

化 学 (注) この科目には、選択問題があります。(33ページ参照。)

必要があれば、原子量は次の値を使うこと。

H	1.0	C	12	N	14	O	16
Fe	56	Cu	64				

気体は、実在気体とことわりがない限り、理想気体として扱うものとする。

第 1 問 (必答問題)

次の問い(問 1 ～ 6)に答えよ。

[解答番号 ～] (配点 24)

問 1 F, Cl, Br, I に関する記述として誤りを含むものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

- ① 原子は、7 個の価電子をもつ。
- ② 原子が陰イオンになると、半径が大きくなる。
- ③ 単体の融点や沸点は、原子番号が大きいほど高い。
- ④ 単体の酸化作用は、原子番号が大きいほど強い。
- ⑤ 水に対する単体の反応性は、原子番号が大きいほど低い。

問 2 図 1 は、ある純物質がさまざまな温度 T と圧力 P のもとで、どのような状態をとるかを示した状態図である。ただし、 A は三重点であり、 B は臨界点で、 T_B と P_B はそれぞれ臨界点の温度と圧力である。図 1 の状態図に関する記述として誤りを含むものを、下の①～⑤のうちから一つ選べ。 2

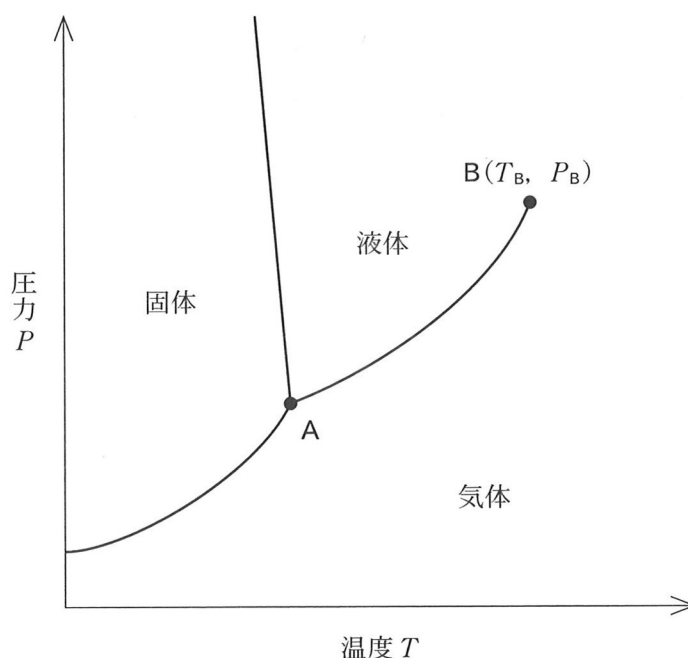


図 1

- ① 三重点 A では、固体、液体、気体が共存する。
- ② T_B よりも温度が高く、かつ P_B よりも圧力が高くなると、液体とも気体とも区別がつかなくなる。
- ③ 液体の沸点は、圧力が高くなると高くなる。
- ④ 固体が昇華する温度は、圧力が高くなると高くなる。
- ⑤ 固体の融点は、圧力が高くなると高くなる。

化 学

問 3 同じ物質量の H_2 と N_2 のみを密閉容器に入れ、温度 $t[^\circ\text{C}]$ に保ったところ、混合気体の全圧が $P[\text{Pa}]$ になった。気体定数を $R[\text{Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})]$ としたとき、混合気体の密度 $d[\text{g/L}]$ を表す式はどれか。正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし、 H_2 と N_2 は反応しないものとする。 3 g/L

① $\frac{7.5 P}{R(t + 273)}$

② $\frac{15 P}{R(t + 273)}$

③ $\frac{30 P}{R(t + 273)}$

④ $\frac{R(t + 273)}{7.5 P}$

⑤ $\frac{R(t + 273)}{15 P}$

⑥ $\frac{R(t + 273)}{30 P}$

問 4 液体の飽和蒸気圧は、図 2 に示すような装置を用いて測定できる。大気圧 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、温度 25°C で次の実験Ⅰ・Ⅱを行った。このとき、化合物 X の液体の飽和蒸気圧は何 Pa になるか。最も適当な数値を、下の①～⑤のうちから一つ選べ。ただし、ガラス管内にある化合物 X の液体の体積と質量は無視できるものとする。 4 Pa

実験Ⅰ 一端を閉じたガラス管を水銀で満たして倒立させると、管の上部は真空になった。このとき、水銀柱の高さは 760 mm になった(図 2, ア)。

実験Ⅱ 実験Ⅰののち、ガラス管の下端から上部の空間に少量の化合物 X の液体を注入した。気液平衡に達したとき、水銀柱の高さは 532 mm になった(図 2, イ)。

