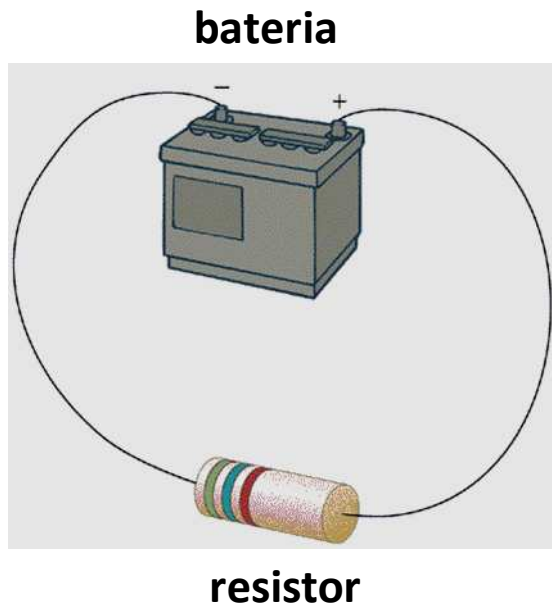


Aula 7

- Fontes de FEM
- Resistores em Série e Paralelo
- Regras de Kirchhoff e Circuitos Simples de Corrente Contínua
 - Circuitos RC

Fontes de FEM

- O dispositivo que mantém a voltagem : fonte de fem
- Baterias e geradores



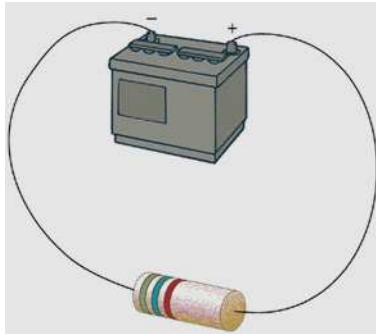
- Aumentam a energia potencial de um circuito mantendo uma ddp entre pontos deste circuito enquanto cargas atravessam:

Bomba de cargas

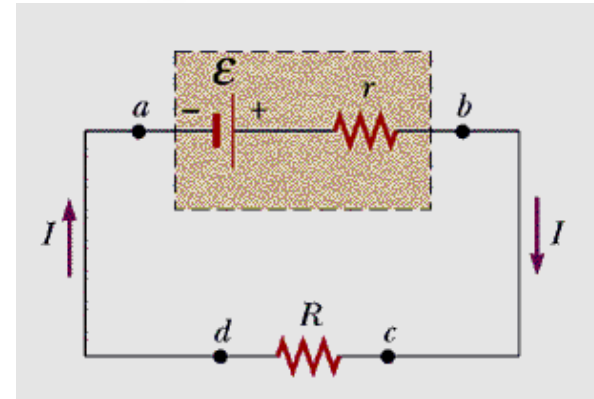
- A fem $\mathcal{E}$ de uma fonte é o trabalho realizado por unidade de carga:

$[\text{fem}] = [\mathcal{E}] = \text{volt}$

ε (fem) e ΔV (diferença de potencial) – Qual a diferença?



$\equiv$



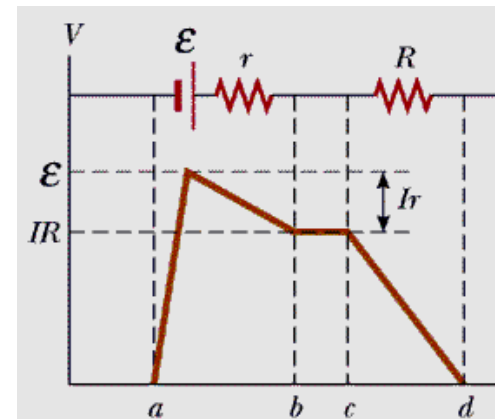
$$\Delta V \neq \varepsilon$$



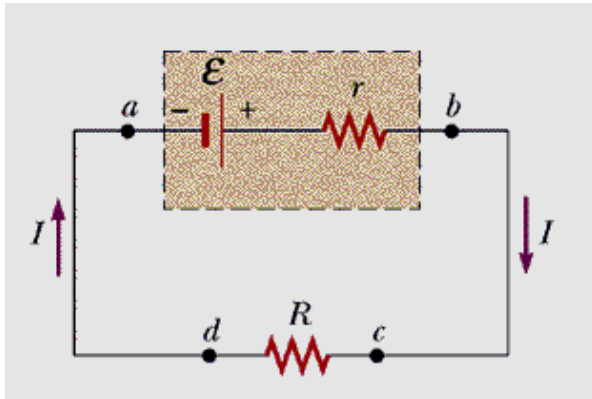
Uma bateria real tem sempre
alguma resistência interna r .



