



ОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА ХИМИИ

Лекция 4. Коллигативные свойства растворов. Осмос. Осмотическое давление

- 1. Закон Рауля, следствия из закона Рауля.**
- 2. Осмос, осмотическое давление.**
- 3. Биологическое значение осмоса.**
- 4. Онкотическое давление крови.**

Лектор: Ирина Петровна Степанова, доктор биологических наук, профессор, зав. кафедрой ХИМИИ

ЦЕЛИ ЛЕКЦИИ

ОБУЧАЮЩАЯ: сформировать знания о коллигативных свойствах растворов, осмосе, осмотическом давлении.

РАЗВИВАЮЩАЯ: расширить кругозор обучающихся на основе интеграции знаний, развить логическое мышление.

ВОСПИТАТЕЛЬНАЯ: содействовать формированию у обучающихся устойчивого интереса к изучению дисциплины.

Коллигативные свойства растворов
У растворов имеется ряд свойств,
которые

**не зависят от природы
растворенного
вещества и растворителя, а
определяются,
главным образом, общим числом
частиц
в растворе.**

**Такие свойства растворов
называют
коллигативными (коллективными).**



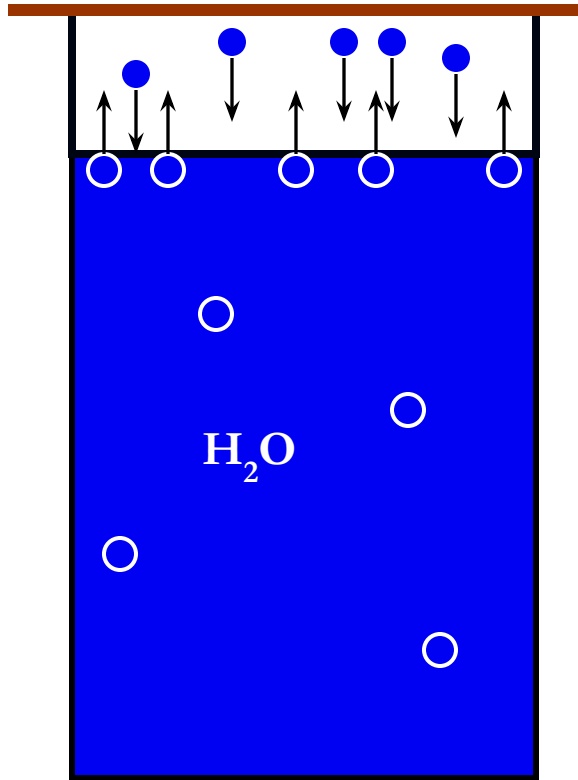
К ним относятся:

- **понижение давления насыщенного пара над раствором по сравнению с чистым растворителем;**
- **повышение температуры кипения и понижение температуры замерзания раствора по сравнению с чистым растворителем;**
- **осмос и осмотическое давление.**

Законы Рауля описывают влияние растворенного вещества на физические свойства растворителя.

В состоянии термодинамического равновесия ($\Delta G = 0$) число частиц, испаряющихся с поверхности жидкости за единицу времени, равно числу частиц, переходящих в жидкость из газовой среды.

Закон Рауля, следствия из закона Рауля



p^0

Пар, находящийся в равновесии с жидкостью, называют насыщенным. Давление такого пара P^0 называют давлением или упругостью насыщенного пара чистого растворителя.

При повышении температуры давление насыщенного пара над раствором возрастает.

$\uparrow t \quad \uparrow P^0$

H_2O :

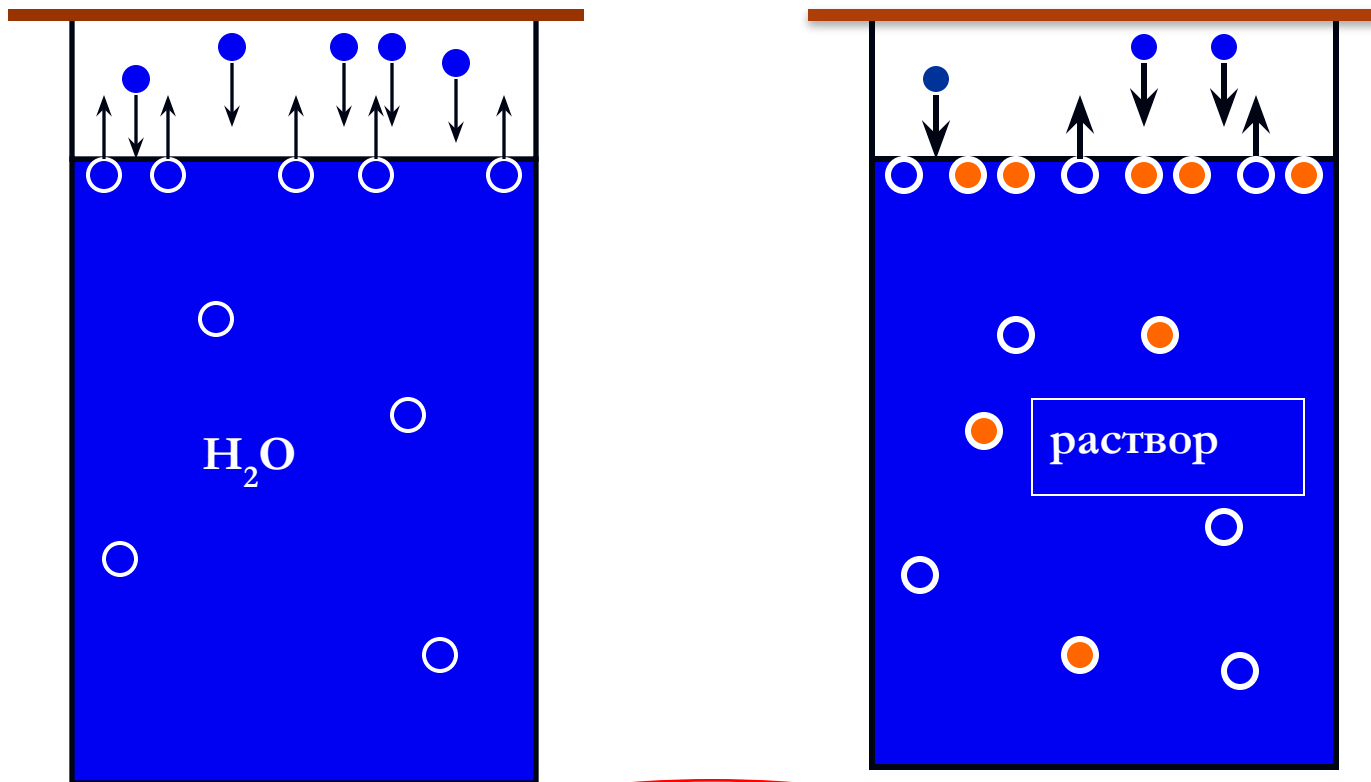
$0^{\circ}C - 4,6$ мм рт. ст.

$20^{\circ}C - 17,4$ мм рт. ст.

$100^{\circ}C - 760$ мм рт. ст.

$P^0 = p_{\text{атм.}}$ **жидкость закипает**

Повышение концентрации вещества понижает давление пара растворителя над раствором.



$$p^0 > p$$

Закон Рауля

Относительное понижение давления насыщенного пара растворителя над раствором нелетучего электролита равно молярной (мольной) доле растворенного вещества.

Закон Рауля точно соблюдается только для идеальных растворов и приблизенно для разбавленных реальных растворов.

Математическое выражение закона:

$$\frac{P^{\circ} - P}{P^{\circ}} = \frac{n}{n + N}, \text{ где}$$

P° – давление пара над чистым растворителем, Па;

P – давление пара растворителя над раствором нелетучего вещества, Па;

$P^{\circ} - P$ – абсолютное понижение давления пара над раствором;

$\frac{P^{\circ} - P}{P^{\circ}}$ – относительное понижение давления пара над раствором;

n – число моль растворенного вещества;

N – число моль растворителя;

Закон Рауля, следствия из закона Рауля

Для растворов электролитов в уравнение Рауля вводится **изотонический коэффициент Вант-Гоффа**.

$$\frac{P^o - P}{P^o} = \frac{i \cdot n}{i \cdot n + N}$$

$$i = \frac{N_i}{N_0}, \text{ где}$$

N_i – число частиц в растворе,

N_0 – число частиц, подвергшихся диссоциации.

Закон Рауля, следствия из закона Рауля

Например, $\text{AlCl}_3 \rightarrow \text{Al}^{+3} + 3\text{Cl}^-$, $i = 4/1 = 4$

Для растворов неэлектролитов $N_i = N_o$, тогда $i =$

1.

Для растворов электролитов $N_i > N_o$, тогда $i > 1$.

Величина изотонического коэффициента *зависит* от степени диссоциации α (в долях от единицы) и числа дочерних частиц ν :

$$i = 1 + \alpha(\nu - 1)$$

Для растворов сильных электролитов α стремится к 1, тогда

$$i = 1 + 1(\nu - 1)$$

$$i = \nu$$

Например, $\text{NaCl} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$,

$\alpha \rightarrow 1, \nu = 2, i = 2$

Следствия из закона Рауля

1. Повышение температуры кипения разбавленных растворов неэлектролитов по сравнению с чистым растворителем прямо пропорционально моляльной концентрации вещества в растворе.

$$\Delta T_{\text{кип}} = K_{\text{э}} \cdot b(x)$$

, где

$K_{\text{э}}$ – эбуллиоскопическая постоянная растворителя, численно равная повышению температуры кипения одномоляльного раствора, коэффициент пропорциональности, кг·К/моль;

$b(x)$ – моляльная концентрация, моль/кг.

2. Понижение температуры замерзания разбавленных растворов неэлектролитов по сравнению с чистым растворителем прямо пропорционально моляльной концентрации вещества в растворе.

$$\Delta T_{\text{зам}} = K_3 \cdot b(x)$$

, где

K_3 – криоскопическая постоянная растворителя, численно равная понижению температуры замерзания одномоляльного раствора, коэффициент пропорциональности, кг·К/моль;

$b(x)$ – моляльная концентрация, моль/кг.

Эбуллиометрические и криоскопические константы зависят только от природы растворителя и не зависят от природы растворенного вещества (идеальные растворы).

Следствия из закона Рауля для растворов электролитов с поправкой на изотонический коэффициент имеет вид:

$$\Delta T_{\text{кип}} = i \cdot K_{\text{Э}} \cdot b(x)$$

$$\Delta T_{\text{зам}} = i \cdot K_3 \cdot b(x)$$

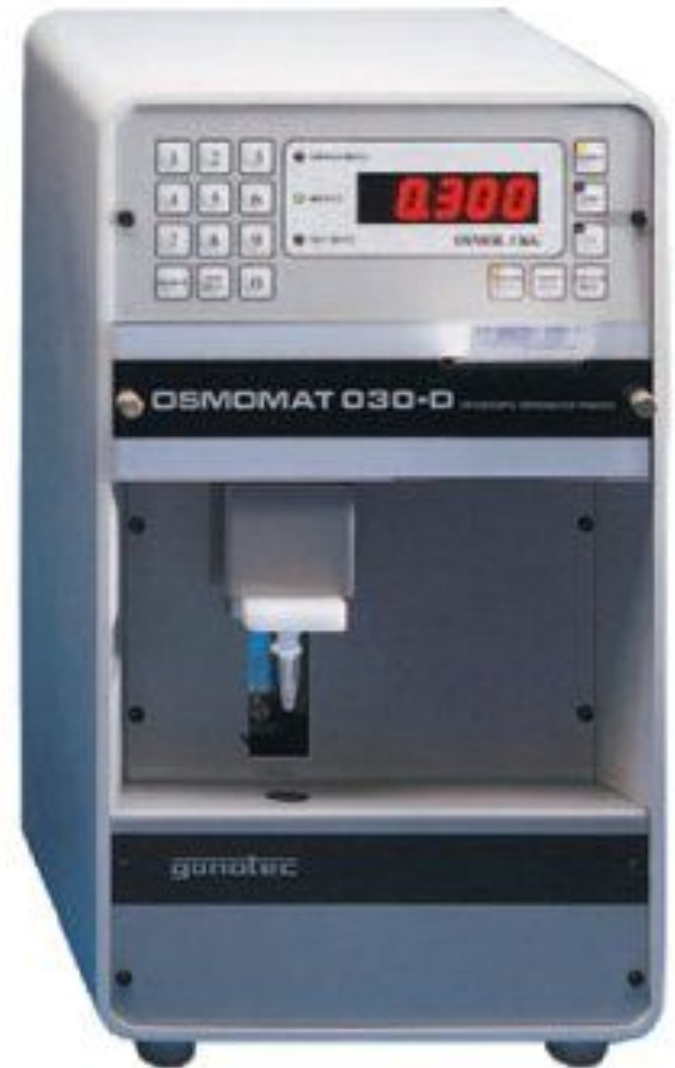
Следствия из закона Рауля применяют в физико-химических методах исследования.

