

2 学期 中間試験 対策講習

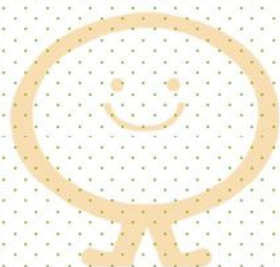
高 1 甲陽物理化学

本教材は

化学「結晶構造」「物質質量と反応式」

の範囲から重要度の高い問題を集めています。
間違った問題は、本番では必ずできるように何度も解き直しを
してください。

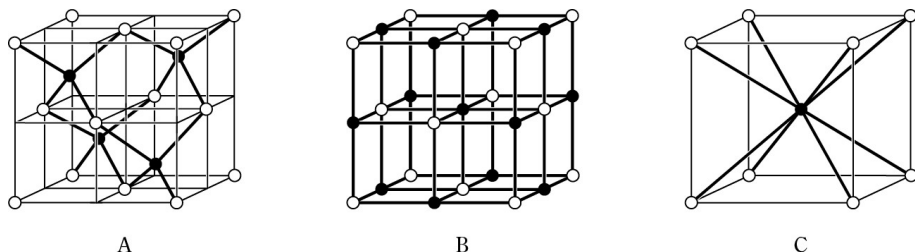
※ 次回もこのテキストを使用しますので
忘れずにご持参ください。



STUDY COLLABO.

1

次の文を読み、以下の(1)~(4)に答えよ。計算結果は有効数字2桁で示せ。 $\sqrt{2}=1.41$, $\sqrt{3}=1.73$, $\sqrt{5}=2.24$, $C=12$, アボガドロ定数 $N_A=6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$



図A~Cはそれぞれ立方体の単位格子で、○および●は原子の位置を表しており、最近接の原子間には太線で結んである。

図Aの○に陰イオン、●に陽イオンを当てはめると、閃(せん)亜鉛鉱型構造のイオン結晶となる。この構造は、陽イオンと陰イオンが1:1の比になる構造の1つである。図B, Cは、同じく陽イオンと陰イオンの比が1:1の構造で、それぞれ塩化ナトリウム型構造、塩化セシウム型構造の単位格子を表している。ここで、それぞれのイオンは硬い球であると考え、閃(せん)亜鉛鉱型構造において、八分割した小さな立方体の1つに注目すると、より小さい陽イオン(小立方体の中心)とより大きな陰イオン(小立方体の頂点)が接しているとき、陰イオン、陽イオンそれぞれの半径 r^- , r^+ と、単位格子の長さ a には、

$$\boxed{} a = r^- + r^+ \quad \dots\dots ①$$

が成り立つことがわかり、また、より大きな陰イオンも隣り合うものどうしで接しているときには、

$$\boxed{} a = 2r^- \quad \dots\dots ②$$

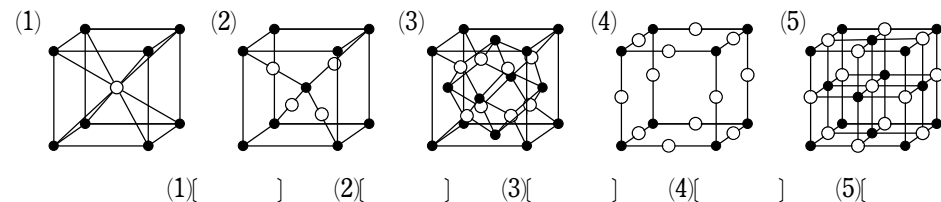
も成り立つ。これらの式より、(a) 陰イオンどうしが接し、陽イオンと陰イオンも接しているときのイオン半径比 $\frac{r^+}{r^-}$ を求めることができる。イオン結晶は、イオンどうしが静電気力により引き合うことで安定化しているので、(b) 陰イオンどうしが接触し、陽イオンと陰イオンが接触しないと不安定になる。また、より多くの相手イオンに接しているほうが

安定となる。

- (1) $\boxed{\text{ア}}$, $\boxed{\text{イ}}$ に適切な数値等を入れて、①式および②式を完成させよ。平方根や分数になる場合はそのままの形でよい。
- (2) 下線部(a)のイオン半径比 $\frac{r^+}{r^-}$ を求めよ。 [$$]
- (3) 塩化ナトリウム型構造(図B)と塩化セシウム型構造(図C)について、下線部(a)の条件でのイオン半径比 $\frac{r^+}{r^-}$ を求めよ。
塩化ナトリウム型[$$] 塩化セシウム型[$$]
- (4) 陽イオンと陰イオンの比が1:1となる構造は、図A~Cに示した3つの構造のいずれかであり、下線部(b)によりイオン結晶の構造が決まるとする。塩化ナトリウム型構造が最も安定となるイオン半径比 $\frac{r^+}{r^-}$ の範囲を求めよ。 [$$]

2

次の(1)~(5)の図は、A原子(●)とB原子(○)からなる結晶の構造を示したものである。それぞれの結晶の組成式を A_2B_3 のように示せ。



3

塩化カリウム KCl の溶解度は、20℃で34、80℃で51 g/100 g 水である。

- (1) 40℃のKCl飽和水溶液の質量パーセント濃度は29%である。40℃のKClの溶解度はいくらか。 [$$]
- (2) 質量パーセント濃度が10%のKCl水溶液100gには、20℃でさらに何gのKClが溶けるか。 [$$] g
- (3) 80℃のKCl飽和溶液100gを20℃に冷却すると、KClの結晶は何g析出するか。

