

## 理 科 問 題



こ

## 注 意

1. この問題冊子は56ページあります。解答用紙には、表と裏があります。
2. あなたの受験番号は解答用紙に印刷されています。印刷されている受験番号と、受験票の受験番号が一致していることを確認下さい。
3. 解答用紙の所定の欄に氏名を記入下さい。
4. 問題は物理3題(A, B, C), 化学3題(D, E, F)の合計6題からなっています。
5. この6題のうちから3題を任意に選択して解答下さい。  
4題以上解答した場合には、すべての解答が無効になります。
6. 解答はすべて解答用紙の所定の欄にマークするか、または所定の欄に書き下さい。
7. 1問につき2つ以上マークしないこと。2つ以上マークした場合には、その解答は無効になります。
8. 解答は、必ず鉛筆またはシャープペンシル(いずれもHB・黒)で記入下さい。
9. 訂正するときは、消しゴムできれいに消し、消しクズを残さないこと。
10. 解答用紙は、絶対に汚したり折り曲げたりしないこと。また、所定の欄以外には絶対に記入しないこと。
11. 解答用紙は必ず提出下さい。
12. 試験時間は80分です。

※ この問題冊子は必ず持ち帰り下さい。

(マーク記入例)

| 良い例   | 悪い例   |
|---|---|
|  |  |





# 化 学

〔D〕 次の文章を読み、文中の空欄  ～  に最も適するものをそれぞれの解答群の中から一つ選び、解答用紙の所定の欄にその番号をマークしなさい。また、空欄  に適する化学式を解答用紙の所定の欄に丁寧に記入しなさい。

原子量や平方根の近似値が必要な場合は、それぞれ次の値を用いなさい。

$$H = 1.0, C = 12.0, O = 16.0$$

$$\sqrt{2} = 1.41, \sqrt{3} = 1.73, \sqrt{5} = 2.24$$

(1) ヨウ素の単体は常温で  分子からなる分子結晶の固体である。したがって、 分子からなる溶媒にはよく溶けるが、水にはほとんど溶けない。しかし、ヨウ化カリウム水溶液には  イオンを生じて溶けて、水溶液の色は  となる。 ,  ,  の組み合わせとして正しいものは  である。

このヨウ素ヨウ化カリウム水溶液に  を加えると、溶液は  を示す。この呈色した溶液を加熱すると色が  が、その後冷却すると色は再び  に戻る。 ,  ,  の組み合わせとして正しいものは  である。

ア の解答群

| 番 号 | あ   | い       | う   |
|-----|-----|---------|-----|
| ①   | 極 性 | $I_2^-$ | 無 色 |
| ②   | 極 性 | $I_2^-$ | 褐 色 |
| ③   | 極 性 | $I_3^-$ | 無 色 |
| ④   | 極 性 | $I_3^-$ | 褐 色 |
| ⑤   | 無極性 | $I_2^-$ | 無 色 |
| ⑥   | 無極性 | $I_2^-$ | 褐 色 |
| ⑦   | 無極性 | $I_3^-$ | 無 色 |
| ⑧   | 無極性 | $I_3^-$ | 褐 色 |

イ の解答群

| 番 号 | え        | お     | か    |
|-----|----------|-------|------|
| ①   | ニンヒドリン溶液 | 赤褐色   | 消える  |
| ②   | ニンヒドリン溶液 | 赤褐色   | 濃くなる |
| ③   | ニンヒドリン溶液 | 青～青紫色 | 消える  |
| ④   | ニンヒドリン溶液 | 青～青紫色 | 濃くなる |
| ⑤   | デンプン水溶液  | 赤褐色   | 消える  |
| ⑥   | デンプン水溶液  | 赤褐色   | 濃くなる |
| ⑦   | デンプン水溶液  | 青～青紫色 | 消える  |
| ⑧   | デンプン水溶液  | 青～青紫色 | 濃くなる |

(2) 濃度不明の水酸化ナトリウム NaOH と炭酸ナトリウム  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  を含む水溶液 25.0 mL を試料とした。 **き** を指示薬として、この試料水溶液を 0.100 mol/L の塩酸で滴定した。塩酸を 20.0 mL 滴下したところで、水溶液は **く** に変色し、第一中和点に達した。続いて、この第一中和点に達した水溶液に **け** を指示薬として加えて、再び塩酸を滴下した。さらに 5.0 mL 滴下したところで、水溶液の色が変化し第二中和点に達した。**き** , **く** , **け** の組み合わせとして正しいものは **ウ** である。以上の結果から、はじめの試料水溶液の炭酸ナトリウム  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  の濃度は **エ** mol/L と求められる。また、はじめの試料水溶液 25.0 mL 中に含まれるナトリウムイオン  $\text{Na}^+$  の物質量は **オ** mol と求められる。

**ウ** の解答群

| 番号 | き          | く  | け          |
|----|------------|----|------------|
| ①  | フェノールフタレイン | 赤色 | プロモチモールブルー |
| ②  | フェノールフタレイン | 赤色 | メチルオレンジ    |
| ③  | フェノールフタレイン | 無色 | プロモチモールブルー |
| ④  | フェノールフタレイン | 無色 | メチルオレンジ    |
| ⑤  | メチルオレンジ    | 黄色 | フェノールフタレイン |
| ⑥  | メチルオレンジ    | 黄色 | プロモチモールブルー |
| ⑦  | メチルオレンジ    | 赤色 | フェノールフタレイン |
| ⑧  | メチルオレンジ    | 赤色 | プロモチモールブルー |

**エ** の解答群

- ① 0.010      ② 0.020      ③ 0.030      ④ 0.040      ⑤ 0.050  
 ⑥ 0.10        ⑦ 0.20        ⑧ 0.30        ⑨ 0.40

オ の解答群

①  $1.0 \times 10^{-3}$

②  $1.3 \times 10^{-3}$

③  $2.0 \times 10^{-3}$

④  $2.5 \times 10^{-3}$

⑤  $3.0 \times 10^{-3}$

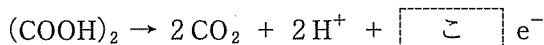
⑥  $4.0 \times 10^{-3}$

⑦  $1.0 \times 10^{-2}$

⑧  $2.0 \times 10^{-2}$

⑨  $2.5 \times 10^{-2}$

(3) 硫酸酸性のシュウ酸(COOH)<sub>2</sub>水溶液に、過マンガン酸カリウム KMnO<sub>4</sub>水溶液を滴下して酸化還元滴定を行う。このとき、(COOH)<sub>2</sub>は次の式のように反応する。



