

TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN
TRƯỜNG THPT CHUYÊN KHOA HỌC TỰ NHIÊN

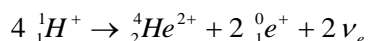


HUS High School For Gifted Students

ĐÁP ÁN- THANG ĐIỂM
ĐỀ THI OLYMPIC CHUYÊN KHOA HỌC TỰ NHIÊN 2015
MÔN HÓA HỌC

Ngày thứ hai

Câu 1 (3 điểm) Mặt trời có đường kính $1,392 \cdot 10^6$ km và có khối lượng riêng trung bình là $1,408 \text{ g/cm}^3$. Nó chứa 73,46% hiđrô (theo khối lượng). Toàn bộ năng lượng do mặt trời phát ra là từ phản ứng nhiệt hạch của hiđrô tạo heli:



26,72 MeV năng lượng được tỏa ra khi tạo thành một hạt nhân heli. Công suất phát năng lượng của mặt trời là $3,846 \cdot 10^{26} \text{ J/s}$. Hạt nhân ${}^1_1\text{H}^+$ có nguyên tử khối là 1,0078 u.

(a) Hãy tính khối lượng của mặt trời.

$1,988 \cdot 10^{33} \text{ g}$

...../ 0,5 điểm

(b) Hãy tính khối lượng hiđrô tham gia phản ứng nhiệt hạch trong khoảng thời gian 1 giây.

$6,014 \cdot 10^{14} \text{ gam/s}$

...../ 0,5 điểm

(c) Từ lượng hiđrô còn lại của mặt trời, hãy tính thời gian mặt trời tiếp tục phát sáng với giả thiết công suất phát năng lượng được giữ không đổi.

$7,697 \cdot 10^{10} \text{ năm}$

...../ 0,5 điểm

(d) Hãy tính khối lượng bị hao hụt của mặt trời trong một giây do phản ứng nhiệt hạch của hiđrô.

$4,279 \cdot 10^9 \text{ kg}$

...../ 1 điểm

(e) Khoảng cách trung bình giữa mặt trời và trái đất là $1,496 \cdot 10^8$ km. Hãy tính năng lượng của mặt trời chiếu vuông góc trên $1,0 \text{ m}^2$ bề mặt trái đất.

1368 J/s/m^2

...../ 0,5 điểm

Câu 2 (3 điểm) Các chất khí A_2 và B_2 được trộn theo tỉ lệ mol tương ứng là 2:1 trong một bình kín ở nhiệt độ T_1 . Khi cân bằng $A_2(k) + B_2(k) \rightleftharpoons 2 AB(k)$ được thiết lập thì số phân tử AB bằng tổng số phân tử A_2 và B_2 .

(a) Hãy tính hằng số cân bằng K_1 của phản ứng trên.

$K_1 = 7,2$

...../ 1 điểm

(b) Hãy xác định tỉ lệ số phân tử AB trên tổng số phân tử A_2 và B_2 ở trạng thái cân bằng nếu các chất ban đầu được trộn theo tỉ lệ mol 1: 1 ở nhiệt độ T_1 .

1,34

...../ 1 điểm

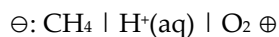
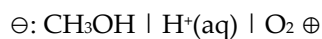
Hỗn hợp cân bằng thu được từ hỗn hợp đầu có tỉ lệ mol $A_2 : B_2 = 2 : 1$ được đun nóng cho tới khi hằng số cân bằng mới $K_2 = K_1/ 2$.

(c) Hãy cho biết lượng B_2 (theo % so với lượng B_2 ban đầu) cần thêm vào bình để lượng A_2 và AB ở trạng thái cân bằng được giữ không đổi như ở nhiệt độ T_1 .

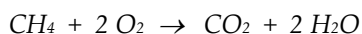
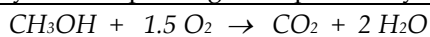
25%

...../ 1 điểm

Câu 3 (3 điểm) Xét hai pin nhiên liệu sau:



(a) Hãy viết hai phương trình phản cháy xảy ra trong hai pin trên.

