



**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 ХИМИЯ**

**Лектор: к.х.н., доцент Ендржиевская – Шурыгина  
Виктория Юлиановна**

**ЛЕКЦИЯ № 6 по дисциплине «Физическая химия»  
для студентов 1 курса, обучающихся по  
специальности 30.05.03 - «Медицинская  
кибернетика»**

# **Растворы неэлектролитов**

**...А растворы и их образования  
играют роль первостепенную не  
только в природе, называемую  
мертвой, но и в организмах.**

***Д. И. Менделеев***



# План лекции

1. **Общая характеристика растворов**
2. **Способы выражения концентрации растворов**
3. **Термодинамика идеальных газовых смесей**
4. **Идеальные растворы. Давление пара идеального раствора. Закон Рауля**
5. **Давление пара неидеальных растворов. Закон Генри**
6. **Активность. Коэффициент активности**

# **Задача лекции:**

**Теория растворов ставит целью объяснение и предсказание свойств растворов исходя из свойств растворенного вещества и растворителя. Для фармации имеет большое значение электролитическая диссоциация, рН, буферное действие, активность электролитов. Учение о растворах является основой для приготовления большинства жидких лекарственных препаратов.**

# Задача лекции:

- Многие реакции в живых организмах происходят в основном в водной среде, растворы составляют основную часть внутренней среды организма, обеспечивают процессы всасывания, транспорта питательных веществ и элиминации продуктов обмена в организме.
- Производство лекарственных веществ связано с использованием растворов, и основные их формы представляют собой растворы.
  - Знание свойств водных растворов позволит понять, например, механизмы осмотического гомеостаза, причины нарушения осмотической регуляции и способы ее корректировки и т.д.

# Цель лекции

## Дать возможность студентам усвоить:

- *основные понятия: раствор, растворитель, растворенное вещество;*
- *термодинамику процессов растворения;*
- *способы выражения концентрации растворов;*
- *законы Рауля и Генри о давлении паров растворителя над раствором*

# **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 гомогенная система  
переменного состава, состоящая  
из двух и более компонентов,  
между которыми 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.

**Растворы неэлектролитов –  
это растворы веществ,  
которые при растворении  
не распадаются на ионы**

**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

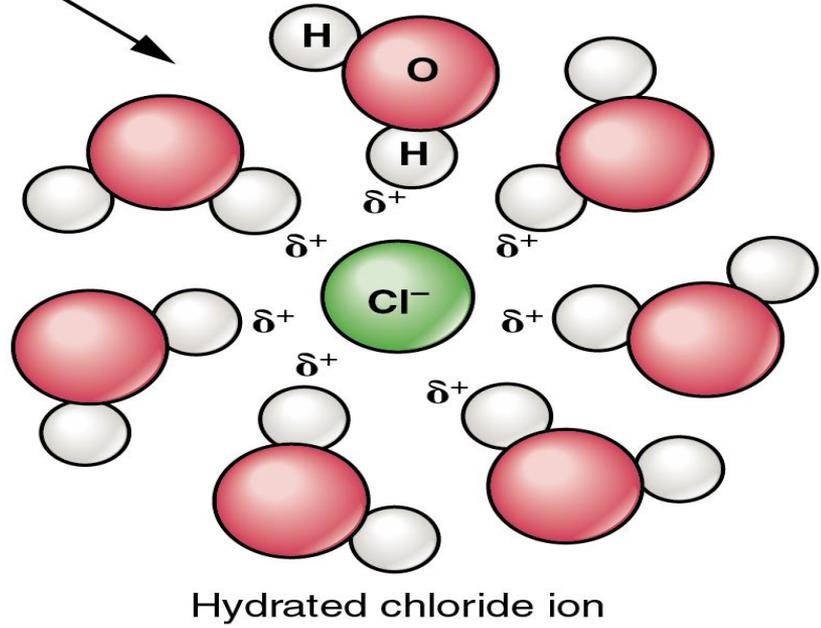
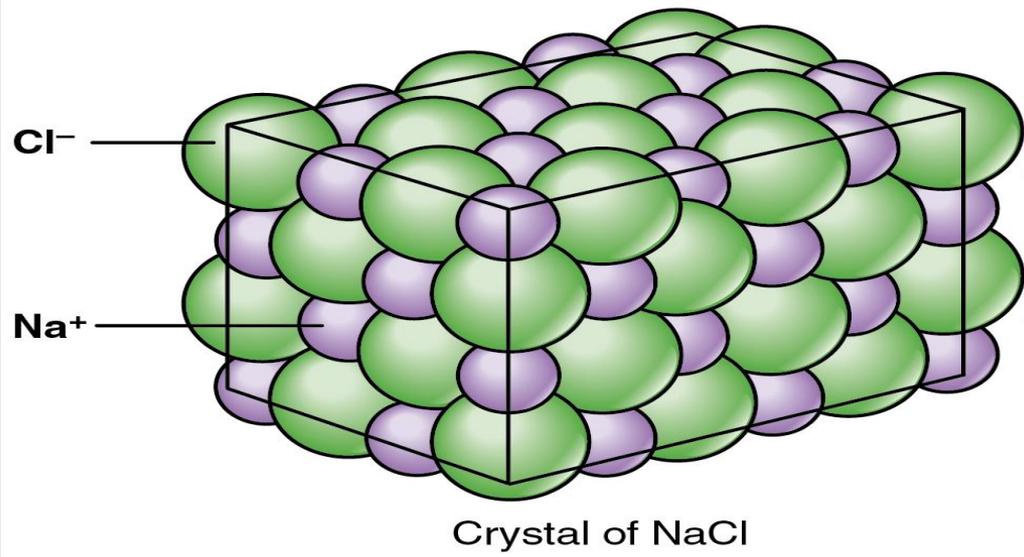
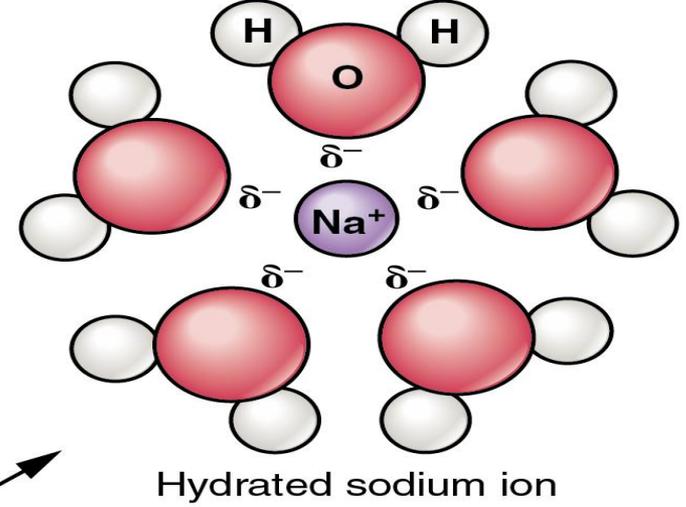
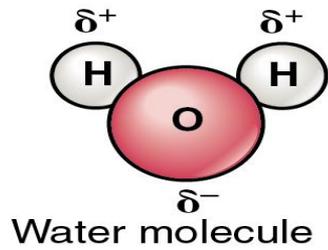