(COOH)<sub>2</sub>は電子を  性質をもち、 としてはたらく。  
, ,  の組み合わせとして正しいものは  
 である。

一方、KMnO<sub>4</sub>は水に溶解すると電離して過マンガン酸イオン MnO<sub>4</sub><sup>-</sup>を生じ、MnO<sub>4</sub><sup>-</sup>は次の式のように反応する。



MnO<sub>4</sub><sup>-</sup>は電子を  性質をもち、KMnO<sub>4</sub>は  としてはたらく。  
, ,  の組み合わせとして正しいものは  
 である。上の二つの式を組み合わせると、1 mol の MnO<sub>4</sub><sup>-</sup> と過不足なく反応する (COOH)<sub>2</sub> の物質量は  mol である。

滴定に使用する 0.0700 mol/L の (COOH)<sub>2</sub> 水溶液を 1.00 L 調製するために、シュウ酸二水和物 (COOH)<sub>2</sub> · 2H<sub>2</sub>O の結晶  g を水に溶かし、メスフラスコを用いて正確に 1.00 L とした。この (COOH)<sub>2</sub> 水溶液をホールピペットで 10.0 mL とり、40.0 mL の水を加えて全体を 50.0 mL とし、希硫酸を加えて酸性にした。この水溶液を約 70℃ まで温めた上で、濃度不明の KMnO<sub>4</sub> 水溶液で滴定した。KMnO<sub>4</sub> 水溶液を 14.0 mL 滴下したところで、滴下した KMnO<sub>4</sub> 水溶液の  。このときを滴定の終点とした。この滴定の結果から、KMnO<sub>4</sub> 水溶液の濃度は  mol/L と求められる。



カ の解答群

| 番 号 | こ | さ      | し   |
|-----|---|--------|-----|
| ①   | 2 | 相手に与える | 酸化剤 |
| ②   | 2 | 相手に与える | 還元剤 |
| ③   | 2 | 相手から奪う | 酸化剤 |
| ④   | 2 | 相手から奪う | 還元剤 |
| ⑤   | 4 | 相手に与える | 酸化剤 |
| ⑥   | 4 | 相手に与える | 還元剤 |
| ⑦   | 4 | 相手から奪う | 酸化剤 |
| ⑧   | 4 | 相手から奪う | 還元剤 |

キ の解答群

| 番 号 | す | せ      | そ   |
|-----|---|--------|-----|
| ①   | 4 | 相手に与える | 酸化剤 |
| ②   | 4 | 相手に与える | 還元剤 |
| ③   | 4 | 相手から奪う | 酸化剤 |
| ④   | 4 | 相手から奪う | 還元剤 |
| ⑤   | 5 | 相手に与える | 酸化剤 |
| ⑥   | 5 | 相手に与える | 還元剤 |
| ⑦   | 5 | 相手から奪う | 酸化剤 |
| ⑧   | 5 | 相手から奪う | 還元剤 |

ク の解答群

- ① 0.2      ② 0.25      ③ 0.4      ④ 0.5      ⑤ 1  
 ⑥ 2      ⑦ 2.5      ⑧ 4      ⑨ 5

ケ の解答群

- ① 0.0630      ② 0.0882      ③ 0.630      ④ 0.882  
⑤ 6.30      ⑥ 8.82      ⑦ 63.0      ⑧ 88.2

コ の解答群

- ① 赤紫色が消えて無色になった  
② 赤紫色が消えて橙赤色になった  
③ 赤紫色が消えて黒色沈殿が生成した  
④ 赤紫色が消えなくなった  
⑤ 橙赤色が消えて無色になった  
⑥ 橙赤色が消えて赤紫色になった  
⑦ 橙赤色が消えて黒色沈殿が生成した  
⑧ 橙赤色が消えなくなった

サ の解答群

- ① 0.0125      ② 0.0200      ③ 0.0250      ④ 0.0400  
⑤ 0.130      ⑥ 0.200      ⑦ 0.250      ⑧ 0.400

(このページは、計算に使用して良い)

(4) 銀 Ag は銀白色の美しい光沢をもつことから、古くから硬貨や宝飾品、食器などとして利用されてきた。Ag が食器として使用された別の理由として、毒物の混入を知ることが出来たためであるとも言われている。中世に毒物としてしばしば使用されたヒ素は、純度が低く硫化物を含んでいた。この硫化物と Ag が反応して黒色の硫化銀  $\text{Ag}_2\text{S}$  となり銀食器が黒変することで、間接的に毒物のヒ素の混入を知ることができるためである。

単体の Ag は全ての金属の中で最も高い電気伝導性と熱伝導性を持ち、現代では電気回路などに使用されている。Ag は空気中の酸素とは反応しにくいという特徴をもつ。大気圧下において、乾燥した空気中で強熱しても酸化されない金属には、Ag の他に  や Au がある。酸との反応では、Ag は  とは反応しないが、 とは反応して溶解する。

銀イオン  $\text{Ag}^+$  はハロゲン化物イオンと反応してハロゲン化銀を生じる。ハロゲン化銀は、 を除いて水に溶けにくい。また、ハロゲン化銀には感光性があり、写真フィルムには主に臭化銀  $\text{AgBr}$  が使用されている。, , ,  の組み合わせとして正しいものは  である。

硝酸銀  $\text{AgNO}_3$  水溶液に水酸化ナトリウム水溶液や少量のアンモニア水を加えると  が沈殿する。この沈殿に過剰のアンモニア水を加えると、沈殿は銀の錯イオンである  となって水に溶ける。

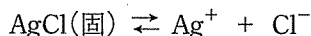
シ の解答群

| 番号 | た  | ち    | つ    | て   |
|----|----|------|------|-----|
| ①  | Pt | 塩酸   | 熱濃硫酸 | AgF |
| ②  | Pt | 塩酸   | 熱濃硫酸 | AgI |
| ③  | Pt | 熱濃硫酸 | 塩酸   | AgF |
| ④  | Pt | 熱濃硫酸 | 塩酸   | AgI |
| ⑤  | Cu | 塩酸   | 熱濃硫酸 | AgF |
| ⑥  | Cu | 塩酸   | 熱濃硫酸 | AgI |
| ⑦  | Cu | 熱濃硫酸 | 塩酸   | AgF |
| ⑧  | Cu | 熱濃硫酸 | 塩酸   | AgI |

