

# ХИМИЯ. ОБЩАЯ И НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ.

ВОДА. РАСТВОРЫ. РАСТВОРЕНИЕ.  
КЛАССИФИКАЦИЯ РАСТВОРОВ.

# ВОДА КАК РАСТВОРИТЕЛЬ.

Самым распространенным растворителем на нашей планете является вода. У животных и растительных организмов содержание воды составляет обычно более 50%, а в ряде случаев достигает 90-95%.



# ВОДА КАК РАСТВОРИТЕЛЬ.

Вода хорошо растворяет многие ионные и полярные соединения. Такое свойство воды связано с ее высокой диэлектрической проницаемостью. В результате многие ионные соединения диссоциируют и отличаются высокой растворимостью в воде. Другой класс веществ, хорошо растворимых в воде, составляют полярные органические соединения (спирты, альдегиды, кетоны). Их растворимость обусловлена образованием водородных связей с молекулами воды.

# ВОДА КАК РАСТВОРИТЕЛЬ.

Важны и другие аномальные свойства воды: высокое поверхностное натяжение, низкая вязкость, высокие температуры плавления и кипения, более высокая плотность в жидком состоянии, чем в твердом.

Вследствие высокой полярности вода вызывает гидролиз веществ (эфиров, амидов и др.). Так как вода составляет основную часть внутренней среды организма, то она обеспечивает процессы всасывания, передвижения питательных веществ и продуктов обмена в организме.



# ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАСТВОРОВ.

**Растворы** – это гомогенные системы переменного состава, включающие два и более компонентов. Частицы компонентов раствора распределены по его объему в виде атомов, молекул или ионов (размер частиц 0,1 – 0,5 нм).

Образование растворов, в отличие от механических смесей, сопровождается изменением энтальпии, энтропии и объема системы.

**Энтальпия** - это свойство вещества, указывающее количество энергии, которую можно преобразовать в теплоту.

**Энтропия** - это мера необратимого рассеивания энергии.

# ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАСТВОРОВ.

**Растворение** - самопроизвольный (так как идет с увеличением энтропии в системе) обратимый процесс.

Однако растворение возможно только до определенного предела, затем устанавливается состояние динамического равновесия, когда скорость растворения вещества равна скорости его кристаллизации.

# КЛАССИФИКАЦИЯ РАСТВОРОВ.

**По степени дисперсности (размеру частиц)** различают:

- **грубодисперсные** системы (взвеси, суспензии, эмульсии), которые являются гетерогенными, непрозрачными и малоустойчивыми во времени; диаметр частиц в таких системах равен примерно  $10^{-5}$  -  $10^{-7}$  метра;

- **истинные (молекулярные) растворы** - гомогенные, прозрачные (кроме металлов, полупроводников), неограниченно устойчивые во времени системы; с диаметром частиц примерно  $10^{-8}$  -  $10^{-10}$  метра;

- **коллоидные системы (золи)** - сочетают свойства грубодисперсных систем и истинных растворов: это микрогетерогенные системы, достаточно прозрачные, но очень сильно рассеивающие свет; могут долго сохраняться при неизменных внешних условиях (т.е. термодинамически неустойчивы), с диаметром частиц примерно  $10^{-7}$  -  $10^{-8}$  метра.



# КЛАССИФИКАЦИЯ РАСТВОРОВ.

По **агрегатному состоянию** растворы могут быть

- **жидкими** (например, морская вода),
- **газообразными** (например, воздух)
- **твёрдыми** (многие сплавы металлов).

В зависимости от количественного содержания растворенного вещества растворы также можно разделить на **концентрированные** и **разбавленные**.

# КЛАССИФИКАЦИЯ РАСТВОРОВ.

Растворы бывают **насыщенными, ненасыщенными и пересыщенными.**

**Насыщенным** называется раствор, содержащий максимальное количество растворенного вещества при данной температуре.

Иными словами, насыщенный раствор характеризуется строго определенным содержанием растворенного вещества в фиксированном количестве растворителя при данной температуре.

**Например,** если в 100 г  $\text{H}_2\text{O}$  поместить 50 г  $\text{NaCl}$ , то при  $20^\circ\text{C}$  в этом количестве воды может раствориться только 36 г соли, оставшиеся 14 г хлорида натрия будут в виде кристаллов находиться на дне стакана.

# КЛАССИФИКАЦИЯ РАСТВОРОВ.

**Ненасыщенным** называется раствор, содержащий растворенного вещества меньше, чем в насыщенном растворе.

В ненасыщенном растворе при данной температуре можно дополнительно растворить еще некоторое количество вещества.

**Например:** добавив к 100 г воды при 20°C хлорида натрия меньше 36 г, например, 6 г или 30 г, мы получим ненасыщенный раствор.

