

Лекция № 3

Тема:

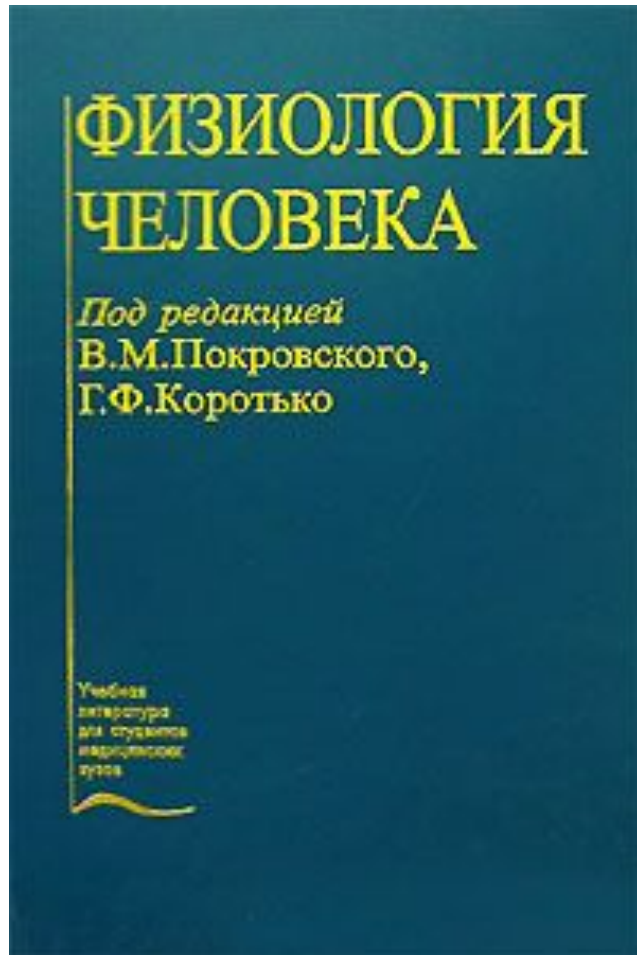
Законы раздражения возбудимых тканей и законы возбуждения

Медицинский факультет
Специальности: лечебное дело,
педиатрия

2012 / 2013 учебный год

1, 8 октября 2012 г.

Литература основная



Физиология человека

Под редакцией

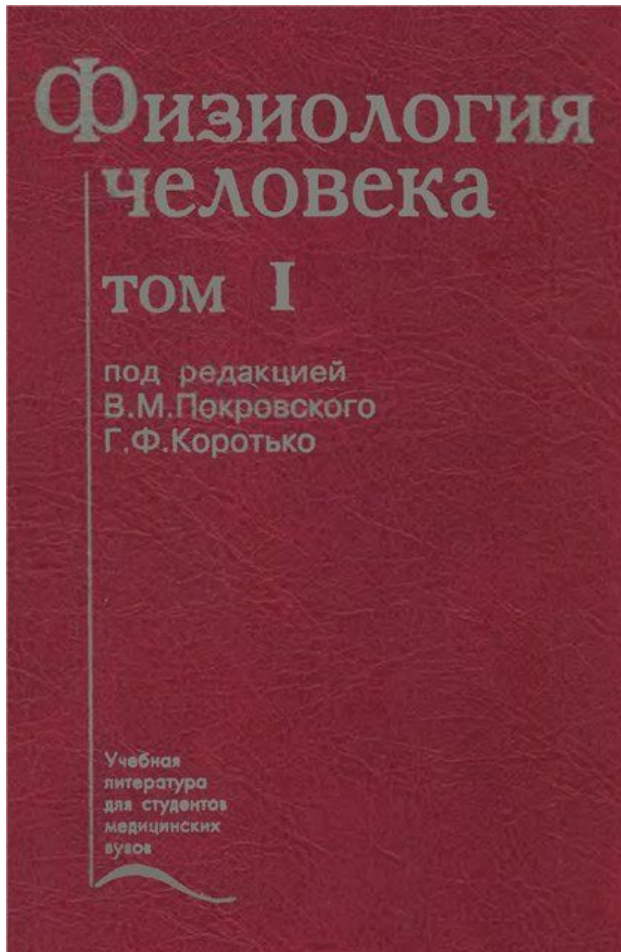
В.М.Покровского,

Г.Ф.Коротько

Медицина, **2003 (2007) г.**

**С. 45-48,
55-58.**

Литература основная



Физиология человека

В двух томах . Том I.

Под редакцией

В. М. Покровского,

Г. Ф. Коротько

- Медицина, 1997 (1998, 2000, 2001) г.

С. 34-38, 48-51.

Вопрос **1**



Понятия «**раздражитель**»,
«**раздражение**» в
физиологии возбудимых
тканей



- В физиологии возбудимых тканей есть понятие **возбуждение**, но **нет понятия возбуждатель**.
- Возбуждение возникает на действие **раздражителя (стимула)**.



Раздражитель

- фактор внешней или внутренней по отношению к возбудимой структуре среды, который при действии или изменении действия, способен вызвать возбуждение.

- Всё чаще вместо термина «раздражитель» применяется термин «СТИМУЛ».

Stimulus

Английский:

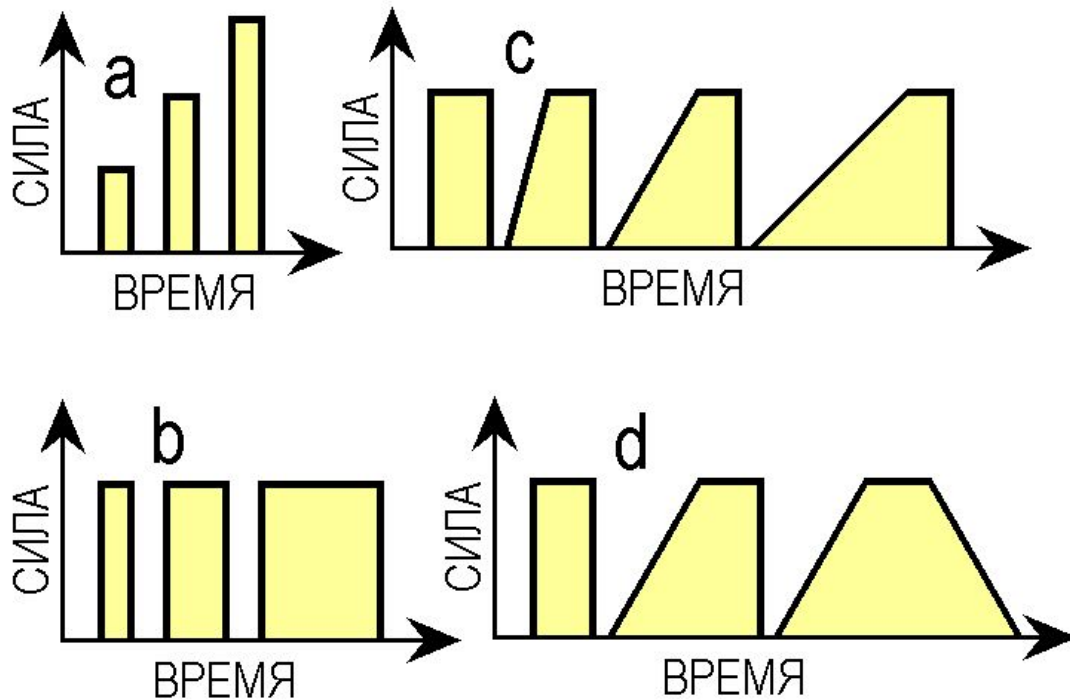
- **Стимул**
- **Раздражитель**
- **Влияние**
- **Побудитель**
- **Возбуждающий фактор**
- **Побудительная причина**

Типы раздражителей

Признаки, по которым различаются раздражители:

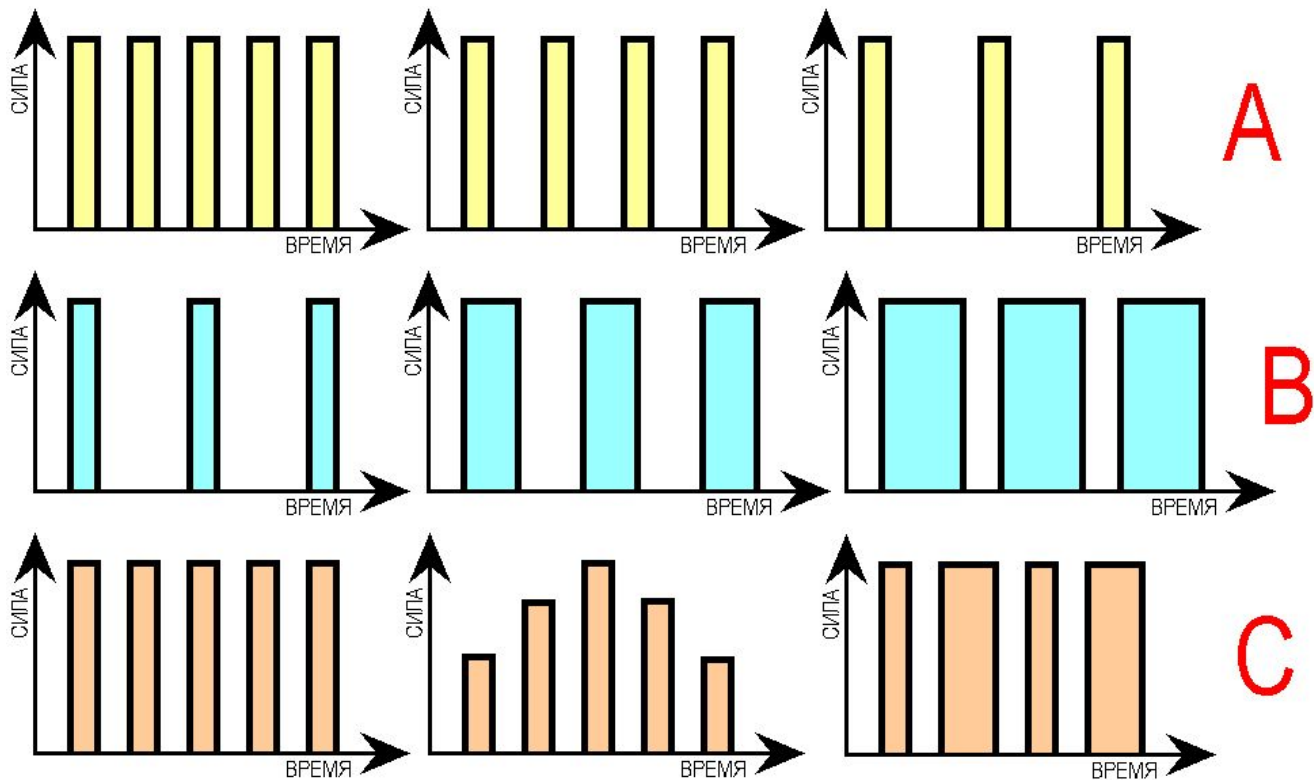
- Природе (модальность, валентность): **физические, химические** и т.п.
- Биологическому значению (**адекватные, неадекватные**)
- Отношению силы воздействия к порогу возбуждения (**подпороговые, пороговые, сверхпороговые**).
- **Одиночные** или **серийные**

Различие параметров **ОДИНОЧНЫХ** раздражителей (стимулов):



- a — по силе,
- b — по длительности,
- c — по скорости нарастания силы (градиенту),
- d — по форме (первый — прямоугольный, два последующих — трапецевидные)

Различие параметров **серийных** раздражителей (стимулов):



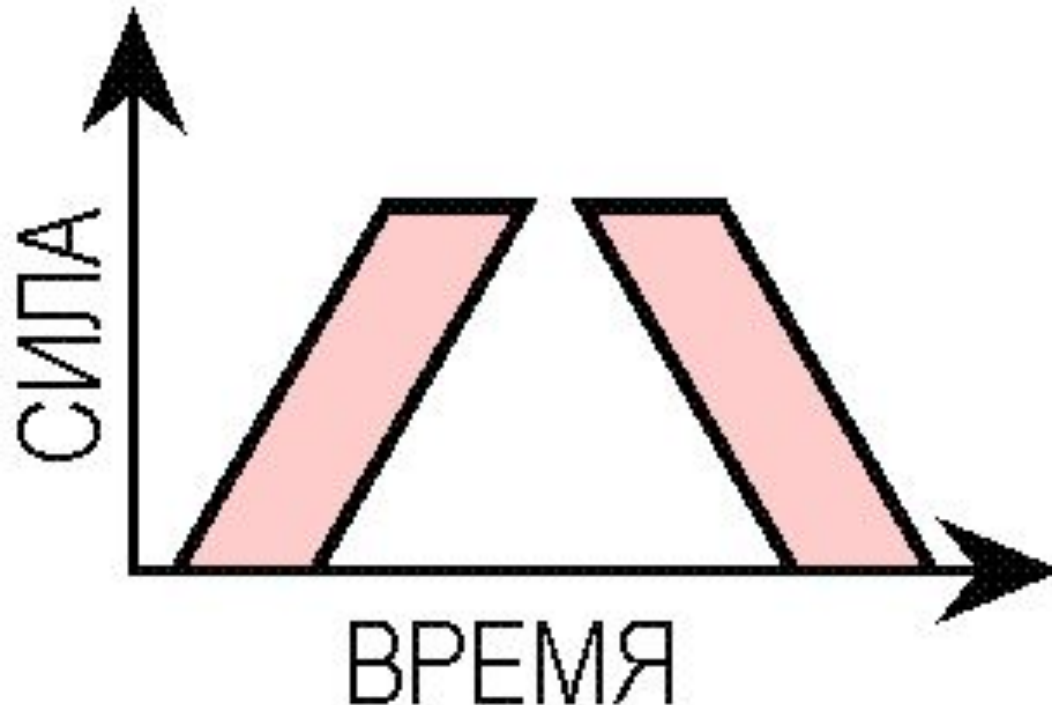
A — по **частоте**,

B — по соотношению продолжительности стимула к продолжительности паузы (**скважности**),

C — по характеру и порядку следования импульсов (**меандру**).



Внимание! Таких стимулов, которые нередко изображают студенты, **быть не может!**

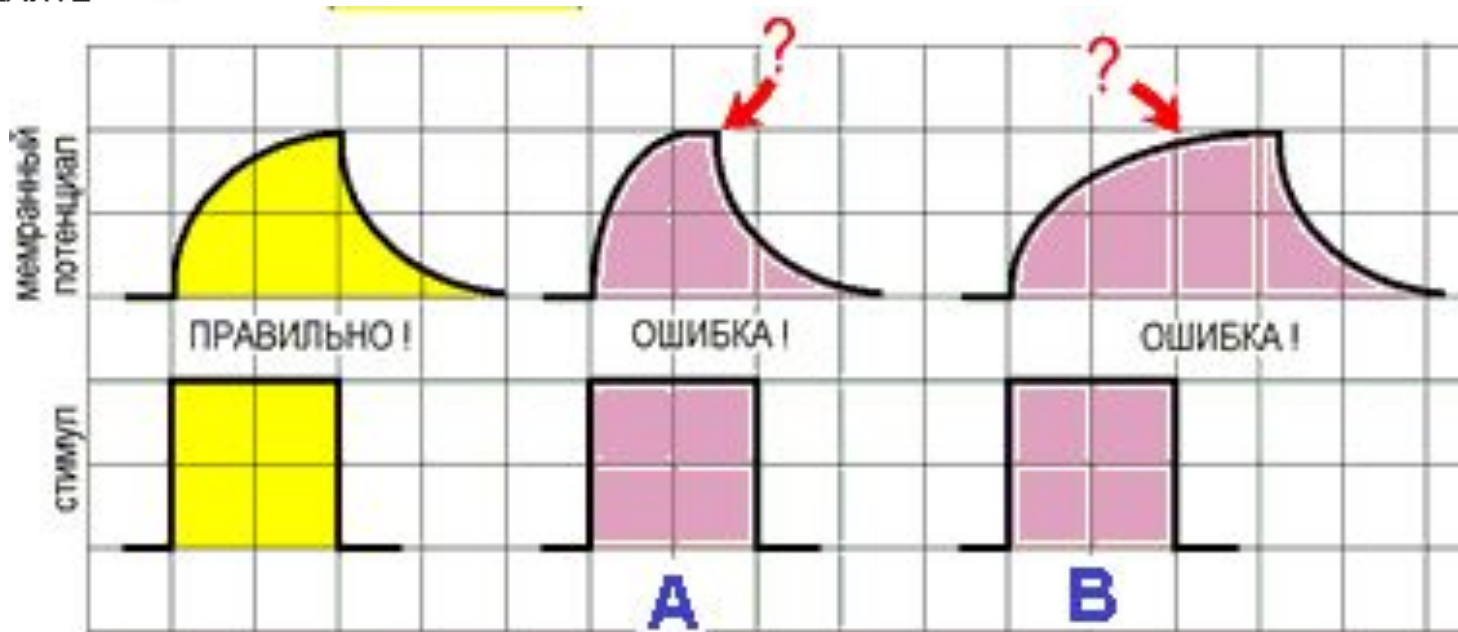


Электрический стимул при электрофизиологических исследованиях

- Считается **адекватным**
- Его применение позволяет наиболее точно и тонко дозировать стимул по силе, длительности



Внимание! Часто при демонстрации деполяризации мембраны импульсными токами допускаются ошибки:

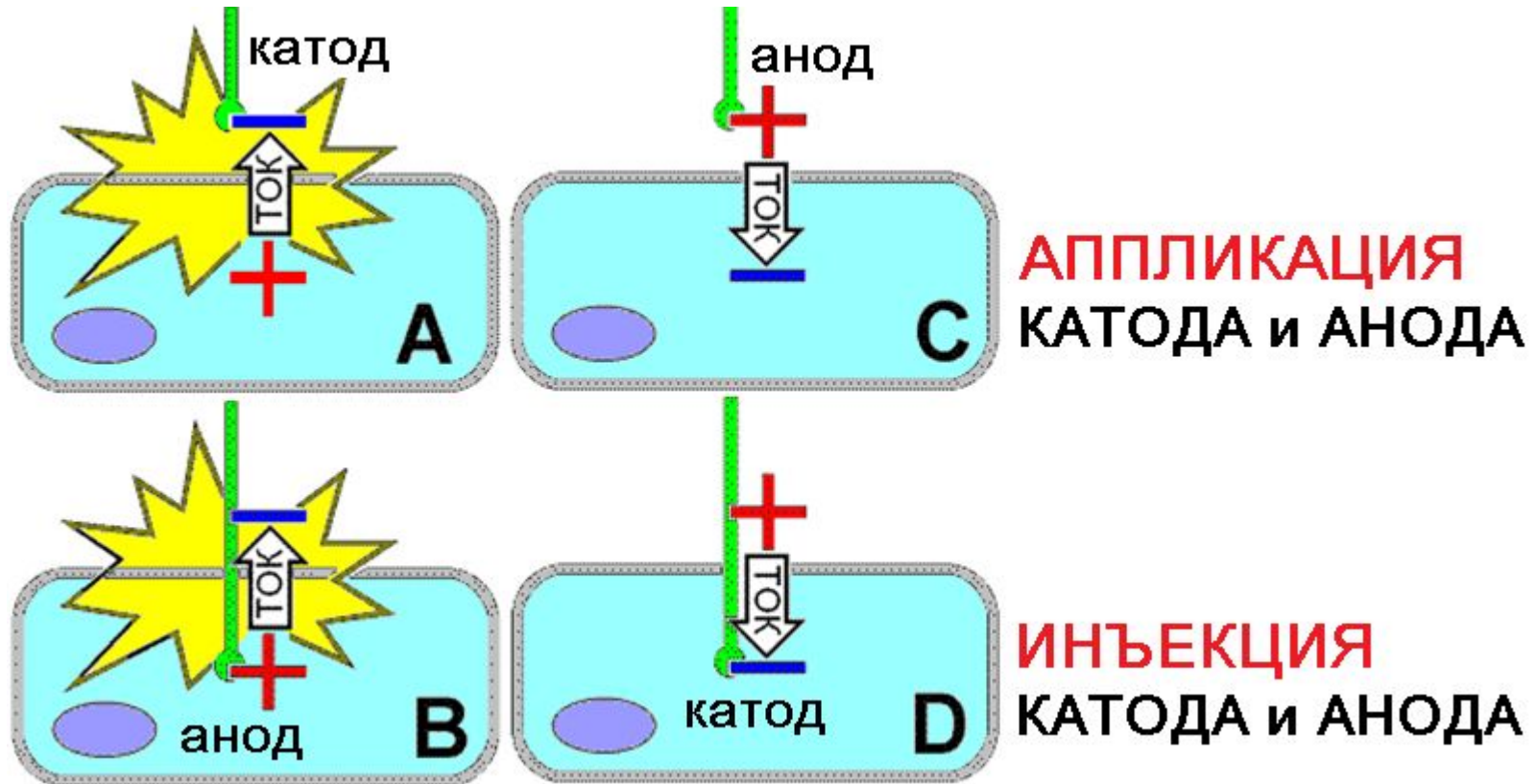


А - прекращается деполяризация мембраны при продолжающемся действии импульса тока

В - продолжается деполяризация вплоть до развития потенциала действия в бестоковый период.

