

Лекция 5

**Коллигативные
свойства
растворов**

План

5.1 Первый закон Рауля

5.2 Эбулиоскопический закон
Рауля

5.3 Криоскопический закон
Рауля

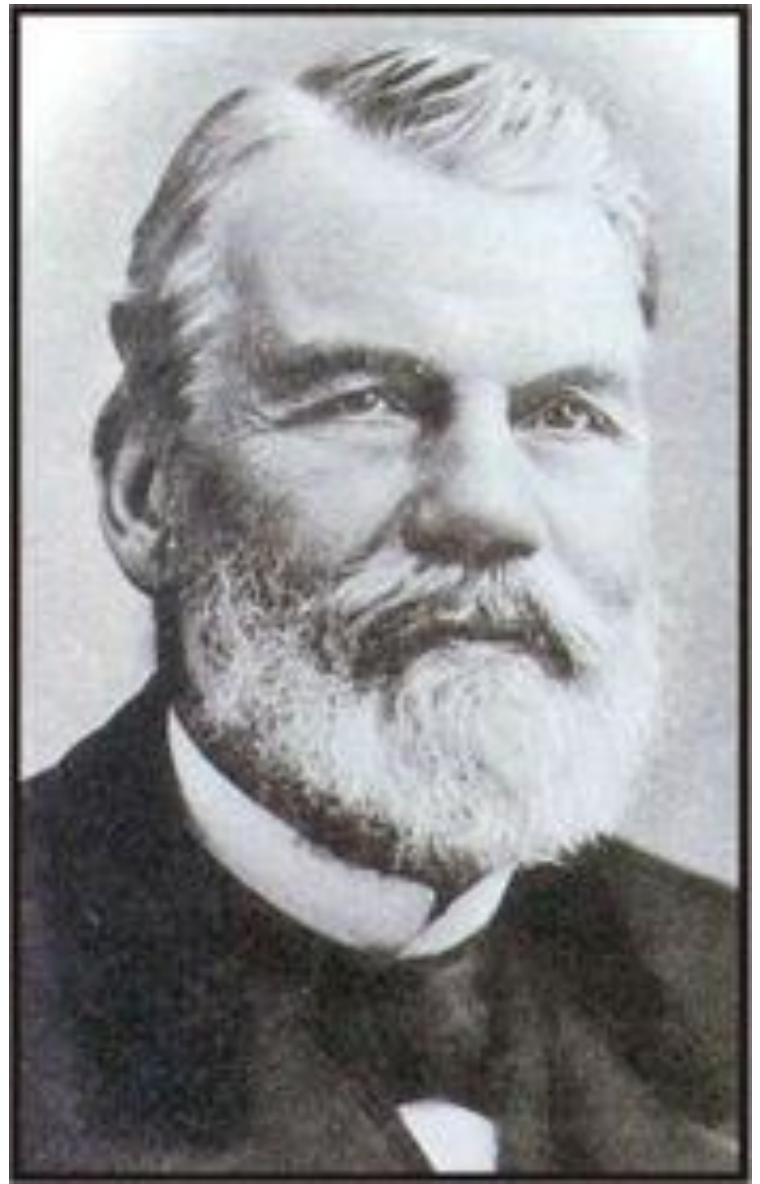
5.4 Осмос. Осмотическое
давление

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

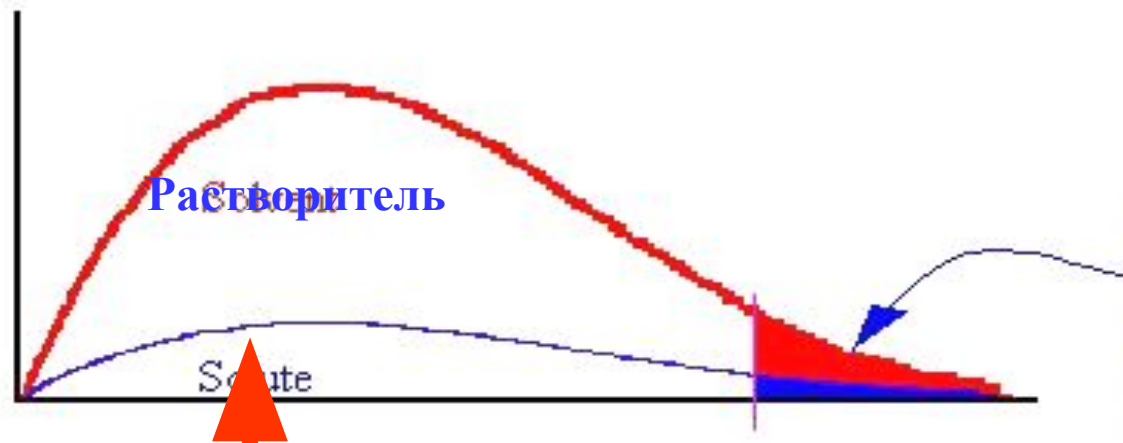
Рауля: давление пара
над раствором
нелетучего вещества
меньше давления пара
над чистым
растворителем.

**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

$$P_0 - P = \nu(X) P_0$$

$$P_0 - P = \nu(X) P_0$$

$$P_0 = \nu(X) + \nu(\text{p-ль})$$

