CIV Concours d'entrée 2018
Physique et chimie

Durée: 3 heures

Centre d'Examen: ____________________

Numéro d'inscription du candidat : ☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐

Consignes pour les candidats

- Inscrivez ci-dessus votre numéro d'inscription et le nom de la ville où vous passez cette épreuve (Astana, Almaty ou Chymkent).
- N'ouvrez pas ce sujet jusqu'à ce que l'on vous en donne l'autorisation.
- Les calculatrices ou formulaires ne sont pas autorisés.
- Vos réponses doivent être écrites en **Français ou en Anglais sur le document réponse fourni**.
- Indiquer sur votre copie le numéro complet de chaque question à côté de vos réponses.
- Une valeur numérique sans l'unité correcte sera considérée comme fausse.
- Pendant l'examen, si vous observez une erreur dans l'énoncé, le préciser dans votre copie et expliquer les raisons des initiatives que vous seriez amené(e) à prendre.

BONNE CHANCE / GOOD LUCK !

Les parties A, B, C, D et E de cette épreuve sont totalement indépendantes.

A – LA VISCOSITE DE L'EAU

Un grain de sable sphérique, de rayon $R = 0{,}050\,mm$, de masse volumique $\rho = 2{,}5.10^3\ kg.m^{-3}$, tombe verticalement dans de l'eau.

On donne l'accélération de la pesanteur $g = 10\,m.s^{-2}$. On notera Oz l'axe vertical *descendant* et $\vec{u}_z$ un vecteur unitaire sur cet axe.

Ce grain de sable subit, outre son poids et la poussée d'Archimède, une force de frottement qui s'oppose au mouvement et dont l'expression est $\vec{F} = -6\pi\eta R\vec{v}$ (formule de Stokes).

- η est un coefficient appelé *coefficient de viscosité* et qui s'exprime en $Pa.s$ dans le système international
- $\vec{v}$ le vecteur vitesse du grain de sable que l'on notera $\vec{v} = v\vec{u}_z$

La masse volumique de l'eau est $\rho_e = 1{,}0.10^3 kg.m^{-3}$.

A.1 Donner, en fonction des données du problème, l'expression du poids et de la poussée d'Archimède subis par le grain de sable.

A.2 Etablir l'équation différentielle vérifiée par v. On introduira $\tau = \frac{2\rho R^2}{9\eta}$ et $\Delta\rho = \rho - \rho_e$
Quelle est la dimension de τ ? Quelle est sa signification physique ?

A.3 On admet qu'après une durée d'environ 5τ, le grain de sable atteint une vitesse limite v_∞ que l'on exprimera en fonction de $R, g, \Delta\rho$ et η .

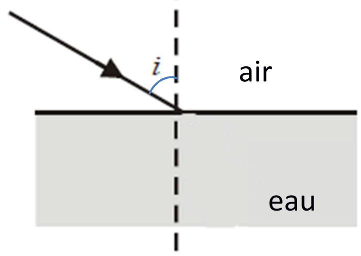
On mesure un temps de chute $\Delta t = 25\ s$ sur une hauteur de chute de $H = 20\ cm$. Estimer v_∞ ainsi que la valeur numérique de la viscosité de l'eau η dans les conditions de l'expérience.
Vérifier enfin, a posteriori, qu'il était légitime de confondre la vitesse v du grain de sable avec sa valeur limite v_∞.

B – L'INDICE DE REFRACTION DE L'EAU

On notera n l'indice de réfraction de l'eau.
On donne $n = 1{,}33 = \frac{4}{3}$

B.1 On considère un dioptre plan horizontal séparant de l'air (d'indice 1) au-dessus et de l'eau (d'indice n) au-dessous. Un rayon lumineux arrive de haut en bas sur le dioptre avec une incidence i. Représenter le rayon réfracté dans l'eau et donner la relation entre l'angle de réfraction r et l'angle i.

