

Votre  
numéro

## OLYMPIADE FRANCOPHONE DE CHIMIE 2016

NIVEAU I ELEVES DE 5<sup>ème</sup> ANNEE

SECONDE EPREUVE



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). 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

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.**

Indiquez votre raisonnement ainsi que vos calculs d'une manière **claire, dépouillée et schématique**. Indiquez clairement les **unités** utilisées.

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

Seules les réponses accompagnées d'un **raisonnement** seront prises en compte.

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

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

**BON TRAVAIL !**

Avec le soutien de :

La Communauté Française de Belgique  
La Communauté Germanophone de Belgique  
La Région de Bruxelles - Capitale  
Fédération Wallonie-Bruxelles - Wallonie-Bruxelles international  
ULg et Réjouissances ; ULB  
UNamur et Atout Sciences ; UCL et Sciences infuses  
UMons et Sciences et Techniques au carré  
L'Association des Chimistes de l'UCL  
L'Association des Chimistes de l'ULg  
L'Association des Scientifiques de l'ULB

FONDS ERNEST SOLVAY

SOLVAY S.A.

GSK

PRAYON S.A.

DE BOECK

DUNOD

EURO SPACE CENTER

ESSENSCIA WALLONIE

ESSENSCIA BRUXELLES

CO-VALENT

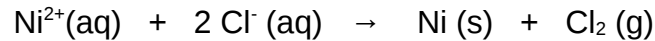
On désire réaliser un dépôt de nickel d'une épaisseur de 10,0  $\mu\text{m}$  sur les deux faces d'une plaque d'acier d'une surface de 500  $\text{cm}^2$ .

- a) Sachant que 1,00  $\text{dm}^3$  de nickel métallique a une masse de 8,70 kilogrammes, calculez la masse (en g) de nickel qui sera nécessaire à cette opération ?

**REPONSE** :  $m_{\text{nickel}} =$  \_\_\_\_\_ g (3 chiffres significatifs)

Le dépôt se pratique par voie électrolytique ; la plaque d'acier, alimentée en électrons, est plongée dans une solution de chlorure de nickel ( $\text{NiCl}_2$ ) et les ions  $\text{Ni}^{2+}$  sont réduits en nickel métallique à la surface de la plaque d'acier jusqu'à épuisement total de la solution.

Le processus chimique se déroule selon l'équation suivante :



- b) Sachant que le volume de la solution utilisée est égal à 2,00 litres, calculez la concentration massique (en g/L) en chlorure de nickel de cette solution.

**REPONSE** :  $\rho_{\text{NiCl}_2} =$  \_\_\_\_\_ g/L (3 chiffres significatifs)

Ar : Cl : 35,5 - Ni : 58,7

Pour préparer une solution très diluée, il est préférable de pratiquer des dilutions successives au départ d'une solution initiale, appelée "solution mère", plutôt que de prélever un très petit volume de cette solution ou de peser une très petite masse de solide.

Une solution  $S_1$  contenant une masse de 0,661 g de dichromate de potassium ( $K_2Cr_2O_7$ ) a été préparée dans un ballon jaugé de 250 mL.

On réalise une solution  $S_2$  en prélevant 10,0 mL de la solution  $S_1$  que l'on place dans un ballon jaugé de 500 mL et en complétant jusqu'au trait de jauge du ballon à l'aide d'eau déminéralisée.

On prélève ensuite 5,00 mL de cette solution  $S_2$  que l'on place dans un ballon jaugé de 250 mL et on ajoute de l'eau déminéralisée jusqu'au trait de jauge.

On obtient ainsi une solution  $S_3$  dont on prélève 25,0 mL à l'aide d'une pipette jaugée. Cette prise d'essai est ensuite déversée dans un erlenmeyer de 250 mL à des fins d'analyse.

a) Calculez la concentration (en mol/L) en  $K_2Cr_2O_7$  de la solution  $S_3$ .

REPONSE :  $c_{K_2Cr_2O_7} =$  mol/L (3 chiffres significatifs)

b) Calculez la masse (en  $\mu\text{g}$ ) de  $K_2Cr_2O_7$  présente dans la prise d'essai.