p_0 – давление насыщенного пара над чистым растворителем,

p – давление пара над раствором нелетучего вещества,

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

$$\frac{P_0 - P}{P_0}$$

*относительное
понижения
давления пара
над раствором*

Для электролитов

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

***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

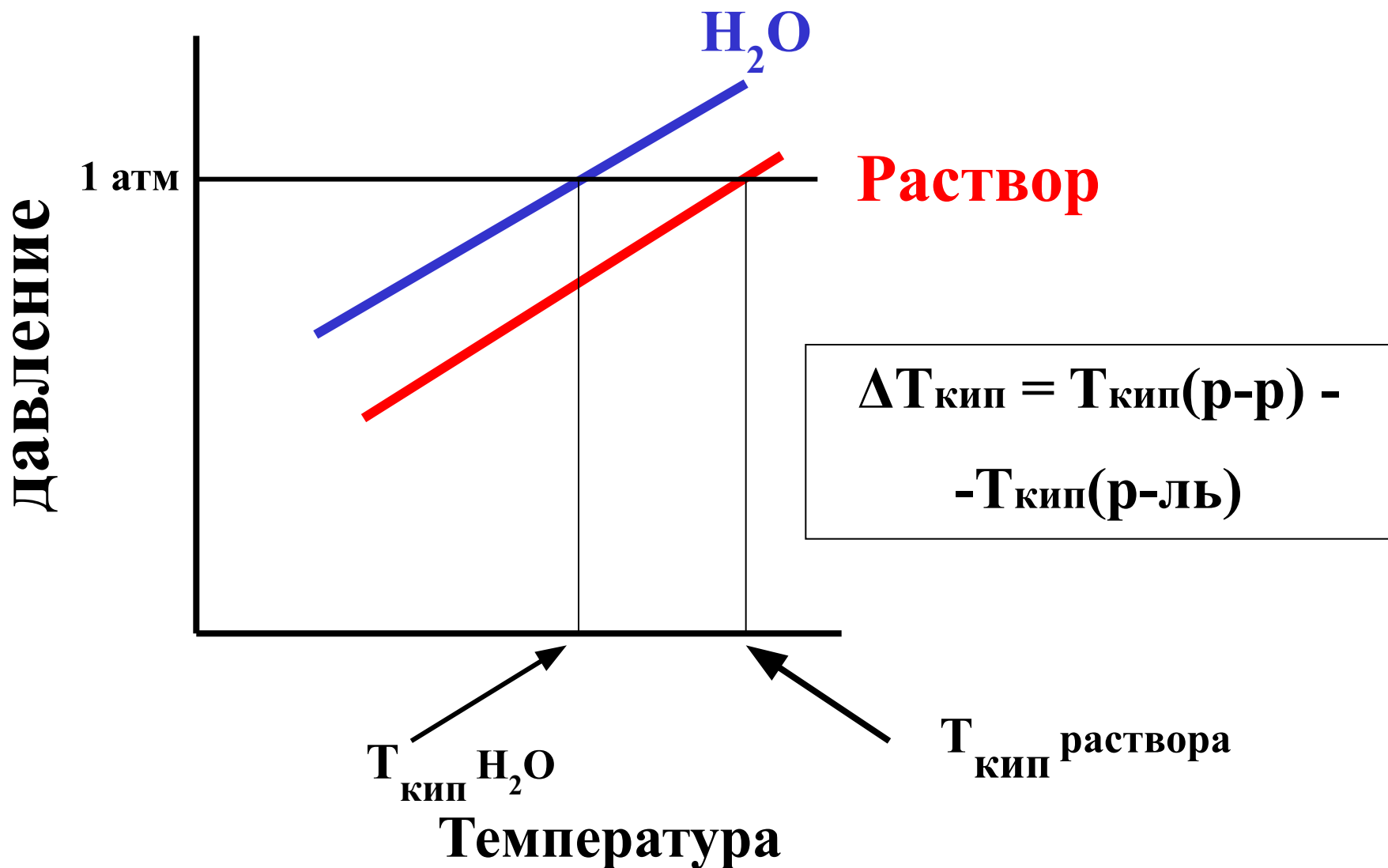
Эбуллиоскопический закон Рауля: раствор нелетучего вещества кипит при более высокой температуре, чем чистый растворитель.

