ON4CRD

# 第04卷

# 欧姆定律的发现



Radio Club Durnal ON4CRD

https://on4crd.be

# 法律声明

**第04卷 • 欧姆定律的发现**

网站发布者 : Radio Club Durnal ON4CRD

出版经理 : Radio Club Durnal ON4CRD 委员会

https://on4crd.be

法律声明

## 知识产权

网站上发布的文本、图像、文件、徽标和材料仍属于其各自作者或俱乐部的财产。任何复制或再利用都必须尊重来源、适用权利和任何作者许可。

## 责任

俱乐部致力于发布有用且经过验证的信息，但不保证不存在错误、遗漏或中断。当技术或监管信息支持决策时，必须对照官方来源进行检查。

插图在人工智能辅助下创作。

# 俱乐部里的问题



完成首次QSO后，Lucas回到俱乐部工坊。



笔记本旁放着一只小电阻。



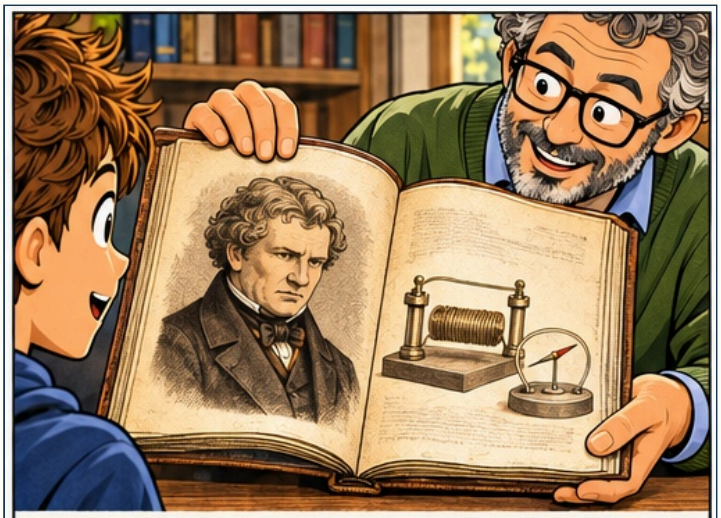
这么小的元件，为什么能帮助完成那么多计算？



Henri提议先探究，再做实验。



他们将一起为来访者准备演示。

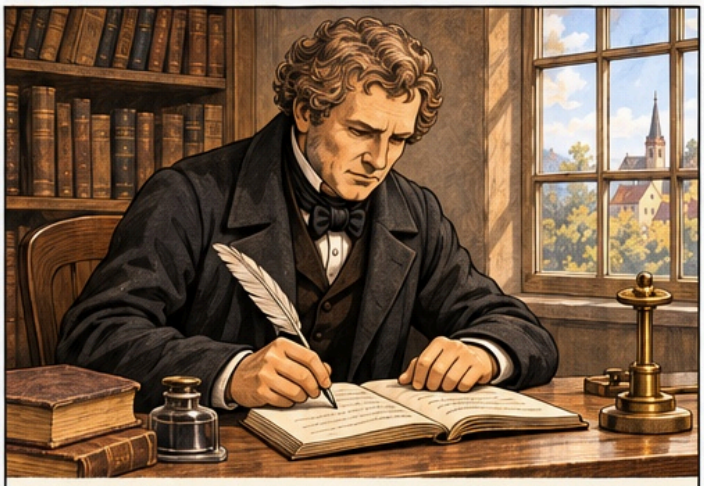


第一条线索是一个名字：乔治·西蒙·欧姆。

# 名字背后的面孔



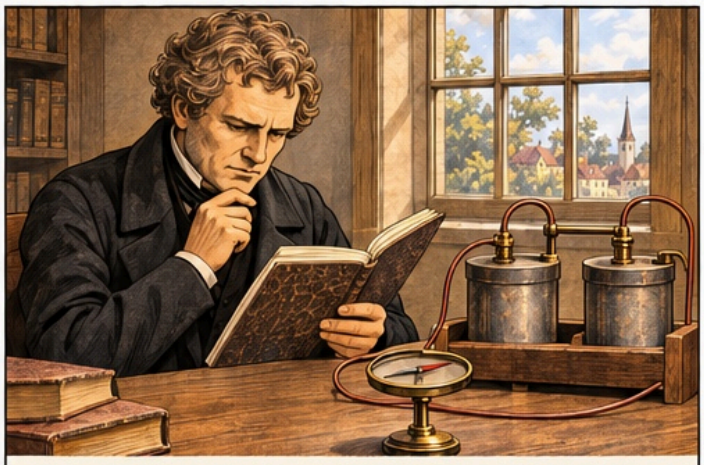
书中出现一位卷发男子。



乔治·西蒙·欧姆从事教学，研究电现象。



他生活的时代已有电池和导线。



但把观察联系成定律，需要耐心工作。



少年想象着旧工坊里的寂静。

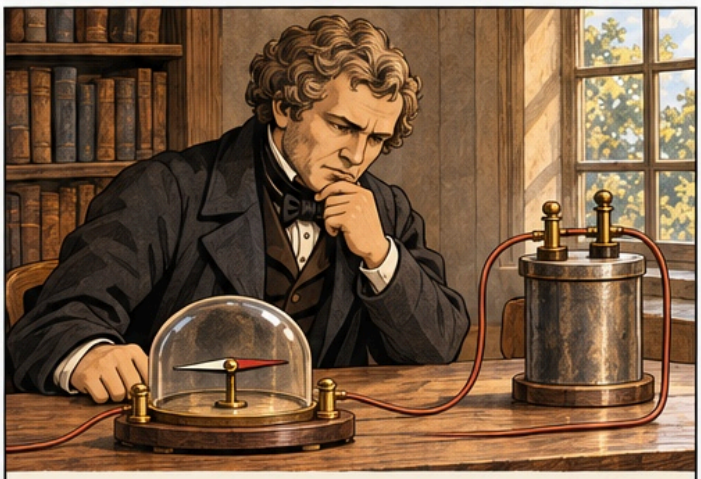


故事带他们走进欧姆的研究。

# 无线电台出现以前



这是19世纪20年代，远早于业余无线电。



欧姆想了解电流的行为。



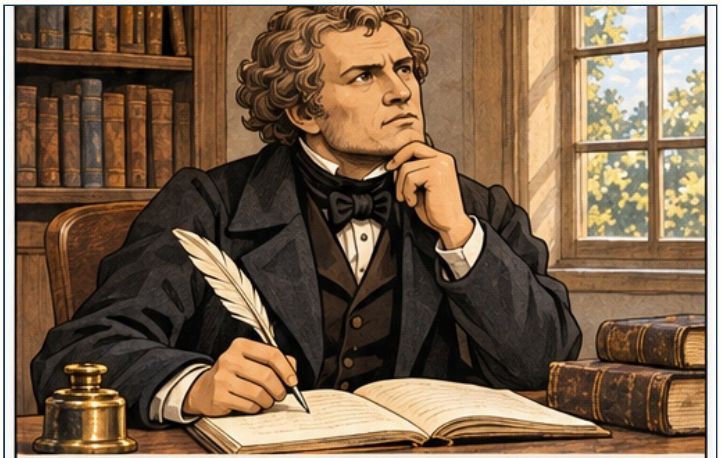
他并不是在准备现代发射机或无线电联络。



工作台上摆着导体实验装置。

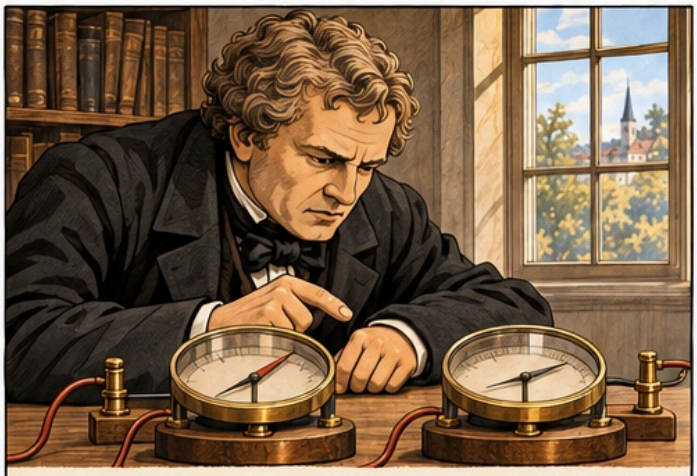


他寻找可以验证的关系。

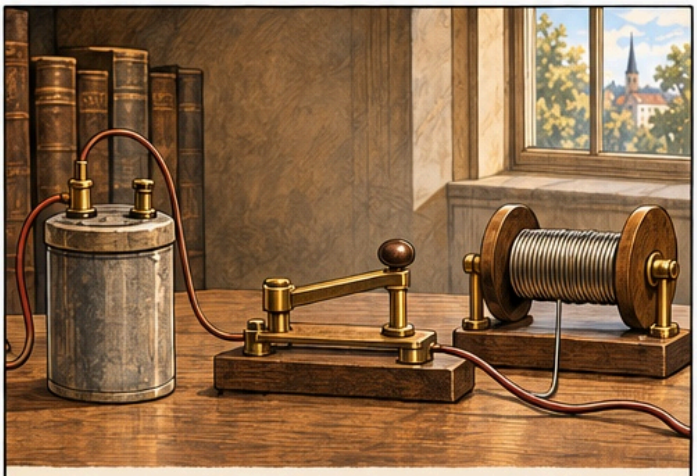


明确的问题，比仓促接受的解释更有价值。

# 结果为什么会变化



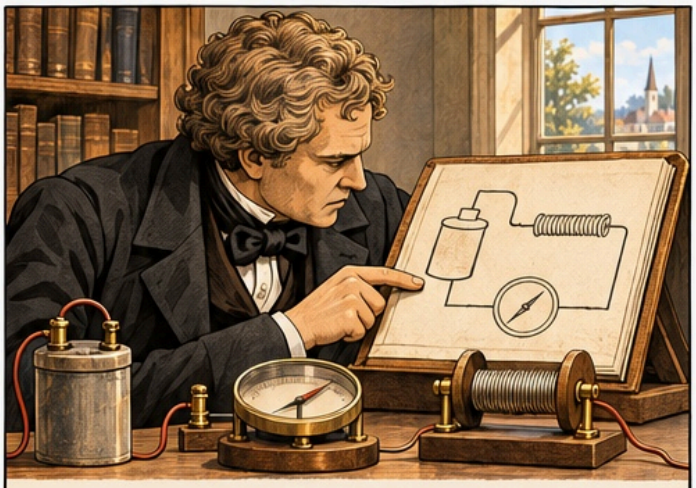
同一个实验并非总给出相同结果。



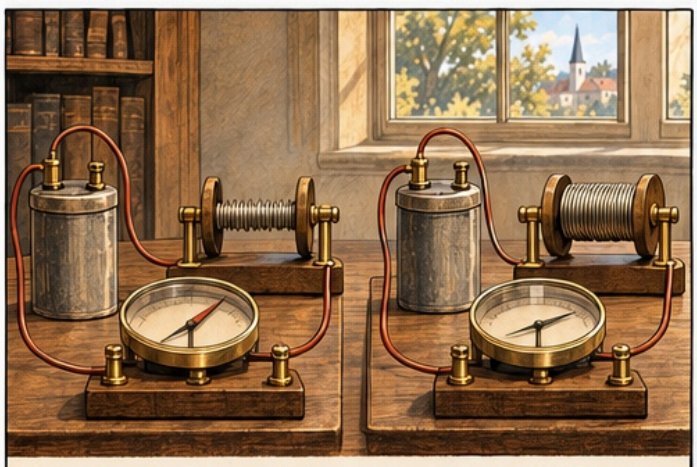
电源和接触状态也可能变化。



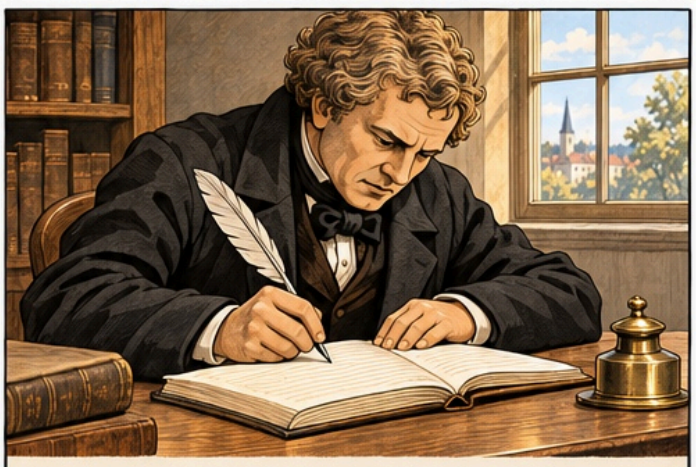
立刻责怪导线，并不能解释这些差异。



欧姆重新检查观察条件。



他寻找哪些在变化，哪些需要稳定。



发现始于这样的细心观察。

