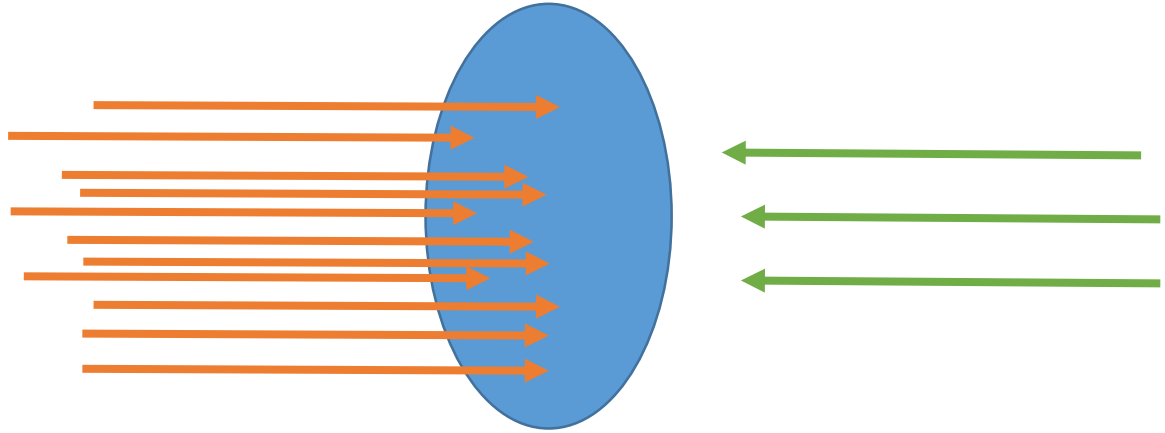


Circuitos

Aula 16/09

Profa Hilde Harb Buzzá

Aula passada...



Corrente elétrica



Mas como é possível colocar cargas em movimento?

Cargas elétricas atravessando um Resistor



<https://www2.ufjf.br/ufjf2016/atletismo-olimpico/corrída-com-obstaculos/>

Cargas elétricas atravessando um Resistor



Cargas elétricas atravessando um Resistor



Diferença de potencial!

Cargas elétricas atravessando um Resistor

Capacitor → Descarregaria rapidamente

Diferença de potencial!

Cargas elétricas atravessando um Resistor

Capacitor → Descarregaria rapidamente → Fim de I

Diferença de potencial!

Cargas elétricas atravessando um Resistor

Capacitor → Descarregaria rapidamente → Fim de I

Corrente Elétrica constante → Fonte de tensão

Diferença de potencial!

Cargas elétricas atravessando um Resistor

Capacitor → Descarregaria rapidamente → Fim de I

Corrente Elétrica constante → Fonte de tensão

$$\varepsilon = \textit{força eletromotriz} = d.d.p.$$

Diferença de potencial!

Fontes



Fontes



Diferentes no modo de operação, mas tem a mesma função:

Fontes

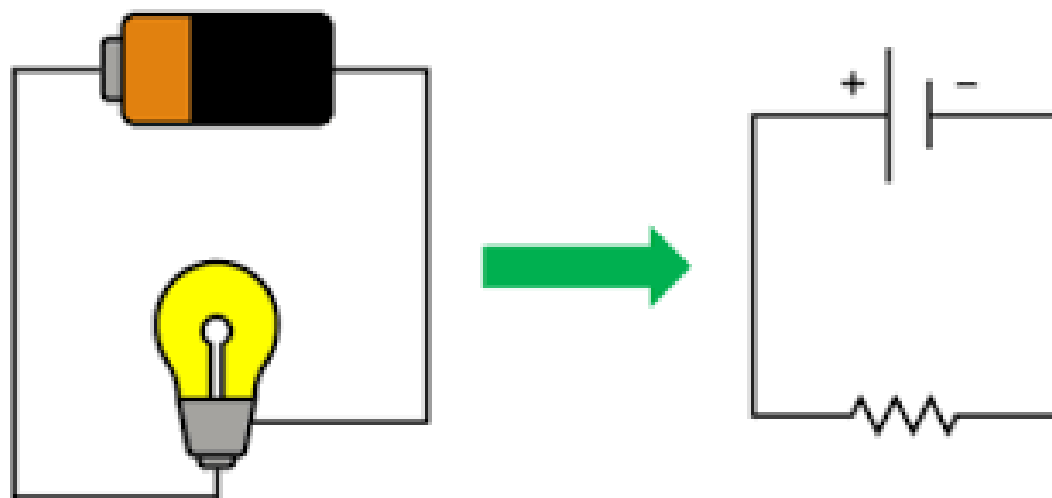


Diferentes no modo de operação,
mas tem a mesma função:

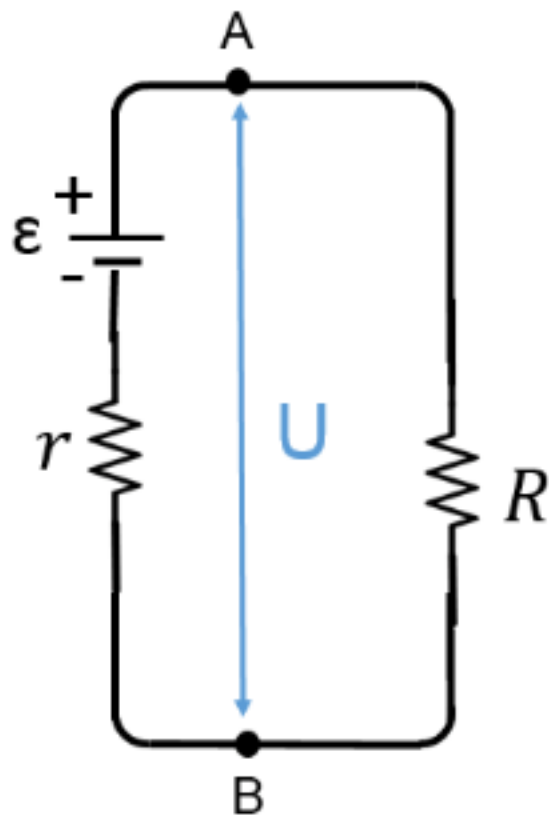


Realizar trabalho sobre os
portadores de carga e manter
uma d.d.p.

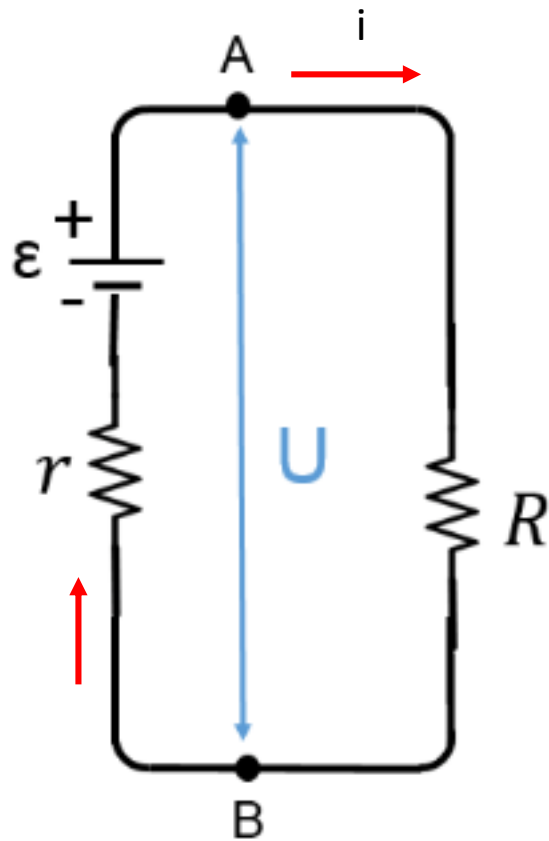
Trabalho, Energia e Força Eletromotriz



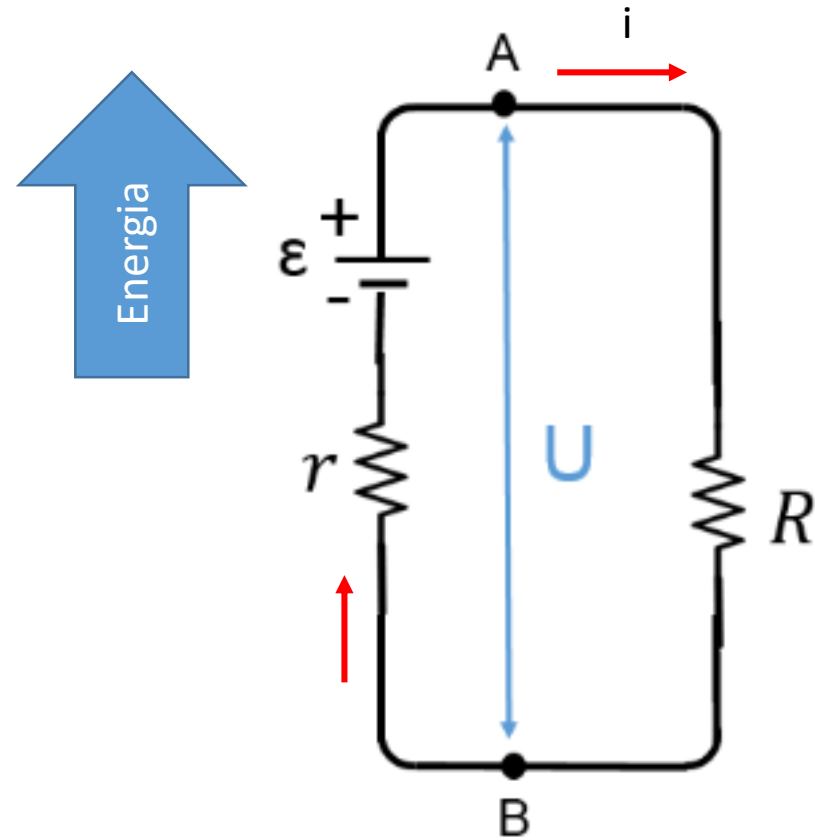
Trabalho, Energia e Força Eletromotriz



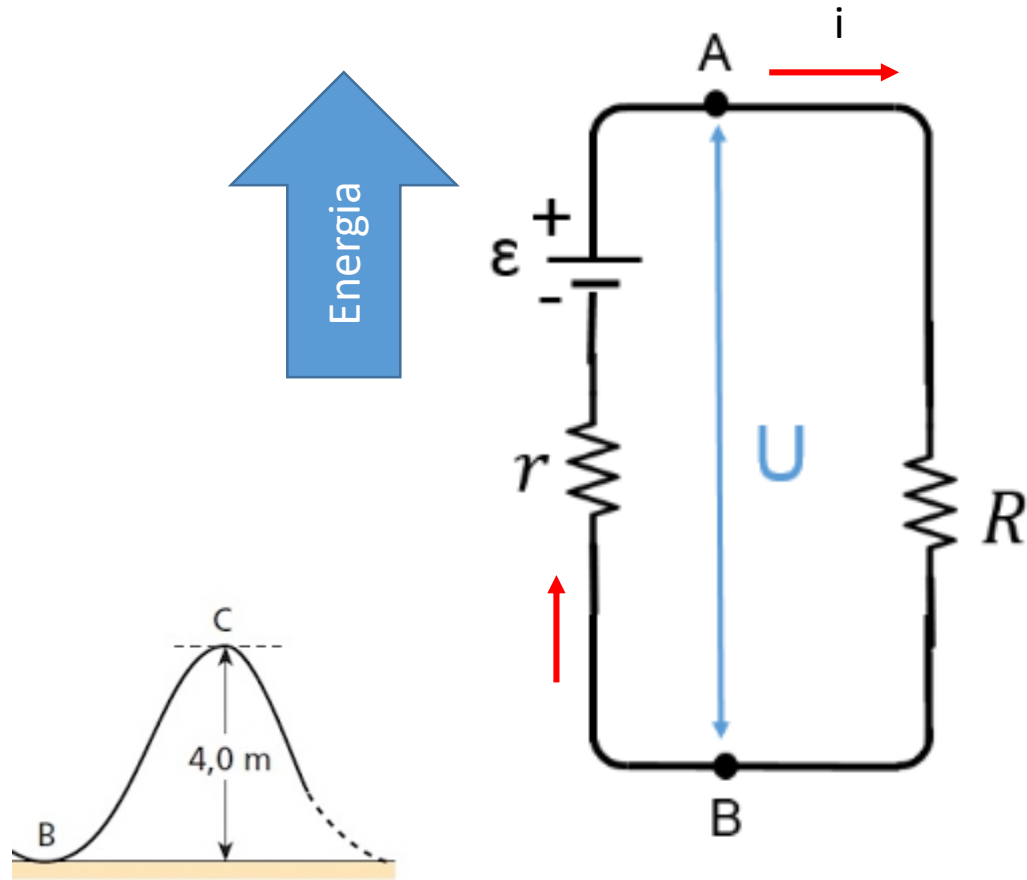
Trabalho, Energia e Força Eletromotriz



Trabalho, Energia e Força Eletromotriz

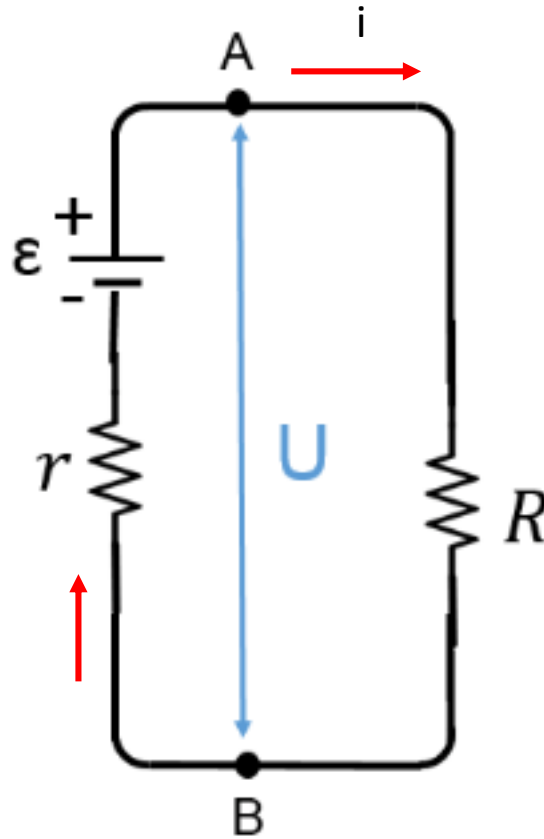
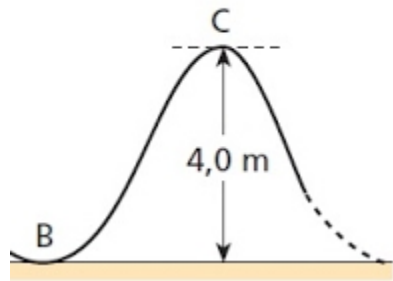
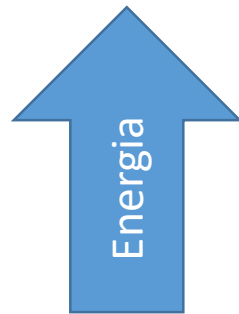


Trabalho, Energia e Força Eletromotriz



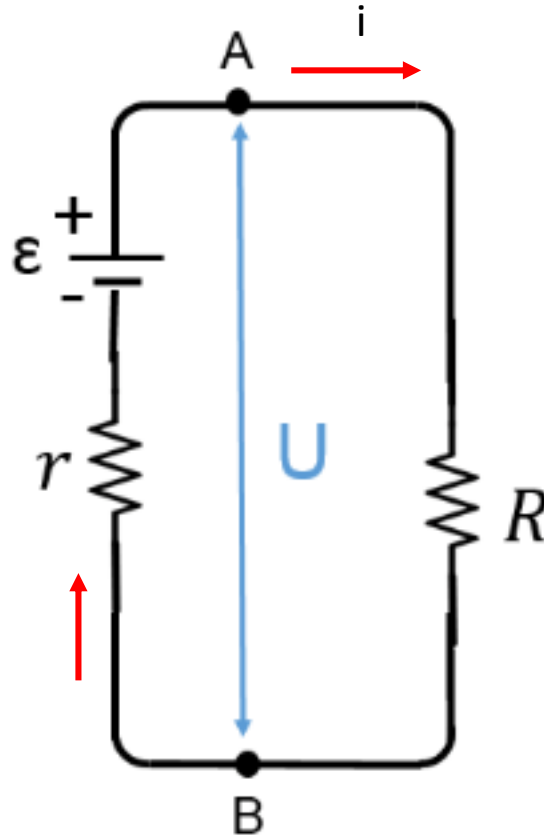
Trabalho, Energia e Força Eletromotriz

Química,
Mecânica,
Solar,
Térmica (...)



Trabalho, Energia e Força Eletromotriz

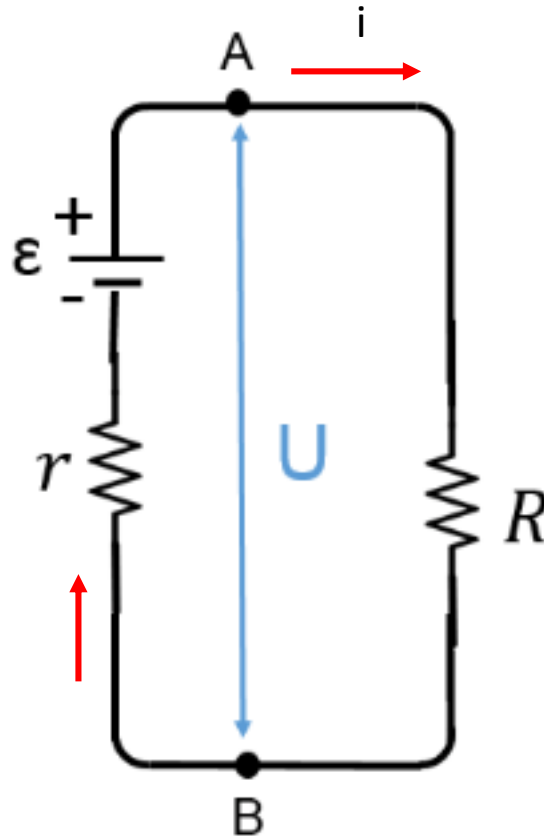
A fonte deve realizar um trabalho dW sobre a carga dq para que ela se mova



$$\varepsilon = \frac{dW}{dq}$$

Trabalho, Energia e Força Eletromotriz

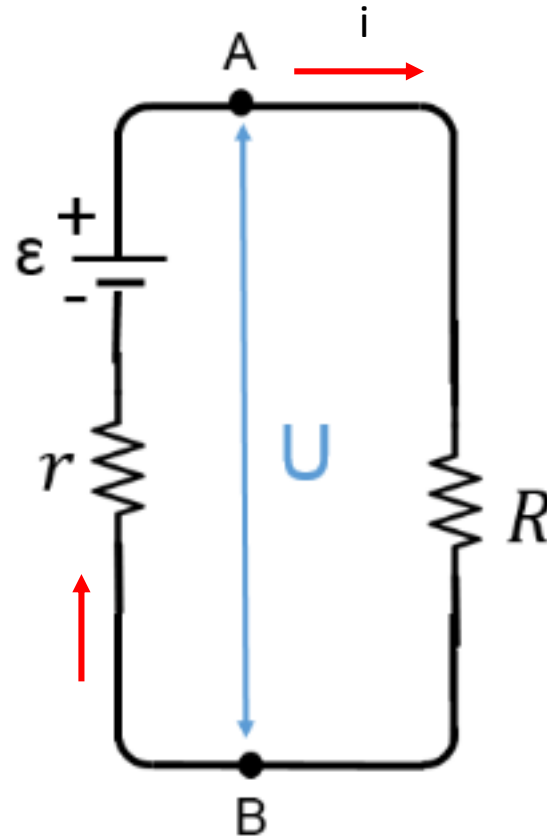
A fonte deve realizar um trabalho dW sobre a carga dq para que ela se mova



