|  |  |
| --- | --- |
| TRƯỜNG ĐH SƯ PHẠM KỸ THUẬT TP.HCM**KHOA CÔNG NGHỆ HÓA HỌC & THỰC PHẨM****BỘ MÔN CÔNG NGHỆ HÓA HỌC****----------------------------** | **ĐỀ THI TUYỂN CHỌN SINH VIÊN DỰ THI OLYPIC HÓA HỌC TOÀN QUỐC**Ngày thi: /01/2016- Thời gian: **150 phút**Đề thi gồm 02 trang.***Sinh viên không được sử dụng tài liệu.*** |

**Câu 1: (3 điểm) (**Sử dụng bảng tuần hoàn trong phụ lục kèm theo)

1. Hãy xếp các nguyên tố sau theo thứ tự tăng dần bán kính nguyên tử, tăng dần năng lượng ion hóa: N, Mg, O, F, Al.
2. Giải thích tại sao các khí trơ như He, Ne không tạo bất kỳ hợp chất hóa học nào, trong khi các khí trơ nặng như Kr, Xe thì có tạo một số ít hợp chất, như XeF4, KrF2.
3. Giải thích tại sao nguyên tử Cu thuận từ, còn ion Cu+ thì nghịch từ.
4. Nếu trong một vũ trụ khác, lý thuyết cơ học lượng tử cũng hoàn toàn giống như trong vũ trụ của chúng ta, chỉ khác ở chỗ trong một lớp electron có 1 orbital s, 2 orbital p (thay vì 3), 3 orbital d (thay vì 5). Hãy cho biết vị trí trong hệ thống tuần hoàn (chu kỳ, phân nhóm) và các tính chất hóa học cơ bản (kim loại hay phi kim, số oxy hóa dương lớn nhất và âm nhỏ nhất) của nguyên tố có điện tích hạt nhân bằng 25 trong vũ trụ đó. Theo bạn, “quy tắc bát tử” trong vũ trụ này nên được gọi như thế nào?

**Trả lời**

1. Dựa trên các quy luật có tính tuần hoàn của các nguyên tố:

Bán kính nguyên tử: F < O< N < Al < Mg **(0,5 đ)**

Năng lượng ion hóa: Al < Mg < O < N < F **(0,5 đ)**

1. Trong phân nhóm khí trơ, khi đi từ trên xuống, năng lượng ion hóa giảm dần. Do đó các khí trơ nặng ở chu kỳ lớn sẽ dễ mất electron thành cation như trong XeF4, KrF2. **(0,5 đ)**
2. Cu (Z=29): 1s22s22p63s23p64s13d10

Cu+ (Z=29): 1s22s22p63s23p63d10

Nguyên tử Cu có 1 electron độc thân, trong khi ion Cu+ không có, do đó Cu thuận từ còn Cu+ nghịch từ. **(0,5 đ)**

1. Cấu hình electron của nguyên tố này (Z=25) sẽ là: 1s22s22p43s23p44s23d64p3

Quy tắc “sáu electron” (“lục tử”) **(0,5 đ)**

Nguyên tố này ở chu kỳ 4, phân nhóm 5A, phi kim điển hình, số oxy hóa dương lớn nhất +5, âm nhỏ nhất -1. **(0,5 đ)**

**Câu 2: (2 điểm)** Dựa vào thuyết liên kết hóa trị (VB) hoặc thuyết đẩy các cặp electron hóa trị (VSEPR), hãy:

1. Sắp xếp góc liên kết ONO trong phân tử và ion sau: NO2, NO2+, NO2-, NO3- theo thứ tự tăng dần.
2. Giải thích nguyên nhân của sự khác biệt về góc liên kết trong mỗi dãy hợp chất:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Dãy 1 | H2O (105o) | NH3 (107o) | CH4 (109,5o) |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Dãy 2 | H2O (105o) | H2S (92o) | H2Se (91o) | H2Te (90o) |