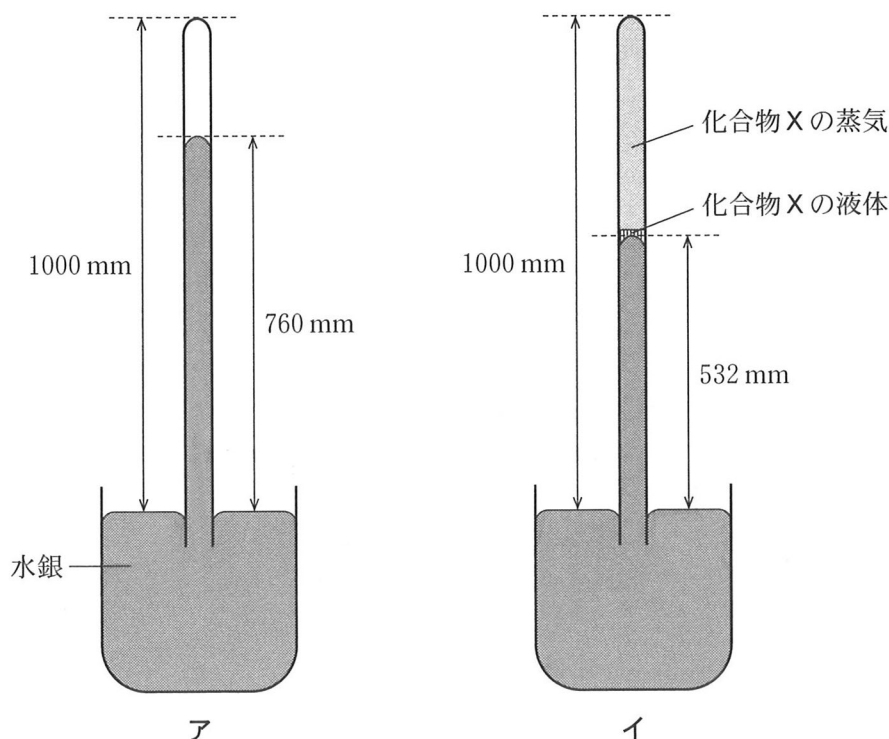


図 2

- | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|
| ① 2.3×10^4 | ② 3.0×10^4 | ③ 5.4×10^4 |
| ④ 6.2×10^4 | ⑤ 7.1×10^4 | |

化 学

問 5 浸透圧から非電解質 Y のモル質量を決定するために、図 3 のように実験を行った。装置内の半透膜は水分子のみを通し、断面積が一定の U 字管の中央に固定されている。次の実験Ⅰ～Ⅲの結果から得られる Y のモル質量は何 g/mol か。最も適当な数値を、下の①～⑤のうちから一つ選べ。ただし、気体定数は $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$ である。 5 g/mol

実験Ⅰ U 字管の左側には純水を 10 mL 入れ、右側には非電解質 Y が 0.020 g 溶解した 10 mL の水溶液を入れた(図 3, ア)。

実験Ⅱ 大気圧 $1.0133 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、温度 27°C で静置したところ、水溶液の液面は純水の液面よりも高くなった(図 3, イ)。

実験Ⅲ ピストンを用いて U 字管の右側から空気を入れて、非電解質 Y の水溶液側に圧力をかけ、左右の液面を同じ高さにした。このとき、U 字管の右側の圧力は、 $1.0153 \times 10^5 \text{ Pa}$ になった(図 3, ウ)。

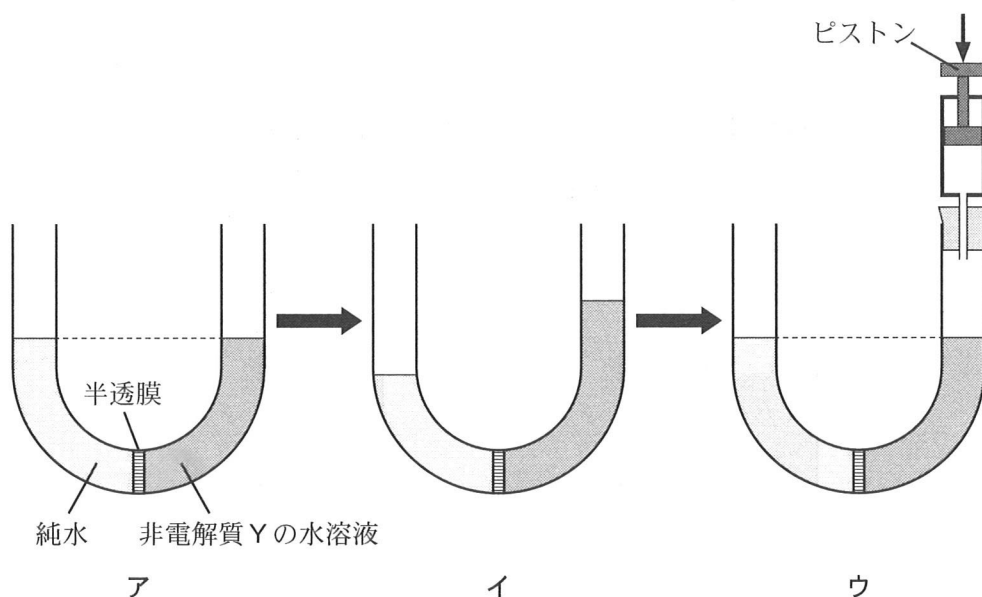


図 3

- | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|
| ① 25 | ② 49 | ③ 2.2×10^3 |
| ④ 1.2×10^4 | ⑤ 2.5×10^4 | |

問 6 コロイドに関する記述として下線部に誤りを含むものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 6

- ① コロイド粒子のブラウン運動は、熱運動している分散媒分子が、コロイド粒子に不規則に衝突するために起こる。
- ② コロイド溶液で観察できるチンダル現象は、分散質であるコロイド粒子による光の散乱が原因である。
- ③ デンプンは、分子量が大きく、1分子でコロイド粒子になる。
- ④ 乾燥した寒天の粉末は、温水に溶かすとゲルになり、これを冷却するとゾルになる。
- ⑤ 墨汁に加えている膠は、^{にかわ}疎水コロイドを凝析しにくくするはたらきをもつ保護コロイドである。

化 学

第 2 問 (必答問題)

次の問い(問 1 ～ 5)に答えよ。

[解答番号 1 ～ 7] (配点 24)

