

令和 8 年度

理 科

問 題 冊 子

化 学

[注意] 円周率は π の記号を, $\sqrt{2} = 1.41$, $\sqrt{3} = 1.73$, $\sqrt{5} = 2.23$ を用いよ。

第1問 白色粉末の化学物質が①~⑩までの瓶に入っている。それぞれに以下の(ア)~(コ)までの10種類の化学物質が入っていることはわかっているが, どの瓶にどの化学物質が入っているかはわからない。

10種類の化学物質

- (ア) 塩化銀(AgCl)
- (イ) 塩化ナトリウム(NaCl)
- (ウ) 塩化リチウム(LiCl)
- (エ) グルコース($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$)
- (オ) ショ糖($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$)
- (カ) 炭酸水素ナトリウム(NaHCO_3)
- (キ) アミロース
- (ク) L-リシン($\text{C}_6\text{H}_{14}\text{N}_2\text{O}_2$)
- (ケ) 硫酸水素ナトリウム(NaHSO_4)
- (コ) 無水硫酸銅(CuSO_4)

問 1 それぞれの瓶に入っている化学物質を特定するために、(A)~(C)の実験を行った。

実験	実験操作	結果の選択肢
(A)	①~⑩までのそれぞれの白色粉末 0.1 g を室温で 50 mL の蒸留水に加えてかきまぜた。	溶ける：すべて溶けた。 溶けない：溶け残りが認められた。
(B)	pH メーターを用い、(A)で得られた水溶液の液性(酸性/中性/アルカリ性)を確認した。	酸性：pH が 6 以下 中性：pH が 6 ~ 8 アルカリ性：pH が 8 以上
(C)	電気伝導度計を用い、(A)で得られた水溶液の導電性を確認した。ただし、蒸留水の電気伝導度はゼロとする。	通電：電気伝導度が確認された。 絶縁：電気伝導度はゼロであった。

それぞれの実験での結果を以下の表に 1 ~ 7 のパターンとして示している。(ア)~(コ)の化学物質がどのパターンに分類されるかを、解答欄の問 1 (化学物質) 欄に(ア)~(コ)の記号で記入せよ。パターンに分類されるものが無い場合は「なし」と記せ。

パターン	(A) 水溶性	(B) 液性	(C) 導電性
1	溶けない	—	—
2	溶ける	酸性	通電
3	溶ける	酸性	絶縁
4	溶ける	中性	通電
5	溶ける	中性	絶縁
6	溶ける	アルカリ性	通電
7	溶ける	アルカリ性	絶縁

問 2 (A)~(C)の実験で複数の化学物質が同じパターンに分類されて特定できない場合は、以下のキーワードに基づくテストを行うことで、化学物質の特性の違いによって特定できた。解答欄の問 2 (キーワード)には用いたキーワードの記号(D)~(M)を、解答欄の問 2 (結果)にはキーワードに基づいて実施したテストでの結果を例にならって記入せよ。(D)~(M)に示している選択肢のキーワードに基づくテストでは特定できない場合は「(X) その他」を選び、具体的に特定する手段を記入せよ。ただし、pH メーターおよび電気伝導度計以外の測定機器は使用できないものとする。また、臭いあるいは味での判断は不可とする。なお、問 1 において「なし」と解答した場合は、キーワード、結果の解答欄には「なし」と記せ。

キーワード

- (D) 加 熱
- (E) 冷 却
- (F) 磁 性
- (G) 風解性
- (H) 水溶液の色
- (I) キサントプロテイン反応
- (J) ニンヒドリン反応
- (K) ヨードホルム反応
- (L) 銀鏡反応
- (M) ヨウ素溶液(ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液)
- (X) その他
- (Z) 解答例として使用する(解答欄を参照のこと)

第2問 次の文章を読んで、問い(問1～9)に答えよ。

原子やイオンなどの構成粒子が規則正しく配列した固体を結晶という。結晶内での原子やイオンなどの配列を表したものを結晶格子といい、その結晶格子の繰り返しの最小単位を単位格子という。また、結晶中の1つの粒子に着目し、その粒子に隣接する他の粒子の数を配位数という。

陽イオンと陰イオン間に静電的な引力による結合をイオン結合といい、その強さはイオン間の距離やイオンの価数に依存している。イオン結晶は、このイオン結合により陽イオンと陰イオンが規則的に空間に配置された構造をとっており、イオン結合は方向性を持たないため、陽イオンと陰イオンの大きさの比と配位数がイオン結晶の単位格子を決める重要な因子となっている。例えば、陽イオンと陰イオンの組成比が1:1であるイオン結晶では、陽イオンと陰イオンの大きさの比によって図1に示すような立方体の単位格子をとることが知られている。

