

理 科

理科は 物 理 化 学 生 物 のうち 2 科目を選択受験のこと。

物 理 …… 1 頁 化 学 ……16 頁 生 物 ……28 頁

問題 Ⅰ はマークシート方式, Ⅱ は記述式である。

Ⅰ の解答はマークシートに, Ⅱ の解答は解答用紙に記入すること。

〔注 意 事 項〕

1. 監督者の指示があるまでは, この問題冊子を開かないこと。
2. マークシートは, コンピュータで処理するので, 折り曲げたり汚したりしないこと。
3. マークシートに, 氏名・受験番号を記入し, 科目選択・受験番号をマークする。マークがない場合や誤って記入した場合の答案は無効となる。

受験番号のマーク例(13015の場合)

受 験 番 号				
1	3	0	1	5
万位	千位	百位	十位	一位
○	○	●	○	○
●	○	○	●	○
○	○	○	○	○
○	●	○	○	○
○	○	○	○	○
○	○	○	○	○
○	○	○	○	○
○	○	○	○	○
○	○	○	○	○
○	○	○	○	○
○	○	○	○	○
○	○	○	○	○
○	○	○	○	○
○	○	○	○	○
○	○	○	○	○
○	○	○	○	○
○	○	○	○	○
○	○	○	○	○
○	○	○	○	○
○	○	○	○	○

4. マークシートにマークするときは, HB または B の黒鉛筆を用いること。誤ってマークした場合には, 消しゴムで丁寧^{ていねい}に消し, 消し^{ていねい}くずを完全に取り除いたうえで, 新たにマークし直すこと。
5. 下記の例に従い, 正しくマークすること。
(例えば 3 と答えたいとき)

正しいマーク例



誤ったマーク例

○	○	○	○	○	○	○	マークが薄い マークが不完全 マークが○印 マークがV印
○	○	○	○	○	○	○	
○	○	○	○	○	○	○	
○	○	○	○	○	○	○	

6. 各科目とも基本的に正解は一つであるが, 科目によっては二つ以上解答を求めている場合があるので設問をよく読み解答すること。
7. 解答は所定の位置に記入すること。

化 学

必要なら次の値を用いなさい。原子量：H = 1.0, C = 12, N = 14, O = 16, Na = 23, Mg = 24, Al = 27, S = 32, Cl = 35, K = 39, Ca = 40, Mn = 55, Cu = 64, Ag = 108, アボガドロ定数： $6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$, 気体定数： $8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$, ファラデー定数： $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$, AgCl の溶解度積 (25 °C)： $1.6 \times 10^{-10} \text{ mol}^2/\text{L}^2$, $\log_{10} 2 = 0.30$, $\log_{10} 3 = 0.48$, $\log_{10} 5 = 0.70$ 。すべての気体は理想気体として扱うものとする。

I 以下の問題(第1問～第3問)の答えをマークシートに記しなさい。

第1問 次の各問いに答えなさい。〔解答番号 ～ 〕

問 1 天然に存在する塩素の同位体は安定な質量数 35 と 37 のものがほとんどであり、質量数 36 の同位体は放射性である。次の問い(a), (b)に答えなさい。

(a) 質量数 36 の塩素原子は電子 e^- を放出して β 壊変する。次のどの原子に変化するか。

正しいものを①～⑥の中から一つ選びなさい。

- ① ${}_{16}^{36}\text{S}$ ② ${}_{16}^{35}\text{S}$ ③ ${}_{17}^{35}\text{Cl}$
④ ${}_{17}^{36}\text{Cl}$ ⑤ ${}_{18}^{36}\text{Ar}$ ⑥ ${}_{18}^{37}\text{Ar}$

(b) ある鉱石は 92 万 4000 年前に生成し、その時含まれていた塩素原子の同位体の存在比は ${}^{35}\text{Cl}$ が 70.00 %, ${}^{36}\text{Cl}$ が 5.000 %, ${}^{37}\text{Cl}$ が 25.00 % であったとすると、現在の鉱石中の塩素原子の同位体の存在比で ${}^{36}\text{Cl}$ は何%になるか。最も近い値を①～⑥の中から一つ選びなさい。ただし、鉱石生成後の塩素原子の出入りは無く、放射性同位元素 ${}^{36}\text{Cl}$ の半減期は 30 万 8000 年であり、 ${}^{35}\text{Cl}$ と ${}^{37}\text{Cl}$ は安定で変化しないものとする。 %

