

Обемна и молна част на вещество в смес

Определне за обемна част

За смес, съдържаща веществото А, отношението на обема на А към обема на цялата смес се нарича обемна част на веществото А. Означението за обемна част е гръцката буква фи: φ

$$\varphi(A) = \frac{V(A)}{V(\text{смес})}$$

Аналогично на масовата част обемната част е безразмерна величина, по-малка или равна на 1.

Сумата на обемните части на всички вещества, които съставят сместа, е равна на 1.

Пример: За смес от А, В и С:

$$\varphi(A) + \varphi(B) + \varphi(C) = 1$$

Определение за молна част

За смес, съдържаща веществото А, отношението на количеството вещество А към сумата от количеството вещество на всички вещества в сместа се нарича молна част. Означението ѝ е с гръцката буква хи: χ

$$\chi(A) = \frac{n(A)}{n(\text{смес})}$$

За нея важат всички особености, както и при обемната и масовата част.

Задачи:

1. В марка алкохолно питие обемната част на алкохола е 40%. Изчислете в какъв обем от питието се съдържат 35cm^3 алкохол.
2. Какъв обем 70% етанол може да се приготви от 100cm^3 95% етанол?
3. Изчислете какъв обем 96% H_2SO_4 с $\rho = 1,84\text{ g/cm}^3$ е необходим за получаване на

100cm^3 10% H_2SO_4 с $\rho = 1,07\text{ g/cm}^3$. След това изчислете обемната част на 96% H_2SO_4 в разредения разтвор.

Определяне на относителната атомна маса на даден химичен елемент

Всеки елемент с малки изключения представлява смес от изотопи – това са атоми на същия химичен елемент, които имат различен брой неутрони.

Относителната атомна маса на протоните и неутроните, изграждащи атомното ядро, е близка до 1 и в следващите задачи приемете, че е равна на 1.

Сумата от броя на протоните и броя на неутроните в едно ядро се нарича масово число (А):

$$A = Z + N$$

Z – броя на протоните (поредел номер в Периодичната система), N – броя на неутроните. И тъй като:

$$A_r(p^+) \approx A_r(n^0) \approx 1 \Rightarrow$$

$$A_r(X) = N \cdot A_r(n^0) + Z \cdot A_r(p^+) = N \cdot 1 + Z \cdot 1 = N + Z$$

Тоест, масово число на даден изотоп X е и неговата относителна атомна маса.

Пример: Водородът се състои от три изотопа:

протий (обикновен водород): $1p^+$

деутерий: $1p^+, 1n^0$

третий (радиоактивен): $1p^+, 2n^0$

$$A_1 = 1 = A_{r1}$$

$$A_2 = 1 + 1 = 2 = A_{r2}$$

$$A_3 = 1 + 2 = 3 = A_{r3}$$

Приет е следният начин за записване на масовото число и поредният номер на даден нуклид (така се нарича атом с определени пореден номер и масово число):



където X е знакът на елемента, а A и Z са съответно масовото число и поредния номер. С този запис ще се срещате и при изучаване на ядрените реакции.

${}^1_1\text{H}$, ${}^2_1\text{H}$, ${}^{90}_{38}\text{Sr}$ - примери

Относителната атомна маса на даден елемент може да се изчисли, като се съберат масовите числа на срещащите се в природата негови изотопи, умножени с молната част на всеки изотоп.

$$A_r = \chi_1 \cdot A_1 + \chi_2 \cdot A_2 + \chi_3 \cdot A_3 + \dots + \chi_n \cdot A_n$$

Представете си атомите на един химичен елемент като смес от изотопи, всеки има определена молна част, тоест толкова често се среща.