**Trả lời:**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Số nhóm e quanh N | Số cặp e không liên kết | Góc liên kết (o) |
| NO2 | 3 | ½ (e độc thân) | <120 |
| NO2+ | 2 | 0 | 180 |
| NO2- | 3 | 1 | <120 |
| NO3- | 3 | 0 | 120 |

 **(0,5 đ)**

Do cặp electron không liên kết chiếm vùng không gian lớn hơn 1 electron độc thân, do đó thứ tự độ lớn góc liên kết ONO: NO2- < NO2 <NO3- < NO2+. **(0,5 đ)**

1. Theo thuyết VB, các nguyên tử trung tâm trong các phân tử ở đây đều lai hóa sp3 (góc lai hóa chuẩn = 109,5o), tuy nhiên:

Trong dãy 1: O trong H2O có 2 cặp e không liên kết, N trong NH3 có 1, còn C trong CH4 không có; mà cặp e không liên kết chiếm vùng không gian lớn hơn cặp e liên kết. Do đó góc liên kết trong H2O < NH3 < CH4.  **(0,5 đ)**

Trong dãy 2: Các nguyên tố O, S, Se, Te đều ở phân nhóm 6A, lẽ ra trong các hợp chất với H, chúng phải có góc liên kết gần giống nhau. Việc từ S đến Te, góc liên kết càng gần 90 (góc giữa các orbital p không lai hóa) do khi chu kỳ tăng, mức độ lai hóa của nguyên tử trung tâm giảm đi. **(0,5 đ)**

**Câu 3:** **(3 điểm)** Một bình kín chỉ chứakhí NO2 tinh khiết được đun nóng đến 337 oC. Ở nhiệt độ đó NO2 bị phân ly một phần theo phương trình phản ứng:

2 NO2(k) ⬄ 2 NO(k) + O2(k)

Ở trạng thái cân bằng, hỗn hợp khí trong bình có áp suất 0,750 atm và khối lượng riêng 0,520 g/L.

1. Tính độ phân ly α của NO2 trong phản ứng trên.
2. Tính hằng số cân bằng Kc của phản ứng trên.
3. Gọi n (mol) là số mol ban đầu của NO2, V (L) là thể tích của hỗn hợp lúc cân bằng.

2 NO2(k) ⬄ 2 NO(k) + O2(k)

Ban đầu n 0 0

Phân ly αn αn αn/2

Cân bằng (1- α)n αn αn/2 **(0,5 đ)**

Tổng số mol khí lúc cân bằng: ∑n = (1+α/2)n => (∑n)/n = 1 + α/2 (1)

Từ đề bài: P.V = (∑n)RT => ∑n/V = P/(RT) = 0,750/(0,082\*610) = 0,015 (2) **(0,5 đ)**

d = ∑m/V = 46n/V = 0,520 => n/V = 0,520/46 = 0,0113 (3) **(0,5 đ)**

Lấy (2)/(3) được: (∑n)/n = 0,015/0,0113 = 1,3274 = 1 + α/2 (theo (1))

* α = 0,6549 **(0,5 đ)**
1. Hằng số cân bằng  **(0,5 đ)**

 **(0,5 đ)**

**Câu 4: (2,5 điểm)** Hydrogen peroxide (H2O2) trong nước bị phân hủy theo phản ứng bậc một:

H2O2(dd) 🡪 H2O(l) + ½ O2(k) (\*\*)

Phản ứng này ở 25 oC có hằng số tốc độ k = 7,4.10-4 s-1.

Nhiệt tạo thành (sinh nhiệt) tiêu chuẩn của H2O2(dd) bằng -191,2 kJ/mol và của H2O(l) bằng -285,8 kJ/mol.