Figure 1



B.2 On plante une épingle au centre d'un bouchon de liège en forme de disque de rayon a (on ne se préoccupera pas de son épaisseur). On fait flotter le bouchon sur de l'eau, l'épingle vers le bas. Le bouchon de liège s'enfonce d'une profondeur négligeable dans l'eau. L'épingle dépasse du bouchon d'une longueur h. On se reportera à la figure 2 ci-dessous :

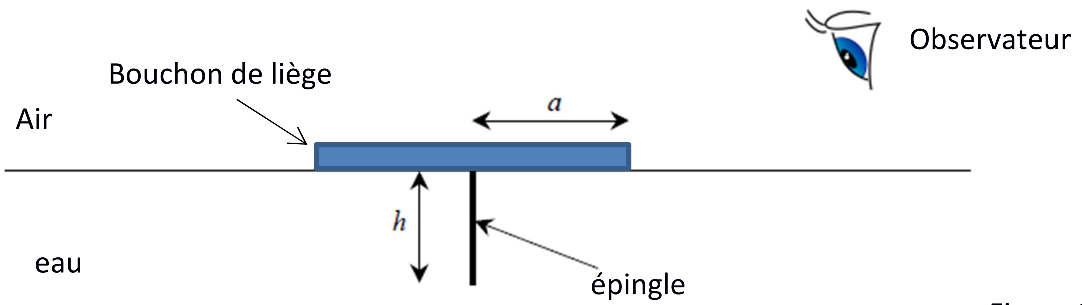


Figure 2

B.2.a On observe depuis un point situé au-dessus de l'eau. Si la longueur h n'est pas trop grande, on constate qu'il est impossible de voir l'épingle, quelle que soit la position de l'observateur au-dessus de l'eau. Expliquer le phénomène.

B.2.b Calculer la longueur maximale h_0 de h pour que l'épingle soit absolument invisible depuis l'air. Le rayon du disque vaut $a = 3\ cm$. On donne $\sqrt{7/9} = 0{,}9$ et on rappelle que $\frac{1}{\tan^2(x)} = \frac{1}{sin^2(x)} - 1.$

B.3 On cherche à mesurer l'indice de réfraction de l'eau par le principe du réfractomètre de Pulfrich. On dépose une goutte d'eau sur la face supérieure d'un prisme d'angle au sommet 90°. On éclaire cette goutte d'eau en lumière monochromatique en prenant bien soin qu'elle soit aussi éclairée en incidence rasante. À l'aide d'un oculaire, on observe derrière l'autre face du prisme. Se reporter à la figure 3 ci-dessous.

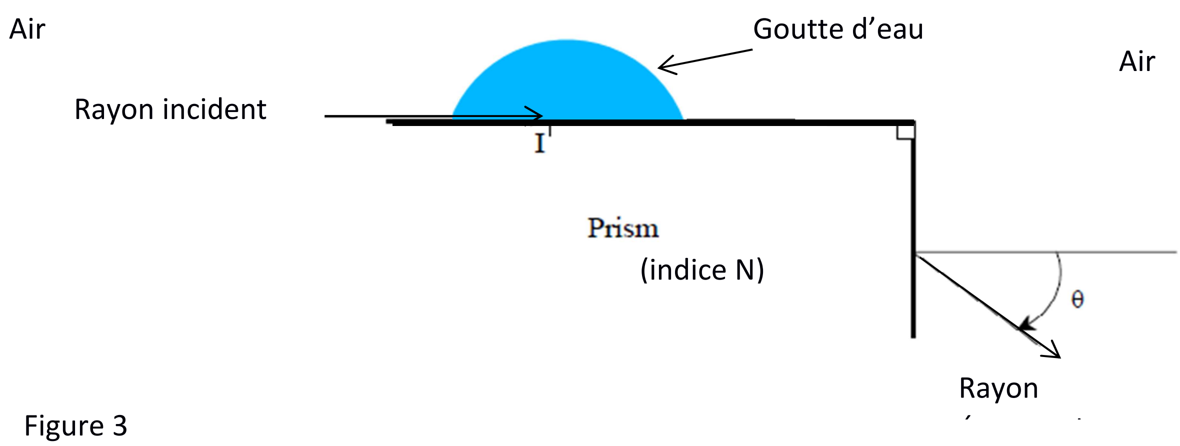


Figure 3

B.3.a L'indice de réfraction du verre constituant le prisme est $N = 1{,}625$. Dessiner la marche du rayon lumineux rasant se réfractant en I.