$$\Delta V = \varepsilon - Ir$$



Corrente no circuito



$$\Delta V = \varepsilon - Ir$$

$$\varepsilon = \Delta V + Ir$$

$\varepsilon = \Delta V \Rightarrow$ quando o circuito está aberto.



$$\varepsilon = RI + Ir = (R + r)I$$

$$I = \frac{\varepsilon}{(R + r)}$$

R é chamada de resistência de carga

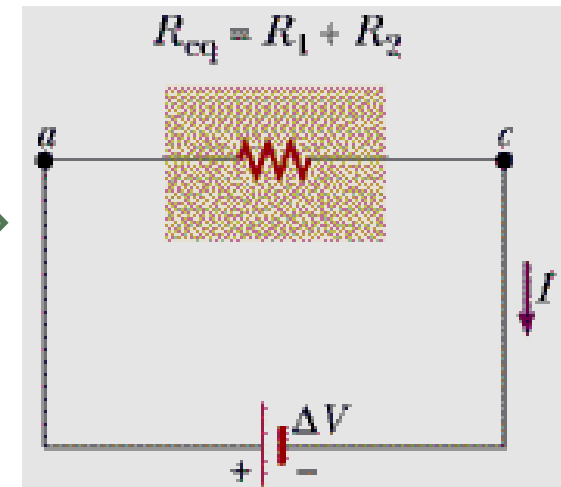
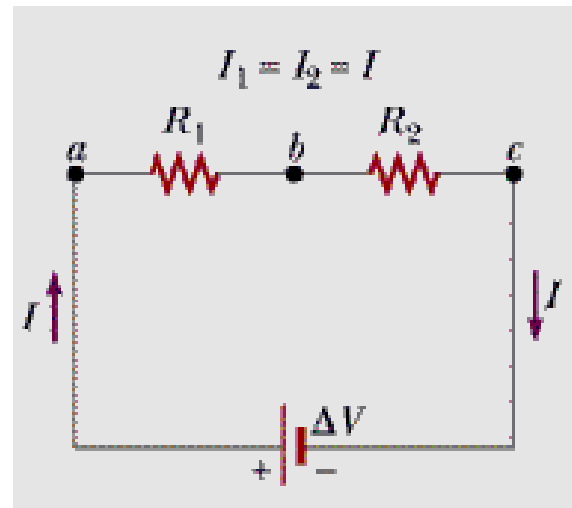
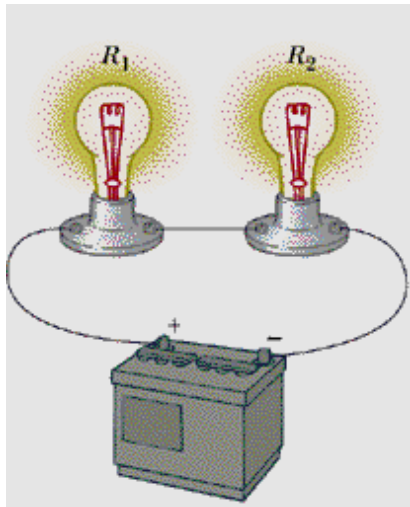
Potência dissipada no circuito

$$\varepsilon I = RI^2 + I^2 r$$

Se $R \gg r$, a maior parte da energia da bateria é fornecida para a resistência de carga, em vez de ficar na bateria => corrente baixa

Se $r \gg R$, por exemplo, a resistência de carga é um fio ligada a uma pilha, grande parte da energia da pilha é dissipada na resistência interna => corrente alta

