GUIA DOCENT · SIMULACIENCIA

Guia docent: simulació de circuits elèctrics

Fitxa ràpida

La simulació de circuits elèctrics munta circuits de corrent continu amb una pila, un interruptor i bombetes o resistències, i mostra en cada receptor la seva tensió, la seva intensitat i la seva potència, amb els electrons movent-se pels cables. Té tres modes: llei d'Ohm amb un receptor i aparells de mesura, receptors en sèrie i receptors en paral·lel. A Catalunya el seu ús principal és al bloc de 1r a 3r d'ESO, on el currículum demana el disseny, el muntatge i l'anàlisi de circuits elèctrics elementals «tant en un entorn físic com simulat», amb ús puntual a 4t d'ESO.

Dada	Detall
Enllaç	simulaciencia.es/ca/simulacions/circuitos/
Cursos	1r a 3r d'ESO (ús principal); ús puntual a 4t d'ESO i a Física de 1r de Batxillerat
Matèria	Física i Química; Física al batxillerat
Durada orientativa	15–20 minuts d'explicació amb la simulació projectada (dues sessions al bloc de 1r a 3r)
Material	Projector o pissarra digital; funciona al navegador, també al mòbil i a la tauleta, sense instal·lar res. En pantalles estretes els controls passen a dalt i el llenç a sota; per explicar és millor una pantalla gran
Coneixements previs	La matèria està formada per àtoms amb electrons. Per a la llei d'Ohm, aïllar en una fórmula de tres magnituds i llegir una gràfica
Accessibilitat	Tema fosc, clar i d'alt contrast (botó de la roda dentada). Botó «Electrons» per amagar l'animació. Tot el que es prem al circuit també es pot fer des del tauler

Com funciona la simulació

La simulació té tres modes, «Llei d'Ohm», «Sèrie» i «Paral·lel», que es trien a dalt del tauler esquerre. En tots tres es veu el circuit a dalt i, a sota, una gràfica o uns diagrames de barres. Els canvis es veuen a l'instant: no cal prémer cap botó perquè el circuit «funcioni».

Mode	Què controla el docent	Què mostra
Llei d'Ohm	«Resistència (R)» de 5 a 100 Ω, en passos de 5 (comença a 20 Ω). Els botons «▯ Anotar mesura» i «Esborrar mesures»	Una pila, un interruptor, un amperímetre en sèrie i un receptor amb un voltímetre en paral·lel. Cada aparell té una pantalla amb la seva lectura. A sota, la «GRÀFICA INTENSITAT – TENSIÓ» i el requadre «LLEI D'OHM» amb el càlcul, per exemple «I = 6,00 V / 20 Ω = 0,300 A»
Sèrie	«Nombre de receptors» (2 o 3), «Resistència R_1», «R_2» i «R_3» de 5 a 100 Ω (comencen a 10, 20 i 30 Ω) i els botons «Receptors connectats» R_1, R_2 i R_3	Els receptors l'un darrere l'altre al cable de dalt. Al costat de cadascun, la seva R, V, I i P. A sota, els diagrames «TENSIONS (V)» i «INTENSITATS (A)»
Paral·lel	Els mateixos controls que en sèrie	Cada receptor a la seva branca, entre el cable de dalt i el de baix, amb els seus valors al costat i els mateixos diagrames de barres

Mode	Què controla el docent	Què mostra
En tots tres modes	«Tensió de la pila» de 0 a 12 V, en passos de 0,5 (comença a 6,0 V). L'interruptor. «Tipus de receptor»: «Bombetes» o «Resistències»	Les bombetes brillen més com més potència tenen; les resistències es posen vermelles. Amb el circuit obert apareix l'avís «Circuit obert: no circula corrent (I = 0).»

L'interruptor s'obre i es tanca des del tauler o prement-lo al circuit. En sèrie i en paral·lel, un receptor es treu i es torna a posar amb els botons «Receptors connectats» o prement-lo al circuit; al seu lloc queden els dos borns buits i el rètol «bombeta treta» o «resistència treta».

