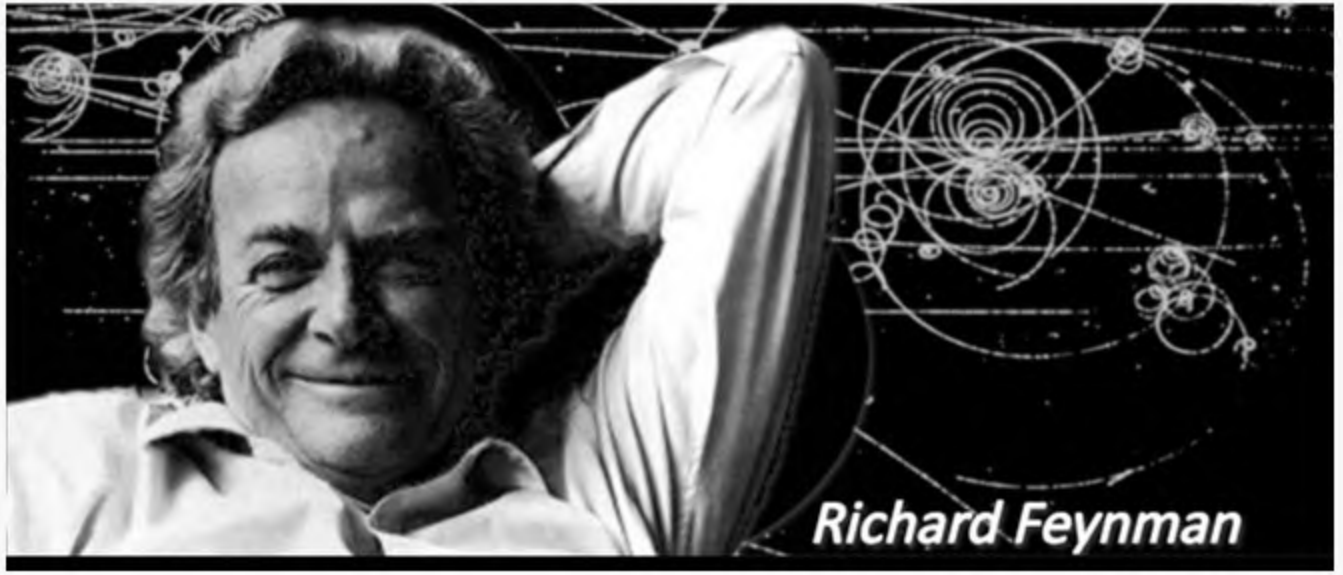
Fundamentals of Physics II

Faculty of Physics-Kharazmi University

Dr. Faramarz Kanjouri

دانشگاه خوارزمی



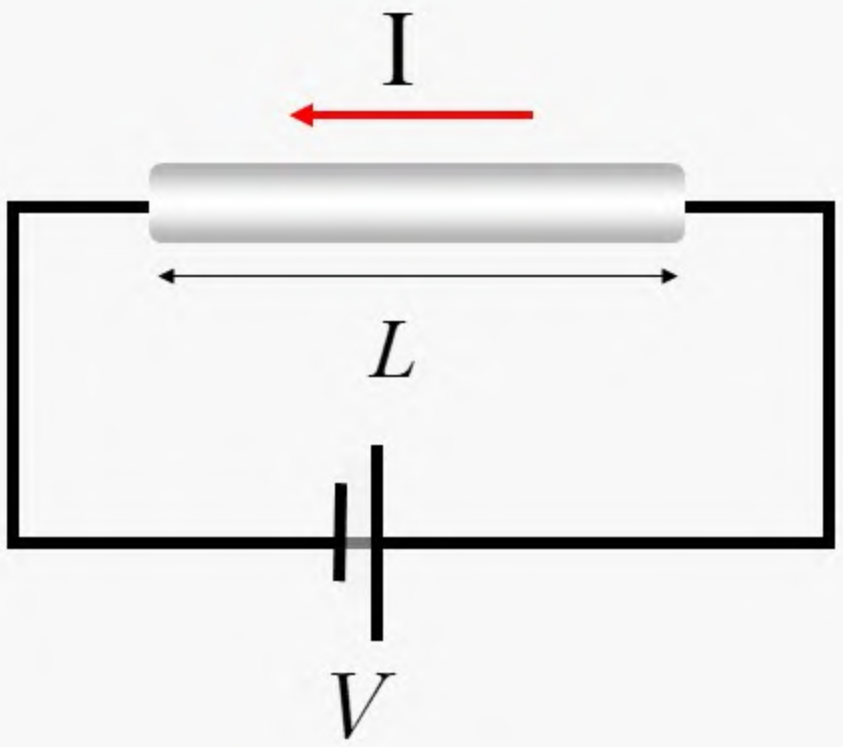
اگر همواره مانند گذشته بیندیشید، همیشه همان چیزهایی را به‌دست می‌آورید که تا کنون کسب کرده‌اید

