ON4CRD

Sējums 05

Filtru aprēķināšana



Radio Club Durnal ON4CRD

https://on4crd.be

Juridiskie paziņojumi

Sējums 05 · Filtru aprēķināšana

Vietnes izdevējs : Radio Club Durnal ON4CRD

Publikāciju vadītājs : Radio Club Durnal ON4CRD komiteja

https://on4crd.be

Juridiskie paziņojumi

Intelektuālais īpašums

Vietnē publicētie teksti, attēli, dokumenti, logotipi un materiāli paliek to attiecīgo autoru vai kluba īpašumā. Jebkurai reproducēšanai vai atkārtotai izmantošanai ir jāievēro avots, piemērojamās tiesības un jebkura autora atļauja.

Atbildība

Klubs strādā, lai publicētu noderīgu un pārbaudītu informāciju, bet negarantē kļūdu, izlaidumu vai pārtraukumu neesamību. Tehniskā vai reglamentējošā informācija ir jāsalīdzina ar oficiāliem avotiem, ja tā pamato lēmumu.

Ilustrācijas veidotas ar mākslīgā intelekta palīdzību.

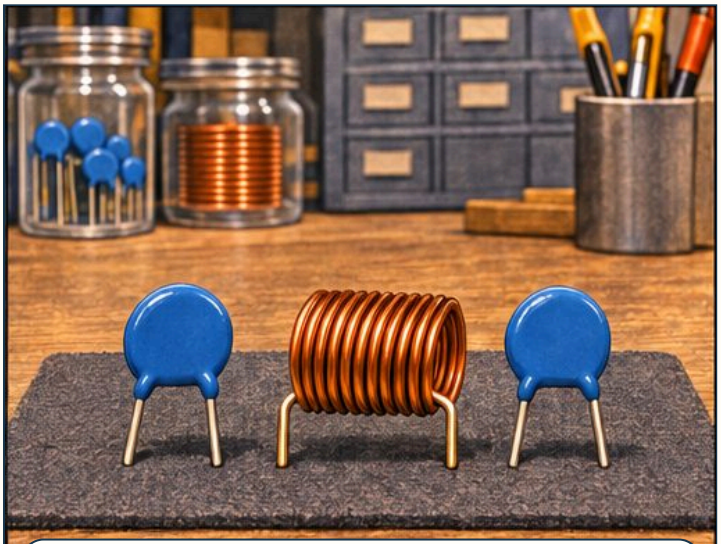
Jauns uzdevums



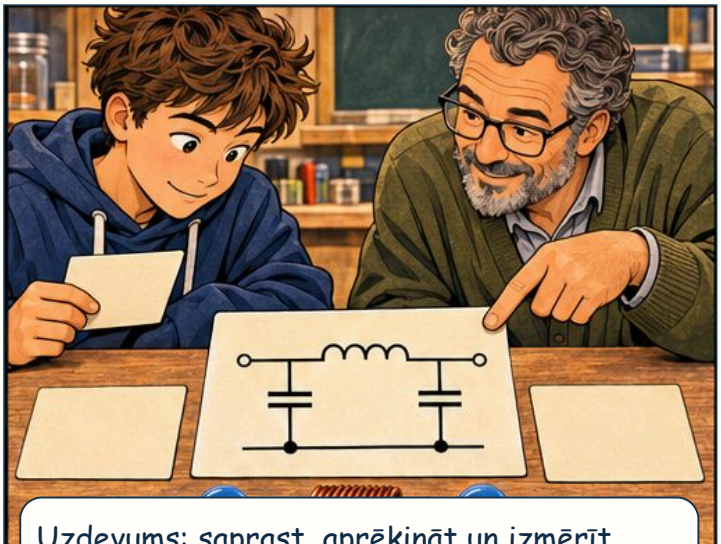
Pēc elektrības nodarbības Lucas klubā atkal atver piezīmju kladi.



Henri gatavo demonstrējumu par signālu kvalitāti.



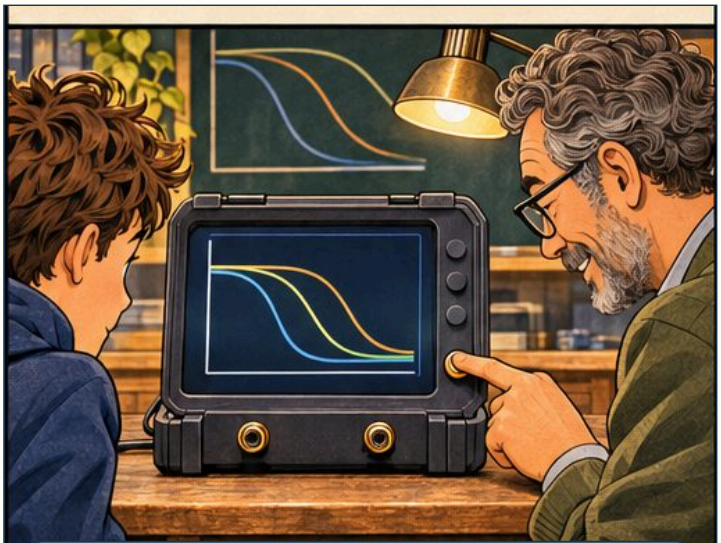
Uz galda gaida divi kondensatori un spole.



Uzdevums: saprast, aprēķināt un izmērīt zemfrekvenču filtru.



Jaunietis grib saprast, kā trīs detaļas var tik daudz mainīt.



Vispirms viņi pēta signāla sastāvu.

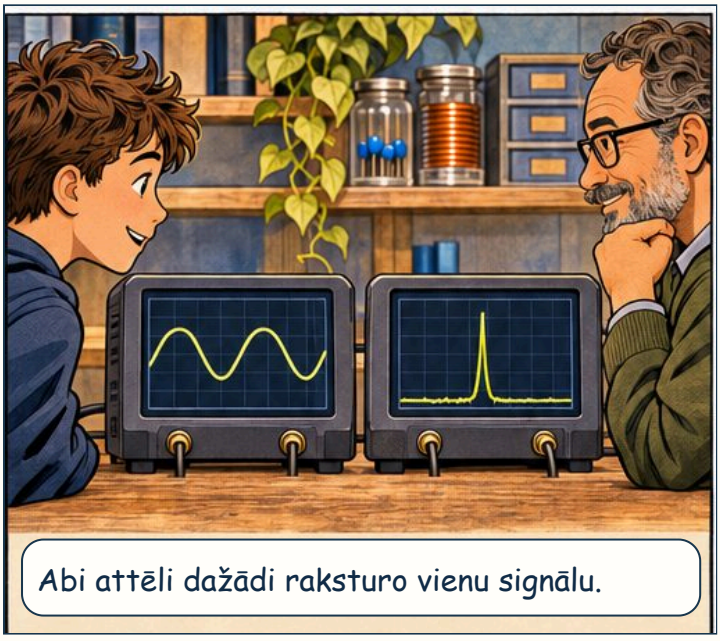
Signāls un tā attēls



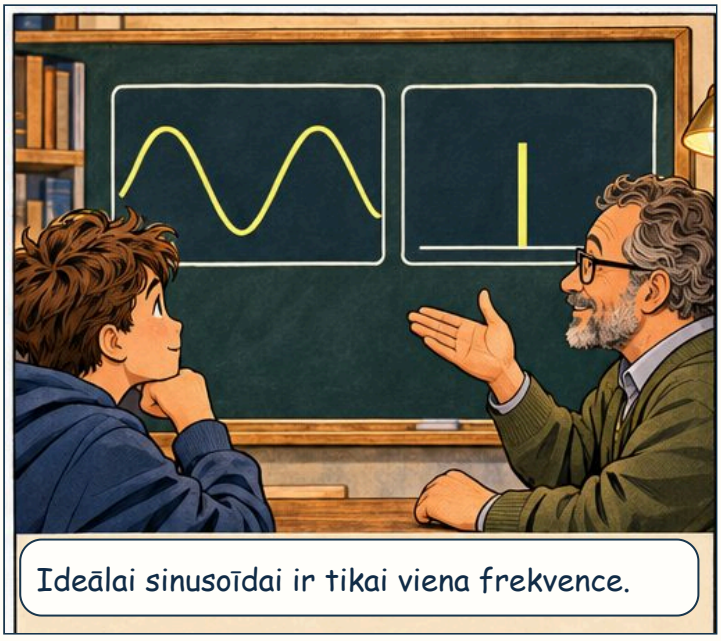
Laika diagramma rāda, kā signāls mainās.



Spektrs parāda tā sastāvdaļas atkarībā no frekvences.



Abi attēli dažādi raksturo vienu signālu.



Ideālai sinusoīdai ir tikai viena frekvence.

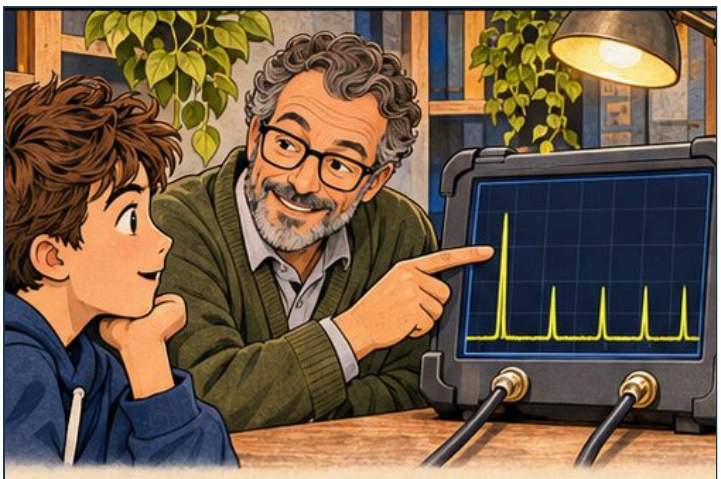


Izkropļotai formai var būt vairākas sastāvdaļas.



Jaunietis atklāj attēlu, ko līdz šim neprata lasīt.

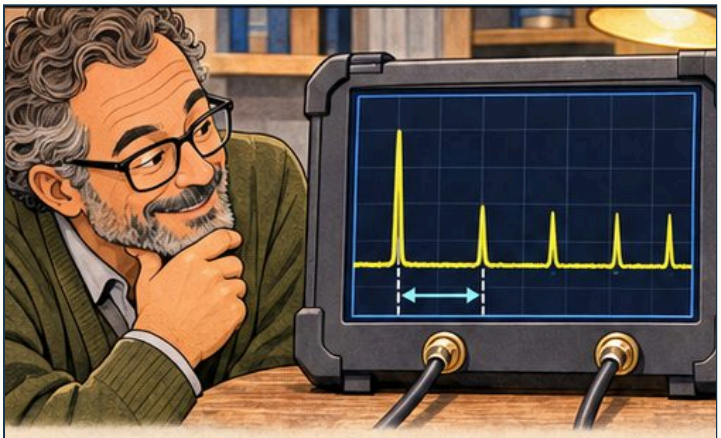
Atklājas harmonikas



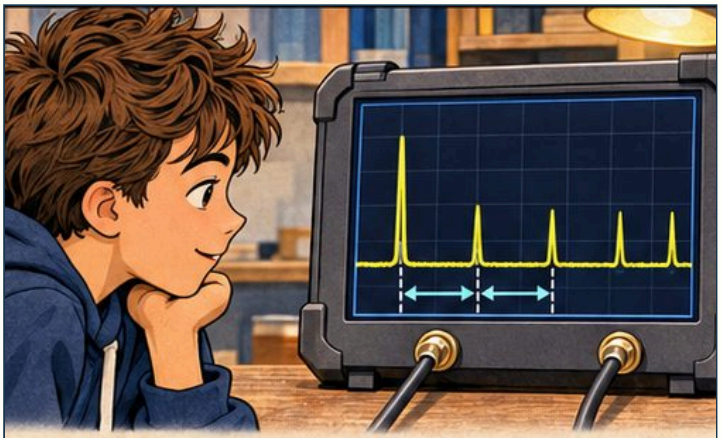
Pamatfrekvence ir periodiska signāla pirmais atskaites punkts.



Harmoniku frekvences ir pamatfrekvences veseli daudzkārtņi.



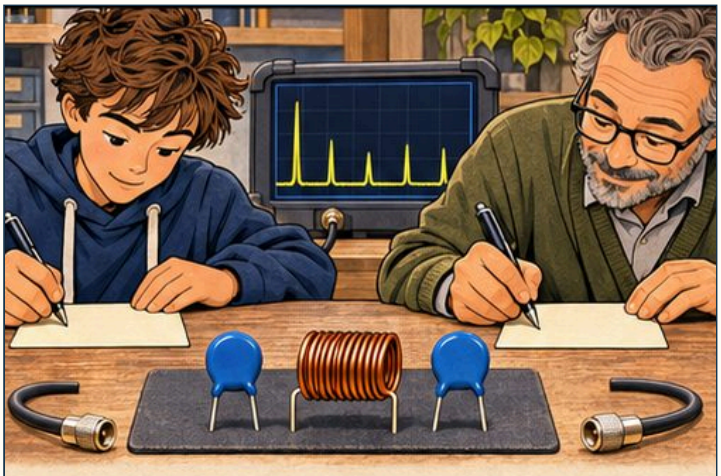
Otrās harmonikas frekvence ir divkārša pamatfrekvence.



Trešās harmonikas frekvence ir trīskārša pamatfrekvence.

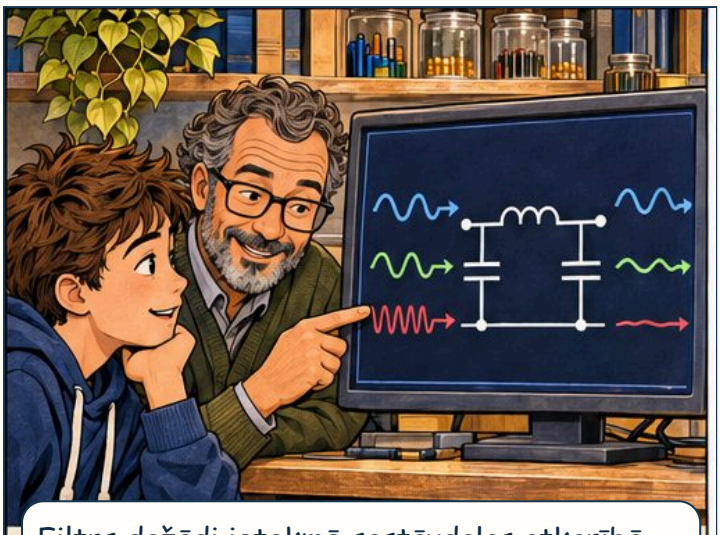


Tomēr ne visas nevēlamās sastāvdaļas ir harmonikas.

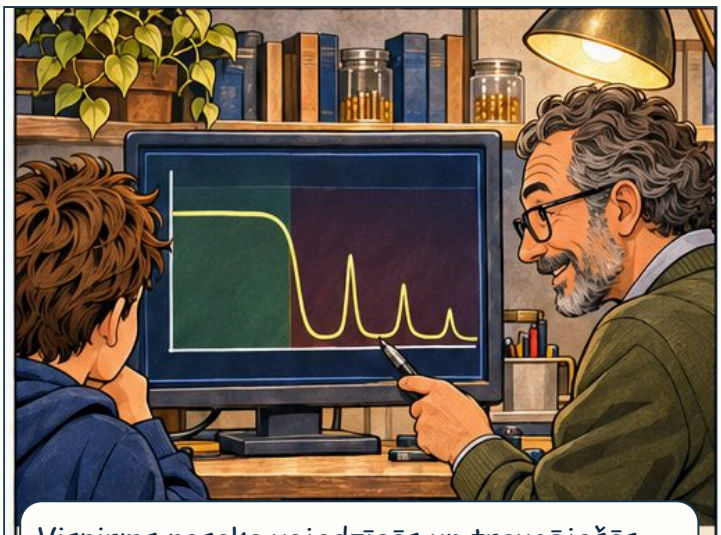


Filtram jāatbilst precīzi noteiktai vajadzībai.

Izvēlēties, ko saglabāt



Filtrs dažādi ietekmē sastāvdaļas atkarībā no frekvences.



Vispirms nosaka vajadzīgās un traucējošās frekvences.



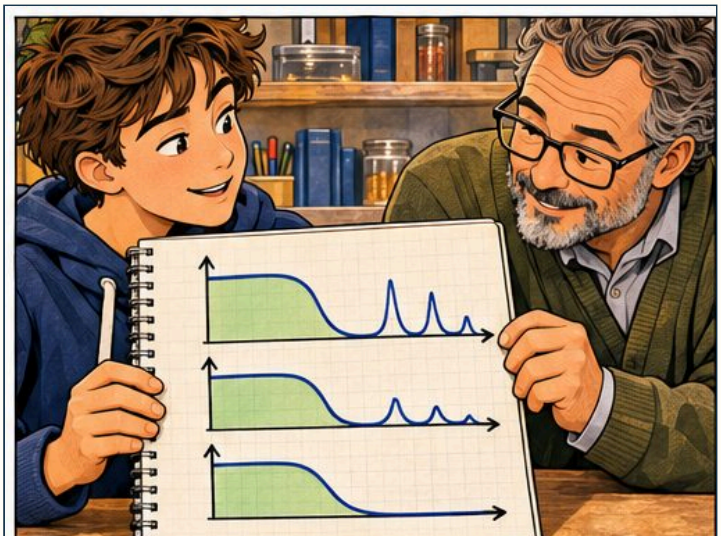
Nosaka arī vajadzīgo vājinājumu.



Bez šiem mērķiem detaļu aprēķinam būtu maz jēgas.

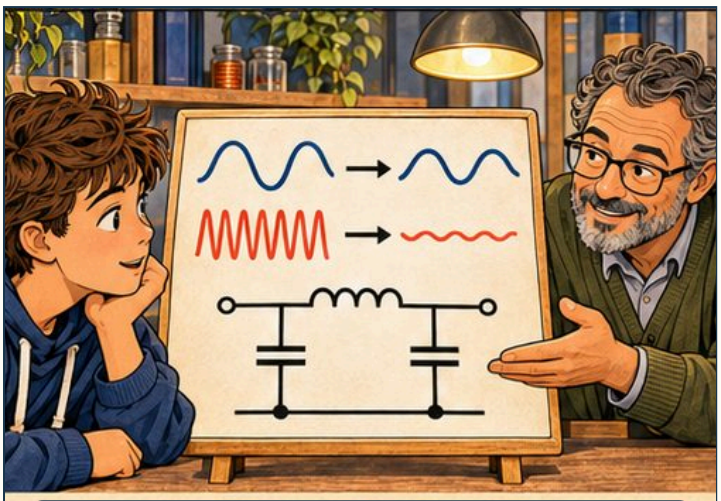


Jaunietis piemērā apvelk spektra vajadzīgo apgabalu.



Viņa klade kļūst par prasību dokumentu.

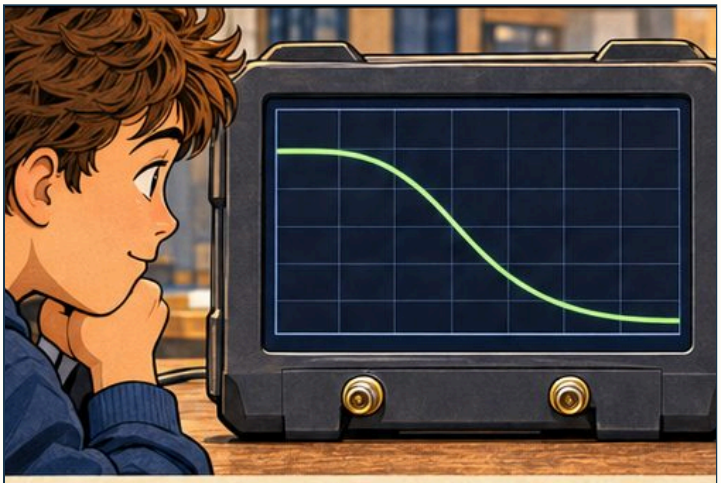
Zemfrekvenču filtra izvēle



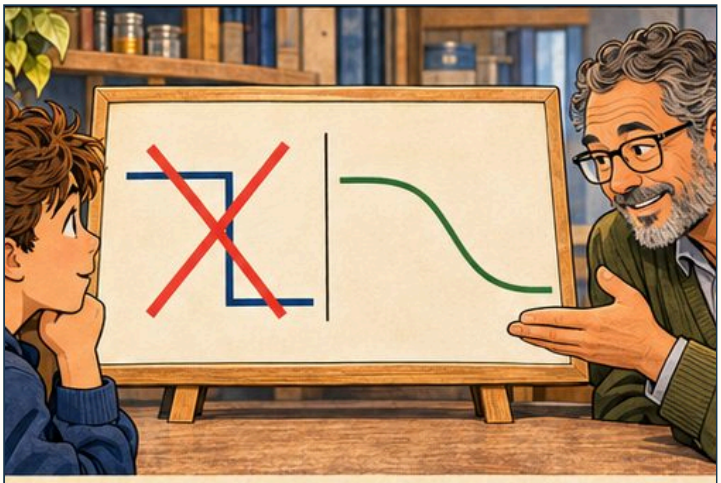
Zemfrekvenču filtrs labāk pārvada zemās nekā augstās frekvences.



Tā caurlaides josla atrodas zemo frekvenču pusē.



Augstākās frekvencēs vājinājums pakāpeniski pieaug.



Reālā pāreja nekad nav pilnīgi vertikāla siena.



Šis veids der šodienas demonstrējumam.



Jaunietis zīmē nogāzi, nevis barjeru.

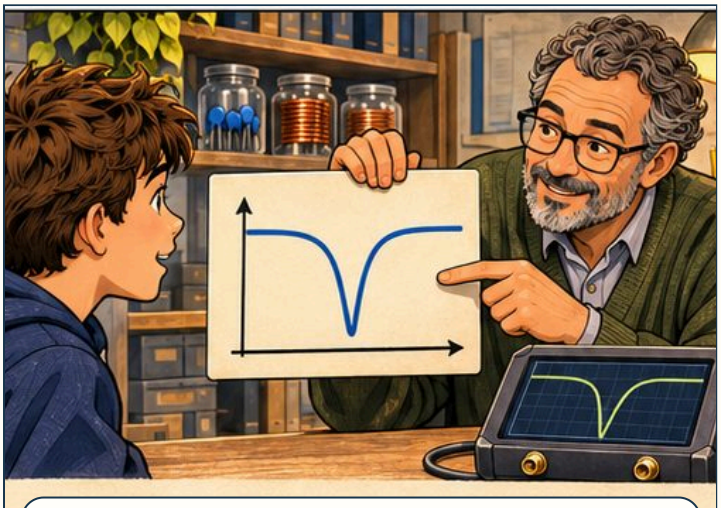
Citi iespējamie ceļi



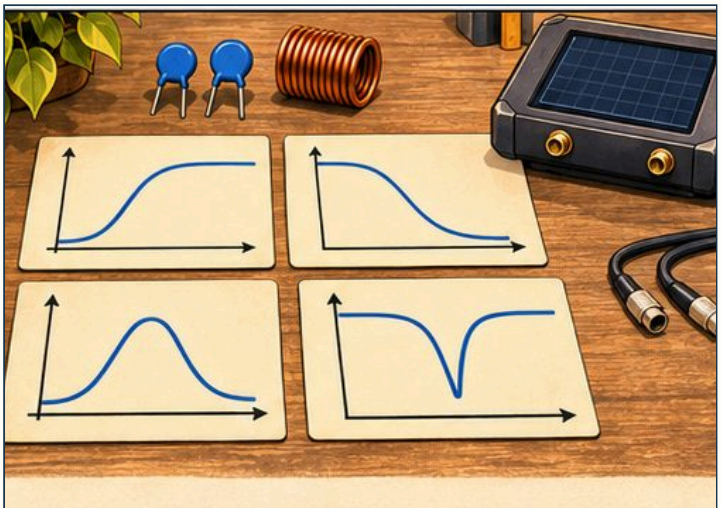
Augstfrekvenču filtrs vājina zemās frekvences un saglabā augstās.



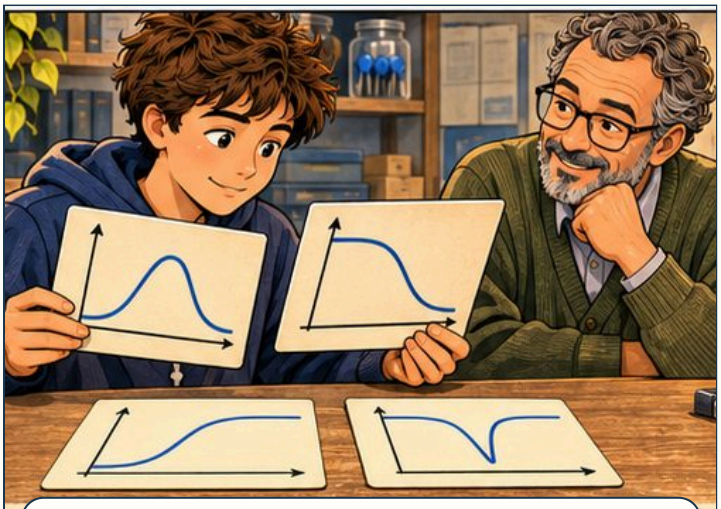
Joslas filtrs izceļ frekvenču apgabalu starp divām robežām.



Joslas aiztures filtrs savukārt vājina izvēlētu apgabalu.



Šīs saimes kalpo dažādām vajadzībām.



Nosaukums raksturo reakciju, nevis vispārēju kvalitāti.

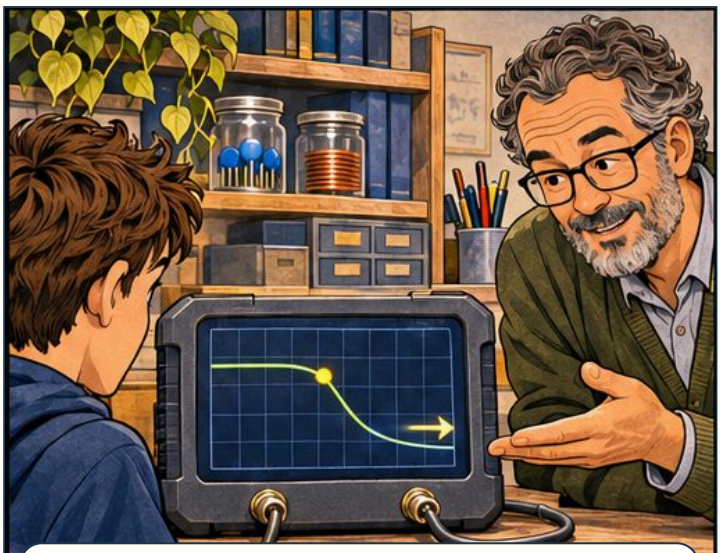


Jaunietis atliek trīs kartītes nākamajai nodarbībai.