# КЛАССИФИКАЦИЯ РАСТВОРОВ.

**Пересыщенным** называется раствор, содержащий больше растворенного вещества, чем насыщенный.

Такой раствор находится в состоянии метастабильного (неустойчивого) равновесия. О его неустойчивости говорит тот факт, что при любом физическом воздействии на него, например, встряхивании или образовании центра кристаллизации при внесении кристалла, избыток растворенного вещества мгновенно выпадает в осадок: то есть происходит кристаллизация вещества из пересыщенного раствора.

# КЛАССИФИКАЦИЯ РАСТВОРОВ.

**Например**, при нагревании до  $100^{\circ}\text{C}$  произойдёт растворение уже  $39,8$  г  $\text{NaCl}$  в  $100$  г воды. Если теперь раствор осторожно охладить до  $20^{\circ}\text{C}$ , избыточное количество соли не всегда выпадает в осадок. В этом случае мы имеем дело с пересыщенным раствором. Помешивание, встряхивание, добавление крупинок соли может вызвать кристаллизацию избытка соли и, соответственно, переход в насыщенное устойчивое состояние.

# ТЕРМОДИНАМИКА И МЕХАНИЗМ ПРОЦЕССА РАСТВОРЕНИЯ

**Растворение** – сложный физико-химический процесс, включающий три основные стадии, каждая из которых характеризуется изменениями термодинамических функций.

1. разрушение химических и межмолекулярных связей в растворяемом веществе (например, разрушение кристаллической решетки)
2. химическое взаимодействие частиц растворенного вещества с растворителем (сольватация)
3. равномерное распределение частиц растворенного вещества в среде растворителя путем диффузии

# ТЕРМОДИНАМИКА И МЕХАНИЗМ ПРОЦЕССА РАСТВОРЕНИЯ

Растворение большинства кристаллических веществ – процесс эндотермический, так как энергия, затрачиваемая на разрушение кристаллической решетки не компенсируется энергией, выделяемой за счет сольватации. Таким образом, самопроизвольному растворению большинства твердых веществ способствуют высокие температуры. Растворы, образование которых не сопровождается изменениями объема системы и тепловыми эффектами, называют *идеальными*.

# РАСТВОРИМОСТЬ

**Растворимостью** называется способность вещества растворяться в том или ином растворителе.

Мерой растворимости вещества при данных условиях является его содержание в насыщенном при данной температуре растворе.

Растворимость численно выражается **коэффициентом растворимости**, который равен отношению массы вещества в насыщенном растворе к количеству растворителя.

Коэффициент растворимости измеряется в г/л воды или в г/100 г воды, иногда - в г/100 г раствора.



# РАСТВОРИМОСТЬ

- Растворимость зависит от:
  - природы растворенного вещества и растворителя;
  - температуры;
  - давления;
  - присутствия третьих компонентов.

# РАСТВОРИМОСТЬ

**Влияние природы** компонентов на растворимость определяется принципом: *подобное растворяется в подобном*.

Полярные растворители, например, вода, хорошо растворяют вещества с ионной связью (неорганические соли, кислоты и основания).

Хорошей растворимостью в воде обладают полярные органические соединения, образующие с молекулами растворителя водородные связи (спирты, карбоновые кислоты, амины).

Неполярные растворители, например, углеводороды, растворяют неполярные и малополярные соединения (жиры).

# РАСТВОРИМОСТЬ

**Влияние температуры** на растворимость зависит от теплового эффекта растворения и определяется принципом Ле Шателье.

Повышению растворимости газов способствует понижение температуры, так как растворение газов – процесс экзотермический.

Растворимость большинства твердых веществ и жидкостей - процесс эндотермический и возрастает при повышении температуры.

# РАСТВОРИМОСТЬ

**Влияние давления** существенно только в том случае, если при растворении происходит значительное изменение объема системы, что наблюдается при растворении газов в жидкостях.

Растворимость газов растет с увеличением давления, так как сопровождается уменьшением объема системы.

# РАСТВОРИМОСТЬ

## **Закон Генри:**

**Количество газа, растворенного в определенном объеме жидкости при постоянной температуре прямо пропорционально давлению газа.**

$$c(X) = K_r \cdot p(X)$$

где  $c(X)$  – молярная концентрация газа, моль/л

$K_r$  - константа Генри, моль/л\*Па

$p(X)$  – давление газа над раствором, Па

# РАСТВОРИМОСТЬ

## **Влияние присутствия третьих компонентов.**

Растворимость газов в жидкостях значительно снижается в присутствии электролитов (солей) Этот процесс называют *высаливанием*.

## **Закон Сеченова:**

**Растворимость газов в жидкостях в присутствии электролитов понижается.**

$$C_i = C_0 e^{-K_C C_3}$$

где  $C(X)$  – растворимость газа в присутствии электролита

$C_0(X)$  – растворимость газа в чистом растворителе

$K_C$ - константа Сеченова

$C_3$ - концентрация электролита

## СПОСОБЫ ВЫРАЖЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ РАСТВОРОВ.

Относительное содержание компонентов в растворе определяется его концентрацией.

