

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** ……15 頁 **生物** ……26 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，消しゴムで丁寧に消し，消し^{ていねい}ずを完全に^{ていねい}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, S = 32, Cl = 35.5, K = 39, Ca = 40, Ar = 40, Fe = 56, Ag = 108, I = 127, Pb = 207, アボガドロ定数 N_A : $6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$, 気体定数 R : $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$, $\log_{10} 2 = 0.30$, $\log_{10} 3 = 0.48$, $\log_{10} 5 = 0.70$ 。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 次の(i)~(vi)の記述のうち正しい記述はいくつあるか。正しい数を①~⑥の中から一つ選びなさい。

- (i) 同位体は互いに原子核中の中性子の数が同じである。
- (ii) 原子量は天然に存在する ^{12}C と ^{13}C の質量の平均を 12 として定めている。
- (iii) 最外殻の価電子が放出されて原子が陽イオンになるとき、そのイオン半径は原子半径より小さくなる。
- (iv) H_2S の 1 分子に含まれる電子の総数は 18 個である。
- (v) Ca^{2+} イオンと Ar 原子の最外殻電子数は等しい。
- (vi) 原子番号 24, 質量数 52 のクロムイオン Cr^{3+} の中性子数は 21 個である。

- ① 1 ② 2 ③ 3
④ 4 ⑤ 5 ⑥ 6

問2 次の(i)~(iv)の反応のうち二酸化硫黄が酸化剤として作用している反応はいくつあるか。正しい数を①~⑤の中から一つ選びなさい。

- (i) $\text{SO}_2 + \text{NaOH} \longrightarrow \text{NaHSO}_3$
- (ii) $\text{SO}_2 + \text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{HCl}$
- (iii) $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{H}_2\text{SO}_3$
- (iv) $\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{S} \longrightarrow 3\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$

- ① 0 ② 1 ③ 2
④ 3 ⑤ 4

問 3 質量パーセント濃度が 3.6 % のグルコース水溶液 500 g に Xg の水を加えて得られる水溶液の沸点と凝固点の差(沸点-凝固点)を X を用いた式で表すとどのような式になるか。正しいものを①~⑥の中から一つ選びなさい。グルコースの分子量を 180 とし、水のモル沸点上昇を 0.52 K・kg/mol, 水のモル凝固点降下を 1.86 K・kg/mol とし、水の沸点を 100 °C とする。またグルコースは非電解質であり、このグルコース溶液は希薄溶液であるとする。

3

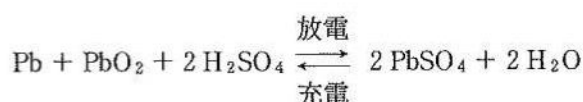
- ① $\frac{2380 - 100 X}{500 + X}$ ② $\frac{2380}{500 + X}$ ③ $\frac{50238 + 100 X}{500 + X}$
 ④ $\frac{2380 - 100 X}{482 + X}$ ⑤ $\frac{2380}{482 + X}$ ⑥ $\frac{48438 + 100 X}{482 + X}$

問 4 100 mL 中に含まれるカルシウムイオン Ca^{2+} の量を CaO に換算して 1.00 mg であるとき、その硬度を 1.00 度であるとするならば、塩化カルシウム六水和物 438 mg を水に溶かして 1.00 L とした水溶液の硬度は何度か。最も近い値を①~⑥の中から一つ選びなさい。

4 度

- ① 8.00 ② 11.2 ③ 22.1
 ④ 39.5 ⑤ 80.0 ⑥ 112

問 5 鉛蓄電池は二次電池であり、反応をまとめると次式のようになる。



この鉛蓄電池を 3 個直列につないで硫酸銅(II)水溶液を電気分解し、陰極に 1.0 mol の銅が析出した。3 個の鉛蓄電池中で消費された硫酸の物質量の合計は何 mol か。最も近い値を①~⑥の中から一つ選びなさい。 5 mol

- ① 0.33 ② 0.67 ③ 1.00
 ④ 2.00 ⑤ 3.00 ⑥ 6.00

問 6 塩化カリウムとヨウ化カリウムの混合物 5.00 g を水に溶かし 1.00 L の水溶液を調製した。この水溶液 14.9 mL に 83.0 mL 中 1.70 g の硝酸銀を含む硝酸銀水溶液を加えて完全に反応させるには 6.47 mL を必要とした。また、混合物 5.00 g 中の塩化カリウムと同量の塩化カリウムを濃硫酸と完全に反応させて得られた塩化水素をすべて 100 mL の水に吸収させてできた塩酸を水酸化ナトリウム水溶液で中和したところ 48.0 mL を必要とした。次の問い(a), (b)に答えなさい。ただし、塩化カリウムと硫酸は以下のように反応する。



