

# Тема: Введение в курс нормальной физиологии

## План лекции:

1. Физиология определение, связь с другими науками
2. Этапы развития физиологии
3. Методы физиологических исследований
4. Понятие о регуляции функций

## Физиология , определение, связь другими науками

- ▶ **Физиология** (physis-природа, logos-наука) наука, изучающая функции живых организмов, систем, органов, клеток, а также механизмы регуляции этих функций. Физиология рассматривает функции организма во взаимной связи и с учетом воздействия факторов внешней среды.

Физиология относится к биологическим наукам и она тесно связана с анатомией, гистологией, бионикой, химией, физикой, кибернетикой.

# Этапы развития физиологии

I. Догарвеевский,  
( эмпирический) от Гиппократата  
до Гарвея

II. Гарвеевский (1628-1878)

III. Павловский этап

IV. Современный -  
нейрокибернетический.

# Методы физиологических исследований:

I. Острые

а) вивисекция б) м. изолированных органов

II. Хронические

III. Клинико-физиологические

IV. Вспомогательные методы

# Регуляция функций организма

## 1. Нервная регуляция

В основе лежит рефлекс, рефлекторная дуга с участием ЦНС

## 2. Гуморальная регуляция

При участии химических веществ,, циркулирующих в крови (БАВ)

## 3. Метаболическая регуляция

В настоящее время  
регуляцию рассматривают  
как единую  
нейрогуморальную,  
в которой большое значение  
играют креаторные связи.

# Тема: «Возбудимость, параметры возбудимости. Биоэлектрические явления».

## План лекции:

1. Физиологические свойства возбудимых тканей.
2. Возбудимость, её фазы.
3. Параметры возбудимости (порог возбуждения–реобазы, полезное время, аккомодация, лабильность).
4. Электрические явления в возбудимых тканях.



**Возбудимость** – это свойство живых тканей отвечать на раздражение процессом возбуждения.

**Возбуждение** – это сложный процесс, характеризующийся физиологическими, биофизическими, биохимическими и структурными изменениями в тканях.

# Параметры возбудимости

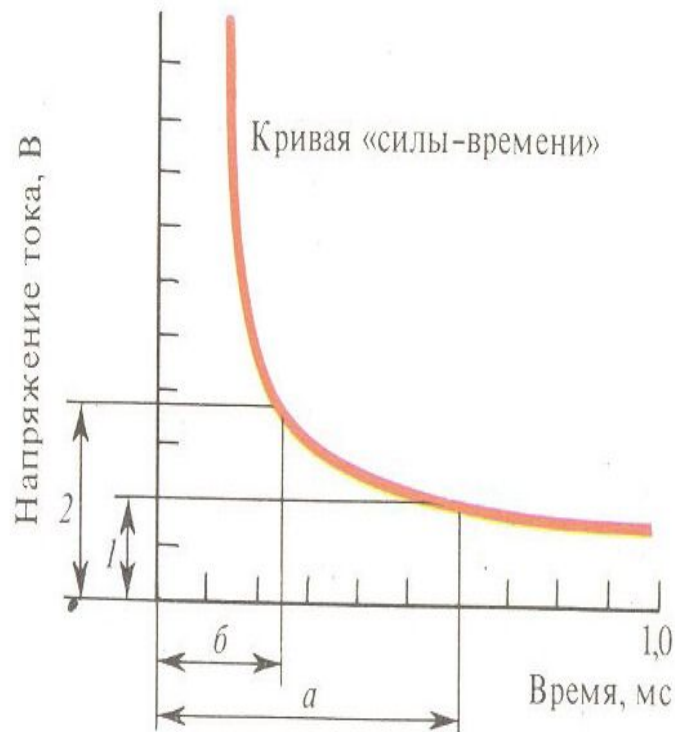
- 1. Порог возбуждения** — это минимальная сила раздражителя, которая вызывает возбуждение, т.е. минимальную ответную реакцию.
- 2. Реобаза** — это минимальная сила тока выраженная в Вольтах.
- 3. Полезное время** — это наименьшее время, в течение которого должен действовать раздражающий стимул в одну реобазу.
- 4. Хронаксия** — это время, в течение которого сила тока, равная удвоенной реобазе, вызывает возбуждение.

# Параметры возбудимости

5. **Аккомодация** — это приспособление возбудимой ткани к медленно нарастающей силе раздражителя.
6. **Лабильность** — это функциональная подвижность. Мерой лабильности является максимальное количество импульсов, которое может воспроизвести в единицу времени (в сек) возбудимая ткань в соответствии с ритмом наносимых раздражений.
- **нервная ткань**: — 500–1000 имп/сек;  
— абсолютный рефрактерный период — 1–2 мсек.
  - **мышца**: — 250–330 имп/сек;  
— абсолютный рефрактерный период — 4–5 мсек.
  - **синапс**: — 100–125 имп/сек;  
— абсолютный рефрактерный период — 8–10 мсек.

# Кривая «силы – времени»

(Гоорвег, 1892 г.; Вейс, 1901г.; Лапик, 1909 г.)



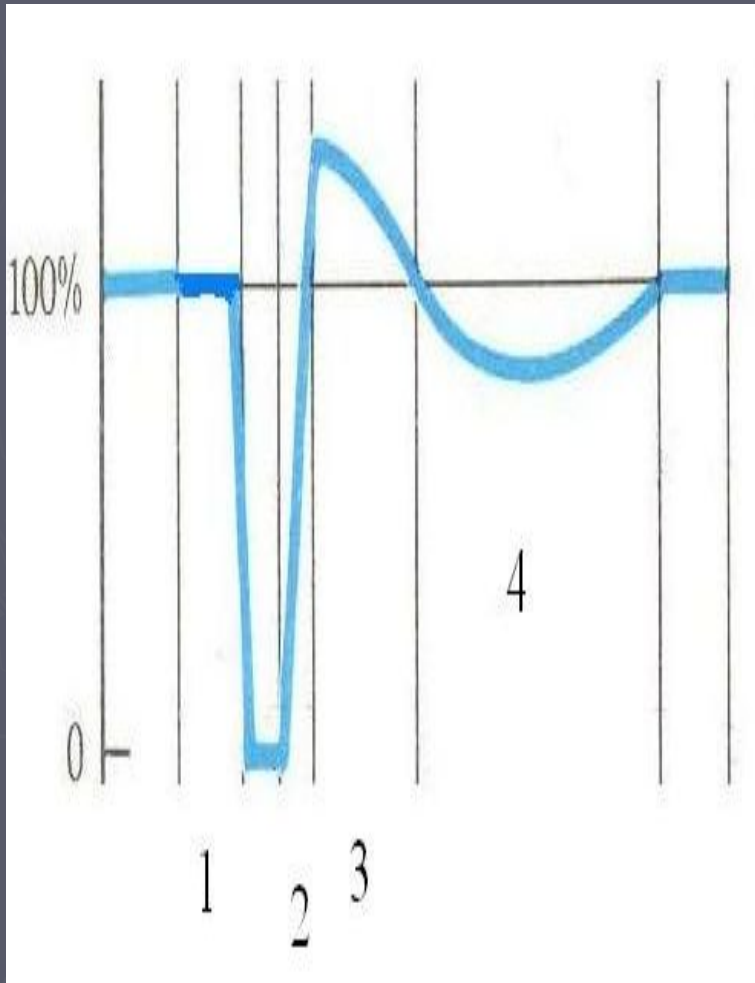
**1 – реобаза;**

**2 – удвоенная  
реобаза.**

**a – полезное время  
действия тока;**

**b – хронаксия.**

# Фазы изменения возбудимости при возбуждении



## 1. Абсолютный рефрактерный период.

В этот период ни на какие раздражения извне ткань не отвечает. Продолжительность этого периода, для:

- нервного волокна – 1-2 мсек;
- мышечного – 4-5 мсек;
- мионеврального синапса – 8-10 мсек.

## 2. Относительный рефрактерный период.

В этот период ответные реакции возникают только при воздействии раздражителей выше пороговой силы.

## 3. Супернормальный период.

В этот период ткань отвечает и на ниже пороговые раздражения.

