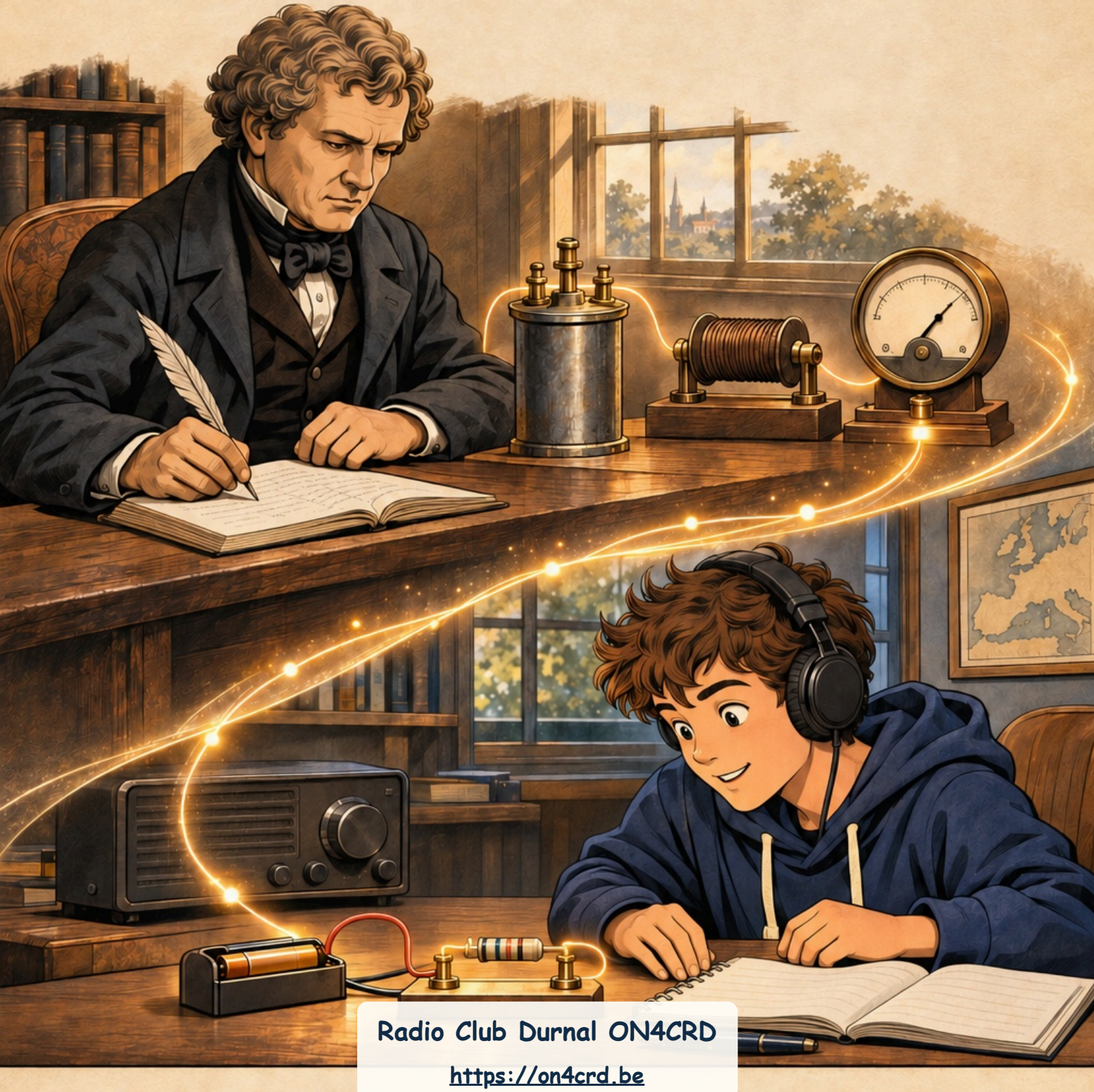
ON4CRD

Bind 04

Opdagelsen af Ohms lov



Radio Club Durnal ON4CRD

https://on4crd.be

Juridiske meddelelser

Bind 04 · Opdagelsen af Ohms lov

Hjemmeside udgiver : Radio Club Durnal ON4CRD

Udgivelsesansvarlig : Radio Club Durnal ON4CRD's bestyrelse

https://on4crd.be

Juridiske meddelelser

Intellektuel ejendomsret

Tekster, billeder, dokumenter, logoer og materialer offentliggjort på siden forbliver deres respektive forfatteres eller klubbens ejendom. Enhver gengivelse eller genbrug skal respektere kilden, gældende rettigheder og enhver forfattertilladelse.

Ansvar

Klubben arbejder på at offentliggøre nyttig og verificeret information, men garanterer ikke fravær af fejl, udeladelser eller afbrydelser. Tekniske eller lovgivningsmæssige oplysninger skal kontrolleres mod officielle kilder, når de understøtter en beslutning.

Illustrationer skabt med hjælp fra kunstig intelligens.

Et spørgsmål i klubben



Efter sin første QSO vender Lucas tilbage til klubbens værksted.



En lille modstand ligger ved en notesbog.



Hvordan kan så beskeden en del styre så mange beregninger?



Henri foreslår en undersøgelse og derefter et forsøg.



Sammen vil de forberede en demonstration for besøgende.

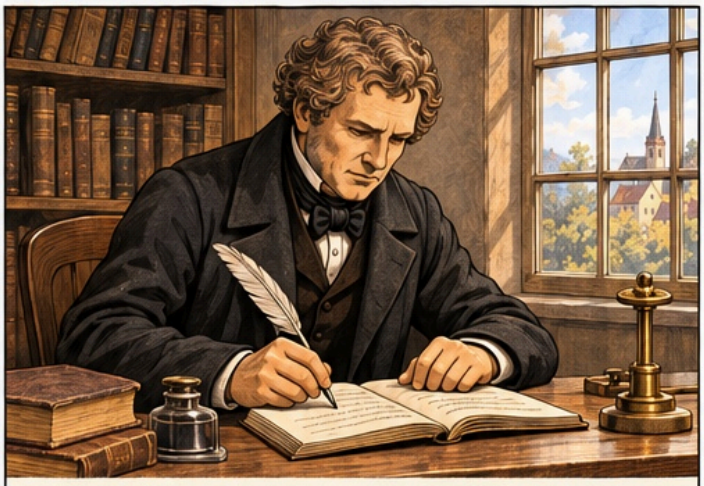


Det første spor har et navn: Georg Simon Ohm.

Ansigtet bag navnet



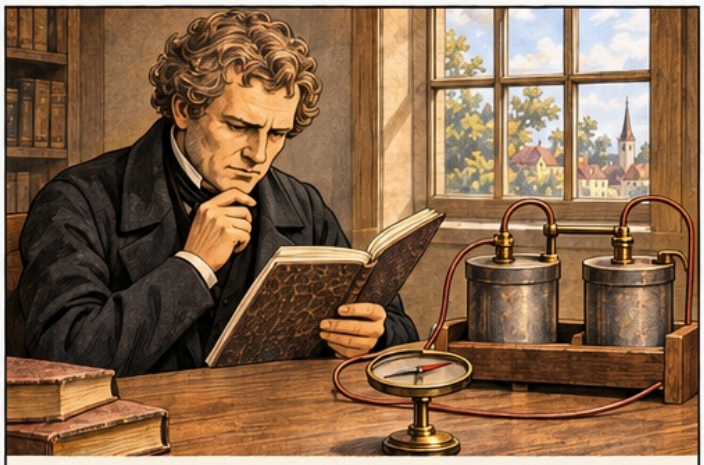
En mand med krøllet hår viser sig i bogen.



Georg Simon Ohm underviser og undersøger elektriske fænomener.



Hans tid har allerede batterier og ledende tråde.



At forbinde observationer med en lov kræver tålmodighed.



Drengen forestiller sig stilheden i et gammelt værksted.

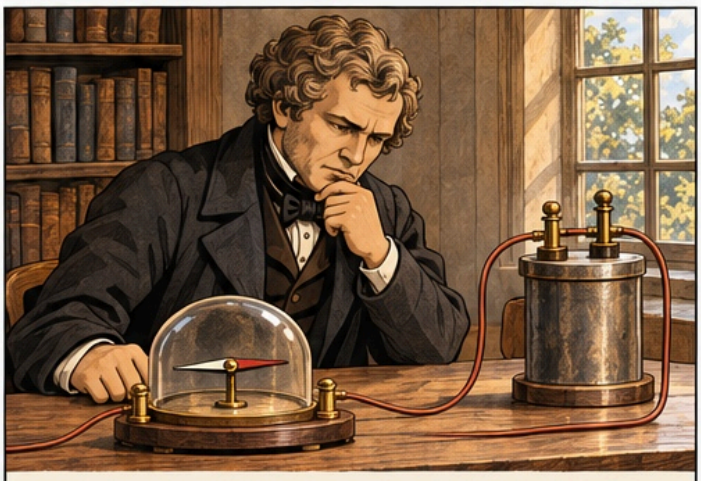


Historien fører dem til Ohms forskning.

Før radiostationerne



Vi er i 1820'erne, længe før amatørradio.



Ohm vil forstå, hvordan elektriciteten strømmer.



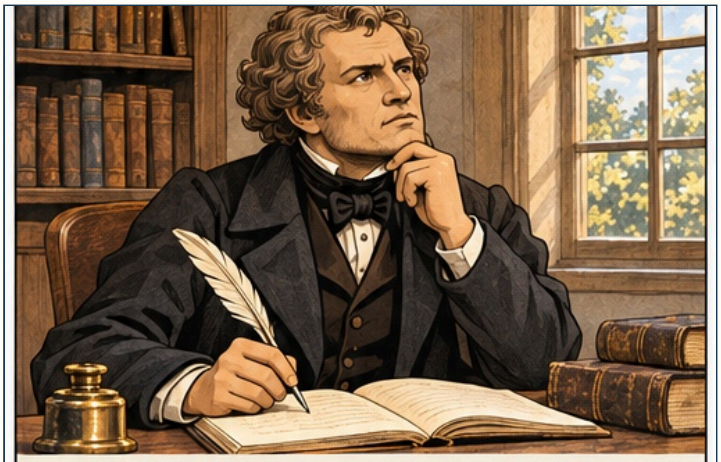
Han forbereder hverken moderne sender eller fjernkontakt.



Forsøg med ledere fylder hans arbejdsbord.

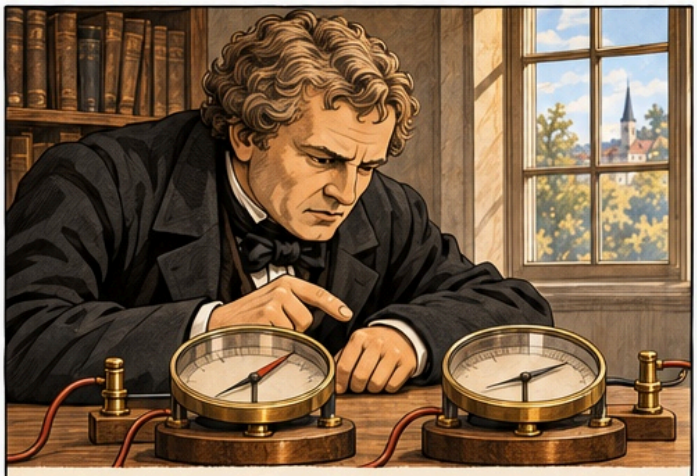


Han søger et forhold, som kan efterprøves.

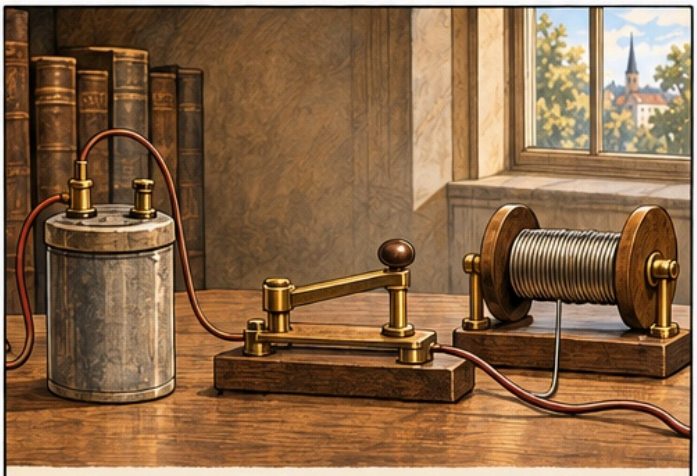


Et præcist spørgsmål slår en forklaring, man accepterer for hurtigt.

Når resultaterne svinger



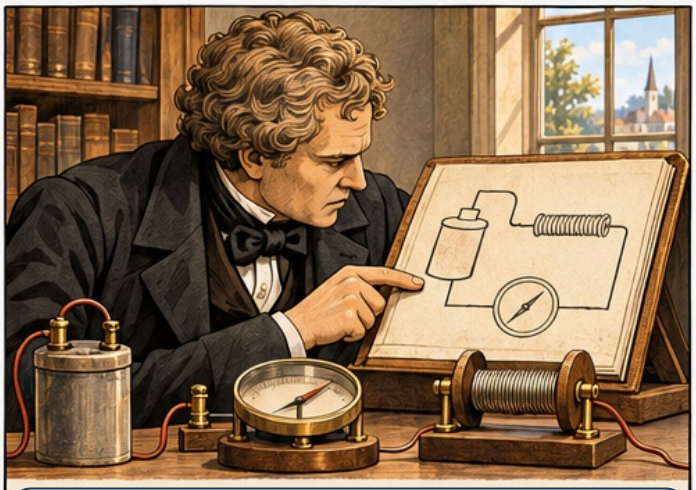
Et forsøg giver ikke altid samme resultat.



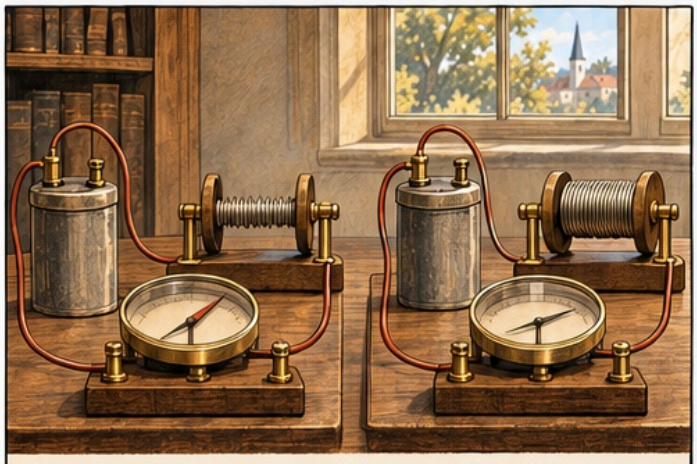
Også kilden og kontakterne kan ændre sig.



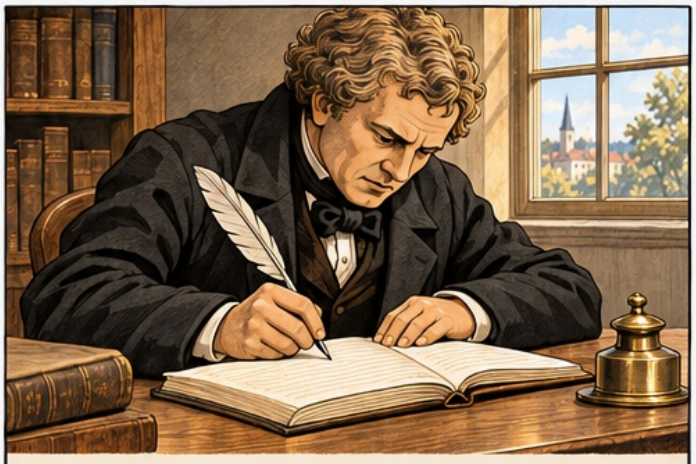
Straks at bebrejde tråden forklarer ikke forskellene.



Ohm gennemgår observationernes betingelser.



Han søger det foranderlige og det, der skal være stabilt.



Opdagelsen begynder med denne opmærksomhed.

