ON4CRD

Deel 07

Weerstanden



Radio Club Durnal ON4CRD

https://on4crd.be

Juridische vermeldingen

Deel 07 · Weerstanden

Website-uitgever : Radio Club Durnal ON4CRD

Publicatiemanager : Comité van Radio Club Durnal ON4CRD

https://on4crd.be

Juridische vermeldingen

Intellectueel eigendom

Teksten, afbeeldingen, documenten, logo's en materialen gepubliceerd op de site blijven eigendom van hun respectieve auteurs of van de club. Bij elke reproductie of hergebruik moeten de bron, de toepasselijke rechten en eventuele toestemming van de auteur gerespecteerd worden.

Aansprakelijkheid

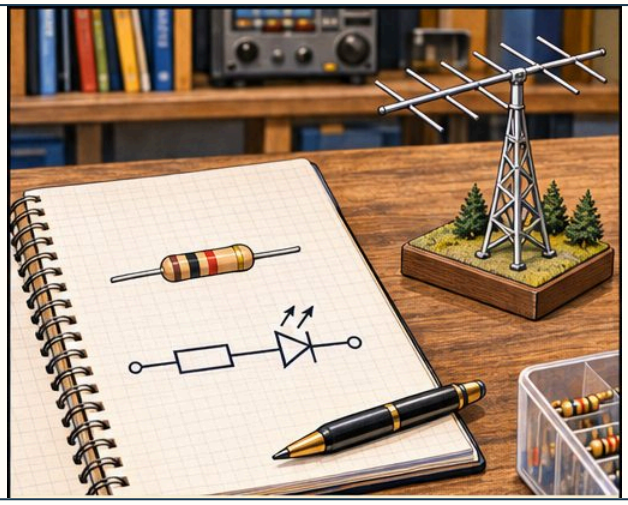
De club werkt aan het publiceren van nuttige en geverifieerde informatie, maar garandeert niet de afwezigheid van fouten, weglatingen of onderbrekingen. Technische of regelgevende informatie moet worden gecontroleerd aan de hand van officiële bronnen wanneer deze een besluit ondersteunt.

Illustraties gemaakt met ondersteuning van kunstmatige intelligentie.

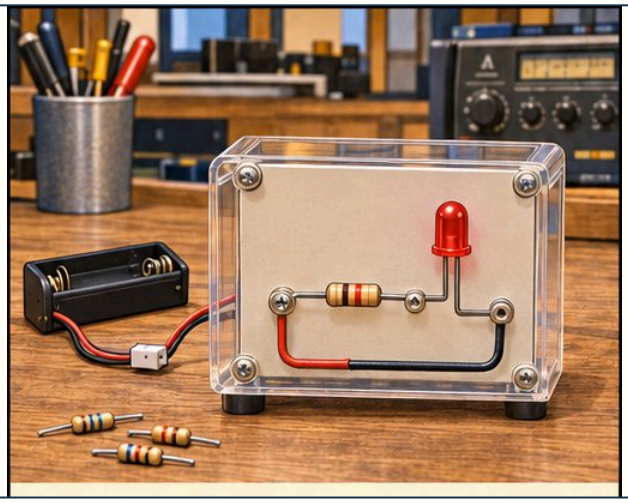
Het lampje van de stand



Lucas helpt Henri de ontdekkingsstand van de club voorbereiden.



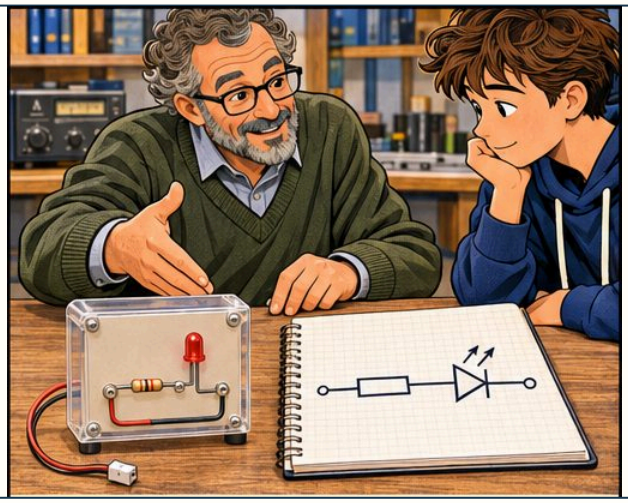
Na de antennes krijgt hun schrift een veel kleiner onderdeel.



Het lampje van het demonstratiepaneel brandt niet meer.



«De LED vervangen?» stelt Lucas voor bij zijn onderdelenbak.

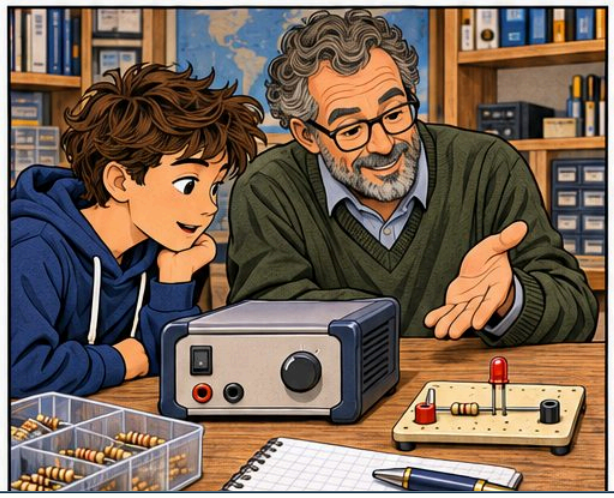


Henri wil eerst de schakeling begrijpen voordat hij iets vervangt.



Hun opdracht: een betrouwbaar lampje herstellen en iedere keuze uitleggen.

Eerst loskoppelen



Het paneel gebruikt een stroombegrensde educatieve voeding van 5 V.



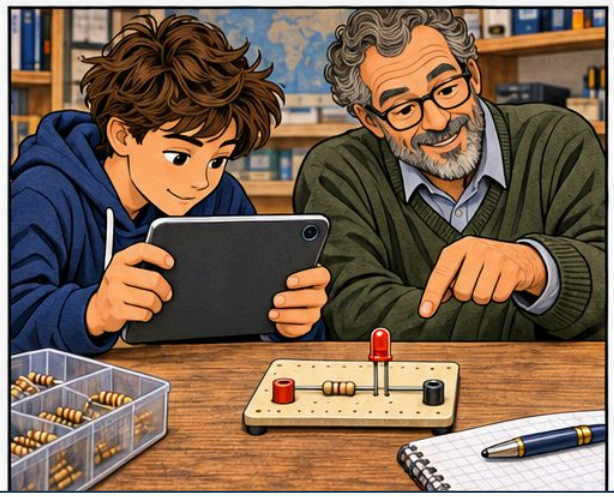
Henri schakelt uit en koppelt de voeding los vóór iedere ingreep.



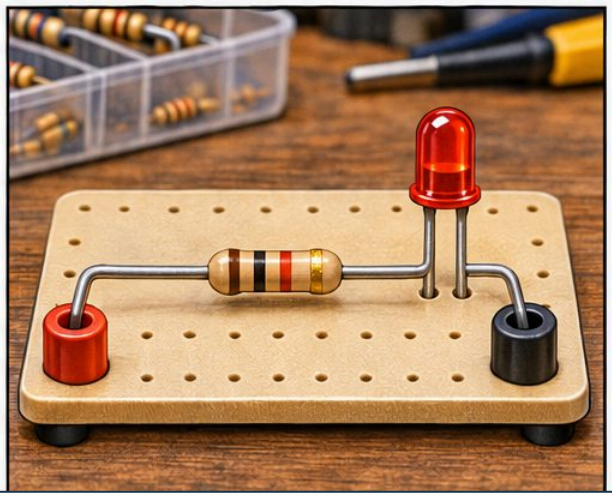
Ze wachten de voorgeschreven ontlading af en controleren spanningsloosheid.



Ze openen tijdens deze workshop geen toestel dat op netspanning werkt.



Lucas fotografeert de verbindingen en volgt het schema.



Een kleine weerstand in het LED-traject trekt zijn aandacht.

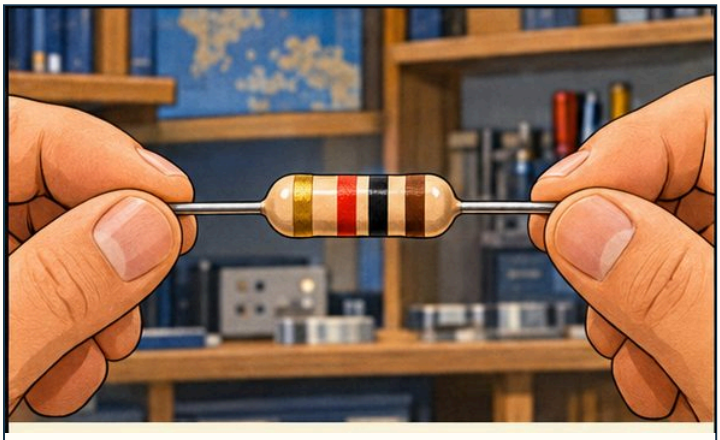
Eén naam, twee betekenissen



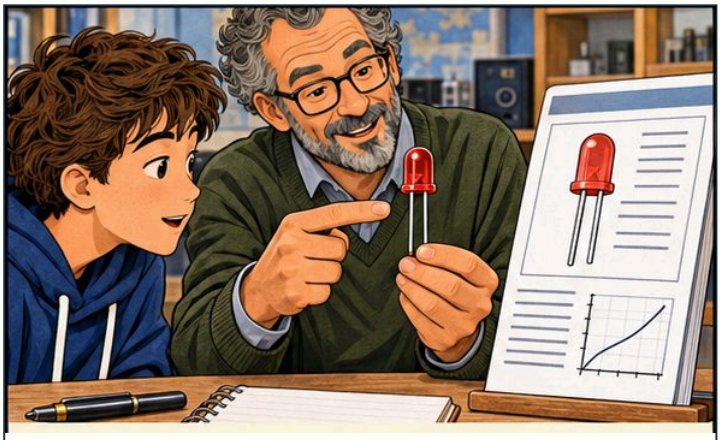
Weerstand betekent zowel het onderdeel als de elektrische grootheid R.



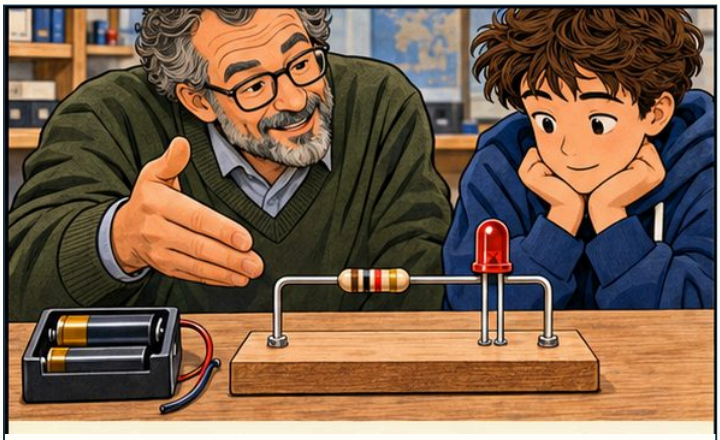
Deze grootheid wordt uitgedrukt in ohm, met symbool Ω.



Een gewone weerstand heeft geen verplichte aansluitrichting.



Een LED heeft wel een polariteit die moet kloppen.



De serieweerstand helpt de stroom door de LED begrenzen.

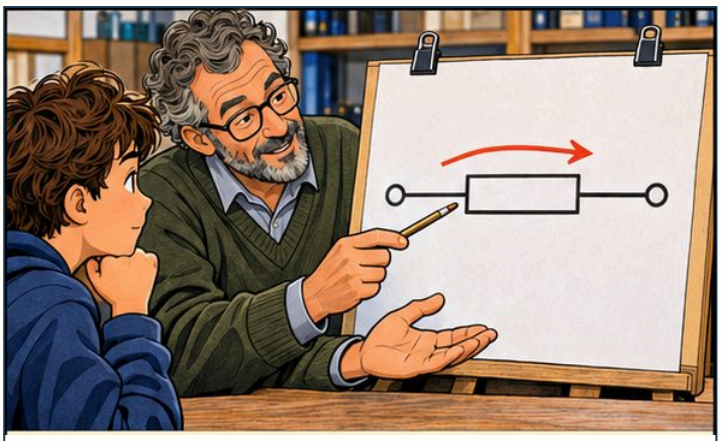


Lucas onderscheidt eerst de functie van ieder onderdeel.

De wet van Ohm terugvinden



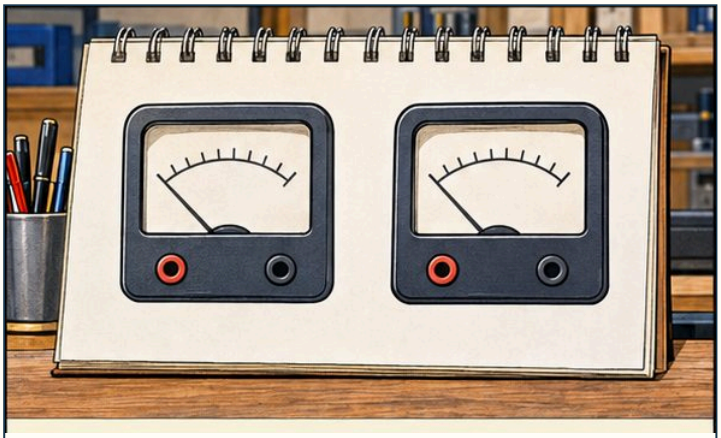
Voor een ohmse weerstand geldt bij gegeven temperatuur U = R × I.



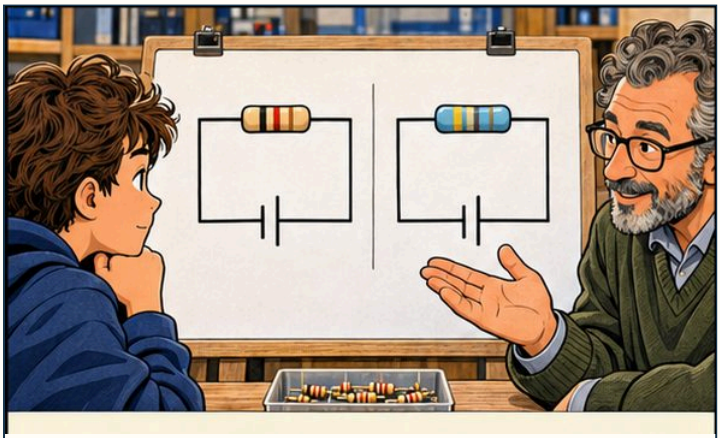
U is de klemspanning; I is de stroom erdoor.



Ook geldt I = U / R en R = U / I.



In deze berekeningen staat U in volt en I in ampère.



Bij gelijke spanning vermindert een grotere R de stroom.

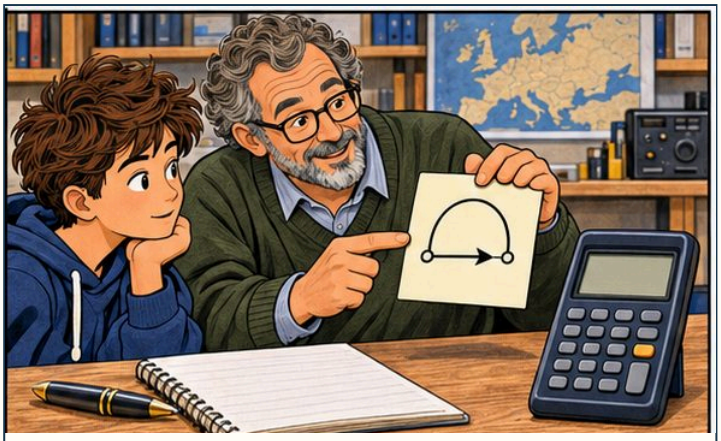


«De LED is geen ohmse weerstand», herinnert Henri hem.

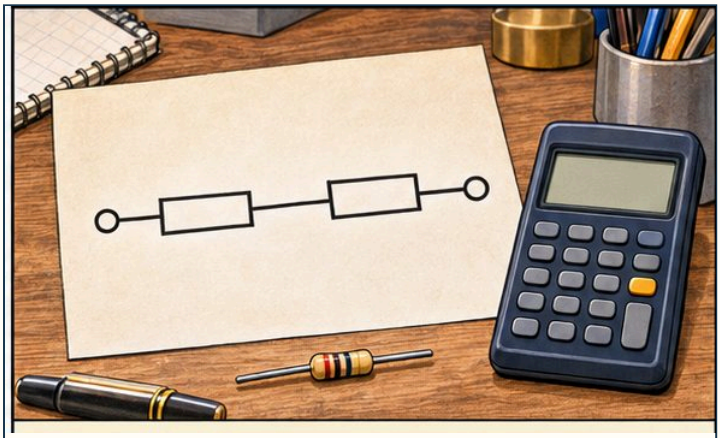
Eerst de eenheden



1 kΩ = 1 000 Ω; 1 MΩ = 1 000 000 Ω.



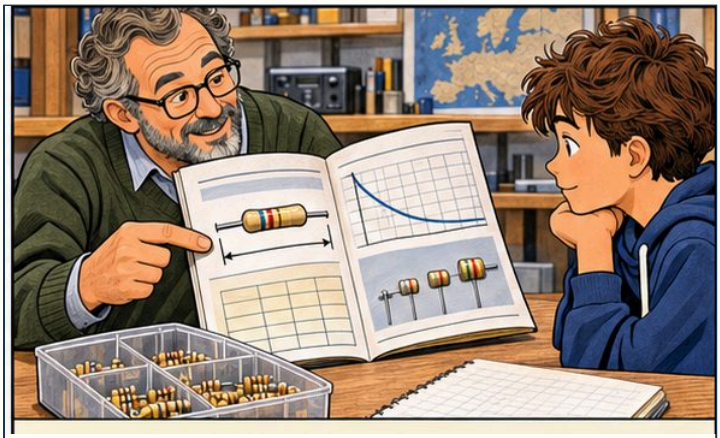
1 mA = 0,001 A: Lucas rekent om vóór de formule.



Met 5 V over 1 kΩ volgt een berekende stroom van 5 mA.



Op sommige onderdelen betekent 4K7 4,7 kΩ en 2R2 2,2 Ω.



De opdruk hangt van het onderdeel af; de documentatie blijft bepalend.



Lucas omcirkelt eenheden: een vergeten voorvoegsel kan de keuze veranderen.

Lezen vóór meten



De weerstand van het paneel heeft gekleurde ringen.



Henri haalt een fabrikantentabel en een vergrootglas.



Eerst bekijken ze het aantal ringen en hun tussenruimte.



De tolerantiering staat vaak los van de andere.



Bij twijfel controleren ze de referentie en de gemeten waarde.



Een slecht belichte kleur volstaat niet voor een vervangingskeuze.

Vier ringen, vier functies



Bij de gebruikelijke vierringcode geven de eerste twee twee cijfers.



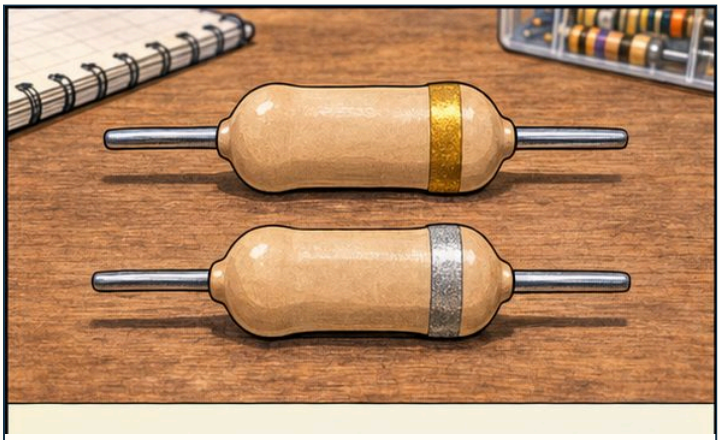
De derde ring is de vermenigvuldigingsfactor.



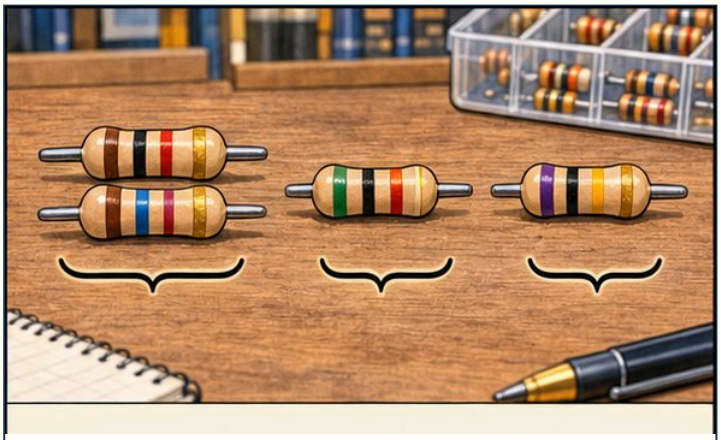
De vierde geeft de tolerantie van de nominale waarde.



Ze lezen vanaf de kant tegenover de tolerantiering.



Goud betekent hier ±5%; zilver betekent ±10%.



«Twee cijfers, een factor en een marge», vat Lucas samen.

Het kleurenpalet



Zwart is 0; bruin 1; rood 2; oranje 3; geel 4.



Groen is 5; blauw 6; violet 7; grijs 8; wit 9.



De plaats van een kleur bepaalt haar functie.



Als factor betekent rood ×100 en oranje ×1 000.



Goud en zilver kunnen ook vermenigvuldigen met 0,1 en 0,01.



Lucas houdt de tabel bij de hand: begrijpen helpt meer dan gokken.