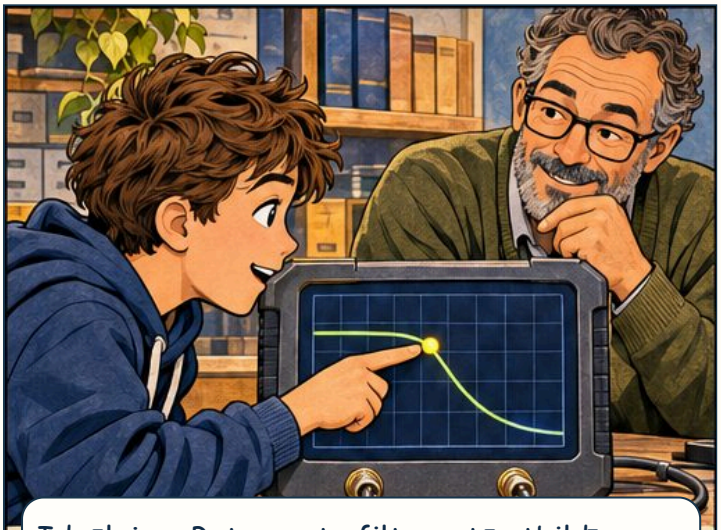
Robeža, kas vēl laiž cauri



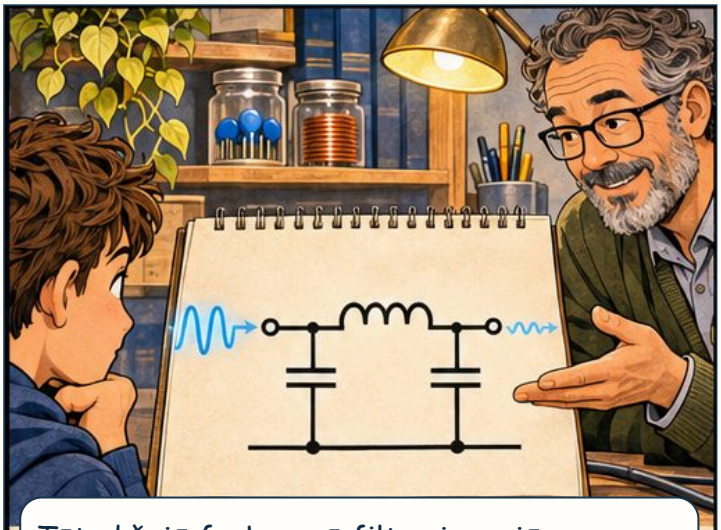
Robežfrekvence šeit apzīmē atskaites līmeni.



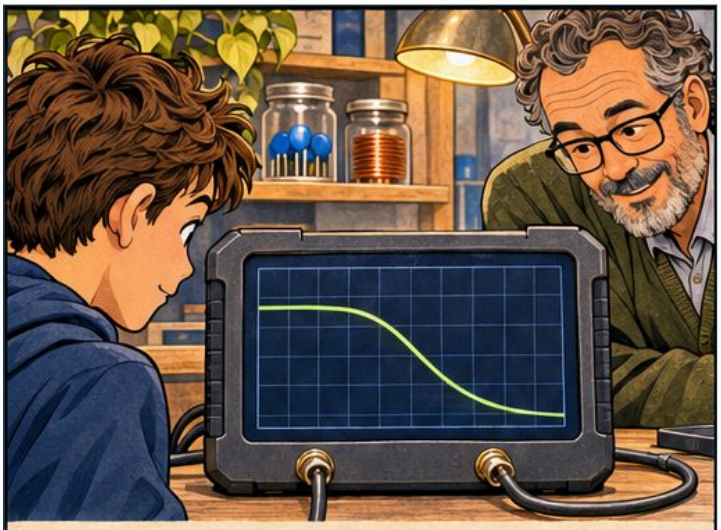
Tā nenozīmē pēkšņu signāla izzušanu.



Ideālajam Batervorta filtram tā atbildīs aptuveni −3 dB.



Tātad šajā frekvencē filtrs joprojām pārvada enerģiju.



Virs tās vājinājums turpinās pieaugt.

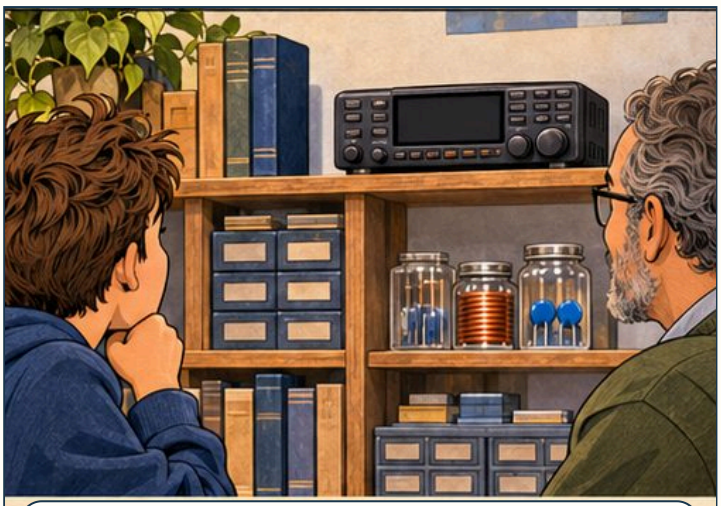


Šis precizējums novērš pirmo maldīgo priekšstatu.

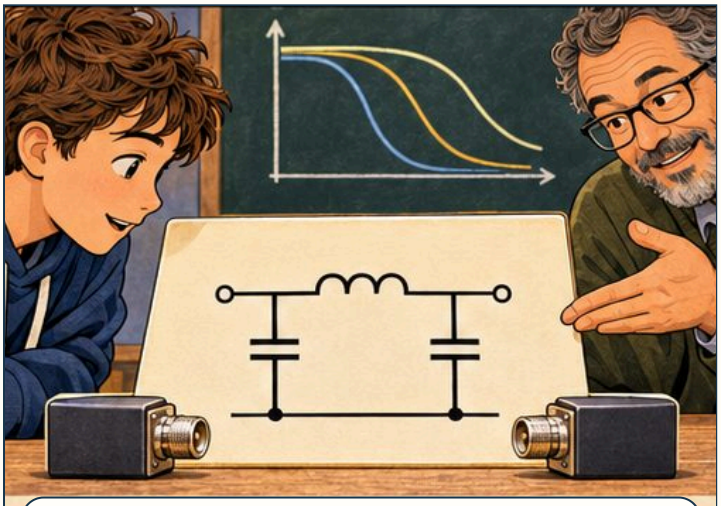
Laboratorijas piemērs



Viņi izvēlas teorētisku robežfrekvenci 10 MHz.



Šī vērtība paredzēta mācībām, nevis raidīšanas frekvences noteikšanai.



Avota un slodzes atskaites pretestība būs 50 Ω.



Shēmu pētīs uz mērījumu galda ar vāju signālu.



Nepievienos ne antenu, ne raidītāju.

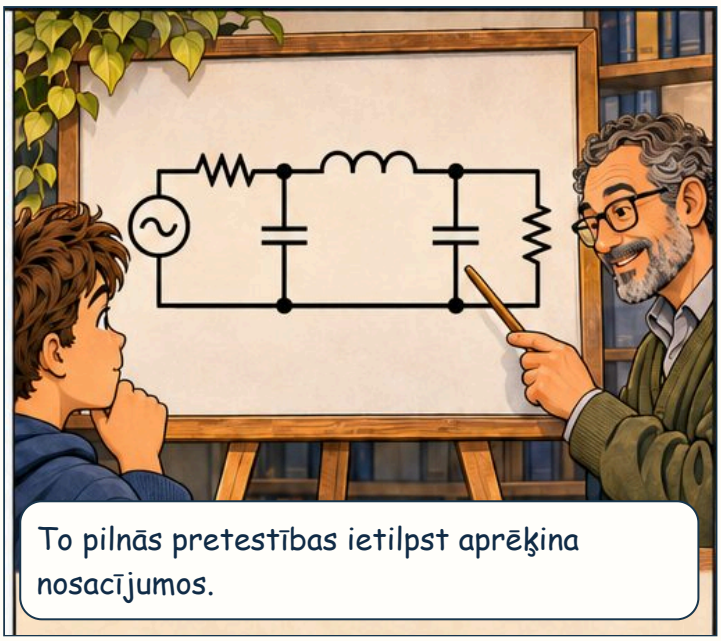


Mērķis ir izmērāma reakcija, nevis radiosakars.

Kāpēc norādīt 50 omus?



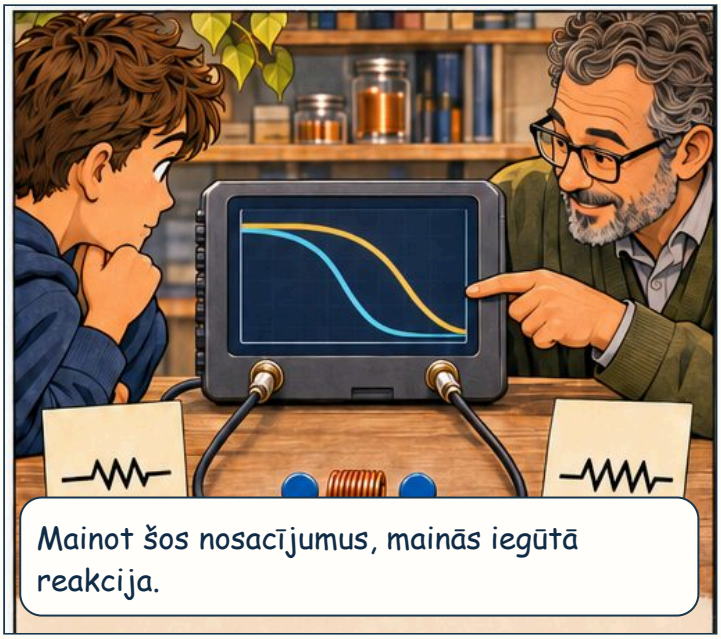
Filtrs darbojas starp avotu un slodzi.



To pilnās pretestības ietilpst aprēķina nosacījumos.



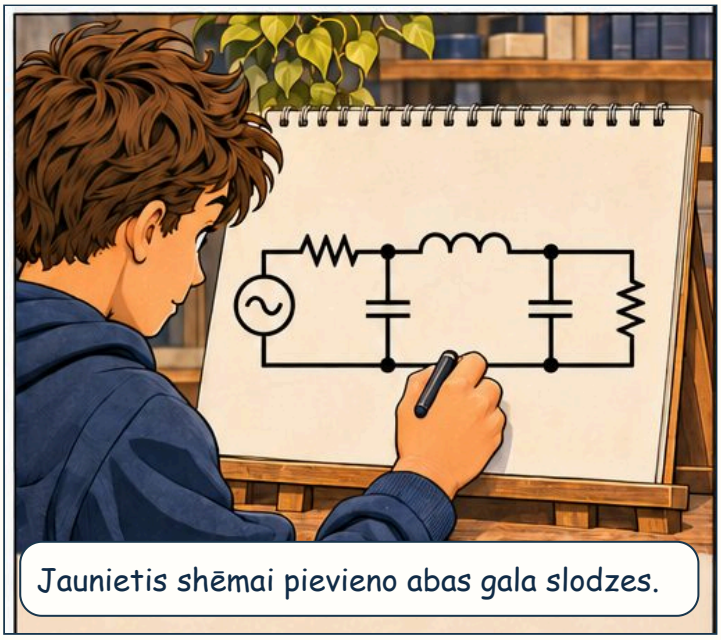
Šeit katra ideāli ir 50 Ω un tīri aktīva.



Mainot šos nosacījumus, mainās iegūtā reakcija.

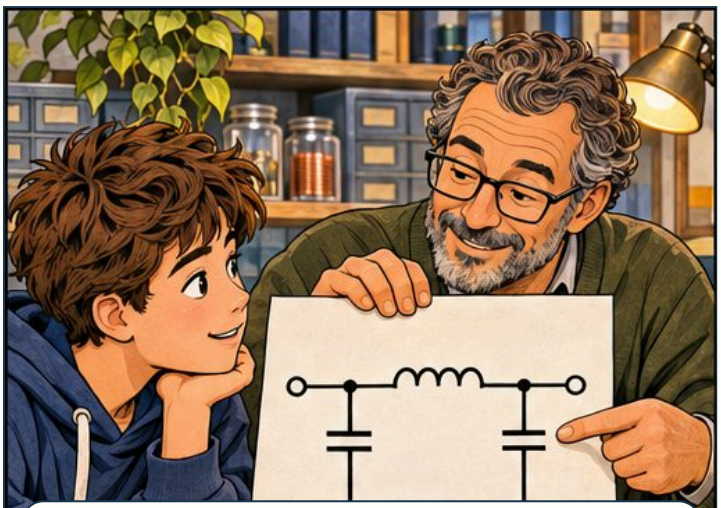


Tādēļ nepietiek nokopēt tikai trīs vērtības.



Jaunietis shēmai pievieno abas gala slodzes.

Modelis un reālā shēma



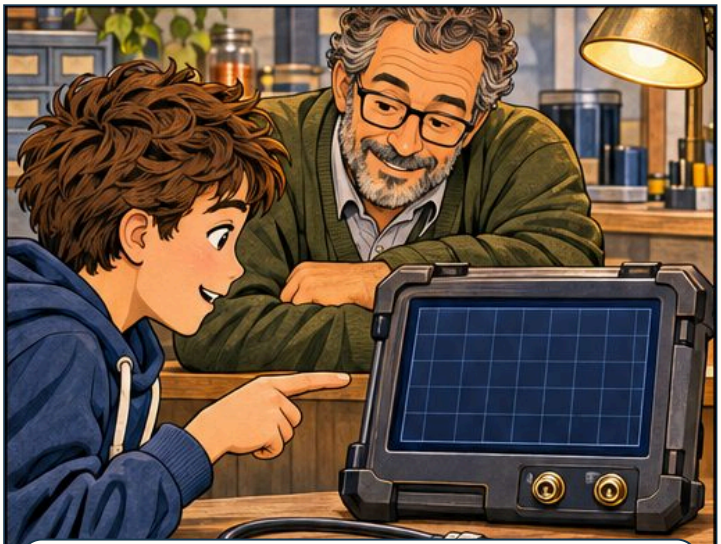
Aprēķinu sāks ar ideālām detaļām bez zudumiem.



Reālajā shēmā būs pretestības un parazītiskie efekti.



Modelis ļauj prognozēt sākotnējo reakciju.



Mērījumi pēc tam ļaus pētīt atšķirības.

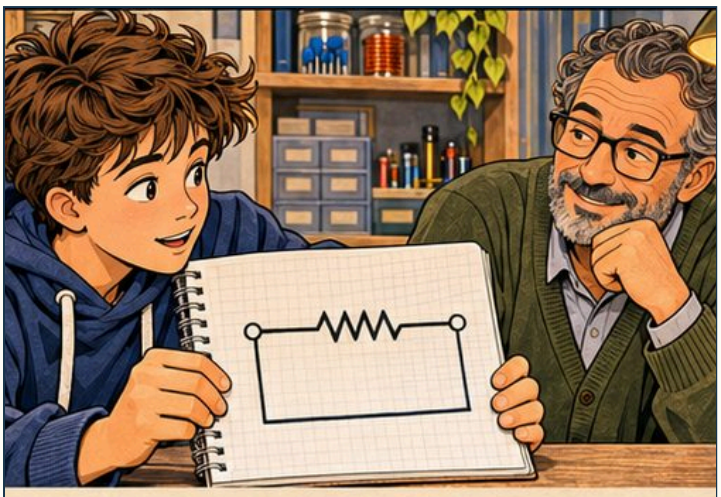


Sajaucot prognozi ar rezultātu, novirzes paliktu nesaprastas.

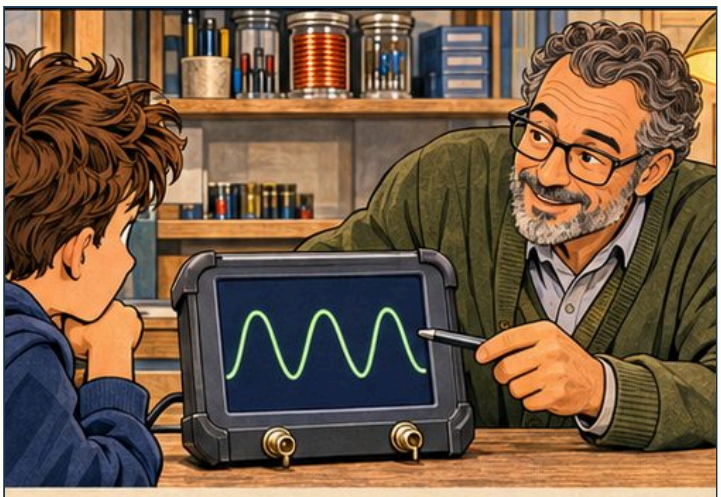


Kladē katram paredzēta atsevišķa vieta.

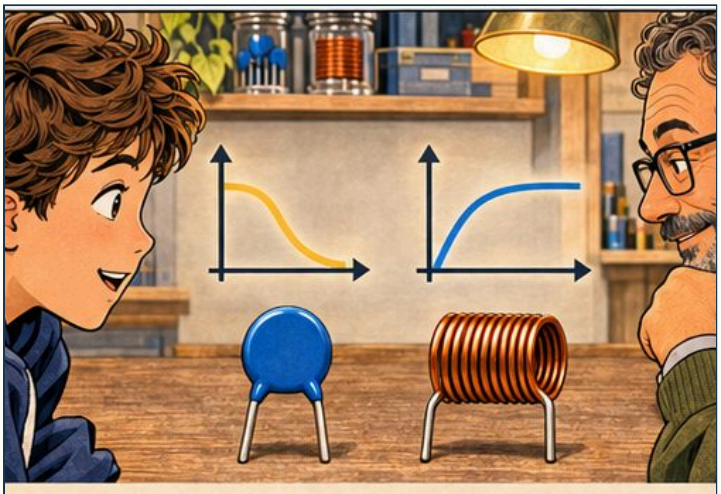
Ar pretestību vairs nepietiek



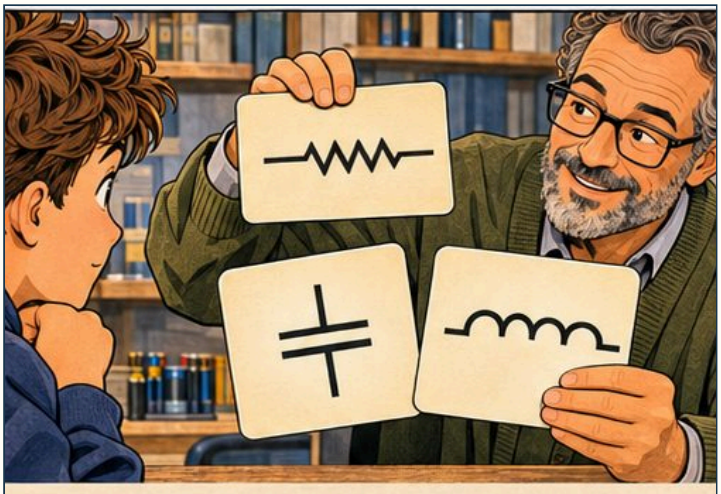
Iepriekšējais sējums saistīja spriegumu, strāvu un pretestību līdzstrāvā.



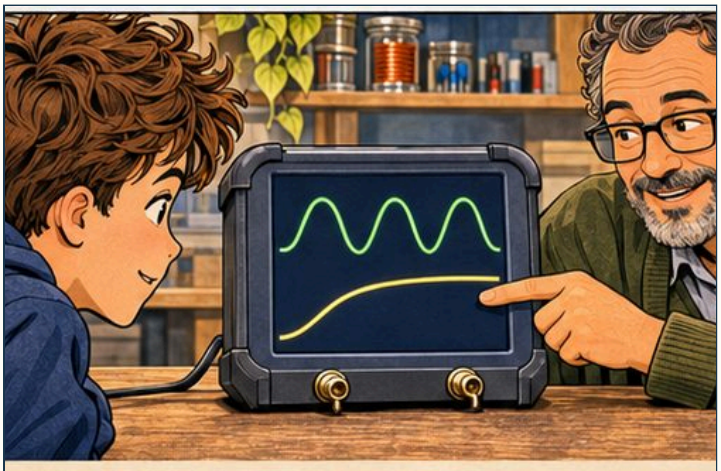
Šeit signāls strauji mainās, un nozīme ir frekvencei.



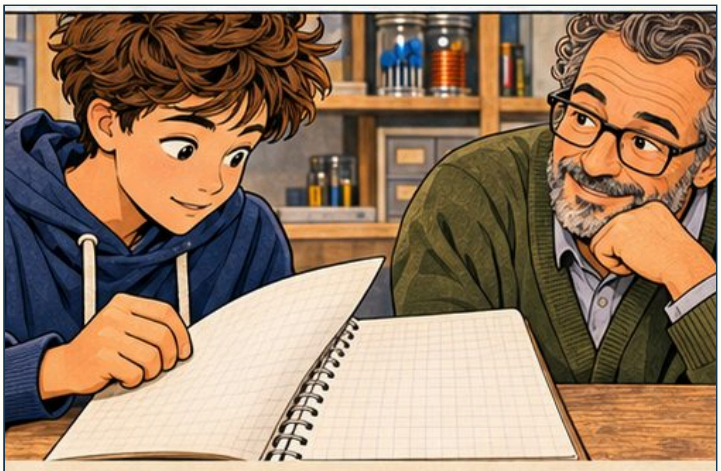
Kondensatoru un spoļu pretdarbība ir atkarīga no frekvences.



Šī reaktīvā pretestība nav vienkārši aktīvā pretestība.



Pilnā pretestība plašāk raksturo elektrisko uzvedību maiņstrāvā.

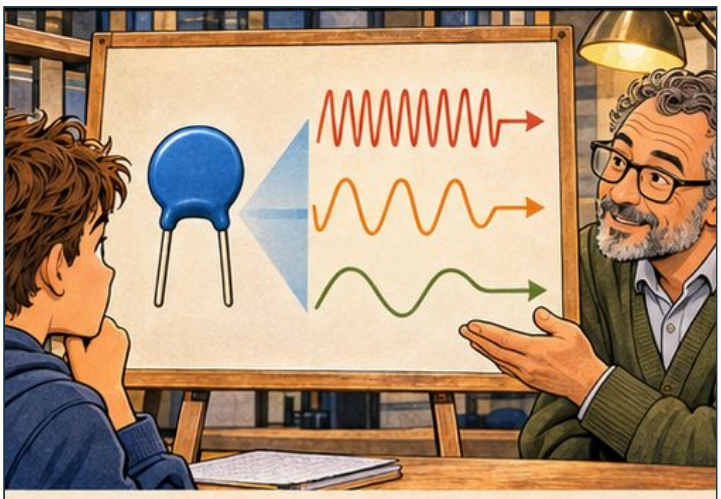


Jaunietis saprot, kāpēc vajadzīgs jauns modelis.

Kondensatora loma



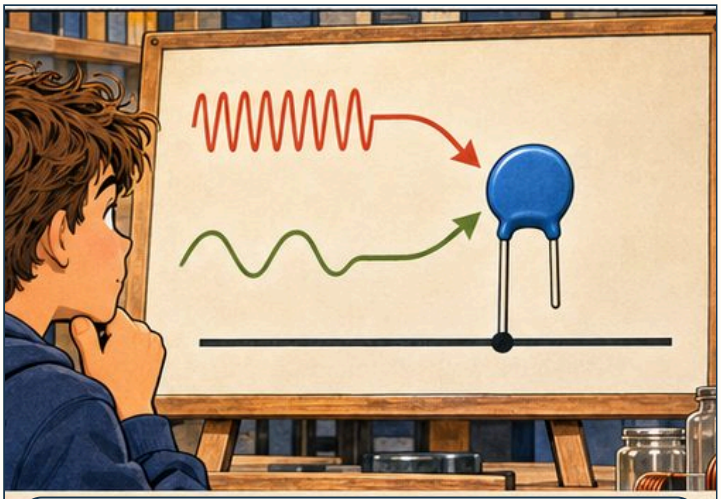
Kapacitāti apzīmē ar C un mēra farados, F.



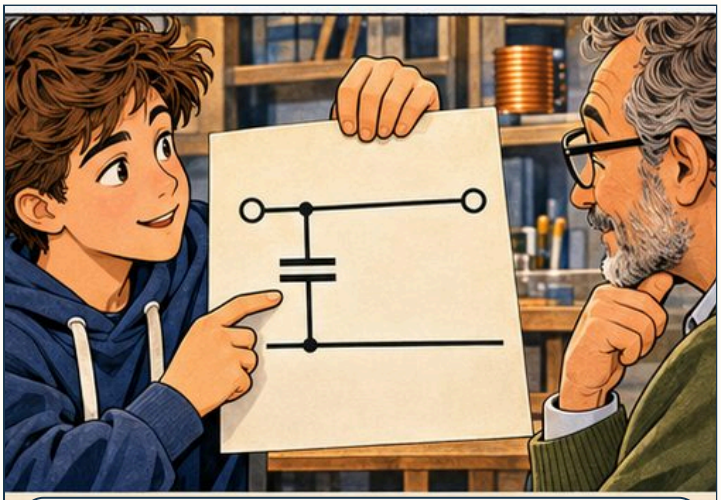
Ideāla kondensatora reaktīvā pretestība, pieaugot frekvencei, samazinās.



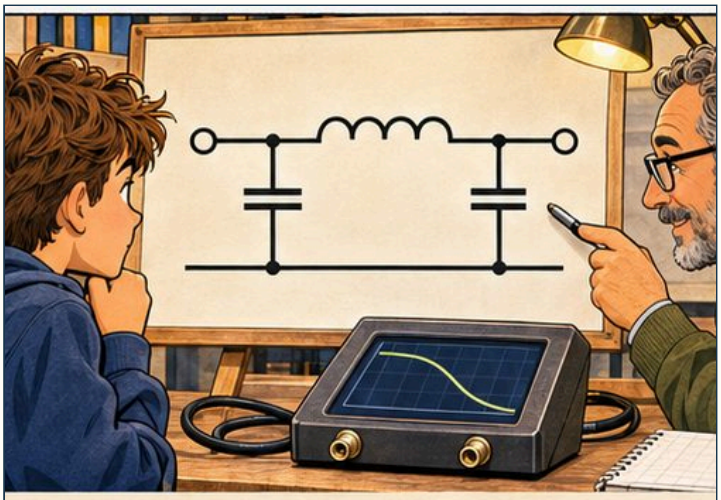
Tās absolūtā vērtība ir Xc = 1/(2πfC).



Pie vienādas kapacitātes augstākās frekvencēs reaktīvā pretestība ir mazāka.



Viņu filtrā kondensatori būs savienoti ar kopējo vadu.

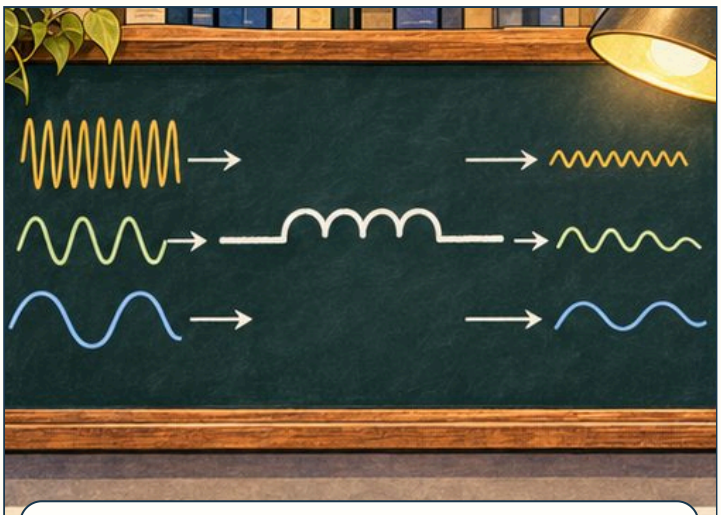


To loma atkarīga arī no pārējās ķēdes.

Spoles loma



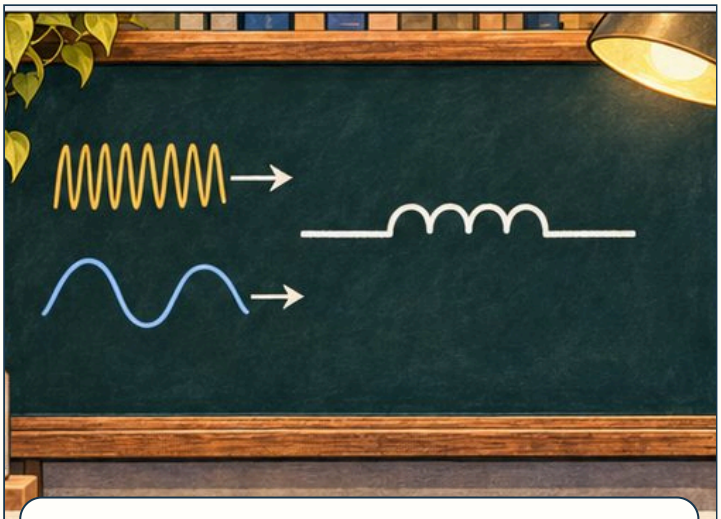
Induktivitāti apzīmē ar L un mēra henrijos, H.



