ON4CRD

Том 07

Резисторы



Radio Club Durnal ON4CRD

https://on4crd.be

Юридическая информация

Том 07 · Резисторы

Издатель веб-сайта : Radio Club Durnal ON4CRD

Менеджер публикаций : Комитет Radio Club Durnal ON4CRD

https://on4crd.be

Юридическая информация

Интеллектуальная собственность

Тексты, изображения, документы, логотипы и материалы, опубликованные на сайте, остаются собственностью их авторов или клуба. Любое воспроизведение или повторное использование должно осуществляться с соблюдением источника, применимых прав и любого разрешения автора.

Ответственность

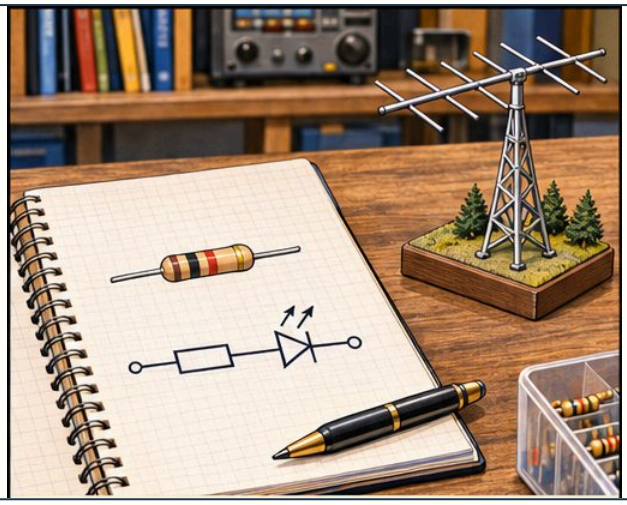
Клуб старается публиковать полезную и проверенную информацию, но не гарантирует отсутствие ошибок, упущений или перебоев. Техническую или нормативную информацию необходимо сверять с официальными источниками, если она поддерживает решение.

Иллюстрации созданы с помощью искусственного интеллекта.

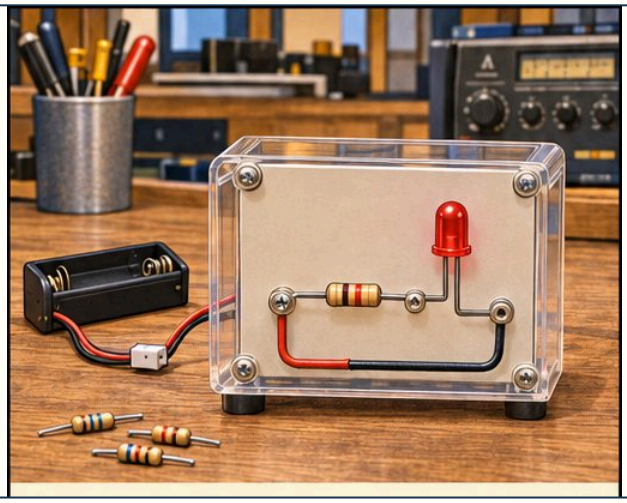
Индикатор для стенда



Lucas встречается с Henri, чтобы подготовить знакомство с клубом.



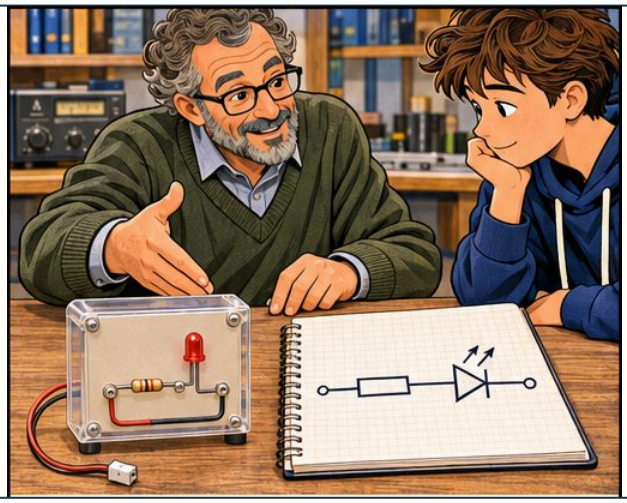
После антенн в их тетради появится гораздо меньшая деталь.



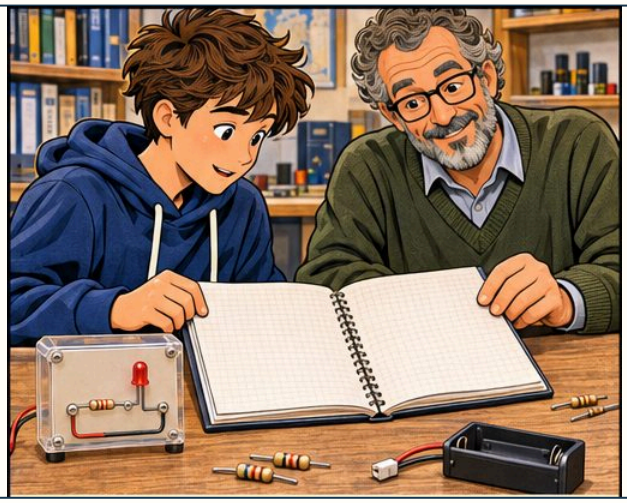
Индикатор небольшой демонстрационной панели больше не горит.



«Заменим светодиод?» — предлагает Lucas, открывая коробку деталей.

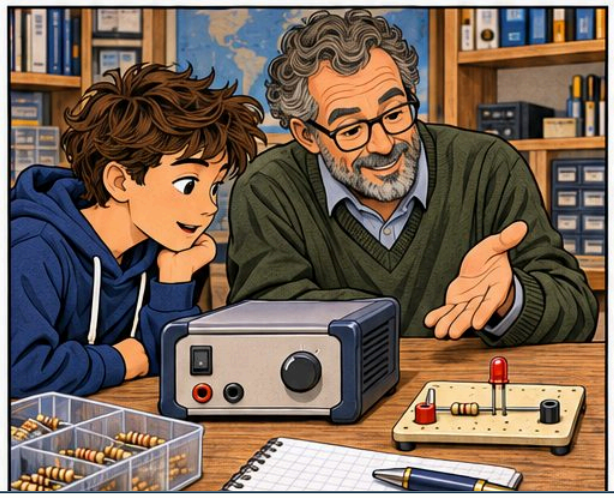


Henri хочет сначала разобраться в схеме, а затем что-либо менять.



Их задача — вернуть надёжный индикатор и объяснить каждый выбор.

Сначала отключить



Панель питается от учебного источника 5 V с ограничением тока.



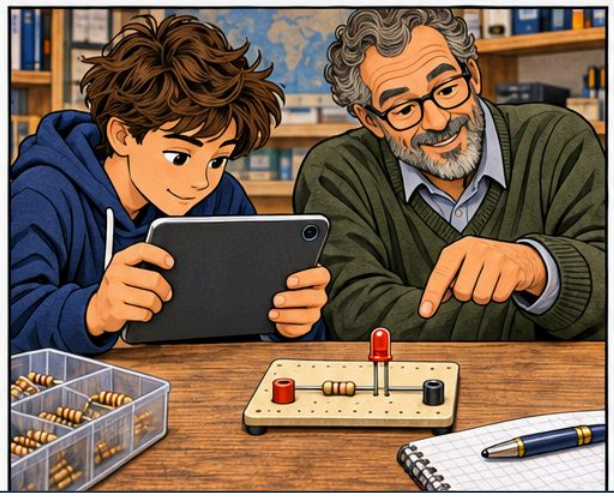
Перед работой Henri выключает источник и отсоединяет его.



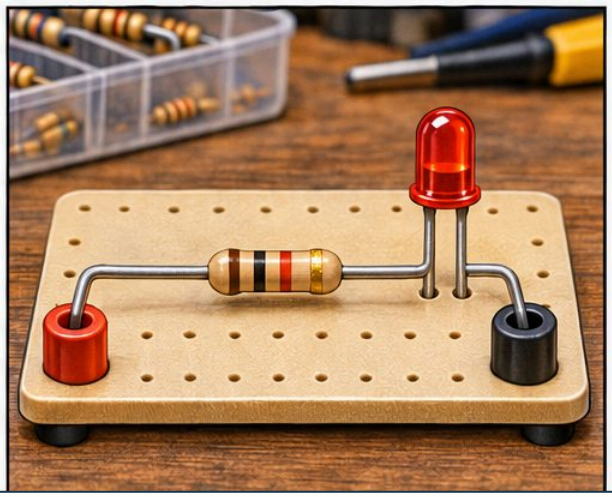
Они ждут предусмотренного разряда и проверяют отсутствие напряжения.



В этой мастерской не вскрывают приборы, подключённые к сети.



Lucas фотографирует соединения и следует схеме панели.



На пути светодиода он замечает маленький резистор.

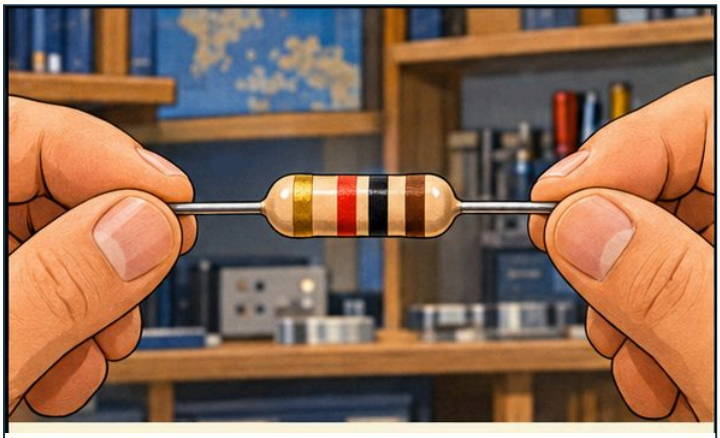
Одно слово, два смысла



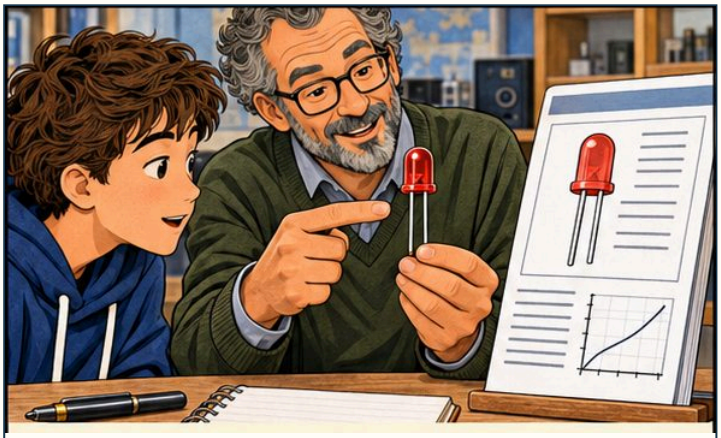
Сопротивлением называют электрическую величину R; деталь — резистором.



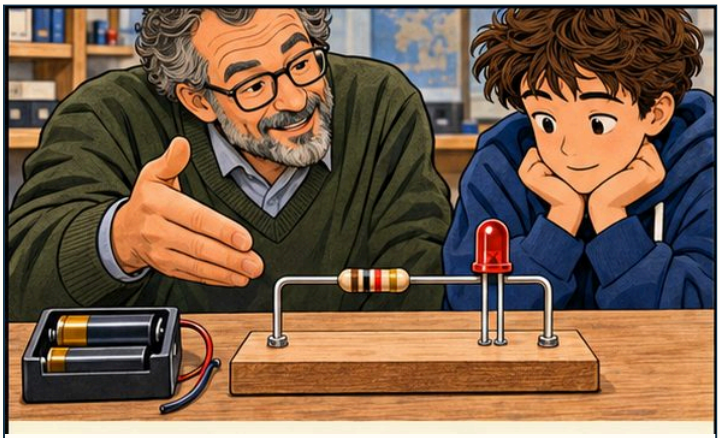
Эта величина измеряется в омах, обозначаемых Ω.



Обычный резистор не требует определённого направления подключения.



У светодиода, напротив, необходимо соблюдать полярность.



Последовательный резистор помогает ограничивать ток светодиода.

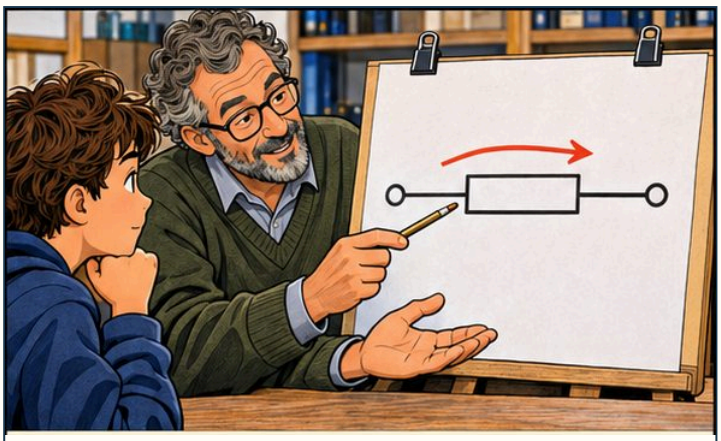


До поиска неисправности Lucas выясняет роль каждой детали.

Вспомнить закон Ома



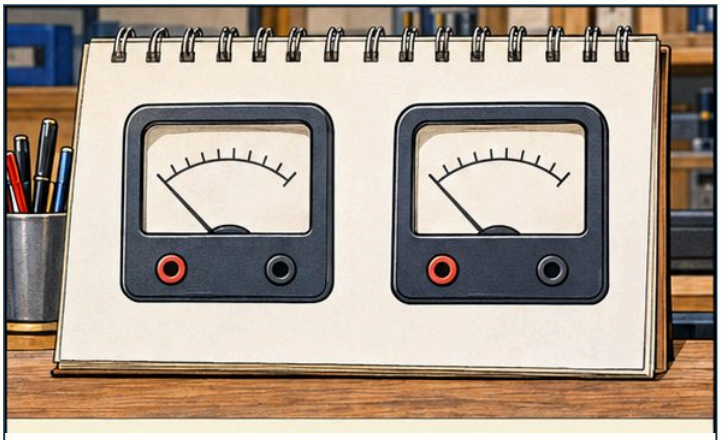
Для омического резистора при заданной температуре U = R × I.



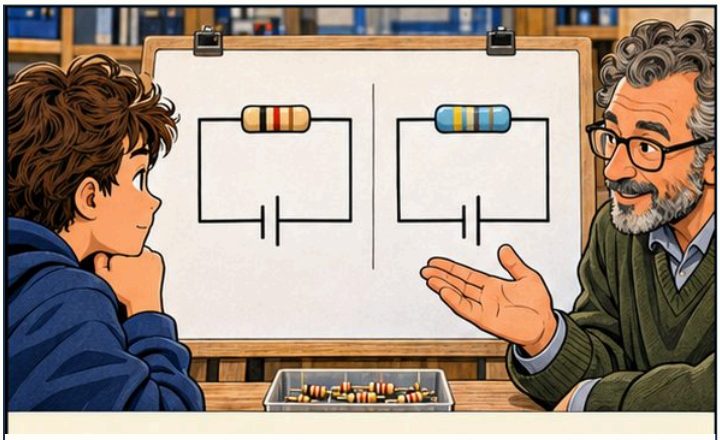
U — напряжение на его выводах, I — ток через него.



Можно также записать I = U / R и R = U / I.



В этих расчётах U выражено в вольтах, I — в амперах.



При одинаковом напряжении увеличение R уменьшает ток.

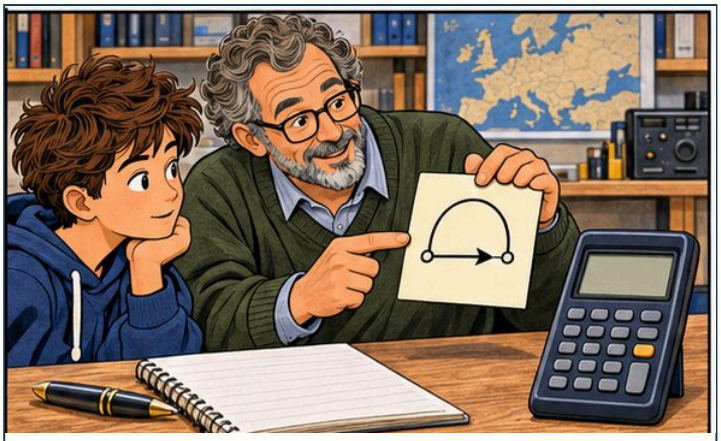


«Светодиод — не омическое сопротивление», — напоминает Henri.

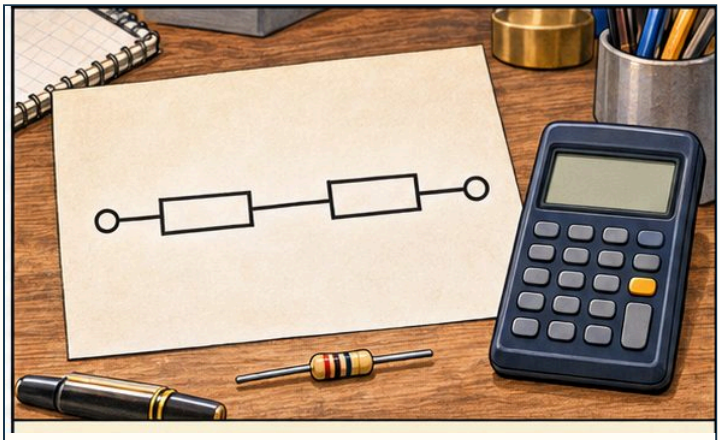
Единицы прежде чисел



1 kΩ = 1 000 Ω; 1 MΩ = 1 000 000 Ω.



1 mA = 0,001 A: перед формулой Lucas переводит единицы.



При 5 V на 1 kΩ расчёт даёт 5 mA.



На некоторых деталях 4K7 означает 4,7 kΩ, а 2R2 — 2,2 Ω.



Маркировка зависит от детали; её документация остаётся основой.



Lucas обводит единицы: забытая приставка может изменить весь выбор.

Прочесть перед измерением



На резисторе панели нанесены цветные кольца.



Henri приносит таблицу производителя и лупу.



Сначала они определяют число полос и расстояния между ними.



Полоса допуска часто отделена от остальных.



Если направление неясно, сверяют модель и измеренное значение.



Плохо освещённого цвета недостаточно для выбора замены.

Четыре полосы, четыре роли



В обычном четырёхполосном коде первые две полосы задают две цифры.



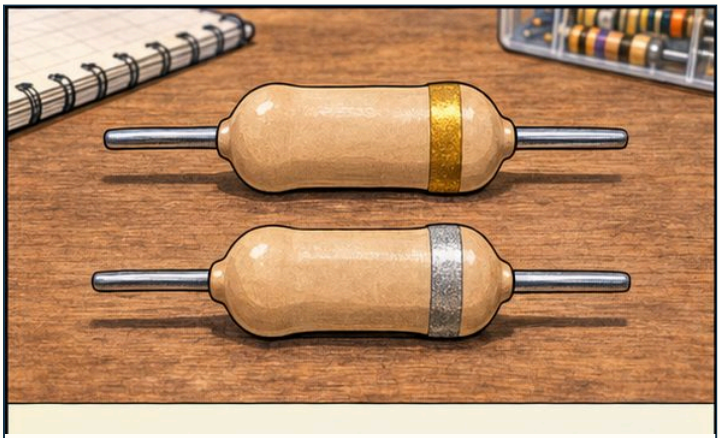
Третья полоса — множитель.



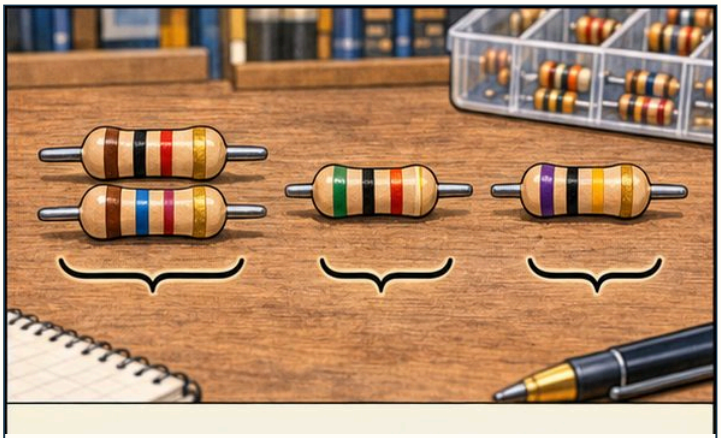
Четвёртая указывает допуск номинального значения.



Читают с конца, противоположного полосе допуска.



Золото здесь означает ±5 %, серебро — ±10 %.



«Две цифры, множитель, запас», — подводит итог Lucas.

Палитра цифр



Чёрный — 0; коричневый — 1; красный — 2; оранжевый — 3; жёлтый — 4.



Зелёный — 5; синий — 6; фиолетовый — 7; серый — 8; белый — 9.



Роль цвета определяется его положением в коде.



Как множитель красный означает ×100, оранжевый — ×1 000.



Золото и серебро могут также умножать на 0,1 и 0,01.



Lucas держит таблицу рядом: понимать лучше, чем угадывать.