問 1 スチールウール(細い鉄線)1.68 g および酸素と窒素の混合気体を反応容器に入れて密閉した。これを水の入った水槽に入れて、反応容器内でスチールウールを燃焼させ、水槽の水の温度上昇を測定して燃焼に伴う熱量を求めた。反応容器に入れる酸素の物質量を変化させて燃焼させたところ、酸素の物質量と水槽の水の温度上昇の関係は、図 1 のようになった。このとき、反応容器中のスチールウールと酸素のいずれかがなくなるまでこの燃焼反応が進行し、1 種類の物質 A だけが生じたものとする。この実験に関する次ページの問い(a・b)に答えよ。

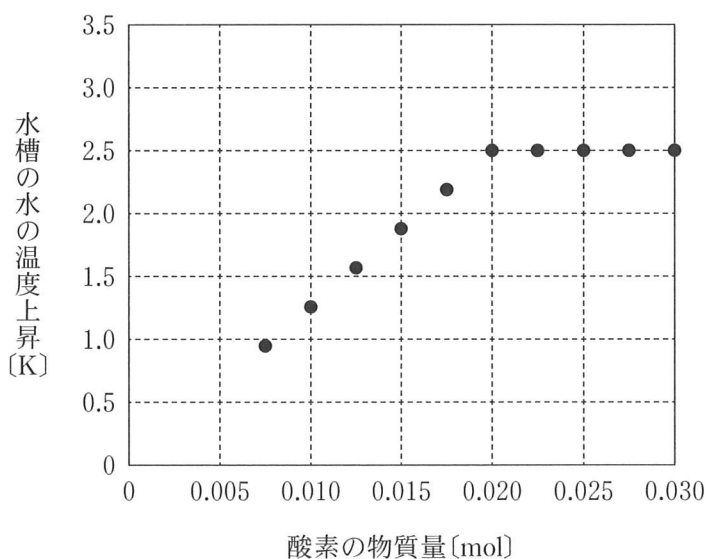


図 1

a Aとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。 1

① Fe

② FeO

③ Fe₃O₄

④ Fe₂O₃

b Aの生成熱は何 kJ/mol か。最も適当な数値を，次の①～⑦のうちから一つ選べ。ただし，水槽と外部との熱の出入りはなく，燃焼により発生した熱はすべて水槽の水の温度上昇に使われたものとする。また，水槽の水の温度を 1 K 上昇させるには 4.48 kJ の熱量が必要であるものとする。

2 kJ/mol

① 0

② 280

③ 373

④ 560

⑤ 747

⑥ 840

⑦ 1120

化 学

問 2 酸化銅(Ⅱ) CuO の粉末とアルミニウム Al の粉末の混合物に点火すると激しい反応が起こり、銅 Cu と酸化アルミニウム Al_2O_3 が生成する。この反応の熱化学方程式は、次式のように表される。



この熱化学方程式の $Q[\text{kJ}]$ を表す式として最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。なお、 $\text{CuO}(\text{固})$ の生成熱を $Q_1[\text{kJ/mol}]$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3(\text{固})$ の生成熱を $Q_2[\text{kJ/mol}]$ とする。 3 kJ

① $-Q_1 + Q_2$

② $Q_1 - Q_2$

③ $-Q_1 + 3Q_2$

④ $Q_1 - 3Q_2$

⑤ $-3Q_1 + Q_2$

⑥ $3Q_1 - Q_2$

化 学

問 3 ある一定温度において物質 A と物質 B から物質 C が生成する反応を考える。

この反応の反応速度 v は、A のモル濃度を $[A]$ 、B のモル濃度を $[B]$ 、反応速度定数を k とすると、

$$v = k[A]^a[B]^b \quad (a, b \text{ は一定の指数})$$

と表される。

次ページの図 2 は、 $[B]$ が 0.1 mol/L で一定のときの、C の生成速度と $[A]$ の関係を示す。また、図 3 は、 $[A]$ が 1 mol/L で一定のときの、C の生成速度と $[B]$ の関係を示す。 $[A]$ と $[B]$ がそれぞれある値のときの C の生成速度を v_0 とする。 $[A]$ と $[B]$ をいずれも 2 倍にすると、C の生成速度は v_0 の何倍になるか。最も適当な数値を、次の①～④のうちから一つ選べ。ただし、C の生成速度は、いずれの場合も反応開始直後の生成速度である。

