BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

HƯỚNG DẪN CHẤM ĐỀ THI CHÍNH THỨC
(Hướng dẫn gồm 16 trang)

KỲ THI CHỌN ĐỘI TUYỂN OLYMPIC NĂM 2020
Môn: **HÓA HỌC**
Ngày thi thứ nhất: **27/6/2020**

I. HƯỚNG DẪN CHUNG

1. Giám khảo chấm đúng như đáp án – thang điểm của Bộ Giáo dục và Đào tạo.
2. Nếu có câu nào, ý nào mà thí sinh có cách trả lời khác so với đáp án nhưng đúng thì vẫn cho điểm tối đa của câu đó, ý đó theo thang điểm.
3. Giám khảo không quy tròn điểm thành phần, điểm của từng câu và điểm của bài thi.

II. ĐÁP ÁN – THANG ĐIỂM

Các hằng số và phương trình

Cho: H = 1; C = 12; N = 14; O = 16; P = 31; S = 32; Cl = 35,5; K = 39; Fe = 56; Ru = 101; Cs = 133; Ce = 140; Gd = 157; Hg = 201; $Z_B = 5$; $Z_C = 6$; $Z_N = 7$; $Z_O = 8$; $Z_P = 15$; $Z_{Ru} = 44$.
Trong bài thi này, hoạt độ của các tiểu phân trong dung dịch nước được coi xấp xỉ bằng nồng độ tương ứng tính theo $mol \cdot L^{-1}$. Chất khí, hơi được coi là khí lí tưởng.

Hằng số Avogadro:	$N_A = 6{,}022 \cdot 10^{23}\ mol^{-1}$
Hằng số khí lí tưởng:	$R = 8{,}314\ J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$
Số pi	$\pi = 3{,}1416$
Áp suất khí quyển:	$P_{atm} = 1\ atm = 1{,}013\ bar = 1{,}013 \times 10^5\ Pa$
Không độ theo thang Celsius:	273,15 K
Hằng số Faraday:	$F = 96485\ C \cdot mol^{-1}$
Hằng số Planck:	$h = 6{,}626 \times 10^{-34}\ J \cdot s$
Tốc độ ánh sáng trong chân không:	$c = 2{,}998 \times 10^8\ m \cdot s^{-1}$
Điện tích nguyên tố:	$e = 1{,}602 \times 10^{-19}\ C$
Electron-volt	$1\ eV = 1{,}602 \times 10^{-19}\ J$
Quan hệ Planck-Einstein:	$E = h\nu = hc/\lambda$
Phương trình khí lí tưởng:	$pV = nRT$
Năng lượng tự do Gibbs:	$G = H - TS$ $\Delta_r G^\circ = -RT \ln K^\circ$ $\Delta_r G^\circ = -n\,F\,E_{pin}^\circ$ $\Delta_r G = \Delta_r G^\circ + RT \ln Q$
Chỉ số phản ứng Q cho một phản ứng a A(aq) + b B(aq) = c C(aq) + d D(aq):	$Q = \dfrac{[C]^c[D]^d}{[A]^a[B]^b}$
Phương trình Henderson−Hasselbalch:	$pH = pK_a + \log\dfrac{[A^-]}{[HA]}$
Phương trình Nernst–Peterson:	$E = E^o - \frac{RT}{nF}\ln Q$
trong đó Q là chỉ số phản ứng của bán phản ứng khử	ở T = 298 K, $\frac{RT}{F}\ln 10 \approx 0{,}0592$ V
Định luật Beer–Lambert:	$A = \varepsilon l c$

Câu 1 (4 điểm)	Ý	1.1.a	1.1.b	1.2.a	1.2.b	1.2.c	1.3.a	1.3.b	Tổng
	Thang điểm	2/4	2/4	2/4	2/4	2/4	2/4	4/4	**4,0**
	Điểm chấm								

Câu 1

1.1.

a) Đánh dấu **x** vào (các) ô phương án đúng khi so sánh năng lượng ion hóa thứ nhất của nguyên tử và phân tử tương ứng. Giải thích ngắn gọn với trường hợp của flo.

A. $I_1(H_2) > I_1(H)$ B. $I_1(H_2) < I_1(H)$ C. $I_1(F_2) > I_1(F)$ D. $I_1(F_2) < I_1(F)$

Đáp án đúng: A: ☑ B: ☐ C: ☐ D: ☑

Giải thích:

Cấu hình electron hóa trị của phân tử F_2

$$\sigma_{2s}^2\sigma_{2s}^{*2}\sigma_z^2(\pi_x^2\pi_y^2)(\pi_x^{*2}\pi_y^{*2})$$

Electron có năng lượng cao nhất của F_2 thuộc MO π^* có năng lượng cao hơn AO tương ứng (ở nguyên tử F) → Năng lượng ion hóa thứ nhất của F_2 thấp hơn của F.

b) Năng lượng ion hóa 1s (thực nghiệm) của F trong HF và F_2 lần lượt là 66,981 và 67,217 $MJ{\cdot}mol^{-1}$. Hãy giải thích vì sao có sự khác nhau này mặc dù electron 1s không tham gia vào việc hình thành liên kết H-F cũng như liên kết F-F.

Năng lượng ion hóa 1s của F bị ảnh hưởng bởi lực hút từ 2 hạt nhân của phân tử. Năng lượng ion hóa này sẽ lớn hơn khi bị 2 hạt nhân hút mạnh hơn.

Khác với cặp liên kết F-F, cặp electron liên kết trong H-F lệch về phía F nhiều hơn nên gây tác dụng chắn lớn hơn với hạt nhân H → giảm lực hút từ hạt nhân H → năng lượng ion hóa 1s của F trong HF nhỏ hơn

1.2. Phương pháp nhiễu xạ neutron (nơtron) được sử dụng rộng rãi trong việc xác định các tính chất và cấu trúc của chất. Một yêu cầu quan trọng trong phương pháp này là các neutron phải có bước sóng *de Broglie* ngắn và chuyển động theo cùng một hướng. Điều này có thể đạt được bằng cách sử dụng các máy gia tốc neutron năng lượng cao.

a) Neutron có khả năng đâm xuyên vật chất rất lớn, chẳng hạn dễ dàng xuyên qua lớp chì kim loại dày 10 cm. Hãy nêu các nguyên nhân để giải thích khả năng đâm xuyên này của neutron.

Neutron là hạt không mang điện nên không bị cản trở bởi hạt nhân cũng như lớp vỏ electron nguyên tử mang điện. Thêm vào đó, nguyên tử gần như có cấu trúc rỗng bởi khoảng cách rất lớn giữa các hạt nhân và lớp vỏ nguyên tử.

b) Tốc độ của neutron có thể được tính từ công thức $v = \sqrt{3k_BT/m}$, m là khối lượng của neutron ($1{,}67\times10^{-27}$ kg), k_B là hằng số Boltzman ($1{,}38\times10^{-23}$ $m^2{\cdot}kg{\cdot}s^{-2}{\cdot}K^{-1}$). Hãy xác định nhiệt độ cần áp đặt lên neutron để thu được neutron có bước sóng *de Broglie* là 0,2 nm.

