Révisions 15

Exercice 1 Pression de radiation

On s'intéresse à la réflexion d'une onde électromagnétique (plane et monochromatique, polarisée rectilignement) sur un conducteur parfait (en incidence normale). On rappelle les relations de passage entre deux milieux, $\vec{n}_{12}$ étant un vecteur unitaire orthogonal à l'interface dirigé du milieu 1 vers le milieu 2 :

$$\vec{n}_{12}.(\vec{E}_2 - \vec{E}_1) = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$$

$$\vec{n}_{12}.(\vec{B}_2 - \vec{B}_1) = 0$$

$$\vec{n}_{12} \wedge (\vec{E}_2 - \vec{E}_1) = 0$$

$$\vec{n}_{12} \wedge (\vec{B}_2 - \vec{B}_1) = \mu_0 \vec{j}_s$$

1. Exprimer les champs $\vec{E}$ et $\vec{B}$ réfléchis, en déduire le courant de surface sur le conducteur.
2. Expliquer l'origine physique de la pression de radiation.
3. Montrer que son expression est $p = \varepsilon_0 E_0^2$ où E_0 est l'amplitude du champ électrique incident.
4. Retrouver cette expression via un modèle corpusculaire de l'onde incidente.

Exercice 2 Marées

1. Expliquer la périodicité semi-diurne des marées.

2. On donne les masses de la lune et du soleil $M_L = 7,35.10^{22}\ kg$ et $M_S = 2.10^{30}\ kg$ ainsi que les distances terre lune et terre soleil en vitesse lumière, respectivement $1,25\ s$ et $500s$. Evaluer l'importance relative des contributions de la lune et du soleil sur les marées.

Exercice 3 Modèle d'Einstein

Le modèle d'einstein consiste à considérer un solide comportant N atomes comme N oscillateurs harmoniques à 3 dimensions. On rappelle que, en physique quantique, les niveaux d'énergie d'un oscillateur harmonique $1D$ sont donnés par :

$$E_n = \hbar\omega_0(n + 1/2)$$

1. Montrer que ce modèle prévoit l'effondrement de la capacité thermique à basse température
2. Retrouver, pour les hautes températures, la loi de dulong et petit.

Exercice 4 Pendule de Foucault

Le pendule de foucault, installé pour la première fois en 1851 dans la grande coupole du panthéon, a une longueur de 67 m et une masse de $36kg$. Un dispositif d'entretien des oscillations lui permet d'osciller sans amortissement, et le plan des oscillations peut tourner librement autour d'un axe vertical passant par son point d'attache. Lors du lancement, on l'abandonne sans vitesse initiale à une distance horizontale de 3 m de sa position d'équilibre.

1. Calculer sa période ainsi que son amplitude. Vérifier quantitativement que l'oscillation a quasiment lieu dans un plan horizontal.

2. Pour simplifier, on se place au pôle nord. Par un raisonnement simple, expliquer dans quel sens et avec quelle période le plan (vertical) des oscillations tourne par rapport à la terre.

3. Reprendre, toujours qualitativement, ce raisonnement mais en faisant intervenir la force de coriolis. Représenter en particulier une allure de la trajectoire sur un aller-retour.

4. Toujours au pôle nord, et en faisant l'approximation que le mouvement est dans un plan horizontal, exprimer la vitesse et l'accélération dans le référentiel terrestre local. On orientera l'axe (Oz) verticalement vers le bas, et on utilisera des coordonnées polaires (ρ, ϕ).

5. En faisant les approximations nécessaires, retrouver la périodicité de rotation du plan des oscillations.

6. On se place maintenant à une latitude quelconque. Que vaut cette fois la périodicité de rotation du plan des oscillations ?

Exercice 5

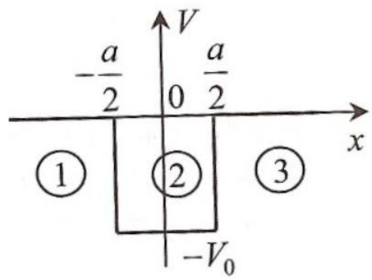
désorbitation

Exercice 5

On considère un flux de particules mono-énergétiques d'énergie E, incidentes depuis $x \to \infty$, se propageant suivant les x croissants, arrivant dans la zone d'action d'un potentiel représenté ci contre.

On s'intéresse au cas $E > 0$.

1. Proposer une situation physique associée au modèle décrit ci-dessus.



2. Donner la forme des fonctions d'onde dans les trois domaines considérés.

3. En écrivant les conditions de raccordement, écrire les quatre relations liant les constantes d'intégration intervenant dans l'écriture des fonctions d'onde.

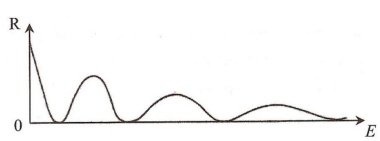
4. Donner, en utilisant des densités de courant de probabilité dont on précisera l'expression, l'expression des coefficients de réflexion R et de transmission T.

5. On obtient, par un calcul qui n'est pas demandé : $R = \frac{\left(\frac{k_0{}^2}{2kK}\right)^2 \sin^2(ka)}{1+\left(\frac{k_0^2}{2kK}\right)^2 \sin^2(ka)}$ et $T = \frac{1}{1+\left(\frac{k_0^2}{2kK}\right)^2 \sin^2(ka)}$

où on a posé $k_0 = \sqrt{\frac{2mV_0}{\hbar^2}}$, $k = \sqrt{\frac{2m(E+V_0)}{\hbar^2}}$ et $K = \sqrt{\frac{2mE}{\hbar^2}}$.

L'allure du coefficient R en fonction de l'énergie E est représenté ci-contre.

Ramsauer (1921) a montré expérimentalement que pour certaines valeurs de l'énergie E d'un faisceau mono-énergétique d'électrons de basse énergie, certains gaz rares (Hélium, Néon ou Argon) sont parfaitement trans-



parents.

a. Proposer une justification de l'idée de modéliser un atome de gaz rare par un centre diffusif en forme de puits plat fini.

b. Identifier sur le graphique ci-dessus les zones de transparence et écrire les conditions correspondantes liant k à a. Proposer ainsi une interprétation de l'effet Ramsauer en termes d'interférence entre les ondes de De Broglie associées aux électrons. On pourra s'appuyer sur une analogie optique avec les réflexions multiples dans une lame.