

化 学

(60分 100点)

必要ならば，原子量，数値は次の値を使うこと。

H 1.0 C 12 O 16 Al 27 Fe 56

$\log 2=0.30$ $\log 3=0.48$ ファラデー定数 $=9.65 \times 10^4$ C/mol

I 次の〔問1〕～〔問3〕に答えなさい。(40点)

〔問1〕 次の(1)～(6)の問いの答として最も適当なものを，それぞれの解答群の中から1つ選び，マークしなさい。

(1) 次の分子のうち三重結合をもつものはどれか。

- ① H_2O_2 ② NH_3 ③ H_2S
④ C_2H_4 ⑤ HCN ⑥ CO_2

(2) 金属元素の原子Aが2価の陽イオン A^{2+} になったときの電子の数は，原子番号 x の非金属元素の原子Bが1価の陰イオン B^- になったときの電子の数に等しい。金属元素の原子Aの陽子の数を， x を用いて表したものはどれか。

- ① $x-3$ ② $x-2$ ③ $x-1$
④ $x+1$ ⑤ $x+2$ ⑥ $x+3$

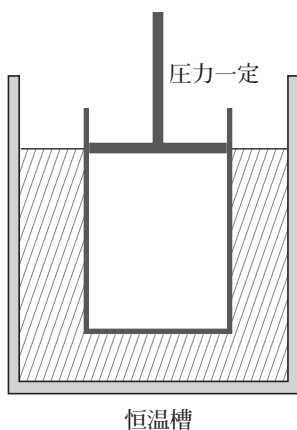
(3) 次の化学反応式中の空欄は係数を表している。 X に当てはまる係数はどれか。ただし，係数は最も簡単な整数比になるようにつけるものとする。



- ① 1 (係数なし) ② 2 ③ 3 ④ 4
⑤ 5 ⑥ 6 ⑦ 7 ⑧ 8

(4) 次図のような体積を変えることができる容器に、一酸化窒素と酸素を 5.0 L ずつ入れ、温度と圧力を一定に保ちながら反応させた。完全に反応したときの混合気体全体の体積は、何 L か。 L

- ① 5.0 ② 7.5 ③ 10.0 ④ 12.5 ⑤ 15.0



(5) 次の化合物の水溶液のうちで、電気を通さないものはどれか。

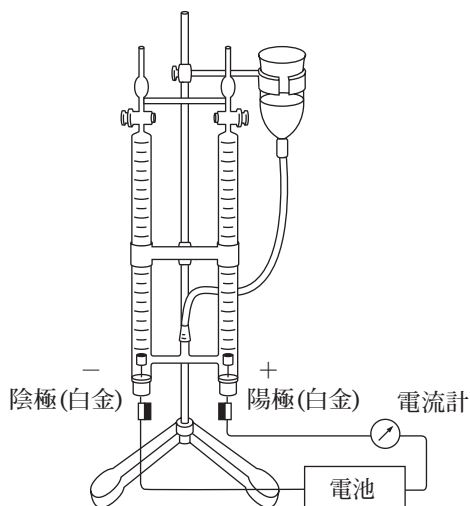
- ① 塩化アンモニウム ② 尿素 ③ 硫酸アルミニウム
④ ナトリウムフェノキシド ⑤ 安息香酸ナトリウム

(6) 次の記述 a ~ c で表される数値を、大きな順に並べたものはどれか。

- a 水分子 1.0 g に含まれる水素原子の数。
b 標準状態における二酸化炭素 1.0 L に含まれる分子の数。
c 0.10 mol/L の塩化ナトリウム水溶液 1.0 L 中に含まれるナトリウムイオンの数。

- ① $a > b > c$ ② $a > c > b$ ③ $b > a > c$
④ $b > c > a$ ⑤ $c > a > b$ ⑥ $c > b > a$

〔問2〕 水を高温に熱して水素と酸素に分解することは困難だが、電気分解を行えば水素と酸素に分解することができる。純水はきわめて電気を通しにくいので、水酸化ナトリウム水溶液を用いて、次図のような装置で電気分解を行った。電流を流すと **7** では **8** に電子が与えられ、還元反応が起こる。このとき発生する水素と酸素の体積比は、 **9** であった。



