

Votre  
numéro

**OLYMPIADE FRANCOPHONE DE CHIMIE 2020**  
**NIVEAU I ELEVES DE 5<sup>ème</sup> ANNEE**

**DEUXIEME EPREUVE**

Avec le soutien de :



La Wallonie  
La Communauté Germanophone de Belgique  
La Région de Bruxelles - Capitale  
Fédération Wallonie-Bruxelles  
ULiège et Réjouissiences  
ULB et Inforsciences  
UNamur et Atout Sciences  
UCLouvain et Sciencesinfuse  
UMons et Sciences et Techniques au Carré  
ACL, l'Association des Chimistes de l'UCL  
A.Sc.Br., l'Association des scientifiques de l'ULB

WALLONIE-BRUXELLES INTERNATIONAL  
FONDS ERNEST SOLVAY  
CO-VALENT  
DE BOECK UNIVERSITE  
GSK  
DUNOD  
EURO SPACE CENTER  
SOLVAY S.A.  
ESSENCIA BRUXELLES - WALLONIE  
TRASIS  
ACLg, l'Association des Chimistes de l'ULiège



Chères amies, Chers amis chimistes,

Nous vous félicitons pour votre participation à cette Olympiade.

Lors de cette deuxième épreuve, nous sélectionnerons un étudiant désireux de participer à l'EUSO (European Union Science Olympiad) qui se déroulera en Tchèque.

Cette Olympiade destinée aux élèves de 5<sup>ème</sup> année proposera à notre lauréat un travail scientifique pluridisciplinaire en compagnie de jeunes biologistes et physiciens en herbe.

**INSTRUCTIONS**

**INDIQUEZ VOTRE NUMÉRO SUR CHACUNE DES FEUILLES S.V.P.**

Cette deuxième épreuve de l'Olympiade est notée sur **100 points** et comprend **4 problèmes principaux et 1 problème subsidiaire**.

La note du problème n°5 ne sera prise en compte que dans l'hypothèse où il faudrait départager les **ex-æquo** en vue de l'EUSO.

Vous avez **2 heures** pour réaliser votre travail ; vous pouvez utiliser une machine à calculer non programmable, mais aucun autre document personnel.

Répondez à chacun des problèmes **sur la feuille où figure l'énoncé** et indiquez vos réponses finales **dans les cadres prévus à cet effet**. Seules les réponses **accompagnées d'un raisonnement** seront prises en compte.

Indiquez votre raisonnement ainsi que vos calculs d'une manière **claire, dépouillée et schématique**. Indiquez clairement les **unités** utilisées. Vous pouvez présenter vos résultats intermédiaires sous forme arrondie mais veillez à conserver les **nombre intermédiaires dans la mémoire de la machine** et à les utiliser dans leur intégralité.

Utilisez le formalisme suivant pour désigner les grandeurs, variables et substances concernées ; par exemple :  $m_{\text{NaOH}} = 10,1 \text{ g}$  ou bien,  $m(\text{NaOH}) = 10,1 \text{ g}$

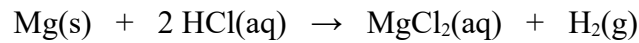
**Détachez cette première feuille et conservez-la en vue de la diffusion des résultats. Bon travail !**

**Problème 1**

**Stoichiométrie - Loi des gaz parfaits**

**25 points**

Dans une enceinte étanche de 2,25 L, à une température de 150 °C, on fait réagir 7,30 g de magnésium (Mg) avec 29,6 g de solution aqueuse d'acide chlorhydrique (HCl) dont le pourcentage massique est égal à 37 %.



Quelle sera la pression exercée par le dégagement de dihydrogène  $\text{H}_2\text{(g)}$  produit lors de la réaction ?

**RÉPONSE** (25 pts) :  $p(\text{H}_2) = \dots\dots\dots \text{ atm}$  (3 chiffres significatifs)

$A_r$  : **H** : 1,01 - **Mg** : 24,3 - **Cl** : 35,5  
 $R = 8,31 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1} = 0,0821 \text{ L}\cdot\text{atm}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$   
 $T (0^\circ\text{C}) = 273 \text{ K}$

La nicotine est un alcaloïde, une molécule à bases azotées de la même famille que la caféine ou la morphine ; c'est un toxique dont la consommation entraîne une assuétude sévère.

