ON4CRD

Bind 07

Modstande



Radio Club Durnal ON4CRD

https://on4crd.be

Juridiske meddelelser

Bind 07 · Modstande

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

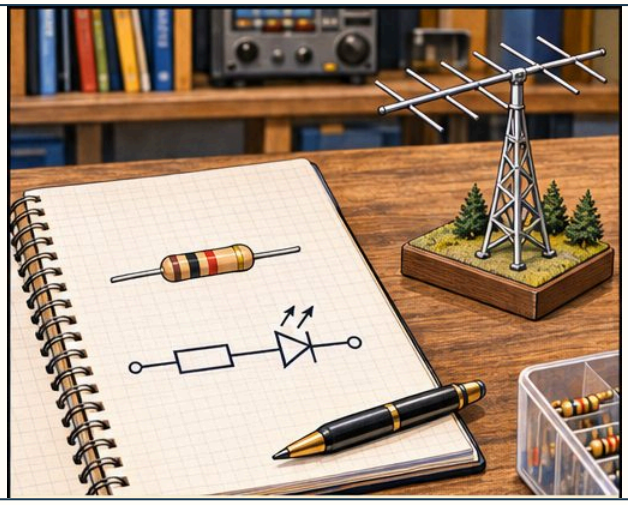
Klubben arbejder på at offentliggøre nyttig og verificeret information, men garanterer ikke fravær af fejl, udeladelser eller afbrydelser. Tekniske eller lovgivningsmæssige oplysninger skal kontrolleres mod officielle kilder, når de understøtter en beslutning.

Illustrationer skabt med hjælp fra kunstig intelligens.

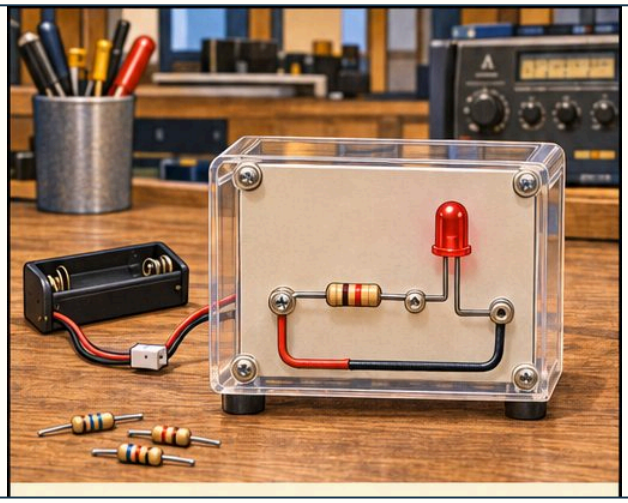
Standens kontrollampe



Lucas møder Henri for at forberede klubbens opdagelsesstand.



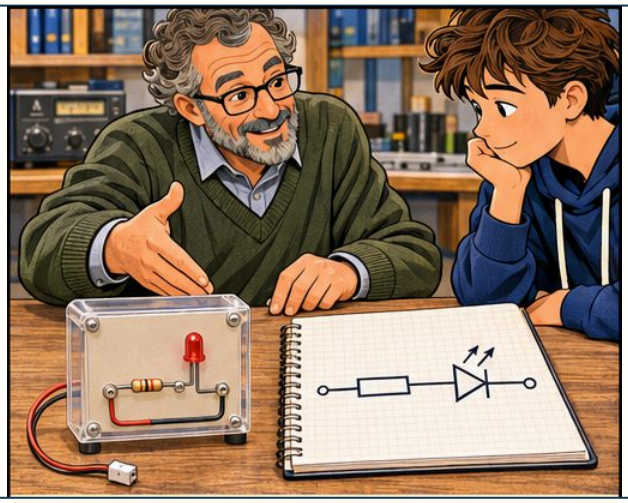
Efter antennerne får deres notesbog en meget mindre komponent.



Lampen på det lille demonstrationspanel lyser ikke længere.



«Skal vi skifte LED'en?» foreslår Lucas og åbner reservedelskassen.

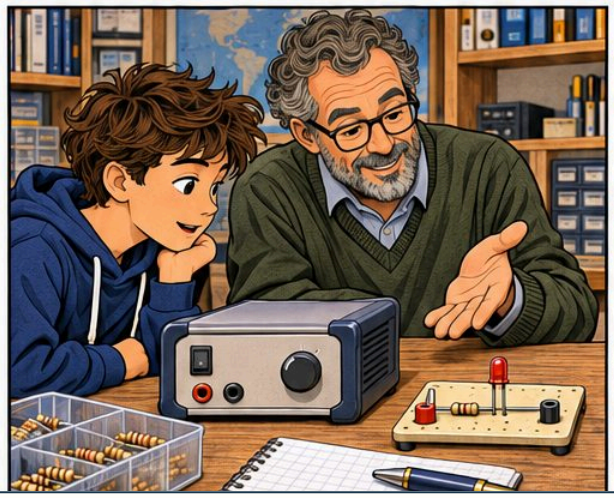


Henri vil forstå kredsløbet, før han udskifter noget.



Opgaven: få en pålidelig lampe og forklare hvert valg.

Afbryd før fejlsøgning



Panelet bruger en strømbegrænset undervisningsforsyning på 5 V.



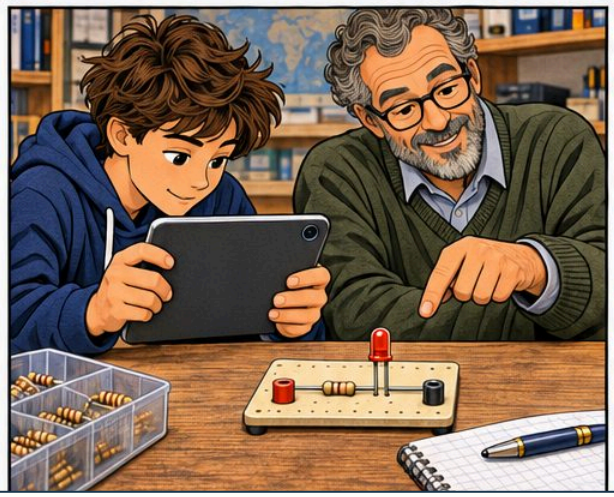
Henri slukker og frakobler forsyningen før ethvert indgreb.



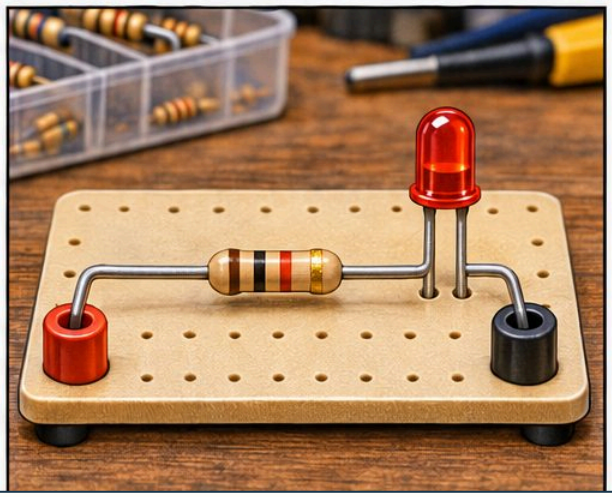
De venter på den foreskrevne afladning og kontrollerer spændingsløshed.



De åbner intet apparat tilsluttet elnettet under værkstedet.



Lucas fotograferer forbindelserne og følger panelets diagram.



En lille modstand i LED'ens strømvej fanger hans blik.

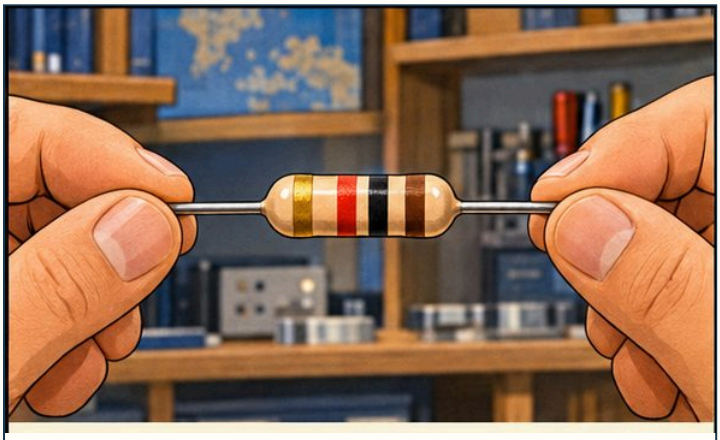
Ét navn, to betydninger



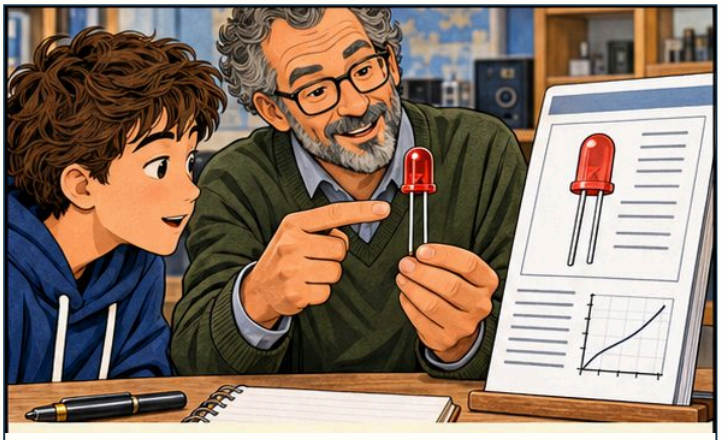
Modstand betegner både komponenten og den elektriske størrelse R.



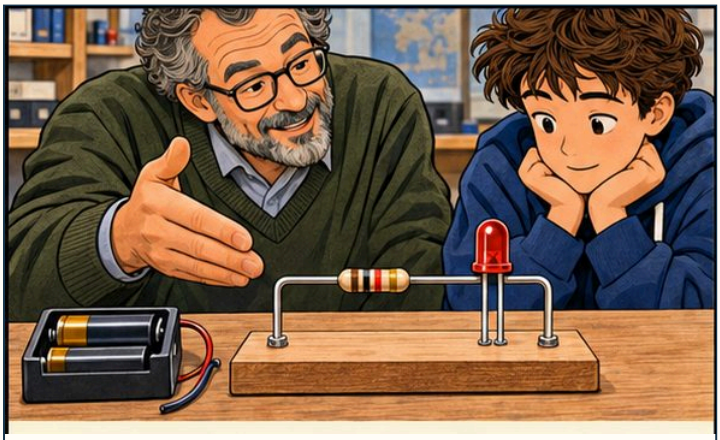
Størrelsen måles i ohm med symbolet Ω.



En almindelig modstand har ingen bestemt tilslutningsretning.



LED'en har derimod en polaritet, der skal overholdes.



Seriemodstanden hjælper med at begrænse strømmen gennem LED'en.

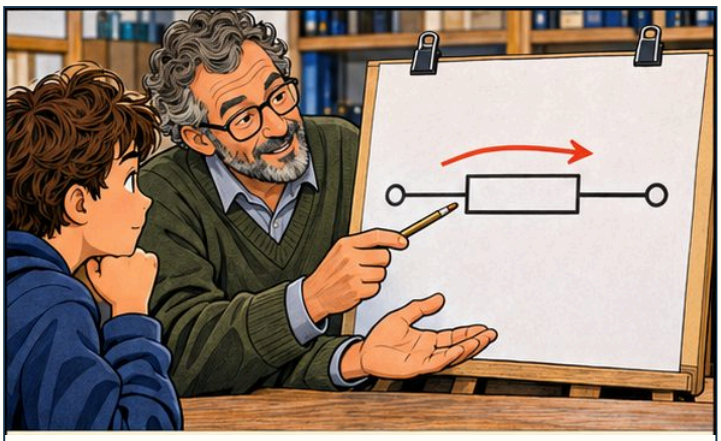


Lucas skelner delenes opgaver, før han leder efter fejlen.

Ohms lov igen



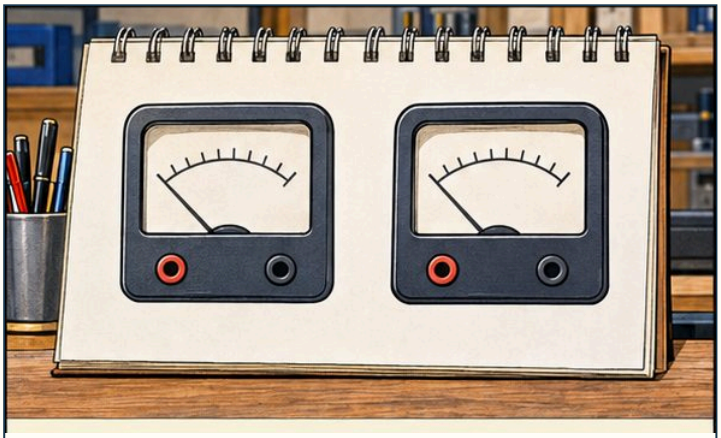
For en ohmsk modstand ved given temperatur gælder U = R × I.



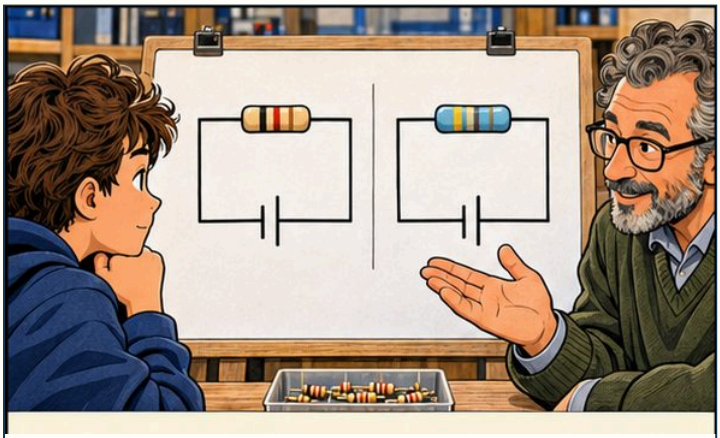
U er spændingen over den; I er strømmen gennem den.



Man kan også skrive I = U / R og R = U / I.



Her angives U i volt og I i ampere.



Ved samme spænding giver større R mindre strøm.

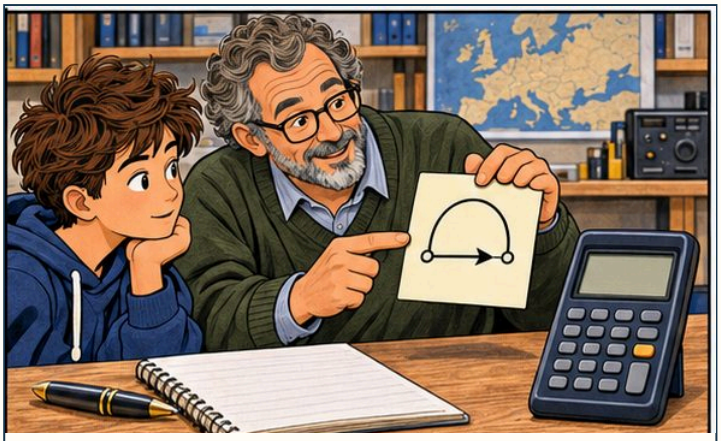


«LED'en er ikke en ohmsk modstand», minder Henri om.

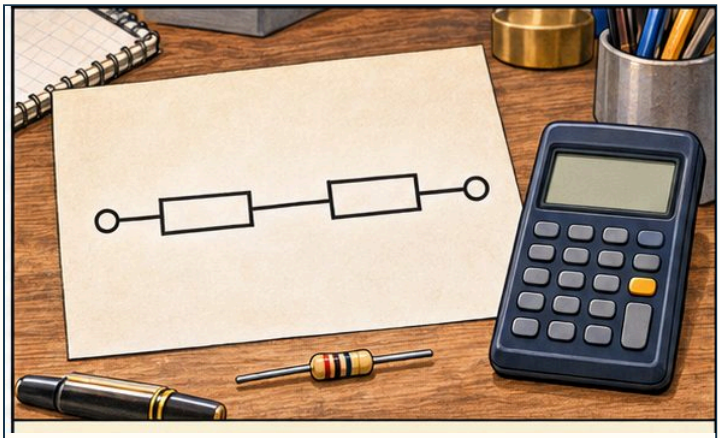
Enheder før tal



1 kΩ = 1 000 Ω; 1 MΩ = 1 000 000 Ω.



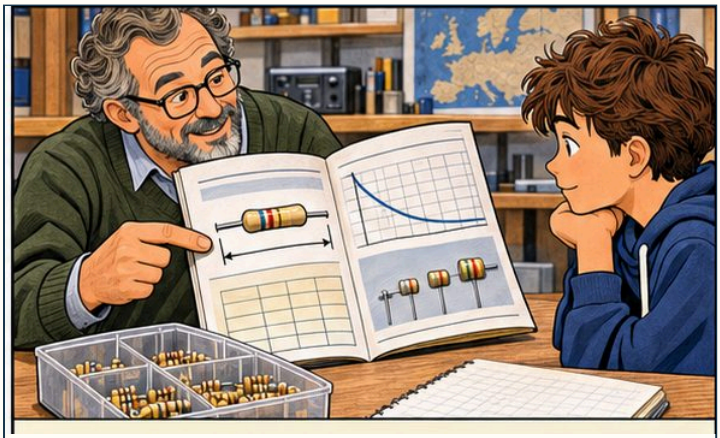
1 mA = 0,001 A: Lucas omregner før formlen bruges.



Med 5 V over 1 kΩ giver beregningen 5 mA.



På visse dele betyder 4K7 4,7 kΩ og 2R2 2,2 Ω.



Mærkningen afhænger af komponenten; dokumentationen er den rette reference.



Lucas omringer enhederne: et glemt præfiks kan ændre valget.

Læs før måling



Panelets modstand har farvede ringe.



Henri henter fabrikantens farvekort og en lup.



Først finder de antallet af ringe og deres afstand.



Toleranceringen er ofte adskilt fra de andre.



Er retningen uklar, kontrollerer de typen og den målte værdi.



En dårligt belyst farve er ikke nok til at vælge erstatning.

Fire ringe, fire roller



I den almindelige fireringskode giver de første to to cifre.



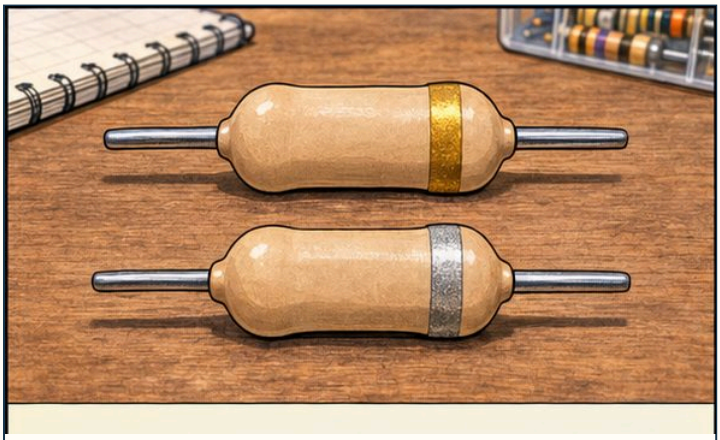
Den tredje ring er multiplikatoren.



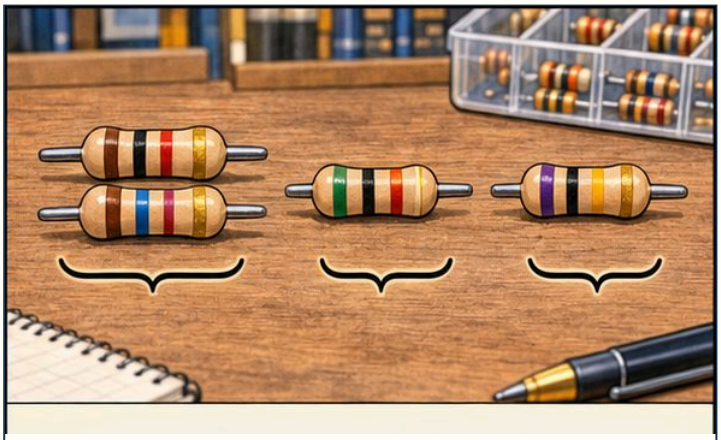
Den fjerde angiver den nominelle værdis tolerance.



De læser fra enden modsat toleranceringen.



Guld betyder her ±5%; sølv betyder ±10%.



«To cifre, en faktor og en margen», opsummerer Lucas.

Cifrenes farver



Sort er 0; brun 1; rød 2; orange 3; gul 4.



Grøn er 5; blå 6; violet 7; grå 8; hvid 9.



Farvens placering bestemmer dens rolle i koden.



Som multiplikator betyder rød ×100 og orange ×1 000.



Guld og sølv kan også gange med 0,1 og 0,01.



Lucas beholder kortet tæt på: forståelse slår gætteri.

