

令和3年度入学者選抜学力検査問題(前期日程)

理	科
---	---

化学基礎・化学

(注 意)

1. 問題冊子は指示があるまで開かないこと。
2. 問題冊子は9ページ，解答用紙は5枚である。
指示があってから確認すること。
3. 解答はすべて解答用紙の指定のところに記入すること。
4. 計算その他を試みる場合は，解答用紙の裏または問題冊子の余白を利用してもよい。
5. 解答用紙は持ち帰ってはならないが，問題冊子は必ず持ち帰ること。

〔注意〕 必要があれば次の値を用いよ。

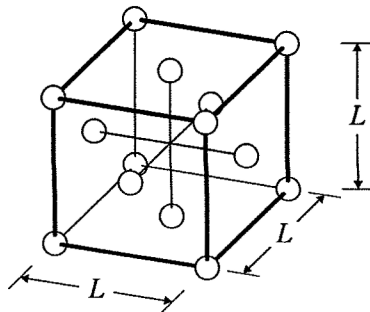
原子量 H = 1.0, C = 12, N = 14, O = 16, Na = 23

$\log_{10} 2 = 0.3$, $\log_{10} 3 = 0.5$, $\log_{10} 5 = 0.7$, $\log_{10} 7 = 0.9$

〔I〕 次の文を読み、以下の問いに答えよ。

結晶は、それを構成している原子やイオン、分子などの粒子が規則正しく配列してできた固体である。結晶は、金属結晶、イオン結晶、共有結晶、分子結晶に大別される。このうち、金属結晶は、多数の金属原子が規則正しく配列することによってできている。その金属原子どうしの結合は、 による金属結合である。金属は、薄く広げられる性質である や、引き延ばされる性質である を示す。その理由は、 が結晶全体を移動できるので、 の位置が多少ずれても結合が切れないからである。また、金属には金属光沢とよばれる特有の光沢がある。これは、 の作用によって外部からの光が反射されるからである。さらに、金属は熱や電気の である。これは、 が結晶の中を移動して熱や電気を伝えるからである。これに対して、 や移動できるイオンをもたず、電気を導かないものを という。

下の図に金属の結晶格子の分類の1つを示す。立方体の各面の中心および各頂点に原子が配列していることから、単位格子中の原子の数は 個であり、1つの原子に接している他の原子の数は 個である。この結晶格子は とよばれ、アルミニウム、銅、銀などがこの結晶構造をとる。



問 1 文中の **ア** ~ **キ** に当てはまる最適な語句を以下の語群から選んで記せ。また, **A** および **B** に当てはまる最適な数字を記せ。

語群：

価電子, 自由電子, 極性, 延性, 展性, 塩基性, 分子, 原子核, 陽子, 中性子, 不動態, 絶縁体, 半導体, 導体, 体心立方格子, 面心立方格子, 六方最密構造

問 2 下線部について, 共有結合の結晶であるダイヤモンドと黒鉛は, どちらも炭素の単体であるが, ダイヤモンドはきわめて硬いのに対し, 黒鉛は薄くはがれやすく, 性質が異なる。このようなダイヤモンドと黒鉛の関係を表す名称を記せ。また, 性質が異なる理由をその結晶構造を対比しながら答えよ。

問 3 金属 X の結晶格子が図のとおりであるとする。図の結晶格子の一辺の長さを L [cm], 金属 X の結晶の密度を d [g/cm³], アボガドロ定数を N [/mol] として, この金属 X のモル質量 [g/mol] を求める式を記せ。

〔Ⅱ〕 次の文を読み、以下の問いに答えよ。

強酸や強塩基を水に溶かすとほぼ完全に電離する。一方、弱酸 HX を水に溶かすと反応(A)のように一部の分子が電離する。



平衡に達した後には式(B)が成り立つ。 K_a を酸 HX の電離定数と呼ぶ。

$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{X}^-]}{[\text{HX}]} \quad (\text{B})$$

