CONCOURS DE RECRUTEMENT DE PROFESSEURS
DE LYCEE PROFESSIONNEL AGRICOLE - 2ème grade

SESSION 1999

Concours : EXTERNE
Section : Mathématiques - Sciences physiques

EPREUVE N° 2

COMPOSITION DE PHYSIQUE CHIMIE

(Coefficient : 2 - Durée : 3 heures)

Il est recommandé aux candidats de partager également le temps entre la physique et la chimie.

La composition comporte deux exercices de physique et un problème de chimie ***avec trois questions indépendantes***. Les candidats peuvent donc les résoudre dans l'ordre qui leur convient ; ils sont cependant tenus de ***respecter la numérotation de l'énoncé***.

Si au cours de l'épreuve un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il le signale sur sa copie et poursuit sa composition en indiquant les raisons des initiatives qu'il est amené à prendre pour cela.

Les correcteurs tiendront le plus grand compte des qualités de soin et de présentation.

Physique

Premier exercice : Étude de l'expérience de Elihu-Thomson (10 points)

L'expérience de Elihu-Thomson est spectaculaire pour illustrer l'induction électromagnétique.
Un solénoïde droit est disposé verticalement. On place à l'intérieur un noyau de fer doux de longueur plus grande que celle du solénoïde. Le solénoïde est parcouru par un courant sinusoïdal de la forme : $i_s = I_s\sqrt{2}\cos\omega t$ (ω est la pulsation et t le temps). Sur ce solénoïde on pose un anneau en cuivre, filiforme, circulaire, de rayon a légèrement supérieur à celui du noyau (voir la figure 1 en annexe).
On repère, à l'aide des coordonnées cylindriques, la position d'un point P situé au-dessus du solénoïde et à l'extérieur du noyau tel que :

$$\overrightarrow{OP} = r\vec{e}_r + y\vec{e}_y$$

(voir la figure 2 en annexe)

$$(\ \|\vec{e}_r\| = \|\vec{e}_y\| = 1)$$

On pose les expressions suivantes :

- Champ magnétique en P : $\vec{B}_{(P)} = B_r\,\vec{e}_r + B_y\vec{e}_y$ avec $B_r = hi_s$ et $B_y = ki_s$.
  h et k sont des constantes (avec h positif).
- Flux magnétique à travers l'anneau : $\varphi = Mi_s$
  M est une constante positive si l'orientation de l'anneau est celle de la figure 3 de l'annexe.

1 - Donner sur un schéma, l'allure de la ligne de champ magnétique passant par un point P extérieur au noyau. Faire figurer sur ce schéma le vecteur $\vec{B}_{(P)}$ avec ses composantes $\vec{B}_y$ et $\vec{B}_r$.

2 - L'anneau est soumis à une force de Laplace. Expliquer pourquoi.

3 - Dans le cas où l'anneau est assimilable à une résistance pure R :

3.1 - Établir l'expression de l'intensité instantanée i du courant dans l'anneau.

3.2 - En déduire l'expression de la force de Laplace en fonction du temps.

3.3 - Calculer sa valeur moyenne. Commenter le résultat obtenu.

4 - On reprend les calculs de la question 3 en tenant compte de l'inductance L de l'anneau en plus de sa résistance R, de sorte que l'expression du flux est maintenant : $\varphi = Mi_s + Li$.

4.1 - Établir la nouvelle expression de l'intensité instantanée i du courant dans l'anneau.

4.2 - En déduire l'expression de la force de Laplace en fonction du temps.

4.3 - Calculer sa valeur moyenne. Commenter le résultat.
On rappelle que : $2\sin p\,.\cos q = \sin(p+q) + \sin(p-q)$

5 - On se propose de mesurer la valeur moyenne de la force de Laplace. Pour cela on suspend l'anneau de masse m à un dynamomètre (voir la figure 4 de l'annexe). Décrire la méthode expérimentale utilisée et montrer que ce dispositif convient si I_s est inférieure à une valeur limite.