イオン結晶の安定な構造を保つための条件を考える。ここでイオンを球だと考える。同じ電子配置を持つ陽イオンと陰イオンでは、陽イオンのイオン半径が陰イオンのイオン半径よりも小さく、イオン結晶を陰イオンが作る格子構造の隙間に陽イオンが配置されていると見ることもできる。この時、イオン結合が静電的な引力による結合であるため、陽イオンと陰イオンが接触し、陰イオン同士は接触していない状態となっており安定である。しかし、ある程度以上に陽イオンが小さく陰イオンが大きくなると、陽イオンと陰イオンだけでなく陰イオン同士も接触する状態となる。この状態が安定に存在できる限界であり(臨界)、この時の陽イオンと陰イオンのイオン半径比を限界半径比という。さらに、陽イオンが小さく陰イオンが大きくなると、陰イオン同士だけが接触した不安定な状態となり(図2)、また、より多くの陽イオンと陰イオンが接触している方が安定であり、できるだけ配位数の大きい結晶構造をとる傾向がある。

さらに、イオン結晶は陽イオンと陰イオンの組成比が1:1のイオン結晶だけでなく、組成比が1:2や2:1で立方体の単位格子を有する結晶、単位格子が立方体でなく直方体など、自然界には多種のイオン結晶が存在している。

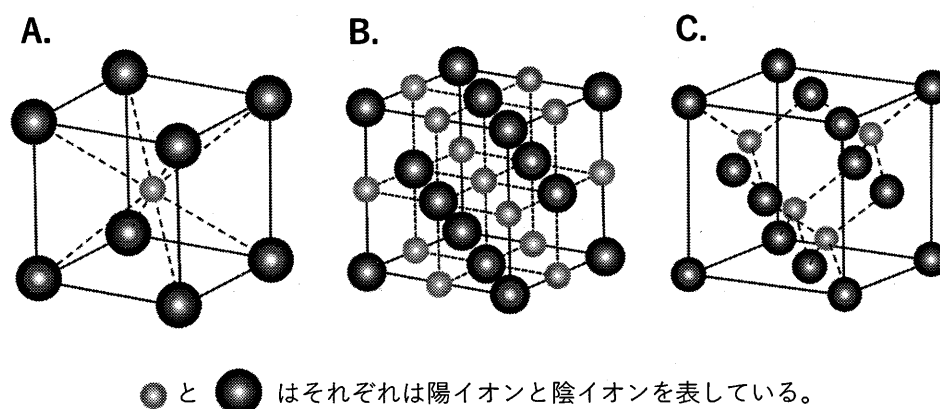
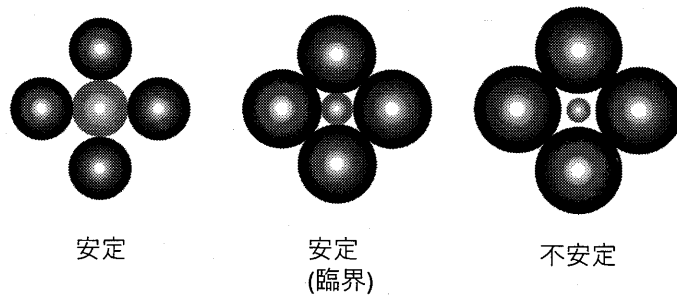


図1 陽イオンと陰イオンの組成比が1:1である代表的なイオン結晶の単位格子



● と ● はそれぞれは陽イオンと陰イオンを表している。

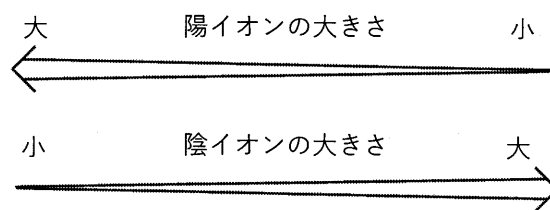


図2 イオン結晶の安定性

問1 図1-A, 1-B, 1-Cの単位格子に含まれている陽イオンの数と陰イオンの数と陰イオンの配位数ア~ケを求め、表1を完成せよ。

表1 単位格子中のイオンと配位数

	陽イオンの数	陰イオンの数	陰イオンの配位数
図1-A	ア	イ	ウ
図1-B	エ	オ	カ
図1-C	キ	ク	ケ

問2 イオン結晶D(組成式MX)とイオン結晶E(組成式MY)は、図1-Aで示した同じ結晶構造をとる。イオン結晶D及びイオン結晶Eの式量が、それぞれ m_D と m_E であり、陽イオン M^+ と陰イオン X^- 及び Y^- が、それぞれ半径 r_M , r_X 及び r_Y を有する球と考えた場合、イオン結晶Dの密度は、イオン結晶Eの密度の何倍になるかを表す式を答えよ。