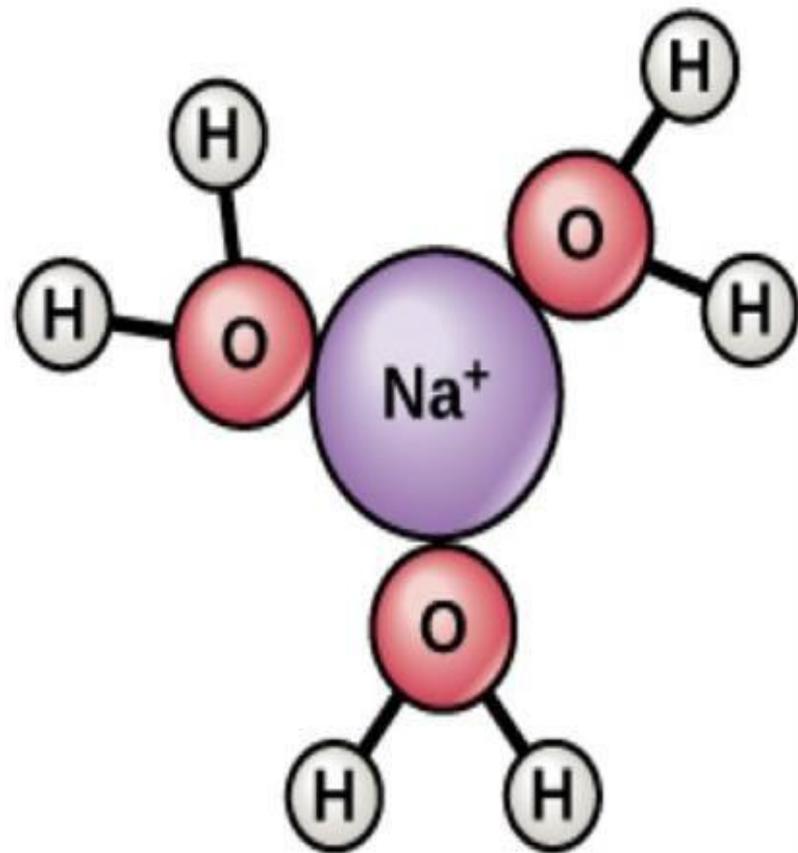
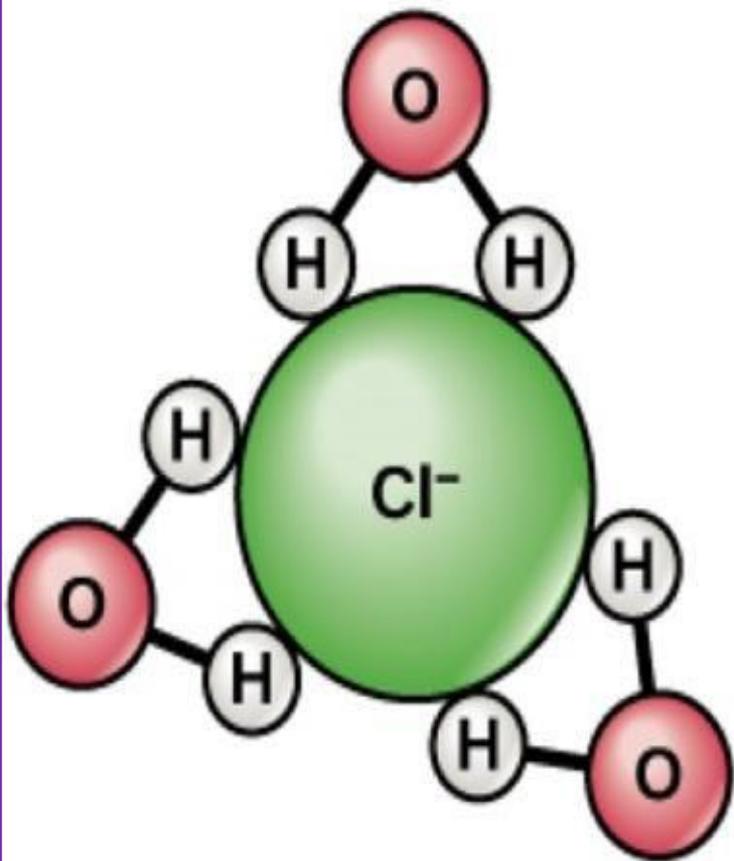
В результате взаимодействия растворенного вещества с молекулами воды образуются химические соединения - гидраты.