弱塩基 Y を水に溶かすと反応(C)のように一部の分子が電離する。



平衡に達した後には式(D)が成り立つ。 K_b を塩基 Y の電離定数と呼ぶ。

$$K_b = \frac{[\text{YH}^+][\text{OH}^-]}{[\text{Y}]} \quad (\text{D})$$

また、水溶液中では 25℃ において式(E)の関係が成り立つ。

$$[\text{H}^+][\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2 \quad (\text{E})$$

0.010 mol の酢酸 CH_3COOH と 0.010 mol の酢酸ナトリウム CH_3COONa が水に溶け、体積 1 L の混合水溶液となっているとき、 CH_3COOH はほとんど電離せず、 CH_3COONa はほぼ完全に電離する。したがって、(F)および(G)の関係が得られる。

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = 0.010 \text{ mol/L} \quad (\text{F})$$

$$[\text{CH}_3\text{COO}^-] = \boxed{\text{ア}} \text{ mol/L} \quad (\text{G})$$

一方、酢酸の電離定数を $K_{\text{CH}_3\text{COOH}}$ として、(B)から式(H)が導かれる。

$$K_{\text{CH}_3\text{COOH}} = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} \quad (\text{H})$$

(F)~(H)から、この混合水溶液の pH を求めることができる。

問 1 次の(a)~(d)の水溶液中の 25 °C における pH を小数第 1 位まで求めよ。

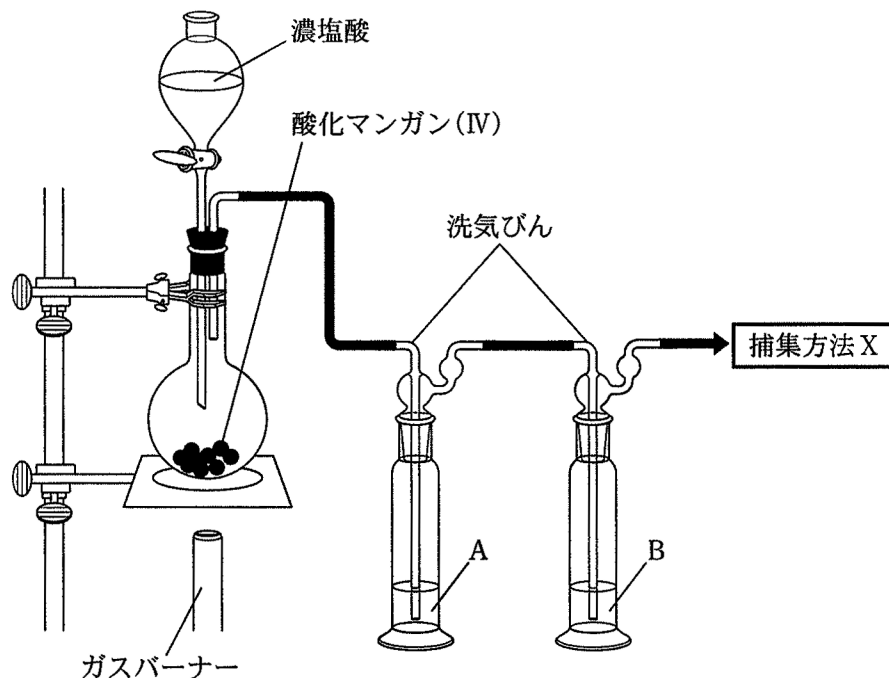
- (a) 0.010 mol/L の塩酸。
- (b) 0.050 mol/L 塩酸 1.0 L と 0.010 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液 1.0 L の混合水溶液。混合後の体積は 2.0 L である。
- (c) 0.010 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液。
- (d) 0.010 mol/L の弱酸の水溶液。ただし電離度が 0.0030 であることがわかっている。「弱酸」は 1 価とする。

