



ФГБОУ ВО

**«Красноярский государственный медицинский университет
имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого»**

Министерства здравоохранения Российской Федерации

**Кафедра биологической химии с курсами медицинской, фармацевтической и
токсикологической химии**

ФИЗИЧЕСКАЯ И КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ

**К.х.н., доцент Ендржеевская –Шурыгина
Виктория Юлиановна**

ЛЕКЦИЯ № 4 по дисциплине «Физическая и коллоидная химия» для студентов 1 курса, обучающихся по специальности 33.05.01 - Фармация. Направленность (профиль) Фармация (ФГОС ВО 2018 г.) (Очное, Высшее образование, 5,00)

Растворы.

Ограниченная взаимная растворимость компонентов



План

1. Растворы неэлектролитов
2. Теории растворов
3. Механизм растворения в рамках комплексной модели
4. Полярные веществ
5. Неполярные вещества
6. Способы выражения концентрации растворов
7. Термодинамика идеальных газовых смесей
8. Идеальные растворы. Давление пара идеального раствора. Закон Рауля
9. Ограниченная взаимная растворимость компонентов

СРС: Физическая и коллоидная химия: учебник/ Под ред.проф.А.П.Беляева. – М.: ГЭОТАР- Медиа, 2 изд., 2014.- 752 с. §7.11, 7.12, 7.13

Растворы неэлектролитов

Растворы представляют для медицины, биологии, физиологии, фармации особый интерес. Все важнейшие биологические системы (цитоплазма, кровь, лимфа, слюна, моча, пот и др.) являются водными растворами солей, белков, углеводов, липидов. Усвоение пищи, транспорт метаболитов, большинство биохимических реакций в живых организмах протекают в растворах

Понятие "растворы" включает истинные растворы и коллоидные растворы. Различие между ними заключается прежде всего в размерах частиц и однородности систем. Истинные растворы - это однородные гомогенные системы с размером частиц на уровне 10^{-10} - 10^{-9} м. Коллоидные растворы - это неоднородные гетерогенные системы с размером частиц 10^{-9} - 10^{-6} м.

**Истинным раствором
называется термодинамически
устойчивая в некотором
диапазоне концентраций
гомогенная система переменного
состава, состоящая из двух и
более компонентов. Между ними
существуют достаточно
сильные взаимодействия**



Общая характеристика растворов

Растворами называют смеси, в которых частицы одного компонента (или нескольких) *равномерно* распределены в среде другого компонента и которые термодинамически устойчивы в некотором диапазоне концентраций

Все компоненты раствора с точки зрения термодинамики равноценны, но различают:

- ***Растворитель*** – это вещество, содержащееся в растворе в ***наибольшем*** количестве
- ***Остальные компоненты*** раствора называют ***растворенными*** веществами

Виды растворов:

- газообразные;**
- жидкие;**
- твердые.**

**Наибольшее значение для
медицины, биологии,
фармации представляют
жидкие растворы**

Теории растворов

- **Физическая модель растворов**
- **Химическая модель**
- **Комплексная модель**

Теории растворов

Физическая модель растворов

- **Физическая модель растворов** (С. Аррениус, В. Оствальд, Я. Вант Гофф) процесс растворения рассматривает как ***равномерное распределение*** растворяемого вещества по ***индифферентной*** среде растворителя.

Теории растворов

Химическая модель

- **Химическая модель** (Д.И. Менделеев, И.А. Каблуков, Н.С. Курнаков) рассматривает растворы как системы, образованные частицами растворителя, растворенного вещества и неустойчивых химических соединений, которые образуются между ними за **счет водородной связи или электростатических сил взаимодействия.**

Гидратация ионов

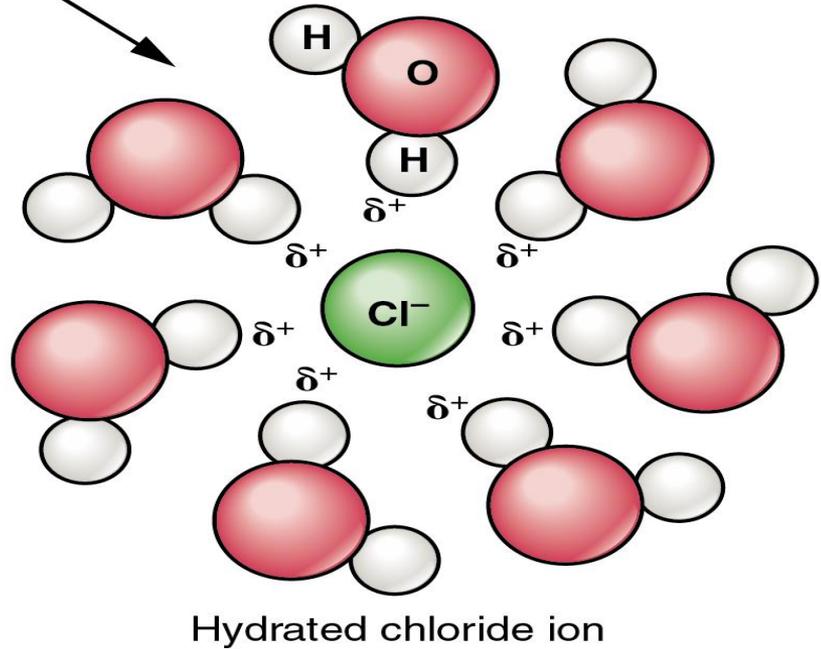
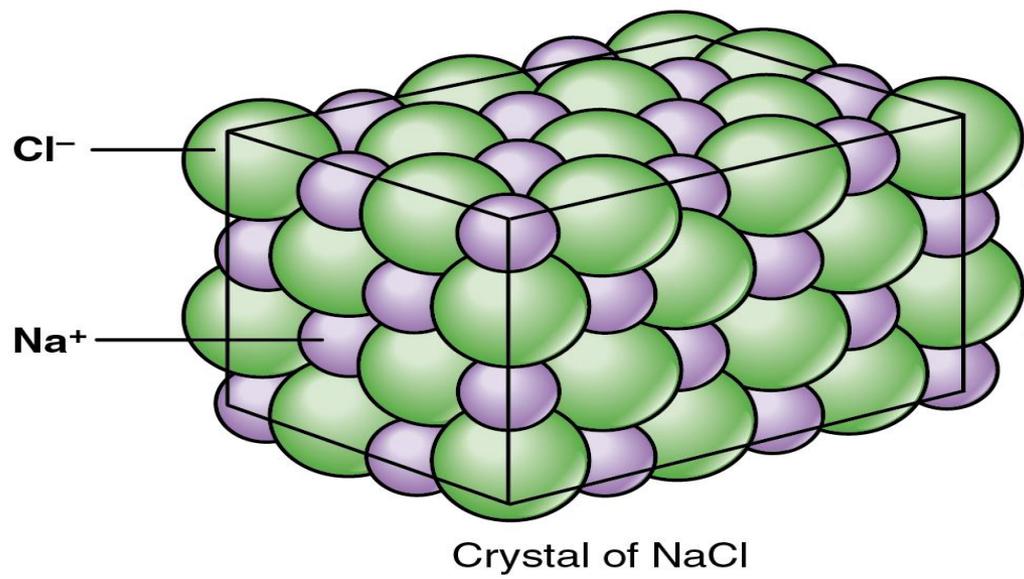
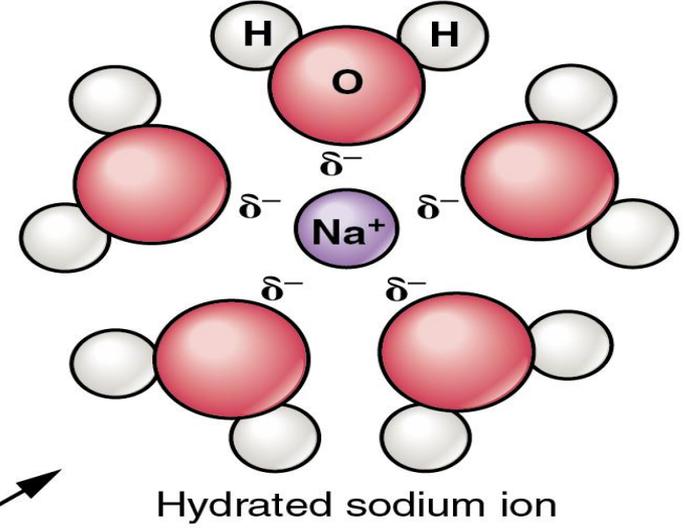
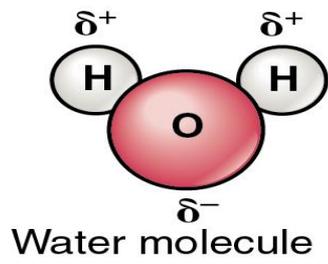