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

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

$$m(X) \quad 1000$$

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

$$M(X) \quad m(\text{р-ль})$$

Для электролитов

$$\Delta T_{\text{кип}} = i E C_m$$

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

**E – эбулиоскопическая
константа**

растворителя

$$E(\text{H}_2\text{O}) = 0,52$$

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

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

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

Для электролитов

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

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

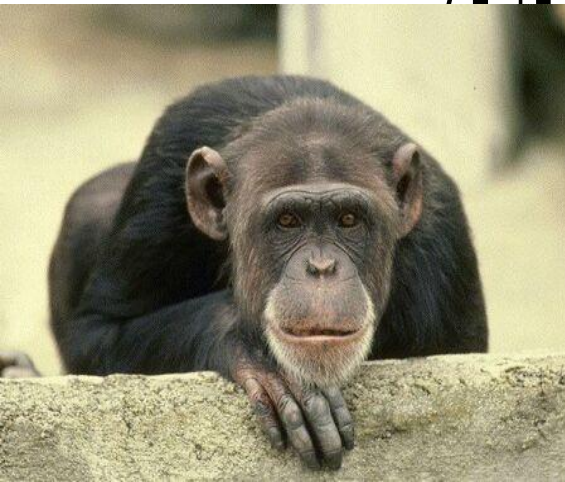
$$\Delta T_{\text{зам}} = T_{\text{зам}}(\text{р-ль}) - T_{\text{зам}}(\text{р-р})$$

