

医学部予備校ACE Academy 夏季模試 化学①解答

1. **解答** (1), (4)
- 解説**
- (1) 純物質は一定の大気圧のもとでは沸騰する温度(沸点)は一定である。
 - (2) 純物質は物質が融けているときの温度(融点)は一定である。
 - (3) 多くの純物質は、固体より液体のときのほうが体積は大きい。しかし、水は固体のほうが液体よりも体積は大きい。これは、水が凍って膨張し、水道管が破裂するなどの現象からもわかる。
 - (4) 純物質は一定の温度・圧力で一定の密度をもつ。

●密度
単位体積あたりの質量

●水
水は氷になると密度が小さくなる。

エクセル 純物質は一定の融点・沸点・密度をもつ

2. **解答** (1) (ウ) (2) (ア) (3) (オ) (4) (エ) (5) (イ)
- 解説**
- (1) 両方の結晶の混合物を加熱しながら水に溶解し、その後、温度を下げると硫酸銅(Ⅱ)は溶液中に残るが、硝酸カリウムの結晶の一部が溶けきれずに純粋な結晶として現れる(再結晶)。
 - (2) 水溶液から水に不溶な塩化銀をろ紙などで取り除く(ろ過)。
 - (3) ヨウ素が加熱されると容易に気体になる(昇華する)ことを利用して分離する(昇華法)。
 - (4) 水は石油に溶けにくい、ヨウ素は石油によく溶ける。ヨウ素を石油に溶かし出すことで分離する(抽出)。
 - (5) 水とそれに溶けている塩化ナトリウム(不揮発性物質)の沸点の差を利用して水を分離する(蒸留)。

●混合物の分離操作
ろ過, 蒸留(分留), 再結晶, 抽出, 昇華法, クロマトグラフィー

●不揮発性物質
気体になりにくい物質

●揮発性物質
気体になりやすい物質

エクセル 分離方法

- ① ろ過 液体と液体に不溶な固体の分離
- ② 蒸留 物質の沸点の差による分離
- ③ 再結晶 物質が同じ液体に溶ける量の差による分離
- ④ 抽出 物質をよく溶かす液体に溶かして分離
- ⑤ 昇華法 固体から容易に気体になる性質を利用して分離

3. **解答** (1) C (2) D (3) A (4) B (5) A (6) C
- 解説**
- (1) 水 H_2O および二酸化炭素 CO_2 は化合物である。
 - (2) 酸素 O_2 とオゾン O_3 は同素体である。
 - (3) 海水は水 H_2O と塩化ナトリウム NaCl などの混合物, 空気は窒素 N_2 と酸素 O_2 などの混合物である。
 - (4) 水素 H_2 および窒素 N_2 は単体である。
 - (5) 石油はナフサなどの混合物, 砂はさまざまな鉱物からできる混合物である。
 - (6) アンモニア NH_3 および塩化ナトリウム NaCl は化合物である。

▶混合物は化学式で表すことができない。

エクセル 単体は1種類の元素記号, 化合物は2種類以上の元素記号で表せる。

4.

解答
解説

(1) 大気圧 (2) 760 mm (3) 280 mm

(1)(2) 密閉された容器の中は真空と考えられるので、水銀柱による圧力が大気圧とつり合っている。

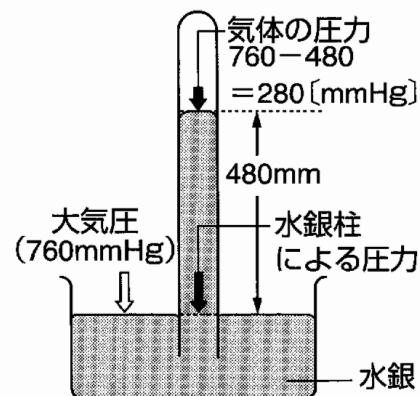
(3) (密閉された容器の中の気体の圧力 + 水銀柱による圧力) = (大気圧) の関係になっている。(2)より 大気圧は水銀柱の高さで表すと 760 mm であるから、 \therefore 1. 気体になったときの圧力を水銀柱の高さで表すと、

$$760 - 480 = 280 \text{ mm}$$

エクセル 大気圧 = 水銀柱による圧力 + 密閉気体の圧力

▶ 大気圧は水銀柱 760 mm に相当する。

▶ 気体注入後



5.

