

試験開始の指示があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。

®

理 科 ② 物 理 化 学
生 物 地 学 (各科目
100点)

注 意 事 項

- 1 解答用紙に、正しく記入・マークされていない場合は、採点できないことがあります。特に、解答用紙の第1解答科目欄・第2解答科目欄にマークされていない場合又は複数の科目にマークされている場合は、0点となります。
- 2 出題科目、ページ及び選択方法は、下表のとおりです。

出 題 科 目	ペ ー ジ	選 択 方 法
物 理	4～ 27	受験できる科目数は、受験票に記載されているとおりです。
化 学	28～ 65	
生 物	66～ 95	
地 学	96～127	

- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、手を高く挙げて監督者に知らせなさい。
- 4 解答は、解答用紙の解答欄にマークしなさい。例えば、10 と表示のある問いに対して③と解答する場合は、次の(例)のように解答番号10の解答欄の③にマークしなさい。

(例)

解答番号	解 答 欄
1 0	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ㉑ ㉒

- 5 問題冊子の余白等は適宜利用してよいが、どのページも切り離してはいけません。

この注意事項は、問題冊子の裏表紙にも続きます。問題冊子を裏返して必ず読みなさい。

6 不正行為について

- ① 不正行為に対しては厳正に対処します。
- ② 不正行為に見えるような行為が見受けられた場合は、監督者がカードを用いて注意します。
- ③ 不正行為を行った場合は、その時点で受験を取りやめさせ退室させます。

7 2科目受験者の試験の進行方法について(2科目受験者のみ確認)

- ① この試験は、前半と後半に分けて実施します。
- ② 前半に解答する科目を「第1解答科目」、後半に解答する科目を「第2解答科目」として取り扱います。解答する科目及び順序は、志望する大学の指定に基づき、各自で決めなさい。
- ③ 第1解答科目、第2解答科目ともに解答時間は60分です。60分で1科目だけを解答しなさい。
- ④ 第1解答科目の後に、答案を回収する時間などを設けてありますが、休憩時間ではありませんので、トイレ等で一時退室することはできません。

注) 進行方法が分からない場合は、手を高く挙げて監督者に知らせなさい。

8 試験終了後、問題冊子は持ち帰りなさい。

化 学

(解答番号 ~)

必要があれば，原子量は次の値を使うこと。

H	1.0	Li	6.9	C	12	N	14
O	16	S	32	Cl	35.5	Mn	55
Ni	59	Cu	64	Zn	65	Ag	108

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 次の問い(問1～4)に答えよ。(配点 20)

問1 次のイオンのうち，配位結合してできたイオンとして**適当でないもの**を，次の①～④のうちから一つ選べ。

- ① NH_4^+
- ② H_3O^+
- ③ $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$
- ④ HCOO^-

問 2 温度 111 K, 圧力 1.0×10^5 Pa で, 液体のメタン CH_4 (分子量 16) の密度は 0.42 g/cm^3 である。同圧でこの液体 16 g を 300 K まで加熱してすべて気体にしたとき, 体積は何倍になるか。最も適当な数値を, 次の①~④のうちから一つ選べ。ただし, 気体定数は $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$ とする。

2 倍

- ① 6.5×10^2 ② 1.3×10^3 ③ 1.0×10^4 ④ 9.6×10^5

化 学

問 3 水に入れてよくかき混ぜたグルコース、砂、およびトリプシン(水中で分子コロイドになる)のうち、ろ紙を通過できるものと、セロハンの膜を通過できるものの組合せとして最も適当なものを、次の①～⑨のうちから一つ選べ。

3

	ろ紙を通過できるもの	セロハンの膜を通過できるもの
①	グルコース、砂	グルコース
②	グルコース、砂	砂
③	グルコース、砂	グルコース、砂
④	グルコース、トリプシン	グルコース
⑤	グルコース、トリプシン	トリプシン
⑥	グルコース、トリプシン	グルコース、トリプシン
⑦	砂、トリプシン	砂
⑧	砂、トリプシン	トリプシン
⑨	砂、トリプシン	砂、トリプシン

問 4 水 H_2O (分子量 18) に関する次の問い(a～c)に答えよ。

- a 図1は水の状態図である。水の状態変化に関する記述として誤りを含むものはどれか。最も適当なものを、後の①～④のうちから一つ選べ。

4

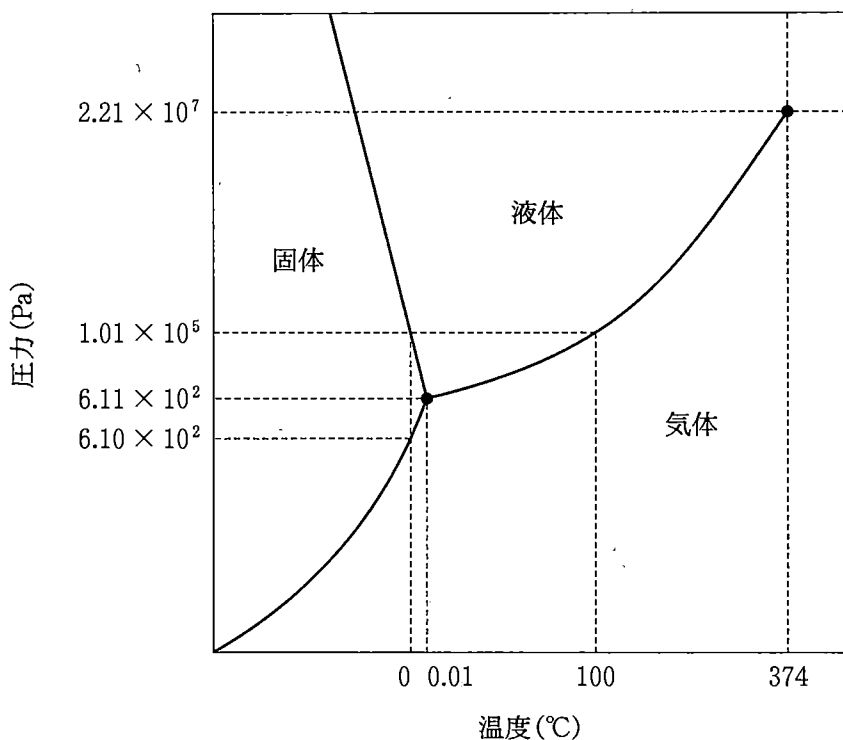


図1 水の状態図

- ① 2×10^2 Pa の圧力のもとでは、氷は 0°C より低い温度で昇華する。
- ② 0°C のもとで、 1.01×10^5 Pa の氷にさらに圧力を加えると、氷は融解する。
- ③ 0.01°C 、 6.11×10^2 Pa では、氷、水、水蒸気の三つの状態が共存できる。
- ④ 9×10^4 Pa の圧力のもとでは、水は 100°C より高い温度で沸騰する。

化 学

- b 図2は 1.01×10^5 Pa の圧力のもとでの氷および水の密度の温度変化を表したものである。この図から読み取れる内容として正しいものはどれか。最も適当なものを、後の①～④のうちから一つ選べ。 5

