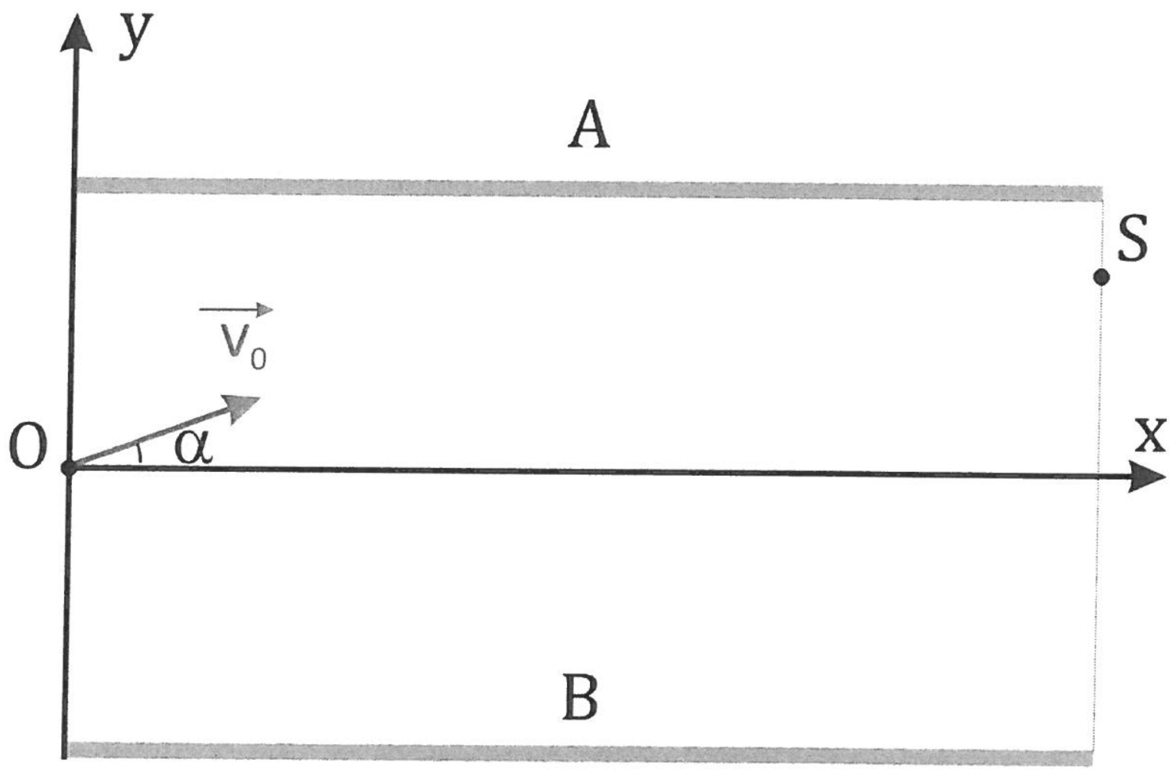
EXAMEN DE FIN D'ÉTUDES SECONDAIRES CLASSIQUES
2020

BRANCHE	SECTION(S)	ÉPREUVE ÉCRITE
Physique	CB, CLB, CC, CLC	*Durée de l'épreuve : 3h* *Date de l'épreuve : 22/09/2020*

A. Mouvement dans un champ électrique uniforme (17)

Un faisceau de protons entre avec une vitesse initiale $\vec{v}_0$ dans un condensateur formé de 2 armatures parallèles (voir figure). Le point d'entrée (=origine du système d'axes) se trouve à mi-hauteur entre les armatures. On néglige le poids des protons et on suppose que le mouvement a lieu dans le vide.



On constate que les protons **sortent par le point S avec une vitesse horizontale.**

1. Recopier la figure (pas nécessairement à l'échelle) et indiquez-y…
   - … la trajectoire des protons entre O et S ainsi que la force électrique $\vec{F}$ en O. (1)
   - … le champ électrique $\vec{E}$ et la polarité des plaques. (1)
2. Etablir les équations horaires et l'équation cartésienne décrivant le mouvement des protons en fonction de e, m, E v_0 et α. (6)
3. Etablir les expressions de t_S (instant du passage par S), x_S et y_S (coordonnées du point de sortie S) en fonction de e, m, E, v_0 et α. Prouver ensuite que $\frac{y_S}{x_S} = \frac{1}{2}\tan(\alpha)$. (4)
4. La longueur des plaques vaut $L = 12\ cm$ et la distance entre les plaques vaut $d = 10\ cm$. Le point S se trouve 2 cm en-dessous de la plaque A. L'intensité du champ électrique vaut 5 $\frac{kV}{m}$.
   a. En déduire l'angle α sous lequel les protons entrent dans le condensateur. (2)
   b. Calculer la norme v_0 de la vitesse initiale des protons. (2)
   c. Calculer la norme v_S de la vitesse de sortie des protons. (1)

B. Satellite géostationnaire (9)

Dans un référentiel géocentrique, la vitesse d'un satellite en orbite circulaire de rayon r autour de la Terre est donnée par $v = \sqrt{\frac{KM}{r}}$ où M est la masse de la Terre. (On ne demande PAS de démontrer cette équation). Le centre de l'orbite coïncide avec le centre de la Terre. On suppose que le satellite interagit seulement avec la Terre.

