ON4CRD

Köide 07

Takistid



Radio Club Durnal ON4CRD

https://on4crd.be

Õiguslikud teated

Köide 07 · Takistid

Veebisaidi väljaandja : Radio Club Durnal ON4CRD

Väljaande juht : Radio Club Durnal ON4CRD juhatus

https://on4crd.be

Õiguslikud teated

Intellektuaalomand

Saidil avaldatud tekstid, pildid, dokumendid, logod ja materjalid jäävad nende vastavate autorite või klubi omandisse. Igasugune reprodutseerimine või taaskasutamine peab austama allikat, kehtivaid õigusi ja autori luba.

Vastutus

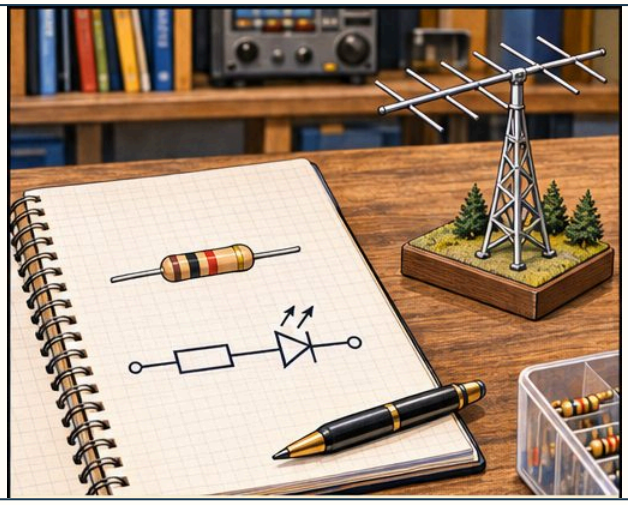
Klubi töötab selle nimel, et avaldada kasulikku ja kontrollitud teavet, kuid ei garanteeri vigade, väljajätmiste või katkestuste puudumist. Tehnilist või regulatiivset teavet tuleb kontrollida ametlike allikatega, kui see toetab otsust.

Illustratsioonid on loodud tehisintellekti abiga.

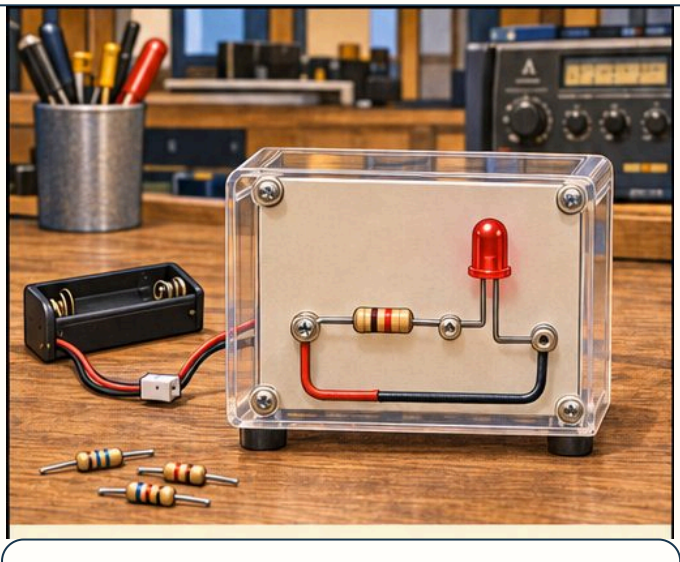
Stendi märgutuli



Lucas kohtub Henri'ga, et valmistada ette klubi tutvustusstend.



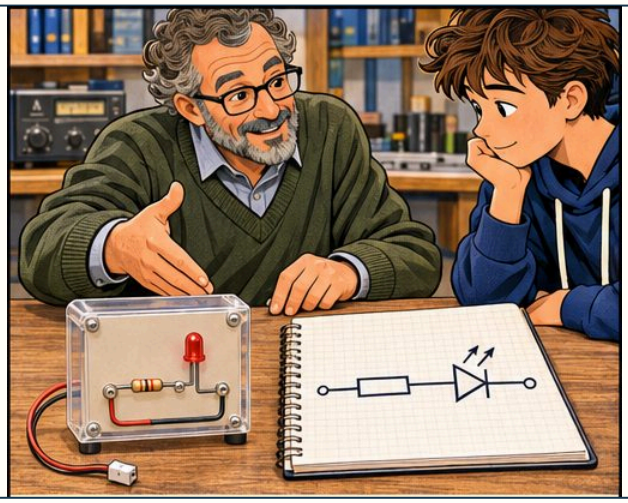
Pärast antenne jõuab nende märkmikku palju väiksem komponent.



Väikese näidispaneeli märgutuli ei sütti enam.



«Vahetame LED-i?» pakub Lucas oma osakarpi avades.

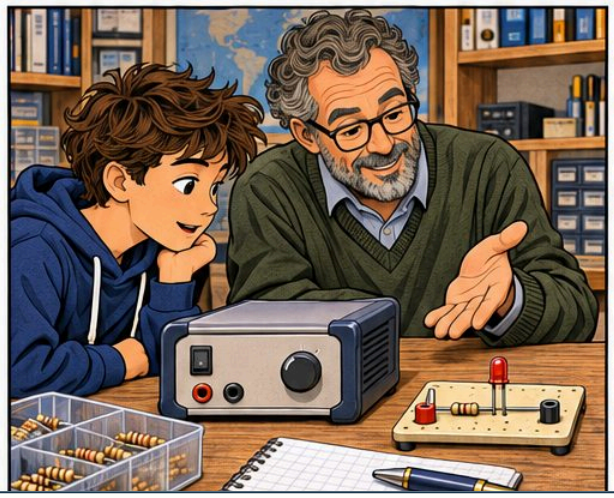


Henri tahab enne millegi asendamist skeemist aru saada.

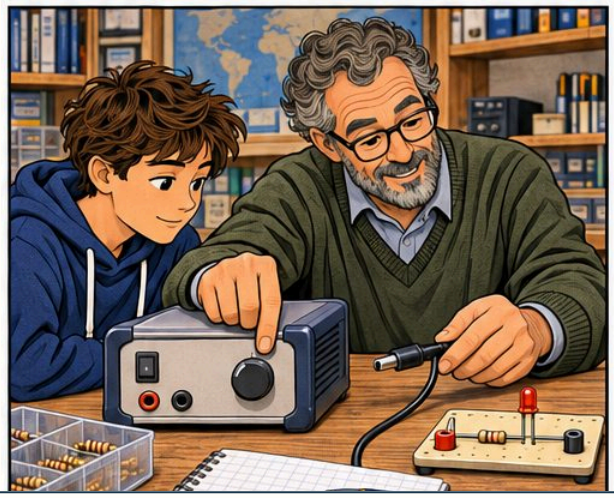


Nende ülesanne: taastada töökindel märgutuli ja põhjendada iga valikut.

Enne otsimist lahuta toide



Paneel kasutab õppeotstarbelist 5 V toiteallikat, mille vool on piiratud.



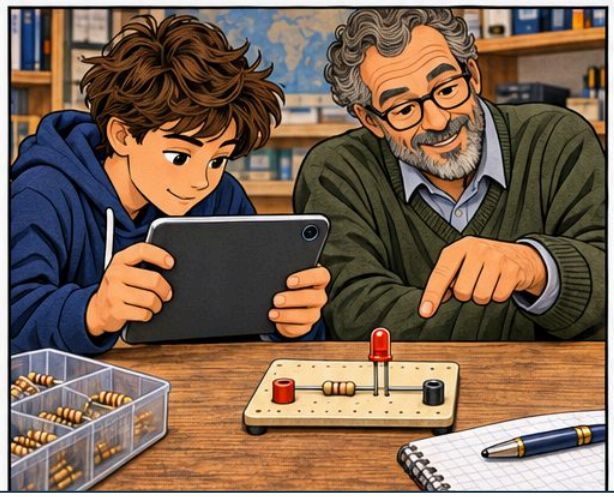
Henri lülitab toite välja ja lahutab selle enne iga sekkumist.



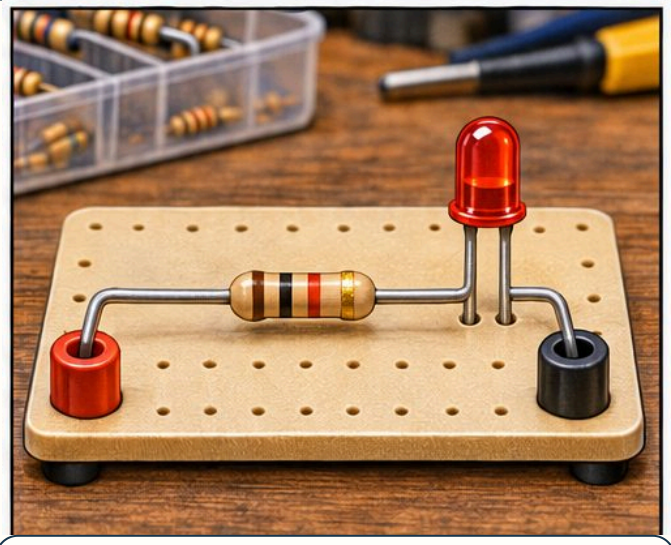
Nad ootavad ettenähtud tühjenemist ja kontrollivad pinge puudumist.



Selles töötoas ei avata ühtegi elektrivõrku ühendatud seadet.



Lucas pildistab ühendused ja järgib paneeli skeemi.



LED-i vooluteel märkab ta väikest takistit.

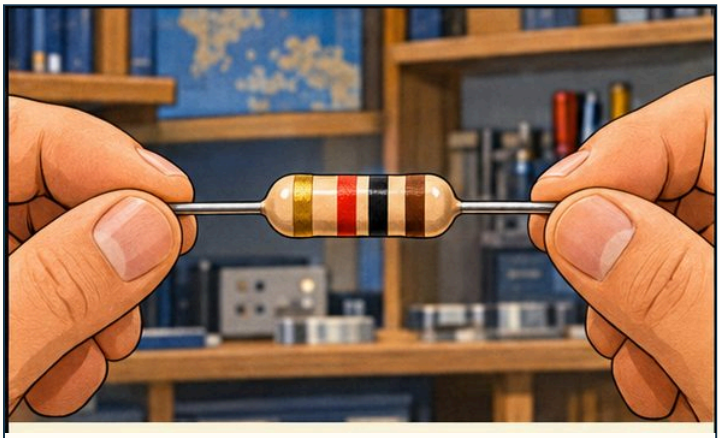
Komponent ja suurus



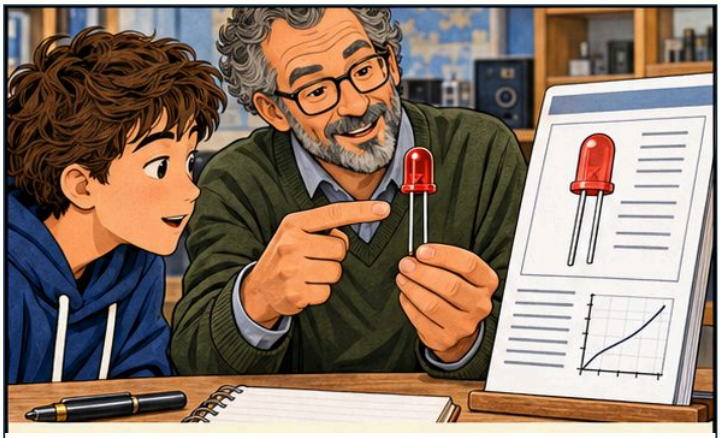
Takisti on komponent; takistus on elektriline suurus R.



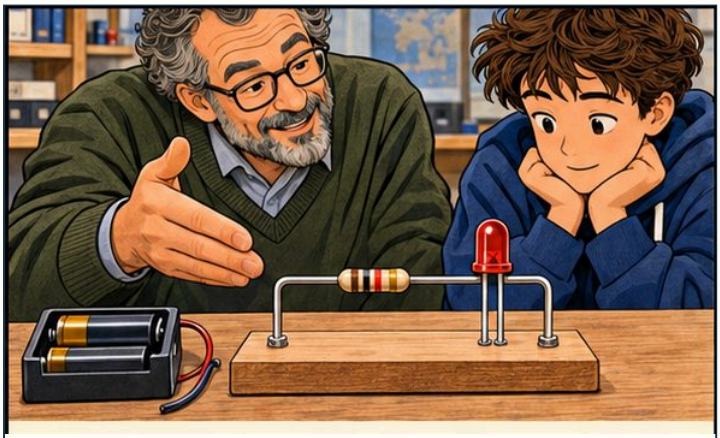
Seda suurust mõõdetakse oomides, mille tähis on Ω.



Tavalisel takistil pole kohustuslikku ühendussuunda.



LED-il aga on polaarsus, mida tuleb järgida.



Jadatakisti aitab piirata LED-i läbivat voolu.

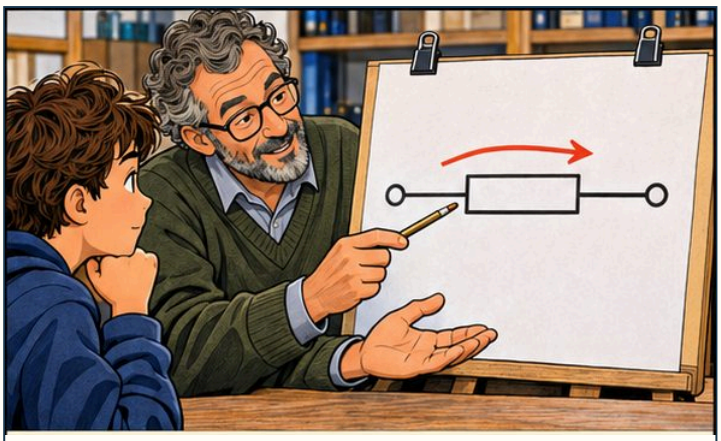


Enne rikke otsimist selgitab Lucas iga osa ülesande.

Meenutame Ohmi seadust



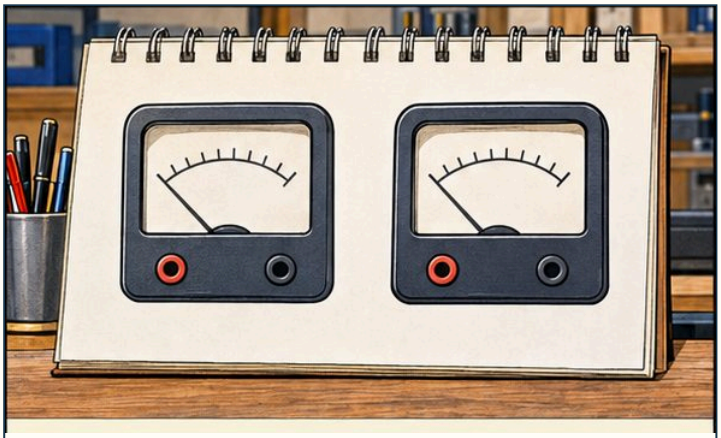
Oomilise takisti korral kindlal temperatuuril U = R × I.



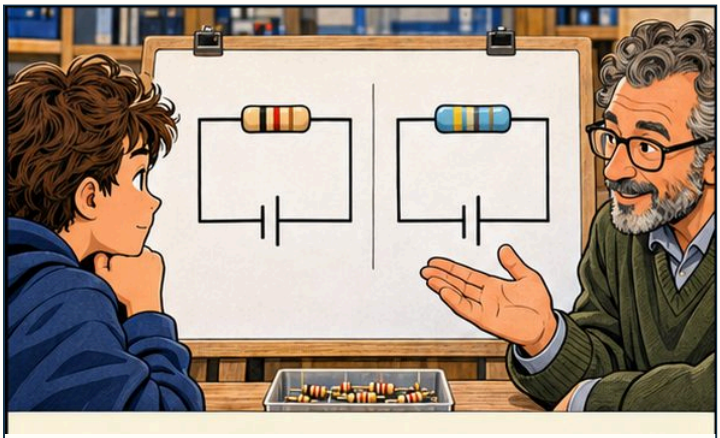
U on pinge selle otstel; I on seda läbiv vool.



Võib kirjutada ka I = U / R ja R = U / I.



Neis arvutustes on U voltides ja I amprites.



Sama pinge juures vähendab suurem R voolu.

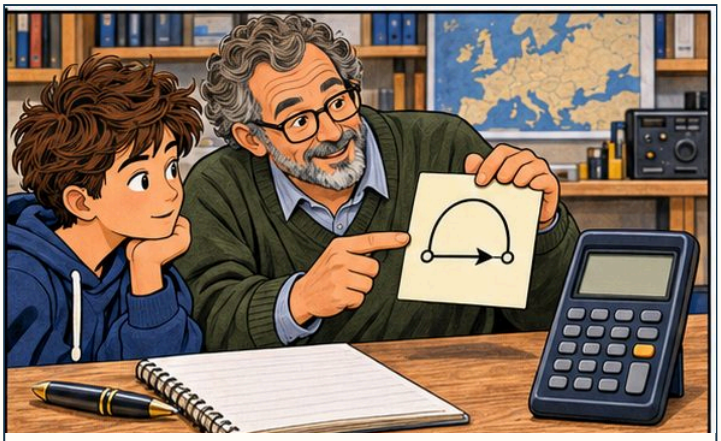


«LED pole oomiline takisti,» meenutab Henri.

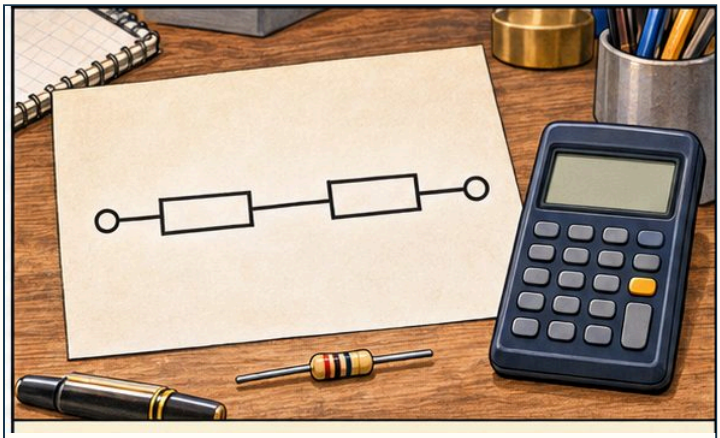
Enne arvusid ühikud



1 kΩ = 1 000 Ω; 1 MΩ = 1 000 000 Ω.



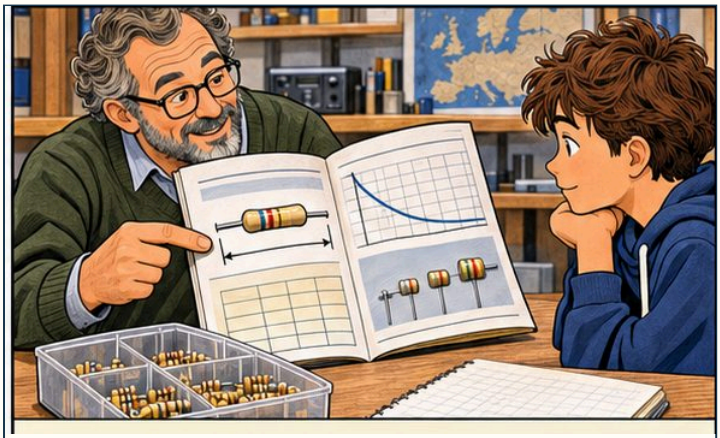
1 mA = 0,001 A: Lucas teisendab enne valemi kasutamist.



Kui 5 V on takistuse 1 kΩ otstel, annab arvutus 5 mA.



Mõnel osal tähendab 4K7 väärtust 4,7 kΩ ja 2R2 väärtust 2,2 Ω.



Märgistus sõltub komponendist; lähtuda tuleb selle dokumentatsioonist.



Lucas märgib ühikud: ununenud eesliide võib muuta kogu valikut.

Loe enne mõõtmist



Paneeli takistil on värvilised rõngad.



Henri toob tootja tabeli ja luubi.



Kõigepealt vaatavad nad rõngaste arvu ja vahekaugusi.



Tolerantsirõngas on sageli teistest eraldi.



Kui lugemissuund jääb segaseks, kontrollivad nad osa andmeid ja mõõdetud väärtust.



Halvasti valgustatud värvist üksi ei piisa asendusosa valimiseks.

Neli rõngast, neli ülesannet



Tavalises nelja rõnga koodis annavad kaks esimest kaks numbrit.



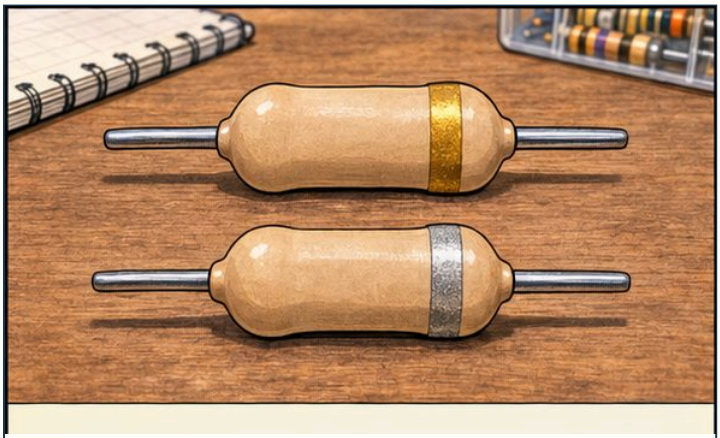
Kolmas rõngas on kordaja.



