

U 3 物 理

U 4 化 学

この冊子は、**物理**と**化学**の問題を1冊にまとめてあります。

建築学科、電気電子情報工学科及び機械工学科は物理指定

先端化学科は化学指定

土木工学科は、物理または化学のどちらかを選択

物理の問題は、1 ページより 24 ページまであります。

化学の問題は、25 ページより 37 ページまであります。

〔注 意〕

- (1) 試験開始の指示があるまで、この冊子を開いてはいけません。
- (2) 監督者から受験番号等記入の指示があったら、解答用マークシートに受験番号と氏名を記入し、さらに受験番号をマークしてください。
- (3) 解答は、所定の解答用マークシートにマークしたもののだけが採点されます。
- (4) 解答用マークシートについて
 - ① 解答用マークシートは、絶対に折り曲げてはいけません。
 - ② マークには黒鉛筆(HBまたはB)を使用してください。
指定の黒鉛筆以外でマークした場合、採点できないことがあります。
 - ③ 誤ってマークした場合は、消しゴムで丁寧に消し、消しくずを完全に取り除いたうえ、新たにマークしてください。
 - ④ 解答欄のマークは、横1行について1箇所に限ります。
2箇所以上マークすると採点されません。
あいまいなマークは無効となるので、はっきりマークしてください。
 - ⑤ 解答用マークシートに記載されている解答上の注意事項を、必ず読んでから解答してください。
- (5) 試験開始の指示があったら、初めに問題冊子のページ数を確認してください。
ページの落丁・乱丁、印刷不鮮明等に気づいた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
- (6) 問題冊子は、試験終了後、持ち帰ってください。

化 学

各設問の計算に必要ならば下記の数値を用いなさい。

原子量：H 1.0, C 12.0, N 14.0, O 16.0, Na 23.0, Al 27.0, S 32.0,

Cl 35.5, Ca 40.1, Cu 63.5, Ag 108

ファラデー定数： 9.65×10^4 C/mol

気体定数： 8.31×10^3 Pa · L/(K · mol)

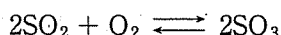
- 1** 次の記述の(ア)～(キ)にあてはまる最も適当なものをA欄より、(ク)～(セ)にあてはまる最も適当なものをB欄より選び、その番号を解答用マークシートにマークしなさい(番号中の0という数字も必ずマークすること)。ただし、同じ番号を何回用いてもよい。(14点)

- (1) 硫黄には2個の **(ア)** が存在している。したがって、2価の陰イオンになりやすく、水素と H_2S を形成する。 H_2S の水溶液は弱酸性であり、溶液を酸性にすると S^{2-} の濃度が **(イ)** する。 Pb^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} を含む **(ウ)** の水溶液に H_2S を通すと全ての陽イオンの硫化物(PbS , CuS , ZnS)の沈殿が生じる。一方、これらの陽イオンを含む **(エ)** の水溶液に H_2S を通すと、 **(オ)** の沈殿は生じるが **(カ)** の沈殿は生じない。これは **(オ)** の溶解度積が **(カ)** よりも **(キ)** ためである。

A 欄

- | | | |
|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 01 価電子 | 02 不対電子 | 03 自由電子 |
| 04 増 加 | 05 減 少 | 06 酸 性 |
| 07 塩基性 | 08 PbS | 09 CuS |
| 10 ZnS | 11 PbS と CuS | 12 PbS と ZnS |
| 13 CuS と ZnS | 14 大きい | 15 小さい |

- (2) 硫酸の工業的な製造方法では、まず硫黄の燃焼により得られた SO_2 を (ク) を触媒として空気中で酸化し、次の反応により SO_3 を得る。



この反応は発熱反応であるため、圧力が一定の場合は温度を (ケ) と平衡が右に移動する。また、温度が一定の場合、圧力を (コ) と平衡が右に移動する。 SO_3 を濃硫酸に吸収させて発煙硫酸とし、これを希硫酸で薄めて濃硫酸にする。

加熱した濃硫酸にエタノールを加えると、約 130°C では (サ) が、約 170°C では (シ) が生成する。また、加熱した濃硫酸には強い (ス) があるため、イオン化傾向が H_2 よりも (セ) Cu のような金属も溶解することができる。

B 欄

- | | | |
|--------------------|---------------------------|----------------------------|
| 01 Pt | 02 V_2O_5 | 03 Fe_3O_4 |
| 04 PdCl_2 | 05 低下させる | 06 上昇させる |
| 07 エチレン | 08 ジエチルエーテル | 09 エチレングリコール |
| 10 アセトアルデヒド | 11 脱水作用 | 12 酸化作用 |
| 13 還元作用 | 14 大きい | 15 小さい |