Sa composition atomique répond à la formule empirique (brute)  $C_xH_yN_z$ . On sait également que sa masse molaire est égale à 162 g/mol. Lorsque l'on brûle un échantillon de 0,390 g de nicotine, on recueille 1,07 g de dioxyde de carbone ( $CO_2$ ) et 0,307 g d'eau ( $H_2O$ ). On a également déterminé que cet échantillon contenait 0,0680 g d'azote (N).

a) Quelle est la formule moléculaire de la nicotine ?

RÉPONSE (20 pts) :

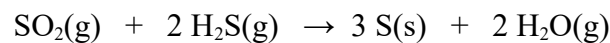
b) Ecrivez l'équation pondérée (équilibrée) de combustion de la nicotine.  
On prendra comme produits de la réaction :  $CO_2$ ,  $H_2O$  et  $NO_2$ .

EQUATION (5 pts) :

$A_r$  : H : 1,01 - C : 12,0 - N : 14,0 - O : 16,0

Le Kawah Ijen est un volcan situé en Indonésie. Son cratère abrite un lac réputé pour être le plus acide de la planète (pH = 2). Des vapeurs, que l'on appelle fumerolles, s'échappent de ses flancs à une température avoisinant les 200 °C. Ces fumerolles sont composées de gaz tels que le chlorure d'hydrogène (HCl), la vapeur d'eau (H<sub>2</sub>O), le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) et le sulfure d'hydrogène (H<sub>2</sub>S). Ces deux derniers réagissent en formant du soufre (S) qui, en refroidissant, cristallise sous forme d'amas prenant des teintes jaune-orangé. Poussés par la misère, des villageois viennent récupérer ces blocs de soufre pour les vendre ensuite. Les conditions dans lesquelles ils travaillent sont particulièrement périlleuses notamment à cause de la présence du sulfure d'hydrogène, un gaz très toxique.

Les villageois arrivent à collecter 200 kg de soufre par jour. Quel volume de sulfure d'hydrogène (considéré dans les conditions normales de température et de pression) correspond à cette masse de soufre ? On utilisera l'équation de formation du soufre ci-dessous :



**RÉPONSE** (25 pts) :  $V(\text{H}_2\text{S}) = \dots\dots\dots \text{m}^3$  (3 chiffres significatifs)

A : **H** : 1,01 - **O** : 16,0 - **S** : 32,1 ;  $V_m = 22,4 \text{ L/mol}$  (CNTP)

<sup>1</sup>Avec l'aimable autorisation de Caroline Piffet.

Le plomb est un métal lourd dont la densité est égale à 11,4 (à 20 °C).

a) Quelle est la masse volumique du plomb ?

RÉPONSE (5 pts) :  $\rho(\text{Pb}) = \dots\dots\dots \text{g/cm}^3$  (3 chiffres significatifs)

Considérons maintenant un noyau de plomb-208 ( $^{208}_{82}\text{Pb}$ ), l'isotope naturel le plus répandu de l'élément plomb.

b) Calculez la masse du noyau de cet atome.

RÉPONSE (10 pts) :  $m(\text{noyau de } ^{208}_{82}\text{Pb}) = \dots\dots\dots \text{kg}$  (3 chiffres significatifs)

$m(\text{nucléon}) = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

c) Calculez la masse volumique du noyau de cet atome.

Le noyau de cet atome peut être assimilé à une sphère de rayon  $R = 10^{-15} \text{ m}$ .

RÉPONSE (10 pts) :  $\rho(\text{noyau de } ^{208}_{82}\text{Pb}) = \dots\dots\dots \text{g/cm}^3$  (3 chiffres significatifs)

Volume d'une sphère =  $\frac{4}{3} \pi R^3$

**PROBLÈME "BONUS" DESTINÉ À DÉPARTAGER LES EX-AEQUO**

On a mesuré que 0,921 g d'un composé gazeux ne contenant que de l'azote et de l'oxygène occupe, à 28 °C, un volume de 542 cm<sup>3</sup> à la pression de 730 Torr (mm de Hg).

Quelle est la formule moléculaire de ce composé ?

RÉPONSE (10 pts) :

Ar : N : 14,0 - O : 16,0

$R = 8,314 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1} = 0,0821 \text{ L.atm.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$

$T(0^\circ\text{C}) = 273 \text{ K}$

**BROUILLON**



**REPONSES AUX PROBLÈMES**

**Problème 1** Stoichiométrie - Loi des gaz parfaits **25 points**

$n(\text{Mg}) = 7,30 / 24,3 = 0,30041 \text{ mol}$  4 points

$m(\text{HCl}) = 29,6 \times (37/100) = 10,952 \text{ g}$  4 points

$n(\text{HCl}) = 10,952 / 36,51 = 0,29998 \text{ mol}$  4 points

$n(\text{H}_2) \text{ produit} = 0,29998 / 2 = 0,14999 \text{ mol}$  4 points

$T = 273 + 150 = 423 \text{ K}$  2 points

$R = 0,0821 \text{ L.atm.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$  2 points