- ① 0.625 ② 0.654 ③ 0.692
④ 1.25 ⑤ 1.30 ⑥ 1.57

問 2 水素と塩素を反応させて塩化水素を生成する。この時、水素は ^1H と ^2H からつくり、質量数の合計が 4 の水素の物質量の割合が 56.25 % であり、塩素は ^{35}Cl と ^{37}Cl からつくり、質量数の合計が 70 の塩素の物質量の割合が 56.25 % であった。得られた塩化水素のうち質量数の合計が 38 の塩化水素の存在割合は何%か。最も近い値を①～⑥の中から一つ選びなさい。ただし、水素と塩素は過不足無く反応し、同位体による反応の差はないものとする。

%

- ① 6.25 ② 18.75 ③ 25.00
 ④ 37.50 ⑤ 56.25 ⑥ 75.00

問 3 塩素と水素から塩化水素を作り、これをすべて水に溶かして質量パーセント濃度 10.0 % 塩酸を 10 L 作りたい。10.0 % 塩酸の密度を 1.08 g/cm^3 として次の問い(a), (b)に答えなさい。

(a) 必要な水素の体積は 0°C , $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ で何 L か。最も近い値を①～⑥の中から一つ選びなさい。 L

- ① 168 ② 252 ③ 336
 ④ 403 ⑤ 538 ⑥ 672

(b) 必要な塩素を塩化ナトリウム水溶液の電気分解で作るには、電流 20 A で何時間通電すれば良いか。最も近い値を①～⑥の中から一つ選びなさい。ただし、気体の溶解は無いものとする。 時間

- ① 15 ② 20 ③ 25
 ④ 30 ⑤ 35 ⑥ 40

問 4 酸化マンガン(IV)に濃塩酸を加え、加熱して発生した気体を乾燥させて集めた。集めた気体は 39°C , $2.026 \times 10^5 \text{ Pa}$ で 32 mL であった。この気体を 10 % ヨウ化カリウム水溶液 50 mL に通じてすべて反応させた。反応後の水溶液を水で薄めて全体積を 100 mL とした。この水溶液中のヨウ素濃度が 0.010 mol/L であった。集めた気体に含まれる塩素は体積百分率で何%か。最も近い値を①～⑥の中から一つ選びなさい。 %

- ① 10 ② 20 ③ 40
 ④ 60 ⑤ 80 ⑥ 100

問 5 さらし粉($\text{CaCl}(\text{ClO}) \cdot \text{H}_2\text{O}$)は水酸化カルシウムに塩素を吸収させてつくられ、漂白、消毒などに用いられる。さらし粉 100 g に十分な酸を加えて $a(\text{g})$ の塩素が発生したとき、有効塩素量が $a(\%)$ であるという。

さらし粉 1.00 g を水に溶かし 100 mL のさらし粉水溶液をつくった。この水溶液 25.0 mL に充分量のヨウ化カリウムと希塩酸を加えて、0.125 mol/L のチオ硫酸ナトリウム水溶液で滴定したところ、終点は 20.0 mL であった。次の問い(a), (b)に答えなさい。

(a) 最も適切な指示薬を①~⑥の中から一つ選びなさい。

- ① デンプン ② スクロース ③ グルコース
④ 過マンガン酸カリウム ⑤ フェノール ⑥ 安息香酸

(b) さらし粉の有効塩素濃度は何%か。最も近い値を①~⑥の中から一つ選びなさい。

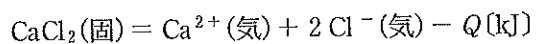
%

- ① 17.5 ② 35.0 ③ 42.0
④ 52.5 ⑤ 60.0 ⑥ 75.0

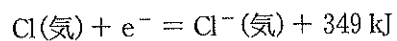
問 6 硝酸銀 0.850 g を水に溶かして 100 mL とした水溶液と、塩化マグネシウム六水和物 1.01 g を水に溶かして 100 mL とした水溶液とを混合した水溶液の浸透圧は温度 27 °C で何 kPa か。最も近い値を①~⑥の中から一つ選びなさい。ただし、水溶液は希薄溶液と考えられ、硝酸銀と塩化マグネシウムは 100 % 電離しているものとする。 kPa