И.А. Каблуков развил это положение

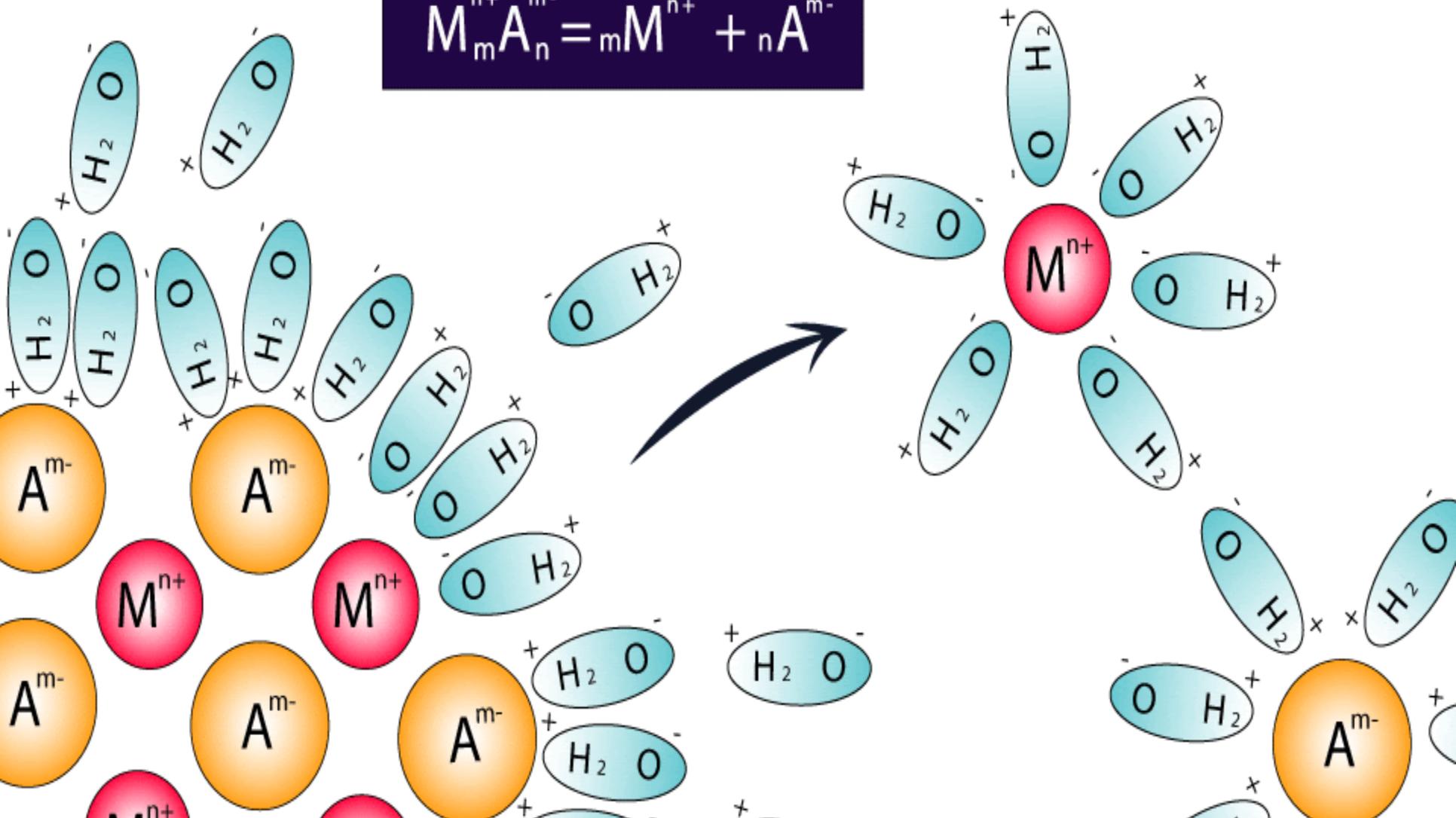
Д.И. Менделеева, впервые высказав мысль о возможной гидратации не только молекул, но и ионов, которые особенно склонны к гидратации.

