

## Es compleix la llei d'Ohm?

### Material per al professorat

#### Orientacions didàctiques

##### Temporització

- 1 hora per a l'experimentació.
- 1 hora per a respondre el qüestionari.

##### Alumnes als quals s'adreça l'experiència

Alumnes de 1r de batxillerat

##### Metodologia

- Segons el nivell dels alumnes es pot demanar que dissenyin prèviament el circuit adient per mesurar el voltatge aplicat i la intensitat que circula per un element de circuit o donar-los el corresponent esquema (figura 1) perquè el muntin. En qualsevol cas s'haurà de revisar tant l'esquema com el muntatge abans d'iniciar les mesures.

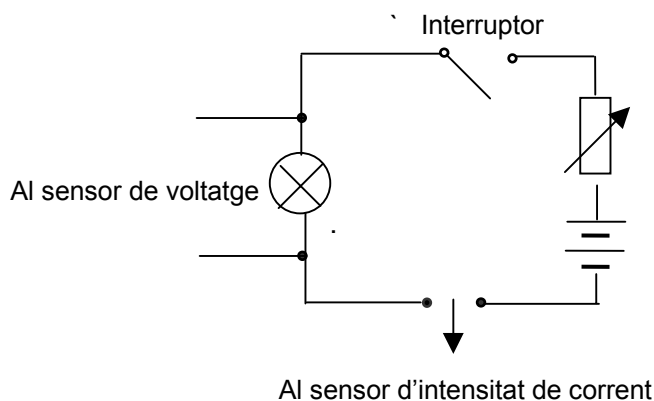
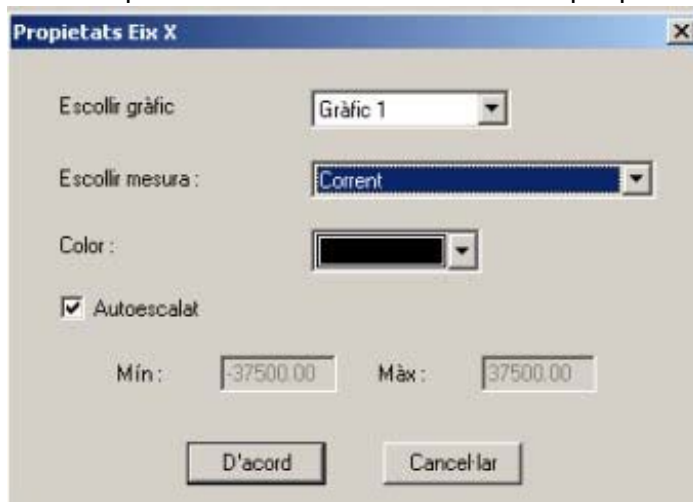


Figura 1

- Els resultats de l'experiment posen de manifest el diferent comportament d'una resistència de carbó (element òhmica) i d'una bombeta (element no òhmica) com a elements de circuit, amb l'objectiu fonamental d'eradicar l'error conceptual molt freqüent, fins i tot en els llibres de text, de confondre la definició de resistència ( $R = V/I$ ) amb la llei d'Ohm ( $R = V/I = \text{constant}$ ).
- Cal fer notar que mentre que per a un metall la resistència augmenta amb la temperatura, en un semiconductor (com el grafit) disminueix. La resistència del resistor de carbó (barreja de grafit i argila) es manté constant dintre del marge de funcionament indicat pel fabricant. La llei d'Ohm és, per tant, una llei empírica que pot aplicar-se només a certs elements i en determinades circumstàncies.

## Orientacions tècniques

- Es requereix una font d'alimentació de corrent continu estabilitzat perquè el voltatge i la intensitat surtin en fase i es pugui distingir el diferent comportament d'una bombeta i d'una resistència. Si la font permet variar el voltatge de manera regular, els gràfics  $V-t$  i  $I-t$  sortiran també més regulars (el de la resistència serà lineal) però això no és imprescindible perquè el gràfic  $V-I$  sigui significatiu.
- Cal no sobrepassar els valors màxims de voltatge i intensitat indicats en els sensors per tal de no fer-los malbé (evidentment, tampoc els permesos per la bombeta i la resistència!).
- Els sensors de voltatge i d'intensitat de corrent es calibren, respectivament, fent un curtcircuit entre els seus terminals i deixant-los separats, mentre es fa la primera mesura (amb la font desconnectada). Cas que els valors enregistrats no fossin 0 o la sensibilitat (50 mV o 5 mA, respectivament), caldrà sortir del programa (sense modificar el circuit), tornar a entrar i repetir la mesura. Si encara falta es pot provar d'esborrar la memòria.