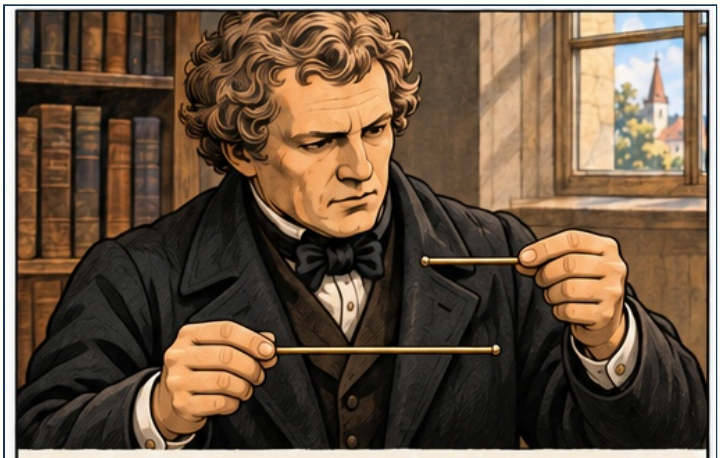
# 一次研究一个问题



比较时，必须知道自己改变了什么。



同时改变所有条件，会让答案模糊。



可以按选定的特征比较不同导线。



其他条件应尽可能保持接近。



记录保存每次试验的经过。

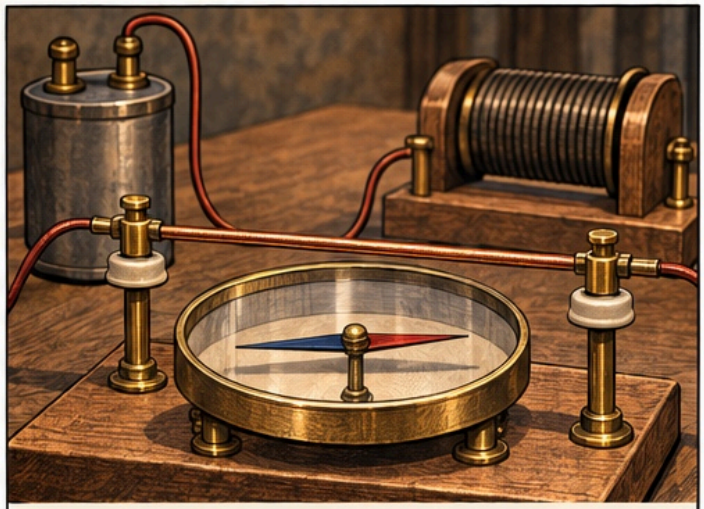


少年也会在自己的工坊运用这种方法。

# 那个时代的仪器



欧姆的仪器与今天的万用表不同。



电流的作用可用磁针观察。



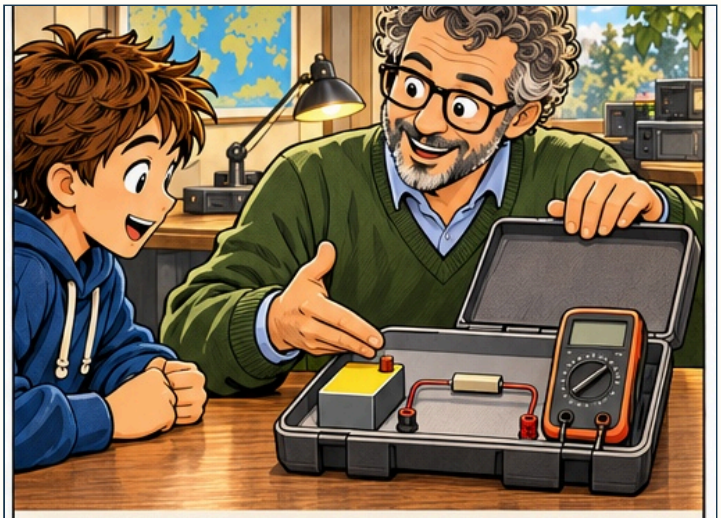
磁针偏转成为需要认真比较的线索。



理解仪器，才能解释它的响应。



书讲述研究，并不是供人在家照做的教程。

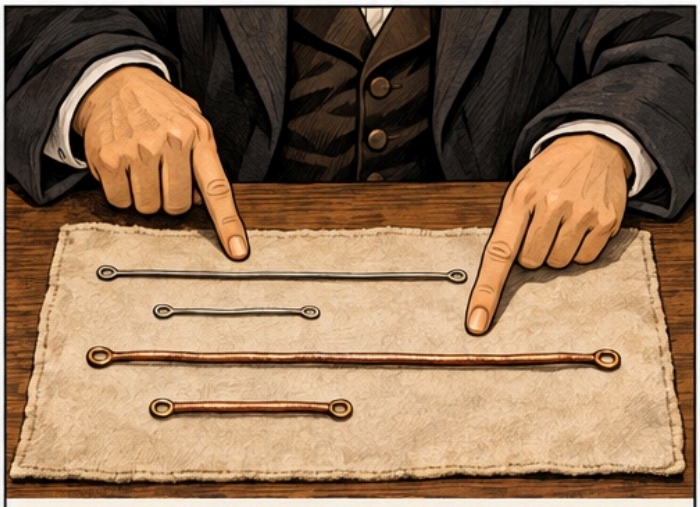


俱乐部的演示将使用合适的现代器材。

# 导线也有电阻



导体的材料和形状会影响电流。



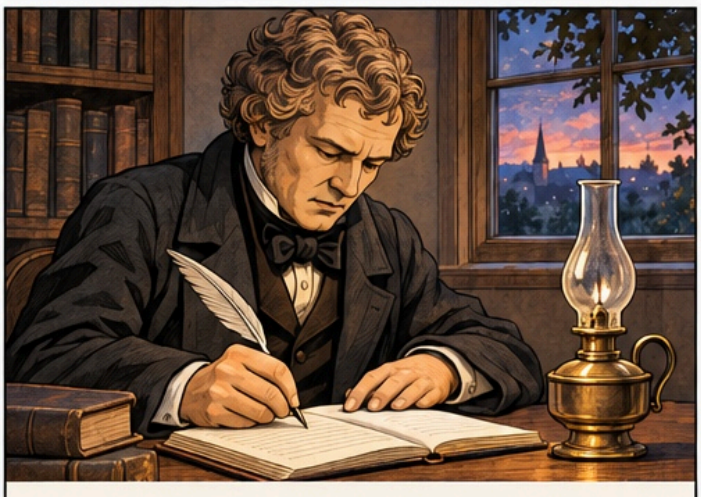
材料相同时，长度和横截面积很重要。



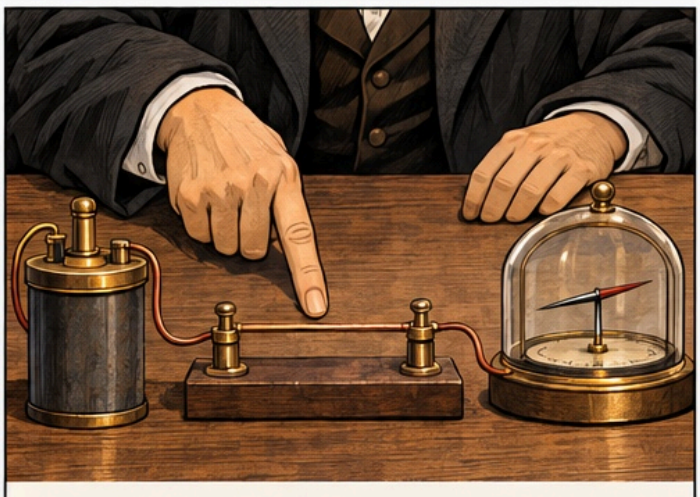
但一次观察还不足以建立定律。



还需要比较和一致的解释。



欧姆继续测量，也继续思考。

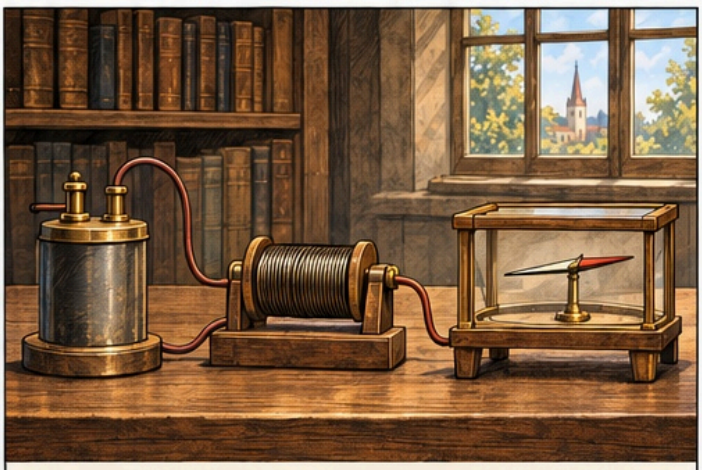


电阻将成为重要的电学量。

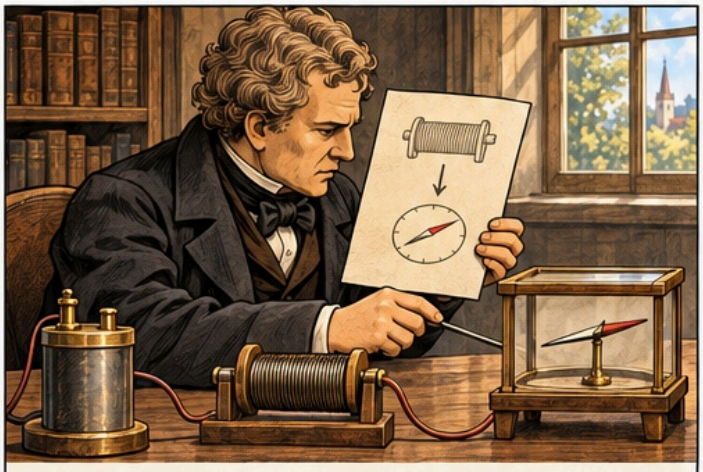
# 从观察走向关系



科学家不只是收集数字。



他想联系电的驱动原因、电流与导体。



有用的关系也能预测结果。



但必须说明它在什么条件下成立。



少年写下两个词：观察、预测。

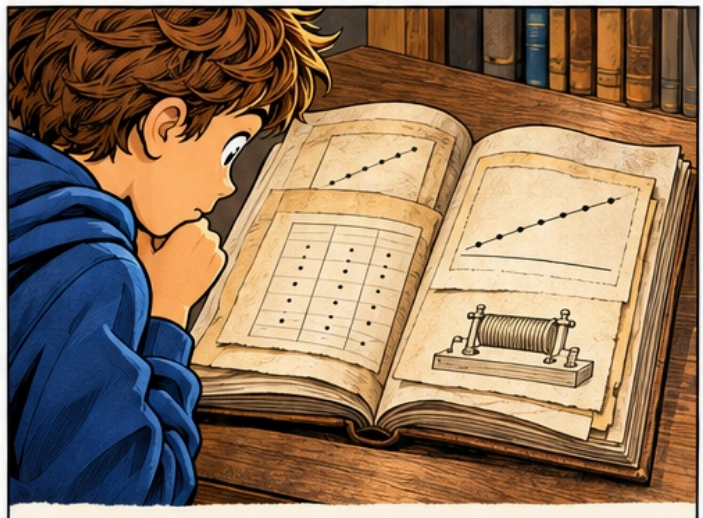


他的探究开始形成方法。

# 笔记本连接知识



旧纸页可能留下试验、疑问和修改。



若只保留公式，就看不到研究的过程。



少年为自己的观察准备一本笔记。



他会把计算值与测量值分开。

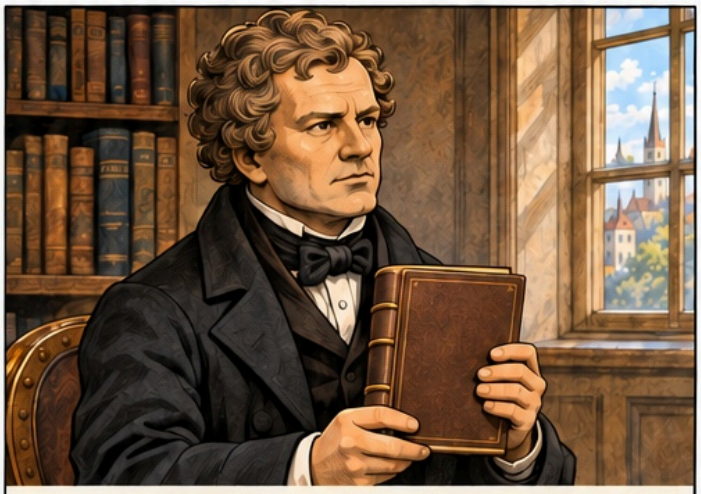


也会记录接线和单位。



理解，比背诵更有帮助。

# 1827年的著作



1827年，欧姆发表关于电流回路的数学著作。



书中系统展开了他的研究。



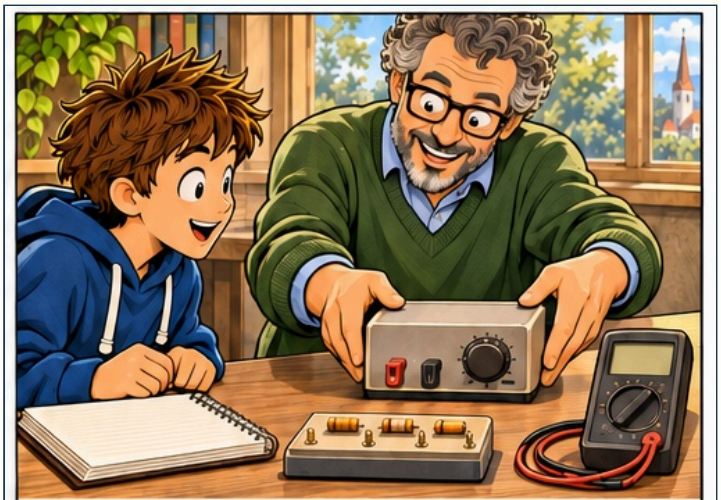
科学提出可由他人检验的关系。



欧姆的名字也将成为电阻单位的名称。



少年重新看待桌上的小电阻。



现在，他也要把想法与观察联系起来。

# 俱乐部的实验



他们选用非常简单的直流电路。



低电压电源为合适的电阻供电。



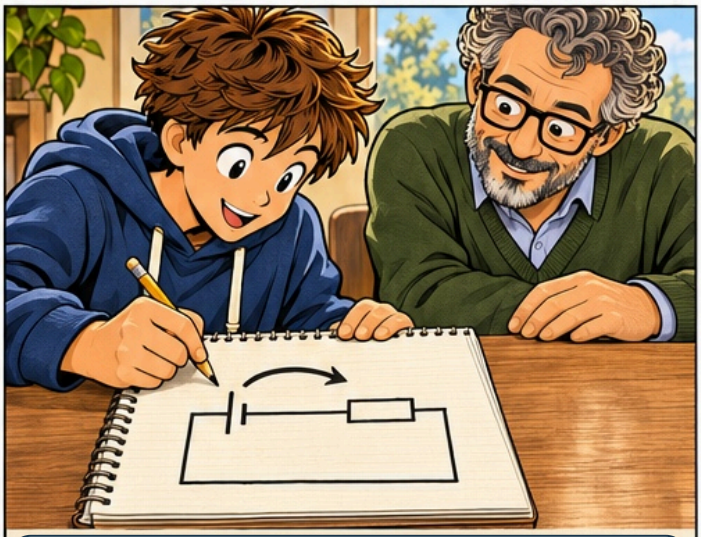
教学器材带有限流保护。