$$\varepsilon = \frac{dW}{dq} = \frac{J}{C} = V$$

Trabalho, Energia e Força Eletromotriz

A fonte deve realizar um trabalho dW sobre a carga dq para que ela se mova



$$\varepsilon = \frac{dW}{dq} = \frac{J}{C} = V$$

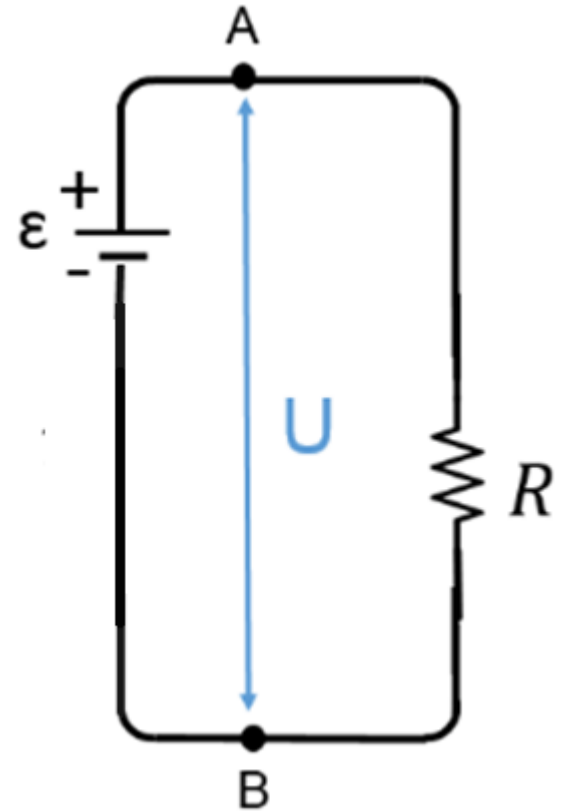
Fonte Ideal: Não tem R interna

Fonte Real: Tem R e, portanto, d.d.p. $< \varepsilon$

Corrente no Circuito

Conservação de Energia

$$\varepsilon = \frac{dW}{dq} \rightarrow dW = \varepsilon \cdot dq$$

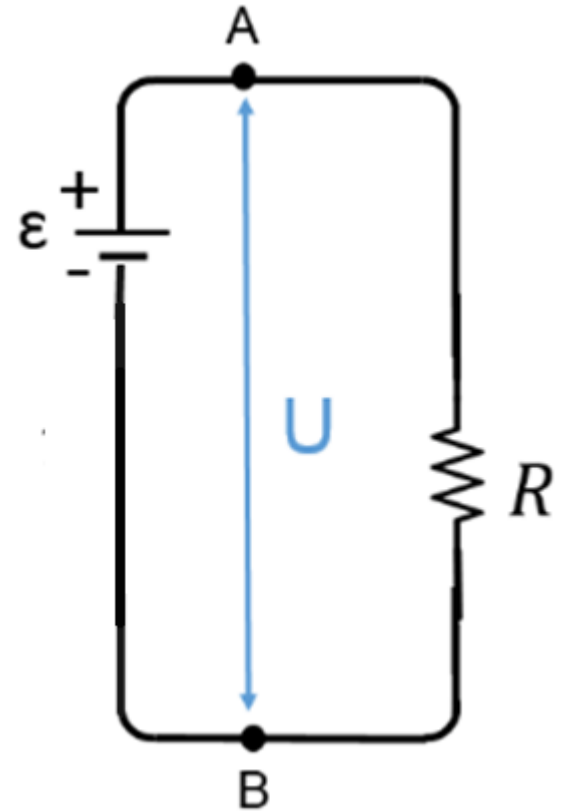


Corrente no Circuito

Conservação de Energia

$$\varepsilon = \frac{dW}{dq} \rightarrow dW = \varepsilon \cdot dq$$

$$dW = \varepsilon \cdot i dt$$



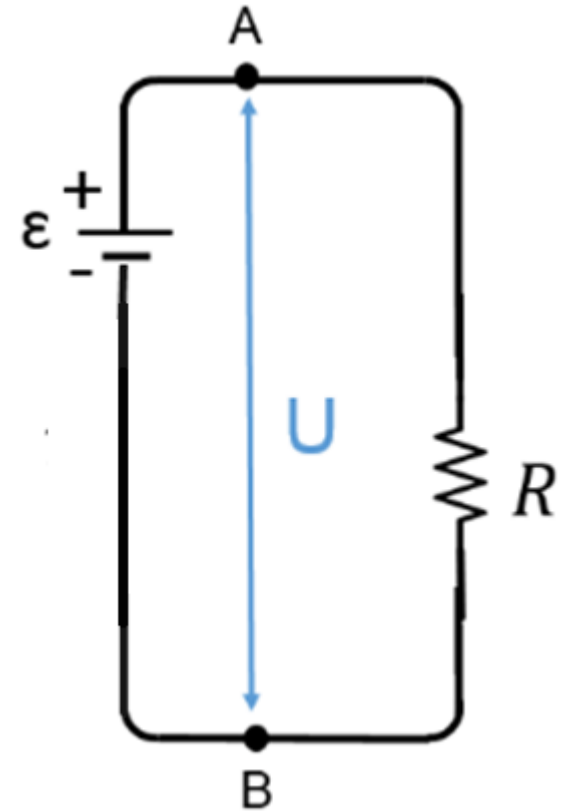
Corrente no Circuito

Conservação de Energia

$$\varepsilon = \frac{dW}{dq} \rightarrow dW = \varepsilon \cdot dq$$

$$dW = \varepsilon \cdot i dt$$

Lei de conservação: $dW = i^2 R \cdot dt$



Corrente no Circuito

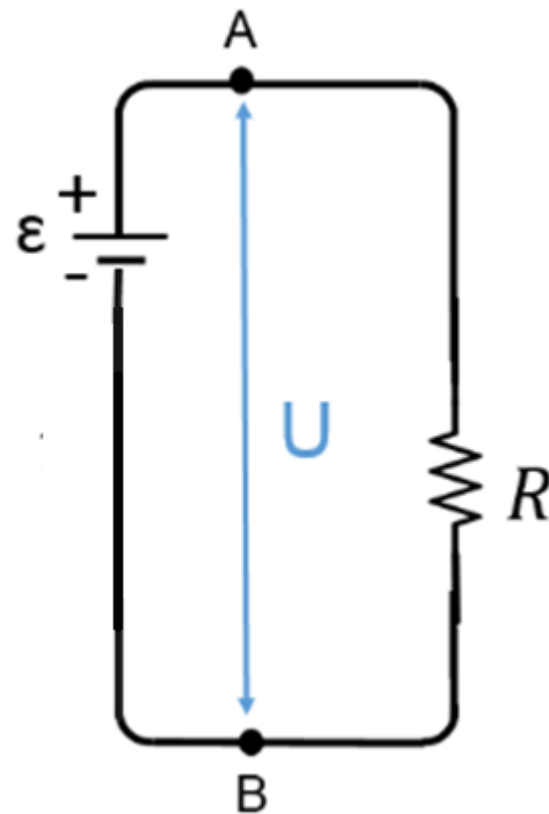
Conservação de Energia

$$\varepsilon = \frac{dW}{dq} \rightarrow dW = \varepsilon \cdot dq$$

$$dW = \varepsilon \cdot i dt$$

Lei de conservação: $dW = i^2 R \cdot dt$

$$i^2 R \cdot dt = \varepsilon \cdot i dt$$



Corrente no Circuito

Conservação de Energia

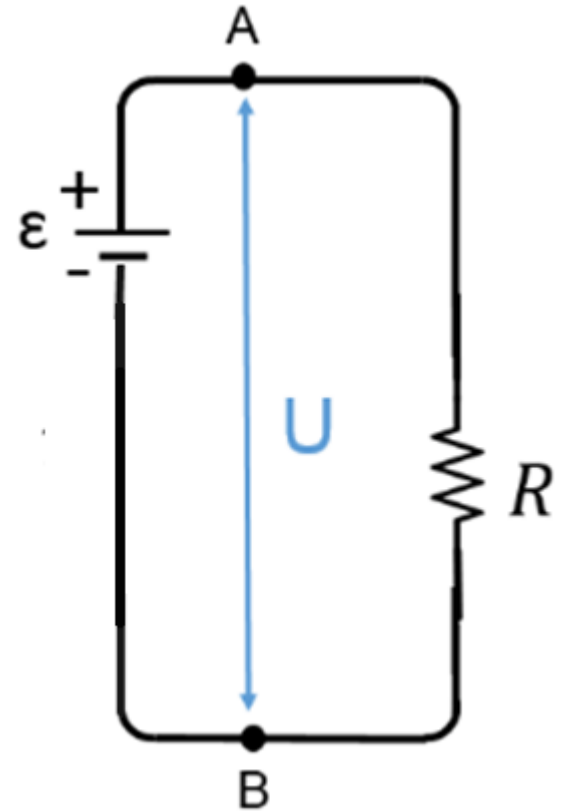
$$\varepsilon = \frac{dW}{dq} \rightarrow dW = \varepsilon \cdot dq$$

$$dW = \varepsilon \cdot i dt$$

Lei de conservação: $dW = i^2 R \cdot dt$

$$i^2 R \cdot dt = \varepsilon \cdot i dt$$

$$iR = \varepsilon$$



Corrente no Circuito

Conservação de Energia

$$\varepsilon = \frac{dW}{dq} \rightarrow dW = \varepsilon \cdot dq$$

$$dW = \varepsilon \cdot i dt$$

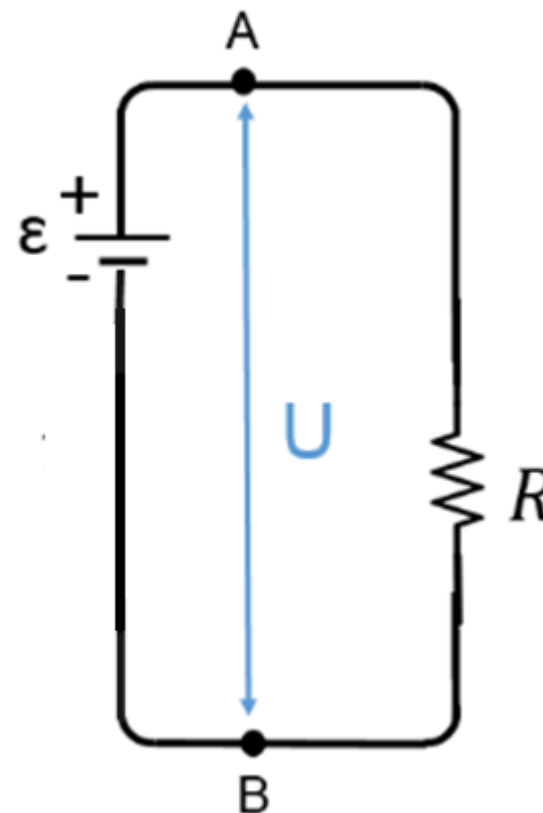
Lei de conservação: $dW = i^2 R \cdot dt$

$$i^2 R \cdot dt = \varepsilon \cdot i dt$$

$$iR = \varepsilon$$

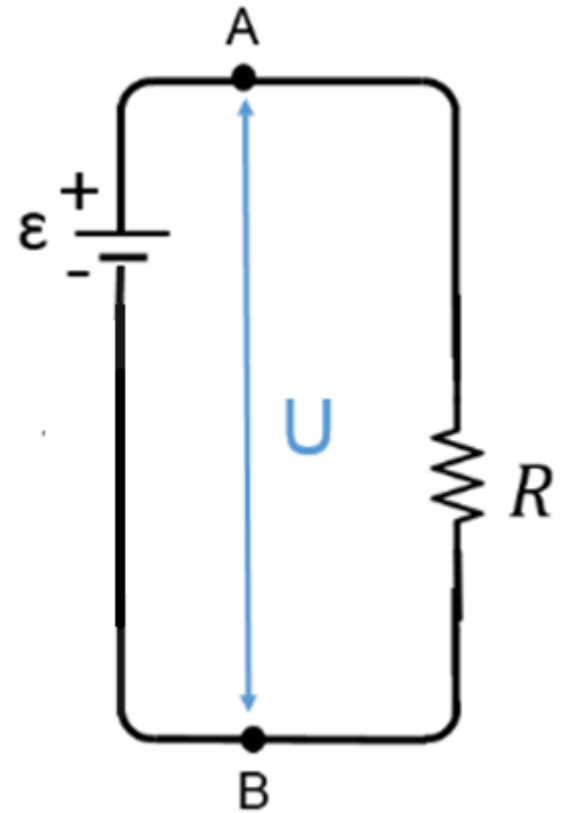
$$iR = V$$

Fonte ideal! =)



Corrente no Circuito

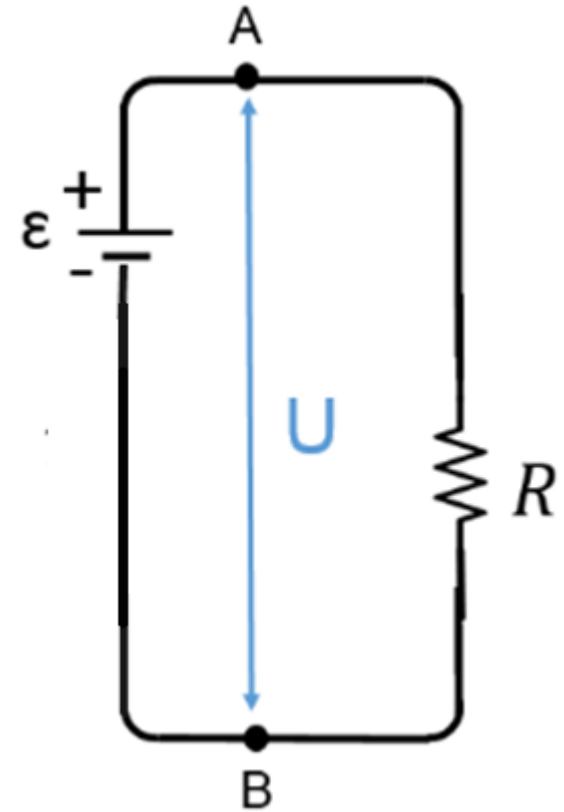
Método do Potencial



Corrente no Circuito

Método do Potencial

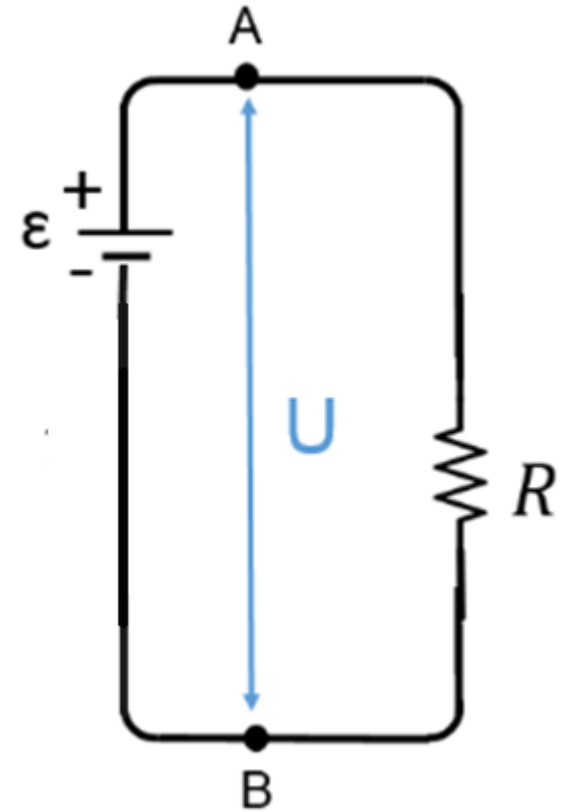
Regra das malhas → *A soma das variações de potencial em um circuito fechado é zero.*



Corrente no Circuito

Método do Potencial

Regra das malhas → A soma das variações de potencial em um circuito fechado é zero. *Lei das malhas de Kirchhoff*

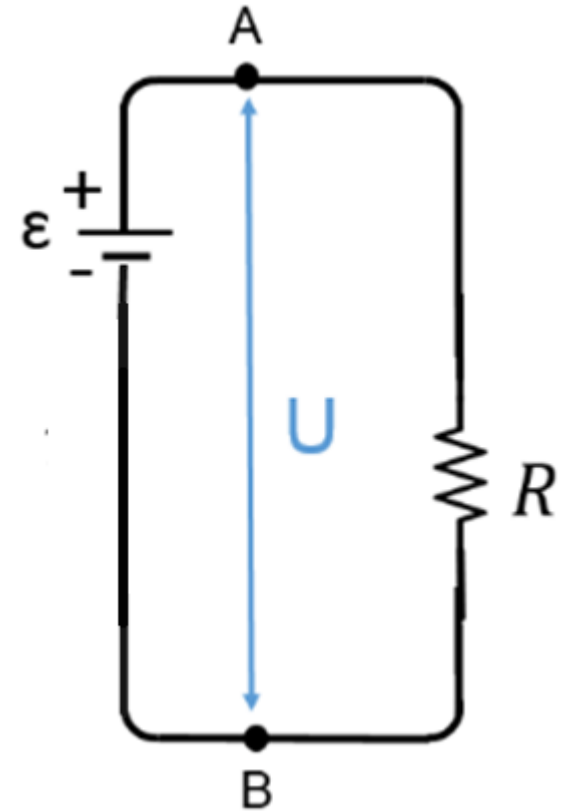


Corrente no Circuito

Método do Potencial

Regra das malhas → A soma das variações de potencial em um circuito fechado é zero. *Lei das malhas de Kirchhoff*

Regra das malhas → Uma resistência no sentido da corrente tem variação de potencial $-iR$. Sentido oposto, $+iR$.



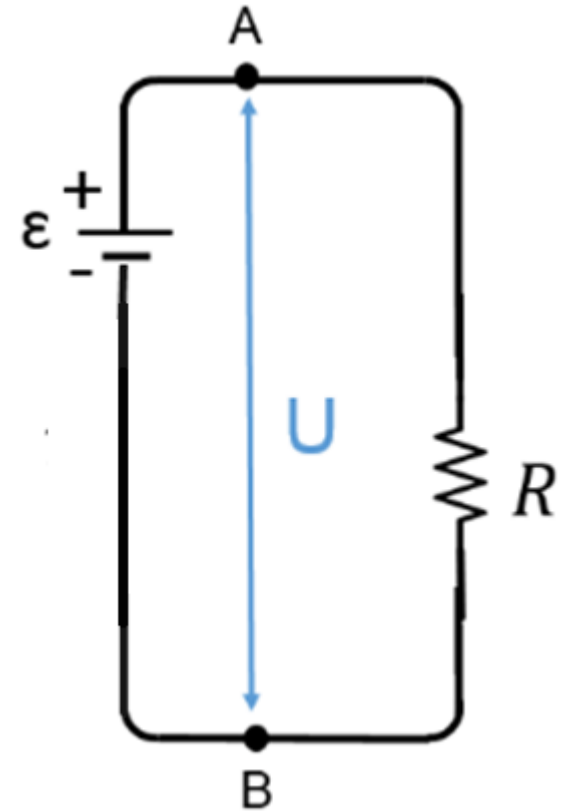
Corrente no Circuito

Método do Potencial

Regra das malhas → A soma das variações de potencial em um circuito fechado é zero. *Lei das malhas de Kirchhoff*

Regra das malhas → Uma resistência no sentido da corrente tem variação de potencial $-iR$. Sentido oposto, $+iR$.

