

冬期第1講 演習問題【解答】

1

【解答】 ㊷

【解説】 エタノール  $C_2H_5OH$  を完全燃焼させたときの化学反応式は、次のように書ける。



化学反応式の係数の比から、燃焼した  $C_2H_5OH$  と生成した  $CO_2$  の物質量の比は、1 : 2

である。生成した  $CO_2$  (分子量 44) 44 g の物質量は、 $\frac{44 \text{ g}}{44 \text{ g/mol}} = 1.0 \text{ mol}$  であること

から、燃焼した  $C_2H_5OH$  の物質量は、 $1.0 \text{ mol} \times \frac{1}{2} = 0.50 \text{ mol}$  である。 $C_2H_5OH$  の分子

量 46 より、0.50 mol の質量は、 $46 \text{ g/mol} \times 0.50 \text{ mol} = 23 \text{ g}$

よって、最も適当な数値は、㊷。

2

【解答】 ㊸

【解説】 図より、25 mL の塩酸に 2.5 g 以上の  $CaCO_3$  を反応させても、 $CO_2$  の発生量が変化しない。このことから、25 mL の塩酸に 2.5 g の  $CaCO_3$  を反応させたときに  $HCl$  と  $CaCO_3$  が過不足なく反応することがわかる。

さらにそのとき、0.025 mol の  $CO_2$  が発生しており、化学反応式の係数の比より、この塩酸 25 mL (= 0.025 L) には、 $0.025 \text{ mol} \times 2 = 0.050 \text{ mol}$  の  $HCl$  が含まれていたことがわかる。

よって、反応に用いた塩酸の濃度は、 $\frac{0.050 \text{ mol}}{0.025 \text{ L}} = 2.0 \text{ mol/L}$  である。したがって、

最も適当な数値は、㊸。

3

【解答】 ㊹

【解説】 オゾン  $O_3$  は特異臭をもつ淡青色の酸化作用をもつ気体である。酸素  $O_2$  中で無声放電 (音の発生しない放電) を行ったり、紫外線を当てたりすると、オゾン  $O_3$  が生成する。



オゾンに変化した酸素の体積を  $V$  [mL] とすると、



放電前 150.0 0 [mL]

反応量  $-V$   $+\frac{2}{3}V$  [mL]

放電後 150.0 -  $V$   $\frac{2}{3}V$  [mL]

放電後の総体積は 144.0 mL あるので、

$$(150.0 - V) + \frac{2}{3}V = 144.0 \quad V = 18.0 \text{ mL}$$

よって、 $\frac{18 \text{ mL}}{150 \text{ mL}} \times 100 = 12\%$ 。

4

【解答】 a ㊺ b ㊻

【解説】 シュウ酸と水酸化ナトリウムとの中和反応は、次のようになる。



a コニカルビーカーに水酸化ナトリウム水溶液を入れ、シュウ酸水溶液をビュレ

ットに入れて滴下するので、滴下前のコニカルビーカーの水溶液は塩基性であり、pH は 7 より大きくなる。したがって、㊺～㊻ の滴定曲線において、シュウ酸水溶液の滴下量が 0 mL のとき pH > 7 である。よって、㊺、㊼、㊾ のいづれかとなる。

さらに、強塩基である水酸化ナトリウム水溶液に弱酸であるシュウ酸水溶液を加えているので、中和点は塩基性側にかたよる。

よって、グラフとして最も適当なのは、㊾。

b 中和点でのビュレットの液面を読むと 24.80 mL であるので、完全に中和するまで滴下したシュウ酸水溶液の体積は、

$$24.80 - 8.80 = 16.00 \text{ mL}$$

実験より、調製したシュウ酸水溶液の濃度は、

$$\frac{6.30 \text{ g}}{126 \text{ g/mol}} \times \frac{1}{1} \text{ L} = 0.0500 \text{ mol/L}$$

水酸化ナトリウム水溶液の濃度を  $c$  [mol/L] とすると、中和反応の量的関係より、

$$2 \times 0.0500 \text{ mol/L} \times \frac{16.00}{1000} \text{ L} = 1 \times c \text{ [mol/L]} \times \frac{20.0}{1000} \text{ L}$$

$$c = \underline{0.0800 \text{ mol/L}} \textcircled{\text{g}}$$

5

【解答】 ㊿

【解説】 水素イオンのモル濃度  $[H^+]$  は、以下のように表される。

$$[H^+] = \text{価数} \times \text{酸のモル濃度 [mol/L]} \times \text{電離度 } \alpha \dots\dots (*)$$

0.038 mol/L の酢酸水溶液の pH はグラフより、3.0 と読み取れる。

$pH = -\log_{10}[H^+] = 3.0$  より、 $[H^+] = 1.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$  となる。酢酸は 1 価の酸なので、これらを (\*) 式に代入すると電離度  $\alpha$  が求められる。

$$1.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L} = 1 \text{ (価)} \times 0.038 \text{ mol/L} \times \alpha \text{ より、} \alpha = 0.0263 \dots \approx \underline{0.026} \textcircled{\text{g}}$$

6

【解答】 ㊽

【解説】 中和反応とは、酸の  $H^+$  と塩基の  $OH^-$  が反応して水となり、酸と塩基の性質が打ち消される反応である。よって、反応物が酸と塩基であるものを選べばよい。

㊽ 中和反応ではない。 $SO_2$  が酸化剤、 $H_2S$  が還元剤としてはたらく酸化還元反応である。

㊾ 中和反応ではない。 $Cu$  が還元剤、 $HNO_3$  が酸化剤としてはたらく酸化還元反応である。

㊿ 中和反応である。 $H_2SO_4$  が酸、 $Al(OH)_3$  が塩基としてはたらく、水と  $Al_2(SO_4)_3$  の塩が生成する中和反応である。

