

4

物質量和濃度

1 原子量・分子量・式量と物質量

①原子量・分子量・式量

(a) **原子の相対質量** 質量数12の炭素原子 $^{12}_6\text{C}$ の質量を基準(12)とした相対値。

原子	原子1個の質量	原子の相対質量
$^{12}_6\text{C}$	$1.993 \times 10^{-23} \text{ g}$	12
$^{35}_{17}\text{Cl}$	$5.807 \times 10^{-23} \text{ g}$	34.97

(b) **元素の原子量** 各同位体の天然存在比から求めた相対質量の平均値。天然に同位体が存在しない元素の原子量は、原子の相対質量に一致する。

原子	相対質量	天然存在比
$^{35}_{17}\text{Cl}$	34.97	75.77 %
$^{37}_{17}\text{Cl}$	36.97	24.23 %

塩素の原子量

$$= 34.97 \times \frac{75.77}{100} + 36.97 \times \frac{24.23}{100} = 35.45$$

(c) **分子量** 分子を構成している原子の原子量の総和。〈例〉 $\text{NH}_3 = 14 + 1.0 \times 3 = 17$

(d) **式量 イオンの式量**…イオンを構成している原子の原子量の総和*。

〈例〉 $\text{Na}^+ = 23$, $\text{OH}^- = 16 + 1.0 = 17$

*電子の質量は陽子や中性子の質量に比べて極めて小さいので、無視できる。

組成式の式量…組成式を構成している原子の原子量の総和。

〈例〉 $\text{NaCl} = 23 + 35.5 = 58.5$, $\text{Mg}(\text{OH})_2 = 24 + (16 + 1.0) \times 2 = 58$

②物質量

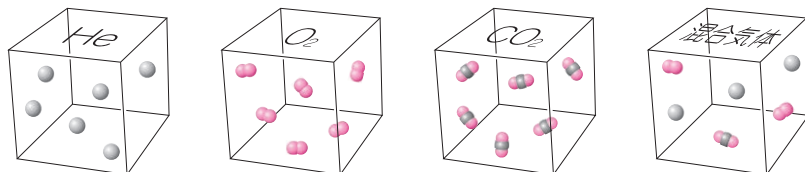
(a) **アボガドロ定数** N_A : $6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$ 物質 1 mol あたりの構成粒子の数。

(b) **1 mol** 原子, 分子, イオンなどの 6.02×10^{23} 個の集団。

(c) **モル質量** 物質 1 mol の質量。原子量, 分子量, 式量などに g/mol をつけて示す。

	化学式	化学式量	粒子 1 mol の個数	モル質量
水素原子	H	1.0	H原子 6.02×10^{23} 個	1.0 g/mol
水素分子	H ₂	2.0	H ₂ 分子 6.02×10^{23} 個	2.0 g/mol
塩化物イオン	Cl ⁻	35.5	Cl ⁻ イオン 6.02×10^{23} 個	35.5 g/mol
塩化ナトリウム	NaCl	58.5	Na ⁺ , Cl ⁻ それぞれ 6.02×10^{23} 個	58.5 g/mol

(d) **気体 1 mol の体積** 0℃, $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ (標準状態) の気体分子 1 mol あたりの占める体積(**モル体積**)は, 気体の種類によらず, 22.4 L/mol である。



すべての気体は, 同温・同圧下で同数の分子を含んでいる(**アボガドロの法則**)。

- (e) 気体の密度と分子量 0°C , $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ における密度が $d[\text{g/L}]$ の気体のモル質量は、密度とモル体積 $V_m[\text{L/mol}]$ から、次のように求められる。

$$\text{密度} \times \text{モル体積} = d[\text{g/L}] \times V_m[\text{L/mol}] = dV_m[\text{g/mol}]$$

〈例〉 密度が 1.25 g/L の気体の分子量 (0°C , $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$)

$$1.25 \text{ g/L} \times 22.4 \text{ L/mol} = 28.0 \text{ g/mol} \quad \text{したがって、分子量は} 28.0$$

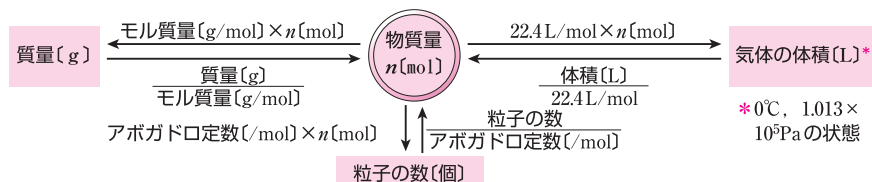
- (f) 混合気体の平均分子量(見かけの分子量) 成分気体の分子量(モル質量)と混合比から求める。

〈例〉 空気の平均分子量(空気を N_2 と O_2 が $4:1$ (物質量比)で混合した気体とする)

$$\underbrace{28 \text{ g/mol}}_{\text{N}_2 \text{ のモル質量}} \times \underbrace{\frac{4}{4+1}}_{\text{N}_2 \text{ の混合割合}} + \underbrace{32 \text{ g/mol}}_{\text{O}_2 \text{ のモル質量}} \times \underbrace{\frac{1}{4+1}}_{\text{O}_2 \text{ の混合割合}} = 28.8 \text{ g/mol}$$

