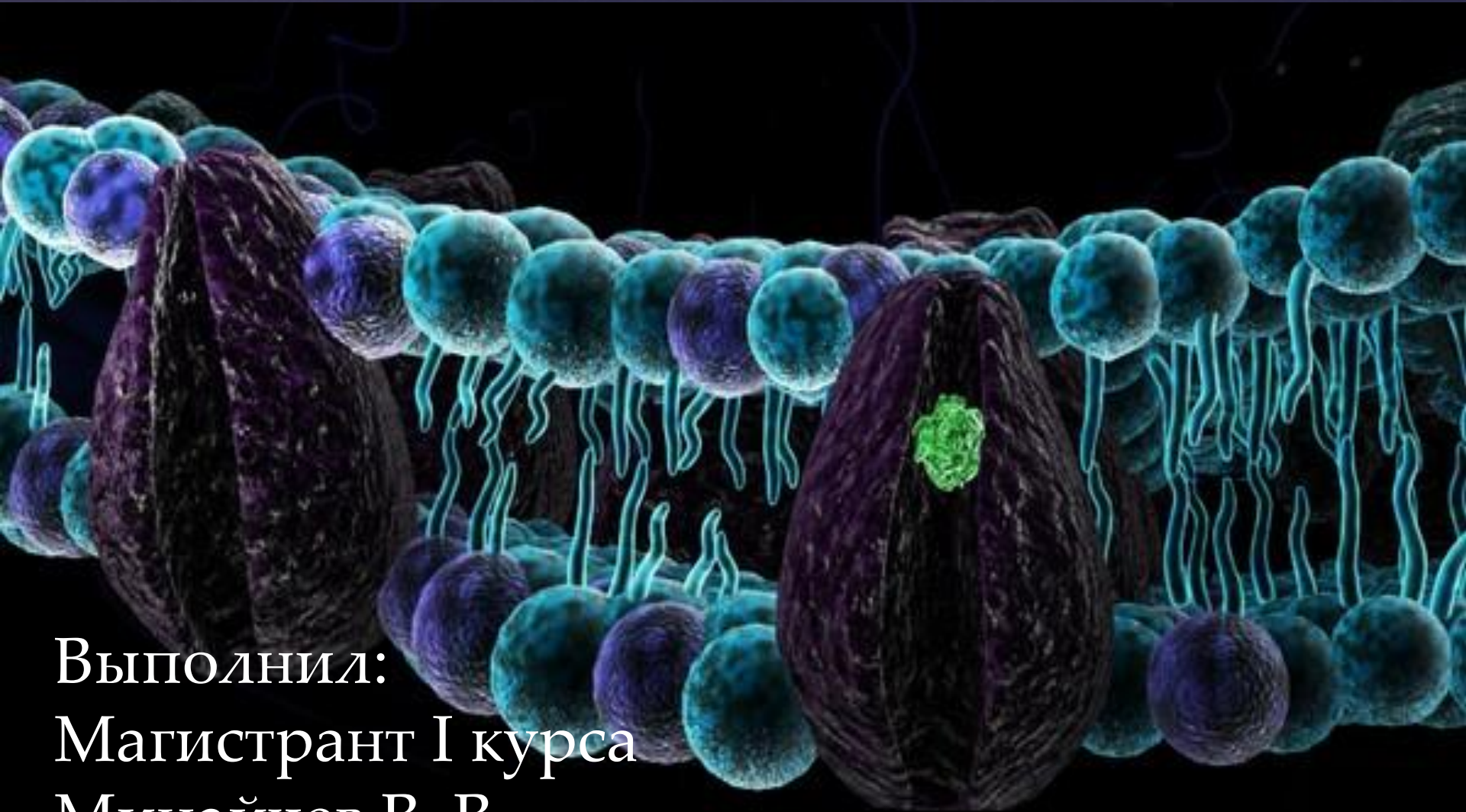


Поверхностный мембранный потенциал

Равновесие Доннана



Выполнил:
Магистрант I курса
Минайчев В. В.

План

I. Электрический заряд мембран

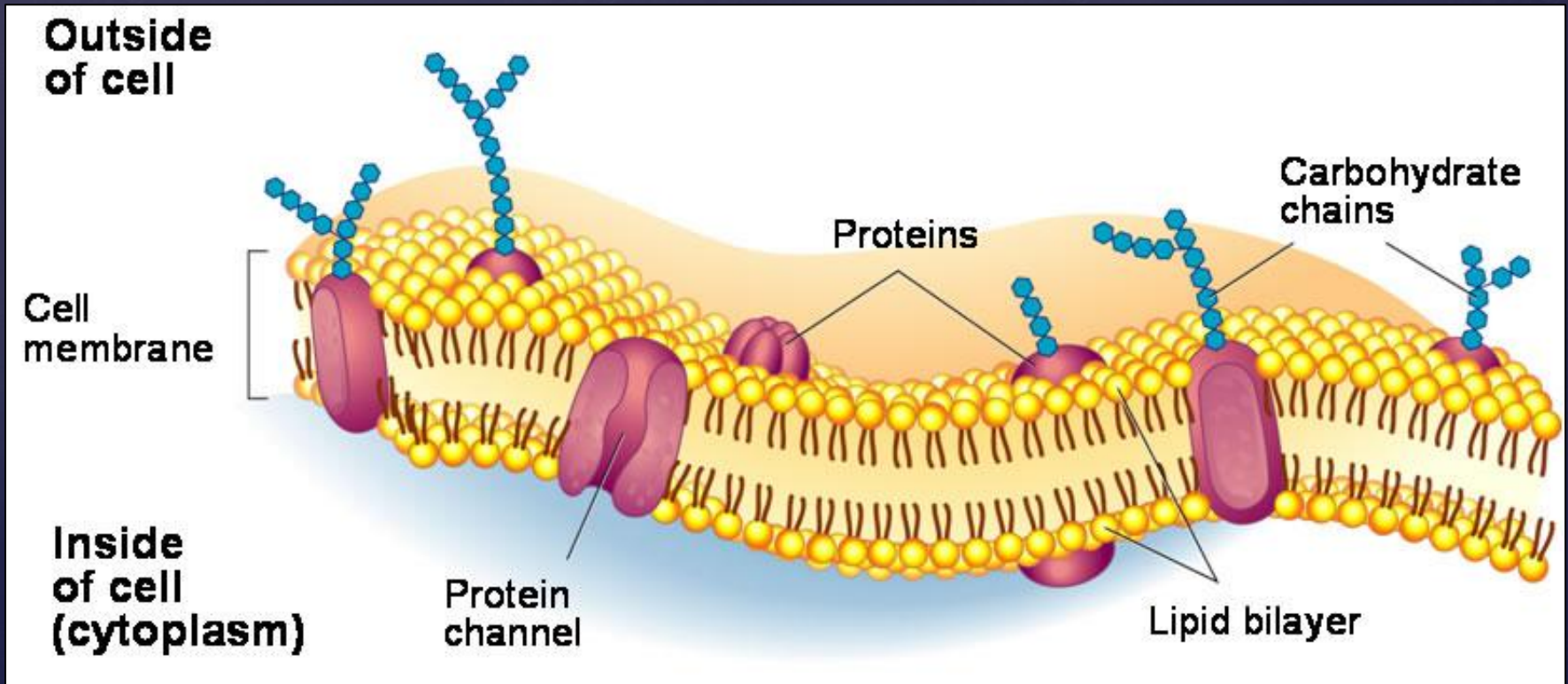
II. Поверхностный потенциал мембран и его значение

