



---



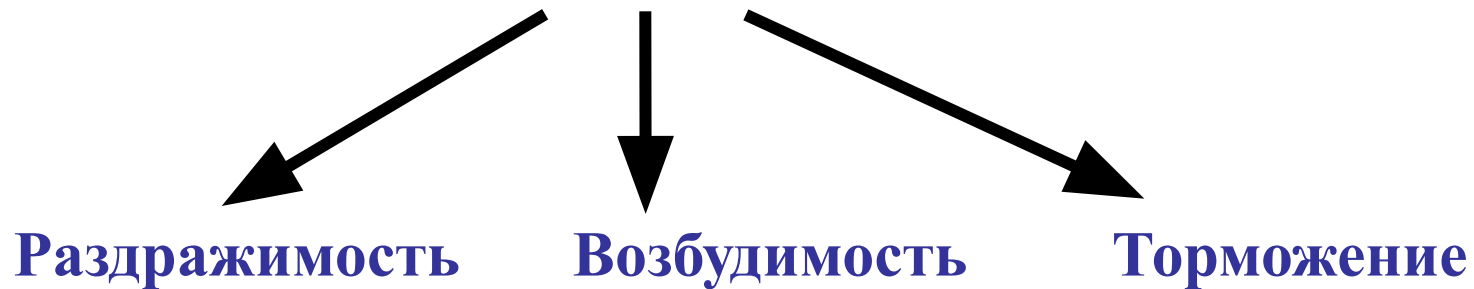
# **Физиология возбудимых тканей**



# Основные проявления жизнедеятельности

---

- **Физиологический покой**
- **Физиологическая активность**



# Разновидности

## биологических реакций

---

- **Раздражение** – изменение структуры или функции при действии внешнего раздражителя
- **Возбуждение** – изменение электрического состояния клеточной мембраны, приводящее к изменению функции живой клетки

# Возбуждение характеризуется двумя группами признаков:

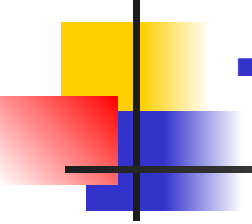
**Неспецифические признаки** возникают у всех возбудимых тканей вне зависимости от их строения:

- изменение проницаемости клеточных мембран,
- изменение заряда клеточных мембран,
- повышение потребления кислорода
- повышение температуры
- усиление обменных процессов

**Специфические признаки** различаются у различных тканей:

- мышечная ткань – сокращение
- железистая ткань – выделение секрета
- нервная ткань – генерация нервного импульса.

# Свойства возбудимых тканей:

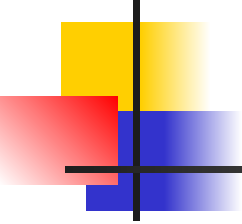
- 
- **Возбудимость** – способность ткани отвечать на раздражение изменением ряда своих свойств.
  - **Проводимость** – способность ткани проводить возбуждение по всей своей длине. Показатель проводимости – скорость проведения возбуждения.
  - **Рефрактерность** – способность ткани терять или снижать возбудимость в процессе возбуждения. При этом в ходе ответной реакции ткань перестает воспринимать раздражитель.
  - **Лабильность** – способность ткани генерировать определенное число волн возбуждения в единицу времени в точном соответствии с ритмом наносимого раздражения

# лабильность

находится в обратной зависимости от рефрактерности: чем больше рефрактерный период, тем меньше лабильность ткани и наоборот.

Ткани	Рефрактерный период	Лабильность
Нервные волокна	0,5 – 2 мс	500-2000 импульсов в секунду
Мышечная ткань	5 мс	200 импульсов в секунду

# Классификация раздражителей

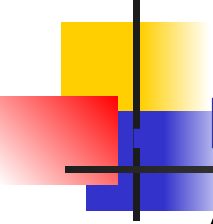
- 
- 
- **механические** - ушибы, переломы, порезы и др.,
  - **химические** - кислоты, щелочи, спирты и др.,
  - **физические** - электрический ток, световые лучи, звук, температура и др.,
  - **биологические** - токсические вещества, выделяемые микроорганизмами, простейшими и др.

# По физиологическому признаку раздражители могут быть

- **Адекватные** - воздействуют на возбудимые системы в естественных условиях существования организма, к которым данная ткань приспособилась в процессе эволюции и может отвечать на самое минимальное их воздействие.
- **Неадекватные** раздражители в естественных условиях существования организма не воздействуют на возбудимые структуры. К ним данная ткань не приспособляется в процессе развития. Однако, при достаточной силе и продолжительности их действия они могут вызывать ответную реакцию со стороны возбудимых тканей (механическое воздействие на глаз).



# По своей силе раздражители могут быть:



**Подпороговые раздражители** - при действии на ткань не вызывают видимых изменений, но сопровождаются определенными физико-химическими сдвигами. Однако, степень их изменений недостаточна для возникновения распространяющегося возбуждения.

- **Пороговые раздражители** - при действии которых на ткань наблюдается минимальная видимая ответная реакция.
- **Надпороговые раздражители** - при воздействии на ткань вызывают эффект больше минимального.



# Первый закон раздражения

---

- **Возбудимость, сила и частота раздражителя находятся в обратной зависимости**, т. е. чем возбудимее ткань, тем меньший по силе и частоте раздражитель нужно применить, и, чем меньше возбудимость, тем больший по силе и частоте требуется раздражитель.
- Возбудимость принято оценивать по порогу силы и частоте раздражителя.

# Локальные ответы и закон силы

Сила раздражителя в вольтах

0,5

1,0

1,5

2,0

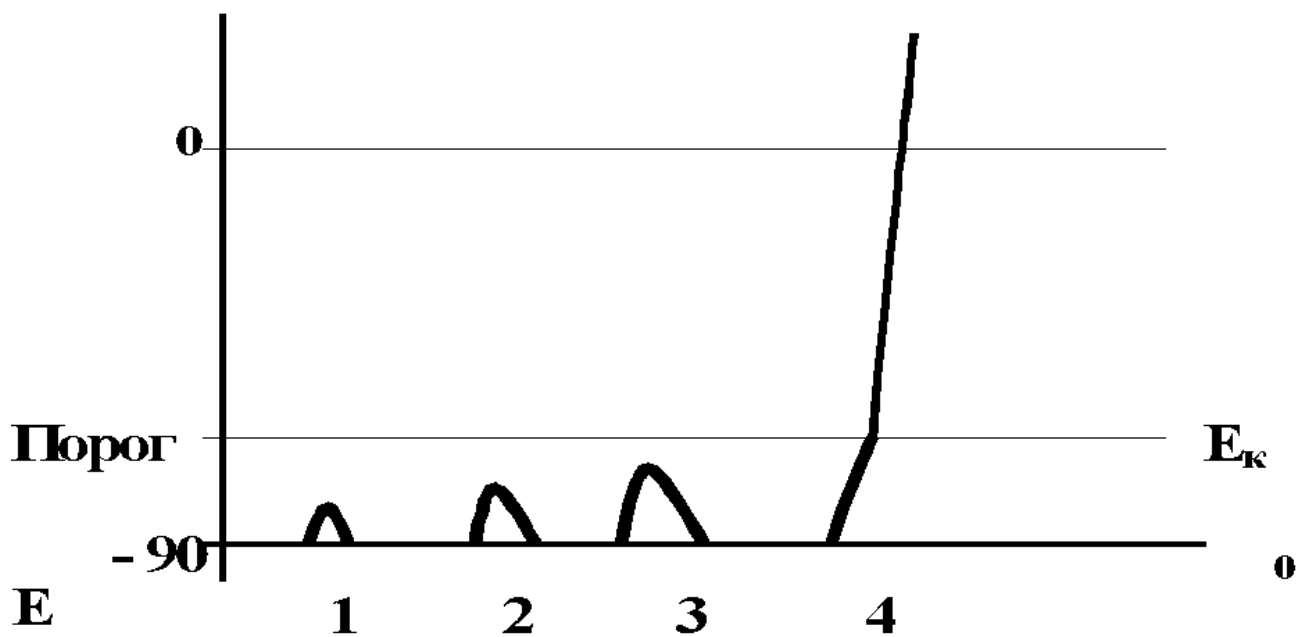


1

2

3

4



# Второй закон раздражения



Чем сильнее раздражитель, тем меньше времени необходимо, чтобы получить минимальный эффект, и наоборот, чем слабее раздражитель, тем продолжительность его воздействия должна быть длительнее