Эбулиоскопия (от лат. *ebulio* – вскипаю) – физико-химический метод исследования, основанный на измерении повышения температуры кипения раствора по сравнению с температурой кипения чистого растворителя.



Криоскопия – физико-химический метод исследования, основанный на измерении разности между температурой замерзания раствора и чистого растворителя.

Автоматический криоскопический осмометр измеряет тотальную осмолярность водных растворов. Удобен для использования в палатах интенсивной терапии и реанимационных отделениях, позволяя проводить прямой контроль инфузионной терапии.



- Эти методы используются для определения:**
- 1. Значения криоскопической константы для веществ с известной молекулярной массой.**
 - 2. Молярной концентрации растворов.**
 - 3. Молярной массы вещества.**
 - 4. Степени диссоциации разбавленных растворов электролитов.**
 - 5. Активности растворителя и растворенного вещества и других величин.**

Следствия из закона Рауля

Молярные массы ($\text{г} \cdot \text{моль}^{-1}$) растворенных веществ-неэлектролитов рассчитываются по формулам:

$$M_{\text{р.в.}} = E \cdot m_{\text{р.в.}} \cdot 1000 / \Delta T_{\text{кип.}} \cdot m_{\text{р-ль}},$$

$$M_{\text{р.в.}} = K_{\text{з.}} \cdot m_{\text{р.в.}} \cdot 1000 / \Delta T_{\text{крист.}} \cdot m_{\text{р-ль}}.$$

Для растворов электролитов с учетом i :

$$M_{\text{р.в.}} = i \cdot E \cdot m_{\text{р.в.}} \cdot 1000 / \Delta T_{\text{кип.}} \cdot m_{\text{р-ль}},$$

$$M_{\text{р.в.}} = i \cdot K_{\text{з.}} \cdot m_{\text{р.в.}} \cdot 1000 / \Delta T_{\text{крист.}} \cdot m_{\text{р-ль}}.$$

Осмос. Осмотическое давление растворов

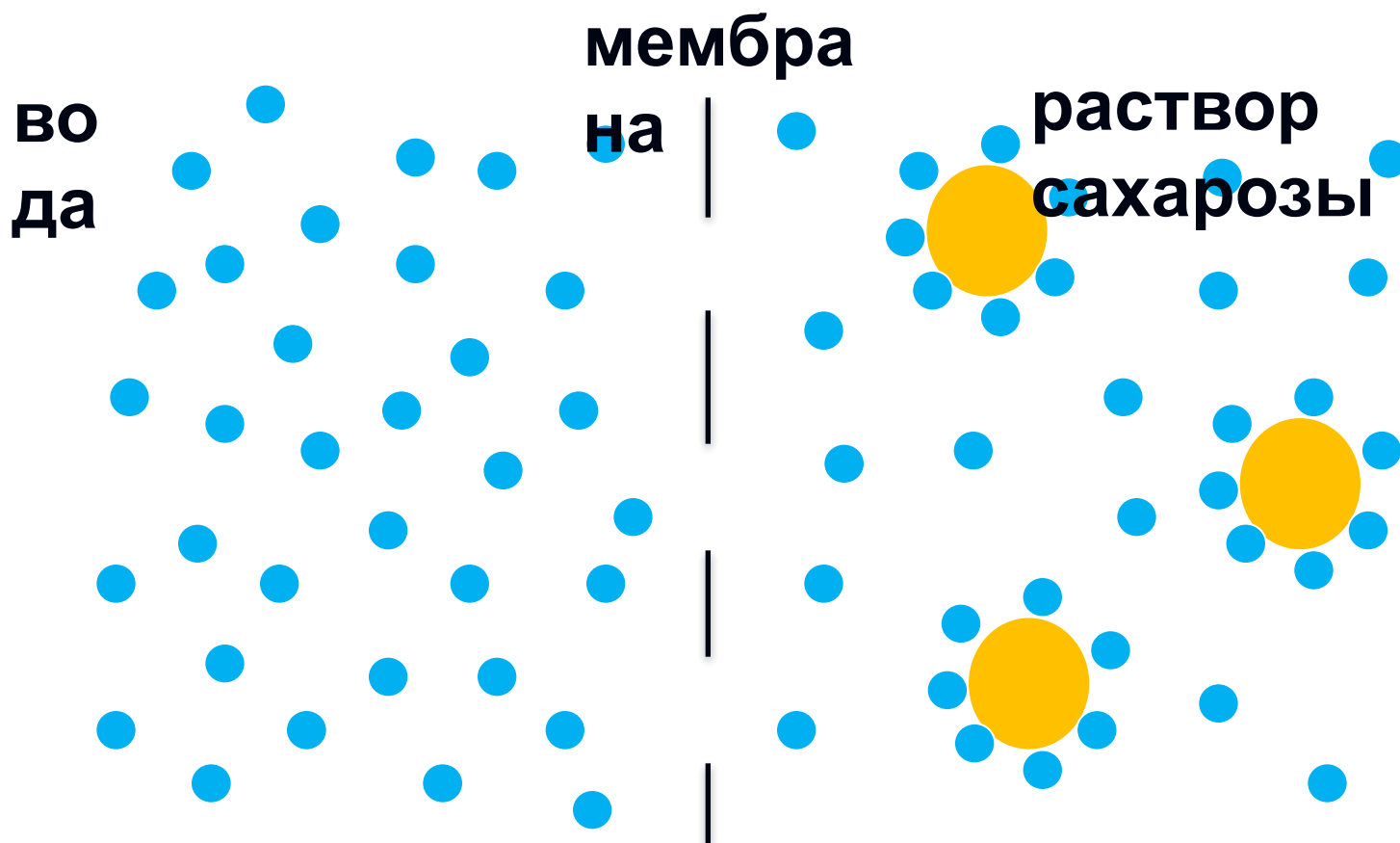
Осмосом называют преимущественно одностороннюю диффузию молекул растворителя (например, воды) через полупроницаемую мембрану из раствора с меньшей концентрацией вещества

в

более концентрированный раствор.



Полупроницаемые мембраны – мембраны, избирательно пропускающие через свои поры частицы только определенных размеров, т.е. мембраны обладают селективностью действия.



Мембраны



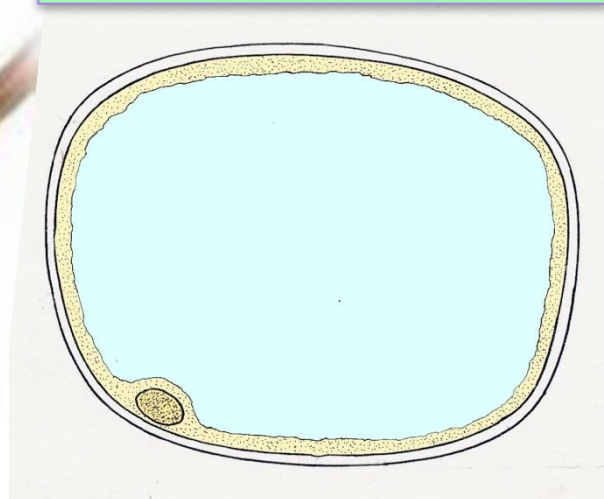
**Животного
происхождения**

**стенки
кишечника,
мочевого
пузыря**



**Растительного
происхождения**

**клетки
растительных
тканей**



**Искусственного
происхождения**

**целлофан,
алюмосиликатн
ые смолы**

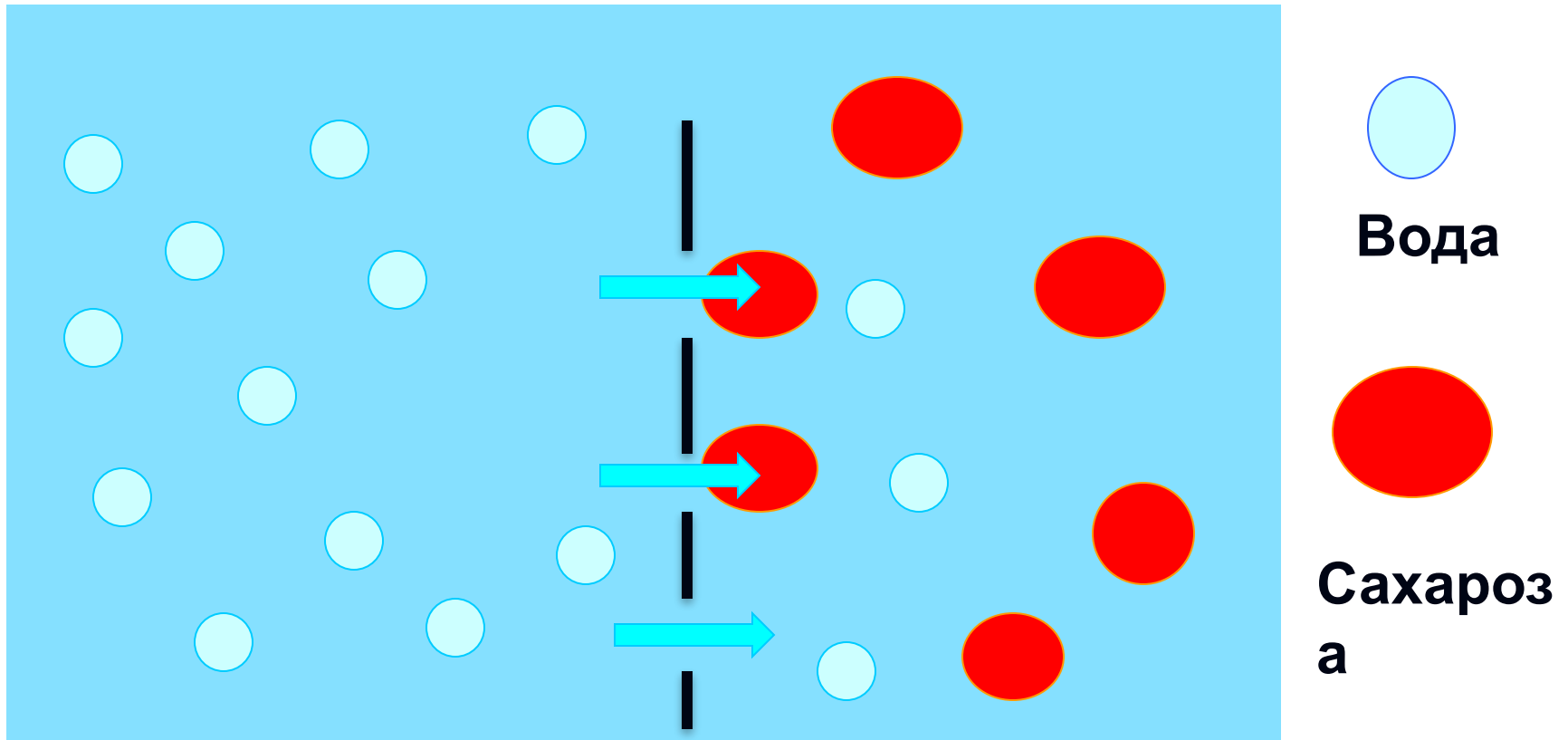


Осмоз, осмотическое давление



Мембраны животного происхождения свободно пропускают неорганические ионы и низкомолекулярные вещества, а задерживают высокомолекулярные структуры белков, пептидов, гликогена.