III. Метод флуоресцентных зондов как способ изучения поверхностного потенциала мембран

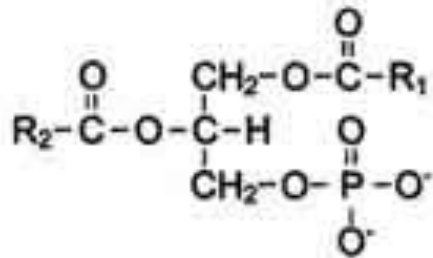
IV. Доннановское равновесие и его значение

Электрический заряд мембран

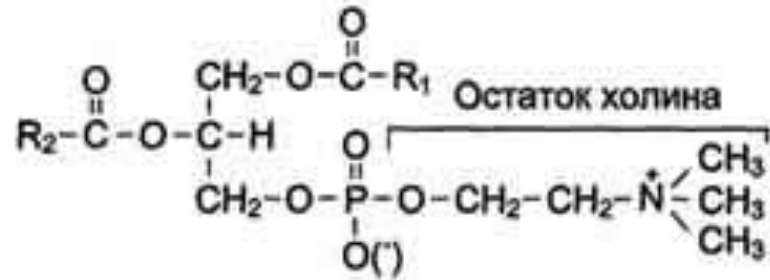
Проницаемость мембран для различных веществ, работа мембранных ферментов и рецепторов непосредственно зависят от физических свойств липидной фазы мембраны: поверхностного заряда и межфазного скачка потенциала, микровязкости и способности растворять в себе различные соединения



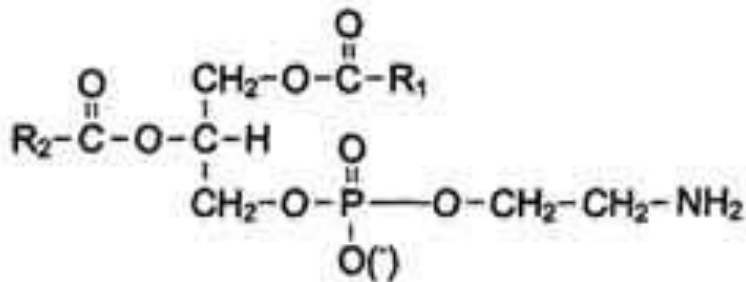
Поверхностный заряд мембраны создается заряженными фосфолипидами, гликолипидами и гликопротеидами, которые придают мембранам преимущественно отрицательный заряд. Отрицательным зарядом обладают и другие мембранные компоненты, например ганглиозиды или белки. Так, суммарный отрицательный заряд мембран тилакоидов пластид в основном обусловлен белками



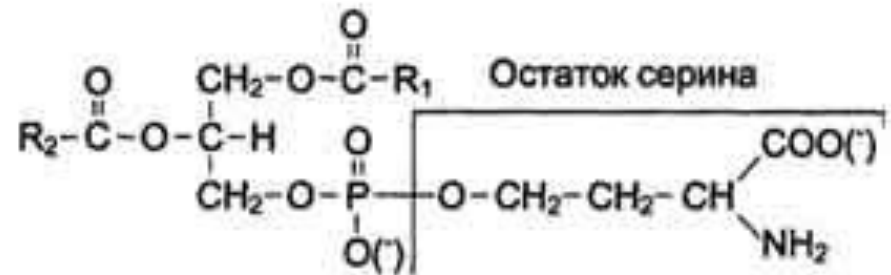
Фосфатидная кислота



Фосфатидилхолин

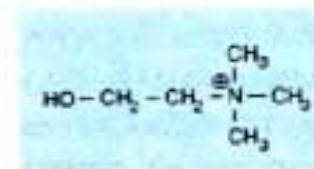
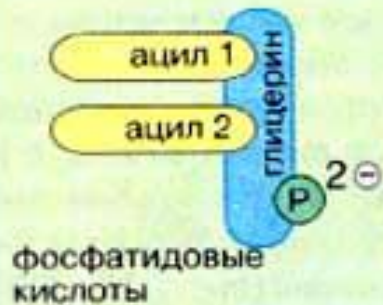


