

化 学

- I** **解答** 問1. 1—② 2—⑤
問2. ② 問3. ⑥ 問4. ① 問5. ⑤
問6. 7—⑥ 8—③ 問7. ⑤ 問8. ⑥ 問9. ⑤
問10. ⑥ 問11. ④ 問12. ⑤

解 説

《小問 12 問》

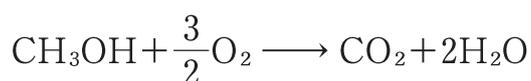
問2. ②誤文。同位体の化学的性質はほぼ同じである。

問3. 酸素原子は8個の電子をもつ。2価の陰イオンになるとき、2個の電子を受け取るため、酸化物イオンにおける電子の総数は10となる。

問7. H_2O は1分子中に2個の水素原子をもつため、最も重い水分子は ${}^3\text{H}_2{}^{18}\text{O}$ 、最も軽い水分子は ${}^1\text{H}_2{}^{16}\text{O}$ である。したがって相対質量の差は

$$3 \times 2 + 18 - (1 \times 2 + 16) = 6$$

問8. 反応するメタノールの係数を1とすると



化学反応式の係数は最も簡単な整数とするので



となる。

問9. HF は分子間に水素結合が形成されるため、HCl と HBr よりも沸点が高い。HCl と HBr では、HBr は HCl よりも分子量が大きく分子間力が強くなるため、HBr のほうが HCl よりも沸点が高い。

問10. a. 誤文。水が残っているので飽和蒸気圧となっている。このとき、蒸発速度と凝縮速度は等しく、見かけ上蒸発が止まったようにみえる気液平衡の状態になっている。

b. 正文。気液平衡の状態になったとき、蒸気が示す圧力を飽和蒸気圧と

いう。

c. 正文。温度が高くなると飽和蒸気圧も大きくなる。

問11. a. 正文。状態方程式に厳密に従う気体を理想気体という。

b. 正文。理想気体は分子間力がはたらかず，分子自身に体積がないと仮定される気体である。実在気体は分子間力がはたらき，分子自身に体積もあるため，理想気体とずれが生じる。

c. 誤文。圧力が高いと，分子間の距離が小さくなるため分子間力がはたらきやすくなり，理想気体からのずれが大きくなる。実在気体は，高温・低圧にすると理想気体のふるまいに近づく。

II **解答** **問1.** (1)―① (2)―③ (3)―⑥ (4)―⑥ (5)―②

問2. (1)―⑦ (2)―⑥ (3)―③ (4)―② (5)―⑤

問3. (1)―③ (2)―④ (3)―⑤

問4. (1)―④ (2)ア―① イ―⑥ (3)―⑥ (4)―① (5)―⑤

解説

《中和滴定，酸化還元反応，電気分解，酢酸の電離定数》

問1. (3) 硫酸と水酸化ナトリウムはそれぞれ強酸と強塩基なので，指示薬には酸性側に変色域をもつメチルオレンジと，塩基性側に変色域をもつフェノールフタレインのどちらも使用できる。

(4) 希釈前の硫酸のモル濃度を x [mol/L] とおくと，中和の量的関係から

$$\frac{x}{10} \times \frac{10.0}{1000} \times 2 = 0.10 \times \frac{6.20}{1000} \times 1$$
$$x = 0.31 \text{ [mol/L]}$$

(5) 操作4における滴定曲線は，強酸と強塩基の滴定であること，水酸化ナトリウム水溶液を 6.2 mL 滴下したところが中和点になることから a と決まる。塩酸は1価の酸なので，同じ操作をしたとき中和に必要な水酸化ナトリウム水溶液の体積 v [mL] は

$$\frac{0.31}{10} \times \frac{10.0}{1000} \times 1 = 0.10 \times \frac{v}{1000} \times 1$$
$$v = 3.1 \text{ [mL]}$$

よって塩酸との滴定曲線は c と決まる。

問 2. (2) a. Na は $\text{Na} \longrightarrow \text{Na}^+ + \text{e}^-$ の反応が起こりやすく、相手に電子を与える還元剤としてはたらく。

b. SO_2 は主に還元剤としてはたらくが、 H_2S との反応では酸化剤として作用する。

c. F_2 はハロゲンの単体で、相手の物質から電子を奪いやすく酸化剤としてはたらく。

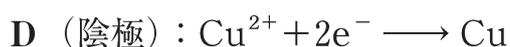
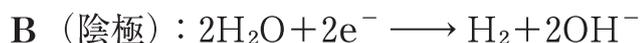
(4) 酸化還元反応は、弱い酸化剤が遊離する方向に反応が進行する。(i)式において、 H_2O_2 と KI を反応させると I_2 が遊離していることから、酸化力は $\text{H}_2\text{O}_2 > \text{I}_2$ となる。(ii)式では H_2S から S が生じており、 S 原子の酸化数が -2 から 0 に変化している。したがって H_2S は I_2 によって酸化されており、酸化力は $\text{I}_2 > \text{H}_2\text{S}$ となる。以上のことから、酸化力の大小関係は $\text{H}_2\text{O}_2 > \text{I}_2 > \text{H}_2\text{S}$ と決まる。

(5) a. NH_3 が HNO_3 に変化しているので、 N 原子の酸化数は $-3 \rightarrow +5$ になっている。また、 O_2 が H_2O や HNO_3 に変化しているので、 O 原子の酸化数は $0 \rightarrow -2$ になっている。酸化数の変化をともなうため、酸化還元反応である。