Deuxième exercice : Étude de l'objectif d'un appareil photographique (10 points)

Un appareil photographique possède un objectif constitué de deux lentilles sphériques minces coaxiales :

- une lentille (L_1) frontale convergente, de distance focale $f'_1 = + 12{,}0$ cm ;
- une lentille (L_2) divergente de distance focale $f'_2 = - 3{,}0$ cm.

(L_2) est placée à 9,6 cm de (L_1).

1 - On étudie le cas d'un objet placé à l'infini sur l'axe.

1.1 - Déterminer la position de la plaque photographique, par rapport à la lentille (L_1), pour obtenir une image nette.

1.2 - Représenter sur un schéma soigné, la marche d'un rayon lumineux issu du bord supérieur de l'objet, incliné d'un petit angle α sur l'axe optique.

2 - L'appareil étant réglé sur l'infini, on veut maintenant obtenir l'image nette d'un objet situé à 15 m de la lentille (L_1) frontale.

2.1 - Calculer la distance dont il faut déplacer la plaque ; préciser le sens du déplacement.

2.2 - Calculer la grandeur de l'image pour un objet de 20,0 cm.

2.3 - Dans le cas d'un objectif constitué d'une seule lentille (L) convergente, calculer sa distance focale pour avoir une image de même grandeur que précédemment (2.2), du même objet de 20,0 cm, situé à 15 m de (L).
Donner les avantages de l'objectif initial ($L_1 + L_2$) par rapport à l'objectif formé de la seule lentille (L). Préciser le nom d'un tel objectif.

Chimie

Étude du soufre et de quelques dérivés soufrés

Données valables pour tout le problème

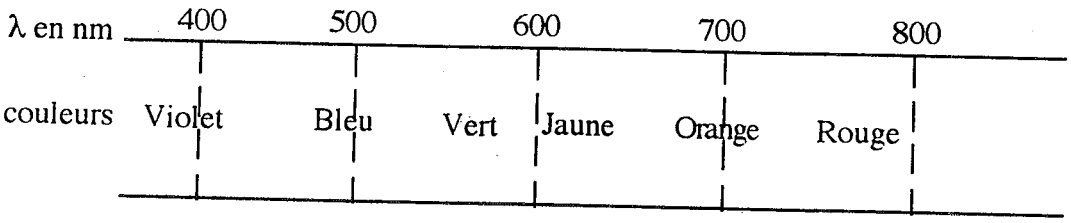
Elément	Oxygène	Sodium	Soufre	Potassium	Sélénium	Tellure
Symbole	O	Na	S	K	Se	Te
Numéro atomique	8	11	16	19	34	52

1 eV = $1,6.10^{-19}$ J

Constante de Planck : $h = 6,62.10^{-34}$ J.s

Vitesse de la lumière dans le vide : $c = 3.10^{8}$ m.s^{-1}

Longueur d'onde des différentes couleurs du spectre dans le visible :



Données thermodynamiques

Corps	$\Delta H°_f$ en kJ.mol^{-1}	Cp en J.mol^{-1}.K^{-1}	S° en J.K^{-1}
SO_2	- 296,2	39,9	248,6
O_2	0	29,4	205,1
SO_3	- 395,3	50,7	256,3

Constante des gaz parfaits : R = 8,314 J.mol^{-1}.K^{-1}

Masses molaires atomiques en g.mol^{-1} : H : 1 ; O : 16 ; S : 32

Masse volumique de l'eau : ρ = 1000 kg.m^{-3}

Première question : Le soufre et la classification périodique des éléments (6 points)

1 - Écrire la structure électronique des éléments suivants : oxygène, sodium, soufre, potassium, sélénium, tellure.

2 - Classer ces éléments par familles chimiques.

