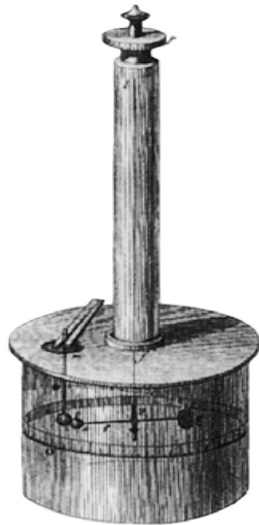


I. El camp elèctric

1.1. Llei de Coulomb

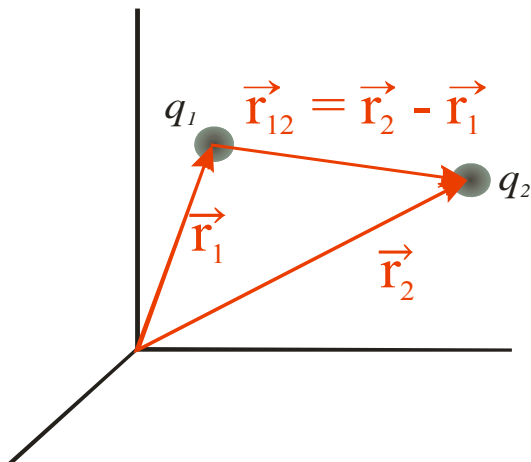
1.1.1. Força entre càrregues. Llei de Coulomb

Llei experimental: Balança de torsió \Rightarrow Força entre càrregues en repòs (electroestàtica)



Característiques:

- Magnitud vectorial (mòdul, direcció i sentit)
- Inversament proporcional al quadrat de la distància que les separa.
- Proporcional al producte de les càrregues.
- Atracció (-); Repulsió (+).
- Les forces fetes entre ambdues són d'acció-reacció.



$$\vec{F}_{12} = K \frac{q_1 \cdot q_2}{r_{12}^2} \vec{u}_{12}$$

$$\vec{u}_{12} = \frac{\vec{r}_{12}}{r_{12}} = \frac{\vec{r}_2 - \vec{r}_1}{r_{12}}, \quad |\vec{u}_{12}| = u_{12} = 1$$

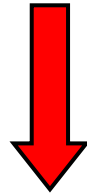
$$K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 8,9874 \cdot 10^9 \left[\frac{Nm^2}{C^2} \right], \quad \epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \left[\frac{C^2}{Nm^2} \right]$$



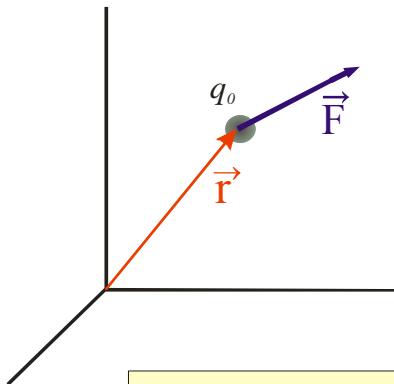
1.2. Camp elèctric

1.2.1. Camp elèctric. Línies de Camp.

$q_0 \Rightarrow$ Situada en una regió on hi ha càrrega elèctrica \Rightarrow rep força: $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^n \frac{q_0 q_i}{r_{i0}^2} \vec{u}_{i0}$
 deguda a les càrregues allunyades i a q_0



Faraday \Rightarrow Qui crea aquesta força sobre q_0 ? \Rightarrow **Camp elèctric (E)**, que ja existia abans de posar-hi la càrrega. (Analogia amb el camp gravitatori, interaccions a distància)



$$\vec{E}(\vec{r}) = \frac{\vec{F}}{q_0}$$

El camp elèctric:
 és un camp vectorial
 • no depèn de q_0

Alguns camps	N/C
Cables domèstics	10^{-2}
Ones de ràdio	10^{-1}
Atmosfera	10^2
Llum solar	10^3
Sota un núvol tempestuós	10^4
Descàrrega d'un llamp	10^4
Tubs de raigs X	10^6
Electró d'un àtom d'hidrògen	$6 \cdot 10^{11}$
Superfície d'un nucli d'urani	$2 \cdot 10^{21}$

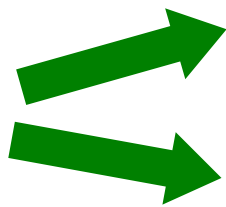


1.2. Camp elèctric

1.2.2. Línies de Camp.

- **Definició:** Línies que apunten en la direcció del camp elèctric a cada punt de l'espai.