(a) 初めの混合物 5.00 g には何 g のヨウ化カリウムが含まれていたか。最も近い値を

①～⑥の中から一つ選びなさい。 g

- ① 0.13 ② 1.00 ③ 1.66
④ 2.00 ⑤ 3.00 ⑥ 3.32

(b) 中和に使用した水酸化ナトリウム水溶液は 298 mL 中に何 g の水酸化ナトリウムが溶解しているか。最も近い値を①～⑥の中から一つ選びなさい。 g

- ① 5.00 ② 6.67 ③ 10.0
④ 11.1 ⑤ 13.3 ⑥ 16.7

問 7 空気を完全に遮断した状態で酸化鉄(Ⅲ)480 g と炭素 72.0 g を加熱して反応させて得られた生成物は、鉄 168 g, 酸化鉄(Ⅱ)72.0 g, 一酸化炭素のみであった。次の問い(a)～(d)に答えなさい。ただし、この反応で二酸化炭素は生成しなかったものとする。

(a) 未反応の酸化鉄(Ⅲ)は何 g か。最も近い値を①～⑥の中から一つ選びなさい。

g

- ① 0 ② 80.0 ③ 160
④ 240 ⑤ 320 ⑥ 400

(b) 未反応の炭素は何 g か。最も近い値を①～⑥の中から一つ選びなさい。 g

- ① 0 ② 12.0 ③ 18.0
④ 36.0 ⑤ 48.0 ⑥ 60.0

(c) 生成した一酸化炭素は何 g か。最も近い値を①～⑥の中から一つ選びなさい。

g

- ① 112 ② 140 ③ 168
④ 190 ⑤ 220 ⑥ 264

- (d) 鉄の生成量 168 g は、仮に酸化鉄(Ⅲ)480 g と炭素 72.0 g が完全に反応して鉄と一酸化炭素のみが生成物として得られた時の鉄の質量の何%に相当するか。最も近い値を①～⑥の中から一つ選びなさい。 %
- ① 5.0 ② 15 ③ 35
④ 55 ⑤ 75 ⑥ 95

問 8 四酸化二窒素が分解して二酸化窒素になる気体反応は可逆反応である。この 2 種類の気体の平衡は低温になると四酸化二窒素の割合が増加し、 $-11.2\text{ }^\circ\text{C}$ 以下の温度では四酸化二窒素のみが結晶として析出するとする。体積可変の容器に二酸化窒素を封入して、ある圧力の下、温度を $27.0\text{ }^\circ\text{C}$ に保った。平衡が成立するのに必要な時間が経過したところ、四酸化二窒素の物質質量と二酸化窒素の物質質量が同じであった。このときの平衡状態を「状態(i)」とする。次の問い(a)～(c)に答えなさい。

- (a) 「状態(i)」から温度を保ったまま、体積を 1.0 L まで減らしたところ、全圧が増加して新しい平衡状態となった。このときの平衡状態を「状態(ii)」とする。「状態(ii)」では四酸化二窒素の物質質量が二酸化窒素の物質質量の 3 倍であったとすると、「状態(i)」の体積は何 L であったか。最も近い値を①～⑥の中から一つ選びなさい。ただし、「状態(i)」および「状態(ii)」では四酸化二窒素と二酸化窒素は液化していない。 L
- ① 5.0 ② 5.5 ③ 6.0
④ 6.5 ⑤ 7.0 ⑥ 7.5

- (b) 「状態(ii)」から温度、全圧を変化させずにアルゴンガスを注入し、体積を「状態(i)」と同じにした。このときのアルゴンの分圧は「状態(i)」の全圧の何倍であるか。最も近い値を①～⑥の中から一つ選びなさい。 倍
- ① 1.0 ② 2.0 ③ 3.0
④ 4.0 ⑤ 5.0 ⑥ 6.0

- (c) (b)で注入したアルゴンガスの物質質量が 0.20 mol であったとすると、「状態(i)」から温度を下げて $-11.2\text{ }^\circ\text{C}$ としたときに析出する四酸化二窒素の結晶は何 g か。最も近い値を①～⑥の中から一つ選びなさい。 g
- ① 0.61 ② 2.30 ③ 2.76
④ 3.10 ⑤ 3.37 ⑥ 3.68

第2問 次の各問いに答えなさい。(解答番号 ~)

