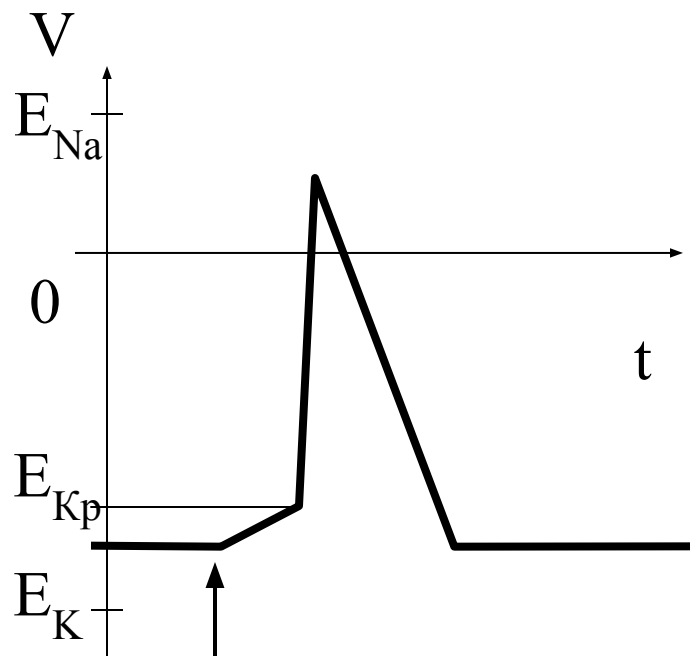


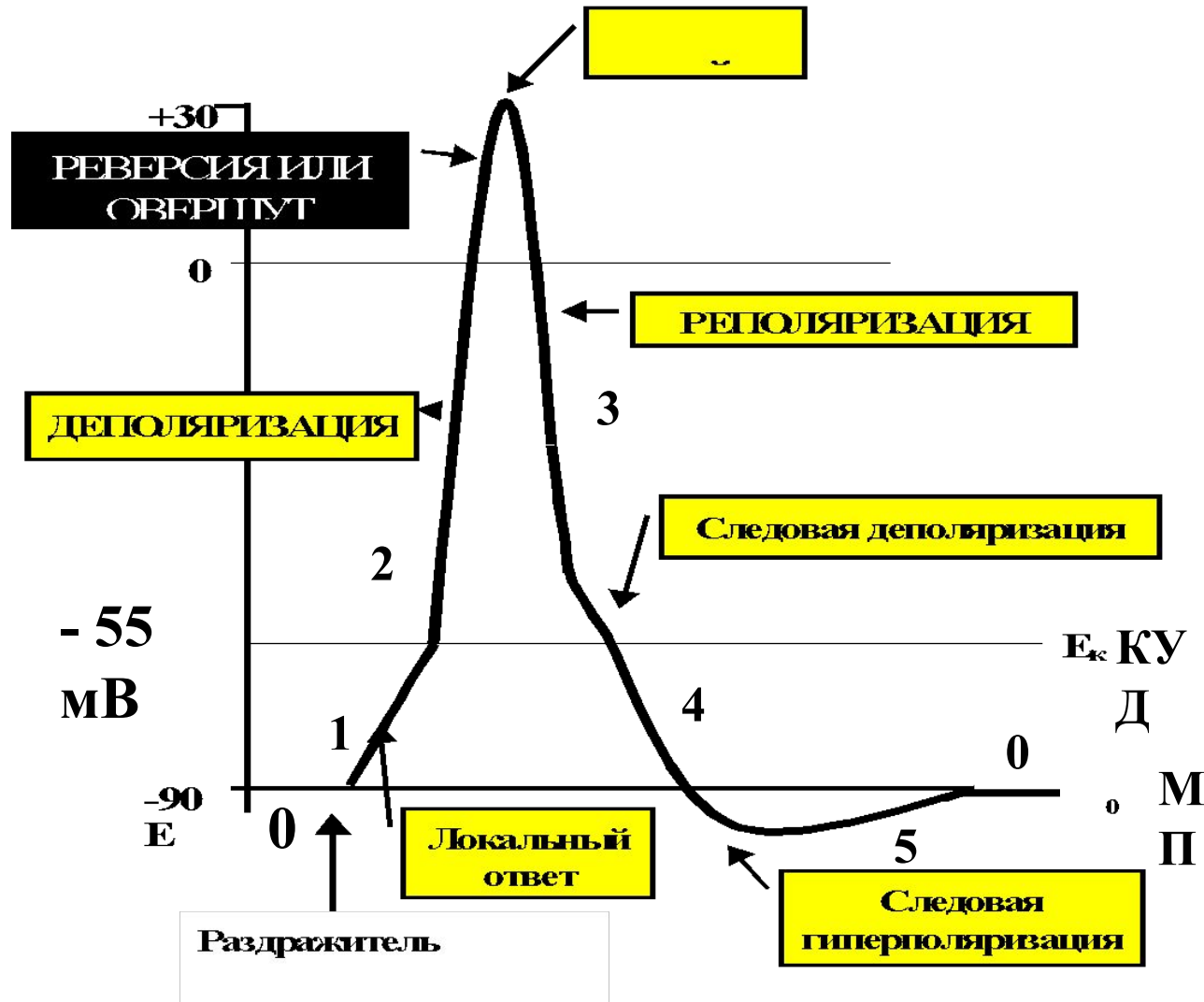
# ФИЗИОЛОГИЯ ВОЗБУДИМЫХ ТКАНЕЙ

Возбудимость

# Потенциал действия - Повторение



# Потенциал действия (ПД). Фазы ПД



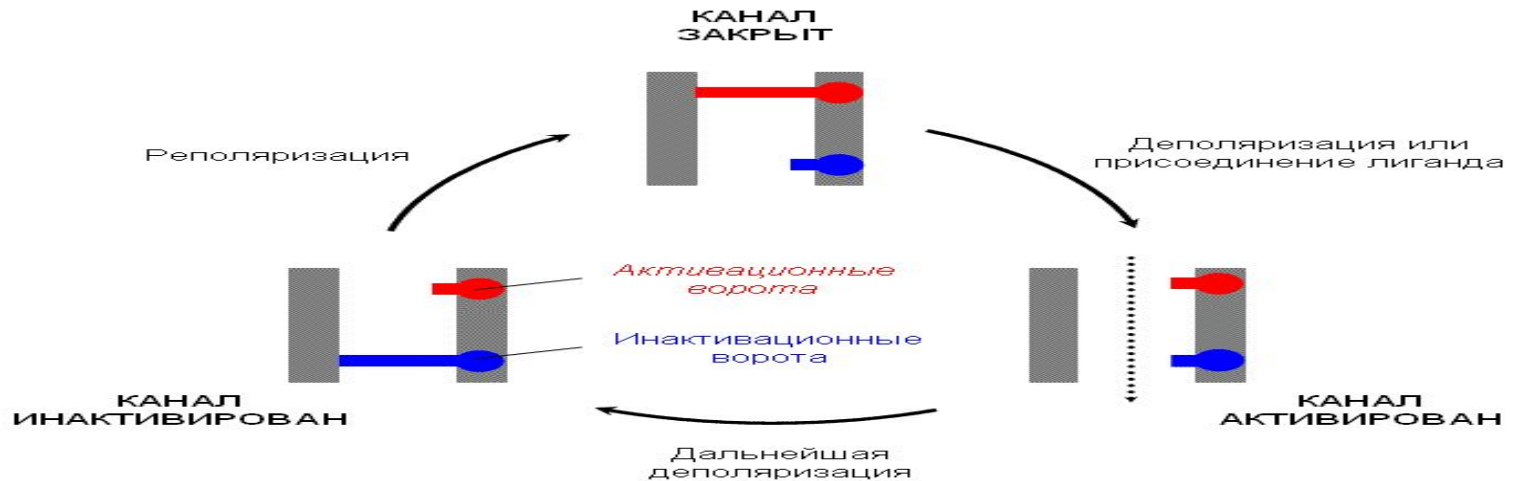
# Потенциал действия - Фазы ПД

- Действие раздражителя →

- 1 - медленная деполяризация (локальный ответ) - активация потенциал зависимых  $\text{Na}$  каналов → вход  $\text{Na}^+$  в клетку → деполяризация до мембраны критического уровня деполяризации (КУД) →
- 2 - быстрая деполяризация - лавинообразный вход  $\text{Na}^+$  в клетку → инверсия заряда мембраны [внутри (+), снаружи (-)] - заряд мембраны уменьшается, вплоть до портивоположного( овершут) → инактивация  $\text{Na}$  каналов (закрытие) →