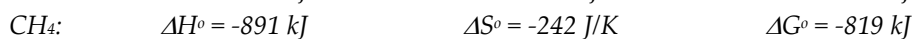
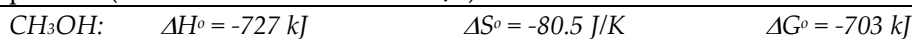


...../ 0,5 điểm

Cho các số liệu sau:

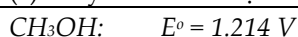
Chất	$\Delta H^\circ_{\text{sn}, 298}$ (kJ/mol)	S°_{298} (J/mol/K)
CH_3OH	-239	127
CH_4	-74,9	186
O_2	0	205
CO_2	-394	214
H_2O	-286	70,0

(b) Hãy tính biến thiên entanpy, entropy và năng lượng tự do ở điều kiện chuẩn của hai phản ứng xảy ra trong pin trên (tính cho 1 mol chất nhiên liệu).



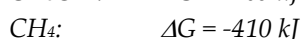
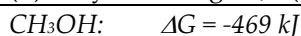
...../ 0,5 điểm

(c) Hãy tính suất điện động chuẩn của mỗi pin.



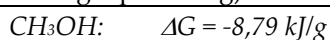
...../ 0,5 điểm

(d) Hãy tính công điện (ΔG) được tạo ra bởi mỗi pin ở điều kiện chuẩn (tính cho 1 mol O_2).



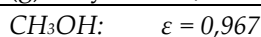
...../ 0,5 điểm

(e) Hãy tính công điện (ΔG) được tạo ra bởi mỗi pin ở điều kiện chuẩn (tính cho 1 gam tổng khối lượng các chất tham gia phản ứng).



...../ 0,5 điểm

(g) Hãy tính hiệu suất nhiệt động của mỗi pin.



...../ 0,5 điểm

Câu 4 (3 điểm) Sunfuryl diclorua (SO_2Cl_2) thường được sử dụng làm tác nhân clo hóa hoặc sunfo hóa. Ở nhiệt độ phòng, SO_2Cl_2 là chất lỏng không màu và có nhiệt độ sôi là 70°C . Nó phân hủy thành SO_2 và Cl_2 ở trên 100°C . Một bình kín được nạp SO_2Cl_2 . Sự phân hủy của chất này được theo dõi qua sự thay đổi áp suất tổng cộng ở 375 K . Các số liệu thu được như sau:

thời gian, s	0	2500	5000	7500	10000
áp suất tổng cộng, atm	0,500	0,527	0,553	0,576	0,599

(a) Hãy chứng minh phản ứng tuân theo phương trình động học bậc nhất và tính hằng số tốc độ của phản ứng.

$$k = 2,21 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$$

...../ 0,5 điểm

Khi phản ứng phân hủy được thực hiện ở 112 °C (bắt đầu cũng từ $p_0 = 0,5 \text{ atm}$), sau 1 giờ áp suất tổng cộng trong bình là 0,78 atm.

(b) Hãy tính năng lượng hoạt hóa của phản ứng.

$$E_a = 280 \text{ kJ/mol}$$

...../ 0,5 điểm

Cho bảng số liệu sau:

	Cl ₂	SO ₂	SO ₂ Cl ₂
$\Delta H^\circ_{\text{sn}}$, kJ/mol	0	-296,8	-354,8
S° , J/(K·mol)	223,1	248,2	311,1

(c) Hãy tính ΔG° và K_p của phản ứng phân hủy SO₂Cl₂ ở 400 K. Giả thiết rằng ΔH° và S° không thay đổi theo nhiệt độ.

$$K_p = 6,23$$

...../ 0,5 điểm

Trong thực tế ΔH° và S° có thay đổi theo nhiệt độ theo các phương trình sau (T là nhiệt độ theo Kelvin):