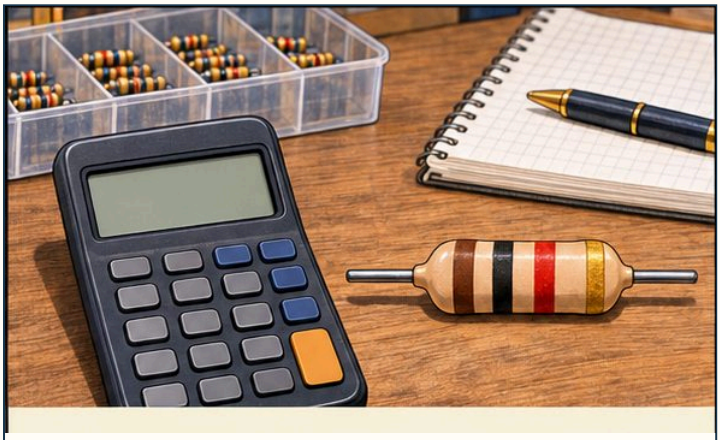
Первая расшифровка



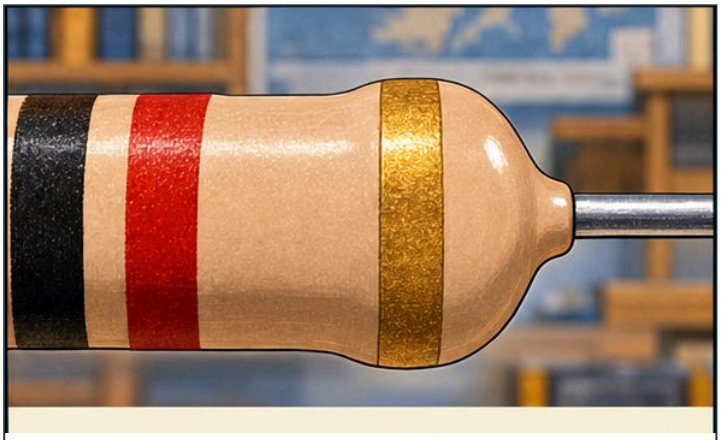
Вот пример: коричневый, чёрный, красный, золотой.



Коричневый и чёрный дают 10; красный умножает на 100.



10 × 100 = 1 000 Ω, то есть 1 kΩ.



Золотая полоса добавляет допуск ±5 %.



Поэтому номинал не обещает абсолютно точного значения.

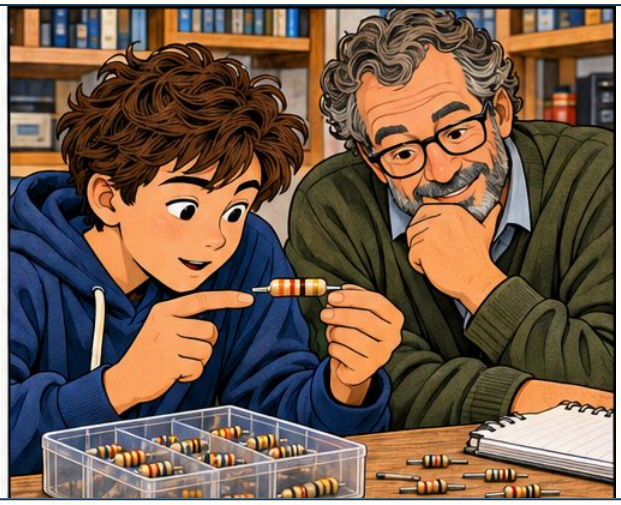


Lucas записывает значение и допуск раздельно.

Деталь индикатора



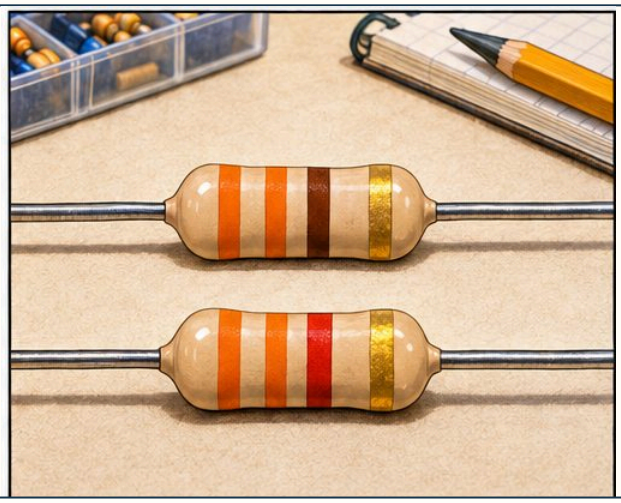
В документации панели: оранжевый, оранжевый, коричневый, золотой.



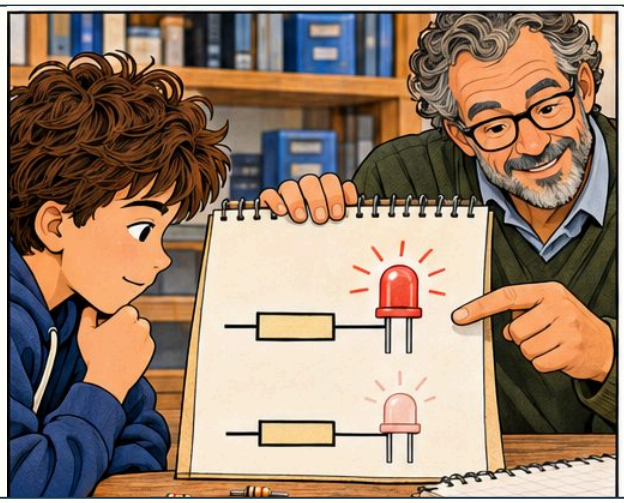
Первые две полосы дают 33; коричневый означает ×10.



Получается 330 Ω с допуском ±5 %.



Красная третья полоса дала бы 3 300 Ω, или 3,3 kΩ.



Такая путаница сильно уменьшила бы ток индикатора.



Henri сохраняет оба примера для будущего занятия с посетителями.

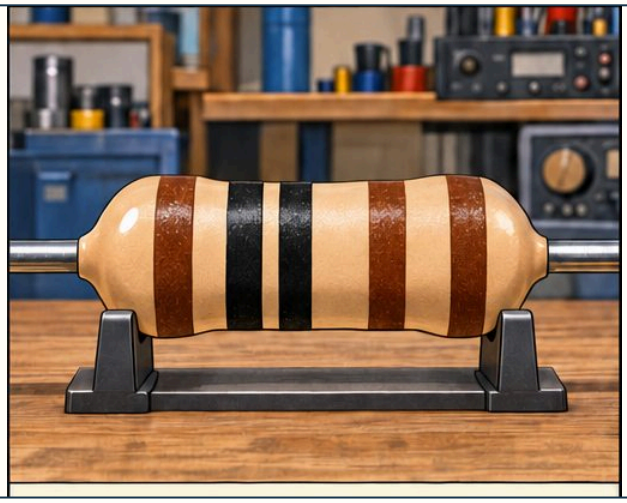
Ещё одна полоса



Обычный пятиполосный код начинается с трёх значащих цифр.



Четвёртая полоса умножает, пятая указывает допуск.



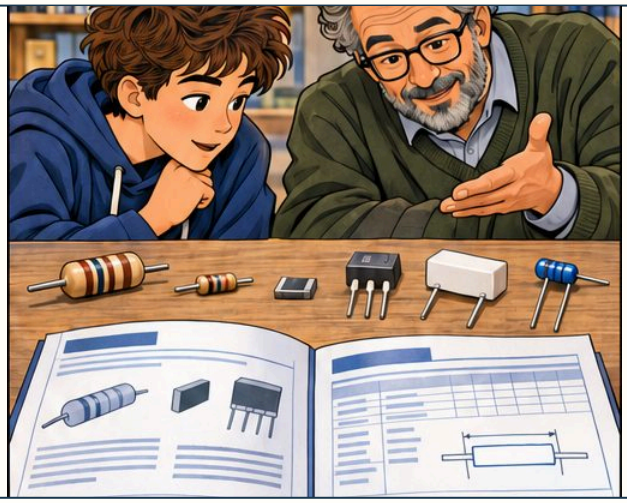
Коричневый, чёрный, чёрный, коричневый, коричневый: 100 × 10 = 1 000 Ω.



Последний коричневый здесь означает ±1 %.

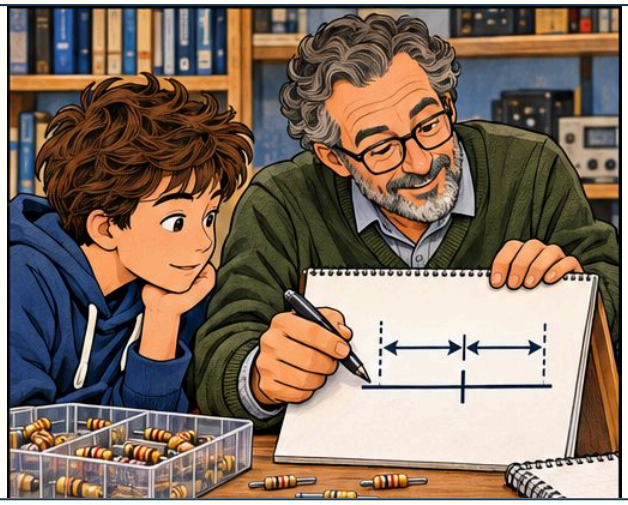


Нельзя читать пять полос так, будто их только четыре.



Есть и другие маркировки: Henri советует нужную документацию.

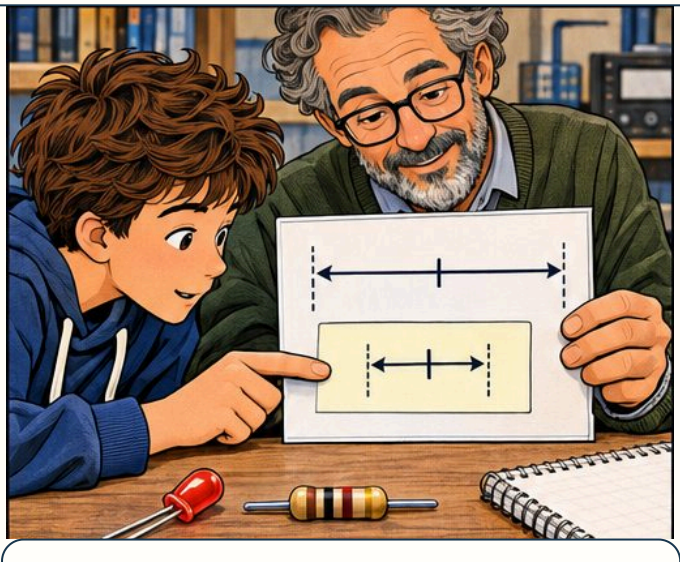
Понять допуск



Для 1 kΩ с ±5 % максимальное номинальное отклонение — 50 Ω.



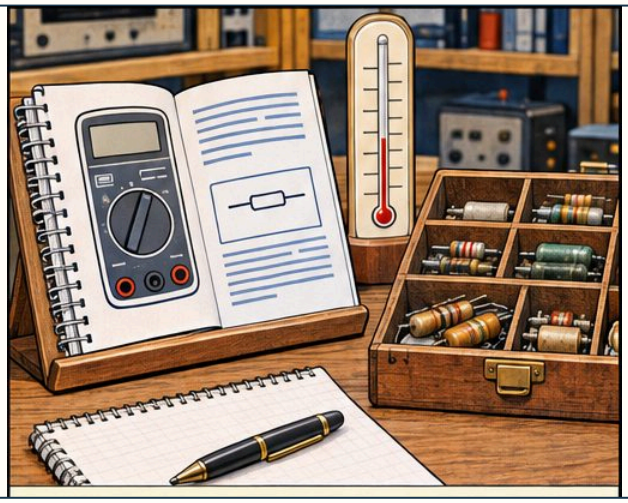
Соответствующий интервал: от 950 Ω до 1 050 Ω.



Для 330 Ω с ±5 %: от 313,5 Ω до 346,5 Ω.



Эти пределы действуют в опорных условиях производителя.



Важны также температура, старение и неопределённость измерения.



Lucas понимает, почему две исправные детали дают разные показания.

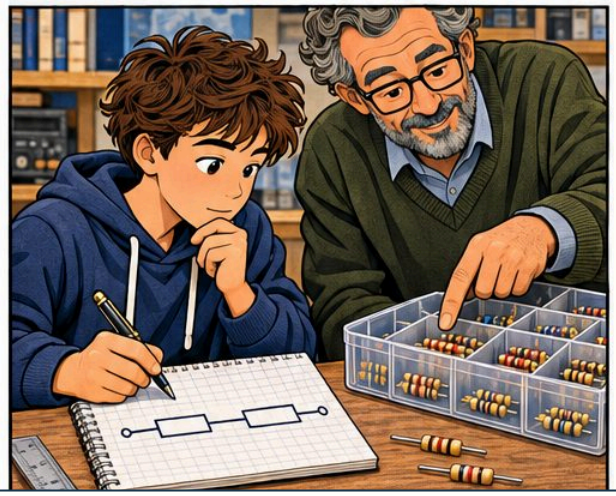
Выбрать доступное значение



Производители предлагают стандартные ряды номиналов.



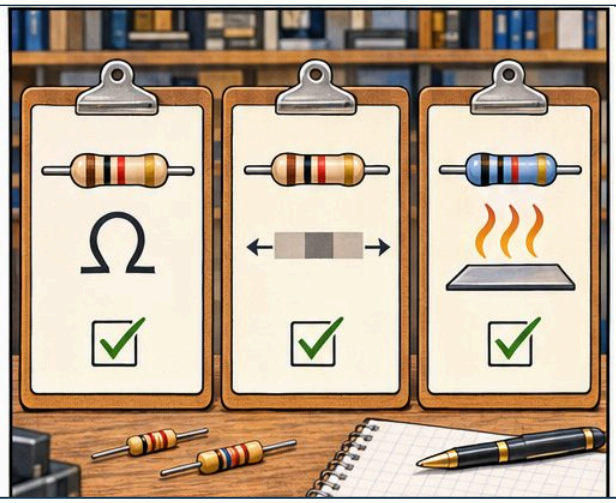
В ряду E12 есть, например, 270 Ω, 330 Ω и 390 Ω.



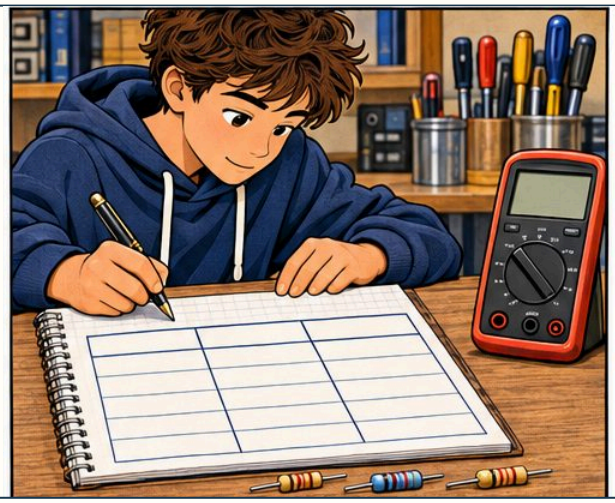
Результату расчёта не всегда соответствует деталь в ящике.



Они выбирают по нужному действию, затем пересчитывают.



Сопротивление, допуск и мощность — разные критерии.

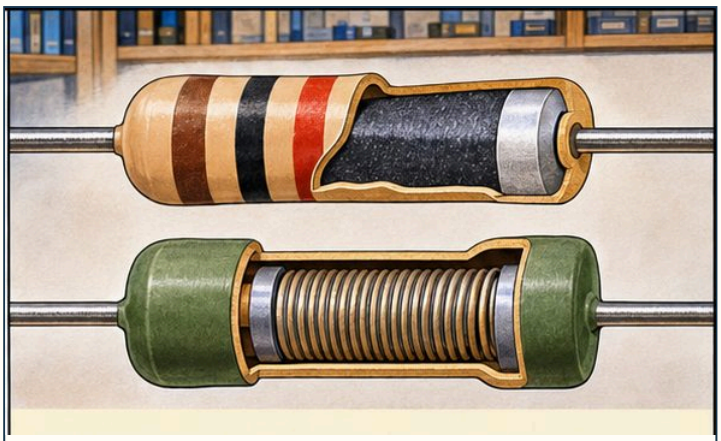


Lucas выделяет для каждого место в списке деталей.

Под одним названием



Резисторы одного номинала могут иметь разную конструкцию.



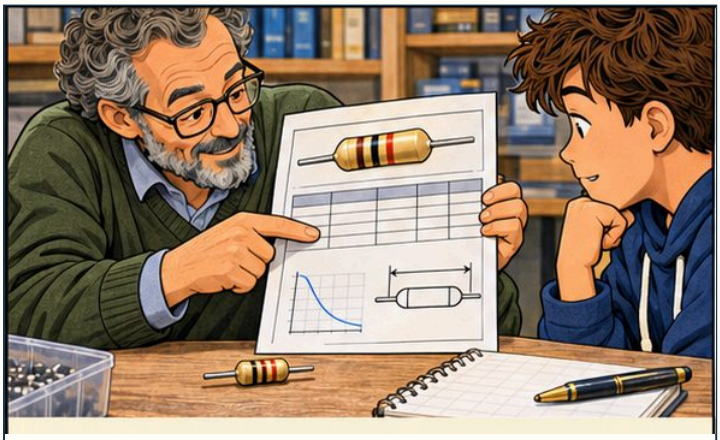
Henri показывает плёночные и проволочный образцы.



Маленькие SMD-резисторы ставят прямо на печатную плату.



Размер сам по себе не раскрывает допуск и все ограничения.

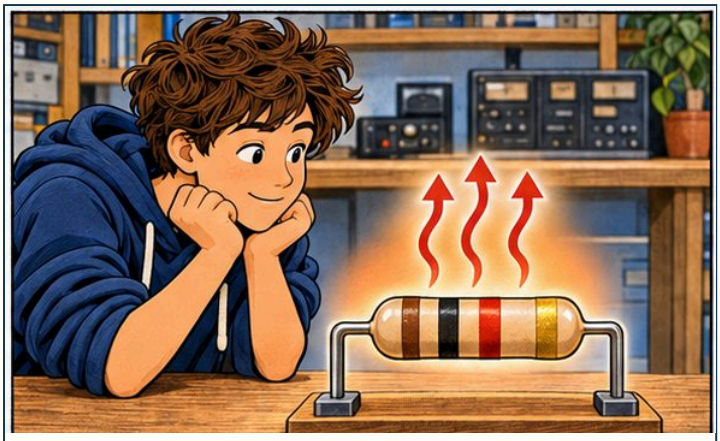


Документация задаёт мощность, предельное напряжение и условия работы.

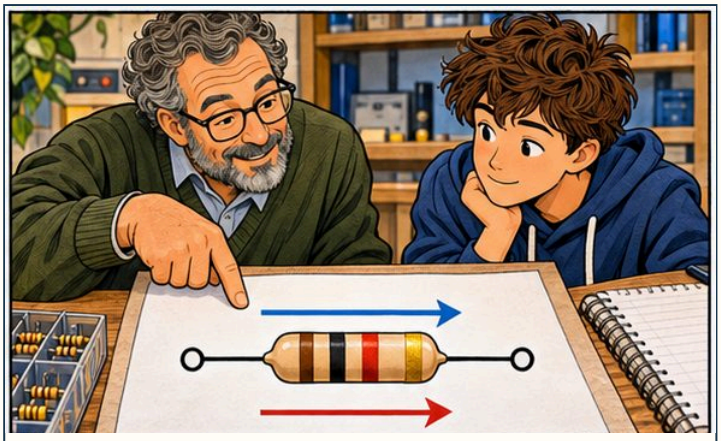


Для индикатора выбирают известную деталь с документацией.

Куда уходит энергия?



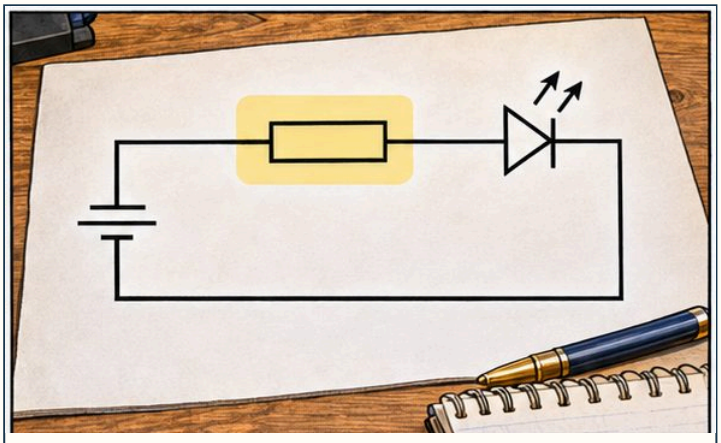
Резистор рассеивает электрическую энергию в виде тепла.



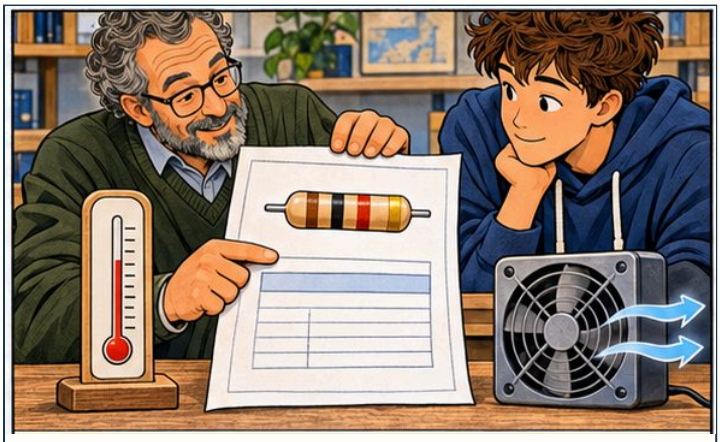
Его рассеиваемая мощность: P = U × I.



