

Лекция 5

Коллигативные свойства растворов

План

5.1 Первый закон Рауля

**5.2 Эбуллиоскопический закон
Рауля**

**5.3 Криоскопический закон
Рауля**

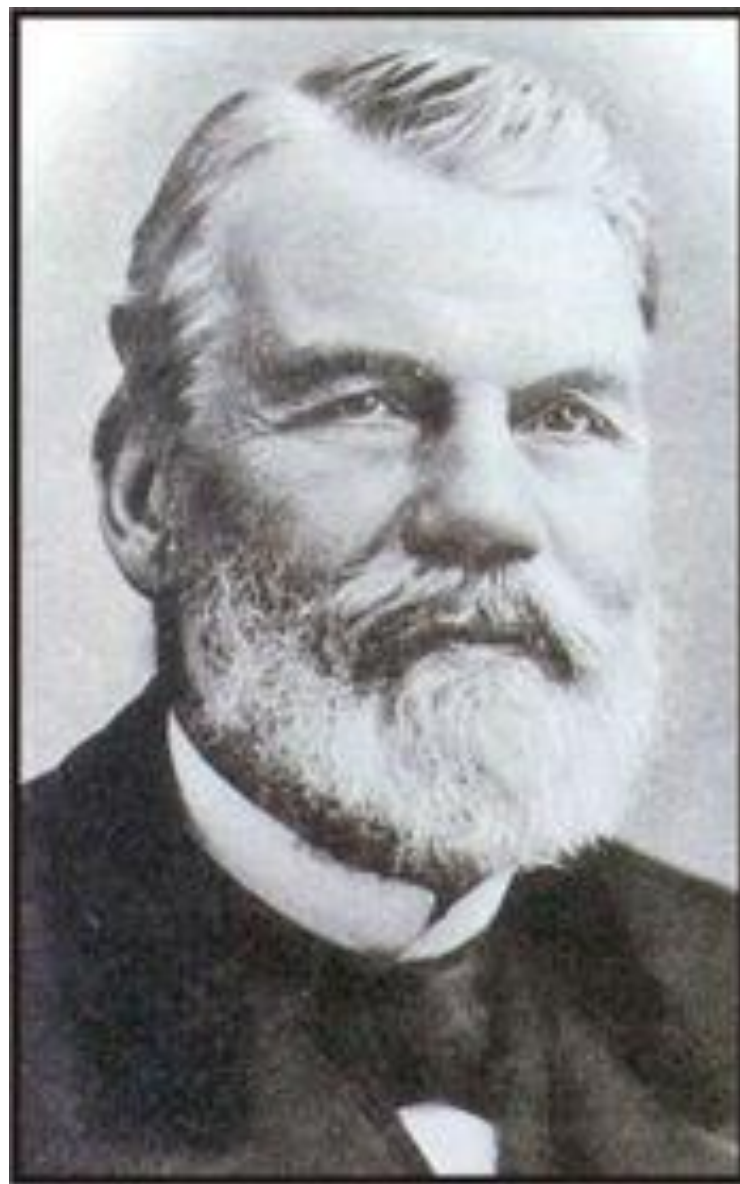
**5.4 Осмос. Осмотическое
давление**

Коллигативными (общими)
называются свойства растворов,
зависящие только от их
концентрации, точнее от
соотношения числа частиц
растворителя и растворенного
вещества. **Коллигативные**
свойства не зависят от природы
веществ.

**Важнейшими коллигативными
свойствами растворов являются:**

- 1) Понижение давления пара над
раствором ;**
- 2) Повышение температуры
кипения раствора;**
- 3) Понижение температуры
замерзания раствора;**
- 4) Осмос и осмотическое
давление.**

Франсуа Мари Рауль,
работавший в
университете в
Гренобле, был первым
ученым-
экспериментатором,
сделавшим достаточно
точные измерения,
позволившие описать
влияние растворенного
вещества на физические
свойства растворителя.



