
Растворы



Вопросы:

1. Общая характеристика растворов. Способы выражения состава раствора. Растворимость
2. Растворение как физико-химический процесс, его термодинамика. Закон Генри
3. Особые свойства воды как универсального растворителя
4. Коллигативные свойства растворов. Законы Рауля. Осмос. Осмотическое давление. Закон Вант-Гоффа. Изотонический коэффициент



Вещество + Растворитель → Раствор

- Компонент, агрегатное состояние которого не изменяется при образовании раствора, принято называть **растворителем**, а другой компонент – **растворенным веществом**.



В зависимости от агрегатного состояния
растворителя:

Растворы



Газовые

Жидкие

Твердые

В зависимости от размера частиц дисперсной фазы:

Дисперсионная система

Истинные растворы
 $10^{-10} - 10^{-9}$ м

Коллоидные растворы
 $10^{-9} - 10^{-6}$ м

Грубодисперсные системы
 $10^{-6} - 10^{-4}$ м

Классификация растворов в зависимости от растворителей (примеры)

№	Наименование раствора	Примеры
1	Водные растворы Solutiones aquosae	Растворы кислот, щелочей, аммиака, глицерина, перекиси водорода, ароматные воды, сиропы, раствор основного ацетата алюминия, раствор основного ацетата свинца и т.д.
2	Спиртовые р-ры Solutiones spirituosae	Растворы : йода 5%, бриллиантового зеленого 1 и 2%, кислоты салициловой 1 и 2 %; ментола 1 и 2%; кислоты борной 0,5; 1; 2 и 3 %, нашатырно – анисовых капель, метиленового синего 1 % и др.
3	Глицериновые р-ры Solutiones glycerinatae	Раствор Люголя
4	Масляные р-ры Solutiones oleosae	Масло ментоловое, камфорное, растворы витаминов А и Е, гормональных препаратов

Истинный раствор

- -это термодинамически устойчивая **гомогенная система** переменного состава, состоящая **из двух и более** компонентов, между которыми существуют достаточно **сильные взаимодействия**.



Истинные растворы

- ✓ Молекулярные – это водные растворы неэлектролитов – органических веществ (спирта, глюкозы, сахарозы и т.д.);
 - ✓ **Ионные** – это растворы сильных электролитов (щелочей, солей, кислот – NaOH, K₂SO₄, HNO₃, HClO₄);
 - ✓ **Молекулярно – ионные** – это растворы слабых электролитов (азотистой, сероводородной кислот и др.).
-

Способы выражения состава раствора

Концентрация

точная

приблизительная

Приблизительная концентрация

- Концентрированный р-р
 - Разбавленный р-р
 - Ненасыщенный р-р
 - Пересыщенный р-р
-

Типы растворов

```
graph TD; A[Типы растворов] --> B[Насыщенные -растворы, в которых вещество больше не растворяется]; A --> C[Ненасыщенные -растворы, в которых вещества еще могут растворяться]; A --> D[Пересыщенные -растворы, в которых вещества содержится больше, чем в его насыщенном растворе];
```

Насыщенные
-растворы,
в которых
вещество
больше не
растворяется

Ненасыщенные
-растворы,
в которых
вещества
еще могут
растворяться

Пересыщенные
-растворы,
в которых
вещества
содержится
больше, чем в его
насыщенном
растворе

Точная концентрация

- Массовая доля (w)
 - Титр (T)
 - Молярная концентрация (C)
 - Молярная концентрация эквивалента ($C_{\text{ЭКВ}}$)
 - Мольная доля (X, N)
 - Моляльная концентрация (b, C_m)
-

Растворимость

- способность вещества растворяться в том или ином растворителе.
- мерой растворимости вещества при данных условиях служит концентрация его насыщенного раствора.
- максимальное количество грамм вещества, которое при данной температуре может растворяться в 100 г растворителя.