したがって、空気の平均分子量は 28.8 となる。

- (g) 物質量と粒子の数, 質量, 気体の体積の関係



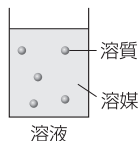
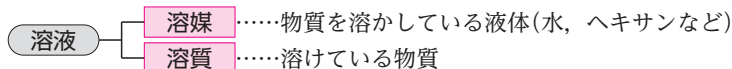
【注】単位は、次のように数値と同じように計算することができる。

$$\text{g/mol} \times \text{mol} = \text{g}$$

また、アボガドロ定数は 1 mol あたりの構成粒子の個数を表し、単位は $1/\text{mol}$ である。この単位に「個」は示さないが、 個/mol のように「個」を補うと、物質質量と粒子の個数の関係を考えやすくなる。

2 溶液の濃度

- ①溶解と溶液 物質が水などに溶けて均一な状態になる現象を**溶解**といい、生じた液体を**溶液**という。溶媒が水の場合は**水溶液**という。



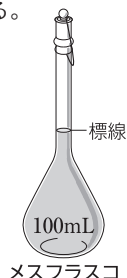
- ②溶液の濃度 正確なモル濃度の溶液を調製する際はメスフラスコを用いる。

(a) 質量パーセント濃度 [%]	(b) モル濃度 [mol/L]
溶液の質量に対する溶質の質量の割合	溶液 1 L あたりに含まれる溶質の物質量
$\frac{\text{溶質}[\text{g}]}{\text{溶液}[\text{g}]} \times 100 = \frac{\text{溶質}[\text{g}]}{\text{溶媒}[\text{g}] + \text{溶質}[\text{g}]} \times 100$	$\frac{\text{溶質}[\text{mol}]}{\text{溶液}[\text{L}]}$

質量モル濃度 [mol/kg] $\cdots$ 溶媒 1 kg あたりに含まれる溶質の物質量 [mol]

- モル濃度 $c[\text{mol/L}]$ の水溶液 $V[\text{L}]$ に含まれる溶質の物質量

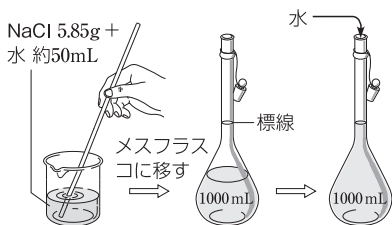
$$c[\text{mol/L}] \times V[\text{L}] = cV[\text{mol}]$$



⑨水溶液の調製

〈例〉 1.00 mol/L 塩化ナトリウム水溶液

- ① 塩化ナトリウム NaCl を正確にはかり取る。
- ② ビーカー中で溶かす。
- ③ ②の水溶液をメスフラスコに移し、ビーカーを数回水で洗って洗液も入れる。
- ④ 標線まで水を加え、よく振り均一にする。



④ **固体の溶解度** 溶媒100 gに溶けうる溶質の最大質量[g]の数値。結晶水(水和水)を含む固体では、無水物の質量で表す。一般に、固体の溶解度は高温ほど大きい。

(a) **飽和溶液** 溶質が溶解度まで溶けた溶液。

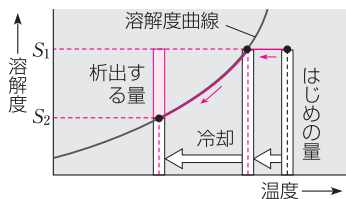
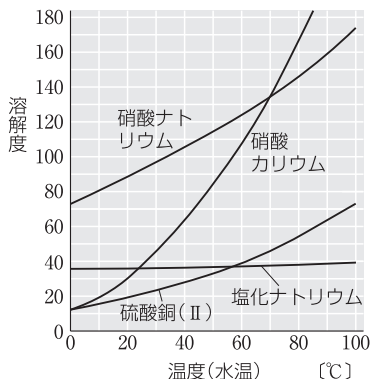
(b) **溶解度曲線**

温度と溶解度の関係を表したグラフ。

(c) **結晶の析出**

高温で溶解度が高くなる溶質 S_1 [g] を高温で溶媒 100 g に溶かす。この溶液を冷却すると、やがて飽和溶液になり、さらに冷却すると $(S_1 - S_2)$ [g] の結晶が析出する。これを利用して、混合物である溶液から純粋な結晶を得る操作を、**再結晶**という。

$$\frac{\text{析出量 [g]}}{\text{飽和溶液 [g]}} = \frac{S_1 \text{ [g]} - S_2 \text{ [g]}}{100 \text{ g} + S_1 \text{ [g]}} = \text{一定}$$



➤ **プロセス** 次の文中の()に適当な語句、記号を入れよ。

- ① 質量数 12 の(ア)原子の質量を 12 としたときの、各原子の質量を相対的に表した数値が原子の(イ)である。同位体の存在する元素では、各同位体の(ウ)から求めた(イ)の平均値を元素の(エ)として用いる。
- ② 分子を構成する原子の原子量の総和を(オ), 組成式を構成する原子の原子量の総和を(カ)という。
- ③ $6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$ を(キ)といい, 6.0×10^{23} 個の粒子を含む集団が 1 mol である。たとえば, 12 g の ^{12}C には, (ク)個の ^{12}C 原子が含まれる。
- ④ 物質 1 mol の質量を(ケ)といい, 原子の場合, 原子量に単位(コ)をつけて表す。
- ⑤ 溶液の質量に対する溶質の質量の割合をパーセントで表した濃度を(サ)といい, 溶液 1 L 中に含まれる溶質の物質質量で表した濃度を(シ)という。

