

令和 5 年度 個別学力試験問題

理 科 (120 分)

- 総合選抜
 - 理系Ⅰ、理系Ⅱ、理系Ⅲ
- 学類・専門学群選抜
 - 人間学群 (教育学類、心理学類、障害科学類) ※ 1 科目選択で 60 分
 - 生命環境学群 (生物学類、生物資源学類、地球学類)
 - ※ 生物資源学類、地球学類で地理歴史を選択する者は、
地理歴史と理科 1 科目を合わせて 120 分
 - 理工学群 (数学類、物理学類、化学類、応用理工学類、
工学システム学類)
 - 情報学群 (情報科学類)
 - 医学群 (医学類、医療科学類)
 - (看護学類) ※ 1 科目選択で 60 分

目 次

物	理 1
化	学 8
生	物17
地	学37

注 意

1. 問題冊子は 1 ページから 45 ページまでである。
2. 受験者は下表を確認し、志望する学類の出題科目を解答すること。

【出題科目】

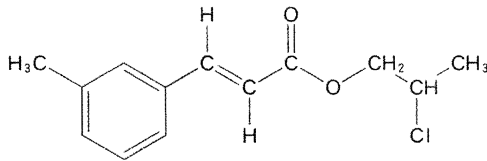
選 抜 区 分・学 類	理 系 Ⅰ 理 系 Ⅱ 理 系 Ⅲ	出 題 科 目				備 考
		物理	化学	生物	地学	
総合選抜	理系Ⅰ					
学類・専門学群選抜	物理学類 応用理工学類 工学システム学類	◎	○	○	○	◎印の物理は必須。○印の中から 1 科目を選択解答
学類・専門学群選抜	化学類	○	◎	○	○	◎印の化学は必須。○印の中から 1 科目を選択解答
学類・専門学群選抜	生物資源学類 地球学類	○	○	○	○	○印の中から 2 科目を選択解答 又は地理歴史を選択する者は○ 印の中から 1 科目選択
総合選抜	理系Ⅱ					
学類・専門学群選抜	生物学類	○	○	○	○	○印の中から 2 科目を選択解答
学類・専門学群選抜	情報科学類					
学類・専門学群選抜	医学類 医療科学類	○	○	○		○印の中から 2 科目を選択解答
学類・専門学群選抜	教育心理学類 障害科学類	○	○	○	○	○印の中から 1 科目を選択解答
学類・専門学群選抜	看護学類	○	○	○		○印の中から 1 科目を選択解答

化 学

問題 I ~ III について解答せよ。なお、計算に必要なならば、次の数値を用いよ。

原子量：H = 1.00, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0, S = 32.0,
Cl = 35.5, K = 39.0, Mn = 55.0

有機化合物の構造式は、下に示す例にならって記せ。なお、構造式の記入に際し、不斉炭素原子の存在により生じる異性体は区別しないものとする。



I 以下の文章を読み、次の問1～問5に答えよ。

0.10 gの酸化マンガン(IV)と0.10 gの硝酸カリウム、0.30 gの水酸化カリウムを、試験管の中でよく振り混ぜた。その試験管をガスバーナーの弱火でおだやかに加熱し、全体が融解したところで加熱を止め空冷した。その試験管に、蒸留水10.0 mLを加えて振り混ぜた。静置して得られた緑色の上澄み液1.0 mLを、別の試験管に加え、1.0 mol/Lの硫酸を1.0 mL加えて十分に反応させたところ、水溶液は赤紫色を示した。この赤紫色を示すマンガンを含むイオンのカリウム塩を化合物Aとする。その後、Aを含むこの試験管に1%の過酸化水素水1.0 mLを加え十分に反応させたところ、水溶液はほぼ無色になった。化合物Aと過酸化水素との反応により生じたマンガンを含む化合物をBとする。

問1 化合物Aの化合物名を記せ。

問2 下線部(a)に関して、化合物Aと過酸化水素の反応を化学反応式で記せ。

問3 水溶液中の化合物Bの濃度を求め

るために、EDTAという試薬が用いられる。図1には、EDTAの電離した構造を示す。化合物B中のマンガンイオンとEDTAは、ある適切なpH(Xとする)において1:1の比で錯イオンを生成する。その生成に関する平衡定数Kは、以下の式で表される。

