SỞ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH
TRƯỜNG THPT CHUYÊN
LÊ HỒNG PHONG

KỲ THI OLYMPIC TRUYỀN THỐNG 30/4
LẦN THỨ XXX - NĂM 2026

Môn: **HOÁ HỌC** - Khối: **10**
Thời gian: **180 phút** *(không kể thời gian giao đề)*
Ngày thi: **04/4/2026**
*Đề thi gồm **04** trang, **05** câu*

ĐỀ THI CHÍNH THỨC

Lưu ý: *- Thí sinh làm **MỖI câu trên MỘT tờ giấy làm bài riêng biệt** và **ghi rõ SỐ CÂU ở dòng đầu tiên của trang thứ nhất** (kể cả câu không làm được, nếu có);*
*- Thí sinh **KHÔNG được** sử dụng tài liệu, Giám thị **KHÔNG** giải thích gì thêm.*

***Cho các số liệu và hằng số sau**:*
Số hiệu nguyên tử: H = 1; He = 2; N = 7; O = 8; F = 9; Ne = 10; Cl = 17; Ar = 18; Br = 35; Kr = 36; Te = 52; I = 53; Xe = 54.

Khối lượng nguyên tử: H = 1; N = 14; O = 16; S = 32; K = 39; Cu = 64; Cd = 112,4.

Các hằng số: R = 8,314 J/mol·K = 0,082 L·atm/mol·K; F = 96500 C/mol = 96500 J/V·mol; 0 °C = 273,15 K.

Các ký hiệu viết tắt: (*s*): rắn, (*l*): lỏng, (*g*): khí, (*aq*): dung dịch. *Các công thức*: $E = E^o - \frac{RT}{nF}\ln(Q)$; $n_e = \frac{I \cdot T}{F}$

Câu 1. *(4,0 điểm)* **Đại cương về cấu trúc và tính chất**

Iodine là một nguyên tố vi lượng thiết yếu. Ngoài dạng đồng vị bền ^{127}I, đồng vị phóng xạ ^{131}I đóng vai trò quan trọng trong y học hiện đại.

1.1. ^{131}I có thời gian bán rã $t_{1/2}$ = 8,02 ngày, phân rã phát ra tia β và tia γ.

a) Viết phương trình phản ứng tổng hợp ^{131}I từ ^{130}Te bằng cách bắn phá neutron.

b) Một bệnh nhân tiếp nhận liều ^{131}I có độ phóng xạ 4500 MBq. Tính thời gian ít nhất bệnh nhân cần ở lại bệnh viện (ngày) để độ phóng xạ giảm xuống dưới 1100 MBq.

c) Thực tế, tuyến giáp chỉ hấp thụ 30% lượng ^{131}I nạp vào, phần còn lại bị bài tiết nhanh chóng (bỏ qua phân rã trong quá trình bài tiết). Tính độ phóng xạ còn lại trong cơ thể bệnh nhân sau 3 ngày và cho biết bệnh nhân đã đủ điều kiện xuất viện (độ phóng xạ < 1100 MBq) chưa?

1.2. Iodine nằm ở ô số 53 trong bảng tuần hoàn.

a) Viết cấu hình electron đầy đủ của nguyên tử Iodine ở trạng thái cơ bản. Xác định vị trí (chu kỳ, nhóm) của Iodine.

b) Dựa trên cấu hình electron, giải thích tại sao Iodine có xu hướng nhận thêm 1 electron để tạo thành ion I^-. Viết cấu hình electron của ion I^-.

c) Iodine có thể tạo các hợp chất với fluorine như IF, IF_3, IF_5, IF_7. Hãy giải thích sự tạo thành các liên kết trong các hợp chất trên dựa trên sự kích thích electron vào các phân lớp trống.

1.3. Trong y tế, Iodine thường được sử dụng dưới dạng dung dịch Lugol (chứa I_2 và KI) hoặc các hợp chất như KIO_3 (trộn vào muối iốt để phòng chống bướu cổ).

a) Vẽ công thức Lewis cho phân tử I_2 và ion IO_3^-. Cho biết xung quanh nguyên tử trung tâm I trong IO_3^- có mấy cặp electron liên kết và mấy cặp electron hoá trị không liên kết?

b) Cho năng lượng liên kết của I_2, Br_2, Cl_2, và F_2 không theo thứ tự như sau: 158, 214, 224, và 242 kJ/mol. Hãy gán các giá trị trên sao cho phù hợp và giải thích.

c) Hợp chất hydroxide ứng với hoá trị cao nhất của Cl và Br có công thức phân tử là $HClO_4$ và $HBrO_4$; trong khi hợp chất hydroxide ứng với hoá trị cao nhất của I lại có công thức phân tử là H_5IO_6. Giải thích.

Câu 2. *(4,5 điểm)* **Nhiệt động học phản ứng tổng hợp ammonia trong công nghiệp**

Ammonia (NH_3) là xương sống của ngành nông nghiệp hiện đại, là nguyên liệu sản xuất hơn 80% lượng phân bón toàn cầu. Quy trình Haber-Bosch, ra đời từ đầu thế kỷ thứ 20, cho phép cố định N_2 từ không khí thành ammonia ở quy mô công nghiệp (khoảng 180 triệu tấn/năm) theo sơ đồ phản ứng:

$$N_2(g) + H_2(g) \rightleftharpoons NH_3(g) \qquad (1)$$

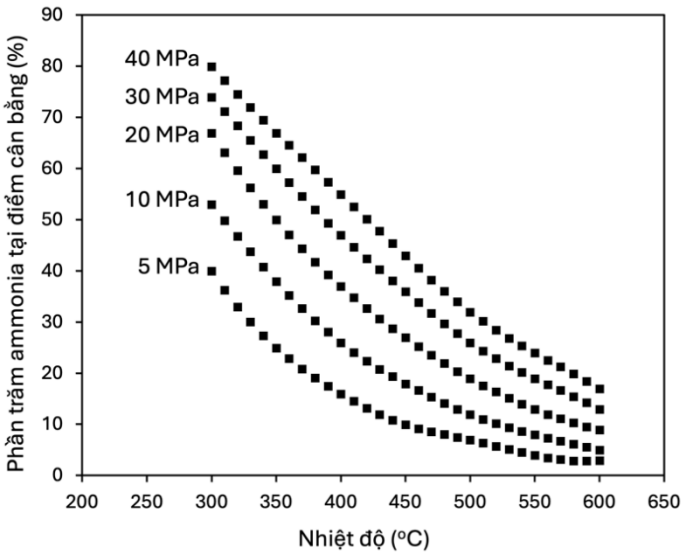
2.1. a) Tính $\Delta_r H^o$, $\Delta_r S^o$, và $\Delta_r G^o$ của phản ứng (1) khi tiêu thụ 1 mol N_2 tại 298 K. Cho biết phản ứng trên có tự phát tại nhiệt độ này hay không?

Cho số liệu nhiệt động tại 298 K như sau:

Chất	$\Delta_f H^o_{298}$ (kJ/mol)	S^o_{298} (J/mol·K)	C_p (J/mol·K)
$N_2(g)$	-	191,50	29,12
$H_2(g)$	-	130,60	28,82
$NH_3(g)$	−46,11	192,30	35,06

b) Trong công nghiệp, phản ứng được thực hiện ở 723K. Tính $\Delta_r H^o_{723}$ và hằng số cân bằng K_p của phản ứng tại nhiệt độ này. Giả thiết nhiệt dung đẳng áp C_p không thay đổi trong khoảng nhiệt độ khảo sát.

2.2. Dưới đây là đồ thị biểu diễn phần trăm theo số mol của NH_3 trong hỗn hợp cân bằng theo nhiệt độ tại các áp suất khác nhau với tỉ lệ nạp liệu ban đầu theo số mol là $N_2 : H_2 = 1:3$.