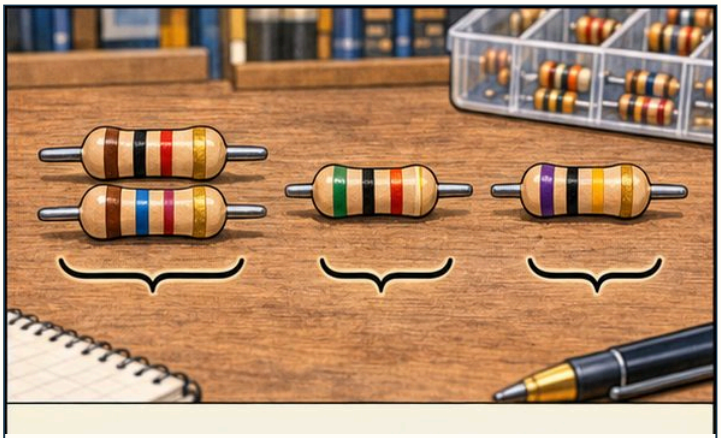
Neljas näitab nimiväärtuse tolerantsi.



Lugemine algab tolerantsirõnga vastaspoolsest otsast.



Kuld tähendab siin ±5 %; hõbe tähendab ±10 %.



«Kaks numbrit, kordaja ja lubatud hälve,» võtab Lucas kokku.

Numbrite värvid



Must on 0; pruun 1; punane 2; oranž 3; kollane 4.



Roheline on 5; sinine 6; violetne 7; hall 8; valge 9.



Värvi asukoht määrab selle ülesande koodis.



Kordajana tähendab punane ×100 ja oranž ×1 000.



Kuld ja hõbe võivad ka korrutada arvudega 0,1 ja 0,01.



Lucas hoiab tabelit käepärast: mõista on parem kui oletada.

Esimene lahtimõtestamine



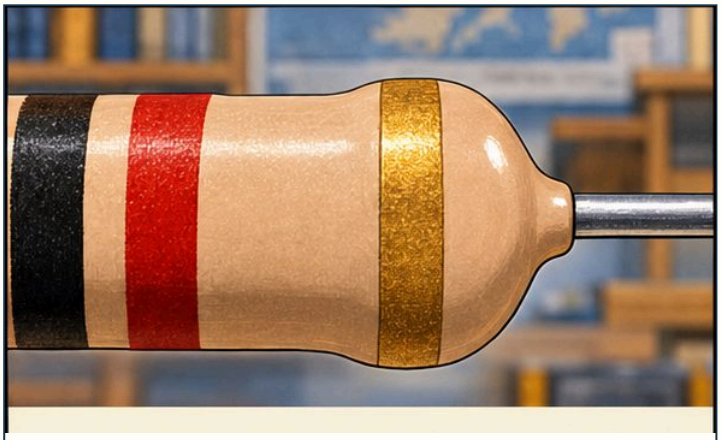
Näitel on pruun, must, punane ja kuldne rõngas.



Pruun ja must annavad 10; punane korrutab 100-ga.



10 × 100 = 1 000 Ω ehk 1 kΩ.



Kuldne rõngas lisab tolerantsi ±5 %.



Nimiväärtus ei luba seega täiesti täpset tegelikku väärtust.

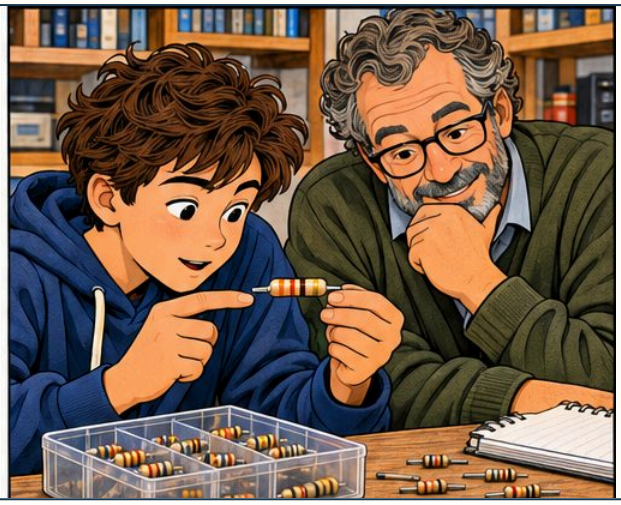


Lucas kirjutab väärtuse ja tolerantsi eraldi üles.

Märgutule takisti



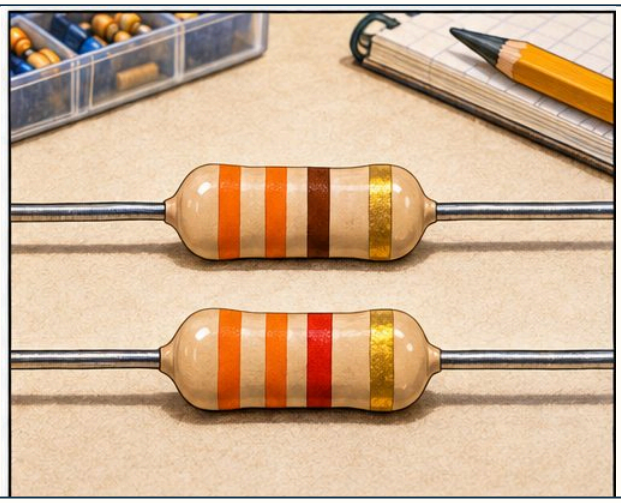
Paneeli andmetes on oranž, oranž, pruun ja kuldne.



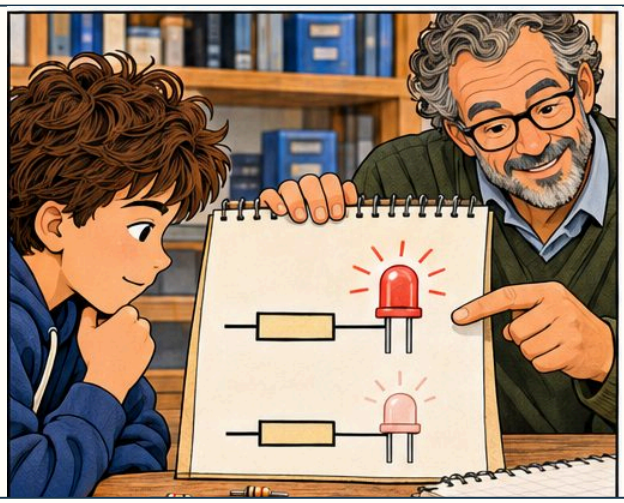
Esimesed rõngad annavad 33; pruun tähendab ×10.



Tulemuseks on 330 Ω tolerantsiga ±5 %.



Punane kolmas rõngas annaks 3 300 Ω ehk 3,3 kΩ.



See segadus vähendaks märgutule voolu tuntavalt.



Henri jätab mõlemad näited järgmise külastajate töötoa jaoks alles.

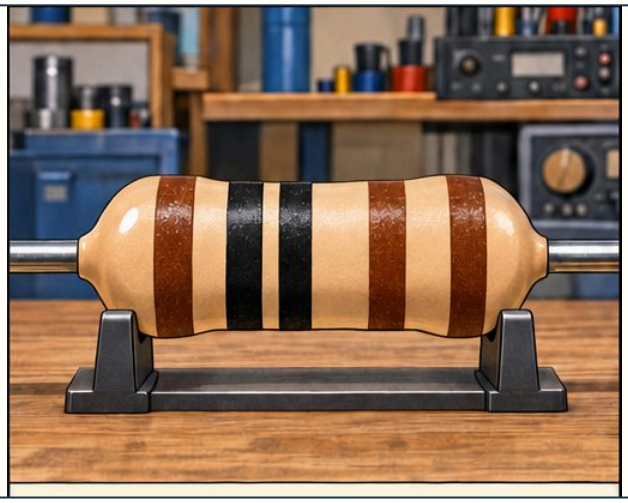
Üks rõngas rohkem



Tavaline viie rõnga kood algab kolme tüvenumbriga.



Neljas rõngas korrutab; viies näitab tolerantsi.



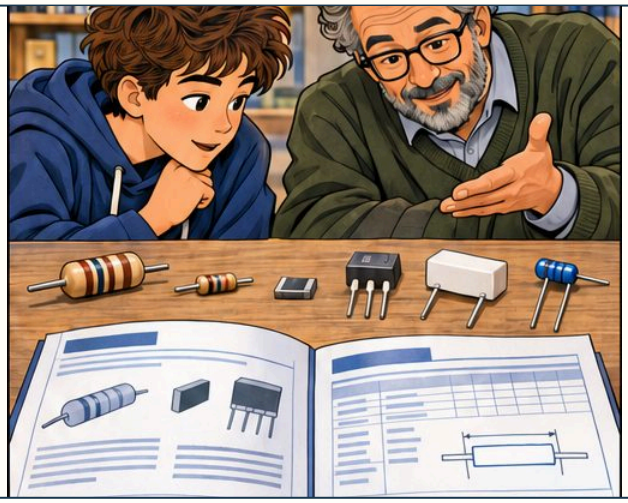
Pruun, must, must, pruun, pruun annab 100 × 10 = 1 000 Ω.



Viimane pruun rõngas tähendab siin ±1 %.

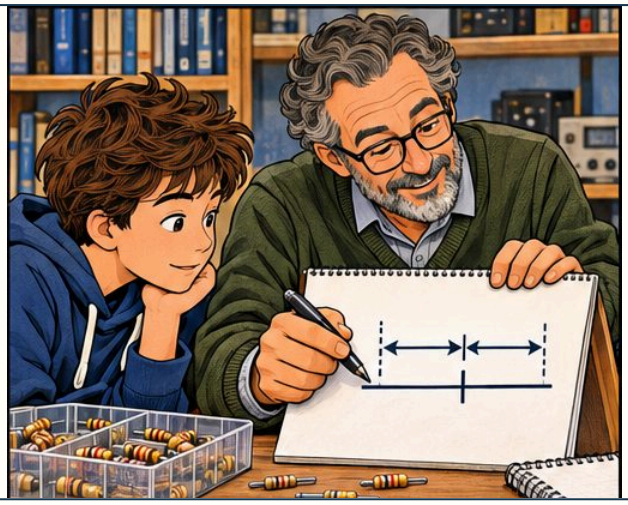


Seetõttu ei loe nad viit rõngast nagu nelja.



Märgistusi on teisigi: Henri soovitab alati õiget andmelehte.

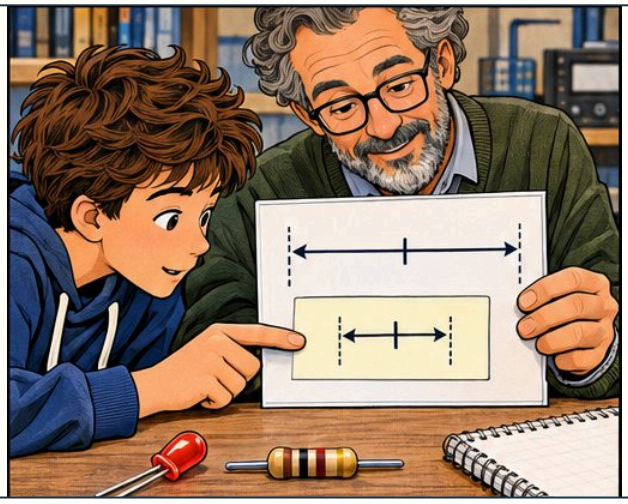
Tolerantsi mõistmine



Väärtuse 1 kΩ ja ±5 % korral on suurim nimihälve 50 Ω.



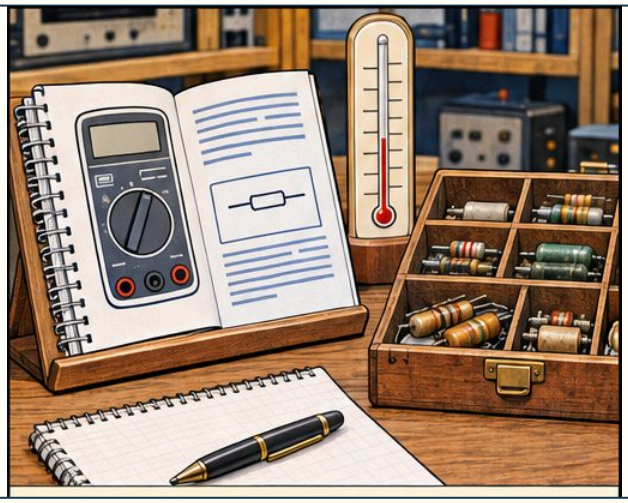
Vastav vahemik on 950 Ω kuni 1 050 Ω.



Väärtuse 330 Ω ja ±5 % korral on see 313,5 Ω kuni 346,5 Ω.



Need piirid kehtivad tootja määratud võrdlustingimustel.



Loeb ka temperatuur, vananemine ja mõõtemääramatus.



Lucas mõistab, miks kaks korras osa võivad anda erineva näidu.

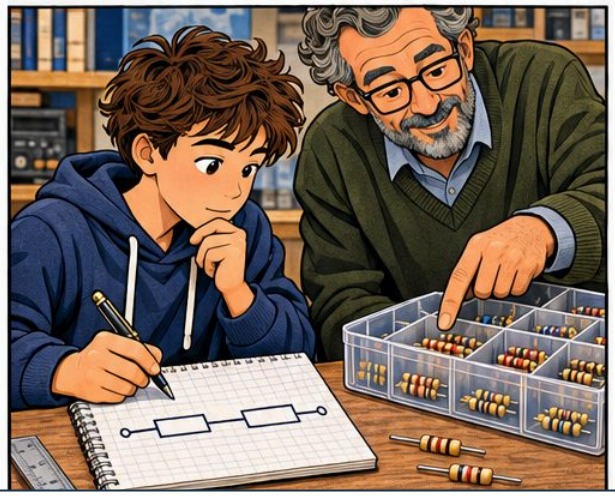
Vali saadaval olev väärtus



Tootjad pakuvad standardseid väärtusridu.



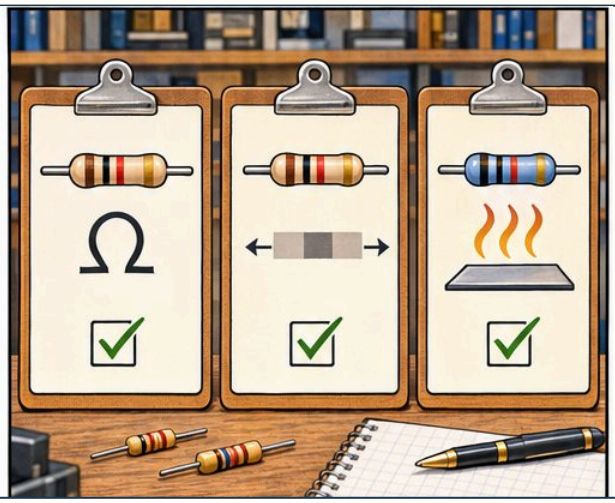
E12 reas on näiteks 270 Ω, 330 Ω ja 390 Ω.



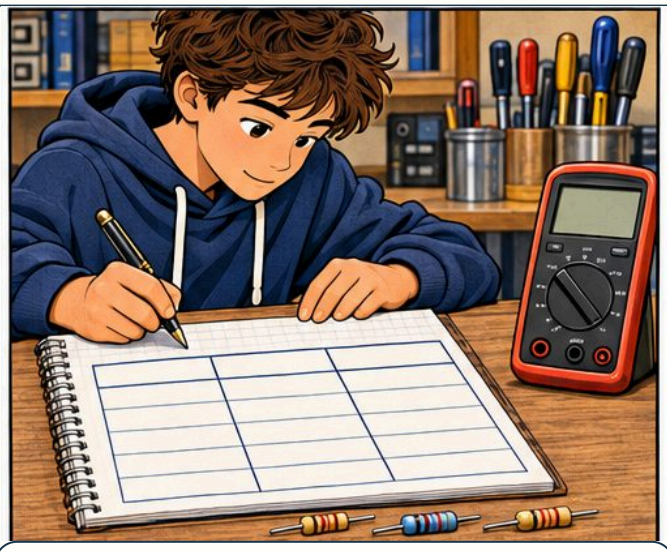
Arvutuse vastus ei pruugi vastata sahtlis olevale komponendile.



Nad valivad soovitud töö järgi ja arvutavad siis uuesti.



Väärtus, tolerants ja võimsus on kolm erinevat kriteeriumi.

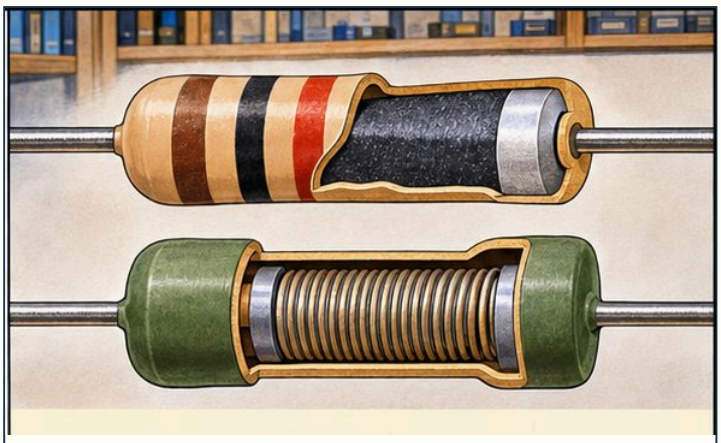


Lucas jätab osaloendis igaühele eraldi koha.

Sama nimetuse all



Kahel sama takistusega komponendil võib olla erinev ehitus.



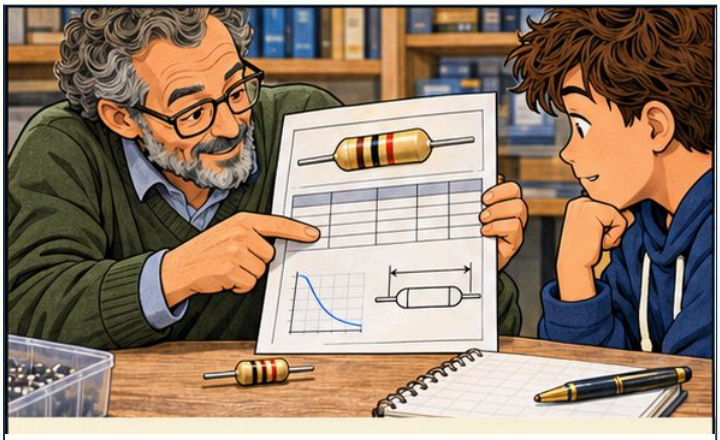
Henri näitab kile- ja traattakisteid.



Väikesed pindmontaažtakistid paigaldatakse otse trükkplaadile.



Suurus üksi ei näita tolerantsi ega kõiki piiranguid.

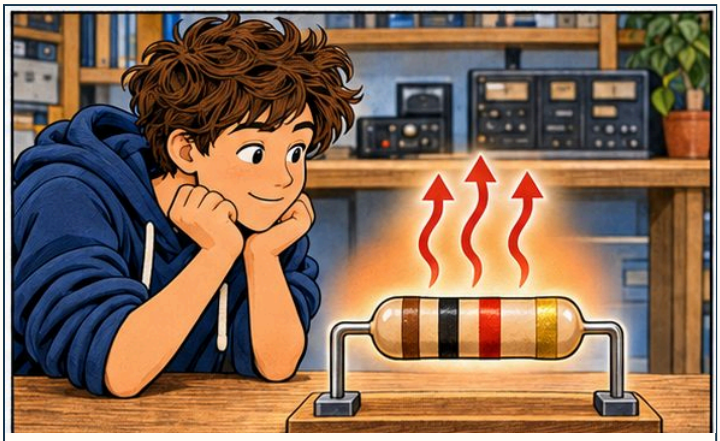


Andmeleht määrab võimsuse, suurima pinge ja kasutustingimused.

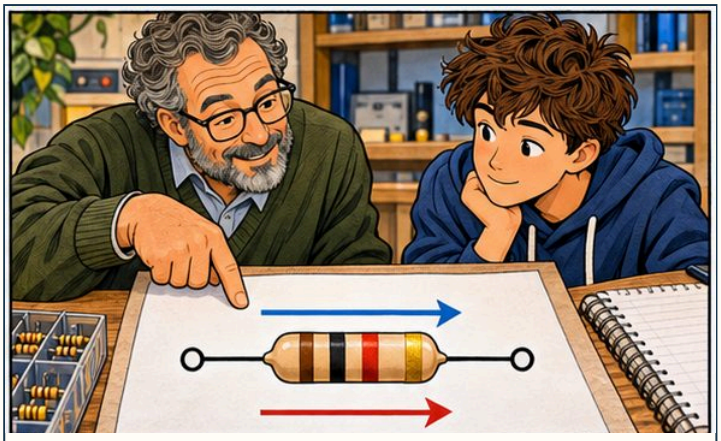


Märgutulele valivad nad tuvastatud osa koos dokumentatsiooniga.

Kuhu energia läheb?



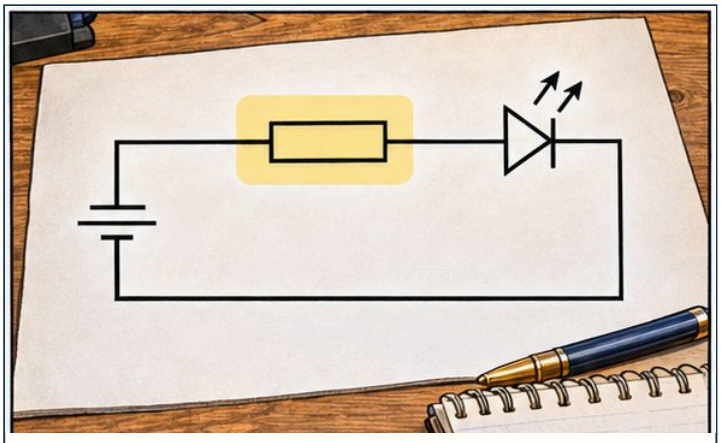
Takisti hajutab elektrienergiat soojusena.