## 4. Субнормальный период.

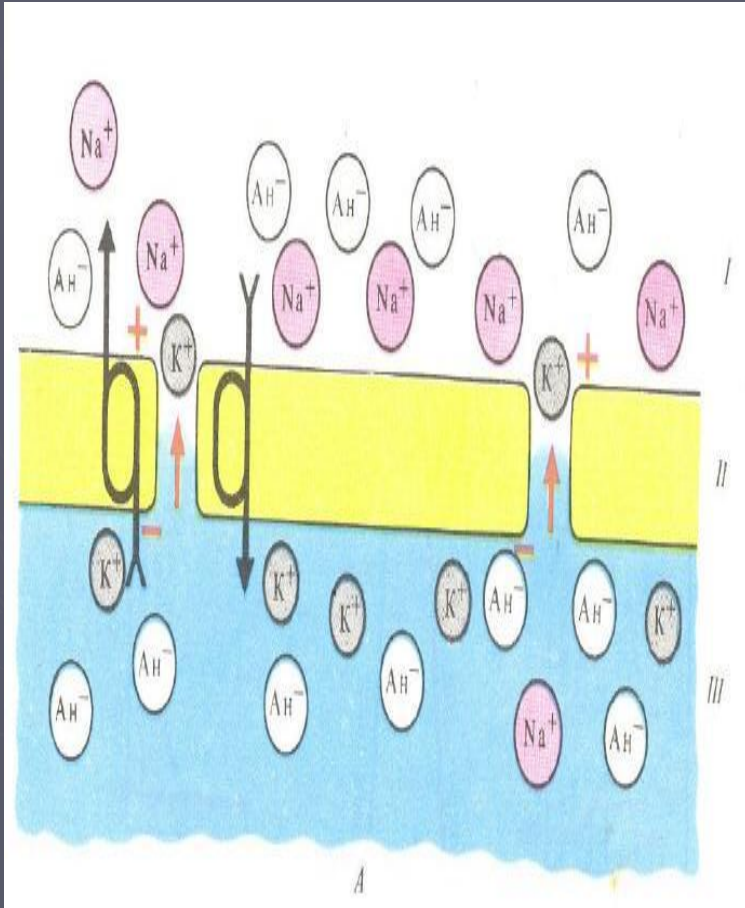
В этот период происходит снижение возбудимости и ткань отвечает на выше пороговые раздражения.

# Биоэлектрические явления в возбудимых тканях

- ▶ 1791г. – впервые обнаружены Гальвани
- ▶ 1896г. – Чаговец предположил, что в основе их возникновения лежит ионный механизм.
- ▶ 1902г. Бернштейн предложил мембранно-ионную теорию.
- ▶ 1949-1952гг.- Ходжкин, Хаксли, Катц разработали мембранно-ионную теорию биопотенциалов, за которую получили Нобелевскую премию.

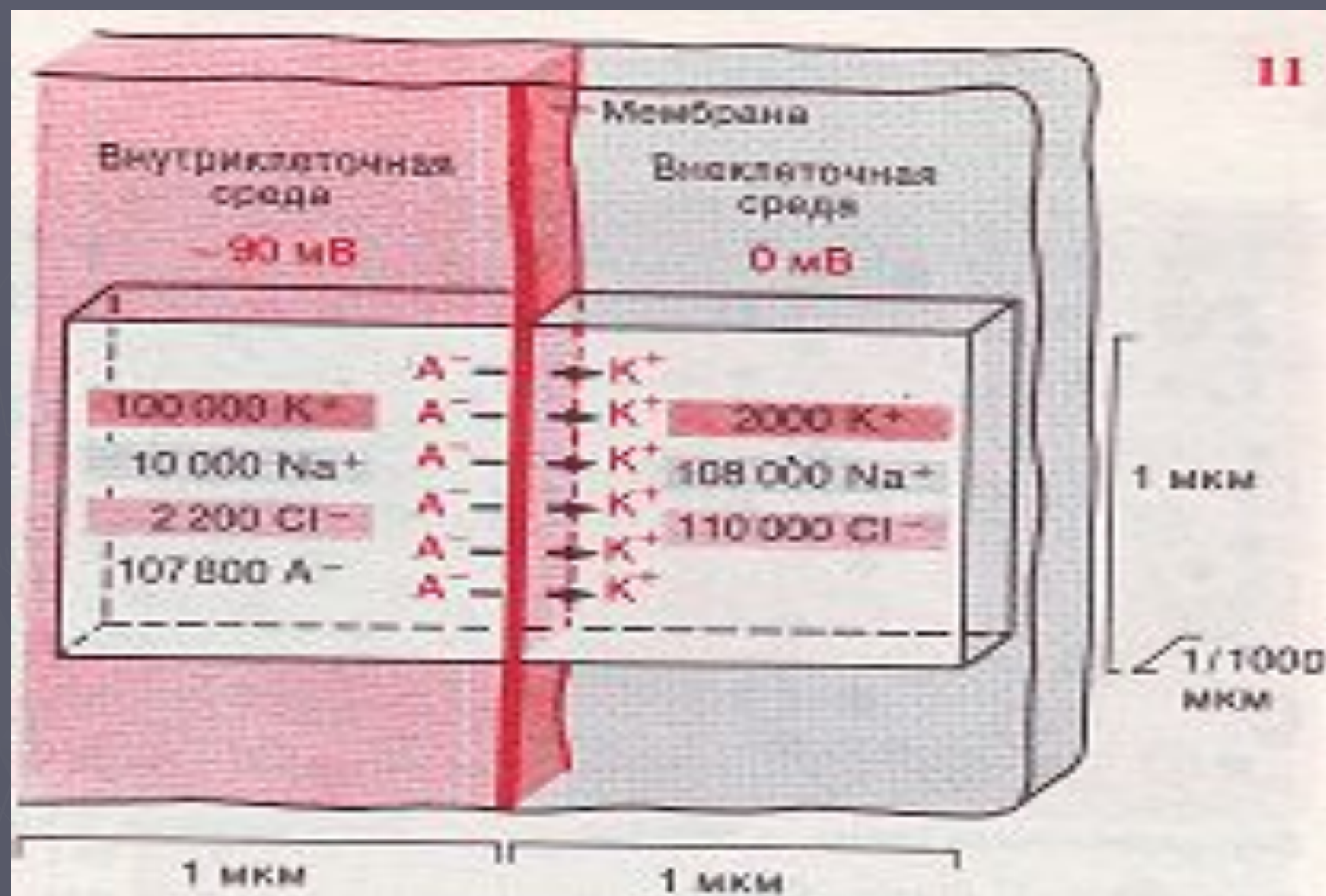
# Мембранный потенциал

*Мембранный потенциал* – это разность потенциалов между поверхностью клеточной мембраны и её протоплазмой за счет неравномерного распределения концентрации ионов на внешней и внутренней поверхности мембраны (снаружи больше ионов натрия в 5-15 раз, внутри клетки больше тонов калия в 20-100раз). Клеточная мембрана избирательно проницаема для ионов – проницаема для калия и слабопроницаема для натрия.



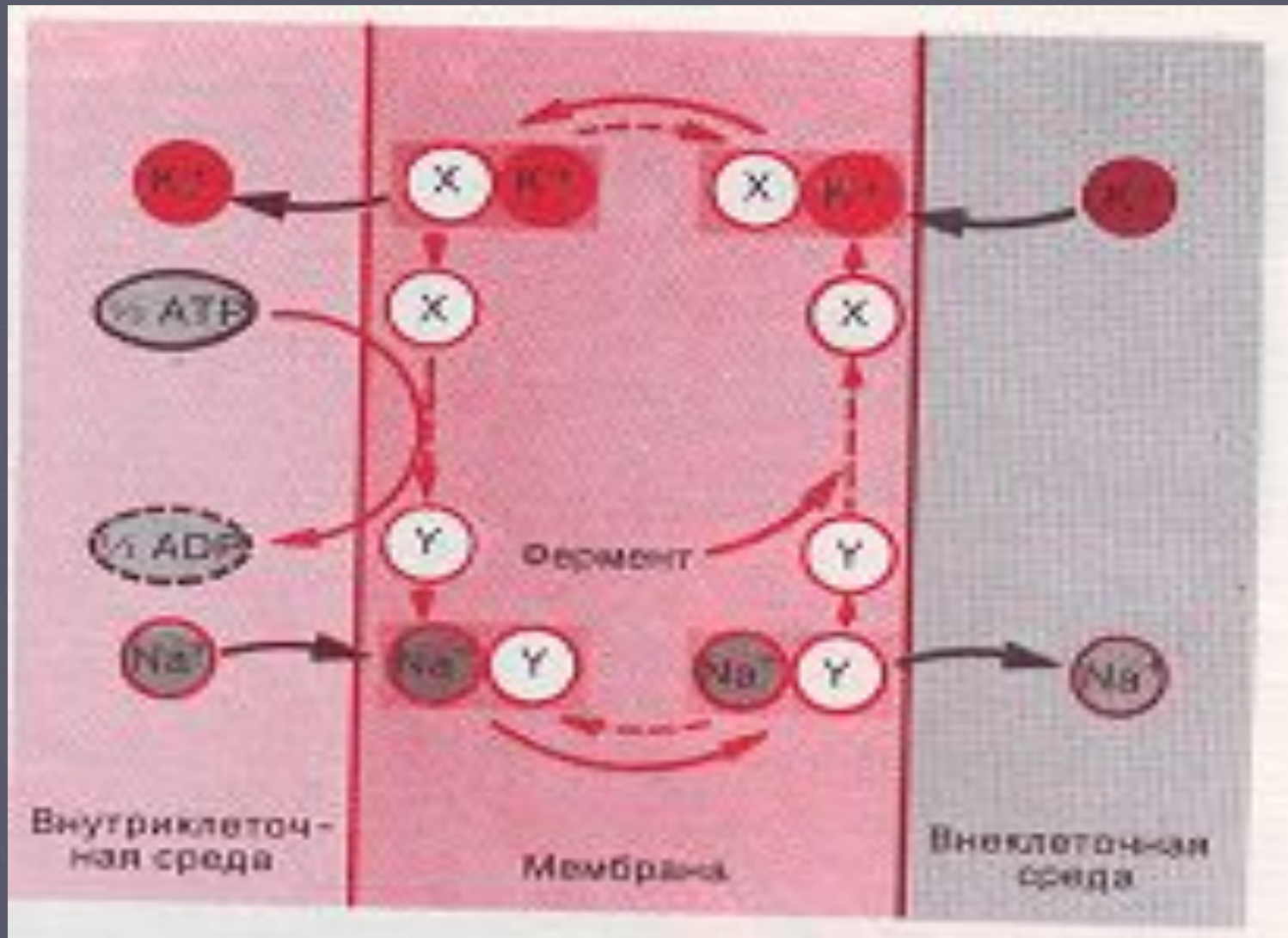
*Снаружи* мембрана заряжена – «+»;  
*Внутри* мембрана заряжена – «-».  
Величина мембранного потенциала для мышечных волокон

(- 60 )-( - 90) мв.

