

受験番号

令和 8 年度学力検査

問題冊子

理 科

注 意 事 項

1. 問題冊子は、試験開始の合図があるまで開いてはいけません。
2. 落丁、乱丁または印刷不鮮明の箇所があったら、手を挙げて監督者に知らせること。
3. 問題冊子の指定欄（1 箇所）に、受験番号を正確に記入すること。
4. 問題冊子の余白は、計算などの下書きに使用してもよい。
5. 問題冊子は持ち帰ってはいけません。

計算問題については解法も記し、特別な指示がなければ、有効数字 3 桁で答えなさい。
必要な場合は、次の値を用いなさい。なお、気体はすべて理想気体とする。

原子量：H = 1.00 C = 12.0 N = 14.0 O = 16.0 Na = 23.0 Mg = 24.0 Al = 27.0
 S = 32.0 Cl = 35.5 K = 39.0 Ca = 40.0 Cr = 52.0 Mn = 55.0 Fe = 56.0
 Cu = 63.5 Zn = 65.0 Br = 80.0 Ag = 108 I = 127 Pb = 207

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

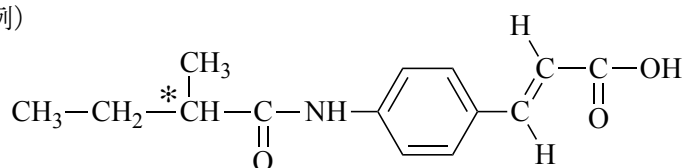
気体定数： $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$

ファラデー定数： $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

0 °C, $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ での気体のモル体積：22.4 L/mol

解答で構造式を記すときは、下の記入例にならうこと。指示がある場合は、不斉炭素原子に*マークを記すこと。

例)



1 次の文章を読み、問 (1) ～ (5) に答えよ。(配点 35 点)

元素を規則的に整理したものが周期表である。1 族、2 族と 13 族から 18 族の元素は、 と呼ばれる。同じ族に属する元素は最外殻にある の数が共通で、似た化学的性質を示すことが多い。また、同じ周期では右 (1 族から 17 族) に進むにつれて陰性が なる傾向がある。

14 族の元素には、炭素、ケイ素、ゲルマニウム (Ge)、スズ (Sn)、鉛 (Pb) などがあるが、炭素とケイ素は 元素で、Ge, Sn, Pb は 元素であり異なる性質を持つ。炭素とケイ素はともに 元素であるが、その性質にはいくつか違いが見られる。黒鉛やダイヤモンドは互いに炭素の であり、このように 元素の原子が次々に共有結合した結晶を共有結合の結晶という。一方、ケイ素は、単体ではほとんど存在せず、自然界では主にケイ酸塩などの形で存在する。炭素の酸化物である二酸化炭素は常温・常圧で であるのに対し、ケイ素の酸化物である は固体で存在し、石英などとして知られている。

- (1) から にあてはまる適切な語句を記せ。
- (2) 黒鉛とダイヤモンドは、どちらも炭素からできている共有結合の結晶であるが、黒鉛は電気を通すのに対し、ダイヤモンドは電気を通さないというように電気伝導性が大きく異なる。この 2 つの結晶の電気伝導性の違いを「価電子」・「共有結合」・「移動」の語句を用いて説明せよ。
- (3) 単体のケイ素は、ダイヤモンドと同様の結晶構造をとるが、共有結合の強さはダイヤモンドと比べるとケイ素の結晶のほうが弱い。この違いが生じる理由を、「周期表」・「原子半径」・「結合エネルギー」の語句を用いて説明せよ。
- (4) 高純度のケイ素の結晶は、ダイヤモンドと異なり電気を通す。この理由を説明せよ。
- (5) 炭素には ^{12}C 、 ^{13}C 、 ^{14}C の 3 種類の放射性同位体が存在し、それぞれ約 99%、約 1%、ごく微量存在している。大気中の ^{14}C の割合は年代によらず、おおむね一定であり、 ^{14}C は一定の割合で放射性崩壊するため (半減期 5.73×10^3 年)、 ^{14}C の割合から植物や生物が存在した年代を推定できることが知られている。ある遺跡で出土した植物の一部について、 ^{14}C の存在比が大気中の存在比の 25.0%となっていた。この植物が存在していたのはおよそ何年前かを記せ。また、測定試料が、十分に古いときに正確な年代測定が困難になる場合が考えられる。考えられる理由を「残存する ^{14}C 量」、「測定誤差」、「信頼性」の語句を用いて説明せよ。