Quatre elements sostenen l'explicació:

- **Els electrons.** Uns punts blaus amb signe «−» recorren els cables de − a +, més de pressa on la intensitat és més gran. Són sempre a tots els cables: en obrir el circuit s'aturen, però no desapareixen. Una fletxa taronja amb «I = …» marca el sentit convencional del corrent, de + a − per fora de la pila. El botó «Electrons», a dalt a la dreta del llenç, els amaga.
- **Els rètols del circuit.** La pila mostra la seva tensió i els seus pols. Cada receptor mostra «R_1 = 10 Ω» i a sota (o a la seva dreta) «V_1», «I_1» i «P_1». Amb l'interruptor obert i un sol buit al circuit es llegeix la tensió entre els seus extrems, per exemple «V = 6,00 V».
- **La gràfica I–V.** Al mode «Llei d'Ohm» cada mesura anotada és un punt. Cada resistència té el seu color i la seva recta I = V / R; la del receptor actual és discontínua i un cercle marca el punt en què està funcionant. L'escala d'intensitat s'ajusta sola.
- **Els diagrames de barres.** En sèrie i en paral·lel hi ha una barra per receptor i una altra per a la pila (tensions) o el total (intensitats). Quan l'última és la suma de les altres, es dibuixa apilada amb els trossos V_1, V_2, V_3 o I_1, I_2, I_3. A dalt a la dreta es recorda la regla que es compleix, per exemple «$V = V_1 + V_2 + V_3$».

El desplegable «Mesures del circuit» és obert en començar. Dona la tensió, la intensitat total i la resistència (la «R equivalent» en sèrie i en paral·lel), una taula «Receptors» amb R, V, I i P de cadascun i del total, i una frase que resumeix el que passa. Al mode «Llei d'Ohm» hi afegeix la «Taula de mesures», amb fins a 12 files i la columna V / I. El desplegable «Fórmules essencials» reuneix I = q / t, V = I · R i les seves formes aïllades, P = V · I, les regles de la sèrie i del paral·lel i les unitats. A la capçalera, «Descripció i regles ràpides» resumeix les tres regles clau.

Ús a cada curs

Al bloc de 1r a 3r d'ESO la simulació serveix per presentar el circuit elèctric, els seus elements i les magnituds elèctriques amb els seus aparells de mesura, i després per treballar la llei d'Ohm i l'associació de resistències en sèrie i en paral·lel. A 4t d'ESO i a Física de 1r de Batxillerat el seu ús és puntual.

Els sabers i els criteris d'avaluació citats són els del currículum de Catalunya: Decret 175/2022 (DOGC núm. 8762, de 29 de setembre de 2022) per a l'ESO i Decret 171/2022 (DOGC núm. 8758, de 22 de setembre de 2022) per al batxillerat. A l'ESO, els sabers de 1r, 2n i 3r formen un sol bloc i cada centre decideix en quin curs treballa cada saber; 4t té el seu propi bloc. Al batxillerat, Física i Química són matèries separades des de 1r. Està previst que a partir del curs 2026-27 la Física i la Química de 1r de Batxillerat es fusionin en una sola matèria, «Física i Química»; quan se'n publiqui el currículum caldrà revisar l'apartat de 1r.

A Catalunya els circuits elèctrics són al bloc de 1r a 3r i el currículum preveu explícitament treballar-los en un entorn simulat. Les dues sessions es poden fer al mateix curs o separar-les: la primera en un curs i la

segona, amb els càlculs, en un altre.

1r a 3r d'ESO: el circuit, les magnituds elèctriques i la llei d'Ohm

12–15 anys · 7th–9th grade als EUA · Year 8–10 al Regne Unit

Sabers. L'energia: «Disseny, muntatge i anàlisi de circuits elèctrics elementals, tant en un entorn físic com simulat», «Realització d'experiments relacionats amb la naturalesa elèctrica de la matèria, i comprovació i interpretació de les propietats conductores dels materials» i «Anàlisi crítica dels diferents processos d'obtenció d'energia elèctrica, per desenvolupar consciència sobre la necessitat de l'estalvi energètic...». Habilitats científiques bàsiques: «Ús del llenguatge científic, incloent-hi l'ús adequat de representacions, sistemes d'unitats i eines matemàtiques...».

