

化 学

解答上の注意事項

数値の解答は、各問の解答形式に指定されている桁数に従うこと。

例1：解答欄が指数形式の場合、320は . × 10、32は . × 10、
3.2は . × 10、0.032は . × 10⁻と解答する。

例2：解答欄が2桁の場合、7は 、17は と解答する。

例3：解答欄が3桁の場合、7は 、17は 、
107は と解答する。

原子量、定数は以下の値を使用すること。

原子量 H : 1.00 C : 12.0 N : 14.0 O : 16.0 Na : 23.0 Mg : 24.0 S : 32.0 Cl : 35.5
Cu : 63.5

気体定数 : $8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$ または、 $8.31 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 / (\text{K} \cdot \text{mol})$

標準状態 ($1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$, 273 K) における 1 mol の気体の体積 : 22.4 L

I 以下の問に答えよ。〔解答欄 ~ 〕

問1 酸素原子の原子半径を a、水素原子の原子半径を b、水分子の酸素原子と水素原子の中心間の距離を c とする。a、b、c の関係として正しいものを下の①~③より1つ選べ。

- ① $a + b = c$ ② $a + b > c$ ③ $a + b < c$

問2 下の①~⑤のうち、イオン結合からなるものをすべて選べ。

- ① CO ② CsCl ③ H₂ ④ HCl ⑤ NaF

問3 115 g の気体 A と 5.0 g の気体 B からなる混合気体が 10 L の密閉容器に入っている。この容器内の混合気体の圧力を 27 °C で測定したところ、 $1.2 \times 10^6 \text{ Pa}$ であった。この混合気体の平均分子量を整数で答えよ。

問 4 下の化合物①~⑦のうち、水に溶けにくく、ヘキサンに溶けやすい物質を3つ選べ。

オ

- ① イソプレン ② キシレン ③ グルコース ④ 二硫化炭素
 ⑤ フッ化水素 ⑥ 硫化水素 ⑦ 硝酸ナトリウム

問 5 図1は、純水、グルコース水溶液、塩化ナトリウム水溶液の蒸気圧曲線である。A, B, Cの曲線はそれぞれの溶液に該当するか。正しい組み合わせを①~⑥より選べ。なお、グルコース水溶液および塩化ナトリウム水溶液は希薄溶液で、質量モル濃度は等しい。

カ

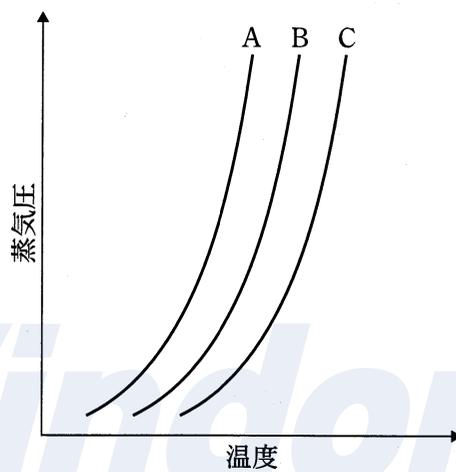
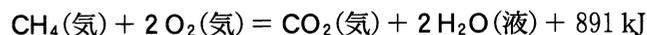
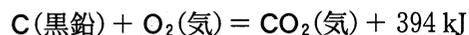
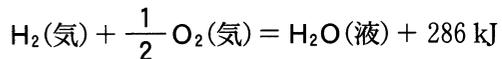
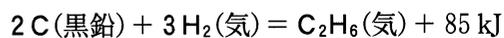
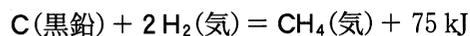


図1

	A	B	C
①	純水	グルコース水溶液	塩化ナトリウム水溶液
②	純水	塩化ナトリウム水溶液	グルコース水溶液
③	塩化ナトリウム水溶液	グルコース水溶液	純水
④	塩化ナトリウム水溶液	純水	グルコース水溶液
⑤	グルコース水溶液	純水	塩化ナトリウム水溶液
⑥	グルコース水溶液	塩化ナトリウム水溶液	純水

