

Модуль 1. Простые и сложные вещества. Смеси

Модуль № 1. Вещества и смеси. Относительная атомная и молекулярные массы

Цели и задачи модуля:

1. Дать понятие о чистых веществах и смесях, классификации смесей, познакомить учащихся со способами разделения смесей.
2. Ознакомиться с понятиями относительной атомной и молекулярной масс и научиться применять эти величины для расчетов.
3. Создать условия для воспитания желания активно с интересом учиться, работать над формированием у учащихся отношение к химии как возможной области будущей практической деятельности.

1. Теоретическая часть

1.1. Вещества и смеси

Химическая формула – основная знаковая модель в химической науке. Она несет очень важную для химика информацию. Химическая формула показывает: конкретное вещество; одну частицу этого вещества, например одну молекулу; *качественный состав* вещества, т.е. атомы каких элементов входят в состав данного вещества; *количественный состав*, т.е. сколько атомов каждого элемента входит в состав молекулы вещества.

По формуле вещества можно определить также, простое оно или сложное.

Простыми веществами называют вещества, состоящие из атомов одного элемента. Сложные вещества образованы атомами двух или более различных элементов.

Например, водород H_2 , железо Fe , кислород O_2 – простые вещества, а вода H_2O , углекислый газ CO_2 и серная кислота H_2SO_4 – сложные. Многие вещества имеют сложившиеся исторически названия, т.н. тривиальные названия, которые связаны с местом их получения, ученым или источником и никаким образом не определяют их состав и строение. Так, например, чилийская селитра – нитрат натрия $NaNO_3$ названа по месту нахождения основных месторождений, бертолетова соль – хлорат калия $KClO_3$ открыта французским химиком Бертолле. Капрон получил свое название от ϵ -аминокапроновой кислоты, которая была впервые обнаружена в козьем молоке и именно поэтому названа капроновой, от латинского **capra** «коза».

В природе вещества в чистом виде встречаются очень редко. Большинство окружающих нас предметов состоит из смеси веществ. В химической лаборатории химики работают с чистыми веществами. Если же вещество содержит примеси, то любой химик умеет отделить нужное для эксперимента вещество от примесей. Для изучения свойств веществ, необходимо это вещество очистить, т.е. разделить на составные части. Разделение смеси – это физический процесс. Физические методы разделения веществ широко используются в химических лабораториях, при получении пищевых продуктов, в производстве металлов и других веществ.

Смеси можно разделить на две большие группы – однородные и неоднородные смеси. Если компоненты смеси видны невооружённым глазом, то такие смеси называют **неоднородными**. Например, смесь древесных и железных опилок, смесь воды и растительного масла, смесь речного песка и воды и др. Если компоненты смеси нельзя различить невооружённым глазом, то такие смеси называют **однородными**. Такие смеси как молоко, нефть, раствор сахара в воде и др. относят к однородным смесям.

Смеси как неоднородные, так и однородные, можно разделить на составные части, т.е. на чистые вещества. Чистыми называют вещества, которые с помощью физических методов не разделяются на два или более других веществ и не изменяют своих физических свойств. Существуют различные способы разделения смесей, те или иные способы разделения смесей применяют в зависимости от состава смеси.

1. Просеивание;
2. Фильтрование;
3. Отстаивание;
4. Декантация
5. Центрифугирование;
6. Выпаривание;
7. Упаривание;
8. Перекристаллизация;
9. Дистилляция (перегонка);
10. Вымораживание;
11. Действие магнита;
12. Хроматография;
13. Экстрагирование;
14. Адсорбция.

Познакомимся с несколькими из них. Здесь нужно отметить, что неоднородные смеси разделить проще, чем однородные. Ниже приведем примеры выделения веществ из однородных и неоднородных смесей.

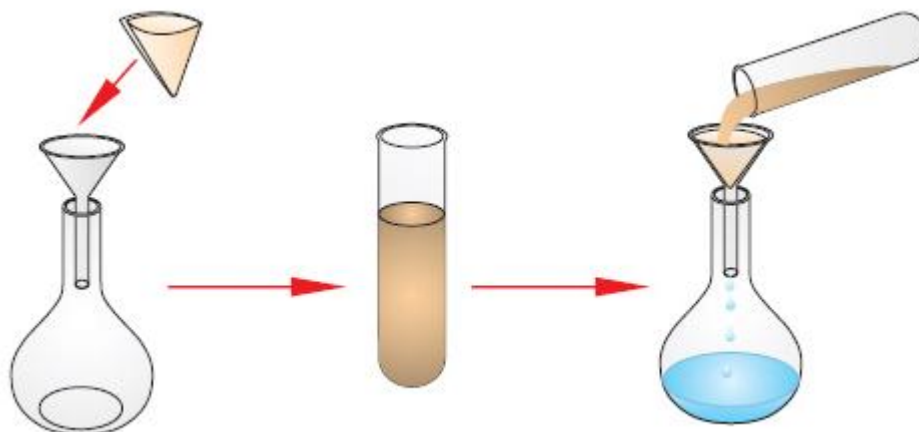
Просеивание.