- 3 - реполяризация - усиление выхода  $\text{K}^+$  из клетки  
→ следовые потенциалы
- 4 - следовая деполяризация - остаточно повыш. ток  $\text{Na}^+$
- 5 - следовая гиперполяризация - остаточно повыш. ток  $\text{K}^+$

# Рефрактерность

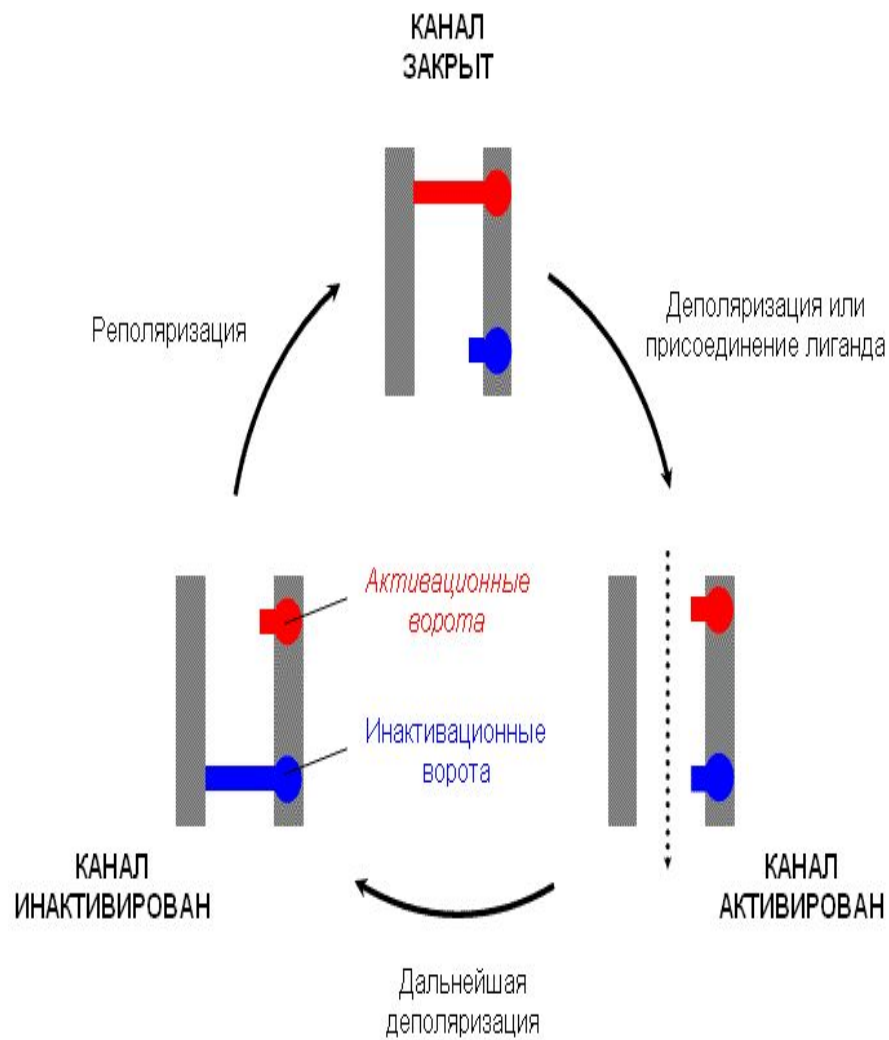
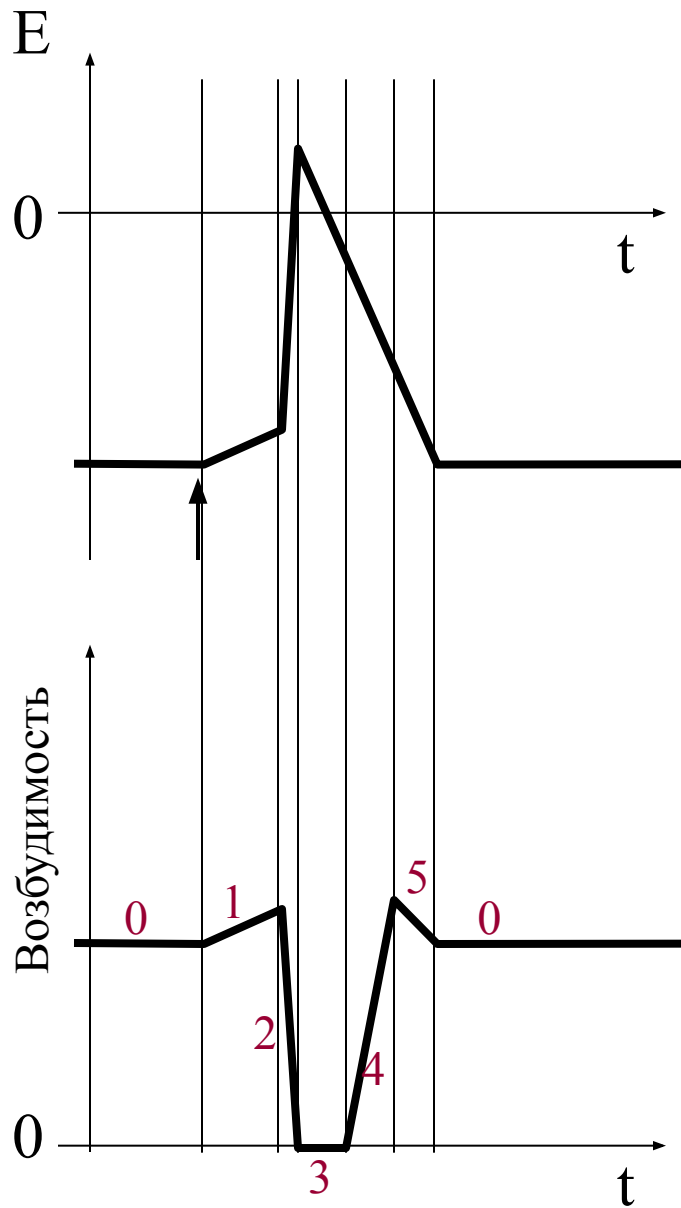
- Возбудимость зависит от состояния  $\text{Na}^+$  каналов:
  - открыты - клетка возбуждена;
  - закрыты - клетка не возбуждена, но способна к возбуждению (возбудима);
  - инактивированы - клетка невозбудима (рефрактерна).
- Период, в течение которого клетка невозбудима – рефрактерный период (РП).



