

令和8年4月期入学（第2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、直ちにそろ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, O = 16.0, Ti = 47.9

水のイオン積： $K_w(25^\circ\text{C}) = 1.00 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$, $K_w(50^\circ\text{C}) = 5.47 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$

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

プランク定数： $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$

光速度： $c = 3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$

問 1 以下の文章を読んで、(1)～(3)に答えなさい。

図 1 は、あるチタン酸化物の単位格子を示している。黒球はチタン原子、白球は酸素原子を表す。このチタン酸化物は、正方晶系（格子定数 $a = 4.59 \text{ \AA}$, $c = 2.96 \text{ \AA}$ ）である。図中の Ti(1), O(1), O(2), Ti(2) と記した 4 つの原子は一直線上にある。

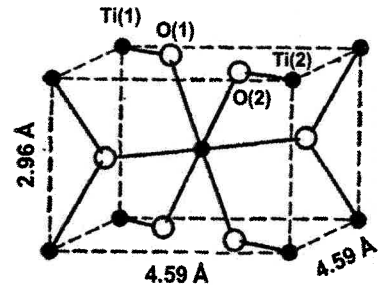
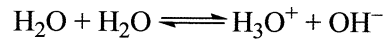


図 1

- (1) この化合物の化学式を Ti_xO_y としたとき、 y/x の値を最も簡単な整数比で答えなさい。
- (2) この化合物の結晶の密度 (g/cm^3) を答えなさい。
- (3) 図中の Ti(1) 原子の配位数を答えなさい。

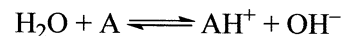
問2 以下の文章を読んで、(1)～(3)に答えなさい。

純粋な水では、ごく一部の水分子が自己プロトリススを起こし、次のような平衡が保たれている。



純粋な水での H_3O^+ と OH^- のモル濃度の積は、温度一定で一定値を示す。これを水のイオン積 (K_w) と呼ぶ。 K_w の値は温度上昇とともに増加する。

- (1) 塩酸に水酸化ナトリウム水溶液を加えると発熱する。この事実をふまえ、水のイオン積 K_w が温度上昇とともに増加する理由を説明しなさい。
- (2) 50°C における純粋な水の pH を求めなさい。
- (3) 塩基 A の水溶液では、次の平衡が保たれているとする。



50°C における 0.200 mol/L 塩基 A 水溶液の pH を求めなさい。ただし、50°C における塩基 A の塩基解離定数 (K_b) は、 5.00×10^{-6} mol/L とし、大気中の二酸化炭素の溶解は考えないものとする。

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) Convert the wavelength 400 nm into frequency (Hz) and into wavenumbers (cm^{-1}).
- (2) A compound of formula weight 280 absorbed 65.0% of the radiation at a certain wavelength in a 2-cm cell at a concentration of 15.0 $\mu\text{g}/\text{mL}$. Calculate its molar absorptivity, ϵ , at the wavelength.

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, O = 16.00, P = 30.97, Cl = 35.45, Br = 79.90

気体定数： $R = 8.314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} = 0.08206 \text{ dm}^3 \text{ atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

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： $N_A = 6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

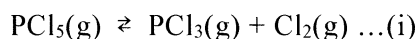
$1.000 \text{ atm} = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa} = 760.0 \text{ Torr}$

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

問 1 以下の (1) と (2) に答えなさい。

- (1) 137°C におけるクロロベンゼンの蒸気圧は 1.136 atm 、ブロモベンゼンの蒸気圧は 0.596 atm であるとする。クロロベンゼンとブロモベンゼンの 2 成分の混合溶液に関して、以下の (a) ～ (c) に答えなさい。クロロベンゼンとブロモベンゼンの混合溶液は、理想溶液として取り扱えるものとする。
- (a) 1.000 atm の外圧のもとで、沸点が 137°C となるクロロベンゼンとブロモベンゼンの混合溶液における 2 成分それぞれのモル分率を求めなさい。
- (b) 137°C において(a)の混合溶液と気相-液相平衡状態にある蒸気における 2 成分それぞれのモル分率を求めなさい。
- (c) クロロベンゼンとブロモベンゼン 2 成分の等モル混合溶液の 137°C における蒸気圧と、その混合溶液と気相-液相平衡状態にある蒸気における 2 成分それぞれのモル分率を求めなさい。
- (2) One mole of an ideal gas is allowed to expand against a piston that supports 0.400 atm pressure. The initial pressure is 10.0 atm and the final pressure is 0.400 atm . The temperature is kept constant at 0.00°C . (a) How much energy is transferred to the mechanical surroundings from the gas during the expansion? (b) What is the change in internal energy and the enthalpy of the gas? (c) How much heat is absorbed from the thermal surroundings?

