

1

解答 ④

解説 ① 誤り。水溶液の酸性や塩基性の強さを表す数値である pH は、7 が中性であり、7 より小さくなればなるほど酸性が強くなり、7 より大きくなればなるほど塩基性が強いことを表す。

② 誤り。フェノールフタレインは変色域の pH が 8.0～9.8 であり、酸性の水溶液では無色のままである。

③ 誤り。酸性の水溶液は、青色リトマス紙を赤色に変え、塩基性水溶液は、赤色リトマス紙を青色に変える。

④ 正しい。硫酸は水溶液中でほぼすべての分子が電離している強酸であり、酢酸は水溶液中でごく一部しか電離しない弱酸である。代表的な酸や塩基の強弱は覚えておく必要がある。

⑤ 誤り。水は  $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$  のように電離し、水素イオン  $\text{H}^+$  と同時に水酸化イオン  $\text{OH}^-$  も同じ数だけ生成するので、水は中性の物質である。

2

解答 ⑤

解説 シュウ酸水 → 水酸化ナトリウム水溶液の濃度 → 塩酸の濃度

まず、シュウ酸水溶液と水酸化ナトリウム水溶液の中和より、水酸化ナトリウム水溶液の濃度を求める。水酸化ナトリウム水溶液の濃度を  $x$  [mol/L] とすると、

$$\begin{aligned} \text{中和の関係式 } a \times c \times \frac{V}{1000} &= b \times c' \times \frac{V'}{1000} \text{ より、} \\ 2 \times 0.10 \text{ mol/L} \times \frac{10}{1000} \text{ L} &= 1 \times x \text{ [mol/L]} \times \frac{7.5}{1000} \text{ L} \\ x &= 0.2666 \dots \text{ mol/L} \approx 0.267 \text{ mol/L} \end{aligned}$$

次に塩酸と水酸化ナトリウム水溶液の中和より、塩酸の濃度を求める。塩酸の濃度を  $y$  [mol/L] とすると、

$$\begin{aligned} 1 \times y \text{ [mol/L]} \times \frac{10}{1000} \text{ L} &= 1 \times 0.267 \text{ mol/L} \times \frac{15.0}{1000} \text{ L} \\ y &= 0.4005 \text{ mol/L} \approx 0.40 \text{ mol/L} \end{aligned}$$

3

解答 ②, ④, ⑤

解説 滴定は 3 回以上くり返して結果を平均する。そのための標準溶液は 0.100 mol/L NaOH 水溶液が約 50 mL 準備されているので、塩酸も濃度を 0.1 mol/L 程度に薄めておく必要がある。まず塩酸を体積で正確に 50 倍に薄めるために、10 mL のホールピペットと 500 mL のメスフラスコが必要で、次に薄めた塩酸 10 mL をビーカーにとるのに再びホールピペットが必要。これに指示薬を加え、NaOH 水溶液で滴定するのにビュレットが必要である。

4

解答 ②

解説 a～e はすべて正塩であり、正塩の水溶液の性質は、もともとあった酸と塩基の組合せを考えればよい。

強酸と強塩基からなる正塩：中性

強酸と弱塩基からなる正塩：酸性

弱酸と強塩基からなる正塩：塩基性

a  $\text{NH}_4\text{Cl}$  は、強酸 (HCl) と弱塩基 ( $\text{NH}_3$ ) からなる正塩なので、水溶液は酸性を示す。

b  $\text{CH}_3\text{COONa}$  は、弱酸 ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) と強塩基 (NaOH) からなる正塩なので、水溶液は塩基性を示す。

c  $\text{NaNO}_3$  は、強酸 ( $\text{HNO}_3$ ) と強塩基 (NaOH) からなる正塩なので、水溶液は中性を示す。

d  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  は、弱酸 ( $\text{CO}_2$  (あるいは  $\text{H}_2\text{CO}_3$ )) と強塩基 (NaOH) からなる正塩なので、水溶液は塩基性を示す。

e KCl は、強酸 (HCl) と強塩基 (KOH) からなる正塩なので、水溶液は中性を示す。

5

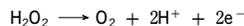
解答 a: ④ b: ①, ④

解説 a ① 誤り。電子の授受だけが起って、酸素や水素の授受を伴わない酸化還元反応も多い。

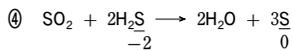
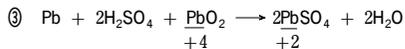
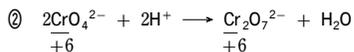
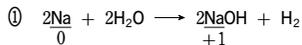
② 誤り。酸化力の強弱は、1 分子当たりが受け取る電子の数には関係なく、電子授受のしやすさの強弱による。

③ 誤り。 $\text{F}_2$  は電子を受け取り、 $\text{F}^-$  になる傾向が特に強い。すなわち、還元されやすいから強い酸化剤としてはたらく。