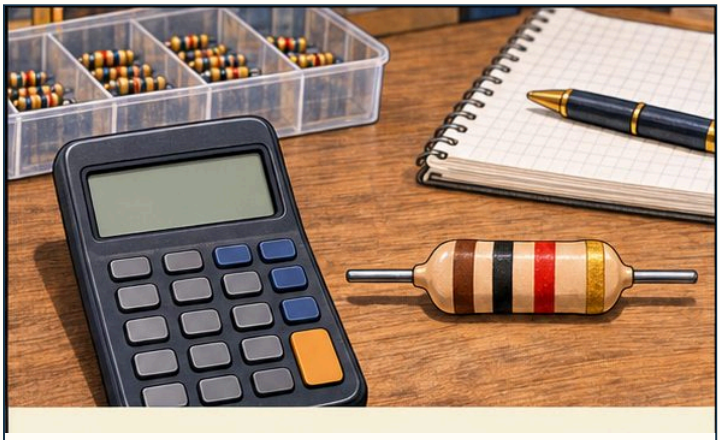
Het eerste voorbeeld



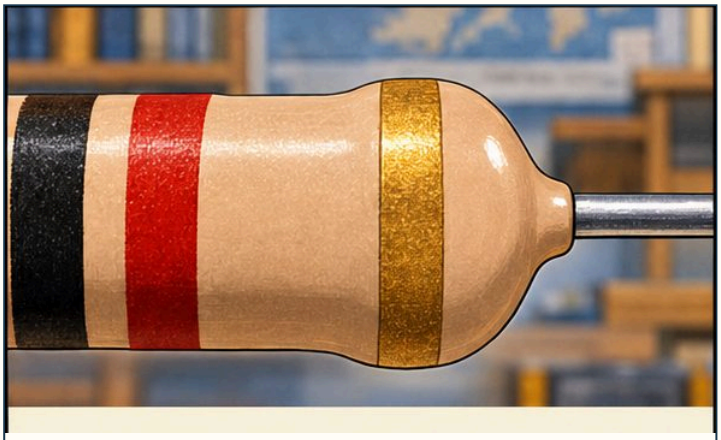
Een voorbeeld heeft bruin, zwart, rood en goud.



Bruin en zwart vormen 10; rood vermenigvuldigt met 100.



10 × 100 = 1 000 Ω, dus 1 kΩ.



De gouden ring voegt een tolerantie van ±5% toe.



De nominale waarde belooft dus geen exact gelijke waarde.

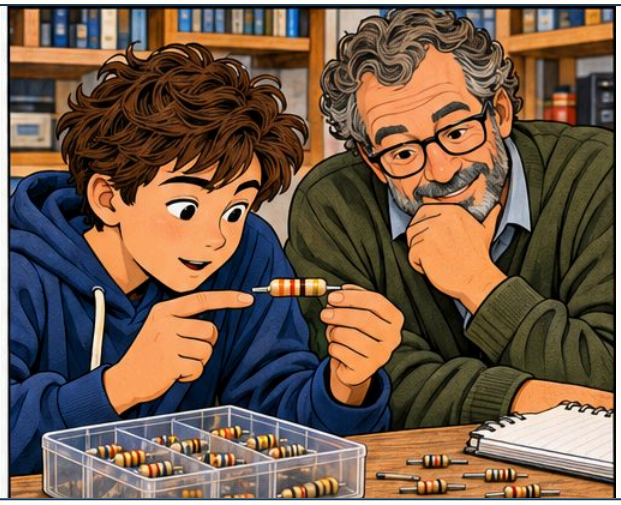


Lucas noteert de waarde en de tolerantie afzonderlijk.

De weerstand van het lampje



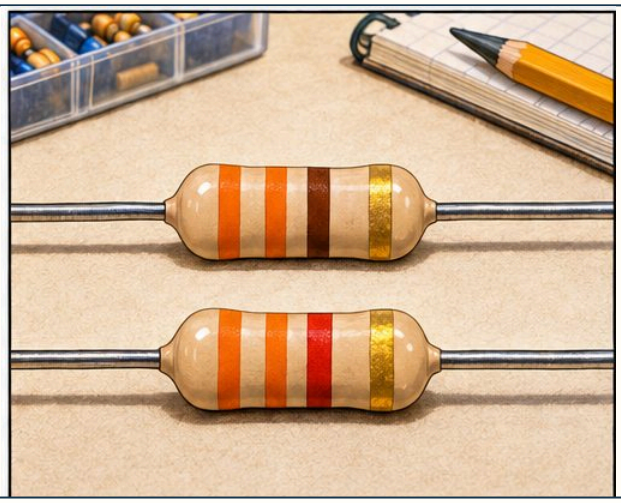
De paneelfiche schrijft oranje, oranje, bruin en goud voor.



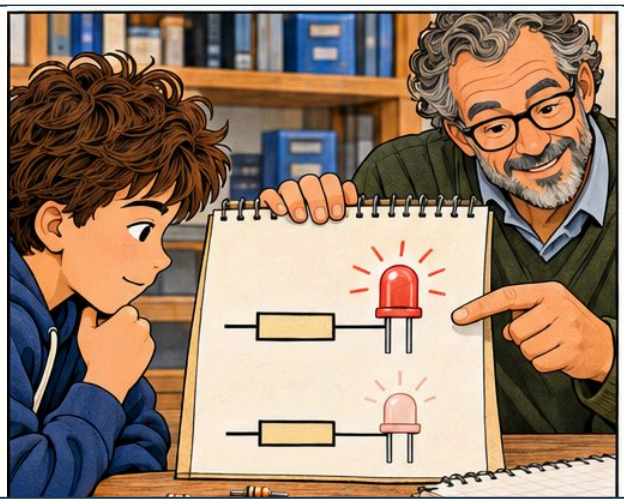
De eerste twee ringen geven 33; bruin betekent ×10.



Dat wordt 330 Ω met een tolerantie van ±5%.



Een rode derde ring zou 3 300 Ω geven, dus 3,3 kΩ.



Die vergissing zou de stroom van het lampje sterk verminderen.



Henri bewaart beide voorbeelden voor de bezoekersworkshop.

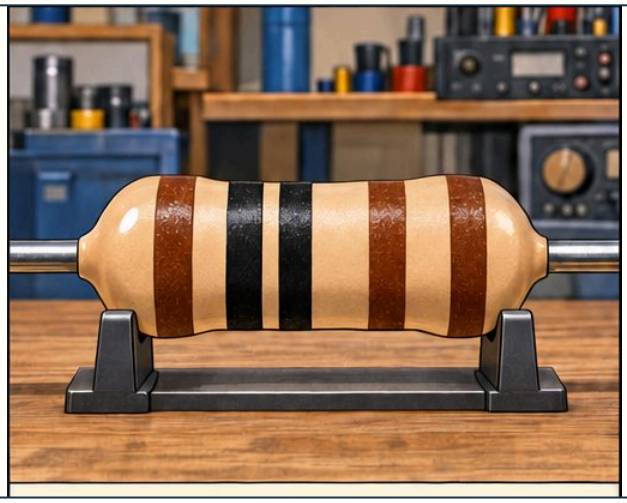
Een extra ring



De gebruikelijke vijfringcode begint met drie significante cijfers.



De vierde ring vermenigvuldigt; de vijfde geeft de tolerantie.



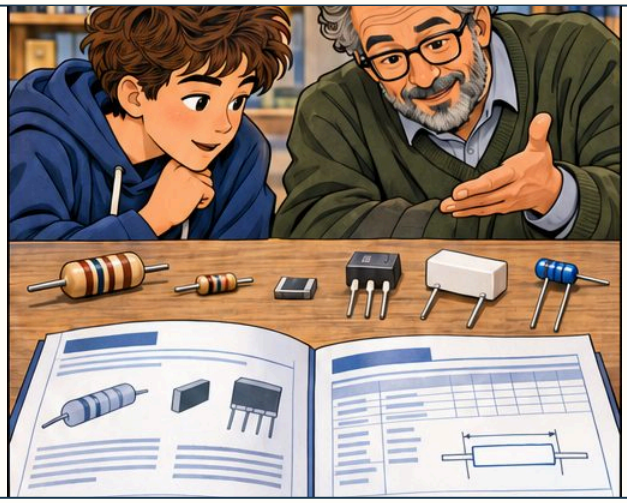
Bruin, zwart, zwart, bruin, bruin geeft 100 × 10 = 1 000 Ω.



De laatste bruine ring betekent hier ±1%.

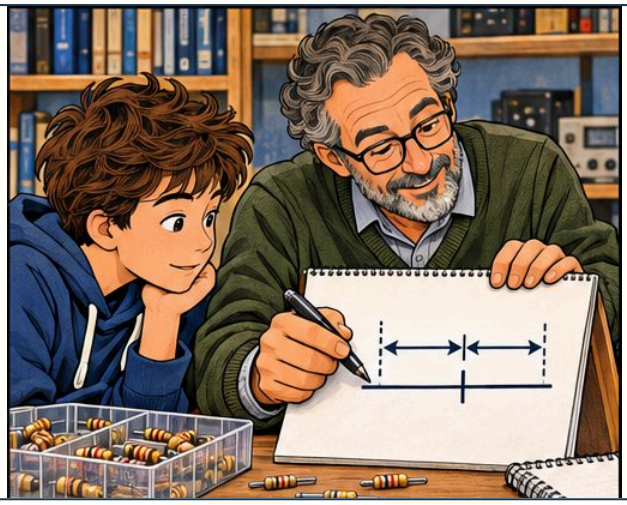


Ze lezen vijf ringen dus niet alsof het er vier zijn.



Andere markeringen bestaan: Henri raadt steeds de juiste fiche aan.

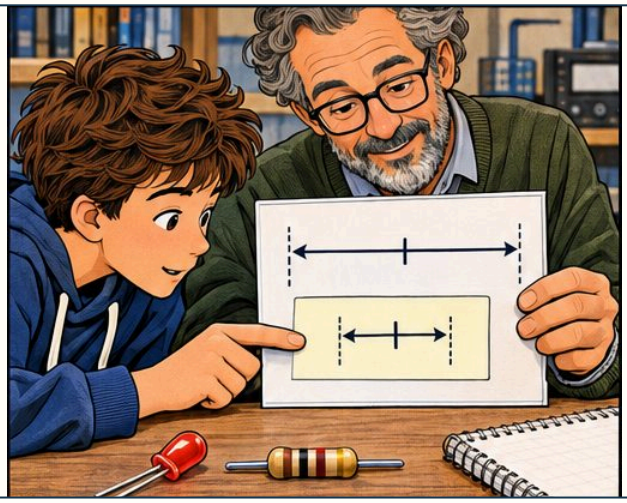
Tolerantie begrijpen



Bij 1 kΩ en ±5% is de maximale nominale afwijking 50 Ω.



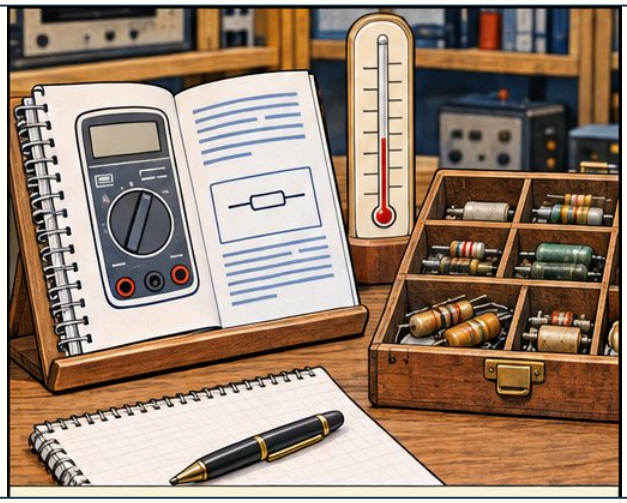
Het bijbehorende interval loopt van 950 Ω tot 1 050 Ω.



Bij 330 Ω en ±5% loopt het van 313,5 Ω tot 346,5 Ω.



Die grenzen gelden onder de referentievoorwaarden van de fabrikant.



Temperatuur, veroudering en meetonzekerheid tellen ook mee.



Lucas begrijpt waarom twee goede onderdelen verschillende waarden kunnen tonen.

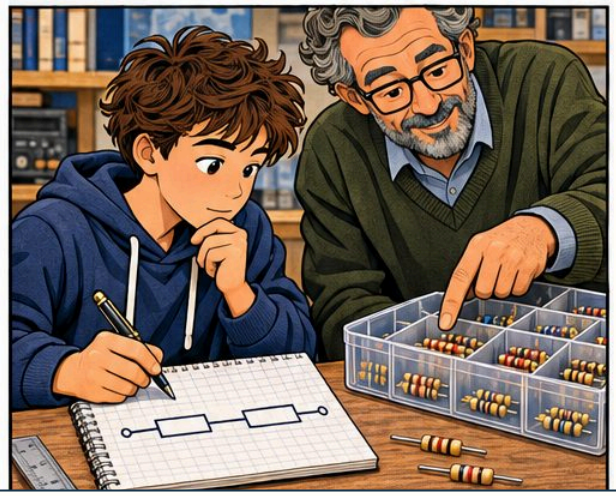
Een beschikbare waarde kiezen



Fabrikanten bieden gestandaardiseerde reeksen weerstandswaarden aan.



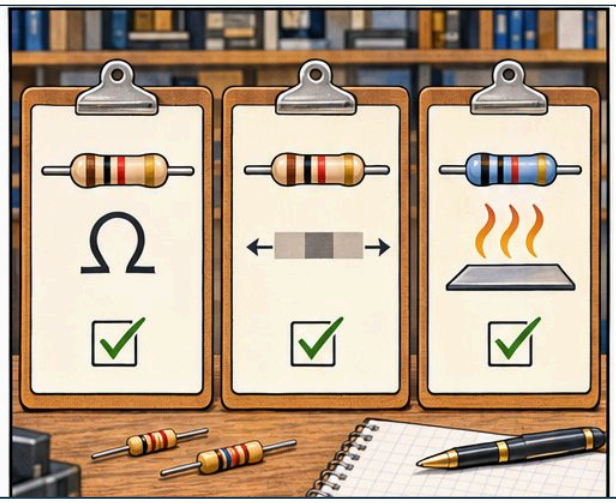
De E12-reeks bevat onder andere 270 Ω, 330 Ω en 390 Ω.



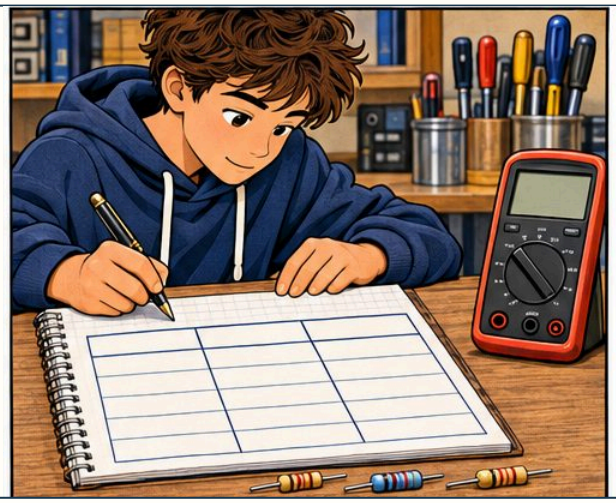
Een berekende uitkomst past niet altijd bij de onderdelenvoorraad.



Ze kiezen volgens de gewenste werking en rekenen opnieuw.



Waarde, tolerantie en vermogen zijn drie verschillende criteria.

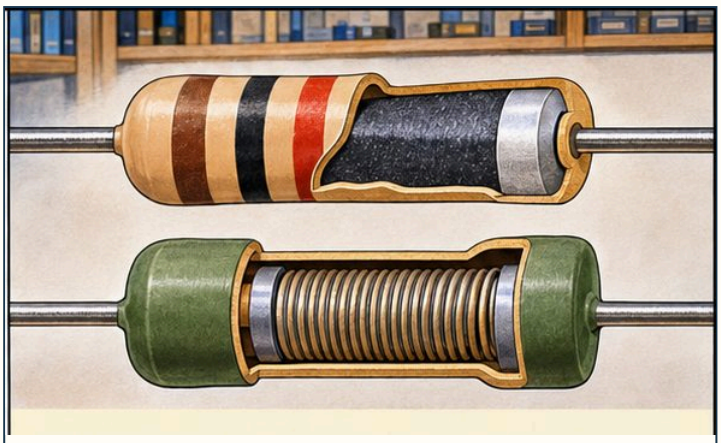


Lucas maakt voor elk een plaats in de onderdelenlijst.

Dezelfde naam, andere bouw



Weerstanden met dezelfde waarde kunnen anders zijn opgebouwd.



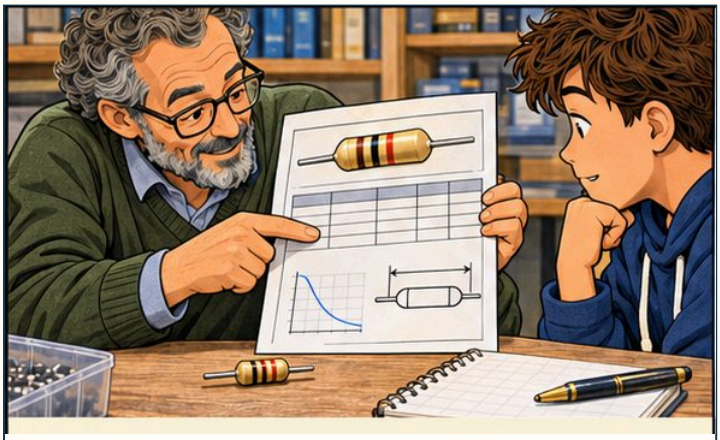
Henri toont filmweerstanden en een draadgewonden model.



Kleine SMD-weerstanden worden rechtstreeks op de print gemonteerd.



Grootte alleen toont noch de tolerantie noch alle grenzen.

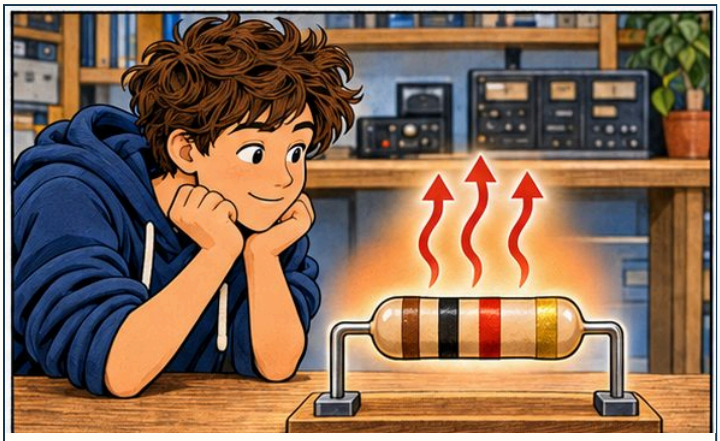


De fiche vermeldt vermogen, maximale spanning en gebruiksvoorwaarden.

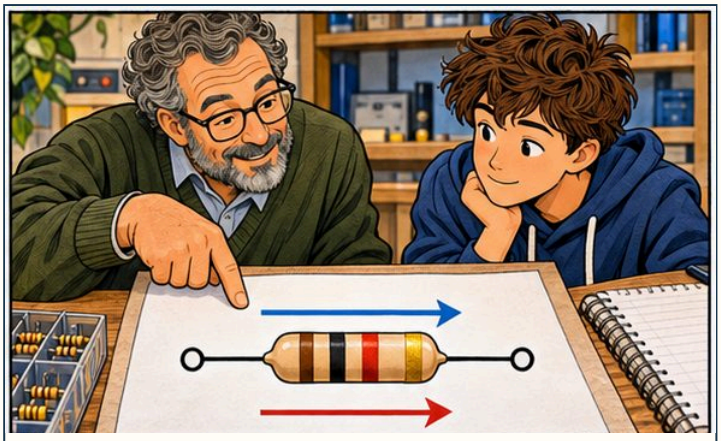


Voor het lampje kiezen ze een geïdentificeerd, gedocumenteerd onderdeel.

Waar gaat de energie heen?



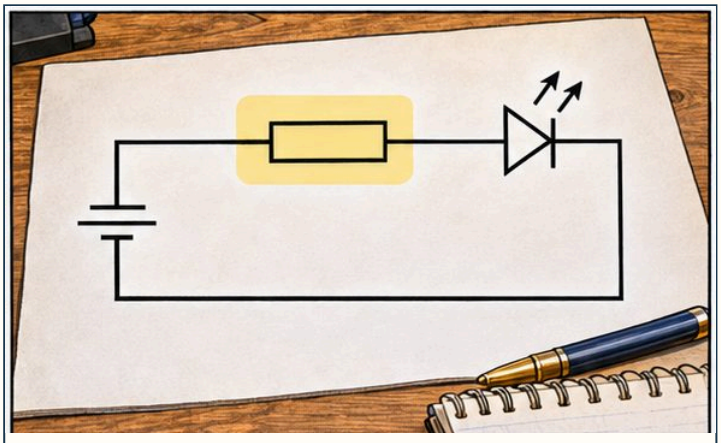
Een weerstand zet elektrische energie om in warmte.



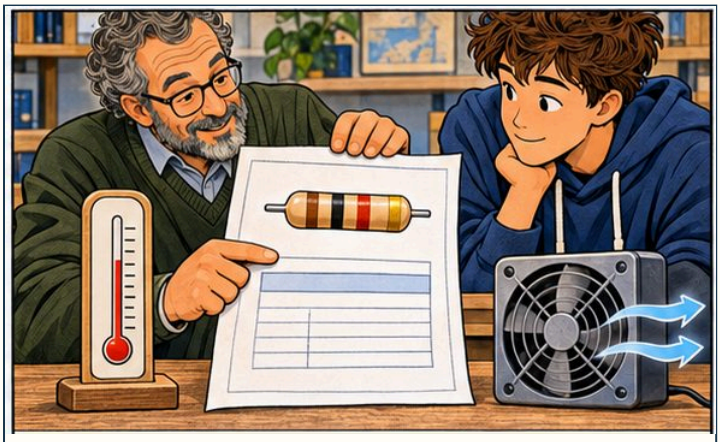
Het gedissipeerde vermogen is $P = U \times I$.



Met de wet van Ohm: $P = R \times I^2 = U^2 / R$.



Deze U en I horen bij de onderzochte weerstand.