解答

(1) $b \sim e$ (2) $x = 80$ $y = 5.5$ (3) 融解熱 = $(c - b)$ [kJ] 蒸発熱 = $(e - d)$ [kJ](4) $\frac{(d - c) \times 10^3}{80(x - y)}$ [J/(g·°C)]

解説

(1) 熱量を加えたとき、温度上昇が見られる領域が、物質の三態のいずれかの状態であり、液体は $c \sim d$ である。また、温度上昇の見られない領域では、二つの状態が混在している。 $b \sim c$ は固体と液体、 $d \sim e$ は液体と気体である。(2) $b \sim c$ で見られる現象は融解、 $d \sim e$ で見られる現象は沸騰であるので、 x は沸点、 y は融点である。(3) $b \sim c$ で必要なエネルギーは融解熱、 $d \sim e$ で必要なエネルギーは蒸発熱である。(4) $c \sim d$ において、ベンゼン 80 g を $x - y$ [°C] 上昇させるのに必要なエネルギーは $(d - c) \times 10^3$ [J] である。

1 g を 1°C 上昇させるのに必要なエネルギーは、

$$\frac{(d - c) \times 10^3 \text{ [J]}}{80 \text{ g} \times (x - y) \text{ [°C]}} = \frac{(d - c) \times 10^3}{80(x - y)} \text{ [J/(g·°C)]}$$

エクセル 熱量を加えたとき、状態変化の起きている領域(2つの状態が混在)では温度は上昇しない。単一の状態のときは温度が上昇する。

6. 解答

解説

- (2), (5)
- (1) 原子から電子を取り去って、陽イオンになるときに必要なエネルギーをイオン化エネルギーという。
 - (2) 原子が電子を受け取って、陰イオンになるときに放出されるエネルギーを電子親和力という。
 - (3) 原子番号が増えると原子核中の陽子数が増える。同一周期では、陽子数が増えるほど電子を強く引きつけるため、イオン化エネルギーは大きくなる。
 - (4) 電子親和力は、陰イオンになりやすい17族元素は大きく、イオンになりにくい18族元素は小さい。
 - (5) イオン化エネルギーは周期表の右上に行くほど大きくなる。したがって、第2周期の希ガス原子の方がイオン化エネルギーは大きい。

エクセル 17族元素は電子親和力が大きく、陰イオンになりやすい。

7. 解答

解説

- (1) $1.83 \times 10^3 \text{ g}$ (2) $1.78 \times 10^3 \text{ g}$, 18.1 mol
 (3) 18.1 mol/L

- (1) 密度が 1.83 g/cm^3 なので硫酸水溶液 1L (= $1000 \text{ mL} = 1000 \text{ cm}^3$) の質量は、
 $1.83 \text{ g/cm}^3 \times 1000 \text{ cm}^3 = 1830 \text{ g} = 1.83 \times 10^3 \text{ g}$
- (2) 硫酸水溶液 1L 中に含まれる溶質の硫酸の質量は、
 $1.83 \times 10^3 \text{ g} \times \frac{97.0}{100} = 1.775 \times 10^3 \text{ g} \doteq 1.78 \times 10^3 \text{ g}$
 よって、溶質の硫酸の物質量は、
 $\frac{1.775 \times 10^3 \text{ g}}{98 \text{ g/mol}} = 18.11 \text{ mol} \doteq 18.1 \text{ mol}$
- (3) 硫酸水溶液 1L 中に含まれる溶質の硫酸は 18.1 mol なので、モル濃度は 18.1 mol/L である。

エクセル 密度 $d[\text{g/cm}^3]$ の $v[\text{cm}^3]$ の質量は $dv[\text{g}]$

8. 解答

解説

- (1) 11.8 mol/L (2) 84.7 mL
- (1) 水溶液 1.00L の質量は、 $1.18 \text{ g/cm}^3 \times 1000 \text{ cm}^3 = 1180 \text{ g}$
 水溶液 1.00L 中に溶けている HCl は、
 $1180 \text{ g} \times \frac{36.5}{100} = 430.7 \text{ g}$ である。HCl の分子量は 36.5 なので、
 物質量は、
 $\frac{430.7 \text{ g}}{36.5 \text{ g/mol}} = 11.8 \text{ mol}$
- (2) 濃塩酸 1.00L (= 1000 mL) 中に HCl が 11.8 mol 溶けている。
 したがって、 1.00 mol の HCl を得るのに必要な濃塩酸は、
 $\frac{1000 \text{ mL}}{11.8} = 84.74 \doteq 84.7 \text{ mL}$