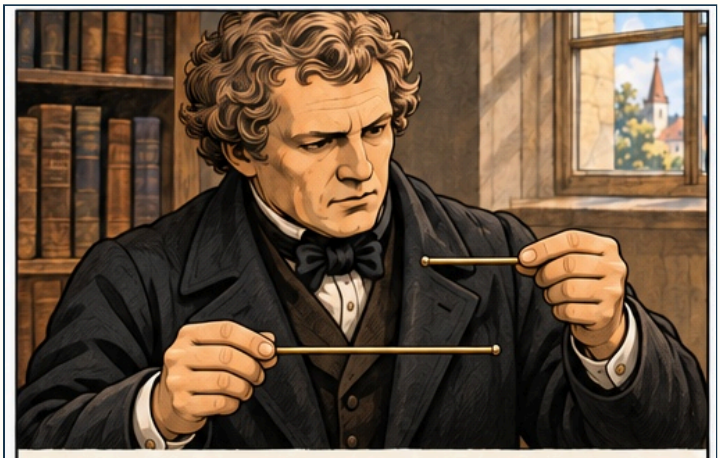
Ét spørgsmål ad gangen



Sammenligning kræver viden om, hvad der er ændret.



At ændre alt samtidig ville sløre svaret.



To tråde kan sammenlignes efter ét valgt kriterium.



Andre forhold skal være så ens som muligt.

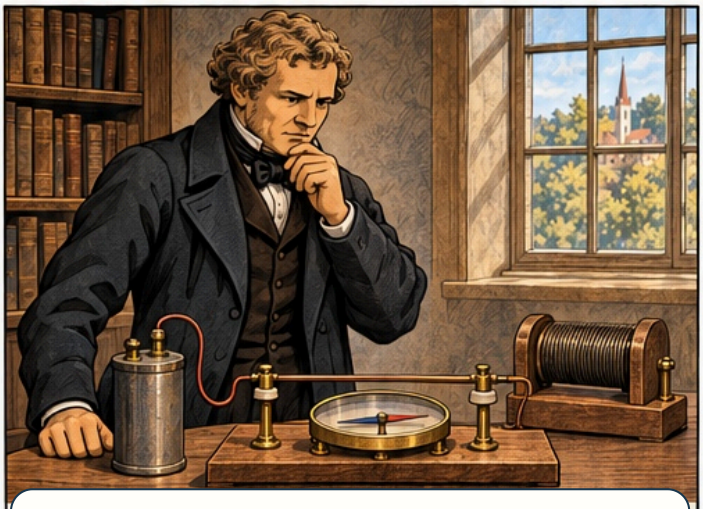


Noterne bevarer hvert forsøg.

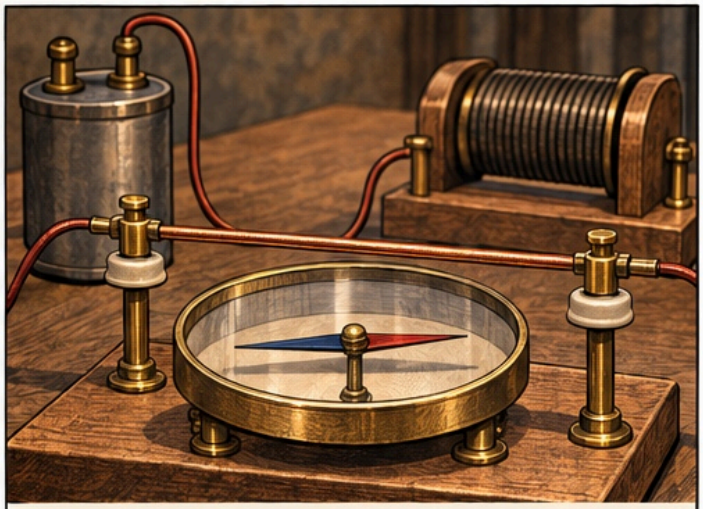


Drengen vil genkende metoden i sit eget værksted.

Instrumenter fra deres tid



Ohms instrumenter ligner ikke vores multimetre.



En magnetnål kan vise strømmens virkning.



En bevægelse bliver et spor til omhyggelig sammenligning.



Man skal forstå instrumentet for at tolke dets svar.



Bogen fortæller forskning, ikke en opskrift til hjemmebrug.

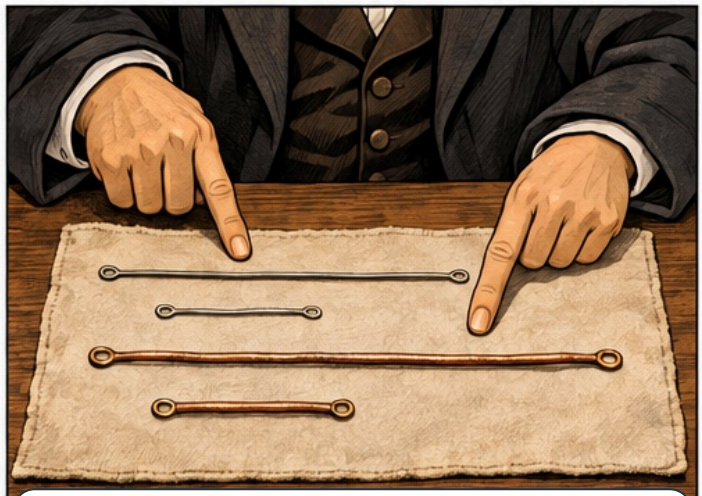


I klubben bruger de egnet moderne undervisningsudstyr.

Tråden yder modstand



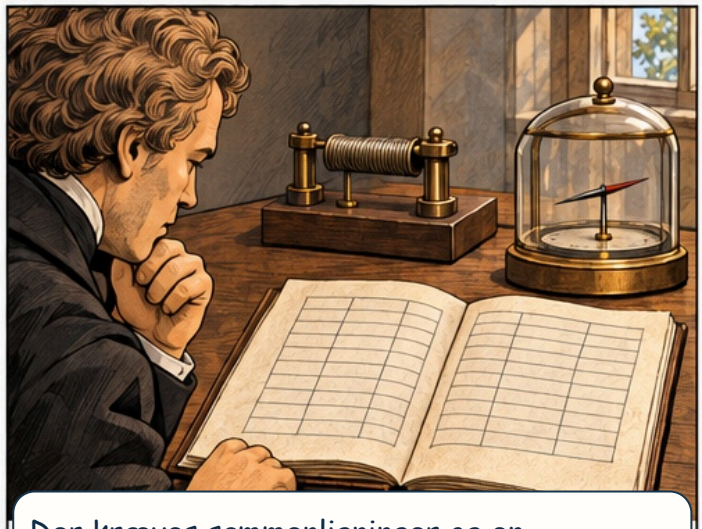
Lederens materiale og form påvirker strømmen.



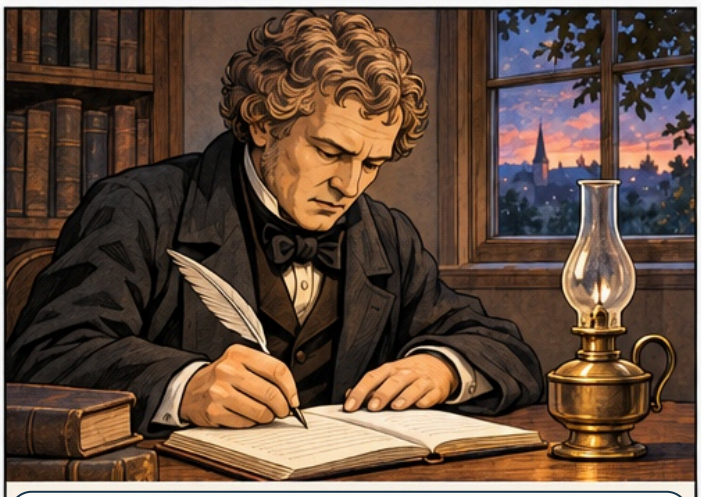
For samme materiale tæller længde og tværsnit.



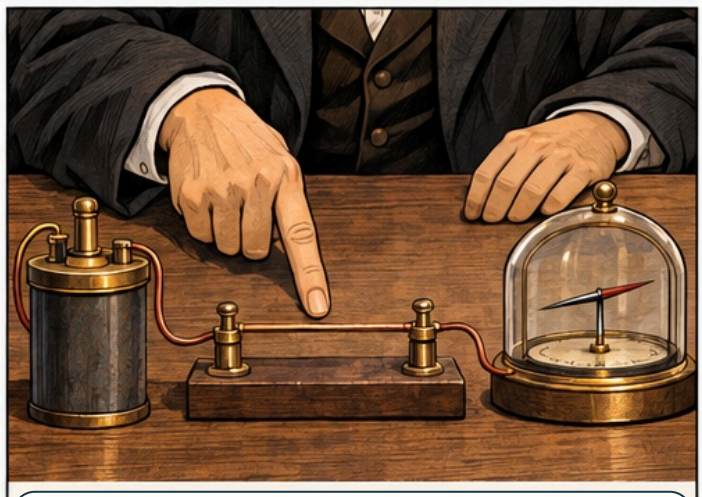
En enkelt observation fastlægger ingen lov.



Der kræves sammenligninger og en sammenhængende beskrivelse.



Ohm fortsætter med målinger og overvejelser.

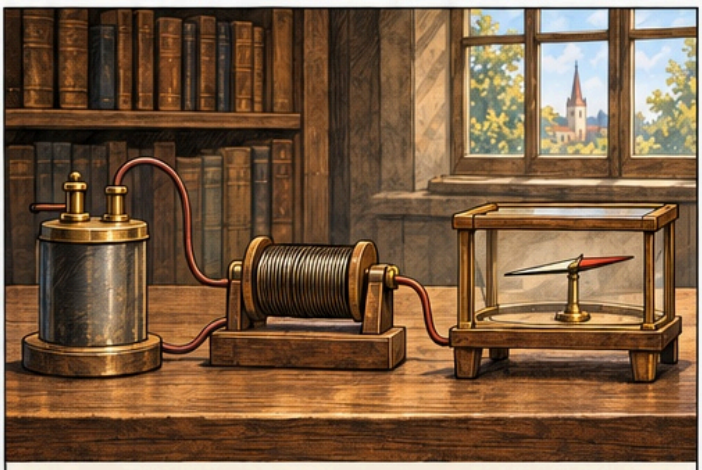


Modstand får sin plads blandt elektriske størrelser.

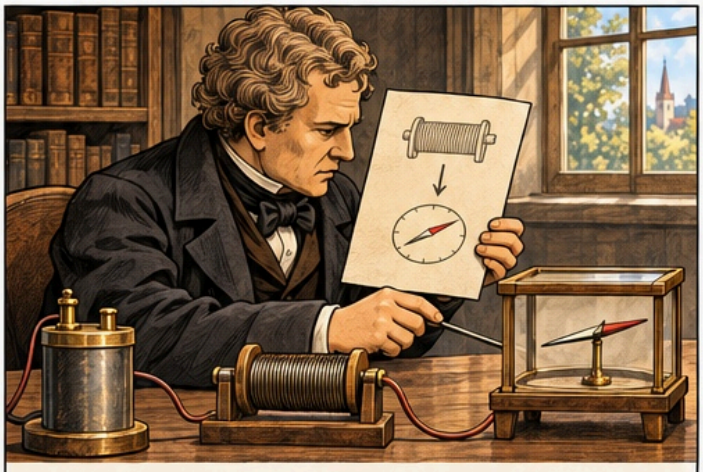
Fra observation til sammenhæng



Forskeren vil mere end at samle tal.



Han forbinder elektrisk årsag, strøm og leder.



En nyttig sammenhæng kan også forudsige resultater.



Betingelserne for anvendelse skal præciseres.



I klubben skriver drengen: observere og forudsige.

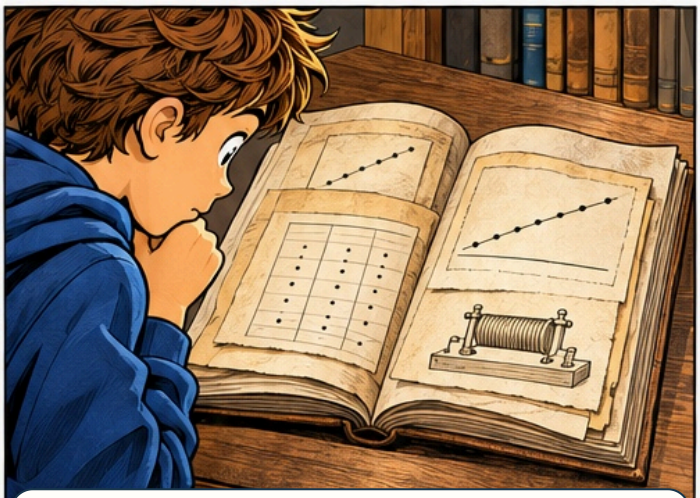


Hans undersøgelse bliver til en metode.

Notesbogen forbinder



En gammel side kan rumme forsøg, tvivl og rettelser.



Kun at bevare formlen skjuler forskningens vej.



Drengen finder en notesbog til egne observationer.



Han holder beregnede og målte værdier adskilt.

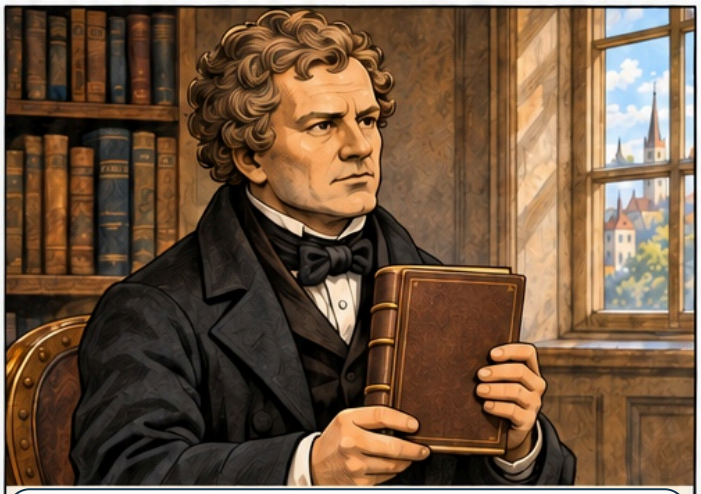


Han noterer også kredsløb og enheder.



Forståelse hjælper mere end udenadslære.

En bog i 1827



I 1827 udgiver Ohm sit matematiske arbejde om det galvaniske kredsløb.



Bogen udfolder hans forskning.



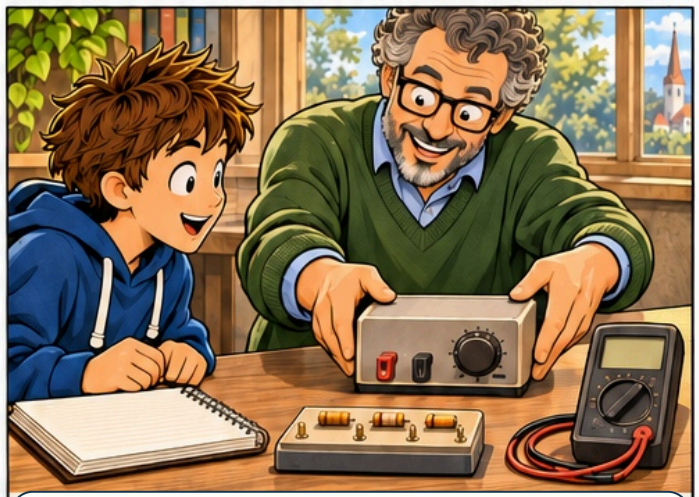
Videnskaben foreslår sammenhænge, andre kan undersøge.



Ohms navn bliver også modstandens enhed.



Drengen ser anderledes på den lille del.



Nu vil han selv forbinde en idé med observationer.

Klubbens forsøg



De vælger et enkelt jævnstrømskredsløb.



En lavspændingskilde forsyner en passende modstand.



Undervisningsudstyret har strømbegrænsning.



Intet nettilsluttet apparat åbnes eller ændres.



Ledsageren kontrollerer udstyr, vejledninger og grænser.



Spørgsmålet: hvad sker med strømmen, når spændingen ændres?

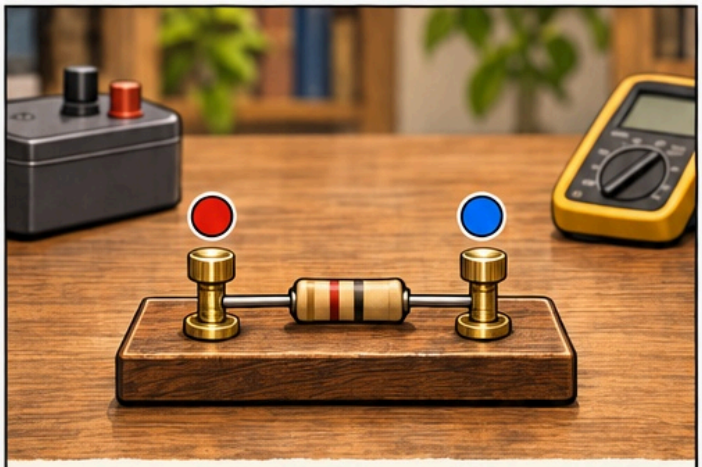
Spænding mellem to punkter



Spænding defineres mellem to punkter i kredsløbet.