- ① 25 ② 50 ③ 62
④ 125 ⑤ 187 ⑥ 311

問 7 格子エネルギーは結晶の構成粒子を気体の原子またはイオンに分けてバラバラにするのに必要なエネルギーであり、塩化カルシウム結晶の格子エネルギーを Q (kJ/mol) とすると熱化学方程式は次のようになる。



カルシウム(固体)の昇華熱を 121 kJ/mol, 塩素(気体)の結合エネルギーを 244 kJ/mol とし, 次の熱化学方程式を用いて Q (kJ/mol) を求めなさい。最も近い値を①~⑥の中から一つ選びなさい。 kJ/mol



① 1607

② 2197

③ 2546

④ 3003

⑤ 3134

⑥ 3593

第2問 次の各問いに答えなさい。〔解答番号 ~ 〕

有機物による水質汚濁の程度を示す指標として、化学的酸素要求量(COD)を用いることがある。CODを求めるためには、試料水に酸化剤を加え、一定条件の下で反応させて試料水中の有機物を酸化させる。CODは、試料水1Lあたりで消費された酸化剤の量を、酸素の質量[mg]に換算して表す。⁽ⁱ⁾

ある湖沼から試料水を採取し、以下の操作によりCODを求めた。

【操作1】 試料水100 mLを三角フラスコにとり、硫酸を加えて酸性にし、200 g/Lの硝酸銀水溶液⁽ⁱⁱ⁾を5.0 mL加えた。

【操作2】 1.0×10^{-2} mol/Lの過マンガン酸カリウム水溶液10.0 mLを加えて振りまぜ、沸騰水浴中で30分間加熱し、十分に反応させた。

【操作3】 三角フラスコを水浴から取り出し、 2.5×10^{-2} mol/Lのシュウ酸二ナトリウム水溶液10.0 mLを加えて振りまぜ、十分に反応させた。

【操作4】 三角フラスコ中の水溶液を50~60℃に保ち、 1.0×10^{-2} mol/Lの過マンガン酸カリウム水溶液で滴定した。

【操作1】~【操作4】を試料水の代わりに、100 mLの純水を用いておこなったところ、【操作4】における滴定量は0.57 mLであった。なお、【操作1】で加えた硝酸銀は試料水に対して充分量であった。

問1 CODを測定するためには、【操作1】~【操作3】における溶液の色はどのようになってい
る必要があるか。最も適切な組み合わせを①~⑥の中から一つ選びなさい。

	【操作1】	【操作2】	【操作3】
①	無色	無色	赤紫色
②	赤紫色	無色	赤紫色
③	赤紫色	赤紫色	無色
④	無色	赤紫色	無色
⑤	無色	赤紫色	赤紫色
⑥	赤紫色	無色	無色

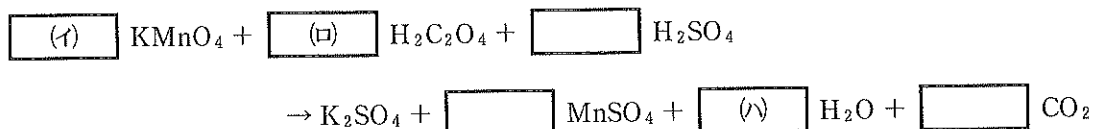
問2 下線部(i)について、 1.0×10^{-2} mol/Lの過マンガン酸カリウム水溶液1.00 mLに相当する酸素は何mgか。最も近い値を①~⑥の中から一つ選びなさい。 mg

- ① 2.6×10^{-4} ② 3.2×10^{-4} ③ 4.0×10^{-4}
 ④ 2.6×10^{-1} ⑤ 3.2×10^{-1} ⑥ 4.0×10^{-1}