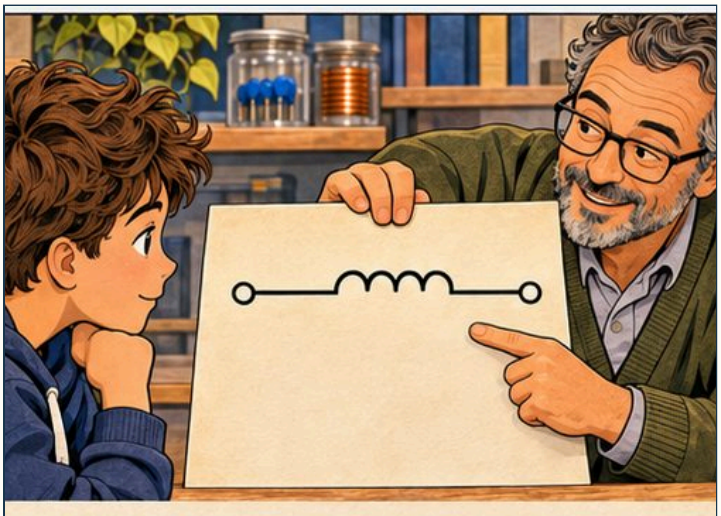
Ideālas spoles reaktīvā pretestība pieaug līdz ar frekvenci.



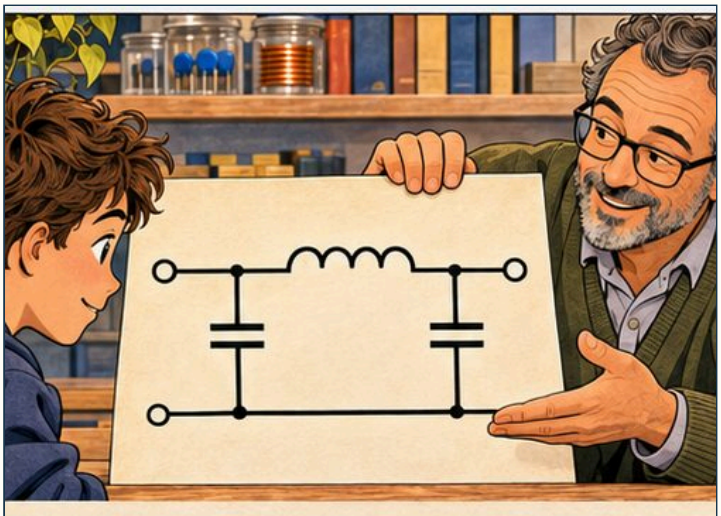
Tās absolūtā vērtība ir $X_L = 2\pi fL$.



Pie vienādas induktivitātes augstākās frekvencēs reaktīvā pretestība ir lielāka.

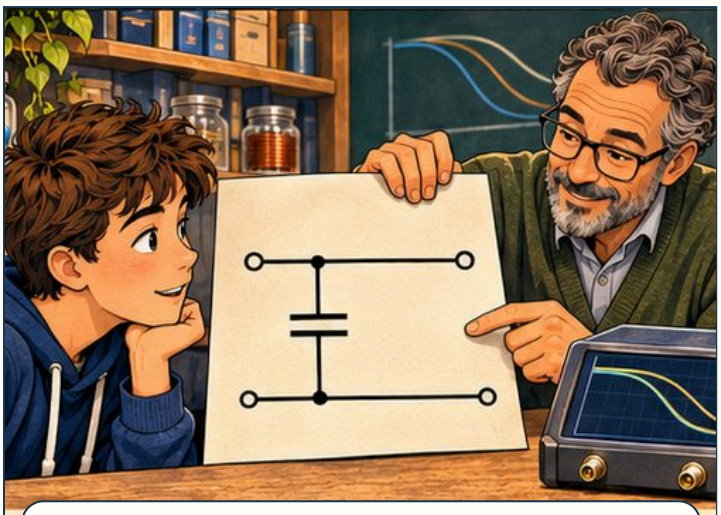


Viņu filtrā spole atradīsies signāla ceļā.

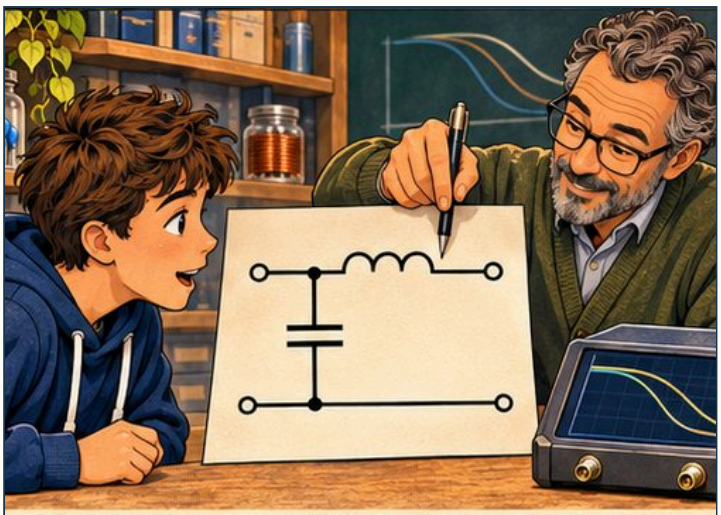


Abu veidu detaļas darbosies kopā.

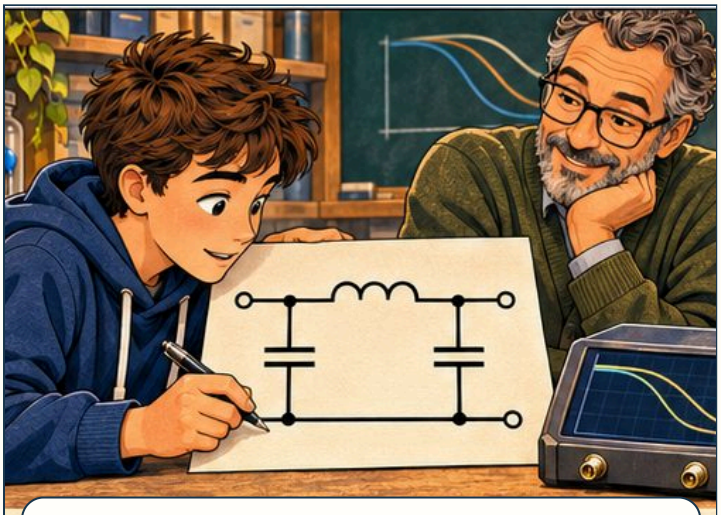
Shēma iegūst π formu



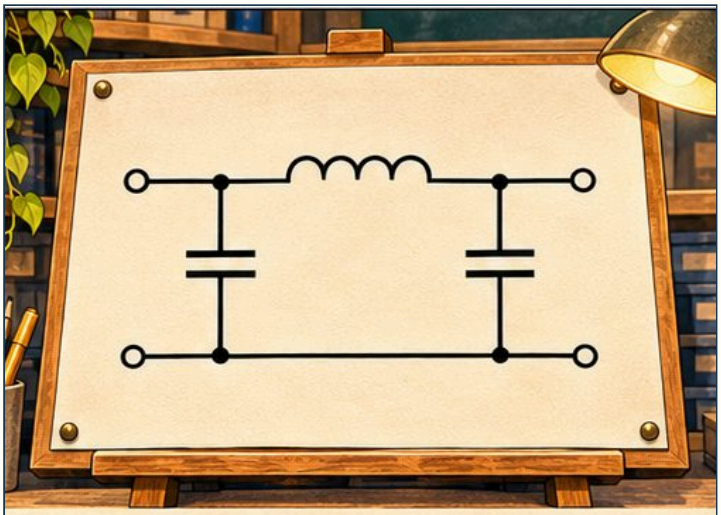
Ieeja savienota ar pirmo kondensatoru uz kopējo vadu.



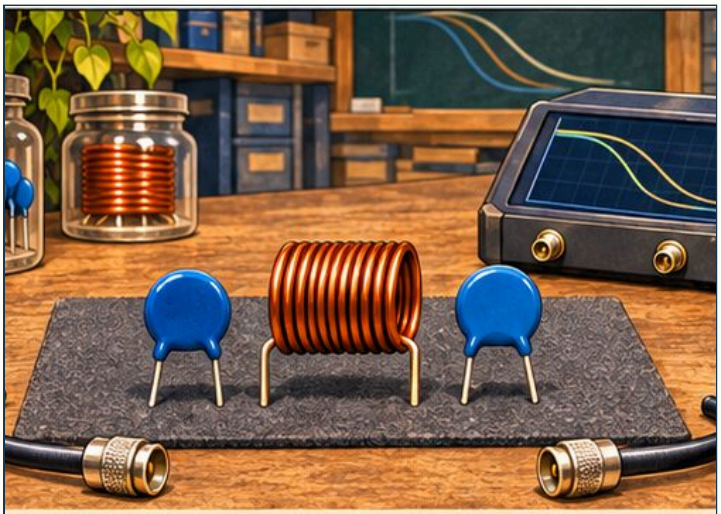
Tad spole virknē savieno ieeju ar izeju.



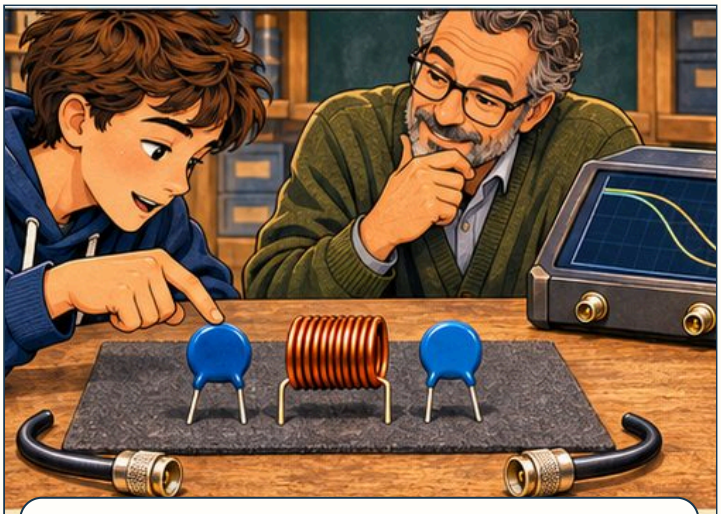
Otrais kondensators savieno izeju ar to pašu kopējo vadu.



Abpus spolei lejup iet divi zari.



Šāds izkārtojums atgādina grieķu burtu π.

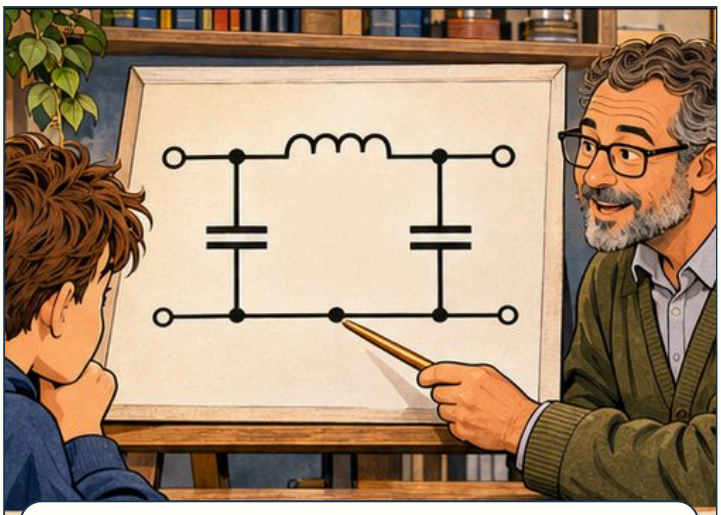


Jaunietis ar zīmuli izseko katram savienojumam.

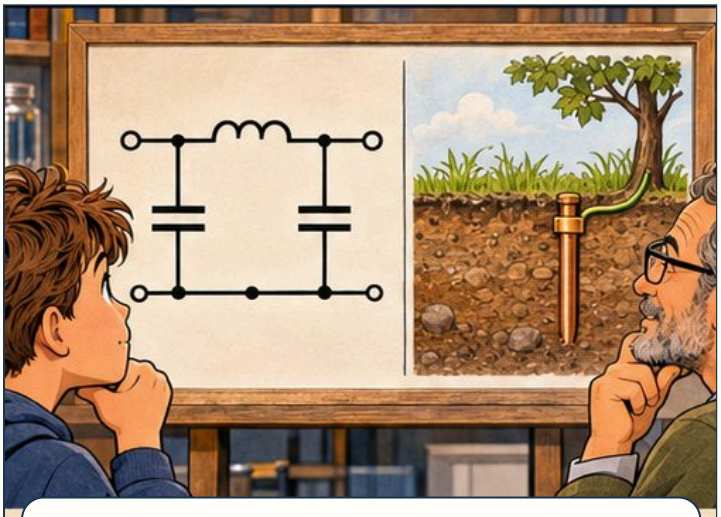
Shēmas kopējais vads



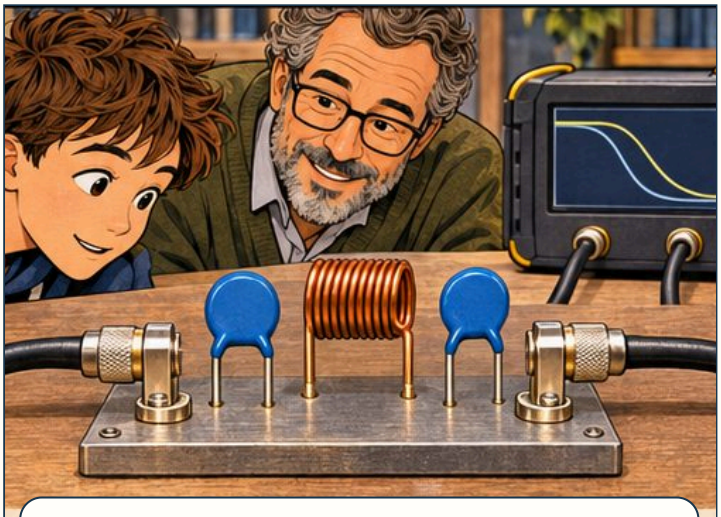
Abiem kondensatoriem ir kopīgs elektriskais atskaites punkts.



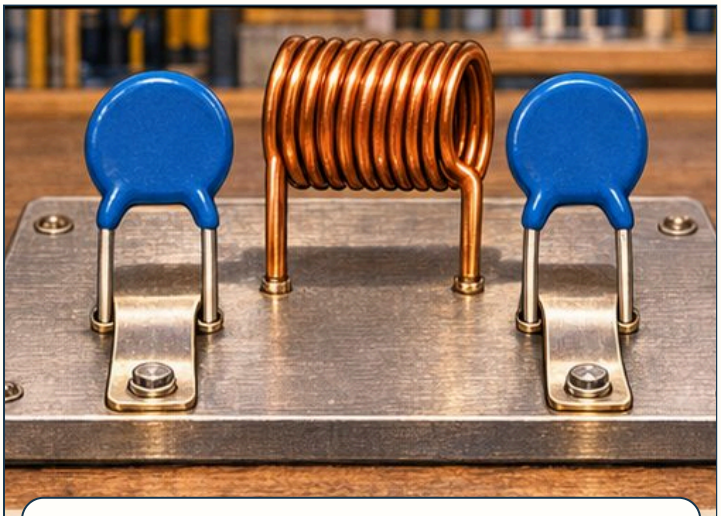
Masas simbols šeit apzīmē šo shēmas atskaiti.



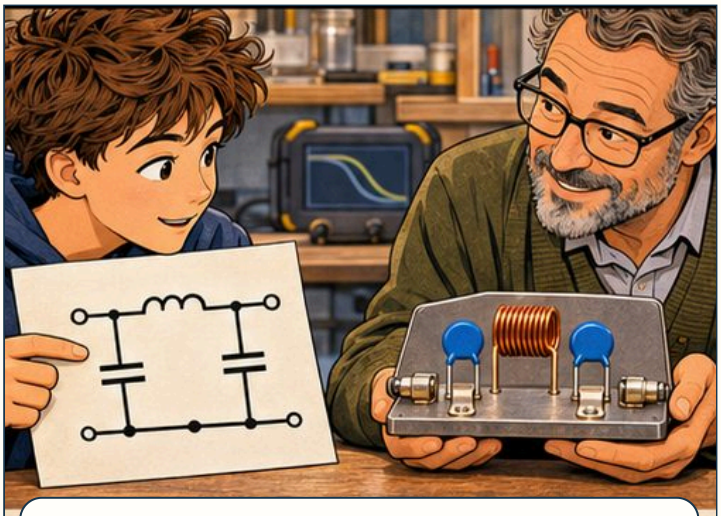
Tas automātiski nenozīmē savienojumu ar zemi.



Koaksiālo kabeļu ekrāni pievienoti šim punktam pēc paredzētās shēmas.



Īss savienojums ierobežo dažus parazītiskos efektus.

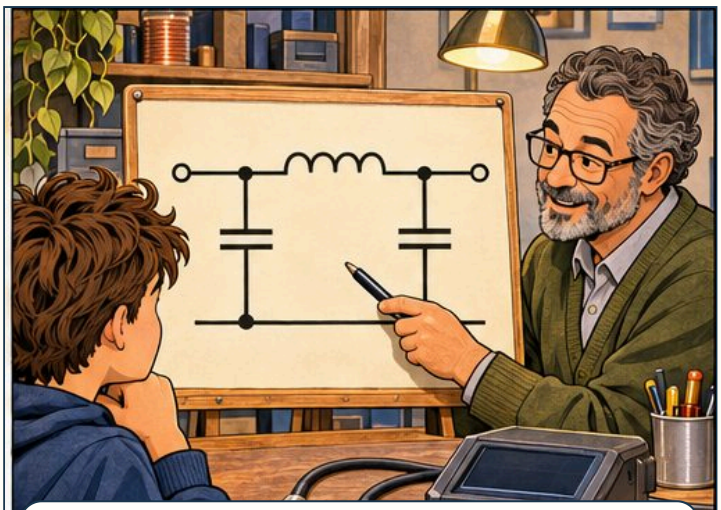


Jaunietis atšķir simbolu no tā praktiskās realizācijas.

Trīs elementi un kārta



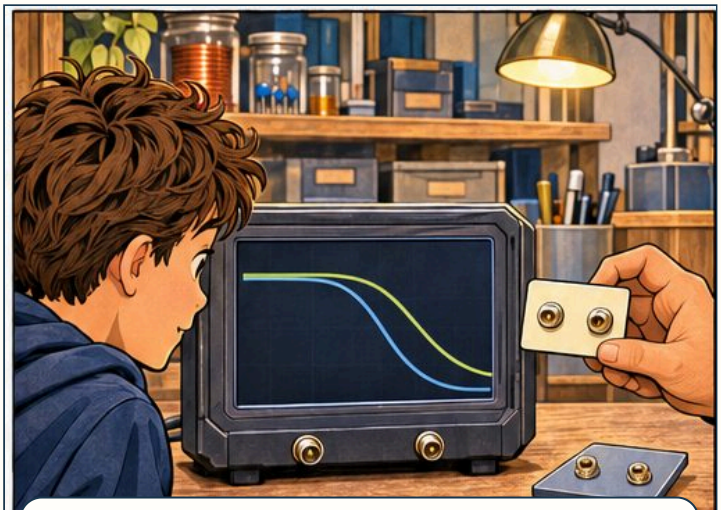
Šajā ideālajā ķēdē ir trīs reaktīvi elementi: C, L un C.



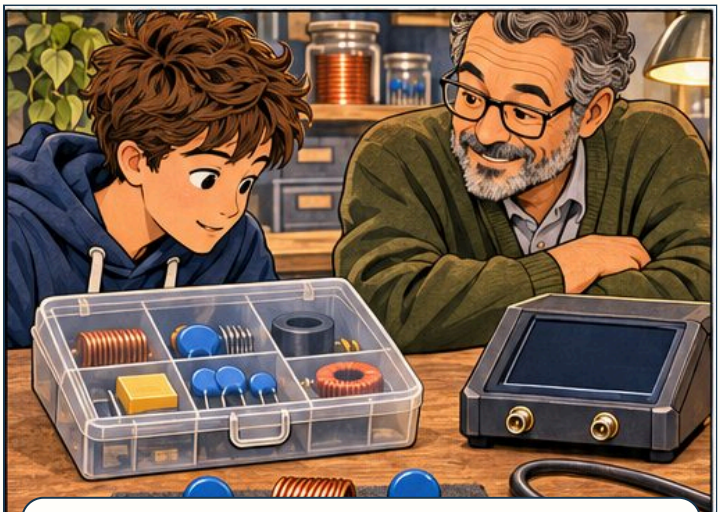
Tie šeit veido trešās kārtas zemfrekvenču filtru.



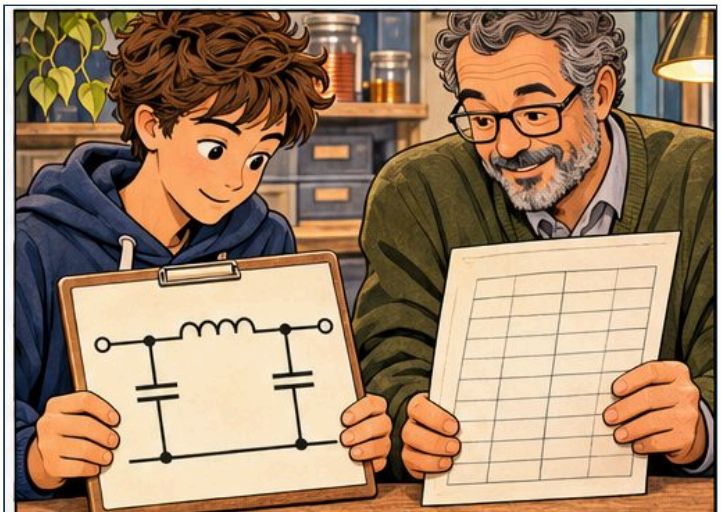
Kārta cita starpā raksturo modeļa tālo slīpumu.



Tomēr nepareiza gala pretestība mainītu reakciju.



Nejauši pievienojot detaļas, vajadzīgo filtru neiegūst.

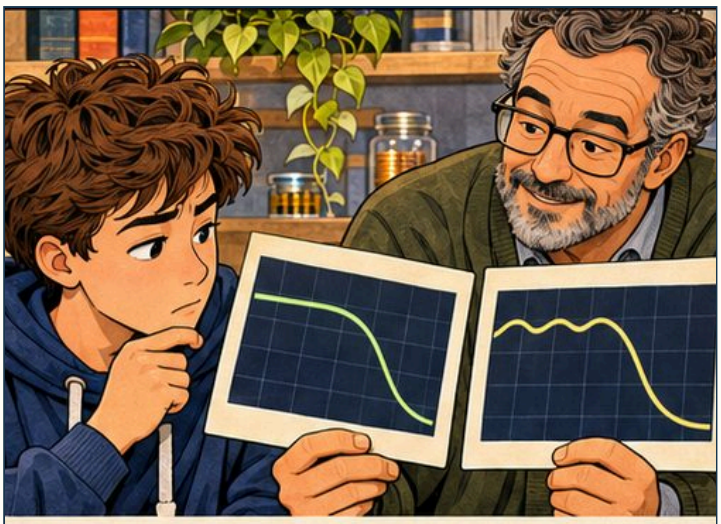


Aprēķinam jāatbilst shēmas uzbūvei.

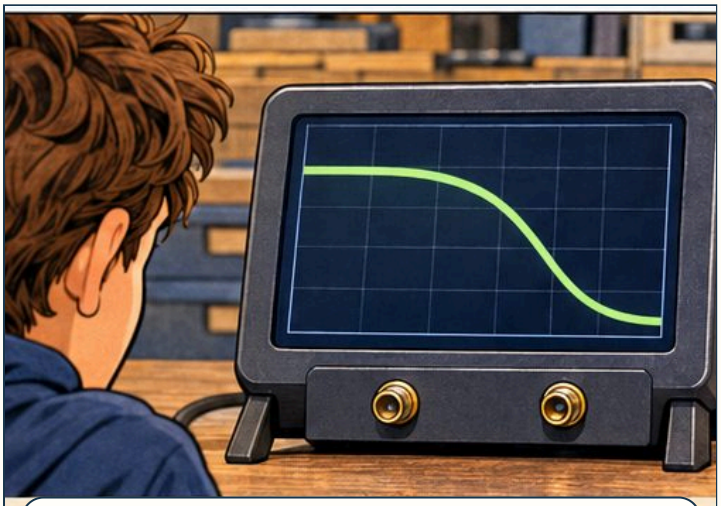
Kāpēc Batervorta filtrs?



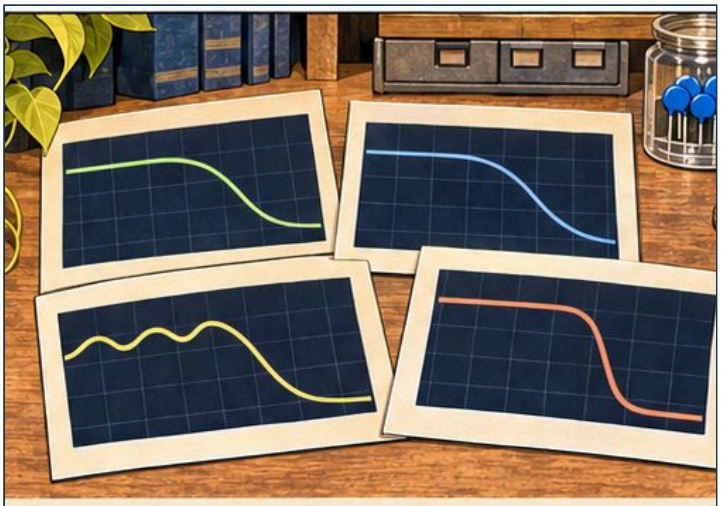
Batervorta filtra reakcija caurlaides joslā ir maksimāli plakana.



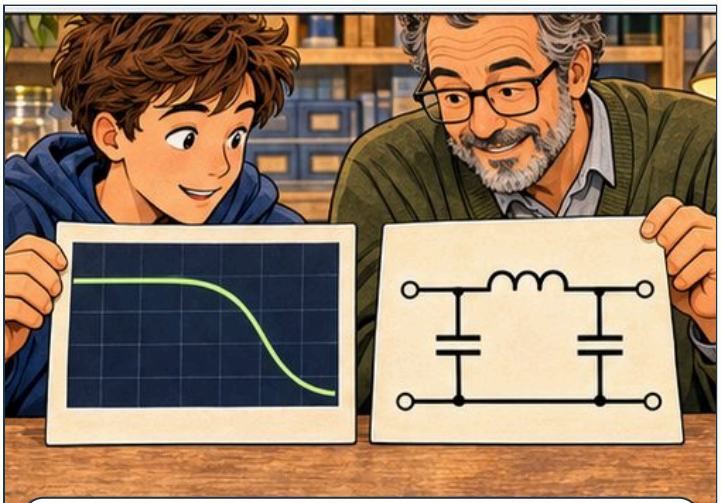
Ideālajā modelī šajā joslā nav viļņojuma.



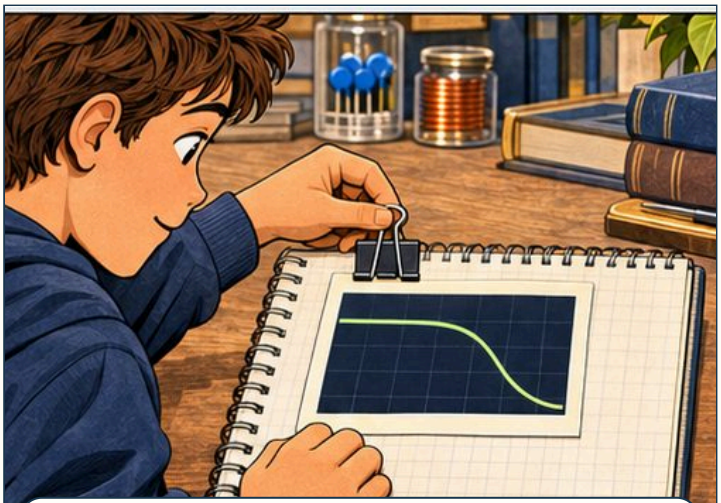
Pāreja ir pakāpeniska ar raksturīgu izliekumu.



