



Урок 37. Внутреннее сопротивление источника

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

Естественно-научный практикум · 8-9 классы

Урок 37 из 64 · 45 минут · Модуль «Эксперименты по физике: источник под нагрузкой»

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

Вся программа курса

Источник имеет надпись «6 В», а под нагрузкой прибор показывает меньше. Это обязательно поломка или ожидаемое свойство источника?

Проверяемый результат:

По двум режимам нагрузки восстановить ЭДС и внутреннее сопротивление модельного источника, проверить баланс напряжений и мощности.

01. Проблемная ситуация

0-5 минут · Вопрос и первоначальное решение

В учебной модели измерено: при $I=0,10$ А напряжение 5,8 В, при $I=0,30$ А - 5,4 В. Один ученик считает, что изменилось сопротивление нагрузки, другой - что это доказывает уменьшение ЭДС.

1 минута - прочтите; 2 - сформулируйте, что действительно наблюдается; 2 - предложите модель, которая допускает постоянную ЭДС и меняющееся напряжение. Пока не делайте вывод о реальном аккумуляторе.

02. Объяснение и разобранный пример

5-14 минут · Понятия, модель и проверка

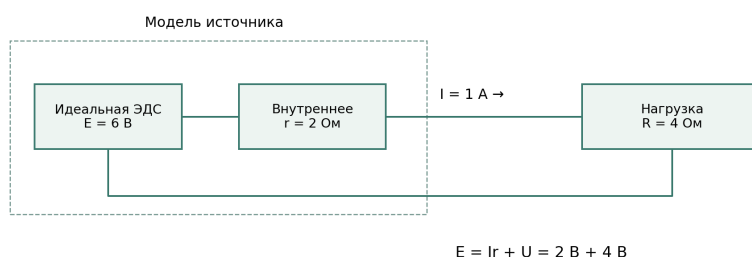
ЭДС E характеризует энергию, которую сторонние силы источника передают единице заряда; единица - вольт. Название «сила» не означает измерение в ньютонах. В модели источник представляют идеальной ЭДС и последовательным внутренним сопротивлением r . При отдаче тока нагрузке $U=E-Ir$, $I=E/(R+r)$. Напряжение на нагрузке и ЭДС совпадают при нулевом токе в этой модели.

Если E и r постоянны, два режима дают $r=(U_1-U_2)/(I_2-I_1)$. Знак важен: увеличение тока сопровождается уменьшением напряжения. В примере $r=(5,8-5,4)/(0,30-0,10)=2,0$ Ом. Затем $E=5,8+0,10 \cdot 2=6,0$ В; вторая точка даёт тот же результат $5,4+0,30 \cdot 2=6,0$ В.

При $R=4$ Ом эта модель предсказывает $I=6/(4+2)=1$ А и $U=4$ В. Мощность нагрузки $I^2R=4$ Вт; внутренние потери $I^2r=2$ Вт; источник передаёт $EI=6$ Вт. Баланс $6=4+2$ показывает, куда направлена энергия. Это численный пример, не рекомендация собирать цепь с такими мощностями.

За 3 минуты разберите схему; за 3 восстановите параметры примера; за 2 проверьте вторую точку и мощность; за 1 сформулируйте ограничение. У реальных источников параметры зависят от состояния и режима; здесь проверяется простая модель.

Граница источника и внешняя нагрузка



Функциональная схема разобранный примера. Пунктир - граница модели источника, не дополнительный провод; U измеряется на R . Напряжения и сопротивления относятся к расчёту, не к физической сборке.



03. Практика 1: данные и доказательство

14-25 минут · Работа с первой серией

Учебная серия при одинаковой температуре и состоянии источника. Напряжение измеряет идеализированный вольтметр, ток - идеализированный амперметр.

Режим	I, A	U, В
А	0,20	4,8
Б	0,40	4,6
В	0,60	4,4

2 минуты - выберите две точки; 4 - восстановите r и E ; 3 - проверьте третью точку и найдите сопротивление нагрузки в режиме Б; 2 - запишите уравнение $U(I)$. 8 класс получает порядок $r \rightarrow E \rightarrow R$; 9 класс проверяет пары А-Б и Б-В независимо. Результат: параметры, контроль и заключение. Критерии: положительное r , постоянная E , верная единица Ом.

04. Практика 2: перенос на новые условия

25-33 минуты · Самостоятельное решение

Новая задача: ЭДС остаётся 5,0 В, нагрузка $R=9,0$ Ом. Сравните два значения внутреннего сопротивления, не проводя реальный опыт.

Модель	r , Ом	R , Ом
А	1,0	9,0
Б	3,5	9,0

1 минута - прогноз направления изменения; 3 - вычислите ток и напряжение обеих моделей; 2 - внутренние потери; 2 - объясните результат. В 9 классе проверьте баланс мощности модели Б. Результат: сравнительная карточка из трёх величин и фраза о постоянстве E .