問1 ある物質 X 35.0 mg に含まれている窒素をすべてアンモニアとして発生させ、そのすべてを 0.025 mol/L の硫酸 15.0 mL に吸収させた。この溶液を 0.050 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液で滴定したところ 13.0 mL が必要であった。X に含まれる窒素の質量パーセントは何%か。最も近い値を①~⑥の中から一つ選びなさい。 %

- ① 2.0 ② 4.0 ③ 6.0
④ 8.0 ⑤ 15 ⑥ 26

問2 O—H(H₂O), C=O(CO₂), O=O の結合エネルギーをそれぞれ 463 kJ/mol, 799 kJ/mol, 498 kJ/mol, メタン(気)の結合エネルギーの総和を 1652 kJ/mol, エタン(気)の燃焼熱を 1429 kJ/mol とするとき、C—C(C₂H₆)の結合エネルギーは何 kJ/mol か。最も近い値を①~⑥の中から一つ選びなさい。ただし、メタン(気)とエタン(気)の C—H の結合エネルギーはすべて等しいものとする。 kJ/mol

- ① 162 ② 324 ③ 413
④ 648 ⑤ 826 ⑥ 1039

問3 次の記述のうち 誤りを含むもの を①~⑥の中から一つ選びなさい。

- ① 水溶液の pH は、負の値や 14 より大きな値を取ることがある。
② 強酸と強塩基を混合して得られる塩でも、水に良く溶けるとは限らない。
③ 一価の強酸と一価の強塩基から生じる正塩は加水分解しないので、その水溶液は中性である。
④ 硫化水素の電離によって生じる硫化物イオンの濃度は、酸性水溶液中では低く、塩基性溶液中では高い。
⑤ 酸性塩の水溶液は酸性を示すとは限らない。
⑥ 弱酸の水溶液を希釈すると電離度が増すので pH は低下する。

問 4 酸素とある酸化物 XO を 20 L の容器に封入したところ、 $2XO + O_2 \rightleftharpoons 2XO_2$ の反応が起こり、反応が平衡に達したとき XO_2 は 0.60 mol 生成していた。最初に封入した XO の量は 1.00 mol 、濃度平衡定数 K_c は 6.4 L/mol であった。次の問い(a), (b)に答えなさい。ただし、温度は 27°C で一定であり、気体の液化はなかったとする。

(a) 最初に封入した酸素は何 mol か。最も近い値を①～⑥の中から一つ選びなさい。

mol

- ① 7.33 ② 1.03×10^1 ③ 4.69×10^1
 ④ 7.03×10^1 ⑤ 1.92×10^2 ⑥ 2.88×10^2

(b) 平衡時の容器内における酸素分圧は何 Pa か。最も近い値を①～⑥の中から一つ選びなさい。 Pa

- ① 8.33×10^5 ② 8.75×10^5 ③ 1.00×10^6
 ④ 1.24×10^7 ⑤ 1.75×10^7 ⑥ 2.00×10^7

問 5 炭酸ナトリウム、水酸化ナトリウム、および微量の水を含んだ試料がある。この試料の組成を調べるために以下の【操作 1】～【操作 3】をおこなった。

【操作 1】 試料 16.00 g を秤量し、水に溶かして 1.00 L の試料水溶液を調製した。

【操作 2】 この試料水溶液 10.0 mL をビーカーにとり、指示薬としてフェノールフタレインを加えた後、 0.100 mol/L の塩酸を 35 mL 滴下したところ、1 回目の中和点に達した。

【操作 3】 さらに、指示薬としてメチルオレンジを加えた後、 0.100 mol/L の塩酸を 3.00 mL 滴下したところ、2 回目の中和点に達した。

次の問い(a)～(c)に答えなさい。

(a) 【操作 2】および【操作 3】の各中和点付近における溶液の色はどのように変化するか。正しい組み合わせを①～⑥の中から一つ選びなさい。

	操作 2	操作 3
①	赤 → 無色	赤 → 黄
②	赤 → 無色	黄 → 赤
③	赤 → 無色	無色 → 黄
④	無色 → 赤	赤 → 黄
⑤	無色 → 赤	黄 → 赤
⑥	無色 → 赤	無色 → 黄