Criteris d'avaluació. 1.1 (analitzar conceptes, fenòmens i processos interpretant informació en diferents formats, com esquemes, símbols i gràfics), 2.3 (portar a terme dissenys experimentals amb les eines adequades i interpretar-ne els resultats amb eines matemàtiques) i 3.2 (utilitzar adequadament les unitats de mesura i les eines matemàtiques).

El currículum català no anomena la llei d'Ohm, el corrent continu ni l'associació de resistències; formen part de l'«anàlisi de circuits elèctrics elementals».

Objectius. Reconèixer els elements d'un circuit i els seus símbols. Distingir tensió, intensitat i resistència, amb les seves unitats. Saber com es connecten l'amperímetre i el voltímetre. Explicar el corrent continu com un moviment d'electrons en un sol sentit. Comprovar experimentalment la llei d'Ohm i representar-la en una gràfica. Calcular la resistència equivalent de dues o tres resistències en sèrie i en paral·lel.

Seqüència d'explicació, 1a sessió: el circuit i les magnituds (15–20 min).

1. Mode «Llei d'Ohm» amb els valors inicials. Assenyalar la pila, l'interruptor, els cables i la bombeta, i dibuixar-ne els símbols a la pissarra. La placa llarga de la pila és el pol +.
2. Obrir l'interruptor. La bombeta s'apaga i els electrons s'aturen, però continuen als cables: no surten de la pila, ja hi eren. L'amperímetre marca 0,000 A. Tancar-lo de nou.
3. Llegir els aparells. L'amperímetre, en sèrie, mesura la intensitat: 0,300 A. Explicar que la intensitat és la càrrega que passa cada segon ($I = q / t$): 0,3 C cada segon, 18 C en un minut. El voltímetre, en paral·lel amb la bombeta, mesura la tensió: 6,00 V. Escriure les unitats: volt (V), ampere (A) i ohm (Ω).
4. Pujar la «Tensió de la pila» a 12 V. La intensitat es duplica (0,600 A), els electrons van el doble de ràpid i la bombeta brilla més. Baixar-la a 0 V: la pila no impulsa els electrons i no hi ha corrent.
5. Explicar el corrent continu: els electrons es mouen sempre en el mateix sentit, de − a +. Per conveni, el sentit del corrent és el contrari, de + a −, com marca la fletxa taronja.
6. Passar a «Sèrie» i després a «Paral·lel» i treure en cada cas la bombeta R_2. En sèrie s'apaguen totes; en paral·lel les altres continuen enceses. Preguntar com deuen estar connectats els llums de casa.

Seqüència d'explicació, 2a sessió: llei d'Ohm i associació de resistències (15–20 min).

1. Mode «Llei d'Ohm» amb R = 20 Ω. Formular la pregunta: com canvia la intensitat en canviar la tensió? Portar la tensió a 2, 4, 6, 8, 10 i 12 V i prémer «📝 Anotar mesura» a cadascuna. La taula dona 0,100, 0,200, 0,300, 0,400, 0,500 i 0,600 A, i la columna V / I val sempre 20 Ω.
2. Mirar la gràfica: els punts formen una recta que passa per l'origen. Tensió i intensitat són proporcionals i la constant és la resistència: $V = I \cdot R$.
3. Canviar a R = 40 Ω i anotar 4, 8 i 12 V: 0,100, 0,200 i 0,300 A. La recta nova té la meitat de pendent (0,025 A/V davant de 0,050 A/V): amb més resistència passa menys corrent per a la mateixa tensió.

