ON4CRD

Del 07

Motstånd



Radio Club Durnal ON4CRD

https://on4crd.be

Rättsliga meddelanden

Del 07 · Motstånd

Webbplatsutgivare : Radio Club Durnal ON4CRD

Publikationsansvarig : Radio Club Durnal ON4CRD:s styrelse

https://on4crd.be

Rättsliga meddelanden

Immateriella rättigheter

Texter, bilder, dokument, logotyper och material som publiceras på webbplatsen förblir deras respektive författares eller klubbens egendom. All reproduktion eller återanvändning måste respektera källan, tillämpliga rättigheter och eventuella författares tillstånd.

Ansvar

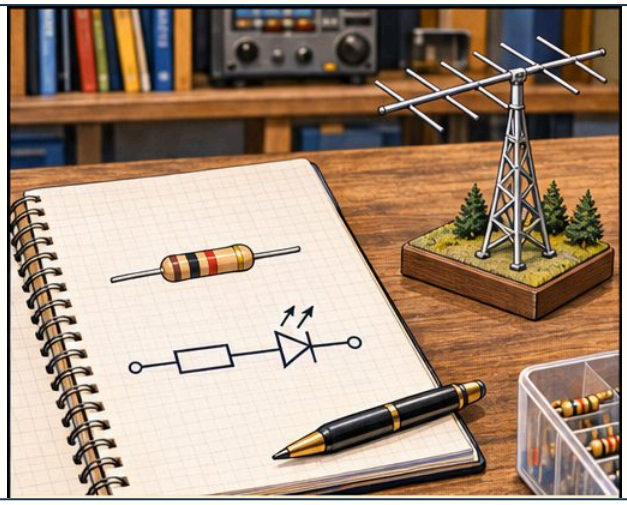
Klubben arbetar för att publicera användbar och verifierad information, men garanterar inte frånvaron av fel, utelämnanden eller avbrott. Teknisk eller regulatorisk information måste kontrolleras mot officiella källor när den stöder ett beslut.

Illustrationer skapade med hjälp av artificiell intelligens.

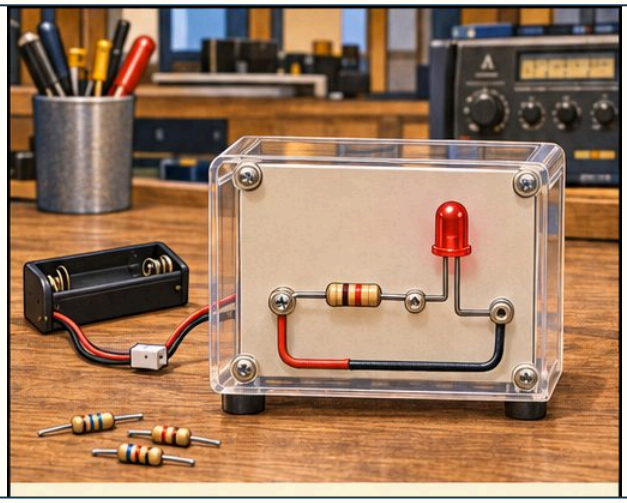
Monterns indikator



Lucas möter Henri för att förbereda klubbens upptäckarmonter.



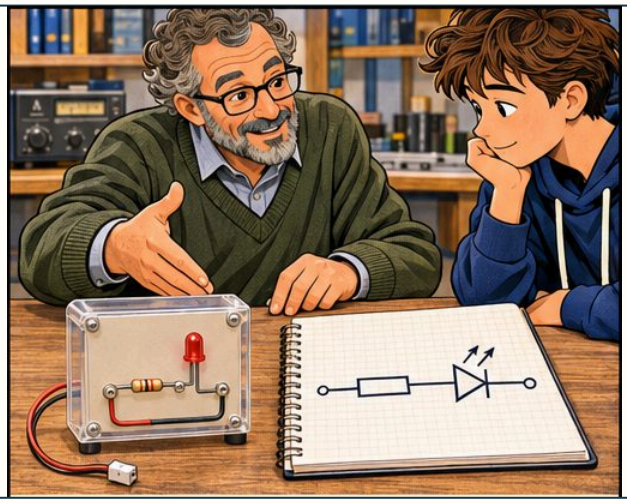
Efter antennerna får anteckningsboken en mycket mindre komponent.



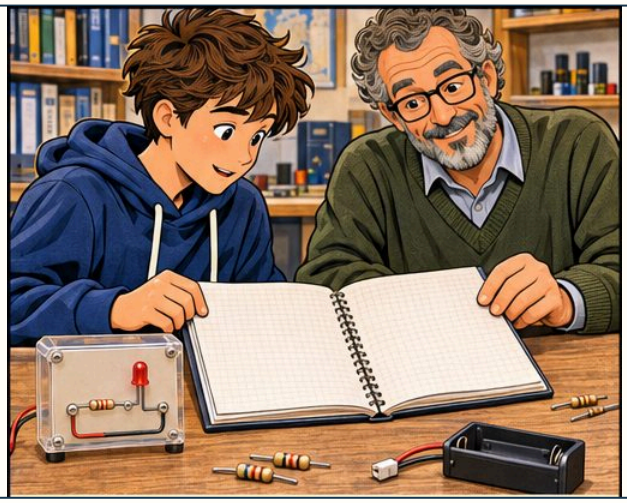
Lampan på den lilla demonstrationspanelen lyser inte längre.



«Byter vi lysdioden?» föreslår Lucas och öppnar komponentlådan.

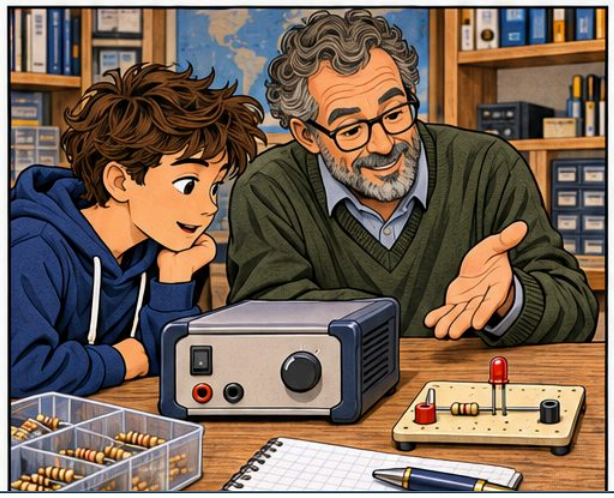


Henri vill förstå kretsen innan han byter något.



Uppdraget: återställa en pålitlig indikator och förklara varje val.

Koppla bort före felsökning



Panelen använder en strömbegränsad undervisningsmatning på 5 V.



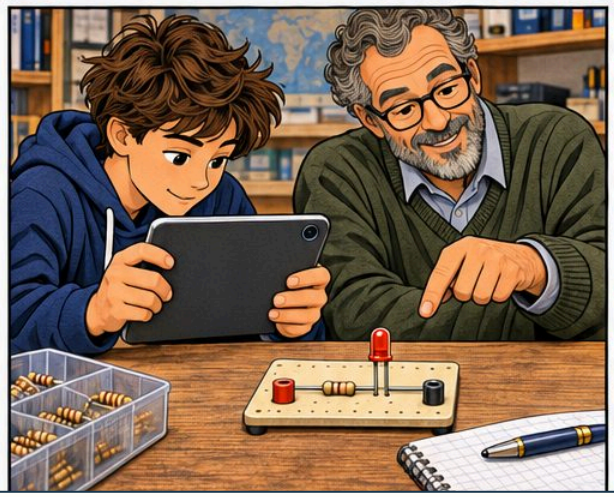
Henri stänger av och kopplar bort matningen före ingrepp.



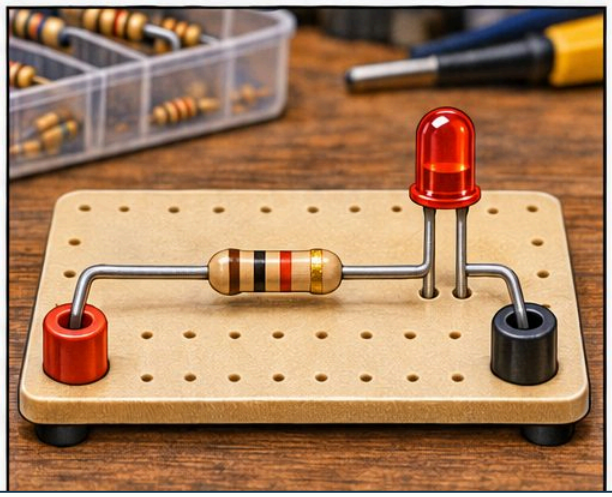
De väntar på föreskriven urladdning och kontrollerar spänningslöshet.



De öppnar ingen nätansluten apparat under verkstaden.



Lucas fotograferar anslutningarna och följer panelens schema.



Ett litet motstånd i lysdiodens strömväg fångar hans uppmärksamhet.

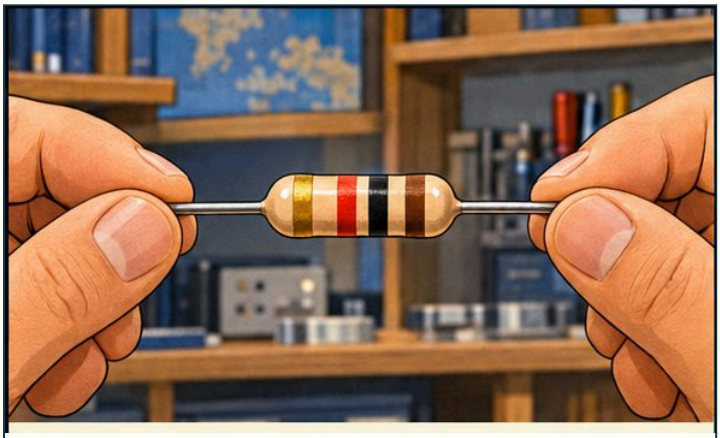
Ett namn, två betydelser



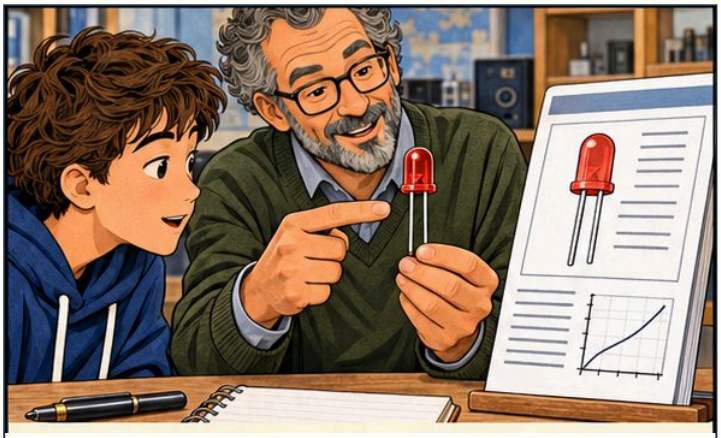
Motstånd är komponenten; resistans är den elektriska storheten R.



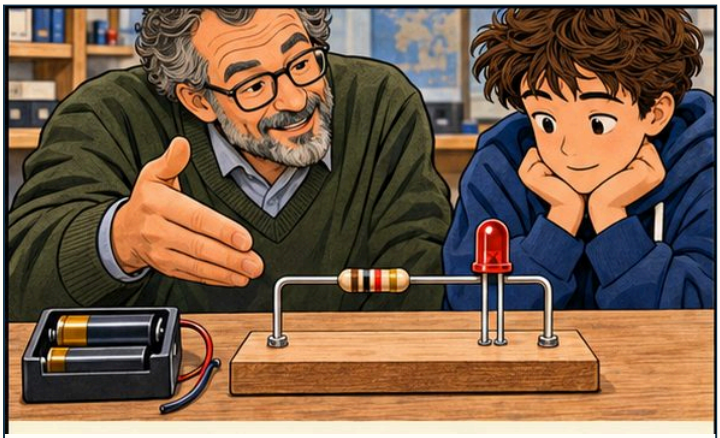
Storheten mäts i ohm med symbolen Ω.



Ett vanligt motstånd har ingen bestämd inkopplingsriktning.



Lysdioden har däremot en polaritet att respektera.



Seriemotståndet hjälper till att begränsa strömmen genom lysdioden.

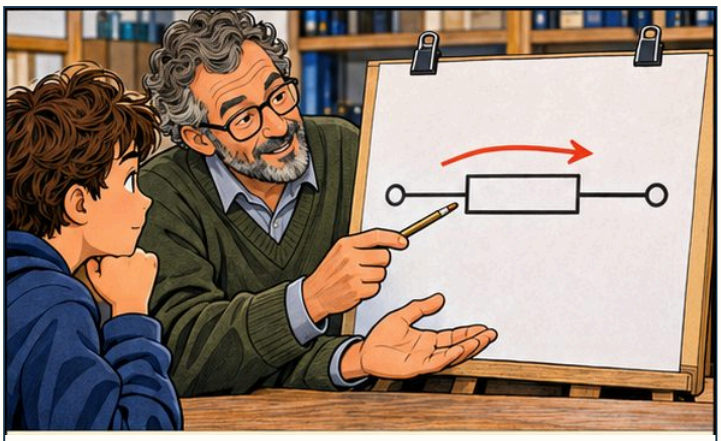


Lucas skiljer på delarnas uppgifter innan han söker felet.

Tillbaka till Ohms lag



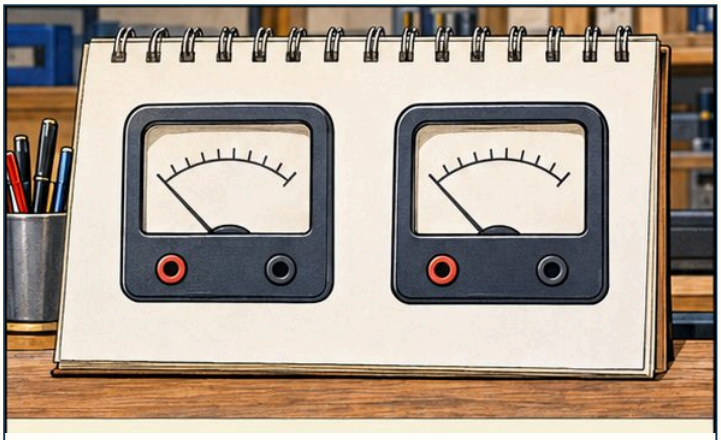
För ett ohmskt motstånd vid given temperatur gäller U = R × I.



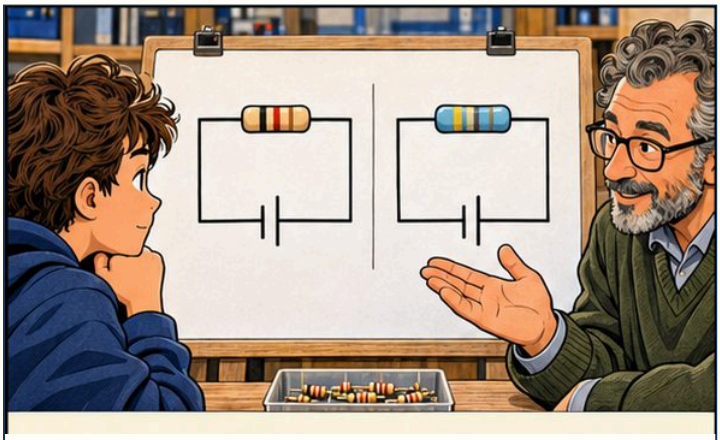
U är spänningen över det; I är strömmen genom det.



Man kan också skriva I = U / R och R = U / I.



Här anges U i volt och I i ampere.



Vid samma spänning minskar strömmen när R ökar.

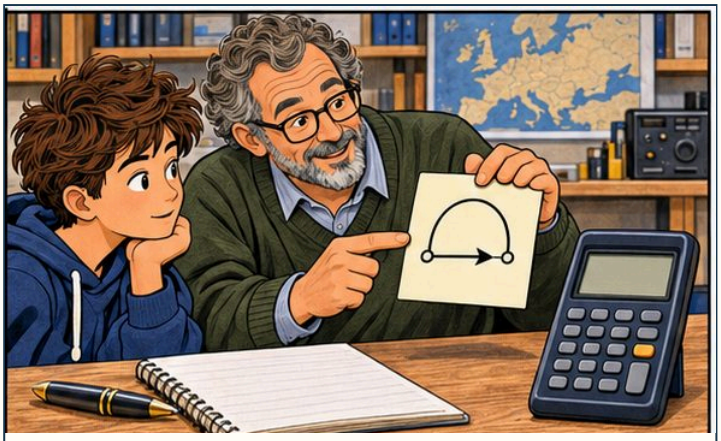


«Lysdioden är inget ohmskt motstånd», påminner Henri.

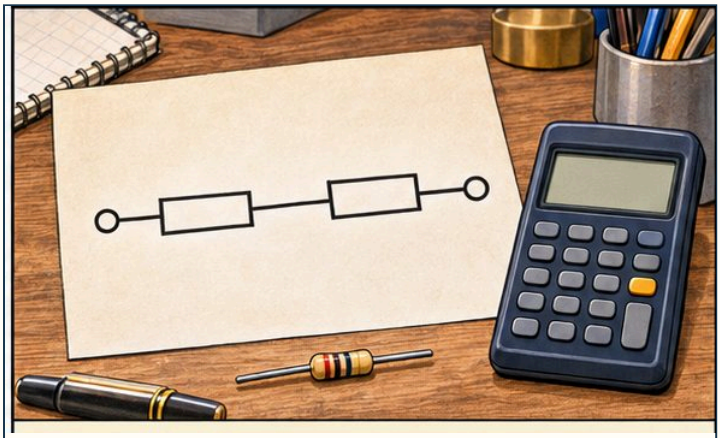
Enheter före siffror



1 kΩ = 1 000 Ω; 1 MΩ = 1 000 000 Ω.



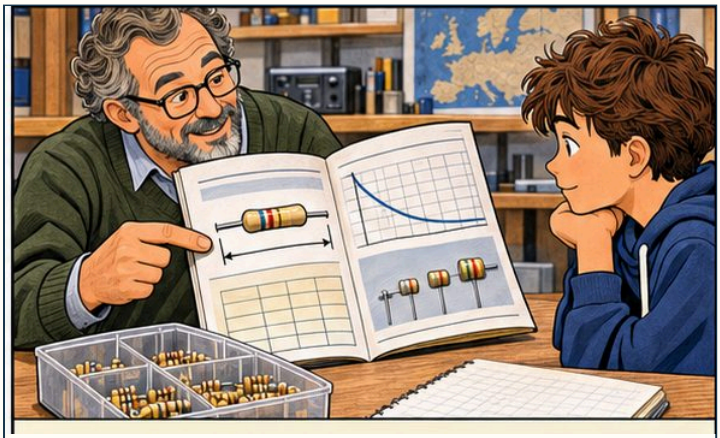
1 mA = 0,001 A: Lucas omvandlar innan formeln används.



Med 5 V över 1 kΩ ger beräkningen 5 mA.



På vissa delar betyder 4K7 4,7 kΩ och 2R2 2,2 Ω.



Märkningen beror på komponenten; dokumentationen är referensen.



Lucas ringar in enheterna: ett glömt prefix kan ändra valet.

Läs före mätning



Panelens motstånd har färgade ringar.



Henri hämtar tillverkarens färgkort och ett förstoringsglas.



Först räknar de ringarna och undersöker mellanrummen.



Toleransringen är ofta skild från de andra.



Om riktningen är oklar kontrollerar de typ och uppmätt värde.



En dåligt belyst färg räcker inte för att välja ersättare.

Fyra ringar, fyra roller



I vanlig fyraringarskod ger de två första två siffror.



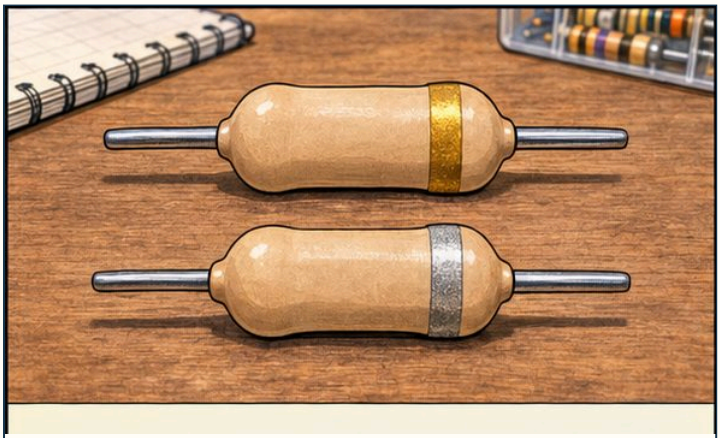
Den tredje ringen är multiplikatorn.



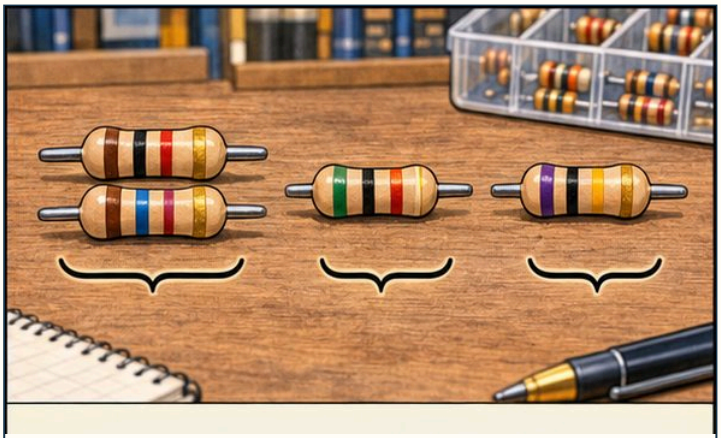
Den fjärde anger det nominella värdets tolerans.



De läser från änden motsatt toleransringen.



Guld betyder här ±5%; silver betyder ±10%.



«Två siffror, en faktor och en marginal», sammanfattar Lucas.

Siffrornas färgpalett



Svart är 0; brun 1; röd 2; orange 3; gul 4.



Grön är 5; blå 6; violett 7; grå 8; vit 9.



Färgens placering bestämmer dess uppgift i koden.



Som multiplikator betyder röd ×100 och orange ×1 000.