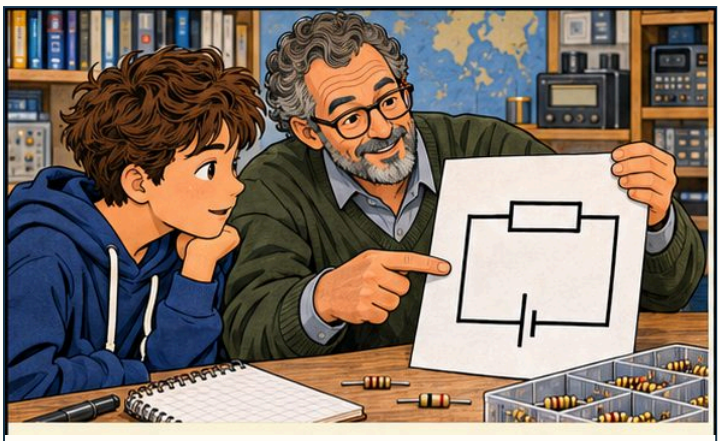


Nominaal vermogen is een grens onder bepaalde voorwaarden.



«Meer watt betekent niet meer ohm», besluit Lucas.

Een voorbeeld dat opwarmt



Op papier geeft 12 V over 1 kΩ een stroom van 12 mA.



Het vermogen is 12^2 / 1 000 = 0,144 W.



Een onderdeel van 0,25 W kan passen als de gebruiksvoorwaarden dat toelaten.



Ze houden een marge en controleren de omgevingstemperatuur.

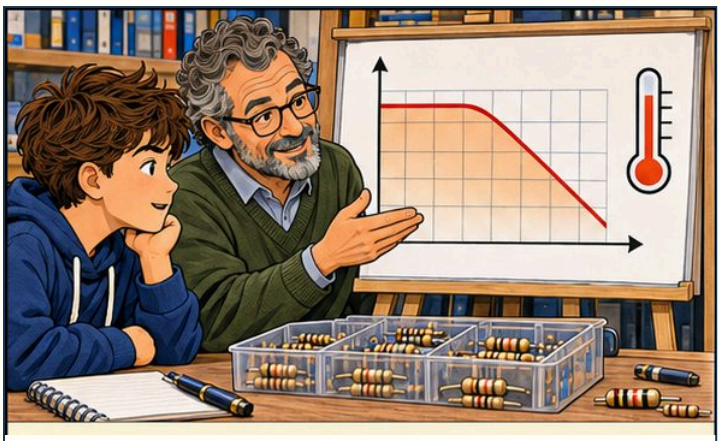


Een gesloten behuizing of nabije warmtebron kan de keuze veranderen.



Een opwarmproef is niet nodig om de berekening te begrijpen.

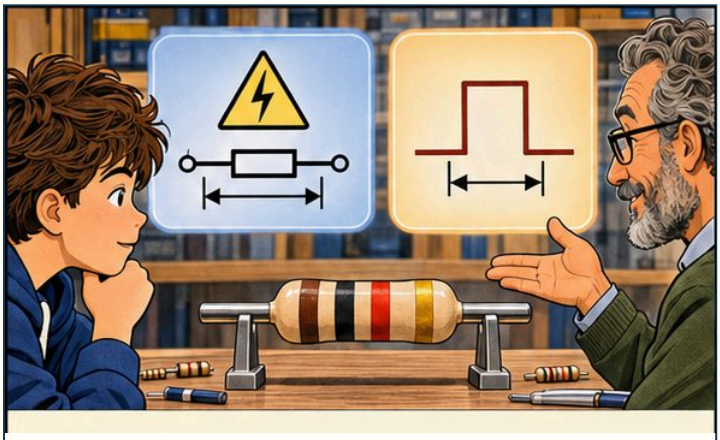
Een grens is geen doel



De deratingcurve kan het toegestane vermogen bij warmte verlagen.



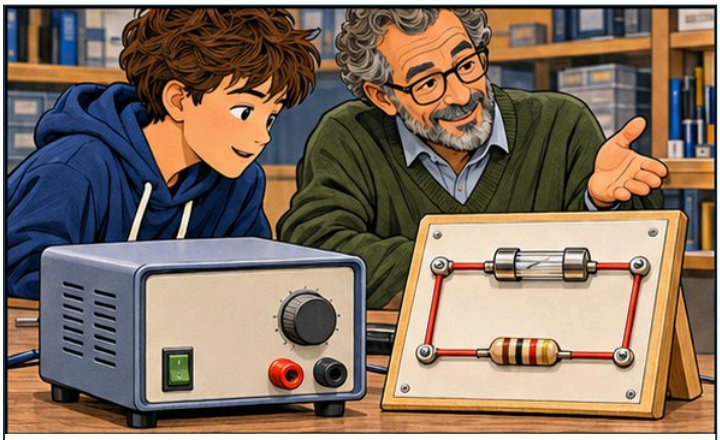
Henri toont de curve in de fiche van het gekozen model.



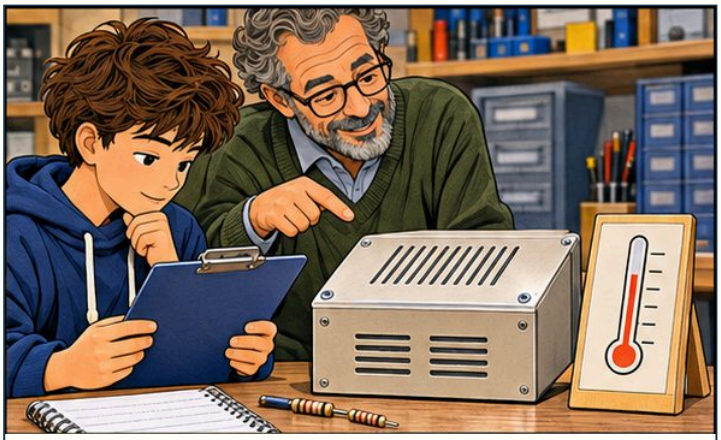
Ze controleren ook de werkspanning en eventuele pulsen.



Een dissipatieweerstand vervangt geen zekering.

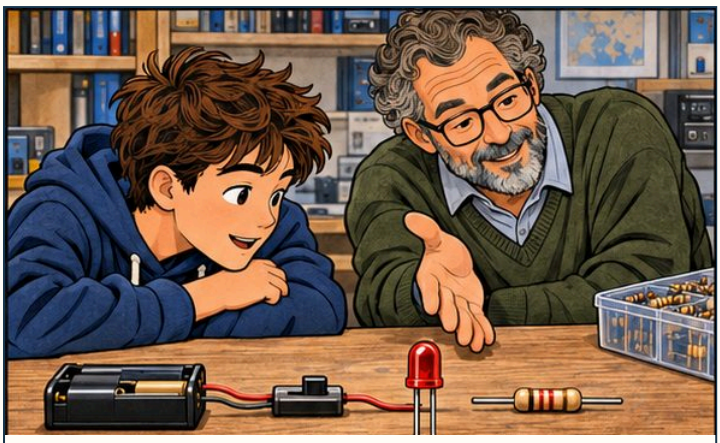


Hun paneel behoudt de beveiliging die de ontwerper voorzag.

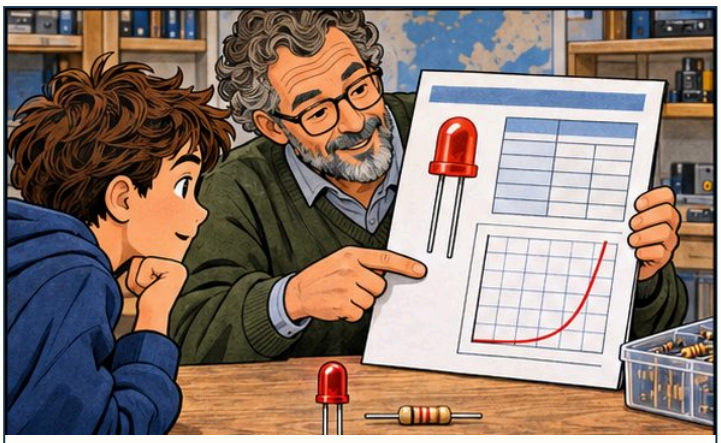


Lucas kiest met marge en controleert daarna de werkelijke omstandigheden.

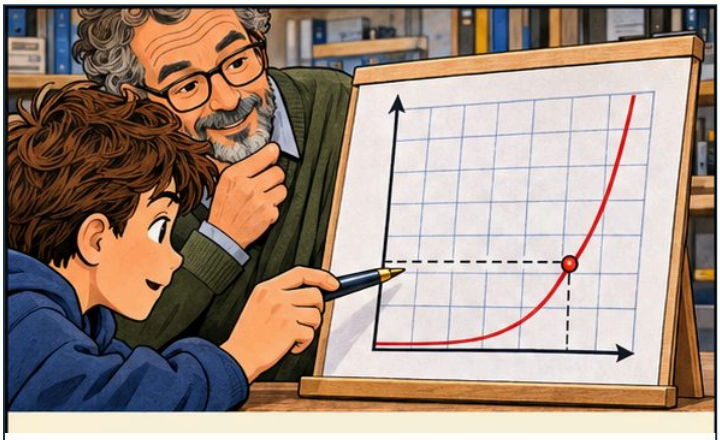
De lampberekening voorbereiden



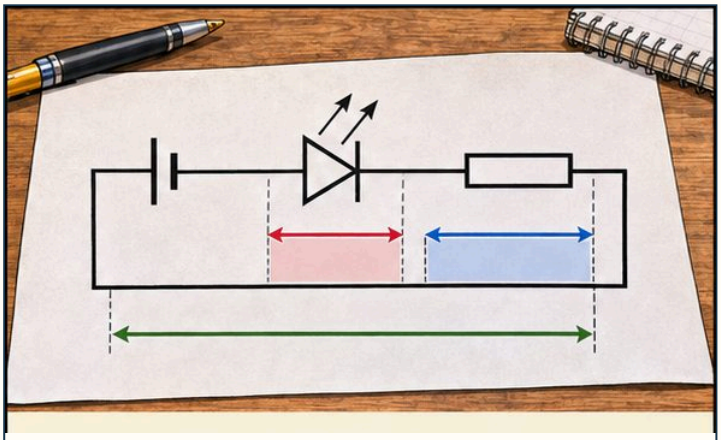
Hun voorbeeld gebruikt een voeding van 5 V en een rode LED.



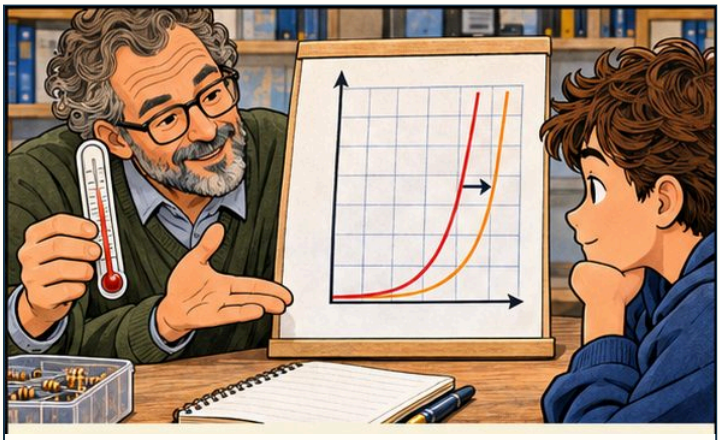
De fiche van deze LED ondersteunt ongeveer 2 V bij de onderzochte stroom.



Ze mikken op 10 mA, binnen de grenzen van dit model.



Over de serieweerstand staat dan ongeveer 5 − 2 = 3 V.

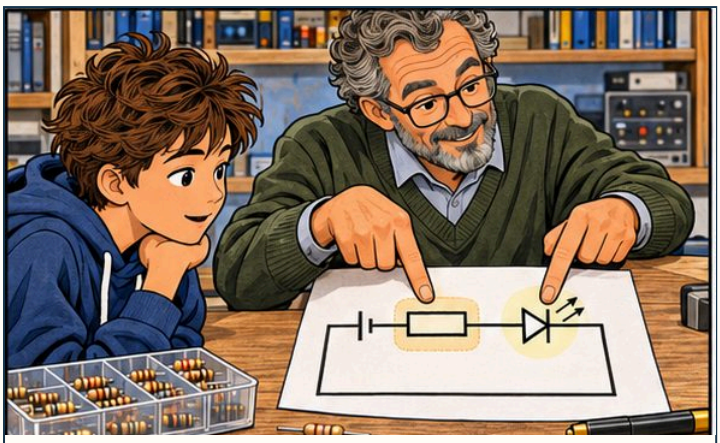


De doorlaatspanning van een LED hangt af van stroom en temperatuur.

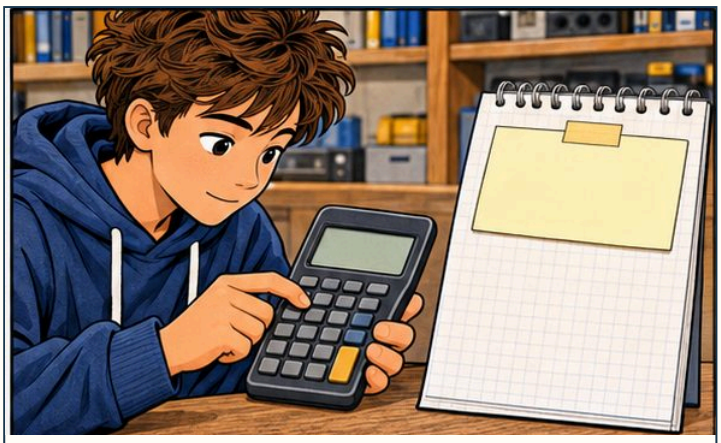


Deze aannames dienen de berekening en gelden niet voor iedere LED.

De theoretische waarde



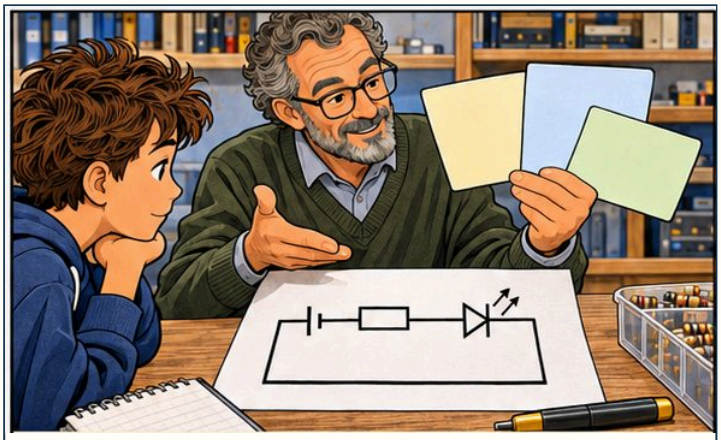
Voor de serieweerstand geldt R = (Uvoeding – ULED) / I.



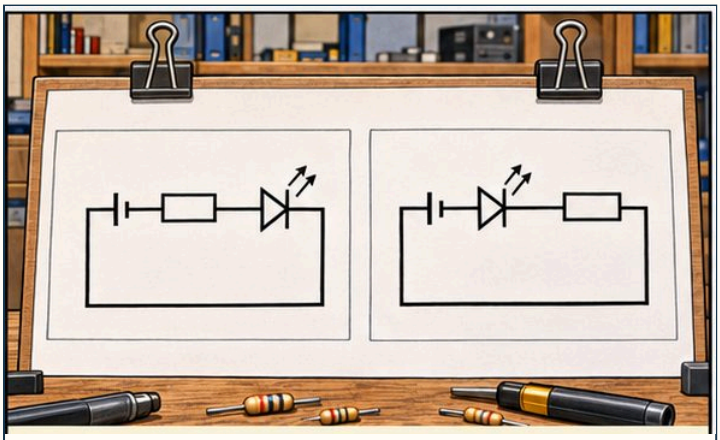
Lucas rekent om: 10 mA = 0,010 A.



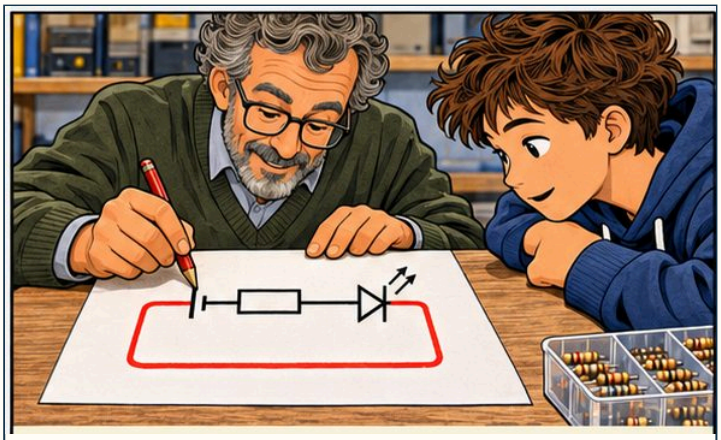
Hij berekent R = (5 – 2) / 0,010 = 300 Ω.



Dit veronderstelt de voorbeeldspanningen en de gewenste stroom.



De weerstand mag vóór of na de LED in dezelfde serielus staan.

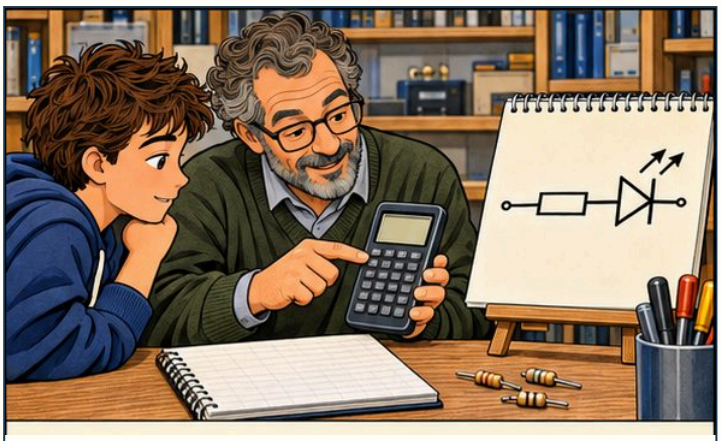


Henri controleert vooral of geen verbinding de weerstand omzeilt.

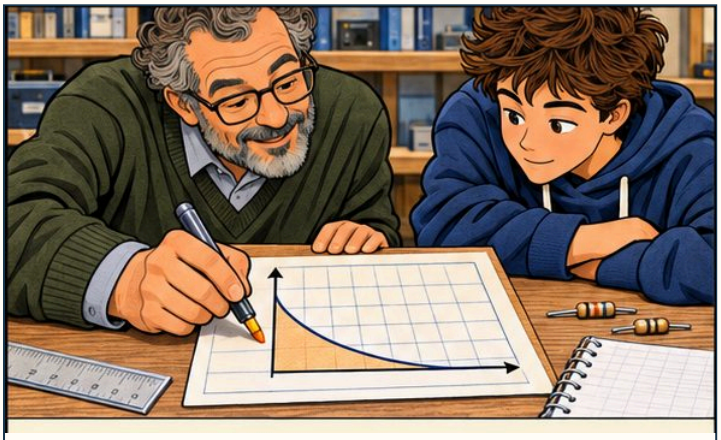
Van berekening naar lade



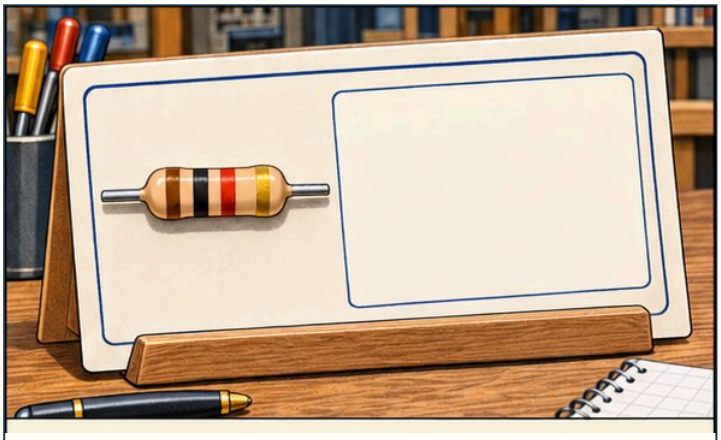
Uit hun voorraad kiezen ze 330 Ω in plaats van 270 Ω.



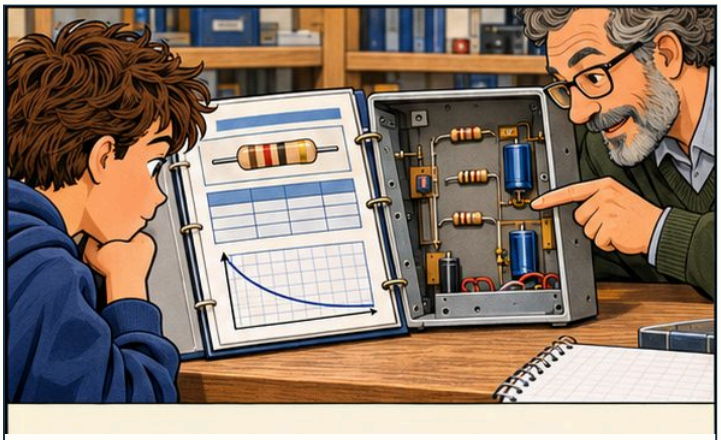
Met dezelfde aannames geldt I ≈ 3 / 330 ≈ 9,1 mA.



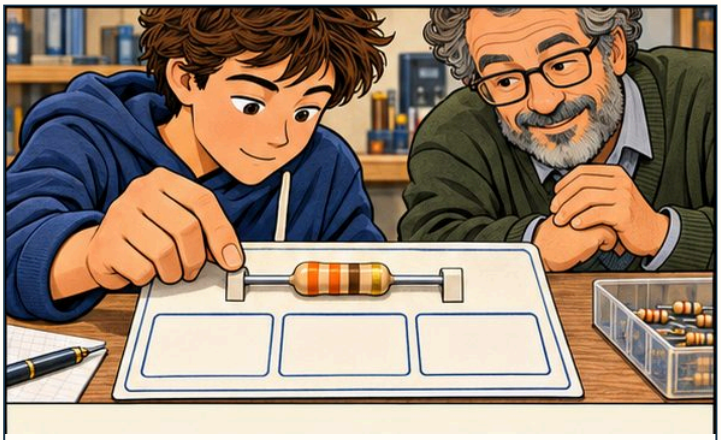
Het weerstandsvermogen is ongeveer 3^2 / 330 ≈ 0,027 W.



