

第 1 問

問 3

M の原子量を x とすると, x [g] の M と化合する O の質量は理論的には 16[g] である。

実験では, 1.30[g] の M と $1.62 - 1.30 = 0.32$ [g] の O が化合したから,

$$\frac{x}{16} = \frac{1.30}{0.32} \quad \therefore x = 65$$

問 4

ドライアイス 1mol (44[g]) の体積は, $44[\text{g}] \times \frac{1}{1.6} [\text{cm}^3/\text{g}] = \frac{44}{1.6} [\text{cm}^3]$

一方, 気体の二酸化炭素 1mol の標準状態での体積は $22.4 \times 10^3 [\text{cm}^3]$

$$\therefore \frac{22.4 \times 10^3}{\frac{44}{1.6}} = \frac{22.4 \times 1.6}{44} \times 10^3 = \frac{224 \times 160}{44} = \frac{224 \times 40}{11} \approx 814$$

第 2 問

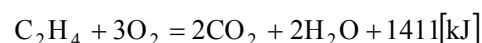
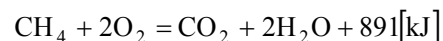
問 1

$$-824 + 3 \times (-111) = 0 + 3 \times (-394) + Q$$

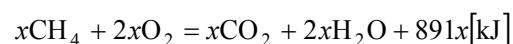
$$\therefore Q = 25$$

問 2

それぞれの燃焼熱の熱化学方程式は,



ここで, メタンの物質量を x [mol] とすると, エチレンの物質量は $1 - x$ [mol] だから,



よって, 全発熱量 1099[kJ] を x を使って表すと, $891x + 1411(1 - x)$

$$\therefore 891x + 1411(1 - x) = 1099$$

$$\therefore x = \frac{312}{520} = 0.600$$

消費された O_2 の物質量を x を使って表すと, $2x + 3(1 - x) = 3 - x$ より,

その物質量は $3 - 0.600 = 2.40$ mol

熱化学方程式の楽な解き方

結合エネルギーを考えなくていい場合

熱化学方程式の物質をすべて単体で表すと、左辺と右辺の単体の種類と数は等しいので、単体が消去され、数式になる。

結合エネルギーを考える場合

熱化学方程式の物質をすべて原子で表すと、左辺と右辺の原子の種類と数は等しいので、原子が消去され、数式になる。

例題

CH₄, CO₂, H₂O (液体) の生成熱はそれぞれ 75kJ, 394kJ, 286kJ である。

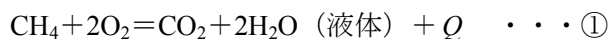
これらの値を使って CH₄ の燃焼熱をもとめよ。

解法のポイント

燃焼熱の熱化学方程式の両辺の化合物を生成熱と単体に置き換えてから整理すればよい。

求める燃焼熱を Q とすると、

CH₄ の燃焼の熱化学方程式は、



注意：燃焼熱で生成する水は液体という約束になっている。

熱化学方程式も化学反応式と同様、式の左辺の右辺で原子の種類と数が等しい。

ということは、

両辺の化合物を単体に置き換えると、**単体の種類と数が両辺で等しい**ことになる。

また、生成熱の熱化学方程式は、

化合物 1mol の成分元素の単体 = 化合物 1mol + 生成熱

より、

化合物 1mol = 化合物 1mol の成分元素の単体 - 生成熱

したがって、熱化学方程式の両辺の化合物を単体と生成熱で表して整理すると、

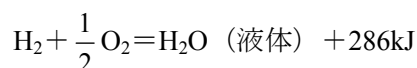
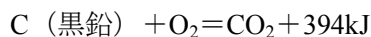
単体が消去され、燃焼熱 Q と生成熱だけの 1 次方程式になってしまうので、

燃焼熱 Q が簡単に求められる。

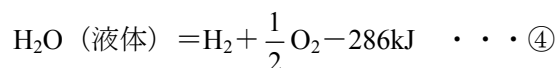
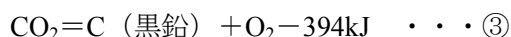
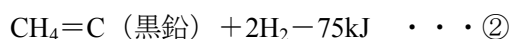
解法

手順 1.

