

2022年度

全学部統一選抜

化学基礎・化学

[60 分]

注意 解答に必要なならば、次の値を用いなさい。

原子量 H 1.0 C 12 N 14 O 16 S 32
Cu 64 Zn 65

標準状態において 1 mol の気体が占める体積 = 22.4 L

気体定数 $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$

また、問題文中の体積の単位記号 L は、リットルを表す。

次の各設問の選択肢から最も適当なものを一つ選び、マークしなさい。

1 次の各問い（問 1 ～ 問 5）に答えなさい。

問 1 (ア)、(イ) の両方の記述に当てはまる分子を、次の①～⑤の中から一つ選びなさい。 1

(ア) 三重結合をもつ

(イ) 非共有電子対を 1 つもつ

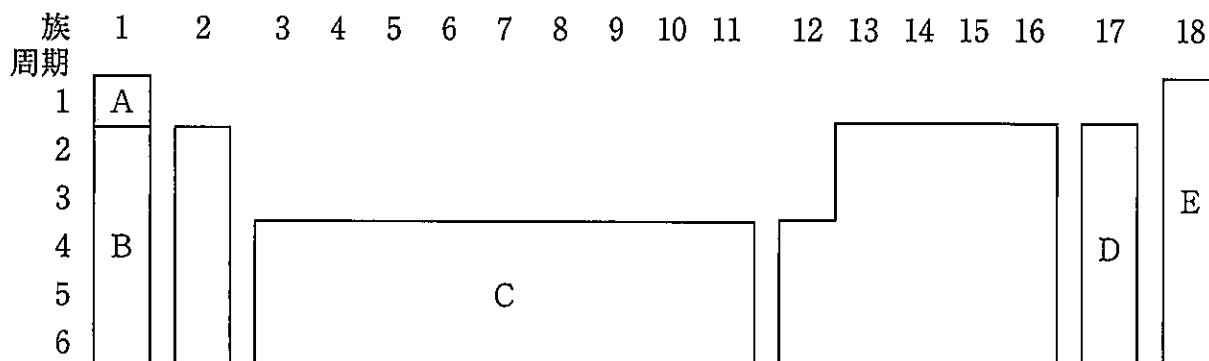
- ① ホルムアルデヒド ② 窒素 ③ アンモニア
④ シアン化水素 ⑤ アセチレン

問2 化合物 A (分子量 M) の質量パーセント濃度 10% 溶液 (溶液の密度 d [g/mL]) を質量モル濃度で表したとき最も適当な式を, 次の①~⑥の中から一つ選びなさい。

mol/kg

- ① $\frac{1000}{9M}$ ② $\frac{1000}{9Md}$ ③ $\frac{1000d}{9M}$
④ $\frac{9M}{1000}$ ⑤ $\frac{9M}{1000d}$ ⑥ $\frac{9Md}{1000}$

問3 次の図は元素周期表の概略図である。各領域に属する元素の性質に関する記述として正しいものを、次の①～⑤の中から一つ選びなさい。 3

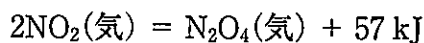


- ① 領域 A は中性子 1 つからなる質量数 1 の元素が属する。
- ② 領域 B の元素はすべて炎色反応を示す。
- ③ 領域 C は遷移元素であり、鉄、銅、亜鉛、すずなどが属する。
- ④ 領域 D はハロゲンであり、1 価の陽イオンになりやすい。
- ⑤ 領域 E は貴ガス（希ガス）であり、電気陰性度が最大のヘリウムが属する。

問4 塩素酸カリウムと酸化マンガン(IV)の混合物の加熱により発生した酸素を、水上置換でメスシリンダー内に捕集する。メスシリンダー内の気体の体積が27℃、 1.0×10^5 Paで160 mL、27℃における水の飽和蒸気圧は 3.6×10^3 Paであるとき、発生した酸素の質量 [g] として最も適当なものを、次の①～⑤から一つ選びなさい。 4 g

- ① 0.10 ② 0.15 ③ 0.20 ④ 0.25 ⑤ 0.30

問5 可逆反応 $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$ の熱化学方程式は次式で表される。この反応がピストン付き容器中で平衡状態にある。