По закону Ома: P = R × I² = U² / R.



Эти U и I относятся к рассматриваемому резистору.

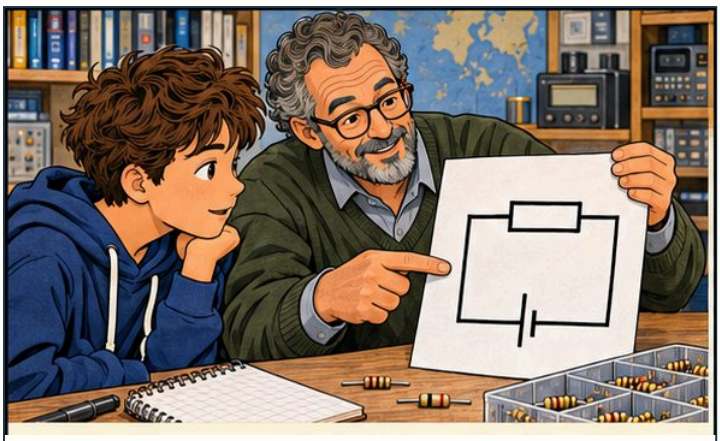


Номинальная мощность — предел при определённых условиях.



«Больше ватт не значит больше ом», — заключает Lucas.

Пример с нагревом



На бумаге считают: 12 V на 1 kΩ дают 12 mA.



Мощность: 12^2 / 1 000 = 0,144 W.



Деталь 0,25 W может подойти, если позволяют условия применения.



Они оставляют запас и проверяют температуру окружающей среды.

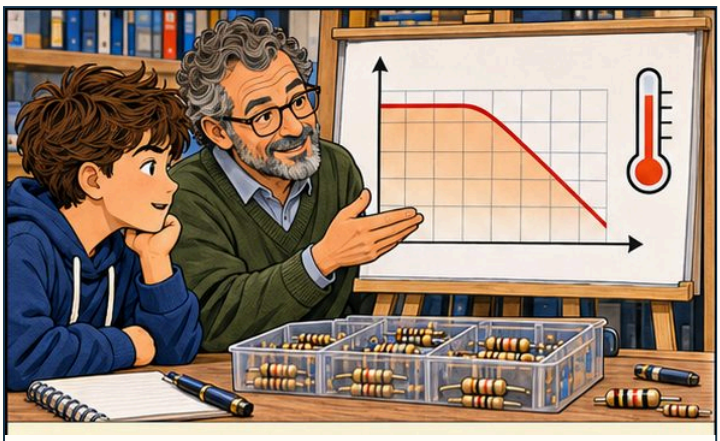


Закрытый корпус или близкий источник тепла может изменить выбор.



Для понимания расчёта опыт с нагревом не нужен.

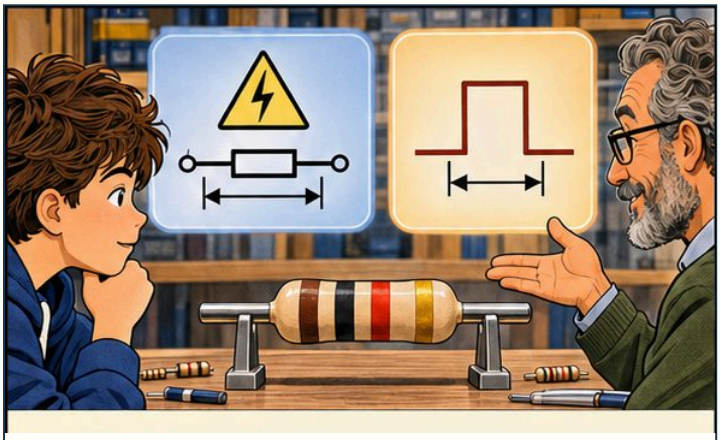
Предел — не цель



При высокой температуре кривая снижения нагрузки может уменьшать допустимую мощность.



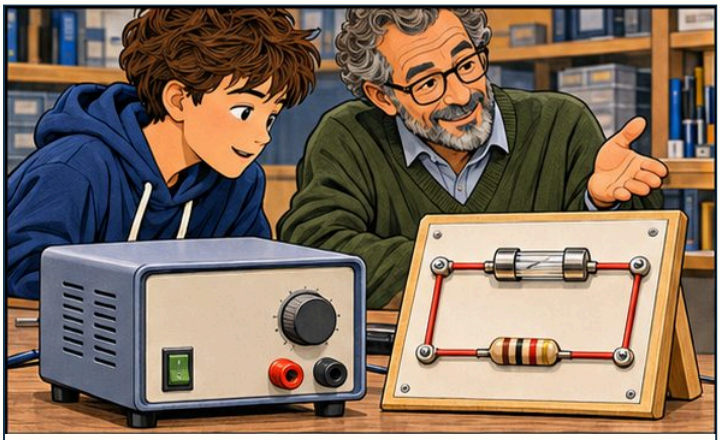
Henri показывает её в документации выбранной модели.



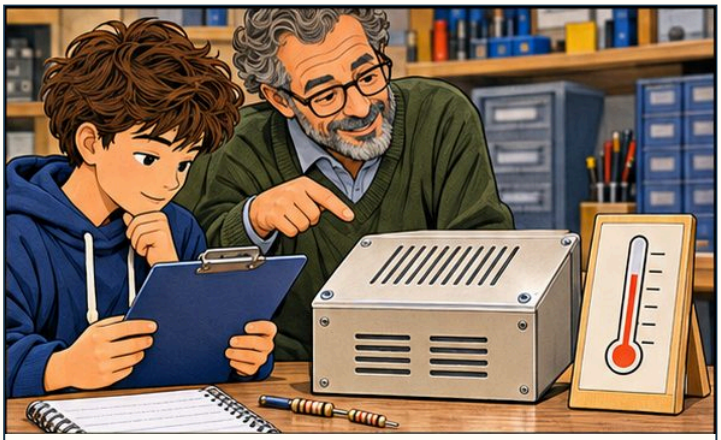
Проверяют также рабочее напряжение и возможные импульсы.



Рассеивающий резистор не заменяет предохранитель.

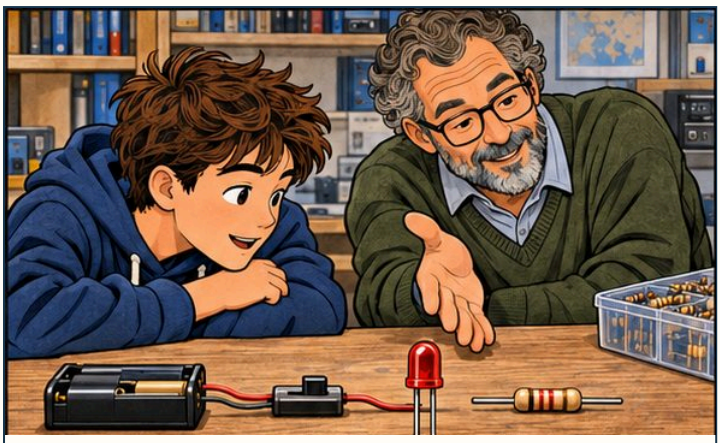


Панель сохраняет предусмотренную разработчиком защиту.

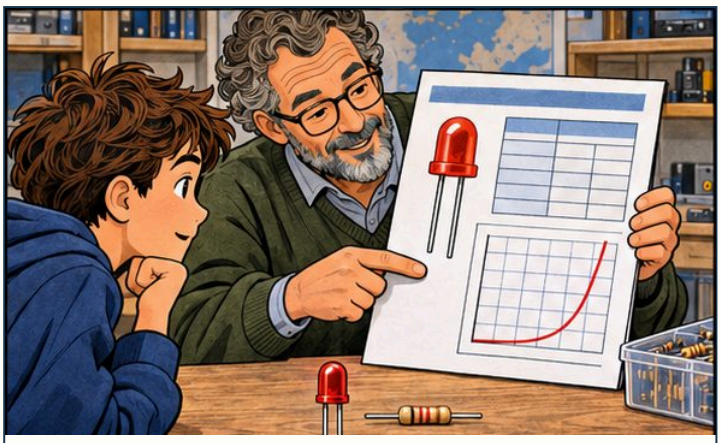


Lucas выберет с запасом, затем проверит реальные условия.

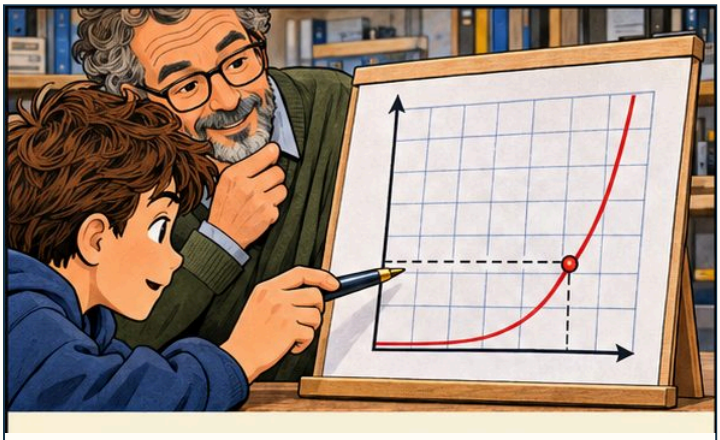
Подготовить расчёт индикатора



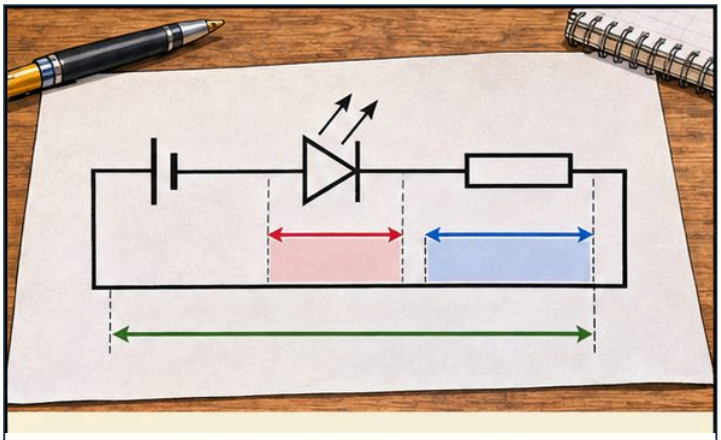
В их примере — источник 5 V и красный светодиод.



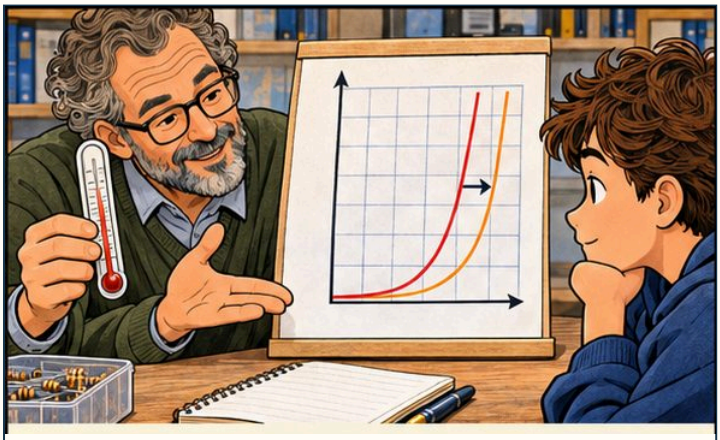
Его документация позволяет принять около 2 V при изучаемом токе.



Цель — 10 mA, в пределах этой модели.



Тогда на последовательном резисторе около 5 − 2 = 3 V.

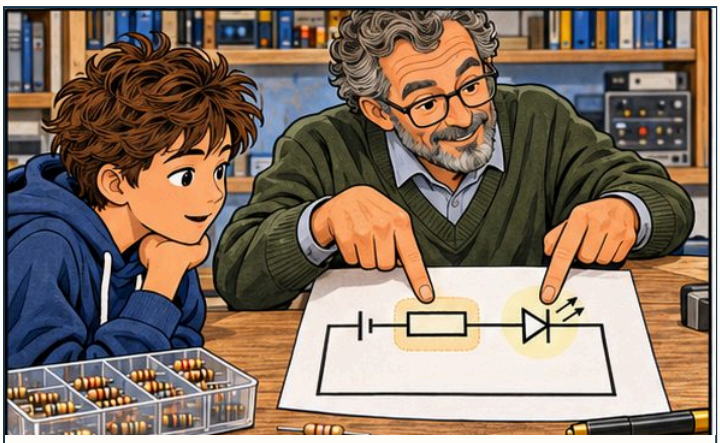


Прямое напряжение светодиода зависит от тока и температуры.

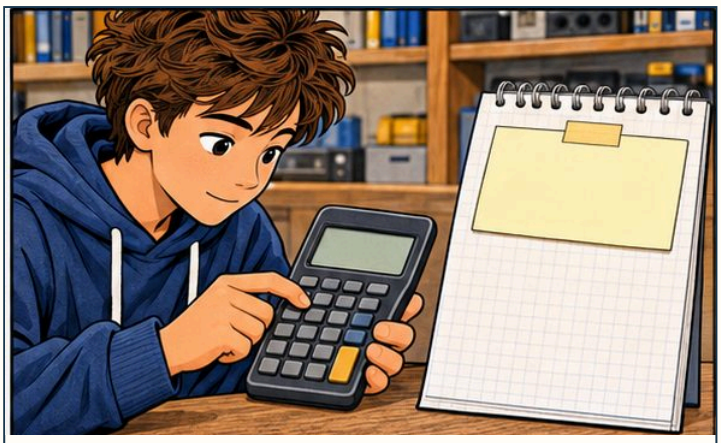


Это допущения расчёта, неприменимые ко всем светодиодам.

Теоретическое значение



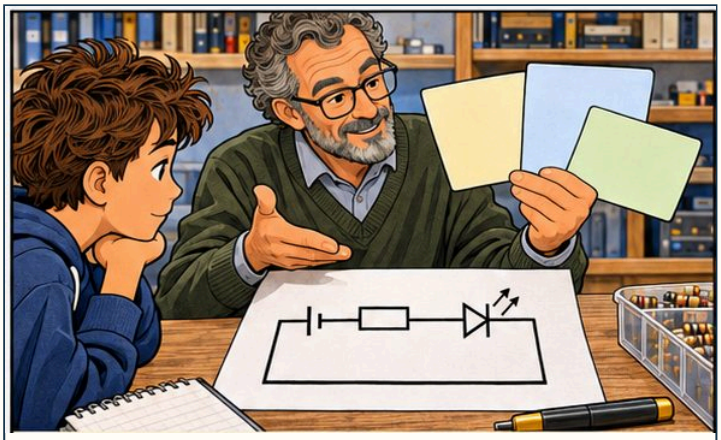
Для последовательного резистора: R = (Uпитания − ULED) / I.



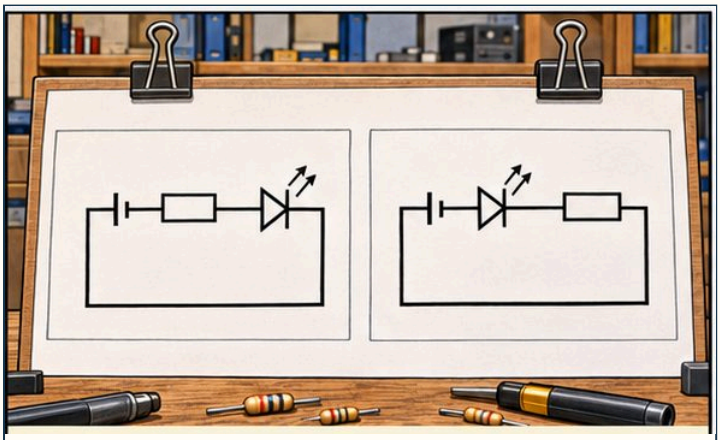
Lucas переводит: 10 mA = 0,010 A.



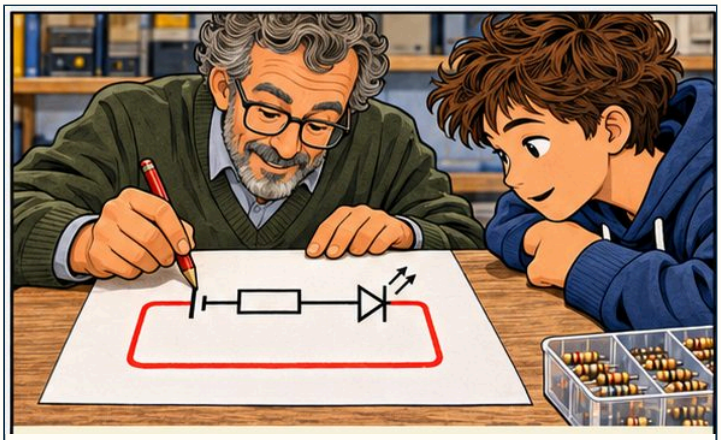
Он считает R = (5 − 2) / 0,010 = 300 Ω.



Значение предполагает напряжения примера и намеченный ток.



В одной последовательной петле резистор можно ставить до или после LED.

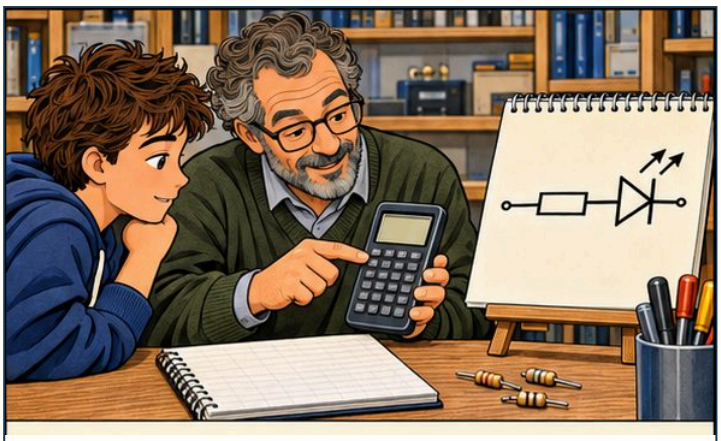


Henri проверяет схему, особенно отсутствие обхода резистора.

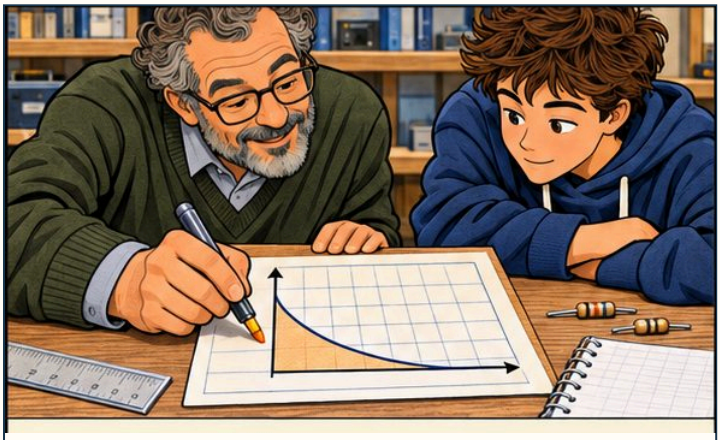
От расчёта к ящику



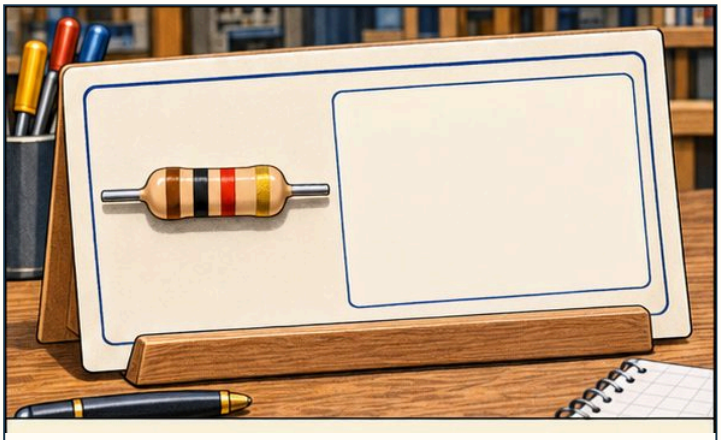
Из запаса выбирают 330 Ω вместо 270 Ω.



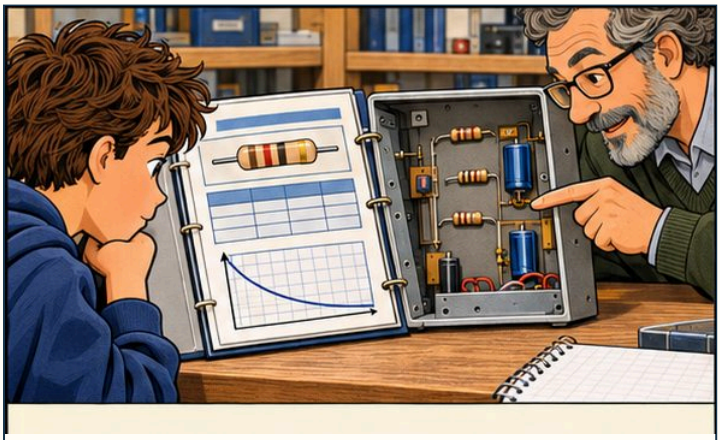
При тех же допущениях I ≈ 3 / 330 ≈ 9,1 mA.