Франсуа Мари Рауль
(1830-1901)

5.1 Первый закон

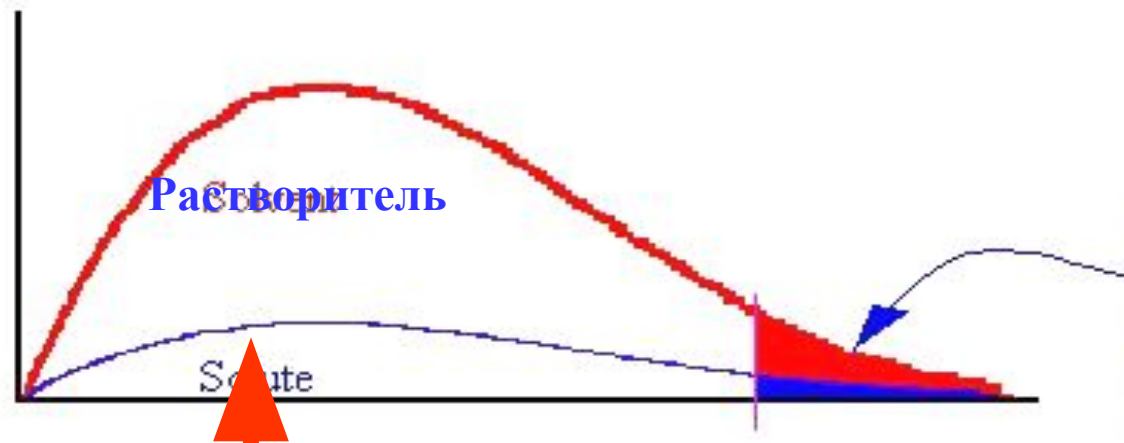
Рауля: давление пара
над раствором
нелетучего вещества
меньше давления пара
над чистым
растворителем.

**Это явление объясняется
тем, что нелетучее
растворенное вещество
связывает часть молекул
растворителя в виде
сольватов (гидратов),
тормозя процесс испарения.**

Площадь под кривой соответствует общему числу молекул в жидкости



Молекулы,
способные
переходить в
газовую фазу



Растворенное вещество

Математическое описание первого закона Рауля для бинарной системы

Для неэлектролитов

$$P_0 - P \quad v(X)$$

$$\text{-----} = \text{-----}$$

$$P_0 \quad v(X) + v(\text{р-ль})$$

p_0 – давление насыщенного пара
над чистым растворителем,

p – давление пара над раствором
нелетучего вещества,

$\nu(X)$ – химическое количество
растворенного вещества

$$P_0 - P$$

$$P_0$$

*относительное
понижения
давления пара
над раствором*

Для электролитов

$$\frac{P_0 - P}{P_0} = \frac{i v(X)}{i v(X) + v(\text{p-ль})}$$

***i*– изотонический
коэффициент
(коэффициент Вант-
Гоффа),
характеризующий
диссоциацию
электролита на ионы.**

Криоскопический
(**"криос"**—холод) и
эбулиоскопический
(**"эбулио"**-кипение)

ЗАКОНЫ являются
следствием первого закона
Рауля.

