

Ficha — Gerador de corrente contínua: força eletromotriz e resistência interna

10.º Ano Física e Química A 4 páginas 12 exercícios

Objetivo: Distinguir força eletromotriz (f.e.m.) de tensão nos terminais, aplicar a relação $\mathcal{E} = U + r \cdot i$ de um gerador com resistência interna e analisar o comportamento de pilhas em carga e em curto-circuito.

Revisão rápida

Gerador — dispositivo que converte energia (química numa pilha, mecânica num dínamo) em energia elétrica. Caracteriza-se pela **força eletromotriz** (f.e.m.) $\mathcal{E}$, em volts: a tensão total que o gerador «promete». Mas todo o gerador tem uma **resistência interna** r — e quando circula corrente, parte da tensão fica perdida **dentro** dele:

$$\mathcal{E} = U_{\text{terminais}} + r \times i$$

$U = \mathcal{E} - r \cdot i$ é a tensão **medível** nos terminais: é ela que o circuito externo recebe. Com o gerador **em circuito aberto** ($i = 0$), $U = \mathcal{E}$ — assim se mede a f.e.m. Em **curto-circuito** ($R \text{ externo} = 0$), a corrente atinge o máximo $i_{\text{máx}} = \mathcal{E} / r$ — enorme e perigosa.

Situação	Corrente	Tensão nos terminais
Circuito aberto	0	$U = \mathcal{E}$ (máxima)
Em carga (R externa)	$i = \mathcal{E} / (R + r)$	$U = \mathcal{E} - r \cdot i < \mathcal{E}$
Curto-circuito	$\mathcal{E} / r$ (máx.)	0

Estratégia: identificar $\mathcal{E}$ e $r \rightarrow$ reduzir o circuito externo a uma $R \rightarrow i = \mathcal{E} / (R + r) \rightarrow U = R \cdot i$ ou $\mathcal{E} - r \cdot i \rightarrow$ conferir com o balanço $\mathcal{E} = U + r \cdot i$.

Exercícios

1. Completar: a força eletromotriz é a _____ que o gerador fornece; a tensão nos terminais é a parte que chega ao _____ e é igual a $\mathcal{E}$ menos _____. Sem corrente, $U =$ _____.

2. Uma pilha de f.e.m. 9,0 V e $r = 1,0 \, \Omega$ fornece 1,0 A. Qual a tensão nos terminais e que fração da f.e.m. se perde dentro da pilha?

3. Um gerador de $12,0 \text{ V}$ com $r = 0,50 \, \Omega$ entrega $2,0 \text{ A}$. Calcula a tensão nos terminais e a queda de tensão interna.

4. Uma pilha com $\mathcal{E} = 6,0 \text{ V}$ e $r = 2,0 \, \Omega$ está ligada a um resistor de $10 \, \Omega$. Calcula a corrente, a tensão nos terminais e a tensão perdida internamente (verifica o balanço).

5. Qual a corrente em curto-circuito da pilha do exercício 4 ($R_{\text{externo}} = 0$)? Porque é que esta situação danifica a pilha?

6. Uma pilha alcalina de $\mathcal{E} = 1,50 \text{ V}$ apresenta $1,35 \text{ V}$ nos terminais quando fornece $0,30 \text{ A}$. Determina a sua resistência interna.

7. Com a pilha do exercício 6 a fornecer $0,30 \text{ A}$ durante $10,0$ minutos, calcula a energia total convertida pela pilha e a energia que chega ao circuito externo. Para onde vai a diferença?

8. Dois geradores em série: $\mathcal{E}_1 = 6,0 \text{ V}$, $r_1 = 1,0 \Omega$ e $\mathcal{E}_2 = 6,0 \text{ V}$, $r_2 = 2,0 \Omega$. Ligados a um resistor de $9,0 \Omega$, que corrente circula e que tensão há aos terminais do conjunto?

9. Ao ligar um farol a uma pilha, a luz parece fraca. Explica, com a relação $\mathcal{E} = U + r \cdot i$, por que razão a tensão aos terminais cai quando se liga um consumo.

10. Verdadeiro ou falso. Corrige as falsas.

- a) A força eletromotriz é sempre igual à tensão nos terminais. (V/F)
- b) Com mais corrente, a tensão nos terminais diminui. (V/F)
- c) A resistência interna é uma resistência ligada em paralelo ao gerador. (V/F)
- d) Em circuito aberto, mede-se $U = \mathcal{E}$. (V/F)
- e) Uma pilha gasta tem r maior — por isso «afrouxa» sob carga. (V/F)

11. Uma fonte de $24,0 \text{ V}$ (r desprezível) alimenta um circuito que consome $3,0 \text{ A}$. Que potência é entregue ao circuito e que potência se dissipa em perdas da fonte?