Citas reakcijas pieļauj citādus kompromisus.

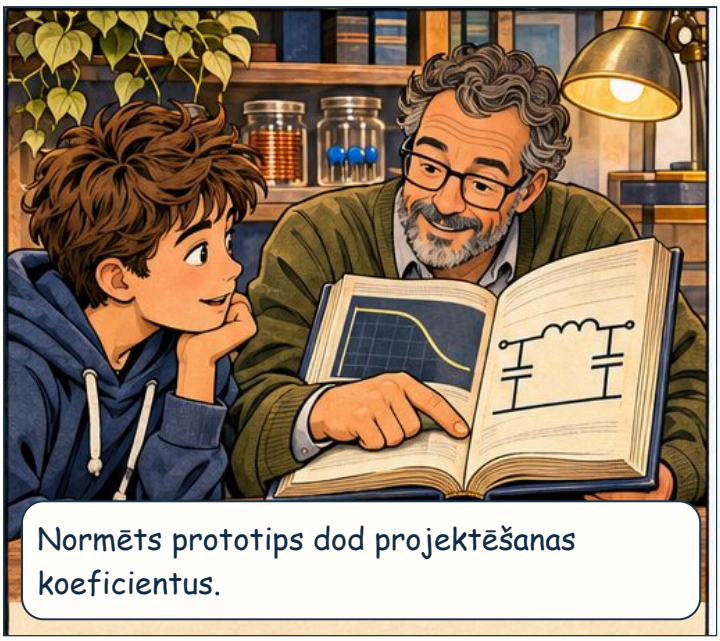


Pirmajam pārskatāmajam projektam viņi izvēlas šo saimi.



Nosaukums pasaka vairāk nekā tikai zemfrekvenču filtrs.

Sākums ar prototipu



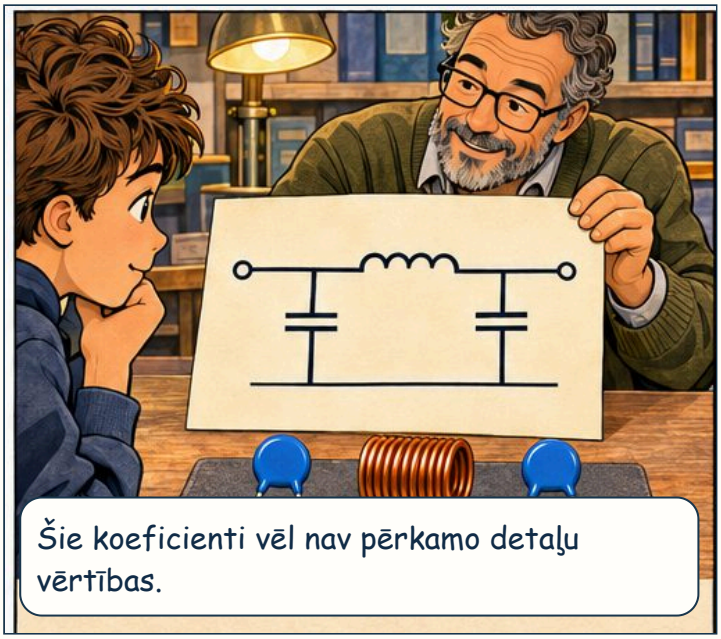
Normēts prototips dod projektēšanas koeficientus.



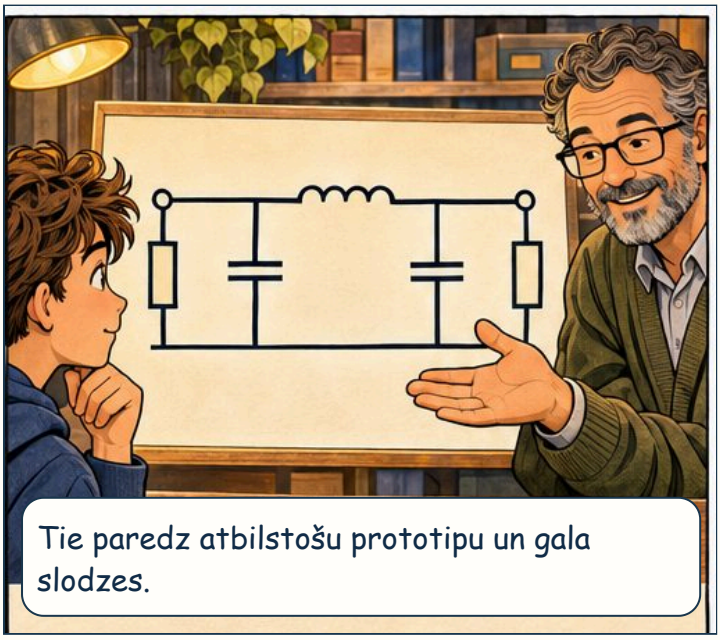
Šim trešās kārtas Batervorta filtram tie ir 1, 2 un 1.



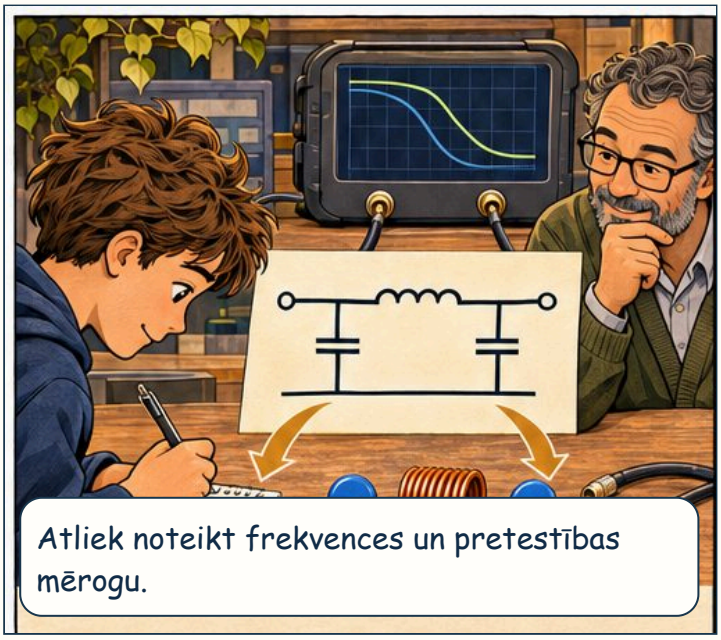
Tie secīgi atbilst kondensatoram, spolei un kondensatoram.



Šie koeficienti vēl nav pērkamo detaļu vērtības.



Tie paredz atbilstošu prototipu un gala slodzes.

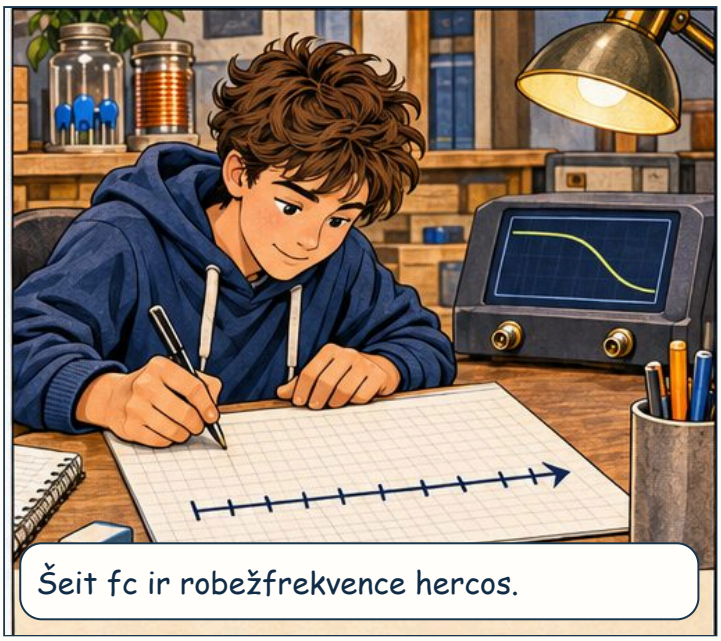


Atliek noteikt frekvences un pretestības mērogu.

Mēroga maiņa



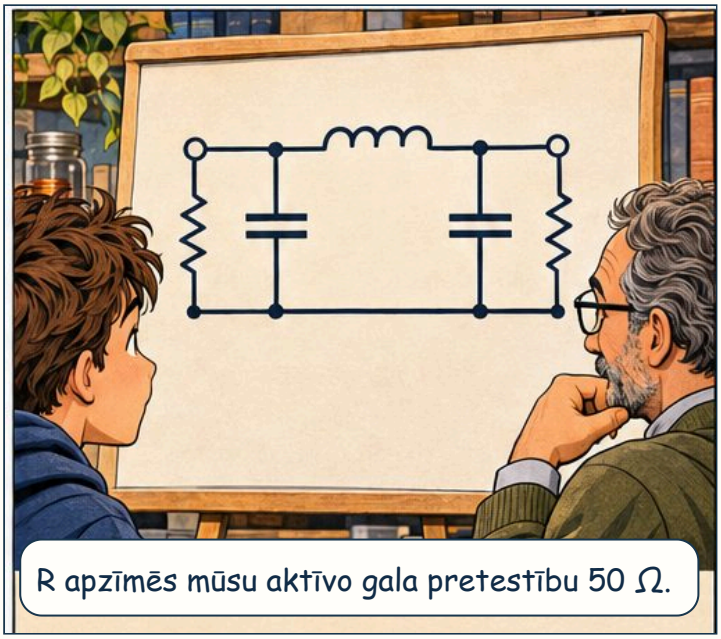
Robežas leņķiskā frekvence ir ωc = 2πfc.



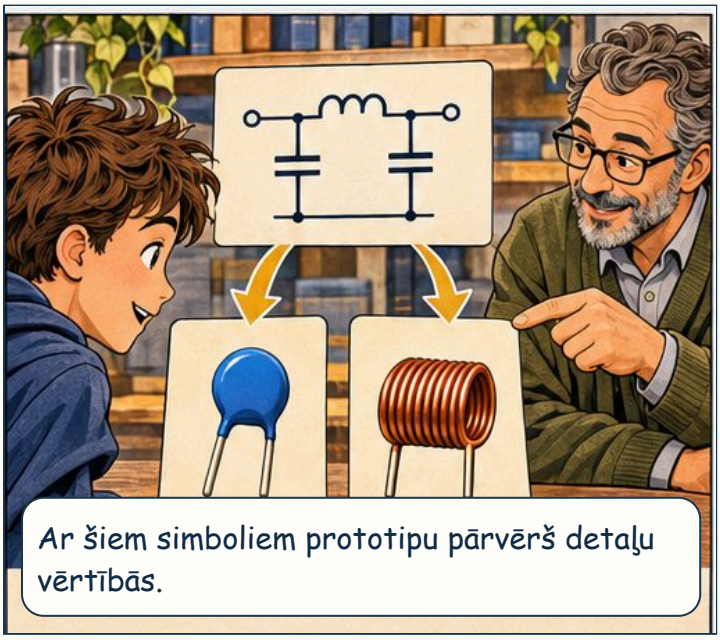
Šeit fc ir robežfrekvence hercos.



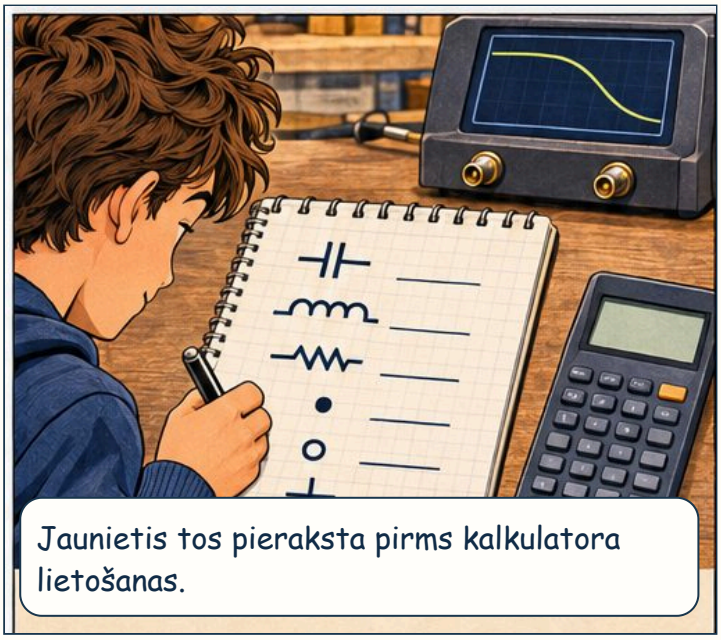
Leņķisko frekvenci ωc mēra radiānos sekundē.



R apzīmēs mūsu aktīvo gala pretestību 50 Ω.



Ar šiem simboliem prototipu pārvērš detaļu vērtībās.

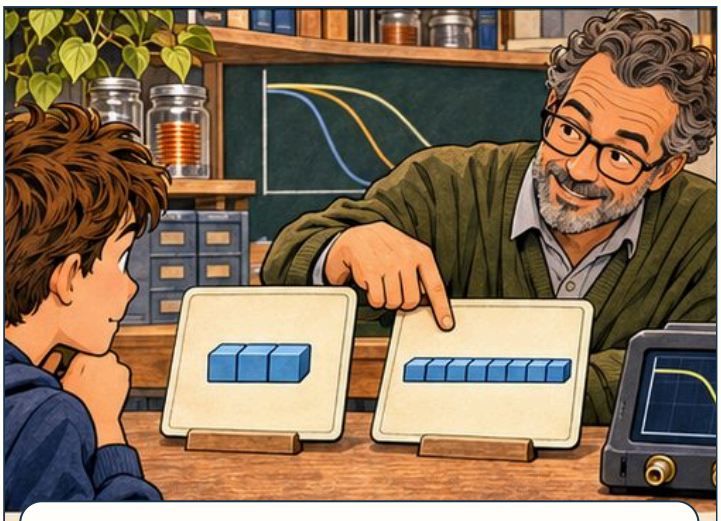


Jaunietis tos pieraksta pirms kalkulatora lietošanas.

Vienības pirms skaitļiem



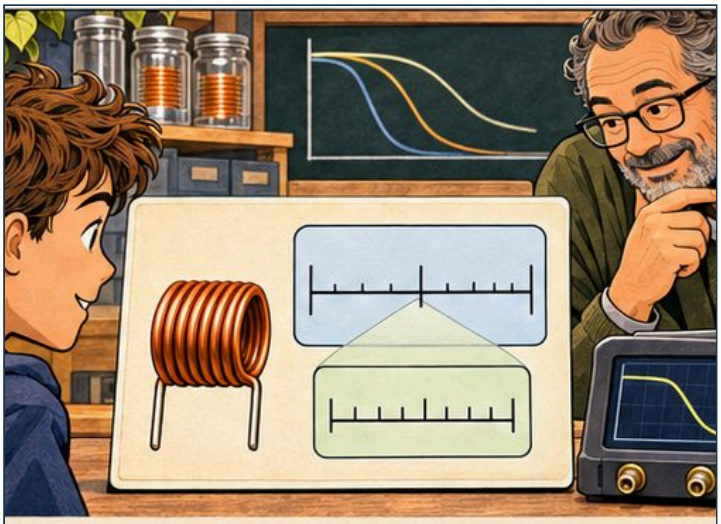
Viens megahercs ir miljons hercu.



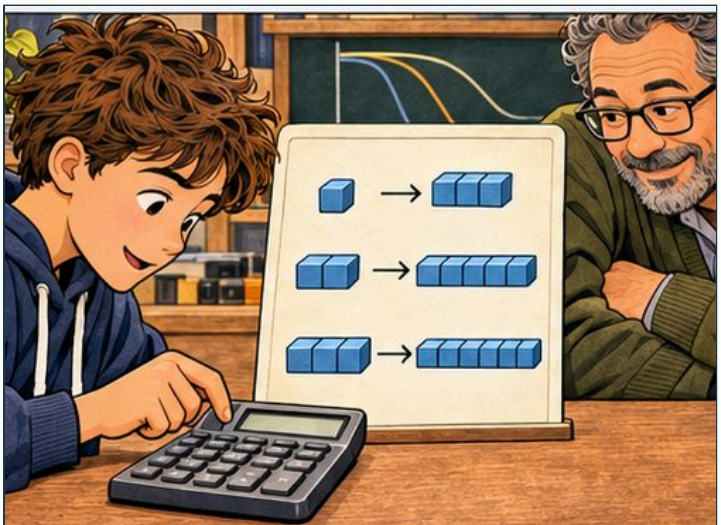
Tātad robežfrekvence 10 MHz ir 10 000 000 Hz.



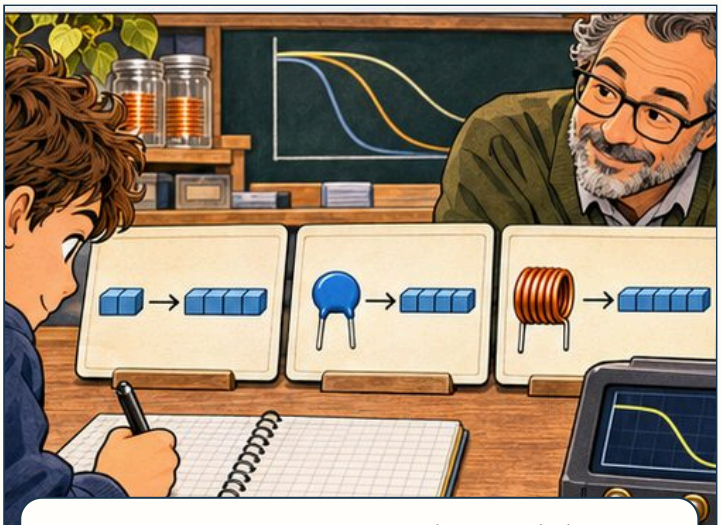
Viens pikofarads ir 10^{-12} F.



Viens mikrohenrijs ir 10^{-6} H.

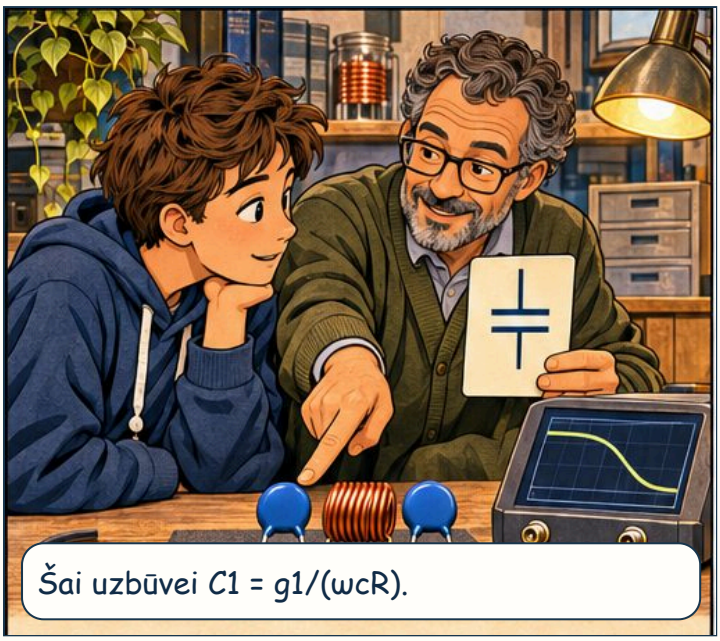


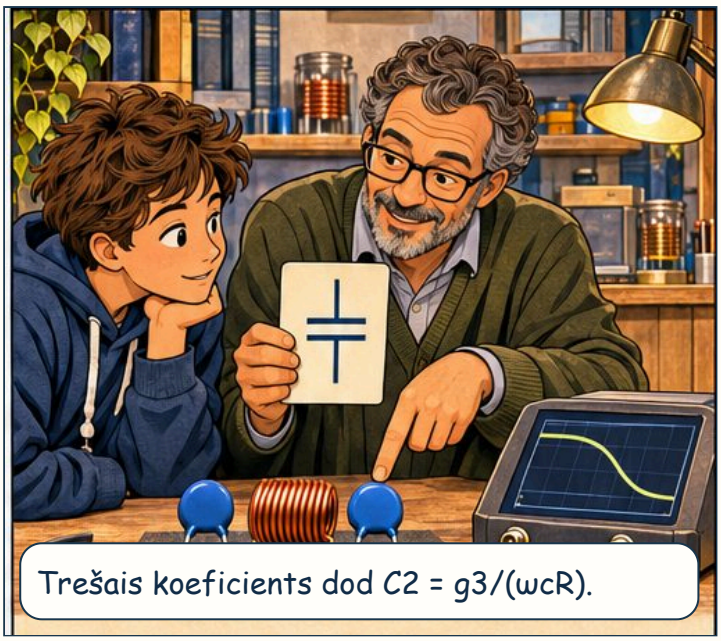
Formulās vispirms izmantos pamatvienības.



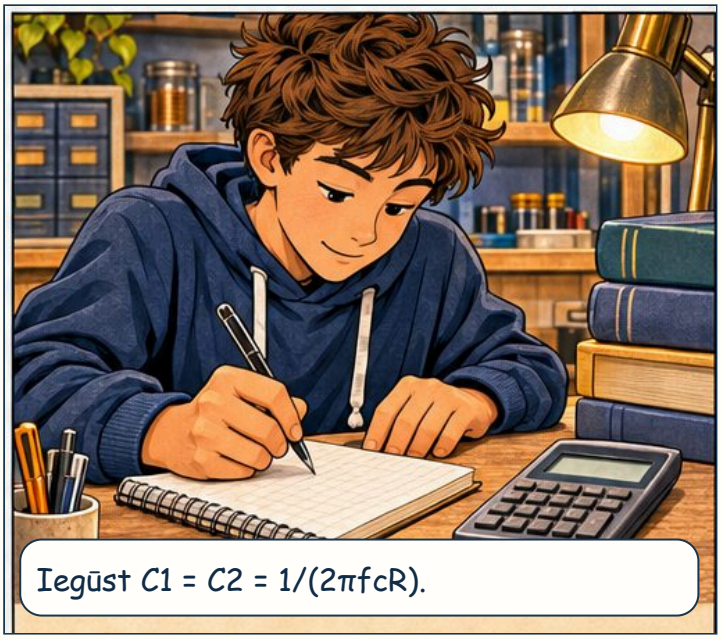
Jaunietis tur pārrēķinus redzamus līdzās aprēķiniem.

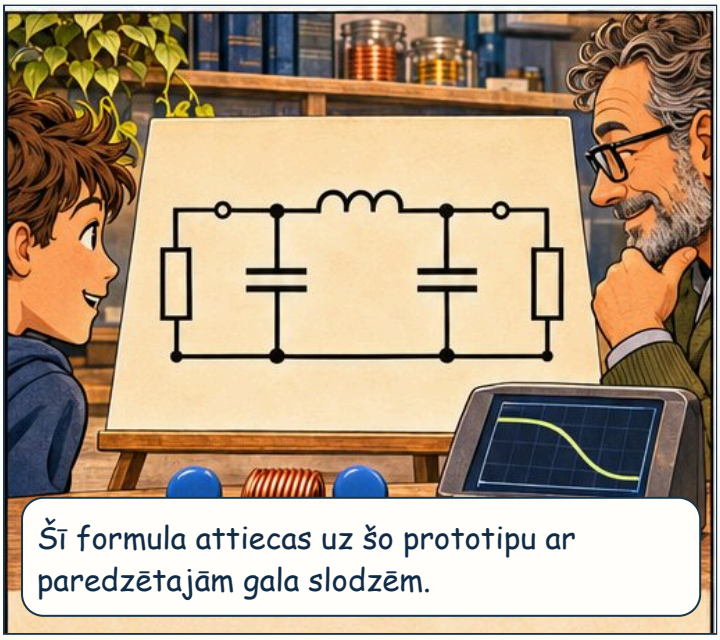
Kondensatoru formula













Kapacitāšu aprēķins



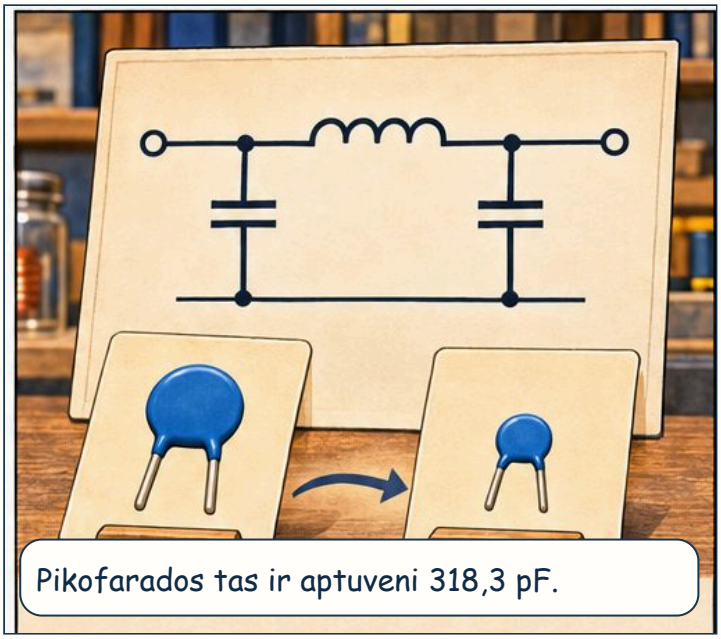
Viņi ievieto f_c = 10 000 000 Hz un R = 50 Ω.



Saucējs ir aptuveni $3{,}142 \times 10^{9}$.



Katra ideālā kapacitāte ir aptuveni $3{,}183 \times 10^{-10}$ F.



Pikofarados tas ir aptuveni 318,3 pF.

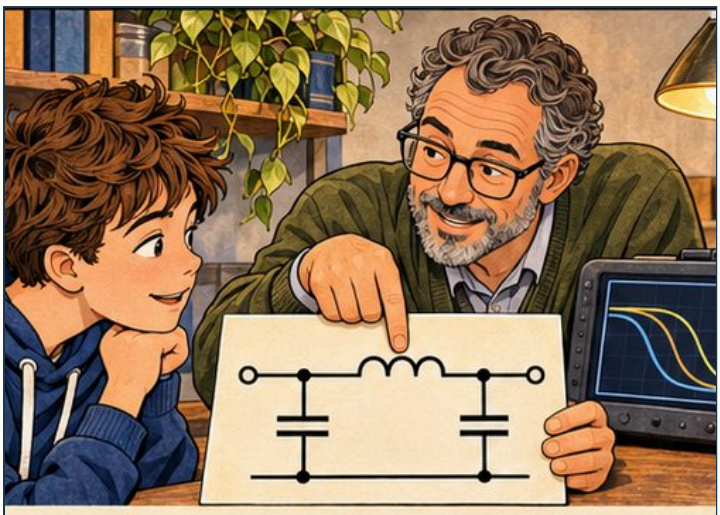


Tātad abiem kondensatoriem būs vienāda teorētiskā vērtība.



Lucas pieraksta rezultātu kopā ar vienību.

