

força eletromotriz

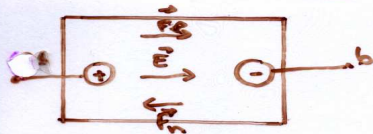
118

Para manter uma corrente estacionária em um circuito fechado, é necessário uma fonte de "força eletromotriz" ou fem. Esta fonte de fem faz a corrente (de cargas positivas) fluir do potencial mais baixo para um mais elevado. Espontaneamente as cargas positivas fluiriam no sentido do campo el., i.e. para a região de potencial mais baixo (até atingirem uma configuração de equilíbrio).

Pilhas, baterias, geradores elétricos, células solares e células de combustível são exemplos de fontes de fem. (Ver as 2 transparências que seguem).

Nelas, há transformação de algum tipo de energia (mecânica, química, térmica, etc) em energia elétrica.

FORÇA DE FEM IDEAL



- mantém uma ddp constante entre seus terminais, V
- o valor da fem é o módulo desta ddp

Examinamos isto mais detalhadamente.

A fonte produz uma força não eletrostática F_m que arrasta as cargas "para cima" (= para um pot. \uparrow alto) no sentido contrário da força elétrica F_e . F_m é responsável pela \uparrow ddp

$V_a - V_b \equiv V_{ab} > 0$. (Por exemplo na pilha, ela é associada a processos de difusão e variações das concentrações eletrolíticas produzidas por reações químicas.)

O trabalho de \vec{F}_n sobre uma carga q é $W_n = q \mathcal{E}$ com \mathcal{E} trabalho por unidade de carga (em $\frac{\text{J}}{\text{C}} = \text{V}$).
 O trabalho de \vec{F}_e é oposto ao de \vec{F}_n então é negativo, $\mathcal{E} = -qV_{ab}$.

Para uma fonte de fem ideal $\vec{F}_n = -\vec{F}_e$ daí $F_{\text{rot}} = 0 \Rightarrow W_{\text{rot}} = 0 \Rightarrow q \mathcal{E} = qV_{ab}$
 assim $\mathcal{E} = V_{ab}$ trabalho de \vec{F}_n aumento de en. pot.

$$V_{ab} = \mathcal{E} \text{ para fonte de fem ideal}$$

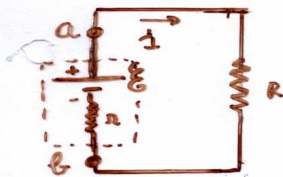
FONTE DE FEM REAL • possui uma resistência interna r

assim

$$V_{ab} = \mathcal{E} - rI \text{ para fonte real}$$

As cargas que se deslocam de b para a , sofrem uma queda de potencial rI (superando r ohmica). Somente se $I=0$, tem-se $V_{ab} = \mathcal{E}$.

CIRCUITO COM FONTE REAL + RESISTÊNCIA



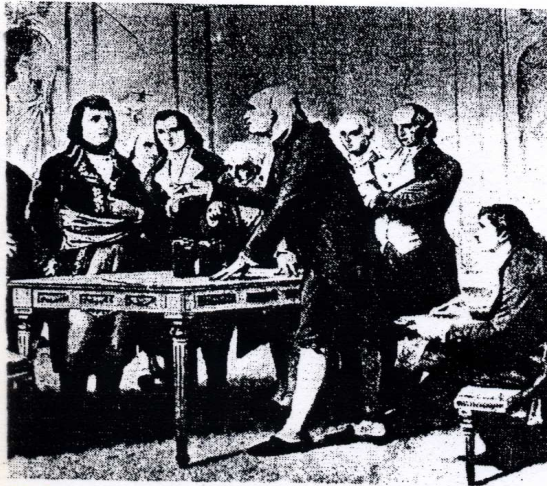
$$\begin{cases} V_{ab} = \mathcal{E} - rI & (\text{ganho de pot. na fonte}) \\ V_{ab} = RI & (\text{perda de pot. em } R) \end{cases}$$

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

Invenção da bateria

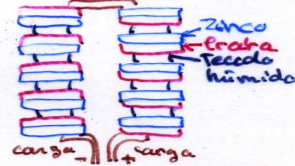
(120)

- 1786 Galvani: insere um fio de cobre na coxa de uma rã sobre um suporte de ferro \Rightarrow contração muscular
 \Rightarrow músculo = fonte de eletricidade?? (errado)
- 1800 Volta: fonte de eletricidade através do contato entre metais diferentes.



Volta demonstra sua pilha para Napoleão

Uma reação química provoca a separação de cargas



Aparece uma ddp entre as placas terminais

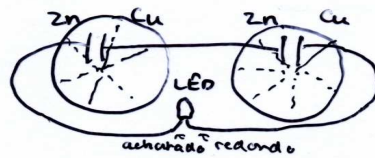
Avantagem: ddp pequena MAS corrente contínua (até esgotar a energia química da bateria, que se transforma em energia elétrica).

4

* Na gama de Leclanché, a descarga é repentina.

A pilha de limão

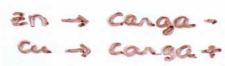
121



Pode-se substituir o LED por um relógio (com display).

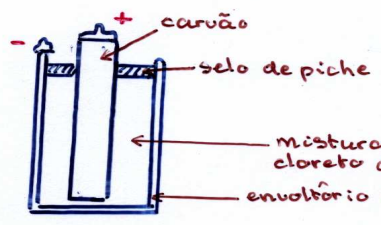
Devido a uma reação química, acontece ^{uma} separação de cargas entre as placas de zinco e cobre.

O conjunto zinco + limão + cobre forma uma bateria. Há transformação de energia química em elétrica.