Resistores em Série

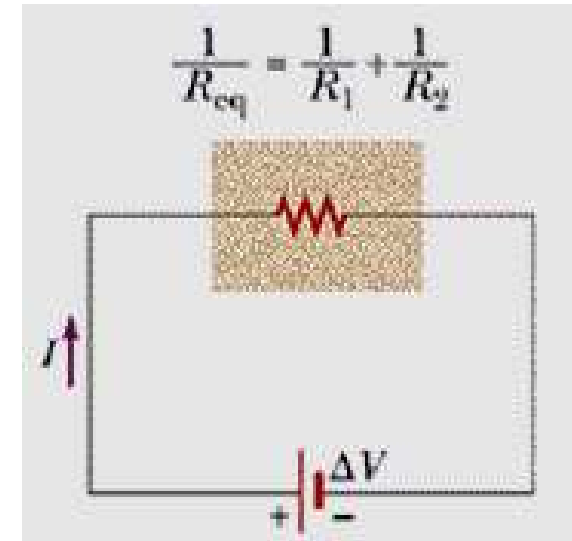
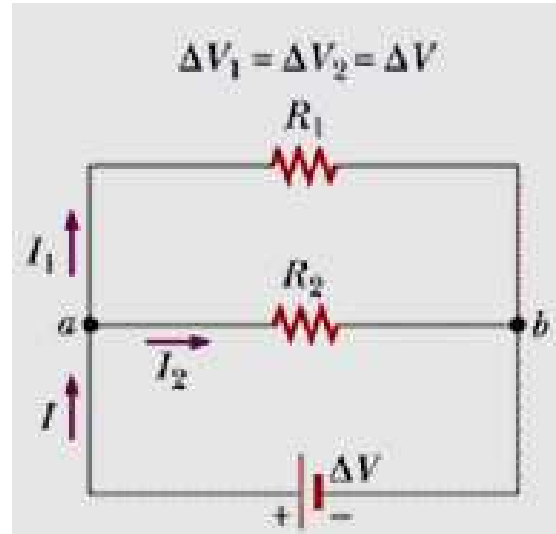
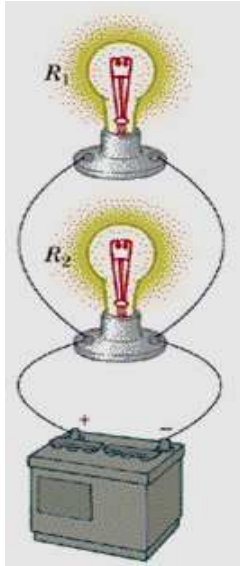


A corrente é a mesma em todos os resistores

Para n resistores ligados em série:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \cdots + R_n$$

Resistores em Paralelo



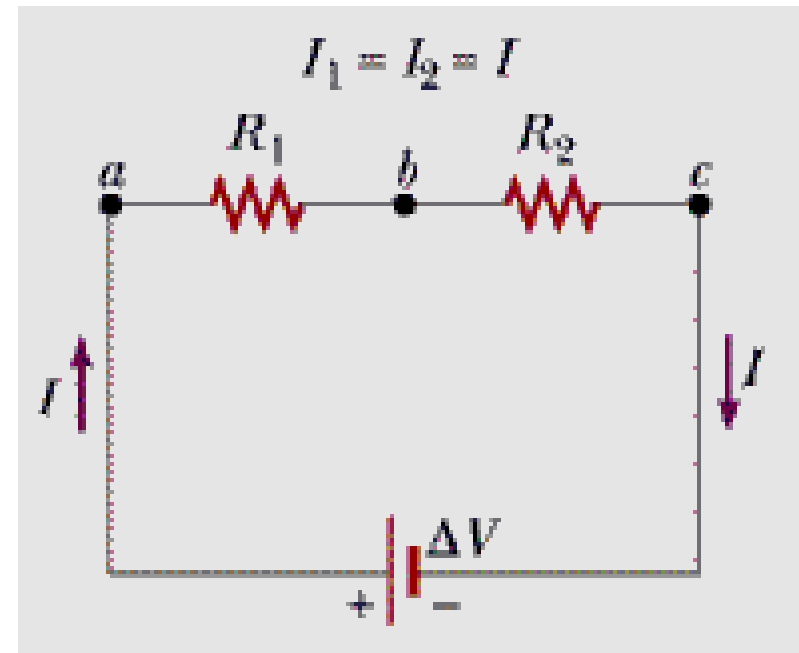
A diferença de potencial é a mesma em todos os resistores

Para n resistores ligados em paralelo:

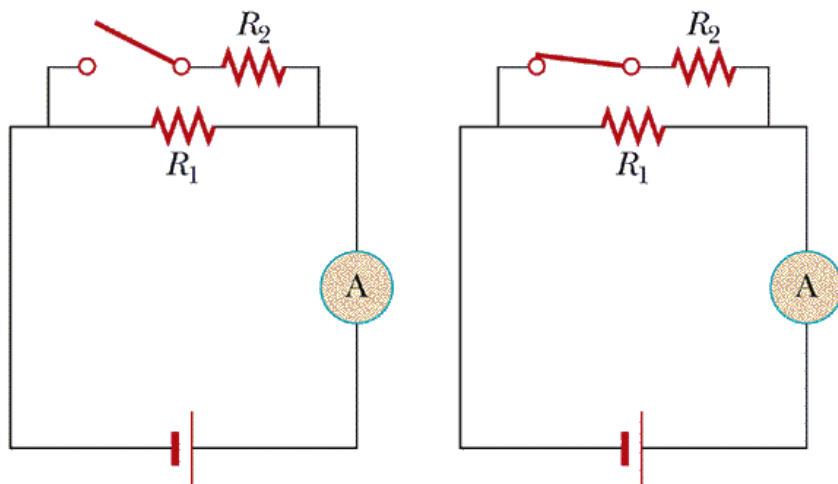
$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