2 以下の文章を読み、問 (1) ～ (5) に答えよ。(配点 40 点)

細胞膜は、細胞内の液体（細胞内液）と細胞外の液体（細胞外液）を隔てる構造である。ヒトの血液中に存在するある細胞の細胞内液の浸透圧を調べるため、以下の実験①および実験②を行った。

細胞外から細胞内への水の流入および細胞内から細胞外への水の流出による細胞外液量の変化は無視できるものとし、細胞内液および細胞外液の浸透圧はファントホッフの法則に従うものとする。また、この細胞および細胞膜は下記の性質を持ち、本実験で用いた範囲の NaCl 水溶液の密度は 1.00 g/mL と近似できるものとする。特に明記がない限り、実験は一定温度（ 37.0°C ）で実施した。

細胞： 細胞内小器官などの体積は無視できる。細胞内液は一様な溶液とみなす。細胞内の溶質量は変化しない。

細胞膜： 水分子に対して透過性を持つが、溶質に対しては透過性がない半透膜である。一定の範囲内で温度によらず自由に伸縮が可能である。水分子の移動は浸透圧のみに依存する。

実験①： $1.00 \times 10^{-13} \sim 1.00 \times 10^{-10} \text{ L}$ の範囲で細胞の体積を測定可能な機器を使用して、血液中のこの細胞の体積 (V_c) を測定すると $1.00 \times 10^{-12} \text{ L}$ であった。

実験②： 実験①と同じ細胞を様々な濃度の塩化ナトリウム NaCl 水溶液に十分な時間浸した後、 V_c を測定した。図 1 の破線は、外液として用いた NaCl 水溶液の質量パーセント濃度 ($0.500 \sim 1.50\%$) と、細胞の体積 V_c との関係を示したものである。また、外液が純水のとき V_c は測定不能であった。

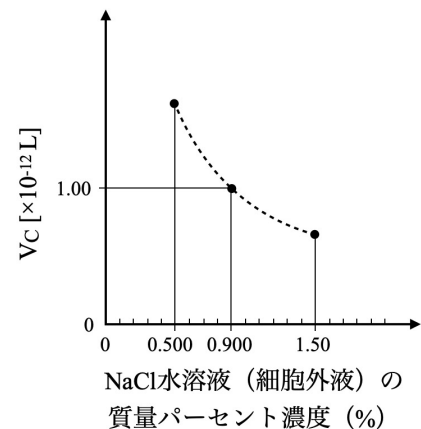


図1

- (1) 実験①、②の結果から、血液と浸透圧が等しい NaCl 水溶液の質量パーセント濃度 [%] を、根拠を示して答えよ。
- (2) この細胞が血液中に存在する場合の細胞内液の浸透圧 [Pa] を、根拠を示して答えよ。
- (3) 純水中で V_c が測定不能であった理由を 40 字以内で答えよ。
- (4) 実験②において、 $V_c = 1.20 \times 10^{-12} \text{ L}$ である時の NaCl 水溶液の質量パーセント濃度 [%] を、根拠を示して答えよ。
- (5) 実験②を 27.0°C で実施した場合の細胞外液の NaCl 水溶液の質量パーセント濃度 ($0.500 \sim 1.50\%$ の範囲) と V_c の関係を解答欄のグラフに実線で示せ。また、その根拠を示せ。

3 次の文章を読み、問 (1) ～ (6) に答えよ。(配点 45 点)