Een bekend onderdeel van 0,25 W geeft hier een ruime thermische marge.

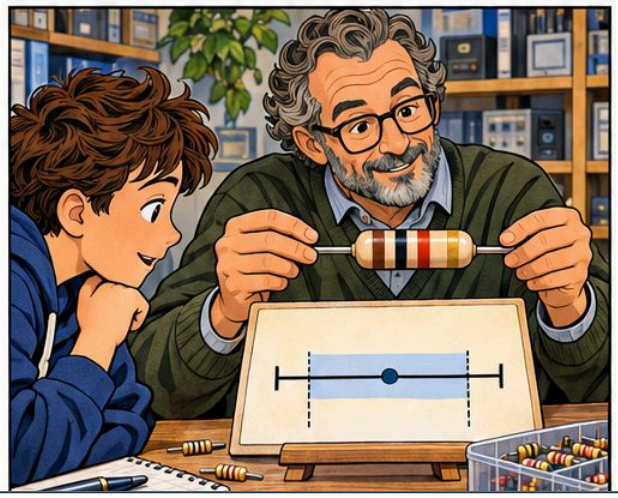


Toch controleren ze de fiche en de omstandigheden in het paneel.

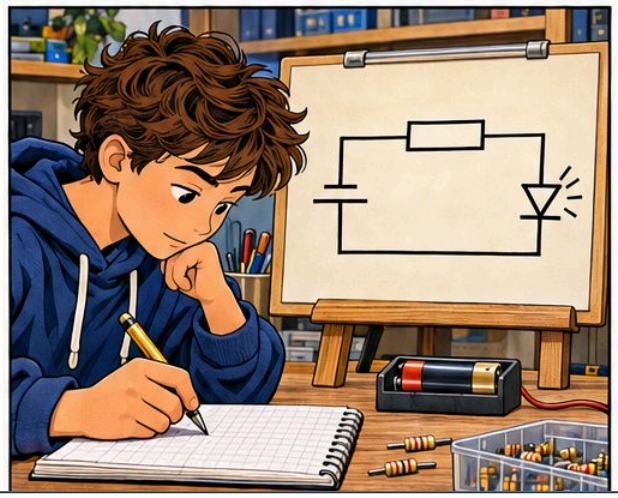


Lucas noteert: 330 Ω, ±5%, 0,25 W; alle drie criteria staan vast.

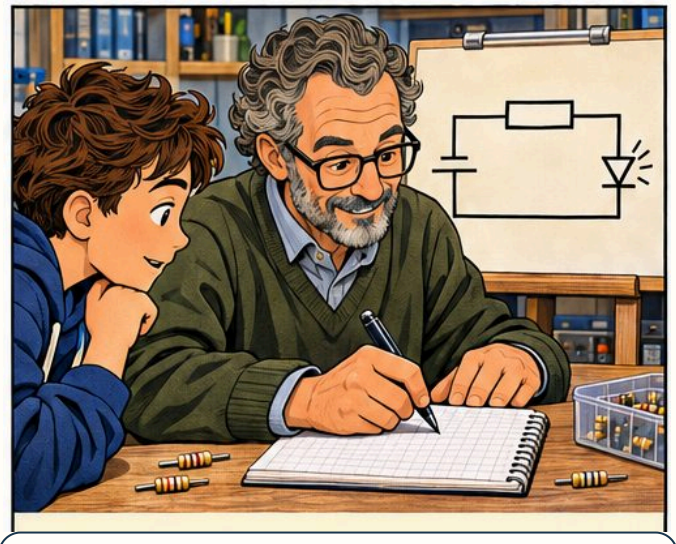
Rekening houden met afwijkingen



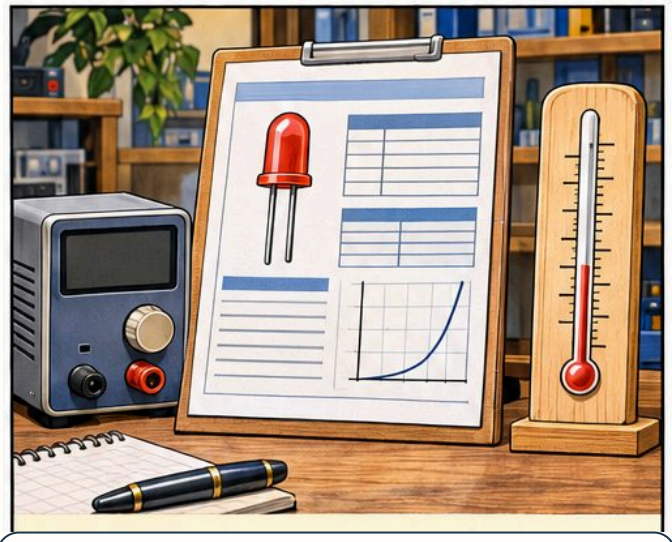
De tolerantie van R verandert al de berekende stroom.



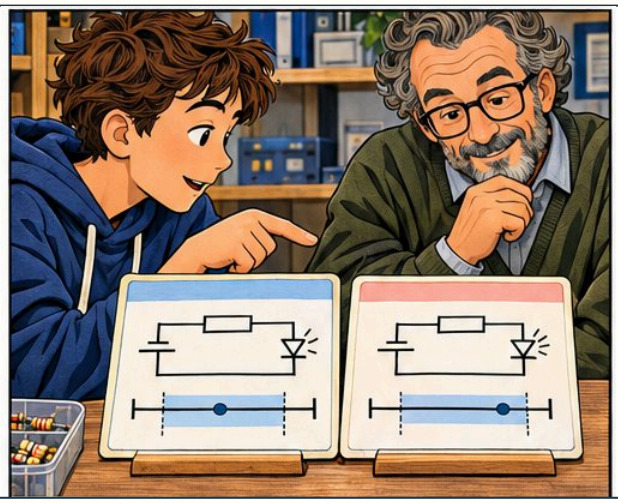
Bij 3 V over de weerstand geeft 313,5 Ω ongeveer 9,57 mA.



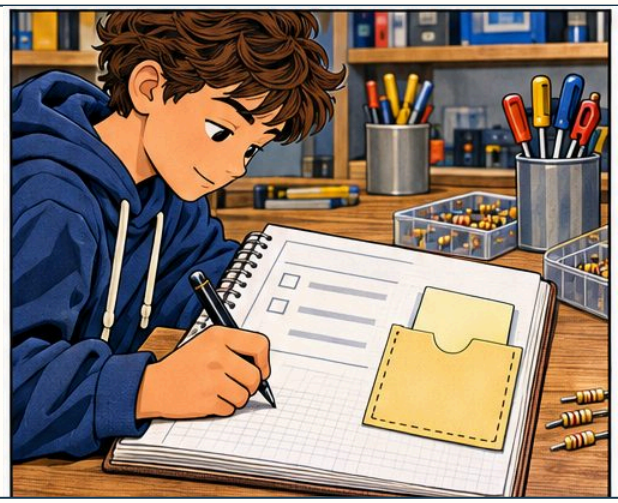
Met 346,5 Ω volgt ongeveer 8,66 mA.



Ook de voeding en de LED-spanning variëren.



Voor een echte schakeling controleren ze het ongunstigste geval met de fiches.



«Een bruikbare benadering bewaart haar aannames», onthoudt Lucas.

Het juiste moment voor de ohmmeter



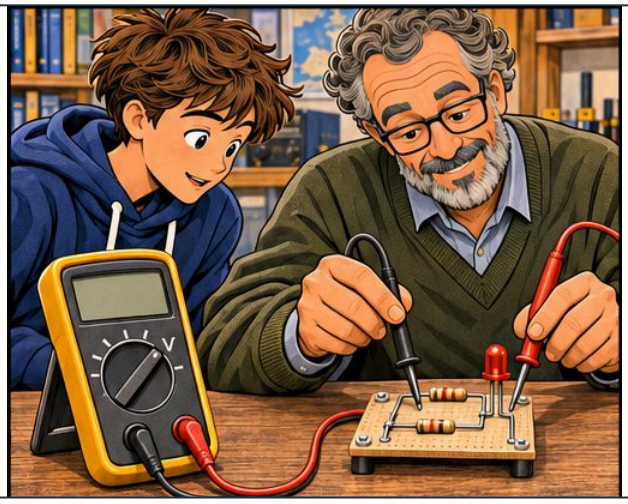
Een ohmmeter stuurt een klein meetsignaal om weerstand te bepalen.



Hij wordt niet gebruikt op een gevoede schakeling.



Henri schakelt uit, koppelt los en volgt de ontlaadprocedure.



Daarna controleert hij spanningsloosheid met de geschikte instelling.



Pas na deze controles schakelen ze naar weerstandsmeting.



Lucas neemt deze precieze volgorde op in zijn diagnosefiche.

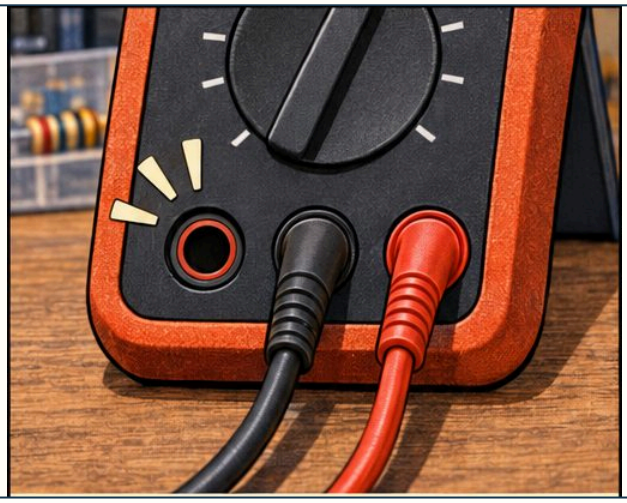
De meetpennen voorbereiden



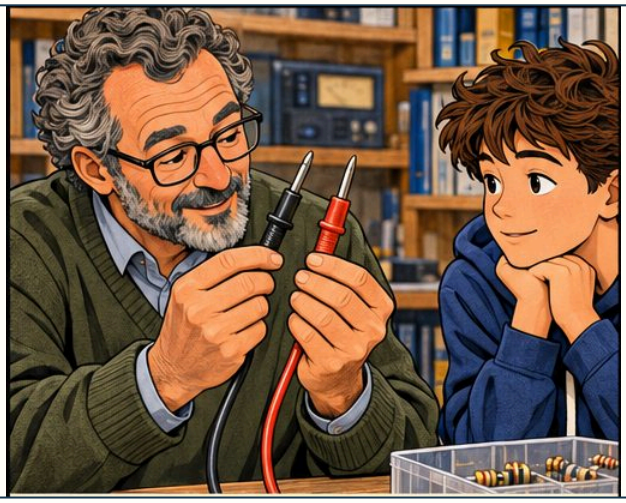
Ze volgen de meterhandleiding voor aansluitingen en meetbereik.



Zwart gaat naar COM; rood naar de ingang voor ohm.



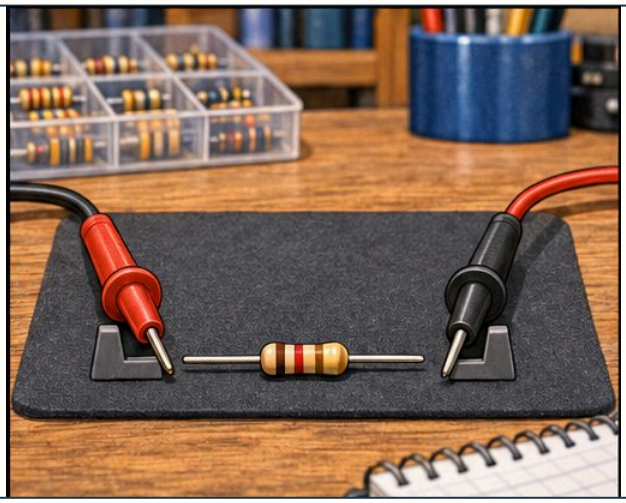
De stroomingang wordt voor deze meting niet gebruikt.



Ze controleren meetsnoeren en contact van de pennen.

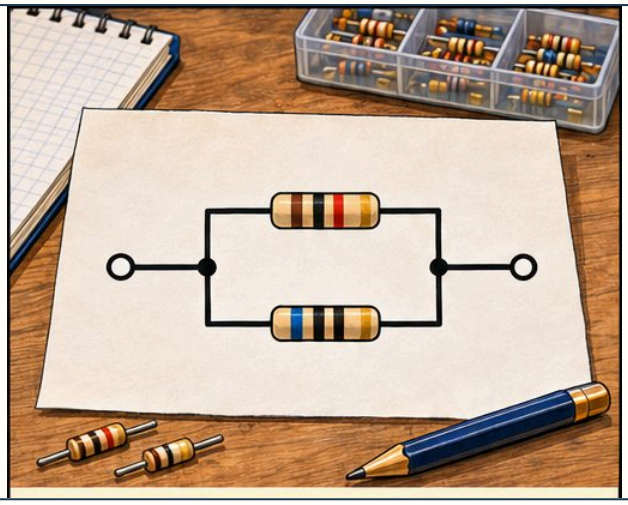


Vingers en slechte contacten kunnen vooral hoge weerstandsmetingen vertekenen.

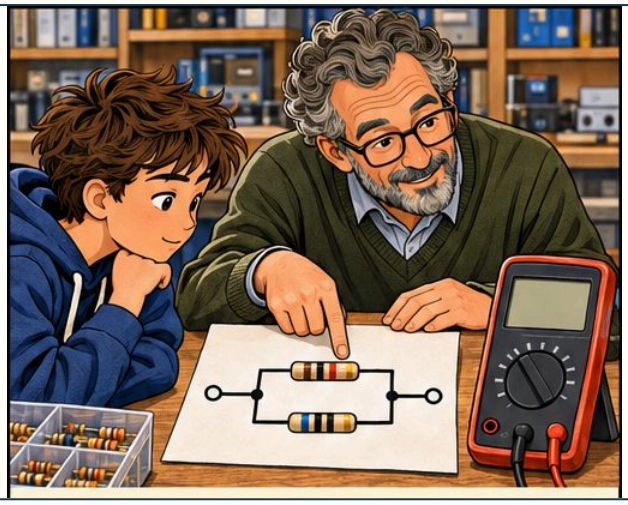


Lucas legt het onderdeel geïsoleerd neer en houdt zijn handen vrij.

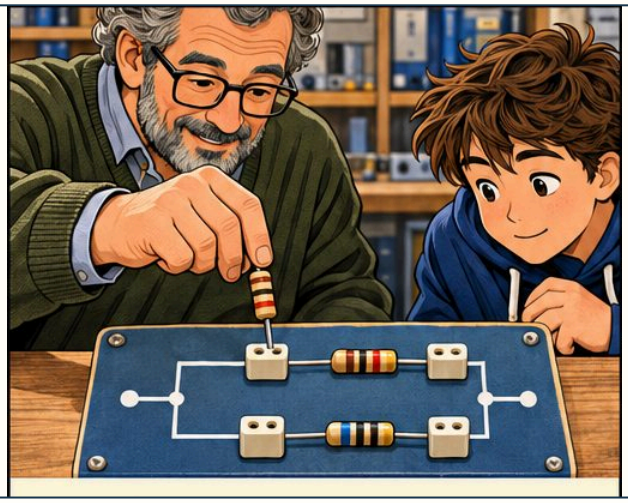
Verborgen stroompaden vermijden



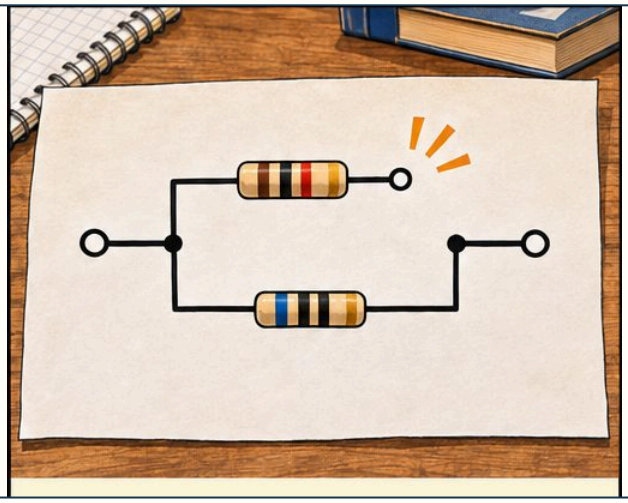
Andere onderdelen kunnen parallelle paden in de schakeling vormen.



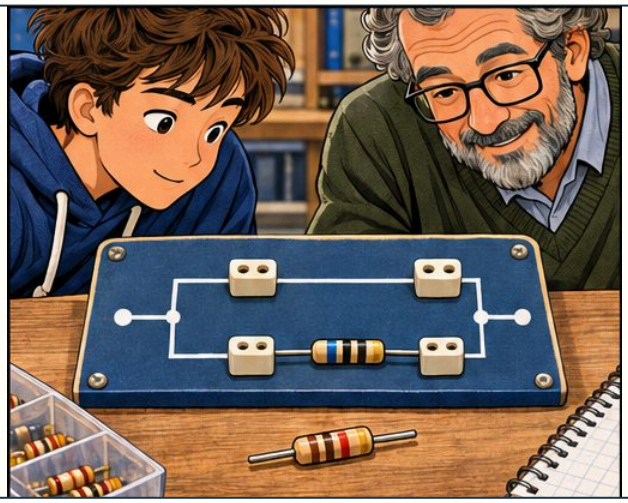
De uitlezing is dan niet noodzakelijk die van alleen de weerstand.



Op hun spanningsloze steekpaneel halen ze het onderdeel uit de houder.



Bij andere schakelingen kan één aansluiting losmaken nodig zijn.



Hier solderen ze niets los: de houder maakt scheiding mogelijk.

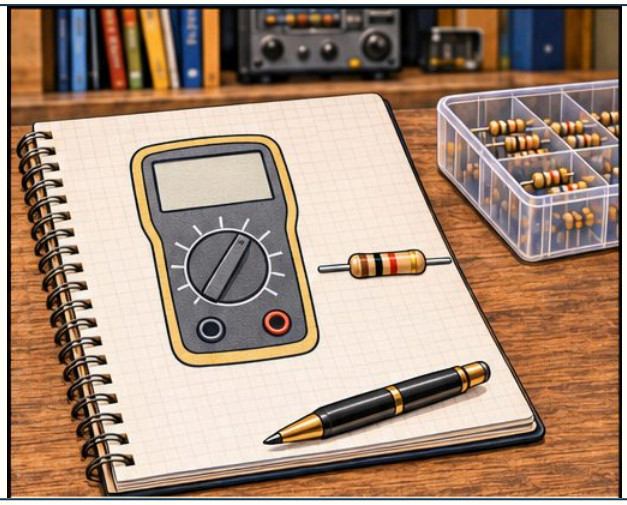


De verwijderde weerstand kan nu afzonderlijk worden gemeten.

Lezen zonder te veel besluiten



Eerst oefenen ze met een bekende weerstand van 1 kΩ bij ±5%.



Het schrift illustreert een mogelijke uitlezing: 0,998 kΩ, dus 998 Ω.



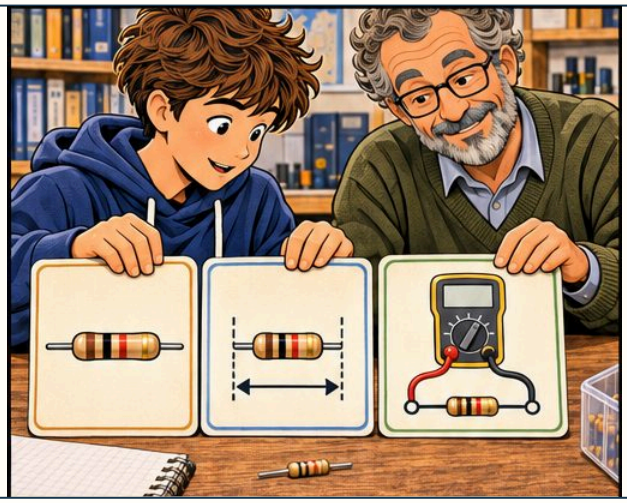
Die ligt in het nominale interval van 950 Ω tot 1 050 Ω.



Meternauwkeurigheid en contactkwaliteit beperken de conclusie.



De continuïteitspiep vervangt geen numerieke weerstandsmeting.

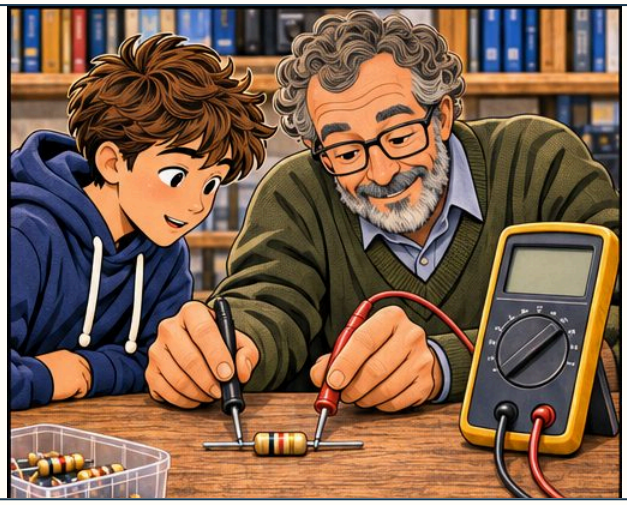


Lucas vergelijkt eenheid, verwacht bereik en meetomstandigheden.