По растворимости вещества делят:

- Хорошо растворимые
(в 100 г > 10г)
- Малорастворимые
(в 100 г - от 1 до 10г)
- Практически нерастворимые
(в 1000 г < 1г)



Растворимость зависит от:

- Природы вещества и растворителя
 - Температуры растворения
 - Давления
 - Агрегатного состояния
 - Реакции среды и др.
-

2. Растворение как физико-химический процесс

Процесс растворения складывается из:

- ❑ Химического взаимодействия растворенного вещества с растворителем (экзотермический процесс – q_1)
 - ❑ Разрушения кристаллической решетки и распределения частиц растворенного вещества по всему объему растворителя (эндотермический процесс – q_2)
-

Суммарный тепловой эффект растворения

$$Q_{\text{раств}} = q_1 + q_2$$

Если $q_1 > q_2$, то $Q_{\text{раств}} > 0$, р-р **нагревается**

Если $q_1 < q_2$, то $Q_{\text{раств}} < 0$, р-р **охлаждается**

Растворение идет самопроизвольно,
если $\Delta G < 0$

$$\Delta G = \Delta H_{\text{раств.}} - T \cdot \Delta S_{\text{раств.}}$$

$$\Delta H_{\text{раств.}} = \Delta H_{\text{разруш.}} + \Delta H_{\text{сольват.}}$$

$$\Delta H_{\text{разруш.}} > 0$$

эндо

$$\Delta H_{\text{сольват.}} < 0$$

экзо

Для твердых и жидких веществ:

при увеличении давления и температуры
растворимость увеличивается

Для газов:

$\Delta H_{\text{разруш.}} = 0$, $\Delta H_{\text{раств.}} = \Delta H_{\text{сольват.}}$

При увеличении **температуры** – растворимость **уменьшается!!!**

При увеличении **давления** растворимость **увеличивается согласно закону Генри:**

$$C(\text{газа}) = K \cdot P$$

K - константа Генри, характеризует способность газа растворяться в данном растворителе

3. *Особые свойства воды как универсального растворителя*

Вода «жидкая руда»

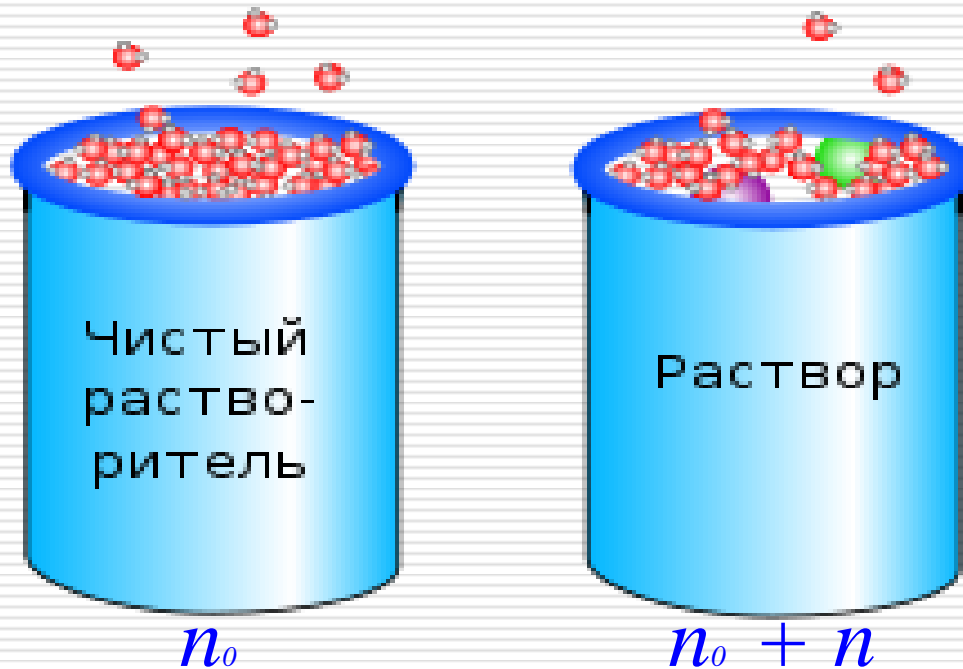
Вода – прекрасный растворитель. Поэтому в природе нет воды, не содержащей растворимых веществ. При температуре 20°C в литре воды можно растворить 2 кг сахара, 359 г поваренной соли – хлорида натрия.