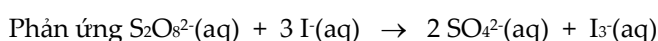
	Cl ₂	SO ₂	SO ₂ Cl ₂
$\Delta H^\circ_{\text{sn}}(T)$, kJ/mol	$-10,2 + 34,2 \cdot 10^{-3} \cdot T$	$-309,1 + 41,4 \cdot 10^{-3} \cdot T$	$-369,2 + 48,2 \cdot 10^{-3} \cdot T$
$S^\circ(T)$, J/(K·mol)	$28,3 + 34,2 \cdot \ln T$	$12,34 + 41,4 \cdot \ln T$	$36,5 + 48,2 \cdot \ln T$

(d) Hãy tính lại các giá trị ΔG° và K_p của phản ứng phân hủy SO₂Cl₂ ở 400 K có tính đến sự thay đổi của ΔH° và S° theo nhiệt độ. Hãy đánh giá xem giả thiết ở (c) có hợp lý không?

$$K_p = 6,98$$

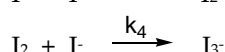
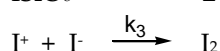
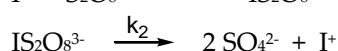
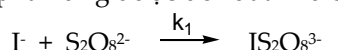
Giả thiết ở (c) không hợp lý

...../ 0,5 điểm



$$\text{có phương trình động học } v = \frac{d[\text{I}_3^-]}{dt} = k \cdot c(\text{S}_2\text{O}_8^{2-}) \cdot c(\text{I}^-).$$

Cơ chế của phản ứng được đề xuất như sau:



(e) Hãy chứng minh cơ chế đề xuất phù hợp với phương trình động học. Biết rằng trạng thái nồng độ ổn định có thể áp dụng cho tất cả các cấu tử trung gian của phản ứng.

$$v = \frac{d[\text{I}_3^-]}{dt} = k_4 \cdot [\text{I}_2] \cdot [\text{I}^-]$$

$$\frac{d[\text{I}_2]}{dt} = k_3 \cdot [\text{I}^+] \cdot [\text{I}^-] - k_4 \cdot [\text{I}_2] \cdot [\text{I}^-] = 0 \quad \Rightarrow \quad k_4 \cdot [\text{I}_2] \cdot [\text{I}^-] = k_3 \cdot [\text{I}^+] \cdot [\text{I}^-]$$

$$\frac{d[\text{I}^+]}{dt} = k_2 \cdot [\text{IS}_2\text{O}_8^{3-}] - k_3 \cdot [\text{I}^+] \cdot [\text{I}^-] = 0 \quad \Rightarrow \quad k_4 \cdot [\text{I}_2] \cdot [\text{I}^-] = k_2 \cdot [\text{IS}_2\text{O}_8^{3-}]$$

$$\frac{d[\text{IS}_2\text{O}_8^{3-}]}{dt} = k_1 \cdot [\text{I}^-] [\text{S}_2\text{O}_8^{2-}] - k_2 \cdot [\text{IS}_2\text{O}_8^{3-}] \Rightarrow k_4 \cdot [\text{I}_2] \cdot [\text{I}^-] = k_1 \cdot [\text{I}^-] [\text{S}_2\text{O}_8^{2-}]$$

Vậy cơ chế đề xuất phù hợp với phương trình động học

...../ 1 điểm

Câu 5 (3 điểm) Một chất màu vàng- da cam (A) được điều chế bằng phản ứng ozon hóa dung dịch brom trong tricloflometan ở -78 °C. Biết A là một oxit của brom.

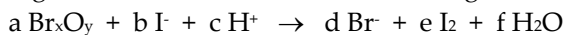
Đun nóng oxit A từ -78 °C đến -5°C tạo ra hai sản phẩm là oxit của brom B màu vàng và oxit của brom C màu nâu thẫm. Gọi công thức chung của brom oxit là Br_xO_y .