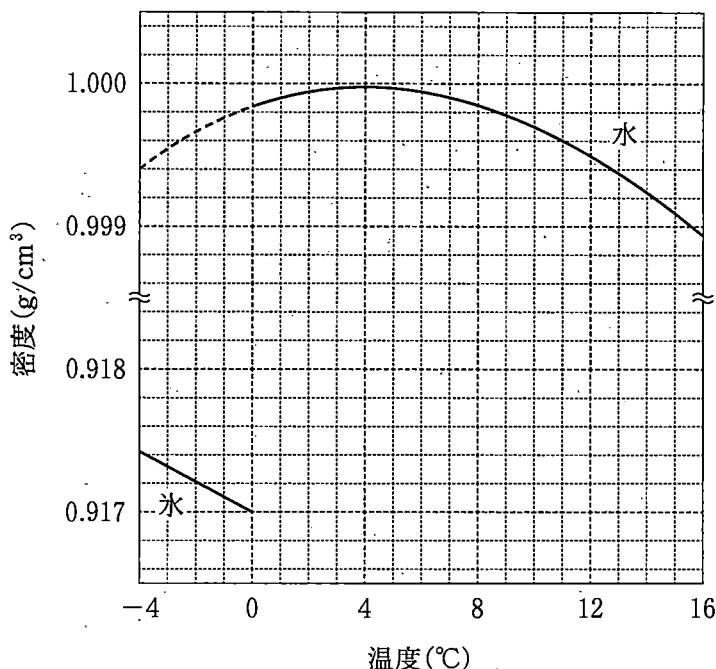


図2 1.01×10^5 Pa の圧力のもとでの氷および水の密度の温度変化
(破線は過冷却の状態の水の密度を表す)

- ① 0 °C での氷 1 g の体積は同温での水 1 g の体積よりも小さい。
- ② 氷の密度は 0 °C で最大になる。
- ③ 12 °C での水の密度は、-4 °C での過冷却の状態の水の密度よりも大きい。
- ④ 断熱容器に入った 4 °C の水の液面をゆっくりと冷却すると、温度の低い水が下の方へ移動する。

- c $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ の圧力のもとにある 0°C の氷 54 g がヒーターとともに断熱容器の中に入っている。ヒーターを用いて 6.0 kJ の熱を加えたところ、氷の一部が融解して水になった。残った氷の体積は何 cm^3 か。最も適当な数値を、次の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし、氷の融解熱は 6.0 kJ/mol とし、加えた熱はすべて氷の融解に使われたものとする。また、氷の密度は図 2 から読み取ること。 6 cm^3

① 18

② 19

③ 20

④ 36

⑤ 39

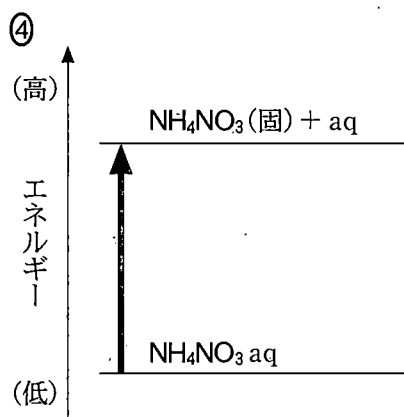
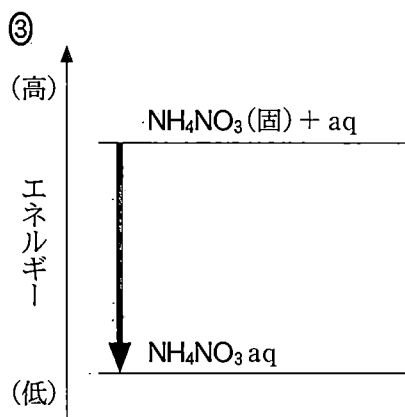
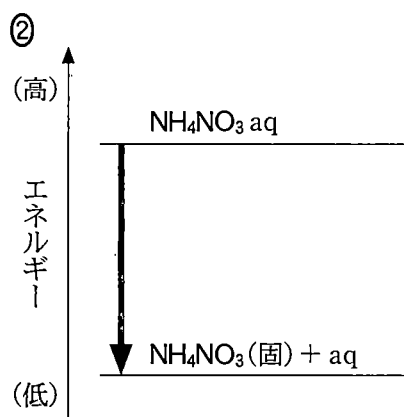
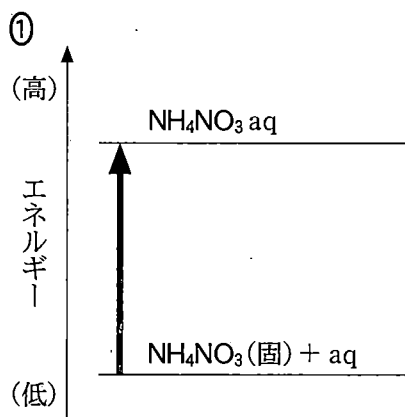
⑥ 40

化 学

第2問 次の問い(問1～4)に答えよ。(配点 20)

問1 市販の冷却剤には、硝酸アンモニウム NH_4NO_3 (固)が水に溶解するときの吸熱反応を利用しているものがある。この反応のエネルギー図として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。ただし、太矢印は反応の進行方向を示す。

7



問 2 容積可変の密閉容器に二酸化炭素 CO_2 と水素 H_2 を入れて、 800°C に保ったところ、次の式(1)の反応が平衡に達した。



平衡状態の CO の物質を増やす操作として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。ただし、反応物、生成物はすべて気体として存在し、正反応は吸熱反応であるものとする。

8

- ① 密閉容器内の圧力を一定に保ったまま、容器内の温度を下げる。
- ② 密閉容器内の温度を一定に保ったまま、容器内の圧力を上げる。
- ③ 密閉容器内の温度と圧力を一定に保ったまま、 H_2 を加える。
- ④ 密閉容器内の温度と圧力を一定に保ったまま、アルゴンを加える。

化 学

問 3 アルカリマンガン乾電池，空気亜鉛電池（空気電池），リチウム電池の，放電における電池全体での反応はそれぞれ式(2)～(4)で表されるものとする。それぞれの電池の放電反応において，反応物の総量が 1 kg 消費されるときに流れる電気量 Q を比較する。これらの電池を， Q の大きい順に並べたものはどれか。最も適当なものを，後の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし，反応に関与する物質の式量(原子量・分子量を含む)は表 1 に示す値とする。

9

アルカリマンガン乾電池

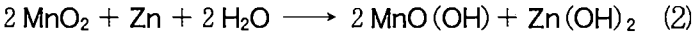


表 1 電池の反応に関与する物質の式量

物 質	式 量	物 質	式 量
MnO_2	87	O_2	32
Zn	65	ZnO	81
H_2O	18	Li	6.9
$\text{MnO}(\text{OH})$	88	LiMnO_2	94
$\text{Zn}(\text{OH})_2$	99		