Место приложения

электрического стимула



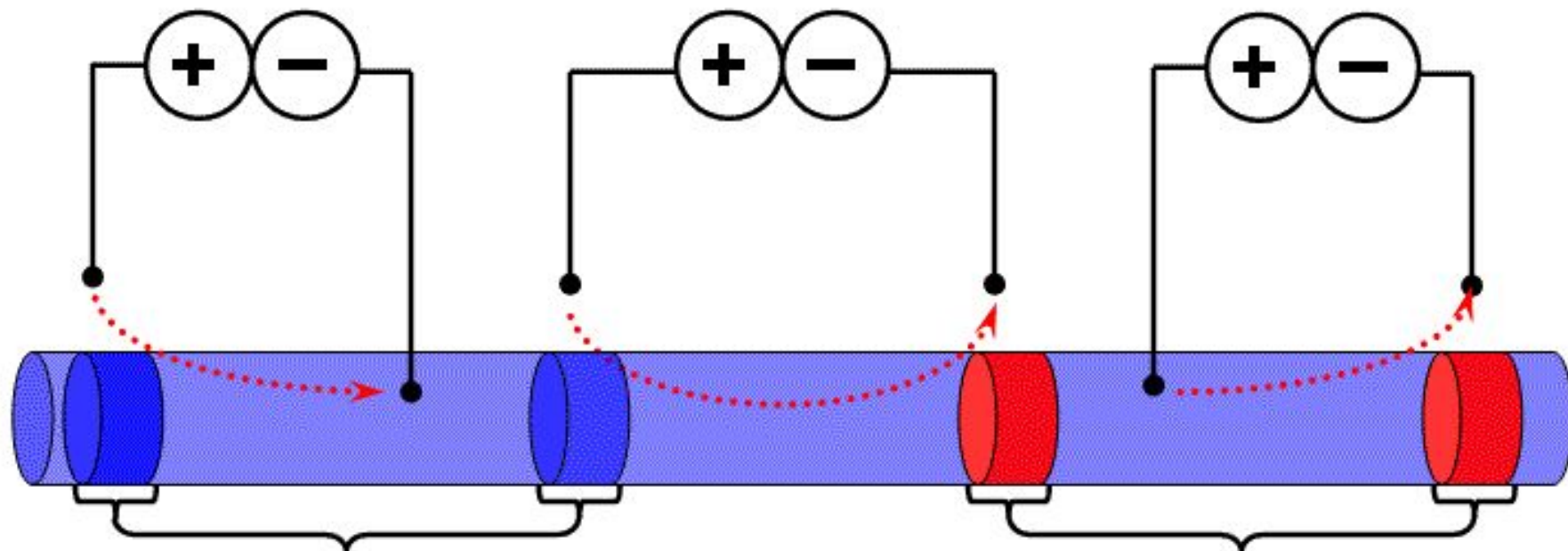
Направление токов

- деполяризующих выходящих (А, В)
- и гиперполяризующих входящих (С, D)

Внутриклеточное

Внеклеточное

Внутриклеточное



- ТОК ВХОДЯЩИЙ
- ГИПЕРПОЛЯРИЗАЦИЯ
- ВОЗБУДИМОСТЬ ↓
- ВОЗБУЖДЕНИЯ НЕТ

- ТОК ВЫХОДЯЩИЙ
- ДЕПОЛЯРИЗАЦИЯ
- ВОЗБУДИМОСТЬ ↑
- ВОЗБУЖДЕНИЕ ЕСТЬ

Вопрос 2



Различие понятий

«законы раздражения»

возбудимых тканей

и

«законы возбуждения»

Не следует путать «законы
раздражения» возбудимых тканей и
«законы возбуждения»

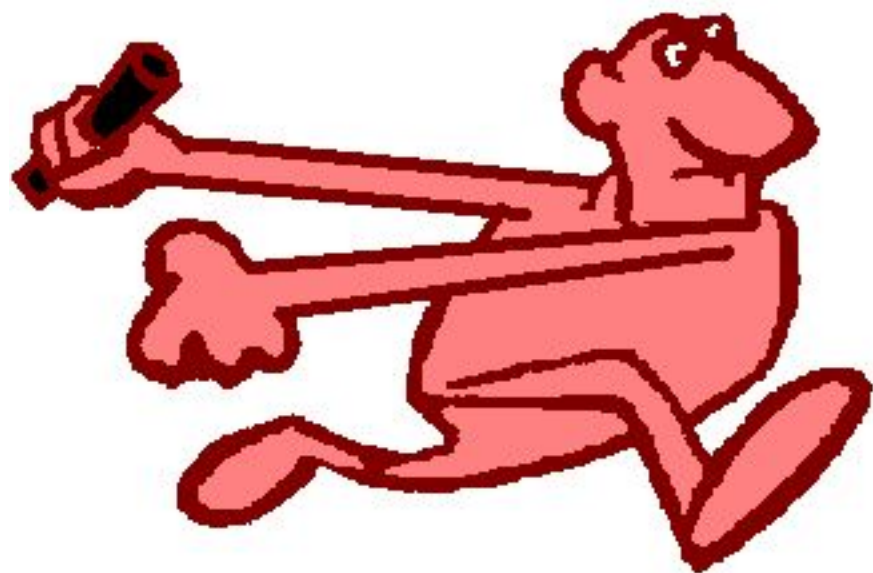


- **Законы
раздражения**

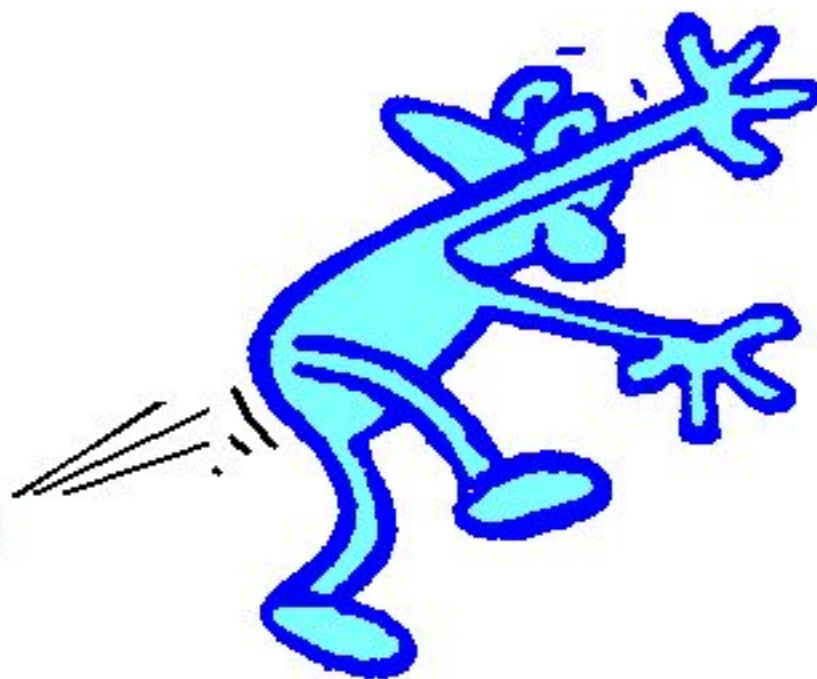
отвечают на вопрос,
каким должен быть
раздражитель,
чтобы возникло
возбуждение.

- **Законы
возбуждения**

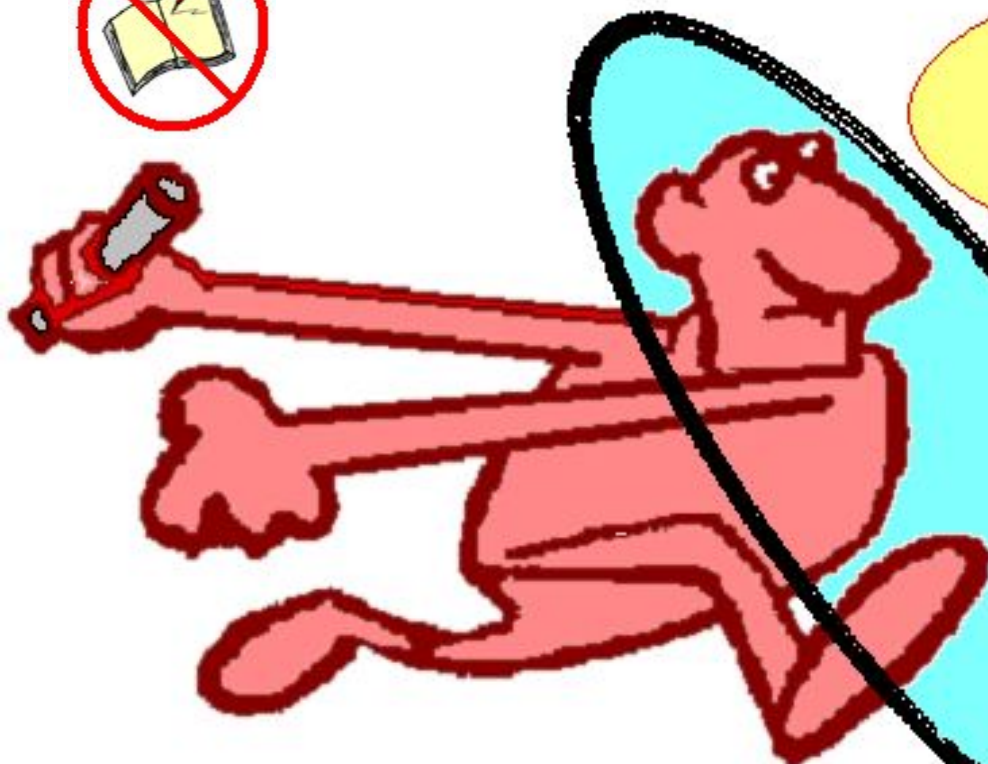
отвечают на вопрос,
каким образом может
ответить
**возбудимая
структура** на
действие
раздражителя



**СТИМУЛ,
РАЗДРАЖИТЕЛЬ**



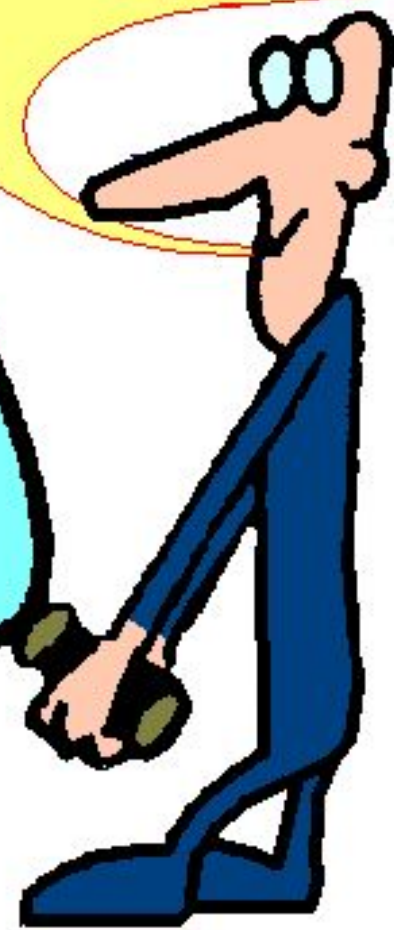
**ВОЗБУДИМАЯ
СТРУКТУРА**



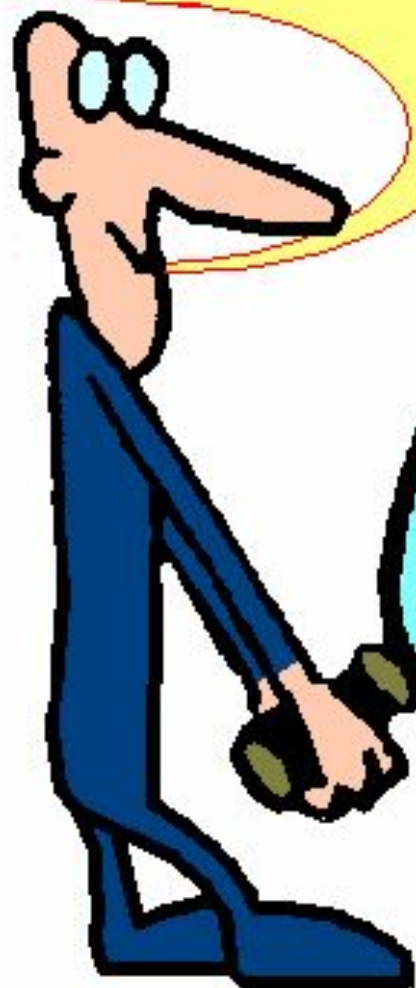
**СТИМУЛ,
РАЗДРАЖИТЕЛЬ**



**ЗАКОНЫ
РАЗДРАЖЕНИЯ**



**ЗАКОНЫ
ВОЗБУЖДЕНИЯ**



**ВОЗБУДИМАЯ
СТРУКТУРА**



К законам

раздражения

относятся законы:

- **силы**
- **времени**
- **градиента силы**

К законам

возбуждения

относятся законы:

- **все или ничего**
- **силы**

Не путайте закон «силы», как закон возбуждения, с законом «силы», как законом раздражения!

- **Область применения «закон «силы» (раздражения) - характеристика стимула.**

- **Область применения «закона силы» (возбуждения) - характеристика процесса возбуждения.**

Не путайте закон «силы», как закон возбуждения, с законом «силы», как законом раздражения!

- Определение **закона «силы» (раздражения)**:
- чтобы возникло возбуждение, **стимул** должен быть достаточно сильным – пороговым или выше порогового.

- Определение **закона «силы» (возбуждения)**:
- с увеличением силы стимула увеличивается сила **ответной реакции** возбудимой структуры.

Не путайте закон «силы», как закон возбуждения, с законом «силы», как законом раздражения!

Так при выполнении **закона «силы» раздражения** – возникает возбуждение, которое в свою очередь может протекать

- или по **закону «силы»**
- или по **закону «всё или ничего»**.

Вопрос 3



**Законы раздражения:
силы, времени,
градиента**

Определение законов раздражения может быть очень коротким и всех трёх сразу:

- Раздражитель может вызвать возбуждение, если он достаточно **сильный** (закон силы), **длительный** (закон времени) и **быстро нарастает по силе** (закон градиента).

Вопрос **3.1**



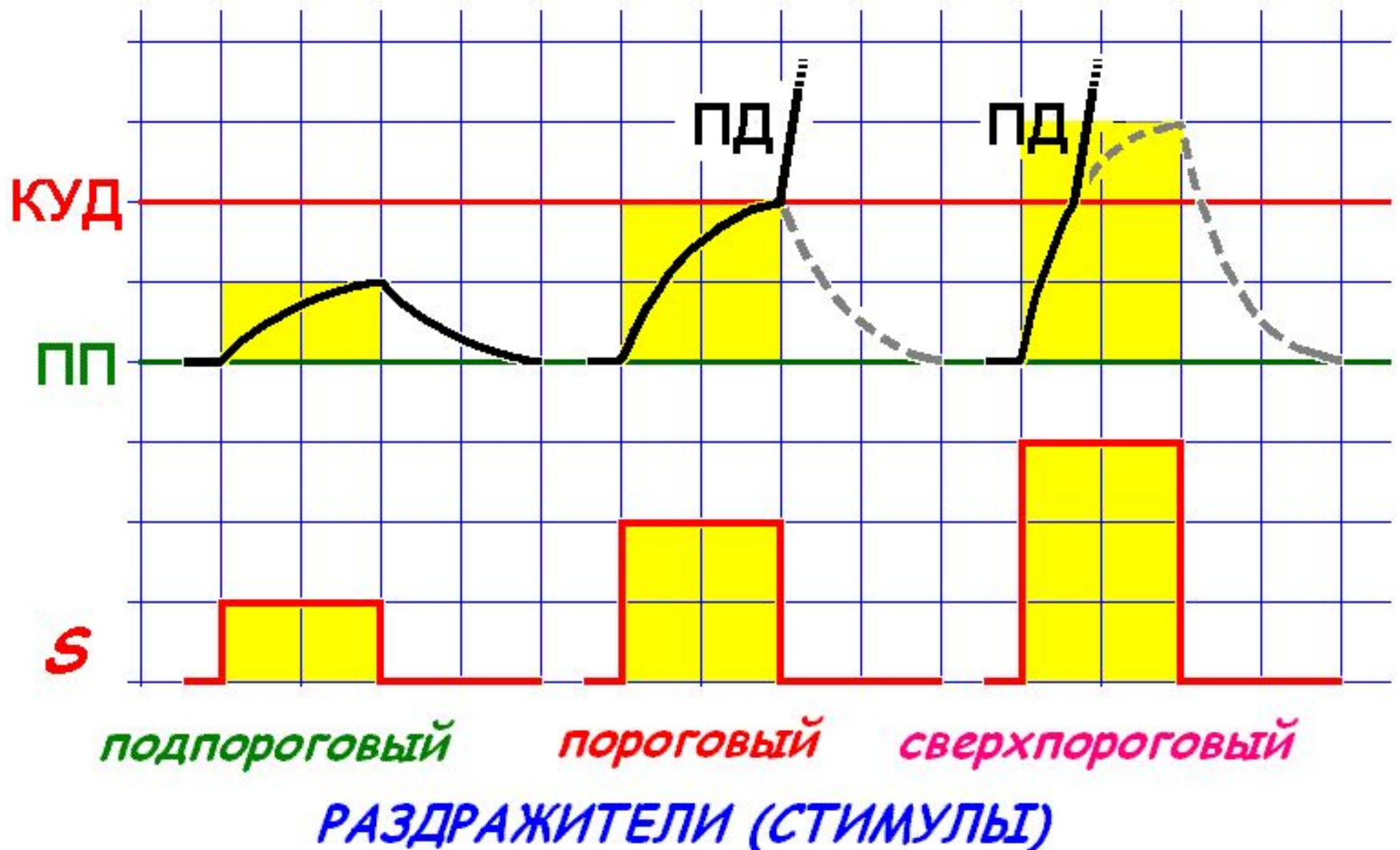
Законы раздражения:
ЗАКОН СИЛЫ

Закон силы

- Стимул должен быть достаточно **сильным** (пороговым или сверхпороговым) при любых временах действия и градиентах (крутизнах) нарастания силы, чтобы возникло возбуждение.