問2 PCl_5 は次の反応(i)のように解離するものとする。



純粋な PCl_5 1.00 mol を反応容器に入れ、250°Cで平衡に到達させたところ、気体の圧力は 1.00 atm を示し、密度は 2.70 g dm^{-3} であったとする。以下の(1)～(4)に答えなさい。気体は理想気体として扱えるものとし、液体や固体への相転移は起こらないものとする。

- (1) 解離平衡にある混合気体の平均分子量を求めなさい。
- (2) 解離平衡にある混合気体の PCl_5 の分圧を求めなさい。
- (3) 250°Cにおける反応(i)の平衡定数を求めなさい。
- (4) 250°Cにおける PCl_5 の解離反応の標準ギブズエネルギー変化量を求めなさい。

問3 以下の(1)と(2)に答えなさい。

- (1) ホルムアルデヒド(H_2CO)の a 軸 (C-O 軸) 回転定数 B が 9.41 cm^{-1} と観測されたとする。ホルムアルデヒドは平面分子であり、H-C-H 結合角を 120° とし、C-H 原子間距離を求めなさい。回転定数 B と a 軸回転の慣性モーメント I の関係

$$B = \frac{\hbar}{4\pi c I} [\text{cm}^{-1}]$$

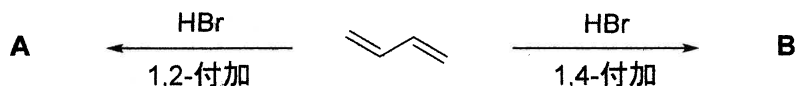
を用いなさい。ここで c は光速度であり、 \hbar はプランク定数 h を 2π で割った値を持つ定数である。

- (2) 酸素原子の電子基底状態($^3\text{P}_J$)は、全角運動量子数 J に応じて3つの微細状態($^3\text{P}_0, ^3\text{P}_1, ^3\text{P}_2$)に分裂する。 SO_2 の光分解により生成した O 原子の3つの微細状態の分布比は、25.0°C において $^3\text{P}_0 : ^3\text{P}_1 : ^3\text{P}_2 = 0.0500 : 0.200 : 0.750$ に到達したとする。この分布比から、酸素原子の微細状態 $^3\text{P}_0$ と $^3\text{P}_2$ のエネルギー差 [cm^{-1}] を求めなさい。微細状態($^3\text{P}_J$)の多重度は $2J+1$ である。

問題 3

問 1 ~ 問 4 に答えなさい。

問 1 1,3-ブタジエンに臭化水素が付加する場合、2種類の化合物 **A** (1,2-付加体)と **B** (1,4-付加体) が生成する (**A**, **B** 共に分子式は C_4H_7Br)。以下の (1) ~ (3) に答えなさい。

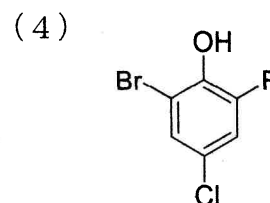
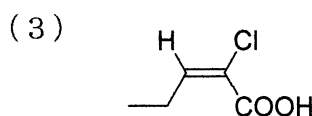
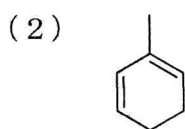


- (1) 生成物 **A** と **B** が得られる反応の機構をそれぞれ書きなさい。
- (2) IUPAC 命名法にしたがい、生成物 **B** の名称を答えなさい。
- (3) この反応で、生成物 **A** および **B** を優先的に与えるのはどのような反応条件の場合か、生成物 **A** と **B** それぞれについて答えなさい。

問 2 Compound **C** was synthesized by reacting (*R*)-2-chloropentane with KI. Subsequently, compound **C** was reacted with NaCN to synthesize compound **D**. Answer the following questions (1) and (2).

- (1) Draw the structural formula of the compound **C** and **D**, showing their stereochemistry.
- (2) What is the type of the reaction mechanism by which **C** and **D** are synthesized? Answer in English.

問 3 次の化合物 (1) ~ (4) について、それぞれ IUPAC 法を用いて命名しなさい。



問 4 次の化学反応 (1) と (2) について、反応式の例を示し、反応の特徴を説明しなさい。

- (1) Friedel-Crafts alkylation
- (2) Saytzeff elimination