	反応物の総量が 1 kg 消費されるときに流れる電気量 Q の大きい順
①	アルカリマンガン乾電池 > 空気亜鉛電池 > リチウム電池
②	アルカリマンガン乾電池 > リチウム電池 > 空気亜鉛電池
③	空気亜鉛電池 > アルカリマンガン乾電池 > リチウム電池
④	空気亜鉛電池 > リチウム電池 > アルカリマンガン乾電池
⑤	リチウム電池 > アルカリマンガン乾電池 > 空気亜鉛電池
⑥	リチウム電池 > 空気亜鉛電池 > アルカリマンガン乾電池

(下 書 き 用 紙)

化学の試験問題は次に続く。

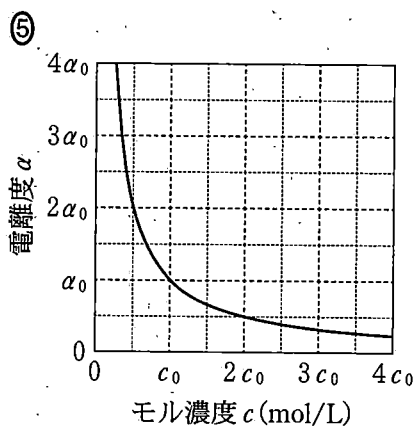
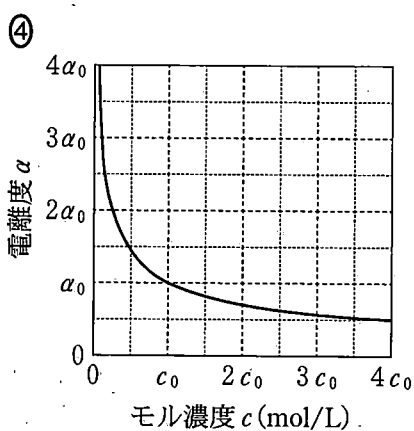
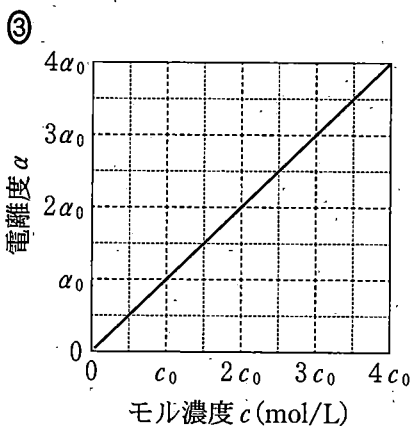
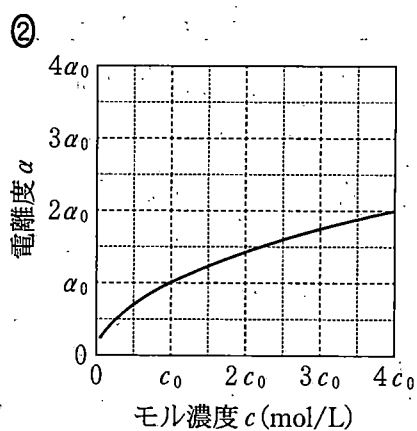
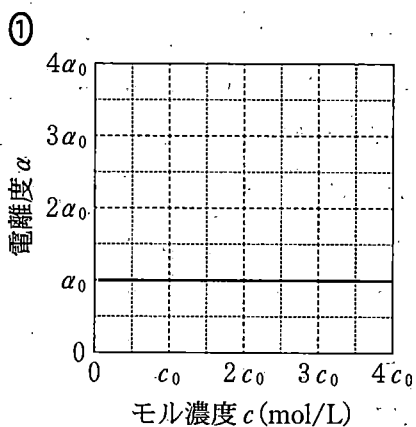


化 学

問 4 1 価の弱酸 HA の電離, および HA 水溶液へ水酸化ナトリウム NaOH 水溶液を滴下するときの水溶液中の分子やイオンの濃度変化に関する次の問い ($\text{a} \sim \text{c}$) に答えよ。ただし, 水溶液の温度は変化しないものとする。

- a 純水に弱酸 HA を溶解させた水溶液を考える。 HA 水溶液のモル濃度 $c(\text{mol/L})$ と HA の電離度 α の関係を表したグラフとして最も適切なものを, 次の①～⑤のうちから一つ選べ。ただし, HA 水溶液のモル濃度が $c_0(\text{mol/L})$ のときの HA の電離度を α_0 とし, α は 1 よりも十分小さいものとする。

10



化 学

- b モル濃度 0.10 mol/L の HA 水溶液 10.0 mL に、モル濃度 0.10 mol/L の NaOH 水溶液を滴下すると、水溶液中の HA 、 H^+ 、 A^- 、 OH^- のモル濃度 $[\text{HA}]$ 、 $[\text{H}^+]$ 、 $[\text{A}^-]$ 、 $[\text{OH}^-]$ は、図 1 のように変化する。 NaOH 水溶液の滴下量が 2.5 mL のとき、 H^+ のモル濃度は $[\text{H}^+] = 8.1 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ である。弱酸 HA の電離定数 K_a は何 mol/L か。最も適当な数値を、後の①～⑥のうちから一つ選べ。 11 mol/L

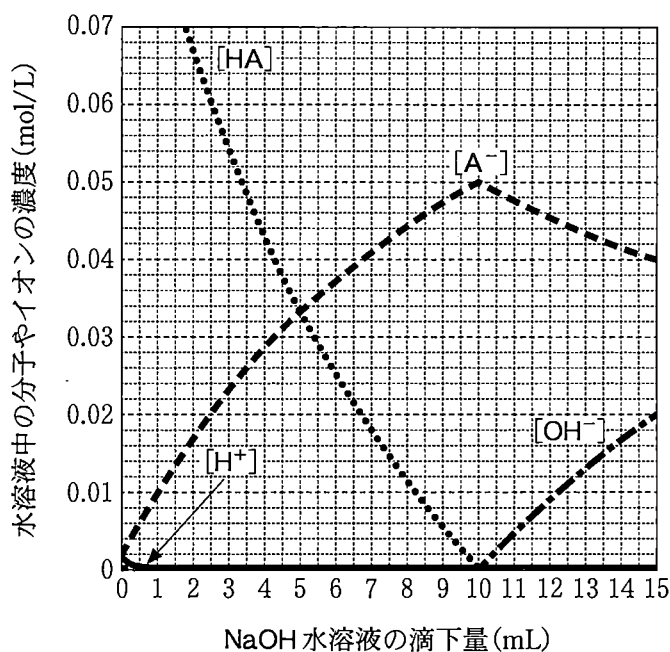


図 1 NaOH 水溶液の滴下量と水溶液中の分子やイオンの濃度の関係

- | | | |
|------------------------|------------------------|------------------------|
| ① 2.0×10^{-5} | ② 2.7×10^{-5} | ③ 1.1×10^{-4} |
| ④ 2.4×10^{-4} | ⑤ 3.2×10^{-4} | ⑥ 6.7×10^{-3} |

c bで設定した条件において、NaOH水溶液の滴下に伴う水溶液中の分子やイオンの濃度変化を説明する記述として、下線部に誤りを含むものはどれか。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 12