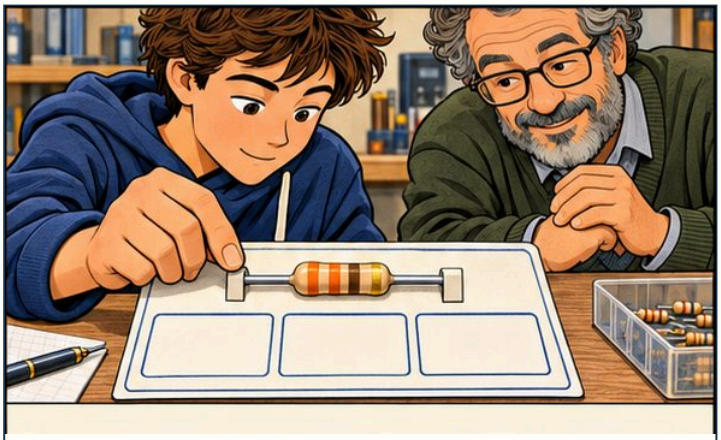
Мощность резистора около 3^2 / 330 ≈ 0,027 W.



Известная деталь 0,25 W здесь даёт хороший тепловой запас.

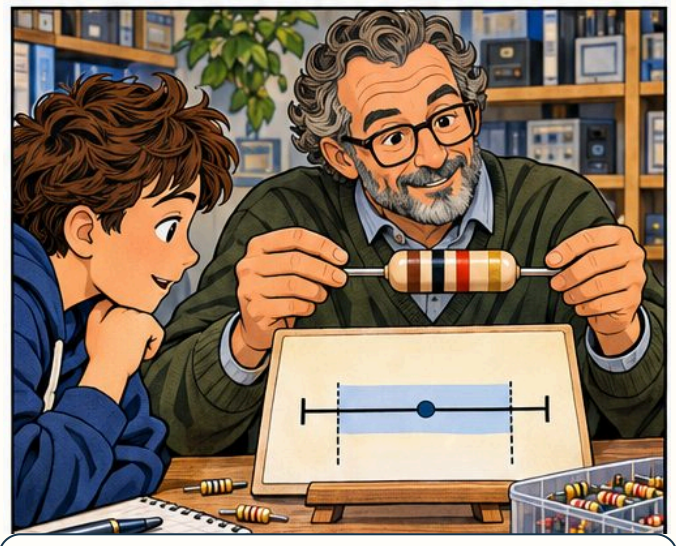


Всё же проверяют документацию и ожидаемые условия внутри панели.



Lucas записывает: 330 Ω, ±5 %, 0,25 W; все три критерия указаны.

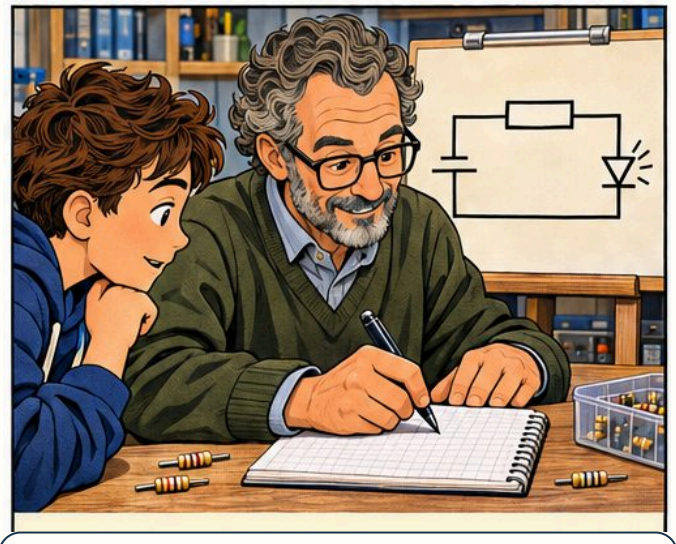
Учесть отклонения



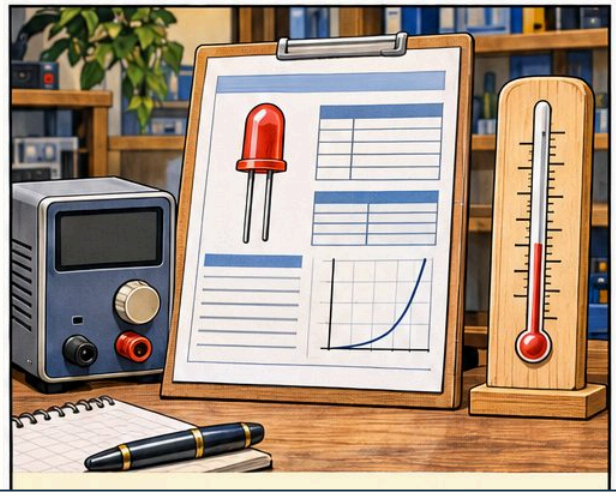
Уже допуск R изменяет расчётный ток.



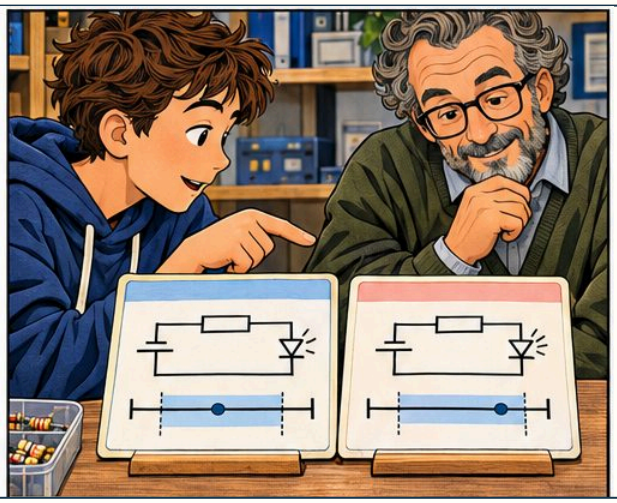
При 3 V на резисторе 313,5 Ω дают около 9,57 mA.



При 346,5 Ω получается около 8,66 mA.



Питание и напряжение светодиода тоже меняются.



В реальной схеме по документации проверяют неблагоприятный случай.



«Полезное приближение сохраняет допущения», — запоминает Lucas.

Когда нужен омметр



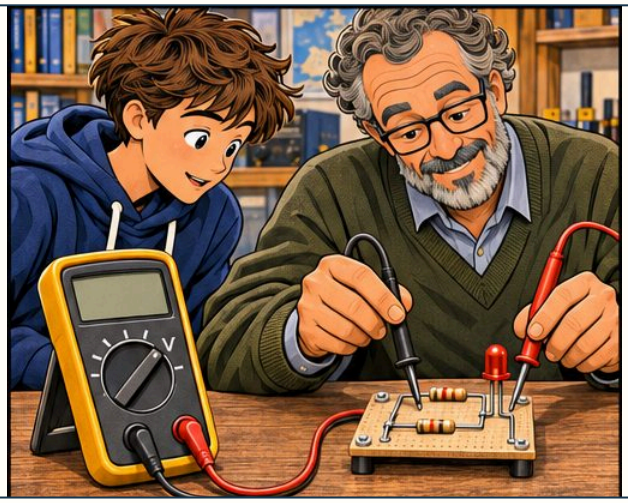
Омметр подаёт небольшой сигнал, чтобы определить сопротивление.



Его не используют в цепи под питанием.



Henri выключает, отсоединяет питание и выполняет разряд панели.



Затем проверяет отсутствие напряжения подходящим режимом.



Лишь после этих проверок переходят к измерению сопротивления.



Lucas добавляет точную последовательность в памятку диагностики.

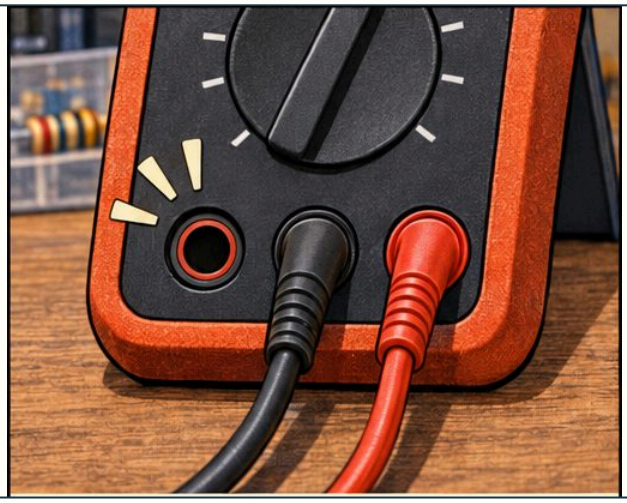
Подготовить щупы



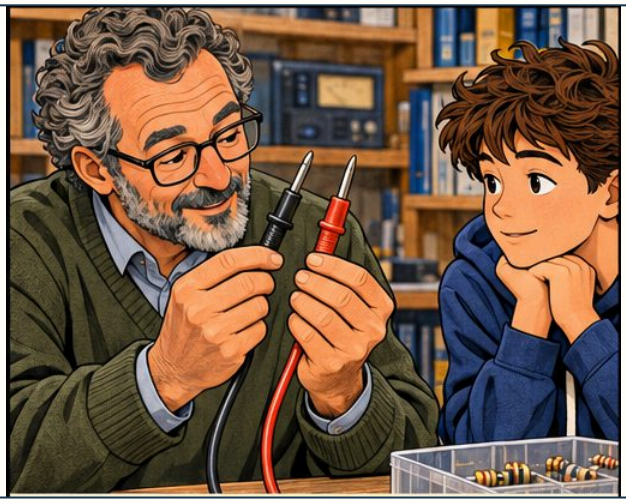
Разъёмы и диапазон выбирают по инструкции мультиметра.



Чёрный штекер — в COM, красный — во вход для измерения ом.



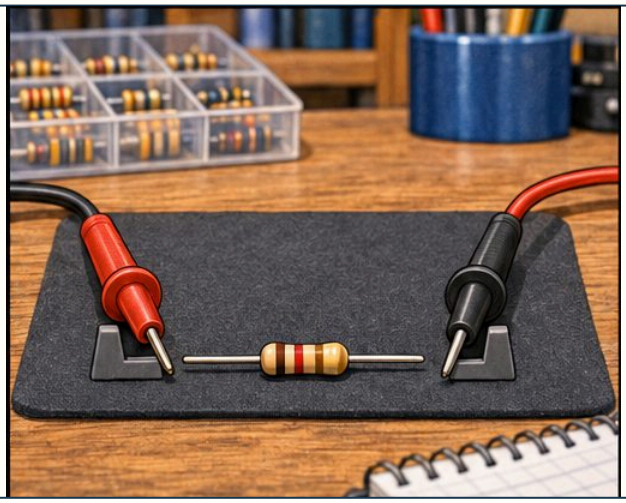
Токовый вход для этого измерения не используют.



Проверяют провода и контакт наконечников.

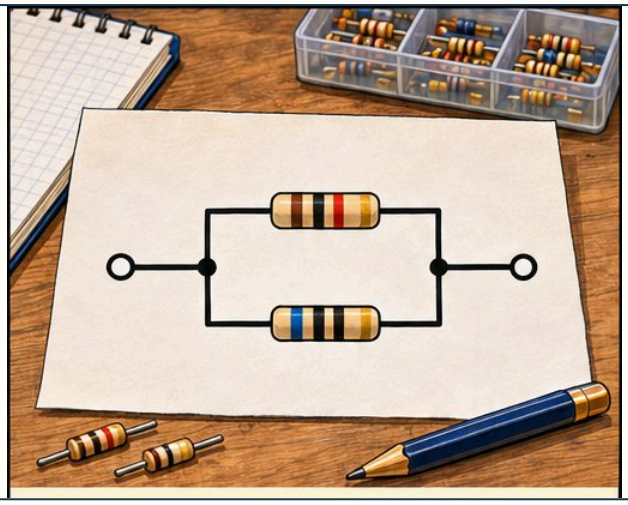


Пальцы и плохой контакт искажают показания, особенно больших сопротивлений.

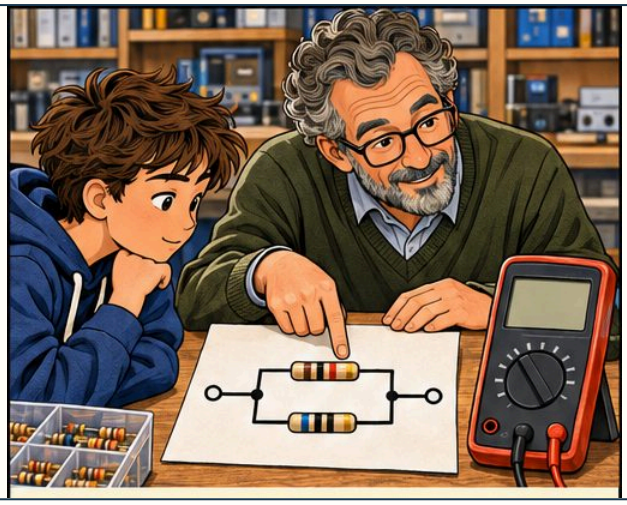


Lucas кладёт деталь на изолирующую поверхность и убирает руки.

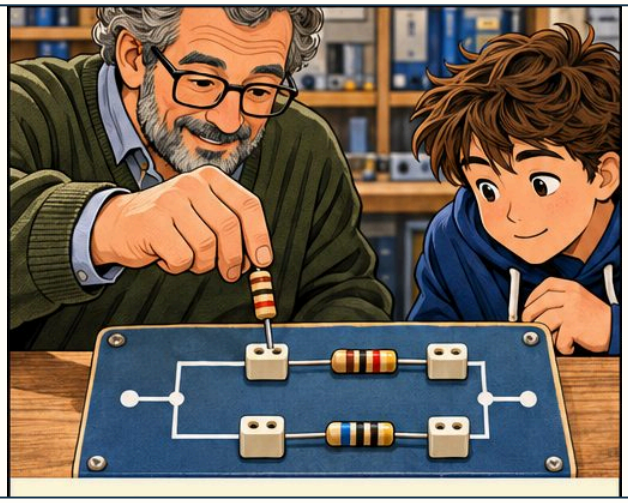
Избежать скрытых путей



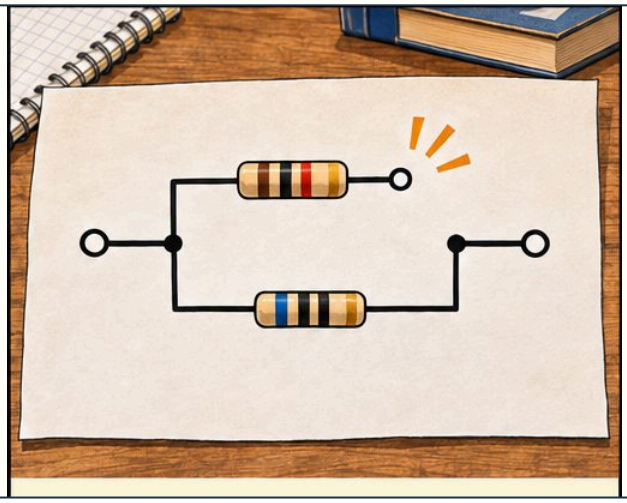
В схеме другие детали могут создавать параллельные пути.



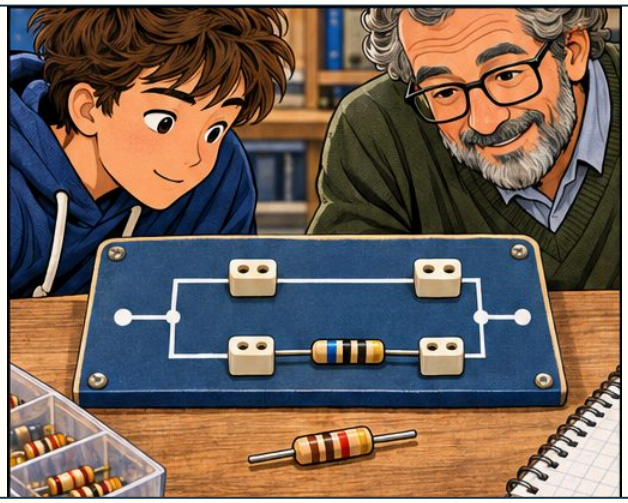
Тогда показание необязательно равно сопротивлению одной детали.



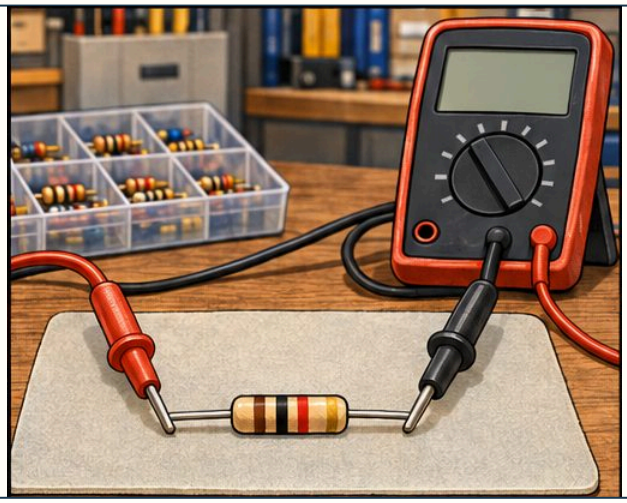
Из обесточенной панели со вставными деталями резистор вынимают.



В других схемах может потребоваться отсоединить один вывод.



Здесь ничего не отпаивают: держатель позволяет отделить деталь.



Снятый резистор теперь можно измерить отдельно.

Не преувеличивать показания



Сначала тренируются на известном резисторе 1 kΩ с ±5 %.



В тетради — возможное показание: 0,998 kΩ, то есть 998 Ω.



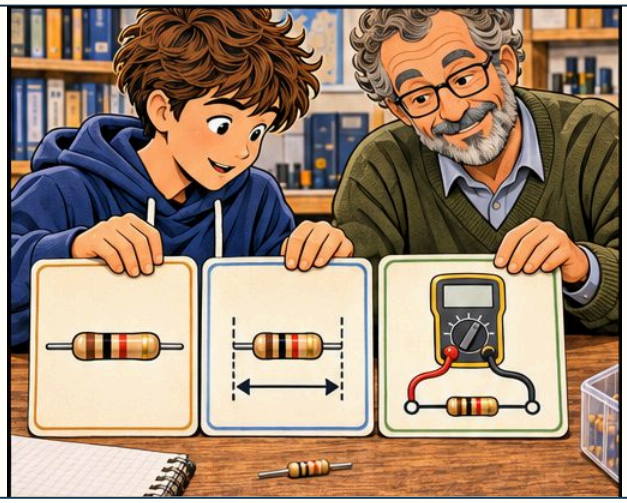
Это внутри номинального интервала от 950 Ω до 1 050 Ω.



Точность мультиметра и качество контактов ограничивают вывод.



Сигнал прозвонки не заменяет численное измерение сопротивления.

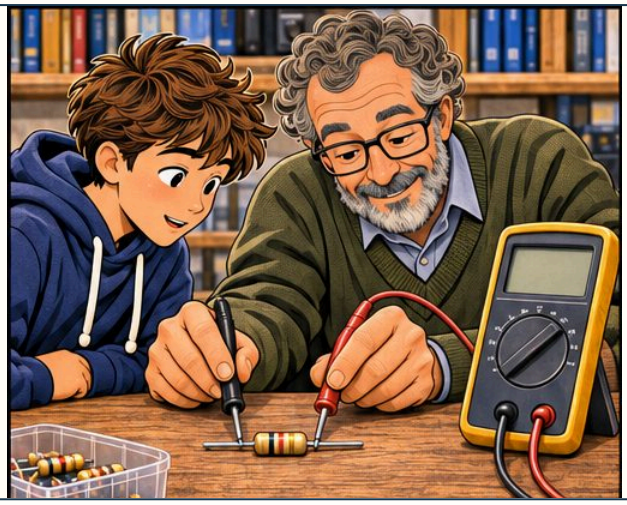


Lucas всегда сверяет единицу, ожидаемый диапазон и условия.