Regra das fontes → Uma fonte, do $-$ para $+$: $+\varepsilon$



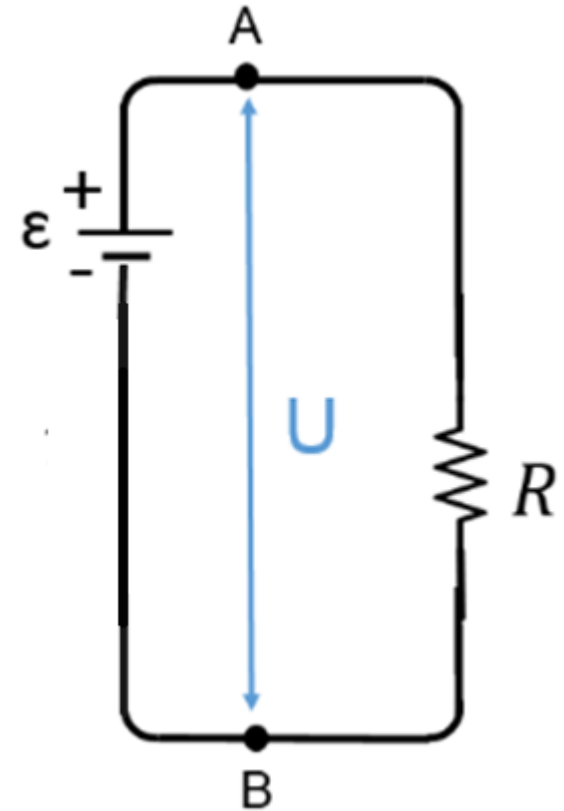
Corrente no Circuito

Método do Potencial

Regra das malhas → A soma das variações de potencial em um circuito fechado é zero. *Lei das malhas de Kirchhoff*

Regra das malhas → Uma resistência no sentido da corrente tem variação de potencial $-iR$. Sentido oposto, $+iR$.

Regra das fontes → Uma fonte, do $-$ para $+$: $+\varepsilon$



$$V_A$$

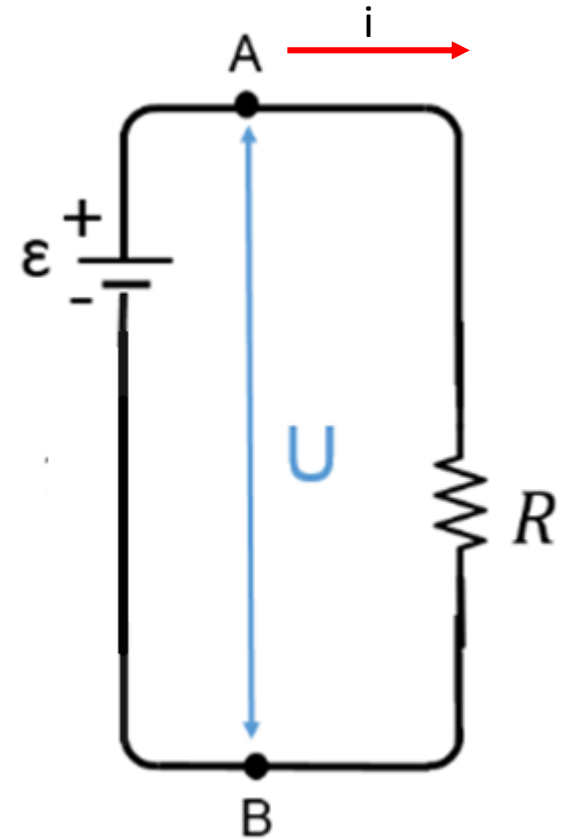
Corrente no Circuito

Método do Potencial

Regra das malhas → A soma das variações de potencial em um circuito fechado é zero. *Lei das malhas de Kirchhoff*

Regra das malhas → Uma resistência no sentido da corrente tem variação de potencial $-iR$. Sentido oposto, $+iR$.

Regra das fontes → Uma fonte, do $-$ para $+$: $+\varepsilon$



$$V_A$$

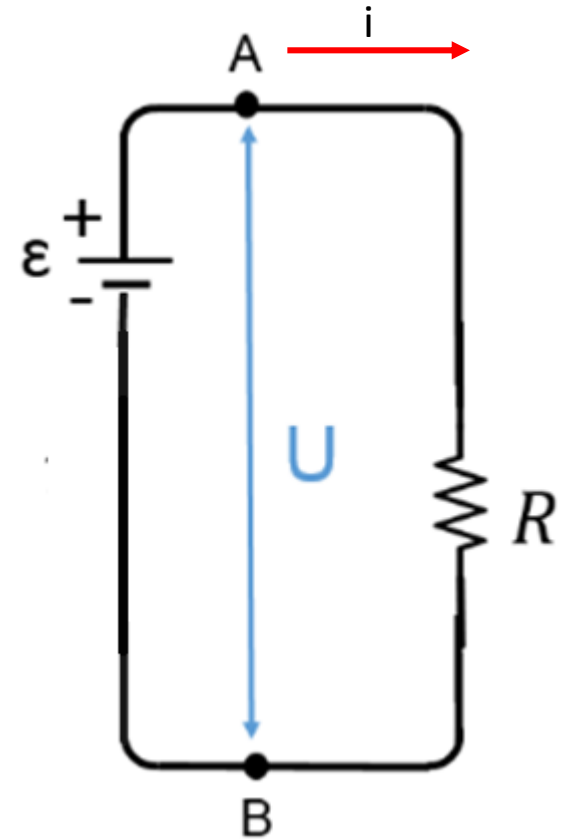
Corrente no Circuito

Método do Potencial

Regra das malhas → A soma das variações de potencial em um circuito fechado é zero. *Lei das malhas de Kirchhoff*

Regra das malhas → Uma resistência no sentido da corrente tem variação de potencial $-iR$. Sentido oposto, $+iR$.

Regra das fontes → Uma fonte, do $-$ para $+$: $+\varepsilon$



$$V_A - iR$$

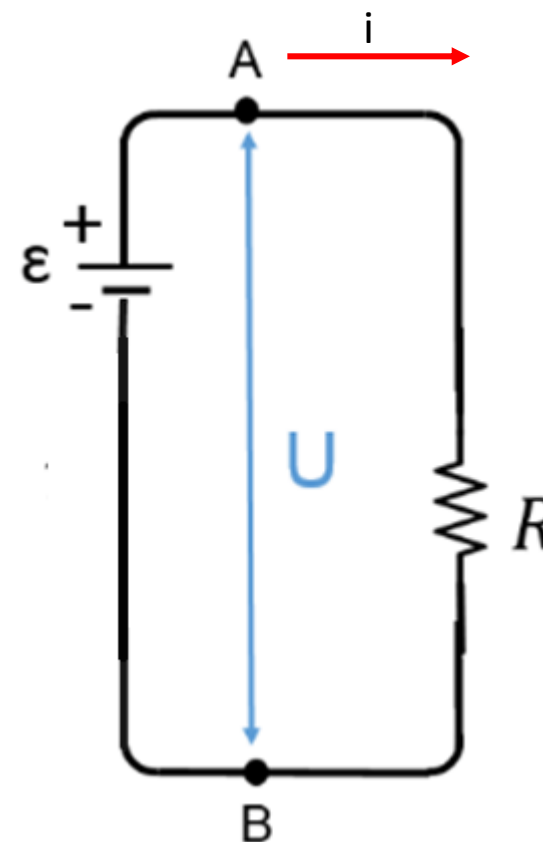
Corrente no Circuito

Método do Potencial

Regra das malhas → A soma das variações de potencial em um circuito fechado é zero. *Lei das malhas de Kirchhoff*

Regra das malhas → Uma resistência no sentido da corrente tem variação de potencial $-iR$. Sentido oposto, $+iR$.

Regra das fontes → Uma fonte, do $-$ para $+$: $+\varepsilon$



$$V_A - iR + \varepsilon$$

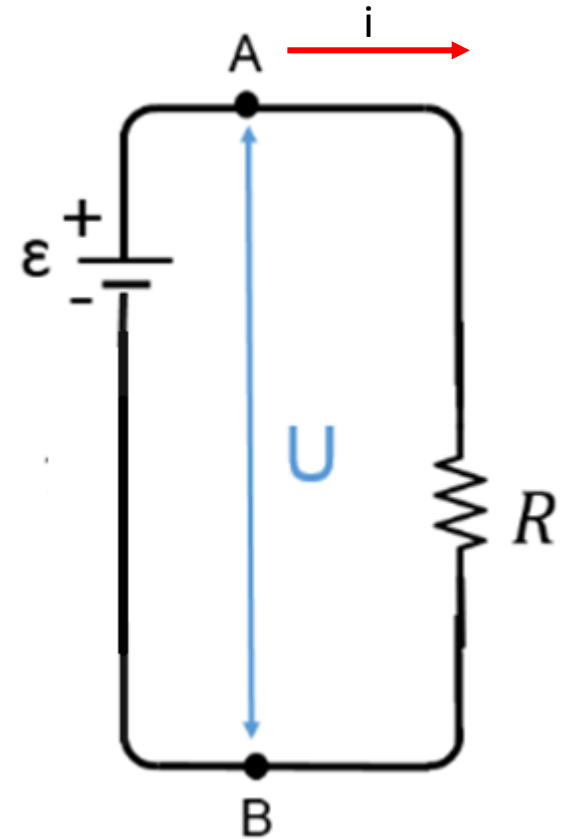
Corrente no Circuito

Método do Potencial

Regra das malhas → A soma das variações de potencial em um circuito fechado é zero. *Lei das malhas de Kirchhoff*

Regra das malhas → Uma resistência no sentido da corrente tem variação de potencial $-iR$. Sentido oposto, $+iR$.

Regra das fontes → Uma fonte, do $-$ para $+$: $+\varepsilon$



$$V_A - iR + \varepsilon = V_A$$

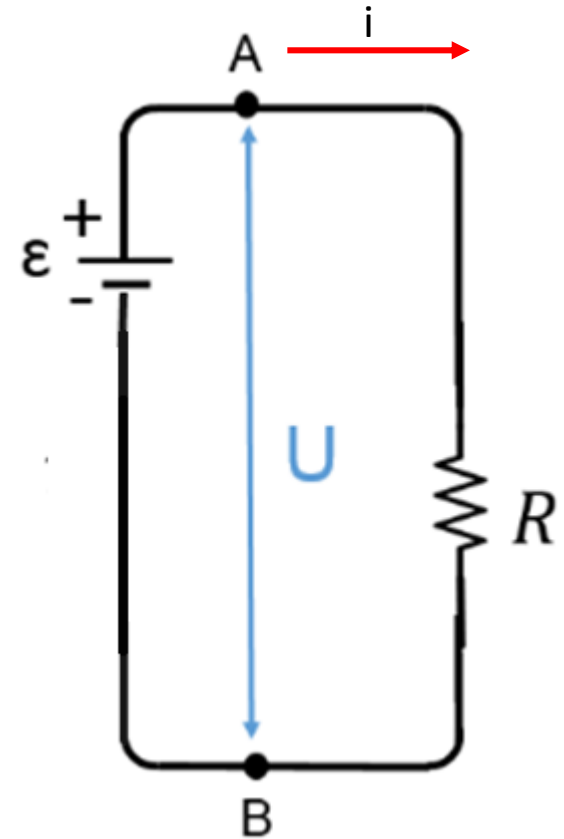
Corrente no Circuito

Método do Potencial

Regra das malhas → A soma das variações de potencial em um circuito fechado é zero. *Lei das malhas de Kirchhoff*

Regra das malhas → Uma resistência no sentido da corrente tem variação de potencial $-iR$. Sentido oposto, $+iR$.

Regra das fontes → Uma fonte, do $-$ para $+$: $+\varepsilon$



$$\varepsilon = iR$$

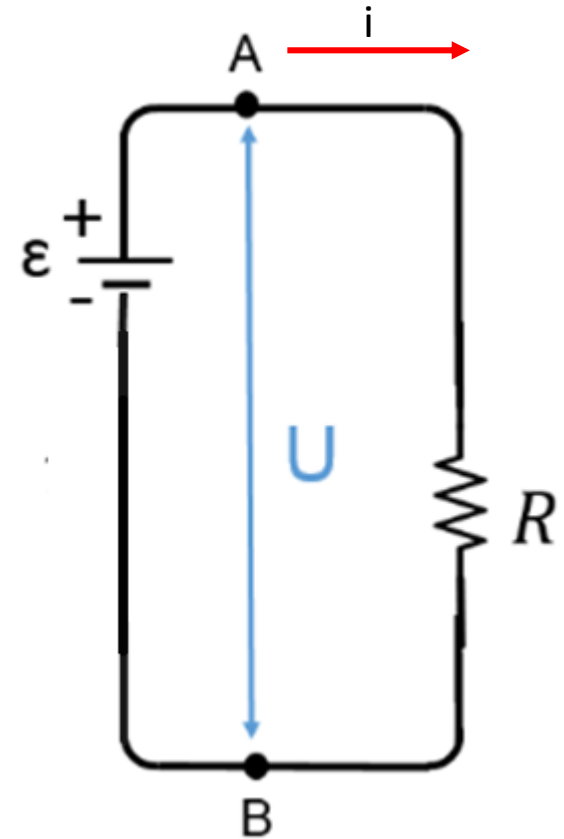
Corrente no Circuito

Método do Potencial

Regra das malhas → A soma das variações de potencial em um circuito fechado é zero. *Lei das malhas de Kirchhoff*

Regra das malhas → Uma resistência no sentido da corrente tem variação de potencial $-iR$. Sentido oposto, $+iR$.

Regra das fontes → Uma fonte, do $-$ para $+$: $+\varepsilon$



$$V_B - V_A = ?$$

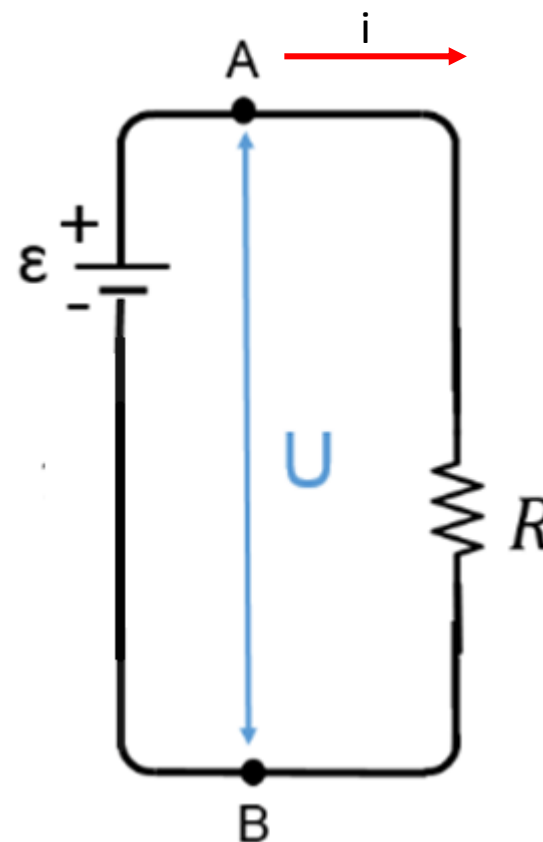
Corrente no Circuito

Método do Potencial

Regra das malhas → A soma das variações de potencial em um circuito fechado é zero. *Lei das malhas de Kirchhoff*

Regra das malhas → Uma resistência no sentido da corrente tem variação de potencial $-iR$. Sentido oposto, $+iR$.

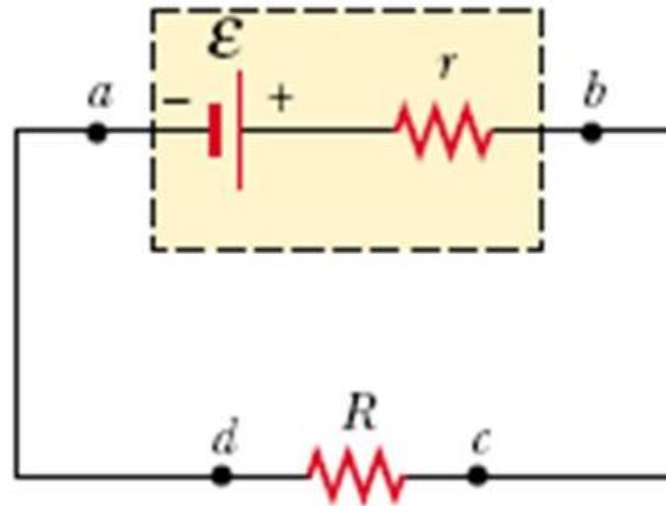
Regra das fontes → Uma fonte, do $-$ para $+$: $+\varepsilon$