ス の解答群

- ①  $[\text{Ag}(\text{OH})_2]^-$       ②  $[\text{Ag}(\text{OH})_3]^{2-}$       ③  $[\text{Ag}(\text{OH})_4]^{3-}$   
 ④  $[\text{Ag}(\text{OH})_6]^{5-}$       ⑤  $[\text{AgNH}_3]^+$       ⑥  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$   
 ⑦  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_3]^+$       ⑧  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_4]^+$       ⑨  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_6]^+$

- (5) 硝酸銀  $\text{AgNO}_3$  水溶液に塩化物イオン  $\text{Cl}^-$  を加えると塩化銀  $\text{AgCl}$  の白色沈殿が生じる。 $\text{AgCl}$  の飽和水溶液では、固体の  $\text{AgCl}$  と水溶液中の銀イオン  $\text{Ag}^+$  および塩化物イオン  $\text{Cl}^-$  との間で、次のような溶解平衡が成り立つ。



ここで、水溶液の温度を  $25^\circ\text{C}$  で一定に保ちながら、 $\text{Ag}^+$  を含む水溶液に  $\text{Cl}^-$  を含む水溶液をゆっくりと滴下して  $\text{AgCl}$  を沈殿させる場合を考える。ただし、 $25^\circ\text{C}$  における  $\text{AgCl}$  の溶解度積を  $1.8 \times 10^{-10} (\text{mol/L})^2$  とし、 $\text{Ag}^+$  および  $\text{Cl}^-$  以外の水溶液中のイオンは上式の溶解平衡には影響を与えないとする。

$\text{Ag}^+$  を含む水溶液に  $\text{Cl}^-$  を含む水溶液を一滴加えた時点で、 $\text{AgCl}$  が析出した。この時の水溶液中の  $\text{Ag}^+$  濃度が  $0.20 \text{ mol/L}$  であったとして溶解度積を使って計算すると、溶液中の  $\text{Cl}^-$  濃度は   $\text{mol/L}$  となる。さらに続けて  $\text{Cl}^-$  を含む水溶液を滴下した。滴下した水溶液中の  $\text{Cl}^-$  の物質量の総量が初めの水溶液中に含まれていた  $\text{Ag}^+$  の物質量と同じになったとき、水溶液中の  $\text{Ag}^+$  濃度は   $\text{mol/L}$  となる。この水溶液にさらに  $\text{Cl}^-$  を含む水溶液を加えていくと、上式の溶解平衡は ,  $\text{Ag}^+$  の濃度は 。  
,  の組み合わせとして正しいものは  である。ここで、 $\text{Ag}^+$  濃度が  $0.20 \text{ mol/L}$  の水溶液  $1.00 \times 10^2 \text{ mL}$  に、 $\text{Cl}^-$  濃度が  $0.40 \text{ mol/L}$  の水溶液  $1.00 \times 10^2 \text{ mL}$  をすべて滴下して、 $\text{AgCl}$  を沈殿させた。沈殿の析出による水溶液の体積変化は無視でき、 $25^\circ\text{C}$  で溶解平衡が成り立っているとしたとき、この水溶液中の  $\text{Ag}^+$  濃度は   $\text{mol/L}$  となる。

の解答群

- |                         |                         |                         |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| ① $1.8 \times 10^{-9}$  | ② $3.6 \times 10^{-9}$  | ③ $9.0 \times 10^{-9}$  |
| ④ $1.8 \times 10^{-10}$ | ⑤ $3.6 \times 10^{-10}$ | ⑥ $9.0 \times 10^{-10}$ |
| ⑦ $1.8 \times 10^{-11}$ | ⑧ $3.6 \times 10^{-11}$ | ⑨ $9.0 \times 10^{-11}$ |

ソ の解答群

- ①  $4.2 \times 10^{-5}$                       ②  $1.3 \times 10^{-5}$                       ③  $1.8 \times 10^{-5}$   
④  $4.2 \times 10^{-6}$                       ⑤  $1.3 \times 10^{-6}$                       ⑥  $9.0 \times 10^{-7}$   
⑦  $1.8 \times 10^{-8}$                       ⑧  $4.2 \times 10^{-8}$                       ⑨  $1.3 \times 10^{-8}$

タ の解答群

| 番 号 | と         | な       |
|-----|-----------|---------|
| ①   | 左辺の方向に移動し | 増加する    |
| ②   | 左辺の方向に移動し | 減少する    |
| ③   | 左辺の方向に移動し | 一定に保たれる |
| ④   | 移動せず      | 増加する    |
| ⑤   | 移動せず      | 減少する    |
| ⑥   | 移動せず      | 一定に保たれる |
| ⑦   | 右辺の方向に移動し | 増加する    |
| ⑧   | 右辺の方向に移動し | 減少する    |
| ⑨   | 右辺の方向に移動し | 一定に保たれる |

チ の解答群

- ①  $9.0 \times 10^{-5}$                       ②  $1.8 \times 10^{-5}$                       ③  $3.6 \times 10^{-5}$   
④  $9.0 \times 10^{-9}$                       ⑤  $1.8 \times 10^{-9}$                       ⑥  $3.6 \times 10^{-9}$   
⑦  $9.0 \times 10^{-10}$                       ⑧  $1.8 \times 10^{-10}$                       ⑨  $3.6 \times 10^{-10}$

[E] 次の文章を読み、文中の空欄  ～  に最も適するものをそれぞれの解答群の中から一つ選び、解答用紙の所定の欄にその番号をマークしなさい。また、空欄  に適する熱化学方程式を、解答用紙の所定の欄に丁寧に記入しなさい。

(1) 原子・分子・イオンなどの構成粒子が規則正しく配列した固体を結晶と呼ぶ。結晶は、構成粒子の種類や構成粒子どうしの結合のしかたにより、イオン結晶、共有結合の結晶、金属結晶、分子結晶に分類される。