[] g

4

硫酸銅(Ⅱ) CuSO_4 の水に対する溶解度は、 20°C で 20, 60°C で $40\text{ g}/100\text{ g}$ 水である。
 $\text{CuSO}_4 = 160$, $\text{H}_2\text{O} = 18$

- (1) 60°C の 25 % 硫酸銅(Ⅱ) 水溶液 100 g を 20°C まで冷却したとき、硫酸銅(Ⅱ) 五水和物の結晶は何 g 析出するか。 [] g
- (2) 60°C の 25 % 硫酸銅(Ⅱ) 水溶液 100 g に、同じ温度でさらに何 g の硫酸銅(Ⅱ) 五水和物の結晶を溶かすと飽和溶液になるか。 [] g

5

次の文の [] に適当な数値を入れよ。また、それぞれの内容に関連している基礎法則の名称を記せ。 $\text{H} = 1.0$, $\text{C} = 12$, $\text{O} = 16$, $\text{Fe} = 56$

- (1) 一酸化炭素と酸素から二酸化炭素が生じる反応では、各気体の体積の比は同温・同圧で [] : [] : [] である。 基礎法則 : []
- (2) 酸化鉄(Ⅱ) と酸化鉄(Ⅲ) で、鉄 1 g と化合している酸素の質量は [] : [] と簡単な整数比になっている。 基礎法則 : []
- (3) 水に含まれる酸素は、質量で [] % と常に一定である。 基礎法則 : []
- (4) プロパン C_3H_8 2.2 g の燃焼で生じる二酸化炭素は 6.6 g 、水は 3.6 g であるから、燃焼に用いられた酸素は [] g であるとわかる。 基礎法則 : []
- (5) 標準状態で 5.6 L の酸素、水素に含まれる分子の数はどちらも [] 個である。 基礎法則 : []

6

次の記述のうちから、下線部の語が正しく使われているものを 3 つ選べ。

[] [] []

- (a) 塩化ナトリウムの分子量は 58.5 である。

- (b) 銅の単体の式量は 63.5 である。
- (c) ^{12}C の原子量は 12 である。
- (d) 水分子 6.02×10^{23} 個の物質量は 1 mol である。
- (e) 空気のみかけのモル質量は 28.8 g/mol である。

7

次の [] 内に入る数値を、有効数字 2 桁で求めよ。

$\text{H} = 1.0$, $\text{Li} = 6.9$, $\text{C} = 12$, $\text{O} = 16$, $\text{I} = 127$, $N_A = 6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$

- (1) 3.0×10^{24} 個のリチウム原子の質量は ^a[] g である。
- (2) 標準状態で 28.0 L の二酸化炭素の質量は ^b[] g である。
- (3) 18 g のダイヤモンドに含まれる炭素原子は ^c[] 個である。
- (4) 356 g のヨウ素単体に含まれるヨウ素原子は ^d[] 個である。
- (5) エタノール 0.50 mol を完全燃焼させたときに生成する水の物質量は ^e[] mol である。
- (6) ベンゼン 31.2 g を完全燃焼させたときに生成する二酸化炭素の体積は、標準状態で ^f[] L である。

8

銅粉 15.9 g を加熱し完全に酸化したところ、黒色の酸化銅(Ⅱ) 19.9 g が生成した。この酸化銅(Ⅱ)に含まれる ^{63}Cu と ^{65}Cu の物質量の比は $1 : []$ となる。

[] 内に入る数値を、有効数字 2 桁で求めよ。ただし、 ^{63}Cu の相対質量は 63.0 , ^{65}Cu の相対質量は 65.0 とする。 $\text{O} = 16.0$ []

9

二酸化炭素と酸素の混合気体がある。混合気体の密度は標準状態で 1.70 g/L であった。混合気体の二酸化炭素と酸素の物質量の比は次のうちのどれか。ただし、標準状態の気体 1 mol の占める体積は 22.4 L 、原子量は $\text{C} = 12$, $\text{O} = 16$ とする。 []

- ① $2 : 1$ ② $1 : 1$ ③ $1 : 2$ ④ $1 : 3$ ⑤ $1 : 5$

10

次の各問いに有効数字 2 桁で答えよ。H=1.0, C=12, N=14, O=16, S=32, K=39

(1) 次の文の空欄〔ア〕～〔ウ〕に適切な数値を記せ。

(a) 密度が 0.94 g/mL で、質量パーセント濃度が 36 % のエタノール水溶液のモル濃度は〔ア〕 mol/L である。

(b) 質量モル濃度が 4.0 mol/kg の水酸化カリウム水溶液 60 g には、水酸化カリウムが〔イ〕 g 含まれている。この水溶液に水 40 g を加えたら、密度が 1.17 g/mL で、モル濃度が〔ウ〕 mol/L の水酸化カリウム水溶液になった。

(2) 標準状態で 470.4 L のアンモニアをすべて、1.0 L の水(水の密度は 1.0 g/cm³ とする)に溶解させたら、溶液の密度は 0.90 g/cm³ であった。アンモニア水のモル濃度を求めよ。
[] mol/L

(3) 市販の濃硫酸は質量パーセント濃度 96 %, 密度 1.84 g/cm³ である。水でうすめて 6.0 mol/L の希硫酸 500 mL をつくりたい。何 mL の濃硫酸が必要か。
[] mL

11

次の各化学反応式の文字で表した係数を決めよ。

(1) $a\text{MnO}_2 + b\text{HCl} \longrightarrow c\text{MnCl}_2 + d\text{H}_2\text{O} + e\text{Cl}_2$
[]

(2) $a\text{FeS}_2 + b\text{O}_2 \longrightarrow c\text{Fe}_2\text{O}_3 + d\text{SO}_2$
[]