ドリル 》 次の各問いに答えよ。

A 次の物質の分子量を求めよ。

- (1) 水素 H_2 (2) ヘリウム He (3) 水 H_2O (4) メタン CH_4

B 次の物質やイオンの式量を求めよ。

- (1) アルミニウムイオン Al^{3+} (2) 水酸化物イオン OH^- (3) 硝酸イオン NO_3^-
 (4) 鉄 Fe (5) 塩化カルシウム $CaCl_2$ (6) 酸化鉄(Ⅲ) Fe_2O_3

C 次の各粒子の物質量を求めよ。

- (1) 水素原子 3.0×10^{23} 個 (2) 水分子 6.0×10^{24} 個 (3) 銀イオン 1.5×10^{24} 個

D 次の各粒子の個数を求めよ。

- (1) 鉄 1.5 mol に含まれる鉄原子 (2) 酸素 3.0 mol に含まれる酸素分子
 (3) カルシウムイオン 0.40 mol に含まれるカルシウムイオン

E 物質量と質量の関係について、次の各問いに答えよ。

- (1) 0.50 mol のヘリウム He は何 g か。
 (2) 4.0 mol の銅(Ⅱ)イオン Cu^{2+} は何 g か。
 (3) 27 g の銀 Ag は何 mol か。
 (4) 27 g の水 H_2O は何 mol か。

F 物質量と構成粒子の数の関係について、次の各問いに答えよ。

- (1) 2.0 mol の塩化ナトリウム NaCl には、何個の塩化物イオンが含まれるか。
 (2) 0.25 mol の水 H_2O には、何個の酸素原子が含まれるか。
 (3) 4.0 mol のメタン CH_4 には、何個の水素原子が含まれるか。

G 次の各問いに答えよ。ただし、気体の体積は $0^\circ C$ 、 $1.013 \times 10^5 Pa$ におけるものとする。

- (1) 水素 11.2 L は何 mol か。
 (2) 酸素 5.6 L は何 mol か。
 (3) アンモニア 2.5 mol は何 L か。
 (4) 窒素 0.300 mol は何 L か。
 (5) 78.4 L の二酸化炭素に含まれる酸素原子は何 mol か。

H 次の各問いに答えよ。

- (1) 25 g のグルコースを水 100 g に溶かした水溶液の質量パーセント濃度は何%か。
 (2) 5.0 % の硫酸水溶液 200 g に溶けている硫酸の質量は何 g か。
 (3) 1.0 mol のアンモニアを水に溶かして 500 mL にした水溶液の濃度は何 mol/L か。
 (4) 0.10 mol/L の塩酸 100 mL に溶けている塩化水素の物質量は何 mol か。

プロセスの解答

- (ア) 炭素 (イ) 相対質量 (ウ) 天然存在比 (エ) 原子量 (オ) 分子量 (カ) 式量
 (キ) アボガドロ定数 (ク) 6.0×10^{23} (ケ) モル質量 (コ) g/mol (サ) 質量パーセント濃度
 (シ) モル濃度

基本例題 7 同位体と原子量

→問題 73

天然の塩素は、 ^{35}Cl および ^{37}Cl の 2 種類の同位体からなり、その原子量は 35.5 である。また、 ^{35}Cl および ^{37}Cl の相対質量は、35.0 および 37.0 である。次の各問いに答えよ。

- (1) ^{35}Cl の天然存在比は何%か。
- (2) 天然に存在する塩素分子 Cl_2 には、質量の異なるものが何種類存在するか。

考え方

- (1) 元素の原子量は天然存在比にもとづく各同位体の相対質量の平均値に相当する。また、各同位体の相対質量は、質量数にはほぼ等しい。
- (2) 塩素分子 Cl_2 を構成する同位体の組み合わせを考える。 $^{35}\text{Cl}^{37}\text{Cl}$ と $^{37}\text{Cl}^{35}\text{Cl}$ は同じ分子である。

解答

- (1) ^{35}Cl の天然存在比を $x\%$ とすれば、 ^{37}Cl の天然存在比は $(100-x)\%$ であり、次式が成立する。

$$35.0 \times \frac{x}{100} + 37.0 \times \frac{100-x}{100} = 35.5$$

$$x = 75 \qquad \qquad \qquad 75\%$$

- (2) 塩素分子 Cl_2 には、 $^{35}\text{Cl}^{35}\text{Cl}$ 、 $^{35}\text{Cl}^{37}\text{Cl}$ 、 $^{37}\text{Cl}^{37}\text{Cl}$ の 3 種類が考えられる。 **3 種類**

基本例題 8 分子量と物質質量、気体の体積

→問題 75・76・77

- (1) 0.25 mol の尿素 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ は何 g か。また、この中に含まれる窒素原子 N の質量は、尿素の質量の何%を占めるか。
- (2) 3.2 g の酸素 O_2 は、 0°C 、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ で何 L の体積を占めるか。
- (3) モル質量 $M[\text{g/mol}]$ の気体の 0°C 、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ における密度 $[\text{g/L}]$ をモル体積 $V_m[\text{L/mol}]$ 、 $M[\text{g/mol}]$ を用いて表せ。