4. Коллигативные свойства растворов

- Зависят от природы растворителя и числа растворенных частиц:
 - Скорость диффузии,
 - Осмотическое давление,
 - Давление насыщенного пара растворителя над раствором
 - Температура замерзания, температура кипения....
-

I-ый закон Рауля



$$P_0 > P$$

$$\Delta P = P_0 - P$$

понижение давления насыщенного пара растворителя

$P_0 > P$ так как:

- Уменьшается подвижность молекул растворителя за счет взаимодействия Растворитель – Вещество;
- Уменьшается *поверхностное испарение*;
- Уменьшается *концентрация растворителя*

I-ый закон Рауля

- *относительное понижение давления насыщенного пара растворителя над раствором равно молярной доле растворенного вещества в растворе*

$$\Delta P/P_0 = n / (n + n_0) = X$$

II-ой закон Рауля. Температура замерзания и кипения растворов

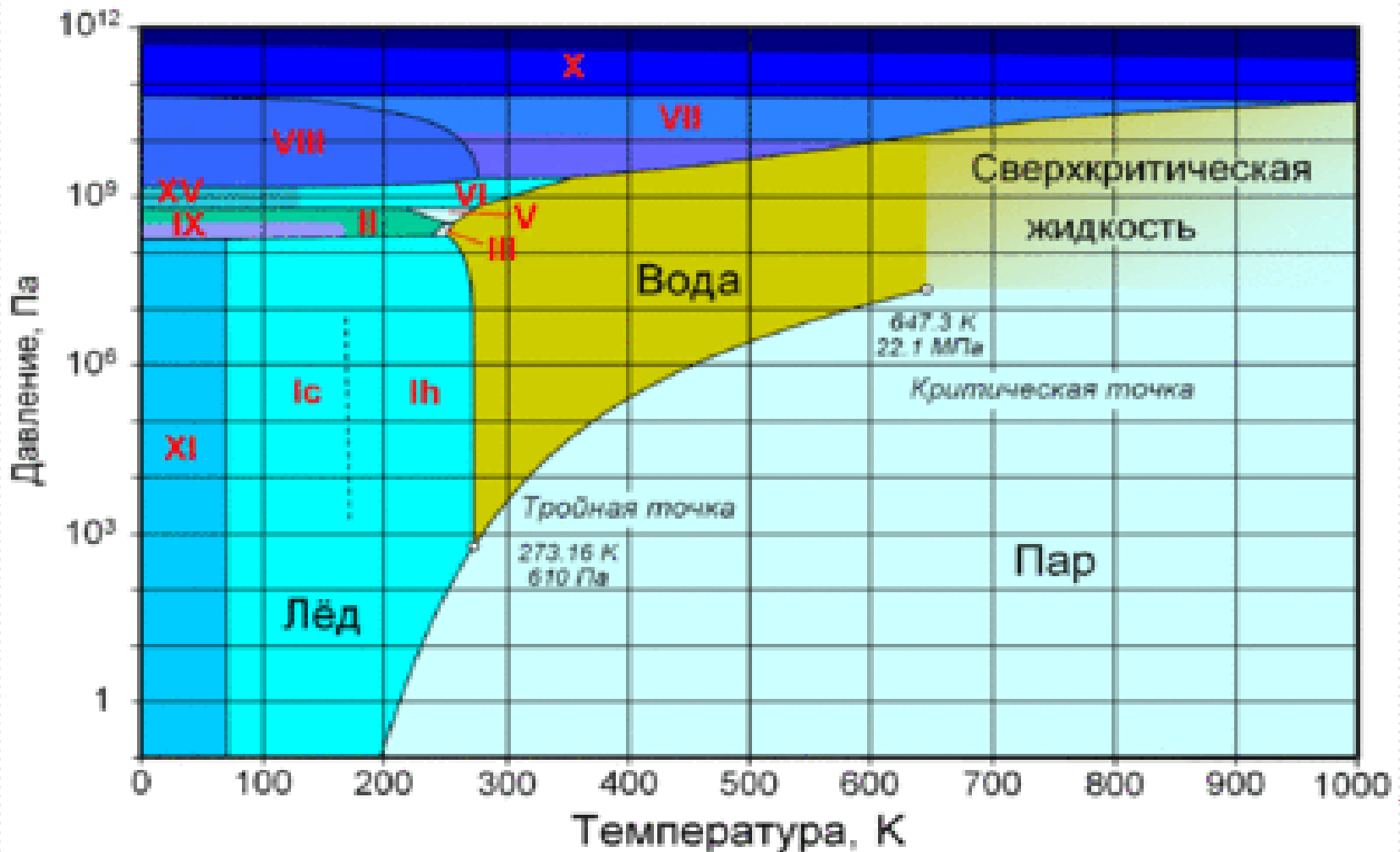
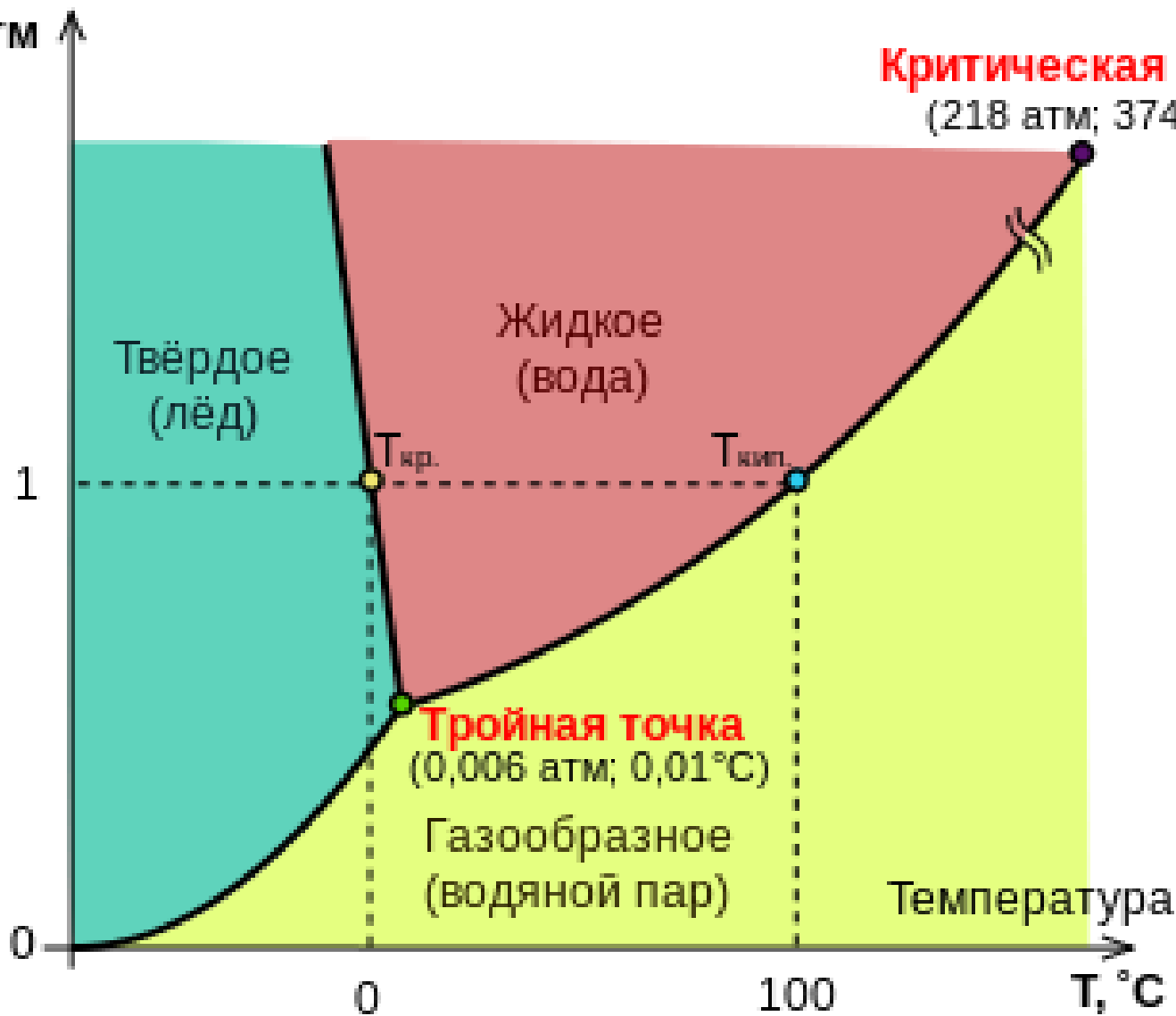


Диаграмма критического состояния воды



Давление
 P , атм



Температура *кипения* жидкости

- t , при которой P насыщенного пара
над жидкостью становится равным
внешнему P

Температура замерзания жидкости

- t , при которой P насыщенного пара над жидкостью становится равным P насыщенного пара над кристаллами этой жидкости
-

