

1**II****問 5**

^{27}Al 原子 1 個の質量を x とすると, $\frac{x}{27.0} = \frac{1.9926 \times 10^{-23} \text{ g}}{12}$ より,

$$x \approx 4.483 \times 10^{-23} \text{ g}$$

よって, $4.48 \times 10^{-23} \text{ g}$. . . (答)

問 6**(1)**

H の同位体の選び方 \times O の同位体の選び方より,

$$3 \times 3 = 9$$

よって, 9 種類

(2)

存在率を割合で表し, さらにその割合を確率と見なし,
反復試行の確率と同じ解き方をすればよい。

$${}^1\text{H} \text{ の存在割合} = 0.400 = p$$

$${}^2\text{H} \text{ の存在割合} = 0.600 = q$$

とおくと,

$$(p {}^1\text{H} + q {}^2\text{H})^2 = p^2 ({}^1\text{H} {}^1\text{H}) + 2pq ({}^1\text{H} {}^2\text{H}) + q^2 ({}^2\text{H} {}^2\text{H})$$

よって,

$${}^1\text{H} {}^2\text{H} \text{ の存在割合} = 2pq = 2 \times 0.400 \times 0.600 = 0.480$$

$$(\because p^2 + 2pq + q^2 = (p+q)^2 = (0.400 + 0.600)^2 = 1.00)$$

また, O の同位体は任意だから, その存在割合は 1

ゆえに, ${}^1\text{H} {}^2\text{H} \text{O}$ の存在率 $= 0.480 \times 1 \times 100 = 48.0 \approx 48\%$. . . (答)

2

問 3

(1)

$$\begin{aligned}
 \text{左辺} &= (\text{CaO (固)} + \text{H}_2\text{O (液)}) + \text{aq} = \text{Ca(OH)}_2 \text{ (固)} + 65\text{kJ} + \text{aq} \\
 &= \{ \text{Ca(OH)}_2 \text{ (固)} + \text{aq} \} + 65\text{kJ} \\
 &= \text{Ca(OH)}_2 \text{ aq} + 17\text{kJ} + 65\text{kJ} \\
 &= \text{Ca(OH)}_2 \text{ aq} + 82\text{kJ} \\
 &= \text{右辺}
 \end{aligned}$$

よって, $X = 82$. . . (答)

(2)

熱化学方程式の約束事

- ・ 反応熱は, 常温常圧 (25°C, 1 気圧) のものとする。
- ・ 係数は物質質量である。

熱化学方程式③のエネルギー的見方

1 モルの CaO (固) と 1 モルの H₂O (液) 混合物がもつ化学エネルギーは,
1 モルの Ca(OH)₂ (固) がもつ化学エネルギーより 65kJ 大きい。

熱化学方程式④のエネルギー的見方

1 モルの Ca(OH)₂ (固) がもつ化学エネルギーは,
希薄溶液中の 1 モルの Ca(OH)₂ がもつ化学エネルギーより 17kJ 大きい。

熱化学方程式⑤のエネルギー的見方

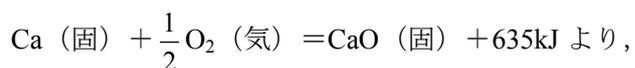
1 モルの CaO (固) と 1 モルの H₂O (液) 混合物がもつ化学エネルギーは,
希薄溶液中の 1 モルの Ca(OH)₂ がもつ化学エネルギーより 82kJ 大きい。

よって,

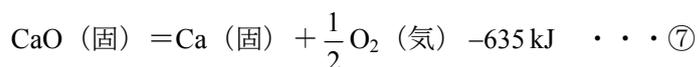
これを正しく表したエネルギー図は (エ) . . . (答)

