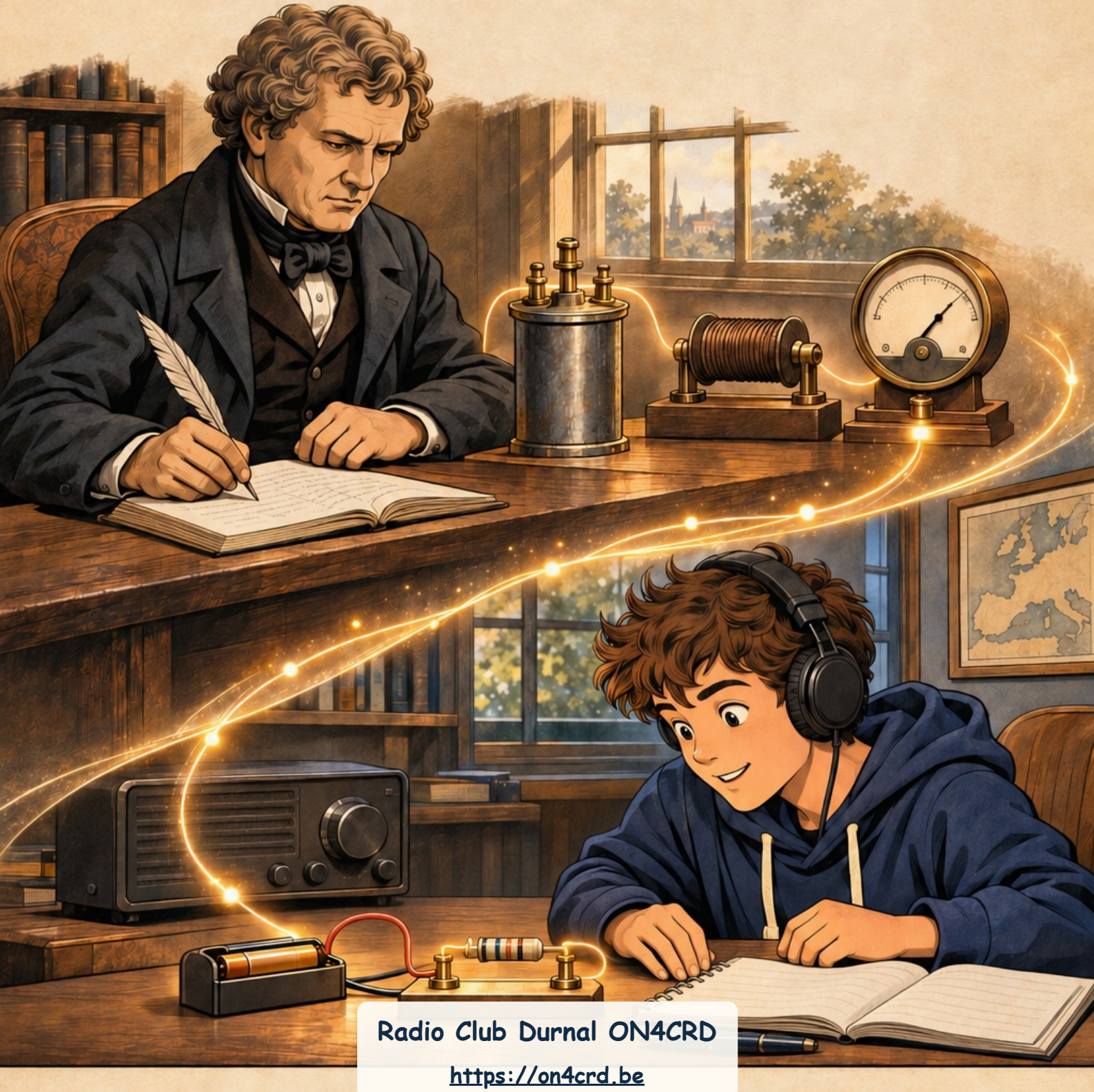
ON4CRD

Deel 04

De ontdekking van de wet van Ohm



Radio Club Durnal ON4CRD

https://on4crd.be

Juridische vermeldingen

Deel 04 · De ontdekking van de wet van Ohm

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.

Een vraag in de club



Na zijn eerste QSO keert Lucas terug naar de clubwerkplaats.



Een kleine weerstand ligt naast een schrift op tafel.



Hoe kan zo'n bescheiden onderdeel zoveel berekeningen bepalen?



Henri stelt een onderzoek en daarna een proef voor.



Samen bereiden ze een demonstratie voor bezoekers voor.

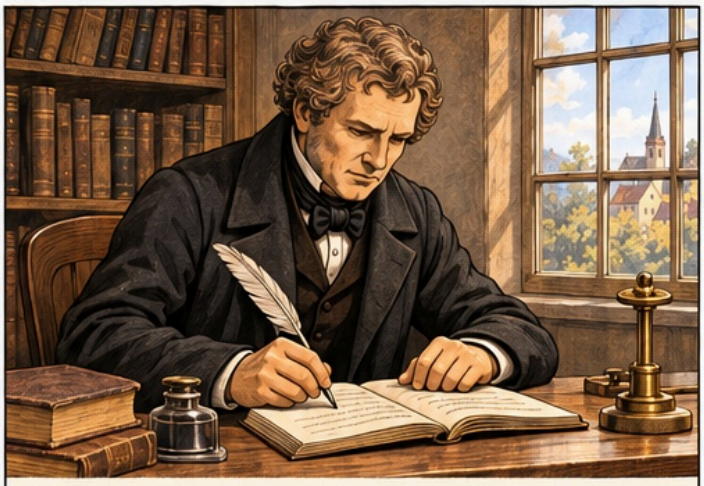


Het eerste spoor heeft een naam: Georg Simon Ohm.

Het gezicht achter de naam



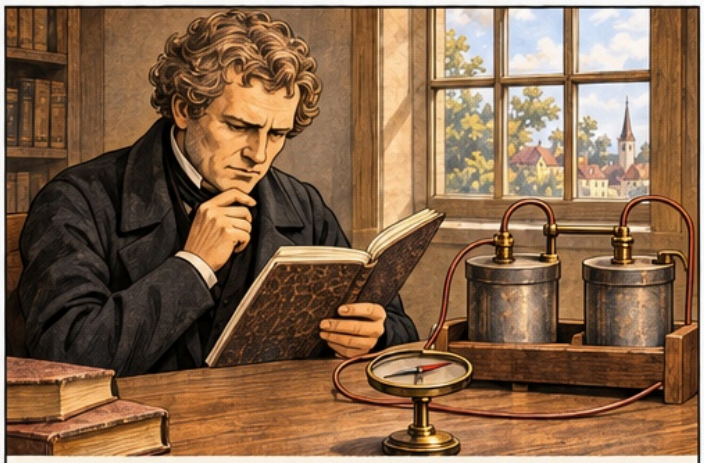
In het boek verschijnt een man met krullend haar.



Georg Simon Ohm geeft les en onderzoekt elektriciteit.



Batterijen en geleidende draden bestaan dan al.



Waarnemingen tot een wet verbinden vergt geduldig werk.



De jongen verbeeldt zich de stilte van een oude werkplaats.

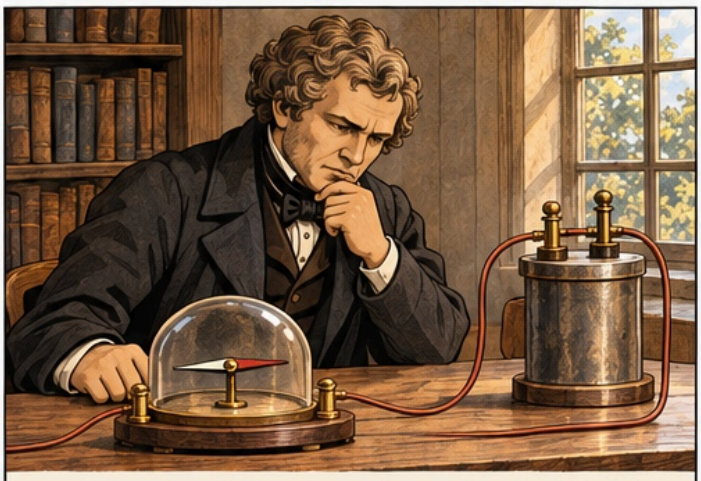


Het verhaal voert hen naar Ohms onderzoek.

Vóór de radiostations



We zijn in de jaren 1820, lang vóór amateurradio.



Ohm wil begrijpen hoe elektriciteit stroomt.



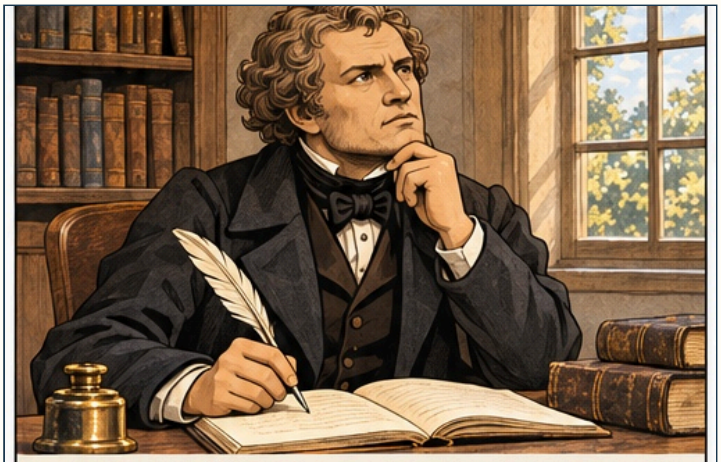
Hij bereidt geen moderne zender of verre verbinding voor.



Proeven met geleiders vullen zijn werkbank.

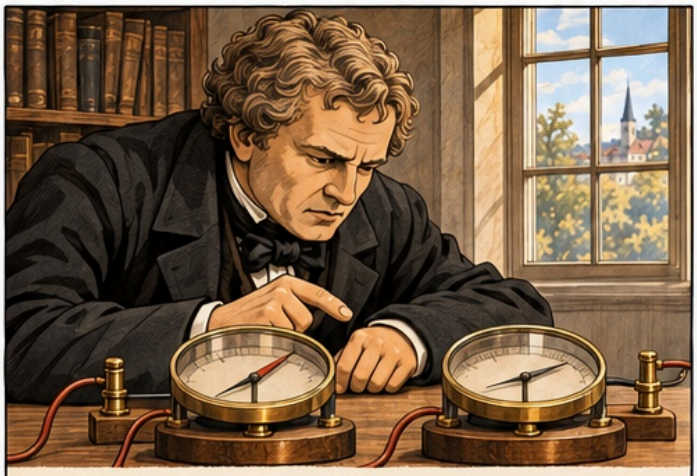


Hij zoekt een verband dat je kunt toetsen.

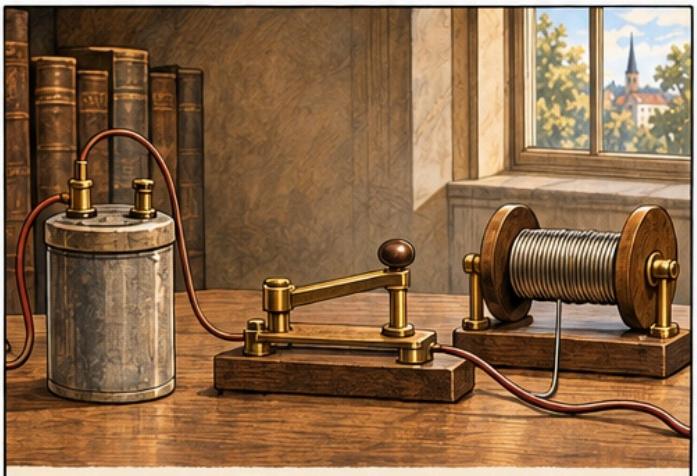


Een precieze vraag helpt meer dan een haastig aanvaarde verklaring.

Wanneer resultaten wisselen



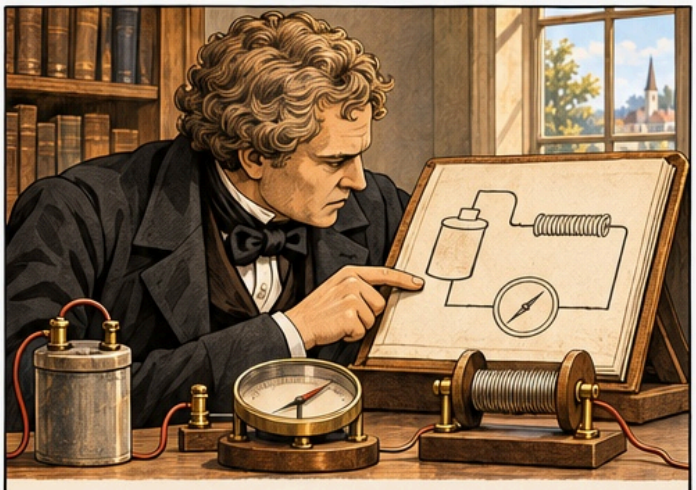
Een proef geeft niet altijd hetzelfde resultaat.



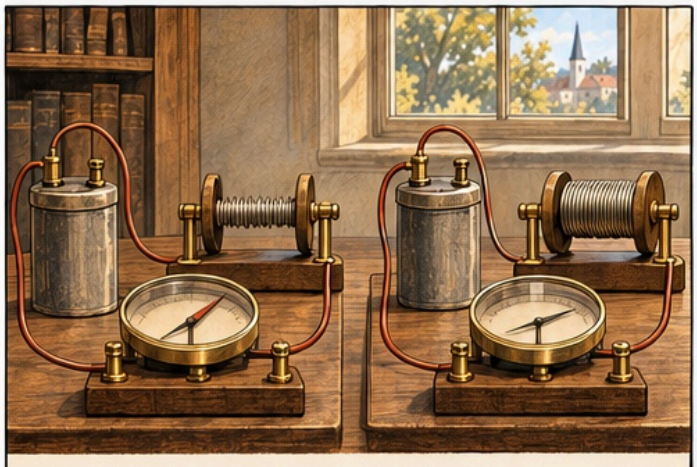
Ook de bron en de contacten kunnen veranderen.



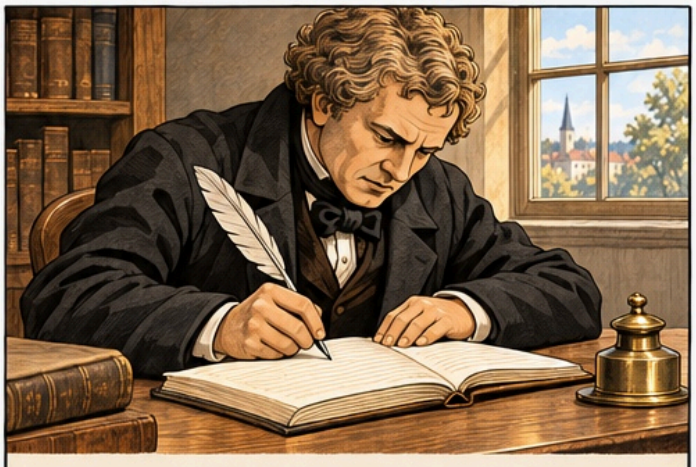
Meteen de draad beschuldigen verklaart die verschillen niet.



Ohm bekijkt de omstandigheden opnieuw.



Hij zoekt wat verandert en wat stabiel moet blijven.



Ontdekken begint met aandachtig kijken.