これについて、次の(1)~(5)の問いに答えなさい。答は、それぞれの解答群の中から最も適当なものを1つ選び、マークしなさい。

- (1) 文中の **7** ・ **8** に当てはまる語句は、それぞれどれか。
 ① 陽極 ② 陰極 ③ 正極 ④ 負極 ⑤ 水分子
 ⑥ 水酸化物イオン ⑦ 水素イオン ⑧ ナトリウムイオン
- (2) 文中の **9** に入る比はどれか。
 ① 1:1 ② 1:2 ③ 1:4 ④ 2:1 ⑤ 4:1

- (3) 次の水溶液を，白金電極を用いて電気分解したとき，陽極，または陰極から，水酸化ナトリウム水溶液の電気分解とは異なる物質が生成するものはどれか。

10

- ① 希硫酸 ② 希塩酸 ③ 水酸化カリウム水溶液
④ 硫酸ナトリウム水溶液 ⑤ 硝酸ナトリウム水溶液
- (4) この装置で2.0 Aの電流を1930秒流したときに，両極で発生する気体の体積の合計は，標準状態で何 mL か。 11 mL
- ① 112 ② 224 ③ 336 ④ 448
⑤ 560 ⑥ 672 ⑦ 784 ⑧ 896

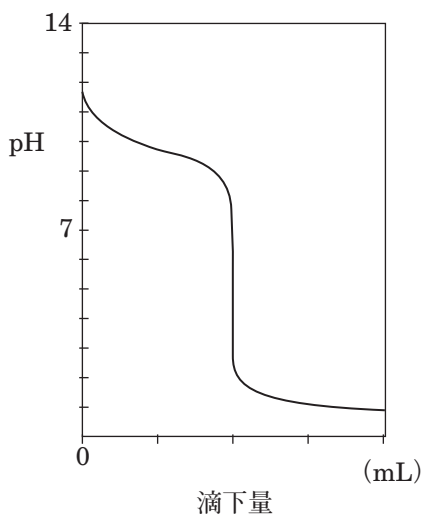
- (5) 水素および酸素の性質に関する次の記述のうち，正しいものはどれか。

12

- ① 水素は，銅に希硝酸を加えると発生する。
② 水素は，高温で化合しやすく酸化力が強い。
③ 水素は，液体空気に分留によって得られる。
④ 酸素は，塩化水素に酸化マンガン(IV)を加えると発生する。
⑤ 酸素とオゾンは，互いに同素体の関係にある。

〔問3〕 酸と塩基の水溶液が過不足なく中和したことを知る手がかりとして、指示薬を用いる。指示薬は、pHの変化により変色する物質であり、メチルオレンジはpH 3.1以下では赤色、4.4以上では黄色、フェノールフタレインはpH 8.0以下では 色、9.8以上では 色になる。指示薬は酸・塩基の組合せによって使い分ける必要がある。

次図の中和反応の滴定曲線は、 の水溶液を加えたときのものであり、この中和滴定で用いることができる指示薬は、 である。



これについて、次の(1)~(5)の問いに答えなさい。答は、それぞれの解答群の中から最も適当なものを1つ選び、マークしなさい。

(1) 文中の ・ に当てはまる語句の組合せはどれか。

	ア	イ
①	無	赤
②	無	黄
③	黄	無
④	黄	赤
⑤	赤	黄
⑥	赤	無

(2) 文中の ウ ・ エ に当てはまる語句の組合せはどれか。

14

	ウ	エ
①	強塩基に強酸	フェノールフタレイン
②	強塩基に強酸	メチルオレンジ
③	強塩基に強酸	フェノールフタレインまたはメチルオレンジ
④	強塩基に弱酸	フェノールフタレイン
⑤	強塩基に弱酸	メチルオレンジ
⑥	強塩基に弱酸	フェノールフタレインまたはメチルオレンジ
⑦	弱塩基に強酸	フェノールフタレイン
⑧	弱塩基に強酸	メチルオレンジ
⑨	弱塩基に強酸	フェノールフタレインまたはメチルオレンジ