問 3 下線部(ii)の操作をおこなわないと、求められる COD の値にどのような影響があるか。最も適切なものを①～⑥の中から一つ選びなさい。

- ① 過マンガン酸イオンが塩化物イオンと反応するため、値は小さくなる。
- ② 過マンガン酸イオンが塩化物イオンと反応するため、値は大きくなる。
- ③ 過マンガン酸イオンが塩化物イオンと反応するが、値は変化しない。
- ④ シュウ酸イオンが塩化物イオンと反応するため、値は大きくなる。
- ⑤ シュウ酸イオンが塩化物イオンと反応するため、値は小さくなる。
- ⑥ シュウ酸イオンが塩化物イオンと反応するが、値は変化しない。

問 4 【操作 3】の反応は次のように過マンガン酸カリウムとシュウ酸との酸化還元反応式で示すことができる。空欄(i)～(v)に当てはまる数字の正しい組み合わせを①～⑥の中から一つ選びなさい。



	(i)	(ii)	(v)
①	2	5	2
②	2	5	8
③	2	5	10
④	5	2	2
⑤	5	2	4
⑥	5	2	8

問 5 【操作 4】において、試料水の場合の滴定量は 2.33 mL であった。この試料水の COD は何 mg/L か。最も近い値を①～⑥の中から一つ選びなさい。 mg/L

- ① 0.07 ② 0.18 ③ 0.28
- ④ 2.28 ⑤ 7.04 ⑥ 9.32

問 6 求められる COD の値に影響を与えない操作の変更はどれか。最も適切なものを①～⑤の中から一つ選びなさい。 6

- ① 【操作 1】で硝酸銀の代わりに硝酸鉛を用いる。
- ② 【操作 2】で過酸化水素水をさらに加える。
- ③ 【操作 3】でシュウ酸二ナトリウム水溶液を 15.0 mL 用いる。
- ④ 【操作 4】で過マンガン酸カリウムの代わりにヨウ化カリウム水溶液で滴定する。
- ⑤ ①～④の変更はいずれも影響を与える。

第3問 次の各問いに答えなさい。〔解答番号 ~ 〕

問1 アルケンに関する次の問い(a)~(d)に答えなさい。

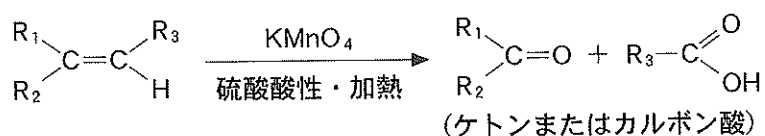
(a) アルケンA 5.25 g を水素化したところ 0℃, 1.013×10^5 Pa で 1.68 L の水素が付加した。アルケンAには, Aを含めて何種類の鎖式炭化水素の異性体があるか。正しいものを①~⑥の中から一つ選びなさい。ただし, 幾何異性体や光学異性体は区別するものとする。

- | | | |
|-----|-----|-----|
| ① 3 | ② 4 | ③ 5 |
| ④ 6 | ⑤ 7 | ⑥ 8 |

(b) アルケンAと同じ分子式を持つ環式炭化水素の異性体は何種類あるか。正しいものを①~⑥の中から一つ選びなさい。ただし, 幾何異性体や光学異性体は区別しないものとする。

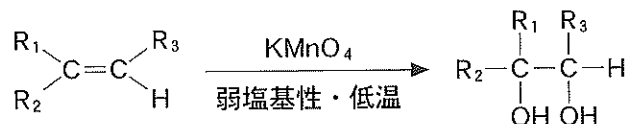
- | | | |
|-----|-----|-----|
| ① 3 | ② 4 | ③ 5 |
| ④ 6 | ⑤ 7 | ⑥ 8 |

(c) アルケンを硫酸酸性の過マンガン酸カリウム水溶液に加えて加熱すると, 次の反応式のように二重結合の所で切れてケトンまたはカルボン酸を生じる。ただし反応式の右辺に還元性をもつ化合物が生じる場合は, さらに酸化が進み二酸化炭素と水になる。(a)で示された異性体を硫酸酸性の過マンガン酸カリウム水溶液で酸化したときに, 生成物に二酸化炭素と水が含まれる異性体は何種類か。正しいものを①~⑥の中から一つ選びなさい。