④ 正しい。過酸化水素はふつうは酸化剤としてはたらくが、過マンガン酸カリウムのような強い酸化剤に対しては、還元剤としてはたらく。



b 下線の原子の酸化数が増加しているものを選ぶ。



6

解答 ⑤

解説 イオン化傾向が大きい金属の単体は、陽イオンになりやすい=酸化されやすい=還元力が強い。イオン化傾向が小さい金属の陽イオンを含む水溶液に、イオン化傾向が大きい金属の単体を浸して放置すると、イオン化傾向が小さい金属の陽イオンは還元されて、単体となって析出する。⑤ では、 $\text{Cu}^{2+} + \text{Fe} \longrightarrow \text{Cu} + \text{Fe}^{2+}$  他の組では、イオン化傾向の大きいほうの金属がイオンだから、酸化還元反応は起こらない。

7

解答 ①

解説 ① 誤り。イオン化傾向が大きいほうの金属が陽イオンになって  $\text{e}^-$  を生じる。よって、イオン化傾向が大きいほうの金属は負極になる。

② 正しい。

③ 正しい。イオン化傾向が大きいほうの金属 (負極) では、金属は  $\text{e}^-$  を失って陽イオンになり (酸化)、正極では溶液中のイオンまたは電極物質自身が  $\text{e}^-$  を受け取る (還元)。

④ 正しい。蓄電池ということもある。

8

解答 ③

解説 ① 誤り。溶鉱炉 (高炉) では鉄を還元するために一酸化炭素 CO が必要であり、これはコークスを燃焼させることで得られる。そのためには酸素が必要である。

② 誤り。粗銅を陽極、純銅を陰極として硫酸銅 (II) 水溶液を電気分解する。すると、陽極の粗銅が溶けて、陰極の純銅の表面に新たな純銅が析出する。

③ 正しい。酸化アルミニウムは融点が高いので、融解した水晶石に酸化アルミニウムを溶かして電気分解を行う。

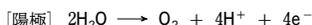
④ 誤り。溶鉱炉 (高炉) で鉄鉱石を還元させたものを銑鉄といい、炭素分を約 4% 含んでいるため硬くてもろい。

9

解答 ⑤

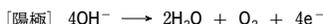
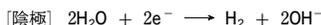
解説 電気分解の電極に白金を用いているので、水溶液中のイオンまたは溶媒の水分子が電気分解され、単体が生成する。

① 正しい。



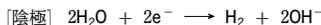
したがって、陽極から酸素が発生する。

② 正しい。



したがって、陰極から水素が発生する。

③ 正しい。



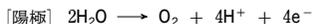
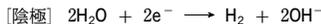
したがって、陽極にヨウ素が生成し、生成した  $\text{I}_2$  が水溶液中の  $\text{I}^-$  と反応して  $\text{I}_3^-$  (褐色) を生じるので、陽極付近の溶液が褐色になる。

④ 正しい。



したがって、陽極から刺激臭をもつ塩素が発生する。

⑤ 誤り。

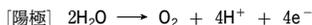


したがって、陽極から無色の酸素が発生する。

10

解答 ④

解説 電気分解の電極に白金を用いているので、水溶液中のイオンまたは水分子が電気分解される。



したがって、陽極で生じる物質は酸素  $\text{O}_2$  である。その質量は、

$$\frac{2.00 \text{ A} \times 965 \text{ s}}{9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}} \times \frac{1}{4} \times 32 \text{ g/mol} = 0.16 \text{ g}$$

流れた電子の物質量      係数の比

11

解答 ①

解説 化学反応が始まると、反応物の量が減り、生成物の量が増える。したがって、時間の経過とともに正反応の反応速度が小さくなり、逆反応の反応速度が大きくなる。平衡状態に達すると、正反応と逆反応の反応速度は等しくなる。

12

解答 ⑤

解説 平衡状態における  $\text{H}_2$ ,  $\text{I}_2$ ,  $\text{HI}$  の量は、

	$\text{H}_2$	+	$\text{I}_2$	$\rightleftharpoons$	$2\text{HI}$	
(反応前)	1.00		1.00		0	(mol)
(変化量)	-0.80		-0.80		+1.60	(mol)
(平衡時)	0.20		0.20		1.60	(mol)

平衡時のそれぞれの物質のモル濃度は、

$$[\text{H}_2] = [\text{I}_2] = \frac{0.20 \text{ mol}}{20 \text{ L}} = 0.010 \text{ mol/L}$$

$$[\text{HI}] = \frac{1.60 \text{ mol}}{20 \text{ L}} = 0.080 \text{ mol/L}$$

$$\text{平衡定数 } K = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]} = \frac{(0.080 \text{ mol/L})^2}{0.010 \text{ mol/L} \times 0.010 \text{ mol/L}} = 64$$