05. Обсуждение: аргумент и альтернатива

33-40 минут · Вывод, который можно обосновать

2 минуты: рассмотрите версии «показание под нагрузкой равно ЭДС» и «нужно учитывать ток». 3 минуты: опровергните первую числами практики 1 и предложите измерение при малой нагрузке. 2 минуты: укажите, почему вычисленный ток короткого замыкания не является планом опыта.

06. Индивидуальная проверка

40-45 минут · Собственный ответ

Источник описывается $E=3,0$ В и $r=0,50$ Ом. Для $R=5,5$ Ом найдите I , U и внутреннюю потерю напряжения; проверьте их сумму. 3 минуты - решение, 1 - ключ, 1 - исправление.



Ответы, критерии и примечания учителю

Учителю: подготовка и план на 45 минут

Калькулятор, карандаш, готовые таблицы и схема. Понятия: ток, напряжение, сопротивление. Это расчётная модель низковольтной цепи; реальный источник не замыкать накоротко, не разбирать и не нагревать. Без оборудования перемещайте бумажные карточки «источник», «внутренний резистор», «нагрузка». 8 класс получает равенство $E=U+Ir$; 9 класс самостоятельно находит наклон зависимости $U(I)$.

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

$r=(4,8-4,6)/(0,40-0,20)=1,0$ Ом. $E=4,8+0,20 \cdot 1=5,0$ В. В режиме В: $5,0-0,60=4,4$ В, проверка выполнена. $R_B=4,6/0,40=11,5$ Ом. $U=5,0-1,0 \cdot I$ при U в В, I в А и r в Ом. Одинаковый результат пар поддерживает модель в проверенном диапазоне, но не за его пределами.

Ответ и объяснение практики 2

А: $I=5/10=0,50$ А, $U=4,50$ В, $I^2r=0,25$ Вт. Б: $I=5/12,5=0,40$ А, $U=3,60$ В, $I^2r=0,56$ Вт. В Б нагрузка получает 1,44 Вт, источник передаёт 2,00 Вт: $1,44+0,56=2,00$. Ток уменьшился, а внутренние потери здесь выросли; нельзя судить о них по одному току без r . ЭДС не изменялась.

Опора для обсуждения

В А и В различаются U , но расчёт даёт $E=5$ В в обоих режимах. В модели при $I \rightarrow 0$ напряжение приближается к E . На реальной цепи малый ток прибора не строго нулевой. Короткое замыкание даёт опасный нагрев; его не проводят. Модель проверяют несколькими допустимыми нагрузками, не экстремальным режимом.

Ключ и критерии индивидуальной работы

$I=3/6=0,50$ А; $U=0,50 \cdot 5,5=2,75$ В; $Ir=0,25$ В; $2,75+0,25=3,00$ В. По 1 баллу за общий закон с суммой сопротивлений, ток, напряжение нагрузки, проверенный баланс. Не путать 0,25 В с мощностью.



07. Соответствие исходной программе

Пункт программы → действие ученика → проверяемый результат

Пункт программы	Действие ученика	Проверяемый результат
Источник тока. Внутреннее сопротивление	Восстанавливает E и r	Проверяет третью точку
Работа №4: увеличение внутреннего сопротивления	Сравнивает два модельных источника	Различает U и E , оценивает потери

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

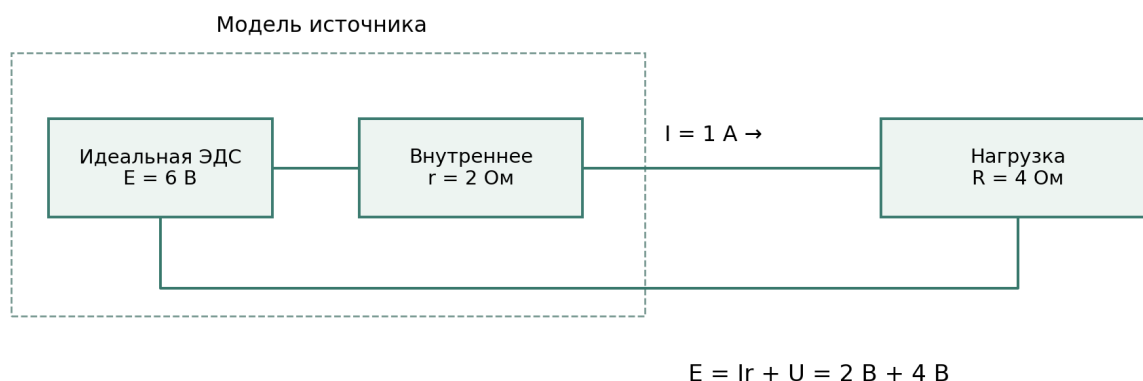
Источники и права на изображения

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

Граница источника и внешняя нагрузка



Функциональная схема разобранного примера. Пунктир — граница модели источника, не дополнительный провод; U измеряется на R . Напряжения и сопротивления относятся к расчёту, не к физической сборке.