(3) $a\text{Cu} + b\text{HNO}_3 \longrightarrow c\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + d\text{H}_2\text{O} + e\text{NO}$
[]

(4) $a\text{Al} + b\text{OH}^- + c\text{H}_2\text{O} \longrightarrow d[\text{Al}(\text{OH})_4]^- + e\text{H}_2$
[]

12

炭酸カルシウムを主成分とする石灰石 2.8 g に、ある濃度の塩酸を加えると、二酸化炭素が発生した。このとき、加えた塩酸の体積 (mL) と発生した二酸化炭素の質量 (g) の間の関係を調べたところ、表の結果が得られた。次の問いに答えよ。数値は有効数字 2 桁で答えよ。H=1.0, C=12, O=16, Cl=35.5, Ca=40

加えた塩酸の体積 (mL)	20	40	60	80	100
発生した二酸化炭素の質量 (g)	0.44	0.88	1.10	1.10	1.10

(1) この結果をグラフに描け。



(2) 文中の下線部の反応について、化学反応式を記せ。
[]

(3) 下線部で用いた塩酸のモル濃度 (mol/L) はいくらか。 [] mol/L

(4) 下線部で、石灰石 2.8 g 中の炭酸カルシウムと過不足なく反応した HCl の物質質量 (mol) はいくらか。 [] mol

(5) 下線部で用いた石灰石には、炭酸カルシウムが何 % 含まれているか。 [] %

(6) 標準状態で 1.96 L の二酸化炭素を発生させたいときに、下線部で用いた石灰石は何 g 必要か。ただし、塩酸は十分量加えるものとする。 [] g

13

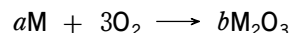
メタノールとエタノールとの混合物がある。これを完全燃焼させたところ、二酸化炭素 2.64 g と水(液体) 1.98 g を得た。このときに必要な酸素の体積は標準状態で何 L か。有効数字 2 桁で答えよ。H=1.0, C=12, O=16 [] L

14

次の各問いに答えよ。

- (1) ある金属 M 9.0g を燃焼したところ、酸化物 M_2O_3 が 17g 得られた。次の問いに答えよ。

(a) この反応の反応式は次式で示される。



この反応式における係数 a の値はいくらか。 []

(b) 金属 **M** の原子量はいくらか。 $O = 16$ []

- (2) 典型元素の金属 X の炭酸塩 XCO_3 25 g を加熱すると、分解して 11 g の二酸化炭素が発生した。X の原子量を求めよ。C = 12, O = 16

15

メタンハイドレートは、天然ガスのメタン分子が低温、高圧の一定条件下で水分子のつくるかご状構造の中に取り込まれたもので、外見は氷やドライアイスに似た固体である。

メタンと水の組成比はメタン：水＝4：23で、固体の密度は 0.91 g/cm^3 である。

解答は、(1)では整数値で、(2)と(3)は有効数字2桁で答えよ。H=1.0, C=12, O=16

- (1) メタンハイドレートの化学式を $4\text{CH}_4 \cdot 23\text{H}_2\text{O}$ とすると、式量はいくらか。

- (2) メタンハイドレート 1.0 m³ から得られるメタンガスの標準状態における体積は何 m³ か。

- (3) メタンハイドレート 1.0 m^3 をある体積の容器に入れ、十分な酸素で満たして完全燃焼させた。燃焼後に容器内に存在する水の物質量は何 mol か。
- [] mol

16

ある金属 **M** 0.200 mol と十分な量の塩酸の反応で、標準状態の水素 6.72 L が発生した。金属を **M** と表して、この金属と塩酸の反応の化学反応式を記せ。

17

硫酸と塩酸の混合溶液がある。これに 0.0200 mol の塩化バリウムを含む水溶液を加えたところ、硫酸バリウムの沈殿 2.33 g が生じた。この沈殿を除いたろ液に 0.0800 mol の硝酸銀を含む水溶液を加えたところ、塩化銀の沈殿 8.61 g が生じた。最初の混合溶液中の硫酸と塩化水素はそれぞれ何 mol か。 $H=1.0$, $O=16.0$, $S=32.0$, $Cl=35.5$, $Ba=137$

硫酸[] mol, 塩化水素[] mol

18

窒素ガスを充たした加熱炉の中で、酸化鉄(Ⅲ)と黒鉛を反応させた。その結果、すべての酸化鉄(Ⅲ)が完全に還元され、炭素を含み、質量パーセントで純度 98.0 % の鉄 200 g が生成した。このとき、一酸化炭素と二酸化炭素が物質質量比 37 : 13 で発生した。一酸化炭素と二酸化炭素になった黒鉛の質量は何 g か。解答は小数点以下第 1 位を四捨五入して示せ。C = 12, O = 16, Fe = 56 [] g

【解答&解説】

1

- 【解答】 (1) (ア) $\frac{\sqrt{3}}{4}$ (イ) $\frac{\sqrt{2}}{2}$ (2) 0.23 (または 0.22)
- (3) (塩化ナトリウム型) 0.41 (塩化セシウム型) 0.73
- (4) $0.41 \leq \frac{r^+}{r^-} < 0.73$

【解説】 (1) 図 A の小立方体に着目すると、

$\frac{a}{2}$ の長さは、 $r^+ + r^-$
斜辺 (立方体の対角線) について、

$$\frac{a}{2}\sqrt{3} = 2(r^+ + r^-)$$

$$\frac{a}{4}\sqrt{3} = r^+ + r^- \dots\dots ①$$

ふつうは ① 式のみ成立するが、構造の限界として × の部分で陰イオンどうしも接するときは、小立方体の面の対角線について、

$$\frac{a}{2}\sqrt{2} = 2r^- \dots\dots ②$$

(2) ① 式より、 $a = \frac{4}{\sqrt{3}}(r^+ + r^-)$ 、② 式より、 $a = \frac{4}{\sqrt{2}}r^-$

$$a = \frac{4}{\sqrt{3}}(r^+ + r^-) = \frac{4}{\sqrt{2}}r^-$$

$$r^+ + r^- = \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}}r^- \quad \frac{r^+}{r^-} = \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}} - 1 \approx 0.23$$