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





# Сольватация ионов в растворе

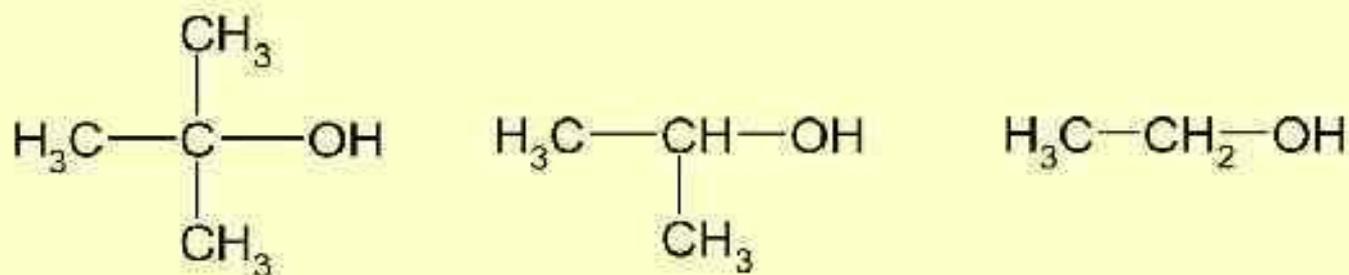


# Влияние растворителя

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.



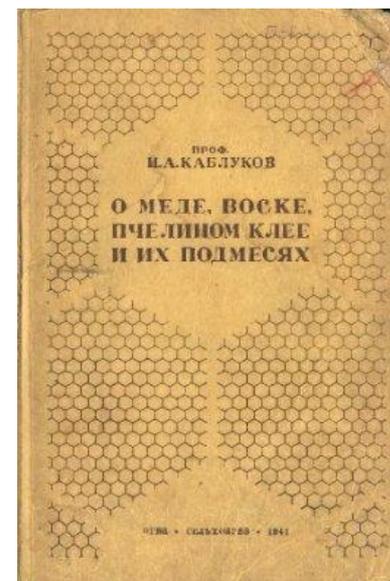
увеличение кислотности в водном растворе

уменьшение кислотности в газовой фазе



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

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



# Теории растворов

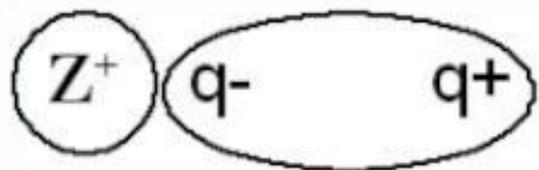
## Комплексная модель

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

# Силы межмолекулярного взаимодействия

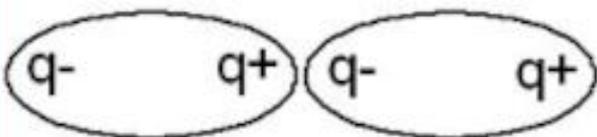
Силы Ван-дер-Ваальса: электростатическая природа, слабые,

**электронные облака не перекрываются!!!**



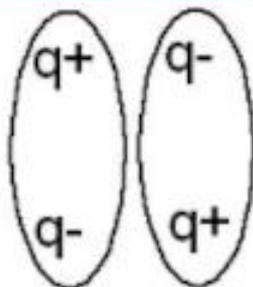
**Ион-дипольное взаимодействие**

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  $\text{NaF}$



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**

# 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.

*Две первые стадии - образование ион-дипольных связей и разрыв связей в растворяемом веществе — связаны с затратой энергии, а третья — сольватация ионов — с ее выделением. Соотношение энергий определяет теплоту растворения, и тем самым экзотермичность или эндотермичность процесса растворения*