考え方

- (1) 質量は、**モル質量 $[\text{g/mol}]$ × 物質質量 $[\text{mol}]$** で求められる。1 分子の尿素 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 中には窒素原子 N が 2 個含まれる。

別解 質量から求めるのではなく、次の式を用いて求めることもできる。

$$\frac{\text{N の原子量} \times 2}{\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \text{ の分子量}} \times 100$$

- (2) 0°C 、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ で、1 mol の酸素分子 O_2 が占める体積は、22.4 L である。
- (3) 次の式を利用する。

気体の密度 $[\text{g/L}]$

$$= \frac{\text{モル質量} [\text{g/mol}]}{\text{モル体積} [\text{L/mol}]}$$

解答

- (1) $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ のモル質量は 60 g/mol なので、尿素 0.25 mol は、 $60 \text{ g/mol} \times 0.25 \text{ mol} = 15 \text{ g}$ である。
尿素 0.25 mol には、N が $0.25 \text{ mol} \times 2 = 0.50 \text{ mol}$ 含まれる。N のモル質量は 14 g/mol なので、その質量は $14 \text{ g/mol} \times 0.50 \text{ mol} = 7.0 \text{ g}$ となる。したがって、

$$\frac{7.0 \text{ g}}{15 \text{ g}} \times 100 = 46.6 = 47 \qquad \qquad \qquad 47\%$$

- (2) O_2 のモル質量は 32 g/mol なので、3.2 g の物質質量は、 $\frac{3.2 \text{ g}}{32 \text{ g/mol}} = 0.10 \text{ mol}$

気体のモル体積は 22.4 L/mol なので、その体積は、 $22.4 \text{ L/mol} \times 0.10 \text{ mol} = 2.24 \text{ L} = 2.2 \text{ L}$

- (3) この気体のモル質量は $M[\text{g/mol}]$ 、気体のモル体積は $V_m[\text{L/mol}]$ なので、

$$\frac{M[\text{g/mol}]}{V_m[\text{L/mol}]} = \frac{M}{V_m} [\text{g/L}]$$



基本例題9 モル濃度

→問題 81

- (1) 1.8gのグルコース $C_6H_{12}O_6$ を水に溶かして 200mL とした水溶液は何 mol/L か。
 (2) 0.20mol/L 塩化ナトリウム NaCl 水溶液 100mL に含まれる NaCl は何 g か。
 (3) 12mol/L 硫酸 H_2SO_4 水溶液を水でうすめて 3.0mol/L 硫酸水溶液を 300mL つくりたい。12mol/L 硫酸水溶液は何 mL 必要か。

考え方

- (1) モル濃度 [mol/L] は、次式で求められる。

$$\text{溶質の物質質量 [mol]} \\ \text{溶液の体積 [L]}$$

- (2) 溶質の物質質量は、次式で求められる。

$$\text{モル濃度 [mol/L]} \times \\ \text{溶液の体積 [L]}$$

- (3) うすめる前後で、水溶液に含まれる硫酸分子の物質質量は変化しない。

解答

- (1) $C_6H_{12}O_6$ のモル質量は 180 g/mol なので、モル濃度は、

$$\frac{1.8 \text{ g}}{\frac{180 \text{ g/mol}}{200} \text{ L}} = 0.050 \text{ mol/L}$$

- (2) 0.20mol/L の NaCl 水溶液 100mL 中の NaCl の物質質量は、

$$0.20 \text{ mol/L} \times \frac{100}{1000} \text{ L} = 0.020 \text{ mol}$$

NaCl のモル質量は 58.5 g/mol なので、その質量は、
 $58.5 \text{ g/mol} \times 0.020 \text{ mol} = 1.17 \text{ g} = 1.2 \text{ g}$

- (3) 必要な 12mol/L 硫酸水溶液の体積を $V[\text{L}]$ とすると、うすめる前後の水溶液で硫酸の物質質量が等しいことから、

$$12 \text{ mol/L} \times V[\text{L}] = 3.0 \text{ mol/L} \times \frac{300}{1000} \text{ L} \quad V = \frac{75}{1000} \text{ L} \\ 75 \text{ mL}$$

基本例題10 結晶の析出

→問題 87

硝酸ナトリウムの水への溶解度は、80℃で148、20℃で88である。次の各問いに整数値で答えよ。

- (1) 80℃の硝酸ナトリウム飽和水溶液 100g には、硝酸ナトリウムが何 g 溶けているか。
 (2) この水溶液を20℃まで冷却すると、硝酸ナトリウムが何 g 析出するか。

考え方

水 100g に溶質を溶かしてできた飽和溶液と比較する。

- (1) 同じ温度の飽和溶液同士では、次の割合が等しい。

$$\frac{\text{溶質 [g]}}{\text{飽和溶液 [g]}}$$

- (2) 冷却すると、各温度における溶解度の差に応じた量の結晶が析出する。

$$\frac{\text{析出量 [g]}}{\text{飽和溶液 [g]}} \text{ の式をたてる。}$$

解答

- (1) 80℃では水 100g に硝酸ナトリウム $NaNO_3$ が 148g 溶けて飽和溶液 248g ができる。したがって、80℃の飽和溶液 100g 中に溶けている $NaNO_3$ を $x[\text{g}]$ とすると、

$$\frac{\text{溶質 [g]}}{\text{飽和溶液 [g]}} = \frac{x[\text{g}]}{100 \text{ g}} = \frac{148 \text{ g}}{248 \text{ g}} \quad x = 59.6 \text{ g} \quad 60 \text{ g}$$