- | | | |
|-----|-----|-----|
| ① 0 | ② 1 | ③ 2 |
| ④ 3 | ⑤ 4 | ⑥ 5 |

- (d) アルケンの過マンガン酸カリウム水溶液による酸化を低温・弱塩基性の穏やかな条件で注意深くおこなうと、次の反応式のように2価アルコールの生成の段階で反応を止めることができる。(a)で示された異性体をこの条件で反応させて生じた2価アルコールには不斉炭素を持つものがある。生じたすべての種類の2価アルコールに存在する不斉炭素の数を合計するといくつになるか。正しいものを①～⑥の中から一つ選びなさい。 4



- ① 3 ② 4 ③ 5
 ④ 6 ⑤ 7 ⑥ 8

問 2 分子式が C_7H_8O であるベンゼン環を持つ化合物 A, B, C がある。B, C は金属ナトリウムと反応し水素を発生するが、A は反応しない。B は水酸化ナトリウムとは反応しない。B を強い酸化剤で酸化すると最終的に化合物 D を得た。次の問い(a), (b)に答えなさい。

(a) 化合物 A と同じ官能基を持ち、分子式が C_3H_8O である化合物についての記述として最も適切なものを①～⑥の中から一つ選びなさい。 5

- ① ヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて反応させると、黄色の物質が生じる。
- ② 酸化すると還元性のある物質を経てカルボン酸となる。
- ③ 水に良く溶ける。
- ④ ベンゼンとプロペンを反応させ、生成物を酸化した後、酸で分解すると生じる。
- ⑤ 工業的には触媒を用いてエチレンを酸化することで得られる。
- ⑥ エタノールとメタノールを濃硫酸と共に 130°C 程度に熱すると生じる。

(b) 化合物 A, C, D の混合物の分離操作を次のようにおこなった。

混合物をエーテルに溶解し、その溶液を炭酸水素ナトリウム水溶液と混合し、よく振り混ぜた後に水層とエーテル層に分けた。この上層を取り出し、水酸化ナトリウム水溶液と混合し、よく振り混ぜた後に上層と下層に分離し、下層に塩酸を加え酸性にした。この時、下層に遊離してきた主な化合物は何か。適切なものを①～⑥の中から一つ選びなさい。 6

- ① 化合物 A ② 化合物 C ③ 化合物 D
 ④ 化合物 A と D ⑤ 化合物 C と D ⑥ 化合物 A と C

問 3 糖類に関する次の問い(a)~(c)に答えなさい。

(a) セロビオースはセルロースの酵素分解物であり、スクロース(ショ糖)と同じ分子式の二糖類である。セロビオースとスクロースの混合物について還元性を示す糖の定量をしたところ 2.0 mol であった。次に希酸を用いて同じ混合物を完全に加水分解し、再び還元性を示す糖の定量をしたところ 10 mol であった。混合物中のスクロースの物質質量比は何%か。最も近い値を①~⑥の中から一つ選びなさい。 %

- ① 40 ② 50 ③ 60
④ 68 ⑤ 75 ⑥ 80

(b) 32.0 g のセルロースに 51.0 g の無水酢酸を反応させて適度にアセチル化を進行させ、残存した無水酢酸を水と完全に反応させてから、水溶性の反応物を 200 mL の水溶液とした。そこから 2.00 mL を取り、0.100 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液で滴定したところ 70.0 mL で中和した。生成したアセチルセルロースの質量ははじめのセルロースの質量の何倍か。最も近い値を①~⑥の中から一つ選びなさい。 倍

- ① 1.15 ② 1.39 ③ 1.56
④ 1.62 ⑤ 1.84 ⑥ 1.91

(c) 生成したアセチルセルロースでは何%のヒドロキシ基がアセチル化されているか。最も近い値を①~⑥の中から一つ選びなさい。 %

- ① 38 ② 43 ③ 51
④ 56 ⑤ 76 ⑥ 84

II 次の各問いの答えを解答用紙に記しなさい。ただし計算問題の解答は答えのみを記し、計算式を記す必要はない。また、有効数字は3桁としなさい。

濃度未知の水酸化ナトリウム水溶液(A水溶液)と濃度未知の硫酸水溶液(B水溶液)を用いて以下の実験をおこなった。

【実験Ⅰ】

B水溶液を水で希釈し濃度を1/10倍した水溶液(この水溶液をC水溶液とする)を用いて、A水溶液100 mLを完全に中和したところ、0.200 mol/Lの硫酸ナトリウム(Na_2SO_4)水溶液となった。

