

令和7年10月期入学
令和8年4月期入学（第1回）

山口大学大学院創成科学研究科博士前期課程(理学系)

入学者選抜試験

専門科目

受験区分コード **45**

化学コース

注意事項

- 1 試験開始の合図があるまで、問題冊子及び解答用紙の中を見てはいけません。
- 2 配付物は、問題冊子（1～5頁）1冊、解答用紙3枚及び下書用紙1枚です。試験開始後、直ちに揃っているか確認してください。
- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明や解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
- 4 試験開始後、すべての解答用紙に氏名及び受験番号を記入してください。
- 5 問題冊子、下書用紙は持ち帰ってください。

解答について

- 1 問題1～問題3すべてに解答してください。
- 2 問題ごとに別々の解答用紙を用い、各解答用紙の左上の□内に問題番号を記入してください。
- 3 解答は解答用紙のおもて面に横書きで記入してください。ただし、書ききれない場合は、おもて面右下の□内に✓印を記入して、うら面を使用してください。

問題 1

問 1～問 3 に答えなさい。

必要であれば、以下の値を用いなさい。

原子量：H = 1.01, C = 12.0, O = 16.0, Al = 27.0, S = 32.1, Cl = 35.5, Fe = 55.8

酢酸の酸解離定数 (25°C) : $K_a = 1.75 \times 10^{-5}$ mol/L

ギ酸の酸解離定数 (25°C) : $K_a = 1.77 \times 10^{-4}$ mol/L

アボガドロ定数 : $N_A = 6.02 \times 10^{23}$ /mol

問 1 以下の (1)～(3) に答えなさい。ただし、いずれの酸についても酸分子間の相互作用は無視できるものとする。

- (1) モル濃度 0.500 mol/L の酢酸水溶液について、25°Cにおける水素イオン濃度 (mol/L) を求めなさい。
- (2) モル濃度 0.100 mol/L のギ酸水溶液について、25°Cにおける水素イオン濃度 (mol/L) を求めなさい。
- (3) 酢酸とギ酸を含む混合水溶液があり、各酸のモル濃度はそれぞれ 0.500 mol/L および 0.0500 mol/L である。この混合水溶液の 25°Cにおける pH を求めなさい。ただし、平衡時の各酸のモル濃度は初濃度と等しいものとして近似して差し支えない。

問 2 以下の (1)～(4) に答えなさい。ただし、鉄原子は、変形しない完全な球体であり、単位格子内では互いに接触し充填されているものとする。

鉄は温度によって結晶構造が変化する元素である。常温において、鉄は体心立方格子の構造をとり、この構造の鉄をフェライト (α -Fe) と呼ぶ。 α -Fe を約 900°C以上に加熱すると、結晶構造は面心立方格子に変化し、この構造の鉄をオーステナイト (γ -Fe) と呼ぶ。

γ -Fe は、その単位格子内に炭素原子を取り込むことができるのに対し、 α -Fe は構造上、炭素原子をほとんど取り込むことができない。このため、炭素を含んだ γ -Fe を冷却して α -Fe へと構造変化させると、 γ -Fe に含まれていた炭素は、鉄の炭化物であるセメントナイト (Fe_3C) として析出する。

- (1) 鉄原子の半径を x とする。 α -Fe および γ -Fe の単位格子の一辺の長さを、それぞれ x を用いて表しなさい。

- (2) γ -Fe の密度 (g/cm^3) を求めなさい。ただし、 γ -Fe の単位格子の一辺の長さは、 0.365 nm とする。
- (3) γ -Fe の単位格子には、結晶構造に由来する空間として、四面体間隙および八面体間隙が存在する。以下の(a)と(b)に答えなさい。
- (a) γ -Fe の単位格子 1 個あたりに存在する四面体間隙と八面体間隙の数をそれぞれ答えなさい。
- (b) γ -Fe の単位格子内に取り込まれた炭素原子は、主に四面体間隙と八面体間隙のどちらに存在するかを答え、その理由を簡潔に説明しなさい。
- (4) 炭素を含有する γ -Fe の全質量に対する炭素の質量百分率が 2.00% (w/w) であるとする。この γ -Fe を冷却して、含まれていた炭素がすべて Fe_3C として析出した結果、 Fe_3C が 1.00 mol 生成した。このとき、同時に生成される α -Fe が炭素を含まない純粋な鉄としたとき、生成される α -Fe の物質質量 (mol) を求めなさい。なお、計算過程も示すこと。全体の質量は保存され、鉄と炭素以外の元素は含まれていないものとする。

問 3 以下の (1) と (2) に答えなさい。解答および説明は日本語でもよいものとする。

- (1) A mixture consisting of FeCl_3 and AlCl_3 weighs 5.95 g . The chlorides are converted to the hydrous oxides and ignited to Fe_2O_3 and Al_2O_3 . The oxide mixture weighs 2.62 g . Calculate the weight percent Fe and Al in the original mixture.
- (2) How many milliliters of concentrated sulfuric acid [94.0% (w/w), density = 1.831 g/cm^3] are required to prepare 1000 milliliters of a 0.100 mol/L solution?