- (2) 水 100g に $NaNO_3$ は 80℃で148g、20℃で88g 溶けるので、80℃の飽和溶液 248g を20℃に冷却すると、
 $(148 - 88) \text{ g}$ の結晶が析出する。したがって、80℃の飽和溶液 100g からの析出量を $y[\text{g}]$ とすると、

$$\frac{\text{析出量 [g]}}{\text{飽和溶液 [g]}} = \frac{y[\text{g}]}{100 \text{ g}} = \frac{(148 - 88) \text{ g}}{248 \text{ g}} \quad y = 24.1 \text{ g} \quad 24 \text{ g}$$



例題
解説動画

| 基 | 本 | 問 | 題 |

思考

72. 原子の相対質量 ● 原子の相対質量は、質量数 12 の炭素原子 ^{12}C を基準とし、その質量を 12 としたときの相対値で表される。次の各問いに答えよ。

- (1) ^{12}C 1 個の質量は $2.0 \times 10^{-23} \text{ g}$ 、ベリリウム原子 1 個の質量は $1.5 \times 10^{-23} \text{ g}$ である。ベリリウム原子の相対質量はいくらか。
- (2) アルミニウム原子 ^{27}Al の相対質量は 27 である。アルミニウム原子 1 個の質量は、 ^{12}C 1 個の質量の何倍か。

思考

73. 同位体と原子量 ● 次の各問いに答えよ。ただし、質量数＝相対質量とする。

- (1) 銅には ^{63}Cu が 69.2%、 ^{65}Cu が 30.8% 含まれている。銅の原子量はいくらか。
- (2) 銀は ^{107}Ag と ^{109}Ag からなっており、銀の原子量は 107.9 である。銀原子 1000 個中には ^{107}Ag が何個存在しているか。整数値で答えよ。

知識

74. 分子量・式量 ● 次の (1)～(6) の分子量または式量を求めよ。

- (1) 窒素 N_2 (2) 塩化水素 HCl (3) 硫化水素 H_2S (4) 硫酸イオン SO_4^{2-}
- (5) 炭酸水素イオン HCO_3^- (6) 硫酸銅(Ⅱ)五水和物 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

知識

75. 物質質量 ● 次の表中の空欄(ア)～(サ)に適当な化学式、または数値を入れよ。ただし、気体の体積は、 0°C 、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ におけるものとする。

物質	化学式	物質質量[mol]	質量[g]	粒子数(個)	気体の体積[L]
ネオン	(ア)	0.50	(イ)	(ウ)	(エ)
カルシウムイオン	(オ)	(カ)	(キ)	1.2×10^{23}	—
二酸化炭素	(ク)	(ケ)	6.6	(コ)	(サ)

知識

76. 質量・粒子の個数と物質質量 ● 次の各問いに答えよ。

- (1) 3.0 mol の水 H_2O は何 g か。また、含まれる水素原子 H は何 mol か。
- (2) 3.2 g のメタノール CH_4O は何 mol か。また、含まれる水素原子 H は何 g か。
- (3) 3.4 g のアンモニア NH_3 は何 mol か。また、含まれる水素原子 H は何個か。
- (4) 0.50 mol の硝酸マグネシウム $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ に含まれる硝酸イオン NO_3^- は何 mol か。また、酸素原子 O は何 g か。

思考

77. 元素の含有量と原子量 ● 次の各問いに有効数字 2 桁で答えよ。

- (1) 次の各物質について、() 内の元素の質量パーセント [%] を求めよ。
(ア) 二酸化硫黄 SO_2 (S) (イ) グルコース $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ (C)
- (2) ある金属 M の酸化物 MO_2 17.4 g を還元すると、M の単体が 11.0 g 得られた。金属 M の原子量を求めよ。

思考

78. 気体の体積の比較 ● 次の(ア)～(エ)の気体を 10g ずつとったとき、同温・同圧で最も体積が大きいものはどれか。

(ア) 水素 H_2 (イ) 窒素 N_2 (ウ) メタン CH_4 (エ) プロパン C_3H_8

思考

79. 気体の体積と物質質量 ● 気体はすべて 0°C 、 $1.013 \times 10^5 \text{Pa}$ の状態として、次の各問いに答えよ。

- (1) 0.25mol のメタン分子 CH_4 の質量 $[\text{g}]$ および体積 $[\text{L}]$ を、それぞれ求めよ。
- (2) 8.96L の窒素 N_2 と 5.60L の酸素 O_2 を混合すると、質量は何 g になるか。
- (3) 密度が 1.34g/L である気体の分子量を求めよ。
- (4) 体積で水素 80%、酸素 20% が混合した混合気体の平均分子量を求めよ。

知識

80. 質量パーセント濃度 ● 次の各問いに答えよ。

- (1) 尿素 5.0g を水 45g に溶かした水溶液の質量パーセント濃度は何%か。
- (2) 5.0% の尿素水溶液 120g に含まれる尿素は何 g か。
- (3) 10% の塩化ナトリウム水溶液 180g と 20% の塩化ナトリウム水溶液 120g を混合した水溶液の質量パーセント濃度は何%か。