13

解答 ④

解説 ルシャトリエの原理より、圧力によって平衡が移動しない反応は、反応の前後で気体分子の総数が等しい反応であるので、①、④ が当てはまる。

また、温度を上げると吸熱反応の方向に平衡が移動するので、平衡が右に移動する反応は③、④、⑤ である。

14

解答 ① ⑥ ② ⑥ ③ ② ④ ③ ⑤ ④

解説 緩衝液は弱酸(弱塩基)とその塩から構成される水溶液であり、その中に少量の酸や塩基が混入しても、pHの値を一定に保つはたらき(緩衝作用)がある。アンモニア塩化アンモニウムの緩衝液では、 $\text{NH}_3$  と  $\text{NH}_4^+$  が水溶液中に多量に存在することになる。少量の酸を加えても、 $\text{NH}_3$  と中和反応するので pH はほとんど変化しない。また、少量の塩基を加えても、 $\text{NH}_4^+$  と反応して  $\text{NH}_3$  と  $\text{H}_2\text{O}$  になるため、pH はほとんど変化しない。

15

解答 ⑤

解説 水溶液 A と B にフェノールフタレインを加えたときに、はじめ赤色だったことから、これらの水溶液には塩基性の物質 ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{KOH}$  または  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) が含まれていたことがわかる。

水溶液 A … 弱塩基に酸を加えていくと、すぐに弱塩基とその塩の水溶液(緩衝液)となり、pHの変化が緩やかになる。したがって、指示薬としてフェノールフタレインを用いて中和滴定を行ったとき、指示薬の色が赤から無色に変化した水溶液 A には、弱塩基である  $\text{NH}_3$  が入っていたことがわかる。

水溶液 B … 水溶液 B の中和滴定に要した塩酸の体積が 20 mL だったことから、水溶液 B には、2 価の塩基である  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  が入っていたことがわかる。

水溶液 C … 水溶液 C にメチルオレンジを加えたときに、はじめ赤色だったことから、水溶液 C には酸性の物質 ( $\text{CH}_3\text{COOH}$  または  $\text{HNO}_3$ ) が含まれていたことがわかる。弱酸に塩基を加えていくと、すぐに弱酸とその塩の水溶液(緩衝液)となり、pHの変化が緩やかになる。したがって、指示薬としてメチルオレンジを用いて中和滴定を行ったとき、指示薬の色が赤から黄に変化した水溶液 C には、弱酸である  $\text{CH}_3\text{COOH}$  が入っていたことがわかる。

よって、水溶液 A~C に入っていた化合物の組合せとして最も適当なのは、⑤。

16

解答 ①

解説 この酸の水溶液の濃度を  $c'$  [mol/L] とおくと、次の式が成り立つ。

$$n \times c' \times \frac{x}{1000} = m \times c \times \frac{y}{1000} \quad c' = \frac{cm y}{nx}$$

よって、この酸の水溶液の濃度を求める式として最も適当なのは、①。

17

解答 ②

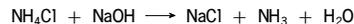
解説 ① 正しい。水酸化バリウム  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  は、組成式に相当する 1 個の  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  から 2 個の  $\text{OH}^-$  を生じるので、二価の塩基である。

② 誤り。塩酸中では塩化水素  $\text{HCl}$  が、 $\text{HCl} \longrightarrow \text{H}^+ + \text{Cl}^-$  のように電離しているため電気を通す。

③ 正しい。ブレンステッド・ローリーの定義では、相手に水素イオン  $\text{H}^+$  を与える物質を酸という。

④ 正しい。純粋な水と同じように、 $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-]$  の水溶液は中性である。

⑤ 正しい。塩化アンモニウム水溶液に、水酸化ナトリウムを加えると、次のような反応が起こり、アンモニアが発生する。



弱塩基の塩と強塩基を反応させると、弱塩基ができる。これを弱塩基の遊離という。よって、誤りを含むものは、②。

18

解答 ⑥

解説 反応式において、左辺と右辺の各原子の数は等しい。また、左辺と右辺の電荷の総和は等しい。

したがって、反応式  $\text{MnO}_4^- + a\text{H}_2\text{O} + b\text{e}^- \longrightarrow \text{MnO}_2 + 2a\text{OH}^-$  において、以下の

関係が成り立つ。

$$4 + a = 2 + 2a \quad (\text{酸素原子の数})$$

$$-1 + (-b) = -2a \quad (\text{電荷の総和})$$

$$\text{したがって、} a=2, b=3$$

さらに、反応式  $\text{MnO}_4^- + c\text{M}^{2+} + a\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{MnO}_2 + c\text{M}^{3+} + 2a\text{OH}^-$  において、以下の関係が成り立つ。

$$-1 + 2c = 3c + (-2a) \quad (\text{電荷の総和})$$

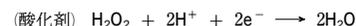
$$a=2 \text{ より、} c=3.$$

よって、反応式の係数  $b$  と  $c$  の組合せとして正しいものは、⑥。

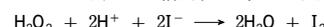
19

解答 ④

解説 この反応において、 $\text{H}_2\text{O}_2$  は酸化剤、 $\text{I}^-$  は還元剤としてはたらいっている。



2 式から電子  $\text{e}^-$  を消去すると、この反応のイオン反応式は次のようになる。



この反応式の係数比から、消費した  $\text{H}_2\text{O}_2$  の物質量と生成した  $\text{I}_2$  の物質量は同じであることがわかる。したがって、0.34 g の  $\text{H}_2\text{O}_2$  ( $= \frac{0.34}{34} \text{ mol} = 0.010 \text{ mol}$ ) が反応したとき、0.010 mol の  $\text{I}_2$  が生成する。求める直線はこの点を通る直線である。