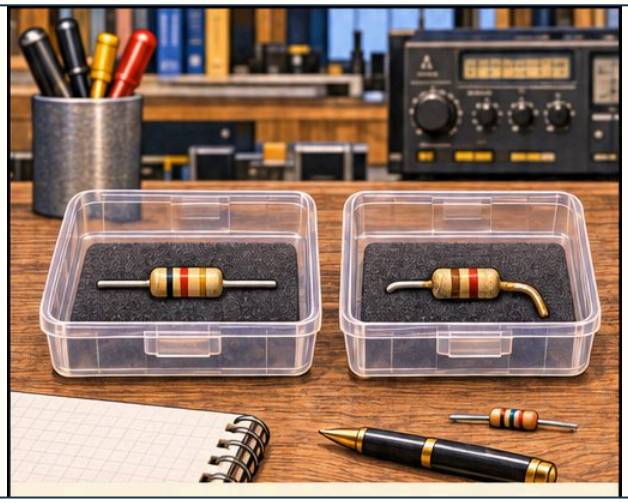
Een aanwijzing, nog geen oordeel



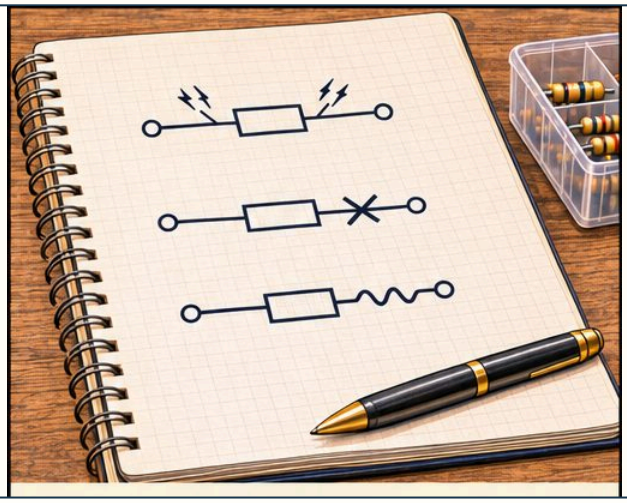
Het verwijderde lamp-onderdeel heeft een beschadigd aansluitcontact.



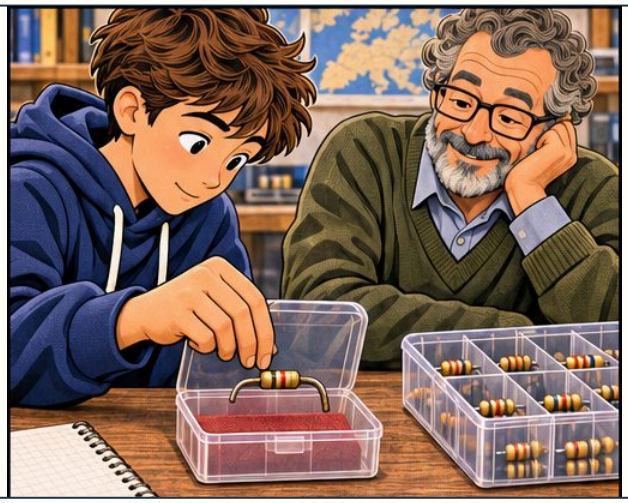
De uitlezing blijft instabiel; Henri herstelt de meetcontacten.



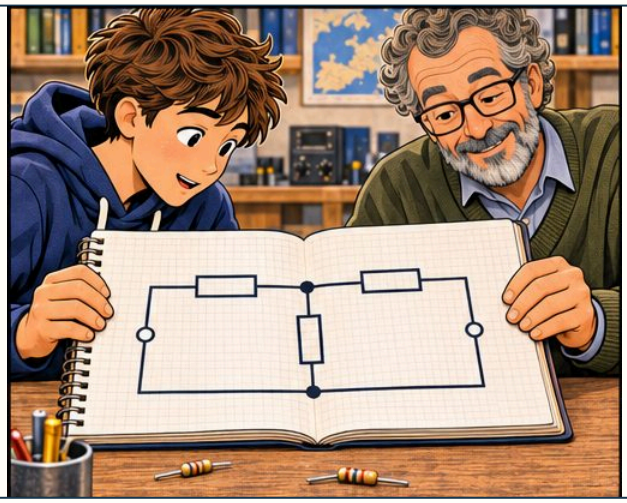
Ze vergelijken dit gedrag met het bekende onderdeel.



Buitenbereik kan door onderdeel, snoeren of contact komen.



Ze leggen het verdachte onderdeel apart zonder de hele storing verklaard te noemen.



Het schema moet nog tonen hoe weerstanden samenwerken.

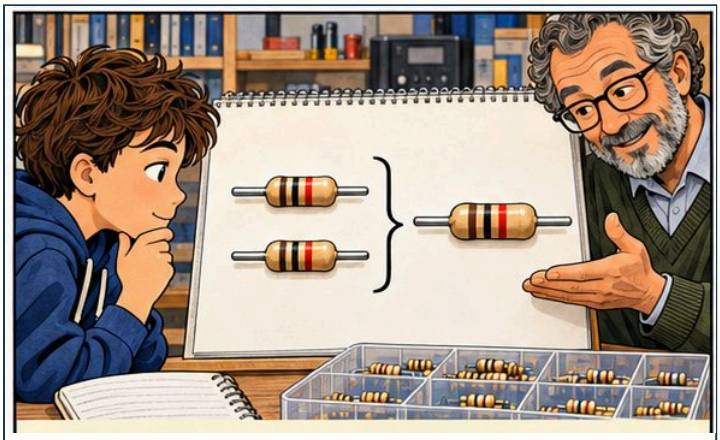
Langs één pad



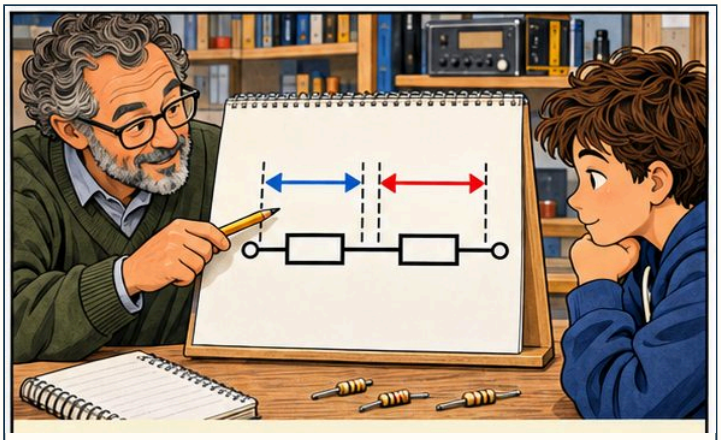
Twee weerstanden staan in serie als dezelfde stroom zonder aftakking door beide loopt.



Hun vervangingsweerstand is R = R1 + R2.



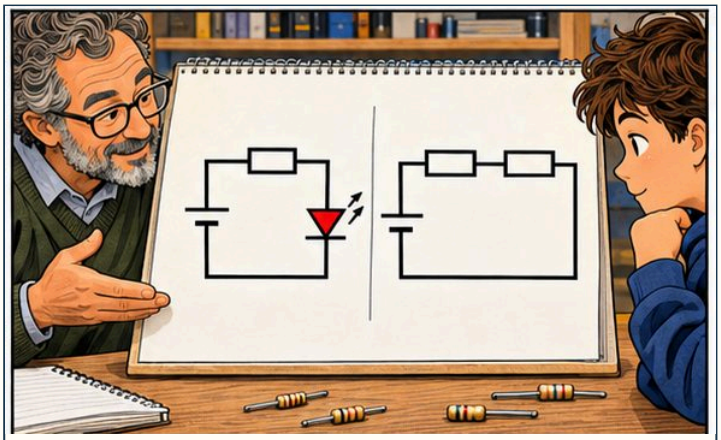
Twee weerstanden van 1 kΩ in serie geven 2 kΩ.



De totale spanning verdeelt zich volgens hun waarden.

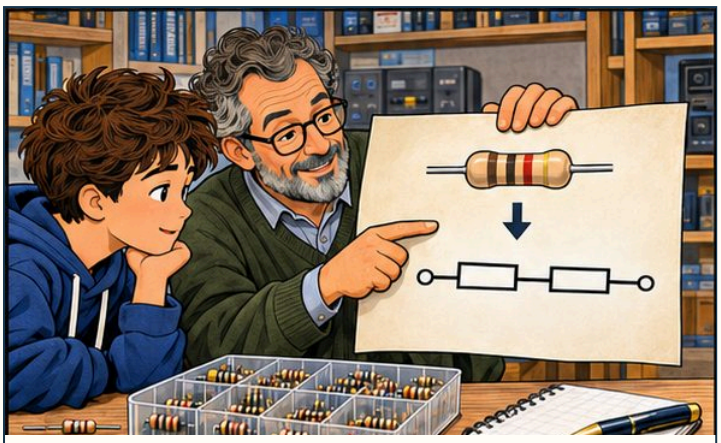


Elk onderdeel moet zijn eigen spanning en vermogen verdragen.

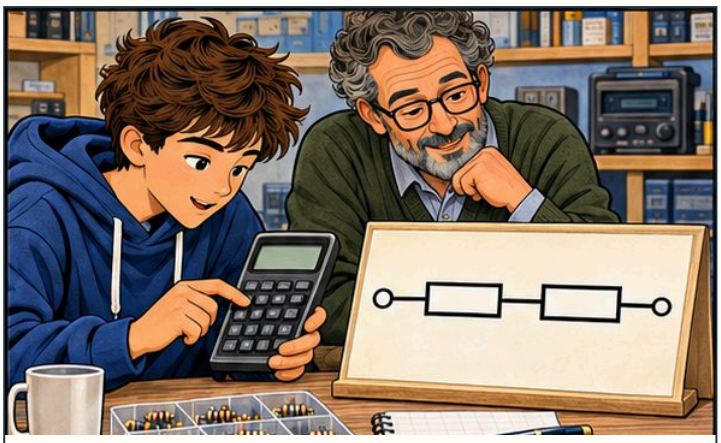


Lucas tekent één pad en vindt de serieweerstand van de LED terug.

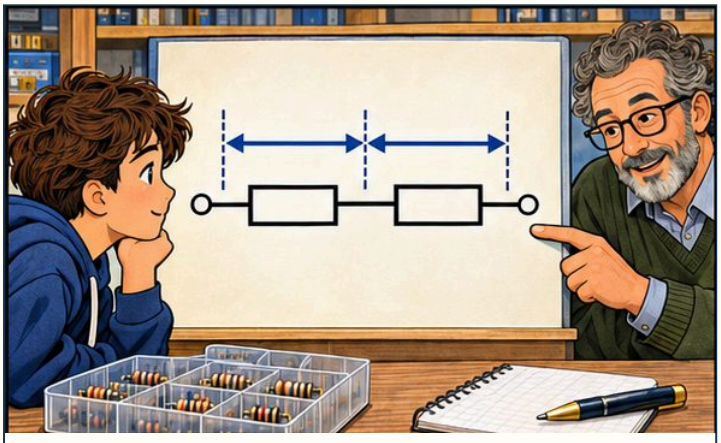
Verdelen in serie



Op papier voedt 5 V twee gelijke weerstanden van 1 kΩ in serie.



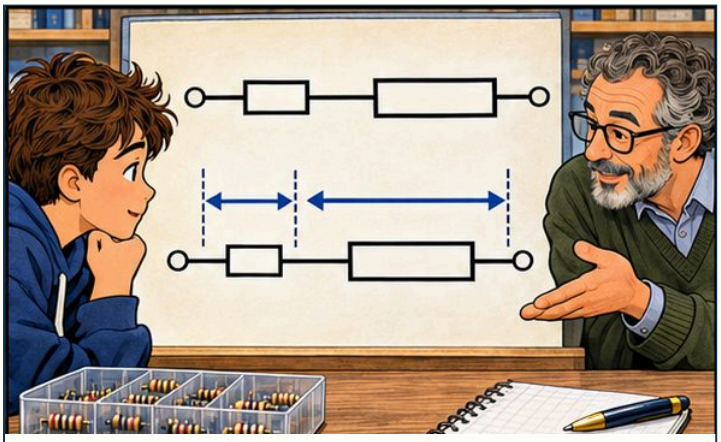
De stroom is 5 / 2 000 = 0,0025 A, dus 2,5 mA.



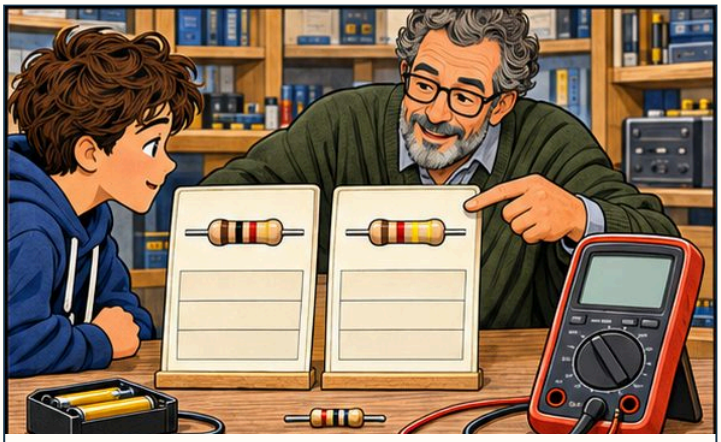
Elke weerstand krijgt 2,5 V in dit ideale model.



Elk dissipeert 2,5 × 0,0025 = 0,00625 W.

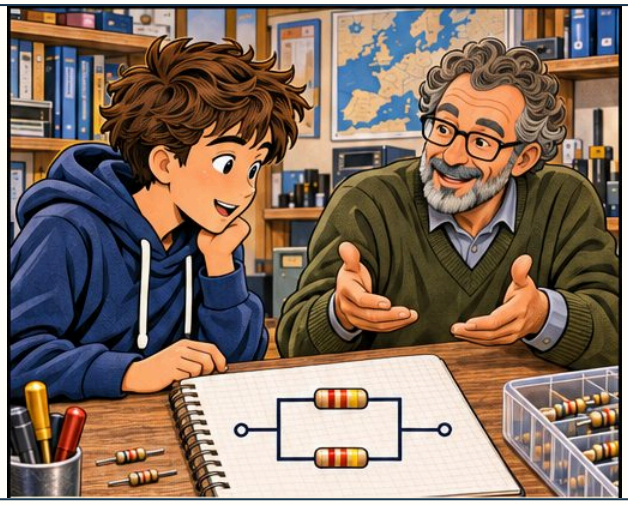


Ongelijke waarden zouden spanning en vermogen anders verdelen.

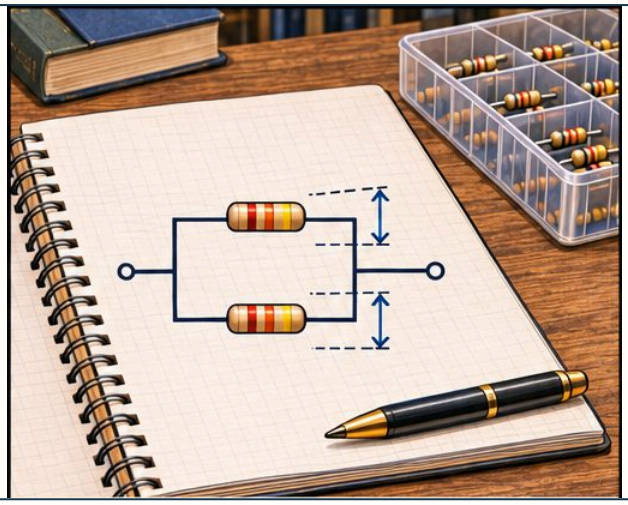


Henri benadrukt: de wattwaarden van de behuizingen optellen volstaat niet.

Twee paden tussen twee punten



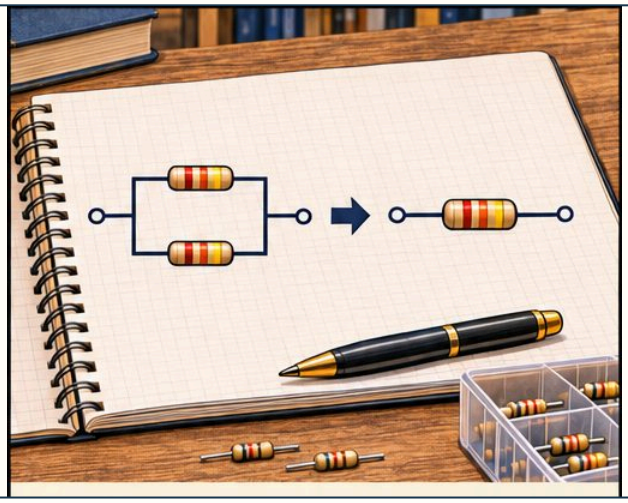
Parallelle weerstanden zijn aan dezelfde twee knooppunten verbonden.



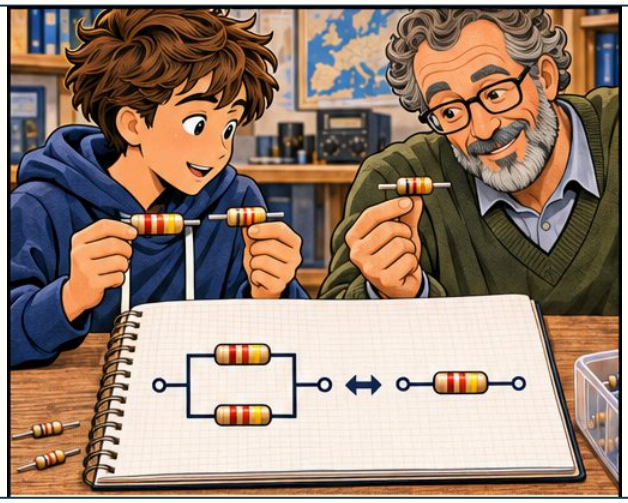
Ze hebben daardoor dezelfde spanning over hun aansluitingen.



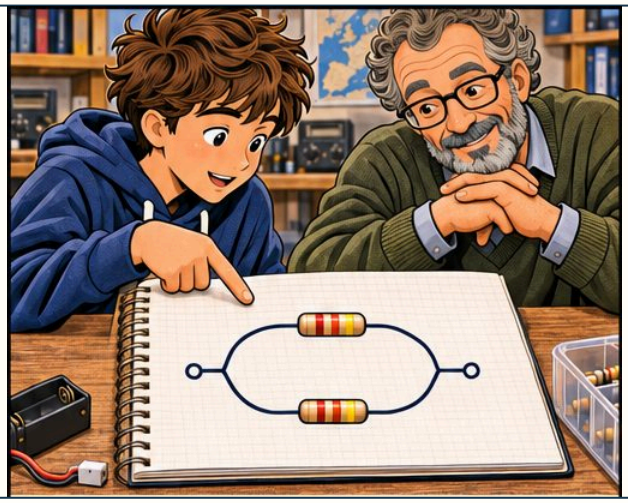
Voor twee takken: 1 / R = 1 / R1 + 1 / R2.



Twee weerstanden van 1 kΩ parallel geven 500 Ω.

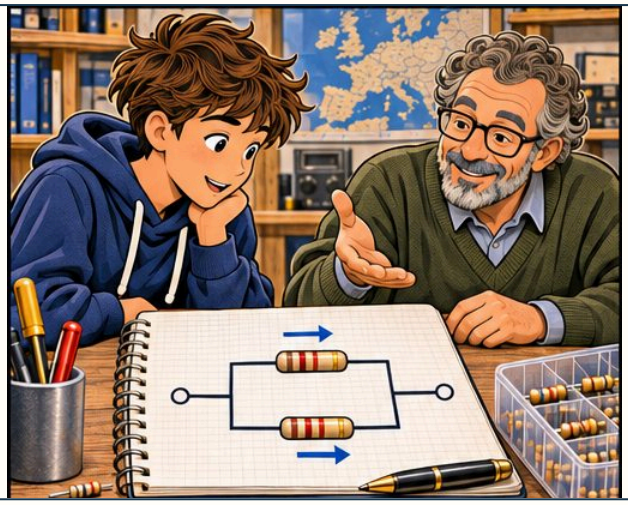


Het equivalent is kleiner dan de kleinste positieve takweerstand.

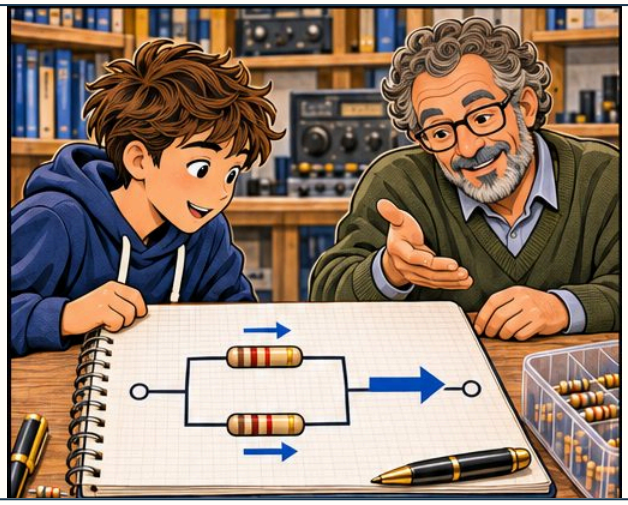


Lucas controleert knooppunten; de plaats op papier volstaat niet.

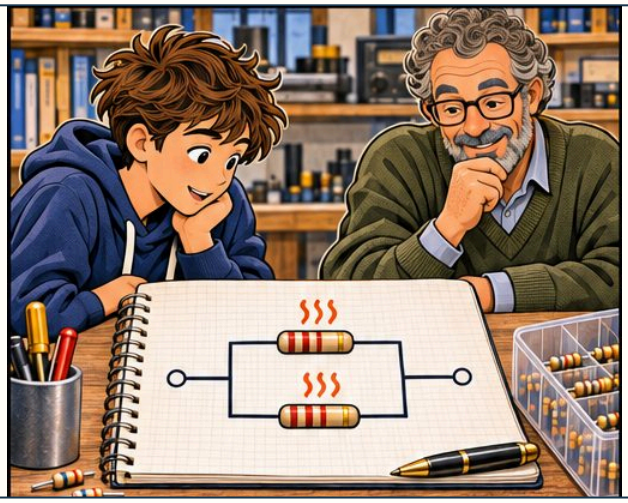
Stroom door de takken



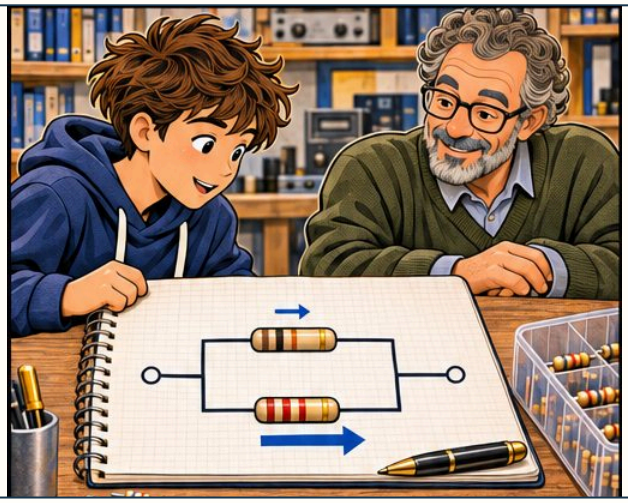
Bij 5 V over elke weerstand van 1 kΩ trekt elke tak 5 mA.