# 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

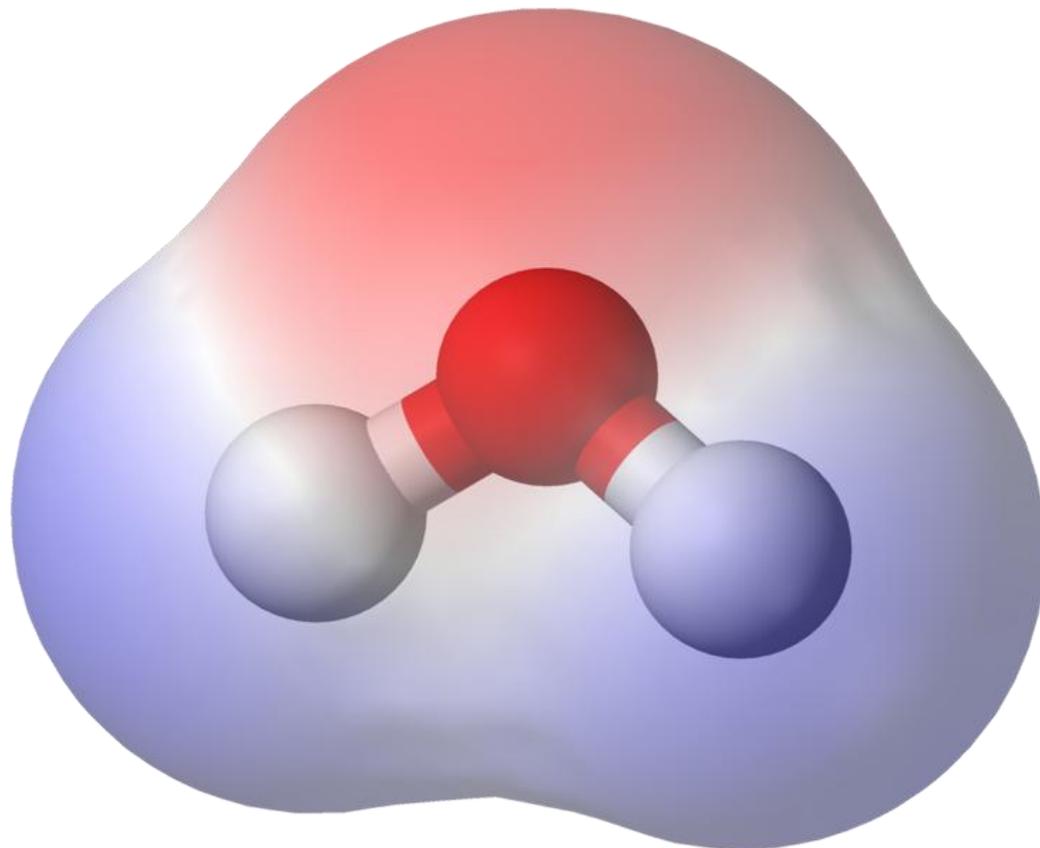
- Полярные растворители наиболее охотно растворяют полярные вещества, а также обладают способностью сольватировать .  
Примерами полярных растворителей являются вода, спирты, эфир, кетон
- Неполярные вещества в **полярных** растворителях растворяются плохо, они хорошо растворяются в неполярных растворителях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

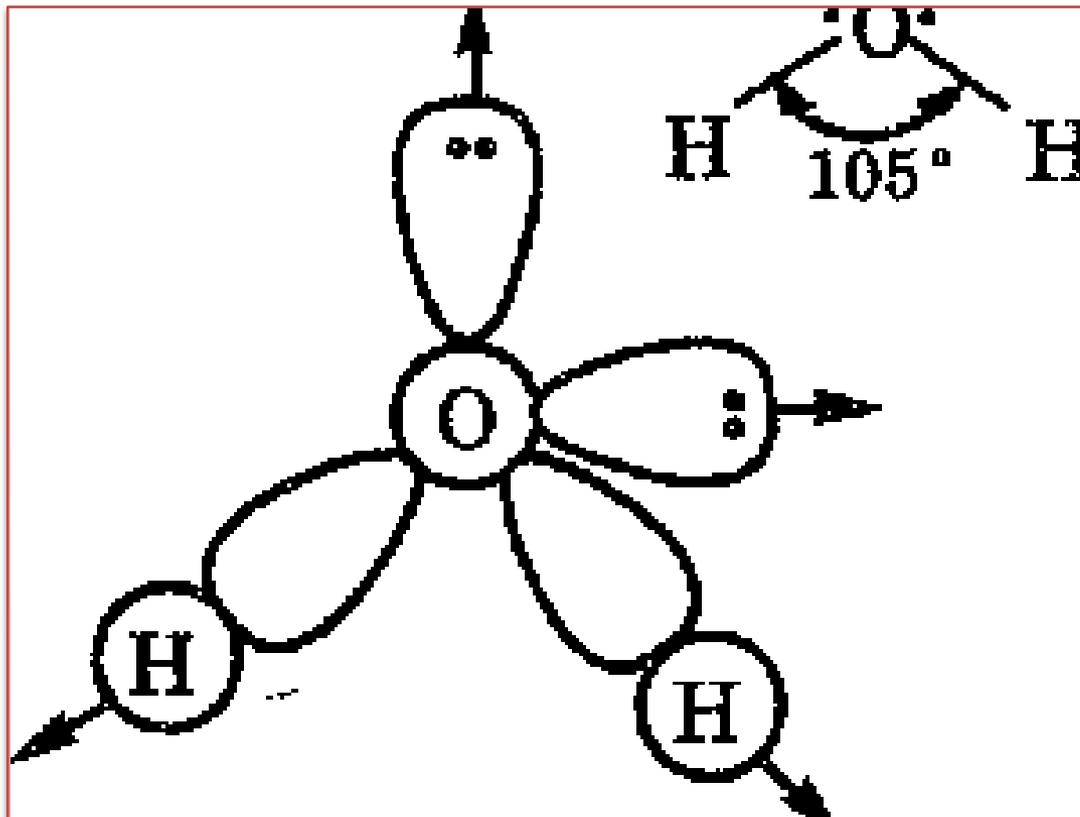
# ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ЭЛЕКТРООТРИЦАТЕЛЬНОСТЬ

*Относительной  
электроотрицательностью  
(ОЭО) атома элемента  
называется величина,*

*характеризующая относительную  
способность атома элемента  
притягивать к себе общие  
электроны в молекуле.*