- ① NaOH水溶液の滴下量によらず、陽イオンの総数と陰イオンの総数は等しい。
- ② NaOH水溶液の滴下量によらず、 $[H^+]$ と $[OH^-]$ の積は一定である。
- ③ NaOH水溶液の滴下量が10 mL未満の範囲では、HAの電離平衡の移動により $[A^-]$ が増加する。
- ④ NaOH水溶液の滴下量が10 mLより多い範囲では、中和反応により $[A^-]$ が減少する。

化 学

第 3 問 次の問い(問 1～4)に答えよ。(配点 20)

問 1 実験室で使用する化学物質の取扱い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のうちから二つ選べ。ただし、解答の順序は問わない。

13

14

- ① ナトリウムは空気中の酸素や水と反応するため、エタノール中に保存する。
- ② 水酸化ナトリウム水溶液を誤って皮膚に付着させたときは、ただちに多量の水で洗う。
- ③ 濃硫酸から希硫酸をつくるときは、濃硫酸に少しずつ水を加える。
- ④ 濃硝酸は光で分解するため、褐色びんに入れて保存する。
- ⑤ 硫化水素は有毒な気体なので、ドラフト内で取り扱う。

問 2 17 族に属するフッ素 F, 塩素 Cl, 臭素 Br, ヨウ素 I, アスタチン At はハロゲンとよばれる。At には安定な同位体が存在しないが、F, Cl, Br, I から推定されるとおりの物理的・化学的性質を示すとされている。At の単体や化合物の性質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。

15

- ① At の単体の融点と沸点は、ともにハロゲン単体の中で最も高い。
- ② At の単体は常温で水に溶けにくい。
- ③ 硝酸銀水溶液をアスタチン化ナトリウム NaAt 水溶液に加えると、難溶性のアスタチン化銀 AgAt を生じる。
- ④ 臭素水を NaAt 水溶液に加えても、酸化還元反応は起こらない。

問 3 表 1 にステンレス鋼とトタンの主な構成元素を示す。アとイに当てはまる元素として最も適当なものを、後の①～⑤のうちから一つずつ選べ。

ア

16

イ

17

表 1 ステンレス鋼とトタンの主な構成元素

	主な構成元素		
ステンレス鋼	Fe	ア	Ni
トタン	Fe	イ	

- ① Al ② Ti ③ Cr ④ Zn ⑤ Sn

化 学

問 4 ニッケルの製錬には、鉱石から得た硫化ニッケル(Ⅱ)NiS を塩化銅(Ⅱ)CuCl₂ の水溶液と反応させて塩化ニッケル(Ⅱ)NiCl₂ の水溶液とし、この水溶液の電気分解によって単体のニッケル Ni を得る方法がある。次の問い(a～c)に答えよ。

- a 塩酸で酸性にした CuCl₂ 水溶液に固体の NiS を加えて反応させると、式(1)に示すように、NiS は NiCl₂ の水溶液として溶解させることができる。なお、硫黄 S は析出し分離することができる。



式(1)の反応におけるニッケル原子と硫黄原子の化学変化に関する説明の組合せとして正しいものはどれか。最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。

18

	ニッケル原子	硫黄原子
①	酸化される	酸化される
②	酸化される	還元される
③	酸化も還元もされない	酸化される
④	酸化も還元もされない	還元される
⑤	還元される	酸化される
⑥	還元される	還元される

- b 式(1)で NiCl_2 と塩化銅(Ⅰ) CuCl が得られた水溶液に塩素 Cl_2 を吹き込むと、式(2)に示すように CuCl から CuCl_2 が生じ、再び式(1)の反応に使うことができる。



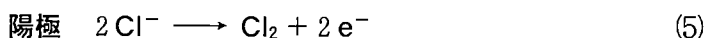
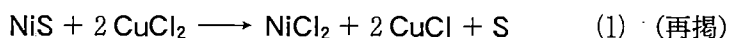
CuCl_2 を 40.5 kg 使い、 NiS を 36.4 kg 加えて Cl_2 を吹き込んだ。式(1)と(2)の反応によって、すべてのニッケルが NiCl_2 として水溶液中に溶解し、銅はすべて CuCl_2 に戻されたとする。このとき式(1)と(2)の反応で消費された Cl_2 の物質量は何 mol か。最も適当な数値を、次の①～⑧のうちから一つ選べ。

19 mol

- | | | | |
|-------|-------|-------|-------|
| ① 150 | ② 200 | ③ 300 | ④ 350 |
| ⑤ 400 | ⑥ 500 | ⑦ 550 | ⑧ 700 |

化 学

- c 式(1)で NiCl_2 と CuCl が得られた水溶液から CuCl を除いた後、その水溶液を電気分解すると、単体の Ni が得られる。このとき陰極では、式(3)と(4)に示すように Ni の析出と気体の水素 H_2 の発生が同時に起こる。陽極では、式(5)に示すように気体の Cl_2 が発生する。



電気分解により H_2 と Cl_2 が安定に発生しはじめてから、さらに時間 $t(\text{s})$ だけ電気分解を続ける。この間に発生する H_2 と Cl_2 の体積が、温度 $T(\text{K})$ 、圧力 $P(\text{Pa})$ のもとでそれぞれ $V_{\text{H}_2}(\text{L})$ と $V_{\text{Cl}_2}(\text{L})$ のとき、陰極に析出する Ni の質量 $w(\text{g})$ を表す式として最も適当なものを、後の①～⑥のうちから一つ選べ。

ただし、 Ni のモル質量は $M(\text{g/mol})$ 、気体定数は $R(\text{Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol}))$ とする。また、流れた電流はすべて式(3)～(5)の反応に使われるものとし、 H_2 と Cl_2 の水溶液への溶解は無視できるものとする。

$$w = \boxed{20}$$

$$\textcircled{1} \quad \frac{MP(V_{\text{Cl}_2} + V_{\text{H}_2})}{RT}$$

$$\textcircled{2} \quad \frac{MP(V_{\text{Cl}_2} - V_{\text{H}_2})}{RT}$$

$$\textcircled{3} \quad \frac{MP(V_{\text{H}_2} - V_{\text{Cl}_2})}{RT}$$

$$\textcircled{4} \quad \frac{2MP(V_{\text{Cl}_2} + V_{\text{H}_2})}{RT}$$

$$\textcircled{5} \quad \frac{2MP(V_{\text{Cl}_2} - V_{\text{H}_2})}{RT}$$

$$\textcircled{6} \quad \frac{2MP(V_{\text{H}_2} - V_{\text{Cl}_2})}{RT}$$

(下 書 き 用 紙)

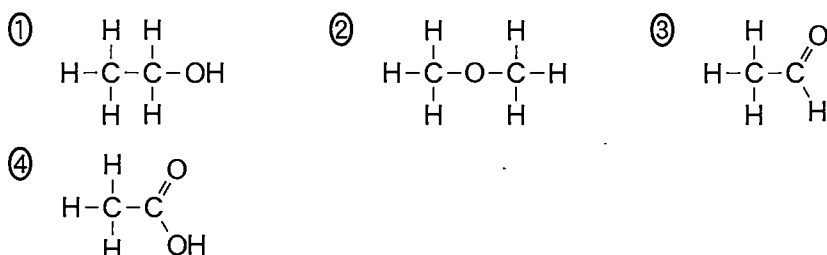
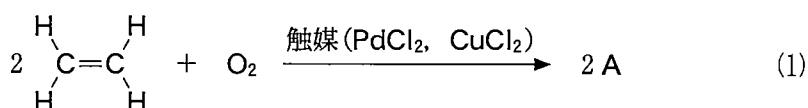
化学の試験問題は次に続く。



