

4 mai 2019

ÉPREUVE DE PHYSIQUE

Consignes aux candidats

Durée de l'épreuve : 1 heure

- Vous devez commencer par remplir la partie administrative de votre fiche optique, avec indication de votre nom, prénom, et en cochant les cases de votre identifiant personnel : le numéro QCM.
- L'épreuve de Physique se déroule sur 1 heure et est constituée de 4 questions obligatoires et de 4 questions à choisir parmi les questions numérotées de 5 à 10.
- Chaque question comporte cinq propositions : A, B, C, D, E.
- Pour chaque question :
 - Vous cochez la (ou les) case(s) V de la fiche optique correspondant à toute proposition que vous jugez vraie.
 - Vous cochez la (ou les) case(s) F de la fiche optique correspondant à toute proposition que vous jugez fausse.
 - Les cinq propositions peuvent être toutes vraies ou toutes fausses
- Toute case correctement remplie entraîne une bonification.
- Toute erreur est pénalisée.
- **Il est donc préféré une absence de réponse à une réponse inexacte.**
- Seule la fiche optique est ramassée en fin d'épreuve.

LES CALCULATRICES NE SONT PAS AUTORISÉES

Vérifiez que votre épreuve est constituée de 6 pages numérotées de 1 à 6.

Dans le cas contraire, demandez un nouveau sujet.

EPREUVE DE PHYSIQUE

Durée: 1 heure

Questions obligatoires (1 à 4)

1 Le micro-onde et la tasse de thé

Le principe du four micro-ondes est d'envoyer un faisceau d'ondes suffisamment énergétique sur un aliment pour le réchauffer. Ces ondes interagissent avec les molécules d'eau contenues à l'intérieur de l'aliment pour les faire osciller $2,5 \cdot 10^9$ fois par seconde. La mise en mouvement des molécules d'eau produit la chaleur nécessaire pour réchauffer l'aliment. Les micro-ondes se propagent à une célérité $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$.

- A Les micro-ondes sont des ondes qui transportent de la matière.
- B Il s'agit d'un transfert thermique par convection.
- C La longueur d'onde associée aux micro-ondes est $\lambda = 1,2 \text{ mm}$.

On souhaite réchauffer une tasse d'eau de volume $V = 250 \text{ mL}$ pour préparer un thé. Initialement à une température de 10°C , on souhaite porter l'eau contenue dans la tasse à une température de 90°C afin que le thé infuse. Le four micro-ondes dont on dispose pour réaliser cette opération est réglé sur une puissance $P = 900 \text{ W}$. On rappelle que l'énergie E transférée à un système à une puissance P pendant un laps de temps Δt s'écrit $E = P\Delta t$.

Données: Masse volumique de l'eau: $\rho_{\text{eau}} = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$
 Capacité calorifique massique de l'eau $c_{\text{eau}} = 4180 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$.

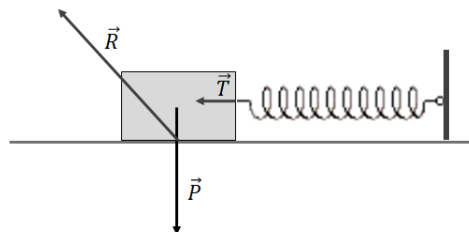
- D L'eau du thé sera prête en 1 minute et 33 secondes.

Le propriétaire de la tasse, après avoir bu la moitié de son contenu (moitié de la hauteur de la tasse), oublie son thé et constate, au bout d'un certain temps, le thé est à la température ambiante de la pièce soit 20°C . On modélise la tasse comme un cylindre de rayon r et de hauteur h . On néglige l'épaisseur de la tasse. Le matériau de la tasse a un coefficient de transmission thermique qu'on pourra assimiler à celui de l'air. Seule la surface en contact avec la table pourra être considérée comme isolée thermiquement pendant le temps d'observation. On note K_G le coefficient de transmission thermique global de l'air et de la tasse. K_G est exprimé en $\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$.

- E La valeur absolue du flux thermique Φ exprimé en Watt (W) qui a permis le refroidissement de l'eau du thé s'écrit: $|\Phi| = K_G \times 70\pi r(h + r)$.