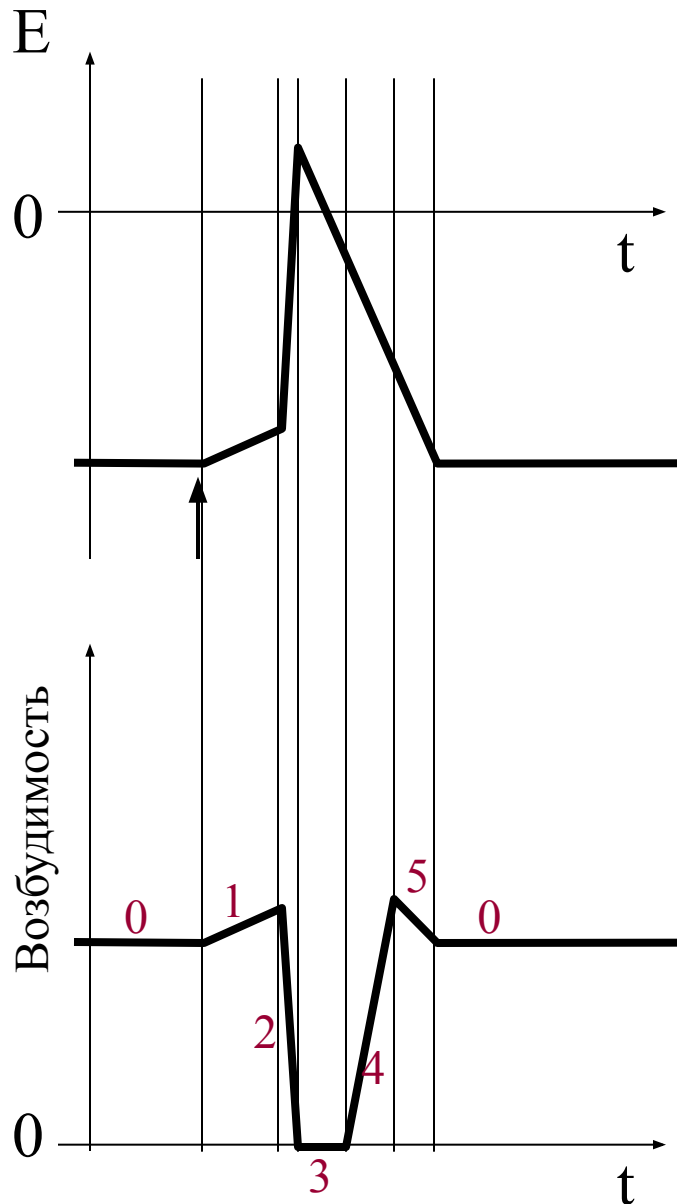
# Рефрактерность

- Степень инактивации  $\text{Na}^+$  каналов зависит от потенциала: чем более деполяризована мембрана, тем больше инактивированных каналов.
- Поскольку  $\text{Na}^+$  каналы инактивированы, когда мембрана деполяризована, длительность РП зависит от длительности ПД.

# Рефрактерность



# Рефрактерность



Соотношение фаз возбудимости с фазами ПД

- 1 - ↑ возбудимости (приближение к  $E_{кр}$ ) активация каналов
- 2 - ↓ возбудимости по мере деполяризации (инактивации  $Na^+$  каналов)
- 3 - абсолютный РП (все  $Na^+$  каналы инактивированы)
- 4 - относительный РП (часть каналов восстановлена)
- 5 - экзальтация (повышенная возбудимость) восстановление  $Na^+$  каналов; близость  $E_{кр}$ .
- 0 - возбудимость в покое



# Рефрактерность



Николай Евгеньевич Введенский

- Лабильность - максимальная возможная частота ПД.
- Чем короче ПД, тем короче РП, тем выше лабильность клетки.

## Изменение возбудимости

- Чем ближе  $V_M$  к  $E_{кр}$ , тем более возбудима клетка.

# Изменение возбудимости

?: Как изменится возбудимость при кратковременной подпороговой деполяризации (например, при снижении калиевой проводимости)?

# Изменение возбудимости

?: Как изменится возбудимость при кратковременной подпороговой деполяризации (например, при снижении калиевой проводимости)?

ПОВЫСИТСЯ, ПОСКОЛЬКУ  $V_M$  БЛИЖЕ К  $E_{KP}$

# Изменение возбудимости

??: Как изменится возбудимость при кратковременной подпороговой деполяризации (например, при снижении калиевой проводимости)?

ПОВЫСИТСЯ, ПОСКОЛЬКУ  $V_M$  БЛИЖЕ К  $E_{KP}$

??: Как изменится возбудимость при кратковременной гиперполяризации?

# Изменение возбудимости

?: Как изменится возбудимость при кратковременной подпороговой деполяризации (например, при снижении калиевой проводимости)?

ПОВЫСИТСЯ, ПОСКОЛЬКУ  $V_M$  БЛИЖЕ К  $E_{KP}$

?: Как изменится возбудимость при кратковременной гиперполяризации?

ПОНИЗИТСЯ, ПОСКОЛЬКУ  $V_M$  ДАЛЬШЕ ОТ  $E_{KP}$

НЕ ВСЕ ТАК ПРОСТО!

# НЕ ВСЕ ТАК ПРОСТО!

Возбудимость зависит не только от  $V_M$ , но и от  $E_{кр}$



# Изменение возбудимости

- Длительная подпороговая деполяризация приводит к инактивации  $\text{Na}^+$  каналов (времязависимая инактивация) ( $E_{\text{кр}} \uparrow$ ) и снижает возбудимость.
- Длительная гиперполяризация приводит к восстановлению  $\text{Na}^+$  каналов после инактивации ( $E_{\text{кр}} \downarrow$ ) и повышает возбудимость.

# Изменение возбудимости

Чем больше в покое  
инактивированных натриевых  
каналов, тем выше  $E_{кр}$ .

# Изменение возбудимости

?: Как изменится возбудимость при стойкой подпороговой деполяризации (повышение внеклеточной концентрации калия, длительное действие подпорогового стимула)?