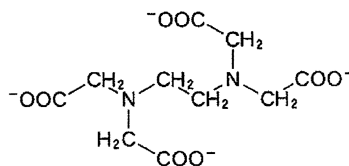


図1

$$K = \frac{[\text{Mn}(\text{EDTA})]}{[\text{Mn}][\text{EDTA}]}$$

式中の $[\text{Mn}(\text{EDTA})]$ 、 $[\text{Mn}]$ 、 $[\text{EDTA}]$ はそれぞれ、マンガンイオンとEDTAの錯イオン、化合物B中のマンガンイオン、および錯イオンを形成していないEDTAの溶液中のモル濃度を表す。pH=Xにおいて $K = 2.0 \times 10^{13} \text{ L/mol}$ である。ただし、EDTAが水溶液中で示す酸・塩基の電離平衡は、ここでは無視してよい。

また化合物 B 中のマンガンイオンの酸化数が、空気中の酸素などの影響で変化しないように、水溶液中には適切な還元剤を共存させている。以下の(i)、(ii)に答えよ。

- (i) 化合物 B が、濃度 c (mol/L) で溶けた $\text{pH} = X$ の水溶液と、同じ濃度 c (mol/L) で EDTA が溶けた $\text{pH} = X$ の水溶液を、1 : 1 の体積比で混ぜた時に、化合物 B 中のマンガンイオンの 90 % が、EDTA と錯イオンを形成していた。濃度 c (mol/L) を有効数字 2 桁で求めよ。
- (ii) 5.0 mg の化合物 A を 5.0 mL の水に完全に溶解させ、1.0 mol/L の硫酸を 5.0 mL 加えてから、十分な量の過酸化水素水を加えて反応させた。その後、水溶液の pH を X に調整した。この水溶液中の化合物 B の濃度を求めるために、適切な指示薬を用いて、 $\text{pH} = X$ に調整した 0.010 mol/L の EDTA 水溶液で滴定した。この際に、滴定の終点までに加える必要がある EDTA 水溶液の体積を有効数字 2 桁で求めよ。ただし、最初に加えた化合物 A はすべて過酸化水素と反応し、化合物 B になったものとする。

問 4 酸化マンガン(IV)を含む水に 1 % の過酸化水素水を加えたところ、気体の発生が観察された。このとき生じている反応を化学反応式で記せ。また、その際、酸化マンガン(IV)の果たしている役割を簡潔に説明せよ。

問 5 マンガンの用途の一つにマンガン乾電池がある。次の問に答えよ。

- (i) マンガン乾電池の正極および負極の活物質をそれぞれ化学式で答えよ。
- (ii) 一般に電池の起電力とは何か、簡潔に説明せよ。
- (iii) 次の電池(ア)~(エ)を一次電池と二次電池に分類し、それぞれに該当するものすべてを解答欄に記号で答えよ。

(ア) 空気電池

(イ) 酸化銀電池

(ウ) ニッケル・水素電池

(エ) 鉛蓄電池

II 以下の文章を読み、問1～問7に答えよ。

図2に示すような絶対温度 T (K) に維持された実験系があり、電解槽 I, II には 0.1 mol/L 塩化ナトリウム水溶液が、電解槽 III には 0.1 mol/L 硫酸銅(II)水溶液が満たされている。電解槽 I, II の塩化ナトリウム水溶液は、塩橋で接続されている。電解槽 I, II の塩化ナトリウム水溶液中には、それぞれ白金板 1, 鉄板が、電解槽 III の硫酸銅(II)水溶液中には銅板、白金板 2 が浸されている。白金板 1, 2 は電源に接続され、鉄板と銅板は導線で接続されている。また、白金板 1, 2 の上には、底が開き、上部が密閉された容器 1, 2 が置かれている。容器 1, 2 は、内部の体積が無視できる柔軟なチューブで接続され、上下方向に自由に動かすことができる。また、チューブには閉じたバルブがつながれている。