エクセル 質量%濃度は溶液 100g に溶けている溶質の質量で表す。
 モル濃度は溶液 1L 中に溶けている溶質の物質質量で表す。

▶ 質量%濃度からモル濃度への変換手順

① 溶液 1L (1000 cm^3) の質量
 $= \text{密度}[\text{g/cm}^3] \times 1000 \text{ cm}^3$

② 溶液 1L 中に溶けている溶質の質量 m

$= \text{溶液 1L の質量} \times \frac{x}{100}$

(x : 質量パーセント濃度)

③ 溶質の質量 m を物質質量 n になおす。

$n = \frac{m}{\text{モル質量}}$

9.

解答

(1) 溶解度曲線 (2) 1.40 kg (3) 160 g

(4) 最適な物質 KNO_3 、最も適さない物質 NaCl

解説

(1) 温度と溶解度の関係を示すグラフを溶解度曲線という。

(2) 硝酸カリウム KNO_3 の溶解度曲線から、70℃での溶解度は140と推定される。水100gに KNO_3 が140gまで溶ける。水1.00kg(=1000g)には、 $140\text{g} \times \frac{1000\text{g}}{100\text{g}} = 1400\text{g} \div 1.40\text{kg}$ 溶ける。(3) 70℃で水200gには KNO_3 が、 $140\text{g} \times \frac{200\text{g}}{100\text{g}} = 280\text{g}$ まで溶ける。40℃での KNO_3 の溶解度は、溶解度曲線より60である。40℃の水200gには KNO_3 は、 $60\text{g} \times 2 = 120\text{g}$ まで溶ける。析出する KNO_3 の結晶は、 $280\text{g} - 120\text{g} = 160\text{g}$ (4) 再結晶による精製は、温度による溶解度の差が著しいほど効果的である。したがって、最も適しているのが KNO_3 、最も適していないのが NaCl である。

▶溶解度曲線から、各温度における溶解度を読み取る。

エクセル 溶解度曲線 溶解度と温度の関係を表すグラフ

温度を下げると、その温度での溶解度に達するまで、溶質の結晶が析出する。

10.

解答

35.2 g

解説

最初の溶液中の溶質 = $140 \times \frac{40.0}{100 + 40.0} = 40.0\text{g}$ $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ の析出量を $x[\text{g}]$ とおくと、溶質に相当する質量 = $\frac{160}{250}x[\text{g}]$ よって、 $\frac{\text{溶質の質量}}{\text{溶液の質量}} = \frac{\text{溶解度}}{100 + \text{溶解度}}$ より、

$$\frac{40.0 - \frac{160}{250}x}{140 - x} = \frac{20.0}{100 + 20.0} \quad x = 35.21 \div 35.2\text{g}$$

エクセル 飽和溶液では、次の式が成り立つ。

$$\frac{\text{溶質の質量}}{\text{溶液の質量}} = \frac{\text{溶解度}}{100 + \text{溶解度}}$$

▶水和物を水に溶かした場合、水和水は溶媒になるので、溶質の質量には水和水の質量は含めない。

11.

解答
解説

29%

N_2O_4 9.20 g の物質量は, $\frac{9.20 \text{ g}}{92 \text{ g/mol}} = 0.100 \text{ mol}$,

x [mol] が NO_2 になったとすると,

混合気体の物質量の総和は, $(0.100 - x) + 2x = 0.100 + x$ [mol]

混合気体の標準状態の体積より, その物質量は,

$\frac{2.9 \text{ L}}{22.4 \text{ L/mol}} = 0.129 \text{ mol}$, $0.100 + x = 0.129$ より, $x = 0.029 \text{ mol}$

変化した割合は, $\frac{0.029}{0.100} \times 100 = 29\%$

エクセル

混合気体の物質量の総和 = $\frac{\text{標準状態での混合気体の体積 [L]}}{22.4 \text{ L/mol}}$

▶ 1 mol の N_2O_4 x [mol] が反応すると NO_2 $2x$ [mol] が生成し, $1 - x$ [mol] の N_2O_4 が未反応として残る。

12.