または $\frac{\sqrt{3} \times \sqrt{2}}{2} - 1 \approx 0.22$

(3) 図 B (NaCl 型) について、構造の限界を考えると、ふつうはすき間であった × の部分でも接するので、単体格子の面の対角線について、

$$2(r^+ + r^-) \times \sqrt{2} = 4r^-$$

$$\frac{r^+}{r^-} = \sqrt{2} - 1 \approx 0.41$$

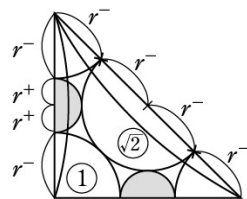
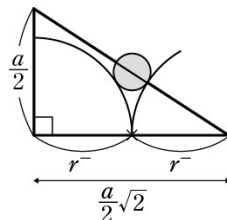
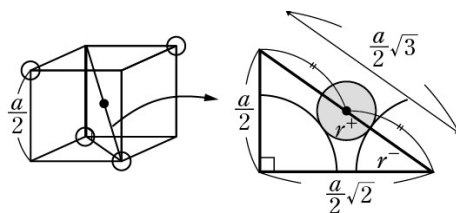
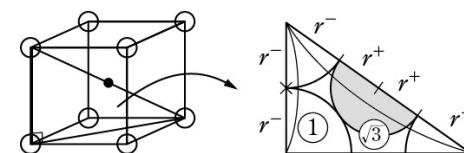


図 C (CsCl 型) について、構造の限界を考えると、ふつうはすき間であった × の部分でも接するので、単体格子の立方体の対角線について、

$$2r^- \times \sqrt{3} = 2(r^+ + r^-)$$

$$\frac{r^+}{r^-} = \sqrt{3} - 1 \approx 0.73$$

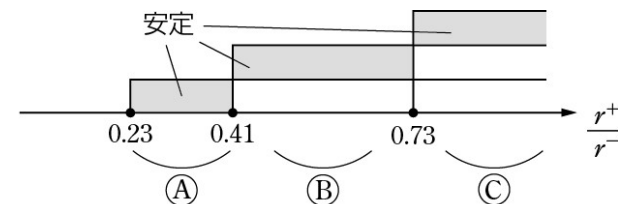


(4) 各構造がとれる $\frac{r^+}{r^-}$ を下図でまとめると、

図 C (CsCl 型) [8]

図 B (NaCl 型) [6]

図 A (閃亜鉛鉱型) [4]



[] は配位数

(2) および (3) で求めた値は、陽イオンと陰イオンが接触しているので、ぎりぎり安定 (限界) である。また、より多くの相手イオンに接しているほうが安定なので、A の範囲では図 A、B の範囲では図 B、C の範囲では図 C が安定と推測できる。

2

【解答】 (1) AB (2) AB₂ (3) AB₂ (4) AB₃ (5) AB

【解説】 立方体の頂点の原子は 8 個の立方体、面の中心の原子は 2 個の立方体、辺の中央の原子は 4 個の立方体に共有されている。

単体格子中の原子の数を求め、簡単な整数比に直す。

単体格子に属する原子の数の数え方

頂点は $\frac{1}{8}$ 個、辺は $\frac{1}{4}$ 個、面は $\frac{1}{2}$ 個

立方体中にあるものはもちろん 1 個

(1) A $\frac{1}{8} \times 8 = 1$ (個) B 1 個 組成式は AB

(2) A $\frac{1}{8} \times 8 + 1 = 2$ (個) B 4 個 組成式は 2 : 4 = 1 : 2 より AB₂

(3) A $\frac{1}{8} \times 8 + \frac{1}{2} \times 6 = 4$ (個) B 8 個 組成式は $4 : 8 = 1 : 2$ より AB_2

(4) A $\frac{1}{8} \times 8 = 1$ (個) B $\frac{1}{4} \times 12 = 3$ (個) 組成式は AB_3

(5) A $\frac{1}{8} \times 8 + \frac{1}{2} \times 6 = 4$ (個) B $\frac{1}{4} \times 12 + 1 = 4$ (個)

組成式は $4 : 4 = 1 : 1$ より AB

3

【解答】 (1) 41 g/100 g 水 (2) 21 g (3) 11 g

【解説】 (1) 水 100 g に KCl x [g] が溶けているとすると、

$$\frac{x \text{ [g]}}{100 \text{ g} + x \text{ [g]}} \times 100 = 29 (\%) \quad x = 40.8 \cdots \text{ g} \approx 41 \text{ g}$$

よって、41 g/100 g 水

(2) 水 90 g に KCl が 10 g 溶けている。さらに y [g] 溶けるとすると、

$$\frac{10 \text{ g} + y \text{ [g]}}{100 \text{ g} + y \text{ [g]}} = \frac{34 \text{ g}}{100 \text{ g} + 34 \text{ g}} \quad y = 20.6 \text{ g} \approx 21 \text{ g}$$

(3) 析出する結晶の質量を z [g] とすると、

$$\frac{z \text{ [g]}}{100 \text{ g}} = \frac{51 \text{ g} - 34 \text{ g}}{100 \text{ g} + 51 \text{ g}} \quad z = 11.2 \cdots \text{ g} \approx 11 \text{ g}$$

