

令和8年度

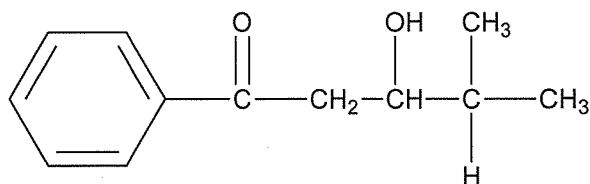
理工学群化学類 外国学校経験者特別入試

小論文 試験問題

注意事項

- ① 問題Ⅰ～Ⅲは別々の解答用紙に解答し、各用紙の左上に問題番号を記入すること。
- ② 構造式を記入する際は、解答用紙の罫線は無視してよい。
- ③ 解答が書ききれない場合は、「裏へ」と明記の上で、その解答用紙の裏面に続けて書くこと。
- ④ 下書き用紙も回収する。
- ⑤ 試験時間は90分とする。

有機化合物の構造式は下図にならって示し，光学異性体を区別しないものとする。



解答に必要な場合は，次の数値を用いること。

原子量：H = 1.00, C = 12.0, O = 16.0

0 °C = 273 K

問題 I 次の文章①と②を読み、以下の問に答えよ。

① 25 °Cにおいて、ビーカーに入った 0.100 mol/L の弱酸 HA の水溶液 10.0 mL に、0.100 mol/L の NaOH 水溶液をビュレットで滴下した。弱酸 HA は水溶液中で $HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$ の電離平衡を示し、HA の電離定数は $K_a = 2.4 \times 10^{-5}$ mol/L (25 °C) である。また、各成分 HA, H^+ , A^- の濃度 [mol/L] はそれぞれ [HA], $[H^+]$, $[A^-]$ で表すものとする。表 1 に NaOH 水溶液の滴下量、ビーカー中の水溶液の水素イオン濃度、pH, HA の電離度 α を示す。また、表 2 に pH 指示薬と変色域の pH を示す。

表 1

NaOH 水溶液の 滴下量 [mL]	水素イオン濃度 [mol/L]	pH	α
0	ア	イ	ウ
エ	2.4×10^{-5}	4.6	
10.0	オ	カ	

表 2

pH 指示薬	変色域の pH
メチルレッド	4.2 (赤色) ~ 6.2 (黄色)
フェノールフタレイン	8.6 (無色) ~ 9.6 (赤色)

次の問 1 ~ 問 6 に答えよ。ただし、電離度 α は 1 よりはるかに小さく、 $1 - \alpha \approx 1$ とみなせるものとする。計算に必要であれば、 $\sqrt{2.4} = 1.5$, $\log_{10} 2 = 0.30$, $\log_{10} 3 = 0.48$ を用いよ。

問 1 K_a を [HA], $[H^+]$, $[A^-]$ を用いて表せ。

問 2 表 1 のア ~ ウにあてはまる数値を有効数字 2 桁で求めよ。計算過程も記せ。

問3 弱酸を水で希釈すると α はどのように変化するか、理由とともに80字程度で述べよ。

問4 表1のエにあてはまる数値を有効数字2桁で求めよ。計算過程も記せ。

問5 表1のオとカにあてはまる数値の組み合わせとして最も適切なものを、以下の(1)～(4)の中から一つ選び、番号で答えよ。

(1) オ： 2.2×10^{-3} カ：2.7

(2) オ： 2.2×10^{-6} カ：5.7

(3) オ： 2.2×10^{-9} カ：8.7

(4) オ： 2.2×10^{-12} カ：11.7

問6 問5の結果より、この実験において中和点を求めるには、表2に示す指示薬のうちどちらを用いるとよいか。適切な指示薬を示し、その理由を50字程度で述べよ。

② 濃度未知のシュウ酸水溶液 25.0 mL に対して、硫酸で酸性にした 0.20 mol/L の過マンガン酸カリウム水溶液を滴下して酸化還元滴定を行ったところ、12.0 mL 滴下したときに終点に達した。次の問7～問10に答えよ。

