

2. Смеси

Смесь и раствор

Смесь – это гетерогенная (неоднородная) система, в которой частицы нескольких веществ произвольно распределяются между собой. Вещества, составляющие смесь, сохраняют все свои свойства.

Состав смеси может изменяться произвольно. Так, мы можем смешать 1 г соли и 200 г муки, чтобы получить тесто для лепешек, а можем смешать 100 г соли и 200 г муки, если нам нужно тесто для декоративных фигурок.

Любую смесь можно разделить физическими методами.

Виды смесей

Компоненты	Твердое вещество	Жидкость	Газ
Твердое вещество	смесь твердых веществ	суспензия	дым
Жидкость	суспензия	эмульсия	аэрозоль
Газ	дым	аэрозоль	смесь газов

Смешивая разные вещества, не всегда получают смесь. Можно получить и другие результаты:

- ♦ гомогенную (однородную) систему. Твердая или жидкая гомогенная система из 2 или более веществ, относительные количества которых могут изменяться в широких пределах, называется **раствором**.

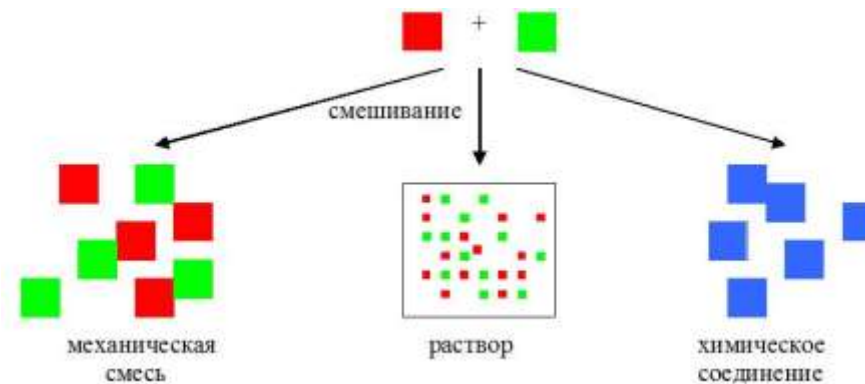
Раствор похож на смесь. Во-первых, он тоже имеет переменный состав. Во-вторых, его тоже можно разделить на исходные вещества физическими методами.

Но раствор отличается от смеси. Во-первых, он однороден. Во-вторых, в нем существует взаимодействие между веществами.

В этом блоке мы делаем акцент на сходстве растворов и смесей. Все, что говорится здесь о смесях, можно отнести и к растворам.

- ♦ другое химическое **соединение**, образовавшееся в результате взаимодействия исходных веществ.

Химические соединения, в отличие от смесей и растворов, имеют постоянный состав. Разделить соединение на простые вещества можно лишь с помощью химических реакций.



Разделение смеси твердых веществ

1. Метод Пастера

Если частицы веществ достаточно крупные и различаются по виду, можно разобрать их на разные «кучки» пинцетом. Так поступил Луи Пастер, впервые разделив оптические изомеры винной кислоты.

2. Просеивание

Если частицы разных веществ имеют разные размеры, можно просеять смесь через сито (или дуршлаг). Крупные частицы останутся на сите, а мелкие просыплются сквозь него.

3. Использование магнита

Если одно из веществ притягивается магнитом, можно воспользоваться этим для его извлечения из смеси. С помощью магнита разделяется смесь железных опилок и порошка серы.

4. Перекристаллизация

– наиболее эффективный способ очистки твердых веществ, основанный на различии растворимости веществ при разных температурах. Обычно (но не всегда!) перекристаллизацию проводят, растворяя загрязненное вещество в воде при высокой температуре, а затем охлаждая раствор. При охлаждении выделяются кристаллы чистого вещества, а примеси остаются в растворе.

Разделение смеси твердого вещества и жидкости

1. Декантация – это аккуратное сливание жидкости с осадка. Декантацию можно применять, если осадок плотный или частицы осадка достаточно крупные.

2. Выпаривание жидкости

Если твердое вещество растворено в жидкости (например, соль в воде), то жидкость можно удалить, нагревая этот раствор. Разумеется, это стоит делать лишь в том случае, если нас интересует твердое вещество, но не жидкость.

3. Фильтрование. Смесь проливается через **фильтр** – материал, проницаемый для жидкости, но непроницаемый для твердых веществ.

Фильтрование – не просто способ отделения твердого вещества от жидкости, а одна из обязательных стадий перекристаллизации.



Разделение смеси двух жидкостей

1. Разделение с помощью делительной воронки

Если жидкости не растворяются друг в друге, то при попытке их смешать они расслаиваются.