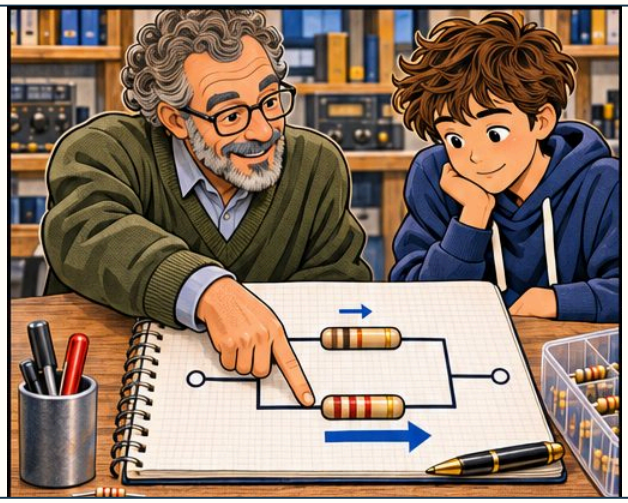
De bron levert hun som: 10 mA in dit ideale voorbeeld.



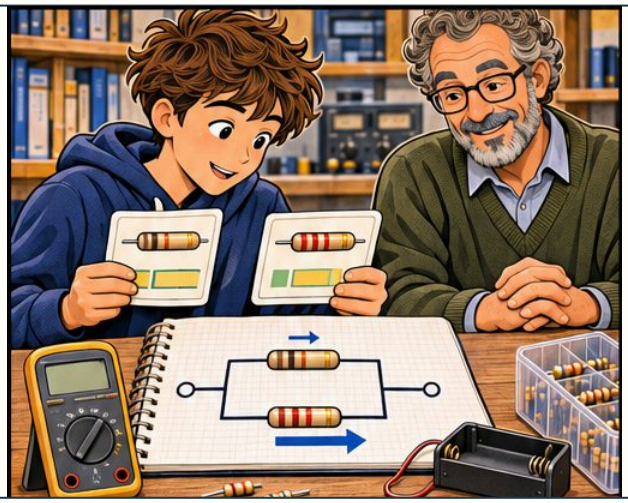
Elke weerstand dissipeert 5^2 / 1 000 = 0,025 W.



Bij ongelijke waarden zijn de stromen niet meer gelijk.

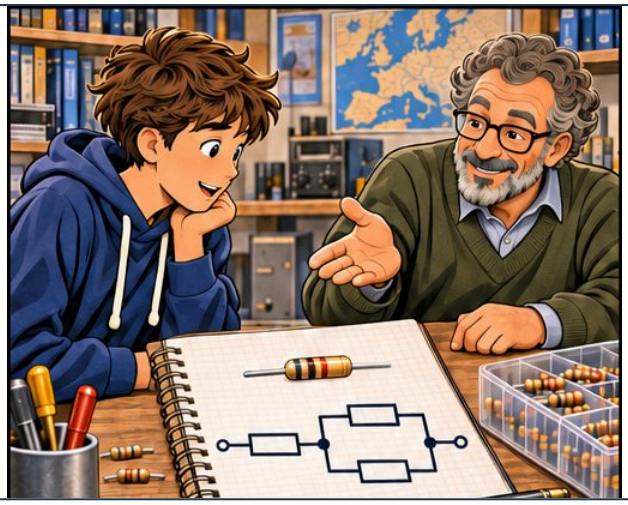


De tak met lagere weerstand trekt bij gelijke spanning meer stroom.



Lucas begrijpt waarom twee parallelweerstanden twee controles vragen.

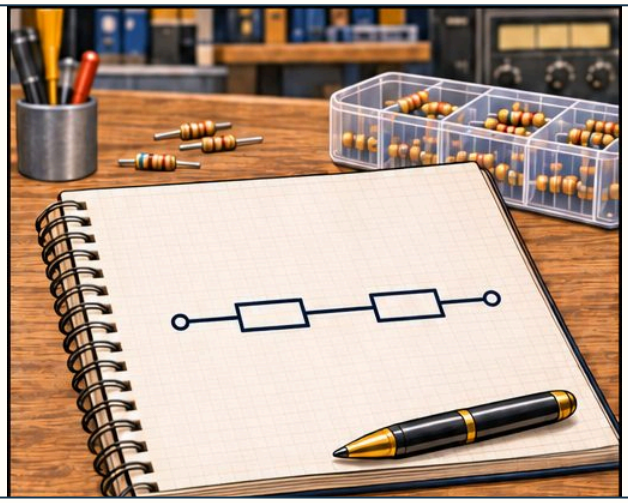
Vereenvoudigen zonder verdwalen



Henri tekent 1 kΩ in serie met twee parallelweerstanden van 1 kΩ.



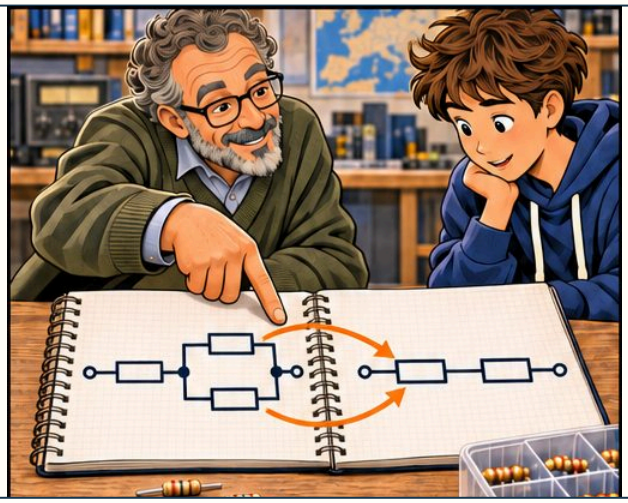
Lucas vervangt eerst het parallelpaar door 500 Ω.



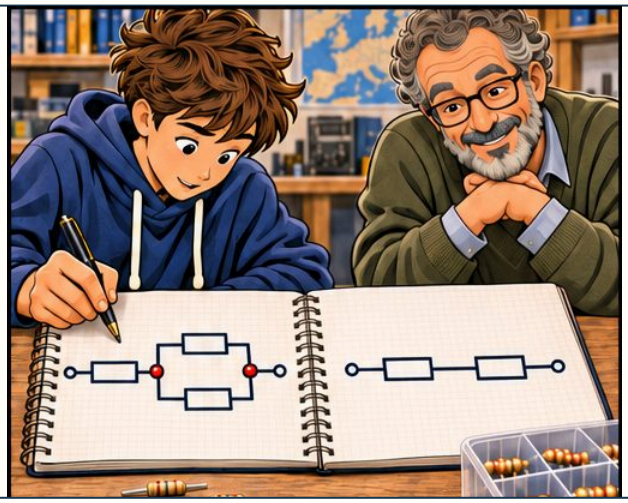
Dan telt hij de serieweerstand op: 1 000 + 500 = 1 500 Ω.



Hij bewaart het oorspronkelijke schema om iedere deelstroom terug te vinden.



Een equivalent beschrijft de aansluitingen zonder interne grenzen uit te wissen.



Zo kiest hij geen formule enkel op het uiterlijk van het schema.

Een tussenspanning maken



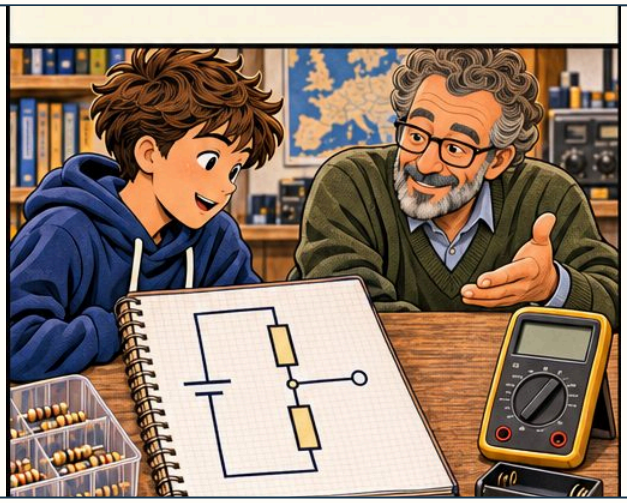
Twee serieweerstanden kunnen een spanningsdeler vormen.



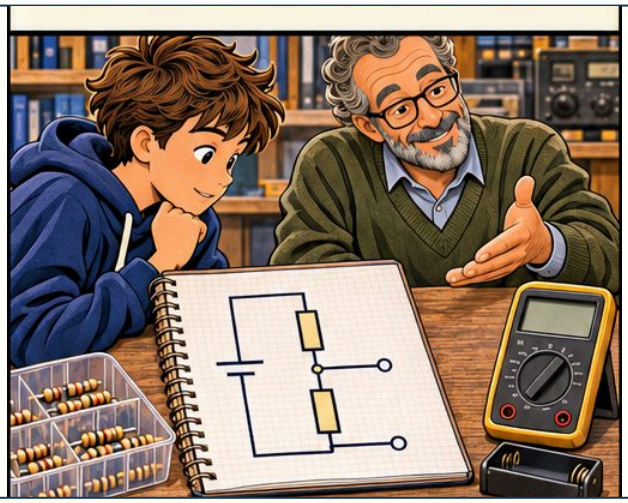
Onbelast geldt Uuit = Uin × R2 / (R1 + R2).



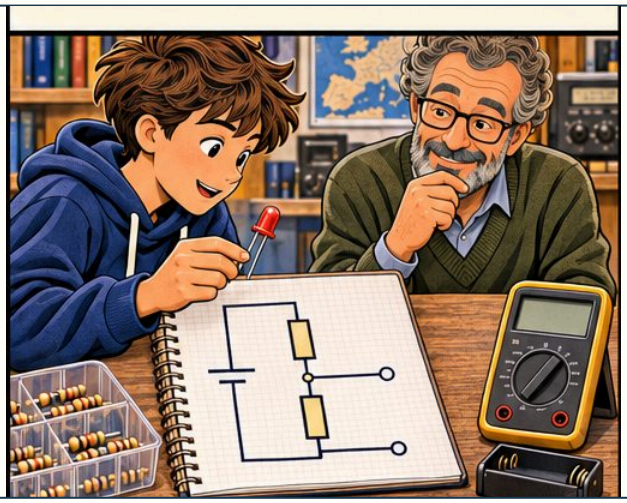
De uitgang ligt over R2, tussen middenpunt en referentie.



Met 5 V en twee weerstanden van 1 kΩ is dat ideaal 2,5 V.

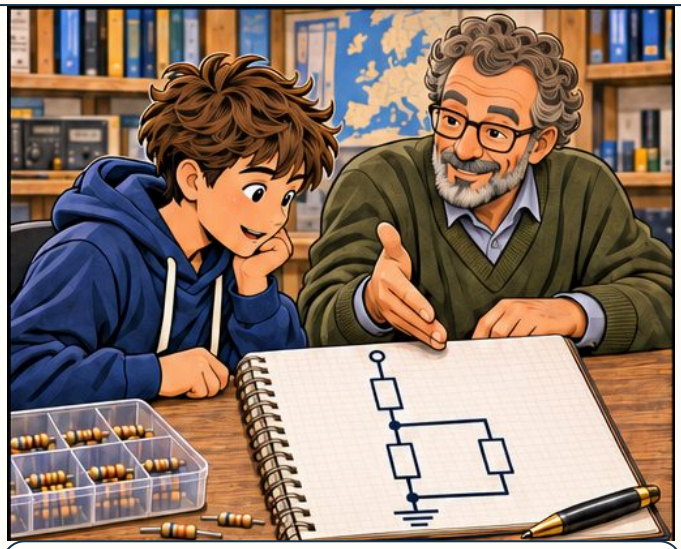


Dit veronderstelt dat de uitgang praktisch geen stroom levert.

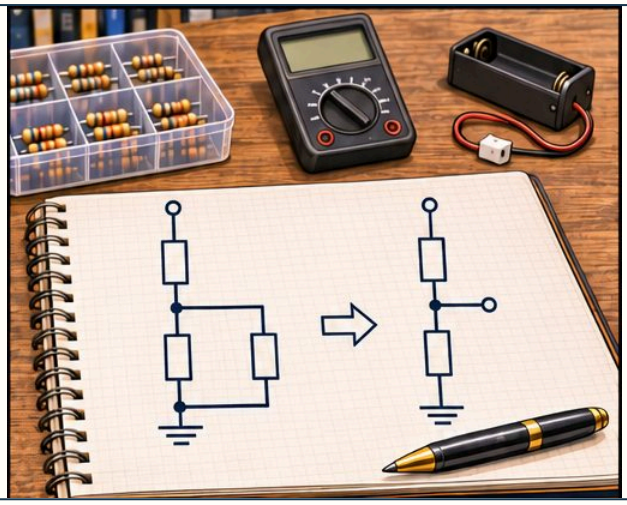


Lucas wil de LED aansluiten; Henri toont wat zou veranderen.

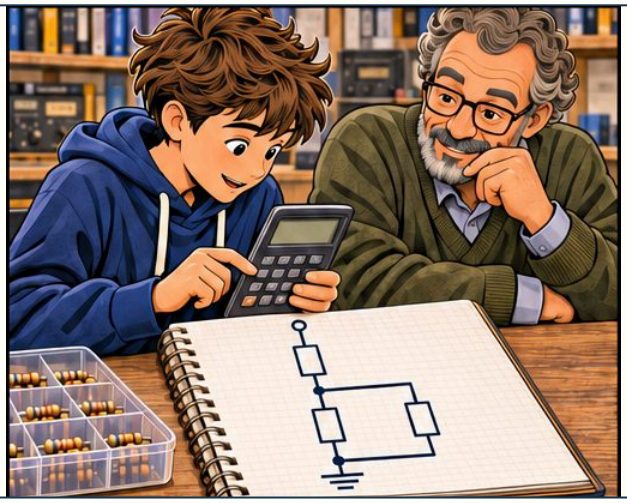
Als de uitgang belast wordt



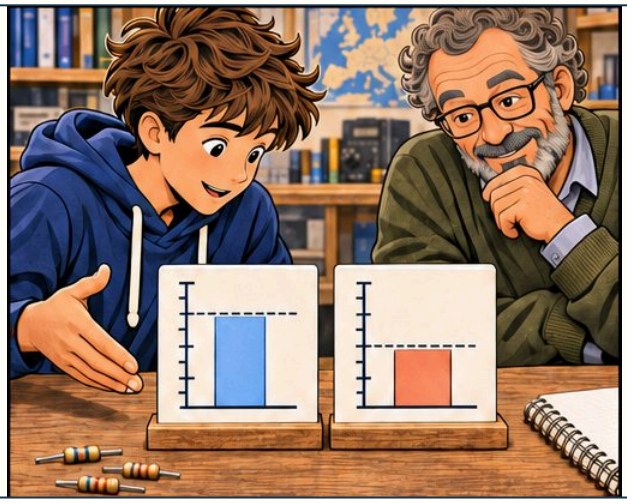
Een uitgangsbelasting staat parallel aan R2.



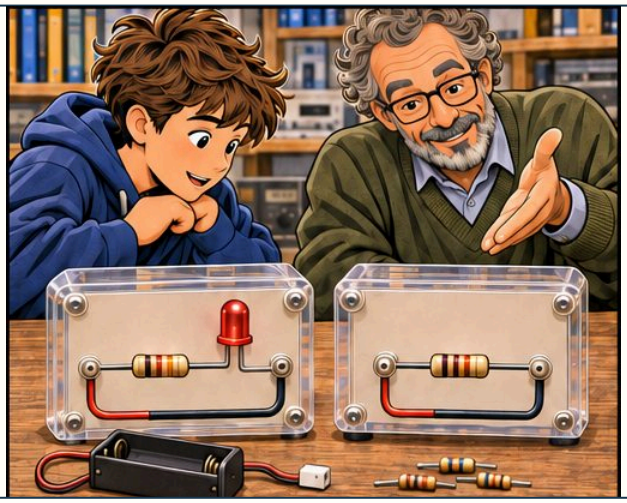
Met een belasting van 1 kΩ wordt R2 van 1 kΩ equivalent aan 500 Ω.



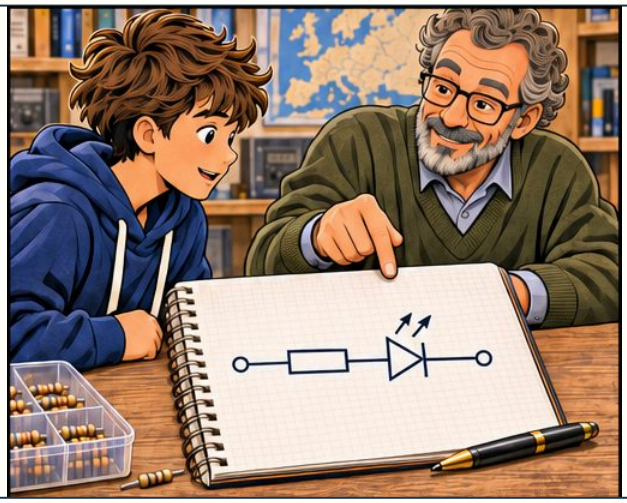
De uitgang wordt 5 × 500 / (1 000 + 500) ≈ 1,67 V.



Dat is geen 2,5 V meer: de belasting verandert de deler.



Een LED is geen ohmse belasting; dit beschrijft haar geval niet precies.

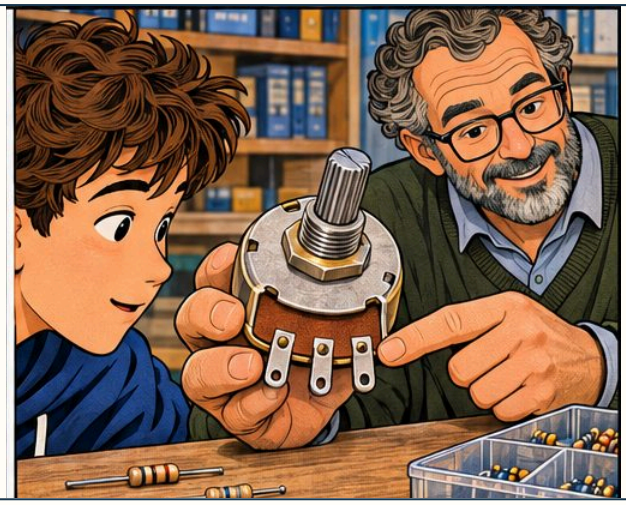


Ze behouden de bedoelde serieschakeling zonder geïmproviseerde deler.

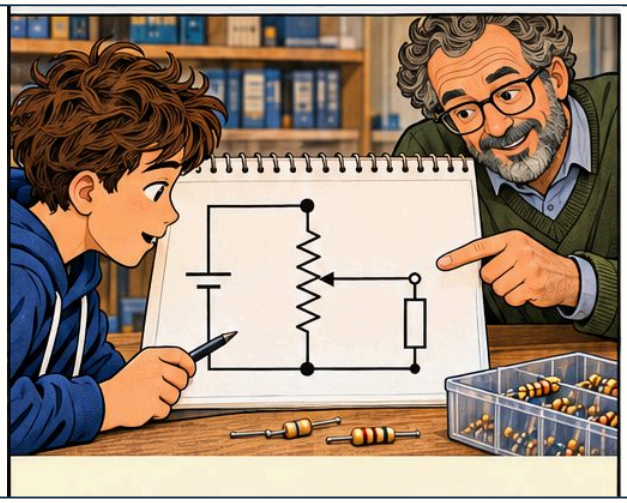
De loper van de potentiometer



Een potentiometer heeft een weerstandsbaan en een beweegbare loper.



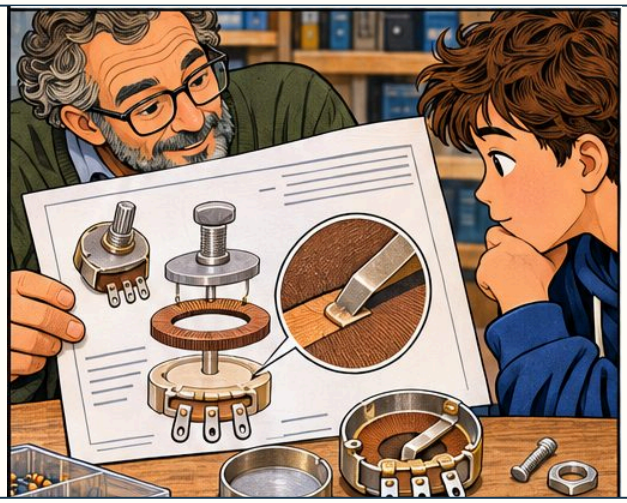
De drie aansluitingen kunnen een regelbare spanningsdeler vormen.



De belasting beïnvloedt ook de spanning op de loper.



Met twee aansluitingen kan hij, afhankelijk van het schema, variabele weerstand zijn.