Доказване на формулата:

Химичният елемент бор се състои от два изотопа: ${}^{10}\text{B}$ и ${}^{11}\text{B}$

Установено е, че на 100 атома ${}^{10}\text{B}$ се падат 403 атома ${}^{11}\text{B}$. В случая трябва да се докаже, че $A_r = \chi_1 A({}^{10}\text{B}) + \chi_2 A({}^{11}\text{B})$

Относителната атомна маса на бора е всъщност средно аритметичната маса на тези 100+403 атома. Така 100 атома с относителна атомна маса и 403 атома с относителна атомна маса могат да се представят като 503 атома с относителна атомна маса.

$$503 \cdot A_r = 403 \cdot A({}^{11}\text{B}) + 100 \cdot A({}^{10}\text{B})$$

Подготовка за олимпиади по химия

Записват се и изразите за молните части на двата изотопа и след малко преобразувания се стига до търсения израз.

$$\chi(^{11}\text{B}) = \frac{403}{503} \quad \chi(^{10}\text{B}) = \frac{100}{503}$$

$$A_r = \frac{403}{503} A(^{11}\text{B}) + \frac{100}{503} A(^{10}\text{B}) \Rightarrow$$

$$A_r = \chi_1 \cdot A(^{10}\text{B}) + \chi_2 \cdot A(^{11}\text{B})$$

$$A_r = \frac{403}{503} \cdot 11 + \frac{100}{503} \cdot 10 = 10,8$$

Обща формула:

$$A_r = \sum_{i=1}^n \chi_i A_i$$

Това обяснява защо относителната атомна маса на всеки елемент не е цяло число, първо почти всеки елемент представлява смес от изотопи, и второ, защото относителните атомни маси на изотопите на са цели числа заради масите на съставлящите ги протони и неутрони и заради т.нар. масов дефект.

По същата логика може да се разглежда една смес от газове като един газ със средна молекулна маса.

$$\overline{M_r} = \chi_1 M_{r_1} + \chi_2 M_{r_2} + \chi_3 M_{r_3} + \dots + \chi_n M_{r_n}$$

или записана със знака за сумиране:

$$\overline{M_r} = \sum_{i=1}^n \chi_i M_{r_i}$$

$\overline{M_r}$ – средна молекулна маса

Задачи:

4. Природният хлор се състои от приблизително 75% Cl-атоми с 18 неутрона и 25% Cl-атоми с 20 неутрона. Изчислете относителната му атомна маса.
5. Относителната атомна маса на брома е $A_r(\text{Br}) = 79,90$. Изчислете молните части на двата изотопа, от които се състои природният бром, а именно ^{79}Br и ^{80}Br .
6. Изчислете средната молекулна маса на въздуха, съдържащ 79,0% N_2 , 20,0% O_2 и 1,0% Ar. (молни части)
7. Смес от N_2 и Cl_2 има средна молекулна маса 50,00. Изчислете молните части на двата газа.

Отговори:

1. Използваме уравнението за обемната част на алкохола в пиетето:

$$\varphi(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = \frac{V(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})}{V}, \text{ където } V \text{ е обемът пиетие. След преобразуване на израза:}$$

$$V = \frac{V(C_2H_5OH)}{\varphi(C_2H_5OH)} = \frac{35\text{cm}^3}{0.40} = 87,5\text{cm}^3$$

2. $V(C_2H_5OH) = 0,70 \cdot V(70\% C_2H_5OH)$
 $V(C_2H_5OH) = 0,95 \cdot V(95\% C_2H_5OH)$

Тези две уравнения следват от уравненията, с които се определя обемната част на етанола в двата разтвора, като: $\varphi_1 = 0,70$ $\varphi_2 = 0,95$

Тъй като левите страни им са равни, следва че и десните им страни са също равни: $0,70 \cdot V(70\% C_2H_5OH) = 0,95 \cdot V(95\% C_2H_5OH) \Leftrightarrow$

$$V(70\% C_2H_5OH) = \frac{0,95 \cdot 100\text{cm}^3}{0,70} = 136\text{cm}^3$$

с което и се изчислява обемът 70% етанол.

3. Масата на H_2SO_4 в разределения разтвор се дава с израза:

$$m_1(H_2SO_4) = 0,10 \cdot m(10\% H_2SO_4)$$

Това уравнение следва от определението за масовата част на сяряната киселина в този разтвор.