(3) 溶液の pH が 3 から 6 へ変化するとき、水素イオン濃度は何倍に変化しているか。 15 倍

- ① $\frac{1}{1000}$ ② $\frac{1}{3}$ ③ $\frac{1}{2}$ ④ 2 ⑤ 3 ⑥ 1000

(4) 中和に関する次の記述のうち、正しいものはどれか。 16

- ① 中和熱の値は、反応する酸・塩基の電離度の積に比例する。
 ② 中和するときの酸と塩基の体積比は、酸・塩基の電離度に関わらず、濃度と価数で決まる。
 ③ 中和点での水溶液中の、水素イオンと水酸化物イオンの濃度は等しい。
 ④ 同じ物質の酸と塩基が中和してできる塩は、正塩である。
 ⑤ 中和反応が起こると、塩と水が生成する。

(5) シュウ酸の水溶液は正確な濃度に調製しやすいため、塩基の水溶液の濃度決定によく用いられる。0.100 mol/L のシュウ酸水溶液を 100 mL つくるには、シュウ酸二水和物 $(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ の結晶は何 g 必要か。 17 g

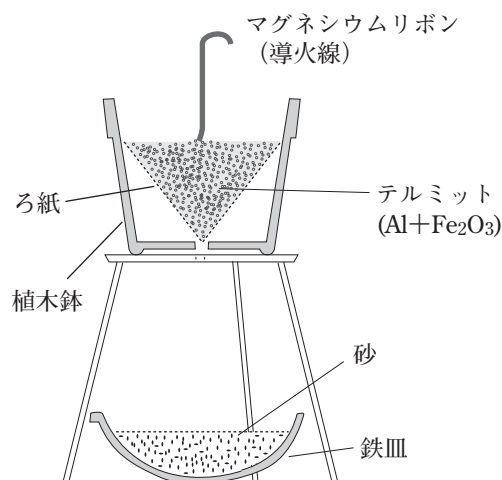
- ① 0.450 ② 0.900 ③ 1.26 ④ 4.50 ⑤ 9.00 ⑥ 12.6

Ⅱ 次の〔問1〕～〔問3〕に答えなさい。(36点)

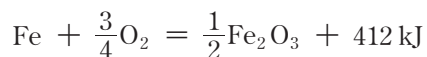
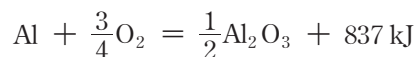
〔問1〕 アルミニウムは、周期表の第 周期、 族の元素である。

アルミニウムは両性元素で、酸にも塩基にも反応するが、濃硝酸に対しては、表面に緻密で硬い酸化被膜（不動態）をつくるため、溶けない。

次図のように、アルミニウム Al の粉末と酸化鉄(Ⅲ) Fe_2O_3 の粉末を混ぜたもの（テルミット）に点火すると、多量の熱と光を発生し、溶けた鉄の単体が得られる。そのため、この反応は、鉄管や鉄道のレールなどの溶接に利用される。



テルミットの反応で多量の熱が発生するのは、次式のように、鉄の燃焼熱よりも、アルミニウムの燃焼熱がかなり大きいからである。



これについて、次の (1)～(5) の問いに答えなさい。答は、それぞれの解答群の中から最も適当なものを1つ選び、マークしなさい。

(1) 文中の ア ・ イ に当てはまる数値の組合せはどれか。

18

	ア	イ
①	2	3
②	2	13
③	2	15
④	3	3
⑤	3	13
⑥	3	15
⑦	4	3
⑧	4	13
⑨	4	15

(2) 次の元素のうち，両性元素に分類されるものはどれか。 19

- ① Au ② Ag ③ Cu ④ Ni ⑤ Hg ⑥ Pb

(3) アルミニウム粉末と鉄粉の混合物から，アルミニウムだけを溶解させることができる水溶液はどれか。 20

- ① 硫酸 ② 塩酸 ③ リン酸
④ 水酸化ナトリウム水溶液 ⑤ アンモニア水

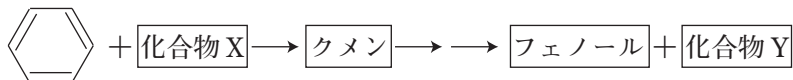
(4) アルミニウムと酸化鉄(Ⅲ)を過不足なく反応させるとき，アルミニウムに対して質量比で，約何倍の酸化鉄(Ⅲ)を混合すればよいか。約 21 倍