Осмоз, осмотическое давление

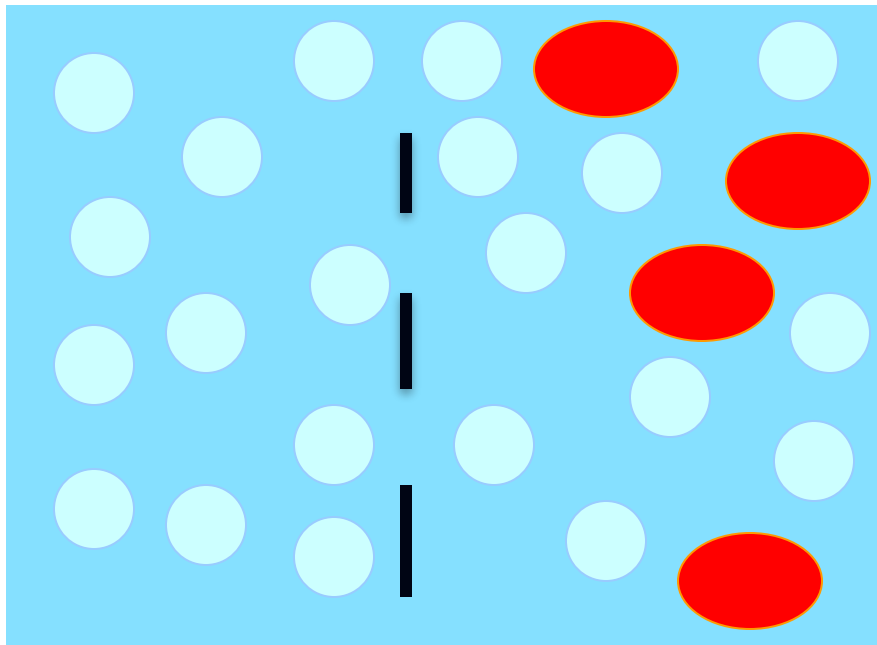


Маленькие молекулы, такие как вода, могут переходить через мембрану.

Большие молекулы, такие как сахароза, не могут переходить через мембрану.

Осмоз, осмотическое давление, биологическое значение осмоса

● Вода ● Сахароза



Много
молекул

Несколько
молекул воды

Вода переходит в раствор сахарозы.

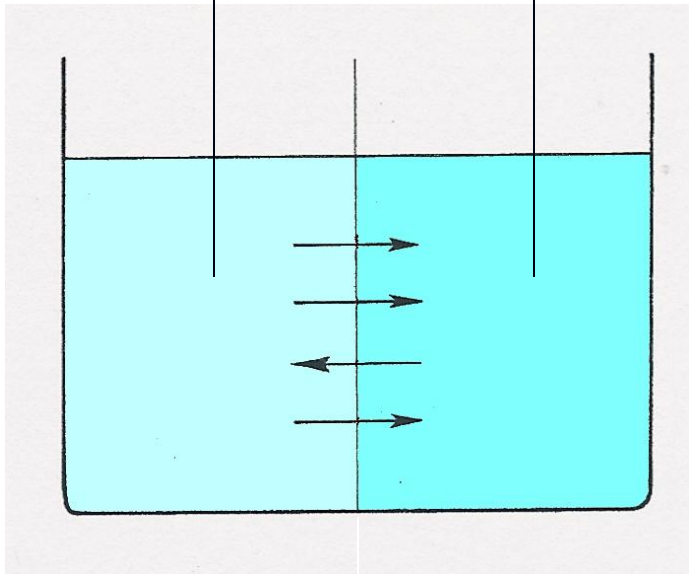
**Молекулы воды
диффундируют в обоих
направлениях через
мембрану.**

**Общий поток молекул
воды наблюдается из
области с большим
количеством молекул
воды в область с
меньшим количеством.**

Осмоз, осмотическое давление

**Вода или
разбавленный
раствор**

**Концентрированн
ый
раствор**

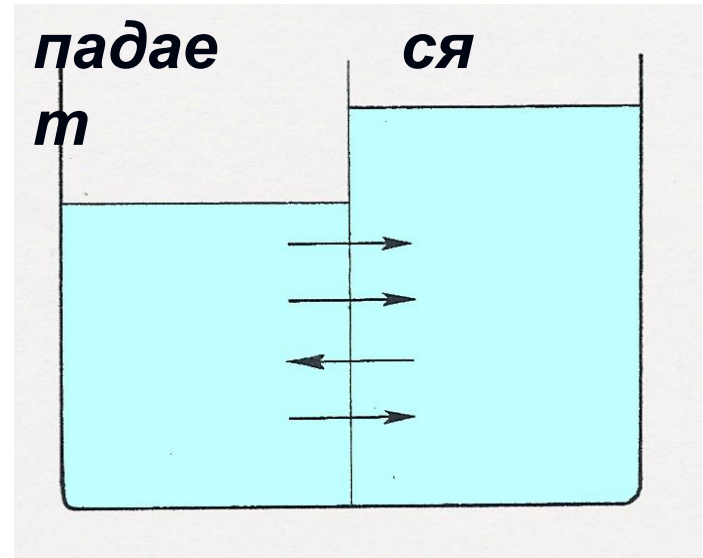


мембран

***Вода пер^аходит из
разбавленного
раствора в
концентрированный...***

***Уровен
ь
падае
т***

***Уровень
повышает
ся***

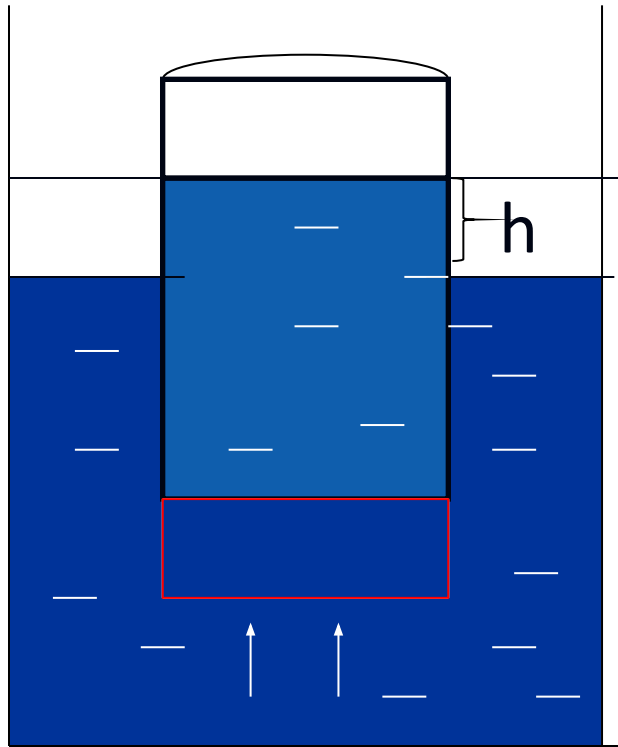


***...пока концентрации в-
ва
не становятся
равными***

С точки зрения термодинамики движущей силой осмоса является стремление системы к выравниванию свойств, в данном случае концентрации, по обе стороны мембраны.

При этом энтропия системы возрастает, энергия Гиббса уменьшается, химические потенциалы выравниваются, поэтому **осмос – самопроизвольный процесс.**

Осмоз, осмотическое давление



Если в сосуд с водой поместить сосуд меньшего диаметра, заполненный водным раствором глюкозы, дно которого представляет собой полупроницаемую мембрану, то в результате осмоса объем раствора увеличится и уровень жидкости повысится на высоту h .

При этом создается дополнительное гидростатическое давление столба жидкости высотой h на мембрану и возрастает вероятность обратного движения молекул воды.

Осмотическое равновесие характеризуется одинаковой скоростью диффузии молекул воды в двух противоположных направлениях через мембрану и является динамическим.



Осмотическим давлением
раствора называют величину,
измеряемую минимальным
гидростатическим давлением,
которое нужно приложить к
мембране со стороны
раствора, чтобы осмос
прекратился (т.е. наступило
осмосное равновесие).



Jacobus Henricus
van't Hoff
(1852—1911)

**Осмотическое давление
рассчитывается по уравнению
Вант-Гоффа (1887 г.) Ученый
рассмотрел поведение частиц
вещества в растворе
аналогично поведению
молекул газа, занимающего
одинаковый с раствором
объем. Это позволило ему
использовать уравнение
Менделеева-Клапейрона:**

$$P \cdot V = n(x) \cdot RT$$

Осмоз, осмотическое давление

Уравнение осмотического давления (π) Вант-Гоффа:

$$\pi = \frac{n(x)}{V} \cdot RT$$

Если учесть, что $\frac{m(x)}{M(x)} = n(x)$, $\frac{n(x)}{V} = C(x)$,

то получим $\pi = \frac{m(x)}{M(x) \cdot V} \cdot RT$ или $\pi = C(x)RT$

Осмоз, осмотическое давление

$$\pi = \frac{n(x)}{V} \cdot RT = \frac{m(x)}{M(x) \cdot V} \cdot RT = C(x) \cdot RT, \text{ где}$$

π – осмотическое давление, Па

R - универсальная газовая постоянная, $R = 8,314$
Дж·моль⁻¹·К⁻¹

T – температура, К

V – объем, м³

$m(x)$ – масса вещества, г

$M(x)$ – молярная масса вещества, г/моль

$C(x)$ – концентрация раствора, моль/м³

$n(x)$ – количество вещества, моль

Осмоз, осмотическое давление

Для расчета осмотического давления растворов электролитов вводят изотонический коэффициент Вант-Гоффа:

$$\pi = i \cdot C(x)RT$$

Осмотическое давление в растворе электролита зависит от силы электролита, т.е. от степени его диссоциации, состава молекулы, температуры и концентрации вещества в растворе.

В растворах высокомолекулярных веществ осмотическое давление рассчитывают по уравнению Галлера:

$$\pi = \frac{C_{BMB}}{M_{BMB}} \cdot RT + bC_{BMB}^2, \text{ где}$$

C_{BMB} – весовая концентрация полимера, г/м³

M_{BMB} – молярная масса ВМВ, г/м

b – коэффициент, учитывающий особенности гомологического ряда полимера (формулу, гибкость, размеры, природу макромолекул).

Если C_{BMB} невелика, то слагаемое $bC_{BMB}^2 \rightarrow 0$, тогда уравнение Галлера переходит в уравнение Вант-Гоффа.

Биологическая роль осмоса

Осмоз играет огромную роль в организме. Благодаря осмосу, регулируется поступление воды в клетку и межклеточные структуры. Благодаря осмосу, происходит усвоение питательных веществ и выведение продуктов жизнедеятельности.

Осмоз является одним из механизмов мембранного потенциала клетки:

$$E_{\text{мембрана}} = E_1 - E_2 , \text{ где}$$

$E_{\text{мембрана}}$ – мембранный потенциал клетки, мВ;

E_1, E_2 – потенциалы по обе стороны мембраны клетки, мВ.

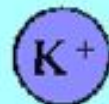
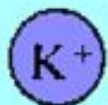
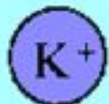
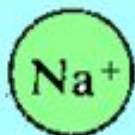
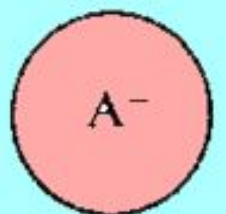
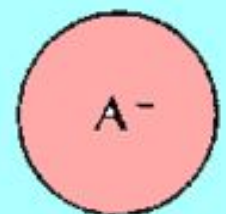
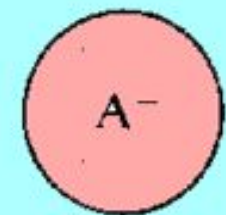
Мембранные потенциалы определяются концентрацией ионов по обе стороны мембраны, также зависят от природы и свойств мембраны.