Propietats



1) El camp elèctric \mathbf{E} és sempre tangent a la línia de camp en cada punt.

2) Nombre de línies per unitat d'àrea a través d'una superfície perpendicular \Rightarrow Proporcional magnitud del camp elèctric.

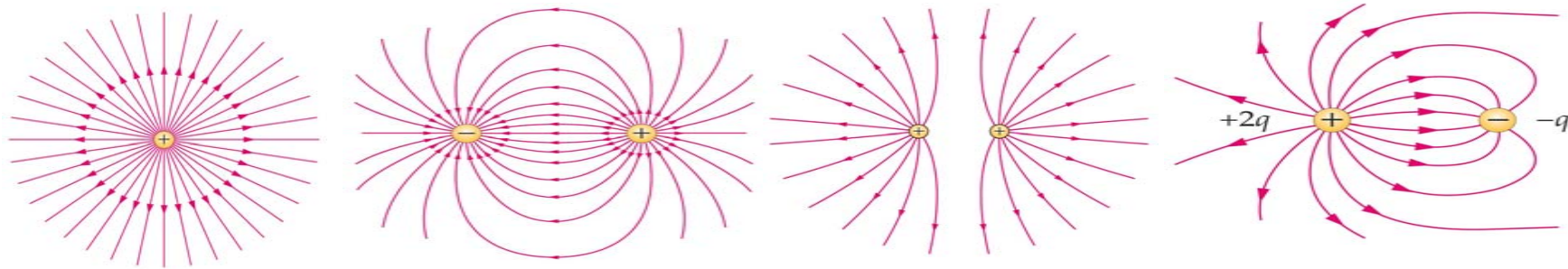
Com es dibuixen?



1) Comencen a la càrrega positiva i acaben a la negativa.

2) N^o de línies surten/entren càrrega +/- \Rightarrow Proporcional a la magnitud de la càrrega.

3) Mai es poden creuar.



1.2.Camp elèctric

1.2.3.Potencial elèctric. Diferència de potencial

Potencial elèctric

Energia potencial electrostàtica per unitat de càrrega.

$$V = \frac{U}{q}$$

Unitats: J/C = V

És una magnitud escalar

Diferència de potencial

- Variació del potencial que té una càrrega al passar d'un punt A a B.

$$W_{elèctric,A \rightarrow B} = -\Delta U = -q \cdot \Delta V = -q \cdot (V_B - V_A)$$

Treball fet pel camp elèctric per passar de A a B

$$W_{agent\ extern,A \rightarrow B} = \Delta U = q \cdot (V_B - V_A)$$

Treball fet en contra del camp per passar de A a B

- **Recordeu!** Teoremes de l'energia: $W_{total} = \Delta E_c$

- Entre plaques de condensadors, i camps elèctrics constants...

E és uniforme:

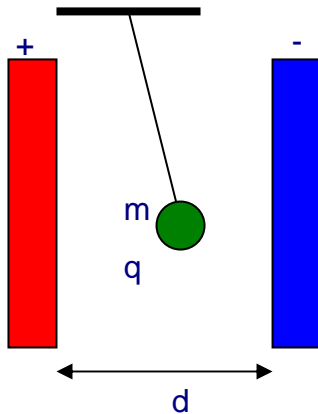
$$\Delta V = V_B - V_A = -E \cdot (x_B - x_A)$$

