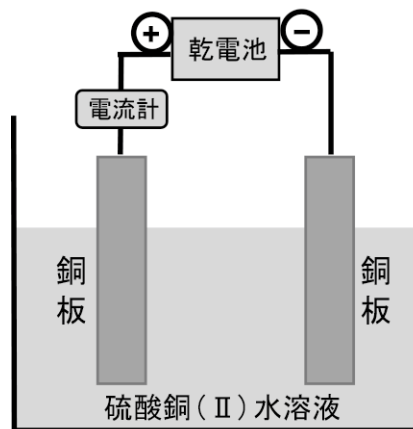


化 学 (その1)

原子量は、 $H = 1.0$, $C = 12.0$, $O = 16.0$, $Cl = 35.5$, $Cu = 64.0$, $I = 127.0$ とせよ。
 なお、標準状態では、 1 mol の気体の体積は 22.4 L とする。

第1問 以下の問い (問1 ~ 7) に適する答えを、それぞれの①, ②, ③・・・の中から一つ選び、記号で答えよ。

問1 0.30 mol/L の硫酸銅(II) CuSO_4 水溶液を入れた容器の中で電気分解を行った。2枚の銅板を電極として、起電力 1.5 V の乾電池を用いて一定の電流 $I \text{ [A]}$ を時間 $t \text{ [秒]}$ 流したところ、一方の電極上に銅が $m \text{ [g]}$ 析出した。下の問い (a, b) に答えよ。



a 上記の実験に関する記述として誤りを含むものはどれか。

- ① 電流を流す時間を $2t \text{ [秒]}$ にすると、析出する銅の質量は $2m \text{ [g]}$ になる。
- ② 電流を $2I \text{ [A]}$ にすると、時間 $t \text{ [秒]}$ の間に析出する銅の質量は $2m \text{ [g]}$ になる。
- ③ 陰極では $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$ の反応によって銅が析出する。
- ④ 陽極では H_2O が還元されて H_2 が発生する。
- ⑤ 実験の前後で溶液中の SO_4^{2-} の物質量は変化しない。

b 実験から、電子1個がもつ電気量の絶対値 $[C]$ を求める式として正しいものはどれか。
 ただし、アボガドロ定数を $N_A \text{ [mol}^{-1}\text{]}$ とする。

- | | | | |
|------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| ① $\frac{mtI}{32N_A}$ | ② $\frac{32tI}{mN_A}$ | ③ $\frac{mtI}{64N_A}$ | ④ $\frac{64tI}{mN_A}$ |
| ⑤ $\frac{mtI}{128N_A}$ | ⑥ $\frac{128tI}{mN_A}$ | | |

化 学 (その2)

問2 アボガドロ定数 N_A [mol^{-1}] を求めるために、次の実験を行った。ステアリン酸分子 ($\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$) は、**図1** に示すように親水性のカルボキシ基と疎水性のアルキル基をもつ。0.0142 g のステアリン酸をベンゼンに溶かし、250 mL の溶液にした。この溶液 0.100 mL を水面に滴下した。ベンゼンが蒸発すると、ステアリン酸分子は、**図2** のように、カルボキシ基を水中に、アルキル基を空気中に向けて重なり合うことなく配列し、膜となって水面上に広がった。このとき、水面に形成された膜の面積は、 $A \text{ cm}^2$ であった。なお、水面に広がった膜の中で、1 個のステアリン酸分子が占有する面積は $B \text{ cm}^2$ であることがわかっている。この実験の結果から得られる N_A [mol^{-1}] の値として正しいものはどれか。ただし、ステアリン酸分子間のすきまは無視できるものとする。

