

Rozwiązanie

By rozwiązać ten problem, rozpatrz próbkę żelaza zawierającą 100 atomów.

Rozkład izotopów wśród tych 100 atomów będzie zgodny z ich abundancją. Stąd możemy obliczyć masę tych 100 atomów a następnie średnią.

$$\text{Masa 100 atomów żelaza} = (53,9 \cdot 5,86 + 55,9 \cdot 91,8 + 56,9 \cdot 2,12 + 57,9 \cdot 0,22) \text{ u} = (312,6 + 5131,6 + 120,6 + 12,75) \text{ u} = 5577,5 \text{ u}$$

$$\text{Stąd masa 1 atomu} = 5577,5/100 \text{ u} = 55,8 \text{ u.}$$

Trzy cyfry znaczące dają nam względną masę atomową żelaza 55,8 u.

? Zadanie 1.8

Ile (i) atomów azotu i (ii) cząsteczek azotu jest w 14,0 g gazowego azotu?

? Zadanie 1.9

Określ całkowitą liczbę jonów utworzonych w roztworze siarczku glinu przy założeniu całkowitej dysocjacji.

? Zadanie 1.10

Magnez ma trzy naturalne izotopy z następującymi abundancjami: $^{24}\text{Mg} = 78,6\%$, $^{25}\text{Mg} = 10,1\%$ i $^{26}\text{Mg} = 11,3\%$. Oblicz względną masę atomową magnezu, zakładając, że względne masy izotopów Mg wynoszą odpowiednio 24,0, 25,0 i 26,0.

1.5 Masa molowa i określanie liczności substancji

Wzór substancji mówi nam o liczbie i typie atomów w związku, czy to cząsteczce, czy związku jonowym (zgodnie z jednostką formalną) – tak jak widzieliśmy to we wcześniejszych przykładach. Masę jednego mola substancji oblicza się, dodając względne masy atomowe wszystkich atomów podanych we wzorze. Określa się **względna masą cząsteczkową** lub **względna masą molową** substancji, M_r . Masa jednego mola substancji jest równa jego względnej masie cząsteczkowej wyrażonej w gramach. Nazywamy to masą molową substancji i określamy M .

Teraz możemy użyć masy molowej do obliczeń liczby moli substancji, jeżeli znamy jej masę i wzór. Możemy też obliczyć masę substancji, znając liczbę moli. Równanie, które łączy te wielkości to $n = \frac{m}{M}$, gdzie n to liczność substancji w molach, m to masa substancji, a M to masa molowa. Jednostką masy molowej jest $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Przykład 1.5A

Oblicz masę dwóch moli etanolu, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$.

Rozwiązanie

To zadanie może zostać rozwiązane na dwa sposoby, opierając się na podobnej procedurze.

W zadaniu jest podany wzór etanolu, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, można więc, znając względne masy atomowe lub czytując je z układu okresowego, obliczyć względną masę jednej jednostki formalnej etanolu, a tym samym wartość jego masy molowej:

➔ Względne masy atomowe są tutaj podane z dokładnością do czterech cyfr znaczących. Dokładność użytych wartości zależy od sytuacji, tj. czy wymagana jest duża dokładność, jak w obliczeniach ilościowych, czy też przybliżona wartość przy odważaniu reagentów do syntezy. W tym drugim przypadku dokładność do dwóch cyfr znaczących jest wystarczająca. Jeżeli nie masz pewności jaką dokładność użyć, zawsze bezpieczniej jest uwzględnić cztery cyfry znaczące.

➔ Jeżeli pytanie jest tak sformułowane, to odpowiedź jest względnie prosta. Jednakże, tego typu obliczenia dotyczące mas i moli zazwyczaj są częścią bardziej złożonego problemu. Trzeba znać podstawy przed przystąpieniem do bardziej skomplikowanych obliczeń.

Nie zapomnij przeliczyć kilogramów na gramy, mnożąc przez 1000.

$$M_r(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = (2 \cdot 12,01) + (5 \cdot 1,008) + (1 \cdot 16,00) + (1 \cdot 1,008) = 46,07.$$

Masa molowa $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ wynosi $46,07 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$. Zatem masa dwóch moli $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ wynosi $2 \text{ mol} \cdot 46,07 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 92,14 \text{ g}$.

Zamiennie można przekształcić $n = \frac{m}{M}$, by otrzymać wyrażenie na masę, $m: m = n \cdot M$. Dalej procedura wygląda dokładnie jak wcześniejsza. Obliczamy masę molową etanolu a następnie mnożymy ją przez liczbę moli:

$$m = 2 \text{ mol} \cdot 46,07 \text{ g mol}^{-1} = 92,14 \text{ g}.$$

Zwróć uwagę, że we wzorze jednostki mol i mol^{-1} wzajemnie się skracają, pozostawiając jednostkę masy, g.

Przykład 1.5B

Oblicz liczbę moli w 1 kg mocznika, $\text{OC}(\text{NH}_2)_2$.

Rozwiązanie

W tym zadaniu należy obliczyć liczbę moli zgodnie z równaniem: $n = \frac{m}{M}$. W zadaniu jest podany wzór mocznika i na jego podstawie najpierw obliczamy masę molową

$$\begin{aligned} \text{Masa molowa } \text{OC}(\text{NH}_2)_2 &= ((1 \cdot 16,00) + (1 \cdot 12,01) + (2 \cdot 14,01) + (4 \cdot 1,01)) \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \\ &= 60,07 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}. \end{aligned}$$

Wstawiając wartości do wzoru:

$$n = \frac{1000 \text{ g}}{60,07 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 16,65 \text{ mol}$$

Przykład 1.5C

Wykazano, że 1 litr roztworu węglanu metalu alkalicznego zawiera 69,1 g węglanu metalu. Na podstawie miareczkowania stwierdzono, że odpowiada to połowie mola tej soli. Z solą jakiego metalu mamy do czynienia?

Rozwiązanie

W zadaniu jest podane, że 0,5 mola węglanu metalu ma masę 69,1 g. Na tej podstawie można policzyć masę molową tego węglanu, przekształcając wzór $n = \frac{m}{M}$, by otrzymać $M = \frac{m}{n}$. Wstawiając odpowiednie wartości do wzoru: $M = \frac{69,1 \text{ g}}{0,5 \text{ mol}}$. Stąd $M = 138,2 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Z treści przykładu wynika, że jest to węglan metalu alkalicznego, a więc jego wzór ma postać M_2CO_3 (gdzie M jest metalem 1 grupy). Obliczona masa 1 mola jonu węglanowego (CO_3^{2-}) wynosi 60,01 g.

Odejmując masę jonu węglanowego od masy soli, dostajemy masę jonów metalu w soli:

$$\text{Masa } (\text{M}^+)_2 = (138,2 - 60,01) \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 78,19 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Zatem masa jonów $\text{M}^+ = 78,19 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} / 2 = 39,1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$. Sprawdzając masę atomową metali grupy 1, stwierdzamy, że tym metalem jest potas o masie atomowej $39,1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.