А също така масата на разтвора може да се изрази с помощта на обема и плътността му: $m(10\% H_2SO_4) = V(10\% H_2SO_4) \cdot \rho(10\% H_2SO_4) \Rightarrow$

$$m_1(H_2SO_4) = 0,10 \cdot V(10\% H_2SO_4) \cdot \rho(10\% H_2SO_4)$$

Аналогичният израз за масата на сяряната киселина в 96% H_2SO_4 :

$$m_2(H_2SO_4) = 0,96 \cdot V(96\% H_2SO_4) \cdot \rho(96\% H_2SO_4)$$

Тъй като масата на сяряната киселина не се променя, десните части на последните две уравнения са равни: $m_1(H_2SO_4) = m_2(H_2SO_4) \Rightarrow$

$$0,10 \cdot V(10\% H_2SO_4) \cdot \rho(10\% H_2SO_4) = 0,96 \cdot V(96\% H_2SO_4) \cdot \rho(96\% H_2SO_4)$$

След това се преобразува:

$$V(96\% H_2SO_4) = \frac{0,10 \cdot V(10\% H_2SO_4) \cdot \rho(10\% H_2SO_4)}{0,96 \cdot \rho(96\% H_2SO_4)} = \frac{0,10 \cdot 100\text{cm}^3 \cdot 1,07\text{ g/cm}^3}{0,96 \cdot 1,84\text{ g/cm}^3}$$

$$V(96\% H_2SO_4) = 6,1\text{cm}^3$$

От това последно уравнение може да се изрази отношението на обема 96% H_2SO_4 към обема 10% H_2SO_4 , което представлява всъщност обемната част на 96% H_2SO_4 в новия разтвор:

$$0,10 \cdot V(10\% H_2SO_4) \cdot \rho(10\% H_2SO_4) = 0,96 \cdot V(96\% H_2SO_4) \cdot \rho(96\% H_2SO_4) \Leftrightarrow$$

$$\frac{V(96\% H_2SO_4)}{V(10\% H_2SO_4)} = \frac{0,10 \cdot \rho(10\% H_2SO_4)}{0,96 \cdot \rho(96\% H_2SO_4)}$$

Прилага се определението, което дадохме за обемна част (в случая разглеждаме разрежданата киселина като разтвор на концентрираната киселина във вода):

$$\varphi = \frac{V(96\% H_2SO_4)}{V(10\% H_2SO_4)} \Rightarrow$$

$$\varphi = \frac{0,10 \cdot \rho(10\% H_2SO_4)}{0,96 \cdot \rho(96\% H_2SO_4)} = \frac{0,10 \cdot 1,07\text{ g/cm}^3}{0,96 \cdot 1,84\text{ g/cm}^3} = 6,1\%$$

Същият отговор ще се получи, ако се раздели обемът на концентрираната сярна киселина на обема разреждана сярна киселина.

4. Всички хлорни атоми имат един и същи пореден номер (брой протони), а именно 17. С него се изчисляват двете масови числа: $Z(Cl) = 17$

$$A_1 = Z + N_1 = 17 + 18 = 35 \rightarrow {}^{35}_{17}\text{Cl}$$

$$A_2 = Z + N_2 = 17 + 20 = 37 \rightarrow {}^{37}_{17}\text{Cl}$$

След това се използва изведената формула за относителната атомна маса на един елемент. $A_r = \chi_1 \cdot A_1 + \chi_2 \cdot A_2 \Rightarrow$

$$A_r = 0,75 \cdot 35 + 0,25 \cdot 37 = 35,5$$

5. От израза за $A_r(\text{Br})$ следва, че:

$$A_r = \chi_1 A(^{79}\text{Br}) + \chi_2 A(^{80}\text{Br})$$

$$79,90 = 79 \cdot \chi_1 + 80 \cdot \chi_2$$

Бромът се състои само от тези два изотопа, следователно техните молни части трябва да имат сумата 1: $\chi_1 + \chi_2 = 1$

Така се получават две уравнения за молните части на двата изотопа. Те се намират като се реши системата от двете уравнения. За по-кратък запис ще положим двете молни части на: $\chi_1 = x$; $\chi_2 = y$. Системата от уравнения се решава, като от едното уравнение се изрази едното неизвестно чрез другото и се замести във второто уравнение.

