

PARTIE PHYSIQUE : Extrait du CAPES Physique-Chimie- Session 2000

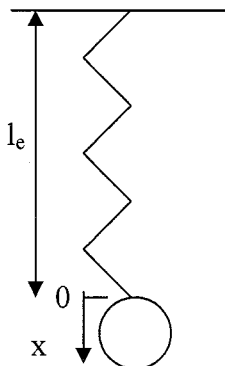
OSCILLATIONS MECANQUES : DETERMINATION D'UN COEFFICIENT DE VISCOSITE

Dans cette partie , on suppose que le référentiel terrestre est galiléen.

I-1 Questions préalables.

- I-1.a. Qu'appelle t'on un référentiel galiléen ?
- I-1.b. Qu'appelle t'on mécanique Newtonienne ?
- I-1.c. Qu'appelle t'on fluide parfait ?

On se propose de déterminer la valeur du coefficient de viscosité η d'un liquide. On étudie pour cela le mouvement oscillatoire amorti d'une bille accrochée à un ressort (voir figure). On choisit l'axe Ox dont l'origine est l'extrémité basse du ressort dans la position d'équilibre du système. La direction est la verticale orientée dans le sens descendant.



I-2. On réalise d'abord l'expérience dans l'air. On utilise une bille sphérique d'aluminium de masse volumique μ_1 , de rayon $r = 1$ cm et de masse m . On accroche la bille à un ressort, supposé sans masse de raideur k et de longueur l_0 . Les notations sont celles de la figure.

On rappelle que la force de rappel d'un ressort s'exprime par $\mathbf{F} = -k(l-l_0) \cdot \mathbf{e}_x$ où l est la longueur du ressort à l'instant étudié.

- a- Compte tenu du choix de l'origine de l'axe, montrer que cette force se met sous la forme

$$\mathbf{F} = -k(l_e + x - l_0) \cdot \mathbf{e}_x \text{ où } x \text{ est la position de la bille par rapport à longueur d'équilibre } l_e.$$

- b- Etablir l'expression de l'allongement du ressort à l'équilibre en fonction des paramètres caractérisant le système. Calculer sa valeur avec les données suivantes :

- Masse volumique de l'aluminium : $\mu_1 = 2700 \text{ kg.m}^{-3}$
- Raideur $k = 3 \text{ N.m}^{-1}$
- $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$

I-3. On écarte, verticalement la bille de sa position d'équilibre ($x(t=0) = 1$ cm) et on la lâche sans vitesse initiale ($v(t=0) = 0$).

- a- Etablir l'équation différentielle du mouvement en utilisant :

- i- Le théorème du centre d'inertie

PARTIE PHYSIQUE : Extrait du CAPES Physique-Chimie- Session 2000

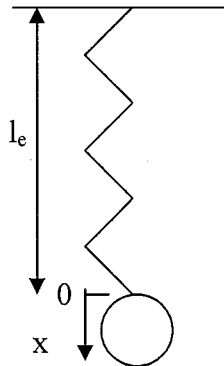
OSCILLATIONS MECANQUES : DETERMINATION D'UN COEFFICIENT DE VISCOSITE

Dans cette partie , on suppose que le référentiel terrestre est galiléen.

I-1 Questions préalables.

- I-1.a. Qu'appelle t'on un référentiel galiléen ?
- I-1.b. Qu'appelle t'on mécanique Newtonienne ?
- I-1.c. Qu'appelle t'on fluide parfait ?

On se propose de déterminer la valeur du coefficient de viscosité η d'un liquide. On étudie pour cela le mouvement oscillatoire amorti d'une bille accrochée à un ressort (voir figure). On choisit l'axe Ox dont l'origine est l'extrémité basse du ressort dans la position d'équilibre du système. La direction est la verticale orientée dans le sens descendant.



-2. On réalise d'abord l'expérience dans l'air. On utilise une bille sphérique d'aluminium de masse volumique μ_1 , de rayon $r = 1$ cm et de masse m . On accroche la bille à un ressort, supposé sans masse de raideur k et de longueur l_0 . Les notations sont celles de la figure.