Pilha seca usual

122



Zn^{2+} abandonam o envoltório, deixando-o com carga \ominus
se combinam com Cl^- , deixando NH_4^+ .
 NH_4^+ reage com MnO_2 que fornece e^- .
→ o bastão com camada de MnO_2 ao redor fica com carga \oplus

O envoltório de zinco aos poucos aquece carga - tão grande que os Zn^{2+} não conseguem mais sair.
Uma saturação semelhante ocorre no bastão de carvão
→ a pilha fica insuável.

Energia e potência em circuitos elétricos



O trabalho realizado sobre uma carga dQ que atravessa um elemento do circuito (resistor, bateria, ...) que está sob uma diferença de potencial

$V_{ab} \equiv V_a - V_b$ é:

$dW = V_{ab} dQ = V_{ab} I dt$
 en. el. transferida para dentro do el.

Se $V_{ab} > 0$: dQ perde energia no elemento
 Se $V_{ab} < 0$: dQ recebe energia no elemento

Ataxa de fornecimento de energia ^{elétrica} por segundo (potência) ao elemento de circuito é:
 $P = \frac{dW}{dt} = V_{ab} \frac{dQ}{dt} = V_{ab} I$

A unidade é: $\frac{j \cdot C}{s} = \frac{j}{s} = W$. Alguns casos especiais são:

RESISTENCIA PURA:

$P = V_{ab} I = R I^2 = \frac{V_{ab}^2}{R}$

A energia elétrica recebida é dissipada como calor (= efeito Joule)

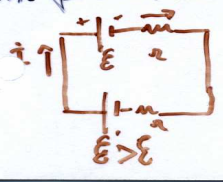
POTÊNCIA FORNECIDA POR UMA FONTE

$P = V_{ab} I$
 $V_{ab} = \mathcal{E} - i r$

$\Rightarrow P = \mathcal{E} I - r I^2$
 trabalho por u de tempo sobre as cargas, pelas forças não-el.
 potência dissipada como calor

POTÊNCIA RECEBIDA POR UMA FONTE

Supomos que a fonte de fem seja alimentada por outra com fm maior \Rightarrow a corrente possui sentido oposto ao anterior.

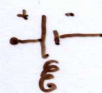


$P = \mathcal{E} I + r I^2$
 trabalho por u de tempo sobre o agente que produz a força não el. (= acumulação de en.)
 potência dissipada por r


RESUMO: REGRAS PARA CIRCUITOS COM RESISTOR E FONTE DE FEM 12/11

A soma das ddps ao longo de uma malha é nula (= conservação de energia).

As ddps são contadas da maneira seguinte: (ao longo de uma malha)

 atravessando de - para + : $+E$ (ddp \nearrow)
+ - : $-E$ (ddp \searrow)

 0 (condutor com resistência desprezível)

 atravessando no sentido de I : $-RI$ (ddp \searrow)
ao oposto de I : $+RI$ (ddp \nearrow)

A potência fornecida ou recebida por um elemento de ddp V é: $P = VI$.

Exemplos*

1) Circuito aberto: leitura de V e A (ideais)

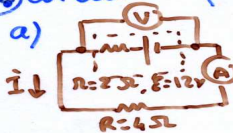


$I = 0$ (circuito aberto)
 $V_{ab} = E = 12V$

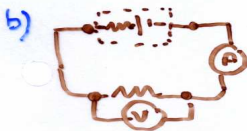
deixa com uma resistência nula \Rightarrow não altera \pm

12V

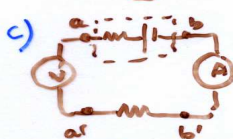
2) Circuito fechado: mesma pergunta



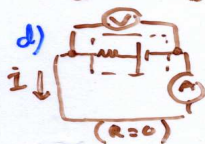
$V_{ab} = E - rI = RI \Rightarrow I = \frac{E}{R+r} = \frac{12V}{6\Omega} = 2A$
 $V_{ab} = RI = 4\Omega \times 2A = 8V$



Mesma leitura do que no a)



V tem resistência infinita $\Rightarrow I = 0$
 V mede V_{ab} com $I = 0 \Rightarrow V_{ab} = E = 12V$
 (esta montagem é usada p/ fazer leituras)



$V_{ab} = E - rI = RI = 0 \times I \Rightarrow I = \frac{E}{r} = \frac{12V}{2\Omega} = 6A$
 $V_{ab} = 0$

Esta ligação se chama curto-circuito (os terminais da bateria são ligados por um fio sem resistência). isto é PERIGOSO (ver adiante).

e) Para caso a) (taxa de conversão da en. qu. p/ el. e taxa de dissipação da en. na bateria) (potência líq. fornecida pela bateria?)

- i) $EI = 12V \times 2A = 24W$
- ii) $rI^2 = 2\Omega \times (2A)^2 = 8W$
- iii) $EI - rI^2 = 16W$

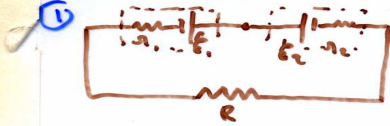
9

f) Para o caso d): Mesmas perguntas

- i) $EI = 12V \times 6A = 72W$
 - ii) $rI^2 = EI = 72W$
 - iii) $EI - rI^2 = 0$
- } a energia convertida é completamente dissipada \Rightarrow a bateria se deteriora e pode explodir.

* Fios condutores são supostos ideais i.e. de resistência nula

Exercício:



$$E_1 = 2,1V$$

$$r_1 = 1,8\Omega$$

$$E_2 = 4,4V$$

$$r_2 = 2,3\Omega$$

$$R = 5,5\Omega$$

Sentido da corrente? Valor?

② Mesma pergunta invertendo os fios nos terminais numa das fontes (mit-mit).