化合物を成分元素の単体と生成熱で表す。

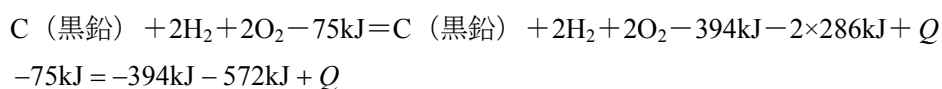
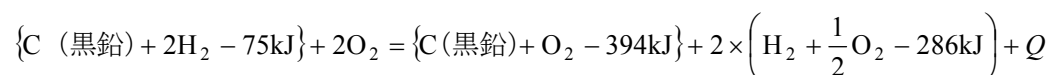


より,



手順 2.

①式に②, ③, ④を代入し, 整理する。



よって,

$$Q = 572\text{kJ} + 394\text{kJ} - 75\text{kJ} = 891\text{kJ}$$

補足

記述問題でなければ,

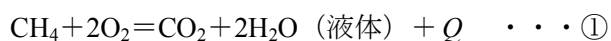
単体が消去されるのは明らかなので,

すべての単体, すなわち熱化学方程式に含まれる単体および

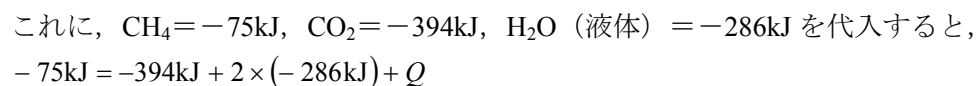
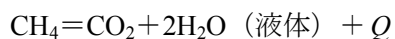
「化合物 1mol = 化合物 1mol の成分元素の単体 - 生成熱」の単体を無視し,

単体を除いた熱化学方程式に, **化合物 1mol = -生成熱**を代入すればよい。

したがって,



の単体を無視し,



よって,

$$Q = 891\text{kJ}$$

問 4

B の価数を a とすると、中和の公式より、

$$1 \times 0.10 \times \frac{10}{1000} = a \times 0.20 \times \frac{5}{1000} \quad \therefore a = 1$$

