



Урок 40. Предел измерения вольтметра

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

Естественно-научный практикум · 8-9 классы

Урок 40 из 64 · 45 минут · Модуль «Эксперименты по физике: напряжение и последовательная цепь»

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

Вся программа курса

Ту же головку хотят превратить в вольтметр на 15 В. Почему решение с параллельным шунтом теперь не подходит?

Проверяемый результат:

Рассчитать последовательное добавочное сопротивление, проверить распределение напряжения и показать нагрузочное влияние вольтметра.

01. Проблемная ситуация

0-5 минут · Вопрос и первоначальное решение

Головка $R_g = 100 \text{ Ом}$ допускает $I_g = 1 \text{ мА}$, её собственное предельное напряжение 0,10 В. Нужно измерять до 15 В. Ученик предлагает шунт из прошлого урока.

1 минута - прочтите; 2 - вычислите ток через головку, если между её выводами остаётся 15 В; 2 - объясните, почему параллельный резистор не уменьшает это напряжение в модели идеального источника.

02. Объяснение и разобранный пример

5-14 минут · Понятия, модель и проверка

Вольтметр включают параллельно участку, напряжение которого измеряют. Внутри простого стрелочного вольтметра добавочный резистор R_d включён последовательно с головкой. Ток один и тот же: $I_g = U / (R_g + R_d)$. На пределе $R_d = U_{\text{предел}} / I_g - R_g$. Напряжение делится: $U = I_g R_g + I_g R_d$.

Разобранный пример: $R_{\text{общ}} = 15 / 0,001 = 15000 \text{ Ом}$; $R_d = 15000 - 100 = 14900 \text{ Ом} = 14,9 \text{ кОм}$. На головке 0,10 В, на добавочном резисторе 14,90 В. При $U = 7,5 \text{ В}$ ток 0,5 мА, то есть половина шкалы. Без добавочного резистора при 15 В головка получила бы $15 / 100 = 0,15 \text{ А} = 150 \text{ мА}$, в 150 раз выше её предела. Шунт при заданных 15 В не меняет напряжение головки и потому не решает эту задачу.

Вольтметр не обязан быть идеальным. Его конечное входное сопротивление R_v соединяется параллельно измеряемому участку и меняет эквивалентное сопротивление. Чем R_v больше относительно сопротивлений исследуемой цепи, тем слабее влияние. Это не то же самое, что широкий диапазон: два прибора с одним пределом могут иметь разное входное сопротивление.

Распределение 9 минут: 3 - внешнее и внутреннее соединения; 3 - расчёт; 2 - половина шкалы; 1 - границы модели. Все значения относятся к идеализированным резисторам и головке.

Вольтметр: последовательные элементы внутри прибора

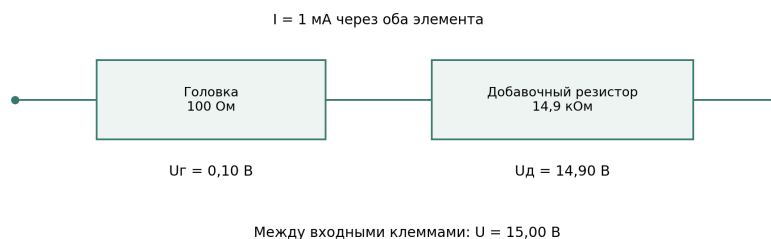


Схема диапазона 15 В из разобранный примера. Добавочный резистор последователен головке; весь прибор подключают параллельно измеряемому участку. Это разные уровни соединения.



03. Практика 1: данные и доказательство

14-25 минут · Работа с первой серией

Учебная головка: $I_g=0,50$ мА и $R_g=200$ Ом. Создайте два отдельных диапазона; переключение реального прибора не выполняется.

Предел U	Найти
5 В	$R_{общ}$, R_d , U_g , U_d
20 В	$R_{общ}$, R_d , U_g , U_d
10 В на диапазоне 20 В	Ток головки

2 минуты - перевод единиц; 4 - расчёт сопротивлений двух диапазонов; 3 - проверка суммы напряжений; 2 - схема и вывод. 8 класс получает формулу; 9 класс дополнительно оценивает мощность добавочного резистора на пределе 20 В. Критерии: R_d не перепутан с $R_{общ}$, цепь последовательна, кОм переведены верно.

04. Практика 2: перенос на новые условия

25-33 минуты · Самостоятельное решение

Перенос: источник 6 В питает последовательные $R_1=10$ кОм и $R_2=10$ кОм. К R_2 подключён вольтметр с входным сопротивлением 10 кОм - модель диапазона 5 В из практики 1.

Состояние	Что нужно найти
Без вольтметра	U на R_2
Вольтметр параллелен R_2	R_2 вместе с прибором
После подключения	Новое напряжение участка

1 минута - прогноз; 3 - найдите параллельное сопротивление и новый ток делителя; 2 - напряжение; 2 - сравните с исходным значением. 8 класс получает опору: два одинаковых параллельных резистора дают половину сопротивления. 9 класс вычисляет относительное снижение. Результат: расчёт и объяснение наблюдаемого показания.