㊽ 中和反応ではない。 $MnO_2$  が酸化剤、 $HCl$  が還元剤としてはたらく酸化還元反応である。

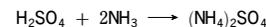
㊾ 中和反応ではない。酢酸  $CH_3COOH$  の燃焼を示しており、 $CH_3COOH$  が還元剤、 $O_2$  が酸化剤としてはたらく酸化還元反応である。

よって、中和反応であるものは、㊽。

7

【解答】 ㊾

【解説】 硫酸とアンモニア、硫酸と水酸化ナトリウム水溶液の中和反応は、それぞれ次のようになる。



アンモニアを吸収させた後の硫酸の濃度を  $c$  [mol/L] とすると、この水溶液 10.0 mL を中和するのに要した 0.100 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液は 4.00 mL であったので、

$$2 \times c \text{ [mol/L]} \times \frac{10.0}{1000} \text{ L} = 1 \times 0.100 \text{ mol/L} \times \frac{4.00}{1000} \text{ L}$$

硫酸に含まれる  $H^+$  の物質質量 水酸化ナトリウムに含まれる  $OH^-$  の物質質量

$$c = 0.0200 \text{ mol/L}$$

したがって、アンモニアとの中和に使われた硫酸の物質量は、

$$(0.0500 - 0.0200) \text{ mol/L} \times 1 \text{ L} = 0.0300 \text{ mol}$$

よって、吸収されたアンモニアの  $0^\circ\text{C}$ 、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$  における体積を  $V$  [L] として、

$$2 \times 0.0300 \text{ mol} = \frac{V \text{ [L]}}{22.4 \text{ L/mol}}$$

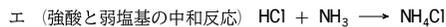
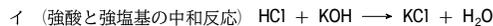
硫酸に含まれる  $H^+$  の物質質量 アンモニアが反応する  $H^+$  の物質質量

$$V = 1.344 \approx \underline{1.34} \textcircled{\text{g}} \text{ L}$$

8

【解答】 a ㊿ b ㊽

【解説】 ア～カの各塩は、以下の中和反応で生じた塩である。



一般に、正塩 (酸の  $H$  および塩基の  $OH$  が残っていない塩) を水に溶かしたときの水溶液については、次のことがいえる。

・強酸と弱塩基の中和反応によって生成した塩を水に溶かすと、その水溶液は酸性を示す。→したがって、エ  $NH_4Cl$ 、カ  $(NH_4)_2SO_4$  の水溶液は、酸性を示す。

・弱酸と強塩基の中和反応によって生成した塩を水に溶かすと、その水溶液は塩基性を示す。したがって、ア  $CH_3COONa$ 、ウ  $Na_2CO_3$  の水溶液は、塩基性を示す。

・強酸と強塩基の中和反応によって生成した塩を水に溶かすと、その水溶液は中性を示す。→したがって、イ  $KCl$ 、オ  $CaCl_2$  の水溶液は、中性を示す。

冬期第1講 演習問題【解答】

9

【解答】 ①

【解説】 これは、酸の水溶液(塩酸)に塩基の水溶液(水酸化ナトリウム水溶液)を滴下していく実験である。

水酸化ナトリウム水溶液の滴下をはじめからしばらくの間は、

$H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$  の中和反応が起こり、 $H^+$  が消費されるため、 $H^+$  の濃度は減少していく(曲線 b)。また同時に、滴下した  $OH^-$  も中和反応で消費されるため、はじめのうちはその濃度は上昇しない。しかし、中和点(滴下量 10 mL)をこえると、しだいに  $OH^-$  の濃度が上昇する(曲線 c)。一方で、 $Na^+$  は、中和反応に関与しないため、水酸化ナトリウム水溶液を滴下するとその濃度は上昇し続ける(曲線 a)。

よって、最も適当な組合せは、①。

10

【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( $NH_3$ 、 $KOH$  または  $Ca(OH)_2$ )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徐々に変化した水溶液 A には、弱塩基である  $NH_3$  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  $Ca(OH)_2$  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( $CH_3COOH$  または  $HNO_3$ )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徐々に変化した水溶液 C には、弱酸である  $CH_3COOH$  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ものは、⑤。

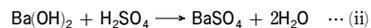
11

【解答】 ③

【解説】 混合気体を水酸化バリウム  $Ba(OH)_2$  水溶液中に通じると、混合気体中の二酸化炭素と水酸化バリウムが反応し、炭酸バリウム  $BaCO_3$  が沈殿する。



生じた炭酸バリウム  $BaCO_3$  の沈殿を取り除いて、残った水酸化バリウム  $Ba(OH)_2$  水溶液を硫酸  $H_2SO_4$  で中和させると、次の反応が起こる。



$CO_2$  を反応させた後の  $Ba(OH)_2$  のモル濃度を  $c$  [mol/L] とすると、(ii) 式より

$$2 \times c \text{ [mol/L]} \times \frac{100}{1000} \text{ L} = 2 \times 1.00 \times 10^{-2} \text{ mol/L} \times \frac{20.0}{1000} \text{ L}$$

$$c = 2.00 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

よって、(i) 式で反応した  $CO_2$  のモル濃度は

$$1.00 \times 10^{-2} \text{ mol/L} - 2.00 \times 10^{-3} \text{ mol/L} = 8.00 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

(i) 式より、反応した二酸化炭素の体積は、

$$8.00 \times 10^{-3} \text{ mol} \times 22.4 \text{ L/mol} = 179.2 \times 10^{-3} \text{ L} = 179.2 \text{ mL} \approx 180 \text{ mL} \textcircled{0}$$