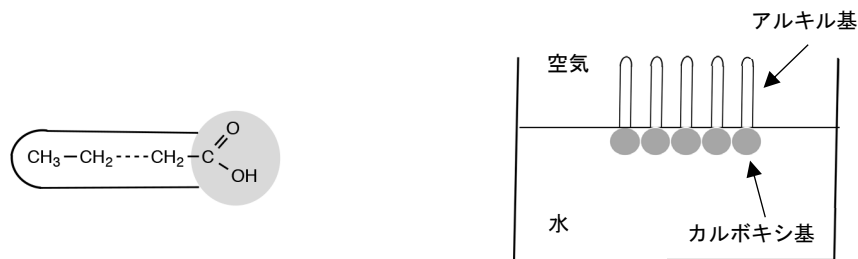


図 1

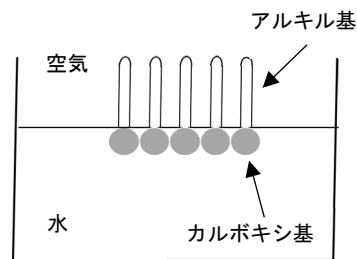


図 2

- | | | | |
|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| ① $\frac{2B}{A} \times 10^7$ | ② $\frac{A}{2B} \times 10^7$ | ③ $\frac{B}{2A} \times 10^7$ | ④ $\frac{2A}{B} \times 10^7$ |
| ⑤ $\frac{2B}{A} \times 10^8$ | ⑥ $\frac{A}{2B} \times 10^8$ | ⑦ $\frac{B}{2A} \times 10^8$ | ⑧ $\frac{2A}{B} \times 10^8$ |
| ⑨ $\frac{2B}{A} \times 10^9$ | ⑩ $\frac{A}{2B} \times 10^9$ | ⑪ $\frac{B}{2A} \times 10^9$ | ⑫ $\frac{2A}{B} \times 10^9$ |

問3 硫黄のコロイド粒子は、電気泳動に際して陽極側へ移動する。このコロイドを凝析させるのに最も有効なものはどれか。ただし、各物質は、それぞれ 0.1 mol/L の水溶液にしてある。

- | | | |
|------------|---------------|------------|
| ① 塩化カリウム | ② グルコース(ブドウ糖) | ③ 硝酸アルミニウム |
| ④ 硝酸カルシウム | ⑤ スクロース(ショ糖) | ⑥ ヨウ化ナトリウム |
| ⑦ 硫酸アンモニウム | | |

問4 ある非電解質 0.776 g をベンゼン 10.0 mL に溶かしたところ、この溶液の凝固点は $2.46 \text{ }^\circ\text{C}$ であった。この物質の分子量はいくらか。ただし、ベンゼンのモル凝固点降下は $5.12 \text{ K} \cdot \text{kg/mol}$ 、凝固点は $5.53 \text{ }^\circ\text{C}$ 、密度は 0.880 g/mL とする。

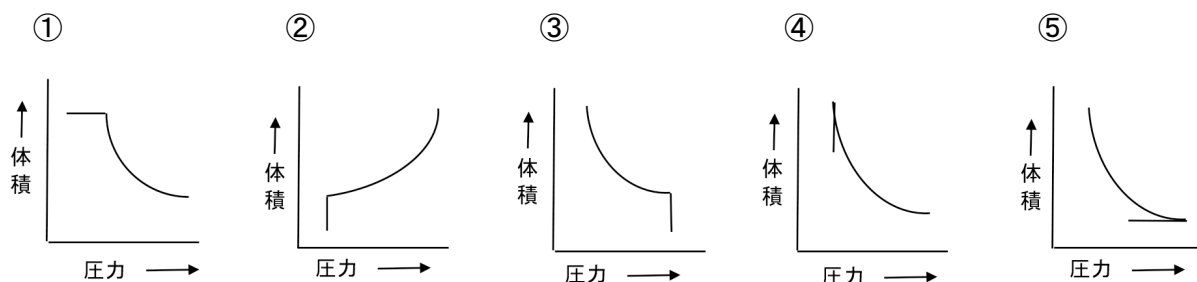
- ① 30 ② 42 ③ 53 ④ 82 ⑤ 90 ⑥ 147 ⑦ 198

化 学 (その3)

問5 0.050 mol/L の硫酸 40 mL に 0.050 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 60 mL を加えたとき、この水溶液の pH の値はいくらか。

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 7
⑥ 10 ⑦ 11 ⑧ 12 ⑨ 13

問6 一定量の酸素を $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ のもとで 20°C から 100°C まで加熱し、引き続き 100°C のもとで圧力を低下させながら体積の変化を測定した。この実験に該当するグラフはどれか。



問7 次の① ~ ⑤の化学変化のうち、下線の化合物が酸化剤として作用しているものはどれか。

- ① クロム酸カリウム水溶液に硫酸を加えると、赤橙色になる。
② 硫酸酸性の過マンガン酸カリウム水溶液に過酸化水素水を加えると、赤紫色が消える。
③ 二酸化ケイ素に炭酸ナトリウム水溶液を加えると、気体が発生する。
④ 硫化水素の水溶液に二酸化硫黄を通じると、白濁する。
⑤ 硫酸酸性のヨウ化カリウム水溶液に過酸化水素水を加えると、褐色になる。

化 学 (その4)

第2問 6種類の金属イオン Ag^+ , Al^{3+} , Ca^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{2+} , Zn^{2+} のうち、いずれか1種類を含む6つの水溶液 A ~ F がある。これらの水溶液について下記の**実験1 ~ 4**を行った。以下の**問い(問1, 問2)**に答えよ。