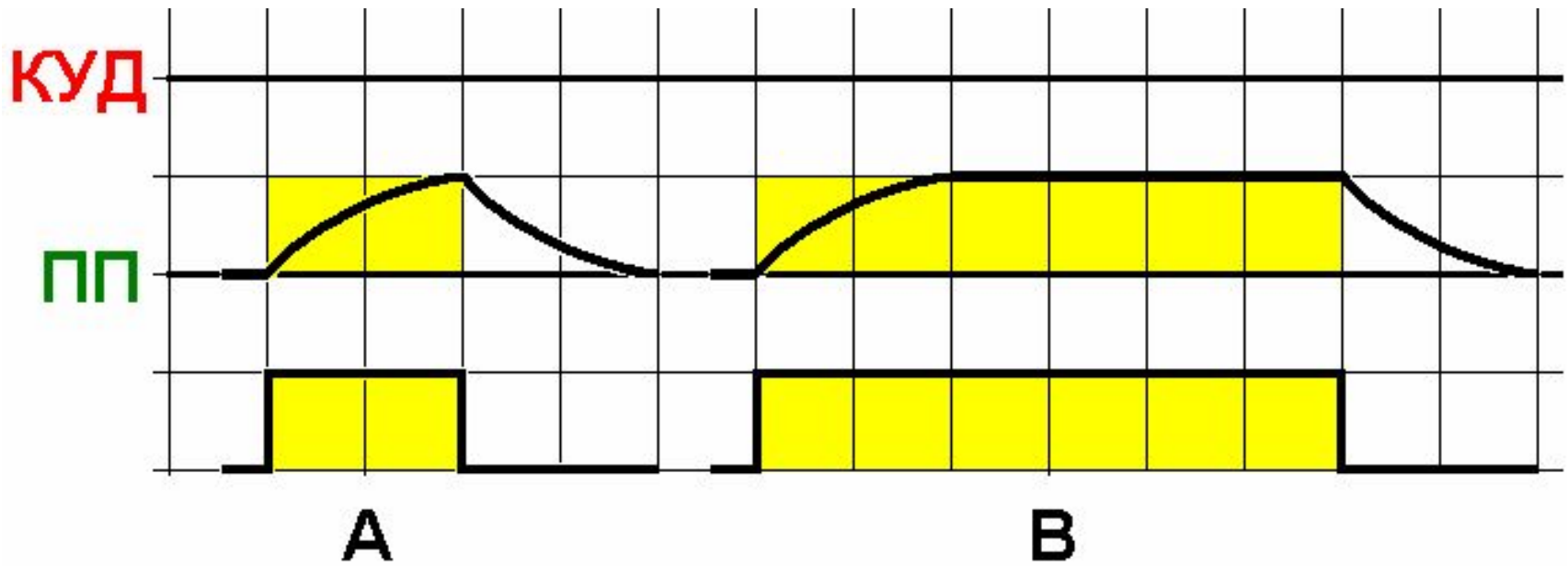


Закон силы





Закон силы



Вопрос 3.2



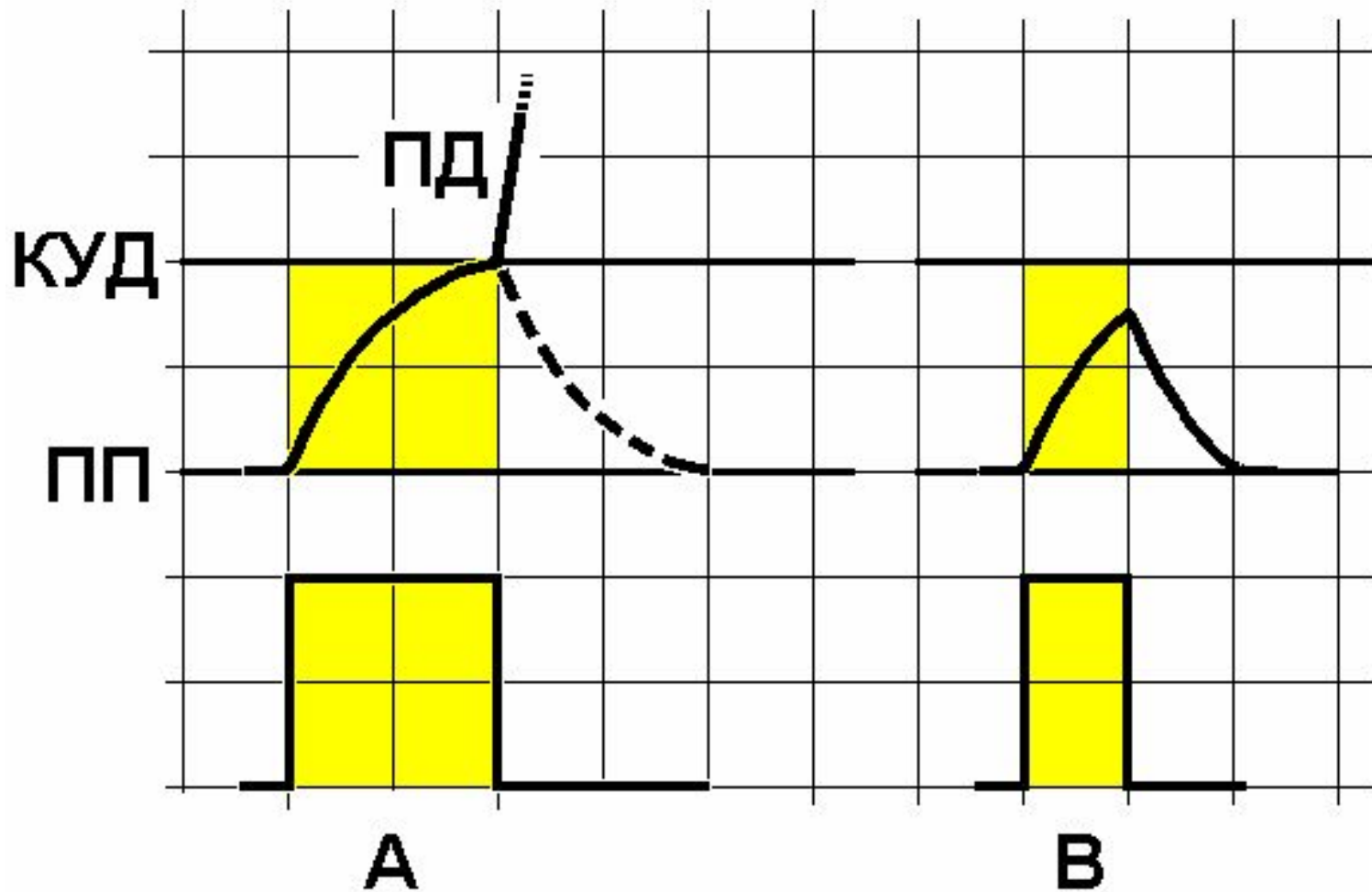
*Законы раздражения:
закон времени*

Закон времени

- Стимул должен действовать достаточно долго при любых силах действия и градиентах (крутизнах) нарастания силы, чтобы возникло возбуждение.

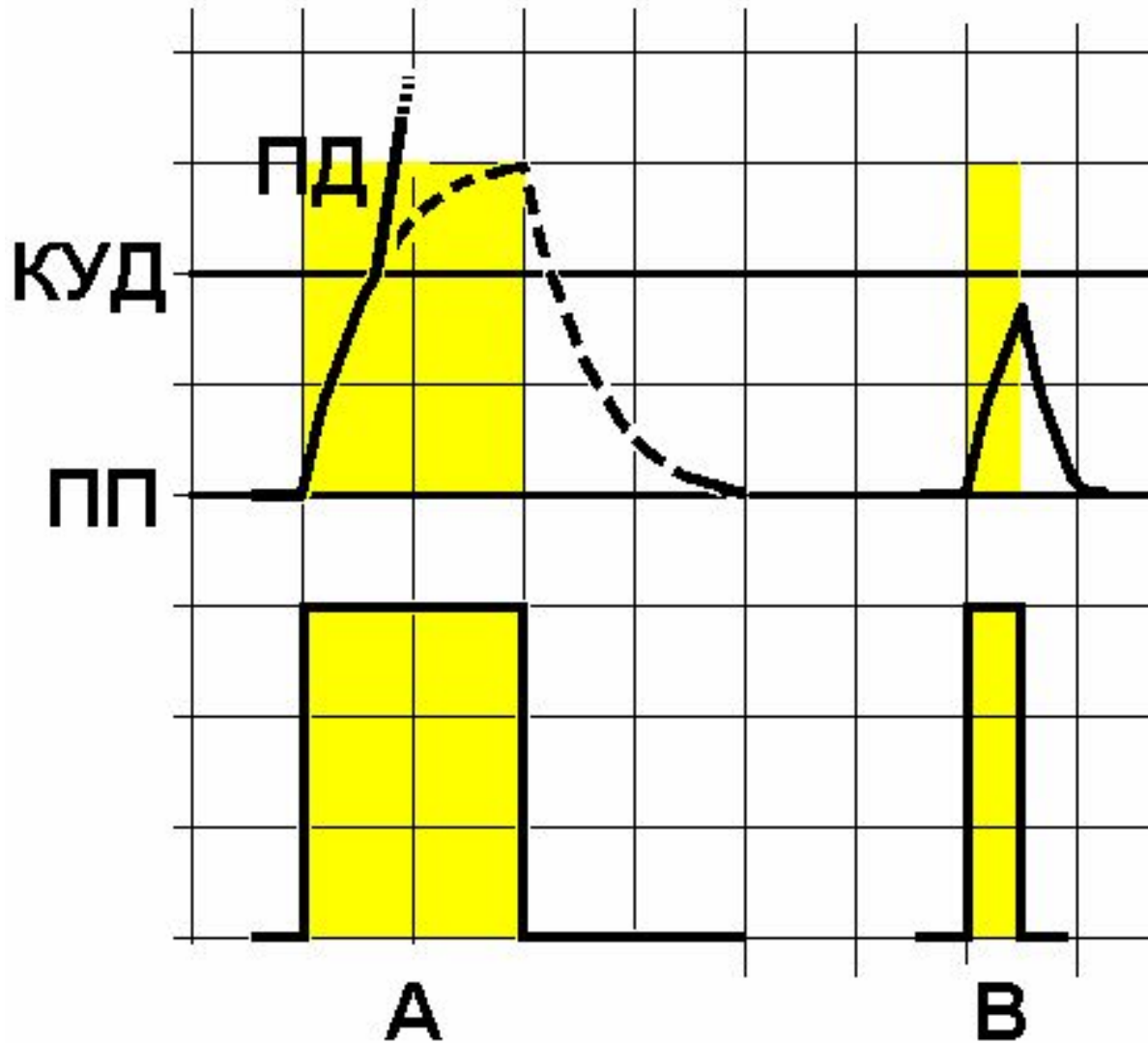


Закон времени



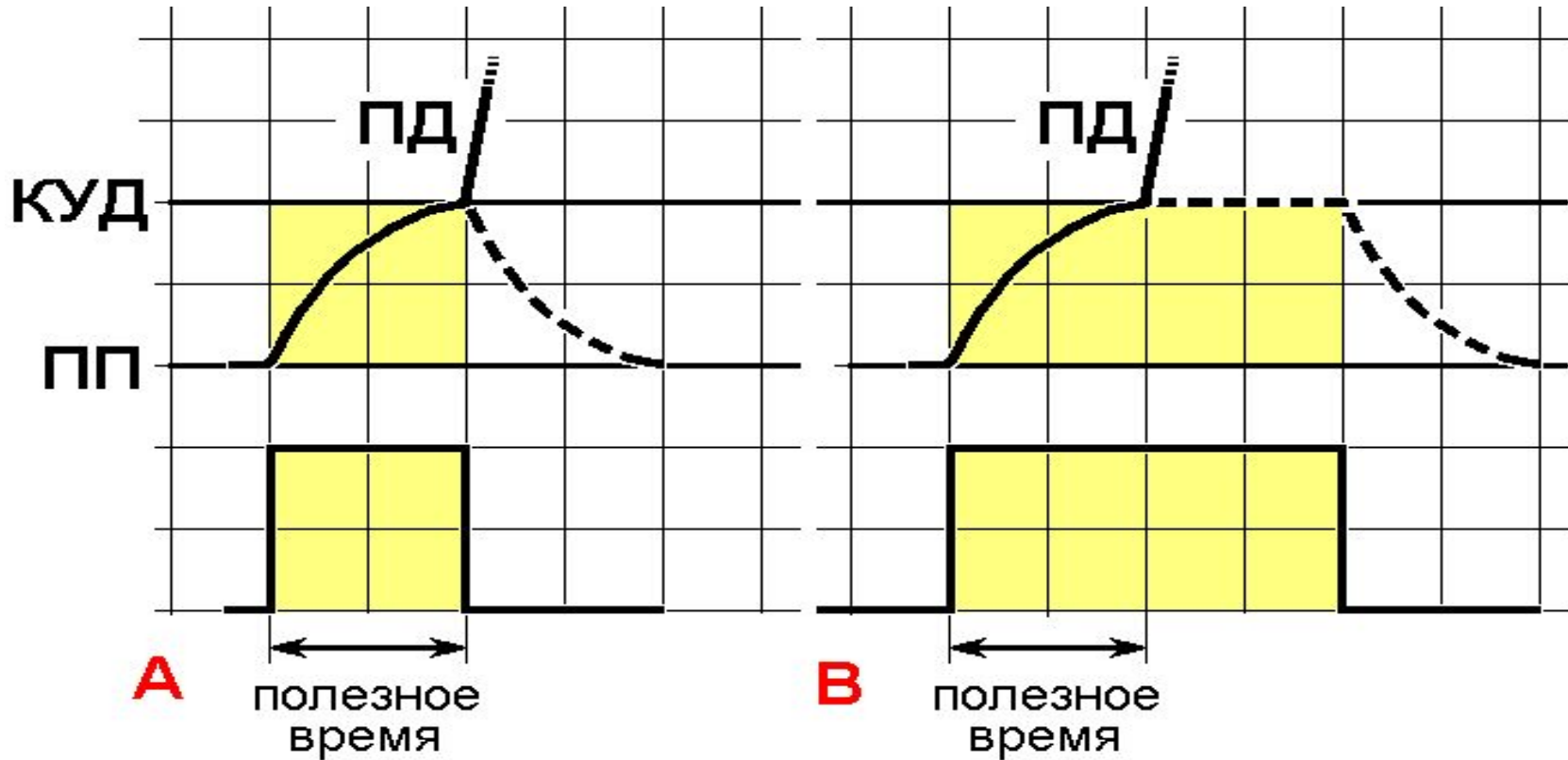


Закон времени





«Полезное» и «бесполезное» время



Полезное время при стимулах разной длительности.

A - стимул по длительности равен полезному времени,

B – стимул по длительности больше полезного времени.

Вопрос 3.3



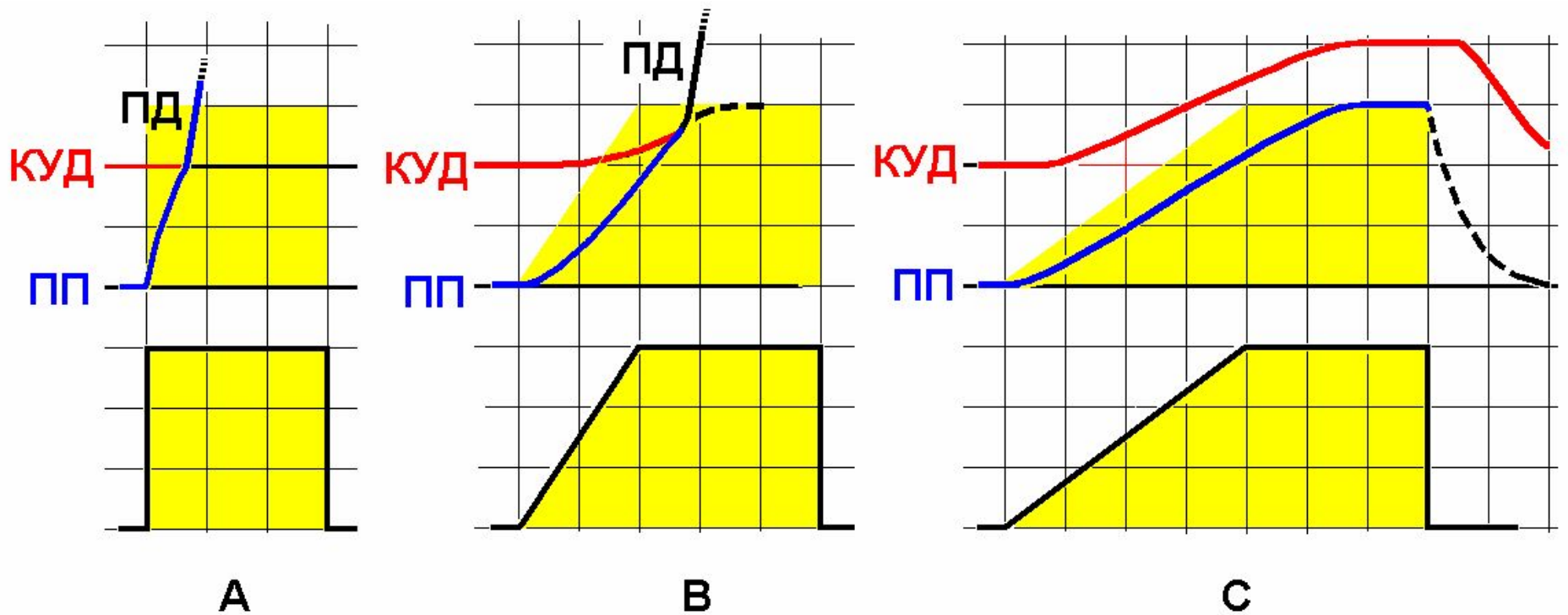
Законы раздражения:

закон градиента (силы)

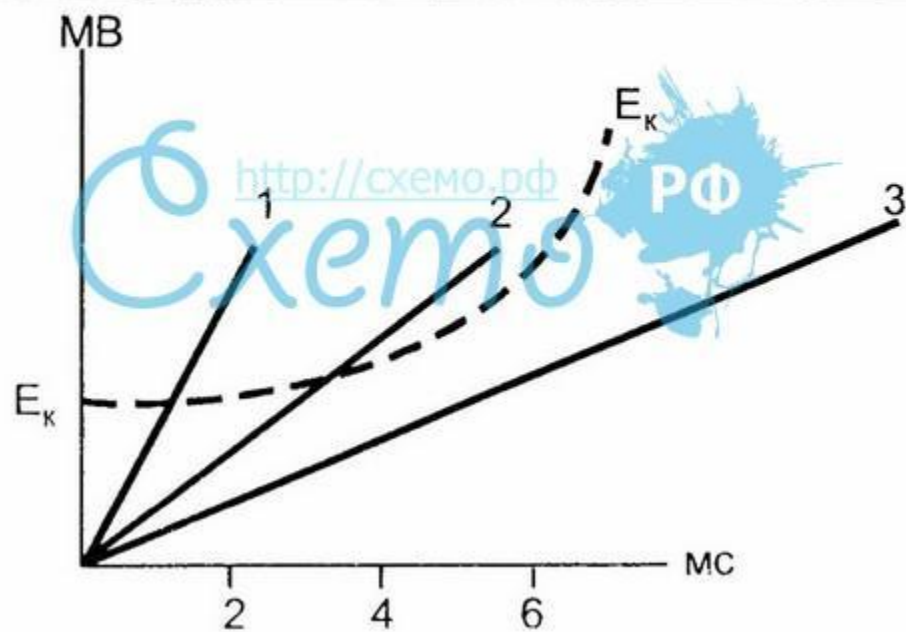
Закон градиента

- Сила стимула должна нарастать достаточно быстро при любых силах и длительностях действия, чтобы возникло возбуждение.