問 6 共有結合 C-H の結合エネルギーの大きさを、以下の反応熱などの値を用いて求めよ。



キ ク ケ kJ

問 7 可逆反応に関する以下の①～⑦の記述のうち、触媒の有り無しで変化しないものをすべて選べ。 コ

- ① 反応熱の大きさ
- ② 逆反応の反応速度
- ③ 単位時間あたりの反応物の変化量
- ④ 活性化状態のエネルギーの大きさ
- ⑤ 平衡状態に達した時の生成物の量
- ⑥ 正反応と逆反応の反応速度定数の比
- ⑦ 逆反応の活性化エネルギーの大きさ

問 8 図 2 は酸化マグネシウムの結晶の単位格子を示している。以下の問に答えよ。

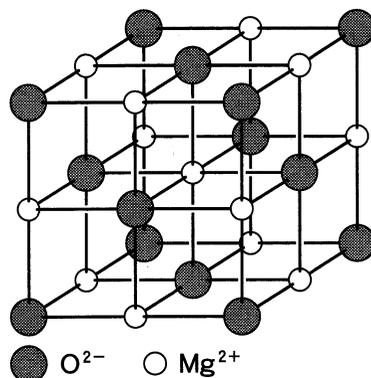


図 2

(1) マグネシウムイオンと酸化物イオンの配位数はそれぞれいくつか。

マグネシウムイオン

サ

酸化物イオン

シ

(2) 単位格子の一辺が 4.0×10^{-8} cm である場合、酸化マグネシウムの結晶の密度を小数点以下1桁で求めよ。ただし、アボガドロ定数は 6.0×10^{23} /mol を用いよ。

ス

 .

セ

 g/cm³

問 9 図3に示したような装置に直流電流を流して電気分解を行った。電解槽 I から発生した気体を全て捕集したところ、気体の体積は標準状態で 560 mL であった。以下の間に答えよ。ただし、発生した気体の電解質溶液への溶解はなく、NaCl、CuSO₄ は電気分解の終了まで十分に存在すると思えよ。

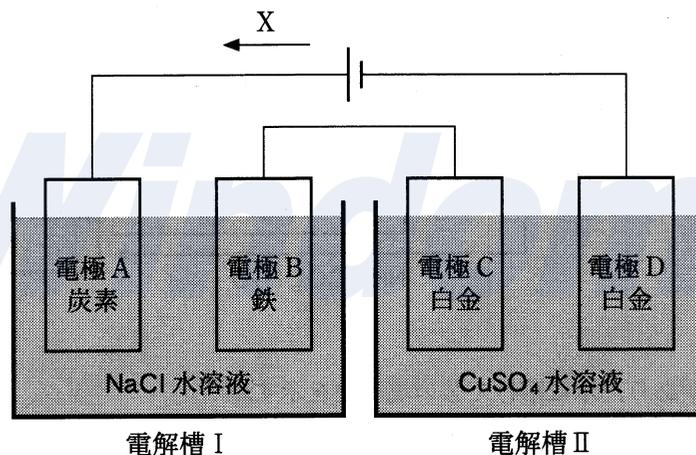


図 3

(1) 電解槽に関する下の①～⑥の記述のうち、正しいものをすべて選べ。

ソ

- ① 電極 A は負極と呼ばれる。
- ② 電極 B は陽極と呼ばれる。
- ③ 電極 C では酸化反応が起こる。
- ④ X で示した矢印は電子の流れる方向である。
- ⑤ X で示した矢印は電流の流れる方向である。
- ⑥ 電極で析出する物質の物質量は、流れた電気量に反比例する。

(2) 電極 D に析出する金属の質量はいくらか。小数点以下2桁で求めよ。

タ

 .