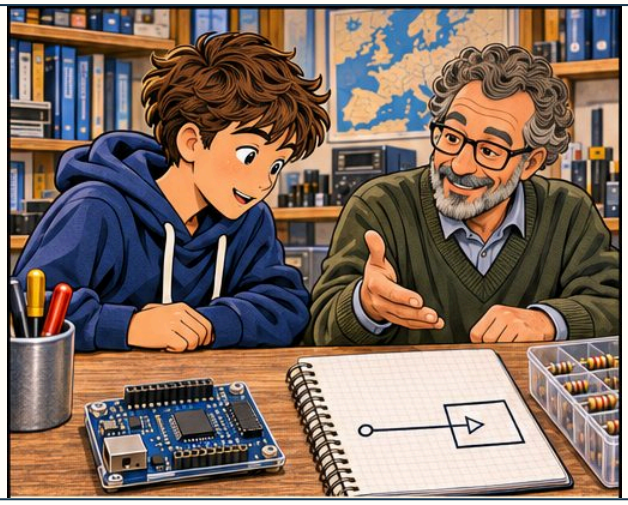


Vermogen, loperstroom en bedrading moeten worden gecontroleerd.

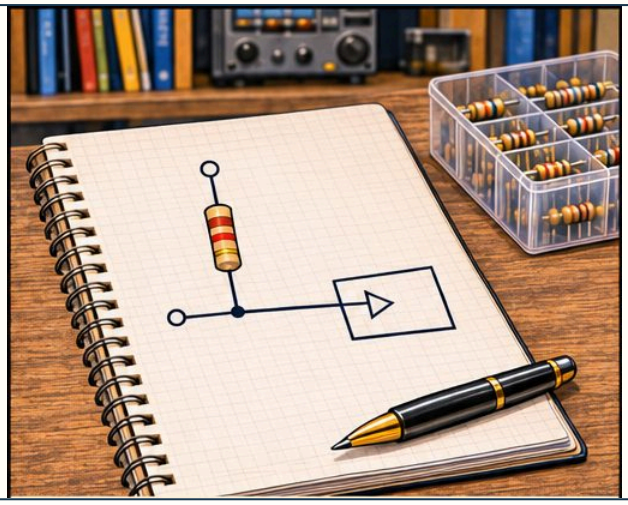


Lucas weigert de vaste beschermweerstand van hun LED weg te laten.

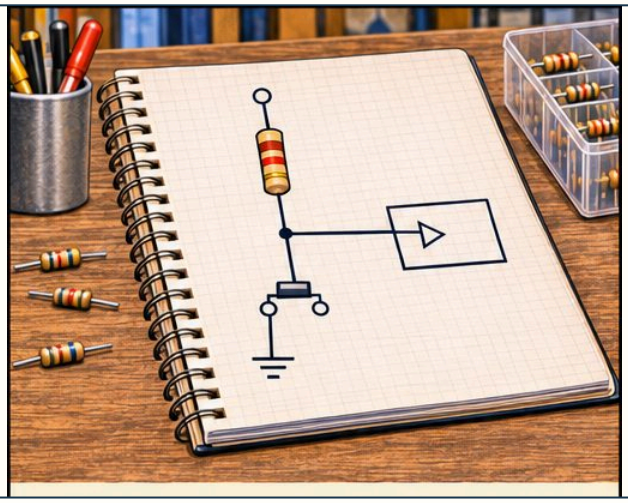
Een ingang een toestand geven



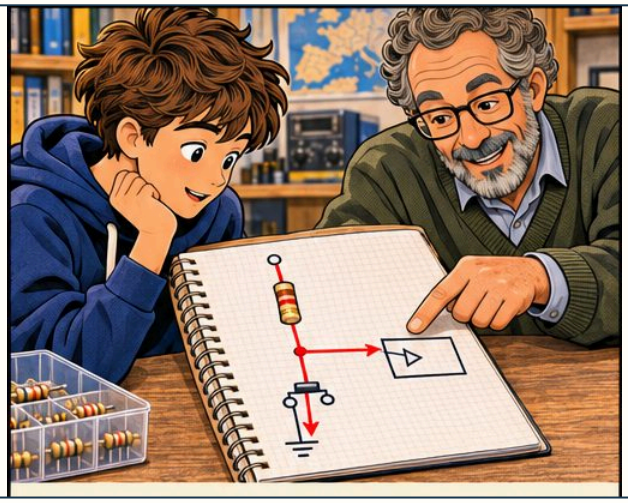
Een zwevende ingang op een leerkaart kan een onzekere toestand lezen.



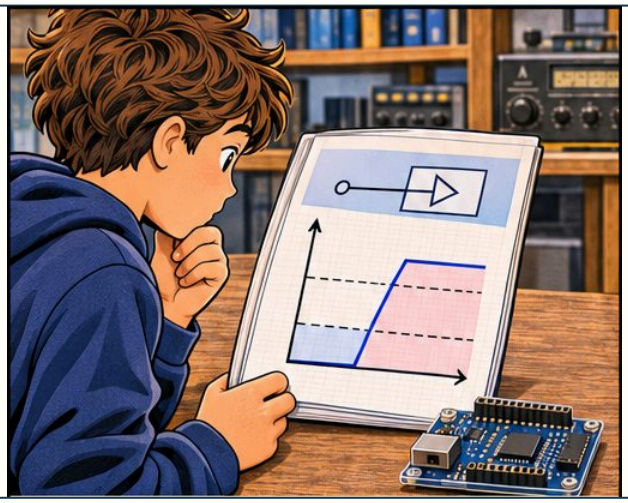
Een pull-upweerstand naar de voeding geeft in rust een hoge toestand.



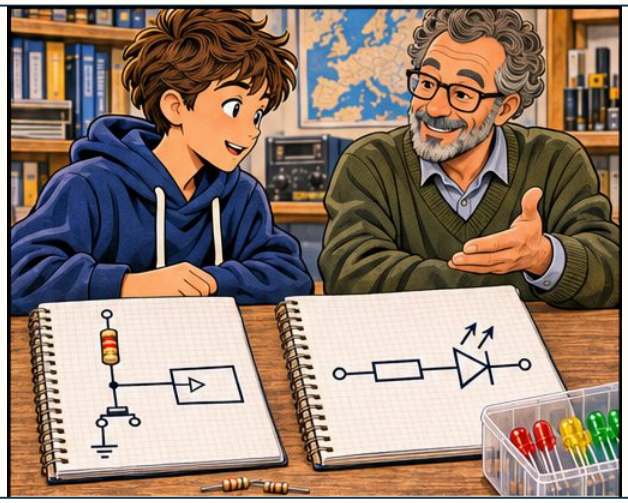
Een knop naar de referentie maakt de toestand laag als hij sluit.



De weerstand beperkt dan de stroom tussen voeding en knop.



De waarde hangt af van ingang, schakeldrempels en documentatie.

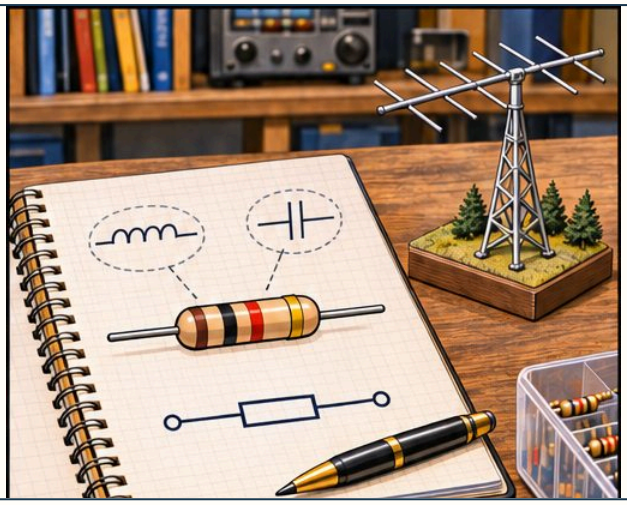


Henri toont dit op papier; het lampje houdt zijn eenvoudige schakeling.

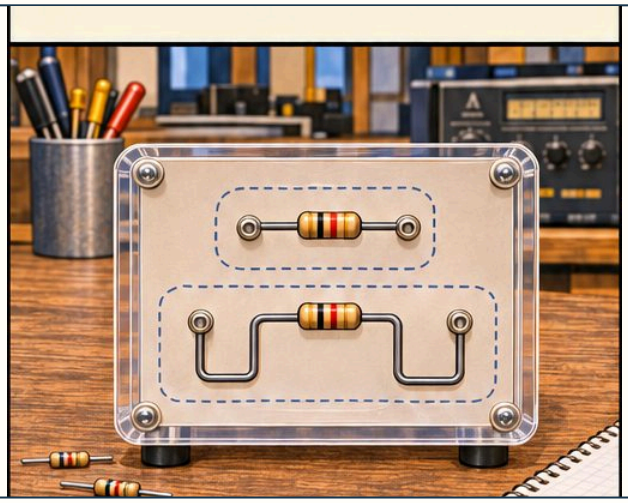
Bij radio heeft het model grenzen



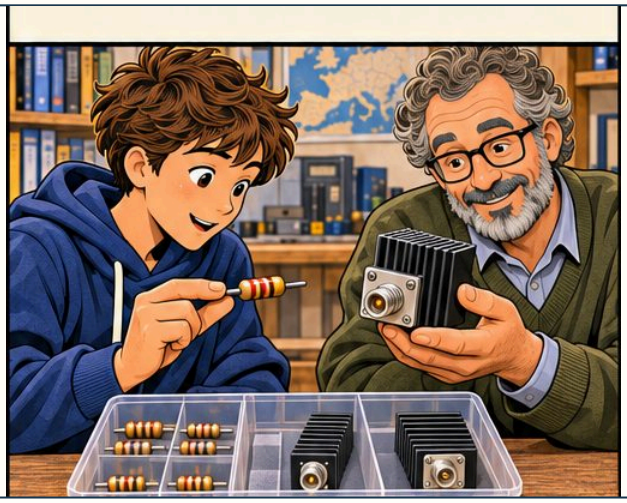
Weerstanden dienen in radio ook voor voorspanning, verzwakking of afsluiting.



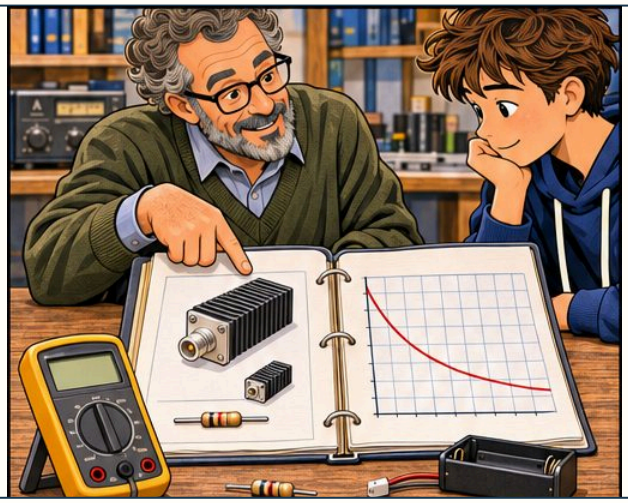
Bij hoge frequentie kunnen parasitaire inductie en capaciteit meetellen.



Verbindingen en printindeling voegen eigen effecten toe.



Een willekeurige weerstand van 50 Ω is niet vanzelf een goede RF-belasting.



Frequentiegebied, vermogen en bouw moeten bij het gebruik passen.



Lucas bergt RF-voorbeelden op: deze workshop zendt niets uit.

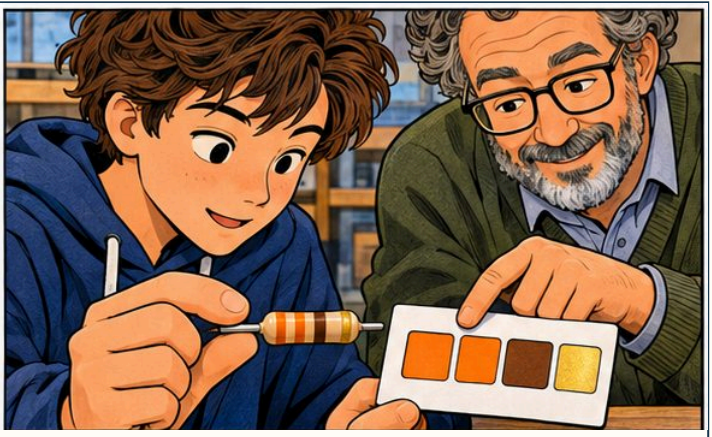
De vervangingsfiche



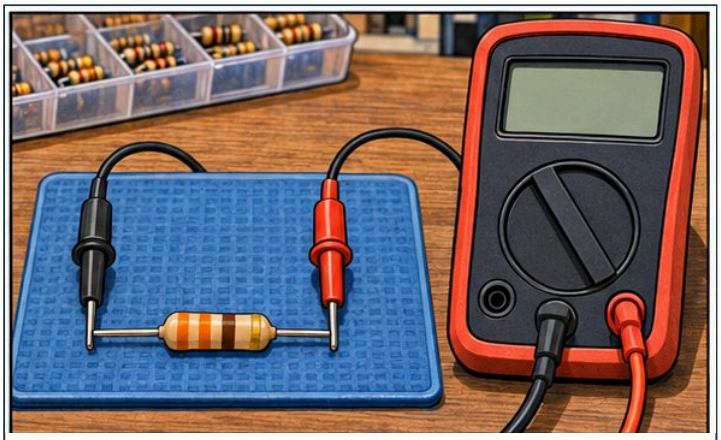
Lucas verzamelt het schema en de referenties van LED en weerstand.



De keuze blijft 330 Ω, ±5%, 0,25 W voor dit gedocumenteerde voorbeeld.



Hij bevestigt oranje, oranje, bruin en goud met de tabel.



De nieuwe weerstand wordt afzonderlijk gemeten, buiten iedere gevoede schakeling.



De uitlezing moet passen bij tolerantie en meetonzekerheid.

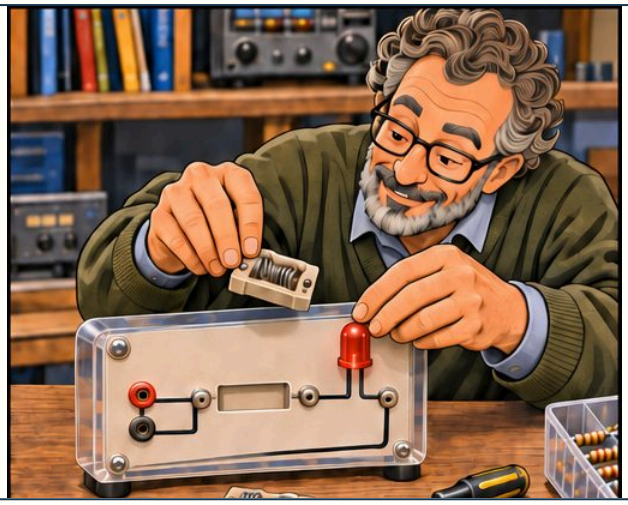


Henri controleert het dossier: rekenen en meten vullen elkaar aan.

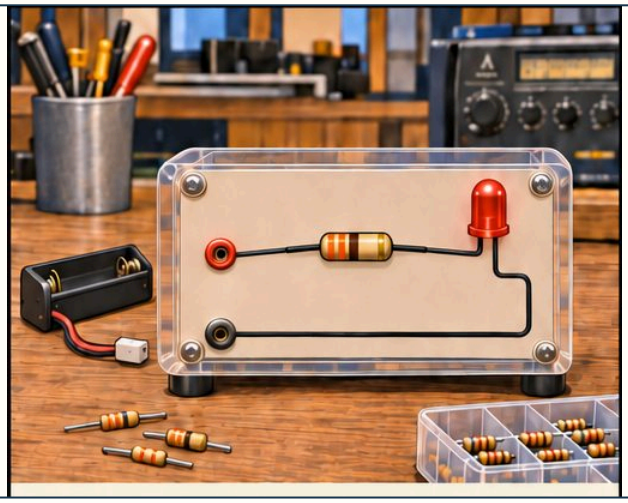
Methodisch terugbouwen



Het paneel blijft tijdens de vervanging losgekoppeld.



Henri controleert de beschadigde houder en vervangt het voorziene verbindingselement.



Ze steken de nieuwe weerstand in zonder kracht of losse draad.



Lucas volgt de lus: voeding, weerstand, LED, retour.

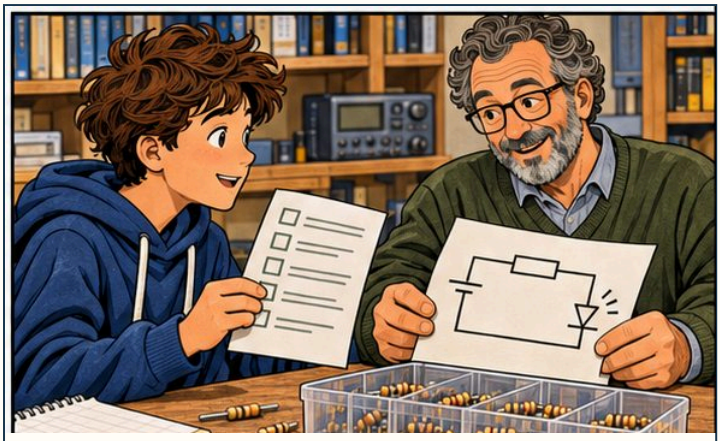


De LED-polariteit klopt met schema en fiche.

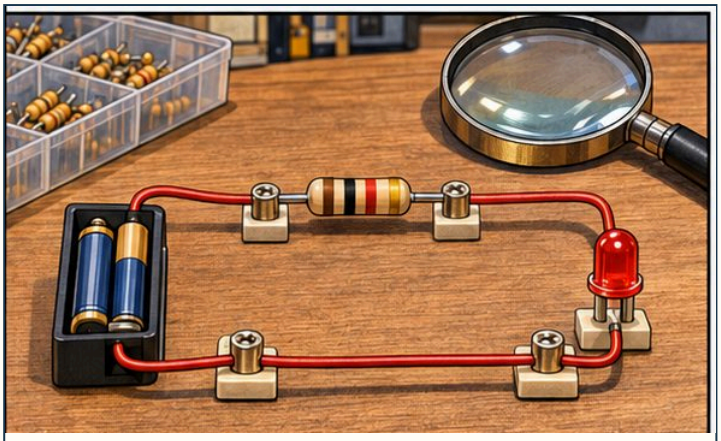


Het verdachte onderdeel blijft met de waarnemingen apart, zonder hergebruik.

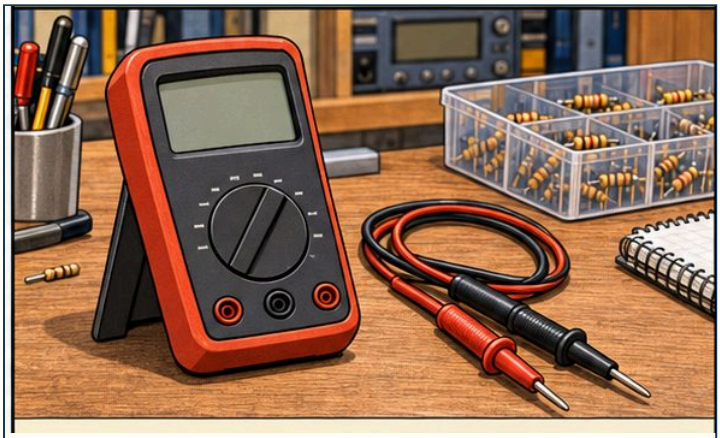
De kruiscontrole



Vóór inschakelen controleert ieder het werk van de ander.



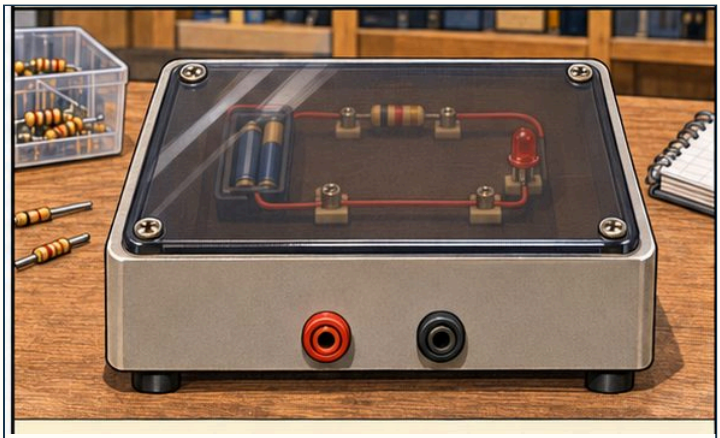
Ze zoeken kortsluitingen, vergeten delen of overbruggingen van de weerstand.



De meetpennen van de ohmmeter worden verwijderd.



Henri bereidt de voeding op 5 V met passende stroombegrenzing voor.

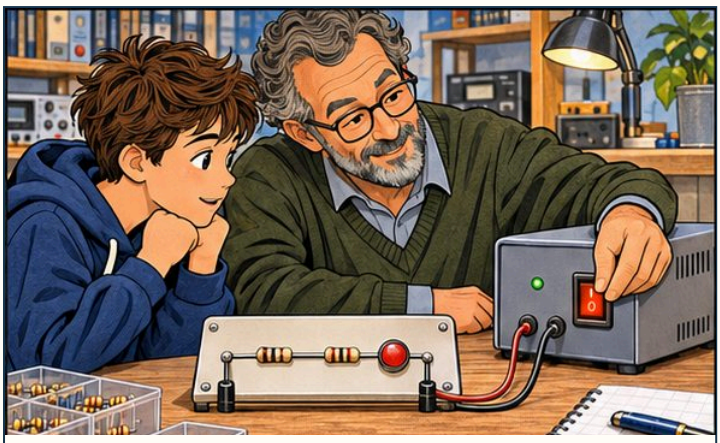


Het paneel sluit volgens de handleiding; verbindingen blijven beschermd.



Lucas verwacht een zichtbaar lampje bij matige stroom.

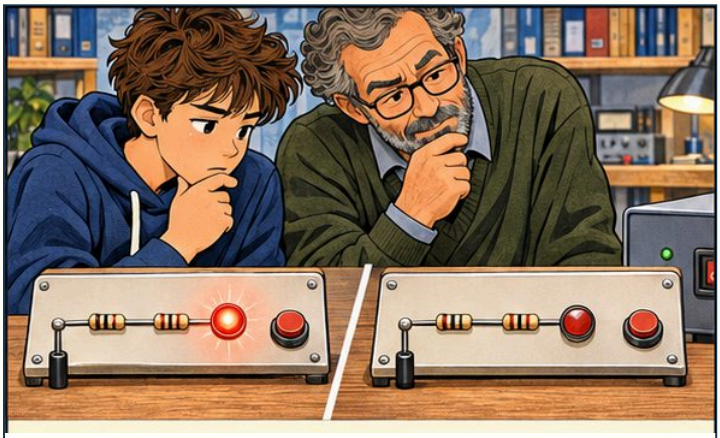
Een voorzichtige eerste proef



Henri schakelt het gesloten paneel in; niemand verplaatst verbindingen.