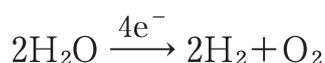
b. Ag_2O が $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ に変化しているので、 Ag 原子の酸化数は $+1$ のままである。酸化数の変化がないため、酸化還元反応ではない。

c. 鉛蓄電池の反応式である。 Pb が PbSO_4 に変化しているので、 Pb 原子の酸化数は $0 \rightarrow +2$ になっている。また、 PbO_2 が PbSO_4 に変化しているので、 Pb 原子の酸化数は $+4 \rightarrow +2$ になっている。よって酸化還元反応である。

問 3. A～D の電極で起こる反応はそれぞれ次のとおり。



電解槽 I で起こる反応を 1 つにまとめると、次の式になる。



したがって電解槽 I では H_2O が分解されており、 H_2O が 0.90 g 減少したことから流れた電子の物質量 [mol] は

$$\frac{0.90}{18} \times \frac{4}{2} = 0.10 [\text{mol}]$$

(2) 電極 A では O_2 が発生している。電極 A の反応から、発生する O_2 の体積 [L] は

$$0.10 \times \frac{1}{4} \times 22.4 = 0.56 [\text{L}]$$

(3) 電解槽 II で銅が析出するのは陰極である。電極 D の反応から、析出する Cu の質量 [g] は

$$0.10 \times \frac{1}{2} \times 63.5 = 3.175 \doteq 3.2 [\text{g}]$$

問 4. (1)・(2) 平衡状態になったとき、水溶液中の酢酸、酢酸イオン、水素イオンのモル濃度は、 c と α を用いてそれぞれ次のように表される。

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = c(1-\alpha), \quad [\text{CH}_3\text{COO}^-] = [\text{H}^+] = c\alpha$$

電離定数 K_a を c と α を用いて表すと次のようになる。

$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = \frac{c\alpha \times c\alpha}{c(1-\alpha)} = \frac{c\alpha^2}{1-\alpha}$$

ここで $1-\alpha \doteq 1$ と近似すると

$$K_a = \frac{c\alpha^2}{1-\alpha} \doteq c\alpha^2$$

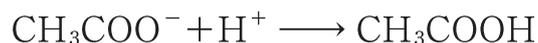
(3) $[\text{H}^+] = c\alpha$ より

$$[\text{H}^+] = c\alpha = 0.010 \times 0.051 = 5.1 \times 10^{-4} [\text{mol/L}]$$

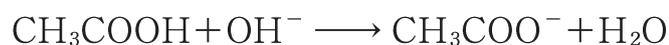
(4) $\text{pH} = -\log_{10}[\text{H}^+]$ より

$$\begin{aligned} \text{pH} &= -\log_{10}[\text{H}^+] = -\log_{10} 5.1 \times 10^{-4} \\ &= 4 - 0.71 = 3.29 \doteq 3.3 \end{aligned}$$

(5) 酢酸と酢酸ナトリウムの混合水溶液に少量の酸を加えると、次の反応が起こる。



水素イオンはあまり増加せず pH も大きく変化しない。同様に、少量の塩基を加えると次の反応が起こる。



水酸化物イオンはあまり増加せず、pH も大きく変化しない。このように少量の酸や塩基を加えても pH を変化させない作用を緩衝作用といい、こ

のような性質をもつ溶液を緩衝液という。

Ⅲ **解答** 問1. (1)―③ (2)―⑤ (3)―④ (4)―①
問2. (1)―⑥ (2)―③ (3)―④ (4)―②

問3. (1)―② (2)―① (3)―② (4)―⑤

解説

《貴ガス，銅(Ⅱ)イオンの反応，身のまわりの物質，化学式，周期表，カルシウムの化合物》

問1. (1) a. 誤文。Heの最外殻電子の数は2個である。

b. 誤文。空気に最も多く含まれる貴ガスはアルゴン(約1%)である。

c. 正文。貴ガスはいずれも価電子が0であり，他の原子と結合せず単原子分子として存在する。

(2) a. 正文。銅(Ⅱ)イオンを含む水溶液に塩基を加えると水酸化銅(Ⅱ)の青白色沈殿が生じる。

b. 誤文。テトラアンミン銅(Ⅱ)イオンは正方形のイオンである。

c. 正文。イオン化傾向は $Zn > Cu$ なので，Znが溶解して Zn^{2+} になりCuが析出する。

(3) c. 誤文。ベーキングパウダーの主成分は炭酸水素ナトリウムである。

(4) b. 誤文。斜方硫黄と単斜硫黄は分子式 S_8 で表される環状分子である。

c. 誤文。金属原子であるNaと非金属原子であるClはイオン結合によって結びつくため，NaClはイオン結晶であり組成式で表される。

問2. (4) a. 誤文。ウは2族元素なので価電子を2個もち，2価の陽イオンになりやすい。

b. 正文。遷移元素は最外殻電子の数が1または2で，1つ内側の電子殻に電子が収容されるため，隣り合う元素の性質が似ている。

c. 誤文。キはハロゲンである。ハロゲンの水素化合物のうち，フッ化水素HFは弱酸である。

問3. (2) b. 誤文。塩化カルシウムは強酸のHClと強塩基の $Ca(OH)_2$ からなる塩であり，水溶液は中性を示す。

c. 誤文。カルシウムは橙赤色の炎色反応を示す。黄色の炎色反応を示すのはナトリウムである。

(4) CaO は塩基性酸化物で、水と反応して Ca(OH)₂ になる。Ca(OH)₂ は消石灰とよばれ、その水溶液は石灰水とよばれる。石灰水に二酸化炭素を通じると CaCO₃ の白色沈殿を生じる。さらに二酸化炭素を通じると次の反応によって白色沈殿が溶解する。