REPONSE :  $m_{K_2Cr_2O_7} =$   $\mu\text{g}$  (3 chiffres significatifs)

Ar : O : 16,0 - K : 39,1 - Cr : 52,0

Une explosion est un phénomène résultant d'une augmentation brutale de volume due à une importante production de gaz lors d'une réaction chimique. C'est le cas de la nitroglycérine ( $C_3H_5(NO_3)_3$ ), substance liquide qui sous l'effet d'une onde choc se décompose violemment en quatre substances gazeuses, le diazote ( $N_2$ ), le dioxygène ( $O_2$ ), le dioxyde de carbone ( $CO_2$ ) et l'eau ( $H_2O$ ).

a) Ecrivez et équilibrez (pondérez) l'équation de cette réaction explosive.

EQUATION :

b) Calculez le volume (en  $m^3$ ) de gaz produit par l'explosion de 1 litre de nitroglycérine liquide. Ce volume de gaz sera considéré dans les conditions normales de température et de pression.

REPONSE :  $V_{\text{Gaz}} =$   $m^3$  (3 chiffres significatifs)

**Ar** : H : 1,01 - C : 12,0 - N : 14,0 - O : 16,0 -  $\rho$  nitroglycérine = 1,59 g/cm<sup>3</sup>

**Conditions normales de température et de pression** :  $t = 0\text{ }^\circ\text{C}$  ;  $p = 101325\text{ Pa}$  ;  $V_m = 22,4\text{ L/mol}$

Le sulfure d'hydrogène ( $\text{H}_2\text{S}$ ) est un gaz à odeur nauséabonde d'œuf pourri, très dangereux à respirer.

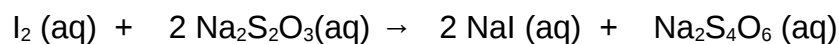
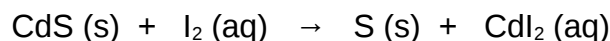
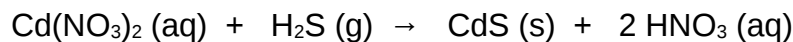
Sa concentration dans l'air peut être déterminée selon la méthode suivante :

Un échantillon d'air est amené à barboter dans une solution de nitrate de cadmium ( $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ ), de sorte que l'ensemble des ions sulfure sont entraînés dans un précipité de sulfure de cadmium ( $\text{CdS}$ ).

Ce précipité est ensuite traité par un excès de diiode ( $\text{I}_2$ ), ce qui a pour effet d'oxyder les ions sulfures en soufre élémentaire (S).

La quantité de diiode excédentaire est alors déterminée par titrage à l'aide d'une solution de thiosulfate de sodium ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ), celui-ci étant oxydé en tétrathionate de sodium ( $\text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$ ) tandis que le diiode est réduit en ions iodure.

Les équations relatives à ces réactions sont les suivantes :



Un échantillon de 20,0 litres d'air est mis à barboter dans une solution de nitrate de cadmium. Il se forme une suspension de sulfure de cadmium à laquelle on ajoute 30,0 mL d'une solution de diiode de concentration égale à  $1,15 \cdot 10^{-2}$  mol/L.

Le diiode qui n'a pas réagi est alors dosé par une solution de thiosulfate de sodium de concentration égale à  $7,50 \cdot 10^{-2}$  mol/L.

Le volume nécessaire au dosage est égal à 7,65 mL.

- a) Calculez la masse de sulfure d'hydrogène (en mg) présente dans l'échantillon d'air.

REPONSE :  $m_{\text{H}_2\text{S}} =$  \_\_\_\_\_ mg (3 chiffres significatifs)

- b) Calculez la teneur en masse (en ppm) en sulfure d'hydrogène de l'échantillon d'air. Une ppm désigne une teneur correspondant à une partie par million, dans ce cas, 1 mg de  $\text{H}_2\text{S}$  par kg d'air.

REPONSE : teneur massique en  $\text{H}_2\text{S} =$  \_\_\_\_\_ ppm (3 chiffres significatifs)

- b) Calculez la teneur en volume (en ppm) en sulfure d'hydrogène de l'échantillon d'air. Une ppm désigne une teneur correspondant à une partie par million, dans ce cas, 1 mL de  $\text{H}_2\text{S}$  par  $\text{m}^3$  d'air.