Het lampje brandt en dooft wanneer de knop wordt losgelaten.



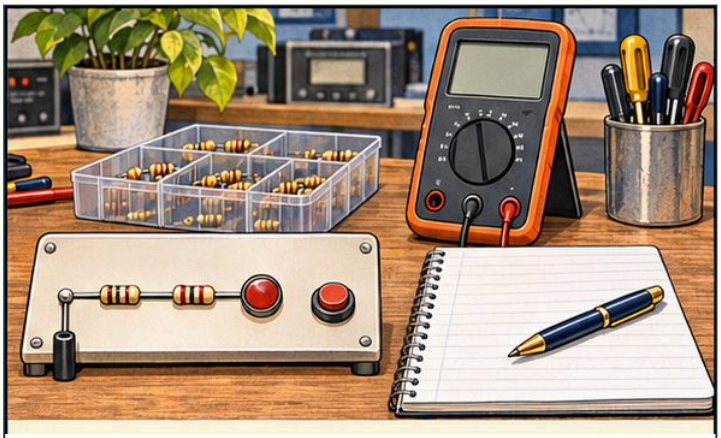
Bij de volgende proef aarzelt de werking.



Lucas denkt aan hogere spanning, maar herinnert zich hun methode.



Ze schakelen uit en koppelen los vóór verdere diagnose.

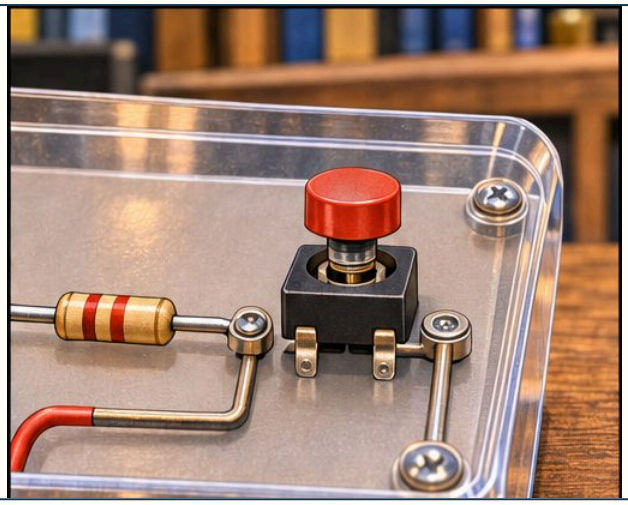


Eén keer licht zien bewijst niet dat het paneel klaar is.

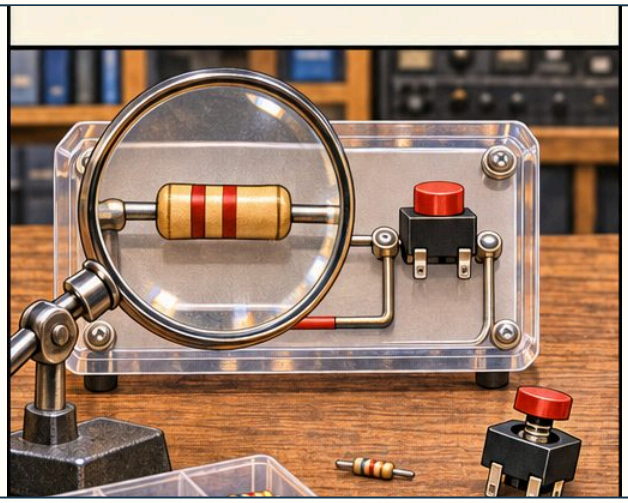
Een tweede oorzaak



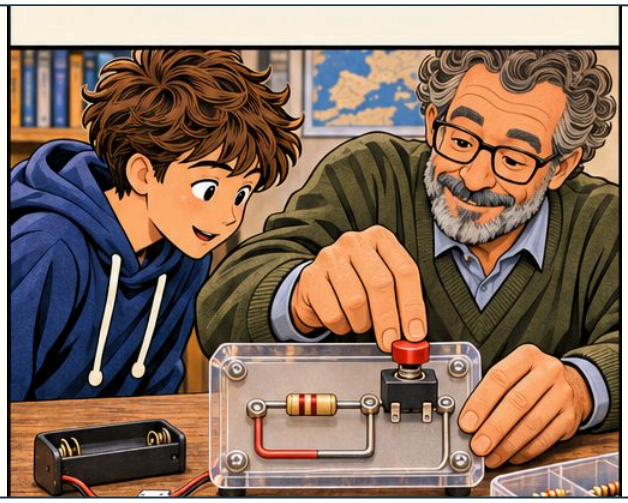
Na veiligheidscontroles onderzoeken ze het stroompad spanningsloos.



Een afneembare knopconnector zit niet volledig vast.



Alleen de goede weerstand herstelt geen slechte verbinding.



Henri plaatst de connector goed en controleert of hij vastzit.



Lucas noteert het verdachte onderdeel en verbindingsfout als aparte aanwijzingen.

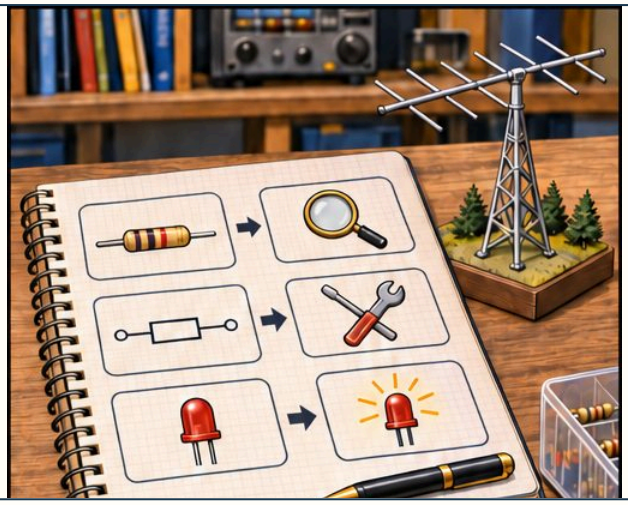


Ze herhalen de volledige controle vóór een nieuwe proef.

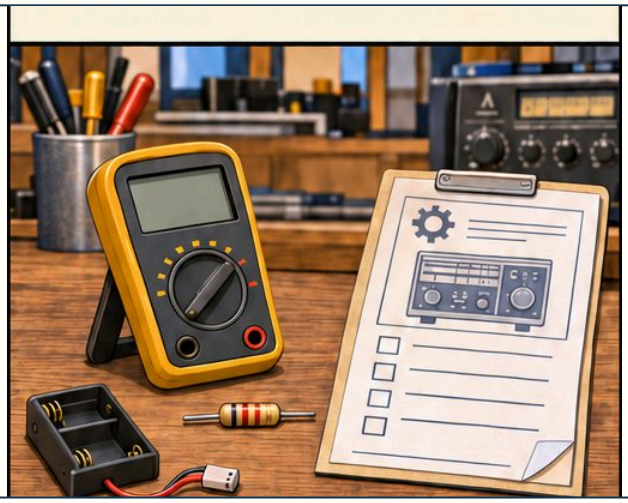
Eén ding tegelijk bekijken



Ze vervangen niet meer meerdere onderdelen tegelijk.



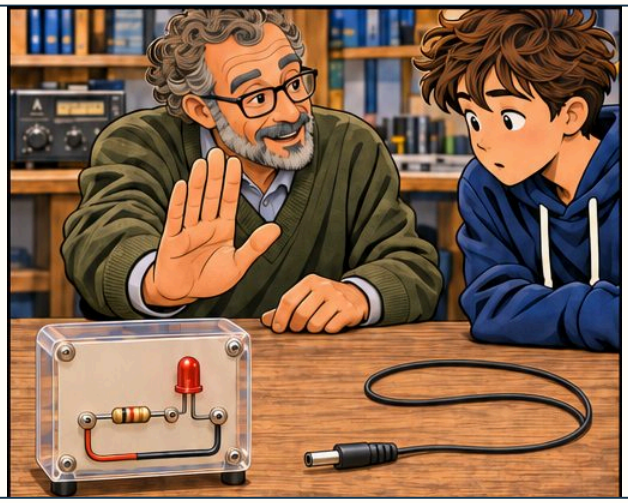
Het schrift bewaart bij elke stap het symptoom en de controle.



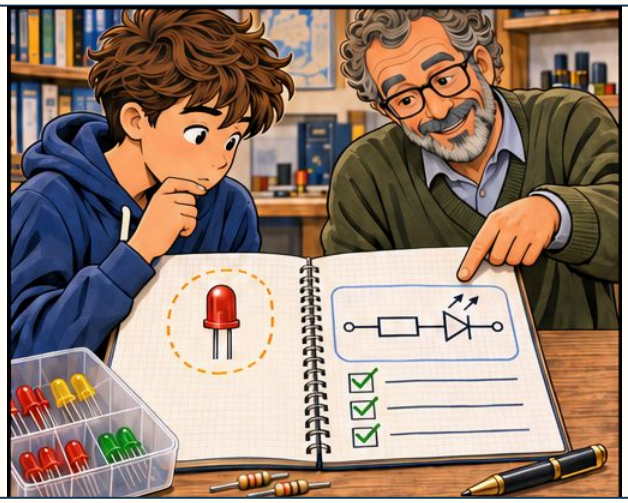
Een juiste ohmmeterwaarde garandeert niet elk gedrag tijdens gebruik.



Inspectie, onderdeelgrenzen en de voorziene proef vullen de meting aan.

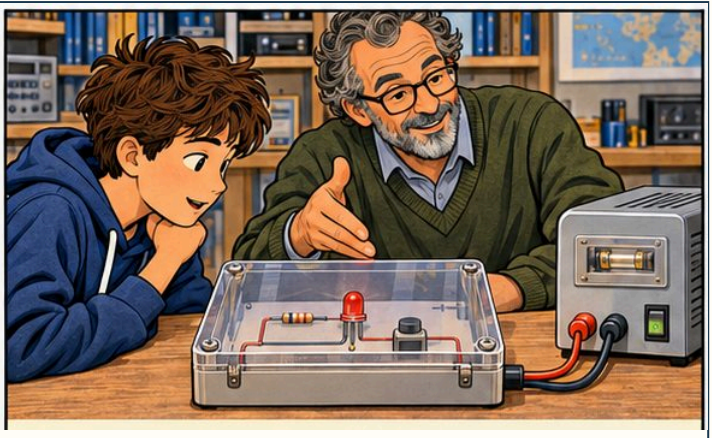


Bij iets abnormaals stoppen ze en zoeken spanningsloos verder.



Lucas kan nu uitleggen waarom zijn eerste idee te snel kwam.

Het lampje maakt de belofte waar



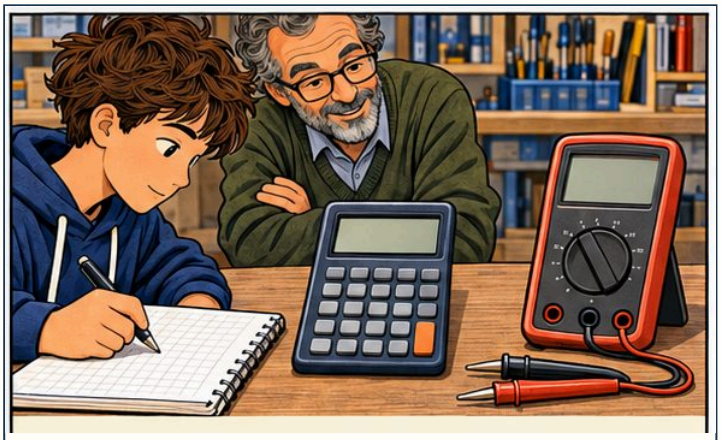
Het weer gesloten paneel wordt volgens de procedure opnieuw gevoed.



In hun demonstratie reageert het lampje nu regelmatig op de knop.



Henri bewaakt de werking; Lucas vergelijkt met de verwachting.



Ze noemen de berekende stroom geen uitgevoerde meting.



Het schrift scheidt berekeningen, controles en proefwaarnemingen.

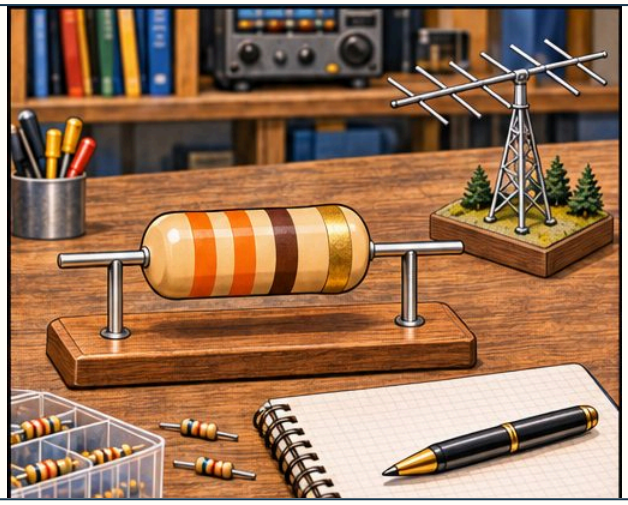


Ze schakelen uit vóór het transport naar de stand.

De keuze uitleggen



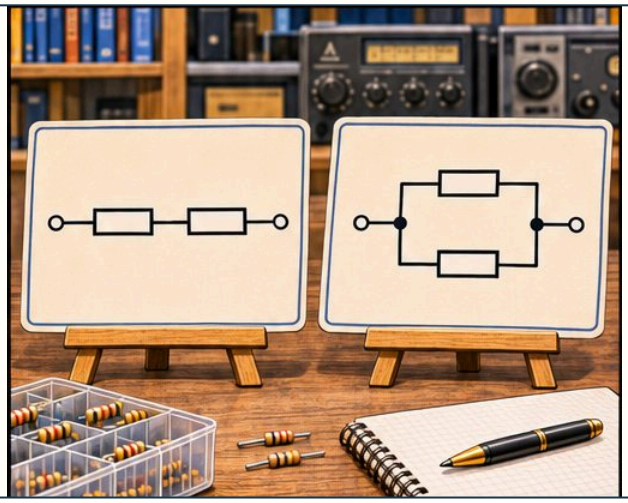
Op de stand toont Lucas bezoekers een vergrote weerstand.



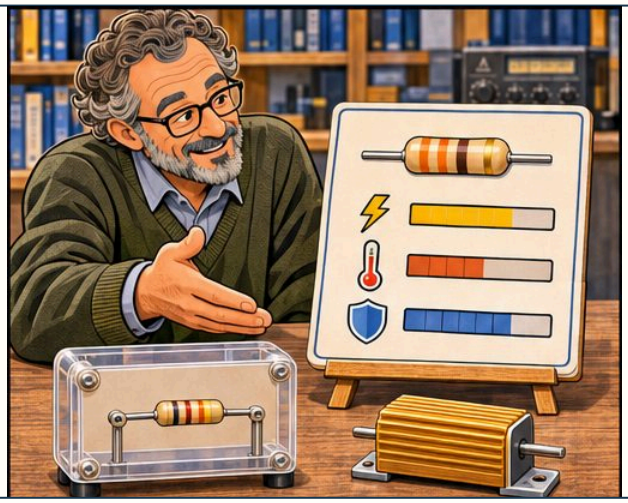
Hij verklaart de ringen, nominale waarde en tolerantie.



Zijn tekening toont hoe de serieweerstand de LED-stroom beperkt.



Een tweede tekening vergelijkt serie- en parallelschakelingen.



Henri vraagt waarom hij vermogen en gebruiksvoorwaarden controleerde.

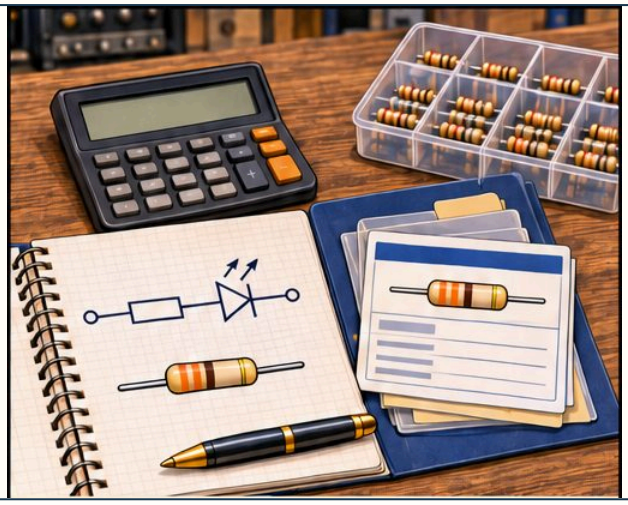


«Om een onderdeel te kiezen dat echt past», antwoordt Lucas.

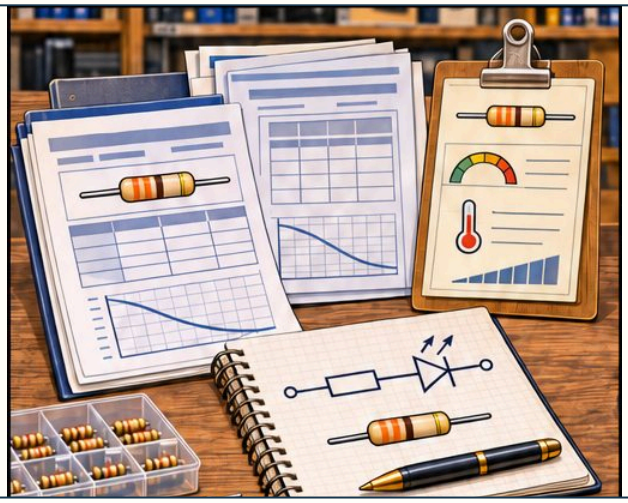
Een schrift voor de volgende



De fiche begint bij de behoefte: een lampje voor het ontdekkingspaneel.



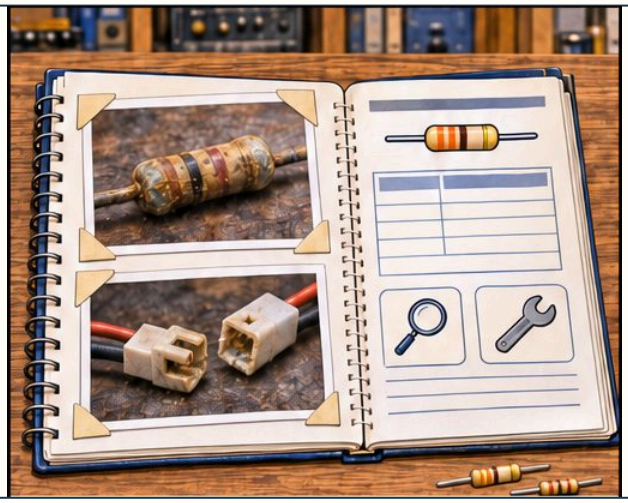
Ze bewaart aannames, formule en de keuze van 330 Ω.



Tolerantie, vermogen en onderdeelreferenties blijven bij het schema.



De procedure herinnert aan spanningsloos en zo nodig geïsoleerd weerstand meten.



Storingswaarnemingen helpen de volgende workshop methodisch zoeken.

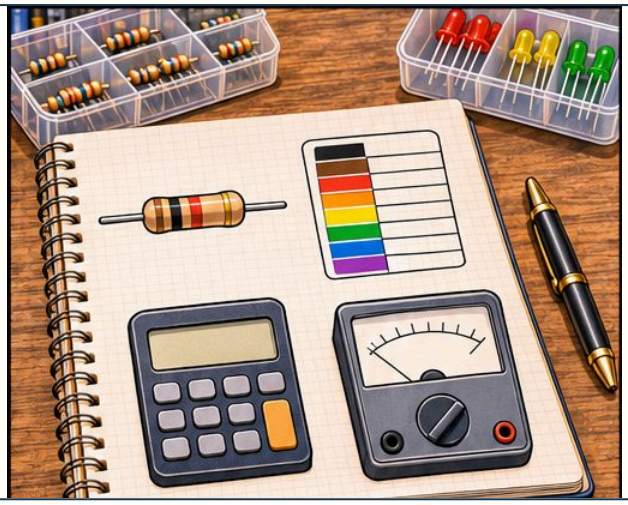


Henri laat Lucas het dossier opbergen: leren wordt delen.

Een klein onderdeel, een grote methode



De stand is klaar; Lucas ziet de kleine weerstand anders.



Lezen, rekenen, kiezen, meten: iedere stap beantwoordt een vraag.



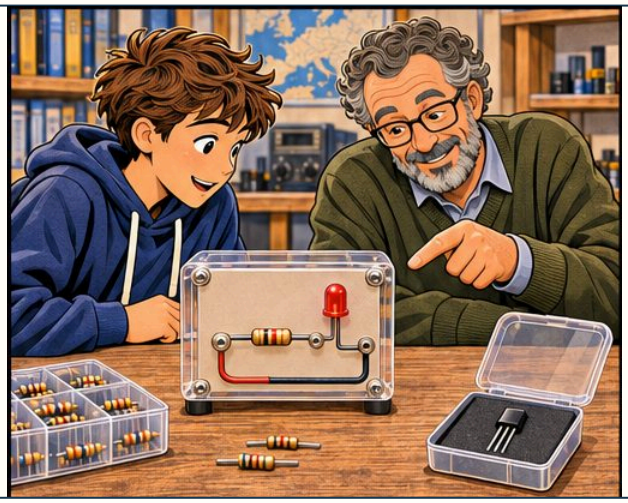
Het lampje is een uitleg die hij kan doorgeven geworden.



Henri toont in een ander doosje een onderdeel met drie pootjes.



«Kan dat een grotere stroom sturen?» vraagt Lucas.



Hun volgende onderzoek wacht in deel 08: de transistors.