II-ой закон Рауля

- Растворы **кипят** при более **высоких** температурах, чем чистый растворитель, а **замерзают** при более **низких**

$$\Delta T_{\text{кип}} = E \cdot C_m$$

$$\Delta T_{\text{зам}} = K \cdot C_m$$

E — эбулиоскопический коэффициент (для воды = 0,52 град моль/кг)

K — криоскопический коэффициент (для воды = 1,86 град моль/кг)

K – криоскопический коэффициент

Растворитель	$t_{пл}, ^\circ\text{C}$	K_k	
		Эксперимент	Расчет
Муравьиная кислота	8,4	2,77	2,67
Нафталин	80,1	6,90	6,90
Нитробензол	5,7	6,90	6,83
Серная кислота $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	-39,5	4,80	5,00
Трихлоруксусная кислота	57,5	12,10	10,73
Уксусная кислота	16,5	3,90	3,57
Хлороформ	-63,2	4,90	4,73
Циклогексан	6,2	20,20	-
Циклогексанол	23,6	38,20	40,90
Тетрахлорид углерода	23,8-28,6	2,98	2,98

Растворитель	$t_{пл}, ^\circ\text{C}$	K_k	
		Эксперимент	Расчет
Ацетон	-95,4	2,40	2,86
Бензол	5,5	5,10	5,07
Вода	0	1,86	1,86
Диметилсульфоксид	18,4	4,52	4,34
Диоксан	11,7	4,63	4,71
<i>o</i> -Крезол	30,0	5,60	6,06
<i>n</i> -Крезол	37,0	7,00	7,26
<i>n</i> -Ксилол	16,0	4,30	4,20

E – эбулоскопический коэффициент

Растворитель	$t_k, ^\circ\text{C}$	K_3	
		Эксперимент	Расчет
Ацетон	56,3	1,72	1,72
Бензол	80,1	2,61	2,62
Вода	100,0	0,52	0,51
Декалин	191,7	5,76	6,04
Диметилсульфоксид	189,0	3,00	3,06
Диметилформамид	151,5	3,40	3,26
Диоксан	101,3	3,13	3,23
Дихлорметан	40,1	2,60	2,47
Дихлорэтан-1,2	60,0	3,44	3,31
Диэтиловый эфир	35,6	2,16	2,14
Метиловый спирт	64,6	0,78	0,86
Муравьиная кислота	100,7	2,40	2,31
Нафталин	218,0	5,80	-
Нитробензол	210,8	5,24	-
Нитрометан	102,0	1,86	2,07
Пиридин	115,8	2,69	2,89
Пропиловый спирт	97,3	1,73	1,68
Тетралин	207,3	5,58	5,78
Тетрагидрофуран	64,5	3,10	3,00
Тетрахлорэтилен	121,9	5,50	6,19
Толуол	110,6	3,84	3,36
Уксусная кислота	118,1	3,07	3,14
Уксусный ангидрид	140,0	3,53	3,62
Хлорбензол	132,0	4,15	4,20
Хлороформ	60,1	3,66	3,75
Циклогексан	81,5	2,75	2,86
Тетрахлорид углерода	76,8	5,00	5,25
Этиловый спирт	78,4	1,20	1,10
Фенол	182,1	3,60	-

Осмос. Осмотическое давление. Закон Вант-Гоффа

Осмос – самопроизвольная **диффузия** молекул **растворителя** сквозь мембрану с избирательной проницаемостью
(**из области с меньшей концентрацией** в **область с большей концентрацией** **растворенного вещества**)