B.3.b On est capable de mesurer l'angle θ du rayon émergent correspondant au rayon d'incidence rasante (voir figure 3). Exprimer θ en fonction de n et de N.

B.3.c Quelle est la valeur maximale de l'indice de réfraction d'un liquide qu'on peut mesurer avec ce réfractomètre ?

C – LA CAPACITE THERMIQUE ET LA CHALEUR LATENTE DE L'EAU

Dans cette partie, on se propose d'effectuer plusieurs études calorimétriques. On dispose pour ce faire d'un calorimètre dont il convient d'estimer, dans un premier temps, la capacité thermique que l'on notera K. On rappelle qu'un calorimètre est une enceinte que l'on suppose adiabatique (ou calorifugée)(*dans une première approximation*).

On dispose :

- D'un calorimètre de capacité thermique K muni de son agitateur
- D'un thermomètre de précision 0,1 $°C$
- D'une éprouvette graduée à 2 mL près et de volume total 200 mL
- D'un accès à l'eau du robinet
- D'une bouilloire ou tout autre dispositif de chauffage de l'eau

Dans toutes les expériences, la pression est considérée constante et égale à 1,013 bar.

C.1 Pour estimer la capacité thermique du calorimètre, on applique la **méthode des mélanges** qui consiste à verser $m_2 = 200\ g$ d'eau à la température $\theta_2 = 40{,}0\ °C$ dans le calorimètre contenant $m_1 = 200\ g$ d'eau à la température $\theta_1 = 20{,}0\ °C$. On mesure alors la température finale $\theta_f = 29{,}1\ °C$.
On rappelle que la masse volumique de l'eau est $\rho_e = 1{,}0.10^3 kg.m^{-3}$.

C.1.a Etablir l'expression de K en fonction des grandeurs : m_1, m_2, c_e, θ_1, θ_2 et θ_f où $c_e = 4187 J.°C^{-1}.kg^{-1}$ désigne la capacité thermique massique de l'eau.

C.1.b Déterminer la valeur numérique de K après avoir précisé sa **dimension** en fonction de la dimension de l'énergie que l'on notera $[\mathrm{E}]$.
On donne : $4187 \times \left(1 + \frac{(29{,}1-40)}{(29{,}1-20)}\right) = 830$

C.1.c Recenser les sources d'erreurs et estimer l'incertitude de mesure associée au protocole.

La valeur attendue pour K (donnée constructeur) est $150\,J.°C^{-1}$. La mesure est-elle acceptable ? Proposer une explication de l'écart observé.

C.2 On applique la même méthode mais on ajoute cette fois-ci au calorimètre de capacité thermique K contenant $m_1 = 200\ g$ d'eau à la température $\theta_1 = 20\ °C$, $m_3 = 40\ g$ de glace à la température $\theta_3 = 0°C$. La température finale θ_f, après fusion complète de la glace, devient égale à $5°C$.

C.2.a Soit L la chaleur latente massique de fusion de la glace.
Etablir l'expression de L en fonction des grandeurs : m_1, m_3, c_e, θ_1, θ_3, θ_f et K.

C.2.b Préciser la dimension de L.
La valeur numérique de L calculée avec les valeurs expérimentales est 328.

C.2.c Les températures sont toujours mesurées à $0{,}1\ °C$ près, les volumes à $2\ mL$ près et la masse de glace à $1g$ près.
La valeur attendue pour L est $334\ kJ.kg^{-1}$. La mesure est-elle acceptable ?
On donne : $\frac{6}{334} = 1{,}8$

D - FREINAGE ELECTROMAGNETIQUE

Rappel mathématique :
Soit f une fonction de la variable t. f'(t) ou $\dot{f}(t)$ ou $\frac{df}{dt}$ représente la dérivée de la fonction f par rapport à la variable t. C'est le taux de variation de la fonction f à la date t.

