



Урок 38. Источник с переменным сопротивлением

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

Естественно-научный практикум · 8-9 классы

Урок 38 из 64 · 45 минут · Модуль «Эксперименты по физике: прогноз и проверка модели»

Уровень: базовый исследовательский. 8 класс - работа с опорами; 9 класс - самостоятельная оценка условий и границ вывода.

Вся программа курса

Ток уменьшился после поворота регулятора. Как отличить изменение нагрузки от изменения сопротивления внутри модели источника?

Проверяемый результат:

Построить и проверить модель источника с регулируемым внутренним сопротивлением, сравнить чувствительность двух нагрузок и диагностировать ошибочную точку.

01. Проблемная ситуация

0-5 минут · Вопрос и первоначальное решение

У модели А $E=6$ В и $r=1$ Ом. После изменения регулятора ток стал 0,50 А, напряжение нагрузки - 4,50 В. Начальное сопротивление нагрузки было 9 Ом. «Нагрузка обязательно выросла», - говорит наблюдатель.

За 1 минуту прочтите; за 2 вычислите $R=U/I$; за 2 предложите, какой другой параметр мог измениться при постоянной E . Сопоставьте название «внутреннее» с расположением элемента на схеме.

02. Объяснение и разобранный пример

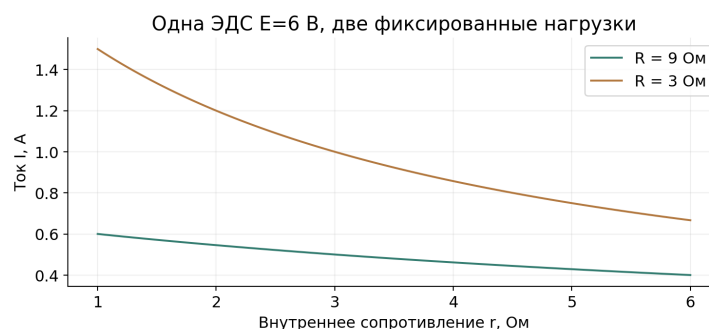
5-14 минут · Понятия, модель и проверка

В регулируемой модели E сохраняется, а r меняют последовательно с идеальной ЭДС. Внешняя нагрузка R находится за выходными зажимами. Общее сопротивление равно $R+r$, но внешнее напряжение U снимают только с R . Поэтому добавочный внутренний резистор меняет и ток, и напряжение нагрузки. Простое название «резистор» ещё не говорит, к какой части схемы он относится.

Разобранный пример: $E=6$ В, $R=9$ Ом. При $r=1$ Ом $I=0,60$ А и $U=5,40$ В. При $r=3$ Ом $I=0,50$ А и $U=4,50$ В. Нагрузка в обоих случаях 9 Ом. Из наблюдаемой пары I, U получаем $R=4,50/0,50=9$ Ом, а при известной E $r=(6-4,50)/0,50=3$ Ом.

Одно показание U без тока и сведений об ЭДС не определяет r . Падение U может сопровождать увеличение тока из-за иной нагрузки, изменение состояния источника или изменение r . Поэтому эксперимент включает контролируемый параметр, неизменные величины и несколько проверочных режимов.

На объяснение: 2 минуты - граница источника; 3 - оба режима примера; 2 - обратный расчёт; 2 - план проверки. Ученик рисует скобки R и r , чтобы не измерять напряжение на всей сумме вместо нагрузки.



Расчётные кривые $I=E/(R+r)$, а не измеренные данные. В каждой кривой E и R неизменны; расположение внешнего и внутреннего резисторов показано в предыдущем уроке.



03. Практика 1: данные и доказательство

14-25 минут · Работа с первой серией

Учебная расчётная лаборатория: $E=6,0$ В, $R=9,0$ Ом. Регулятор задаёт три значения r . Предскажите величины до открытия ответов.