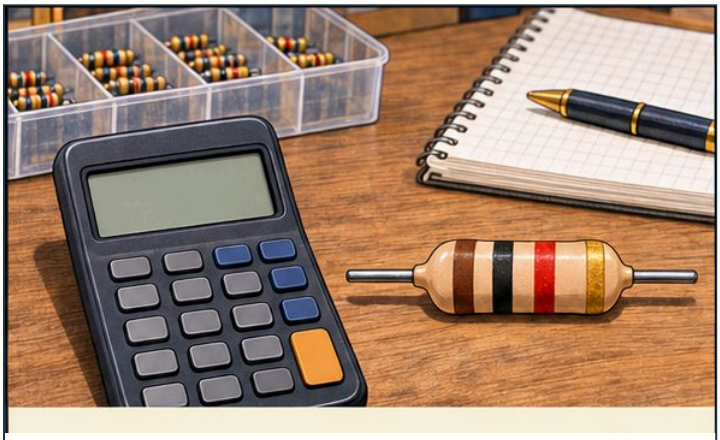
Den første afkodning



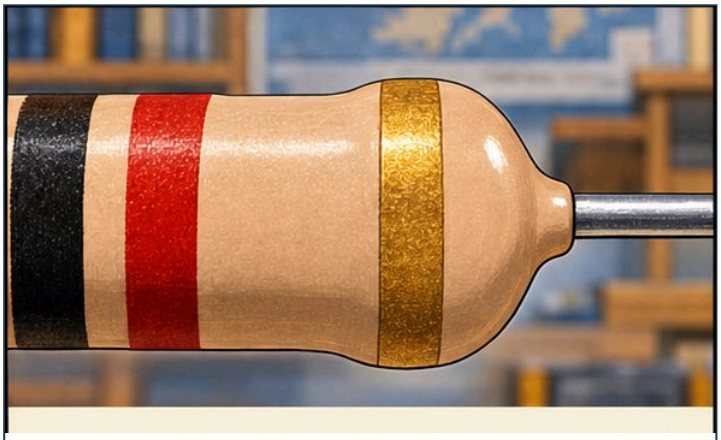
Et eksempel har brun, sort, rød og guld.



Brun efterfulgt af sort giver 10; rød ganger med 100.



10 × 100 = 1 000 Ω, altså 1 kΩ.



Guldringen tilføjer en tolerance på ±5%.



Den nominelle værdi lover altså ikke en helt nøjagtig værdi.

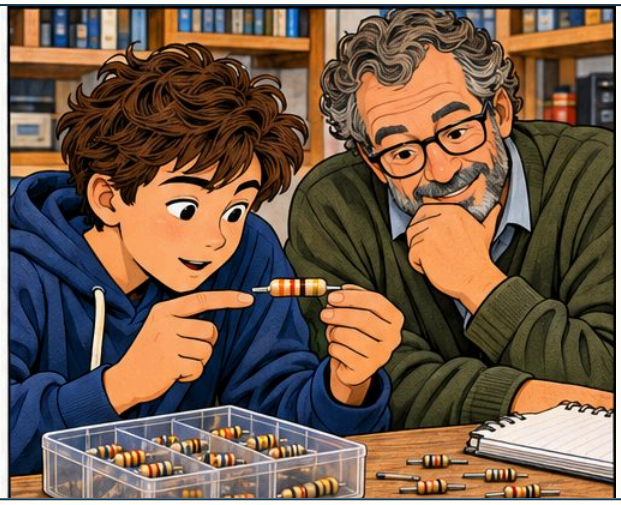


Lucas noterer værdi og tolerance hver for sig.

Lampens modstand



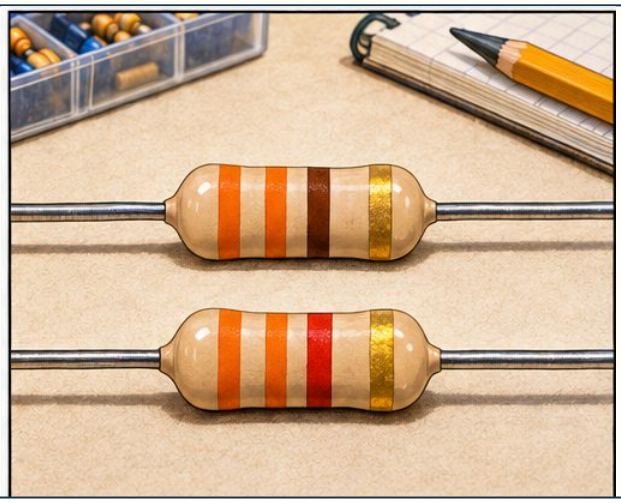
Panelets beskrivelse kræver orange, orange, brun og guld.



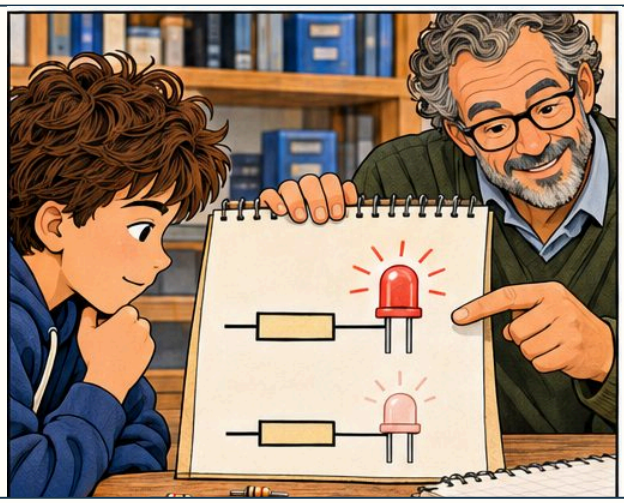
De første to ringe giver 33; brun betyder ×10.



Resultatet er 330 Ω med en tolerance på ±5%.



En rød tredje ring ville give 3 300 Ω, altså 3,3 kΩ.



Den forveksling ville sænke lampestrømmen kraftigt.



Henri gemmer begge eksempler til gæsternes værksted.

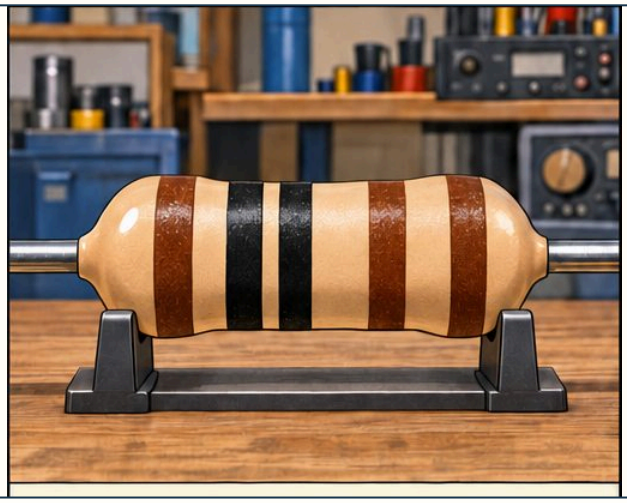
En ring mere



Den almindelige femringskode begynder med tre betydende cifre.



Den fjerde ganger; den femte angiver tolerancen.



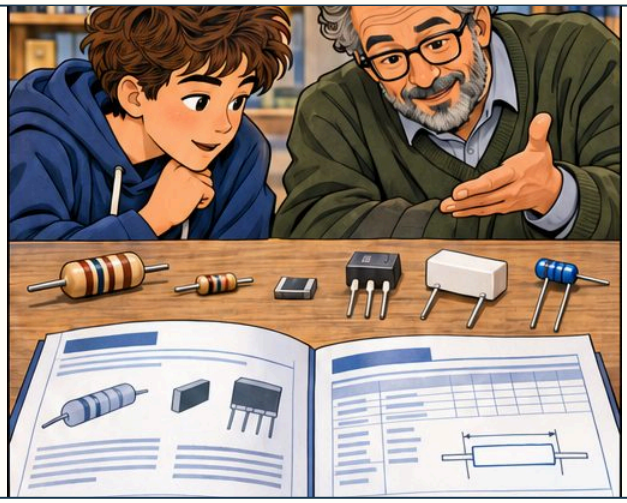
Brun, sort, sort, brun, brun giver 100 × 10 = 1 000 Ω.



Den sidste brune ring betyder her ±1%.

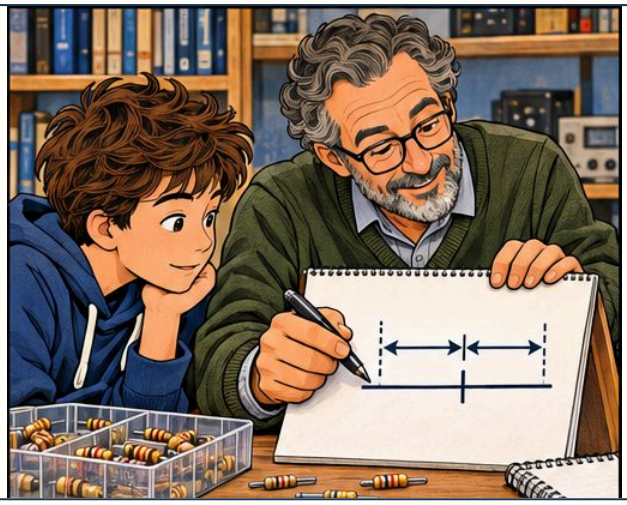


De læser derfor ikke fem ringe, som om der kun var fire.



Andre mærkninger findes: Henri anbefaler altid det korrekte datablad.

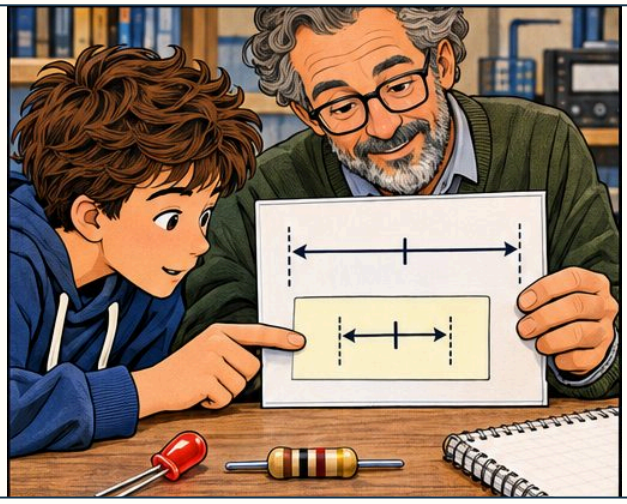
Forstå tolerancen



Ved 1 kΩ med ±5% er største nominelle afvigelse 50 Ω.



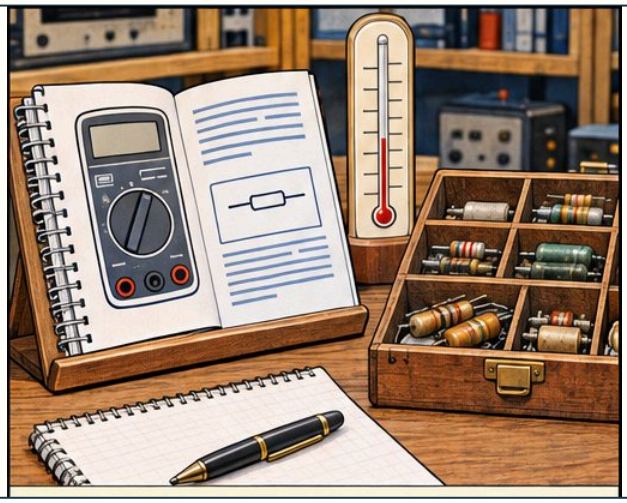
Det tilsvarende interval går fra 950 Ω til 1 050 Ω.



Ved 330 Ω med ±5% går det fra 313,5 Ω til 346,5 Ω.



Grænserne gælder under fabrikantens referencebetingelser.



Temperatur, ældning og måleusikkerhed tæller også.



Lucas forstår, hvorfor to gode dele kan give forskellige målinger.

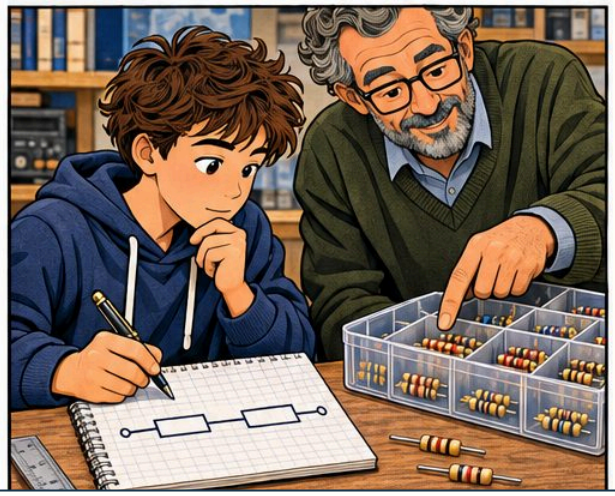
Vælg en tilgængelig værdi



Fabrikanter tilbyder standardiserede værdiserier.



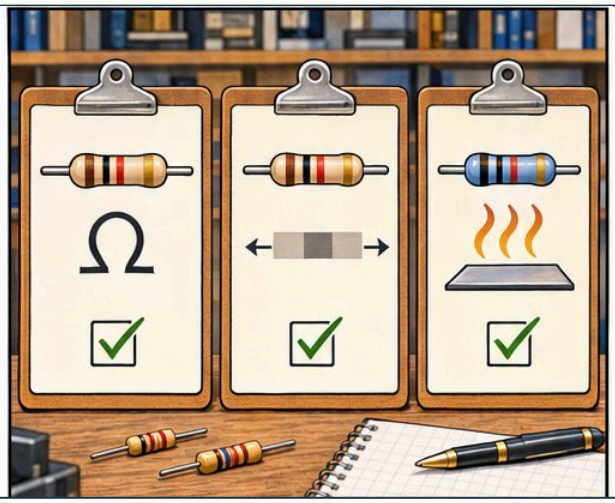
E12-serien indeholder blandt andet 270 Ω, 330 Ω og 390 Ω.



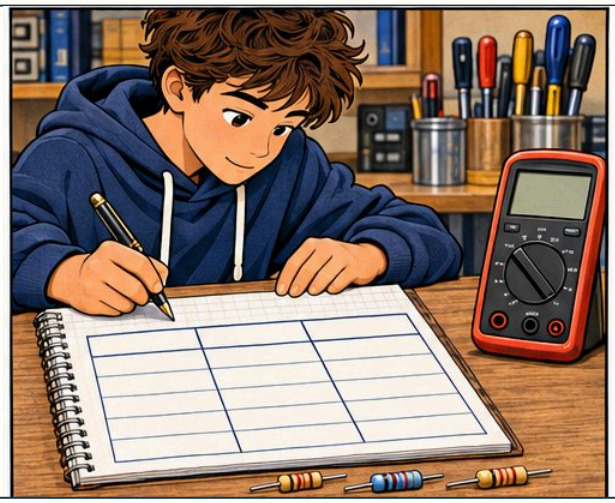
Et beregnet resultat svarer ikke altid til en del i skuffen.



De vælger efter ønsket funktion og beregner igen.



Værdi, tolerance og effekt er tre forskellige kriterier.

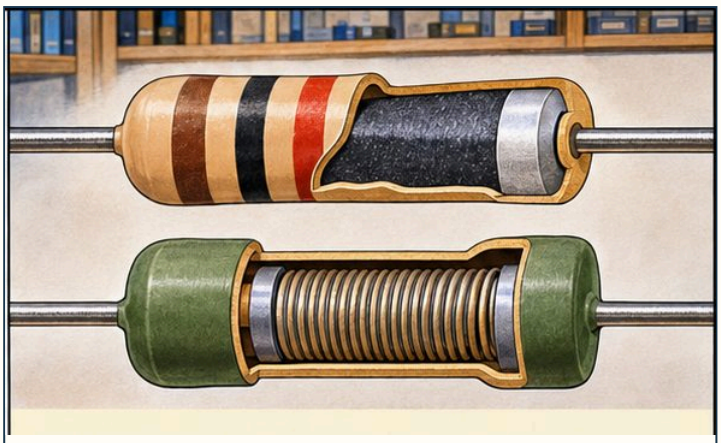


Lucas giver hvert kriterium en plads i styklisten.

Under samme navn



Modstande med samme værdi kan være forskelligt opbygget.



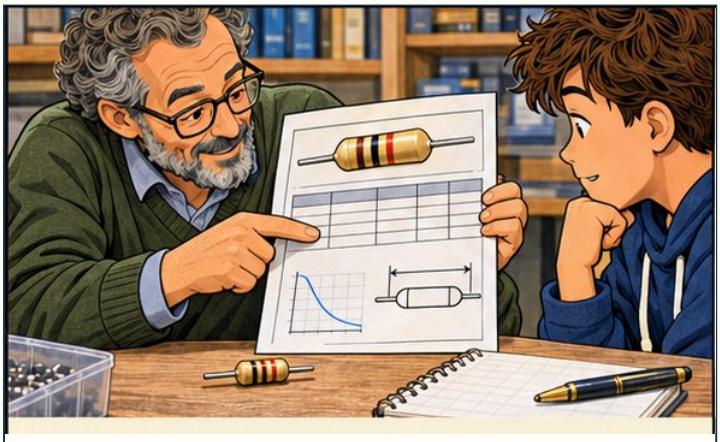
Henri viser filmmodstande og en trådviklet model.



Små SMD-modstande monteres direkte på printpladen.



Størrelsen alene afslører hverken tolerance eller alle grænser.

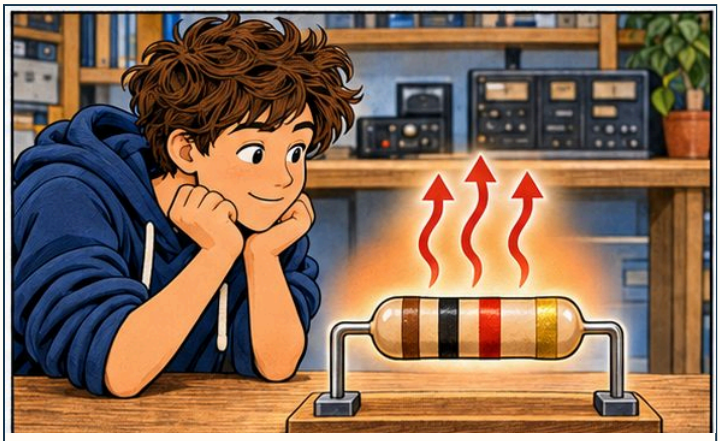


Databladet angiver effekt, maksimal spænding og driftsbetingelser.

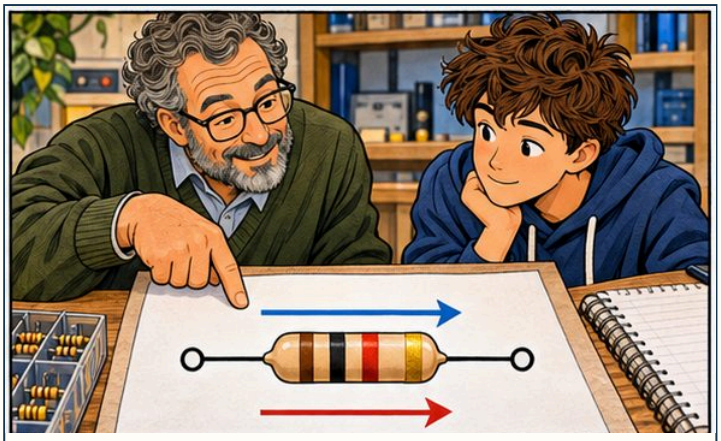


Til lampen vælger de en identificeret og dokumenteret del.

Hvor bliver energien af?



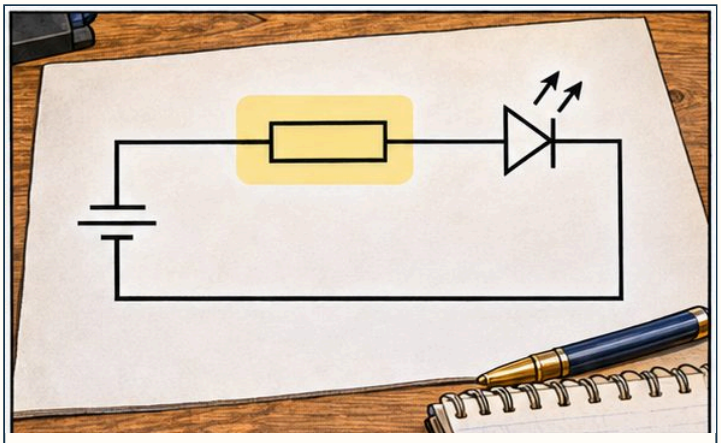
En modstand omsætter elektrisk energi til varme.



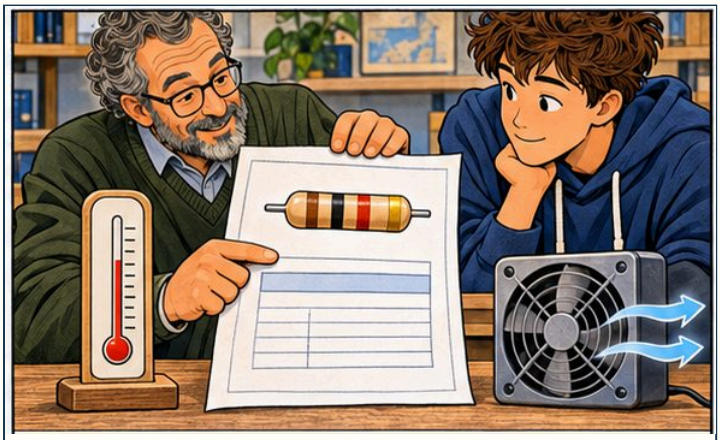
Dens afsatte effekt er P = U × I.



Med Ohms lov: $P = R \times I^2 = U^2 / R$.



Disse U og I tilhører den undersøgte modstand.



Mærkeeffekten er en grænse under bestemte betingelser.



«Flere watt betyder ikke flere ohm», konkluderer Lucas.

Et eksempel der varmer



På papir giver 12 V over 1 kΩ en strøm på 12 mA.



Effekten er $12^2 / 1\,000 = 0{,}144$ W.