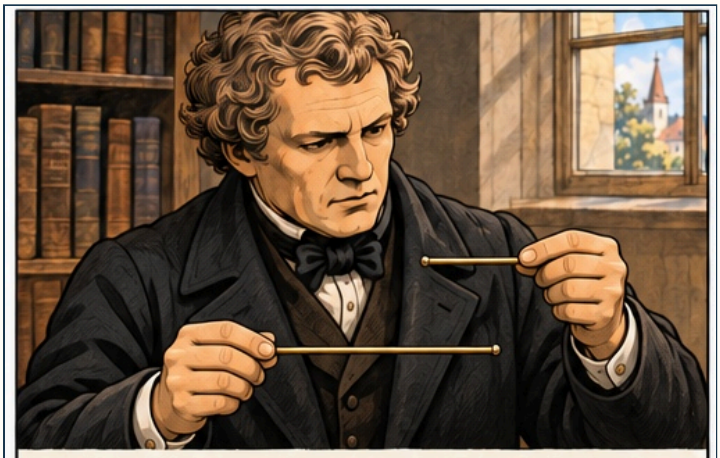
Eén vraag tegelijk



Vergelijken vraagt dat je weet wat veranderd is.



Alles tegelijk veranderen zou het antwoord vertroebelen.



Je kunt draden op één gekozen kenmerk vergelijken.



Andere omstandigheden moeten zoveel mogelijk gelijk blijven.

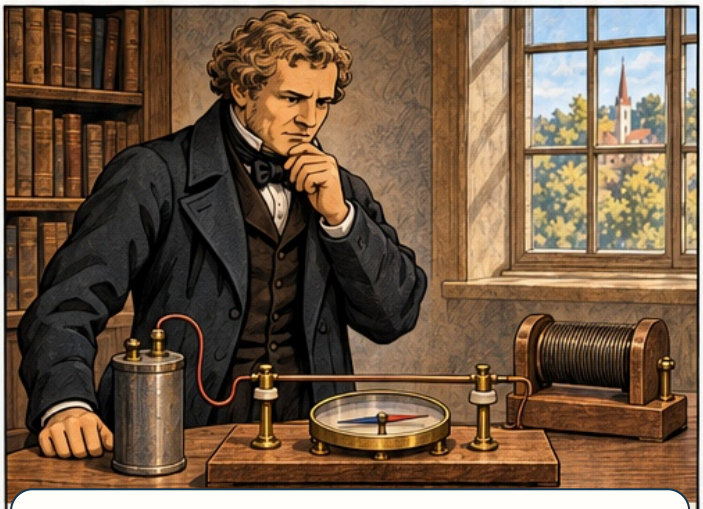


Notities bewaren iedere proef.

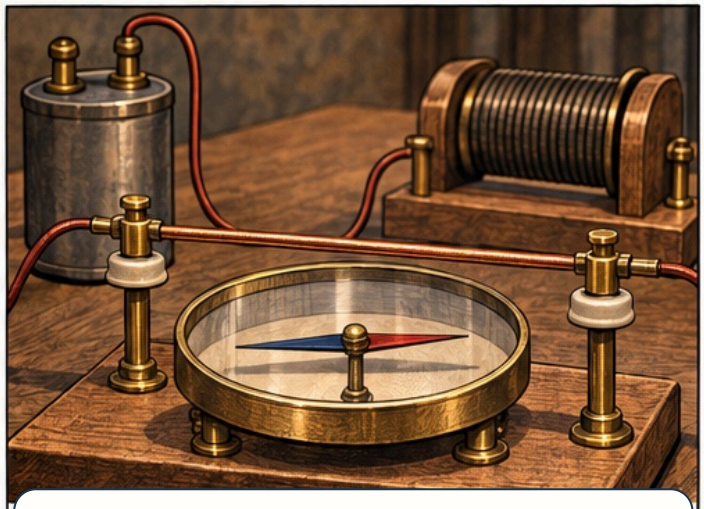


De jongen zal die methode in zijn eigen werkplaats herkennen.

Instrumenten van hun tijd



Ohms instrumenten lijken niet op onze multimeters.



Een magnetische naald kan het effect van stroom tonen.



Een beweging wordt een aanwijzing om zorgvuldig te vergelijken.



Je moet het instrument begrijpen om zijn reactie te duiden.



Het boek vertelt onderzoek, geen recept voor thuis.

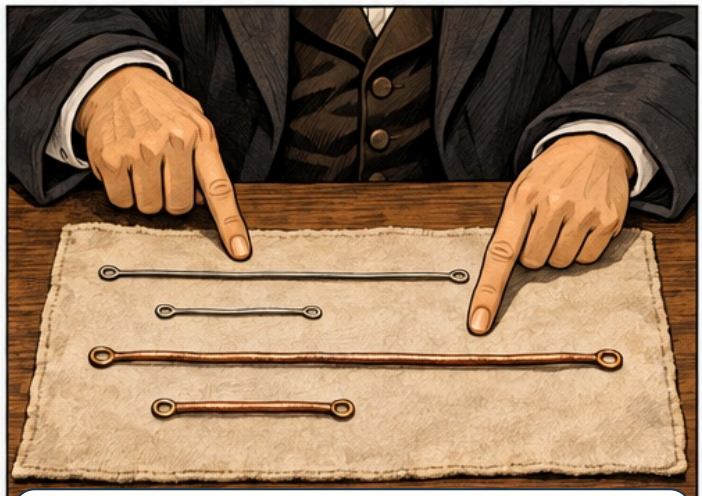


In de club gebruiken ze geschikt modern lesmateriaal.

De draad biedt weerstand



Materiaal en vorm beïnvloeden de stroom door een geleider.



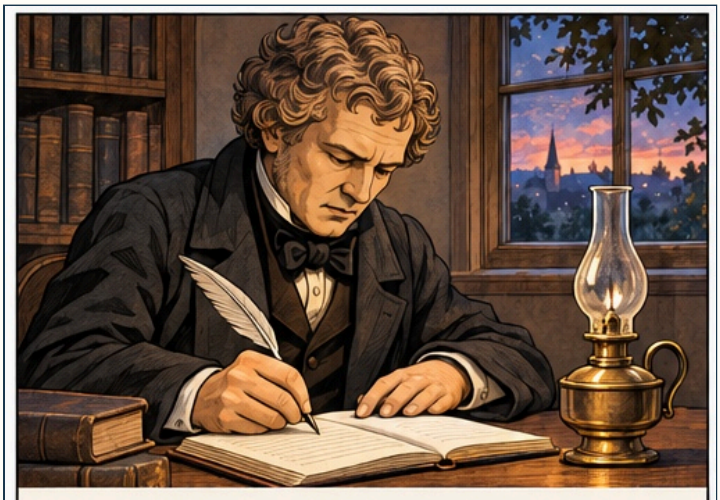
Bij hetzelfde materiaal tellen lengte en doorsnede.



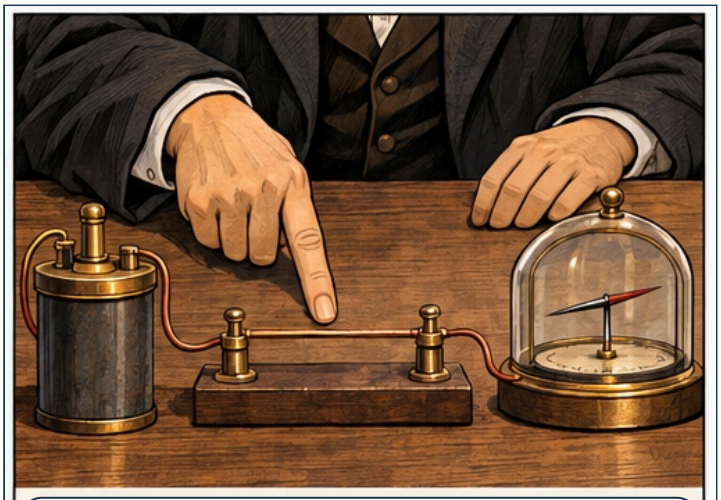
Eén waarneming bewijst nog geen wet.



Vergelijkingen en een samenhangende beschrijving zijn nodig.



Ohm blijft meten en nadenken.

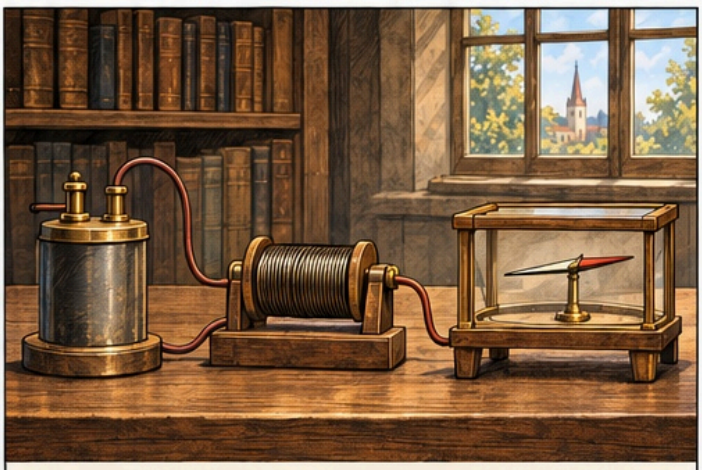


Weerstand krijgt zijn plaats tussen de elektrische grootheden.

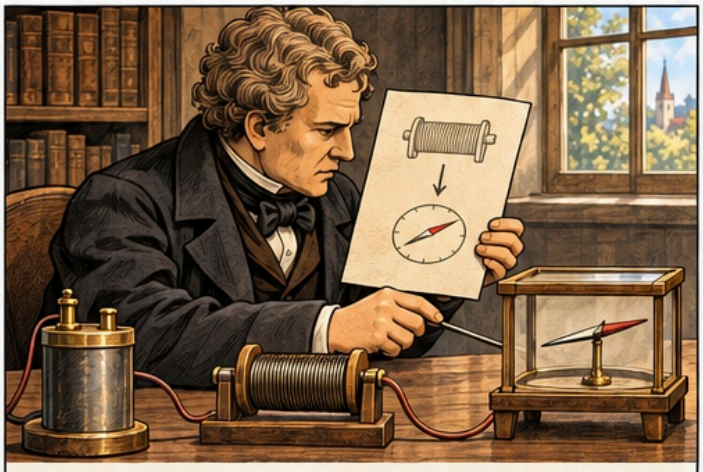
Van waarneming naar verband



De onderzoeker wil meer dan getallen verzamelen.



Hij wil elektrische oorzaak, stroom en geleider verbinden.



Een bruikbaar verband kan ook een resultaat voorspellen.



De voorwaarden moeten wel duidelijk zijn.



De jongen schrijft in de club: waarnemen en voorspellen.

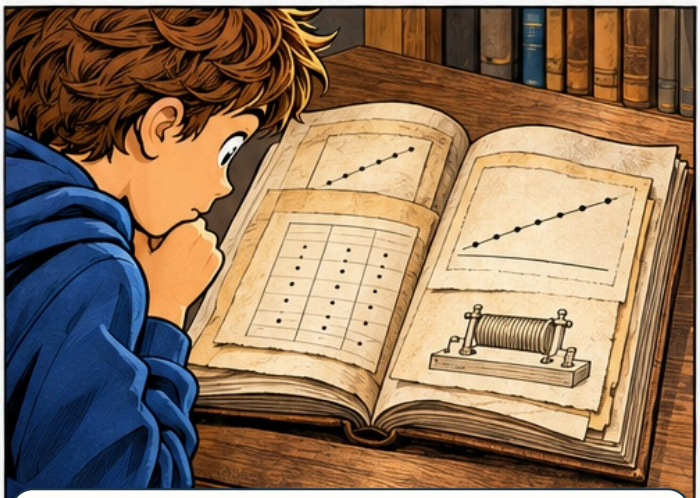


Zijn onderzoek wordt een methode.

Het schrift verbindt



Een oude bladzijde kan proeven, twijfel en verbeteringen bevatten.



Alleen de formule bewaren verbergt de onderzoeksweg.



De jongen neemt een schrift voor eigen waarnemingen.



Berekende en gemeten waarden houdt hij apart.

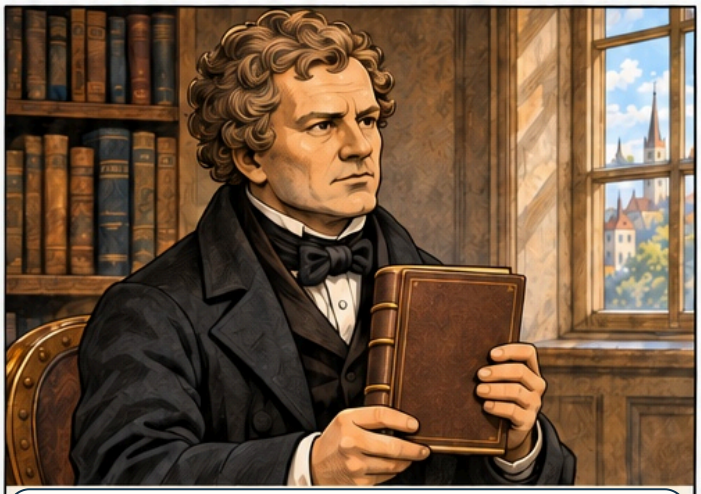


Ook schakeling en eenheden schrijft hij op.



Begrijpen helpt meer dan opzeggen.

Een boek in 1827



In 1827 publiceert Ohm zijn wiskundige werk over de galvanische kring.



Het boek werkt zijn onderzoek uitvoerig uit.



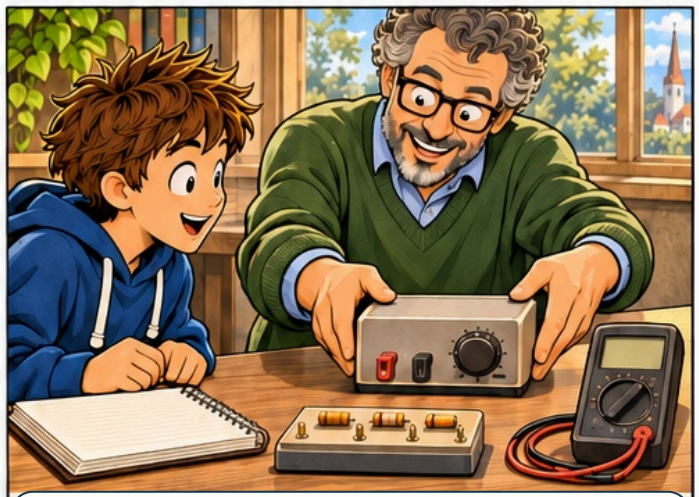
Wetenschap biedt verbanden die anderen kunnen onderzoeken.



Ohms naam wordt ook de eenheid van weerstand.



De jongen bekijkt het kleine onderdeel nu anders.



Ook hij gaat een idee met waarnemingen verbinden.

De proef van de club



Ze kiezen een eenvoudige gelijkstroomschakeling.



Een laagspanningsbron voedt een geschikte weerstand.



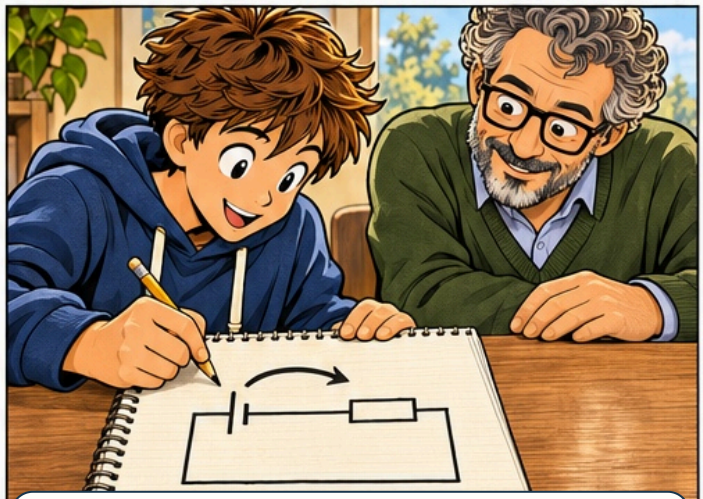
Het lesmateriaal heeft stroombegrenzing.