В пробирке на фотографии – водный раствор медного купороса (голубой) и четыреххлористый углерод (бесцветный). Видно, что жидкости не смешиваются.

Как разделить слои? Нужно как можно аккуратнее слить верхний слой. Затем слить среднюю часть (волейневолей содержащую и ту, и другую жидкость) – она пойдет в расход. Останется нижний слой.

Наиболее эффективно разделение проводится с помощью **делительной воронки**. Она имеет узкий носик, благодаря чему объем средней части минимален.

Но часто смесь нерастворимых друг в друге жидкостей представляет собой не слои, а эмульсию – взвесь



мелких капелек одной жидкости в другой. Эмульсией является, например, молоко. Прежде чем разделять такие жидкости, применяют **центрифугирование** – быстрое вращение сосуда с жидкой смесью, в результате которого более тяжелая жидкость отбрасывается к дну или стенкам.

2. Перегонка или дистилляция – разделение, основанное на различии температур кипения. Если жидкую смесь нагревать, то вначале из нее испаряется вещество, имеющее более низкую температуру кипения.



Смесь жидкостей помещается в колбу, которая нагревается (на фото – водяной баней). Жидкость начинает испаряться. При этом, если у нас смесь нескольких жидкостей, пар обогащен наиболее легкокипящей жидкостью.

Образовавшийся пар поступает в **дефлегматор** – вертикальную трубку с большой охлаждающей поверхностью. В результате многократной частичной конденсации и испарения, протекающих в дефлегматоре, на выходе из него пар содержит только наиболее легкокипящую жидкость. Когда она полностью будет удалена из исходной смеси, температура (измеряемая термометром, воткнутым сверху) повысится, и начнется перегонка жидкости, имеющей более высокую температуру кипения. Такая перегонка называется **фракционной**.

Выходя из дефлегматора, пары поступают в **холодильник**. На фотографиях изображен холодильник с водяным охлаждением: в его кожух (рубашку) с помощью шлангов подается ток холодной воды. В холодильнике пары конденсируются, и в **приемник** (колбу в конце прибора) стекает очищенная жидкость. Если разделяется смесь нескольких жидкостей, то **фракции** (жидкости, имеющие различную температуру кипения) собирают в разные приемники.

Экстракция

Переход вещества из одной жидкости в другую, где оно растворимо лучше, называется **экстракцией**. Разумеется, жидкости, между которыми происходит переход вещества, не должны растворяться друг в друге.

Метод экстракции широко применяют для извлечения веществ из природных продуктов и для концентрирования веществ. Часто словом «экстракция» обозначают и переход вещества из твердого объекта в жидкость.

Хроматография

Хроматография – разделение компонентов смеси при их перемещении через слой неподвижной фазы (твердой или жидкой) потоком подвижной фазы (жидкости или газа). При этом компоненты многократно переходят из одной фазы в другую и обратно.

Если неподвижная фаза – твердое вещество, разделение происходит за счет “прицепления” компонента к поверхности (**адсорбции**) и последующего “отцепления” (этот процесс называют **десорбцией**). В результате то вещество, которое связывается с поверхностью сильнее, по дороге отстает, а слабо связывающееся оказывается впереди. В случае жидкой неподвижной фазы переход компонентов совершается благодаря их свойству по-разному распределяться между растворителями (то есть, фактически, экстракцией и обратной экстракцией).

В современной химии хроматографию чаще всего проводят в приборе – **хроматографе**. Узел хроматографа, в котором происходит разделение компонентов – это **колонка**. Она представляет собой длинную трубку. Чем длиннее колонка, тем эффективней разделение. Колонка находится в **термостате** – устройстве для поддержания постоянной температуры. Оно необходимо, потому что адсорбция и распределение компонентов между фазами зависит от температуры. Чтобы длинная колонка уместилась в термостате, ее закручивают в спираль.

Через колонку пропускают подвижную фазу: газ или жидкость. Между источником подвижной фазы и колонкой находится устройство для ввода исследуемого образца. Пробу газообразной или жидкой смеси вкалывают шприцем через специальную прокладку или же используют автоматический дозатор.

Вещества, выходящие из колонки, надо обнаруживать. Поэтому дальше обязательно стоит **детектор** – устройство, которое реагирует на какое-либо свойство компонентов (теплопроводность, ионизацию, радиоактивность и т.д.) и преобразует его в электрический сигнал.

Газовый хроматограф и колонка для него:



Состав смесей

На упаковках со смесями принято писать содержание компонентов. Например, в столовом уксусе содержание уксусной кислоты 9%. В физиологическом растворе хлорида натрия 0,9% NaCl.

Что означают эти проценты?

