

Câu 1: (4 điểm) Cấu tạo nguyên tử

1.1. Năng lượng của electron trong hệ gồm 1 electron và 1 hạt nhân theo mô hình Rutherford – Bohr cũng như theo mô hình hiện đại đều phụ thuộc vào số thứ tự của lớp (n ; $n=1, 2, 3, \dots$) và điện tích hạt nhân (Z) như sau:

$$E_n = -2,18.10^{-18} \cdot \frac{Z^2}{n^2} \text{ (J)}$$

Hãy tính và so sánh năng lượng electron lớp thứ nhất của H, He⁺, Li²⁺. Giải thích.

1.2. Trong phân tử hợp chất M_3X_2 có tổng số hạt proton, neutron và electron là 272 hạt, trong đó số hạt mang điện nhiều hơn số hạt không mang điện là 88 hạt. Số proton trong nguyên tử **M** nhiều hơn số proton trong nguyên tử **X** là 5. Viết cấu hình electron của nguyên tử **M** và nguyên tử **X**.

1.3. Hợp chất **X** giúp cải thiện bột nhào tăng cường độ đặc, độ trương nở bánh mì và các loại bánh nướng khác. Hợp chất **X** có khối lượng phân tử bằng 167 g/mol, chứa ba nguyên tố, trong đó một nguyên tố s có 7 electron s, hai nguyên tố p có lần lượt 4 electron p và 17 electron p. Thành phần phần trăm theo khối lượng của nguyên tố p có 4 electron p trong **X** bằng 28,74%.

a) Xác định công thức phân tử của hợp chất **X**.

b) Viết công thức Lewis và chỉ rõ loại liên kết có trong hợp chất **X**.

1.4. Kim loại bạc (Ag, silver) có độ dẫn điện tốt nhất trong các kim loại và là một trong các kim loại được phát hiện đầu tiên (copper, lead, gold, silver, iron, ...). Một mẫu kim loại bạc nặng 0,5 gam được lấy từ hai nguồn khác nhau. Nguồn thứ nhất có hai đồng vị bền, ^{107}Ag (106,91 amu) và ^{109}Ag (108,90 amu); độ phổ biến hai đồng vị lần lượt là 51,84% và 48,16%. Nguồn thứ hai có hai đồng vị bền, ^{107}Ag (106,91 amu) và ^{109}Ag (108,90 amu); độ phổ biến của hai đồng vị lần lượt là 44,80% và 55,20%. Biết rằng tỷ lệ số mol đồng vị ^{107}Ag và ^{109}Ag trong 0,5 gam mẫu kim loại bạc là 1:1. Tính thành phần phần trăm theo khối lượng của bạc được lấy từ nguồn thứ hai.

Câu 2: (4 điểm) Bảng tuần hoàn các nguyên tố hóa học

2.1. Xét hai nguyên tố trong bảng tuần hoàn.

a) Nếu một nguyên tố là khí hiếm và có số hiệu nguyên tử là Z thì nguyên tố còn lại (có độ âm điện lớn nhất trong cùng chu kỳ theo thang Pauling) sẽ có số hiệu nguyên tử là bao nhiêu?

b) Nguyên tố **A** có $Z = 14$ và nguyên tố **B** có $Z = 17$.

i. So sánh bán kính nguyên tử của **A** và **B**. Giải thích.

ii. Hydroxide của **A** sẽ có tính acid mạnh hơn hay yếu hơn hydroxide của **B**. Vì sao?

c) Hợp chất ion **M** được tạo bởi hai nguyên tố **X** và **Y**. Ion của nguyên tố **X** chứa 13 proton và 10 electron, được tìm thấy trong một số hợp chất sử dụng làm chất chống mồ hôi. Nguyên tố **Y** thuộc chu kỳ 2, nhóm IVA trong bảng tuần hoàn.

i. Xác định ion của nguyên tố **X**. Viết công thức phân tử và công thức cấu tạo hợp chất **M**.

ii. Carat là đơn vị trọng lượng, thường được viết tắt là “ct”. Đơn vị này được dùng để biểu thị trọng lượng của các loại đá quý và kim cương. Lesedi La Rona là một viên kim cương lớn thứ ba về chất lượng đá quý, được tìm thấy tại mỏ Karowe ở Botswana vào ngày 16 tháng 11 năm 2015 và có trọng lượng 1109 carat (1 carat = 0,2 gam). Tính số nguyên tử **Y** có trong viên kim cương Lesedi La Rona.

iii. Viết phương trình hóa học phản ứng tạo thành hợp chất **M** từ oxide của **X** và đơn chất **Y**.