5.2

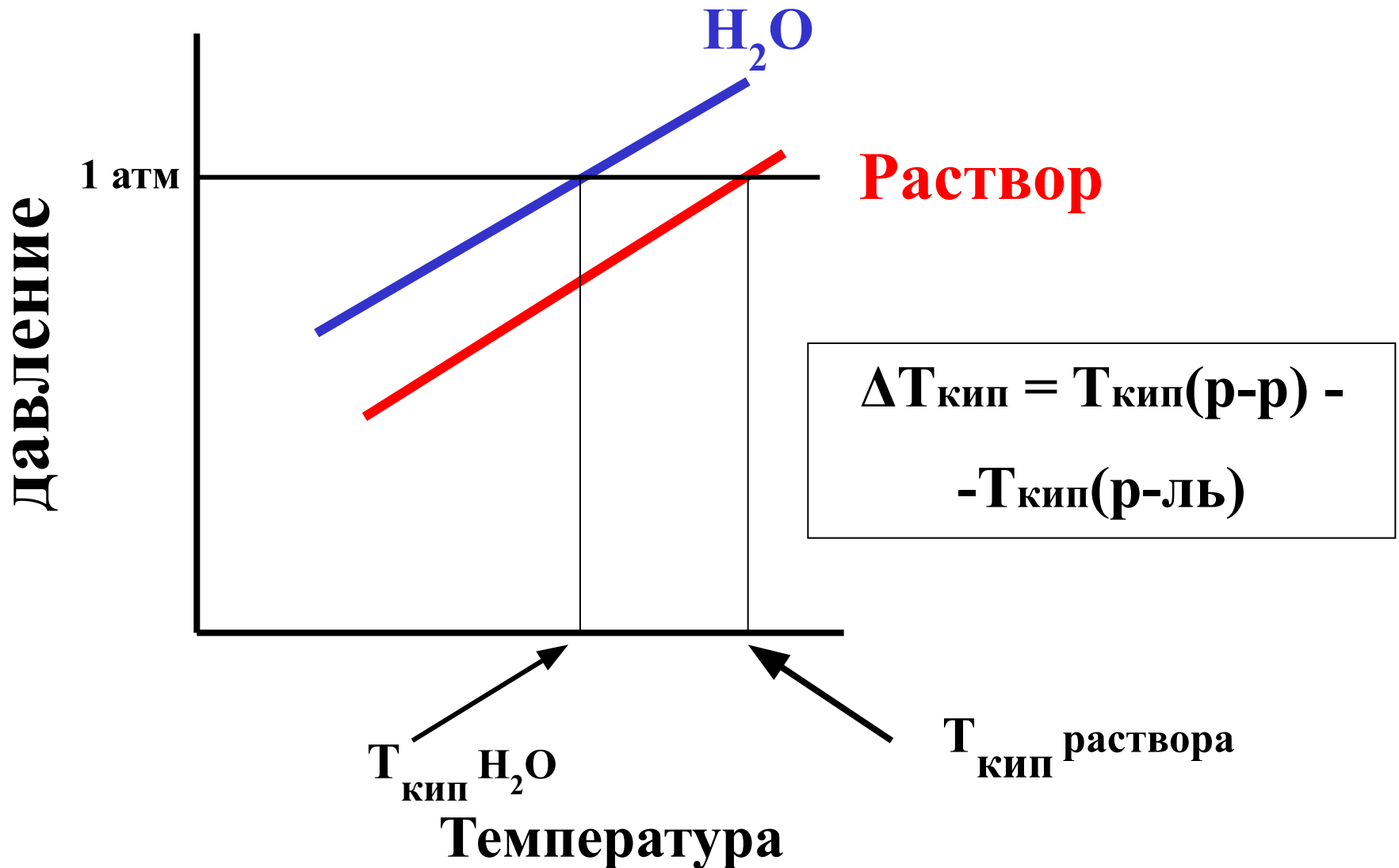
**Эбулиоскопический
закон Рауля:** раствор
нелетучего вещества
кипит при более высокой
температуре, чем чистый
растворитель..

Температура кипения

($T_{\text{кип}}$) - ЭТО

**температура, при
которой давление пара
над жидкостью равно
атмосферному
давлению.**

Давление водяного пара над водой и раствором нелетучего вещества



Математическое описание эбулиоскопического закона

Для неэлектролитов

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

$$m(X) \quad 1000$$

$$\Delta T_{\text{кип}} = E \quad \frac{\text{-----}}{\text{-----}}$$

$$M(X) \quad m(\text{р-ль})$$

Для электролитов

$$\Delta T_{\text{кип}} = i E C_m$$

$$\Delta T_{\text{кип}} = i E \frac{m(X) \cdot 1000}{M(X) \cdot m(\text{р-ль})}$$

**Е – эбулиоскопическая
константа**

растворителя

$$\mathbf{E\ (H_2O)\ =\ 0,52}$$

5.3 Криоскопический закон Рауля: раствор нелетучего вещества замерзает при более низкой температуре, чем чистый растворитель.