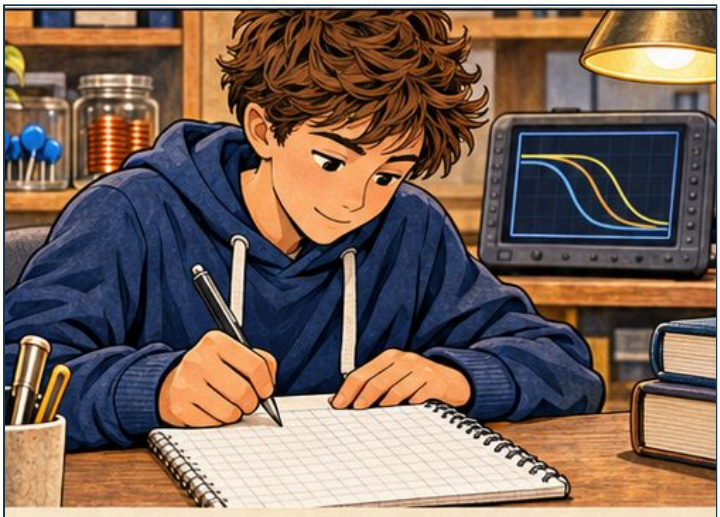
Spoles formula



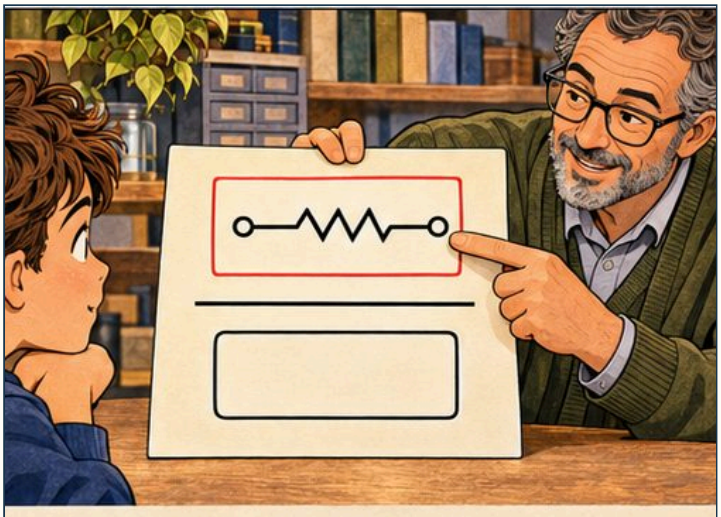
Virknes spolei L = g2R/ωc.



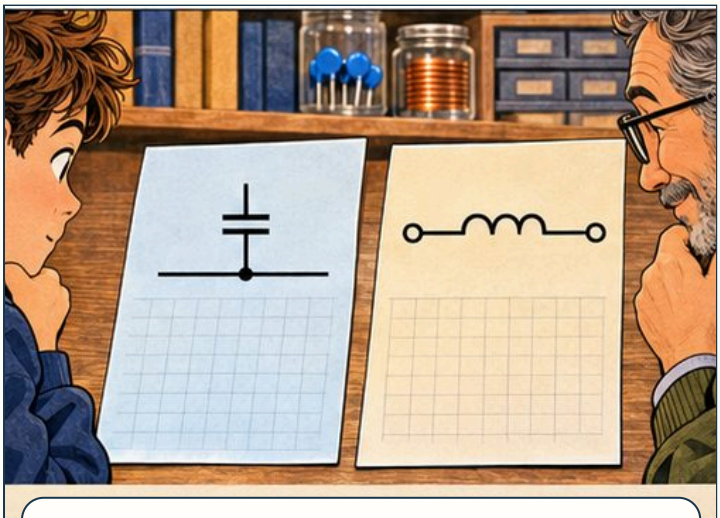
Vidējais koeficients šeit ir g2 = 2.



Tātad iegūst L = 2R/(2πfc).



Šoreiz gala pretestība atrodas skaitītājā.

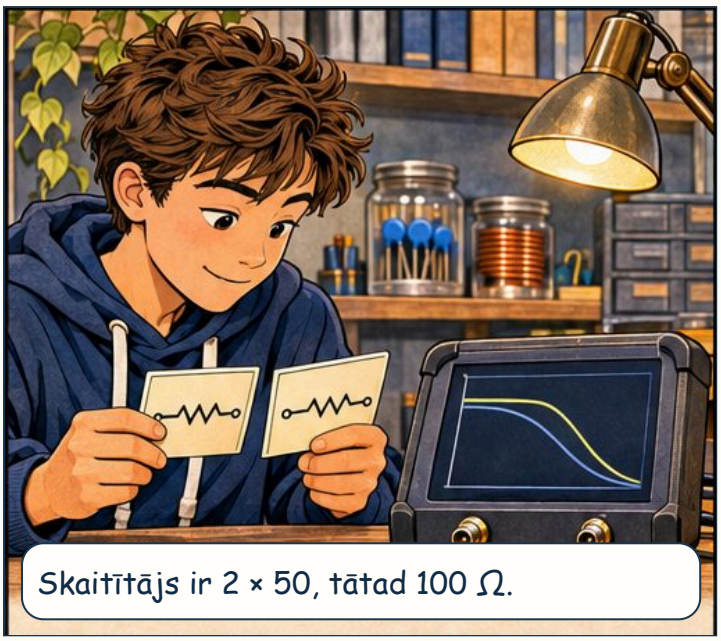


Jaunietis salīdzina šo formulu ar kondensatoru formulu.

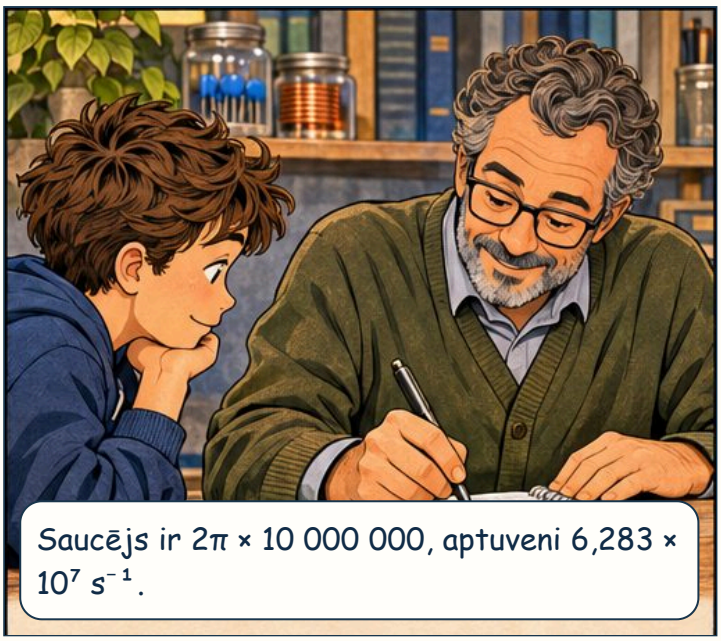


Vizuāla līdzība neatbrīvo no pārlasīšanas.

Induktivitātes aprēķins



Skaitītājs ir 2 × 50, tātad 100 Ω.



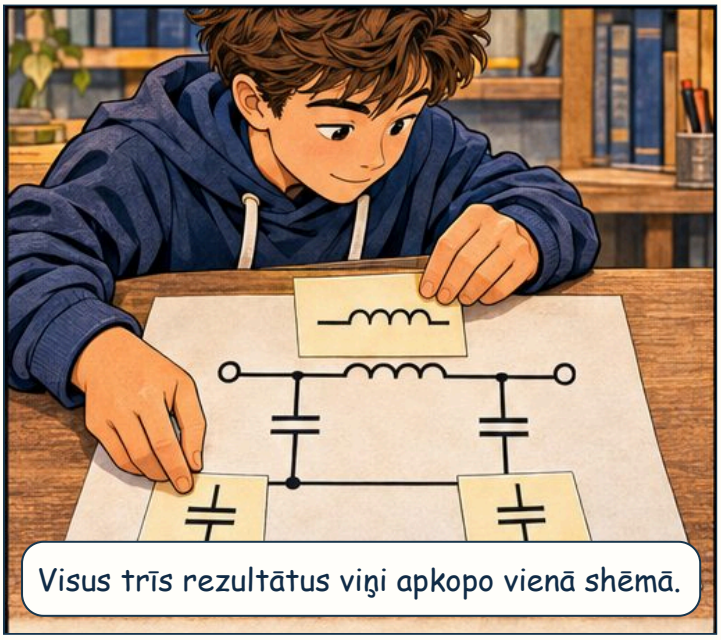
Saucējs ir 2π × 10 000 000, aptuveni 6,283 × 10^{7} s^{-1}.



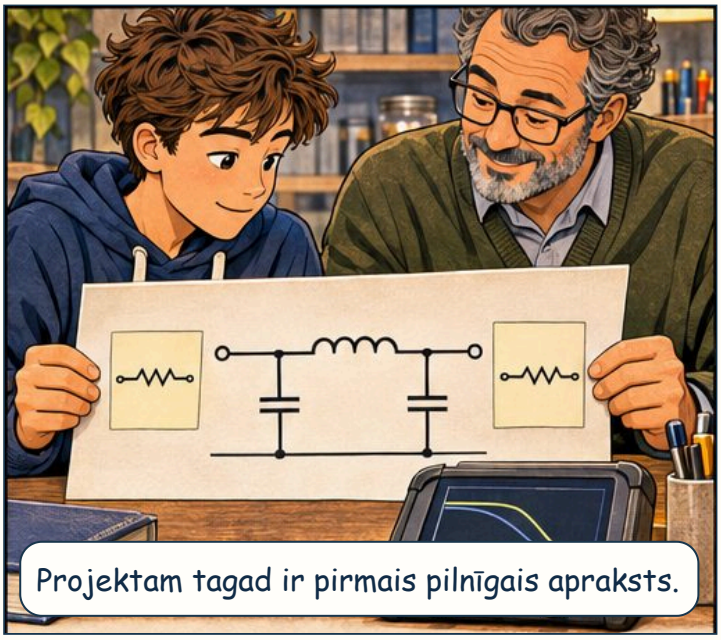
Aprēķins dod aptuveni 1,592 × 10^{-6} H.



Ideālās spoles induktivitāte tātad būs aptuveni 1,59 μH.



Visus trīs rezultātus viņi apkopo vienā shēmā.



Projektam tagad ir pirmais pilnīgais apraksts.

Miljona kļūda



Tad jaunietis mēģina ātri ievadīt aprēķinu vēlreiz.



Viņš ievada 10, nevis 10 000 000.



Rezultāts kļūst miljons reižu par lielu.



Salīdzinājums ar gaidāmajām detaļām uzreiz atklāj kļūdu.



Viņš izlabo ievadi un atkārto aprēķinu atsevišķi.

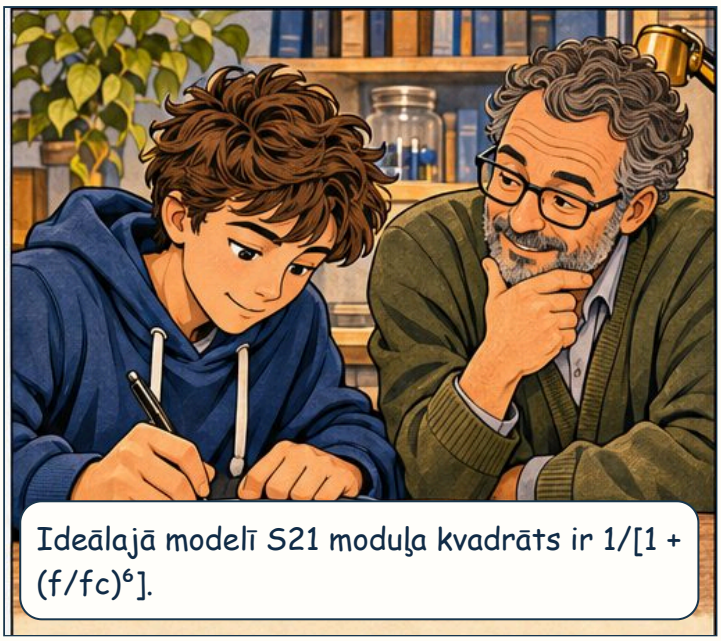


Lieluma kārtas pārbaude kļūst par noderīgu ieradumu.

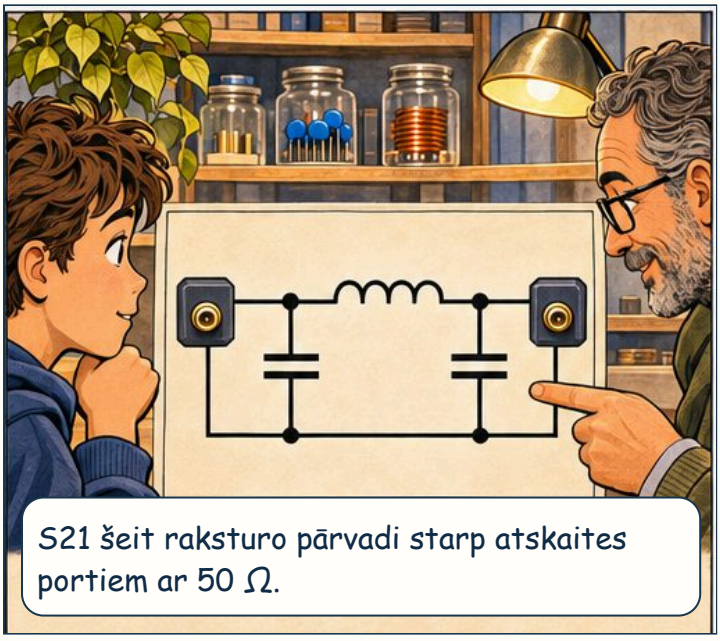
Prognozēt visu līkni



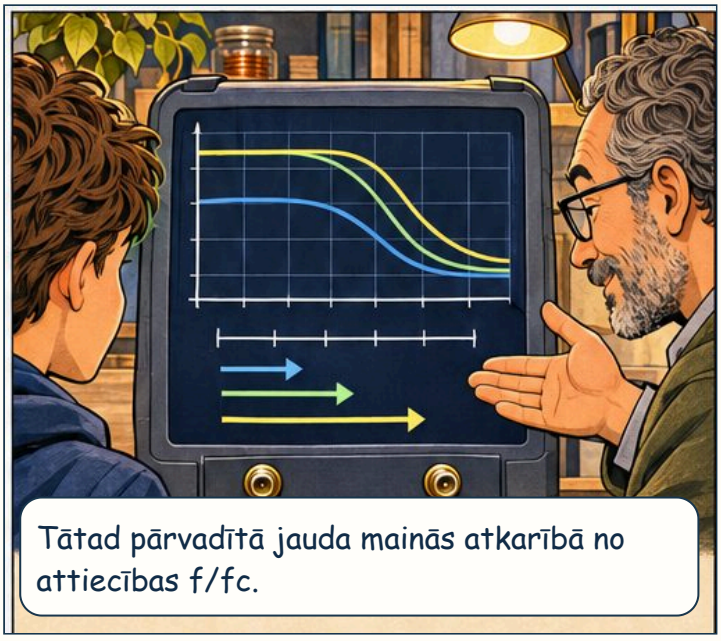
Trīs vērtības vēl neapraksta visu reakciju.



Ideālajā modelī S21 moduļa kvadrāts ir 1/[1 + (f/fc)⁶].



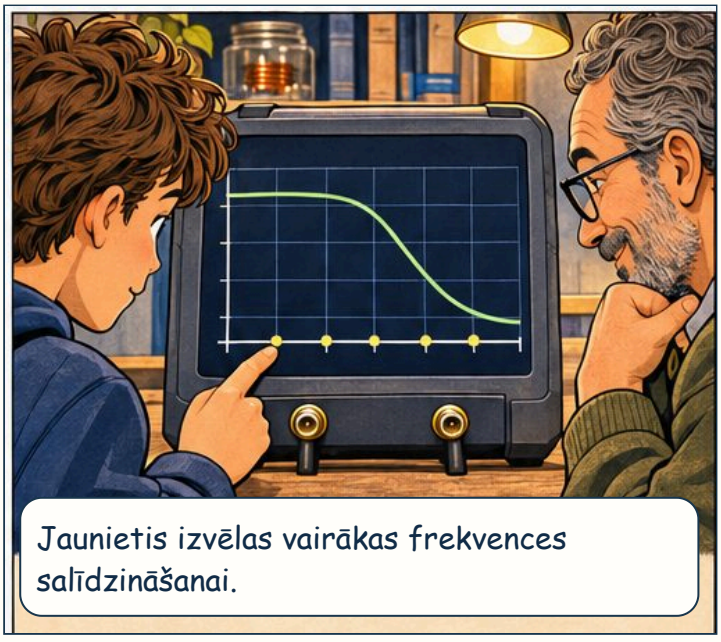
S21 šeit raksturo pārvadi starp atskaites portiem ar 50 Ω.



Tātad pārvadītā jauda mainās atkarībā no attiecības f/fc.



Teorētiskā līkne kalpo par atskaiti pirms mērījuma.



Jaunietis izvēlas vairākas frekvences salīdzināšanai.

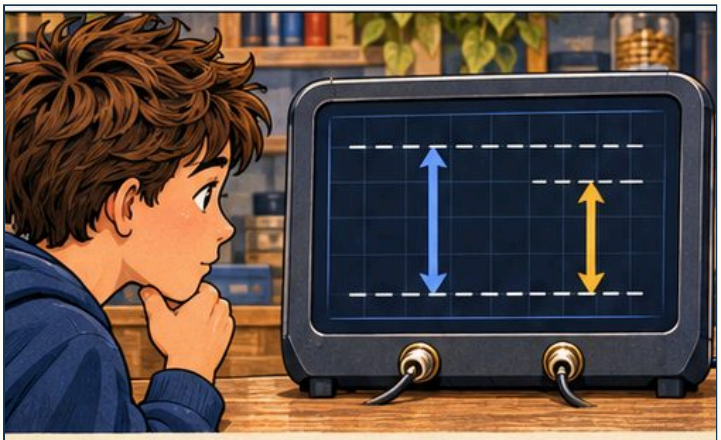
Ko nozīmē mīnus trīs decibeli?



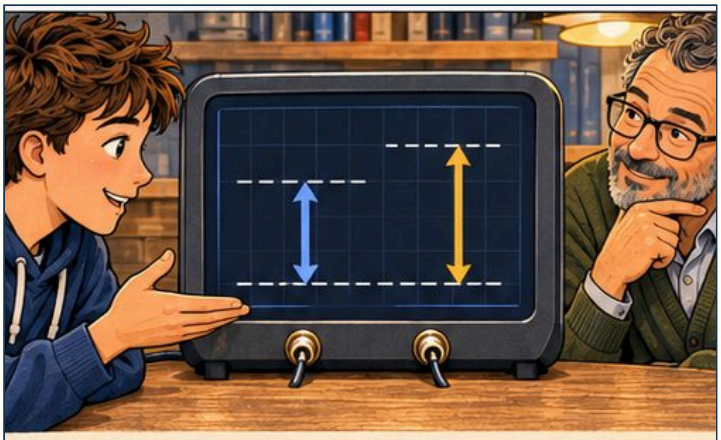
Ja f = fc, ideālā pārvadītās jaudas attiecība ir 1/2.



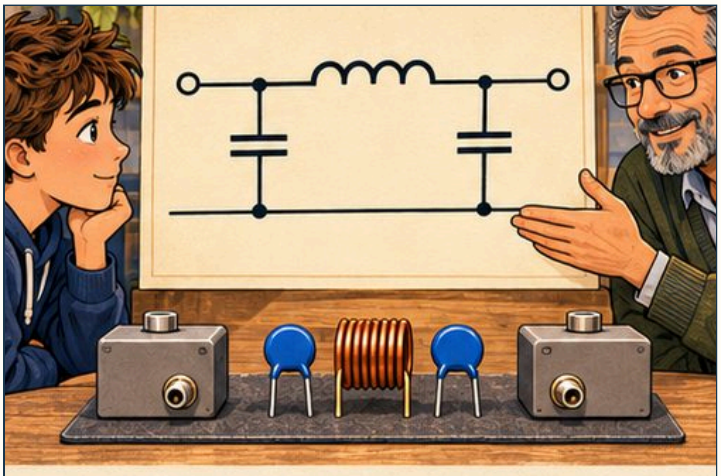
Decibelos 10 log10(1/2) dod aptuveni −3,01 dB.



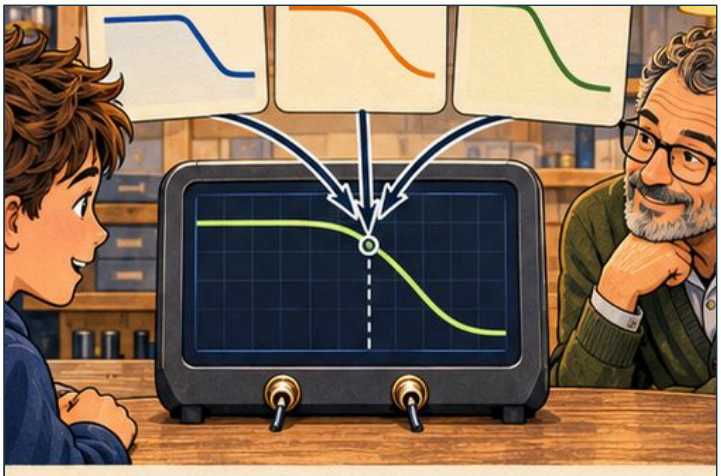
S21 modulis tad ir aptuveni 0,707.



Tātad šī amplitūda nav puse.



Aprēķinā izmanto atbilstošās 50 Ω atskaites.

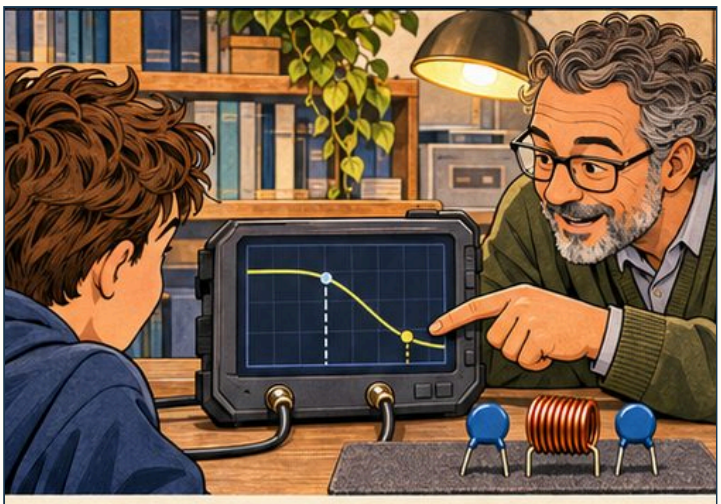


Jaunietis sasaista trīs viena līknes punkta pierakstus.

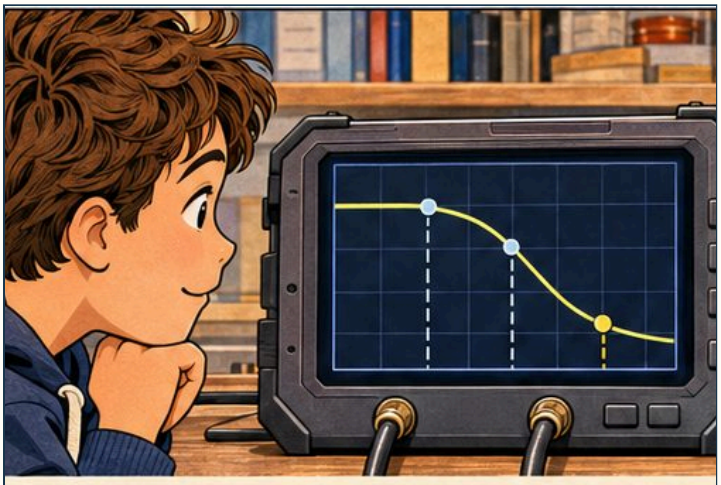
Virs robežfrekvences



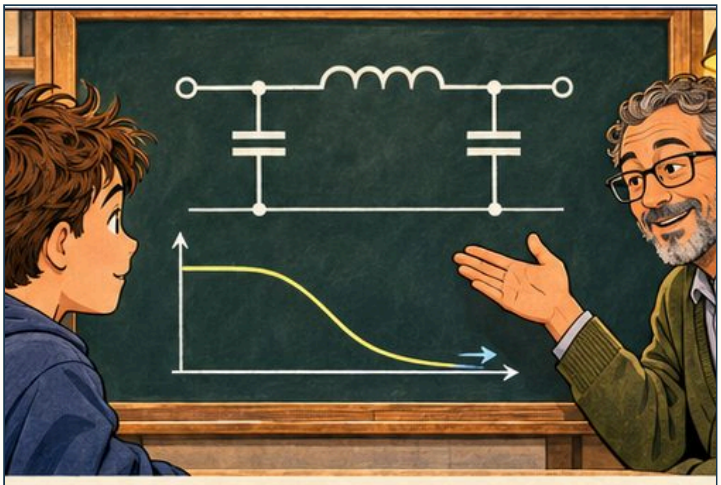
Pie 20 MHz attiecība f/fc ir 2.



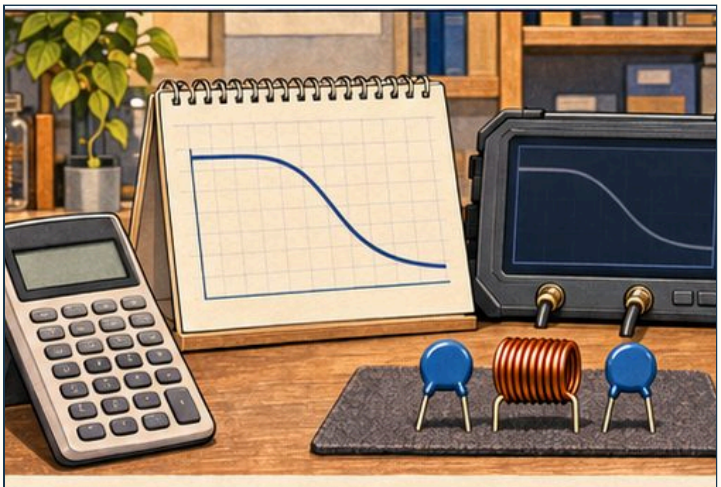
Ideālā pārvade ir aptuveni −18,13 dB.



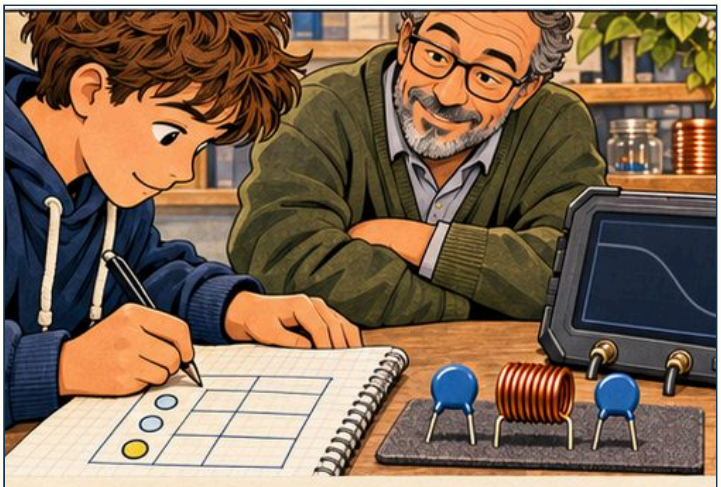
Pie 30 MHz f/fc ir 3: aptuveni −28,63 dB.



Vājinājums pieaug, taču paliek galīgs.

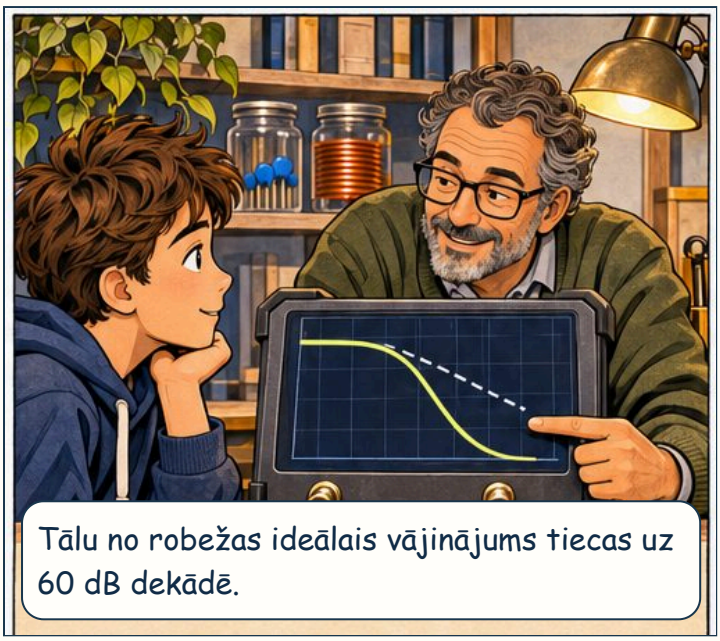


Šie skaitļi ir aprēķināti, nevis izmērīti viņu shēmā.