問 4

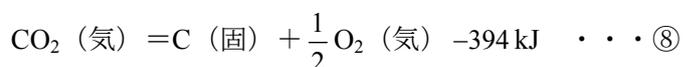
単体の式の代入法で解く。



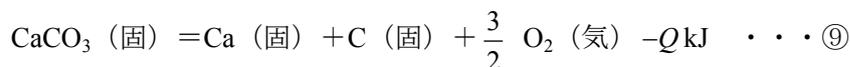
CaO (固) を単体の式で表すと,



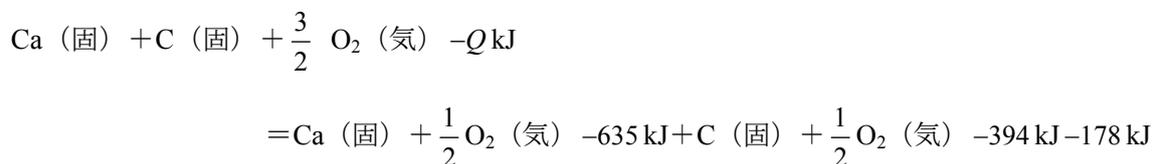
同様に,



固体の炭酸カルシウムの生成熱を Q kJ/mol とすると、



⑦, ⑧, ⑨を⑥に代入すると、



よって、

$$Q = 635 + 394 + 178 = 1207$$

ゆえに、

$$1207 \text{ kJ/mol} \quad \dots \text{(答)}$$

補足

常温常圧で安定な C (固) は黒鉛なので、C (黒鉛) としてもよい。

問 5

(1)

溶液の温度が少しでも外気の温度より高くなると、外気による溶液の冷却が始まる。

よって、外気による冷却が始まるのは、水酸化カルシウムを溶液に加えた瞬間である。

また、その冷却の速さを表しているのは、グラフのゆるやかな右下がりの直線である。

よって、その直線の水酸化カルシウムを加えた時点まで伸ばし、

その縦軸破線との交点の温度を読み取れば、冷却が起こらなると仮定した場合の水酸化カルシウム溶解後の溶液の温度、つまり溶解のみが起こったと仮定したときの溶液の温度がわかる。

よって、選択肢は (イ) \dots (答)

(2)

固体の水酸化カルシウムは完全に溶解したことと

水と塩酸の密度はいずれも 1.0 g/cm^3 であることから、

発熱した溶液の質量は $(50.0 + 48.52 + 1.48) \text{ g}$ である。

よって、溶液の発熱量は、

$$4.2 \text{ J/(g} \cdot \text{°C)} \times T \text{°C} \times (50.0 + 48.52 + 1.48) \text{ g} = 4.2T \times 100 \text{ J}$$

また、この発熱量は、

0.0200 mol の Ca(OH)_2 (固) と 0.0400 mol の HCl が過不足なく反応したときのものである。

よって、 1 mol の Ca(OH)_2 (固) と 2 mol の HCl が過不足なく反応したときの発熱量は、

$$4.2T \times 100 \text{ J} \times \frac{1}{0.0200} \times 10^{-3} = 21T \text{ kJ} \quad \dots \text{(答)}$$

$$\text{あるいは, } 4.2T \times 100 \text{ J} \times \frac{2}{0.0400} \times 10^{-3} = 21T \text{ kJ}$$

補足

「発熱量＝比熱×溶液の質量×上昇温度」の公式が思い出せないときの対処法

・比熱の単位 $\text{J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$, すなわち $\frac{\text{J}}{\text{g} \times ^\circ\text{C}}$ が与えられていることと

・Jは発熱量の単位であるから, 単位Jだけになるような計算をすればよい。
より,

比熱の単位 $\frac{\text{J}}{\text{g} \times ^\circ\text{C}}$ を発熱量の単位 J に変換するには,

$\frac{\text{J}}{\text{g} \times ^\circ\text{C}} \times \text{g} \times ^\circ\text{C}$ の単位計算をすればよい。

単位 $^\circ\text{C}$ は上昇温度のことであるのは明らかで,

温度上昇の対象は溶液だから, 単位 g は溶液の質量であるのも直感でわかる。

こうして, 公式を思い出せなくても,

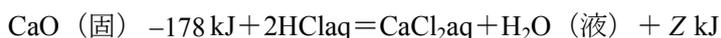
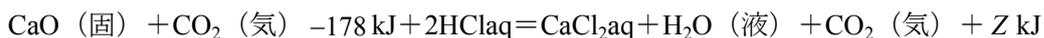
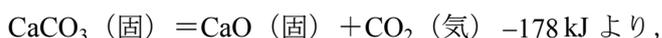
与えられた単位からどのような計算をすればよいかわかるので,