チ

ツ

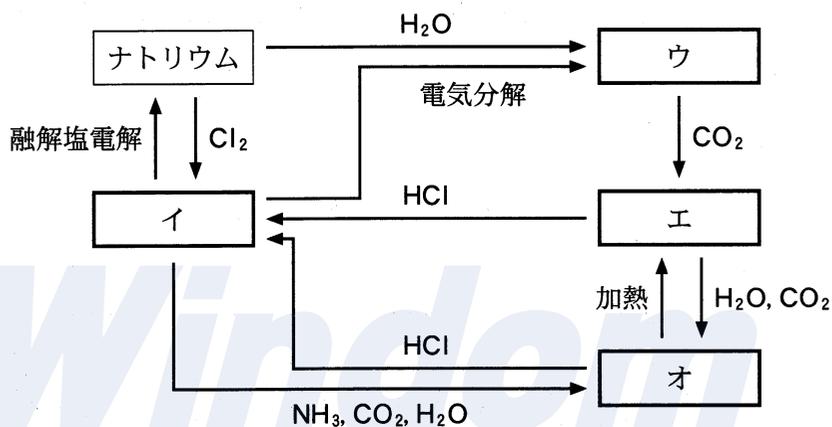
 g

II 以下の問に答えよ。〔解答欄 ~ 〕

問 1 下の化合物①~⑧のうち、酸とは反応しないが、水とも塩基とも反応するものはどれか。すべて選べ。

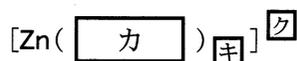
- | | | | |
|---------------------------|-----------------------------|------------------|-------------------------|
| ① Al_2O_3 | ② CaO | ③ MnO_2 | ④ Na_2O |
| ⑤ NO | ⑥ P_4O_{10} | ⑦ SO_2 | ⑧ ZnO |

問 2 ナトリウムとその化合物に関する反応を下に示した。物質 ~ の各々についてあてはまる文章を、下の①~⑦よりそれぞれ1つずつ選べ。



- ① 潮解性があり、水に溶けて強い塩基性を示す。
- ② 潮解性があり、水に溶けて中性を示す。乾燥剤などに用いられる。
- ③ 水に難溶で、大理石などの主成分として天然に存在する。
- ④ 水にわずかに溶けて強い塩基性を示す。酸性土壌の中和剤に用いられる。
- ⑤ 水に溶けて塩基性を示す。ガラスの原料となる。
- ⑥ 水に溶けて中性を示す。海水中に多量に含まれる。
- ⑦ 水に溶けて弱い塩基性を示す。ベーキングパウダーに用いられる。

問 3 亜鉛(II)イオンを含む水溶液にアンモニア水を加えると水酸化亜鉛の沈殿が生じる。さらにアンモニア水を加え続けると、その沈殿は錯イオンとなって溶け、無色の水溶液となる。この錯イオンの化学式を、空欄 ~ に適当な配位子、配位数、価数を入れて完成させよ。, には、下の選択肢より適当なものを1つずつ選べ。 には適当な数字をマークせよ。ただし、通常は表記を省略する1の場合は①をマークせよ。



配位子

- | | | | |
|------------------------|--------------------------|-----------------|-----------------|
| ① H_2O | ② H_3O^+ | ③ NH_2 | ④ NH_3 |
| ⑤ NH_4^+ | ⑥ OH | ⑦ OH^- | |

価数

- | | | | |
|-----|------|------|------|
| ① + | ② 2+ | ③ 3+ | ④ 4+ |
| ⑤ - | ⑥ 2- | ⑦ 3- | ⑧ 4- |

問 4 以下の文章の空欄にあてはまる適当な数字をマークせよ。

ジメチルベンゼンにはメチル基が結合する位置の違いにより、 種類の構造異性体が存在する。

問 5 下の示性式で示した①~⑦の物質のうち、不斉炭素原子を持つものはどれか。すべて選べ。

- | | | |
|---|--|---|
| ① $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$ | ② $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_3$ | ③ $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3$ |
| ④ $\text{CH}_2(\text{NH}_2)\text{COOH}$ | ⑤ $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$ | ⑥ $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{COOH}$ |
| ⑦ $\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{CH}_2\text{COOH}$ | | |

問 6 下の化合物①~⑥のうち、構成する全ての原子が常に同一平面上に配置されるものはどれか。あてはまるものをすべて選べ。

- | | | |
|------------|--------|-----------|
| ① アセチレン | ② エチレン | ③ シクロヘキサン |
| ④ ジメチルエーテル | ⑤ トルエン | ⑥ ベンゼン |

Ⅲ サリチル酸とその関連化合物に関する文Ⅰと文Ⅱを読み、問に答えよ。〔解答欄 ア ~ ス〕

文Ⅰ

古代から、ヤナギ(柳)の樹皮には解熱鎮痛作用をもつ成分が含まれることが知られてきた。この成分はサリシンと呼ばれる化合物であり、図4にその構造式を示した。サリシンを摂取すると、体内でまずサリチルアルコールとグルコースへ加水分解される。さらにサリチルアルコールが酸化されてサリチル酸になることで、解熱鎮痛作用を発揮する。