Фосфатидилэтаноламин

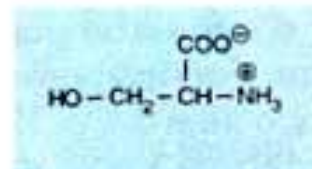


Фосфатидилсерин

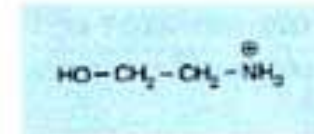
Фосфолипиды



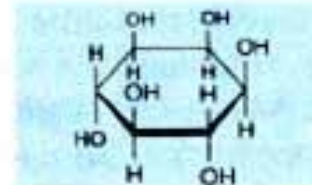
холин



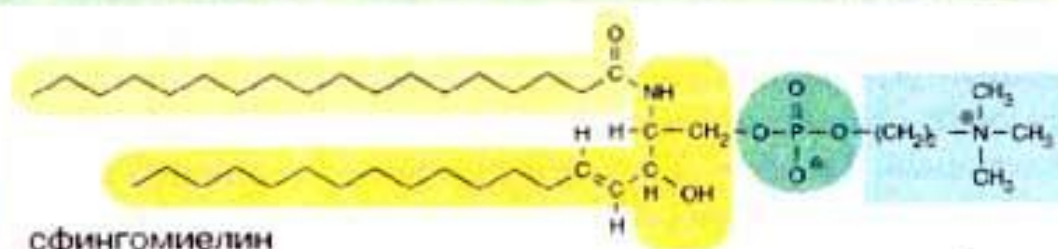
серин



этаноламин



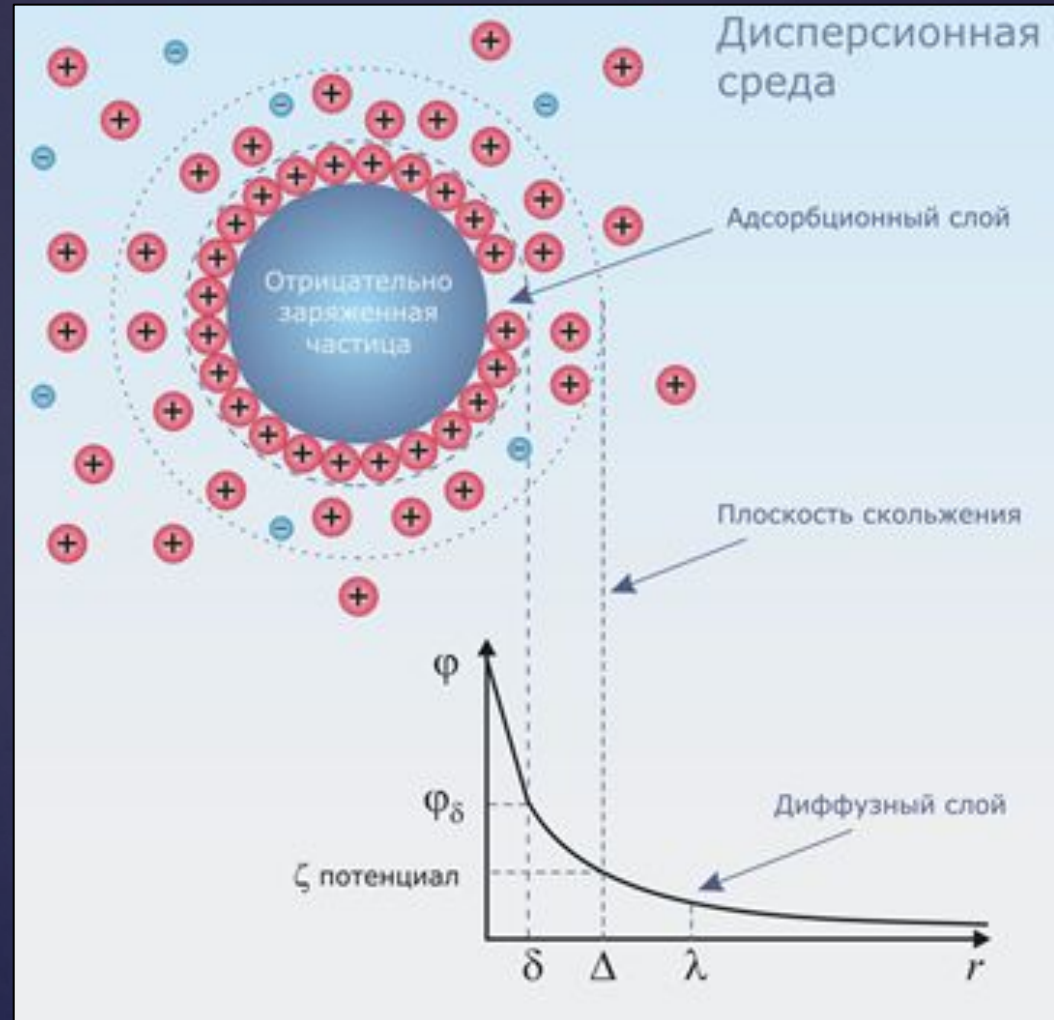
миоинозит



Поверхностный потенциал мембраны

Поверхностный потенциал мембраны обусловлен фиксированными зарядами мембраны, образованными диссоциированными группами в полярных головках липидов, а также ионизируемыми группами аминокислот, входящих в состав структурных белков мембраны.

Фиксированные на поверхности мембраны заряды и притягивающиеся к ним противоионы образуют двойной электрический слой.



Если поверхностная концентрация одновалентных заряженных групп равна σ кмоль/м², то на границе мембрана – вода создается межфазный скачок потенциала того же знака, что и заряд на мембране. Величина этого межфазного потенциала φ_s связана с σ уравнением Гуи-Чепмена, которое в системе СИ имеет вид:

$$\sigma^2 = \frac{N_A^2 RT \epsilon c}{2\pi F^2} (e^{\psi_s} + e^{-\psi_s} - 2)$$

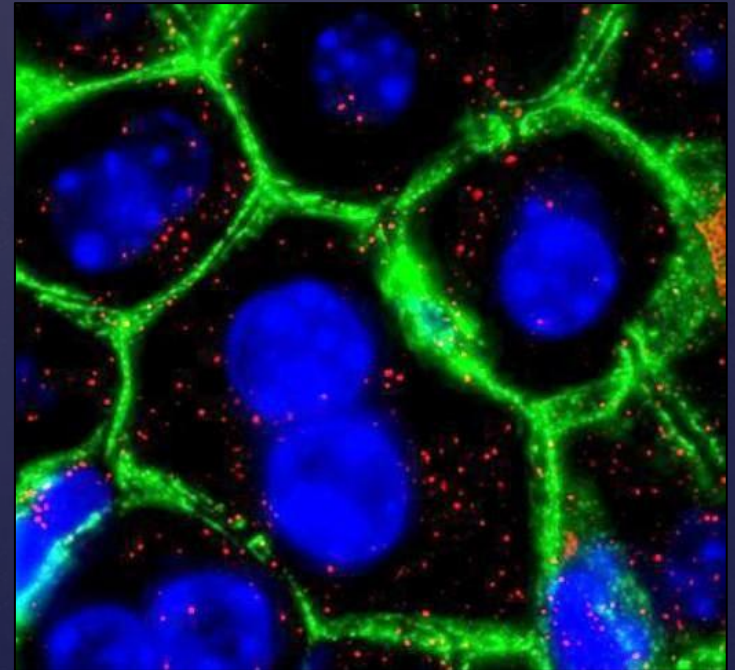
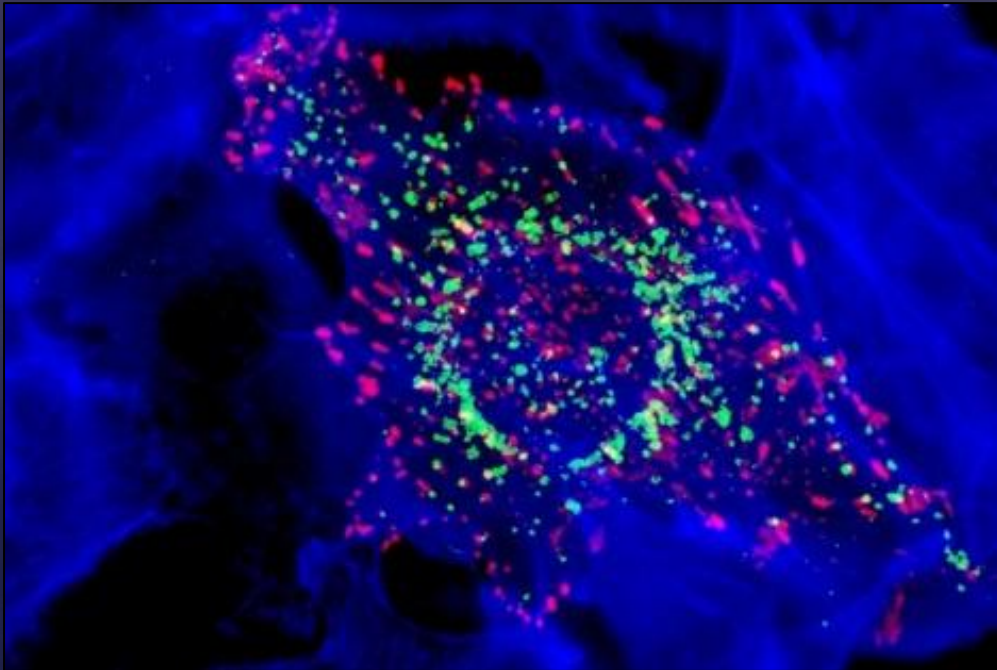
где R – газовая постоянная, F – число Фарадея, N_A – число Авогадро, c – молярная концентрация одновалентного электролита в среде (например KCl или NaCl), ϵ – абсолютная диэлектрическая проницаемость, равная произведению относительной диэлектрической проницаемости (для воды она равна приблизительно 80) на электрическую постоянную ϵ_0 ; φ_s – потенциал в безразмерной форме. При анализе уравнения становится ясно, что чем больше σ , тем выше φ_s