あわてる必要はない。

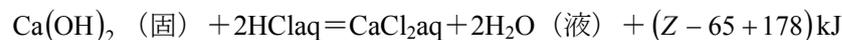
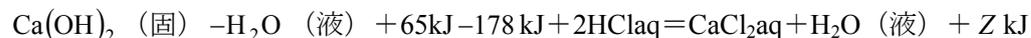
問 6

与式を代入法で③～⑦のいずれかの式にもっていけばいいが,

式の形から見て, ⑦が適当なので, その式にもっていくことにする。



③より,



これと⑦より,

$$Z - 65 + 178 = 126$$

$$\therefore Z = 13 \quad \dots \text{(答)}$$

3

II

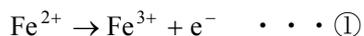
問 9

(1)

反応した Fe^{2+} の物質量と反応した $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ の物質量の比

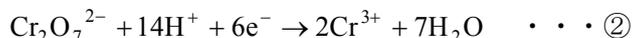
鉄 (II) イオンが酸化されるイオン反応式,

つまり, 鉄 (II) イオンがニクロム酸イオンから電子 e^- が奪われるイオン反応式は,



逆に,

ニクロム酸イオンが鉄 (II) イオンから電子 e^- を奪うイオン反応式は, 問 8 より,



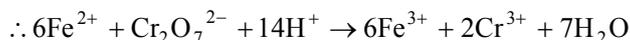
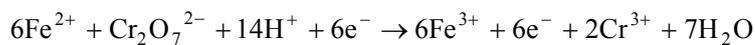
奪われた電子の数と奪った電子の数は等しいから,

①, ②より,

反応した Fe^{2+} の物質量 : 反応した $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ の物質量 = 6 : 1 $\dots \textcircled{3}$

補足

酸化還元のイオン反応式は, ①×6+②より,



反応した $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ の物質量

20mL の Y に含まれている Fe^{2+} と反応したのは,

操作 3 で滴下したニクロム酸水溶液中の $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ であるから,

その物質量を求めればよい。

よって, 反応した $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ は,

$$0.100 \text{ mol/L} \times \frac{8.40}{1000} \text{ L} = 0.840 \times 10^{-3} \text{ mol} \quad \dots \textcircled{4}$$

20mL の Y に含まれていた Fe^{2+} の物質量

$0.840 \times 10^{-3} \text{ mol}$ の $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ と 20mL の Y に含まれている Fe^{2+} が過不足なく反応したから,

③, ④より,

20mL の Y に含まれていた Fe^{2+} の物質量 : $0.840 \times 10^{-3} \text{ mol} = 6 : 1$

よって,

$$0.100 \times 8.40 \times 10^{-3} \times 6 = 5.04 \times 10^{-3} \text{ mol} \quad \dots \text{(答)}$$

(2)

試料 X の式量の実験値

試料 X の化学式 $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ より,試料 X の物質質量 = 試料 X に含まれている Fe^{2+} の物質質量

これと,

20mL の Y に含まれていた Fe^{2+} の物質質量は, (1)より, 5.04×10^{-3} mol であることより,20mL の Y に含まれていた試料 X の物質質量 = 5.04×10^{-3} mol

よって,

$$100\text{mL の Y に含まれていた試料 X の物質質量} = 5.04 \times 10^{-3} \text{ mol} \times \frac{100\text{mL}}{20\text{mL}} = 25.2 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

したがって,

 25.2×10^{-3} mol の試料 X の質量 = 9.88g

よって,

$$\text{試料 X のモル質量} = \frac{9.88}{25.2 \times 10^{-3}} \text{ g}$$

ゆえに,

$$\text{試料 X の式量 (実験値)} = \frac{9.88}{25.2 \times 10^{-3}} \quad \dots \textcircled{5}$$

