

化 学

I

解答

問 1. ⑥ 問 2. ③ 問 3. ④ 問 4. ③ 問 5. ⑤

問 6. ⑤ 問 7. ③ 問 8. ④ 問 9. ③ 問 10. ②

問 11. ⑥ 問 12. ④

解説

《小問集合》

問 3. ^{38}Cl は半減期を一度むかえるともとの半分の量になるので

$$\frac{1}{1000} \div \frac{1}{2^{10}} = \left(\frac{1}{2}\right)^{10}$$

これより、半減期を 10 回むかえたと考えることができる。

問 4. a. 誤文。配位結合と共有結合は結合する仕組みが異なるだけで結合の性質は変わらない。

b. 誤文。水分子は共有結合のみを含む。

c. 正文。アンモニウムイオンはアンモニア分子中の窒素の非共有電子対に水素イオンが配位結合することによって生じる。

問 6. a. 正文。b. 誤文。気体の酸素は酸素分子 O_2 であるため、1 mol の気体の酸素には 2 mol の酸素原子が含まれる。

c. 正文。水分子 H_2O 1 つには 1 つの酸素原子が含まれる。

問 7. $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (式量 250) 1 mol には 1 mol の CuSO_4 (式量 160) が含まれる。また、質量モル濃度は、溶媒の質量 1 kg に対する溶質の物質量を表すので、溶解させる $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ の質量は

$$0.100 \times 250 = 25.0 [\text{g}]$$

また、 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 25.0 g 中には水が

$$25.0 \times \frac{90}{250} = 9.0 [\text{g}]$$

含まれているので、必要な水の質量は

$$1000 - 9.0 = 991 [\text{g}]$$

問9. a・b. 誤文。c. 正文。水は分子間に水素結合を形成するため分子間力が強くはたらき、沸点が高くなる。

問10. 気体の状態方程式より、窒素の物質量を $n[\text{mol}]$ とすると

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{6.0 \times 10^4 \times 8.3}{8.3 \times 10^3 \times 300} \\ = 0.20 [\text{mol}]$$

問11. 水上置換で気体を捕集するときには、メスシリンダー内の気体の圧力と大気圧が等しくなるよう、メスシリンダー内の液面と外の液面を一致させる。

このとき捕集した気体の圧力 $P[\text{Pa}]$ と水蒸気圧の和が大気圧とつり合っているので

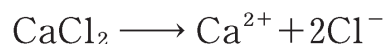
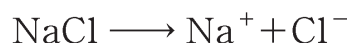
$$P_0 = P + p \quad P = P_0 - p$$

気体を乾燥させたときの体積を $v[\text{L}]$ とすると、ボイルの法則より

$$v \times P_0 = V \times (P_0 - p)$$

$$v = \frac{P_0 - p}{P_0} V$$

問12. 塩化ナトリウム、塩化カルシウムは水溶液中でそれぞれ次のように電離する。



浸透圧は粒子濃度に比例するため、同濃度ならば塩化カルシウム水溶液の浸透圧は塩化ナトリウム水溶液の $\frac{3}{2}$ 倍になる。また、液面の高さは浸透圧に比例するため、塩化カルシウム水溶液の液面の高さは

$$b = \frac{3}{2}a [\text{mm}]$$

II

解答

問1. (1)—⑦ (2)—⑥ (3)—⑦ (4)—⑤

問2. (1)—⑦ (2)—⑥ (3)—③ (4)—① (5)—⑤

問3. (1)—② (2)—⑥ (3)—⑧

問4. (1)—③ (2)—⑤ (3)—④ (4)—②

《中和滴定, イオン化傾向, 燃料電池, 電離平衡》

問 1. (1) シュウ酸二水和物 (式量 126) 1 mol にはシュウ酸 (式量 90) が 1 mol 含まれるので, シュウ酸水溶液の濃度は

$$\frac{\frac{6.3}{126}}{\frac{500}{1000}} = 0.10 [\text{mol/L}]$$

(2) 操作 1 の水酸化ナトリウム水溶液の濃度を $c [\text{mol/L}]$ とすると, 中和の量的関係より

$$1 \times c \times \frac{12.50}{1000} = 2 \times 0.10 \times \frac{10.0}{1000}$$