サリチル酸は19世紀中頃にその合成法が開発され、その誘導体とともに医薬品として使用されてきた。サリチル酸を得るためには、まずフェノールに水酸化ナトリウムを作用させ、ナトリウムフェノキシドとする。次に高温・高圧下で ア を作用させると、サリチル酸ナトリウムが生成する。さらにその水溶液を酸性にすることでサリチル酸が得られる。サリチル酸メチルは、サリチル酸と イ に少量の濃硫酸を加えて加熱することで合成される。また、アセチルサリチル酸は、サリチル酸と ウ を酸触媒とともに加熱することで合成される。

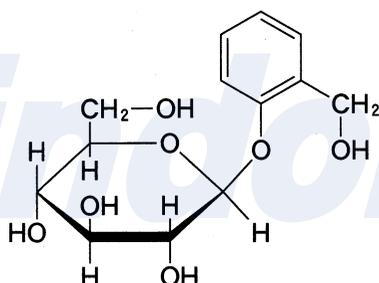


図4

問1 文中の ア ~ ウ として最も適当な化合物を、下の①~⑧よりそれぞれ選べ。

- | | | |
|------------|---------|------------|
| ① アセトアルデヒド | ② エタノール | ③ 酢酸メチル |
| ④ シュウ酸 | ⑤ 二酸化炭素 | ⑥ ホルムアルデヒド |
| ⑦ 無水酢酸 | ⑧ メタノール | |

問2 グルコースの水溶液とサリシンの水溶液で異なる反応性を示すものはどれか。下の①~⑦から1つ選べ。 エ

- | | | |
|---------------|-------------|------------|
| ① キサントプロテイン反応 | ② 銀鏡反応 | ③ ニンヒドリン反応 |
| ④ ビウレット反応 | ⑤ ヨウ素デンプン反応 | ⑥ ヨードホルム反応 |
| ⑦ 該当なし | | |

文Ⅱ

アセチルサリチル酸は、水酸化ナトリウムと反応させた後、未反応の水酸化ナトリウムを酸で滴定することでその量を決定できる。この方法により鎮痛剤に含まれるアセチルサリチル酸について調べた。以下にその実験の内容と結果を示した。なお、鎮痛剤にはアセチルサリチル酸以外の成分も含まれるが、それらの影響は考えなくてよい。

【実験Ⅰ】

鎮痛剤の錠剤を乳鉢と乳棒を用いて十分にすりつぶし、その全量を試験管に移した。この試験管に 0.500 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 10.0 mL を正確に加え、試料を溶解した。次に 10 分間穏やかに加熱した。冷却後、反応液に指示薬としてフェノールフタレインを加え、未反応の水酸化ナトリウムを 0.100 mol/L 硫酸水溶液を用いて直ちに滴定した。フェノールフタレインの色が無色になったところを終点とし、硫酸水溶液の滴下量を求めた。

【実験Ⅱ】

反応液と実験に用いる水酸化ナトリウム水溶液には空気中から二酸化炭素などが溶け込む。この影響を除くため、鎮痛剤の錠剤を用いずに実験Ⅰと同様の実験を行い、硫酸水溶液の滴下量を求めた。

【結果】

実験Ⅰ、実験Ⅱにおける硫酸水溶液の滴下量は、それぞれ 16.8 mL 、 24.8 mL であった。これらの量の硫酸水溶液を加えた時点で反応液中の水酸化ナトリウムと硫酸は過不足なく反応し、終点に達した。なお、実験Ⅰでは下線部の加熱後、鎮痛剤に含まれる全てのアセチルサリチル酸は完全に反応していた。また、滴定終了時においては、フェノール性 OH 基は電離していなかった。

問 3 下線部の加熱を行わず、10 分間室温に放置した場合、実験Ⅰにおける硫酸水溶液の滴下量は、加熱をした場合の滴下量 16.8 mL に比べてどのように変化するか。下の①～③から1つ選べ。ただし、加熱の有無にかかわらず、実験Ⅱにおける硫酸水溶液の滴下量は 24.8 mL で同じであったとせよ。