Закон градиента



ЗАКОН ГРАДИЕНТА РАЗДРАЖЕНИЯ (АККОМОДАЦИЯ)



Вопрос 4



**Закон «силы - времени»
Гоорвега - Вейса -
Лапика**

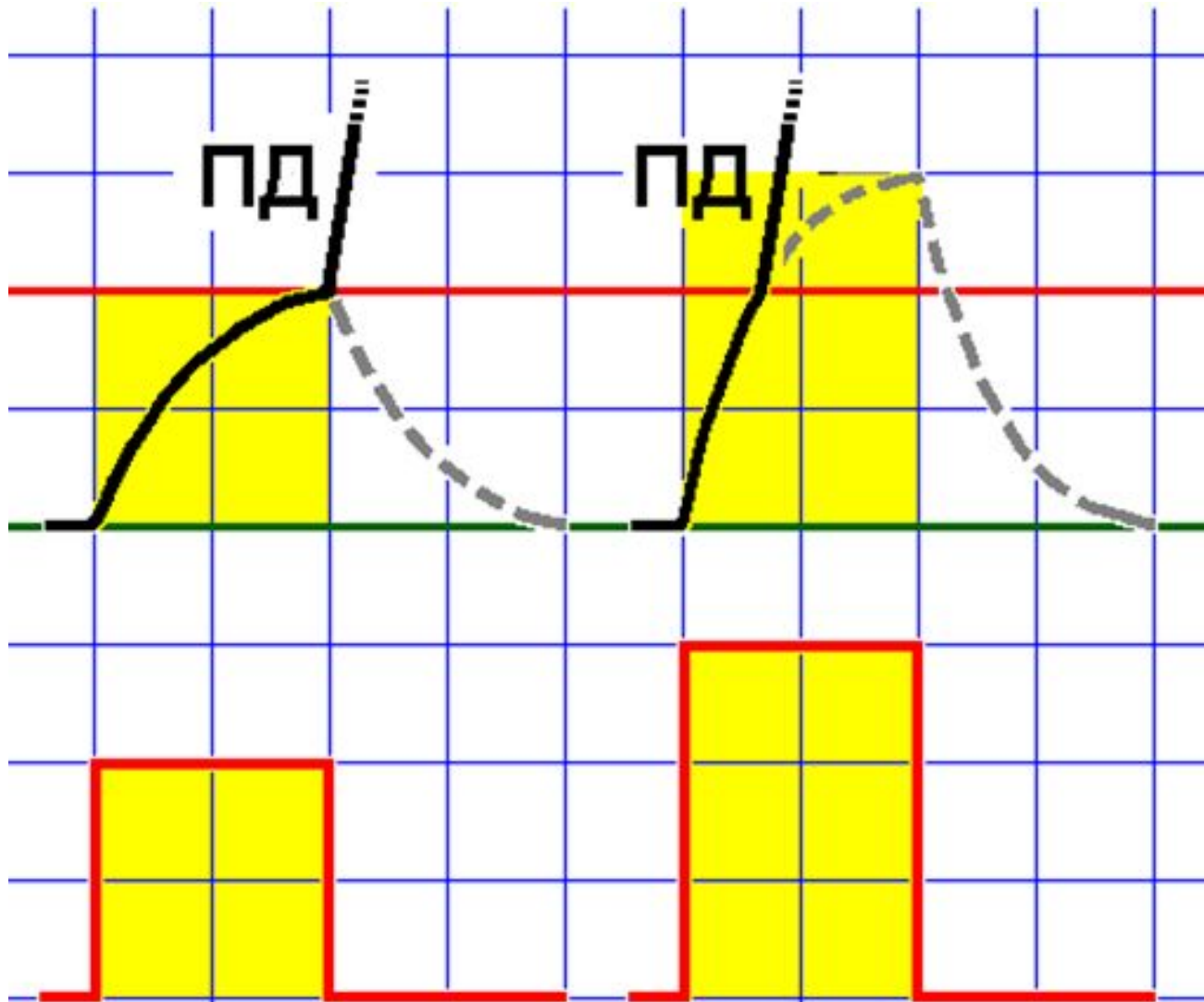
Точнее

- Закон

«пороговой силы –
полезного времени»

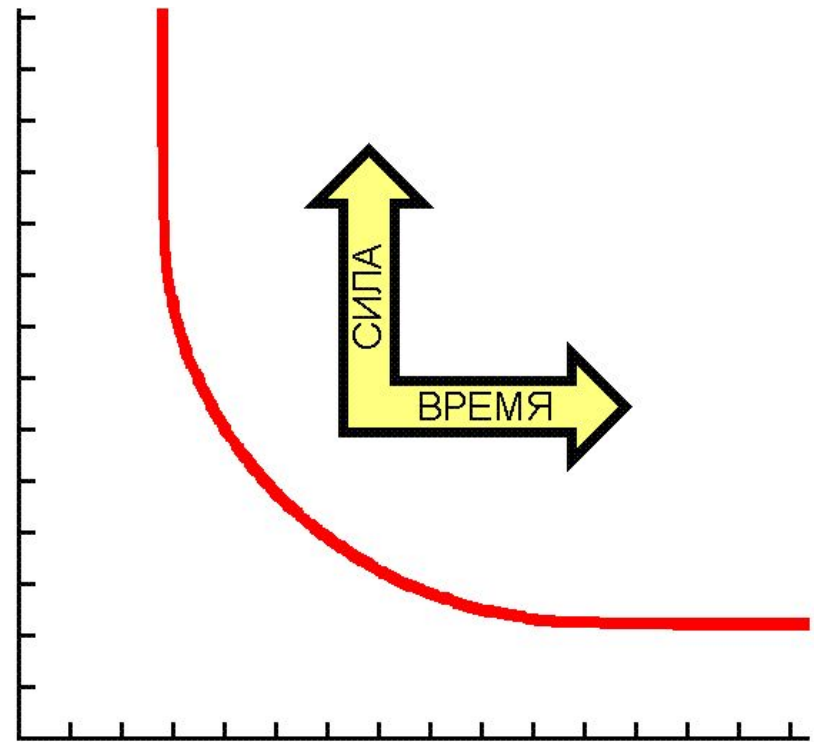


Закон «силы - времени» Гоорвега - Вейса - Лапика



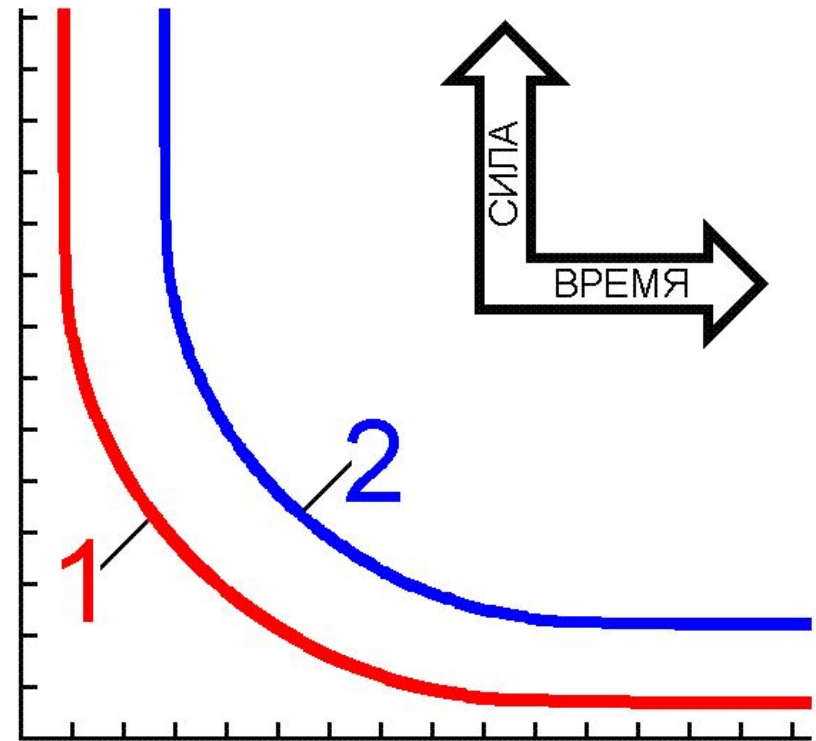


- Исследования Дж. Гоорвега, М.Вейса, Л. Лапика показали, что соотношения силы и длительности порогового раздражения определяются гиперболической кривой — кривой «силы — времени»





Кривые Гоорвега-Вейса-Лапика хорошо характеризуют возбудимость объектов. Очевидно, возбудимость структуры **1** больше, чем **2**.



- Л.Лапик (1908), введя в физиологическую науку понятие хронаксия (от греч. Chronos - время, axia - количество), предложил использовать в качестве единицы порогового раздражения не силу (амплитуду), а время (длительность) раздражения.

Lapicque, Louis

L'excitabilité en fonction du temps: la chronaxie, sa signification et sa mesure.

Возбудимость как функция времени: хронаксия, её значение и измерение.

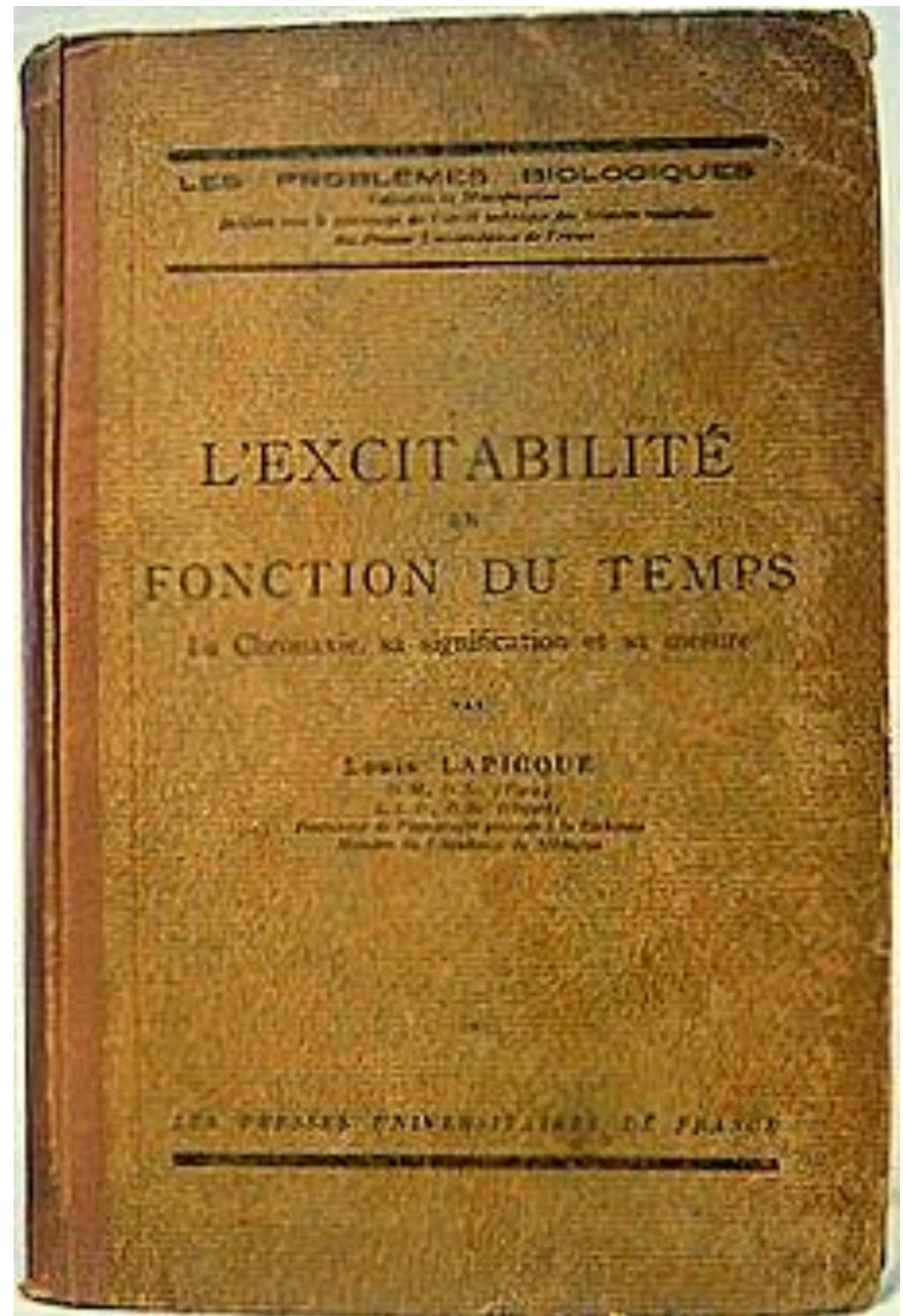
Paris: Les Presses Universitaires de France,

1926.

1st Edition.

371+[1]pp.

79 text figures.

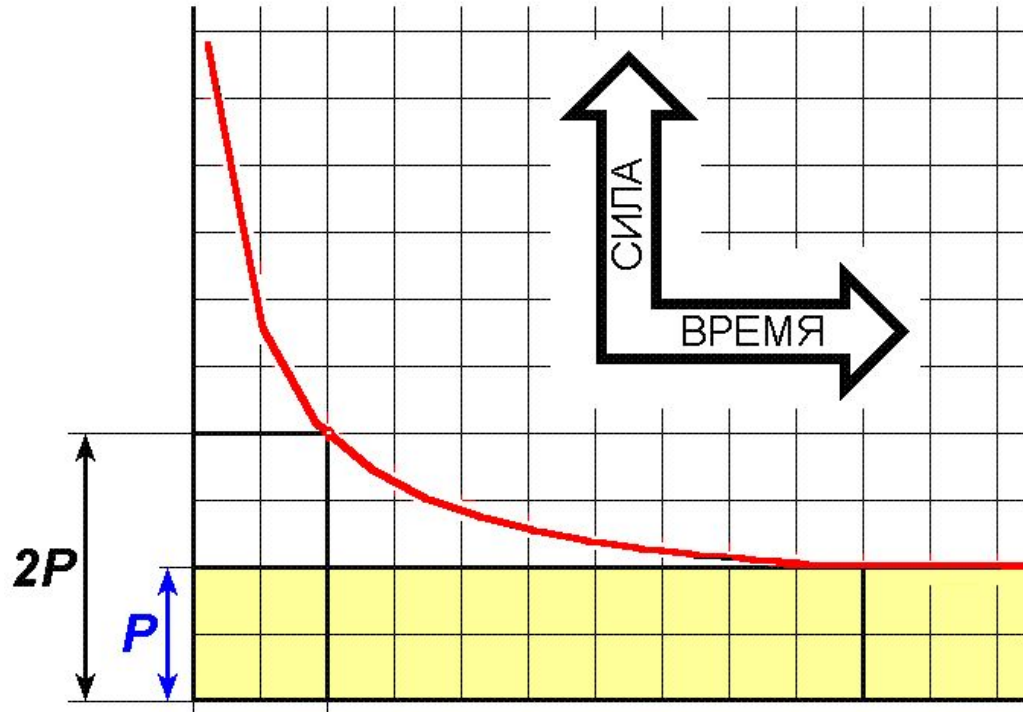


Хронаксиметрия и ее клиническое значение

- **Хронаксиметрия — это метод определения пороговой возбудимости ткани с помощью специальных приборов хронаксиметров.**



- При хронаксиметрии вначале определяется **реобаз**, т.е. пороговая сила раздражения при достаточно большой его длительности.



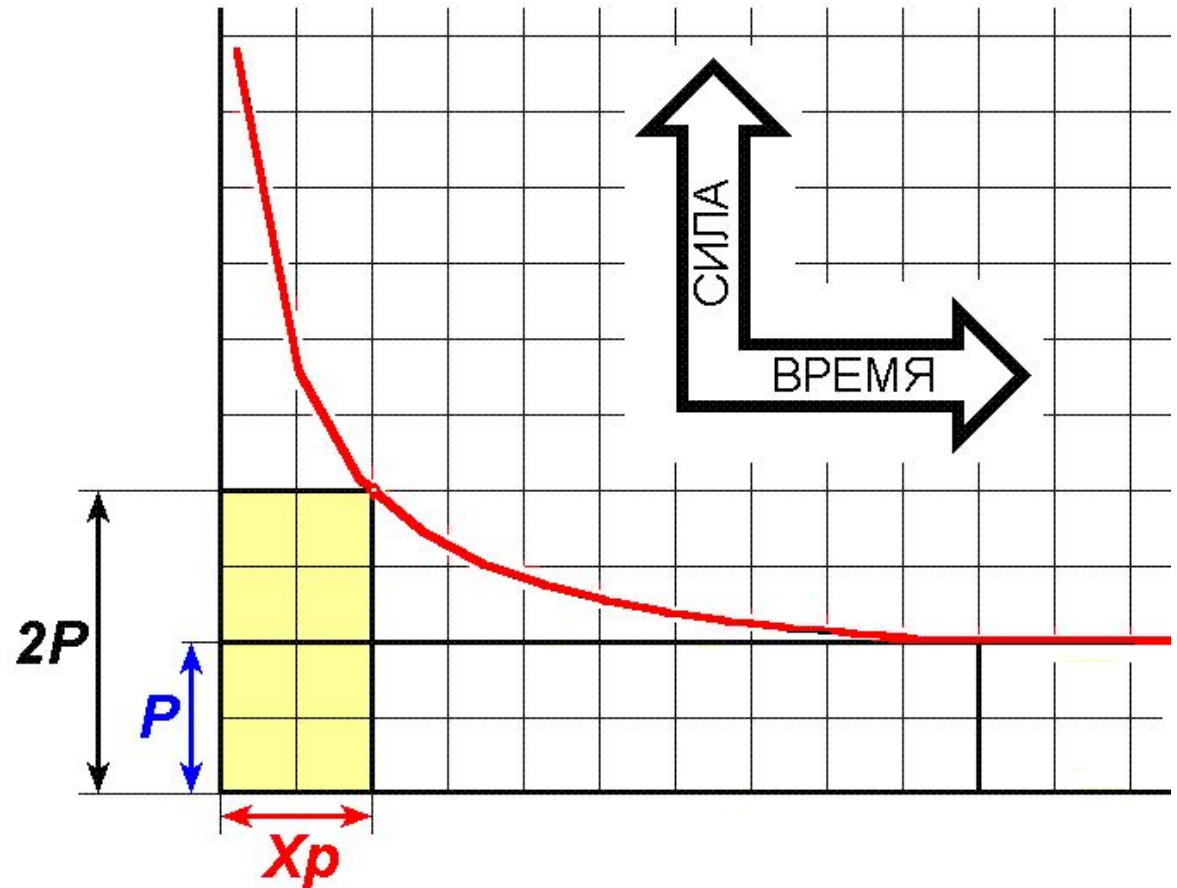
- **Время, в течение которого действует или должен действовать пороговый раздражитель, равный значению реобазы, получило название *полезного времени*.**
- **Определив реобазу, производится удвоение найденной величины и находится минимальная длительность, при которой это электрическое раздражение способно вызвать возбуждение и ответную реакцию.**

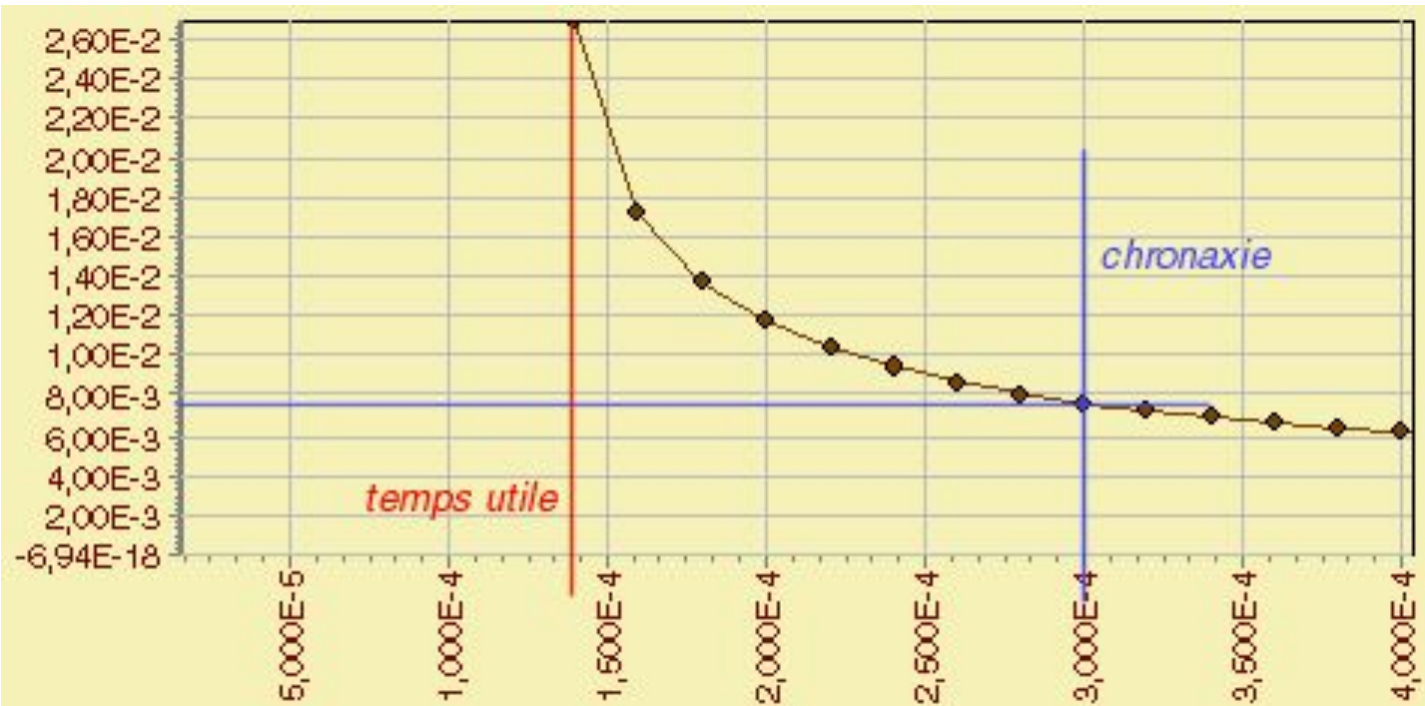


- Полезное время раздражения, сила которого равна удвоенной реобазе, называется, **хронаксией**.

P — реобаза

X_p — хронаксия





graphe IT 50 μ s à 1600 μ s (temps utile et chronaxie)

- *Внимание!*

- Часто студенты пишут «хроноксия».

- Правильно «хронаксия».

