

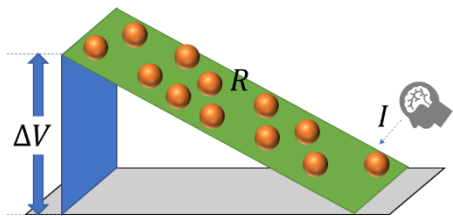
La resistència de l'aigua



L'aigua no condueix l'electricitat!... Llavors els consells que ens han donat de no utilitzar aparells elèctrics al bany són una ximpleria? No. En absolut. Perquè l'aigua de la banyera sí que condueix l'electricitat. Però, llavors, en què quedem? El fet és que l'aigua que utilitzem diàriament té moltes sals dissoltes, i aquestes són les responsables de què sigui conductora. De fet, l'aigua pura té una conductivitat aproximadament 10.000 vegades més petita que l'aigua de l'aixeta... i a continuació ens proposem fer un petit experiment per demostrar-ho.

Una mica de teoria

Per tal de poder mesurar com és de bona conductora l'aigua, hem de fer una petita volta per la ciutat de Colònia (Alemanya) de fa 180 anys. Allà trobarem a un professor de física de secundària que va ser qui va proposar la llei que ens relaciona la intensitat, el potencial i la resistència en un conductor: Georg Ohm.



Deixem caure una cascada de petites pilotes per un pla inclinat des d'una alçada h . Ens proposem contar quantes passen per segon al final d'aquest pla. El nombre de pilotes que contarem per unitat de temps serà més gran com més gran sigui l'alçada... però es veurà

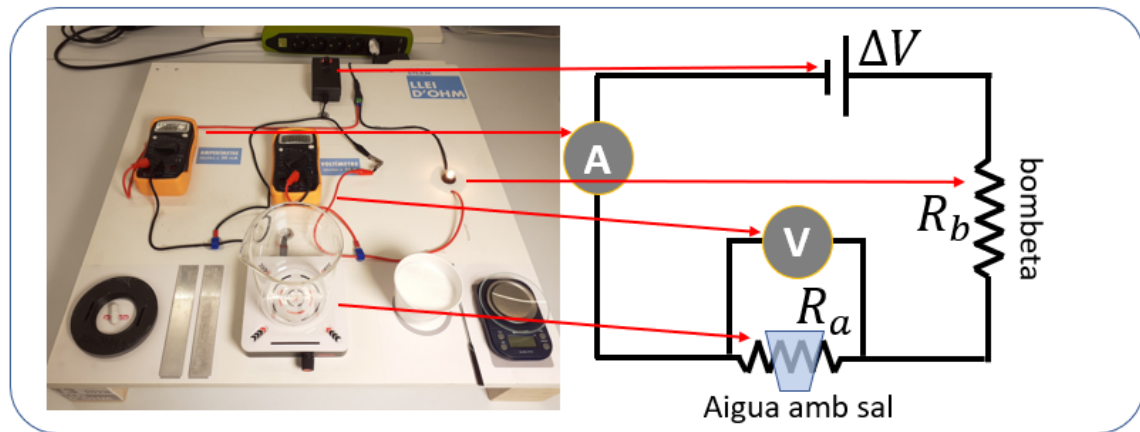
disminuït si troben obstacles en el seu camí. Doncs bé: si substituïm pilotes per electrons, alçada per diferència de potencial i obstacles per resistència elèctrica tindrem una imatge bastant acurada del que passa en un conductor.

Un corrent elèctric el podem imaginar com un riu d'electrons que circula tot esquivant unes pedres gegants que són els àtoms que es troben en el camí. Però si en un riu és la diferència d'alçada qui fa moure l'aigua, en el cas dels electrons és la diferència de potencial ΔV mesurada en Volts (V). El cabal del riu el podem assumir a la intensitat del corrent I , que no és res més que els electrons que passen per unitat de temps, i es mesura en Amperes. Fins aquí les característiques del corrent, però... com distingim si els electrons circulen per un metall o un tros de plàstic? Doncs gràcies a la resistència R (mesurada en Ohms, Ω) que ens diu la dificultat que tenen els electrons per avançar. I aquestes tres magnituds estan relacionades per la llei d'Ohm:

$$I = \frac{\Delta V}{R}$$

El nostre experiment

En el nostre experiment ajuntarem la conductivitat de l'aigua amb la llei d'Ohm utilitzant el muntatge de la figura. En un got tindrem aigua destil·lada i mesurarem la seva conductivitat tot afegint sal controladament. Per tal de veure d'una forma més evident l'augment de la seva conductivitat, tenim connectada en sèrie una bombeta, que lluirà més com més petita sigui la resistència que oposa l'aigua al pas del corrent.