4

 倍

① 2

② 4

③ 8

④ 16

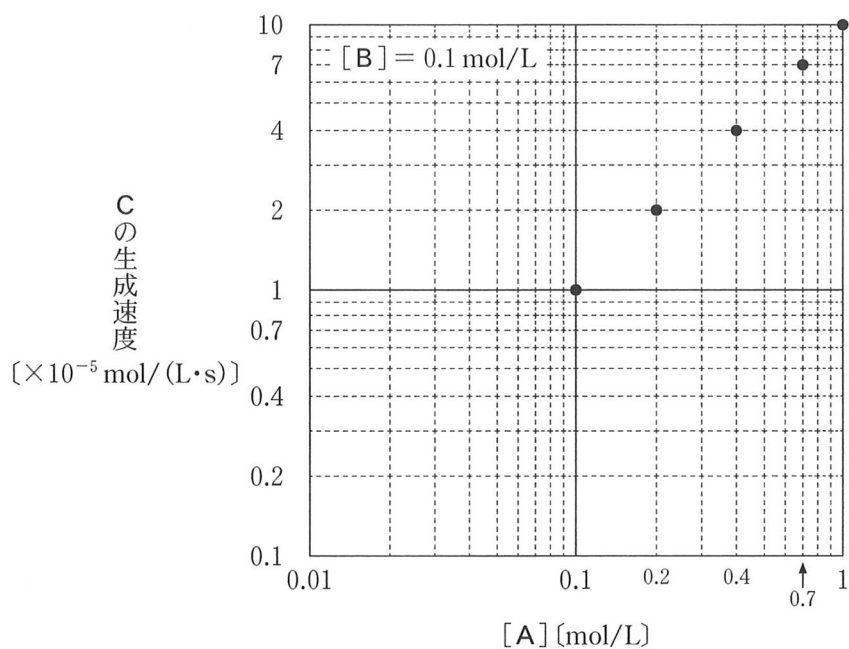


図 2

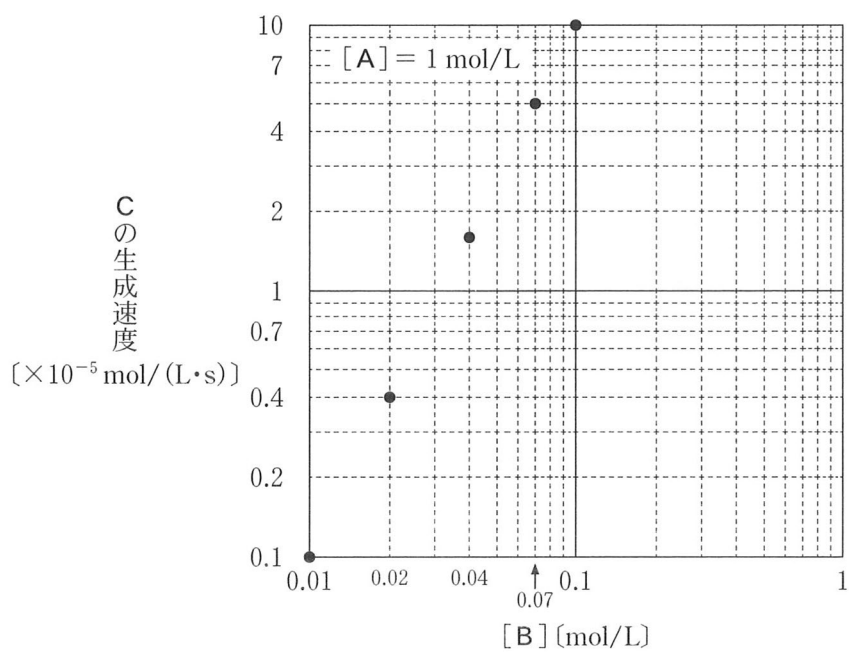


図 3

化 学

問 4 気体 A と気体 B から気体 C が生成する反応は可逆反応であり、その熱化学方程式は次式のように表される。



一定の温度と圧力において、A と B を物質質量比 1 : 1 で混合したとき、C の生成量の時間変化は、図 4 の破線のようにであった。

この実験の反応条件を条件Ⅰ・Ⅱのように変えて同様の実験を行い、C の生成量の時間変化を測定した。その結果を図 4 に重ねて実線で示したものとして最も適当なものを、次ページの①～⑥のうちから、それぞれ一つずつ選べ。

条件Ⅰ 温度を下げる。

5

条件Ⅱ 触媒を加える。

6

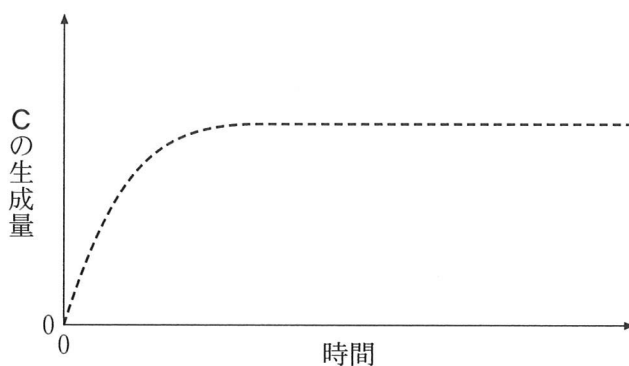
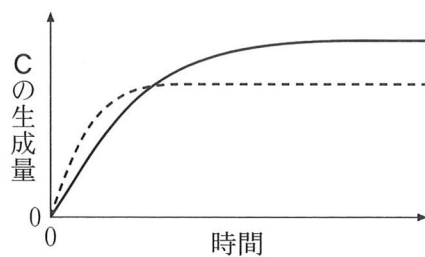
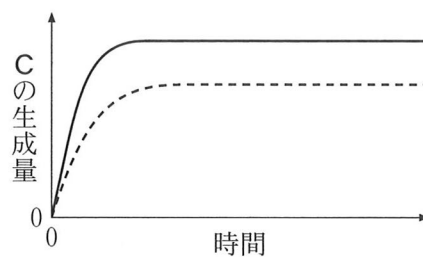