解答
解説

(4), (1), (3), (2)

各水溶液の水素イオン濃度 $[\text{H}^+]$ を求める。

(1) 塩酸は 1 価の強酸であるので,

$$[\text{H}^+] = 0.1 \text{ mol/L}$$

(2) $\text{pH} = 5.0$ より,

$$[\text{H}^+] = 1.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$

(3) 電離度が 0.01 なので,

$$[\text{H}^+] = 0.1 \times 0.01 = 0.001 \text{ mol/L}$$

(4) 硫酸は 2 価の強酸であるので,

$$[\text{H}^+] = 0.1 \times 2 = 0.2 \text{ mol/L}$$

よって, 酸性が強い順に並べると,

(4), (1), (3), (2)

エクセル

$[\text{H}^+] = 1 \times 10^{-n} \text{ mol/L}$ のとき, $\text{pH} = n$

▶ 強酸, 強塩基の電離度は 1 として考える。

▶ 水素イオン濃度が大きいほど酸性が強い。

▶ 弱酸の水素イオン濃度

$$[\text{H}^+] = m c \alpha$$

m : 価数

c : 弱酸の濃度

α : 電離度

▶ 硫酸 H_2SO_4 は 2 価の酸
 $\text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow 2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$

13.

解答
解説

(1) 0.100 mol/L (2) 0.150 mol/L (3) 28.3%

(1) $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ より, Na_2CO_3 は 2 価の塩基, H_2SO_4 は 2 価の酸である。硫酸の濃度を x [mol/L] とすると,

$$2 \times \frac{10.6}{106} \times \frac{20.0}{500} = 2 \times x \times \frac{40.0}{1000}$$

よって, $x = 0.100 \text{ mol/L}$ (2) $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NH}_3 \longrightarrow (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ より, H_2SO_4 は 2 価の酸, NH_3 は 1 価の塩基である。薄いアンモニア水の濃度を y [mol/L] とすると,

$$2 \times 0.100 \times \frac{15.0}{1000} = 1 \times y \times \frac{20.0}{1000}$$

よって, $y = 0.150 \text{ mol/L}$ (3) 濃アンモニア水 10.0 mL に水を加え 1 L に希釈しているの
で, 100 倍希釈したことになる。

薄いアンモニア水の濃度は(2)より 0.150 mol/L であるので,

もとの濃度は, $0.150 \times 100 = 15.0 \text{ mol/L}$ である。

濃アンモニア水の比重は 0.900 であるので, もとの溶液の

10.0 mL について質量パーセントを求めると, $\text{NH}_3 = 17$ より,

$$\frac{15.0 \times \frac{10.0}{1000} \times 17 \text{ g}}{10.0 \times 0.900 \text{ g}} \times 100 = 28.33 \div 28.3\%$$

▶ 密度 0.90 g/cm^3 の溶液 V
[mL] の質量は $0.90V$ [g]**エクセル** 中和の量的関係酸の価数 \times 酸の物質質量 = 塩基の価数 \times 塩基の物質質量

- (1) (ア) メスフラスコ (イ) ホールピペット (エ) ビュレット
 (2) 水で薄められても、シュウ酸の物質量は変化しないから。
 (3) シュウ酸は弱酸で、水酸化ナトリウムは強塩基なので中和点の液性は塩基性である。メチルオレンジは変色域が酸性側にあるので、メチルオレンジは用いない。
 (4) 水酸化ナトリウムは空気中の二酸化炭素と反応して炭酸ナトリウムに変化し、また、空気中の水分を吸収する潮解性もある。このため正確な濃度の水溶液がつかれないから。
 (5) (A) 6.30 g (B) 0.125 mol/L (C) 4.50 %
 (6) ガラスは加熱すると膨張するが、冷却しても元の形に戻らない。このために正確な体積が測れなくなるから。