他们不会打开或改动任何市电设备。



导师检查器材、说明书与使用限值。



问题是：电压变化时，电流怎样变化？

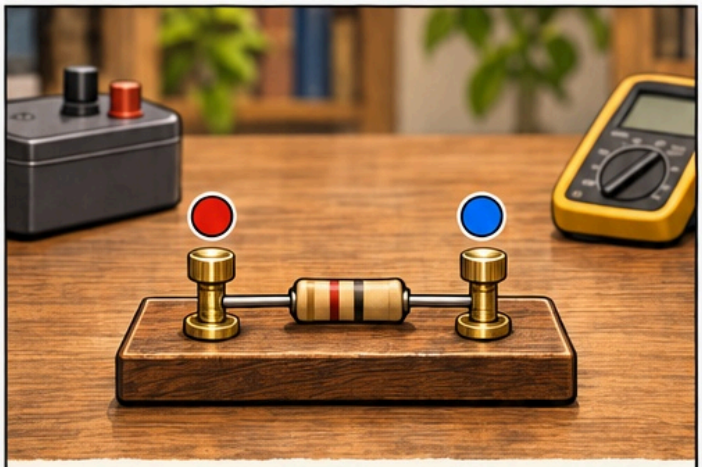
# 两点之间的电压



电压定义在电路的两点之间。



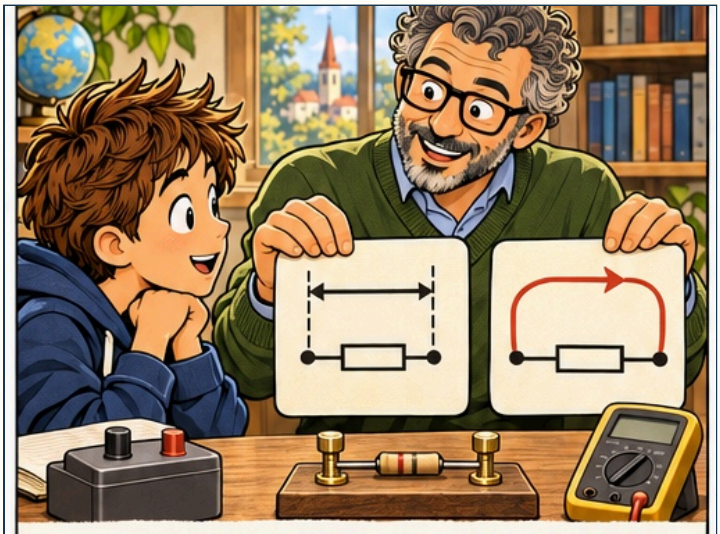
他们用U表示电压，单位是伏特，符号V。



因此，必须说清是哪两点之间的电压。



这里研究的是电阻的两个端点。



电压不是藏在导线里的某种电流数量。



少年在笔记中画出这两点。

# 回路中的电流



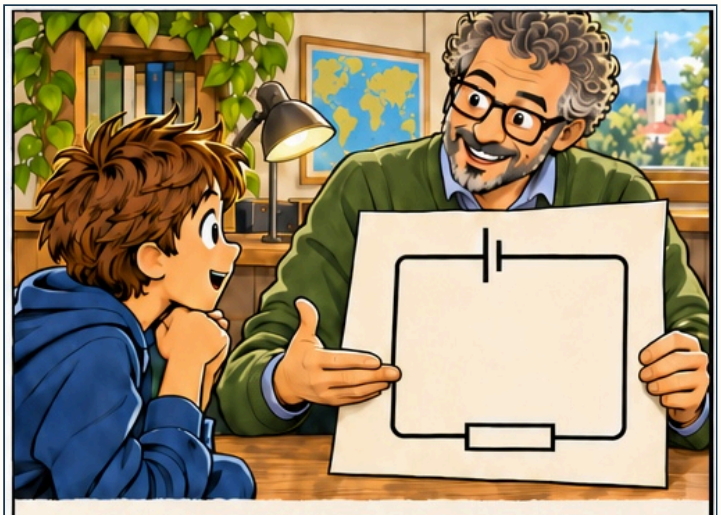
电流用I表示，单位是安培，符号A。



这里，持续电流需要闭合的导电回路。



回路断开时，电阻中没有电流。



在这个简单回路中，各元件电流相同。



电源外部的约定电流方向是从正极到负极。

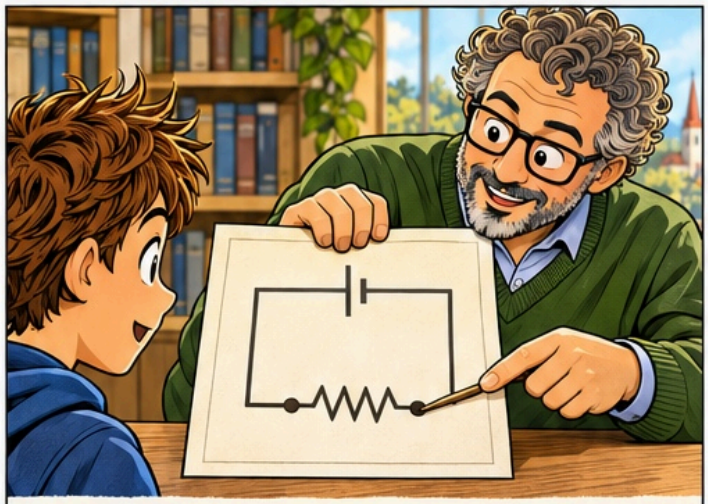


少年沿图查看，暂时不接线。

# 电阻的作用



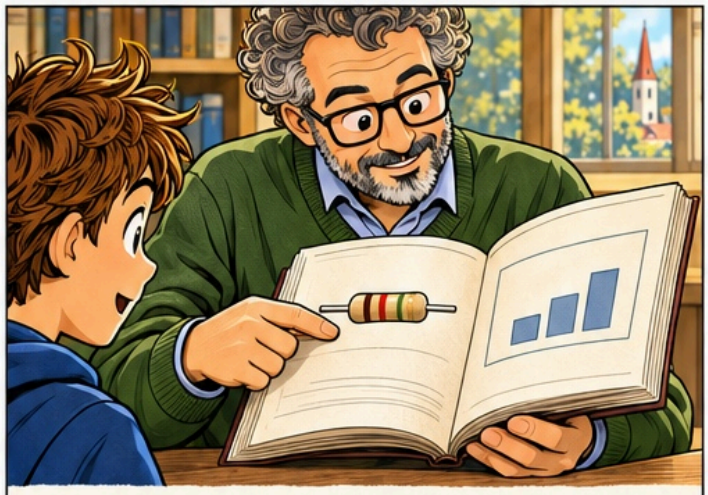
电阻用R表示，单位是欧姆，符号Ω。



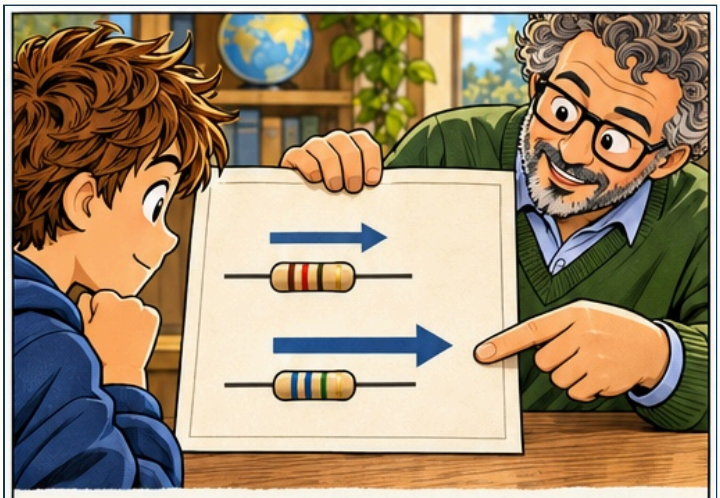
这里，它联系元件两端电压与通过元件的电流。



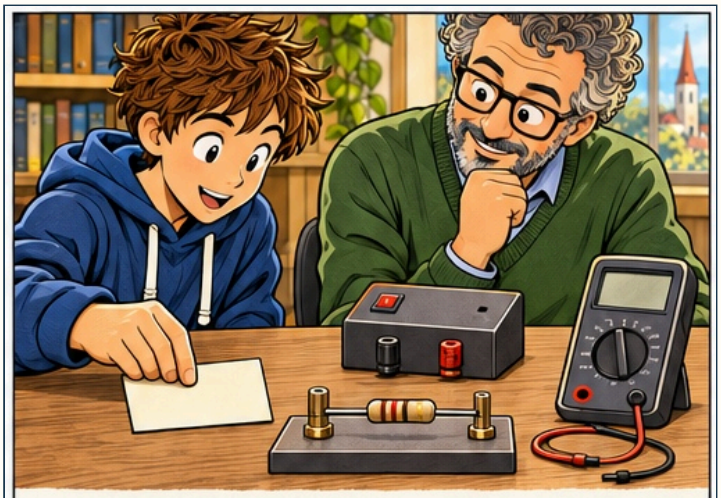
他们选择具有欧姆特性的电阻器。



它的温度必须保持足够稳定。



电压相同时，电阻越大，电流越小。

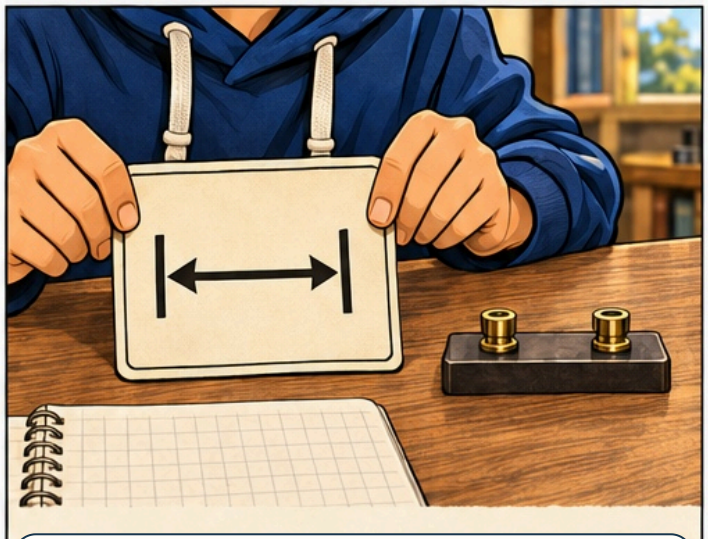


最后这一预测还需要验证。

# 三个物理量，三个单位



笔记本区分U、I和R。



电压U用伏特V表示。



电流I用安培A表示。



电阻R用欧姆Ω表示。



物理量符号与单位符号，各有不同作用。



以后每个结果的数字旁都会带上单位。

# 接线前先准备



准备期间，电源保持断开。



他们选用100 Ω、额定功率1 W的电阻。



演示限制在1.5至4.5 V直流电压之间。



导师确认所有元件都适合本次试验。



导线完好，接线位置提前安排，不临时凑接。



少年先画接线图，再使用器材。

# 测量独立的电阻



试验前，他们用万用表检查电阻。



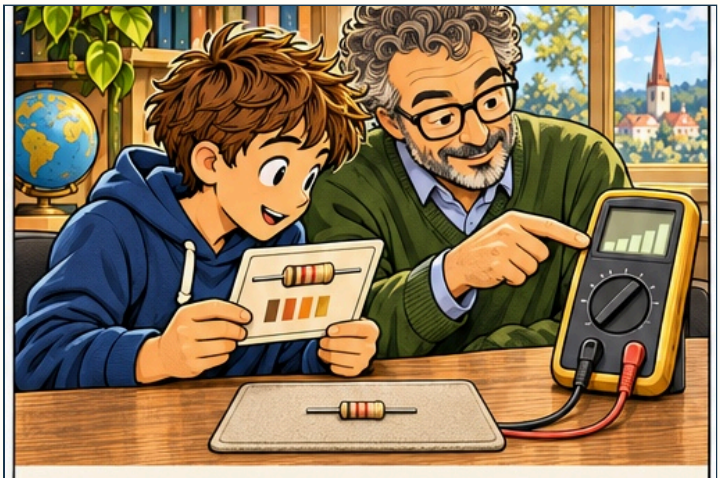
元件已与电路分离，所有电源均已断开。



按说明书把仪表设为电阻测量模式。



读数接近100 Ω，确认所选元件。



容差可解释实际值与标称值的差别。

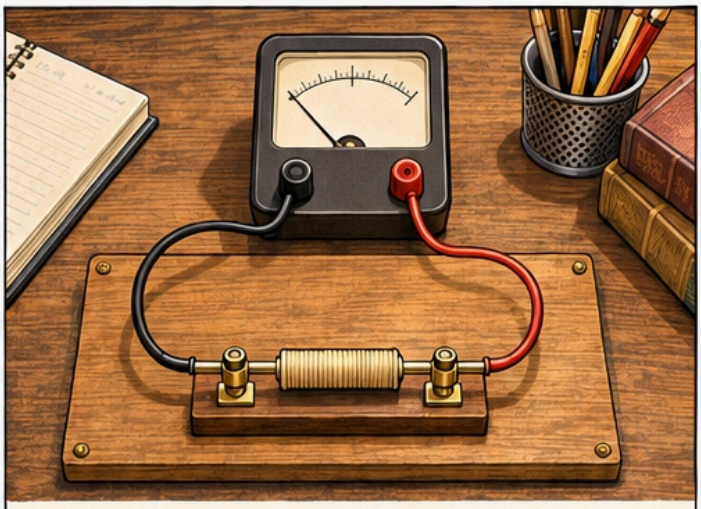


他们记录真实读数，再移开表笔。

# 电压要并联测量



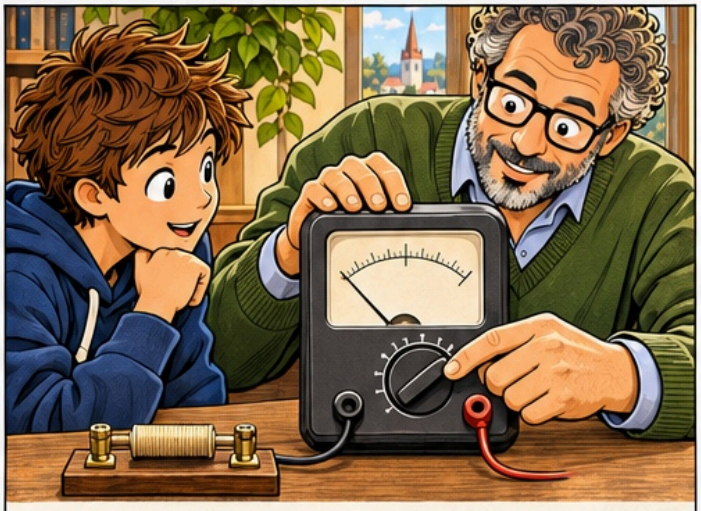