図 4

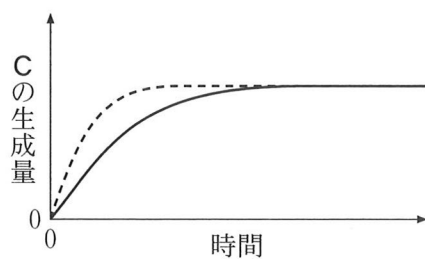
①



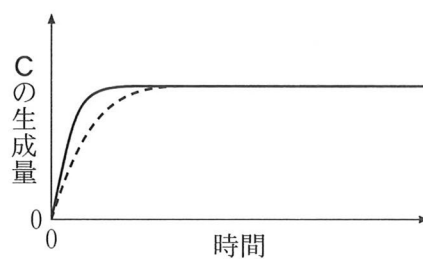
②



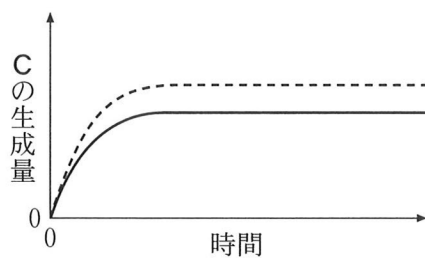
③



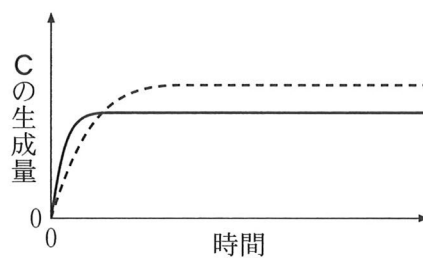
④



⑤

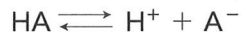


⑥



化 学

問 5 中和滴定の指示薬として色素分子 HA を用いることを考える。この色素分子は弱酸であり、水中で次のように一部が電離する。



この反応の電離定数 K は、 $1.0 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$ である。水溶液中で HA は赤色、 A^- は黄色を呈するため、この反応の平衡が左辺あるいは右辺のどちらにかたよっているかを、溶液の色で見分けることができる。なお、HA と A^- のモル濃度の比 $\frac{[\text{HA}]}{[\text{A}^-]}$ が 10 以上または 0.1 以下のときに、確実に赤色あるいは黄色であることを見分けられるとする。次ページの図 5 の滴定曲線ア～エのうち、この色素を指示薬として使うことができる中和滴定の滴定曲線はどれか。正しく選択しているものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 7

① ア, イ

② ア, ウ

③ ア, エ

④ イ, ウ

⑤ イ, エ

⑥ ウ, エ

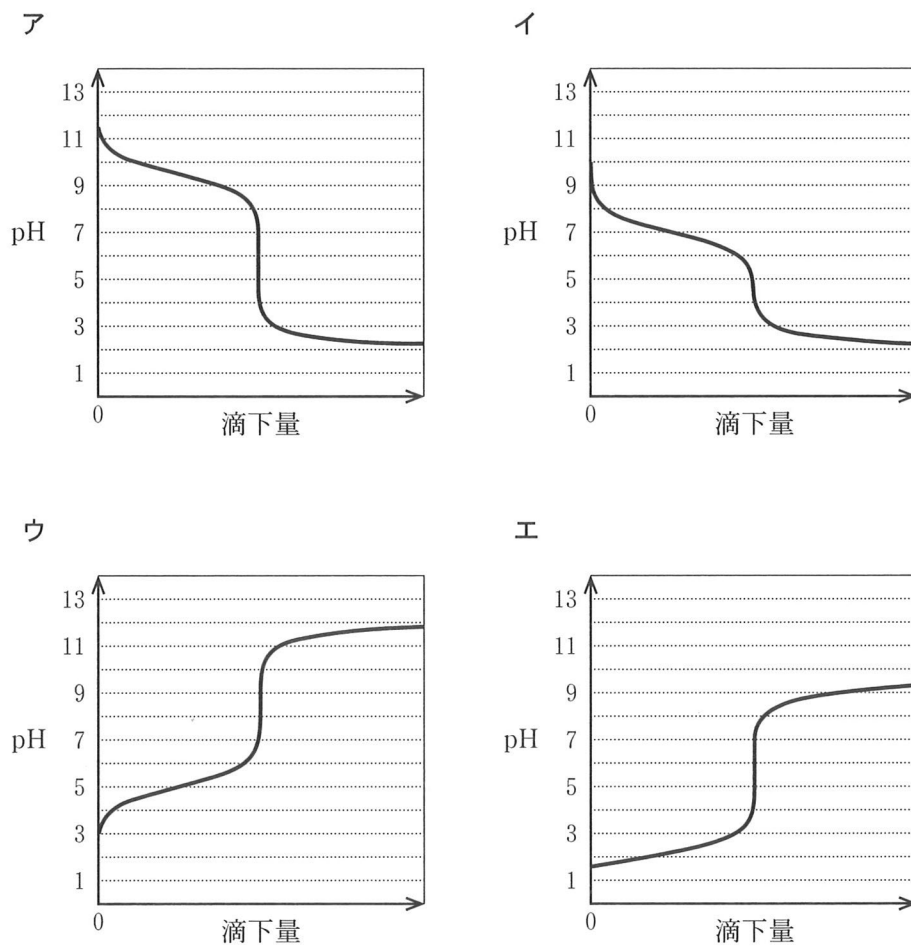


图 5

化 学

第 3 問 (必答問題)

次の問い(問 1 ～ 5)に答えよ。

[解答番号 ～] (配点 23)

問 1 無機物質の性質とその利用に関する記述として下線部に誤りを含むものを、

次の①～④のうちから一つ選べ。

- ① ニクロムは、ニッケルとクロムの合金であり、銅と比べて電気抵抗が小さく、ヘアドライヤーなどに用いられる。
- ② アルミニウムは、熱をよく伝え、表面に形成された酸化被膜により内部が保護されるので、調理器具に用いられる。
- ③ 塩化コバルト(Ⅱ)の無水物(無水塩)は、吸湿により色が変化するため、水分の検出に用いられる。
- ④ ストロンチウムは、炎色反応を示し、その炭酸塩は花火に用いられる。

問 2 酸化物に関する記述として誤りを含むものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 2

- ① Ag_2O は、 AgNO_3 水溶液に NaOH 水溶液を加えると得られる。
- ② CuO は、 CuSO_4 水溶液に NaOH 水溶液を加えて加熱すると、沈殿として得られる。
- ③ MnO_2 は、過酸化水素水に加えると還元剤としてはたらき、酸素が発生する。
- ④ SiO_2 は、塩酸には溶けないが、フッ化水素酸には溶ける。

