

REVISIONS BAC EDS SPC - EXERCICE - LE SULFURE D'HYDROGENE

Dans les Antilles et notamment en Martinique, l'échouage massif de sargasses provoque également de fortes émissions de sulfure d'hydrogène, agissant à la fois sur la santé humaine et sur la détérioration des appareils électroménagers.



Arrivée massive de Sargasses sur le littoral
Source : DEAL Martinique



Réfrigérateur détérioré d'une maison en bord de mer
Source : la1ere.franceinfo

Le sulfure d'hydrogène, ou hydrogène sulfuré, est un composé chimique de formule H_2S , constitué de soufre et d'hydrogène. C'est un gaz inflammable, incolore, à l'odeur nauséabonde d'œuf pourri, très toxique, faiblement soluble dans l'eau en donnant un acide faible, l'acide sulfhydrique. Il réagit avec les solutions aqueuses basiques et les métaux tels que l'argent ou l'acier, même inoxydable.

Les objectifs de cet exercice sont de :

- caractériser la molécule de sulfure d'hydrogène et faire un rappel sur le pH de l'eau pure à 25 °C
- mener une étude des propriétés acido-basiques et réductrices du sulfure d'hydrogène ;
- connaître un des produits de la décomposition des algues et ses groupes fonctionnels

Données :

- Eléments chimiques hydrogène et soufre : 1_1H ; $^{32}_{16}S$;
- Couples d'oxydo - réduction : $SO_2(aq) / S(s)$ et $S(s) / H_2S(aq)$
- Constante d'acidité : valeurs des K_A à 25 °C des deux couples acide-base étudiés
 - Couple H_2S/HS^- : $K_{a1} = 10^{-7}$;
 - Couple HS^-/S^{2-} : $K_{a2} = 10^{-13}$.
- Masse molaire de S : $32,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$;

Tableau périodique des éléments et échelle d'électronégativité de Pauling

H 2,2																	He
Li 0,98	Be 1,57											B 2,04	C 2,55	N 3,04	O 3,44	F 3,98	Ne
Na 0,93	Mg 1,31											Al 1,61	Si 1,9	P 2,19	S 2,58	Cl 3,16	Ar
K 0,82	Ca 1	Sc 1,36	Ti 1,54	V 1,63	Cr 1,66	Mn 1,55	Fe 1,83	Co 1,88	Ni 1,91	Cu 1,9	Zn 1,65	Ga 1,81	Ge 2,01	As 2,18	Se 2,55	Br 2,96	Kr 3
Rb 0,82	Sr 0,95	Y 1,22	Zr 1,33	Nb 1,6	Mo 2,16	Tc 1,9	Ru 2,2	Rh 2,28	Pd 2,2	Ag 1,93	Cd 1,69	In 1,78	Sn 1,96	Sb 2,05	Te 2,1	I 2,66	Xe 2,6
Cs 0,79	Ba 0,89	Lu 1,27	Hf 1,3	Ta 1,5	W 2,36	Re 1,9	Os 2,2	Ir 2,2	Pt 2,28	Au 2,54	Hg 2	Tl 1,62	Pb 1,87	Bi 2,02	Po 2	At 2,2	Rn 2,2
Fr 0,7	Ra 0,9	Lr 1,3	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og
		La 1,1	Ce 1,12	Pr 1,13	Nd 1,14	Pm 1,13	Sm 1,17	Eu 1,2	Gd 1,2	Tb 1,2	Dy 1,22	Ho 1,23	Er 1,24	Tm 1,25	Yb 1,1		
		Ac 1,1	Th 1,3	Pa 1,5	U 1,38	Np 1,36	Pu 1,28	Am 1,13	Cm 1,28	Bk 1,3	Cf 1,3	Es 1,3	Fm 1,3	Md 1,3	No 1,3		

Source : [wikipedia.org/wiki/électronégativité](https://fr.wikipedia.org/wiki/Électronégativité)

1. Molécule de sulfure d'hydrogène et pH de l'eau pure à 25 °C

- 1.1. Donner la configuration électronique des atomes suivants : hydrogène H, soufre S,
- 1.2. Justifier la formule de l'ion S^{2-}
- 1.3. Établir le schéma de Lewis de la molécule de sulfure d'hydrogène, H_2S , et proposer une géométrie de cette entité. Justifier votre raisonnement.
- 1.4. Préciser si la molécule de sulfure d'hydrogène est polaire. Justifier votre réponse.
- 1.5. Rappeler les deux couples acide base de l'eau
- 1.6. Dans toute solution aqueuse se produit la réaction d'autoprotolyse de l'eau. Écrire l'équation de cette réaction.
- 1.7. Exprimer la constante d'équilibre K_e associée à l'équation précédente. Quel nom donne-t-on à cette constante K_e ?
- 1.8. À 25°C, des mesures de conductivité électrique montrent que pour de l'eau pure :
 $[H_3O^+]_{\text{éq}} = [HO^-]_{\text{éq}} = 1,0 \times 10^{-7} \text{ mol.L}^{-1}$.
 - 2.1.1. Calculer la valeur de K_e à 25 °C.
 - 2.1.2. Calculer la valeur du pH de l'eau pure à 25 °C.