2.2. Kim loại kiềm và kim loại kiềm thổ (nguyên tố s) thường có trong khoáng chất và nước tự nhiên ở trạng thái kết hợp dưới dạng halide, sulfate, carbonate, nitrate, silicate, ... Một số hợp chất khác của chúng là thành phần quan trọng của chất lỏng sinh học (máu, dịch tế bào, ...).

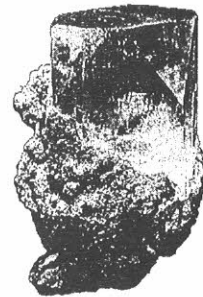
a) Tại sao kim loại kiềm thường mềm, nhiệt độ nóng chảy và nhiệt độ sôi thấp?

b) Tất cả các kim loại kiềm (kí hiệu M) cháy trong không khí tạo thành oxide (M_2O), peroxide (M_2O_2) và superoxide (MO_2). Tùy thuộc vào bản chất của kim loại kiềm mà các hợp chất của chúng được sử dụng trong mọi lĩnh vực của cuộc sống. Superoxide của kali (K, potassium) có trong mặt nạ dưỡng khí phòng chống độc. Viết phương trình hóa học các phản ứng (có thể có) của potassium superoxide trong mặt nạ dưỡng khí, khi ta thực hiện hoạt động hít vào và thở ra.

2.3. Topaz hay hoàng ngọc là một khoáng vật silicate của nhôm (Al, aluminium) và flo (F, fluorine) có công thức hóa học là $Al_2F_2SiO_4$. Topaz có độ cứng tương đối cao, ánh thủy tinh tương đối mạnh và đặc biệt là có màu sắc đa dạng (màu hồng, vàng, xanh lam, ...) được sử dụng trong nhiều lĩnh vực, đặc biệt dùng làm đồ trang sức.

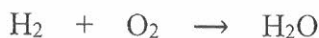
a) Sắp xếp thứ tự giảm dần về độ âm điện của các nguyên tố hóa học có trong khoáng vật topaz (không cần giải thích).

b) Khối lượng riêng của tinh thể aluminium là $2,7 \text{ g/cm}^3$. Giả thiết rằng, trong tinh thể aluminium, các nguyên tử aluminium là những hình cầu chiếm 74% thể tích (độ đặc khít), phần còn lại là khe rỗng. Tính bán kính (Å, Ångström) nguyên tử aluminium. Biết $1 \text{ Å} = 10^{-8} \text{ cm}$.



Câu 3: (4 điểm) Năng lượng hóa học và phản ứng oxi hóa - khử

3.1. Quá trình đốt cháy hydrogen theo sơ đồ sau:



Quá trình đốt cháy hydrogen đã giải phóng ra một năng lượng bằng 493,7 kJ. Cho biết năng lượng liên kết $E_b(H-H) = 432,2 \text{ kJ/mol}$ và $E_b(O=O) = 493,7 \text{ kJ/mol}$. Tính năng lượng liên kết (kJ/mol) $E_b(O-H)$.

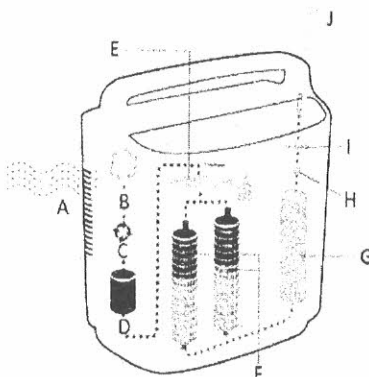
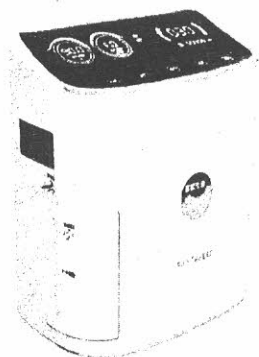
3.2. Nhiên liệu rắn sử dụng trong giai đoạn tăng tốc của tàu con thoi là hỗn hợp gồm: ammonium perchlorate (NH_4ClO_4) và bột nhôm (Al, aluminium). Phản ứng hóa học xảy ra khi hỗn hợp này được gia nhiệt, thu được các sản phẩm gồm: aluminium oxide rắn, khí hydrogen chloride, nước và khí nitrogen.