3 - Parmi les éléments précédents, deux sont des métaux alcalins. Lorsqu'un composé contenant l'un de ces métaux est chauffé dans une flamme, il émet une lumière caractéristique de la nature du métal.

3.1 - Interpréter qualitativement ce phénomène.

3.2 - Sachant qu'un atome de l'un des métaux absorbe une énergie de 3,07 eV et l'autre une énergie de 2,11 eV, déterminer la couleur de la lumière émise par chacun d'eux.
A partir de ces résultats, identifier les deux éléments et citer une application de ce phénomène physique.

4 - Parmi les combinaisons possibles entre les atomes de carbone, d'oxygène et de soufre, on trouve les molécules de dioxyde ce carbone (CO_2), de dioxyde de soufre (SO_2) et de disulfure de carbone (CS_2).

4.1 - Ecrire les schémas de Lewis de ces trois molécules.

4.2 - Donner l'état d'hybridation de l'atome central dans chacune des molécules.
En déduire la géométrie de chaque molécule.

4.3 - Préciser si ces molécules possèdent un moment dipolaire. Justifier la réponse.

5 - Les quatre éléments à caractère non métallique évoqués dans la question 1 se combinent à l'hydrogène pour former des molécules de type H_2X. Les températures d'ébullition des substances correspondantes sont dans le désordre par rapport à la liste des 4 éléments :
-61°C ; -42°C ; - 2°C ; + 100°C.
Attribuer à chaque température la formule du composé qui lui correspond.
Justifier avec précision le choix effectué.

Deuxième question : Du dioxyde de soufre à l'acide sulfurique (8 points)

L'oxydation du dioxyde de soufre en trioxyde de soufre s'effectue selon le schéma réactionnel suivant :

$$2\,SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2\,SO_3$$

1 - La réaction est effectuée dans les conditions standard : pression $P° = 1$ bar et température $T_1 = 298$ K.
Calculer les valeurs :

1.1 - de la chaleur de réaction,

1.2 - de la variation d'entropie,

1.3 - de la variation d'enthalpie libre,

1.4 - de la constante d'équilibre K_{T_1}.

2 - La réaction est maintenant effectuée sous la même pression standard P°, mais à la température $T_2 = 1000$ K.
Déterminer les nouvelles valeurs :

2.1 - de la chaleur de réaction,
2.2 - de la variation d'entropie,
2.3 - de la variation d'enthalpie libre,
2.4 - de la constante d'équilibre K_{T_2}.
Interpréter le résultat obtenu pour K_{T_2} à partir de la loi de modération.

NB : On considère que les capacités thermiques molaires à pression constante sont indépendantes de la température.
Pour la suite du problème, si on doit utiliser la chaleur de la réaction, on considérera sa valeur comme constante dans l'intervalle de température 298 K-1000 K et on prendra pour les calculs sa valeur à 298 K).

3 - On fait réagir du dioxyde de soufre et du dioxygène dans les proportions stœchiométriques, sous la pression standard P°.
Calculer la température à laquelle on doit réaliser la réaction pour que la fraction molaire du trioxyde de soufre formé soit égale à 90 %.
On rappelle que la fraction molaire, x_{SO_3}, du trioxyde de soufre est définie par :

$$x_{SO_3} = \frac{\text{Nombre de moles de } SO_3 \text{ formé}}{\text{Nombre total de moles à l'équilibre}}$$

4 - L'action de l'eau sur le trioxyde de soufre conduit à l'acide sulfurique. Au laboratoire, on dispose d'une bouteille contenant une solution concentrée d'acide sulfurique dont les caractéristiques notées sur l'étiquette sont les suivantes :
densité : 1,84 ; pourcentage en masse d'acide sulfurique : 96 %.

4.1 - Calculer en $mol.L^{-1}$ la concentration de cette solution en acide sulfurique.

4.2 - A partir de la solution du laboratoire, on veut préparer 1 L de solution d'acide sulfurique de concentration 0,4 $mol.L^{-1}$. Détailler les différentes opérations à mettre en œuvre ainsi que le matériel à utiliser.