イオン結晶では、陰イオンと陽イオンが隣り合って配列し、イオン結合により結びついている。たとえば、イオン結晶としてよく知られる塩化ナトリウムの結晶は、 価の  イオンであるナトリウムイオンと、 価の  イオンである塩化物イオンにより構成される。 ,  ,  の組み合わせとして正しいものは  である。塩化ナトリウムの結晶は、電気的に中性であり、同じ価数のナトリウムイオンと塩化物イオンが1:1の数比で存在し、組成式はNaClと表すことができる。

ホタル石の主成分であるフッ化カルシウムも塩化ナトリウムと同様にイオン結晶をつくる。フッ化カルシウムの結晶は、カルシウムイオンとフッ化物イオンにより構成される。フッ素は塩素と  元素で、フッ化物イオンも  価の  イオンである。一方、カルシウムイオンは  価の  イオンである。ここで、結晶全体での電気的中性を考慮すると、フッ化カルシウムの組成式は  と表すことができる。 ,  ,  の組み合わせとして正しいものは  である。イオン結晶は多くの場合、分子結晶より「融点が  」, 「  」という性質を持つ。 ,  の組み合わせとして正しいものは  である。

共有結合の結晶では、 元素の原子が共有結合により連なっている。たとえば、共有結合の結晶のひとつであるダイヤモンドの場合、各炭素原子が  個の価電子により隣接する  個の炭素原子と共有結合



をつくる。  ,  ,  の組み合わせとして正しいものは  である。ダイヤモンドの  には、中空球状構造を持つ  がある。  ,  の組み合わせとして正しいものは  である。

の解答群

| 番号 | あ | い | う |
|----|---|---|---|
| ①  | 0 | 陽 | 陰 |
| ②  | 0 | 陰 | 陽 |
| ③  | 1 | 陽 | 陰 |
| ④  | 1 | 陰 | 陽 |
| ⑤  | 2 | 陽 | 陰 |
| ⑥  | 2 | 陰 | 陽 |

の解答群

| 番号 | え   | お | か                 |
|----|-----|---|-------------------|
| ①  | 同族  | 1 | CaF               |
| ②  | 同族  | 1 | Ca <sub>2</sub> F |
| ③  | 同族  | 2 | CaF               |
| ④  | 同族  | 2 | CaF <sub>2</sub>  |
| ⑤  | 同周期 | 1 | CaF               |
| ⑥  | 同周期 | 1 | Ca <sub>2</sub> F |
| ⑦  | 同周期 | 2 | CaF               |
| ⑧  | 同周期 | 2 | CaF <sub>2</sub>  |

ウ の解答群

| 番 号 | き   | く        |
|-----|-----|----------|
| ①   | 低 い | 展性や延性を示す |
| ②   | 低 い | やわらかい    |
| ③   | 低 い | かたい      |
| ④   | 高 い | 展性や延性を示す |
| ⑤   | 高 い | やわらかい    |
| ⑥   | 高 い | かたい      |

エ の解答群

| 番 号 | け   | こ | さ |
|-----|-----|---|---|
| ①   | 金 属 | 4 | 3 |
| ②   | 金 属 | 4 | 4 |
| ③   | 金 属 | 6 | 3 |
| ④   | 金 属 | 6 | 4 |
| ⑤   | 非金属 | 4 | 3 |
| ⑥   | 非金属 | 4 | 4 |
| ⑦   | 非金属 | 6 | 3 |
| ⑧   | 非金属 | 6 | 4 |

オ の解答群

| 番 号 | し   | す                       |
|-----|-----|-------------------------|
| ①   | 同位体 | 黒 鉛                     |
| ②   | 同位体 | カーボンナノチューブ              |
| ③   | 同位体 | フラーレン(C <sub>60</sub> ) |
| ④   | 同素体 | 黒 鉛                     |
| ⑤   | 同素体 | カーボンナノチューブ              |
| ⑥   | 同素体 | フラーレン(C <sub>60</sub> ) |

(このページは、計算に使用して良い)

(2) 気体水素  $H_2$  と気体ヨウ素  $I_2$  から気体ヨウ化水素 HI を生成する反応を温度一定に保たれた密閉容器中で行なった場合を考える。この場合、 $H_2$  と  $I_2$  が全て原子に解離してから HI が生成するのではなく、2 個の水素原子と 2 個のヨウ素原子とがゆるく結合した活性錯体(活性錯合体)を形成する活性化状態を経て HI が生成する。ここで、 $H_2$  の結合エネルギーを  $E_H$ 、 $I_2$  の結合エネルギーを  $E_I$ 、それぞれ 1 mol の  $H_2$  および  $I_2$  から HI が生成する反応の活性化エネルギーを  $E_a$  とすると、これらの中に **カ** という関係があることが分かる。

この反応に適切な触媒を用いることで反応速度を大きくすることができる。HI の生成反応の反応速度を 3 倍大きくする触媒 A を用いたとき、触媒を用いない場合と比較して、反応物の 1 mol あたりの化学エネルギーは **せ**、生成物の 1 mol あたりの化学エネルギー **そ**。また、この活性化状態での活性錯体の 1 mol あたりの化学エネルギーは **た**、反応熱 **ち**。**せ**、**そ** の組み合わせとして正しいものは **キ** であり、**た**、**ち** の組み合わせとして正しいものは **ク** である。触媒を用いない場合に、反応開始から 10 分間に HI が  $n$  [mol] 生成したとする。触媒 A を用いた場合には、反応開始から 5 分間に生成する HI は **ケ** [mol] である。ただし、 $H_2$  と  $I_2$  は十分量存在し、この時間内では反応速度は時間によらず一定で、HI 生成反応以外の反応は無視することができるかと仮定する。

$H_2$  と  $I_2$  から HI が生じる反応(正反応)と同時に、逆向きの HI から  $H_2$  と  $I_2$  が生じる反応(逆反応)も同じ活性錯体を経て進行する。それぞれの反応における活性化エネルギーが 174 kJ/mol、183 kJ/mol とすると、それぞれ 1 mol の  $H_2$  および  $I_2$  から HI が生成する反応の熱化学方程式は **e** と表される。この反応は **つ** 反応である。

温度以外は同じ条件で温度のみを変えて反応させたとする、HI が生成する正反応の速さは、温度が高いほど **て** なる。反応開始から十分に時間が経過すると、反応は化学平衡の状態に達する。このときの HI の濃度は、温度が高いほど **と** なる。**つ**、**て**、**と** の組み合わせ