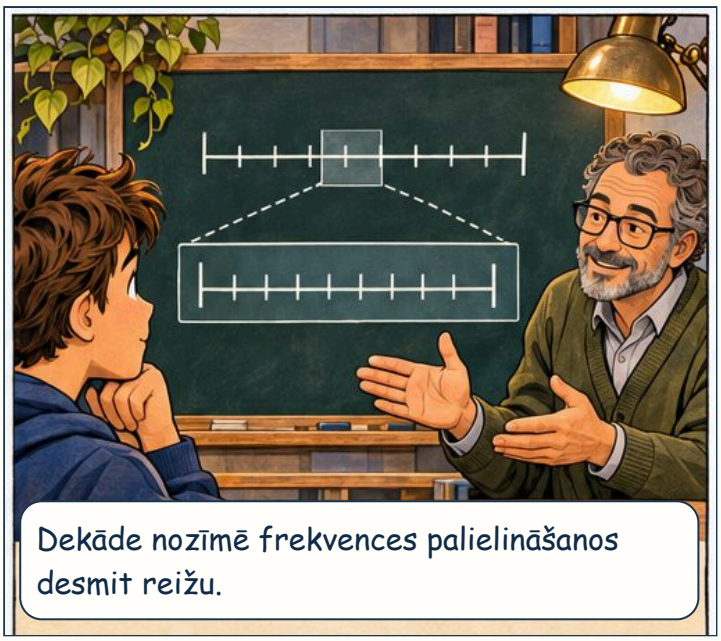


Jaunietis tos ievieto prognožu ailē.

Slīpums nav solījums



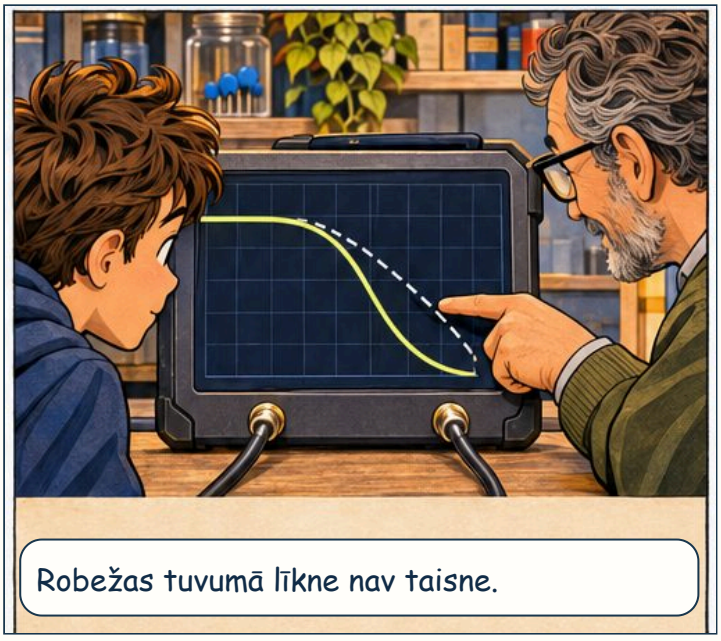
Tālu no robežas ideālais vājinājums tiecas uz 60 dB dekādē.



Dekāde nozīmē frekvences palielināšanos desmit reižu.



Šis asimptotiskais slīpums pieder trešās kārtas modelim.



Robežas tuvumā līkne nav taisne.

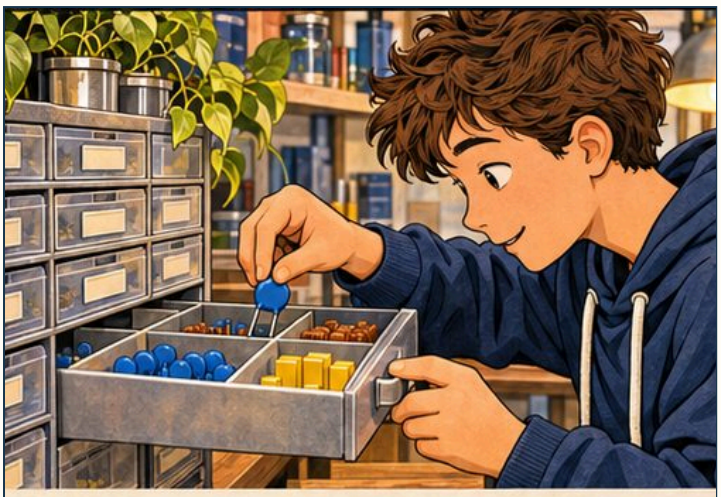


Arī reālās detaļas ierobežos šo tendenci.

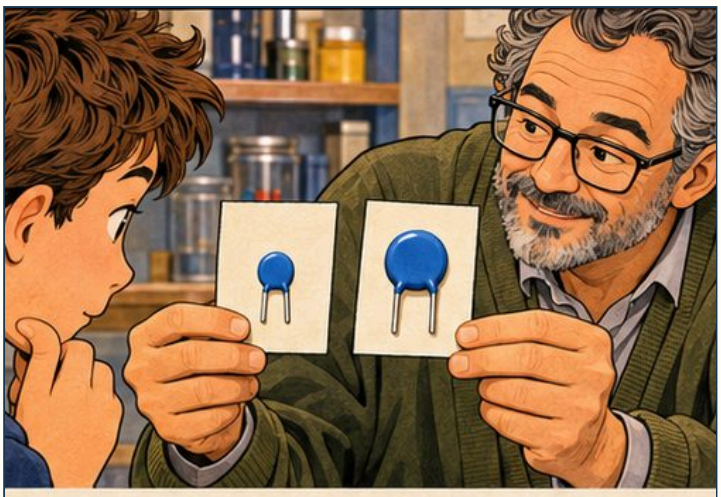


Jaunietis neattiecina likumu ārpus tā nosacījumiem.

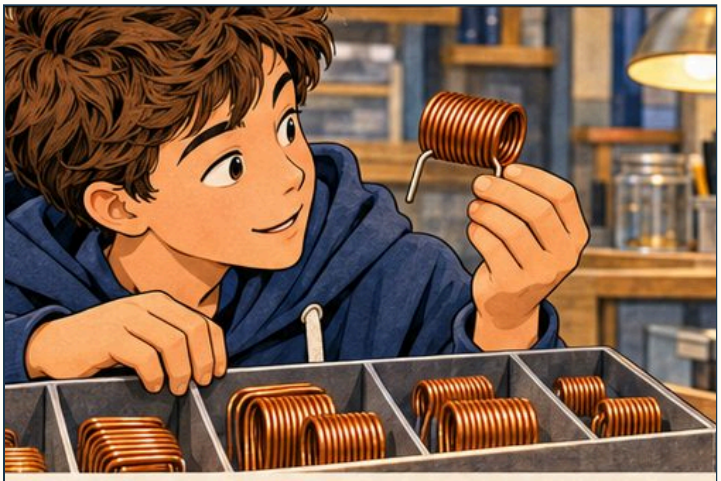
Pieejamās vērtības



Atvilktnē ne vienmēr ir kondensatori ar 318,3 pF.



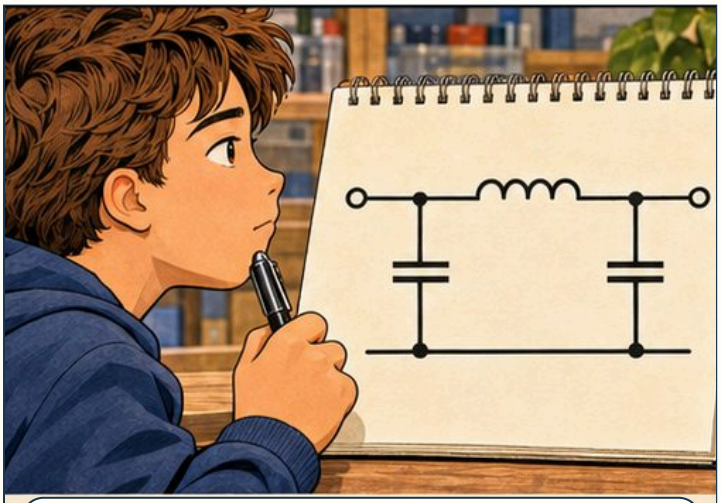
Izplatītā vērtība 330 pF nav tas pats.



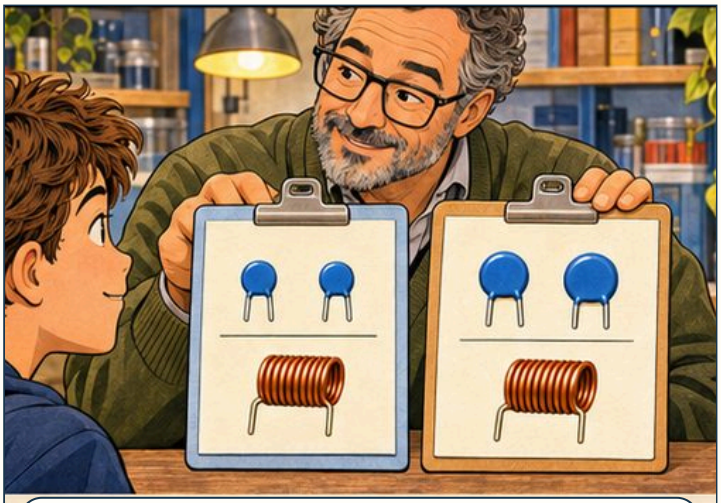
Spole ar 1,6 µH ir tuva aprēķinātajai vērtībai.



Izvēloties tās, reakcija jāpārrēķina vai jāsimulē.

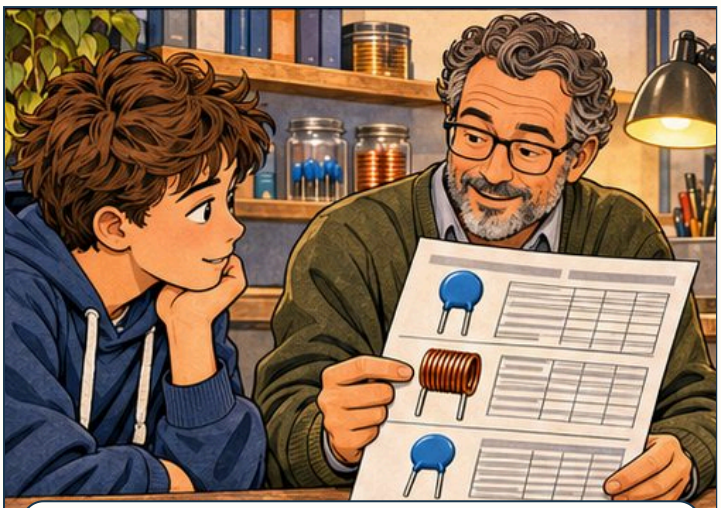


Šādu shēmu automātiski nevar saukt par precīzi 10 MHz filtru.



Jaunietis atsevišķi saglabā ideālās un izvēlētās vērtības.

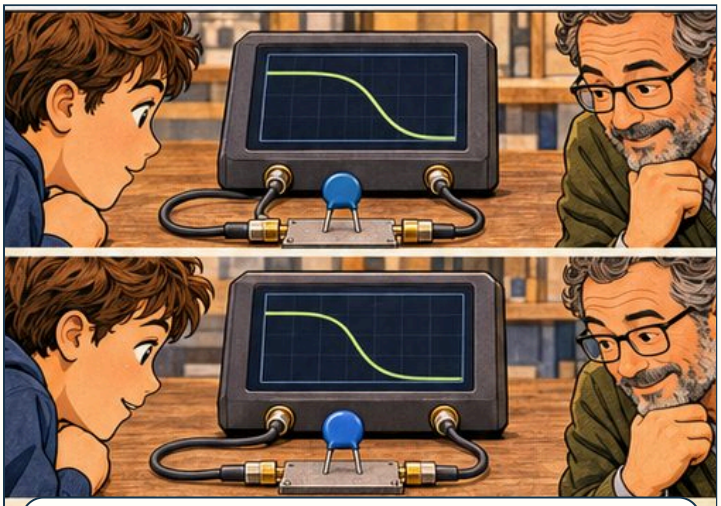
Katrai detaļai ir pielaide



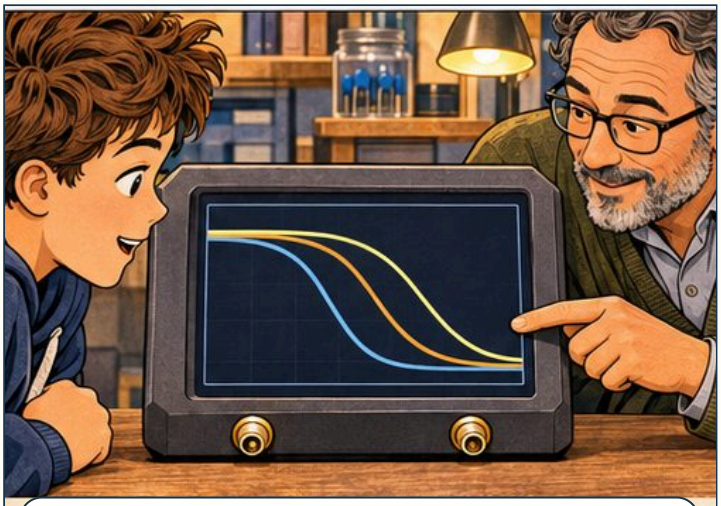
Nominālvērtība nav garantēta precīza vērtība.



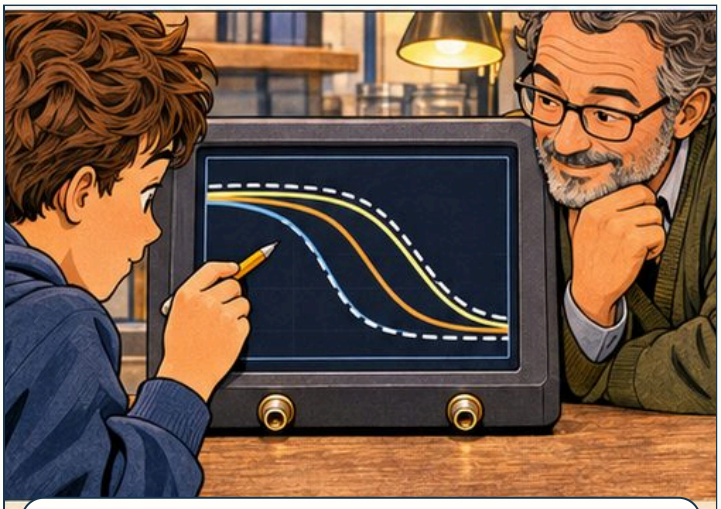
Svarīgas ir kondensatoru un spoles pielaides.



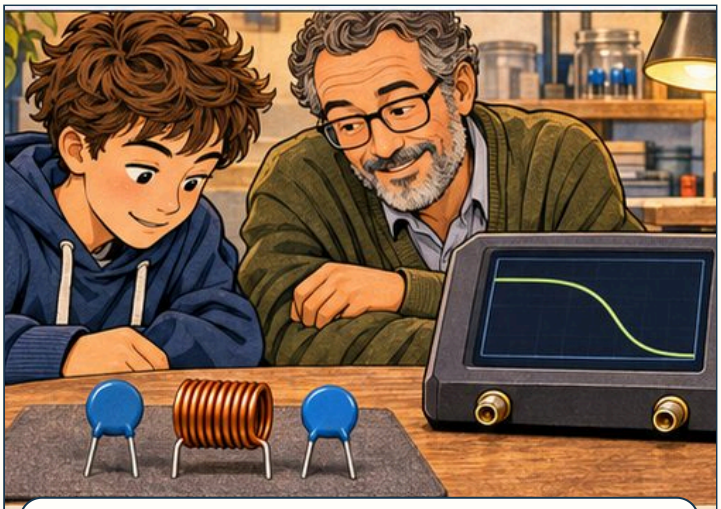
Divas vienādi marķētas detaļas var nedaudz atšķirties.



Simulācijā var pārbaudīt dažādas vērtību kombinācijas.



Tā palīdz prognozēt iespējamo reakciju diapazonu.



Mērījumos pēc tam pārbaudīs tieši izmantotās detaļas.

Slēptās sastāvdaļas



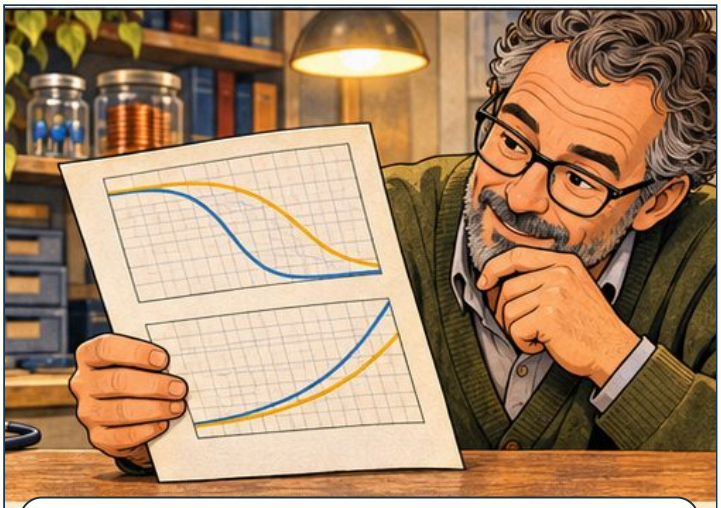
Reālai spolei ir arī pretestība un parazītiska kapacitāte.



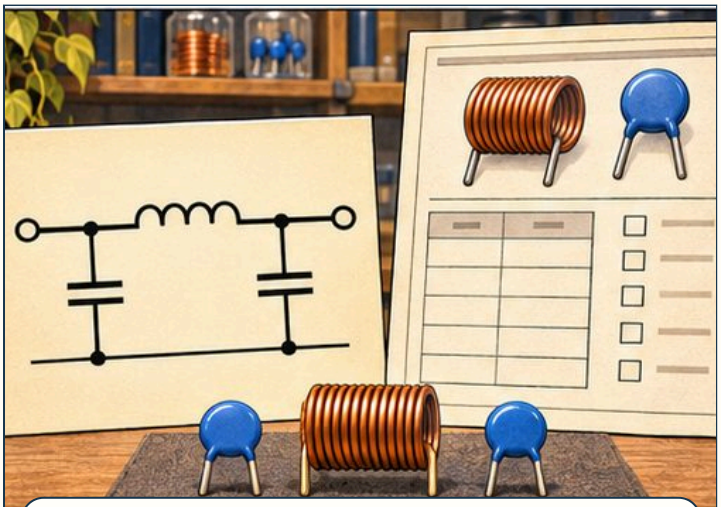
Kondensatoram cita starpā ir zudumi un parazītiska induktivitāte.



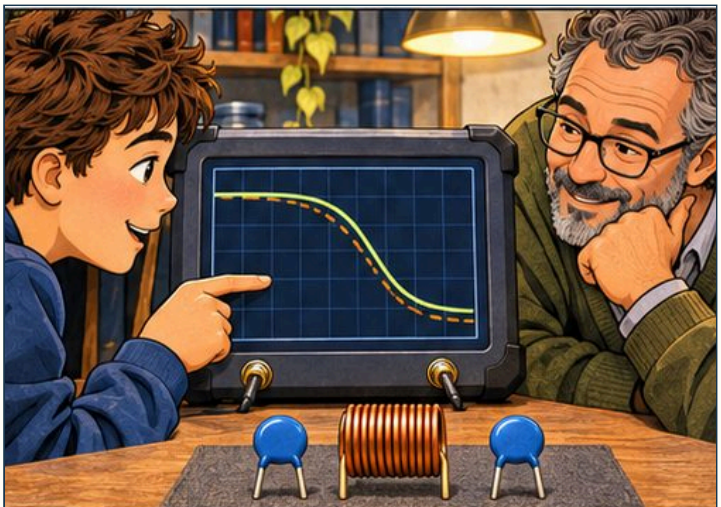
Noteiktu rezonanšu tuvumā to uzvedība mainās.



Tehniskajās datu lapās norādītas pārbaudāmās robežas.



Tātad nepietiek tikai ar pikofaradiem vai mikrohenrijiem.

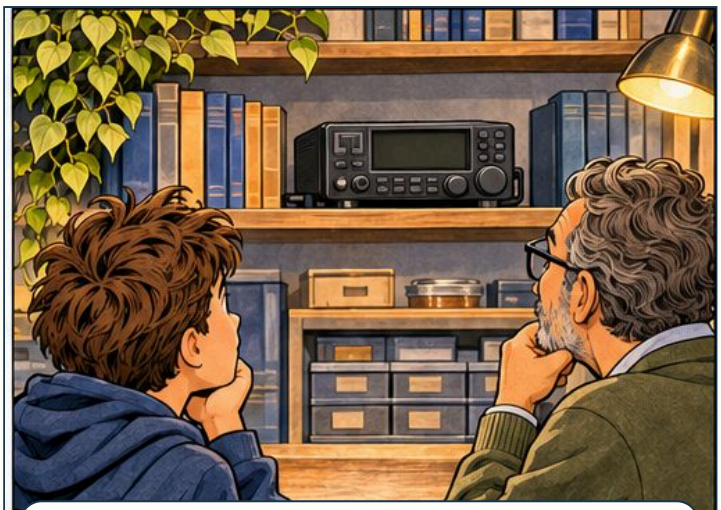


Jaunietis mācās lasīt tālāk par pirmo rindu.

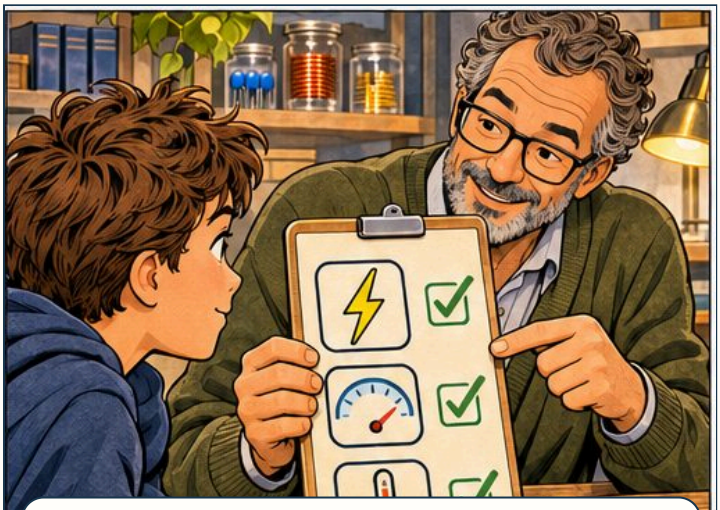
Mērījumu galds nekvalificē raidītāju



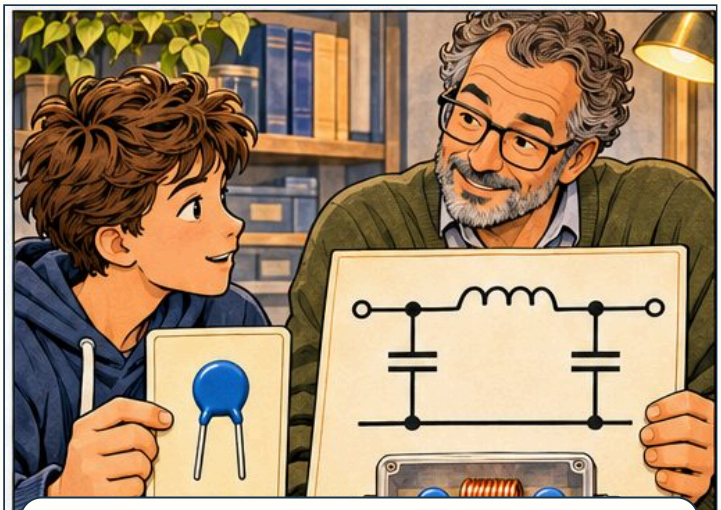
Demonstrējuma shēma saņem tikai analizatora paredzēto vājo signālu.



Izmantošanai raidīšanā būtu vajadzīgas citas pārbaudes.



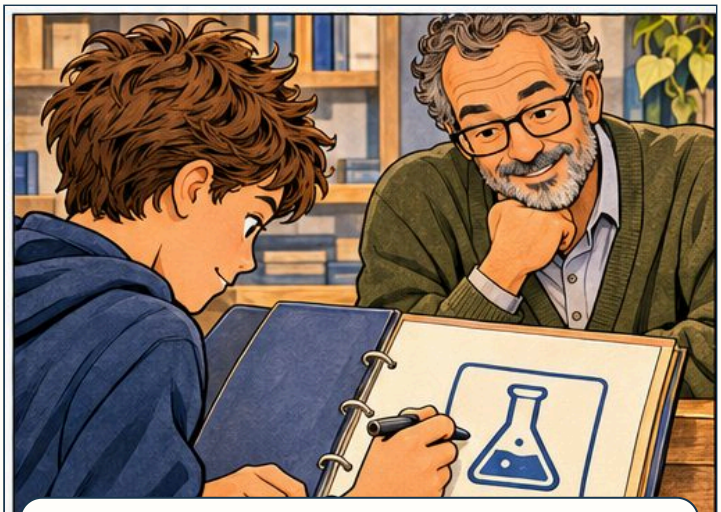
Būtu jāpēta spriegumi, strāvas, sasilšana un pieļaujamā jauda.



Viena kondensatora izturība neapstiprina visa filtra piemērotību.

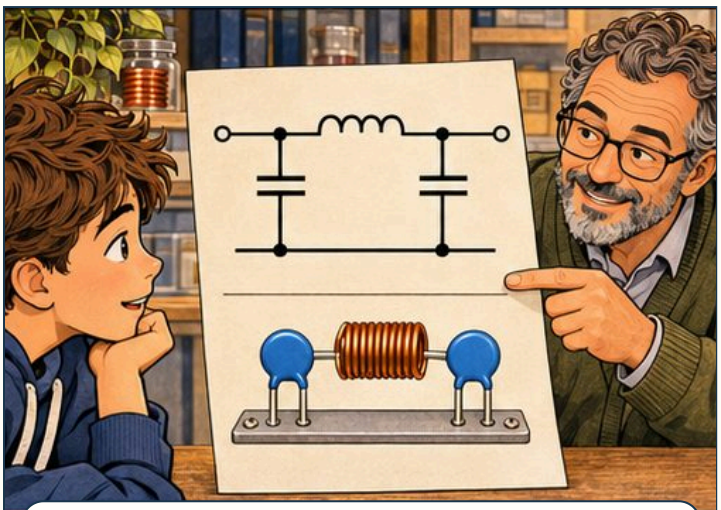


Šajā nodarbībā jaudas izmēģinājumu nav.

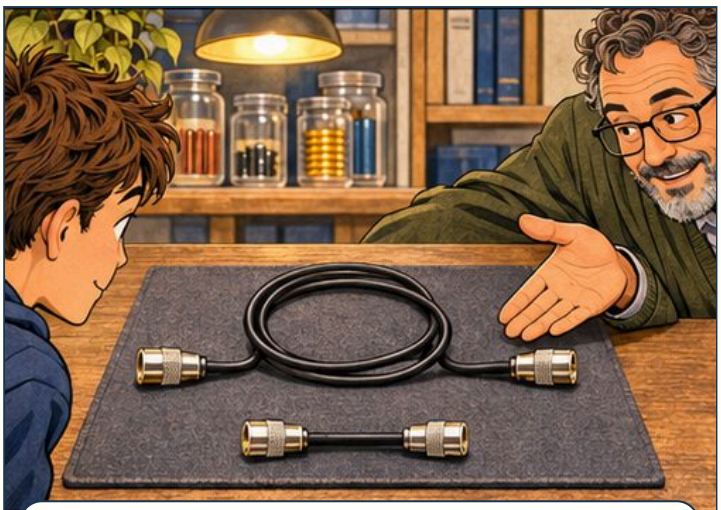


Jaunietis skaidri pieraksta izveidotās shēmas robežas.