(b) 試料 16.00 g 中に含まれていた水酸化ナトリウムは何 g か。最も近い値を①～⑥の中から一つ選びなさい。 g

- ① 3.18 ② 6.36 ③ 9.54
④ 11.60 ⑤ 12.80 ⑥ 14.89

(c) 試料 16.00 g 中に含まれていた水は何 g か。最も近い値を①～⑥の中から一つ選びなさい。 g

- ① 1.22×10^{-2} ② 2.00×10^{-2} ③ 1.22×10^{-1}
④ 2.00×10^{-1} ⑤ 1.22 ⑥ 2.00

第3問 同一の分子式で表される鎖式化合物のエステルA, Bがある。次の各問いに答えなさい。

[解答番号 ~]

問1 10.2 mgのAを完全燃焼させたところ、22.0 mgの二酸化炭素と9.00 mgの水を生じた。Aを酸触媒の存在下で水を加えて加熱したところ、CとDが得られた。Cをアンモニア性硝酸銀水溶液に加えて温めると銀が析出した。また、炭酸水素ナトリウム水溶液へCを加えると二酸化炭素が生じた。一方、Dの水溶液へヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて温めたところヨードホルムを生じた。また、Dを濃硫酸と160~170℃で反応させたところ化合物Eが生じた。次の問い(a)~(e)に答えなさい。

(a) Aの分子量は150以下である。Aの分子式として正しいものを①~⑥の中から一つ選びなさい。

- ① $C_3H_6O_2$ ② $C_4H_8O_2$ ③ C_5H_8O
 ④ $C_5H_{10}O_2$ ⑤ C_7H_3O ⑥ $C_7H_{14}O_2$

(b) Cは何か。正しいものを①~⑥の中から一つ選びなさい。

- ① プロピオン酸 ② 酢酸 ③ ギ酸
 ④ アセトアルデヒド ⑤ ホルムアルデヒド ⑥ アセトン

(c) Dの構造式として正しいものを①~⑥の中から一つ選びなさい。

- ① $HO-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$ ② $CH_3-\underset{\substack{| \\ OH}}{CH}-CH_2-CH_3$
 ③ $HO-CH_2-\underset{\substack{| \\ CH_3}}{CH}-CH_3$ ④ $HO-\underset{\substack{| \\ CH_3}}{\overset{\substack{CH_3 \\ |}}{C}}-CH_3$
 ⑤ $H-\underset{\substack{|| \\ O}}{C}-CH_2-CH_2-CH_3$ ⑥ $CH_3-CH_2-\overset{\substack{O \\ ||}}{C}-CH_3$

(d) Eの分子式として正しいものを①~⑥の中から一つ選びなさい。

- ① C_4H_8 ② C_4H_9 ③ $C_4H_{10}O$
 ④ C_8H_{16} ⑤ C_8H_{17} ⑥ $C_8H_{18}O$

(e) Eの異性体はEを含めていくつか。正しい数を①~⑥の中から一つ選びなさい。ただし、幾何異性体および光学異性体は区別するものとする。

- ① 2 ② 3 ③ 4
 ④ 5 ⑤ 6 ⑥ 7

問 2 4.0 g の B を酸触媒の存在下で水を加えて加熱したところ、2.9 g の F と 1.8 g の G が得られ、さらに G を酸化したところ、H が得られた。一方、F を適当な条件で還元したところ、I を得た。また、H と I は還元性を示さなかった。次の問い(a)、(b)に答えなさい。

(a) H は何か。最も適切なものを①～⑥の中から一つ選びなさい。

- ① プロピオン酸 ② 酢酸 ③ ギ酸
④ エタノール ⑤ 1-プロパノール ⑥ 1-ブタノール

(b) I は何か。最も適切なものを①～⑥の中から一つ選びなさい。

- ① プロピオン酸 ② 酢酸 ③ ギ酸
④ エタノール ⑤ 1-プロパノール ⑥ 1-ブタノール

問 3 A、B の異性体のうち、エステルであるものは A、B を含めていくつか。正しい数を①～⑥の中から一つ選びなさい。ただし、幾何異性体および光学異性体は区別するものとする。