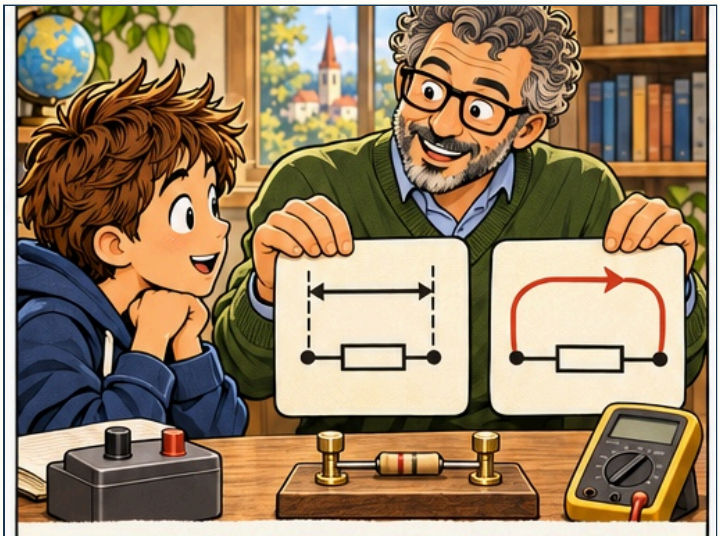
Vi kalder den U, udtrykt i volt, symbol V.



Man skal altså angive, mellem hvilke punkter.



Her ser de på modstandens to tilslutninger.



Spænding er ikke strøm gemt i en tråd.



Drengen tegner begge punkter i notesbogen.

Strøm i sløjfen



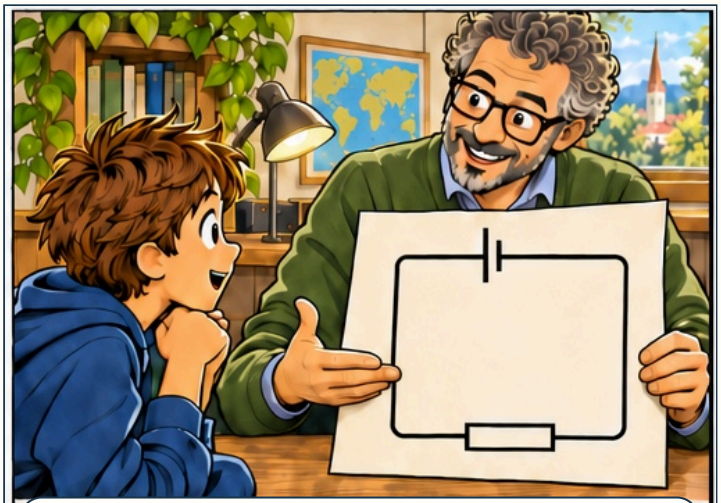
Strømstyrken betegnes I, målt i ampere, symbol A.



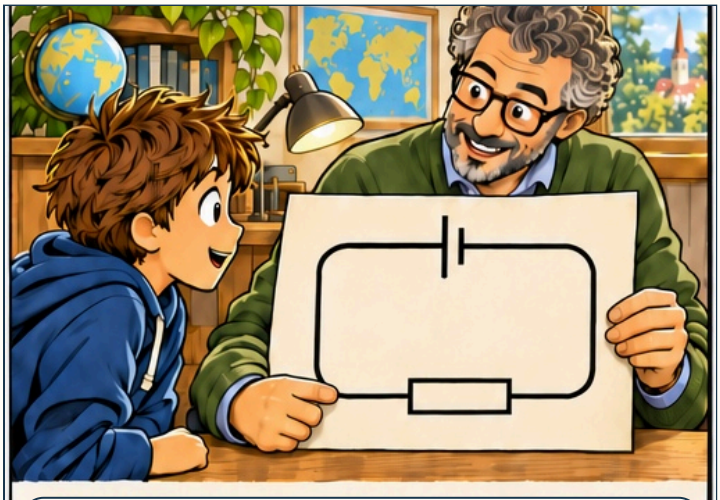
Vedvarende strøm kræver her en lukket ledende sløjfe.



Er sløjfen åben, løber ingen strøm gennem modstanden.



Samme strøm passerer alle dele i denne enkle sløjfe.



Uden for kilden går den vedtagne strømretning fra plus til minus.

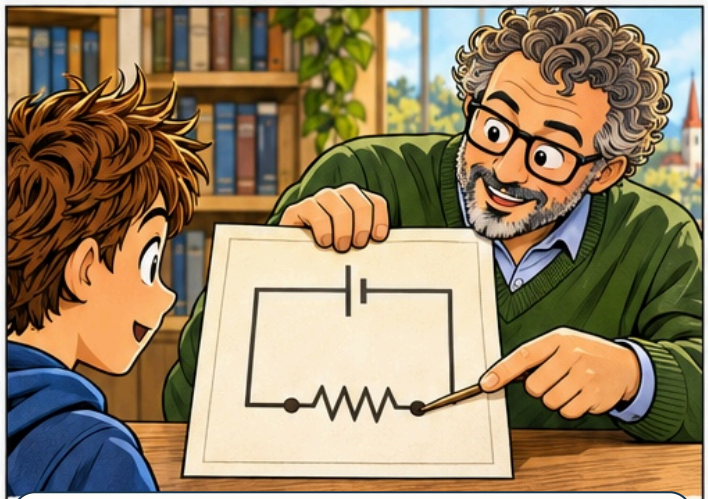


Drengen følger tegningen uden endnu at tilslutte noget.

Modstandens rolle



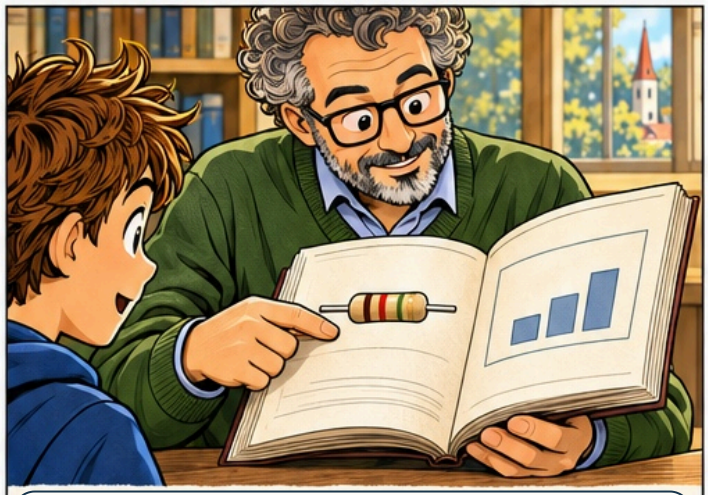
Modstand betegnes R, udtrykt i ohm, symbol Ω.



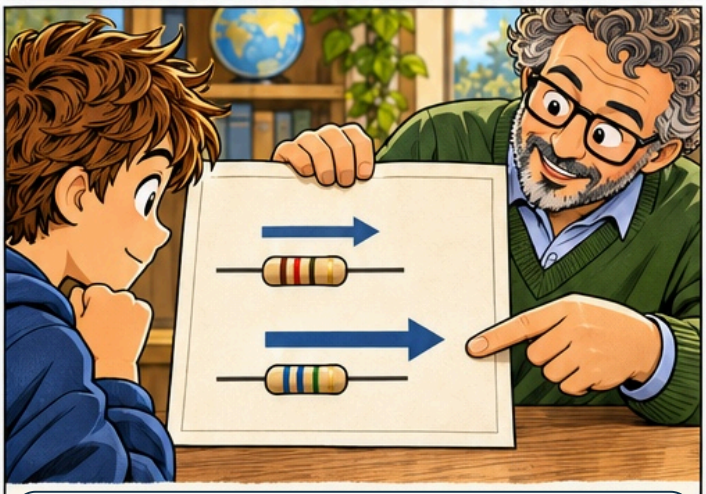
Den forbinder her spændingen over delen med strømmen gennem den.



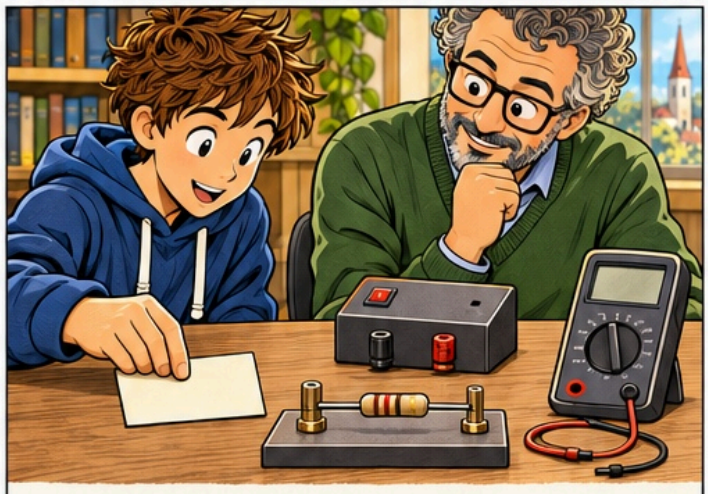
De vælger en ohmsk modstand.



Dens temperatur skal være tilstrækkelig stabil.



Større modstand giver mindre strøm ved samme spænding.

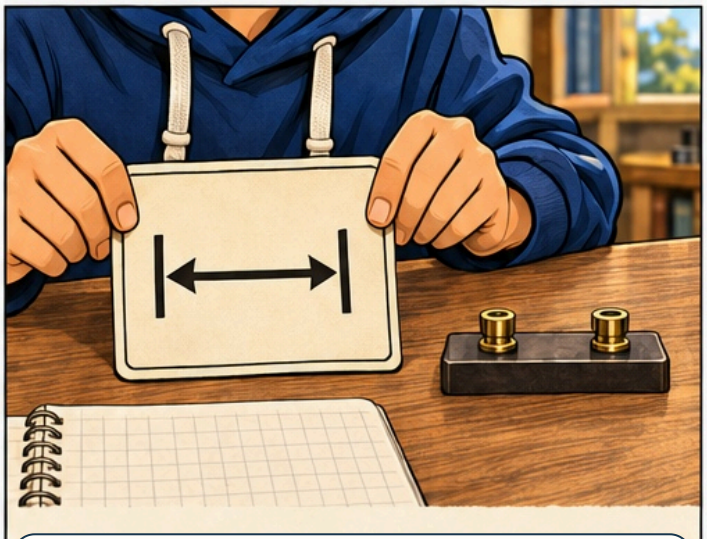


Den sidste påstand mangler endnu sin prøve.

Tre størrelser, tre enheder



Notesbogen skelner mellem U, I og R.



Spænding U angives i volt V.



Strøm I angives i ampere A.



Modstand R angives i ohm Ω.



Størrelsens bogstav og enhedens symbol har forskellige opgaver.



Hvert resultat beholder sin enhed ved tallet.

Forbered før tilslutning



Kilden forbliver frakoblet under forberedelsen.



De vælger en modstand på 100 Ω, mærket til 1 W.



Demonstrationen holder sig mellem 1,5 V og 4,5 V jævnspænding.



Ledsageren sikrer, at alle dele tåler forsøget.



Ledningerne er hele, og forbindelser nås uden improvisation.



Drengen tegner kredsløbet før brug.

Måling af en isoleret modstand



Før forsøget kontrollerer de modstanden med et multimeter.



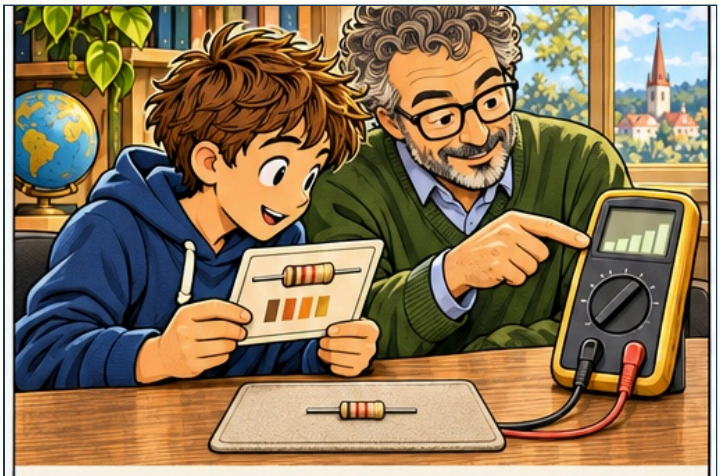
Delen er isoleret, alle kilder frakoblet.



Instrumentet indstilles til ohmmeter efter vejledningen.



En aflæsning nær 100 Ω bekræfter delen.

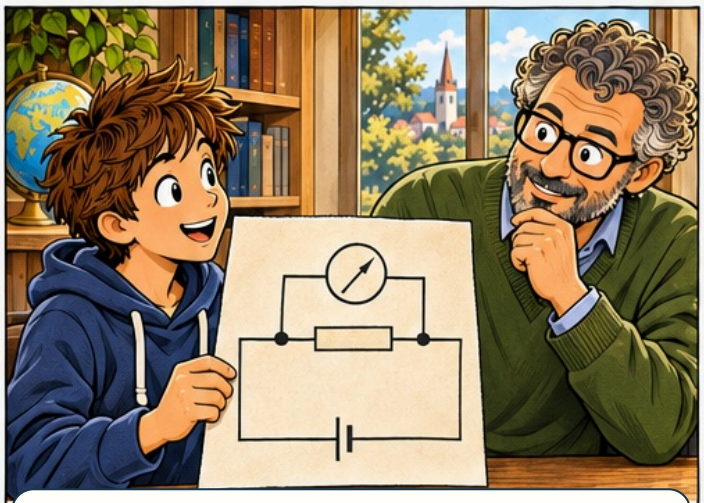


Tolerance forklarer forskellen fra den nominelle værdi.

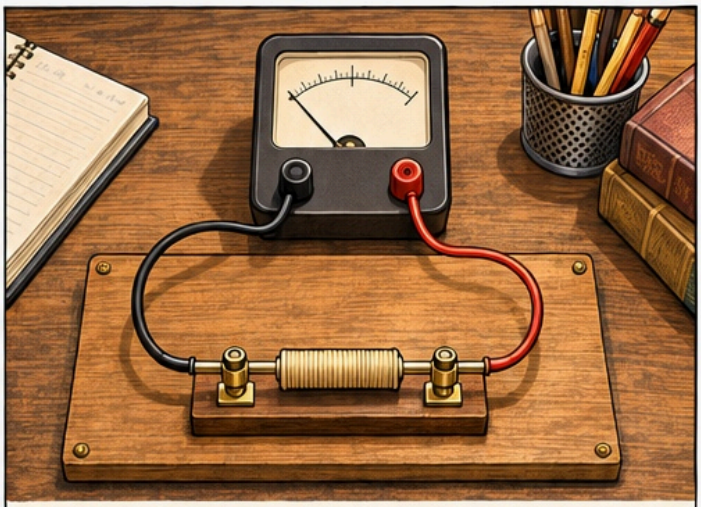


De noterer målingen og fjerner proberne.

Spænding måles parallelt



For U forbindes voltmeteret til modstandens to tilslutninger.



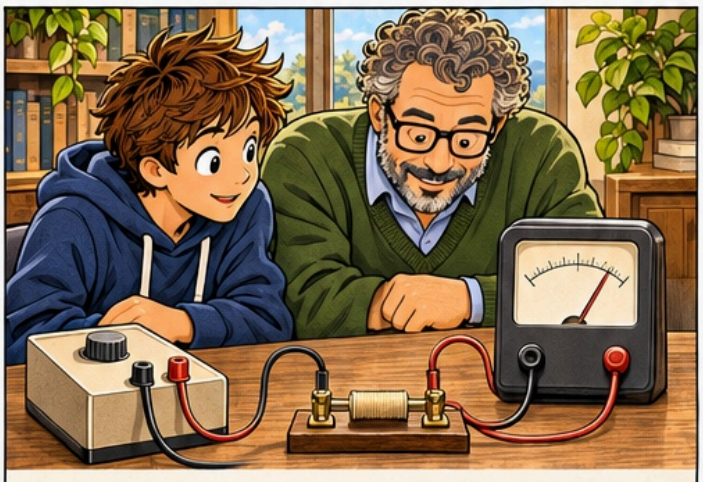
Det danner en parallel gren med modstanden.



Kilden er frakoblet, mens ledningerne anbringes.



Ledsageren kontrollerer bøsninger, jævnspændingsfunktion og område.



Derefter forsyner de kredsløbet og aflæser spændingen.



Værdien noteres, før forsyningen afbrydes.

