

Examen de fin d'études secondaires 2011

Sections: BC
Branche : PHYSIQUE

page 1

Numéro d'ordre du candidat

juin 2011

I. Satellites [1, 2, 2+1, 1, 2+2, 2, 2]

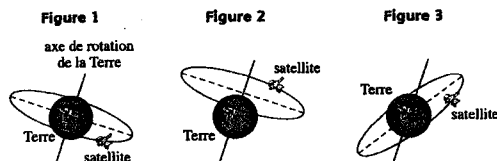
A. Pluton, planète naine du système solaire de masse $M_P = 1,3 \cdot 10^{22}$ kg, a un satellite nommé Charon. Ce satellite a pour masse $M_C = 1,8 \cdot 10^{21}$ kg et son centre se situe à une distance $r = 1,9 \cdot 10^4$ km du centre de Pluton. Sa trajectoire autour de Pluton est circulaire.

- Dans quel référentiel étudie-t-on le mouvement de Charon autour de Pluton ?
- A l'aide de la 2^e loi de Newton, donner les caractéristiques du vecteur accélération \vec{a} du centre de gravité G de Charon.
- En déduire l'expression de la vitesse v de Charon en fonction de la masse M_P de Pluton et de la distance r .

Calculer sa valeur en km/s.

- Exprimer la période de révolution T de Charon en fonction de r et v .
- Retrouver la 3^e loi de Kepler. Calculer la valeur de la période et l'exprimer en jours solaires.

B. On propose 3 trajectoires hypothétiques de satellite en mouvement circulaire uniforme autour de la Terre.



- Montrer que, seule, l'une de ces trajectoires est incompatible avec les lois de la mécanique.
- Quelle est la seule trajectoire qui peut correspondre à un satellite géostationnaire ? Justifier les réponses.

II. Oscillateur mécanique [6, 4, 6, 2]

Un solide S de masse $m = 245$ g est attaché à une extrémité d'un ressort à spires non jointives de raideur $k = 10$ N/m. L'autre extrémité du ressort est fixée à un support solide d'un banc à coussin d'air horizontal sur lequel le solide peut glisser sans frottement.

Le solide est écarté de sa position d'équilibre d'une distance $a = 2,0$ cm ; le ressort est alors comprimé. S est ensuite lâché, sans vitesse initiale, à la date $t = 0$.

- Faire l'inventaire des forces appliquées au solide et les indiquer sur une figure soignée. Etablir l'équation différentielle du mouvement du centre de gravité G de S dans un repère $(O; \vec{i})$ parallèle à l'axe principal du ressort. $x_0 = 0$ est l'abscisse de G lorsque le ressort a sa longueur naturelle.
- Montrer que la solution de l'équation différentielle peut s'écrire sous la forme $x = X_m \cos(\omega_0 t + \varphi)$. Exprimer ω_0 en fonction des grandeurs caractéristiques de l'oscillateur et en déduire l'expression de la période propre T_0 .
- Déterminer les valeurs numériques de X_m , φ , ω_0 et T_0 et écrire l'équation horaire du mouvement du centre d'inertie de S.
- Calculer la valeur de la vitesse de S lorsque G passe pour la première fois par la position $x = x_0 = 0$.

Examen de fin d'études secondaires 2011

Sections: BC
Branche : PHYSIQUE

page 2

Numéro d'ordre du candidat

III. Interférences lumineuses [3, 4]

On réalise une expérience d'interférences lumineuses avec le dispositif des fentes de Young. La distance entre les fentes vaut 1,0 mm et la distance du plan des fentes à l'écran d'observation E mesure 2,0 m.

- Les 2 fentes S_1 et S_2 sont éclairées par une onde lumineuse bleue de fréquence $\nu_1 = 625000$ GHz. Calculer l'interfrange i_1 observé sur l'écran E.
- S_1 et S_2 sont maintenant éclairées par une onde lumineuse rouge-orangé de longueur d'onde λ_2 . On constate alors que le milieu de la seconde frange sombre occupe la place qu'occupait le milieu de la seconde frange brillante du système de franges précédent. La frange centrale est notée zéro. Déduire de cette expérience λ_2 .

IV. Relativité restreinte [2, 2, 2]

Motiver chaque fois les réponses.

- Certains objets célestes fort distants, les quasars, s'éloignent de nous à une vitesse d'au moins 0,5-c. Quelle est la célérité de la lumière que nous recevons de ces quasars ?
- Un vaisseau spatial en forme de sphère passe au-dessus d'un observateur terrestre à une vitesse de 0,8-c. Quelle forme l'observateur percevra-t-il au passage du vaisseau ?
- Un astronaute, qui se dirige vers une étoile à grande vitesse constante, peut déterminer qu'il est en mouvement à partir
 - de la contraction d'une règle à bord ;
 - du ralentissement du temps indiqué par les horloges ;
 - de l'augmentation de sa masse ;
 - du ralentissement des battements de son cœur ;
 - aucune de ces réponses.

V. Radioactivité [2, 3, 1, 5, 2, 1]

Carte d'identité du phosphore $^{32}_{15}\text{P}$	
Type de radioactivité	β^-
Energie du rayonnement émis	1,7 MeV
Constante radioactive λ	$5,6 \cdot 10^{-7} \text{ s}^{-1}$
Masse du noyau	$5,30803 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$
Demi-vie T	14 j

L'injection en voie veineuse d'une solution contenant du ^{32}P radioactif permet dans certains cas de traiter une production excessive de globules rouges au niveau des cellules de la moelle osseuse.