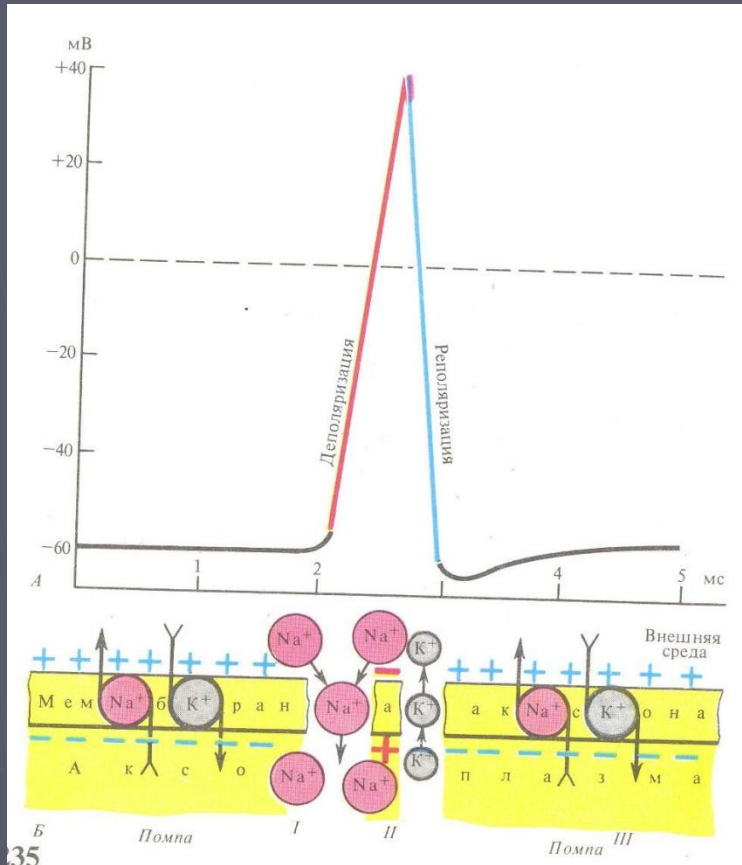




# Схема натрий-калиевого насоса



# Потенциал действия



Потенциал действия – это колебание мембранного потенциала в период возбуждения (происходит перезарядка мембраны).

# Фазы потенциала действия

## 1. Локальный ответ

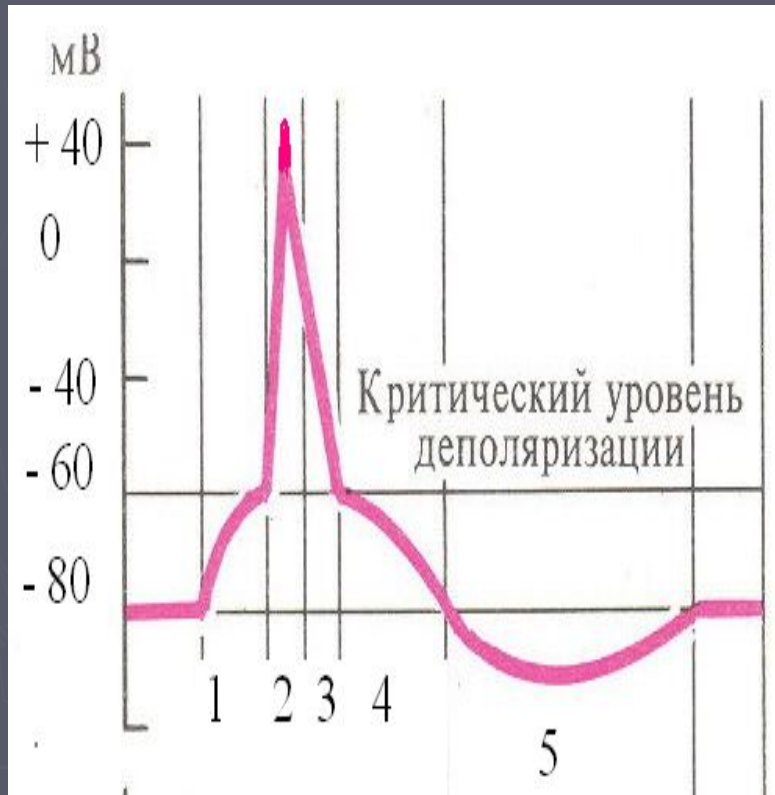
(открываются медленные натриевые каналы — ионы натрия поступают в клетку и происходит медленная деполяризация мембраны).

## 2. Деполяризация

(при достижении критического уровня медленная деполяризация сменяется быстрой, открываются быстрые натриевые каналы и ионы натрия устремляются в клетку и мембранный потенциал становится «+». Т.е. происходит перезарядка мембраны).



# Фазы потенциала действия

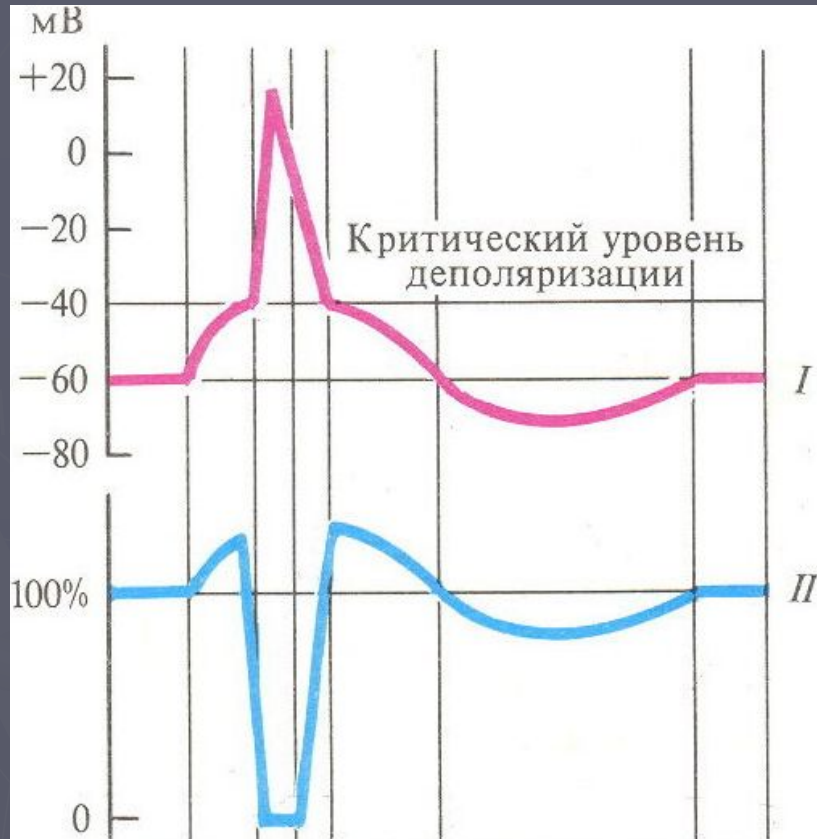


**3. Реполяризация** (это фаза восстановления-натриевые каналы закрываются и открываются калиевые, ионы калия выходят из клетки).

**4. Отрицательный следовой потенциал** (ионы калия медленно выходят из клетки).

**5. Положительный следовой потенциал** (связан с активацией натриевого насоса, который удаляет ионы натрия из клетки).

# Фазовые изменения возбудимости ткани во время её возбуждения



**I – потенциал действия.**

**II – возбудимость ткани.**

# **Тема: «Физиологические свойства мышц».**

## **План лекции:**

- 1. Структура и функциональное значение мышц.**
- 2. Физиологические свойства мышц.**
- 3. Виды мышечных сокращений.**
- 4. Современные представления о мышечном сокращении и расслаблении.**
- 5. Мышечное утомление.**

## ***Виды мышечной ткани:***

- 1. Поперечно-полосатые мышцы скелета;**
- 2. Поперечно-полосатые мышцы сердца;**
- 3. Гладкие мышцы.**

## ***Скелетные мышцы выполняют следующие функции:***

- обеспечивают позу тела человека;**
- перемещают тело в пространстве;**
- перемещают отдельные части тела относительно друг друга;**
- являются источником тепла (участвуют в терморегуляции).**

# Физиологические свойства мышц

- 1. Возбудимость** — это способность мышцы отвечать на раздражение возбуждением;
- 2. Проводимость** — это способность проводить возбуждение вдоль всего мышечного волокна;
- 3. Сократимость** — это способность изменять длину или напряжение при возбуждении;
- 4. Эластичность** — это способность мышцы после сокращения принимать первоначальную форму;
- 5. Автоматия** - это способность ткани сокращаться за счет импульсов возникающих в ней самой без раздражения из вне.
- 6. Пластичность** — это способность сохранять приданную растяжением длину без изменения напряжения.