Đồ thị 1. Tác động của nhiệt độ và áp suất đến hiệu suất tổng hợp NH_3. 1 MPa = 10^6 Pa.

a) Dựa vào các giá trị nhiệt động đã tính ở ý (2.1) và nguyên lý Le Chatelier, hãy giải thích hình dạng của các đường cong trên **đồ thị 1**.

b) Tại 723 K và 40 atm, phần trăm theo số mol ammonia khi hệ đạt trạng thái cân bằng là 49,1%. Tính hiệu suất chuyển hoá và hằng số cân bằng thực nghiệm (K_p, theo atm^{-2}) tại điều kiện này.

c) Trong thực tế, các nhà máy thường vận hành ở lưu lượng khí rất cao khiến hệ chưa kịp đạt đến trạng thái cân bằng đã đi ra khỏi tháp tổng hợp. Hãy giải thích lợi ích kinh tế của việc chấp nhận hiệu suất mỗi lượt đi qua thấp thay vì đợi hệ đạt cân bằng.

2.3. Trong công nghiệp, phản ứng tổng hợp ammonia được thực hiện trên bề mặt xúc tác sắt để đẩy nhanh quá trình đạt cân bằng và được mô tả qua 5 bước sau đây (với * ký hiệu cho một trung tâm hoạt động trên bề mặt xúc tác):

$N_2\ (g) + * \rightleftharpoons N_2*$ (2)

$N_2* + * \rightarrow 2N*$ (3)

$H_2\ (g) + 2* \rightleftharpoons 2H*$ (4)

$N* + 3H* \rightleftharpoons NH_3* + 3*$ (5)

$NH_3* \rightleftharpoons NH_3 + *$ (6)

a) Giải thích tại sao việc bẻ gãy liên kết trong phân tử N_2 (phản ứng 3) lại là phản ứng chậm nhất của toàn bộ quy trình?

b) Giả sử bước (3) là bước quyết định tốc độ phản ứng và các bước còn lại đều đạt trạng thái cân bằng nhanh. Bằng cách thiết lập mối liên hệ giữa các nồng độ bề mặt với áp suất riêng phần của các khí P_{N_2}, P_{H_2}, P_{NH_3}, hãy chứng minh rằng phương trình động học của phản ứng có dạng:

$$v = k\,\frac{P_{N_2}P_{H_2}^3}{P_{NH_3}^2}$$

Giả thiết: Coi độ che phủ bề mặt của các sản phẩm trung gian là nhỏ, ngoại trừ N* là sản phẩm trung gian chiếm ưu thế trên bề mặt.

c) Dựa vào phương trình động học vừa thiết lập, hãy giải thích tại sao sự hiện diện của sản phẩm NH_3 với nồng độ cao lại làm chậm tốc độ của phản ứng thuận.

Câu 3. *(3,5 điểm)* **Phân tích định lượng Cadmium bằng phương pháp phân tích hiện đại**

Trong kiểm soát an toàn thực phẩm, việc xác định hàm lượng các kim loại nặng như Cadmium (Cd) là cực kỳ quan trọng do tính độc hại và khả năng tích tụ sinh học của chúng. Để xác định hàm lượng Cd trong một mẫu rau muống, các nhà điều tra đã sử dụng phương pháp quang phổ phát xạ plasma ghép cảm ứng (ICP-OES). Đây là kỹ thuật cho phép xác định nồng độ kim loại ở mức rất thấp (phần triệu - ppm hoặc phần tỷ - ppb).

3.1. Trong phân tích vết, các đơn vị ppm (phần triệu) và ppb (phần tỷ) thường được sử dụng.

a) Hãy cho biết 1 ppm và 1 ppb lần lượt tương ứng với bao nhiêu mg/kg và µg/kg?

b) Một kết quả phân tích cho thấy nồng độ Cd trong dung dịch là 25 ppb. Nếu khối lượng riêng của dung dịch coi như bằng 1,00 g/mL, hãy tính nồng độ mol (mol/L) của Cd trong dung dịch này.

3.2. Để phá mẫu rau, người ta cần sử dụng dung dịch HNO_3 2M. Tại phòng thí nghiệm có sẵn chai HNO_3 đậm đặc 65% (khối lượng riêng d = 1,40 g/mL).

a) Tính nồng độ mol của dung dịch HNO_3 đậm đặc trên.

b) Tính thể tích (mL) cần sử dụng để pha chế 500 mL dung dịch HNO_3 2M từ dung dịch đậm đặc trên.

c) Hãy xác định tính **đúng sai** của các phát biểu sau, không cần giải thích:

i) Dung dịch HNO_3 trong phòng thí nghiệm thường được chứa trong chai tối màu để tránh bị phân huỷ.

ii) Pipette trước khi sử dụng để lấy chính xác thể tích HNO_3 chỉ cần tráng qua bằng nước cất hai lần.

iii) Khi pha loãng HNO_3, dung dịch HNO_3 đặc được thêm vào trước, sau đó mới thêm nước cất vào bình định mức.

iv) Trộn V (mL) HNO_3 đặc và 500 – V (mL) nước cất để thu được 500 mL dung dịch HNO_3.

3.3. Quy trình thực hiện như sau:

Bước 1: Lấy 10,00 g mẫu rau tươi, sấy khô và tro hoá hoàn toàn.

Bước 2: Hoà tan hoàn toàn lượng tro bằng dung dịch HNO_3 2M, sau đó chuyển vào bình định mức 50 mL, thêm nước cất đến vạch (thu được dung dịch A).

Bước 3: Lấy 5,00 mL dung dịch A pha loãng thành 100 mL (thu được dung dịch B).

Bước 4: Đưa dung dịch B vào máy ICP-OES, kết quả máy báo nồng độ Cd là 0,12 ppm (biết d = 1,00 g/mL).

a) Tính hàm lượng Cd có trong mẫu rau tươi ban đầu theo đơn vị mg/kg.

b) Theo Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia QCVN 8-2:2011/BYT, hàm lượng Cd tối đa cho phép trong rau ăn lá là 0,1 mg/kg. Mẫu rau trên có đạt tiêu chuẩn an toàn không?

c) Trong quá trình thực nghiệm, một học sinh quên không tráng bình định mức bằng nước cất trước khi pha loãng, dẫn đến còn sót lại một ít dung dịch mẫu cũ bên trong. Sai số này sẽ làm kết quả hàm lượng Cd cuối cùng cao hơn hay thấp hơn giá trị thực? Giải thích.

3.4. Nếu phòng thí nghiệm không có máy ICP-OES, một học sinh đề xuất dùng phương pháp kết tủa: Cho Na_2S dư vào dung dịch mẫu để kết tủa hoàn toàn Cd^{2+} thành CdS, sau đó lọc, sấy khô và cân khối lượng kết tủa.

a) Viết phương trình phản ứng tạo kết tủa CdS. Nêu hiện tượng quan sát được.

b) Với mẫu rau ở ý (3.3), tính khối lượng kết tủa CdS (g) thu được từ dung dịch A.

c) Từ kết quả tính toán ở ý b, hãy giải thích tại sao phương pháp cân kết tủa lại không thể áp dụng để phân tích kim loại nặng trong thực phẩm, trong khi máy ICP-OES lại làm được. Biết sai số của cân phân tích là ± 0,0001 g.

Câu 4. *(4,0 điểm)* **Chuyển hoá CO_2 bằng phương pháp điện hoá học**

Điện hoá khử CO_2 (CO_2RR) là công nghệ mũi nhọn nhằm chuyển hoá khí nhà kính thành các nhiên liệu hữu ích như CO, CH_4 hoặc C_2H_4. Hiệu quả của quá trình này phụ thuộc vào bản chất của vật liệu làm điện cực (xúc tác kim loại) và các thông số điện hoá.

4.1. Xét quá trình chuyển hoá CO_2 thành khí CO trong môi trường acid:

$$CO_2(g) + 2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow CO(g) + H_2O(l)$$

a) Xác định số oxi hoá của carbon trong CO_2 và CO. Đây là quá trình khử hay quá trình oxi hoá?

b) Tính thế khử E của cặp CO_2/CO ở điều kiện pH = 5,0, nhiệt độ 298 K, áp suất các khí đều bằng 1 atm. Biết thế khử chuẩn của cặp CO_2/CO là −0,11 V.