化 学

第 4 問 次の問い(問 1 ～ 4)に答えよ。(配点 20)

問 1 式(1)のようにエチレン(エテン) $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ を、塩化パラジウム(Ⅱ) PdCl_2 と塩化銅(Ⅱ) CuCl_2 を触媒として適切な条件下で酸化すると、化合物 A が得られる。化合物 A の構造式として最も適当なものを、後の①～④のうちから一つ選べ。 21



問 2 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はどれか。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 22

- ① デンプンの成分の一つであるアミロペクチンは、冷水に溶けやすい。
- ② アクリル繊維は、アクリロニトリル $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CN}$ が付加重合した高分子を主成分とする合成繊維である。
- ③ 生ゴムに数%の硫黄粉末を加えて加熱すると、鎖状のゴム分子のところどころに硫黄原子による架橋構造が生じ、弾性、強度、耐久性が向上する。
- ④ レーヨン は、一般にセルロースを適切な溶媒に溶解させた後、繊維として再生させたものである。

問 3 図 1 に示すトリペプチドの水溶液に対して、後に示す検出反応ア～ウをそれぞれ行う。このとき、特有の変化を示す検出反応はどれか。すべてを正しく選択しているものとして最も適当なものを、後の①～⑦のうちから一つ選べ。

23

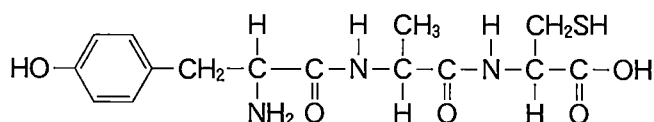


図 1 トリペプチドの構造

検出反応に用いる主な試薬と操作

ア ニンヒドリン反応：ニンヒドリン水溶液を加えて加熱する。

イ キサントプロテイン反応：濃硝酸 HNO_3 を加えて加熱し、冷却後アンモニア水を加えて塩基性にする。

ウ ビウレット反応：水酸化ナトリウム NaOH 水溶液を加えて塩基性にした後、薄い硫酸銅(Ⅱ) CuSO_4 水溶液を少量加える。

- | | | | |
|--------|--------|-----------|--------|
| ① ア | ② イ | ③ ウ | ④ ア, イ |
| ⑤ ア, ウ | ⑥ イ, ウ | ⑦ ア, イ, ウ | |

化 学

問 4 医薬品に関する次の問い(a～c)に答えよ。

- a ヤナギの樹皮に含まれるサリシンは、サリチルアルコールとグルコースが脱水縮合したかたちのグリコシド結合をもつ化合物である。サリシンは消化管を通る間に、図2に示すように加水分解される。生成したサリチルアルコールは酸化され、生じたサリチル酸が解熱鎮痛作用を示す。しかしサリチル酸を服用すると胃に炎症を起こすため、そのかわりにアセチルサリチル酸が開発された。アセチルサリチル酸のように病気の症状を緩和する医薬品を対症療法薬という。

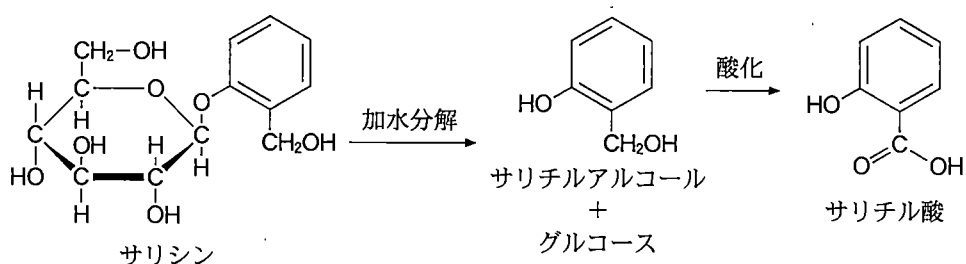


図2 サリシンの加水分解で得られるサリチルアルコールを経由したサリチル酸の生成

次の記述のうち下線部に誤りを含むものはどれか。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 24

- ① グリコシド結合は、希硫酸と加熱することにより加水分解される。
- ② サリシンを溶かした水溶液は、銀鏡反応を示す。
- ③ サリチル酸は、ナトリウムフェノキシドと二酸化炭素を高温・高圧で反応させた後、酸性にすることにより得られる。
- ④ サリチル酸とメタノールを反応させてできるエステルは、消炎鎮痛剤として用いられる。

化 学

- b イギリスの細菌学者フレミングがアオカビから発見した抗生物質ペニシリン G は、病原菌の増殖を抑えて感染症を治す化学療法薬である。図 3 に示すペニシリン G は、破線で囲まれた β -ラクタム環とよばれる環状のアミド構造をもつことで抗菌作用を示す。

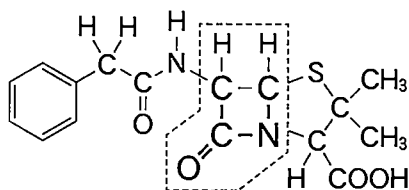


図 3 ペニシリン G の構造
(破線で囲まれた部分が β -ラクタム環)

ペニシリン G の β -ラクタム環は反応性が高く、図 4 のように細菌の増殖に重要なはたらきをする酵素の活性部位にあるヒドロキシ基と反応する。その結果、この酵素のはたらきが障害されるため、細菌の増殖が抑えられる。

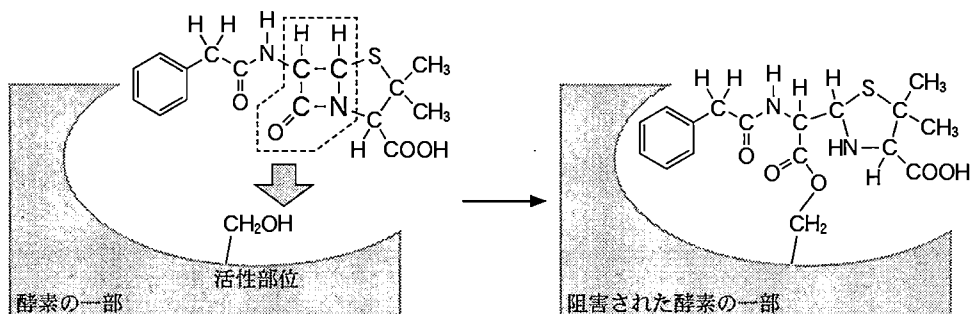
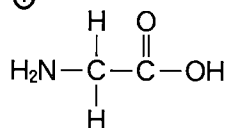