电压表接在电阻的两个端点上。



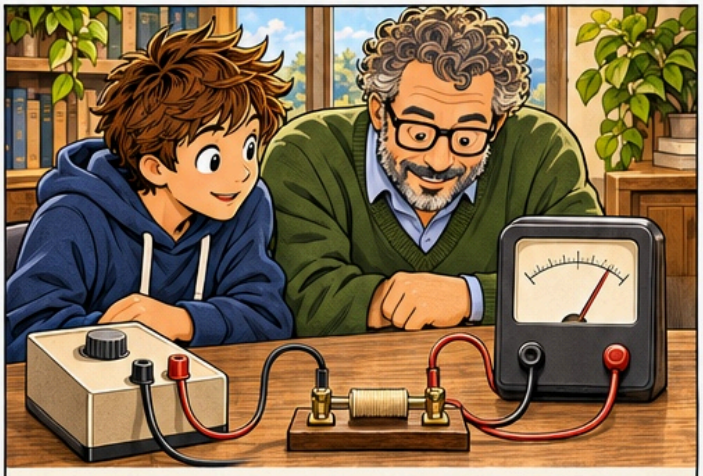
它与电阻形成并联支路。



放置测量线时，电源必须断开。



导师检查插孔、直流电压模式和量程。



然后才接通电源，读取电压。



记录数值后，再断开电源。

# 电流要串联测量



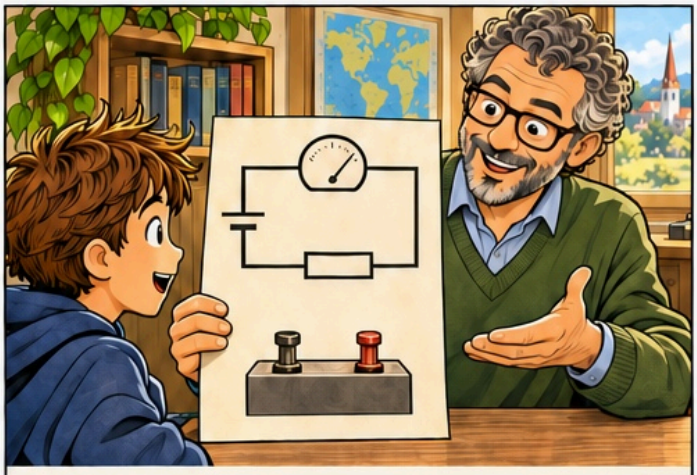
测量I需要另一种接法。



断开电源后，导师打开回路，把电流表串入其中。



他检查电流插孔、保险丝、直流模式和量程。



电流表绝不能直接跨接电源两端。



确认接线后，才通电读取电流。

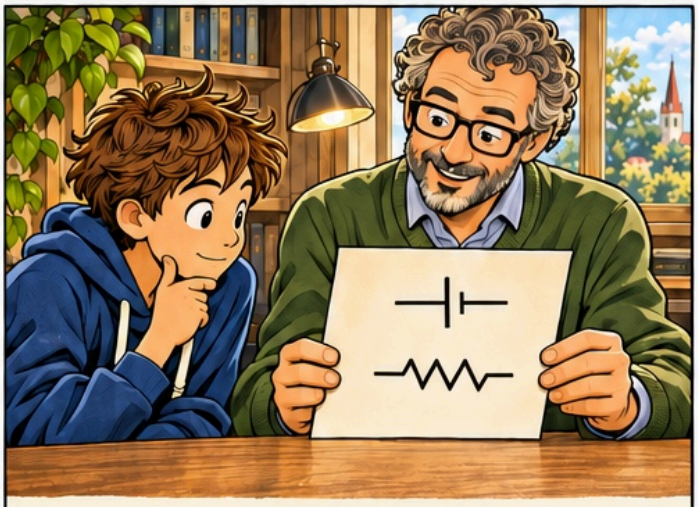


改动前断电；随后把测量线恢复到电压测量位置。

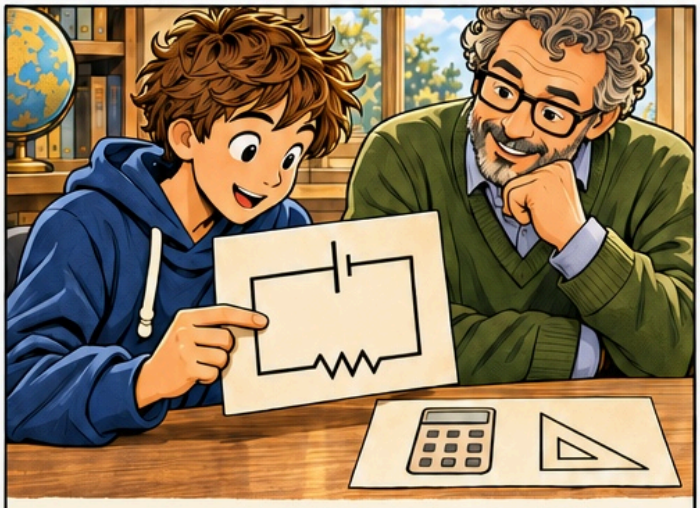
# 第一个比较点



他们从计划中的最低电压开始。



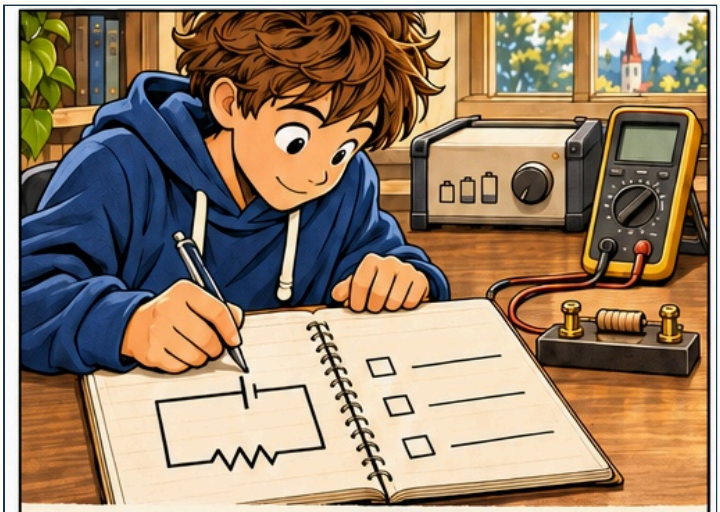
理想示例采用1.5 V和100 Ω。



预期电流为0.015 A，也就是15 mA。



实际测量值与理想值分别记录。



Lucas写明电路和单位。



第一行记录，只是一个起点。

# 电压加倍



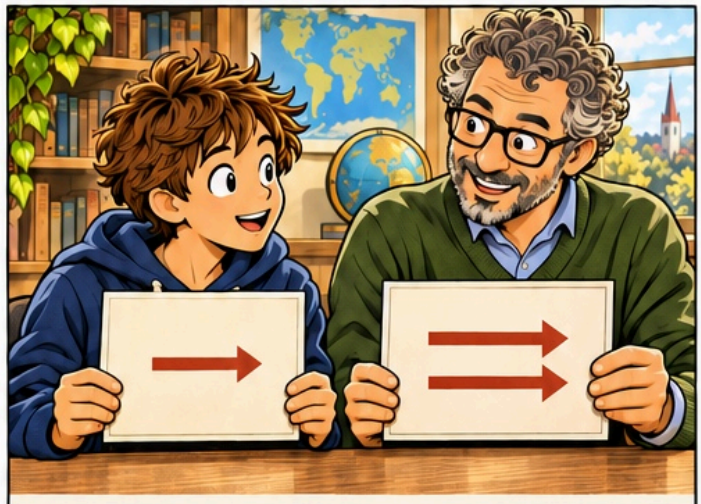
改变设置前，先断开电源。



电阻和测量条件保持不变。



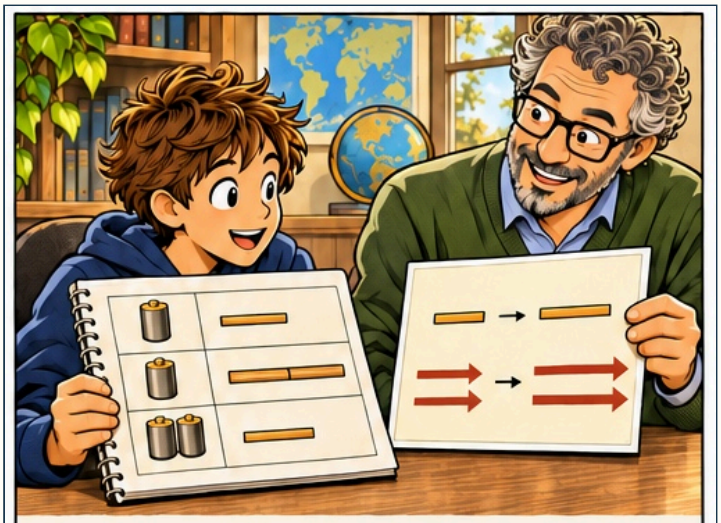
理想示例中，电压由1.5 V升到3 V。



电流便由15 mA升到30 mA。



电压加倍，电流也加倍。



少年把预测与新的观察作比较。

# 第三次试验



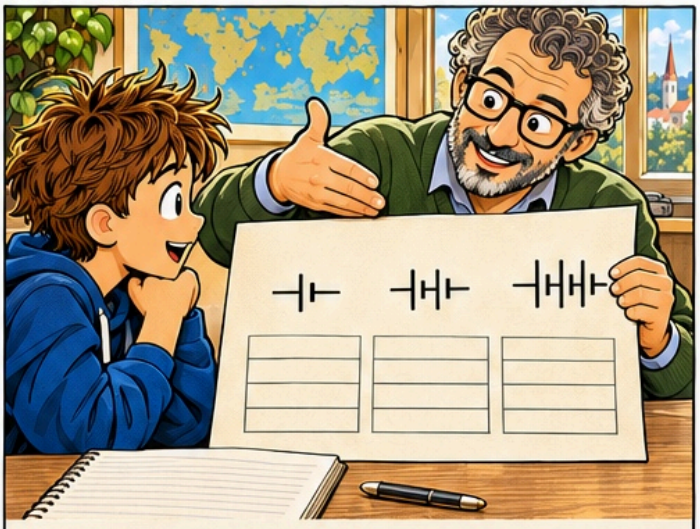
新试验要验证趋势，而不只是重复结论。



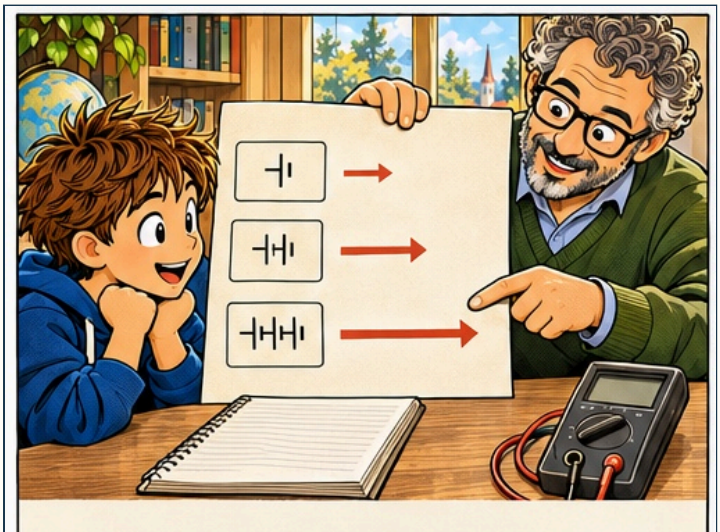
他们按相同程序，把电压升至4.5 V。



100 Ω的理想模型预测0.045 A，即45 mA。



示例现在包含1.5 V、3 V和4.5 V。



对应电流分别是15、30和45 mA。



读取结果后，再次断开电源。

# 什么保持不变



少年用每个电压除以用安培表示的电流。



1.5 V ÷ 0.015 A = 100 Ω。



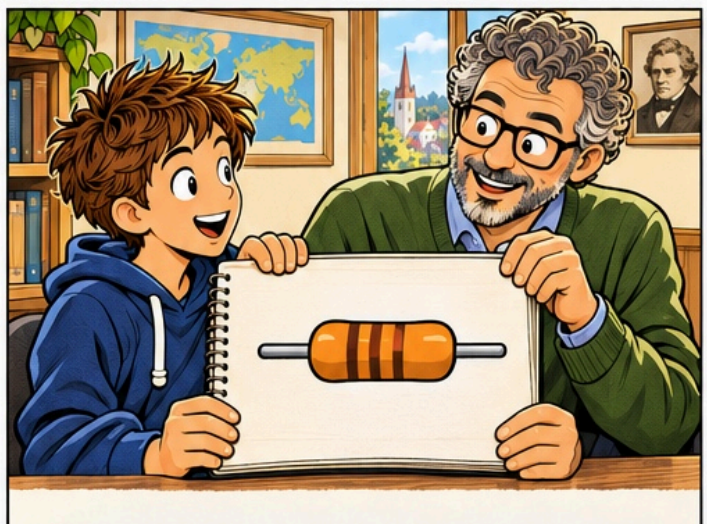
3 V ÷ 0.030 A = 100 Ω。



4.5 V ÷ 0.045 A = 100 Ω。



在理想示例中，U/I的比值保持不变。



这个常数就是电阻R。

# 关系逐渐显现



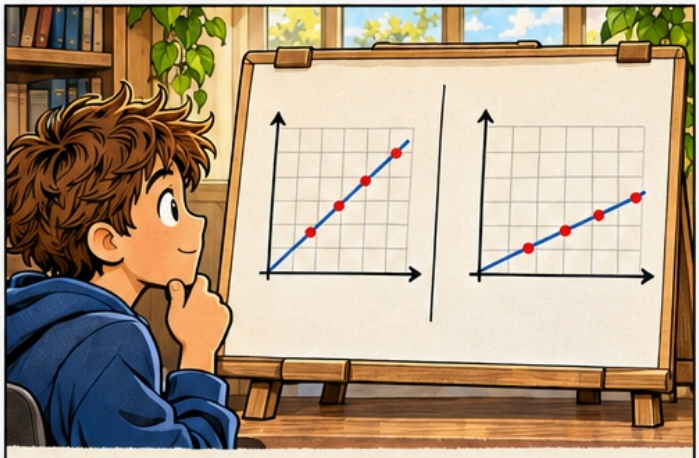
画图能帮助看清正比关系。