$$\Delta V = -E \cdot \Delta x$$



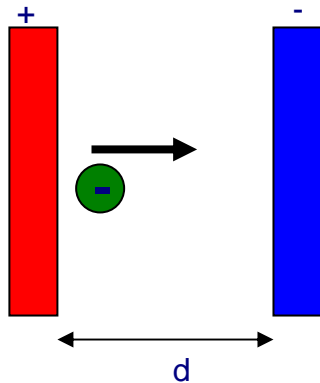
Expositiva Problemes 1

Ex.1, expositiva problemes: Siguin dues plaques idèntiques carregades però amb càrrega de signe contrari. Les dues plaques es troben separades una distància de 20 cm i el camp elèctric definit entre elles és de 25.000 N/C. Si entre les dues plaques es col·loca un pèndol elèctric on l'esfera té un radi de 1 mm i una densitat de 5 g/cm^3 , determineu l'angle que forma el pèndol amb la vertical si la càrrega de l'esfera és de $2'22 \cdot 10^{-10} \text{ C}$.



Expositiva Problemes 2

Ex.2, expositiva problemes En un camp elèctric uniforme, $E=60000$ N/C originat per dues plaques carregades i separades una distància de 2,5 cm, es demana: a.- Calcula la diferència de potencial entre les plaques, b.- l'acceleració a què es troba sotmès un electró en aquest camp; c.- si l'electró parteix amb una velocitat de 10^5 m/s des de la placa negativa comprova si arriba a xocar amb l'altra placa (menyspreu el valor de la força gravitatòria).



1.3. Conductors

1.3.1. Efecte punta.

Per l'esfera:
$$V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R} = \frac{4\pi R^2 \sigma}{4\pi\epsilon_0 R} = \frac{R\sigma}{\epsilon_0} \Rightarrow \sigma = \frac{V\epsilon_0}{R}$$

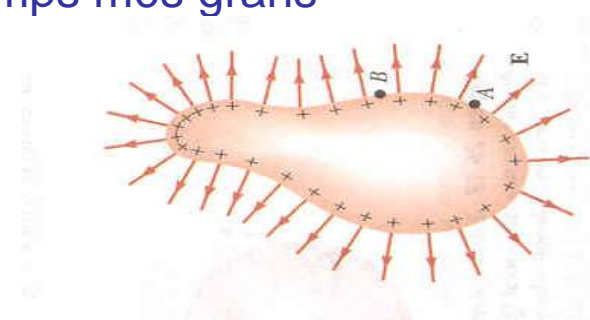
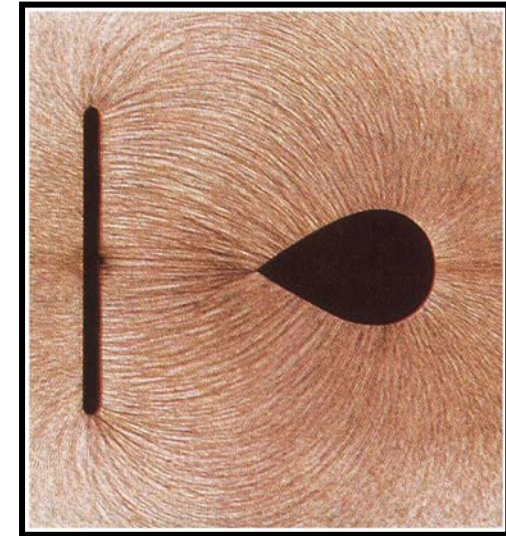


Quan la $Q \uparrow \Rightarrow V \uparrow \Rightarrow \sigma \uparrow$: Més càrrega.

Si el radi R augmenta: La densitat superficial disminueix.

$R_1 < R_2 \Rightarrow \sigma_1 > \sigma_2 \Rightarrow E_1 > E_2$ Radi més petit, camps més grans

A les zones més planes, de radi més gran, els camps són menors i a les puntes on els radis són més petits els camps es fan més grans!



Conductors es posen en contacte:

$V_A = V_B \Rightarrow \frac{R_1 \sigma_1}{\epsilon_0} = \frac{R_2 \sigma_2}{\epsilon_0}$



1.3. Conductors

1.3.2. Ruptura dielèctrica. Tempestes.

Si E extern és més gran que E atòmic \Rightarrow El material s'ionitza \Rightarrow Portadors de càrrega \Rightarrow El material esdevé conductor ràpidament \Rightarrow E ruptura de l'aire és de $3 \cdot 10^6$ N/C.