4

【解答】 (1) 18 g (2) 10 g

【解説】 (1) 25 % 硫酸銅 (Ⅱ) 水溶液 100 g 中の $CuSO_4$ は 25 g, 水は 75 g である。

$CuSO_4 \cdot 5H_2O$ (式量 250) の結晶が x [g] 析出したとき、結晶中の $CuSO_4$ は

$\frac{160}{250}x$ [g], 水は $\frac{90}{250}x$ [g] なので、結晶析出後の 20 °C の飽和溶液について、

$$\frac{\text{溶質の質量 [g]}}{\text{飽和溶液の質量 [g]}} = \frac{s}{100 + s} \text{ より, } \frac{25 \text{ g} - \frac{160}{250}x \text{ [g]}}{100 \text{ g} - x \text{ [g]}} = \frac{20 \text{ g}}{100 \text{ g} + 20 \text{ g}}$$

$$x \approx 18 \text{ g}$$

(2) さらに結晶 y [g] が溶けるとすると、その中の $CuSO_4$ は $\frac{160}{250}y$ [g],

水は $\frac{90}{250}y$ [g] であるから、60 °C の飽和溶液について、

$$\frac{\text{溶質の質量 [g]}}{\text{飽和溶液の質量 [g]}} = \frac{s}{100 + s} \text{ より, } \frac{25 \text{ g} + \frac{160}{250}y \text{ [g]}}{100 \text{ g} + y \text{ [g]}} = \frac{40 \text{ g}}{100 \text{ g} + 40 \text{ g}}$$

$$y \approx 10 \text{ g}$$

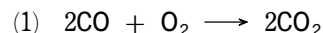
5

【解答】 (1) 2 : 1 : 2, 気体反応の法則 (2) 2 : 3, 倍数比例の法則

(3) 89, 定比例の法則 (4) 8.0, 質量保存の法則

(5) 1.5×10^{23} , アボガドロの法則

【解説】 基礎法則には、① 反応前後の総質量は変わらないとする質量保存の法則 ② 1 つの化合物では組成が一定であるとする定比例の法則 ③ 一方の元素と化合する他方の元素の質量比は簡単な整数比であるとする倍数比例の法則 ④ 反応に関与する気体の体積は簡単な整数比であるとする気体反応の法則 ⑤ 同温・同圧では同体積の気体中には同数の分子が含まれるとするアボガドロの法則 がある。酸化鉄 (Ⅱ) は Fe^{2+} と O^{2-} , 酸化鉄 (Ⅲ) は Fe^{3+} と O^{2-} の化合物である。



同温、同圧では、気体の体積の比は化学反応式の係数の比に等しく、簡単な整数比 (この場合は 2 : 1 : 2) になる。 → 気体反応の法則

(2) 酸化鉄 (Ⅱ) FeO では、鉄と酸素の質量の比は 56 : 16, 鉄 1 g あたりの酸素は

$\frac{16}{56}$ g, 酸化鉄 (Ⅲ) Fe_2O_3 では鉄と酸素の質量の比は $56 \times 2 : 16 \times 3$, 鉄 1 g あたり

の酸素は $\frac{16 \times 3}{56 \times 2} = \frac{24}{56}$ (g)。

1 g という同じ質量の鉄と化合している酸素の質量の比は $\frac{16}{56} : \frac{24}{56} = 2 : 3$ という簡単な整数比になる。 → 倍数比例の法則

(3) 水に含まれる酸素は $\frac{16}{18} \times 100 \approx 89 (\%)$ で、水であれば、時、場所、製法などによ

らず酸素と水素の質量比は一定。 → 定比例の法則

(4) プロパンと酸素の質量の和 = 二酸化炭素と水の質量の和 である。 → 質量保存の

法則。

$$2.2 + x = 6.6 + 3.6 \quad x = 8.0 \text{ (g)}$$

- (5) 標準状態で 22.4 L の気体には、気体の種類によらず 6.0×10^{23} 個の分子が含まれている。→ アボガドロの法則

5.6 L の気体では、酸素でも水素でも $6.0 \times 10^{23} \times \frac{5.6}{22.4} = 1.5 \times 10^{23}$ (個) の分子が含まれている。

6

解答 b, d, e

解説 (a) 塩化ナトリウムはイオンからなる物質で、組成式 NaCl で表され、式量が正しい。(誤)

- (c) ^{12}C は質量数 12 の炭素原子で、それを 12 (端数なし) で示しているので、相対質量 が正しい。炭素「元素の」原子量は、炭素の同位体 (^{12}C , ^{13}C など) の相対質量の平均値である。(誤)

(b), (d), (e) (正)

7

解答 (1) 35 (2) 55 (3) 9.0×10^{23} (4) 1.7×10^{24} (5) 1.5 (6) 54

解説 (1) リチウム Li の物質量は、 $\frac{3.0 \times 10^{24}}{6.0 \times 10^{23}} \text{ mol}$

Li のモル質量 6.9 g/mol より、 $6.9 \times \frac{3.0 \times 10^{24}}{6.0 \times 10^{23}} = 34.5 \div 35 \text{ (g)}$

- (2) 二酸化炭素 CO_2 の物質量は、 $\frac{28.0}{22.4} \text{ mol}$

CO_2 のモル質量 44 g/mol より、 $44 \times \frac{28.0}{22.4} = 55 \text{ (g)}$

- (3) ダイヤモンド C の物質量は、 $\frac{18}{12} \text{ mol}$

$N_A = 6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$ より、 $6.0 \times 10^{23} \times \frac{18}{12} = 9.0 \times 10^{23}$ (個)