Положение	r , Ом	Наблюдаемое U , В
1	1	5,40
2	3	4,50
3	6	3,60

2 минуты - запишите прогноз; 4 - рассчитайте I и U для каждой строки; 3 - вычислите мощность в R и долю U/E ; 2 - объясните тренд. 8 класс оформляет три строки I, U ; 9 класс добавляет долю полезной мощности U/E в этой модели. Критерии: неизменная E , правильная граница нагрузки, вывод подтверждён числами.

04. Практика 2: перенос на новые условия

25-33 минуты · Самостоятельное решение

Для той же $E=6$ В взяли вторую нагрузку. В последнюю строку протокола могла попасть ошибка. Признак для проверки: в каждой строке U должно равняться IR .

r , Ом	R , Ом	I , А	Записанное U , В
1	3	1,50	4,50
3	3	1,00	3,00
6	3	0,667	3,00

1 минута - прогноз; 3 - проверьте последние два столбца по независимому равенству $U=IR$; 2 - исправьте ошибку с учётом округления; 2 - сравните относительное уменьшение тока при r от 1 до 6 Ом для $R=3$ и $R=9$ Ом. 8 класс получает подсказку «процент от начального тока».

05. Обсуждение: аргумент и альтернатива

33-40 минут · Вывод, который можно обосновать

2 минуты: сравните стратегии «измерить только U » и «измерить I и U , сохраняя E ». 3 минуты: объясните, какие параметры восстановит каждая. 2 минуты: составьте минимальный протокол из трёх шагов для проверки регулируемой модели без реального источника.

06. Индивидуальная проверка

40-45 минут · Собственный ответ

$E=4,0$ В, $R=6$ Ом. r увеличили с 2 до 4 Ом. Найдите два тока, два напряжения U и относительное уменьшение тока. 3 минуты - решение; 1 - проверка; 1 - исправление.



Ответы, критерии и примечания учителю

Учителю: подготовка и план на 45 минут

Карточки E , r , R , таблица, калькулятор, бумага. Повторить $U=E-Ir$ и $I=E/(R+r)$. Работа полностью без реальных цепей: последовательный резистор имитирует внутреннее сопротивление в расчёте. Для 8 класса - подстановка в формулу; для 9 - сравнение относительных изменений и анализ того, что можно узнать по одной паре I, U . Не использовать сеть, зарядные устройства и короткое замыкание.

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 материалы для текущего занятия включены. Вариант без регистрации: ученические листы PDF и доска. Минуты включают чтение, запись и переходы. Ответы показывайте после самостоятельной попытки. В конце соберите индивидуальную работу: 0-1 балл - вернуться к примеру, 2-3 - уточнить пропущенное звено, 4 - объяснить границу вывода. Это обратная связь, не обязательная школьная отметка.

Разбор практики 1 и критерии

I : 0,60; 0,50; 0,40 А. U : 5,40; 4,50; 3,60 В. Мощность R : 3,24; 2,25; 1,44 Вт. Доля мощности нагрузки от EI равна U/E : 0,90; 0,75; 0,60. Увеличение r при фиксированных E, R снижает ток, напряжение и мощность нагрузки. Это сравнение трёх устойчивых модельных режимов, а не наблюдение за разрядом батареи во времени.

Ответ и объяснение практики 2

Последняя строка: $I=6/9=2/3 \approx 0,667$ А, $U=2,00$ В, не 3,00 В. Для $R=3$ Ом ток меняется от 1,50 до 0,667 А: уменьшение 55,6%. Для $R=9$ Ом от 0,60 до 0,40 А: уменьшение 33,3%. Меньшая нагрузка в этом сравнении сильнее чувствительна к росту r в относительных величинах. Слово «меньшая» означает меньшее сопротивление, не меньшую мощность во всех возможных режимах.

Опора для обсуждения

Сначала фиксируют E и R , задают r и рассчитывают I, U ; затем меняют r ; наконец проверяют $E=U+Ir$ и $U=IR$. По одному U нельзя отделить изменения нескольких неизвестных. По I, U восстанавливают R , но для r требуется E или дополнительная серия. Согласие двух тождеств лучше проверки одного столбца.