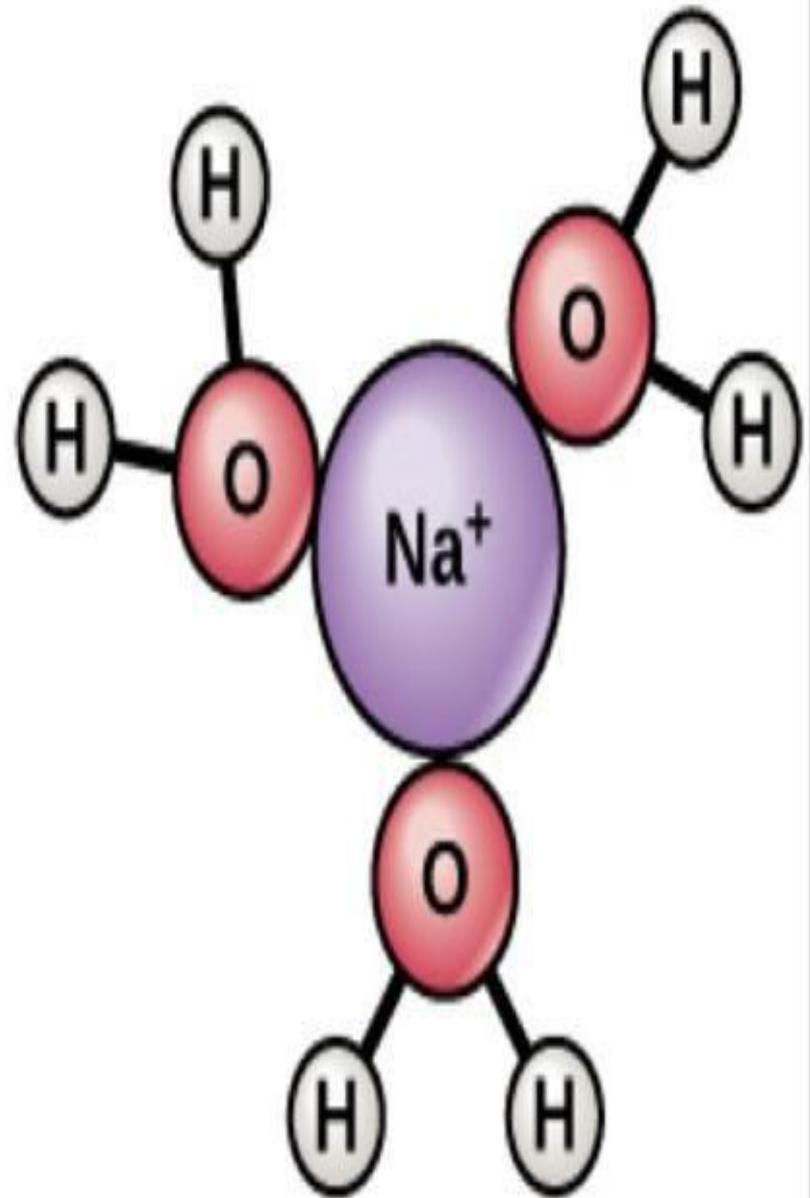
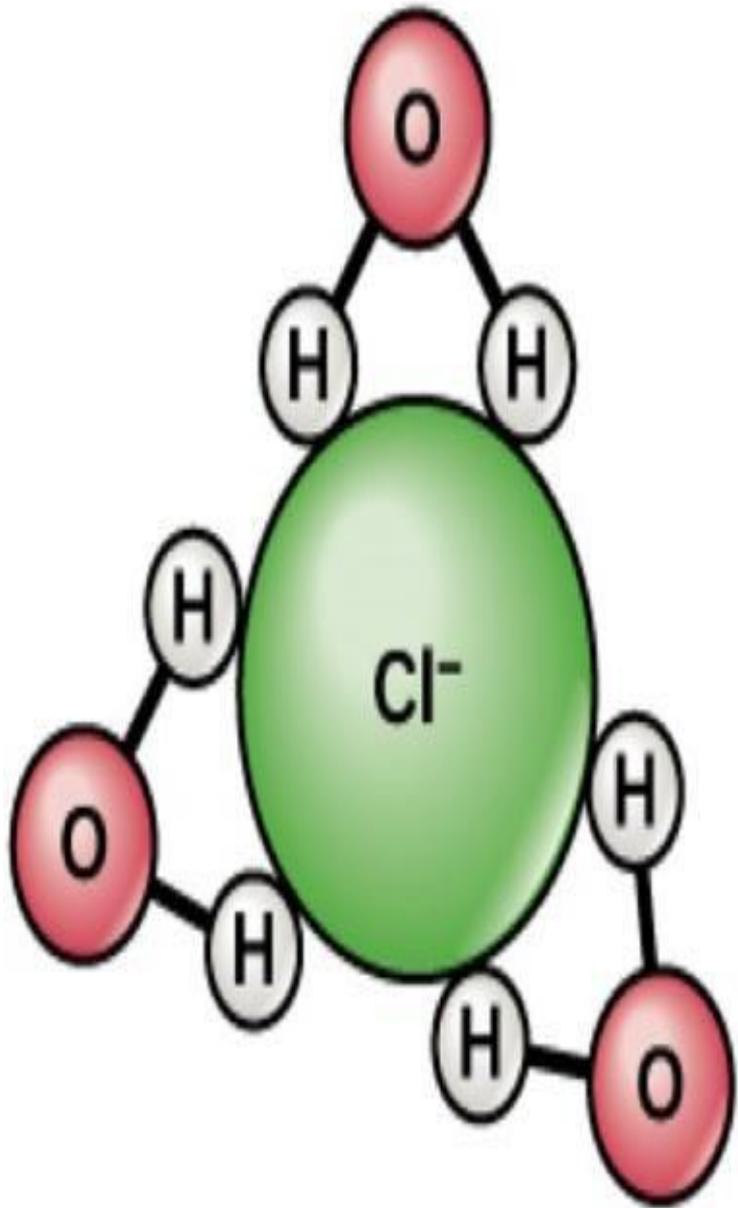
В результате взаимодействия растворенного вещества с молекулами воды образуются химические соединения - гидраты.

И.А. Каблуков развил это положение

Д.И. Менделеева, впервые высказав мысль о возможной гидратации не только молекул, но и ионов, которые особенно склонны к гидратации.

Соединяясь с молекулами воды, ионы становятся гидратированными и более устойчивыми.





ОБРАЗОВАНИЕ СОЛЬВАТНОЙ ОБОЛОЧКИ



от 100 до 1000 молекул воды

Предлагаемый активный кальций всасывается, в организме более чем на 90% и поддерживает содержания кальция в сыворотке крови в пределах нормы, не вызывая передозировки.



Гидратная теория Менделеева

Сольватация – процесс взаимодействия молекул растворителя и растворяемого вещества.

Сольватация в водных растворах называется **гидратацией**.

В результате чего образуются молекулярные агрегаты - **гидраты**.

Теории растворов

Комплексная модель

Комплексная модель, объединяя физическую и химическую точку зрения, рассматривает процесс формирования раствора как взаимодействие между частицами разной полярности, обусловленной неодинаковой способностью атомов в молекуле притягивать к себе электроны

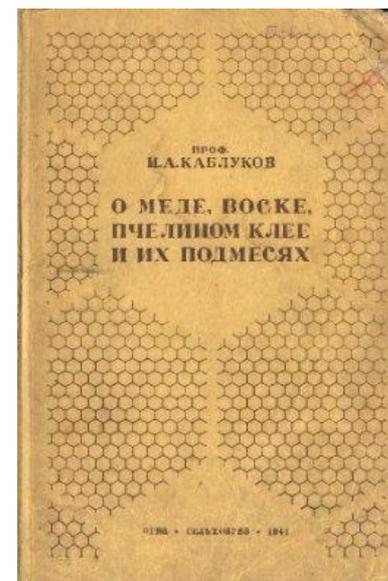
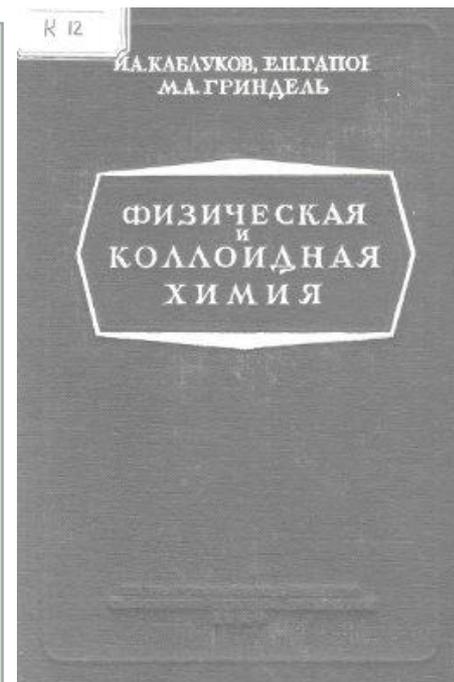
Механизм растворения в рамках комплексной модели

- 1) ориентация полярных молекул растворителя вокруг частиц растворяемого вещества, образование ион-дипольных связей;
- 2) разрыв связей в растворяемом веществе;
- 3) сольватация ионов в растворе.



**Академик
Каблуков
Иван
Алексеевич
(21.08).
02.09.1857 –
5.05.1942**

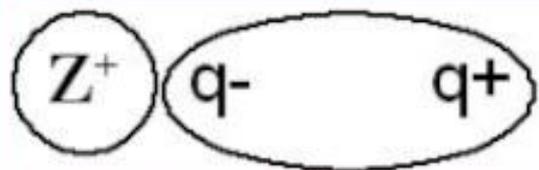
**Один из
первооткрывателей
сольватации
ионов,
создатель
школы
физикохимиков
в России**



Силы межмолекулярного взаимодействия

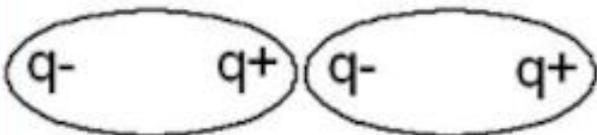
Силы Ван-дер-Ваальса: электростатическая природа, слабые,

электронные облака не перекрываются!!!