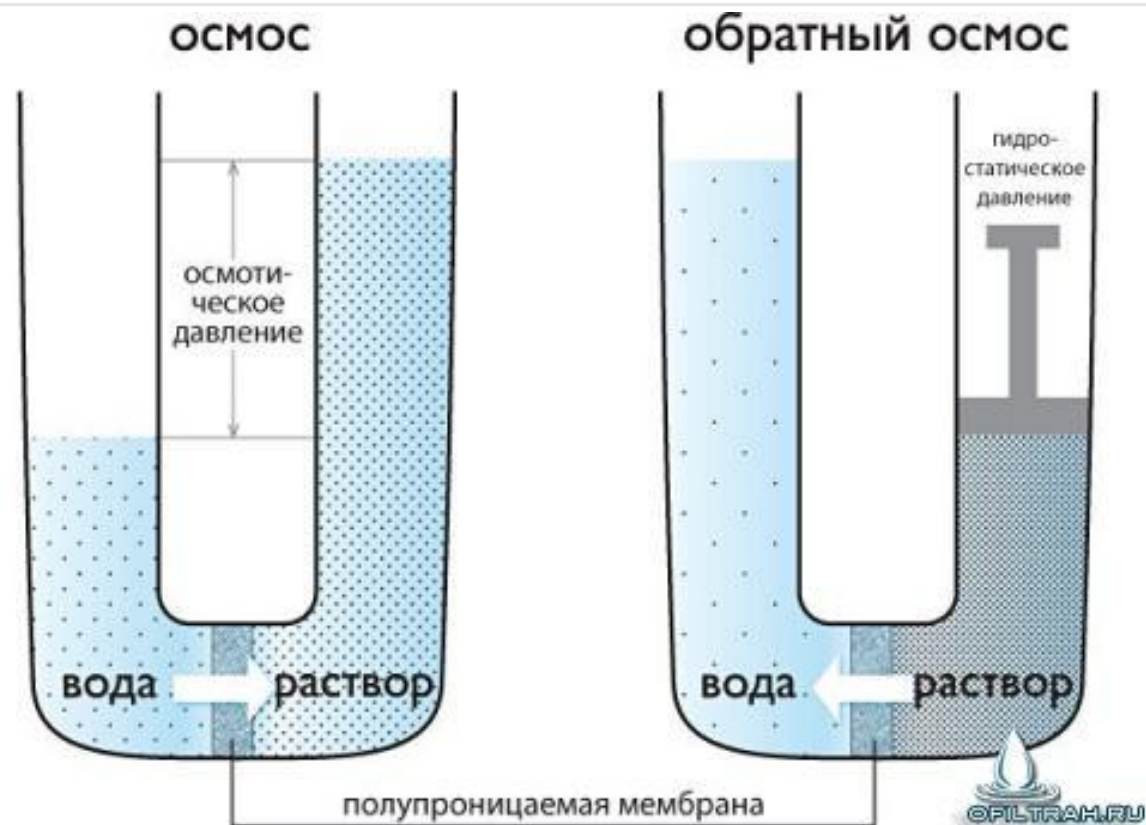
ОСМОС



Осмотическое давление -

– избыточное гидростатическое давление, возникающее в результате осмоса и приводящее к выравниванию скоростей взаимного проникновения молекул растворителя сквозь мембрану с избирательной проницаемостью

ОСМОС



Закон Вант-Гоффа

уравнение Менделеева – Клапейрона

$$pV = \frac{m}{M} RT$$

$$pV = \nu RT$$

R – газовая постоянная 0,0821 л·атм/(моль·К)

8,31441 Дж/(моль·К)

8,3144598(48)·10⁷ эрг/(моль·К)

$$P_{осм} = C \cdot R \cdot T$$

$P_1 > P_2$ гипертонический раствор

$P_1 < P_2$ гипотонический раствор

$P_1 = P_2$ изотонический раствор

ИЗОТОНИФИКАЦИЯ РАСТВОРОВ

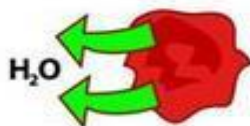
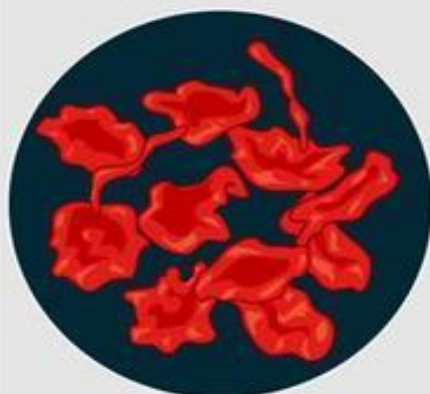
Изотонические растворы – растворы с осмотическим давлением, равным осмотическому давлению жидкостей организма (плазмы крови, лимфы, спинномозговой жидкости и т.д.)