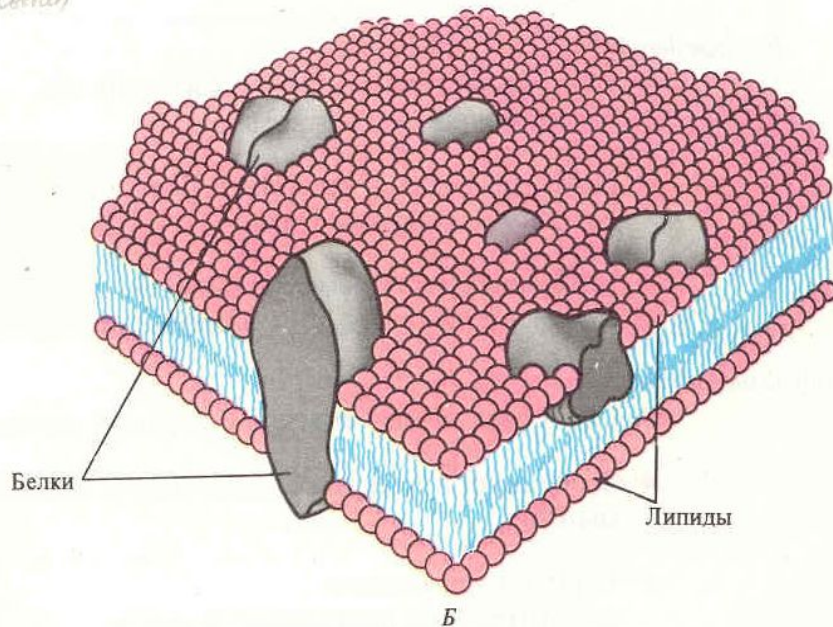
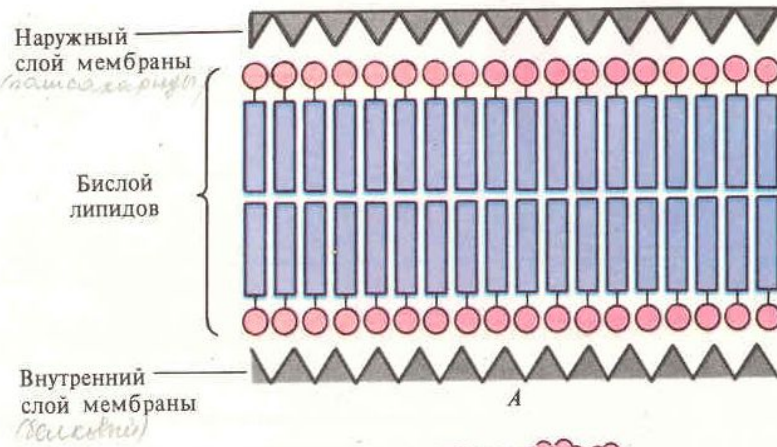
# Функции биологических мембран

- ***Пограничная функция*** - отграничивает цитоплазму от межклеточной жидкости
- ***Биотрансформирующая функция.*** Любое вещество, проходя через мембрану, вступает с ней в сложное взаимодействие и претерпевает ряд биохимических превращений.
- ***Транспортная функция.***

# Схема строения мембраны

Мембранные белки делятся на 4 класса:

1. «Насосы» расходуют метаболическую энергию АТФ для перемещения ионов и молекул против концентрационных и электрохимических градиентов и поддерживают необходимые концентрации этих молекул в клетке.
2. Ионоселективные каналы представляют собой пути переноса заряженных молекул и ионов.
3. Рецепторы мембран представлены белковыми молекулами, которые «узнают» то или иное биологически активное вещество.
4. Белки-ферменты, облегчают протекание биохимических реакций как внутри мембраны,

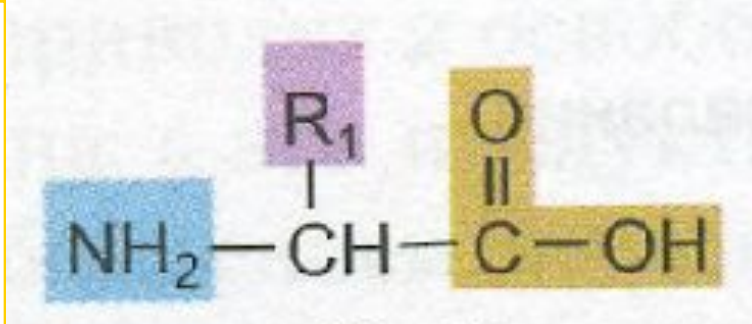


## Белки:

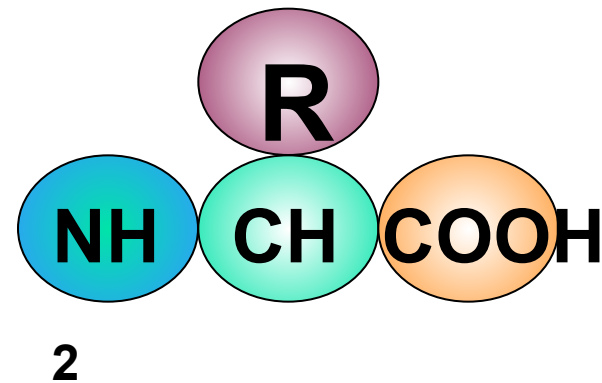
состоят из мономеров – аминокислот (а/к).

Каждая а/к имеет: аминогруппу ( $-\text{NH}_2$ ), кислотную группу ( $-\text{COOH}$ ), радикал ( $\text{R}$ ).

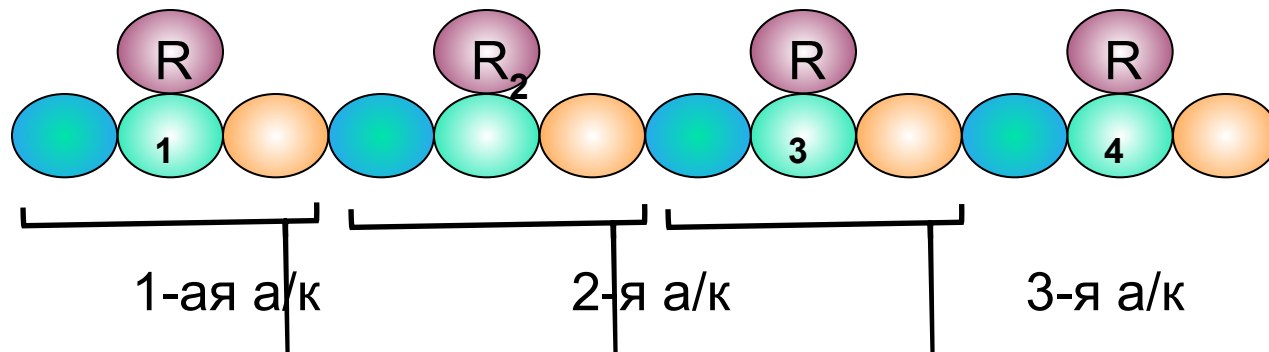
Всего в состав белков входят 20 типов а/к; они различаются только химической структурой  $\text{R}$ .