Основной причиной возникновения потенциала клетки является неравномерное распределение ионов калия и натрия между содержимым клетки и межклеточной жидкостью. Содержание ионов K^+ в клетке в 20-40 раз выше, чем в межклеточной жидкости. Содержание ионов Na^+ , наоборот, в 10-20 раз выше в межклеточной жидкости, чем в клетке. Поэтому осмотическое давление внутриклеточной жидкости выше, чем во внеклеточной. Это обуславливает *тургор* клеток, т.е. их упругость, что способствует поддержанию эластичностей тканей, сохранению органами определенной формы.

Внутренняя среда

Мембрана

Наружная среда



Na⁺



+

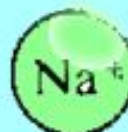
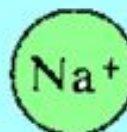
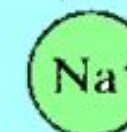
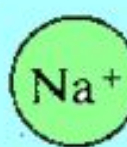
+

+

→

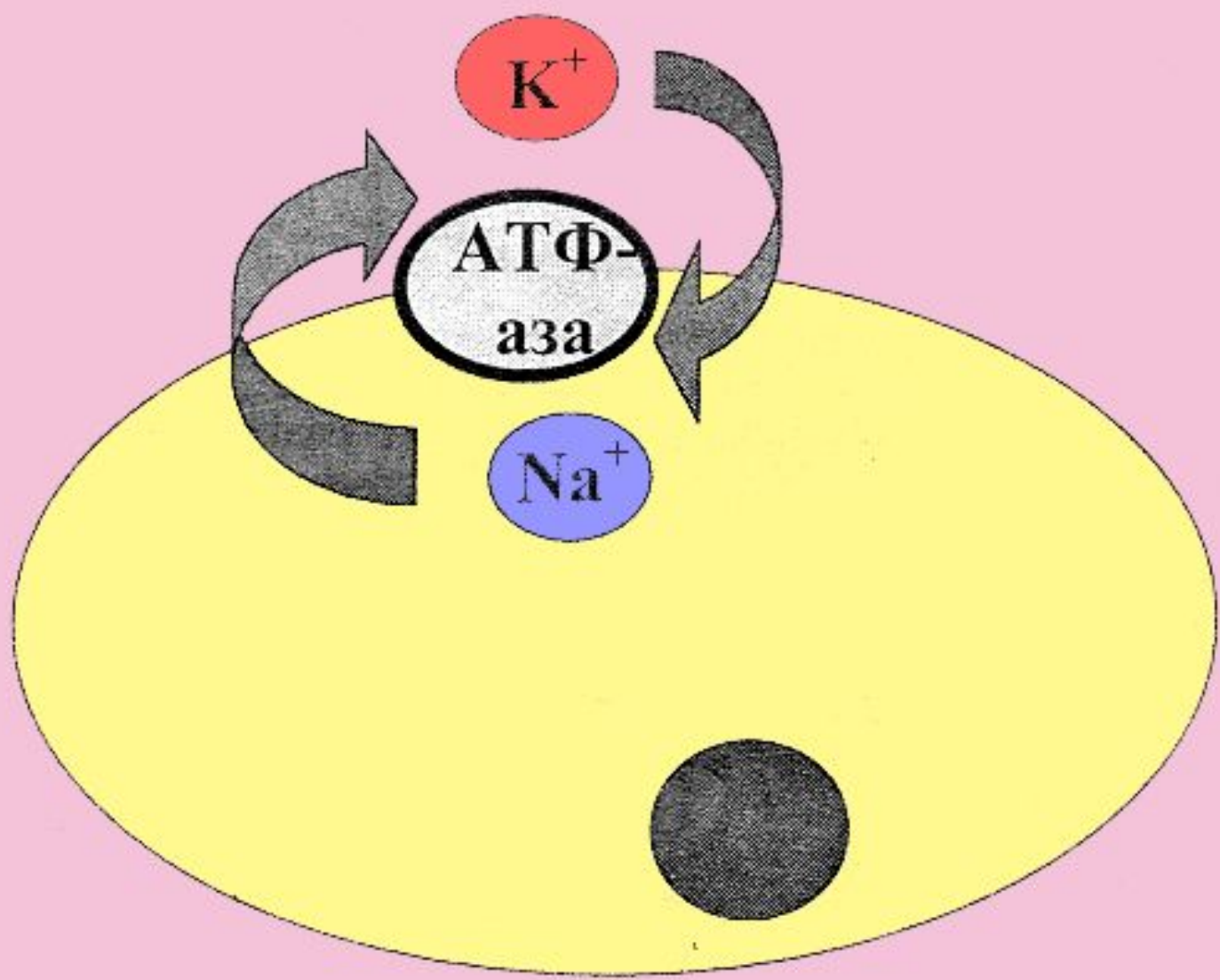


K⁺

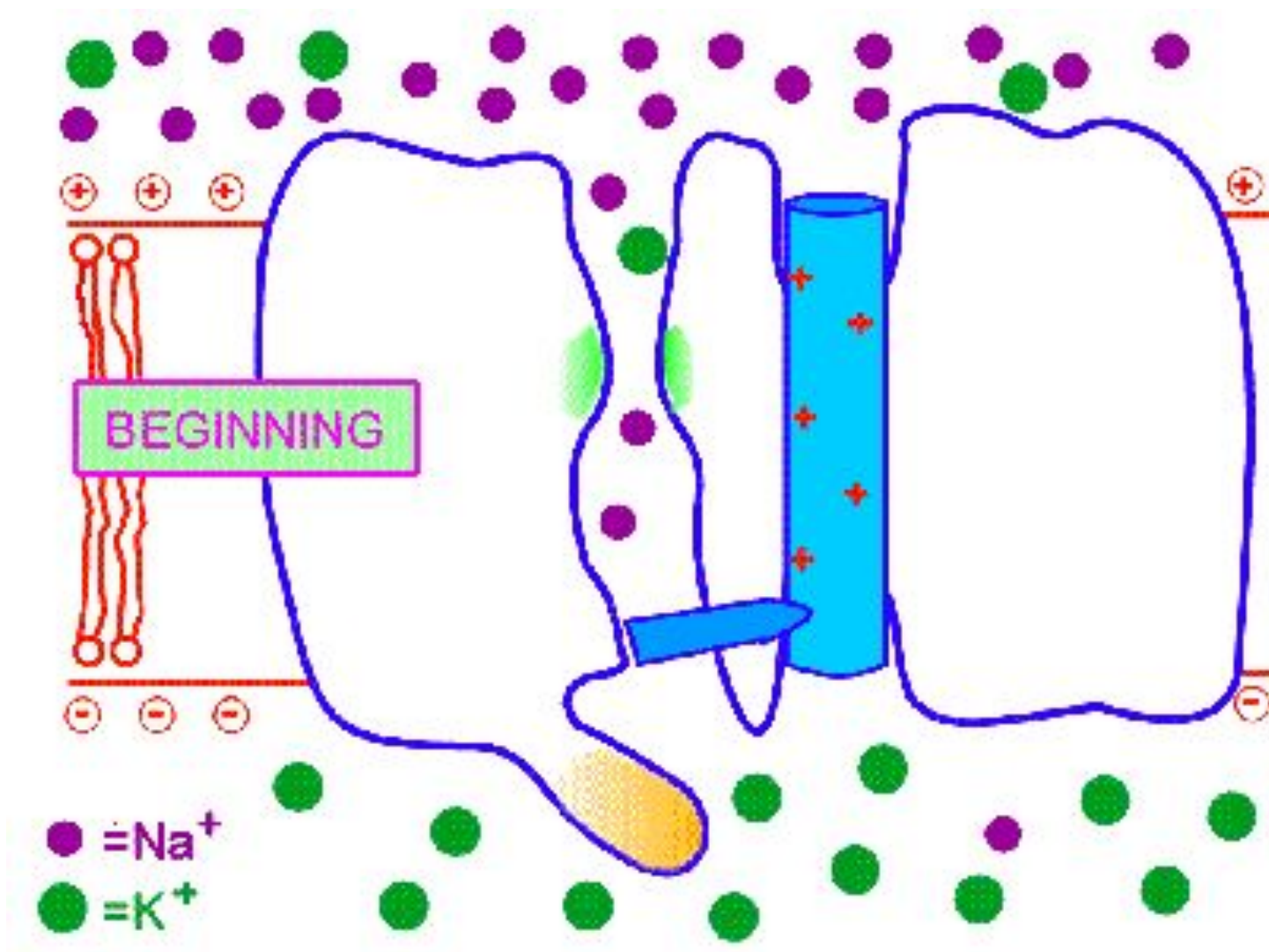


Насос, зависящий от метаболизма

$\text{Na}^+ - \text{K}^+$ — НАСОС МЕМБРАНЫ



Транспорт ионов через клеточные мембраны



Осмотический градиент, определяющий собой силу, с которой вода всасывается в клетку, численно равен разности между осмотическим и тургорным давлениями. Вода, избирательно всасываемая клеткой, создает в ней давление, достигающее 0,4-2,0 кПа (4-20 атм). Осмотическое давление плазмы крови характеризуется достаточным постоянством, и при 37⁰С имеет высокое значение 0,74-0,78 мПа, т.е. 7,7-8,1 атм. Отклонение от этой величины является патологией.

Растворы



Изотонические



Гипертонические



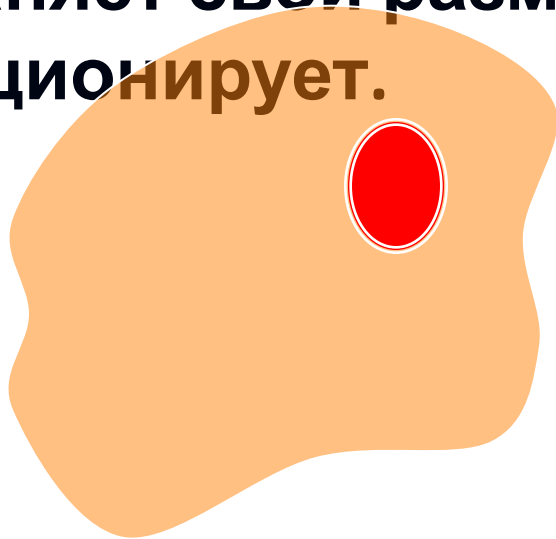
Гипотонические

Используются

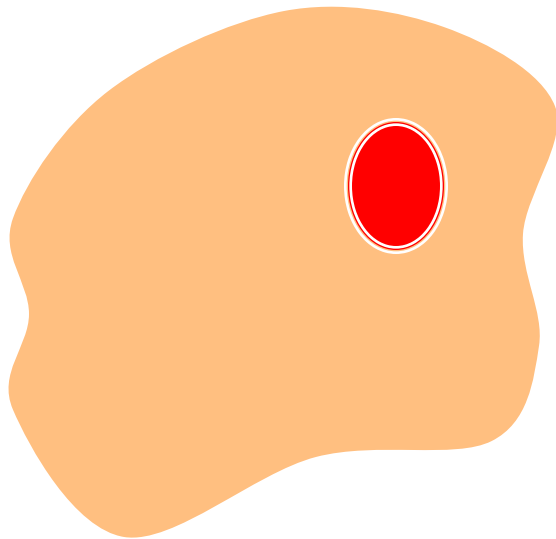


Осмоз в клетках животного происхождения

1. Если живую клетку поместить в изотонический раствор, то клетка сохраняет свой размер и нормально функционирует.



2. Если клетку поместить в гипертонический раствор...



2. Если клетку поместить в гипертонический раствор...