2

次の(1)～(2)の間に答えなさい。

(16 点)

- (1) 水溶液 A～D は、それぞれ Al^{3+} 、 Ca^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Ag^{+} のうち、いずれか 1 種類のイオンを含んでいる。次の記述の(ア)～(ウ)にあてはまる最も適当なものを A 欄より選び、その番号を解答用マークシートにマークしなさい。

- (a) 酸性にした水溶液 A にアンモニア水を加えていったところ、沈殿が生成した。さらに過剰にアンモニア水を加えていくと、沈殿は全て溶解し、無色透明の水溶液になった。水溶液 A は (ア) を含んでいる。
- (b) 酸性にした水溶液 B にアンモニア水を過剰量になるまで加えたが、沈殿は一度も生成しなかった。水溶液 B は (イ) を含んでいる。
- (c) 酸性にした水溶液 C に水酸化ナトリウム水溶液を加えていったところ、白色の沈殿が生成した。さらに過剰に水酸化ナトリウム水溶液を加えていくと、沈殿は全て溶解した。水溶液 C は (ウ) を含んでいる。

A 欄

1 Al^{3+} 2 Ca^{2+} 3 Cu^{2+} 4 Ag^{+}

(2) 次の記述の(工)～(キ)にあてはまる最も適当なものをB欄より選び、その番号を解答用マークシートにマークしなさい(番号中の0という数字も必ずマークすること)。ただし、同じ番号を何回用いてもよい。また、(i)～(iii)にあてはまる数値を有効数字が2桁になるように3桁目を四捨五入して求め、次の形式で解答用マークシートにマークしなさい。指数 c が0の場合の符号 p には+をマークしなさい。

$$\boxed{a} \cdot \boxed{b} \times 10^{\boxed{p} \boxed{c}}$$

↑
小数点
↑
正負の符号

Al, Ca, Cu, Agのうち、いずれか1つの金属片を常温の水に浸漬したところ大きな変化は見られなかった。しかし、この金属片を塩酸に浸漬したところ、気体の発生をともなう溶解した。発生した気体は (工) であり、金属片は (オ) である。また、(オ) の金属片を塩酸に完全に溶解し、発生した気体を27℃で水上置換法により捕集したところ、この温度、圧力 $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ において、捕集された気体の体積は226 mLであった。発生した (工) の物質量は (i) molであり、溶解した金属片の質量は (ii) gである。なお、27℃の飽和水蒸気圧は $4.0 \times 10^3 \text{ Pa}$ である。

さらにX線を用いて (オ) の結晶構造を調べたところ、その単位格子は1辺の長さが $4.0 \times 10^{-8} \text{ cm}$ の面心立方格子であった。この単位格子には (カ) 個の原子が含まれており、その配位数は (キ) である。また、結晶内において最近接の原子が接していると考え、(オ) の原子半径は (iii) cmとなる。ただし、 $\sqrt{2} = 1.4$ 、 $\sqrt{3} = 1.7$ とする。

B 欄

01 H ₂	02 O ₂	03 Cl ₂	04 Al
05 Ca	06 Cu	07 Ag	08 2
09 4	10 6	11 8	12 12

- 3 次の記述の(ア)～(オ)にあてはまる語句を A 欄より, (カ)～(ス)にあてはまる数値を B 欄より選び, その番号を解答用マークシートにマークしなさい。ただし, 同じ番号を何回用いてもよい。 (13 点)

(1) 1 mol のイオン結晶のイオン結合を切断して, 気体状態のばらばらのイオンにするのに必要なエネルギーを格子エネルギーという。格子エネルギーを直接測定するのは困難であるが, ヘスの法則を用いて間接的に求めることができる。図は NaCl の格子エネルギーを求めるためのエネルギー図である。 $Q_1 \sim Q_6$ の各熱量はそれぞれ,

Q_1 : NaCl(固)の (ア)

Q_2 : Na(固)の (イ)