- **Хронаксия нервных и поперечнополосатых скелетных мышечных волокон человека равна тысячным и десятитысячным долям секунды.**
- **У гладких мышечных волокон она значительно больше.**

Вопрос 5



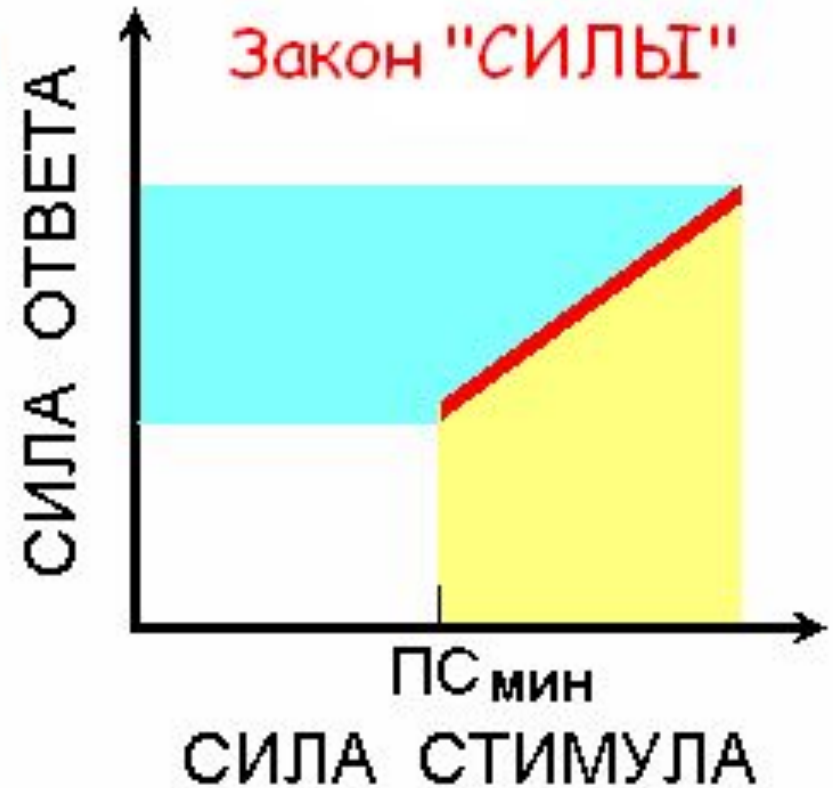
**Законы возбуждения:
«всё или ничего»,
силы**

По закону «все или ничего» сила ответной реакции возбудимой структуры при прочих равных условиях даёт максимальную ответную реакцию («всё») при любой силе порогового или сверхпорогового раздражения и не даёт никакого ответа («ничего») при подпороговом раздражении

По закону «силы» с увеличением силы стимула увеличивается сила ответной реакции возбудимой структуры



Законы ВОЗБУЖДЕНИЯ



По закону «всё
или ничего»
отвечают

- нервно-мышечное волокно
- мышечное
волокно
- миокард
- ...

По закону «силы»
отвечают

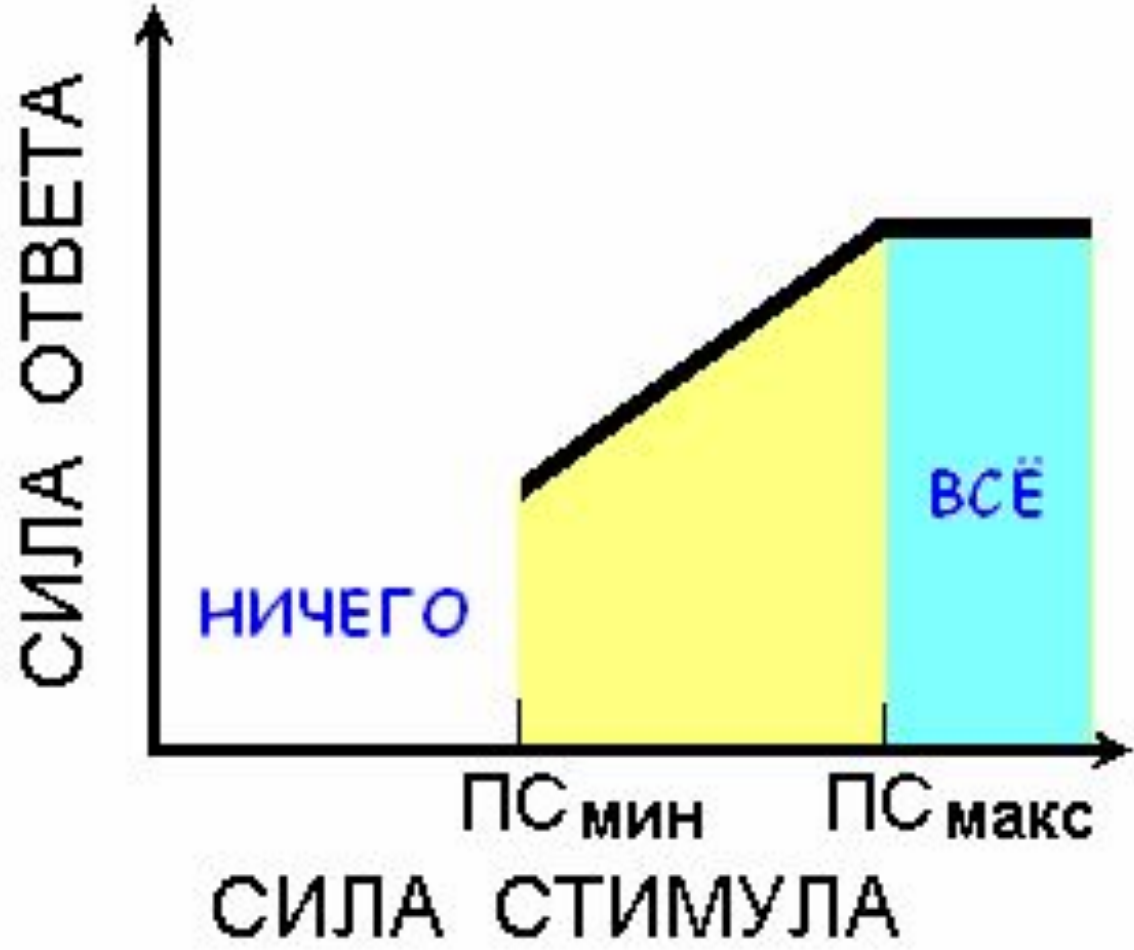
- нерв
- мышца
- ...

- Если речь идет о целом образовании, например, нервном стволе, содержащем отдельные аксоны, или о скелетной мышце как совокупности отдельных мышечных волокон, то в этом случае каждое отдельное волокно тоже отвечает на раздражитель по типу "все или ничего", но если регистрируется суммарная активность объекта (например, внеклеточно отводимый ПД), то его амплитуда в определенном диапазоне находится в градуальной зависимости от силы раздражителя: чем больше сила раздражителя, тем больше ответ.

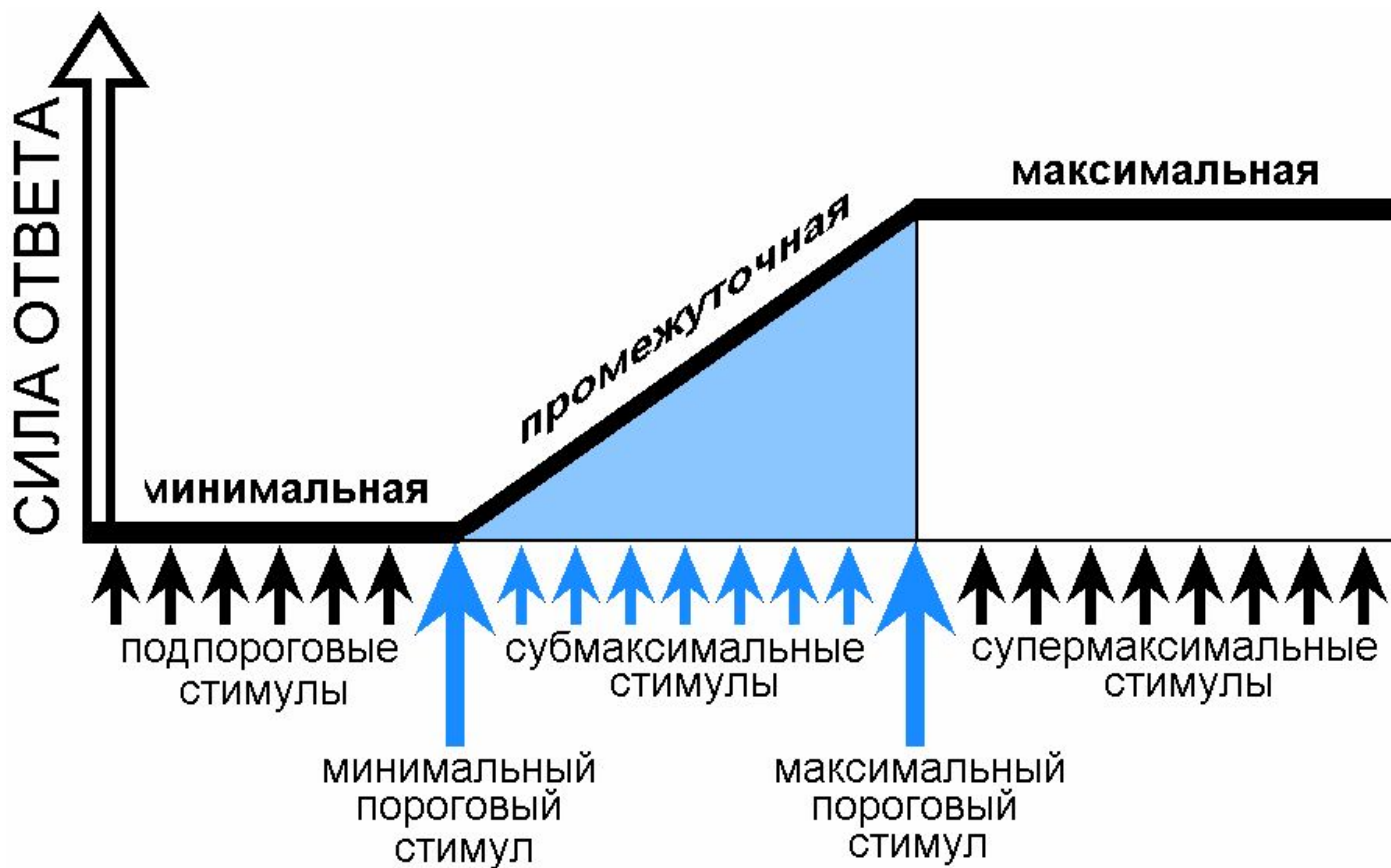
- если говорить о законе силы в приложении к нерву, мышце, можно выделить два порога – минимальный и максимальный.



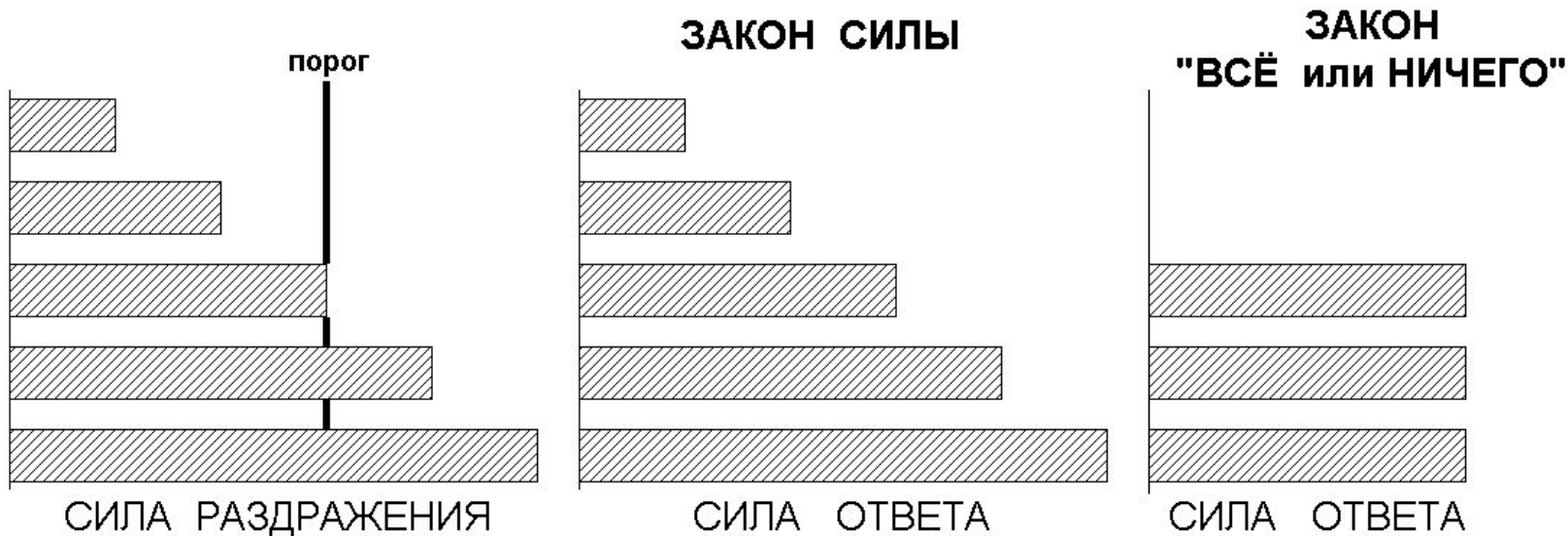
Закон СИЛЫ



Закон силы (область выполнения)



Другой способ графической иллюстрации законов возбуждения



Вопрос 6



**Действие постоянного
подпорогового тока на
возбудимые ткани**



В 1859 г.

немецкий физиолог

Пфлюгер Э.Ф.В.

(Eduard-Friedrich-Wilhelm Pflueger)

установил, что если на
нерв воздействовать
слабым (подпороговым)
постоянным током, то
его возбудимость

под катодом

повышается,

а *под анодом снижается.*

- **Пфлюгер**
- (Pfluger) Эдуард Фридрих (1829-1910) - немецкий физиолог, иностранный член-корреспондент Петербургской АН (1894). На основании классических исследований по электрофизиологии сформулировал законы, названные его именем. Труды по физиологии обмена веществ, пищеварения, оплодотворения и др.



В 1883 г.

российский (пермский) физиолог

Б.Ф.Вериго

показал, что как повышение
возбудимости под катодом,
так и снижение её под
анодом характерно только
для первоначального
действия постоянного
подпорогового тока, т.е. это
явление временное.



В 1883 г.
российский (пермский) физиолог

Б.Ф.Вериго

показал, что если ток
действует достаточно долго,
то

под катодом возбудимость
снижается, становясь
меньше исходной (в
состоянии покоя),
а ***под анодом*** может
повыситься



Схема опыта Э.Ф.В. Пфлюгера - Б. Ф.Вериго

с аппликацией тока

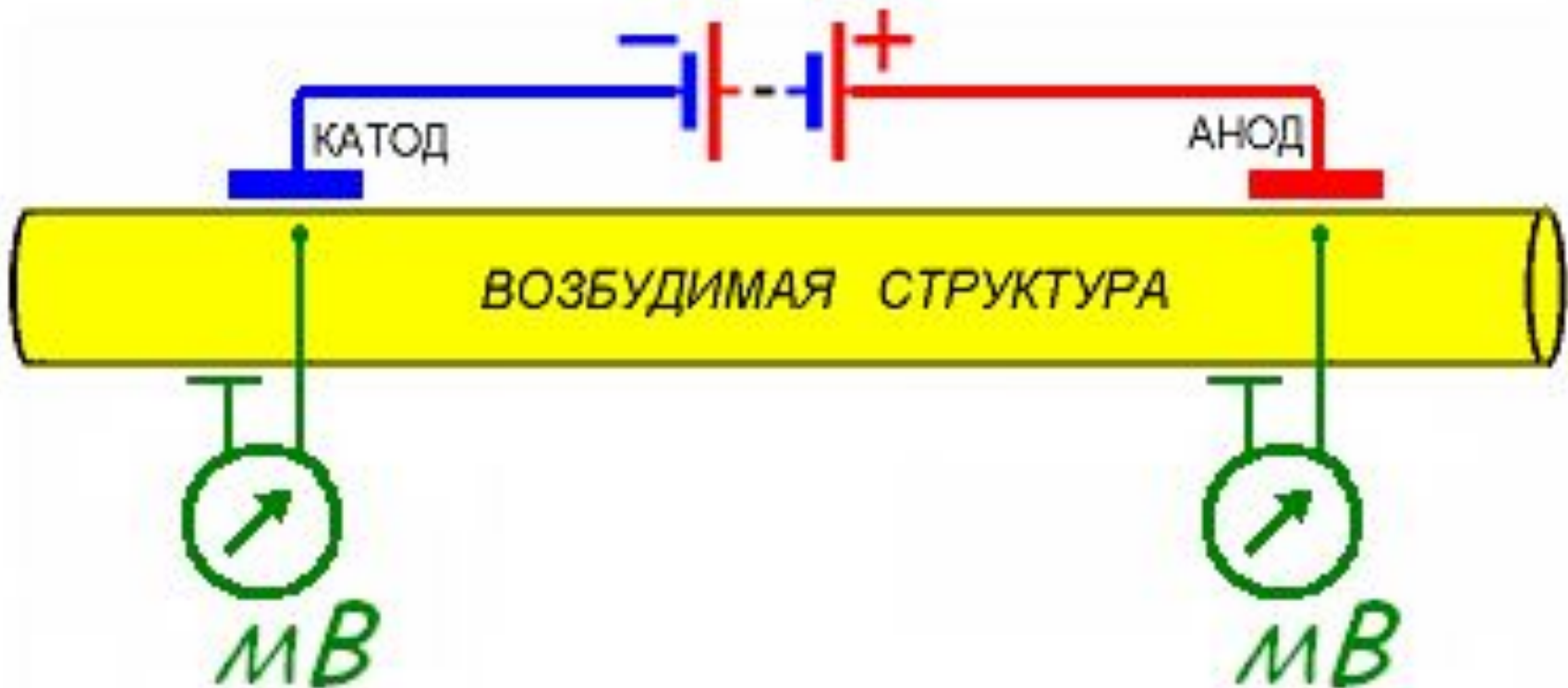
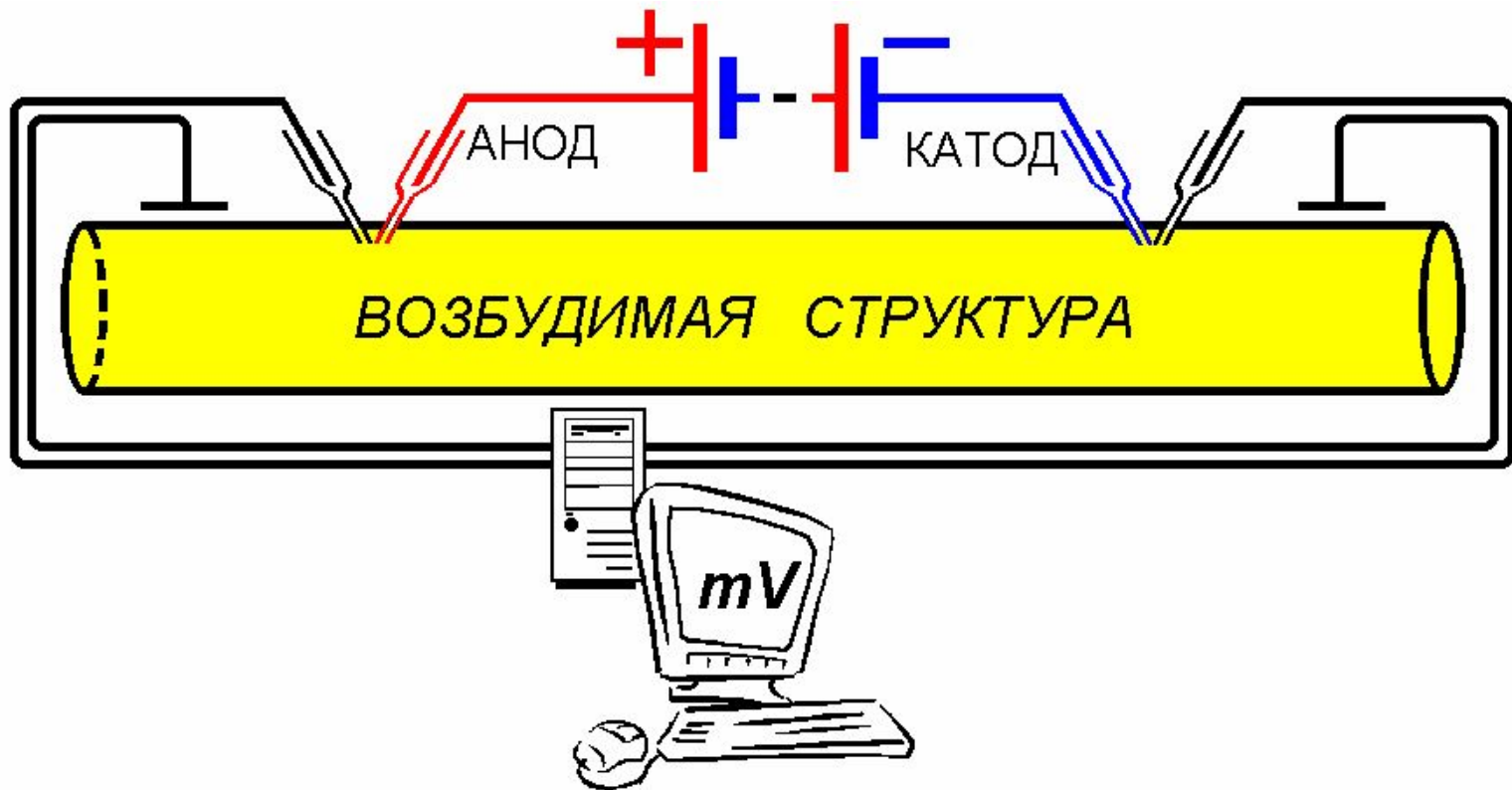