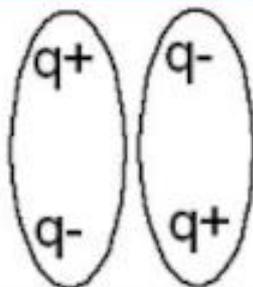
Ион-дипольное взаимодействие

гидраты ионов в водных растворах, например, $[\text{Na}(\text{H}_2\text{O})_x]^+$, $[\text{F}(\text{H}_2\text{O})_y]^-$ в водном растворе NaF



осевое

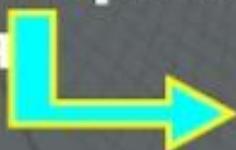
боковое



Диполь-дипольное взаимодействие

<https://theslide.ru/himiya/himicheskaya-svyaz-5>

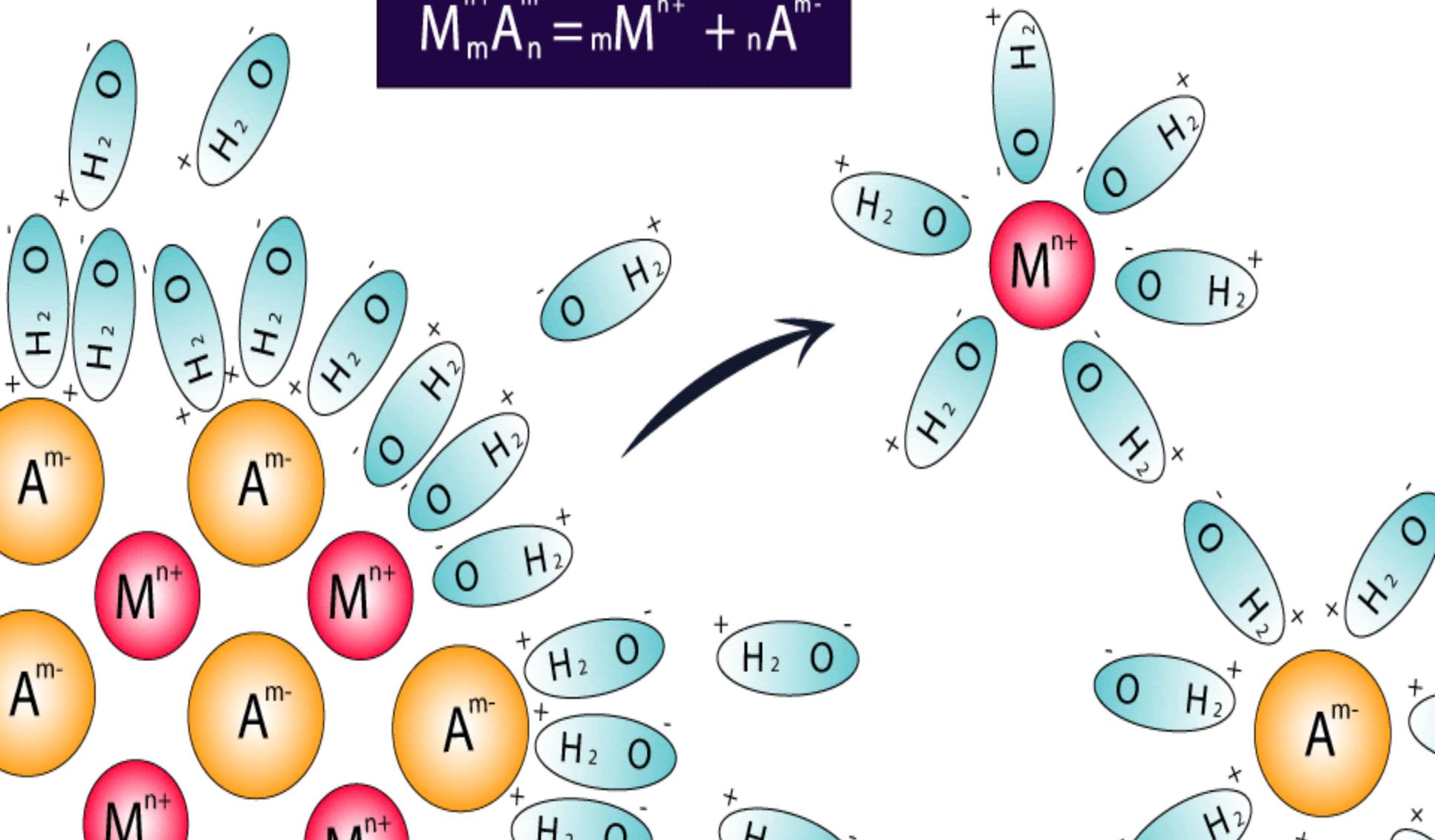
Энергия притяжения $>$ кинетическая энергия



Только в жидкостях и твердых телах!!!

Т.Судакова, СамГТУ

Сольватация ионов в растворе

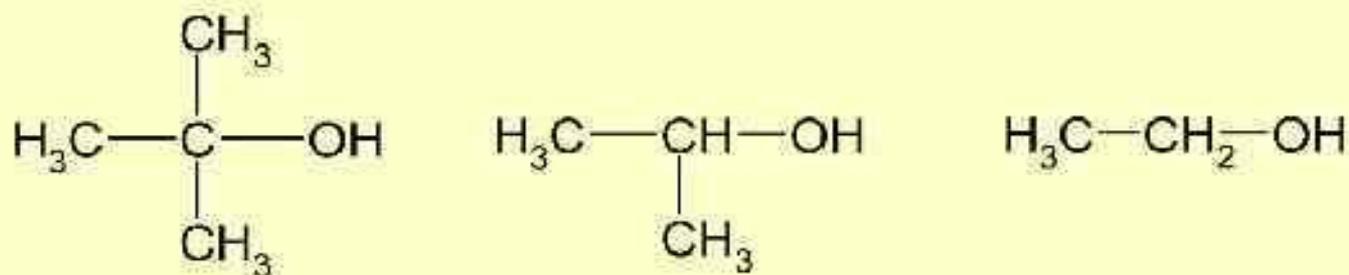


Влияние растворителя

Взаимодействие между ионом и растворителем – это эффект сольватации

При сольватации иона происходит перераспределение заряда с участием окружающих его молекул растворителя.

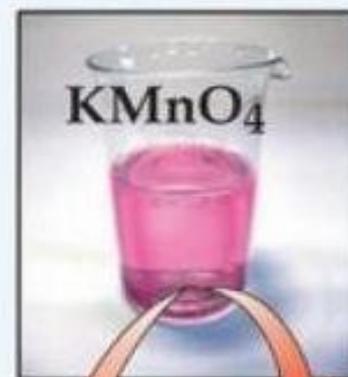
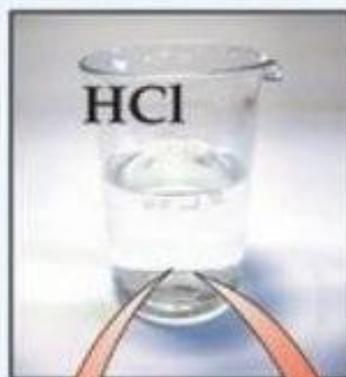
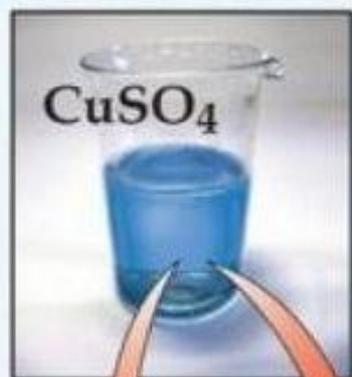
Чем меньше размер иона и чем больше локализован в нем заряд, тем он лучше сольватируется, тем выше стабильность иона, тем сильнее кислота.



увеличение кислотности в водном растворе

уменьшение кислотности в газовой фазе

Гидратация ионов



*Две первые стадии: образование ион-дипольных связей и разрыв связей связаны с *затратой* энергии, а третья — с ее *выделением*. Соотношение энергий определяет теплоту растворения, и, следовательно, *экзотермичность* или *эндотермичность* процесса растворения*

Зависимость теплоты растворения от агрегатного состояния компонентов раствора

- Теплота растворения твердых тел в жидкости складывается из тепловых эффектов разрушения кристаллической решетки и сольватации ионов:

$$\Delta H_{\text{раств.}} = \Delta H_{\text{кр.реш.}} + \Delta H_{\text{сольв.}} (< 0 >)$$

$$\Delta H_{\text{кр.реш.}} > 0$$

$$\Delta H_{\text{сольв.}} < 0$$

- Теплота растворения жидкости в жидкости (теплота смешения) обуславливается взаимодействием частиц растворяемого вещества с молекулами растворителя, т.е. процессом сольватации:

$$\Delta H_{\text{смеш.}} = \Delta H_{\text{сольв.}} < 0$$

Полярные вещества

- Полярные вещества в химии — соединения, молекулы которых обладают электрическим дипольным моментом. Для полярных веществ, в сравнении с неполярными, характерны высокая диэлектрическая проницаемость (более 10 в жидкой фазе), повышенные температура кипения и температура плавления.

Дипольный момент обычно возникает вследствие разной электроотрицательности составляющих молекулу атомов, из-за чего связи в молекуле приобретают полярность. Однако, для приобретения дипольного момента требуется не только полярность связей, но и соответственное их расположение в пространстве.