この反応に関する次の記述 (ア)～(ウ)のうち、正しいものをすべて選んだものを、次の①～⑥の中から一つ選びなさい。 5

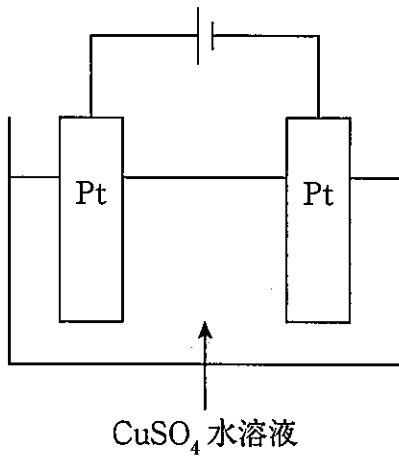
- (ア) 温度一定で体積を2倍に変化させると、 NO_2 の分子数が減少する。
(イ) 圧力一定で加熱すると N_2O_4 の分子数が減少する。
(ウ) 温度、体積一定で N_2O_4 を加えて N_2O_4 の濃度を増加させると、 NO_2 の濃度も増加する。

- ① (ア)のみ ② (イ)のみ ③ (ウ)のみ
④ (ア), (イ) ⑤ (ア), (ウ) ⑥ (イ), (ウ)

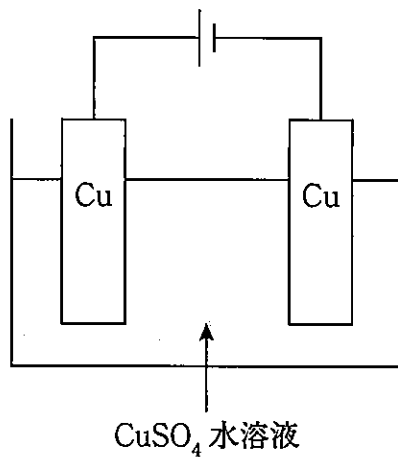
2 次の各問い（問1～問5）に答えなさい。

問1 下図の実験1から4の装置を用いて、水溶液の電気分解反応を行った。陽極側で酸素が発生する実験、陰極側で水素が発生する実験の正しい組み合わせを、次の①～⑥の中から一つ選びなさい。 6