## **Скорость проведения возбуждения:**

- в скелетных мышцах – от 3,5 до 14 м/сек;**
- в сердечной – от 0,5 до 1 м/сек;**
- в гладких мышцах – от 0,5 мм до 5-10 см/сек.**

# Виды сокращения мышц

## I. В зависимости от условий, в которых происходит мышечное сокращение:

- изометрический режим;
- изотонический режим.
- ауксотонический режим.

## II. С количественной стороны:

- одиночное мышечное сокращение;
- суммированное мышечное сокращение:
  - а) неполная суммация;
  - б) полная суммация.
- тетанус:
  - а) зубчатый тетанус;
  - б) гладкий тетанус.

# Одиночное мышечное сокращение (ОМС)

**ОМС – возникает при нанесении одного импульса.**



- 1. Латентный период – 0,01 сек;**
- 2. Фаза сокращения – 0,05 сек;**
- 3. Фаза расслабления – 0,05-0,06 сек.**

**Тетанус** – это длительное сокращение мышцы в ответ на часто поступающие друг за другом раздражения.



**I. Зубчатый тетанус**  
возникает при малой частоте раздражений  
(↑ 10, но ↓ 20 Гц).



**II. Гладкий тетанус**  
возникает при большой частоте раздражений  
(↑ 20 Гц).

# Оптimum и пессимум частоты раздражения (Н.В. Введенский)



**Оптимум** – это максимальная (оптимальная) частота раздражения при которой тетанус достигает наибольшей высоты.

**Пессимум** – это большая частота раздражения при которой амплитуда тетануса уменьшается.

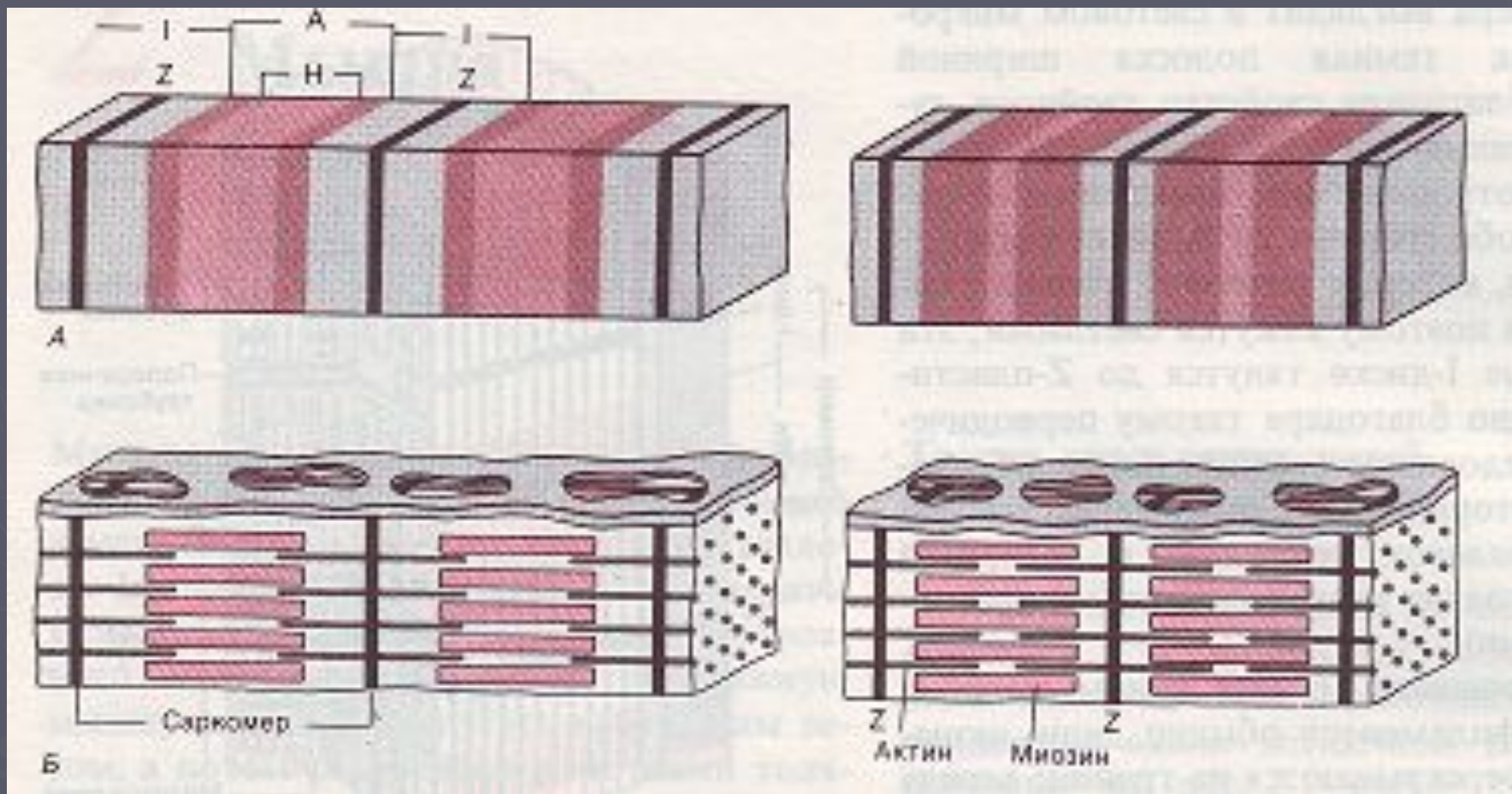
# Механизм мышечного сокращения

- ▶ Механизм мышечного сокращения объясняет теория «скольжения» разработанная Хаксли и Хансоном
- ▶ Мышечное волокно состоит из миофибрилл.
- ▶ Миофибриллы состоят из саркомеров.
- ▶ Саркомер является структурно-функциональной единицей мышцы.
- ▶ Саркомер представлен сократительными - белками (миозин, актин, тропомиозин, тропонин)

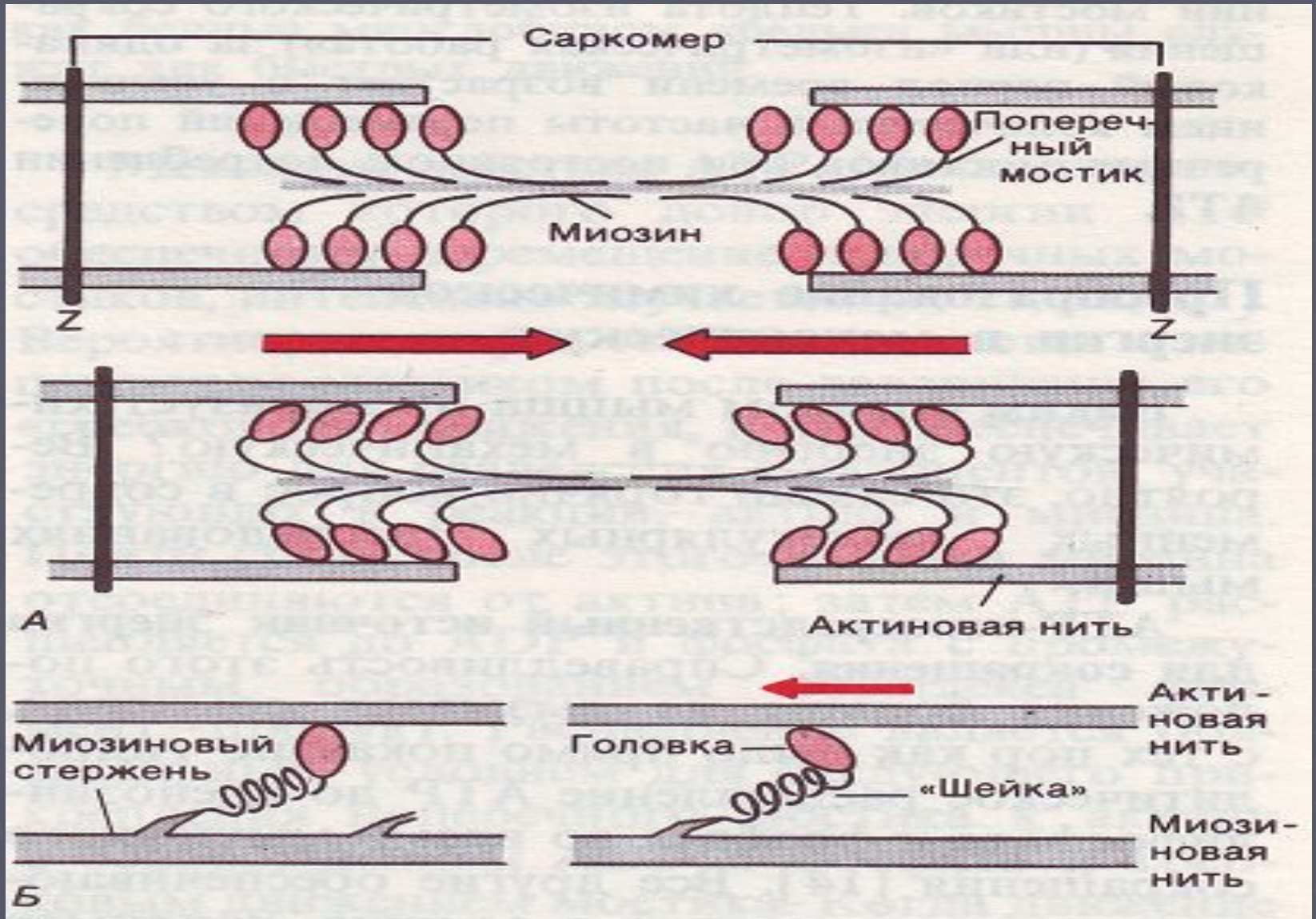
- ▶ Саркомер ограничивается мембранами Z.
- ▶ В центре саркомера находится анизотропный диск (темный), который состоит из нескольких тысяч нитей миозина.
- ▶ На обоих концах саркомера находятся тонкие нити актина – изотропный (светлый) диск. Нити актина пронизывают мембрану Z.
- ▶ Миозиновые и актиновые нити входят концами в промежутки друг друга.