Полярные вещества

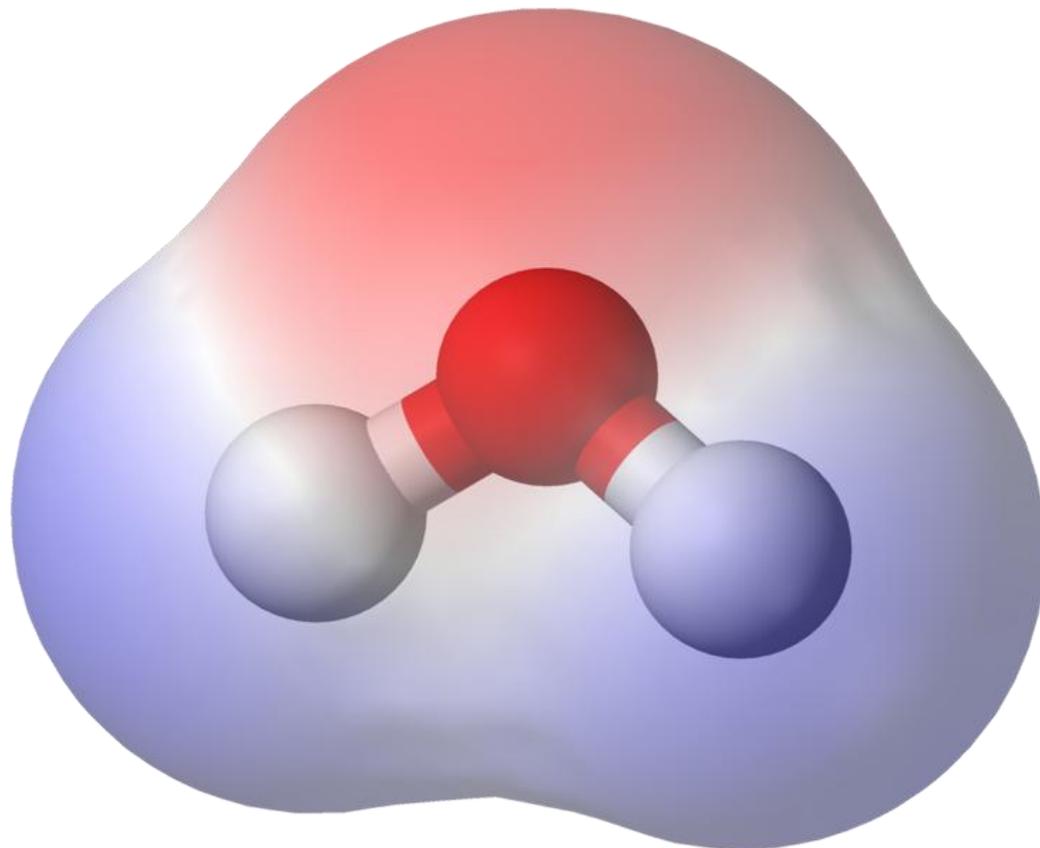
- Полярные растворители наиболее охотно растворяют полярные вещества, а также обладают способностью сольватировать .
Примерами полярных растворителей являются вода, спирты, эфир, кетон
- Неполярные вещества в **полярных** растворителях растворяются плохо, они хорошо растворяются в неполярных растворителях (C_6H_6 , CS_2 , CCl_4).

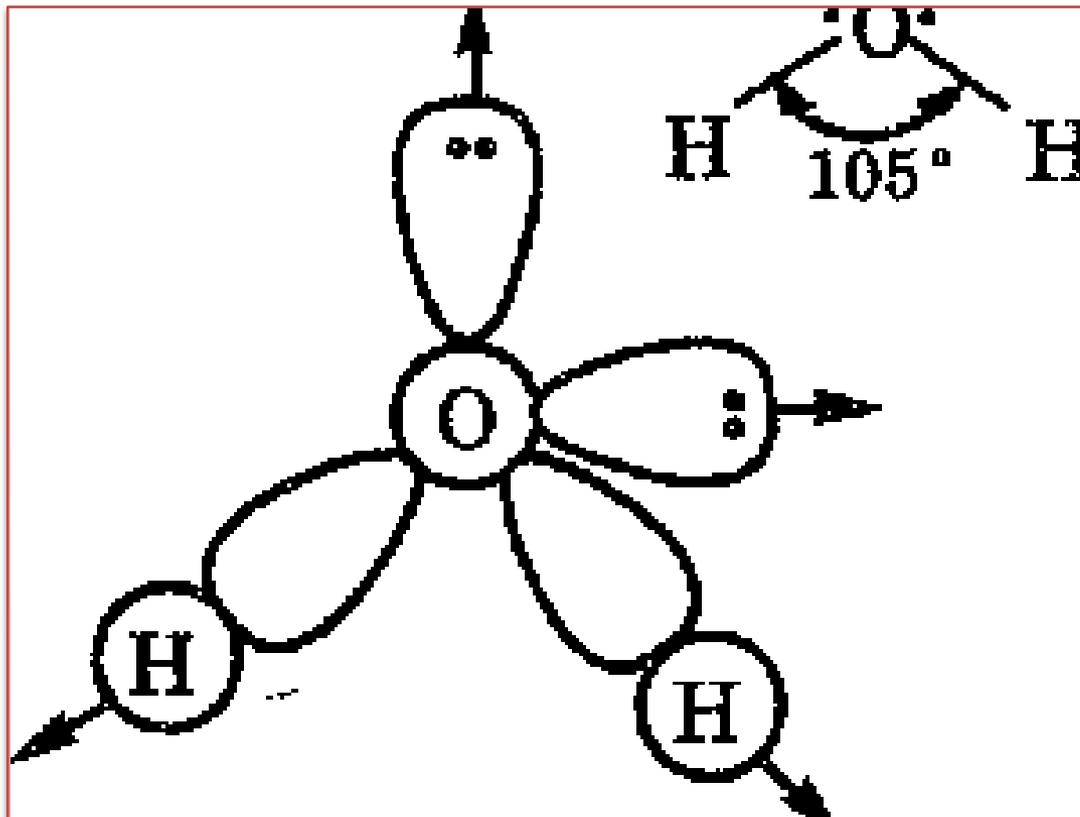
ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ЭЛЕКТРООТРИЦАТЕЛЬНОСТЬ

*Удобной величиной для характеристики способности атома элемента притягивать к себе общие электроны в молекуле является **электроотрицательность**.

Относительной электроотрицательностью (ОЭО) атома элемента называется величина, характеризующая относительную способность атома элемента притягивать к себе общие электроны в молекуле.

Причина дипольного момента молекулы воды





Геометрическая модель молекулы воды

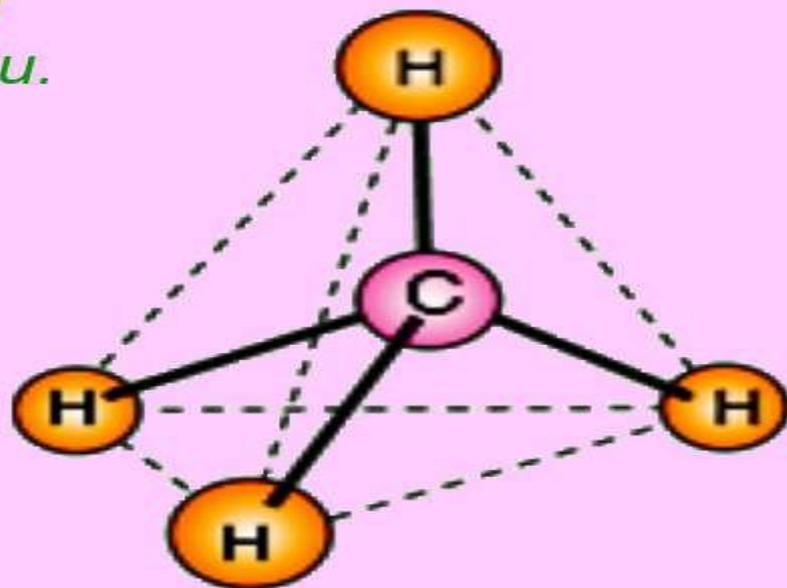
В двух вершинах тетраэдра находятся атомы водорода, а к двум другим направлены атомные орбитали атома кислорода с неподеленными электронными парами. За счет двух атомов водорода, несущих частично положительный заряд, и двух неподеленных электронных пар атома кислорода каждая молекула воды может образовывать четыре водородные связи с соседними молекулами воды

Неполярные вещества

- Неполярными могут быть *растворители и растворенные вещества*. Молекулы, имеющие форму, подобную молекулам метана CH_4 ($\angle\text{HCH} = 109,5^\circ$, правильной тетраэдрической формы), триоксида серы SO_3 ($\angle\text{OSO} = 120^\circ$, правильный треугольный), либо диоксида углерода CO_2 ($\angle\text{OCO} = 180^\circ$, линейный), а также фторида серы(VI) (все углы $\angle\text{FSF} = 90^\circ$), являются неполярными.

Строение молекулы метана

В предельных углеводородах атом углерода находится в состоянии sp^3 -гибридизации. Молекула метана представляет собой тетраэдр с атомом углерода в центре и атомами водорода по вершинам тетраэдра.



Длина простой химической связи $1,54 \text{ \AA}$ (ангстрема), угол HCH $109^\circ 28'$

Способы выражения концентрации растворов

- Раствор, в котором данное вещество при данной температуре больше не растворяется, т.е. раствор, находящийся в ***равновесии с растворимым веществом***, называют ***насыщенным***, а раствор, в котором еще можно растворить дополнительное количество данного вещества, ***ненасыщенным***.