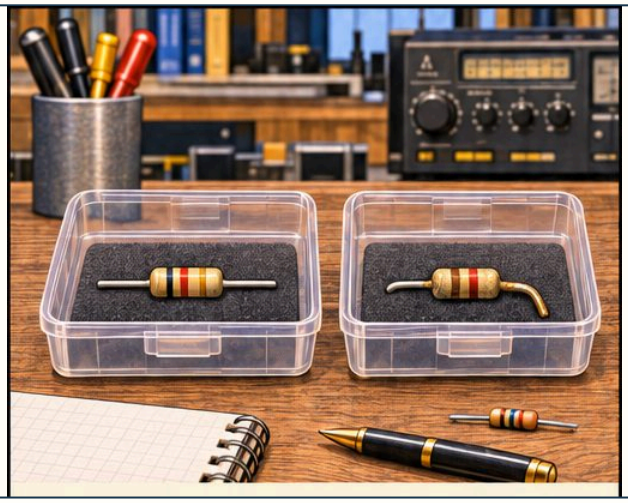
Зацепка, ещё не вердикт



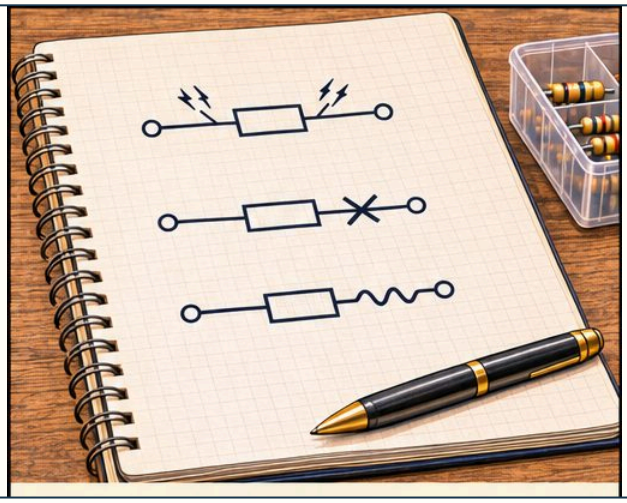
У снятой детали индикатора повреждён контакт вывода.



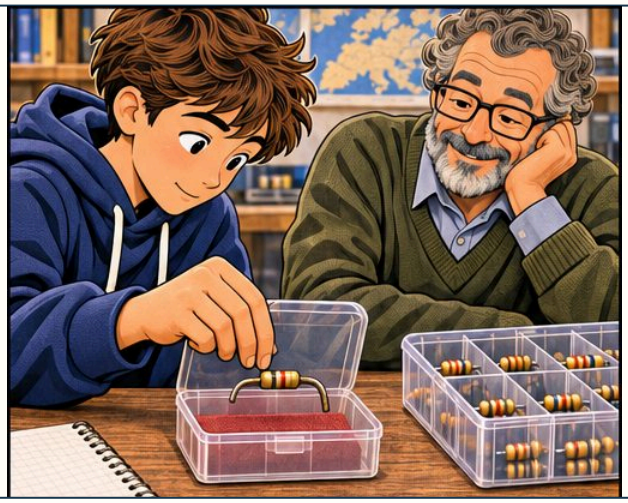
Показание нестабильно; Henri заново устанавливает измерительные контакты.



Они сравнивают поведение с известной деталью.



Выход за диапазон может быть вызван деталью, проводами или контактом.



Подозрительную деталь откладывают, не заявляя, что нашли весь дефект.

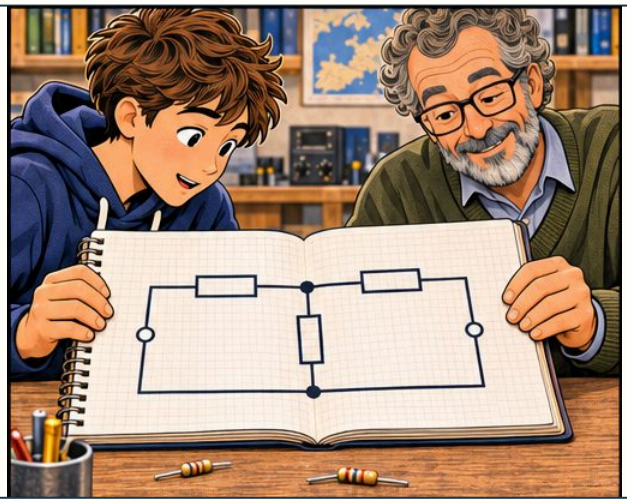


Схема ещё должна показать, как резисторы работают вместе.

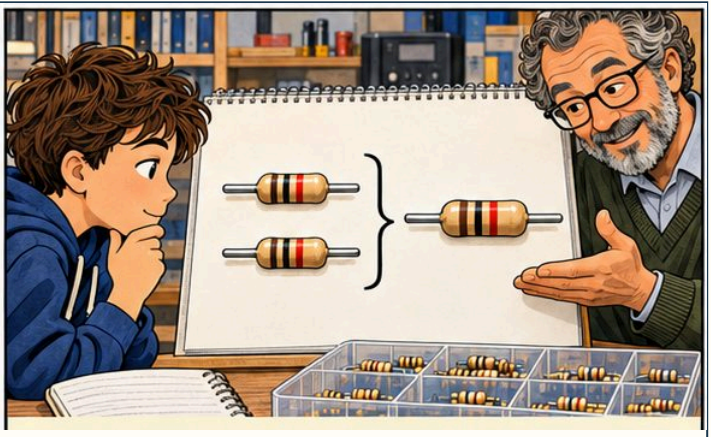
На единственном пути



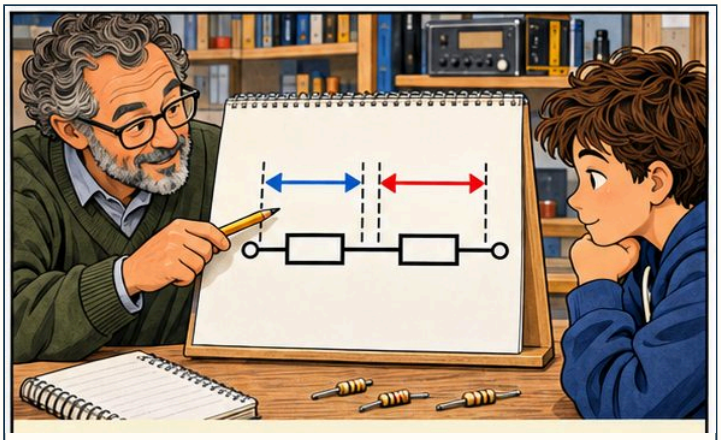
Резисторы последовательны, если через них идёт один ток без ответвления.



Их эквивалентное сопротивление: R = R1 + R2.



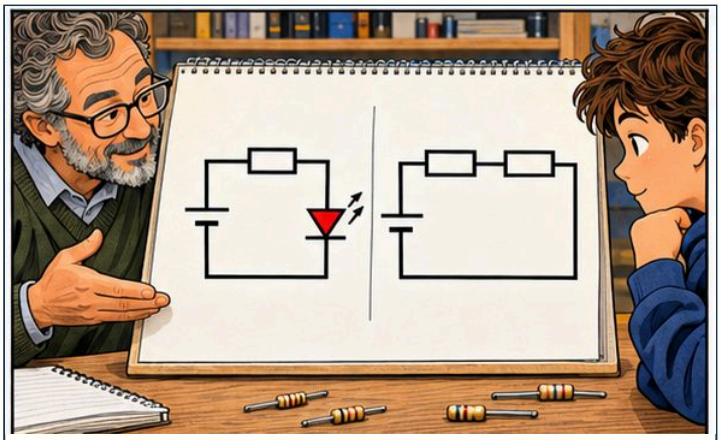
Два резистора по 1 kΩ последовательно дают 2 kΩ.



Общее напряжение делится согласно их сопротивлениям.

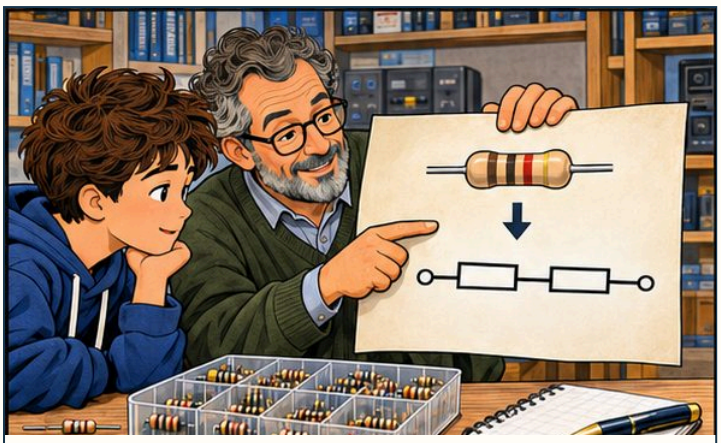


Каждый должен выдерживать своё напряжение и свою мощность.

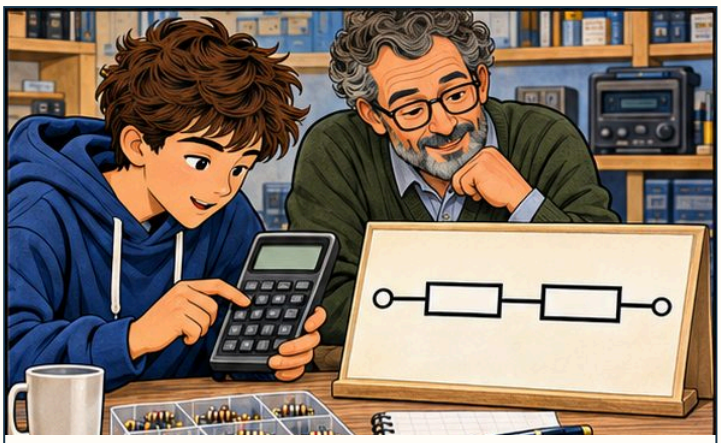


Lucas рисует один путь и вновь находит резистор последовательно с LED.

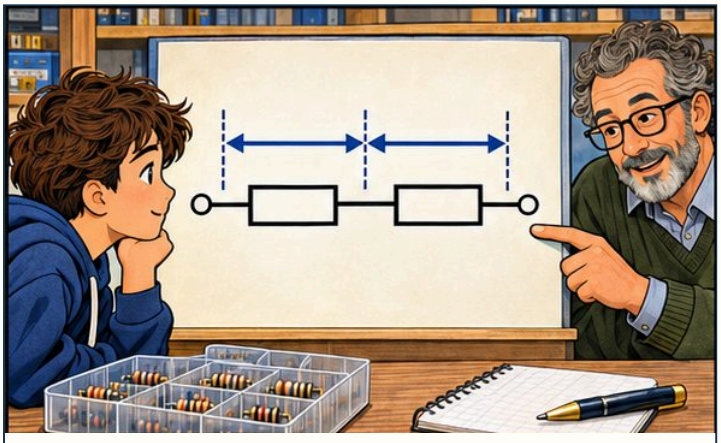
Деление в последовательной цепи



На бумаге 5 V питают два одинаковых резистора по 1 kΩ последовательно.



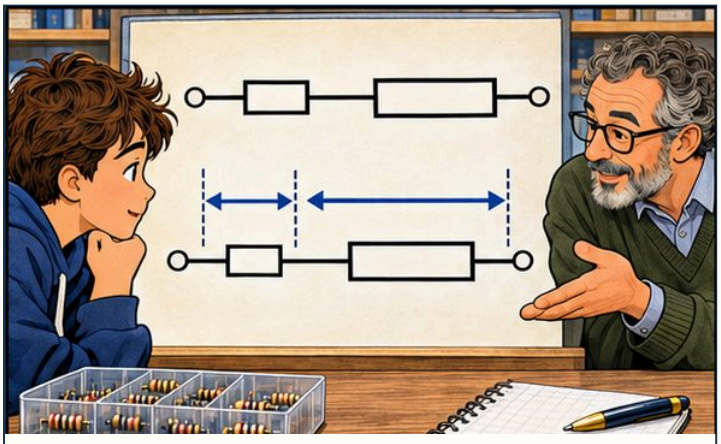
Ток: 5 / 2 000 = 0,0025 A, или 2,5 mA.



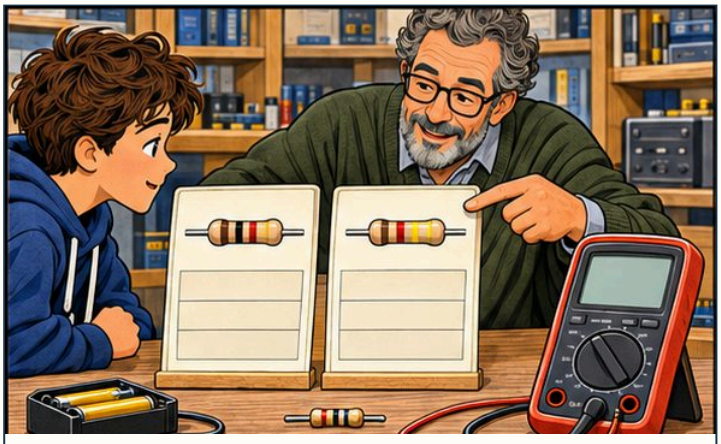
В идеальной модели на каждом резисторе 2,5 V.



Каждый рассеивает 2,5 × 0,0025 = 0,00625 W.

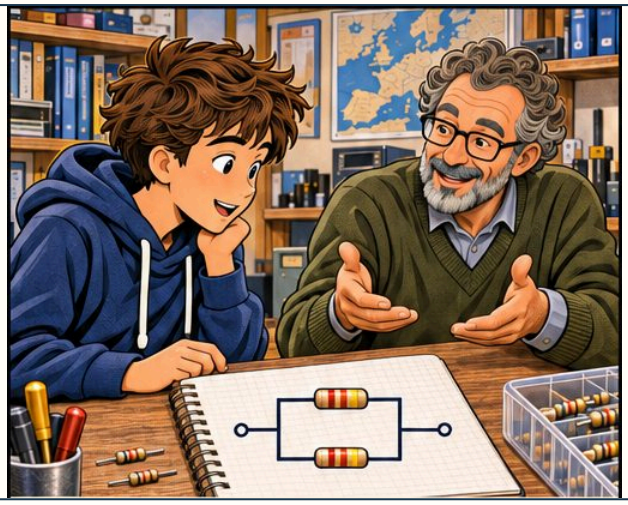


Разные значения иначе распределили бы напряжение и мощность.

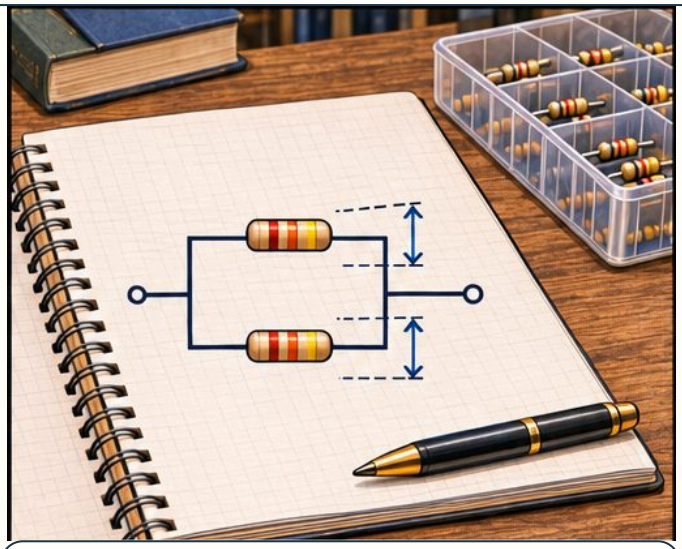


Henri подчёркивает: для выбора недостаточно сложить ватты корпусов.

Два пути между двумя выводами



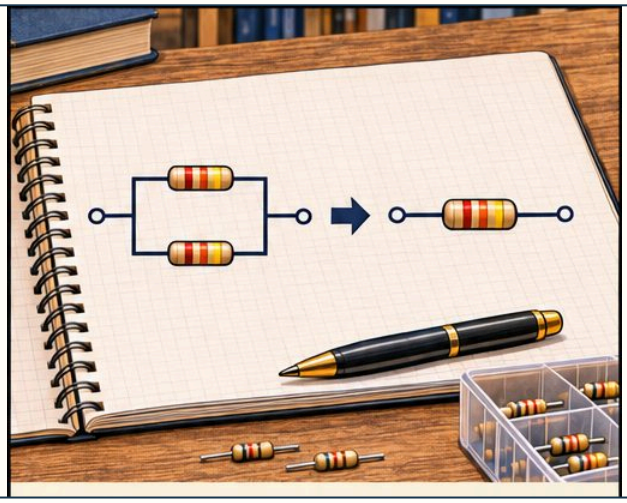
Параллельные резисторы соединены с одними и теми же двумя узлами.



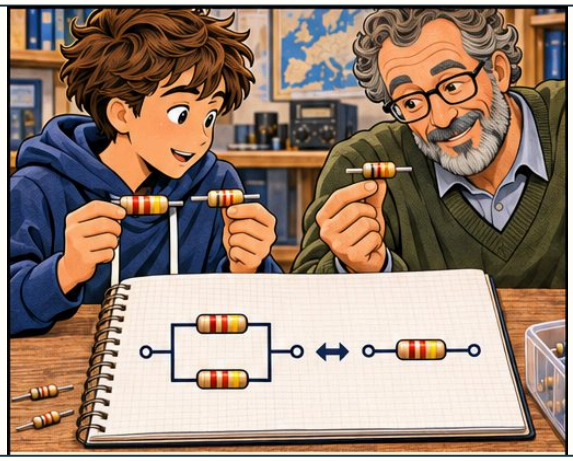
Поэтому напряжение на них одинаково.



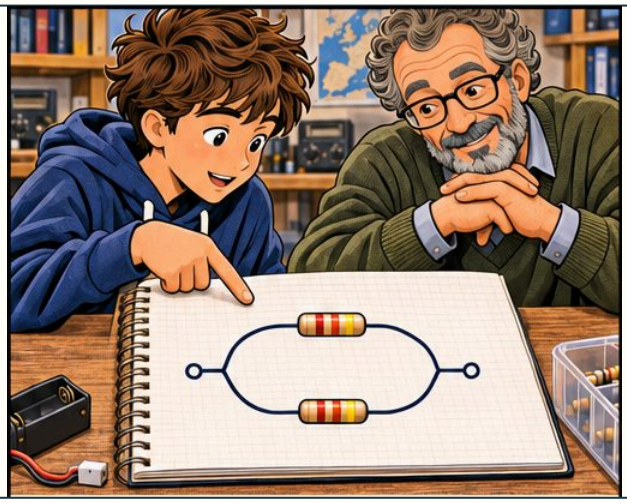
Для двух ветвей: 1 / R = 1 / R1 + 1 / R2.



Два резистора по 1 kΩ параллельно дают 500 Ω.

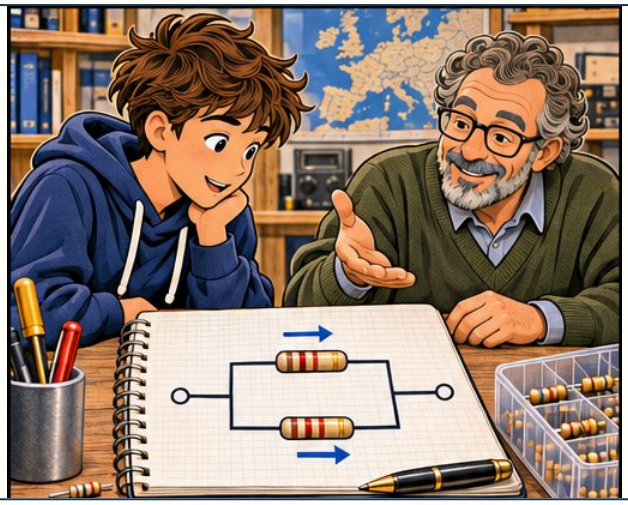


Эквивалент меньше наименьшего положительного сопротивления этих ветвей.

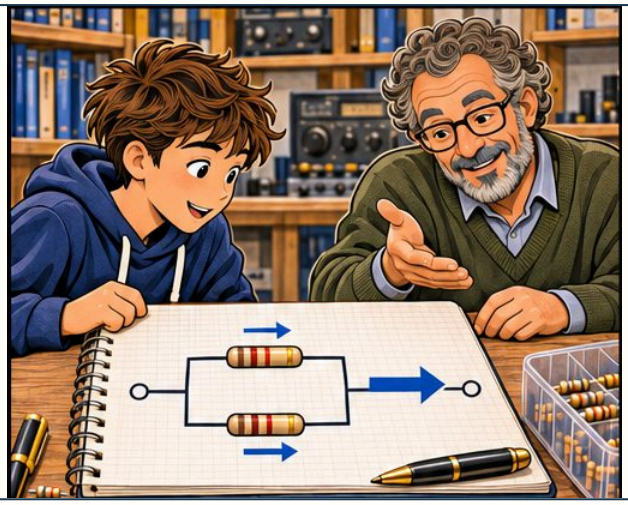


Lucas проверяет узлы: расположения на рисунке недостаточно.