分子量がおおよそ 1 万以上の化合物を高分子化合物といい、1 種類あるいは数種類の ア が繰り返し結合した重合体（ポリマー）からなり、自然界に存在する イ と、人工的に合成される ウ に分類される。イ には、植物の細胞壁の主成分で、 β -グルコースが脱水縮合した エ や、多数のアミノ酸がアミド結合で縮合した オ などがある。ウ は、アルコールとカルボン酸の脱水縮合によって得られる カ など合成繊維の素材として使われることも多いが、特別な機能を備えた機能性高分子化合物も多く開発されている。

機能性高分子化合物の 1 つであるイオン交換樹脂は、溶液中のイオンを高分子中に固定されている別のイオンと交換する働きを持つ。一般に、スチレンと ①少量の *p*-ジビニルベンゼンの ②共重合体がよく用いられ、③酸性の官能基を導入すると陽イオン交換樹脂に、塩基性の官能基を導入すると陰イオン交換樹脂になる。④両方のイオン交換樹脂をつめたカラムに塩を含んだ水溶液を流すと、塩のイオンと樹脂のイオンが交換される。

- (1) 空欄 ア から カ にあてはまる適切な語句を記せ。
- (2) 下線部①について、少量の *p*-ジビニルベンゼンを加えることで、どのような構造的特徴を持ったイオン交換樹脂になるか答えよ。
- (3) 下線部②について、スチレン（分子量 104）と *p*-ジビニルベンゼン（分子量 130）のモル比が 9 : 1 である共重合体の平均分子量が 5.00×10^4 のときの重合度を整数で求めよ。
- (4) 下線部③について、スチレン部位のパラ位にのみスルホ基 ($-\text{SO}_3\text{H}$) が導入されると仮定して、(3) の共重合体 100 g から陽イオン交換樹脂 160 g を合成したとき、スチレンの何%がスルホン化されたことになるか、もっとも近い整数で求めよ。
- (5) (4)で合成した樹脂に $1.50 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ の MgCl_2 水溶液 20.0 L を流し、イオンを完全に交換させた後、樹脂に十分量の純水を流した。得られた溶液の一般名を答えよ。また、その溶質の物質質量 [mol] を計算して求めよ。
- (6) 下線部④について、スルホ基を持つ陽イオン交換樹脂と水酸化トリメチルアンモニウム基を持つ陰イオン交換樹脂を詰めたカラム（右図）に、塩化ナトリウム水溶液を流したとき、イオン交換後の陽イオン交換基 (a)、陰イオン交換基 (b) と流出する物質 (c) を記せ。

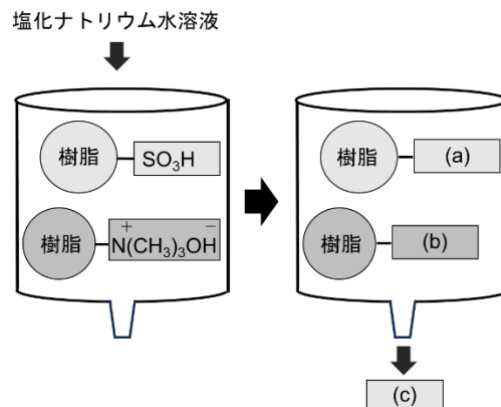


図 イオン交換前後の模式図

4

以下の文章を読み、問 (1) ～ (6) に答えよ。(配点 50 点)

ハロゲン化銀をはじめとする多くの銀塩は難溶性である。純水にこれらを加えてよく混合すると、ごくわずかに溶解して飽和水溶液となる。ある温度における各銀塩の溶解度積 K_{sp} の値を右表に示す。なお、物質のモル濃度 $[\text{mol/L}]$ は $[\text{Ag}^+]$ や $[\text{H}^+]$ のように表記する。また、純水に銀塩を加えることによる体積変化および温度変化は無視できるものとする。

塩	K_{sp}
AgCl	1.80×10^{-10}
AgBr	K_{sp}^{AgBr}
AgI	2.00×10^{-14}
Ag ₂ CrO ₄	4.00×10^{-12}