- ① $\frac{1}{6}$ ② $\frac{1}{3}$ ③ $\frac{1}{2}$ ④ 1 ⑤ 2 ⑥ 3 ⑦ 6

(5) 1 mol のアルミニウムをすべて酸化鉄(Ⅲ)と反応させて Al_2O_3 とするとき，発生する熱量は何 kJ か。 22 kJ

- ① 13 ② 425 ③ 850 ④ 1249 ⑤ 1262 ⑥ 1661

〔問 2〕 ベンゼン環に 23 基が直接結合した化合物を、フェノール類という。フェノール類はベンゼンよりも ア 反応が起こりやすく、フェノールに臭素水を加えると、ア 反応を起こして イ の沈殿を生じる。フェノールは工業的には、ベンゼンと有機化合物 X からクメンを経てつくられ、副生成物として有機化合物 Y を得ることができる。



これについて、次の (1)~(6) の問いに答えなさい。答は、それぞれの解答群の中から最も適当なものを 1 つ選び、マークしなさい。

(1) 文中の 23 に当てはまる語句はどれか。

- ① ヒドロキシ ② カルボキシル ③ アミノ
④ スルホ ⑤ アセチル

(2) 文中の ア ・ イ に当てはまる語句の組合せはどれか。

24

	ア	イ
①	付加	白色
②	付加	赤褐色
③	置換	白色
④	置換	赤褐色
⑤	縮合	白色
⑥	縮合	赤褐色

(3) 有機化合物 X の構造式 (示性式) はどれか。 25

- ① $\text{CH}\equiv\text{CH}$ ② $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ ③ CH_3OH
④ $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ⑤ $\text{CH}_2=\text{CHCH}_3$ ⑥ CH_3COOH

(4) 有機化合物 Y に関する記述のうち、誤っているものはどれか。 26

- ① 水酸化ナトリウム水溶液とヨウ素を加えて加熱すると、黄色沈殿が生成する。
- ② 完全燃焼により発生する CO_2 と H_2O の分子の数は、等しい。
- ③ 炭酸カルシウムを乾留すると得られる。
- ④ 水とどのような割合でも混ざり合う。
- ⑤ 分子内に二重結合をもっている。

(5) フェノールとアニリンが溶解したエーテル溶液から、フェノールのみを取り出す操作はどれか。 27

- ① 塩酸と振り混ぜた後、エーテル溶液を取り出しエーテルを蒸発させる。
- ② 塩酸と振り混ぜた後、水溶液を取り出し蒸留する。
- ③ 水酸化ナトリウム水溶液と振り混ぜた後、エーテル溶液を取り出しエーテルを蒸発させる。
- ④ 水酸化ナトリウム水溶液と振り混ぜた後、エーテル溶液を取り出し二酸化炭素を吹き込む。
- ⑤ 炭酸水素ナトリウム水溶液と振り混ぜた後、水溶液を取り出し蒸留する。

(6) フェノール類、炭酸、カルボン酸について、酸としての強さを正しく表しているものはどれか。 28

- ① フェノール類 > 炭酸 > カルボン酸
- ② フェノール類 > カルボン酸 > 炭酸
- ③ 炭酸 > フェノール類 > カルボン酸
- ④ 炭酸 > カルボン酸 > フェノール類
- ⑤ カルボン酸 > フェノール類 > 炭酸
- ⑥ カルボン酸 > 炭酸 > フェノール類

〔問3〕 カルボン酸とアルコールの反応によって生じる化合物を、エステルという。

エステルは水に溶け **ア**，同程度の分子量をもつカルボン酸やアルコールに比べると、沸点は **イ**。エステルに水を加えて温めると加水分解が起こり、カルボン酸とアルコールが得られる。このとき、塩基を用いて行う加水分解を特に **ウ** という。