Strøm måles i serie



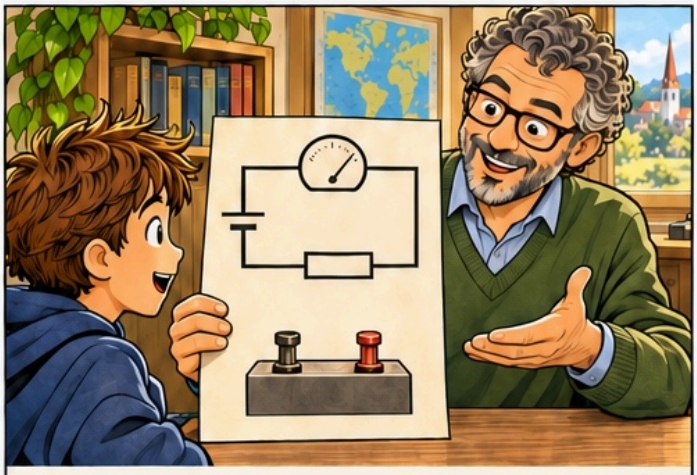
I kræver en anden opstilling.



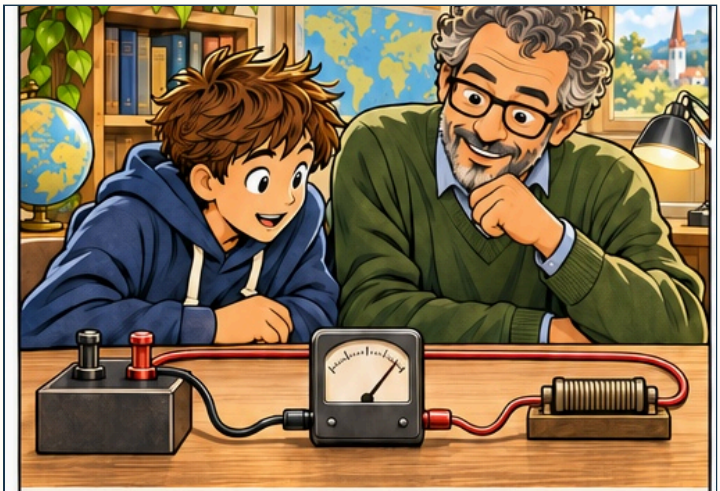
Med kilden frakoblet åbner ledsageren sløjfen og indsætter amperemeteret i serie.



Han kontrollerer strømbøsning, sikring, jævnstrømsfunktion og egnet område.



Et amperemeter må aldrig forbindes direkte over kilden.



Efter kontrol tænder de og aflæser strømmen.

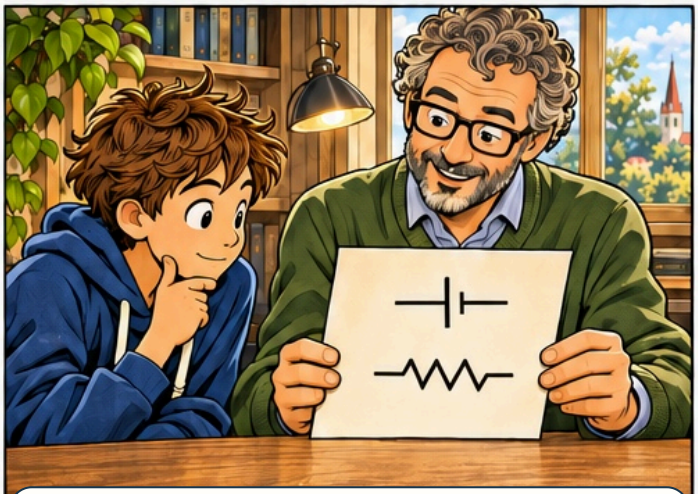


De afbryder før ændringer og flytter derefter ledninger tilbage til spænding.

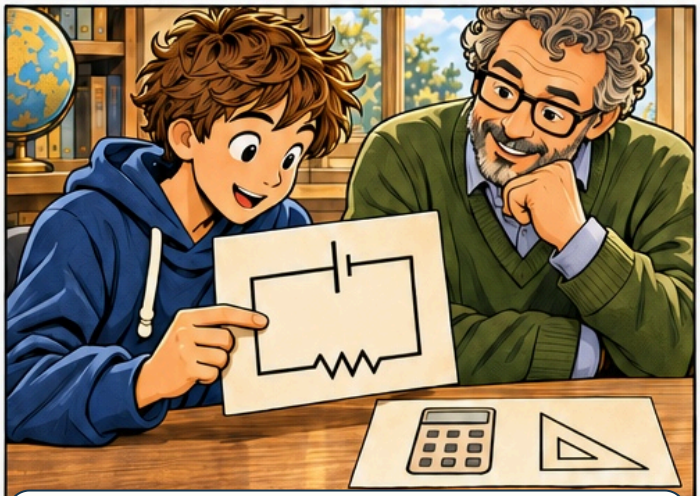
Et første sammenligningspunkt



De starter med den laveste planlagte spænding.



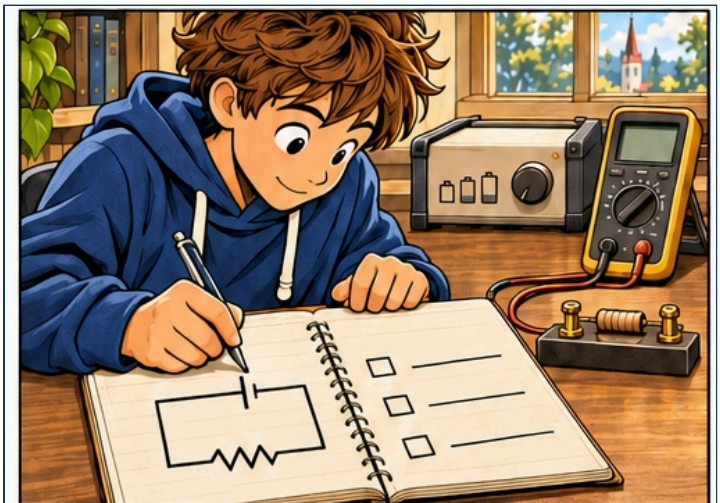
Det ideelle eksempel kombinerer 1,5 V og 100 Ω.



Den forventede strøm er 0,015 A, altså 15 mA.



Virkelige målinger noteres adskilt fra idealværdier.



Lucas angiver kredsløb og enheder.



Den første række er kun begyndelsen.

Dobbelt spænding



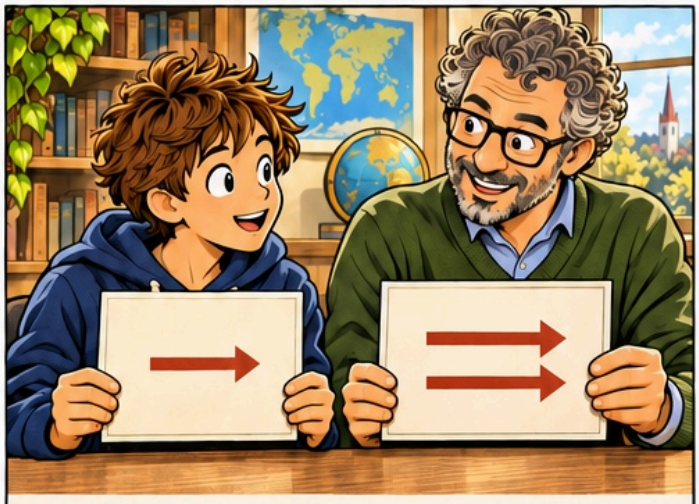
De frakobler kilden før ændring af indstillingen.



Modstand og måleforhold forbliver ens.



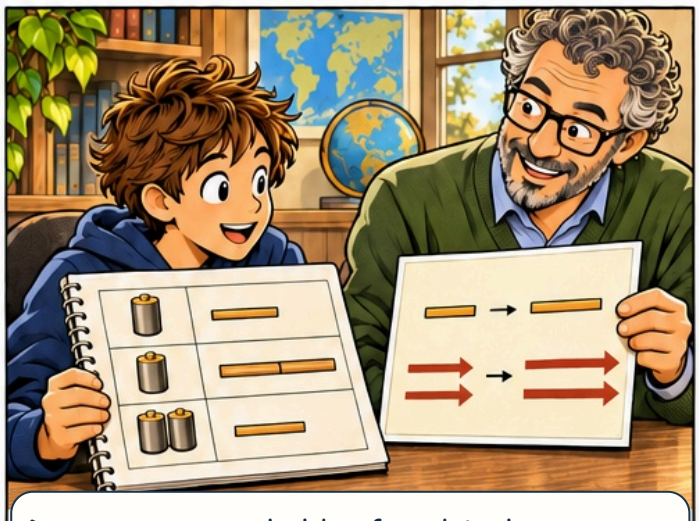
Ideelt stiger spændingen fra 1,5 V til 3 V.



Strømmen stiger fra 15 mA til 30 mA.



Spændingen er fordoblet; strømmen også.



Drengen sammenholder forudsigelse og nye observationer.

Et tredje forsøg



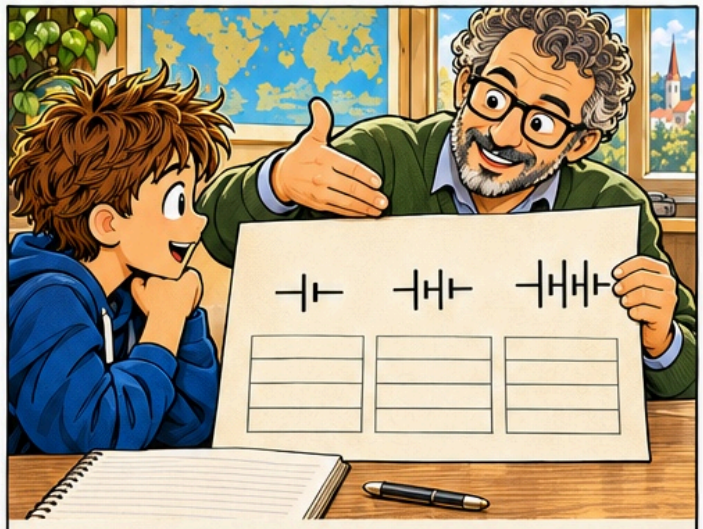
Et nyt forsøg skal bekræfte tendensen i praksis.



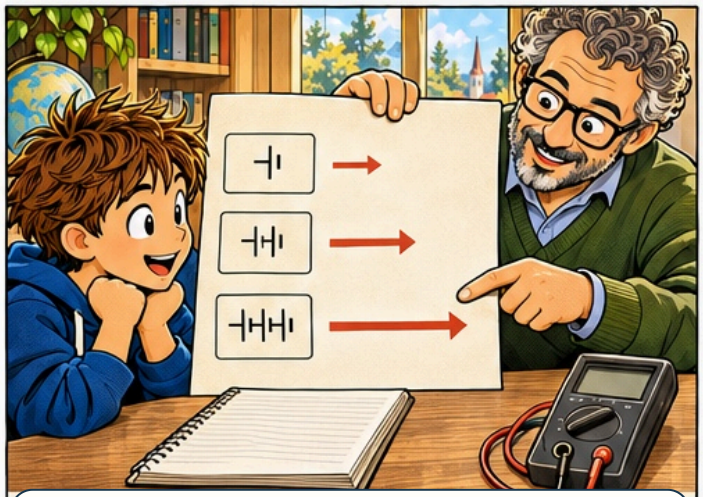
De følger samme fremgangsmåde op til 4,5 V.



Med 100 Ω forudsiger idealmodellen 0,045 A, altså 45 mA.



Eksemplet omfatter nu 1,5 V, 3 V og 4,5 V.



De tilhørende strømme er 15 mA, 30 mA og 45 mA.

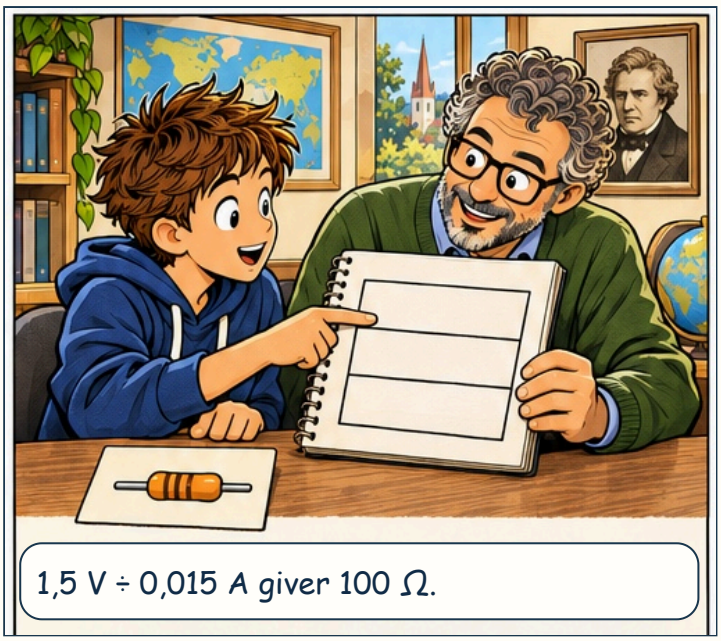


Efter aflæsning frakobler de igen kilden.

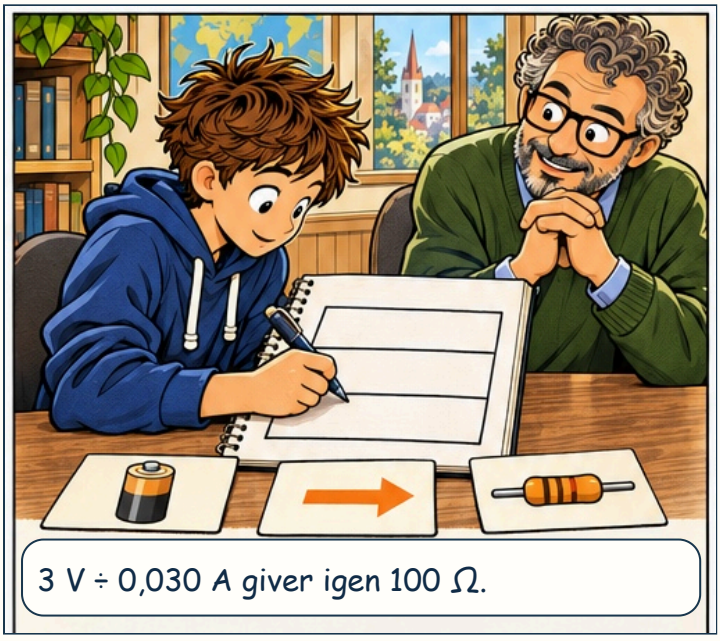
Det, der forbliver konstant



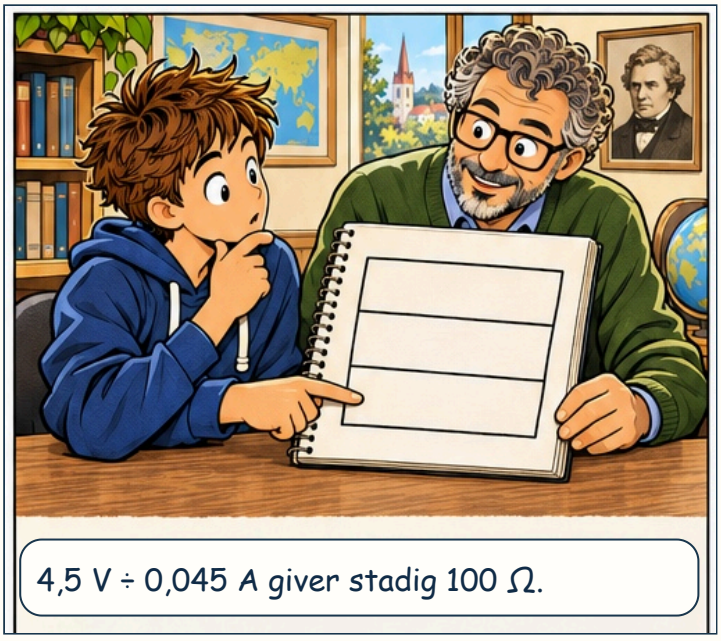
Drengen deler hver spænding med dens strøm i ampere.