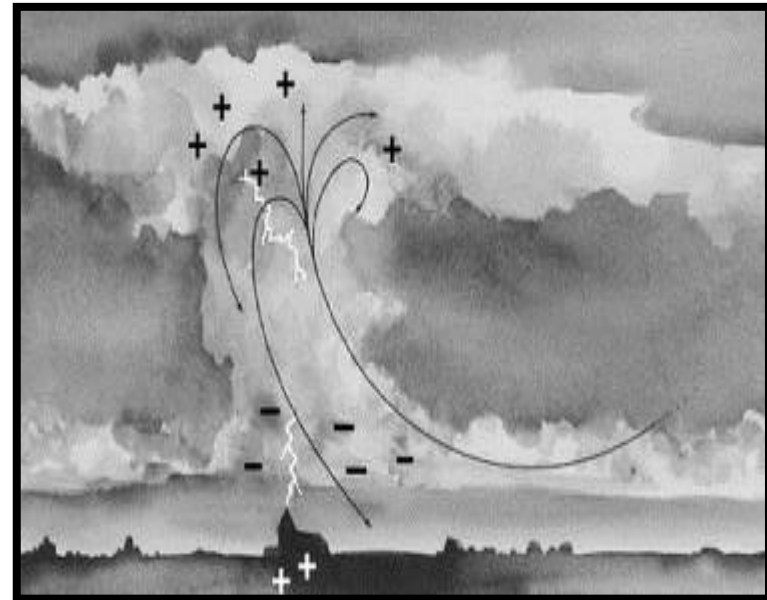
La descàrrega que apareix a través de l'aire: **Arc de descàrrega.**

Ex) Tempestes:

E que apareix es pot considerar pràcticament constant i és suficient per a que l'aire es torni conductor: Llamp.

$$\Delta V = E \cdot d$$

Els camps són més intensos a les zones amb punxa i és aquí on es produeix primer la ruptura dielèctrica de l'aire.

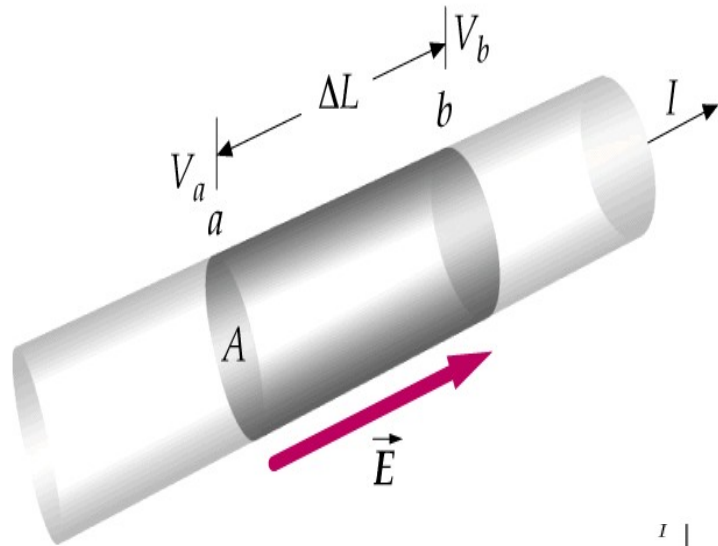


2. Electrodinàmica i Corrent Continu

2.1. Corrent elèctric i Llei d'Ohm

2.1.1. Llei de Ohm i resistència

La llei de Ohm *global* relaciona la diferència de potencial entre dues regions d'una peça (com per exemple els extrems d'un fil), i la intensitat que circula entre elles. Considerem el cas d'una peça de longitud l i secció uniforme A , als extrems de la qual apliquem una diferència de potencial V , circulant aleshores una intensitat I

