x$$

$$\sin p + \sin q = 2 \sin \frac{p+q}{2} \cos \frac{p-q}{2}$$

$$\sin p - \sin q = 2 \sin \frac{p-q}{2} \cos \frac{p+q}{2}$$

$$\cos p + \cos q = 2 \cos \frac{p+q}{2} \cos \frac{p-q}{2}$$

$$\cos p - \cos q = -2 \sin \frac{p+q}{2} \sin \frac{p-q}{2}$$

$$\operatorname{tg} p + \operatorname{tg} q = \frac{\sin(p+q)}{\cos p \cos q}$$

$$\operatorname{tg} p - \operatorname{tg} q = \frac{\sin(p-q)}{\cos p \cos q}$$

$$\sin x \cos y = \frac{1}{2} [\sin(x+y) + \sin(x-y)]$$

$$\cos x \cos y = \frac{1}{2} [\cos(x+y) + \cos(x-y)]$$

$$\sin x \sin y = \frac{1}{2} [\cos(x-y) - \cos(x+y)]$$