実験1 A ~ Fに塩酸を加えると、AとBに沈殿を生じた。

実験2 A ~ Fに希硫酸を加えると、AとCに沈殿を生じた。

実験3 A ~ Fに少量のアンモニア水を加えると、A, B, D, E, Fに沈殿を生じた。さらに過剰のアンモニア水を加えると、B, E, Fに生じた沈殿が溶解して均一な溶液になった。

実験4 A, B, D, E, Fに少量の水酸化ナトリウム水溶液を加えると、いずれも沈殿を生じた。さらに過剰の水酸化ナトリウム水溶液を加えると、A, D, Fに生じた沈殿が溶解して均一な溶液になった。

問1 水溶液 A ~ Eに含まれる金属イオンをそれぞれ答えよ。

問2 **実験3**において、下線部のFの沈殿が溶解した反応を化学反応式で書け。また、生じた陽イオンの形状を、次の① ~ ⑤のなかから一つ選び、記号で答えよ。

- ① 直線形 ② 折れ線形 ③ 正方形 ④ 正四面体形 ⑤ 正八面体形

第3問 呼気中の二酸化炭素の濃度を調べるために、下記の**操作1, 2**を行った。以下の**問い(問1 ~ 3)**に答えよ。数値は**有効数字2桁**で答えよ。

操作1 標準状態にした呼気 1.0 L を密閉容器にとり、気体がもれないようにして 0.050 mol/L 水酸化バリウム水溶液 100 mL を密閉容器に入れてよく振り混ぜると、白色沈殿を生じた。

操作2 十分に放置した後、上澄み液 10 mL をとり、フェノールフタレイン溶液を 1 ~ 2 滴加えて 0.10 mol/L 塩酸で中和すると、6.6 mL を要した。

問1 **操作1**で白色沈殿となった化合物の溶解度積を $1.0 \times 10^{-8}(\text{mol/L})^2$ とすると、この化合物の飽和水溶液のモル濃度 [mol/L] はいくらか。

問2 二酸化炭素はすべて白色沈殿になったものとする、水酸化バリウムと反応した二酸化炭素の物質質量 [mol] はいくらか。

問3 二酸化炭素はすべて白色沈殿になったものとする、標準状態における呼気中の二酸化炭素の体積百分率 [%] はいくらか。

化 学 (その5)

第4問 分子式 $C_5H_{12}O$ をもつアルコールの構造異性体は (ア) 種類あり、そのうち (イ) 種類については光学異性体が存在する。一方、分子式 $C_5H_{12}O$ をもつエーテルの構造異性体は 6 種類あり、そのうち 1 種類については光学異性体が存在する。分子式 $C_5H_{12}O$ をもつアルコールのうちアルコール X は過マンガン酸カリウムにより酸化されなかった。アルコール X を濃硫酸と加熱すると (ウ) 反応の一種である脱水反応を起こして水分子がとれ、 C_5H_{10} のアルケン Y が主に生成した。なお、この反応において、ヒドロキシ基のある炭素原子に隣接した炭素原子のうち、水素原子の数が少ない炭素原子との間で二重結合を形成するアルケンの生成が優先されることが知られている。アルケン Y を硫酸酸性の過マンガン酸カリウムで酸化すると、酢酸と (エ) が生成した。なお、この反応において、二重結合が切れてカルボン酸やケトンが生成されることが知られている。以下の問い (問1 ~ 4) に答えよ。構造式は下の例にならって書け。

構造式の例： $CH_3-CH_2-O-CH_3$

問1 上の文章中の下線部の光学異性体について、構造式を記せ。

問2 過マンガン酸カリウムにより酸化されなかったことから、アルコール X の構造について、何が言えるか。15 字以内で記せ。

問3 アルコール X の構造式を記せ。

問4 上の文章の中の (ア) ~ (エ) の空欄を埋めよ。

第5問 グリシンは最も構造の簡単な α -アミノ酸であり、アラニンはグリシンよりも炭素数が 1 つ多く不斉炭素原子をもつ α -アミノ酸である。以下の問い (問1 ~ 3) に答えよ。

問1 アラニンのカルボキシ基とグリシンのアミノ基が縮合してできたジペプチド (アラニルグリシン) について、第4問の例にならって構造式を記せ。ただし、ペプチド結合については簡略化しないで価標を明示すること。

問2 アラニンとグリシンを含む混合物を人工的に縮合させた。生成されるジペプチドとして最大何種類が予想されるか。なお、アラニンは不斉炭素原子をもつ α -アミノ酸であることを考慮すること。

