Énergie

1 Questions de cours

Exercice 1

Définir et calculer ce qu'est la vitesse de libération d'un corps soumis au champ de pesanteur d'un objet sphérique massif.

Exercice 2

Énoncer la loi relative à la conservation de l'énergie. Dire dans quels cas cette loi est applicable.

Exercice 3

À partir de l'expression de la force gravitationnelle, calculer le travail nécessaire pour amener un objet de masse m de l'altitude h à l'altitude h'.

Exercice 4

Définir ce qu'est une énergie potentielle et en trouver une illustration.

2 Exercices

Exercice 1

i. Quelle vitesse minimale doit-on v_D doit-on communiquer à une fusée pour qu'elle parvienne sur la Lune ? Avec quelle vitesse v_A arrive-t-elle alors sur la Lune ? On posera $\alpha = (M_T/M_L)^{1/2} \sim 9$, $\beta = R_T/R_L \sim 3,7$ et $\gamma = R_T/D_{TL} \sim 1/60$. Dans tout l'exercice, on suppose que la Terre et la Lune sont fixes l'une par rapport à l'autre.

ii. Avec quelle vitesse minimale doit-elle décoller de la Lune pour pouvoir revenir sur la Terre ? Avec quelle vitesse atteint-elle alors la couche supérieure de l'atmosphère terrestre ?

iii. Évaluer l'échauffement de la fusée, au contact de l'atmosphère, en estimant que 10 % de son énergie cinétique, dissipée sous forme de chaleur, y contribuent. La chaleur massique du matériau qui constitue la fusée est d'environ 1 $\text{kJ.kg}^{-1}\text{K}^{-1}$.
Comment, en pratique, évite-t-on la pulvérisation de la fusée lors de son retour dans l'atmosphère terrestre ?

Exercice 2

L'énergie potentielle d'interaction de deux atomes sphériques est donnée approximativement par la relation :

$$E_p(r) = 4\epsilon\left(\left(\frac{a}{r}\right)^{12} - \left(\frac{a}{r}\right)^{6}\right)$$

où r est la distance entre les noyaux des deux atomes, ϵ et a sont des constantes positives qui dépendent des atomes considérés. Pour les calculs numériques on prendra, pour des atomes de krypton :
$\epsilon = 2,25 \times 10^{-21}$ J $= 14,2$ meV et a $= 3,65 \times 10^{-10}$ m $= 3,65$ Å.

i. Tracer la courbe représentant $E_p(r)$. Soit r_0 l'abscisse du point d'intersection de la courbe avec l'axe des r et r_{min} celle du minimum de l'énergie potentielle $E_{p,\text{min}}$. Exprimer ces trois grandeurs en fonction de ϵ et de a. Montrer qu'il existe une position d'équilibre stable que l'on déterminera. Quelle est l'énergie minimale nécessaire pour séparer les deux atomes à partir de leur position d'équilibre ?

ii. Préciser pour quelles valeurs de r la force d'interaction est répulsive (attractive).

iii. Calculer l'intensité de la force s'exerçant entre un électron et un proton distants de $2a$.

iv. Soit E et E_c les énergies totale et cinétique du système, supposé isolé, des deux atomes, dans un référentiel lié à leur centre de masse. On se place dans le cas où $E_{p,\text{min}} < E < 0$. Tracer les graphes de $E_p(r)$ et de E sur la même figure. En déduire les valeurs limites de la distance r entre les deux atomes. Étudier de même le cas où $E > 0$.

v. Si maintenant, $E = E_{p,\text{min}} + \Delta E$ avec $0 < \Delta E < -E_{p,\text{min}}$, montrer que, pour ΔE suffisamment petit, la loi donnant $r(t)$ est celle d'un mouvement sinusoïdal (oscillateur harmonique) dont on précisera les caractéristiques.

Exercice 3

On considère le système Terre-Lune.

i. Quelle est en un point quelconque de l'espace l'expression générale du potentiel V correspondant au champ de gravitation résultant de ces deux astres ? Donner sa valeur sur la ligne des centres O_1O_2 en fonction de la distance r au centre de la Terre et représenter sa variation en précisant les valeurs remarquables.
En déduire la différence de potentiel $V_L - V_T$ entre la Lune et la Terre.

ii. Le graphe de V présente un extrémum entre O_1 et O_2. Que se passe-t-il en ce point ?

iii. L'énergie minimale que doit posséder un missile terrestre pour pouvoir atteindre la Lune est-elle égale à $m(V_L - V_T)$?

On donne : $M_T \sim 6 \times 10^{24}$ kg, $M_L \sim 7,3 \times 10^{22}$ kg, $R_T \sim 6,4 \times 10^6$ m, $R_L \sim 1,7 \times 10^6$ m. La distance Terre-Lune est $d \sim 3,8 \times 10^8$ m.

Exercice 4

Une bille, assimilable à un poitn matériel de masse m, est mobile à l'intérieur d'une demi-sphère de rayon $R = 1$ m. On la lâche sans vitesse initiale du point A et elle parvient en B avec une vitesse $v = 4$ m/s. Montrer qu'elle est soumise à des forces de frottement et calculer le travail de ces forces.

Exercice 5

On considère le modèle simple suivant de formation progressive d'une étoile : après accumulation de la masse $M(r)$ dans la sphère de centre C et de rayon r, une masse dM est apportée de façon quasi-statique depuis l'infini et disposée régulièrement sur une couche sphérique comprise entre les rayons r et $r + dr$.

i. Calculer le travail fourni dans ce processus ; commenter son signe.

ii. Calculer, sous forme d'une intégrale portant sur la fonction $M(r)$, le travail, noté W_G, nécessaire à la formation de l'étoile. Justifier qu'on l'appelle *énergie gravitationnelle* de l'étoile.