(a) Hãy cho biết số oxi hóa của brom trong Br_xO_y theo x và y.

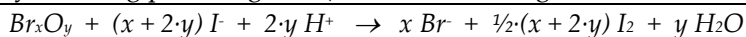
Số oxi hóa = $+2 \cdot y/x$

...../ 0,5 điểm

Phản ứng của các oxit trên với ion iodua trong môi trường axit được dùng để phân tích các oxit này:



(b) Hãy cân bằng phản ứng trên (với hệ số cân bằng được biểu diễn theo x và y).

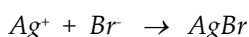
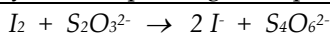


...../ 0,5 điểm

Iot được tạo thành từ phản ứng trên được xác định bằng cách chuẩn độ với dung dịch thiosunfat 0,065 mol/L. Ion bromua trong cùng mẫu được xác định bằng phương pháp chuẩn độ điện thế bằng dung dịch bạc nitrat 0,020 mol/L. Kết quả thu được như sau:

	V(dd $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$), mL	V(dd AgNO_3), mL
Oxit A	10,3	6,7
Oxit B	17,7	14,4
Oxit C	8,74	14,2

(c) Hãy viết các phương trình phản ứng chuẩn độ.



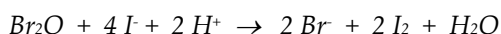
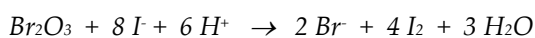
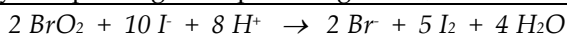
...../ 0,5 điểm

(d) i/ Hãy xác định công thức phân tử của A, B và C.

Oxide	$n(\text{I}_2)/\text{mol}$	$n(\text{Br}^-)/\text{mol}$	y/x	Formula
A	$3,35 \cdot 10^{-4}$	$1,34 \cdot 10^{-4}$	2	BrO_2
B	$5,75 \cdot 10^{-4}$	$2,88 \cdot 10^{-4}$	1,5	Br_2O_3
C	$2,84 \cdot 10^{-4}$	$2,84 \cdot 10^{-4}$	0,5	Br_2O

...../ 0,25 điểm

ii/ Hãy viết phương trình phản ứng của A, B và C với ion iodua trong môi trường axit.



...../ 0,25 điểm

(e) Hãy tính khối lượng của các mẫu sử dụng để phân tích.