Sử dụng công thức tính bước sóng *de Broglie* tính được vận tốc tương ứng của neutron

$$\lambda = \frac{h}{mv} \rightarrow v = \frac{h}{m\lambda} = \frac{6{,}626\times10^{-34}}{1{,}67\times10^{-27}.0{,}2\times10^{-9}} = 1{,}98\times10^3 m/s$$

Thay tốc độ tính được vào hệ thức $v = (3k_BT/m)^{1/2}$

$$1{,}98 \times 10^3 = \sqrt{\frac{3.1{,}38 \times 10^{-23}.T}{1{,}67 \times 10^{-27}}}$$

Từ đó tính được **T = 158 K**

c) Vì sao khi xác định cấu trúc của chất bằng phương pháp nhiễu xạ neutron, dòng neutron có nhiệt độ thấp lại được dùng phổ biến.

Nếu sử dụng dòng neutron nhiệt độ cao thì có thể gây nên sự phá hủy cấu trúc cần xác định bởi nhiệt

1.3. Ở trạng thái cơ bản, nguyên tử Bo và các ion của nó (gọi chung là vi hạt) đều có năng lượng xác định.

a) Viết kí hiệu vi hạt ứng với cấu hình electron và năng lượng; tính các năng lượng ion hóa của nguyên tử Bo vào bảng sau:

Cấu hình	**Năng lượng*** **(eV)**	**Kí hiệu vi hạt**	**Năng lượng ion hóa (eV)**
$1s^1$	−340,000	B^{4+}	$\mathbf{I_5}$ = 340,000 eV
$1s^2$	−600,848	B^{3+}	$\mathbf{I_4}$ = 260,848 eV
$1s^22s^1$	−637,874	B^{2+}	$\mathbf{I_3}$ = 37,026 eV
$1s^22s^2$	−660,025	B^{+}	$\mathbf{I_2}$ = 22,151 eV
$1s^22s^22p^1$	−669,800	B	$\mathbf{I_1}$ = 9,775 eV

* Dấu "–" biểu thị năng lượng tính được khi electron còn chịu lực hút của hạt nhân.

b) Nêu những nguyên nhân gây ra sự biến đổi các năng lượng ion hóa của nguyên tử Bo.

Giải thích:

Từ kết quả thu được (xem bảng trên), ta có $I_1 < I_2 < I_3 < I_4 < I_5$ là do:

- Số electron trong nguyên tử hoặc ion càng ít thì tương tác đẩy giữa các electron càng nhỏ, sự che chắn của chúng đến electron khảo sát càng nhỏ nên lực hút của hạt nhân đến electron này càng lớn, điều đó có nghĩa là lực hút của hạt nhân đến các e trong M^{k+} lớn hơn trong $M^{(k-1)+}$, phải tốn năng lượng lớn hơn để tách 1e tiếp theo khỏi M^{k+}, nghĩa là $I_{(k-1)} < I_k$ như thấy với Bo.

- Electron càng gần hạt nhân thì bị hạt nhân hút càng mạnh, năng lượng phải tiêu tốn để bứt electron khỏi nguyên tử hoặc ion càng lớn nên các electron có số lượng tử chính n = 1 gần hạt nhân hơn sẽ có năng lượng ion hóa lớn hơn các electron có n = 2.

- Cấu hình electron của phân lớp bão hòa hoặc nửa bão hòa là cấu hình bền, do đó bứt electron ra khỏi cấu hình bão hòa hoặc nửa bão hòa không thuận lợi về mặt năng lượng, cần tiêu tốn năng lượng nhiều hơn.

(Nêu được chiều hướng ¼; và mỗi nguyên nhân ¼)

Câu 2 (3 điểm)	Ý	2.1.a	2.1.b	2.1.c	2.2.a	2.2.b	2.2.c	2.3.a	2.3.b	2.4	2.5	Tổng
	Thang điểm	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	2/4	1/4	2/4	1/4	**3,0**
	Điểm chấm											

Câu 2

Cacbon monoxit (CO) là khí không màu, không mùi và rất độc. CO có khả năng tạo phức với hemoglobin trong máu, làm ngăn cản sự cố định và vận chuyển oxy của hồng cầu dẫn tới có thể gây tử vong ở người. Vì vậy, hàm lượng CO trong khí thải cần được kiểm soát. Trong một số trường hợp cần thiết phải chuyển hóa CO thành các sản phẩm không độc hại hoặc ít độc hại hơn.

Quá trình chuyển hóa CO trong pha khí bằng hơi nước như sau:

$$CO(k) + H_2O(k) \rightleftharpoons CO_2(k) + H_2(k) \qquad (1)$$

2.1. Biết hằng số cân bằng K_p của phản ứng (1) giảm 0,36% khi tăng nhiệt độ của phản ứng từ 1100 lên 1101 K.

a) Tính $\Delta_r H^o$ trong khoảng nhiệt độ 1100-1101 K từ hằng số cân bằng. Giả sử $\Delta_r H^o$ của phản ứng không đổi trong khoảng nhiệt độ này.

Tính toán:

Từ phương trình Van't Hoff ta có

$$\ln\frac{K_{P_2}}{K_{P_1}} = -\frac{\Delta H^o}{R}\left(\frac{1}{T_2}-\frac{1}{T_1}\right) \Rightarrow \Delta H^o = \frac{RT_1T_2\ln\frac{K_{P_2}}{K_{P_1}}}{T_2-T_1}$$

$$\Rightarrow \Delta H^0 = \frac{8,314.10^{-3}.1100.1101\ln\frac{0,9964K_{P_1}}{K_{P_1}}}{1101-1100} = -36,3\ \text{kJ.mol}^{-1}$$

$\Delta_r H^o$ = −36,3 kJ·mol^{-1} *(viết kết quả với 1 chữ số sau dấu phẩy)*

b) Đề xuất giả thiết thích hợp để tính $\Delta_r H^o$ ở 1100 K từ các dữ kiện nhiệt động cho ở bảng sau:

Chất	CO(k)	CO_2(k)	H_2O(k)	H_2(k)
$\Delta_f H^\circ_{298}$ (kJ·mol^{-1})	−110,4	−393,5	−241,8	0,0
C_p° (J·K^{-1}·mol^{-1})	28,6	37,1	37,5	28,6

Tính toán:

Giả thiết C_p của các chất không đổi theo nhiệt độ.

$$\Delta H^0_{298} = \Delta_f H^o_{298,CO_2} + \Delta_f H^o_{298,H_2} - \Delta_f H^o_{298,CO} - \Delta_f H^o_{298,H_2O} = -41,3 kJ.mol^{-1}$$

$$\Delta C_P^o = C^o_{P,CO_2} + C^o_{P,H_2} - C^o_{P,CO} - C^o_{P,H_2O} = -0,4 J.K^{-1}.mol^{-1}$$

Từ phương trình Kirchhoff ta có

$$\Delta H^o_{1100} = \Delta H^o_{298} + \Delta C^o_P(1100-298) = -41,3 - 0,4.10^{-3}.802 \approx -41,6 kJ.mol^{-1}$$

$\Delta_r H^o$ = −41,6 kJ·mol^{-1} *(viết kết quả với 1 chữ số sau dấu phẩy)*

c) Giải thích sự khác nhau về giá trị của $\Delta_r H^o$ từ ý 2.1.a và 2.1.b.