Geen toestel aan netspanning wordt geopend of gewijzigd.



De begeleider controleert materiaal, handleidingen en gebruiksgrenzen.



Hun vraag: wat gebeurt met de stroom als de spanning verandert?

Spanning tussen twee punten



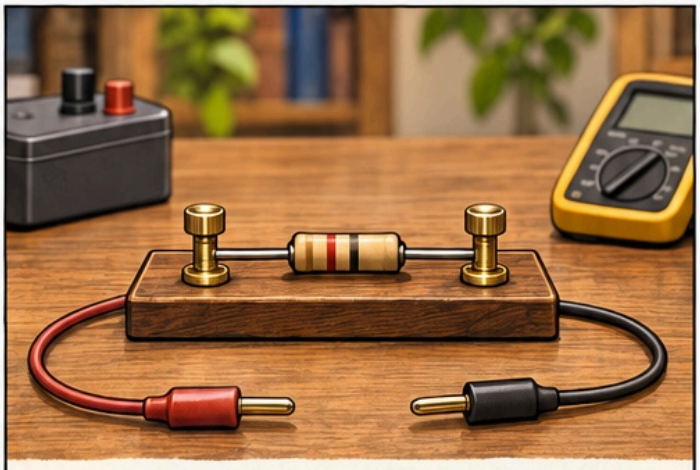
Spanning is bepaald tussen twee punten van een schakeling.



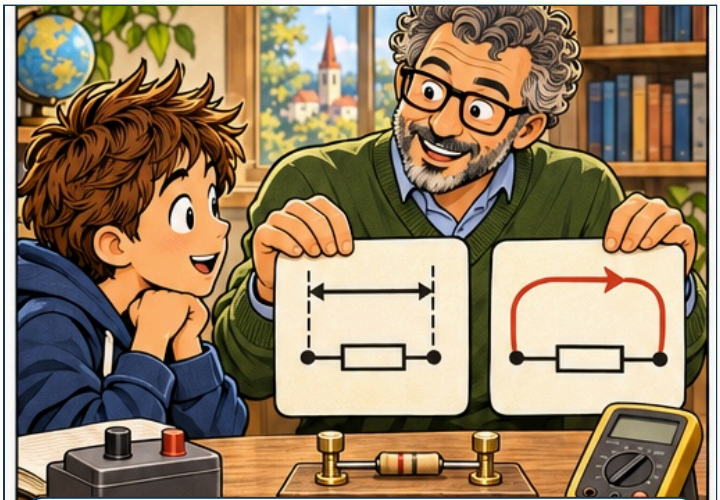
We noemen haar U, uitgedrukt in volt, symbool V.



Bij spanning moet je dus beide punten noemen.



Hier bekijken ze de twee aansluitingen van de weerstand.



Spanning is geen hoeveelheid stroom die in een draad verstopt zit.



De jongen tekent beide punten in zijn schrift.

Stroom door de kring



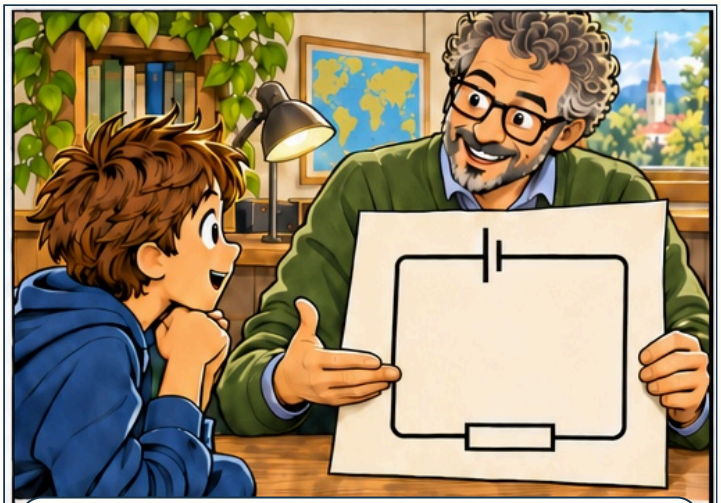
Stroomsterkte heet I en wordt gemeten in ampère, symbool A.



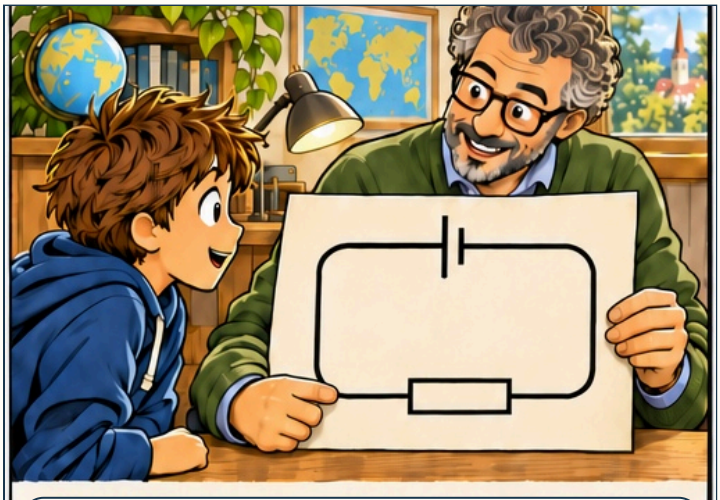
Blijvende stroom vraagt hier een gesloten geleidende kring.



In een open kring stroomt niets door de weerstand.



Door elk onderdeel van deze eenvoudige kring loopt dezelfde stroom.



Buiten de bron loopt de conventionele stroom van plus naar min.

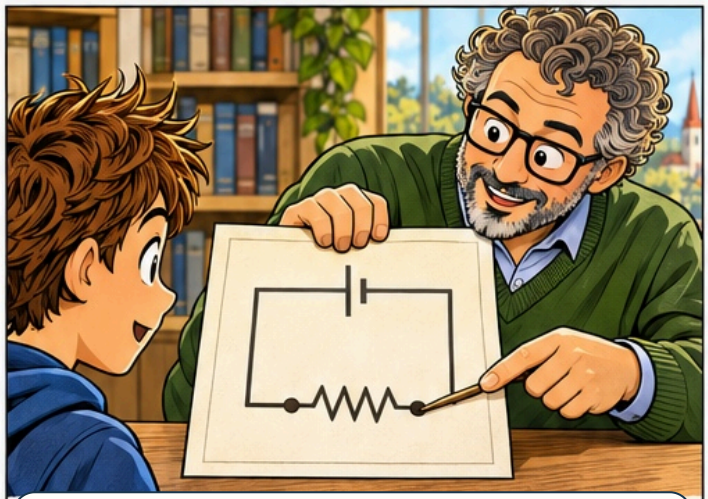


De jongen volgt de tekening, zonder al aan te sluiten.

De rol van weerstand



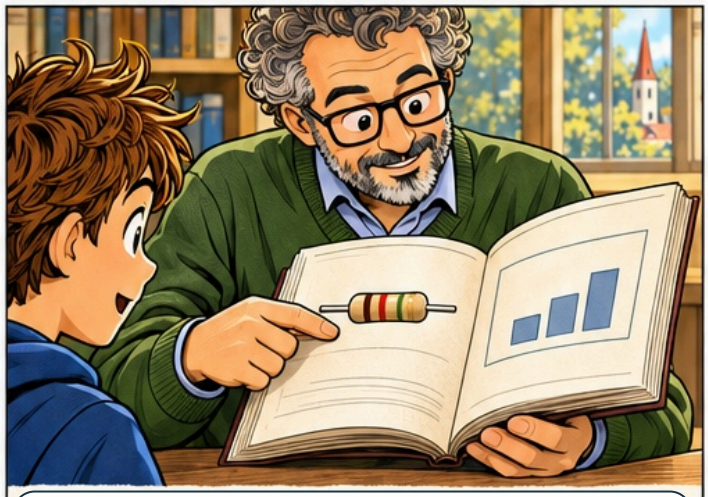
Weerstand heet R, uitgedrukt in ohm, symbool Ω.



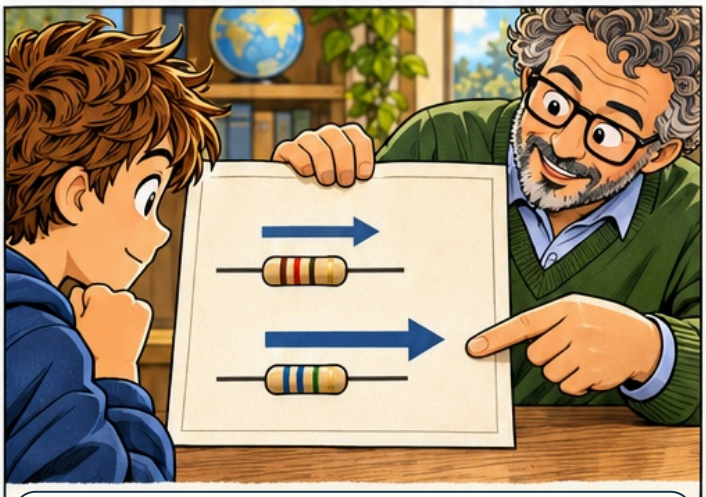
Hier verbindt hij de spanning over het onderdeel met de stroom erdoor.



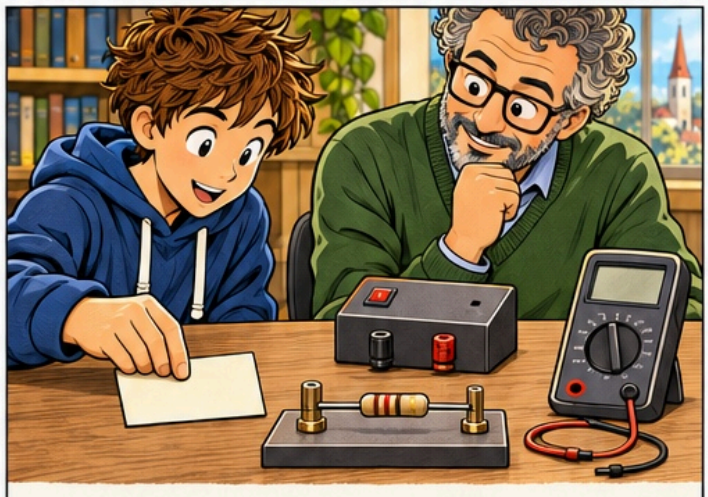
Voor hun proef kiezen ze een ohmse weerstand.



Zijn temperatuur moet voldoende stabiel blijven.



Meer weerstand geeft minder stroom bij dezelfde spanning.

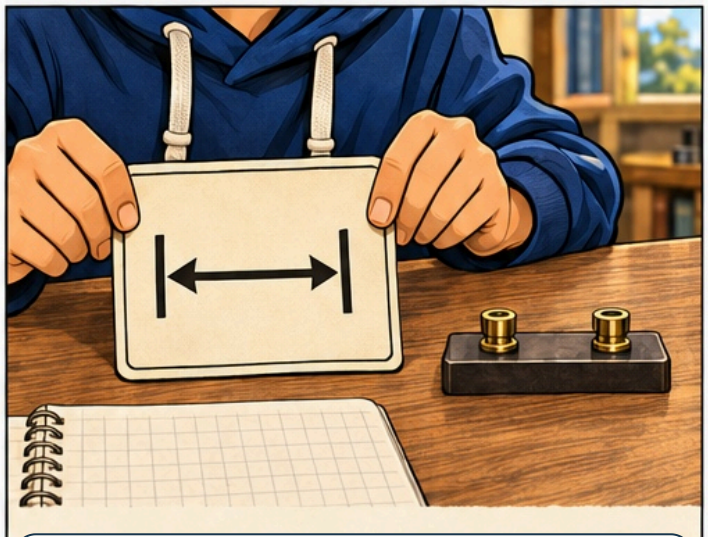


Die laatste uitspraak moeten ze nog toetsen.

Drie grootheden, drie eenheden



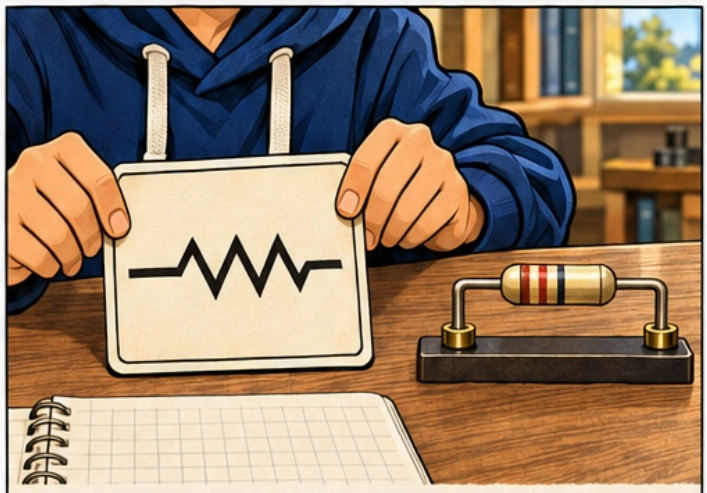
Het schrift onderscheidt U, I en R.



Spanning U wordt gegeven in volt V.



Stroomsterkte I wordt gegeven in ampère A.



Weerstand R wordt gegeven in ohm Ω.



De grootheidsletter en het eenheidssymbool hebben verschillende taken.



Elk resultaat krijgt zijn eenheid naast het getal.

Voorbereiden vóór aansluiten



Tijdens de voorbereiding blijft de bron losgekoppeld.



Ze kiezen 100 Ω, geschikt voor 1 W.



De demonstratie blijft tussen 1,5 V en 4,5 V gelijkspanning.



De begeleider controleert of alles de proef aankan.



Snoeren zijn intact en aansluitingen bereikbaar zonder improvisatie.



De jongen tekent de schakeling vóór gebruik.

Een losse weerstand meten



Vóór de proef controleren ze de weerstand met de multimeter.



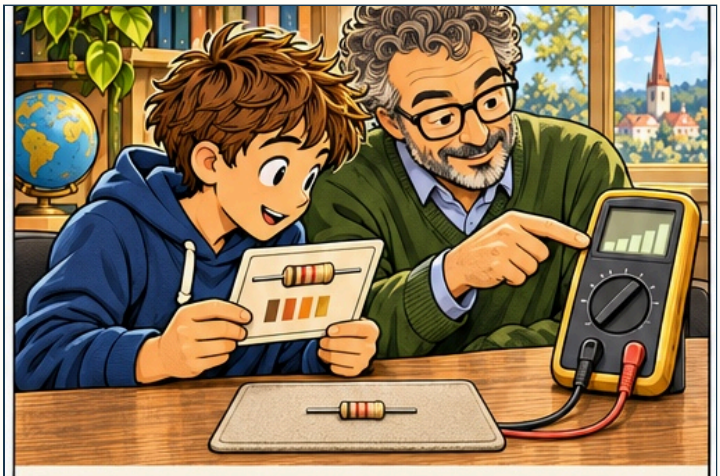
Het onderdeel is geïsoleerd en iedere bron losgekoppeld.