# Причина дипольного момента молекулы воды

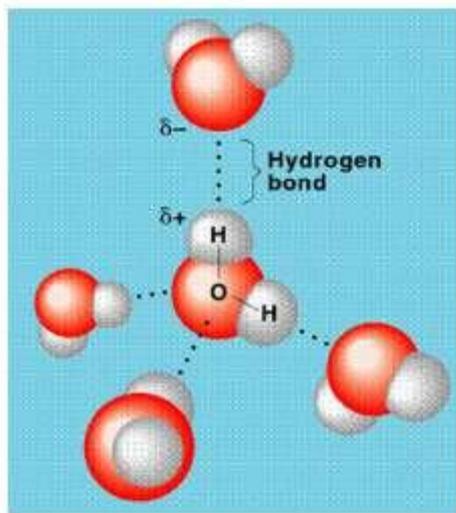




## Геометрическая модель молекулы воды

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

## Химические соединения клетки. Вода

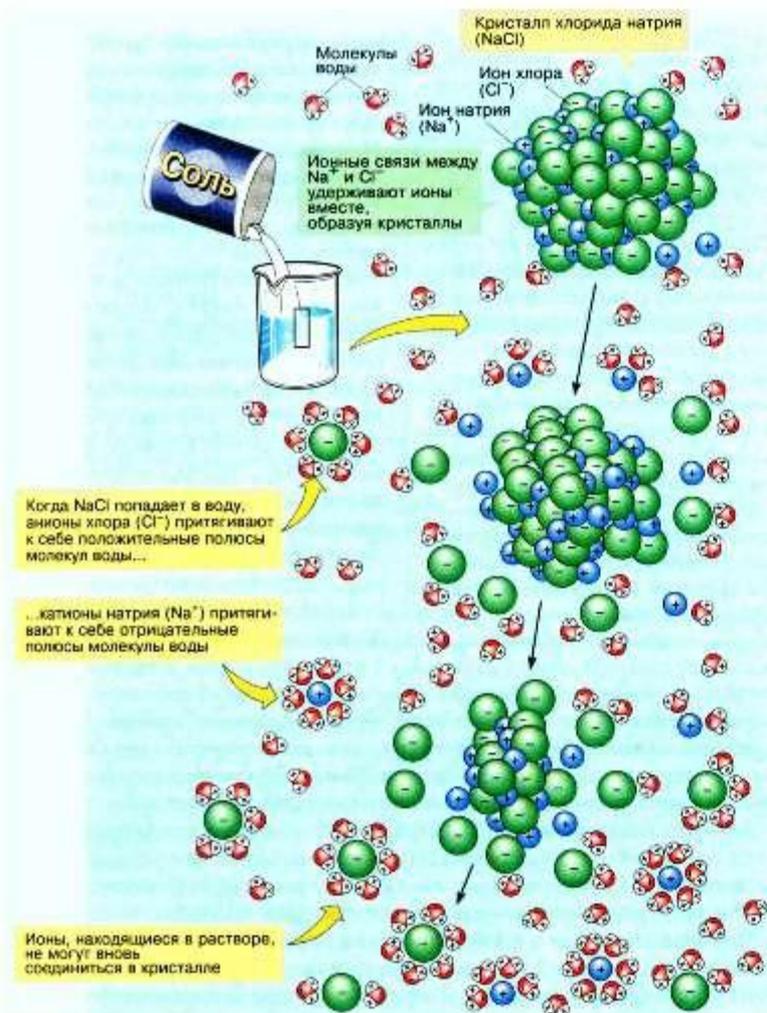


Молекула воды состоит из атома  $O$ , связанного с двумя атомами  $H$  полярными ковалентными связями. Характерное расположение электронов в молекуле воды придает ей электрическую асимметрию. Более электроотрицательный атом кислорода притягивает электроны атомов водорода сильнее, в результате общие пары электронов смещены в молекуле воды в его сторону.

Поэтому, хотя молекула воды **в целом не заряжена**, каждый из двух атомов водорода обладает частично положительным зарядом (обозначаемым  $\delta^+$ ), а атом кислорода несет частично отрицательный заряд ( $2\delta^-$ ). Молекула воды поляризована и является диполем (имеет два полюса).

<http://uslide.ru/biologiya/20944-himicheskij-sostav-kletki-neorganicheskie-vesches1.html>

## Химические соединения клетки. Вода



**Вода обладает также высокой теплопроводностью**, обеспечивая равномерное распределение тепла по всему организму. Следовательно, высокая удельная теплоемкость и высокая теплопроводность делают воду идеальной жидкостью для поддержания теплового равновесия клетки и организма.