2. Étude des propriétés acido-basiques du sulfure d'hydrogène

- 2.1. Définir un acide au sens de Brønsted
 - 2.2. Déterminer les demi - équations acidobasiques des deux couples acide-base mis en jeu
 - 2.3. Justifier que HS^- est une espèce amphotère
 - 2.4. Ecrire les deux équations des réactions avec l'eau qui se produisent lors de la dissolution de H_2S .
 - 2.5. Donner l'expression de la constante d'acidité associée à chacun de ces couples.
 - 2.6. Représenter le diagramme de prédominance des espèces acide-base des couples
 - 2.7. Indiquer la ou les espèce(s) prédominante(s) à pH = 3 et à pH = 12
 - 2.8. Calculer la concentration $[H_3O^+]$ des ions H_3O^+ à pH = 3 ainsi que celle $[HO^-]$ des ions OH^-
- On considère une solution aqueuse de sulfure d'hydrogène de concentration $C=5,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.
- On considèrera que :
- Le couple HS^-/S^{2-} n'a pas d'influence sur la valeur du pH
 - $C \gg [H_3O^+]$
 - $[HS^-] = [H_3O^+]$ (solution reste électriquement neutre, en milieu acide HO^- est négligeable)
 - L'élément soufre se conserve : $[HS^-] + [H_2S] = C$
- 2.9. A partir de l'expression littérale de K_{a1} , montrer que $K_{a1} = [H_3O^+]^2 / C$
 - 2.10.
 - 2.10.1. En déduire l'expression littérale du pH de la solution
 - 2.10.2. Vérifier que la valeur de pH est de 4,2 et confirmer l'hypothèse $C \gg [H_3O^+]$

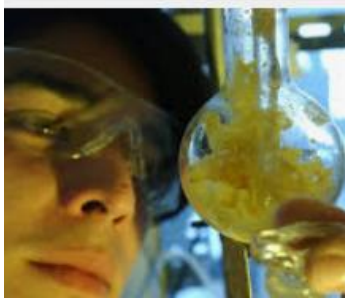
3. Étude des propriétés réductrices du sulfure d'hydrogène et production de soufre

3.1. Définir un réducteur et un oxydant

3.2. Ecrire la demi-équation électronique du couple S(s) / H₂S (aq) en solution aqueuse

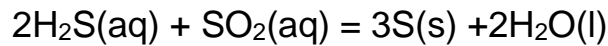
3.3. Ecrire la demi-équation électronique du couple SO₂ (aq) / S (s) en solution aqueuse

Le soufre est obtenu par action du dioxyde de soufre (SO₂ (aq)) sur le sulfure d'hydrogène H₂S. (aq)). Le soufre (S) sous forme solide et l'eau sont les produits d'une réaction d'oxydo - réduction.



Sources : CNRS et Wikipedia

3.4. En utilisant les deux demi - équations électroniques précédentes des questions 3.2. et 3.3. Montrer que l'équation de la réaction d'oxydo - réduction entre H₂S. (aq) et SO₂ (aq) en solution aqueuse est :



Si on fixe la pression en sulfure d'hydrogène égale à 1 bar, à 20°C, la concentration en sulfure d'hydrogène en solution aqueuse reste constante et égale à [H₂S] = 0,10 mol.L⁻¹ . Dans l'état initial, le système étudié comprend 4,0 mol de dioxyde de soufre et un volume V=50 L de sulfure d'hydrogène.

3.5. Compléter le tableau d'avancement fourni en annexe 1.

3.6. Déterminer la quantité initiale de matière de sulfure d'hydrogène n_i(H₂S).

3.7. A l'aide du tableau d'avancement, déterminer l'avancement maximal x_{max}

3.8. En déduire le réactif limitant de cette réaction.

3.9. Donner la composition du système chimique à l'état final.

3.10. En déduire la masse de soufre solide théorique (attendue) m_{sth}

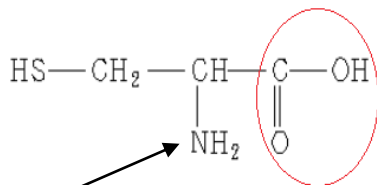
Écart relatif entre une valeur expérimentale G_{exp} et une valeur attendue G_a d'une grandeur quelconque

$$G \text{ (en \%)} = \left| \frac{G_{\text{exp}} - G_{\text{a}}}{G_{\text{a}}} \right| \times 100 \text{ (critère d'appréciation : une mesure est satisfaisante si l'écart relatif est inférieur à 5 \%)}$$

3.11. Expérimentalement, on obtient une masse de soufre mesurée m_{sexp} = 230 g. En déduire l'écart relatif entre la masse mesurée m_{sexp} et la masse théorique m_{sth} . et préciser si la mesure est satisfaisante.

4. Décomposition des algues

Le sulfure d'hydrogène produit lors de la décomposition des algues provient de la dégradation d'un acide aminé sulfuré, la L-Cystéine dont la formule semi-développée est représentée ci-contre. Elle possède deux groupements fonctionnels, comme tout acide aminé :



4.1. Déterminer la formule brute de la L-Cystéine

4.2. Donner le nom du groupe caractéristique entouré sur la formule de la L-Cystéine

4.3. Préciser la famille de composés associée à ce groupe caractéristique

4.4. Citer le nom de l'autre groupe caractéristique indiqué par la flèche et la famille associée également

Annexe 1

Equation					
Coefficients stœchiométriques					
Avancement à l'état initial	0				
Avancement au cours de la transformation	x				
Avancement à l'état final	x _{max}				