Представим, что в муку попал сахарный песок. Пожалуй, самый простой способ разделения – это *просеивание*. С помощью сита можно без труда отделить мелкие частицы муки от сравнительно крупных кристалликов сахара.

Фильтрование

Твердую составляющую суспензию от жидкой отделяют *фильтрованием*, используя бумажные или тканевые фильтры, вату, тонкий слой мелкого песка. Представим, что дана смесь поваренной соли, песка и глины. Требуется отделить поваренную соль из смеси. Для этого смесь помещаем в химический стакан с водой и взбалтываем. Поваренная соль растворяется, а песок оседает. Глина не растворяется и не оседает на дно стакана, поэтому вода остается мутной. Чтобы удалить нерастворимые частицы глины из раствора, смесь фильтруют. Для этого необходимо собрать

маленький прибор для фильтрования из стеклянной воронки, фильтровальной бумаги и штатива. Раствор соли отфильтровывается. Для этого фильтруемый раствор осторожно переливается в воронку с плотно вставленным фильтром. На фильтре остаются песок и частицы глины, а прозрачный раствор соли проходит через фильтр.



Перекристаллизация, выпаривание

Перекристаллизацией называется способ очистки, при котором вначале вещество растворяют в воде, затем раствор вещества в воде выпаривается. В результате вода выпаривается, а вещество выделяется в виде кристаллов. Раствор, полученный фильтрованием, называется фильтрат. Фильтрат нужно перелить в фарфоровую чашку. Чашку с раствором поместить на кольцо штатива и нагреть раствор над пламенем спиртовки. Вода начнет испаряться, а объем раствора уменьшится. Такой процесс называется *выпариванием*. По мере выпаривания воды раствор становится более концентрированным. Когда раствор дойдет до состояния насыщения поваренной солью, на стенках чашки появятся кристаллы. В этот момент прекратить нагревание и охладить раствор. Охлажденная поваренная соль выделится в виде кристаллов. При необходимости можно кристаллы соли отделить от раствора фильтрованием. Раствор нельзя выпаривать до полного испарения воды, так как другие растворимые примеси также могут выпасть в осадок в виде кристаллов и загрязнить поваренную соль.



Отстаивание, декантация

Для выделения из жидкостей нерастворимых веществ используется *отстаивание*. Если частички твердого вещества достаточно крупные, они быстро оседают на дно, и жидкость становится прозрачной. Ее можно осторожно слить с осадка, и эта нехитрая операция тоже имеет свое название – *декантация*. Чем меньше размер твердых частиц в жидкости, тем дольше будет отстаиваться смесь. Можно отделить друг от друга и две жидкости, которые не смешиваются между собой.

Центрифугирование

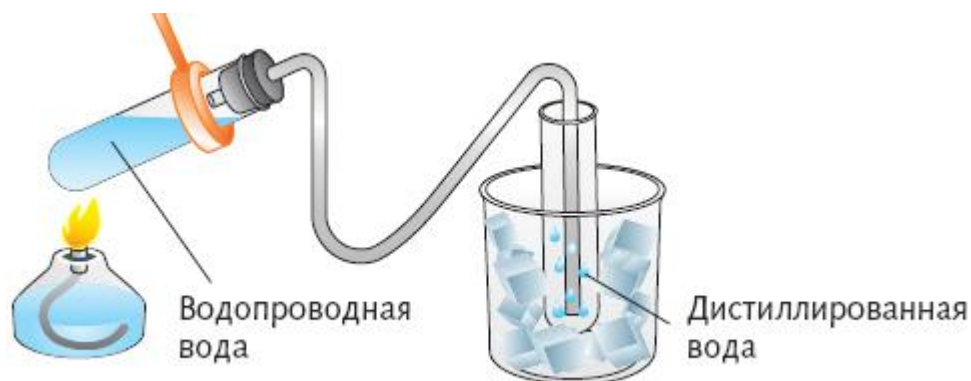
Если частички неоднородной смеси очень малы, ее невозможно разделить ни отстаиванием, ни фильтрованием. Примерами таких смесей могут служить молоко и взмученная в воде зубная паста. Такие смеси разделяют *центрифугированием*. Смесей, содержащих такую жидкость, помещают в пробирки и вращают с огромной скоростью в специальных аппаратах – центрифугах. В результате центрифугирования более тяжелые частички «придавливаются» ко дну сосуда, а легкие оказываются сверху. Молоко представляет собой мельчайшие частички жира, распределенные в водном растворе других веществ – сахаров, белков. Для разделения такой смеси применяют специальную центрифугу, называемую сепаратором. При сепарации молока жиры оказываются на поверхности, их легко отделить. Остается вода с растворенными в ней веществами – это обезжиренное молоко.