Высокая
концентраци
я в-ва

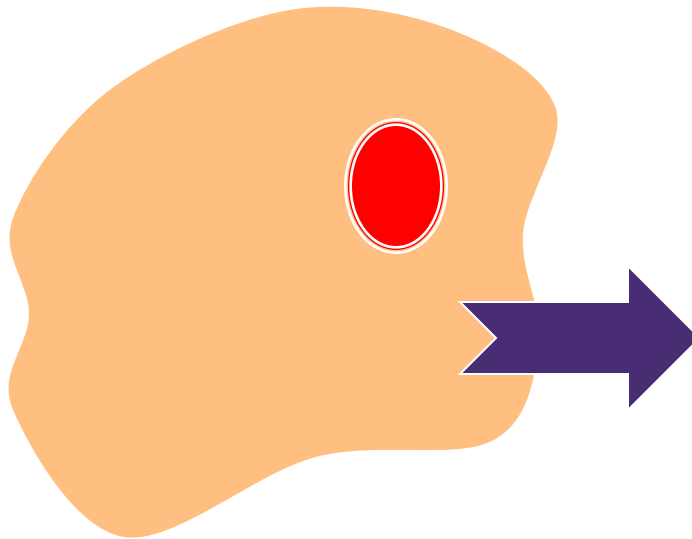
2. Если клетку поместить в гипертонический раствор...



Высокая
концентраци
я в-ва

Вода
устремляется
из клетки.

2. Если клетку поместить в гипертонический раствор...

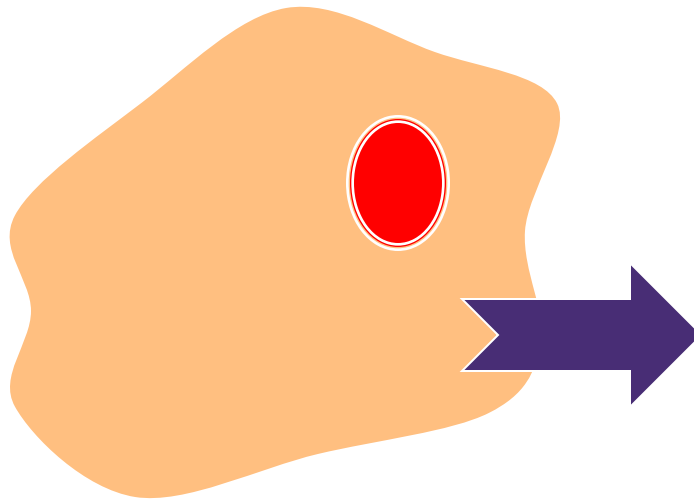


**Клетка
сморщивается**

.

**Вода
устремляется
из клетки.**

2. Если клетку поместить в гипертонический раствор...

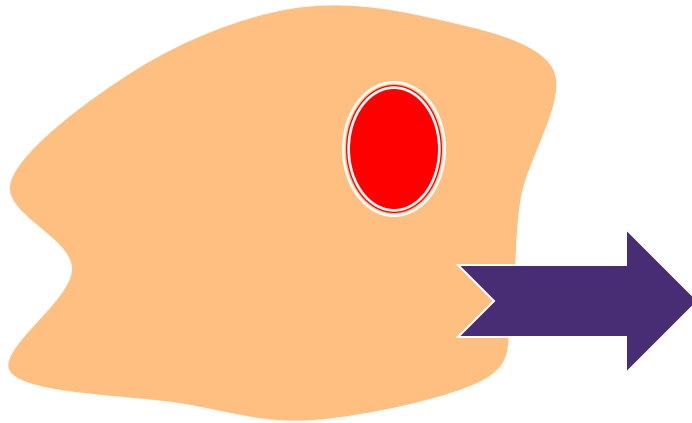


**Клетка
сморщивается**

.

**Вода
устремляется
из клетки.**

2. Если клетку поместить в гипертонический раствор...

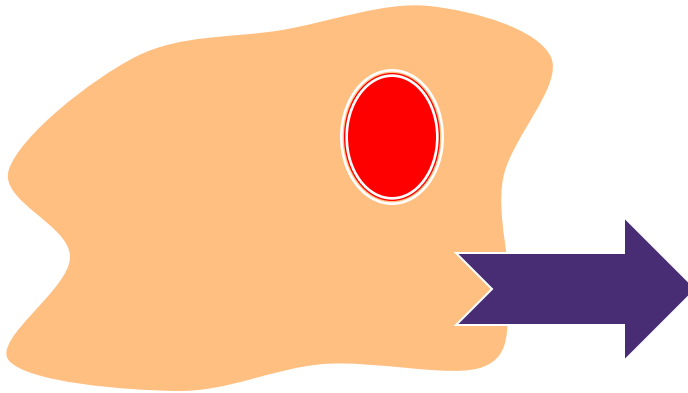


**Клетка
сморщивается**

.

**Вода
устремляется
из клетки.**

2. Если клетку поместить в гипертонический раствор...

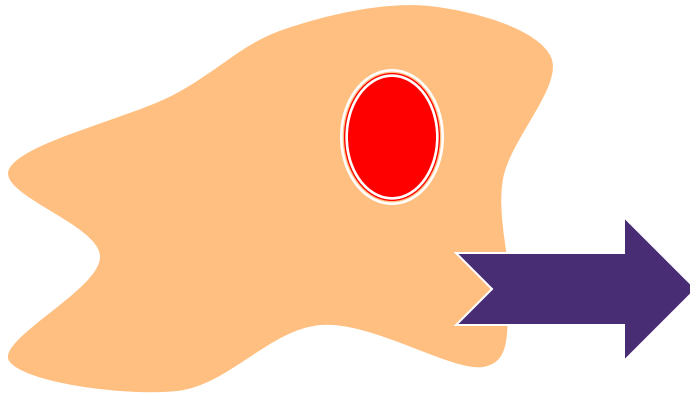


**Клетка
сморщивается**

.

**Вода
устремляется
из клетки.**

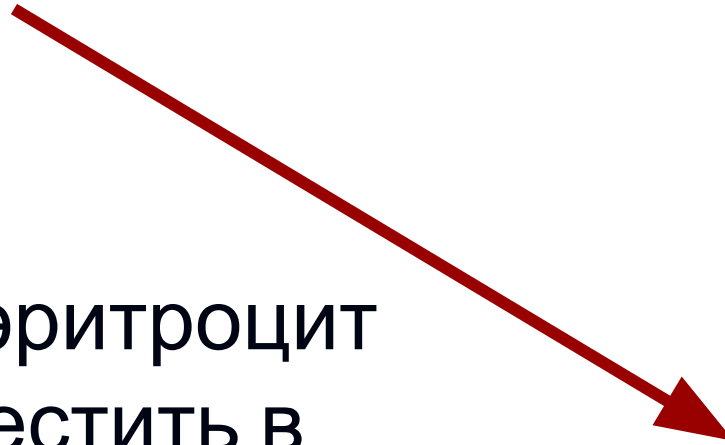
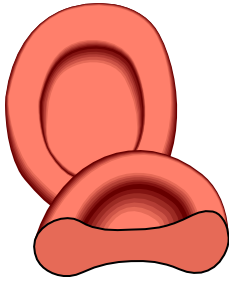
2. Если клетку поместить в гипертонический раствор...



**Это явление
называется
плазмолизом.**

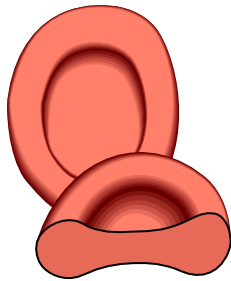
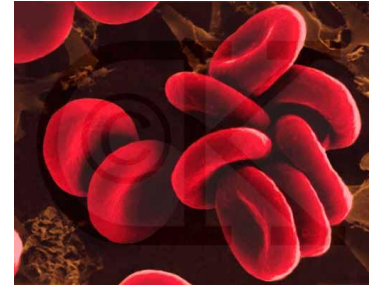
**Вода
устремляется
из клетки.**

Биологическое значение осмоса



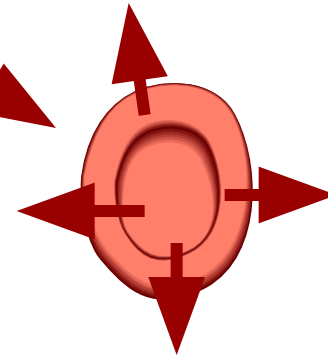
Если эритроцит
поместить в
гипертонический
раствор...

Биологическое значение осмоса



Вода
устремляется
из клетки

Если эритроцит
поместить в
гипертонический
раствор...



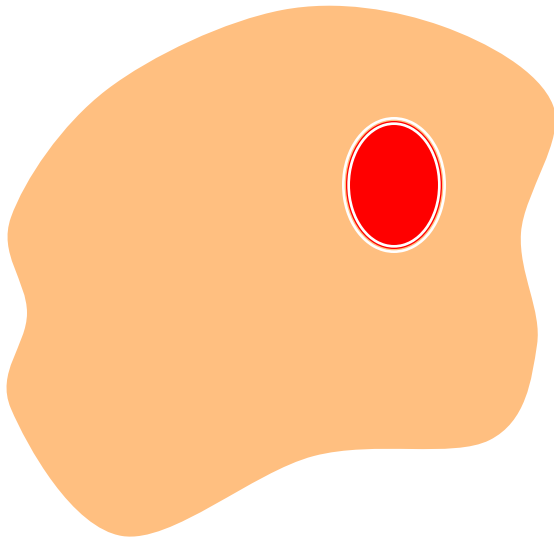
Клетка
сморщивается
(плазмолиз)



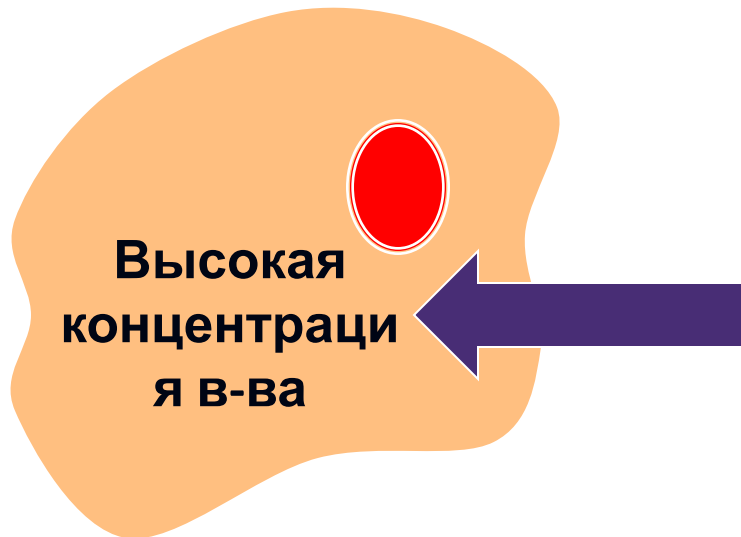
В некоторых случаях плазмолиз является обратимым процессом, т.е. возможен деплазмолиз.

Гипертонические растворы соли (рассол) и сахара (сироп) используют при консервировании продуктов, так как в этой среде происходит плазмолиз микроорганизмов.

3. Если клетку поместить в гипотонический раствор...



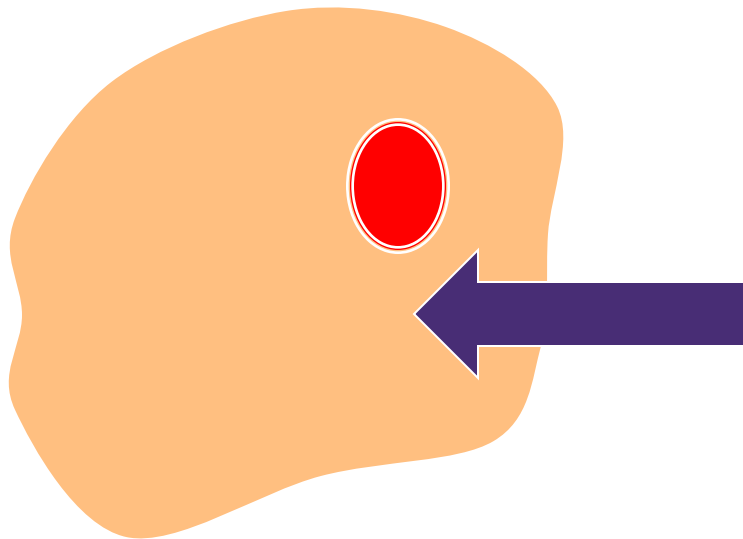
3. Если клетку поместить в гипотонический раствор...



Низкая
концентраци
я в-ва

Вода
проникает в
клетку.