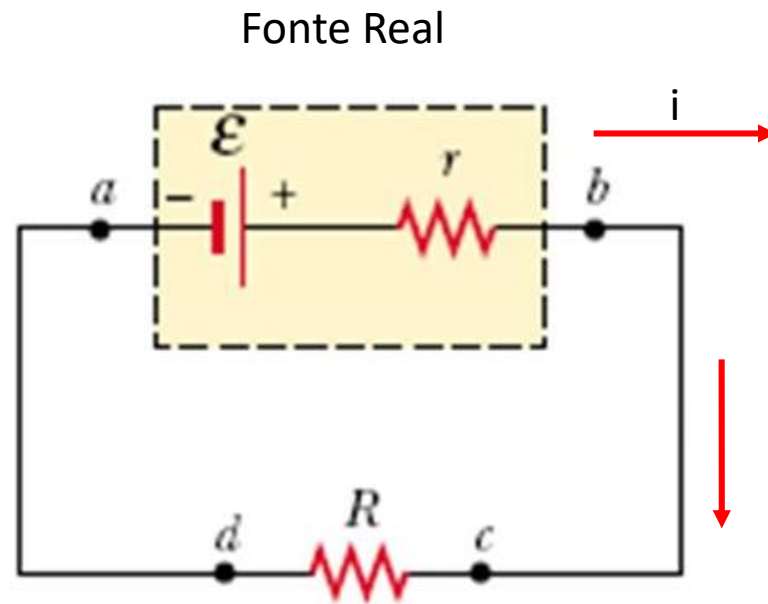
$$V_B - V_A = iR$$

Circuitos

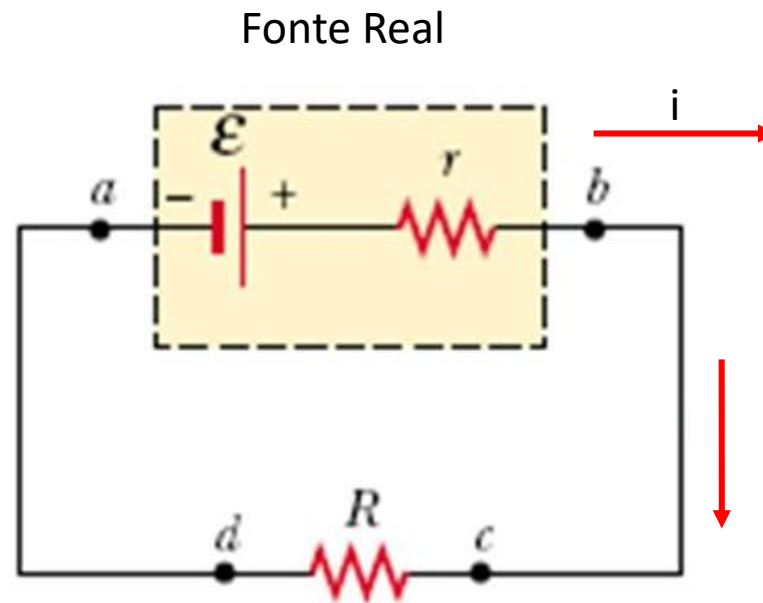
Fonte Real



Circuitos

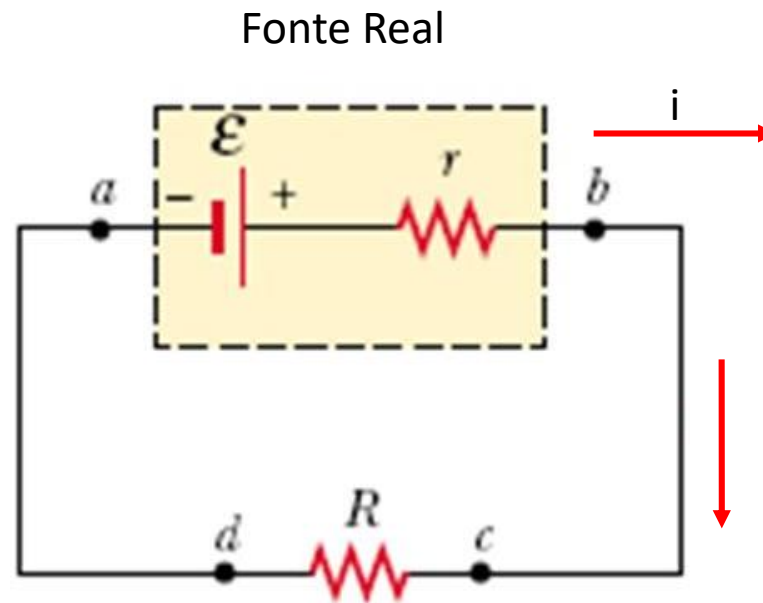


Circuitos



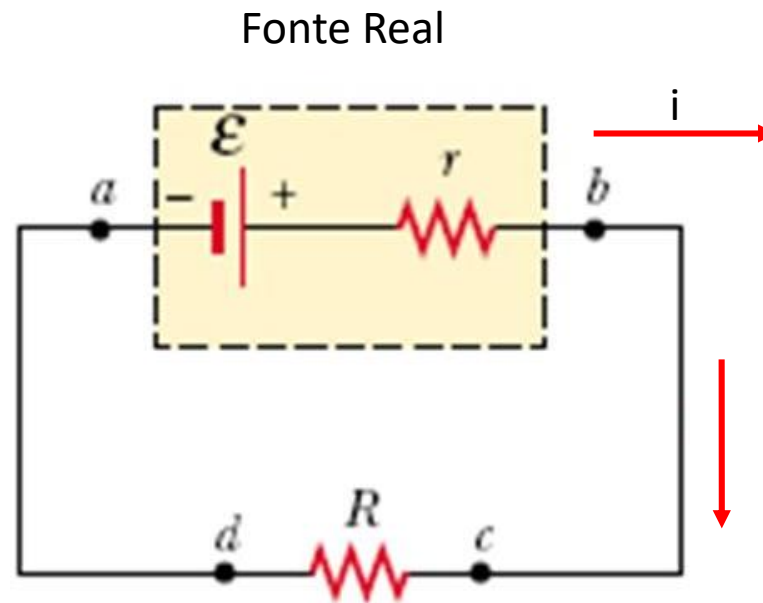
$$V_A + \mathcal{E} - ir - iR = V_A$$

Circuitos



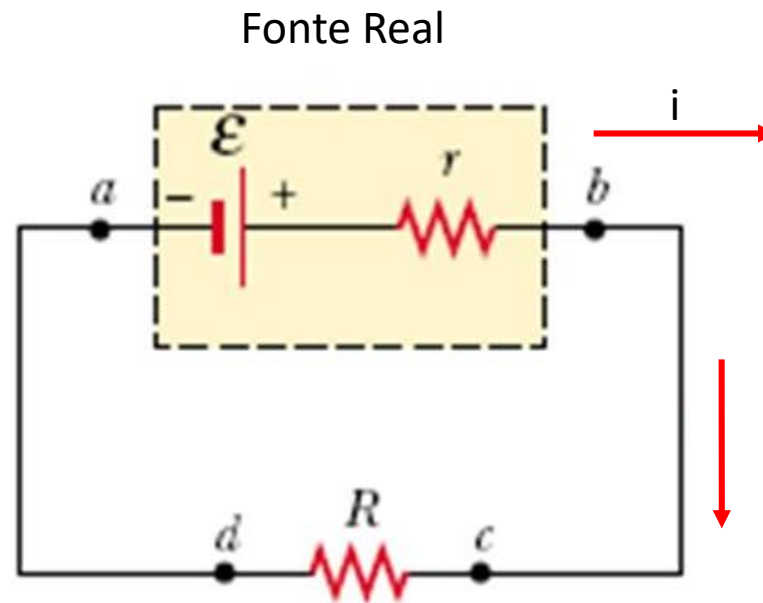
$$\mathcal{E} - ir - iR = 0$$

Circuitos



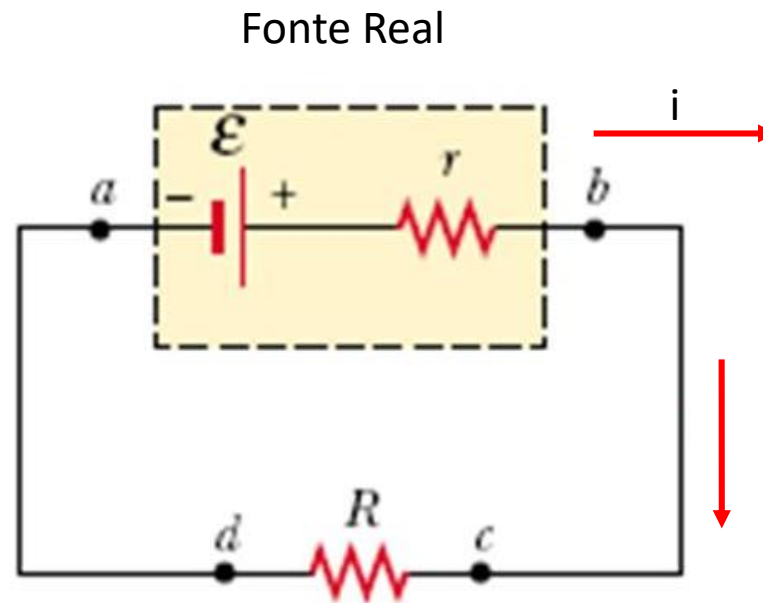
$$\mathcal{E} - ir - iR = 0 \rightarrow i = \frac{\mathcal{E}}{R + r} \quad \text{Fonte Real}$$

Circuitos



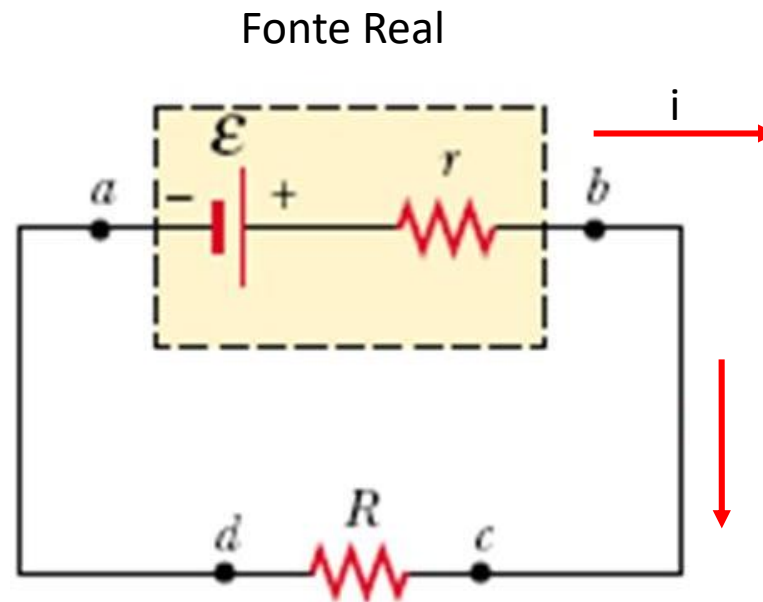
$$V_A + \mathcal{E} - ir = V_B$$

Circuitos



$$V_A + \mathcal{E} - ir = V_B \rightarrow V_B - V_A = \mathcal{E} - ir$$

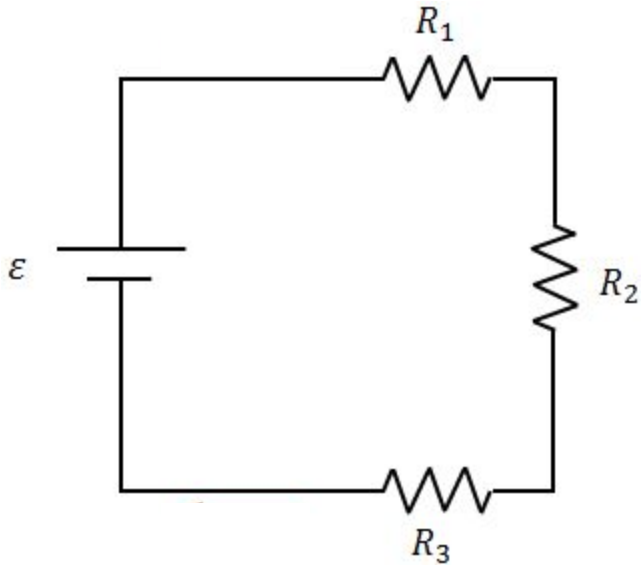
Circuitos



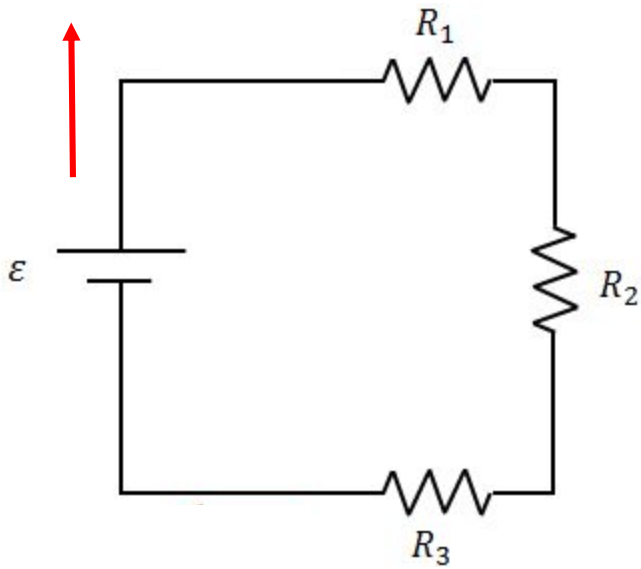
$$V_A + \mathcal{E} - ir = V_B \rightarrow V_B - V_A = \mathcal{E} - ir$$

Diferença de potencial de uma fonte real

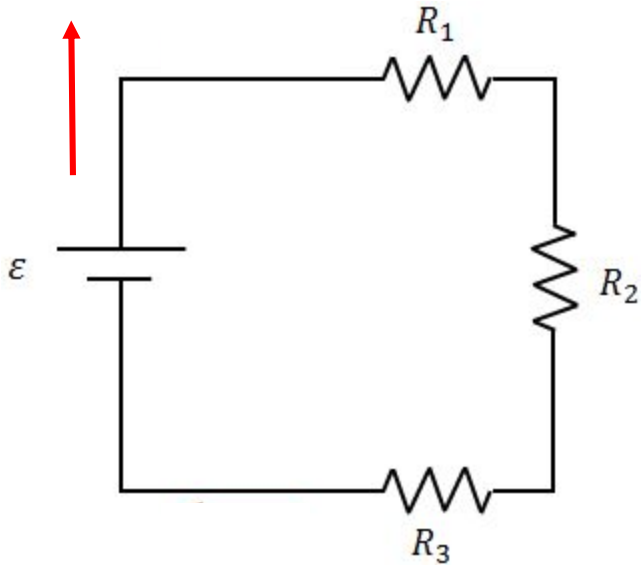
Circuitos



Circuitos

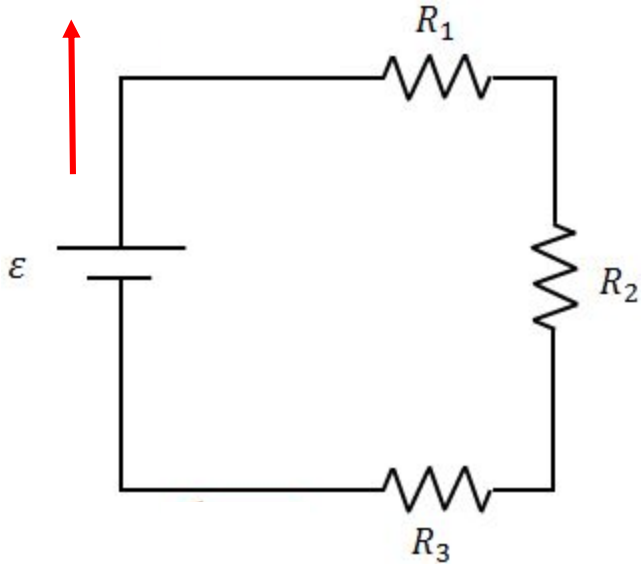


Circuitos



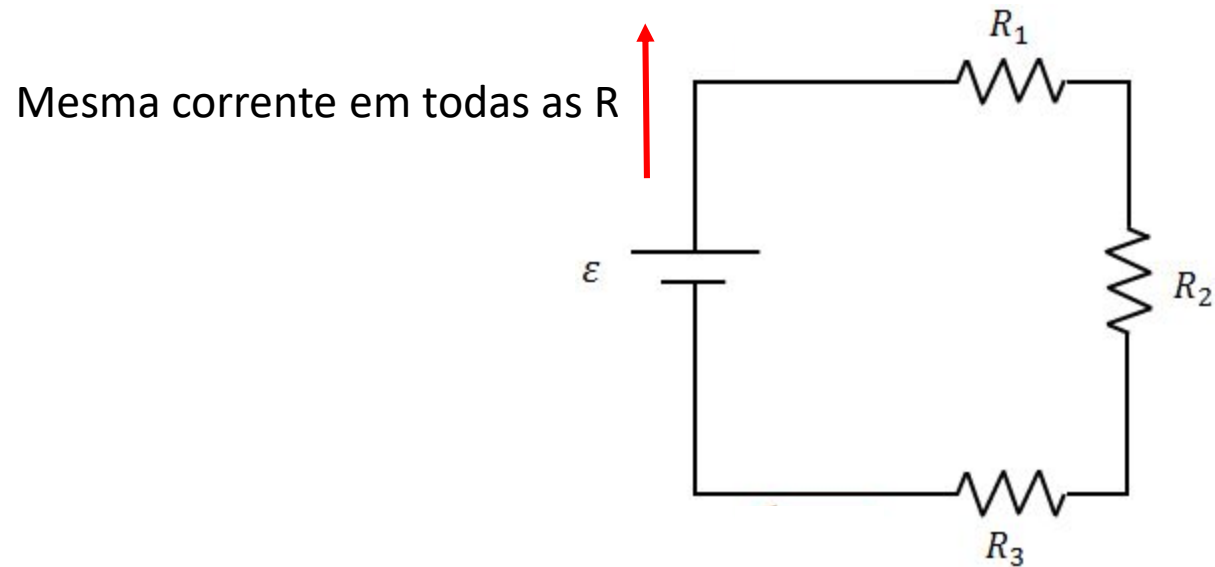
$$0 = \varepsilon - iR_1 - iR_2 - iR_3$$

Circuitos



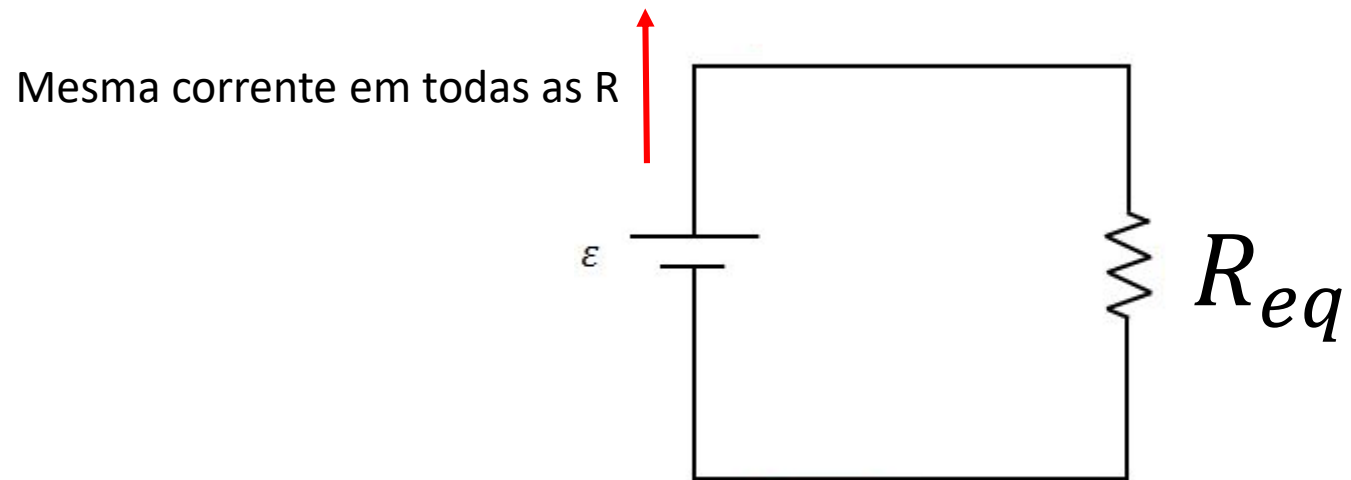
$$0 = \varepsilon - iR_1 - iR_2 - iR_3 \rightarrow i = \frac{\varepsilon}{R_1 + R_2 + R_3}$$

Circuitos



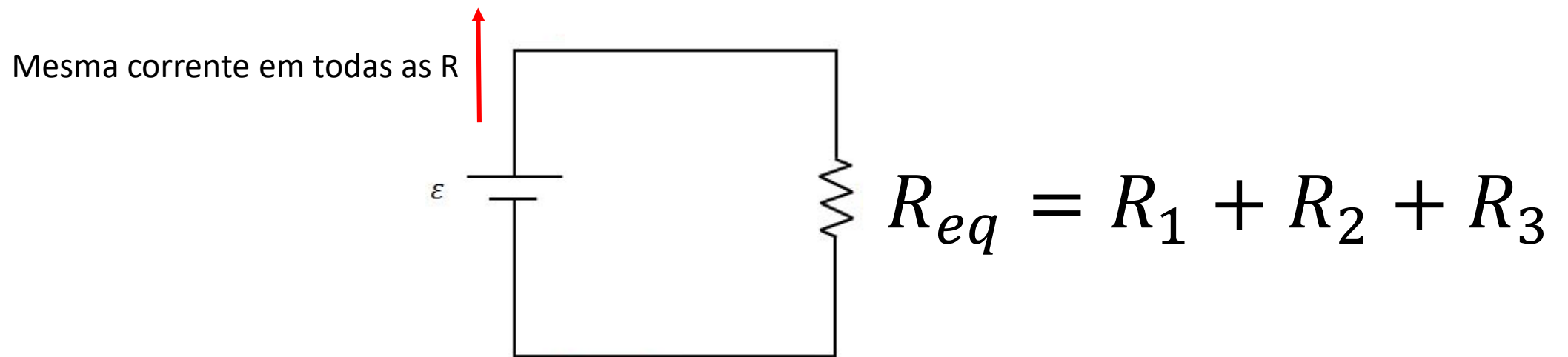
$$0 = \varepsilon - iR_1 - iR_2 - iR_3 \rightarrow i = \frac{\varepsilon}{R_1 + R_2 + R_3}$$

Circuitos



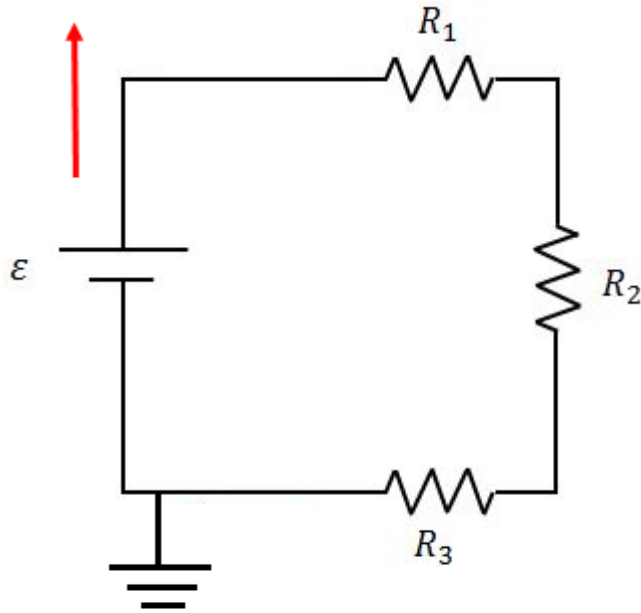
$$0 = \varepsilon - iR_1 - iR_2 - iR_3 \rightarrow i = \frac{\varepsilon}{R_1 + R_2 + R_3}$$