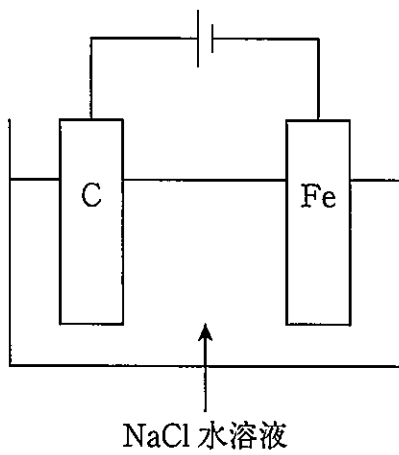
【実験1】



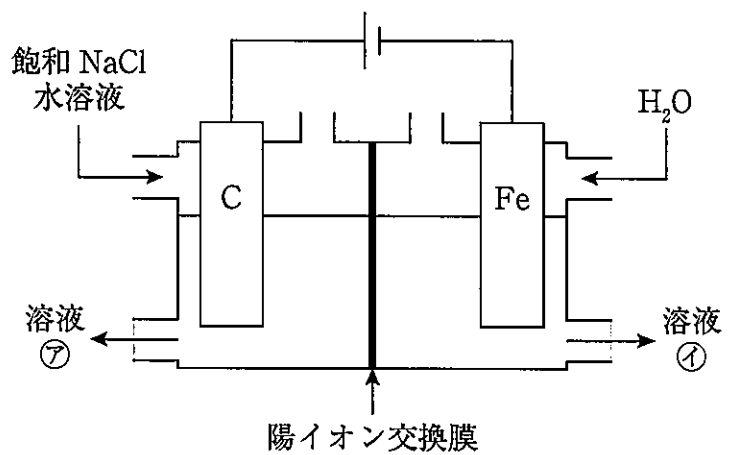
【実験2】



【実験3】



【実験4】

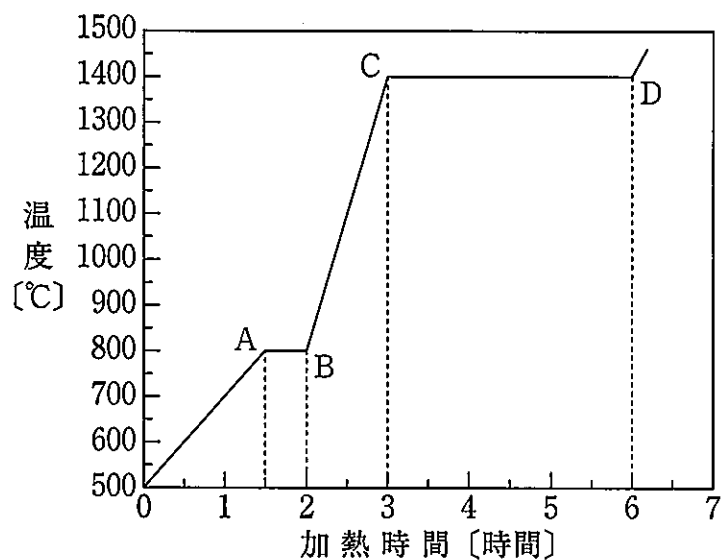


	陽極側で酸素が発生	陰極側で水素が発生
①	実験 1	実験 3
②	実験 1	実験 4
③	実験 1	実験 3 と実験 4
④	実験 2	実験 3
⑤	実験 2	実験 4
⑥	実験 2	実験 3 と実験 4

問2 物質の変化とエネルギーに関する記述として誤りを含むものを、次の①～⑤の中から一つ選びなさい。

- ① 吸熱反応では、反応物の生成熱の総和が生成物の生成熱の総和より大きい。
- ② 液体の水の生成熱は、気体の水の生成熱よりも小さい。
- ③ 溶解熱には、発熱の場合も吸熱の場合もある。
- ④ 光のもつエネルギーは波長に反比例する。
- ⑤ 化学反応は、熱を加えることによって起こる場合が多いが、光を当てることによって起こる場合もある。

問3 図は、ある化合物の固体に1時間あたり一定の熱を加えた時の加熱時間と化合物の温度の関係を示している。この図に関する記述として、誤りを含むものを、次の①～⑤の中から一つ選びなさい。ただし、比熱とは質量1gの物質の温度を1℃上げるのに必要な熱量である。 8



図

- ① この化合物の固体の比熱は、液体の比熱よりも大きい。
- ② この化合物の融点は約 800℃である。
- ③ B～Cの過程では、固体と液体が共存する。
- ④ この化合物の蒸発熱は、その融解熱よりも大きい。
- ⑤ C～Dの過程では、液体と気体が共存する。

問4 水溶液中で化合物 A が化合物 B に変化する反応は可逆反応 $A \rightleftharpoons B$ であり、十分な時間が経過すると平衡状態になる。この反応では、正反応 $A \rightarrow B$ と逆反応 $B \rightarrow A$ の反応速度式は、下表のように表される。

【正反応 $A \rightarrow B$ 】

反応速度	A のモル濃度	反応速度定数	反応速度式
v_1	[A]	k_1	$v_1 = k_1[A]$

【逆反応 $B \rightarrow A$ 】

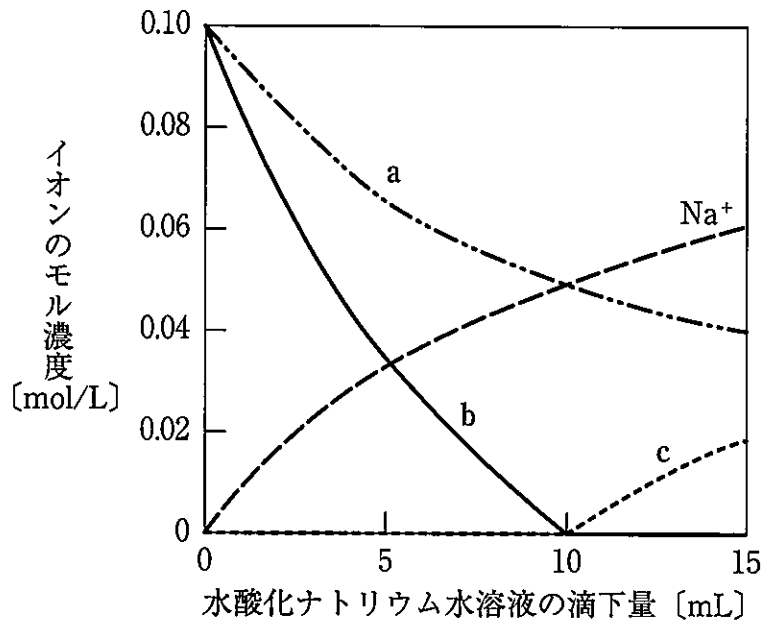
反応速度	B のモル濃度	反応速度定数	反応速度式
v_2	[B]	k_2	$v_2 = k_2[B]$