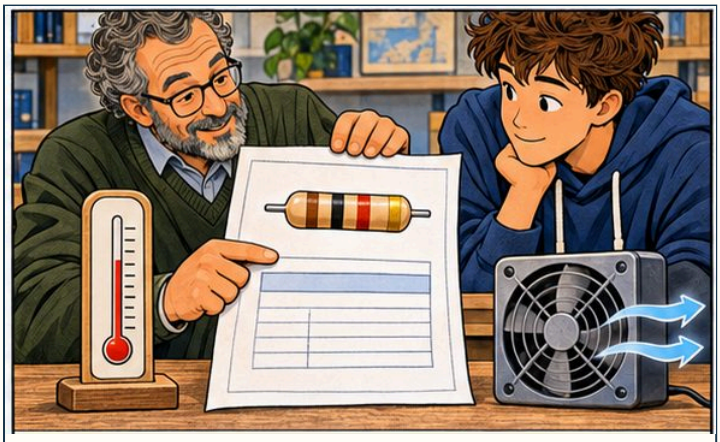
Selle hajutatav võimsus on $P = U \times I$.



Ohmi seadusega: $P = R \times I^2 = U^2 / R$.



Need U ja I käivad uuritava takisti kohta.

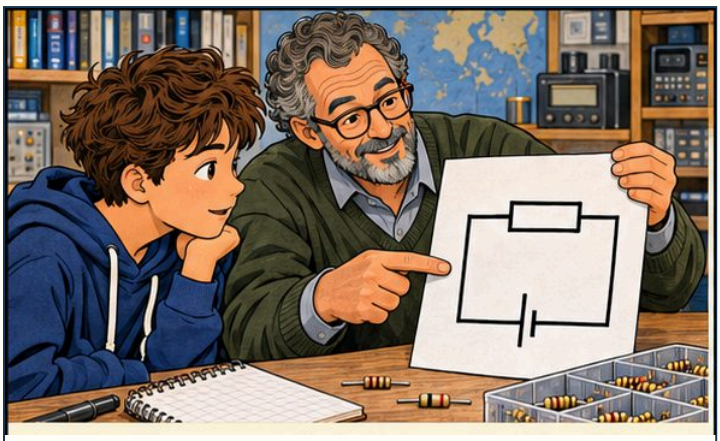


Nimivõimsus on teatud tingimustel määratud piir.



«Rohkem vatte ei tähenda rohkem oome,» järeldab Lucas.

Soojust tekitav näide



Nad arvutavad paberil: 12 V takistusel 1 kΩ annab 12 mA.



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



Osa võimsusega 0,25 W võib sobida, kui kasutustingimused seda lubavad.



Nad jätavad varu ja kontrollivad ka ümbritsevat temperatuuri.

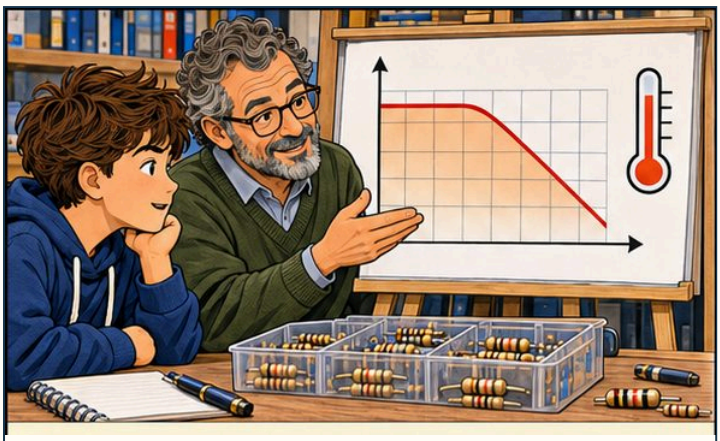


Suletud korpus või lähedane soojusallikas võib valikut muuta.



Arvutuse mõistmiseks pole kuumutuskatset vaja.

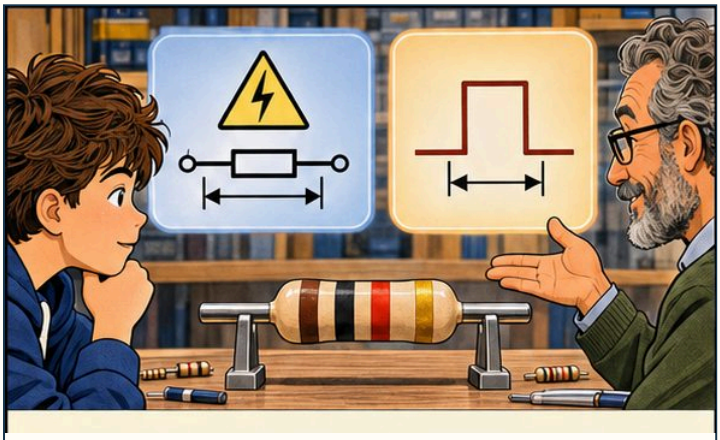
Piir pole eesmärk



Koormuse vähendamise kõver näitab, kuidas kuumuses võib lubatud võimsus väheneda.



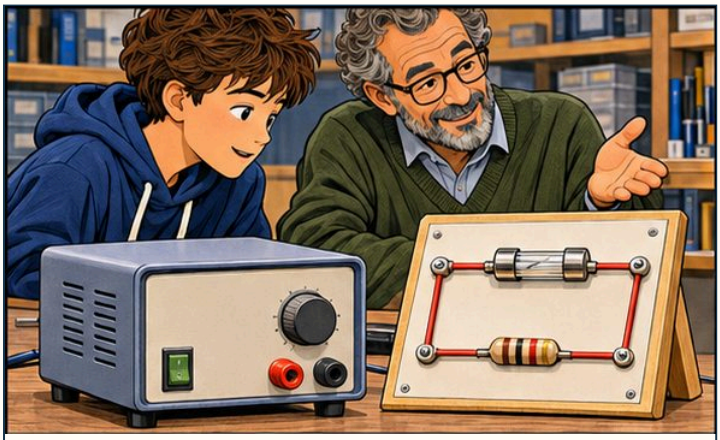
Henri näitab seda kõverat valitud mudeli andmelehel.



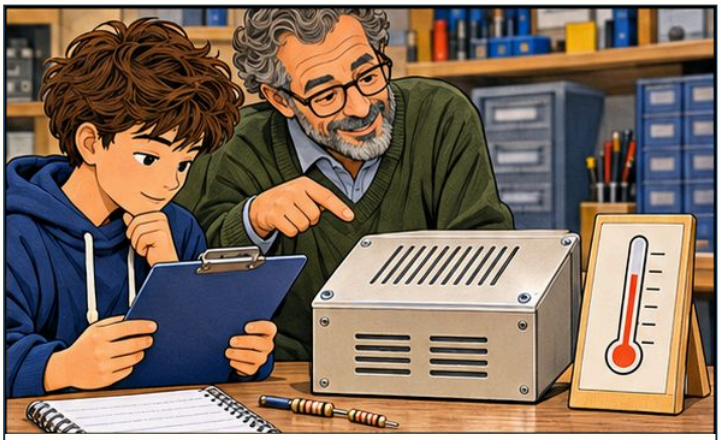
Nad kontrollivad ka tööpinget ja võimalikke impulsse.



Võimsust hajutav takisti ei asenda sulavkaitset.

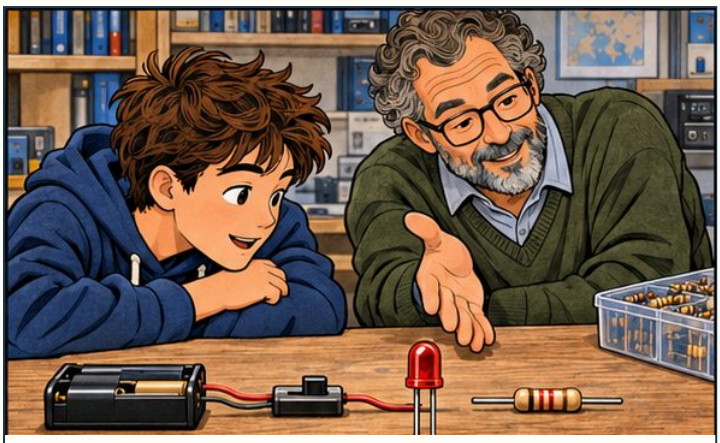


Väikesel paneelil säilib projekteerija ette nähtud kaitse.

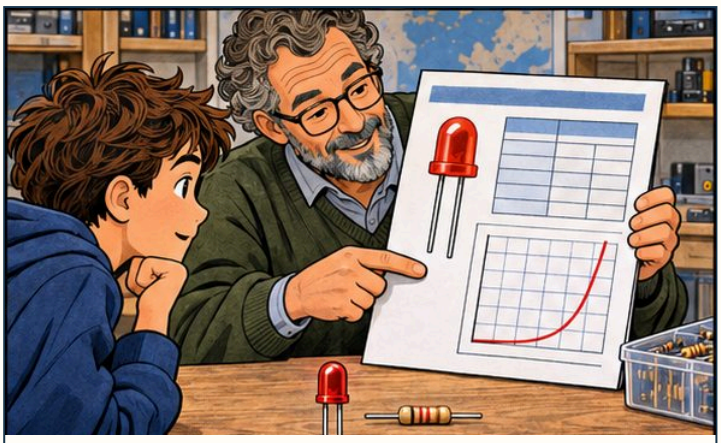


Lucas valib varuga ja kontrollib seejärel tegelikke tingimusi.

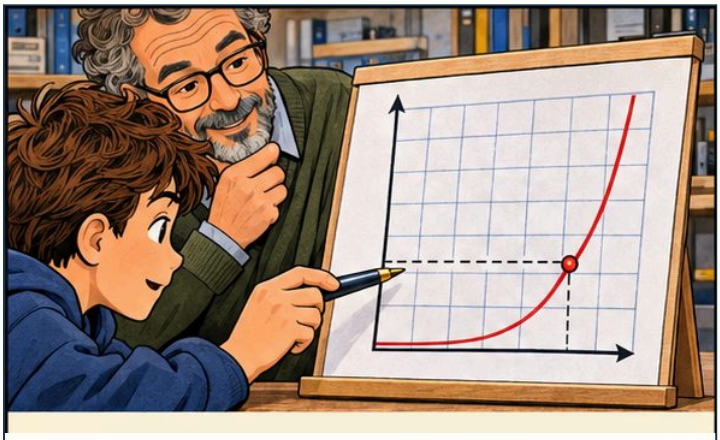
Märgutule arvutuse ettevalmistus



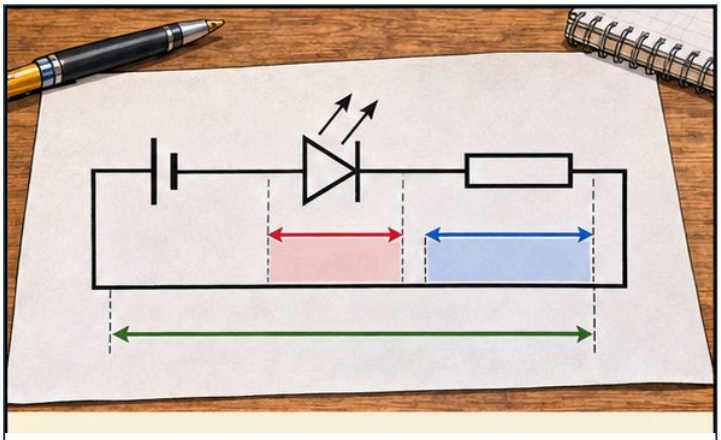
Näites kasutatakse 5 V toidet ja punast LED-i.



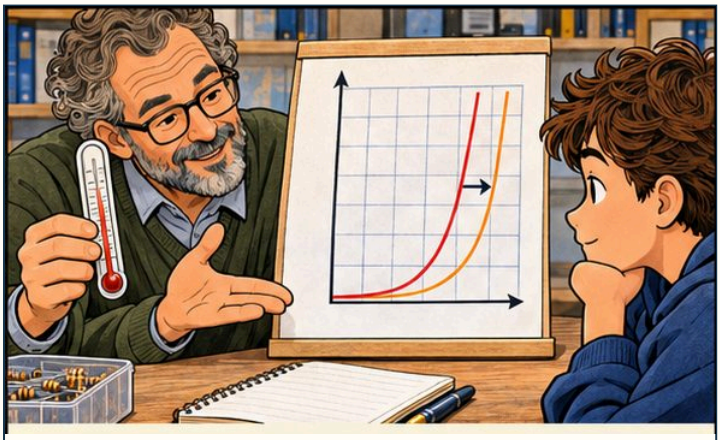
Selle LED-i andmeleht lubab uuritava voolu juures eeldada ligikaudu 2 V.



Nad sihivad 10 mA selle mudeli lubatud piirides.



Jadatakistile jääb siis ligikaudu 5 − 2 = 3 V.

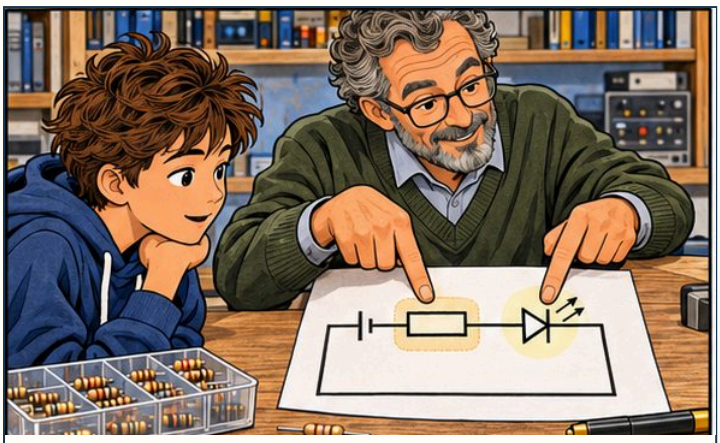


LED-i päripinge sõltub voolust ja temperatuurist.

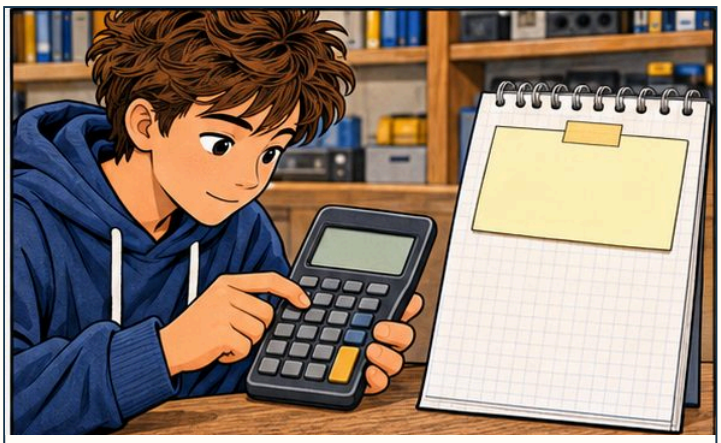


Need eeldused aitavad arvutada; need ei kehti kõigi LED-ide puhul.

Teoreetiline väärtus



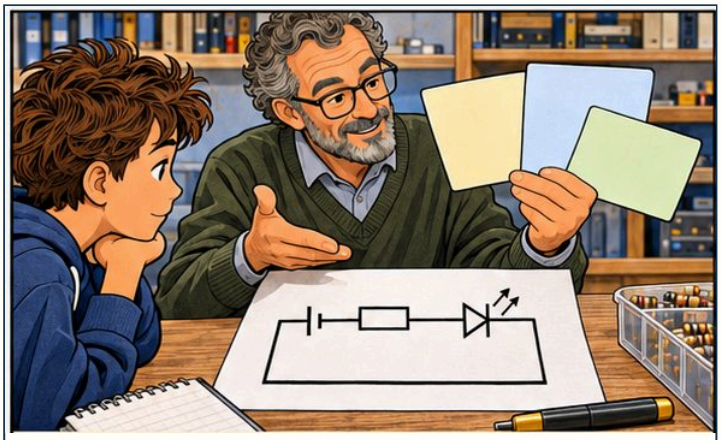
Jadatakisti jaoks: R = (Utoide − ULED) / I.



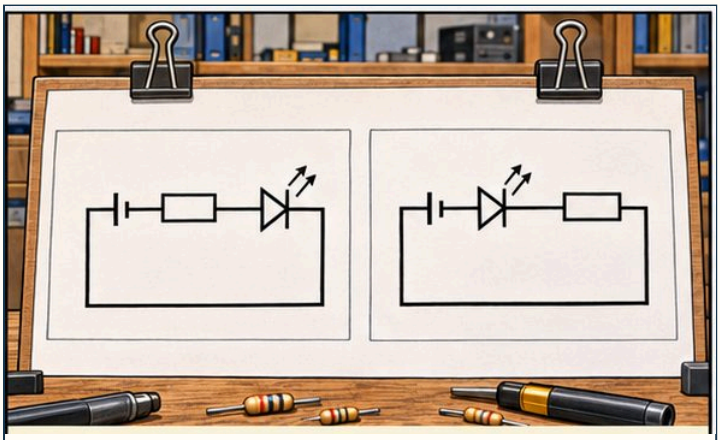
Lucas teisendab: 10 mA = 0,010 A.



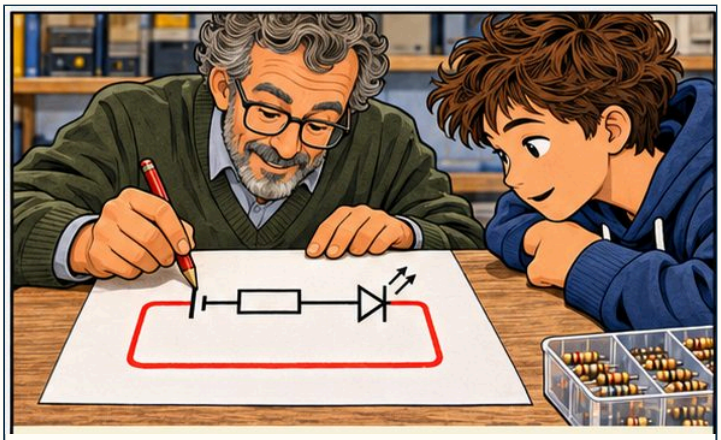
Ta arvutab R = (5 − 2) / 0,010 = 300 Ω.



See väärtus eeldab näite pingeid ja kavandatud voolu.



Samas jadaahelas võib takisti paikneda enne või pärast LED-i.

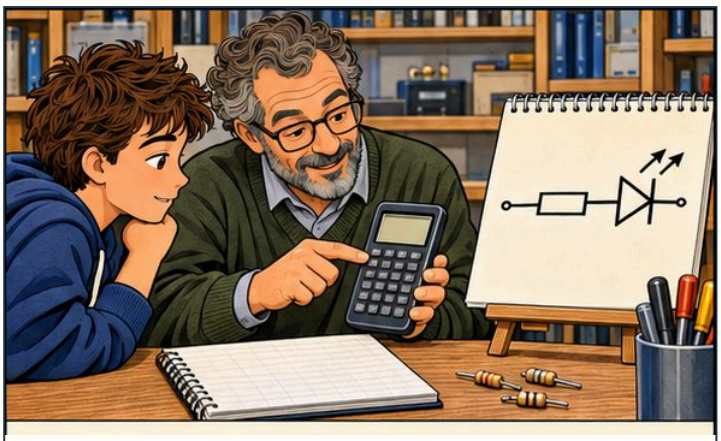


Henri kontrollib skeemi, eriti takistist mööduva voolutee puudumist.

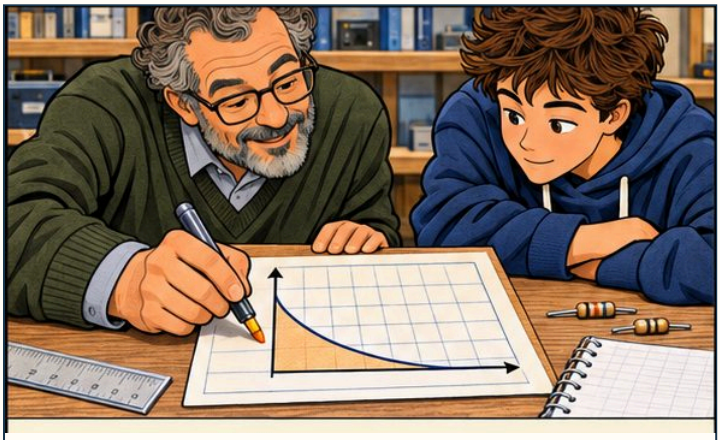
Arvutusest sahtlini



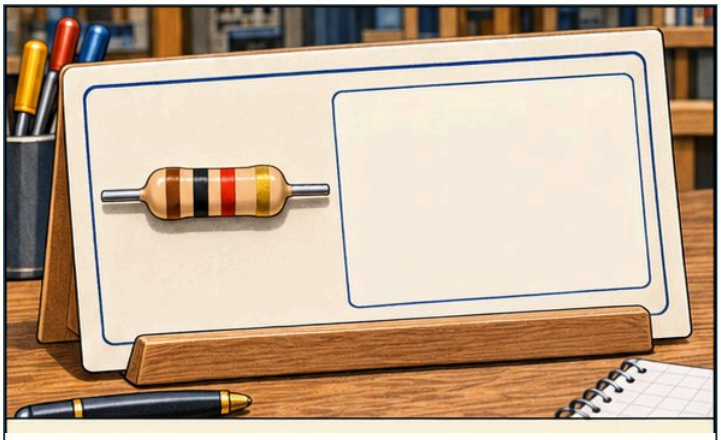
Oma varudest valivad nad 330 Ω, mitte 270 Ω.



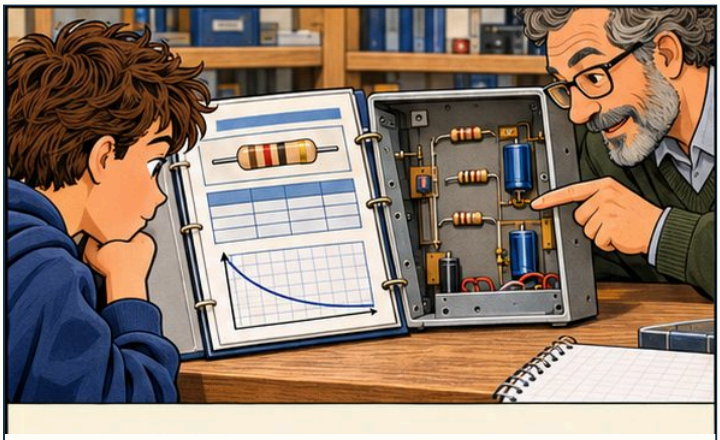
Samadel eeldustel I ≈ 3 / 330 ≈ 9,1 mA.