Circuitos

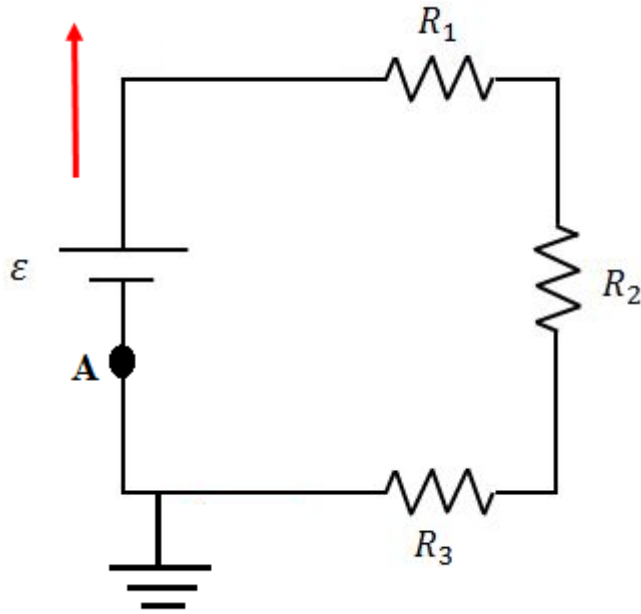


$$0 = \varepsilon - iR_1 - iR_2 - iR_3 \rightarrow i = \frac{\varepsilon}{R_1 + R_2 + R_3}$$

Circuitos - Aterramento



Circuitos - Aterramento



$$V_A = 0$$

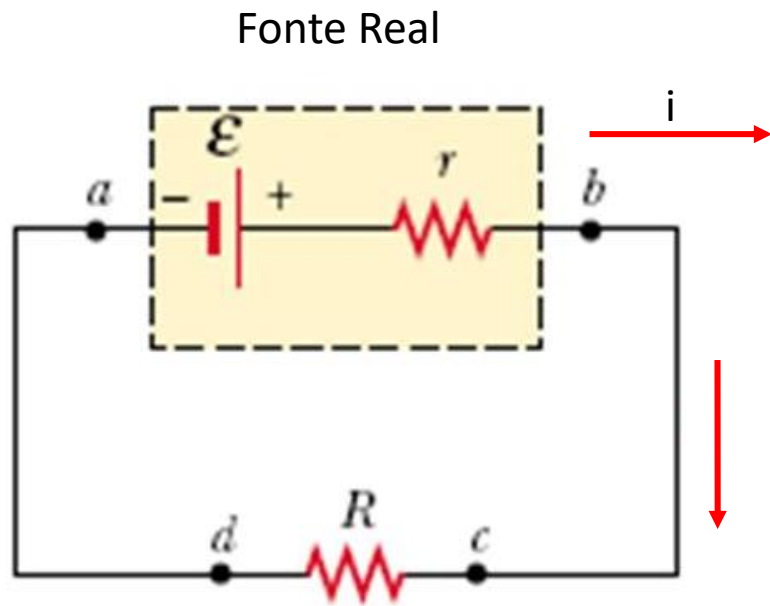
Potência

$$P = iV$$

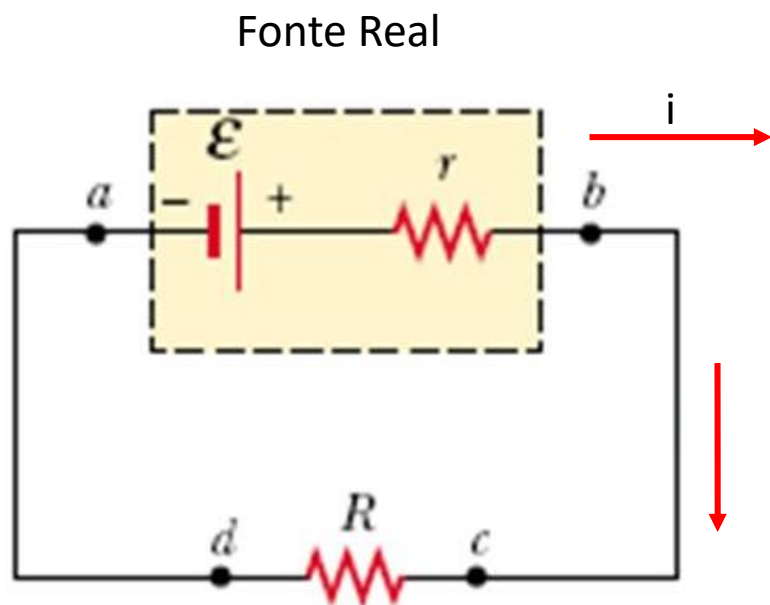
Potência

$$P = iV$$

$$V = \varepsilon - ir$$



Potência

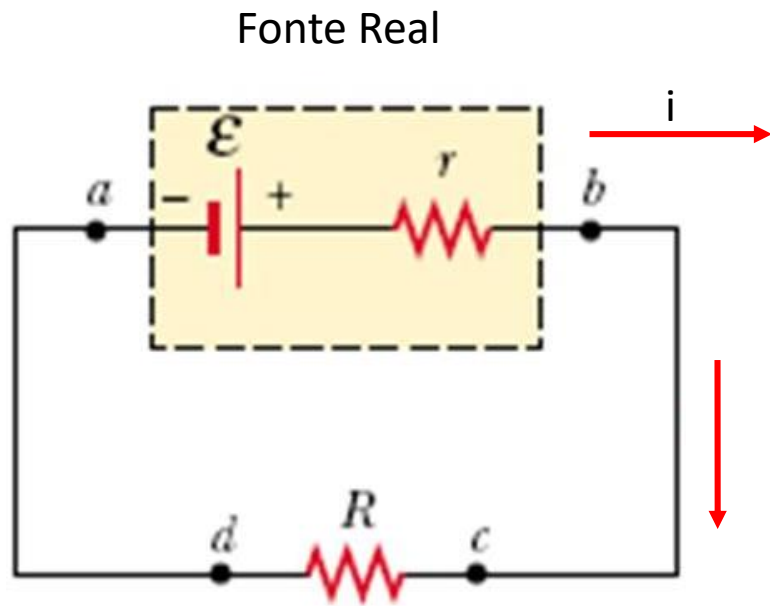


$$P = iV$$

$$V = \mathcal{E} - ir$$

$$P = i(\mathcal{E} - ir)$$

Potência

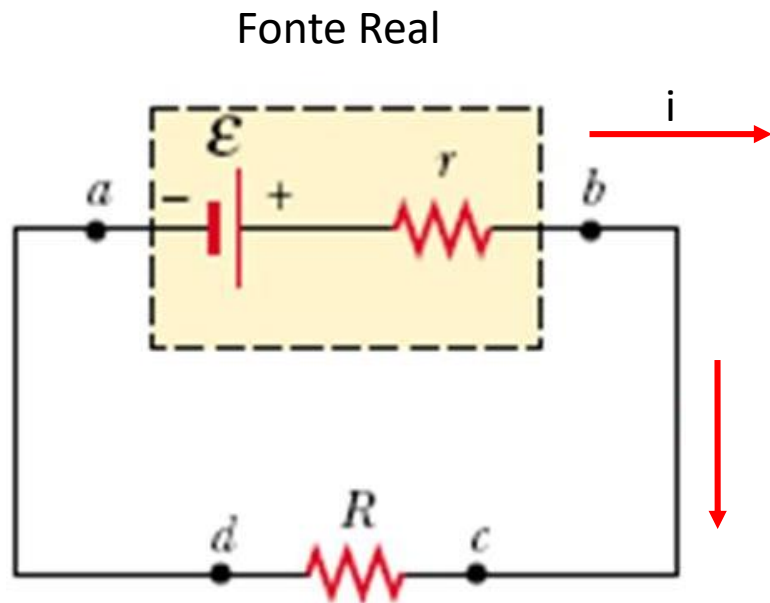


$$P = iV$$

$$V = \varepsilon - ir$$

$$P = i(\varepsilon - ir) \rightarrow P = i\varepsilon - i^2r$$

Potência



$$P = iV$$

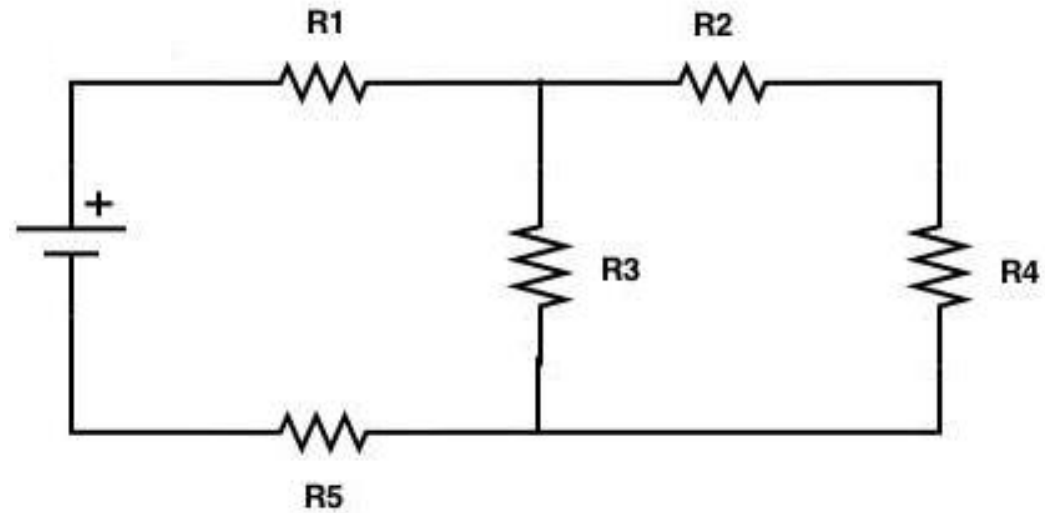
$$V = \varepsilon - ir$$

$$P = i(\varepsilon - ir) \rightarrow P = i\varepsilon - i^2r$$

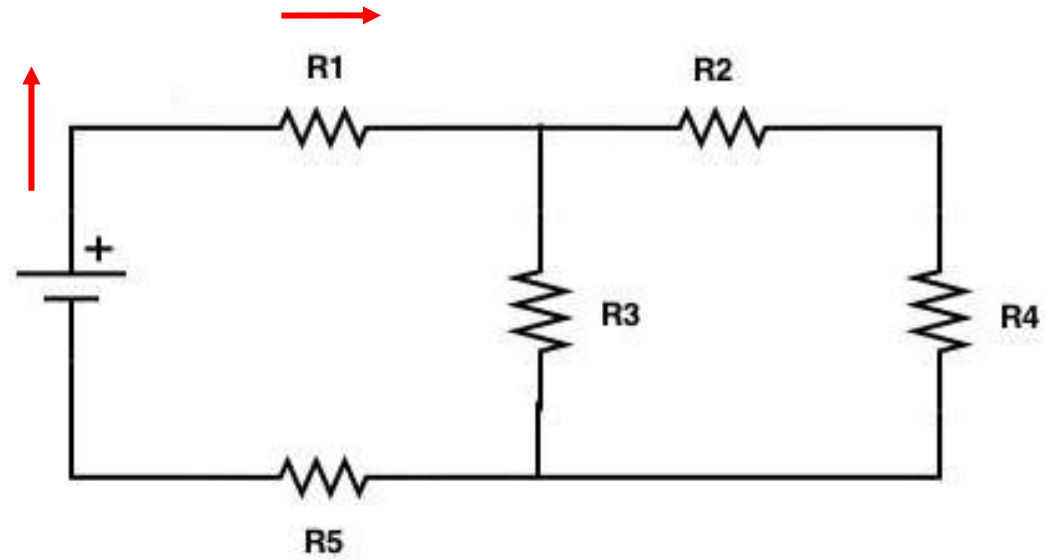
Potência Fornecida

Potência Dissipada

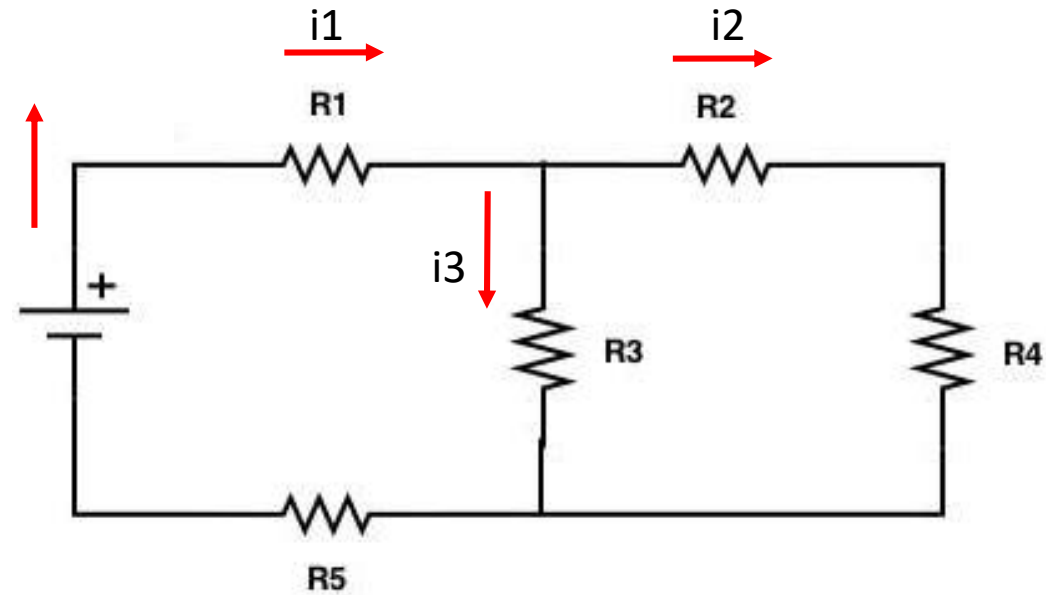
Circuitos



Circuitos

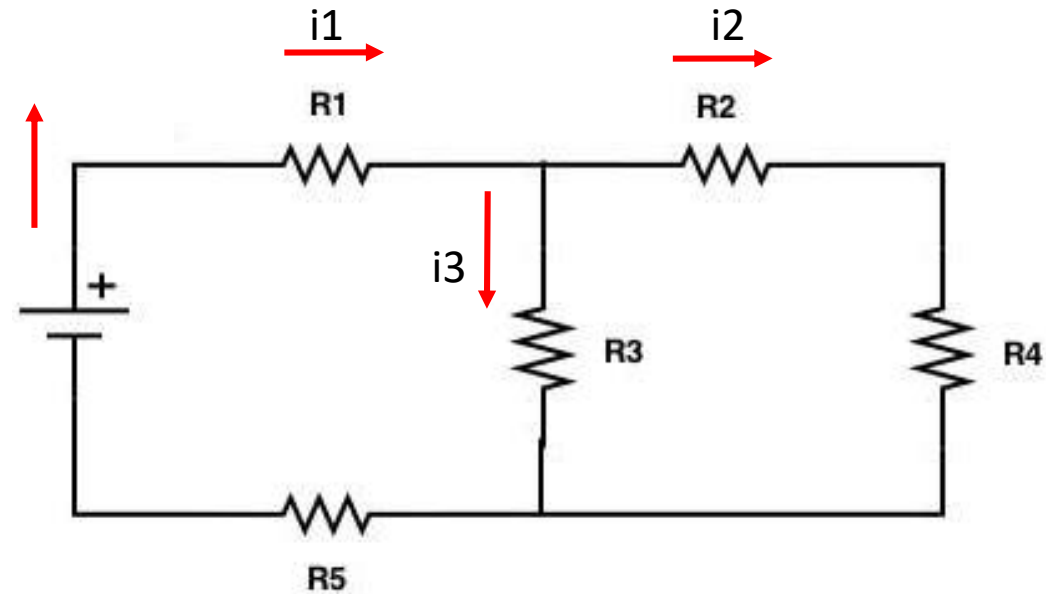


Circuitos



$$i_1 = i_2 + i_3$$

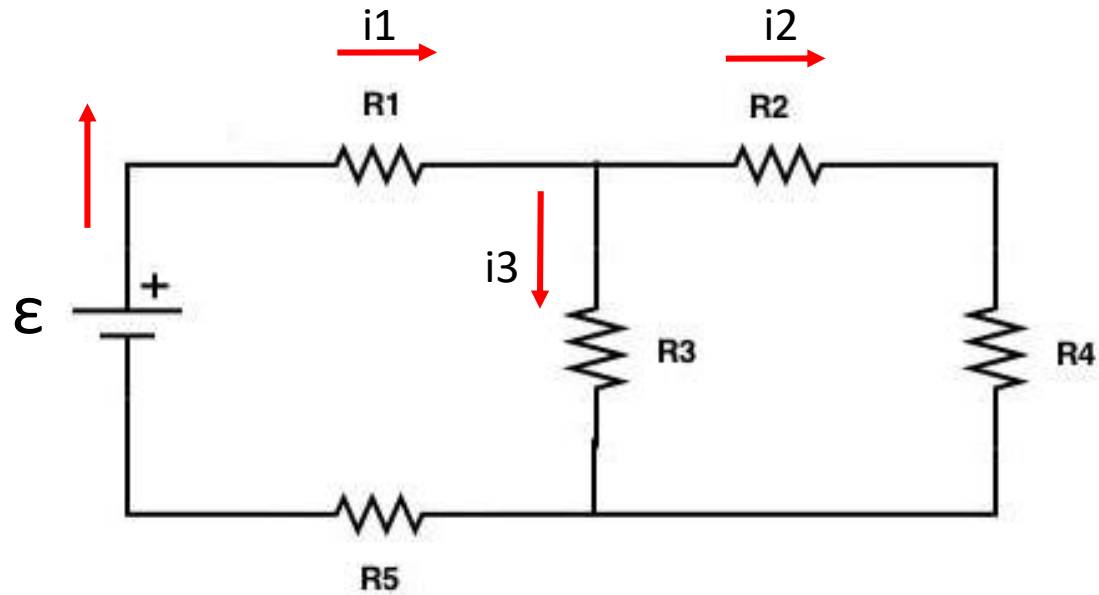
Circuitos



$$i_1 = i_2 + i_3$$

Regra dos nós → A soma das correntes que entram num nó é igual a que sai

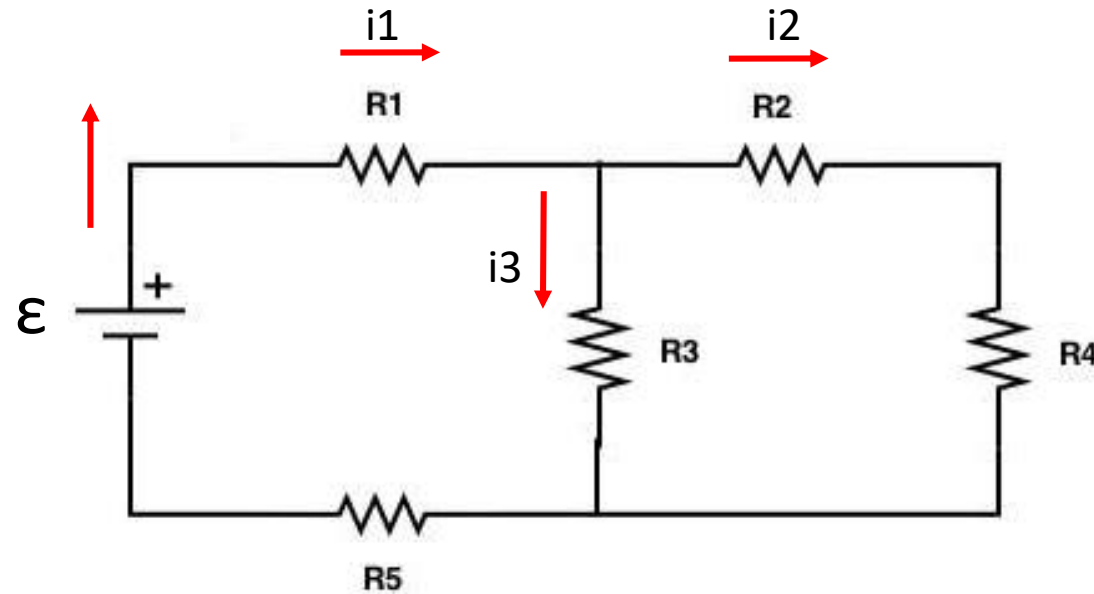
Circuitos



$$i_1 = i_2 + i_3$$

Regra dos nós \rightarrow A soma das correntes que entram num nó é igual a que sai

Circuitos

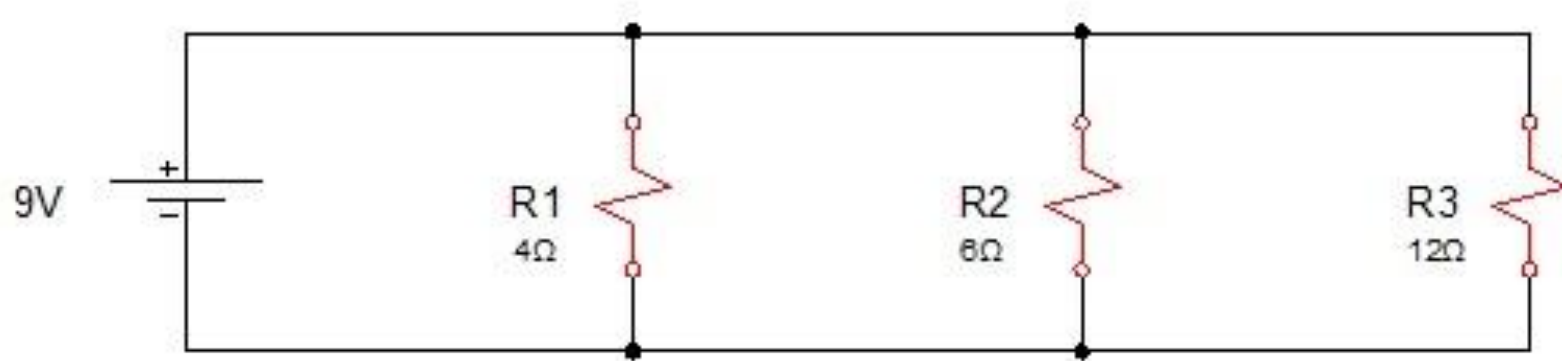


Quem são as correntes?