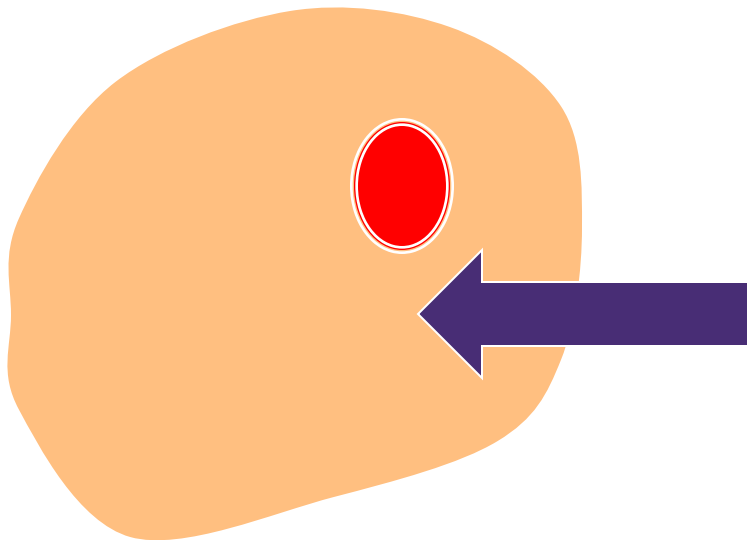
3. Если клетку поместить в гипотонический раствор...



**Это приводит
к набуханию
клетки.**

**Вода
проникает в
клетку.**

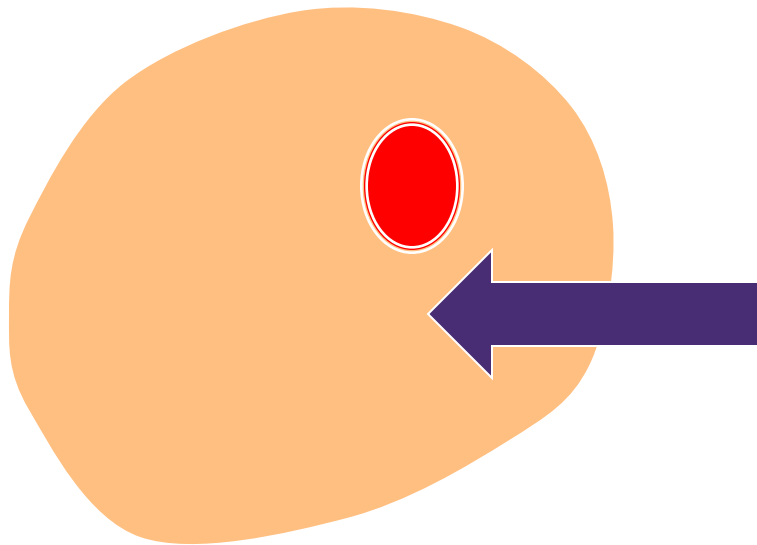
3. Если клетку поместить в гипотонический раствор...



**Это приводит
к набуханию
клетки.**

**Вода
проникает в
клетку.**

3. Если клетку поместить в гипотонический раствор...



**Это приводит
к набуханию
клетки.**

**Вода
проникает в
клетку.**

3. Если клетку поместить в гипотонический раствор...



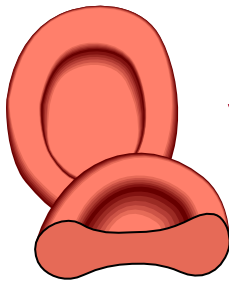
В конечном итоге
клетка лопается.

**Это явление
называют
ЛИЗИСОМ.**

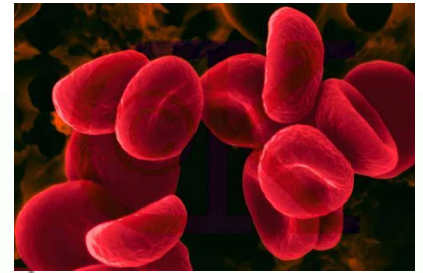
**Вода
проникает в
клетку путем
осмоса.**

Биологическое значение осмоса

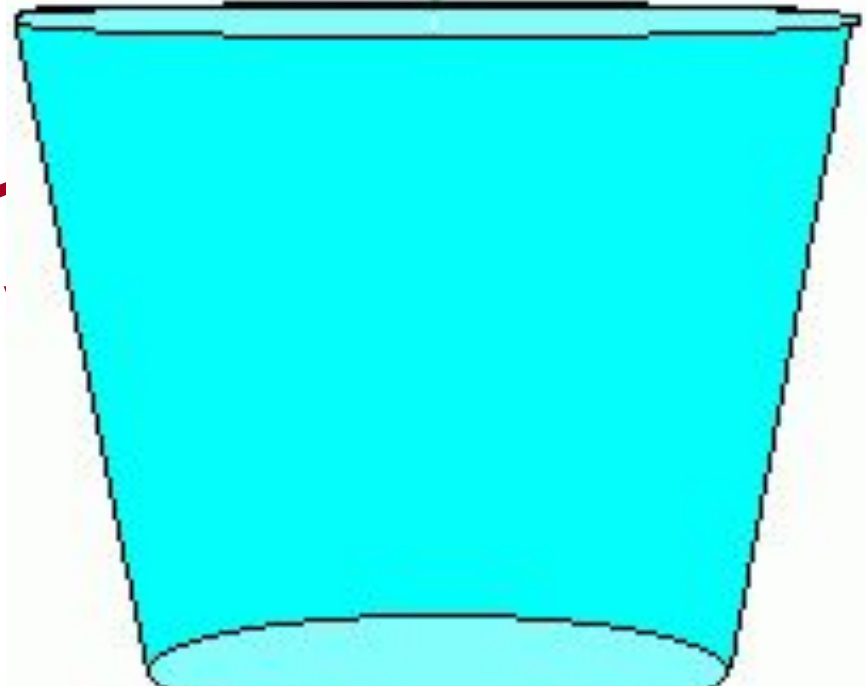
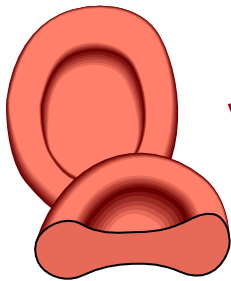
Если эритроцит
поместить в
гипотонический
раствор...



Биологическое значение осмоса



Если эритроцит
поместить в
гипотонический
раствор...