Vì trong khoảng nhiệt độ 1100 – 1101 K $\Delta_r H^o$ không đổi nên $\Delta_r H^o_{1100} = \Delta_r H^o = -36,3$ kJ·mol^{-1}

$\Delta_r H^o$ tính theo giá trị nhiệt động là $\Delta_r H^o = -41,6$ kJ·mol^{-1}

Giá trị ΔH^o tính theo dữ kiện nhiệt động khác giá trị tính từ hằng số cân bằng.

Điều này có thể được giải thích là do trong cách tính này đã coi trong khoảng 298-1100 K, C_P của các chất không phụ thuộc vào nhiệt độ. Trên thực tế C_P là đại lượng phụ thuộc vào nhiệt độ.

2.2. Hằng số cân bằng K_p có thể được xác định theo độ phân li của một chất trong cân bằng hóa học.

a) Ở 1500 K, tại áp suất chung của hệ 1,0 bar, nước bị phân li theo phản ứng (2), độ phân li của nước xác định được là $2,21\times10^{-4}$. Tính hằng số cân bằng K_p của phản ứng (2).

$$H_2O(k) \rightleftharpoons H_2(k) + 1/2O_2(k) \qquad (2)$$

Tính toán

$H_2O(k) \rightleftharpoons H_2(k) + 1/2O_2(k)$ (2)

Ban đầu:	1		
Phân li:	α	α	0,5 α
Cân bằng:	(1- α)	α	0,5 α

Nên $K_{P(2)} = \dfrac{\alpha(0,5\alpha)^{1/2}P^{1/2}}{(1-\alpha)(1+0,5\alpha)^{1/2}} = 2,32\times10^{-6}$

$K_p = 2,32\times10^{-6}$

b) Trong điều kiện nhiệt độ và áp suất tương tự ý 2.2.a, độ phân li của CO_2 theo phản ứng (3) là $4,80\times10^{-4}$. Tính hằng số cân bằng K_p của (3).

$$CO_2(k) \rightleftharpoons CO(k) + 1/2O_2(k) \qquad (3)$$

Tính toán:

Tương tự tính K_P đối với phản ứng (3)

$$K_{P(3)} = \frac{\beta(0,5\beta)^{1/2}P^{1/2}}{(1-\beta)(1+0,5\beta)^{1/2}} = 7,44\times10^{-6}$$

$K_p = 7,44\times10^{-6}$

c) Tính hằng số cân bằng K_p của phản ứng (1) ở 1500K.

Tính toán:

Mặt khác phản ứng (1) = phản ứng (2) – phản ứng (3)

Hằng số cân bằng của phản ứng (1) là: $K_P = \dfrac{K_{P(2)}}{K_{P(3)}} = \dfrac{2,32\times10^{-6}}{7,44\times10^{-6}} = 0,312$

$K_p = 0,312$

2.3. Một hỗn hợp khí thải gồm 10 mol CO, 30 mol CO_2 và 90 mol N_2.

a) Tính số mol H_2O cần phải thêm vào hỗn hợp này để ở trạng thái cân bằng (1500 K và 1,0 bar) lượng CO còn lại là 1% so với lượng ban đầu. Cho biết có nên sử dụng nước để chuyển hóa CO trong trường hợp này hay không? Đánh dấu **x** vào phương án chọn. Giải thích cho sự lựa chọn.

Tính toán:

Tại thời điểm lượng CO còn lại 1% so với ban đầu, lượng CO đã phản ứng là 9,9 mol. Gọi n là số mol H_2O cần thêm vào hệ, ta có:

$CO(k) + H_2O(k) \rightleftharpoons CO_2(k) + H_2(k)$ $K_p = 0,312$

Ban đầu:	10	n	30	
Phản ứng:	9,9	9,9	9,9	9,9
Cân bằng:	0,1	n-9,9	39,9	9,9

Ta có $K_P = \frac{P_{CO_2}P_{H_2}}{P_{CO}P_{H_2O}} = \frac{n_{CO_2}n_{H_2}}{n_{CO}n_{H_2O}} \Rightarrow \frac{39,9.9,9}{0,1(n-9,9)} = 0,312 \Rightarrow n \approx 12670,5$ mol

Nên: ☐ Không nên: ☑

Giải thích:

Việc sử dụng H_2O để oxi hóa CO trong trường hợp này không khả thi vì phải dùng lượng H_2O quá lớn (gấp gần 12670 lần lượng CO ban đầu).

b) Tính áp suất riêng phần (bar) của các chất tại thời điểm cân bằng.

Tính toán:

Tại thời điểm cân bằng, tổng số mol khí trong hệ:

$$n = n_{CO} + n_{H_2O} + n_{CO_2} + n_{H_2} + n_{N_2} = 12800,5 \text{ mol}$$

Áp suất riêng phần của các chất tại thời điểm cân bằng

$P_{CO} = \frac{0,1}{12800,5} \times 1,0 \approx 7,81.10^{-6}$ bar $\quad P_{H_2O} = \frac{12661,5}{12800,5} \times 1,0 \approx 0,989$ bar

$P_{CO_2} = \frac{39,9}{12800,5} \times 1,0 \approx 3,12.10^{-3}$ bar $\quad P_{H_2} = \frac{9,9}{12800,5} \times 1,0 \approx 7,73.10^{-4}$ bar

$P_{N_2} = \frac{90}{12800,5} \times 1,0 \approx 7,03.10^{-3}$ bar

2.4. Ở nhiệt độ và áp suất cố định, hỗn hợp ban đầu chỉ gồm CO, H_2O và N_2. Xác định tỉ lệ số mol CO/H_2O ban đầu để tại thời điểm cân bằng phần mol của CO_2 đạt giá trị lớn nhất.

Tính toán:

Xét cân bằng

	CO +	H_2O ⇌	CO_2 +	H_2	K_P
Ban đầu	a	1-a			
Phản ứng	x	x	x	x	
Cân bằng	(a-x)	(1-a-x)	x	x	

Ta có $K_P = \frac{x^2}{(a-x)(1-a-x)} \Rightarrow (1-K_P)x^2 + K_P x - K_P a + K_P a^2 = 0$ (1)

Vì x là hàm của a (x = x(a)) nên tại x_{max} phải có: $\frac{d}{da}x(a) = x'(a) = 0$ (2)

Đạo hàm (1) theo a: $(1-K_p).2x.x'(a) + K_p.x'(a) - K_p + 2aK_p = 0$

Kết hợp với (2), thu được a=1/2.

Vậy $n_{CO}:n_{H_2O} = 1$ thì lượng CO_2 là lớn nhất.

Tỉ lệ số mol $CO/H_2O = 1$

2.5. Hãy cho biết chiều hướng chuyển dịch cân bằng của phản ứng (1) nếu thêm hỗn hợp gồm CO và N_2 vào hỗn hợp phản ứng ở trạng thái cân bằng trong điều kiện nhiệt độ và áp suất của hệ được giữ cố định (đánh dấu **x** vào phương án chọn). Giải thích.