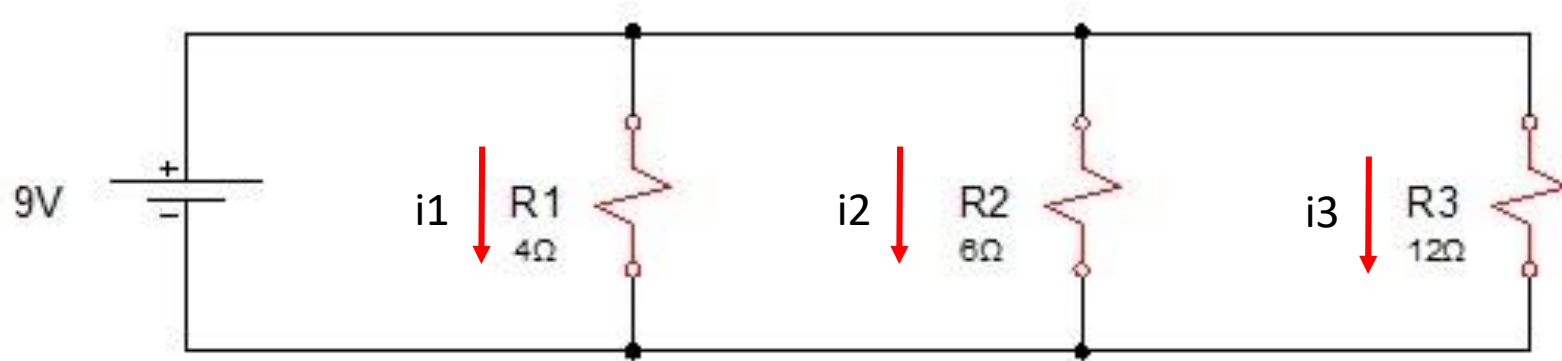
$$i_1 = i_2 + i_3$$

Regra dos nós \rightarrow A soma das correntes que entram num nó é igual a que sai

Circuitos

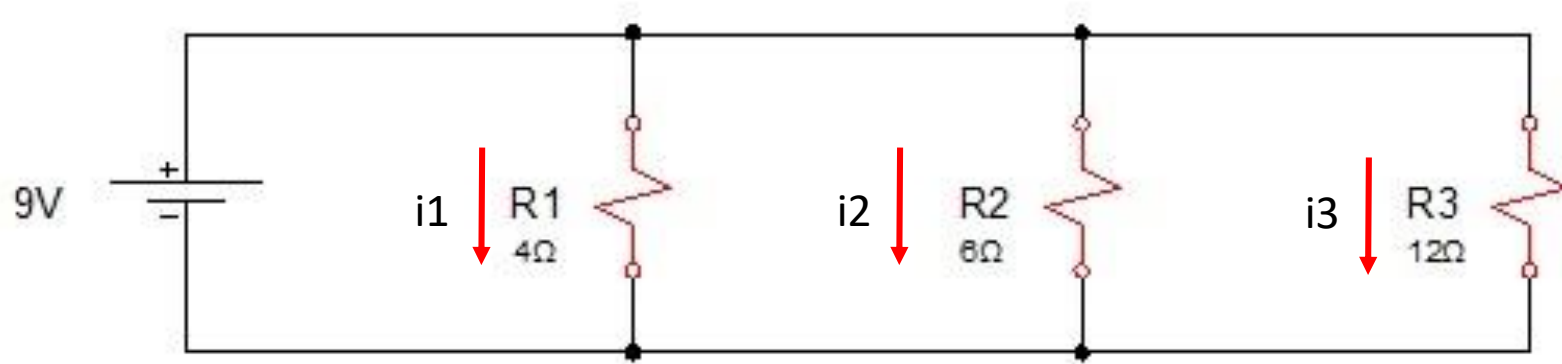


Circuitos



Todas as resistências são submetidas a mesma d.d.p.

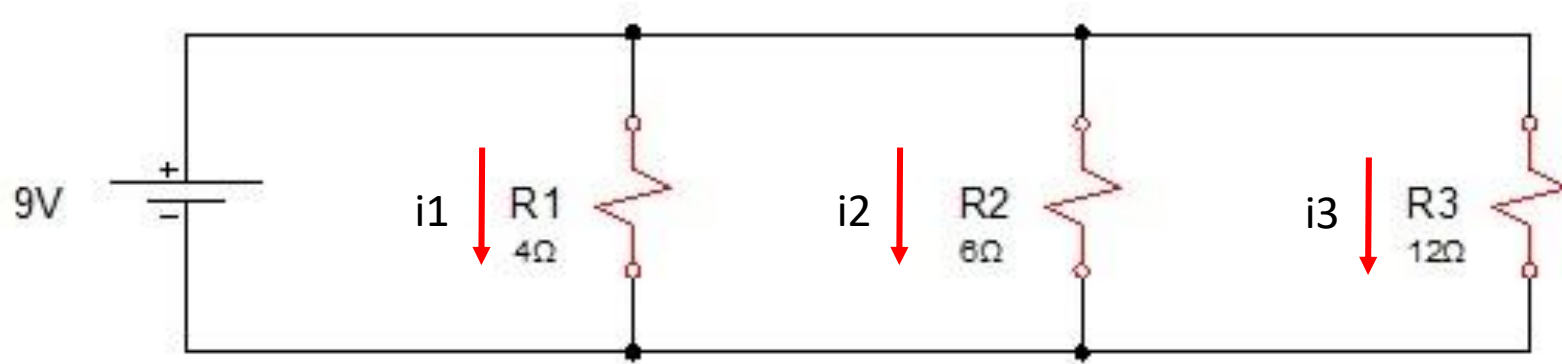
Circuitos



Todas as resistências são submetidas a mesma d.d.p.

$$i_1 = \frac{\varepsilon}{R_1}$$

Circuitos



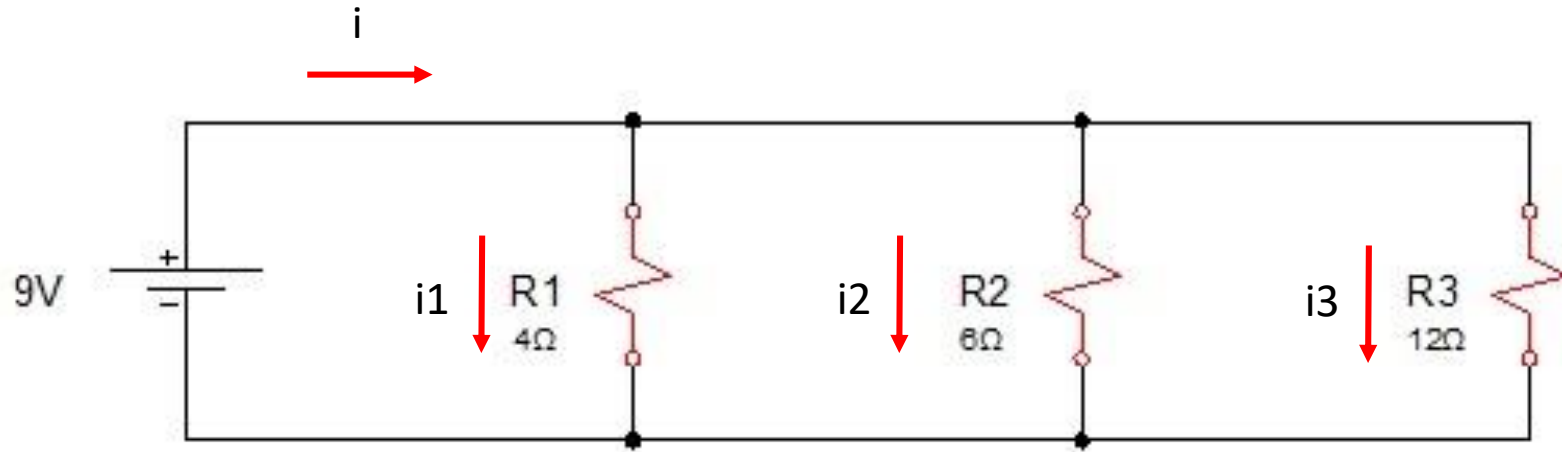
Todas as resistências são submetidas a mesma d.d.p.

$$i_1 = \frac{\varepsilon}{R_1}$$

$$i_2 = \frac{\varepsilon}{R_2}$$

$$i_3 = \frac{\varepsilon}{R_3}$$

Circuitos



Todas as resistências são submetidas a mesma d.d.p.

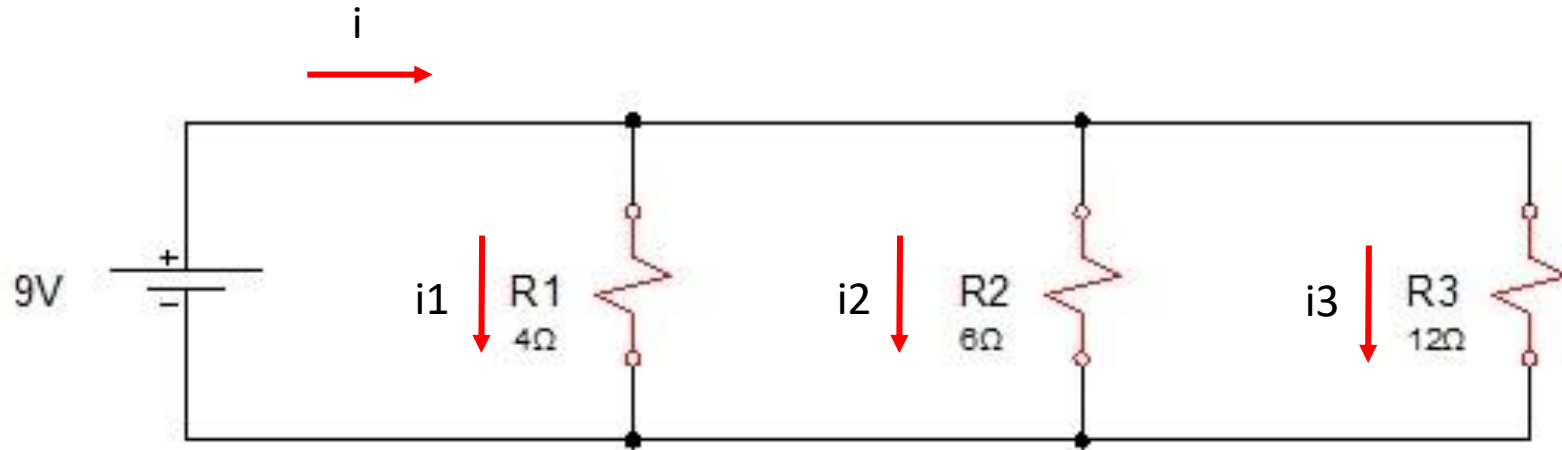
$$i_1 = \frac{\varepsilon}{R_1}$$

$$i_2 = \frac{\varepsilon}{R_2}$$

$$i_3 = \frac{\varepsilon}{R_3}$$

Circuitos

$$i = i_1 + i_2 + i_3$$



Todas as resistências são submetidas a mesma d.d.p.

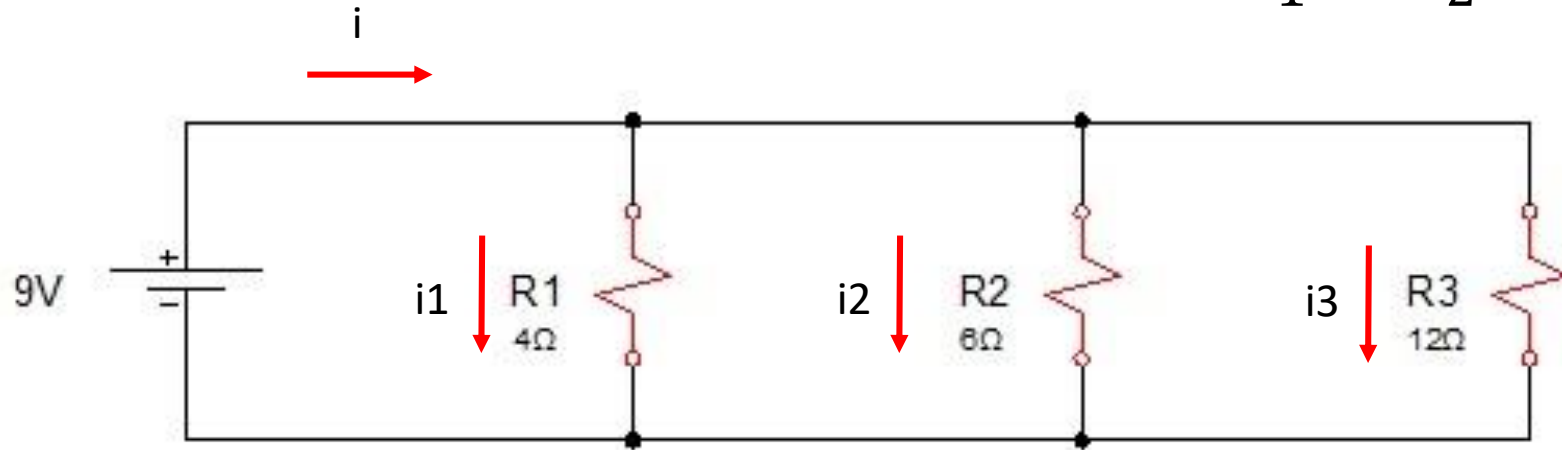
$$i_1 = \frac{\varepsilon}{R_1}$$

$$i_2 = \frac{\varepsilon}{R_2}$$

$$i_3 = \frac{\varepsilon}{R_3}$$

Circuitos

$$i = i_1 + i_2 + i_3 = \frac{\varepsilon}{R_1} + \frac{\varepsilon}{R_2} + \frac{\varepsilon}{R_3}$$



Todas as resistências são submetidas a mesma d.d.p.

$$i_1 = \frac{\varepsilon}{R_1}$$

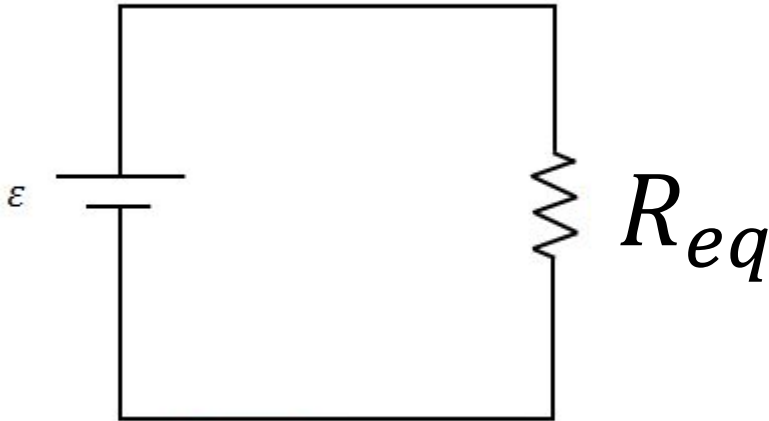
$$i_2 = \frac{\varepsilon}{R_2}$$

$$i_3 = \frac{\varepsilon}{R_3}$$

Circuitos

$$i = i_1 + i_2 + i_3 = V \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)$$