2 Mobile accroché à un ressort

On considère un mobile de masse m accroché à un ressort et reposant sur un support horizontal. Les forces qui s'appliquent au mobile sont représentées sur la figure ci-dessous.



- A Le système peut être au repos.
- B L'énergie mécanique du mobile se conserve.
- C En cas de déplacement, le travail de la tension du ressort est moteur.
- D Le vecteur vitesse peut être constant.
- E En cas de déplacement, le travail du poids est résistant.

3 Etude d'un tsunami

Les tsunamis sont des vagues de grande amplitude générées notamment par des séismes sous-marins. Ces vagues se propagent à la surface des océans et peuvent s'avérer extrêmement destructrices à l'approche des côtes. On admettra que la célérité v de la houle est donnée par les formules suivantes:

- Dans le cas peu profond où la profondeur d est inférieure à la longueur d'onde λ :

$$v = \sqrt{gd}$$

où g est la norme de l'accélération de la pesanteur.

- Dans le cas de la haute mer où la profondeur d est supérieure à la longueur d'onde λ :

$$v = \sqrt{\frac{g\lambda}{2\pi}}$$

où g est la norme de l'accélération de la pesanteur.

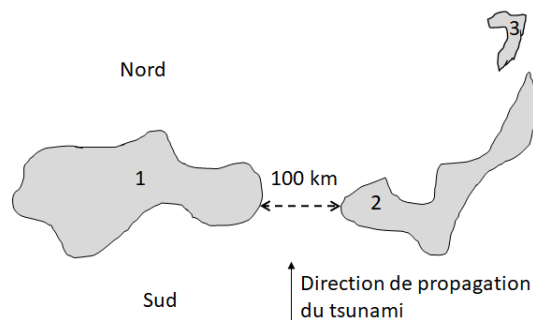
Pour faciliter les applications numériques, on pose que $g \simeq 10 \text{ m.s}^{-2}$ et $\pi \simeq 3$.

Suite à un séisme sous-marin, des témoins ont vu déferler sur la plage plusieurs énormes vagues chacune étant séparée de 20 minutes de la vague suivante.

- A L'amplitude importante des vagues arrivées sur les côtes est due à un phénomène d'interférences constructives.
- B L'onde associée au tsunami est une onde mécanique.
- C La fréquence de l'onde associée au tsunami est de 0,05 Hertz.

On admettra que la grandeur vH^2 (où v est la célérité de l'onde et H la hauteur de la vague) se conserve. Le tsunami étudié pour cette question génère des vagues qui en haute mer ont une hauteur H_0 et se propagent avec une célérité $v = 294 \text{ m.s}^{-1}$.

- D Une vague générée en haute mer avec une hauteur initiale H_0 atteint une hauteur $H_c = 5H_0$ lorsqu'elle arrive proche des côtes où la profondeur est $d = 3,6 \text{ m}$.

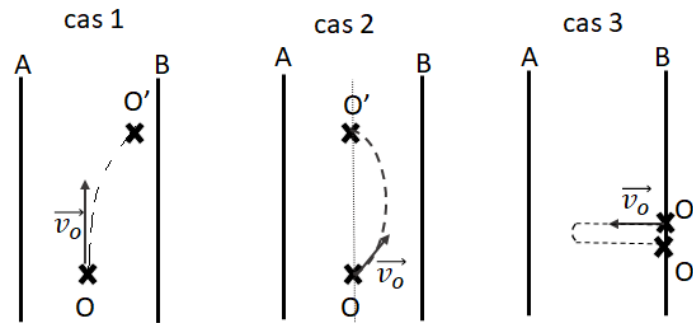


Un tsunami assimilé à une onde plane qui se propage à une célérité $v = 300 \text{ m.s}^{-1}$ arrive du sud entre les îles 1 et 2 distantes de 100 kilomètres. On suppose ici que la profondeur de l'océan reste celle des eaux profondes même aux abords des îles.

- E L'île 3 se trouve aussi en danger à cause d'un phénomène de diffraction.