On travaille dans le référentiel du laboratoire, galiléen, lié au repère orthonormé direct (Ox, Oy, Oz) de base $(\overrightarrow{e_x}, \overrightarrow{e_y}, \overrightarrow{e_z})$.
Un cadre horizontal, rectangulaire et conducteur ABCD, de longueur AD = BC = a et de largeur AB = CD = b possède une résistance R. Ce cadre, de masse m, se déplace sans frottement, le long de l'axe (Ox) dans la plan (Oxy). On note x l'abscisse de la barre AB.
Dans le domaine x ≥ 0 règne un champ magnétique $\vec{B} = B_0.\overrightarrow{e_z}$ constant dans le temps, uniforme et vertical, avec B_0 positif. Dans le domaine x < 0, $\vec{B} = \vec{0}$.
Le cadre se situe initialement dans le domaine x < 0, son mouvement est rectiligne et uniforme de vitesse $\overrightarrow{v_0} = v_0.\overrightarrow{e_x}$ avec v_0 constante positive.
A l'instant initial, on a x(t=0) = 0 et v(t=0)= v_0 avec v(t) = $\dot{x}(t)$ la vitesse de la barre AB.

Rappels :

- La force électromotrice d'induction (f.e.m) e(t) est donnée par la relation : e(t) = $-\frac{d\phi}{dt}$ avec ϕ le flux du champ magnétique.
- Un élément de circuit, de longueur L, parcouru par un courant i et plongé dans un champ magnétique $\vec{B}$ (orthogonal à l'élément de circuit) est soumis à une force électromagnétique de Laplace $\vec{F}$ de valeur algébrique F = i.L.B.

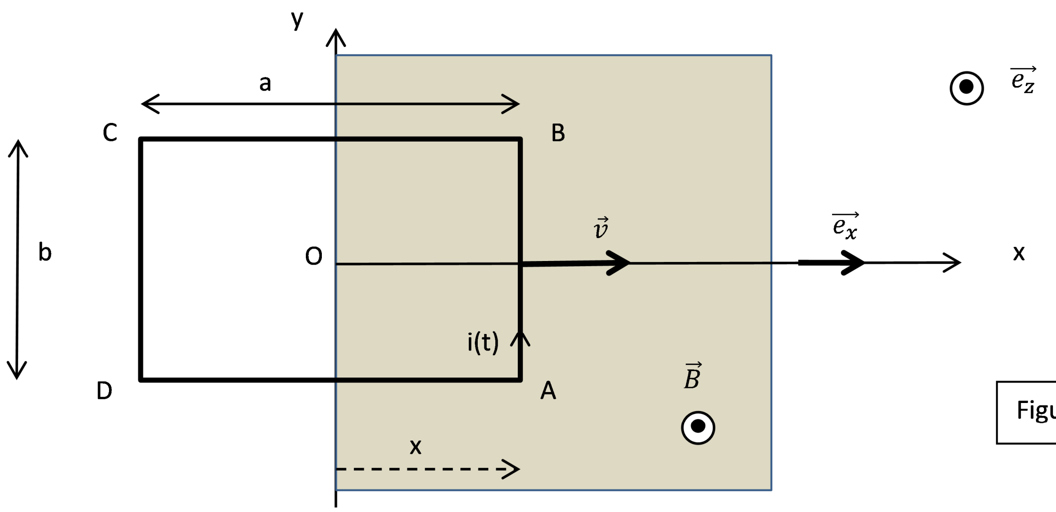


Figure 1

D.I. Etude du phénomène d'induction

D.I.1 Exprimer le flux ϕ(x) du champ $\vec{B}$ à travers le cadre ABCD lorsque $0 \leq x \leq a$.

D.I.2 Quelle est l'expression de ce flux lorsque $x > a$? Même question lorsque $x < 0$?

D.I.3 Que vaut la f.e.m d'induction e(t) dans le cadre lorsque $x < 0$ et lorsque $x > a$?

D.I.4 Lorsque $0 \leq x \leq a$, établir l'expression de la f.e.m e(t) en fonction des grandeurs B_0 et b et de la vitesse v(t) de la barre AB.