試料 X の式量の理論値

試料 X の組成式 $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ から求めた式量 (理論値) = $284 + 18n$ $\dots \textcircled{6}$ n の値

⑤, ⑥より,

$$284 + 18n = \frac{9.88}{25.2 \times 10^{-3}} \quad (n \text{ は整数})$$

$$\therefore n = 6 \quad \dots \text{(答)}$$

補足

分子量や式量の実験値は誤差を含むから,

化学式から求めた理論値と測定実験から求めた実験値のどちらが正しいかというと, もちろん, 化学式から求めた理論値の方である。

よって, 分子量や式量を求める問題で, 実験値と理論値の両方が得られた場合, 理論値が正解となる。

4

I

問 1

(1)

体積は標準状態の体積とすると、

1mol の黒鉛と 1mol の酸素が反応し、1mol の二酸化炭素が生成する。

⇕

1mol の黒鉛と 22.4L の酸素が反応し、22.4L の二酸化炭素が生成する。

⇕

0.30mol の黒鉛と $22.4 \times 0.30 = 6.72$ L の酸素が反応し、6.72L の二酸化炭素が生成する。

よって、生成した二酸化炭素の体積は、6.7L …… (答)

(2)

$$12 - 6.72 = 5.28$$

よって、反応せずに残った酸素の体積は、5.3L

問 2

(1)

「黒鉛と酸素はすべて消費された」とあるから、

$C + O_2 \rightarrow CO_2$ で生成した二酸化炭素が a L ならば、

$$\text{消費された黒鉛は、} \frac{a}{22.4} \text{ mol}$$

$$\text{消費された酸素は、} a \text{ L}$$

$2C + O_2 \rightarrow 2CO$ で生成した一酸化炭素が b L ならば、

$$\text{消費された黒鉛は、} \frac{b}{22.4} \text{ mol}$$

$$\text{消費された酸素は、} \frac{b}{2} \text{ L}$$

あ

$$a + \frac{b}{2}$$

い

窒素の体積を V_{N_2} とすると、窒素は反応しないから、

$$\text{反応前の気体の体積} = \text{窒素の体積} + \text{酸素の体積} = V_{N_2} + a + \frac{b}{2} = 39.2 \text{ L}$$

$$\text{反応後の気体の体積} = \text{窒素の体積} + \text{二酸化炭素の体積} = V_{N_2} + a + b = 42.0 \text{ L}$$

両辺の差をとると, $\frac{b}{2} = 2.8 \quad \therefore b = 5.6$

よって, ②式の反応で消費された黒鉛の物質量は,

$$\frac{b}{22.4} = \frac{5.6}{22.4} = 0.25 \text{ mol} \quad \dots \text{(答)}$$

(2)

体積比より求めた消費された酸素の体積 $= 39.2 \times \frac{c}{c + (1-c)} = 39.2c \text{ L}$

これと, 消費された酸素の体積 $= a + \frac{b}{2} = a + \frac{5.6}{2} = a + 2.8 \text{ L}$ より,

$$a + 2.8 = 39.2c$$

$$\therefore a = 39.2c - 2.8$$

よって,

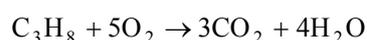
$$\text{燃焼した黒鉛の物質質量} = \frac{a}{22.4} + \frac{b}{22.4} = \frac{a+b}{22.4} = \frac{(39.2c - 2.8) + 5.6}{22.4} = \frac{39.2}{22.4}c + \frac{2.8}{22.4} \text{ mol}$$

$$\text{ゆえに, 燃焼した黒鉛の質量} = \left(\frac{39.2}{22.4}c + \frac{2.8}{22.4} \right) \times 12 = 21c + 1.5 \text{ g}$$