Процентная концентрация по массе

- **Процентная концентрация по массе (ω , %)** - число единиц массы (например, число граммов) растворенного вещества ($m_{p.v.}$), содержащихся в 100 единицах массы (например, в 100 граммах) раствора ($m_{p-ра}$):
 - $$\omega = (m_{p.v.} \cdot 100\%) / m_{p-ра}$$
- Например, 15% раствор хлорида натрия – это такой раствор, в 100 г которого содержится 15 г NaCl и 85 г воды.

**Массовая доля ($\omega_{p.v.}$) —
отношение массы i -го
компонента ($m_{p.v.}$) к
общей массе системы $m_{p.v.}$:**

$$\omega_{p.v.} = m_{p.v.} / m_{p-ра}$$

Молярная концентрация

Молярная концентрация (C_M) — отношение количества i -го компонента (n_i) к объему, занимаемому системой V :

$$C_M = n_i / V$$

- Молярную концентрацию выражают в моль/ m^3 ; моль/л. Вместо обозначений моль/л допускается обозначение М. Например, 1М HCl; 0.4М КОН и т.д.

Молярная доля

Молярная доля (x_i) — отношение количества i -го компонента n_i , содержащегося в растворе, к общему количеству вещества в системе

$$x_i = n_i / n$$

Моляльная концентрация

Моляльная концентрация или моляльность (C_m) — отношение количества i -го компонента (n_i) к массе растворителя $m_{р-ля}$.
Единица измерения – моль/кг

$$C_m = n_i / m_{р-ля}$$

Молярная концентрация эквивалента

Молярная концентрация эквивалента (c_i') — отношение количества эквивалентов i -го вещества (n_i), к объему, занимаемому системой V :

$$c_i' = n_i / V$$

Эквивалентом называют условную часть молекулы, вступающей во взаимодействие либо с одним протоном (в кислотно-основных реакциях), либо с одним электроном (в окислительно-восстановительных реакциях), либо с двумя электронами (в реакциях комплексообразования). Молярную концентрацию выражают в моль/м³; моль/л. Вместо обозначений моль/л допускается обозначение н. Например, 1н HCl; 0.4н KOH

Термодинамика идеальных газовых смесей

- Газообразный раствор является газовой смесью. Идеальной газовой смесью называют смесь газов, в которой химический потенциал μ_i каждого компонента описывается уравнением:

$$\mu_i = \mu_i^\circ + RT \ln P_i,$$

- где μ_i° - стандартный химический потенциал,
- $P_i = p x_i$ – парциальное давление газа;
- P – общее давление смеси;
- x_i - мольная доля компонента i

Изобарный потенциал
газовой смеси равен
сумме вкладов
различных
компонентов:

$$\Delta G = \sum \mu_i \bullet n_i$$

Изобарный потенциал после смешения (после открытия перегородки между газами)

$$\Delta G_{\text{смеш}} = G_{\text{кон}} - G_{\text{нач}} = RT(n_1 \ln x_1 + n_2 \ln x_2)$$

$$\Delta G_{\text{смеш}} = nRT (x_1 \ln x_1 + x_2 \ln x_2),$$

где $n = n_1 + n_2$.

$\Delta G_{\text{смеш}}$, где *мольные доли* x_i — *меньше единицы* и члены, содержащие логарифм, отрицательны, свидетельствует, что потенциал смешения идеальных газов отрицателен, $\Delta G_{\text{смеш}} < 0$

Вывод: $-\Delta G_{\text{смеш}}$ указывает на *самопроизвольный* характер процесса смешения газов при постоянной температуре и постоянном давлении.

Энтропия смешения $\Delta S_{\text{смеш}}$
равна частной производной
 $\Delta G_{\text{смеш}}$ по температуре

$$\Delta S_{\text{смеш}} = -nR(x_1 \ln x_1 + x_2 \ln x_2)$$

Тепловой эффект реакции смешения ΔH
можно *определить* из уравнения
Гиббса—Гельмгольца:

$$\Delta G_{\text{смеш}} = \Delta H - T \Delta S_{\text{смеш}},$$

где ΔG , ΔH , ΔS — изменения энергии
Гиббса G , энтальпии H и энтропии S ,
связанные с данным процессом

Идеальные газы смешиваются при
постоянных температуре и
давлении *без теплового эффекта*.
Тепловой эффект равен нулю $\Delta H = 0$.

Энтропия смешения оказывается
величиной положительной.

Смешение протекает
исключительно за счет возрастания
энтропии. Это соответствует
определению идеального газа.

Идеальным газом называют газ, в
котором отсутствует взаимодействие
между частицами.

$$\Delta G_{\text{смеш}} = T \Delta S_{\text{смеш}}$$

Идеальные растворы. Давление пара идеального раствора. Закон Рауля

- Раствор называется ***идеальным***, если взаимодействие между ***разнородными*** молекулами раствора (например, А и В) **равно** взаимодействию между ***однородными*** молекулами (например, А и А или В и В)

Энергия молекул, составляющих раствор, различна, благодаря чему часть из этих молекул покидает жидкость и образует пар. Пар называют насыщенным, если пар и жидкость существуют при одной и той же температуре в контакте друг с другом без каких-либо изменений во времени. Количественно оно характеризуется давлением насыщенного пара

Закона Рауля:

при постоянной температуре
равновесное парциальное
давление пара P_i каждого
компонента раствора равно
давлению пара P_i^* этого
компонента в чистом виде,
помноженному на его мольную
долю X_i в растворе

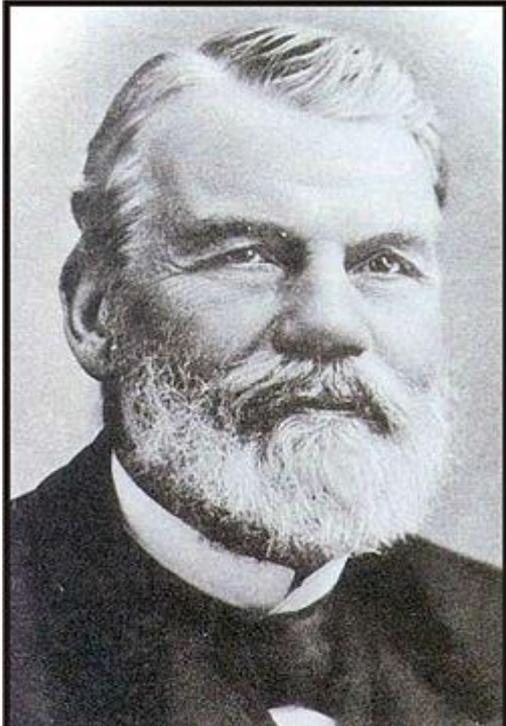
Закона Рауля (1884)

$$P_i = P_i^* X_i,$$

где P_i — равновесное парциальное давление пара i -го компонента;

P_i^* — давлению пара этого компонента в чистом виде;

X_i — мольная доля i -го компонента в растворе



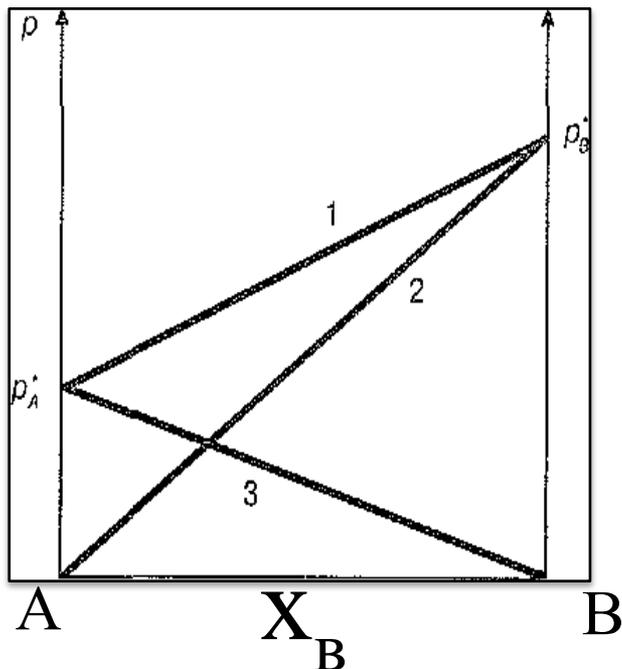
Дата рождения:	10 мая 1830
Место рождения:	Фурн-ан-Веп, Нор
Дата смерти:	1 апреля 1901 (70 лет)
Место смерти:	Гренобль, Франция
Страна:	Франция
Научная сфера:	физика , химия
Награды и премии:	Медаль Дэви (1892)

Франсуа Мари Рауль

С [1867](#) — в Гренобльском университете (профессор с [1870](#)). Член-корреспондент Петербургской АН ([1899](#)). Исследуя в 1882—88 понижение температуры кристаллизации, а также понижение давления пара (или повышение температуры кипения) [растворителя](#) при введении в него растворённого вещества, открыл закон , применяемый для определения [молекулярных масс](#) веществ в растворённом