1. Tính thể tích khí O2 (ở 25 oC và 740 mmHg) sinh ra và nhiệt lượng tỏa ra khi H2O2 trong 2 L dung dịch 0,10 M phân hủy trong 20 phút. (760 mmHg = 1,0 atm)
2. Tại 100 oC, 99,0% lượng H2O2 trong dung dịch bị phân hủy chỉ trong 60 s. Hãy tính năng lượng hoạt hóa của phản ứng.
3. Sau 20 phút: [H2O2] = [H2O2]oexp(-kt) = 0,10.exp(-7,4.10-4.20.60)=0,041 (M) **(0,5 đ)**

(mol)

(L) **(0,5 đ)**

(kJ)

Q = 0,059.(-94,6)/0,5 = - 11 (kJ) **(0,5 đ)**

1. Hằng số tốc độ phản ứng ở 100 oC: (s-1) **(0,5 đ)**

(J/mol) = 57,2 (kJ/mol) **(0,5 đ)**

**Câu 5: (2 điểm)** Khi những người bị đắm tàu uống nước biển, hiện tượng thẩm thấu do nước biển gây ra tại thành ruột làm cho họ bị mất nước. Để đơn giản, hãy xem nước biển là dung dịch NaCl 3,5% (d = 1,025 g/mL), trong đó 80% NaCl bị phân ly thành các ion, và 20% còn lại tồn tại ở dạng phân tử NaCl. Tính áp suất thẩm thấu do nước biển gây ra tại nhiệt độ cơ thể người ở 37 oC.

Xét 1 L dung dịch: mdd = 1025 g

nNaCl = 1025.0,035/58,5 = 0,613 (mol) **(0,5 đ)**

NaCl(dd) ⬄ Na+(dd)+ Cl-(dd)

Trong dung dịch có 0,613.80% = 0,491 mol Na+, 0,491 mol Cl-, và 0,613.20% = 0,1226 mol NaCl. **(0,5 đ)**

Nồng độ tất cả các dạng chất tan: (0,491 + 0,491 + 0,1226)/1 = 1,10 (M) **(0,5 đ)**

Áp suất thẩm thấu: P = CRT = 1,10 x 0,082 x 310 = 28 (atm) **(0,5 đ)**

**Câu 6:** **(2,5 điểm)** Nước nguyên chất bị điện ly theo phương trình phản ứng sau:

2 H2O(l) ⬄ H3O+(dd) + OH-(dd) (\*\*\*)

Người ta đo pH của nước nguyên chất và thu được các kết quả sau:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Nhiệt độ (oC) | 0,0 | 25,0 | 50,0 |
| pH | 7,47 | 7,05 | ?? |

Tính giá trị ΔHo và ΔSo của phản ứng (\*\*\*), xem như chúng không thay đổi theo nhiệt độ. Tính pH của nước ở 50,0 oC.

2 H2O(l) ⬄ H3O+(dd) + OH-(dd)

**(0,5 đ)**

Ở 0,0 oC:ΔHo - 273ΔSo = -2.8,314.273ln(10-7,47)= 78080 (J) (1) **(0,25 đ)**

Tương tự ở 25 oC: ΔHo - 298ΔSo = -2.8,314.298ln(10-7,05)= 80438 (J) (2) **(0,25 đ)**

Giải hệ (1)&(2) ta được ΔHo = 52330 (J) **(0,25 đ)**

ΔSo = -94,32 (J/K) **(0,25 đ)**

Ở 50 oC: ln[H3O+] =(TΔSo -ΔHo)/2RT = [323.(-94,320-52330)]/(2.8,314.323)=-15,42 **(0,5 đ)**

[H3O+] = 2,019.10-7

pH = 6,69 **(0,5 đ)**

**Câu 7:** **(3 điểm)** Tính pH của các dung dịch sau ở 25 oC, biết ở nhiệt độ này hằng số phân ly của nước Kw= [H+][OH-] = 10-14 và Ka(CH3COOH) = 1,86.10-5.