Enigma 21.9

Se um pedaço de fio é usado para conectar b e c, o brilho da lâmpada R_1 aumenta ou diminui ou permanece o mesmo?
O que acontece com a lâmpada R_2 ?



Enigma 21.10



Com a chave fechada nenhuma corrente circula por R_2 porque a corrente tem uma trajetória alternativa de resistência nula através da chave. Uma corrente circula sobre R_1 e é medida com o amperímetro (um aparelho para medir corrente) no lado direito do circuito.

Se a chave for aberta a corrente circula sobre R_2 . O que acontecerá com a indicação do amperímetro?

$I \uparrow ?$

$I \downarrow ?$

ou

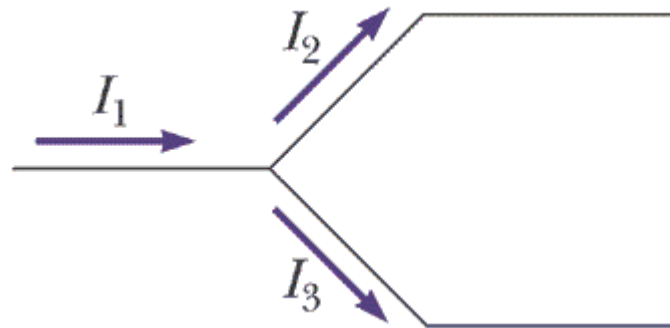
I fica constante?

Regras de Kirchhoff

- Há situações em que os resistores conectados formam circuitos que não podem ser reduzidos a um único circuito equivalente.
- A soma das correntes que entram em qualquer nó é igual a soma das correntes que saem deste nó – **regra dos nós => CONSERVAÇÃO DE CARGA**
- A soma das diferenças de potencial em todos os elementos de uma malha fechada do circuito é igual a zero – **regra das malhas => CONSERVAÇÃO DE ENERGIA**

Regra dos nós

- A soma das correntes que entram em qualquer nó é igual a soma das correntes que saem deste nó => **CONSERVAÇÃO DE CARGA**



Regra das malhas

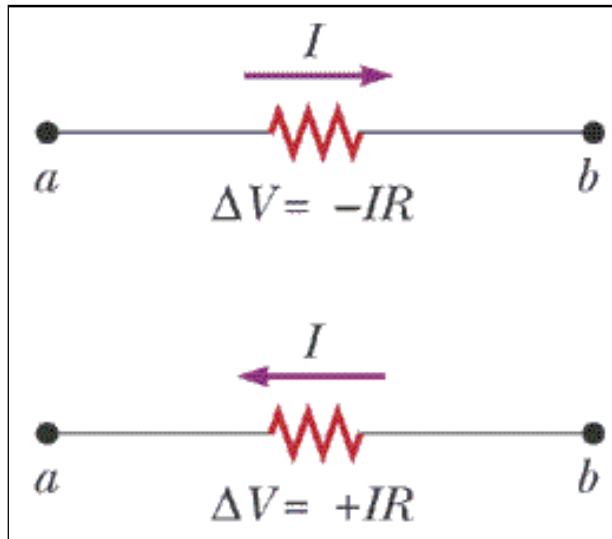
- A soma das diferenças de potencial em todos os elementos de uma malha fechada do circuito é igual a zero => **CONSERVAÇÃO DE ENERGIA**

- **Força conservativa: o trabalho realizado em um circuito fechado é nulo e a malha é um circuito fechado. A soma de todos os trabalhos deve ser nula.**

- O trabalho está relacionado a energia potencial e esta à diferença de potencial.

