



Урок 58. Электрические сигналы живых систем

Листы ученика. Ответы и примечания учителю — в отдельной части.

Естественно-научный практикум · 8-9 классы

Урок 58 из 64 · 45 минут · Модуль «Объединяем науки»

Уровень: Базовый исследовательский. 8 класс - работа с формулами и опорами; 9 класс - самостоятельная проверка условий и ограничений.

Вся программа курса

По проводу сигнал передаётся быстро. Можно ли описать нервное волокно просто как тонкий металлический провод?

Проверяемый результат:

Сопоставить мембрану с ёмкостным элементом и управляемыми ионными путями, рассчитать скорость по задержке сигнала и назвать два ограничения аналогии.

01. Проблемная ситуация

0-5 минут · Вопрос и проверяемое предположение

Два модельных датчика на одном нервном волокне расположены в 30 мм друг от друга. Одинаковая стадия сигнала зарегистрирована в моменты 1,0 и 2,5 мс. Ученик сказал: «Один ион пробежал между датчиками». За 2 минуты предложите другое объяснение; за 2 выпишите расстояние и задержку; за 1 назовите проверяемый вопрос.

02. Объяснение и разобранный пример

5-14 минут · Понятия, расчёт и ограничения

Мембранный потенциал - разность электрических потенциалов внутри и снаружи клетки. Мембрана разделяет заряды и в упрощённой электрической модели подобна конденсатору. Ионные каналы дают избирательные пути переноса ионов; их состояние меняется. Градиенты концентраций поддерживаются в том числе насосами с затратой энергии. Канал не является просто металлическим проводом, а насос - обычной батарейкой без питания.

В типичном учебном описании потенциала действия нейрона сначала возрастает проницаемость для Na^+ , затем важен выход K^+ ; напряжение возвращается к отрицательным значениям. Волна последовательно возникает на соседних участках: отдельному иону не нужно проходить весь путь вдоль аксона. Это описание не переносится без оговорок на все электрически активные клетки или фоторецепторы.

Разобранный пример: $\Delta t = 2,5 - 1,0 = 1,5 \text{ мс} = 0,0015 \text{ с}$; $\Delta x = 30 \text{ мм} = 0,030 \text{ м}$; $v = 0,030 / 0,0015 = 20 \text{ м/с}$. Нужно сравнивать одну и ту же характерную точку двух сигналов. 3 минуты - элементы схемы; 3 - стадии; 3 - расчёт и единицы.

Мембрана: функциональная электрическая аналогия

Снаружи клетки: уровень отсчёта потенциала



Внутри относительно снаружи: мембранный потенциал

Функциональная аналогия: липидная мембрана разделяет заряд, каналы задают ионные пути, насос поддерживает градиенты. Это не полная электрическая схема нейрона и не инструкция подключения электродов.



03. Практика 1: данные и доказательство

14-25 минут · Первая серия

Участок / время, мс	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
А: потенциал, мВ	-70	-55	30	-70	-80	-70
Б: потенциал, мВ	-70	-70	-70	-55	30	-70

Это схематическая учебная запись; Б на 20 мм дальше А. 2 минуты - найдите максимумы; 3 - вычислите задержку и скорость; 3 - подпишите деполяризацию и реполяризацию; 3 - соберите цепочку «каналы → локальное изменение → соседний участок». Продукт: две временные метки, расчёт и схема из трёх звеньев. 9 класс указывает, почему по редким отсчётам нельзя восстановить точную форму импульса.

04. Практика 2: перенос на новые условия

25-33 минуты · Самостоятельный перенос

Вторая серия: расстояние 30 мм. Максимум А при 1,0 мс, Б при 3,0 мс; на обоих датчиках максимум +30 мВ. За 3 минуты найдите скорость; за 2 сравните её с первой серией; за 3 оцените фразу «сигнал стал слабее, потому что шёл дальше». Продукт: расчёт и два предложения с опорой на амплитуду. Можно ли по этим двум сериям назвать причину замедления?

05. Обсуждение: аргумент и альтернатива

33-40 минут · Аргумент и обоснованный вывод

2 минуты - сопоставьте мембрану и конденсатор; 3 - выберите, чего нет в простом пассивном проводе: избирательности каналов, активного восстановления градиентов или электрического сопротивления; 2 - сформулируйте пользу аналогии и два ограничения.