12. Porque é que as baterias dos automóveis são dimensionadas com resistência interna muito baixa, e o que aconteceria se um arranque exigisse correntes enormes com uma pilha de r elevada?

Soluções — Força eletromotriz e resistência interna

10.º Ano

Física e Química A

Resolução completa

1. a **tensão total/taxa** que o gerador fornece (f.e.m.) · chega ao **circuito externo** · menos $r \cdot i$ (queda interna) · sem corrente, $U = \mathcal{E}$.
 2. $U = 9,0 - 1,0 \times 1,0 = 8,0 \text{ V}$. Perda: $1,0/9,0 \times 100 = \mathbf{11,1\%}$ da f.e.m. fica dentro da pilha (aquece).
 3. $U = 12,0 - 0,50 \times 2,0 = 11,0 \text{ V}$; queda interna: $0,50 \times 2,0 = 1,0 \text{ V}$. Verificação: $11,0 + 1,0 = 12,0 \text{ V} \checkmark$
 4. $i = \mathcal{E}/(R+r) = 6,0/(10+2) = 0,50 \text{ A}$; $U = 10 \times 0,50 = 5,0 \text{ V}$; queda interna $2,0 \times 0,50 = 1,0 \text{ V}$. Balanço: $5,0 + 1,0 = 6,0 \text{ V} \checkmark$
 5. $i_{\text{máx}} = 6,0 \div 2,0 = \mathbf{3,0 \text{ A}}$ — muitas vezes superior à corrente nominal. Toda a potência $\mathcal{E} \cdot i$ dissipa-se em calor **dentro da pilha** (efeito Joule em r): aquece, deforma-se e pode danificar-se — é curto-circuito.
 6. $r = (\mathcal{E} - U)/i = (1,50 - 1,35)/0,30 = \mathbf{0,50 \Omega}$.
 7. Tempo = 600 s. Total: $\mathcal{E} \cdot i \cdot t = 1,50 \times 0,30 \times 600 = 270 \text{ J}$ (0,270 kJ). Útil: $U \cdot i \cdot t = 1,35 \times 0,30 \times 600 = 243 \text{ J}$ (0,243 kJ). Diferença: **27 J** → dissipa-se como **calor na resistência interna** ($r \cdot i^2 \cdot t = 0,50 \times 0,09 \times 600 = 27 \text{ J} \checkmark$).
 8. Geradores em série somam: $\mathcal{E} = 12,0 \text{ V}$, $r = 3,0 \Omega$. $i = 12,0 \div (9,0 + 3,0) = 1,0 \text{ A}$; $U = 9,0 \times 1,0 = 9,0 \text{ V}$ (queda interna 3,0 V — das duas pilhas, 1,0 V e 2,0 V).
 9. Ligar o consumo faz circular corrente: a expressão $U = \mathcal{E} - r \cdot i$ mostra que a queda interna $r \cdot i$ cresce com i — logo a tensão disponível **abaixa**. Com o farol ligado, i é grande, U cai e a luz parece fraca; ao desligar, $i = 0$ e U volta a $\mathcal{E}$.
 10. a) **F** — só é igual quando $i = 0$ (circuito aberto). b) **V** — $U = \mathcal{E} - r \cdot i$ decresce com i . c) **F** — r está **em série** (faz parte do gerador por dentro). d) **V** — é a forma de medir a f.e.m. e) **V** — o envelhecimento químico aumenta r ; sob carga a queda interna é grande e «afrouxa».
 11. Com r desprezível: $P = U \cdot i = 24,0 \times 3,0 = 72 \text{ W}$ entregues ao circuito; perdas da fonte: **0 W** (caso ideal — na realidade há sempre alguma, mas com $r \approx 0$ é desprezável).
 12. O arranque exige **centenas de amperes**: com $U = \mathcal{E} - r \cdot i$, só uma r muito baixa mantém U suficientemente alta nessa corrente. Se r fosse elevada, a queda interna $r \cdot i$ consumiria quase toda a f.e.m. — a tensão aos terminais cairia a quase nada, a corrente não arrancaria o motor e todo o calor ($r \cdot i^2 \cdot t$) destruiria a bateria.
- Nota:** f.e.m. = o que o gerador *promete* · tensão nos terminais = o que o circuito *recebe* · a diferença é $r \cdot i$, sempre positiva e sempre em calor. O balanço $\mathcal{E} = U + r \cdot i$ fecha qualquer circuito.