Guld och silver kan också multiplicera med 0,1 och 0,01.



Lucas behåller kortet nära: förståelse är bättre än gissningar.

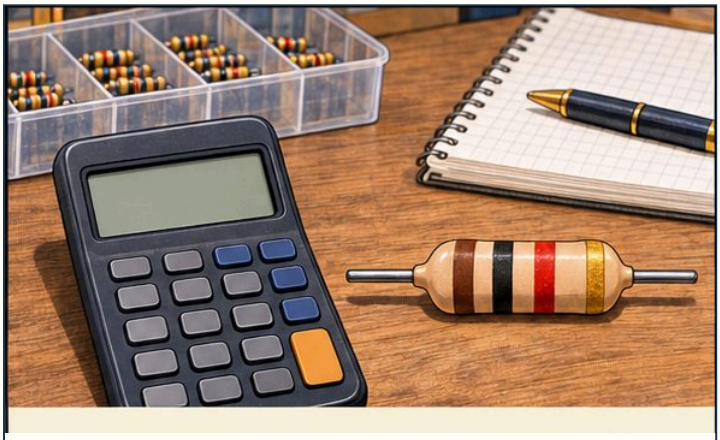
Den första avkodningen



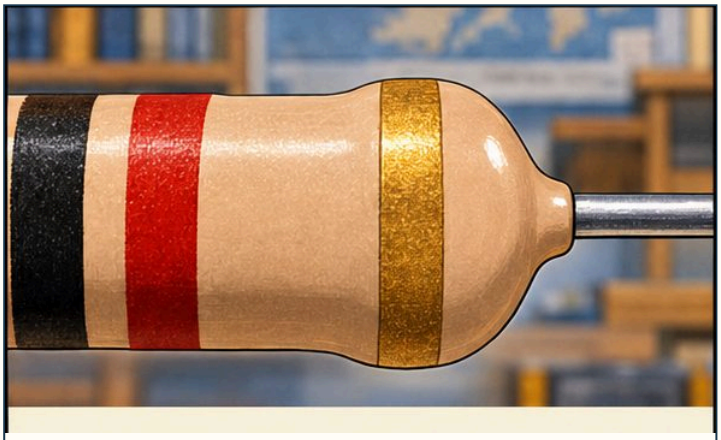
Ett exempel har brun, svart, röd och guld.



Brun följd av svart ger 10; röd multiplicerar med 100.



10 × 100 = 1 000 Ω, alltså 1 kΩ.



Guldringen lägger till en tolerans på ±5%.



Nominellt värde lovar alltså inget exakt värde.

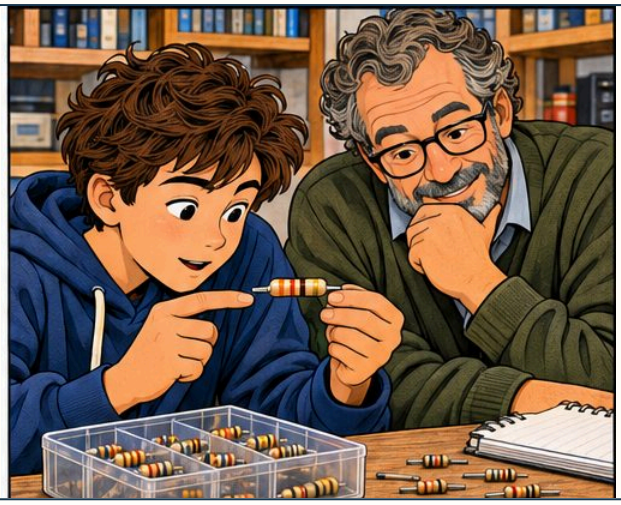


Lucas antecknar värde och tolerans var för sig.

Indikatorns motstånd



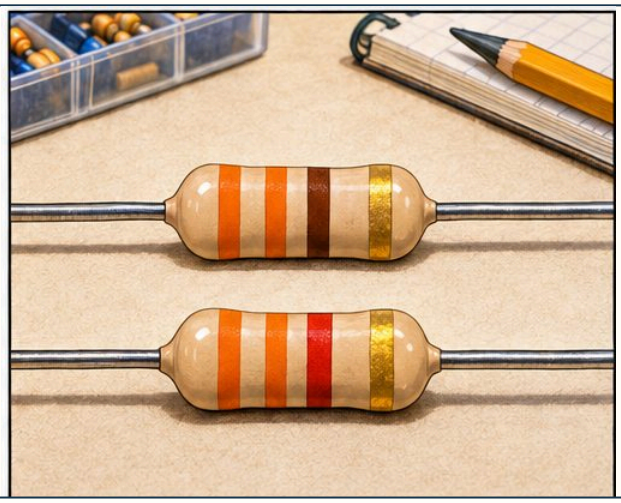
Panelens beskrivning anger orange, orange, brun och guld.



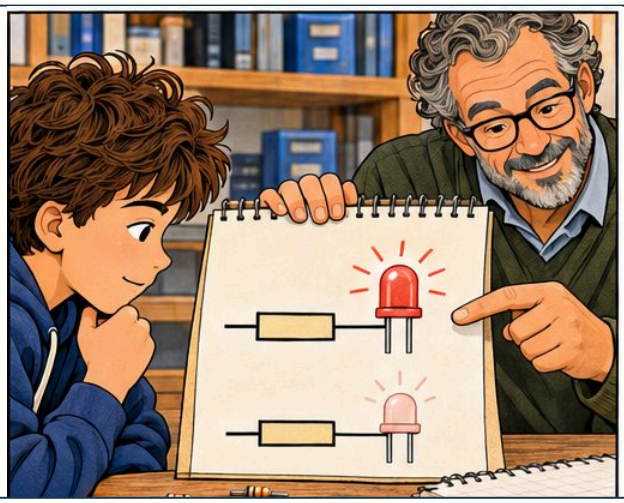
De två första ringarna ger 33; brun betyder ×10.



Resultatet är 330 Ω med toleransen ±5%.



En röd tredje ring skulle ge 3 300 Ω, alltså 3,3 kΩ.



Förväxlingen skulle minska indikatorns ström kraftigt.



Henri sparar båda exemplen till besökarnas verkstad.

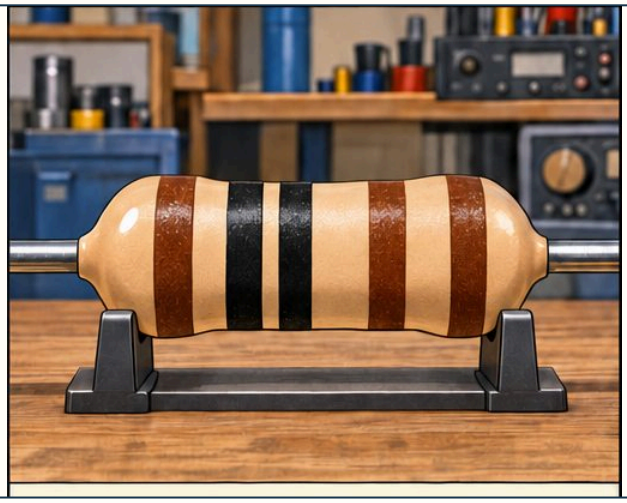
En ring till



Vanlig femringarskod börjar med tre signifikanta siffror.



Den fjärde multiplicerar; den femte anger toleransen.



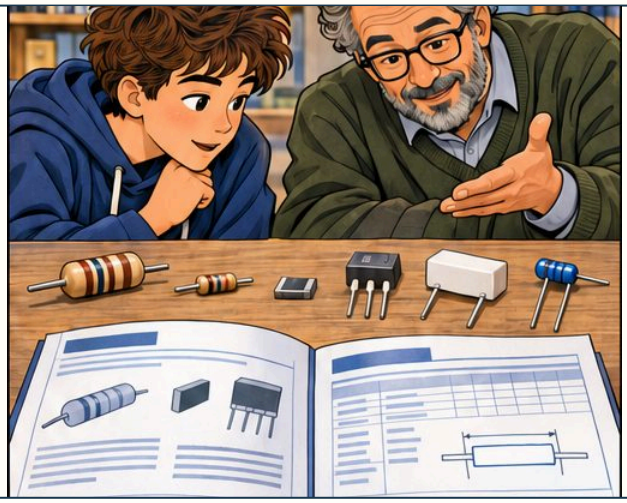
Brun, svart, svart, brun, brun ger 100 × 10 = 1 000 Ω.



Den sista bruna ringen betyder här ±1%.

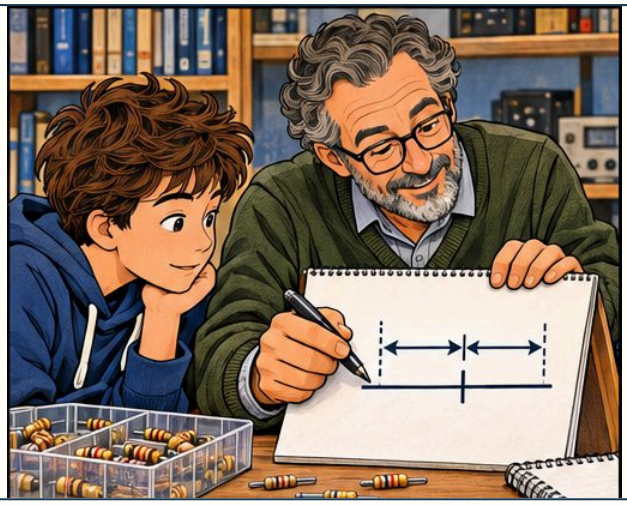


De läser alltså inte fem ringar som om de vore fyra.



Andra märkningar finns: Henri rekommenderar alltid rätt datablad.

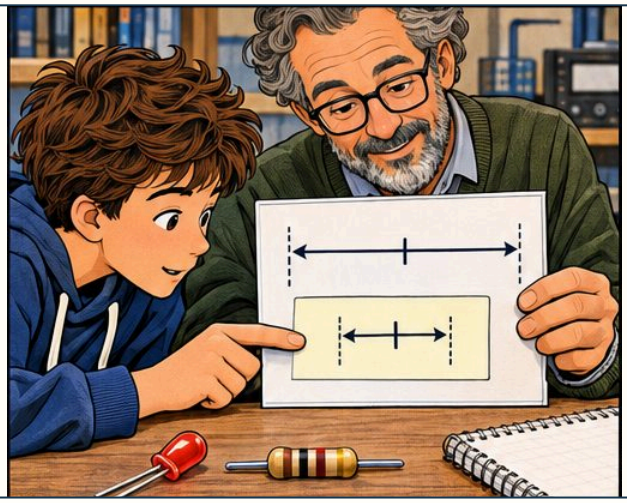
Förstå toleransen



För 1 kΩ vid ±5% är största nominella avvikelsen 50 Ω.



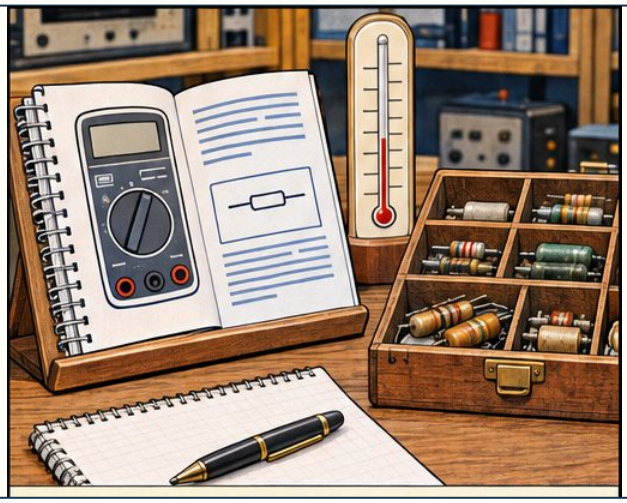
Motsvarande intervall är från 950 Ω till 1 050 Ω.



För 330 Ω vid ±5% är det från 313,5 Ω till 346,5 Ω.



Gränserna gäller under tillverkarens referensförhållanden.



Temperatur, åldrande och mätosäkerhet räknas också.



Lucas förstår varför två bra delar kan ge olika mätvärden.

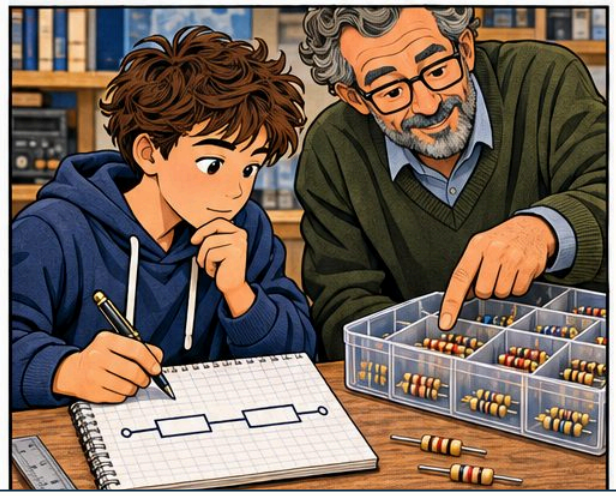
Välj ett tillgängligt värde



Tillverkare erbjuder standardiserade värdeserier.



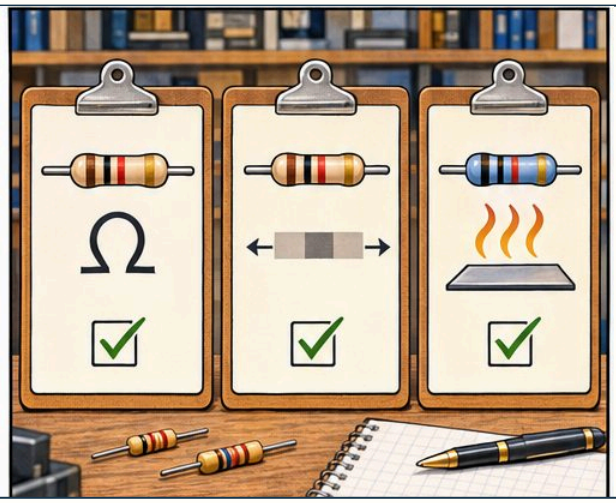
E12-serien innehåller bland annat 270 Ω, 330 Ω och 390 Ω.



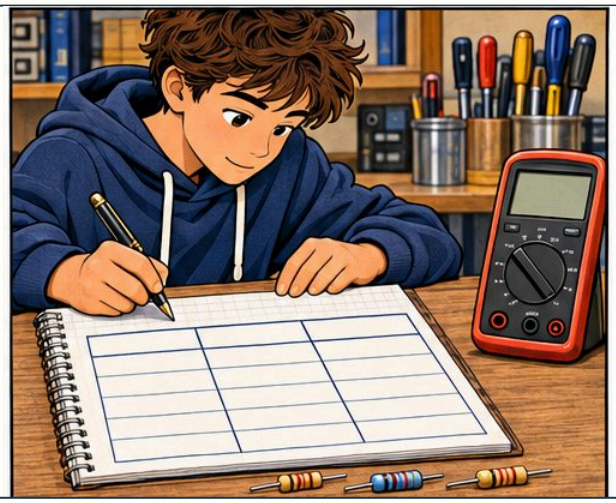
Ett beräknat resultat motsvarar inte alltid en del i lådan.



De väljer efter önskad funktion och räknar igen.



Värde, tolerans och effekt är tre olika kriterier.

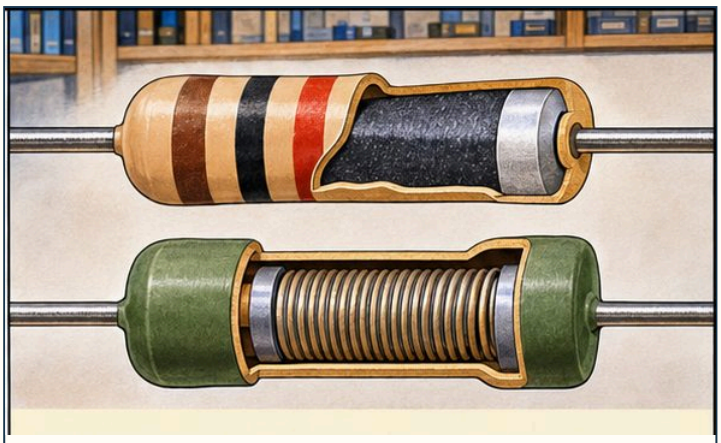


Lucas ger varje kriterium en plats i komponentlistan.

Under samma namn



Motstånd med samma värde kan ha olika konstruktion.



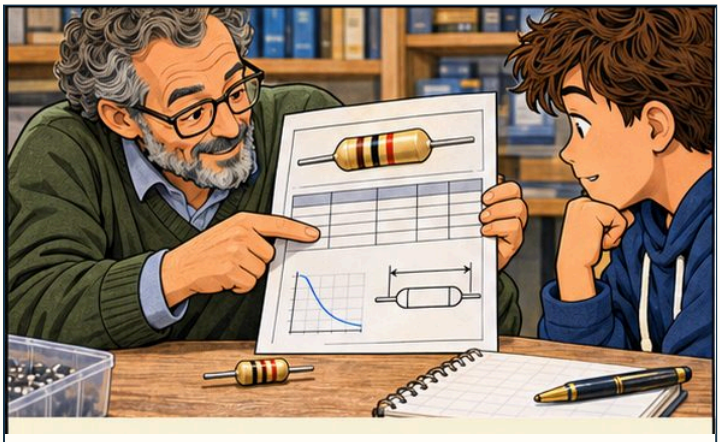
Henri visar filmtyper och en trådlindad modell.



Små ytmonterade motstånd monteras direkt på kretskortet.



Storleken avslöjar varken tolerans eller alla gränser.

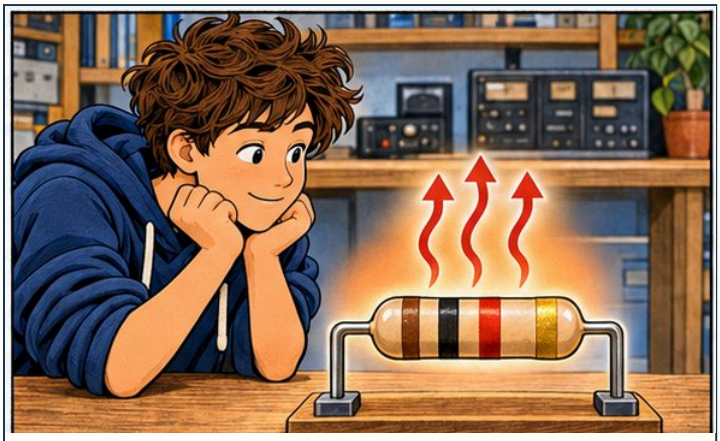


Databladet anger effekt, högsta spänning och användningsvillkor.

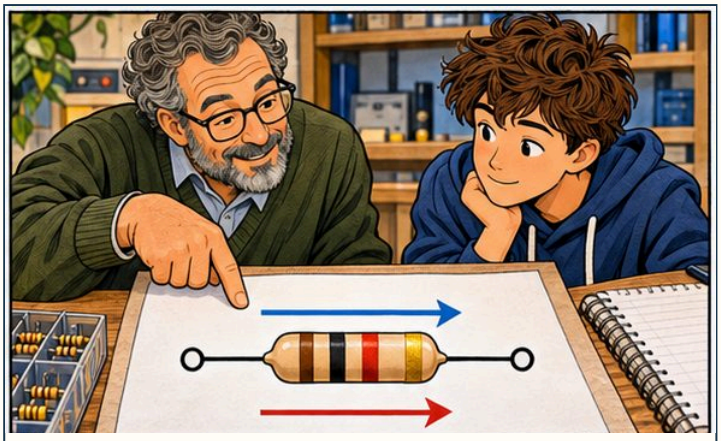


Till indikatorn väljer de en identifierad, dokumenterad del.

Vart tar energin vägen?



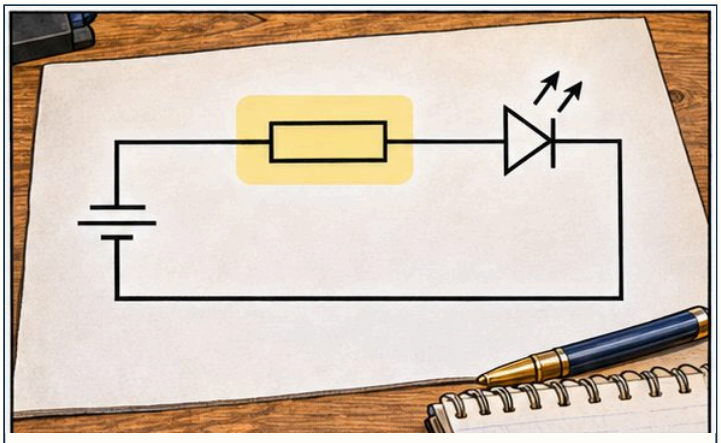
Ett motstånd omvandlar elektrisk energi till värme.



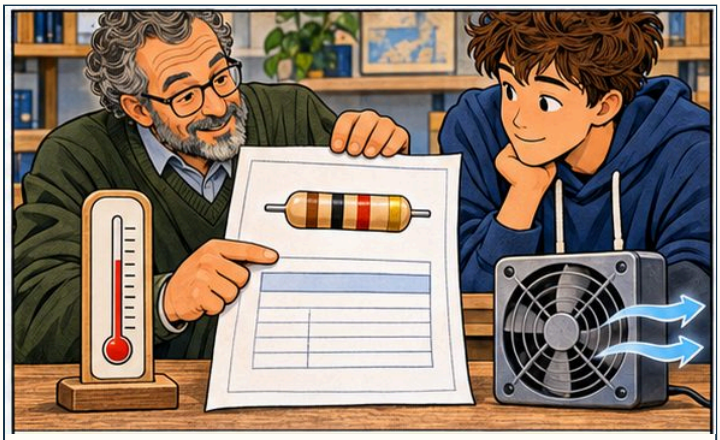
Den utvecklade effekten är $P = U \times I$.



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



Dessa U och I gäller det undersökta motståndet.