De meter staat volgens de handleiding op weerstandmeting.



Een waarde nabij 100 Ω bevestigt hun keuze.

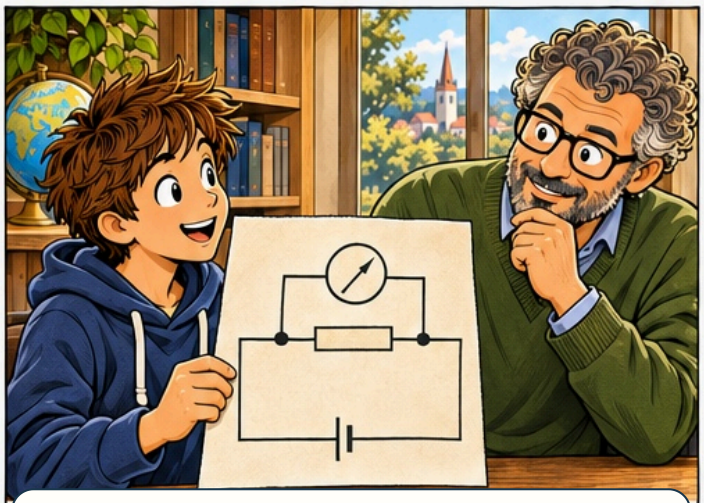


Tolerantie verklaart een afwijking van de nominale waarde.

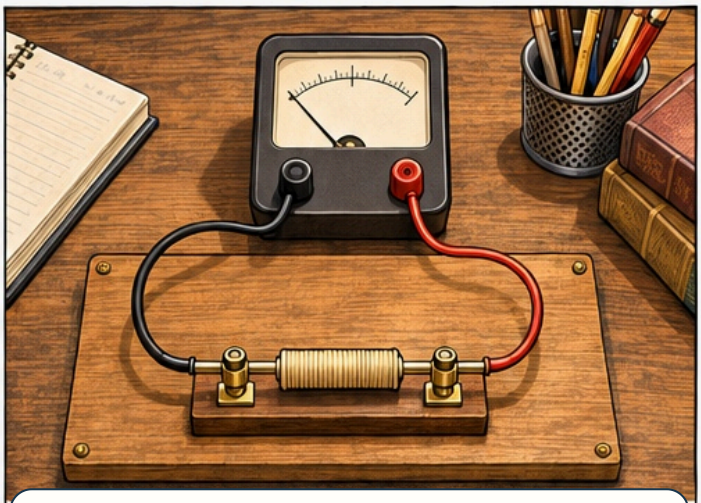


Ze noteren de meting en verwijderen de meetpennen.

Spanning meet je parallel



Voor U sluit de voltmeter op beide weerstandsaansluitingen aan.



Hij vormt een parallelle tak over de weerstand.



Bij het plaatsen van snoeren is de bron los.



De begeleider controleert bussen, gelijkspanningsfunctie en bereik.



Daarna voeden ze de schakeling en lezen de spanning.



Ze noteren de waarde vóór het uitschakelen.

Stroom meet je in serie



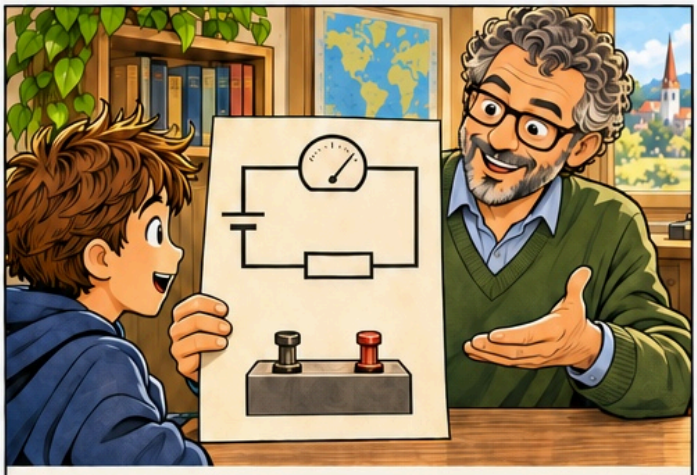
Voor I is een andere opstelling nodig.



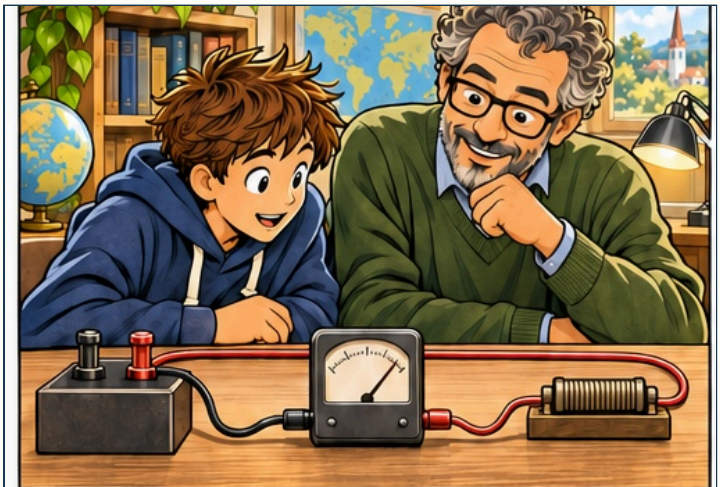
Met de bron los opent de begeleider de kring en plaatst de ampèremeter in serie.



Hij controleert stroombus, zekering, gelijkstroomfunctie en passend bereik.



Een ampèremeter mag nooit rechtstreeks over de bron.



Na controle schakelen ze in en lezen de stroom.

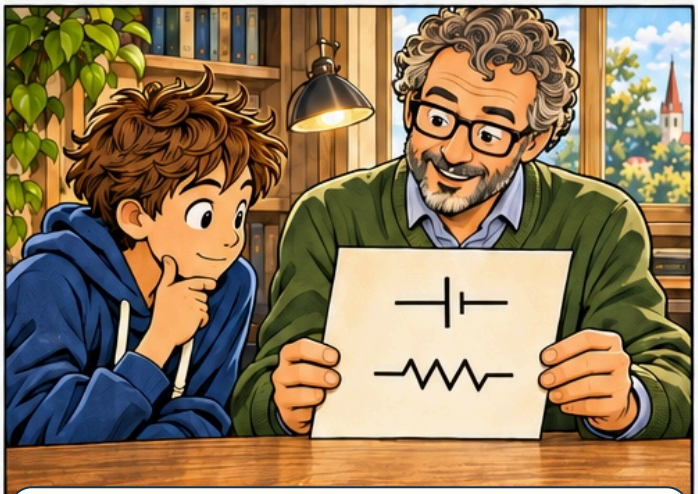


Vóór elke wijziging schakelen ze uit; daarna herstellen ze de spanningsaansluiting.

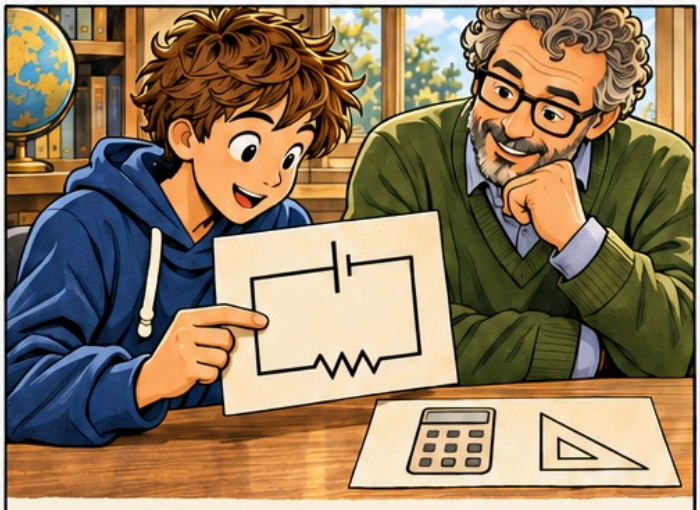
Een eerste vergelijkingspunt



Ze beginnen met de laagste geplande spanning.



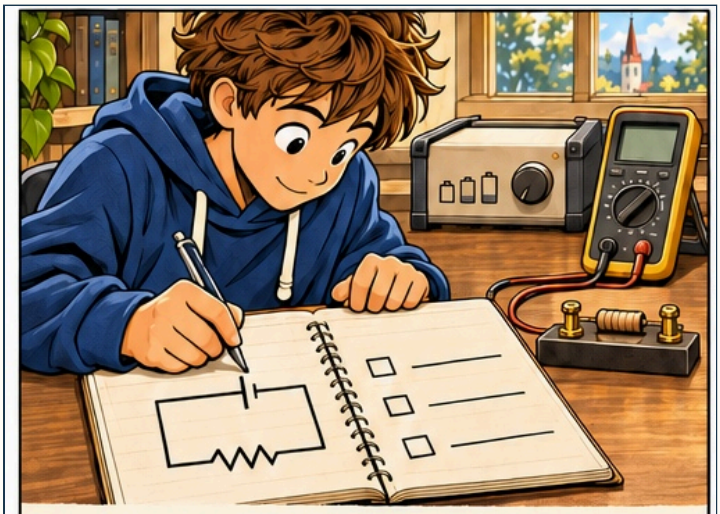
Hun ideale voorbeeld combineert 1,5 V met 100 Ω.



Verwacht wordt 0,015 A, ofwel 15 mA.



Werkelijke metingen staan apart van ideale waarden.



Lucas noteert schakeling en eenheden.



Een eerste regel is slechts een beginpunt.

Dubbele spanning



Vóór het verstellen koppelen ze de bron los.



Weerstand en meetomstandigheden blijven hetzelfde.



Ideaal stijgt de spanning van 1,5 V naar 3 V.



De stroom stijgt dan van 15 mA naar 30 mA.



De spanning verdubbelt; de stroom ook.



De jongen vergelijkt voorspelling en nieuwe waarnemingen.

Een derde proef



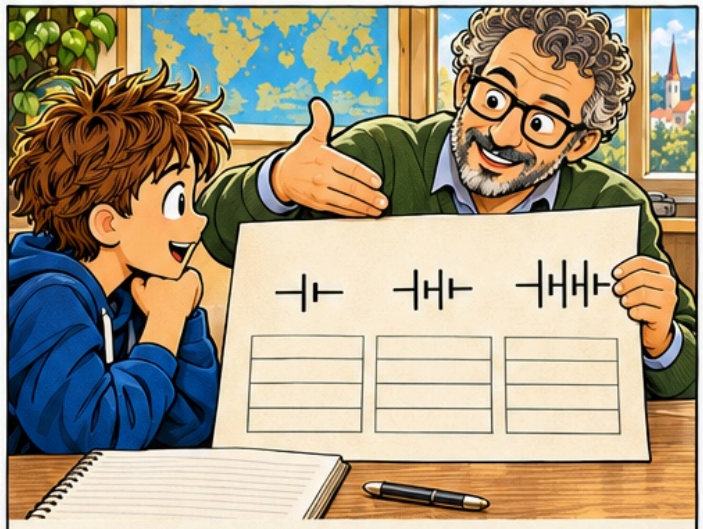
Een volgende proef moet de trend werkelijk bevestigen.



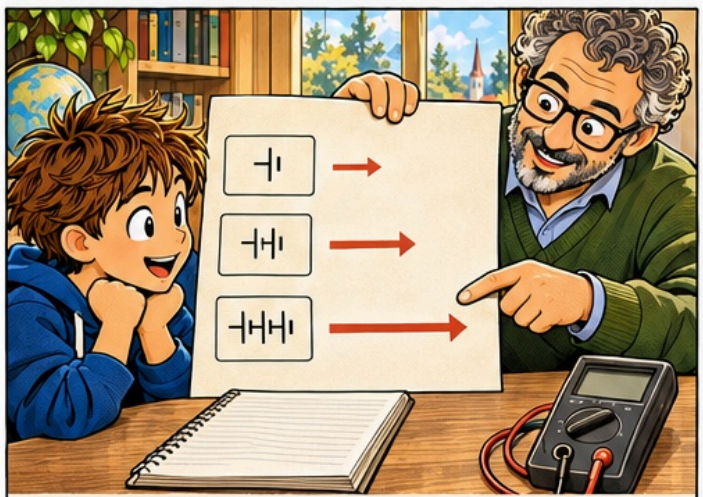
Ze volgen dezelfde werkwijze tot 4,5 V.



Bij 100 Ω voorspelt het ideale model 0,045 A, of 45 mA.



Het voorbeeld bevat nu 1,5 V, 3 V en 4,5 V.



Daarbij horen 15 mA, 30 mA en 45 mA.

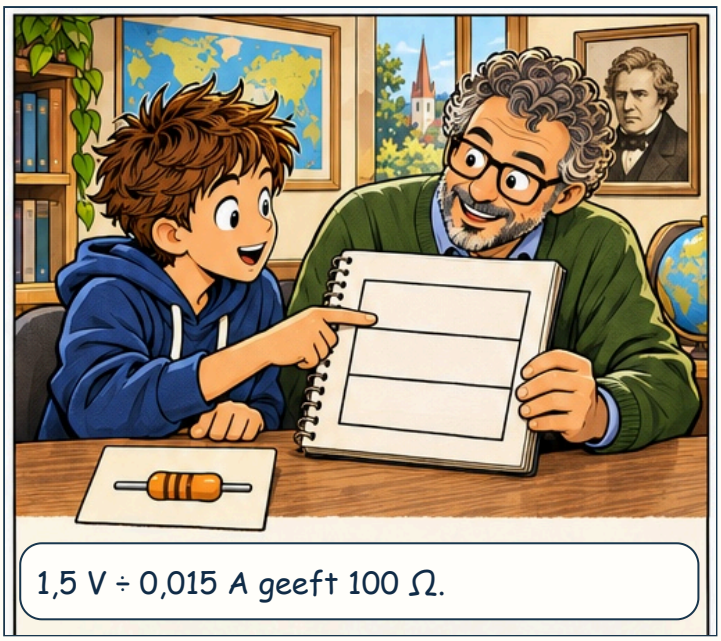


Na aflezen koppelen ze de bron weer los.

Wat gelijk blijft



De jongen deelt elke spanning door haar stroom in ampère.



1,5 V ÷ 0,015 A geeft 100 Ω.



3 V ÷ 0,030 A geeft opnieuw 100 Ω.



4,5 V ÷ 0,045 A geeft nog steeds 100 Ω.



In dit ideale voorbeeld blijft U/I constant.



Die constante is de weerstand R.

Het verband krijgt vorm



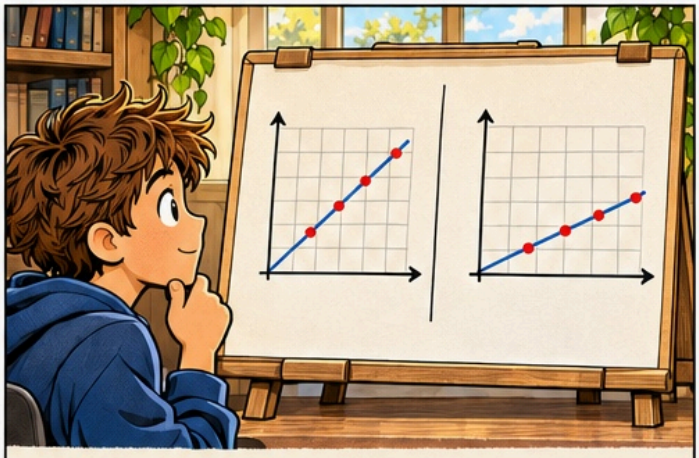
Een grafiek maakt evenredigheid zichtbaar.



