

INSTITUT DES HAUTES ÉTUDES

POUR LE DÉVELOPPEMENT DE LA CULTURE, DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNOLOGIE EN BULGARIE

<http://www.iheb.org/>

Concours Général de Physiques

« Minko Balkanski »

17 Mai 2008

Le problème est les trois exercices sont entièrement indépendants et peuvent être traités dans n'importe quel ordre.

La clarté et la précision de la rédaction, qui doit être en français ou en anglais, seront prises en compte dans la note finale.

La durée de la composition est de 4 heures! Les calculatrices sont autorisées.

Problème : De l'eau plate!

L'objectif des questions de cet exercice est d'obtenir **des valeurs numériques**. Une formule analytique exprimant le résultat en fonction des grandeurs physiques du problème est bien sûr attendue, mais cette formule n'est qu'un intermédiaire.

La tension superficielle, ou énergie d'interface, ou énergie de surface est définie comme l'énergie par unité de surface :

$$dE = \gamma \cdot dS$$

Cet effet permet par exemple aux insectes de marcher sur l'eau et explique la capillarité. La tension superficielle explique aussi la formation des bulles de savon.

Ici on ne prendra pas en compte l'interaction entre le liquide et la surface sur laquelle il est posé. On supposera que le liquide ne mouille pas la surface et que la face inférieure de la goutte est une interface liquide - air. Cette situation est observée dans le cas d'une goutte d'eau sur une plaque chauffante («caléfaction») ou sur une surface hydrophobe et rugueuse (plumes de canard, feuille de lotus, etc.)

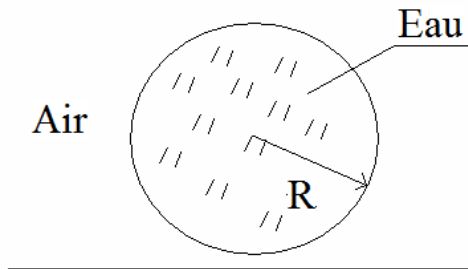
1. Longueur capillaire.

a) Quelle est la dimension de γ (nommée tension superficielle)?

b) Construire à partir de γ , ρ (densité volumique) et g (accélération de pesanteur) une grandeur l_c ayant la dimension d'une longueur. On appellera dans la suite cette longueur l_c «longueur capillaire».

c) Quelle est la longueur capillaire de l'eau? $\gamma_{eau} = 7 \times 10^{-2} SI$

2. Les petites gouttes.

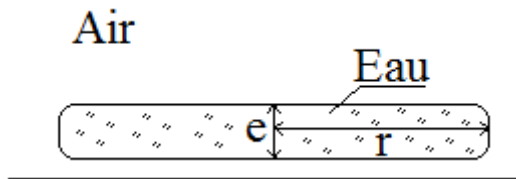


a) Soit une goutte sphérique, donner l'expression de l'énergie de surface et de l'énergie de gravitation en fonction du rayon de la goutte (R), l'accélération de pesanteur (g) et la densité volumique de l'eau (ρ_{eau}).

b) Quelle est la condition sur la taille de la goutte pour que sa forme soit essentiellement dictée par la capillarité?

3. Les grosses gouttes.

Ici la goutte est suffisamment volumineuse pour prendre la forme d'une flaque aplatie par la gravité (épaisseur e et rayon r , avec $r \gg e$).



a) Donner **une estimation** de la surface totale de la goutte, de l'énergie de surface et de l'énergie de gravitation, en fonction de r , e , ρ , g et γ .

b) En minimisant l'énergie totale, déterminer l'épaisseur de la flaque.

4. Donner la relation entre le volume V de la goutte et son diamètre apparent d vu de dessus dans le cas des petites gouttes et des grosses gouttes. Tracer l'allure de $\log(d) = f(\log(V))$.

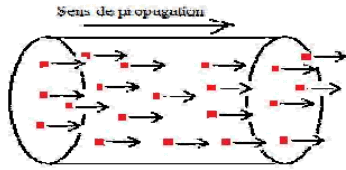
5. À partir de la figure 1, estimer la longueur capillaire, puis la tension de surface du mercure.



FIG. 1: Gouttes de mercure de différent volumes posées sur du verre (photo issue de «Hydrodynamique physique» de Guyon, Hulin et Petit.). La plus petite goutte a un diamètre d'environ 2 mm.

Exercice 1

Soit un faisceau d'électrons de vitesse $\vec{V}$, densité électronique ρ et rayon R qui se propage dans le vide.



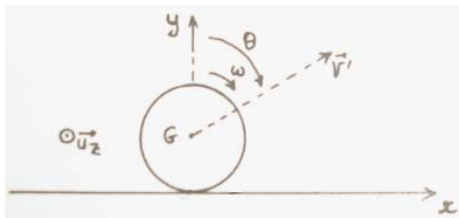
1.) En considérant seulement les interactions électromagnétiques calculer l'expression du champs magnétique et le champs électrostatique créés par les électrons en fonctions de $\epsilon_0, \mu_0, \rho, R, \vec{V}$ et r (la distance jusqu'au centre de faisceau). On peut négliger les effets de bord et supposer qu'on a un faisceau cylindrique infini.

2.) En faisant un bilan des forces mises en joue, déduire le sens d'évolution du rayon de faisceau au cours du temps.

Rappel: La vitesse de la lumière dans le vide s'écrit $c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \times \mu_0}}$, avec

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ SI}, \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ SI}$$

Exercice 2



Soit une sphère homogène de masse m , de rayon R , animée d'une vitesse de rotation constante ω autour d'un axe horizontal passant par son centre. On la laisse tomber d'une hauteur h avec une vitesse initiale nulle. En introduisant un coefficient de restitution e (la norme de la vitesse finale divisée par la norme de la vitesse

initiale) :

1.) Enoncer les forces agissant sur la sphère et écrire le principe fondamental de la dynamique appliqué à la sphère.

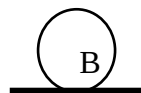
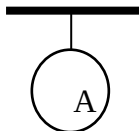
2.) En analysant les deux cas suivants:

a) Rotation avec glissement pendant tout le temps de choc.

b) Rotation sans glissement dans la dernière phase de choc.

Calculer l'angle de rebond ϑ , c'est-à-dire l'angle entre la verticale et la vitesse du centre de masse G de la sphère juste après le choc. Commenter.

Exercice 3



Considérons deux boules homogènes et strictement identiques, A et B, avec les mêmes températures initiales. L'une des deux est suspendues sur un fil et l'autre est au repos sur un plan horizontal. La même quantité de chaleur Q est rapportée à chacune des

balles. Est-ce que les températures finales des deux balles sont les mêmes? Justifier votre réponse. (Toute perte d'énergie est supposée négligeable.)

FIN