問3 十分量の塩酸に溶かしたアラニルグリシン 14.6 g を、加熱して加水分解させた。これを濃縮して過剰の塩化水素と水を完全に除くと、何 g のアミノ酸塩酸塩が残るか。なおグリシンの分子量は 75.0 とする。数値は有効数字 3 桁で答えよ。

化 学 (その6)

第6問 高級脂肪酸とグリセリンとのエステルを油脂という。油脂がどのくらい炭素-炭素二重結合を含むかを示す目安として、ヨウ素価が用いられる。ヨウ素価とは、対象となる油脂 100 g 中に含まれる炭素-炭素二重結合に付加するヨウ素の質量を、グラム単位であらわしたものである。以下の問い（問1～4）に答えよ。

問1 高級脂肪酸を一般式 $R-COOH$ と表したとき、高級脂肪酸 3 分子とグリセリン 1 分子からなる油脂の一般式を記せ。ただし、エステル結合の部分は簡略化しないで価標を明示すること。

問2 油脂 A はステアリン酸のグリセリンエステルであり、油脂 B はリノレン酸のグリセリンエステルである。室温における、それらの性状について、正しいものを次の①～④のなかから一つ選び、記号で答えよ。

- ① 油脂 A と油脂 B は共に液体 ② 油脂 A と油脂 B は共に固体
③ 油脂 A は固体、油脂 B は液体 ④ 油脂 A は液体、油脂 B は固体

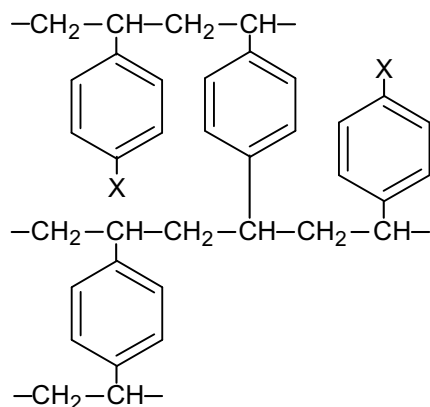
問3 油脂 X (分子量 M) のヨウ素価を i とする。この油脂 X の 1 分子当りの炭素-炭素二重結合の数 n 個を求めよ。数値とアルファベットを用いて答えよ。

問4 ヨウ素価と油脂の分子量あるいは炭素-炭素二重結合の数との関係について、正しいものを①～④のなかから一つ選び、記号で答えよ。

- ① ヨウ素価は二重結合の数が同じであれば、油脂の分子量に比例し、油脂の分子量が同じであれば、二重結合の数に比例する。
② ヨウ素価は二重結合の数が同じであれば、油脂の分子量に反比例し、油脂の分子量が同じであれば、二重結合の数に比例する。
③ ヨウ素価は二重結合の数が同じであれば、油脂の分子量に比例し、油脂の分子量が同じであれば、二重結合の数に反比例する。
④ ヨウ素価は二重結合の数が同じであれば、油脂の分子量に反比例し、油脂の分子量が同じであれば、二重結合の数に反比例する。

化 学 (その7)

第7問 スチレンと *p*-ジビニルベンゼンを共重合させ、さらに置換反応を行うことにより、陽イオン交換樹脂や陰イオン交換樹脂を生成することができる。図の X 部分は陽イオン交換樹脂では $-\text{SO}_3\text{H}$ 、陰イオン交換樹脂では $-\text{CH}_2\text{N}^+(\text{CH}_3)_3\text{OH}^-$ などが用いられる。以下の問い (問1 ~ 3) に答えよ。



問1 *p*-ジビニルベンゼンの構造式を記せ。

問2 塩化カルシウム水溶液を、十分量のイオンを交換できる陽イオン交換樹脂が詰まったカラム (筒型の容器) に通し、さらにその流出液を十分量のイオンを交換できる陰イオン交換樹脂が詰まったカラムに通したところ、純水が得られた。それぞれのカラムで起こるイオン交換の化学反応式を記せ。

ただし、イオン交換樹脂の一般式は $\text{R}-\text{SO}_3\text{H}$ 、 $\text{R}-\text{CH}_2\text{N}^+(\text{CH}_3)_3\text{OH}^-$ とせよ。

問3 濃度不明の塩化カルシウム水溶液 20 mL を、十分な量の陽イオン交換樹脂が詰まったカラムに通した。流出した溶液を 0.050 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液で滴定したところ、40 mL が必要であった。塩化カルシウム水溶液の濃度は何 mol/L か。