よって、消費した  $\text{H}_2\text{O}_2$  の質量と生成した  $\text{I}_2$  の物質量の関係を表す直線として最も適当なのは、④。

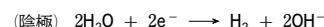
20

解答 ④

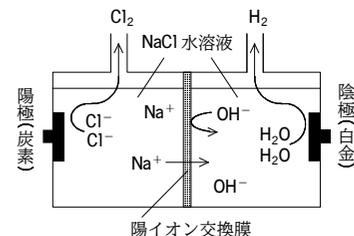
解説 陰極では、 $\text{Na}^+$  のようなイオン化傾向が大きい金属の陽イオンは還元されにくい。

よって、溶媒の  $\text{H}_2\text{O}$  分子が電子を受け取って  $\text{H}_2$  が発生する。

陽極では、 $\text{Cl}^-$  が電子を奪われて  $\text{Cl}_2$  が発生する。



陽イオン交換膜には、陰イオンは通さずに、陽イオンだけを通す性質がある。よって、電気分解が進んで陽極側で過剰になった  $\text{Na}^+$  は、陽イオン交換膜を通して陰極へ移動できるが、陰極側で過剰になった  $\text{OH}^-$  は陽イオン交換膜を通過できない。



よって、陽極で発生する気体：塩素、陰極で発生する気体：水素、陽イオン交換膜を通過するイオン：ナトリウムイオン の組合せである④。

高2化学 新年度進級試験対策問題【解答】

21

【解答】 ㉔

【解説】 二酸化硫黄と硫化水素の反応は、次式で表され、このとき SO<sub>2</sub> は、酸化剤としてはたらいている。



また、最初の硫化水素水溶液に含まれていた H<sub>2</sub>S の物質量は、

$$0.010 \times \frac{200}{1000} = 2.0 \times 10^{-3} \text{ (mol)}$$

$$\text{通じた SO}_2 \text{ の物質量は, } \frac{14 \times 10^{-3}}{22.4} = 6.25 \times 10^{-4} \text{ (mol)}$$

H<sub>2</sub>S と SO<sub>2</sub> は、物質量比 2 : 1 で反応するので、反応後に残った H<sub>2</sub>S の物質量は、

$$2.0 \times 10^{-3} - 2 \times 6.25 \times 10^{-4} = 7.5 \times 10^{-4} \text{ (mol)}$$

22

【解答】 ㉒

【解説】 電池の正極と負極を外部回路につなぐと、正極から負極に向かって電流が流れる(電子の流れの向きは、電流の流れの向きとは逆に負極から正極に向かって流れる)。また、イオン化傾向が小さい方の金属が正極、大きい方の金属が負極となる。したがって、実験結果から金属板 A～C の関係をまとめると次の表のようになる。

検流計を流れた電流の向き	正極	負極	イオン化傾向
B から A	B	A	B < A
B から C	B	C	B < C
A から C	A	C	A < C

この表から、金属板 A, B, C のイオン化傾向の大きさは、C > A > B の順となる。金属板の種類は、銅、亜鉛、マグネシウムで、イオン化傾向が Mg > Zn > Cu であるから、A = 亜鉛, B = 銅, C = マグネシウムとなる。よって、金属板 A～C の組合せとして最も適当なものは、㉒。

23

【解答】 ㉑

【解説】 金属イオンが含まれる電解液を電気分解すると、イオン化傾向の小さい金属のイオンが陰極に析出する(析出しやすい)。

銅と亜鉛を溶かした硫酸水溶液を電気分解すると、電解液中の Cu<sup>2+</sup> は析出するが、Zn<sup>2+</sup> は溶液中に残っていて析出しない。

銅 0.64 g の物質量は、 $\frac{0.64}{64} = 0.010$  (mol) であり、硫酸水溶液中には、0.010 mol の

Cu<sup>2+</sup> が含まれる。

電気分解を行うことで、 $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Cu}$  の反応が起こり、すべての Cu<sup>2+</sup> が、Cu となって析出するまでの時間を t [秒] とすると、次の関係が成りたつ。

$$\frac{1 \text{ A} \times t [\text{秒}]}{9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}} \times \frac{1}{2} = 0.010 \text{ mol} \quad t = 1930 \text{ (秒)}$$

したがって、陰極の質量の増加は、電気分解開始後 1930 秒まで続き、最終的に 0.64 g で最大となり、それ以降の質量の増加は止まる。

よって、最も適当なグラフは、㉑。

24

【解答】 a ㉑ b ㉑

【解説】 a  $2\text{H}_2\text{O}_2 \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$