理想电阻的各点位于经过原点的直线上。



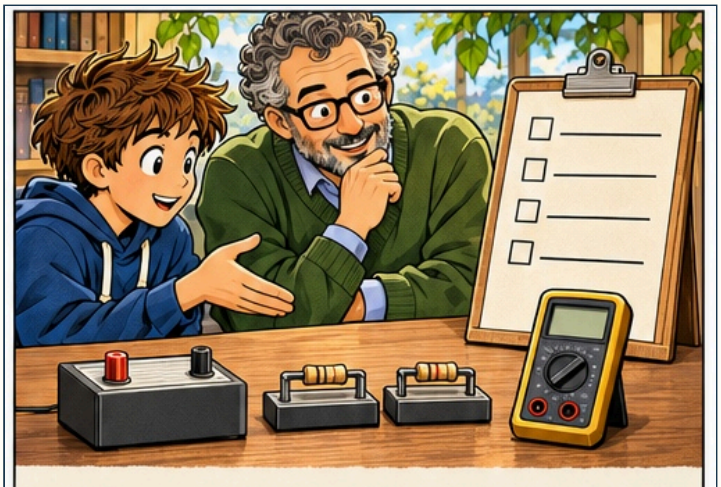
若横轴为U、纵轴为I，斜率就是1/R。



交换坐标轴，会改变斜率的含义。



真实测量点可能略微偏离直线。

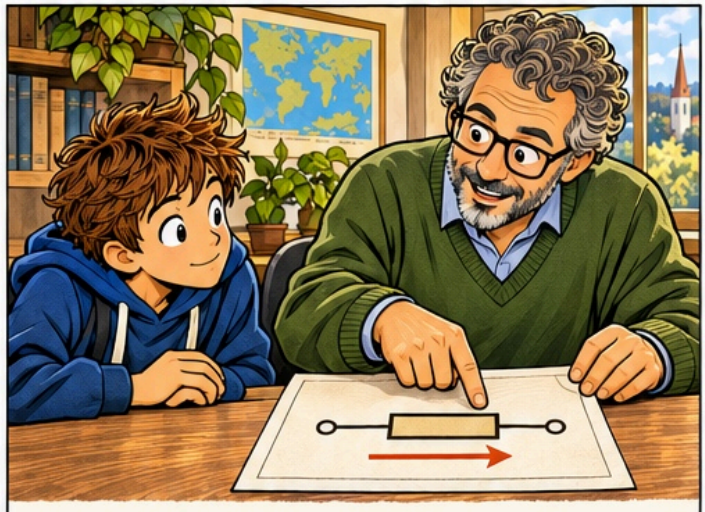


图能解释数字，但不能代替实验条件。

# U = R × I



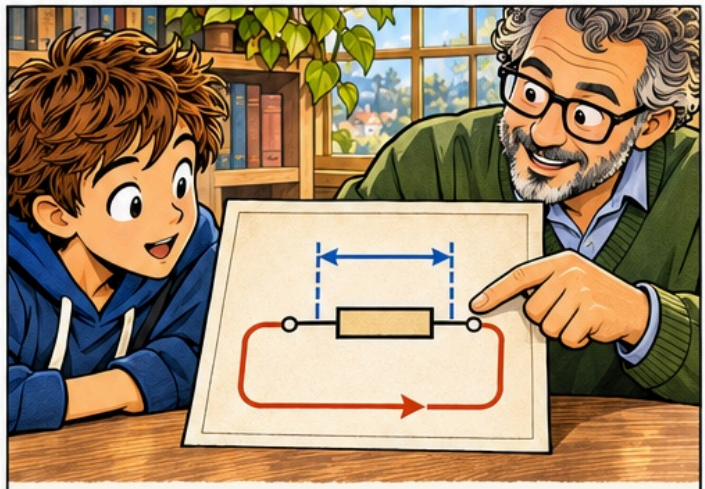
关系写作U = R × I。



欧姆电阻两端的电压，等于R乘以I。



R = 100 Ω、I = 0.030 A时，U = 3 V。



这些物理量必须对应同一个元件。




计算时，电流要用安培表示。



少年终于理解公式联系了什么。

# 求电流



知道U和R，就能预测I。



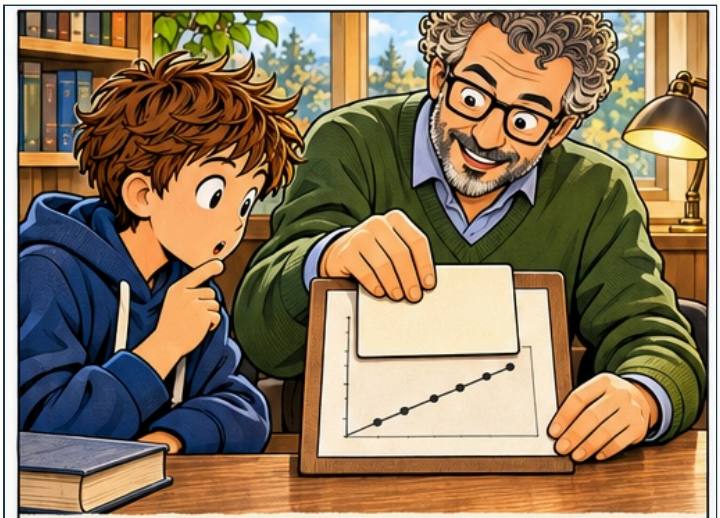
他把公式变形为I = U/R。



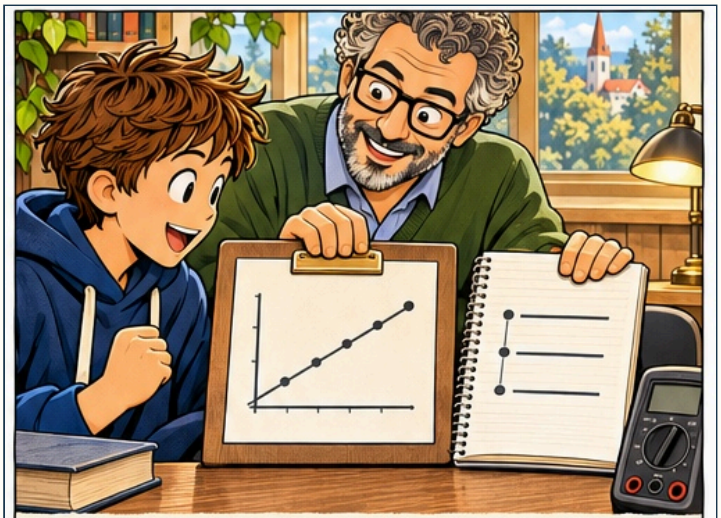
3 V、100 Ω时，3 ÷ 100 = 0.030 A。



这相当于30 mA。



他先说出预测，再查看测量值。



计算成了向实验提出的问题。

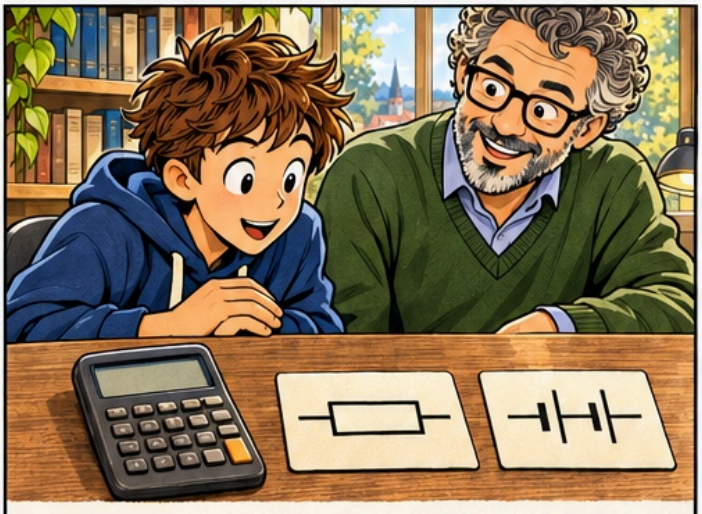
# 求电阻



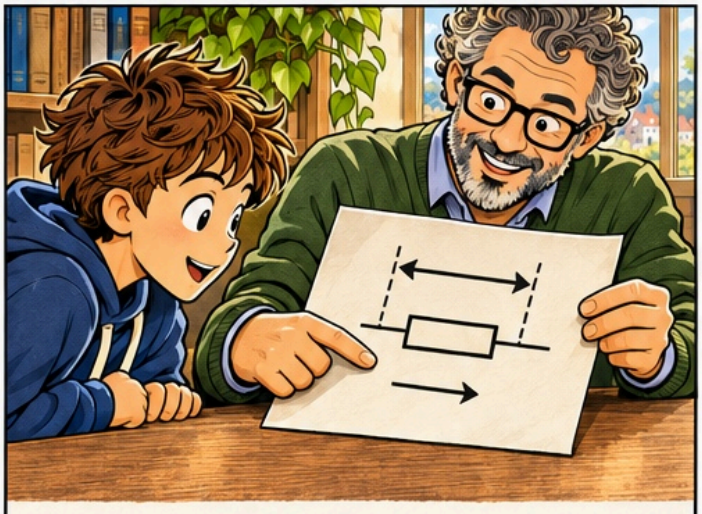
另一个问题从U和I出发。



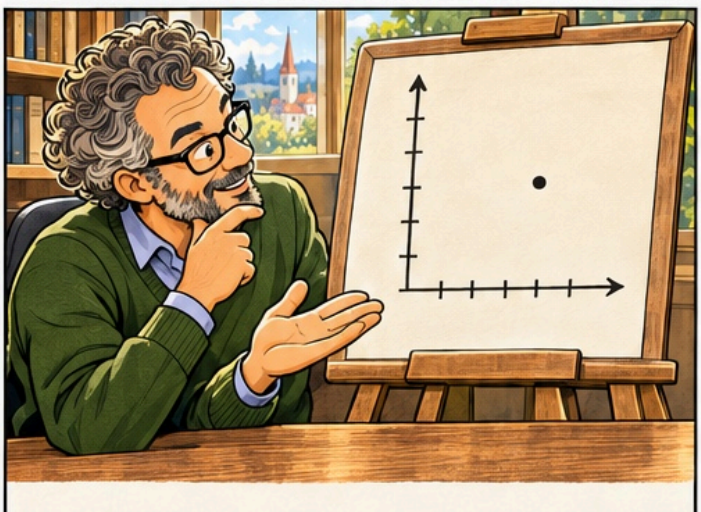
关系于是变为R = U/I。



例如3 V和0.015 A，得到200 Ω。



电压、电流必须对应同一时刻的同一二端元件。



仅凭一个比值，不能证明元件具有欧姆特性。



还要观察多个工作点。

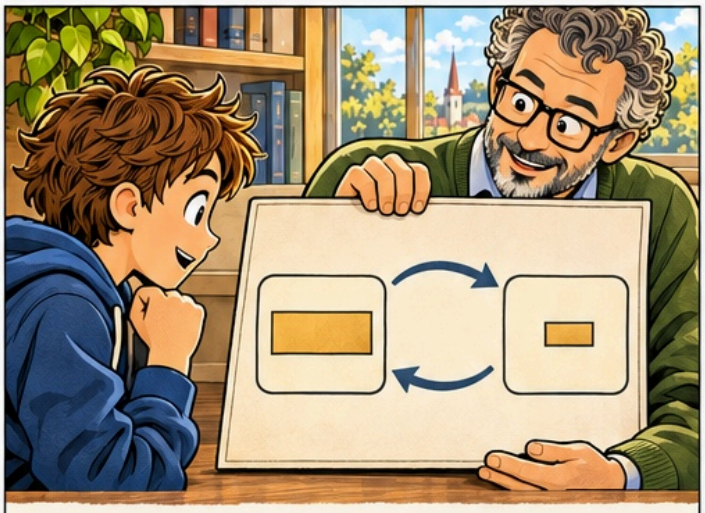
# 小心毫安



少年抄下30 mA，在计算器前犹豫起来。



一毫安等于千分之一安培。



30 mA = 0.030 A；15 mA = 0.015 A。



输入30而非0.030，会让结果相差一千倍。



他先换算，再用一致的单位计算。



最后还要检查数量级是否合理。

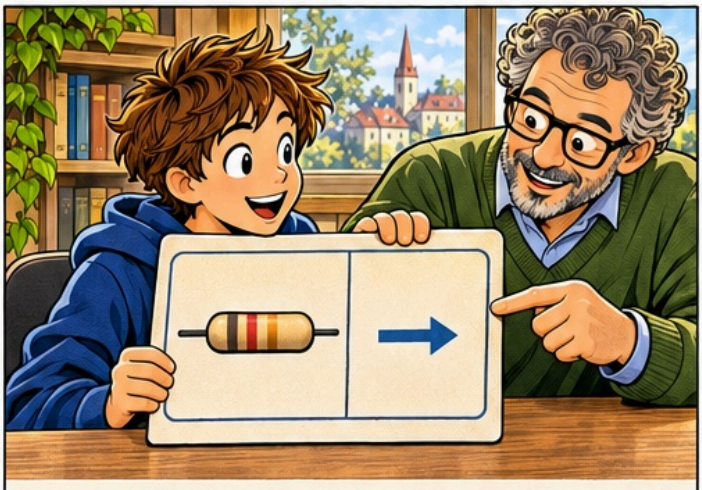
# 更换前先预测



他们想在相同电压下比较两只电阻。



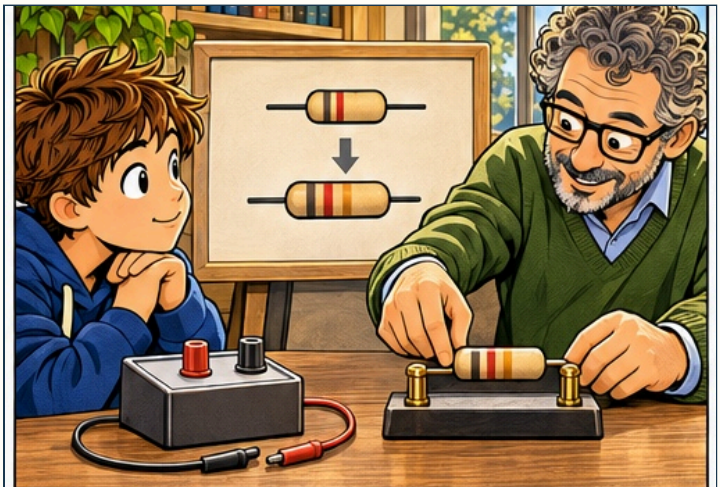
3 V、100 Ω时，理想电流为30 mA。



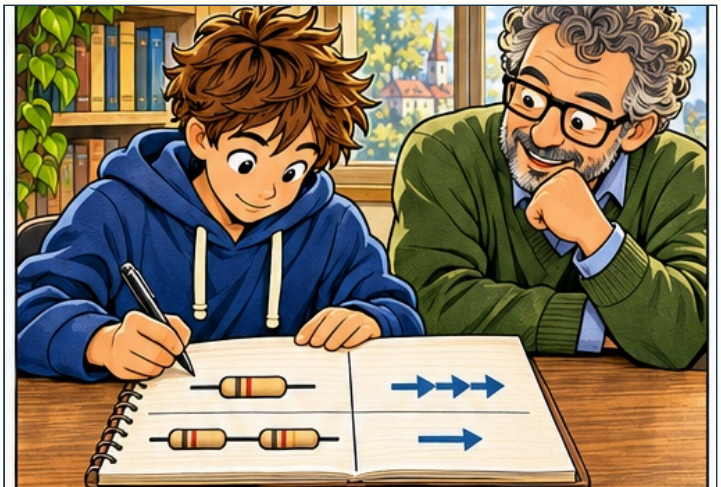
3 V、200 Ω时，电流将是15 mA。



U不变时，R加倍，I便减半。

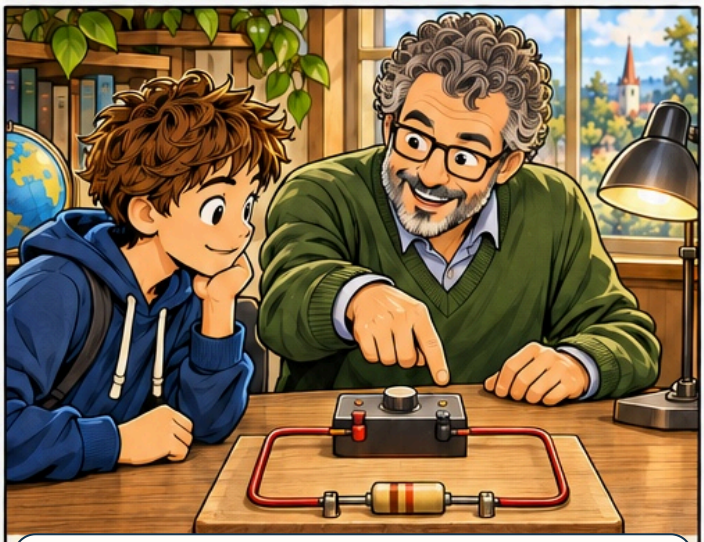