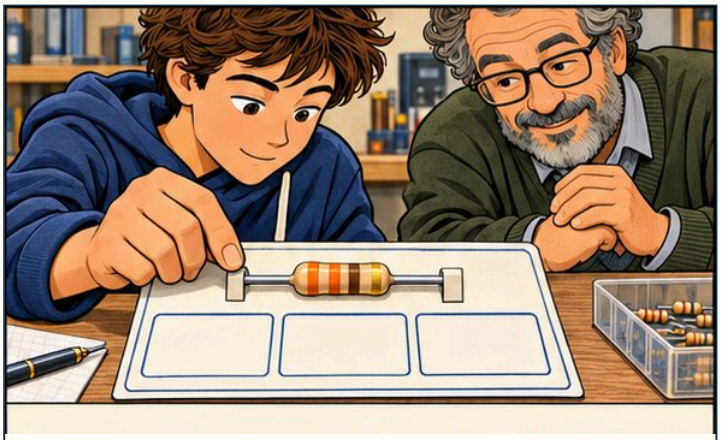
Takisti võimsus on ligikaudu 3^2 / 330 ≈ 0,027 W.



Tuvastatud 0,25 W osa annab siin mugava soojusvaru.

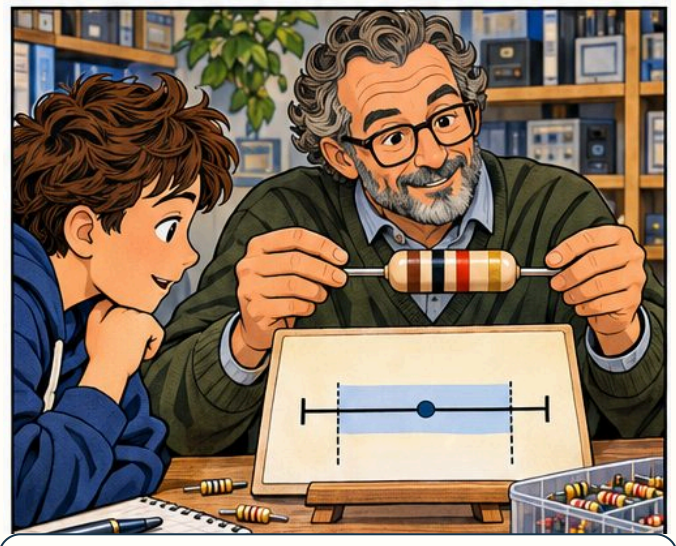


Siiski kontrollivad nad selle andmelehte ja kavandatud paneelitingimusi.



Lucas märgib: 330 Ω, ±5 %, 0,25 W; kõik kolm kriteeriumi on kirjas.

Arvesta hälvetega



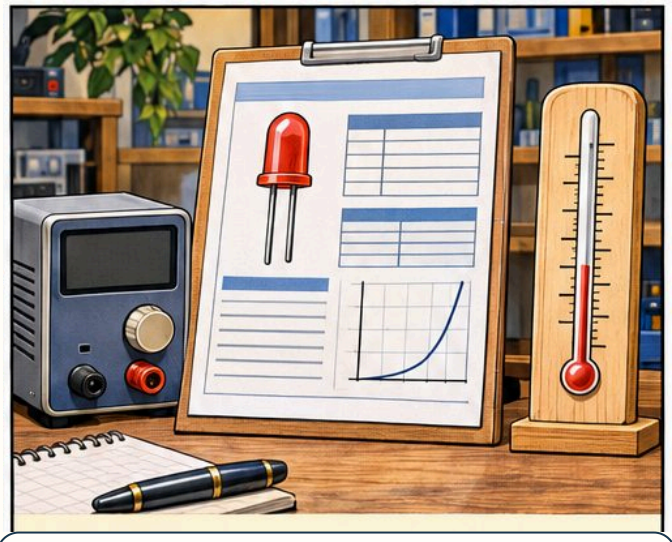
Juba R tolerants muudab arvutatud voolu.



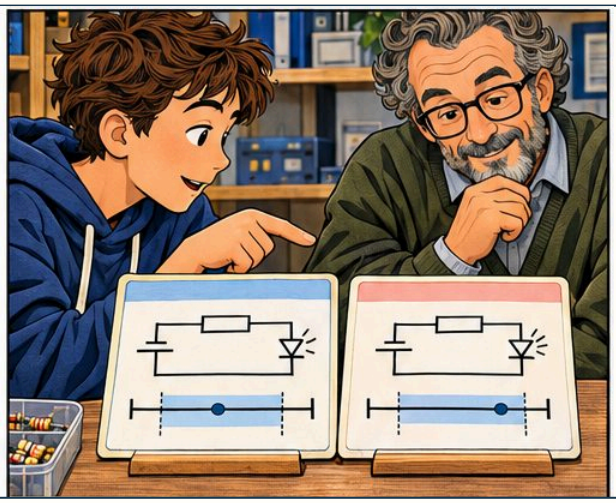
Kui takistil on 3 V, annab 313,5 Ω ligikaudu 9,57 mA.



Väärtusega 346,5 Ω saadakse ligikaudu 8,66 mA.



Muutuvad ka toitepinge ja LED-i pinge.



Tegelikus skeemis kontrollitakse andmelehtede järgi halvimat juhtu.



«Kasulik lähendus hoiab oma eeldused alles,» jätab Lucas meelde.

Õige aeg oommeetrile



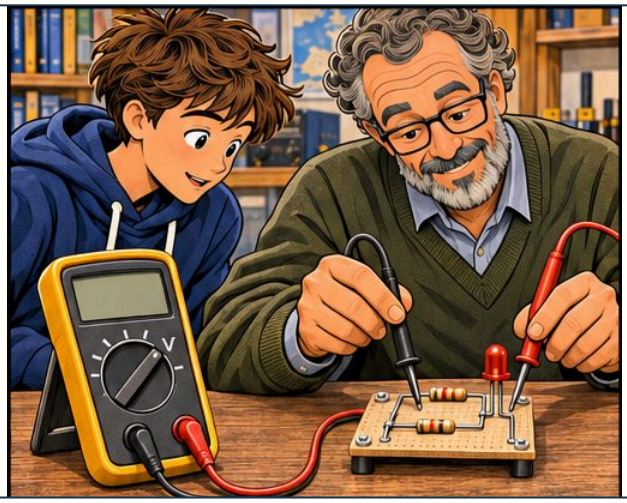
Oommeeter annab takistuse määramiseks väikese mõõtesignaali.



Seda ei kasutata pingestatud vooluringis.



Henri lülitab välja, lahutab toite ja järgib paneeli tühjendusjuhist.



Seejärel kontrollib ta sobiva seadistusega pinge puudumist.



Alles pärast neid kontrolle lülituvad nad takistuse mõõtmisele.



Lucas lisab selle täpse järjekorra oma veaotsingulehele.

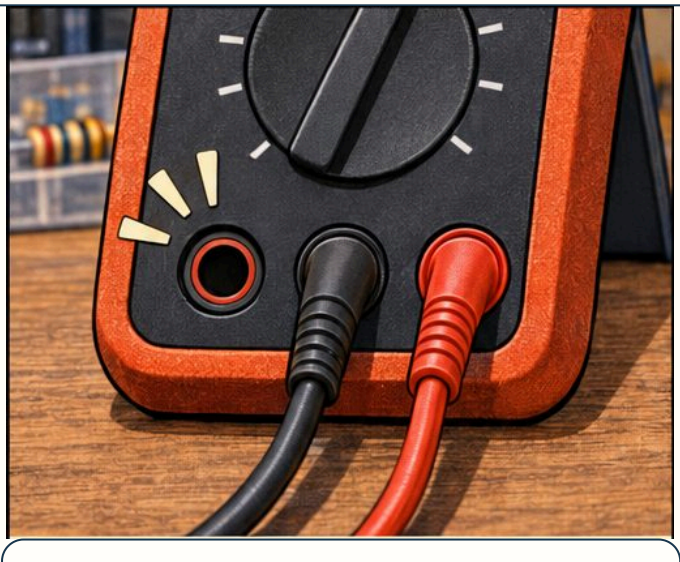
Mõõteotsakute ettevalmistus



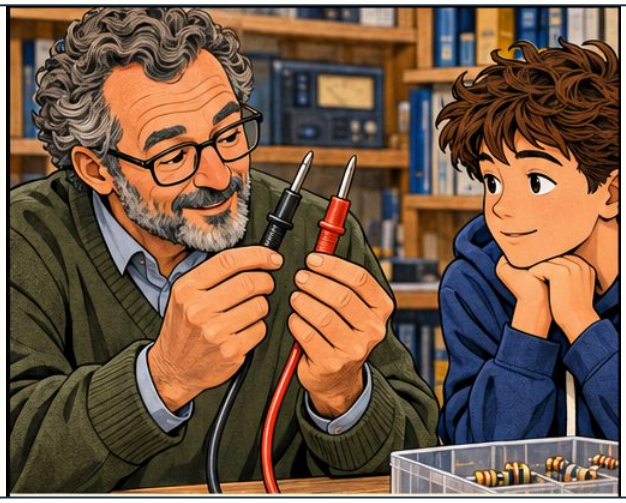
Klemmide ja mõõtepiirkonna osas järgivad nad multimeetri juhendit.



Must pistik läheb COM-pessa; punane takistuse mõõtmiseks mõeldud sisendisse.



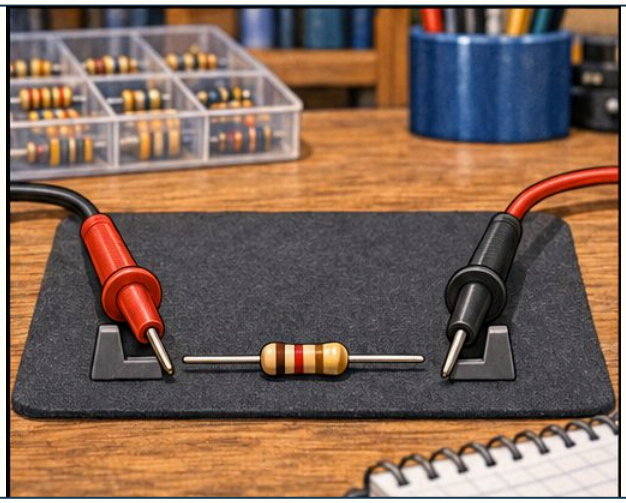
Voolusisendit selleks mõõtmiseks ei kasutata.



Nad kontrollivad juhtmete seisundit ja mõõteotsakute kontakti.

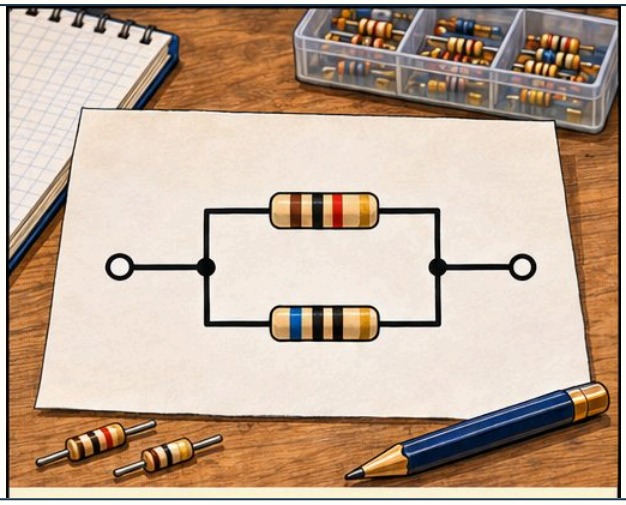


Sõrmed ja halb kontakt võivad näitu moonutada, eriti suure takistuse puhul.

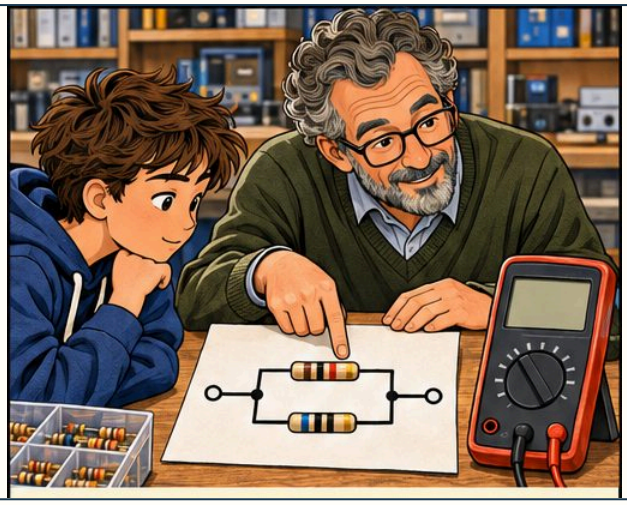


Lucas paneb komponendi isoleerivale pinnale ja hoiab käed eemal.

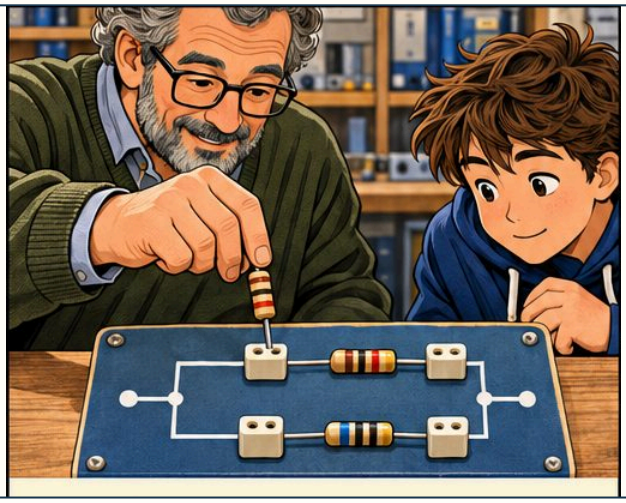
Varjatud vooluteed



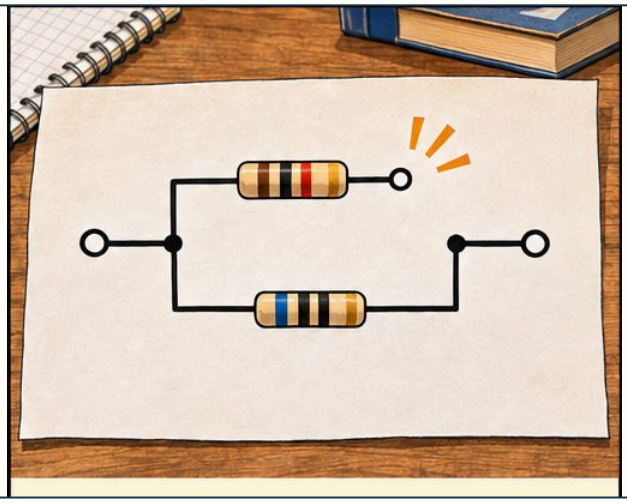
Vooluringis võivad teised komponendid moodustada rööpteid.



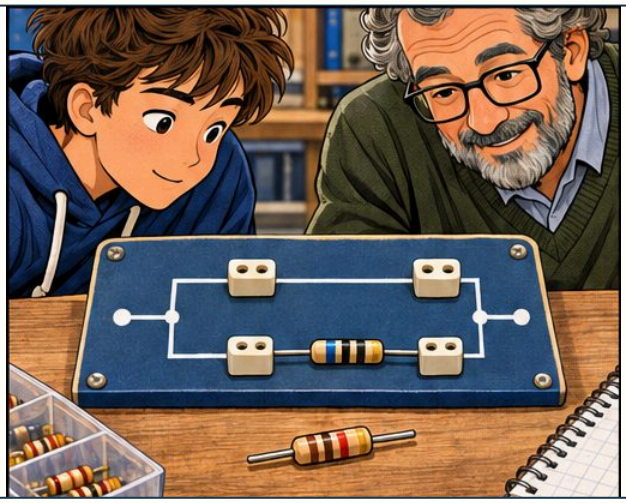
Näidatav väärtus ei pruugi siis olla üksnes selle takisti väärtus.



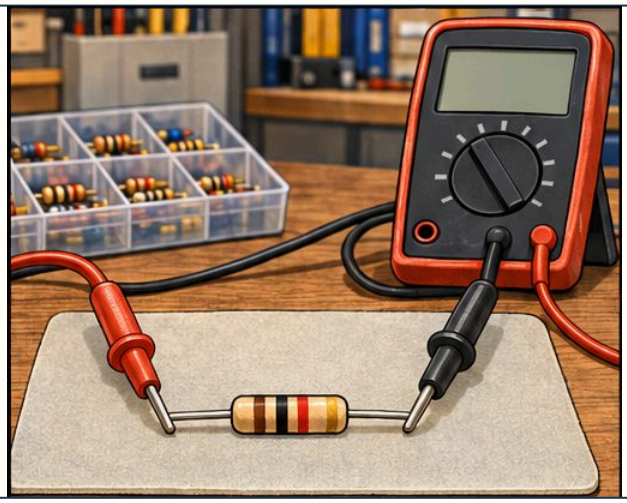
Nad eemaldavad osa väljalülitatud paneeli pistikpesast.



Teistes skeemides võib olla vaja üks ots eraldada.



Selles töötoas ei joodeta midagi lahti: pesa lubab osa eraldada.

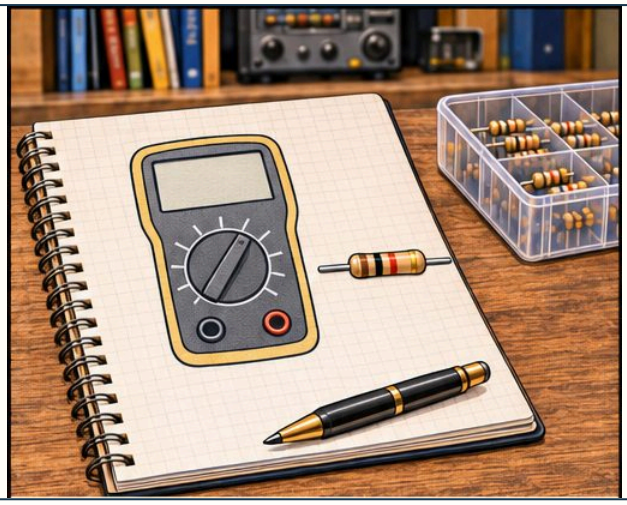


Eemaldatud takistit saab nüüd mõõta üksinda.

Ära loe näidust liiga palju välja



Kõigepealt harjutavad nad tuntud 1 kΩ takistiga tolerantsiga ±5 %.



Märkmik näitab võimalikku lugemit: 0,998 kΩ ehk 998 Ω.



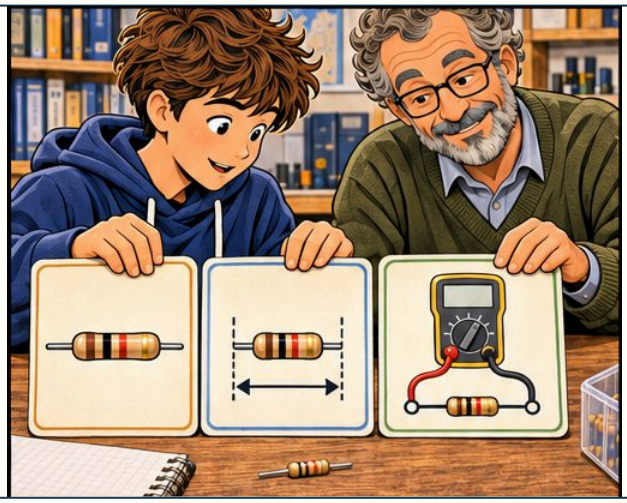
See jääb nimivahemikku 950 Ω kuni 1 050 Ω.



Multimeetri täpsus ja kontaktide kvaliteet piiravad järeldust.



Pidevuskontrolli piiks ei asenda arvulist takistuse mõõtmist.

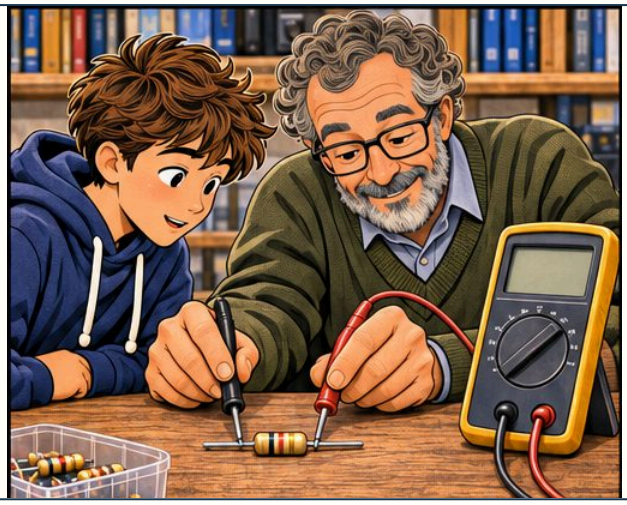


Lucas võrdleb alati ühikut, eeldatud vahemikku ja mõõtetingimusi.