図 4 ペニシリン G と細菌内の酵素との反応

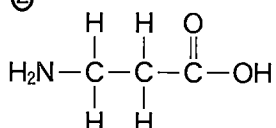
分子内の脱水反応により β -ラクタム環ができる化合物はどれか。最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

25

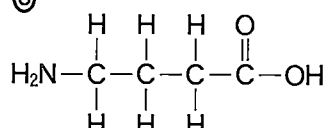
①



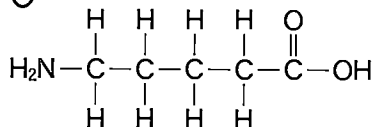
②



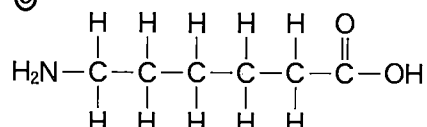
③



④



⑤



化 学

- c *p*-アミノ安息香酸エチルは局所麻酔薬として用いられる合成医薬品である。図5にトルエンから化合物A, B, Cを経由して合成する経路を示す。化合物Bとして最も適当なものを、後の①～⑥のうちから一つ選べ。

化合物B

26

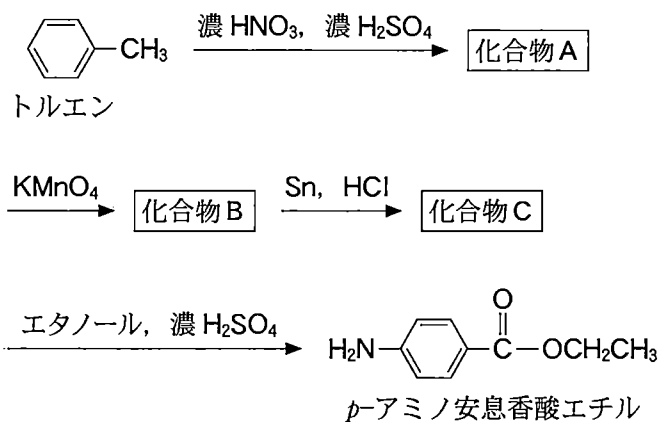
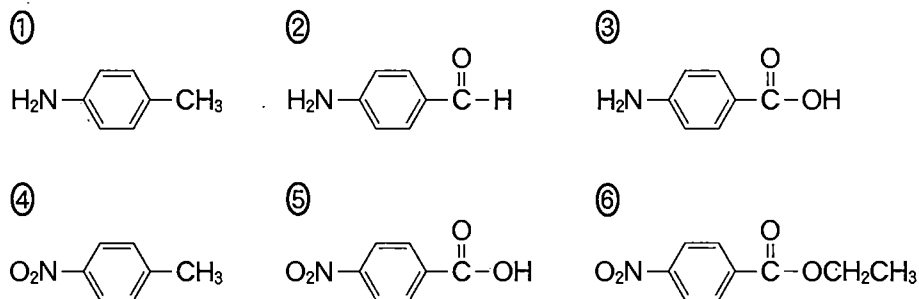


図5 *p*-アミノ安息香酸エチルを合成する経路



(下 書 き 用 紙)

化学の試験問題は次に続く。

化 学

第 5 問 質量分析法に関する次の文章を読み、後の問い(問 1 ～ 3)に答えよ。

(配点 20)

質量分析法では、(a)きわめて微量な成分を分析することができる。この方法では、真空中で原子や分子をイオン化した後、電気や磁気の力を利用して(b)イオンを質量ごとに分離し、これを検出することで、イオン化した原子や分子の個数を知ることができる。

問 1 下線部(a)に関連して、質量分析法はスポーツ競技における選手のドーピング検査などに利用されている。ドーピング検査では、検査対象となった選手から 90 mL 以上の尿を採取し、その一部を質量分析に用いて、対象物質の量が適正な範囲内であるかを調べる。

テストステロンは、生体内に存在するホルモンであるが、筋肉増強効果があるためドーピング禁止物質に指定されている。

図 1 に既知の質量のテストステロンを含む尿を質量分析法で分析した結果を示した。横軸は、尿 3.0 mL に含まれるテストステロンの質量で、縦軸は、テストステロンに由来する陽イオン A^+ の検出された個数(信号強度)である。ここで縦軸の数値は、尿 3.0 mL 中のテストステロンの質量が $5.0 \times 10^{-8} \text{ g}$ のときの A^+ の信号強度を 100 とした相対値で表している。

ある選手の尿 3.0 mL から得られた A^+ の信号強度は 10 であった。この選手の尿 90 mL 中に含まれるテストステロンの質量は何 g か。最も適当な数値を、後の①～⑥のうちから一つ選べ。 27 g

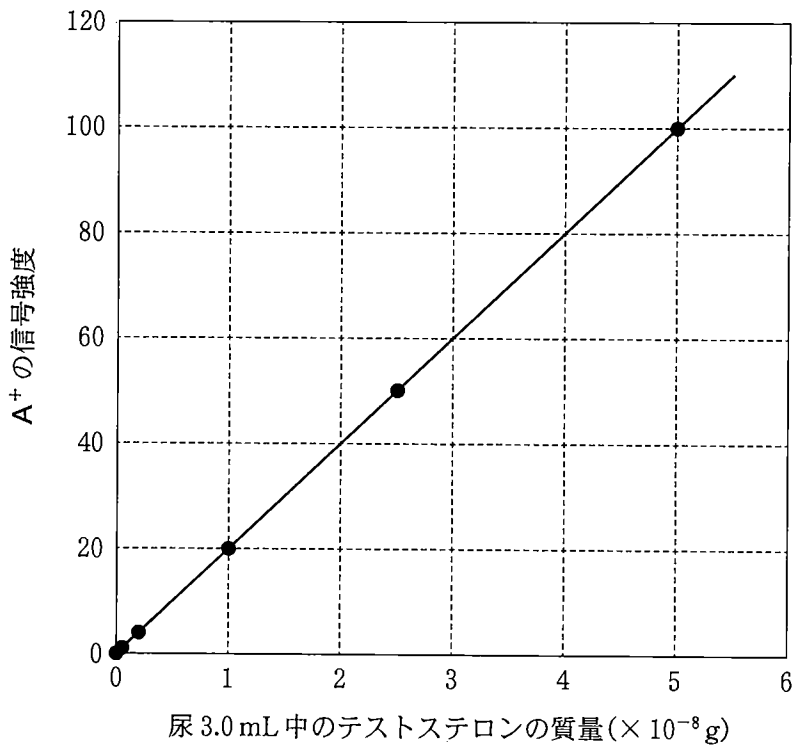


図1 尿中のテストステロンの質量と質量分析法で検出したテストステロンに由来するイオン A^+ の信号強度との関係

- | | | |
|------------------------|------------------------|------------------------|
| ① 1.5×10^{-8} | ② 9.0×10^{-8} | ③ 6.0×10^{-7} |
| ④ 1.5×10^{-7} | ⑤ 9.0×10^{-7} | ⑥ 6.0×10^{-6} |