問 2 文中の ア に当てはまる数値を有効数字 2 桁で記せ。

問 3 25 °C において酢酸の電離定数が 3×10^{-5} mol/L であるとして、下線部の混合水溶液の 25 °C における pH を小数第 1 位まで求め、途中の計算過程とともに示せ。

問 4 25 °C において 0.05 mol/L のアンモニア水溶液の pH が 11 であった。アンモニアの 25 °C における電離定数を有効数字 1 桁で求め、途中の計算過程とともに示せ。

〔Ⅲ〕 次のような実験装置を組み、酸化マンガン(Ⅳ) MnO_2 に濃塩酸を加えて加熱することにより塩素を発生させ、塩素の捕集を行った。以下の問いに答えよ。



問 1 酸化マンガン(Ⅳ)に濃塩酸を加えて加熱することにより塩素が発生するときの化学反応式を記せ。

問 2 問 1 の反応における酸化マンガン(Ⅳ)の役割は何か。次の(ア)~(オ)から一つを選び、記号で記せ。また、なぜそう考えたのか、理由を簡潔に記せ。

- | | | |
|--------|---------|---------|
| (ア) 触媒 | (イ) 酸化剤 | (ウ) 還元剤 |
| (エ) 酸 | (オ) 塩基 | |

問 3 洗気びんは、揮発して生じる塩化水素や水蒸気を取り除き、塩素を精製するために用いられる。洗気びんに入れる化学物質 A および B の最も適した組み合わせを次の(ア)~(オ)から一つ選び、記号で記せ。

- (ア) A : 濃硝酸 B : 水
- (イ) A : 水 B : 濃硝酸
- (ウ) A : 水 B : 濃硫酸
- (エ) A : 濃硫酸 B : 水
- (オ) A : 濃硝酸 B : 濃硫酸

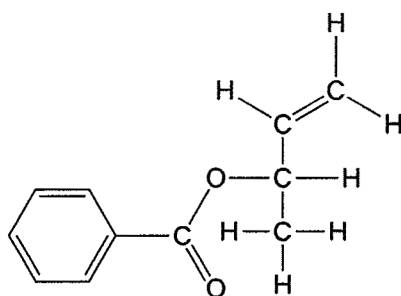
問 4 発生した塩素を捕集するために適当な捕集方法 X とは何か。次の(ア)~(ウ)から一つ選び、記号で記せ。また、なぜそのように考えたのか、理由を簡潔に記せ。

- (ア) 水上置換 (イ) 上方置換 (ウ) 下方置換

問 5 発生した塩素を臭化カリウム水溶液に通じたときの溶液の変化と、その理由を記した以下の(ア)~(エ)の記述のうち、正しいものを一つ選び、記号で記せ。

- (ア) 褐色の臭化カリウム水溶液が無色に変化する。これは塩素よりも臭素の方が酸化力が強く、臭素が生じるためである。
- (イ) 褐色の臭化カリウム水溶液が無色に変化する。これは臭素よりも塩素の方が酸化力が強く、臭素が生じるためである。
- (ウ) 無色の臭化カリウム水溶液が褐色に変化する。これは塩素よりも臭素の方が酸化力が強く、臭素が生じるためである。
- (エ) 無色の臭化カリウム水溶液が褐色に変化する。これは臭素よりも塩素の方が酸化力が強く、臭素が生じるためである。

〔IV〕 次の文を読み，以下の問いに答えよ。なお，文中の反応にベンゼン環は不活性であるものとする。



化合物(A)

上の図の化合物(A)に Br_2 を反応させると化合物(B)が得られた。一方，白金触媒存在下に過剰量の H_2 を化合物(A)に反応させると化合物(C)が得られた。この化合物(C)を加水分解すると化合物(D)と化合物(E)が得られた。化合物(E)を酸化すると炭素原子を4つ持つ化合物(F)が得られた。化合物(E)は脱水反応により，どちらも炭素原子を4つ持つ化合物(G)と化合物(H)になった。化合物(H)は立体異性体の混合物であった。