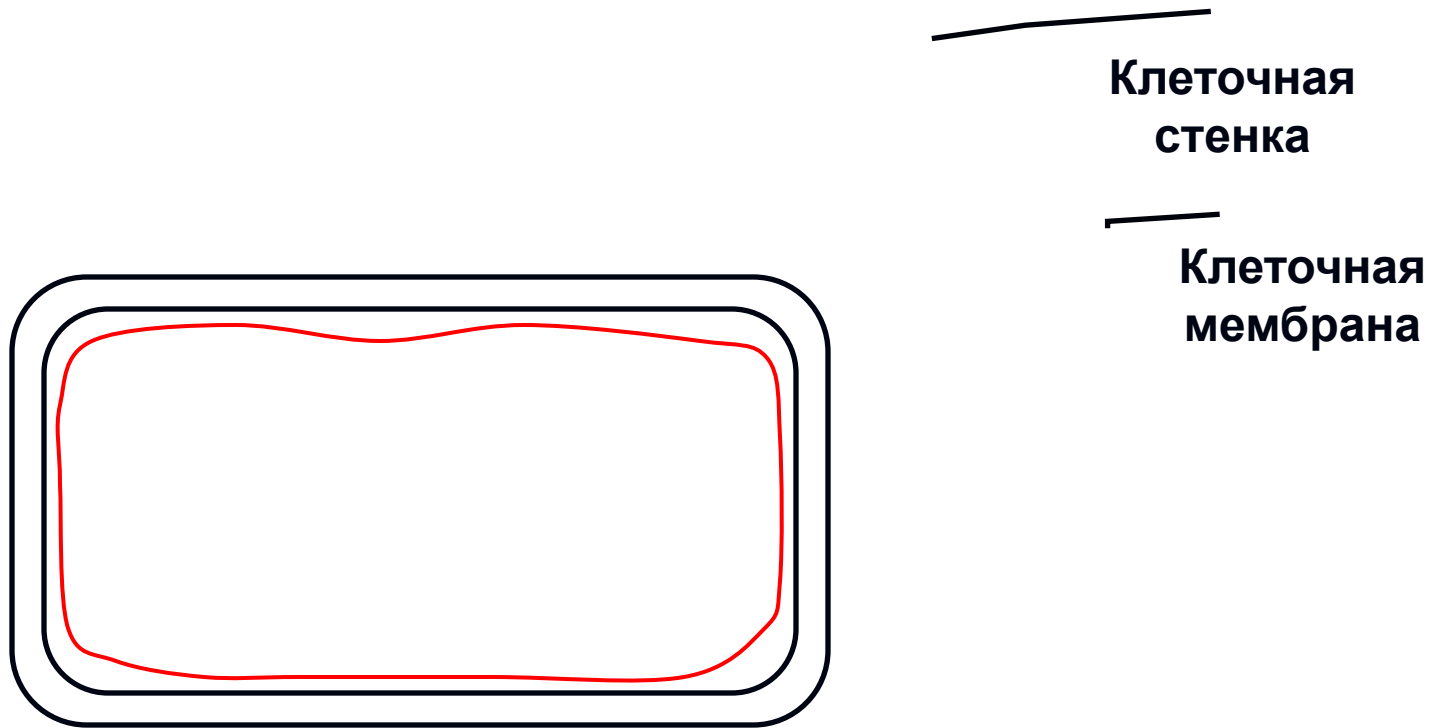
Дистиллированная
я

Осмоз в клетках растительного происхождения

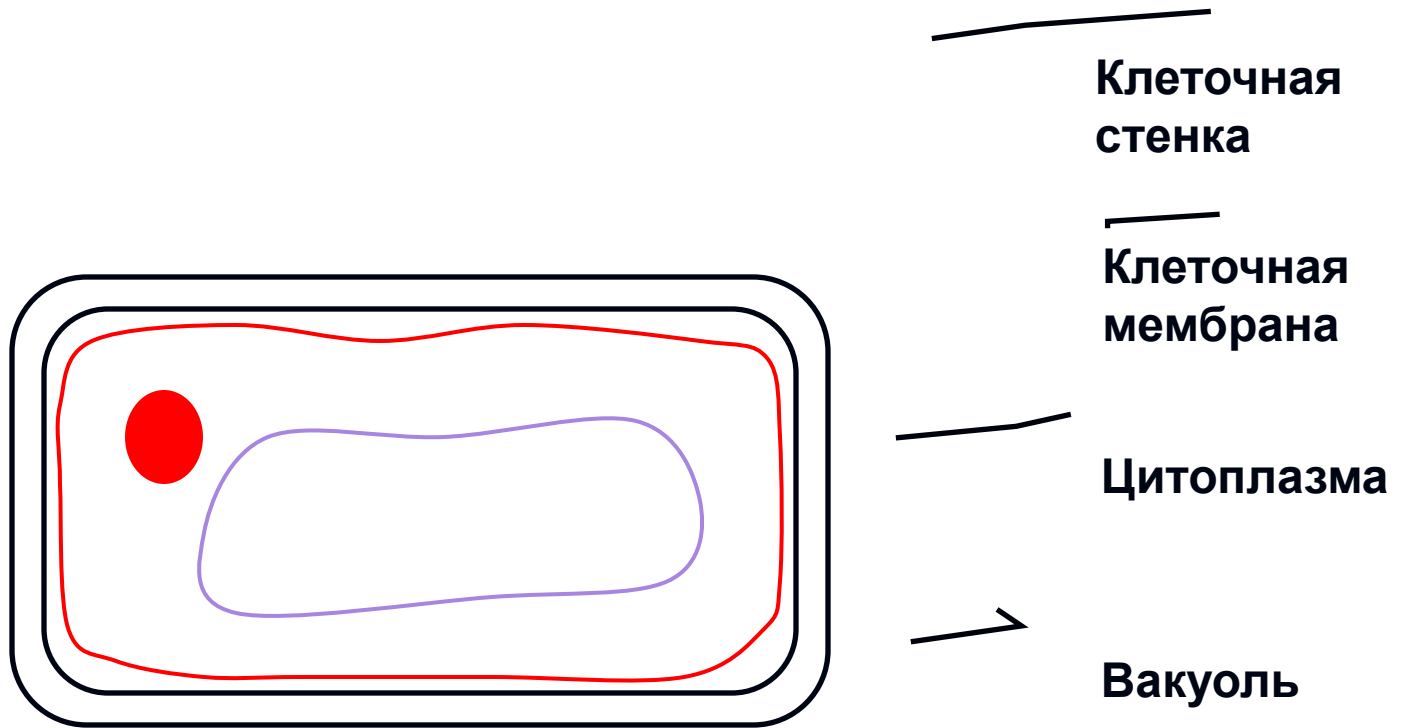


Клеточная
стенка

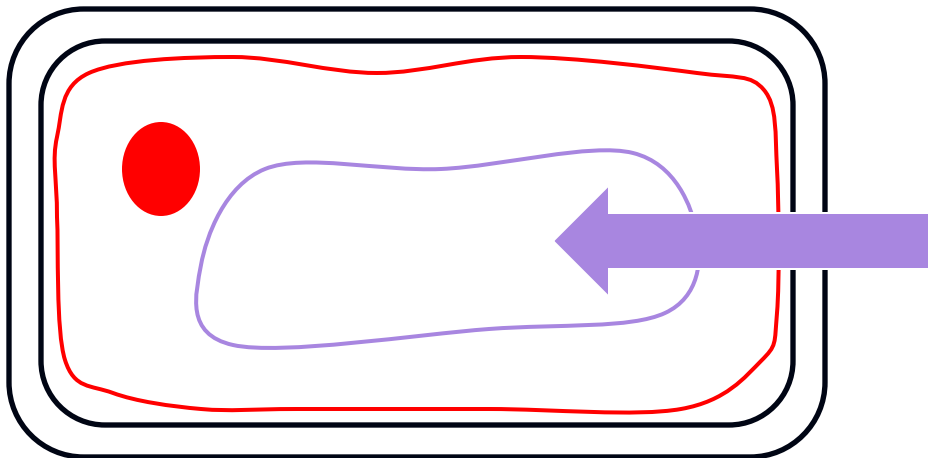
Биологическое значение осмоса



Биологическое значение осмоса

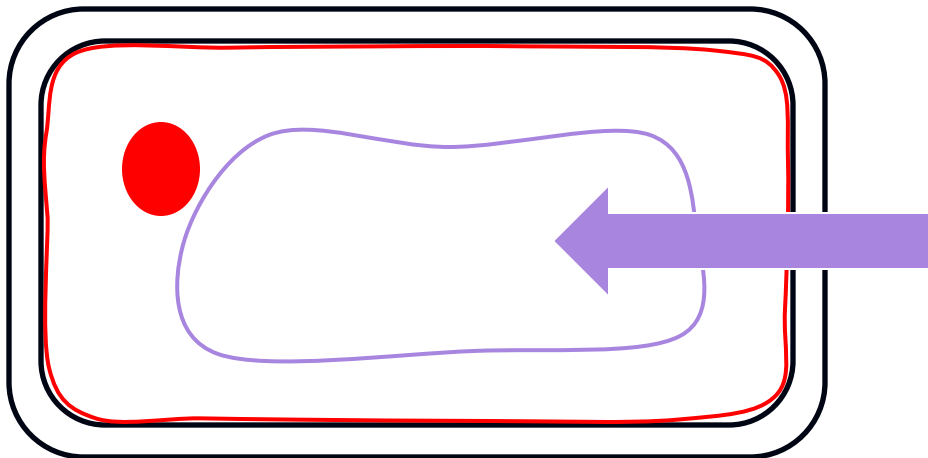


1. Если клетку поместить в гипотонический раствор...



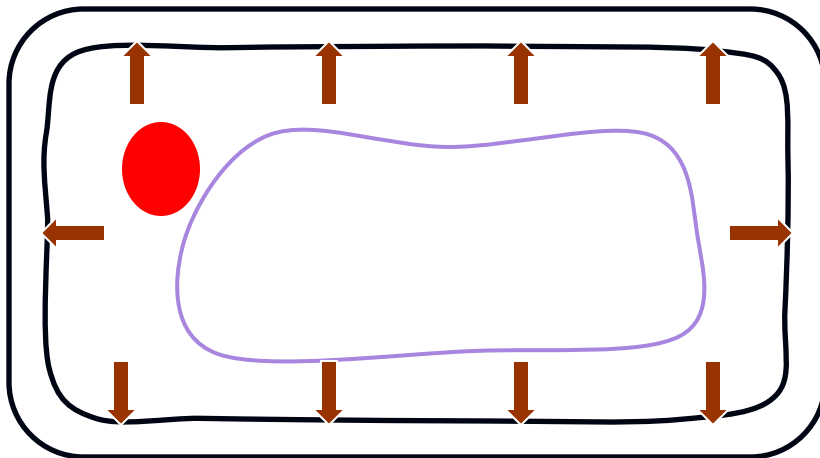
**Вода
устремляется
в вакуоль**

1. Если клетку поместить в гипотонический раствор...



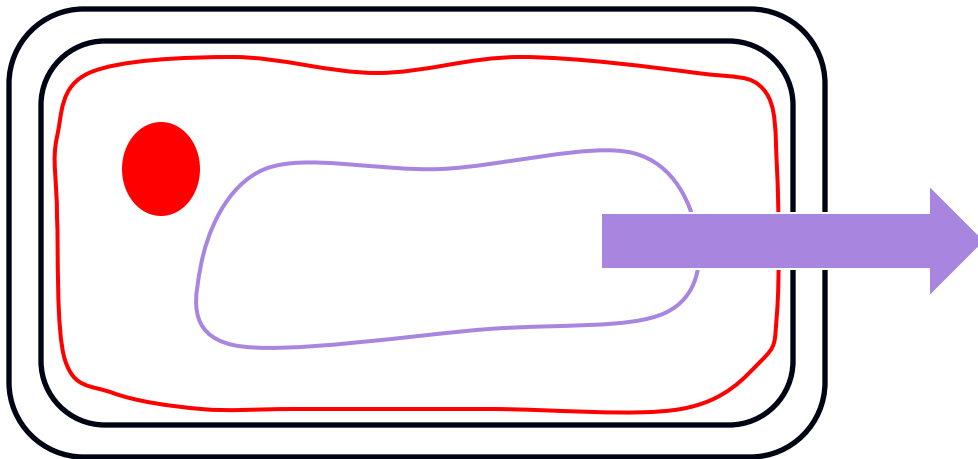
**Вакуоль
набухает,
оттесняя
цитоплазму к
клеточной
стенке.**

1. Если клетку поместить в гипотонический раствор...



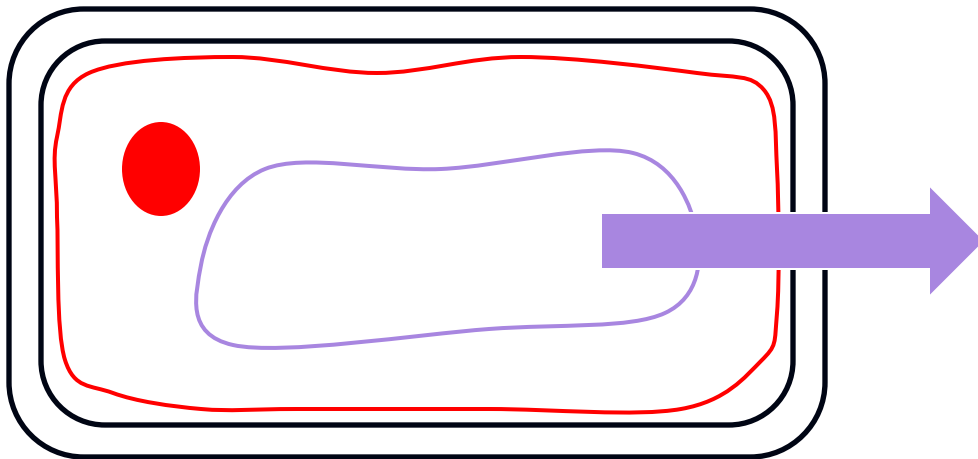
Неупругая клеточная стенка, препятствуя продвижению цитоплазмы, **вызывает напряженное состояние клетки — тургор.**

2. Если клетку поместить в гипертонический раствор...



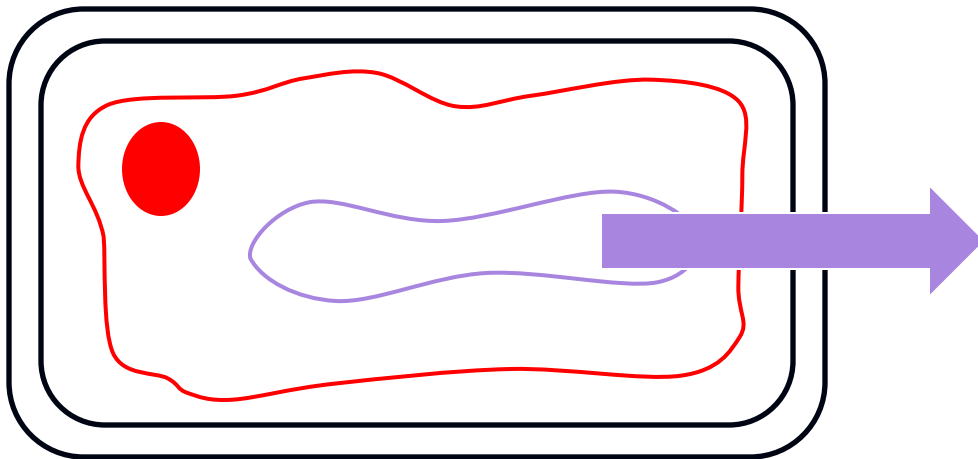
**Вода
ВЫХОДИТ ИЗ
вакуоли.**

2. Если клетку поместить в гипертонический раствор...



**Вода
ВЫХОДИТ ИЗ
вакуоли.**

2. Если клетку поместить в гипертонический раствор...



**Вакуоль
сокращаетс
я, оттягивая
цитоплазму
от
клеточной
стенки.**

2. Если клетку поместить в гипертонический раствор...