わせとして正しいものは **コ** である。

ある温度で平衡状態(a)に達した  $H_2$ ,  $I_2$ , HI の混合気体に, HI を加えて HI の濃度を大きくして十分に時間が経過すると, 別の平衡状態(b)に達した。この新しい状態(b)における  $H_2$  および  $I_2$  の濃度は, 状態(a)における  $H_2$  および  $I_2$  の濃度と比べて **な**。さらに, 平衡状態(b)の混合気体に触媒 A を加えて十分に時間が経過したとき, 触媒 A を加えた場合の HI の濃度は, 触媒 A を加える前の状態(b)の HI の濃度と比べて **に**。**な**, **に** の組み合わせとして正しいものは **サ** である。

**カ** の解答群

- ①  $E_H = E_I$                       ②  $E_H = E_a$                       ③  $E_I = E_a$   
 ④  $E_H + E_I = E_a$                 ⑤  $2(E_H + E_I) = E_a$             ⑥  $E_H + E_I = 2E_a$   
 ⑦  $E_H < E_I$                         ⑧  $E_H + E_I > E_a$                 ⑨  $E_H + E_I < E_a$

**キ** の解答群

| 番号 | せ     | そ      |
|----|-------|--------|
| ①  | 大きくなり | も大きくなる |
| ②  | 大きくなり | は変化しない |
| ③  | 大きくなり | は小さくなる |
| ④  | 変化せず  | は大きくなる |
| ⑤  | 変化せず  | も変化しない |
| ⑥  | 変化せず  | は小さくなる |
| ⑦  | 小さくなり | は大きくなる |
| ⑧  | 小さくなり | は変化しない |
| ⑨  | 小さくなり | も小さくなる |

ク の解答群

| 番号 | た      | ち      |
|----|--------|--------|
| ①  | 大きくなり  | も大きくなる |
| ②  | 大きくなるが | は変化しない |
| ③  | 大きくなるが | は小さくなる |
| ④  | 変化しないが | は大きくなる |
| ⑤  | 変化せず   | も変化しない |
| ⑥  | 変化しないが | は小さくなる |
| ⑦  | 小さくなるが | は大きくなる |
| ⑧  | 小さくなるが | は変化しない |
| ⑨  | 小さくなり  | も小さくなる |

ケ の解答群

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

コ の解答群

| 番号 | つ  | て   | と   |
|----|----|-----|-----|
| ①  | 発熱 | 大きく | 大きく |
| ②  | 発熱 | 大きく | 小さく |
| ③  | 発熱 | 小さく | 大きく |
| ④  | 発熱 | 小さく | 小さく |
| ⑤  | 吸熱 | 大きく | 大きく |
| ⑥  | 吸熱 | 大きく | 小さく |
| ⑦  | 吸熱 | 小さく | 大きく |
| ⑧  | 吸熱 | 小さく | 小さく |

サ の解答群

| 番 号 | な     | に     |
|-----|-------|-------|
| ①   | 大きくなる | 大きくなる |
| ②   | 大きくなる | 変わらない |
| ③   | 大きくなる | 小さくなる |
| ④   | 変わらない | 大きくなる |
| ⑤   | 変わらない | 変わらない |
| ⑥   | 変わらない | 小さくなる |
| ⑦   | 小さくなる | 大きくなる |
| ⑧   | 小さくなる | 変わらない |
| ⑨   | 小さくなる | 小さくなる |

(3) 絶対温度  $T_0$  に保たれたピストン付き容器に、水と物質量  $N$  の気体 X を入れて、容器内部の体積が  $V_0$  になるようにピストンを固定した。ただし、気体 X の凝縮(凝結)・昇華および水との反応は起こらないものとし、液体として存在する水の体積は無視できるものとする。また、容器内部に存在する気体は全て理想気体とみなして気体定数を  $R$  とし、以下の全ての過程の各状態で平衡状態が成り立つものとする。なお、水の飽和蒸気圧は、温度  $T_0$  のときに  $P_0$ 、温度  $T_1$  のときに  $P_1$  とする。

ピストンを固定してから十分に時間が経過し、容器内部の全圧が  $P_e$  で一定になったとき、容器内部には物質量  $n$  の気体 X が溶解した液体の水が存在していた。このとき、気体として存在する水の物質量は  である。また気体 X の分圧は  である。

気体 X の液体の水への溶解度に関しては、ヘンリーの法則が成り立つものとする。ヘンリーの法則は、溶解度の小さい気体が一定温度で一定量の溶媒に溶けるとき、溶解する気体の物質量はその分圧  ことを示す法則である。容器の温度を  $T_0$  に保ったまま、ピストンをゆっくり動かすと液体の水へ溶解する気体 X の物質量が徐々に増加した。液体の水に溶解している気体 X の物質量が  $3n$  になったとき、気体 X の分圧は  であり、容器内部の体積は  である。ただしこの過程では、液体の水の体積は変化しないものとする。

容器の温度を  $T_0$  に保ったまま、今度はピストンをゆっくり逆の方向に動かした。容器内部の体積がちょうど  $V_1$  となったとき、容器内の水は全て気体になった。このことから、容器中に存在する水の物質量は  であることがわかる。

容器の温度を  $T_0$  に保ったまま、容器内部の体積が  $V_0$  (最初の状態) になるまでピストンをゆっくり動かした。その後、ピストンを固定して容器を温度  $T_0$  から  $T_1$  までゆっくりと加熱した。温度が  $T_1$  になっても、容器内部には液体の水が存在していた。このとき液体として存在する水の物質量は  である。



シ の解答群

- ①  $N$       ②  $\frac{RP_e}{V_0}$       ③  $\frac{RP_0}{V_0}$       ④  $\frac{RV_0}{P_0}$       ⑤  $\frac{RV_0}{P_e}$   
⑥  $\frac{RT_0}{P_e V_0}$       ⑦  $\frac{RT_0}{P_0 V_0}$       ⑧  $\frac{P_e V_0}{RT_0}$       ⑨  $\frac{P_0 V_0}{RT_0}$