- (4) ヨウ素分子 I_2 (モル質量 254 g/mol) 1 個あたり 2 個の I 原子が含まれるので、

$$6.0 \times 10^{23} \times \frac{356}{254} \times 2 \div 1.7 \times 10^{24} \text{ (個)}$$

- (5) $\text{C}_2\text{H}_6\text{O} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$

エタノール $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ 1 mol あたり 3 mol の H_2O が生成するので、

$$0.50 \times 3 = 1.5 \text{ (mol)}$$

- (6) $2\text{C}_6\text{H}_6 + 15\text{O}_2 \rightarrow 12\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$

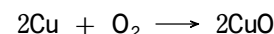
ベンゼン C_6H_6 (モル質量 78 g/mol) の物質量は、 $\frac{31.2}{78} \text{ mol}$

生成する CO_2 の標準状態での体積は、 $22.4 \times \frac{31.2}{78} \times \frac{12}{2} \div 54 \text{ (L)}$

8

解答 0.43

解説 この反応の化学反応式は、



よって、反応した O_2 (= 32.0) は $19.9 - 15.9 = 4.0 \text{ (g)}$ で、物質量は、

$$\frac{4.0}{32.0} = 0.125 \text{ (mol)}$$

化学反応式の係数より、反応した Cu は、 $0.125 \times 2 = 0.250 \text{ (mol)}$ となるので、Cu のモル質量は、

$$\frac{15.9}{0.250} = 63.6 \text{ (g/mol)}$$

したがって、Cu の平均相対質量は 63.6 となる。Cu の同位体の物質量の比を、

$^{63}\text{Cu} : ^{65}\text{Cu} = 1 : x$ とおくと、

$$63.0 \times \frac{1}{1+x} + 65.0 \times \frac{x}{1+x} = 63.6 \quad x \div 0.43$$

9

解答 ②

解説 標準状態で気体 1 mol の体積は、混合気体であっても 22.4 L である。よって、この混合気体 1 mol の質量は、

$$1.70 \times 22.4 = 38.08 \text{ (g)}$$

混合気体 1 mol 中の CO_2 (分子量 44) を x [mol], O_2 (分子量 32) を $(1-x)$ [mol] とすると,

$$44x + 32(1-x) = 38.08 \quad x = 0.5066 \dots$$

物質量の比は, $x : (1-x) = 0.507 : 0.494 \approx 1 : 1$

10

【解答】 (1) (ア) 7.4 (mol/L) (イ) 11 (g) (ウ) 2.3 (mol/L)

(2) 14 mol/L (3) 1.7×10^2 mL

【解説】 (1) (ア) エタノール水溶液 1 L について計算する。

1 L = 1000 mL より, その質量は,

$$1000 \times 0.94 = 940 \text{ (g)}$$

質量 940 g の 36 % がエタノールの質量で, エタノールの分子量 $\text{C}_2\text{H}_6\text{O} = 46$ より,

エタノールの物質量は,

$$940 \times \frac{36}{100} \times \frac{1}{46} \approx 7.4 \text{ (mol)}$$

水溶液 1 L について計算したのでモル濃度は, 7.4 mol/L

(イ) 4.0 mol/kg なので, 例えば水 1 kg に KOH (=56) が 4.0 mol 溶けていることになる。このとき溶液に含まれる KOH は $56 \times 4.0 = 224$ (g) で, 溶液の質量は $1000 + 224 = 1224$ (g) である。

よって, 水溶液 60 g に含まれる KOH の質量は,

$$224 \times \frac{60}{1224} = \frac{560}{51} \approx 11 \text{ (g)}$$

(ウ) 水溶液の体積は, $\frac{60 + 40}{1.17} = \frac{100}{1.17}$ (mL)

$$\text{モル濃度は, } \frac{\frac{560}{51} \times \frac{1}{56} \text{ (mol)}}{\frac{100}{1.17} \times \frac{1}{1000} \text{ (L)}} = \frac{39}{17} \approx 2.3 \text{ (mol/L)}$$

(2) このアンモニア水の質量は, NH_3 のモル質量 17 g/mol より

$$17 \times \frac{470.4}{22.4} + 1000 = 1357 \text{ (g)}$$

アンモニア水の密度 0.90 g/cm^3 より, アンモニア水の体積は $\frac{1357}{0.90}$ (mL)

$$\text{よって, モル濃度は } \frac{\frac{470.4}{22.4} \text{ (mol)}}{\frac{1357}{0.90} \times \frac{1}{1000} \text{ (L)}} \approx 14 \text{ (mol/L)}$$