4.2. Trong thực tế, phản ứng trên không xảy ra tại thế nhiệt động tính được mà cần một thế đặt vào (E_{ext}) âm hơn nhiều để vượt qua rào cản năng lượng, sự chênh lệch này gọi là quá thế (η): $\eta = |E_{ext} - E_{cb}|$.

a) Trên điện cực Vàng (Au), để tạo ra CO ở pH = 5,0, người ta phải đặt thế tối thiểu −0,80 V. Tính quá thế của phản ứng trên Au.

b) Trên điện cực Kẽm (Zn), quá thế đo được là 0,65 V. Giả sử các điều kiện khác là như nhau, kim loại nào (Au hay Zn) là chất xúc tác tốt hơn cho việc tạo CO? Giải thích.

4.3. Tốc độ của một phản ứng điện hoá thường được so sánh qua mật độ dòng điện j (A/cm^2). Mối liên hệ giữa quá thế (η) và mật độ dòng điện được xác định qua phương trình Tafel:

$$\eta = a + b\,log(j)$$

Trong đó b là độ dốc Tafel (Tafel slope). Trên một loại điện cực Ag biến tính, đối với phản ứng tạo CO, người ta đo được b = 120 mV và hằng số a = 0,84 V.

a) Tính quá thế cần thiết để duy trì mật độ dòng điện j = 10 mA/cm^2 trên điện cực này.

b) Nếu muốn tăng tốc độ phản ứng lên gấp 10 lần, cần đặt thêm một thế bao nhiêu V so với ban đầu?

4.4. Một bình điện phân khử CO_2 sử dụng dòng điện không đổi I = 0,2 A trong thời gian 1930 giây. Sau phản ứng, người ta thu được 33,6 mL khí CO (đo ở 0 ^oC, 1 atm).

a) Tính lượng khí CO lý thuyết (theo mol) thu được nếu toàn bộ dòng điện đều dùng để khử CO_2 thành CO.

b) Tính hiệu suất dòng điện (Faradaic Efficiency – FE, %) của quá trình tạo CO.

4.5. Trong môi trường nước, phản ứng khử H^+ thành khí H_2 luôn xảy ra đồng thời với quá trình khử CO_2.

a) Viết bán phản ứng tạo khí H_2. Tại sao sự xuất hiện của H_2 lại làm giảm hiệu suất tạo CO?

b) Để tăng ưu tiên cho việc khử CO_2, người ta thường sử dụng các kim loại có quá thế thoát H_2 cao. Giải thích.

4.6. Hiệu suất năng lượng (*EE*) của một sản phẩm điện hoá được tính theo công thức:

$$EE(\%) = \frac{E^o}{E_{thực\ tế}} \times FE$$

Trong đó: E^o là hiệu điện thế tối thiểu lý thuyết (lấy trị tuyệt đối).

$E_{\text{thực tế}}$ là hiệu điện thế thực đặt vào hai cực của bình điện phân.

a) Giả sử điện cực anode xảy ra phản ứng oxi hoá nước: $2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$ với E^o_{anode} = 1,23 V. Hãy tính hiệu điện thế tối thiểu lý thuyết để khử CO_2 thành CO ở điều kiện chuẩn.

b) Trong một thí nghiệm, máy đo được hiệu điện thế giữa hai cực là 3,0 V. Với FE_{CO} tính được ở câu **4.4**, hãy tính hiệu suất năng lượng (*EE*) của quá trình tạo CO. Nhận xét về sự tổn hao năng lượng trong hệ thống này.

Câu 5. *(4,0 điểm)* **Tái tạo oxygen trong tàu vũ trụ**

Trong môi trường kín của tàu vũ trụ, việc kiểm soát thành phần khí quyển là yếu tố sống còn. Potassium superoxide (KO_2) được sử dụng rộng rãi nhờ khả năng vừa hấp thụ khí thở ra (CO_2), vừa giải phóng khí duy trì sự sống (O_2). Tuy nhiên, trong quá trình vận hành, các tạp chất phát sinh có thể làm ảnh hưởng đến hiệu suất của hệ thống.

5.1. Đầu tiên, các nhà khoa học cần xác định cấu trúc và tính chất của potassium superoxide.

a) Xác định số oxi hoá của oxygen trong hợp chất KO_2. Vẽ cấu trúc Lewis và MO cho ion superoxide O_2^- và cho biết ion này có tính thuận từ hay nghịch từ?

b) Viết phương trình phản ứng của KO_2 với CO_2 (khô) (1) và với hơi nước (H_2O) (2). Tại sao khi có mặt hơi nước, quá trình hấp thụ CO_2 của thiết bị lại diễn ra nhanh hơn?

5.2. Trong một khoang tàu, phi hành gia tiêu thụ O_2 và thải ra CO_2 theo tỉ lệ số mol CO_2/O_2 = 0,82.

a) Dựa vào phương trình phản ứng của KO_2 với CO_2, hãy tính tỉ lệ số mol O_2 sinh ra trên số mol CO_2 bị hấp thụ.

b) Nếu hệ thống chỉ sử dụng KO_2, nồng độ O_2 trong khoang sẽ tăng hay giảm theo thời gian?

c) Để duy trì nồng độ các khí không đổi, các kỹ sư thường trộn thêm một lượng Lithium hydroxide (LiOH). Hãy viết phương trình phản ứng của LiOH với CO_2 và giải thích vai trò của nó trong việc điều chỉnh lượng O_2 dư thừa.

5.3. Một thiết bị tái tạo khí sau khi sử dụng được phát hiện có lẫn một lượng tạp chất rắn **X** màu trắng biết rằng tạp chất **X** được hình thành thông qua các giai đoạn sau: (**phản ứng 1**) KO_2 oxi hoá mãnh liệt khí H_2S (phát sinh từ rác thải) thành đơn chất **Y**, (**phản ứng 2**) đơn chất **Y** này ngay lập tức tác dụng với chất trung gian sinh ra từ **phản ứng 1** tạo thành **X**. Để xác định **X**, người ta tiến hành hai thí nghiệm:

Thí nghiệm 1: Lấy mẫu chất rắn trong thiết bị cho phản ứng với dung dịch HCl dư, thu được hỗn hợp khí khí gồm CO_2 và một khí mùi trứng thối **Z** và có tín hiệu khối phổ (MS) tại m/z = 34.

Thí nghiệm 2: Cho 2,00 g mẫu chất rắn trên tác dụng với HCl dư, dẫn toàn bộ khí sinh ra vào dung dịch $CuSO_4$ dư, thu được 0,096 g kết tủa màu đen.

a) Xác định công thức hoá học của khí **Z** và tạp chất **X**. Viết phương trình hoá học của **X** với HCl.

b) Tính phần trăm khối lượng của tạp chất **X** trong 2,00 g mẫu chất rắn trên.

c) Viết phương trình **phản ứng 1** và **2**.

---------- HẾT ----------

Họ tên thí sinh: ..... ***SBD:*** .....

Tên trường: ..... ***Tên tỉnh/TP:*** .....