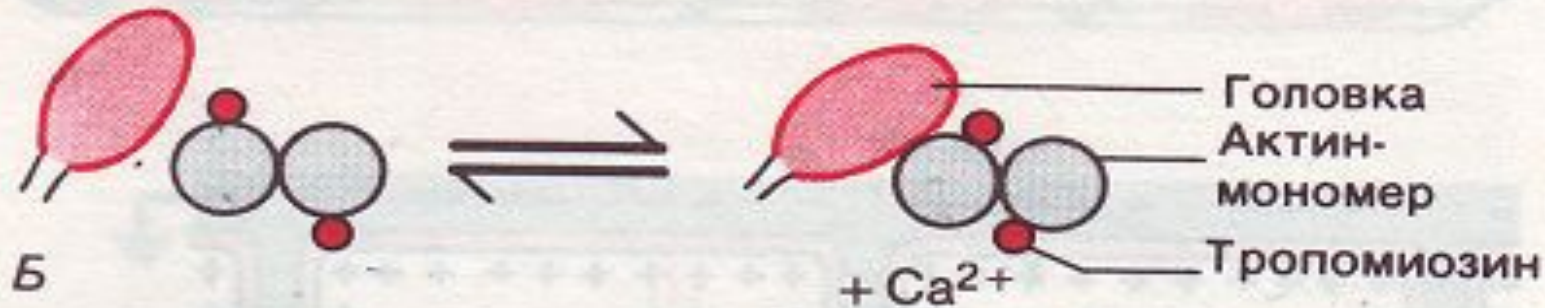
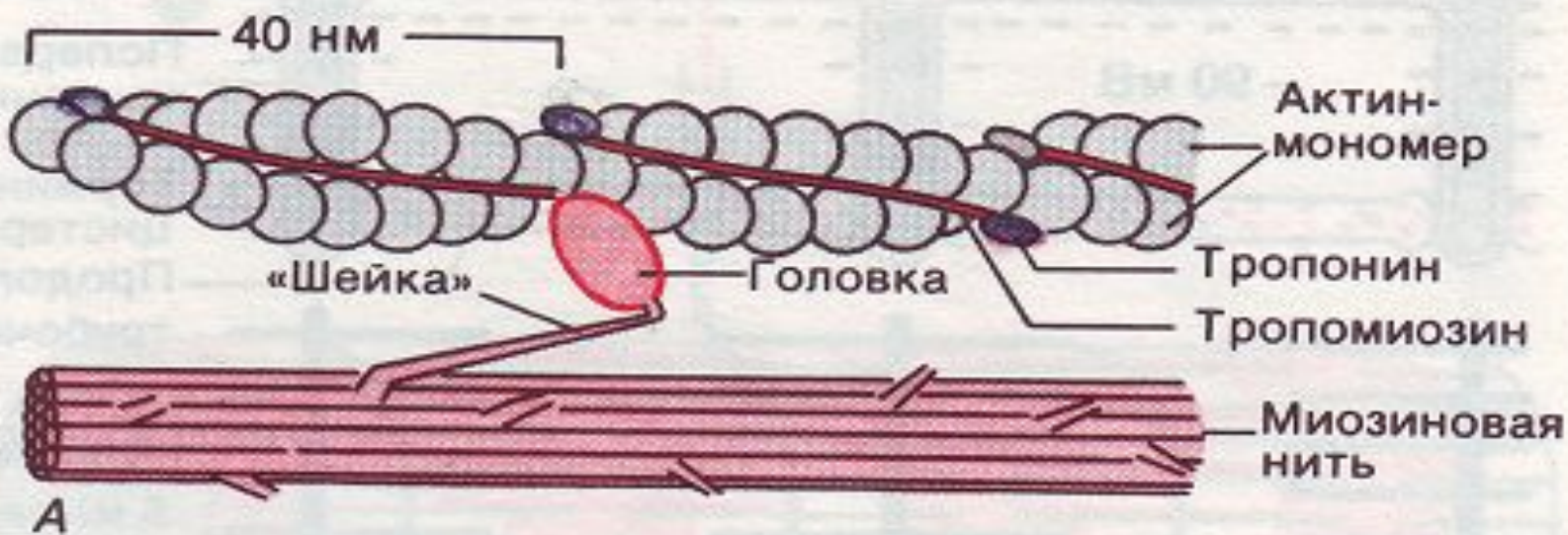
# Структура саркомера



