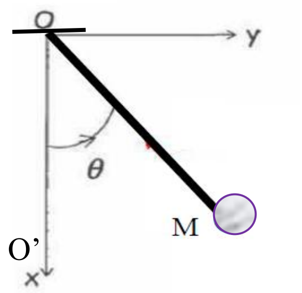
Examen de Physique, session 1

Exercice 1 : 16 points

I) On considère un pendule simple, constitué d'une bille ponctuel M de masse m, accroché par l'intermédiaire d'un fil tendu à un point fixe O. Le pendule oscille dans un milieu où les forces de frottements sont inexistantes et où la poussée d'Archimède est négligeable.
On suppose le fil rigide sans masse. Sa longueur est L = OM= 1,0 m. On note θ l'angle du fil OM avec la verticale OO'. L'ensemble est situé dans le champ de pesanteur terrestre $\vec{g}$ supposé uniforme
(g = 9,81 m.s^{-2}).

On écarte alors le pendule de sa position d'équilibre verticale d'un angle θ et on le lâche sans vitesse initiale. La bille M de masse m décrit un mouvement circulaire quelconque de centre O et de rayon L. Le référentiel utilisé sera considéré comme galiléen.



1) Représenter dans un schéma les vecteurs unitaires $\vec{u}_r$ et $\vec{u}_\theta$ au point M de la base polaire locale (M, $\vec{u}_r$, $\vec{u}_\theta$).
2) Donner l'expression du vecteur position $\overrightarrow{OM}$ dans la base polaire locale.
3) Donner l'expression du vecteur vitesse $\vec{v}$ de M dans la base polaire.
4) Etablir l'expression du vecteur accélération $\vec{a}$ dans la base polaire pour le mouvement circulaire quelconque . Montrer que le vecteur $\vec{a}$ s'écrit :
$\vec{a} = -\frac{v^2}{L}\vec{u}_r + L\ddot{\theta}\,\vec{u}_\theta$.

5) Reproduire le schéma et représenter les forces exercées sur la bille M en absence de frottement.
6) Appliquer la 2ème Newton dans la base polaire sur la bille M en mouvement et déterminer l'expression de la norme T de la tension du fil en fonction de m, g, θ, vitesse v et L.

7) En utilisant la 2ème loi de Newton et la question 4) dans la base polaire, établir l'équation différentielle de second ordre vérifiée par l'angle de déviation θ du pendule. Montrer qu'elle est sous la forme: $\ddot{\theta} + \omega_0^2\,\theta = 0$ avec $\omega_0 = \sqrt{\frac{g}{L}}$ et $\sin(\theta) \approx \theta$ dans l'approximation des petits angles.

8) Appliquer le théorème de l'énergie mécanique sur la bille en précisant l'origine de l'énergie potentielle de la bille, et déterminer la valeur de vitesse $v_{O'}$ de la bille lorsque le pendule retourne à sa position verticale après avoir quitté sa position écartée M d'un angle θ = 60° sans vitesse initiale.

II) Une voiture va aborder un grand virage horizontal circulaire uniforme de rayon de courbure **r** et de vitesse constante v=72 km/h. On suppose qu'on étudie le mouvement du système par rapport à un référentiel au sol, galiléen. Le glissement de la voiture sur la route se fait avec un coefficient de frottement solide de contact μ= 0,4. Le champ de pesanteur terrestre est g= 9,81 m.s^{-2}.

1) Faire un schéma représentant toute les forces agissant sur le système lors du virage. Préciser la base appropriée et les vecteurs unitaires correspondants.
2) Appliquer les Lois de Newton et déterminer l'expression et la valeur du rayon **r** du virage.

Exercice 2 : 11 points

Une sonde, assimilé à un point matériel M de masse m placé au voisinage de la Terre (de rayon r_T) à une distance r =OM de *son centre O*. M est mobile dans un plan vertical fixe (O, x, y).

1) Faire un schéma en représentant le vecteur force de gravitation $\vec{F}$ exercée par la Terre sur la sonde. Représenter la base polaire (M, $\vec{u}_r$, $\vec{u}_\theta$), ainsi que les coordonnées polaires du point M.
2) Écrire dans la base polaire, l'expression du vecteur force $\vec{F}$ (r) exercée par la Terre sur la sonde M.
3) Etablir l'équation aux dimensions de G. Déduire son unité dans le système international.