05. Обсуждение: аргумент и альтернатива

33-40 минут · Вывод, который можно обосновать

2 минуты: рассмотрите версии «вольтметр просто считывает» и «вольтметр - часть цепи». 3 минуты: используйте пример 3 В → 2 В как доказательство второй. 2 минуты: объясните, какое изменение модели прибора уменьшит вмешательство и почему шунт здесь не поможет.

06. Индивидуальная проверка

40-45 минут · Собственный ответ

$I_g=1$ мА, $R_g=500$ Ом; диапазон 10 В. Найдите R_d , входное R_v , падение на головке и ток при показании 4 В. 3 минуты - решение; 2 - сверка и исправление.



Ответы, критерии и примечания учителю

Учителю: подготовка и план на 45 минут

Калькулятор, бумажная схема головки и резистора, таблицы. Повторить закон Ома и последовательное соединение. Только расчёты, без изготовления самодельного сетевого прибора. Даже надпись «15 В» не означает разрешения подключать учебную модель к реальному источнику. 8 класс использует $R_{\text{общ}} = U/I_{\text{г}}$; 9 класс выводит формулу и анализирует делитель напряжения с конечным сопротивлением прибора.

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

Для 5 В: $R_{\text{общ}} = 10000 \text{ Ом}$, $R_{\text{д}} = 9800 \text{ Ом} = 9,8 \text{ кОм}$. Для 20 В: $R_{\text{общ}} = 40000 \text{ Ом}$, $R_{\text{д}} = 39800 \text{ Ом} = 39,8 \text{ кОм}$. На полном пределе $U_{\text{г}} = 0,00050 \cdot 200 = 0,10 \text{ В}$; $U_{\text{д}} = 4,90$ или $19,90 \text{ В}$ соответственно. При 10 В на диапазоне 20 В ток $0,25 \text{ мА}$. Мощность $R_{\text{д}}$ на 20 В: $19,90 \cdot 0,00050 = 0,00995 \text{ Вт}$. Суммы напряжений совпадают с пределами.

Ответ и объяснение практики 2

Без прибора напряжение R_2 равно 3 В. Параллельное соединение 10 и 10 кОм даёт 5 кОм; суммарно 15 кОм, ток источника $6/15000 = 0,40 \text{ мА}$. На параллельной части $0,00040 \cdot 5000 = 2,0 \text{ В}$. Снижение на 1/3, или 33,3%. Прибор показывает напряжение уже изменённой схемы. Это не автоматически неисправность прибора.

Опора для обсуждения

Идеальный вольтметр имеет бесконечно большое входное сопротивление. Реальный с большим входным сопротивлением слабее шунтирует участок. Уменьшение сопротивления увеличит влияние. Добавочный резистор нужен для диапазона головки, но его значение одновременно определяет входное сопротивление всей модели.

Ключ и критерии индивидуальной работы

$R_{\text{в}} = 10/0,001 = 10000 \text{ Ом} = 10 \text{ кОм}$. $R_{\text{д}} = 9500 \text{ Ом} = 9,5 \text{ кОм}$. На полном пределе $U_{\text{г}} = 0,50 \text{ В}$. При 4 В $I = 4/10000 = 0,00040 \text{ А} = 0,40 \text{ мА}$. По баллу за $R_{\text{в}}$, $R_{\text{д}}$, $U_{\text{г}}$ с указанием полного предела, ток частичного показания.



07. Соответствие исходной программе

Пункт программы → действие ученика → проверяемый результат

Пункт программы	Действие ученика	Проверяемый результат
Вольтметр; увеличение предела; работа №6	Вычисляет добавочный резистор	Напряжения и ток на двух диапазонах
Проверка экспериментальной схемы	Анализирует нагрузку делителя	Различает исходное и измеренное напряжение

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: шунт амперметра и добавочный резистор

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

Вольтметр: последовательные элементы внутри прибора

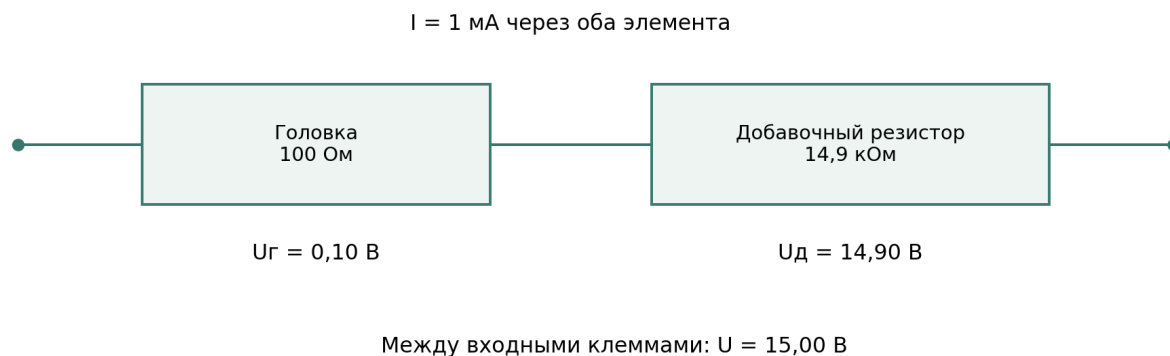


Схема диапазона 15 В из разобранного примера. Добавочный резистор последователен головке; весь прибор подключают параллельно измеряемому участку. Это разные уровни соединения.