問3 塩化ナトリウムは、図1-Bで示す結晶構造をとる。この時、ナトリウムイオンだけ、もしくは、塩化物イオンだけを抜き出してできる構造は何か答えよ。

問 4 下記に示す物質は、図 1-B で示した結晶構造をとるイオン結晶である。この中で、融点の一番高い物質と一番低い物質を選び、それぞれ組成式で答えよ。

フッ化ナトリウム，塩化ナトリウム，臭化ナトリウム，フッ化カリウム，塩化カリウム，臭化カリウム，酸化マグネシウム，酸化カルシウム

問 5 図 1-B で示した単位格子をとる塩化ナトリウムの結晶において、中心にナトリウムイオンを配置した場合、中心のナトリウムイオンの最隣接に存在するイオンは 6 個の塩化物イオンである。中心のナトリウムイオンから 2 番目に近いイオンを第 2 近接イオン，3 番目に近いイオンを第 3 近接イオンというように定義した時，第 4 近接イオン及び第 5 近接イオンは、それぞれ何イオンが何個配列しているか答えよ。

問 6 図 1-C で示すイオン結晶において、陽イオンと陰イオンを共に炭素原子に置換させてできる物質の名前を答えよ。

問 7 イオンが球であると仮定して、1 : 1 のイオン結晶における配位数と限界半径比をまとめると表 2 のように整理することができる。①及び②の値を小数第 2 位まで計算し、表 2 を完成せよ。

表 2 配位数と限界半径比

配位数	限界半径比
4	①
6	0.41
8	②

問 8 カルシウムイオンとフッ化物イオンの組成比が 1 : 2 であるフッ化カルシウムは、図 3 に示す立方体の単位格子を有する。但し、図 3 では、カルシウムイオンとフッ化物イオンの区別なく、イオンの位置を白丸 1 ~ 22 で示している。以下の条件をもとに、カルシウムイオンとフッ化物イオンの配置を考え、フッ化物イオンが配置されている白丸の番号を、1 ~ 22 の中から数字が小さい順に全てあげよ。

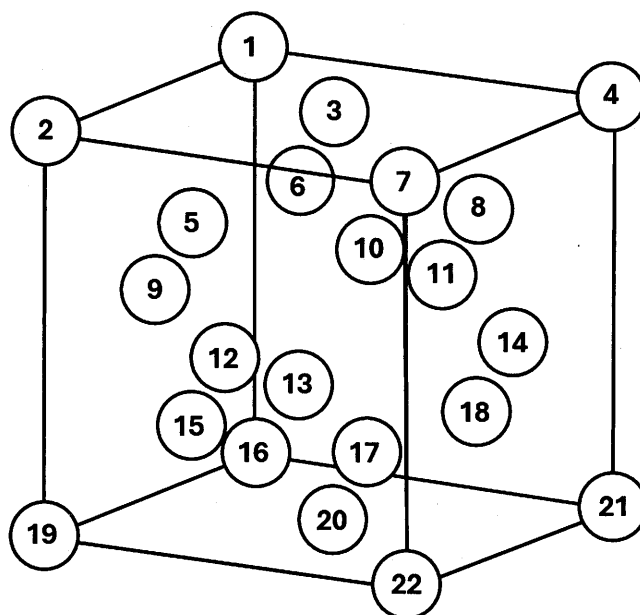


図 3 カルシウムイオンとフッ化物イオンの組成比が 1 : 2 であるイオン結晶の単位格子(③, ⑨, ⑪, ⑫, ⑭, ⑯は、各面の中心に存在する。)

[条件]

カルシウムイオンは、8 個のフッ化物イオンに立方体状に取り囲まれている。

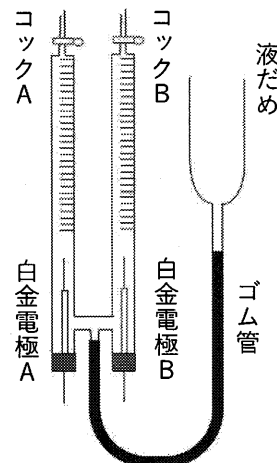
フッ化物イオンは、4 個のカルシウムイオンに正四面体状に取り囲まれている。

問 9 カルシウムイオンとフッ化物イオンの半径が、それぞれ、0.114 nm と 0.119 nm であった時、図 3 に示した単位格子の 1 辺の長さは何 nm になるか、小数第 2 位まで求めよ。