【実験Ⅱ】

A水溶液を水で希釈し濃度を5/8倍した水溶液(この水溶液をD水溶液とする)320 mLをB水溶液を用いて完全に中和したところ、80.0 mLを要し、硫酸ナトリウム水溶液となった。

【実験Ⅲ】

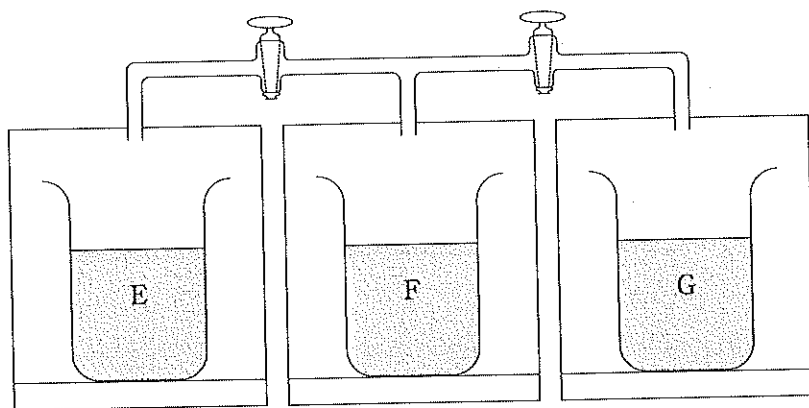
A水溶液100 mLをB水溶液を用いて中和しようとしたが、誤って中和点を過ぎてしまったので、この溶液にD水溶液を追加で加えて完全に中和したところ、240 mLの硫酸ナトリウム水溶液となった。

次の各問いに答えなさい。ただし、溶液を加えることによる体積変化は、加えた溶液の体積に等しいとする。

問1 次の問い(a)~(d)に答えなさい。

- (a) 【実験Ⅰ】において、中和に必要としたC水溶液は何 mLか。
- (b) A水溶液の水酸化ナトリウムのモル濃度は何 mol/Lか。
- (c) B水溶液の硫酸のモル濃度は何 mol/Lか。
- (d) 【実験Ⅲ】において追加で加えたD水溶液は何 mLか。

問 2 無水硫酸ナトリウムは 60°C において水 100 g に 45.0 g , 20°C において 20.0 g 溶解し、 32.4°C を境にしてそれ以下の温度では十水和物 ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) で存在する。【実験Ⅰ】～【実験Ⅲ】でできた硫酸ナトリウム水溶液を温度 60°C に保って水を蒸発させ、それぞれの水溶液を 120 mL とした。 120 mL にした【実験Ⅰ】の水溶液が入った容器を E, 【実験Ⅱ】の水溶液が入った容器を F, 【実験Ⅲ】の水溶液が入った容器を G とする。E, F, G を図のような密閉された装置にセットし、連結コックを閉じた状態にした。次の問い(a)～(d)に答えなさい。ただし、密閉した装置内の気相中での水の量は無視できるものとし、すべての水溶液の密度は 1.00 g/cm^3 とする。



- (a) G の水溶液の硫酸ナトリウムのモル濃度は何 mol/L か。
- (b) 装置全体を 20°C に保って十分な時間放置した時、E, F, G の水溶液の硫酸ナトリウムのモル濃度の関係はどのようになるか。E, F, G を用いて以下の例のように等号または不等号で答えなさい。
(例: $G > E = F$)
- (c) (b)の状態、E, F, G の水溶液中に溶解している硫酸ナトリウムの質量の関係はどのようになるか。E, F, G を用いて(b)の例のように等号または不等号で答えなさい。
- (d) 装置全体を 20°C に保ったまま、連結コックをすべて開き長時間放置し、平衡状態にした時、F と G の容器内はどのようになっているか。それぞれ 70 字以内で説明しなさい。ただし、移動した水分量 (g), 析出している結晶の質量 (g) および硫酸ナトリウムのモル濃度を明記して答えなさい。