Значение заряда мембраны и поверхностного мембранного потенциала

1. Наличие заряда мембраны важно для стабильности мембранных структур (которые при нейтрализации зарядов начинают слипаться друг с другом), а также для связывания органических и неорганических ионов;
2. Распределение электрического потенциала в мембране и у её границ можно считать главным фактором, определяющим направление и скорость переноса ионов через мембрану. В частности, разность потенциалов $\Delta\varphi$ – основная движущая сила переноса ионов через мембрану;
3. Величина межфазного потенциала (называемого иногда поверхностным потенциалом) имеет большое значение для связывания ионов мембраной.

Метод флуоресцентных зондов как способ изучения поверхностного потенциала мембран

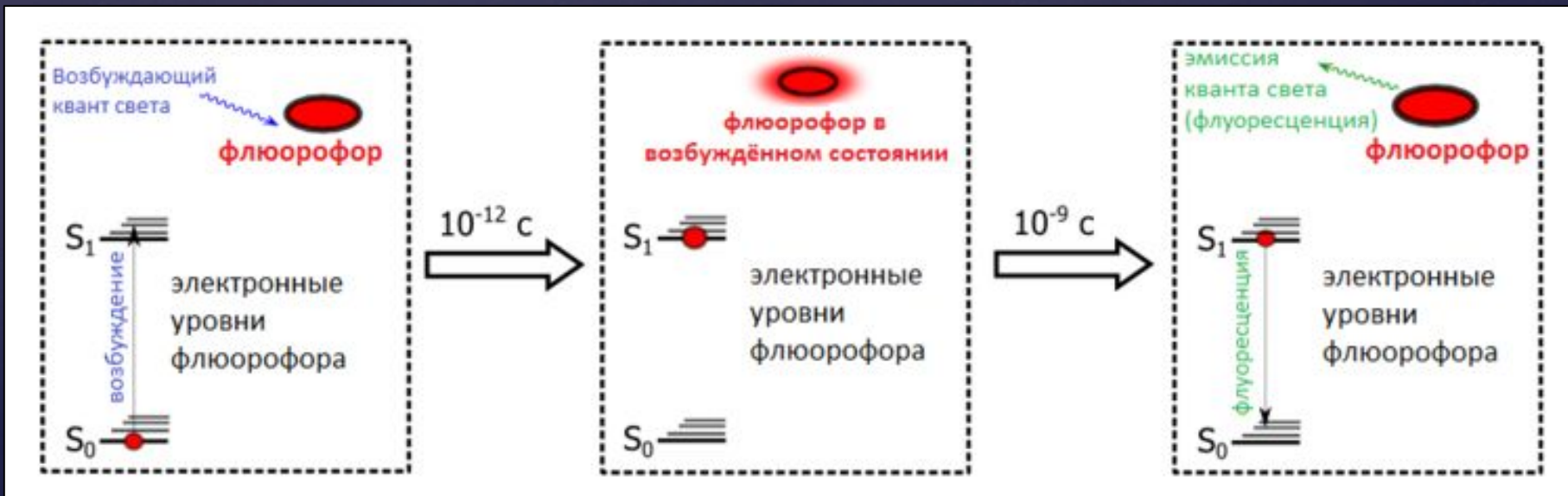
Экспериментальное изучение поверхностного потенциала мембран и его изменения в патологии или при действии лекарственных препаратов, например местных анестетиков, может проводиться рядом методов, включая метод флуоресцентных зондов.



Флуоресцентный зонд представляет собой флуоресцирующую молекулу, которая находится в липидном слое мембраны или же адсорбируется на ее поверхности. Параметры флуоресценции зонда зависят от свойств непосредственного окружения молекул зонда в мембранах:

вязкости

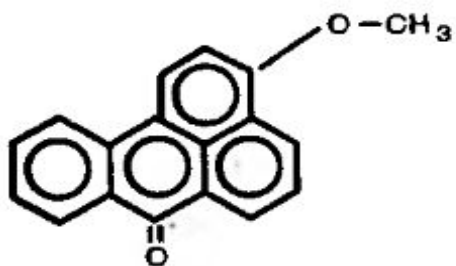
- полярности среды;
- близости заряженных групп;
- наличия различных молекул – акцепторов энергии электронного возбуждения;
- диффузии молекул – тушителей флуоресценции, в частности воды.