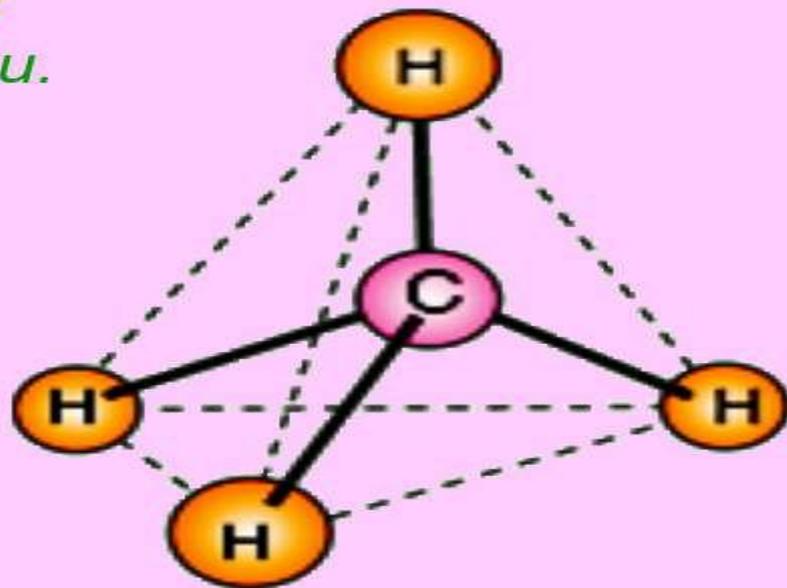
**Вода практически не сжимается**, создавая **тургорное** давление, определяя объем и упругость клеток и тканей. Так, именно гидростатический скелет поддерживает форму у круглых червей, медуз и других организмов.

# Неполярные вещества

- Неполярными могут быть *растворители и растворенные вещества*. Молекулы, имеющие форму, подобную молекулам метана  $\text{CH}_4$  ( $\angle \text{HCH} = 109,5^\circ$ , правильной тетраэдрической формы), триоксида серы  $\text{SO}_3$  ( $\angle \text{OSO} = 120^\circ$ , правильный треугольный), либо диоксида углерода  $\text{CO}_2$  ( $\angle \text{OCO} = 180^\circ$ , 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  $\text{HCH}$   $109^\circ 28'$*

# 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 ( $\omega$ , %)** - 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,  $m_{p-ra}$ :**

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

# 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; 0.4 М 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  $m_{p-ля}$ .  
**Единица измерения – моль/кг**

$$C_m = n_i / m_{p-ля}$$

# 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/м<sup>3</sup>; моль/л. Вместо обозначений моль/л допускается обозначение н. Например, 1н HCl; 0.4н КОН

# Термодинамика идеальных газовых смесей

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

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

- где  $\mu_i^\circ$  - 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  $\Delta H$   
можно *определить* из уравнения  
Гиббса—Гельмгольца:

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

где  $\Delta G$ ,  $\Delta H$ ,  $\Delta S$  — 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

называется 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

# *Закон 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

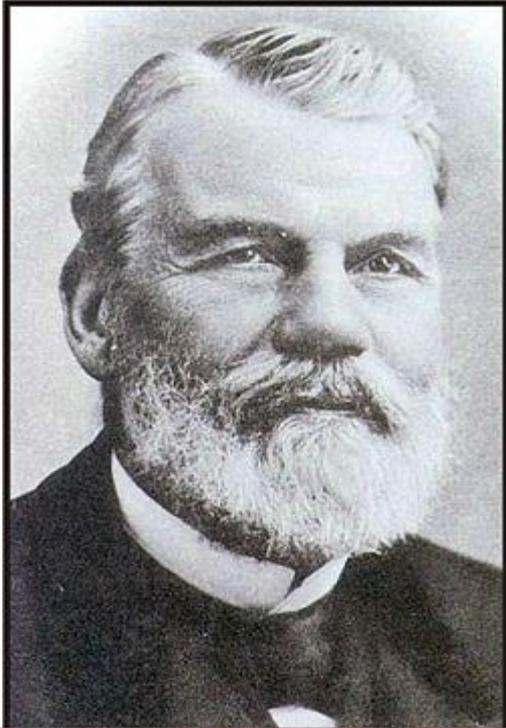
# Закон Рауля:

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

Эквивалентная формулировка закона Рауля: *относительное понижение упругости насыщенного пара растворителя над раствором при постоянной температуре равно мольной доле растворенного вещества.*

$$\frac{P_1^{\circ} - P_1}{P_1^{\circ}} = \frac{\Delta P_1}{P_1^{\circ}} = N_2 \quad (9.10)$$

где  $P_1$  и  $P_1^{\circ}$  – соответственно парциальное давление насыщенного пара растворителя над раствором и чистым растворителем;  $N_2$  – мольная доля растворенного вещества.



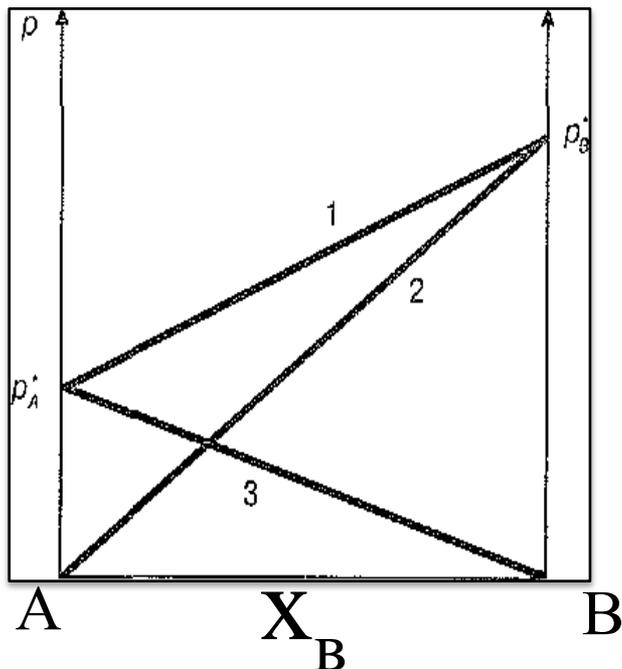
Дата рождения:	<a href="#">10 мая 1830</a>
Место рождения:	<a href="#">Фурн-ан-Веп</a> , <a href="#">Нор</a>
Дата смерти:	<a href="#">1 апреля 1901</a> (70 лет)
Место смерти:	<a href="#">Гренобль</a> , <a href="#">Франция</a>
Страна:	Франция
Научная сфера:	<a href="#">физика</a> , <a href="#">химия</a>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