# Изменение возбудимости

?: Как изменится возбудимость при стойкой подпороговой деполяризации (повышение внеклеточной концентрации калия, длительное действие подпорогового стимула)?

ПОНИЗИТСЯ ВСЛЕДСТВИЕ ВРЕМЯЗАВИСИМОЙ ИНАКТИВАЦИИ НАТРИЕВЫХ КАНАЛОВ.

# Изменение возбудимости

??: Как изменится возбудимость при стойкой подпороговой деполяризации (повышение внеклеточной концентрации калия, длительное действие подпорогового стимула)?

ПОНИЗИТСЯ ВСЛЕДСТВИЕ ВРЕМЯЗАВИСИМОЙ ИНАКТИВАЦИИ НАТРИЕВЫХ КАНАЛОВ.

Аккомодация, или депрессия, - снижение возбудимости при длительном действии подпорогового стимула.

# Изменение возбудимости

## Закон Пфлюгера:

При кратковременном действии постоянного тока возбудимость под катодом растет, а под анодом снижается, при длительном действии - под катодом снижается, а под анодом растет.

# Изменение возбудимости

## Закон Пфлюгера:

При кратковременном действии постоянного тока возбудимость под катодом растет, а под анодом снижается, при длительном действии - под катодом снижается, а под анодом растет.



Эдуард Пфлюгер

Phlугers Archiv



# Таким образом,

**Возбудимость определяют два фактора:**

- **Мембранный потенциал;**
- **Критический уровень деполяризации,**

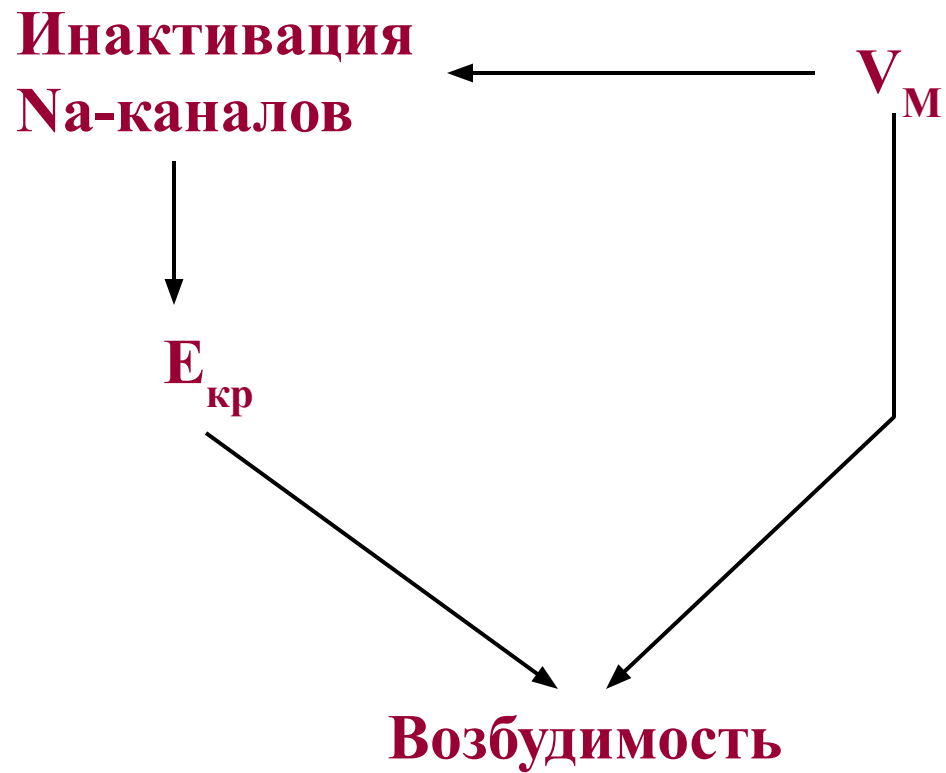


# Таким образом,

**Возбудимость определяют два фактора:**

- **Мембранный потенциал;**
- **Критический уровень деполяризации,**
  - **который зависит от количества инактивированных в покое  $\text{Na}^+$  каналов,**
  - **которое зависит от мембранного потенциала.**

**Таким образом,**



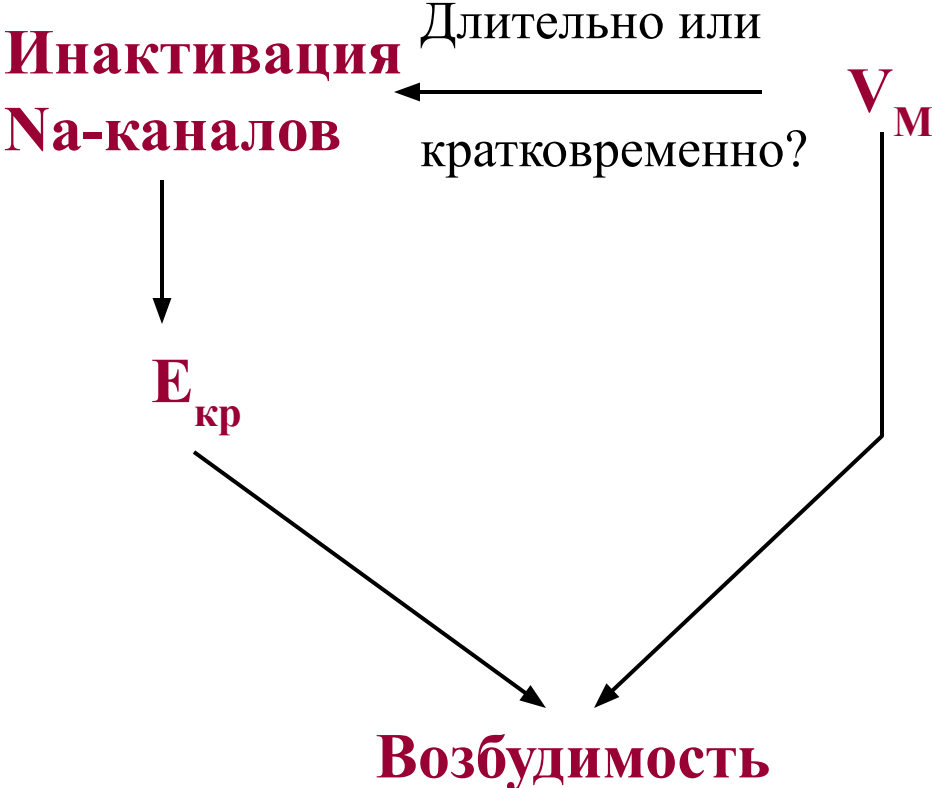
# Таким образом,

**Возбудимость определяют два фактора:**

- **Мембранный потенциал;**
- **Критический уровень деполяризации,**
  - **который зависит от количества инактивированных в покое  $\text{Na}^+$  каналов,**
  - **которое зависит от мембранного потенциала.**