1. Dung dịch HCl 10-7 M
2. Dung dịch CH3COOH 10-3 M
3. Dung dịch chứa đồng thời CH3COOH 10-3 M và HCl 10-3 M
4. Dung dịch chứa đồng thời CH3COOH 10-3 M và CH3COONa 10-3 M
5. HCl 🡪 H+ + Cl-

10-7 10-7

Do nồng độ HCl rất nhỏ, cần phải xét đến sự điện ly của nước

H2O ⬄ H+ + OH-

Ban đầu 10-7 0

Phân ly x x

Cân bằng 10-7 + x x **(0,5 đ)**

x(10-7 + x) =10-14 => x = 6,18.10-8

pH = -lg(10-7 + 6,18.10-8)=6,8 **(0,5 đ)**

1. CH3COOH ⬄ CH3COO- + H+

Ban đầu 10-3  0 0

Phân ly x x x

Cân bằng 10-3 -x x x

x2/(10-3-x) = 1,86.10-5 => x =1,273.10-4

pH = 3,9 **(0,5 đ)**

1. HCl 🡪 H+ + Cl-

10-3 10-3

 CH3COOH ⬄ CH3COO- + H+

Ban đầu 10-3  0 10-3

Phân ly x x x

Cân bằng 10-3 -x x 10-3 + x

(10-3 + x)x/( 10-3 - x)=1,86.10-5 => x = 1,79.10-5

pH = -lg(10-3 + 1,79.10-5) ≈ 3,0 **(0,5 đ)**

1. CH3COONa 🡪 CH3COO- + Na+

 10-3 10-3

 CH3COOH ⬄ CH3COO- + H+

Ban đầu 10-3  10-3 0

Phân ly x x x

Cân bằng 10-3 -x 10-3 + x x **(0,5 đ)**

(10-3 + x)x/(10-3 – x) = 1,86.10-5 => x = 1,79.10-5

pH = -lg(1,79.10-5) = 4,7 **(0,5 đ)**

**Câu 8:** **(2 điểm)** Một trong những loại pin nhiên liệu phổ biến hiện nay sử dụng nhiên liệu khí H2, chất oxy hóa O2, dung dịch điện ly kiềm.



Ở anode: H2(k) + 2 OH-(dd) 🡪 2 H2O(l) + 2e Eo = ?

Ở cathode: O2(k) + 2 H2O(l) + 4e 🡪 4 OH-(dd) Eo = 0,40 V

Biết nhiệt tạo thành tiêu chuẩn và entropy mol tiêu chuẩn của các chất:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | H2(g) | O2(g) | H2O(l) |
| , kJ.mol-1 | - | - | -285,8 |
| , J.K-1.mol-1 | 130,6 | 205,0 | 69,9 |

1. Hãy viết phản ứng tổng cộng xảy ra trong pin, tính ΔHo, ΔSo, ΔGo của phản ứng này.
2. Tính sức điện động tiêu chuẩn của pin và thế khử tiêu chuẩn tương ứng với nửa phản ứng (1).

Tất cả các số liệu và tính toán đều xét ở 25 oC.

1. H2(k) + 2 OH-(dd) 🡪 2 H2O(l) + 2e | x 2

O2(k) + 2 H2O(l) + 4e 🡪 4 OH-(dd) | x 1

Tổng: 2 H2(k) + O2(k) 🡪2 H2O(l) **(0,5 đ)**

ΔHo = 2 = 2(-285,8) = - 571 (kJ) **(0,25 đ)**

ΔSo = 2. 69,9 – 2.130,6 – 205,0 = -326,4 (J/K) **(0,25 đ)**

ΔGo  = -571 – 298.(-326,4)10-3 = -473,7 (kJ) **(0,25 đ)**

1. Sức điện động tiêu chuẩn: ΔEo = - ΔGo/nF = 473700/(4.96485) = 1,237 V **(0,25 đ)**

Thế khử chuẩn ứng với nửa phản ứng (1) ở anode: Eoa = Eoc - ΔEo = 0,40 – 1,237 = -0,837 (V) **(0,5 đ)**

**---HẾT---**

*Ghi chú: Cán bộ coi thi không giải thích đề thi* ***Tp. Hồ Chí Minh***, ngày tháng năm

 **BỘ MÔN CÔNG NGHỆ HÓA HỌC**