$$\therefore c = 0.16 [\text{mol/L}]$$

(4) 食酢の濃度を $x [\text{mol/L}]$ とすると, 中和の量的関係より

$$1 \times x \times \frac{10.0}{100} \times \frac{20.0}{1000} = 1 \times 0.16 \times \frac{12.00}{1000}$$

$$\therefore x = 0.96 [\text{mol/L}]$$

したがって, 酢酸 (分子量 60) の質量パーセント濃度は

$$\frac{0.96 \times 60}{1.20 \times 1000} \times 100 = 4.8 [\%]$$

問 2. イオン化列の順番は, $\text{Ca} \cdot \text{Zn} \cdot \text{Fe} \cdot \text{Sn} \cdot \text{Pb} \cdot \text{Au}$ である。

実験 1 : 常温の水と反応することから **A** が Ca である。また, **E**・**F** は高温の水蒸気と反応するので, Zn もしくは Fe である。

実験 2 : 希塩酸と反応しないことから **B** と **D** は Au もしくは Pb である。 Pb は水素よりイオン化傾向が大きい, 塩酸中の塩化物イオンと不溶性の塩 (PbCl_2) を生成するため反応しない。

実験 3 : 濃硝酸と不動態を生成することから **F** は Fe である。また, 王水のみと反応することから **D** は Au である。

実験 4 : ニッケルよりもイオン化傾向の大きな金属を入れるとニッケルの金属樹を生成するので, **A**・**E**・**F** は $\text{Ca} \cdot \text{Zn} \cdot \text{Fe}$ のいずれかである。

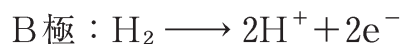
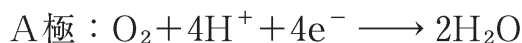
以上より, **A** は Ca , **B** は Pb , **C** は Sn , **D** は Au , **E** は Zn , **F** は Fe である。

(5) イオン化列が離れるほど起電力の大きな電池をつくることができる。

なお、水素の発生は考慮しないこととした。

Li K Ca Na Mg Al Zn Fe Ni Sn Pb (H₂) Cu Hg Ag
Pt Au

問 3. (1) それぞれの電極と電池全体で起こる反応は



A 極は還元反応が起こるため正極，B 極は酸化反応が起こるため負極である。

(2) 生じた水（分子量 18）の物質量の 2 倍の電子が流れているので

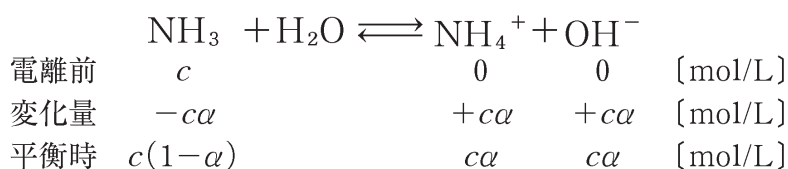
$$\frac{36}{18} \times 2 \times 9.65 \times 10^4 = 3.86 \times 10^5$$

$$\doteq 3.9 \times 10^5 [\text{C}]$$

(3) 電池全体の反応式より，水の $\frac{2+1}{2}$ 倍の物質量の気体が反応するので

$$\frac{36}{18} \times \frac{3}{2} \times 22.4 = 67.2 \doteq 67 [\text{L}]$$

問 4. (1) アンモニアの電離平衡時における濃度は次のようになる。



化学平衡の法則より

$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} = \frac{c\alpha \times c\alpha}{c(1-\alpha)} = \frac{c\alpha^2}{1-\alpha}$$

$$1-\alpha \doteq 1 \text{ より } K_b = c\alpha^2$$

$$\text{よって } \alpha = \sqrt{\frac{K_b}{c}}$$

(2) $[\text{OH}^-] = c\alpha = \sqrt{cK_b}$

$$= \sqrt{0.50 \times 1.8 \times 10^{-5}}$$

$$= \sqrt{9.0 \times 10^{-6}}$$

$$= 3.0 \times 10^{-3} [\text{mol/L}]$$

(3) 水のイオン積 $[H^+][OH^-] = 1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$ より

$$\begin{aligned} \text{pH} &= -\log_{10}[H^+] = -\log_{10} \frac{1.0 \times 10^{-14}}{3.0 \times 10^{-3}} \\ &= 14 - 3 + 0.48 = 11.48 \div 11.5 \end{aligned}$$