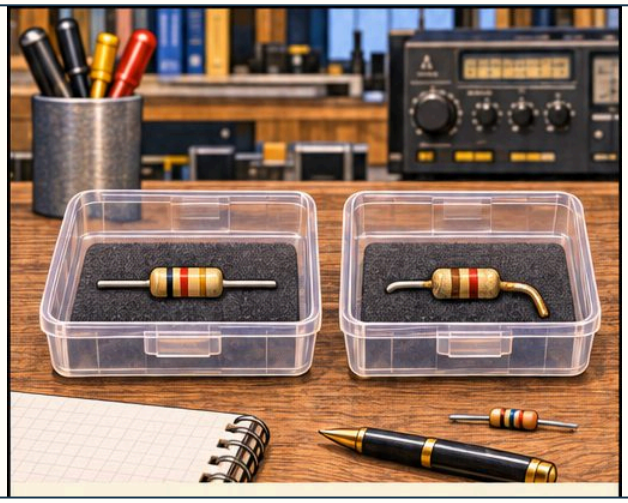
Vihje, mitte veel otsus



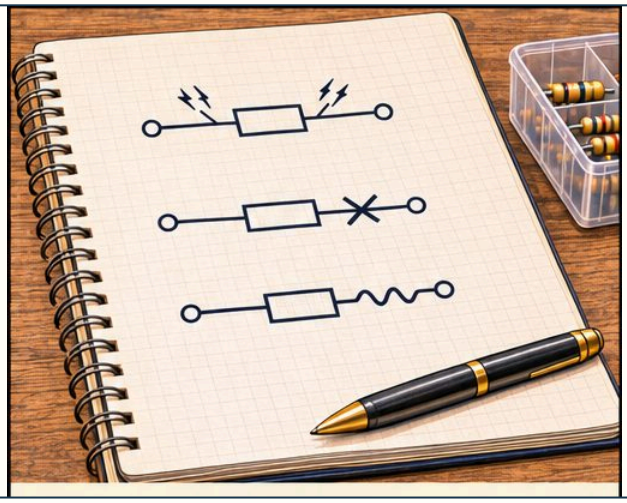
Märgutulest eemaldatud osal on kahjustatud jalakontakt.



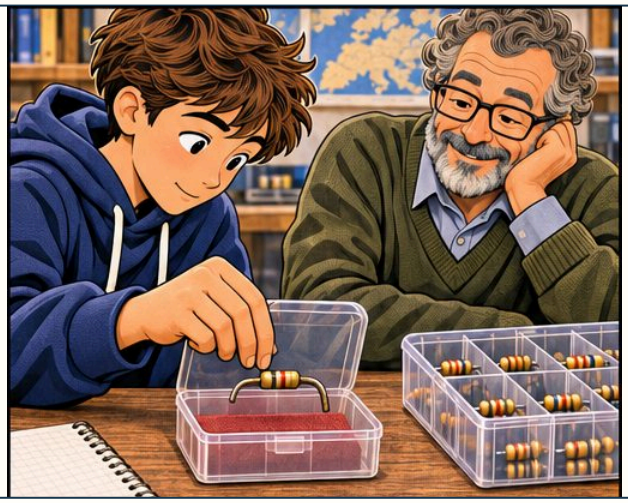
Näit püsib ebastabiilne; Henri loob mõõtekontaktid uuesti.



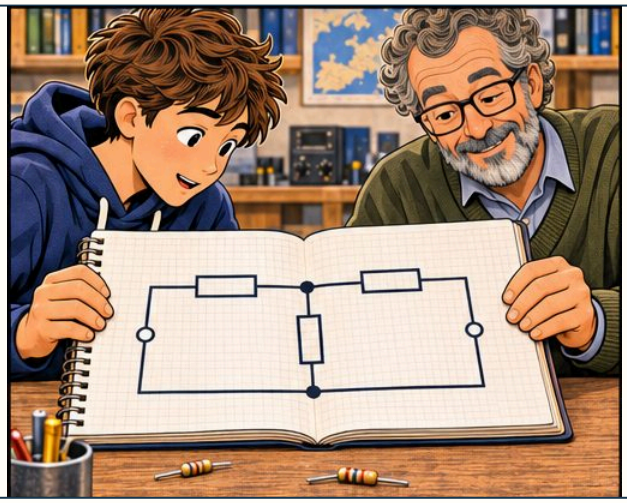
Nad võrdlevad seda käitumist tuntud komponendiga.



Piirkonnast väljas näit võib tulla osast, juhtmetest või kontaktist.



Kahtlase osa panevad nad kõrvale, väitmata veel, et kogu rike on leitud.



Skeem peab veel näitama, kuidas takistid koos töötavad.

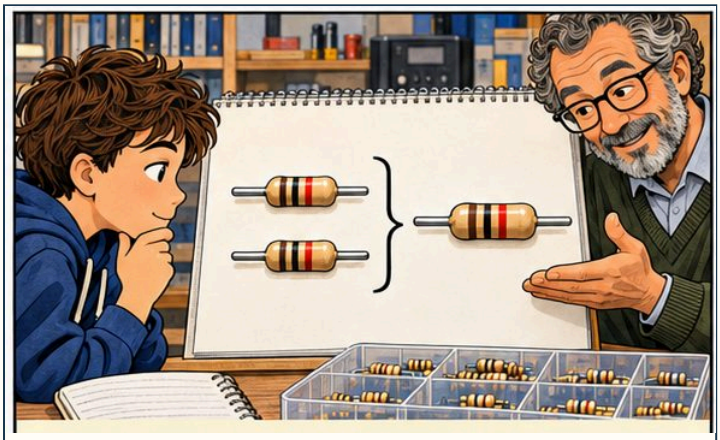
Üks voolutee



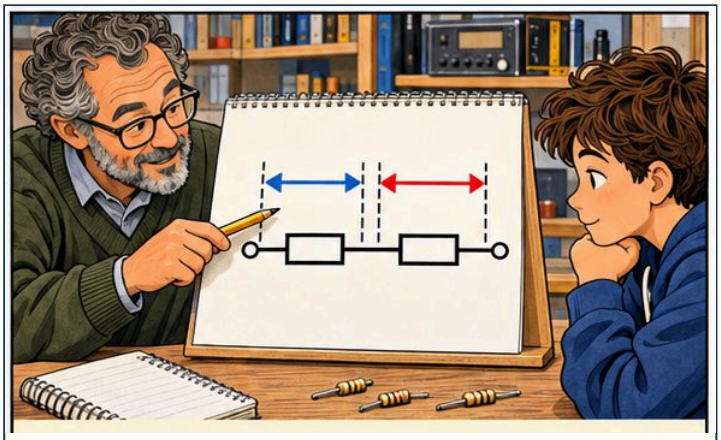
Kaks takistit on jadamisi, kui neid läbib sama vool ilma harunemiseta.



Nende asendustakistus on R = R1 + R2.



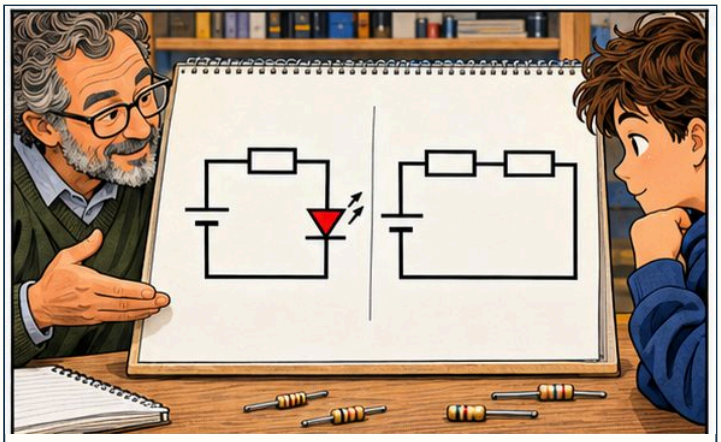
Kaks 1 kΩ takistit jadamisi annavad 2 kΩ.



Kogupinge jaguneb nende vahel vastavalt väärtustele.

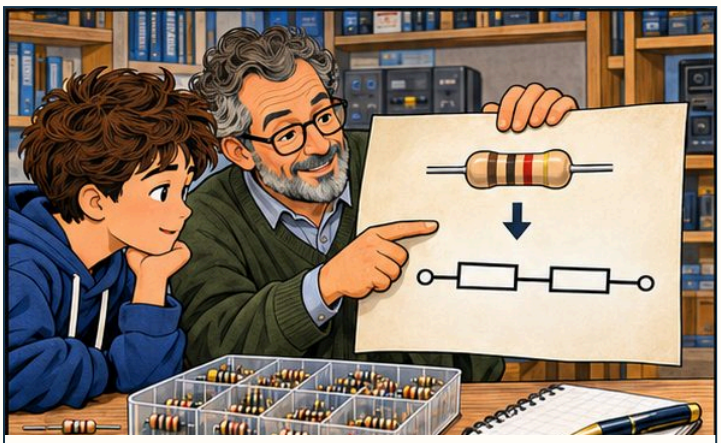


Iga osa peab taluma oma pinget ja hajutatavat võimsust.

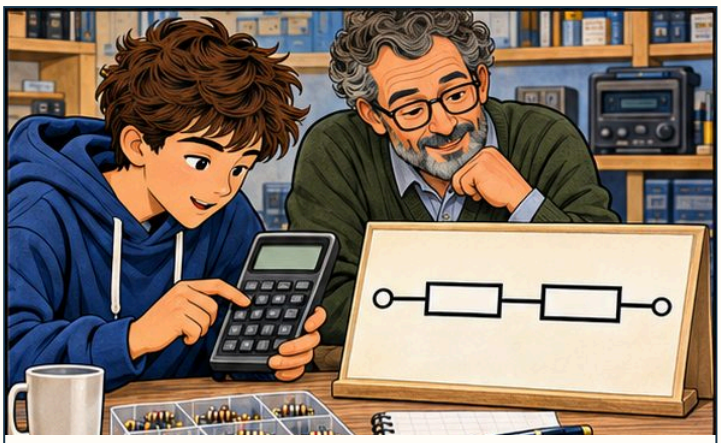


Lucas jälgib üht teed ja leiab LED-i jadatakisti.

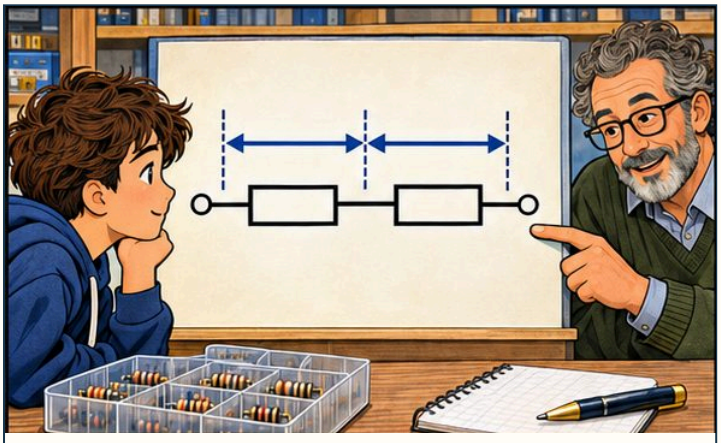
Jagamine jadaahelas



Paberil toidab 5 V kaht ühesugust 1 kΩ takistit jadamisi.



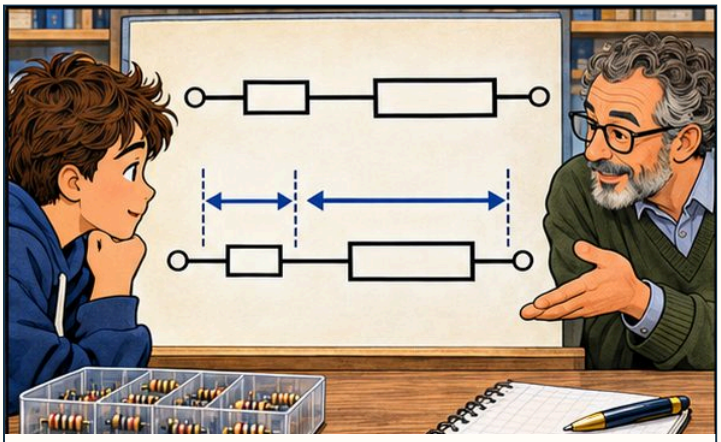
Vool on 5 / 2 000 = 0,0025 A ehk 2,5 mA.



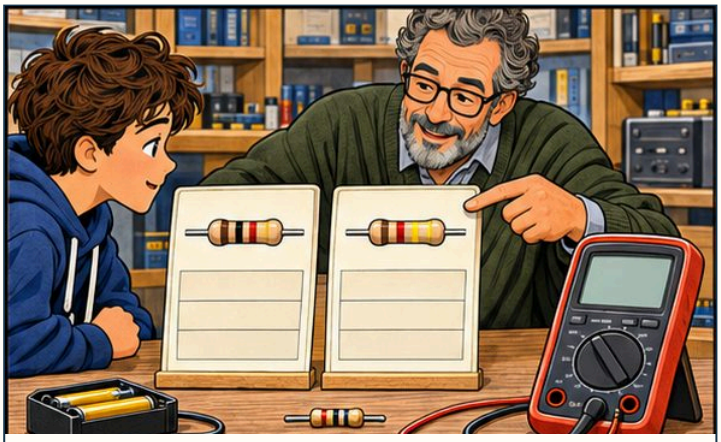
Selles ideaalmudelis on kummalgi takistil 2,5 V.



Kumbki hajutab 2,5 × 0,0025 = 0,00625 W.

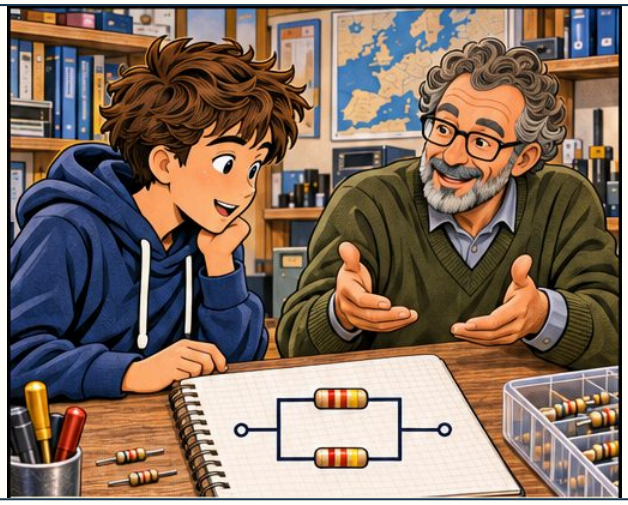


Erinevad väärtused jagaksid pinge ja võimsuse teisiti.

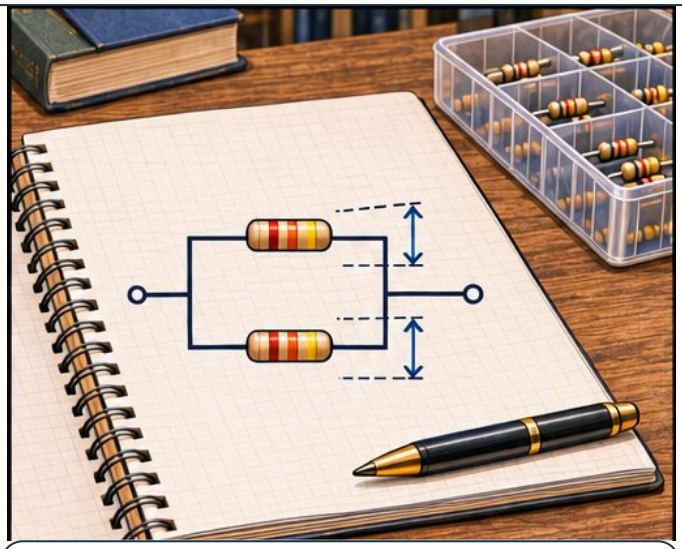


Henri rõhutab: osade nimivõimsuste liitmisest üksi valikuks ei piisa.

Kaks teed kahe sõlme vahel



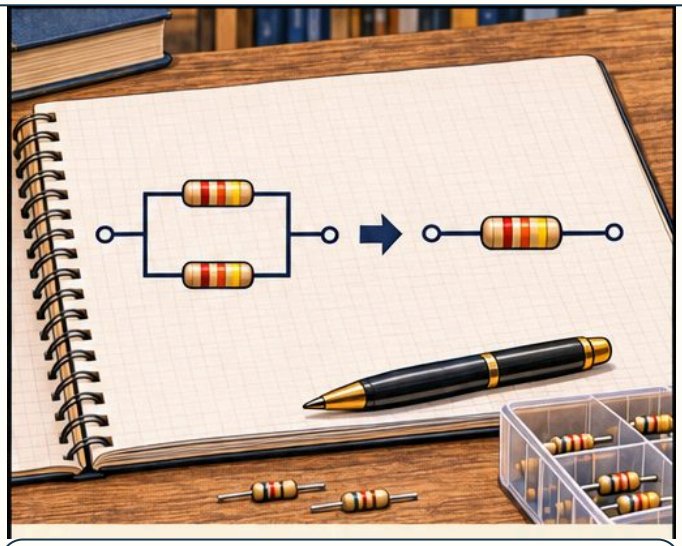
Rööbiti on takistid ühendatud samade kahe sõlme vahele.



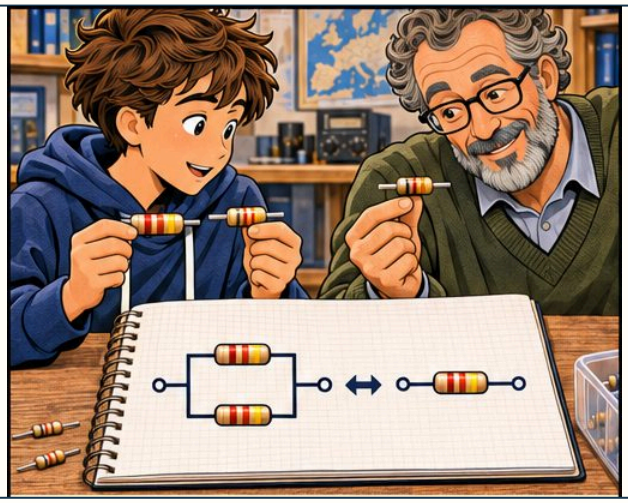
Seetõttu on nende otstel sama pinge.



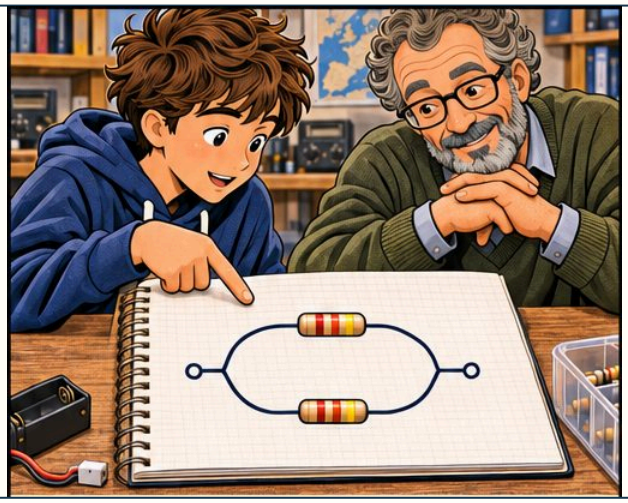
Kahe haru jaoks: 1 / R = 1 / R1 + 1 / R2.



Kaks 1 kΩ takistit rööbiti annavad 500 Ω.

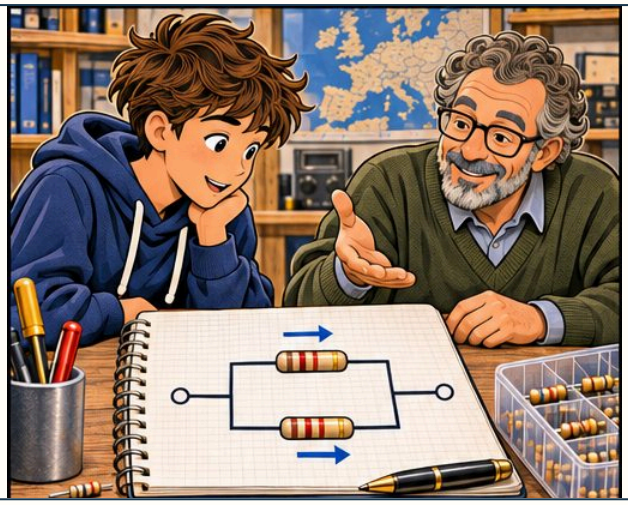


Asendustakistus on väiksem nende harude väikseimast positiivsest takistusest.

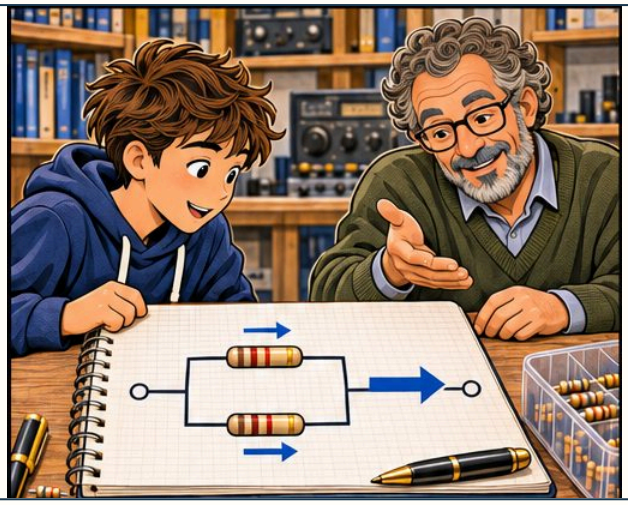


Lucas kontrollib sõlmi; asukohast joonisel üksi ei piisa.