En del på 0,25 W kan passe, hvis driftsbetingelserne tillader det.



De beholder en margen og kontrollerer omgivelsestemperaturen.

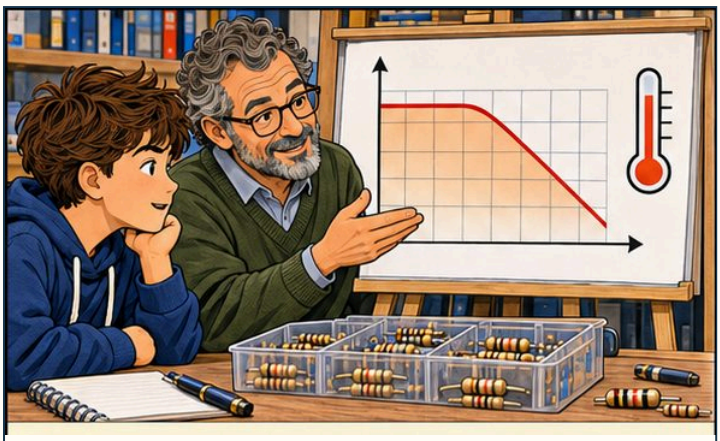


Et lukket kabinet eller en nær varmekilde kan ændre valget.



Der kræves intet opvarmningsforsøg for at forstå beregningen.

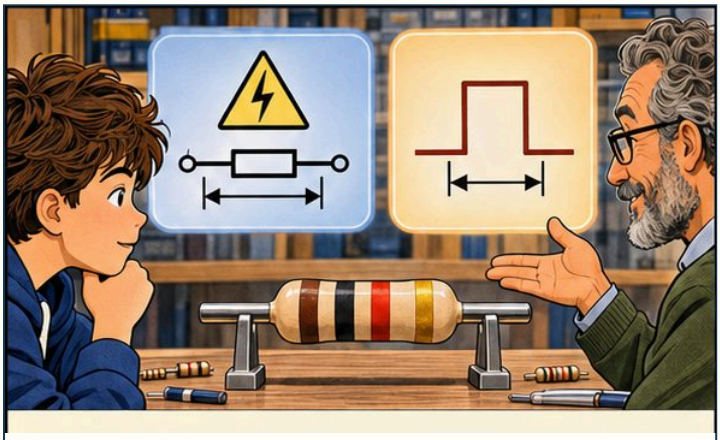
En grænse er ikke et mål



Deratingkurven kan sænke tilladt effekt ved høj temperatur.



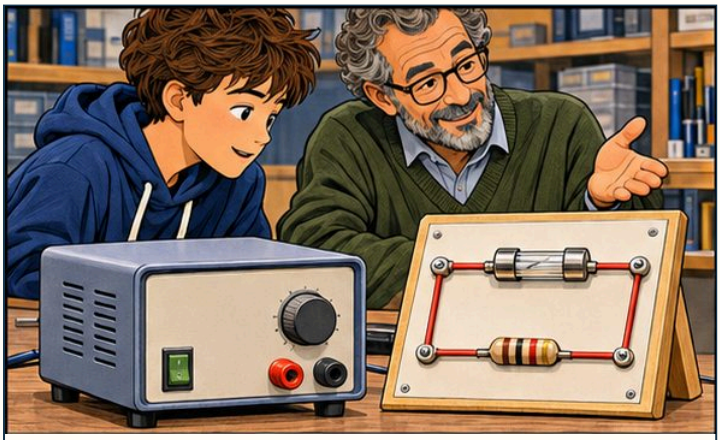
Henri viser kurven i den valgte models datablad.



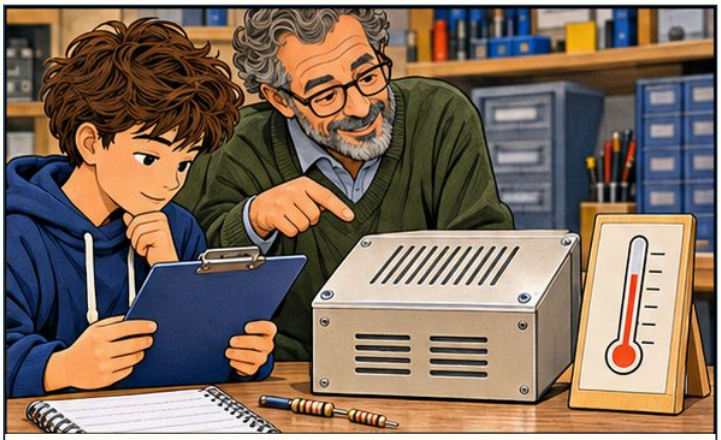
De kontrollerer også driftsspænding og eventuelle impulser.



En modstand til effektafsættelse erstatter ikke en sikring.

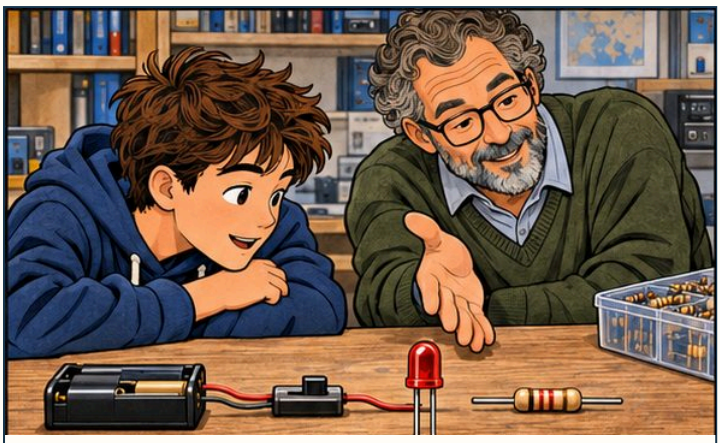


Panelet beholder den beskyttelse, konstruktøren har bestemt.

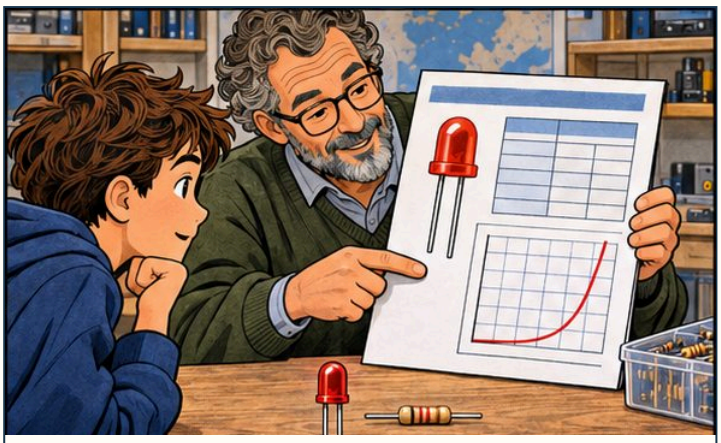


Lucas vælger med margen og kontrollerer derefter virkelige forhold.

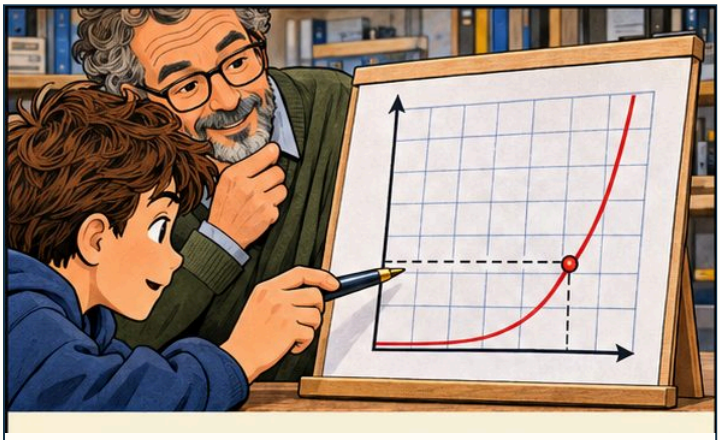
Forbered lampens beregning



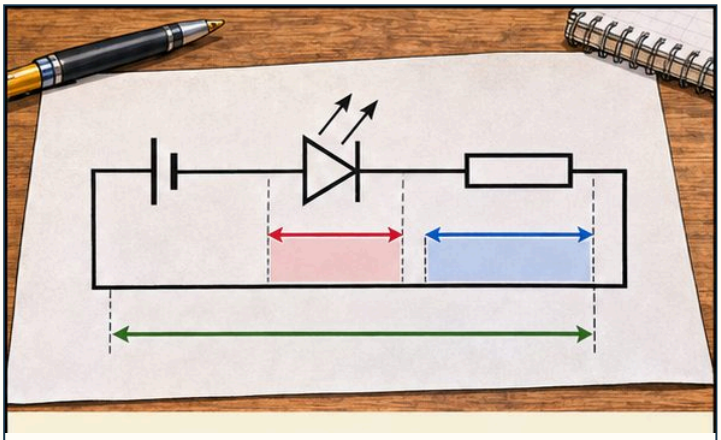
Eksemplet bruger en forsyning på 5 V og en rød LED.



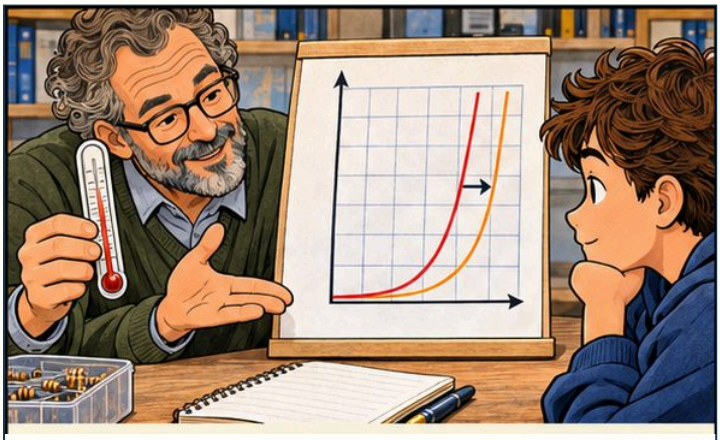
Denne LED's datablad understøtter cirka 2 V ved den undersøgte strøm.



De sigter efter 10 mA inden for modellens grænser.



Over seriemodstanden ligger da cirka 5 − 2 = 3 V.

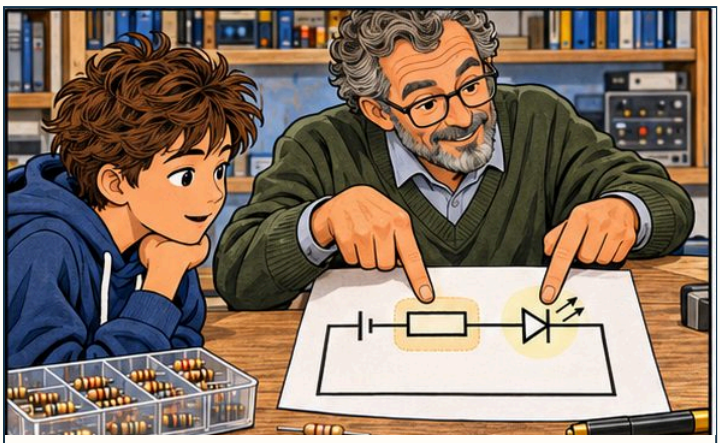


En LED's fremspænding afhænger af strøm og temperatur.

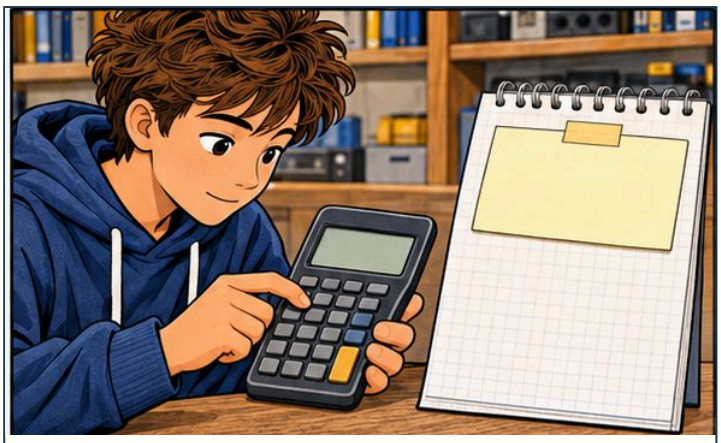


Antagelserne bruges til beregningen og gælder ikke alle LED'er.

Den teoretiske værdi



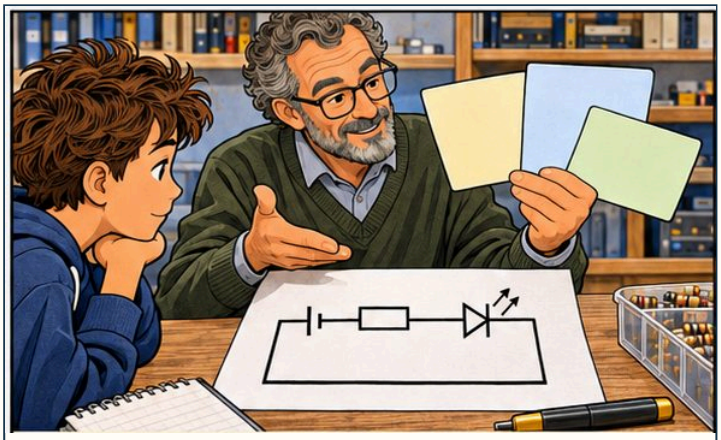
For seriemodstanden: R = (Uforsyning − ULED) / I.



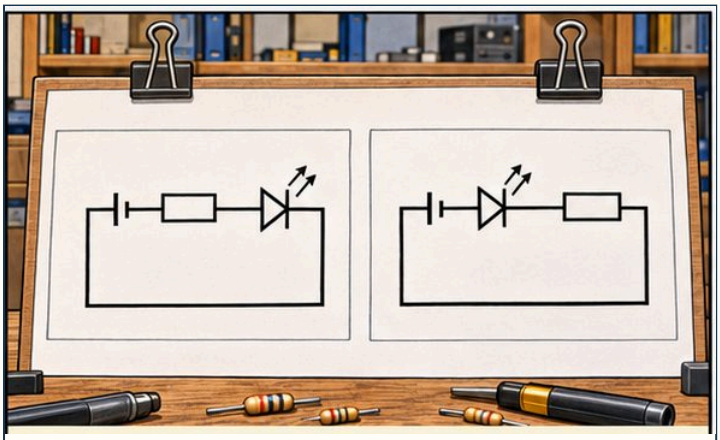
Lucas omregner: 10 mA = 0,010 A.



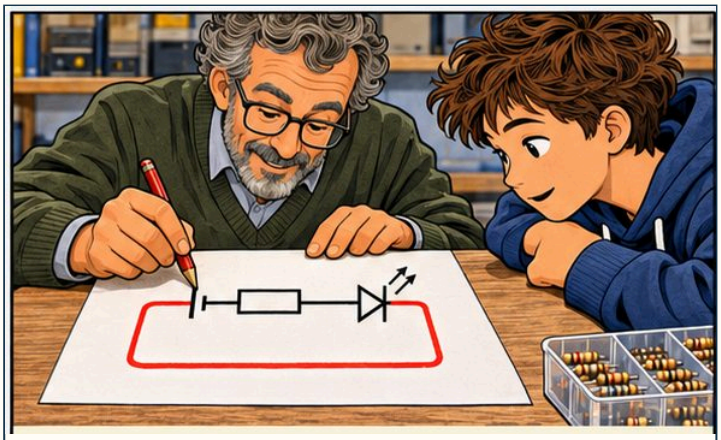
Han beregner R = (5 − 2) / 0,010 = 300 Ω.



Værdien forudsætter eksemplets spændinger og den ønskede strøm.



Modstanden kan sidde før eller efter LED'en i samme seriekreds.

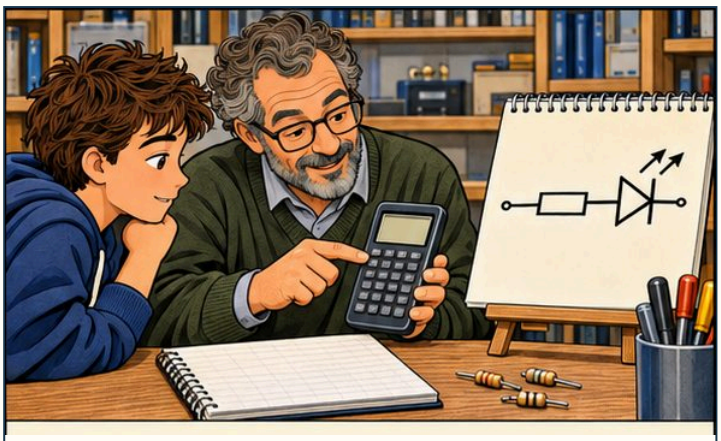


Henri ser især efter stier, som omgår modstanden.

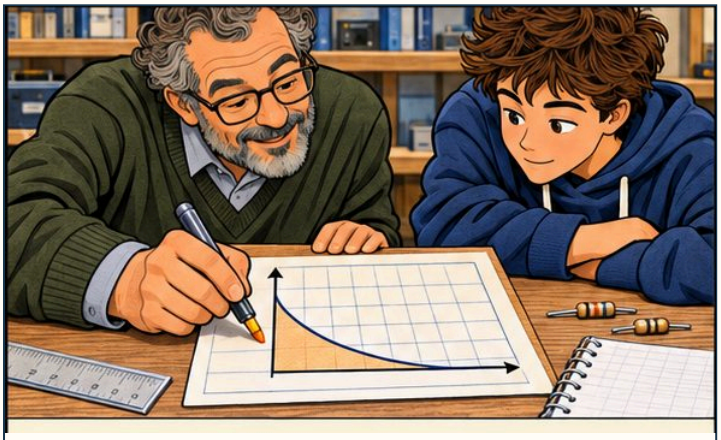
Fra beregning til skuffe



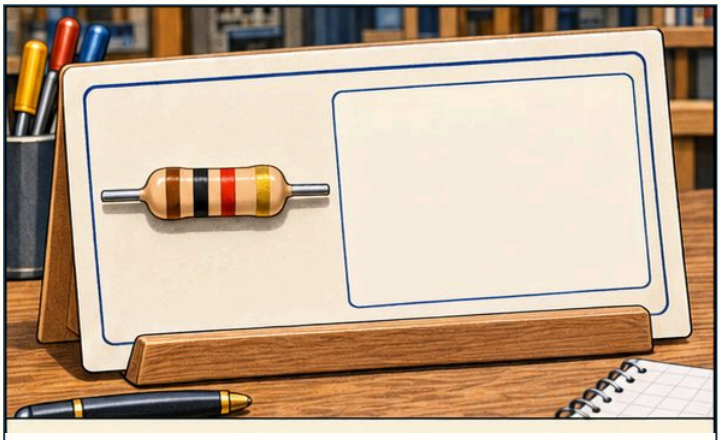
Fra lageret vælger de 330 Ω frem for 270 Ω.



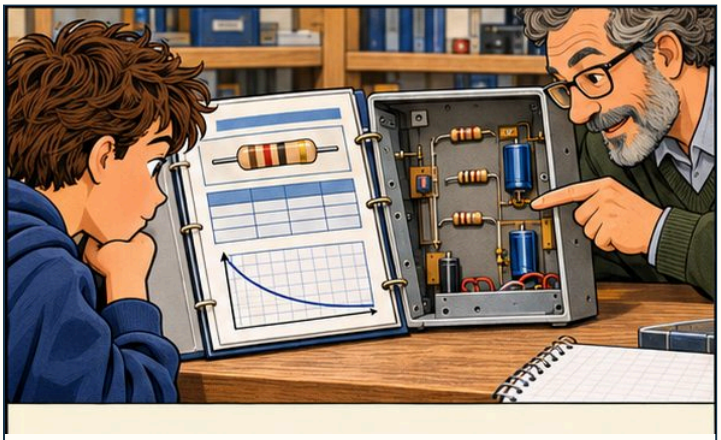
Med samme antagelser er I ≈ 3 / 330 ≈ 9,1 mA.



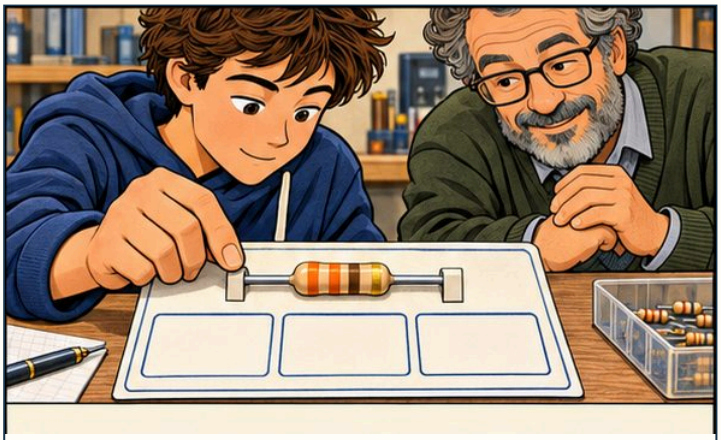
Modstandens effekt er cirka 3^2 / 330 ≈ 0,027 W.



En kendt del på 0,25 W giver her god termisk margen.