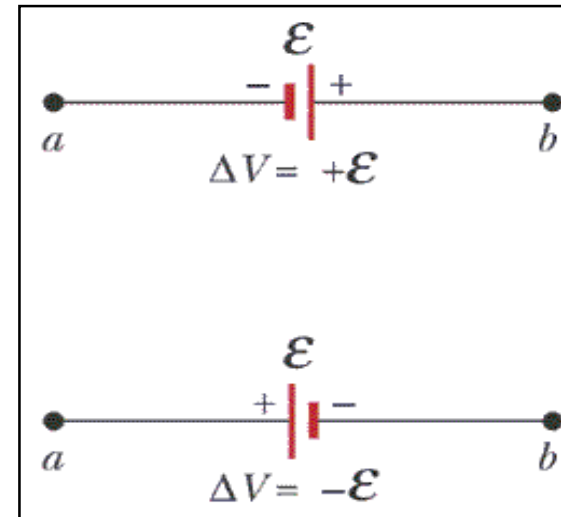
Portanto, a soma das quedas de potencial que ocorre em cada elemento do circuito deve ser nula.

Convenções usadas nas regras de Kirchhoff



Se um resistor for atravessado na direção da corrente $\Rightarrow \Delta V = -RI$

Se um resistor for atravessado na direção contrária a da corrente $\Rightarrow \Delta V = +RI$



Se uma fonte de fem for atravessada na direção fem $\Rightarrow \Delta V = +\mathcal{E}$

Se uma fonte de fem for atravessada na direção oposta a da fem $\Rightarrow \Delta V = -\mathcal{E}$

Uso das regras de Kirchhoff

Em geral, o número de vezes que a regra dos nós pode ser usada é um a menos do que o número de nós no circuito.

A regra das malhas pode ser usada tão freqüentemente quanto necessário, desde que um novo elemento do circuito (resistor ou bateria) ou uma nova corrente apareça em cada nova equação.

O número de equações independentes = o número de correntes desconhecidas a fim de resolver um problema de um circuito particular.

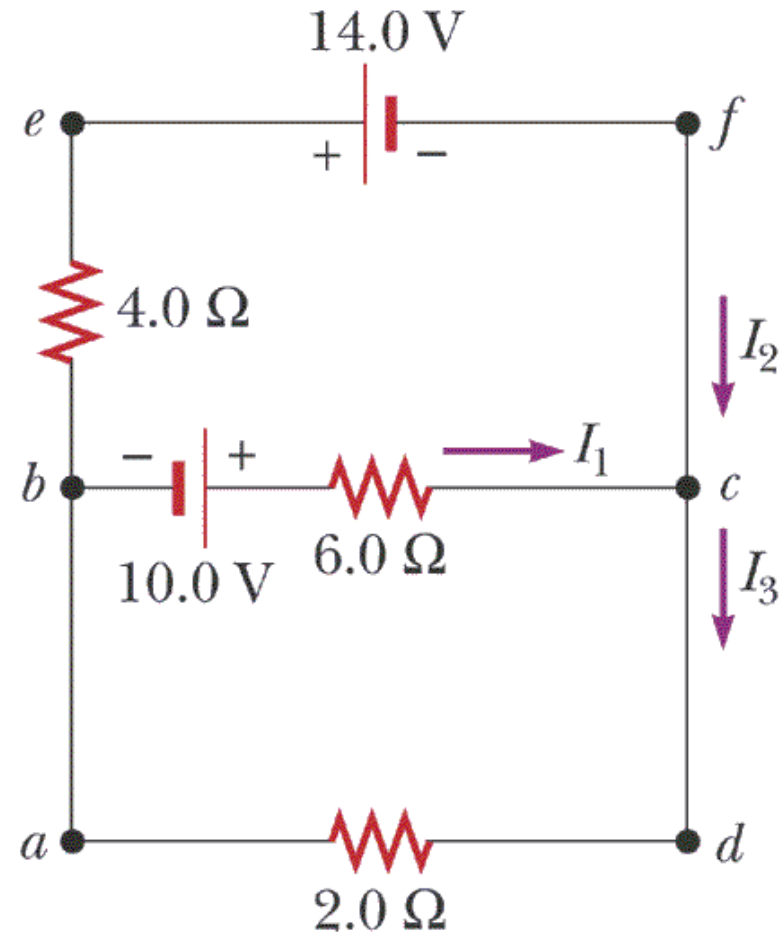
Se um capacitor for incluído como elemento de circuito, ele age como um circuito aberto: a corrente é nula no ramo que contém o capacitor no estado estacionário.