解説

$$(5) (A) \text{ シュウ酸の物質質量} = 0.100 \times \frac{500}{1000} = 0.0500 \text{ mol}$$

$$(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = 126 \text{ より,}$$

$$\text{シュウ酸の質量は, } 126 \times 0.0500 = 6.30 \text{ g}$$

- (B) シュウ酸は2価の酸、水酸化ナトリウムは1価の塩基なので、水酸化ナトリウム水溶液の濃度を x [mol/L] とすると、

$$2 \times 0.100 \times \frac{25.0}{1000} = 1 \times x \times \frac{40.0}{1000}$$

$$\text{よって, } x = 0.125 \text{ mol/L}$$

- (C) 酢酸は1価の酸、水酸化ナトリウムは1価の塩基なので、酢酸の物質量を y [mol] とすると、

$$1 \times y = 1 \times 0.125 \times \frac{48.0}{1000}$$

$$y = 6.00 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

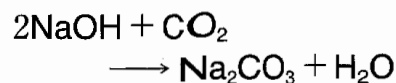
酢酸 CH_3COOH の分子量は60なので、質量パーセント濃度は次のように求める。

$$\begin{aligned} \text{酢酸の質量パーセント濃度} &= \frac{60 \times 6.00 \times 10^{-3}}{8.00} \times 100 \\ &= 4.50\% \end{aligned}$$

- (6) ガラス、ゴム、プラスチックなどは粒子が不規則に配列しており、結晶化していない。このような物質を無定形固体または非晶質という。無定形固体(非晶質)は、加熱すると膨張するが冷却しても元の形には戻らない。

▶中和点が塩基性のとき、塩基性領域に変色域をもつ指示薬を選ぶ。

▶NaOHは空気中の水分や二酸化炭素を吸収しやすい。次のような反応が起こる。



▶食酢の密度は 1.00 g/cm^3 とする。

エクセル 食酢の中和滴定の手順

- ① シュウ酸標準溶液の調製

(注) シュウ酸二水和物は潮解性がない固体なので、正確な濃度の水溶液をつくることことができる。

- ② シュウ酸標準溶液で水酸化ナトリウム水溶液の濃度を決定する。

- ③ 濃度が決定した水酸化ナトリウム水溶液で、食酢の濃度を決定する。

(1) (ア) (B) (イ) (D) (ウ) (B) (エ) (C) (オ) (F)

(2) $2\text{H}_2\text{O}$ (3) デンプン, 青色→無色(4) 0.900 mol/L , 3.06% (5) 0.299 g

(4) ①式, ②式の反応式の係数から,



よって, 滴定に用いた $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ の物質量の 2 分の 1 が H_2O_2 の物質量となる。よって, H_2O_2 の物質量は,

$$0.104 \times \frac{17.31}{1000} \times \frac{1}{2} = 9.001 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

これだけの H_2O_2 が 20.0 mL 中に含まれていたことになる。

20 倍に希釈する前のモル濃度は,

$$\frac{9.001 \times 10^{-4}}{\frac{20.0}{1000}} \times 20 = 0.9001 \doteq 0.900 \text{ mol/L}$$

溶液 1 L あたりで考えると, $\text{H}_2\text{O}_2 = 34.0$ より,

$$\frac{(\text{溶質の質量})}{(\text{溶液の質量})} \times 100 = \frac{34.0 \times 0.9001}{1.00 \times 1000} \times 100 = 3.060 \doteq 3.06\%$$

(5) ①式より, 必要な KI の物質量は H_2O_2 の 2 倍である。

$$9.001 \times 10^{-4} \times 2 \times 166 = 0.2988 \doteq 0.299 \text{ g}$$

エクセル

ヨウ素滴定の手順

- ① 濃度を決定したい酸化剤である過酸化水素水 (H_2O_2) と I^- (還元剤) を反応させ, I_2 を生成させる。
- ② 生成した I_2 を, 濃度がわかっているチオ硫酸ナトリウム水溶液で滴定し, I_2 の物質量を決定する。
- ③ I_2 の物質量から H_2O_2 の濃度を求める。

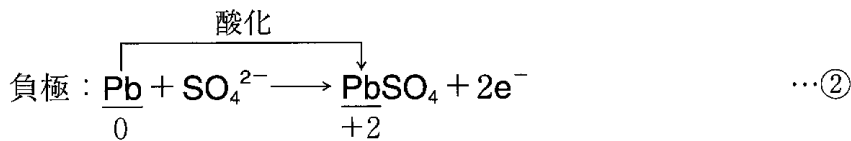
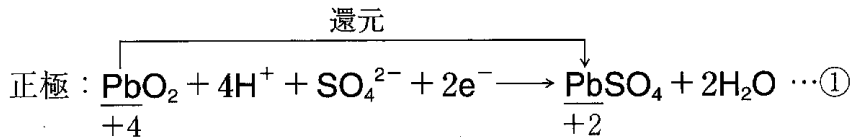
●ヨウ素滴定