ある温度において、1.5 mol の A を水に溶かして 1.0 L の溶液とし、 $A \rightleftharpoons B$ の可逆反応が平衡状態になったとき、A のモル濃度 [A] は 0.30 mol/L であった。この可逆反応における正反応と逆反応の反応速度定数の比 k_1/k_2 として正しいものを、次の①～⑤の中から一つ選びなさい。ただし、この反応では、水溶液の体積と温度は変化しないものとする。

9

- ① 0.20 ② 0.25 ③ 1.0 ④ 4.0 ⑤ 5.0

問5 0.10 mol/L の塩酸 10 mL に 0.10 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液を滴下すると、この水溶液中に存在する各イオンのモル濃度はそれぞれ図のように変化する。曲線 a ~ c は H^+ 、 Cl^- 、 OH^- のいずれかのイオンのモル濃度変化を示している。この図の説明文 (ア) ~ (エ) のうち、正しいものをすべて選んだ組み合わせを、次の① ~ ⑥の中から一つ選びなさい。 10



図

- (ア) 曲線 a は H^+ のモル濃度であり、水酸化ナトリウム水溶液の滴下量の増加にともない、低下する。
- (イ) 曲線 a は Cl^- のモル濃度であり、水酸化ナトリウム水溶液の滴下量が増加しても、 Cl^- の物質量は変化しない。
- (ウ) 曲線 b は Cl^- のモル濃度であり、水酸化ナトリウム水溶液の滴下量の増加にともない、生成した $NaCl$ が析出するため、 Cl^- のモル濃度が低下する。
- (エ) 曲線 c は OH^- のモル濃度であり、水酸化ナトリウム水溶液を 10 mL より多く滴下すると、 OH^- が過剰に存在する。

- ① (ア) と (イ) ② (ア) と (ウ) ③ (ア) と (エ)
- ④ (イ) と (ウ) ⑤ (イ) と (エ) ⑥ (ウ) と (エ)

3 次の各問い（問1～問4）に答えなさい。

問1 14族元素の単体および化合物に関する記述として誤りを含むものを、次の①～⑤の中から一つ選びなさい。 11

- ① ダイヤモンドは融点が高く、電気を通さない。
- ② 一酸化炭素はギ酸を濃硫酸で脱水すると得ることができ、水に溶けにくい。
- ③ 二酸化炭素を石灰水に通じると、石灰水が白く濁る。
- ④ ケイ素は地殻に多く含まれ、天然に単体として産出されている。
- ⑤ ケイ素の単体は共有結合の結晶で、ダイヤモンドと同様の結晶構造をとる。

問2 リンの単体および化合物に関する記述として誤りを含むものを、次の①～⑤の中から一つ選びなさい。 12

- ① 赤リンはろう状の固体であり、空気中で自然発火するので水中に保存する。
- ② 十酸化四リン P_4O_{10} は白色粉末であり、強い吸湿性を示す。
- ③ リン酸は化学式 H_3PO_4 で示され、水溶液は中程度の強さの酸性を示す。
- ④ リン酸の塩には、食品の pH 調整剤や、肥料として利用されるものがある。
- ⑤ リン酸カルシウム $Ca_3(PO_4)_2$ は、骨や歯の主成分である。

問3 マンガンの化合物に関する記述として正しいものを、次の①～⑤の中から一つ選びなさい。 13

- ① 酸化マンガン(IV)は、橙赤色の結晶である。
- ② 酸化マンガン(IV)は、濃塩酸と反応して酸素を発生させる。
- ③ 酸化マンガン(IV)は、乾電池の負極活物質として用いられる。
- ④ 過マンガン酸カリウムは、水に溶けて赤紫色の水溶液になる。
- ⑤ 過マンガン酸カリウムは、硫酸酸性水溶液中で強い還元作用を示す。