思考

81. モル濃度 ● 次の各問いに答えよ。

- (1) 9.0g のグルコース $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ を水に溶かして 200mL にした水溶液は何 mol/L か。
- (2) 0.25mol/L の水酸化ナトリウム NaOH 水溶液 200mL 中に、 NaOH は何 mol 含まれるか。また、含まれる NaOH の質量は何 g か。
- (3) 12mol/L の塩酸 (塩化水素 HCl の水溶液) を水でうすめて 2.0mol/L の塩酸を 150mL つくりたい。 12mol/L の塩酸は何 mL 必要か。
- (4) 0.10mol/L の硫酸水溶液 100mL と 0.30mol/L の硫酸水溶液 300mL を混合した水溶液 400mL のモル濃度は何 mol/L か。

思考

82. 質量パーセント濃度とモル濃度の変換 ● 次の文中の()に適当な数値を記せ。

質量パーセント濃度 36.5% の塩酸 (密度 1.20g/cm^3) のモル濃度を求めてみよう。この塩酸 1.00L の質量は、質量 $[\text{g}] = \text{密度} [\text{g/cm}^3] \times \text{体積} [\text{cm}^3]$ から、(ア) g と求められる。このうち 36.5% が塩化水素の質量なので、含まれる塩化水素は(イ) g となり、 HCl のモル質量が 36.5g/mol なので、その物質量は(ウ) mol となる。すなわち、塩酸 1.00L に塩化水素が(ウ) mol 含まれるので、モル濃度は(エ) mol/L となる。

逆に、 2.00mol/L の塩酸 (密度 1.04g/cm^3) の質量パーセント濃度は、次のように求められる。この塩酸 1.00L の質量は、密度 $\times$ 体積から(オ) g であり、この中に 2.00mol の塩化水素が含まれる。塩化水素のモル質量は 36.5g/mol なので、その質量は(カ) g である。(オ) g と(カ) g から、この塩酸の質量パーセント濃度は(キ) % と求められる。

思考

83. 濃度の変換 次各問いに答えよ。ただし、 $\text{H}_2\text{SO}_4=98.0$ とする。

- (1) 98.0%硫酸水溶液(密度 1.84 g/cm^3)のモル濃度は何 mol/L か。
- (2) 0.200 mol/L 硫酸水溶液(密度 1.05 g/cm^3)の質量パーセント濃度は何%か。

知識

84. 水溶液の希釈 次の文中の()に適当な文字式、数値を記せ。 $\text{H}_2\text{SO}_4=98$ とする。

10%硫酸水溶液を水でうすめて 0.50 mol/L の水溶液を 100 mL 作りたい。10%硫酸水溶液を $x[\text{g}]$ 用いるとすると、この中に溶けている溶質 H_2SO_4 の質量は、 x を用いて(ア)と表される。また、 0.50 mol/L 硫酸水溶液 100 mL 中の溶質 H_2SO_4 の質量は(イ)gである。うすめても溶質の量は変化しないので、式(ウ)が成り立ち、必要な10%硫酸水溶液の質量は(エ)gと求められる。

思考

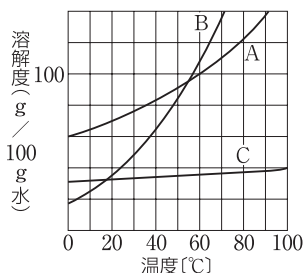
85. 物質質量・濃度と文字式 アボガドロ定数を $N_A[\text{/mol}]$ 、 0°C 、 $1.013\times 10^5\text{ Pa}$ における気体のモル体積を $V_m[\text{L/mol}]$ として、次の各問いに答えよ。

- (1) 密度 $d[\text{g/cm}^3]$ の、ある金属 $a[\text{cm}^3]$ 中には n 個の原子が含まれていた。この金属のモル質量を求めよ。
- (2) モル質量 $M[\text{g/mol}]$ の気体の質量が $w[\text{g}]$ であるとき、この気体の 0°C 、 $1.013\times 10^5\text{ Pa}$ における体積は何Lか。また、この気体の分子数は何個か。
- (3) モル質量 $M[\text{g/mol}]$ の物質 $w[\text{g}]$ を水に溶解させて体積を $V[\text{L}]$ とした。この水溶液のモル濃度 $[\text{mol/L}]$ はいくらか。

思考 **グラフ**

86. 溶解度曲線 図は物質A、B、Cの溶解度曲線である。次の各問いに答えよ。

- (1) 50 g の水に 50 g の物質Aを加えて加熱した。Aが完全に溶解する温度は何 $^\circ\text{C}$ か。
- (2) 10 g のBを含む水溶液 50 g がある。この水溶液を冷却したとき、何 $^\circ\text{C}$ で結晶が析出するか。
- (3) 物質A、B、Cのうち、再結晶で物質を精製する場合、この方法が適さないのはどれか。



思考

87. 溶解度 表に硝酸カリウムの溶解度($\text{g}/100\text{ g}$ の水)を示す。次の各問いに答えよ。

- (1) 30°C における硝酸カリウムの飽和溶液の濃度は何%か。
- (2) 50°C における硝酸カリウムの飽和溶液 70 g から水を完全に蒸発させると、何gの結晶が得られるか。
- (3) 70°C における硝酸カリウムの飽和溶液 100 g を 30°C に冷却すると、何gの結晶が得られるか。
- (4) 50°C における硝酸カリウムの飽和溶液 200 g から水 50 g を蒸発させると、何gの結晶が得られるか。