油脂はエステル的一种で、水酸化ナトリウムを用いて **ウ** すると、高級脂肪酸のナトリウム塩と **エ** が生じる。

これについて、次の(1)~(3)の問いに答えなさい。答は、それぞれの解答群の中から最も適当なものを1つ選び、マークしなさい。

(1) 文中の **ア** ・ **イ** に当てはまる語句の組合せはどれか。

29

	ア	イ
①	やすく	高い
②	やすく	低い
③	にくく	高い
④	にくく	低い

(2) 文中の **ウ** ・ **エ** に当てはまる語句の組合せはどれか。

30

	ウ	エ
①	けん化	エチレングリコール
②	けん化	グリセリン
③	けん化	ミセル
④	乳化	エチレングリコール
⑤	乳化	グリセリン
⑥	乳化	ミセル

(3) あるエステル 13.2 g を完全に加水分解したところ、3.0 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液が 50.0 mL 必要であった。また、加水分解によって生じた物質に希硫酸を加えたところ、還元性をもつ化合物と 1 価のアルコールが同じ物質質量得られた。

(a) このエステルの分子量はいくらか。

- ① 60 ② 74 ③ 88 ④ 102 ⑤ 116

(b) このエステルには何種類の構造が考えられるか。ただし、光学異性体は区別しないものとする。

- ① 1 種類 ② 2 種類 ③ 3 種類
④ 4 種類 ⑤ 5 種類 ⑥ 6 種類

〔ⅢA, ⅢBは選択問題です。問題冊子表紙で指定された科目を解答しなさい。〕
 〔ⅢAは医療保健学部受験生が, ⅢBは薬学部受験生が解答しなさい。〕

ⅢA 次の〔問1〕, 〔問2〕に答えなさい。(24点)

〔問1〕 ハロゲンの単体はすべて二原子分子で, 原子番号が ものほど融点が高い。また, ハロゲンの単体は電子を やすく, 水素や金属を してハロゲン化物をつくる。ハロゲンと水素が化合したものをハロゲン化水素といい, いずれも水によく溶け, 酸性を示す。

これについて, 次の(1)~(3)の問いに答えなさい。答は, それぞれの解答群の中から最も適当なものを1つ選び, マークしなさい。

(1) 文中の ~ に当てはまる語句の組合せはどれか。

	ア	イ	ウ
①	大きい	奪い	酸化
②	大きい	奪い	還元
③	大きい	与え	酸化
④	大きい	与え	還元
⑤	小さい	奪い	酸化
⑥	小さい	奪い	還元
⑦	小さい	与え	酸化
⑧	小さい	与え	還元

(2) 次式で表す反応のうち、最も起こりにくいものはどれか。 34

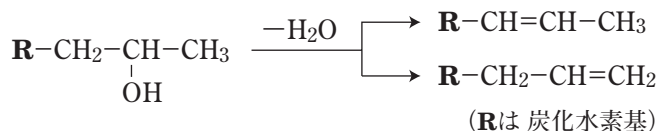
- ① $2\text{KI} + \text{Cl}_2 \longrightarrow 2\text{KCl} + \text{I}_2$
- ② $2\text{KI} + \text{F}_2 \longrightarrow 2\text{KF} + \text{I}_2$
- ③ $2\text{KBr} + \text{Cl}_2 \longrightarrow 2\text{KCl} + \text{Br}_2$
- ④ $2\text{KF} + \text{Cl}_2 \longrightarrow 2\text{KCl} + \text{F}_2$
- ⑤ $2\text{KI} + \text{Br}_2 \longrightarrow 2\text{KBr} + \text{I}_2$

(3) ハロゲンの化合物に関する次の記述のうち、誤っているものはどれか。

35

- ① ハロゲン化水素の水溶液のうち、HF だけが弱酸である。
- ② ハロゲン化水素は、標準状態ですべて無色の気体である。
- ③ ハロゲン化銀のうち、AgF だけが水によく溶ける。
- ④ AgBr は光が当たると分解するため、写真のフィルムに用いられる。
- ⑤ HBr の水溶液はガラスを溶かすため、ポリエチレン容器に保存する。

〔問 2〕 炭素数が 3 以上で不飽和結合をもたない 1 価アルコールを、濃硫酸などで脱水するとアルケンが生じるが、次のように 2 種類のアルケンが生じる場合がある。



化合物 A, B, C は、ともに分子式 $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ で表されるアルコールであり、これらを脱水すると、分子式 C_4H_8 で表されるアルケンが得られる。化合物 A, B, C をそれぞれ脱水したところ、化合物 A からはアルケン X のみが生じ、化合物 B からはアルケン X と Y が生じ、化合物 C からはアルケン Z のみが生じた。