**Молярная концентрация** – это количество вещества, содержащееся в одном литре раствора (моль/л):

$$C_M(X) = \frac{m(X)}{M(X) \cdot V}$$

# СПОСОБЫ ВЫРАЖЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ РАСТВОРОВ.

**Эквивалентная концентрация** – это число молей эквивалентов вещества, содержащихся в одном литре раствора (моль/л):

$$C_H(X) = \frac{m(X)}{Э(X) \cdot V}$$

**Эквивалент** – это реальная или условная частица вещества, которая в кислотно-основной реакции эквивалентна одному иону водорода, а в окислительно-восстановительной эквивалентна одному электрону.

Масса одного моля эквивалентов называется *молярной массой эквивалента вещества* (Э). В разных реакциях одно и то же вещество может иметь разные эквиваленты.



## СПОСОБЫ ВЫРАЖЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ РАСТВОРОВ.

**Молярная концентрация** – это количество вещества, содержащееся в одном килограмме растворителя (моль/кг):

$$b(X) = \frac{n(X)}{m_{p-ля}}$$

## СПОСОБЫ ВЫРАЖЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ РАСТВОРОВ.

**Массовая доля** равна отношению массы растворенного вещества к массе раствора:

$$\omega(X) = \frac{m(X)}{m_{p-ра}}$$

## СПОСОБЫ ВЫРАЖЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ РАСТВОРОВ.

**Молярная доля** равна отношению количества растворенного вещества в общему количеству веществ в растворе:

$$\chi(X) = \frac{n(X)}{n(X) + N}$$

## ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

**Сколько грамм сульфата натрия и воды нужно для приготовления 300 г 5% раствора?**

**Решение**

$$m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = w(\text{Na}_2\text{SO}_4) \cdot m / 100 = (5 \cdot 300) / 100 = 15 \text{ г}$$

где  $w(\text{Na}_2\text{SO}_4)$  – массовая доля в %,

$m$  - масса раствора в г

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 300 \text{ г} - 15 \text{ г} = 285 \text{ г}.$$

Таким образом, для приготовления 300 г 5% раствора сульфата натрия надо взять 15 г  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  и 285 г воды.

## ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

**Какую массу хромата калия  $K_2CrO_4$  нужно взять для приготовления 1,2 л 0,1 М раствора?**

**Решение**

$$m(K_2CrO_4) = C(K_2CrO_4) \cdot V \cdot M(K_2CrO_4) = 0,1 \text{ моль/л} \cdot 1,2 \text{ л} \cdot 194 \text{ г/моль} = 23,3 \text{ г.}$$

Таким образом, для приготовления 1,2 л 0,1 М раствора нужно взять 23,3 г  $K_2CrO_4$  и растворить в воде, а объём довести до 1,2 литра.



## ЭФФЕКТ МПЕМБЫ

В 1963 году школьник из Танзании по имени Эрасто Мпемба задал своему учителю глупый вопрос — почему в его морозилке теплое мороженое замерзает быстрее, чем холодное?

Будучи учеником Магамбинской средней школы в Танзании Эрасто Мпемба делал практическую работу по поварскому делу. Ему нужно было изготовить самодельное мороженое – вскипятить молоко, растворить в нём сахар, охладить его до комнатной температуры, а затем поставить в холодильник для замерзания. По-видимому, Мпемба не был особо усердным учеником и промедлил с выполнением первой части задания. Опасаясь, что не успеет к концу урока, он поставил в холодильник ещё горячее молоко. К его удивлению, оно замерзло даже раньше, чем молоко его товарищей, приготовленное по заданной технологии.

Он обратился за разъяснениями к учителю физики, но тот лишь посмеялся над учеником, сказав следующее: «Это не всемирная физика, а физика Мпембы». После этого Мпемба экспериментировал не только с молоком, но и с обычной водой.

Во всяком случае, уже будучи учеником Мквавской средней школы он задал вопрос профессору Деннису Осборну из университетского колледжа в Дар-Эс-Саламе (приглашенному директором школы прочесть ученикам лекцию по физике) именно по поводу воды: «Если взять два одинаковых контейнера с равными объёмами воды так, что в одном из них вода имеет температуру  $35^{\circ}\text{C}$ , а в другом –  $100^{\circ}\text{C}$ , и поставить их в морозилку, то во втором вода замерзнет быстрее. Почему?» Осборн заинтересовался этим вопросом и вскоре в 1969 году они вместе с Мпембой опубликовали результаты своих экспериментов в журнале «Physics Education». С тех пор обнаруженный ими эффект называется **эффектом Мпембы**.