更换元件前，先断开电源。

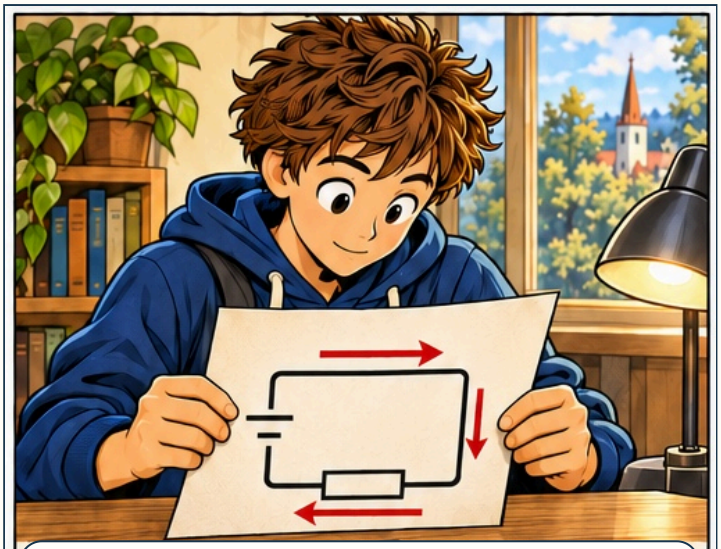


少年先记预测，再记测量结果。

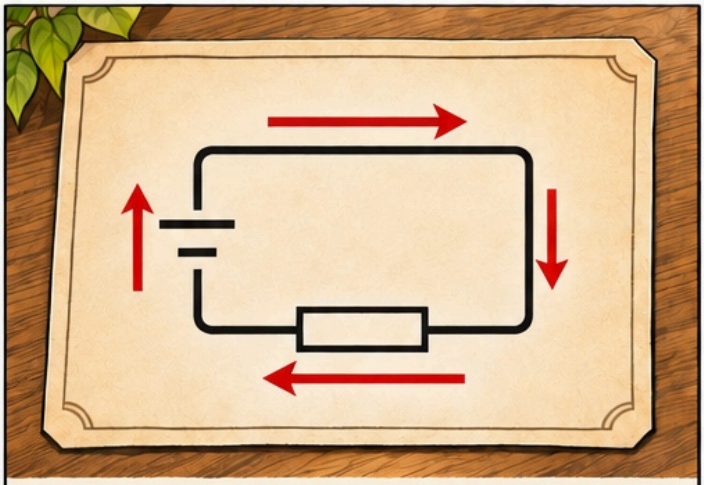
# 不是堵塞，也不是储存



电流不会先储存在电阻中，再晚些流出来。



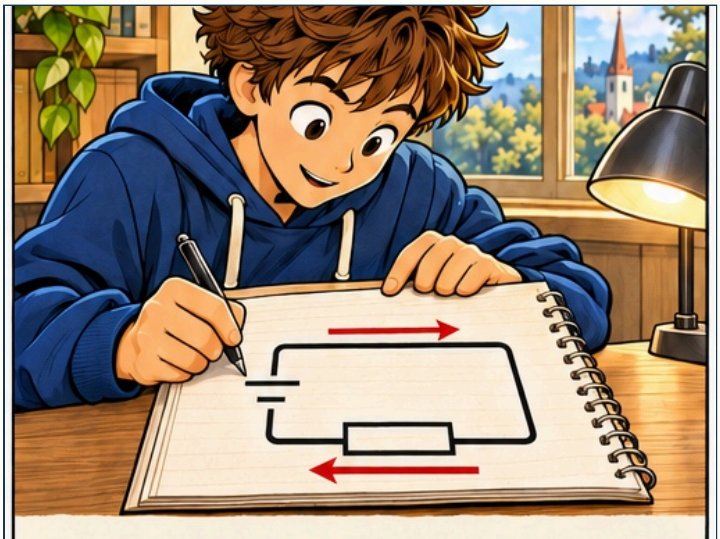
在这个回路中，电阻不会逐渐消耗电流的大小。



稳态时，它前后的电流相同。



被转换的是电能，主要转化为热。

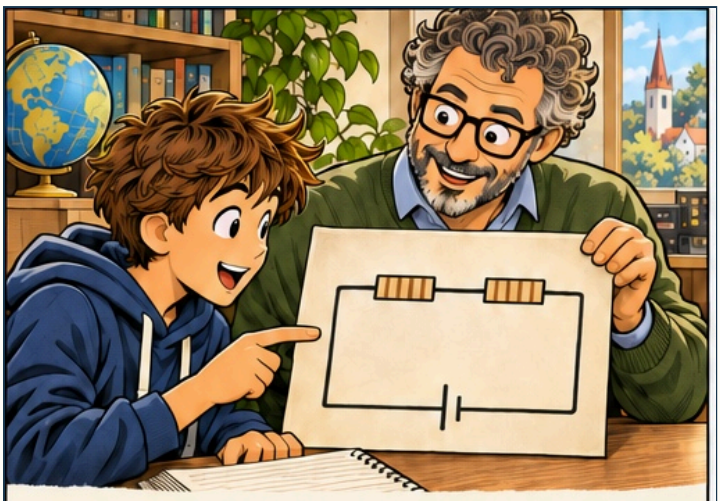


少年修改了原先电阻后方箭头变小的图。



他的模型更贴近观察了。

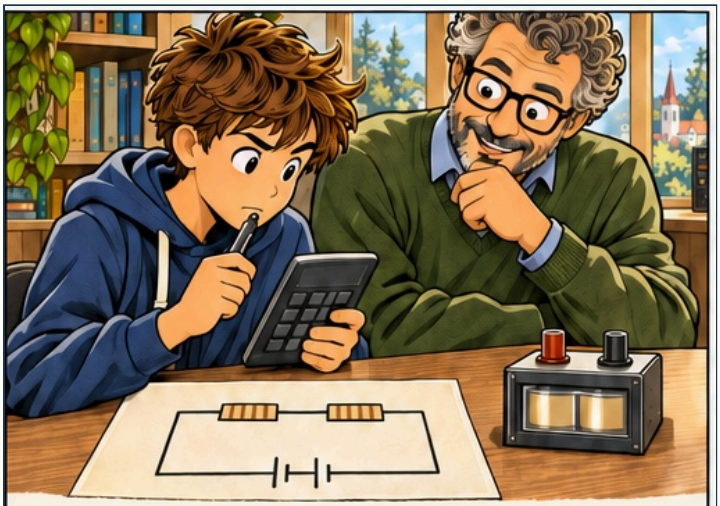
# 两只电阻串联



纸上画着两只依次相接的100 Ω电阻。



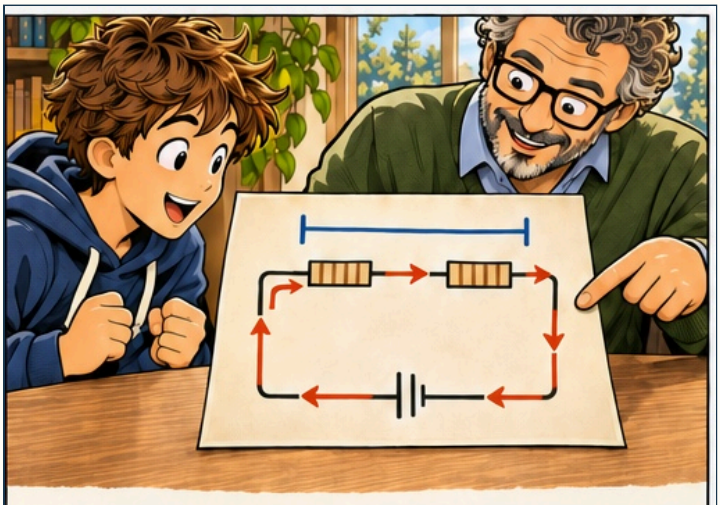
串联等效电阻为100 Ω + 100 Ω = 200 Ω。



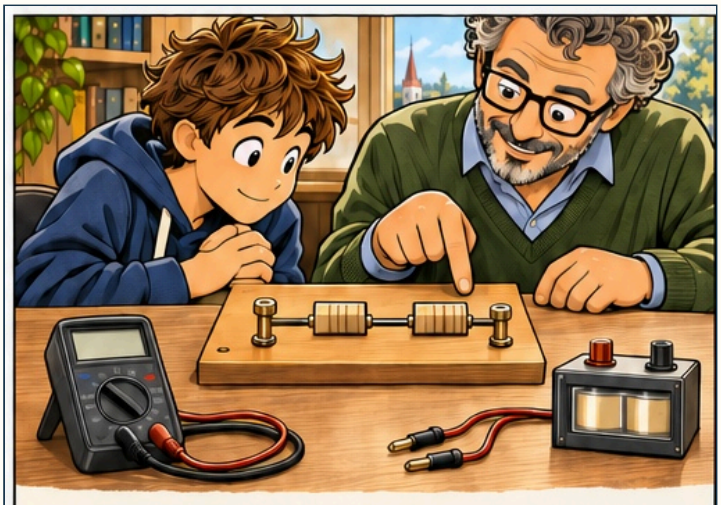
3 V下，理想回路电流为15 mA。



每只电阻两端电压都是1.5 V。

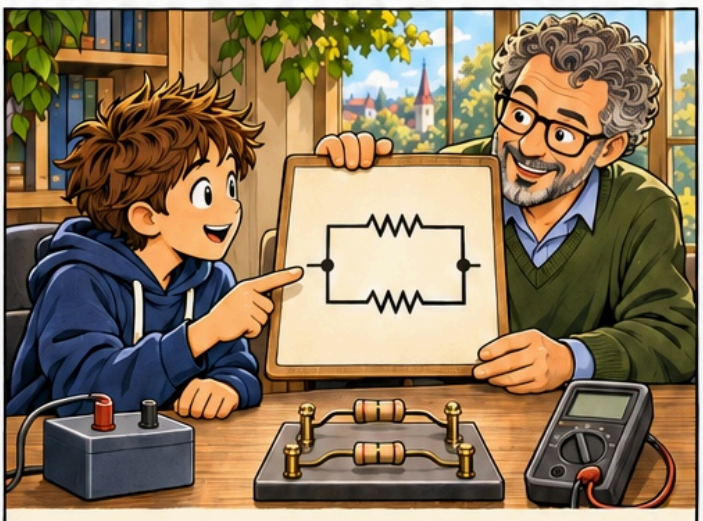


电压相加，而通过两只元件的电流相同。

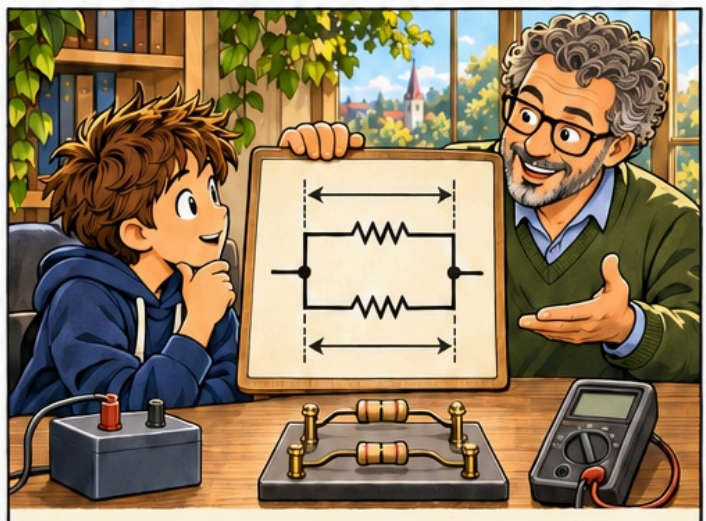


他们用适合的装置验证，改接时保持断电。

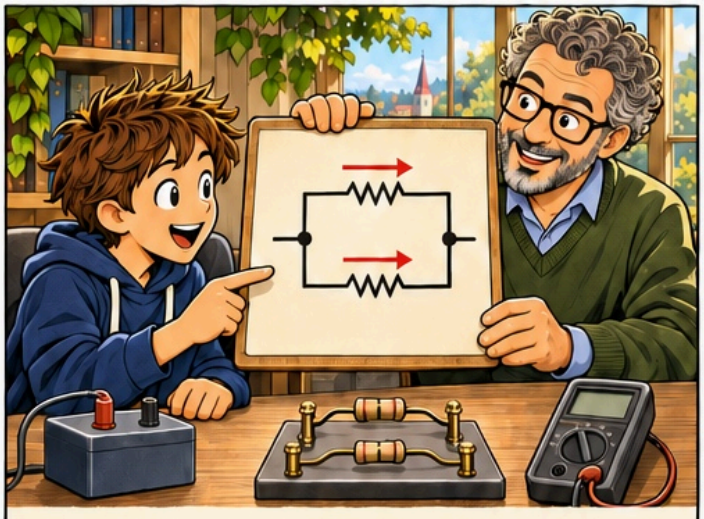
# 两条并联通路



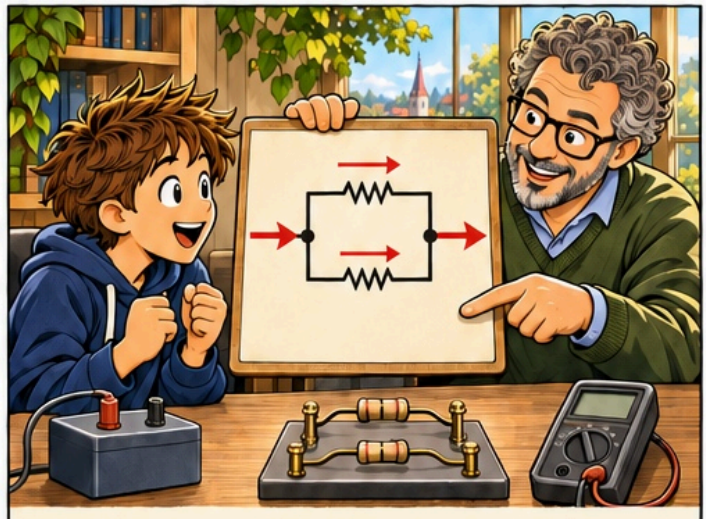
另一张图把两只100 Ω电阻放在并联支路上。



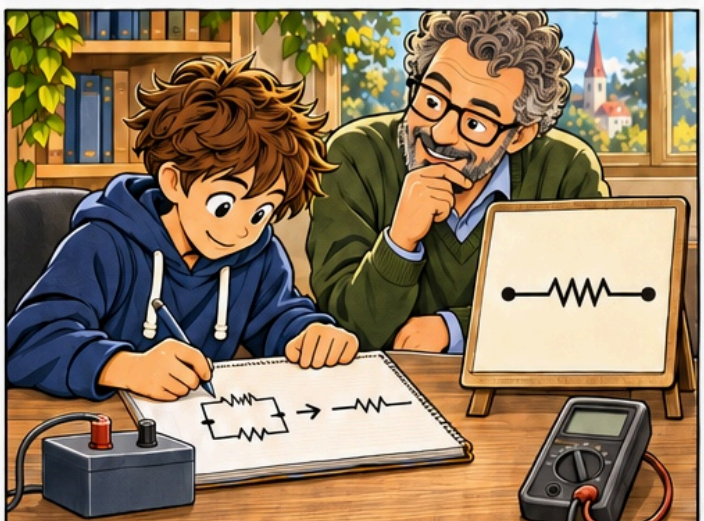
每条支路承受相同的3 V电压。



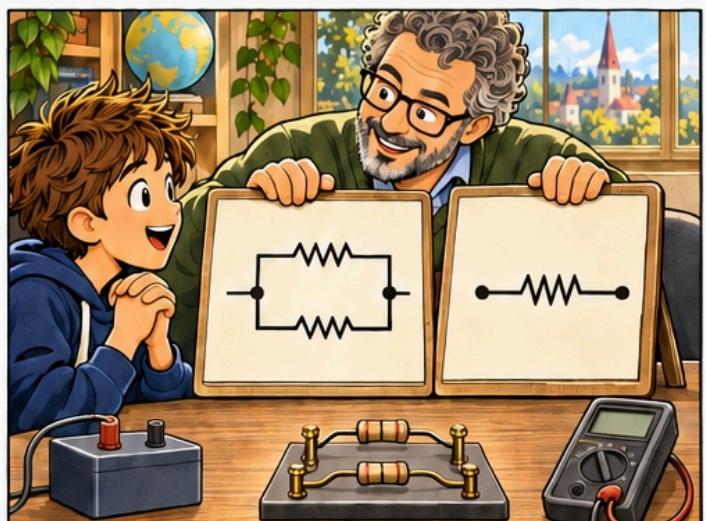
每只电阻的理想电流为30 mA。



总电流为60 mA，即各支路电流相加。

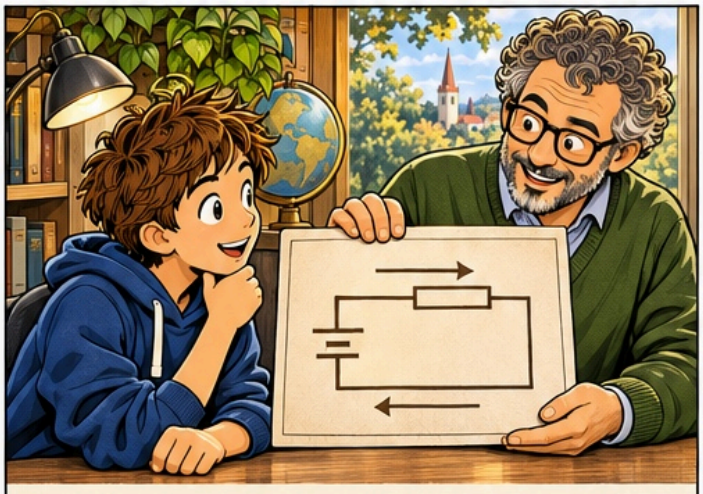


等效电阻是3 V ÷ 0.060 A = 50 Ω。

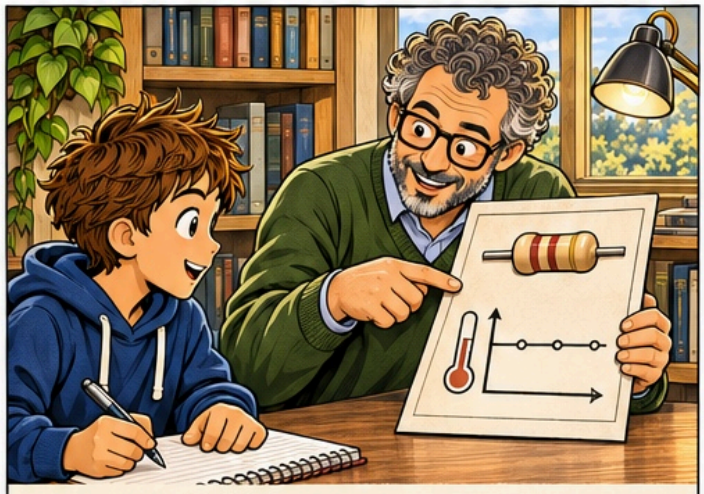


这个接法不能用电阻值直接相加求解。

# 模型的适用范围



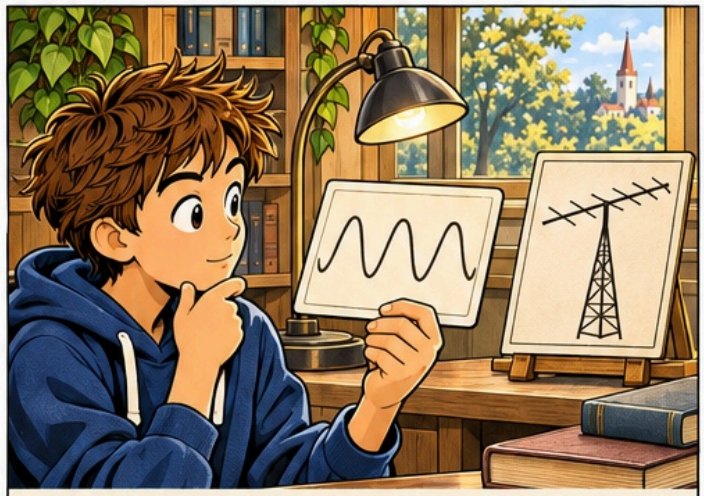
这里的计算针对直流条件下的欧姆电阻。



仍需考虑温度和元件特性。



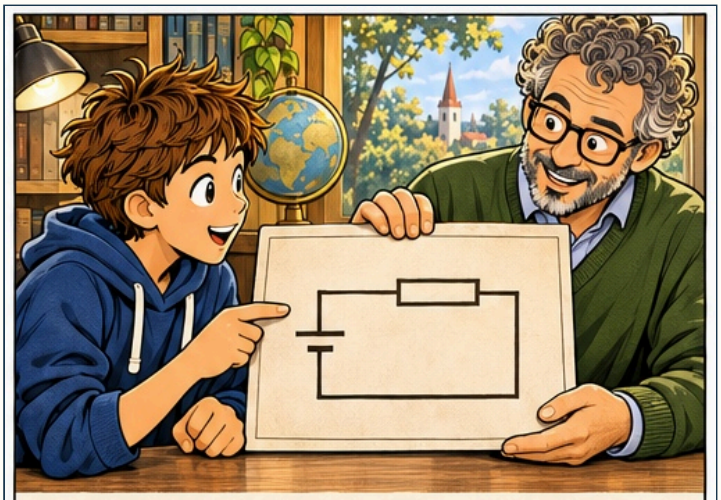
线圈、电容或天线，不一定能简化成这种电阻。



在射频下，其他效应引出了阻抗这个概念。




少年把新问题留给另一场探索。