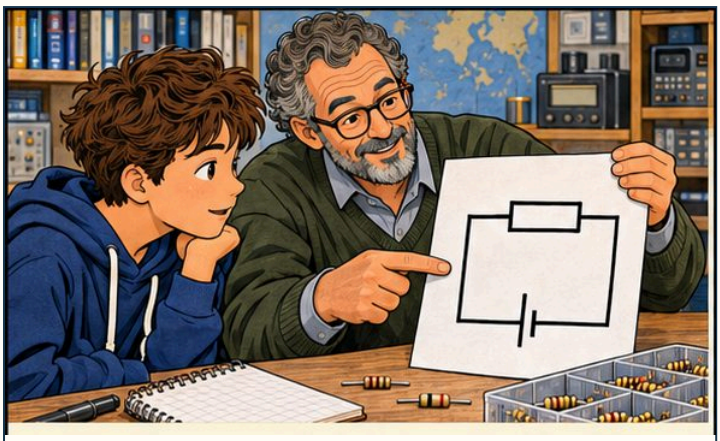


Märkeffekten är en gräns under bestämda villkor.



«Fler watt betyder inte fler ohm», drar Lucas slutsatsen.

Ett värmande exempel



På papper ger 12 V över 1 kΩ en ström på 12 mA.



Effekten är 12² / 1 000 = 0,144 W.



En del på 0,25 W kan passa om driftvillkoren tillåter det.



De behåller marginal och kontrollerar omgivningstemperaturen.

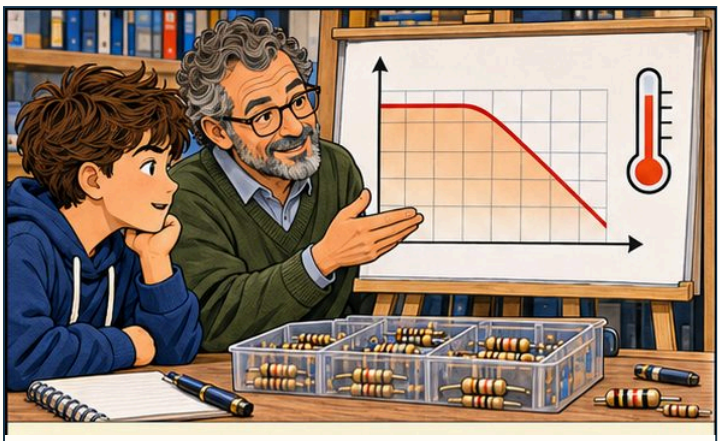


En sluten låda eller närliggande värme kan ändra valet.



Inget uppvärmningsprov krävs för att förstå beräkningen.

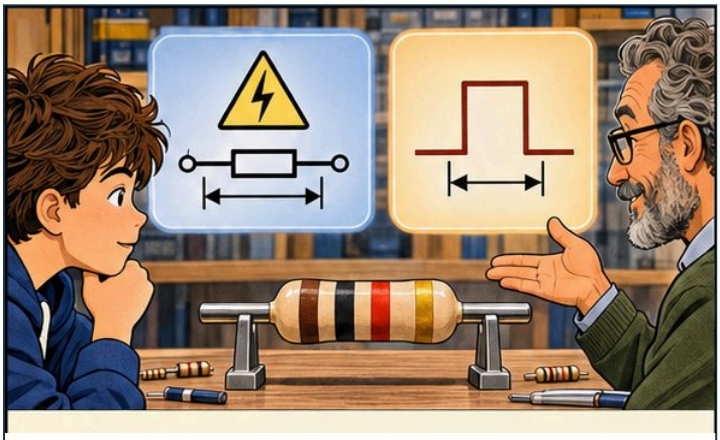
En gräns är inget mål



Nedklassningskurvan kan minska tillåten effekt när temperaturen stiger.



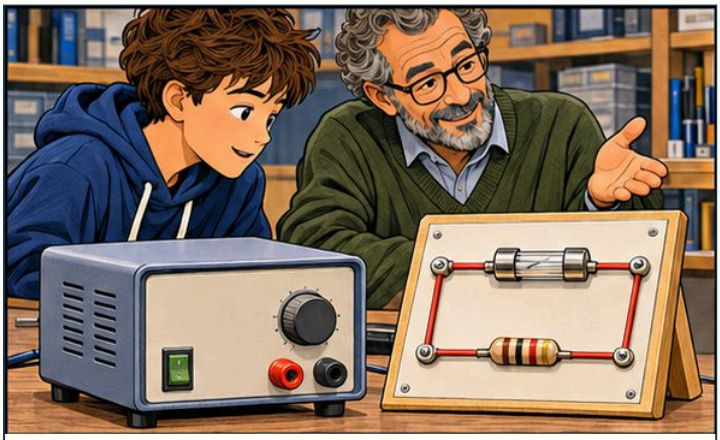
Henri visar kurvan i den valda modellens datablad.



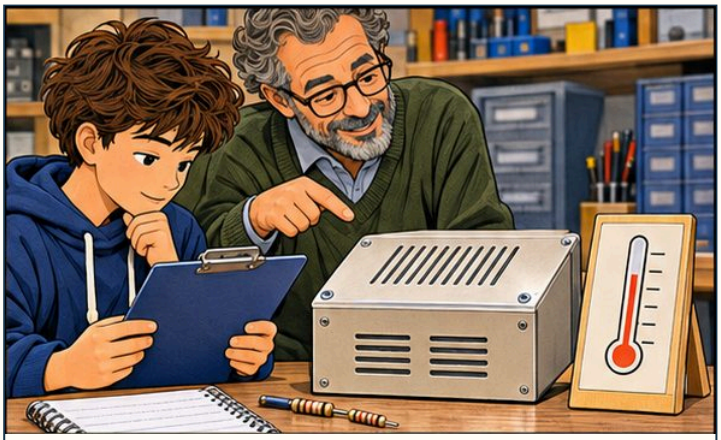
De kontrollerar också arbetsspänning och eventuella pulser.



Ett effektförbrukande motstånd ersätter ingen säkring.

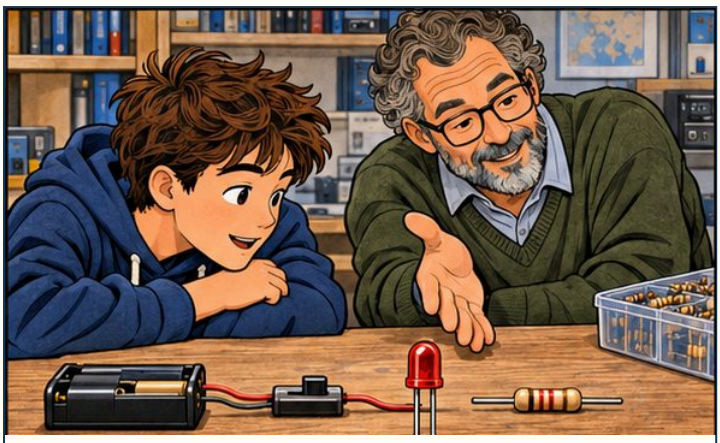


Panelen behåller skyddet som konstruktören avsett.

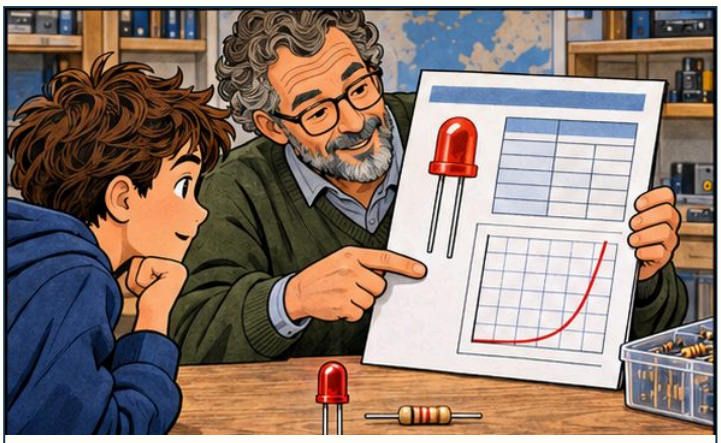


Lucas väljer med marginal och kontrollerar sedan verkliga förhållanden.

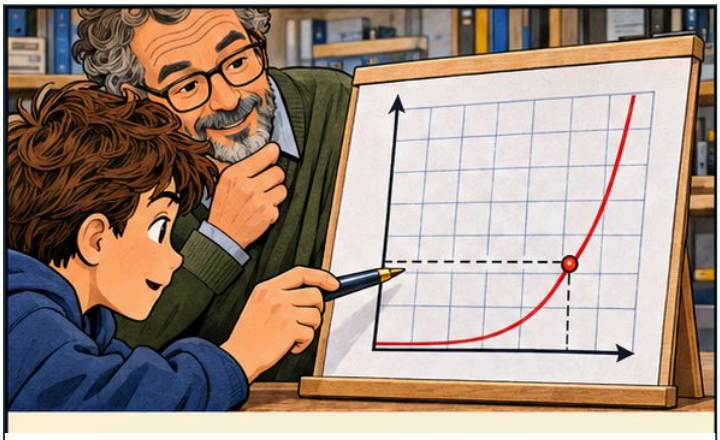
Förbered indikatorns beräkning



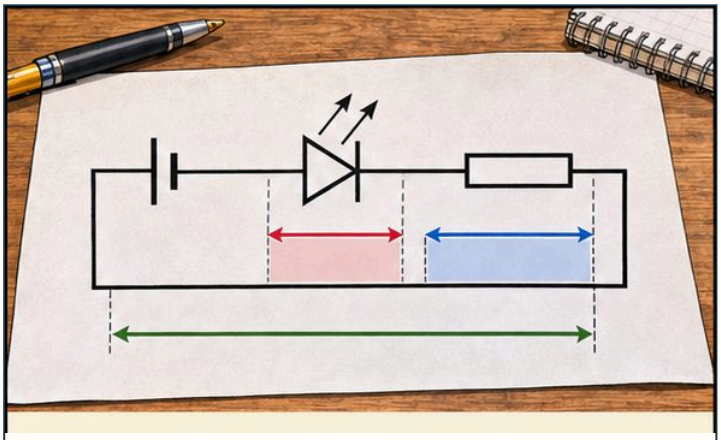
Exemplet använder en matning på 5 V och en röd lysdiod.



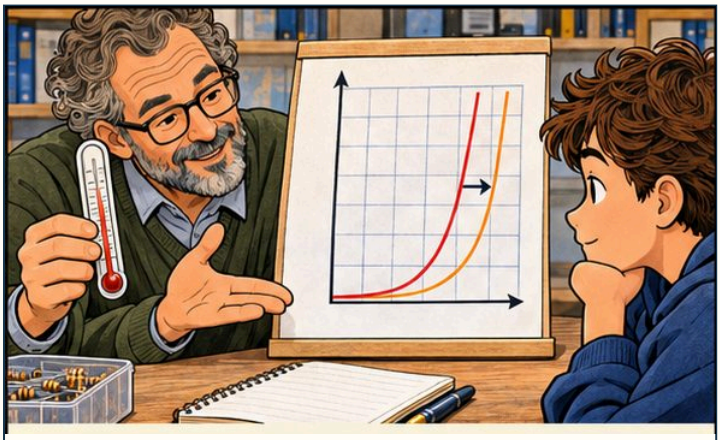
Diodens datablad stöder ungefär 2 V vid den studerade strömmen.



De siktar på 10 mA inom modellens gränser.



Seriemotståndet får då ungefär 5 − 2 = 3 V.

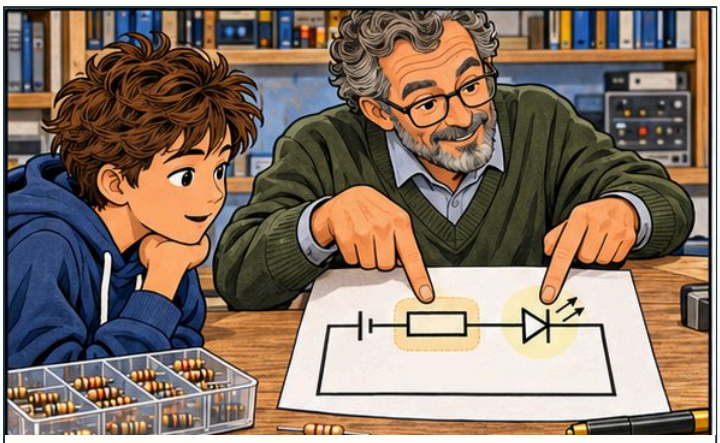


En lysdiods framspänning beror på ström och temperatur.

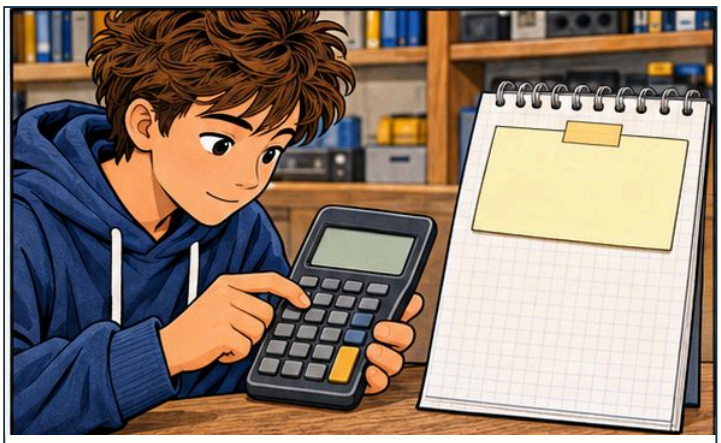


Antagandena används i beräkningen och gäller inte alla lysdioder.

Det teoretiska värdet



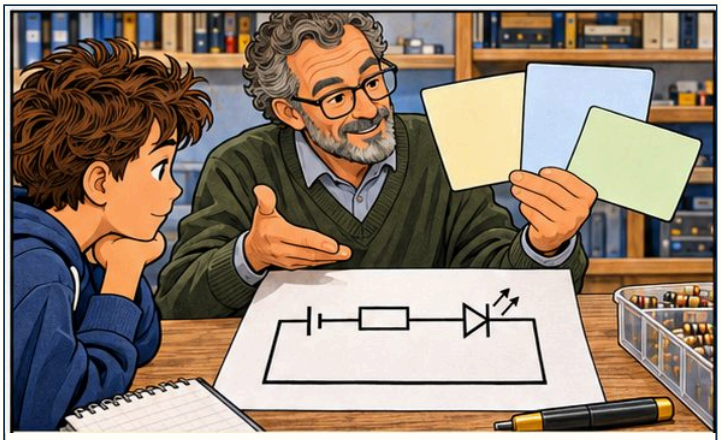
För seriemotståndet: R = (Umatning – ULED) / I.



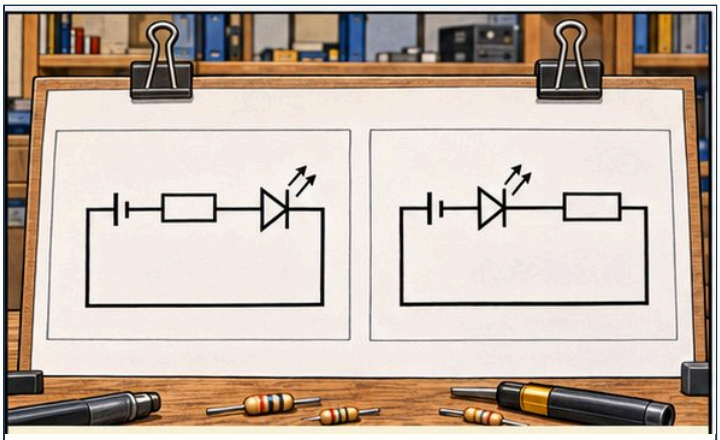
Lucas omvandlar: 10 mA = 0,010 A.



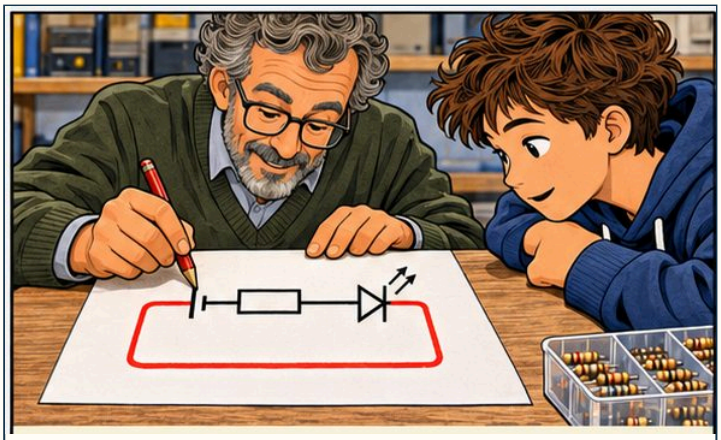
Han beräknar R = (5 – 2) / 0,010 = 300 Ω.



Värdet förutsätter exemplets spänningar och önskad ström.



Motståndet kan sitta före eller efter dioden i samma seriekrets.

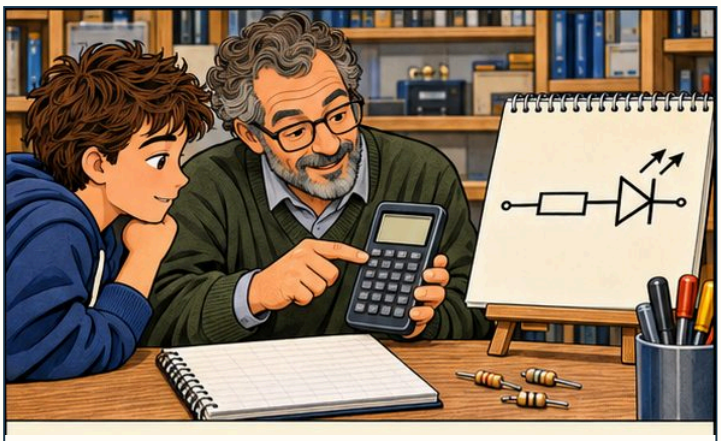


Henri letar särskilt efter vägar som skulle kringgå motståndet.

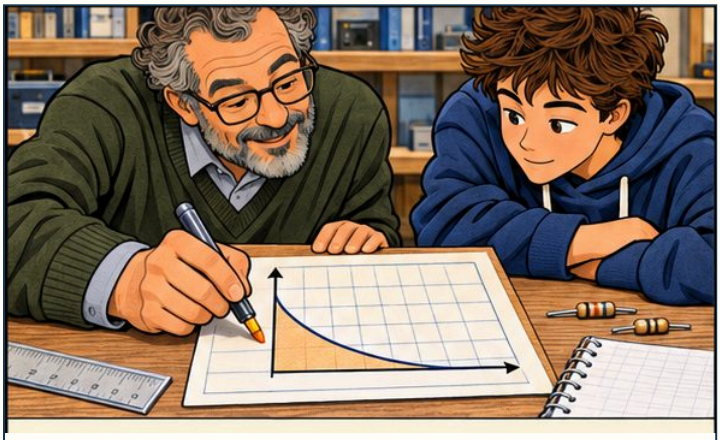
Från beräkning till låda



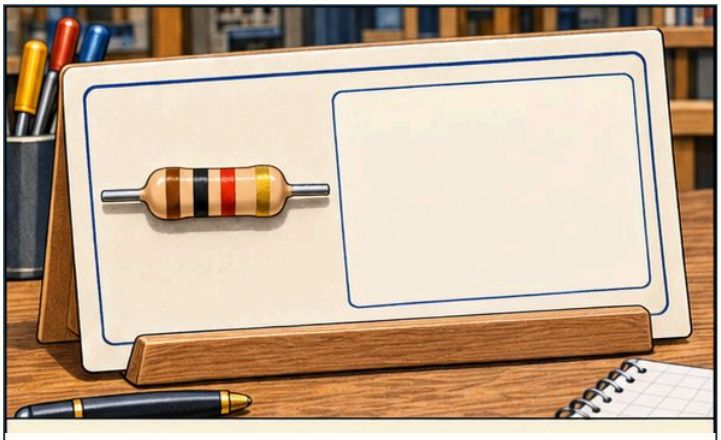
Ur lagret väljer de 330 Ω i stället för 270 Ω.



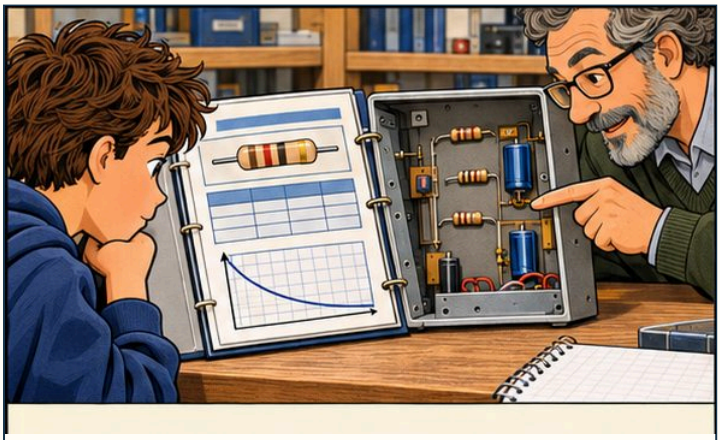
Med samma antaganden blir I ≈ 3 / 330 ≈ 9,1 mA.



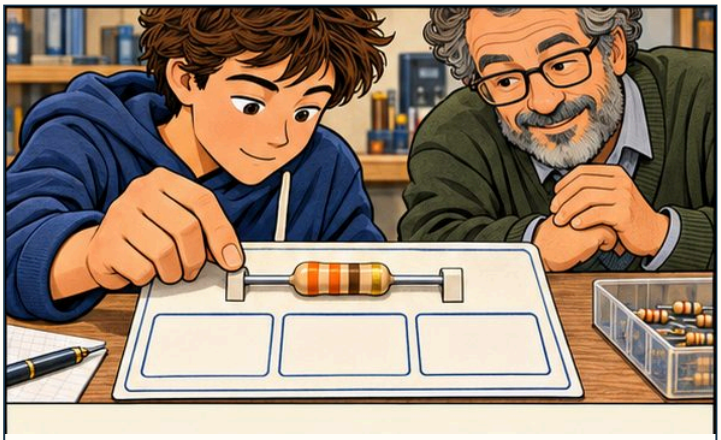
Motståndseffekten är ungefär 3^2 / 330 ≈ 0,027 W.



En identifierad del på 0,25 W ger här god termisk marginal.