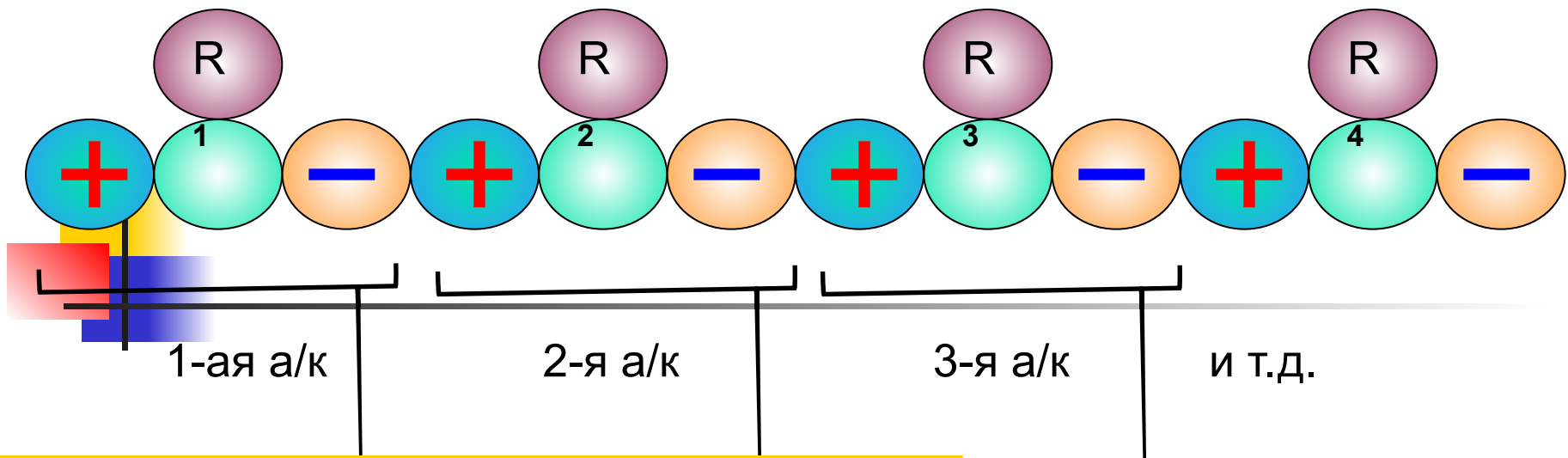


Итоговая цепь а/к – **первичная структура** белка. Радикалы не принимают участия в ее формировании. Средняя длина белковой молекулы – 300-700 а/к. У каждого белка – своя, уникальная первичная структура.



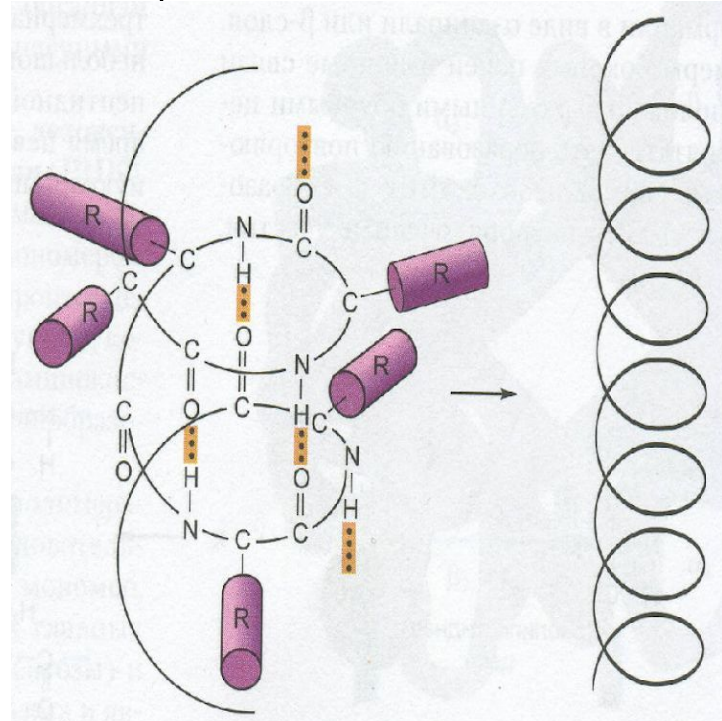
Полимеризация а/к с образованием белка происходит за счет связывания  $\text{COOH}$ -группы предыдущей а/к с  $\text{NH}_2$ -группой следующей а/к.





Следующий этап: образование **вторичной структуры** белка.  
 Она формируется за счет присутствия на аминокеттах довольно большого **положительного** заряда, на кислотных группах – **отрицательного** заряда.

Взаимное притяжение таких (+) и (-) ведет к укладке белковой цепи в спираль (на каждом витке примерно 3 а/к; радикалы в этом вновь не участвуют).





**Третичная структура белка –** белковый клубок, формируется за счет взаимодействия радикалов (и, следовательно, зависит от первичной структуры).



**Взаимодействие радикалов может происходить благодаря:**

- образованию ковалентной химической связи
- притяжению неравномерно заряженных областей
- контакту углеводородных участков (как в случае «хвостов» липидных молекул) и др.

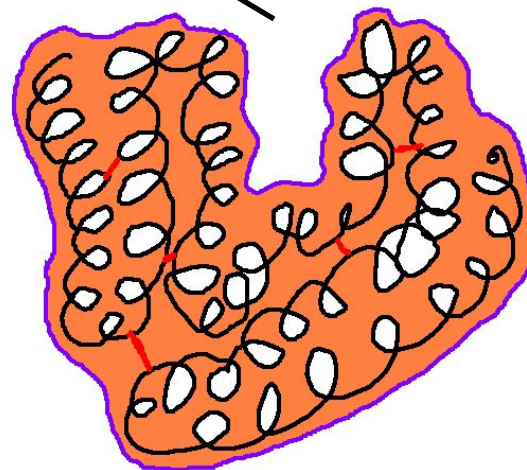
## Третичная структура

(белковый клубок),  
как правило, имеет  
ямку («активный центр»)  
Здесь происходит захват  
молекулы-мишени  
(«лиганда») по принципу  
«ключ-замок».

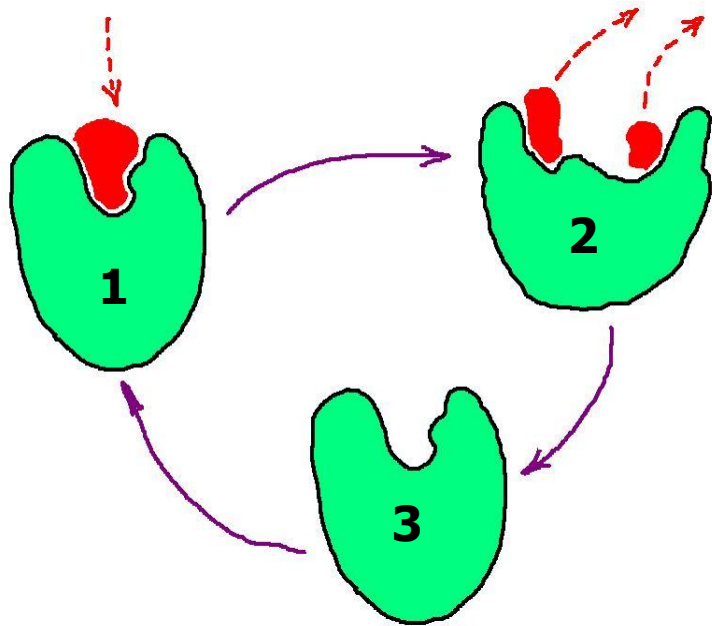
После этого белок  
способен выполнить с  
лигандом те или иные  
операции.