図 2 より、過酸化水素がすべて反応したとき発生した酸素は 0.050 mol である。係数比より、最初の過酸化水素の物質量は 0.10 mol、過酸化水素水の体積は 100 mL なので、濃度は、

$$0.10 \times \frac{1000}{100} = 1.0 \text{ (mol/L)}$$

b 図 1 より、最初の 20 秒間で 0.0040 mol の酸素が発生しているのので、過酸化水素は 0.0080 mol 分解していることがわかる。

よって、過酸化水素の濃度変化は、

$$0.0080 \times \frac{1000}{200} = 0.040 \text{ (mol/L)}$$

平均の分解速度は、

$$\frac{0.040}{20} = 2.0 \times 10^{-3} \text{ (mol/(L} \cdot \text{s))}$$

25

【解答】 ㉑

【解説】 ㉑ 正しい。反応物 A のもつエネルギーよりも、生成物 (B + C) のもつエネルギーの方が大きいので、この反応は吸熱反応である。

㉒ 正しい。

㉓ 誤り。活性化エネルギーとは、反応物を活性化状態(遷移状態)にするために必要な最小のエネルギーのことである。この反応の活性化エネルギーは、E<sub>1</sub> である。E<sub>2</sub> は B + C → A の反応の活性化エネルギーである。

㉔ 正しい。触媒は、反応物に作用して、活性化エネルギーを小さくするような物質である。

㉕ 正しい。反応熱は、反応物のもつエネルギーと生成物のもつエネルギーの差である。触媒を用いても、このエネルギー差は変わらない。したがって、反応熱は変わらない。

よって、誤りを含むものは、㉑。

26

【解答】 ㉑

【解説】 ㉑ 正しい。熱化学方程式より、正反応は発熱反応であることがわかる。

㉒ 正しい。熱化学方程式より、逆反応は吸熱反応であることがわかる。圧力一定で加熱すると、ルシャトリエの原理(平衡移動の原理)より、変化を緩和する方向、すなわち吸熱反応の方向(この場合、逆反応の方向)へ平衡が移動して、NO<sub>2</sub> の分子数が増加する。

㉓ 誤り。温度一定で気体を圧縮すると圧力が増加するので、ルシャトリエの原理より、圧力が減少する方向、すなわち気体分子の総数が減少する方向(この場合、正反応の方向)へ平衡が移動して、N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> の分子数が増加する。

㉔ 正しい。温度、体積一定で NO<sub>2</sub> を加えると、ルシャトリエの原理より、NO<sub>2</sub> の濃度の増加を緩和する方向、すなわち NO<sub>2</sub> の濃度が減少する方向(この場合、正反応の方向)へ平衡が移動して、N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> の濃度も増加する。

㉕ 正しい。正反応と逆反応の反応速度が等しくなると、反応が止まったように見える。この状態を化学平衡の状態または単に平衡状態という。

よって、誤りを含むものは、㉑。

27

【解答】 ㉑

【解説】 a 正しい。酢酸ナトリウム CH<sub>3</sub>COONa は、イオンからなる物質(イオン結晶)で水に溶けやすく、次式のように水溶液中でほぼ完全に電離する。



b 正しい。酢酸 CH<sub>3</sub>COOH は弱酸であり、水溶液中では次のような電離平衡の状態にある。



混合水溶液中では、(i) 式によって生じた CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup> により、(ii) 式の電離平衡は左辺の方向に移動して、CH<sub>3</sub>COOH はほとんど電離していない状態となる。

混合水溶液中で、0.1 mol/L × 0.100 L = 0.01 mol の CH<sub>3</sub>COONa は、ほぼ完全に電離して 0.01 mol の CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup> が生じている。また、0.1 mol/L × 0.100 L = 0.01 mol の CH<sub>3</sub>COOH はほとんど電離していない。よって、混合水溶液中の CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup> と CH<sub>3</sub>COOH の物質量はほぼ等しい。

c 正しい。この混合水溶液に酸(H<sup>+</sup>を含む水溶液)を加えても、多量に存在する CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup> と H<sup>+</sup> が反応して CH<sub>3</sub>COOH が生成する反応

(CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup> + H<sup>+</sup> → CH<sub>3</sub>COOH) が起こるため、H<sup>+</sup> の濃度はほとんど増加せず、pH もほとんど変化しない。

弱酸(または弱塩基)とその塩の混合水溶液は、少量の酸や塩基の水溶液を加えても、pH をほぼ一定に保つはたらき(緩衝作用)があり、緩衝液とよばれる。

よって、正誤の組合せとして正しいものは、a 正 b 正 c 正 の ㉑。

28

解答 ⑥

解説 化学平衡の法則(質量作用の法則)より、各気体の濃度と平衡定数  $K$  との間には、

$\frac{[XY]^2}{[X_2][Y_2]} = K$  の関係が成り立つ。反応開始前から平衡に達するまでに減少した  $X_2$  の物質量を  $x$  [mol]、密閉容器の体積を  $V$  [L] とすると、平衡時の各気体の物質量と平衡定数  $K$  は、以下のように表すことができる。

	$X_2$	+	$Y_2$	$\rightleftharpoons$	$2XY$
反応前	1 mol		2 mol		0 mol
変化量	$-x$ [mol]		$-x$ [mol]		$+2x$ [mol]
平衡時	$1-x$ [mol]		$2-x$ [mol]		$2x$ [mol]

$$K = \frac{[XY]^2}{[X_2][Y_2]} = \frac{\left(\frac{2x}{V}\right)^2}{\left(\frac{1-x}{V}\right)\left(\frac{2-x}{V}\right)} = \frac{(2x)^2}{(1-x)(2-x)}$$