Chuyển dịch theo chiều: Thuận ☑; Nghịch ☐; Không chuyển dịch: ☐

Giải thích:

Theo nguyên lí cân bằng Le Chaterlier, thêm hỗn hợp CO và N_2 vào hỗn hợp phản ứng ở thời điểm cân bằng trong điều kiện T, P được giữ cố định sẽ làm cân bằng chuyển dịch theo chiều tiêu thụ CO, tức là theo chiều thuận.

Câu 3 (3 điểm)	Ý	3.1.a	3.1.b	3.1.c	3.1.d	3.2	Tổng
	Thang điểm	2/4	2/4	2/4	2/4	4/4	**3,0**
	Điểm chấm						

Câu 3

3.1. Cho phản ứng:

$$2NO_2(k) + F_2(k) \rightarrow 2NO_2F(k) \qquad (1)$$

Thí nghiệm 1: Thực hiện phản ứng (1) trong một bình kín có thể tích V (có thể thay đổi thể tích của bình bằng một pittông). Trong bình ban đầu chỉ có NO_2 và F_2 với áp suất tương ứng là 0,5 bar và 1,5 bar. Trong các điều kiện đó, tốc độ đầu $v_{o,1} = 3{,}2\times10^{-3}$ mol·L^{-1}·s^{-1}. Biết rằng tốc độ phản ứng (1) chỉ phụ thuộc vào nồng độ các chất tham gia phản ứng.

a) Thí nghiệm 2: Thực hiện phản ứng (1) với cùng nhiệt độ và cùng những lượng ban đầu của chất phản ứng như thí nghiệm 1 nhưng thêm một khí trơ vào bình để cho thể tích thành 2V, áp suất tổng vẫn bằng 2 bar thì tốc độ đầu $v_{o,2} = 8{,}0\times10^{-4}$ mol·L^{-1}·s^{-1}. Kết quả này có cho phép thiết lập phương trình động học (biểu thức tốc độ) của phản ứng hay không (đánh dấu **x** vào phương án chọn)? Giải thích.

Có: ☐ Không: ☑

Giải thích:

Trong thí nghiệm 2, khi thêm khí trơ để tổng thể tích tăng gấp đôi thì P_{NO_2} và P_{F_2} đều giảm 2 lần so với trong thí nghiệm 1. Nghĩa là nồng độ của chúng giảm đi 2 lần (vì $P_A = C_A RT$), còn tốc độ phản ứng giảm 4 lần.

Từ đó, chỉ có thể kết luận bậc của phản ứng là 2. Phương trình động học có thể có các dạng sau đây:

$v = k[NO_2][F_2]$ hoặc $v = k[NO_2]^2$ hoặc $v = k[F_2]^2$....

b) Thí nghiệm 3: Thực hiện phản ứng (1) với nhiệt độ và những lượng NO_2, F_2 và khí trơ như thí nghiệm 2 nhưng giảm thể tích xuống bằng V/2. Tính giá trị tốc độ đầu $v_{o,3}$.

Tính toán:

Ở thí nghiệm 3, P_{NO_2} và P_{F_2} đều tăng gấp 2 so với thí nghiệm 1. Lập luận như trên ta thấy tốc độ đầu ở thí nghiệm 3 phải bằng 4 lần tốc độ đầu ở thí nghiệm 1.

Do vậy: $v_{o,3} = 4\times3{,}2.10^{-3}$ mol·L^{-1}·s^{-1} = $1{,}28.10^{-2}$ mol·L^{-1}·s^{-1}.

$v_{o,3}$ = $1{,}28.10^{-2}$ mol·L^{-1}·s^{-1}.

c) Thí nghiệm 4: Thực hiện phản ứng (1) ở cùng nhiệt độ với cùng lượng ban đầu của các chất phản ứng như thí nghiệm 1, nhưng thêm khí NO_2 để áp suất tổng bằng 4,0 bar mà vẫn giữ thể tích bình là V, thì tốc độ đầu $v_{o,4} = 1{,}6\times10^{-2}$ mol·L^{-1}·s^{-1}. Kết quả này cho phép kết luận như thế nào về phương trình động học của phản ứng (1)?

Ở thí nghiệm 4, P_{F_2} không đổi, $P_{NO_2} = 4 - 1{,}5 = 2{,}5$ (bar).

Như vậy, P_{NO_2} tăng gấp 5 lần so với thí nghiệm 1, còn tốc độ đầu của phản ứng tăng 5 lần.

Vậy phương trình động học của phản ứng là: $v = k[NO_2][F_2]$.

d) Đề xuất cơ chế phản ứng (1).

Căn cứ vào phương trình động học của phản ứng, cơ chế của phản ứng có thể là $NO_2 + F_2 \rightarrow NO_2F + F$ (chậm) $F + NO_2 \rightarrow NO_2F$ (nhanh)

3.2. Trong một khảo sát địa chất, một mẫu khoáng vật được phát hiện và được cho là từ một vụ va chạm của thiên thạch với Trái Đất. Phân tích thành phần của mẫu khoáng vật này thu được các số liệu sau đây:

$$\frac{n(^{238}_{92}\mathrm{U})}{n(^{206}_{82}\mathrm{Pb})} = 8{,}17 \quad \text{và} \quad \frac{n(^{206}_{82}\mathrm{Pb})}{n(^{204}_{82}\mathrm{Pb})} = 75{,}41$$

Trong đó, *n* là số mol của các đồng vị tương ứng ghi trong dấu ngoặc.

Biết: chu kì bán rã của ^{238}U là $4{,}47\times10^9$ năm; chì tự nhiên có 4 đồng vị bền có thành phần cho trong bảng sau:

Đồng vị	^{204}Pb	^{206}Pb	^{207}Pb	^{208}Pb
Phần trăm khối lượng	1,4	24,1	22,1	52,4

Giả sử khi hình thành, mẫu khoáng vật này đã có chứa sẵn chì tự nhiên.

Xác định vụ va chạm đã xảy ra cách đây bao nhiêu năm?

Tính toán:

Trong mẫu đá $\frac{n(^{238}_{92}U)}{n(^{206}_{82}Pb)} = 8{,}17$

→ Nếu có 1 mol ^{238}U trong mẫu ta có $n(^{206}_{82}Pb) = \frac{1}{8{,}17} = 0{,}1224$ mol

$$n(^{204}_{82}Pb) = \frac{0{,}1224}{75{,}41} \text{ mol}$$

Tỉ số mol của ^{206}Pb và ^{204}Pb trong tự nhiên là: $\frac{n(^{206}Pb)}{n(^{204}Pb)} = \frac{\frac{24{,}1}{206}}{\frac{1{,}4}{204}} = 17{,}05$

Số mol ^{206}Pb vốn có trong tự nhiên ngay trước vụ va chạm là: $\frac{0{,}1224}{75{,}41}\times17{,}05 = 0{,}0277$ mol

Số mol ^{206}Pb sinh ra do sự phân rã ^{238}U trong mẫu là: 0,1224 – 0,0277 = 0,0947 mol.