問 6

銅電極の反応： $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$

銀電極の反応： $\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}$

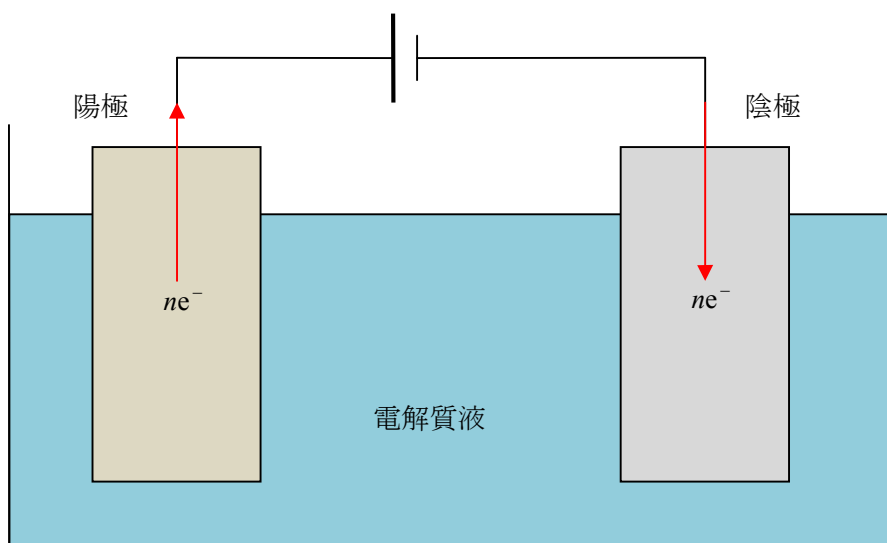
直列回路だから、消費する電子の物質量は銅電極と銀電極で等しい。

したがって、Cu が 1mol (64g) 析出するとき、Ag は 2mol (216g) 析出する。

よって、銀が $\frac{216}{64} \times 0.320 = 1.08 \text{ g}$ 析出する。

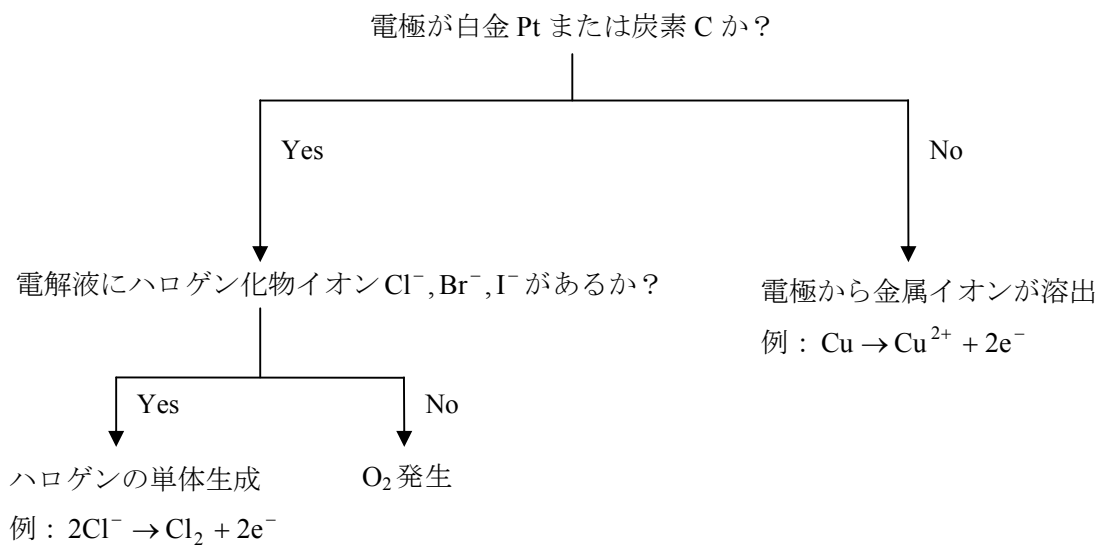
つまり、銀電極の質量が 1.08g 増加する。

電気分解における陽極の反応と陰極の反応



電子は陽極から陰極へ移動するから、
 陽極では電子が奪われる反応、すなわち酸化反応が、
 陰極では電子を消費する反応、すなわち還元反応が起こる。

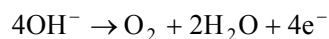
A. 陽極の反応：酸化反応



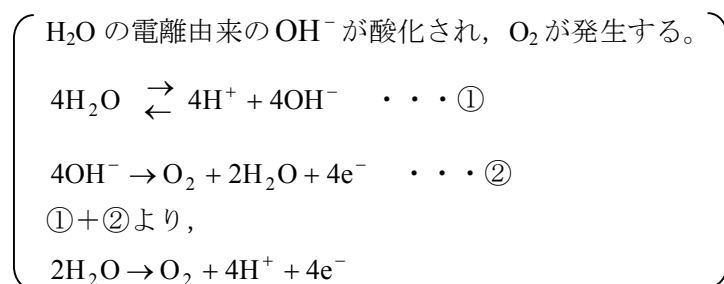
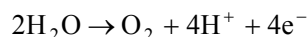
酸素発生の化学反応式と電解質液の液性

NO_3^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} は、共有結合性が強く極めて安定な構造であることと
N, S, P はいずれも最高酸化数であることにより、 H_2O または OH^- より酸化されにくい。
よって、それらが酸化され O_2 が発生する。

液性が塩基性するとき

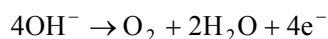


液性が中性または酸性するとき

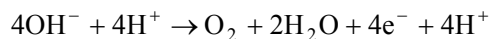


補足

$4\text{OH}^- \rightarrow \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^-$ から $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$ への簡単な変換の仕方



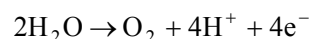
↓ 両辺に 4H^+ を加える。



↓ OH^- を H^+ で中和する。



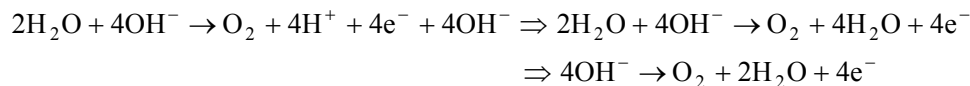
↓



同様に,

$2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$ から $4\text{OH}^- \rightarrow \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^-$ へ変換する場合は,

両辺に 4OH^- を加え, 上の場合と同様の操作を行えばよい。



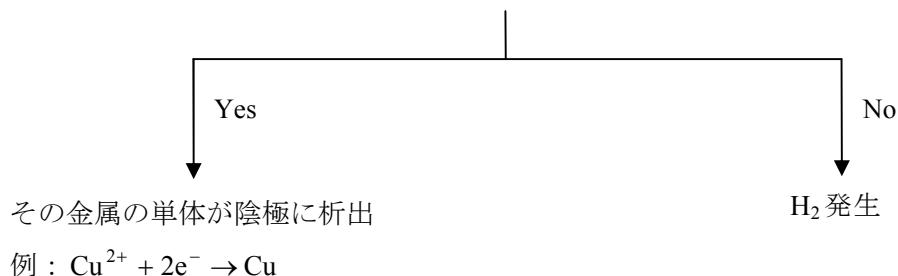
酸素発生の逆反応は燃料電池の正極の反応である。

したがって, $4\text{OH}^- \rightarrow \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^-$ か $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$ の