したがって、 $X_2$  の物質量  $1-x$  [mol] がわかれば、 $x$  [mol] もわかり、平衡定数  $K$  を求めることができる。また、密閉容器中の気体の物質量の総和は、 $(1-x) + (2-x) + 2x = 3$  (mol) である。

化学反応式の左右の辺の物質の係数の和が等しい反応では、反応が進んでも物質の物質量の総和は変わらない。

- a 誤り。
- b 正しい。
- c 正しい。

よって、正誤の組合せとして正しいものは、⑥。

29

解答 ①

解説 電離度が1に比べてきわめて小さい場合、酢酸の電離度  $\alpha$  は、酢酸の電離定数

$$K_a \text{ [mol/L]}, \text{ 酢酸の濃度 } c \text{ [mol/L]} \text{ を用いて, } K_a = \frac{c\alpha^2}{1-\alpha}, 1-\alpha \approx 1 \text{ より } K_a \approx c\alpha^2$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_a}{c}} \text{ と求められる。}$$

したがって、酢酸の濃度  $c$  が増加するに伴い、電離度  $\alpha$  は小さくなる。

また、 $25^\circ\text{C}$  で酢酸の濃度が  $c = 0.03$  mol/L のとき、 $\alpha = \sqrt{\frac{2.7 \times 10^{-5}}{0.03}} = 0.03$  である。

これらをともに満たすグラフは、① である。

よって、最も適当なグラフは、①。

30

解答 a ④ b ③

解説 a 通常、物質は圧力一定のとき、温度が上昇するに伴い、

固体  $\rightarrow$  液体  $\rightarrow$  気体 のように状態が変化する。したがって、次図において、A は気体、B は固体、C は液体の状態を表すことがわかる。

次図において、気体の二酸化炭素に ①～④ の操作を行うと、次のようになる。

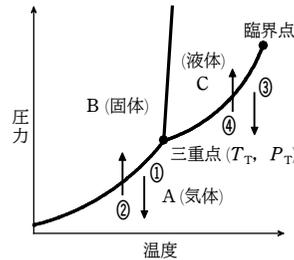
- ① 気体のままである。

② 気体から固体に変化する(昇華圧曲線までは気体)。

③ 気体のままである。

④ 気体から液体に変化する(蒸気圧曲線までは気体)。

よって、気体の二酸化炭素を液体に変える操作として最も適当なものは、④。



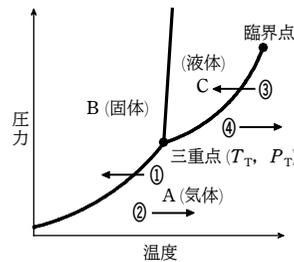
b 次図において、気体の二酸化炭素に ①～④ の操作を行うと、次のようになる。

① 気体から固体に変化する(昇華圧曲線までは気体)。

② 気体のままである。

③ 気体から液体に変化する(蒸気圧曲線までは気体)。

④ 気体のままである。



よって、気体の二酸化炭素を液体に変える操作として最も適当なものは、③。

なお、三重点では、3つの状態(固体・液体・気体)が共存している。また、臨界点以上の温度や圧力では、物質は液体と気体の中間的な性質をもつ状態(液体のように物質を溶解し、気体のように拡散しやすい)で存在する。この状態の物質は超臨界流体とよばれる。

31

解答 ⑧

解説 (水蒸気の分圧について)

密閉容器内には常に液体の水が存在していたことから、混合気体の圧縮の前後における水蒸気分圧は、 $27^\circ\text{C}$  の水の蒸気圧 ( $3.60 \times 10^3$  Pa) を示して変化はない。

(窒素分圧について)

$$\text{圧縮前の窒素分圧は, } 4.50 \times 10^4 \text{ Pa} - 3.60 \times 10^3 \text{ Pa} = 4.14 \times 10^4 \text{ Pa}$$

ボイルの法則より、容積を半分に圧縮した後の窒素分圧は、圧縮前の2倍になる。

$$4.14 \times 10^4 \text{ Pa} \times 2 = 8.28 \times 10^4 \text{ Pa}$$

よって、圧縮後の容器内の圧力は、窒素分圧と水蒸気分圧の和である。

$$8.28 \times 10^4 \text{ Pa} + 3.60 \times 10^3 \text{ Pa} = 8.64 \times 10^4 \text{ Pa}$$

よって、最も適当な数値は、⑧。

32

解答 ⑥

解説  $27^\circ\text{C}$  まで冷却したときに物質 A の液滴が生じたことから、このとき物質 A は、 $27^\circ\text{C}$  における飽和蒸気圧  $1.5 \times 10^4$  Pa を示している。一方で、このときの窒素分圧は、 $9.0 \times 10^4 - 1.5 \times 10^4 = 7.5 \times 10^4$  (Pa)。