Voor de ideale weerstand liggen de punten op een rechte door de oorsprong.



Met U horizontaal en I verticaal is de helling 1/R.



Omgewisselde assen veranderen de betekenis van de helling.



Werkelijke metingen kunnen iets van de lijn afwijken.



De tekening verduidelijkt getallen, zonder de proefvoorwaarden te vervangen.

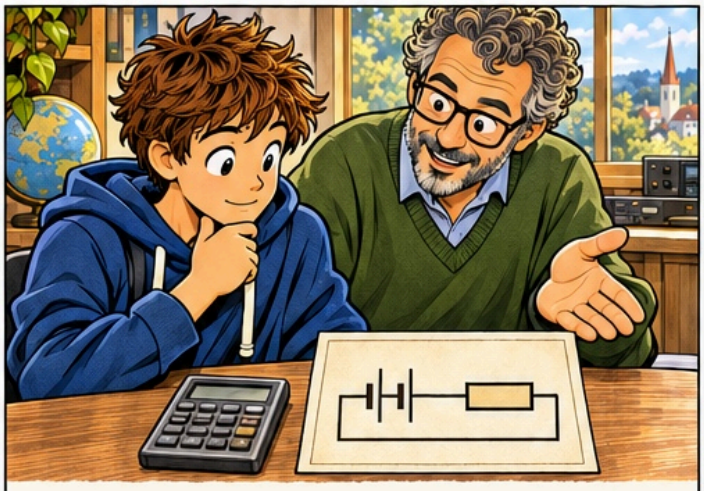
U = R × I



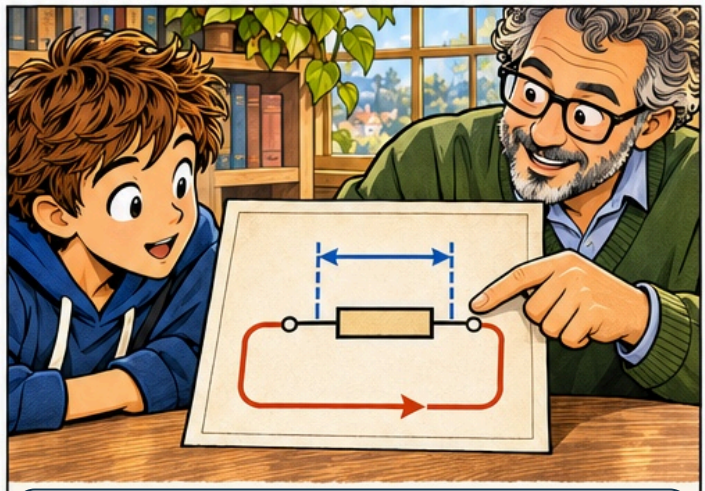
Het verband luidt U = R × I.



De spanning over een ohmse weerstand is R maal I.



Met R = 100 Ω en I = 0,030 A volgt U = 3 V.



Alle grootheden moeten hetzelfde onderdeel betreffen.



De stroom wordt hier in ampère ingevuld.



De jongen begrijpt nu wat de formule verbindt.

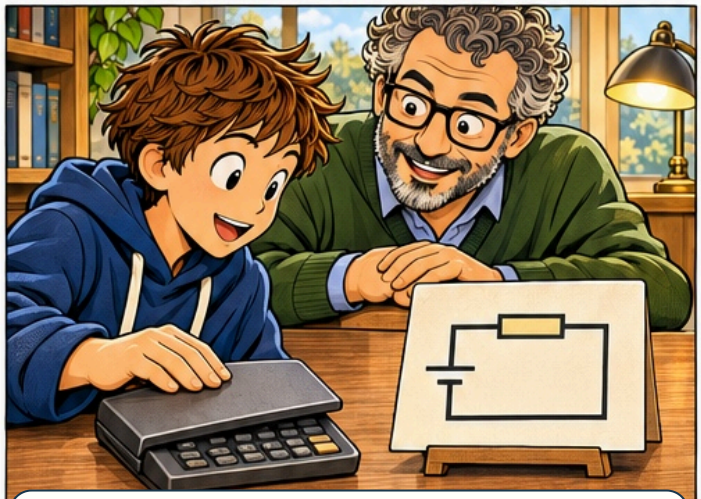
De stroom vinden



Met U en R kan de jongen I voorspellen.



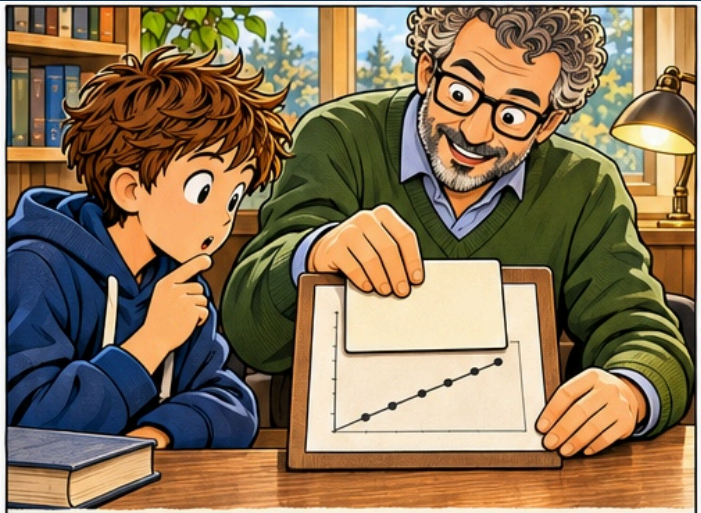
Hij herschrijft het verband als I = U/R.



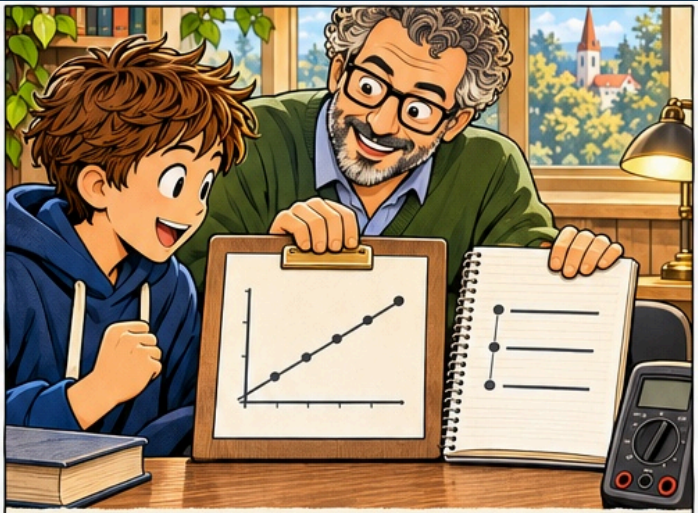
Voor 3 V en 100 Ω rekent hij 3 ÷ 100 = 0,030 A.



Dat komt overeen met 30 mA.



Hij voorspelt vóór hij de meting bekijkt.



De berekening stelt een vraag aan de proef.

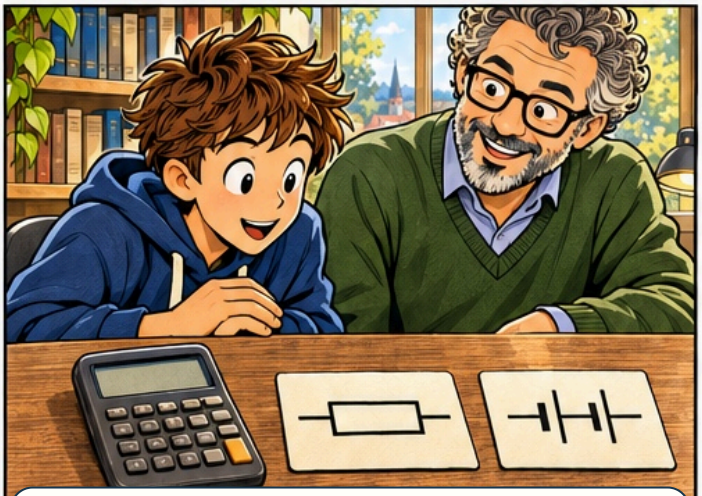
De weerstand vinden



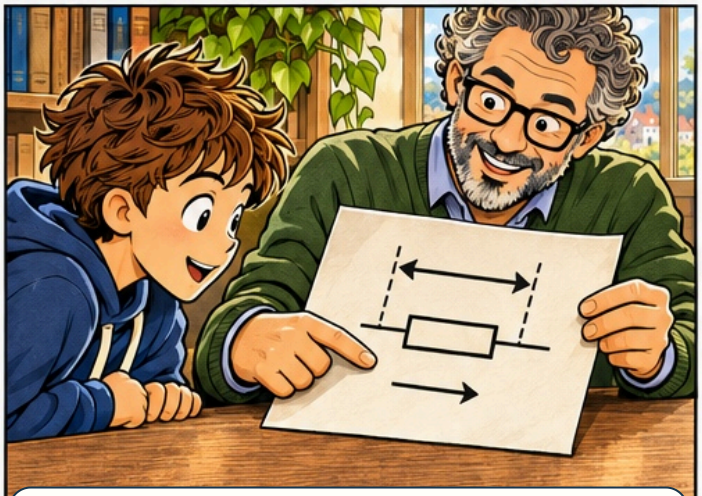
Een andere vraag begint bij U en I.



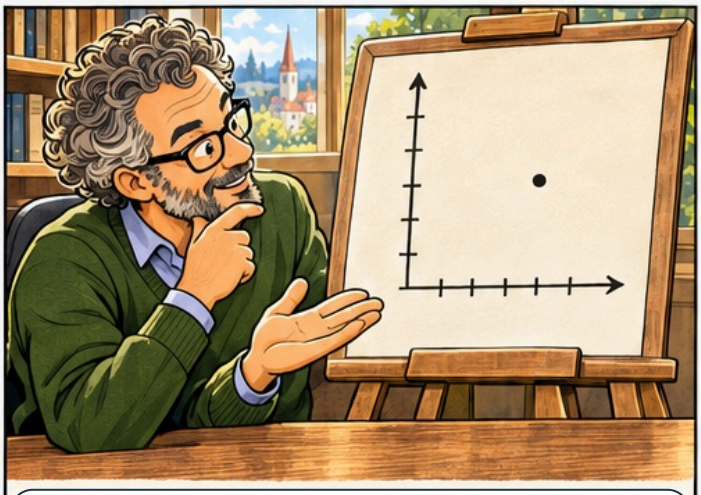
Het verband wordt R = U/I.



In een voorbeeld geven 3 V en 0,015 A een weerstand van 200 Ω.



Spanning en stroom betreffen hetzelfde tweepolige onderdeel op hetzelfde moment.



Die verhouding alleen bewijst geen ohms gedrag.



Daarvoor moet je meerdere punten onderzoeken.

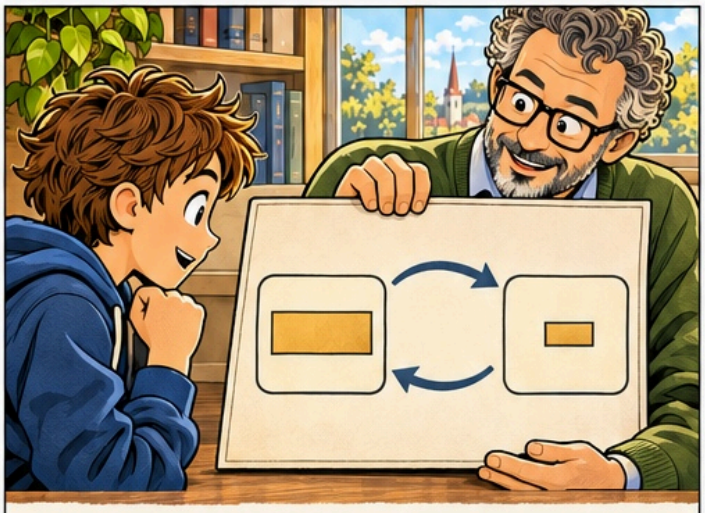
Let op milliampères



De jongen schrijft 30 mA en aarzelt bij zijn rekenmachine.



Een milliampère is een duizendste ampère.



30 mA = 0,030 A; 15 mA = 0,015 A.



30 invullen in plaats van 0,030 verandert de uitkomst duizendvoudig.



Hij rekent eerst om en gebruikt samenhangende eenheden.



Een controle van de grootteorde maakt zijn antwoord af.

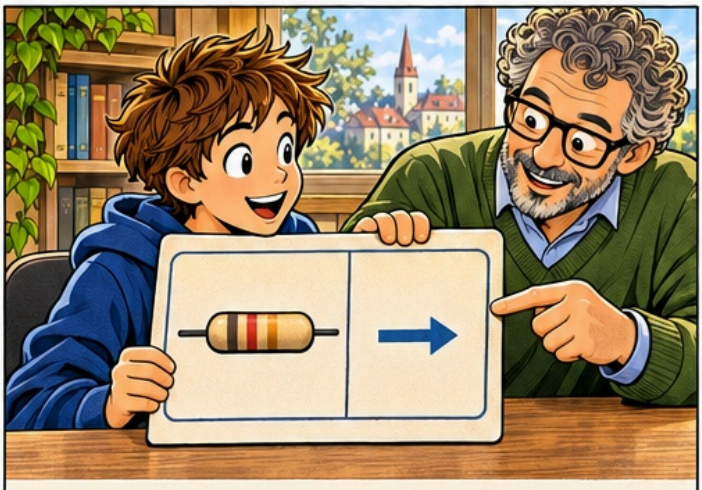
Voorspellen vóór veranderen



Ze vergelijken twee weerstanden bij dezelfde spanning.



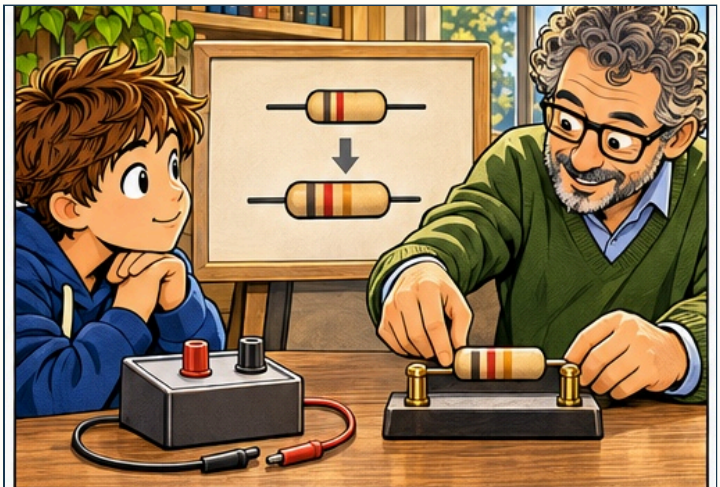
Bij 3 V en 100 Ω is de ideale stroom 30 mA.