Тип операции с лигандом  
= тип белка.

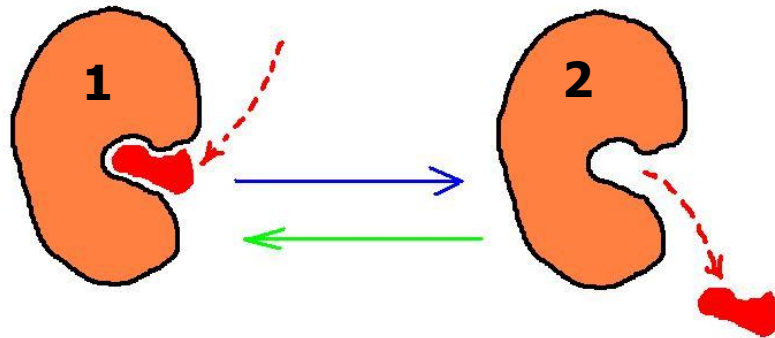
лиганд



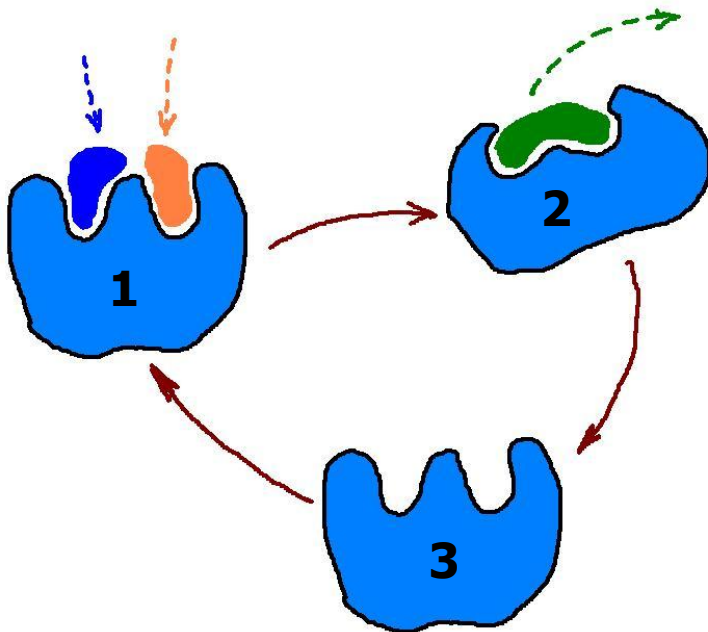
**белки-ферменты**  
**транспортные белки**  
*(белки крови,*  
*каналы, насосы)*  
**белки-рецепторы**  
**двигательные белки**  
**защитные (антитела)**  
**строительные и др.**



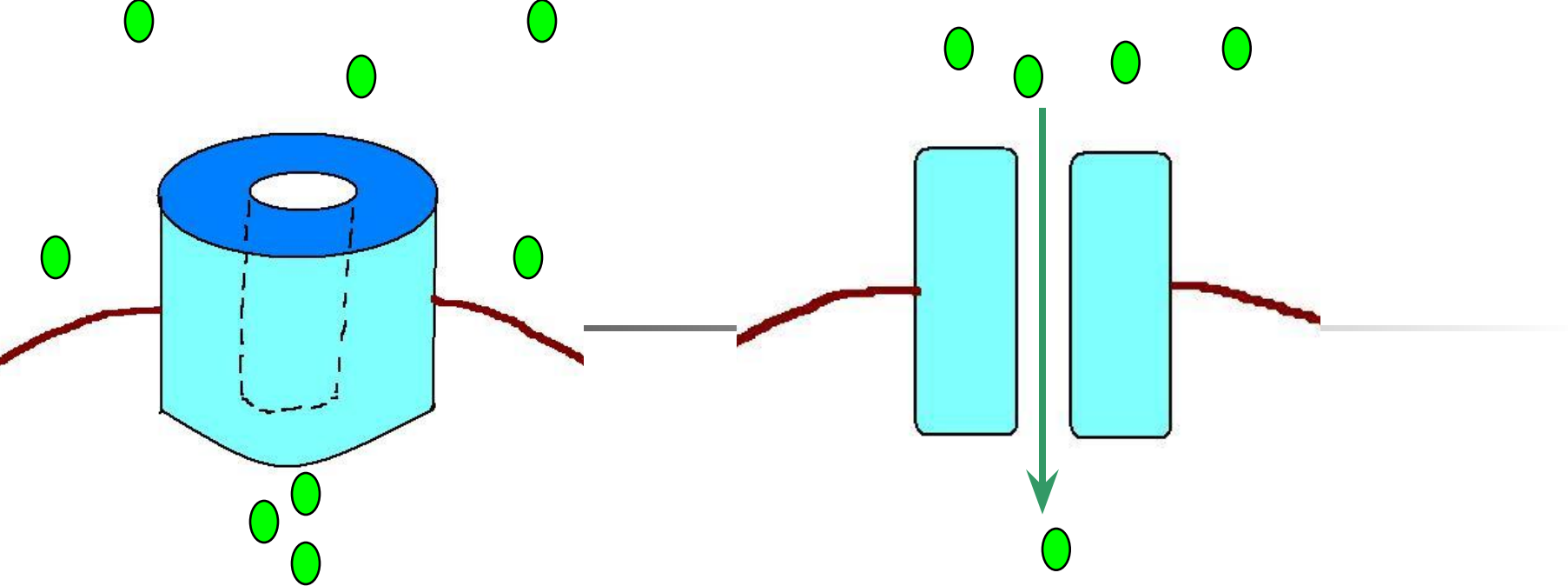
Белок-фермент, управляющий распадом вещества-лиганда  
(пример: пищеварит. ферменты)



Транспортный белок (например, перенос кислорода гемоглобином)