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

$$\mathbf{K (H_2O) = 1,86}$$

**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.

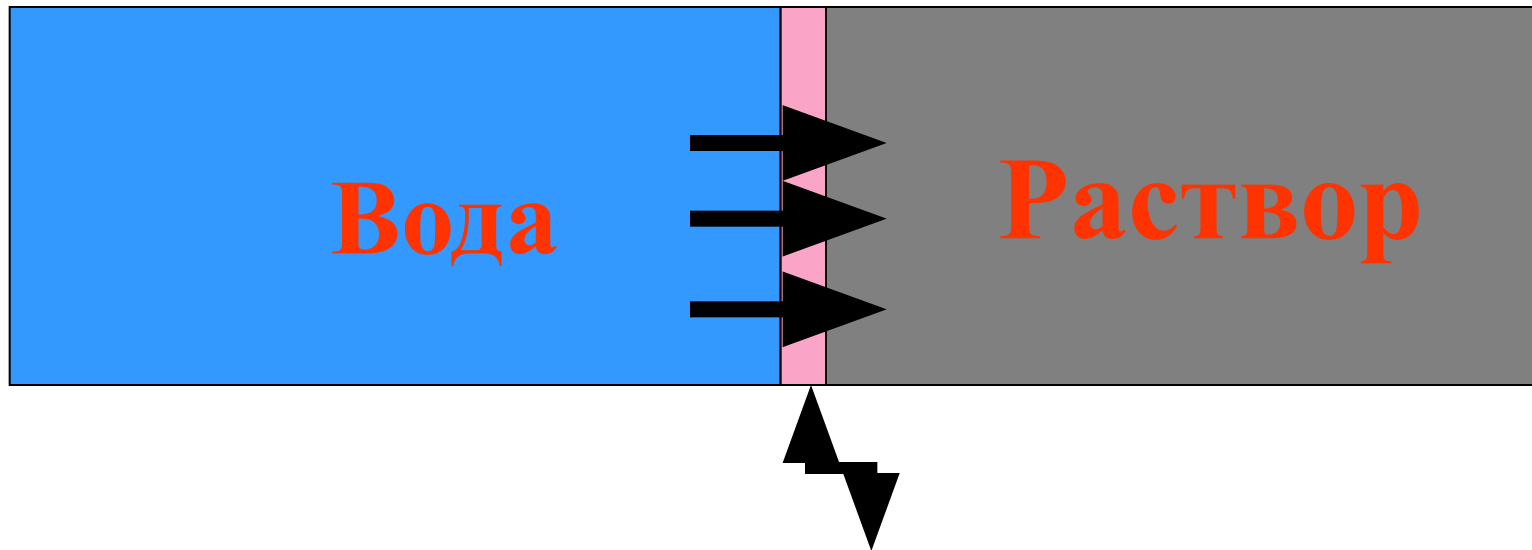
Диффузия - это равномерное распределение вещества по всему объему раствора, протекающая по всем направлениям. Ее движущая сила - стремление к максимуму энтропии.

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.

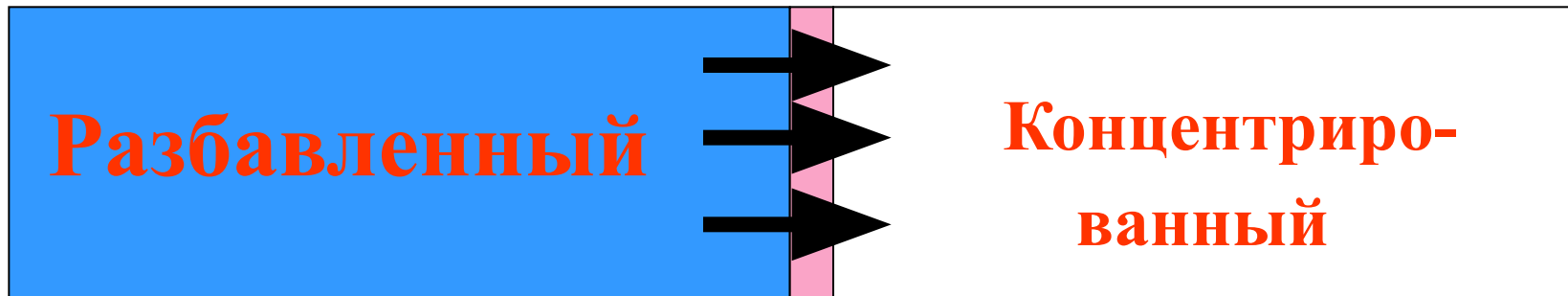
Осмоз - односторонняя
диффузия растворителя
через полупроницаемую
мембрану **из растворителя**
в раствор или из
разбавленного раствора в
более концентрированный.

Осмоз воды в раствор



Полупроницаемая
мембрана

Осмоз воды из разбавленного раствора в более концентрированный



Полупроницаемая
мембрана

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

кровеное русло ($p_{осм} <$

740 кПа) наблюдается

набухание эритроцитов

вплоть до разрыва

клеточной оболочки

(гемолиз).