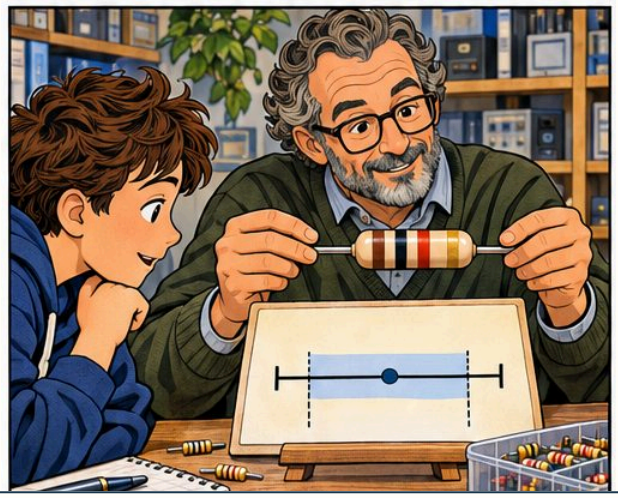


Ändå kontrollerar de databladet och panelens planerade förhållanden.

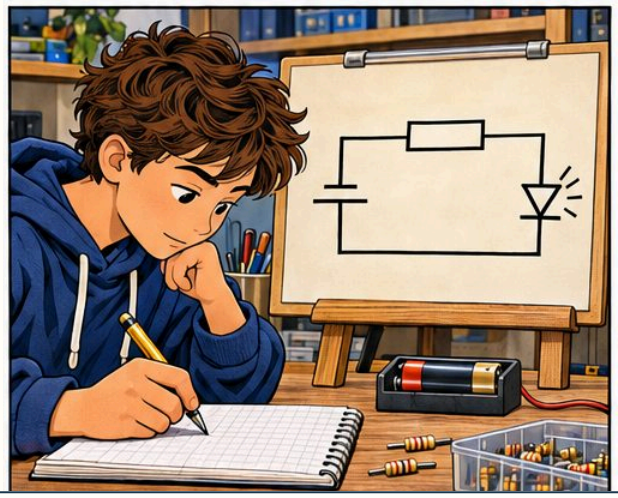


Lucas antecknar: 330 Ω, ±5%, 0,25 W; alla tre kriterierna är klara.

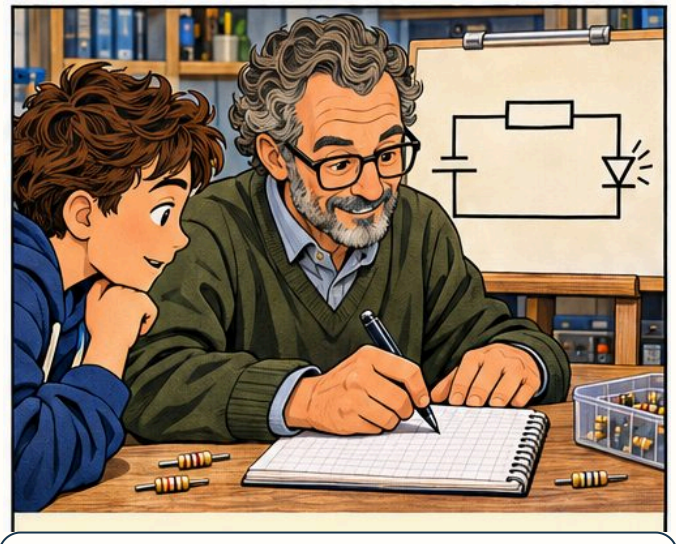
Tänk på avvikelser



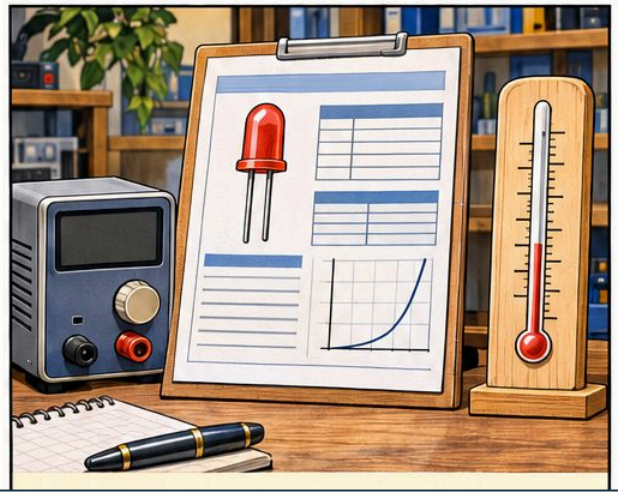
Toleransen hos R ändrar redan den beräknade strömmen.



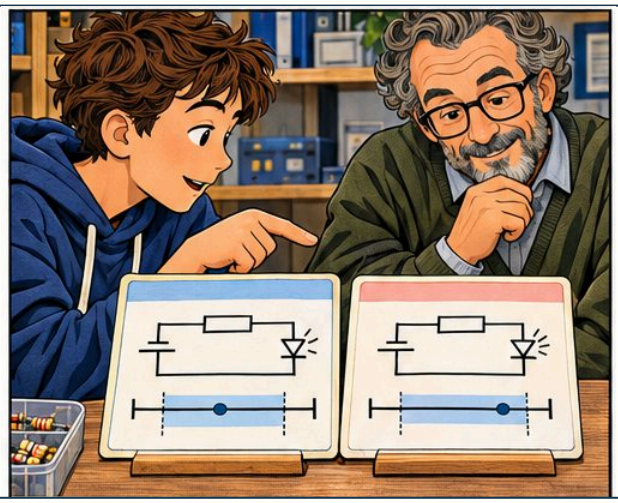
Med 3 V över motståndet ger 313,5 Ω ungefär 9,57 mA.



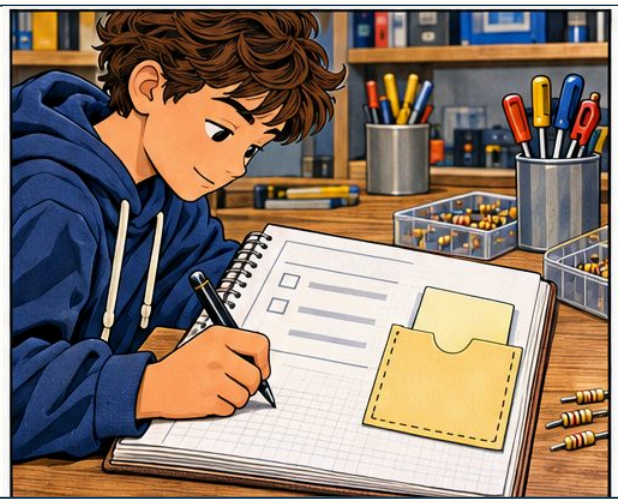
Med 346,5 Ω blir det ungefär 8,66 mA.



Matningen och lysdiodens spänning varierar också.



För verkliga kretsar kontrollerar de värsta fall med databladen.



«En användbar approximation behåller sina antaganden», minns Lucas.

Rätt tillfälle för ohmmetern



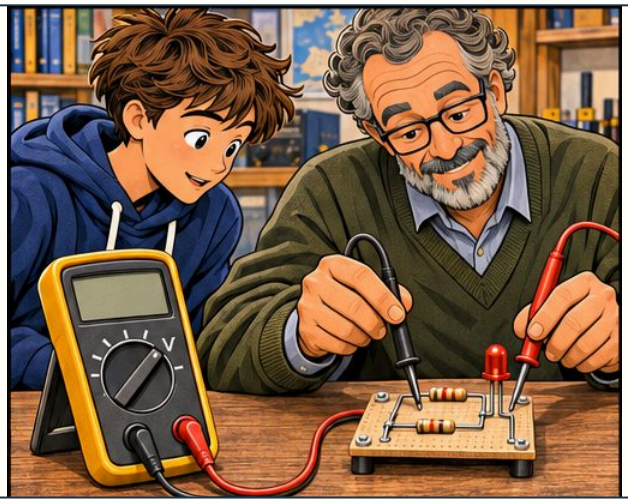
Ohmmetern tillför en liten signal för att bestämma resistansen.



Den får inte användas på en spänningssatt krets.



Henri stänger av, kopplar bort och följer urladdningsproceduren.



Sedan kontrollerar han spänningslöshet med lämplig inställning.



Först efter dessa kontroller väljer de resistansmätning.



Lucas lägger till den exakta ordningen i felsökningsbladet.

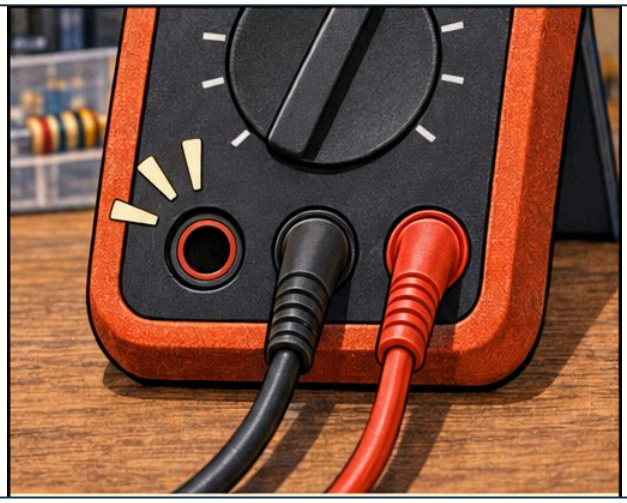
Förbered mätspetsarna



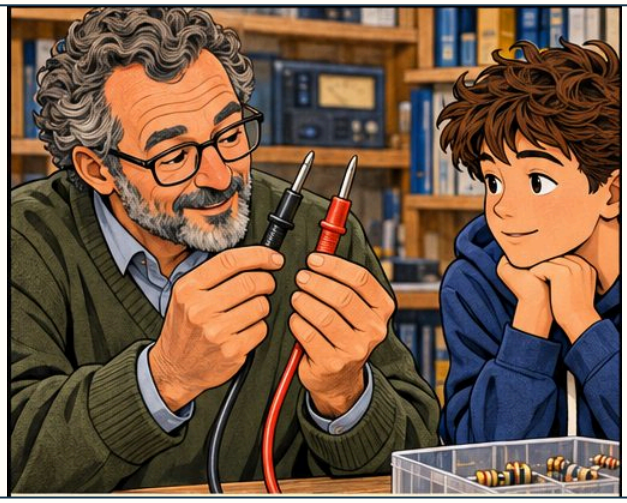
De följer multimeterns manual för uttag och mätområde.



Svart går till COM; röd till ingången för ohm.



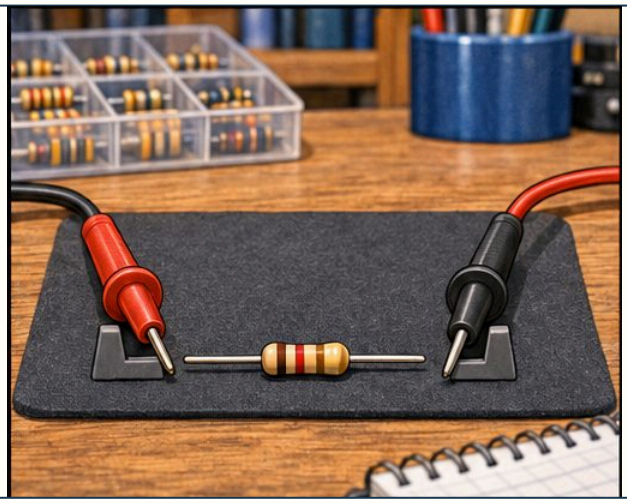
Strömingången används inte för denna mätning.



De kontrollerar sladdarnas skick och spetsarnas kontakt.

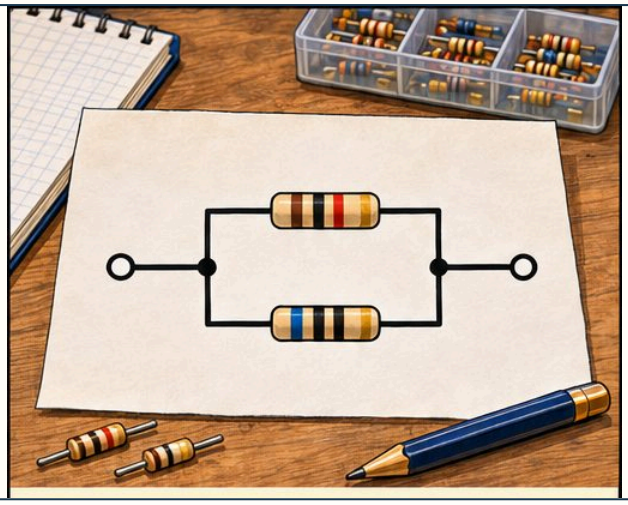


Fingrar och dåliga kontakter kan särskilt förvränga höga resistansvärden.

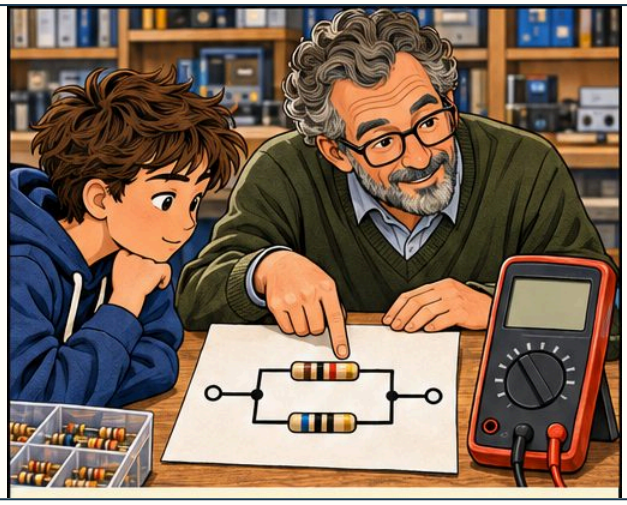


Lucas lägger delen på isolerande underlag och håller händerna undan.

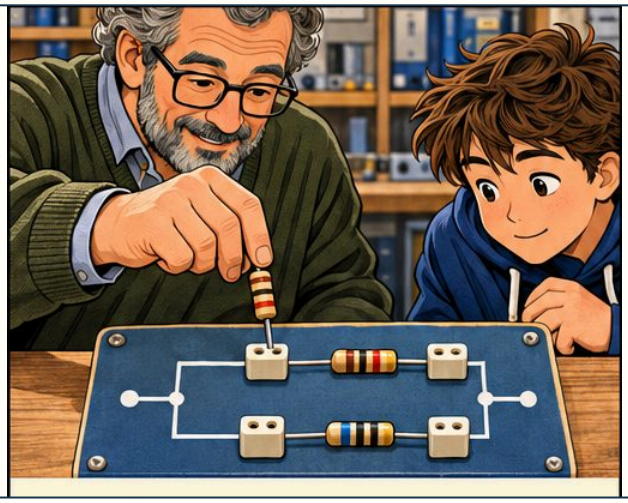
Undvik dolda vägar



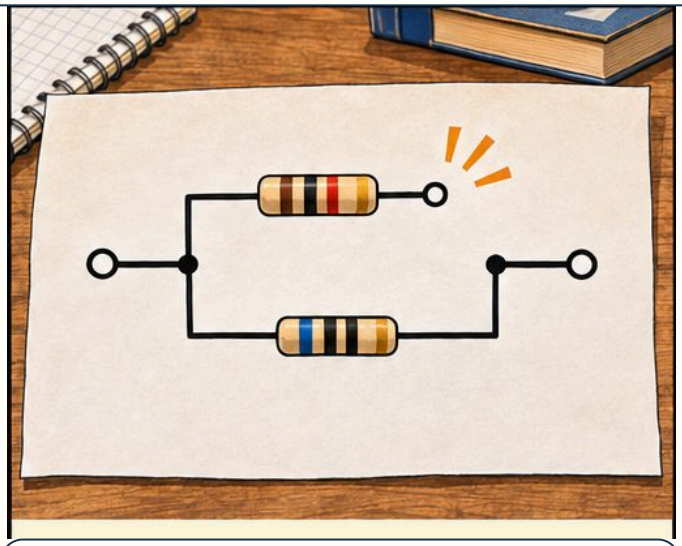
Andra komponenter kan bilda parallella vägar i kretsen.



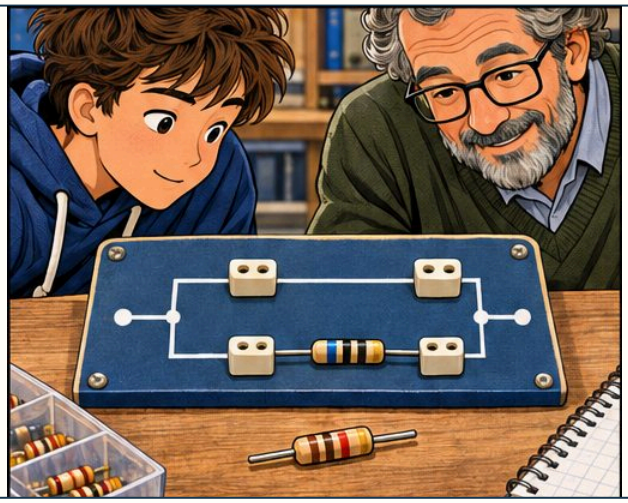
Avläsningen motsvarar då inte nödvändigtvis enbart motståndet.



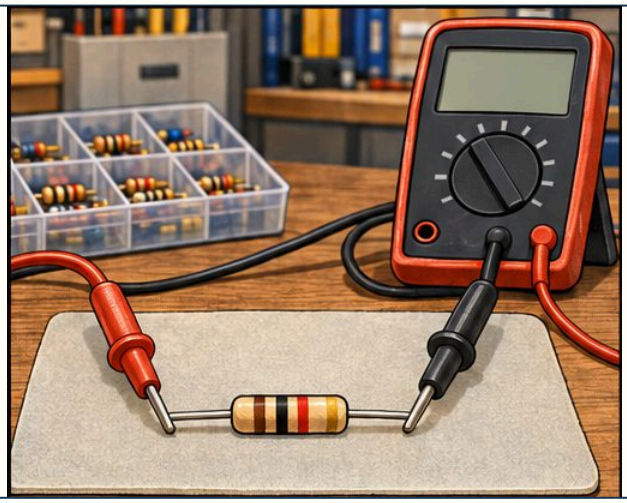
På sitt spänningslösa instickspanel tar de ut delen ur hållaren.



I andra kretsar kan ett ben behöva isoleras.



Här löder de inte loss något: hållaren möjliggör separation.

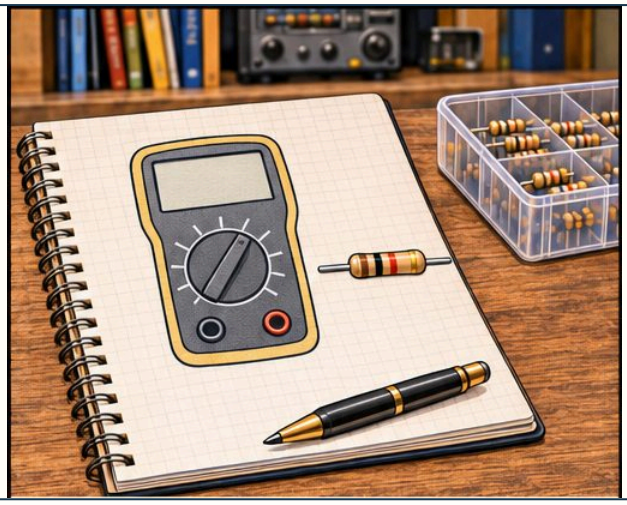


Det uttagna motståndet kan nu mätas ensamt.

Läs utan övertolkning



De övar först med ett känt motstånd på 1 kΩ vid ±5%.



Anteckningsboken visar en möjlig avläsning: 0,998 kΩ, alltså 998 Ω.



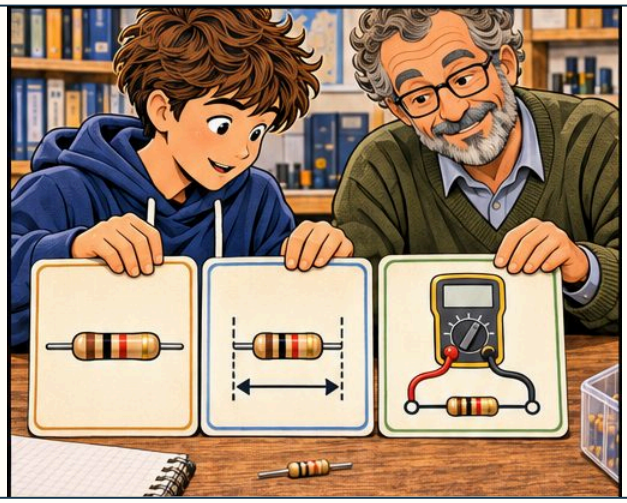
Den ligger inom det nominella intervallet 950 Ω till 1 050 Ω.



Multimeterns noggrannhet och kontaktkvaliteten begränsar slutsatsen.



Kontinuitetspipet ersätter inte en numerisk resistansmätning.

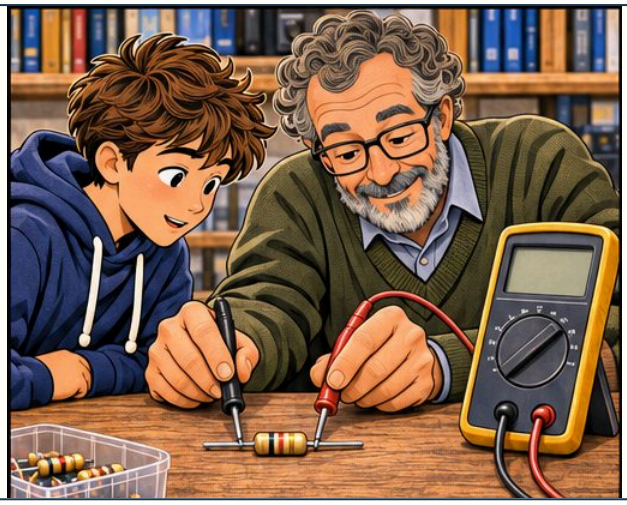


Lucas jämför enhet, förväntat intervall och mätförhållanden.