En el circuit de la figura es veu que tenim dues resistències connectades en sèrie: l'associada a l'aigua R_a i l'associada a la bombeta R_b . En el nostre cas estem interessades a determinar la resistència de l'aigua. Per aquesta raó hem connectat un voltímetre als extrems dels elèctrodes que tenim ficats a l'aigua que ens dona la seva diferència de potencial ΔV_a . Com que també estem mesurant la intensitat amb l'amperímetre, podem calcular la resistència de l'aigua com:

$$R_a = \frac{\Delta V_a}{I}$$

Mesurem!

Abans de començar a mesurar cal que ens assegurem que tenim aigua destil·lada al vas de precipitats i que no estem utilitzant aigua de l'experiment anterior (ho sabrem fàcilment per la netedat de l'aigua 😊). Si no està neta, si us plau, indica-ho a la monitora o el monitor. Comencem ara mirant que voltímetre i amperímetre estiguin a punt:

- **AMPERÍMETRE:** La roda del tester que fa d'Amperímetre ha d'apuntar a 20 mA (corrent continu ---)
- **VOLTÍMETRE:** La roda del voltímetre ha d'estar en 20V.

Ara cal fer uns petits preparatius abans de començar amb l'experiment:

- Ompliu el vas de precipitats amb 100 ml d'aigua destil·lada.
- Tapeu el vas de precipitats amb la tapa que trobareu a la taula i inseriu els dos elèctrodes d'alumini a les seves ranures.
- Introduïu la pínola blanca al vas de precipitats i gireu un quart de volta la rodeta negra de l'agitador fins a la marca que hi trobareu. La pínola hauria de començar a girar. Si no dóna voltes aviseu la monitora o el monitor: no manipuleu vosaltres el mecanisme!
- Llegiu la diferència de potencial (haurien de ser uns 12V aproximadament) i la intensitat del corrent (hauria de ser zero mA) i apunteu-la a la taula que trobareu més a baix.

Comencem l'experiment! Tal com hem dit, la idea és afegir d'una forma controlada sal a l'aigua destil·lada per tal de mirar com varia la seva resistència al pas de l'electricitat. Per tal de veure aquest augment de la conductivitat d'una forma clara hem afegit al circuit una bombeta que brillarà depenent de la resistència de l'aigua.

- Encenem la balança i posem el **vidre de rellotger** a sobre. Tarem la balança prement la tecla TARE. La balança hauria de marcar $m=0g$ amb el vidre a sobre.
- Amb l'espàtula agafem una mica de sal i la posem a sobre del vidre. N'afegim fins que marqui 0,5g
- Agafem el vidre de rellotger i aboquem la sal a dintre del vas de precipitats. Esperem un minut fins que les lectures de voltímetre i amperímetre s'estabilitzin.
- Apuntem ara les lectures dels dos testers: el voltatge hauria d'haver disminuït i la intensitat hauria d'haver augmentat (molt poc... a vegades fins i tot gens).
- Tornem a repetir el procés afegint cada cop 0,5g de sal i apuntant diferència de potencial i intensitat. Per prendre les mesures podeu utilitzar la següent taula.