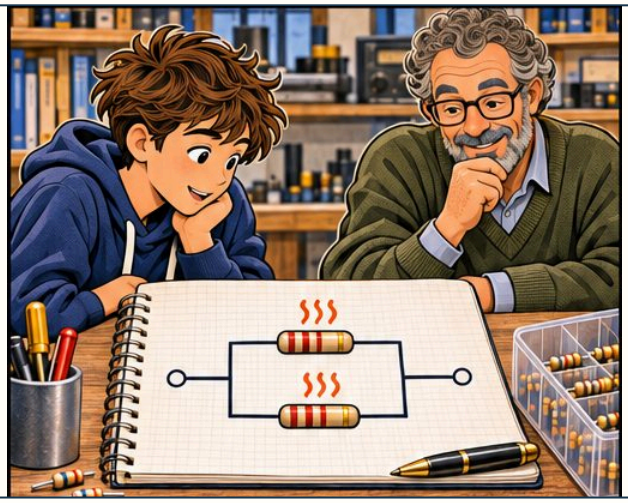
Ток распределяется по ветвям



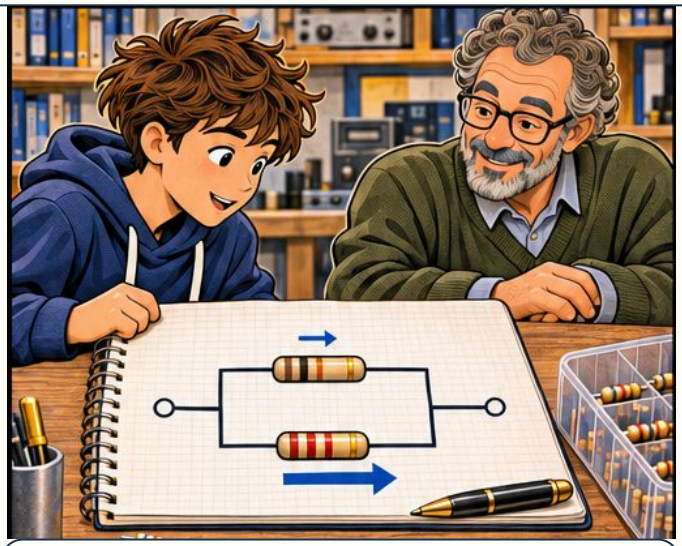
При 5 V на каждом резисторе 1 kΩ каждая ветвь берёт 5 mA.



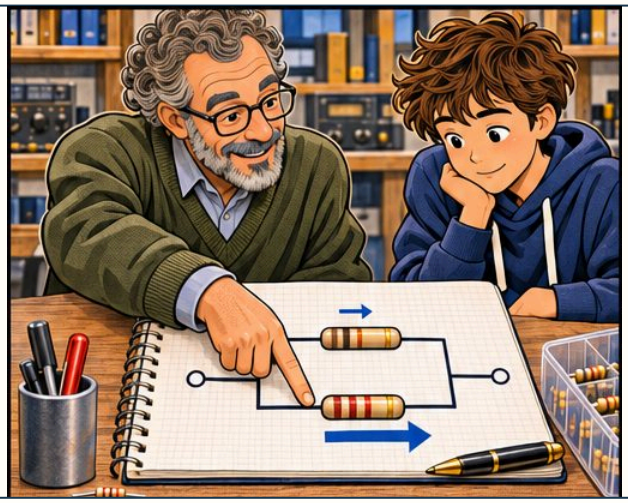
Источник даёт их сумму: 10 mA в идеальном примере.



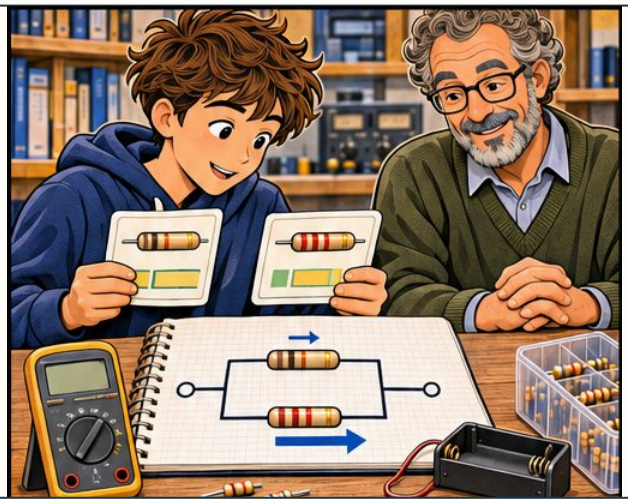
Каждый резистор рассеивает 5^2 / 1 000 = 0,025 W.



При разных значениях токи уже не равны.

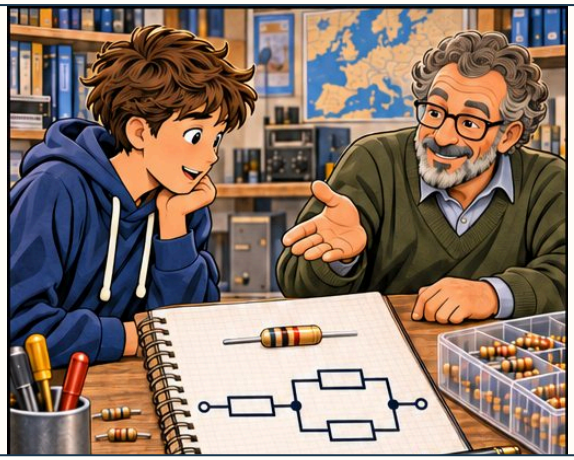


При равном напряжении ветвь с меньшим сопротивлением берёт больший ток.



Lucas понимает, почему два параллельных резистора требуют двух проверок.

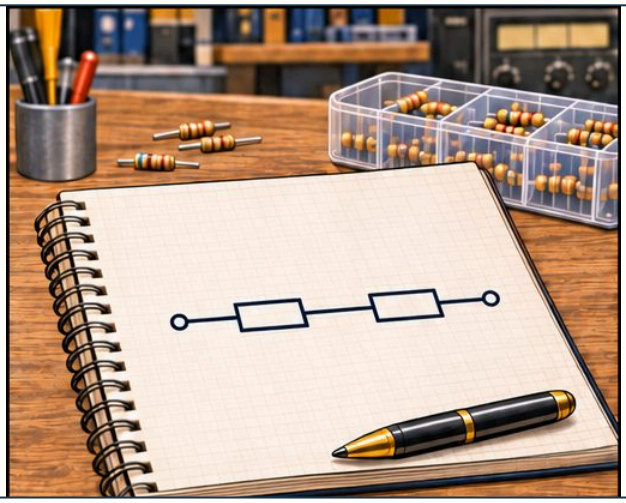
Упростить без путаницы



Henri рисует 1 kΩ последовательно с двумя параллельными резисторами по 1 kΩ.



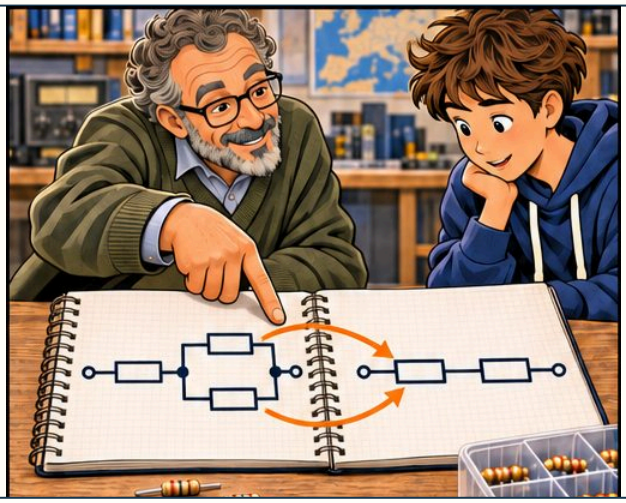
Lucas сначала заменяет параллельную пару на 500 Ω.



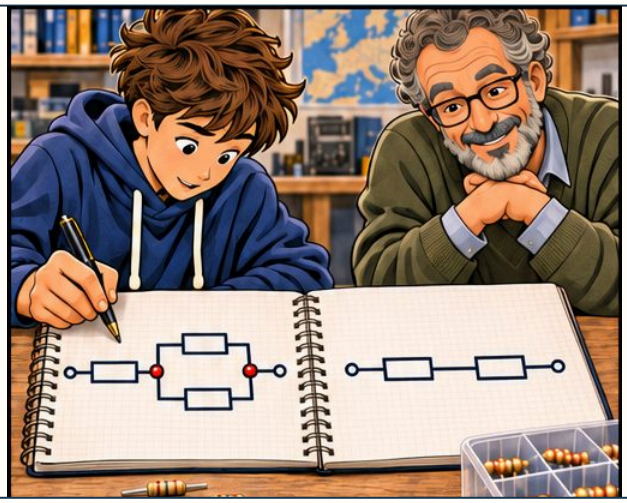
Затем добавляет последовательный: 1 000 + 500 = 1 500 Ω.



Он сохраняет исходную схему, чтобы восстановить ток каждой детали.



Эквивалент описывает выводы, но не отменяет внутренних ограничений.



Метод помогает не выбирать формулу лишь по виду схемы.

Получить промежуточное напряжение



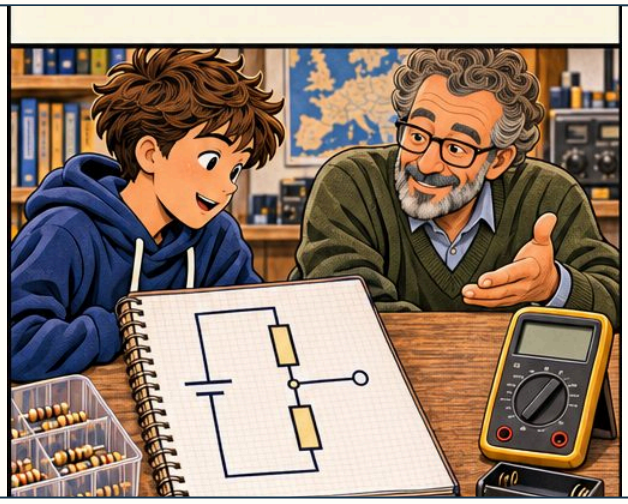
Два последовательных резистора могут образовать делитель напряжения.



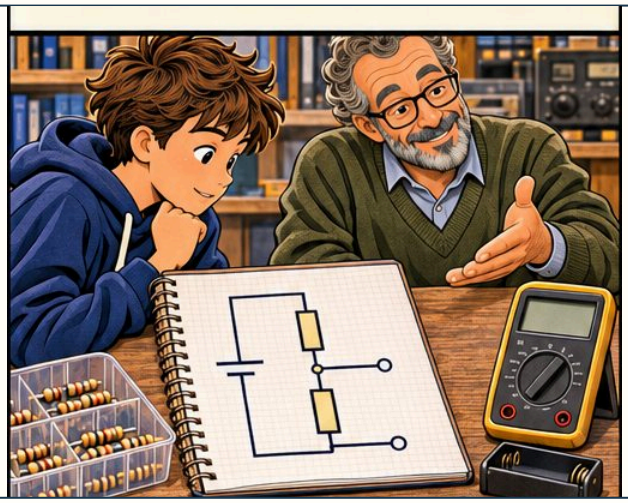
Без нагрузки: Uвыход = Uвход × R2 / (R1 + R2).



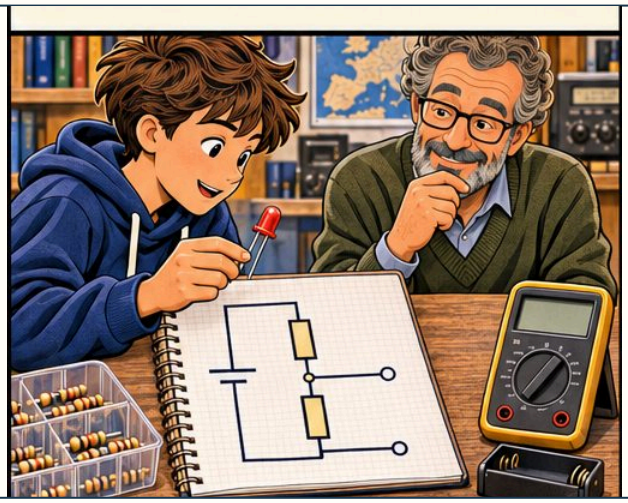
Выход берут с R2, между средней точкой и опорным узлом.



При 5 V и двух резисторах по 1 kΩ идеально получается 2,5 V.

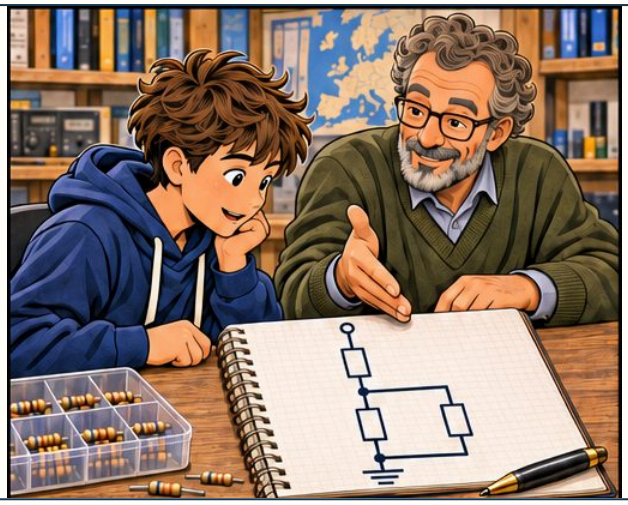


Результат предполагает практически нулевой ток выхода.

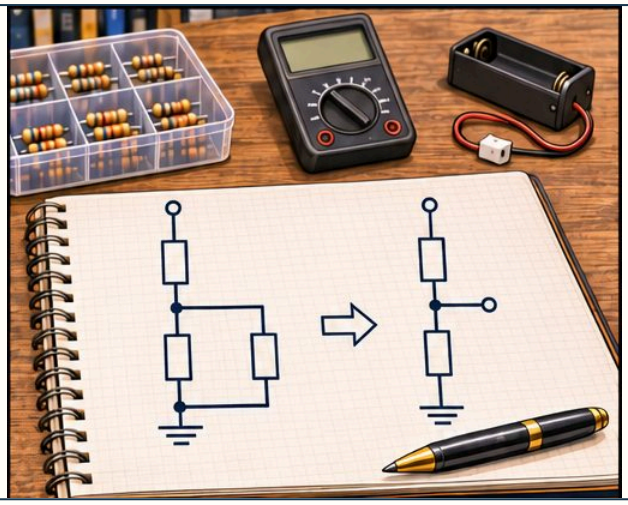


Lucas хочет подключить LED; Henri показывает, что изменится.

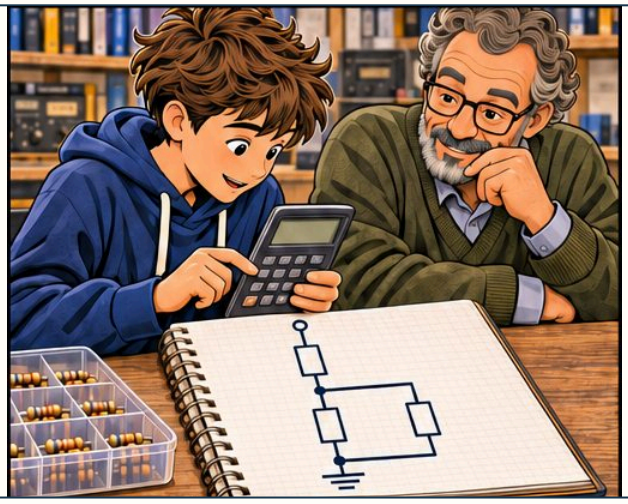
Когда выход нагружен



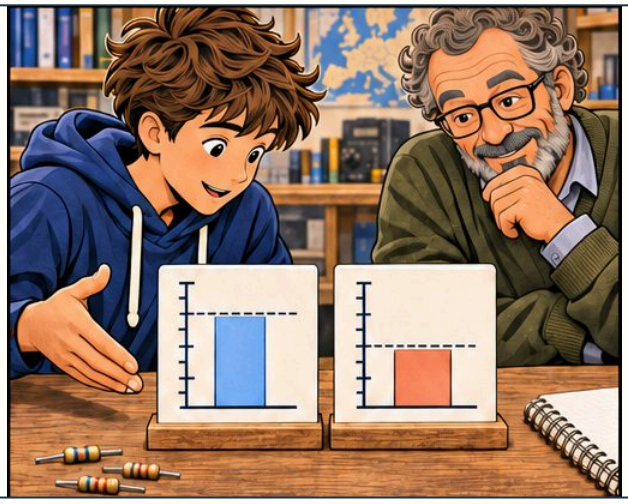
Нагрузка на выходе включается параллельно R2.



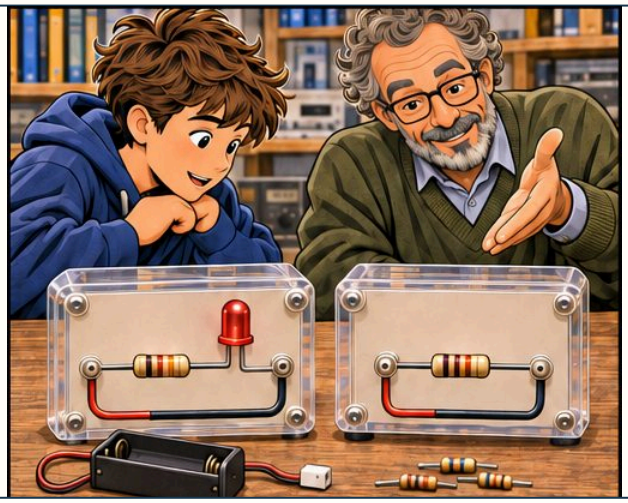
С нагрузкой 1 kΩ резистор R2 в 1 kΩ даёт эквивалент 500 Ω.



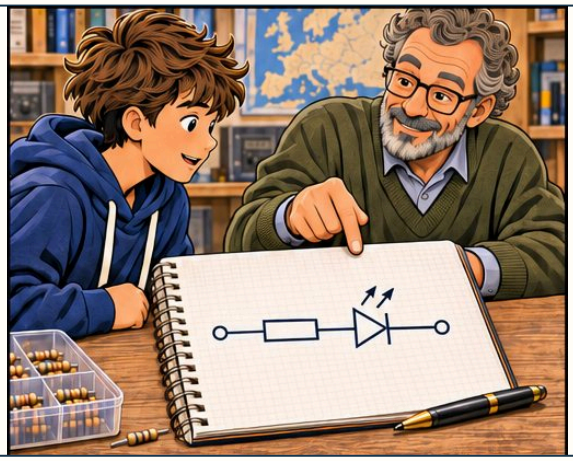
Выход теперь 5 × 500 / (1 000 + 500) ≈ 1,67 V.



Это уже не 2,5 V: нагрузка изменила делитель.



Светодиод не омическая нагрузка, и расчёт не описывает его точно.



Для индикатора оставляют штатную последовательную схему без самодельного делителя.

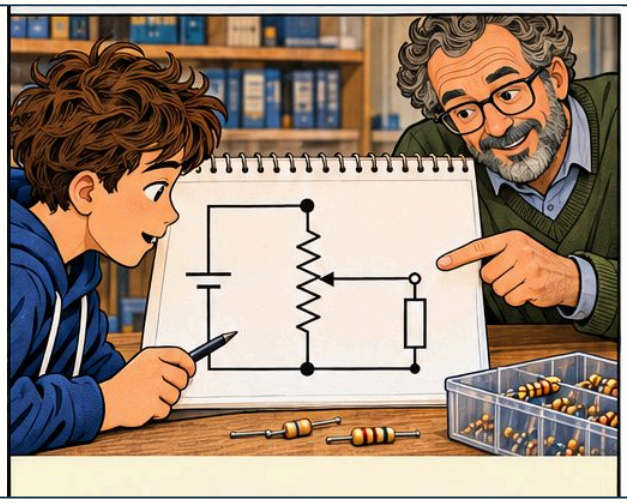
Движок потенциометра



Потенциометр имеет резистивную дорожку и подвижный движок.



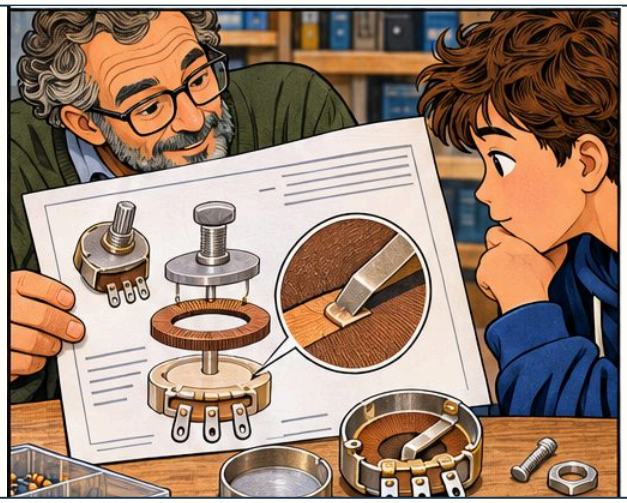
Три вывода позволяют сделать регулируемый делитель.



Нагрузка также влияет на напряжение движка.



С двумя выводами он может служить переменным сопротивлением по схеме.

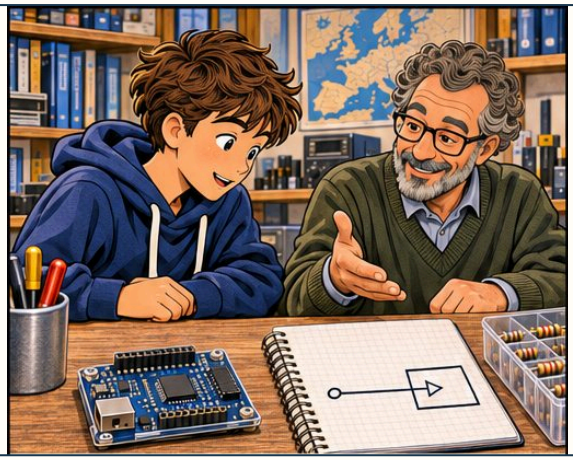


Нужно проверить мощность, ток движка и подключение.