# Миозиновая нить с поперечными мостиками



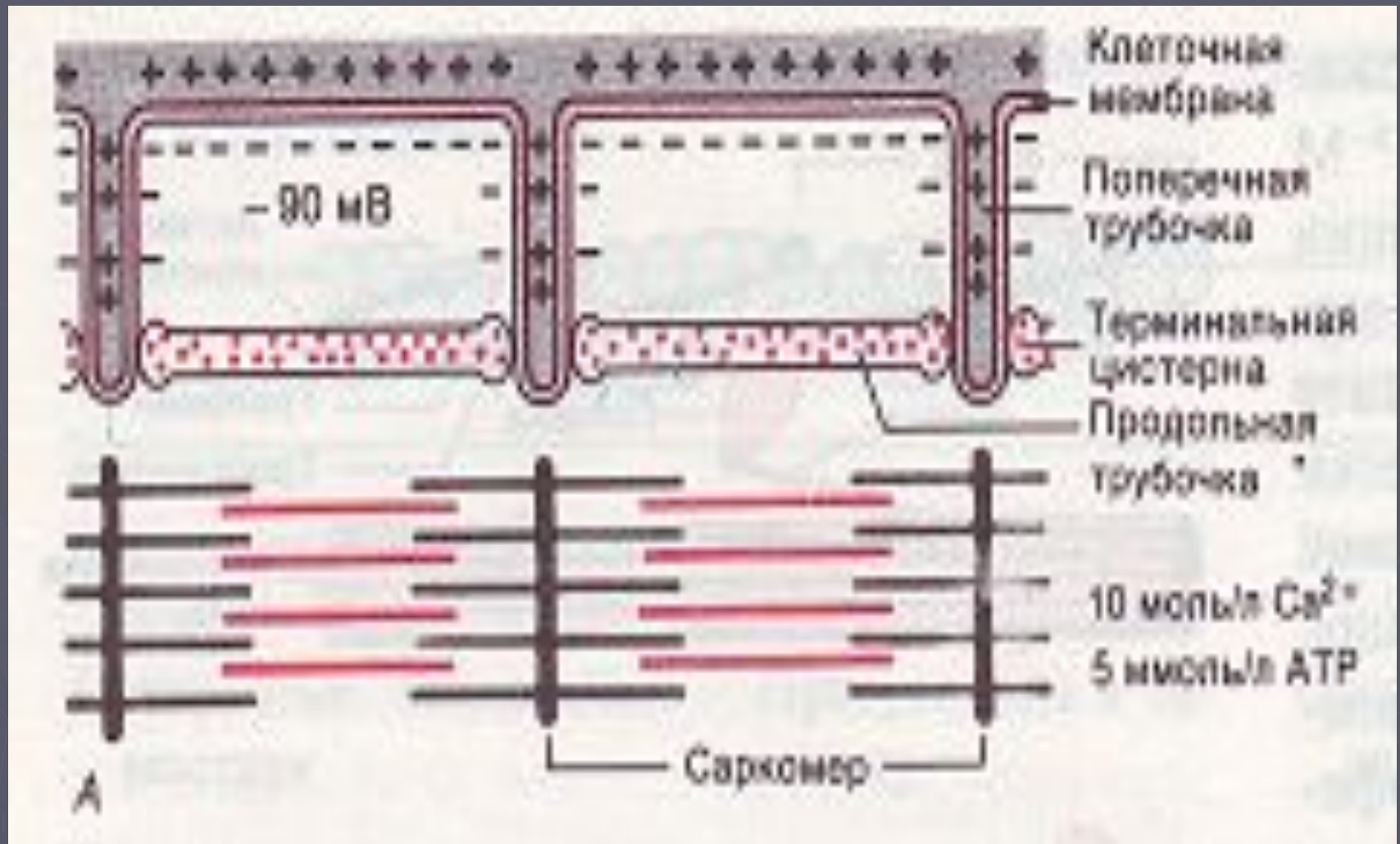
# Актиновая нить

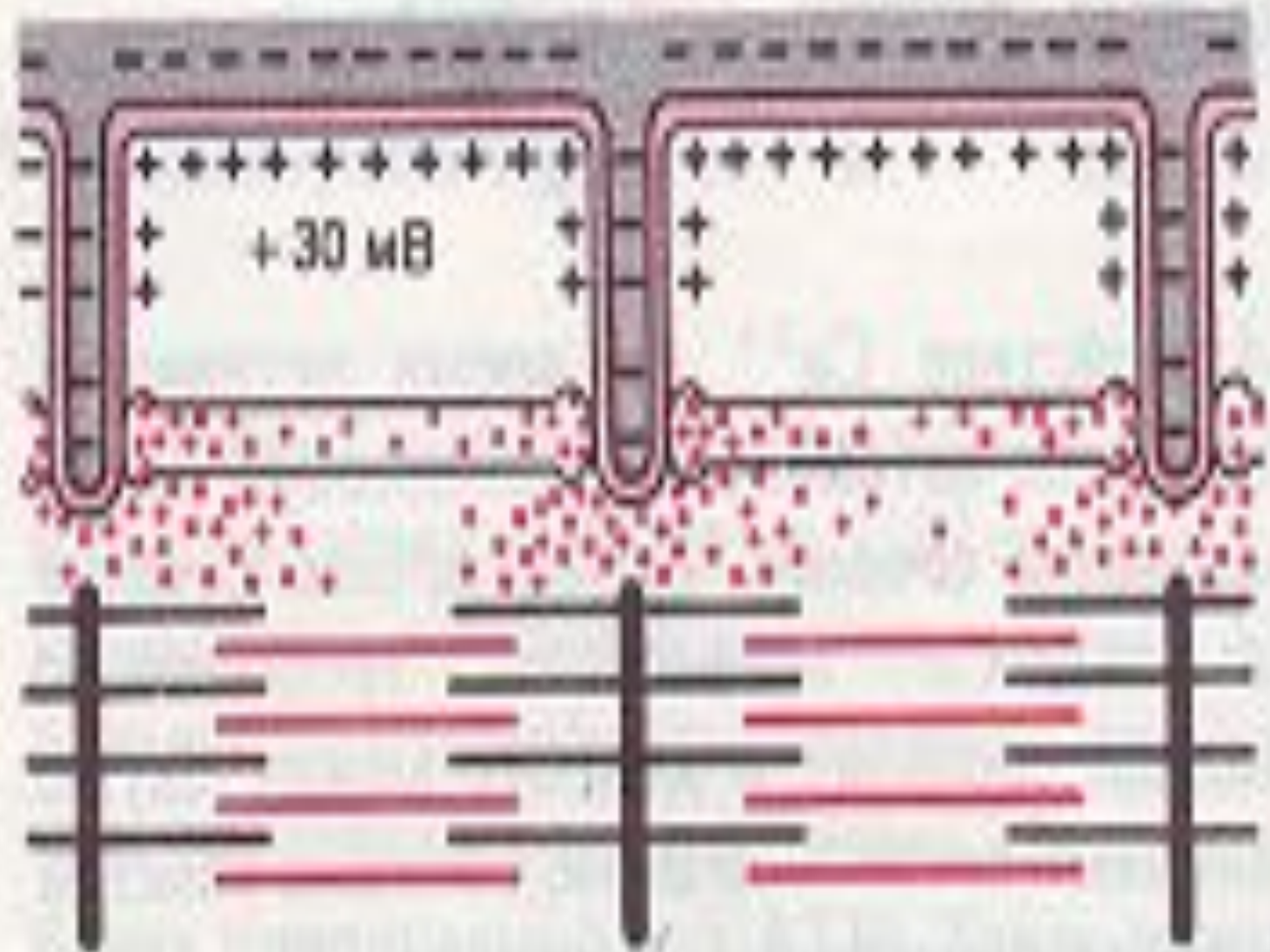


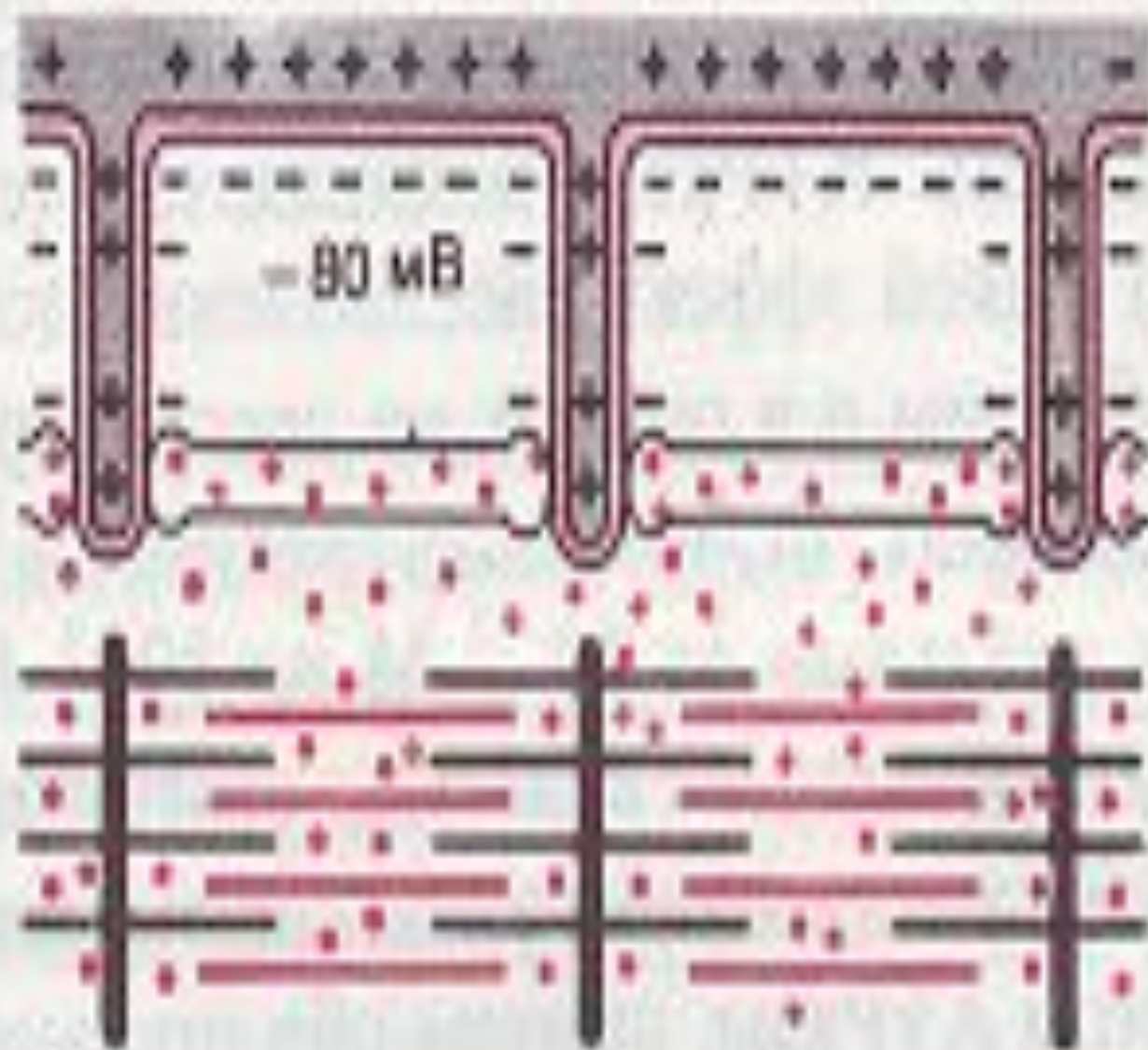
- ▶ В расслабленном состоянии миофибрилл молекулы тропомиозина блокируют прикрепления поперечных мостиков миозина к актиновым нитям.
- ▶ В процессе взаимодействия актина и миозина ключевую роль играют ионы кальция.

- ▶ Запускает механизм мышечного сокращения ПД, который доходя до поперечных трубочек захватывает боковые цистерны, из которых выходят ионы кальция в саркоплазму.
- ▶ Ионы кальция действуют на тропонин, который деформируется и погружает тропомиозин в желобок между цепями актина, открывая активные участки для прикрепления головки миозиновой нити.