Estratégia de resolução de problemas - Regras de Kirchhoff

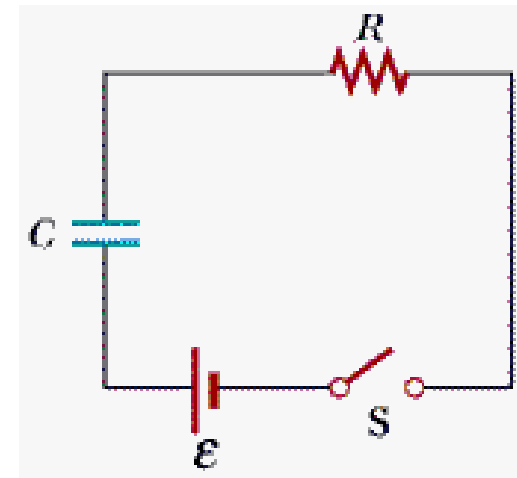
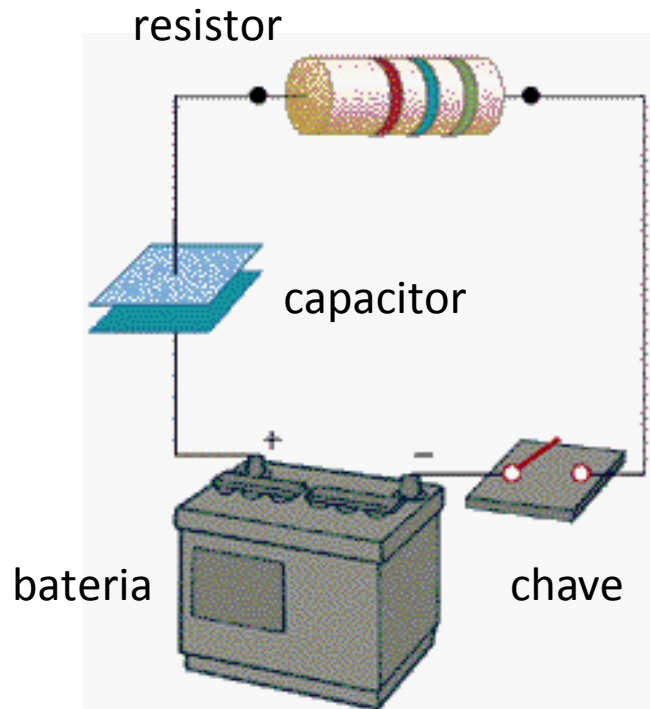
- 1) No diagrama do circuito identifique as grandezas conhecidas e desconhecidas. Atribua direções para as correntes em cada parte do circuito e siga rigorosamente estas direções.**
- 2) Aplique a regra dos nós a todos os nós do circuito, menos um.**
- 3) Aplique a regra das malhas a tantas malhas do circuito e que forneçam junto com o item 2, o mesmo número de equações e incógnitas.**
- 4) Resolva as equações simultaneamente para obter a grandezas desconhecidas. Se a corrente der negativa significa que você escolheu a direção errada para ela, mas o valor absoluto está certo.**

Exemplo 21.10

- (a) Encontre as correntes I_1 , I_2 e I_3 no circuito ao lado.
- (b) Encontre a diferença de potencial entre os pontos b e c seguindo uma trajetória passando por a e d