混合気体中の成分気体について、分圧の比 = 物質量の比 の関係が成り立つので、

$$\begin{aligned} (\text{窒素のモル分率}) &= \frac{\text{窒素の物質量}}{\text{混合気体の全物質量}} = \frac{\text{窒素分圧}}{\text{混合気体の全圧}} \\ &= \frac{7.5 \times 10^4}{9.0 \times 10^4} = 0.833\cdots \approx 0.83 \end{aligned}$$

よって、冷却後の混合気体の窒素のモル分率は、0.83 で、⑥。

33

解答 ②

解説 溶媒の質量は  $10d$  [g] なので、

$$\Delta t = K_f \times \frac{x}{M} \times \frac{1000}{10d}$$

$$d = \frac{100xK_f}{M\Delta t} \text{ [g/cm}^3\text{]}$$

34

解答 ⑥

解説 気体 A が液体 C に溶けず(液体 C と反応せず)、一方、気体 B が液体 C に溶ける(液体 C と反応する)ような組合せであればよい。

- ① 適当。気体 A (一酸化炭素) は液体 C (水) に溶けず、気体 B (塩化水素) は液体 C (水) と反応する。
- ② 適当。気体 A (酸素) は液体 C (石灰水) と反応せず、気体 B (二酸化炭素) は液体 C (石灰水) と反応する。
- ③ 適当。気体 A (窒素) は液体 C (水酸化ナトリウム水溶液) と反応せず、気体 B (二酸化硫黄) は液体 C (水酸化ナトリウム水溶液) と反応する。
- ④ 適当。気体 A (塩素) は液体 C (濃硫酸) と反応せず、気体 B (水蒸気) は液体 C (濃硫酸) に吸収される。
- ⑤ 不適当。気体 A (二酸化窒素) は液体 C (水) に溶け、気体 B (一酸化窒素) は液体 C (水) に溶けない。

よって、気体 A、B および液体 C の組合せとして適当でないものは、⑤。

35

解答 ④

解説 ① 正しい。水酸化ナトリウム NaOH や水酸化カリウム KOH や塩化カルシウム CaCl<sub>2</sub> などには潮解性がある。

② 正しい。

③ 正しい。ケイ素の単体は、電気炉中でけい砂(主成分: SiO<sub>2</sub>)を炭素で還元して得る。



④ 誤り。P<sub>4</sub>O<sub>10</sub> は酸性酸化物であり、塩基性の気体と反応する。したがって、塩基性の気体の乾燥に用いることはできない。

⑤ 正しい。酸性酸化物である二酸化硫黄 SO<sub>2</sub> を水に溶かすと、亜硫酸 H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> となつて電離し、弱い酸性を示す。

また、硫化水素 H<sub>2</sub>S を水に溶かすと、電離して弱い酸性を示す。

⑥ 正しい。塩素は水と反応し、塩化水素 HCl と次亜塩素酸 HClO を生じる。



よって、誤りを含むものは、④。

36

解答 ⑤

解説 ① 正しい。アルカリ金属の単体はやわらかく、ナイフで切ることができる。

② 正しい。

③ 正しい。鉄やアルミニウム、ニッケルは濃硝酸や熱濃硫酸と不動態をつくるため、溶けない。

④ 正しい。

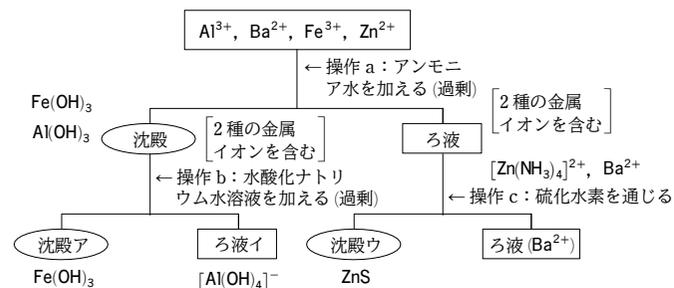
⑤ 誤り。亜鉛は鉄よりもイオン化傾向が大きく、鉄よりも先に亜鉛がイオンとなって溶けるため、鉄を保護することができる。このように鉄を亜鉛でめっきしたものをトタンという。

よって、誤りを含むものは、⑤。

37

解答 ③

解説



① 正しい。過剰に加えないと、Al(OH)<sub>3</sub>、Fe(OH)<sub>3</sub>、Zn(OH)<sub>2</sub> の3種類の金属イオンを含む沈殿となるため不適。

② 正しい。過剰に加えないと、Al(OH)<sub>3</sub> が [Al(OH)<sub>4</sub>]<sup>-</sup> になる反応が完全に進行しないため不適。

③ 誤り。塩基性のまま硫化水素を通じても、ZnS のみが沈殿になる。よって、ろ液を酸性にする必要はない。

④ 正しい。沈殿アである Fe(OH)<sub>3</sub> に塩酸を加えると、Fe<sup>3+</sup> が生じる。Fe<sup>3+</sup> は K<sub>4</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>] 水溶液と反応して濃青色沈殿を生じる。