# Схема электромеханического сопряжения







$10^{-5}$   
ммоль/л  
 $\text{Ca}^{2+}$

5 ммоль/л  
АТФ

В



# Механизм мышечного сокращения

**1.** Раздражение →

**2.** Возникновение потенциала действия →

**3.** Проведение его вдоль клеточной мембраны и в глубь волокна по поперечным трубочкам →

**4.** Освобождение  $\text{Ca}^{2+}$  из боковых цистерн саркоплазматического ретикулума и диффузия его к миофибриллам →

**5.** Взаимодействие  $\text{Ca}^{2+}$  с тропонином →

**6.** Деформация тропонина →

# Механизм мышечного сокращения

**7.** Погружение тропомиозина в актиновые желобки →

**8.** Взаимодействие поперечных мостиков с активными центрами актина →

**9.** Скольжение актиновых нитей, приводящее к укорочению миофибриллы →

**10.** Активация кальциевого насоса →

**11.** Снижение концентрации свободных ионов  $\text{Ca}^{2+}$  в саркоплазме →

**12.** Отсоединение поперечных мостиков →

**13.** Расслабление миофибрилл

# Физиологические особенности гладких мышц

- ▶ Менее возбудимы, чем скелетные (порог возбуждения выше, хронаксия длиннее)
- ▶ ПД незначителен и стабилен, равен 60-70 мВ
- ▶ Рефрактерный период = 1-3сек
- ▶ Латентный период до 0,25 сек
- ▶ Продолжительность ОМС до 1 мин
- ▶ Обладают пластичностью и автоматизмом
- ▶ Иннервируются ВНС

**Утомление** – это временная потеря работоспособности клетки, органа или целого организма наступающая в результате работы и исчезающая после отдыха.

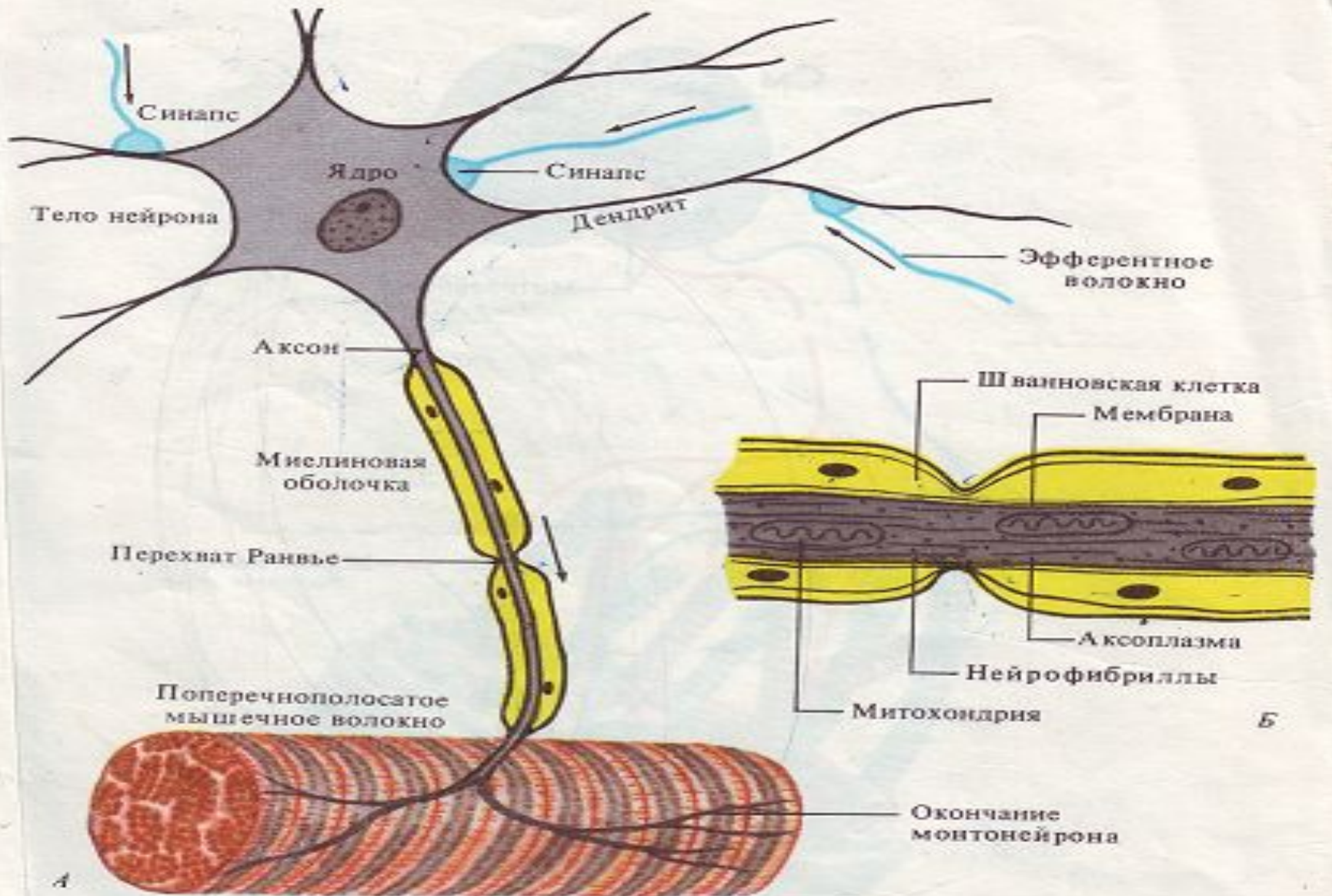
Существует понятие об „активном отдыхе,, (И.М. Сеченов).

# **Тема: «Физиологические свойства нервных волокон. Учение Н.Е. Введенского о парабиозе. Действие постоянного тока на возбудимые ткани. Полярные законы, электротон, катодическая депрессия».**

## **План лекции:**

- 1. Структурно – физиологические особенности нервного волокна**
- 2. Физиологические свойства нервного волокна.**
- 3. Распространение возбуждения по нервным волокнам.**
- 4. Скорость проведения возбуждения.**
- 5. Законы проведения возбуждения. Относительная неутомляемость нерва.**
- 6. Парабиоз, фазы.**
- 7. Действие постоянного тока.**

# Структура нейрона



# Строение нервного волокна

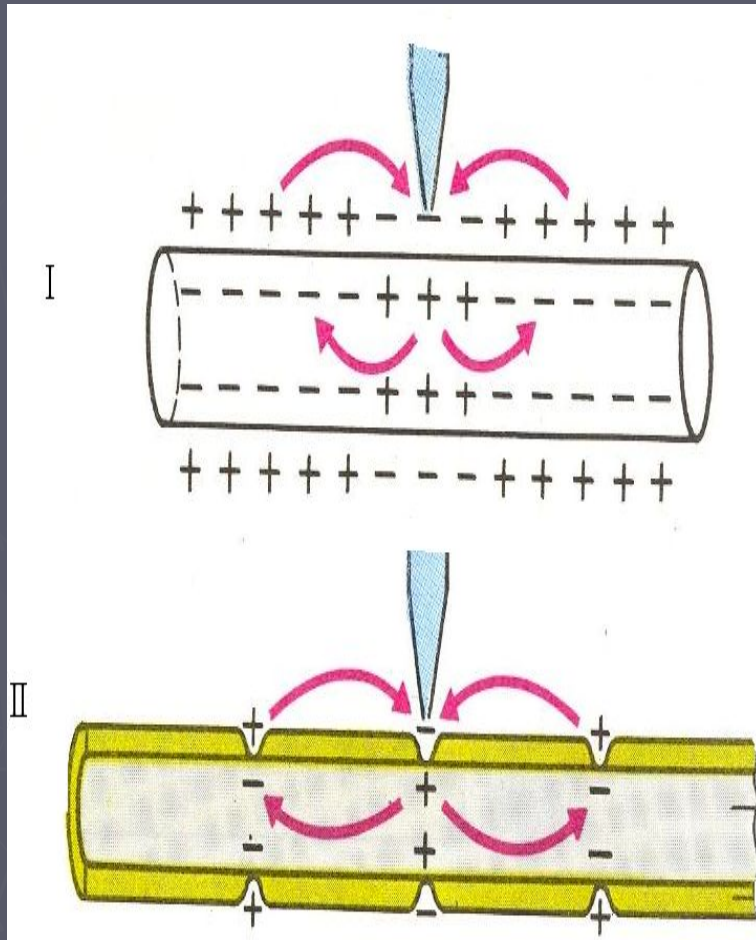
- ▶ Делятся на миелиновые (мякотные) и безмиелиновые (безмякотные).
- ▶ Безмиелиновые состоят из осевого цилиндра, покрытого мембраной. Внутри цилиндра имеется аксоплазма с органеллами.
- ▶ Миелиновое волокно дополнительно имеет миелиновую оболочку, которая прерывается, образуя перехваты Ранвье.