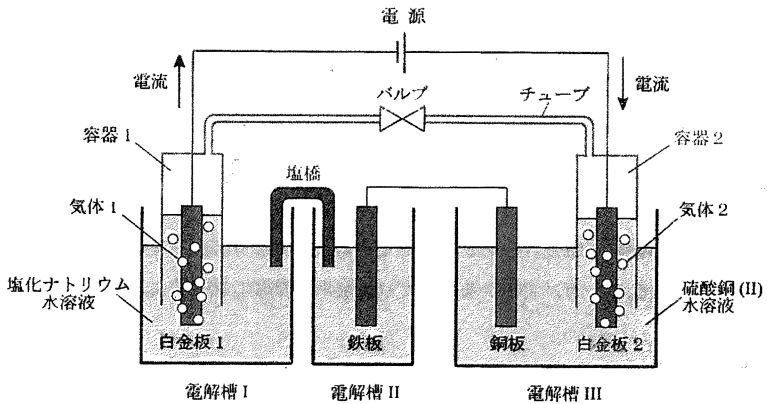


図2 実験系

この実験系で以下の操作1～4を順次行った。

【操作1】 容器1および2を、それぞれの電解槽中の溶液で満たした。白金板1, 2間に図に示す向きで一定の電流 i_A (A) を時間 t_A (s) だけ流したところ、白金板1, 2からそれぞれ気体1, 2が発生した。この際、流れた電気量を Q_A (C) とする。発生した気体1, 2を水上置換法によりそれぞれ容器1, 2中に集め、容器の内部と外部の水面の高さが同じになるように容器の上下方向の位置を調節した。

【操作2】 容器1, 2が上下方向に動かないように固定した状態でバルブを開き、容器1, 2内の気体を完全に混合した。

【操作3】 バルブを再び閉め、操作1と同様に一定の電流 i_B (A) を時間 t_B (s) だけ流したところ、白金板1, 2からそれぞれ気体1, 2が発生した。この際、流れた電気量を Q_B (C) とする。その後、内部の水面の高さが容器外部の水面の高さと同じになるように容器2の上下方向の位置を調節した。

【操作4】 銅板を装置から取り外し、水で洗ってから乾燥させ、質量を測定した。

ただし、操作1～3の後においても、電解槽I～III内の電解質濃度には、大きな変化はないものとする。また、気体1, 2は理想気体であるとし、これらおよび空気の溶液中への溶解は無視できるものとする。

ファラデー定数を F (C/mol), 気体定数を R (Pa·L/(K·mol)), 大気圧を p_0 (Pa), 絶対温度 T (K) での飽和水蒸気圧を p_{H_2O} (Pa) として、以下の間に答えよ。

問1 Q_A を i_A を含む式で表せ。

問2 操作1, 3で、白金板1, 2で起こる反応をそれぞれ電子 e^- を含む反応式で表せ。

問3 操作1で発生した気体1, 2の物質質量 n_1, n_2 (mol) をそれぞれ Q_A を含む式で表せ。

問4 操作1の結果、容器1, 2に集められた気体の体積 V_1, V_2 (L) を、それぞれ Q_A を含む式で表せ。

問5 操作2の後の接続された容器1, 2における気体1, 2の分圧 p_1, p_2 (Pa) をそれぞれ p_0 を含む式で表せ。

問 6 操作 3 の後の容器 2 内の気体 1, 2 の物質量を n_1' , n_2' [mol] とする。以下の問に答えよ。

- (i) n_1' を Q_A を含む式で表せ。
- (ii) n_2' を Q_A , Q_B を含む式で表せ。

問 7 操作 4 の質量測定の結果、銅板の質量は操作 1 の前と比べて Δm_{Cu} [g] だけ増加した。以下の問に答えよ。必要であれば、銅のモル質量 M_{Cu} [g/mol] を用いよ。

- (i) 銅板上で起こる反応を電子 e^- を含む反応式で表せ。
- (ii) Δm_{Cu} を Q_A , Q_B を含む式で表せ。

(次ページに問題Ⅲがあります。)

問 5 化合物 B を構造式で示せ。また、構造式中の不斉炭素原子を○で囲め。

問 6 化合物 C および D の化合物名をそれぞれ答えよ。

問 7 高分子化合物 E の名称を答えよ。

問 8 下線部(b)に関して、高分子化合物 F の重合度の平均値を、有効数字 2 桁で答えよ。

問 9 下線部(c)に関して、高分子化合物 F の官能基のうち、ホルムアルデヒドと反応した割合(%)を、有効数字 2 桁で答えよ。

問10 ビニロンの特徴として最も適切なものを、次の①～④から 1 つ選び、番号で答えよ。

- ① 日本初の合成繊維であり、適度な吸湿性をもち、綿とよく似た性質を示す。また、ロープ、漁網などに用いられている。
- ② 柔軟で軽く、羊毛に似た肌触りをもち、保温性に優れている。
- ③ 日本で開発された合成繊維であり、絹のような感触と光沢をもつ。
- ④ 強度、耐熱性、耐薬品性に優れており、航空機の複合材料、防弾チョッキ、安全手袋、タイヤの補強材などに用いられている。