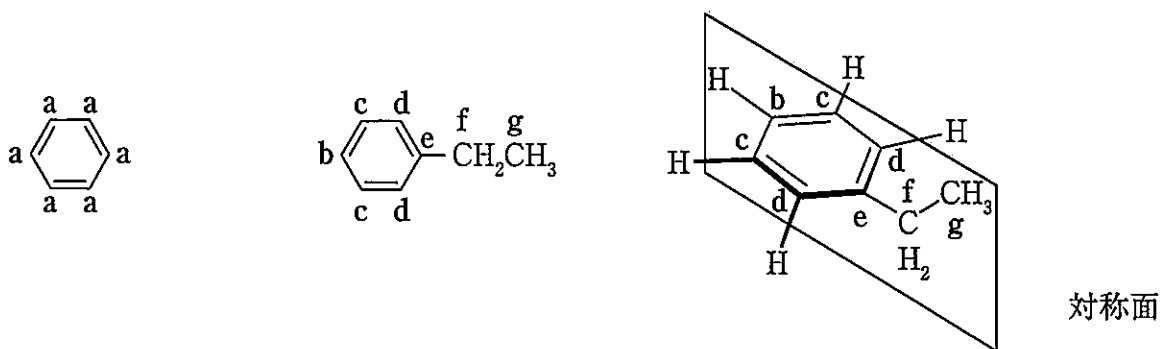
問4 銅と亜鉛の合金である黄銅 60.0 g を酸化力のある酸で完全に溶かし、水溶液にした。この溶液が十分な酸性であることを確認した後、過剰の硫化水素を通じたところ、純粋な化合物の沈殿 58.5 g が得られた。この黄銅中の亜鉛の含有率（質量の比）は何%か。最も適当な数値を、次の①～⑥の中から一つ選びなさい。 14 %

- ① 35
- ② 36
- ③ 45
- ④ 55
- ⑤ 64
- ⑥ 65

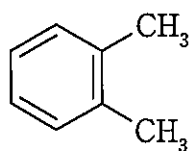
4 次の各問い（問1～問4）に答えなさい。

問1 説明文を読み、以下の各問い（1）～（3）に答えなさい。

核磁気共鳴（Nuclear Magnetic Resonance, NMR）分光法により有機化合物の測定を行うと、分子中に物理的・化学的性質の異なる炭素原子が何種類存在するかを観測することができ、分子構造を決定するうえで非常に役に立つ。例えば、ベンゼンに対してこの測定を行うと、1種類だけの炭素原子が観測される。この結果は、ベンゼンの炭素骨格が平面六角形であり、下図 a で示した分子中の炭素原子の性質がすべて等しい（等価である）事実と一致する。一方、エチルベンゼンを測定すると異なる性質をもつ炭素原子が6種類観測される（等価な炭素は6種類存在する）。この測定結果は、図に示すようにエチルベンゼンの炭素原子 b～g がお互いに異なる性質を持つことを示している。ベンゼン環上の6個の炭素原子が b～e の4種類として観測されるのは、ベンゼンにエチル基が置換すると、置換基との距離が異なるため b～e の環境（物理的・化学的性質）が等価でなくなるためである。なお、エチルベンゼンは炭素 b, e, f を含み、ベンゼン環の平面と垂直な対称面があり、この面をはさんで対になっている炭素（c および d）は等価となっている。

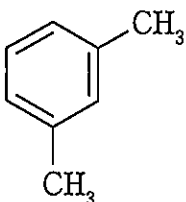


(1) キシレンの3種類の異性体A～Cについて、それぞれNMRの測定を行った場合に、観測される等価な炭素原子の種類の数として正しいものを、次の①～⑤の中から一つずつ選びなさい。



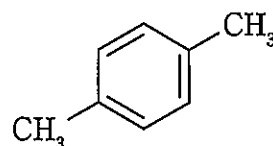
A

種類



B

種類



C

種類

① 2

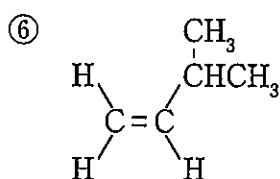
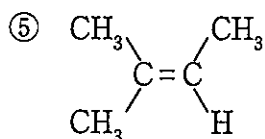
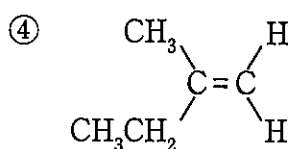
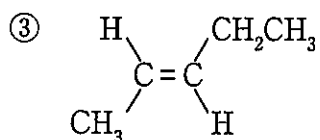
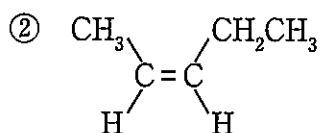
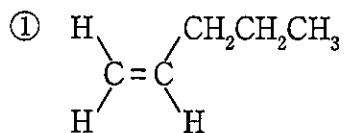
② 3