# Физиологические свойства нервного волокна

1. **Возбудимость.**
2. **Проводимость.**



# Механизм проведения возбуждения в нервных волокнах



**I. Безмиелиновые волокна;**

- возбуждение распространяется непрерывно.

**II. Миелиновые волокна.**

- возбуждение распространяется скачкообразно, т.е. сальтаторно.

# Скорость проведения возбуждения по нервным волокнам

Группа волокон	Диаметр волокон (мкм)	Скорость проведения (м/с)
<b>A</b>		
<b>A<math>\alpha</math></b>	<b>12-22</b>	<b>70-120</b>
<b>A<math>\beta</math></b>	<b>8-12</b>	<b>40-70</b>
<b>A<math>\gamma</math></b>	<b>4-8</b>	<b>15-40</b>
<b>A<math>\delta</math></b>	<b>1-4</b>	<b>5-15</b>
<b>B</b>	<b>1-3</b>	<b>3-14</b>
<b>C</b>	<b>0,5-1,0</b>	<b>0,5-2</b>

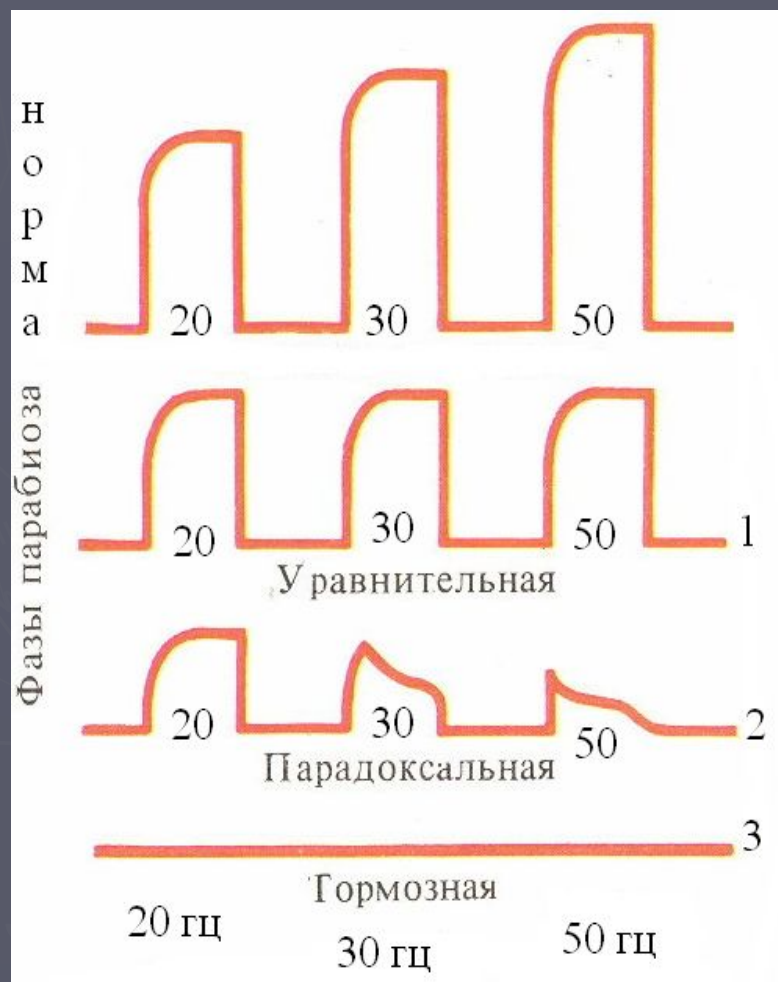
# **Законы проведения возбуждения в нервах.**

- 1. Анатомической и физиологической целостности нервного волокна.**
- 2. Двухстороннего проведения возбуждения.**
- 3. Изолированного проведения возбуждения.**

# Относительная неустойчивость нервного волокна

- ▶ Относительная неустойчивость  
нервного волокна обусловлена  
низкими энерготратами нерва при  
возбуждении и быстрым ресинтезом.
- ▶ В атмосфере азота нерв утомляется.

# Парабиоз и его фазы



**Парабиоз** (para – около, bios – жизнь) – это снижение лабильности, вызванное действием альтерирующего фактора.

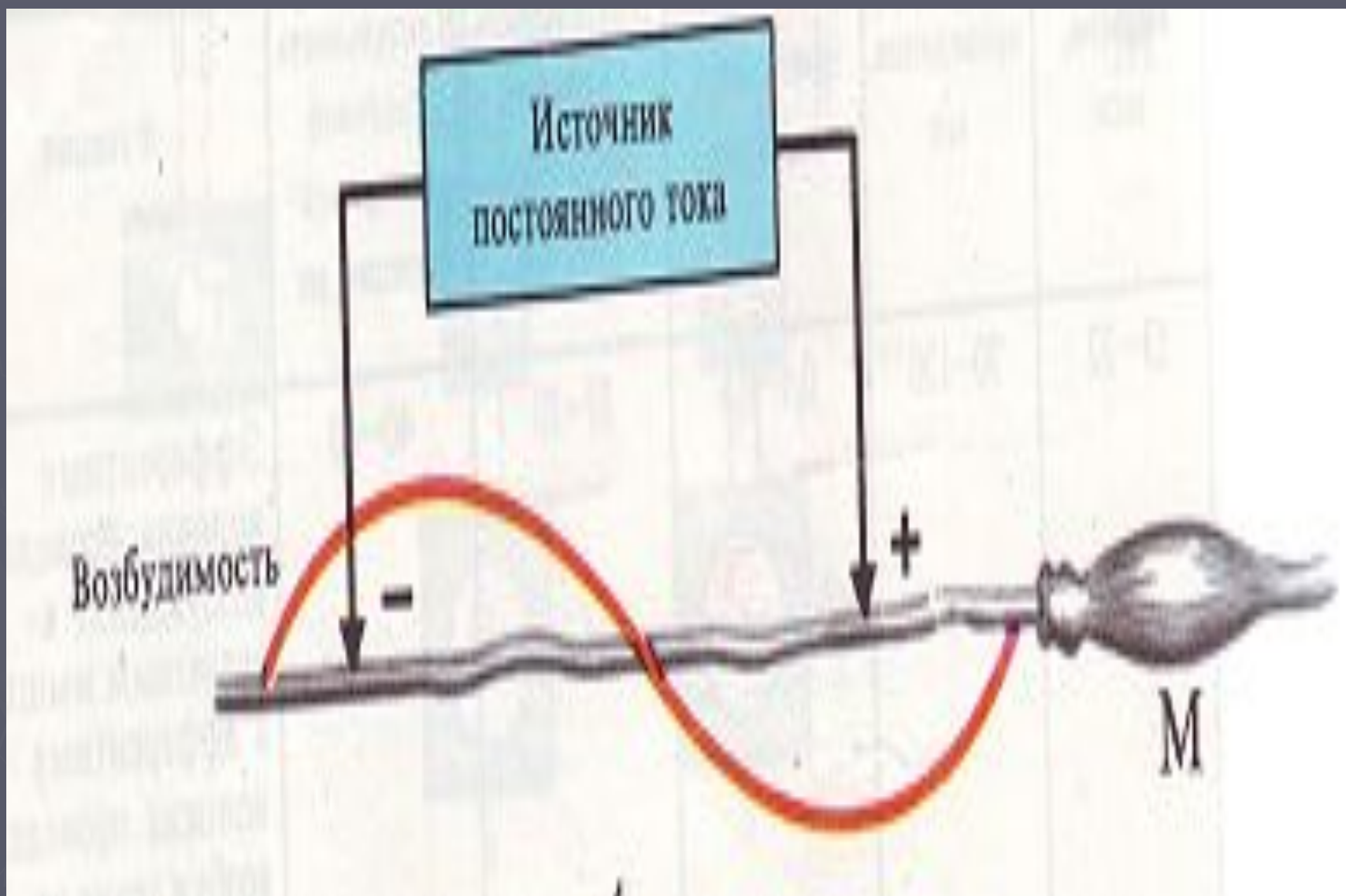
## Фазы парабиоза:

1. Уравнительная фаза;
2. Парадоксальная фаза;
3. Тормозная фаза.

При полном парабиозе развивается особое состояние нераспространяющегося возбуждения, локализованное на участке действия альтерирующего агента («стационарное возбуждение»).

# **Действие постоянного тока на возбудимые ткани (Пфлюгер 1759г)**

- ▶ **Законы полярного действия постоянного тока**
  - 1. Раздражающее действие происходит только в момент замыкания и размыкания.**
  - 2. При замыкании возбуждения возникает на катоде, при размыкании на аноде.**
  - 3. Замыкательный удар постоянного тока сильнее размыкательного.**



- ▶ **Катэлектротон** – это повышение возбудимости и проводимости под катодом при действии постоянного тока
- ▶ **Анэлектротон** - это снижение возбудимости и проводимости под анодом при действии постоянного тока



- ▶ **Катодическая депрессия** – это снижение возбудимости и проводимости под катодом при длительном действии постоянного тока.
- ▶ **Анодическая экзальтация** - это повышение возбудимости и проводимости под анодом при длительном действии постоянного тока.