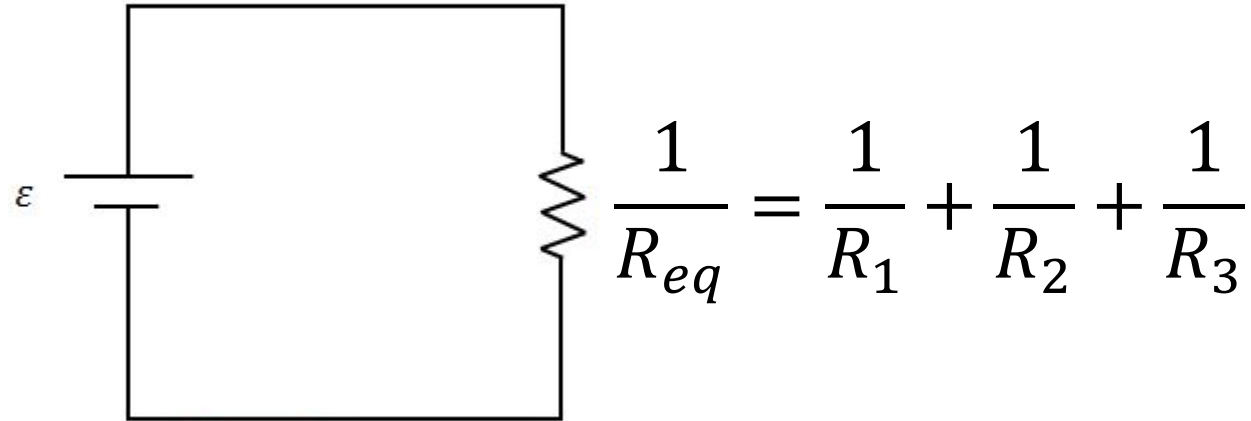
$$i = \frac{V}{R_{eq}}$$



Circuitos

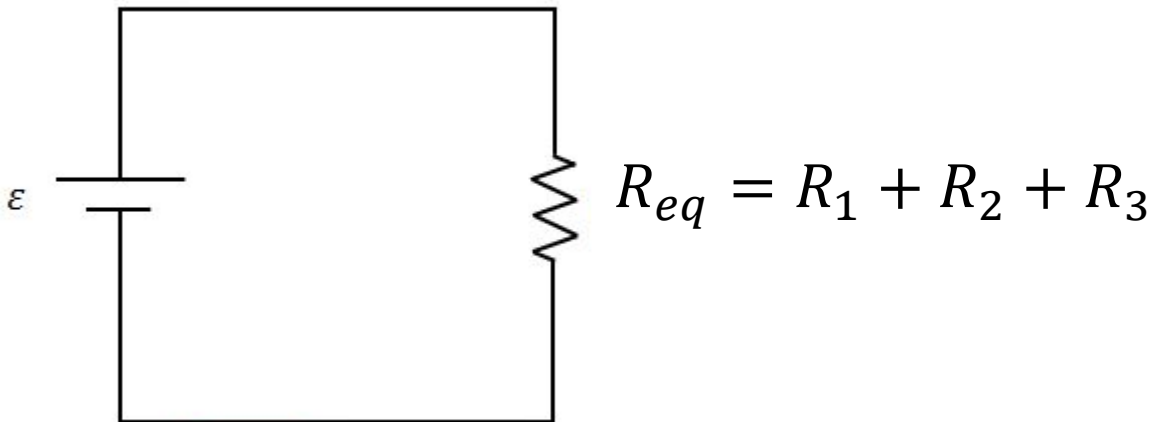
$$i = i_1 + i_2 + i_3 = V \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)$$

$$i = \frac{V}{R_{eq}}$$



Circuitos em série e paralelo

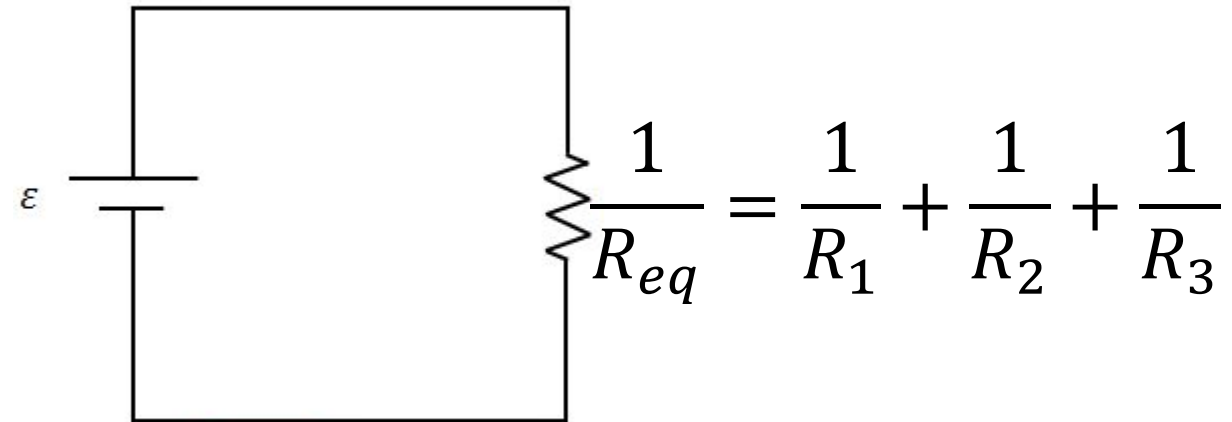
Série



Mesma corrente

$$i = \frac{\varepsilon}{R + R'}$$

Paralelo

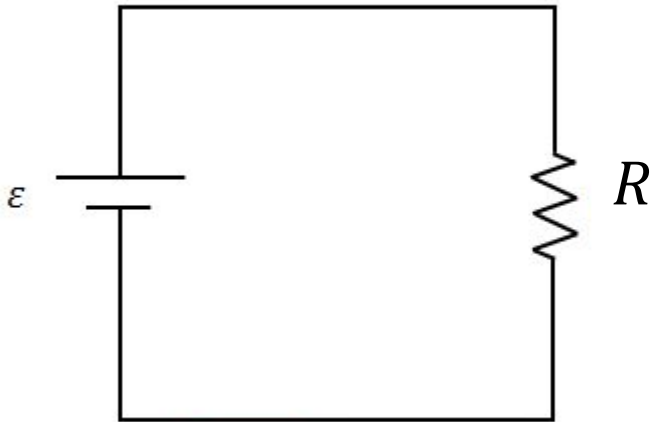


Regra dos nós

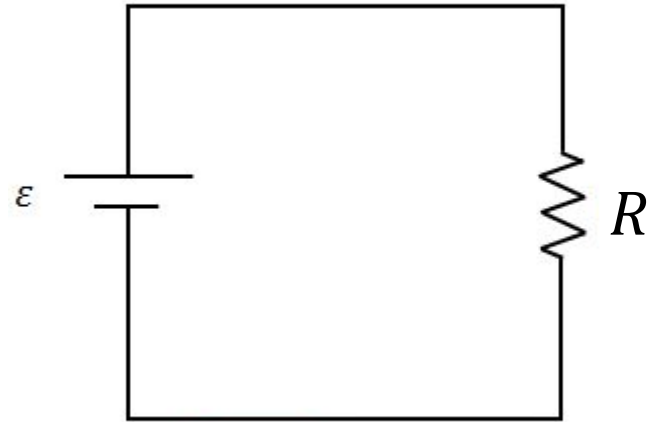
$$i = \frac{\varepsilon}{R} + \frac{\varepsilon}{R'}$$

Circuitos em série e paralelo

Série

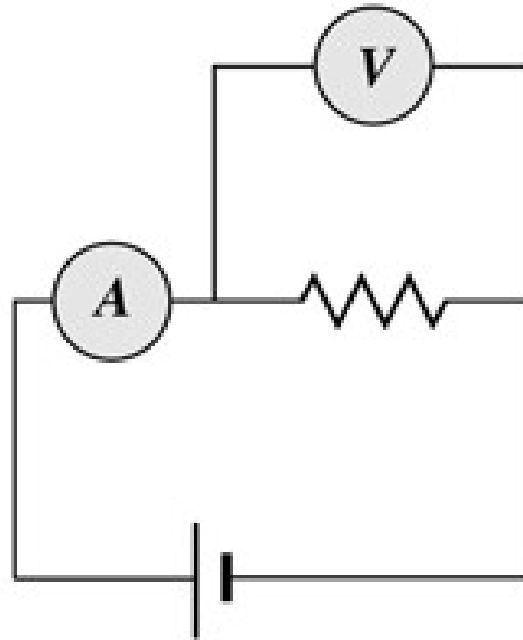


Paralelo



Eu não quero queimar R (reduzir a corrente). O que eu faço?

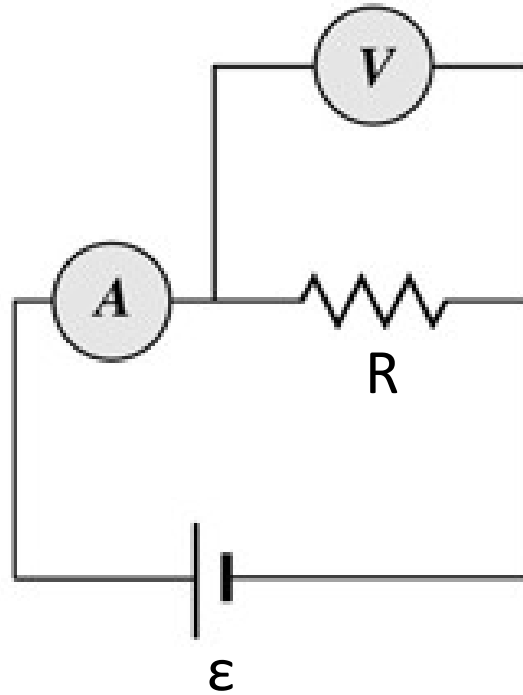
Voltímetros e Amperímetros



Voltímetros e Amperímetros

$$R_A \ll R$$

$$R_V \gg R$$



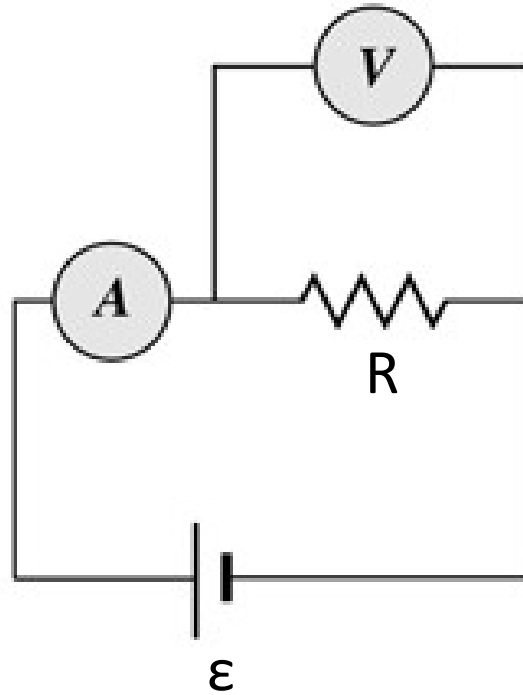
Voltímetros e Amperímetros

$$R_A \ll R$$

$$i = \frac{\varepsilon}{R + R'}$$

$$R_V \gg R$$

$$i = \frac{\varepsilon}{R} + \frac{\varepsilon}{R'}$$



Voltímetros e Amperímetros

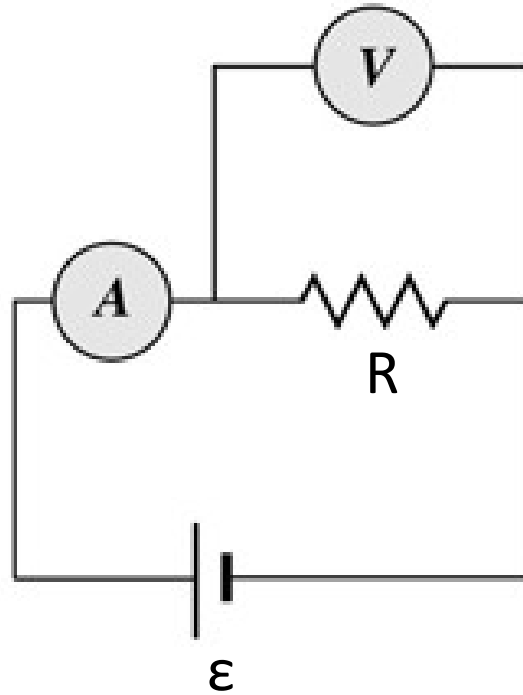
$$R_A \ll R \quad i = \frac{\varepsilon}{R + R'}$$

$$R_V \gg R$$

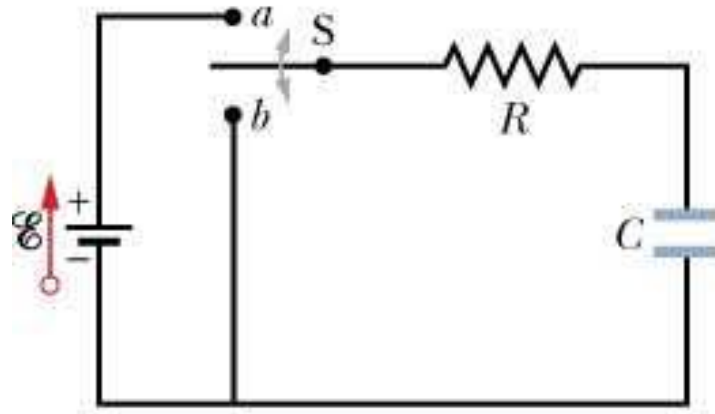
$$i = \frac{\varepsilon}{R} + \frac{\varepsilon}{R'}$$

$$i = \frac{\varepsilon R' + \varepsilon R}{RR'}$$

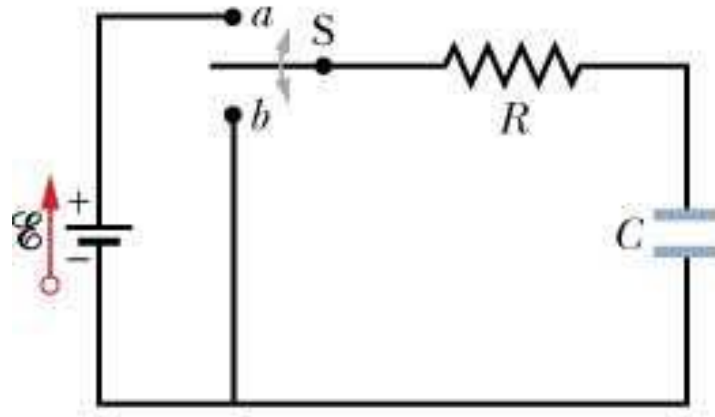
$$\varepsilon = iR \cdot \frac{R'}{R' + R}$$



Circuitos RC



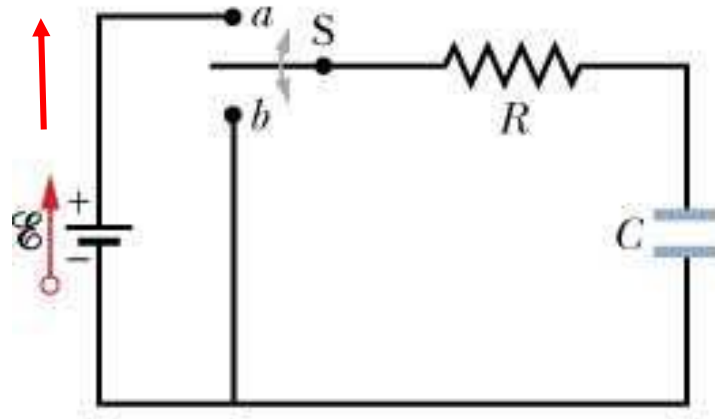
Circuitos RC



Em a: Carrega o capacitor até:

$$V = q/C$$

Circuitos RC

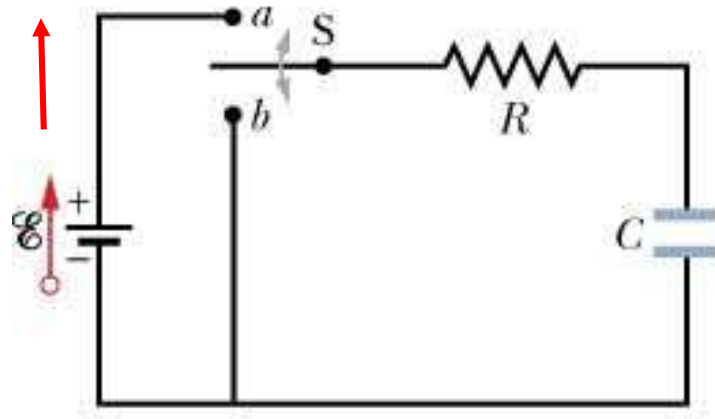


Em a: Carrega o capacitor até:

$$V = q/C$$

Em a:

Circuitos RC

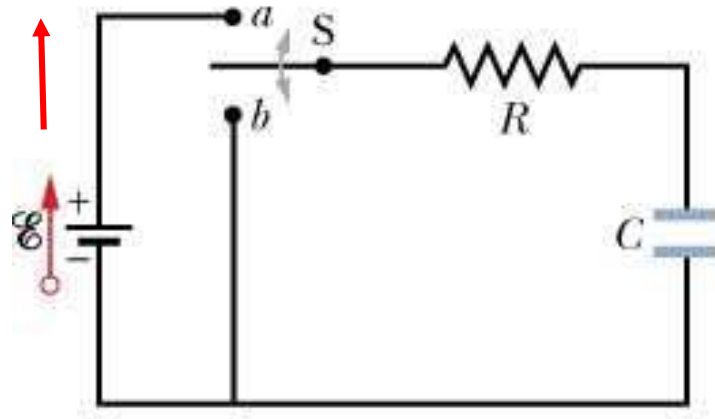


Em a: Carrega o capacitor até:

$$V = q/C$$

Em a: $\varepsilon - iR - \frac{q}{C} = 0$

Circuitos RC

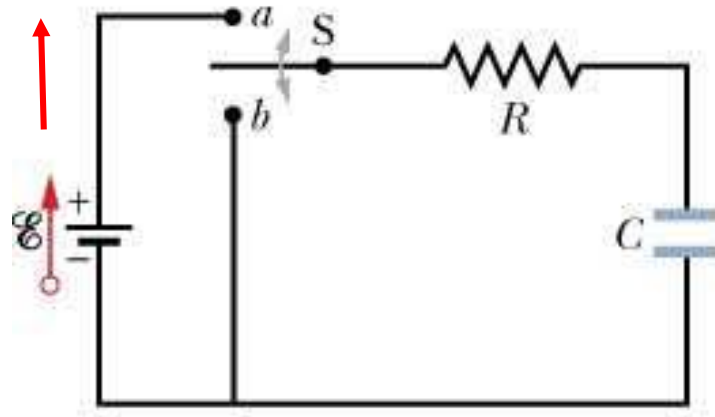


Em a: Carrega o capacitor até:

$$V = q/C$$

Em a: $\varepsilon = iR + \frac{q}{C}$

Circuitos RC



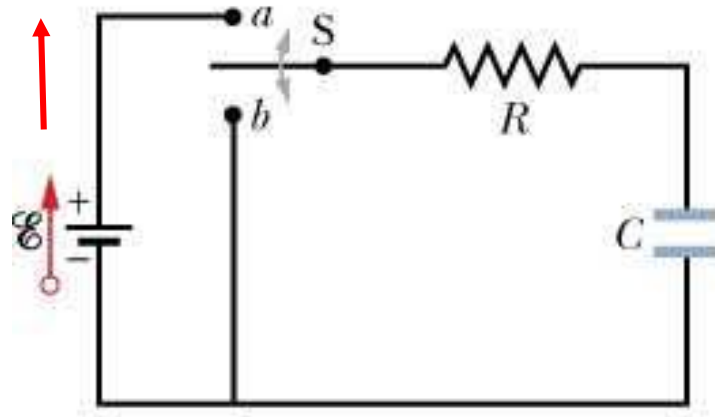
Em a: Carrega o capacitor até:

$$V = q/C$$

Em a: $\varepsilon = iR + \frac{q}{C}$

Mas, quem é i ? Quem é q ?