a) Lập phương trình hóa học của phản ứng theo phương pháp thăng bằng electron.

b) Tính biến thiên enthalpy chuẩn trên mỗi mol của nhôm ở 298 K của phản ứng. Cho biết:

Chất	$NH_4ClO_4(s)$	$Al_2O_3(s)$	$HCl(g)$	$H_2O(l)$
$\Delta_f H_{298}^0 \text{ (kJ/mol)}$	-295,3	-1675,7	-92,3	-285,8

3.3. Máy tạo oxygen y tế (hình ảnh, sơ đồ bên dưới) là một thiết bị lấy không khí trực tiếp trong môi trường bên ngoài (oxygen chiếm 21%, nitrogen chiếm 79%, còn lại các khí khác: argon, carbon dioxide, ...), qua hệ thống lọc loại bỏ những bụi bẩn, khí nitrogen, các khí khác và cho ra oxygen tinh khiết có nồng độ trên 90%. Đây là một thiết bị cần thiết cho những bệnh nhân bị đột quỵ, nằm liệt giường, bệnh suy tim, suy phổi.

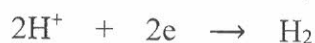


A: cửa vào không khí; B: động cơ và máy nén; C: bộ trao đổi nhiệt; D: bình tăng áp; E: solenoid bốn chiều; F: lớp sàng phân tử; G: bình sản phẩm; H: bộ điều chỉnh áp suất; I: van điều chỉnh lưu lượng kế; J: cửa ra oxygen nguyên chất.

a) Tính thể tích (lít) không khí mà máy tạo oxygen y tế cần hút vào mỗi ngày để có được lượng oxygen cung cấp 1 lít/phút trong 15 phút mỗi lần, 4 lần một ngày.

b) Một số loại máy tạo oxygen y tế khác sử dụng phương pháp điện phân nước (trong môi trường acid) để cung cấp oxygen. Quá trình điện phân nước được biểu diễn bằng các bán phản ứng như sau:

Cathode (điện cực âm)



Anode (điện cực dương)



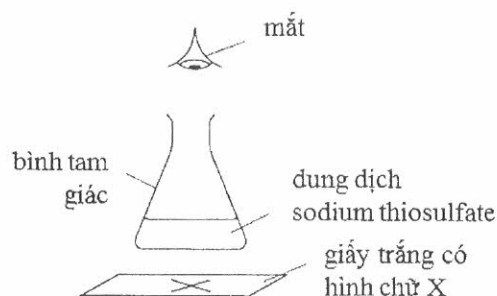
i. Hãy viết lại các bán phản ứng xảy ra trên **cathode** và **anode** và cho biết đó là quá trình khử hay quá trình oxi hóa. Viết phương trình hóa học phản ứng điện phân nước.

ii. Để có được lượng oxygen cung cấp 1 lít/phút trong 15 phút mỗi lần, 4 lần một ngày, thì cần đổ bao nhiêu nước (tính bằng mL) vào máy tạo oxygen y tế mỗi ngày? Giả thiết quá trình điện phân nước đạt hiệu suất 90%. Thể tích khí đo ở điều kiện chuẩn; khối lượng riêng của nước là 1 g/mL.

c) Một bệnh nhân cần cung cấp oxygen tinh khiết (ở điều kiện chuẩn) liên tục qua ống thông mũi với tốc độ 5 lít/phút. Bệnh nhân này vừa được cung cấp một bình oxygen y tế mới, có dung tích 340 lít chứa oxygen tinh khiết ở áp suất 13700 kPa. Giả thiết nhiệt độ không đổi trong suốt quá trình hô hấp và bỏ qua áp suất của khí carbon dioxide thở ra. Sau bao nhiêu ngày, bệnh nhân cần thay bình oxygen này. 1 atm = 101,3 kPa.