- (1) 一般式 A_aB_b で表される難溶性塩が $A_aB_b(\text{固}) \rightleftharpoons aA^{n+} + bB^{m-}$ の溶解平衡にあるとき、溶解度積 K_{sp} を a , b , $[A^{n+}]$, $[B^{m-}]$ で表せ。
- (2) 臭化銀 AgBr 飽和水溶液のモル濃度が $7.20 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$ であるとき、AgBr の溶解度積 K_{sp}^{AgBr} を求め、単位を含めて記せ。
- (3) 純水にクロム酸銀 Ag₂CrO₄ を加えて飽和水溶液を調製した。飽和水溶液の体積が 1.00 L のとき、溶解した Ag₂CrO₄ の質量 $[\text{mg}]$ を求めよ。
- (4) $1.00 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$ のヨウ化カリウム KI 水溶液 1.00 L に、ヨウ化銀 AgI を飽和するまで溶解させた。溶解した AgI の質量 $[\text{mg}]$ を求めよ。
- (5) クロム酸カリウム K₂CrO₄ を指示薬とし、硝酸銀 AgNO₃ 水溶液を用いて塩化物イオンの濃度を求める方法をモール法という。濃度不明の食塩水 50.0 mL に少量の K₂CrO₄ 水溶液を加え、濃度が $1.00 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ の AgNO₃ 水溶液で滴定したところ、20.0 mL を加えたところで赤褐色の沈殿が生じた。食塩水中に含まれていた塩化物イオンの濃度 $[\text{mg/L}]$ を求めよ。なお、K₂CrO₄ 水溶液の添加による体積変化は考慮しなくてよい。また、水溶液中では NaCl, K₂CrO₄, AgNO₃ は完全に電離しているものとする。
- (6) モール法による塩化物イオン濃度の測定は、中性の試料に対してのみ適用できる。強塩基性の試料では測定に支障が生じる理由を、イオンを含む反応式を用いて説明せよ。

5 化合物 **X** は不斉炭素原子と 4 個のエステル結合をもち、分子式 $C_{27}H_{28}O_8$ で表される。以下の実験①～⑦を読み、問 (1)～(6) に答えよ。(配点 70 点)

実験① 化合物 **X** を完全に加水分解すると、4 種類の化合物 **A**, **C**, **D**, **E** が得られた。

実験② 化合物 **A** (分子式 C_3H_8O) を硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液で酸化すると、化合物 **B** が得られた。なお、化合物 **B** の水溶液は中性で、化合物 **B** にフェーリング液を加えて加熱しても、赤色沈殿は生じなかった。

実験③ 化合物 **C** は、油脂を加水分解すると得られる粘性を持つ 3 価アルコールであった。

実験④ 化合物 **D** は、トルエンを過マンガン酸カリウム水溶液と反応させると生じる 1 価カルボン酸であった。

実験⑤ 化合物 **E** (分子式 $C_7H_8O_4$) は、構造解析の結果、シクロペンテン分子のメチレン基 ($-CH_2-$) 上の水素 2 個がカルボキシ基に置き換わったジカルボン酸 (2 価カルボン酸) であった。

実験⑥ 化合物 **E** に化合物 **A** と濃硫酸を加え攪拌すると、化合物 **E** と化合物 **A** から水一分子を放出した化合物 **F** が生じた。

実験⑦ 化合物 **X** に白金を触媒として水素を付加させたところ、不斉炭素原子を持たない化合物 **G** (分子式 $C_{27}H_{30}O_8$) が得られた。