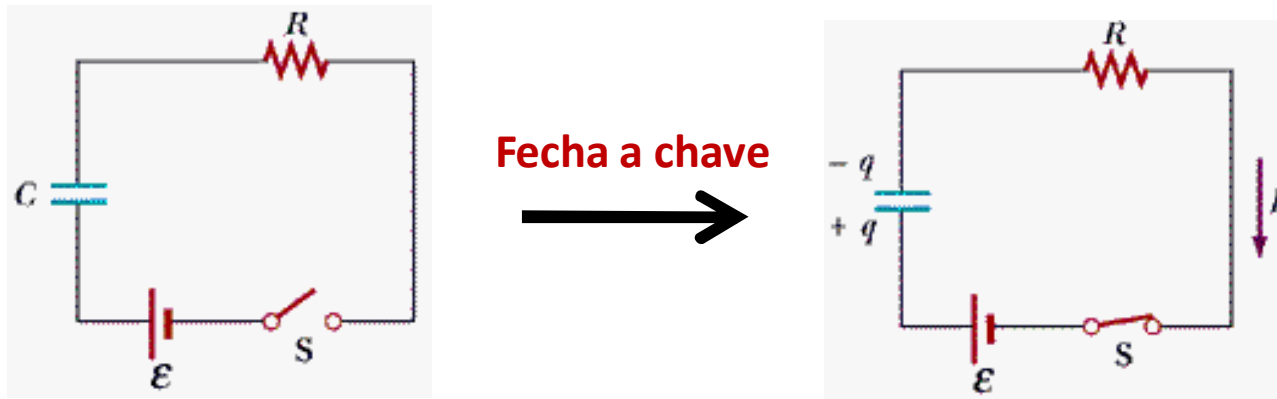


Circuitos RC



**Capacitor
descarregado;
corrente no circuito
nula com a chave
aberta**

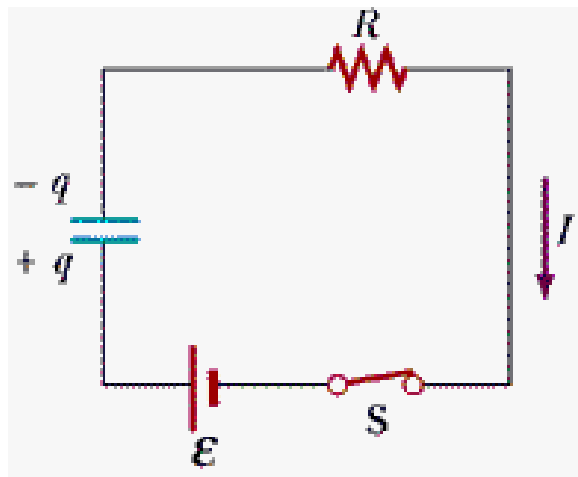
Circuitos RC - continuação



- Em $t = 0$ a chave é fechada $\rightarrow$ carga flui e cria corrente no circuito e o capacitor começa a carregar.
- As cargas não “pulam” de uma placa para outra;
- Devido ao campo elétrico estabelecido pela bateria, os elétrons se deslocam :
Fios $\rightarrow$ placa superior e Placa inferior $\rightarrow$ os fios
Quando a carga máxima é atingida $\rightarrow$ corrente no circuito é nula.

Aplicação das leis de Kirchhoff ao Circuito RC

Escolhendo o sentido horário :



$$\varepsilon - \frac{q}{C} - IR = 0$$

Diferença de potencial
no capacitor

Diferença de potencial
no resistor

- Em $t = 0 \rightarrow q = 0$ e a corrente inicial no circuito é $I_0 = \varepsilon/R$; a diferença de potencial está toda no resistor

Aplicação das leis de Kirchhoff ao Circuito RC - continuação

- Para $t = t_f \rightarrow$ quando $q = Q = q_{\text{máxima}}$, $I = 0$ e a diferença de potencial está toda no capacitor.

$$\varepsilon - \frac{q}{C} - IR = 0 \quad \text{onde} \quad \rightarrow \quad I = \frac{dq}{dt}$$

$$\varepsilon - \frac{q}{C} - \frac{dq}{dt} R = 0 \quad \text{Rearranjando} \quad \rightarrow \quad \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = \frac{\varepsilon}{R}$$

Equação diferencial onde a
carga no capacitor depende do
tempo

Carregando um capacitor

Para $0 < t' < t_f$; ou seja durante o carregamento do capacitor;

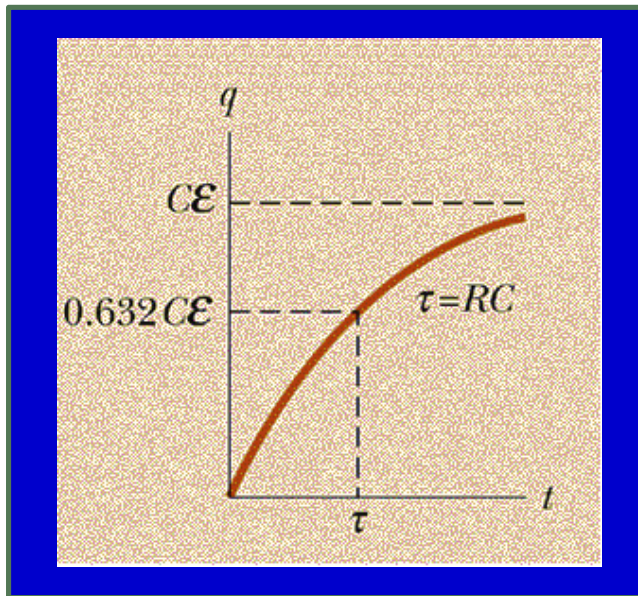
Em $t = 0 \rightarrow q = 0$

$$\frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = \frac{\varepsilon}{R} \quad \xrightarrow{\text{Resolvendo}} \quad q(t) = Q \left(1 - e^{-t/RC} \right)$$
$$Q = C\varepsilon$$