Câu 4: (4 điểm) Tốc độ phản ứng hóa học

4.1. Trong phòng thí nghiệm, bạn Hùng nghiên cứu tốc độ phản ứng giữa sodium thiosulfate ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) và chlohydric acid (HCl) ở 25 °C như sau: cho 50 cm³ dung dịch sodium thiosulfate vào bình tam giác và đặt lên trên một tờ giấy trắng có vẽ hình chữ X; thêm 10 cm³ chlohydric acid vào bình tam giác và bắt đầu tính giờ. Bạn Hùng dừng tính giờ khi không còn nhìn thấy hình chữ X trên tờ giấy và ghi lại thời gian thực hiện phản ứng (hình bên).



a) Viết phương trình hóa học phản ứng xảy ra.

b) Tại sao bạn Hùng không còn nhìn thấy hình chữ X trên tờ giấy ở cuối mỗi thí nghiệm?

c) Quá trình xảy ra phản ứng có giải phóng một khí độc. Đề xuất hai biện pháp phòng ngừa an toàn mà bạn Hùng nên thực hiện khi làm thí nghiệm này.

d) Bạn Hùng lặp lại thí nghiệm thêm năm lần với các thể tích dung dịch sodium thiosulfate khác nhau, đồng thời thêm nước vào bình tam giác để giữ cho tổng thể tích hỗn hợp phản ứng không đổi. Kết quả được ghi trong bảng sau:

Số lần thí nghiệm	Thể tích dung dịch $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (cm ³)	Thể tích nước thêm vào (cm ³)	Thời gian (giây)
1	50	0	5
2	40	10	60
3	30	20	80
4	20	30	130
5	15	35	180
6	10	40	250

i. Tại sao phải thêm nước (từ thí nghiệm thứ 2 đến thứ 6) vào bình tam giác trước khi thêm acid trong các thí nghiệm để giữ cho tổng thể tích hỗn hợp phản ứng không đổi?

ii. Hãy cho biết bạn Hùng đang nghiên cứu ảnh hưởng của yếu tố nào đến tốc độ phản ứng? Giải thích.

ii. Hãy vẽ đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của thời gian phản ứng vào thể tích dung dịch sodium sulfate trong các lần thí nghiệm được ghi trong bảng trên.

4.2. Giai đoạn đầu tiên trong quá trình sản xuất nitric acid là đốt cháy ammonia theo phương trình phản ứng sau:



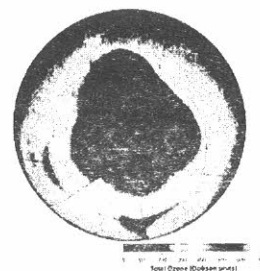
a) Hãy viết biểu thức tính tốc độ trung bình của phản ứng trên theo sự thay đổi nồng độ các chất tham gia phản ứng và sản phẩm tạo thành.

b) Cho biết tốc độ trung bình phản ứng ở 1150 K là $2,10 \cdot 10^{-6} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$. Tính biến thiên nồng độ trung bình của NH_3 , O_2 , NO và H_2O .

4.3. Ozone ở tầng khí quyển bị cạn kiệt khi nó phản ứng với nitrogen oxide. Tốc độ phản ứng của nitrogen oxide với ozone là yếu tố quan trọng trong việc quyết định mức độ hình thành lỗ thủng tầng ozone ở Nam Cực (hình bên). Một trong số các phản ứng của nitrogen oxide với ozone như sau:



Phản ứng này đã được nghiên cứu trong phòng thí nghiệm và dữ liệu tốc độ phản ứng ở 25 °C được ghi trong bảng sau:



Lần thí nghiệm	C_{NO} (mol/L)	C_{O_3} (mol/L)	$\frac{\Delta C_{\text{NO}_2}}{\Delta t}$ (mol L ⁻¹ s ⁻¹)
1	$1,00 \cdot 10^{-6}$	$3,00 \cdot 10^{-6}$	$6,60 \cdot 10^{-5}$
2	$1,00 \cdot 10^{-6}$	$6,00 \cdot 10^{-6}$	$1,32 \cdot 10^{-4}$
3	$1,00 \cdot 10^{-6}$	$9,00 \cdot 10^{-6}$	$1,98 \cdot 10^{-4}$
4	$2,00 \cdot 10^{-6}$	$9,00 \cdot 10^{-6}$	$3,96 \cdot 10^{-4}$
5	$3,00 \cdot 10^{-6}$	$9,00 \cdot 10^{-6}$	$5,94 \cdot 10^{-4}$

a) Viết biểu thức biểu diễn mối liên hệ giữa tốc độ phản ứng và nồng độ các chất tham gia phản ứng (định luật tác dụng khối lượng).

b) Tính hằng số tốc độ (k) của phản ứng ở 25 °C. Nhận xét ngắn gọn về giá trị k vừa tính được đến hiện tượng suy giảm tầng ozone.

Câu 5: (4 điểm) Định tính và định lượng trong quá trình biến đổi chất

5.1. Hợp chất **X** màu xanh lá cây, tồn tại trong tự nhiên dưới dạng khoáng chất malachite. Phân tích thành phần các nguyên tố trong **X** thấy có 9,72% carbon, 38,85% oxygen theo khối lượng, còn lại là kim loại đồng (Cu, copper). **X** không tan trong nước nhưng tan và sủi bọt trong dung dịch HCl loãng (**phản ứng 1**) tạo ra dung dịch A màu xanh lục. Khi cho khí H_2S đi qua dung dịch A, thu được kết tủa màu đen **Y** (**phản ứng 2**). Hòa tan **Y** trong dung dịch HNO_3 loãng (**phản ứng 3**) tạo ra dung dịch B màu xanh lam, chất rắn màu vàng **Z** và khí **T** không màu dễ hóa nâu ngoài không khí. Khi thêm NaOH vào dung dịch A (**phản ứng 4**) hoặc dung dịch B (**phản ứng 5**) đều thu được kết tủa màu xanh lam **K**. Kết tủa **K** hòa tan trong dung dịch ammonia (**phản ứng 6**) tạo dung dịch có màu xanh lam đậm.

a) Xác định công thức hợp chất **X**.

b) Viết phương trình hóa học các **phản ứng** từ 1 đến 6.

5.2. Cho hỗn hợp X gồm hai oxide AO và B_2O_3 (tỉ lệ số mol lần lượt là 2 : 3) tác dụng với dung dịch H_2SO_4 loãng, dư. Cô cạn dung dịch sau phản ứng, thu được hỗn hợp Y chứa hai muối khan. Hòa tan hoàn toàn 25,32 gam Y vào nước, thu được 200 gam dung dịch Z. Lấy 100 gam dung dịch Z cho tác dụng với dung dịch BaCl_2 dư, thu được 25,63 gam kết tủa trắng.

a) Viết phương trình hóa học các phản ứng xảy ra.

b) Xác định công thức hai oxide trong hỗn hợp X. Biết rằng khối lượng nguyên tử của B lớn gấp 1,125 lần khối lượng nguyên tử của A.

c) Tính nồng độ % mỗi muối trong 200 gam dung dịch Z.

Cho biết: H = 1, C = 12, N = 14, O = 16, Na = 23, Mg = 24, Al = 27, S = 32, Ca = 40, Fe = 56, Cu = 64,

Br = 80, Ag = 108, Ba = 137; $Z_{\text{H}} = 1$, $Z_{\text{He}} = 2$, $Z_{\text{Li}} = 3$, $Z_{\text{O}} = 8$, $Z_{\text{F}} = 9$, $Z_{\text{Al}} = 13$, $Z_{\text{P}} = 15$, $Z_{\text{K}} = 19$,

$Z_{\text{Ca}} = 20$, $Z_{\text{Br}} = 35$; $N_{\text{A}} = 6,023 \cdot 10^{23}$.

--- HẾT ---

(Cán bộ coi thi không giải thích gì thêm)

Họ và tên thí sinh:..... Số báo danh:.....