Nếu hiện nay còn 1 mol ^{238}U thì số mol ^{238}U khi mẫu đá mới hình thành là: 1,0947 mol.

Theo phương trình $N^0 = N.e^{\lambda t} = N.e^{(0{,}693/t_{1/2})t}$ ta có:

$$\frac{1{,}0947}{1} = e^{\frac{0{,}693}{t_{1/2}}t} \Rightarrow \ln 1{,}0947 = \frac{0{,}693}{4{,}47\times10^9}t \Rightarrow t = \ln 1{,}0947\frac{4{,}47\times10^9}{0{,}693} = 5{,}84\times10^8 \text{ năm}$$

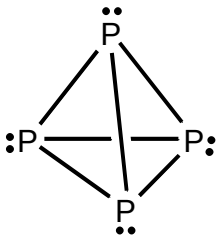
Thời gian: $5{,}84\times10^8$ năm

Câu 4 (3,5 điểm)	Ý	4.1	4.2.a	4.2.b	4.2.c	Tổng
	Thang điểm	2/4	4/4	4/4	4/4	**3,5**
	Điểm chấm					

Câu 4

4.1. Vẽ cấu trúc không gian của phân tử photpho trắng, từ đó giải thích khả năng hoạt động hóa học mạnh của đơn chất này.

Cấu trúc không gian của photpho trắng:



Giải thích:

Chỉ ra được góc liên kết P-P-P là 60 º nhỏ hơn nhiều so với góc lí thuyết (theo VSEPR, lai hóa) là 109 º 28' nên bị ép nhiều và phân tử có lực căng lớn → phân tử kém bền vững → hoạt động hóa học.

4.2. Khi đun nóng photpho trắng với dung dịch KOH thì thoát ra một khí không màu, làm hóa đen giấy ẩm tẩm $AgNO_3$. Từ dung dịch còn lại, tách được muối **M1**. Mặt khác khi cho photpho trắng phản ứng với dung dịch $KMnO_4$ trong KOH đặc ở nhiệt độ thấp, từ dung dịch tách được muối **M2**. Khi cho **M1**, **M2** tác dụng riêng rẽ với axit H_2SO_4 loãng, dư thu được axit **A1** và axit **A2** tương ứng. Dung dịch chứa 1,650 g **A1** sau khi cho phản ứng với lượng dư $HgCl_2$ thu được 23,65 g kết tủa trắng Hg_2Cl_2. Dung dịch chứa 2,025 g **A2** phản ứng vừa đủ với 20,0 mL dung dịch $KMnO_4$ 0,250 M trong môi trường axit. Biết phần trăm khối lượng photpho trong **A1** và **A2** lần lượt là 46,970% và 38,272%. **A1** và **A2** nghịch từ, phổ ^{31}P NMR của **A1** và **A2** chỉ có một tín hiệu (trong phân tử có một nguyên tử photpho hoặc có các nguyên tử photpho tương đương).

a) Xác định và vẽ công thức cấu tạo của **A1**.

Tính toán:

Giả sử **A1** có công thức là là $H_xP_yO_z$ với số oxi hóa trung bình của P là n

Do P chiếm 46,970% khối lượng **A1** nên:

$\frac{31.y}{x + 31.y + 16.z} = 0{,}4697 \rightarrow x + 31.y + 16.z = 66.y \rightarrow x + 16.z = 35.y$ (1)

A1 phản ứng với $HgCl_2$ tạo ra kết tủa trắng là Hg_2Cl_2

Quá trình trao đổi electron:

$2Hg^{2+} + 2e \rightarrow Hg_2^{2+}$ $n(Hg_2Cl_2) = 0{,}05$ mol → n(e trao đổi) = 0,1 mol (2)

$P^{+n} \rightarrow P^{+5} + (5 - n)e$

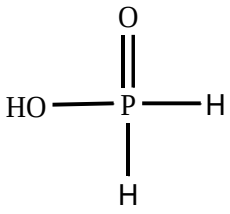
$n(\mathbf{A1}) = \frac{1{,}65}{M(\mathbf{A1})} = \frac{1{,}65}{66.y} = \frac{0{,}025}{y} \rightarrow n(\text{e trao đổi}) = \frac{0{,}025}{y}.y.(5 - n) = 0{,}025.(5 - n)$ (3)

Từ (2) và (3) có: 0,025.(5 – n) = 0,1 → $n = 1 \rightarrow x + y = 2.z$ (4)

Từ (1) và (4) có: $x : y : z = 3 : 1 : 2$ → CTPT của **A1**: $(H_3PO_2)_n$

Số oxi hóa +1 của P thỏa mãn tính nghịch từ của **A1** nên **A1** là H_3PO_2.

Công thức cấu tạo của A1:



b) Xác định và vẽ công thức cấu tạo của **A2**.

Tính toán:

Tương tự với **A1**, giả sử **A2** có công thức là là $H_xP_yO_z$ với số oxi hóa trung bình của P là n

Do P chiếm 38,272% khối lượng **A2** nên:

$\frac{31.y}{x+31.y+16.z} = 0{,}38272 \rightarrow x + 31.y + 16.z = 81.y \rightarrow x + 16.z = 50.y$ (5)

A2 phản ứng với $KMnO_4$ trong môi trường axit

Quá trình trao đổi electron:

$MnO_4^- + 5e \rightarrow Mn^{2+}$

$n(MnO_4^-) = 0{,}005$ mol → n(e trao đổi) = 0,025 mol (6)

$P^{+n} \rightarrow P^{+5} + (5-n)e$

$n(\mathbf{A2}) = \frac{2{,}025}{M(\mathbf{A2})} = \frac{2{,}025}{81.y} = \frac{0{,}025}{y} \rightarrow n(\text{e trao đổi}) = \frac{0{,}025}{y}.y.(5-n) = 0{,}025.(5-n)$ (7)

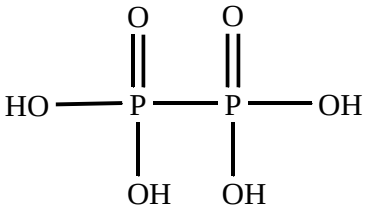
Từ (6) và (7) có: $0{,}025.(5-n) = 0{,}025 \rightarrow n = 4 \rightarrow x + 4.y = 2.z$ (8)

Từ (5) và (8) có: $x : y : z = 2 : 1 : 3$ → CTPT của **A2**: $(H_2PO_3)_n$

Do số oxi hóa trung bình + 4 của P nên dạng monome H_2PO_3 không thỏa mãn tính nghịch từ do có electron độc thân → đime hóa và CTPT của **A2** là $H_4P_2O_6$

Do chỉ có một tín hiệu cộng hưởng trên phổ ^{31}P NMR nên **A2** sẽ có cấu tạo đối xứng.

Công thức cấu tạo của A2:



c) Viết tất cả các phương trình phản ứng đã xảy ra.