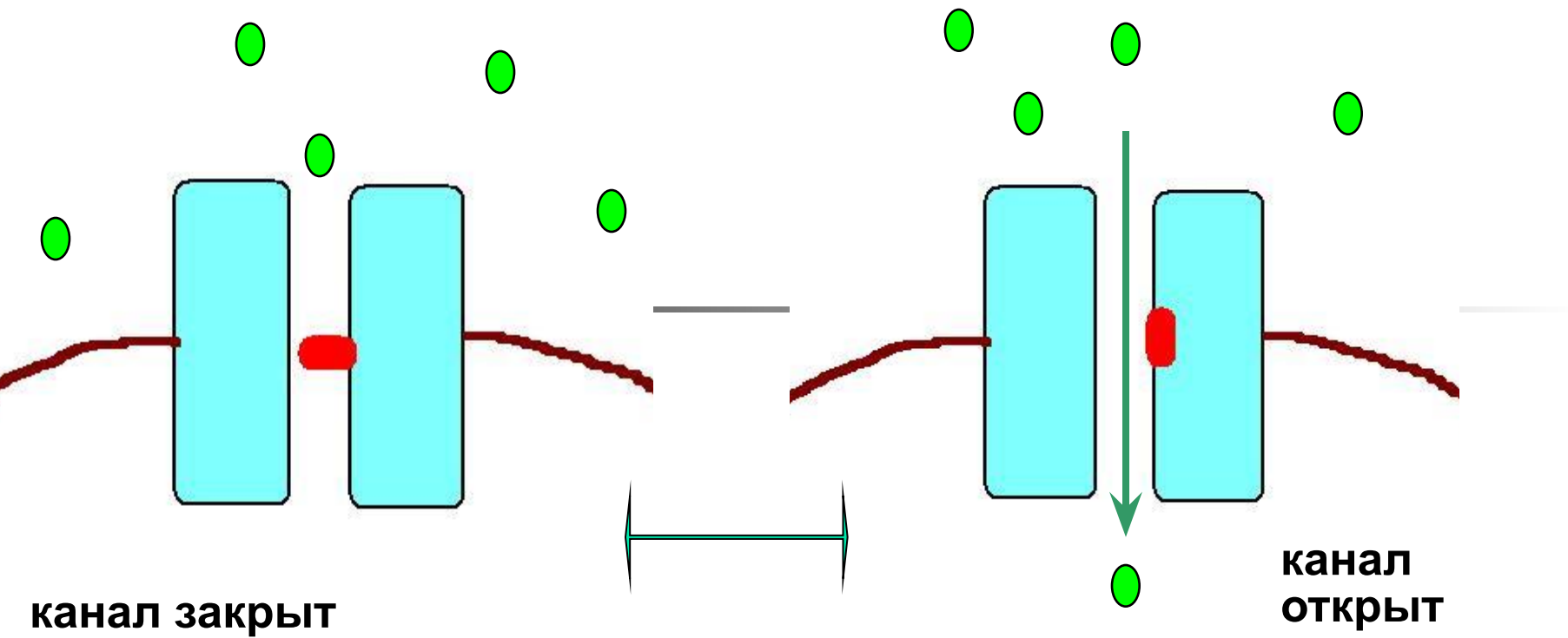


Белок-фермент, управляющий синтезом нового вещества из двух лигандов

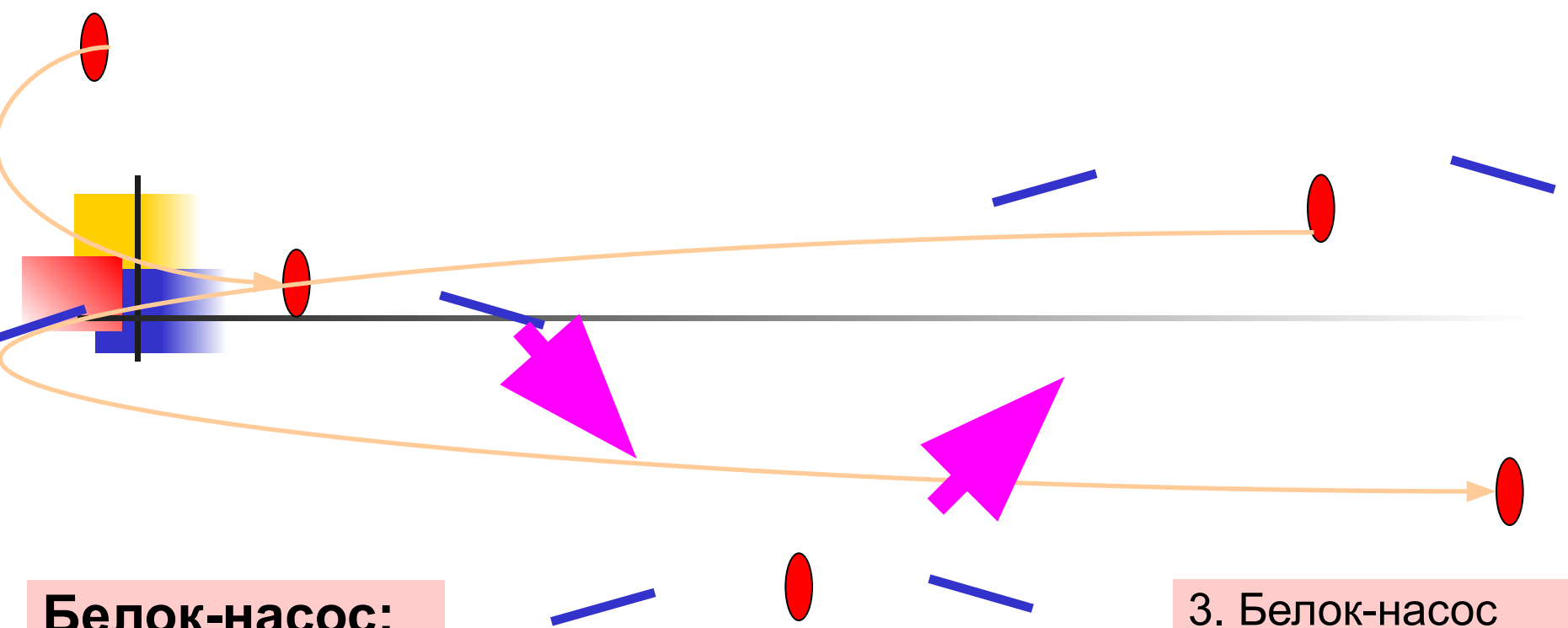


**Постоянно открытый белок-канал**: похож на цилиндр с отверстием; встроен в мембрану клетки; через него может идти диффузия (как правило, строго определенных мелких частиц – молекул  $H_2O$ , ионов  $K^+$ ,  $Na^+$  и др.).

**Диффузия** – движение частиц среды из области с высокой концентрацией в область с низкой концентрацией; чем больше разность концентраций, тем интенсивнее диффузия.



**Белок-канал со створкой**: также встроен в мембрану клетки; его отверстие перекрыто петлей-створкой, («канал закрыт»). Створка при определенных условиях может открываться, «разрешая» диффузию (*условия открытия: появление определенных химических веществ, электрические воздействия и др.*)



## Белок-насос:

1. «Чаша» белка встроена в мембрану клетки и открыта, например, в сторону внешней среды; происходит присоединение лиганда.