ヨウ素のヨウ化カリウム水溶液は褐色だが, これにデンプンを加えると, ヨウ素-デンプン反応によって, はっきりとした青紫色を示す。還元剤を滴下し続け, すべてのヨウ素が反応してしまうと, 水溶液の色が消え無色になる。これは, ヨウ素のすべてがヨウ化物イオンに変化しヨウ素-デンプン反応を示さなくなるからである。よって, 「ヨウ素-デンプン反応の色が消えた時点が滴定の終点」となる。

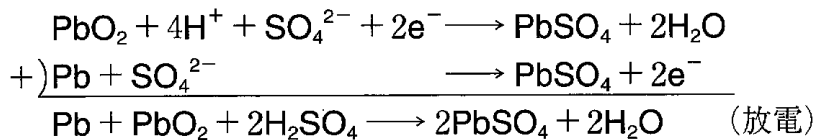
- (1) (ア) PbO_2 (イ) Pb (ウ) 希硫酸 (エ) 2.1 (オ) 二次
 (2) 正極 $\text{PbO}_2 + 4\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
 負極 $\text{Pb} + \text{SO}_4^{2-} \longrightarrow \text{PbSO}_4 + 2\text{e}^-$
 (3) $2\text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Pb} + \text{PbO}_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4$
 (4) 減少する (5) 80g

解説

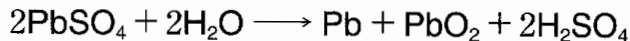
(1), (2) 鉛蓄電池では、正極で二酸化鉛(酸化鉛(IV)) PbO_2 が還元されて硫酸鉛(II) PbSO_4 になり、負極で鉛 Pb が酸化されて硫酸鉛(II)になる。電解液には希硫酸を用いる。



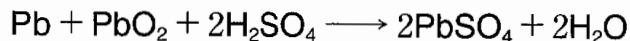
(3) 上の①, ②式より電子 e^- を消去(①+②)すると、放電するときの化学反応式が得られる。充電するときには、放電の逆の反応が起こる。



よって、充電するときの化学反応式は、



(4) 放電するときの化学反応式は、



上式より、硫酸(分子量=98)が反応して水(分子量=18)が生成している。よって、鉛蓄電池の電解液は放電すると密度は減少する。

●式のつくり方

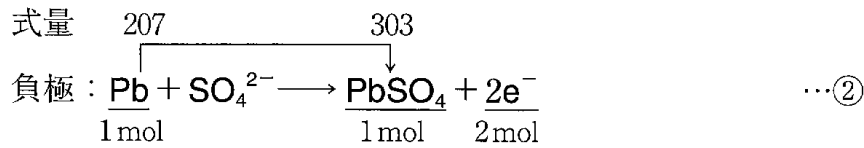
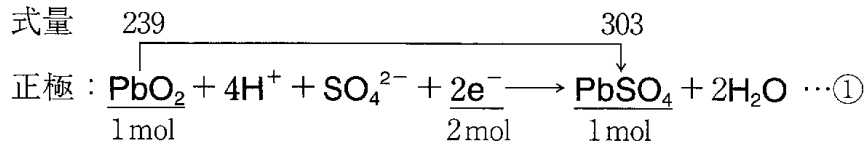
⊖ $\text{Pb} \longrightarrow \text{Pb}^{2+} + 2\text{e}^-$
 両辺に SO_4^{2-} を足し
 $\text{Pb} + \text{SO}_4^{2-} \longrightarrow \text{PbSO}_4 + 2\text{e}^-$
 PbSO_4 は水に不溶で極板に付着している。

⊕ $\frac{\text{PbO}_2}{+4} \longrightarrow \frac{\text{Pb}^{2+}}{+2}$
 PbO_2 の酸化剤としての半反応式をつくる。

$\text{PbO}_2 + 4\text{H}^+ + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Pb}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$
 両辺に SO_4^{2-} を足す。
 $\text{PbO}_2 + 4\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
 やはり水に不溶な PbSO_4 が極板に付着。

▶全体では2molの e^- が流れたとき、2molの H_2SO_4 が消費され、2molの水が生成する。

(5) 正極, 負極での反応式は,



正極, 負極での固体に注目する。

鉛蓄電池において, $9.65 \times 10^4 \text{C}$ の電気量を放電させているので, 電子 1 mol 分が流れたことになる。上の①, ②式より, 電子 2 mol が流れると, 正極では, 酸化鉛(IV) 1 mol が反応して硫酸鉛(II) 1 mol が生成し, 負極では鉛 1 mol が反応して硫酸鉛 1 mol が生成している。