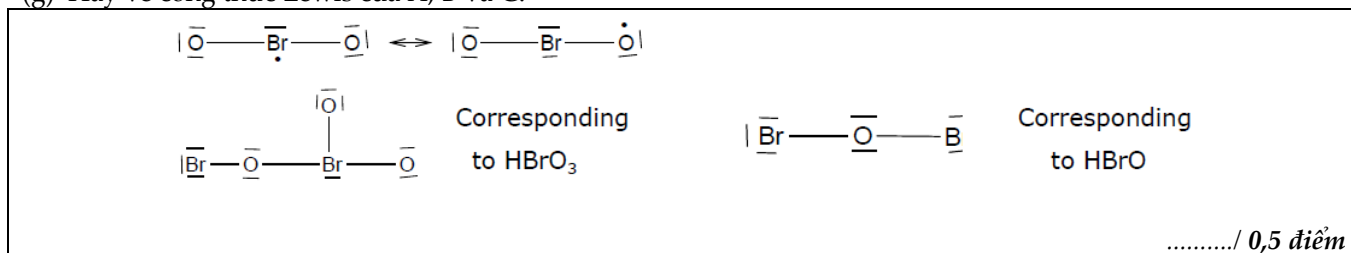
$$m(\text{BrO}_2) = 15 \text{ mg}$$

$$m(\text{Br}_2\text{O}_3) = 30 \text{ mg}$$

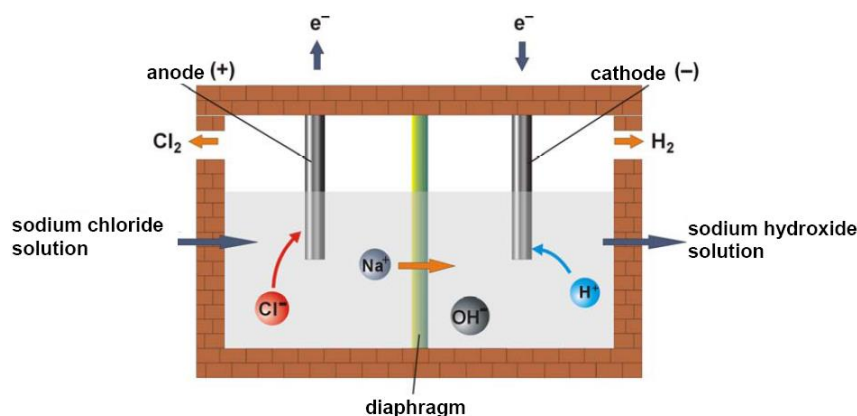
$$m(\text{Br}_2\text{O}) = 25 \text{ mg}$$

...../ 0,5 điểm

(g) Hãy vẽ công thức Lewis của A, B và C.

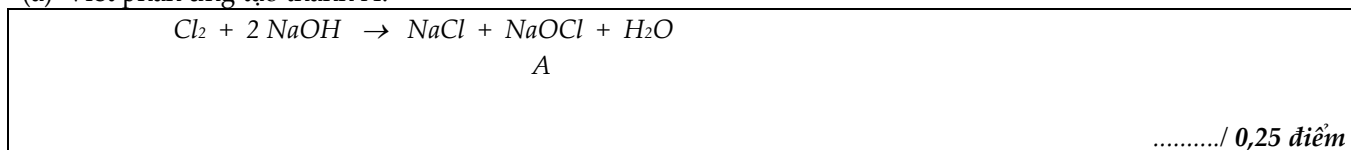


Câu 6 (3 điểm) Sơ đồ dưới đây mô tả quá trình điện phân dung dịch natri clorua để điều chế clo, hiđro và natri hidroxit.



Nếu bình điện phân không có màng ngăn giữa hai điện cực thì sản phẩm phụ A sẽ được tạo thành do phản ứng của clo với natri hidroxit.

(a) Viết phản ứng tạo thành A.



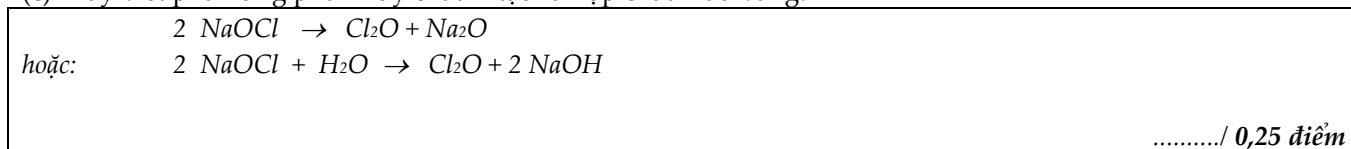
Dung dịch tẩy rửa có chứa 1,5 % chất A. Theo như công bố của nhà sản xuất thì A bị phân hủy tạo thành natri clorua và oxi nên không gây ô nhiễm môi trường.

(b) Hãy viết phản ứng phân hủy chất A.



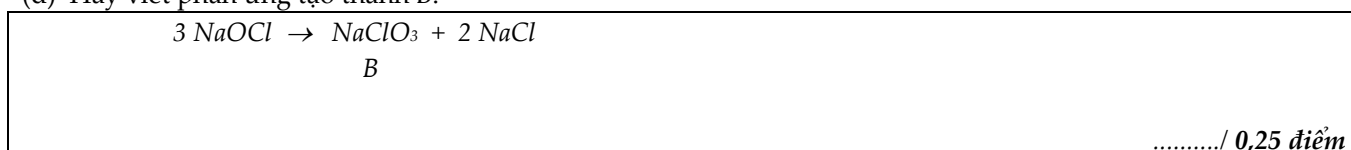
Dung dịch đặc của A để lâu bị chuyển sang màu vàng.