4 Mouvement d'une particule chargée dans un champ électrostatique uniforme

On dispose dans un premier temps de deux plaques métalliques A et B entre lesquelles on impose une différence de potentiel U_{AB} . On fait le vide entre les plaques de façon à ce qu'une particule chargée suive une trajectoire balistique sans subir de choc avec des particules d'air. Le poids de la particule chargée est négligeable devant la force électrostatique. On lance une particule de charge positive en O avec une vitesse initiale \vec{v}_0 , dans les différents cas représentés ci-dessous. Le point O' est atteint par la particule en suivant la trajectoire tracée en pointillées.



A $U_{AB} > 0$ pour les cas 1 et 3.

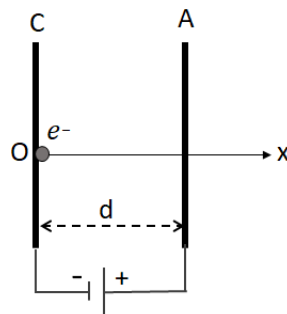
B L'énergie cinétique de la particule est identique au point O et au point O' pour les cas 2 et 3.

Dans un second temps, on observe le mouvement d'un électron de masse m dans un canon à électrons. L'électron quitte la cathode C avec une vitesse initiale très faible qu'on pourra considérer comme nulle. La tension entre l'anode A et la cathode C est $U_{AC} = 800V$. La distance qui sépare les deux électrodes est $d = 4\text{ cm}$. On considérera comme négligeable le poids de l'électron.

Données: Masse de l'électron: $m = 9,1 \cdot 10^{-31}\text{ kg}$

Valeur absolue de la charge de l'électron: $e = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{ C}$

Aide au calcul: $\frac{3,2}{9,1} \simeq 0,35$.



C Les vecteurs qui représentent le champ électrique \vec{E} et la force électrostatique \vec{F} qui s'applique à l'électron ont la même direction et le même sens.

D L'électron subit une accélération de norme $||\vec{a}|| = a \simeq 3,5 \cdot 10^{15}\text{ m.s}^{-2}$.

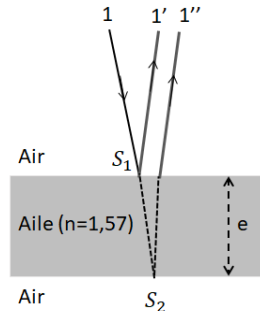
E La durée de traversée de l'électron pour aller de la cathode à l'anode s'écrit $t = \sqrt{\frac{m \cdot d}{e \cdot E}}$.

Questions facultatives (5 à 10)

5 Couleur des ailes des diptères

Les ailes de petits diptères, comme les moustiques ou les moucheron, sont colorées si on les observe sur un fond sombre. Ces ailes, constituées d'une fine membrane de chitine transparente, d'indice $n = 1,57$, ont une épaisseur e de l'ordre du micromètre. On considère un rayon de lumière du soleil de longueur d'onde λ_0 arrivant avec une incidence quasi-normale sur la surface de l'aile. On rappelle que l'indice du milieu est donné par $n = \frac{c}{v}$, où c est la vitesse de la lumière dans le vide et v la vitesse de la lumière dans le milieu d'indice n .

Aide au calcul: $1,57 \times 0,31 = 0,487$.



A En incidence normale, le retard τ du rayon $1''$ sur le rayon $1'$ s'écrit $\tau = \frac{2e}{v}$.

On admettra que la différence de marche entre les rayons $1'$ et $1''$ s'écrit $\delta = 2ne - \frac{\lambda_0}{2}$.

B La condition pour obtenir des interférences constructives à l'infini (c'est-à-dire sur la rétine de l'oeil) est que δ soit proportionnelle à λ_0 .

C À un endroit de l'aile, l'épaisseur de chitine est de $e = 0,310 \mu m$. À cet endroit, les interférences sont destructives pour la radiation bleu-vert ($\lambda_0 = 487 \text{ nm}$).

L'épaisseur des ailes d'un diptère n'est pas strictement homogène.

D On voit apparaître des reflets qui se décalent vers le bleu aux endroits où l'aile est plus épaisse.

E Si on observe le diptère par en-dessous (c'est-à-dire en transmission), les ailes nous apparaissent d'une autre couleur.