06. Индивидуальная проверка

40-45 минут · Собственное решение

Одинаковые максимумы разделены 0,8 мс при расстоянии 12 мм. За 3 минуты найдите скорость, объясните роль каналов и назовите ограничение аналогии с проводом. За 1 минуту сверьте, за 1 исправьте. Критерии: перевод единиц, скорость, каналы, ограничение - по 1 баллу.



Ответы, критерии и примечания учителю

Учителю: подготовка и план на 45 минут

Схема мембраны, карточки стадий импульса и таблица времени; линейка, калькулятор. Предпосылки: мембрана клетки, напряжение, скорость. Только готовые учебные сигналы: электроды к человеку и животным не подключают, разряды и стимуляцию не выполняют. Физиологические параметры учеников не собирают. 8 класс получает формулу скорости; 9 класс обосновывает регенерацию сигнала и ограничения схемы.

Минуты	Работа	Проверяемый продукт
0-5	Проблемная ситуация	Вопрос и проверяемое предположение
5-14	Понятия и разобранный пример	Пояснение величин и метода
14-25	Практика 1	Расчёт, схема или протокол по данным
25-33	Практика 2	Решение на новых условиях
33-40	Обсуждение	Аргумент, альтернатива и вывод
40-45	Индивидуальная проверка	Самостоятельный ответ и исправление

Все тексты, рисунки и данные включены. Без регистрации: распечатайте ученическую часть PDF или используйте доску. Ответы открывайте после самостоятельной попытки. Минуты включают чтение, записи и переходы. В конце соберите индивидуальную работу. 0-1 балл: разобрать пример повторно; 2-3: уточнить пропущенное звено; 4: объяснить ограничение модели. Это обратная связь, не обязательная школьная отметка.

Разбор практики 1 и критерии

Максимум А при 1,0 мс, Б при 2,0 мс. Задержка 1,0 мс; скорость $0,020/0,001=20$ м/с. Рост от -70 к $+30$ мВ - деполяризация; снижение после максимума - реполяризация. Передаётся последовательность локальных изменений, не перемещение одного иона на 20 мм. Амплитуды и времена в таблице заданы условно.

Ответ и объяснение практики 2

$v=0,030/0,002=15$ м/с; это на 25% меньше 20 м/с. Амплитуда максимума одинакова; время прохождения и высота сигнала - разные признаки. Причина различия не установлена: нужны сведения о свойствах волокна и условиях. Нельзя по скорости ставить диагноз или утверждать, что исследовали настоящего человека.

Опора для обсуждения

Соппротивление бывает и у провода. Специфика живой системы - избирательные изменяемые каналы и поддерживаемые градиенты; возбуждение регенерируется. Ёмкостная аналогия объясняет разделение зарядов, но не описывает всю биохимию и распространение импульса. Не каждый электрический сигнал клетки - одинаковый потенциал действия.

Ключ и критерии индивидуальной работы

$12 \text{ мм}=0,012 \text{ м}$; $0,8 \text{ мс}=0,0008 \text{ с}$; $v=15 \text{ м/с}$. Каналы избирательно пропускают ионы и меняют проницаемость мембраны. Провод не воспроизводит активное поддержание градиентов или регенерацию импульса. Четыре критерия по 1 баллу.



07. Соответствие исходной программе

Пункт программы → действие ученика → проверяемый результат

Пункт программы	Действие ученика	Проверяемый результат
Электрические явления в природе	Сопоставляет мембрану и элементы цепи	Объясняет возможности и пределы аналогии
Занятие №7: движение электрического импульса	Сравнивает задержки сигналов	Находит скорость по одной стадии волны

Опора - раздел «Объединяем науки» опубликованной программы на 64 часа. Это самостоятельный урок на 45 минут. Подробный сценарий, распределение времени и учебные числовые серии - методическая разработка. Предоставленные данные не выдаются за опыт, проведённый авторами или этим классом.

Исходная программа

Источники и права на изображения

OpenStax: потенциал действия

Источники проверены 15.10.2026. Числовые наборы и графики - учебные модели, не результаты проведённых авторами опытов. Оригинальные схемы подготовлены порталом «Школы России» для этого урока, не являются фотографиями. Ответы и примечания учителю в PDF выделены отдельно.

Иллюстрация: увеличенная копия для печати

Мембрана: функциональная электрическая аналогия

Снаружи клетки: уровень отсчёта потенциала



Внутри относительно снаружи: мембранный потенциал

Функциональная аналогия: липидная мембрана разделяет заряд, каналы задают ионные пути, насос поддерживает градиенты. Это не полная электрическая схема нейрона и не инструкция подключения электродов.