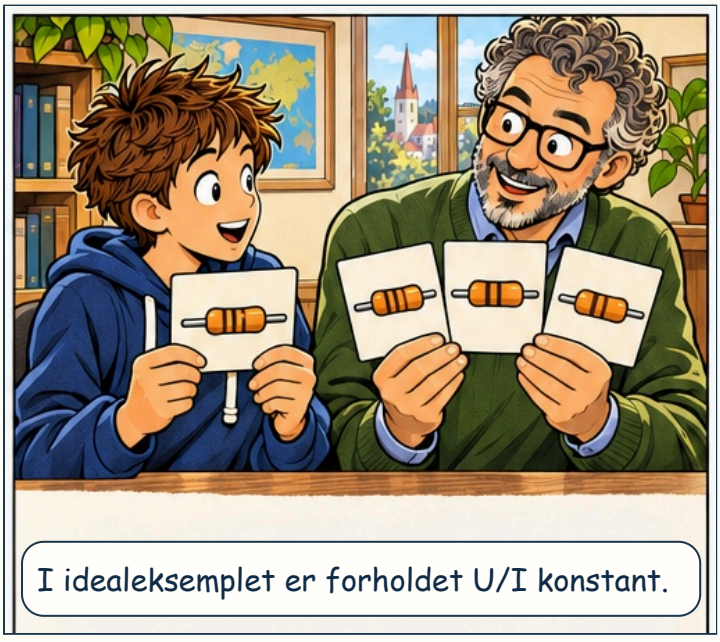
1,5 V ÷ 0,015 A giver 100 Ω.



3 V ÷ 0,030 A giver igen 100 Ω.



4,5 V ÷ 0,045 A giver stadig 100 Ω.



I idealeksemplet er forholdet U/I konstant.



Konstanten repræsenterer modstanden R.

Sammenhængen får form



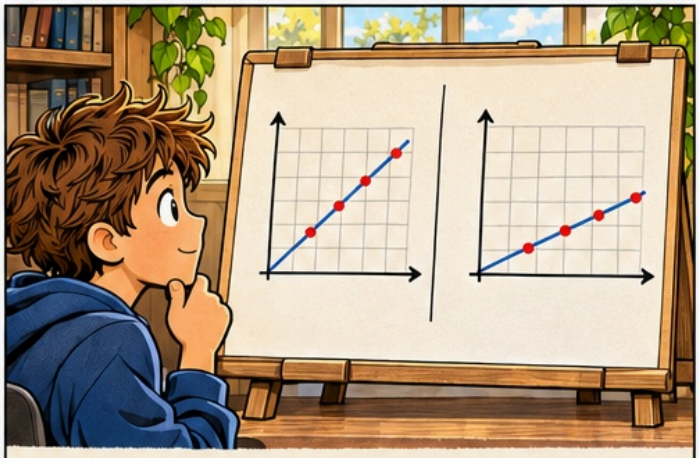
En graf viser proportionaliteten.



For idealmodstanden ligger punkterne på en linje gennem nulpunktet.



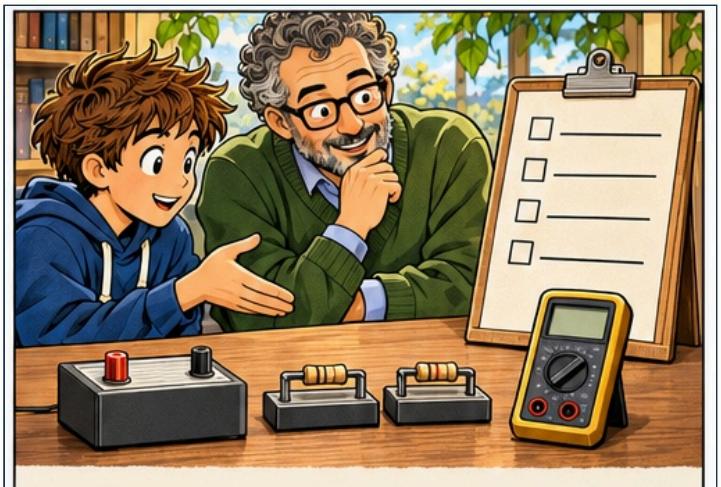
Med U vandret og I lodret er hældningen 1/R.



Ombyttede akser ændrer hældningens fortolkning.



Virkelige målinger kan afvige lidt fra linjen.



Tegningen belyser tallene uden at erstatte forsøgsbetingelserne.

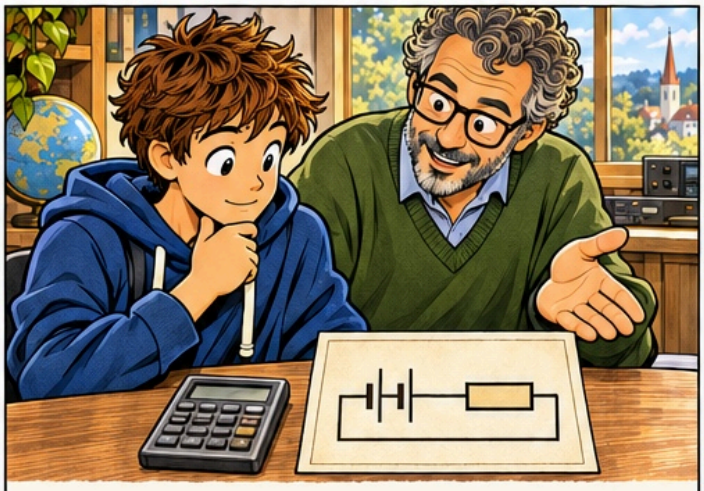
U = R × I



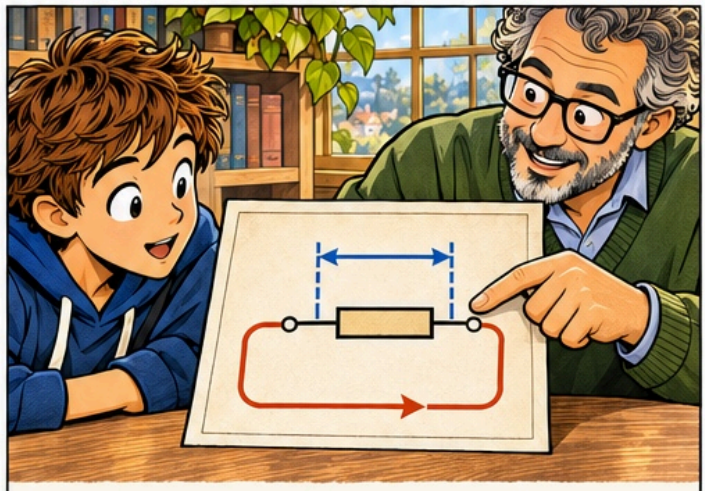
Sammenhængen skrives U = R × I.



Spændingen over en ohmsk modstand er R gange I.



Med R = 100 Ω og I = 0,030 A fås U = 3 V.



Størrelserne skal gælde samme komponent.



Strømmen udtrykkes i ampere i beregningen.



Drengen forstår endelig, hvad formlen forbinder.

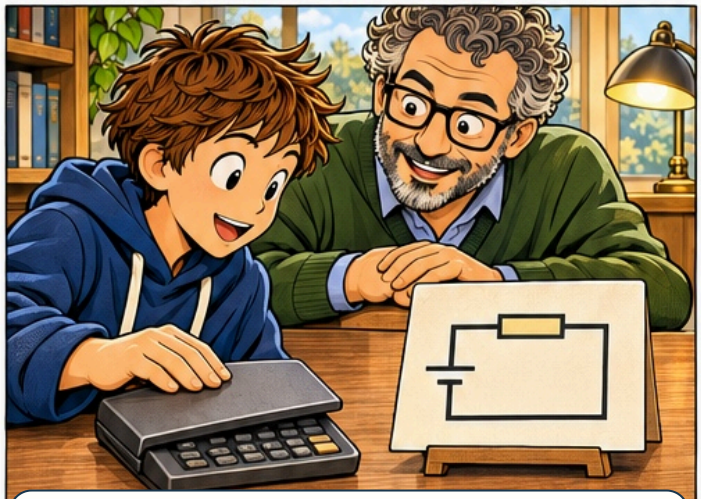
Find strømmen



Kender drengen U og R, kan han forudsige I.



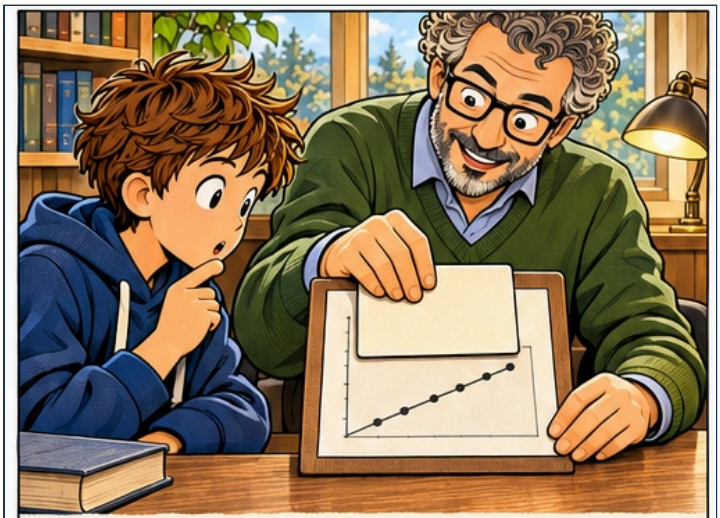
Han omskriver til I = U/R.



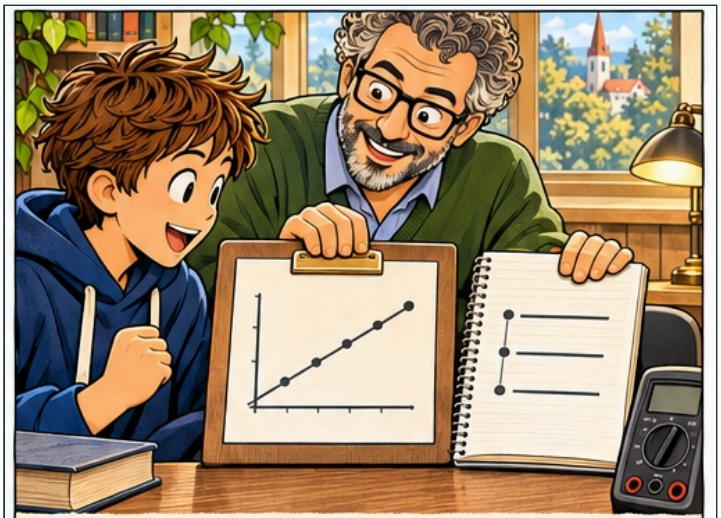
For 3 V og 100 Ω regner han 3 ÷ 100 = 0,030 A.



Det svarer til 30 mA.



Han siger sin forudsigelse før aflæsningen.



Beregningen bliver et spørgsmål til forsøget.

Find modstanden



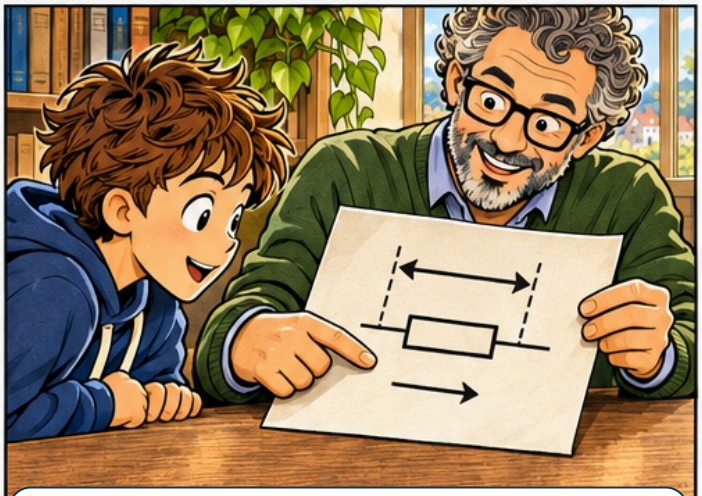
Et andet spørgsmål starter med U og I.



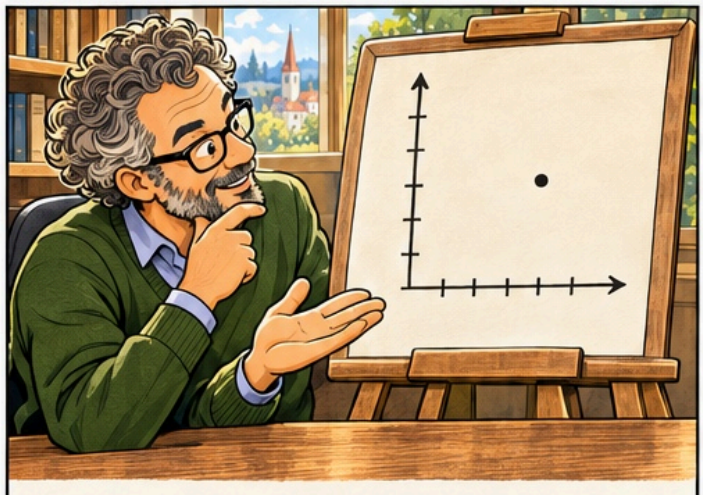
Sammenhængen bliver R = U/I.



I eksemplet giver 3 V og 0,015 A en modstand på 200 Ω.



Spænding og strøm gælder samme topolede komponent på samme tidspunkt.



Forholdet alene beviser ikke ohmsk adfærd.



Adfærden må undersøges i flere punkter.

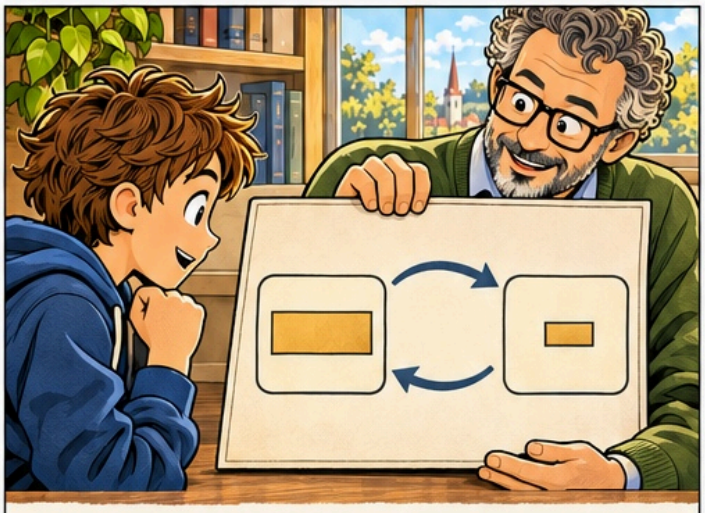
Pas på milliampere



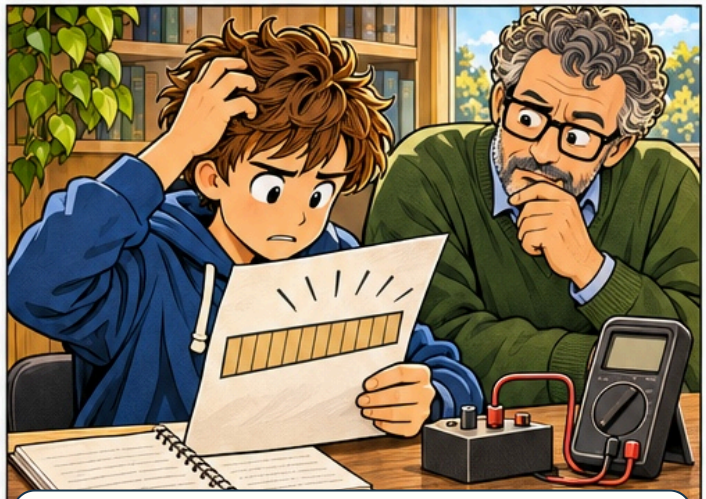
Drengen skriver 30 mA og tøver ved lommeregneren.



En milliampere er en tusindedel ampere.



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



30 i stedet for 0,030 ændrer resultatet tusind gange.



Først omregner han, så regner han med sammenhængende enheder.



En kontrol af størrelsesordenen fuldender svaret.

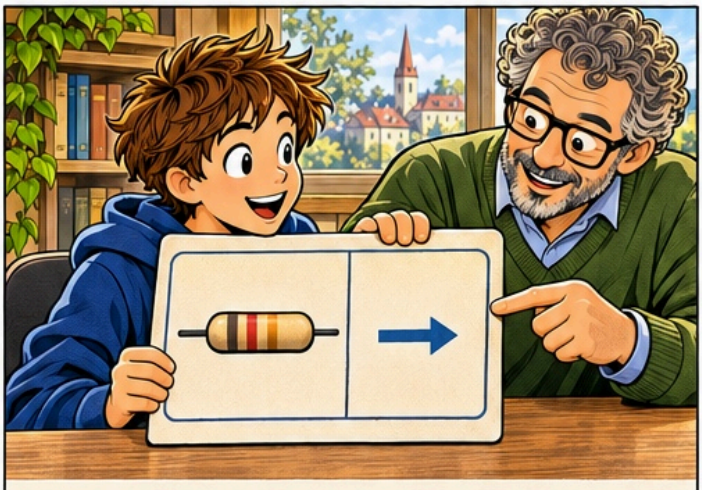
Forudsig før ændring



De sammenligner to modstande ved samme spænding.