硝酸カリウムの溶解度

温度 $^\circ\text{C}$	30	50	70
溶解度	45	85	135

発展例題6 溶液の調製

→問題 93

0.10 mol/L の硫酸銅(Ⅱ)水溶液 100 mL を調製したい。次の文中の空欄(ア)に適当な数値、(イ)に適当な語句を記せ。

硫酸銅(Ⅱ)五水和物 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ を天びんで(ア) g はかり取り、ビーカー内の少量の純水に溶かし、100 mL メスフラスコに移した。ビーカー内を少量の純水で洗い、この液も同じ 100 mL メスフラスコに移した。(イ) まで純水を加えたのち、栓をしてよく振り混ぜた。



考え方

(ア) 結晶水は、水溶液中では溶媒の一部になる。水溶液中の溶質の物質に着目する。

1 mol の $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ には、 CuSO_4 は 1 mol 含まれる。

解答

(ア) 0.10 mol/L の CuSO_4 水溶液 100 mL 中には、 CuSO_4 が $0.10 \text{ mol/L} \times 100/1000 \text{ L} = 0.010 \text{ mol}$ 含まれる。

$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (式量250) のモル質量は 250 g/mol なので、 $250 \text{ g/mol} \times 0.010 \text{ mol} = 2.5 \text{ g}$ の $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ が必要である。

2.5

(イ) 標線

発展例題7 濃度の相互変換と文字式

→問題 94

次の各問いに文字式を用いて答えよ。ただし、この問題では d などの記号は、数値のみを表すものとする。

- (1) 質量パーセント濃度が $P\%$ の硫酸水溶液の密度が $d \text{ g/cm}^3$ であった。この硫酸水溶液のモル濃度は何 mol/L か。ただし、硫酸の分子量を M とする。
- (2) 分子量 M の物質を水に溶解させ、モル濃度 $c \text{ mol/L}$ にした水溶液がある。水溶液の密度を $d \text{ g/cm}^3$ として、この水溶液の質量パーセント濃度を求めよ。

考え方

質量パーセント濃度とモル濃度を互に変換する際には、溶液 1 L (=1000 cm³) で考えるとよい。溶液の体積から質量を求めるには、密度が必要となる。

解答

- (1) この水溶液 1 L (=1000 cm³) の質量は、密度 $d \text{ g/cm}^3$ から、 $d \text{ g/cm}^3 \times 1000 \text{ cm}^3 = d \times 10^3 \text{ g}$ となる。このうち、溶質の硫酸の質量は、質量パーセント濃度が $P\%$ なので、

$$d \times 10^3 \text{ g} \times \frac{P}{100} = 10 dP \text{ g}$$

硫酸のモル質量が $M \text{ g/mol}$ なので、溶液 1 L に含まれる硫酸分子の物質量は、

$$\frac{10 dP \text{ g}}{M \text{ g/mol}} = \frac{10 dP}{M} \text{ mol} \quad \text{したがって、} \frac{10 dP}{M} \text{ mol/L}$$

- (2) 溶液 1 L に溶質は $c \text{ mol}$ 含まれる。溶質のモル質量が $M \text{ g/mol}$ なので、その質量は $cM \text{ g}$ である。また、密度が $d \text{ g/cm}^3$ なので、この溶液 1 L の質量は $1000 d \text{ g}$ である。したがって、質量パーセント濃度は、

$$\frac{\text{溶質の質量}}{\text{溶液の質量}} \times 100 = \frac{cM \text{ g}}{1000 d \text{ g}} \times 100 = \frac{cM}{10 d} \quad \frac{cM}{10 d} \%$$



例題
解説動画

発展問題

思考

88. 同位体と原子量 ■ 各原子の相対質量は、その質量数に等しいものとして、次の各問いに答えよ。

- (1) 天然の銅は、 ^{63}Cu と ^{65}Cu の同位体が、ある一定の比率で混じり合っている。銅の原子量を63.5として、各同位体の天然存在比[%]を有効数字2桁で求めよ。
- (2) 天然の同位体比の原子で構成された、硝酸銀 AgNO_3 水溶液と臭化ナトリウム NaBr 水溶液がある。これらを混合し、臭化銀 AgBr を沈殿させた。沈殿した臭化銀の「質量」分布を表にならって示せ。ただし、Na には同位体がなく ^{23}Na のみが存在し、Br と Ag の各同位体の天然存在比は、それぞれ $^{79}\text{Br} : ^{81}\text{Br} = 50 : 50$, $^{107}\text{Ag} : ^{109}\text{Ag} = 50 : 50$ とする。また、イオン結晶の「質量」とは、その組成式を構成する各原子の相対質量の和とする。

NaBr の「質量」分布

「質量」	存在比[%]
102	50
104	50

(09 東京大 改)