- ① 減少する ② 変化しない ③ 増加する

問 4 鎮痛剤に含まれるアセチルサリチル酸と反応した水酸化ナトリウムの物質量を有効数字3桁で求めよ。

. mmol

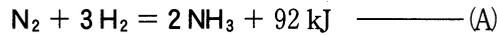
問 5 実験に用いた鎮痛剤に含まれるアセチルサリチル酸(分子量 180.0)は何 g か, 有効数字3桁で求めよ。ただし, 解答欄の は符号とし, +の時は①を, -の時は②をマークせよ。また, ゼロ乗のときは, +0とせよ。

. $\times 10^{\text{シ} \text{①} \text{②}}$ g

Windom

IV 以下の文章を読み、問に答えよ。〔解答欄 ~ 〕

窒素は周期表の15族に属する典型元素で、非金属元素と共有結合し、さまざまな化合物を作る。アンモニアと硝酸は工業的に重要な窒素化合物であり、肥料の原料や火薬、医薬品の製造に広く使われている。アンモニアの工業的な製造には、 が用いられ、その反応は次の熱化学方程式(A)で表される。反応には、 を主成分とした触媒が使われている。



硝酸の工業的な合成には、 が用いられる。この方法は3段階の反応、すなわち、 を触媒として用いたアンモニアの空気酸化、一酸化窒素の酸化、二酸化窒素の水への溶解、で構成される。硝酸は強い酸化力を持ち、水素よりイオン化傾向の小さい金属とも反応する。しかし、 は不動態を形成するため、ほとんど反応しない。

問1 文中の , に入る適当な語を、下の①~⑦よりそれぞれ選べ。

- | | | |
|--------------|-----------|-----------|
| ① アンモニアソーダ法 | ② ウィンクラー法 | ③ オストワルト法 |
| ④ クメン法 | ⑤ 接触法 | ⑥ テルミット反応 |
| ⑦ ハーバー・ボッシュ法 | | |