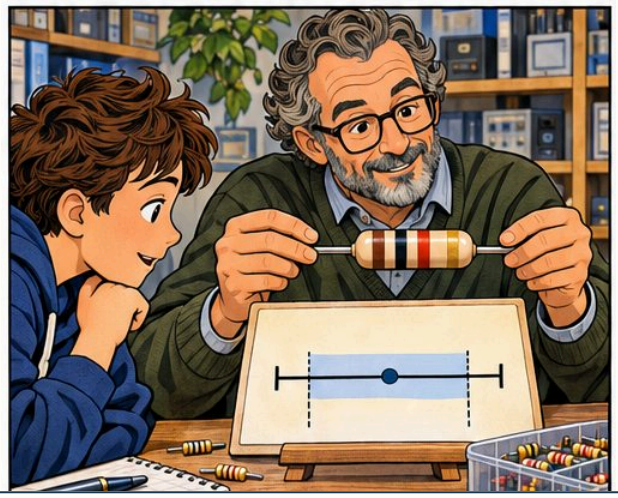


De kontrollerer stadig datablad og panelets planlagte forhold.

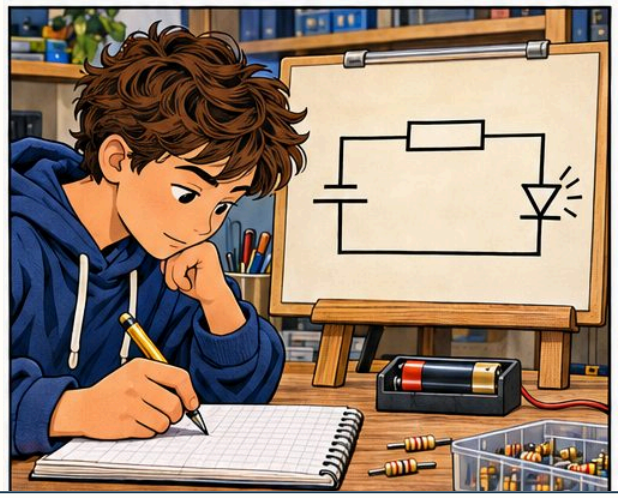


Lucas noterer: 330 Ω, ±5%, 0,25 W; alle tre kriterier er fastlagt.

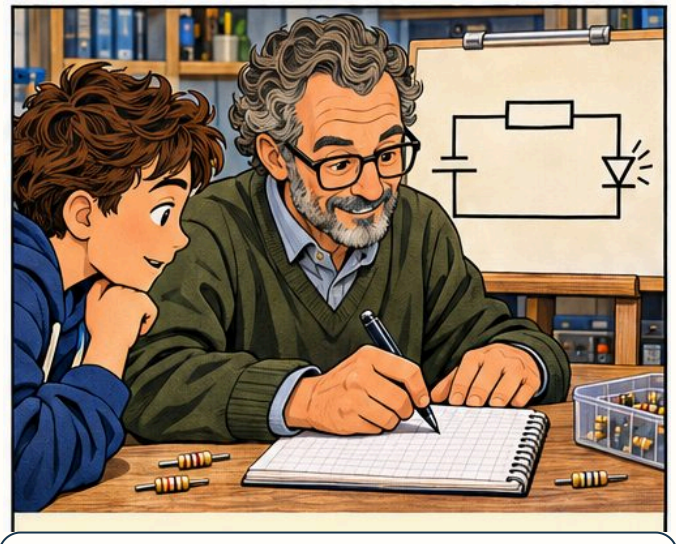
Tænk på afvigelser



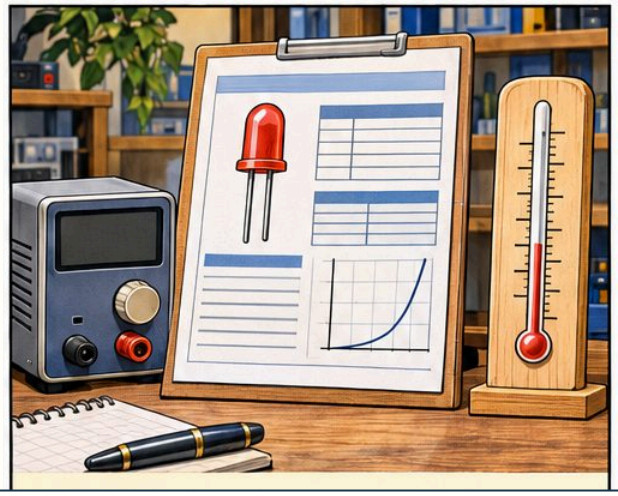
Tolerancen for R ændrer allerede den beregnede strøm.



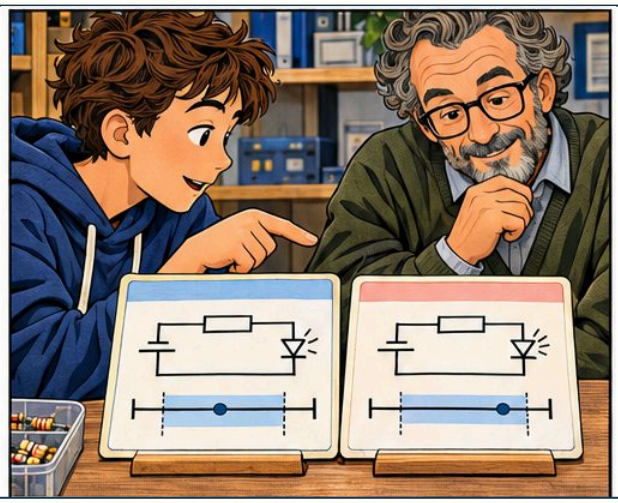
Med 3 V over modstanden giver 313,5 Ω cirka 9,57 mA.



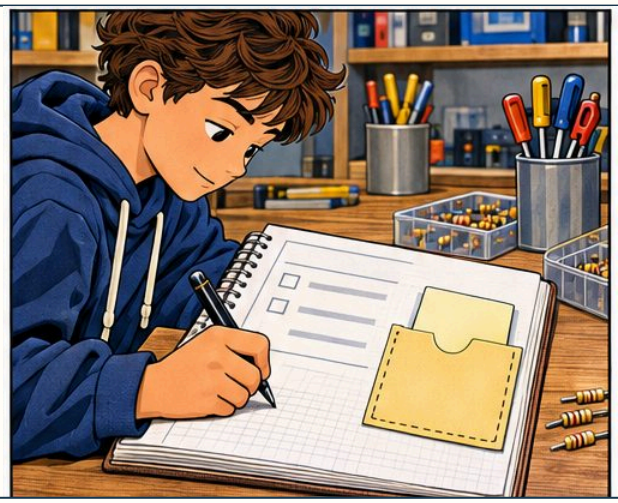
Med 346,5 Ω fås cirka 8,66 mA.



Forsyningen og LED-spændingen varierer også.



I virkelige kredsløb kontrollerer de værste tilfælde med datablade.



«En nyttig tilnærmelse beholder sine antagelser», husker Lucas.

Det rette tidspunkt for ohmmeteret



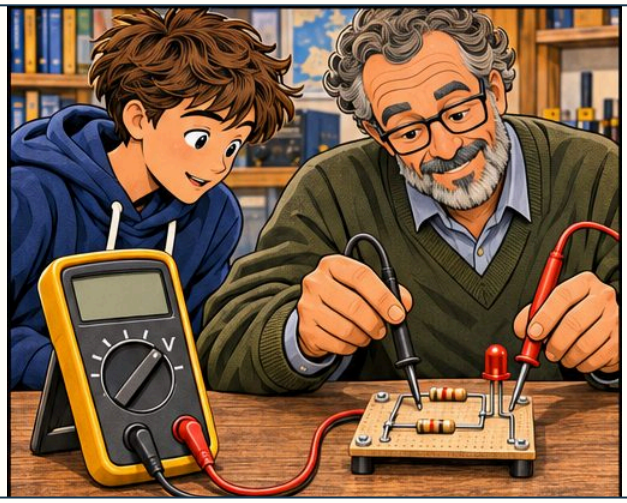
Ohmmeteret tilfører et lille signal for at bestemme modstand.



Det må ikke bruges på et forsynet kredsløb.



Henri slukker, frakobler og følger panelets afladningsprocedure.



Så kontrollerer han spændingsløshed med korrekt indstilling.



Først efter dette vælger de modstandsmåling.



Lucas tilføjer denne nøjagtige rækkefølge til fejlsøgningsarket.

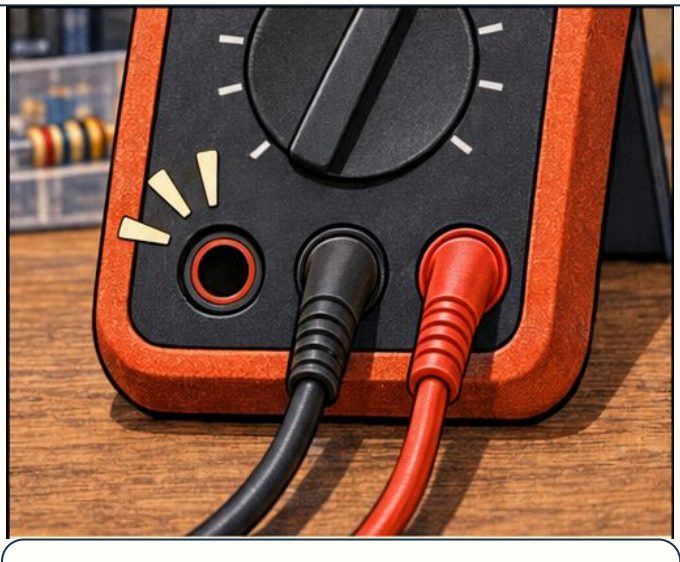
Klargør målespidserne



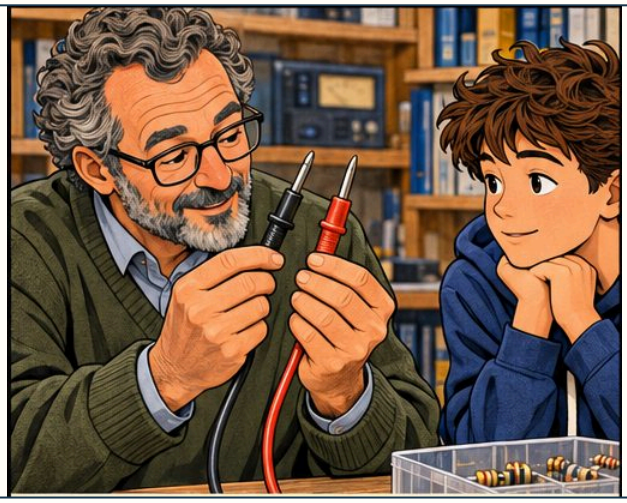
De følger multimeterets vejledning for bøsninger og område.



Sort sættes i COM; rød i indgangen til ohm.



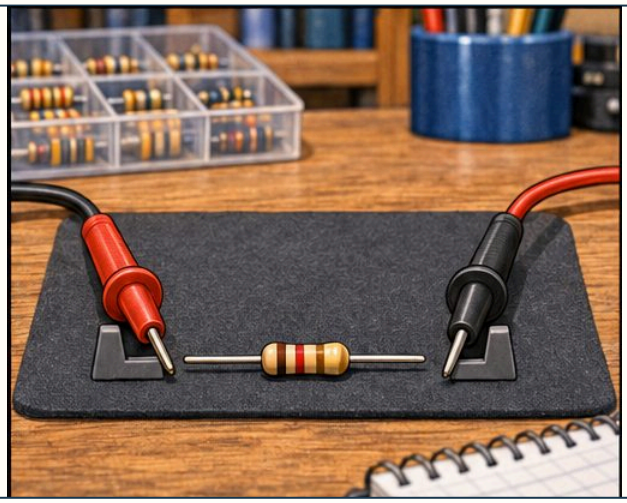
Strømindgangen bruges ikke til denne måling.



De kontrollerer ledninger og spidsernes kontakt.

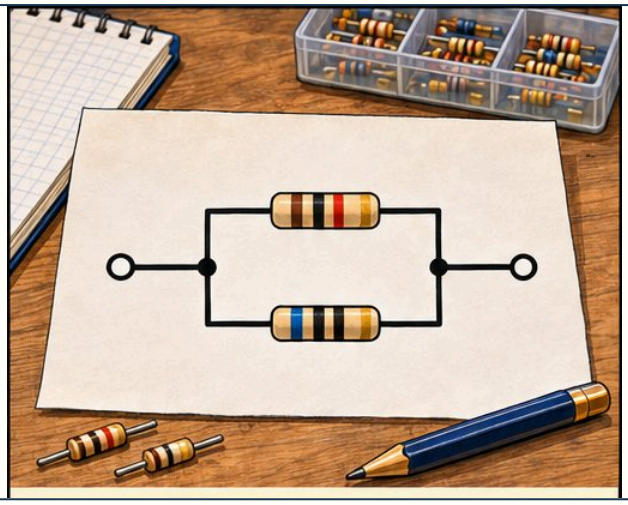


Fingre og dårlige kontakter kan især forvrænge høje modstandsmålinger.

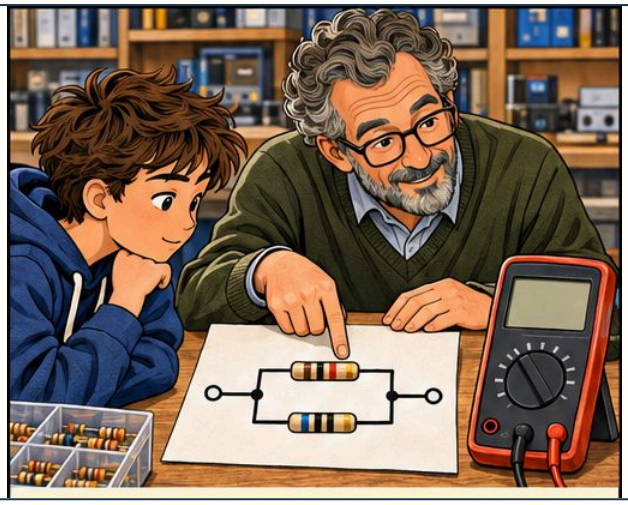


Lucas lægger komponenten på isolering og holder hænderne væk.

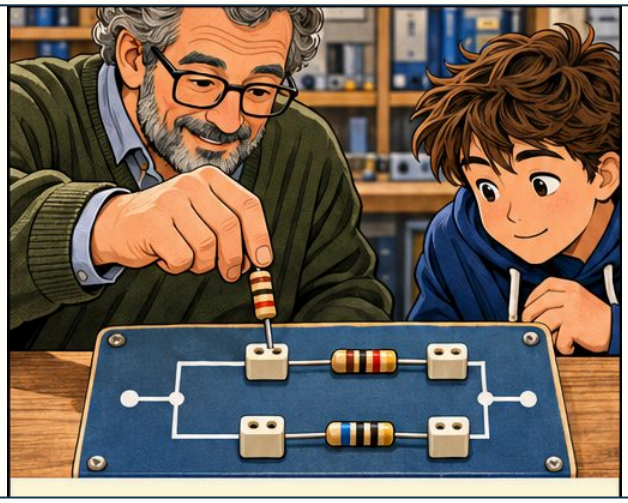
Undgå skjulte strømveje



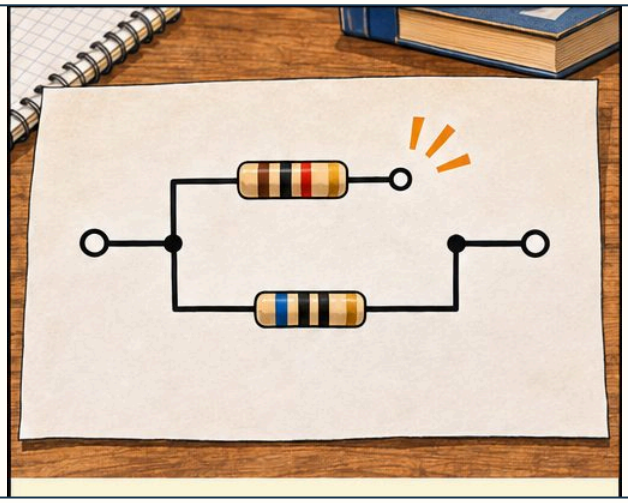
Andre komponenter kan danne parallelle veje i kredsløbet.



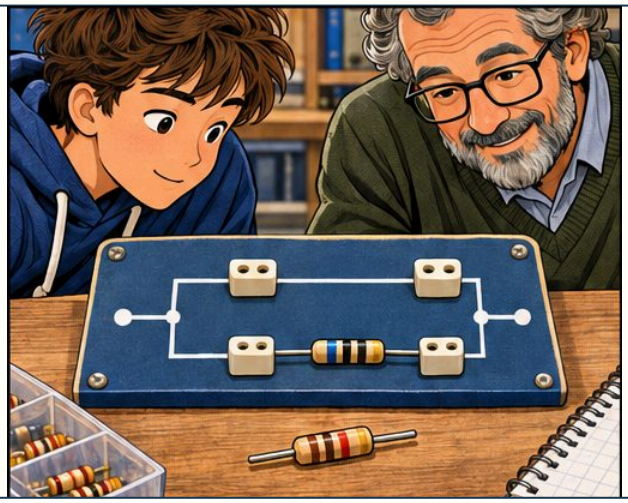
Aflæsningen er så ikke nødvendigvis den enkelte modstands værdi.



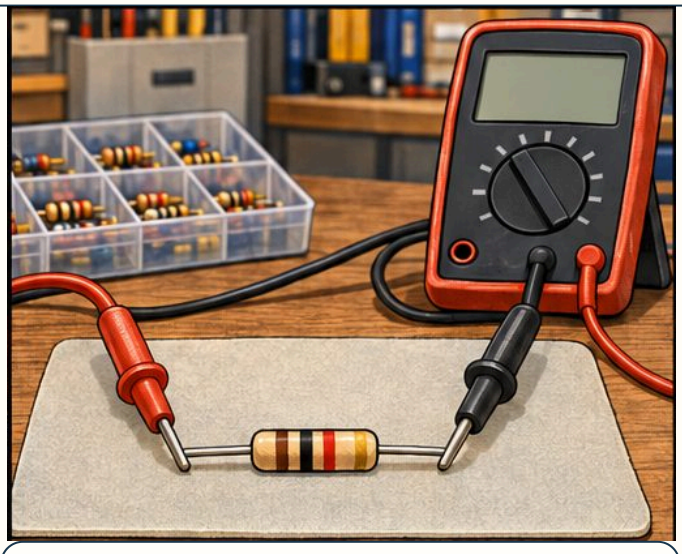
På deres spændingsløse stikpanel tager de delen ud af holderen.



I andre kredsløb kan det være nødvendigt at isolere et ben.



Her aflodder de intet: holderen tillader adskillelse.

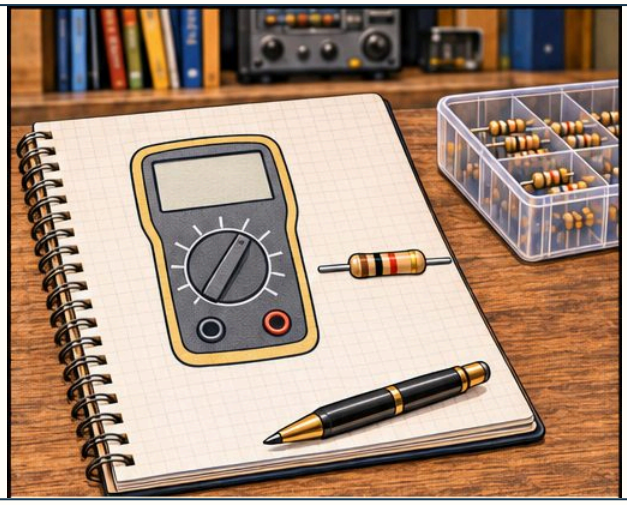


Den udtagne modstand kan nu måles alene.

Aflæs uden overfortolkning



De øver først med en kendt modstand på 1 kΩ ved ±5%.



Notesbogen viser en mulig aflæsning: 0,998 kΩ, altså 998 Ω.



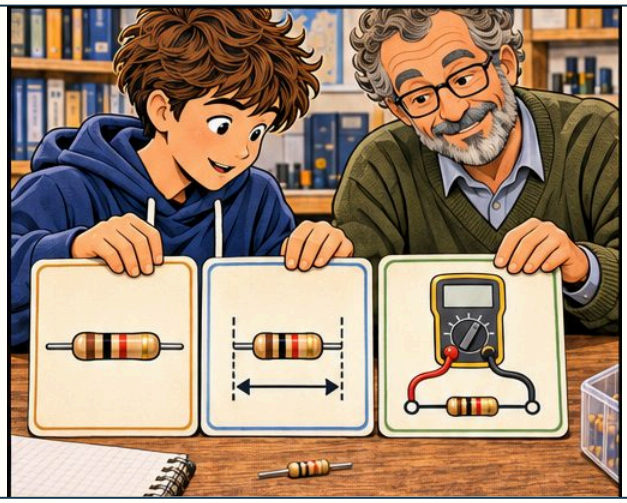
Den ligger i det nominelle interval fra 950 Ω til 1 050 Ω.



Multimeterets nøjagtighed og kontakternes kvalitet begrænser konklusionen.



Gennemgangsbippet erstatter ikke en numerisk modstandsmåling.

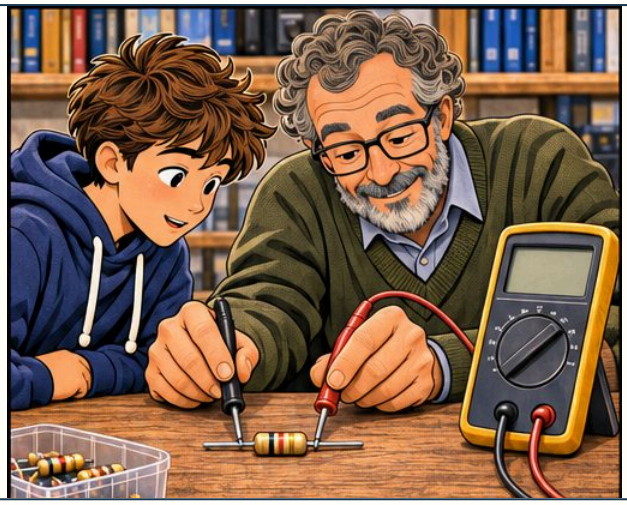


Lucas sammenligner enhed, forventet interval og målebetingelser.