化 学

問 2 下線部(b)に関連して、質量分析法により、ある元素の同位体の物質量の割合を測定することで、試料中に含まれるその元素の物質量を求めることができる。

ある金属試料 X 中に含まれる銀 Ag の物質量を求めるため、次の実験 I・II を行った。金属試料 X 中に含まれていた Ag の物質量は何 mol か。最も適当な数値を、後の①～④のうちから一つ選べ。 28 mol

実験 I X をすべて硝酸に完全に溶解させ 200 mL とした。この溶液中の ^{107}Ag と ^{109}Ag の物質量の割合を質量分析法により求めたところ、 ^{107}Ag が 50.0 %， ^{109}Ag が 50.0 % であった。

実験 II 実験 I で調製した溶液から 100 mL を取り分け、それに ^{107}Ag の物質量の割合が 100 % である Ag 粉末を $5.00 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 添加し、完全に溶解させた。この溶液中の ^{107}Ag と ^{109}Ag の物質量の割合を質量分析法により求めたところ、 ^{107}Ag が 75.0 %， ^{109}Ag が 25.0 % であった。

- ① 1.00×10^{-3} ② 5.00×10^{-3} ③ 1.00×10^{-2} ④ 5.00×10^{-2}

(下 書 き 用 紙)

化学の試験問題は次に続く。



化 学

問 3 イオンの質量(^{12}C 原子の質量を 12 とした「相対質量」)に対して、検出したそのイオンの個数(またはその最大値を 100 とした相対値で表した「相対強度」)をグラフにしたものを質量スペクトルという。質量スペクトルに関する次の文章を読み、後の問い(a ~ c)に答えよ。

図 2 は、メタン CH_4 を例としたイオン化の模式図である。外部から大きなエネルギーを与えると、 CH_4 から電子が放出され、 CH_4^+ が生成する。与えられるエネルギーがさらに大きいと、 CH_4^+ の結合が切断された CH_3^+ や CH_2^+ などが生成することもある。

CH_4 をあるエネルギーでイオン化したときの質量スペクトルを図 3 に、相対質量 12~17 のイオンの相対強度を表 1 に示す。相対質量が 17 のイオンは、天然に 1 % 存在する $^{13}\text{CH}_4$ に由来する $^{13}\text{CH}_4^+$ である。 CH_4^+ のような、電子を放出しただけのイオンを「分子イオン」、 CH_3^+ や CH_2^+ のような結合が切断されたイオンを「断片イオン」とよぶ。

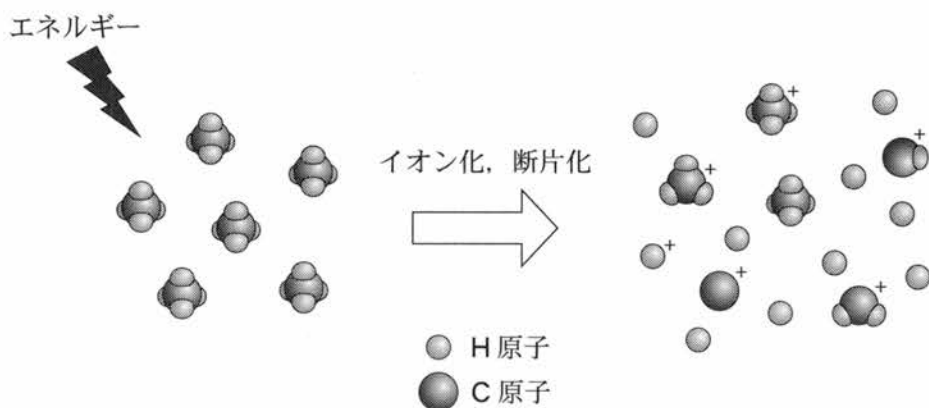


図 2 メタンのイオン化、断片化の模式図

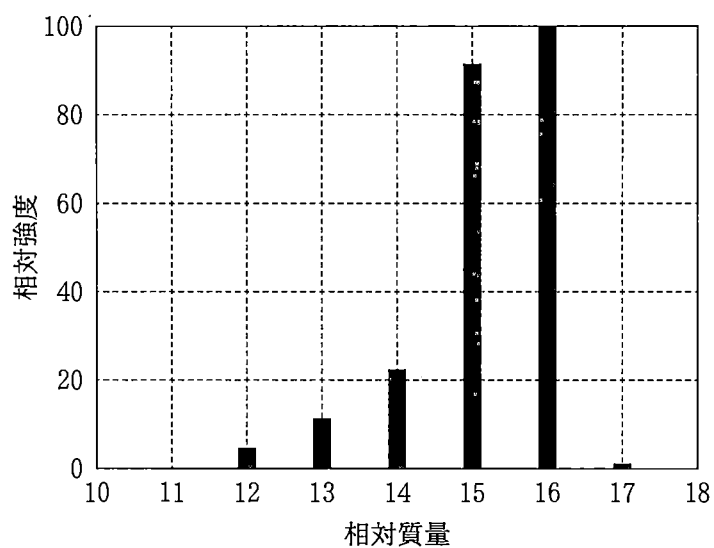


図3 メタンの質量スペクトル

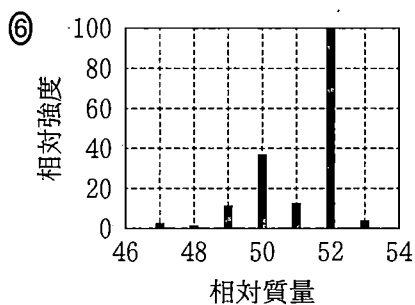
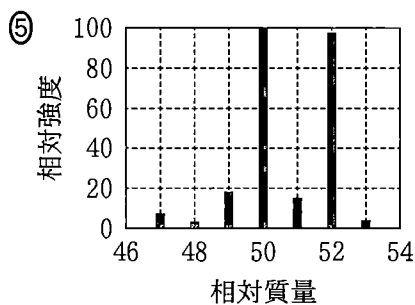
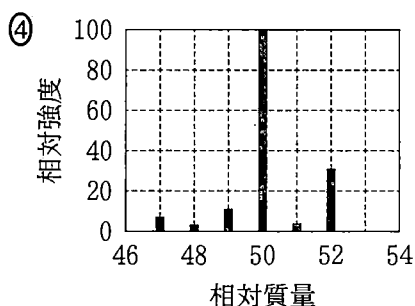
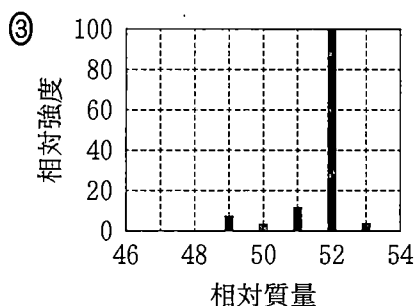
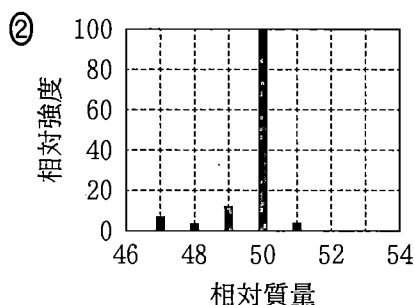
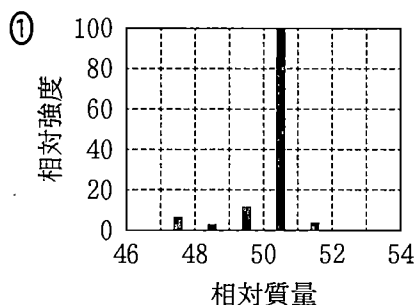
表1 メタンの質量スペクトルにおけるイオンの強度分布