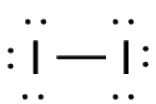
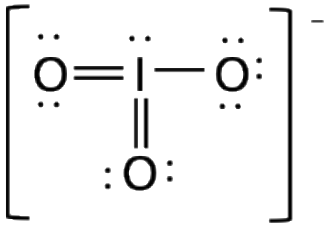
SỞ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH
TRƯỜNG THPT CHUYÊN
LÊ HỒNG PHONG

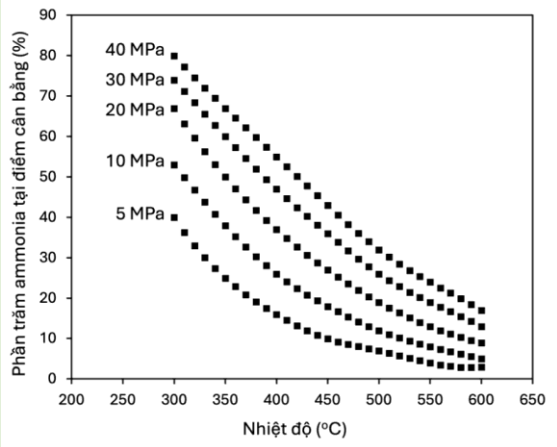
KỲ THI OLYMPIC TRUYỀN THỐNG 30/4
LẦN THỨ XXX - NĂM 2026

ĐÁP ÁN CHÍNH THỨC

Môn: **HÓA HỌC** - Khối: **10**
*Đáp án gồm **10** trang, **05** câu*

Câu 1	Nội dung	Điểm
Đề bài	***Câu 1.*** *(4,0 điểm)* **Đại cương về cấu trúc và tính chất** Iodine là một nguyên tố vi lượng thiết yếu. Ngoài dạng đồng vị bền ^{127}I, đồng vị phóng xạ ^{131}I đóng vai trò quan trọng trong y học hiện đại. **1.1.** ^{131}I có thời gian bán rã $t_{1/2}$ = 8,02 ngày, phân rã phát ra tia β và tia γ. **a)** Viết phương trình phản ứng tổng hợp ^{131}I từ ^{130}Te bằng cách bắn phá neutron. **b)** Một bệnh nhân tiếp nhận liều ^{131}I có độ phóng xạ 4500 MBq. Tính thời gian ít nhất bệnh nhân cần ở lại bệnh viện (ngày) để độ phóng xạ giảm xuống dưới 1100 MBq. **c)** Thực tế, tuyến giáp chỉ hấp thụ 30% lượng ^{131}I nạp vào, phần còn lại bị bài tiết nhanh chóng (bỏ qua phân rã trong quá trình bài tiết). Tính độ phóng xạ còn lại trong cơ thể bệnh nhân sau 3 ngày và cho biết bệnh nhân đã đủ điều kiện xuất viện (độ phóng xạ < 1100 MBq) chưa? **1.2.** Iodine nằm ở ô số 53 trong bảng tuần hoàn. **a)** Viết cấu hình electron đầy đủ của nguyên tử Iodine ở trạng thái cơ bản. Xác định vị trí (chu kỳ, nhóm) của Iodine. **b)** Dựa trên cấu hình electron, giải thích tại sao Iodine có xu hướng nhận thêm 1 electron để tạo thành ion I^-. Viết cấu hình electron của ion I^-. **c)** Iodine có thể tạo các hợp chất với fluorine như IF, IF_3, IF_5, IF_7. Hãy giải thích sự tạo thành các liên kết trong các hợp chất trên dựa trên sự kích thích electron vào các phân lớp trống. **1.3.** Trong y tế, Iodine thường được sử dụng dưới dạng dung dịch Lugol (chứa I_2 và KI) hoặc các hợp chất như KIO_3 (trộn vào muối iốt để phòng chống bướu cổ). **a)** Vẽ công thức Lewis cho phân tử I_2 và ion IO_3^-. Cho biết xung quanh nguyên tử trung tâm I trong IO_3^- có mấy cặp electron liên kết và mấy cặp electron hoá trị không liên kết? **b)** Cho năng lượng liên kết của I_2, Br_2, Cl_2, và F_2 không theo thứ tự như sau: 158, 214, 224, và 242 kJ/mol. Hãy gán các giá trị trên sao cho phù hợp và giải thích. **c)** Hợp chất hydroxide ứng với hoá trị cao nhất của Cl và Br có công thức phân tử là $HClO_4$ và $HBrO_4$; trong khi hợp chất hydroxide ứng với hoá trị cao nhất của I lại có công thức phân tử là H_5IO_6. Giải thích.	**32/8**
1.a	$^{130}_{52}Te + {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{131}_{53}I + {}^{0}_{-1}e$ ~~đổi từ word bình thường sang Mathtype.~~	**2/8**
1.b	$k = \frac{\ln(2)}{t_{1/2}} = \frac{\ln(2)}{8{,}02\ ngày} = 0{,}0864\ ngày^{-1}$ $A = A_0 \times e^{-kt}$ $\rightarrow t = \frac{\ln\left(\frac{A_0}{A}\right)}{k} = \frac{\ln\left(\frac{4500\ MBq}{1100\ MBq}\right)}{0{,}0864\ ngày^{-1}} = 16{,}3\ ngày$ *Nếu ra đúng đáp án thì vẫn cho đủ 3/8 điểm.*	**1/8** **2/8**

Câu 1	Nội dung	Điểm
1.c	Lượng hấp phụ vào tuyến giáp: $A' = A_0 \times 0{,}3 = 4500\ MBq \times 0{,}3 = 1350\ MBq$ Sau 3 ngày thì lượng phóng xạ còn lại là: $A_{3n} = A' \times e^{-kt} = 1350\ MBq \times e^{-0{,}0864\times 3} = 1042\ MBq$ Vì A_{3n} = 1042 MBq đã nhỏ hơn 1100 MBq, nên sau 3 ngày bệnh nhân đã có thể xuất viện.	**1/8** **2/8** **1/8**
2.a	I: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}\ 4s^2\ 4p^6\ 4d^{10}\ 5s^2\ 5p^5$ Chu kì 5 Nhóm VIIA	**2/8** **1/8** **1/8**
2.b	I có 7 electron hoá trị lớp ngoài cùng, nên có xu hướng nhận thêm 1 electron dễ tạo thành cấu hình bền của khí hiếm Xe. I^-: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}\ 4s^2\ 4p^6\ 4d^{10}\ 5s^2\ 5p^6$	**1/8** **1/8**
2.c	I còn các orbital trống ở phân lớp 5*d*. Khi kích thích, các electron từ 5*s* và 5*p* có thể nhảy lên 5*d*, tạo ra 1, 3, 5, hoặc 7 electron độc thân, nên có thể tạo thành các hợp chất IF, IF_3, IF_5, IF_7.	**2/8**
3.a	I_2  IO_3^-  *Lưu ý: nếu vẽ đúng công thức nhưng điền sai số electron không liên kết (: hoặc −) thì chỉ cho 1/8 điểm cho mỗi công thức.* Xung quanh nguyên tử trung tâm I trong IO_3^- có **5 cặp electron liên kết** và **1 cặp electron hóa trị không liên kết**.	**2/8×2** **1/8×2**
3.b	**F_2: 158 kJ/mol, Cl_2: 242 kJ/mol, Br_2: 224 kJ/mol, I_2: 214 kJ/mol.** Từ Cl_2 đến I_2: Năng lượng liên kết giảm dần. - Khi đi từ trên xuống dưới trong nhóm VIIA, bán kính nguyên tử tăng dần ($r_{Cl} < r_{Br} < r_I$), dẫn đến độ dài liên kết tăng, làm giảm diện tích xen phủ giữa các orbital. - Mật độ electron vùng liên kết giảm, dẫn đến lực hút giữa hạt nhân và cặp electron chung yếu đi, năng lượng liên kết giảm. Trường hợp của F_2: Có năng lượng liên kết thấp bất thường (nhỏ hơn Cl_2). - Từ Cl_2 trở đi, sự xuất hiện của phân lớp *d* trống cho phép một phần sự cho - nhận electron từ orbital *p* chứa cặp electron không liên kết của nguyên tử này sang orbital *d* trống của nguyên tử kia (liên kết $\pi_{p\text{-}d}$), làm tăng cường độ bền liên kết so với F_2.	**1/8×4** **1/8×2** **1/8**
3.c	+ Iodine có bán kính nguyên tử lớn ~~hơn oxygen~~. + Iodine chênh lệch mức năng lượng lớn so với oxygen. → liên kết π tạo thành không bền vững bằng liên kết π giữa O với Cl và Br.	**1/8** **1/8**