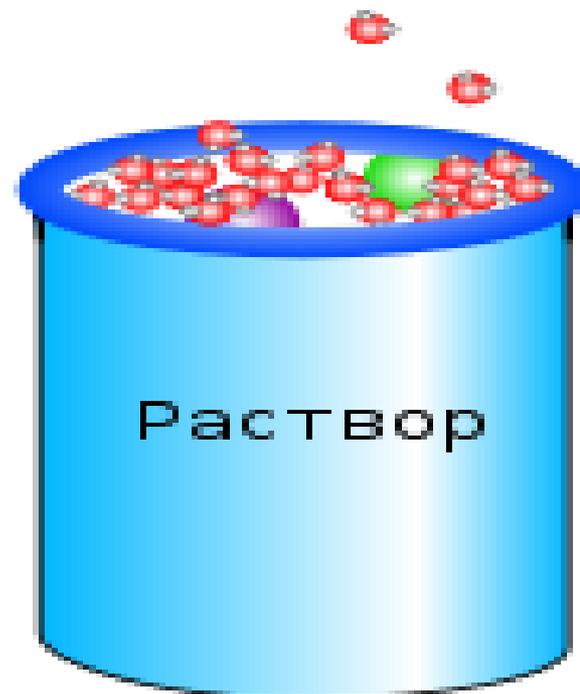
**Растворы, подчиняющиеся
закону Рауля, называют
идеальными. В *неидеальных*
растворах закон Рауля
применим только для
компонента, мольная доля
которого стремится к
единице, т.е. для растворителя**

Зависимость давления насыщенного пара (1) и парциального давления компонента В (2) и компонента А (3) над идеальным раствором от его состава



Графическое изображение закона Рауля. Зависимость давления насыщенного пара над идеальным раствором от его состава

На поверхности раствора меньше молекул растворителя, способных испаряться — часть места занимает растворённое вещество



Давление пара неидеальных растворов. Закон Генри

Неидеальные растворы не подчиняются закону Рауля, но при малых концентрациях давление насыщенного пара компонента пропорционально его мольной доле X_i :

$$P_i = K_i X_i,$$

где K_i - коэффициент пропорциональности, в этом случае не равен давлению пара над чистой жидкостью; он носит название *константы Генри*

Закон Генри

- Парциальное давление насыщенного пара i -го компонента над раствором P_i прямо пропорционально содержанию X_i этого компонента в растворе

$$P_i = K_i X_i$$

Активность. Коэффициент активности

Понятие активности позволяет описывать неидеальные растворы уравнениями, сохраняющими форму уравнений, полученных для идеальных растворов

- **Задание:** Беляев А.П., конспект параграфа 3.7, Активность. Коэффициент активности

Ограниченная взаимная растворимость компонентов. Равновесие жидкость-жидкость

Ограниченно растворимыми называют жидкости, растворимость которых зависит от условий растворения. В пределах одних концентраций и температур они образуют гомогенную систему; в пределах других концентраций и температур система становится гетерогенной.

Различают по характеру зависимости взаимной растворимости от температуры:

- 1. Жидкости с верхней критической температурой растворения.**
- 2. Жидкости с нижней критической температурой растворения.**
- 3. Жидкости с нижней и верхней критическими температурами растворения.**
- 4. Жидкости без критических температур растворения.**

Изучение взаимной растворимости проводят с помощью T - x диаграмм при $p = \text{const}$. ***Диаграммы позволяют определить составы лекарственных форм, не расслаивающихся при хранении.***

Ограниченно растворимые жидкости с верхней критической температурой растворения (фенол-вода, анилин-вода). Прибавляя анилин (компонент В) к воде (компонент А) небольшими порциями при температуре t и тщательно встряхивая, можно наблюдать, как прозрачная жидкость при некотором составе

$$x_B = x_1$$

помутнеет

При температуре t в равновесии будут находиться фазы с составом $x_B = x_1$ и $x_B = x_2$.

Ограниченно растворимые жидкости с нижней критической температурой растворения: триэтиламин-вода

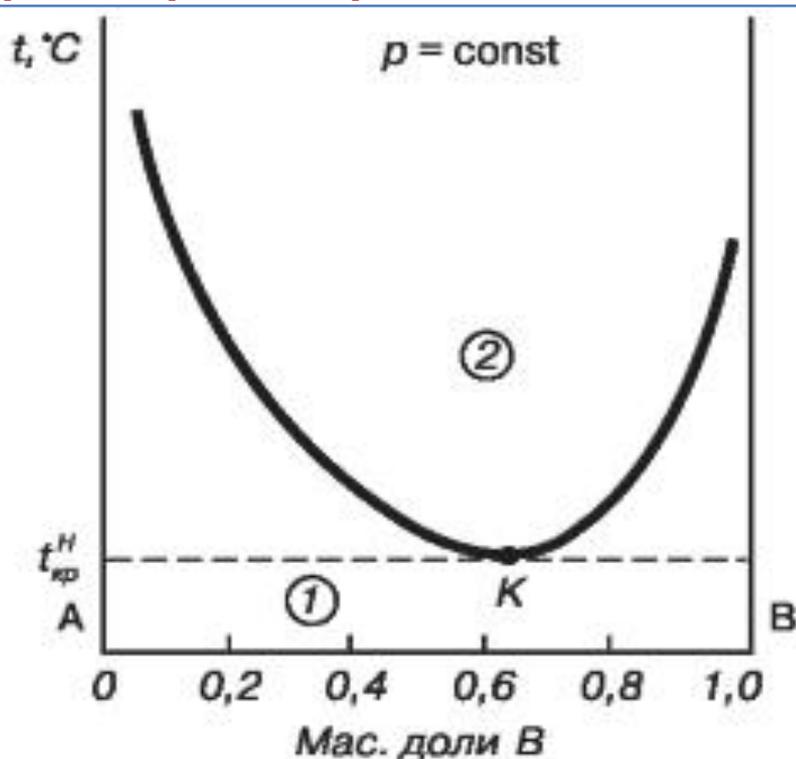
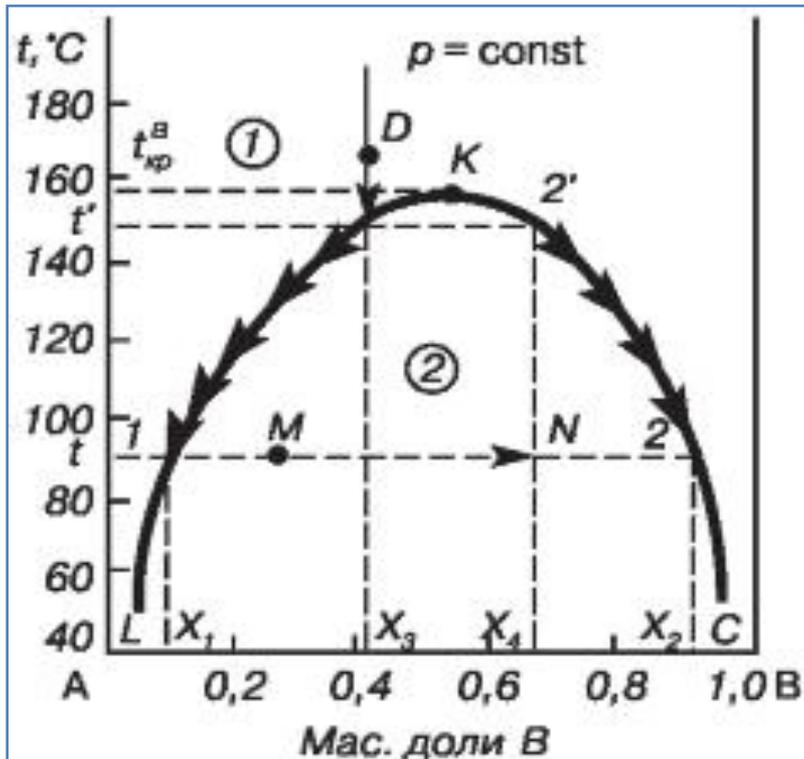
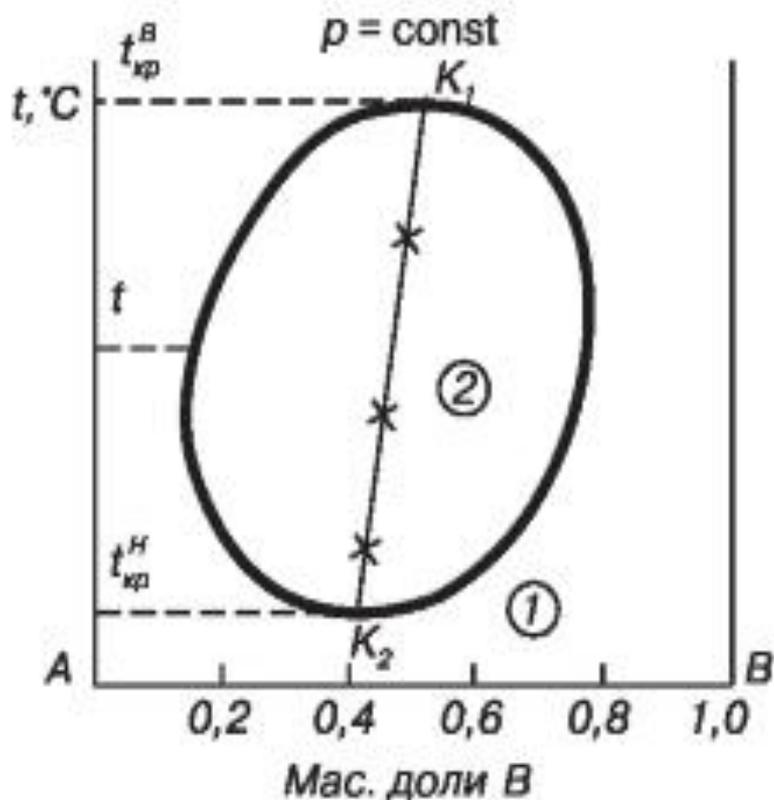