問題 2

問 1～問 3 に答えなさい。

必要であれば、以下の値を用いなさい。

原子量 : H = 1.008, C = 12.01, N = 14.01, O = 16.00, Cl = 35.45, K = 39.10,

Cd = 112.4, Pb = 207.2

気体定数 $R = 8.314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

プランク定数 $h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J s} = 6.626 \times 10^{-34} \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-1}$

ボルツマン定数 $k_B = 1.381 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1} = 1.381 \times 10^{-23} \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-2} \text{ K}^{-1}$

光速度 $c = 2.998 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$

アボガドロ定数 $N_A = 6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

ファラデー定数 $F = 9.649 \times 10^4 \text{ C mol}^{-1}$

$1.000 \text{ atm} = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa} = 760.0 \text{ Torr}$

$0.00 \text{ }^\circ\text{C} = 273.15 \text{ K}$

問 1 以下の (1) と (2) に答えなさい。

- (1) Nitrogen gas is expanded reversibly and adiabatically from a volume of 1.00 liter at 0°C and 1.00 atm until the volume is 2.00 liters. The heat capacities C_V (molar heat capacity at constant volume) and C_p (molar heat capacity at constant pressure) can be taken to be a constant at the values 20.8 and 29.1 $\text{J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$, respectively. (a) Assuming ideal-gas behavior, calculate the final temperature and pressure. (b) Calculate q (heat absorbed from the thermal surroundings) and w (work gained by the gas).

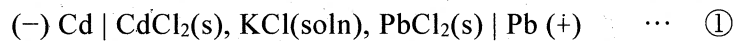
adiabatically : 断熱的に

- (2) 298.15 K, 1.000 atm においてベンゼンは液体で、液体ベンゼンの標準モルエントロピーは、 $173.59 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ であるとする。この温度において、ベンゼンは 0.1235 atm で沸騰し、モル蒸発熱は $33.744 \text{ kJ mol}^{-1}$ であるとする。以下の (a) ~ (c) に答えなさい。
- (a) 298.15 K, 0.1235 atm のもとで液体ベンゼンを気体ベンゼンにするときの、ベンゼン 1.000 mol あたりのエントロピー変化量を答えなさい。
- (b) 気体のベンゼンを理想気体として扱えるものとして、気体ベンゼンを 0.1235 atm から 1.000 atm まで等温可逆圧縮するときの、気体ベンゼン 1.000 mol あたりのエントロピー変化量を求めなさい。また、計算過程も示しなさい。
- (c) 298.15 K, 1.000 atm における気体ベンゼンの標準モルエントロピーを求めなさい。また、計算過程も示しなさい。

問2 以下の(1)と(2)に答えなさい。

- (1) 水の3重点は、4.581 Torr, 273.16 K (0.01°C)である。すなわち、273.16 Kにおいて水と氷は4.581 Torrで平衡状態となる。以下の(a)と(b)に答えなさい。
- (a) 状態図における固相と液相の相境界線において、平衡圧と温度との関係について成り立つ関係式の名称を答えなさい。
- (b) 圧力 10.00 atm のもとで、水と氷が平衡となる温度を求めなさい。ここで、氷と水の密度は、それぞれ 0.9170 および 1.000 g cm⁻³ で圧力や温度が変化しても一定であるとし、氷の融解熱は $6.009 \times 10^3 \text{ J mol}^{-1}$ であるとする。

- (2) ①式で表される電池の起電力は 25°C で 0.1880 V であり、その温度係数は $-4.80 \times 10^{-4} \text{ V K}^{-1}$ であるとする。以下の(a)と(b)に答えなさい。



- (a) ①式の電池が放電するとき、電池内の正極と負極において進行する反応(電極半反応)を、電子を含むイオン反応式で答えなさい。また、全体としての電池反応の反応式を答えなさい。
- (b) ①式の電池の放電に伴う標準反応ギブズエネルギー変化量 ΔG 、および標準反応エンタルピー変化量 ΔH を求めなさい。また、計算過程も示しなさい。

問3 ヘリウムと窒素、2つの気体について、温度 1000 K、圧力 1.00 atm における 1.00 mol あたりのモル定容熱容量 C_V をそれぞれ答えなさい。また、モル定容熱容量 C_V に対する、並進運動、回転運動、振動運動の3つの運動モードからの寄与量 [$\text{J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$] をそれぞれ答えなさい。また、計算過程も示しなさい。なお、分子間力の寄与は無視できるものとする。また、窒素の振動波数は 2330 cm^{-1} であるとし、振動運動からのモル定容熱容量への寄与量 C_V^V は、以下の C_V^V と振動波数 $\nu [\text{cm}^{-1}]$ の関係

$$x = hc\nu / (k_B \times T)$$

$$C_V^V = (x^2 e^x) \times (e^x - 1)^{-2} \times R [\text{J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}]$$

を用いて計算しなさい。ここで c は光速であり、 h はプランク定数、 k_B はボルツマン定数、 T は温度、 R は気体定数である。

問題 3

問 1 ~ 問 4 に答えなさい。

問 1 以下の (1) ~ (5) の化合物について、それぞれ構造式を描きなさい。

- (1) *cis*-decalin (2) bicyclo[1.1.1]pentane (3) ethylene oxide
 (4) 18-crown-6 (5) furfural

問 2 Explain the following chemical terms (1) ~ (3) with appropriate examples.
 (日本語で説明しなさい。)

- (1) tautomerization (2) Markovnikov's rule (3) Hückel's rule

問 3 ジクロロシクロブタンについて、以下の (1) と (2) に答えなさい。

- (1) 立体構造に注意して、異性体の構造式をすべて描きなさい。
 (2) (1) で解答した構造式のうち、鏡像異性体の関係にある化合物を□(四角)の枠で囲み、□の枠の下に立体を明記した化合物の名称を書きなさい。

問 4 ベンゼンを出発物質として下記の反応を行った。以下の (1) と (2) に答えなさい。

- (1) 主生成物 **A**~**D** を構造式で答えなさい。
 (2) 下記の反応条件で生成物 **C** から **D** を生じる際、**D** が主生成物となる理由について説明しなさい。