③ 4

④ 5

⑤ 6

- (2) C_5H_{10} で表されるアルケンに対して NMR の測定を行った場合、観測される等価な炭素原子の種類が最も少なくなるものを、次の①～⑥の中から一つ選びなさい。 18



- (3) C_5H_{12} の分子式をもつすべての異性体について、それぞれ NMR の測定を行った場合、等価な炭素原子の種類が最も多い異性体では、何種類の炭素原子が観測されるか。正しいものを、次の①～⑤の中から一つ選びなさい。 19 種類

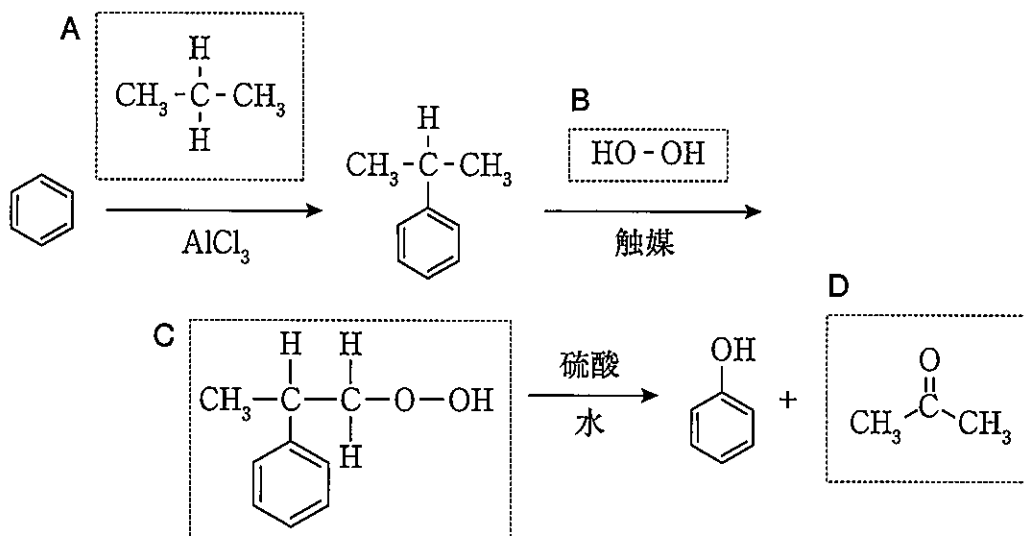
- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5

問2 $C_4H_4O_4$ の分子式をもつジカルボン酸に関する説明文 (ア)~(オ) のうち、正しいものすべてを選んだ組み合わせを、次の①~⑤の中から一つ選びなさい。 20

- (ア) このジカルボン酸には、3種類の異性体が存在する。
- (イ) マレイン酸とフマル酸は鏡像異性体の関係にある。
- (ウ) マレイン酸は加熱により容易に分子内脱水を起こし、無水マレイン酸を生成する。
- (エ) 水に対する溶解度はマレイン酸よりもフマル酸の方が大きい。
- (オ) マレイン酸およびフマル酸を触媒存在下で水素と反応させると同一の生成物を与える。

- ① (ア, イ, ウ) ② (ア, ウ, オ) ③ (ア, イ, エ)
- ④ (イ, ウ, オ) ⑤ (ウ, エ, オ)

問3 以下のベンゼンからフェノールを合成するクメン法の反応経路中の、点線枠内A～Dの化合物について、正誤の組み合わせとして正しいものを次の①～⑥の中から一つ選びなさい。 21



	A	B	C	D
①	正	誤	誤	誤
②	正	正	誤	誤
③	正	正	正	誤
④	誤	正	正	正
⑤	誤	誤	正	正
⑥	誤	誤	誤	正