思考 論述

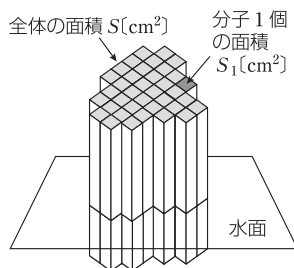
89. 同位体と天然存在比 ■ 次の各問いに答えよ。

- (1) ^{12}C 原子1個の質量は何 g か。有効数字2桁で求めよ。
- (2) 水素の同位体 ^1H , ^2H , ^3H の、炭素12(^{12}C)を基準としたときの相対質量はそれぞれ 1.00785, 2.014102, 3.010440である。このうち ^3H は放射性同位体で、自然界にはこの3種の水素の同位体がそれぞれ99.9885%, 0.0115%, および極微量存在する。水素の原子量を小数点以下3桁まで求めよ。
- (3) 自然界に存在する水素分子には、質量の異なるものが何種類存在すると考えられるか。説明して答えよ。
- (4) 質量の異なる水素分子の中で、最も多く存在する分子と、2番目に多く存在する分子の数の比を有効数字2桁で求めよ。

(14 香川大 改)

思考

90. アボガドロ定数 ■ モル質量 $M[\text{g/mol}]$ の物質 X を $w[\text{g}]$ はかり取り、有機溶媒に溶かして体積を $V[\text{mL}]$ にした。この溶液 $v[\text{mL}]$ を、静かに水面に滴下し、溶媒を蒸発させたところ、図に示すように、棒状の分子が水面にすき間なく並び、1層の膜でできた単分子膜を形成した。この膜の全体の面積を測定したところ、 $S[\text{cm}^2]$ であった。次の各問いに文字式で答えよ。



- (1) 単分子膜を形成した物質 X の物質量は何 mol か。
- (2) 1分子の物質 X の断面積が $S_1[\text{cm}^2]$ であるとき、単分子膜中の分子数はいくつ。
- (3) この実験から求められるアボガドロ定数 $N_A[\text{mol}]$ はいくらか。
- (4) 単分子膜の密度を $d[\text{g/cm}^3]$ とすると、物質 X の分子の長さ(単分子膜の厚み)は何 cm か。

(20 大東文化大 改)

思考

91. 金属の原子量 次各問いに答えよ。

- (1) ある元素Yの単体 $A[g]$ を空气中で強く熱したところ、すべて反応して酸化物 YO が $B[g]$ 生成した。Oのモル質量を $M_O[g/mol]$ として、この元素Yのモル質量 $[g/mol]$ を A, B, M_O を用いて表せ。
- (2) ある金属Xの塩化物は組成式 $XCl_2 \cdot 2H_2O$ の水和物をつくる。この水和物 882 mg を加熱して無水物にしたところ、666 mg になった。この金属Xの原子量を求めよ。

(20 中部大 改)

思考

92. 気体の密度とモル質量 次文章を読み、下の各問いに答えよ。

1894年、レイリーとラムゼーは、空気から酸素などを取り除いて得た窒素の密度が、純粋な窒素の密度よりも、 0°C , $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ において 0.500% 大きいことから、窒素よりも密度の大きい気体が空気に含まれると考え、アルゴン Ar を発見した。ここで、空気から酸素などを取り除いて得た窒素には、窒素とアルゴンが含まれるものとする。

- (1) 空気から酸素などを取り除いて得た窒素中のアルゴンの物質量の割合を x 、窒素の物質量の割合を $1-x$ とすると、 x はいくらか。有効数字2桁で求めよ。
- (2) 空気中の窒素の物質量の割合を 79% とすると、空気中のアルゴンの物質量の割合は何%か。有効数字2桁で求めよ。

(14 龍谷大 改)

思考

93. 溶液の調製 硫酸銅(II)水溶液を調製する方法として正しいものを、次の①～④から1つ選べ。ただし、 CuSO_4 の式量は160、水の密度は 1.0 g/cm^3 とする。

- ① 2.5%の水溶液をつくるため、硫酸銅(II)五水和物 2.5 g を水 97.5 g に溶かした。
- ② 2.0%の水溶液をつくるため、5.0%の硫酸銅(II)水溶液 8.0 g に 20 mL の水を加えた。
- ③ 0.20 mol/L の水溶液をつくるため、硫酸銅(II)五水和物 16 g を水に溶かして 500 mL とした。
- ④ $5.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ の水溶液をつくるため、 $2.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ の硫酸銅(II)水溶液 25 mL に水を加えて 100 mL とした。

(20 東京薬科大 改)

思考

94. 溶液の希釈 濃硫酸は、質量パーセント濃度が98.0%で、密度が 1.84 g/cm^3 である。 H_2SO_4 の分子量を98.0として、次の各問いに答えよ。

- (1) 濃硫酸のモル濃度は何 mol/L か。
- (2) 濃硫酸を水で希釈して 3.00 mol/L の希硫酸(密度 1.18 g/cm^3)を 300 mL つくりたい。必要な濃硫酸の体積は何 mL か。また、加える水の質量は何 g か。

(20 鎌倉女子大 改)

思考

95. 溶液の濃度 体重 200 g の実験動物(ラット)に、ある薬剤(分子量270)を静脈から血液中に投与し、血液中での薬剤濃度を $1.0 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ にしたい。このラットの血液量が体重の8.0%とすると、この薬剤を何 mg 投与すればよいか。ただし、この薬剤は投与直後に全身に均等に分布し、血液の密度は 1.0 g/mL であるとする。また、血球などの体積および薬剤投与による血液の体積変化は無視できるものとする。(14 芝浦工業大)