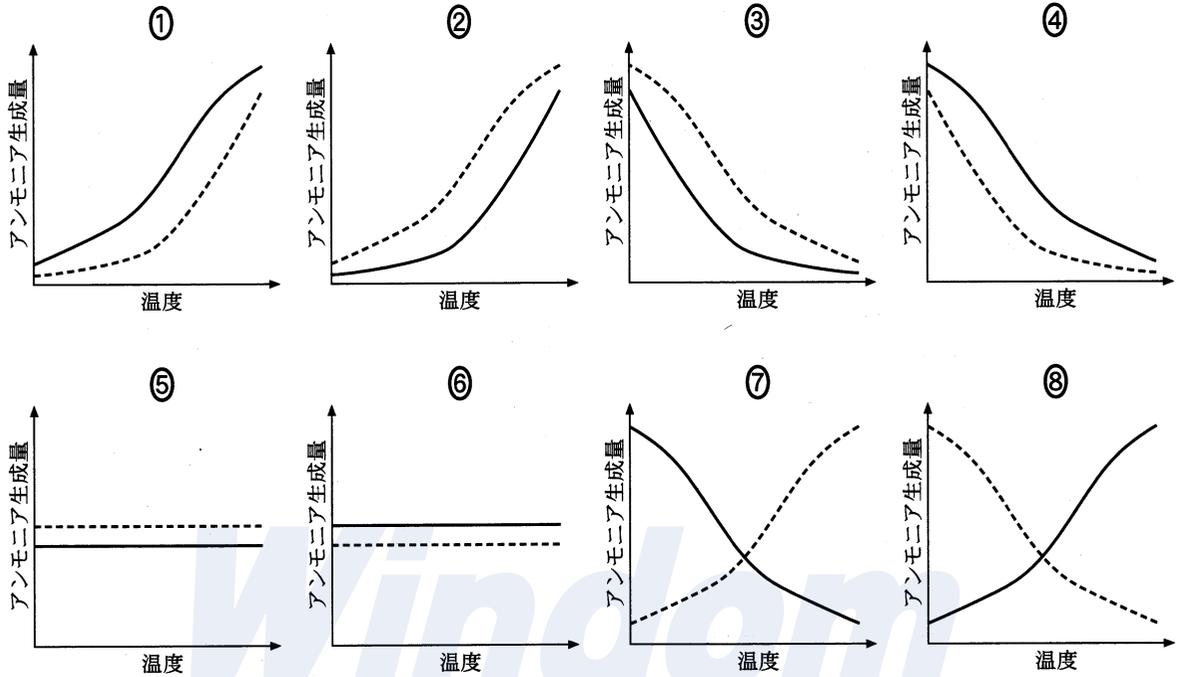
問2 文中の , に入る適当な物質を、下の①~⑧よりそれぞれ選べ。

- | | | |
|-----------|---------------|-----------|
| ① 塩化銅(II) | ② 塩化パラジウム(II) | ③ 酸化バナジウム |
| ④ 鉄 | ⑤ ニッケル | ⑥ 白金 |
| ⑦ マンガン | ⑧ 硫酸水銀(II) | |

問3 文中の に入る適当な金属を、下の①~⑩より3つ選べ。

- | | | | |
|--------|----------|---------|-----|
| ① 亜鉛 | ② アルミニウム | ③ カルシウム | ④ 銀 |
| ⑤ スズ | ⑥ 鉄 | ⑦ 銅 | ⑧ 鉛 |
| ⑨ ニッケル | ⑩ マグネシウム | | |

問 4 熱化学方程式(A)は可逆反応である。下のグラフ①～⑧は、アンモニアを生成させる時の反応温度とアンモニアの生成量の関係を示したものである。実線は反応時の圧力を $3 \times 10^7 \text{ Pa}$ とした場合、破線は $1 \times 10^7 \text{ Pa}$ とした場合を示している。アンモニアの生成量と温度の関係を示すグラフとして正しいものを1つ選べ。ただし、アンモニアの生成は、反応時の温度と圧力を除いてすべて同じ条件で行ったとして考えよ。 カ



問 5 実験室でのアンモニアの製法について以下の問に答えよ。

(1) この製法に必要な2つの試薬を下の①～⑩より選べ。 キ

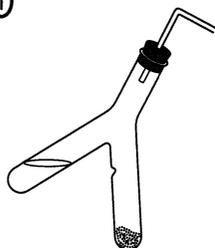
- | | | |
|-----------|--------------|------------|
| ① 亜鉛 | ② 塩化アンモニウム | ③ 塩化カルシウム |
| ④ 塩化ナトリウム | ⑤ 酸化マンガン(IV) | ⑥ 水酸化カルシウム |
| ⑦ 炭酸カルシウム | ⑧ 濃塩酸 | ⑨ 濃硝酸 |
| ⑩ 濃硫酸 | | |

(2) (1)の試薬を用いる製法において、最適な気体の発生方法、乾燥剤、捕集法はそれぞれどれか。

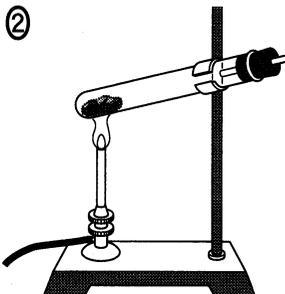
発生方法

ク

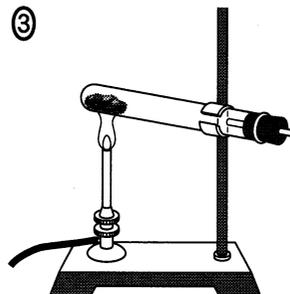
①



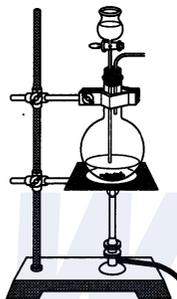
②



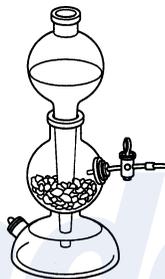
③



④



⑤



乾燥剤

ケ

① 塩化カルシウム

② 十酸化四リン(五酸化二リン)

③ ソーダ石灰

④ 濃硫酸

捕集法

コ

① 上方置換

② 下方置換

③ 水上置換

問 6 気体の二酸化窒素に関する記述として正しいものを、下の①~⑦より3つ選べ。

サ

- ① 毒性がある。
- ② 黄緑色である。
- ③ 刺激臭がある。
- ④ 空気より密度が小さい。
- ⑤ 空気中ですぐに酸化される。
- ⑥ 銅と希硝酸を反応させると発生する。
- ⑦ 常温ではその一部が無色の気体に変化する。