4. Plantejar un problema: quina resistència fa passar 0,240 A amb una pila de 12 V? R = 12 / 0,24 = 50 Ω. Comprovar-ho amb el lliscador.
5. Mode «Sèrie» amb els valors inicials (6,0 V; 10, 20 i 30 Ω). La intensitat és la mateixa als tres, 0,100 A, i les tensions, 1, 2 i 3 V, sumen els 6 V de la pila: la barra de la pila és apilada. Resistència equivalent = 10 + 20 + 30 = 60 Ω i I = 6 / 60 = 0,100 A. Treure R_2: es talla l'únic camí i no circula corrent per cap receptor; entre els borns buits hi ha 6,00 V.
6. Mode «Paral·lel» amb els mateixos valors. Tots tenen 6 V i les intensitats, 0,600, 0,300 i 0,200 A, sumen 1,100 A. 1 / R equivalent = 1/10 + 1/20 + 1/30, per tant R equivalent = 5,45 Ω, menor que la més petita. Treure R_2: les altres branques no canvien i la intensitat total baixa a 0,800 A (R equivalent = 7,5 Ω).

4t d'ESO: ús puntual

15–16 anys · 10th grade als EUA · Year 11 al Regne Unit

A L'energia hi ha l'«Estimació de valors d'energia i consums energètics en situacions quotidianes mitjançant l'aplicació de coneixements, la cerca d'informació contrastada, l'experimentació i el raonament científic...». La simulació dona la potència de cada receptor (P = V · I) i serveix per estimar l'energia consumida amb E = P · t. Per exemple, la bombeta del mode «Llei d'Ohm» amb 6 V i 20 Ω consumeix 1,80 W; en una hora són 1,80 × 3600 = 6480 J. Amb tres bombetes iguals de 20 Ω a 6 V, en paral·lel cadascuna consumeix 1,80 W i en sèrie només 0,20 W: nou vegades menys, per això en sèrie brillen molt menys. No tracta l'energia en kWh ni el cost de la factura.

Física de 1r de Batxillerat: repàs puntual

16–17 anys · 11th grade als EUA · Year 12 al Regne Unit

A Energia hi ha els «Conceptes de treball i potència: elaboració d'hipòtesis sobre el consum energètic de sistemes mecànics o elèctrics de l'entorn quotidià i el seu rendiment». La taula «Receptors» permet comprovar que la potència total és la suma de les potències de cada receptor, tant en sèrie com en paral·lel, i repassar P = V · I = I^2 · R = V^2 / R.

Concepcions alternatives que ajuda a corregir

La simulació ataca sobretot la idea que el corrent «es gasta» en passar pels receptors i la idea que la pila dona sempre el mateix corrent. Cada fila indica la idea prèvia freqüent i com desmuntar-la amb la simulació.

Idea de l'alumnat	Idea correcta	Com mostrar-ho
«El corrent es gasta a les bombetes: a l'última n'arriba menys»	En sèrie la intensitat és la mateixa a tots els punts del circuit; el que es transforma és l'energia	Mode «Sèrie»: I_1 = I_2 = I_3 = 0,100 A i els electrons van igual de ràpid abans i després de cada bombeta
«Els electrons surten de la pila i triguen a arribar a la bombeta»	Els electrons ja són a tots els cables; la pila els posa en moviment a tots alhora	Obrir i tancar l'interruptor: els electrons s'aturen i arrenquen a tot el circuit alhora
«La pila dona sempre la mateixa intensitat»	La pila manté la tensió; la intensitat depèn de la resistència del circuit	Amb 6 V: 0,300 A amb un receptor de 20 Ω, 0,100 A amb tres en sèrie i 1,100 A amb tres en paral·lel
«Amb més bombetes, més resistència»	En sèrie la resistència equivalent augmenta; en paral·lel disminueix	Paral·lel amb 2 receptors: 6,67 Ω i 0,900 A; amb 3: 5,45 Ω i 1,100 A

Idea de l'alumnat	Idea correcta	Com mostrar-ho
«Si una bombeta es fon s'apaguen totes»	Només en sèrie; en paral·lel cada branca és independent	Treure R_2 a «Sèrie» i a «Paral·lel»
«Tensió i intensitat són el mateix»	Hi pot haver tensió sense corrent	Mode «Llei d'Ohm» amb l'interruptor obert: l'amperímetre marca 0,000 A i sota l'interruptor es llegeix «V = 6,00 V»
«La bombeta amb més resistència sempre brilla menys»	En sèrie brilla més la de més resistència ($P = I^2 \cdot R$); en paral·lel, la de menys	Valors inicials: en sèrie brilla més R_3 (0,30 W); en paral·lel, R_1 (3,60 W)
«Els electrons van de + a −, com el corrent»	El sentit convencional és de + a −; els electrons van de − a +	La fletxa taronja i els electrons blaus van en sentits oposats

Simplificacions que convé conèixer

La simulació prioritza que es vegin les regles de la sèrie i del paral·lel i, per això, tracta tots els elements com a ideals. Convé conèixer aquestes llicències per no reforçar idees incorrectes sense voler.