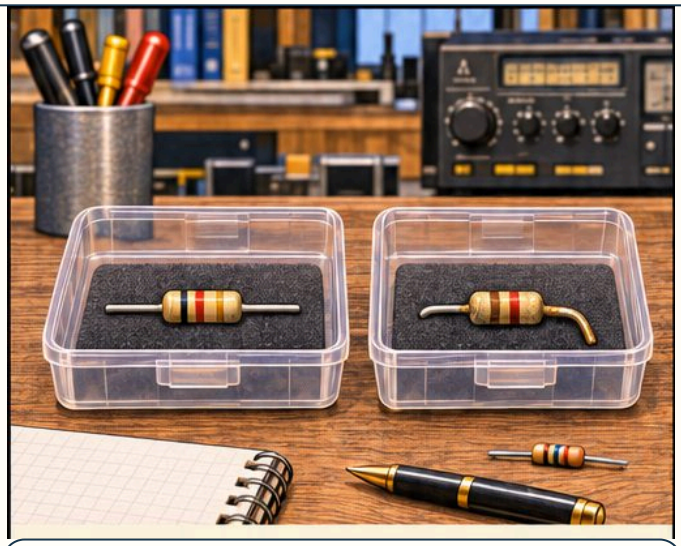
En ledtråd, ännu ingen dom



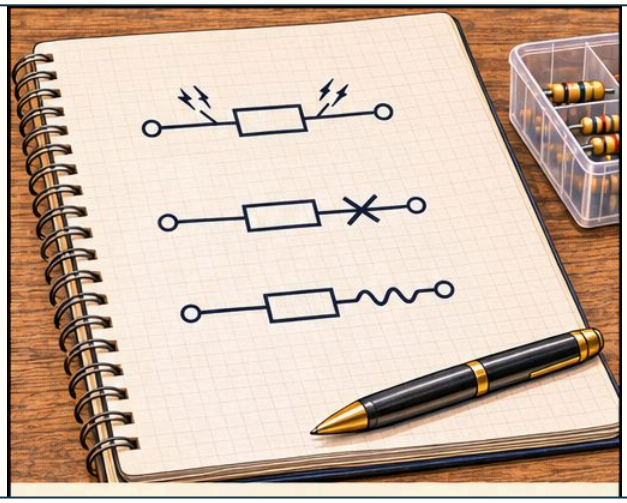
Den uttagna indikatordelen har en skadad benkontakt.



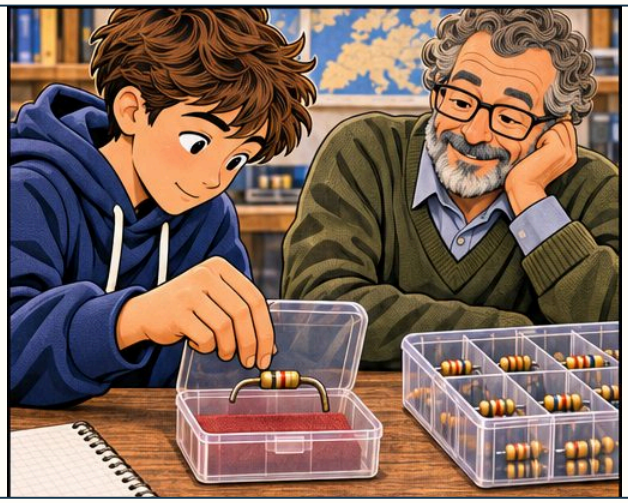
Avläsningen förblir instabil; Henri förbättrar mätkontakterna.



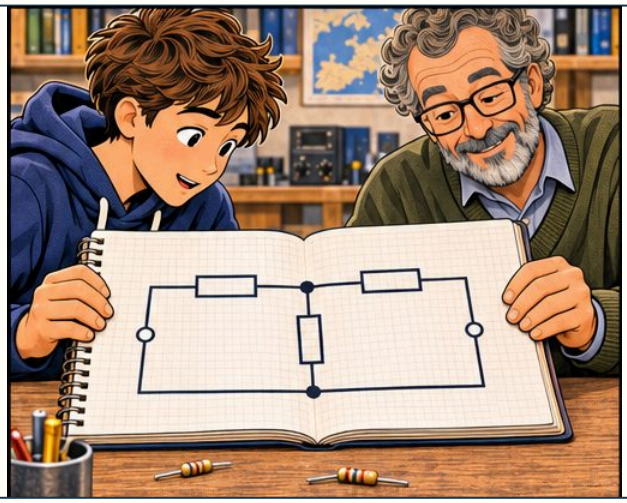
De jämför beteendet med den kända delen.



Ett värde utanför området kan bero på komponent, sladdar eller kontakt.



De lägger den misstänkta delen åt sidan utan att förklara hela felet löst.



Schemat måste fortfarande visa hur motstånden samverkar.

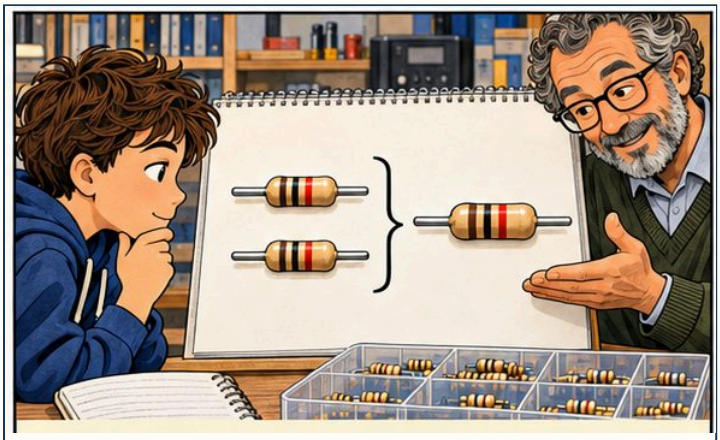
Längs en enda väg



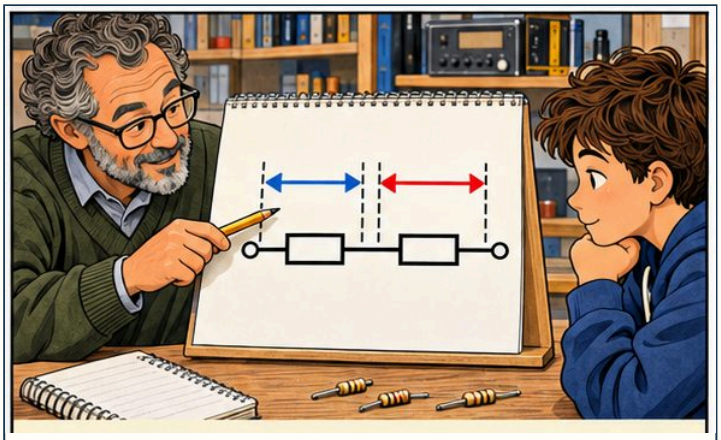
Två motstånd är i serie när samma ström går genom båda utan förgrening.



Deras ersättningsresistans är R = R1 + R2.



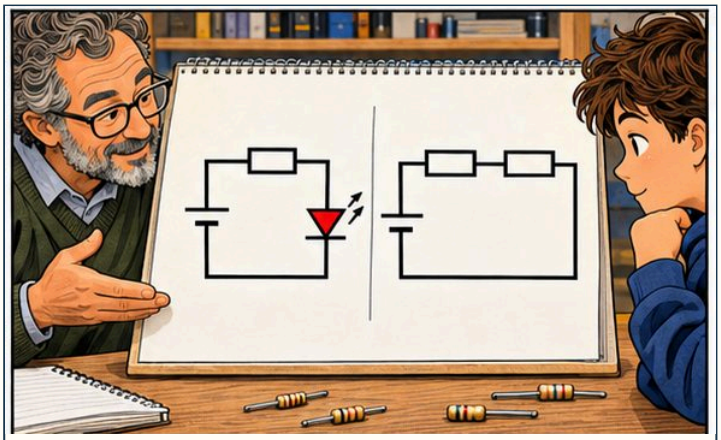
Två motstånd på 1 kΩ i serie ger 2 kΩ.



Den totala spänningen fördelas efter deras värden.

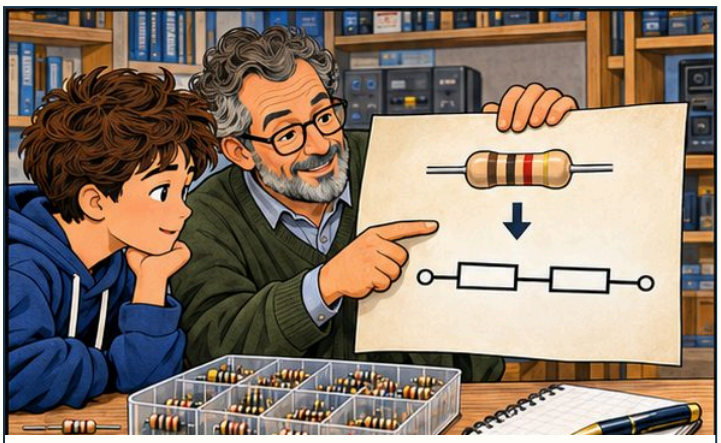


Varje komponent måste tåla sin egen spänning och effekt.

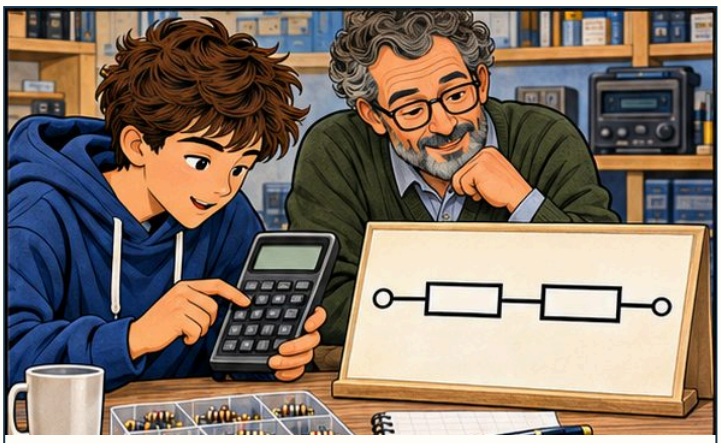


Lucas ritar en väg och återfinner lysdiodens seriemotstånd.

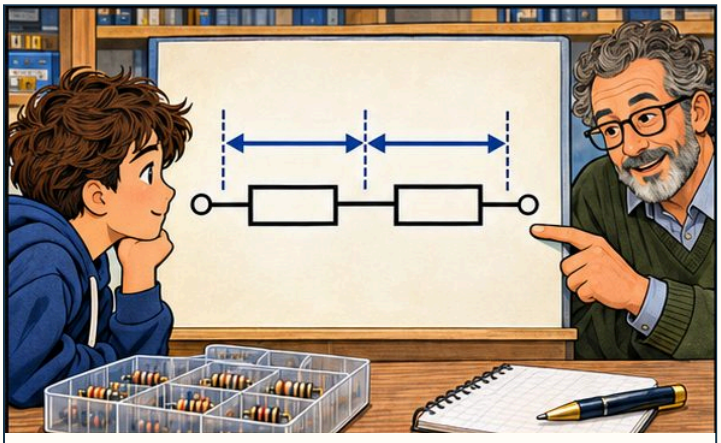
Fördela i serie



På papper matar 5 V två lika motstånd på 1 kΩ i serie.



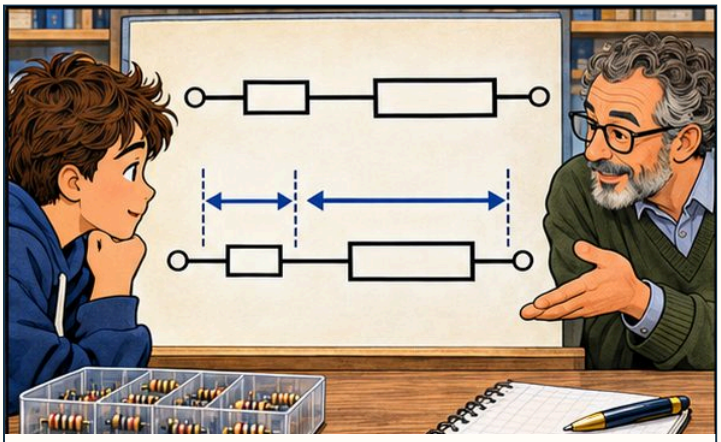
Strömmen är 5 / 2 000 = 0,0025 A, alltså 2,5 mA.



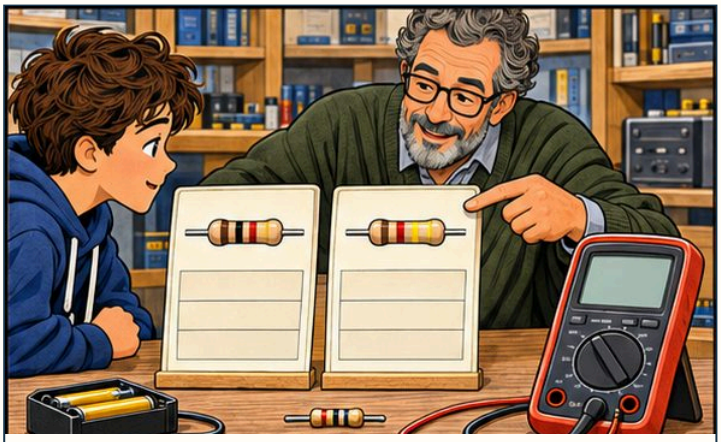
Varje motstånd får 2,5 V i denna idealmodell.



Varje utvecklar 2,5 × 0,0025 = 0,00625 W.

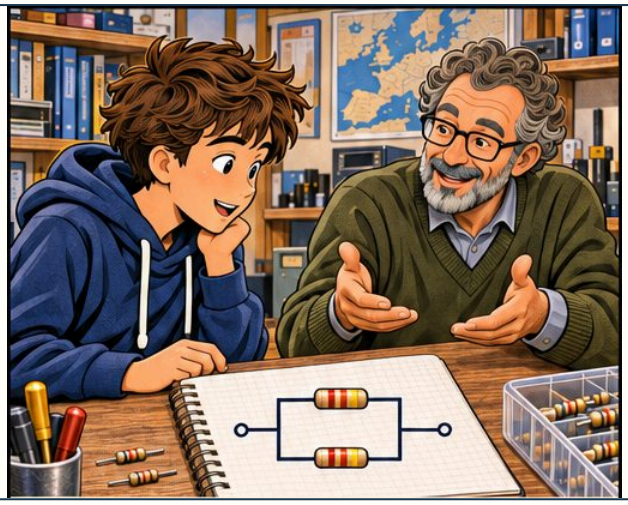


Olika värden skulle fördela spänning och effekt annorlunda.

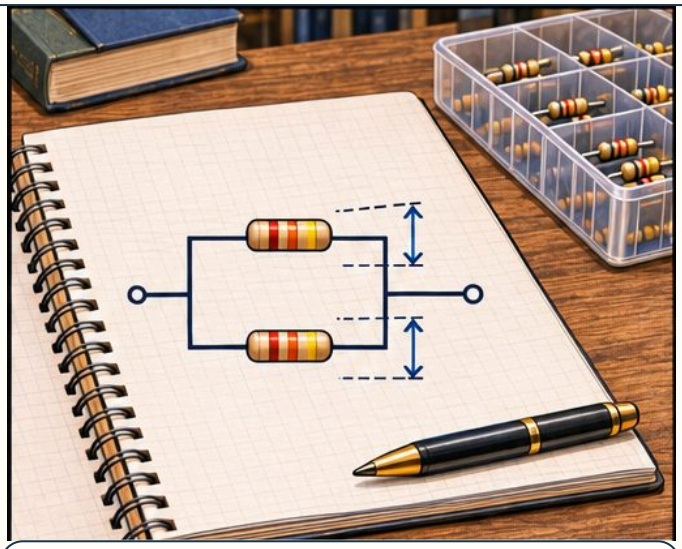


Henri betonar: att addera delarnas märkeffekter räcker inte.

Två vägar mellan två noder



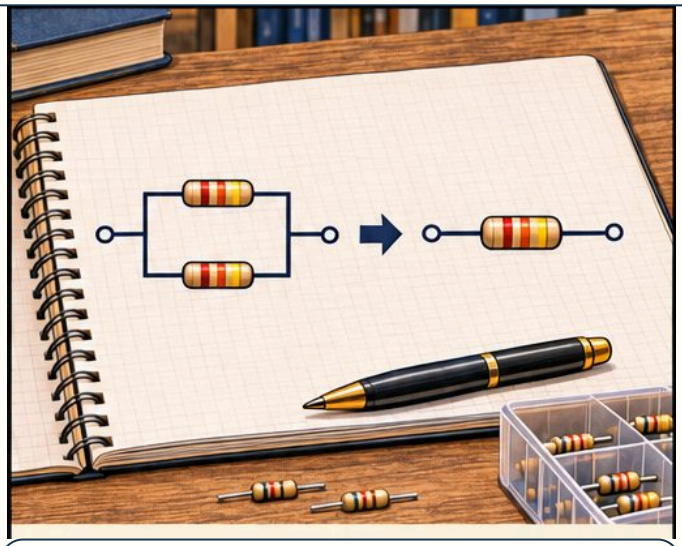
Parallella motstånd är anslutna mellan samma två noder.



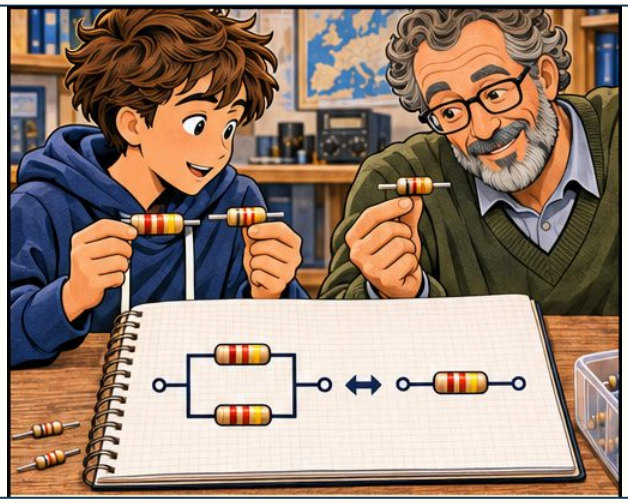
Därför har de samma spänning över sig.



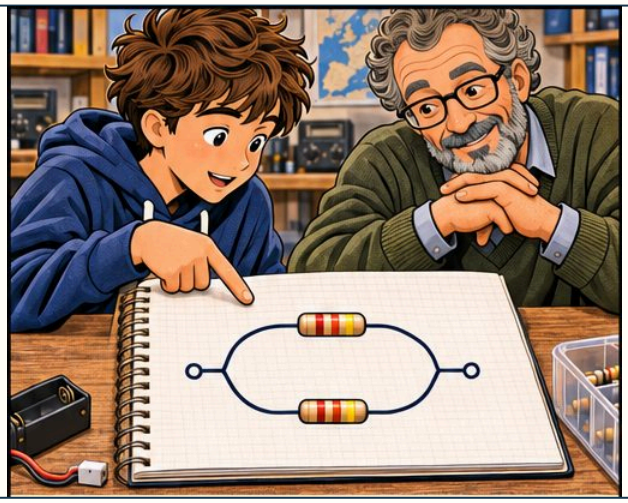
För två grenar: 1 / R = 1 / R1 + 1 / R2.



Två motstånd på 1 kΩ parallellt ger 500 Ω.

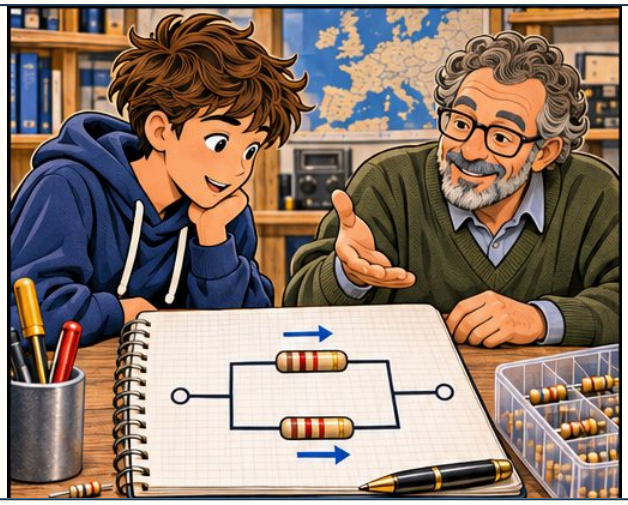


Ersättningsvärdet är lägre än den minsta positiva grenresistansen.

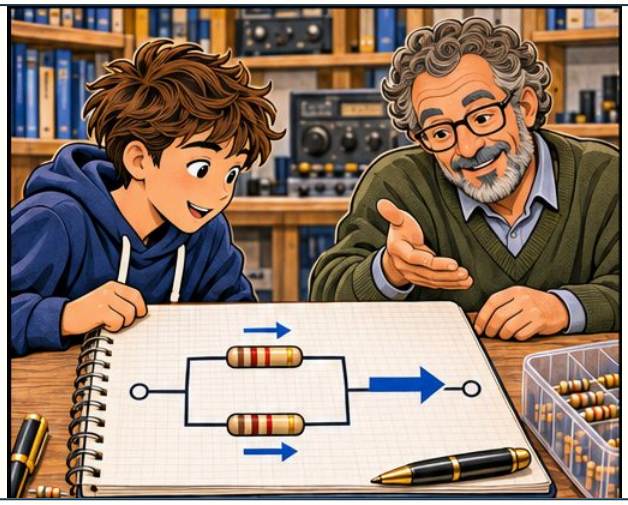


Lucas kontrollerar noderna; placeringen på bilden räcker inte.