Câu 2	Nội dung	Điểm
Đề bài	***Câu 2.*** *(4,5 điểm)* **Nhiệt động học phản ứng tổng hợp ammonia trong công nghiệp** Ammonia (NH_3) là xương sống của ngành nông nghiệp hiện đại, là nguyên liệu sản xuất hơn 80% lượng phân bón toàn cầu. Quy trình Haber-Bosch, ra đời từ đầu thế kỷ thứ 20, cho phép cố định N_2 từ không khí thành ammonia ở quy mô công nghiệp (khoảng 180 triệu tấn/năm) theo sơ đồ phản ứng: $N_2(g) + H_2(g) \rightleftharpoons NH_3(g)$ (1) **2.1. a)** Tính Δ_rH^o, Δ_rS^o, và Δ_rG^o của phản ứng (1) khi tiêu thụ 1 mol N_2 tại 298 K. Cho biết phản ứng trên có tự phát tại nhiệt độ này hay không? Cho số liệu nhiệt động tại 298 K như sau: | Chất | $\Delta_fH^o_{298}$ (kJ/mol) | S^o_{298} (J/mol·K) | C_p (J/mol·K) | | $N_2(g)$ | - | 191,50 | 29,12 | | $H_2(g)$ | - | 130,60 | 28,82 | | $NH_3(g)$ | −46,11 | 192,30 | 35,06 | **b)** Trong công nghiệp, phản ứng được thực hiện ở 723K. Tính $\Delta_rH^o_{723}$ và hằng số cân bằng K_p của phản ứng tại nhiệt độ này. Giả thiết nhiệt dung đẳng áp C_p không thay đổi trong khoảng nhiệt độ khảo sát. **2.2.** Dưới đây là đồ thị biểu diễn phần trăm theo số mol của NH_3 trong hỗn hợp cân bằng theo nhiệt độ tại các áp suất khác nhau với tỉ lệ nạp liệu ban đầu theo số mol là $N_2 : H_2 = 1:3$. **a)** Dựa vào các giá trị nhiệt động đã tính ở ý (2.1) và nguyên lý Le Chatelier, hãy giải thích hình dạng của các đường cong trên **đồ thị 1**. **b)** Tại 723 K và 40 atm, phần trăm theo số mol ammonia khi hệ đạt trạng thái cân bằng là 49,1%. Tính hiệu suất chuyển hoá và hằng số cân bằng thực nghiệm (K_p, theo atm^{-2}) tại điều kiện này.  **Đồ thị 1.** Tác động của nhiệt độ và áp suất đến hiệu suất tổng hợp NH_3. 1 MPa = 10^6 Pa. **c)** Trong thực tế, các nhà máy thường vận hành ở lưu lượng khí rất cao khiến hệ chưa kịp đạt đến trạng thái cân bằng đã đi ra khỏi tháp tổng hợp. Hãy giải thích lợi ích kinh tế của việc chấp nhận hiệu suất mỗi lượt đi qua thấp thay vì đợi hệ đạt cân bằng. **2.3.** Trong công nghiệp, phản ứng tổng hợp ammonia được thực hiện trên bề mặt xúc tác sắt để đẩy nhanh quá trình đạt cân bằng và được mô tả qua 5 bước sau đây (với * ký hiệu cho một trung tâm hoạt động trên bề mặt xúc tác): $N_2(g) + * \rightleftharpoons N_2*$ (2) $N_2* + * \rightarrow 2N*$ (3) $H_2(g) + 2* \rightleftharpoons 2H*$ (4) $N* + 3H* \rightleftharpoons NH_3* + 3*$ (5) $NH_3* \rightleftharpoons NH_3 + *$ (6) **a)** Giải thích tại sao việc bẻ gãy liên kết trong phân tử N_2 (phản ứng 3) lại là phản ứng chậm nhất của toàn bộ quy trình? **b)** Giả sử bước (3) là bước quyết định tốc độ phản ứng và các bước còn lại đều đạt trạng thái cân bằng nhanh. Bằng cách thiết lập mối liên hệ giữa các nồng độ bề mặt với áp suất riêng phần của các khí P_{N_2}, P_{H_2}, P_{NH_3}, hãy chứng minh rằng phương trình động học của phản ứng có dạng: $v = k \frac{P_{N_2}P_{H_2}^3}{P_{NH_3}^2}$ Giả thiết: Coi độ che phủ bề mặt của các sản phẩm trung gian là nhỏ, ngoại trừ N* là sản phẩm trung gian chiếm ưu thế trên bề mặt. **c)** Dựa vào phương trình động học vừa thiết lập, hãy giải thích tại sao sự hiện	36/8

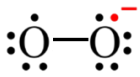
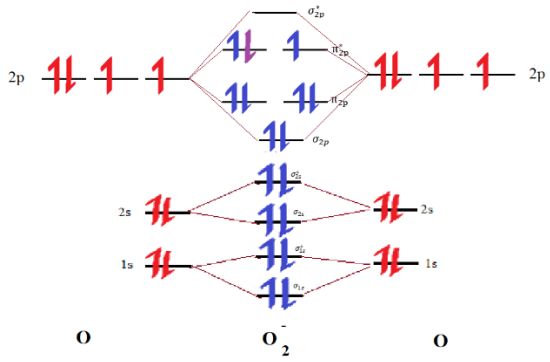
Câu 2	Nội dung	Điểm
	diện của sản phẩm NH_3 với nồng độ cao lại làm chậm tốc độ của phản ứng thuận.	
1.a	N_2 (g) + 3H_2 (g) ⇌ 2NH_3 (g) $\Delta_rH^o_{298}$ = 2×(−46,11 kJ/mol) = −92,22 kJ. $\Delta_rS^o_{298}$ = 2×(192,3 J/mol.K) – (191,5 J/mol.K + 3×130,6 J/mol.K) = −198,7 J/K $\Delta_rG^o_{298}$ = −92220 J – 298 K×(−198,7 J/K) = −33007 J. Vì $\Delta_rG^o_{298} < 0$ nên phản ứng tự phát ở 298K.	**1/8** **1/8** **1/8** **1/8** **1/8**
1.b	ΔC_p = 2×(35,06 J/mol.K) − [29,12 J/mol.K + 3×(28,82 J/mol.K)] = − 45,46 J/K $\Delta_rH^o_{723}$ = −92220 J + (− 45,46 J/K)×(723−298 K) = −111540 J $\Delta_rS^o_{723}$ = −198,7 J/K + (− 45,46 J/K)×ln(723/298) = −239 J/K $\Delta_rG^o_{723}$ = −111540 J – 723 K×(− 239 J/K) = 61257 J. $K_P = e^{-\frac{\Delta G^0}{RT}} = e^{-\frac{61257\ J}{8{,}314\ J/K \times 723\ K}} = 3{,}75 \times 10^{-5}$	**1/8** **1/8** **1/8** **1/8** **1/8**
2.a	- Phản ứng tỏa nhiệt $\Delta_rH^o < 0$, tăng T cân bằng dịch chuyển sang trái → giảm sản phẩm NH_3 → đồ thị dốc xuống. - Phản ứng giảm số mol khí (Δn = −2) , tăng P cân bằng dịch sang phải → tăng sản phẩm NH_3 → đường áp suất cao nằm trên.	**1/8** **1/8** **1/8** **1/8**
2.b	N_2 (g) + 3H_2 (g) ⇌ 2NH_3 (g) BĐ: 1 3 CB: 1-a 3-3a 2a $\%NH_3 = \frac{2a}{(1-a)+(3-3a)+2a} \times 100\% = 49{,}1\% \rightarrow a = 0{,}659$ $Hiệu\ suất = \frac{a}{1} \times 100\% = 65{,}9\%$ $K_P = K_n P^{\Delta n} = \frac{x^2_{NH_3}}{x_{N_2} x^3_{H_2}} P^{\Delta n} = \frac{\left(\frac{2a}{4-2a}\right)^2}{\left(\frac{1-a}{4-2a}\right)\left(\frac{3-3a}{4-2a}\right)^3} (40\ atm)^{-2} = 0{,}0214\ atm^{-2}$	**2/8** **1/8** **2/8**
2.c	Để giúp tối ưu hóa năng suất theo **thời gian do việc đạt cân bằng tốn quá nhiều thời gian**. Bằng cách luân chuyển khí nhanh, tách NH_3 bằng cách hóa lỏng và đưa N_2, H_2 dư quay lại tháp (recirculation), tổng lượng NH_3 thu được trong một ngày sẽ lớn hơn nhiều.	**2/8**
3.a	Phân tử N_2 có liên kết ba N≡N cực kỳ bền (*năng lượng liên kết 945 kJ/mol*). Việc bẻ gãy liên kết này đòi hỏi năng lượng hoạt hóa rất lớn, khiến bước này trở thành bước chậm nhất của toàn bộ quá trình.	**2/8**
3.b	Tốc độ bước chậm: $v = k_3 \cdot [N_2^*] \cdot [*]$ (1) Từ cân bằng bước (2): $K_2 = \frac{[N_2^*]}{[N_2]\cdot[*]}$ $\rightarrow [N_2^*] = K_2 \cdot [N_2] \cdot [*]$ Thế vào phương trình (1): $v = k_3 \cdot K_2 \cdot [N_2] \cdot [*]^2$ (2) Xét phương trình tổng 3×(4) + 2×(5) + 2×(6): 2N* + 3H_2 ⇌ 2NH_3 + 2* $K_{cb} = \frac{[NH_3]^2 \cdot [*]^2}{[N^*]^2 \cdot [H_2]^3} \rightarrow [*]^2 = K_{cb} \frac{[N^*]^2 \cdot [H_2]^3}{[NH_3]^2}$ Giả thiết tổng số trung tâm không đổi và N* chiếm ưu thế ([N*] = const): $[*]^2 = K' \frac{[H_2]^3}{[NH_3]^2}$ $[X] = \frac{P_X}{RT} = const \times P_X$ $\rightarrow v = k_3 \cdot K_2 \cdot P_{N_2} \cdot K' \frac{P^3_{H_2}}{P^2_{NH_3}} = k \cdot \frac{P_{N_2} \cdot P^3_{H_2}}{P^2_{NH_3}}$	**1/8** **1/8** **1/8** **1/8** **1/8** **1/8x2** **1/8** **1/8** **2/8**
3.c	Dựa vào biểu thức v, P_{NH_3} nằm ở mẫu số với số mũ 2. Khi nồng độ NH_3 tăng, vận tốc phản ứng thuận sẽ giảm.	**2/8**