⑤ 正しい。ろ液イである [Al(OH)<sub>4</sub>]<sup>-</sup> に塩酸を加えると、Al(OH)<sub>3</sub> が生じる。Al(OH)<sub>3</sub> は両性元素の水酸化物である。

⑥ 正しい。沈殿ウである ZnS は、白色である。

よって、誤りを含むものは、③。

38

解答 ⑥

解説 ① 正しい。

② 正しい。地殻を構成する岩石のほとんどは、さまざまな構造をもつケイ酸イオンと金属イオンが結合したケイ酸塩からなる。酸素やケイ素に次いで、Al や Fe、Ca も地殻中に多く存在する。

③ 正しい。ケイ素の単体は、ダイヤモンドと同様の構造をもつ共有結合の結晶である。

④ 正しい。高純度のケイ素の単体は、太陽電池や集積回路(IC)などに用いられる。

⑤ 正しい。ガラスやセメント、陶磁器などはセラミックス(窯業製品)とよばれており、ケイ酸塩を高温で焼いて製造されている。

⑥ 誤り。二酸化ケイ素 SiO<sub>2</sub> の結晶は、立体的にくり返されている共有結合の結晶であり、SiO<sub>2</sub> は分子式ではなく組成式である。

よって、誤りを含むものは、⑥。

39

解答 ③

解説 元素の周期表の3~11族の元素を遷移元素という。

① 正しい。[Fe(CN)<sub>6</sub>]<sup>3-</sup>、[Fe(CN)<sub>6</sub>]<sup>4-</sup>、[Cu(NH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>]<sup>2+</sup>、[Co(NH<sub>3</sub>)<sub>6</sub>]<sup>3+</sup> などのような錯イオンを形成する。

② 正しい。イオンや化合物は、Fe<sup>2+</sup> (淡緑色)、Fe<sup>3+</sup> (黄褐色)、MnO<sub>4</sub><sup>-</sup> (赤紫色)、CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O (青色)、PbCrO<sub>4</sub> (黄色) などのように有色のものが多い。

③ 誤り。遷移元素の最外殻電子の数は、1個または2個である。

④ 正しい。

⑤ 正しい。例えば、K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> のCrの酸化数は+6、KMnO<sub>4</sub> のMnの酸化数は+7である。

よって、誤りを含むものは、③。

40

解答 ア ③ イ ①

解説 ア ①~④の操作を行ったときの反応は次の通り。

① Pb<sup>2+</sup> は錯イオンとなり、溶解したままであり、沈殿として分離することはできない。

② Pb(OH)<sub>2</sub>、Fe(OH)<sub>2</sub> の沈殿が生じるため、Pb<sup>2+</sup> のみを沈殿として分離することは

できない。

③ Fe<sup>2+</sup> と Ca<sup>2+</sup> は沈殿しない。一方で、Pb<sup>2+</sup> は PbCl<sub>2</sub> の沈殿を生じるため、Pb<sup>2+</sup> のみを沈殿として分離することができる。

④ PbS、FeS の沈殿が生じるため、Pb<sup>2+</sup> のみを沈殿として分離することはできない。

よって、最も適当な方法は、③。

イ ①~④の操作を行ったときの反応は次の通り。

① Pb<sup>2+</sup> と Al<sup>3+</sup> は錯イオンとなり、溶解したままである。一方、Cu<sup>2+</sup> は Cu(OH)<sub>2</sub> の沈殿を生成するため、Cu<sup>2+</sup> のみを沈殿として分離することができる。

② Pb(OH)<sub>2</sub> と Al(OH)<sub>3</sub> の沈殿が生成する。Cu<sup>2+</sup> は、錯イオン [Cu(NH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>]<sup>2+</sup> となり水溶液中に溶解したままである。

③ PbCl<sub>2</sub> の沈殿が生じるが、Cu<sup>2+</sup> と Al<sup>3+</sup> は沈殿しない。

④ CuS、PbS、Al(OH)<sub>3</sub> の沈殿が生じるため、Cu<sup>2+</sup> のみを沈殿として分離することはできない。なお、Al(OH)<sub>3</sub> は Al<sub>2</sub>S<sub>3</sub> の加水分解により生じる。

よって、最も適当な方法は、①。

41

解答 ④

解説 図の反応は、次のような化学反応式で表せる。



したがって、気体 A は SO<sub>2</sub>、固体 B は CuSO<sub>4</sub> である。

① 正しい。SO<sub>2</sub> は分子量 64 であり、空気(平均分子量約 28.8 の気体)よりも重いいため、下方置換で捕集できる。

② 正しい。H<sub>2</sub>S が還元剤、SO<sub>2</sub> が酸化剤となり、次のように反応して硫黄が析出する。



③ 正しい。I<sub>2</sub> が酸化剤、SO<sub>2</sub> が還元剤となり、次のように反応してヨウ素の色が消える。



④ 誤り。SO<sub>2</sub> は、酸性酸化物であり、水に溶かすと、次のように反応して亜硫酸を生じ、弱酸性を示す。



⑤ 正しい。硫酸銅(II)五水和物は青色であるが、硫酸銅(II)の無水物(無水塩)は白色である。

よって、誤りを含むものは、④。