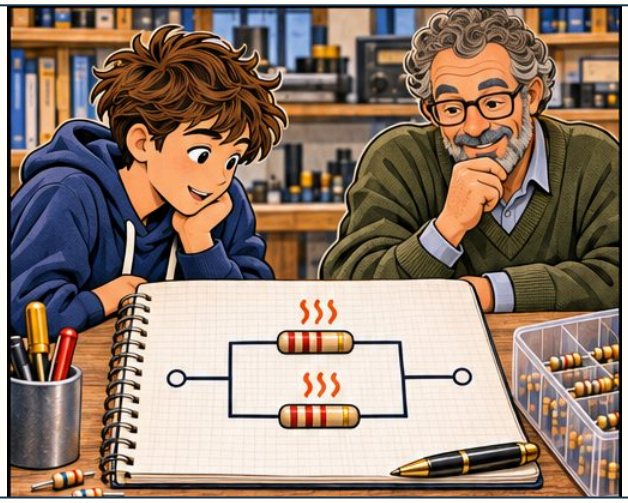
Strömmen genom grenarna



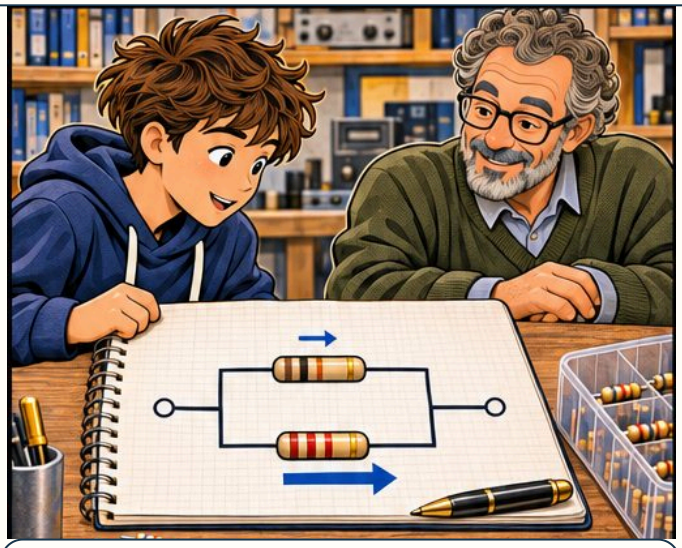
Med 5 V över varje motstånd på 1 kΩ tar varje gren 5 mA.



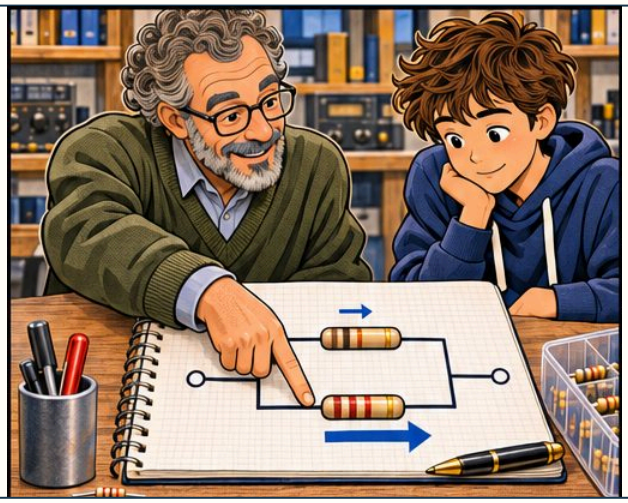
Källan ger summan: 10 mA i detta idealexempel.



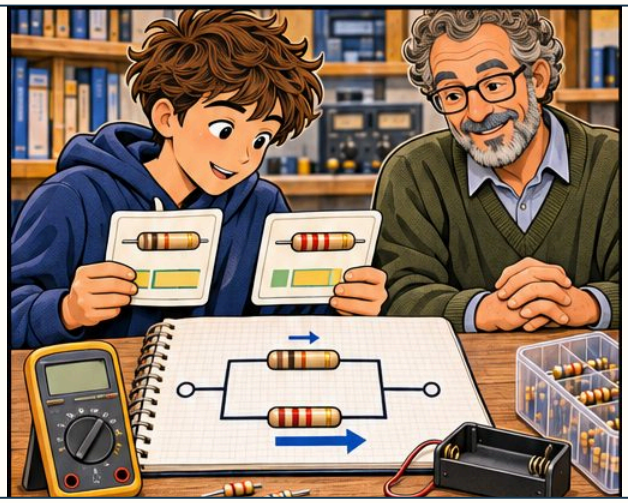
Varje motstånd utvecklar 5^2 / 1 000 = 0,025 W.



Med olika värden blir strömmarna olika.

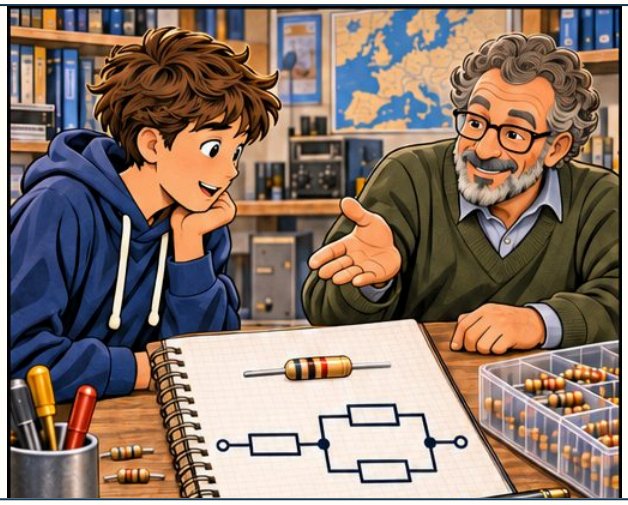


Grenen med lägre resistans tar mer ström vid samma spänning.



Lucas förstår varför två parallellmotstånd kräver två kontroller.

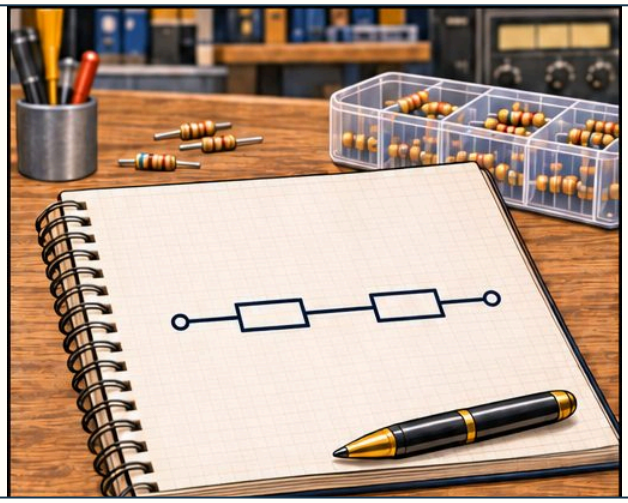
Förenkla utan att gå vilse



Henri ritar 1 kΩ i serie med två parallellmotstånd på 1 kΩ.



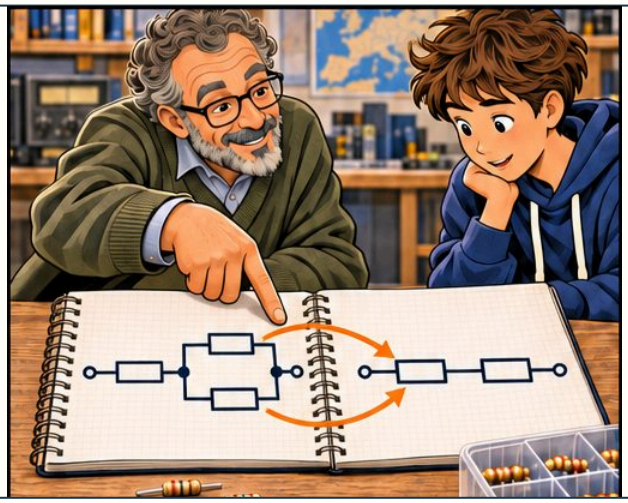
Lucas ersätter först parallellparet med 500 Ω.



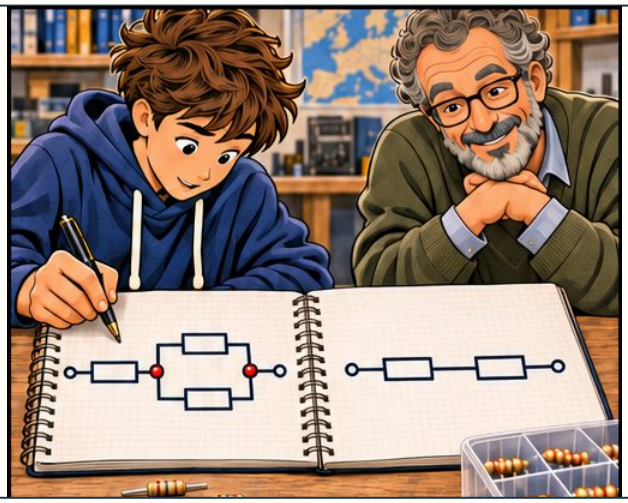
Sedan adderar han seriemotståndet: 1 000 + 500 = 1 500 Ω.



Han behåller originalschemat för att återfinna varje delström.



En ersättning beskriver anslutningarna utan att avskaffa interna gränser.



Metoden undviker formelval enbart utifrån schemats utseende.

Skapa en mellanspänning



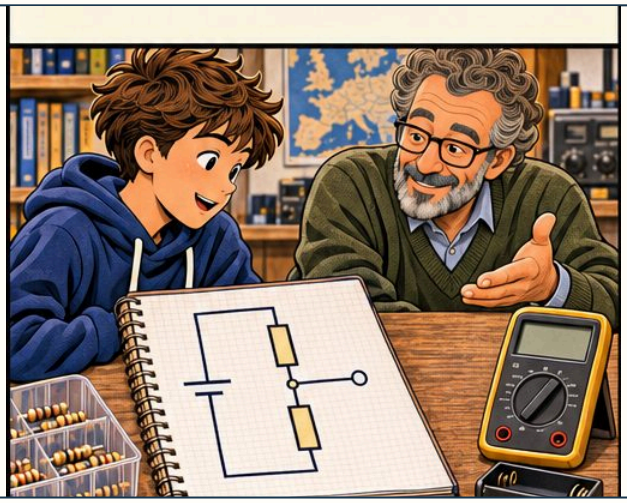
Två seriemotstånd kan bilda en spänningsdelare.



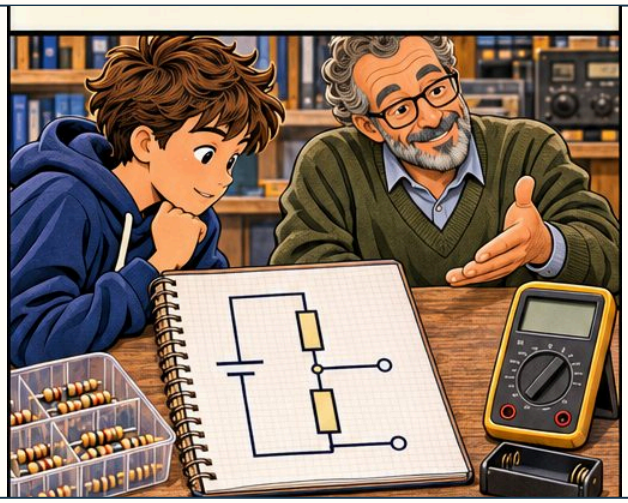
Utan last: Uut = Uin × R2 / (R1 + R2).



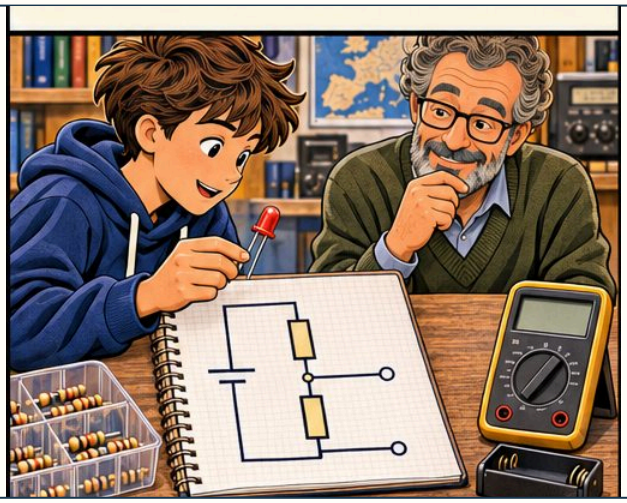
Utgången tas över R2, från mittpunkten till referensen.



Med 5 V och två motstånd på 1 kΩ är den idealt 2,5 V.

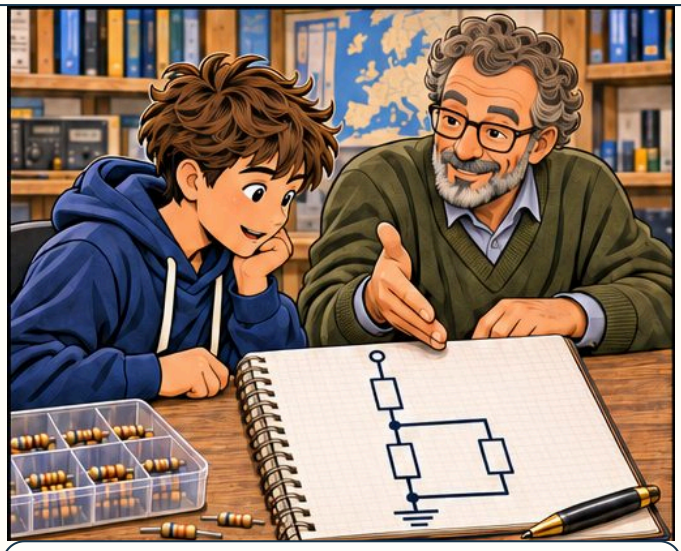


Det förutsätter att utgången praktiskt taget inte avger någon ström.

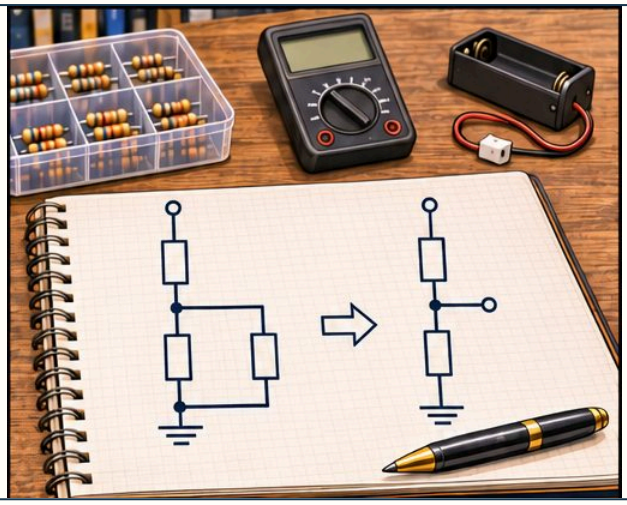


Lucas vill ansluta lysdioden; Henri visar förändringen.

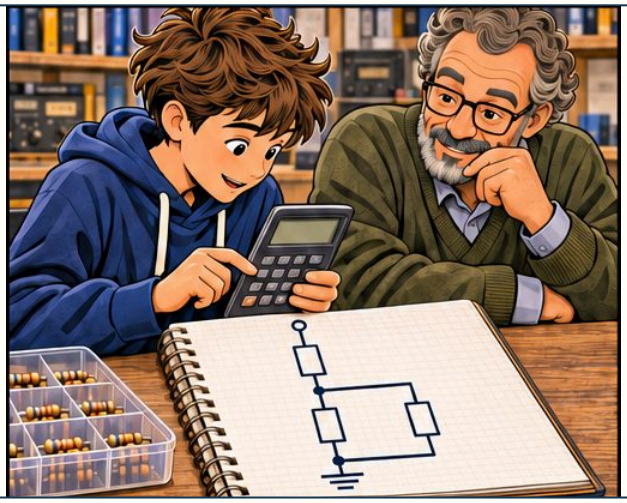
När utgången belastas



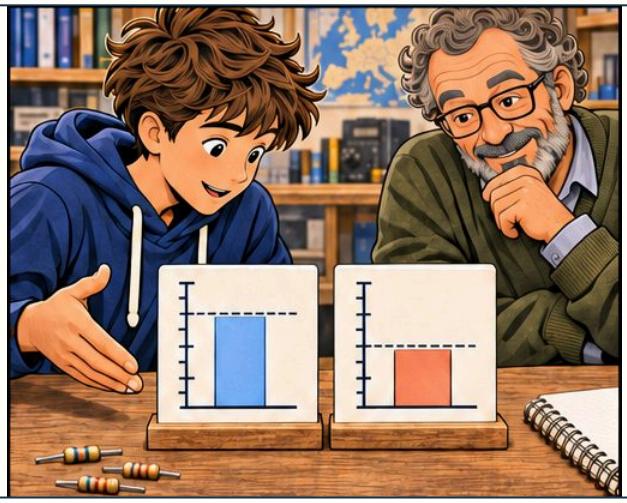
En utgångslast ligger parallellt med R2.



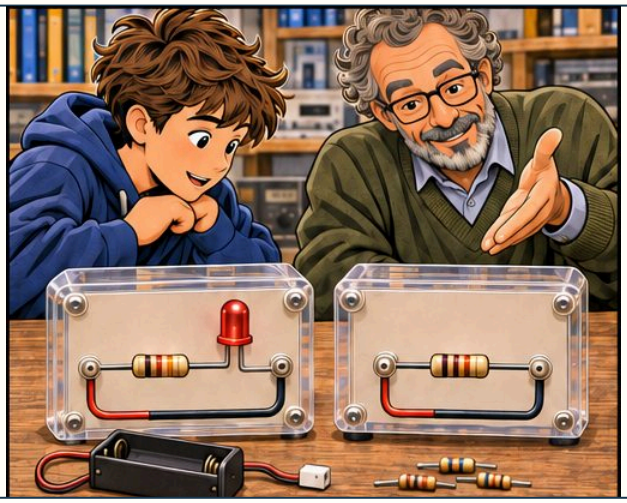
Med en last på 1 kΩ blir R2 på 1 kΩ en ersättning på 500 Ω.



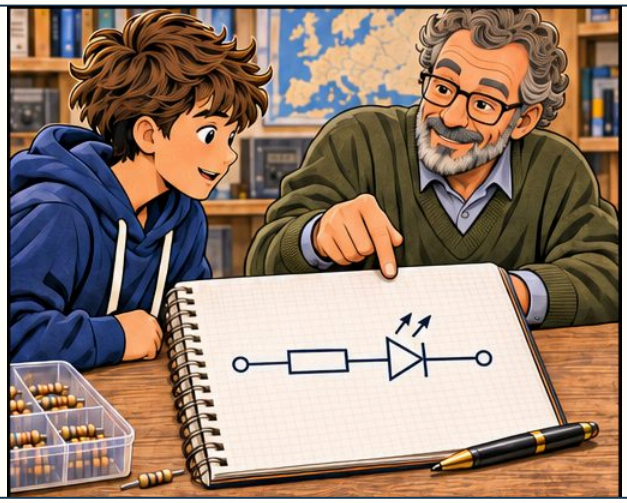
Utgången blir 5 × 500 / (1 000 + 500) ≈ 1,67 V.



Den är inte längre 2,5 V: lasten har ändrat delaren.



En lysdiod är ingen ohmsk last; detta beskriver inte dess exakta fall.

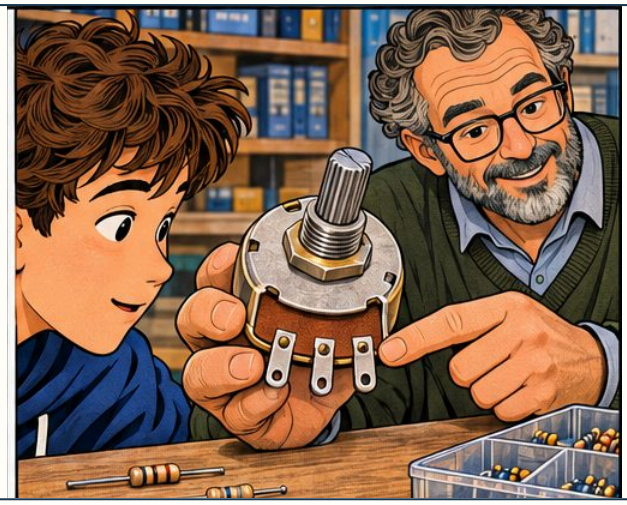


De behåller den avsedda seriekretsen utan improviserad delare.

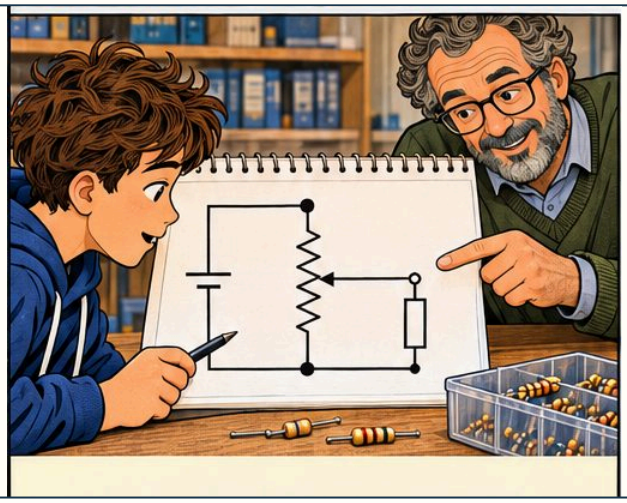
Potentiometerns släpkontakt



En potentiometer har en resistiv bana och en rörlig släpkontakt.



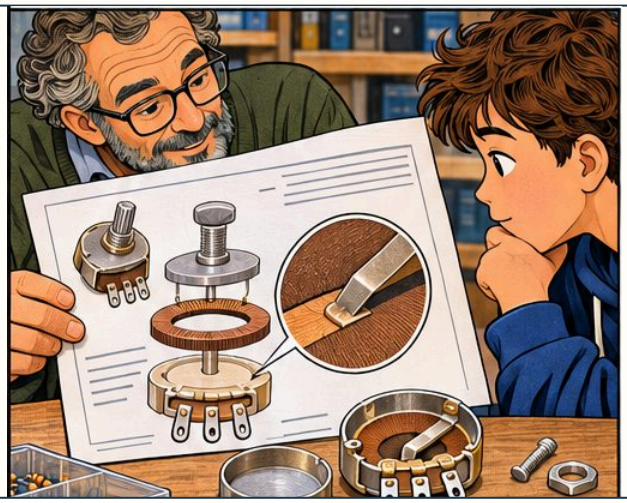
Dess tre anslutningar kan bilda en justerbar spänningsdelare.



Lasten påverkar också spänningen från släpkontakten.



Med två anslutningar kan den bli variabelt motstånd beroende på kretsen.