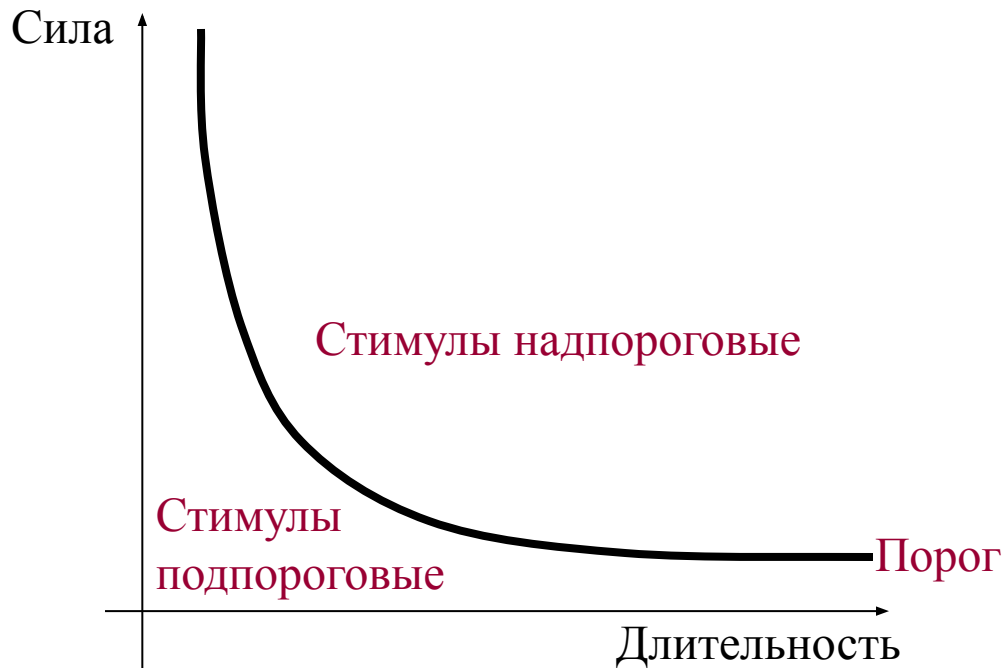
**Небольшие смещения мембранного потенциала изменяют  $E_{\text{кр}}$ , только если они длительные**

# Таким образом,

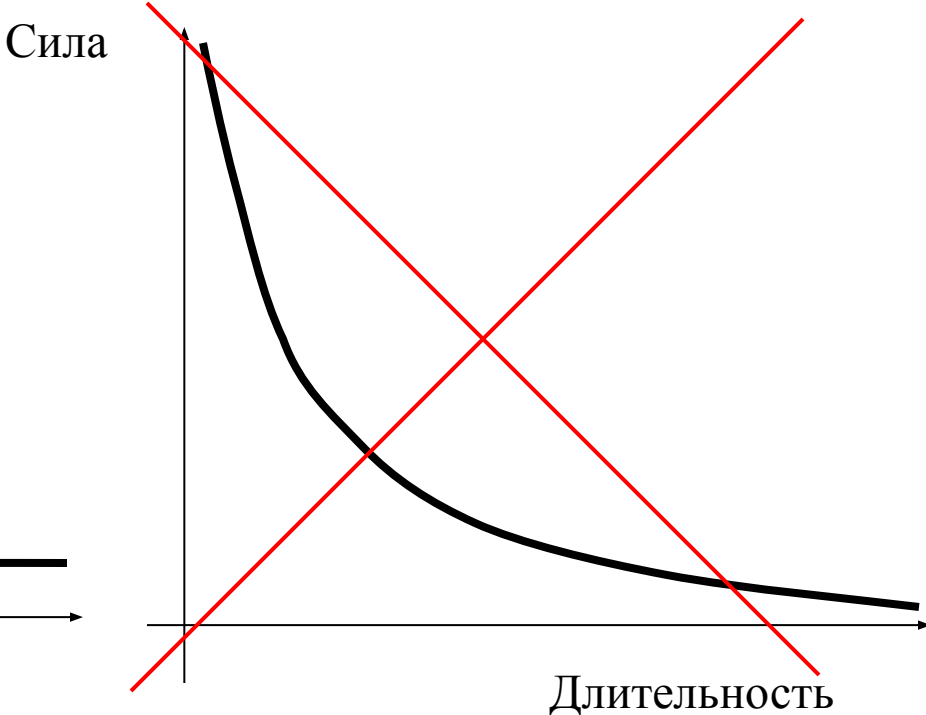
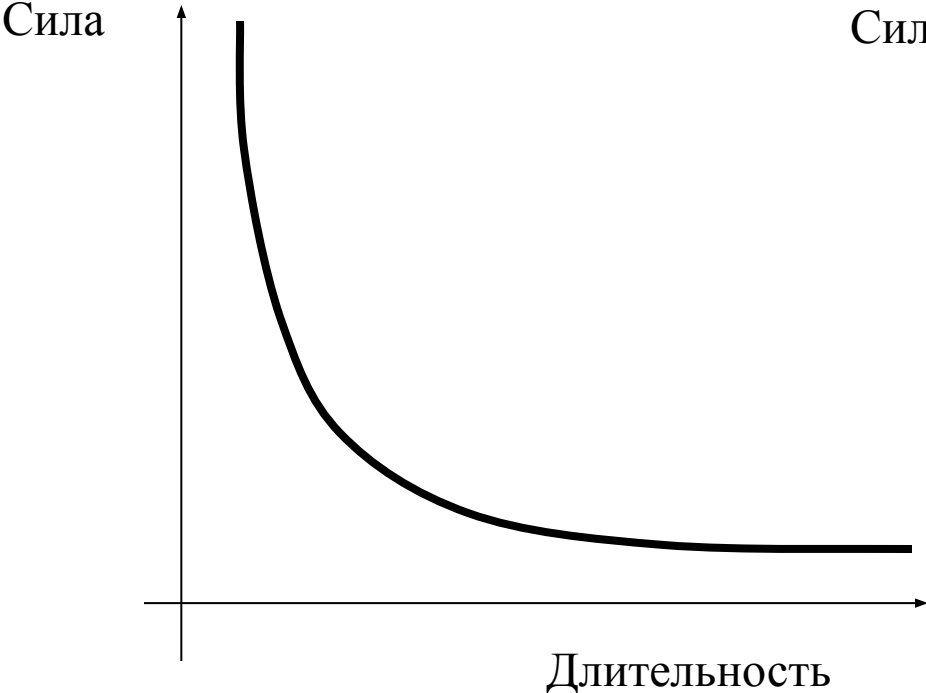


# Оценка возбудимости – кривая сила-длительность

Для того, чтобы вызвать возбуждение стимул должен обладать определенной силой и определенной длительностью, не ниже порогового значения.