化合物 A, B, C をそれぞれ酸化剤でおだやかに酸化すると、化合物 A からは還元性をもつ化合物 D が、化合物 B からは還元性をもたない化合物 E が生成し、化合物 C は酸化剤と反応しなかった。

これについて、次の (1)~(5) の問いに答えなさい。答は、それぞれの解答群の中から最も適当なものを 1 つ選び、マークしなさい。

- (1) 分子式 $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ で表される異性体のうち、ナトリウムと反応するものと反応しないものは、化合物 A~C も含めて何種類ずつあるか。 36

	ナトリウムと反応するもの	ナトリウムと反応しないもの
①	4 種類	2 種類
②	4 種類	3 種類
③	5 種類	2 種類
④	5 種類	3 種類
⑤	6 種類	2 種類
⑥	6 種類	3 種類

(2) 分子式 C_4H_8 で表される異性体は、シクロ化合物や幾何異性体も数えると、全部で何種類あるか。 37

- ① 3種類 ② 4種類 ③ 5種類 ④ 6種類 ⑤ 7種類

(3) 化合物 **A**~**C** のうち、第一級アルコールに分類されるものはどれか。

38

- ① **A**のみ ② **B**のみ ③ **C**のみ
④ **A**と**B** ⑤ **A**と**C** ⑥ **B**と**C**

(4) 化合物 **B** の名称はどれか。 39

- ① 1-プロパノール ② 2-プロパノール
③ 2-メチル-1-プロパノール ④ 2-メチル-2-プロパノール
⑤ 1-ブタノール ⑥ 2-ブタノール
⑦ 2-メチル-1-ブタノール ⑧ 2-メチル-2-ブタノール

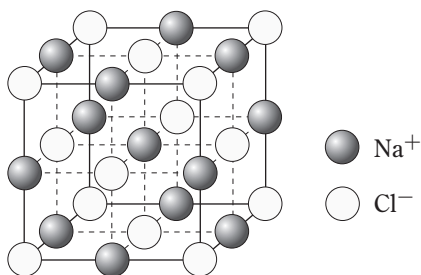
(5) 化合物 **C**~**E**、およびアルケン **X**~**Z** に関する次の記述のうち、正しいものはどれか。 40

- ① 化合物 **C** は、ヨードホルム反応を示す。
② 化合物 **D** は、不斉炭素原子をもっている。
③ 化合物 **E** の水溶液は、弱酸性を示す。
④ アルケン **X** に水を付加すると、化合物 **A** のみを得られる。
⑤ アルケン **Y** に水を付加すると、化合物 **B** のみを得られる。
⑥ アルケン **Z** は、幾何異性体をもつ。

〔ⅢA, ⅢBは選択問題です。問題冊子表紙で指定された科目を解答しなさい。〕
 〔ⅢAは医療保健学部受験生が, ⅢBは薬学部受験生が解答しなさい。〕

ⅢB 次の〔問1〕, 〔問2〕に答えなさい。(24点)

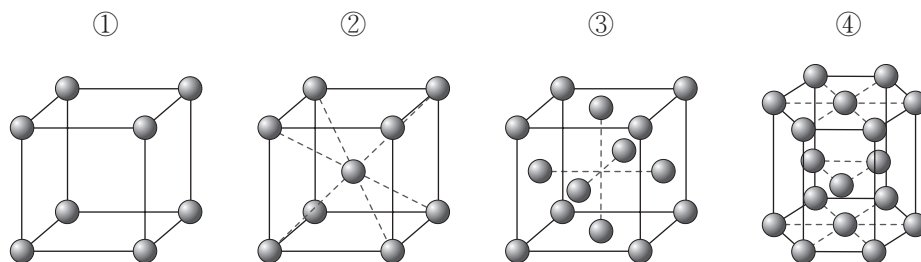
〔問1〕 イオン結晶は, 陽イオンと陰イオンがイオン結合によって結合し, 規則正しく配列している。結晶の構成粒子の配列を示した最小の単位を単位格子といい, 塩化ナトリウムの単位格子は, 次図のように表される。