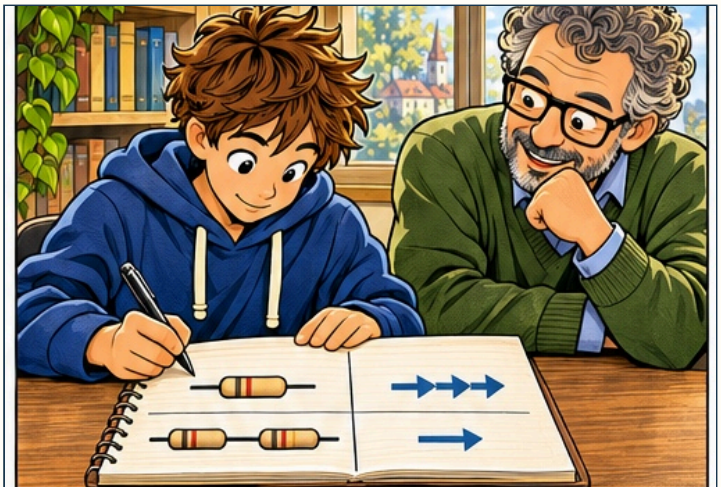
Bij 3 V en 200 Ω wordt dat 15 mA.



Dubbele R halveert I als U gelijk blijft.



Vóór het vervangen koppelen ze de bron los.

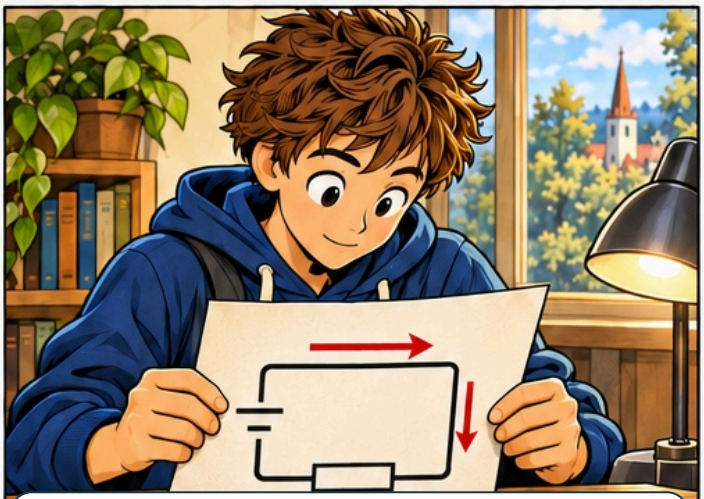


De jongen noteert eerst de voorspelling, daarna de metingen.

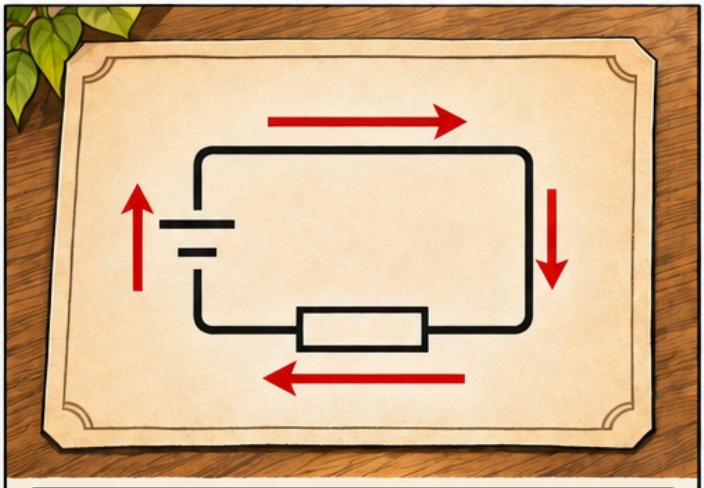
Geen blokkade of voorraad



Stroom wordt niet opgeslagen om later uit de weerstand te komen.



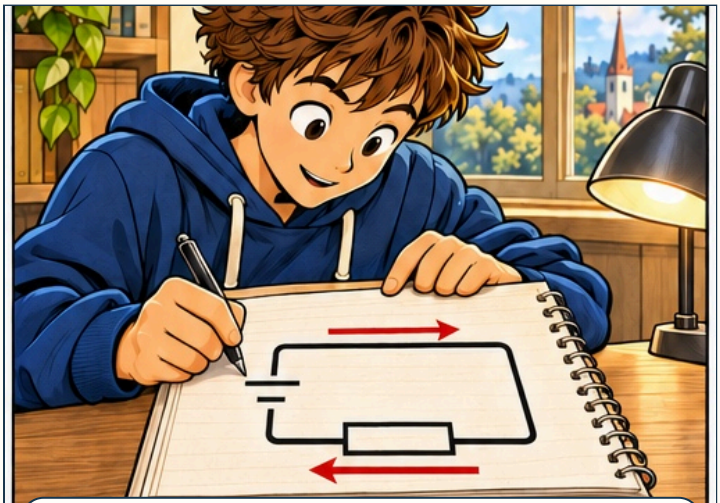
De weerstand verbruikt niet geleidelijk de stroomsterkte in deze kring.



In stationaire toestand is de stroom ervoor en erachter gelijk.



Elektrische energie wordt omgezet, vooral in warmte.

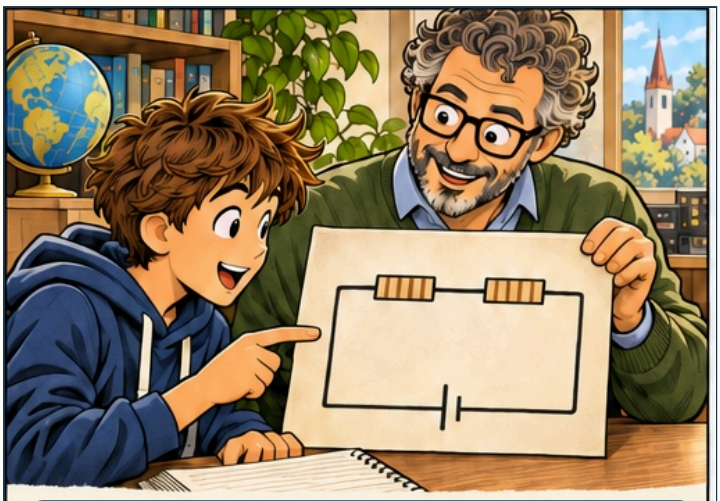


De jongen verbetert zijn schets met kleinere pijlen na het onderdeel.



Zijn model past beter bij zijn waarnemingen.

Twee weerstanden in serie



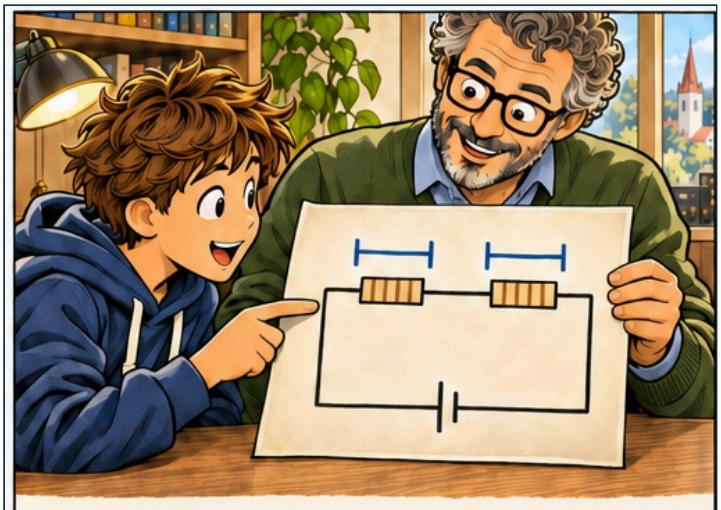
Op papier staan twee weerstanden van 100 Ω achter elkaar.



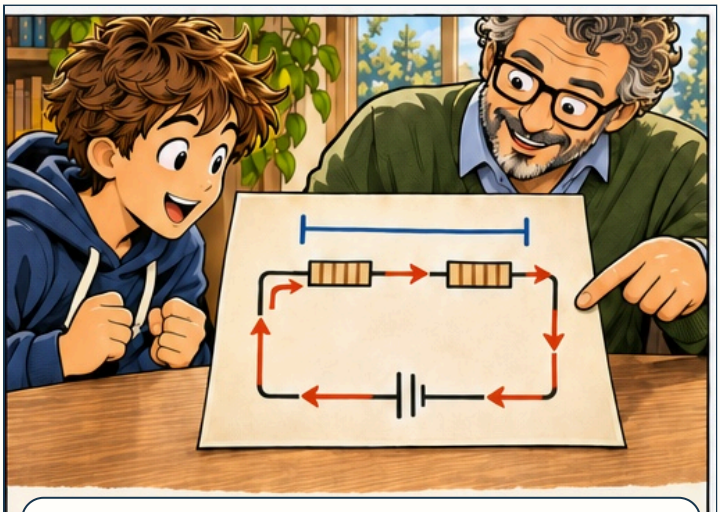
In serie is hun vervangingsweerstand 100 Ω + 100 Ω = 200 Ω.



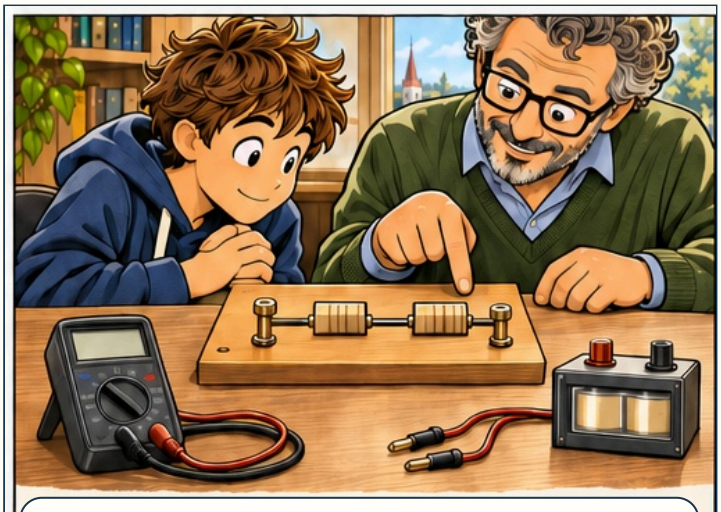
Bij 3 V is de ideale kringstroom dus 15 mA.



Over elke weerstand staat dan 1,5 V.

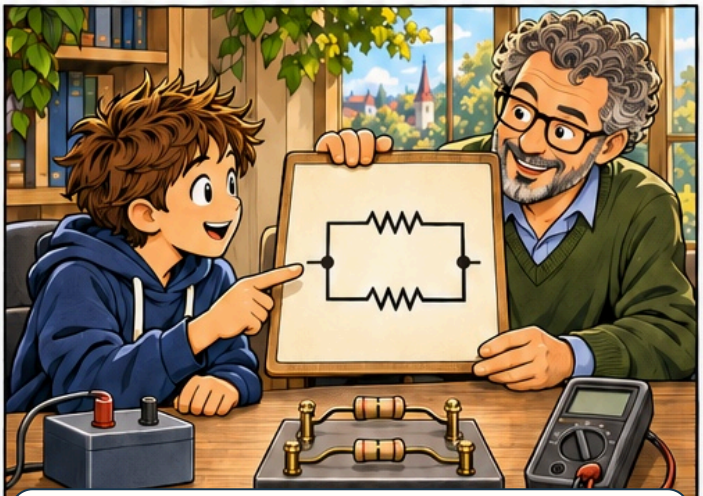


Spanningen tellen op; dezelfde stroom loopt door beide.

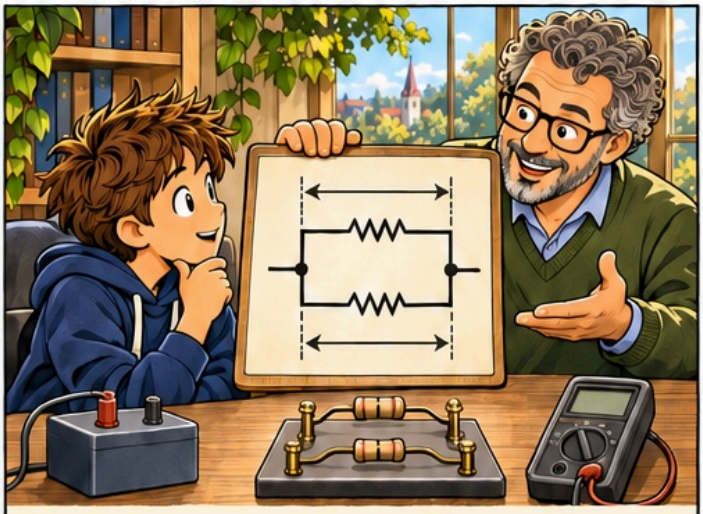


Ze toetsen dit met geschikt materiaal, spanningsloos gewijzigd.

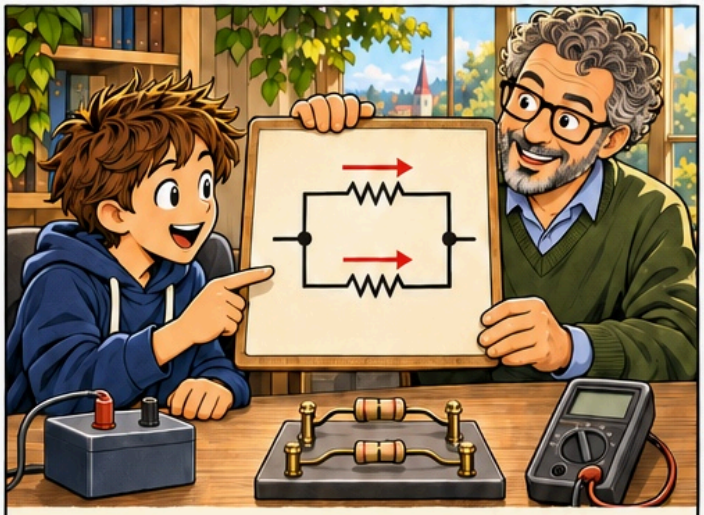
Twee parallelle wegen



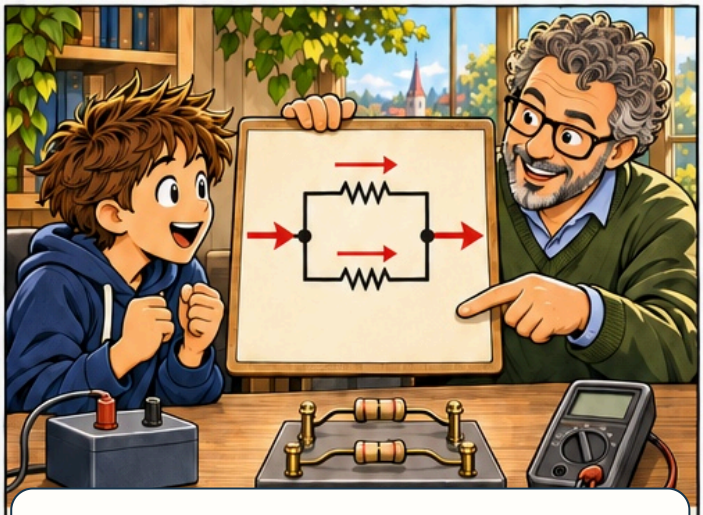
Een andere schets toont twee weerstanden van 100 Ω in parallelle takken.



Elke tak krijgt dezelfde 3 V.