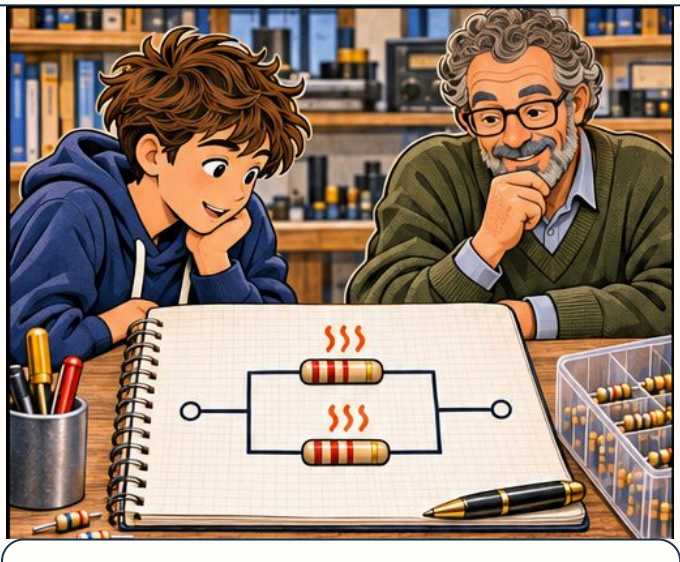
Vool jaguneb harudesse



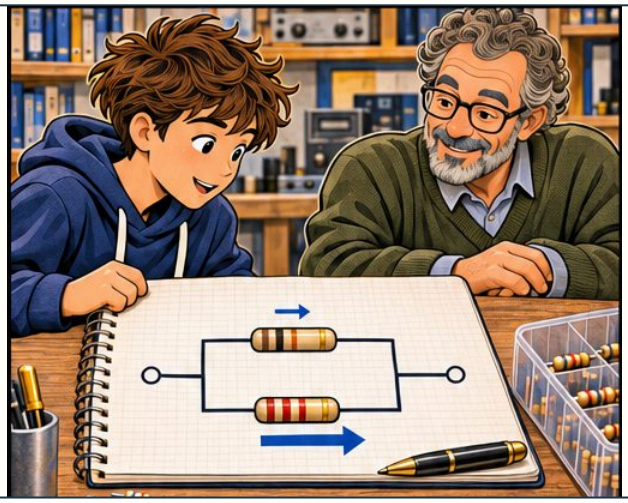
Kui 5 V on kummalgi takistil väärtusega 1 kΩ, võtab iga haru 5 mA.



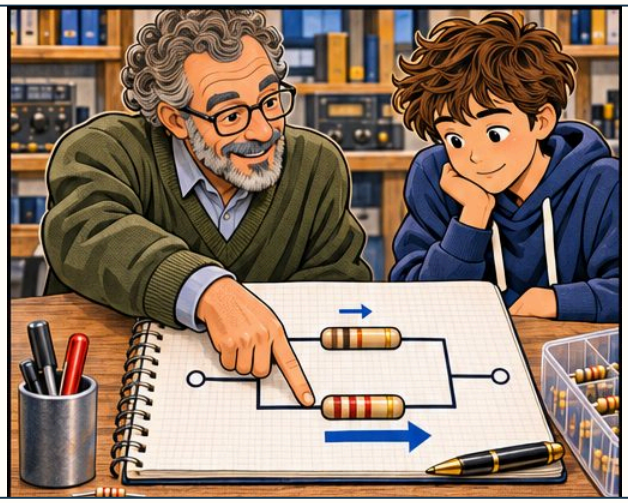
Allikas annab nende summa: selles ideaalses näites 10 mA.



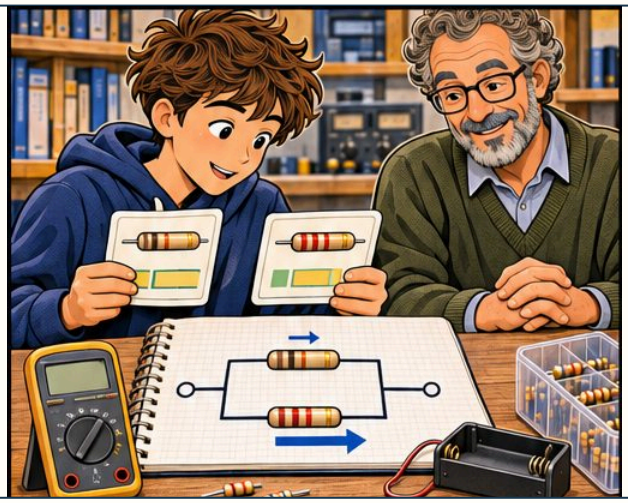
Iga takisti hajutab 5^2 / 1 000 = 0,025 W.



Erinevate väärtuste korral pole voolud enam võrdsed.

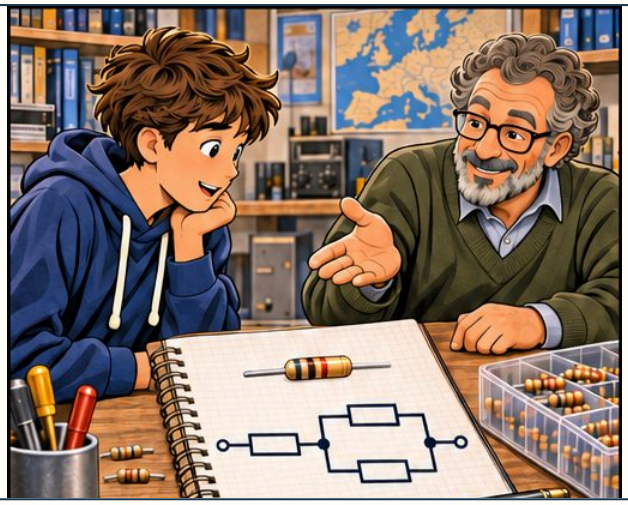


Sama pinge juures läbib väiksema takistusega haru suurem vool.



Lucas mõistab, miks kaks rööptakistit nõuavad kaht kontrolli.

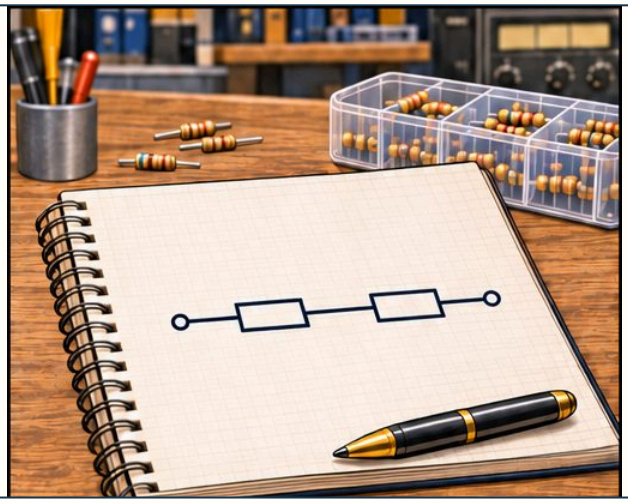
Lihtsusta skeemi kaotamata



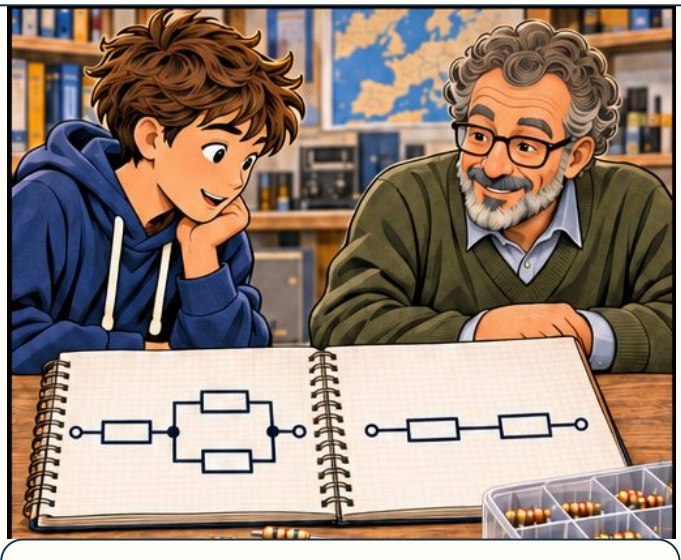
Henri joonistab 1 kΩ jadamisi kahe rööbiti ühendatud 1 kΩ takistiga.



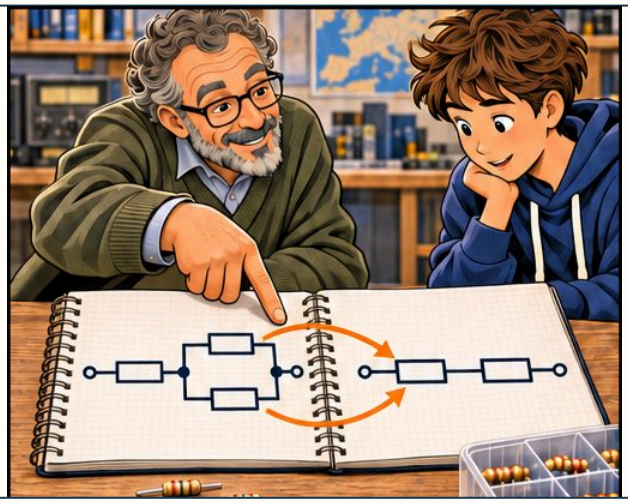
Lucas asendab rööppaari kõigepealt takistusega 500 Ω.



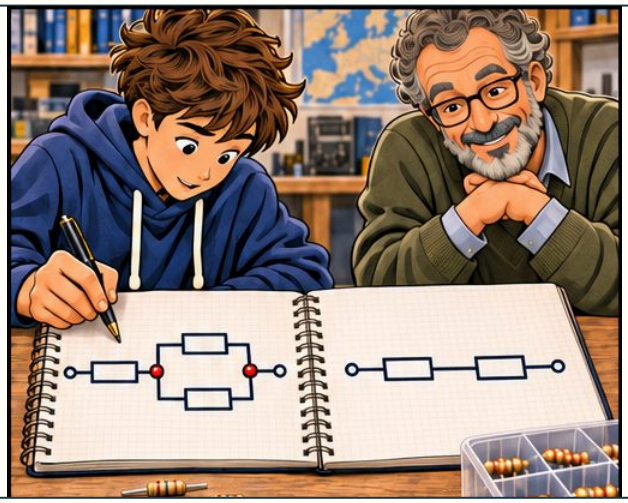
Siis liidab ta jadatakisti: 1 000 + 500 = 1 500 Ω.



Ta säilitab algskeemi, et leida iga osa vool.



Asendustakistus kirjeldab klemme, kaotamata sisemisi piiranguid.



Meetod aitab vältida valemi valimist pelgalt skeemi välimuse järgi.

Vahepealse pinge saamine



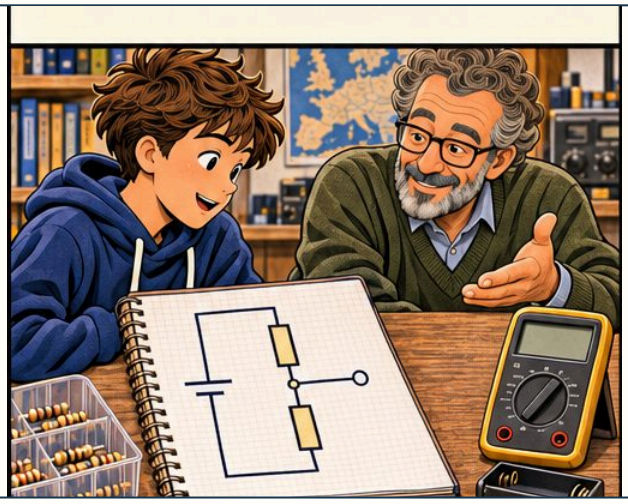
Kaks jadatakistit võivad moodustada pingejaguri.



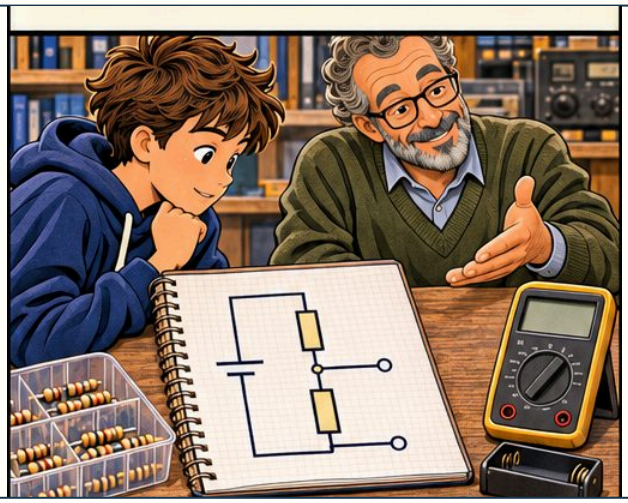
Ilma koormuseta: Uväljund = Usisend × R2 / (R1 + R2).



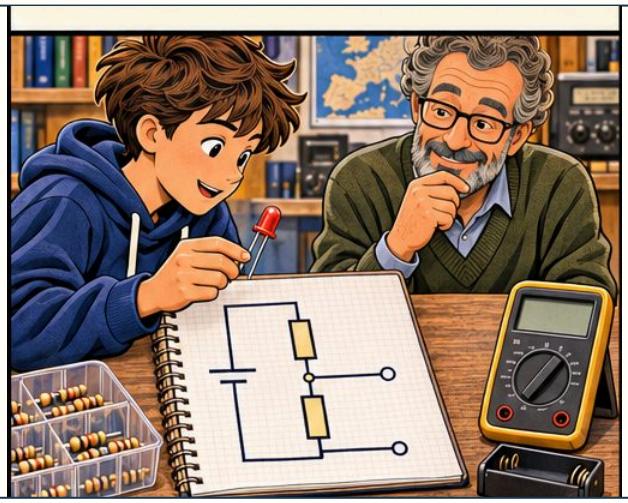
Väljund võetakse R2 otstelt, keskpunktist võrdluspunkti suhtes.



Pingega 5 V ja kahe 1 kΩ takistiga on see ideaalis 2,5 V.

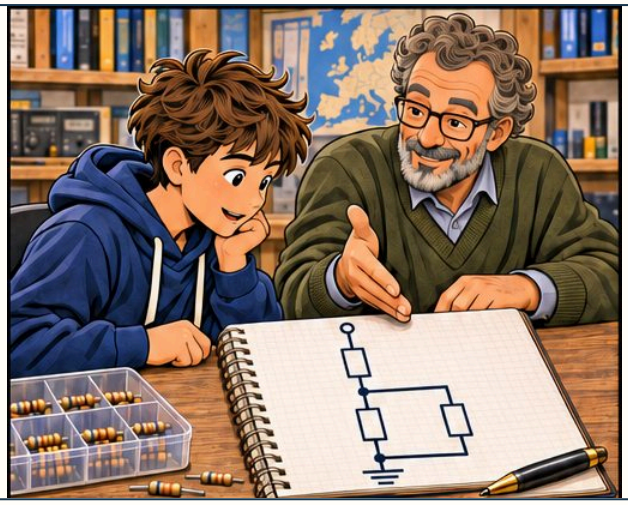


See eeldab, et väljundist praktiliselt voolu ei võeta.

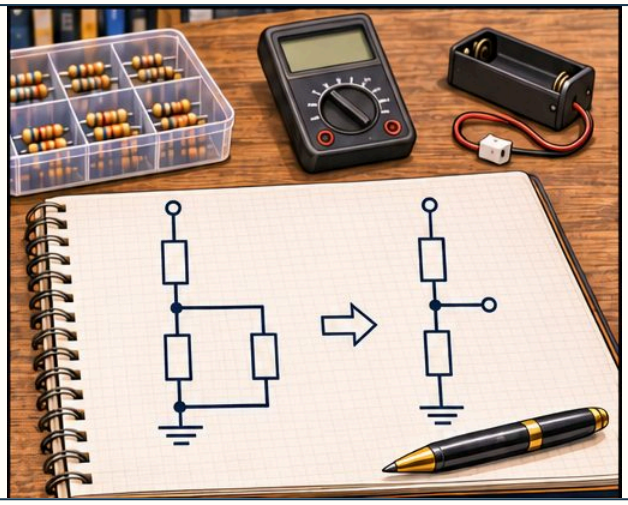


Lucas tahab sinna LED-i ühendada; Henri näitab, mis muutuks.

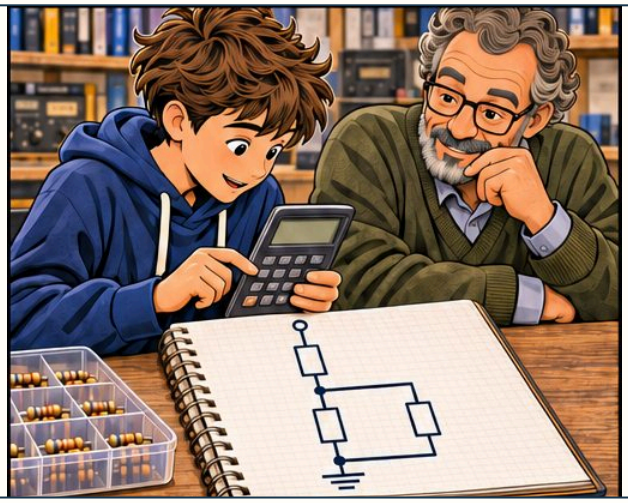
Kui väljund on koormatud



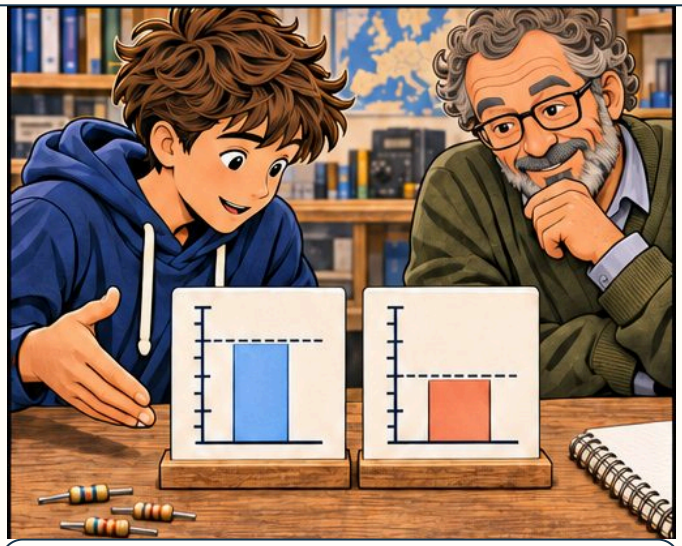
Väljundisse ühendatud koormus paikneb rööbiti takistiga R2.



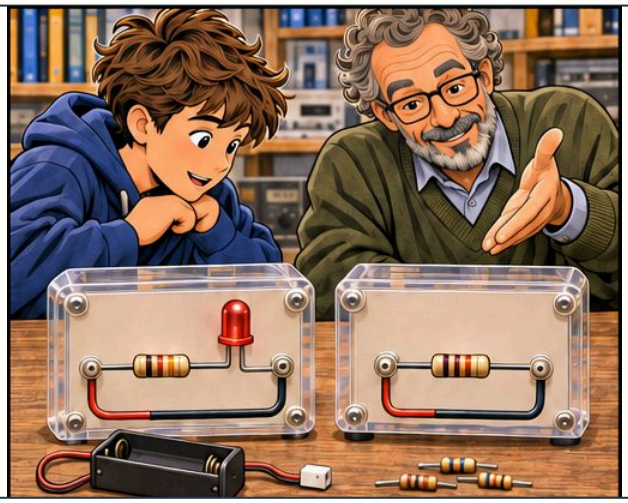
Koormusega 1 kΩ muutub R2 väärtusega 1 kΩ asendustakistuseks 500 Ω.



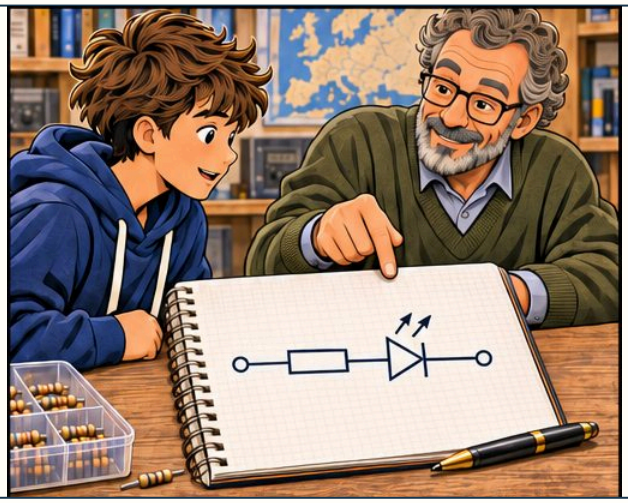
Väljund on siis 5 × 500 / (1 000 + 500) ≈ 1,67 V.



See pole enam 2,5 V: koormus muutis jagurit.



LED pole oomiline koormus, seega ei kirjelda see arvutus tema juhtu täpselt.



Märgutulele jätavad nad kavandatud jadaahela, mitte juhusliku jaguri.

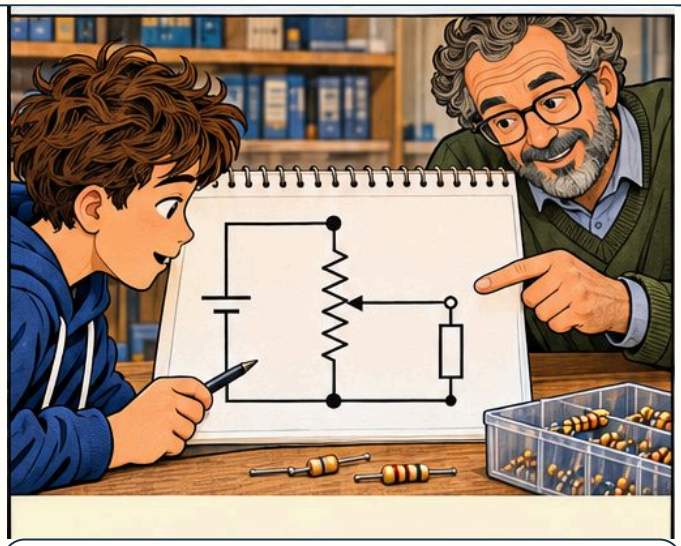
Potentsiomeetri liugur



Potentsiomeetril on takistusrada ja liikuv liugur.



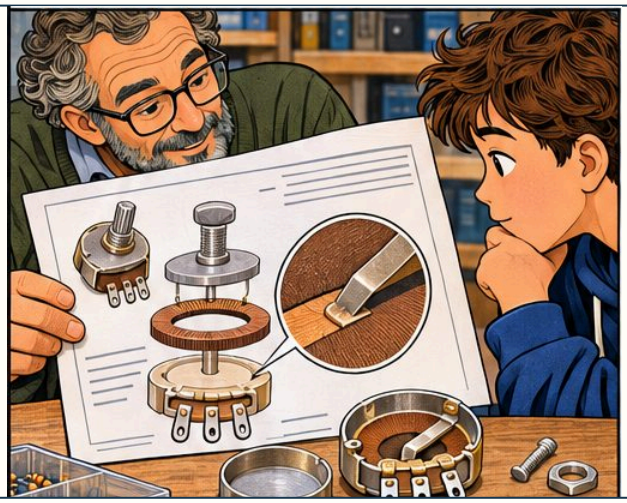
Selle kolm klemmi võimaldavad teha reguleeritava pingejaguri.