6 Jumeaux relativistes

On considère deux jumeaux J_1 et J_2 , tous deux munis d'horloges atomiques. Alors que le jumeau J_1 reste au repos sur la Terre, le jumeau J_2 monte à bord d'une fusée qui effectue un mouvement rectiligne uniforme à la vitesse $v = c \frac{\sqrt{3}}{2}$ où c est la vitesse de la lumière dans le vide. On rappelle que le facteur de dilatation des durées s'écrit: $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

A Lorsque deux secondes s'écoulent dans le référentiel lié à J_1 , J_1 voit l'horloge de J_2 n'avancer que d'une seconde.

B Si J_1 observe un décalage τ entre son horloge et celle de J_2 dans son référentiel, alors J_2 observe le même décalage τ entre son horloge et celle de J_1 dans son propre référentiel.

C Si J_1 observe un décalage τ entre son horloge et celle de J_2 dans son référentiel, alors J_2 observe le décalage $\frac{1}{\tau}$ entre son horloge et celle de J_1 dans son propre référentiel.

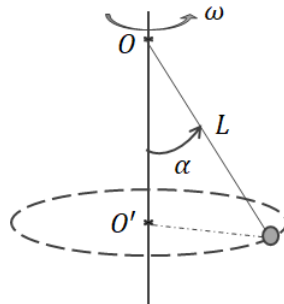
D J_1 observe dans son propre référentiel une distance L_0 . Cette distance devient $L = 2L_0$ pour J_2 si celui-ci l'observe dans le référentiel de J_1 .

Fatigué de rester au sol au repos, J_1 décolle avec sa propre fusée pour effectuer une trajectoire rectiligne uniforme dans la même direction que J_2 mais dans le sens opposé. Chacun impose à sa fusée la même vitesse v par rapport à la position fixe que tenait J_1 lorsqu'il était au repos.

E J_1 voit dans son référentiel le temps propre de J_2 s'écouler plus lentement que s'il était resté au repos.

7 Le pendule

Un enfant joue avec un pendule constitué d'un fil inextensible de masse négligeable et de longueur L , auquel est fixée une bille de masse m assimilable à un point matériel. L'enfant met en mouvement le pendule de façon à ce que la bille effectue des rotations purement horizontales autour d'un axe vertical. Le fil réalise un angle α avec la direction verticale. La bille est animée d'un mouvement circulaire uniforme de vitesse angulaire ω .



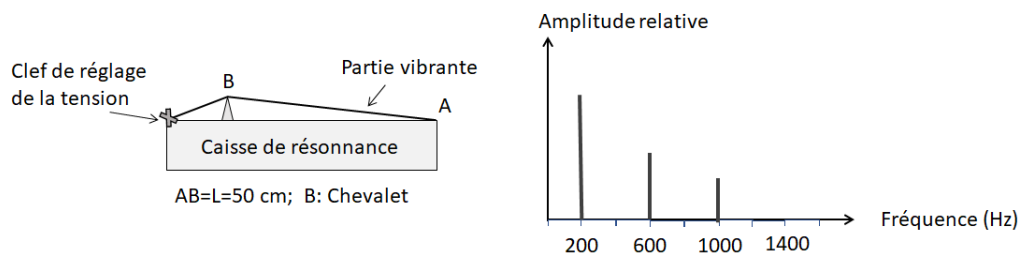
- A Le travail de la tension du fil est résistant.
- B La norme de la vitesse de la bille étant constante, son accélération est donc nulle.
- C Les lois de Newton montrent que l'angle α vérifie $\cos(\alpha) = \frac{g}{\omega^2 L}$.

La bille effectue un tour avec une vitesse uniforme en un temps $\Delta t = 0.5 \text{ s}$, on donne $\alpha = 30^\circ$ et $L = 20 \text{ cm}$.

- D La vitesse de la bille est de $1,2 \text{ m.s}^{-1}$.
- E Si l'enfant lâche la bille, celle-ci décrira une trajectoire parabolique.

8 Ondes sonores le long d'une corde de violon

On analyse le son émis par le pincement de la section AB d'une corde de violon. Un schéma du violon ainsi que le spectre correspondant au son émis sont représentés sur la figure ci-dessous.