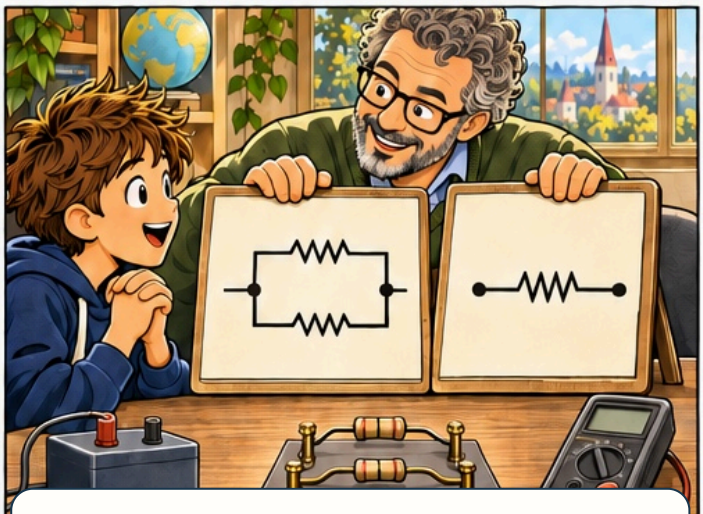
Door elke weerstand loopt ideaal 30 mA.



Totaal is dat 60 mA: de takstromen tellen op.

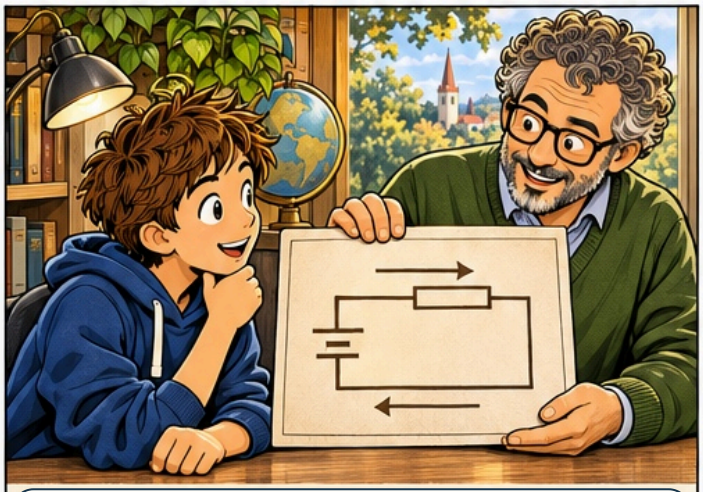


De vervangingsweerstand is 3 V ÷ 0,060 A = 50 Ω.



Dit geldt voor deze schakeling; weerstanden gewoon optellen geeft dit niet.

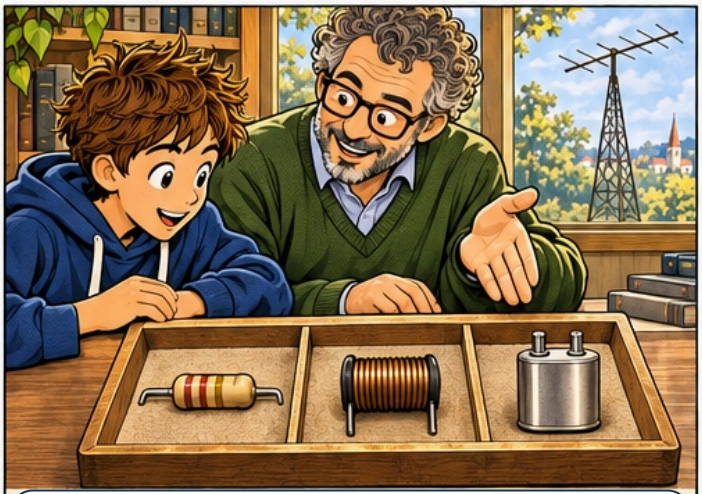
Het bereik van hun model



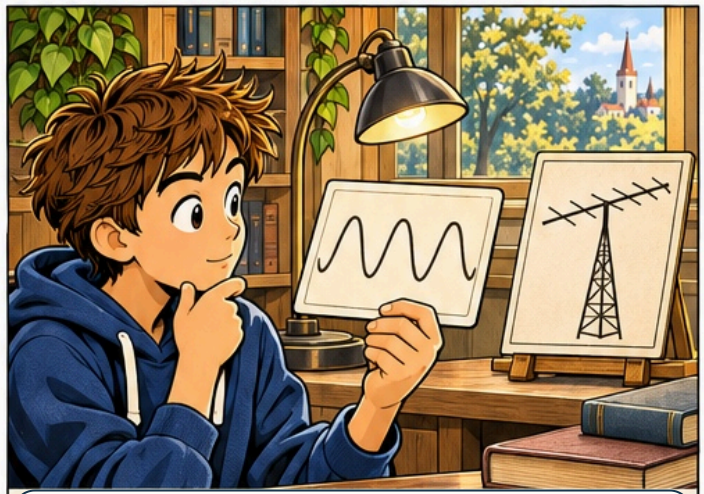
Hun berekeningen gelden voor ohmse weerstanden bij gelijkstroom.



Temperatuur en onderdeeleigenschappen blijven van belang.



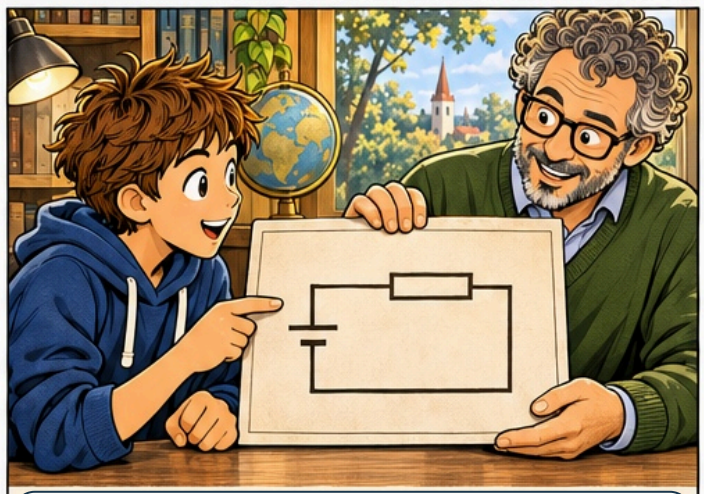
Spoel, condensator of antenne zijn niet altijd tot die weerstand te herleiden.



Bij radiofrequenties leiden andere effecten tot impedantie.



De jongen bewaart die vraag voor een volgend avontuur.



Een model begrijpen omvat ook zijn grenzen kennen.

Ook energie heeft een berekening



Hun demonstratie moet ook het gedissipeerde vermogen meenemen.



Bij gelijkstroom geldt P = U × I, met P in watt W.



Voor 3 V en 0,030 A geldt P = 0,090 W.



In een weerstand wordt deze energie vooral warmte.



Het toegelaten vermogen van het onderdeel moet worden gerespecteerd.



Ook een kleine schakeling vraagt die controle.

Kiezen met marge



Bij maximaal 4,5 V geeft 100 Ω ideaal 45 mA.



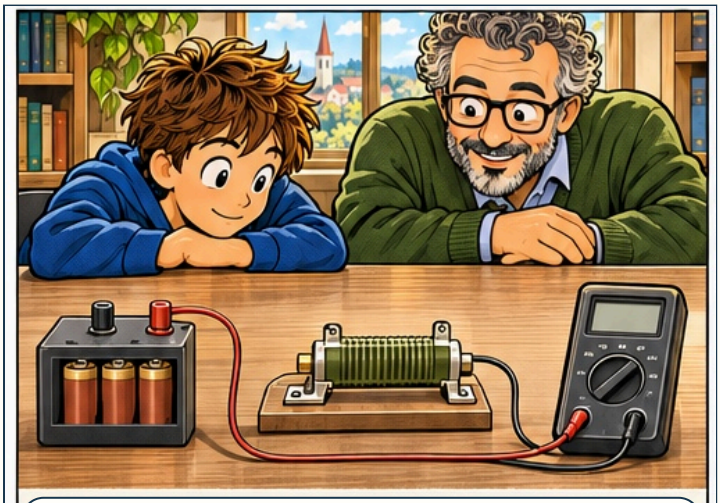
Het berekende vermogen is 4,5 × 0,045 = 0,2025 W.



Hun weerstand van 1 W laat marge voor deze voorbereide proef.



De waarde hangt ook van de fabrikantvoorwaarden af.



Ze controleren warmte nooit door een gevoed onderdeel aan te raken.



Henri houdt materiaalgrenzen centraal bij de keuze.

De raadselachtige weerstand



De mentor geeft een laatste raadsel op een voorbeeldkaart.



Een ohmse weerstand heeft 3 V bij een stroom van 0,020 A.



De jongen berekent R = 3 ÷ 0,020 = 150 Ω.



Daarna controleert hij P = 3 × 0,020 = 0,060 W.



Hij verklaart elke stap zonder het verwachte antwoord te raden.



Het raadsel demonstreert zijn methode.

Als de meting wat afwijkt



Een meting kan iets van de ideale waarde afwijken.



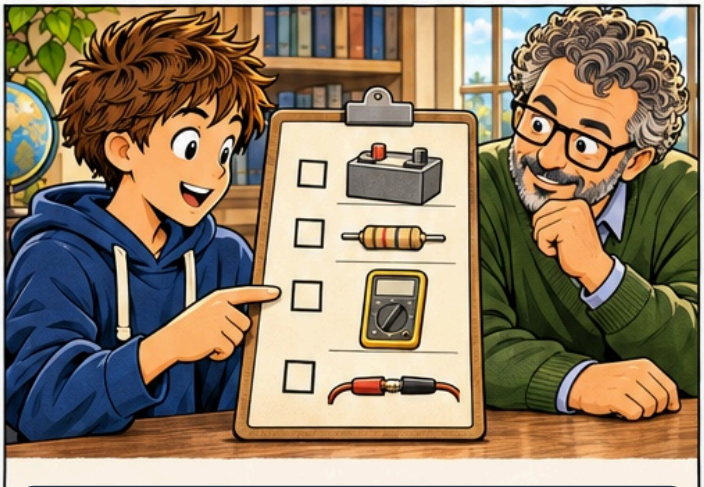
De weerstand heeft tolerantie; de bron een werkelijke spanning.



Ook de meter heeft beperkingen en kan de kring beïnvloeden.



Onvolmaakte contacten kunnen de waarneming veranderen.



Ze vergelijken voorwaarden vóór ze de wet onjuist noemen.



De jongen noteert een verklaarbare afwijking, geen kunstmatig aangepaste meting.

Leren van een fout



In een klad vindt de jongen duizendmaal te veel stroom.



Hij probeert die niet te bereiken door de bron te verstellen.



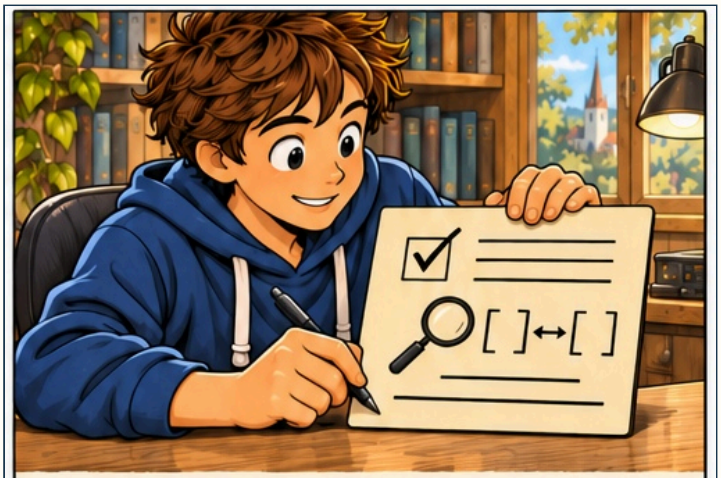
Eenheden nakijken onthult milliampères die als ampères zijn gebruikt.



De schakeling blijft tijdens die controle losgekoppeld.



Na omrekenen klopt de grootteorde weer.

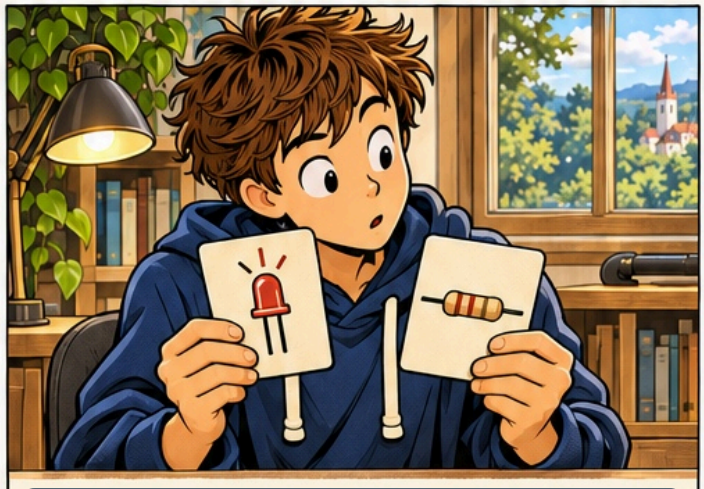


Een herkende fout wordt een nuttig geheugensteuntje.

De diode stelt een nieuwe vraag



In een doosje ziet de jongen een lichtgevende diode.



Kun je die als een vaste weerstand behandelen?



Zijn begeleider verklaart het niet-lineaire verband tussen spanning en stroom.



U = R × I met constante R beschrijft dus niet iedere diode.



Ze blijft in de doos: onderzoek vraagt een geschikte schakeling.



Een begrepen wet voorkomt ook ondoordacht toepassen.

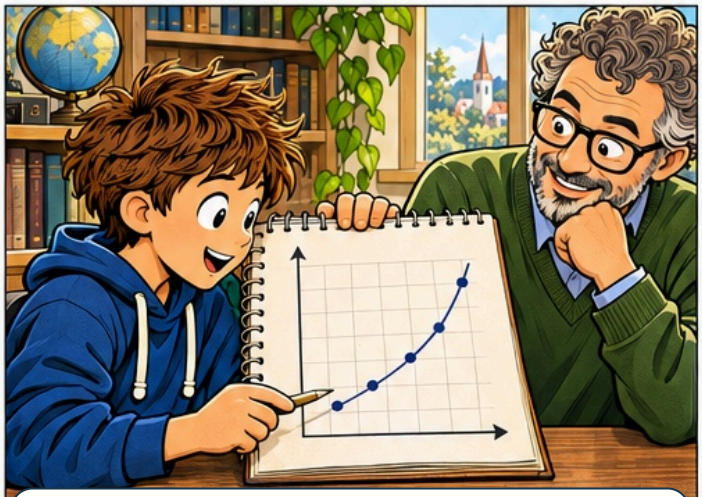
Temperatuur kan meetellen



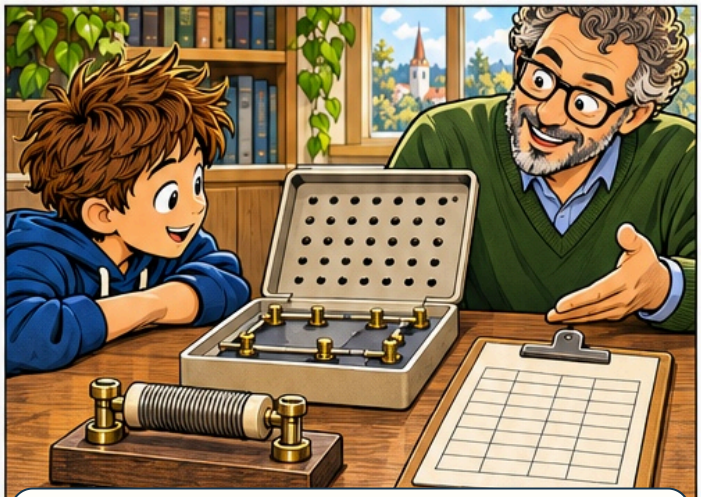
Een gloeilamp toont een ander soort gedrag.