Circuitos RC



Em a: Carrega o capacitor até:

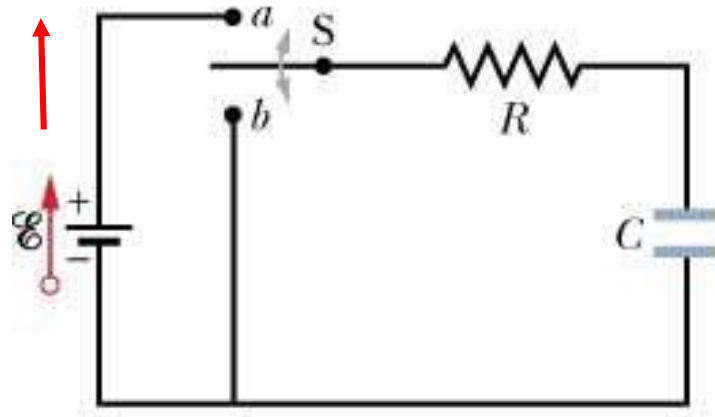
$$V = q/C$$

Em a: $\varepsilon = iR + \frac{q}{C}$

Mas, quem é i ? Quem é q ?

$$i = \frac{dq}{dt}$$

Circuitos RC



Em a: Carrega o capacitor até:

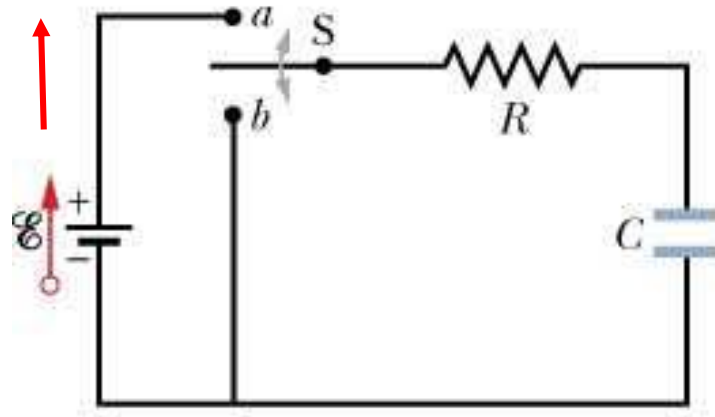
$$V = q/C$$

Em a:
$$\varepsilon = \frac{dq}{dt}R + \frac{q}{C}$$

Mas, quem é i ? Quem é q ?

$$i = \frac{dq}{dt}$$

Circuitos RC



Em a: Carrega o capacitor até:

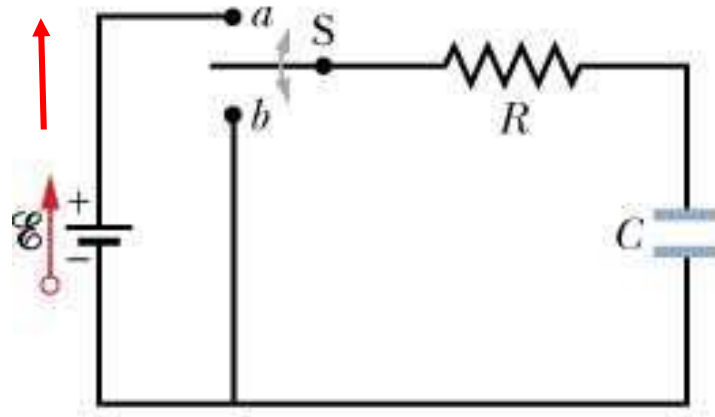
$$V = q/C$$

Em a:
$$\frac{dq}{dt} + \frac{q}{RC} = \frac{\varepsilon}{R}$$

Mas, quem é i ? Quem é q ?

$$i = \frac{dq}{dt}$$

Circuitos RC

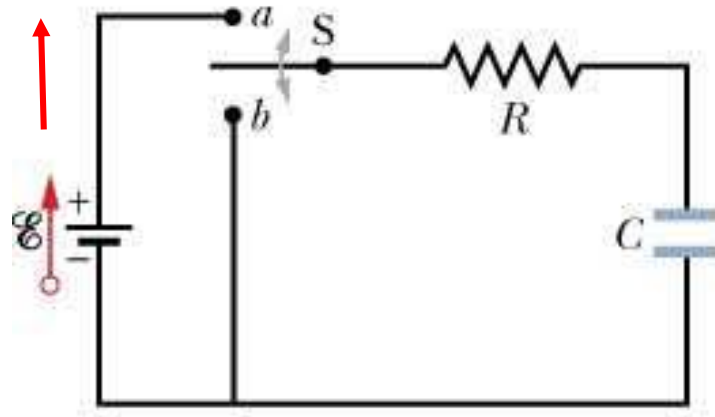


Em a: Carrega o capacitor até:

$$V = q/C$$

Em a:
$$\frac{dq}{dt} + \frac{q}{RC} = \frac{\varepsilon}{R}$$

Circuitos RC



Em a: Carrega o capacitor até:

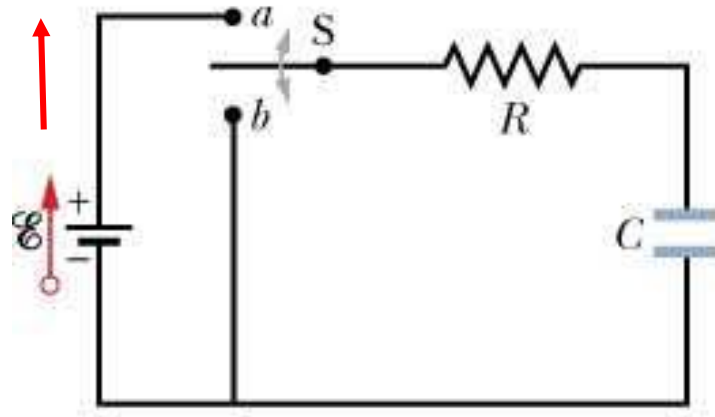
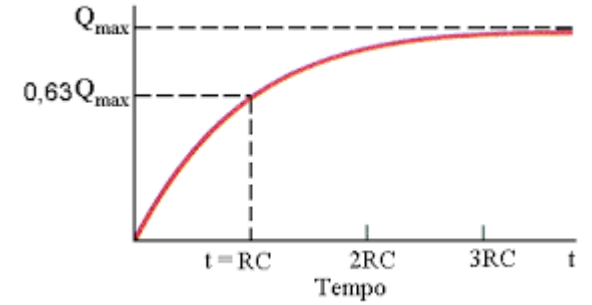
$$V = q/C$$

Em a:
$$\frac{dq}{dt} + \frac{q}{RC} = \frac{\varepsilon}{R}$$

Solução dessa equação:

$$q = C\varepsilon(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$$

Circuitos RC



Em a: Carrega o capacitor até:

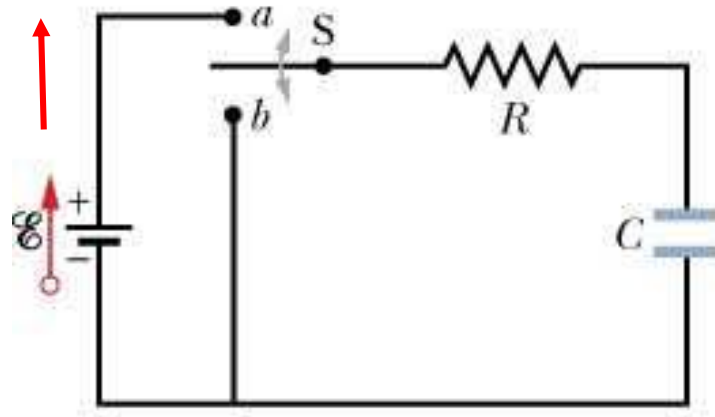
$$V = q/C$$

Em a:
$$\frac{dq}{dt} + \frac{q}{RC} = \frac{\varepsilon}{R}$$

Solução dessa equação:

$$q = C\varepsilon(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$$

Circuitos RC



Em a: Carrega o capacitor até:

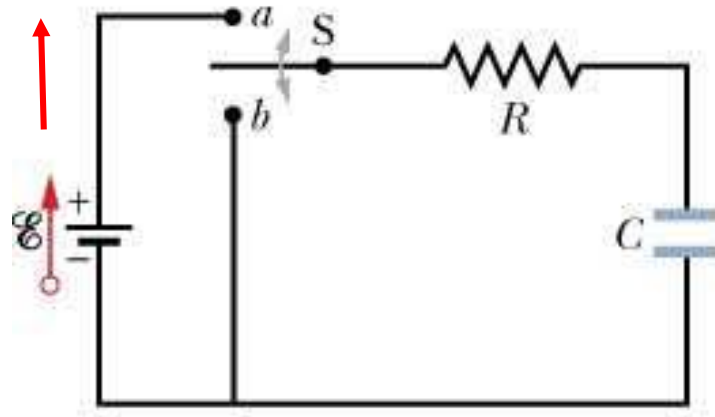
$$V = q/C$$

Em a:
$$\frac{dq}{dt} + \frac{q}{RC} = \frac{\varepsilon}{R}$$

Solução dessa equação:

$$q = C\varepsilon\left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right) \rightarrow i = \frac{dq}{dt} =$$

Circuitos RC



Em a: Carrega o capacitor até:

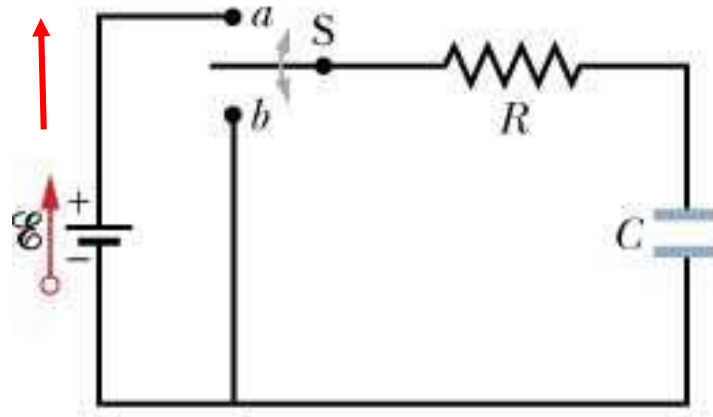
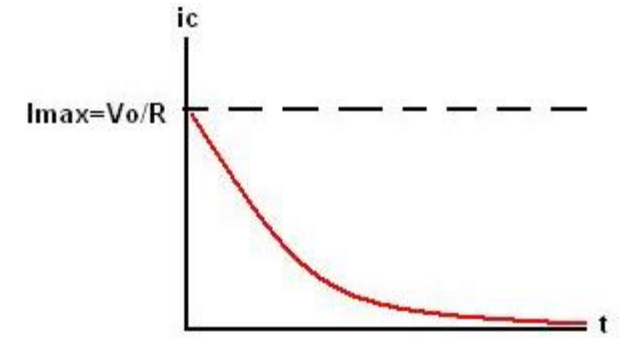
$$V = q/C$$

Em a:
$$\frac{dq}{dt} + \frac{q}{RC} = \frac{\varepsilon}{R}$$

Solução dessa equação:

$$q = C\varepsilon\left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right) \rightarrow i = \frac{dq}{dt} = \left(\frac{\varepsilon}{R}\right)e^{-\frac{t}{RC}}$$

Circuitos RC



Em a: Carrega o capacitor até:

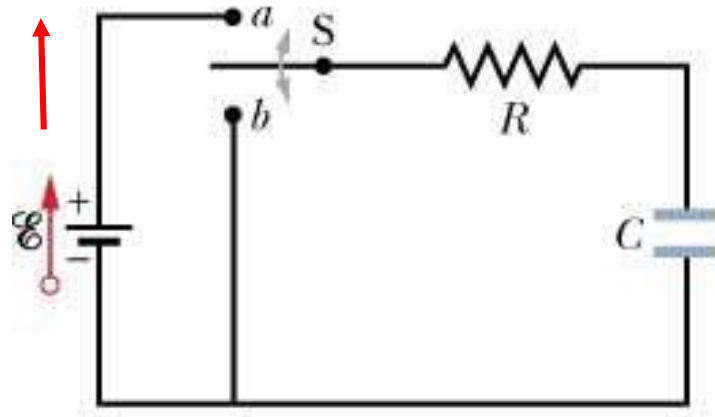
$$V = q/C$$

Em a:
$$\frac{dq}{dt} + \frac{q}{RC} = \frac{\mathcal{E}}{R}$$

Solução dessa equação:

$$q = C\mathcal{E}\left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right) \rightarrow i = \frac{dq}{dt} = \left(\frac{\mathcal{E}}{R}\right)e^{-\frac{t}{RC}}$$

Circuitos RC



Em a: Carrega o capacitor até:

$$V = q/C$$

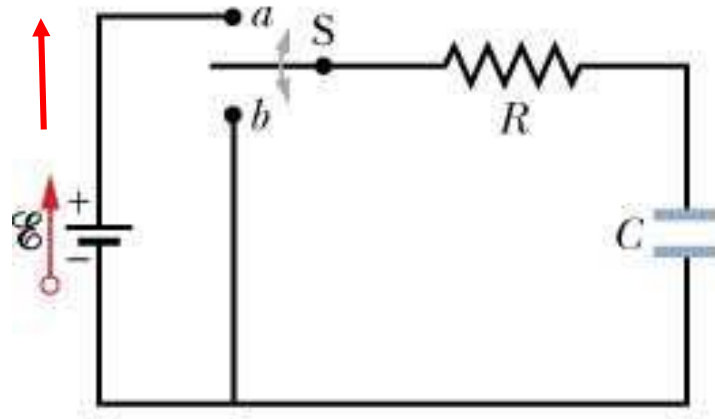
$$V = \frac{q}{C} = \varepsilon(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$$

Em a:
$$\frac{dq}{dt} + \frac{q}{RC} = \frac{\varepsilon}{R}$$

Solução dessa equação:

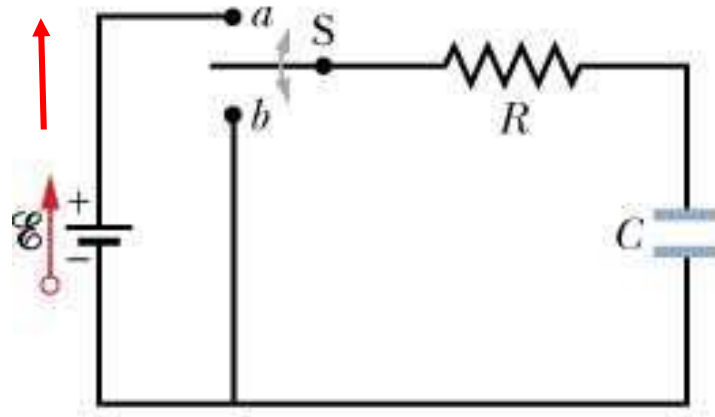
$$q = C\varepsilon(1 - e^{-\frac{t}{RC}}) \rightarrow i = \frac{dq}{dt} = \left(\frac{\varepsilon}{R}\right)e^{-\frac{t}{RC}}$$

Circuitos RC



Em b: Descarrega o capacitor:

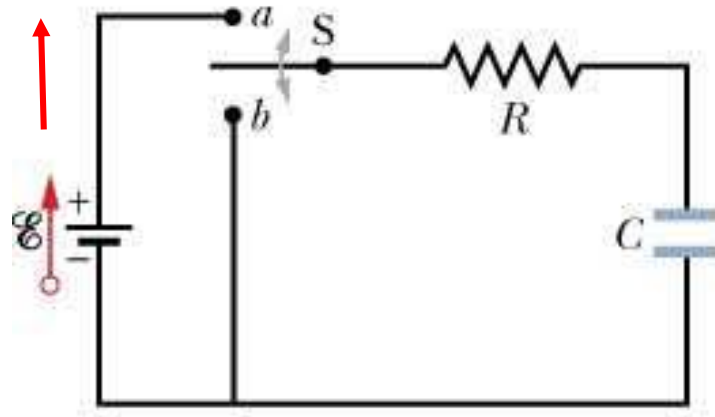
Circuitos RC



Em b: Descarrega o capacitor:

Em b:
$$\frac{dq}{dt} + \frac{q}{RC} = 0$$

Circuitos RC



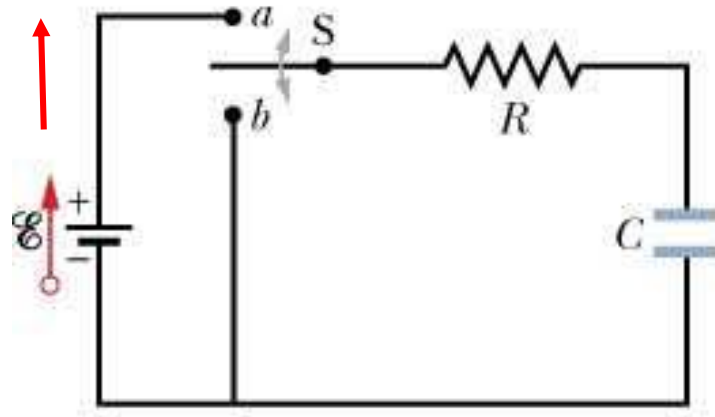
Em b: Descarrega o capacitor:

Em b:
$$\frac{dq}{dt} + \frac{q}{RC} = 0$$

Solução dessa equação:

$$q = q_0 e^{-\frac{t}{RC}}$$

Circuitos RC



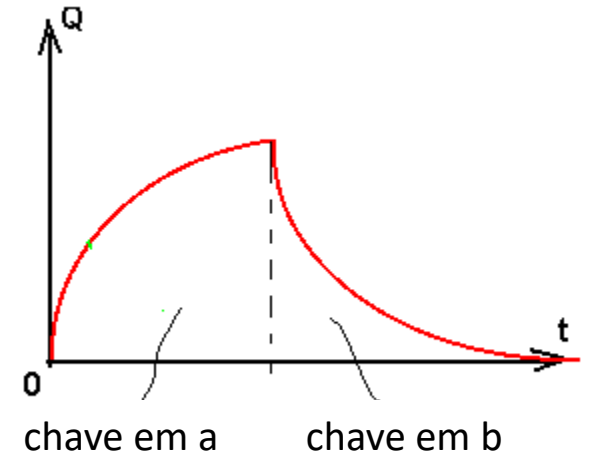
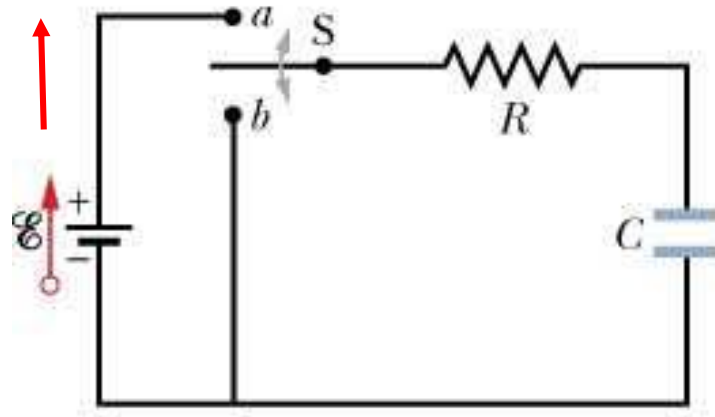
Em b: Descarrega o capacitor:

Em b:
$$\frac{dq}{dt} + \frac{q}{RC} = 0$$

Solução dessa equação:

$$q = q_0 e^{-\frac{t}{RC}} \rightarrow i = \frac{dq}{dt} = -\left(\frac{q_0}{RC}\right) e^{-\frac{t}{RC}}$$

Circuitos RC



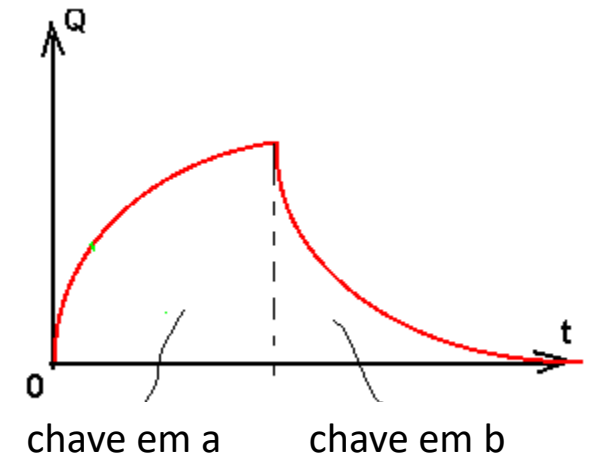
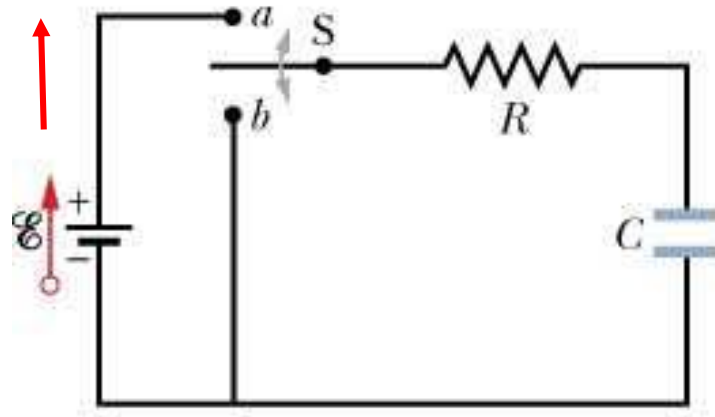
Em b: Descarrega o capacitor:

Em b:
$$\frac{dq}{dt} + \frac{q}{RC} = 0$$

Solução dessa equação:

$$q = q_0 e^{-\frac{t}{RC}} \rightarrow i = \frac{dq}{dt} = -\left(\frac{q_0}{RC}\right) e^{-\frac{t}{RC}}$$

Circuitos RC



Em b: Descarrega o capacitor:

$\tau = RC \rightarrow$ constante de tempo capacitiva

Em b:
$$\frac{dq}{dt} + \frac{q}{RC} = 0$$

Solução dessa equação:

$$q = q_0 e^{-\frac{t}{RC}} \rightarrow i = \frac{dq}{dt} = -\left(\frac{q_0}{RC}\right) e^{-\frac{t}{RC}}$$