1. Déduire l'expression de la période de révolution du satellite en fonction du rayon R de la Terre et de l'altitude z (au-dessus de la surface terrestre) à laquelle évolue le satellite. (2)

   GovSat-1 est un satellite de télécommunications Luxembourgeois. Sa masse vaut 4,23 t et son orbite est **géostationnaire**.
2. Etablir l'expression de l'altitude z à laquelle évolue le satellite GovSat-1. (2)
3. Calculer cette altitude en km. (2)

   On suppose désormais que GovSat-1 évolue à une altitude de 35 810 km.
4. Calculer la vitesse de GovSat-1 en $\frac{km}{s}$. (1)
5. Calculer l'accélération de GovSat-1. (1)
6. Si GovSat-1 avait une masse de 8,46 t, à quelle altitude aurait-il fallu le placer pour que son orbite soit géostationnaire ? Expliquer. (1)

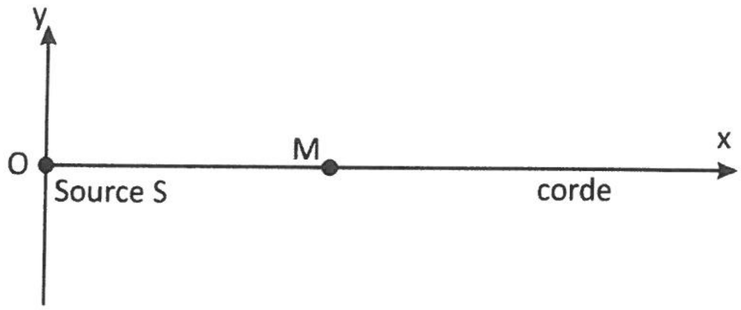
C. Pendule élastique (14)

1. Etablir l'équation différentielle d'un pendule élastique horizontal non amorti. Une figure convenable (avec repère) est exigée. (5)
2. Démontrer sous quelle condition une fonction de la forme $x(t) = X_m \cdot cos\ (\omega_0 t + \varphi)$ est solution de cette équation. (2)
3. Pour un pendule élastique, on constate que
   - sa vitesse maximale vaut $v_m = 50\ \frac{cm}{s}$
   - sa vitesse vaut $v_1 = 30\ \frac{cm}{s}$ lorsqu'il se trouve en l'abscisse $x_1 = 16\ cm$.

   Partir de la **conservation de l'énergie** pour en déduire la pulsation propre du pendule. (4)
4. Un **autre** pendule élastique possède une période propre de 4 s.
   a. Que vaut la raideur du ressort si la masse du corps attaché vaut 750 g ? (2)
   b. A l'instant $t = 0\ s$, le corps passe par sa position d'équilibre. Indiquer la date du passage suivant par cette position. (1)

D. Onde progressive (9)

Le mouvement d'une source S peut être décrit par la fonction $y_S(t) = Y_0 \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi)$. Cette source est reliée à une des extrémités (O) d'une corde horizontale très longue.



1. Etablir l'équation d'onde indiquant l'état vibratoire de n'importe quel point d'abscisse x de la corde à n'importe quel instant t. On néglige tout amortissement et toute réflexion. Préciser le nom de chaque grandeur introduite pendant la démonstration. (5)
2. L'onde étudiée dans la suite peut être décrite par l'équation numérique suivante (en unités SI) :

$$y(x, t) = 0{,}04 \cdot \sin(20\pi t - 4\pi x + \pi)$$

Déterminer...

   a. ... la célérité de l'onde. (2)
   b. ... l'équation horaire du point M situé à 0,3 m de la source. (1)
   c. ... l'équation numérique indiquant l'évolution temporelle de la vitesse de ce point M. (1)

E. Ondes stationnaires (11)

Une corde de masse linéique μ est tendue entre 2 points A et B tels que AB $= L$. En A, un vibreur impose une oscillation harmonique transversale de fréquence f. Le point B est fixe. Pour des valeurs précises de f, L, μ et de la tension F (régnant dans la corde), on observe le phénomène d'onde stationnaire.

1. Discuter le rôle du point B. Expliquer la formation d'ondes stationnaires en insistant sur ce qui se passe en un ventre de vibration et un nœud de vibration. (3)
2. Ecrire la relation entre L et le nombre de fuseaux n. En déduire la relation permettant de calculer, en fonction de n, L, F et μ les fréquences donnant lieu à une onde stationnaire. (2)
3. Est-ce que les affirmations suivantes sont vraies ou fausses ? Justifier. (3)
   a. Si on coupe une corde en son milieu, les deux parties obtenues ont une masse linéique qui vaut le double de celle la corde entière.
   b. L'élongation d'un ventre de vibration n'est jamais nulle.
   c. Lorsque $L = \frac{\lambda}{2}$, tous les points de la corde (à l'exception des nœuds) vibrent en phase.
4. Une corde dont la partie vibrante possède une longueur $L = 1{,}5\ m$ et une masse $m = 8{,}1\ g$ est excitée par un vibreur imposant une fréquence de 16,2 Hz. On observe une onde stationnaire à 5 ventres. Calculer la tension dans la corde. (3)