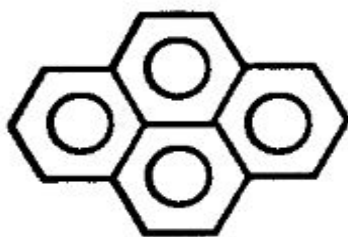
Структура некоторых флюоресцентных зондов, применяемых при изучении биологических мембран



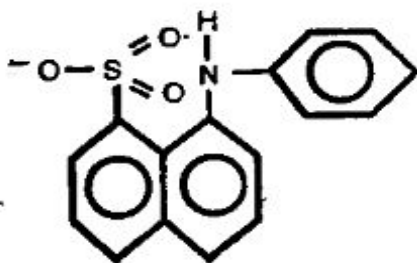
Диметиламинохалкон (ДМХ)



3-метоксибензатрон (МБА)



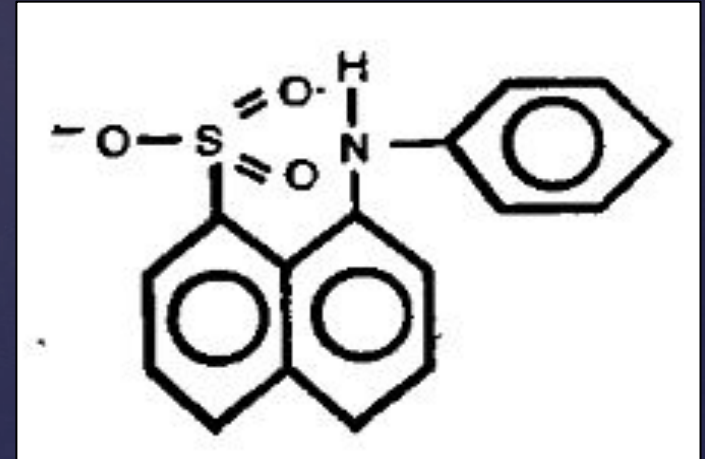
Пирен



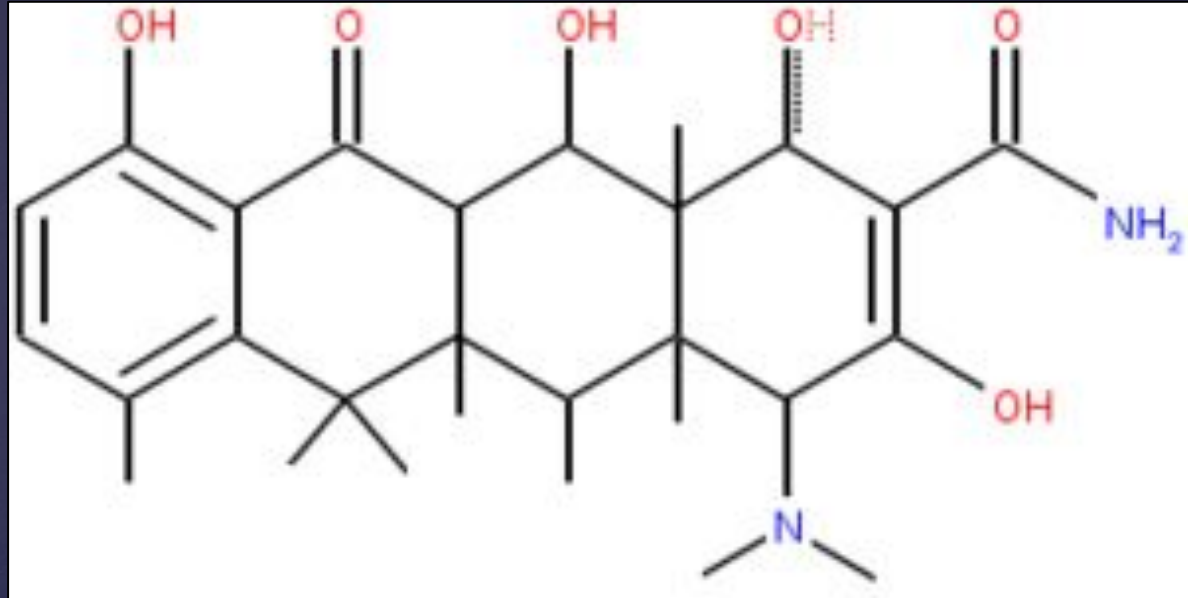
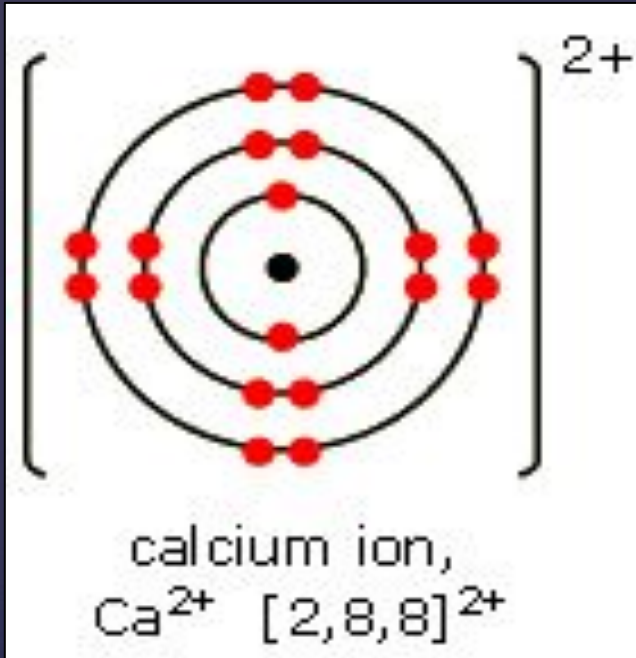
1-анилино-нафталин-сульфонат

Важной характеристикой мембраны является распределение зонда между мембраной и окружающей водной средой. Это распределение зависит от потенциала поверхности мембраны $\Delta\varphi$, если сам зонд заряжен, и от сродства зонда к мембране.

Например, применяя отрицательно заряженный зонд АНС, можно изучать изменение поверхностного потенциала мембран φ_s , так как флюоресцирует только связанная с мембраной форма этого красителя и общая интенсивность флуоресценции системы увеличивается с увеличением φ_s .



Поверхностный потенциал мембран влияет также и на связывание ионов, например кальция. При этом измерение связывания кальция мембранами можно проводить с помощью другого флуоресцентного зонда – антибиотика тетрациклина, поскольку комплекс кальция с тетрациклином в липидном окружении обладает более яркой флуоресценцией, чем со свободным тетрациклином в водной фазе.



Таким образом, флуоресцентные зонды и метки являются удобным инструментом для исследования биологических мембран и поверхностного мембранного потенциала.