Адсорбция

В технике часто возникает задача очистки газов, например воздуха, от нежелательных или вредных компонентов. Многие вещества обладают одним интересным свойством – они могут «прицепиться» к поверхности пористых веществ, как железо к магниту. *Адсорбцией* называется способность некоторых твердых веществ поглощать своей поверхностью газообразные или растворенные вещества. Вещества, способные к адсорбции, называются адсорбентами. Адсорбенты представляют собой твердые вещества, в которых много внутренних каналов, пустот, пор, т.е. они имеют очень большую общую поглощающую поверхность. Адсорбентами являются активированный уголь, силикагель (в коробке с новой обувью можно найти небольшой пакетик с белыми горошинами – это и есть силикагель), фильтровальная бумага. Различные вещества «прицепляются» к поверхности адсорбентов неодинаково: одни удерживаются на поверхности прочно, другие – слабее. Активированный уголь способен поглощать не только газообразные, но и растворенные в жидкостях вещества. При отравлениях его принимают для того, чтобы на нем адсорбировались ядовитые вещества.

Дистилляция (перегонка)

Две жидкости, которые образуют однородную смесь, например, этиловый спирт с водой, разделяют методом дистилляции или перегонки. Этот метод основан на том, что жидкость нагревают до температуры кипения и пар ее отводят по газоотводной трубке в другой сосуд. Охлаждаясь, пар конденсируется, а примеси остаются в перегонной колбе.



1.2. Относительная атомная и молекулярная массы

Еще 150 лет назад некоторые ученые подвергали сомнению факт существования атомов. Однако несколько десятилетий спустя, в конце XIX – начале XX в., была не только подтверждена реальность атомов, но и доказано их сложное строение. Было установлено, что в центре атома находится ядро. Размеры самого атома во много раз превышают размеры ядра. Представьте себе футбольное поле с теннисным мячиком посередине. Если увеличить атом до размеров футбольного поля, то размеры его ядра будут сопоставимы с теннисным мячиком.

Атом – это наименьшая химически неделимая часть химического элемента, являющаяся носителем его свойств. Атом является электронейтральной частицей. Заряд свободного атома или атомов простого вещества равен нулю. Атом состоит из элементарных частиц – *протонов*, *нейтронов* и *электронов*. Элементарными эти частицы назвали потому, что в отличие от атома они неделимы. Два вида элементарных частиц – *протоны* и *нейтроны* – образуют ядро. *Электроны* образуют электронную оболочку вокруг ядра. Электроны в отличие от ядер находятся в постоянном движении.

Сведения о частицах, составляющих атомы

Части атома	Элементарные частицы	Условное обозначение	Заряд	Масса в кг	Масса в а.е.м.*
Ядро	Протон	p	+1	$1,673 \cdot 10^{-27}$	1
	Нейтрон	n	0	$1,675 \cdot 10^{-27}$	1
Электронная оболочка	Электрон	e	-1	$9,109 \cdot 10^{-31}$	0,0005

* Атомная единица массы (обозначение а. е. м.), она же дальтон, — внесистемная единица [массы](#), применяемая для масс [молекул](#), [атомов](#), атомных [ядер](#) и [элементарных частиц](#). Атомная единица массы выражается через массу [нуклида углерода \$^{12}\text{C}\$](#) и равна 1/12 массы этого нуклида. 1 а. е. м. $\approx 1,6605 \cdot 10^{-27}$ кг

Говоря о движении электрона, надо избегать употребления слов «вокруг» и «вращается» и заменять их словами «около» и «движется». Если сказать: «Электрон вращается вокруг ядра», вы могли бы подумать, что у него (электрона) есть постоянная орбита, подобно тому, как у планет Солнечной системы есть свои орбиты вокруг Солнца. Кстати, на заре исследований атома некоторое время ученые так и думали. Была выдвинута так называемая «планетарная теория строения атома». Однако позже было установлено, что движение электрона гораздо сложнее и что скорость этого движения очень велика. Именно благодаря быстрому движению электронов возникает электронное облако.

Из таблицы видно, что нейтрон – электронейтральная частица, ее заряд равен нулю, а протон и электрон – это заряженные частицы. Заряды протона и электрона одинаковы по величине, но отличаются по знаку заряда. Как всякая материальная частица, электрон имеет массу. Однако эта масса так мала (масса электрона в 1840 раз меньше массы одного протона или нейтрона), что ее вкладом в общую массу атома можно пренебречь. Отсюда следует важный вывод: **масса атома сосредоточена в ядре.**

Атомы одного и того же элемента, имеющие разные массовые числа (за счет разного числа нейтронов), называют изотопами. Химические элементы представляют собой природную смесь большого или меньшего числа изотопов. Поэтому необходимо различать между собой понятия «элемент» и «изотоп».

