

Методика расчета состава смесей по химическим формулам

М.А. Ахметов
ИПКПРО, г. Ульяновск

Химики широко используют понятия, основным составляющим которых является существительное «доля». Доля — это часть, отношение какой-либо величины, характеризующей один из составляющих смесь компонентов, к такой же (аналогичной) величине, характеризующей всю смесь.

Так, под массовой долей (w) элемента в составе сложного вещества понимают отношение массы атомов данного вида в соединении к массе всего вещества. Под массовой долей (w) вещества в смеси понимают отношение массы данного вещества к массе всей смеси. Так же находят массовую долю (w) растворенного вещества: она рассчитывается делением массы данного вещества на массу всего раствора.

Понятие «объемная доля» (φ) аналогично понятию «массовая доля», ее определяют как отношение объема данного компонента к общему объему смеси.

Под понятием «молярная доля» (χ) понимают отношение количества данного компонента к общему количеству веществ в смеси. Так как равные количества идеальных газов занимают равные объемы, численное значение объемной доли газа в смеси равно численному значению его мольной доли.

Все перечисленные величины могут быть выражены в долях единицы и в процентах.

При решении задач с использованием понятия «доля» можно воспользоваться следующим правилом: вклад выделенной величины X , характеризующей каждый компонент смеси, в суммарную величину, характеризующую всю смесь, пропорционален его доле (которую в общем виде можно обозначить как ε)¹. Для смеси, состоящей из компонентов $a, b, \dots, i$, математически это правило можно выразить следующим образом:

$$X(a) \cdot \varepsilon(a) + X(b) \cdot \varepsilon(b) + \dots + X(i) \cdot \varepsilon(i) = X(\text{см}). \quad (1)$$

Исходя из определения доли, необходимо помнить, что сумма долей всех компонентов смеси равна 1 или 100 %.

Выбор вида доли (массовая, объемная, мольная) определяется анализом условия каждой конкретной задачи.

Для того чтобы эти теоретические выкладки стали яснее, разберем приведенное выше правило на примерах.

Задача 1. *Рассчитайте среднюю молярную массу смеси газов, в которой на одну молекулу метана приходится две молекулы этана, три молекулы пропана и четыре молекулы бутана.*

Решение

Величина, характеризующая смесь газов, которую необходимо найти, исходя из условия задачи, — это средняя молярная масса смеси. Для решения задачи необходимо знать аналогичные величины, характеризующие каждый компонент. Поскольку молярная масса характеризует 1 моль вещества, то средняя молярная масса смеси будет определяться вкладом молярных масс всех компонентов смеси и их мольными долями:

$$M(\text{CH}_4) \cdot \chi(\text{CH}_4) + M(\text{C}_2\text{H}_6) \cdot \chi(\text{C}_2\text{H}_6) + M(\text{C}_3\text{H}_8) \cdot \chi(\text{C}_3\text{H}_8) + M(\text{C}_4\text{H}_{10}) \cdot \chi(\text{C}_4\text{H}_{10}) = M(\text{см}).$$

Соотношение количеств взятых газов равно 1:2:3:4. Отсюда легко подсчитать молярные доли газов: $\chi(\text{CH}_4) = 1/10$, $\chi(\text{C}_2\text{H}_6) = 2/10$, $\chi(\text{C}_3\text{H}_8) = 3/10$, $\chi(\text{C}_4\text{H}_{10}) = 4/10$.

Теперь поставим все величины в уравнение (1), приведем к общему знаменателю:

$$\frac{16 + 30 \cdot 2 + 44 \cdot 3 + 58 \cdot 4}{10} = 44,8 \text{ (г / моль)}.$$

Ответ: средняя молярная масса смеси равна 44,8 г/моль.

Задача 2. *Найдите массовую долю этанола в водном растворе спирта, в котором содержание кислорода как элемента составляет 60%.*

Решение

Величина, характеризующая смесь, определена — это содержание кислорода как элемента, его массовая доля — $w(\text{O})$. Найдем аналогичные величины, характеризующие индивидуальные вещества. Массовая доля кислорода в этаноле равна 0,35(16/46); в воде — 0,89 (16/18).

Суммарная массовая доля кислорода в смеси определяется массовыми долями этого элемента в спирте и воде и массовыми долями этих веществ в растворе.

Примем массовую долю этанола в смеси за w . Тогда массовая доля воды составит

¹ См.: Вольеров Г.Б. Об относительных величинах в курсе химии // Химия в школе. 1988. № 2. С. 67—71.