Температура замерзания

$(T_{\text{зам}})$ - это
температура, при
которой давление пара
над жидкостью равно
давлению над твердым
растворителем.

Математическое описание криоскопического закона Для неэлектролитов

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

$$\Delta T_{\text{зам}} = K \frac{m(X) \times 1000}{M(X) \times m(\text{р-ль})}$$

Для электролитов

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

$$\Delta T_{\text{зам}} = i K \frac{m(X) \times 1000}{M(X) \times m(\text{p-ль})}$$

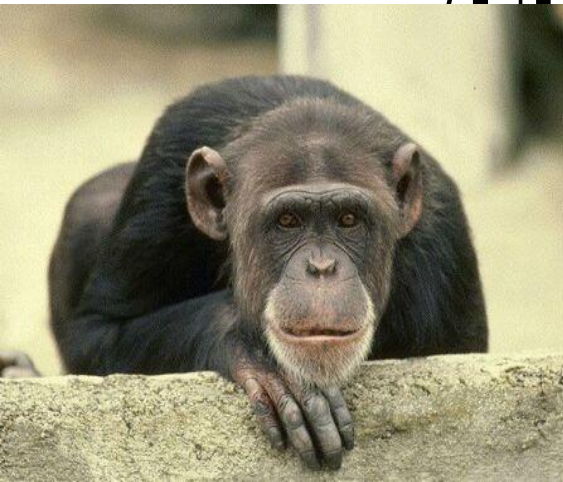
$$\Delta T_{\text{зам}} = T_{\text{зам}}(\text{р-ль}) - T_{\text{зам}}(\text{р-р})$$

Для плазмы крови человека

$$\Delta T_{\text{зам}} = 0,56^{\circ}$$

Для плазмы животных

$$\Delta T_{\text{зам}} = 0,58^{\circ}$$



**К – криоскопическая
константа**

растворителя

$$K_{\text{(H}_2\text{O)}} = 1,86$$

**Эбуллиоскопия и
криоскопия - это методы,
позволяющие
экспериментально определить
молярные массы растворенных
веществ, а также некоторые
другие характеристики
растворов.**

Определение молярной массы лекарственных препаратов

**криоскопическим методом
широко применяется в
фармакопейных анализах.**

5.4 Все растворы обладают способностью к диффузии.

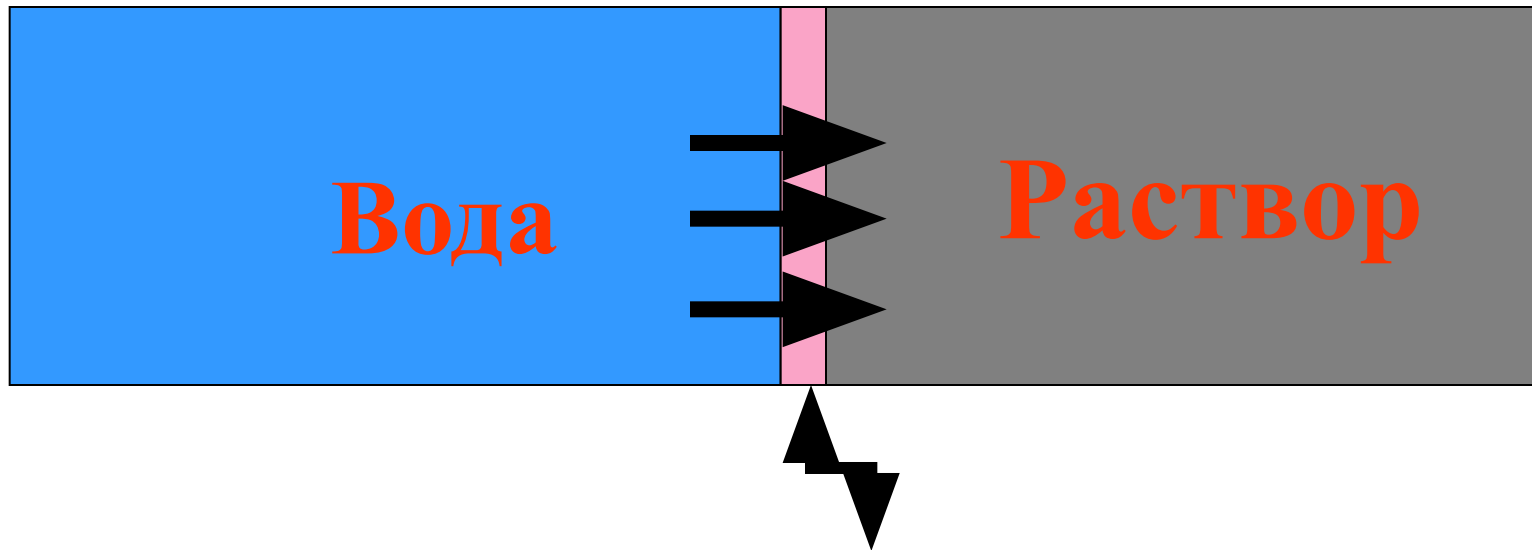
Диффузия - это равномерное распределение вещества по всему объему раствора, протекающая по всем направлениям. Ее движущая сила - стремление к максимуму энтропии.