これについて, 次の(1)~(4)の問いに答えなさい。答は, 最も適当なものをそれぞれの解答群の中から1つ選び, マークしなさい。

- (1) イオン結晶に関する次の記述のうち, 誤っているものはどれか。 33
- ① 固体状態では電気を通さないが, 融解した状態では電気を通す。
 - ② 単位格子に含まれる構成元素の種類と数を分子式で表す。
 - ③ かたいがもろく, 融点が高いものが多い。
 - ④ 結晶全体では陽イオンがもつ電荷と陰イオンがもつ電荷はつり合う。
 - ⑤ 陽イオンと陰イオンの間にはたらく静電気力は, イオンの電荷が大きいものほど強い。
- (2) この結晶で, 1個のナトリウムイオンに最も近い塩化物イオンは, 何個あるか。 34 個
- ① 4 ② 6 ③ 8 ④ 12 ⑤ 16

(3) この結晶格子でナトリウムイオンに注目したとき、ナトリウムイオンはどのような結晶格子を形成しているか。 35



(4) Naの原子量を M_a 、Clの原子量を M_b 、アボガドロ定数を N 、単位格子の一辺を L とすると、結晶の密度はどのように表されるか。 36

- ① $2NL^3(M_a+M_b)$ ② $4NL^3(M_a+M_b)$ ③ $\frac{M_a+M_b}{4NL^3}$
 ④ $\frac{M_a+M_b}{2NL^3}$ ⑤ $\frac{2(M_a+M_b)}{NL^3}$ ⑥ $\frac{4(M_a+M_b)}{NL^3}$

〔問2〕 酢酸の電離度は小さく、水溶液中では一部しか電離しない。



一方、酢酸ナトリウムは強電解質であり水溶液中で完全に電離する。



酢酸水溶液に酢酸ナトリウムを溶かすと、(a)式の平衡は **ア** に移動するので、もとの酢酸水溶液よりも pH は **イ**。この混合溶液に少量の強酸を加えると、水素イオンが混合溶液中の **ウ** と結合し、(a)式の平衡が **エ** に移動するので、混合溶液の pH はほとんど変わらない。このようなはたらきをする水溶液を緩衝液という。

これについて、次の (1)~(5) の問いに答えなさい。答は、それぞれの解答群の中から最も適当なものを1つ選び、マークしなさい。

(1) 文中の **ア** ・ **イ** に当てはまる語句の組合せはどれか。

37

	ア	イ
①	右	大きくなる
②	右	小さくなる
③	左	大きくなる
④	左	小さくなる

(2) 文中の **ウ** ・ **エ** に当てはまる語句の組合せはどれか。

38

	ウ	エ
①	酢酸イオン	右
②	酢酸イオン	左
③	水酸化物イオン	右
④	水酸化物イオン	左

(3) 緩衝液になる水溶液の組合せはどれか。 39

- ① 希塩酸 — 塩化アンモニウム水溶液
- ② 希塩酸 — 炭酸水素ナトリウム水溶液
- ③ 希塩酸 — 硫酸水素ナトリウム水溶液
- ④ アンモニア水 — 塩化アンモニウム水溶液
- ⑤ アンモニア水 — 塩化カルシウム水溶液

(4) 0.10 mol/L の酢酸 50 mL に、0.10 mol/L の酢酸ナトリウム水溶液 50 mL を加えた混合水溶液の pH はいくらか。ただし、ここでは酢酸はほとんど電離しておらず、酢酸ナトリウムはすべて電離していると考えてよい。また、酢酸の電離定数 K_a は、 2.0×10^{-5} mol/L とする。 40

- ① 2.5 ② 2.7 ③ 3.3 ④ 3.5
- ⑤ 4.5 ⑥ 4.7 ⑦ 5.3 ⑧ 5.5

(5) (4)の混合水溶液に、1.0 mol/L の塩酸 1.0 mL を加えた混合水溶液の pH はいくらか。ただし、加えた塩酸の体積は無視できるものとする。 41

- ① 2.5 ② 2.7 ③ 3.3 ④ 3.5
- ⑤ 4.5 ⑥ 4.7 ⑦ 5.3 ⑧ 5.5