化 学

問 3 Ag^+ 、 Al^{3+} 、 Pb^{2+} 、 Zn^{2+} の 4 種類の金属イオンを含む水溶液アから、図 1 に示す操作Ⅰ・Ⅱにより各イオンをそれぞれ分離することができた。この実験に関する次ページの問い(a・b)に答えよ。

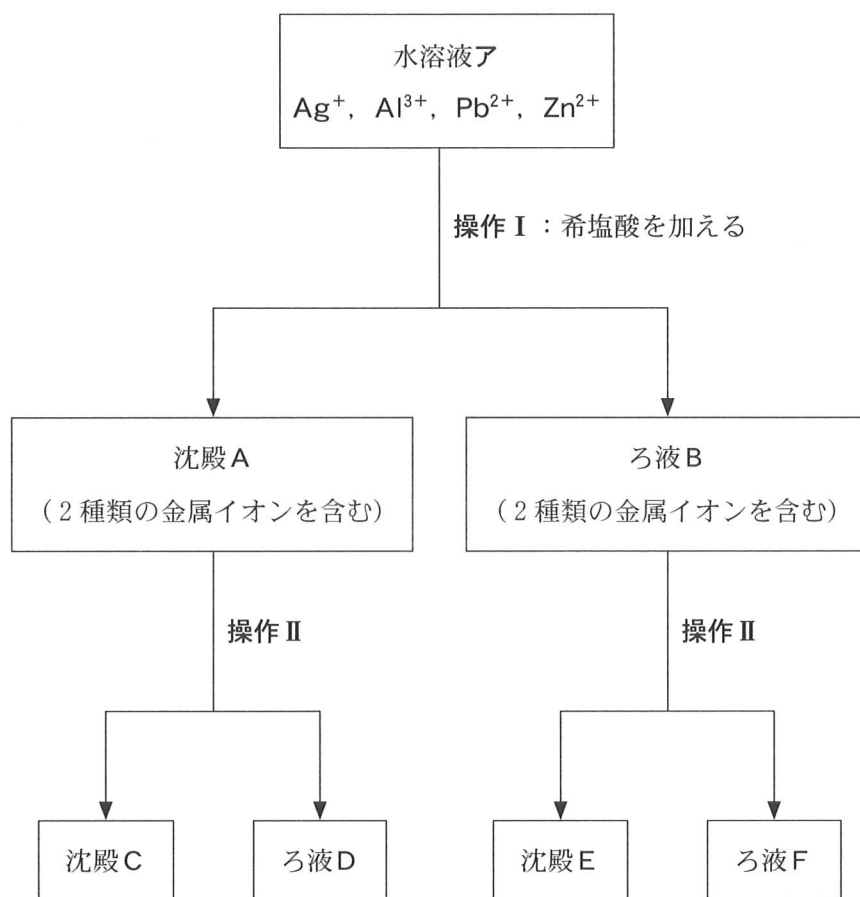
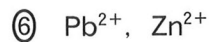
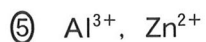
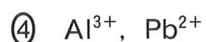
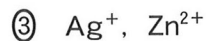
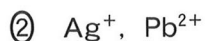
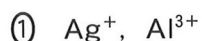


図 1

a 沈殿 A に含まれる 2 種類の金属イオンの組合せとして最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 3



b 操作 II として最も適当なものはどれか。次の①～④のうちから一つ選べ。
さらに、沈殿 E およびろ液 F として分離される金属イオンはどれか。それぞれについて、その下の①～④のうちから一つずつ選べ。

操作 II 4

① 過剰のアンモニア水を加える。

② 過剰の水酸化ナトリウム水溶液を加える。

③ 希硫酸を加える。

④ 希硝酸を加える。

沈殿 E 5 ろ液 F 6



化 学

問 4 図 2 は、単体のカルシウム，およびカルシウム化合物 A～D の相互関係を示したものである。図中の化合物 A～D に関する記述として誤りを含むものを，下の①～④のうちから一つ選べ。 7

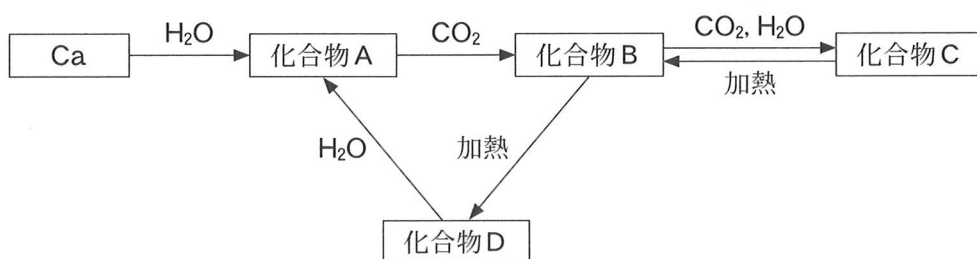


図 2

- ① 化合物 A は，水に少し溶けて，その水溶液は弱い塩基性を示す。
- ② 化合物 B は，石灰石や大理石の主成分として，天然に広く存在する。
- ③ 鍾乳洞しょうにゅうどうの中では，化合物 C の水溶液から化合物 B が析出して，鍾乳石が成長する。
- ④ 化合物 D は生石灰と呼ばれ，水と反応して発熱するため，発熱剤として使用される。