Осмотическое давление растворов является следствием теплового движения молекул растворенного вещества, стремящегося занять возможно больший объем.

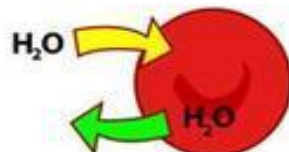
Осмотическое давление плазмы крови на уровне $72,52 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^2$ (Па), т.е. **7,4 атм.**

Растворы с меньшим осмотическим давлением называются **гипотоническими**, с большим – **гипертоническими**.

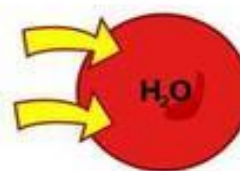
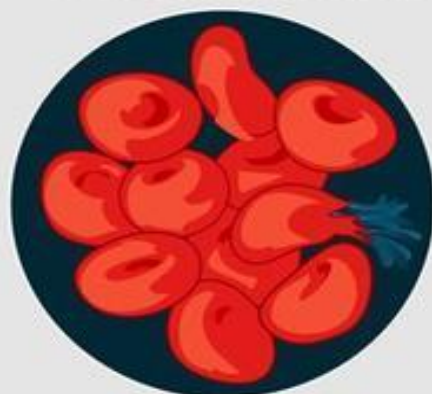
Гипертонический