REPONSE : teneur volumique en  $\text{H}_2\text{S} =$  \_\_\_\_\_ ppm (3 chiffres significatifs)

Ar : - H : 1,01 - N : 14,0 - O : 16,0 - Na : 23,0 - S : 32,1 - Cd : 112 - I : 127 -  $\rho$  air = 1,29 kg/ $\text{m}^3$

Conditions normales de température et de pression :  $t = 0^\circ\text{C}$  ;  $p = 101325 \text{ Pa}$  ;  $V_m = 22,4 \text{ L/mol}$

Votre  
numéro

**Problème 4**

Stoechiométrie - Concentrations

**25 points**

Votre  
numéro

**Problème 5**

**Abondance isotopique**

**25 points**

**PROBLEME SUBSIDIAIRE DESTINE A DEPARTAGER LES EX-AEQUO**

L'élément silicium dont la masse atomique relative est égale à 28,0855 possède trois isotopes : le  $^{28}\text{Si}$ , le  $^{29}\text{Si}$  et le  $^{30}\text{Si}$ .

Sachant que l'abondance naturelle du  $^{28}\text{Si}$  est de 92,2297 %, calculez l'abondance naturelle des deux autres isotopes.

<b>REPONSE :</b>	Abondance $^{29}\text{Si}$ =	%	(3 chiffres significatifs)
	Abondance $^{30}\text{Si}$ =	%	(3 chiffres significatifs)

**Ar :**  $^{28}\text{Si}$  = 27,9769 -  $^{29}\text{Si}$  = 28,9765 -  $^{30}\text{Si}$  = 29,9738

**Votre  
numéro**

**BROUILLON**



### PROBLEME 1

- a)  $V_{\text{dépôt}} = 2 \times 5,00 \cdot 10^{-2} \times 10,0 \cdot 10^{-6} = 1,00 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$  5 points  
 $m_{\text{nickel}} = 8,70 \times 1,00 \cdot 10^{-6} = 8,70 \cdot 10^{-6} \text{ T} = \mathbf{8,70 \text{ g}}$  5 points
- b)  $M_{\text{NiCl}_2} = 129,7 \text{ g/mol}$  5 points  
 $m_{\text{NiCl}_2} = 8,70 \times (129,7 / 58,7) = 19,223 \text{ g}$  5 points  
 $\rho_{\text{NiCl}_2} = 19,223 / 2 = \mathbf{9,61 \text{ g/L}}$  5 points

### PROBLEME 2

- a)  $M_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} = 294,2 \text{ g/mol}$  2 points  
 $n_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} = 0,661 / 294,2 = 2,24677 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$  3 points  
 $c_{\text{S1}} = 2,24677 \cdot 10^{-3} / 250 \cdot 10^{-3} = 8,98708 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$  4 points  
 $c_{\text{S2}} = 8,98708 \cdot 10^{-3} \times 10,0 \cdot 10^{-3} / 500 \cdot 10^{-3} = 1,79742 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$  4 points  
 $c_{\text{S3}} = 1,79742 \cdot 10^{-4} \times 5,00 \cdot 10^{-3} / 250 \cdot 10^{-3} = 3,59483 \cdot 10^{-6} \text{ mol/L}$   
 $\mathbf{c_{\text{S3}} = 3,59 \cdot 10^{-6} \text{ mol/L}}$  4 points
- b)  $n_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \text{ prise d'essai}} = 3,59 \cdot 10^{-6} \times 25 \cdot 10^{-3} = 8,98708 \cdot 10^{-8} \text{ mol}$  4 points  
 $m_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \text{ prise d'essai}} = 8,98708 \cdot 10^{-8} \times 294,2 = 2,644 \cdot 10^{-5} \text{ g} = \mathbf{26,4 \mu\text{g}}$  4 points