Met haar temperatuur verandert ook haar weerstand.



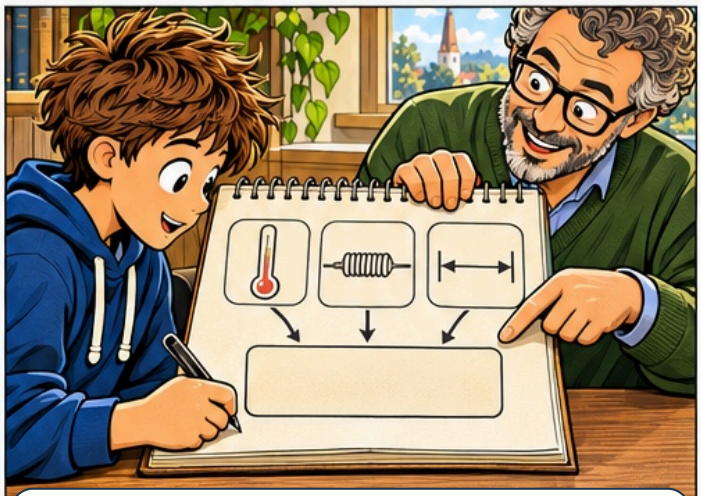
Een momentwaarde wordt geen universele constante.



Ook hun weerstand moet binnen normale gebruiksomstandigheden blijven.



Ze voeren geen opwarmproef uit om dit te bewijzen.

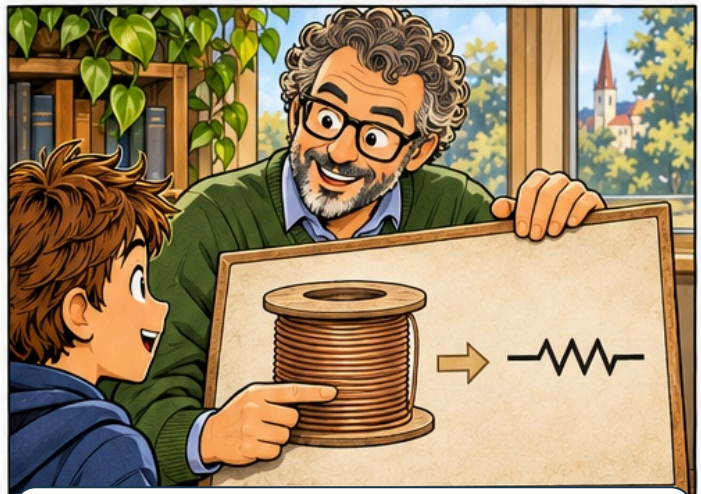


De jongen noteert de voorwaarden naast de formule.

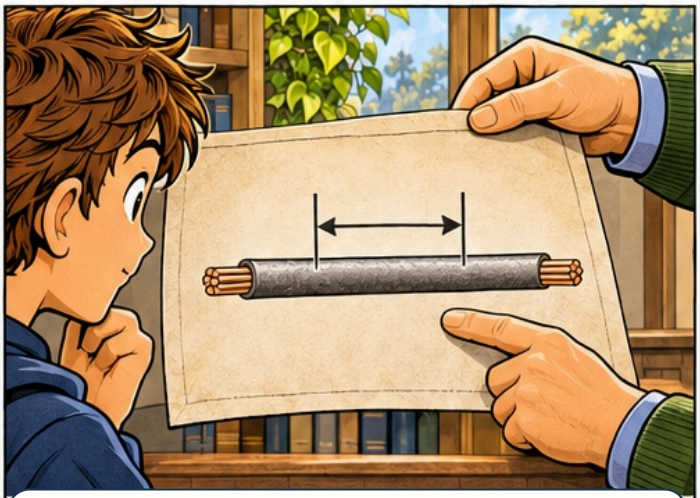
Tot de bedrading van het station



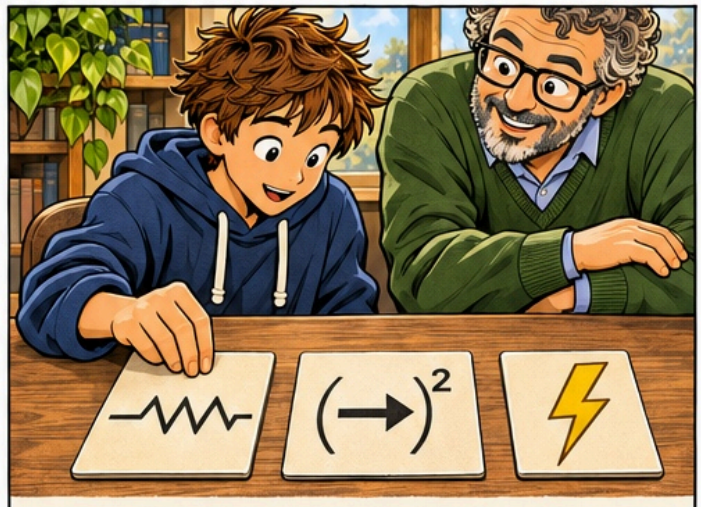
De jongen bekijkt nu de draden van zijn proef.



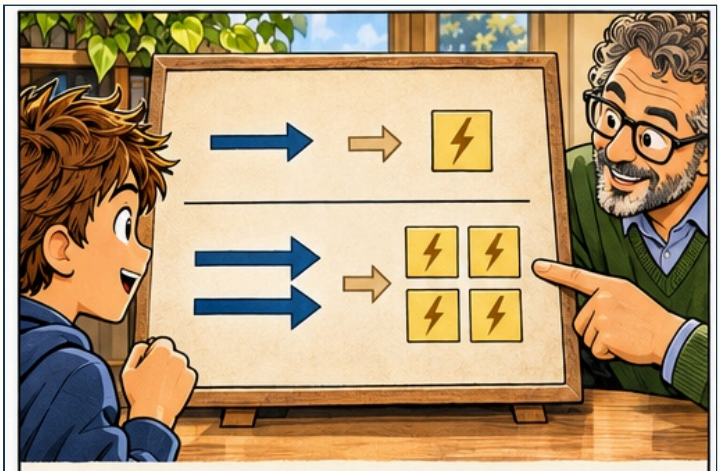
Ook een echte geleider kan weerstand hebben.



Stroom erdoor veroorzaakt dan een spanningsval.



Voor een weerstand geldt ook $P = R \times I^2$.



Bij dezelfde R verviervoudigt dit vermogen als I verdubbelt.



Hij begrijpt passende kabels en aansluitingen beter, zonder het station te veranderen.

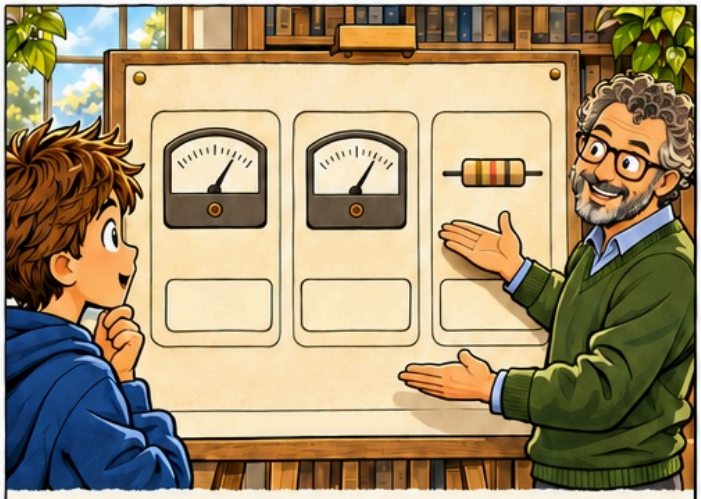
De demonstratie voorbereiden



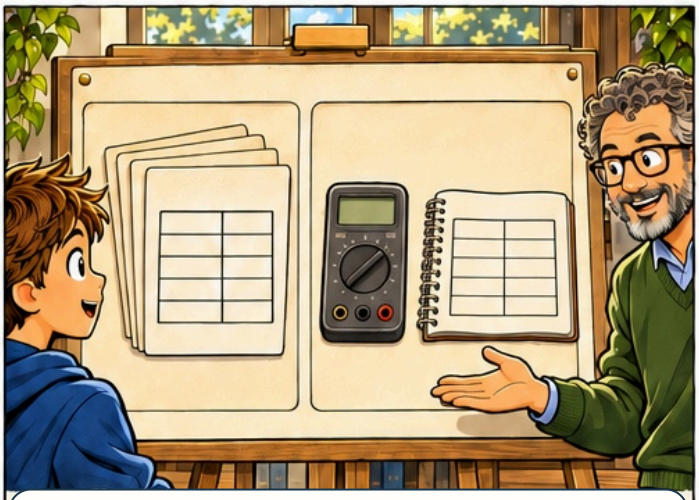
De bezoekersactiviteit komt dichterbij.



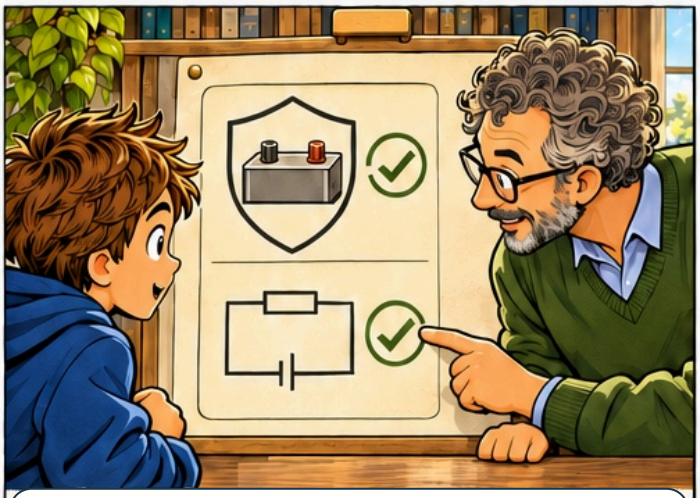
De jongen kiest één schakeling om de kern uit te leggen.



Hij presenteert U, I en R met hun eenheden.



Naast een ideaal voorbeeld blijft een aparte plek voor metingen.



Aansluitregels en modelgrenzen blijven zichtbaar.



Zijn verhaal begint met een vraag, net als Ohms onderzoek.

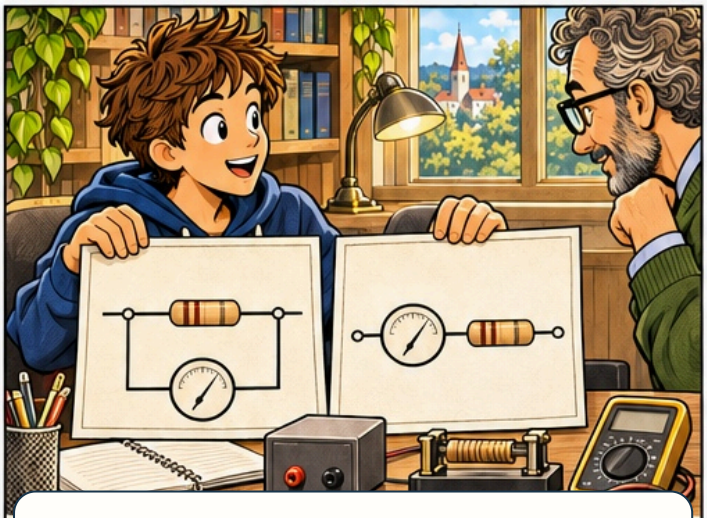
Samen nalezen



Henri speelt een nieuwsgierige bezoeker.



Lucas legt uit waarom spanning tussen twee punten wordt gemeten.



Hij onderscheidt de aansluitingen van voltmeter en ampèremeter.



Aansluitingen wijzigen altijd met losgekoppelde bron, herinnert hij.



Daarna verantwoordt hij weerstand en toegelaten vermogen.



Een moeilijke vraag helpt zijn uitleg aanscherpen.

Voorspellen, meten, begrijpen



De repetitie eindigt met een proef binnen de voorbereide grenzen.



De jongen voorspelt de stroom uit spanning en weerstand.



De begeleider controleert de kring en begeleidt de metingen.



Daarna vergelijkt de jongen voorspelling en waarneming, met eenheden.



Hij verklaart nu een kleine afwijking zonder resultaten te verzinnen.



Na de proef wordt de bron losgekoppeld en alles opgeborgen.

Een ontdekking op reis



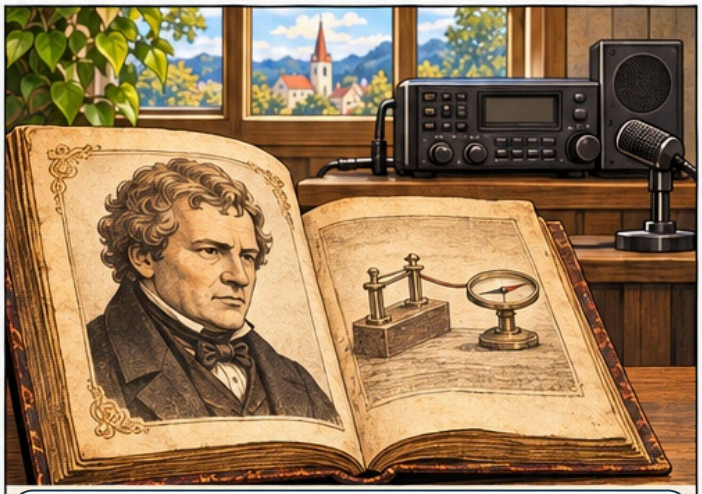
Lucas opent het boek weer bij Georg Simon Ohm.



Tussen oude werkplaats en club zijn instrumenten veranderd.



Geduldig waarnemen blijft vertrouwd.



Ohm bouwde hun station niet, maar zijn werk helpt het begrijpen.



Het moderne schrift antwoordt op het verbeelde schrift van de onderzoeker.



Een idee reist lang wanneer men het blijft bevragen.

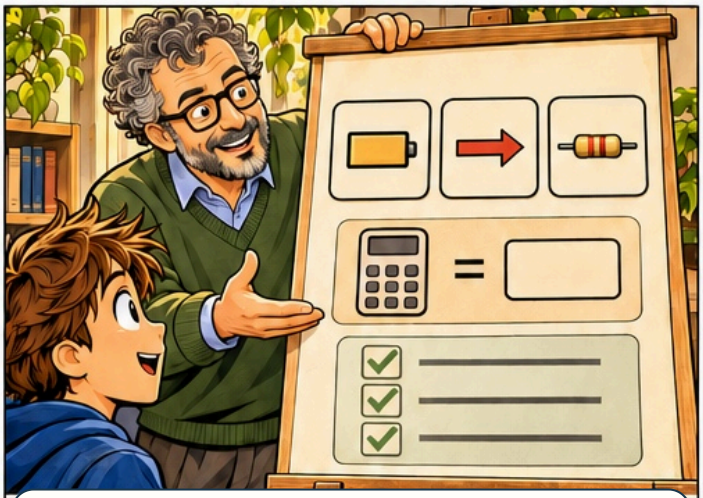
Een formule wordt gereedschap



De kleine weerstand keert terug in de doos, niet langer geheimzinnig.



U = R × I verbindt nu grootheden die de jongen onderscheidt.



Hij kan omrekenen, voorspellen, meten en modelvoorwaarden controleren.



Hij weet: een formule vervangt methode noch materiaalgrenzen.



Henri glimlacht om de demonstratie die klaarstaat.



In de club wacht al een nieuwe vraag op zijn volgende schrift.