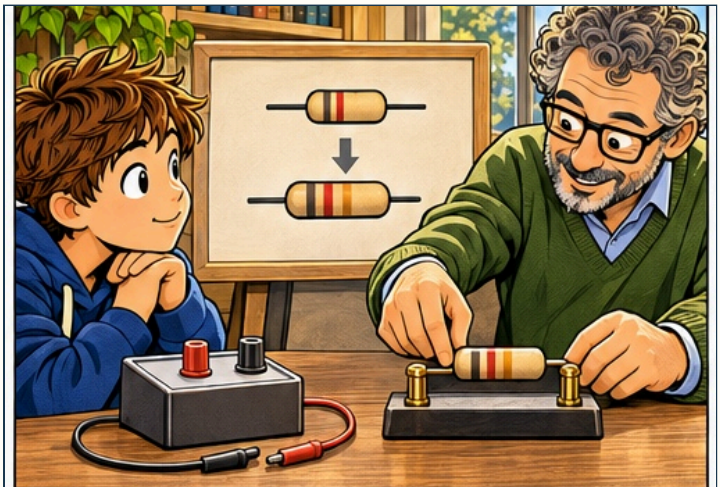
Med 3 V og 100 Ω er idealstrømmen 30 mA.



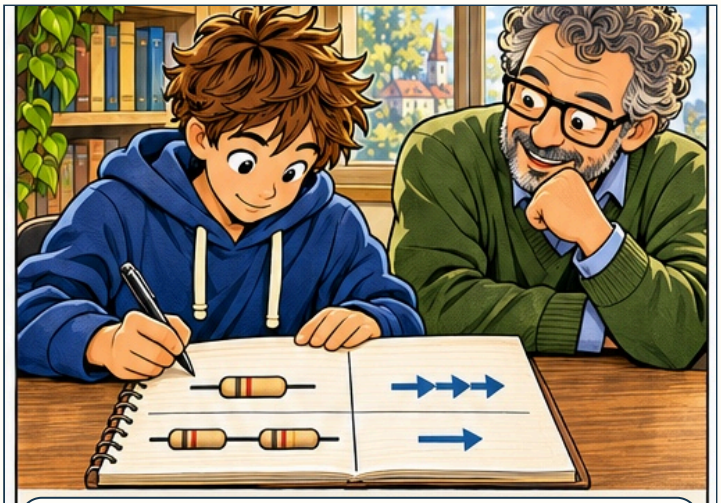
Med 3 V og 200 Ω bliver den 15 mA.



Dobbelt R halverer I, hvis U er konstant.



De frakobler kilden før udskiftning.

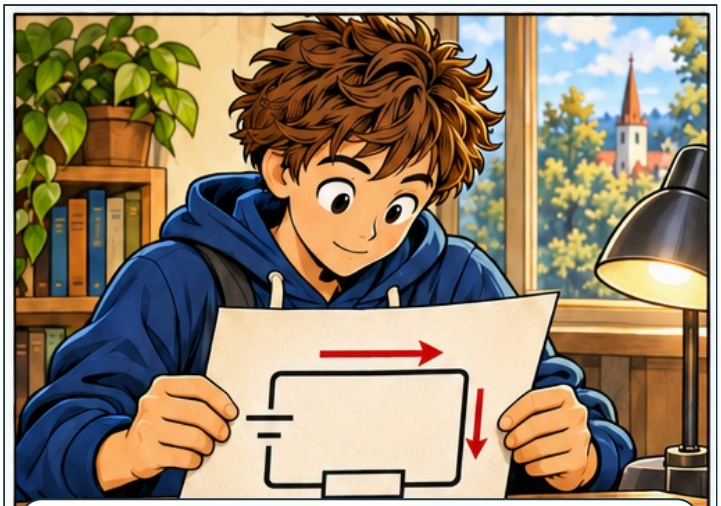


Drengen skriver først forudsigelsen, derefter målingerne.

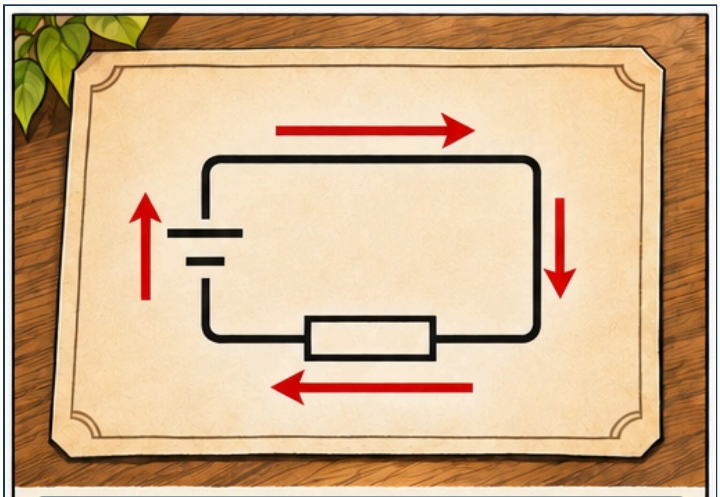
Hverken blokering eller lager



Strøm gemmes ikke i modstanden for at komme ud senere.



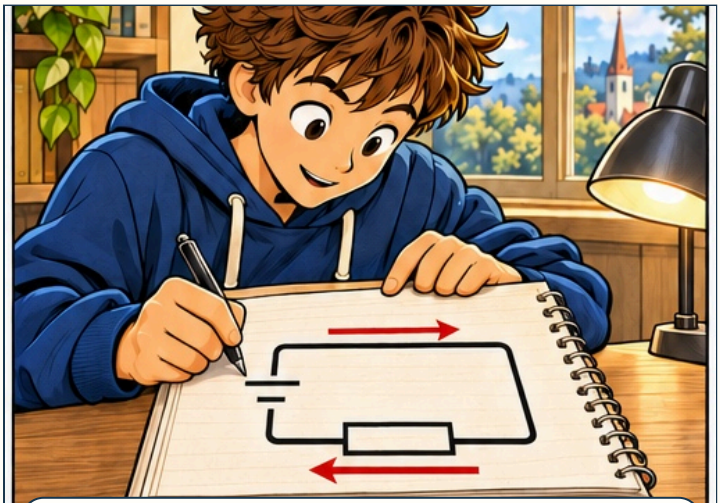
Modstanden forbruger ikke gradvist strømstyrken i sløjfen.



I stationær tilstand er strømmen ens før og efter den.



Elektrisk energi omdannes, især til varme.

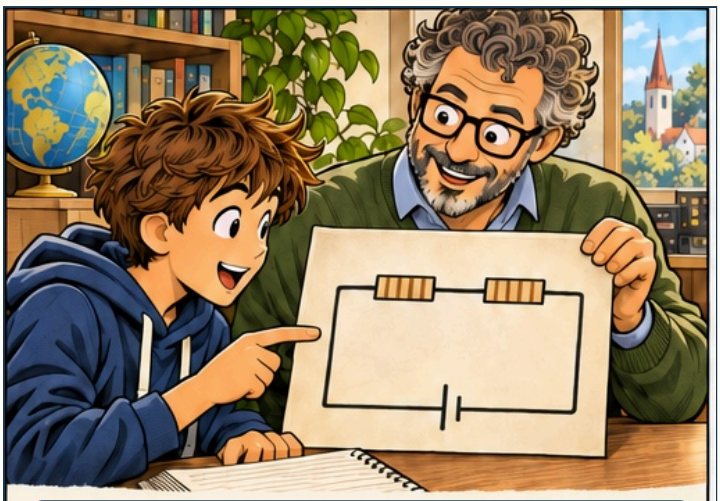


Drengen retter tegningen med mindre pile efter komponenten.



Modellen passer bedre til observationerne.

To modstande i serie



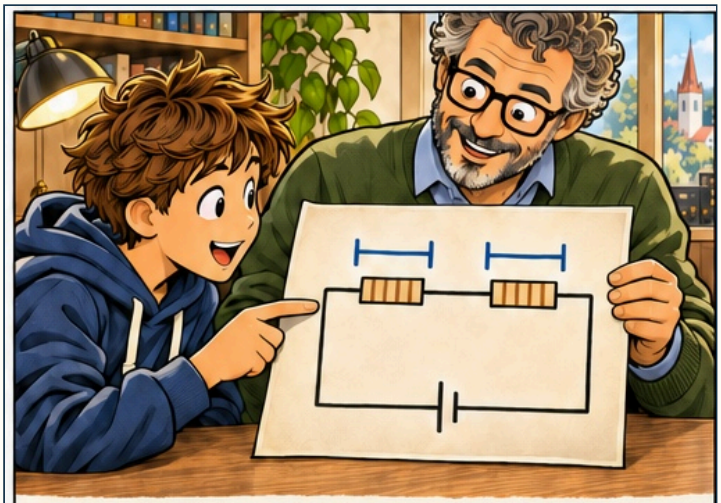
På papiret følger to modstande på 100 Ω efter hinanden.



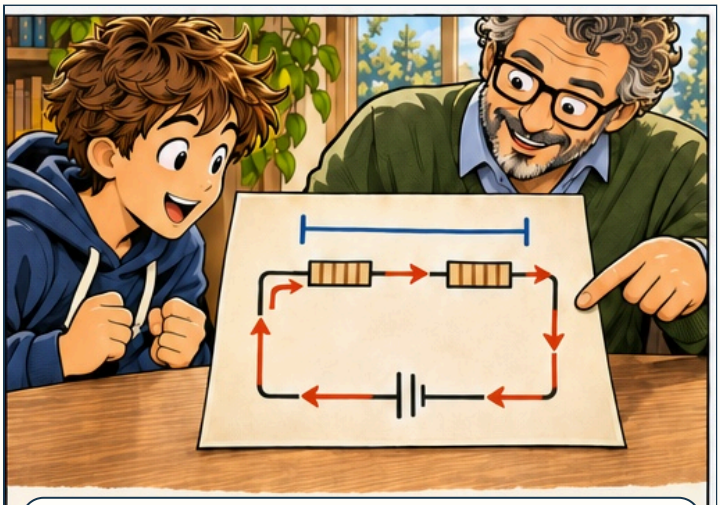
I serie er erstatningsmodstanden 100 Ω + 100 Ω = 200 Ω.



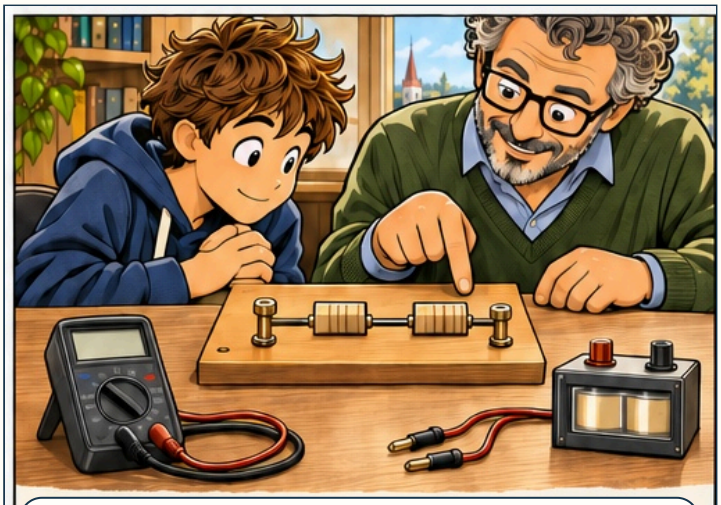
Ved 3 V er den ideelle sløjfestrøm derfor 15 mA.



Hver modstand har da 1,5 V over sig.

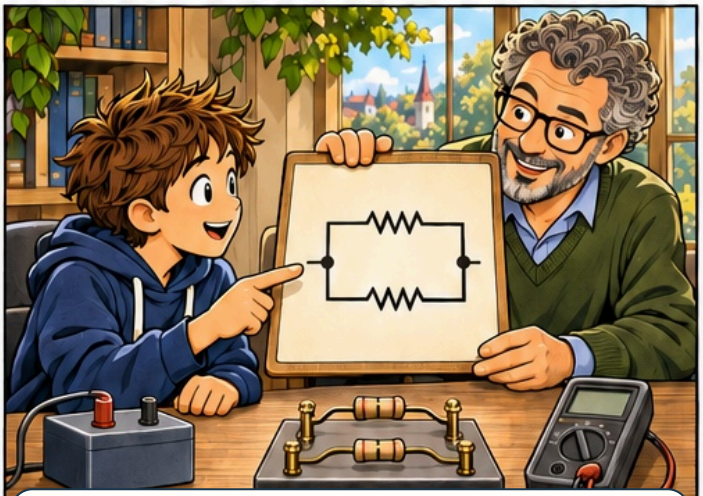


Spændingerne lægges sammen; samme strøm går gennem begge.

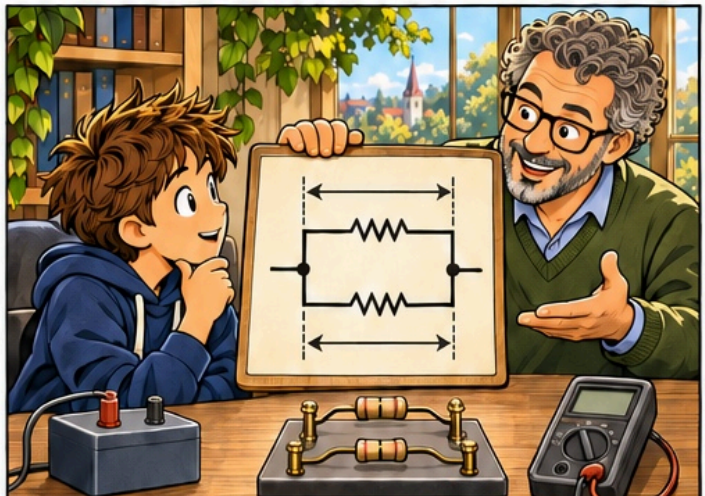


De prøver det med egnet udstyr, ændret uden forsyning.

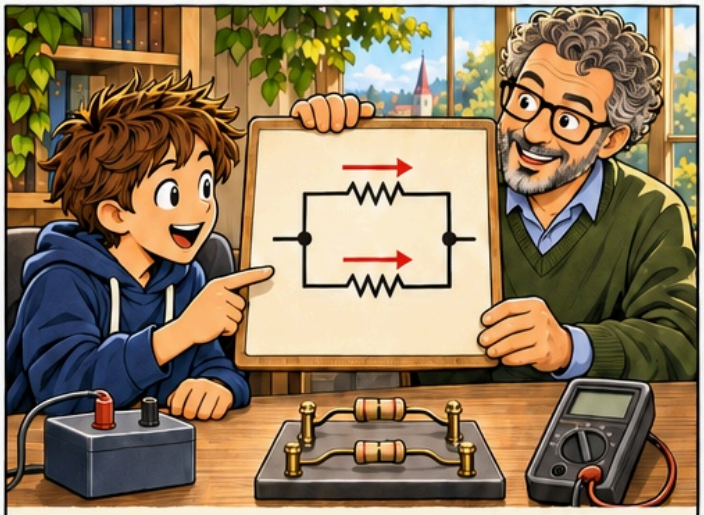
To parallelle veje



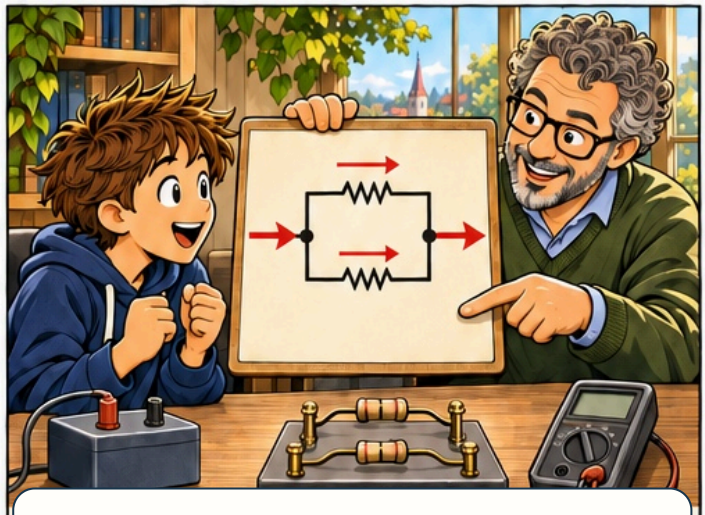
En anden tegning viser to modstande på 100 Ω i parallelle grene.