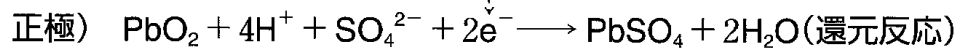
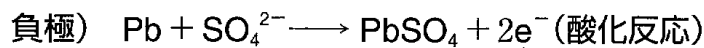
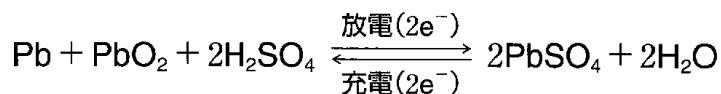
よって, $\text{Pb} = 207, \text{PbSO}_4 = 303, \text{PbO}_2 = 239$ より,

$$\text{正極での質量の増加} = (303 - 239) \times \frac{1}{2} = 32 \text{ g}$$

$$\text{負極での質量の増加} = (303 - 207) \times \frac{1}{2} = 48 \text{ g}$$

両極の合計は $32 + 48 = 80 \text{ g}$

エクセル 鉛蓄電池 代表的な二次電池



●二次電池

充電ができる電池

17.

解答



(iii) 67%

解説

(2) (i) $1\text{ W} = 1\text{ V} \times 1\text{ A}$ より, 193 W , 1.00 V であるから流れた電流は 193 A である。これが 3.00×10^3 秒流れたことから, 流れた電子 e^- の物質量は, 次のように計算される。

$$\frac{193 \times 3.00 \times 10^3}{9.65 \times 10^4} = 6.00 \text{ mol}$$

(ア) から, 電子 2 mol が流れると, H_2 1 mol が反応する。反応

した H_2 は, $6.00 \times \frac{1}{2} = 3.00 \div 3.0 \text{ mol}$

(ii) H_2 3.00 mol が燃焼すると考えると,

$$286 \text{ kJ/mol} \times 3.00 \text{ mol} = 858 \div 8.6 \times 10^2 \text{ kJ}$$

発熱量は $8.6 \times 10^2 \text{ kJ}$

(iii) $1\text{ W} = 1\text{ J/s}$ より, 燃料電池から得られるエネルギーは,

$$193 \times 3.0 \times 10^3 = 5.79 \times 10^5 \text{ J} = 579 \text{ kJ}$$

$$\frac{579}{858} \times 100 = 67.4 \div 67\%$$

エクセル アルカリ形燃焼電池

負極) $\text{H}_2 + 2\text{OH}^- \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^-$ (水素の酸化反応)

正極) $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \longrightarrow 4\text{OH}^-$ (酸素の還元反応)

▶電気量[C]

$$= \text{電流 [A]} \times \text{時間 [s]}$$

●ファラデー定数

$9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ なら, 電子 1 mol のもつ電気量 $9.65 \times 10^4 \text{ C}$ 。

- (1) ① A ② C ③ A (2) H_2 (3) 低いとき
 (4) 分子量の大きい分子や極性分子では分子間力の影響を受けるから。(30字)

理想気体では気体 1 mol について、 $\frac{pv}{RT} = 1$ が常に成り立つ。

一方、実在気体では、分子自身の体積や分子間力の影響を受けて、ずれが生じる。

- (1) ① $\frac{pv}{RT} = 1$ に近い値を示すのが、最も理想気体に近い。
 ② 温度 T が一定なので $40 \times 10^5 \text{ Pa}$ で比較して、最も体積 v が小さいもの、つまり、 $\frac{pv}{RT}$ の値が小さいものを選ぶ。
 ③ 温度 T が一定なので同じ圧力で比較して、最も体積 v が大きいもの、つまり、 $\frac{pv}{RT}$ の値が大きいものを選ぶ。
- (2) $\frac{pv}{RT}$ の値が 1 より小さい B, C は、分子間力の影響で同じ圧力の理想気体より体積が小さくなっていると考えられる。分子間力は分子量が大きいほど、極性が強いものほど大きい。したがって、A は最も分子量の小さい水素、B はメタン、そして、C は極性分子のアンモニアである。
- (3) 図より、低圧ほど $\frac{pv}{RT}$ の値が 1 に近づいている。
- (4) アンモニアは極性分子である。メタンは無極性分子であるが、水素よりも分子量が大きいので分子間力が水素よりも大きい。

▶ 実在気体は高温、低圧ほど理想気体に近づく。

エクセル 理想気体：気体の状態方程式が厳密に成立すると仮想した気体
 理想気体の条件：

- ① 分子間にはたらく引力を 0 とする。
- ② 分子自身の体積を 0 とする。

19.