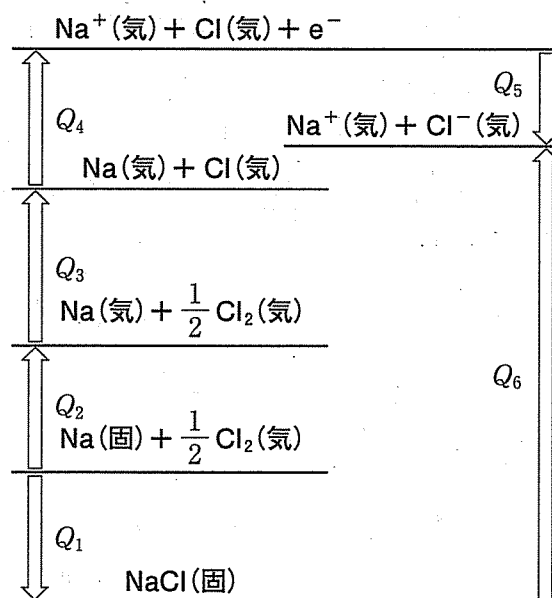
Q_3 : Cl_2 (気)の (ウ) $\times \frac{1}{2}$

Q_4 : Na(気)の (エ)

Q_5 : Cl(気)の (オ)

Q_6 : NaCl(固)の格子エネルギー

である。



図

A 欄

- | | | | |
|-------------|-------|-----------|-------|
| 1 融解熱 | 2 蒸発熱 | 3 昇華熱 | 4 燃焼熱 |
| 5 生成熱 | 6 溶解熱 | 7 結合エネルギー | |
| 8 イオン化エネルギー | | 9 電子親和力 | |

(2) 表に示した熱量(エネルギー) $Q_a \sim Q_d$ を用いて C-H および C-C の結合エネルギーを表す式を求めなさい。

C-H の結合エネルギー [kJ/mol] :

$$\boxed{\text{カ}} Q_a + \boxed{\text{キ}} Q_b + \boxed{\text{ク}} Q_c + \boxed{\text{ケ}} Q_d$$

C-C の結合エネルギー [kJ/mol] :

$$\boxed{\text{コ}} Q_a + \boxed{\text{サ}} Q_b + \boxed{\text{シ}} Q_c + \boxed{\text{ス}} Q_d$$

表

メタンの生成熱	Q_a [kJ/mol]
エタンの生成熱	Q_b [kJ/mol]
C(黒鉛)の昇華熱	Q_c [kJ/mol]
H-H の結合エネルギー	Q_d [kJ/mol]

B 欄

1 $-\frac{3}{2}$	2 -1	3 $-\frac{1}{2}$	4 $-\frac{1}{4}$	5 0
6 $\frac{1}{4}$	7 $\frac{1}{2}$	8 1	9 $\frac{3}{2}$	

右のページは白紙です。

- 4 次の記述の(ア)～(キ)にあてはまる最も適当なものをA欄より、①～③にあてはまる最も適当なものをB欄より選び、その番号を解答用マークシートにマークしなさい(番号の中の0という数字も必ずマークすること)。ただし、同じ番号を何回用いてもよい。また、(i)～(vi)にあてはまる数値を有効数字が2桁になるように3桁目を四捨五入して求め、次の形式で解答用マークシートにマークしなさい。指数 c が0の場合の符号 p には+をマークしなさい。(22点)

$$\boxed{a} \cdot \boxed{b} \times 10^{\boxed{p} \boxed{c}}$$

↑
小数点
↑
正負の符号

- (1) 炭酸ナトリウム(無水塩)は (ア) 色の固体であり、① に分類される。その濃い水溶液を放置すると、水が蒸発して (イ) 色の結晶ができる。さらに、この結晶を乾いた空气中で放置すると、(ウ) 色の粉末に変化する。この現象を ② という。
- (2) 0.050 mol/L に調製した炭酸ナトリウム水溶液 10 mL をコニカルビーカーに入れ、0.10 mol/L に調製した塩酸を ③ から滴下し、中和滴定を行った。この中和反応は二段階で進行するため、中和点が二つ存在する。一回目の中和点は、塩酸を (i) mL 滴下するとあらわれる。このとき、フェノールフタレインを指示薬として用いると (エ) 色から (オ) 色に変化するため、中和点を知ることができる。一方、二回目の中和点は、塩酸をさらに (ii) mL 滴下するとあらわれる。このとき、メチルオレンジを指示薬として用いると (カ) 色から (キ) 色に変化するため、中和点を知ることができる。

(3) 密度が 1.19 g/cm^3 で質量パーセント濃度が 37 % の濃塩酸がある。この濃塩酸の質量モル濃度は (iii) mol/kg である。また、この濃塩酸を薄めて 2.0 mol/L の塩酸を 100 mL 作るとき、必要な濃塩酸の体積は (iv) cm^3 である。

(4) 希硫酸に 2 本の白金電極を浸漬し、電気分解を行った。 0.0020 A の電流を 300 秒間流したとき、陰極で発生する気体の物質量は (v) mol である。また、陽極で発生する気体の質量は (vi) g である。