Можно создать условие, при котором диффузия протекает только в одном направлении.

Для этого раствор и растворитель разделяют полупроницаемой мембраной, через которую могут проходить только молекулы (ионы) небольшого размера.

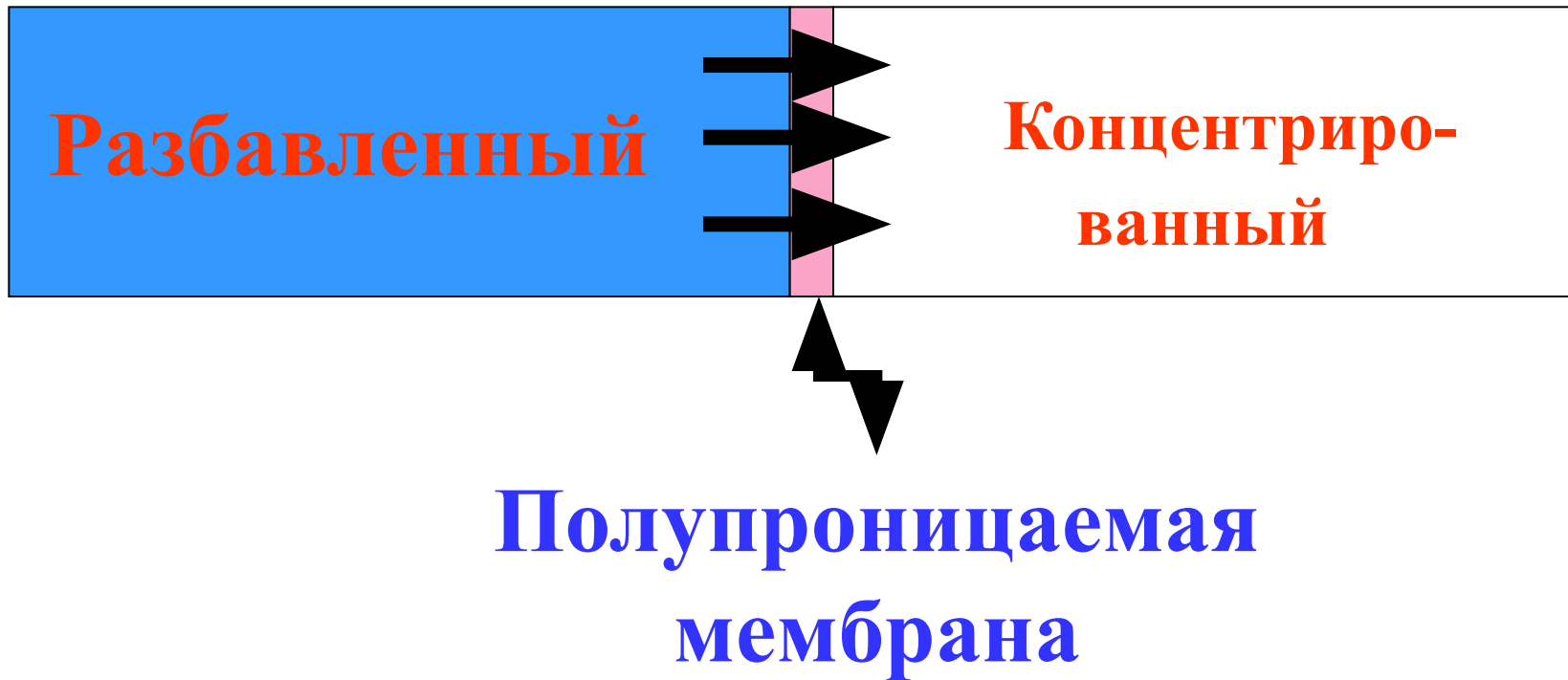
Осмос - односторонняя
диффузия растворителя
через полупроницаемую
мембрану **из растворителя**
в раствор или из
разбавленного раствора в
более концентрированный.