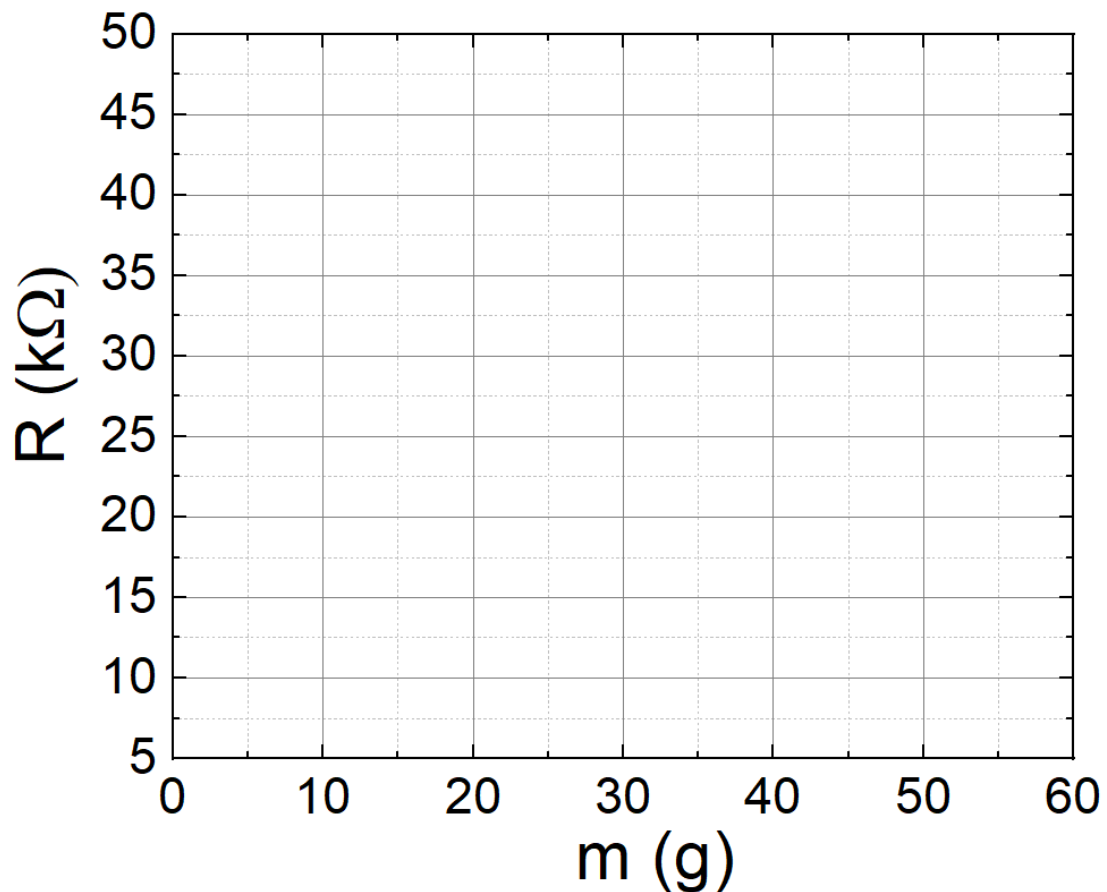
Massa:	0,5g	1g	1,5g	2g	2,5g	3g
$\Delta V (V)$						
$I (mA)$						

Analitzem!

L'objectiu de l'experiment és calcular la resistència de l'aigua en funció de la sal que hem afegit. Per fer això només ens caldrà utilitzar la llei d'Ohm per a cada valor que hem obtingut experimentalment. Donat que la intensitat l'hem mesurat en mA, el valor de la resistència l'obtindrem en $k\Omega$. Ho podeu fer completant la següent taula:

Massa	0,5g	1g	1,5g	2g	2,5g	3g
$R (k\Omega) = \frac{V}{I}$						

En ciència les gràfiques ens ajuden, amb un cop d'ull, a veure els resultats. Us proposem, per tant, que ompliu la següent gràfica amb els vostres resultats:



Vull saber més!

Resistència de la bombeta (mètode 1):

El circuit que tenim en aquest experiment consta de dues resistències connectades en sèrie alimentades per una bateria. Per tant, la caiguda de potencial en l'aigua més la caiguda de potencial en la bombeta ha de ser igual a la pujada de potencial en la bateria (utilitzeu el símil del pla inclinat per visualitzar-ho!) per tant, en valor absolut.