問7 この酸化還元滴定により起こる化学反応を化学反応式で表せ。

問8 このシュウ酸水溶液の濃度 [mol/L] を有効数字2桁で求めよ。

問9 この酸化還元滴定の場合、中和滴定のように指示薬を使用しなくても終点を決定できる。その理由を60字程度で述べよ。

問10 過酸化水素水に対して、硫酸で酸性にした過マンガン酸カリウム水溶液を滴下したところ、気体が発生した。この気体の分子式を記せ。

問題Ⅱ 次の問1～問3に答えよ。

ただし、必要であれば気体定数 $R = 8.31 \text{ Pa}\cdot\text{m}^3/(\text{K}\cdot\text{mol})$ を用いよ。

問1 次の文章を読み、～にあてはまる適切な語句を下の (あ)～(お) からそれぞれ一つ選び、記号で答えよ。

塩は酸から生じると塩基から生じるがイオン結合した物質であり、その組成により分類される。硫酸水素ナトリウム NaHSO_4 はに分類され、硝酸銅(Ⅱ) $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ はに分類される。

- (あ) 陽イオン (い) 陰イオン (う) 酸性塩
(え) 塩基性塩 (お) 正塩

問2 次の文章を読み、(1)～(3)に答えよ。

理想気体 n [mol] を体積 V [m^3] の容器にいれ、その圧力が P [Pa]、絶対温度が T [K] のとき、次の気体の状態方程式 (式①) が成立する。

$$PV = nRT \quad \text{①}$$

R は気体定数である。一方、実在気体では、式①に対する次のような補正が知られている (式②)。

$$\left(P + \frac{n^2 a}{V^2}\right)(V - nb) = nRT \quad \text{②}$$

ここで a [$\text{Pa}\cdot\text{m}^6/\text{mol}^2$] は分子間力、 b [m^3/mol] は分子の体積に由来し、物質に固有の定数である。また、実在気体が理想気体からどの程度ずれているかを表す指標として、次の値 Z が用いられる (式③)。

$$Z = \frac{PV}{nRT} \quad \text{③}$$

Z の値は、理想気体では圧力や温度に関係なく、常に1になるが、実在気体では圧力や温度に応じて変化する。図1に、理想気体、水素 H_2 およびメタン CH_4 について、 Z の値と圧力の関係を示す。

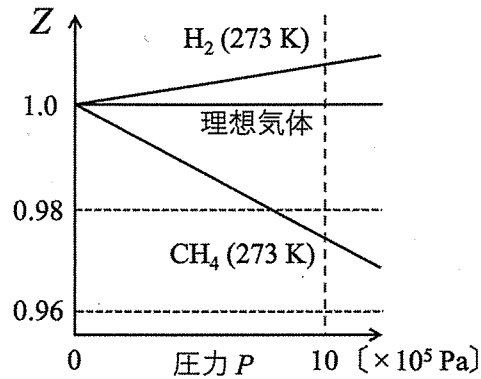


図1

- (1) 次の物質のうち、最も理想気体に近いと考えられるものを、下の (あ) ~ (お) から一つ選び、記号で答えよ。また、その理由を30字以内で述べよ。

(あ) アルゴン (い) 塩化水素 (う) 酸素
 (え) 二酸化炭素 (お) ヘリウム

- (2) 図1で示される圧力の範囲において、圧力の増加とともに、 CH_4 の Z の値が1より小さくなっていく理由を50字以内で述べよ。
- (3) H_2 のみが入った密閉容器内の圧力 P が 1.0×10^7 Pa、温度 T が273 Kであるとき、式②を用いて Z の値を有効数字2桁で求めよ。ただし、式②における H_2 の定数 a は $0 \text{ Pa}\cdot\text{m}^6/\text{mol}^2$ とし、定数 b は $2.65 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{mol}$ とする。

問3 次の文章を読み、(1)～(3)に答えよ。

注射器と容器 X をコック付きの連結管で接続した装置がある。この装置は密閉されており、純物質 A のみからなる気体が 0.62 g 入っている。この気体は理想気体としてふるまうものとする。また装置には、注射器内部の圧力を測るために、圧力計が連結管を介して接続されている。この装置を用いて、次の操作 1～3 を行った。ただし、ここでは連結管とコックの容積およびピストンの操作による気体の温度変化は無視できるものとする。