Посмотрим на таблицу Д.И.Менделеева и выберем один из элементов. Например, обитатель шестой «квартиры» – углерод. Что изображено в этой клетке? Знак (символ) химического элемента и его название. В верхнем левом углу – порядковый номер элемента, под символом элемента – его название. А что означает записанное под названием число 12,011? Это число называется *относительной атомной массой элемента*, в нашем случае – углерода.

*Величина, показывающая, во сколько раз масса атома данного элемента больше 1/12 массы изотопа углерода-12 (изотопа углерода с массовым числом 12) называется **относительной атомной массой элемента.***

Относительную атомную массу элемента обозначают символом A_r . Подстрочная буква r – это первая буква английского слова *relative*, что значит *относительный*. Обычно относительные атомные массы всех элементов округляют до целых чисел, кроме хлора ($A_r(\text{Cl}) = 35,5$), хотя в таблице Д.И.Менделеева они приведены с большей точностью. Атомная масса химического элемента равна среднему значению из масс всех его природных изотопов с учетом их распространенности и поэтому имеет нецелочисленное значение.

Обратите внимание, что относительная атомная масса, хотя массой и называется, но размерности не имеет, поскольку она представляет отношение масс.

Обладают ли массой молекулы веществ? Конечно! Можете ли вы ответить на вопрос, во сколько раз молекула воды тяжелее атома водорода? Это очень просто: надо сложить относительные атомные массы всех атомов, входящих в состав молекулы:

$$M_r(\text{H}_2\text{O}) = 2A_r(\text{H}) + A_r(\text{O}) = 2 \cdot 1 + 16 = 18.$$

Величина $M_r(\text{H}_2\text{O})$ – это *относительная молекулярная масса* воды.

*Величина, показывающая, во сколько раз масса атома данной молекулы больше 1/12 массы изотопа углерода-12 (изотопа углерода с массовым числом 12) называется **относительной молекулярной массой**.*

Правильнее было бы называть ее относительной формульной массой. Во-первых, не все вещества состоят из молекул (мы уже приводили в пример железо и графит). Во-вторых, при расчете этой величины нужно внимательно смотреть на формулу вещества и не забывать про индексы, указывающие на число атомов каждого элемента.

2. Примеры задач

Задача 1. Предложите способ выделения в чистом виде компонентов смеси, состоящей из смеси порошков серы, железных опилок, сахарного песка и медных опилок.

Железные опилки из смеси отделяем с помощью магнита. Оставшиеся компоненты смеси обрабатываем водой, при этом медные опилки остаются на дне сосуда, сахар растворяется, а порошок серы всплывает на поверхность воды. Отделяем медные опилки и серу, Оставшийся раствор выпариваем и получаем сахар.

Задача 2. Рассчитайте относительную атомную массу углерода, если природный углерод состоит из двух стабильных изотопов ^{12}C , ^{13}C с содержанием каждого 98,93 % и 1,07 % соответственно.

Решение:

$$A_r(\text{C}) = 12 \cdot 0,9893 + 13 \cdot 0,0107 = 11,8716 + 0,1391 = 12,0107$$

Задача 3. Массовая доля химического элемента в веществе $\text{Na}_2\text{Э}_2\text{O}_7$ равна 39,69%. Какой химический элемент входит в состав данного вещества?

Решение:

Расчет массовой доли химического элемента в вещества проводится по формуле:

$$\omega(Y) = \frac{n \cdot Ar(Y)}{Mr(\text{вещества})} \cdot 100\%$$

где Э – элемент, n – число атомов данного химического элемента в веществе.

Примем, что $Ar(\text{Э}) = x$, тогда можно посчитать $Mr(\text{Na}_2\text{Э}_2\text{O}_7)$.

$Mr(\text{Na}_2\text{Э}_2\text{O}_7) = 2 \cdot 23 + 2x + 7 \cdot 16 = 158 + 2x$. Составим математическое уравнение

$$0.3969 = \frac{2x}{158 + 2x}$$

откуда $x = 51,99$. Искомый химический элемент – хром Cr.

3. Задачи для самостоятельной работы

Задача 1. В смеси находятся строительный песок, пищевая сода, парафин и железные опилки. С помощью каких физических приемов можно разделить эту смесь веществ?

Задача 1. Рассчитайте относительную атомную массу неона, если природный неон состоит из трех стабильных изотопов ^{20}Ne , ^{21}Ne и ^{22}Ne с содержанием каждого 90,48 %, 0,27% и 9,25 % соответственно.

Задача 2. Рассчитайте сколько молекул воды входит в состав медного купороса $\text{CuSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, если массовая доля кислорода в нем равна 57,6%?