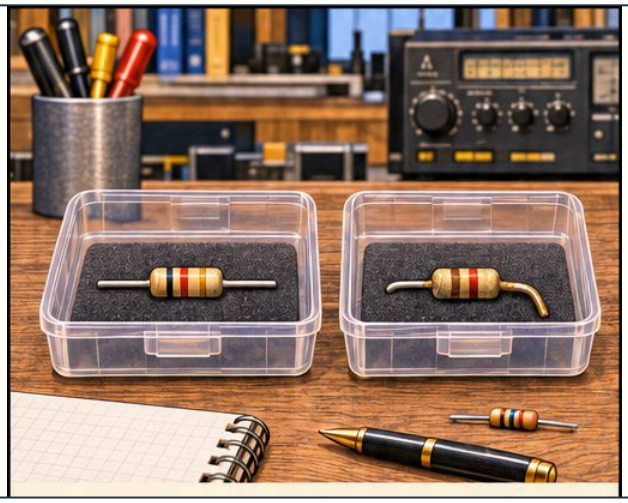
Et spor, endnu ingen dom



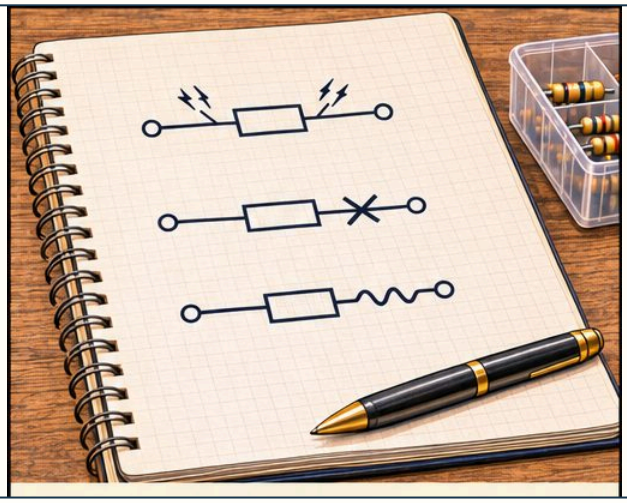
Den udtagne lampedel har en beskadiget benkontakt.



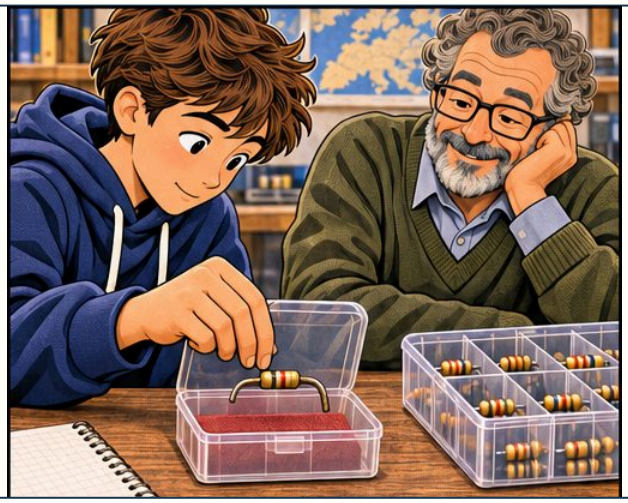
Aflæsningen er ustabil; Henri forbedrer målekontakterne.



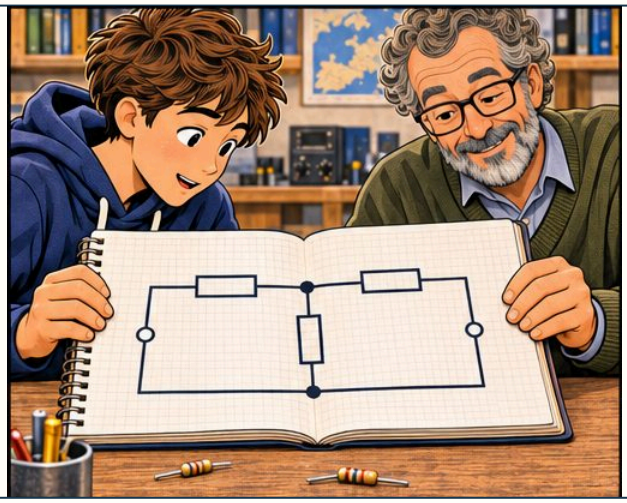
De sammenligner opførslen med den kendte del.



En aflæsning uden for området kan skyldes del, ledninger eller kontakt.



De lægger den mistænkte del til side uden at erklære hele fejlen fundet.



Diagrammet skal stadig forklare modstandenes samspil.

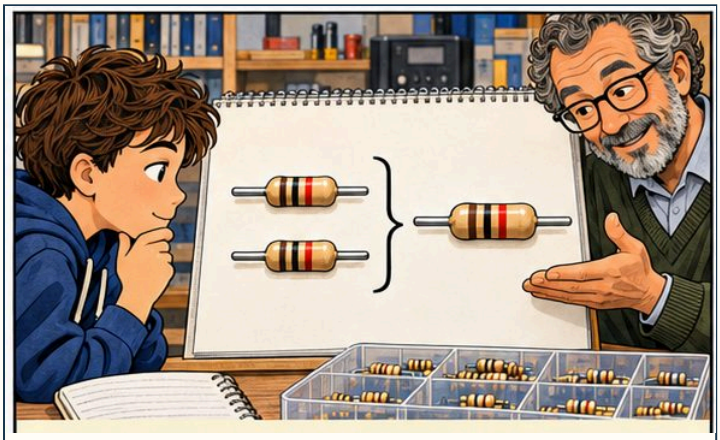
Langs én vej



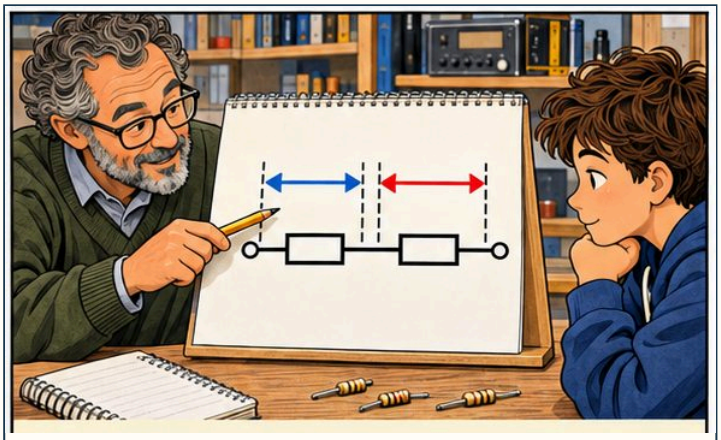
To modstande er i serie, når samme strøm går gennem begge uden forgrening.



Deres erstatningsmodstand er R = R1 + R2.



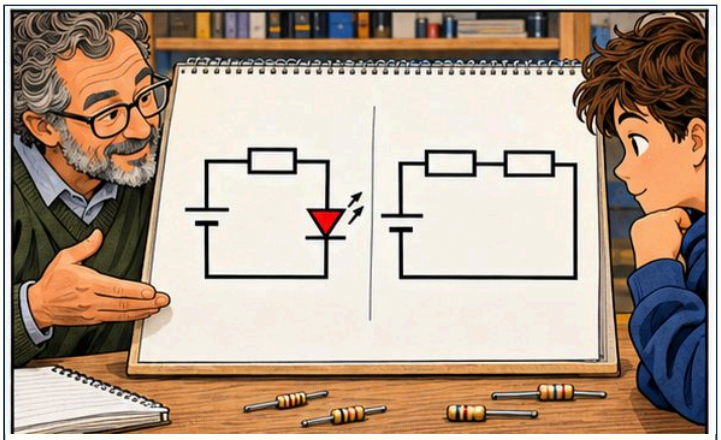
To modstande på 1 kΩ i serie giver 2 kΩ.



Den samlede spænding fordeles efter deres værdier.

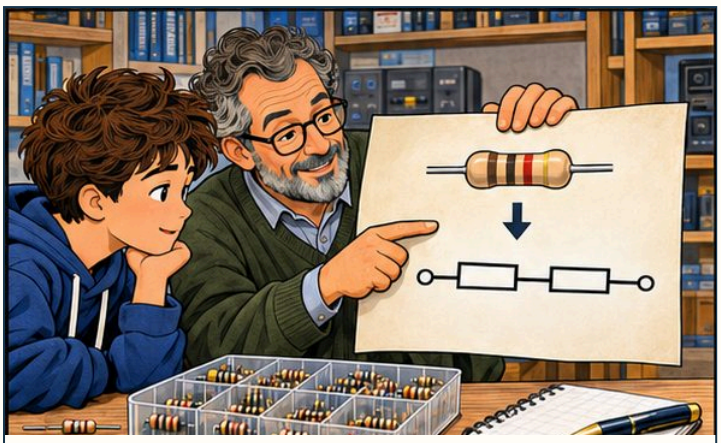


Hver del skal tåle sin egen spænding og effekt.

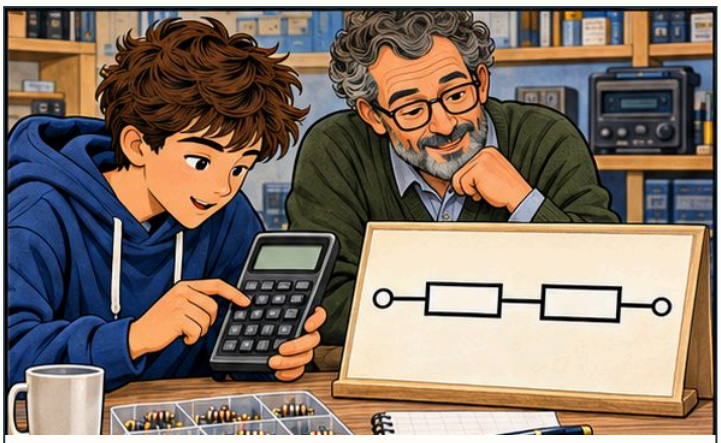


Lucas tegner én vej og genfinder LED'ens seriemodstand.

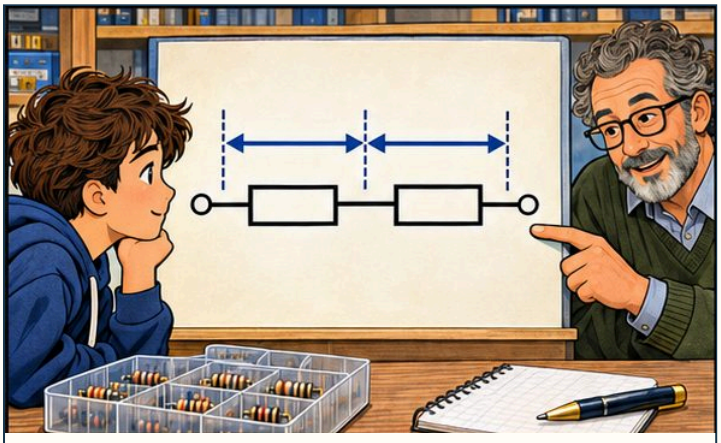
Fordeling i serie



På papir forsyner 5 V to ens modstande på 1 kΩ i serie.



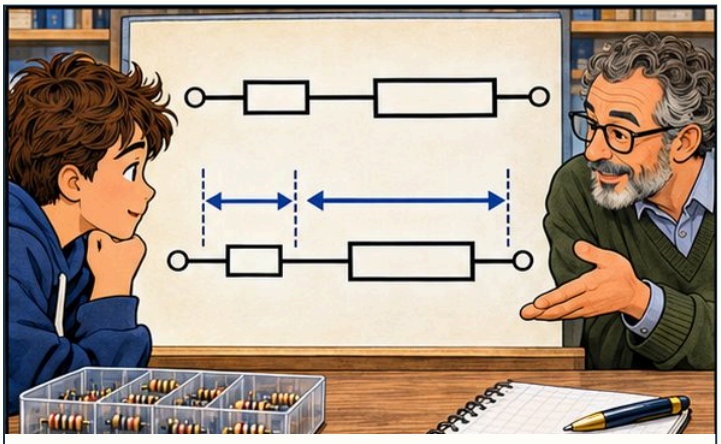
Strømmen er 5 / 2 000 = 0,0025 A, altså 2,5 mA.



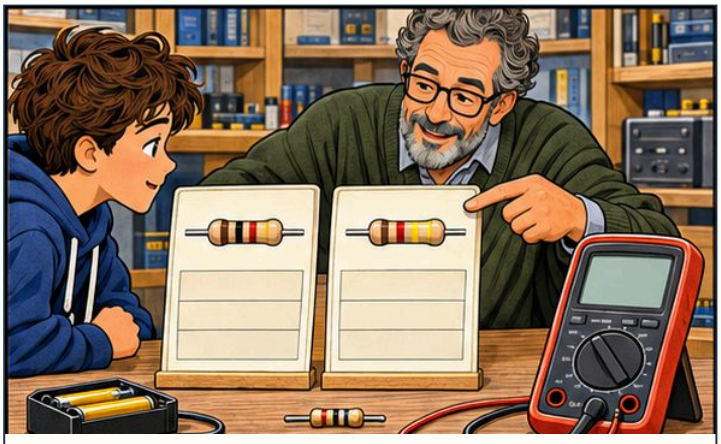
Hver modstand får 2,5 V i den ideelle model.



Hver afsætter 2,5 × 0,0025 = 0,00625 W.

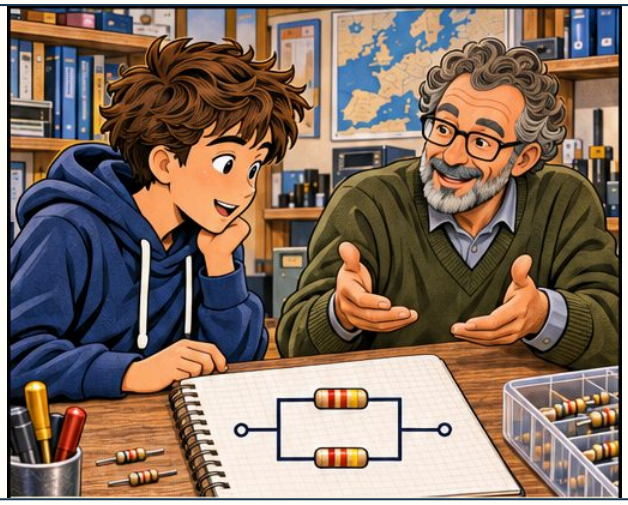


Andre værdier ville fordele spænding og effekt anderledes.

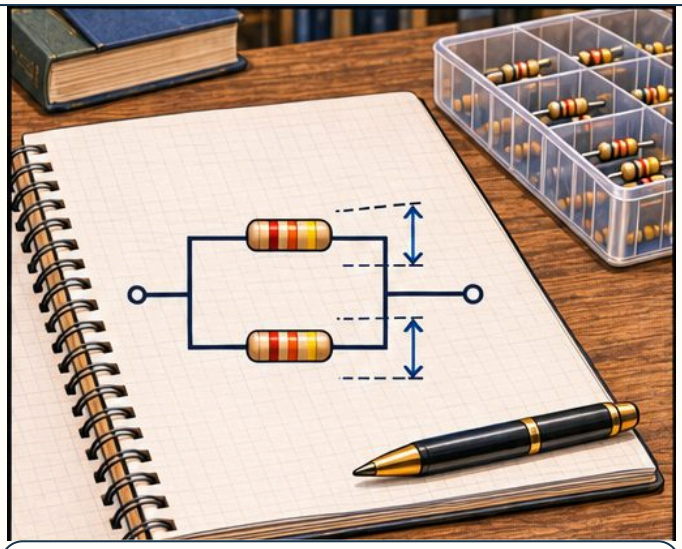


Henri understreger: det er ikke nok at lægge mærkewatt sammen.

To veje mellem to knuder



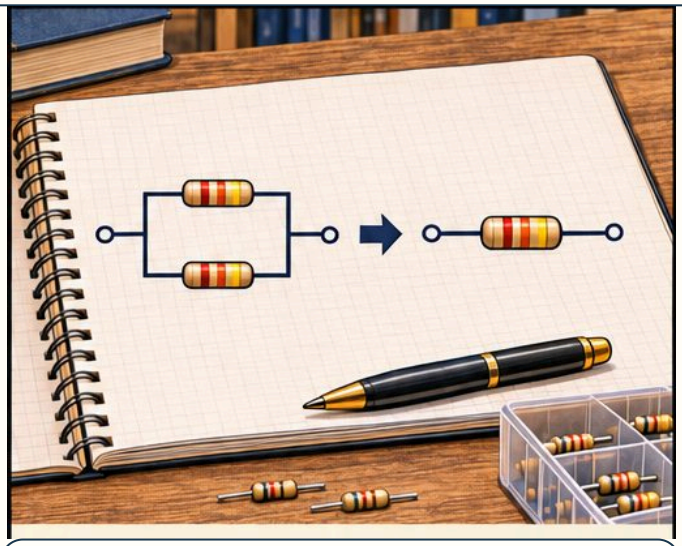
Parallelle modstande er forbundet til de samme to knuder.



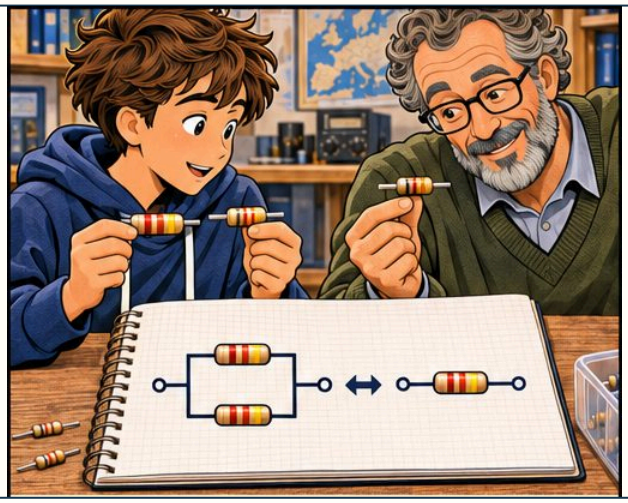
De har derfor samme spænding over sig.



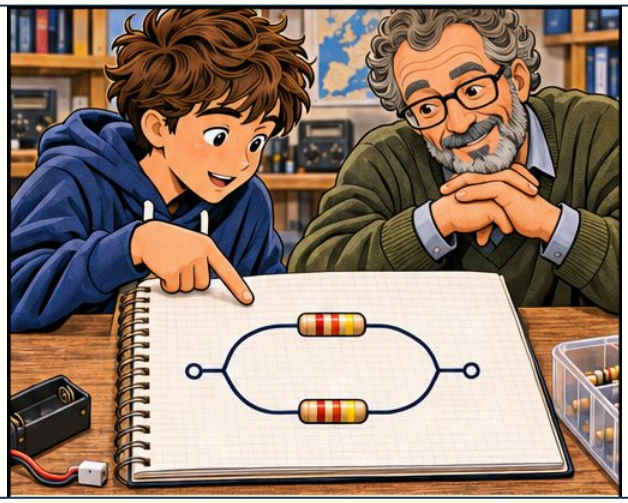
For to grene: 1 / R = 1 / R1 + 1 / R2.



To modstande på 1 kΩ parallelt giver 500 Ω.

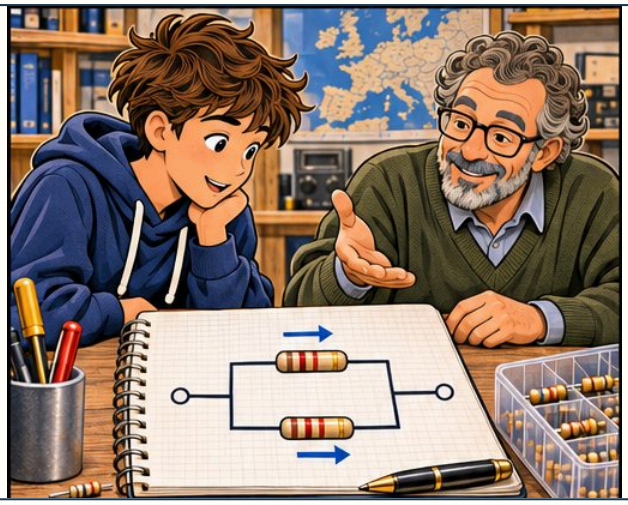


Erstatningen er mindre end den mindste positive grenmodstand.

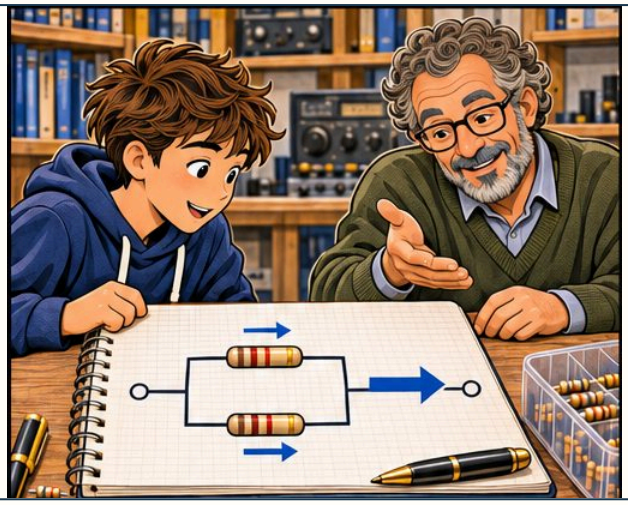


Lucas kontrollerer knuderne; placeringen på tegningen er ikke nok.