Phương trình hóa học của các phản ứng:

$P_4 + 3\ KOH + 3\ H_2O \rightarrow 3\ KH_2PO_2 + PH_3\uparrow$

$2KH_2PO_2 + H_2SO_4 \rightarrow 2H_3PO_2 + K_2SO_4$

$H_3PO_2 + 4HgCl_2 + 2H_2O \rightarrow H_3PO_4 + 2Hg_2Cl_2 + 4HCl$

$P_4 + 16\ KMnO_4 + 24\ KOH \rightarrow 2\ K_4P_2O_6 + 16\ K_2MnO_4 + 12\ H_2O$

$K_4P_2O_6 + 2\ H_2SO_4 \rightarrow H_4P_2O_6 + 2\ K_2SO_4$

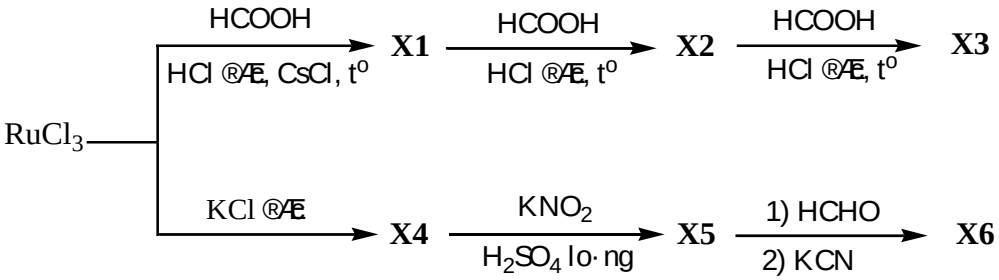
$5\ H_4P_2O_6 + 2\ KMnO_4 + 3\ H_2SO_4 + 2H_2O \rightarrow 10\ H_3PO_4 + 2\ MnSO_4 + K_2SO_4$

Thí sinh không cân bằng phương trình phản ứng chỉ được nửa số điểm.

Câu 5 (4 điểm)	Ý	5.1	5.2	5.3	5.4	Tổng
	Thang điểm	5/4	3/4	4/4	4/4	**4,0**
	Điểm chấm					

Câu 5

Cho dãy chuyển hóa sau:



5.1. Lập luận để xác định công thức phân tử của các phức chất từ **X1** đến **X5**. Biết từ **X1** đến **X5** đều là phức chất đơn nhân, anion phức có kiểu phối trí bát diện. Các phức chất **X1**, **X2**, **X3** và **X5** đều nghịch từ. Phần trăm khối lượng ruteni và clo trong các phức chất được cho trong bảng sau:

	X1	**X2**	**X3**	**X4**	**X5**
% Ru	14,316	17,876	23,793	23,434	26,132
% Cl	25,159	25,133	25,088	49,420	45,925

Lập luận

X1:

Ru : Cl = $\frac{14,316}{101} : \frac{25,159}{35,5} = 1 : 5 \rightarrow M(\mathbf{X1}) = 705,5$

Do phức đơn nhân chứa anion phức bát diện nên **X1** có dạng $Cs_x[RuCl_5(L)]$

Trong quy trình HCOOH + HCl đặc là nguồn CO nên dự đoán L: CO

→ **X1**: $Cs_3[RuCl_5(CO)]$ (thỏa mãn giá trị M(**X1**))

X2:

Ru : Cl = $\frac{17,876}{101} : \frac{25,133}{35,5} = 1 : 4 \rightarrow M(\mathbf{X2}) = 565$

Trong quy trình HCOOH + HCl đặc là nguồn CO

Do phức đơn nhân chứa anion phức bát diện nên **X2**: $Cs_2[RuCl_4(CO)_2]$ (thỏa mãn giá trị M(**X2**))

X3:

Ru : Cl = $\frac{23,793}{101} : \frac{25,088}{35,5} = 1 : 3 \rightarrow M(\mathbf{X3}) = 424,5$

Trong quy trình HCOOH + HCl đặc là nguồn CO

Do phức đơn nhân chứa anion phức bát diện nên **X3**: $Cs[RuCl_3(CO)_3]$ (thỏa mãn giá trị M(**X3**))

*Trong các phức chất **X1**, **X2** và **X3**, ion trung tâm Ru^{2+} (d^6) trong phức bát diện trường mạnh nên các electron trên obitan d cặp đôi và do đó các phức này nghịch từ.*

X4:

Ru : Cl = $\frac{23,434}{101} : \frac{49,420}{35,5} = 1 : 6 \rightarrow M(\mathbf{X4}) = 431$

Do phức đơn nhân chứa anion phức bát diện nên **X4**: $K_3[RuCl_6]$ (thỏa mãn giá trị M(**X4**))

X5:

Ru : Cl = $\frac{26,132}{101} : \frac{45,925}{35,5} = 1 : 5 \rightarrow M(\mathbf{X5}) = 386,5$

Do phức đơn nhân chứa anion phức bát diện nên **X5** có dạng $K_x[RuCl_5(L)]$

Trong quy trình $KNO_2 + H_2SO_4$ loãng là nguồn NO nên dự đoán L: NO

→ **X5**: $K_2[RuCl_5(NO)]$ (thỏa mãn giá trị M(**X5**))

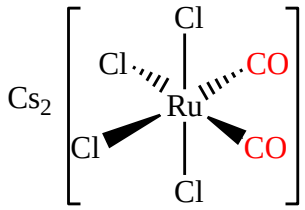
5.2. Lập luận để vẽ công thức cấu tạo của **X2** và **X3**. Cho biết anion phức của **X2** không có tâm đối xứng.

Lập luận

X2:

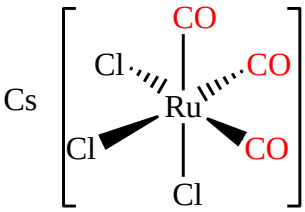
Xét chuỗi phản ứng $Cs_3[RuCl_5(CO)]$ (**X1**) → $Cs_2[RuCl_4(CO)_2]$ (**X2**) → $Cs[RuCl_3(CO)_3]$ (**X3**)

Do anion phức trong **X2** không có tâm đối xứng nên **X2** là *cis*-$Cs_2[RuCl_4(CO)_2]$



X3:

- Phản ứng tạo thành **X2** từ **X1**, sự thay thế phối tử Cl^- <u>không</u> ưu tiên xảy ra ở vị trí *trans* so với phối tử CO. Do đó, dự đoán trong phản ứng tạo thành **X3** từ **X2**, sự thay thế phối tử Cl^- cũng sẽ <u>không</u> ưu tiên xảy ra ở vị trí *trans* so với phối tử CO. Vậy, **X3** là *fac*-$Cs[RuCl_3(CO)_3]$
- Do *fac*-$Cs[RuCl_3(CO)_3]$ bền nhiệt động hơn *mer*-$Cs[RuCl_3(CO)_3]$



Chú ý: Thí sinh chỉ trả lời một trong hai ý trên đều được đủ điểm

5.3. Xác định công thức phân tử và vẽ công thức cấu tạo của **X6**. Biết **X6** là phức chất hai nhân, nghịch từ, tạo thành từ bốn loại nguyên tố với phần trăm khối lượng cacbon và nitơ lần lượt là 17,884% và 22,951%. Anion phức của **X6** có tâm đối xứng. Mỗi ion kim loại trong anion phức đều nằm ở tâm của bát diện với 18 electron ở lớp vỏ hóa trị.