$p(\text{H}_2) = (0,14999 \times 0,0821 \times 423) / 2,25 = 2,3150 \text{ mol} = \mathbf{2,32 \text{ atm}}$  5 points

Erreur d'arrondi sur la réponse finale : - 2 points

Erreur de chiffres significatifs sur la réponse finale : - 2 points

**Problème 2** Analyse pondérale **25 points**

Calculs relatifs à l'échantillon :

$M(\text{CO}_2) = 44,0 \text{ g/mol}$  2 points

$n(\text{CO}_2) = 1,07 / 44,0 = 0,024318 \text{ mol}$  2 points

$M(\text{H}_2\text{O}) = 18,02 \text{ g/mol}$  2 points

$n(\text{H}_2\text{O}) = 0,307 / 18,02 = 0,017037 \text{ mol}$  2 points

$n(\text{N}) = 0,0680 / 14,0 = 0,0048571 \text{ mol}$  2 points

$n(\text{nicotine}) = 0,390 / 162 = 0,0024074 \text{ mol}$  2 points

Calculs relatifs à la molécule :

$n(\text{C}) = 0,024318 / 0,0024074 = 10,101 = \mathbf{10}$  2 points

$n(\text{H}) = (2 \times 0,017037 / 0,0024074) = 14,154 = \mathbf{14}$  2 points

$n(\text{N}) = 0,0048571 / 0,0024074 = 2,0176 = \mathbf{2}$  2 points

**Formule moléculaire de la nicotine : C<sub>10</sub>H<sub>14</sub>N<sub>2</sub>** 2 points





**Problème 3****Stoechiométrie****25 points**

$$n(\text{S}) = 200000 / 32,1 = 6230,5 \text{ mol}$$

5 points

$$n(\text{H}_2\text{S}) = 6230,5 \times (2 / 3) = 4153,7 \text{ mol}$$

10 points

$$V(\text{H}_2\text{S}) = 4153,7 \times 22,4 = 93043 \text{ L} = \mathbf{93,0 \text{ m}^3}$$

10 points

Erreur d'arrondi sur la réponse finale : - 2 points

Erreur de chiffres significatifs sur la réponse finale : - 2 points

**Problème 4****Atome et matière****25 points**

a)  $\rho(\text{Pb}) = \mathbf{11,4 \text{ g/cm}^3}$

5 points

b)  $m(\text{noyau de } ^{208}_{82}\text{Pb}) = 208 \times 1,67 \cdot 10^{-27} = 347,36 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = \mathbf{347 \cdot 10^{-27} \text{ kg}}$

10 points

Erreur d'arrondi sur la réponse finale : - 2 points

Erreur de chiffres significatifs sur la réponse finale : - 2 points

c)  $V(\text{noyau de } ^{208}_{82}\text{Pb}) = 4/3\pi(10^{-15})^3 = 4,1888 \cdot 10^{-45} \text{ m}^3$

5 points

$$\rho(\text{noyau de } ^{208}_{82}\text{Pb}) = 347,36 \cdot 10^{-27} / 4,1888 \cdot 10^{-45} = 82,9 \cdot 10^{18} \text{ kg/m}^3$$

$$= \mathbf{82,9 \cdot 10^{15} \text{ g/cm}^3}$$

5 points

Erreur d'arrondi sur la réponse finale : - 2 points

Erreur de chiffres significatifs sur la réponse finale : - 2 points

**Problème 5 "Bonus"****Composé inconnu****10 points**

$$p \text{ totale} : 730 / 760 = 0,96053 \text{ atm}$$

2 points

$$T = 273 + 28 = 301 \text{ K}$$

1 point

$$n(\text{composé}) = \{(730 / 760) \times 0,542\} / 0,0821 \times 301 = 0,021067 \text{ mol}$$

2 points

$$M(\text{composé}) = 0,921 / 0,021067 = 43,718 \text{ g/mol}$$

2 points

Formule moléculaire :  $\text{N}_x\text{O}_y$  ou encore  $\text{N}_{x/y}\text{O}$ 

1 point

$$\text{Il vient : } 14,0 (x / y) + 16,0 = 43,718$$

1 point

$$\text{D'où : } (x / y) = (43,718 - 16,0) / 14,0 = 1,9799 = 2$$

1 point

Formule moléculaire :  $\mathbf{N_2O}$