Koormus mõjutab ka liugurilt võetavat pinget.



Kahe klemmiga võib see skeemist olenevalt toimida muutuva takistina.

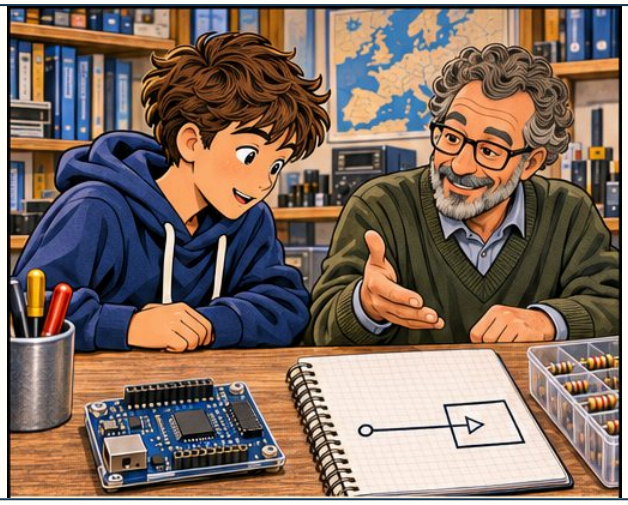


Võimsus, liugurivool ja ühendused vajavad kontrolli.

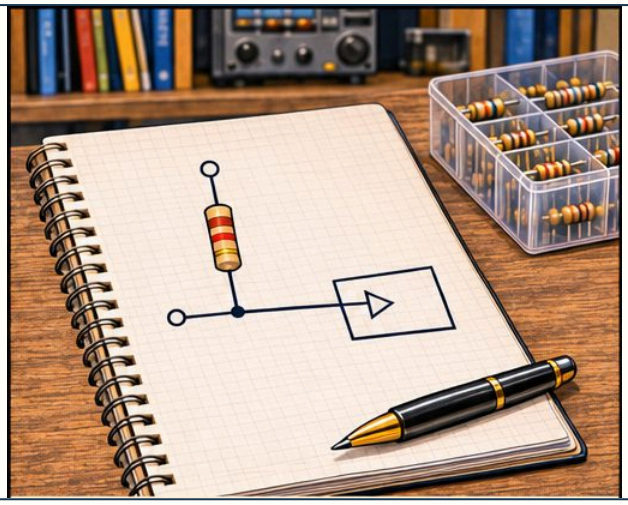


Lucas ei eemalda LED-i kaitsvat püsitakistit.

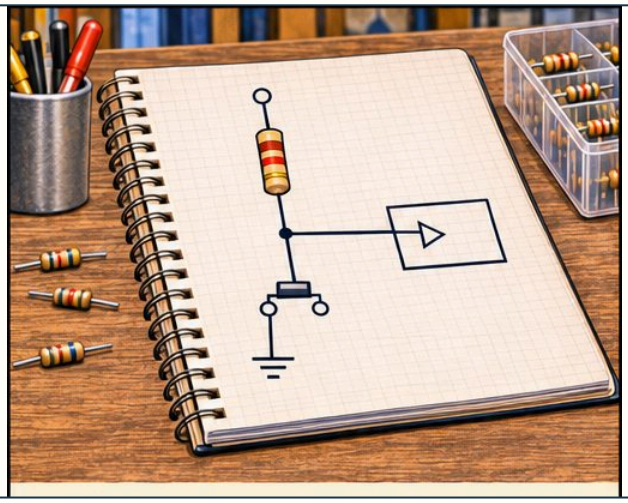
Määra sisendi olek



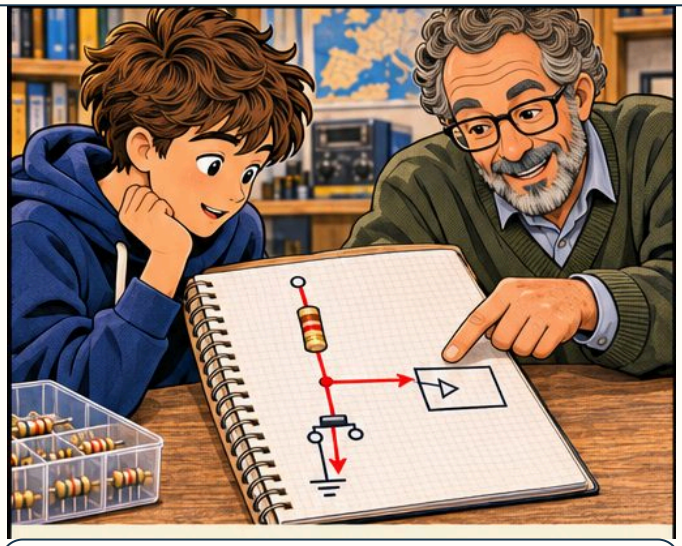
Õppeplaadil võib ühendamata sisend lugeda ebamäärast olekut.



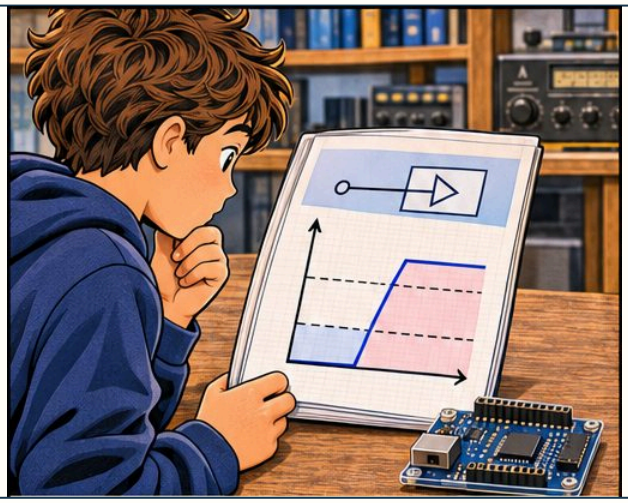
Ülestõmbetakisti toite poole määrab puhkeolekus kõrge nivoo.



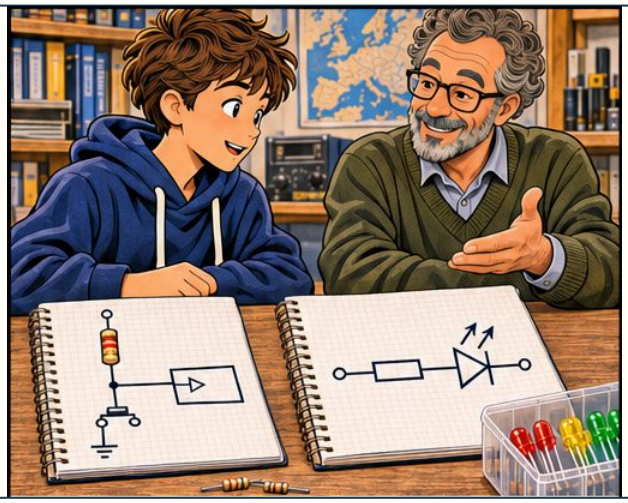
Nupp võrdluspunkti poole määrab suletuna madala nivoo.



Takisti piirab siis voolu toite ja nupu vahel.



Väärtus sõltub sisendist, selle lävedest ja dokumentatsioonist.

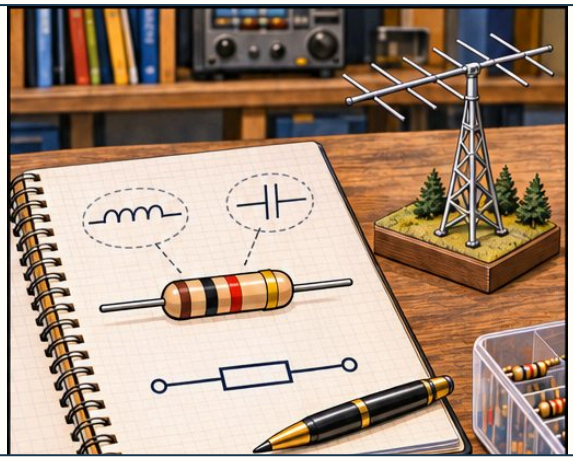


Henri näitab seda joonisel; märgutuli säilitab lihtsa skeemi.

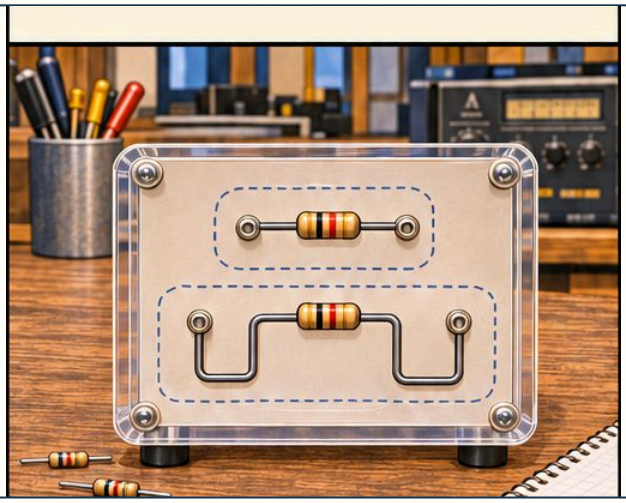
Raadios on mudelil piirid



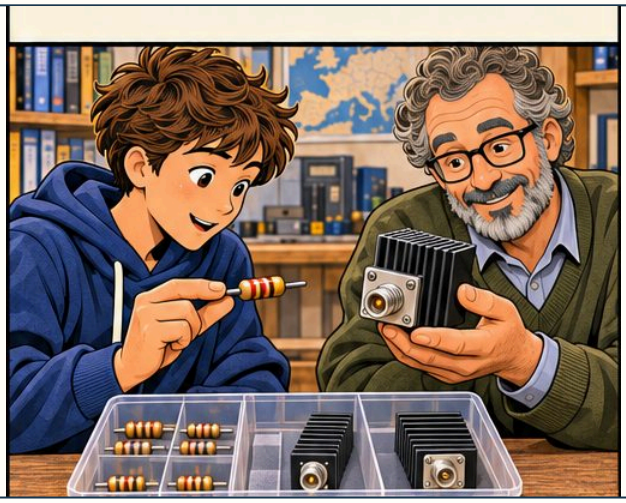
Takisteid kasutatakse ka raadioahelate eelpingestamiseks, nõrgendamiseks ja koormamiseks.



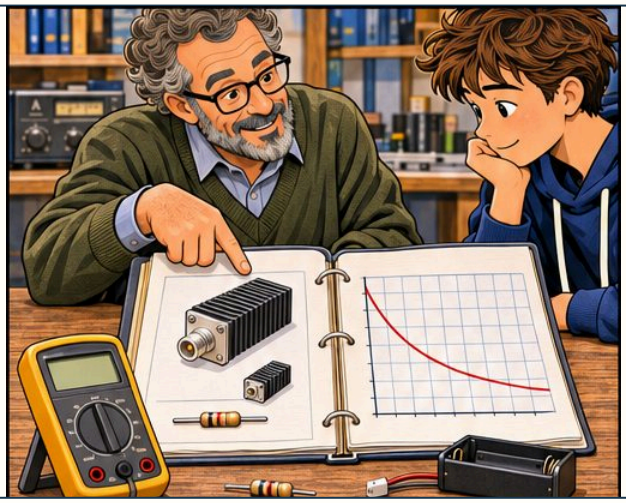
Kõrgetel sagedustel võivad parasiitinduktiivsus ja -mahtuvus oluliseks muutuda.



Ühendused ja paigutus lisavad samuti mõjutusi.



Suvaline 50 Ω takisti pole tingimata hea raadiosageduskoormus.



Sagedusala, võimsus ja ehitus peavad kasutuseks sobima.



Lucas paneb RF-näited kõrvale: töötoas ei saadeta raadiosignaale.

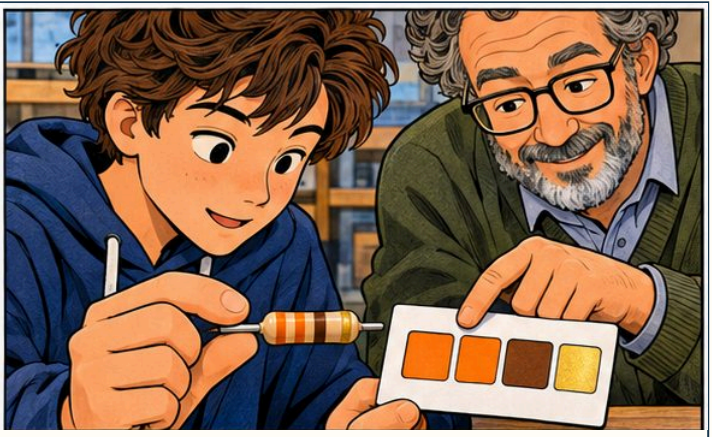
Asendusosa leht



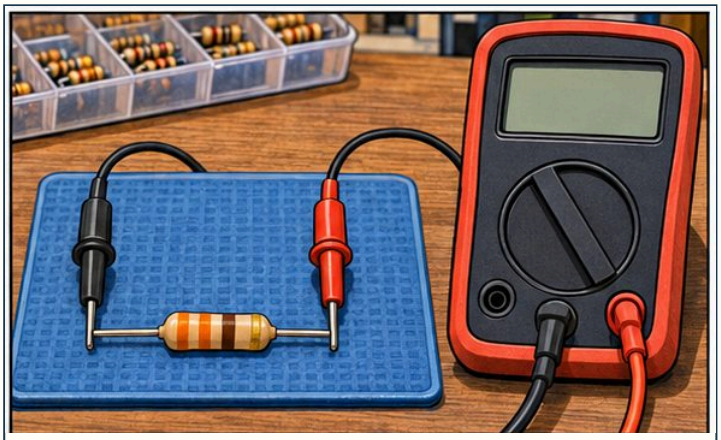
Lucas koondab skeemi, LED-i ja takisti andmed.



Dokumenteeritud näite valik on endiselt 330 Ω, ±5 %, 0,25 W.



Ta kinnitab tabeliga koodi: oranž, oranž, pruun, kuldne.



Uut takistit mõõdetakse üksinda, väljaspool pingestatud vooluringi.



Näit peab sobima tolerantsi ja multimeetri mõõtemääramatusega.

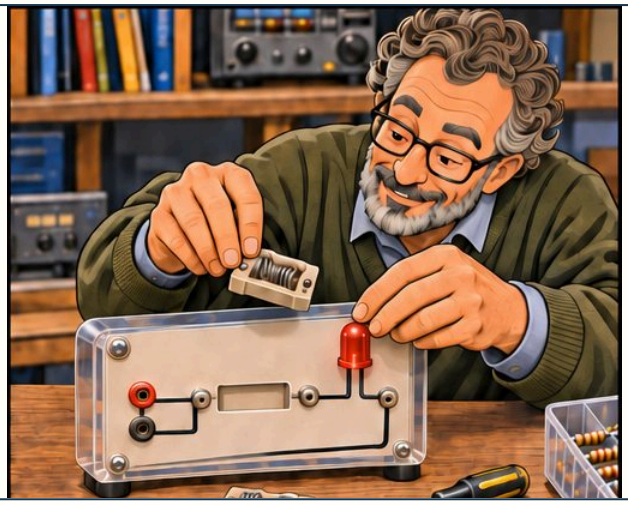


Henri kontrollib dokumente: arvutus ja mõõtmine täiendavad teineteist.

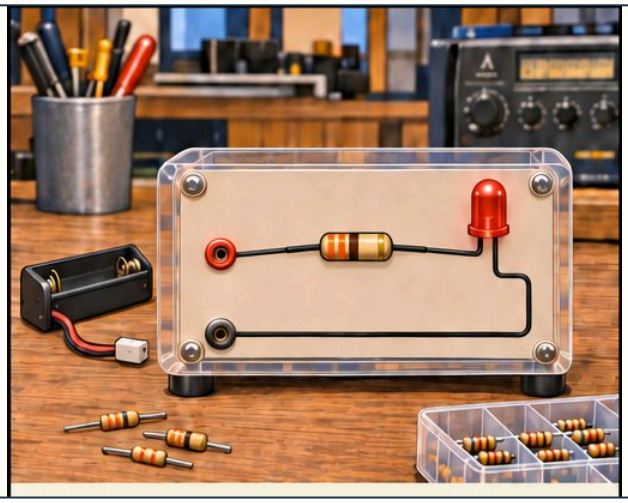
Pane kokku meetodiga



Vahetamise ajal jääb paneel toiteallikast lahutatuks.



Henri kontrollib kahjustatud pesa ja asendab selleks ette nähtud ühendusosa.



Nad paigaldavad uue takisti jõudu kasutamata ja lahtist juhet jätmata.



Lucas järgib ringi: toide, takisti, LED, tagasitee.

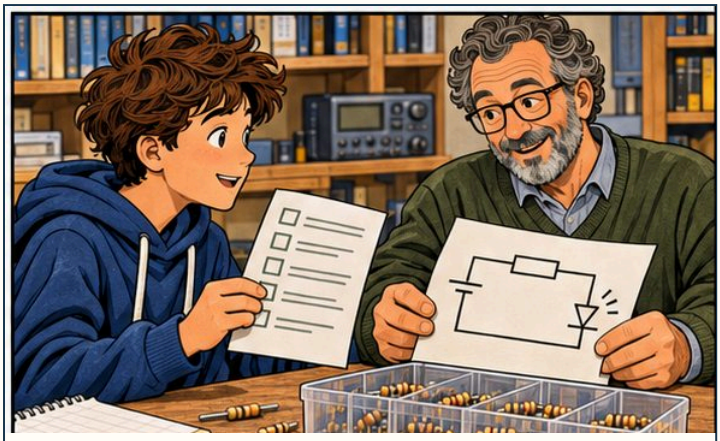


LED-i polaarsus vastab skeemile ja andmelehele.

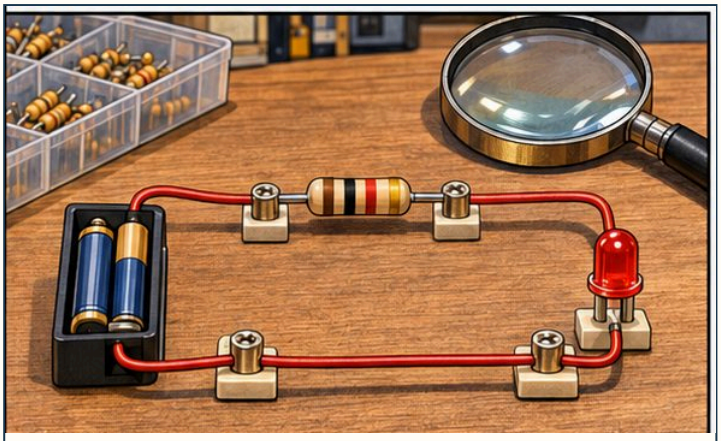


Kahtlane osa jääb vaatlustega eraldi ning seda ei kasutata uuesti.

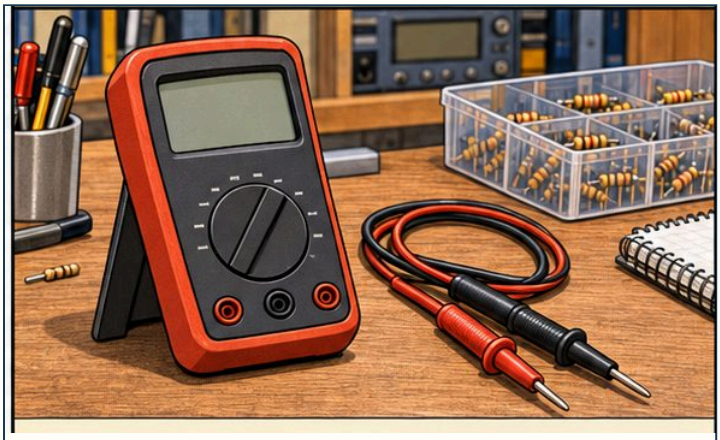
Vastastikune kontroll



Enne pingestamist vaatab kumbki teise töö üle.



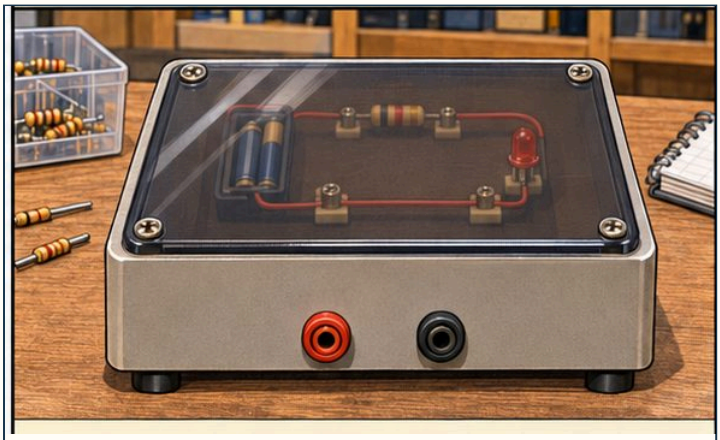
Nad otsivad lühist, unustust või takistist mööduvat ühendust.



Oommeetri juhtmed on paneelilt eemaldatud.



Henri valmistab ette 5 V toite ja sobiva voolupiirangu.