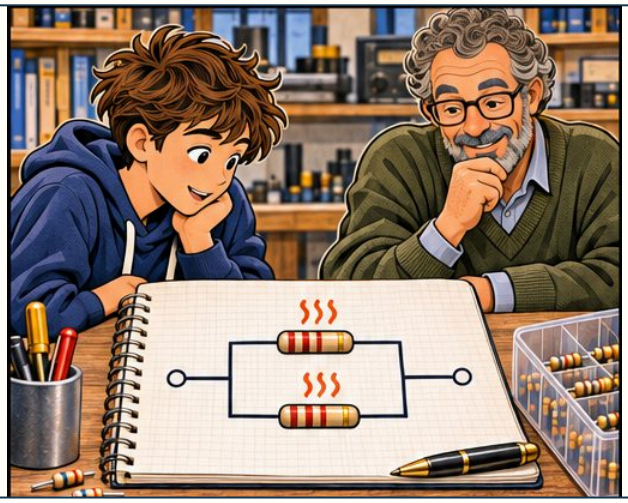
Strømmen i grenene



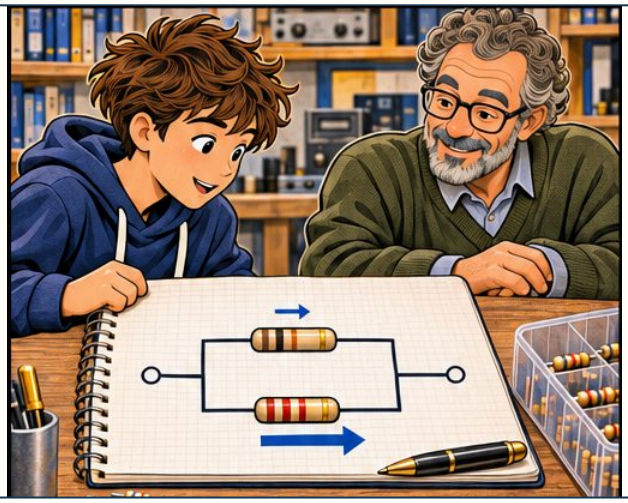
Med 5 V over hver modstand på 1 kΩ tager hver gren 5 mA.



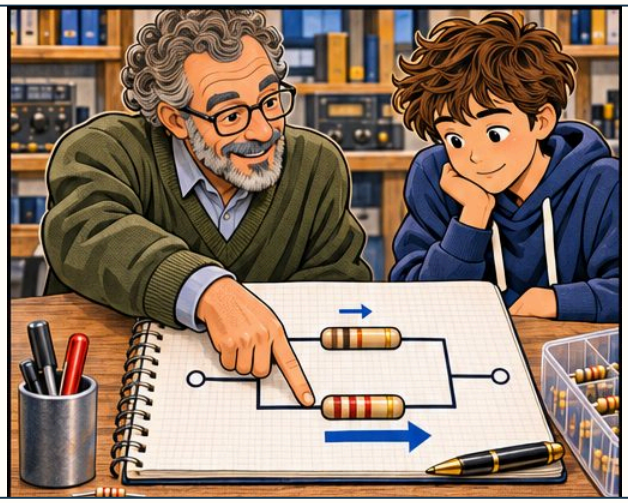
Kilden leverer summen: 10 mA i dette ideelle eksempel.



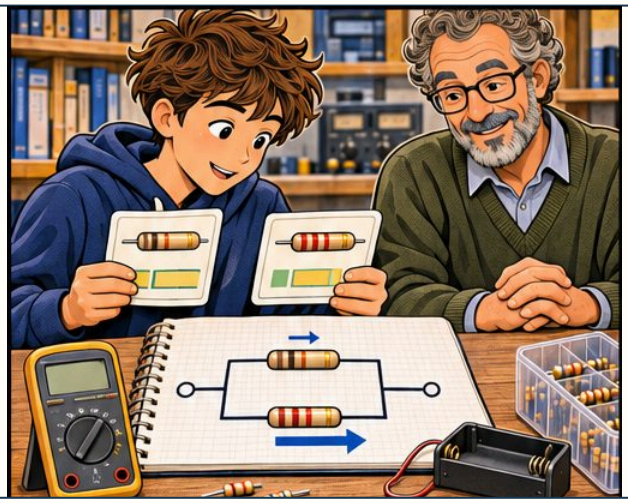
Hver modstand afsætter 5^2 / 1 000 = 0,025 W.



Med forskellige værdier er strømmene ikke længere ens.

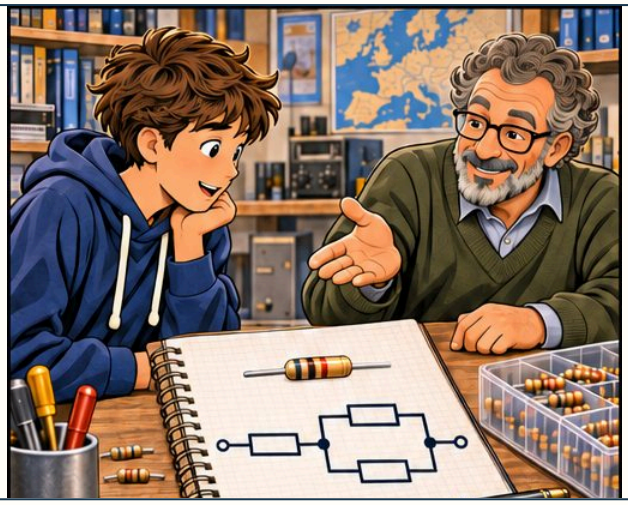


Grenen med lavere modstand tager mere strøm ved samme spænding.



Lucas forstår, hvorfor to parallelmodstande kræver to kontroller.

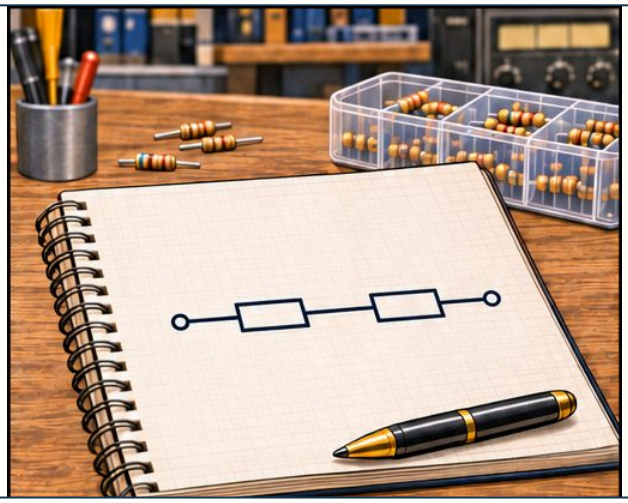
Forenkling uden at fare vild



Henri tegner 1 kΩ i serie med to parallelmodstande på 1 kΩ.



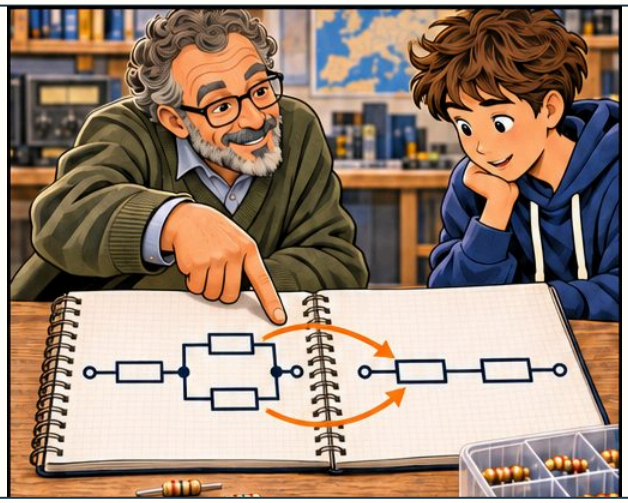
Lucas erstatter først parallelparret med 500 Ω.



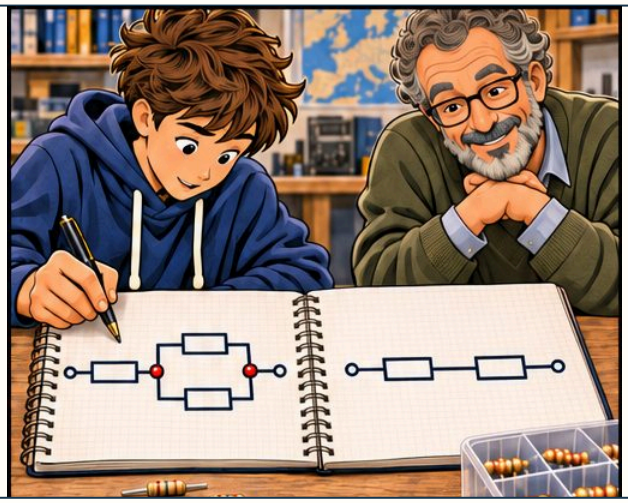
Så lægger han seriemodstanden til: 1 000 + 500 = 1 500 Ω.



Han beholder originaltegningen for at finde hver delstrøm.



En erstatning beskriver terminalerne uden at ophæve interne grænser.



Metoden undgår formelvalg alene efter diagrammets udseende.

Lav en mellemspænding



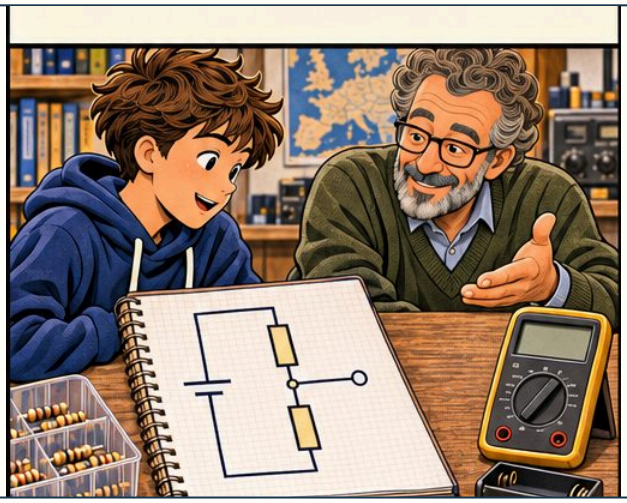
To seriemodstande kan danne en spændingsdeler.



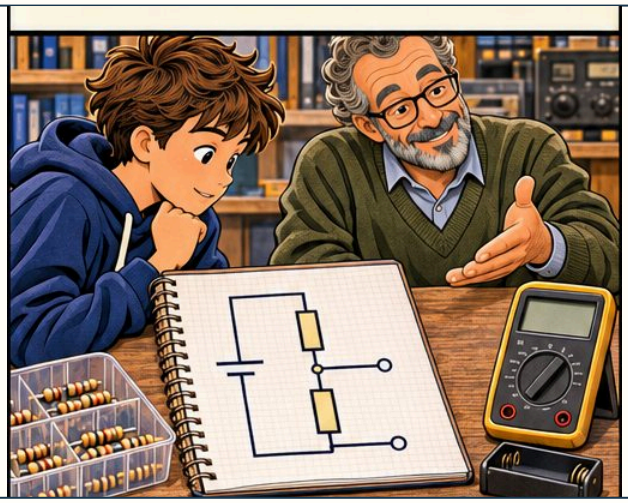
Uden belastning: Uud = Uind × R2 / (R1 + R2).



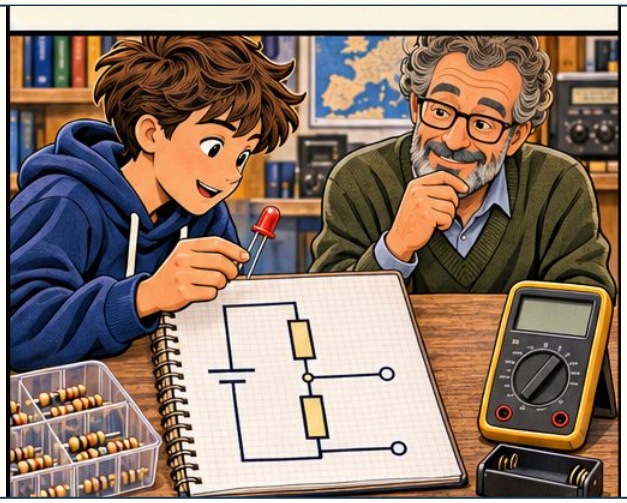
Udgangen tages over R2, fra midtpunkt til reference.



Med 5 V og to modstande på 1 kΩ er den ideelt 2,5 V.

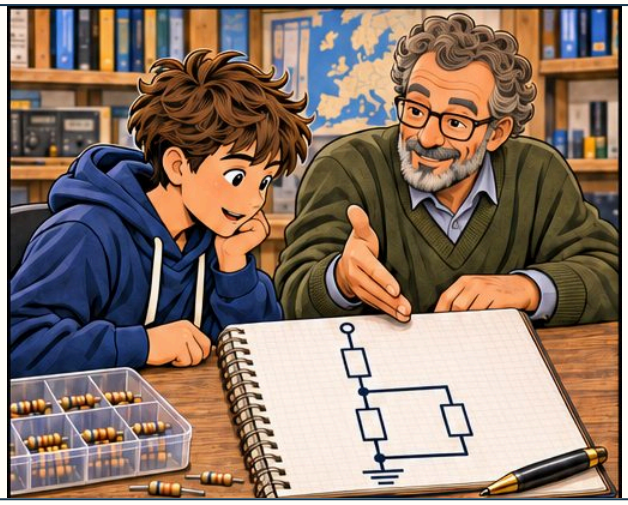


Det forudsætter praktisk taget ingen udgangsstrøm.

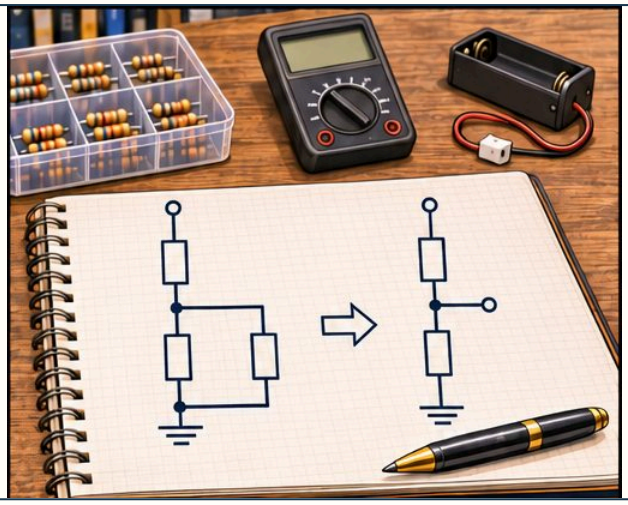


Lucas vil tilslutte LED'en; Henri viser ændringen.

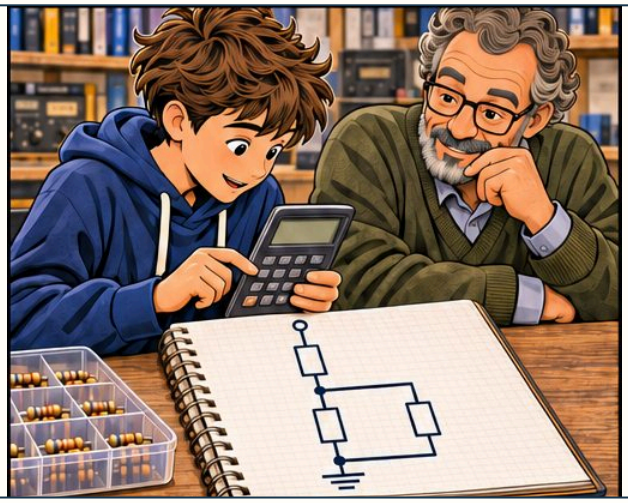
Når udgangen belastes



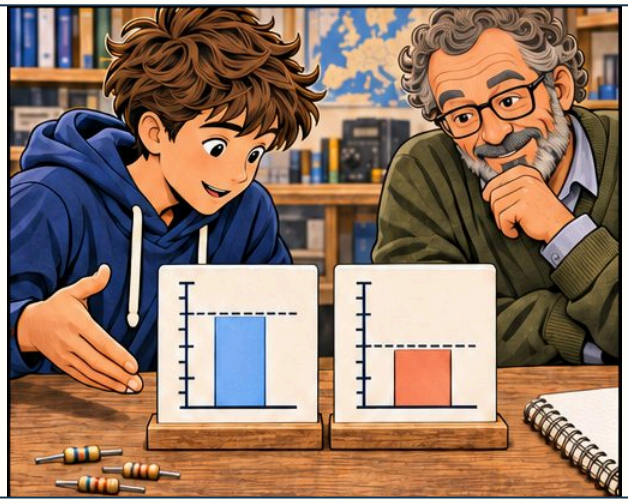
En belastning på udgangen ligger parallelt med R2.



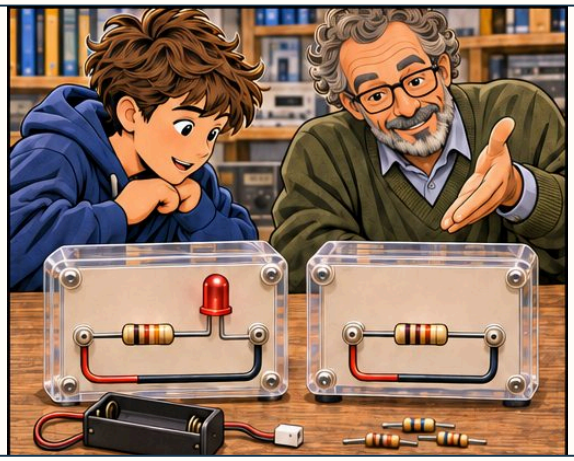
Med en belastning på 1 kΩ bliver R2 på 1 kΩ erstattet af 500 Ω.



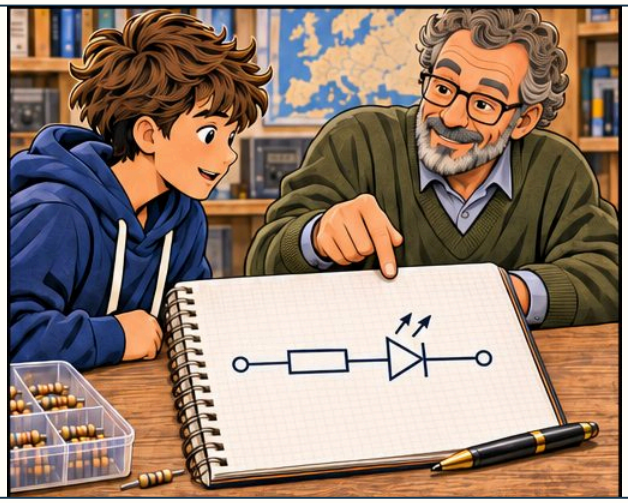
Udgangen bliver 5 × 500 / (1 000 + 500) ≈ 1,67 V.



Den er ikke længere 2,5 V: belastningen ændrede deleren.



En LED er ikke en ohmsk belastning; regningen beskriver ikke dens præcise tilfælde.



De beholder den planlagte seriekreds uden improviseret deler.

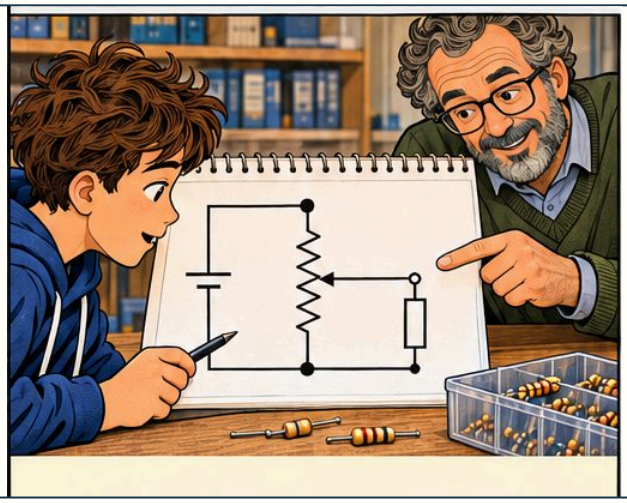
Potentiometerets slæber



Et potentiometer har en modstandsbane og en bevægelig slæber.



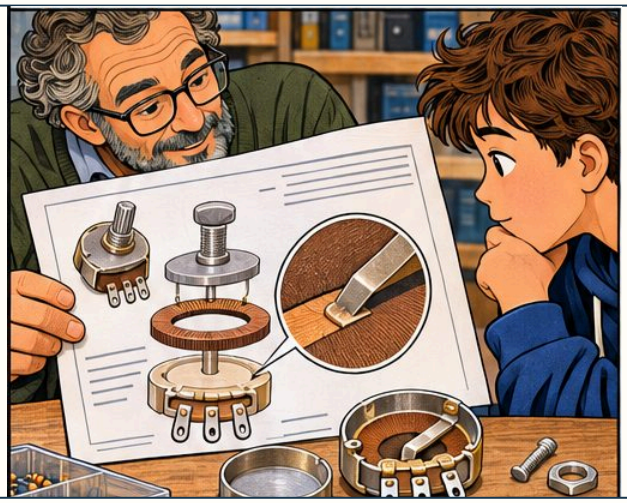
De tre terminaler kan danne en justerbar spændingsdeler.