4) Donner l'expression du travail élémentaire δW de la force $\vec{F}$ dans la base polaire $(\vec{u}_r, \vec{u}_\theta)$.
Déduire l'expression du travail $W_{AB}(\vec{F})$ de entre une position initiale r_A et une position finale r_B.

5) a) La sonde est lancée verticalement depuis la surface de la Terre vers une position lointaine. Calculer le travail nécessaire de la force. Ce travail est-il moteur ?

b) Déduire la vitesse de libération v_L de la sonde depuis la surface de la terre en considérant la vitesse de la sonde nulle à l'infini.

c) Exprimer puis calculer la puissance moyenne développée par la force gravitationnelle $\vec{F}$ exercée sur la sonde si la durée du lancement de la sonde dans l'espace est de 1 heure.

Données: constante de gravitation universelle ($G = 6{,}67.10^{-11}$ SI), masse de Terre ($m_T = 6{,}0.10^{24}$kg), rayon de la terre (r_T = 6400 km), masse de la sonde m= 200,0 kg.

Exercice 3 : 4,5 points

1) Un calorimètre de capacité thermique massique négligeable contient une masse m_1=250 g d'eau. La température initiale de l'ensemble est θ_1=18°C. On ajoute une masse m_2=300g d'eau à la température θ_2=80°C.
- Déterminer la température d'équilibre thermique θ_e de l'ensemble dans le calorimètre.

2) On sort un bloc de plomb de masse m=280 g d'une étuve à la température θ=98°C. On le plonge dans le calorimètre (qui a une masse équivalente en eau négligeable) contenant une masse m'=377 g d'eau à la température initiale θ'=16°C. On mesure la température d'équilibre thermique θ'e=17,7°C. Déterminer la capacité thermique massique c du plomb. Application numérique.

3) Dans cette expérience, on introduit dans le calorimètre une masse M=200 g d'eau à la température initiale θi=70°C. On y place un glaçon de masse m sortant du congélateur à la température θ_g= - 20°C. La température finale d'équilibre de l'ensemble est θ_f=25°C.
-Déterminer la masse m du glaçon introduite dans le calorimètre et fondu à 0°C.

Données: *Capacité thermique massique de l'eau : c_{eau}=4185 J.kg^{-1}.K^{-1}.*
Capacité thermique massique de la glace : c_{glace}=2090 J.kg^{-1}.K^{-1}
Chaleur latente de fusion de la glace : L_f= 334000 J.kg^{-1}.

Exercice 4: 9,5 points

Un système thermodynamique est constitué de 1,0 mole de gaz parfait d'hydrogène, enfermé dans un récipient. A l'équilibre thermodynamique, l'état initial du gaz est caractérisé par: sa pression P_A=10,0 10^5 Pa, son volume V_A = 2,50 10^{-3} m^3 et sa température thermodynamique T_A = 300 K.
Le gaz parfait subit une transformation isochore réversible où la pression du gaz devient $P_B = \frac{1}{2} P_A$, puis un échauffement isobare réversible qui fait varier son volume à $V_C = 2\,V_B$, enfin une compression isotherme réversible qui lui ramène dans son état initial de température T_A.

1) Déterminer les volumes V et les températures T du gaz parfait dans les états d'équilibre B et C.
2) Représenter les trois transformations du gaz parfait dans un diagramme de Clapeyron (P,V).
3) Déterminer les capacités thermiques Cp et Cv à pression et à volume constant du système gaz parfait.
4) Déterminer l'énergie mécanique W_{AB} et l'énergie thermique Q_{AB} échangées par le système avec l'extérieur lors de la transformation AB.
5) Déterminer les transferts d'énergies mécanique W_{BC} et thermique Q_{BC} pour la transformation BC.
6) Déterminer l'expression du travail échangé W_{CA}. On admet pour la suite que le système reçoit 1728 J par transfert mécanique lors de la transformation CA.
7) Déterminer la variation de l'énergie interne ΔU_{CA}.
8) Calculer le travail total W du cycle. S'agit-il d'un cycle moteur ou récepteur ?

Données: facteur de Laplace du gaz parfait $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$=1,4 ; Loi de Mayer C_p-C_v = n R ; n=1,0 mole
constante du gaz parfait R =8,31 J.K^{-1}.mol^{-1}.