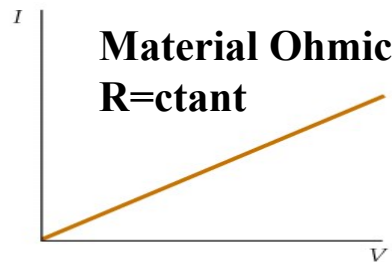


$$\frac{V}{I} = \frac{El}{JA} = \frac{El}{\sigma EA} = \frac{l}{\sigma A} \equiv \rho \frac{l}{A} = R$$

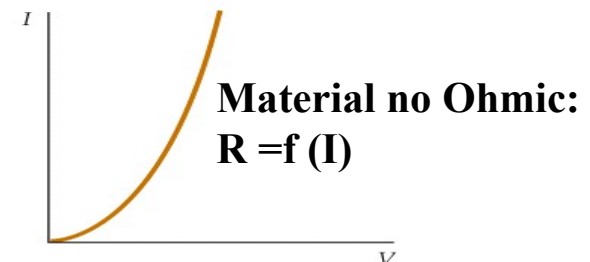
La resistència depen del material, la temperatura i la geometria. En general podem escriure:

$$V = IR$$

que és la llei d'Ohm



(a)



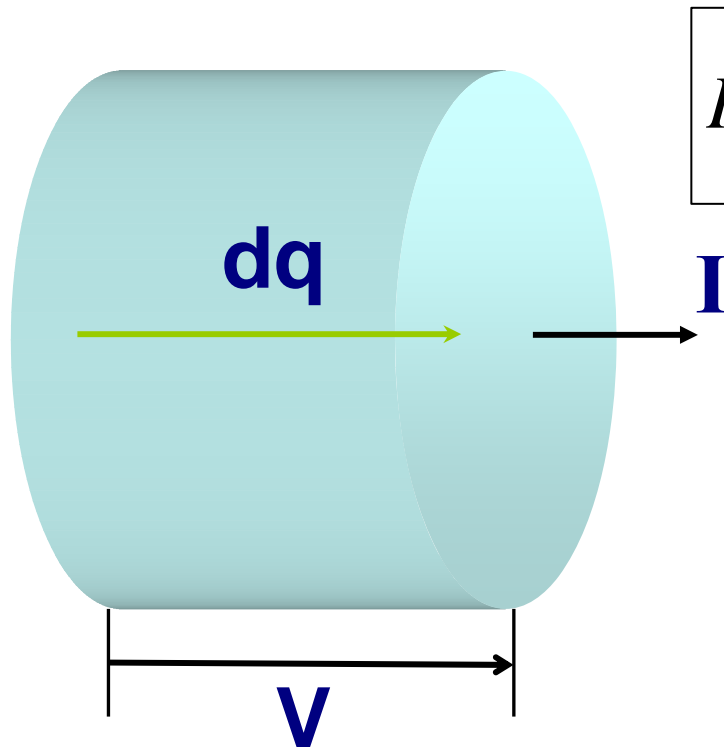
(b)



2.1. Corrent elèctric i Llei d'Ohm

2.1.2. Treball i potència en un circuit elèctric. Efecte Joule

El pas d'una intensitat per una resistència suposa que es van transportant càrregues entre dos punts a diferent potencial. Les càrregues **perden energia potencial** (el camp elèctric fa treball per transportar-la al punt de més baix potencial), que es va convertint en calor. *És el treball contra la força de fregament que han de vencer en el seu moviment.* Calculem la quantitat d'energia que es converteix per unitat de temps:



$$P = \frac{dU}{dt} = \frac{Vdq}{dt} = VI$$

S.I.: W

Que també es pot expressar (fent $V=IR$):