(3) 6.0 mol/L 希硫酸 500 mL に含まれる硫酸 H_2SO_4 (=98) は,

$$6.0 \times 0.500 \times 98 = 294 \text{ (g)}$$

濃硫酸 V [mL] が必要とすると, その中に含まれる H_2SO_4 の質量が等しいので,

$$V \times 1.84 \times 0.96 = 294 \quad V \approx 1.7 \times 10^2 \text{ (mL)}$$

11

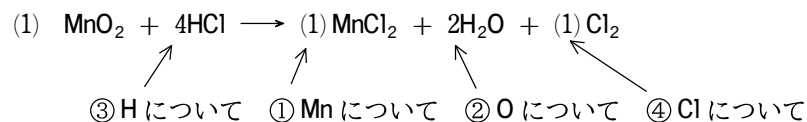
【解答】 (1) $a=1, b=4, c=1, d=2, e=1$

(2) $a=4, b=11, c=2, d=8$

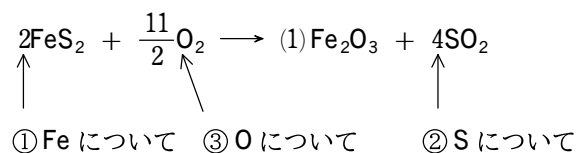
(3) $a=3, b=8, c=3, d=4, e=2$

(4) $a=2, b=2, c=6, d=2, e=3$

【解説】 (1) MnO_2 の係数を 1 とおく。手順を ①, ②, … で示す。



(2) Fe_2O_3 の係数を 1 とおく。手順 ①~③ の後, 全体を 2 倍する。



(3) 未定係数法で解く。

$$\begin{array}{ll} \text{Cu について} & a = c \\ \text{H について} & b = 2d \end{array} \quad \begin{array}{ll} \text{N について} & b = 2c + e \\ \text{O について} & 3b = 6c + d + e \end{array}$$

$$c=1 \text{ とおくと, } a=1, b=\frac{8}{3}, d=\frac{4}{3}, e=\frac{2}{3}$$

$$\text{全体を 3 倍すると, } a:b:c:d:e=3:8:3:4:2$$

(4) 未定係数法で解く。

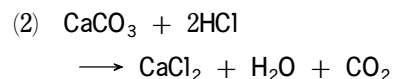
Al について $a=d$ H について $b+2c=4d+2e$
 O について $b+c=4d$ 電荷について $(-1)\times b=(-1)\times d$

$d=1$ とおくと, $a=1, b=1, c=3, e=\frac{3}{2}$

全体を 2 倍すると, $a:b:c:d:e=2:2:6:2:3$

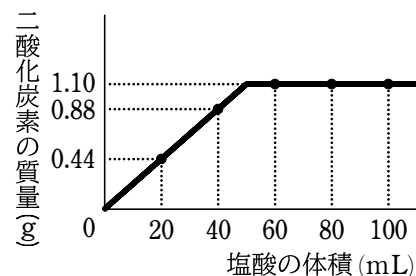
12

解答 (1) 右図



(3) 1.0 mol/L (4) 5.0×10^{-2} mol

(5) 89 % (6) 9.8 g



解説 (3) (1) のグラフより, 塩酸を 50 mL 加えたとき CO_2 は 1.10 g 発生している。

塩酸の濃度を x [mol/L] とおくと, 生じる CO_2 (分子量 44) の物質量について,

$$x \times \frac{50}{1000} \times \frac{1}{2} \text{ (mol)} = \frac{1.10}{44} \text{ (mol)} \quad x = 1.0 \text{ (mol/L)}$$

$$(4) 1.0 \text{ (mol/L)} \times \frac{50}{1000} \text{ (L)} = 5.0 \times 10^{-2} \text{ (mol)}$$

(5) 炭酸カルシウム (式量 100) の物質量は, 発生した二酸化炭素の物質量と等しいから,

$$\frac{100 \times \frac{1.10}{44}}{2.8} \times 100 \div 89 \text{ (%)}$$

(6) 石灰石 2.8 g 当たり発生する CO_2 の体積 (標準状態) は,

$$22.4 \times \frac{1.10}{44} = 0.56 \text{ (L)}$$

$$\text{よって, 必要な石灰石は, } 2.8 \times \frac{1.96}{0.56} = 9.8 \text{ (g)}$$

13

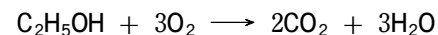
解答 2.0 L

解説 混合物中のメタノールを x [mol] とすると, 燃焼の反応式より,



$$\text{変化量} \quad -x \quad -\frac{3}{2}x \quad +x \quad +2x \quad [\text{mol}]$$

混合物中のエタノールを y [mol] とすると, 燃焼の反応式より,



$$\text{変化量} \quad -y \quad -3y \quad +2y \quad +3y \quad [\text{mol}]$$

よって, 生じる二酸化炭素 (分子量 44) について,

$$x + 2y = \frac{2.64}{44} = 0.060 \text{ (mol)} \quad \cdots \cdots \text{①}$$

生じる水 (分子量 18) について,

$$2x + 3y = \frac{1.98}{18} = 0.11 \text{ (mol)} \quad \cdots \cdots \text{②}$$

①, ② より, $x = 0.040$ (mol), $y = 0.010$ (mol)

したがって, 必要な酸素は,

$$\frac{3}{2}x + 3y = \frac{3}{2} \times 0.040 + 3 \times 0.010 = 0.090 \text{ (mol)}$$

標準状態での体積は, $22.4 \times 0.090 \div 2.0 \text{ (L)}$

14

解答 (1) (a) 4 (b) 27 (2) 40

解説 (1) (a) 両辺で酸素原子の数を合わせると, $b=2$ となる。

次に M 原子の数を合わせると, $a=4$ となる。

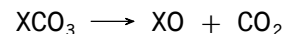


(b) M と M_2O_3 の物質量の比は, 反応式の係数より, 4:2 である。

M の原子量を x とおくと,

$$\frac{9.0}{x} [\text{mol}] : \frac{17}{x \times 2 + 16 \times 3} [\text{mol}] = 4 : 2 \quad x = 27$$

(2) 熱分解の化学反応式は,



X の原子量を y とおくと, XCO_3 の式量は $y+60$, 化学反応式の係数より, XCO_3

1 mol が反応すると CO_2 1 mol が生成する。つまり, XCO_3 と $\text{CO}_2 (=44)$ の物質量は等しい。

$$\frac{25}{y+60} [\text{mol}] = \frac{11}{44} \text{ mol} \quad y=40$$

15

【解答】 (1) 478 (2) $1.7 \times 10^2 \text{ m}^3$ (3) $5.9 \times 10^4 \text{ mol}$

【解説】 (1) CH_4 と H_2O の分子量はそれぞれ 16 と 18 であるから、 $4\text{CH}_4 \cdot 23\text{H}_2\text{O}$ の式量は、
 $16 \times 4 + 18 \times 23 = 478$