- (1) 化合物 **A** と **B** の構造式と化合物名を記せ。なお、不斉炭素原子には * を付けよ。
- (2) 化合物 **A** と **B** に関する記述 (ア)～(オ) について、正しいものに○、誤っているものに×を付けよ。
 - (ア) 化合物 **A** と **B** をそれぞれ完全燃焼させると、生成する二酸化炭素と水の物質量の比はいずれも 3 : 4 になる。
 - (イ) 化合物 **A** に金属ナトリウムを加えると水素が生じ、炭酸水素ナトリウムを加えると二酸化炭素が生じる。
 - (ウ) 化合物 **A** とエチルメチルエーテルは構造異性体の関係にあり、前者の沸点は後者の沸点よりも高い。
 - (エ) 0.100 mol の化合物 **A** と 0.100 mol のアニリン塩酸塩を 1.00 L の水に溶解させると、その溶液は中性を示す。
 - (オ) 化合物 **A** と **B** はいずれもヨードホルム反応に陽性である。
- (3) 化合物 **C**, **D**, **E**, **F** の構造式と化合物 **C** と **D** の化合物名を記せ。なお、不斉炭素原子には * を付けよ。
- (4) 化合物 **X** の分子式から、その分子が持つ二重結合と環状構造の総和を求め、整数値で答えよ。ただし、ベンゼン環については、二重結合を 3 つ有するものとみなして計算せよ。
- (5) 化合物 **X** の構造式を記せ。なお、不斉炭素原子には * を付けよ。
- (6) 48.0 g の化合物 **X** を酸性条件で完全に加水分解したところ、6.10 g の化合物 **D** が得られた。この量は理論収量の何%にあたるか。有効数字 3 桁で答えよ。

6 9種類の金属イオン (Ag^+ , Al^{3+} , Ca^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{3+} , K^+ , Na^+ , Pb^{2+} , Zn^{2+}) のうち, 6種類を含む水溶液について, 金属イオンの系統分析を行った。下記の操作1～5と追加実験1～2を読み, 問(1)～(7)に答えよ。ただし, いずれの分離も完全に行われたものとする。(配点 60 点)

操作1 金属イオンの混合水溶液に希塩酸を加え, 生じた沈殿 **A** をろ過し, ろ液 I と分離した。①沈殿 **A** に熱湯を加えても溶解しなかったが, アンモニア水を過剰に加えると, 錯イオン **B** となって溶解した。

操作2 ろ液 I に硫化水素を通じ, 生じた沈殿 **C** をろ過し, ろ液 II と分離した。沈殿 **C** に硝酸を加えて加熱した後, アンモニア水を過剰に加えると, 錯イオン **D** となって溶解した。

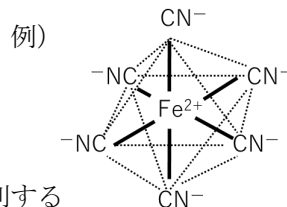
操作3 ②ろ液 II を煮沸した後, ③硝酸を加えて加熱した。冷却後, 塩化アンモニウム水溶液と過剰量のアンモニア水を加え, 生じた沈殿 **E** をろ過し, ろ液 III と分離した。沈殿 **E** に水酸化ナトリウム水溶液を加えると, 錯イオン **F** となって溶解した。

操作4 ろ液 III に硫化水素を通じ, 生じた沈殿 **G** をろ過し, ろ液 IV と分離した。

操作5 ろ液 IV に炭酸アンモニウム水溶液を加え, 生じた沈殿 **H** とろ液 V を分離した。

追加実験1 ろ液 I ～ IV に pH 指示薬 **J** を加えると, ろ液 I と II は指示薬の色が消失した。

追加実験2 沈殿 **G** を含む水溶液を加熱後に塩酸を加えて溶解した後, アンモニア水を過剰に加えると, 錯イオン **K** となった。



- (1) **A** ～ **H** を化学式で表せ。また **J** と **K** は化合物名を記せ。
- (2) **B**, **D**, **K** の形を, 例にならって記せ。
- (3) ろ液 V に含まれている可能性のある金属イオンを記せ。また, それらを識別する実験法と識別の根拠となる現象を答えよ。
- (4) 操作2では, 硫化水素を加えることで沈殿 **C** は生成するが, 沈殿 **G** は生じない。この理由を硫化水素の電離平衡を用いて説明せよ。
- (5) 化合物 **E** は制酸剤として利用される。**E** が胃酸 (塩酸) を中和する反応式を記せ。
- (6) 下線部 ① ～ ③ の操作を行わなかった場合, 結果にどのような影響を与えるかを答えよ。
- (7) 追加実験2でアンモニア水の代わりに水酸化ナトリウム水溶液を加えると, 結果はどのように変化するかを答えよ。