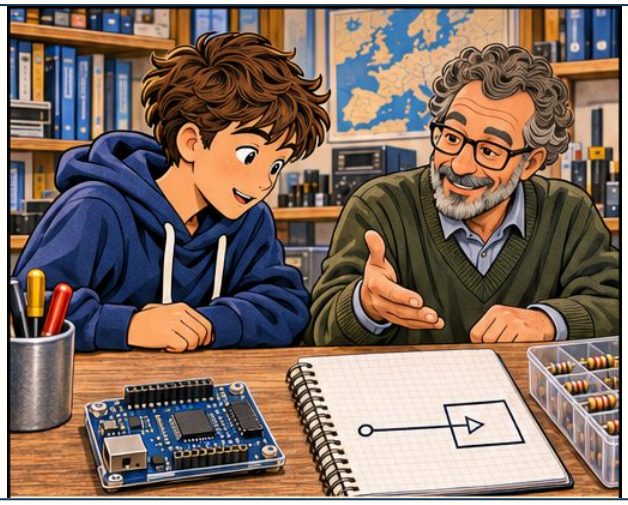


Effekt, släpkontaktens ström och ledningsdragning måste kontrolleras.

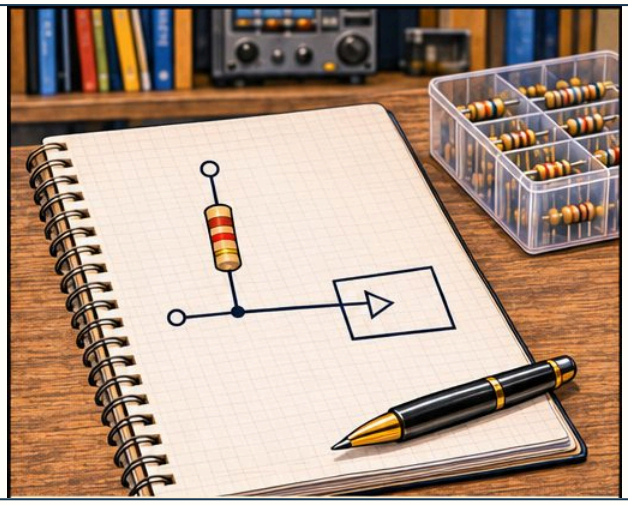


Lucas vägrar att ta bort lysdiodens fasta skyddsmotstånd.

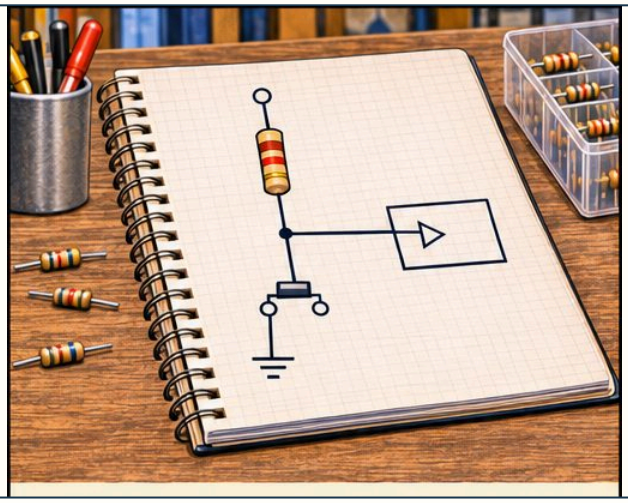
Ge en ingång ett tillstånd



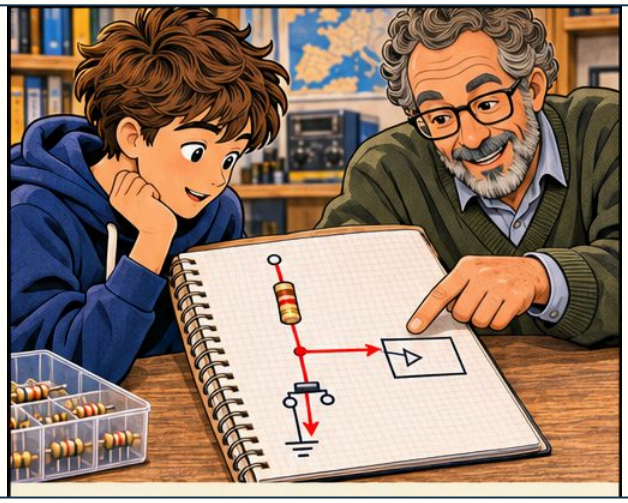
En flytande ingång på ett undervisningskort kan läsa ett osäkert tillstånd.



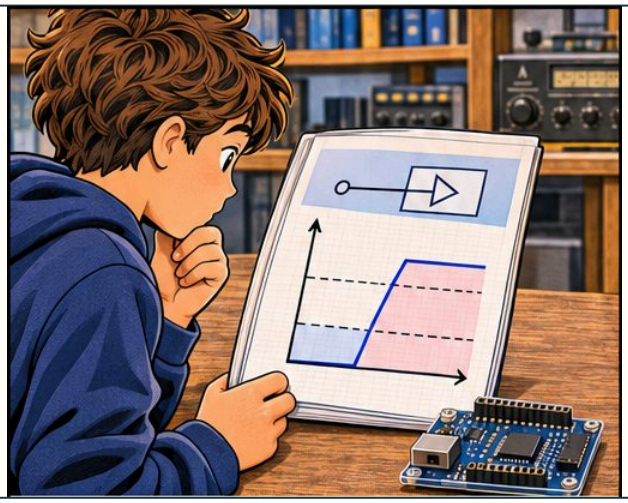
Ett pull-up-motstånd mot matningen ger ett högt vilotillstånd.



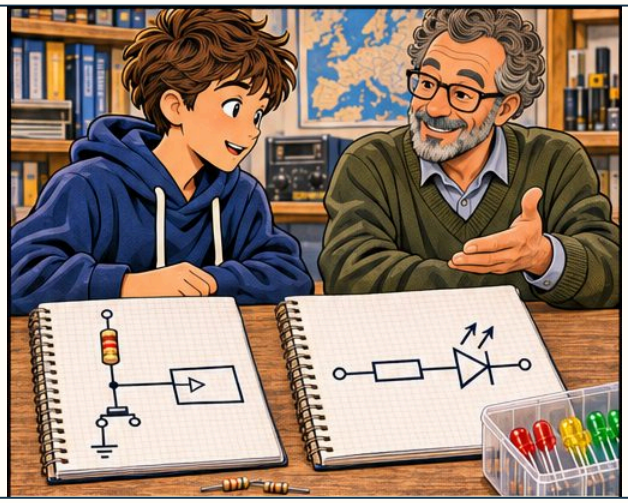
En knapp mot referensen tvingar tillståndet lågt när den sluts.



Motståndet begränsar då strömmen mellan matning och knapp.



Värdet beror på ingången, trösklarna och dokumentationen.

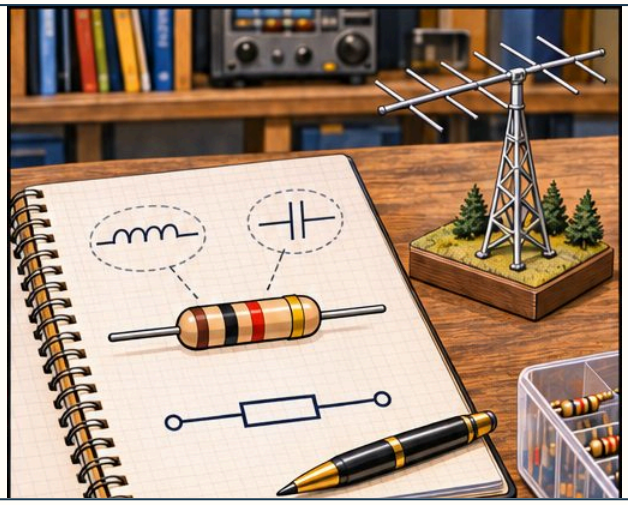


Henri visar en teckning; indikatorn behåller sin enkla krets.

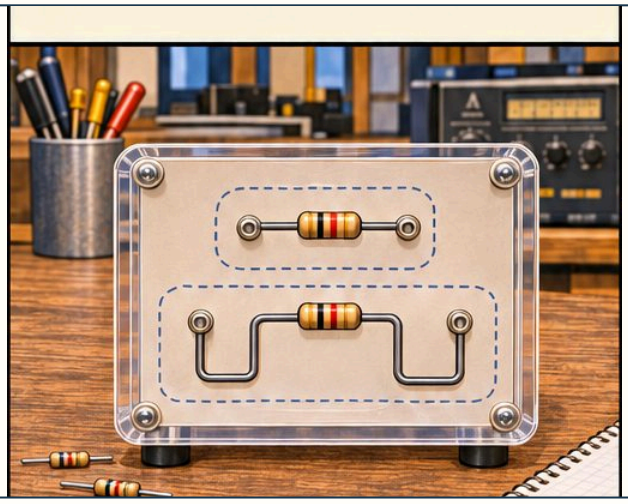
I radio har modellen gränser



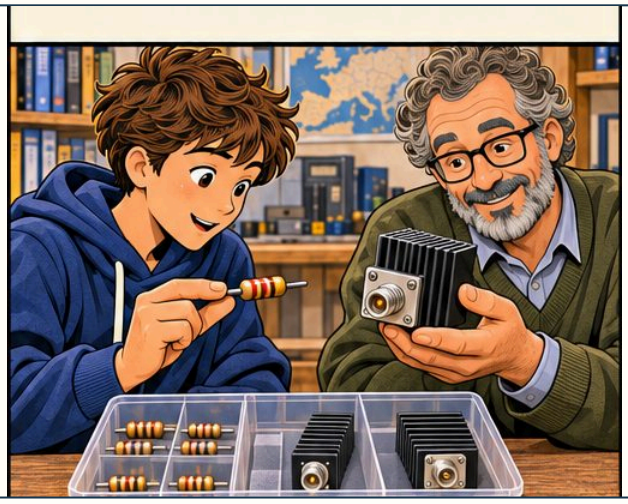
Motstånd används även för förspänning, dämpning och terminering i radio.



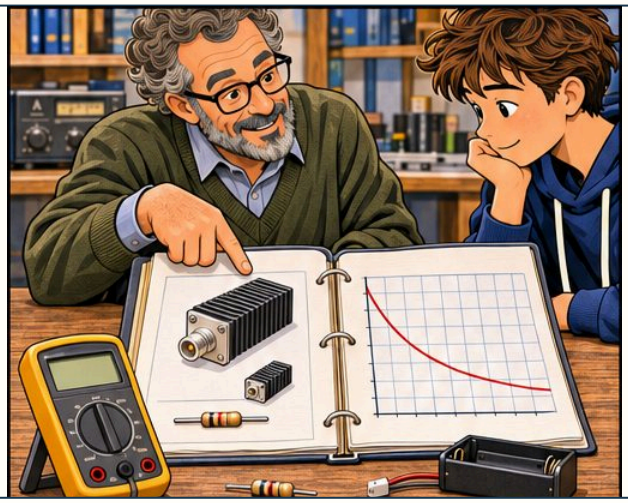
Vid hög frekvens kan parasitisk induktans och kapacitans spela roll.



Anslutningar och placering tillför egna effekter.



Ett godtyckligt motstånd på 50 Ω är inte säkert en bra RF-last.



Frekvensområde, effekt och konstruktion måste passa användningen.



Lucas lägger undan RF-exemplen: verkstaden sänder ingenting.

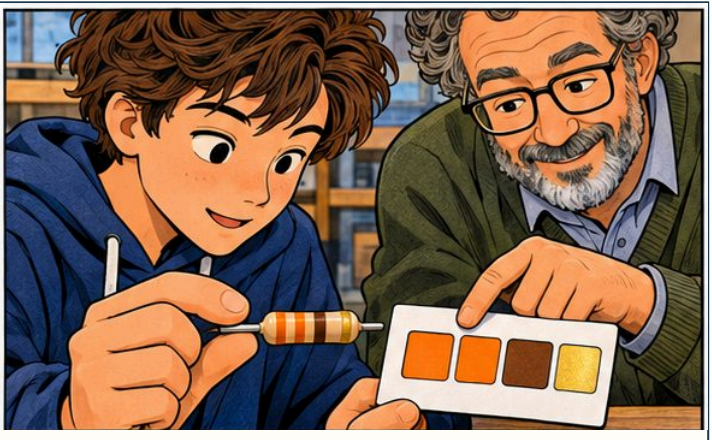
Ersättningsbladet



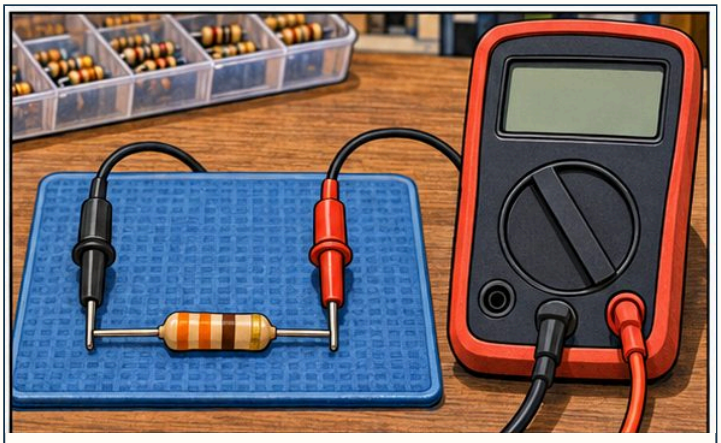
Lucas samlar schema samt lysdiodens och motståndets referenser.



Valet förblir 330 Ω, ±5%, 0,25 W för detta dokumenterade exempel.



Han bekräftar orange, orange, brun och guld med färgkortet.



Det nya motståndet mäts ensamt utanför varje spänningssatt krets.

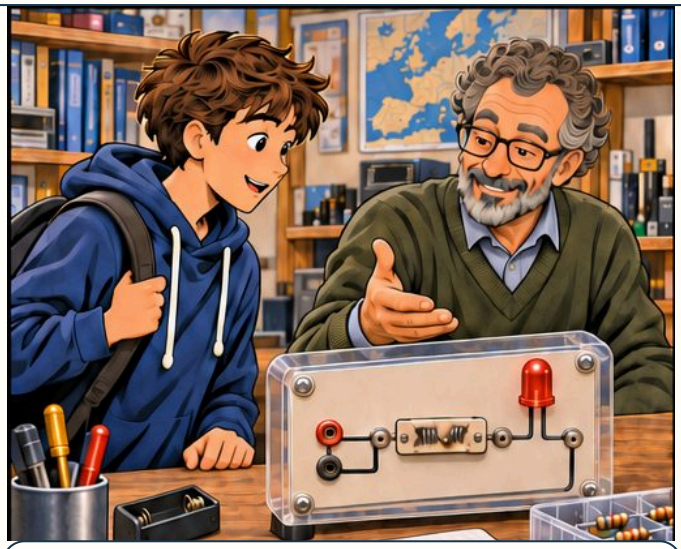


Avläsningen ska stämma med tolerans och mätosäkerhet.

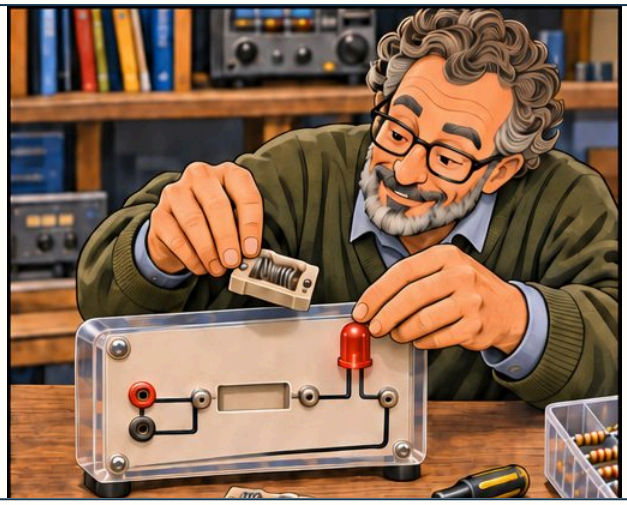


Henri granskar underlaget: beräkning och mätning kompletterar varandra.

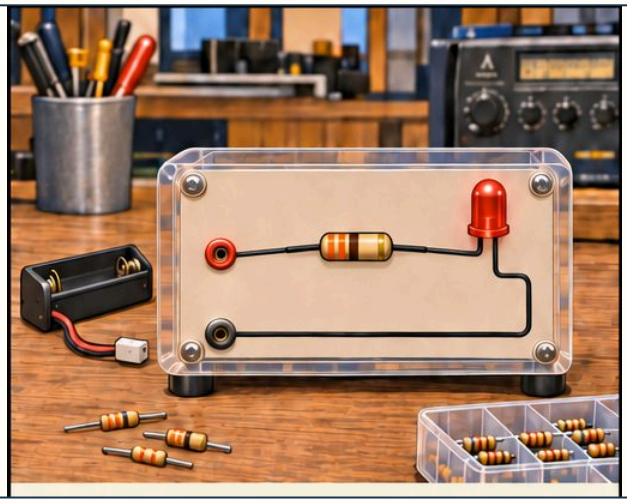
Bygg ihop metodiskt



Panelen förblir bortkopplad under bytet.



Henri granskar den skadade hållaren och byter avsedd anslutningsdel.



De sätter in det nya motståndet utan kraft eller lösa trådar.



Lucas följer slingan: matning, motstånd, lysdiod, retur.

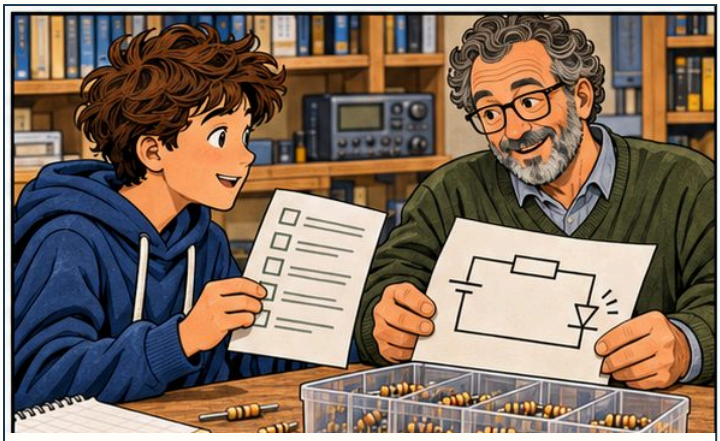


Lysdiodens polaritet stämmer med schema och datablad.

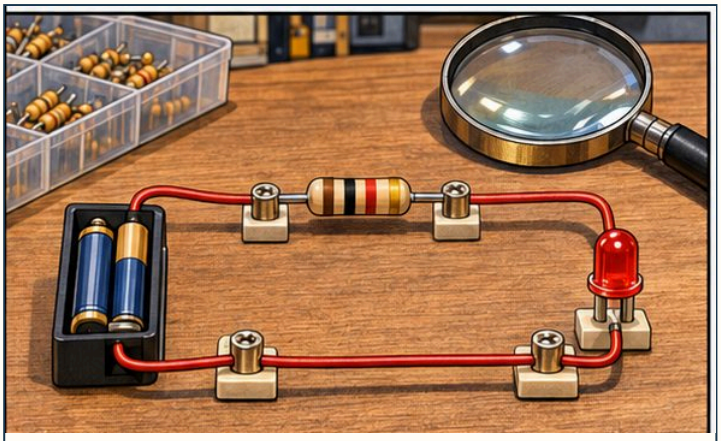


Den misstänkta delen sparas separat med observationerna utan återbruk.

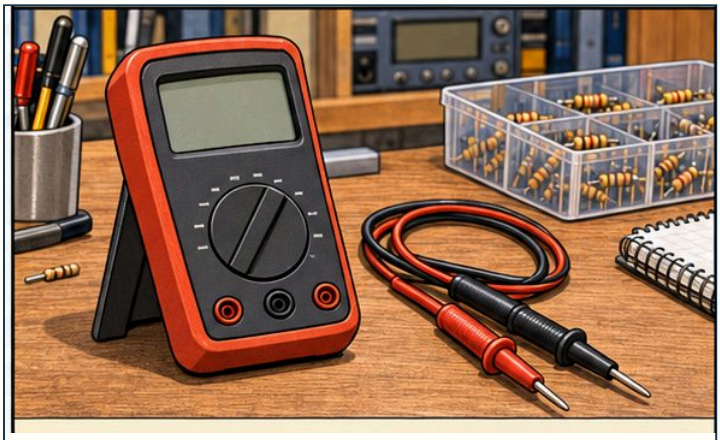
Den gemensamma kontrollen



Före tillslag granskar var och en den andres arbete.



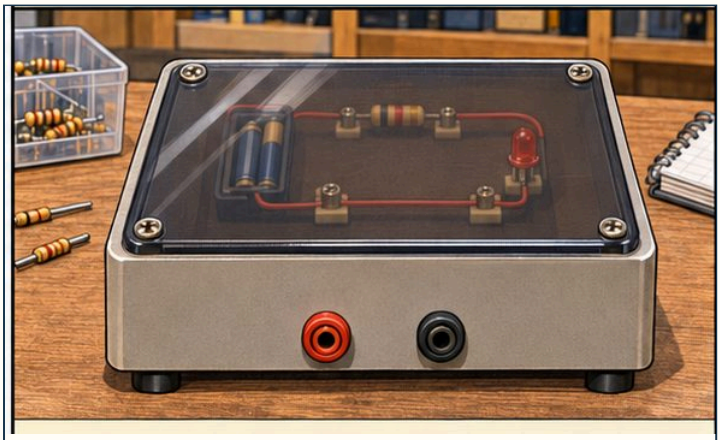
De söker kortslutningar, missar eller kopplingar förbi motståndet.



Ohmmeterns sladdar tas bort från panelen.



Henri förbereder matningen på 5 V med lämplig strömbegränsning.