$$P = RI^2$$

Recordeu! $P = W/t$ i per tant $W=P \cdot t$

Unitats energia: J, kW·h

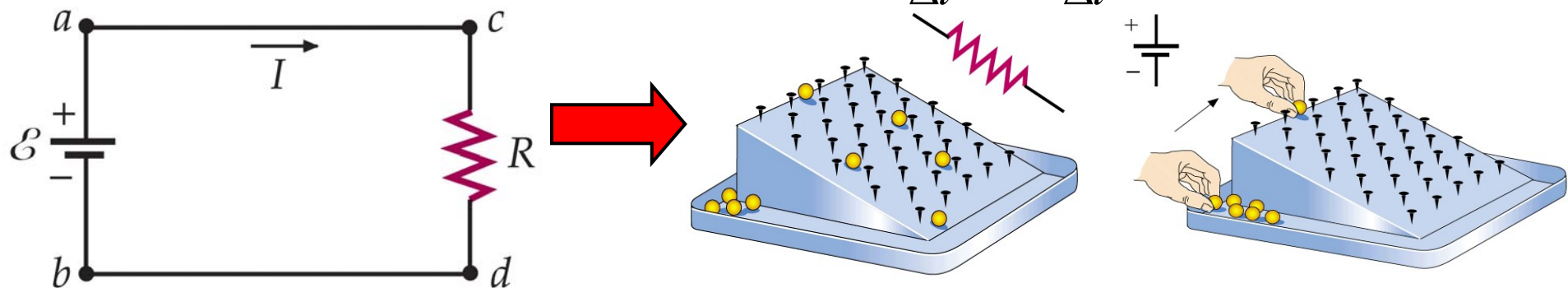


2.2. Circuits de corrent continu

2.2.1. Generadors de corrent continu. Força electromotriu

Un aparell o dispositiu que *subministra energia elèctrica* té el nom de font de força electromotriu (**fem**). Una font de fem realitza un treball sobre la càrrega que el travessa, pujant l'energia potencial de la mateixa. El treball que fa la bateria, que anomenarem **fem**, és $\varepsilon = W/q$ (V). Com que fa treball contra el camp elèctric, puja puja l'energia potencial de una càrrega q (la qual travessa la font de fem) en un factor: $\Delta U = \varepsilon \cdot q$

Per tant la potència de la font de fem és: $P = \frac{\Delta U}{\Delta t} = \varepsilon \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \boxed{\varepsilon I}$



En el circuit de la figura ε és l'energia subministrada per unitat de càrrega (pujem la bola (b)) i IR és l'energia dissipada per unitat de càrrega (cau la bola a v constant, dissipant energia en xocar amb els claus (a)): $\varepsilon - RI = 0$

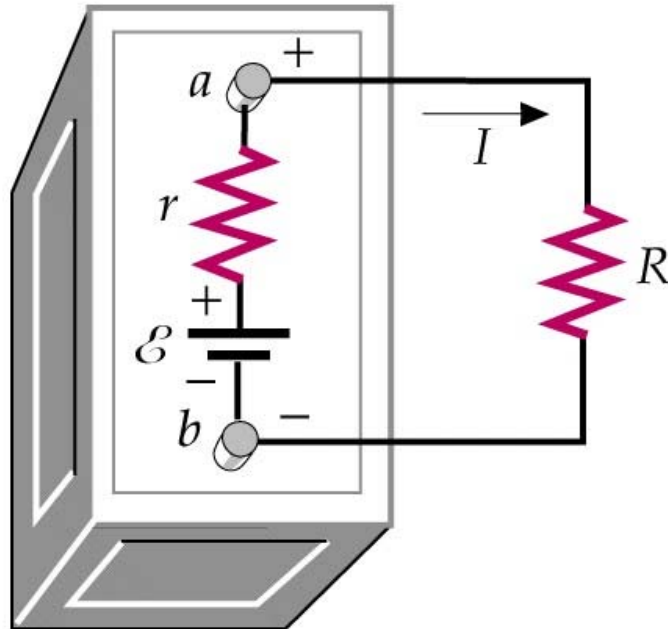
Un generador de corrent continu ideal manté constant la diferència de potencial V entre els borns, independent de la intensitat I : $\varepsilon = \Delta V = V_{\text{alt}} - V_{\text{baix}}$



2.2. Circuits de corrent continu

2.2.2. Generadors de corrent continu no ideal: Resistència interna i càrrega acumulada

En un generador real la fem i la caiguda de voltatge als seus extrems no coincideixen \Rightarrow Pèrdues d'energia per fricció als borns: **Resistència interna**
 \Rightarrow Simbolitza aquestes pèrdues d'energia.