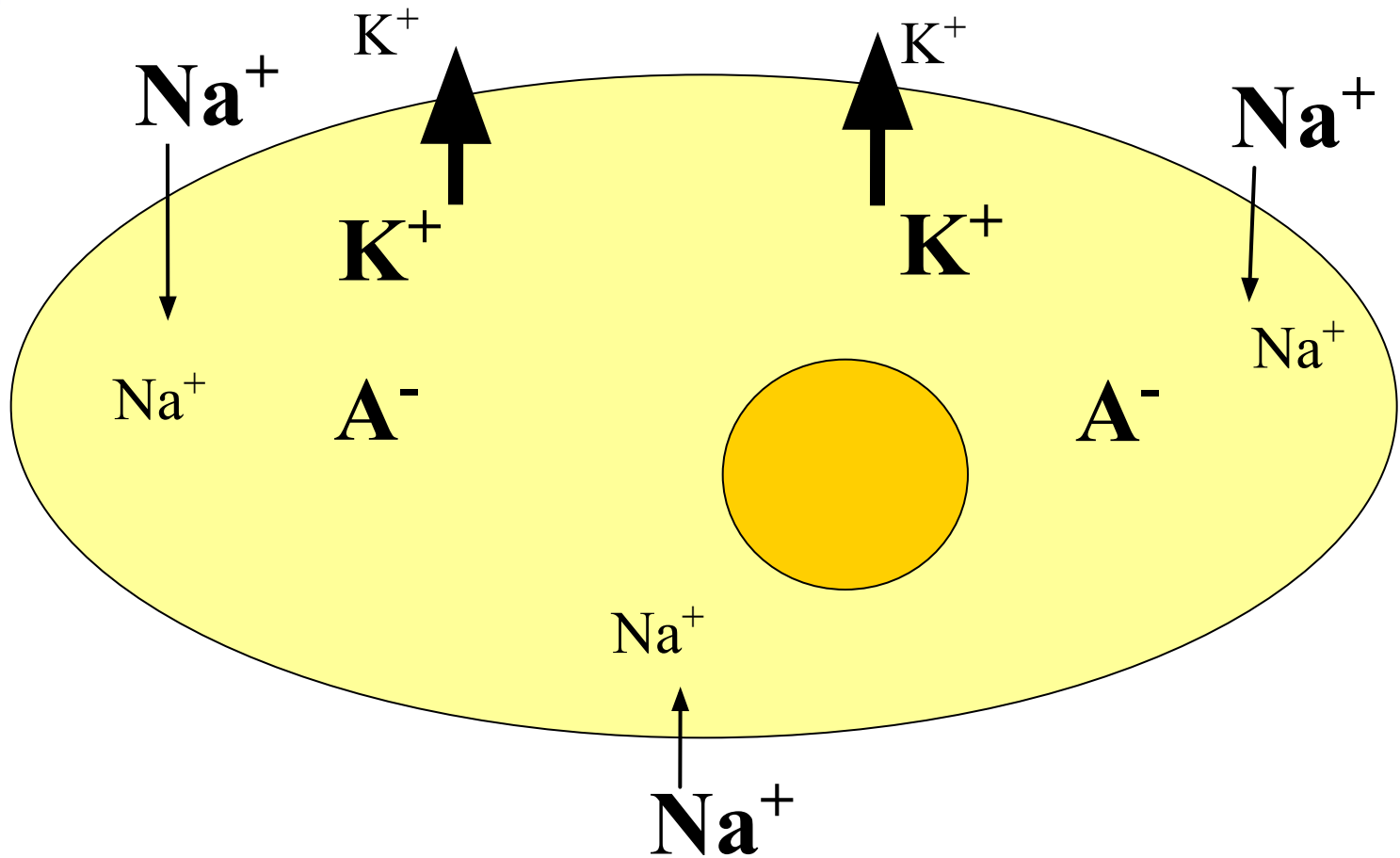
2. Изменение пространственной конфигурации белка-насоса (как правило, требует затрат энергии АТФ; перенос лиганда не зависит от разности концентраций).

3. Белок-насос открывается в сторону цитоплазмы, высвобождая лиганд; затем – возвращение белка-насоса в исходную конфигурацию.

## Основными элементами канала являются:

- **Пора** - молекулярное динамическое образование, которое может находиться в открытом и закрытом состоянии.
- **Воротный механизм** (ворота канала) расположен на внутренней стороне мембраны и представлен белковыми молекулами, способными к конформации (изменение пространственной конфигурации молекул).
- **Сенсор напряжения ионов в мембране** представлен белковой молекулой, расположенной в самой мембране и способной реагировать на изменение мембранного потенциала.
- **Селективный фильтр** находится в самом узком месте канала. Он определяет однонаправленное движение ионов через пору и ее избирательную проницаемость.

# Распределение ионов по обе стороны мембраны клетки

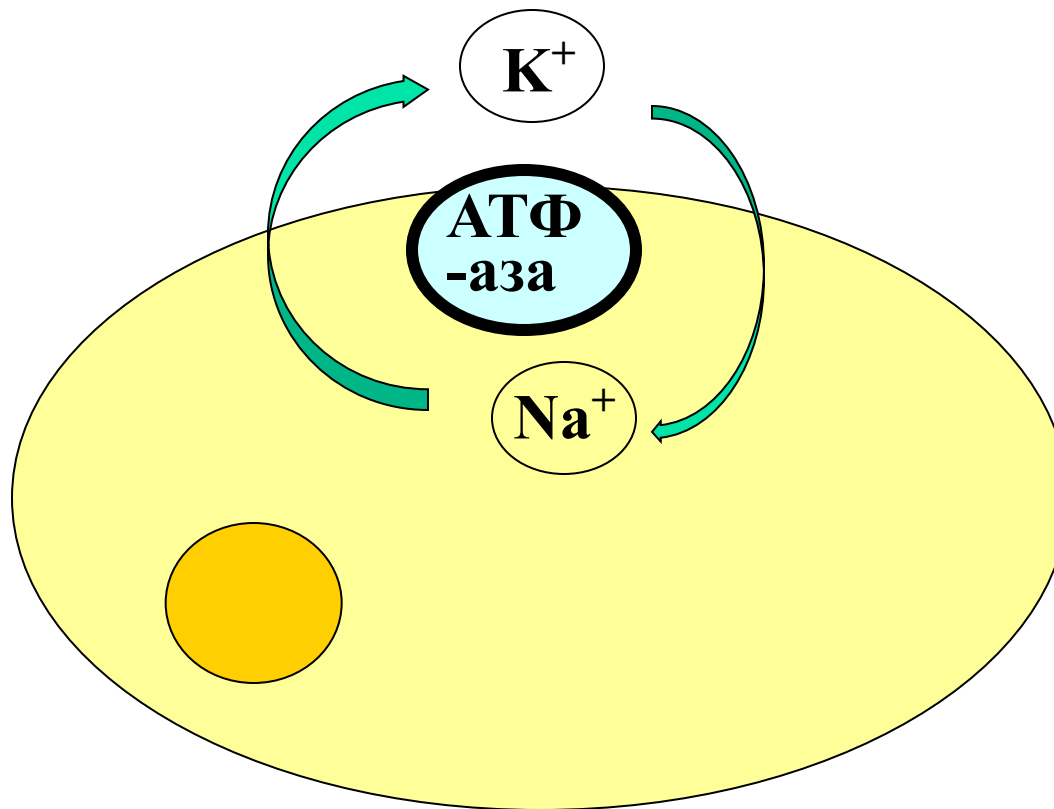




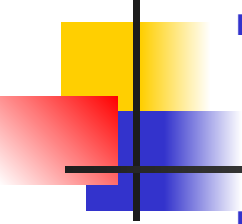
# $\text{Na}^+$ - $\text{K}^+$ -насос мембраны

В систему активного транспорта входят три компонента:

- 1) источник энергии - АТФ,
- 2) фермент АТФаза
- 3) переносчик ионов - ионофор.