Belastningen påvirker også spændingen fra slæberen.



Med to terminaler kan det bruges som variabel modstand afhængigt af kredsløbet.

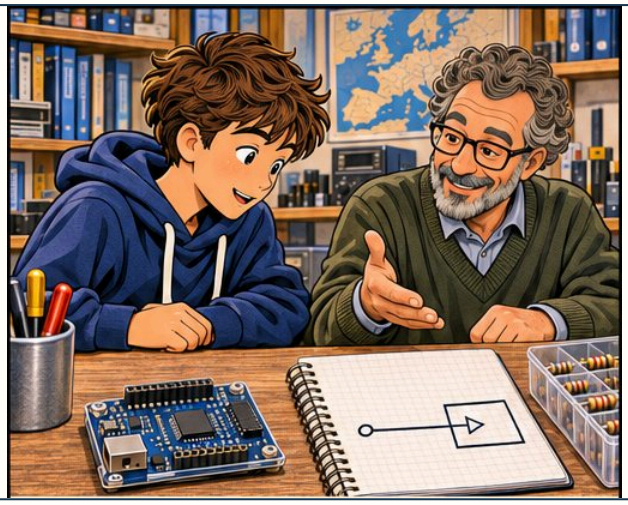


Effekt, slæberstrøm og ledningsføring skal kontrolleres.

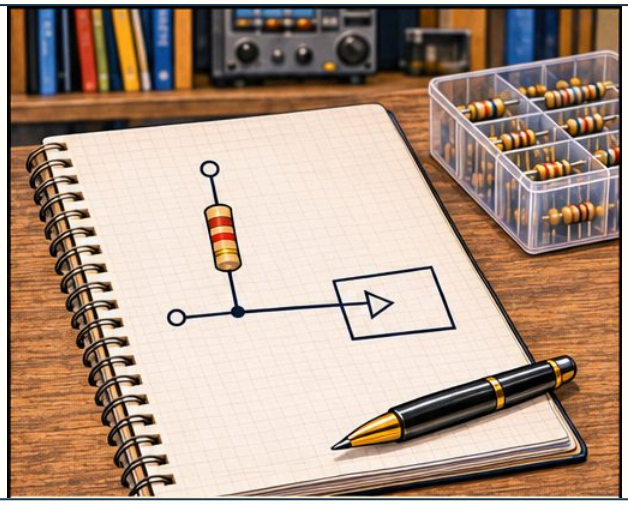


Lucas vil ikke fjerne LED'ens faste beskyttelsesmodstand.

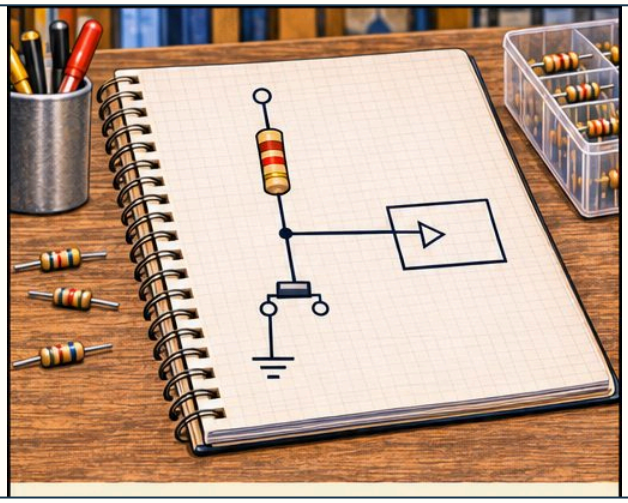
Giv en indgang en tilstand



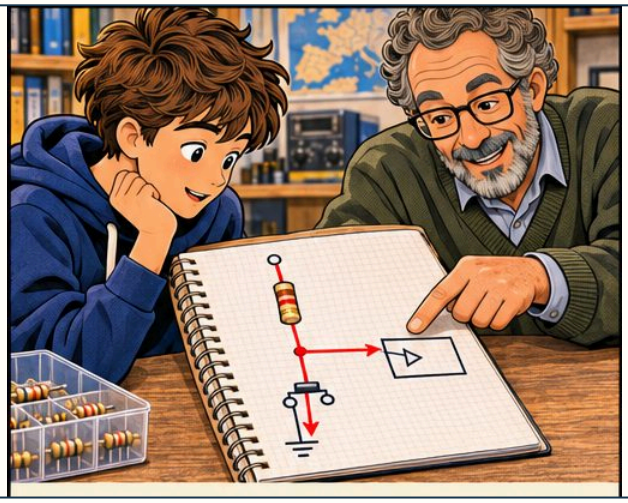
En svævende indgang på et undervisningskort kan læse en usikker tilstand.



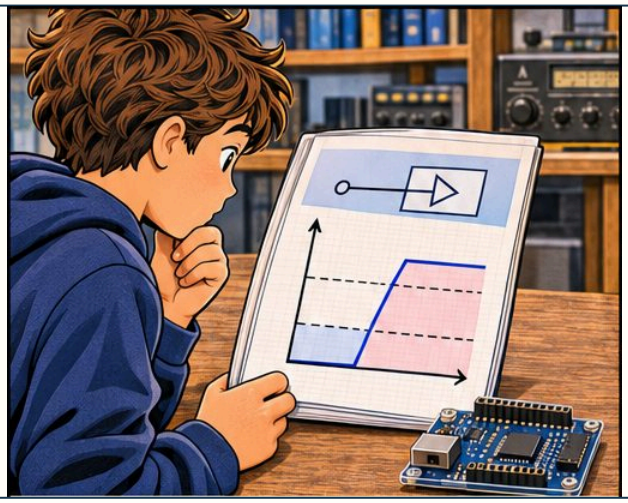
En pull-up-modstand til forsyningen giver en høj hviletilstand.



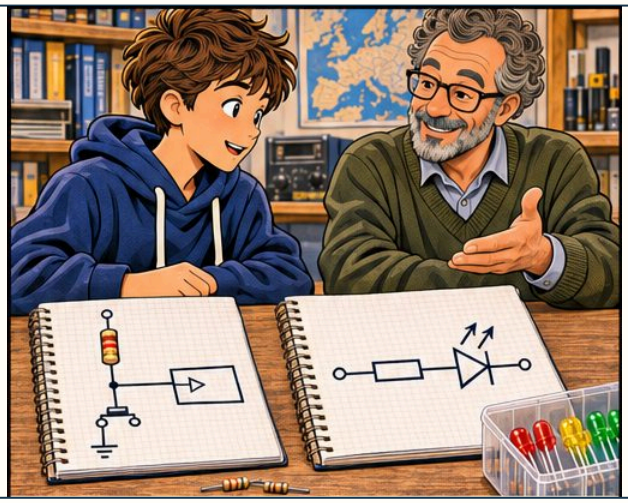
En knap til referencen tvinger tilstanden lav, når den lukkes.



Modstanden begrænser så strømmen mellem forsyning og knap.



Værdien afhænger af indgang, tærskler og dokumentation.

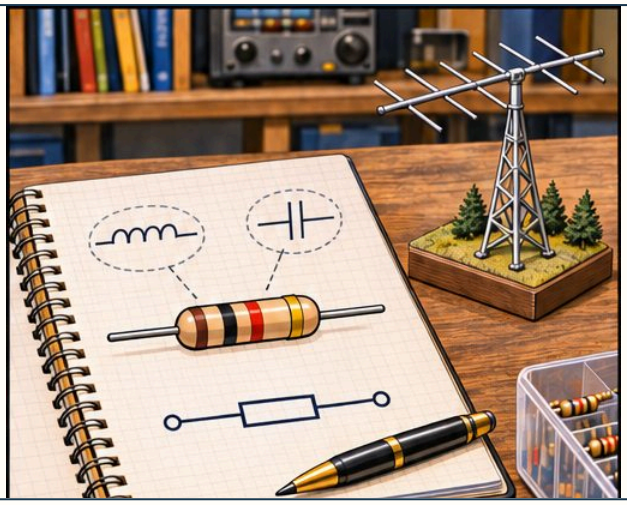


Henri viser en tegning; lampens kredsløb forbliver enkelt.

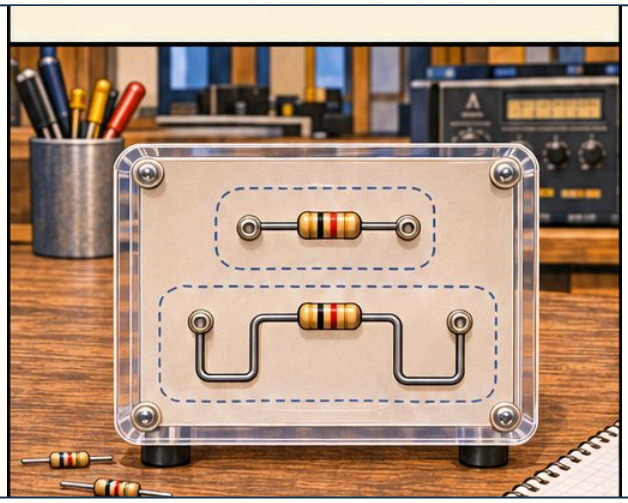
Ved radio har modellen grænser



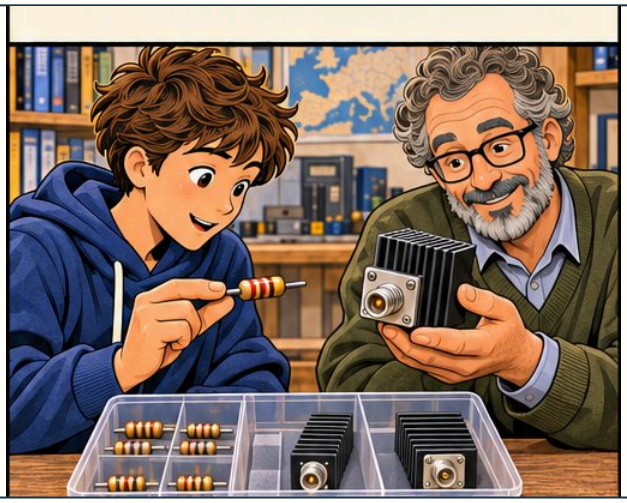
Modstande bruges også til bias, dæmpning og terminering i radiokredsløb.



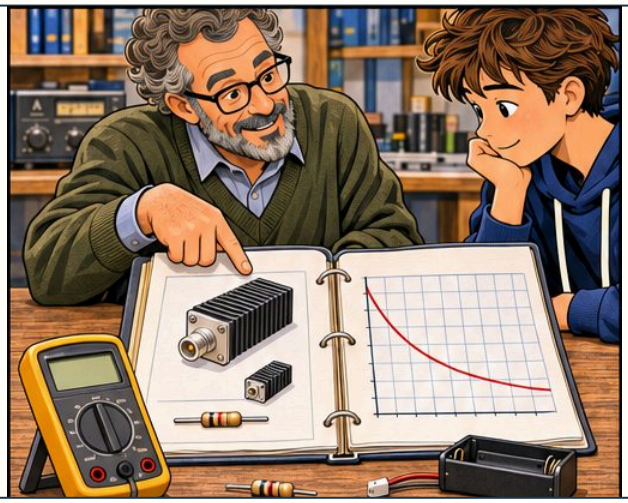
Ved høj frekvens kan parasitisk induktans og kapacitans få betydning.



Forbindelser og placering tilføjer egne virkninger.



En vilkårlig modstand på 50 Ω er ikke nødvendigvis en god RF-belastning.



Frekvensområde, effekt og opbygning skal passe til brugen.



Lucas pakker RF-eksemplerne væk: værkstedet sender ikke.

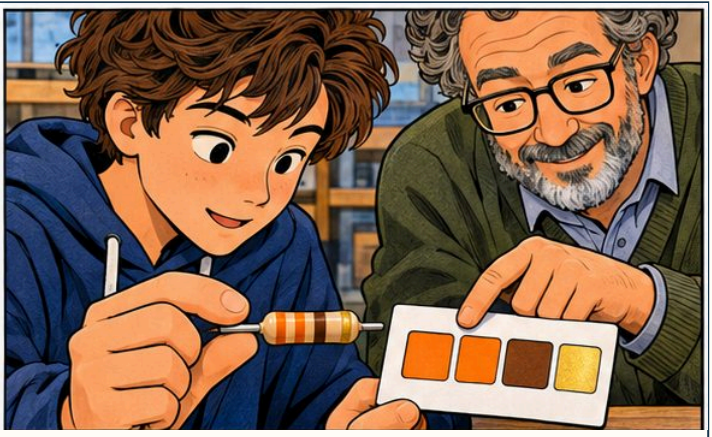
Udskiftningsarket



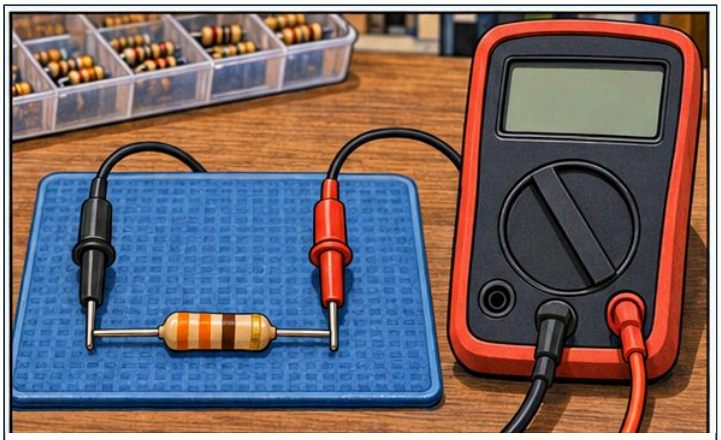
Lucas samler diagram og referencer for LED og modstand.



Valget er fortsat 330 Ω, ±5%, 0,25 W til dette dokumenterede eksempel.



Han bekræfter orange, orange, brun og guld med kortet.



Den nye modstand måles alene uden for ethvert forsynet kredsløb.



Aflæsningen skal passe til tolerance og måleusikkerhed.

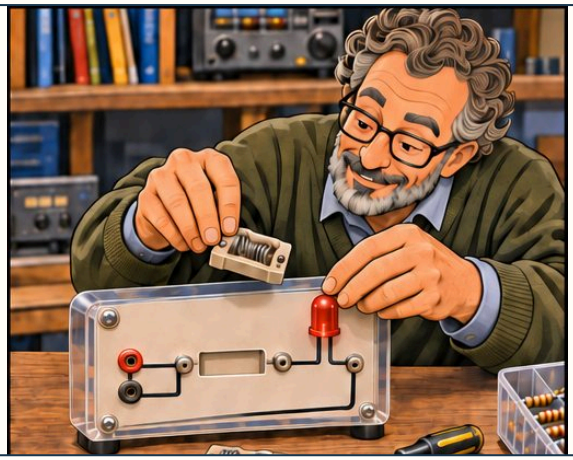


Henri gennemgår mappen: beregning og måling supplerer hinanden.

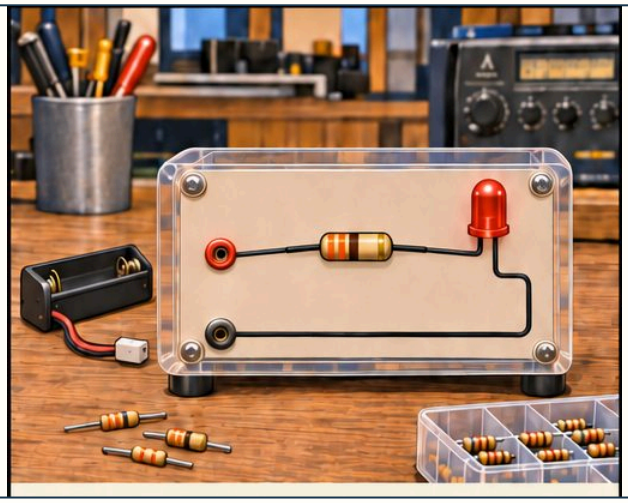
Genopbyg med metode



Panelet forbliver frakoblet under udskiftningen.



Henri undersøger den beskadigede holder og udskifter det foreskrevne forbindelsesstykke.



De indsætter den nye modstand uden kraft eller løse ledninger.



Lucas følger sløjfen: forsyning, modstand, LED, retur.

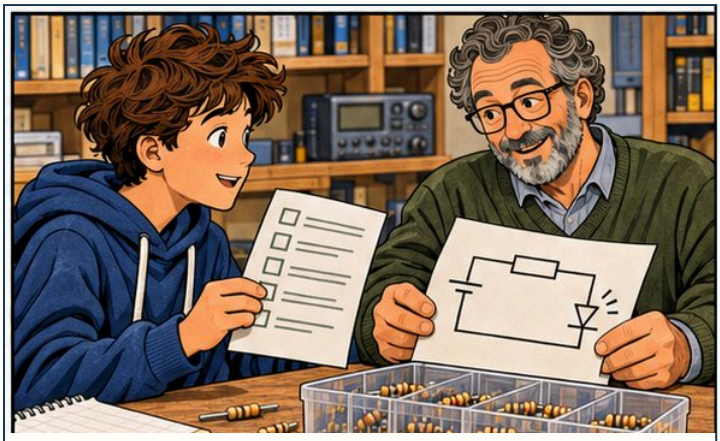


LED-polariteten passer til diagram og datablad.

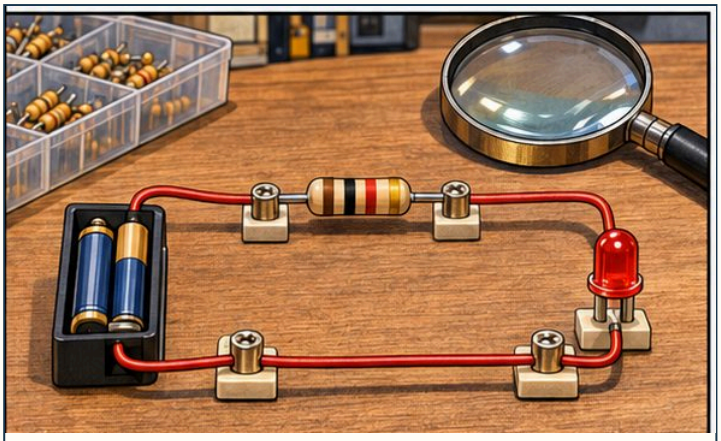


Den mistænkte del gemmes separat med observationerne uden genbrug.

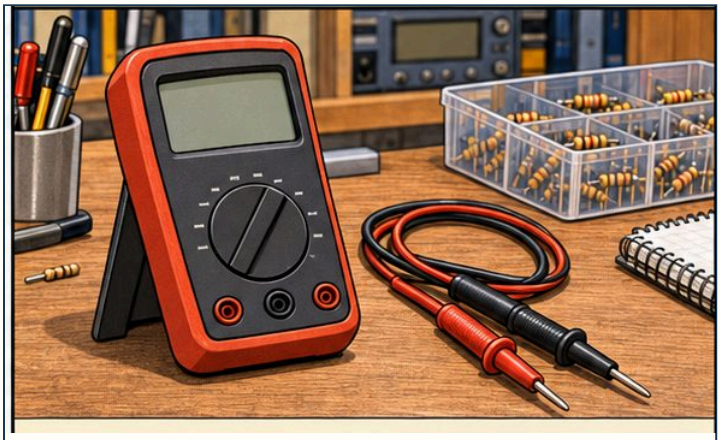
Den gensidige kontrol



Før spænding gennemgår hver den andens arbejde.



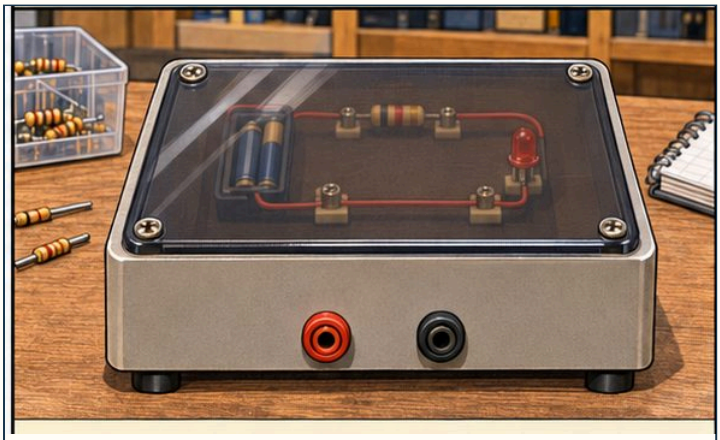
De leder efter kortslutninger, mangler eller forbindelser uden om modstanden.



Ohmmeterets ledninger fjernes fra panelet.



Henri klargør forsyningen på 5 V med passende strømbegrænsning.

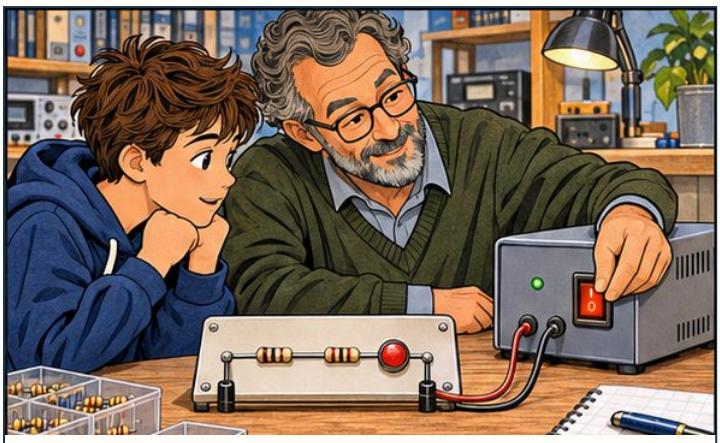


Panelet lukkes efter vejledningen; forbindelserne er beskyttede.