ス の解答群

- ①  $P_0$       ②  $\frac{NRT_0}{V_0}$       ③  $\frac{V_0}{NRT_0}$   
④  $\frac{nRT_0}{V_0}$       ⑤  $\frac{V_0}{nRT_0}$       ⑥  $\frac{(N-n)RT_0}{V_0}$   
⑦  $\frac{V_0}{(N-n)RT_0}$       ⑧  $\frac{(N+n)RT_0}{V_0}$       ⑨  $\frac{V_0}{(N+n)RT_0}$

セ の解答群

- ① とは無関係である  
② の 0.5 乗に比例する  
③ に比例する  
④ の 2 乗に比例する  
⑤ の 3 乗に比例する  
⑥ の逆数の 0.5 乗に比例する  
⑦ の逆数に比例する  
⑧ の逆数の 2 乗に比例する  
⑨ の逆数の 3 乗に比例する

ソ の解答群

①  $nRT_0V_0$

②  $\frac{3nRT_0}{V_0}$

③  $\frac{V_0}{3nRT_0}$

④  $\frac{(N-n)RT_0}{V_0}$

⑤  $\frac{V_0}{(N-n)RT_0}$

⑥  $\frac{(N-n)RT_0}{3V_0}$

⑦  $\frac{3V_0}{(N-n)RT_0}$

⑧  $\frac{V_0}{3(N-n)RT_0}$

⑨  $\frac{3(N-n)RT_0}{V_0}$

タ の解答群

①  $3V_0$

②  $\frac{V_0}{3}$

③  $\frac{NV_0}{3(N-n)}$

④  $\frac{nV_0}{N-n}$

⑤  $\frac{(N-3n)V_0}{3(N-n)}$

⑥  $\frac{(N-3n)V_0}{N-n}$

⑦  $\frac{(N+3n)V_0}{3(N-n)}$

⑧  $\frac{(N+3n)V_0}{3(N+n)}$

⑨  $\frac{(N+3n)V_0}{N+n}$

チ の解答群

①  $\frac{RT_0}{P_0V_1}$

②  $N - \frac{RT_0}{P_0V_1}$

③  $\frac{RT_0}{P_0(V_0 + V_1)}$

④  $\frac{RT_0}{P_0(V_0 - V_1)}$

⑤  $n$

⑥  $\frac{P_0V_1}{RT_0}$

⑦  $N - \frac{P_0V_1}{RT_0}$

⑧  $\frac{P_0(V_0 + V_1)}{RT_0}$

⑨  $\frac{P_0(V_0 - V_1)}{RT_0}$

ツ の解答群

①  $N - n$

③  $\frac{P_0 V_1}{RT_0}$

⑤  $\frac{P_0 V_1}{RT_0} - \frac{P_1 V_0}{RT_1}$

⑦  $N + \frac{P_0 V_1}{RT_0} - \frac{P_1 V_0}{RT_1}$

⑨  $N + n + \frac{P_0 V_1}{RT_0} + \frac{P_1 V_0}{RT_1}$

②  $N + n$

④  $\frac{P_1 V_0}{RT_1}$

⑥  $\frac{P_0 V_1}{RT_0} + \frac{P_1 V_0}{RT_1}$

⑧  $N + \frac{P_0 V_1}{RT_0} + \frac{P_1 V_0}{RT_1}$

〔F〕 次の文章を読み、文中の空欄  ～  に最も適するものをそれぞれの解答群の中から一つ選び、解答用紙の所定の欄にその番号をマークしなさい。また、空欄 ,  に適する構造式を、解答用紙の所定の欄内に丁寧に記入しなさい。

原子量が必要な場合は、次の値を用いなさい。

H = 1.0, C = 12.0, O = 16.0

(1) 次の記述 i)～iv)は有機化合物の反応、構造に関するものである。

i) エチレンを塩基性の過マンガン酸カリウム水溶液に通して十分に反応させると、過マンガン酸カリウム水溶液の  が消え、黒色沈殿を生じる。また、臭素水にエチレンを十分に反応させると  が生じ、臭素水に含まれる臭素の  が消えて無色となる。 , ,  の組み合わせとして正しいものは  である。

の解答群

| 番号 | あ   | い                 | う   |
|----|-----|-------------------|-----|
| ①  | 赤紫色 | 1,1,2,2-テトラブロモエタン | 赤褐色 |
| ②  | 赤紫色 | 1,1,2,2-テトラブロモエタン | 青色  |
| ③  | 赤紫色 | 1,2-ジブロモエタン       | 赤褐色 |
| ④  | 赤紫色 | 1,2-ジブロモエタン       | 青色  |
| ⑤  | 橙赤色 | 1,1,2,2-テトラブロモエタン | 赤褐色 |
| ⑥  | 橙赤色 | 1,1,2,2-テトラブロモエタン | 青色  |
| ⑦  | 橙赤色 | 1,2-ジブロモエタン       | 赤褐色 |
| ⑧  | 橙赤色 | 1,2-ジブロモエタン       | 青色  |

ii) 分子式  $C_2H_4O$  で表される え アルデヒドは, お を硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液に加えて加熱し, 蒸留すると得られる。  
え, お の組み合わせとして正しいものは イ である。

イ の解答群

| 番 号 | え     | お        |
|-----|-------|----------|
| ①   | アセト   | エタノール    |
| ②   | アセト   | 1-プロパノール |
| ③   | アセト   | メタノール    |
| ④   | プロピオン | エタノール    |
| ⑤   | プロピオン | 1-プロパノール |
| ⑥   | プロピオン | メタノール    |
| ⑦   | ホルム   | エタノール    |
| ⑧   | ホルム   | 1-プロパノール |
| ⑨   | ホルム   | メタノール    |

iii) アニリンに無水酢酸を加えて反応させると, ウ が得られる。

ウ の解答群

- |                         |                |
|-------------------------|----------------|
| ① 2-ナフトール               | ② ベンゼンスルホン酸    |
| ③ アセトアニリド               | ④ サリチル酸        |
| ⑤ グリセリン                 | ⑥ 塩化ベンゼンジアゾニウム |
| ⑦ <i>p</i> -ヒドロキシアゾベンゼン | ⑧ トルエン         |
| ⑨ アニリン塩酸塩               |                |

iv) ニッケルを触媒として、高温・高圧でベンゼンに気体の水素を反応させたところ、シクロヘキサンのみが生成した。このとき、1.0 g のベンゼンに対して  mg の水素が付加した。