問 5 ニッケル水素電池は二次電池として自動車などに利用される。この電池は放電時にニッケルの酸化数が +3 から +2 に変化し、その全反応は、



と表される。ここで、M は水素吸蔵合金である。

二次電池に蓄えられる電気量は、A・h(アンペア時)を用いて表される。ここで 1 A・h とは、1 A の電流が 1 時間流れたときの電気量である。完全に放電した状態で 6.7 kg の $\text{Ni}(\text{OH})_2$ を用いたニッケル水素電池が、1 回の充電で蓄えることのできる最大の電気量は何 A・h か。最も適当な数値を、次の①～⑥のうちから一つ選べ。なお、 $\text{Ni}(\text{OH})_2$ の式量は 93、ファラデー定数は $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ とする。 8 A・h

① 2.4×10^2

② 4.8×10^2

③ 9.7×10^2

④ 1.9×10^3

⑤ 3.9×10^3

⑥ 7.7×10^3

化 学

第 4 問 (必答問題)

次の問い(問 1 ～ 5)に答えよ。

〔解答番号 ～ 〕(配点 19)

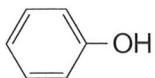
問 1 炭化水素に関する記述として誤りを含むものを，次の①～④のうちから一つ
選べ。

- ① メタンの四つの共有結合の長さは，すべて等しい。
- ② 炭素原子間の結合距離は，エタンの方がエテン(エチレン)より長い。
- ③ プロパンの三つの炭素原子は，折れ線状に結合している。
- ④ 炭素数が n であるシクロアルカンの一般式は， C_nH_{2n+2} である。

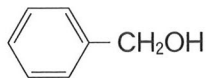
問 2 分子式が $C_9H_nO_2$ で表される化合物 30 mg を完全燃焼させたところ，水
18 mg が生成した。分子式中の n の値として最も適当な数値を，次の①～⑤の
うちから一つ選べ。

- ① 8 ② 10 ③ 12 ④ 14 ⑤ 16

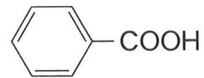
問 3 次の化合物ア～ウを、それぞれ同じモル濃度の水溶液にしたとき、酸性の強い順に並べたものを、下の①～⑥のうちから一つ選べ。 3



ア



イ



ウ

① ア＞イ＞ウ

② ア＞ウ＞イ

③ イ＞ア＞ウ

④ イ＞ウ＞ア

⑤ ウ＞ア＞イ

⑥ ウ＞イ＞ア

問 4 鏡像異性体(光学異性体)が存在する化合物の分子式として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 4

① C_2H_3Cl

② $C_2H_4Cl_2$

③ C_2H_4BrCl

④ C_3H_8O

化 学

問 5 酢酸エチルの合成に関する次の実験Ⅰ・Ⅱについて、次ページの問い(a・b)に答えよ。

実験Ⅰ 丸底フラスコに酢酸 10 mL とエタノール 20 mL を取って混ぜ合わせ、濃硫酸を 1.0 mL 加えた。次に、このフラスコに沸騰石を入れ、図 1 のように冷却管を取り付け、80 °C の湯浴で 10 分間加熱した。反応溶液を冷却したのち、過剰の炭酸水素ナトリウム水溶液を加えてよく混ぜた。このとき気体が発生した。フラスコ内の液体を分液ろうとに移し、ふり混ぜて静置すると、図 2 のように二層に分離した。

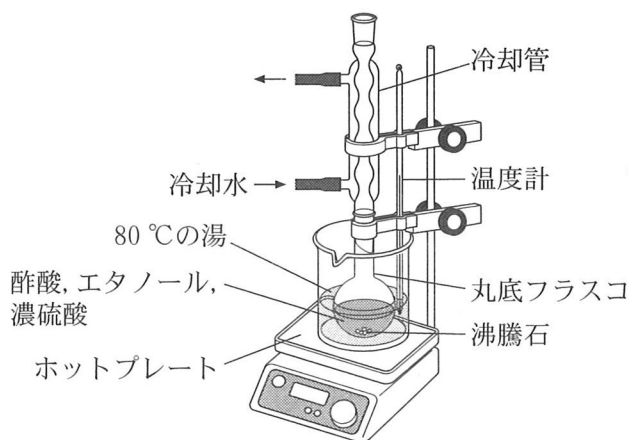


図 1

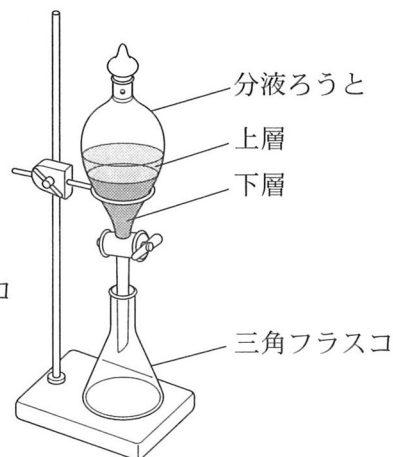


図 2

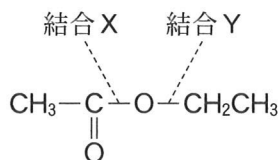
実験Ⅱ エステル化の反応のしくみを調べるため、**実験Ⅰ** のエタノールの代わりに、酸素原子が同位体 ^{18}O に置き換わったエタノールのみを用いて酢酸エチルを合成した。生成した酢酸エチルの分子量は、**実験Ⅰ** よりも 2 大きくなった。

a 実験Ⅰに関する記述として適当でないものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 5

- ① 濃硫酸は、エステル化の触媒としてはたらいだ。
- ② 炭酸水素ナトリウム水溶液を加えたとき、二酸化炭素の気体が発生した。
- ③ 酢酸エチルは、図2の下層として得られた。
- ④ 得られた酢酸エチルは、果実のような芳香のある液体だった。

b 実験Ⅱに関する次の文章中の ア ・ イ に当てはまる語と数値の組合せとして最も適当なものを、下の①～④のうちから一つ選べ。 6

得られた結果から、エステル化の反応では下の構造式の ア があらたに形成されることが分かった。また、生成した水の分子量は イ と推定される。



	ア	イ
①	結合 X	18
②	結合 X	20
③	結合 Y	18
④	結合 Y	20

化 学

第 5 問 (必答問題)