Схема опыта

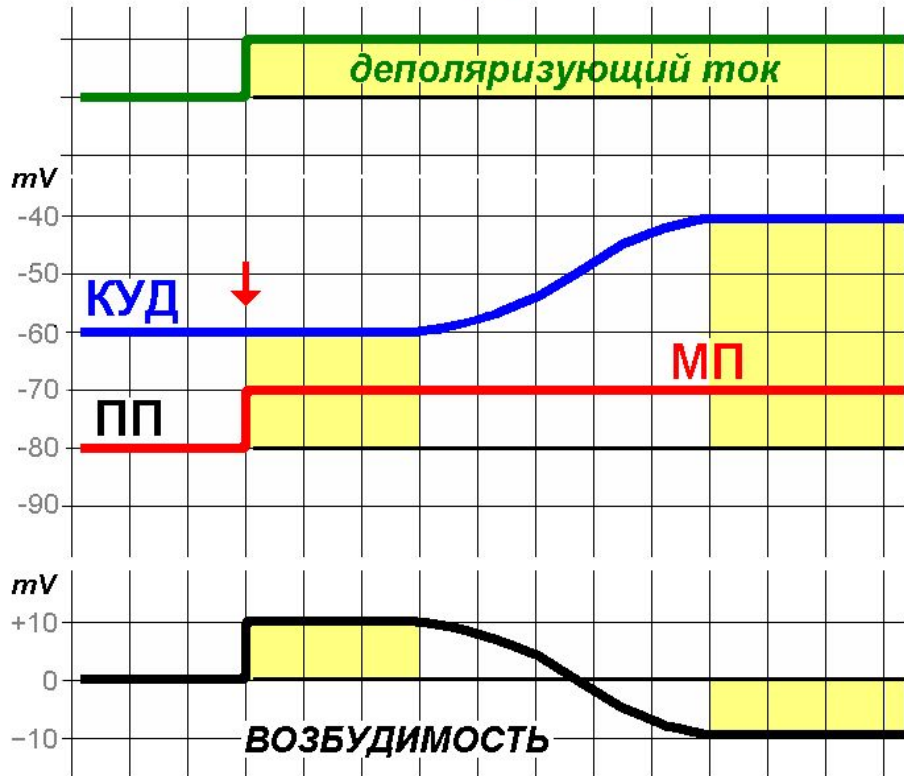
Э.Ф.В. Пфлюгера - Б.Ф.Вериго

с инъекцией тока

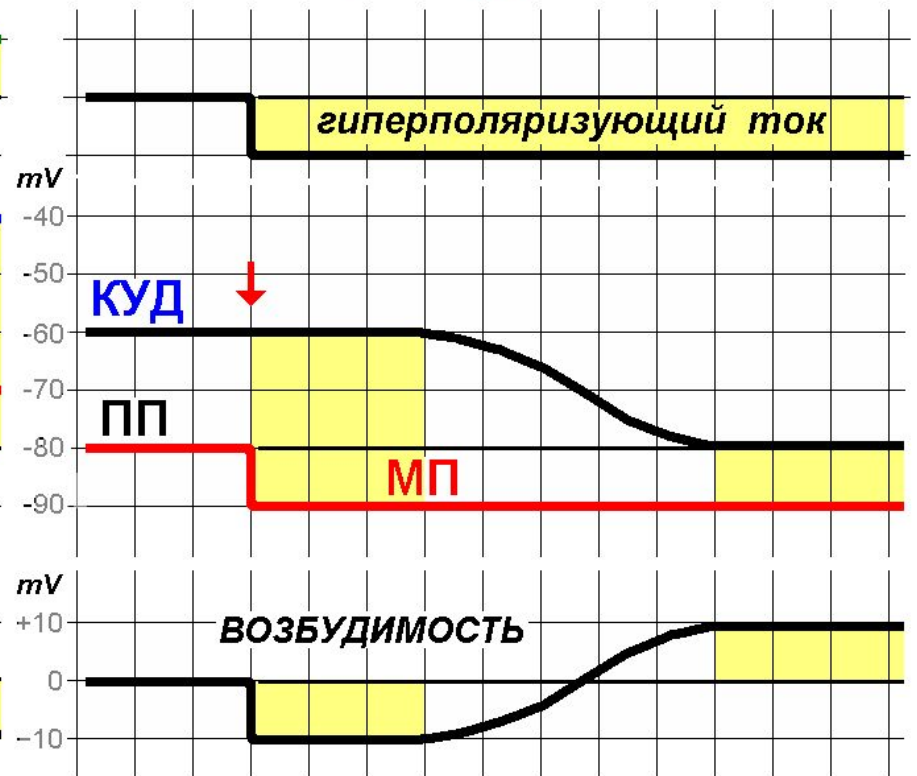


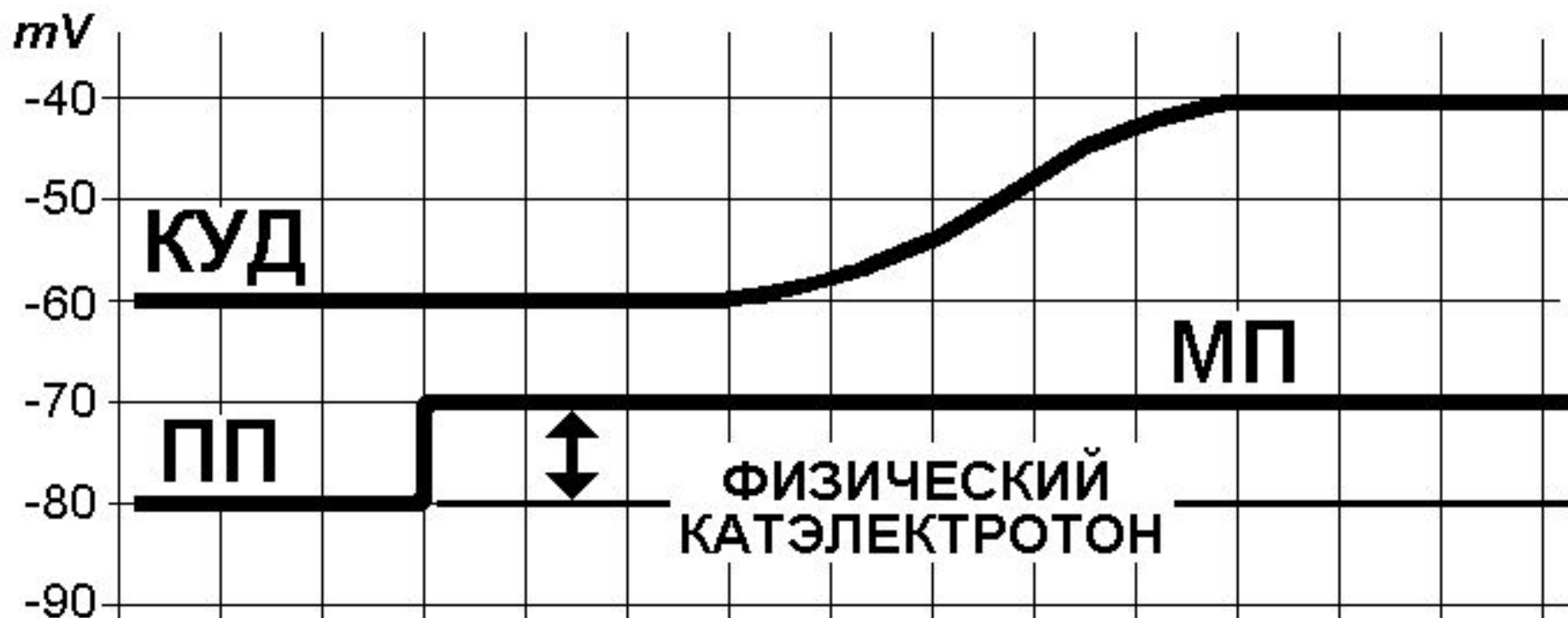


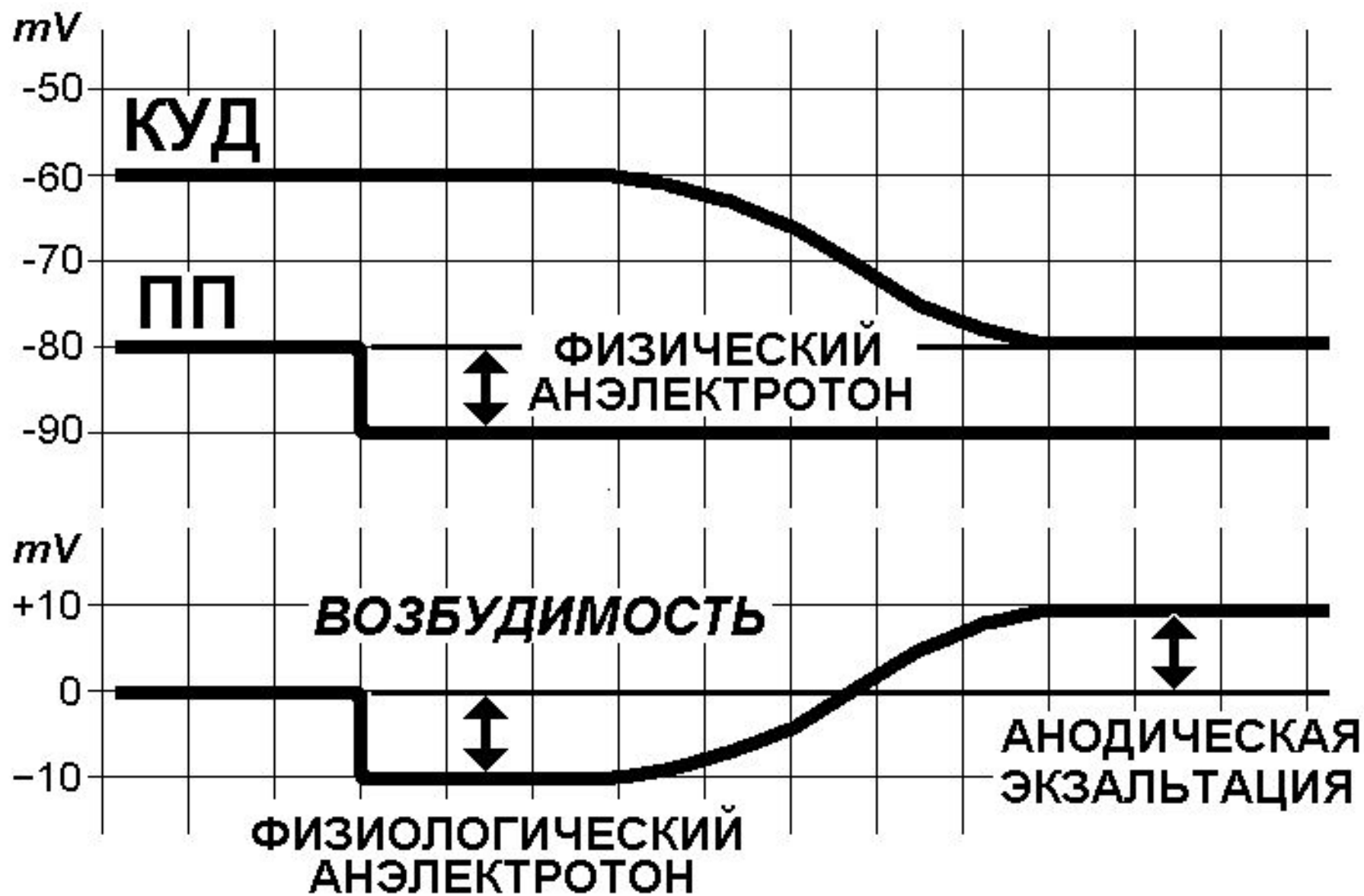
под катодом



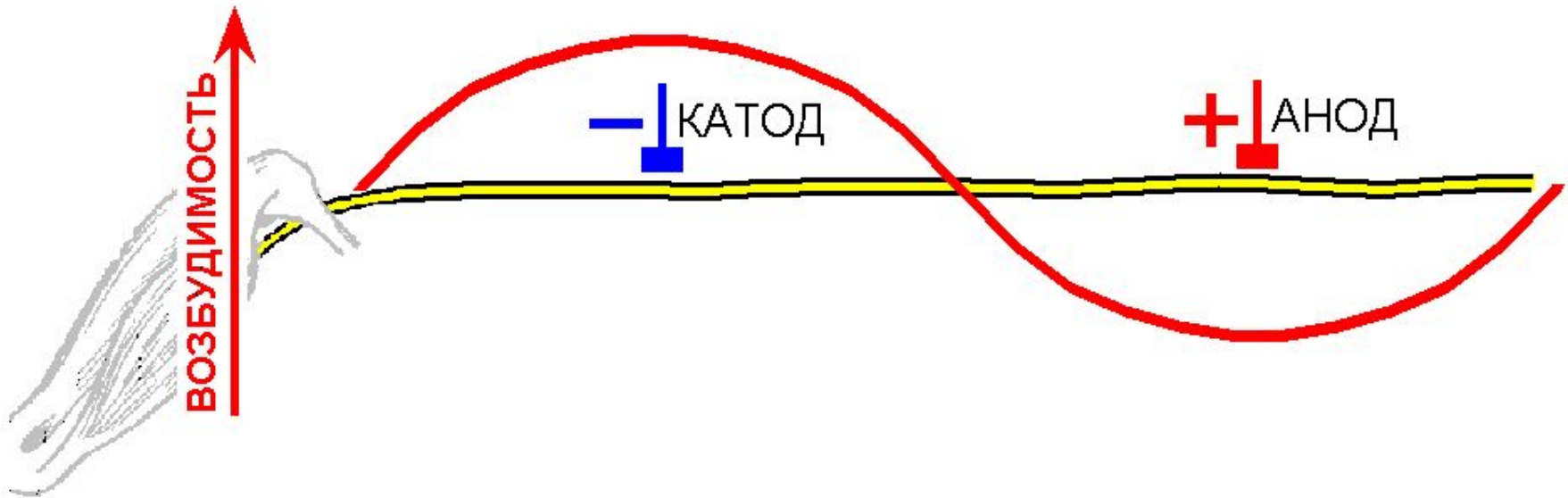
под анодом







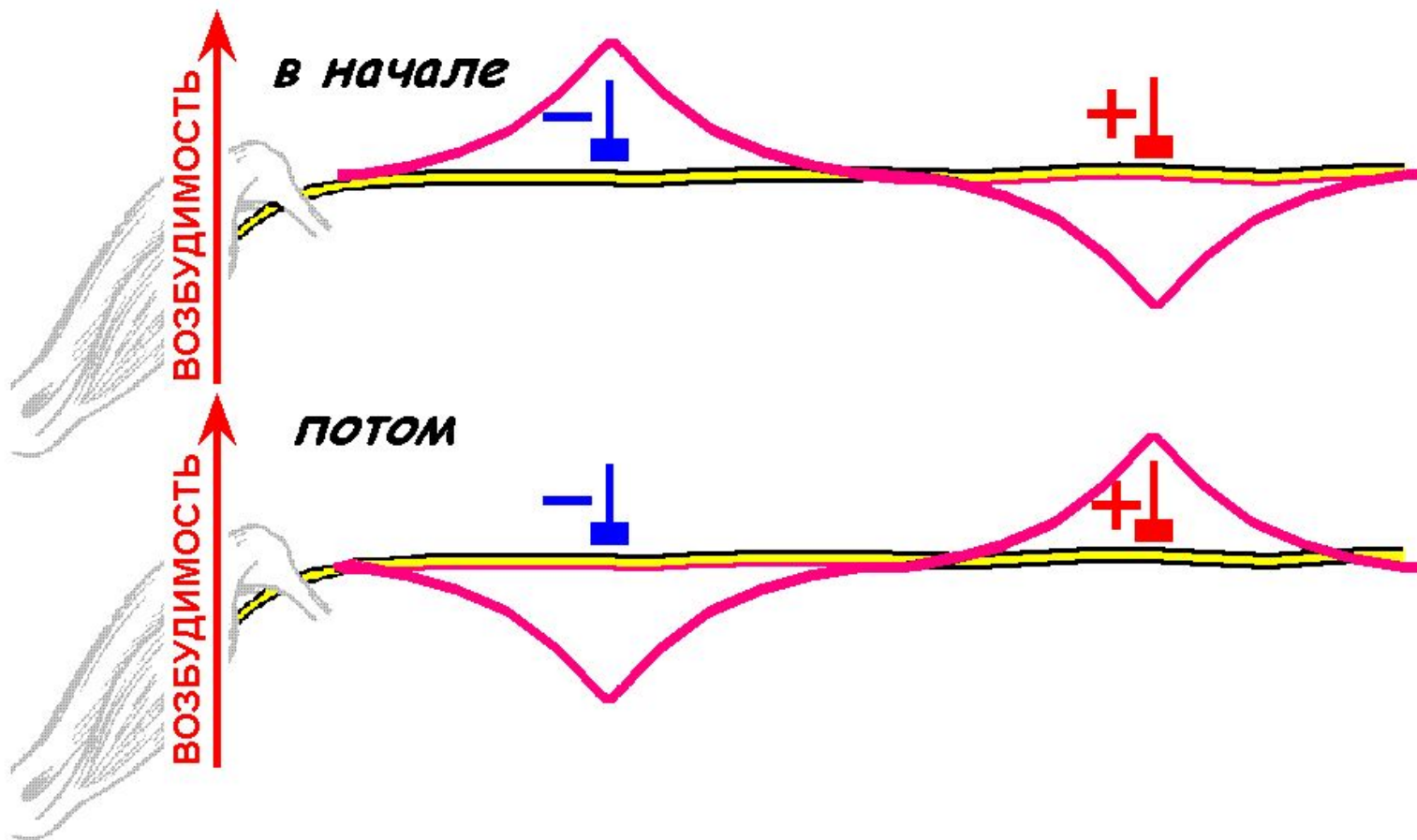
Электротон в возбудимых структурах вытянутой формы



- Выраженность катэлектротона и анэлектротона на разных участках нервного ствола вначале действия постоянного подпорогового тока.



Электрон в возбудимых структурах вытянутой формы



Вопрос 7



**Замыкательно
-размыкательные
законы**

**(полярный закон) Э.Ф.
В.Пфлюгера**

При раздражении нерва или мышцы постоянным током возбуждение возникает

- в момент замыкания постоянного тока только под катодом,
- а в момент размыкания — только под анодом.
- Эту закономерность открыл в 1859 г. Э. Пфлюгер.

Нарисуй
сам!