相対質量	相対強度	主なイオン
12	5	$^{12}\text{C}^+$
13	11	$^{12}\text{CH}^+$
14	22	$^{12}\text{CH}_2^+$
15	91	$^{12}\text{CH}_3^+$
16	100	$^{12}\text{CH}_4^+$
17	1	$^{13}\text{CH}_4^+$

化 学

- a 塩素 Cl には 2 種の同位体 ^{35}Cl と ^{37}Cl があり、それらは天然におよそ 3 : 1 の割合で存在する。図 3 と同じエネルギーでクロロメタン CH_3Cl をイオン化した場合の、相対質量が 50 付近の質量スペクトルはどれか。最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし、 ^{35}Cl と ^{37}Cl の相対質量は、それぞれ 35, 37 とする。

29



- b ^{12}C 以外の原子の相対質量は、その原子の質量数とはわずかに異なる。分子量がいずれもおよそ 28 である一酸化炭素 CO 、エチレン(エテン) C_2H_4 、窒素 N_2 の混合気体 X の、相対質量 27.98~28.04 の範囲の質量スペクトルを図 4 に示す。図中のア~ウに対応する分子イオンの組合せとして正しいものはどれか。最も適当なものを、後の①~⑥のうちから一つ選べ。ただし、 ^1H 、 ^{12}C 、 ^{14}N 、 ^{16}O の相対質量はそれぞれ、1.008、12、14.003、15.995 とし、これら以外の同位体は無視できるものとする。

30

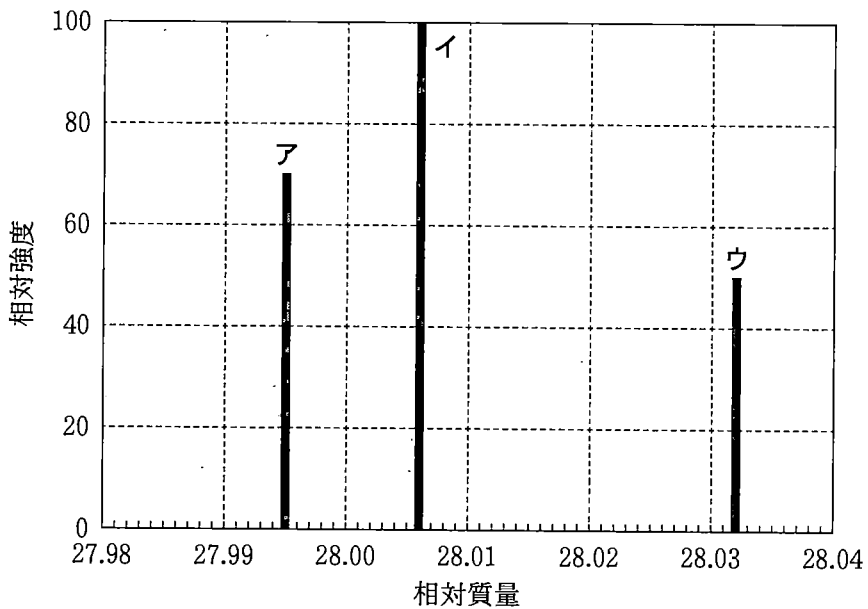


図 4 混合気体 X の質量スペクトル

	ア	イ	ウ
①	CO^+	C_2H_4^+	N_2^+
②	CO^+	N_2^+	C_2H_4^+
③	C_2H_4^+	CO^+	N_2^+
④	C_2H_4^+	N_2^+	CO^+
⑤	N_2^+	CO^+	C_2H_4^+
⑥	N_2^+	C_2H_4^+	CO^+

化学

- c. あるエネルギーでメチルビニルケトン $\text{CH}_3\text{COCH}=\text{CH}_2$ (分子量 70) をイオン化すると、図 5 の破線で示した位置で結合が切断された断片イオンができやすいことがわかっている。メチルビニルケトンの質量スペクトルとして最も適当なものを、後の①～④のうちから一つ選べ。ただし、相対強度が 10 未満のイオンは省略した。

31

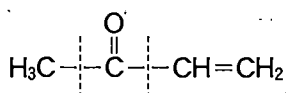
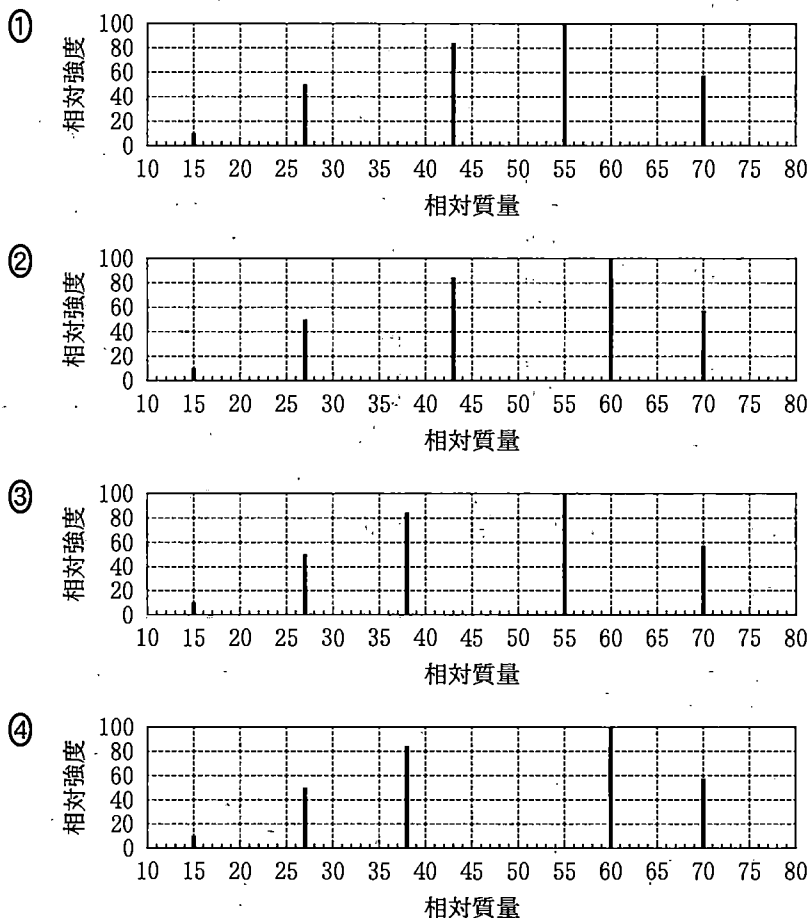


図 5 メチルビニルケトンの構造と切断されやすい結合



(下 書 き 用 紙)

2017-2018