Hver gren får samme 3 V.



Hver modstand fører ideelt 30 mA.



I alt bliver det 60 mA: grenstrømmene lægges sammen.

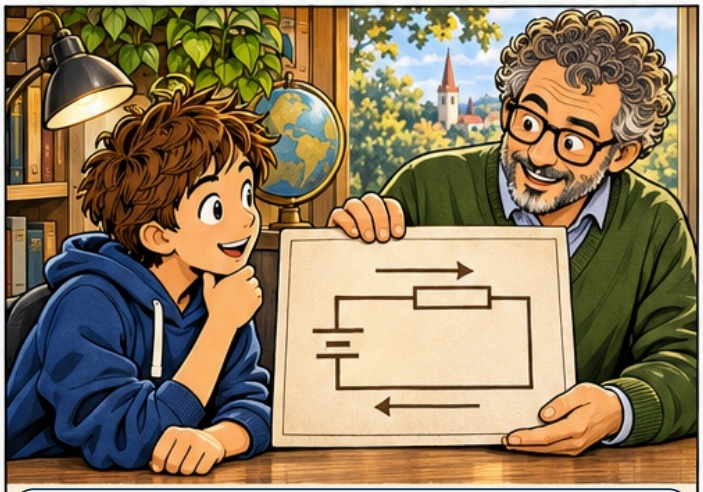


Erstatningsmodstanden er 3 V ÷ 0,060 A = 50 Ω.

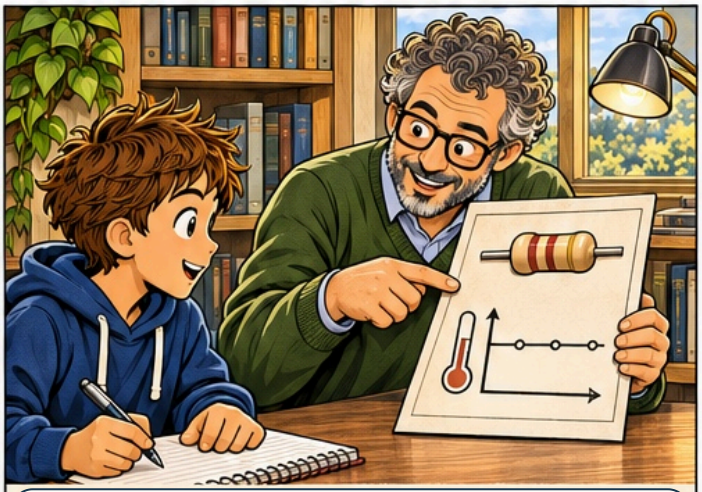


Det gælder dette kredsløb; man får det ikke ved at lægge modstandene sammen.

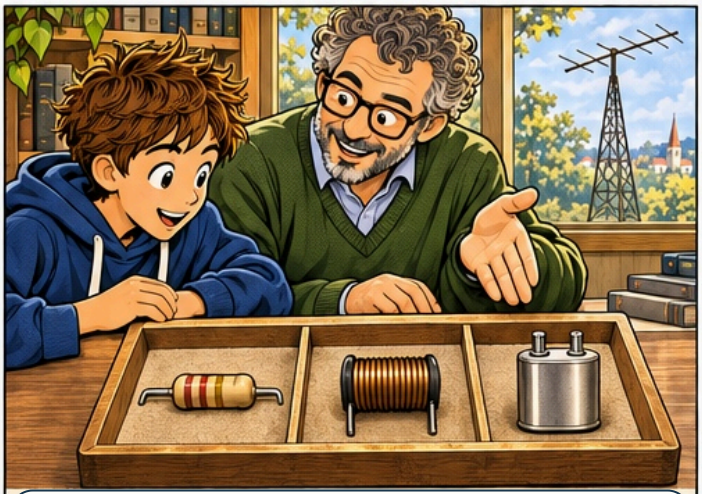
Modellens gyldighed



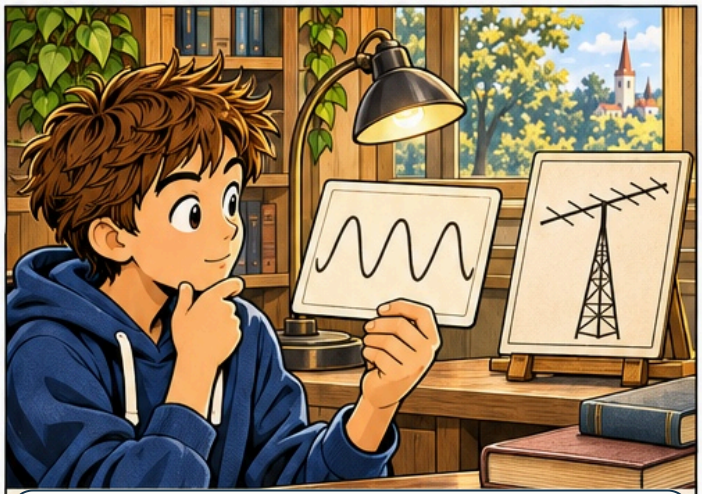
Beregningerne gælder ohmske modstande ved jævnstrøm.



Temperatur og komponentegenskaber er stadig vigtige.



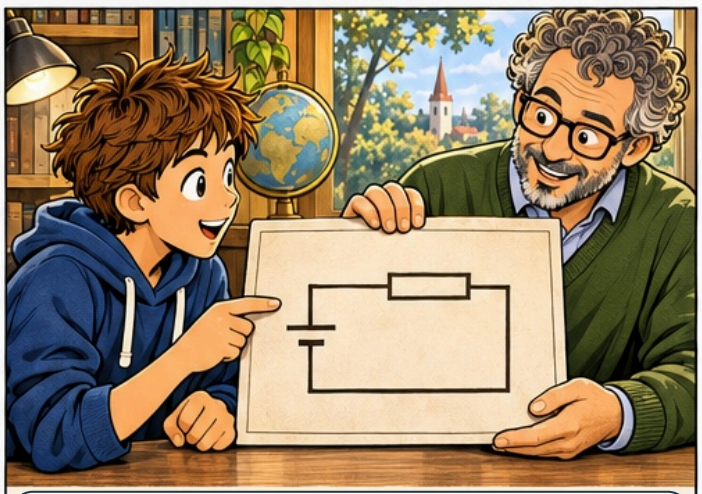
Spole, kondensator eller antenne kan ikke altid reduceres til denne modstand.



Ved radiofrekvens fører andre virkninger til impedans.



Drengen gemmer spørgsmålet til et nyt eventyr.



At forstå en model er også at kende dens grænser.

Energi har også en beregning



Demonstrationen skal også medregne afsat effekt.



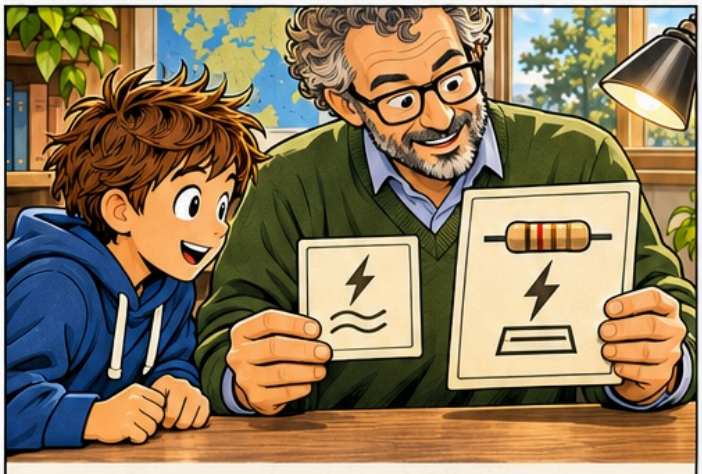
Ved jævnstrøm er P = U × I, med P i watt W.



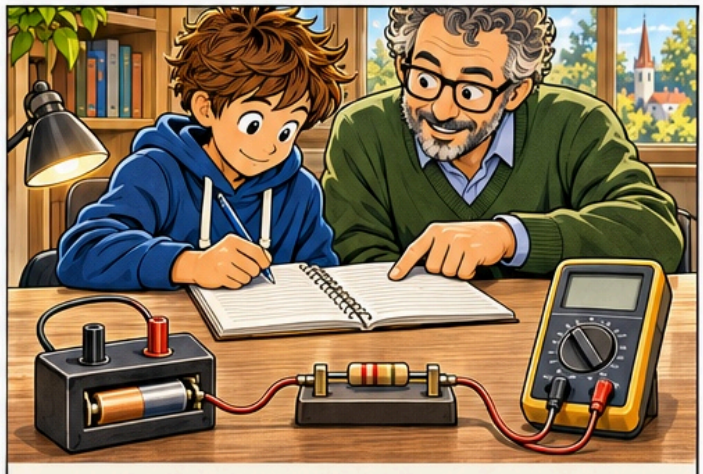
For 3 V og 0,030 A er P = 0,090 W.



I en modstand bliver energien hovedsageligt til varme.



Komponentens tilladte effekt skal overholdes.



Også et lille kredsløb kræver denne kontrol.

Vælg med margin



Ved højst 4,5 V giver 100 Ω ideelt 45 mA.



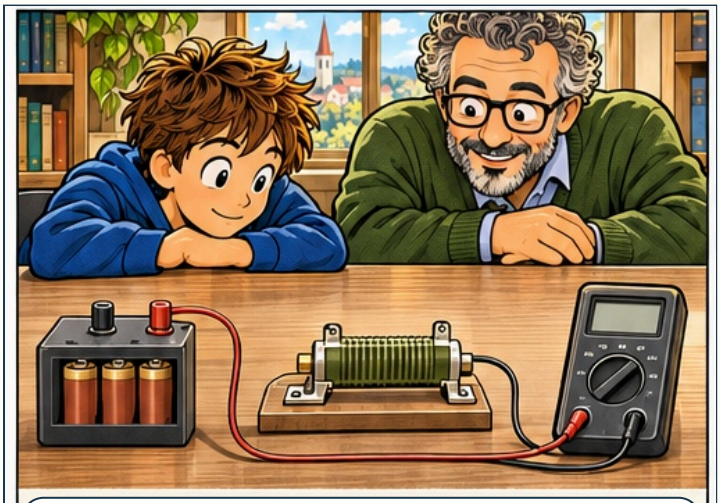
Den beregnede effekt er 4,5 × 0,045 = 0,2025 W.



Modstanden på 1 W giver margin til det planlagte forsøg.



Angivelsen afhænger også af fabrikantens driftsbetingelser.



De tjekker aldrig varme ved at røre en strømført komponent.



Henri holder udstyrets grænser centrale i valget.

Den mystiske modstand



Mentoren giver en sidste gåde på et kort.



En ohmsk modstand har 3 V ved 0,020 A.



Drengen beregner R = 3 ÷ 0,020 = 150 Ω.



Dernæst kontrollerer han P = 3 × 0,020 = 0,060 W.



Han forklarer hvert trin uden at gætte det ønskede svar.



Gåden viser hans metode.

Når målingen afviger lidt



Et måleresultat kan afvige lidt fra idealet.



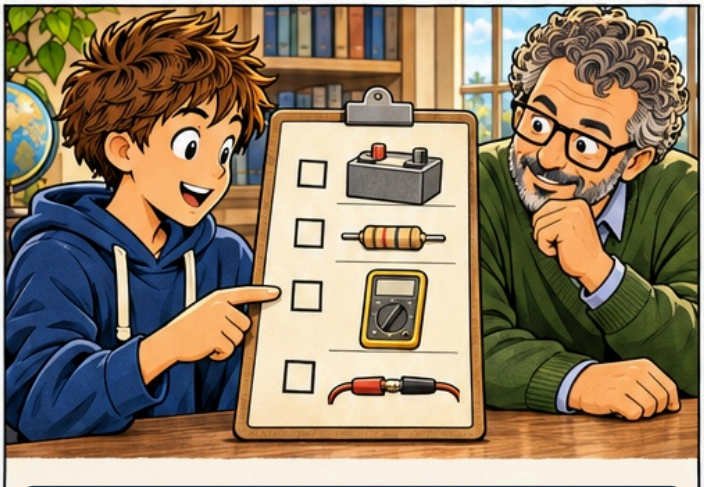
Modstanden har tolerance, og kilden en virkelig spænding.



Måleren har også grænser og kan påvirke kredsløbet.



Dårlige kontakter kan ændre observationen.



De sammenligner forhold før de erklærer loven forkert.



Drengen noterer en forklarlig afvigelse frem for at ændre aflæsningen.

En fejl, der lærer



I et udkast finder drengen tusind gange for stor strøm.



Han prøver ikke at opnå den ved at ændre kilden.



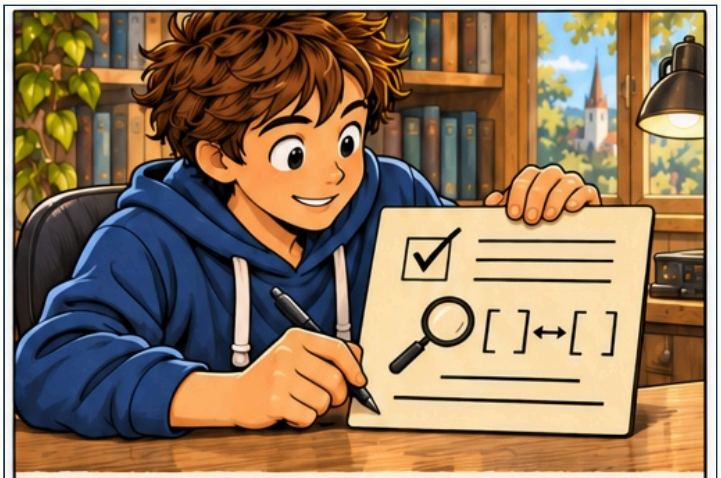
Enhedstjekket afslører milliampere brugt som ampere.



Kredsløbet forbliver frakoblet under kontrollen.



Efter omregning er størrelsesordenen igen rimelig.

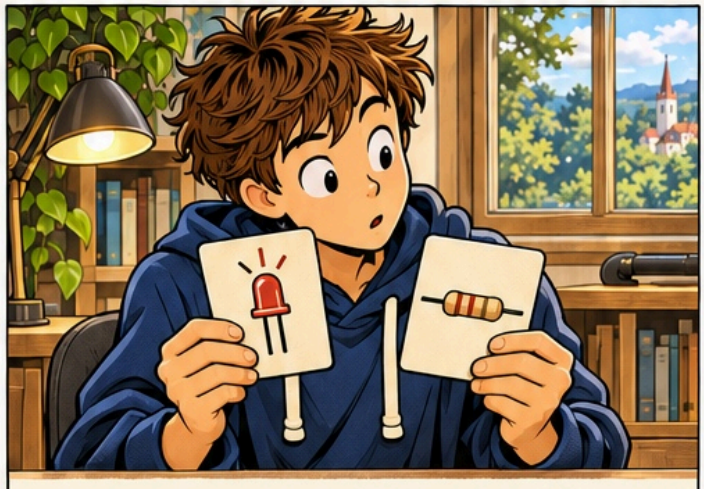


En erkendt fejl bliver en nyttig huskeregel.

Dioden stiller et nyt spørgsmål



I en nærliggende æske ser drengen en lysdiode.



Kan den behandles som en fast modstand?



Ledsageren forklarer dens ulineære forhold mellem spænding og strøm.



U = R × I med konstant R beskriver altså ikke enhver diode.



Den bliver i æsken; undersøgelsen kræver et egnet kredsløb.



At forstå loven hindrer også tankeløs anvendelse.

Temperaturen kan tælle



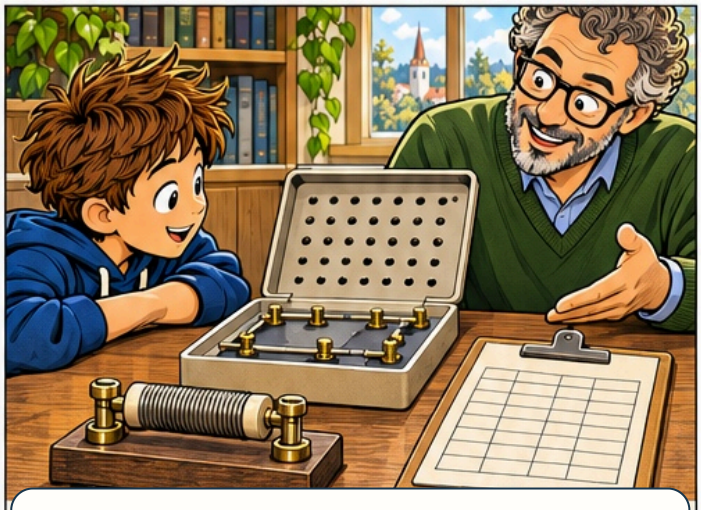
En glødelampe viser en anden adfærd.