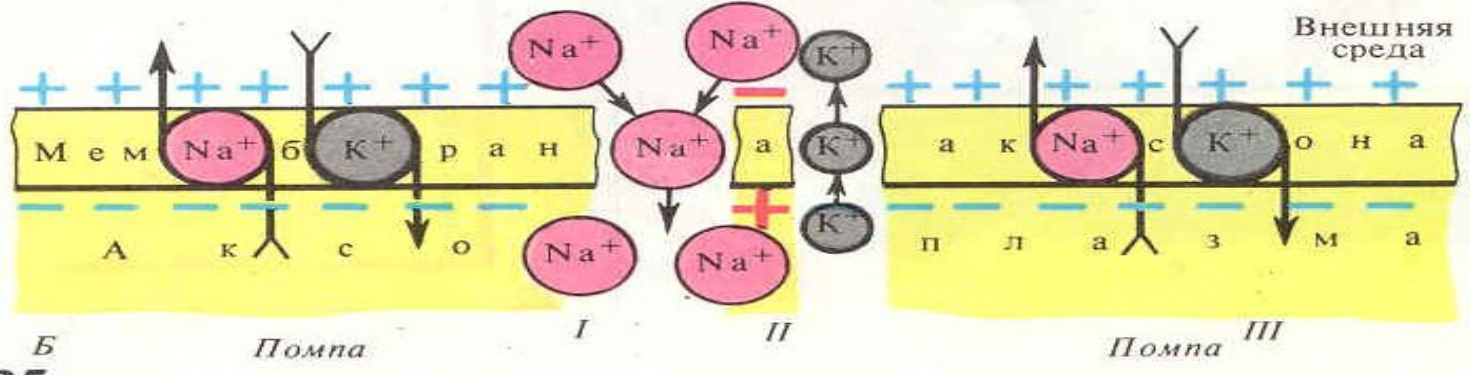
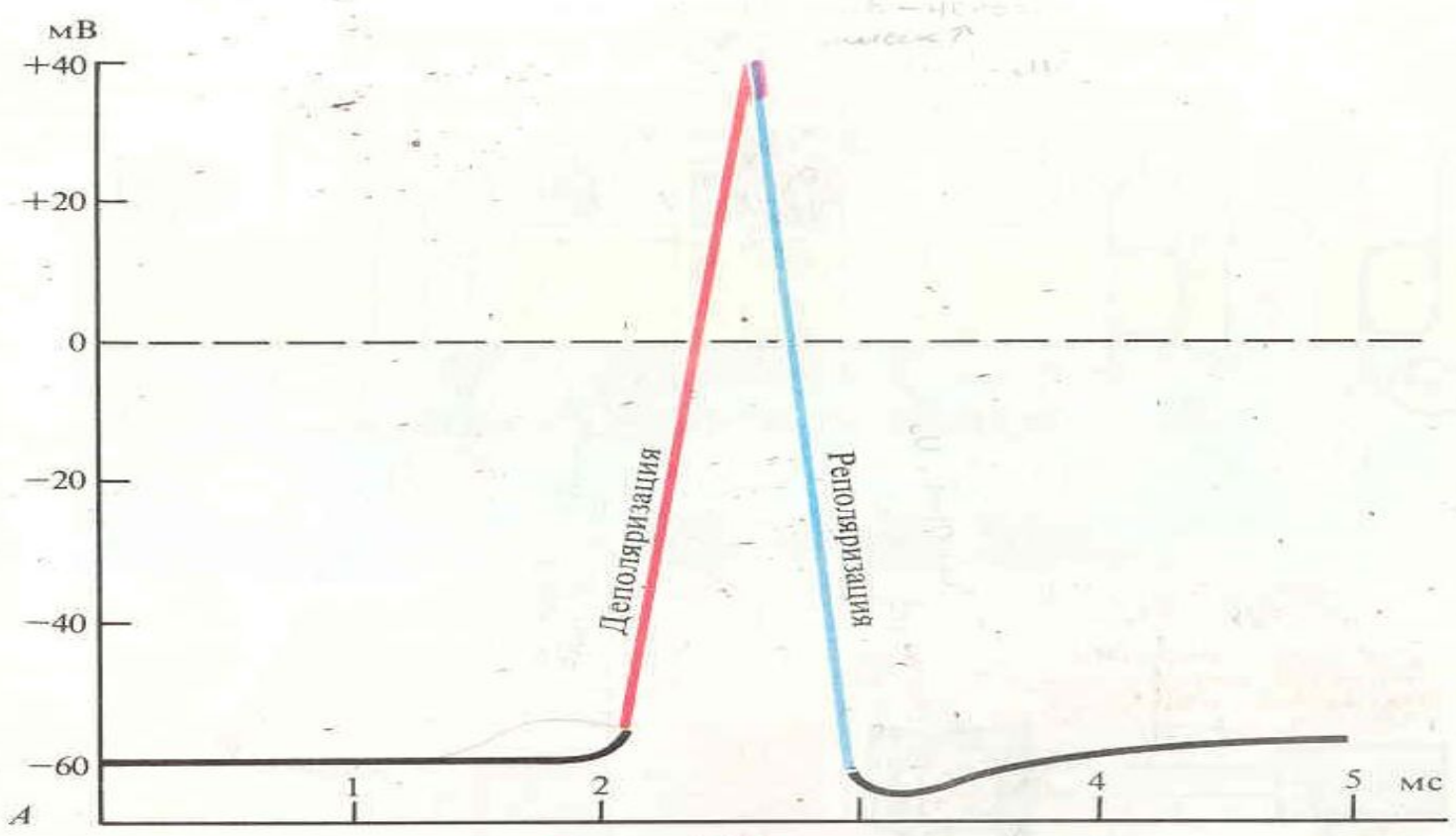
Различают 2 вида потенциалов:

- 
- Потенциал покоя, когда ткань не возбуждена,
  - Потенциал действия, который имеет место при возбуждении ткани.
  - Разновидностью потенциала покоя является мембранный потенциал, который регистрируется на мембране клетки или нервного и мышечного волокна.
  - Статическая поляризация – наличие постоянной разности потенциалов между наружной и внутренней поверхностями клеточной мембраны.