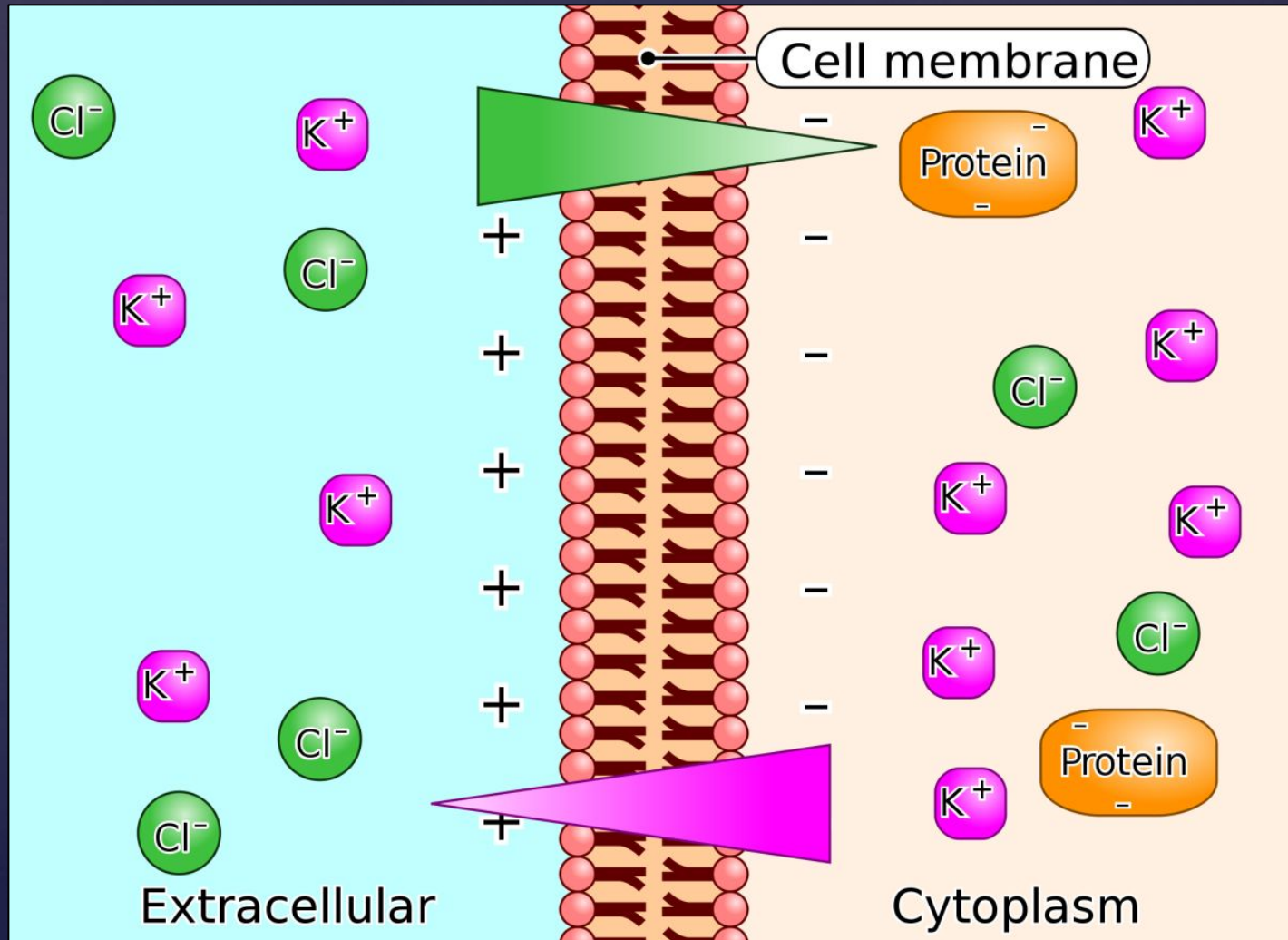
Доннановское равновесие

Мембранное равновесие (Доннана равновесие) – равновесие, устанавливающееся между двумя растворами, разделенными мембраной, непроницаемой хотя бы для одного вида ионов, находящихся в одном из растворов.

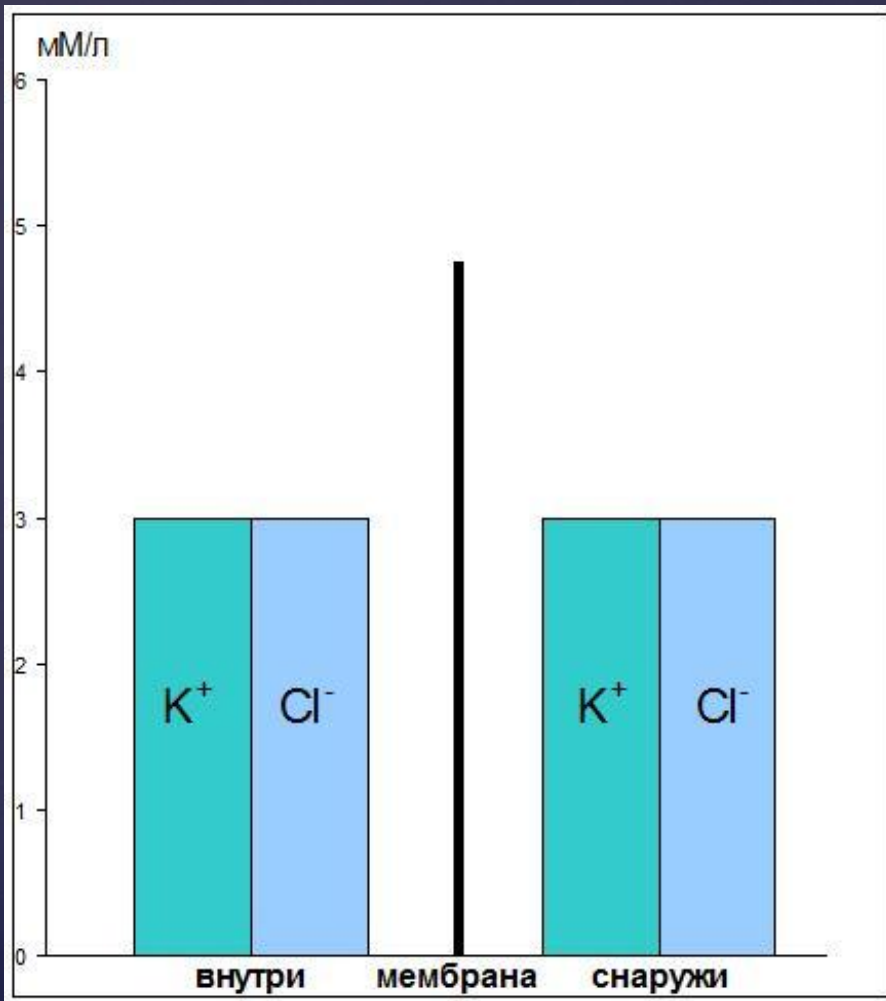


Фредерик Джордж Доннан
(1870-1956)