Изотонический



Гипотонический

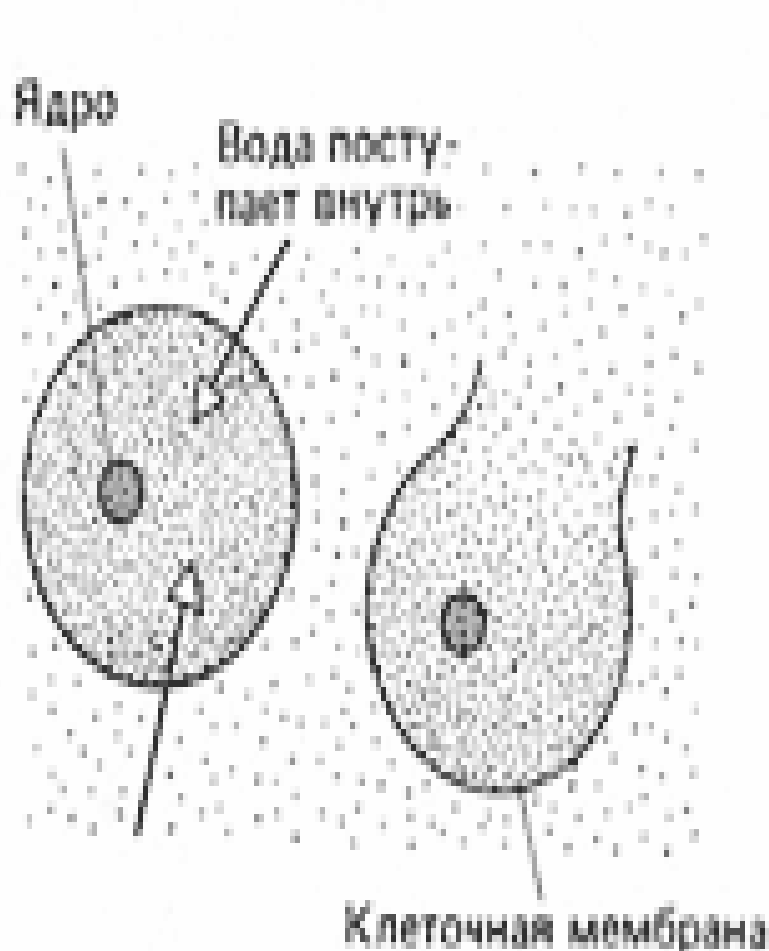


Осмотическая ячейка

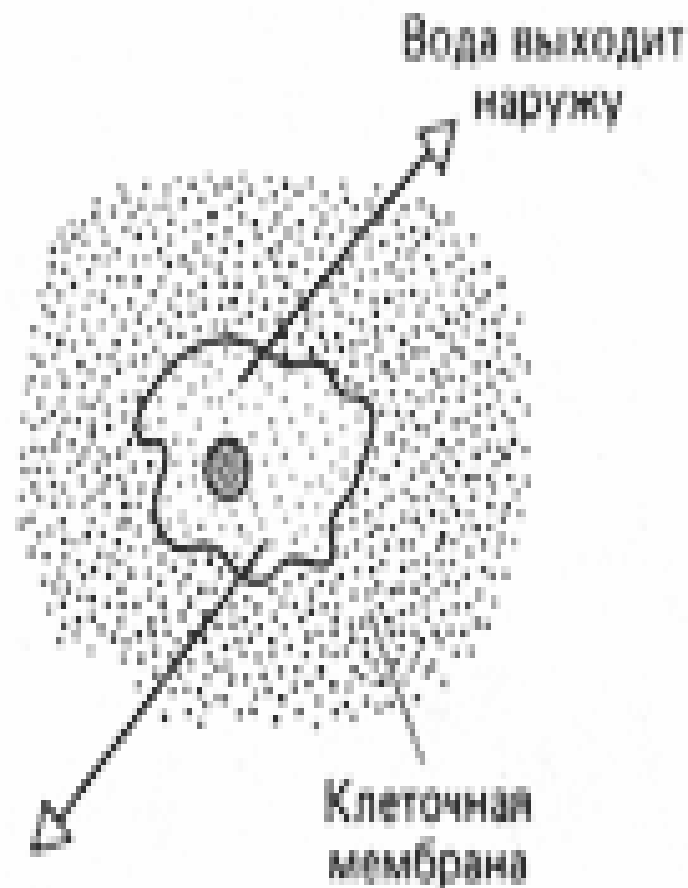
- система отделенная от окружающей среды полупроницаемой мембраной



$P_{\text{осм}}$ в почве < $P_{\text{осм}}$ в корнях < $P_{\text{осм}}$ в листьях



А. Животная клетка в разбавленном растворе поглощает воду до тех пор, пока не лопнет



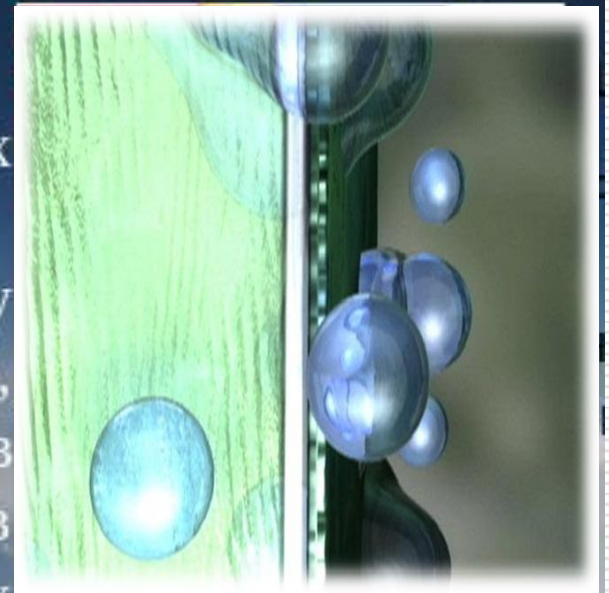
Б. Животная клетка в концентрированном растворе теряет воду и сморщивается

Значение осмоса.

Осмоз играет важную роль во многих биологических процессах.

Мембрана, окружающая нормальную клетку **крови**, проницаема лишь для молекул воды, **кислорода**, некоторых из растворенных в крови питательных веществ и продуктов клеточной жизнедеятельности; для больших **белковых** молекул, находящихся в растворенном состоянии внутри клетки, она непроницаема. Поэтому белки, столь важные для биологических процессов, остаются внутри клетки.

Осмоз участвует в переносе питательных веществ в стволах высоких деревьев, где капиллярный перенос не способен выполнить эту функцию.



Отклонение от законов Рауля и Вант-Гоффа в растворах электролитов

$$i = 1 + \alpha \cdot (n-1)$$

Изотонический коэффициент – учитывает во сколько раз число растворенных частиц в электролите больше, чем число молекул в растворе неэлектролита

$$i = \Delta T_{\text{зам}} \text{ эксп} / \Delta T_{\text{зам}} \text{ теор}$$

$$\Delta T_{\text{кип}} = i \cdot E \cdot C_m$$

$$\Delta T_{\text{зам}} = i \cdot K \cdot C_m$$

$$P_{\text{осм}} = i \cdot C \cdot R \cdot T$$