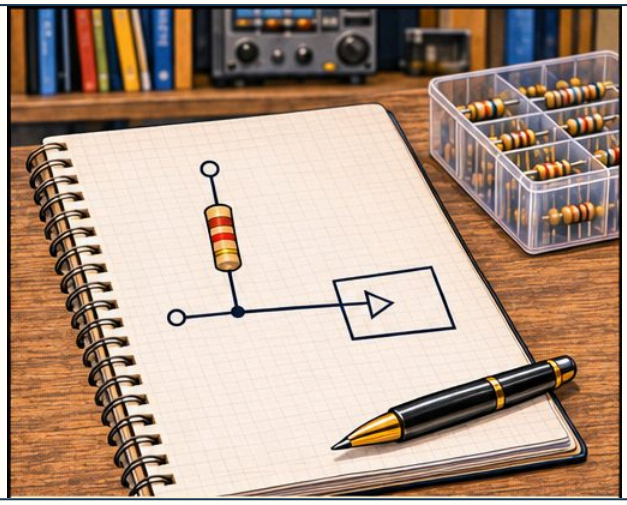


Lucas отказывается убирать постоянный защитный резистор LED.

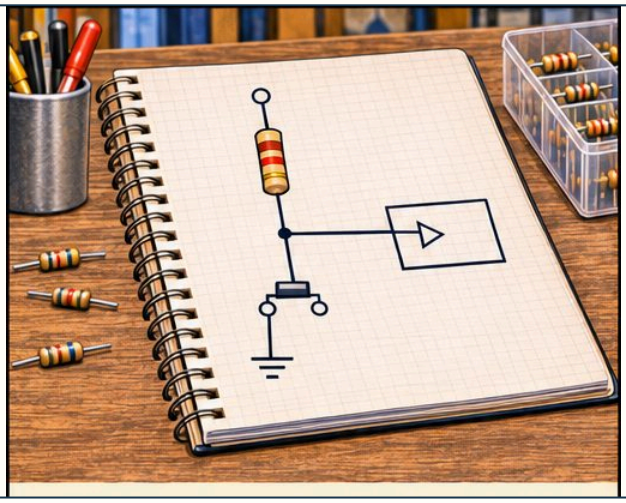
Задать состояние входа



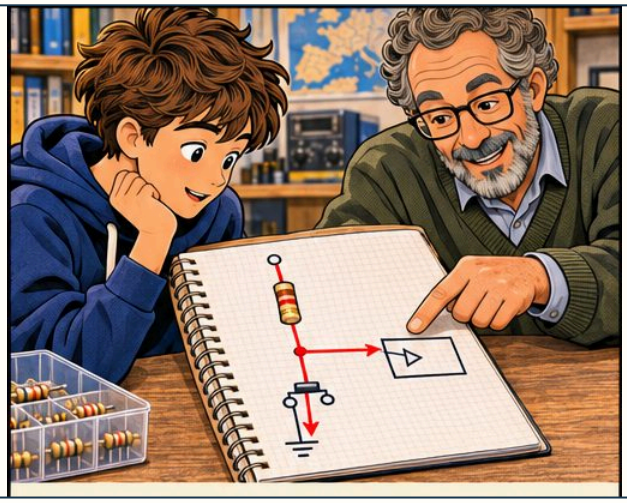
На учебной плате неподключённый вход может считывать неопределённое состояние.



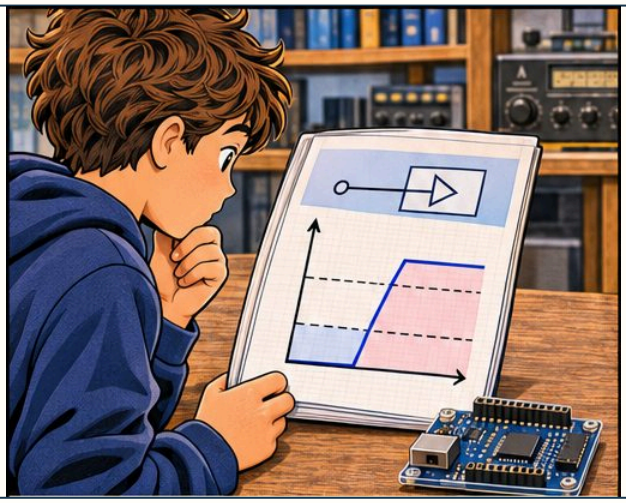
Подтягивающий к питанию резистор задаёт высокий уровень в покое.



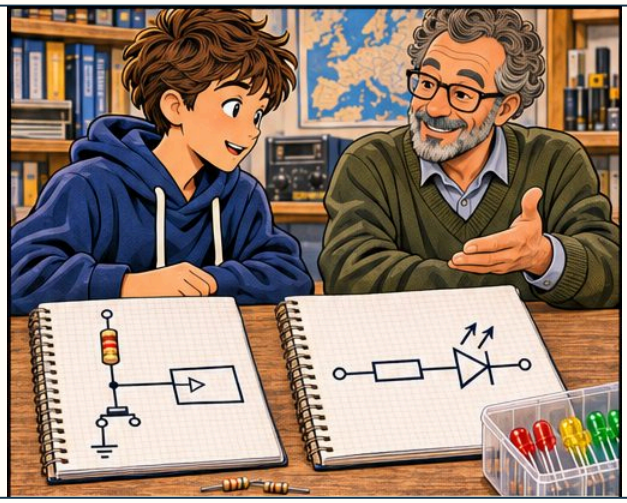
Кнопка к опорному узлу при замыкании задаёт низкий уровень.



Тогда резистор ограничивает ток между питанием и кнопкой.



Значение зависит от входа, его порогов и документации.

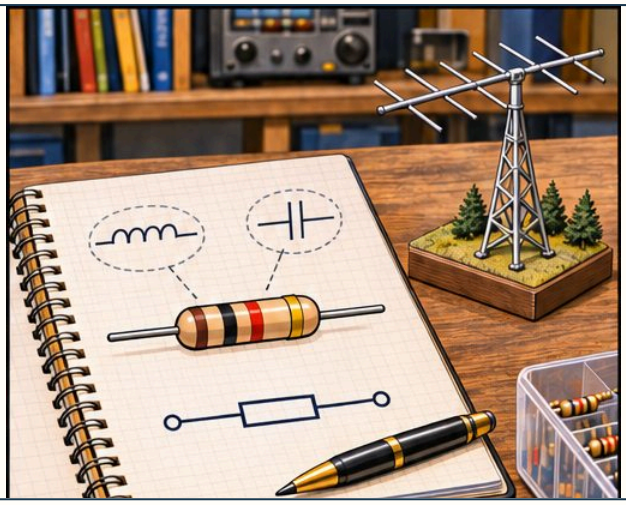


Henri показывает роль на рисунке; схема индикатора остаётся простой.

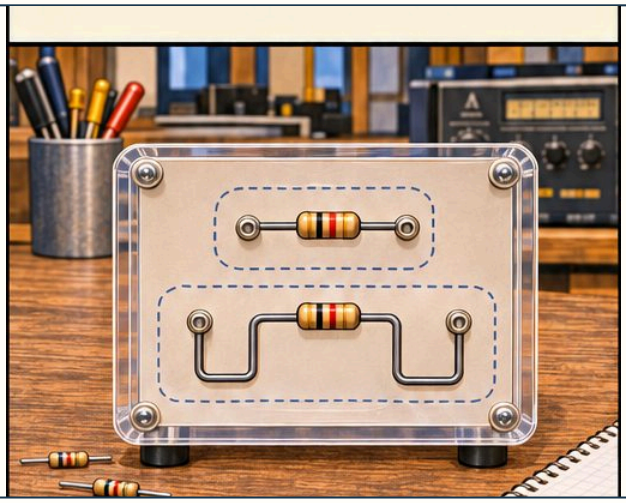
В радио модель ограничена



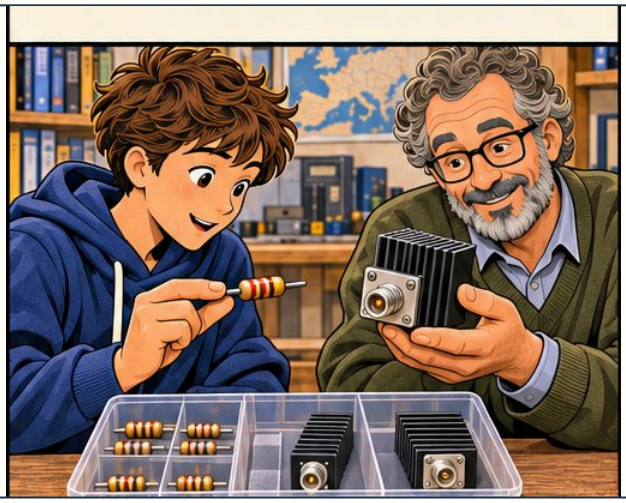
Резисторы служат также для смещения, ослабления и согласованного окончания радиоцепей.



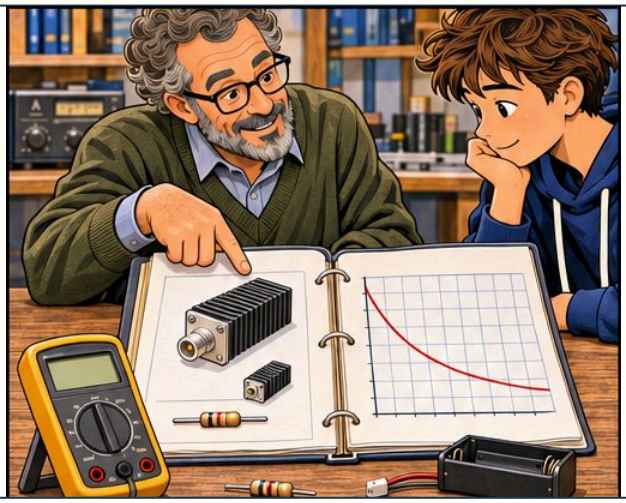
На высокой частоте могут влиять паразитные индуктивность и ёмкость.



Соединения и расположение добавляют свои эффекты.



Произвольный резистор 50 Ω необязательно хорошая ВЧ-нагрузка.



Диапазон частот, мощность и конструкция должны подходить задаче.



Lucas убирает ВЧ-примеры: в мастерской ничего не передают в эфир.

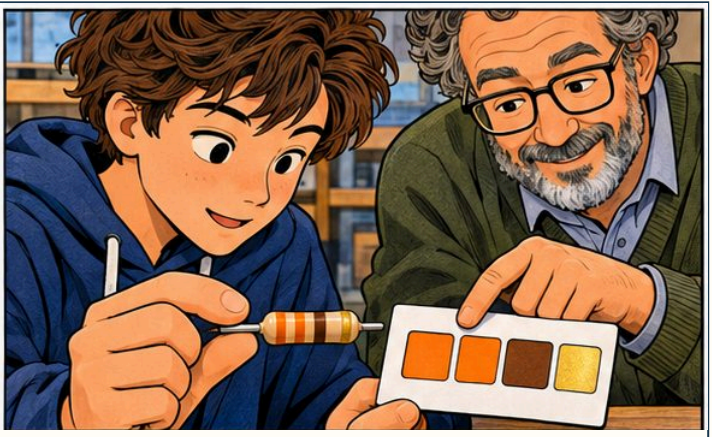
Памятка замены



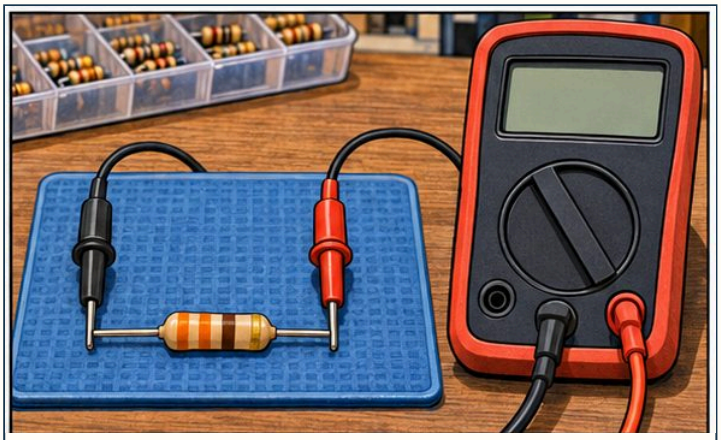
Lucas собирает схему и обозначения LED и резистора.



Выбор для документированного примера остаётся 330 Ω, ±5 %, 0,25 W.



По таблице он подтверждает оранжевый, оранжевый, коричневый, золотой.



Новый резистор измеряют отдельно, вне любой цепи под питанием.

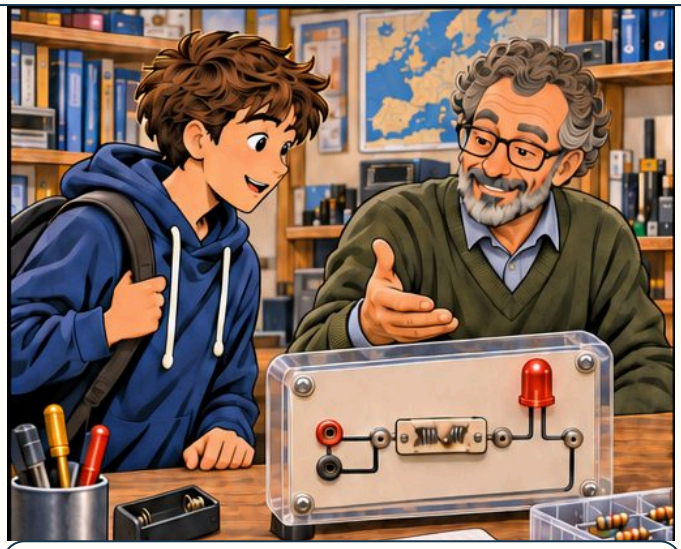


Показание должно соответствовать допуску с учётом неопределённости мультиметра.

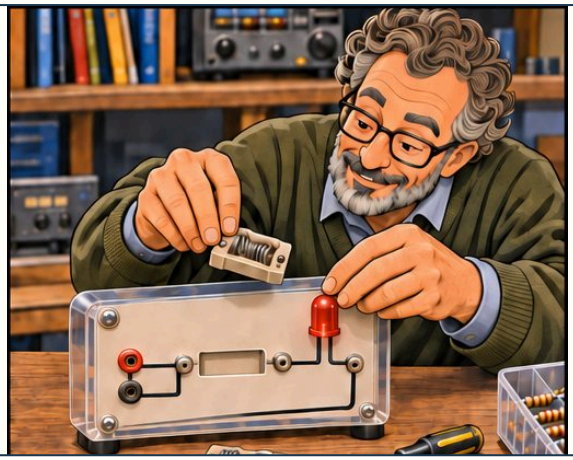


Henri проверяет папку: расчёт и измерение дополняют друг друга.

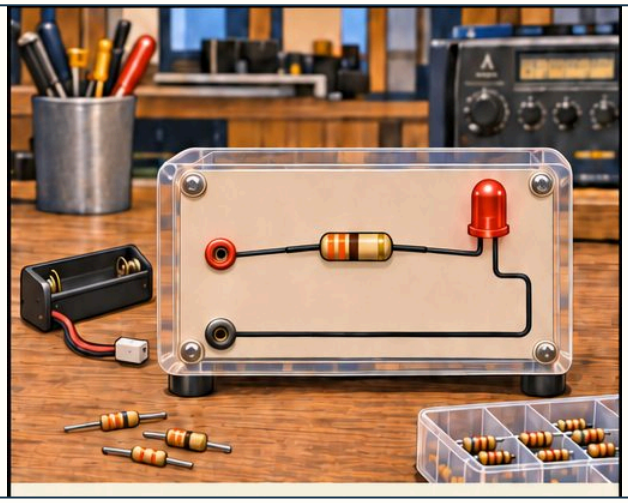
Собрать по порядку



При замене панель остаётся отключённой.



Henri проверяет повреждённый держатель и меняет предусмотренный элемент соединения.



Новый резистор вставляют без усилия и свободных проводов.



Lucas следует петле: питание, резистор, LED, обратный путь.

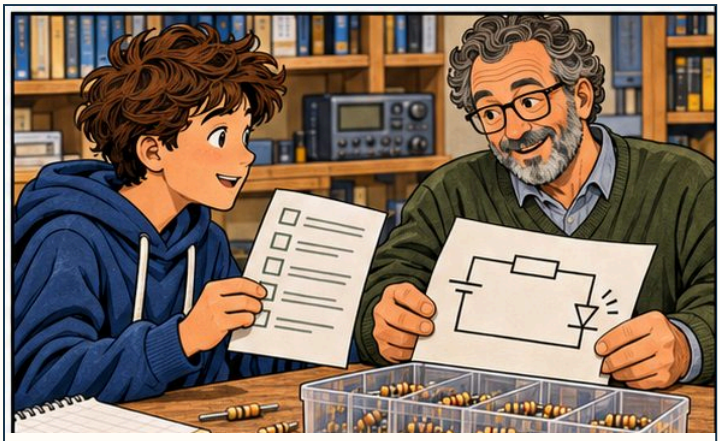


Полярность LED соответствует схеме и документации.

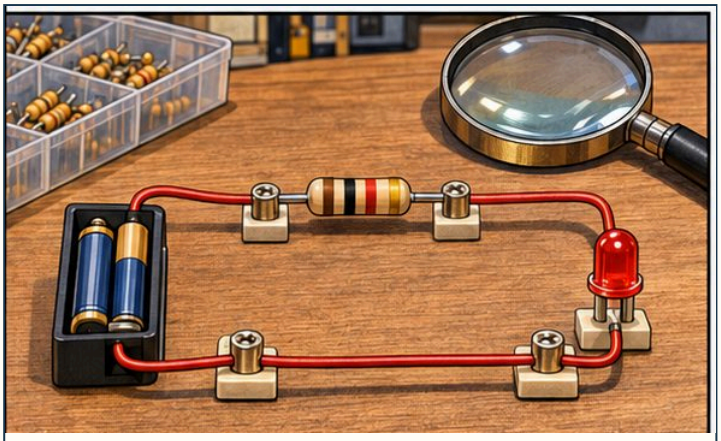


Подозрительную деталь хранят отдельно с наблюдениями и не используют вновь.

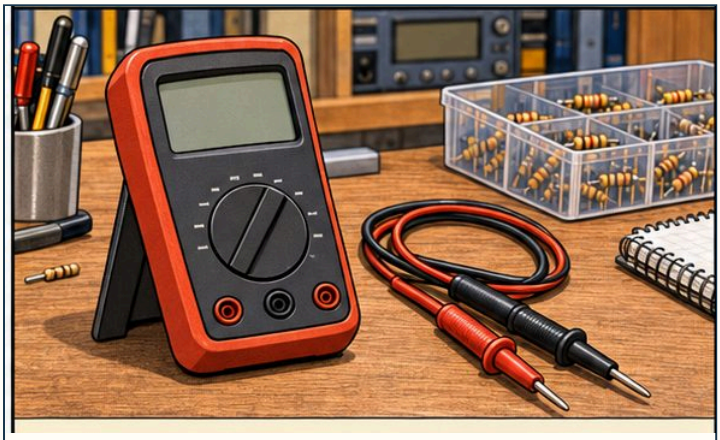
Взаимная проверка



Перед подачей питания каждый проверяет работу другого.



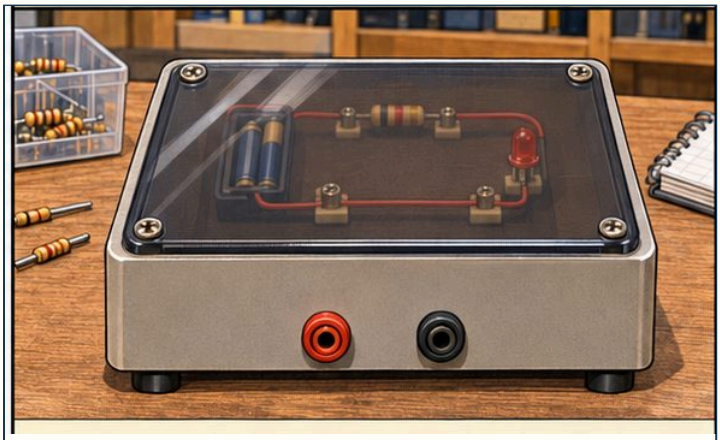
Ищут замыкание, пропуск или соединение в обход резистора.



Провода омметра сняты с панели.



Henri готовит источник на 5 V с подходящим ограничением тока.

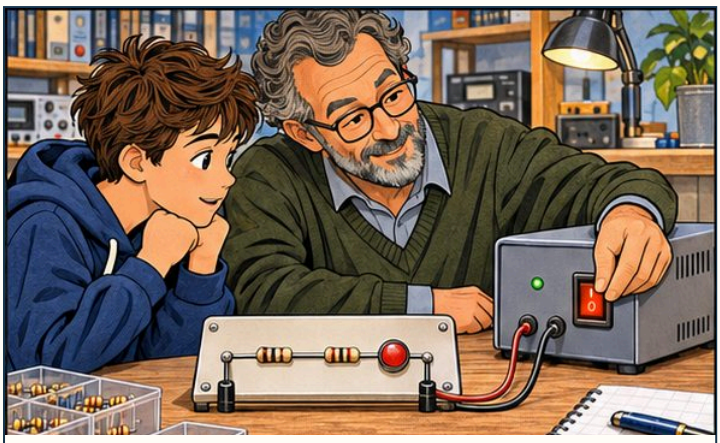


Панель закрыта по инструкции, соединения защищены.



Lucas называет ожидаемый результат: видимый индикатор с умеренным током.