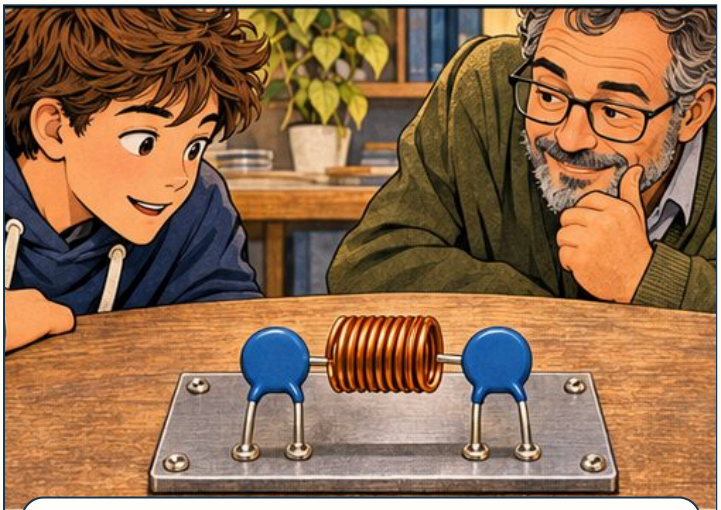
Izkārtojuma zīmējums



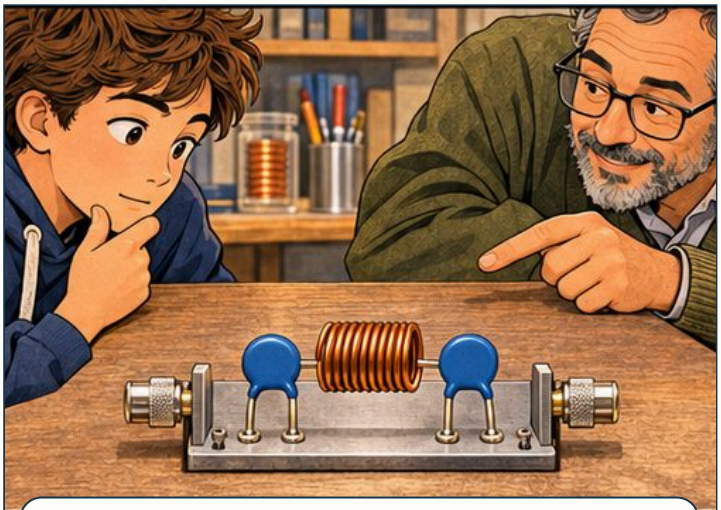
Shēma rāda savienojumus, bet ne visu to ģeometriju.



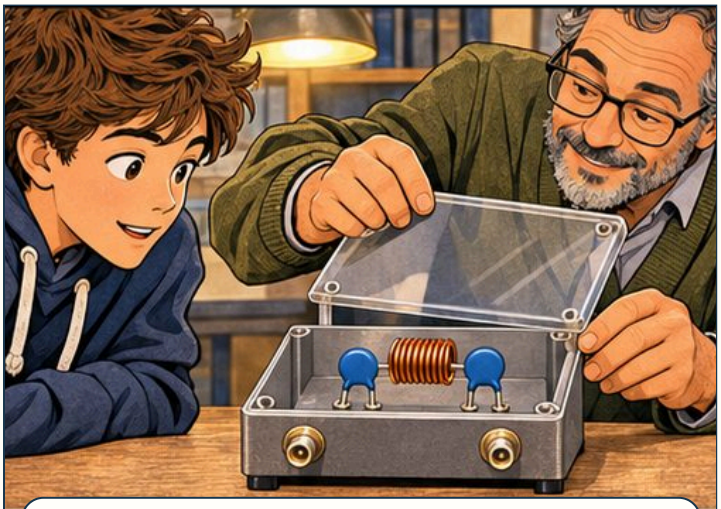
Šajās frekvencēs vadu garumam un izkārtojumam var būt nozīme.



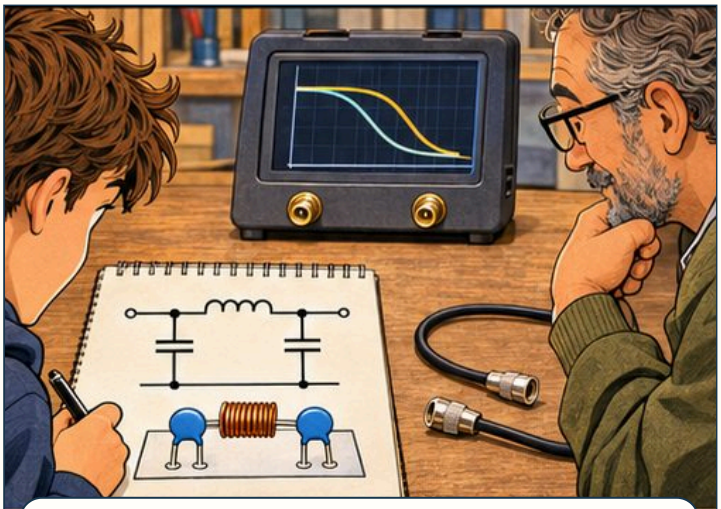
Viņi paredz kopēju atskaites vadu un īsus savienojumus.



Viņi arī atdala ceļus, kas varētu tieši savstarpēji saistīties.



Henri sagatavo mērījumiem piemērotu demonstrējuma moduli.

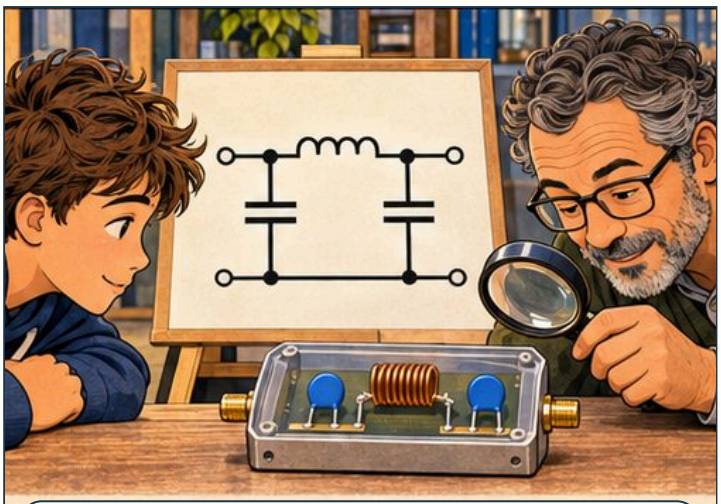


Lucas salīdzina izkārtojumu ar shēmu savienojumu pēc savienojuma.

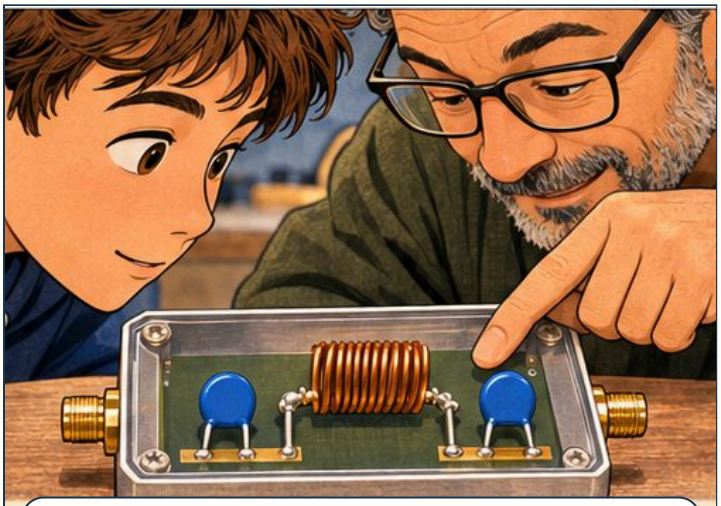
Pārbaudīt pirms pievienošanas



Gatavošanās laikā mērījuma signāla avots ir izslēgts.



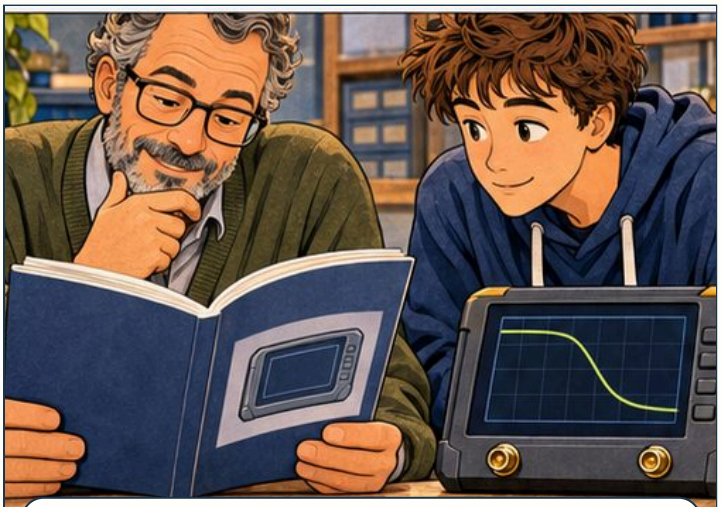
Viņi pārbauda savienojumus, detaļas un kopējo atskaiti.



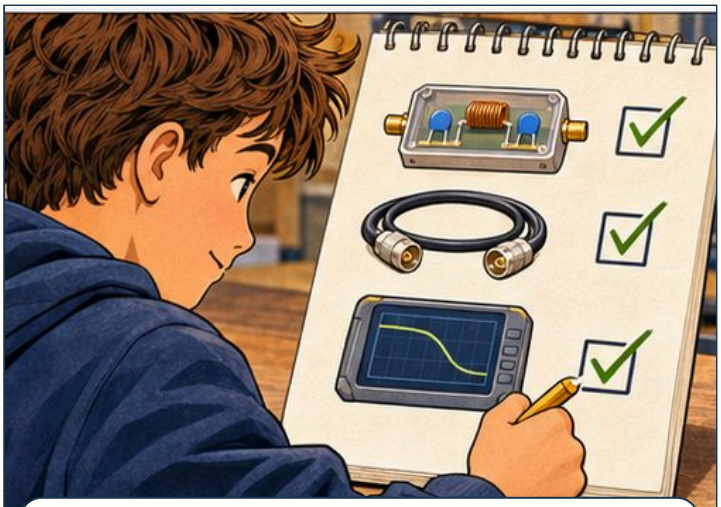
Meklē īsslēgumu, nepareizu savienojumu vai bojātu detaļu.



Pārbauda arī savienotājus un kabeļus.



Mentors pārbauda ierīces ieejas robežvērtības.

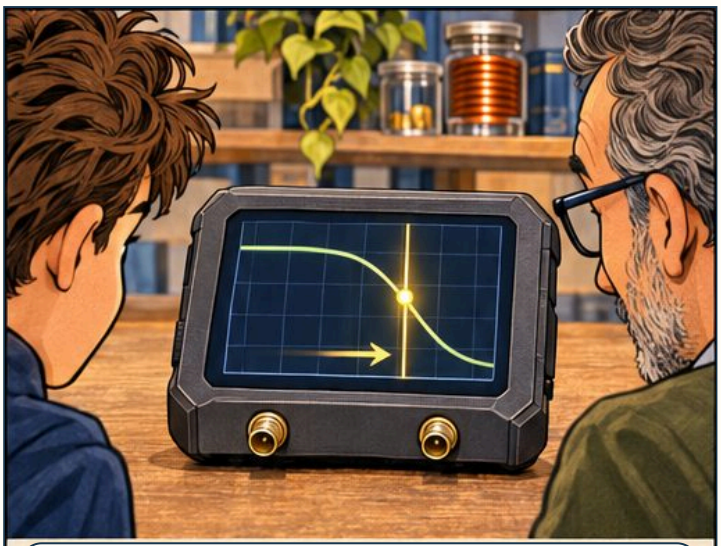


Jaunietis pabeidz sarakstu pirms pirmās frekvenču izvēršanas.

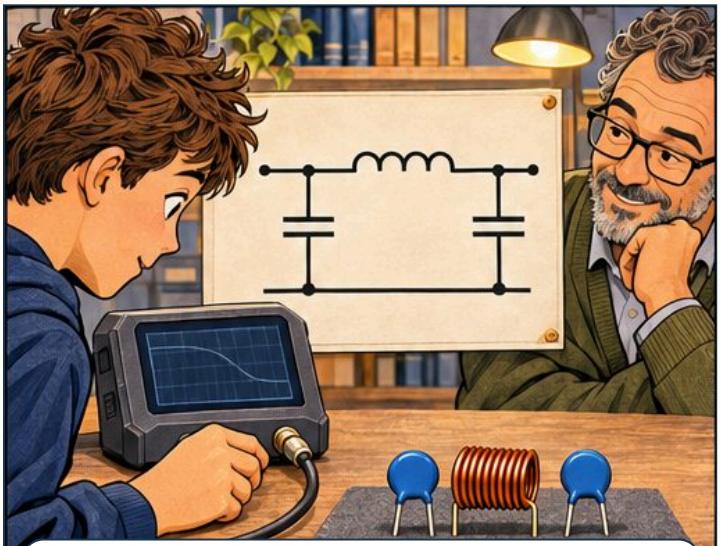
Analizators uzdod jautājumus



Ķēžu analizators sūta zināmu vāju signālu.



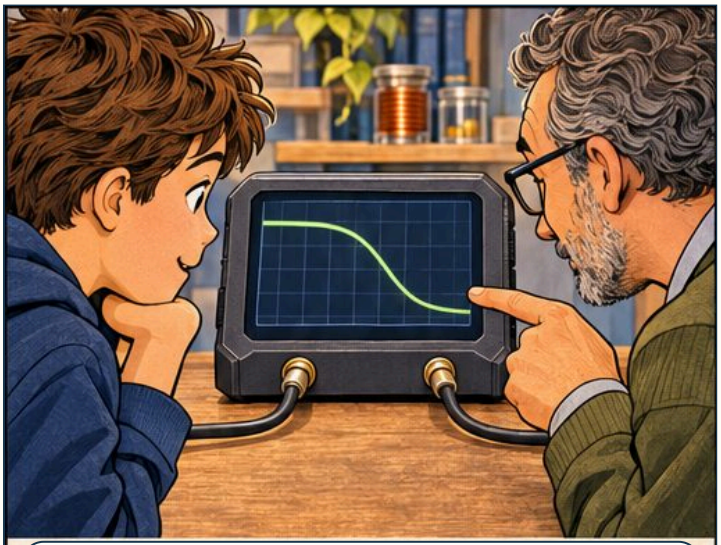
Tas pārslauka izvēlētu frekvenču diapazonu.



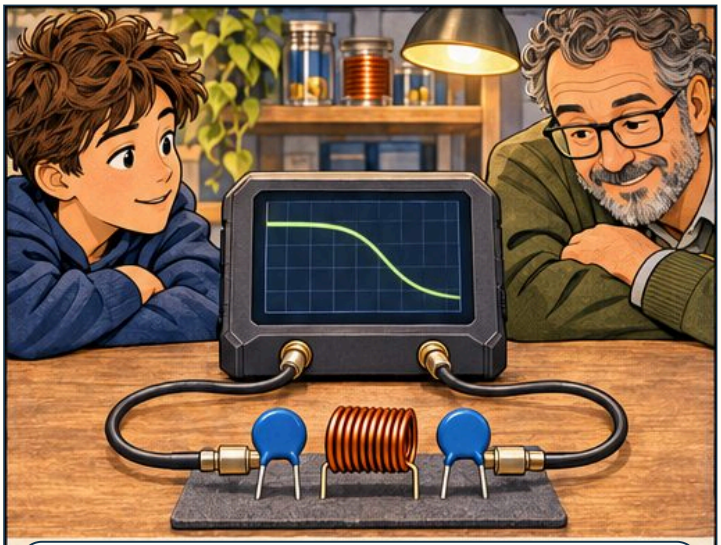
1. ports baro filtra ieeju.



2. ports novēro pārvadi filtra izejā.



Parametrs S21 ļauj sekot šai pārvadei.



Porti nodrošina paredzētās 50 Ω atskaites.

Kalibrēt pareizajā vietā



Arī kabeļi un adapteri piedalās mērījumā.



Tādēļ viņi ievēro ierīcei paredzēto kalibrēšanas procedūru.



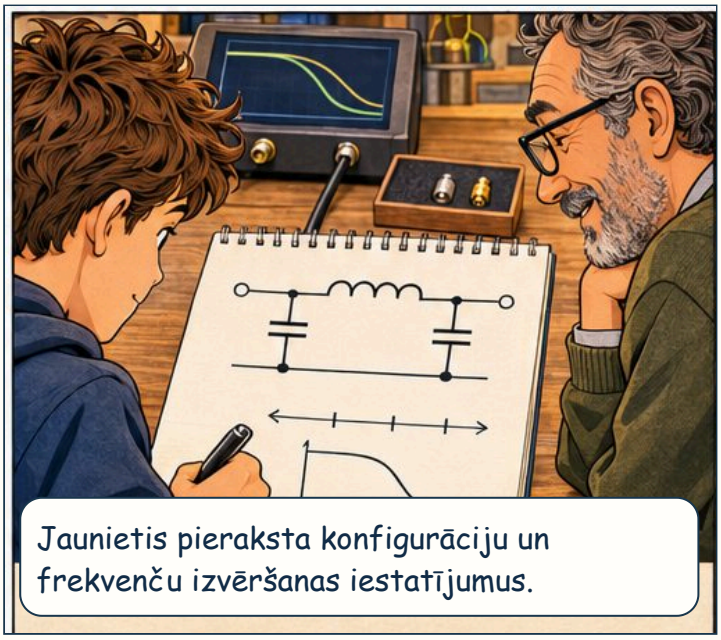
Atbilstošos etalonus pievieno saskaņā ar instrukciju.



Atskaites plaknes novieto kabeļu galos.



Pēc kalibrēšanas šos savienojumus iespējami saglabā.



Jaunietis pieraksta konfigurāciju un frekvenču izvēršanas iestatījumus.

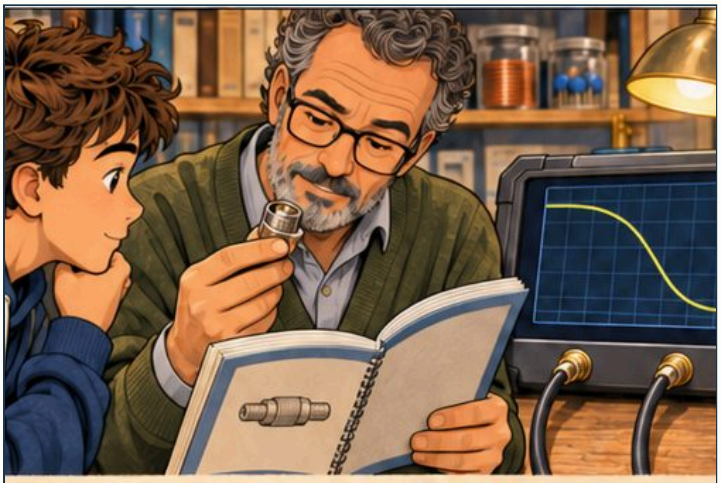
Pārbaudīt tiešo ceļu



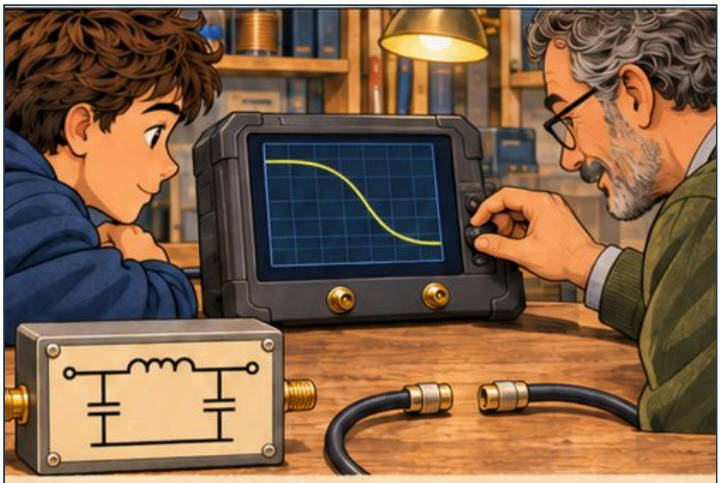
Pirms filtra tiešs savienojums ļauj pārbaudīt atskaiti.



Gaidāmajai pārvadei jāatbilst šim savienojumam.



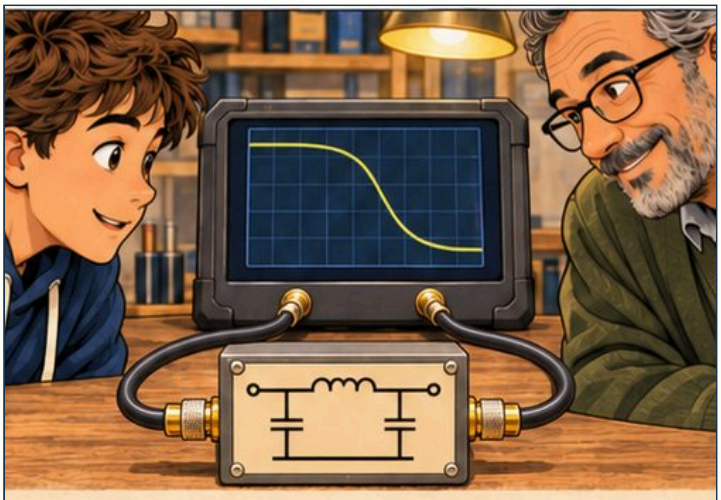
Anomālija liek pārbaudīt kabeļus, kalibrēšanu un iestatījumus.



Filtru nemaina, lai noslēptu mērīšanas sistēmas kļūdu.



Pēc pārbaudes avotu izslēdz pirms pievienošanas.

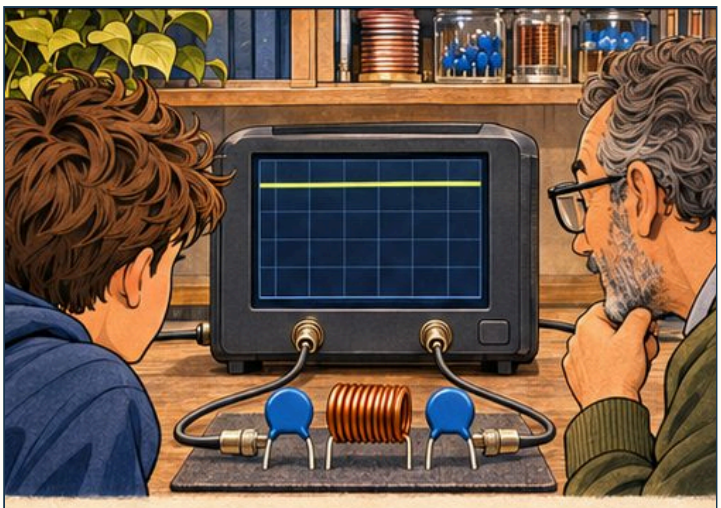


Tad filtru ievieto starp abiem kabeļiem.

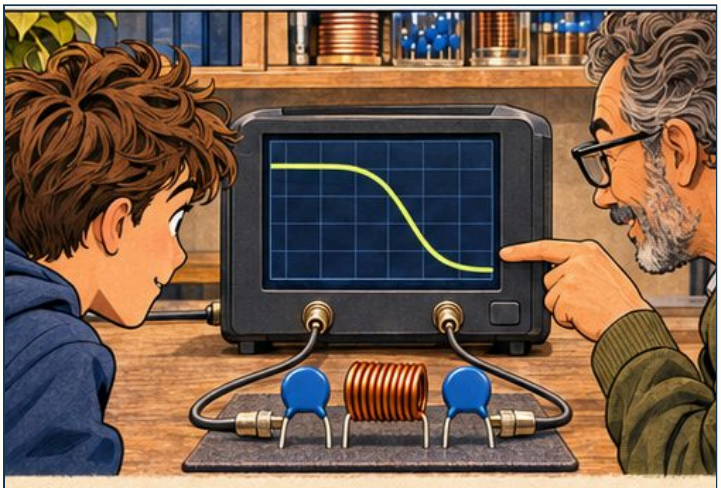
Pirmā frekvenču izvēršana



Viņi sāk izvēršanu, kas aptver vajadzīgo joslu un pāreju.



Zemajās frekvencēs līkne paliek augstāk.



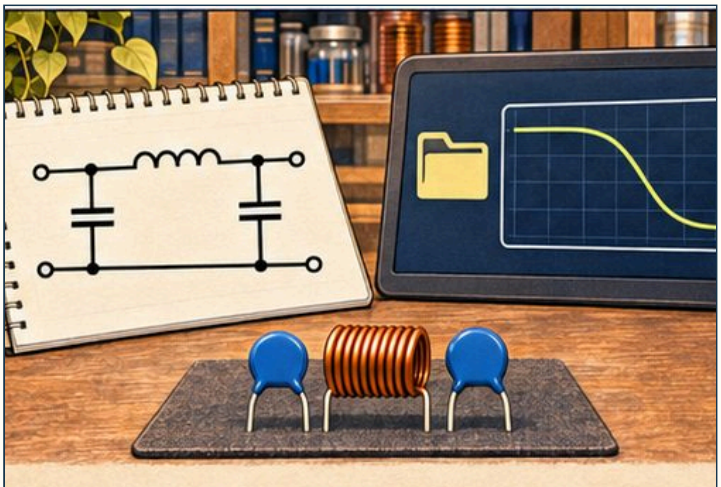
Frekvencei pieaugot, tā pēc tam krītas.



Jaunietis atpazīst paredzēto formu, negaidot pilnīgu sakritību.

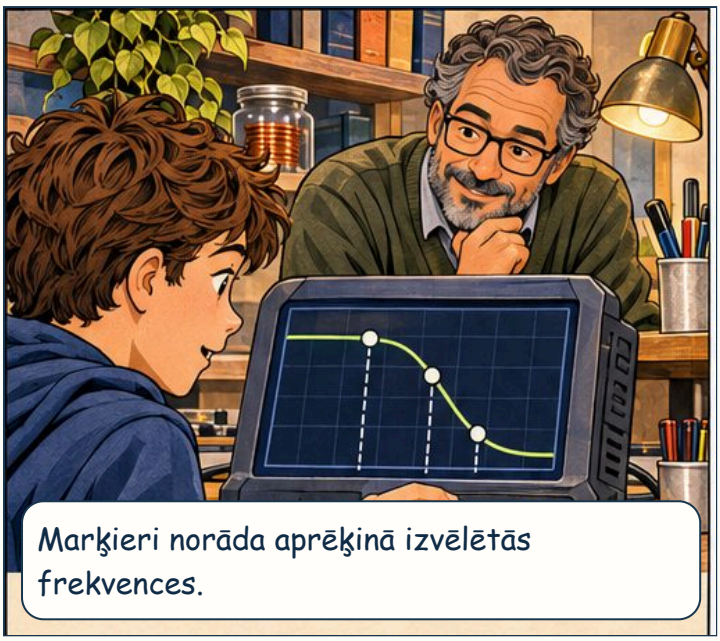


Viņš saglabā līkni un mērījuma nosacījumus.



Saglabāto rezultātu varēs salīdzināt pēc katras izmaiņas.