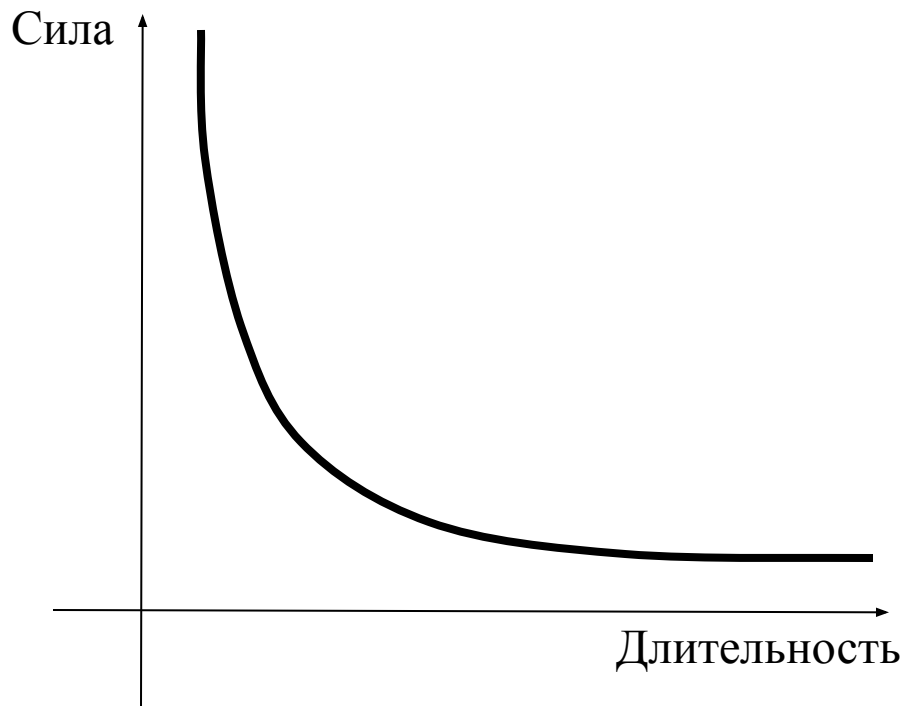
# Оценка возбудимости



# Оценка возбудимости

Для того, чтобы вызвать возбуждение стимул должен обладать определенной силой и определенной длительностью, не ниже порогового значения.

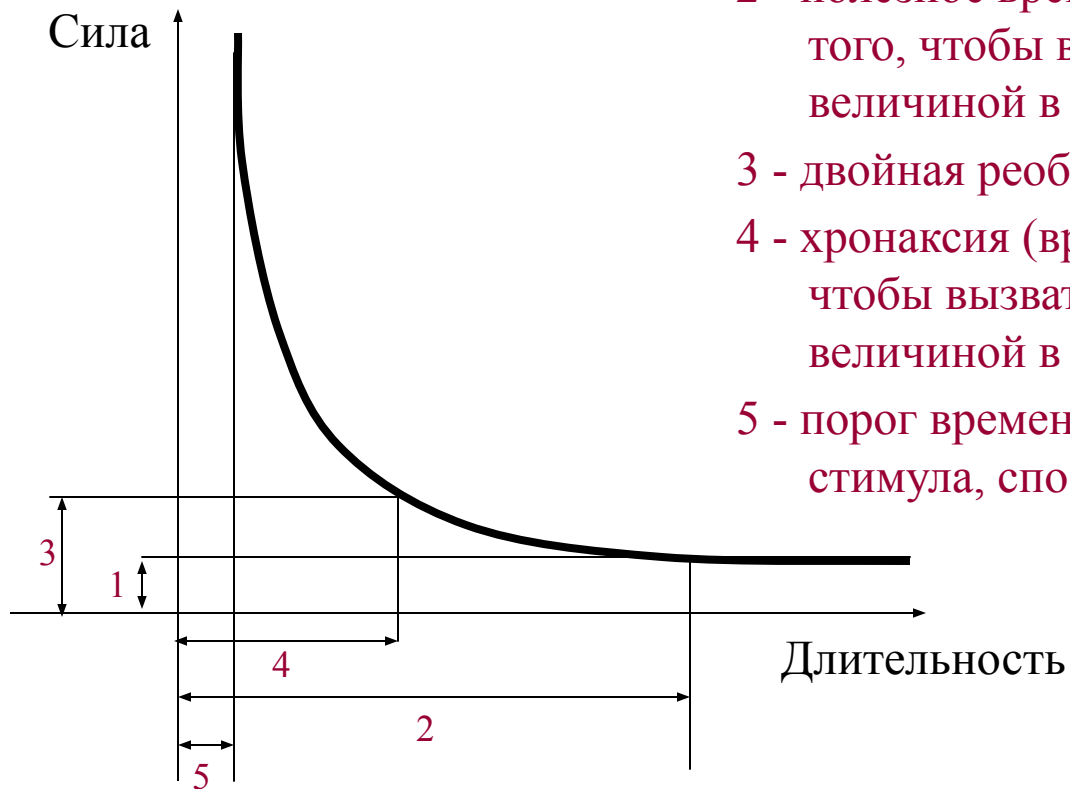
Чем больше сила стимула, тем меньше может быть его длительность, и наоборот.



# Оценка возбудимости

## Параметры кривой сила-длительность:

- 1 - реобазы (минимальная сила стимула, способного вызвать возбуждение);
- 2 - полезное время (время, необходимое для того, чтобы вызвать возбуждение стимулом величиной в реобазу);
- 3 - двойная реобазы
- 4 - хронаксия (время, необходимое для того, чтобы вызвать возбуждение стимулом величиной в две реобазы);
- 5 - порог времени (минимальная длительность стимула, способного вызвать возбуждение).

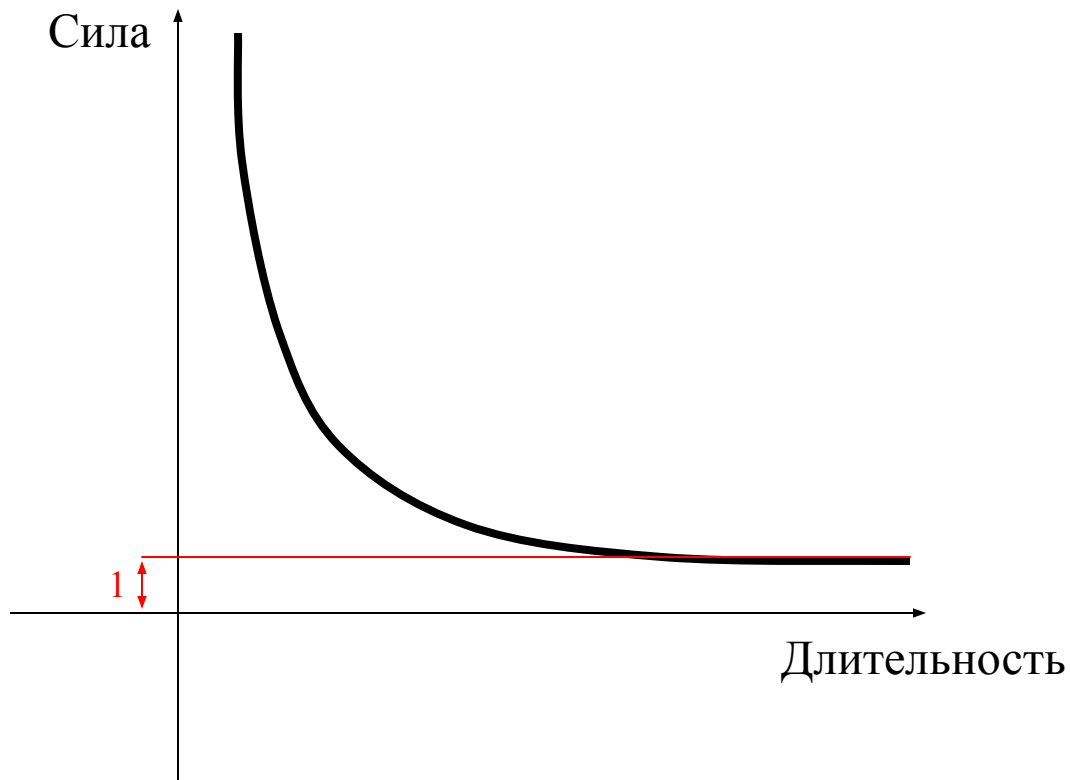




# Оценка возбудимости

Параметры кривой сила-длительность:

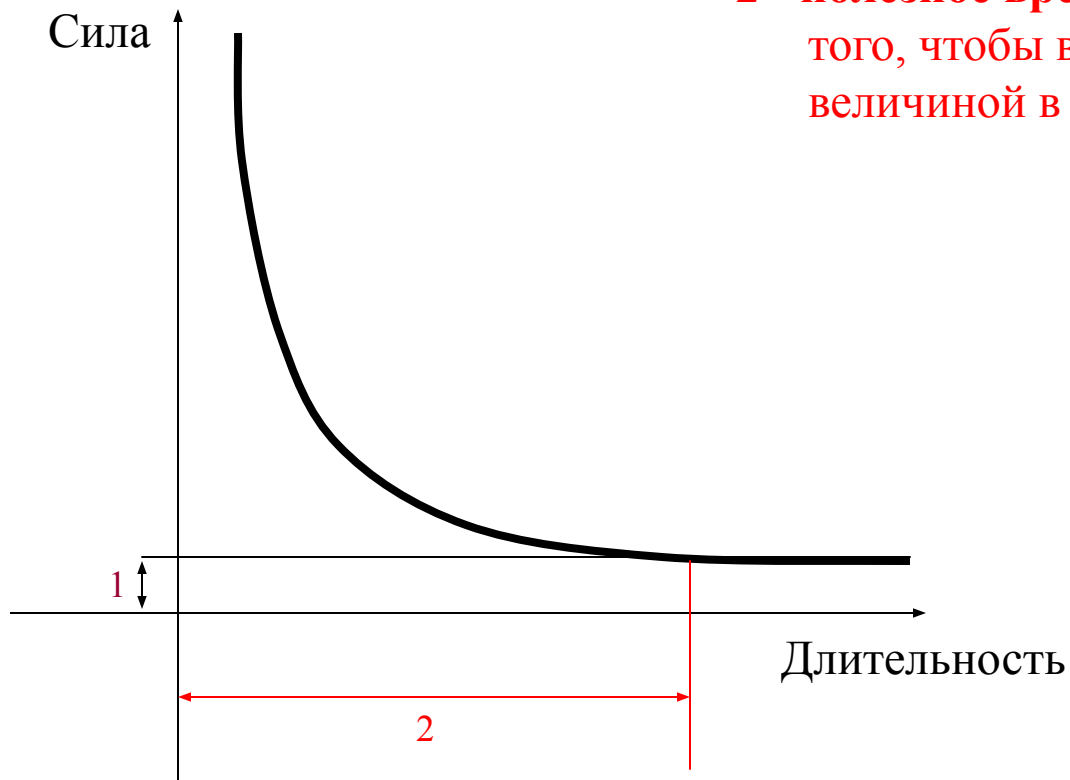
**1** - **реобаз** (минимальная сила стимула, способного вызвать возбуждение);



# Оценка возбудимости

Параметры кривой сила-длительность:

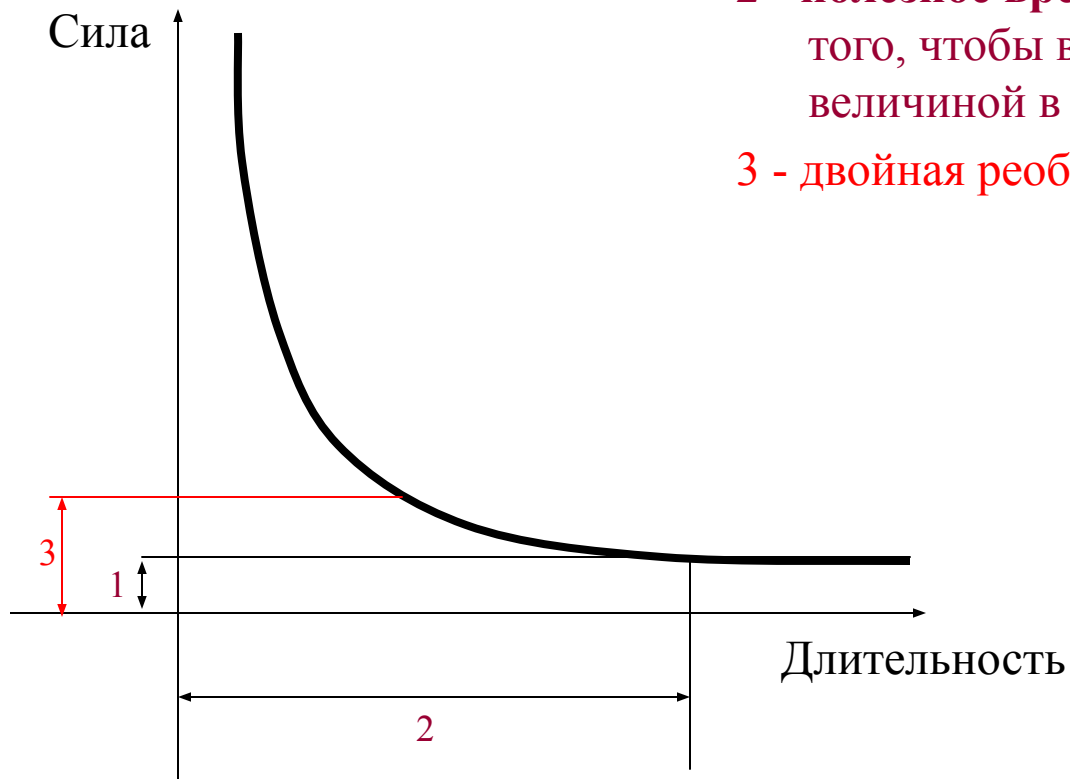
- 1 - **реобаз** (минимальная сила стимула, способного вызвать возбуждение);
- 2 - **полезное время** (время, необходимое для того, чтобы вызвать возбуждение стимулом величиной в реобазу);



# Оценка возбудимости

Параметры кривой сила-длительность:

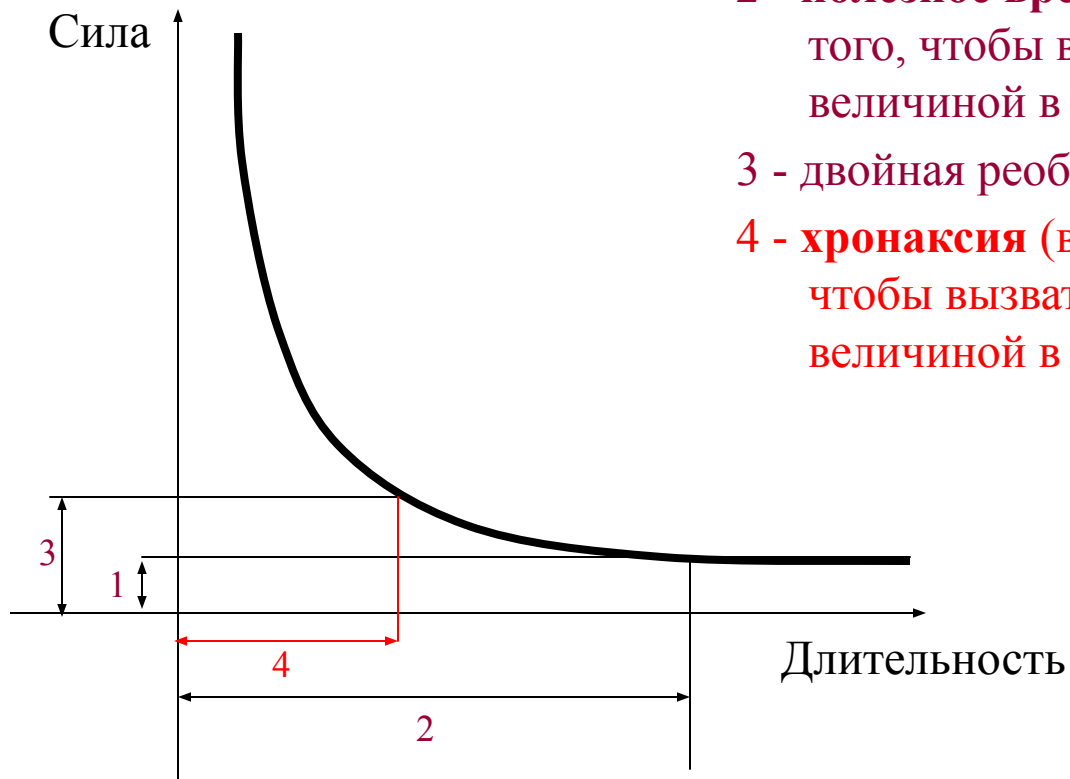
- 1 - **реобаз** (минимальная сила стимула, способного вызвать возбуждение);
- 2 - **полезное время** (время, необходимое для того, чтобы вызвать возбуждение стимулом величиной в реобазу);
- 3 - **двойная реобаз**



# Оценка возбудимости

## Параметры кривой сила-длительность:

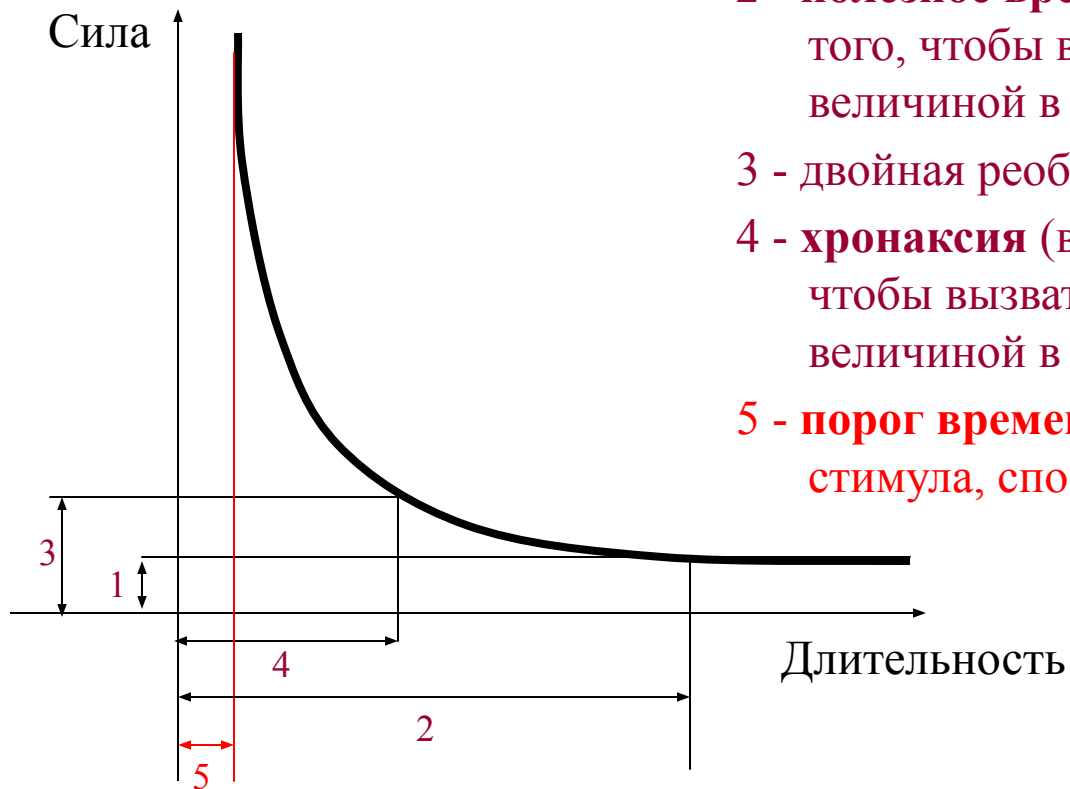
- 1 - **реобаз** (минимальная сила стимула, способного вызвать возбуждение);
- 2 - **полезное время** (время, необходимое для того, чтобы вызвать возбуждение стимулом величиной в реобазу);
- 3 - **двойная реобаз**
- 4 - **хронаксия** (время, необходимое для того, чтобы вызвать возбуждение стимулом величиной в две реобазы);



# Оценка возбудимости

## Параметры кривой сила-длительность:

- 1 - **реобаз** (минимальная сила стимула, способного вызвать возбуждение);
- 2 - **полезное время** (время, необходимое для того, чтобы вызвать возбуждение стимулом величиной в реобазу);
- 3 - **двойная реобаз**
- 4 - **хронаксия** (время, необходимое для того, чтобы вызвать возбуждение стимулом величиной в две реобазы);
- 5 - **порог времени** (минимальная длительность стимула, способного вызвать возбуждение).



# Возбудимость

- Возбудимость – способность генерировать ПД.
- Чем ближе  $V_M$  к  $E_{кр}$ , тем больше возбудимость.
- $V_M$  определяется проницаемостью мембраны для различных ионов и их концентрациями.
- $E_{кр}$  определяется степенью инактивации Na каналов.
- Полная инактивация Na каналов - причина рефрактерности.
- Длительность рефрактерного периода соответствует длительности ПД.

# Рефрактерность -

снижение способности клетки отвечать на раздражение в результате временной инактивации натриевых каналов