- El software del **Multilab** permet obtenir directament el gràfic  $V-I$ . Si s'opta per aquesta possibilitat, en configurar el **Multilab**, apareix la primera pantalla i cal clicar **Mostrar propietats Eix X** i en la nova pantalla cal seleccionar a Elegir mesura: **Corrent**. Els passos següents no varien.

Tanmateix cal fer notar que el gràfic obtingut d'aquesta manera no es pot retallar.

## Conclusions

### Resultats esperats

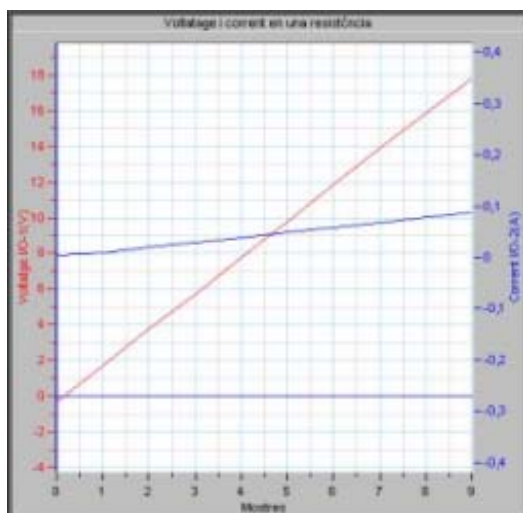


Figura 2

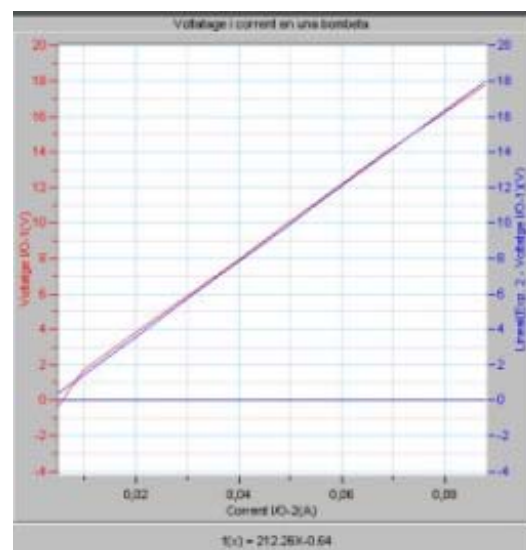


Figura 3

Els gràfics de les figures 2 i 3 s'han obtingut utilitzant una resistència de carbó de  $220 \Omega$  /  $2 \text{ W}$  d'una tolerància del 10 %. Per a la resistència, el pendent de la recta de l'ajust lineal al gràfic  $V-I$  coincideix amb el valor donat pel fabricant tenint en compte el marge d'error experimental.