1. **Pila ideal.** No té resistència interna: dona sempre la seva tensió, passi el corrent que passi. Amb tres receptors de 5 Ω en paral·lel a 12 V circulen 7,2 A, cosa que una pila real no podria mantenir. No se simulen curtcircuits ni fusibles.
2. **Receptors òhmics.** Les bombetes tenen una resistència constant. En una bombeta real de filament la resistència creix molt en escalfar-se, així que la seva gràfica I–V no és una recta. La llei d'Ohm es compleix bé en resistències a temperatura constant.
3. **Cables, interruptor i aparells ideals.** Els cables i l'interruptor no tenen resistència; l'amperímetre tampoc i el voltímetre no deixa passar corrent.
4. **Velocitat dels electrons fora d'escala.** Els electrons d'un cable real avancen de mitjana fraccions de mil·límetre per segon. A l'animació la velocitat és proporcional a la intensitat (70 px/s per ampere) amb un límit a partir d'uns 4,6 A perquè es puguin seguir amb la vista. La separació entre electrons és sempre la mateixa.
5. **Brillantor orientativa.** La brillantor creix amb la potència però se satura ($P / (P + 0{,}5\ W)$), perquè es distingeixin tant 0,1 W com 3 W. No és una mesura de la llum emesa.
6. **Tensió als buits.** Amb un únic buit en sèrie (un receptor tret o l'interruptor obert), entre els seus extrems hi ha tota la tensió de la pila. Amb dos buits alhora aquesta tensió no està definida en un circuit ideal i es mostra «—».
7. **Només corrent continu.** No hi ha corrent altern, ni xarxa domèstica de 230 V, ni consum en kWh. Les resistències van de 5 en 5 Ω i la tensió de 0,5 en 0,5 V.

Fitxa d'activitats de l'alumnat

La fitxa d'activitats segueix l'esquema prediu, observa i explica. Cada activitat porta un enllaç a la simulació ja preparada, de manera que funciona a l'aula d'informàtica, amb tauletes o com a tasca a casa. Es descarrega en Word i LibreOffice per adaptar-la.

Curs	Activitats	Durada orientativa
1r a 3r d'ESO	Fitxa completa excepte Per ampliar	Dues sessions, o una si els problemes es fan com a tasca

Curs	Activitats	Durada orientativa
1r a 3r d'ESO, només la 1a sessió	Abans de començar, activitats 1 i 6, i Revisa les teves idees	Una sessió
4t d'ESO	Activitats 4 a 6 i Per ampliar, com a repàs amb potència i energia	Una sessió

La taula d'«Abans de començar» recull sis idees prèvies sobre el corrent elèctric. Convé no corregir-la al principi: l'alumnat hi torna a «Revisa les teves idees». Els valors de la simulació són exactes, així que les solucions també.