21 1.5

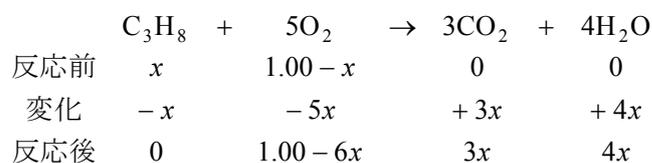
II

問 3



問 4

プロパンが完全に消失するとき

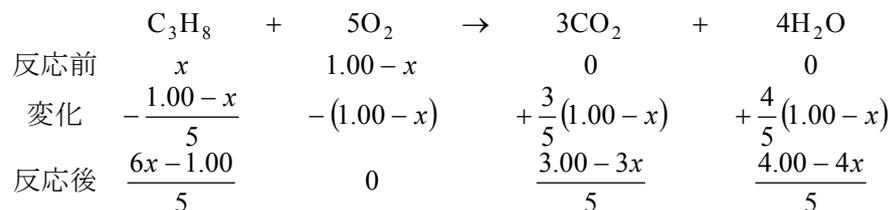


$$1.00 - 6x \geq 0 \text{ より, } x \leq \frac{1.00}{6}$$

気体の総物質質量 $y = 1.00 - 6x + 3x = -3x + 1.00$

$$\text{よって, } y = -3x + 1.00 \left(0 \leq x \leq \frac{1.00}{6} \right)$$

酸素が完全に消失するとき



$$\frac{6x-1.00}{5} \geq 0 \text{ より, } x \geq \frac{1.00}{6}$$

$$\text{気体の総物質質量 } y = \frac{6x-1.00}{5} + \frac{3.00-3x}{5} = \frac{3}{5}x + \frac{2.00}{5}$$

$$\text{よって, } y = \frac{3}{5}x + \frac{2.00}{5} \left(\frac{1.00}{6} \leq x \leq 1.00 \right)$$

これをグラフで表したのが、問題のグラフである。

(1)

$$X_0 = \frac{1.00}{6} \approx 0.166 \approx 0.17 \text{ mol} \quad \dots \text{(答)}$$

(2)

酸素が完全に消失する場合だから、

C_3H_8 , CO_2 , H_2O \dots (答)

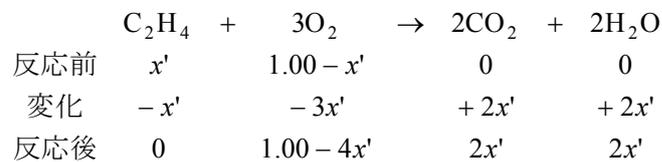
(3)

$$y = \frac{3}{5}x + \frac{2.00}{5} \text{ に } x = 0.50 \text{ を代入することにより,}$$

$$y = 0.70 \text{ mol} \quad \dots \text{(答)}$$

問 5

エチレンが完全に消失するとき



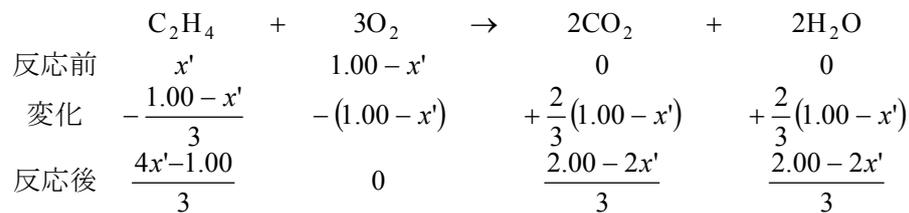
$$1.00 - 4x' \geq 0 \text{ より, } x' \leq 0.250$$

$$\text{気体の総物質質量 } y' = 1.00 - 4x' + 2x' = -2x' + 1.00$$

よって、

$$y = -2x' + 1.00 \quad (0 \leq x' \leq 0.250) \quad \dots \text{①}$$

酸素が完全に消失するとき



$$\frac{4x' - 1.00}{3} \geq 0 \text{ より, } x' \geq 0.250$$

$$\text{気体の総物質質量 } y' = \frac{4x' - 1.00}{3} + \frac{2.00 - 2x'}{3} = \frac{2}{3}x' + \frac{1.00}{3}$$

よって,

$$y = \frac{2}{3}x' + \frac{1.00}{3} \quad (0.250 \leq x' \leq 1.00) \quad \dots \textcircled{2}$$

①, ②をグラフで表すと,