Lucas forventer en synlig lampe med moderat strøm.

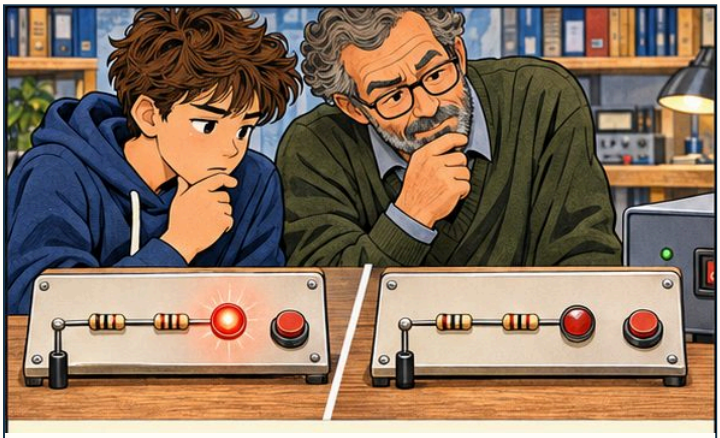
En forsigtig første prøve



Henri tænder det lukkede panel; ingen flytter forbindelser.



Lampen lyser og slukker, når knappen slippes.



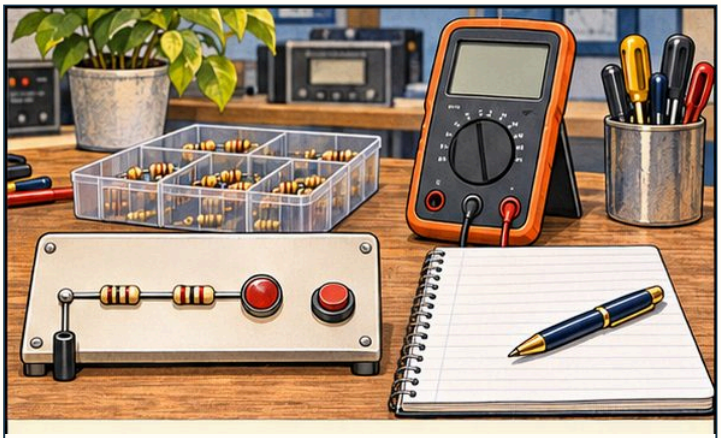
Ved næste forsøg tøver funktionen.



Lucas foreslår højere spænding og husker så deres metode.



De slukker og frakobler før ny fejlsøgning.

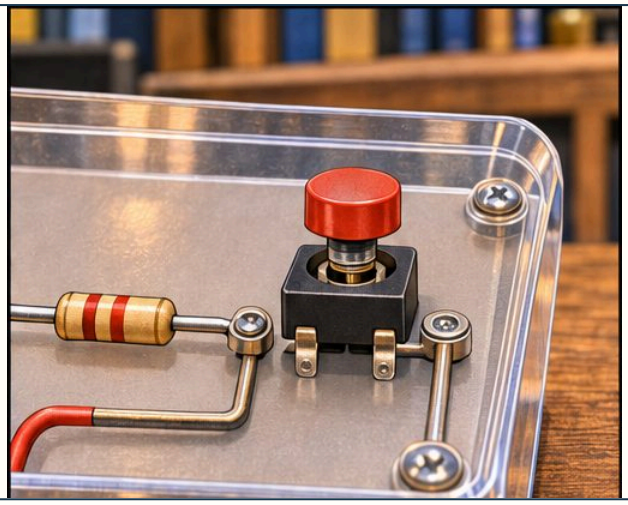


Ét lysglimt beviser ikke, at panelet er klar.

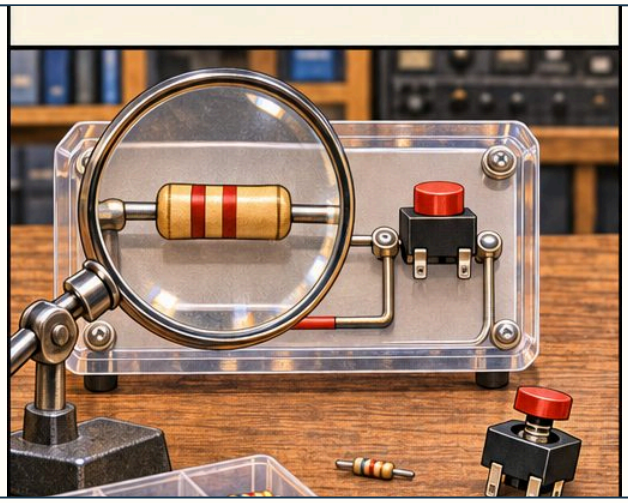
En anden årsag



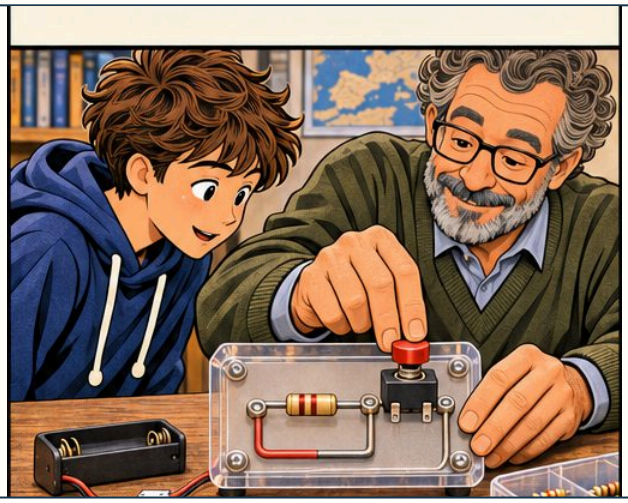
Efter sikkerhedskontroller undersøger de strømvejen uden spænding.



Et aftageligt stik ved knappen er ikke helt sat i.



Den rigtige modstand alene retter ikke en dårlig forbindelse.



Henri sætter stikket rigtigt i og kontrollerer fastholdelsen.



Lucas noterer mistænkt del og forbindelsesfejl som separate spor.

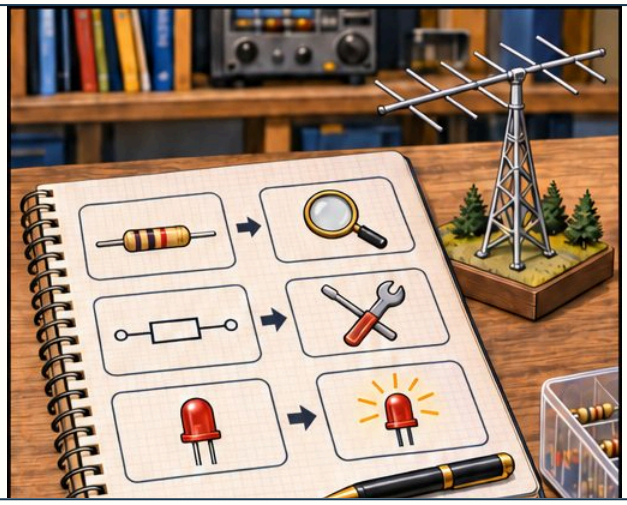


De gentager hele kontrollen før næste forsøg.

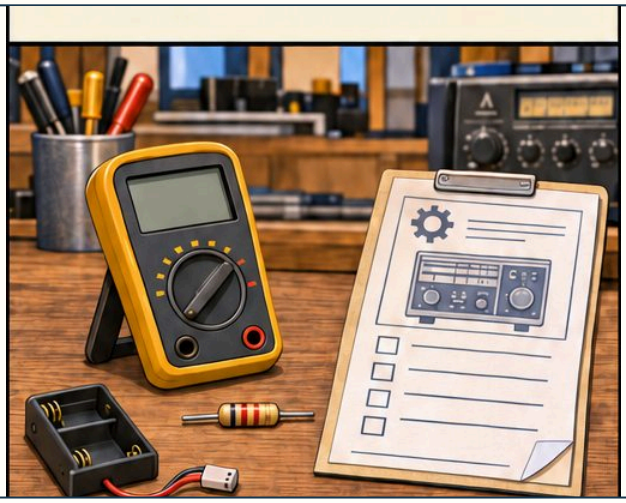
Se på én ting ad gangen



De skifter ikke længere flere dele samtidig.



Notesbogen gemmer symptomer og kontrol ved hvert trin.



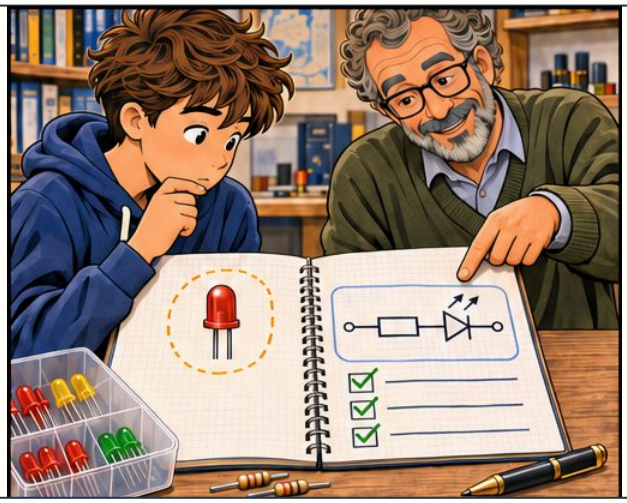
En korrekt ohmmeterværdi garanterer ikke al opførsel under drift.



Inspektion, delgrænser og planlagt prøve supplerer målingen.

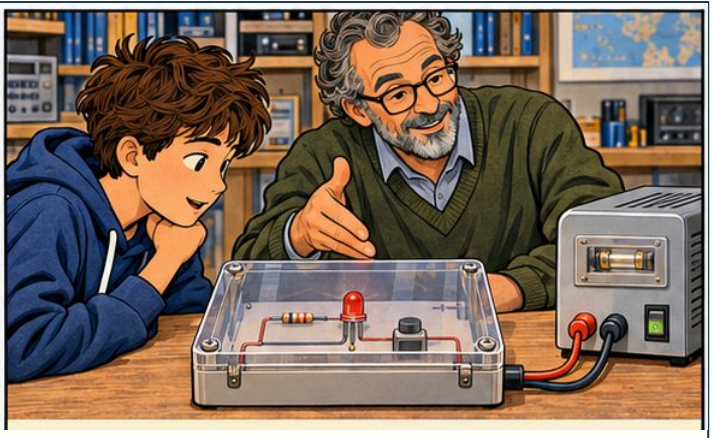


Ved noget unormalt stopper de og undersøger videre uden spænding.



Lucas kan forklare, hvorfor hans første idé var forhastet.

Lampen holder sit løfte



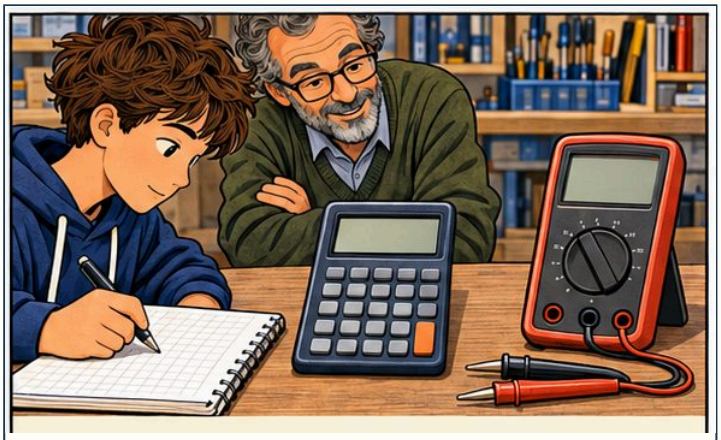
Det genlukkede panel forsynes igen efter proceduren.



I demonstrationen reagerer lampen nu regelmæssigt på knappen.



Henri overvåger; Lucas sammenligner med forventningen.



De fremstiller ikke den beregnede strøm som en udført måling.



Notesbogen adskiller beregninger, kontroller og prøveobservationer.

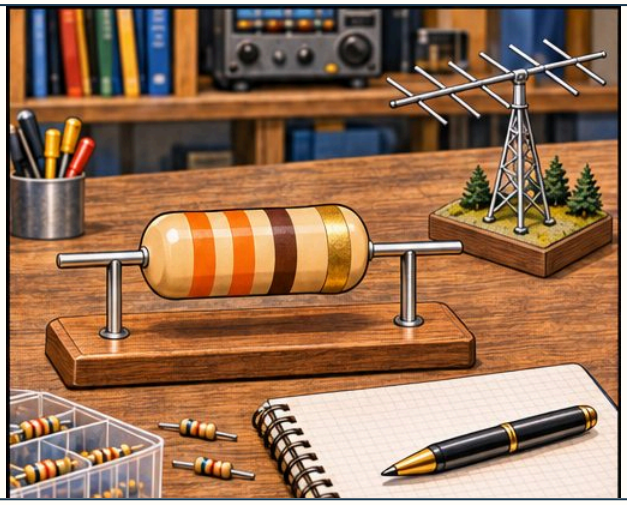


De slukker før transporten til standen forberedes.

Forklar valget



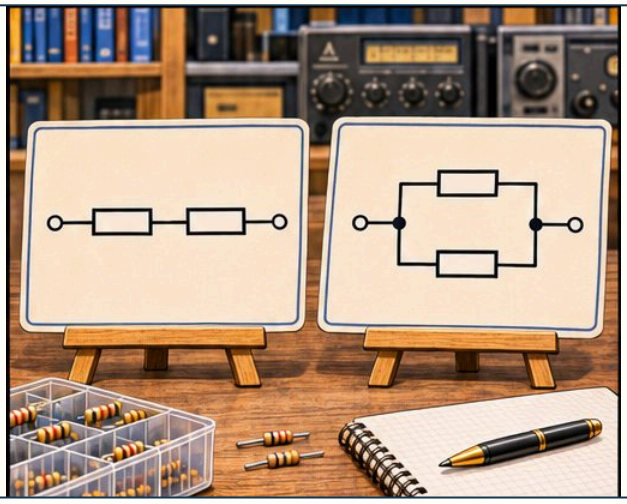
På standen viser Lucas gæsterne en forstørret modstand.



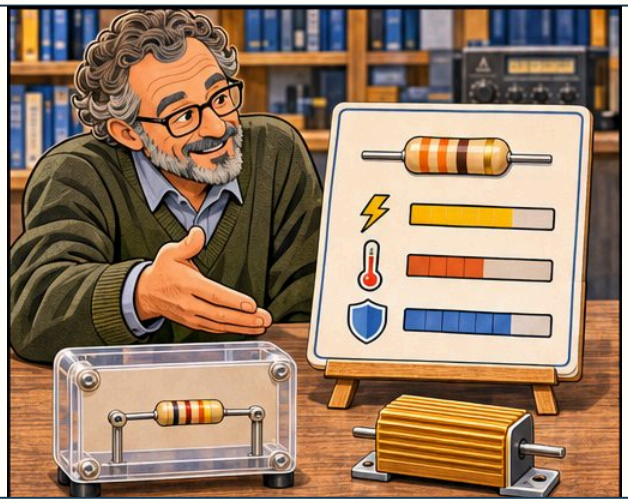
Han forklarer ringene, den nominelle værdi og tolerancen.



Tegningen viser seriemodstanden, som begrænser LED-strømmen.



En anden tegning sammenligner serie- og parallelforbindelser.



Henri spørger, hvorfor effekt og driftsbetingelser blev kontrolleret.

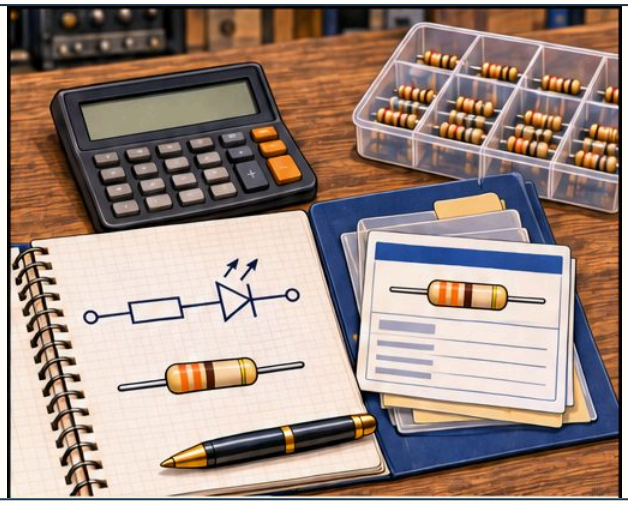


«For at vælge en del der passer til kredsløbet», svarer Lucas.

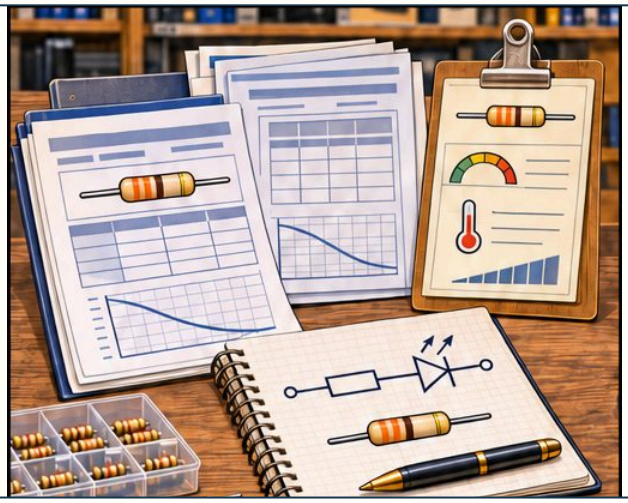
En notesbog til den næste



Arket starter med behovet: en lampe til opdagelsespanelet.



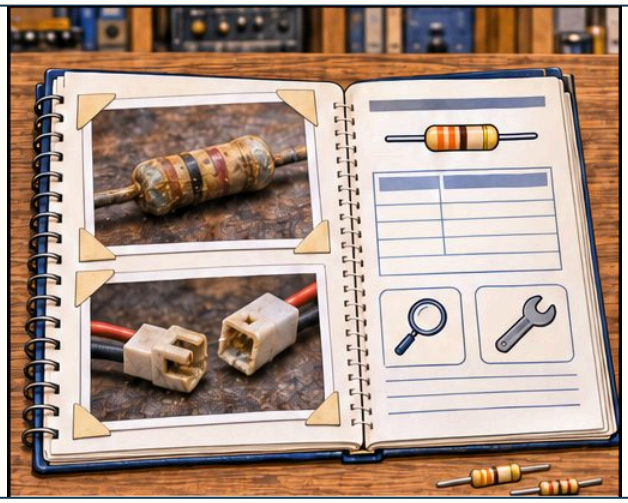
Det gemmer antagelser, formel og valget af 330 Ω.



Tolerance, effekt og delreferencer følger diagrammet.



Proceduren minder om spændingsløs og om nødvendigt isoleret modstandsmåling.



Fejlobservationerne hjælper næste værksted med systematisk søgning.

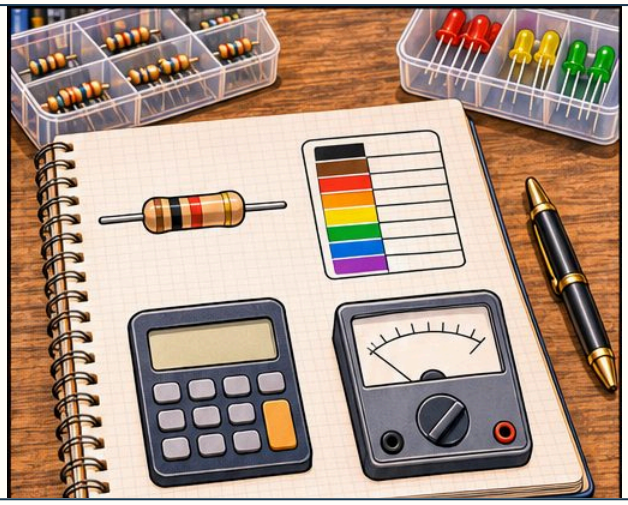


Henri lader Lucas arkivere: læring er blevet til deling.

En lille del, en stor metode



Standen er klar; Lucas ser anderledes på den lille modstand.



Læs, beregn, vælg, mål: hvert trin besvarer et spørgsmål.



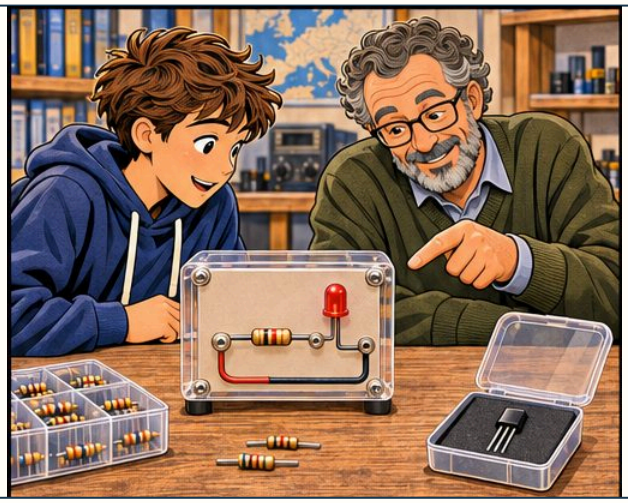
Lampen er blevet en forklaring, han kan give videre.



I en anden kasse viser Henri en komponent med tre ben.



«Kan den styre en større strøm?» spørger Lucas.



Næste undersøgelse venter i bind 08: transistorerne.