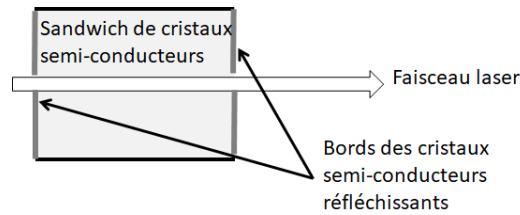
- A Le son représenté sur le spectre est un son pur.
- B Le spectre représente le fondamental et les deux premiers harmoniques.
- C Le fondamental a toujours une amplitude plus forte que les harmoniques.
- D La vitesse de propagation de l'onde sur la corde de violon est de 200 m.s^{-1} .

Un violon est composé de 4 cordes fabriquées avec le même matériau, de même longueur et soumises à la même tension. Elles se distinguent par leur épaisseur. On souhaite que la première corde vibre à une fréquence propre de 200 Hz et que la quatrième corde vibre à une fréquence de 650 Hz .

- E La première corde doit être 3,25 fois plus épaisse que la quatrième corde.

9 Laser médical

Le Laser à diode (ou laser à semi-conducteur) fonctionne en faisant circuler un courant électrique dans un 'sandwich' de semi-conducteurs, ce qui provoque l'émission d'un faisceau lumineux: c'est le principe de la diode électroluminescente (DEL). Dans une diode laser, les bords des cristaux semi-conducteurs agissent comme deux miroirs et si l'intensité électrique est suffisante, un rayonnement laser est émis.



- A C'est le passage du courant à travers la diode qui réalise l'étape du pompage.
- B Les cristaux semi-conducteurs jouent le rôle de cavité résonnante.
- C Les cristaux semi-conducteurs jouent le rôle de milieu amplificateur.

Un laser à diode, utilisé en chirurgie, émet un rayonnement monochromatique de fréquence égale à $3,70 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$. La puissance du faisceau est $P = 10,00 \text{ W}$ et la durée de tir est réglable de $1,00 \cdot 10^{-2} \text{ s}$ à 100 s suivant l'énergie nécessaire au traitement des tissus humains.

Données: Célérité de la lumière dans le vide: $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
 Constante de Planck: $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$
 Electron Volt: $1 \text{ eV} = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.

Aides aux calculs: $\frac{3}{3,7} \simeq 8,11 \cdot 10^{-1}$; $3 \times 3,7 \simeq 11,10$; $\frac{1}{6,63 \times 3,7} \simeq 4,08 \cdot 10^{-2}$.

- D Le faisceau laser se situe dans l'infra-rouge proche.
- E Si la durée d'ouverture est réglée sur $\Delta t = 10,0 \text{ s}$, le tir laser transporte alors $4,08 \cdot 10^{19}$ photons.

10 Ça tourne autour de Saturne...

La planète Saturne est connue pour ses anneaux. Ils sont formés de divers éléments (rochers, poussières et blocs de glace) non regroupés entre eux et tournant autour de Saturne d'un mouvement uniforme. On négligera les interactions entre les éléments devant leur interaction avec la planète. On note G la constante de gravitation universelle, M_s la masse de Saturne, r la distance entre l'élément des anneaux et le centre de Saturne.

- A Les éléments ont une orbite circulaire dans le référentiel héliocentrique.

- B La vitesse v d'un élément de l'anneau s'écrit: $v = \sqrt{\frac{GM_s}{r}}$.

On observe, à un instant t , deux éléments (appartenant à deux anneaux distincts) alignés avec le centre de la planète.

- C Cet alignement peut se conserver au cours du temps.

Saturne possède également de nombreux satellites de tailles plus imposantes que les éléments des anneaux. On s'intéresse notamment à deux satellites assez importants nommés Titan et Dioné. Leur trajectoire, dans le référentiel Saturnocentrique, est quasi-circulaire. On suppose que la troisième loi de Kepler pour les satellites de Saturne est vérifiée. On note m_T , a_T , T_T et r_T respectivement la masse, le rayon, la période de révolution et le rayon orbital de Titan. De la même façon, on note m_D , a_D , T_D et r_D respectivement la masse, le rayon, la période de révolution et le rayon orbital de Dioné.

- D La période de révolution de Titan s'écrit: $T_T = T_D \sqrt{\frac{a_T^3}{a_D^3}}$.

- E La masse de Saturne s'écrit: $M_s = \frac{4\pi^2 T_T^2}{G r_T^3}$.