On rappelle que la force de rappel d'un ressort s'exprime par $\vec{F} = -k(l-l_0) \cdot \vec{e}_x$ où l est la longueur du ressort à l'instant étudié.

- a- Compte tenu du choix de l'origine de l'axe, montrer que cette force se met sous la forme

$$\vec{F} = -k(l_e + x - l_0) \cdot \vec{e}_x \text{ où } x \text{ est la position de la bille par rapport à longueur d'équilibre } l_e.$$

- b- Etablir l'expression de l'allongement du ressort à l'équilibre en fonction des paramètres caractérisant le système. Calculer sa valeur avec les données suivantes :

- Masse volumique de l'aluminium : $\mu_1 = 2700 \text{ kg.m}^{-3}$
- Raideur $k = 3 \text{ N.m}^{-1}$
- $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$

-3. On écarte, verticalement la bille de sa position d'équilibre ($x(t=0) = 1$ cm) et on la lâche sans vitesse initiale ($v(t=0) = 0$).

- a- Etablir l'équation différentielle du mouvement en utilisant :

i- Le théorème du centre d'inertie

ii- Le théorème de l'énergie cinétique

- a- En déduire l'expression de la pulsation ω_0 et de la période T_0 des oscillations.
- b- Calculer la valeur de T_0 .
- c- Ecrire l'équation horaire $x(t)$ du mouvement observé.

I-4. On effectue maintenant l'expérience en plongeant la bille dans de l'huile de viscosité η que l'on cherche à déterminer.

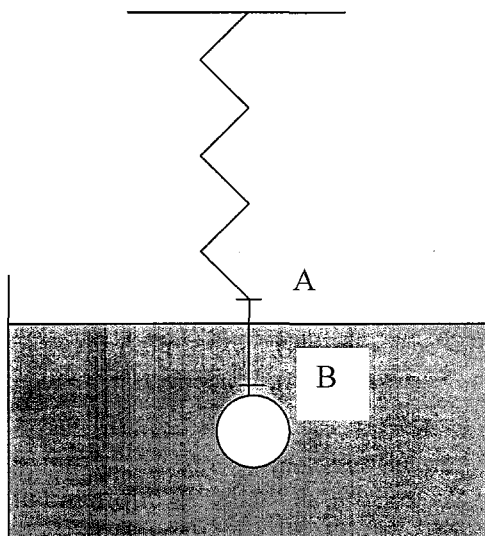
La masse volumique de l'huile est égale à $\mu_2=800 \text{ kg.m}^{-3}$

La tige AB est supposée de masse nulle,
Le frottement de l'huile et la poussée d'Archimède sur cette tige sont supposés nuls.

Le ressort n'entre pas dans l'huile.

Dans l'huile la bille est soumise à une force frottement donnée par la loi de Stokes :

$$\mathbf{f} = -6\pi\eta\mathbf{rv} = -h\mathbf{v}$$



I-4-a. L'allongement du ressort dans sa position d'équilibre est-il identique à celui de la question I-2.b ? Justifier votre réponse.

I-4-b. On écarte à nouveau la bille de sa position d'équilibre d'une longueur $x(t=0)=a$ et on la lâche sans vitesse initiale.

i- Montrer que l'équation différentielle du mouvement est de la forme :

$$\ddot{x} + 2\lambda\dot{x} + \omega_0^2 x = 0$$

On explicitera le paramètre λ en fonction des données du problème.

ii- Montrer à une condition que l'on déterminera que l'expression de $x(t)$ peut se mettre sous la forme :

$$x(t) = A \exp(-\lambda t) \left\{ \cos(\sqrt{\omega_0^2 - \lambda^2} t + \Phi) \right\}.$$

On supposera par la suite cette condition satisfaite et l'on supposera que λ est négligeable par rapport à la pulsation propre ω_0 du système.

I-4.c A des intervalles de temps successifs et égaux à une période, on mesure les élongations maximales du ressort. Les valeurs expérimentales obtenues sont reportées dans le tableau suivant :

X(t) en cm	6	4,45	3,30	2,45	1,8	1,35
------------	---	------	------	------	-----	------

En déduire l'expression de la viscosité de l'huile. Faire l'application numérique