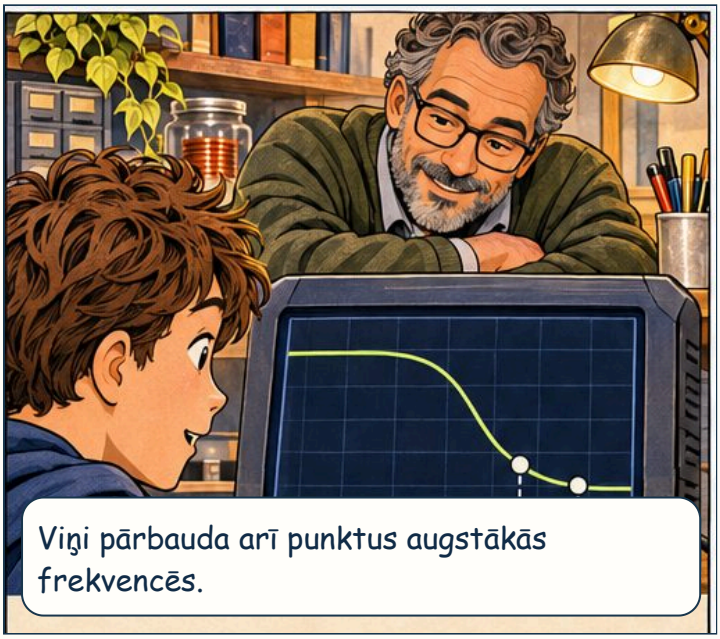
Nolasīt konkrētus punktus



Marķieri norāda aprēķinā izvēlētās frekvences.



Viņi nolasa pārvadi gaidāmās robežas tuvumā.



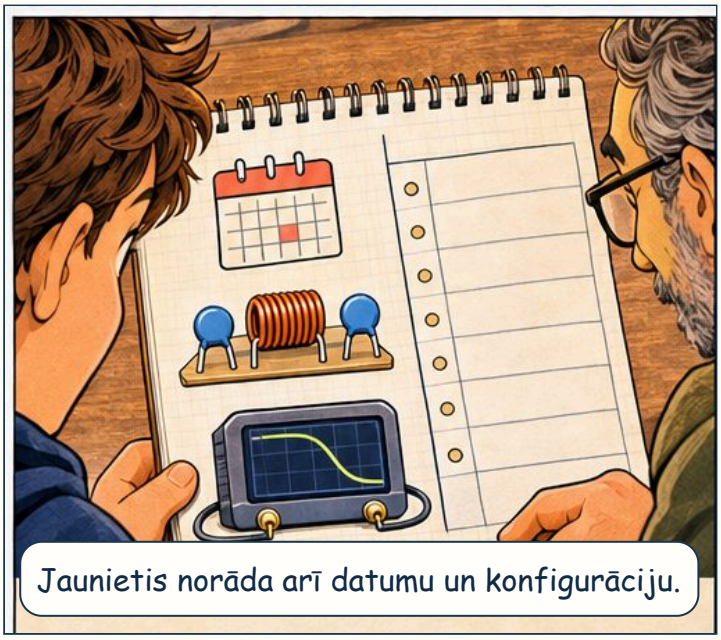
Viņi pārbauda arī punktus augstākās frekvencēs.



Faktiski nolasītās vērtības ieraksta mērījumu ailē.



Viņi saglabā iegūto rādījumu, pat ja tas atšķiras no prognozes.



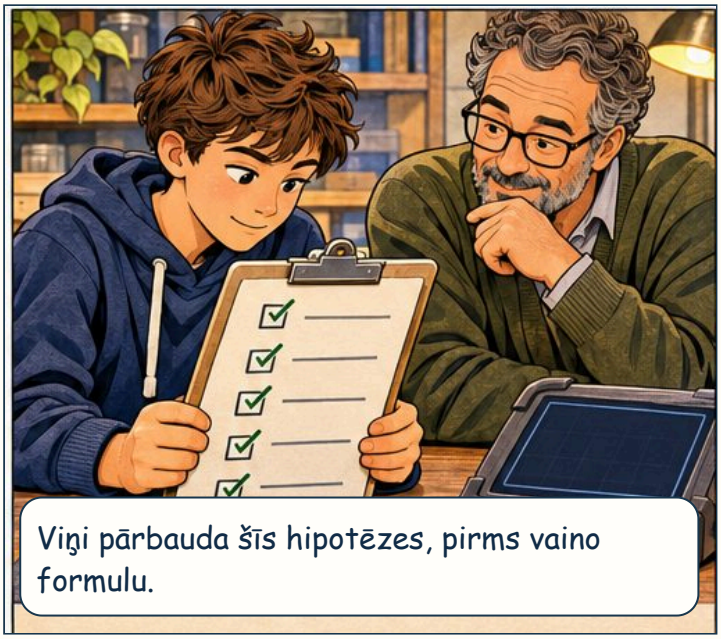
Jaunietis norāda arī datumu un konfigurāciju.

Saprast novirzi





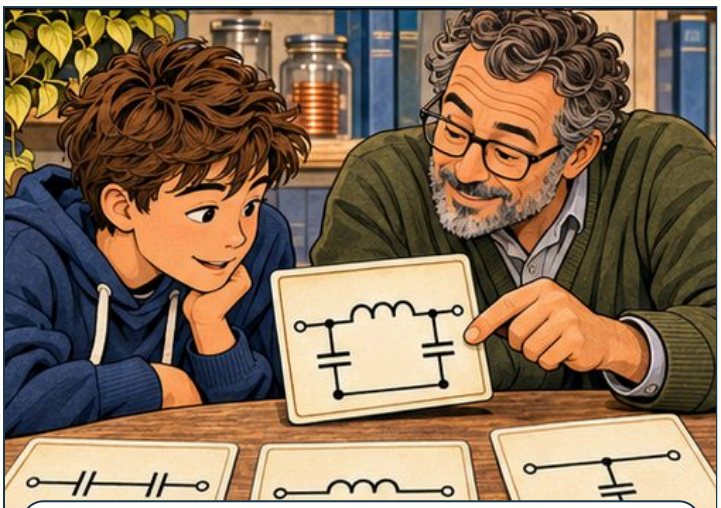




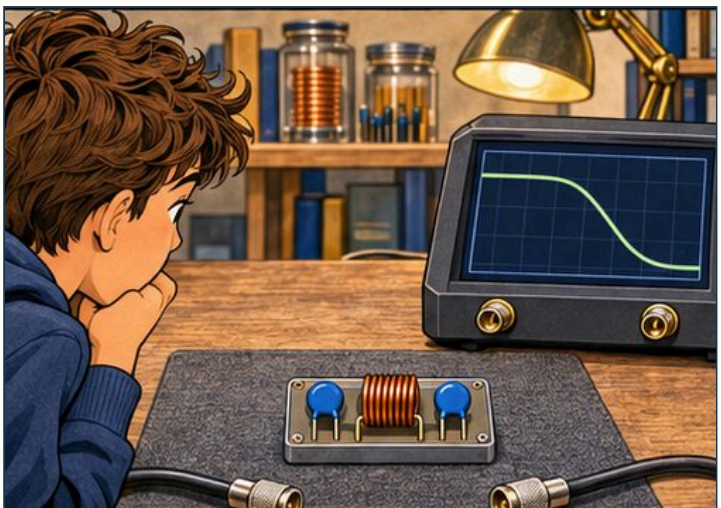




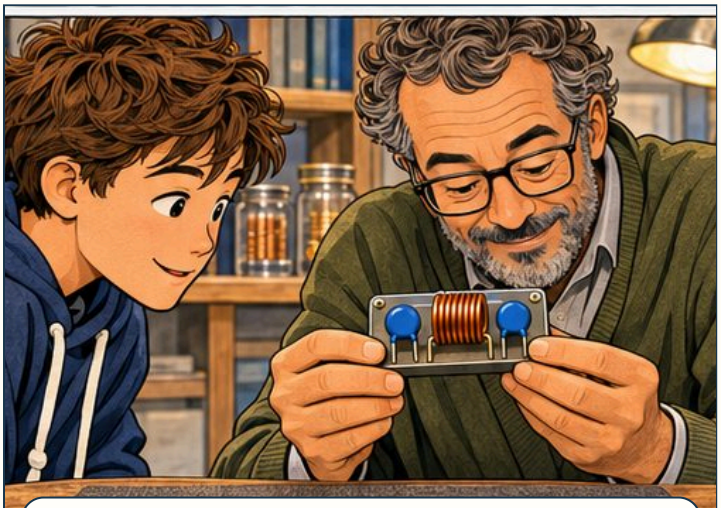
Viena izmaiņa vienlaikus



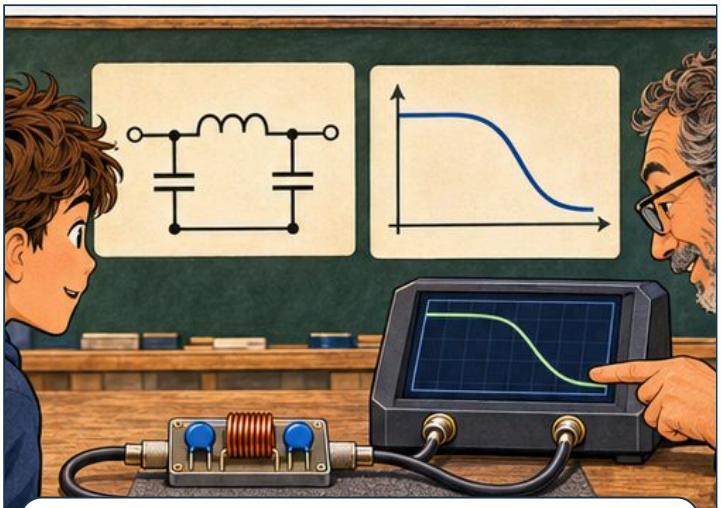
Viņi izvēlas vienu hipotēzi un sagatavo pamatotu izmaiņu.



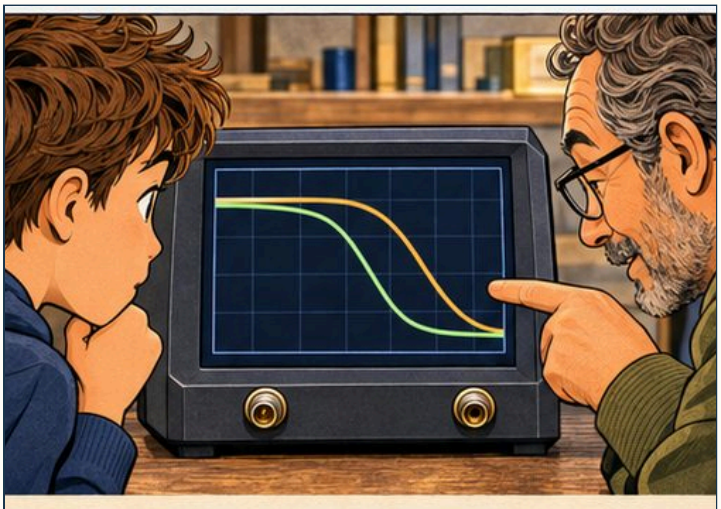
Pirms darba avotu izslēdz un moduli atvieno.



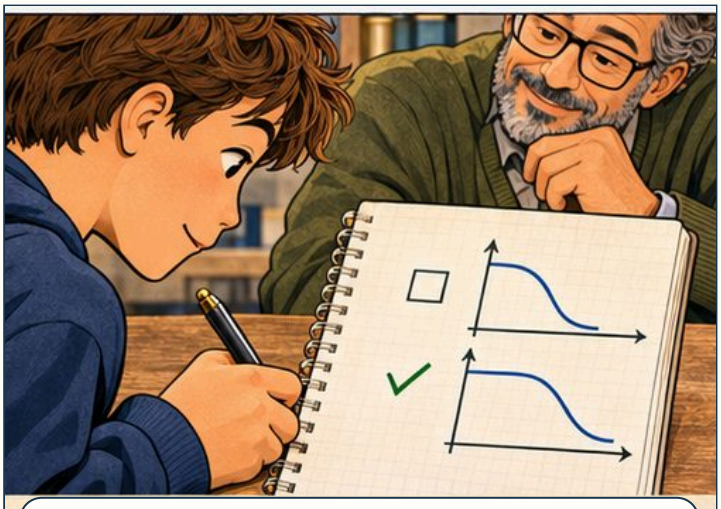
Henri veic izmaiņu un pēc tam pārbauda shēmu.



Izvēršanu atkārto ar tiem pašiem dokumentētajiem nosacījumiem.

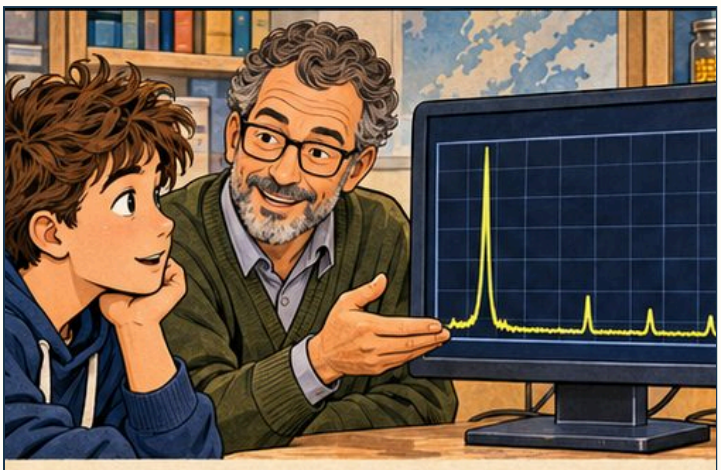


Viņi salīdzina veco un jauno līkni.

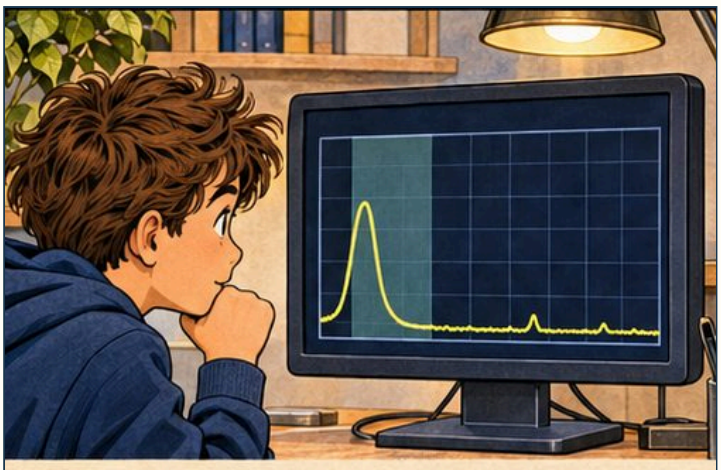


Šī metode nesajauc vairākus iespējamos cēloņus.

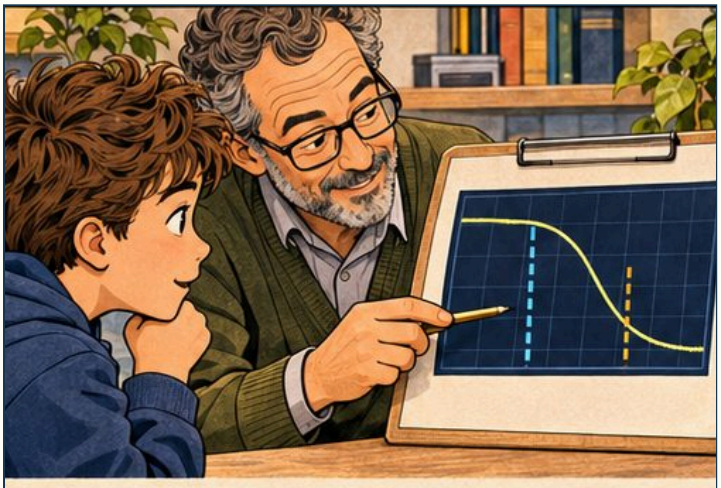
Vājinājumam ir robežas



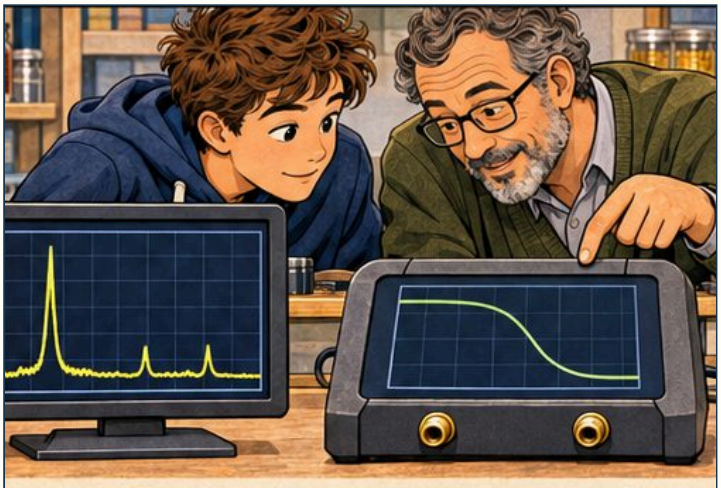
Zemfrekvenču filtrs neizdzēš visas nevēlamās sastāvdaļas.



Sastāvdaļa caurlaides joslā tiks vājināta maz.



Aizture atkarīga no frekvences un realizācijas.



Pilnīgai spektra pārbaudei vajadzētu papildu piemērotus mērījumus.



Filtra esība nepierāda stacijas atbilstību prasībām.

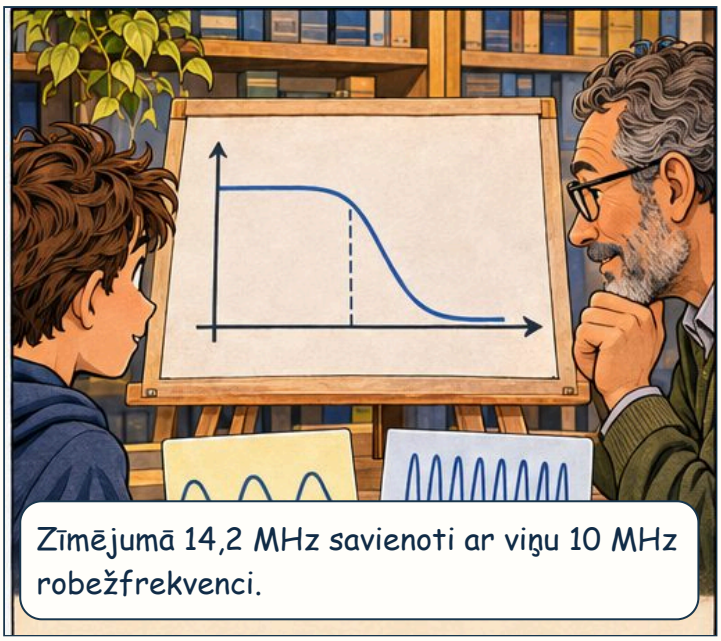


Jaunietis atšķir noderīgu funkciju no vispārējas garantijas.

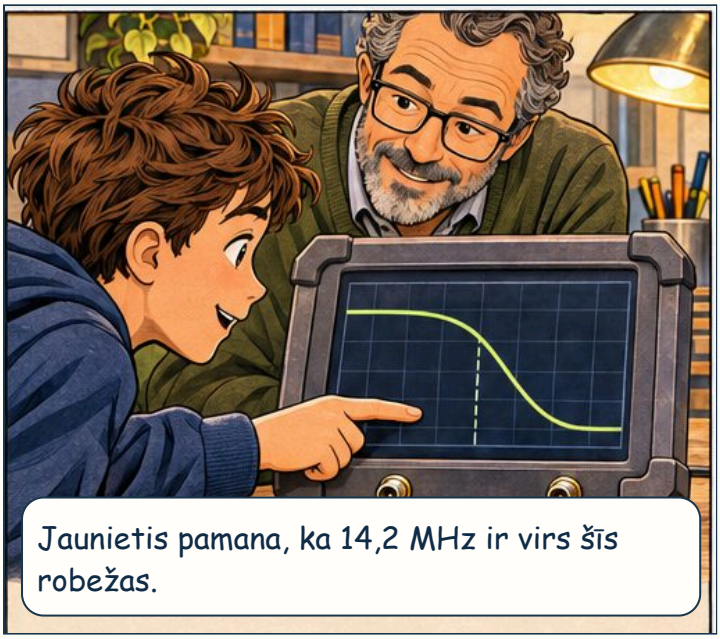
Vajadzīgajai frekvencei jāiziet cauri



Visbeidzot mentors stacijas zīmējumā piedāvā āķīgu uzdevumu.



Zīmējumā 14,2 MHz savienoti ar viņu 10 MHz robežfrekvenci.



Jaunietis pamana, ka 14,2 MHz ir virs šīs robežas.



Šī izvēle vājinātu arī saglabājamo signālu.

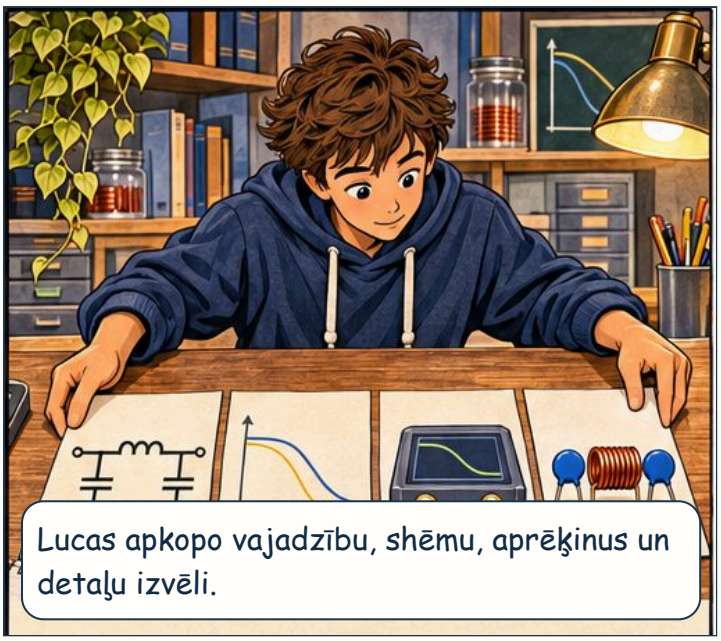


Pirms lietošanas jāpārskata prasību dokuments.



Aprēķina piemērs nav universāls filtrs.

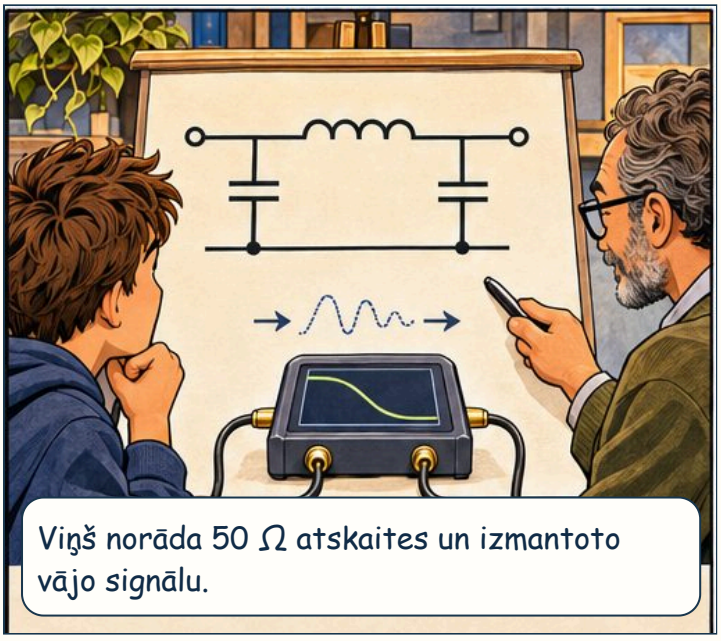
Sagatavot kopīgojamu skaidrojumu



Lucas apkopo vajadzību, shēmu, aprēķinus un detaļu izvēli.



Viņš atšķir prognozes no patiesi novērotajiem rezultātiem.



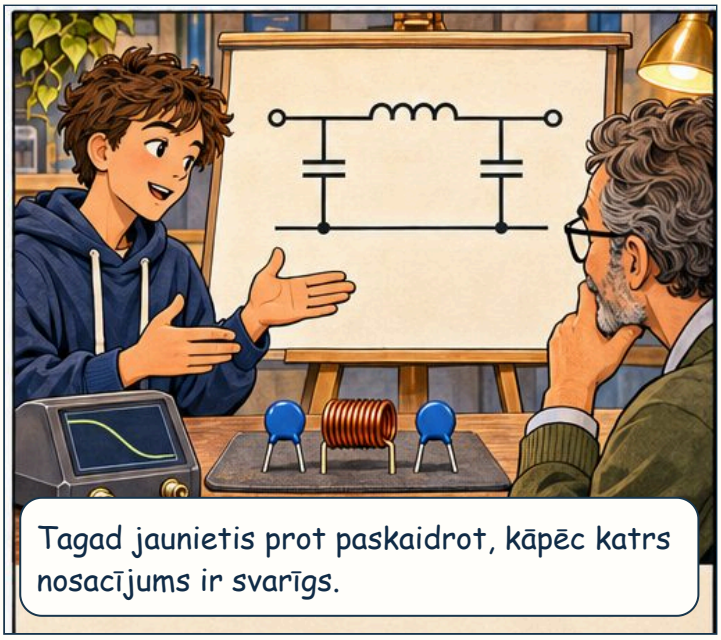
Viņš norāda 50 Ω atskaites un izmantoto vājo signālu.



Viņš saglabā līknes, kalibrēšanu un eksperimenta robežas.



Henri tēlo apmeklētāju un uzdod pēdējo jautājumu.



Tagad jaunietis prot paskaidrot, kāpēc katrs nosacījums ir svarīgs.

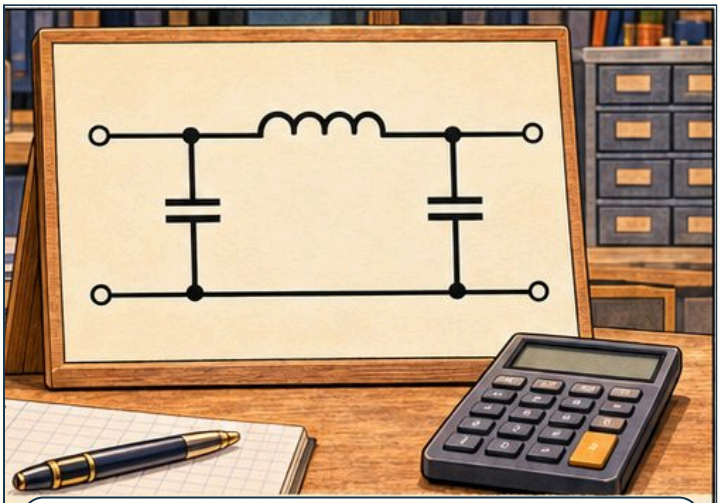
Saprast, aprēķināt, izmērīt



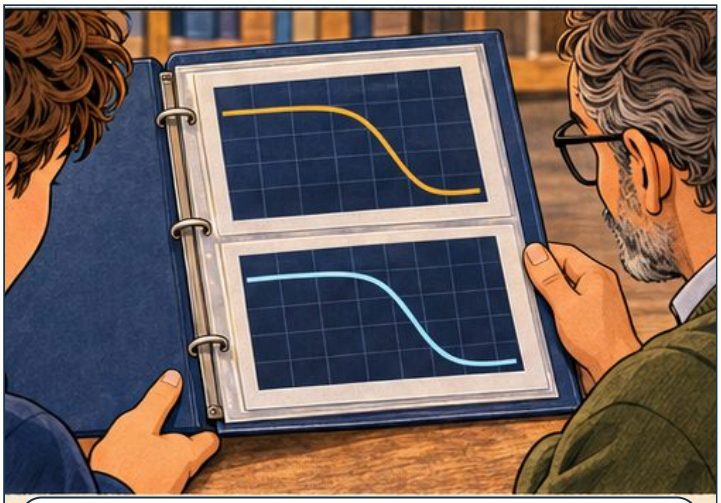
Trīs detaļas atgriežas mācību kastē.



Jaunietis tagad prot sasaistīt vajadzību ar filtra reakciju.



Viņš prot aprēķināt šo π Batervorta filtru un pārbaudīt vienības.



Viņš prot arī mērīt, salīdzināt un pētīt novirzes.



Kladē paliek metode ar tās pieņēmumiem un robežām.



Klubā nākamais atklājums jau sākas ar jautājumu.