Tính toán:

Do **X6** là phức chất hai nhân chứa anion phức, và **X6** tạo thành từ bốn loại nguyên tố trong đó có cacbon và nitơ nên **X6** có thành phần $Ru_2K_xC_yN_z$.

Ta có: $y : z = \frac{17,884}{12} : \frac{22,951}{14} = 10:11$

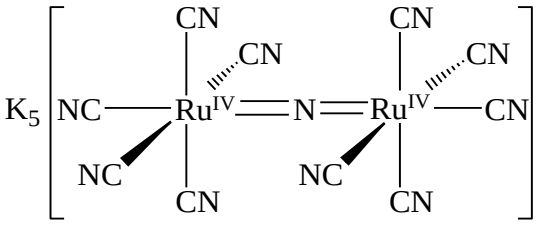
Để thành phần nguyên tố của **X6** có ý nghĩa chọn y = 10 và z = 11 → M(**X6**) = 671

Công thức phân tử của X6: $Ru_2K_5C_{10}N_{11}$ hay $K_5[Ru_2C_{10}N_{11}]$

Công thức cấu tạo của X6:

Do anion phức có tâm đối xứng và ion trung tâm phối trí bát diện nên thành phần **X6** có thể biểu diễn $K_5\{[Ru(CN)_5]_2N\}$ → Ru ở trạng thái oxi hóa + 4 hệ d^4 (phối tử CN^- và N^{3-})

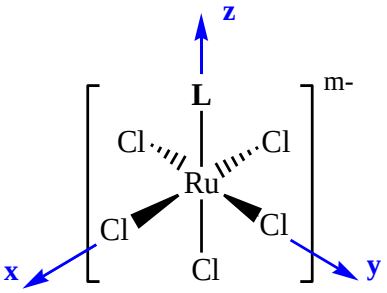
Mỗi nguyên tử kim loại trung tâm có 18 electron ở lớp vỏ hóa trị nên CTCT của **X6**:



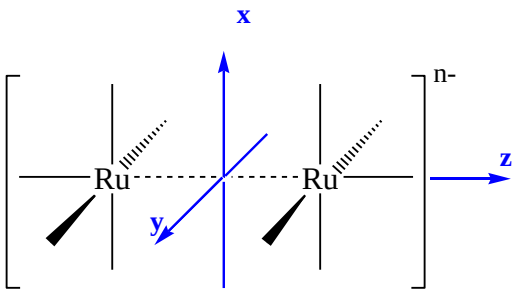
(Kiểm tra số electron ở lớp vỏ hóa trị của Ru: 4 + 5 x 2 + 2 x 2 = 18)

*Thí sinh phải chỉ rõ được trạng thái oxi hóa Ru(IV) trong **X6** và vẽ được liên kết Ru^{IV}=N=Ru^{IV} mới được tròn điểm*

5.4. Dựa trên thuyết trường phối tử, vẽ giản đồ tách mức năng lượng các obitan d của ion kim loại trong **X5** và **X6**. Từ đó giải thích tính nghịch từ của chúng. Cho biết hệ trục tọa độ cho anion phức của **X5** và **X6** như sau:



X5



X6

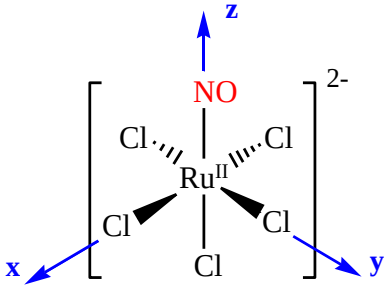
L: phối tử chưa xác định

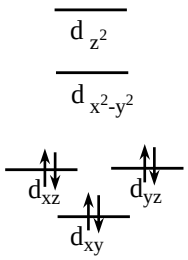
Đường nét đứt (- - -) không biểu diễn liên kết giữa hai tâm Ru

Giản đồ tách mức năng lượng các obitan d của X5:

Giản đồ tách mức năng lượng các obitan d của ion kim loại trong $K_2[RuCl_5(NO)]$ (**X5**).

Lưu ý: NO là phối tử trường mạnh, Cl^- là phối tử trường yếu. Ru(II) thuộc hệ d^6.





Giải thích tính nghịch từ của X5:

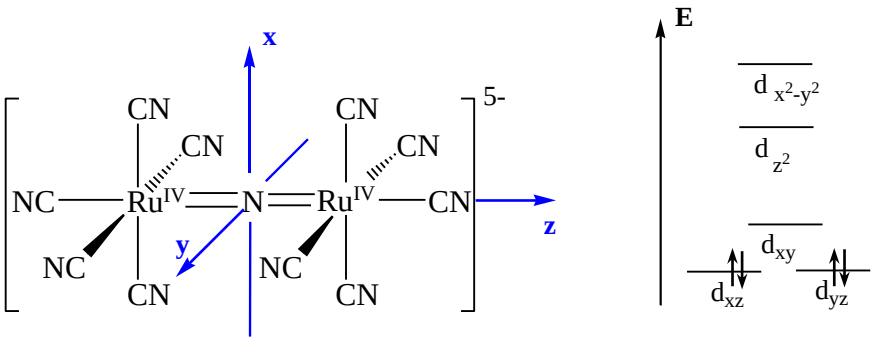
Từ giản đồ tách mức năng lượng các obitan d của Ru^{2+} trong **X5**, do ion này không có electron độc thân nên phức chất này nghịch từ.

Nếu thí sinh vẽ giản đồ tách mức năng lượng như của phức bát diện đều với hai mức năng lượng t_{2g} (gồm obitan d_{xy}, d_{yz}, d_{zx}) và e_g (gồm obitan $d_{x^2-y^2}$ và d_{z^2}) thì được nửa tổng số điểm.

Giản đồ tách mức năng lượng các obitan d của X6:

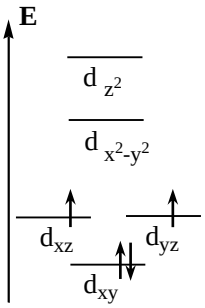
Giản đồ tách mức năng lượng các obitan d của ion kim loại trong $K_5\{[Ru(CN)_5]_2N\}$ (**X6**).

Ru(IV) thuộc hệ d^4.



Từ giản đồ tách mức năng lượng các obitan d của Ru^{4+} trong **X6**, do các ion này không có electron độc thân nên phức chất này nghịch từ.

Nếu thí sinh vẽ giản đồ tách mức năng lượng sau và giải thích hợp lý tính nghịch từ được tròn điểm



*Với trường hợp này, mặc dù trên mỗi ion Ru^{4+} có hai electron độc thân, nhưng do sự cặp đôi của các electron này qua liên kết π giữa hai tâm Ru với nguyên tử N cầu nối, nên phân tử **X6** không có electron độc thân, và do đó nghịch từ.*

Câu 6 (2,5 điểm)	Ý	6.1.a	6.1.b	6.2.a	6.2.b	6.2.c	Tổng
	Thang điểm	2/4	2/4	2/4	2/4	2/4	**2,5**
	Điểm chấm						

Câu 6

6.1. Trong mạng tinh thể CeO_2, các anion O^{2-} chiếm đỉnh của các hình lập phương, còn các cation Ce^{4+} chiếm vị trí tâm của một nửa số hình lập phương đó. Khoảng cách ngắn nhất giữa hai anion O^{2-} và giữa hai cation Ce^{4+} lần lượt là 2,706 Å và 3,826 Å.