Per tant, el balanç energètic de la unitat de càrrega serà:

$$\mathcal{E} - Ir - IR = 0$$

$$I = \frac{\mathcal{E}}{r + R}$$

Tensió en borns :

$$V = RI = \mathcal{E} - rI$$

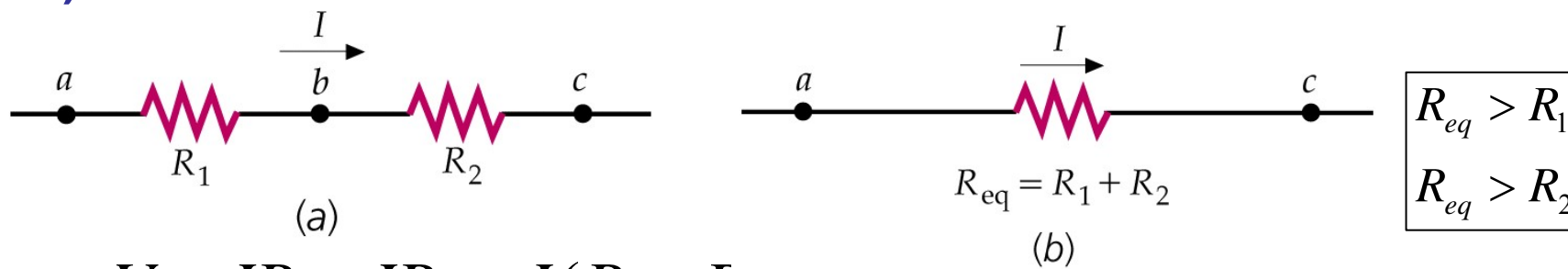


2.2. Circuits de corrent continu

2.2.3. Combinació de resistències en sèrie i en paral·lel

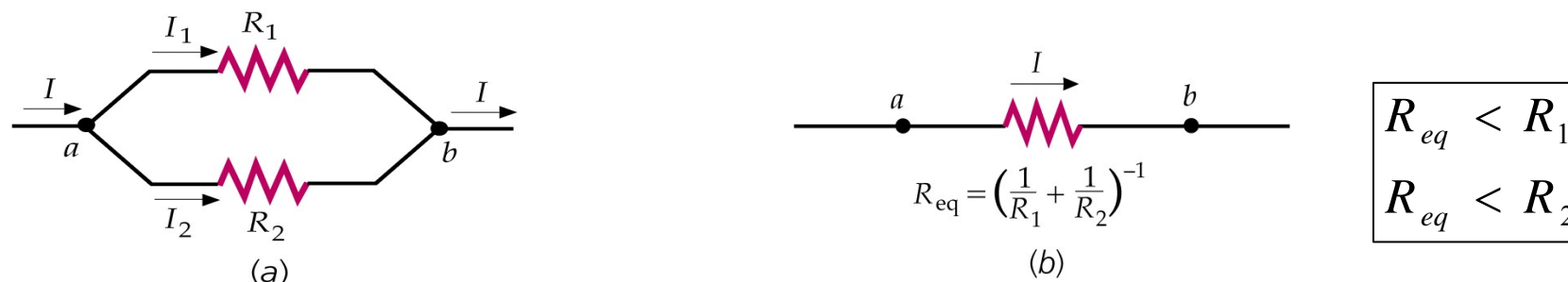
Resistència equivalent: Resistència del conjunt d'un sistema de resistències elèctriques, que s'obté de la raó entre la intensitat i el voltatge total del sistema.

a) Combinació en sèrie



$$V = IR_1 + IR_2 = I(R_1 + R_2)$$

a) Combinació en paral·lel



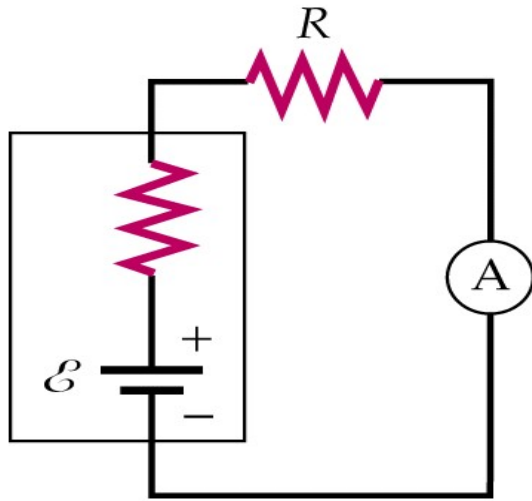
$$I = I_1 + I_2 \quad \longrightarrow \quad I = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} = V \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \quad \longrightarrow \quad V = I \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)^{-1}$$