Câu 3	Nội dung	Điểm
Đề bài	***Câu 3.*** *(3,5 điểm)* **Phân tích định lượng Cadmium bằng phương pháp phân tích hiện đại** Trong kiểm soát an toàn thực phẩm, việc xác định hàm lượng các kim loại nặng như Cadmium (Cd) là cực kỳ quan trọng do tính độc hại và khả năng tích tụ sinh học của chúng. Để xác định hàm lượng Cd trong một mẫu rau muống, các nhà điều tra đã sử dụng phương pháp quang phổ phát xạ plasma ghép cảm ứng (ICP-OES). Đây là kỹ thuật cho phép xác định nồng độ kim loại ở mức rất thấp (phần triệu - ppm hoặc phần tỷ - ppb). **3.1.** Trong phân tích vết, các đơn vị ppm (phần triệu) và ppb (phần tỷ) thường được sử dụng. **a)** Hãy cho biết 1 ppm và 1 ppb lần lượt tương ứng với bao nhiêu mg/kg và µg/kg? **b)** Một kết quả phân tích cho thấy nồng độ Cd trong dung dịch là 25 ppb. Nếu khối lượng riêng của dung dịch coi như bằng 1,00 g/mL, hãy tính nồng độ mol (mol/L) của Cd trong dung dịch này. **3.2.** Để phá mẫu rau, người ta cần sử dụng dung dịch HNO_3 2M. Tại phòng thí nghiệm có sẵn chai HNO_3 đậm đặc 65% (khối lượng riêng d = 1,40 g/mL). **a)** Tính nồng độ mol của dung dịch HNO_3 đậm đặc trên. **b)** Tính thể tích (mL) cần sử dụng để pha chế 500 mL dung dịch HNO_3 2M từ dung dịch đậm đặc trên. **c)** Hãy xác định tính **đúng sai** của các phát biểu sau, không cần giải thích: i) Dung dịch HNO_3 trong phòng thí nghiệm thường được chứa trong chai tối màu để tránh bị phân huỷ. ii) Pipette trước khi sử dụng để lấy chính xác thể tích HNO_3 chỉ cần tráng qua bằng nước cất hai lần. iii) Khi pha loãng HNO_3, dung dịch HNO_3 đặc được thêm vào trước, sau đó mới thêm nước cất vào bình định mức. iv) Trộn V (mL) HNO_3 đặc và 500 – V (mL) nước cất để thu được 500 mL dung dịch HNO_3. **3.3.** Quy trình thực hiện như sau: **Bước 1:** Lấy 10,00 g mẫu rau tươi, sấy khô và tro hoá hoàn toàn. **Bước 2:** Hoà tan hoàn toàn lượng tro bằng dung dịch HNO_3 2M, sau đó chuyển vào bình định mức 50 mL, thêm nước cất đến vạch (thu được dung dịch A). **Bước 3:** Lấy 5,00 mL dung dịch A pha loãng thành 100 mL (thu được dung dịch B). **Bước 4:** Đưa dung dịch B vào máy ICP-OES, kết quả máy báo nồng độ Cd là 0,12 ppm (biết d = 1,00 g/mL). **a)** Tính hàm lượng Cd có trong mẫu rau tươi ban đầu theo đơn vị mg/kg. **b)** Theo Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia QCVN 8-2:2011/BYT, hàm lượng Cd tối đa cho phép trong rau ăn lá là 0,1 mg/kg. Mẫu rau trên có đạt tiêu chuẩn an toàn không? **c)** Trong quá trình thực nghiệm, một học sinh quên không tráng bình định mức bằng nước cất trước khi pha loãng, dẫn đến còn sót lại một ít dung dịch mẫu cũ bên trong. Sai số này sẽ làm kết quả hàm lượng Cd cuối cùng cao hơn hay thấp hơn giá trị thực? Giải thích. **3.4.** Nếu phòng thí nghiệm không có máy ICP-OES, một học sinh đề xuất dùng phương pháp kết tủa: Cho Na_2S dư vào dung dịch mẫu để kết tủa hoàn toàn Cd^{2+} thành CdS, sau đó lọc, sấy khô và cân khối lượng kết tủa. **a)** Viết phương trình phản ứng tạo kết tủa CdS. Nêu hiện tượng quan sát được. **b)** Với mẫu rau ở ý (3.3), tính khối lượng kết tủa CdS (g) thu được từ dung dịch A.	**28/8**

Câu 3	Nội dung	Điểm
	c) Từ kết quả tính toán ở ý b, hãy giải thích tại sao phương pháp cân kết tủa lại không thể áp dụng để phân tích kim loại nặng trong thực phẩm, trong khi máy ICP-OES lại làm được. Biết sai số của cân phân tích là ± 0,0001 g.	
1.a	- 1 ppm = 1 mg/kg - 1 ppb = 1 µg/kg	**1/8** **1/8**
1.b	25 ppb = 25 µg/kg = 25×10^{-6} g/L. $C_M = \frac{25 \times 10^{-6}\ \text{g/L}}{112{,}4} = 2{,}22 \times 10^{-7} M$	**2/8**
2.a	$C_M = \frac{10 \times C\% \times d}{M} = \frac{10 \times 65 \times 1{,}40}{63} = 14{,}44M$	**2/8**
2.b	- Tính thể tích cần lấy: $V_{HNO_3,dd} = \frac{2M \times 500\ mL}{14{,}44M} = 69{,}25\ mL$	**2/8**
2.c	i) Đúng ii) Sai iii) Sai iv) Sai	**1/8×4**
3.a	- Nồng độ Cd trong dung dịch B: 0,12 ppm = 0,12 mg/kg = 0,12 mg/L. - Nồng độ trong dung dịch A (do pha loãng 20 lần từ 5 lên 100): 0,12 mg/L×20 = 2,4 mg/L. - Tổng khối lượng Cd trong 50 mL dung dịch A: 2,4 mg/L×0,05 L = 0,12 mg. - Hàm lượng Cd trong rau: $\frac{0{,}12\ mg\ Cd}{0{,}01\ kg\ rau}$ = 12 mg/kg.	**4/8**
3.b	Hàm lượng thực tế (12 mg/kg) cao gấp 120 lần so với mức cho phép (0,1 mg/kg). Kết luận: Mẫu rau ô nhiễm nghiêm trọng, không an toàn.	**2/8**
3.c	Ảnh hưởng: Nếu bình còn sót dung dịch cũ (có nồng độ Cd cao hơn nước cất), nồng độ sau pha loãng sẽ cao hơn giá trị thực tế.	**2/8**
4.a	Cd^{2+} (aq) + S^{2-} (aq) → CdS↓ (tủa) Kết tủa Cadmium sulfide có màu vàng đặc trưng.	**1/8** **1/8**
4.b	Tổng khối lượng Cd trong dung dịch A là 0,12 mg. $n_{CdS} = n_{Cd} = \frac{0{,}12\ mg \times 10^{-3} g/mg}{112{,}4\ g/mol} = 1{,}068 \times 10^{-6} mol$ Khối lượng kết tủa CdS lý thuyết: $m_{CdS} = 1{,}068 \times 10^{-6} mol \times (112{,}4 + 32\ g/mol) = 0{,}000154\ g$	**2/8** **2/8**
4.c	- Khối lượng kết tủa thu được: 0,000154 g - Sai số của cân phân tích: ± 0,0001 g - Mặc dù khối lượng kết tủa thu được cao hơn sai số của cân phân tích tuy nhiên vẫn không thể cân được khối lượng kết tủa vì nhỏ gần bằng sai số cân.	**2/8**

