



Урок 39. Предел измерения амперметра

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

Естественно-научный практикум · 8-9 классы

Урок 39 из 64 · 45 минут · Модуль «Эксперименты по физике: ток и параллельные ветви»

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

Вся программа курса

Чувствительная измерительная головка выдерживает только 1 мА. Как измерить ею ток в десять раз больше, не пропуская весь ток через головку?

Проверяемый результат:

Рассчитать параллельный шунт, проверить деление тока и объяснить влияние сопротивления прибора на измеряемую цепь.

01. Проблемная ситуация

0-5 минут · Вопрос и первоначальное решение

Головка имеет $R_g=100$ Ом и предельный ток $I_g=1,0$ мА. Требуется диапазон до 10 мА. Предложены варианты: резистор последовательно или параллельная обходная ветвь.

1 минута - прочтите; 2 - покажите путь тока каждого варианта на схеме; 2 - выберите вариант, который отводит излишний ток. Отдельно запишите, почему слово «резистор» ещё не гарантирует защиту.

02. Объяснение и разобранный пример

5-14 минут · Понятия, модель и проверка

Шунт - низкоомная ветвь, включённая параллельно головке. Полный измеряемый ток I делится: $I=I_g+I_{ш}$. Напряжения ветвей одинаковы: $I_g R_g = I_{ш} R_{ш}$. На новом пределе головка должна получать прежний безопасный I_g . Следовательно, $I_{ш}=I-I_g$ и $R_{ш}=I_g R_g / (I-I_g)$. Если предел увеличен в n раз, $R_{ш}=R_g / (n-1)$.

Разобранный пример: $I_g=0,001$ А, $I=0,010$ А, поэтому $I_{ш}=0,009$ А. На головке $0,001 \cdot 100=0,100$ В; $R_{ш}=0,100/0,009 \approx 11,11$ Ом. Эквивалентное сопротивление амперметра $R_a=0,100/0,010=10$ Ом. Ток головки составляет 1/10 полного тока. Резистор последовательно не создаёт обходной ветви.

При половине нового предела полный ток 5 мА, через головку 0,5 мА, через шунт 4,5 мА, напряжение 0,050 В. Деление линейно только в модели постоянных сопротивлений. Амперметр включают последовательно с исследуемой ветвью; сам шунт внутри него параллелен головке. Это два разных уровня схемы.

За 3 минуты объясните деление тока; за 3 рассчитайте пример; за 2 проверьте половину шкалы; за 1 сравните внешнее и внутреннее включение. Амперметр имеет ненулевое сопротивление и может изменить ток, который измеряет.

Амперметр: головка и шунт между общими узлами

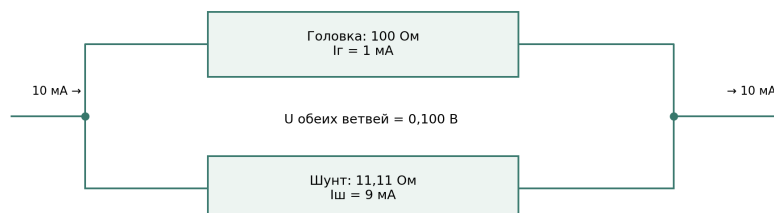


Схема полного предела разобранный примера. У головки и шунта общие два узла: соединение параллельное. $1+9=10$ мА; одинаковое напряжение проверяется законом Ома.



03. Практика 1: данные и доказательство

14-25 минут · Работа с первой серией

Учебное конструирование прибора: $R_g=60\text{ Ом}$, $I_g=2\text{ мА}$. Требуется предел $I=20\text{ мА}$. Данные для проверки работы шкалы приведены ниже.

Полный ток I	Задание
20 мА	Рассчитать $I_{ш}$, U и $R_{ш}$
10 мА	Найти ток головки
5 мА	Найти ток головки

2 минуты - переведите мА в А; 4 - рассчитайте шунт на полном пределе; 3 - проверьте две доли шкалы; 2 - подпишите схему и единицы. 8 класс получает равенства $I_{ш}=I-I_g$ и $U=I_g R_g$; 9 класс находит эквивалентное R_a и мощность шунта на пределе. Результат: расчёт, схема двух ветвей и две проверки. Критерии: шунт параллелен, токи складываются, напряжение ветвей одно.

04. Практика 2: перенос на новые условия

25-33 минуты · Самостоятельное решение

Перенос: идеальный источник 3,0 В питал резистор 30 Ом. Затем последовательно включили модель амперметра из практики 1 с $R_a=6\text{ Ом}$. Предел 20 мА для реального измерения такого тока недостаточен; здесь изучается только математическое возмущение цепи, прибор не подключают.

Модель цепи	Сопротивление в цепи
Без прибора	30 Ом
С прибором	30 Ом + 6 Ом
Вопрос	Вернёт ли новая градуировка прежний ток?

1 минута - прогноз; 3 - найдите ток до и после введения сопротивления; 2 - относительное изменение; 2 - объясните, почему исправленная подпись шкалы не уберёт влияние прибора. 9 класс предлагает, какое свойство амперметра уменьшит возмущение. Результат: два числа и ограничение измерения.