Осмос воды в раствор



Полупроницаемая
мембрана

Осмоз воды из разбавленного раствора в более концентрированный



**Движущей силой осмоса
является стремление к
выравниванию
концентрации
растворенного вещества
по обе стороны
мембраны.**

**Процесс протекает само-
произвольно и
сопровождается
увеличением энтропии.**

**Пределом его
протекания является
состояние равновесия.**

**Давление, которое
оказывает растворитель
на мембрану,
называется
ОСМОТИЧЕСКИМ
давлением ($p_{\text{осм}}$).**

Осмотическое давление описывается уравнением Вант-Гоффа.

Для неэлектролитов:

$$p_{\text{осм}} = C_{\text{м}} \times R \times T$$

Для электролитов:

$$p_{\text{осм}} = i \times C_{\text{м}} \times R \times T$$

Я.Х.Вант-Гофф

**является
одним из
основателей
физической
химии и
стереохимии.
Он заложил
основы теории
разбавленных
растворов.**



**Якоб Хендрик Вант-Гофф
(1852-1911)**

**Клеточные мембраны
животных и растительных
организмов являются
проницаемыми для воды и
небольших ионов. Проходя
через них вода создает
осмотическое давление.
Давление плазмы ~ 740 - 780
кПа (37⁰С).**

**Осмотическое давление
плазмы и других
биологических
жидкостей обусловлено
главным образом
присутствием
электролитов.**

В меньшей степени давление создается коллоидными частицами белков, не проходящих через мембрану. Осмотическое давление, создаваемое белками, называется ОНКОТИЧЕСКИМ. Оно составляет всего 3-4 кПа.

**Осмотический
гомеостаз обусловлен
работой почек, легких,
КОЖИ. Работа по переносу
вещества против
градиента концентрации
называется осмотической.**

**Осмоз лежит в основе
целого ряда
физиологических
процессов: усвоение пищи,
выделение продуктов
жизнедеятельности,
активный транспорт воды.**

**В медицинской практике
используют растворы,
ИЗООСМОТИЧНЫЕ с кровью
(физиологические растворы).
Например, NaCl (0,9%),
глюкоза (4,5%)**

**Введение
физиологических
растворов в кровь,
спинномозговую жидкость
и другие биологические
жидкости человека не
вызывает осмотического
конфликта.**

**При введении
гипотонического раствора в
кровенное русло ($p_{осм} <$
740 кПа) наблюдается
набухание эритроцитов
вплоть до разрыва
клеточной оболочки
(гемолиз).**