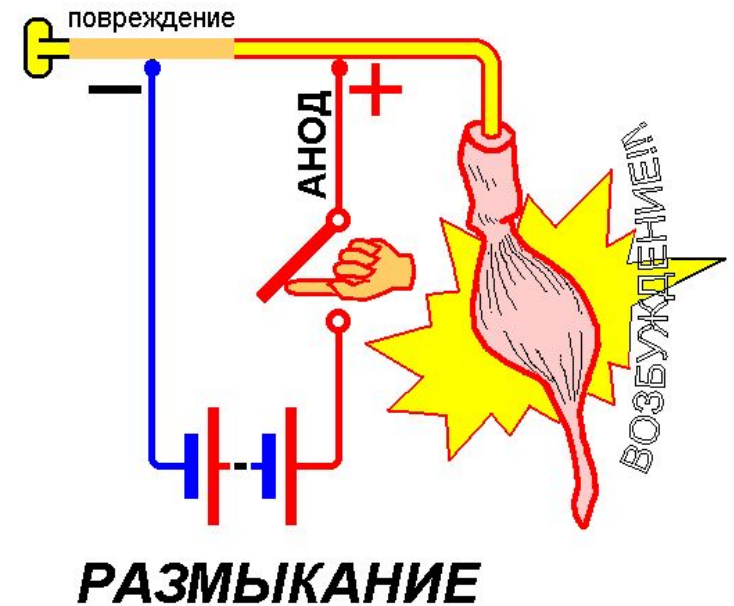
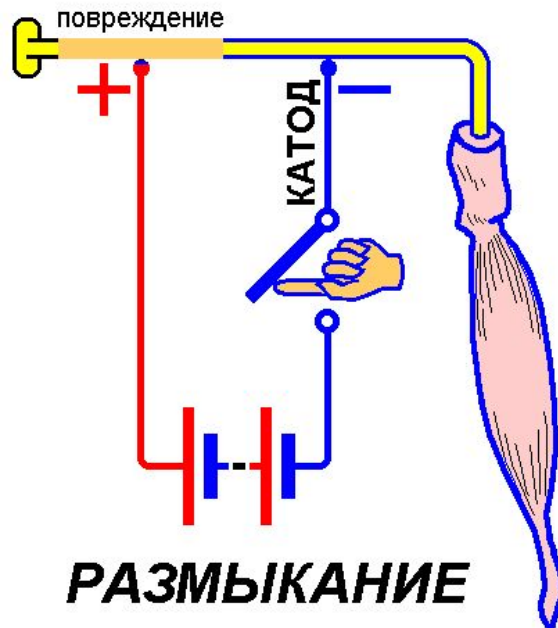
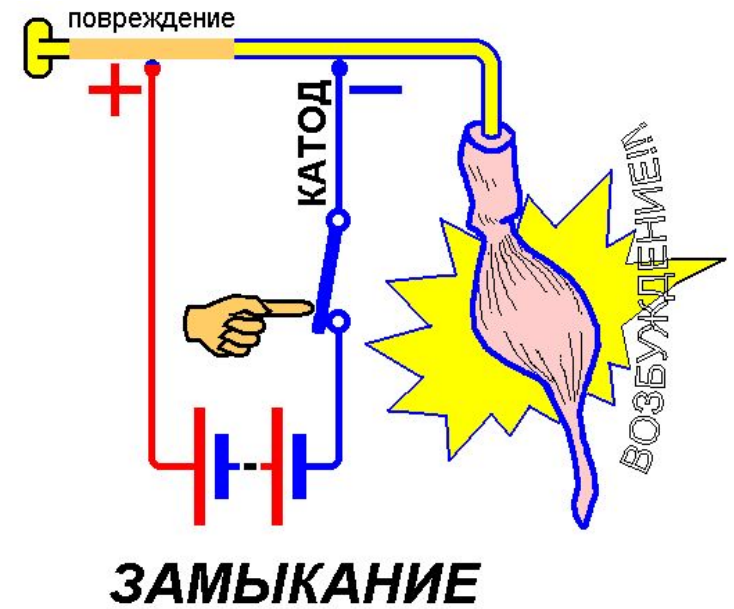
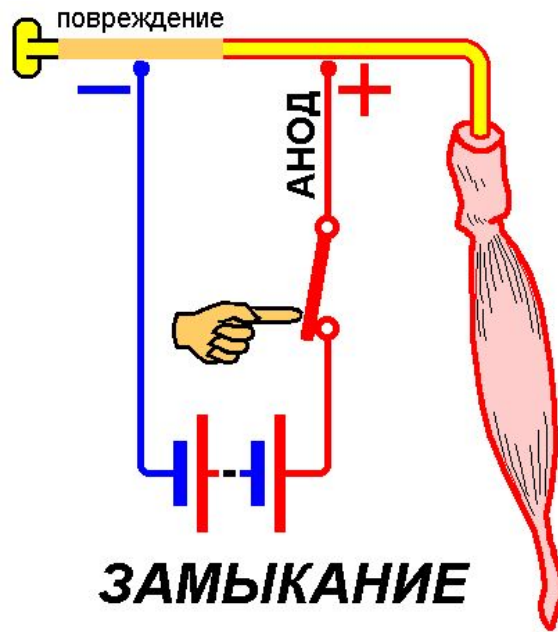
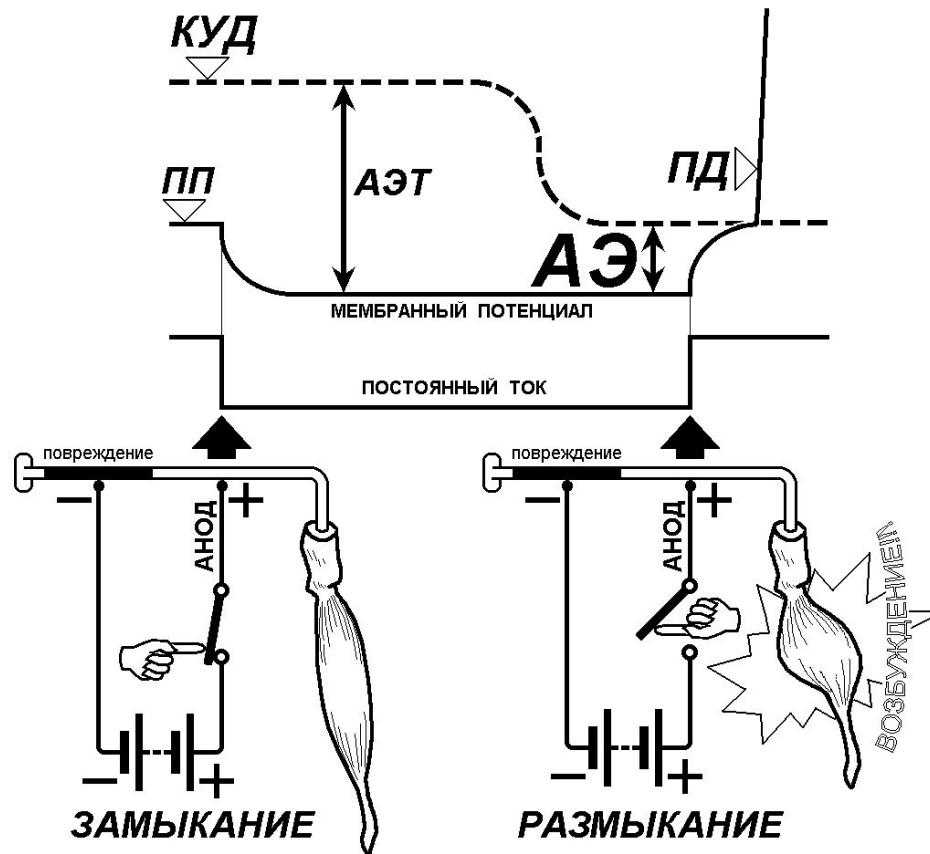


Схема опыта
Э.Пфлюгера



Анодно - размыкательное возбуждение



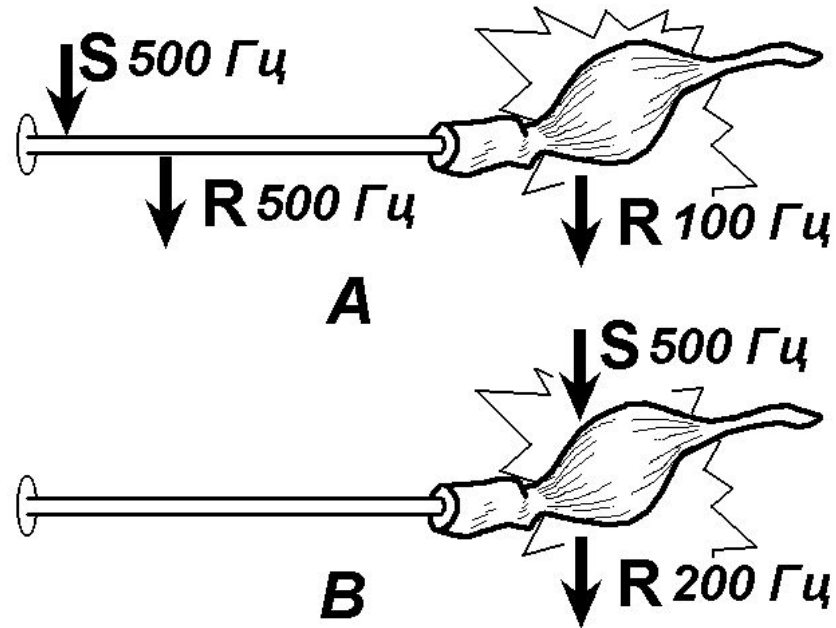
Вопрос 8



**Функциональная
подвижность
возбудимых структур
(лабильность)**



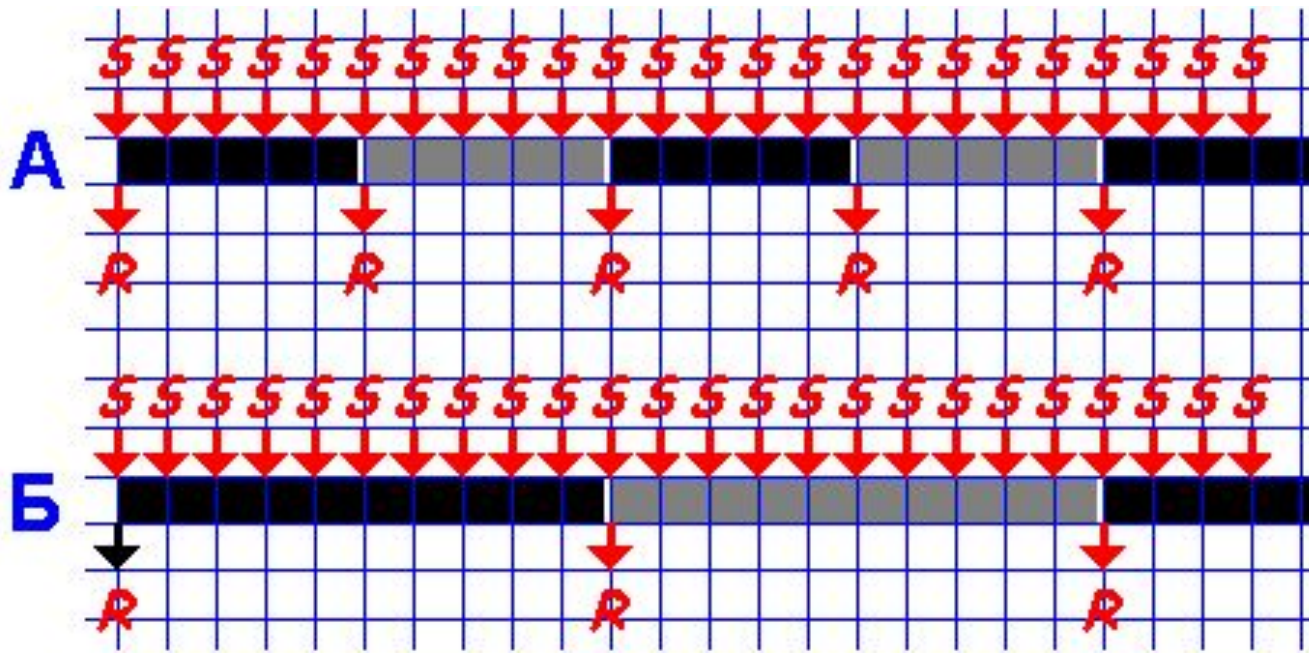
- Н.Е.Введенский на нервно-мышечном препарате установил, что нерв, мионевральные синапсы и мышца по-разному реагируют на сверхпороговые раздражения различной частоты.
- Вывод - разные структуры имеют неодинаковую функциональную подвижность.



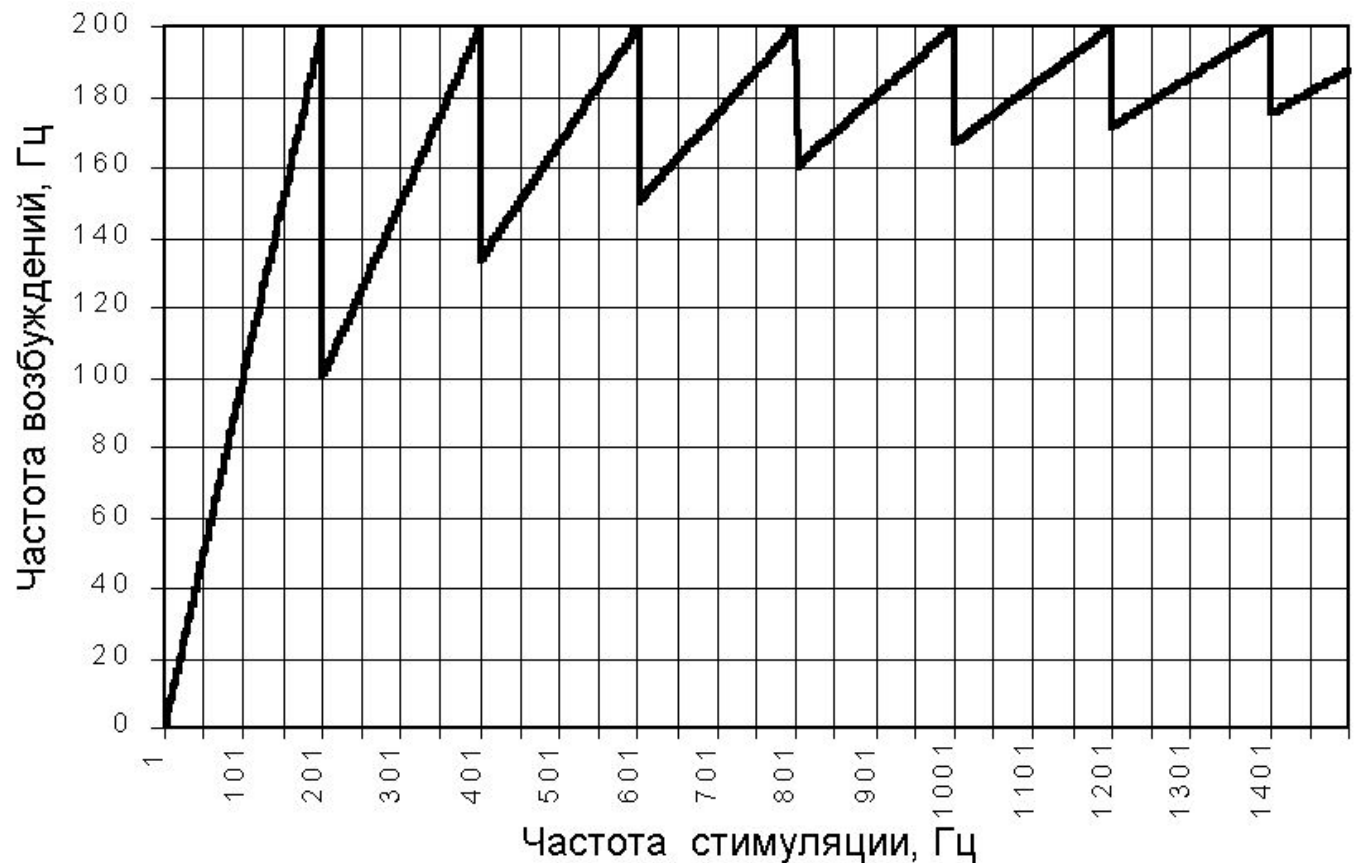
- Синонимом термина «функциональная подвижность» --- «лабильность».

Лабильность определяется длительностью рефрактерных периодов !!!

- А - при длительности рефрактерного периода 5 мс лабильность составит 200 Гц
- Б - при 10 мс – 100 Гц

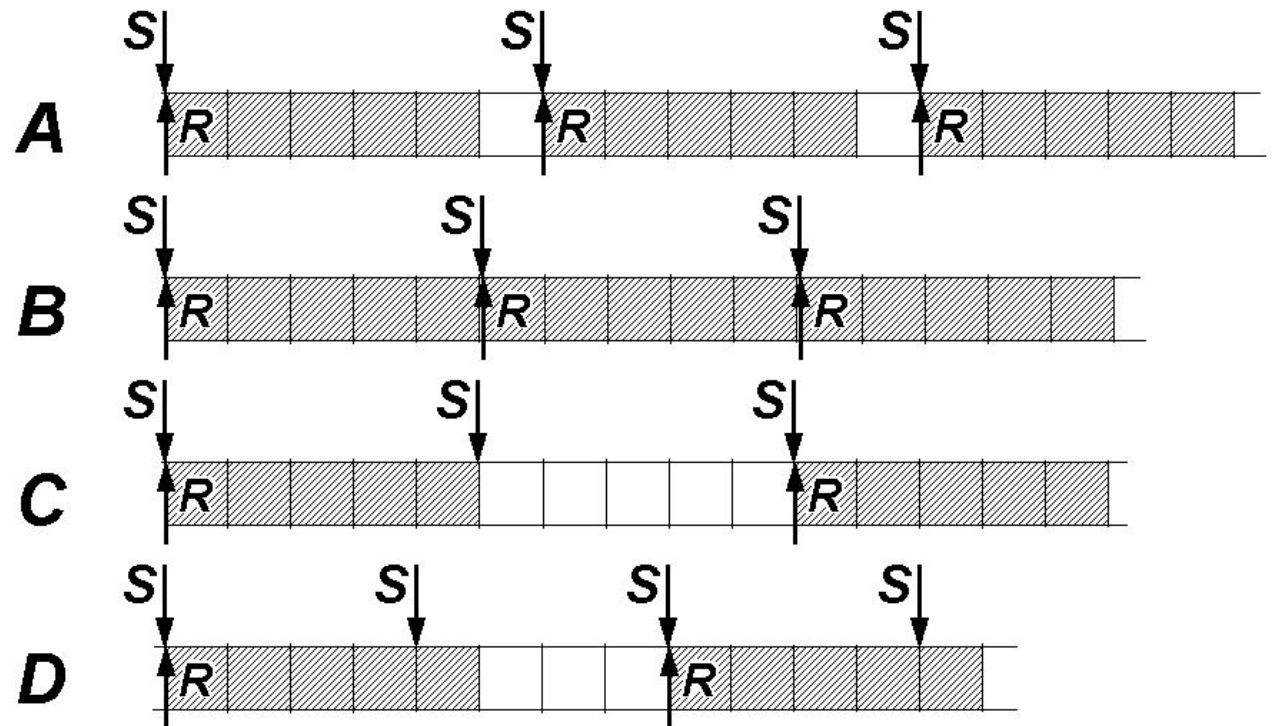


Частотный оптимум и пессимум ритмической стимуляции



Соответствие числа ответов (R) числу стимулов (S).

- Заштрихованные клеточки соответствуют абсолютной рефрактерности возбудимой структуры.
- Одна клеточка = 1 мс.



Зависимость частоты ответов от частоты стимуляции

- для возбудимой структуры с рефрактерностью 5 мс (для стимула максимальной силы)

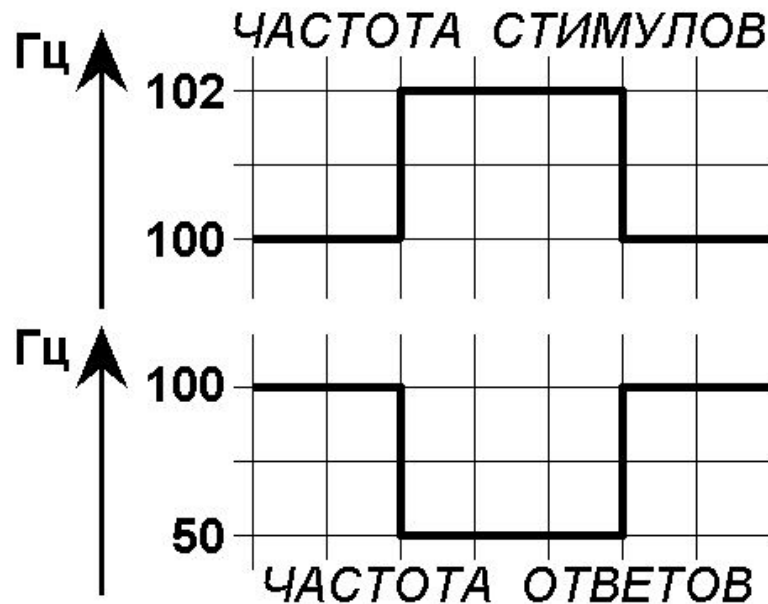


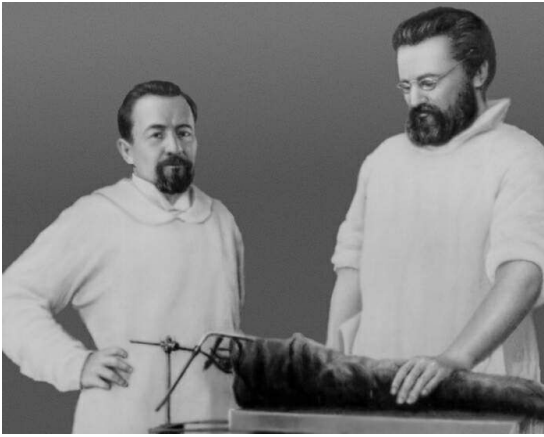
- Частоты раздражений, при которых достигаются максимальные частоты ответов называются ***оптимальными частотами***.
- Частоты раздражений выше оптимальных, при которых снижаются частоты ответов называются ***пессимальными частотами***.