$$\begin{cases} x + y = 1 \\ 79,90 = 79 \cdot x + 80 \cdot y \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$\begin{cases} y = 1 - x \\ 79,90 = 79 \cdot x + 80 \cdot (1 - x) \end{cases} \Leftrightarrow$$

Така второто уравнение става само с едно неизвестно и така се намира x .

$$\begin{cases} y = 1 - x \\ 79,90 = 80 - x \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$\begin{cases} y = 1 - 0,10 = 0,90 \\ x = 0,10 \end{cases} \Leftrightarrow$$

След това се връщаме в първото уравнение и със стойността на x се изчислява y .

$$\begin{cases} \chi_1 = x = 0,10 = 10\% \\ \chi_2 = y = 0,90 = 90\% \end{cases}$$

6. Изчисляват се относителните молекулни маси на газовете във въздуха:

$$M_r(\text{N}_2) = 2 \cdot 14,01 = 28,02$$

$$M_r(\text{O}_2) = 2 \cdot 16,00 = 32,00$$

$$M_r(\text{Ar}) = A_r(\text{Ar}) = 39,95$$

След това се прилага формулата за средна молекулна маса:

$$\overline{M}_r = \chi(\text{N}_2) \cdot M_r(\text{N}_2) + \chi(\text{O}_2) \cdot M_r(\text{O}_2) + \chi(\text{Ar}) M_r(\text{Ar})$$

$$\overline{M}_r = 0,790 \cdot 28,02 + 0,200 \cdot 32,00 + 0,010 \cdot 39,95 = 28,9$$

$$\overline{M}_r = 28,9$$

7. Както в задача 5. трябва да се реши система от уравненията:

- (1) Сумата от молните части на двата газа трябва е равна на 1. Полагаме двете молни части на n и c :

$$\chi(\text{N}_2) = n; \chi(\text{Cl}_2) = c \Rightarrow$$

$$c + n = 1 \quad (1)$$

- (2) Уравнението за средна молекулна маса:

$$\overline{M}_r = \chi(\text{N}_2) \cdot M_r(\text{N}_2) + \chi(\text{Cl}_2) \cdot M_r(\text{Cl}_2)$$

$$M_r(\text{N}_2) = 2 \cdot 14,01 = 28,02$$

$$M_r(\text{Cl}_2) = 2 \cdot 35,45 = 70,90 \Rightarrow$$

$$\overline{M}_r = n \cdot M_r(\text{N}_2) + c \cdot M_r(\text{Cl}_2)$$

$$\overline{M}_r = 28,02 \cdot n + 70,90 \cdot c = 50,00 \quad (2)$$

Решаваме системата от уравнения (1) и (2): $(1) \wedge (2) \Rightarrow$ ($\wedge$ е логическият знак за «и»)

$$\begin{cases} c + n = 1 \\ 28,02 \cdot n + 70,90 \cdot c = 50,00 \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$\begin{cases} c = 1 - n \\ 28,02 \cdot n + 70,90 \cdot (1 - n) = 50,00 \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$\begin{cases} c = 1 - n \\ 70,90 + (28,02 - 70,90) \cdot n = 50,00 \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$\begin{aligned} & \begin{cases} c = 1 - n \\ (28,02 - 70,90) \cdot n = 50,00 - 70,90 \end{cases} \Leftrightarrow \\ & \begin{cases} c = 1 - n \\ n = \frac{50,00 - 70,90}{28,02 - 70,90} = 48,74\% \end{cases} \Leftrightarrow \\ & \begin{cases} c = 1 - 0,4874 = 51,26\% \\ n = 48,74\% \end{cases} \Rightarrow \\ & \begin{cases} \chi(\text{N}_2) = 51,26\% \\ \chi(\text{Cl}_2) = 48,74\% \end{cases} \end{aligned}$$

С това състава на сместа от двата газа е установен. Виждате, че състава на една смес от два газа е познат, ако се знае нейната средна молекулна маса. В следващите задачи ще разберете как се определя по друг начин средната молекулна маса. Очаквайте скоро още задачи!