Solucions

Apartat	Solució
Abans de començar	Totes falses. a) En sèrie la intensitat és la mateixa a totes les bombetes (activitat 4). b) Els electrons ja són a tots els cables i es posen en marxa alhora (activitat 1). c) La intensitat depèn de la resistència (activitat 3). d) En paral·lel la resistència equivalent disminueix (activitat 5). e) Només en sèrie; en paral·lel les altres continuen enceses (activitats 4 i 5). f) Amb l'interruptor obert hi ha tensió, però no corrent (activitat 1)
Activitat 1	Pila: dona l'energia que mou els electrons; 6 V amb l'interruptor tancat i obert. Amperímetre: mesura la intensitat, en sèrie; 0,300 A tancat i 0,000 A obert. Voltímetre: mesura la tensió de la bombeta, en paral·lel; 6,00 V tancat i 0 V obert (la tensió de la pila queda entre els borns de l'interruptor). Els electrons s'aturen, però continuen als cables. L'amperímetre ha de deixar passar tot el corrent; el voltímetre compara dos punts del circuit. Els electrons van de − a +; per conveni, el corrent va de + a −
Activitat 2	0,100, 0,200, 0,300, 0,400, 0,500 i 0,600 A; V / I = 20 Ω sempre. La gràfica és una recta que passa per l'origen: V i I són directament proporcionals. La constant és la resistència: $V = I \cdot R$
Activitat 3	10 Ω: 0,600 A i 3,60 W. 20 Ω: 0,300 A i 1,80 W. 30 Ω: 0,200 A i 1,20 W. 60 Ω: 0,100 A i 0,60 W. En augmentar R, la intensitat i la brillantor disminueixen. La pila manté la tensió; la intensitat depèn de la resistència: $I = V / R$
Activitat 4	R_1: 10 Ω, 1 V, 0,100 A, 0,10 W. R_2: 20 Ω, 2 V, 0,100 A, 0,20 W. R_3: 30 Ω, 3 V, 0,100 A, 0,30 W. Total: 60 Ω, 6 V, 0,100 A, 0,60 W. En treure R_2 s'apaguen totes: es talla l'únic camí i entre els borns buits hi ha 6,00 V. La intensitat és la mateixa a totes: el corrent no es gasta, el que es transforma és l'energia. $V = V_1 + V_2 + V_3$ i R equivalent = $R_1 + R_2 + R_3$
Activitat 5	R_1: 10 Ω, 6 V, 0,600 A, 3,60 W. R_2: 20 Ω, 6 V, 0,300 A, 1,80 W. R_3: 30 Ω, 6 V, 0,200 A, 1,20 W. Total: 5,45 Ω, 6 V, 1,100 A, 6,60 W. En treure R_2 les altres continuen igual i la intensitat total baixa a 0,800 A (7,5 Ω). Totes tenen la tensió de la pila; $I = I_1 + I_2 + I_3$. La R equivalent és menor que la més petita: cada branca nova és un camí més per al corrent
Activitat 6	Sèrie: 2 V, 0,100 A i 0,20 W cadascuna; total 0,100 A; en treure'n una s'apaguen totes. Paral·lel: 6 V, 0,300 A i 1,80 W cadascuna; total 0,900 A; les altres continuen enceses. A les cases es connecten en paral·lel: cada aparell rep tota la tensió de la xarxa i funciona encara que se n'apagui o se n'espatlli un altre
Aplica el que has après	1) $I = 9 V / 30 Ω = 0{,}300$ A. 2) $R = 12 V / 0{,}240$ A = 50 Ω. 3) $R = 15 + 45 = 60$ Ω; $I = 12 / 60 = 0{,}200$ A; $V_1 = 0{,}2 \cdot 15 = 3$ V i $V_2 = 0{,}2 \cdot 45 = 9$ V (sumen 12 V). 4) $I_1 = 12 / 15 = 0{,}800$ A; $I_2 = 12 / 45 \approx 0{,}267$ A; I = 1,067 A; $R = 12 / 1{,}067 \approx 11{,}25$ Ω (o 1/R = 1/15 + 1/45)
Per ampliar	1) $E = 1{,}80 W \cdot 3600 s = 6480$ J. 2) Nou vegades: en paral·lel cadascuna té el triple de tensió i el triple d'intensitat que en sèrie (1,80 W davant de 0,20 W). 3) En sèrie brilla més R_3 (0,30 W), la de més resistència, perquè $P = I^2 \cdot R$ amb la mateixa I; en paral·lel brilla més R_1 (3,60 W), la de menys resistència, perquè $P = V^2 / R$ amb la mateixa V. No és cert en sèrie

Juan Ramón Grijota · SimulaCiencia. Guia publicada amb llicència CC BY-SA 4.0: la pots adaptar i compartir citant-ne l'autoria i amb la mateixa llicència. Versió actualitzada i simulació a simulaciencia.es/ca/guies/circuitos/.