A 欄

- | | | |
|-----|-----|-----|
| 1 赤 | 2 青 | 3 黄 |
| 4 緑 | 5 白 | 6 黒 |
| 7 無 | | |

B 欄

- | | | |
|------------|------------|-----------|
| 01 酸性塩 | 02 塩基性塩 | 03 正 塩 |
| 04 酸 化 | 05 還 元 | 06 乾 留 |
| 07 融 解 | 08 潮 解 | 09 風 解 |
| 10 ビュレット | 11 ホールピペット | 12 メスフラスコ |
| 13 メスシリンダー | | |

5

次の(1)～(2)の間に答えなさい。

(16 点)

- (1) 次の記述の(ア)～(キ)にあてはまる最も適当な1～10の整数を解答用マークシートにマークしなさい。ただし、同じ整数を何回用いてもよい。

分子式 C_4H_8 で表される有機化合物は、シス・トランス異性体(幾何異性体)を区別して数えると全部で (ア) 個ある。このうち、白金触媒存在下で水素と反応する鎖式炭化水素は (イ) 個あり、この (イ) 個の鎖式炭化水素が水素と反応すると (ウ) 種類の化合物が生成する。

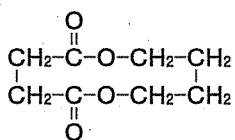
また、分子式 $C_4H_{10}O$ で表される有機化合物のうち、メチル基が3つある化合物は (エ) 個、酸化するとアルデヒドになる化合物は (オ) 個、ナトリウムを加えても反応しない化合物は (カ) 個、酸化剤により酸化されにくいがナトリウムと反応するものは (キ) 個ある。

- (2) 次の記述の(ク)～(コ)にあてはまる最も適当なものをA欄より選び、その番号を解答用マークシートにマークしなさい(番号の中の0という数字も必ずマークすること)。

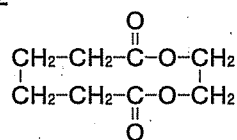
分子式 $C_8H_{12}O_4$ で表される有機化合物 I を加水分解すると、1分子の酸性化合物 II と、ヨードホルム反応を示すアルコールが2分子生成する。この化合物 II は室温で臭素水を脱色することができる。また、化合物 II を約 160°C に加熱すると分子内脱水反応が起こるが、化合物 II のシス・トランス異性体(幾何異性体)である化合物 III を加熱しても昇華するだけである。ただし、化合物 III は化合物 II と同様に、臭素水を脱色することができる。以上のことから、化合物 I, II, III の構造は、それぞれ (ク) , (ケ) , (コ) である。