操作 1 : コックを開けたまま、装置を 300 K の恒温槽に入れた (図 2)。十分な時間が経過したのち、圧力計は $1.00 \times 10^5\text{ Pa}$ を示した。

操作 2 : コックを閉じ、ゆっくりとピストンを押して注射器内の気体を圧縮し、気体の体積を 50.0 cm^3 減少させた。このとき圧力計は $1.50 \times 10^5\text{ Pa}$ を示した。

操作 3 : 操作 2 のあとでピストンの位置を固定したままコックを開けた。十分な時間が経過したのち、圧力計は $1.10 \times 10^5\text{ Pa}$ を示した。

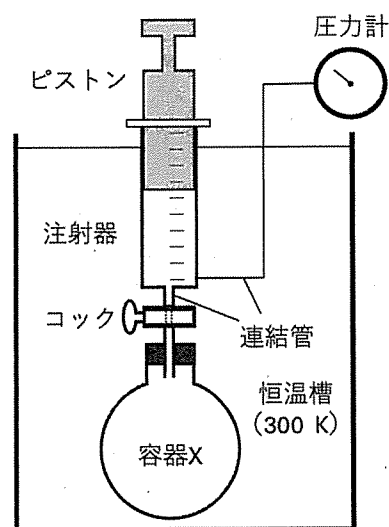


図 2

- (1) 操作 2 で気体の体積が r 倍になったとき、圧力は何倍になるか。 r を用いて表せ。
- (2) 容器 X の容積を有効数字 2 桁で求めよ。計算過程も記せ。
- (3) 気体 A の分子量を有効数字 2 桁で求めよ。計算過程も記せ。

問題Ⅲ 次の文章を読み、問1～問8に答えよ。

エステル結合を持つ化合物 **A** および **B** は、どちらも炭素、水素、酸素のみからなり、分子量は 100 以下である。**A** および **B** について元素分析を行ったところ、質量百分率はどちらも炭素 54.5%、水素 9.1%であった。**A** を加水分解するとカルボン酸 **C** とアルコール **D** が得られ、**B** を加水分解するとカルボン酸 **E** とアルコール **F** が得られた。**D** および **F** はいずれもヨードホルム反応を示した。また、硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液で酸化すると、**D** からは化合物 **G** が得られ、**F** からは化合物 **H** が得られた。(a)**G** は銀鏡反応を示したが、**H** は示さなかった。

(b)アセチレンに **C** を付加させたところ、化合物 **I** が得られた。**I** を付加重合すると、平均分子量が 8.6×10^4 の高分子化合物 **J** が得られた。(c)**J** を水酸化ナトリウム水溶液と完全に反応させるとポリビニルアルコールが得られ、さらに(d)ホルムアルデヒド水溶液と反応させアセタール化するとビニロンが得られた。

- 問1 化合物 **A** および **B** の分子式を答えよ。計算過程も記せ。
- 問2 問1で求めた分子式で表される化合物のうち、エステル結合を持つ構造異性体をすべて構造式で示せ。
- 問3 下線部(a)の反応には、アンモニア性硝酸銀水溶液が用いられる。下線部(a)の反応を、化合物 **G** の構造を含め、イオンを含む化学反応式で表せ。
- 問4 化合物 **H** を構造式で示せ。
- 問5 下線部(b)の反応を、化合物 **C** と **I** の構造を含め、化学反応式で表せ。
- 問6 高分子化合物 **J** の重合度を有効数字2桁で答えよ。計算過程も記せ。
- 問7 下線部(c)の反応の名称を答えよ。

(次ページに続く)

問8 高分子化合物 J から得られたポリビニルアルコール 44 g に対して、下線部(d)の反応を行うと、ポリビニルアルコールのヒドロキシ基のうち30%がアセタール化された。得られたビニロンの質量を有効数字2桁で答えよ。計算過程も記せ。ただし、高分子鎖の末端の構造は無視できるものとする。