Câu 4	Nội dung	Điểm
Đề bài	***Câu 4.*** *(4,0 điểm)* **Chuyển hoá CO_2 bằng phương pháp điện hoá học** Điện hoá khử CO_2 (CO_2RR) là công nghệ mũi nhọn nhằm chuyển hoá khí nhà kính thành các nhiên liệu hữu ích như CO, CH_4 hoặc C_2H_4. Hiệu quả của quá trình này phụ thuộc vào bản chất của vật liệu làm điện cực (xúc tác kim loại) và các thông số điện hoá. **4.1.** Xét quá trình chuyển hoá CO_2 thành khí CO trong môi trường acid: $CO_2(g) + 2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow CO(g) + H_2O(l)$ **a)** Xác định số oxi hoá của carbon trong CO_2 và CO. Đây là quá trình khử hay quá trình oxi hoá? **b)** Tính thế khử E của cặp CO_2/CO ở điều kiện pH = 5,0, nhiệt độ 298 K, áp suất các khí đều bằng 1 atm. Biết thế khử chuẩn của cặp CO_2/CO là −0,11 V. **4.2.** Trong thực tế, phản ứng trên không xảy ra tại thế nhiệt động tính được mà cần một thế đặt vào (E_{ext}) âm hơn nhiều để vượt qua rào cản năng lượng, sự chênh lệch này gọi là quá thế (η): $\eta = |E_{ext} - E_{cb}|$. **a)** Trên điện cực Vàng (Au), để tạo ra CO ở pH = 5,0, người ta phải đặt thế tối thiểu −0,80 V. Tính quá thế của phản ứng trên Au. **b)** Trên điện cực Kẽm (Zn), quá thế đo được là 0,65 V. Giả sử các điều kiện khác là như nhau, kim loại nào (Au hay Zn) là chất xúc tác tốt hơn cho việc tạo CO? Giải thích. **4.3.** Tốc độ của một phản ứng điện hoá thường được so sánh qua mật độ dòng điện j (A/cm^2). Mối liên hệ giữa quá thế (η) và mật độ dòng điện được xác định qua phương trình Tafel: $\eta = a + b\ log(j)$ Trong đó b là độ dốc Tafel (Tafel slope). Trên một loại điện cực Ag biến tính, đối với phản ứng tạo CO, người ta đo được b = 120 mV và hằng số a = 0,84 V. **a)** Tính quá thế cần thiết để duy trì mật độ dòng điện j = 10 mA/cm^2 trên điện cực này. **b)** Nếu muốn tăng tốc độ phản ứng lên gấp 10 lần, cần đặt thêm một thế bao nhiêu V so với ban đầu? **4.4.** Một bình điện phân khử CO_2 sử dụng dòng điện không đổi I = 0,2 A trong thời gian 1930 giây. Sau phản ứng, người ta thu được 33,6 mL khí CO (đo ở 0 ^oC, 1 atm). **a)** Tính lượng khí CO lý thuyết (theo mol) thu được nếu toàn bộ dòng điện đều dùng để khử CO_2 thành CO. **b)** Tính hiệu suất dòng điện (Faradaic Efficiency – FE, %) của quá trình tạo CO. **4.5.** Trong môi trường nước, phản ứng khử H^+ thành khí H_2 luôn xảy ra đồng thời với quá trình khử CO_2. **a)** Viết bán phản ứng tạo khí H_2. Tại sao sự xuất hiện của H_2 lại làm giảm hiệu suất tạo CO? **b)** Để tăng ưu tiên cho việc khử CO_2, người ta thường sử dụng các kim loại có quá thế thoát H_2 cao. Giải thích. **4.6.** Hiệu suất năng lượng (EE) của một sản phẩm điện hoá được tính theo công thức: $EE(\%) = \frac{E^o}{E_{thực\ tế}} \times FE$ Trong đó: E^o là hiệu điện thế tối thiểu lý thuyết (lấy trị tuyệt đối). $E_{thực\ tế}$ là hiệu điện thế thực đặt vào hai cực của bình điện phân. **a)** Giả sử điện cực anode xảy ra phản ứng oxi hoá nước: $2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$ với E^o_{anode} = 1,23 V. Hãy tính hiệu điện thế tối thiểu lý thuyết để khử CO_2 thành CO ở điều kiện chuẩn.	**32/8**

Câu 4	Nội dung	Điểm
	b) Trong một thí nghiệm, máy đo được hiệu điện thế giữa hai cực là 3,0 V. Với FE_{CO} tính được ở câu **4.4**, hãy tính hiệu suất năng lượng (*EE*) của quá trình tạo CO. Nhận xét về sự tổn hao năng lượng trong hệ thống này.	
1.a	- C (+4) trong CO_2 - C (+2) trong CO *Nếu học sinh ghi đúng số oxi hoá trên phân tử CO_2 và CO vẫn cho đủ điểm.* - Đây là quá trình khử.	**1/8** **1/8** **1/8**
1.b	Áp dụng phương trình Nernst: $E = E^o - \frac{RT}{nF}\ln\frac{P_{CO}}{P_{CO_2}[H^+]^2} = -0{,}11 - \frac{8.314 \times 298}{2 \times 96500}\ln\frac{1}{(10^{-5})^2} = -0{,}406V$	**2/8**
2.a	Quá thế: $\eta = \lvert E_{ext} - E_{cb}\rvert = \lvert -0{,}8\ V - (-0{,}406\ V)\rvert = 0{,}394V$	**2/8**
2.b	- Quá thế trên Au (0,394 V) thấp hơn quá thế trên Zn (0,65 V). - Kết luận: Au là chất xúc tác tốt hơn vì nó tiêu tốn ít năng lượng hơn (thế đặt vào ít âm hơn) để kích hoạt phản ứng khử CO_2 xảy ra.	**2/8**
3.a	Tính quá thế η tại j = 10 mA/cm^2 - Đổi đơn vị: j = 0,01 A/cm^2 Thay vào phương trình Tafel: $\eta = 0{,}84 + 0{,}12 \times \log(0{,}01) = 0{,}60\ V$	**1/8** **2/8**
3.b	Khi j tăng 10 lần, j' = 100 mA/cm^2 = 0,1 A/cm^2 Quá thế lúc này là: $\eta' = 0{,}84 + 0{,}12 \times \log(0{,}1) = 0{,}72\ V$ - Vậy cần áp thêm thế so với ban đầu là: 0,72 V – 0,60 V = 0,12 V.	**1/8** **2/8** **1/8**
4.a	Áp dụng định luật Faraday: $n_e = \frac{I \cdot T}{F} = \frac{0{,}2A\ \times 1930s}{96500\ C/mol} = 0{,}004\ mol$ Theo bán phản ứng, để tạo 1 mol CO cần 2 mol electron: $n_{CO,lt} = \frac{n_e}{2} = \frac{0{,}004\ mol}{2} = 0{,}002\ mol$	**1/8** **2/8**
4.b	Số mol CO thực tế thu được: $n_{CO,thực} = \frac{0{,}0336\ L}{22{,}4\ L/mol} = 0{,}0015\ mol$ Hiệu suất dòng điện (FE): $FE = \frac{n_{CO,thực}}{n_{CO,lt}} \times 100\% = \frac{0{,}0015\ mol}{0{,}002\ mol} \times 100\% = 75\%$	**1/8** **2/8**
5.a	- Bán phản ứng tạo khí H_2: $2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$. - Giải thích: Sự xuất hiện của H_2 làm giảm hiệu suất tạo CO vì một phần dòng điện (electron) đã bị tiêu tốn cho quá trình khử H^+ thay vì khử CO_2.	**1/8** **1/8**
5.b	- Các kim loại có quá thế thoát H_2 cao, nghĩa là phản ứng tạo H_2 trên các bề mặt này cực kỳ khó khăn về mặt động học. - Khi phản ứng cạnh tranh (H_2) bị kìm hãm, các electron sẽ ưu tiên tham gia vào quá trình khử CO_2, từ đó làm tăng độ chọn lọc và hiệu suất tạo sản phẩm mong muốn.	**2/8** **1/8**
6.a	Ở điều kiện tiêu chuẩn: $E^o = \lvert E^o_{cathode} - E^o_{anode}\rvert = \lvert -0{,}11\ V - 1{,}23\ V\rvert = 1{,}34\ V$.	**2/8**
6.b	Áp dụng công thức: $EE = \frac{1{,}34\ V}{3{,}0\ V} \times 75\% = 33{,}5\%$ - Nhận xét: Hệ thống có sự tổn hao năng lượng lớn (khoảng 66,5%).	**2/8** **1/8**