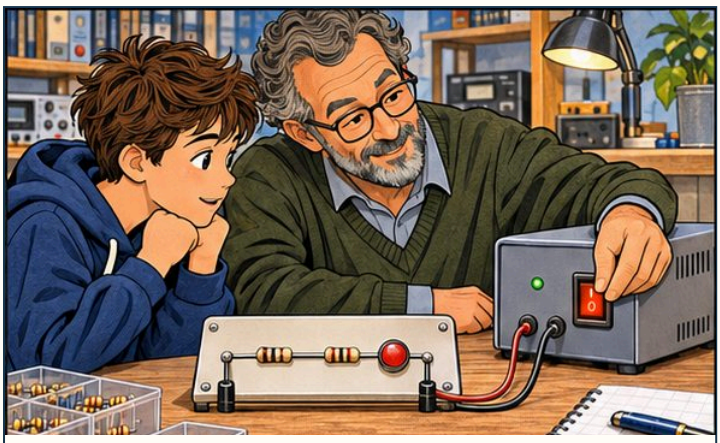


Paneel suletakse juhendi järgi; ühendused jäävad kaitstuks.



Lucas kirjeldab oodatut: nähtav märgutuli mõõduka vooluga.

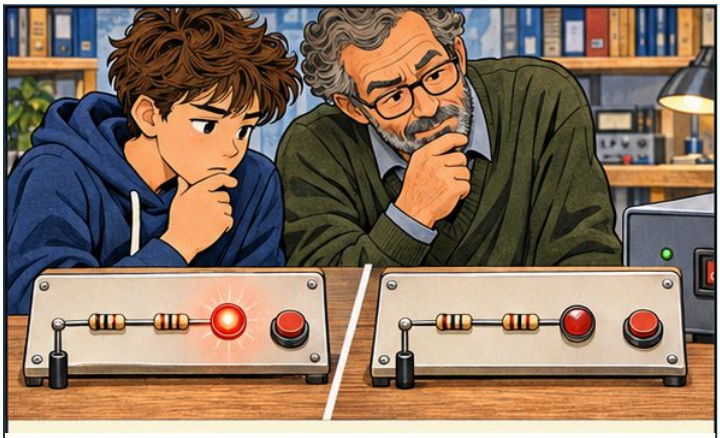
Esimene ettevaatlik katse



Henri pingestab suletud paneeli; keegi ei liiguta ühendusi.



Märgutuli süttib ja kustub nupu vabastamisel.



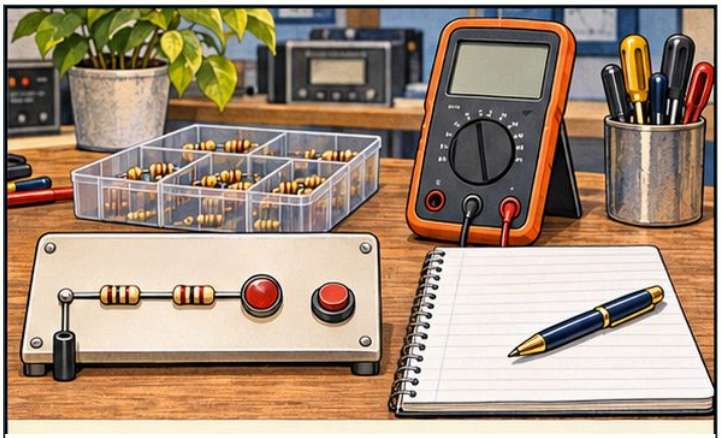
Järgmisel katsel ilmneb töös tõrge.



Lucas pakub pinge suurendamist, kuid meenutab siis meetodit.



Enne uut veaotsingut lülitavad nad välja ja lahutavad toite.

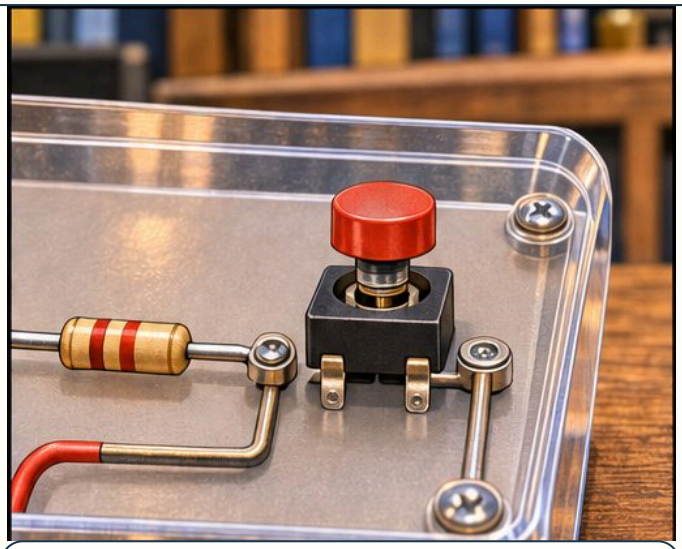


Üks kord nähtud valgus ei tõesta veel paneeli valmisolekut.

Teine põhjus



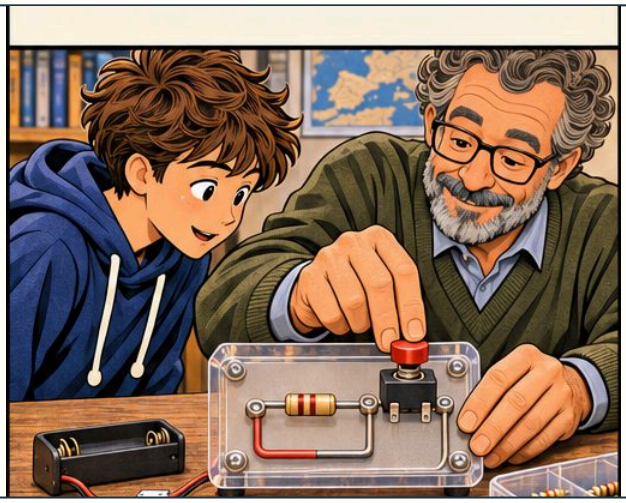
Pärast ohutuskontrolle uurivad nad vooluteed pingevabalt.



Nupu eemaldatav pistik pole lõpuni pesas.



Õige takisti üksi ei paranda halba ühendust.



Henri paneb pistiku õigesti paika ja kontrollib kinnitust.



Lucas täiendab lehte: kahtlane osa ja ühendusviga on kaks eri vihjet.

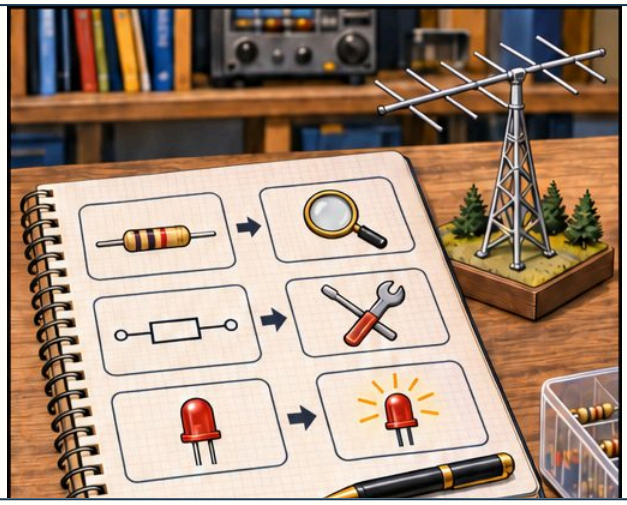


Enne uut katset kordavad nad tervet kontrolli.

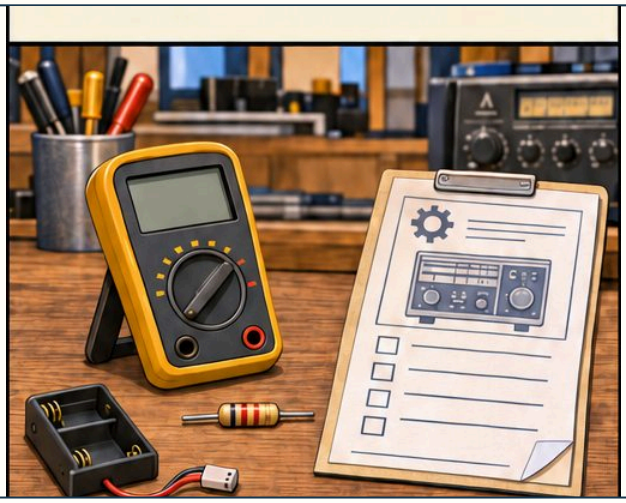
Vaatle üht asja korraga



Nad ei muuda enam mitut osa korraga.



Igal sammul jäävad märkmikku sümptom ja tehtud kontroll.



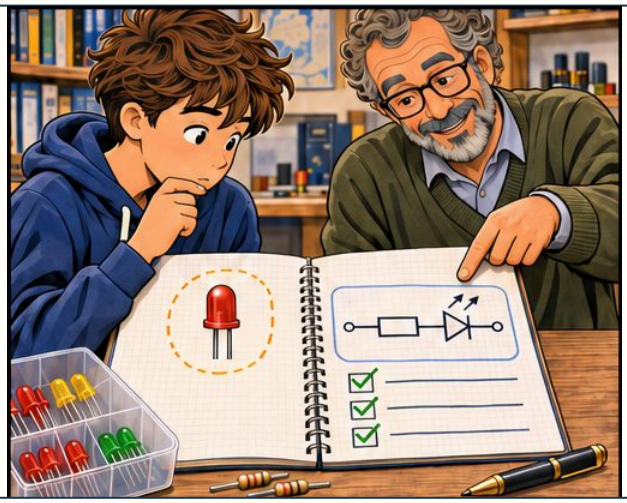
Õige oommeetrinäit ei taga kogu käitumist tööolukorras.



Ülevaatus, osade piirangud ja ettenähtud katse täiendavad mõõtmist.

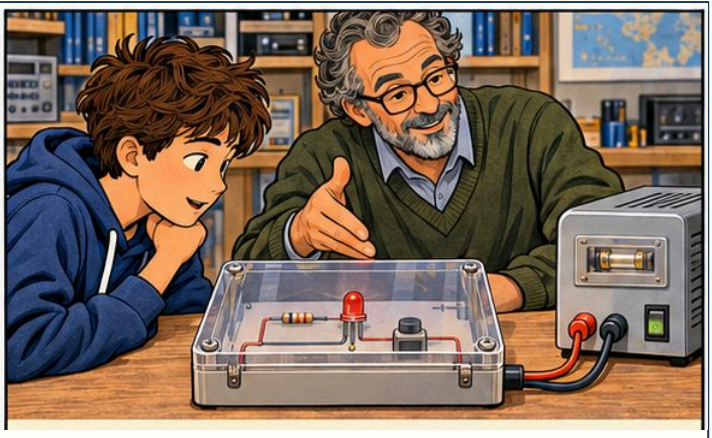


Ebatavalise märgi korral peatavad nad töö ja jätkavad pingevaba veaotsingut.



Lucas oskab nüüd selgitada, miks esimene mõte oli ennatlik.

Märgutuli täidab ülesande



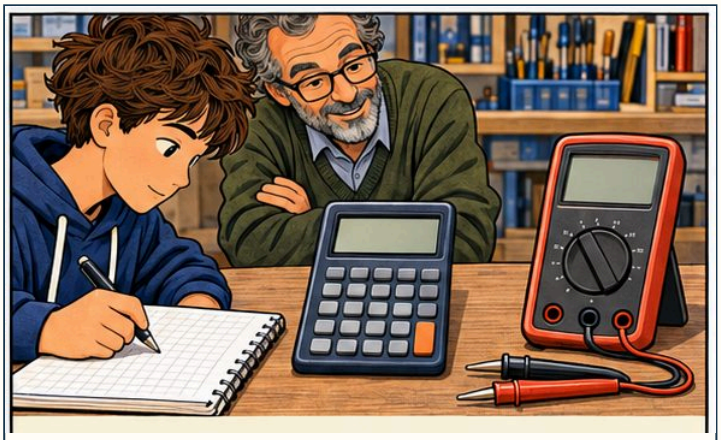
Suletud paneel pingestatakse uuesti ettenähtud korras.



Näidiskatses reageerib märgutuli nüüd nupule järjekindlalt.



Henri jälgib tööd; Lucas võrdleb seda oodatuga.



Nad ei esita arvutatud voolu tegeliku mõõtmisena.



Märkmik eristab arvutusi, kontrolle ja katse vaatlusi.

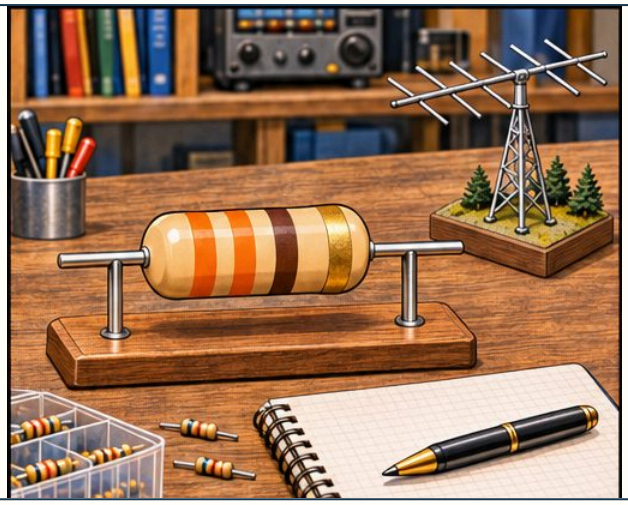


Enne stendile viimiseks valmistumist lülitavad nad toite välja.

Põhjenda valikut



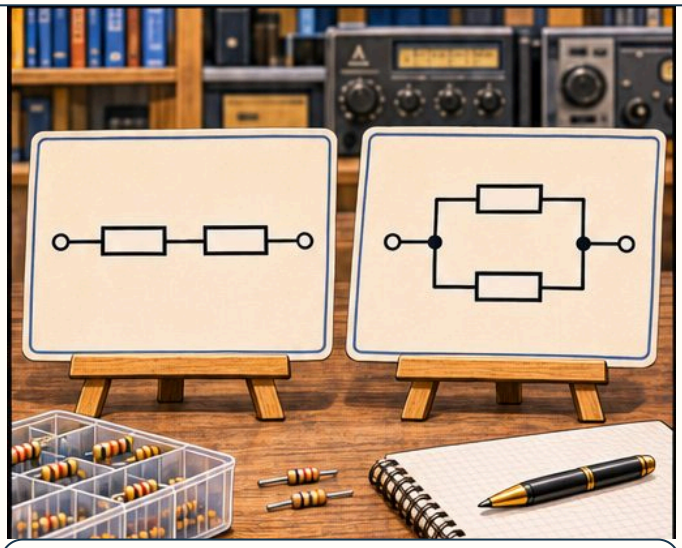
Stendil näitab Lucas külalistele suurendatud takistit.



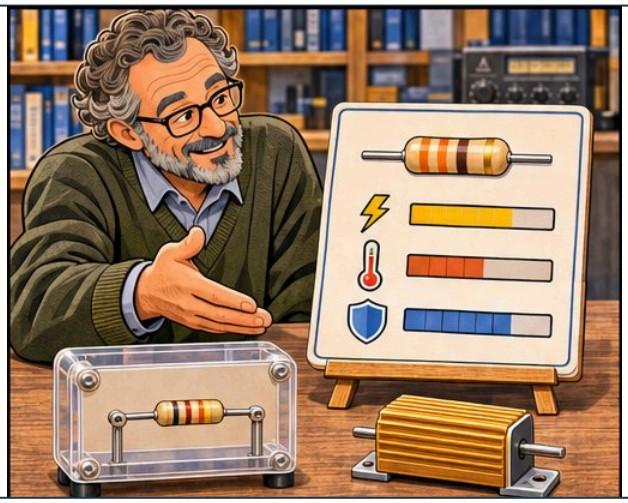
Ta selgitab rõngaid, nimiväärtust ja tolerantsi.



Joonis näitab jadatakistit, mis piirab LED-i voolu.



Teine joonis võrdleb jada- ja rööpühendust.



Henri küsib, miks ta kontrollis võimsust ja kasutustingimusi.

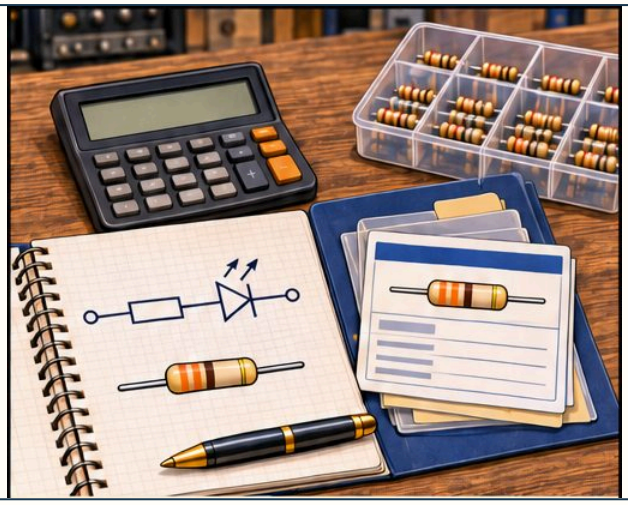


«Et valida skeemile tõesti sobiv osa,» vastab Lucas.

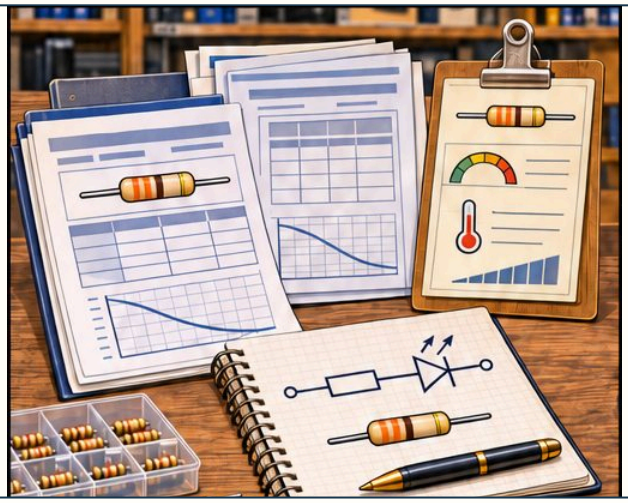
Märkmik järgmisele õppijale



Leht algab vajadusest: märgutuli tutvustuspaneelile.



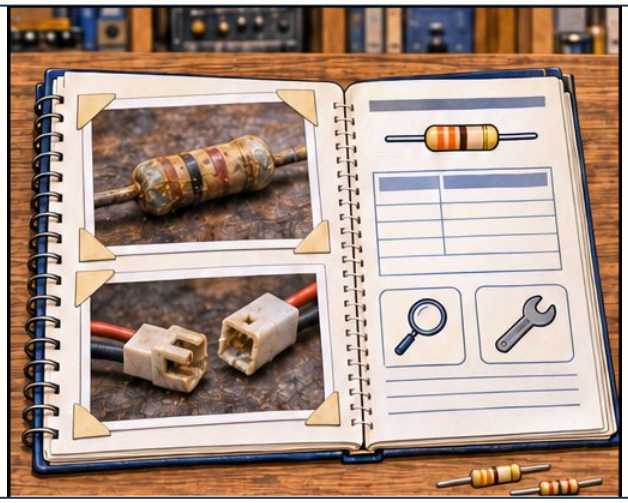
Sellel säilivad eeldused, valem ja valik 330 Ω.



Tolerants, võimsus ja osade andmed jäävad skeemi juurde.



Juhis meenutab mõõta takistit pingevabalt ning vajaduse korral eraldatult.



Rikkevaatlused aitavad järgmisel töötoal meetodiga otsida.

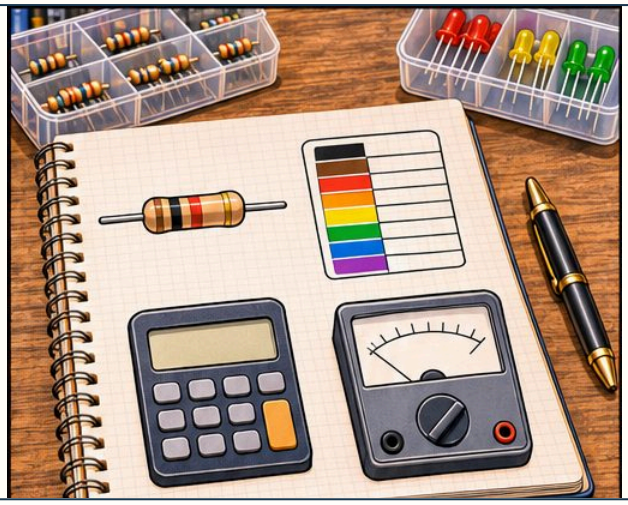


Henri laseb Lucas'el dokumendid ära panna: õppimisest on saanud jagamine.

Väike osa, suur meetod



Stend on valmis; Lucas vaatab väikest takistit uue pilguga.



Loe, arvuta, vali, mõõda: iga samm vastab oma küsimusele.



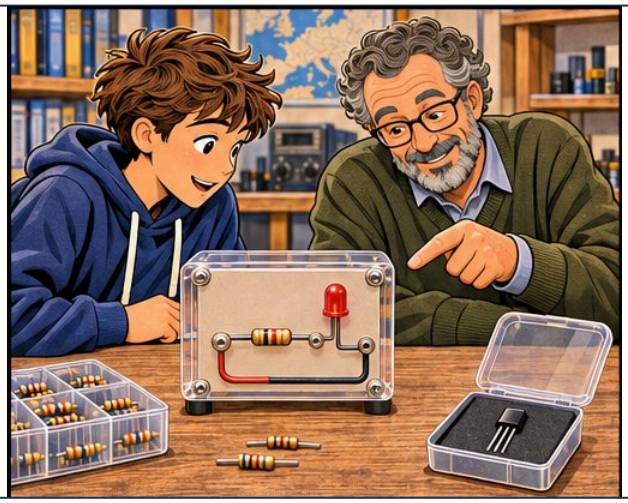
Märgutuli pole enam pelgalt valgus, vaid selgitus, mida ta oskab edasi anda.



Teisest karbist näitab Henri kolme jalaga komponenti.



«Kas see suudab juhtida suuremat voolu?» küsib Lucas.



Järgmine uurimisretk ootab neid köites 08: transistorid.