理解模型，也包括知道它的边界。

# 能量也要计算



演示还必须考虑耗散功率。



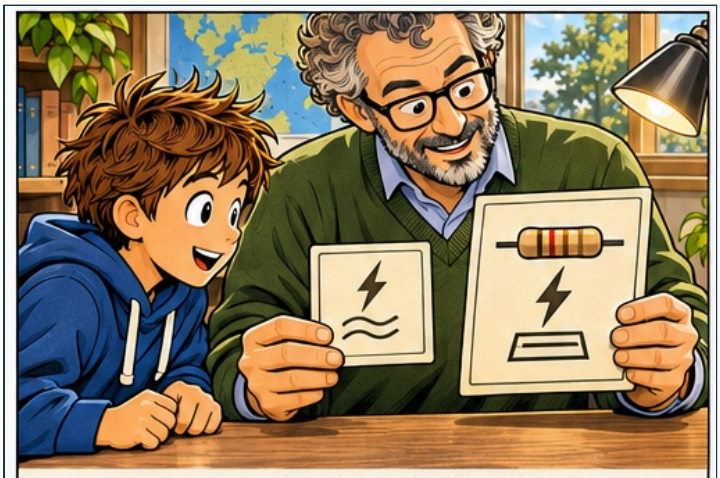
直流条件下，P = U × I，P的单位是瓦特W。



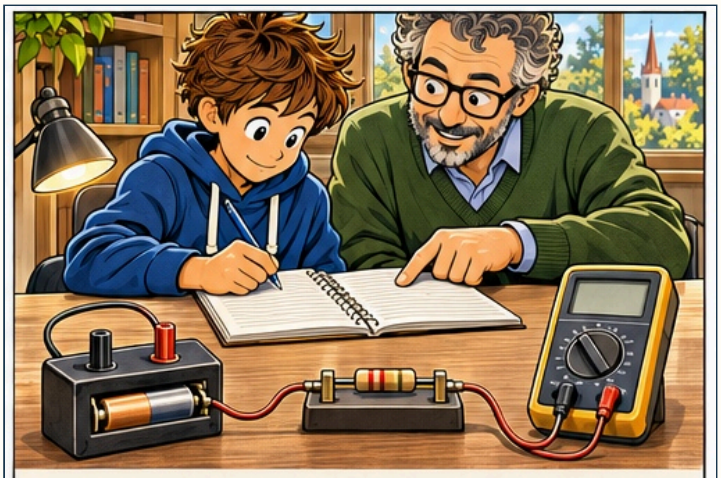
3 V、0.030 A时，P = 0.090 W。



在电阻中，电能主要转化为热。



必须遵守元件的允许功率限制。



电路再小，也不能省略这项检查。

# 选择时留有余量



在上限4.5 V下，100 Ω的理想电流是45 mA。



计算功率为4.5 × 0.045 = 0.2025 W。



选用的1 W电阻为本次试验留有余量。



这还取决于厂家规定的使用条件。



他们绝不会触摸通电元件来检查发热。



Henri始终依据器材限值作选择。

# 神秘的电阻



导师用示例卡提出最后一道谜题。



某欧姆电阻两端为3 V，电流为0.020 A。



少年计算R = 3 ÷ 0.020 = 150 Ω。



接着检查P = 3 × 0.020 = 0.060 W。



他解释每一步，不猜导师想要的答案。



这道谜题展示了他的方法。

# 测量值略有不同



测量结果可能稍微偏离理想值。



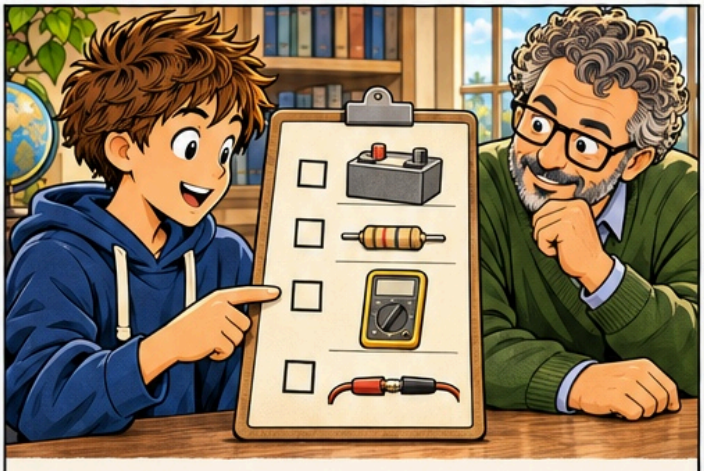
电阻有容差，电源也有实际输出电压。



测量仪表有局限，还可能影响电路。



接触不良也会改变观察结果。



判断定律错误之前，要先比较条件。



少年记录可解释的偏差，不人为修改读数。

# 让人进步的错误



草稿里，少年发现一个大了一千倍的电流。



他不会靠改变电源来追求这个数值。



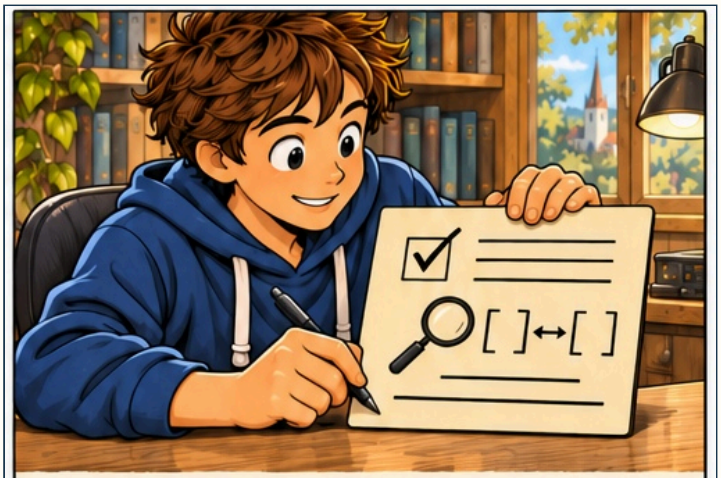
检查单位后，他发现把毫安当成了安培。



检查期间，电路始终断开电源。



换算后，数值回到合理的数量级。

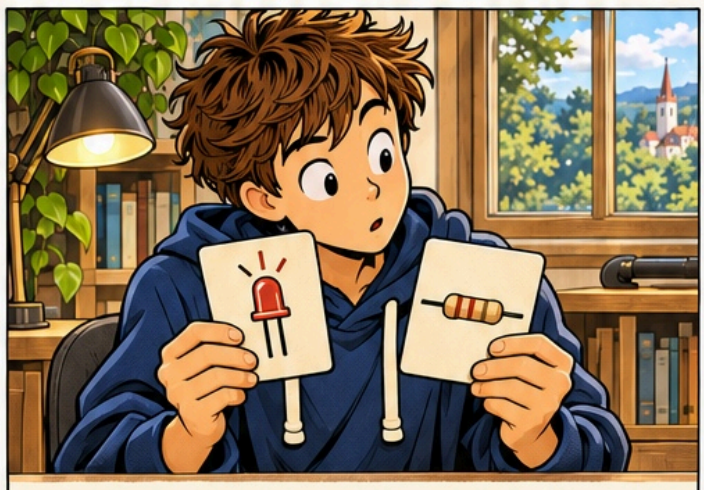


发现过的错误，成为今后的提醒。

# 二极管提出新问题



少年看到旁边盒子里的一只发光二极管。



能把它当成固定阻值的电阻吗？



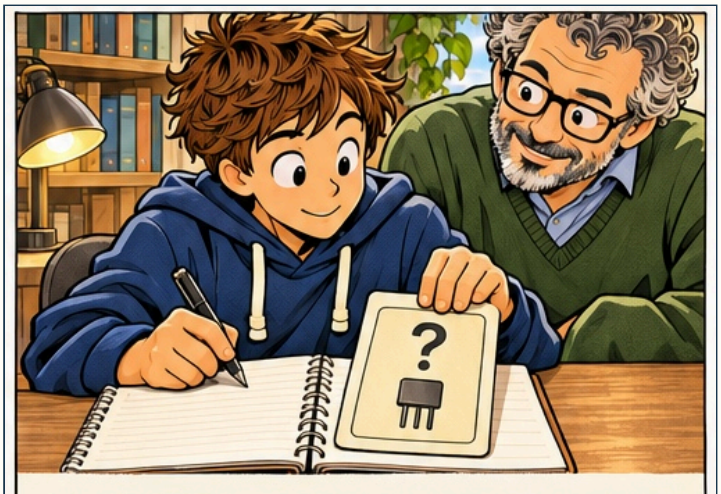
导师解释，它的电压与电流呈非线性关系。



因此，R恒定的简单U = R × I并不描述所有二极管。



他们让它留在盒中，研究它需要合适的电路。



理解定律，也能避免不加判断地套用。

# 温度也会影响结果



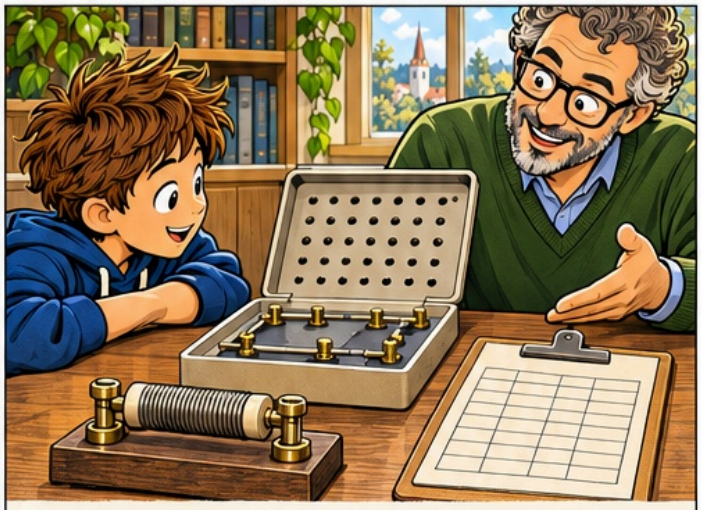
白炽灯丝提供了另一种不同的例子。



温度改变时，它的电阻也会改变。



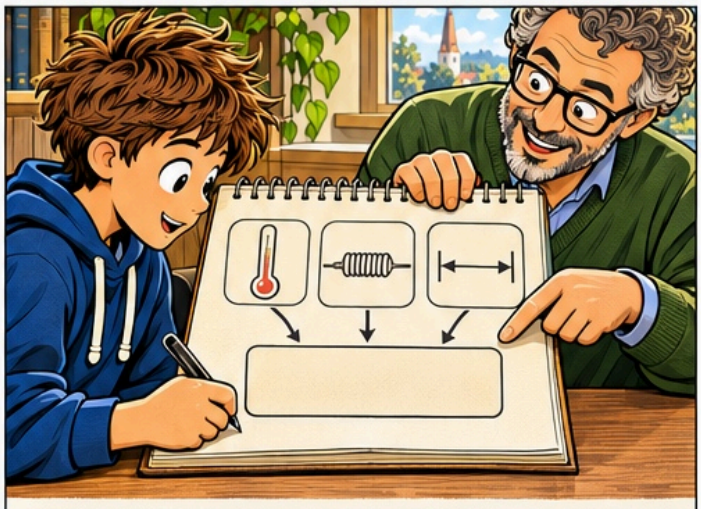
某时刻求出的值，不是普遍不变的常数。