(1— w). Теперь подставим все данные в уравнение (1) и решим его:

$$0,35w + 0,89(1-w) = 0,60;$$

$$w = 0,54.$$

Ответ: массовая доля этилового спирта в растворе составляет 0,54.

Задача 3. Природный хлор представлен двумя типами нуклидов: ^{35}Cl и ^{37}Cl . Во сколько раз ядер ^{35}Cl больше, чем ядер ^{37}Cl ?

Решение

Поскольку выделенная величина — средняя относительная атомная масса смеси атомов — определяется относительными атомными массами изотопов и числом атомов каждого из них, будем оперировать понятием «молярная доля». Пусть χ — молярная доля атомов ^{35}Cl , тогда $(1-\chi)$ — молярная доля атомов ^{37}Cl . Взяв среднюю относительную атомную массу хлора из периодической таблицы, составим уравнение:

$$M(^{35}\text{Cl}) \cdot \chi + M(^{37}\text{Cl}) \cdot (1-\chi) = 35,5;$$

$$35\chi + 37(1-\chi) = 35,5.$$

Решив уравнение, получим, что молярная доля атомов ^{35}Cl составляет 0,75, а ^{37}Cl — 0,25. Поделив первую величину на вторую, найдем, что атомов ^{35}Cl в три раза больше, чем атомов ^{37}Cl .

Ответ: атомов ^{35}Cl в три раза больше, чем атомов ^{37}Cl .

Задача 4. Найдите массовую долю формальдегида в формалине (водный раствор формальдегида), в котором на 11 протонов приходится 9 нейтронов.

Решение

Величина, характеризующая смесь, определена. Найдем аналогичные величины, характеризующие индивидуальные компоненты. Нетрудно подсчитать, что в молекуле формальдегида на 16 протонов приходится 14 нейтронов, а в молекуле воды на 10 протонов — 8 нейтронов. Поскольку число протонов и нейтронов характеризует индивидуальные молекулы, то будем оперировать понятием «молярная доля». Для составления уравнения (1) примем молярную

долю формальдегида в формалине за χ , тогда молярная доля воды будет равна $1-\chi$. Объединим полученные данные в виде уравнения, отдельно подсчитывая число протонов и нейтронов:

$$\frac{16\chi + 10(1-\chi)}{14\chi + 8(1-\chi)} = \frac{11}{9}.$$

Решать уравнение удобнее, используя свойство пропорции, согласно которому произведение крайних членов равно произведению средних членов. Проводя необходимые преобразования, получим, что $\chi = 1/6$. Следовательно, на каждый моль формальдегида в растворе приходится 5 моль воды. Умножив молярную массу формальдегида на 1 моль, найдем массу формальдегида в растворе:

$$m(\text{ф}) = 30 \cdot 1 = 30 \text{ (г)}.$$

Аналогично, подсчитаем массу воды:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 18 \cdot 5 = 90 \text{ (г)}.$$

Теперь найдем массовую долю формальдегида в смеси:

$$w(\text{ф}) = 30:120 = 0,25.$$

Ответ: массовая доля формальдегида в указанной смеси составляет 0,25 или 25 %.

Задача 5. Какие массы 90 %-ного и 5 %-ного растворов уксусной кислоты нужно взять для получения 400 г 20 %-ного раствора?

Решение

Величины, характеризующие компоненты до смешения и всю смесь (после смешения), определены — это их массы. Масса смеси будет зависеть от массовых долей уксусной кислоты в смешиваемых растворах. Следовательно, для решения задачи необходимо оперировать понятием «массовая доля». Приняв массовую долю 90 %-ного раствора уксусной кислоты в полученном растворе за w , запишем уравнение:

$$90w + 5(1-w) = 20.$$

Отсюда $w=0,176$. Следовательно, нужно взять 71 г ($0,176 \cdot 400$ г) 90 %-ного и 329 г 5 %-ного раствора уксусной кислоты.

Ответ: 71 г 90 %-ного и 329 г 5 %-ного растворов уксусной кислоты.

И химия, и жизнь

Японская фирма «Ниппон Сода» в сотрудничестве с токийским университетом разработала стекло, которое само очищается от осевшей на него пыли, правда, только органического происхождения.

Стекло покрывают прозрачной пленкой из диоксида титана, который под действием ультрафиолетовых лучей Солнца становится катализатором и

окисляет органические пылинки — бактерии, волосы, частицы пластмасс, сигаретного дыма — до воды и углекислого газа. Новое стекло предназначено для установки на автомобилях и в окнах зданий.

Industrie et Techniques. 1995. № 756.

Наука и жизнь. 1995. № 5