## 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 Рауля](#), применяемый для определения [молекулярных масс](#) веществ в растворённом

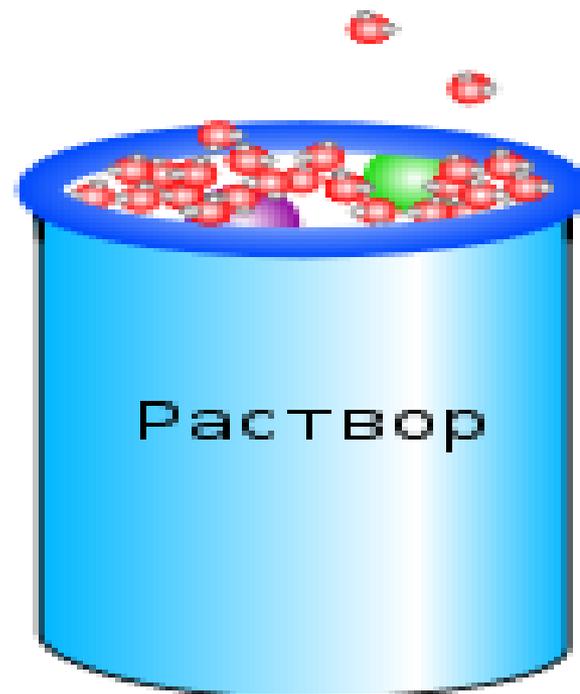
**Растворы, подчиняющиеся  
закону Рауля, называют  
идеальными. В *неидеальных*  
растворах закон Рауля  
применим только для  
компонента, мольная доля  
которого стремится к  
единице, т.е. для растворителя**

**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.  $K_i$  - константа Генри (коэффициент пропорциональности  $K_i$  не равен давлению пара над чистой жидкостью)

$$P_i = K_i X_i,$$

# Активность. Коэффициент активности

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

- **СРС: Задание:** [Физическая и коллоидная химия](#) : учебник А. П. Беляев, В. И. Кучук ; ред. А. П. Беляев. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2014. Сделать конспект параграфа 3.7, Активность. Коэффициент активности

-

Активность раствора и коэффициент активности определяют уравнениями:

$$\mu_i = \mu_i^* + RT \ln a_i;$$

$$a_i = f_i X_i,$$

где

$\mu_i$

- химический потенциал компонента  $i$ ;  $\mu_i^*$  химический потенциал компонента  $i$  в стандартном состоянии. За стандартное состояние принимают раствор, обладающий свойствами идеального раствора при активности, равной единице.

Коэффициент активности  $f_i$

зависит от температуры, давления, концентрации и способа выражения концентрации в уравнении, поэтому для разных способов используются разные символы.

Символ  $f_i$  используется при выражении концентрации в мольных долях;

$\gamma$

- для моляльных концентраций и  $y$  - для молярных. Несмотря на различие в численных значениях независимо от выбранного способа выражения концентрации, результаты термодинамических расчетов получаются одними и теми же, поскольку данные, относящиеся к стандартному состоянию, сокращаются

# Контрольные вопросы

1. Какие растворы называют идеальными?
2. Влияет ли на результаты термодинамических расчетов выбор способа выражения концентрации в уравнении, связывающем концентрацию и активность?



# Основная литература

- Физическая и коллоидная химия : учебник А. П. Беляев, В. И. Кучук ; ред. А. П. Беляев М. : ГЭОТАР-Медиа, 2014.
- Физическая и коллоидная химия : учебник ред. А. П. Беляев М. : ГЭОТАР-Медиа, 2010.
- Физическая и коллоидная химия [Электронный ресурс] : учебник. - Режим доступа: <http://www.studmedlib.ru/ru/book/ISBN9785970427668.html> А. П. Беляев, В. И. Кучук ; ред. А. П. Беляев М. : ГЭОТАР-Медиа, 2014.
- ЭБС Консультант студента (ВУЗ)

# Дополнительная литература

1. [Коллоидная химия. Физическая химия дисперсных систем](http://www.studmedlib.ru/ru/book/ISBN9785970424285.html) [Электронный ресурс] : учебник. - Режим доступа: <http://www.studmedlib.ru/ru/book/ISBN9785970424285.html>  
Ю. А. Ершов М. : ГЭОТАР-Медиа, 2013.  
ЭБС Консультант студента (ВУЗ)
2. 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
3. Типовые расчеты по физической и коллоидной химии : учеб. пособие А. Н. Васюкова, О. П. Задачаина, Н. В. Насонова [и др.] СПб. : Лань, 2014.
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.

## Дополнительная литература

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

# Дополнительная литература

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



Саяны. Ергаки. Перевал художников

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