どちらか一方だけを暗記すれば, 燃料電池の正極の反応も含めた反応式が導ける。

B. 陰極の反応：還元反応

電解液中に、 Ag^+ , Cu^{2+} など、イオン化傾向が H より小さい金属のイオンが存在するか？



イオン化傾向が中くらいの金属の単体の析出について

Zn^{2+} などイオン化傾向が中くらいの金属のイオンが電解液中に存在する場合

$\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Zn}$ と $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$ の反応が競合し、

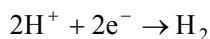
Zn^{2+} の濃度が大きいと、 Zn が圧倒的に多く析出するが、

Zn^{2+} の濃度が非常に小さいと、 H_2 が圧倒的に多く析出する。

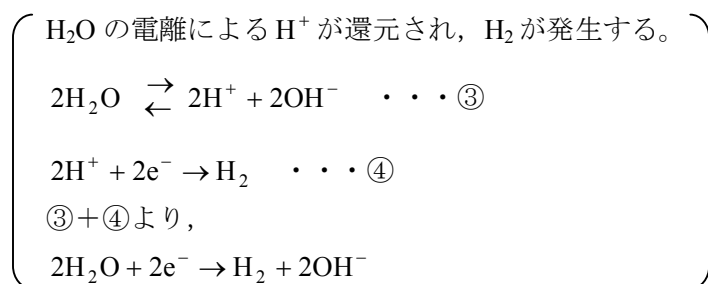
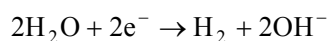
問題文で、 Zn などイオン化傾向が中くらいの金属の析出について何も触れていなければ、それらの金属の単体の析出は無視してよい。

水素発生の化学反応式と電解質液の液性

液性が酸性のとき

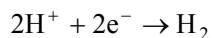


液性が中性または塩基性のとき



補足

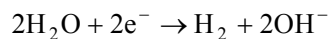
$2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$ から $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$ への変換の仕方



↓両辺に 2OH^- を加える。



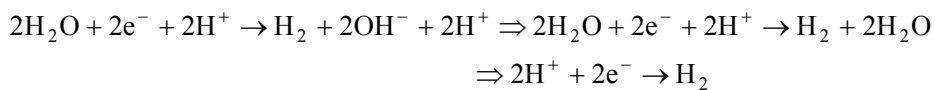
↓ H^+ を OH^- で中和する。



同様に,

$2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$ から $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$ へ変換する場合は,

両辺に 2H^+ を加え, 上の場合と同様の操作を行えばよい。



水素発生の逆反応は燃料電池の負極の反応である。

したがって, $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$ か $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$ の

どちらか一方だけを暗記すれば, 燃料電池の負極の反応も含めた反応式が導ける。

第 3 問

問 4

$2\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ より,

過酸化水素 2mol (68g) が反応すると酸素が 1mol (標準状態で 22.4L) 発生する。

反応した過酸化水素は $\frac{3.4}{100} \times 10 = \frac{34}{100}$ g だから, 発生する酸素の体積は標準状態で,

$$\frac{22.4\text{L}}{68\text{g}} \times \frac{34}{100} \text{g} = 0.112\text{L}$$

問 7

全体の反応は, $\text{CaCO}_3 + 2\text{NaCl} \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CaCl}_2$

第 4 問

問 6

触媒毒によって, 活性が弱められた触媒を被毒触媒という。

被毒触媒を使って $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ を O_2 ($\text{O}=\text{O} \rightleftharpoons \cdot\text{O}-\text{O}\cdot$) で穏やかに酸化すると

$\text{CH}_2=\text{CH}_2$ は分解されることなく酸化され, アルデヒドが生成する。

問 7

化合物 A 84mg に含まれる H, C, O の組成比

$$\text{H の質量} : 36\text{mg} \times \frac{2}{18} = 4\text{mg}$$

$$\text{C の質量} : 176\text{mg} \times \frac{12}{44} = 48\text{mg}$$

$$\text{O の質量} : 84 - (4 + 48) = 32\text{mg}$$

より,

$$\text{C} : \text{H} : \text{O} = \frac{48}{12} : \frac{4}{1} : \frac{32}{16} = 4 : 1 : 2$$

よって,

化合物 A の分子式は, $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_2$