(2) $1 \text{ m}^3 = 1 \times 10^6 \text{ cm}^3 = 1 \times 10^3 \text{ L}$ 、メタンハイドレート 1.0 m^3 の物質量は、

$$1.0 \times 10^6 \text{ cm}^3 \times 0.91 \text{ g/cm}^3 \times \frac{1}{478 \text{ g/mol}} \doteq 1.90 \times 10^3 \text{ mol}$$

1 化学式のメタンハイドレート中にメタンは 4 分子ある。

$$1.90 \times 10^3 \times 4 \times 22.4 \times 10^{-3} \doteq 1.7 \times 10^2 (\text{m}^3)$$

(3) メタンハイドレート 1.0 m^3 中に初めから存在していた H_2O は、

$$1.90 \times 10^3 \times 23 (\text{mol})$$

CH_4 が完全燃焼して生じる H_2O は、

$$1.90 \times 10^3 \times 4 \times 2 (\text{mol})$$

H_2O の合計は、 $1.90 \times 10^3 \times (23 + 4 \times 2) \doteq 5.9 \times 10^4 (\text{mol})$

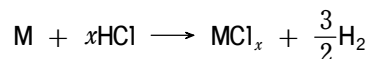
16

【解答】 $2\text{M} + 6\text{HCl} \longrightarrow 2\text{MCl}_3 + 3\text{H}_2$

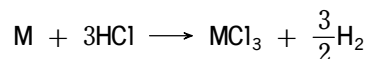
【解説】 M の原子価を x とすると、生成物は MCl_x と H_2 である。 M 1 mol から生じる H_2 の量から x を求め、係数をそろえる。

水素 6.72 L は $\frac{6.72}{22.4} = 0.300 (\text{mol})$ であるから、金属 M 1 mol から発生する H_2 は

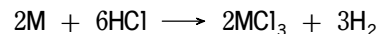
$\frac{0.300}{0.200} = \frac{3}{2} \text{ mol}$ である。よって、次のようにして化学反応式が書ける。



H の数より $x=3$ となるから



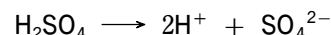
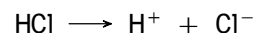
係数を整数にするために 2 倍して、



17

【解答】 硫酸：0.0100 mol、塩化水素：0.0200 mol

【解説】 [硫酸と塩酸の混合溶液] H^+ 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} が存在



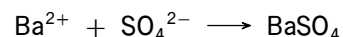
[塩化バリウム水溶液] Ba^{2+} 、 Cl^- が存在



[硝酸銀水溶液] Ag^+ 、 NO_3^- が存在



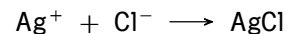
SO_4^{2-} を含む水溶液に Ba^{2+} を加えると、 BaSO_4 (式量 233) の沈殿が生じる。



沈殿した BaSO_4 2.33 g は $\frac{2.33 \text{ g}}{233 \text{ g/mol}} = 0.0100 \text{ mol}$ で、加えた BaCl_2 は 0.0200 mol で

あるから、 Ba^{2+} が水溶液中に残っていて、 SO_4^{2-} はすべて沈殿したとわかる。したがって、はじめの混合溶液に含まれていた SO_4^{2-} 、すなわち H_2SO_4 は 0.0100 mol。

Cl^- を含む水溶液に Ag^+ を加えると、 AgCl (式量 143.5) の沈殿が生じる。



沈殿した AgCl 8.61 g は $\frac{8.61 \text{ g}}{143.5 \text{ g/mol}} = 0.0600 \text{ mol}$ で、加えた AgNO_3 は 0.0800 mol

であるから、 Ag^+ が水溶液中に残っていて、 Cl^- はすべて沈殿したとわかる。したがって、硝酸銀水溶液を加える前に含まれていた Cl^- は 0.0600 mol である。

このうち $0.0200 \text{ mol} \times 2 = 0.0400 \text{ mol}$ は BaCl_2 として加えられたものであるから、最初に HCl として含まれていた分は、

$$0.0600 \text{ mol} - 0.0400 \text{ mol} = 0.0200 \text{ mol}$$

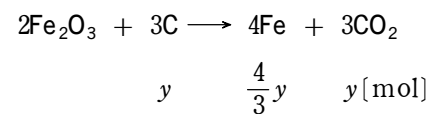
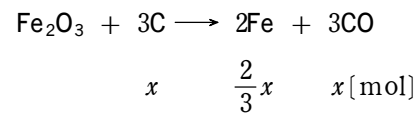
18

【解答】 50 g

【解説】 鉄 200 g の純度が 98.0 % なので、含まれる鉄は、

$$200 \times \frac{98.0}{100} = 196 \text{ (g)}$$

CO になった黒鉛 C を x [mol], CO₂ になった黒鉛 C を y [mol] とおくと, 反応式は次のようになる。



CO と CO₂ の物質質量比より, $x : y = 37 : 13$ …… ①

生じた Fe (=56) は 196 g より, $\frac{2}{3}x + \frac{4}{3}y = \frac{196}{56}$ (mol) …… ②

①, ② より, $x \rightleftharpoons 3.08$ (mol), $y \rightleftharpoons 1.08$ (mol)

C = 12 より, $(3.08 + 1.08) \times 12 \rightleftharpoons 50$ (g)