D.I.5 Un courant induit i(t) s'établit. Il est équivalent à celui qui serait créé par un générateur de tension de f.e.m e(t), algébrique de même signe que le courant i(t), inséré dans le circuit selon :

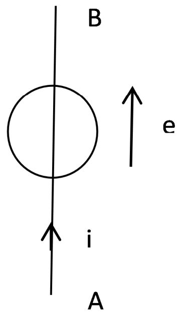


Figure 2

Dans toute la suite, $0 \leq x \leq a$.

Proposer alors, à l'aide d'un schéma, un modèle de circuit électrique, équivalent au cadre ABCD de résistance R et tenant compte du phénomène d'induction.

D.I.6 En déduire une relation entre le courant induit i(t) et la vitesse v(t) du cadre. Quel est le signe du courant i(t) ?

D.II. Etude du mouvement du cadre

D.II.1 Est-il nécessaire de tenir compte des forces de pesanteur dans cette étude ?

D.II.2 Faire un bilan des forces exercées sur le cadre au cours de son mouvement.

D.II.3 Recopier sommairement la figure 1 et y représenter les résultantes $\overrightarrow{F_{AB}}$, $\overrightarrow{F_{BC}}$, $\overrightarrow{F_{CD}}$ et $\overrightarrow{F_{DA}}$ des forces de Laplace exercées sur les quatre côtés du cadre. Justifier.

D.II.4 Donner alors l'expression vectorielle de la résultante totale $\vec{F}$ des forces de Laplace exercée sur le cadre, en fonction de b, B_0 et de i(t). Quelle est sa direction ? Quel est son sens ? Interpréter en lien avec la loi de Lenz.

D.II.5 Par application de la seconde loi de Newton, établir que le mouvement du cadre est régi par l'équation différentielle : $\frac{dv}{dt} + \frac{v}{\tau} = 0$ avec τ une constante à exprimer en fonction de m, R, b et B_0. Préciser la dimension de τ.

D.II.6 Vérifier que la solution à cette équation s'écrit v(t) = $v_0.e^{-\frac{t}{\tau}}$ et en déduire l'expression de la position x(t) de la barre AB. Tracer les graphes représentant les variations de v et x avec le temps t. Commenter.

D.II.7 On donne v_0 = 1.0 m.s^{-1}, m = 100 g, R = 5 Ω, b = 20 cm et B_0 = 0.5 T. Evaluer numériquement un ordre de grandeur de la durée de freinage du cadre.

D.II.8 Sous quelle forme est dissipée l'énergie du cadre au cours du freinage ? En considérant que le cadre s'immobilise (v(t → +∞) = 0), calculer littéralement puis numériquement l'énergie dissipée.

E - CONSOMMATION D'UNE AUTOMOBILE

Soit une automobile roulant à 130 km.h^{-1}, la puissance de son moteur est de 60 ch.
Le carburant est de l'octane C_8H_{18}, de masse volumique ρ = 720 kg.m^{-3}.

E.1 Ecrire en phase gazeuse l'équation-bilan de combustion de l'octane dans le dioxygène.

E.2 Calculer l'enthalpie standard Δ_rH^0 de la réaction de combustion de l'octane.

E.3 Calculer pour 100 km de distance parcourue la consommation en carburant.
Expliquer soigneusement votre démarche. On donnera le résultat avec un seul chiffre significatif.
On donne le rendement du moteur : η = 0.5.

Données :

1 ch = 736 W
Enthalpies standards de formation en kJ.mol^{-1} (prises indépendantes de la température) :
$\Delta_fH^0(C_8H_{18,\,g})$ = -230, $\Delta_fH^0(O_{2,\,g})$ = 0, $\Delta_fH^0(CO_{2,\,g})$ = -390, $\Delta_fH^0(H_2O,_g)$ = -240
Masses molaires en g.mol^{-1} : M(C) = 12, M(H) = 1
736 x 46 x 60 = 2.10^6
2.10^6 x 114 x $\frac{1}{5050.10^3}$ = 46