Концентрация – содержание компонента (вещества) в определенном количестве смеси или раствора.

В принципе, концентрацию можно выражать в разных единицах. Обычно пользуются теми единицами концентрации, которые удобны в данном случае. Концентрация атомов водорода в межзвездном пространстве – г/св.год³, концентрация комаров в воздухе – штук/м³. Концентрацию поваренной соли в супе вряд ли удобно выражать в таких единицах, для этого лучше подойдет размерность моль/л или г/100 г воды.

Но самая распространенная и универсальная единица для выражения концентрации (или содержания) – это **доля**. Доля представляет собой отношение части к целому. Но доля, по определению, всегда меньше единицы. Поэтому для удобства доли переводят в проценты. Если доля вещества в смеси составляет 0,3, то это соответствует содержанию 30%.

$$\blacklozenge \text{ Массовая доля } \omega = \frac{m_{\text{части}}}{m_{\text{целого}}} = \frac{m_{\text{вещества}}}{m_{\text{смеси}}}.$$

Массовую долю, выраженную в процентах, обычно называют процентной концентрацией. Чтобы перевести массовую долю в процентную концентрацию, надо умножить ее значение на 100%.

$$\blacklozenge \text{ Объемная доля } \varphi = \frac{V_{\text{части}}}{V_{\text{целого}}} = \frac{V_{\text{вещества}}}{V_{\text{смеси}}}.$$

Объемными долями чаще всего оперируют, когда имеют дело с газовыми смесями, т.к. объем газовой смеси складывается из объемов компонентов.

$$\blacklozenge \text{ Мольная доля } \chi = \frac{v_{\text{вещества}}}{\sum v_{\text{всех компонентов раствора или смеси}}}$$

Мольная доля бывает удобна для расчетов характеристик газовых смесей.

По умолчанию (если не указано иначе) проценты на этикетках соответствуют массовой доле.

Разбор задач

1. Смешали 100 г 50%-ной серной кислоты и 200 г 20%-ной серной кислоты. Чему равна концентрация полученного раствора?

$$\text{Массовая доля } \omega = \frac{m_{\text{части}}}{m_{\text{целого}}} = \frac{m_{\text{вещества}}}{m_{\text{смеси}}}.$$

Масса смеси равна сумме масс того, что смешали, т.е. 100 + 200 = 300 г.

Чтобы найти массу вещества (серной кислоты), надо сначала найти массы серной кислоты в исходных растворах.

$$m_1 = \omega_1 \cdot m_{\text{раствора 1}}$$

Обратите внимание: т.к. концентрация 1-го раствора 50%, то $\omega_1 = 0,5$.

$$m_1 = 0,5 \cdot 100 = 50 \text{ г.}$$

$$m_2 = \omega_2 \cdot m_{\text{раствора 2}} = 0,2 \cdot 200 = 40 \text{ г.}$$

$$m_{\text{вещества}} = m_1 + m_2 = 50 + 40 = 90 \text{ г.}$$

$$\omega = \frac{m_{\text{вещества}}}{m_{\text{смеси}}} = 90/300 = 0,3 \text{ или } 30\%.$$

2. Химическое вещество содержит 23,35% калия, 47,90% брома и 28,75% кислорода по массе. Найдите формулу вещества.

Запишем формулу соединения в общем виде: $K_x Br_y O_z$.

Вспомним, что означают индексы x, y, z. Они показывают, сколько атомов калия, брома и кислорода, соответственно, находится в формуле вещества. То есть это - количества вещества атомов калия, брома и кислорода.

Что выражено в процентах в данном случае? Целое представляет собой химическое вещество, а части – атомы. То есть проценты представляют собой массы атомов в 100 г химического вещества.

Чему равно количество калия в 100 г нашего соединения?

$$v(K) = m(K)/M(K) = 23,55 \text{ г}/39 \text{ г/моль}.$$

Аналогично – для брома и кислорода.

Запишем это:

$$x : y : z = v(K) : v(Br) : v(O) = m(K)/M(K) : m(Br)/M(Br) : m(O)/M(O) = 23,55/39 : 47,90/80 : 28,75/16 = 0,6 : 0,6 : 1,8.$$

Мы уже могли бы записать формулу соединения как $K_{0,6} Br_{0,6} O_{1,8}$. Но индексы при атомах должны быть НЕБОЛЬШИМИ ЦЕЛЫМИ числами. Чтобы перевести их в целые числа, разделим все «индексы» на наименьший из них:

$$0,6 : 0,6 : 1,8 = 0,6/0,6 : 0,6/0,6 : 1,8/0,6 = 1 : 1 : 3.$$

Таким образом, искомая формула $KBrO_3$ – это бромат калия.