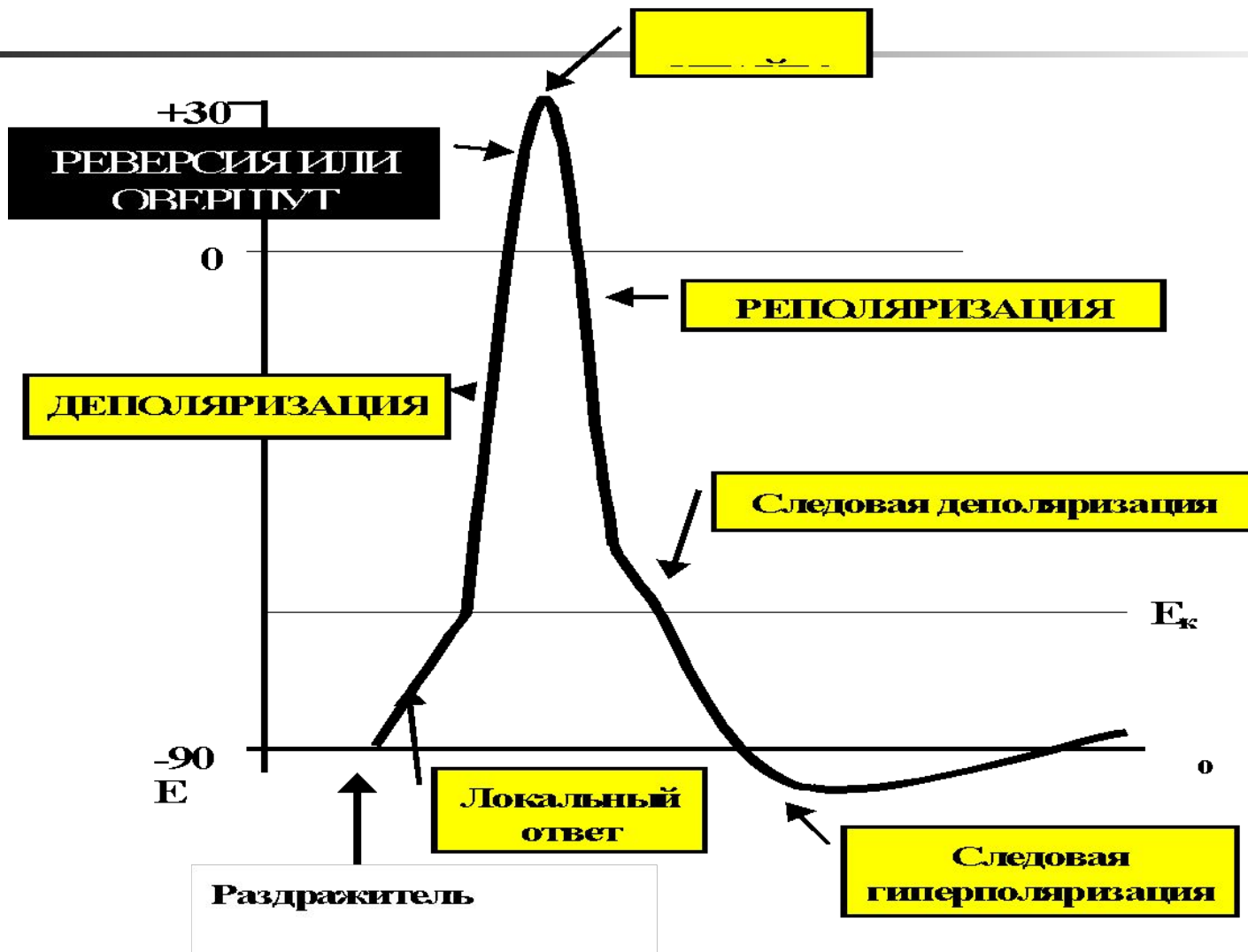


В образовании потенциала принимают участие 4 вида ионов:

- катионы Na (положительный заряд),
- катионы K (положительный заряд),
- анионы Cl (отрицательный заряд),
- анионы органических соединений (отрицательный заряд).



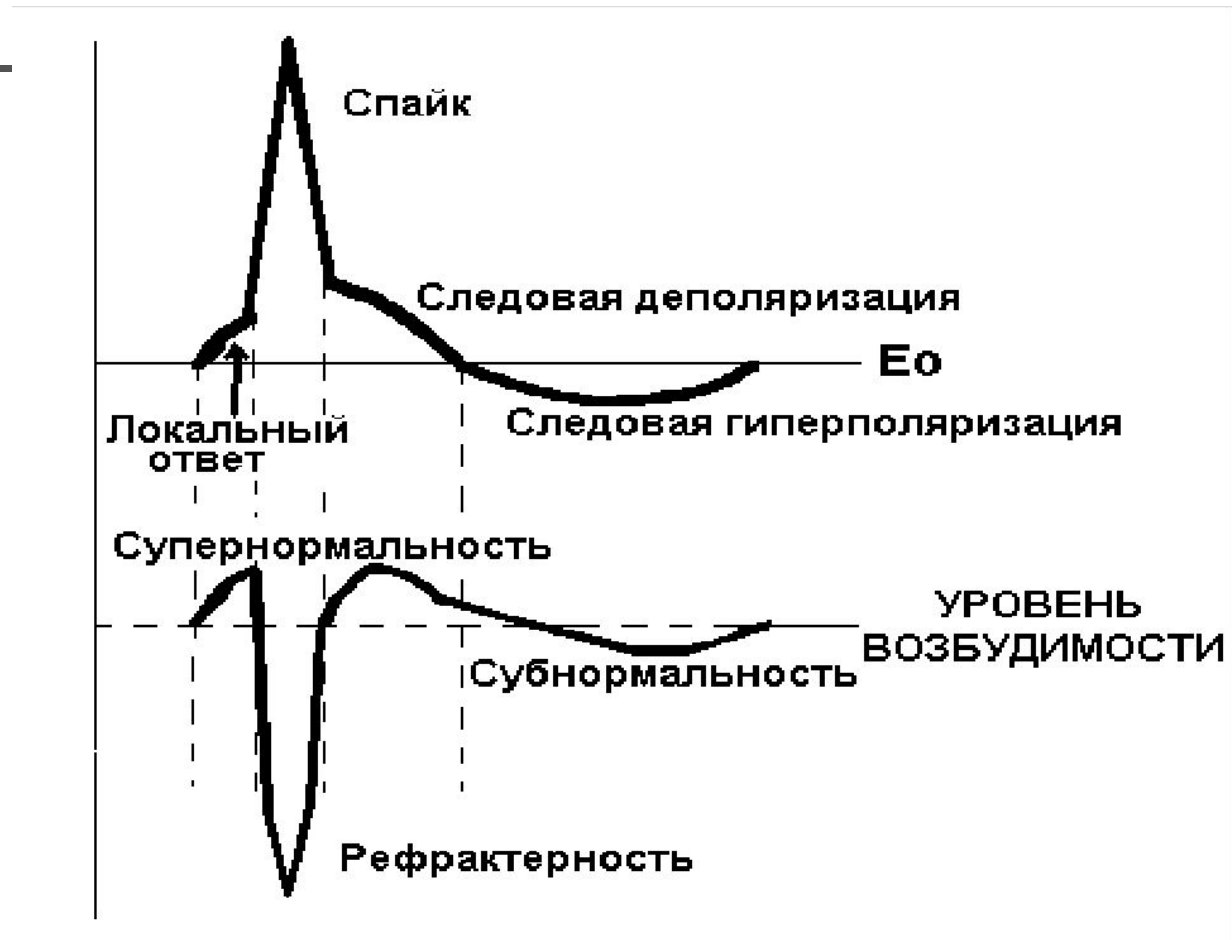
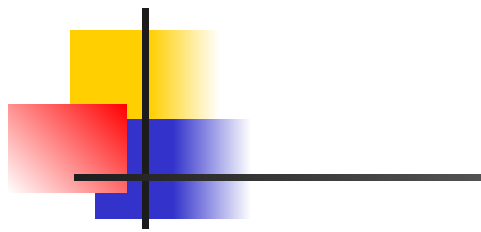
# Потенциал действия (МПД)



# В изменении возбудимости выделяется 4 фазы.

- Фаза абсолютной рефрактерности (абсолютной невозбудимости).
- Фаза относительной рефрактерности. В этот момент начинает восстанавливаться возбудимость и если наносить дополнительные раздражения надпороговой силы, то ткань на это воздействие ответит возбуждением.
- Фаза повышенной возбудимости. Если в этой фазе наносить даже подпороговые раздражения, то ткань ответит дополнительным возбуждением.
- Фаза пониженной возбудимости (субнормальная фаза). В этот период времени ткань отвечает только на раздражители надпороговой силы.

# СООТНОШЕНИЕ ФАЗ ВОЗБУДИМОСТИ С ФАЗАМИ ПОТЕНЦИАЛА ДЕЙСТВИЯ



## Потенциал действия характеризуется рядом свойств:

- Подчиняется закону “Все или ничего”, т.е. на действие подпорогового раздражителя не возникает потенциала действия. На подачу раздражителя пороговой силы генерируется потенциал действия максимальной амплитуды.
- Распространяется инкрементно, т. е. по мере удаления от места раздражения величина пика потенциала действия практически не изменяется.
- Имеет период полной невозбудимости (абсолютный рефракторный период). Если в этот момент нанести раздражение максимальной силы, то ответная реакция на него не последует.
- Не способен к суммации.



## Основные изменения обмена веществ в тканях при возбуждении:

- В тканях усиливается синтез и распад жиров, углеводов и белков.
- Синтезируются и выделяются биологически активные вещества типа медиаторов (ацетилхолин, норадреналин, серотонин, РНК, ...).
- Происходит распад и ресинтез макроэргических соединений, источников энергии (АТФ, АДФ, креатинфосфат, ...).
- Увеличиваются анаэробные процессы, ведущие к накоплению недоокисленных продуктов (молочная кислота, ...).
- Усиливаются аэробные процессы, ведущие к увеличению потребления тканями кислорода и выделению большего количества углекислого газа.

# Обмен веществ и энергии при возбуждении.

## Теплообразование при возбуждении