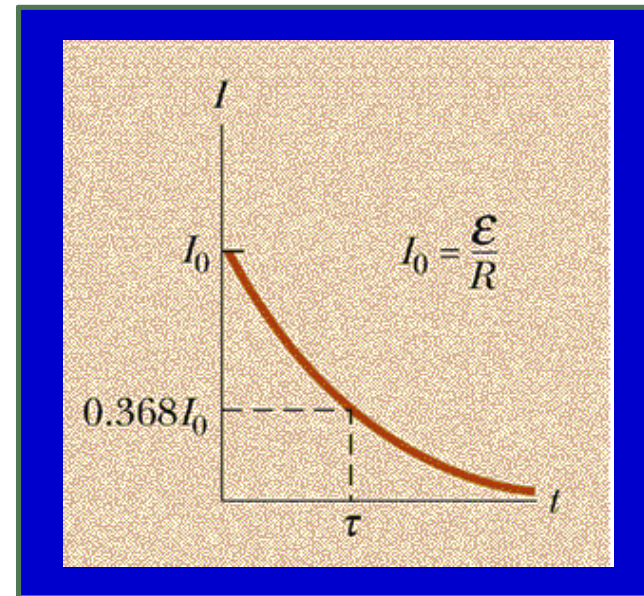
$$I = \frac{dq}{dt} = \frac{\varepsilon}{R} e^{-t/RC} \quad \xrightarrow{\text{Rearranjando}} \quad I = I_0 e^{-t/RC}$$

Carregando um capacitor

$$q(t) = Q \left(1 - e^{-t/RC} \right)$$



$$I = -I_0 e^{-t/RC}$$



A carga no capacitor cresce exponencialmente com o tempo, enquanto que a corrente no circuito decai exponencialmente;

A taxa de decaimento é caracterizada pela constante de tempo $\tau = RC$.

Descarregando um capacitor

Para $t > t_f$; ou seja depois que o capacitor foi carregado;

Em $t=t_f \rightarrow q = Q \rightarrow$ **abre a chave**

$$-\frac{q}{C} - IR = 0 \quad \xrightarrow{\text{Resolvendo}} \quad q(t) = Q e^{-t/RC}$$

$$I = \frac{dq}{dt} = -\frac{Q}{RC} e^{-t/RC} \quad \xrightarrow{\text{Rearranjando}} \quad I = -I_0 e^{-t/RC}$$

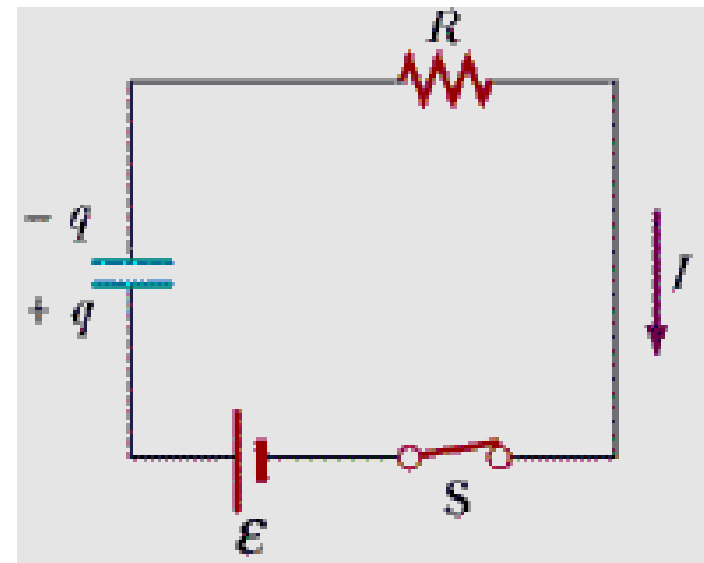
A corrente no circuito e a carga no capacitor decaem exponencialmente a uma taxa caracterizada pela constante de tempo $\tau = RC$.

Exemplo 21.12

Um capacitor descarregado e um resistor são conectados em série a uma bateria, sendo $\varepsilon = 12,0 \text{ V}$, $C = 5,00 \mu\text{F}$ e $R = 8,00 \times 10^5 \Omega$.

Encontre:

- a constante de tempo do circuito;
- A carga máxima do capacitor;
- A corrente máxima no circuito e,
- Carga e corrente como funções do tempo.



Exemplo 21.13

Considere um capacitor C que está sendo descarregado através de um resistor R como na Fig. ao lado.

- (a) Depois de quantas constantes de tempo a carga no capacitor terá caído a um quarto do seu valor inicial?
- (b) A energia armazenada no capacitor diminui com o tempo a medida que ele descarrega. Após quantas constantes de tempo essa energia armazenada terá caído a um quarto do seu valor inicial?