$$V = I_1 R_1 = I_2 R_2$$



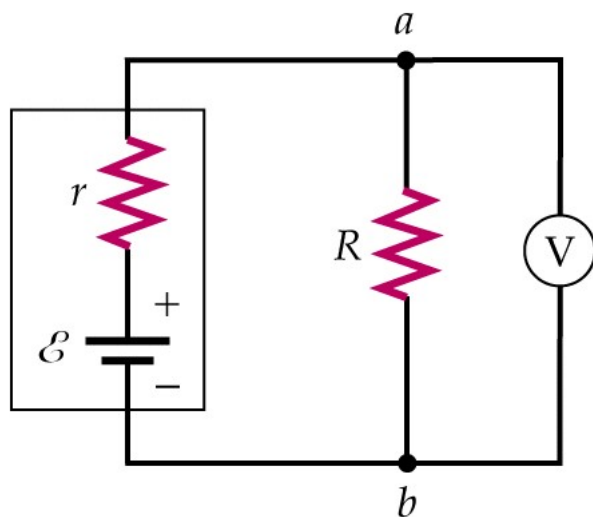
2.2. Circuits de corrent continu

2.2.4. Aparells de mesura.



Amperímetre: en sèrie en el circuit. Donat que l'amperímetre té una certa resistència R_A , és convenient que aquesta sigui prou petita per tal de no modificar la intensitat que recorre el circuit, ja que:

$$R_{eq} = R + R_A \xrightarrow{R_A \ll R} R$$



Voltímetre: en paral·lel en el circuit. Un voltímetre ideal tindrà una resistència molt gran per tal de no modificar la diferència de potencial entre a i b, V_{ab} (magnitud mesurada). Ja que:

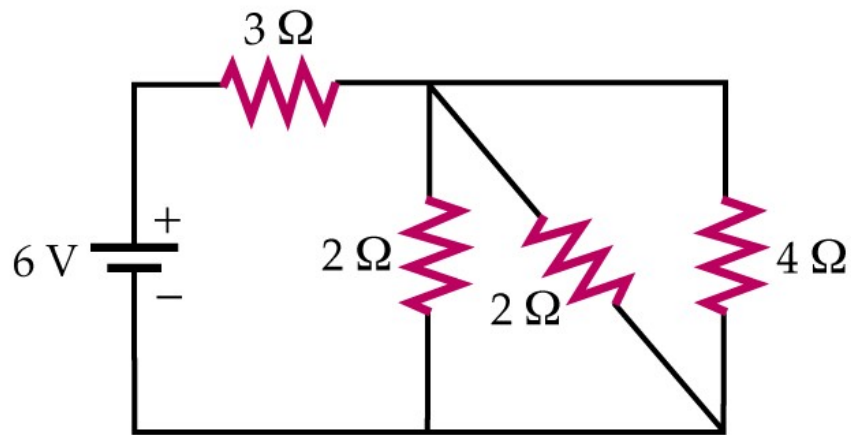
$$R_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{R_v}} \xrightarrow{R_v \gg R} R$$

Expositiva Problemes 3

Ex.3, expositiva problemes :

En el circuit de la figura, calcula:

- Resistència equivalent del circuit.
- Intensitat que circula per cada branca.
- Diferència de potencial als extrems de cada resistència



Expositiva Problemes 4

Ex.3, expositiva problemes :

En el circuit de la figura la diferència de potencial entre a i b és de 20 V. Calcula:

- Resistència equivalent del circuit.
- Intensitat que circula per cada branca.
- Diferència de potencial als extrems de cada resistència