**Начальная стадия гемолиза
наблюдается при**

$p_{\text{осм}} \sim 360 - 400$ кПа,

ПОЛНЫЙ ГЕМОЛИЗ

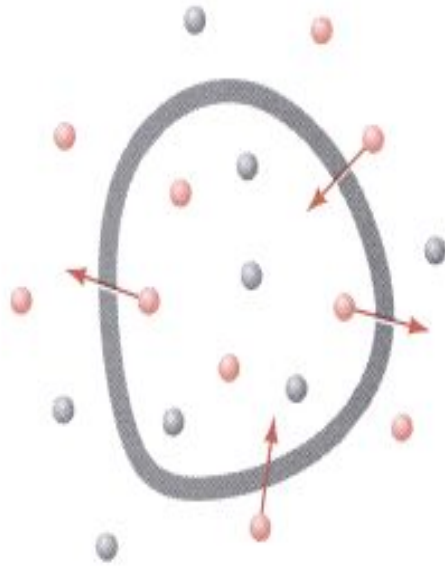
наблюдается при

$p_{\text{осм}} = 260 - 300$ кПа.

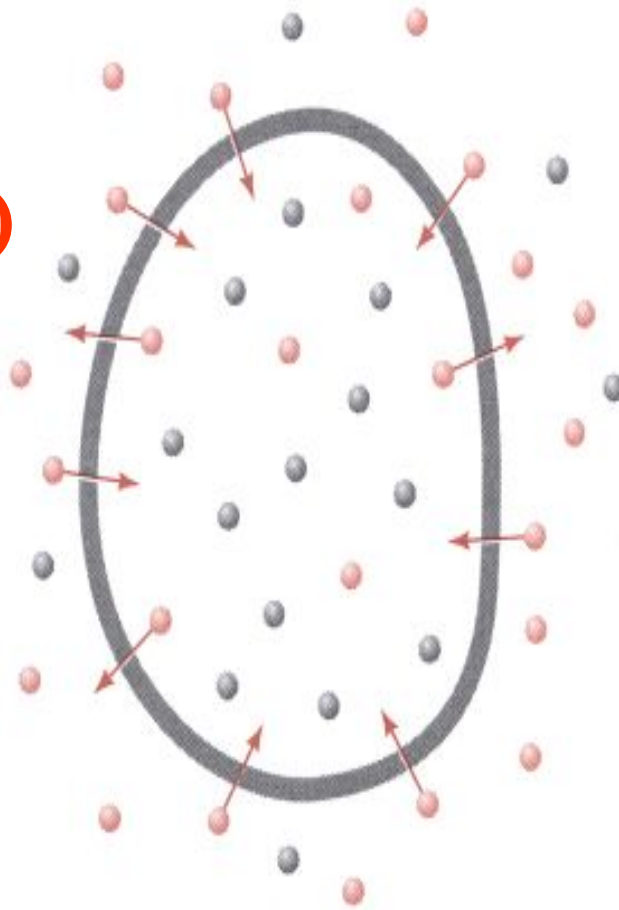
Плазмолиз (сморщивание эритроцитов) имеет место при введении в кровяное русло **гипертонического раствора** ($p_{\text{осм}} > 780 \text{ кПа}$).

● Water molecules
● Solute molecules

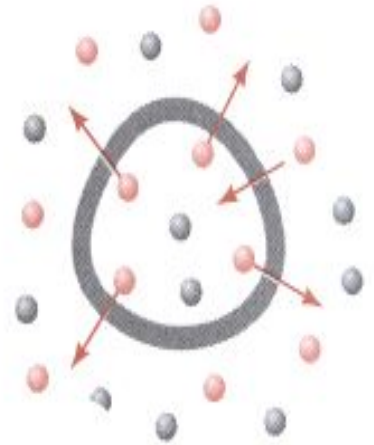
(a)



(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 MgSO₄
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!!!