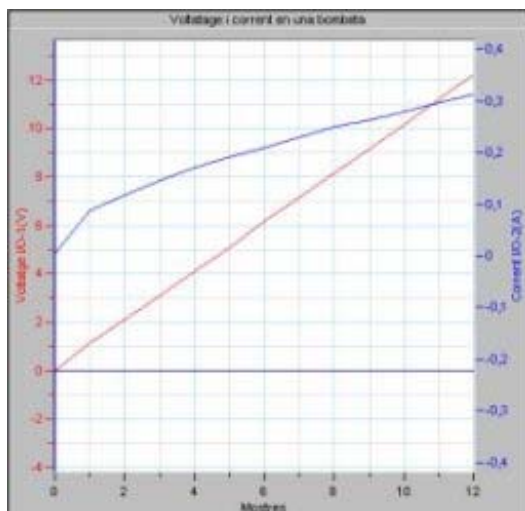


Figura 4

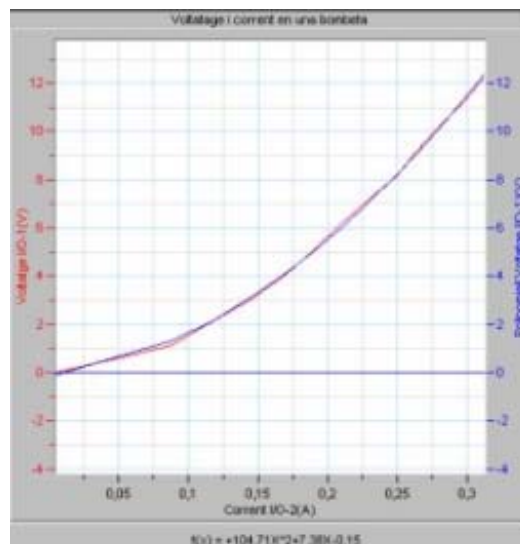


Figura 5

Els gràfics de les figures 4 i 5 s'han obtingut utilitzant una bombeta de llanterneta de 2 V. El gràfic  $V = f(I)$  mostra que la resistència de la bombeta (pendent de la recta tangent en cada punt) creix a mesura que creix la temperatura (més voltatge, més llum) i està d'acord amb l'expressió que dona la variació de la resistivitat d'un metall amb la temperatura:

$$\rho = \rho_0 + aT + bT^2 + \dots$$

on  $T$  és la temperatura Celsius i  $\rho_0$  la resistivitat a  $0^\circ\text{C}$  ( $R = \rho \frac{l}{S}$ ).

Si ajustem una paràbola al gràfic  $V-I$  de la bombeta (recordem que la relació  $V/I$  és empírica) i derivem la corresponent equació, obtindrem la resistència com a funció lineal de la intensitat, cosa que permetrà determinar el valor de la resistència si es coneix la intensitat.

## Respostes al qüestionari

- D'acord amb la llei d'Ohm, el pendent del gràfic *voltatge-intensitat* és la resistència de l'element de circuit.
- El valor de la resistència és de  $212 \Omega$ .
- Segons el codi de colors: 1a banda, vermella = 2 (xifra de les centenes), 2a banda, vermella = 2 (xifra de les desenes), 3a banda, marró = 1 (nombre de zeros), 4a banda, platejada = 10 % de tolerància. El valor de la resistència és, doncs, de  $220 \Omega \pm 22 \Omega$ . Per tant, el valor determinat en l'experiment cau dintre de l'interval previst pel fabricant.

6. Segons el resultat de l'experiment, el valor de la resistència es manté constant en augmentar el voltatge aplicat. Tanmateix, si sobrepasséssim el voltatge recomanat pel fabricant ( $V = \sqrt{RP} = \sqrt{220 \Omega \times 2 W} = 21 V$ ), la resistència, com que és el carbó semiconductor, disminuiria.
7. En augmentar el voltatge aplicat, la temperatura del filament de la bombeta creix (cada cop fa més llum) i també augmenta el pendent de la recta tangent en cada punt del gràfic *voltatge-intensitat* que dona la resistència.
8. La resistència de la bombeta en funció de la intensitat, segons l'experiment realitzat, és:

$$R = \frac{dV}{dI} = \frac{d(104,71I^2 + 7,38I - 0,15)}{dI} = 209,54 I + 7,38$$

9. Aplicant les dades de l'experiment a la expressió anterior resultta:

$$\begin{aligned} \text{Per a } V = 0 &\rightarrow I = 0 \rightarrow R = 7,38 \Omega \approx 7 \Omega. \\ \text{Per a } V = 12 V &\rightarrow I = 0,31 A \rightarrow R = 64,95 \approx 65 \Omega. \end{aligned}$$

$65 \Omega / 7 \Omega \approx 9$  vegades. Si mesurem la resistència amb un tèster, el valor obtingut no correspon a  $I = 0$  perquè per mesurar-la l'aparell fa passar un petit corrent per la resistència. De l'equació trobada podem determinar el valor d'aquest petit corrent. No es pot mesurar la resistència de la bombeta quan està encesa però si ho fem ràpidament en desconnectar-la podrem veure que ha augmentat molt

10. Que la temperatura es mantingui constant.

### Proposta d'ampliació

---

L'alumnat pot repetir l'experiment amb altres elements de circuit com ara un díode, un termistor o un electròlit. Per detectar i eradicar possibles errors conceptuals, en cada cas se'ls demanarà que prediguin els gràfics per, després, discutir les possibles similituds i discrepàncies.