- Ecrire l'équation de la désintégration du noyau ^{32}P , sachant que le noyau fils correspond à un isotope du soufre noté $^{32}_{16}\text{S}$. En énonçant les lois utilisées, déterminer les valeurs de A et Z.
- La masse du noyau fils vaut $5,30763 \cdot 10^{-26}$ kg, vérifier par le calcul la valeur, donnée dans la carte d'identité ci-dessus, de l'énergie de rayonnement émis par la désintégration du ^{32}P . (On néglige l'énergie de l'antineutrino.)
- Pour la très grande majorité d'entre eux, les noyaux fils obtenus ne sont pas dans un état excité. A quel type de rayonnement particulièrement pénétrant le patient n'est-il pas exposé ?
- Etablir la loi de décroissance du nombre $N(t)$ de noyaux radioactifs d'un échantillon en fonction de la constante radioactive λ et du nombre de noyaux radioactifs N_0 existant à la date $t = 0$.
- Définir le temps de demi-vie radioactive T et établir la relation qui existe entre T et λ .
- Vérifier, par le calcul, la valeur approchée du temps de demi-vie proposée dans la carte d'identité.

Examen de fin d'études secondaires 2011

Section: BC

Branche: physique

Numéro d'ordre du candidat

Septembre 2011

1. Cyclotron

(4+2+2+1+2+2+4=17 points)

Des particules α initialement au repos sont accélérées à l'aide d'un cyclotron.

- Expliquer le principe de fonctionnement du cyclotron à l'aide d'un texte et d'un schéma annoté. Sur ce schéma il faudra représenter la trajectoire (quelques tours) des ^{particules} électrons, et indiquer les champs qui agissent. Indiquer le sens du champ magnétique à l'intérieur des deux « dees » pour obtenir la trajectoire représentée !
- Donner l'expression du rayon des trajectoires en fonction des autres grandeurs physiques. Indiquer la signification et les unités des symboles utilisés.
- Montrer que le temps mis par l'électron ^{la particule} pour décrire un demi-cercle est indépendant de la vitesse de la particule.

On suppose maintenant que l'intensité du champ magnétique à l'intérieur des « dees » vaut $B=1$ T, et que tension appliquée vaut $U=100$ V.

- Quelle doit être la fréquence de la tension accélératrice ?
- Calculer le gain d'énergie à chaque accélération !

On suppose que les électrons obtiennent une vitesse finale de $v = 0.01 \cdot c$.

- Quelle est alors le rayon de leur trajectoire ?
- Après combien de tours, cette vitesse est-elle atteinte ?

2. Ondes

(2+1+3+5+4+3+2=20 points)

Sur une nappe d'eau, à l'aide de deux pointes reliées à un même vibreur, on produit des vibrations de même amplitude $A=0,3$ cm et dont la fréquence est égale à 10 Hz. Les ondes se déplacent à une vitesse de 50 cm/s. La distance entre les pointes P_1 et P_2 vaut 10 cm.

- Expliquer pourquoi, pour observer le phénomène d'interférences, il est important que ces pointes soient reliées au même vibreur.
- Calculer la longueur d'onde.
- Ecrire l'équation horaire des deux pointes P_1 et P_2 , sachant qu'à l'instant $t=0$ s, les pointes passent par la position la plus basse.
- Etablir l'expression générale de l'équation d'onde pour un point qui se situe à une distance x d'une des deux pointes.

Soit un point M qui se situe à 15 cm de P_1 et à 17,5 cm de P_2 .

- Déterminer les 2 équations d'ondes arrivant au point M et issues respectivement de P_1 et P_2 .
- En déduire l'équation horaire de M, sous l'effet des deux ondes issues de P_1 et P_2 ensemble. Quelle est l'amplitude du point M ?
- Énoncer et expliquer la condition générale sur la différence de marche δ pour obtenir une interférence destructive.

Examen de fin d'études secondaires 2011

Section: BC

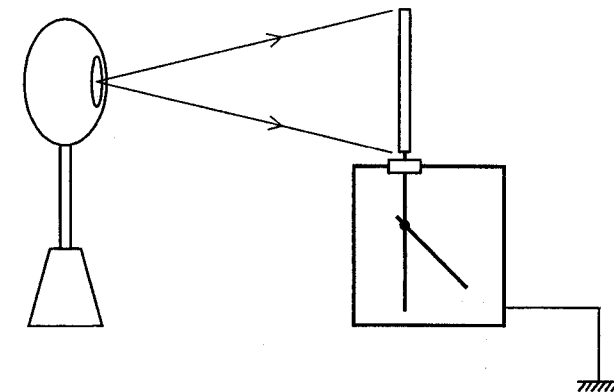
Branche: physique

Numéro d'ordre du candidat

3. Effet photoélectrique

6+4+3=13 points

La figure suivante montre le dispositif expérimental de l'expérience de Hertz.



- Décrire les différentes étapes de l'expérience de Hertz, et expliquer pourquoi les résultats expérimentaux sont en contradiction avec la théorie ondulatoire de la lumière.
- Montrer comment l'hypothèse des photons permet d'expliquer l'expérience de Hertz et notamment l'existence d'une fréquence seuil.
- Un faisceau de lumière monochromatique de longueur d'onde $\lambda = 429$ nm éclaire une surface métallique. Les électrons émis ont une vitesse maximale de $6 \cdot 10^5$ m/s. Calculer la valeur de la fréquence seuil !

4. Relativité

(3+1+2+4=10 points)

- Définir *intervalle de temps propre* et *intervalle de temps impropre*.
- Énoncer la relation mathématique qui relie ces deux grandeurs physiques.
- Expliquer ce qu'on entend par « dilatation du temps ».
- Établir la relation mathématique entre une *longueur en mouvement* et une *longueur au repos*.