問 1 化合物(B)～(H)の構造式を，上の化合物(A)にならって示せ。なお，立体異性体は考慮しなくてもよい。

問 2 化合物(A)～(H)のうちヨードホルム反応を示すものをすべて選び，記号で答えよ。

〔V〕 次の文を読み、以下の問いに答えよ。

合成高分子化合物のうち、特別な機能を備えたものを機能性高分子化合物という。水溶液中のイオンを **ア** 符号の電荷をもった他のイオンに交換する機能をもつ合成樹脂に、イオン交換樹脂がある。イオン交換樹脂は、水溶液中のイオンの分離や分析を行うために用いられている。陽イオン交換樹脂の構造の一部を図1に示す。陽イオン交換樹脂を円筒形容器(カラム)につめ、NaCl水溶液をカラムの上から通した時、樹脂中の **イ** がNaCl水溶液中の **ウ** と置換され遊離する。

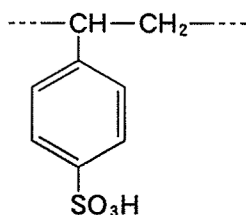


図1

タンパク質を構成するアミノ酸A、アミノ酸B、アミノ酸Cの水溶液をpH 6.0の緩衝液で湿らせたろ紙の中心につけ、直流電圧をかけて、電気泳動を行った。その後、ろ紙に **エ** 溶液を吹きつけて加温し、発色させたところ、図2のような結果となった。また、アミノ酸A、アミノ酸B、アミノ酸C、塩酸が混合した水溶液(pH 1.0)を陽イオン交換樹脂のカラムに通し、すべてのアミノ酸を樹脂に吸着させた。これにpH 1.0からpH 11.0まで順にpHを大きくしながら緩衝液をカラムの上から流して、アミノ酸をカラムの下から順番に流出させた。

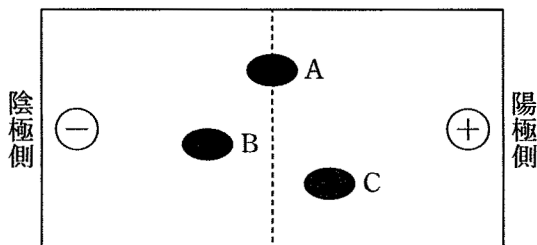


図2

問 1 文中の ア ~ エ に当てはまる最適な語句や化学式を以下の選択肢から選んで記せ。必要であれば、複数回使用してもよい。

選択肢：

同じ，異なる，フェーリング，ニンヒドリン，硝酸，

フェノールフタレイン， NaCl ， Na^+ ， Cl^- ， H^+ ， $-\text{SO}_3^-$ ， OH^-

問 2 ある濃度の NaCl 水溶液 30 mL を下線部①のカラムの上から通し，その後，カラムを蒸留水で完全に洗浄した。 NaCl 水溶液を通した流出液と蒸留水を通した流出液の両方を合わせて，中和するために，0.010 mol/L の NaOH 水溶液が 60 mL 必要であった。この NaCl 水溶液のモル濃度を有効数字 2 桁で求めよ。

問 3 NaCl 水溶液を下線部①のカラムの上から通したのち，このイオン交換樹脂を再生する方法を以下の(ア)~(エ)のうち一つ選び，記号で記せ。

- (ア) 強酸の水溶液を流す。
- (イ) 強塩基の水溶液を流す。
- (ウ) 蒸留水を流す。
- (エ) エタノールの水溶液を流す。

問 4 下線部②について，カラムの下から流出するアミノ酸を，流出する順番にしたがって A~C の記号で記せ。

問 5 下線部②について，アミノ酸 A は以下のうちどれか。一つ選び，(ア)~(ウ)の記号で記せ。