(c) Hãy viết phản ứng phân hủy chất A tạo ra hợp chất màu vàng.



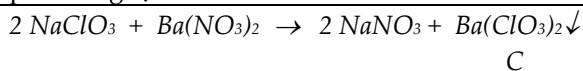
Khi đun nóng dung dịch, A bị phân hủy tạo thành natri clorua và chất B, một chất gây ô nhiễm môi trường.

(d) Hãy viết phản ứng tạo thành B.



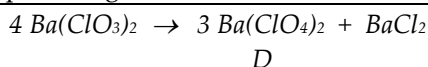
Khi thêm bari nitrat vào dung dịch B thu được kết tủa trắng C, chất này khi đun nóng tạo thành bari clorua và chất rắn màu trắng D.

(e) Hãy viết phản ứng tạo thành C.



...../ 0,25 điểm

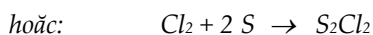
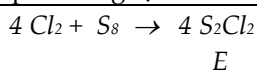
(f) Hãy viết phản ứng tạo thành D.



...../ 0,25 điểm

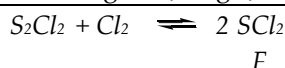
Clo ở dạng đơn chất phản ứng với hầu hết các nguyên tố ngoại trừ các khí hiếm, nito, và oxi. Khi xục khí clo vào lưu huỳnh ở trạng thái nóng chảy ở 240°C sẽ thu được hợp chất bậc hai E, E phản ứng tiếp với clo (khi có mặt Fe(III) hoặc iot) tạo ra F. Hợp chất bậc hai F chứa 68,9% clo theo khối lượng. F nằm cân bằng với E và clo.

(g) Hãy viết phản ứng tạo thành E.



...../ 0,25 điểm

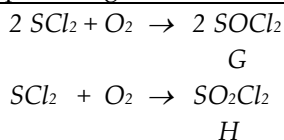
(h) Hãy viết cân bằng thuận nghịch giữa E và F.



...../ 0,25 điểm

Oxi hóa F trong điều kiện thiếu oxi thu được hợp chất G, còn trong điều kiện dư oxi thu được hợp chất H.

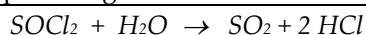
(i) Hãy viết phản ứng tạo thành G và H từ F.



...../ 0,25 điểm

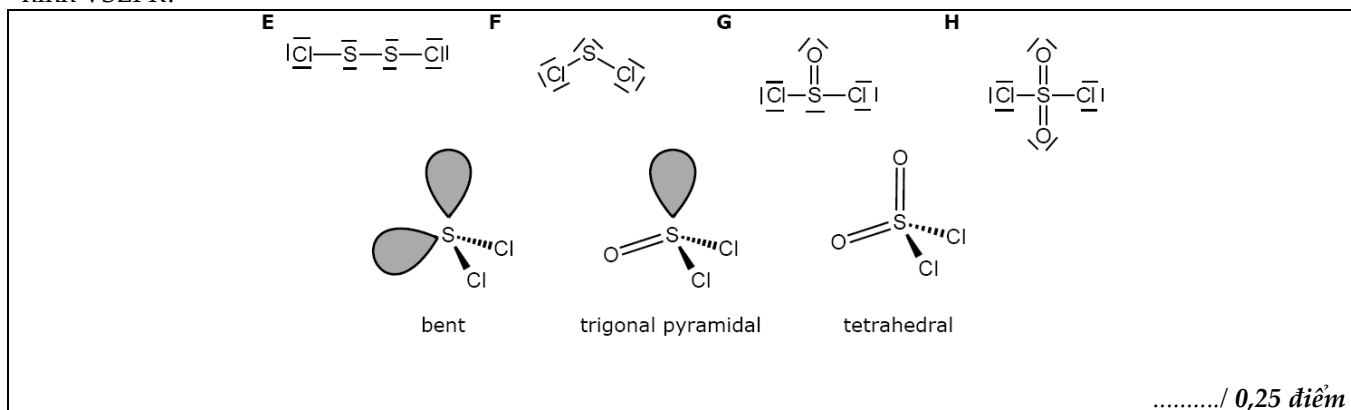
Hợp chất G và H là những chất lỏng ở điều kiện thường, phản ứng mãnh liệt với nước, do đó hợp chất G được sử dụng để loại vết nước có trong các dụng cụ thí nghiệm bằng cách đun hồi lưu G, các sản phẩm khí sinh ra do G phản ứng với nước sẽ bay ra ngoài. Lượng G dư được loại trừ bằng cách đun nóng trong chân không.