Не следует путать понятия «усталость», «пессимальное торможение» и пессимальная частота раздражения.

- Если мы наблюдаем пессимальную частоту раздражения, стоит нам уменьшить или увеличить частоту стимуляции и мы отметим рост частоты возбуждений.





Усвоения ритма стимуляции возбудимыми структурами

- Лабильность может изменяться в процессе длительного воздействия раздражителей.
- Это явление, наблюдаемое в тканях, исследовал ученик и последователь Н.Е. Введенского, академик А.А.Ухтомский, и назвал процессом ***усвоения ритма***.

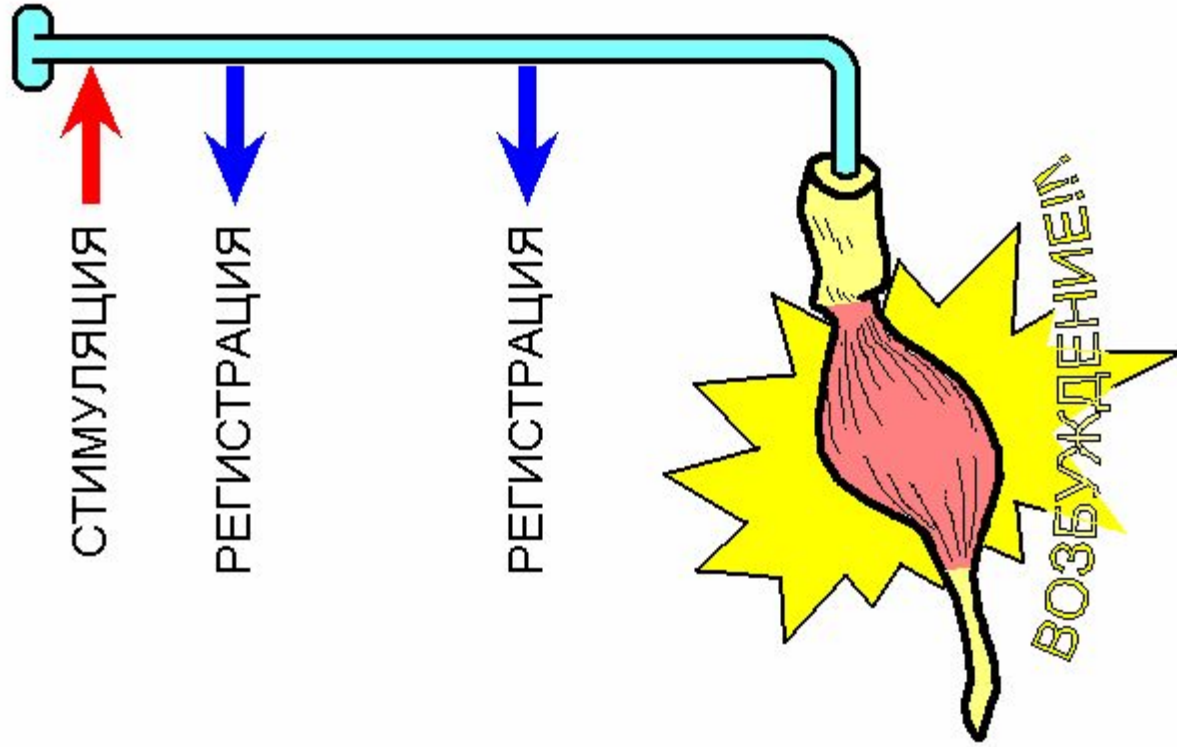
Вопрос 9



**Парабиоз Н.Е.
Введенского**

- Экспериментальные факты, составляющие основу учения о **парабиозе**, **Н.Е.Введенский** (1901) изложил в своем классическом труде **«Возбуждение, торможение и наркоз»**.

Схема опыта Н.Е.Введенского



Нервно-мышечный препарат помещался во влажную камеру, а на его нерв накладывались три пары электродов:

- для нанесения раздражения (стимуляции)
- для отведения биотоков до участка, на который предполагалось воздействовать химическим веществом.
- для отведения биотоков после участка, на который предполагалось воздействовать химическим веществом.

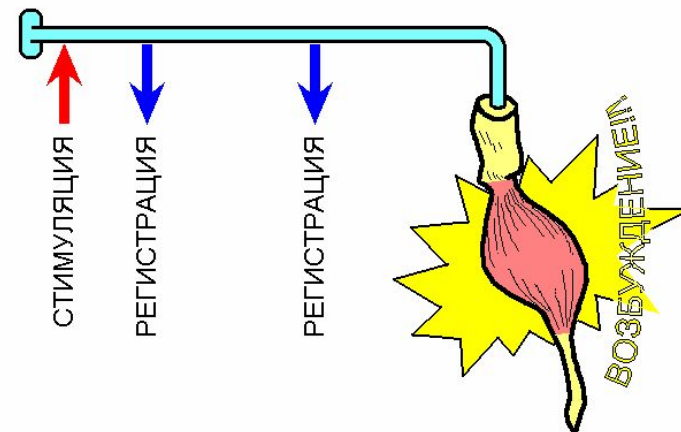
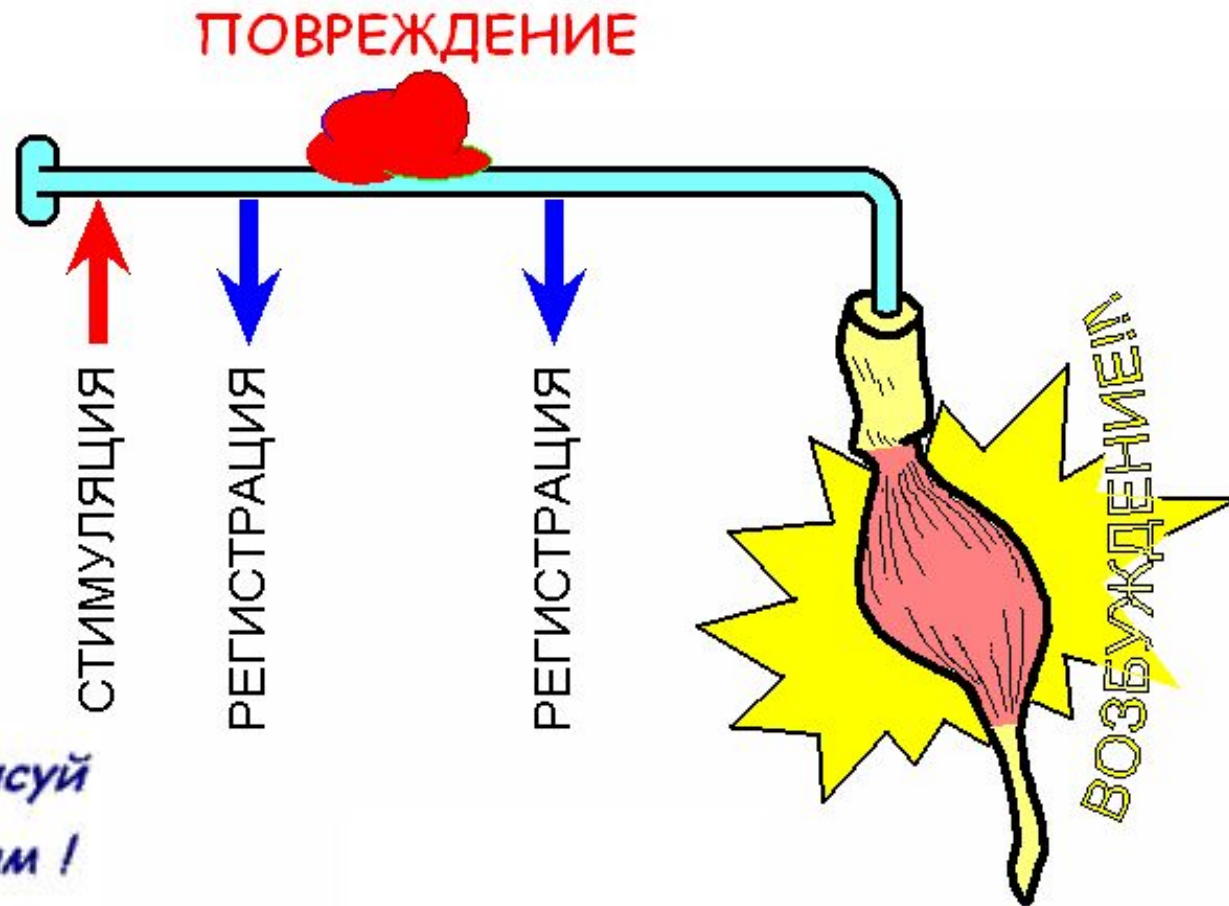
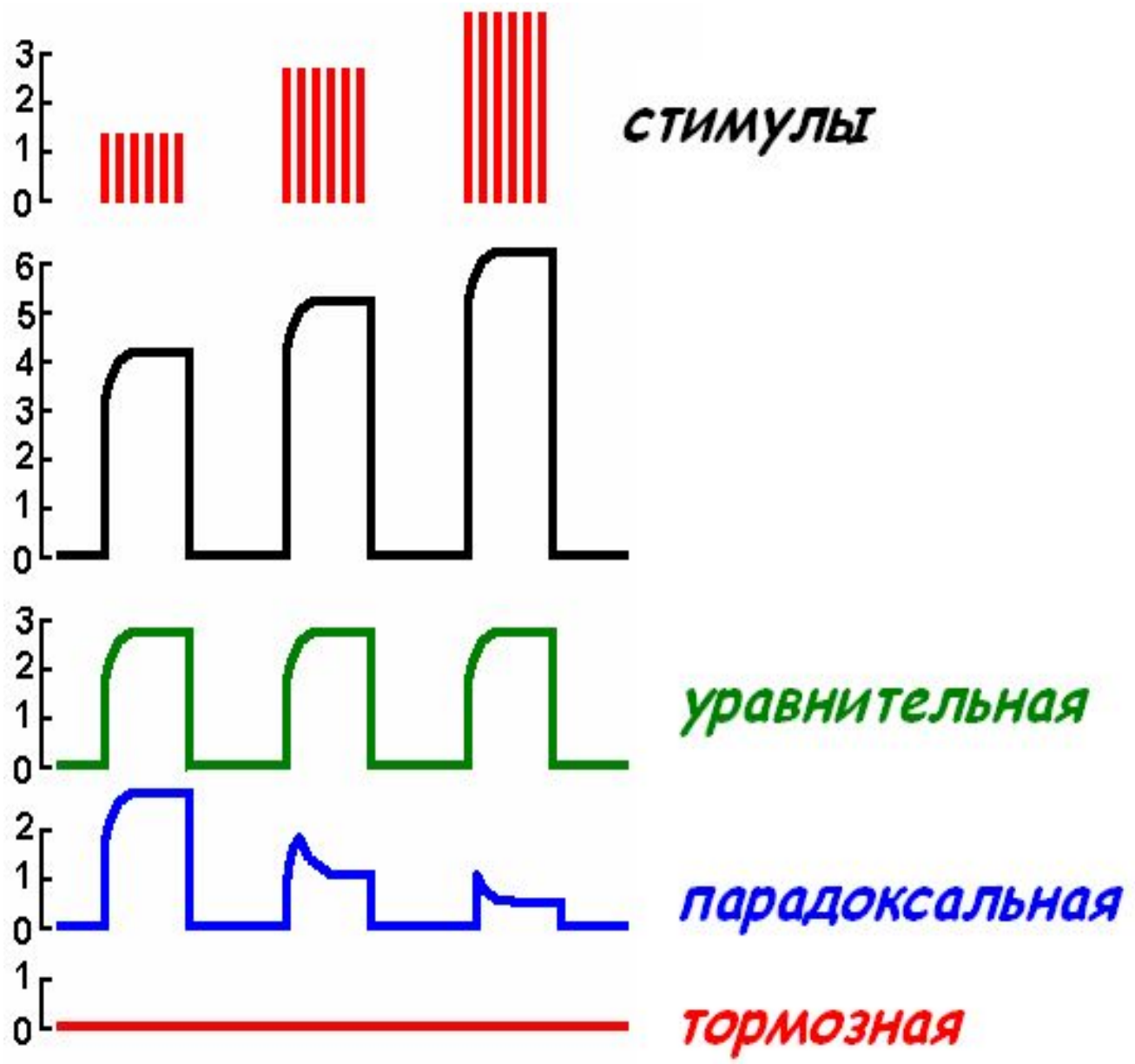


Схема опыта Н.Е.ВВЕДЕНСКОГО (продолжение)



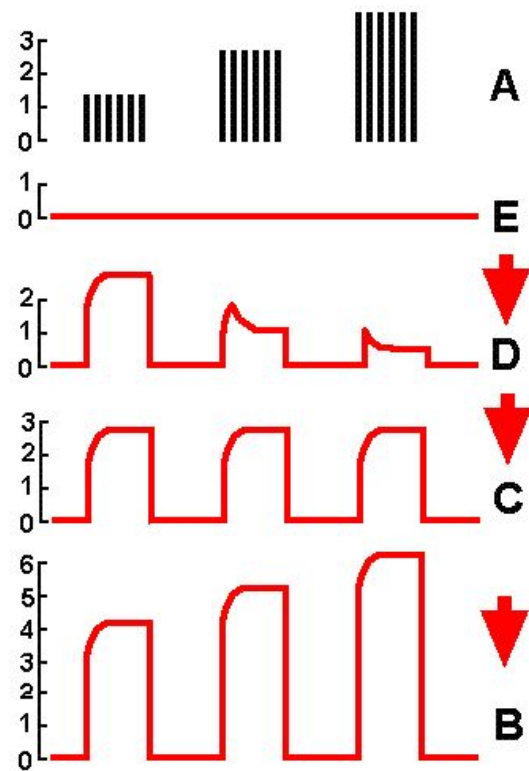
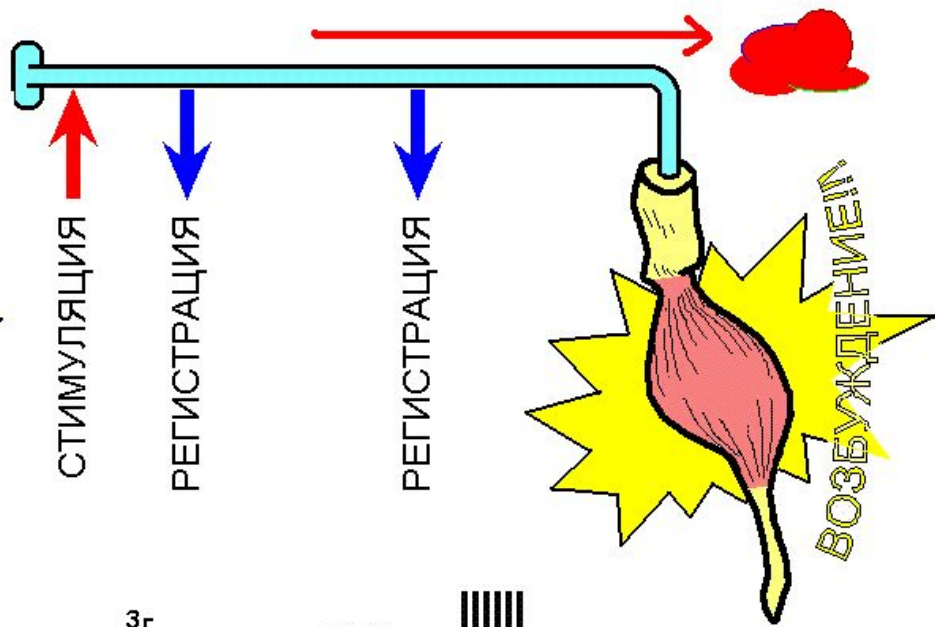
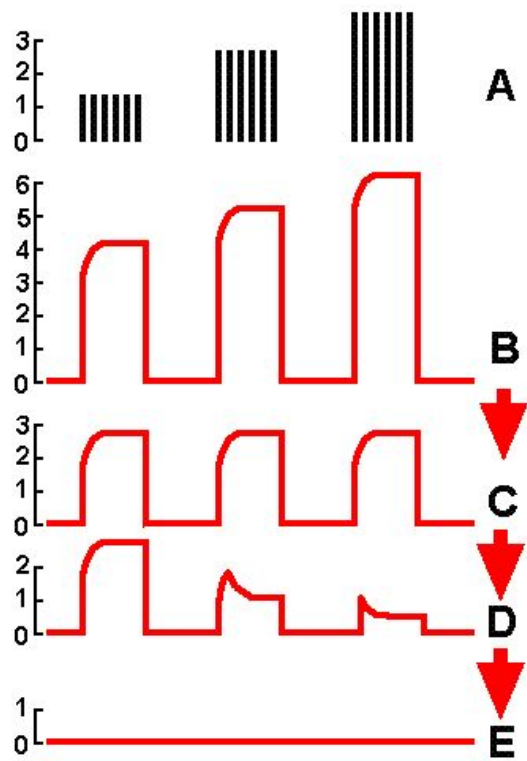
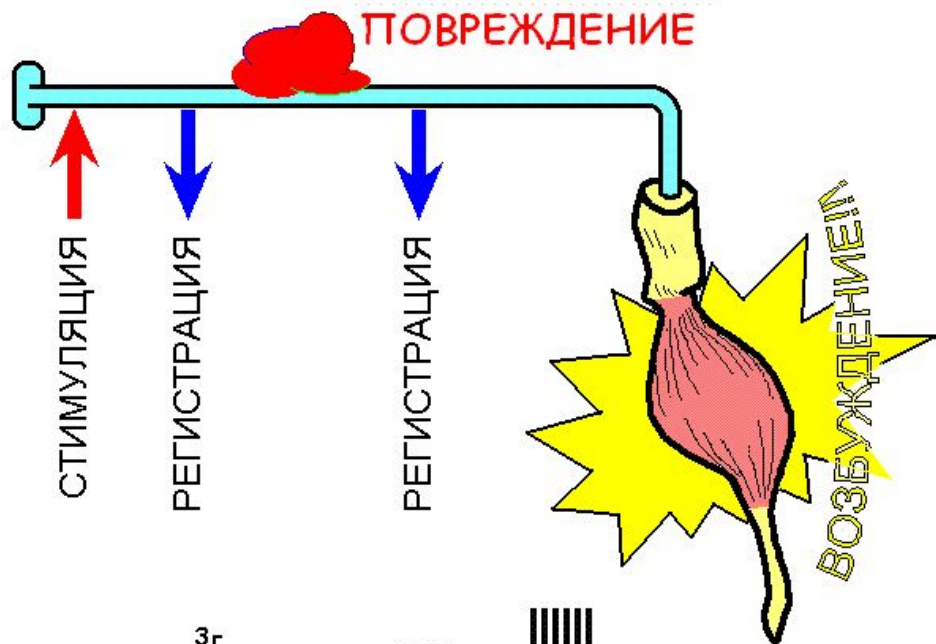
- Н.Е.Введенский, исследуя в описанных условиях действие наркотиков (повреждения) и прослушивая с помощью телефона биотоки нерва ниже наркотизированного участка, заметил, что ритм раздражения начинает трансформироваться за некоторое время до того, как полностью исчезнет ответ мышцы на раздражение.
- Отметив это явление, Н.Е.Введенский подверг его тщательному исследованию и показал, что в реакции нерва на воздействие наркотических веществ можно выделить три последовательно сменяющиеся **фазы**:
 1. **уравнительную**
 2. **парадоксальную**
 3. **тормозную**



Нарисуй сам!

- В дальнейшем Н.Е.Введенский использовал различные методы воздействия на нерв: химические вещества (аммиак и др.), нагревание и охлаждение, постоянный электрический ток и т.д.
- Во всех случаях он наблюдал сходные изменения возбудимости в исследуемом препарате.
- Введенский выбрал для обозначения этих явлений термин **парабиоз**, так как во время тормозной фазы нерв утрачивает свои физиологические свойства и сходен с умершим нервом, а, кроме того, за тормозной фазой может последовать истинная смерть.

- Если с нерва убрать повреждающий фактор, нормальная возбудимость будет восстанавливаться в обратном порядке
- $E \rightarrow D \rightarrow C \rightarrow B.$





Вопросы есть?!

**THANK YOU STUDENTS
FOR YOUR ATTENTION**

**LET'S GO TO THE
ACTIVITIES**