Dens modstand ændres med temperaturen.



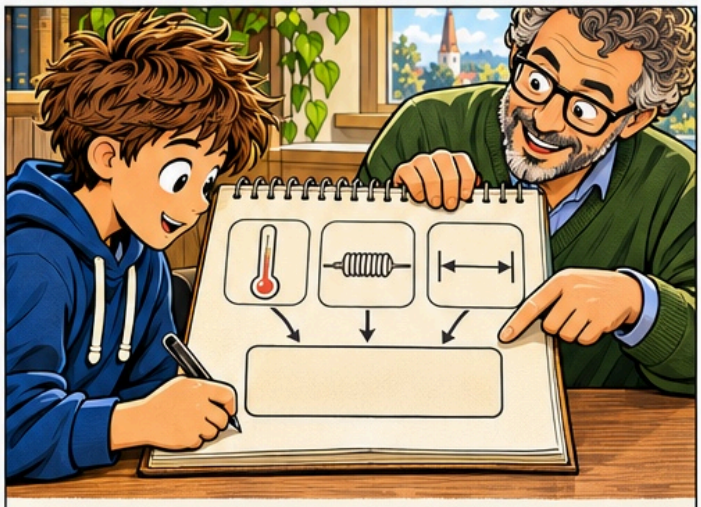
En øjebliksværdi er ingen universel konstant.



Deres egen modstand skal også holde normale driftsforhold.



De udfører intet opvarmningsforsøg for at bevise det.



Drengen skriver betingelser ved formlen.

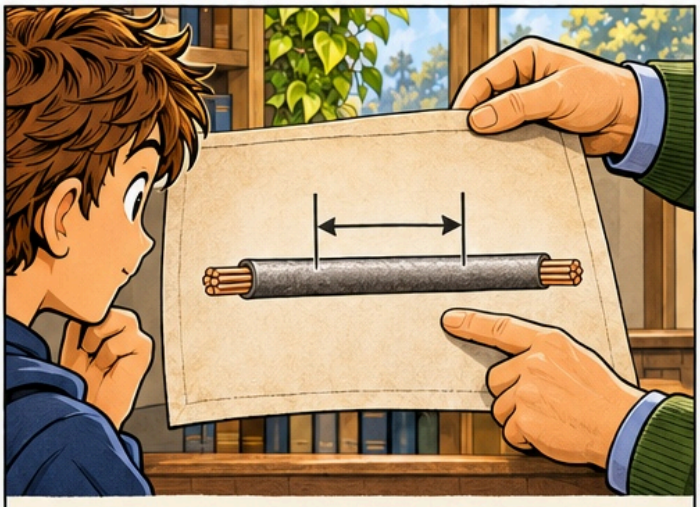
Helt ud i stationens ledninger



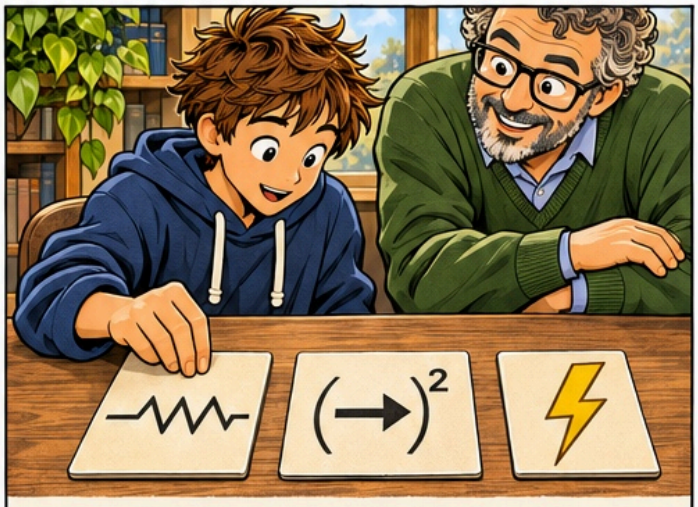
Drengen ser nu på kredsløbets ledninger.



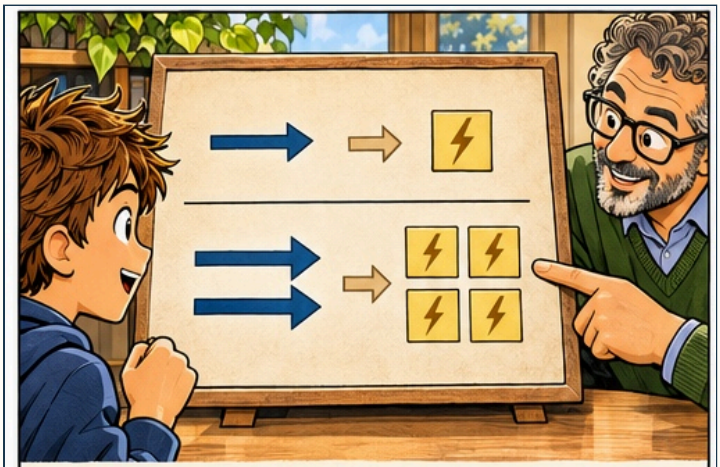
En virkelig leder kan også have modstand.



Strøm gennem den skaber et spændingsfald.



For en modstand gælder også $P = R \times I^2$.



Ved samme R firedobler dobbelt I effekten.



Han forstår egnede kabler og forbindelser bedre uden at ændre stationen.

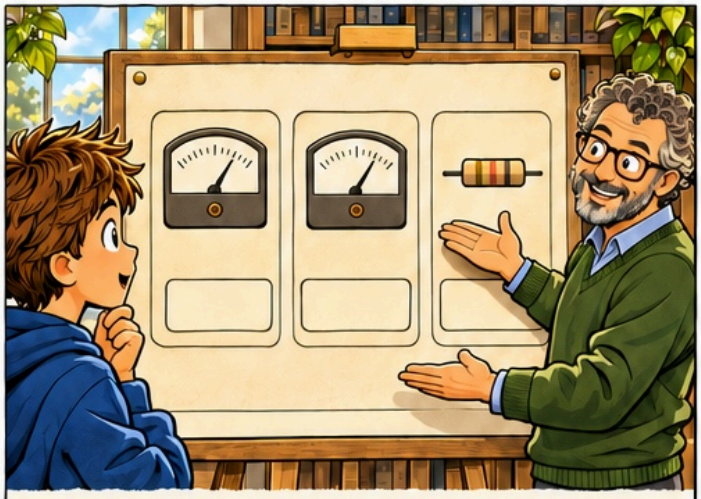
Forbered demonstrationen



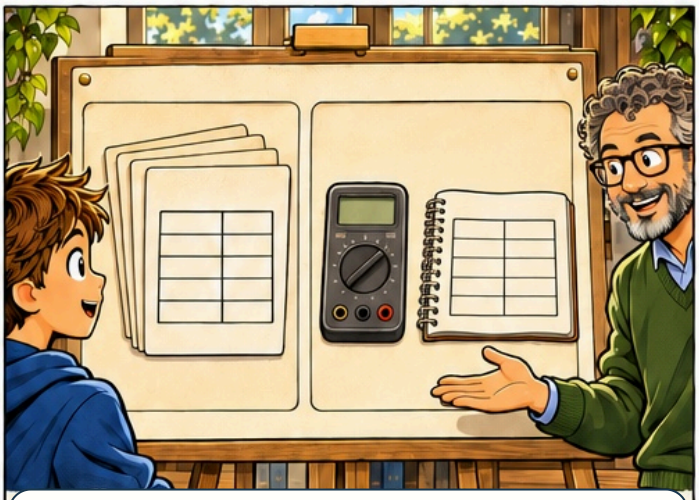
Besøgsaktiviteten nærmer sig.



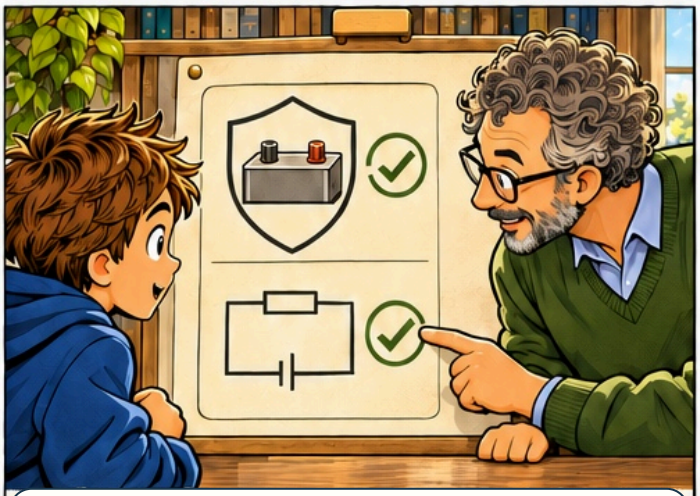
Drengen vælger ét kredsløb til det væsentlige.



Han præsenterer U, I og R med enheder.



Han bevarer et idealeksempel og et særskilt felt til målinger.



Tilslutningsregler og modelgrænser er synlige.



Historien starter med et spørgsmål som Ohms undersøgelse.

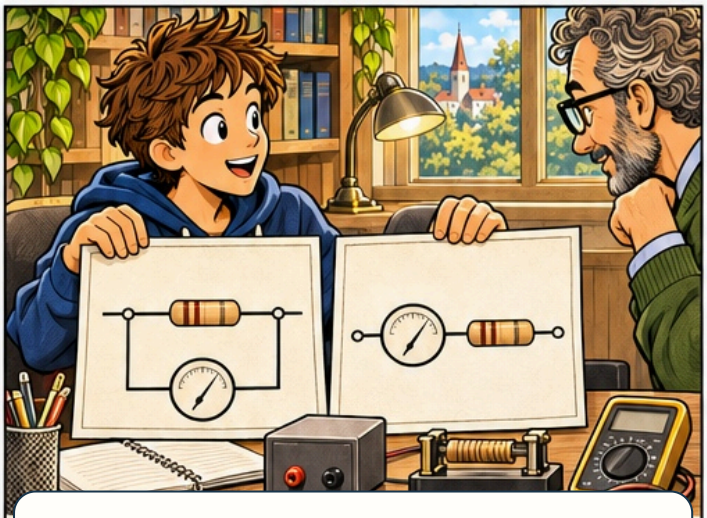
Fælles gennemgang



Henri spiller en nysgerrig besøgende.



Lucas forklarer, hvorfor spænding måles mellem to punkter.



Han skelner mellem voltmeterets og amperemeterets tilslutning.



Han husker: forbindelser ændres kun med frakoblet kilde.



Så begrunder han modstand og tilladt effekt.



Et svært spørgsmål gør forklaringen mere præcis.

Forudsig, mål, forstå



Prøven slutter med et forsøg inden for de planlagte grænser.



Drengen forudsiger strøm ud fra spænding og modstand.



Ledsageren kontrollerer kredsløbet og overvåger målingerne.



Så sammenlignes forudsigelse og observation med enheder.



Han forklarer nu små afvigelser uden opdigtede resultater.

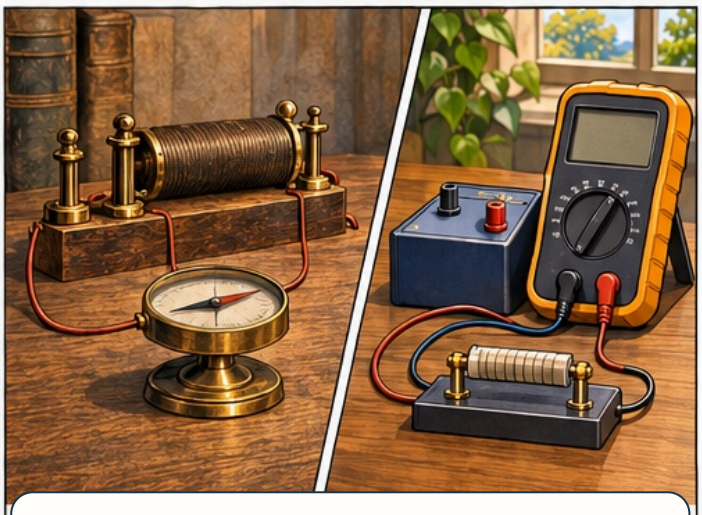


Bagefter frakobles kilden, og udstyret pakkes væk.

En opdagelse på rejse



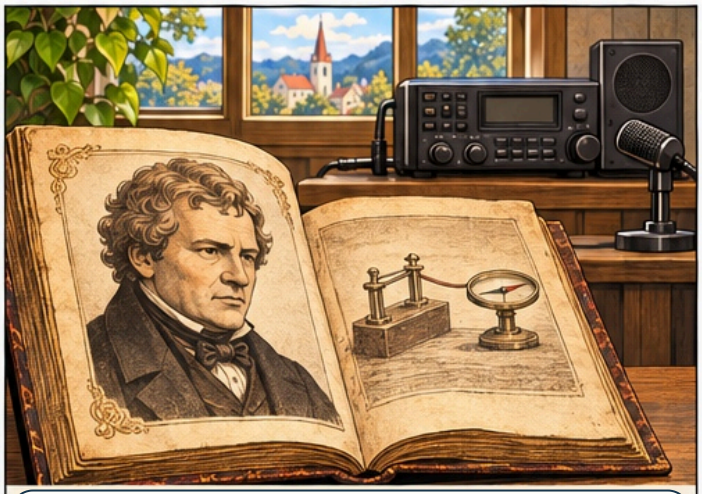
Lucas genåbner bogen ved Georg Simon Ohm.



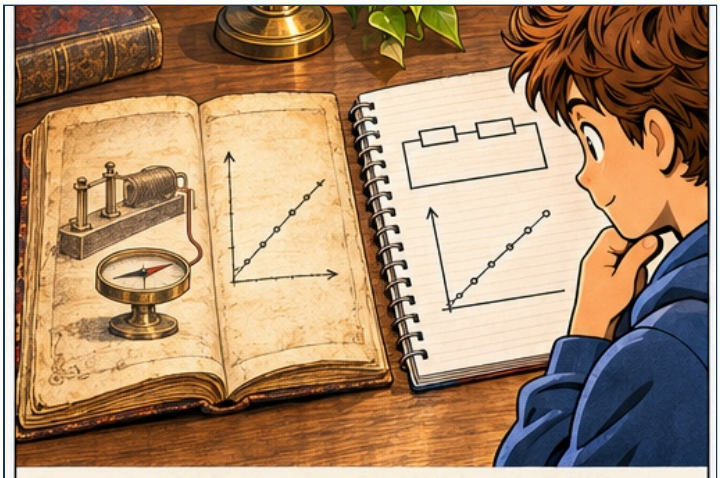
Fra den gamle værkstedstid til klubben er instrumenterne ændret.



Tålmodig observation er stadig genkendelig.



Ohm byggede ikke stationen, men hjælper med at forstå den.



Den moderne notesbog svarer forskerens forestillede notesbog.



En idé rejser langt, hvis vi bliver ved at spørge til den.

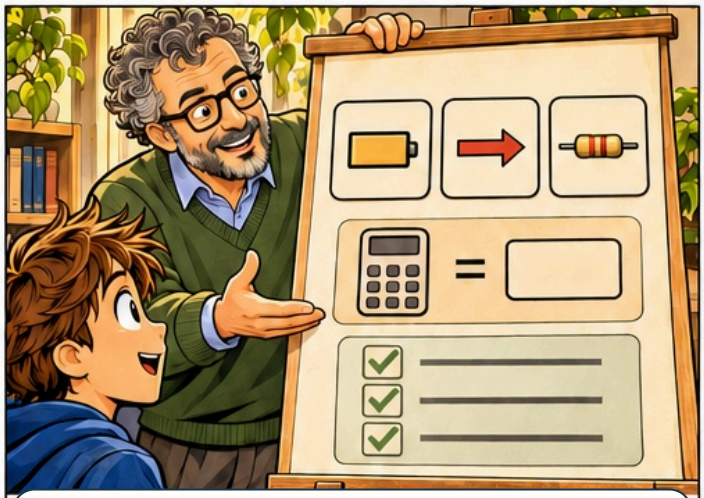
En formel bliver et værktøj



Modstanden kommer tilbage i æsken, ikke længere mystisk.



U = R × I forbinder størrelser, drengen nu kan skelne.



Han kan omregne, forudsige, måle og kontrollere modellens betingelser.



Han ved, en formel ikke erstatter metode eller udstyrsgrænser.



Henri smiler til demonstrationen, der er klar til at deles.



I klubben venter et nyt spørgsmål allerede på næste notesbog.