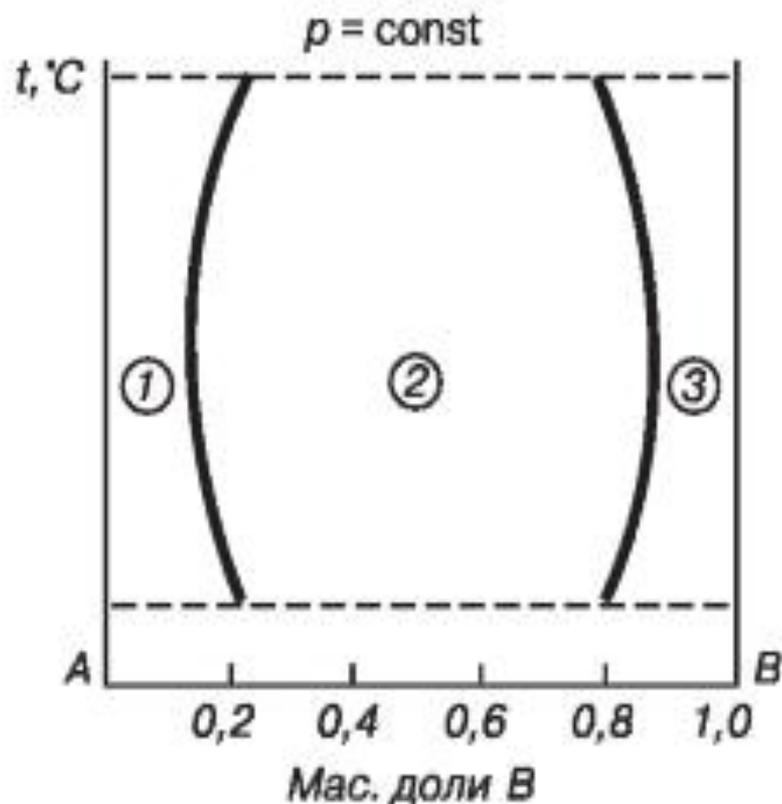
Диаграмма состояния ограниченно растворимых жидкостей с критической температурой растворения а - верхней; б - нижней

Концентрация анилина
становится столь **высокой**,
что системе **энергетически**
выгоднее теперь **иметь**
вместо одного раствора -
два. Мелкие капельки
второго раствора как раз и
вызывают помутнение
жидкости.

**Если дать жидкости
отстояться, то появятся два
слоя, каждый из которых
представляет собой
насыщенный раствор. Состав
растворов определяется
условием теплового фазового
равновесия по точкам
пересечения изотермы с
ветвями диаграммы состояния.**



а



б

Диаграмма состояния ограниченно растворимых жидкостей: а - с верхней и нижней температурой растворения; б - без критических температур растворения

ГЕТЕРОГЕННЫЕ РАВНОВЕСИЯ В РАСТВОРАХ, СВЯЗАННЫЕ С ПРОЦЕССОМ РАССЛОЕНИЯ

- Многие органические вещества, в частности жидкости, имеют **ограниченную растворимость** в воде, поскольку их молекулы содержат не только **гидрофильные группы**, но и большие по размеру **гидрофобные группы**, ограничивающие их растворимость. *К ним относятся большинство спиртов (кроме метилового и этилового), аминов, альдегидов (кроме ацетальдегида), кетонов (кроме ацетона), карбоновых кислот (кроме муравьиной и уксусной), эфиров и других соединений, включая высокомолекулярные ВМС.*

Для пересыщенных водных растворов этих веществ характерны гетерогенные равновесия, связанные с растворением и выделением этих веществ, сопровождающиеся:

выделением твердого вещества или **расслоением** системы на две несмешивающиеся жидкости, в зависимости от природы выделяющихся веществ. Во втором случае одна из жидкостей представляет собой **насыщенный раствор вещества в H_2O** , а другая - **насыщенный раствор H_2O в веществе**. Из этих жидкостей сверху всегда будет та, плотность которой меньше.

Высаливание

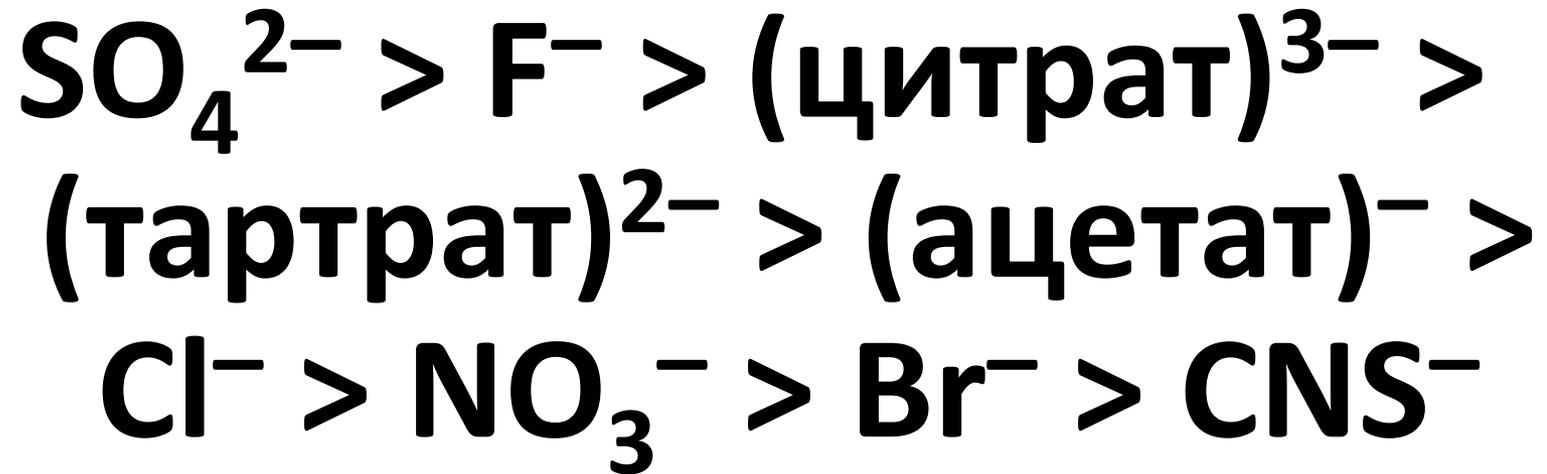
Высаливанием называется уменьшение растворимости веществ в присутствии солей.

В большинстве случаев это основано на том, что *молекулы или ионы соли, обладая склонностью к гидратации, связывают воду.*

И таким образом как бы «отнимают» растворитель от имевшегося в растворе вещества.

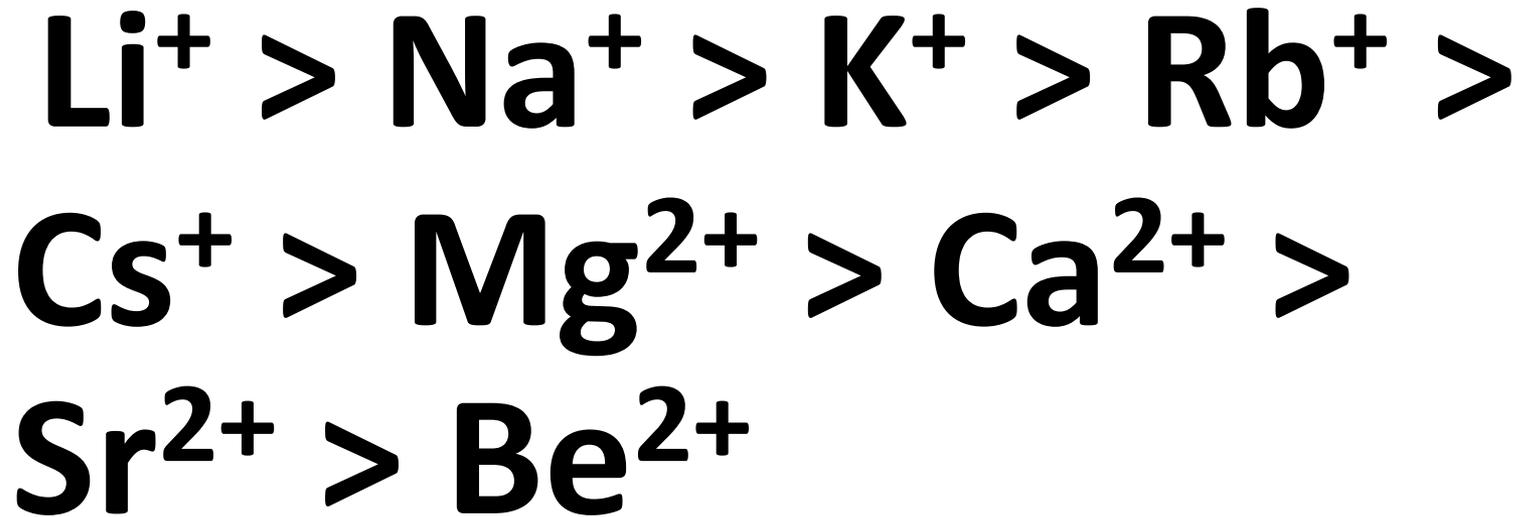
Высаливание происходит и за счет разрушения гидратной оболочки вокруг молекул растворенного вещества, что уменьшает его сродство к воде, т. е. гидрофильность. Высаливающее действие ионов тем больше, чем лучше они гидратируются и чем ближе структура их гидратной оболочки к структуре гидратной оболочки вокруг молекул растворенного вещества. С этим связан **большой** высаливающий эффект у **анионов**, чем у катионов, при высаливании органических веществ. В основе взаимодействия гидратных оболочек с анионами и полярными молекулами органических веществ лежит образование **водородных связей**, а в случае катионов — электростатическое взаимодействие.