解答

- (1) A $1.5 \times 10^5 \text{ Pa}$ B $2.5 \times 10^5 \text{ Pa}$
 (2) メタン $6.0 \times 10^4 \text{ Pa}$ 酸素 $1.5 \times 10^5 \text{ Pa}$
 (3) $3.5 \times 10^5 \text{ Pa}$

解説

(1) 容器 A, B に関して気体の状態方程式を適用する。

容器 A

体積 $v = 1.66 \text{ L}$, 絶対温度 $T = 27 + 273 = 300 \text{ K}$

$$\text{気体定数 } R = 8.3 \times 10^3 \frac{\text{Pa} \cdot \text{L}}{\text{K} \cdot \text{mol}}$$

メタン CH_4 の分子量 = 16 より,

$$\text{メタンの物質質量 } n = \frac{1.6}{16} = 0.10 \text{ mol}$$

以上の値を気体の状態方程式 $pv = nRT$ に代入すると,

$$p \times 1.66 = 0.10 \times 8.3 \times 10^3 \times 300 \quad p = 1.5 \times 10^5 \text{ Pa}$$

容器 B

体積 $v = 2.49 \text{ L}$, 絶対温度 $T = 27 + 273 = 300 \text{ K}$

$$\text{気体定数 } R = 8.3 \times 10^3 \frac{\text{Pa} \cdot \text{L}}{\text{K} \cdot \text{mol}}$$

酸素 O_2 の分子量 = 32 より,

$$\text{酸素の物質質量 } n = \frac{8.0}{32} = 0.25 \text{ mol}$$

以上の値を気体の状態方程式 $pv = nRT$ に代入すると,

$$p \times 2.49 = 0.25 \times 8.3 \times 10^3 \times 300 \quad p = 2.5 \times 10^5 \text{ Pa}$$

(2) メタンに関する変化

コックを開いたあとの容器の体積は

$$1.66 + 2.49 = 4.15 \text{ L}$$

$1.5 \times 10^5 \text{ Pa}$	▶	$p[\text{Pa}]$
1.66 L		4.15 L

温度一定の条件で変化させているので, ボイルの法則より,

$$1.5 \times 10^5 \times 1.66 = p \times 4.15$$

$$p = 6.0 \times 10^4 \text{ Pa}$$

酸素に関する変化

$2.5 \times 10^5 \text{ Pa}$	▶	$p[\text{Pa}]$
2.49 L		4.15 L

温度一定の条件で変化させているので, ボイルの法則より,

$$2.5 \times 10^5 \times 2.49 = p \times 4.15$$

$$p = 1.5 \times 10^5 \text{ Pa}$$

(3) メタン CH_4 は燃焼させると酸素 O_2 と反応して, 二酸化炭素 CO_2 と水 H_2O が生成する。反応前と反応後の量的関係を表にすると(単位は mol),

▶ 混合気体でも, 1種類の気体の変化に注目するとよい。

	CH ₄	+	2O ₂	→	CO ₂	+	2H ₂ O
反応前	0.10		0.25		0		0
変化量	-0.10		-0.20		+0.10		+0.20
反応後	0		0.05		0.10		0.20

問題文より，反応後に生成した水はすべて気体になっているので，

$$\begin{aligned} \text{反応後の気体の総物質量} &= 0.05 + 0.10 + 0.20 = 0.35 \text{ mol} \\ \text{混合気体の全圧を } p \text{ とすると，気体の状態方程式より，} \\ p \times 4.15 &= 0.35 \times 8.3 \times 10^3 \times (227 + 273) \\ p &= 3.5 \times 10^5 \text{ Pa} \end{aligned}$$

エクセル ボイル・シャルルの法則の式と気体の状態方程式を使い分けられるかがポイント。

▶水の状態に注意しよう。すべてが気体の場合は状態方程式が使えるが，一部液体として存在する場合は，飽和蒸気圧を示す。