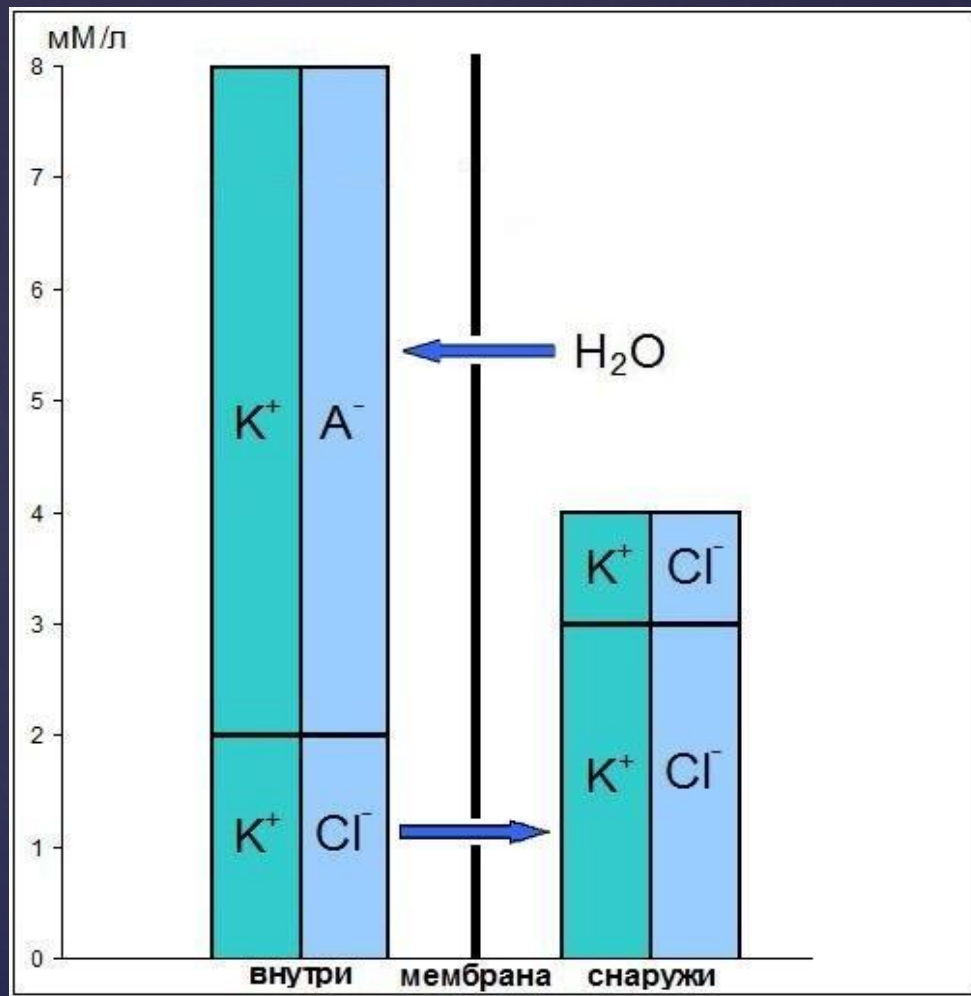
Как показал Доннан (F. D. Donnan), при установлении мембранного равновесия диффундирующий через мембрану электролит распределяется по обе стороны мембраны неравномерно: его концентрация в растворе, содержащем непроникающие через мембрану ионы, будет меньше, чем в растворе по другую сторону мембраны.



Установление равновесия Доннана в живой клетке



Этап 1



Этап 2

Доннан показал, что это передвижение ионов будет происходить до тех пор, пока не наступит равновесие, и равновесие это описывается следующим уравнением:

$$[K^+]_{out}[Cl^-]_{out}=[K^+]_{in}[Cl^-]_{in}$$

□

$$\frac{[K^+]_{out}}{[K^+]_{in}} = \frac{[Cl^-]_{in}}{[Cl^-]_{out}}$$

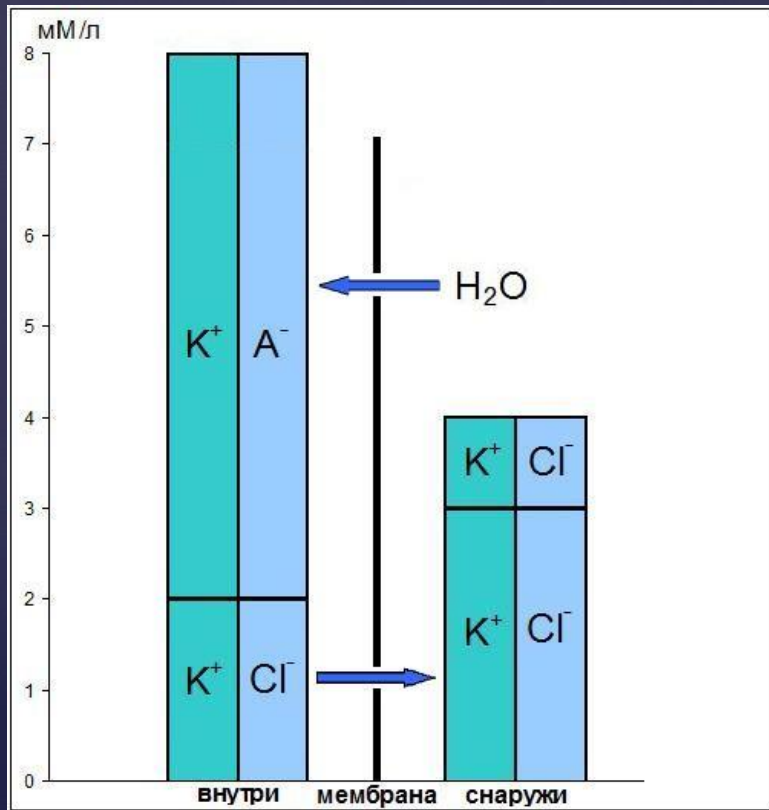
На этапе 1:

$$\frac{3}{3} = \frac{3}{3}$$

На этапе 2:

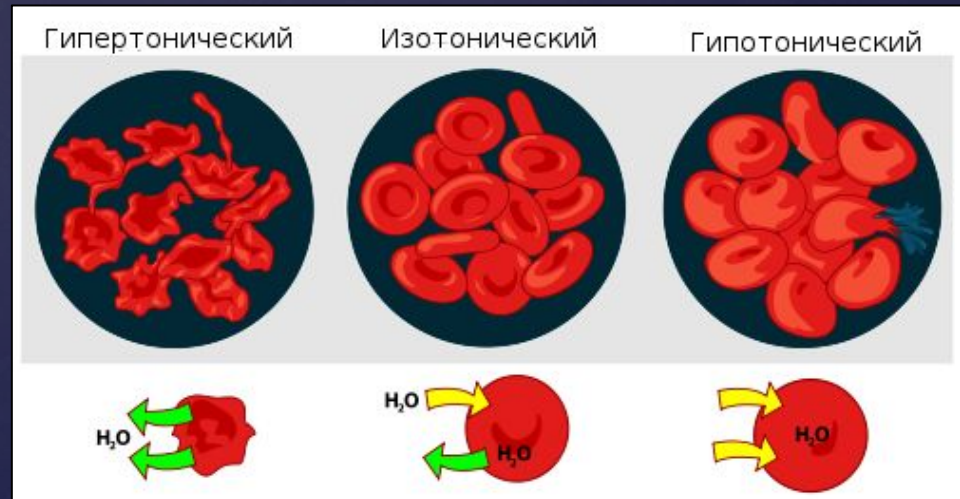
$$\frac{4}{8} = \frac{2}{4}$$

Равновесие Доннана выведено для условия электронейтральности обоих растворов. Однако на этапе 2 не сохраняется осмотическое равновесие, так как по внутреннюю сторону мембраны раствор электролита более концентрированный. Для того чтобы разбавить этот раствор, вода диффундирует в клетку. В результате с внутренней стороны мембраны создается избыточное гидростатическое, или осмотическое давление.

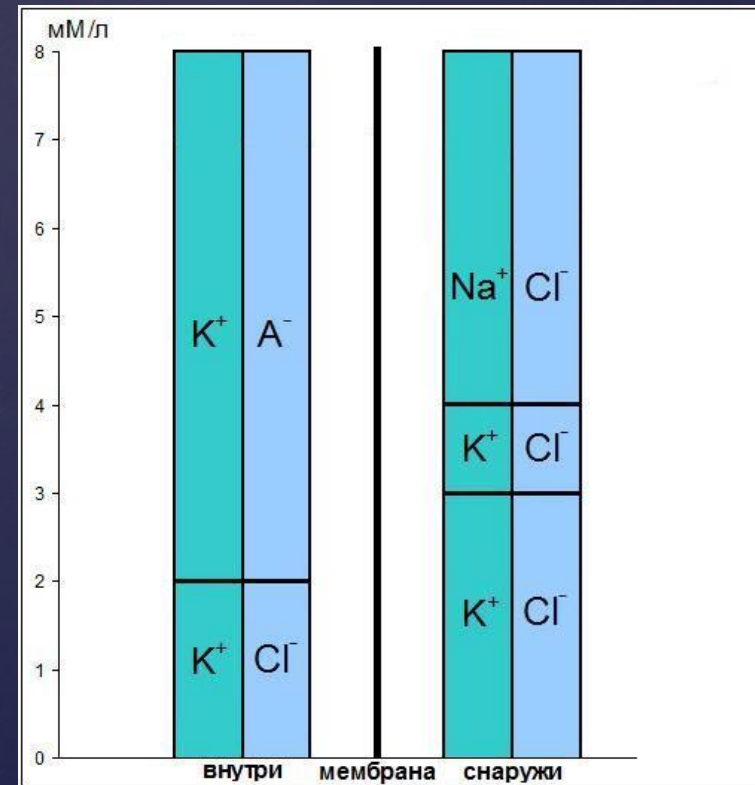
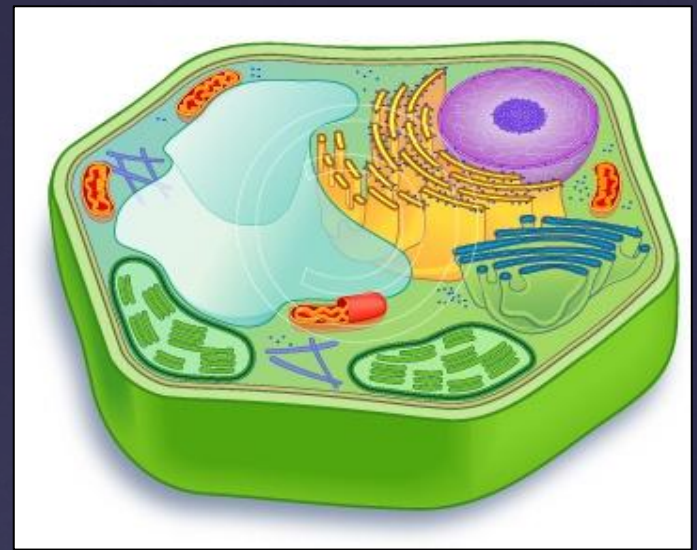


Этап 2

$$\Pi = icRT$$



- В растительных клетках осмотическое давление несколько выше, чем в окружающей среде, но эти клетки не разрываются, так как их стенки окружены плотной оболочкой из целлюлозы.
- В животных клетках осмотическое равновесие в животных клетках достигается благодаря тому, что недостаток электролитов в наружной среде компенсируется NaCl (этап 3). Na^+ не может входить в клетку, так как мембрана для него относительно непроницаема. Благодаря этому Na^+ , содержащийся во внеклеточной среде, уравнивает осмотическое давление внутриклеточных органических анионов.



Этап 3

Значение Доннановского равновесия

- Все биологические мембраны полупроницаемы: в нормальных условиях проницаемы для неорганических солей и воды и непроницаемы для белков и полисахаридов. Этот эффект является одной из причин неравномерного распределения ионов вне и внутри клетки.
- Мембранное равновесие играет большую роль при распределении ионов между клетками и окружающей их средой, при возникновении биопотенциалов, при набухании тканей и др.
- Мембранное равновесие необходимо учитывать при рассмотрении проницаемости мембран, при измерении осмотического давления растворов высокомолярных веществ.

Список литературы

1. Владимиров Ю. А. и др. Биофизика: Учебник. – М.: Медицина, 1983, 272 с. ил.
2. Геннис Р. Биомембраны: молекулярная структура и функции: Пер. с англ. – М.: Мир, 1997. – 624 с., ил.
3. Кантор Ч., Шиммел П. Биофизическая химия: В 3т. Т. 3. Пер. с англ. – М.: Мир, 1985. – 536 с., ил.
4. Шеперд Г. Нейробиология: в 2-х т. Т. 1 Пер. с англ. – М.: Мир, 1987. 454 с., ил.

Спасибо за внимание!