他们自己的电阻也要在正常使用条件下工作。



他们不会用加热试验来证明这一点。



少年把适用条件写在公式旁。

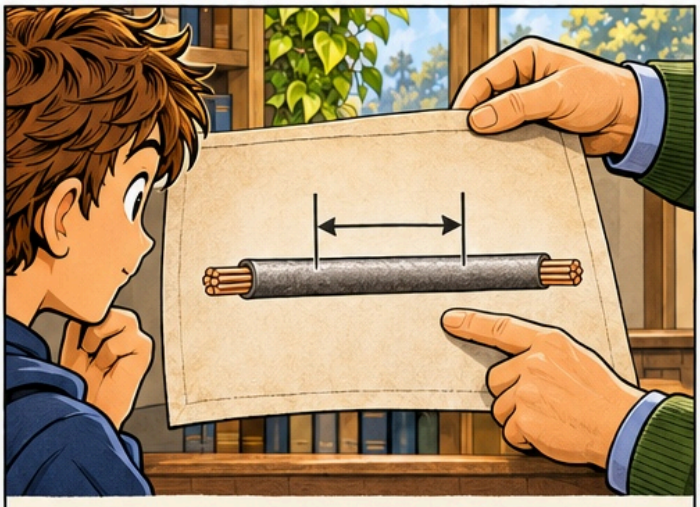
# 直到电台的导线



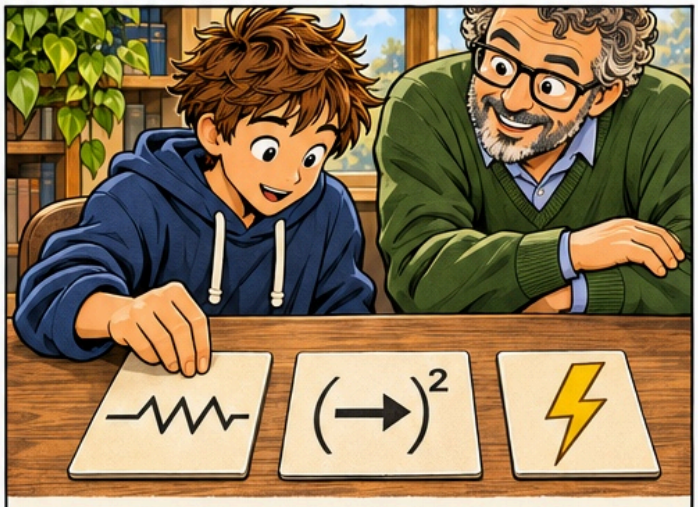
少年现在开始观察电路里的导线。



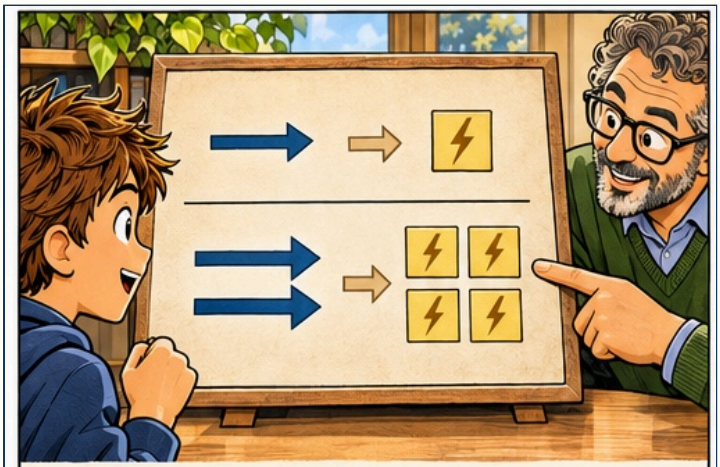
真实导体也可能存在电阻。



电流通过它时，就会产生电压降。



电阻上的耗散功率也可写作$P = R \times I^2$。



R相同时，I加倍，功率变成四倍。



他理解了合适电缆与接头的重要性，但不改动电台。

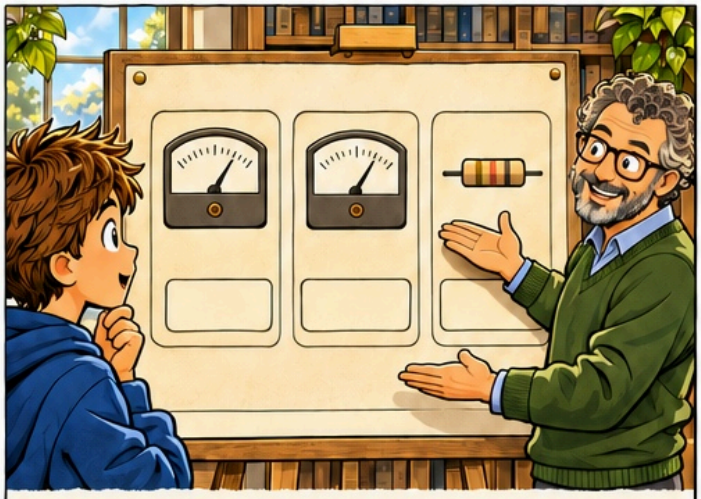
# 准备演示



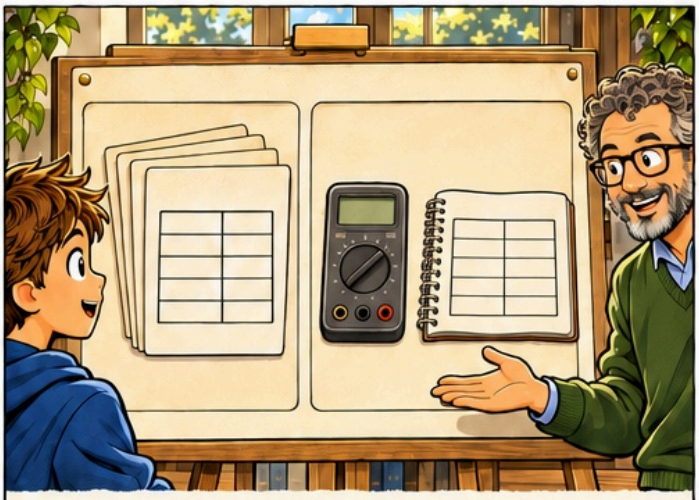
为来访者安排的活动快到了。



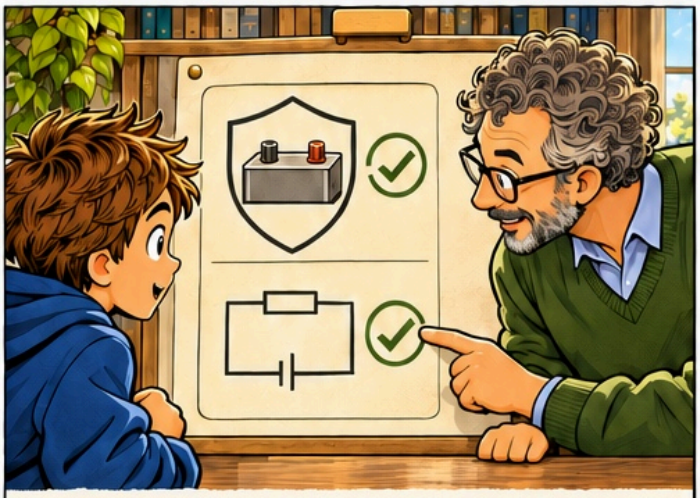
少年只选一个电路来讲清基础。



他介绍U、I、R以及各自单位。



理想示例与测量记录区分开放置。



接线规则和模型边界保持清晰可见。



他的故事将像欧姆的研究一样，从问题开始。

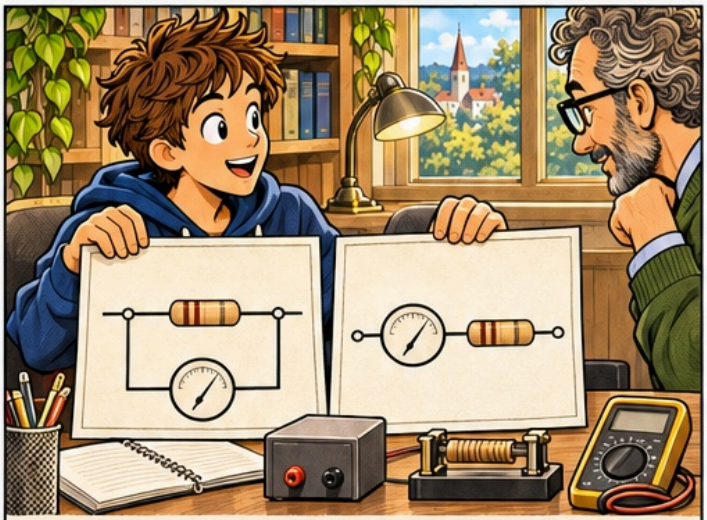
# 一起复查



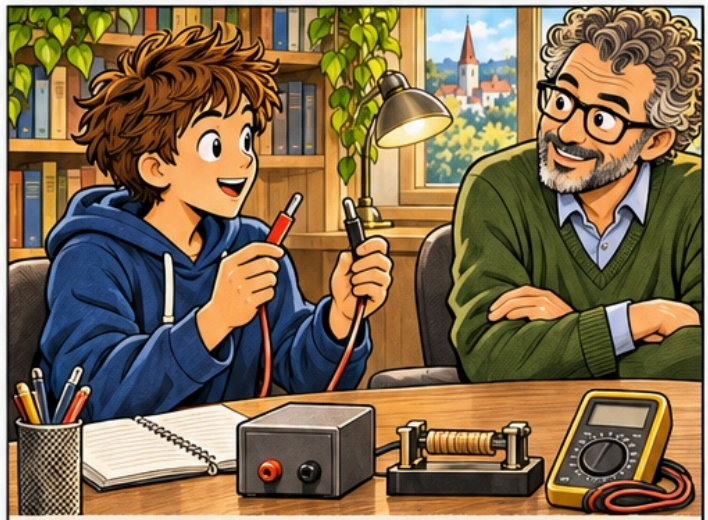
Henri扮演好奇的来访者。



Lucas解释为何电压要在两点之间测量。



他区分电压表与电流表的接法。



他提醒：任何改接都必须先断开电源。



随后说明电阻及其允许功率的选择。



难题让他有机会把解释说得更清楚。

# 预测、测量、理解



排练以一次计划限值内的试验结束。



少年根据电压和电阻预测电流。



导师检查接线，并监督测量。



少年随后连同单位一起比较预测与观察。



他已能解释小偏差，不必编造结果。



试验结束后，断开电源，收好器材。

# 不断旅行的发现



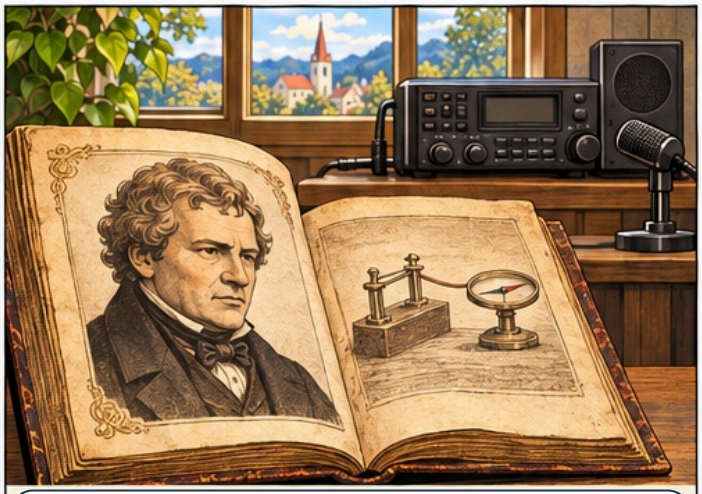
Lucas再次翻到乔治·西蒙·欧姆那一页。



从旧工坊到俱乐部，仪器已经改变。



但耐心观察仍让人感到熟悉。



欧姆没有建造他们的电台，却帮助他们理解电台。



现代笔记回应着想象中的科学家笔记。



只要不断追问，一个想法就能远行。

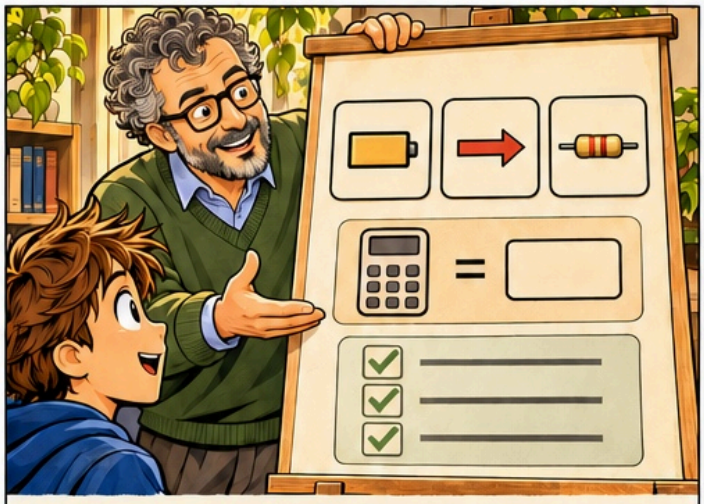
# 公式变成了工具



小电阻回到盒里，已不再神秘。



U = R × I联系着少年已经分清的物理量。



他会换算、预测、测量，也会检查模型条件。



他知道，公式不能替代方法和器材限值。



Henri望着准备分享的演示，露出笑容。



俱乐部里，新问题已在等下一本笔记。