Câu 5	Nội dung	Điểm
Đề bài	***Câu 5.*** *(4,0 điểm)* **Tái tạo oxygen trong tàu vũ trụ** Trong môi trường kín của tàu vũ trụ, việc kiểm soát thành phần khí quyển là yếu tố sống còn. Potassium superoxide (KO_2) được sử dụng rộng rãi nhờ khả năng vừa hấp thụ khí thở ra (CO_2), vừa giải phóng khí duy trì sự sống (O_2). Tuy nhiên, trong quá trình vận hành, các tạp chất phát sinh có thể làm ảnh hưởng đến hiệu suất của hệ thống. **5.1.** Đầu tiên, các nhà khoa học cần xác định cấu trúc và tính chất của potassium superoxide. **a)** Xác định số oxi hoá của oxygen trong hợp chất KO_2. Vẽ cấu trúc Lewis và MO cho ion superoxide O_2^- và cho biết ion này có tính thuận từ hay nghịch từ? **b)** Viết phương trình phản ứng của KO_2 với CO_2 (khô) (1) và với hơi nước (H_2O) (2). Tại sao khi có mặt hơi nước, quá trình hấp thụ CO_2 của thiết bị lại diễn ra nhanh hơn? **5.2.** Trong một khoang tàu, phi hành gia tiêu thụ O_2 và thải ra CO_2 theo tỉ lệ số mol $CO_2/O_2 = 0,82$. **a)** Dựa vào phương trình phản ứng của KO_2 với CO_2, hãy tính tỉ lệ số mol O_2 sinh ra trên số mol CO_2 bị hấp thụ. **b)** Nếu hệ thống chỉ sử dụng KO_2, nồng độ O_2 trong khoang sẽ tăng hay giảm theo thời gian? **c)** Để duy trì nồng độ các khí không đổi, các kỹ sư thường trộn thêm một lượng Lithium hydroxide (LiOH). Hãy viết phương trình phản ứng của LiOH với CO_2 và giải thích vai trò của nó trong việc điều chỉnh lượng O_2 dư thừa. **5.3.** Một thiết bị tái tạo khí sau khi sử dụng được phát hiện có lẫn một lượng tạp chất rắn **X** màu trắng biết rằng tạp chất **X** được hình thành thông qua các giai đoạn sau: (**phản ứng 1**) KO_2 oxi hoá mãnh liệt khí H_2S (phát sinh từ rác thải) thành đơn chất **Y**, (**phản ứng 2**) đơn chất **Y** này ngay lập tức tác dụng với chất trung gian sinh ra từ **phản ứng 1** tạo thành **X**. Để xác định **X**, người ta tiến hành hai thí nghiệm: **Thí nghiệm 1**: Lấy mẫu chất rắn trong thiết bị cho phản ứng với dung dịch HCl dư, thu được hỗn hợp khí khí gồm CO_2 và một khí mùi trứng thối **Z** và có tín hiệu khối phổ (MS) tại m/z = 34. **Thí nghiệm 2**: Cho 2,00 g mẫu chất rắn trên tác dụng với HCl dư, dẫn toàn bộ khí sinh ra vào dung dịch $CuSO_4$ dư, thu được 0,096 g kết tủa màu đen. **a)** Xác định công thức hoá học của khí **Z** và tạp chất **X**. Viết phương trình hoá học của **X** với HCl. **b)** Tính phần trăm khối lượng của tạp chất **X** trong 2,00 g mẫu chất rắn trên. **c)** Viết phương trình **phản ứng 1** và **2**.	**32/8**
1.a	- Số oxy hoá của O là –1/2.	**1/8**
	- Cấu trúc Lewis: 	**2/8**
	- Sơ đồ MO:  	**3/8**
	- Tính chất: **thuận từ** do **có electron độc thân ở orbital π***. *Nếu học sinh không vẽ MO mà trả lời đúng tính chất thuận từ thì vẫn cho 1/8 điểm.*	**1/8×2**

Câu 5	Nội dung	Điểm
1.b	$4KO_2 + 2CO_2 \rightarrow 2K_2CO_3 + 3O_2$ $4KO_2 + 2H_2O \rightarrow 4KOH + 3O_2$ - Giải thích: Hơi nước tạo ra KOH (kiềm mạnh), giúp hấp thụ khí CO_2 nhanh hơn phản ứng khô.	**2/8** **2/8** **2/8**
2.a	- Tỉ lệ số mol $O_2/CO_2 = 3/2 = 1,5$	**1/8**
2.b	- Con người cần $1/0,82 = 1,22$ mol O_2 cho 1 mol CO_2 thở ra. - Trong đó KO_2 sinh ra 1,5 mol O_2 cho 1 mol CO_2 hấp thu → dư oxy nên là nồng độ O_2 trong khoang sẽ tăng theo thời gian.	**1/8** **2/8**
2.c	$2LiOH + CO_2 \rightarrow Li_2CO_3 + H_2O$ - LiOH giúp giảm lượng CO_2 mà không sinh thêm O_2.	**1/8** **1/8**
3.a	- Khí **Z** có mùi trứng thối (m/z = 34) là H_2S. - Tạp chất **X** sinh ra H_2S khi gặp acid và **X** được tạo thành qua 2 phản ứng nên **X** là muối sulfide của Potassium: K_2S. $K_2S + 2HCl \rightarrow 2KCl + H_2S\uparrow$.	**1/8** **2/8** **1/8**
3.b	$H_2S + CuSO_4 \rightarrow CuS\downarrow + H_2SO_4$ $n_{K_2S} = n_{H_2S} = n_{CuS} = \frac{0,096\ g}{96\ g/mol} = 0,001\ mol$ $m_{K_2S} = 0,001\ mol \times 110\ g/mol = 0,11\ g$ $\%m_{K_2S} = \frac{0,11\ g}{2,00\ g} \times 100\% = 5,5\%$	**2/8** **2/8**
3.c	**<u>Phản ứng 1:</u>** $2KO_2 + 3H_2S \rightarrow 2KOH + 3S + 2H_2O$ *Hoặc*: $2KO_2 + 3H_2S \rightarrow 2KOH + 3S + O_2$ **<u>Phản ứng 2:</u>** $3S + 6KOH \rightarrow 2K_2S + K_2SO_3 + 3H_2O$	**2/8** **2/8**