- ① 5 ② 6 ③ 7
④ 8 ⑤ 9 ⑥ 10

II 次の各問いの答えを解答用紙に記しなさい。

第1問 安息香酸とフェノールを分離する次の実験について各問いに答えなさい。

【実験Ⅰ】 安息香酸とフェノールが溶けているトルエン溶液を分液ロートに入れ、物質Aの飽和水溶液を加えてよく振り混ぜ、水層とトルエン層を分け取った。

【実験Ⅱ】 分け取った水溶液を塩酸で酸性にしてから、新たにトルエンを加えて良く振り混ぜ、水層とトルエン層を分離した。

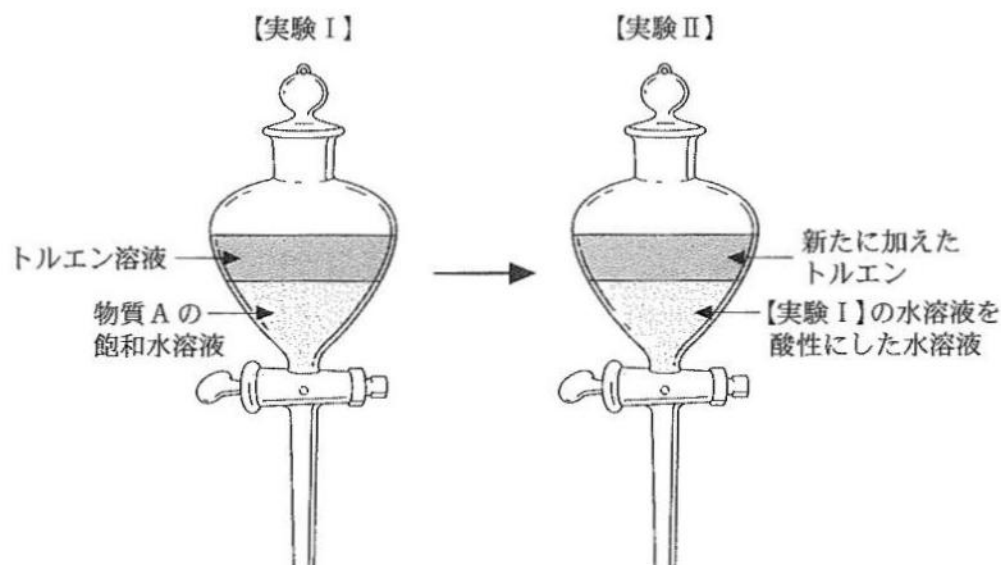


図1

- 問1 物質Aには何を使えば良いか。適切なものを化合物名と化学式で答えなさい。
- 問2 【実験Ⅰ】のトルエン層に残っている物質は何か。構造式で答えなさい。
- 問3 【実験Ⅱ】のトルエン層に抽出された物質のほとんどは二量体になっている。この二量体の構造を書きなさい。ただし、必要なら水素結合は点線で表しなさい。
- 問4 【実験Ⅱ】のトルエン層に抽出された物質が水溶液中で単量体として存在する理由を60字以内で書きなさい。

第2問 有機化合物 X が溶けている水溶液を分液ロートに入れ、そこにトルエンを加えてよく振り混ぜると X は水とトルエンの2つの溶媒の間で一定の割合で分配される。物質 X が水層とトルエン層で同じ分子として存在する場合、X の水中での濃度を C_w 、トルエン中での濃度を C_T とすると、温度が一定ならばその比は一定となる。その比 K を分配係数と呼ぶ。

$$K = \frac{C_T}{C_w}$$

X の水溶液からトルエンを用いて X を抽出する実験をおこなった。

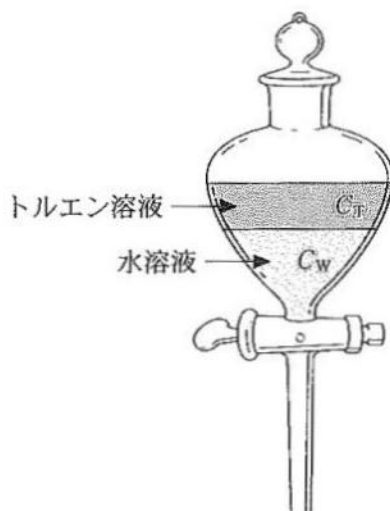


図2

【実験Ⅰ】 X の水溶液 500 mL を分液ロートに入れ、トルエン 250 mL を加えて良く振り混ぜた後、水層とトルエン層を分け取った。

【実験Ⅱ】 分け取った水溶液に新たにトルエン 250 mL を加えて良く振り混ぜた後、水層とトルエン層を分け取った。

この2回の抽出操作で最初の X の 75 % がトルエン層に抽出された。

次の各問いに答えなさい。ただし、水とトルエンは相互に溶解しないとする。

問1 【実験Ⅰ】でトルエン層には最初の X の何%が抽出されたか。 K を用いて表しなさい。

問2 【実験Ⅰ】と【実験Ⅱ】の結果から求められる分配係数 K はいくらか。数値で答えなさい。

問3 【実験Ⅰ】で 500 mL のトルエンを一度に用いて抽出すると何%の X がトルエン層に抽出されるか。 K を用いて表した数式と、問2で求めた値を使って計算した数値の両方を答えなさい。