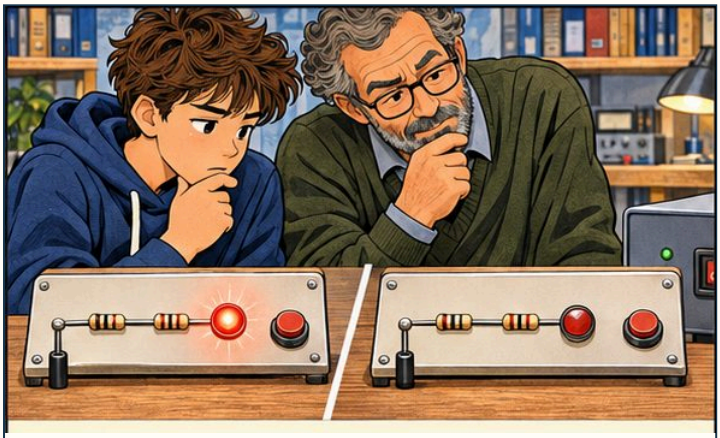
Первое осторожное испытание



Henri включает закрытую панель; никто не трогает соединения.



Индикатор загорается и гаснет при отпускании кнопки.



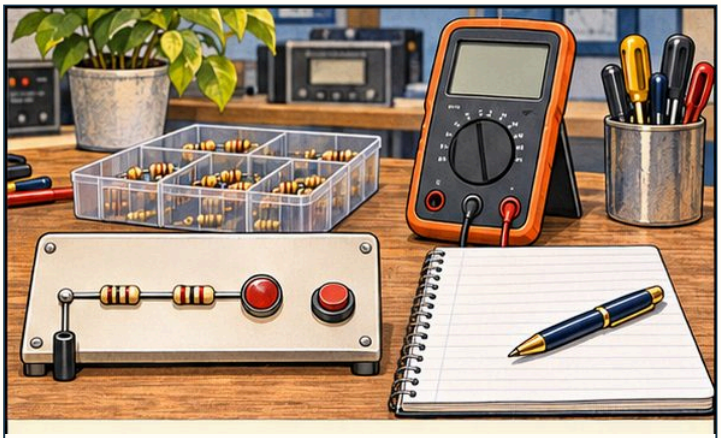
При повторной попытке в работе появляется заминка.



Lucas предлагает поднять напряжение, затем вспоминает метод.



Они выключают и отсоединяют питание перед новой диагностикой.

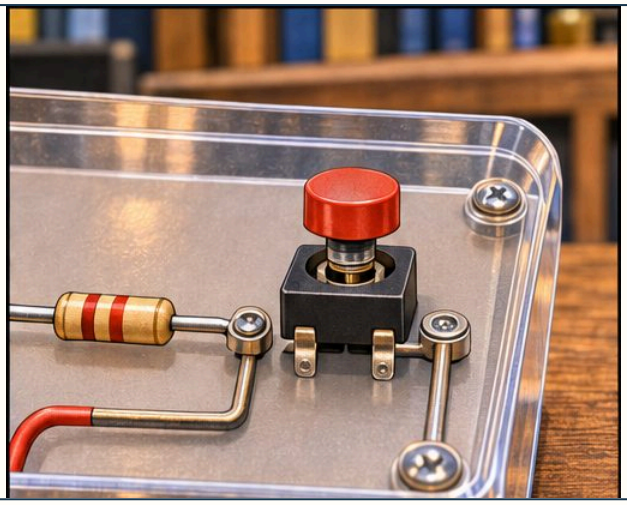


Одного включения света мало, чтобы объявить панель готовой.

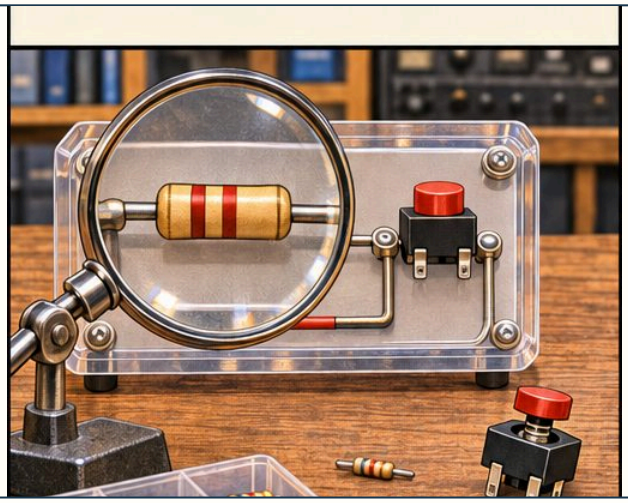
Вторая причина



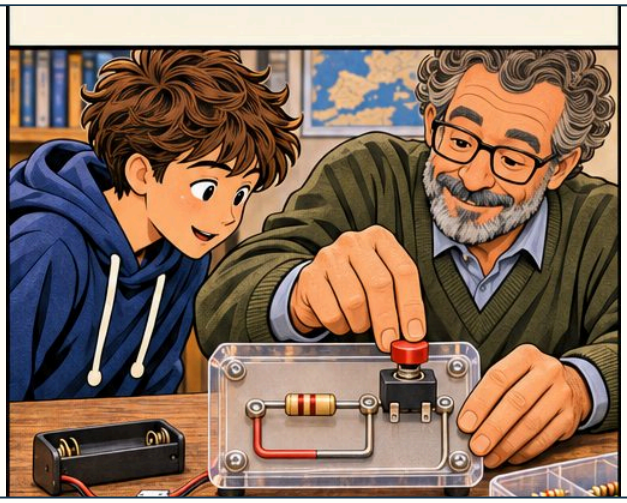
После проверок безопасности ищут путь тока без питания.



Съёмный разъём кнопки вставлен не до конца.



Правильный резистор сам по себе не исправляет плохой контакт.



Henri устанавливает разъём и проверяет фиксацию.



Lucas дополняет запись: подозрительная деталь и плохое соединение — две зацепки.

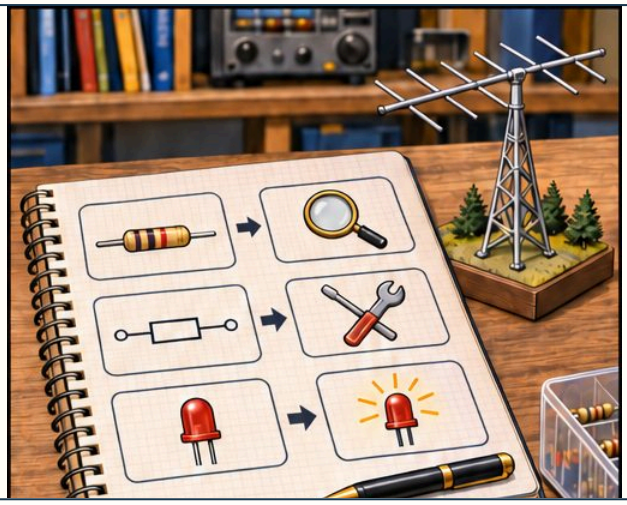


Перед новым испытанием повторяют полную проверку.

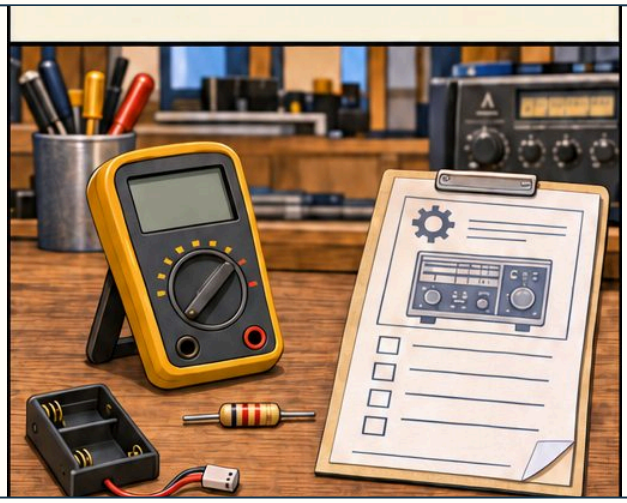
Наблюдать одно за другим



Больше не меняют несколько деталей одновременно.



На каждом этапе тетрадь сохраняет симптом и выполненную проверку.



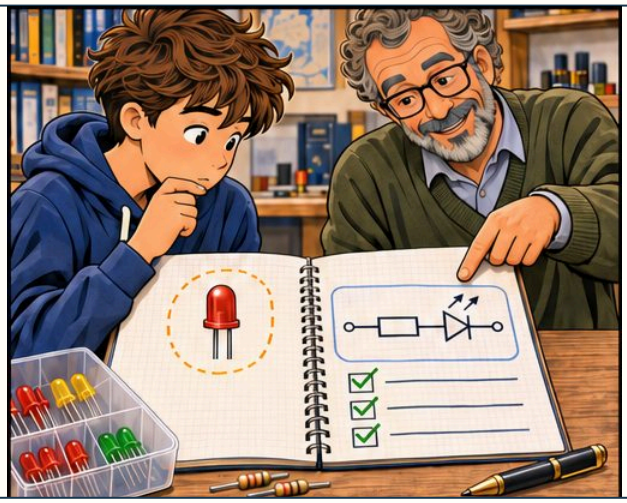
Верное значение на омметре не гарантирует всего поведения в работе.



Осмотр, пределы деталей и предусмотренное испытание дополняют измерение.

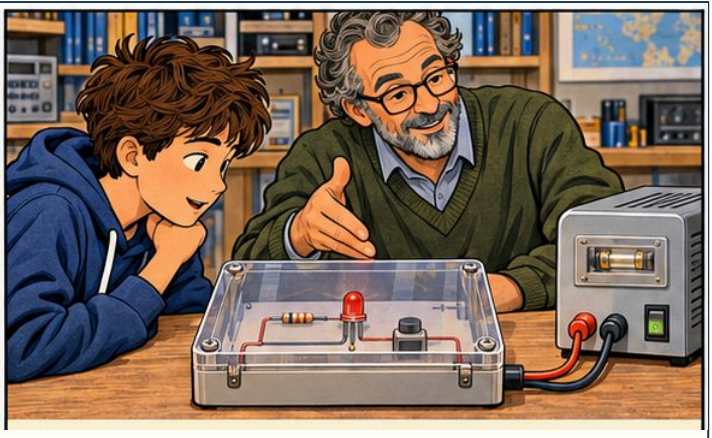


При ненормальном признаке останавливаются и продолжают поиск без питания.



Теперь Lucas может объяснить, почему первая мысль была поспешной.

Индикатор оправдывает ожидания



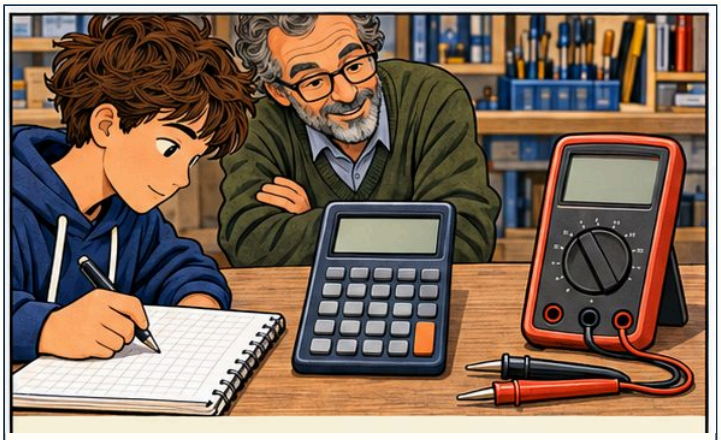
Закрытую панель вновь включают по предусмотренному порядку.



В демонстрации индикатор теперь регулярно отвечает на кнопку.



Henri следит за работой, Lucas сравнивает с ожидаемым.



Расчётный ток они не выдают за выполненное измерение.



Тетрадь различает расчёты, проверки и наблюдения испытания.

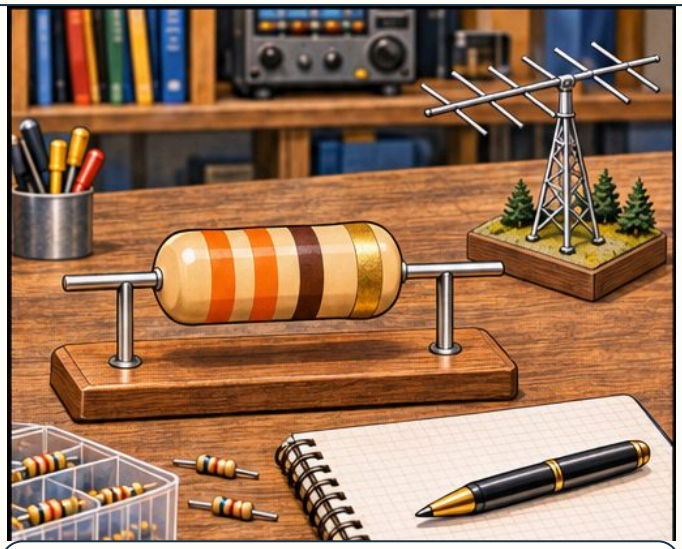


Питание выключают перед подготовкой перевозки к стенду.

Объяснить выбор



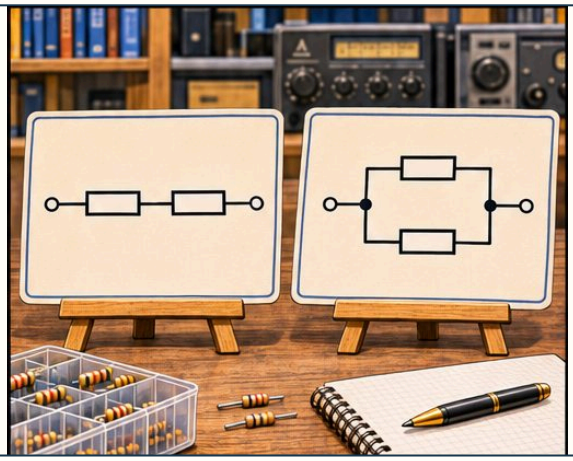
На стенде Lucas показывает посетителям увеличенный резистор.



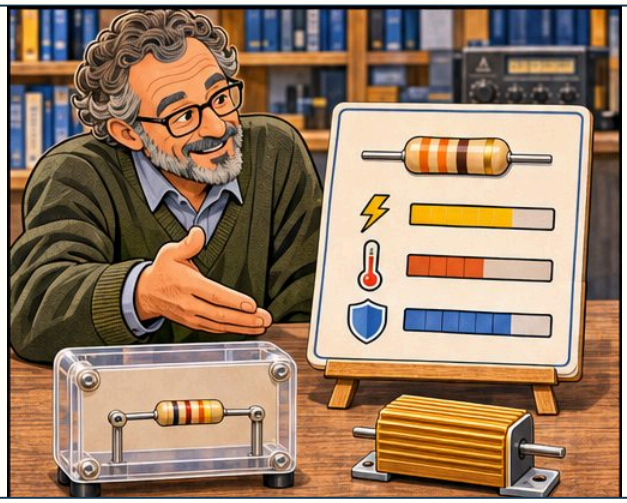
Он объясняет полосы, номинал и допуск.



Рисунок показывает последовательный резистор, ограничивающий ток LED.



Второй рисунок сравнивает последовательное и параллельное соединения.



Henri спрашивает, зачем он проверял мощность и условия применения.

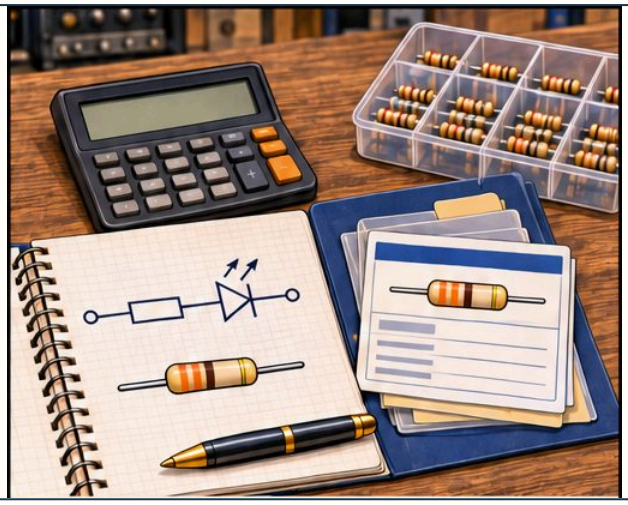


«Чтобы выбрать действительно подходящую схеме деталь», — отвечает Lucas.

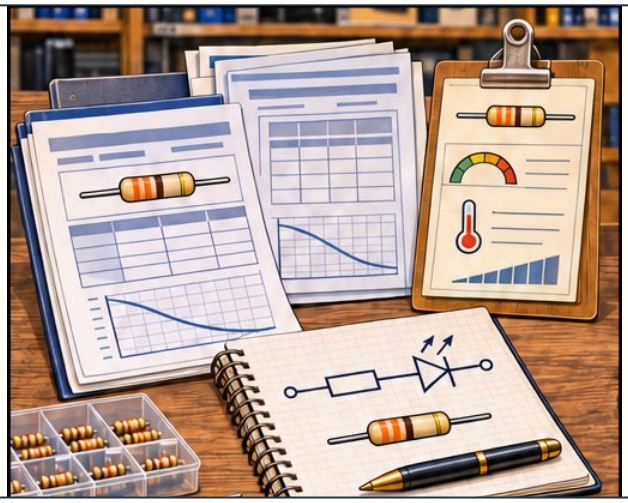
Тетрадь для следующего



Памятка начинается с задачи: индикатор для ознакомительной панели.



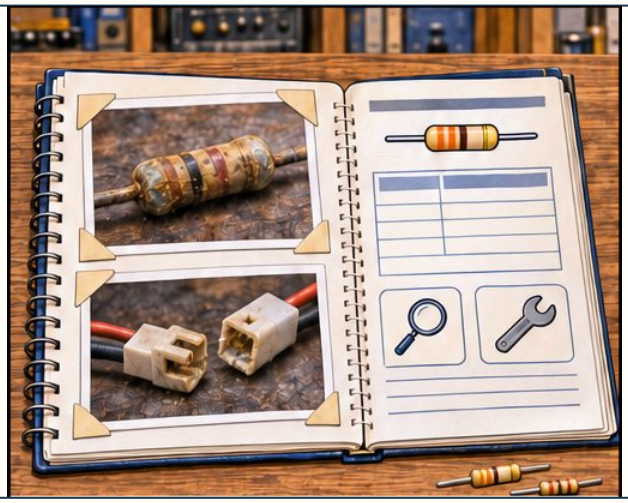
Она сохраняет допущения, формулу и выбор 330 Ω.



Допуск, мощность и обозначения деталей остаются со схемой.



Порядок напоминает измерять без питания и при необходимости отдельно.



Наблюдения неисправности помогут следующему занятию искать методично.

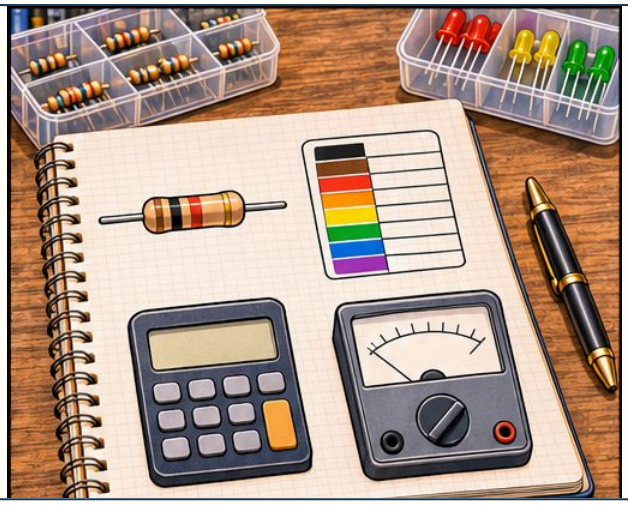


Henri поручает Lucas убрать папку: обучение стало обменом знаниями.

Малая деталь, большой метод



Стенд готов; Lucas иначе смотрит на маленький резистор.



Чтение, расчёт, выбор, измерение: каждый этап отвечает на вопрос.



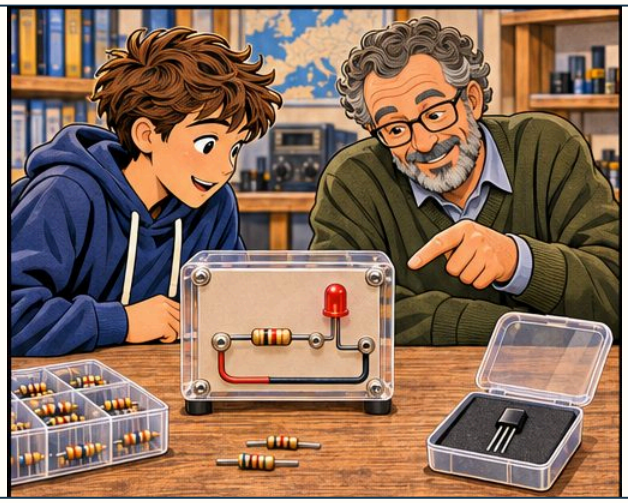
Индикатор теперь не просто свет, а объяснение, которым он может поделиться.



В другой коробке Henri показывает деталь с тремя выводами.



«Она может управлять большим током?» — спрашивает Lucas.



Следующее исследование ждёт их в томе 08: транзисторы.