A 欄

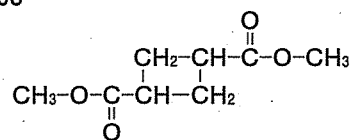
01



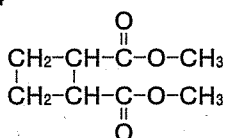
02



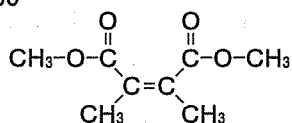
03



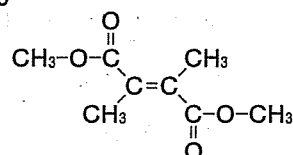
04



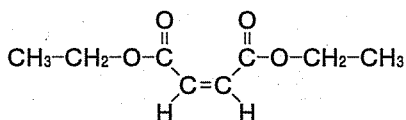
05



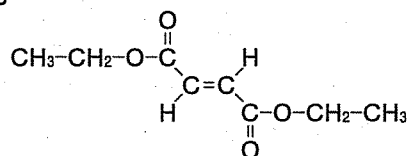
06



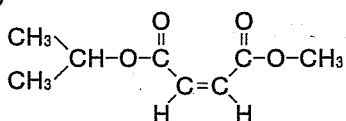
07



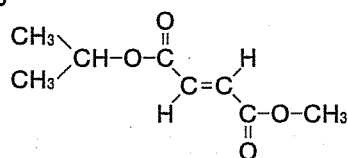
08



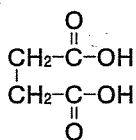
09



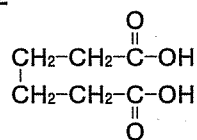
10



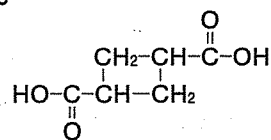
11



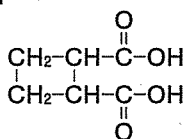
12



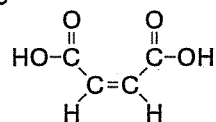
13



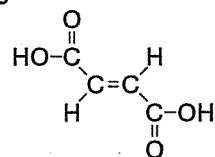
14



15



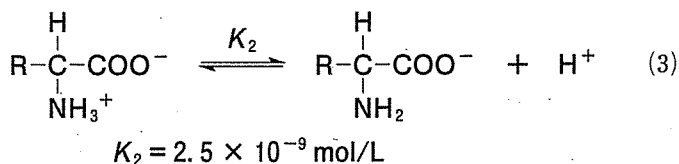
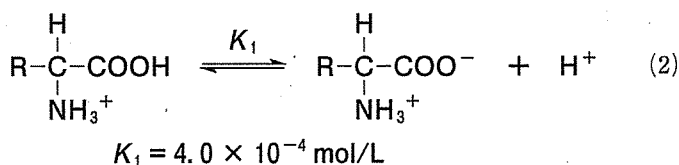
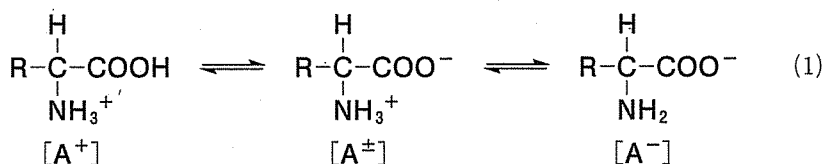
16



- 6 次の記述の(ア)~(ク)にあてはまる最も適当なものをA欄より選び、その番号を解答用マークシートにマークしなさい(番号の中の0という数字も必ずマークすること)。ただし、同じ番号を何回用いてもよい。また、(i)~(vi)にあてはまる整数を解答用マークシートにマークしなさい。答えが1桁の整数の場合は十の位に0をマークしなさい。(19点)

一般式 $R-CH(NH_2)COOH$ (R は H 以外の置換基を示す) で表されるアミノ酸は、 α -アミノ酸といわれる。 $R = H$ の場合である (ア) を除いた全ての α -アミノ酸は、分子内に1個以上の不斉炭素原子をもつことから (イ) 異性体が存在する。例えば、 $R = CH_2CH_2COOH$ の α -アミノ酸は、(ウ) とよばれ、興味深いことにその (エ) 異性体のうち、ヒトは (オ) に対しては、うま味を感じるが、(カ) に対しては全く感じないことが知られている。また、天然に存在する α -アミノ酸は、(キ) 異性体のうち (ク) のみの立体構造をもつ。

α -アミノ酸構造をもつアミノ酸 A は、水溶液中において、式(1)で示される3種類のイオンが存在し、また、これらのイオン間には式(2)と式(3)で示される電離平衡が成立するものとする。さらに、それぞれの電離定数 K_1 、 K_2 は以下の通りである。



これらの条件を利用してアミノ酸 A の等電点の pH は、(i) と求められる。また、pH が 2 の水溶液中では、アミノ酸 A の陽イオンの物質量は、双性イオンの物質量と比べて (ii) 倍存在することがわかる。ただし、酸性水溶液中でのアミノ酸の陽イオン状態を A^+ 、中性付近の水溶液中でのアミノ酸の双性イオン状態を $A^\pm$ 、塩基性水溶液中でのアミノ酸 A の陰イオン状態を A^- で表すものとする。

α -アミノ酸の一つであるアミノ酸 B は、炭素、水素、酸素、窒素のみで構成されている。3.000 g のアミノ酸 B を元素分析にかけたところ、炭素 1.970 g、水素 0.202 g、窒素 0.254 g が含まれていた。また、アミノ酸 B のみから構成されるジペプチドを質量分析装置で測定したところ、その分子量は、312 であった。これらの測定結果からアミノ酸 B の分子式は、 C (iii) H (iv) N (v) O (vi) と表される。さらに、核磁気共鳴装置を用いて、アミノ酸 B を測定したところ、ベンゼン環をもつが、メチル基をもたないことが判明した。以上の測定結果から、このアミノ酸 B は (ク) であると決定することができた。

A 欄

- | | | |
|------------|-------------|----------------|
| 01 アスパラギン酸 | 02 アラニン | 03 グリシン |
| 04 グルタミン酸 | 05 システイン | 06 セリン |
| 07 チロシン | 08 フェニルアラニン | 09 メチオニン |
| 10 リシン | 11 A 型 | 12 B 型 |
| 13 C 型 | 14 D 型 | 15 E 型 |
| 16 L 型 | 17 M 型 | 18 N 型 |
| 19 O 型 | 20 P 型 | 21 シス-トランス(幾何) |
| 22 鏡像 | 23 構造 | 24 シス形 |
| 25 トランス形 | | |