**Начальная стадия гемолиза
наблюдается при**

$p_{\text{осм}} \sim 360 - 400 \text{ кПа},$

полный гемолиз

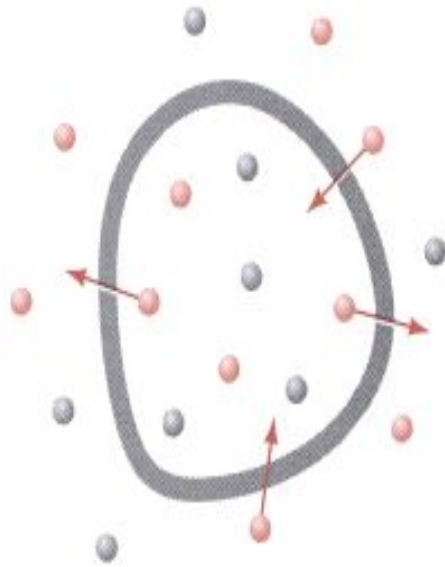
наблюдается при

$p_{\text{осм}} = 260 - 300 \text{ кПа}.$

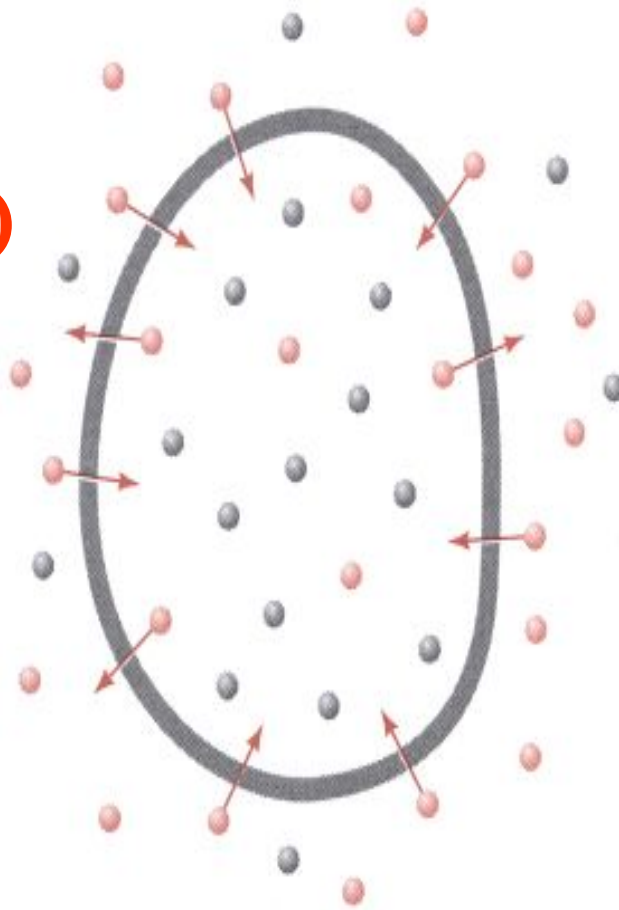
Плазмолиз (сморщивание
эритроцитов) имеет
место при введении в
кровенное русло
гипертонического
раствора ($p_{\text{осм}} > 780 \text{ кПа}$).

● Water molecules
● Solute molecules

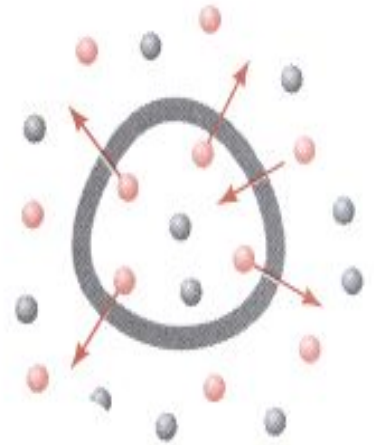
(a)



(б)



(в)



**Клетка в растворе (а) изотоническом,
(б) гипотоническом,
(в) гипертоническом**

Применение гипертонических растворов в медицине

***10 %-ный раствор NaCl используется
для лечения гнойных ран;**

***25 %-ный раствор MgSO_4
применяется как гипотензивное
средство;**

***различные гипертонические
растворы используются для лечения
глаукомы**

Важной характеристикой растворов, применяемых для внутривенных инъекций, является их осмолярность и осмоляльность. Они характеризуют содержание частиц, не способных диффундировать через клеточную мембрану.

Благодарим

за

Внимание!!!