$$(4) [OH^-] = \sqrt{\frac{1}{100} c K_b} = \frac{1}{10} \sqrt{c K_b}$$

したがって、 $[OH^-]$ が $\frac{1}{10}$ 倍になるため、pH は 1.0 減少する。

III

解答

問 1. (1)—② (2)—④ (3)—③ (4)—⑥

問 2. (1)—⑥ (2)—④ (3)—③ (4)—④

解説

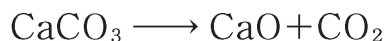
《ケイ素，リン，アンモニアソーダ法》

問 1. (3) ③誤文。リン酸は中程度の強さの酸である。

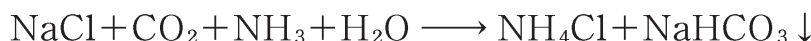
(4) a. 誤文。共有結合の結晶である二酸化ケイ素は組成式で表される。

b・c. 正文。

問 2. (1) アを生じる反応は



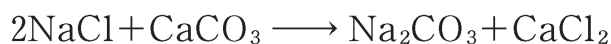
イを生じる反応は



(3) a. 誤文。炭酸水素ナトリウムは重曹ともよばれる。炭酸ナトリウムは炭酸ソーダともよばれる。

b. 誤文。炭酸ナトリウムは加熱すると融解する。c. 正文。

(4) アンモニアソーダ法全体の化学反応は次のように表される。



塩化ナトリウム（式量 58.5）2 mol から 1 mol の炭酸ナトリウム（式量 106）が得られるので、必要な塩化ナトリウムの質量は

$$\frac{530}{106} \times 2 \times 58.5 = 585 = 5.9 \times 10^2 [\text{kg}]$$

IV

解答

問 1. (1)—④ (2)—⑤

問 2. (1)—② (2)—⑤ (3)—⑤ (4)—⑤

問 3. (1)—① (2)—⑥ (3)—④

解 説

《元素分析，界面活性剤，アルケン，サリチル酸》

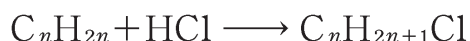
問 1. (1) $C : H = \frac{80}{12} : \frac{20}{1.0} = 1 : 3$

よって，組成式は CH_3 （式量 15）である。炭化水素では水素の数が奇数になることはなく，分子量が 50 以下であることから，分子式は C_2H_6 となる。

(2) a. 不適。合成洗剤の水溶液は中性であるが，セッケンの水溶液は塩基性である。

d. 不適。セッケンの水溶液は硬水中で不溶性の塩をつくり洗浄力が落ちるが，合成洗剤では不溶性の塩をつくらない。

問 2. (2) アルケンの分子式を C_nH_{2n} とすると，塩化水素（分子量 36.5）と次のように付加反応する。

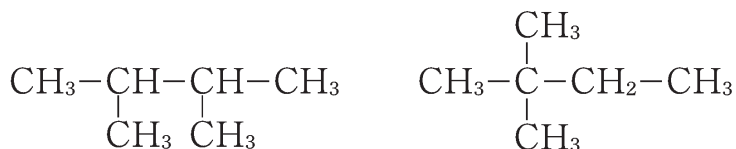
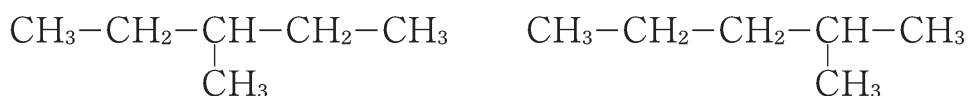
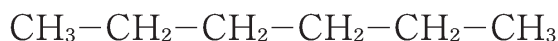


したがって

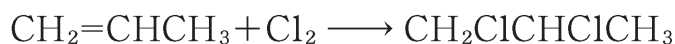
$$14n \times 1.53 = 14n + 36.5$$

$$\therefore n = 4.9 \div 5$$

(3) アルケン C_6H_{12} に水素が付加すると，アルカン C_6H_{14} が生じる。 C_6H_{14} の構造異性体は次の 5 種類である。



(4) a・c. 正文。b. 誤文。プロペンに塩素を反応させると 1,2-ジクロロプロパンを生じる。



問 3. (2) a. 誤文。サリチル酸に十分な量の水酸化ナトリウムを反応させると，サリチル酸二ナトリウムを生じる。b・c. 正文。