の解答群

①  $2.6 \times 10^{-2}$

②  $5.1 \times 10^{-2}$

③  $7.7 \times 10^{-2}$

④ 2.6

⑤ 5.1

⑥ 7.7

⑦ 26

⑧ 51

⑨ 77

(このページは、計算に使用して良い)

(2) トルエン, ニトロベンゼン, アニリン, 安息香酸, および *p*-クレゾールの5種類の有機化合物を, ジエチルエーテルに溶解させた。このジエチルエーテル溶液 **A** に対して, 分液ろうとを用いて以下の操作 i)~vi)を行った。なお, 操作 i), iii), v) で分離したエーテル層と水層は別々の容器に取り分けた。また, 各操作による分離は理想的に行われ, 上記5種類の有機化合物のうちの一つのみが水層へ完全に移動したものとする。

- i) ジエチルエーテル溶液 **A** に塩酸を加えて, よく振り混ぜた。静置した後に, エーテル層 **B** と水層 **C** に分離した。
- ii) 水層 **C** に水酸化ナトリウム水溶液を加えて塩基性にしたところ, 有機化合物 **D** が遊離した。
- iii) エーテル層 **B** に炭酸水素ナトリウム水溶液を加えて, よく振り混ぜた。静置した後に, エーテル層 **E** と水層 **F** に分離した。
- iv) 水層 **F** に塩酸を加えて酸性にしたところ, 有機化合物 **G** が遊離した。
- v) エーテル層 **E** に水酸化ナトリウム水溶液を加えて, よく振り混ぜた。静置した後に, エーテル層 **H** と水層 **I** を分離した。
- vi) 水層 **I** に塩酸を加えて酸性にしたところ, 有機化合物 **J** が遊離した。

上述の操作で遊離した有機化合物 **G** は  である。また有機化合物 **J** は  である。

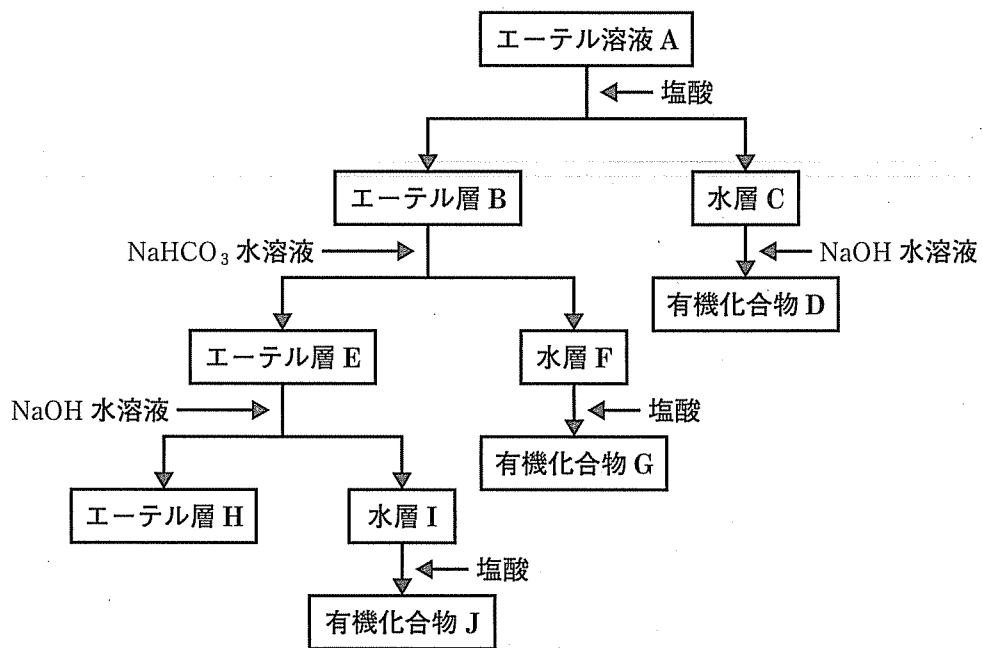
の解答群

- ① トルエン                      ② ニトロベンゼン                      ③ アニリン
- ④ 安息香酸                      ⑤ *p*-クレゾール

の解答群

- ① トルエン                      ② ニトロベンゼン                      ③ アニリン
- ④ 安息香酸                      ⑤ *p*-クレゾール





分液ろうとを用いた有機化合物の分離

(3) 鎖状の合成高分子の融解物を細孔から一定方向に延伸すると、その方向に分子鎖が配列して強度のある繊維ができる。1930年代に発明された合成繊維の  は、2価カルボン酸の  と2価アミンの  の混合物を加熱し、  させると得られる。  ,  ,  の組み合わせとして正しいものは  である。この合成繊維では、長い鎖状分子の  結合のなかのある部分と、別の分子の  結合のなかのある部分が、分子間に  結合を形成している。  ,  の組み合わせとして正しいものは  である。

天然繊維である絹糸の主成分は、カイコガの繭(まゆ)から取り出した生糸を塩基性の熱湯に浸して得られるタンパク質の  である。  のポリペプチド鎖は、ペプチド結合のなかのある部分が別の鎖のペプチド結合のなかのある部分と  結合を鎖間に形成することで、タンパク質の  のひとつである $\beta$ -シートの立体構造をつくる。  ,  の組み合わせとして正しいものは  である。

の解答群

- |        |        |        |        |
|--------|--------|--------|--------|
| ① 付加反応 | ② 発酵   | ③ 加水分解 | ④ 付加縮合 |
| ⑤ 開環重合 | ⑥ 縮合重合 | ⑦ 付加重合 | ⑧ 加硫   |

ク の解答群

| 番 号 | か      | き     | く                   |
|-----|--------|-------|---------------------|
| ①   | ナイロン6  | アジピン酸 | ヘキサメチレンジアミン         |
| ②   | ナイロン6  | アジピン酸 | $\epsilon$ -カプロラクタム |
| ③   | ナイロン6  | フマル酸  | ヘキサメチレンジアミン         |
| ④   | ナイロン6  | フマル酸  | $\epsilon$ -カプロラクタム |
| ⑤   | ナイロン66 | アジピン酸 | ヘキサメチレンジアミン         |
| ⑥   | ナイロン66 | アジピン酸 | $\epsilon$ -カプロラクタム |
| ⑦   | ナイロン66 | フマル酸  | ヘキサメチレンジアミン         |
| ⑧   | ナイロン66 | フマル酸  | $\epsilon$ -カプロラクタム |