Ключ и критерии индивидуальной работы

До: $I=4/8=0,50$ А, $U=3,0$ В. После: $I=4/10=0,40$ А, $U=2,4$ В. Уменьшение $(0,50-0,40)/0,50=20\%$. Четыре критерия: правильная сумма $R+r$, оба тока, оба U , процент от исходного тока. Нельзя делить разность на конечный ток и называть это тем же процентом.



07. Соответствие исходной программе

Пункт программы → действие ученика → проверяемый результат

Пункт программы	Действие ученика	Проверяемый результат
Работа №5: модель источника с переменным внутренним сопротивлением	Варьирует r при постоянных E, R	Три предсказания и контроль равенств
Исследование сконструированного источника	Сравнивает две нагрузки	Находит ошибочный режим и границы вывода

Опора - раздел «Эксперименты по физике» опубликованной программы на 64 часа. Урок конкретизирует исходные темы и занимает 45 минут. Сценарий, распределение времени и числовые имитации - методическая разработка. Физическая сборка и движение грузов заменены бумажными моделями, точными схемами и готовыми учебными данными; это не отчёт о проведённом опыте.

Исходная программа

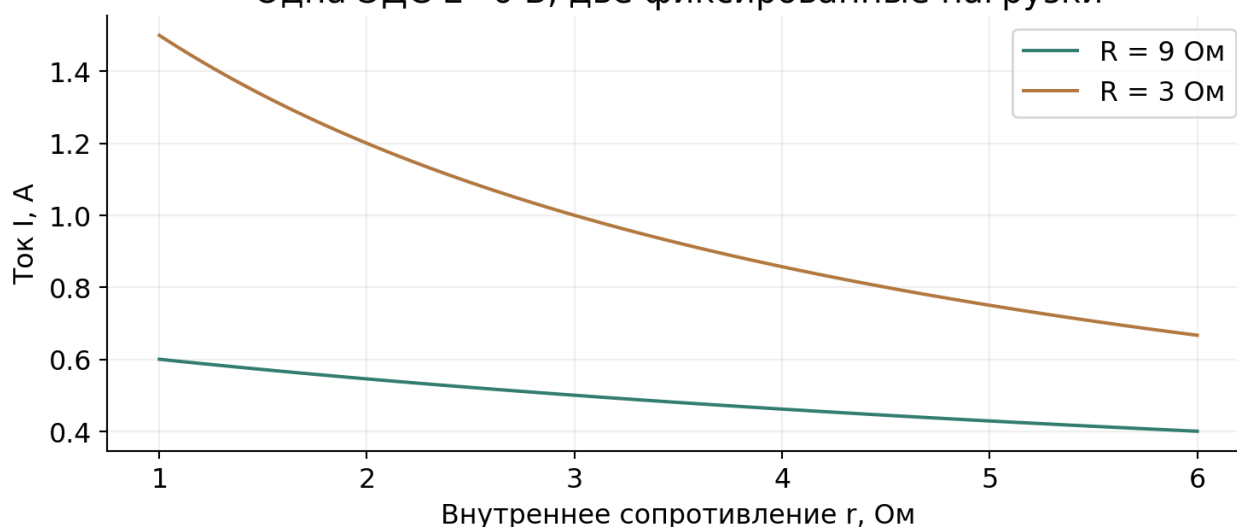
Источники и права на изображения

OpenStax: ЭДС, внутреннее сопротивление и нагрузка

Источники проверены 15.10.2026. Все числовые серии явно заданы как учебные модели; их нельзя описывать как результаты проведённых авторами опытов. Оригинальные схемы: портал «Школы России», для этого урока. Они не являются фотографиями. Ответы и примечания учителю в PDF вынесены в отдельную часть.

Иллюстрация: увеличенная копия для печати

Одна ЭДС $E=6$ В, две фиксированные нагрузки



Расчётные кривые $I=E/(R+r)$, а не измеренные данные. В каждой кривой E и R неизменны; расположение внешнего и внутреннего резисторов показано в предыдущем уроке.