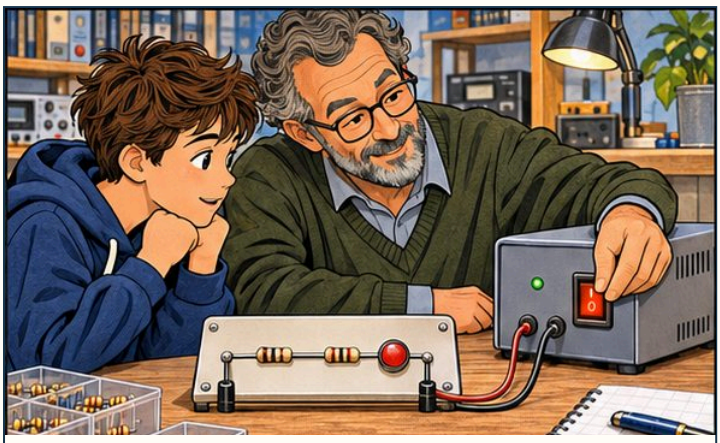


Panelen stängs enligt manualen; anslutningarna är skyddade.



Lucas väntar sig en synlig indikator med måttlig ström.

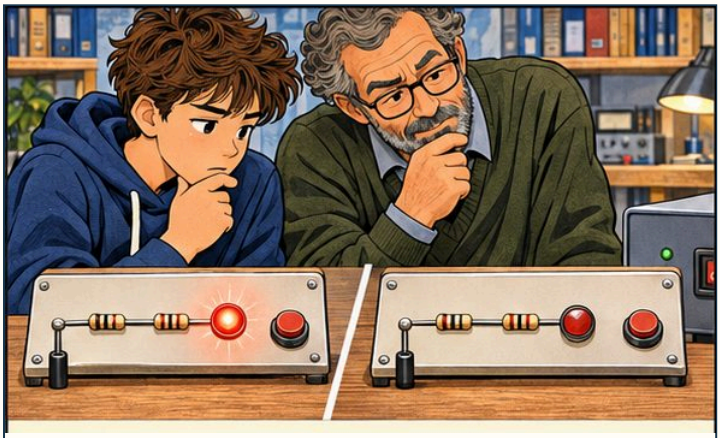
Ett försiktigt första prov



Henri matar den stängda panelen; ingen flyttar anslutningar.



Indikatorn lyser och slocknar när knappen släpps.



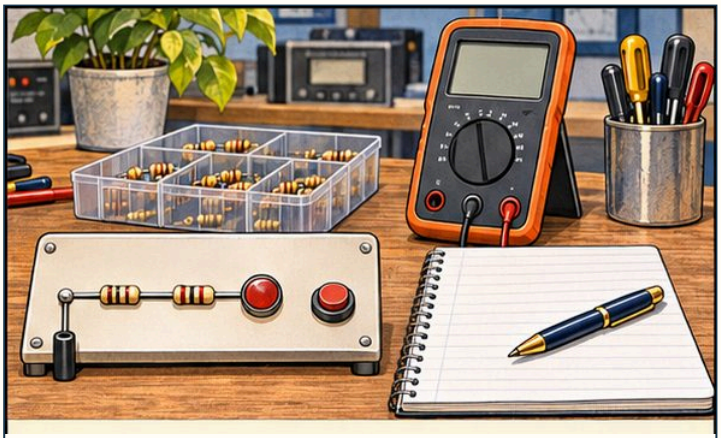
Nästa försök visar en tvekan i funktionen.



Lucas föreslår högre spänning och minns sedan deras metod.



De stänger av och kopplar bort före fortsatt felsökning.

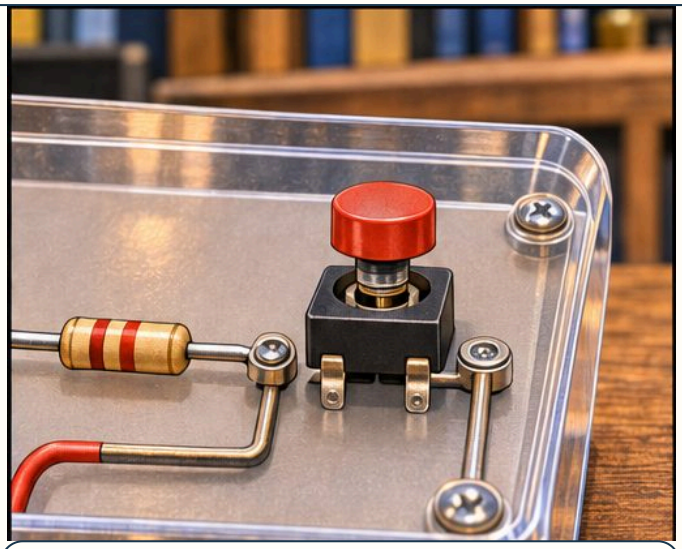


Ett enda ljussken bevisar inte att panelen är klar.

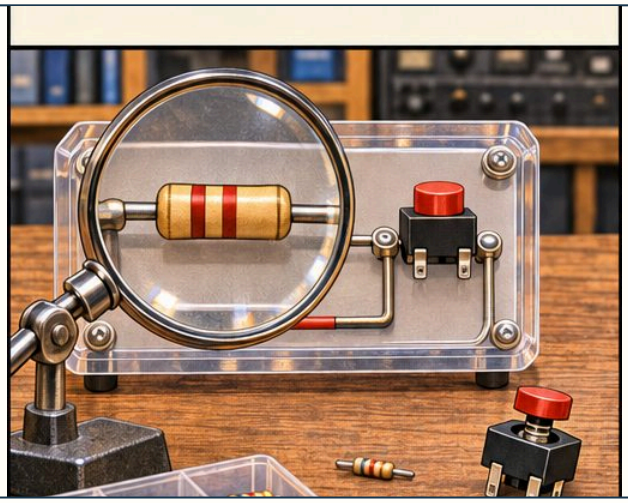
En andra orsak



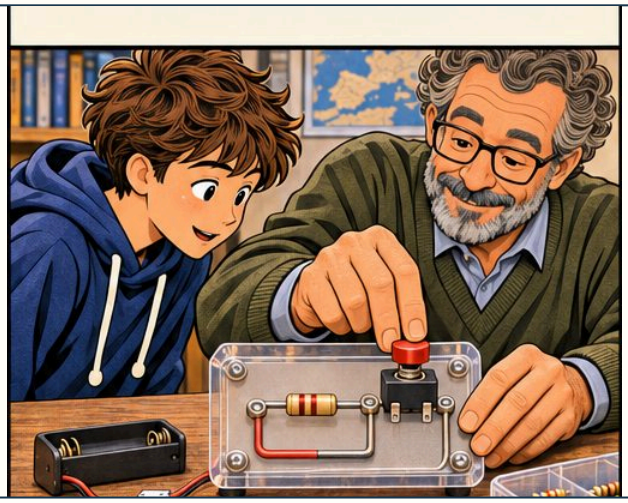
Efter säkerhetskontroller följer de strömvägen utan spänning.



En löstagbar knappkontakt sitter inte helt i.



Rätt motstånd ensamt lagar inte en dålig anslutning.



Henri sätter kontakten rätt och kontrollerar att den sitter fast.



Lucas noterar misstänkt del och anslutningsfel som skilda ledtrådar.

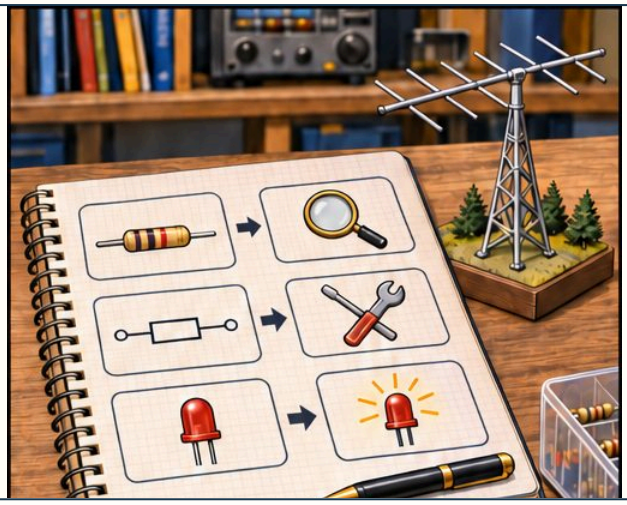


De upprepar hela kontrollen före nästa prov.

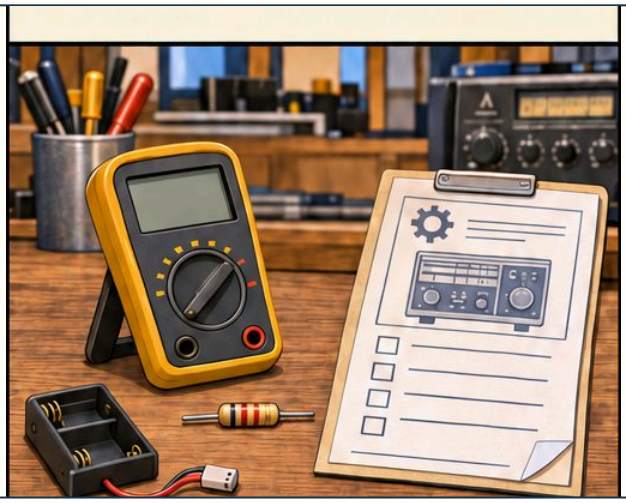
En sak i taget



De byter inte längre flera delar samtidigt.



Vid varje steg sparar boken symptom och utförd kontroll.



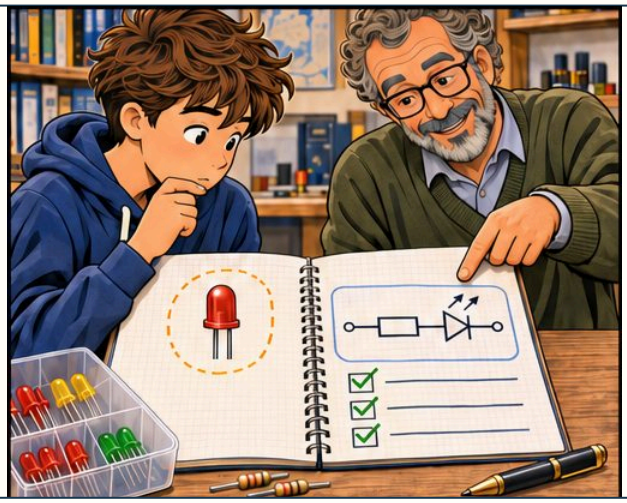
Ett korrekt ohmmeterresultat garanterar inte allt beteende under drift.



Inspektion, komponentgränser och planerat prov kompletterar mätningen.

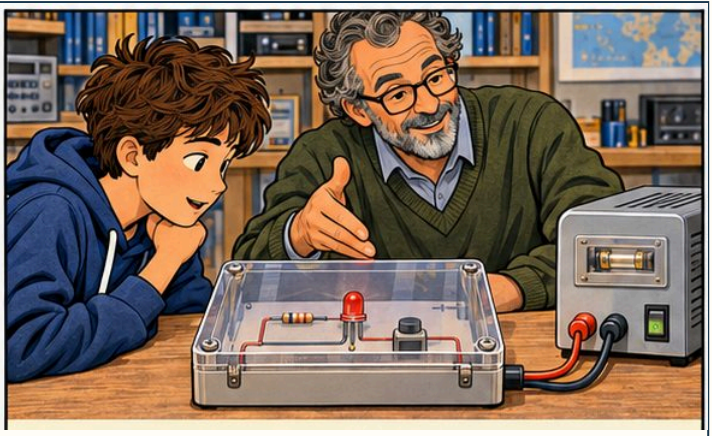


Om något onormalt syns stoppar de och undersöker utan spänning.



Lucas kan nu förklara varför hans första idé var förhastad.

Indikatorn håller sitt löfte



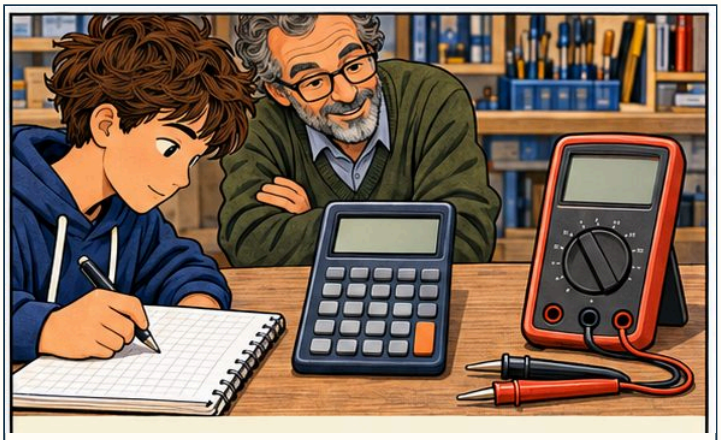
Den åter stängda panelen matas igen enligt proceduren.



I demonstrationen svarar indikatorn nu regelbundet på knappen.



Henri övervakar; Lucas jämför med förväntat resultat.



De beskriver inte den beräknade strömmen som uppmätt.



Boken skiljer beräkningar, kontroller och provobservationer.

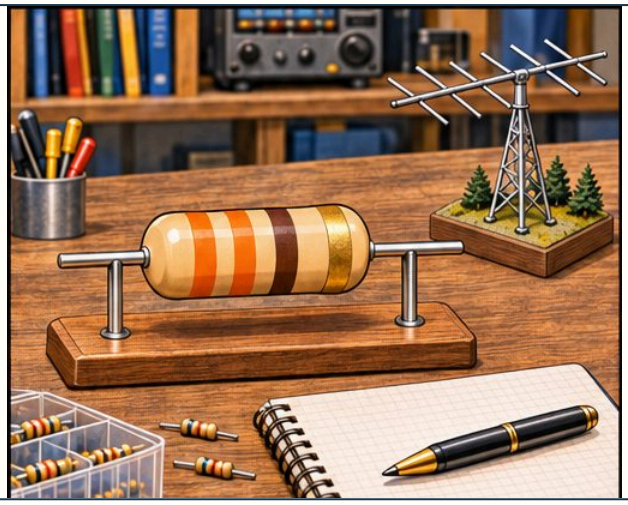


De stänger av innan transporten till montern förbereds.

Förklara valet



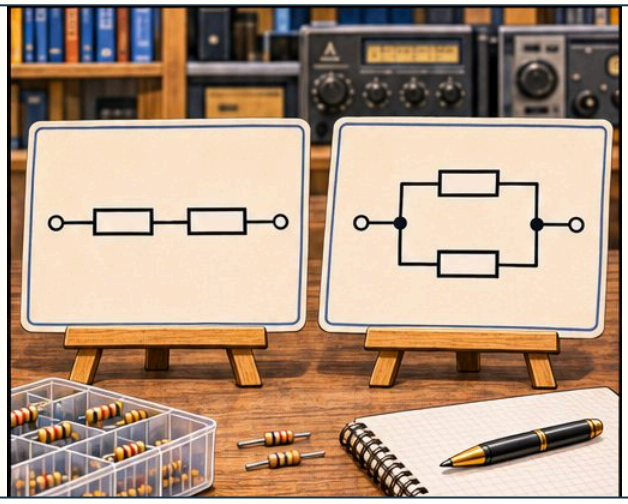
I montern visar Lucas besökarna ett förstorat motstånd.



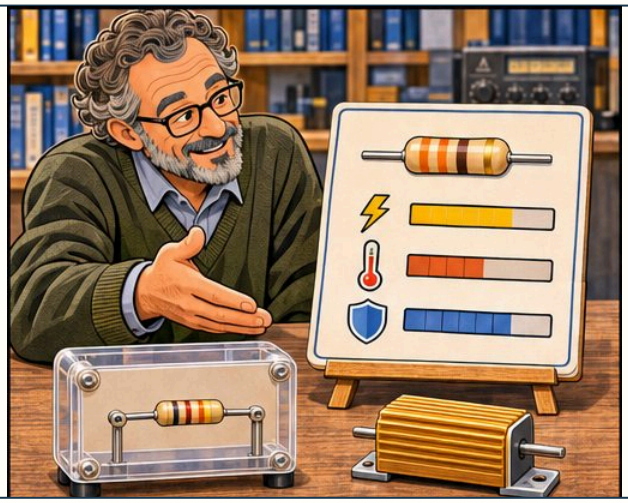
Han förklarar ringar, nominellt värde och tolerans.



Teckningen visar seriemotståndets begränsning av lysdiodströmmen.



En annan teckning jämför serie- och parallellkoppling.



Henri frågar varför han kontrollerade effekt och driftvillkor.

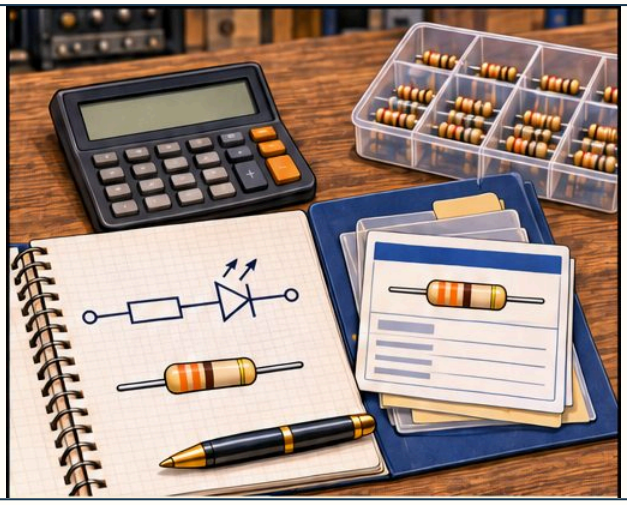


«För att välja en del som passar kretsen», svarar Lucas.

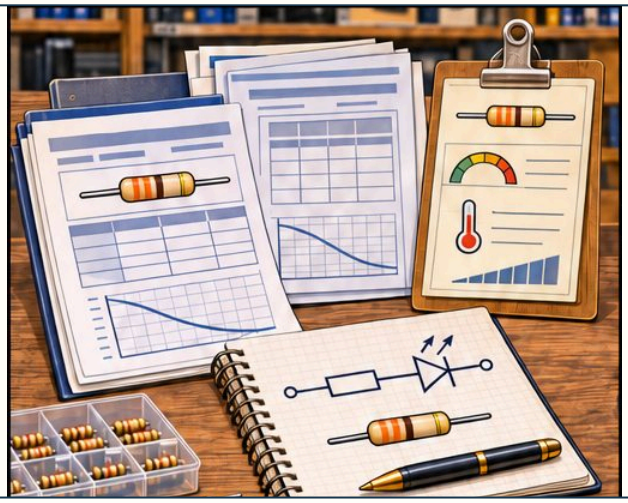
En bok för nästa elev



Bladet börjar med behovet: en indikator till upptäckarpanelen.



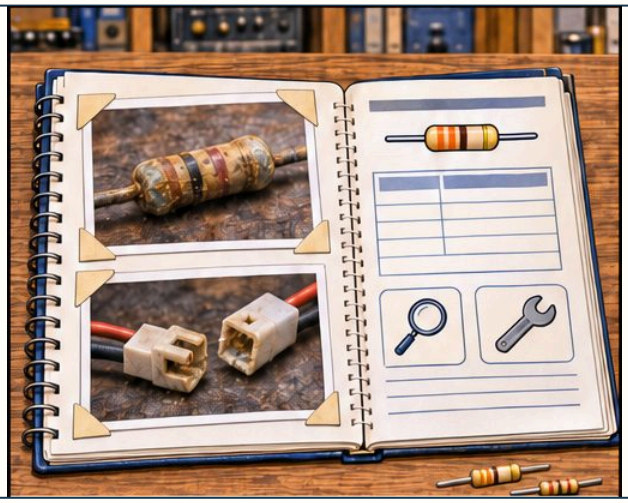
Det bevarar antaganden, formel och valet av 330 Ω.



Tolerans, effekt och komponentreferenser följer schemat.



Proceduren påminner om spänningslös och vid behov isolerad resistansmätning.



Felobservationerna hjälper nästa verkstad att söka metodiskt.

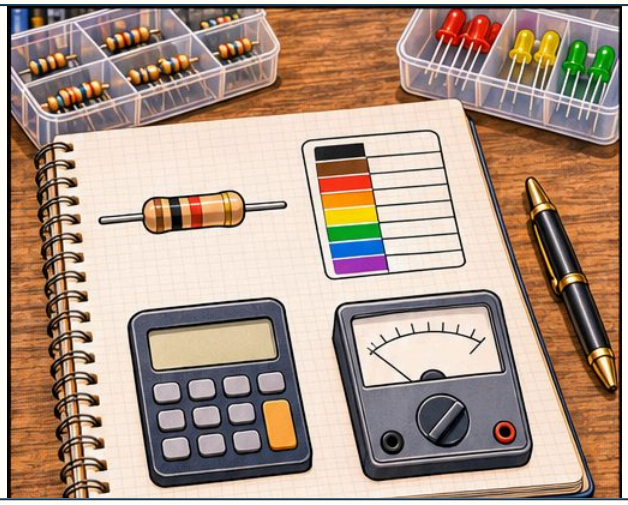


Henri låter Lucas arkivera: lärande har blivit delande.

En liten del, en stor metod



Montern är klar; Lucas ser det lilla motståndet på nytt sätt.



Läs, beräkna, välj, mät: varje steg besvarar en fråga.



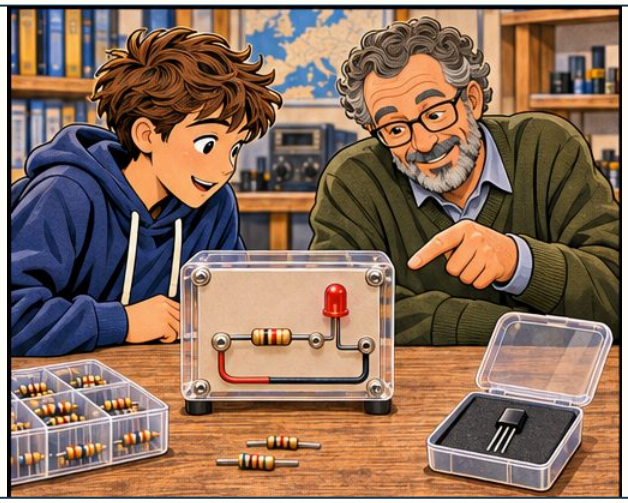
Indikatorn har blivit en förklaring han kan föra vidare.



I en annan låda visar Henri en trebent komponent.



«Kan den styra en större ström?» frågar Lucas.



Nästa undersökning väntar i del 08: transistorerna.