Лиотропный ряд анионов



<Усиление
высаливающего
действия

Лиотропный ряд катионов



<Усиление высаливающего действия

Чем больше способность ионов к
сольватации, т. е. к связыванию
растворителя, тем сильнее их
высаливающее действие

Замена хорошего растворителя на плохой

- Выделение веществ из их водных растворов может происходить при добавлении не только солей, но и этанола или ацетона. В этих случаях в растворах происходит эффективная гидратация молекул этанола или ацетона, приводящая к дегидратации молекул вещества и переходу системы в псевдоравновесное состояние с выделением вещества из раствора. Аналогичное выделение веществ, плохо растворимых в воде, из их растворов в органических растворителях, которые неограниченно смешиваются с водой, достигается при добавлении к ним воды

Применение высаливания

Высаливание широко применяется в *органической химии* для выделения продуктов из *водного раствора* как в лабораторной практике, так и на производстве (например, выделение *мыла* при прибавлении *поваренной соли*). Высаливанием пользуются для *выделения белков* из раствора, для *разделения* их на отдельные фракции, т. к. *различные белки* выпадают при определенных *концентрациях* солей. Так, например, при полунасыщении раствора серноокислым аммонием *выпадают глобулины*, при полном насыщении этой солью высаливаются *все вообще белки*.

Применение высаливания белков

Высаливание белков является наиболее *деликатным* методом для их выделения из раствора, так как:

- 1) *не сопровождается денатурированием белков;*
- 2) осадок можно снова легко и нацело растворить, не изменяя его свойств;
- 3) высаливание используется для *выделения нестойких или связанных с белками белковых веществ, таких как иммунные антитела, ферменты, токсины;*
- 4) процесс высаливания используется для приготовления некоторых *лечебных сывороток и противокорревого α -глобулина*

Выводы

- Превращение гомогенного раствора в гетерогенную систему вследствие *образования осадка, расслоения системы или выделения газа* может происходить, если раствор становится пересыщенным в результате:
 - а) протекания в нем *химических* процессов, приводящих к образованию малорастворимых соединений;
 - б) *изменения температуры и давления*;
 - в) разрушения сольватных оболочек растворенных веществ при добавлении в раствор соединений, подвергающихся сольватации.

ГЕТЕРОГЕННЫЕ РАВНОВЕСИЯ В ЖИВЫХ СИСТЕМАХ (для любознательных)

В организме человека наиболее важные гетерогенные процессы с участием неорганических соединений протекают прежде всего при образовании костной ткани, а также различного вида камней при почечной и желчнокаменной болезнях.

- 1) Особенности образования костной ткани*
- 2) Особенности процесса камнеобразования.*
- 3) Процессы выделения и расслоения в медико-биологической практике /Слесарев В.И.п.11.4/*



Основная литература

- 1. Физическая и коллоидная химия: учебник/ Под ред. проф. А.П.Беляева. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. – 704 с.: (2изд., 2014. - 752 с.)**
- 2. Слесарев В.И. Химия: Основы химии живого: Учебник для вузов. – СПб, 2007. – 784 с.**
- 3. Физическая и коллоидная химия. Задачник: учеб.пособие для вузов / А.П.Беляев, А.С.Чухно, Л.А.Бахолдина, В.В.Гришин; под ред. А.П. Беляева. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014. – 288с.**
- 4. Электронные ресурсы Основная литература**

Дополнительная литература

- 1. Типовые расчеты по физической и коллоидной химии [Электронный ресурс] : учеб. пособие. - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/view/book/45679/> А. Н. Васюкова, О. П. Задачаина, Н. В. Насонова [и др.] СПб. : Лань, 2014. ЭБС Лань**
- 2. Типовые расчеты по физической и коллоидной химии : учеб. пособие А. Н. Васюкова, О. П. Задачаина, Н. В. Насонова [и др.] СПб. : Лань, 2014.**
- 3. Физическая и коллоидная химия [Электронный ресурс] : учеб. для мед. вузов (с задачами и решениями). - Режим доступа: <http://ibooks.ru/reading.php?productid=351894> Н. Н. Муш камбаров М.: Флинта , 2015. ЭБС iBooks**

Дополнительная литература

4. Физическая и коллоидная химия. Задачник : учеб. пособие . А. П. Беляев, А. С. Чухно, Л. А. Бахолдина [и др.] ; ред. А. П. Беляев М. : ГЭОТАР-Медиа, 2014.

5. Физическая и коллоидная химия. Задачник [Электронный ресурс] : учеб. пособие. - Режим доступа:

<http://www.studmedlib.ru/ru/book/ISBN9785970428443.html> А. П. Беляев, А. С. Чухно, Л. А. Бахолдина [и др.] ; ред. А. П. Беляев М. : ГЭОТАР-Медиа, 2014. ЭБС
Консультант студента (ВУЗ)

6. Физическая и коллоидная химия. Практикум обработки экспериментальных результатов : учеб. пособие А. П. Беляев М. : ГЭОТАР-Медиа, 2015.

Дополнительная литература

7. Физическая и коллоидная химия. Руководство к практическим занятиям : учеб. пособие ред. А. П. Беляев М. : ГЭОТАР-Медиа, 2012.

8. Физическая и коллоидная химия. Руководство к практическим занятиям [Электронный ресурс] : учеб. пособие. - Режим доступа:

<http://www.studmedlib.ru/ru/book/ISBN9785970422076.html>

ред. А. П. Беляев М. : ГЭОТАР-Медиа, 2012.

ЭБС Консультант студента (ВУЗ)

9. Физическая химия [Электронный ресурс] : учебник. - Режим доступа:

<http://www.studmedlib.ru/ru/book/ISBN9785970423905.html>

Ю. Я. Харитонов М. : ГЭОТАР-Медиа, 2013.

ЭБС Консультант студента (ВУЗ)

10. Химия: Основы химии живого : учеб. для вузов В. И. Слесарев СПб. : Химиздат, 2007. 299

Спасибо за внимание



ЗВЕРОБОЙ

[https://yandex.ru/images/search?text=зверобой](https://yandex.ru/images/search?text=зверобой&noreask=1&img_url=https%3A%2F%2Fimg0.etsystatic.com%2F067%2F0%2F11102110%2Ffil)

бой&noreask=1&img_url=https%3A%2F%2Fimg0.etsystatic.com%2F067%2F0%2F11102110%2Ffil

Группы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Периоды	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
1	(H)						H Hydrogenium Водород	He Helium Гелий				
2	Li Lithium Литий	Be Beryllium Бериллий	B Borum Бор	C Carboneum Углерод	N Nitrogenium Азот	O Oxygenium Кислород	F Fluorum Фтор	Ne Neon Неон				
3	Na Natrium Натрий	Mg Magnesium Магний	Al Aluminium Алюминий	Si Silicium Кремний	P Phosphorus Фосфор	S Sulfur Сера	Cl Chlorium Хлор	Ar Argon Аргон				
4	K Kalium Калий	Ca Calcium Кальций	Sc Scandium Скандий	Ti Titanium Титан	V Vanadium Ванадий	Cr Chromium Хром	Mn Manganum Марганец	Fe Ferrum Железо				
	Cu Cuprum Медь	Zn Zincum Цинк	Ga Gallium Галлий	Ge Germanium Германий	As Arsenicum Мышьяк	Se Selenium Селен	Br Bromum Бром	Kr Krypton Криптон				
5	Rb Rubidium Рубидий	Sr Strontium Стронций	Y Yttrium Иттрий	Zr Zirconium Цирконий	Nb Niobium Ниобий	Mo Molybdaenum Молибден	Tc Technetium Технеций	Ru Ruthenium Рутений				
	Ag Argentum Серебро	Cd Cadmium Кадмий	In Indium Индий	Sn Stannum Олово	Sb Stibium Сурьма	Te Tellurium Теллур	I Iodum Иод	Xe Xenon Ксенон				
6	Cs Cesium Цезий	Ba Barium Барий	La* Lanthanum Лантан	Hf Hafnium Гафний	Ta Tantalum Тантал	W Wolframium Вольфрам	Re Rhenium Рений	Os Osmium Осмий				
	Au Aurum Золото	Hg Hydrargyrum Ртуть	Tl Thallium Таллий	Pb Plumbum Свинец	Bi Bismuthum Висмут	Po Polonium Полоний	At Astatum Астат	Rn Radon Радон				
7	Fr Francium Франций	Ra Radium Радий	Ac** Actinium Актиний	Rf Rutherfordium Фезерфордий	Db Dubnium Дубний	Sg Seaborgium Сиборгий	Bh Bohrium Борий	Hs Hassium Хассий				
	R_2O	RO	R_2O_3	RO_2	R_2O_5	RO_3	R_2O_7	RO				
				RH_4	RH_3	RH_2	RH					
Аноиды*	Ce Cerium Церий	Pr Praseodymium Празеодим	Nd Neodymium Неодим	Pm Promethium Прометий	Sm Samarium Самарий	Eu Europium Европий	Gd Gadolinium Гадолиний	Tb Terbium Тербий	Dy Dysprosium Диспрозий	Ho Holmium Гольмий	Er Erbium Эрбий	Tm Thulium Тулий
Аноиды**	Th Thorium Торий	Pa Protactinium Протактиний	U Uranium Уран	Np Neptunium Нептуний	Pu Plutonium Плутоний	Am Americium Америций	Cm Curium Кюрий	Bk Berkelium Берклий	Cf Californium Калифорний	Es Einsteinium Эйнштейний	Fm Fermium Фермий	Md Mendelevium Менделевий