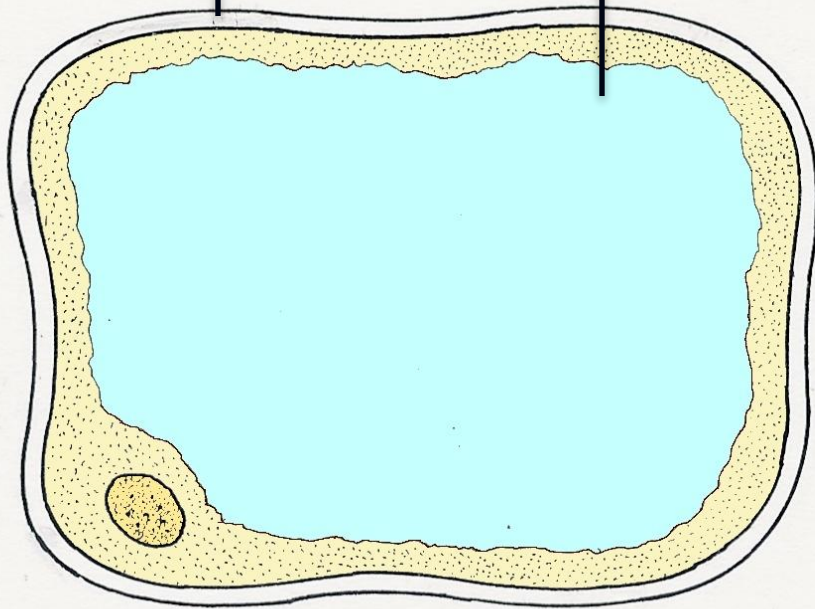


**Клетка
находится в
состоянии
плазмолиза.**

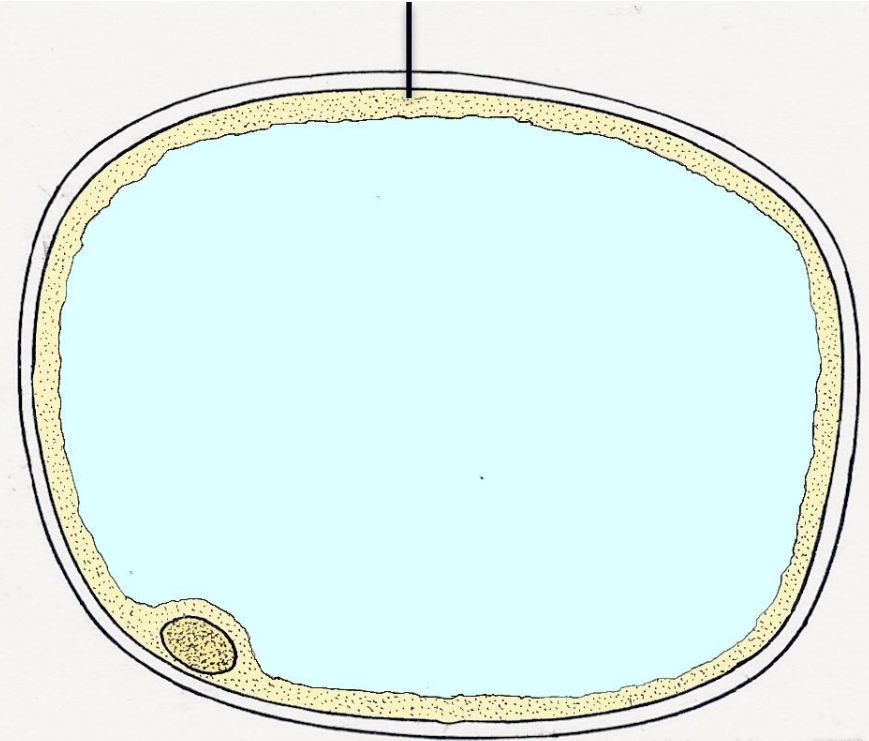
Биологическое значение осмоса

**клеточная
стенка**

вакуоля



**цитоплазма и
клеточная мембрана**

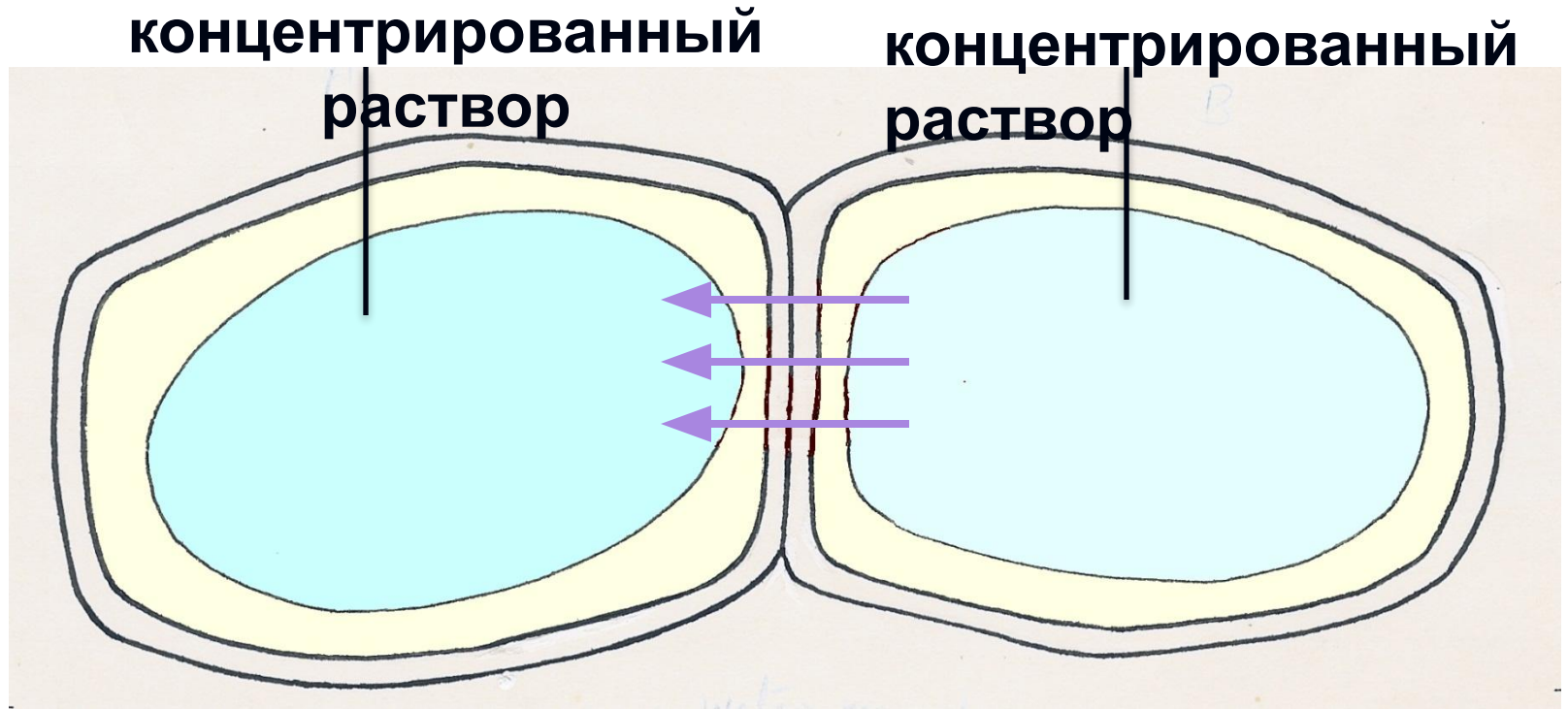


**Ячейка поглощает воду
путем осмоса...**

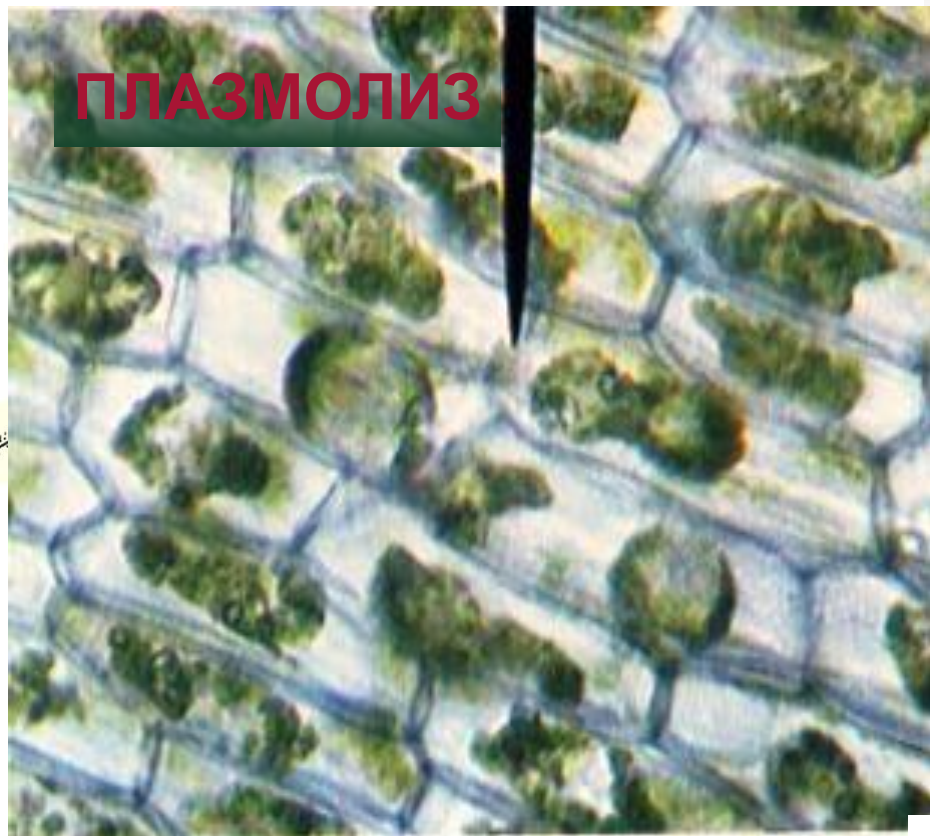
**... но клеточная стенка
препятствует
расширению.**

Биологическое значение осмоса

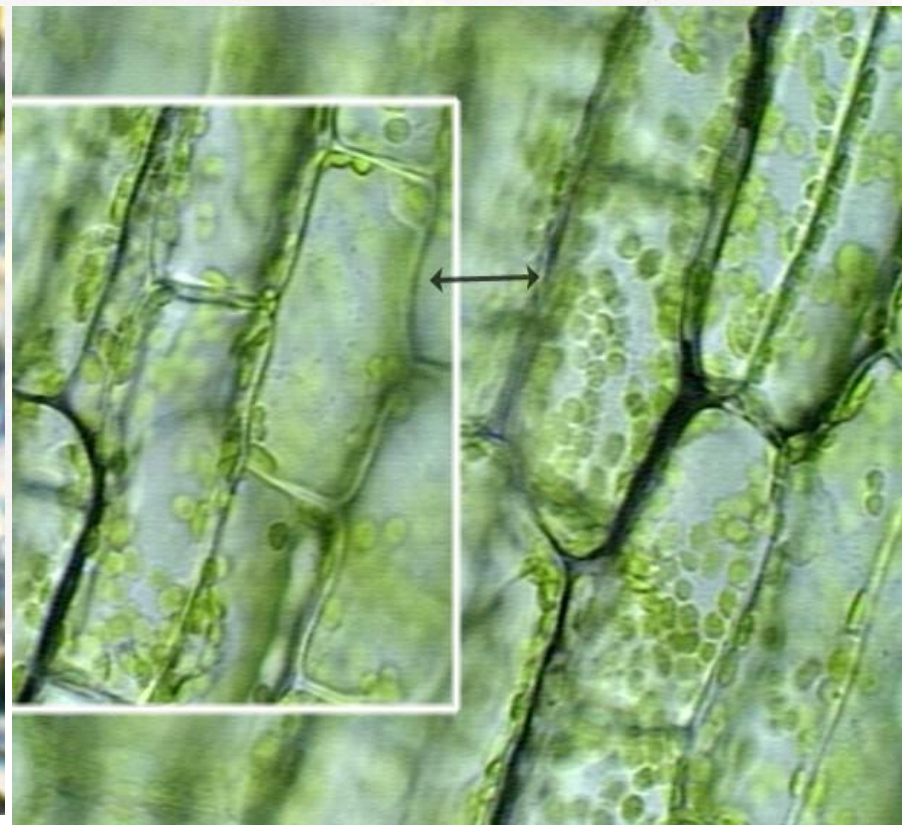
Если концентрация клеточного сока больше в одной клетке, чем в соседней, вода будет проходить путем осмоса из менее концентрированного в более концентрированный раствор.



Биологическое значение осмоса



Гипертонический
раствор



Гипотонический раствор

Часть осмотического давления крови, обусловленное присутствием в ней высокомолекулярных веществ (главным образом, белков), называют онкотическим давлением



Онкотическое давление составляет примерно 0,5% от величины осмотического давления крови и равно 2,5-3,9 кПа. Оно играет важную физиологическую роль.

Если при снижении концентрации белка онкотическое давление уменьшается, молекулы воды устремляются в сторону большего давления, то есть в ткани, что приводит к возникновению отеков.

Биологическое значение осмоса



Отеки делятся на «голодные» (когда организм не получает в достаточном количестве белков с пищей) и «почечные» (когда часть белков вследствие дисфункции почек теряется с мочой).

**Осмотический
гомеостаз
регулируется
работой органов
дыхания,
отделения пота, но
главным образом
работой почек.**



**БЛАГОДАРЮ ЗА
ВАШЕ
ВНИМАНИЕ!**