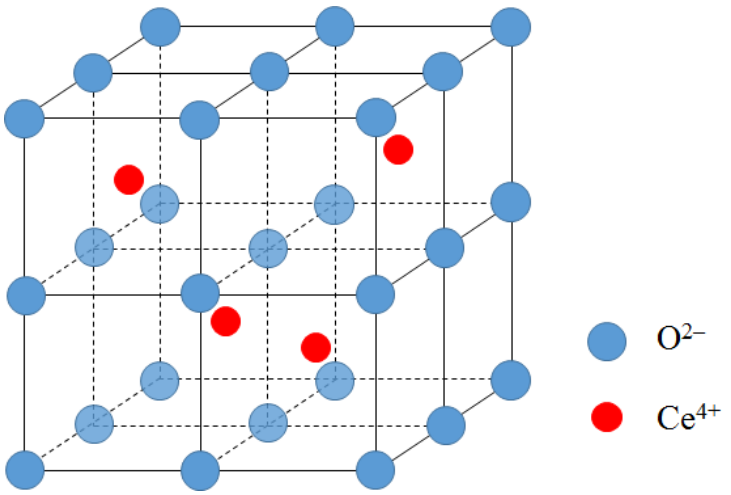
a) Lập luận để vẽ mạng của tinh thể CeO_2. Xác định số phối trí của anion O^{2-} và của cation Ce^{4+}.

Lập luận:

Hình vẽ ô mạng gồm 8 ô mạng lập phương do anion O^{2-} tạo thành. Cation Ce^{4+} chiếm vị trí tâm của một nửa số hình lập phương nhỏ.

Lưu ý: do $d_{min}(Ce^{4+}\cdots Ce^{4+})/d_{min}(O^{2-}\cdots O^{2-}) = 3{,}826/2{,}706 \approx 1{,}414 \approx \sqrt{2}$ nên chỉ có cách biểu diễn như hình vẽ thỏa mãn.

Hình vẽ tinh thể:



Số phối trí của O^{2-} là 4 và của Ce^{4+} là 8.

b) Tính khối lượng riêng d ($g\cdot cm^{-3}$) và độ đặc khít (%) của của tinh thể CeO_2. Cho biết bán kính anion O^{2-} là 1,310 Å và bán kính cation Ce^{4+} là 0,970 Å.

Tính toán:

Với ô mạng trong hình, độ dài cạnh a = $2.d_{min}(O^{2-}\cdots O^{2-})$ = 5,412 Å và ô mạng chứa 4 đơn vị CeO_2.

Khối lượng riêng của tinh thể CeO_2:

$$d = \frac{n.M(CeO_2)}{N_A.a^3} = \frac{n.M(CeO_2)}{N_A.a^3} = \frac{4.172}{6{,}022.10^{23}.(5{,}412.10^{-8})^3} = 7{,}027\ g.cm^{-3}$$

Độ đặc khít của tinh thể CeO_2:

$$\frac{n.(V_{Ce^{4+}} + 2.V_{O^{2-}})}{V_{\text{ô mạng}}}.100\% = \frac{4.\left(\frac{4}{3}.\pi.r_{Ce^{4+}}^3 + 2.\frac{4}{3}.\pi.r_{O^{2-}}^3\right)}{a^3}.100\%$$

$$= \frac{4.\left(\frac{4}{3}.\pi.0{,}97^3 + 2.\frac{4}{3}.\pi.1{,}31^3\right)}{5{,}421^3}.100\% \approx 57{,}2\%$$

***d* = 7,027 g·cm^{-3}** **Độ đặc khít: 57,2 %**

6.2. Vật liệu trên cơ sở CeO_2 thường được sử dụng làm chất điện li rắn trong pin nhiên liệu oxit rắn. Một loại xeri đioxit pha tạp gađolini(III) oxit có thành phần không hợp thức $Gd_xCe_{1-x}O_y$. Để xác định hàm lượng oxi trong oxit $Gd_xCe_{1-x}O_y$, người ta hòa tan 2,427 g oxit đó và 7,840 g muối Mohr ($Fe(NH_4)_2(SO_4)_2\cdot 6H_2O$) trong lượng dư dung dịch H_2SO_4. Dung dịch sau phản ứng tác dụng vừa đủ với 6,48 mL dung dịch $KMnO_4$ 0,250 M.

a) Tính giá trị của *x* và *y*.

Tính toán:

Phương trình phản ứng:

$Gd_xCe_{1-x}O_y + H^+ \rightarrow x\ Gd^{3+} + (1-x)\ Ce^{4+} + y\ H_2O$

$Ce^{4+} + Fe^{2+} \rightarrow Ce^{3+} + Fe^{3+}$

$5\ Fe^{2+} + MnO_4^- + 8\ H^+ \rightarrow Mn^{2+} + 5\ Fe^{3+} + 4\ H_2O$

Phương trình trung hòa điện cho $Gd_xCe_{1-x}O_y$: $3.x + 4.(1-x) = 2.y$ (1)

Có: $n(MnO_4^-) = 1{,}62$ mmol → $n(Fe^{2+}$ dư$) = 8{,}1$ mmol, $n(Fe^{2+}$ đầu$) = 20$ mmol

→ $n(Fe^{2+}$ pứ$) = 11{,}9$ mmol → $n(Ce^{4+}) = 11{,}9$ mmol

Phương trình khối lượng:

$$m_{Gd} + m_{Ce} + m_O = \left(\frac{11{,}9.x}{1-x}.157 + 11{,}9.140 + \frac{11{,}9.y}{1-x}.16\right).10^{-3} = 2{,}427 \quad (2)$$

Giải hệ phương trình (1) và (2) được: $x = 0{,}15$; $y = 1{,}925$

***x* = 0,15** ***y* = 1,925**

b) Giả sử khi có cation pha tạp Gd^{3+}, cấu trúc xeri đioxit không thay đổi. Giải thích vai trò chất điện li rắn của xeri đioxit pha tạp trong pin nhiên liệu dựa trên phản ứng $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$.

Giải thích:

Khi thay thế ion Ce^{4+} bằng ion Gd^{3+} mà khung cấu trúc không đổi, nên để đảm bảo tính trung hòa điện, trong tinh thể sẽ xuất hiện lỗ trống oxi. Các lỗ trống này sẽ thực hiện vai trò vận chuyển anion O^{2-} giữa hai điện cực của pin.

Anot: $H_2 + O^{2-} \rightarrow H_2O + 2e$

Catot: $O_2 + 4e \rightarrow 2\ O^{2-}$

c) Giải thích tại sao pin nhiên liệu sử dụng xeri đioxit pha tạp làm chất điện li rắn cần phải hoạt động ở nhiệt độ cao.

Giải thích:

Do anion O^{2-} cần động năng đủ lớn để di chuyển trong mạng lưới tinh thể.

---------- **HẾT** ----------