ケ の解答群

| 番 号 | け     | こ      |
|-----|-------|--------|
| ①   | アミド   | イオン    |
| ②   | アミド   | 水 素    |
| ③   | アミド   | ジスルフィド |
| ④   | エステル  | イオン    |
| ⑤   | エステル  | 水 素    |
| ⑥   | エステル  | ジスルフィド |
| ⑦   | グリコシド | イオン    |
| ⑧   | グリコシド | 水 素    |
| ⑨   | グリコシド | ジスルフィド |

コ の解答群

| 番 号 | さ      | し    |
|-----|--------|------|
| ①   | アルブミン  | 一次構造 |
| ②   | アルブミン  | 二次構造 |
| ③   | アルブミン  | 三次構造 |
| ④   | ケラチン   | 一次構造 |
| ⑤   | ケラチン   | 二次構造 |
| ⑥   | ケラチン   | 三次構造 |
| ⑦   | フィブロイン | 一次構造 |
| ⑧   | フィブロイン | 二次構造 |
| ⑨   | フィブロイン | 三次構造 |

(このページは、計算に使用して良い)

- (4) エステル結合を一つ含む有機化合物 **A** について、以下の実験を行なった。
- なお、有機化合物 **A** は、エステル結合のほかは炭素原子と水素原子のみから構成される。
- i) **A** に水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱し、**A** を完全に加水分解した。希塩酸で中和したところ、芳香族化合物 **B** と、1 個の不斉炭素原子を含む有機化合物 **C** が得られた。得られた **B** と **C** を分離・精製した。
  - ii) **B** を 75.0 mg 量りとり、酸素気流下で完全燃焼させたところ、198 mg の二酸化炭素と 45.0 mg の水のみが生じた。
  - iii) **B** と **C** のそれぞれに飽和した炭酸水素ナトリウム水溶液を加えたところ、**B** では気体が発生したが、**C** では気体は発生しなかった。
  - iv) **B** に濃硝酸と濃硫酸の混合物を作用させたところ、**B** のベンゼン環に結合した 1 個の水素原子がほかの原子団に置換され、二つの構造異性体の混合物が得られた。
  - v) **B** を過マンガン酸カリウム水溶液に加えて反応させ、溶液を酸性にしたところ、**D** が得られた。**D** を  $1.0 \times 10^{-5}$  mol 量りとり、水 50 mL を加えて水溶液を調製した。この水溶液をよくふり混ぜながら、 $1.0 \times 10^{-2}$  mol/L の水酸化カリウム水溶液をゆっくり滴下したところ、3.0 mL を滴下したところで中和点に達した。
  - vi) **D** を十分に加熱したが、分子内で新たな環形成をともし、**D** よりも分子量が小さい芳香族化合物の生成は全く起こらなかった。
  - vii) 白金を触媒として用いて、**C** の不飽和結合へ水素を完全に付加させたところ、1 個の不斉炭素原子を含む有機化合物 **F** が生じた。このとき、1.0 mol の **C** に 2.0 mol の水素分子が付加した。

(a) 記述 i)において、最初に進行した加水分解反応は **サ** とよばれる。

**サ** の解答群

- ① アセタール化      ② エステル化      ③ カップリング  
④ ハロゲン化      ⑤ ニトロ化      ⑥ スルホン化  
⑦ ジアゾ化      ⑧ 乳化      ⑨ けん化

(b) 記述 ii)にもとづけば、芳香族化合物 **B** が持つ炭素原子の数(x)、水素原子の数(y)および酸素原子の数(z)の組み合わせとして正しいものは **シ** である。

**シ** の解答群

| 番 号 | x | y  | z |
|-----|---|----|---|
| ①   | 7 | 9  | 2 |
| ②   | 7 | 10 | 2 |
| ③   | 7 | 11 | 2 |
| ④   | 8 | 9  | 2 |
| ⑤   | 8 | 10 | 2 |
| ⑥   | 8 | 11 | 2 |
| ⑦   | 9 | 9  | 2 |
| ⑧   | 9 | 10 | 2 |
| ⑨   | 9 | 11 | 2 |

(c) 記述 iii) で発生した気体分子と、分子全体の立体的な形状が同じ化合物は

である。

の解答群

- |         |         |         |
|---------|---------|---------|
| ① アセチレン | ② アンモニア | ③ 塩化ビニル |
| ④ 過酸化水素 | ⑤ 水     | ⑥ メタン   |
| ⑦ プロピン  | ⑧ プロペン  | ⑨ ベンゼン  |

(d) 記述 iv) で進行した反応は  である。

の解答群

- |          |         |          |
|----------|---------|----------|
| ① アセタール化 | ② エステル化 | ③ カップリング |
| ④ ハロゲン化  | ⑤ ニトロ化  | ⑥ スルホン化  |
| ⑦ ジアゾ化   | ⑧ 乳化    | ⑨ けん化    |

(e) 記述 vii) で生じる有機化合物 F に当てはまる構造は多数考えられるが、以下の解答群の化合物の中から選べば、有機化合物 F は  と特定できる。なお、以後の設問においても、有機化合物 F はこの  として解答すること。

の解答群

- |                 |            |
|-----------------|------------|
| ① メタノール         | ② エタノール    |
| ③ マレイン酸         | ④ フマル酸     |
| ⑤ 1-プロパノール      | ⑥ 2-プロパノール |
| ⑦ 1-ブタノール       | ⑧ 2-ブタノール  |
| ⑨ 2-メチル-2-ブタノール |            |



(f) 有機化合物 **F** の構造異性体のうち、室温で金属ナトリウムと反応して気体を発生する化合物は **F** のほかに  種類ある。

の解答群

- ① 1            ② 2            ③ 3            ④ 4            ⑤ 5  
⑥ 6            ⑦ 7            ⑧ 8            ⑨ 9

(g) 記述 i)～vii) と、ここまでの設問とその解答にもとづけば、有機化合物 **C** の構造式を , 芳香族化合物 **D** の構造式を  とそれぞれ特定できる。