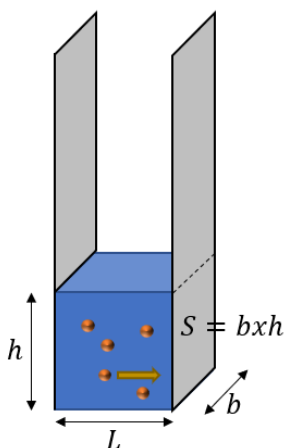
$$|\Delta V| = |\Delta V_a| + |\Delta V_b|$$

La diferència de potencial de la bateria la podeu llegir de la pantalla vermella del generador¹. Per calcular la caiguda de potencial en la bombeta només cal aïllar-la de l'equació anterior. La intensitat la teniu també mesurada en l'experiment. Per tant podem calcular la resistència de la bombeta cada cop que afegim sal. Aquest valor hauria de ser constant... però no ho serà! Per tant el millor és que calculeu la mitjana per donar un valor el més acurat possible.

Massa:	0,5g	1g	1,5g	2g	2,5g	3g
ΔV_b (V)						
I (mA)						
R_b (k Ω)						

Valor de la resistivitat de l'aigua:

Calcular la resistència de l'aigua, de fet, no té gaire sentit perquè no només depèn de les salts dissoltes en l'aigua. També depèn de la separació dels elèctrodes i de la seva amplada. De fet, en Georg Ohm ja es va donar d'això i va definir una magnitud, la resistivitat, que només depèn de les característiques del material. La relació entre resistència i resistivitat la podem expressar amb la següent relació:



$$R = \rho \frac{L}{S}$$

En aquesta relació ρ és la resistivitat. Si ens fixem té tot el sentit. Com més curt sigui el conductor o més ample, més electrons passen per unitat de temps: tindran menys recorregut per xocar i més "espai" (àrea) per avançar.

Abans de continuar, però, farem una aproximació: suposarem que els electrons que condueixen l'electricitat van en línia recta d'un elèctrode a l'altre. Per tant és com si el rectangle de la figura fos el nostre conductor.

¹ També la podeu obtenir a partir de la mesura quan encara no heu afegit sal al vas: el circuit està obert i només teniu la bateria connectada!

T3.- Llei d'Ohm

VISIONS: STEAM-FÒRUM

Tenint en compte que els elèctrodes fan $b=3\text{cm}$ d'amplada, que la distància entre ells és $L=8\text{cm}$ i que un cop submergits tenen una alçada d'aigua per sobre d'aproximadament $h=5\text{cm}$, calcula quina és la resistivitat de l'aigua en funció de la concentració de sal (vés amb compte amb les unitats!!!!):

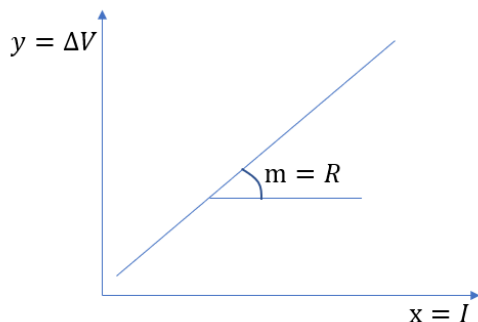
Massa	0,5g	1g	1,5g	2g	2,5g	3g
$\rho (\Omega \cdot \text{m})$						

Abans de donar una interpretació quantitativa als nostres resultats cal tenir en compte que l'aproximació de què els electrons viatgen en línia recta és molt grollera. Els valors reals seran, per tant, bastant més alts del que hem mesurat!

Resistència de la bombeta (mètode 2):

Hem calculat la resistència de la bombeta variant la seva diferència de potencial tot afegint aigua al vas de precipitats. Si apliquem la llei d'ohm a la bombeta i aïllem la seva diferència de potencial obtenim:

$$\Delta V_b = R_b \cdot I$$



Fixem-nos que la resistència de la bombeta R_b és una característica de com està feta. En principi, aquesta no varia ni amb ΔV_b ni amb la intensitat. Per tant el que hem escrit abans és... l'equació d'una recta $y = m \cdot x$ on la intensitat és x i la diferència de potencial és la y ... i per tant el pendent de la recta és la resistència.

Per tant (atenció!) si representem la diferència de potencial en funció de la intensitat, podem calcular la resistència de la bombeta! Cal que tinguem en compte, però, que la nostra mesura de la intensitat és poc precisa, i per tant els valors de la resistència estaran afectats per un error molt gran, i això vol dir que quan fem la gràfica la recta... doncs no serà molt recta!