### PROBLEME 3

- a)  $\mathbf{4 \text{ C}_3\text{H}_5(\text{NO}_3)_3 \rightarrow 6 \text{ N}_2 + \text{O}_2 + 12 \text{ CO}_2 + 10 \text{ H}_2\text{O}}$  10 points
- b)  $M_{\text{C}_3\text{H}_5(\text{NO}_3)_3} = 227,05 \text{ g/mol}$  3 points  
 $m_{\text{C}_3\text{H}_5(\text{NO}_3)_3} = 1590 \text{ g}$  3 points  
 $n_{\text{C}_3\text{H}_5(\text{NO}_3)_3} = 1590 / 227,05 = 7,00286 \text{ mol}$  3 points  
 $n_{\text{gaz}} = 7,00286 \times (29 / 4) = 50,7708 \text{ mol}$  3 points  
 $V_{\text{gaz}} = 50,7708 \times 22,4 = \mathbf{1,14 \text{ m}^3}$  3 points

#### PROBLEME 4

- a)  $n_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ dosage}} = 7,65 \cdot 10^{-3} \times 7,50 \cdot 10^{-2} = 5,7375 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$  2 points
- $n_{\text{I}_2 \text{ excès}} = 5,7375 \cdot 10^{-4} / 2 = 2,86875 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$  2 points
- $n_{\text{I}_2 \text{ total}} = 30,0 \cdot 10^{-3} \times 1,15 \cdot 10^{-2} = 3,45 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$  2 points
- $n_{\text{I}_2 \text{ réaction}} = 3,45 \cdot 10^{-4} - 2,86875 \cdot 10^{-4} = 5,8125 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$  3 points
- $n_{\text{Cd}^{2+}} = 5,8125 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$  2 points
- $n_{\text{H}_2\text{S}} = 5,8125 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$  2 points
- $M_{\text{H}_2\text{S}} = 34,02 \text{ g/mol}$  2 points
- $m_{\text{H}_2\text{S}} = 5,8125 \cdot 10^{-5} \times 34,12 = 1,983225 \cdot 10^{-3} \text{ g} = \mathbf{1,98 \text{ mg}}$  2 points
- b)  $m_{\text{air}} = 20,0 \times 1,29 = 25,8 \text{ g}$  2 points
- teneur massique en H<sub>2</sub>S** =  $1,983225 \cdot 10^{-3} \text{ mg} / 25,8 \cdot 10^{-3} \text{ kg} = \mathbf{76,9 \text{ ppm}}$  2 points
- c)  $V_{\text{H}_2\text{S}} = 5,8125 \cdot 10^{-5} \times 22,4 = 1,302 \cdot 10^{-3} \text{ L}$  2 points
- teneur volumique en H<sub>2</sub>S** =  $1,302 \text{ mL} / 20,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 = \mathbf{65,1 \text{ ppm}}$  2 points

#### PROBLEME 5 SUBSIDIAIRE

25 points

$$\{(92,2297 / 100) \times 27,9769\} + \{(y / 100) \times 28,9765\} + \{(z / 100) \times 29,9738\} = 28,0855$$
$$92,2297 + y + z = 100$$

$$\{(92,2297 / 100) \times 27,9769\} + \{(y / 100) \times 28,9765\} + \{(z / 100) \times 29,9738\} = 28,0855$$
$$y = 100 - 92,2297 - z = 7,7703 - z$$

$$\{(92,2297 / 100) \times 27,9769\} + \{(7,7703 - z) / 100\} \times 28,9765 + \{(z / 100) \times 29,9738\} = 28,0855$$
$$y = 7,7703 - z$$

$$(92,2297 \times 27,9769) + \{(7,7703 - z) \times 28,9765\} + (z \times 29,9738) = 28,0855 \times 100$$
$$y = 7,7703 - z$$

$$2580,30 + 225,156 - 28,9765 z + 29,9738 z = 2808,55$$
$$y = 7,7703 - z$$

$$0,9973 z = 3,09281$$
$$y = 7,7703 - z$$

$$z = 3,10118$$
$$y = 7,7703 - z$$

$$y = 4,66912 \quad \text{Abondance } ^{29}\text{Si} = \mathbf{4,67 \%}$$
$$z = 3,10118 \quad \text{Abondance } ^{30}\text{Si} = \mathbf{3,10 \%}$$