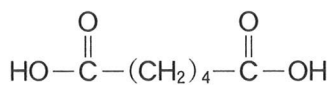
次の問い(問 1・問 2)に答えよ。

(解答番号 1 ~ 3) (配点 6)

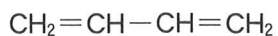
問 1 次の高分子化合物(a・b)の合成には、下に示した原料(単量体)ア～カのうち、どの二つが用いられるか。その組合せとして最も適当なものを、下の①～⑧のうちから一つずつ選べ。

a ナイロン 66 1

b 合成ゴム(SBR) 2



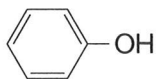
ア



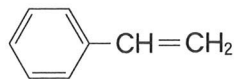
イ



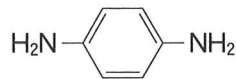
ウ



エ



オ



カ

① アとウ

② アとエ

③ アとカ

④ イとエ

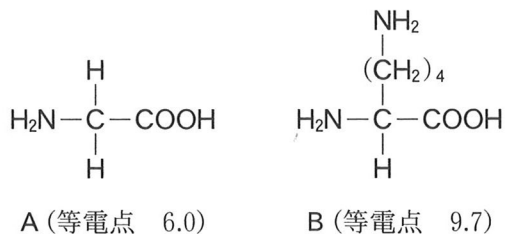
⑤ イとオ

⑥ ウとエ

⑦ エとオ

⑧ オとカ

問 2 次のアミノ酸 A, B に関する下の記述の空欄 ア ・ イ に入る語句の組合せとして最も適当なものを、下の①～⑨のうちから一つ選べ。 3



アミノ酸 A は、pH 6.0 において主に ア イオンとして存在する。

アミノ酸 B は、pH 7.0 で電気泳動を行った場合、 イ 。

	ア	イ
①	陽	陽極側に移動する
②	陽	移動しない
③	陽	陰極側に移動する
④	双性(両性)	陽極側に移動する
⑤	双性(両性)	移動しない
⑥	双性(両性)	陰極側に移動する
⑦	陰	陽極側に移動する
⑧	陰	移動しない
⑨	陰	陰極側に移動する

第 6 問 (選択問題)

次の問い(問 1・問 2)に答えよ。

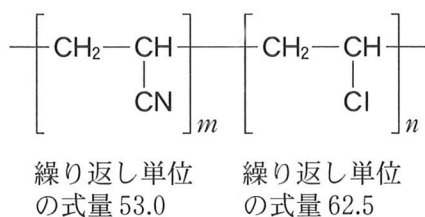
[解答番号 ・] (配点 4)

問 1 高分子化合物に関する記述として下線部に誤りを含むものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

- ① 高密度ポリエチレンは、低密度ポリエチレンに比べて枝分かれが少なく、透明度が低い。
- ② フェノール樹脂は、ベンゼン環の間を メチレン基 $-\text{CH}_2-$ で架橋した構造をもつ。
- ③ イオン交換樹脂がイオンを交換する反応は、可逆反応である。
- ④ 二重結合の部分がシス形の構造をもつポリイソブレンは、トランス形の構造をもつものに比べて 室温で硬く弾性に乏しい。
- ⑤ ポリ乳酸は、微生物によって 分解される。

問 2 次に示す繰り返し単位をもつ合成高分子化合物(平均分子量 1.78×10^4)について元素分析を行ったところ、炭素原子と塩素原子の物質量の比は 3.5 : 1 であった。 m の値として最も適当な数値を、下の①~⑥のうちから一つ選べ。

2



① 50

② 100

③ 130

④ 170

⑤ 200

⑥ 250

化 学 第 6 問・第 7 問は、いずれか 1 問を選択し、解答しなさい。

第 7 問 (選択問題)

次の問い(問 1・問 2)に答えよ。

[解答番号 ・] (配点 4)

問 1 天然高分子化合物の構造に関する記述として下線部に誤りを含むものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- ① タンパク質の三次構造の形成に関与している結合には、ジスルフィド結合 -S-S- がある。
- ② タンパク質のポリペプチド鎖は、右巻きのらせん構造をとることがあり、この構造を β -シートという。
- ③ 核酸は、ヌクレオチドの糖部分の -OH とリン酸部分の -OH の間で脱水縮合してできた直鎖状の高分子化合物である。
- ④ RNA の糖部分はリボースであり、DNA の糖部分とは構造が異なる。

問 2 平均分子量が 8.1×10^3 であるデキストリン ($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$)_n (繰返し単位の式量 162) $1.0 \times 10^{-3} \text{ mol}$ を, アミラーゼ (β -アミラーゼ) で完全に加水分解したところ, マルトースのみが得られた。十分な量のフェーリング液に, 得られたマルトースをすべて加えて加熱したとき, 生じる酸化銅 (I) Cu_2O は何 g か。最も適当な数値を, 次の①~⑤のうちから一つ選べ。ただし, 還元性のある糖 1 mol あたり Cu_2O 1 mol が生じるものとし, 反応は完全に進行したものとする。 2 g

- ① 1.8 ② 2.0 ③ 3.6 ④ 4.0 ⑤ 7.2