(j) Hãy viết phản ứng của G với nước.



...../ 0,25 điểm

(k) Hãy vẽ công thức Lewis của các hợp chất E, F, G và H và cho biết hình học phân tử của F, G và H theo mô hình VSEPR?



(l) Hãy cho biết oxi axit tương ứng của G và H.

H_2SO_3 và H_2SO_4

...../ 0,25 điểm

Câu 7 (2 điểm) Thủy ngân (II)-sunfua là một trong những muối ít tan nhất với tích số tan $K_{\text{sp}} = 1,58 \cdot 10^{-52}$.

(a) Hãy tính độ tan của HgS theo mol/L. Giả thiết rằng Hg^{2+} và S^{2-} không tham gia phản ứng thủy phân.

$S = 1,26 \cdot 10^{-26} \text{ mol/L}$

...../ 0,5 điểm

Trong thực tế độ tan tính được ở phần (a) khác rất nhiều so với độ tan xác định được từ thực nghiệm. Điều này là do Hg^{2+} và S^{2-} có tham gia phản ứng thủy phân. Khi đó người ta thiết lập được phương trình liên hệ sau:

$$[\text{S}^{2-}]^2 \left(1 + \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{K_{a2}} + \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}{K_{a1}K_{a2}} \right) = K_L \left(1 + \beta_1 \frac{K_w}{[\text{H}_3\text{O}^+]} + \beta_2 \frac{K_w^2}{[\text{H}_3\text{O}^+]^2} \right) \quad (1)$$

Cho:

- Hằng số phân ly axit của H_2S : $K_{a1} = 7,94 \cdot 10^{-8}$; $K_{a2} = 1,26 \cdot 10^{-13}$
- Hằng số bền tổng cộng của phức giữa Hg^{2+} và OH^- : $\beta_1 = 2,00 \cdot 10^{10}$; $\beta_2 = 5,01 \cdot 10^{21}$
- $K_w = 1,00 \cdot 10^{-14}$

Biết dung dịch bão hòa HgS có pH = 7.

(b) Hãy tính nồng độ cân bằng của các ion Hg^{2+} và S^{2-} .

$[\text{S}^{2-}] = 6,64 \cdot 10^{-26} \text{ mol/L}$

$[\text{Hg}^{2+}] = 2,38 \cdot 10^{-27} \text{ mol/L}$

...../ 1 điểm

(c) Hãy tính độ tan của HgS trong nước. Hãy so sánh với kết quả tính được ở (a) và rút ra nhận xét.

$S = 1,19 \cdot 10^{-19} \text{ mol/L}$

So sánh với kết quả tính được ở (a): $1,26 \cdot 10^{-26} / 1,19 \cdot 10^{-19} = 1,06 \cdot 10^{-7}$.

Hai kết quả khác nhau rất nhiều.

...../ 0,5 điểm

---HẾT---