05. Обсуждение: аргумент и альтернатива

33-40 минут · Вывод, который можно обосновать

2 минуты: сравните «больше цифр на шкале» и «другая схема деления тока». 3 минуты: обоснуйте роль шунта равенствами токов и напряжений. 2 минуты: назовите две проверки перед выбором модели прибора - диапазон и влияние на цепь.

06. Индивидуальная проверка

40-45 минут · Собственный ответ

$R_g=90\text{ Ом}$, $I_g=1\text{ мА}$, новый предел 10 мА. Найдите $R_{ш}$, общее R_a , ток шунта на полном пределе и тип включения шунта. Решение 3 минуты, сверка и исправление 2 минуты.



Ответы, критерии и примечания учителю

Учителю: подготовка и план на 45 минут

Бумага, калькулятор и схема двух параллельных ветвей. Предпосылки: закон Ома, одинаковое напряжение параллельных ветвей и сумма токов. Никаких настоящих измерительных головок и источников не подключают: прибор - бумажная модель. 8 класс использует готовый алгоритм; 9 класс выводит $R_{ш} = R_g / (n - 1)$ и оценивает мощность. Не переносить расчётный шунт в бытовой мультиметр: его защита и диапазоны устроены сложнее.

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

На пределе $I_{ш} = 18 \text{ мА} = 0,018 \text{ А}$, $U = 0,002 \cdot 60 = 0,120 \text{ В}$; $R_{ш} = 0,120 / 0,018 = 6,667 \text{ Ом}$. При полном токе 10 мА головка получает 1 мА, при 5 мА - 0,5 мА. $R_a = 0,120 / 0,020 = 6 \text{ Ом}$. $R_{ш} = U \cdot I_{ш} = 0,120 \cdot 0,018 = 0,00216 \text{ Вт}$. Это расчётная мощность; выбирать физический резистор по ней без запаса и других проверок нельзя.

Ответ и объяснение практики 2

До: $3/30 = 0,100 \text{ А}$. После: $3/36 \approx 0,0833 \text{ А}$, снижение на 16,7%. Эти токи выше диапазона 20 мА, поэтому такая реальная сборка недопустима. Изменение схемы градуировка не отменяет: нужен прибор с подходящим пределом и малым R_a . Предельный ток и входное сопротивление - разные требования.

Опора для обсуждения

Перерисованная шкала не изменяет ток головки. Шунт изменяет отношение полного тока к току головки, затем прибор градуируют. Малое сопротивление прибора уменьшает вмешательство, но не разрешает превышать диапазон. Нельзя подключать амперметр непосредственно между клеммами источника.

Ключ и критерии индивидуальной работы

$R_{ш} = 90 / (10 - 1) = 10 \text{ Ом}$. $U = 0,001 \cdot 90 = 0,090 \text{ В}$, $R_a = 0,090 / 0,010 = 9 \text{ Ом}$. $I_{ш} = 9 \text{ мА}$. Шунт параллелен головке. Четыре элемента по 1 баллу: $R_{ш}$ с выводом, R_a , $I_{ш}$, схема. Последовательное включение шунта - принципиальная ошибка.



07. Соответствие исходной программе

Пункт программы → действие ученика → проверяемый результат

Пункт программы	Действие ученика	Проверяемый результат
Амперметр; увеличение предела; работа №6	Рассчитывает обходную ветвь	Токи и напряжения согласованы
Исследовательская проверка модели	Сравнивает цепь с прибором и без	Различает предел и сопротивление прибора

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

Амперметр: головка и шунт между общими узлами

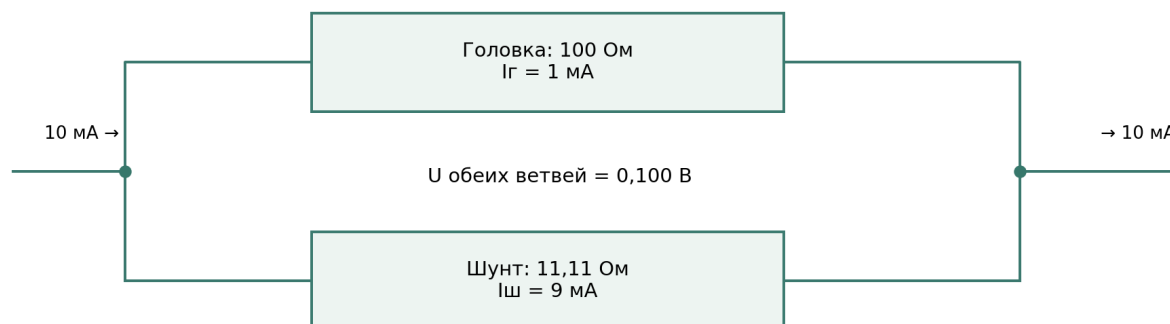


Схема полного предела разобранного примера. У головки и шунта общие два узла: соединение параллельное. $1+9=10$ мА; одинаковое напряжение проверяется законом Ома.