4.3 - On dispose d'une solution d'hydroxyde de sodium (ou soude) préparée depuis très longtemps.

4.3.1 - Préciser pourquoi la concentration de la solution d'hydroxyde de sodium n'est pas stable au cours du temps.
4.3.2 - Pour connaître la concentration exacte de la solution de soude, on la dose par la solution d'acide sulfurique préparée. On effectue une prise d'essai de 20,0 mL de solution de soude. Il faut verser 8,0 mL de la solution d'acide sulfurique pour obtenir l'équivalence.
Calculer la concentration de la solution de soude.

Troisième question : L'acide sulfurique en chimie organique (6 points)

L'acide sulfurique est souvent utilisé comme catalyseur lors des réactions de synthèse en chimie organique.

1 - Étude de la mononitration du benzène par le mélange sulfonitrique.

1.1 - Écrire l'équation-bilan de cette réaction.
1.2 - Indiquer les principales étapes de son mécanisme et justifier le rôle de l'acide sulfurique.

2 - Étude de l'hydratation du propène.

2.1 - Écrire l'équation-bilan de la réaction et donner le nom du produit P obtenu majoritairement.
2.2 - Développer le mécanisme de la réaction afin de justifier :
- la formation majoritaire du produit P,
- le rôle de l'acide sulfurique.

3 - On réalise les deux réactions suivantes :

$$P + HCl \longrightarrow X + H_2O$$

$$X + \text{mononitrobenzène} \xrightarrow{AlCl_3} Y + HCl$$

3.1 - Écrire les équations-bilan de ces deux réactions et donner leur nom.
Préciser la formule semi-développée et le nom du composé X.
3.2 - Justifier la formation du ou des isomères majoritaires correspondant au composé Y.

Annexe

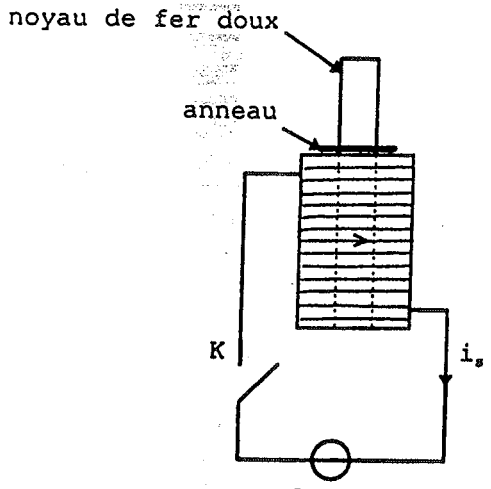


figure 1

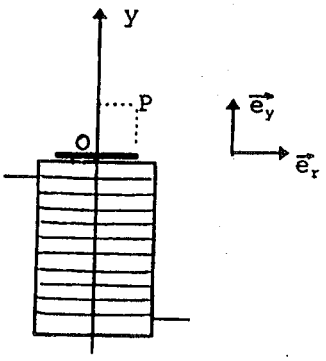


figure 2

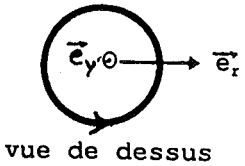


figure 3

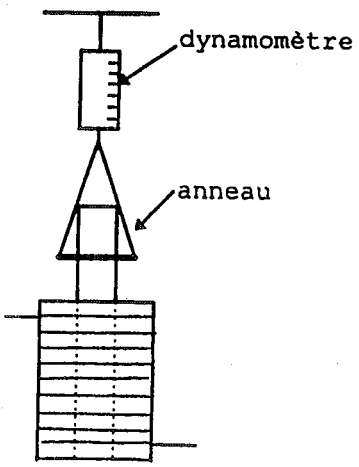


figure 4

Remarque : Dans un souci de clarté, le noyau n'est pas représenté sur les figures 2 et 3.