第3問 次の文章を読んで、問い(問1～6)に答えよ。数値は有効数字2桁で答えよ。文字式を含む解の場合は、以下の例のように数値と文字式を用いて解答せよ。

例) AとBの文字式を含む長さを解答する場合の解答例： $1.5 \times 10^3 \times \frac{A}{B}$ (cm)

文章1 硝酸銀の水溶液を右図のH字の形をしたガラス管に入れ、コックの上まで溶液を満した。コックを閉じ、16分0秒の間、白金電極間に 5.0×10^{-1} Aの直流電流を流したところ、電極から気泡の発生が観察された。液だめを上下させることによって、それぞれガラス管内と液だめの水面の高さを合わせ、気体部分の体積 V (L)をガラス管の目盛りにより計測した。実験終了後に分解して電極を調べたところ、白金電極Aには y (g)の銀が析出していた。実験後と実験前の白金電極Bの質量変化は gであった。この日の気温は 27.0 °C、大気圧は 1036 hPaであった。



このように、電解質の水溶液に入れた二つの電極間に直流電流を流して電極で酸化還元反応を起こさせることを という。電源の 極につないだ電極を 極といい、酸化反応がおこる。一方、電源の 極につないだ水溶液中の電極を 極といい、還元反応がおこる。電子1個の電気量は電気素量といい、電子1 molあたりの電気量の絶対値を という。

文章2 オレイン酸は、室温では液体の不飽和脂肪酸である。1.00 mLのオレイン酸を有機溶媒に溶解して全量を1.00 Lにした。オレイン酸溶液をスポイトに取り、10.0 mLのメスフラスコへ滴下したところ、 n 滴でちょうど10.0 mLになった。タルク粉末(細かな鉱物の粉)を浮かべた水面上へ、1滴のオレイン酸溶液を静かに滴下すると、水面上のタルク粉末が押しつけられ、タルク粉末の無い空地ができた。その空地の面積は S (cm^2)であった。オレイン酸は、水と空気の気液界面において を水層側へ、 を空気層側へ配列し、すき間なく1層に並んだ膜(単分子膜という)を形成する。水の表面積を小さくしようとする力を といい、この力はオレイン酸溶液滴下後の空地では した。

問1 文章1において、白金電極Aおよび白金電極B上における化学反応式を書け。

問2 文章1において、白金電極Aに析出した銀の重量 y (g)を用いて、アボガドロ定数 N_A を求める式を答えよ。銀の原子量を108とし、電気素量を 1.60×10^{-19} Cとして計算せよ。

問 3 文章 1 において、白金電極 A と白金電極 B の上にたまった気体部分の体積 $V(\text{L})$ を求めよ。
アボガドロ定数を N_A 、気体定数を R として文字式で表せ。なお、 27°C での飽和水蒸気圧は 3600 Pa とする。

問 4 文章 1 の下線部分の操作の理由を、30 文字以内で簡潔に答えよ。

問 5 文章 2 において、オレイン酸の密度 $\rho(\text{g}/\text{cm}^3)$ 、分子量 M 、滴下数 n 、面積 $S(\text{cm}^2)$ のうち必要な文字を用いて、(1)オレイン酸の単分子膜の厚さ $d(\text{cm})$ 、(2)アボガドロ定数 N_A を、表せ。ただし、(1)の厚さ $d(\text{cm})$ にはアボガドロ定数 N_A を用いず、(2)のアボガドロ定数 N_A には厚さ $d(\text{cm})$ を用いずに解答せよ。また、以下の 1～5 の仮定が成立しているものとする。

仮定 1 : スポイトからメスフラスコへ滴下するとき、滴下する液滴は毎回同じ容量であり、この操作の間の有機溶媒の揮発はない。

仮定 2 : オレイン酸の形は、底面の辺と高さの比が 1 : 20 の正六角柱である。

仮定 3 : オレイン酸分子は、タルク粉末の無い空地に隙間なく並んで、平面状の単分子膜を形成する。

仮定 4 : 文章 2 の現象において、使用した有機溶媒の影響はないものとする。

仮定 5 : オレイン酸は、水に溶解しないものとする。

問 6 文章中の

あ

 ~

さ

 に入る適切な語句、または、数値を答えよ。なお、

あ

 ~

さ

 に同じ語句が入ることはない。