فاینمن

درس بیست و پنجم

جریان الکتریکی

Electric Current



$$E = \frac{V}{L}$$

$$\mathrm{I} = \frac{dq}{dt}$$

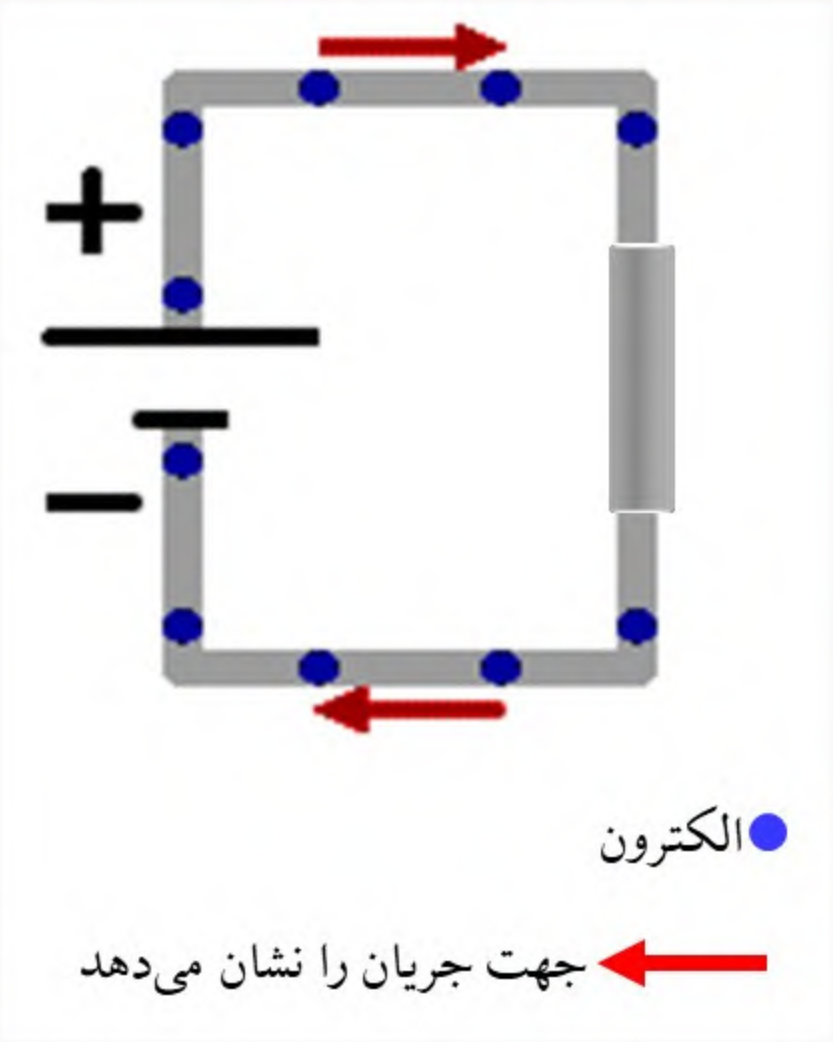
برای جریان های پایا: $\mathrm{I} = \frac{q}{t}$

در دستگاه SI آمپر یکای اصلی است و کولن از روی آن تعریف می‌شود:

یک کولن مقدار باری است که در مدت یک ثانیه از مداری با شدت جریان یک آمپر بگذرد

$$1\mathrm{A} = 1\frac{\mathrm{C}}{\mathrm{s}}$$

دانشگاه خوارزمی



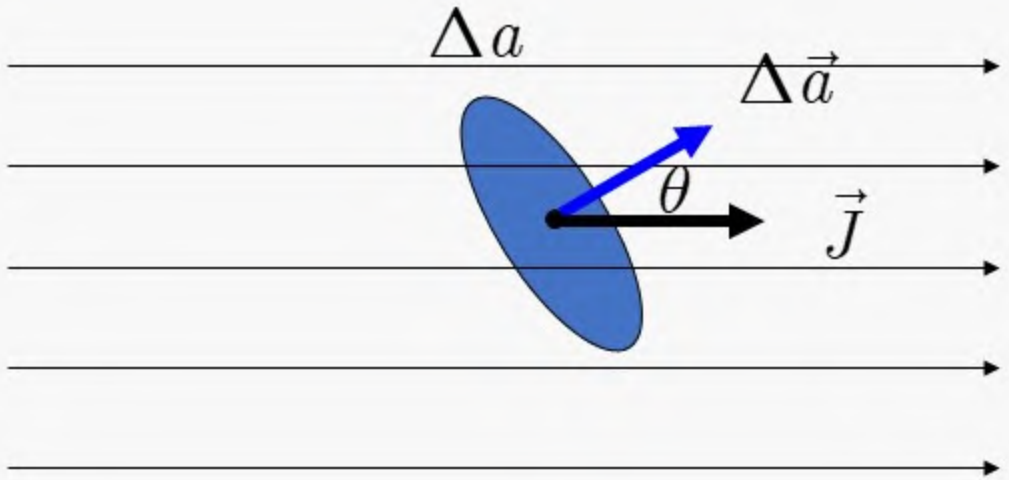
جهت جریان را جهت حرکت بارهای مثبت (خلاف جهت حرکت بار منفی) قرارداد می کنیم

Georg Simon Ohm
(1787-1854)

تعریف مقاومت الکتریکی $R = \frac{V}{I}$

قانون اهم $R = \frac{V}{I} =$ ثابت

$$1\Omega = 1\frac{\mathrm{V}}{\mathrm{A}}$$



$$\Delta I = \vec{J} \cdot \Delta \vec{a}$$

$$J = \frac{\Delta I}{\Delta a \cos\theta}$$

$$I = \int_A \vec{J} \cdot d\vec{a}$$

برای هر سطح دلخواه A

conductivity

$$\vec{J} = \sigma_c \vec{E}$$

چگالی جریان در رساناها به میدان الکتریکی و خواص رسانا بستگی دارد.
در حالت کلی این بستگی بسیار پیچیده است. در برخی مواد (فلزات) در یک دمای معین چگالی جریان تقریبا با میدان الکتریکی متناسب است.

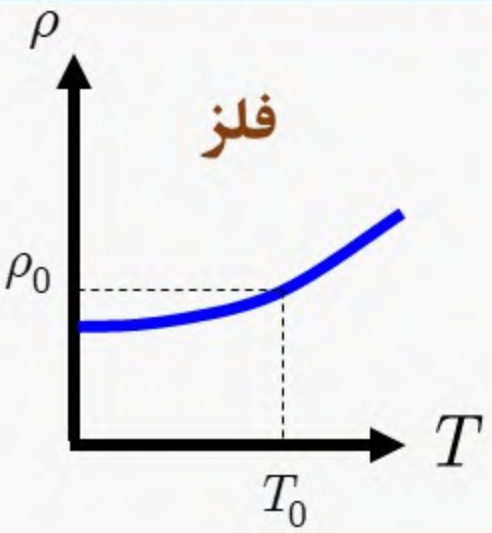
resistivity

$$\rho = \frac{1}{\sigma_c}$$

عکس رسانندگی را مقاومت ویژه می‌نامیم.
یکای مقاومت ویژه اهم- متر است.

$$\rho = \begin{pmatrix} \rho_{xx} & \rho_{xy} & \rho_{xz} \\ \rho_{yx} & \rho_{yy} & \rho_{yz} \\ \rho_{zx} & \rho_{zy} & \rho_{zz} \end{pmatrix}$$

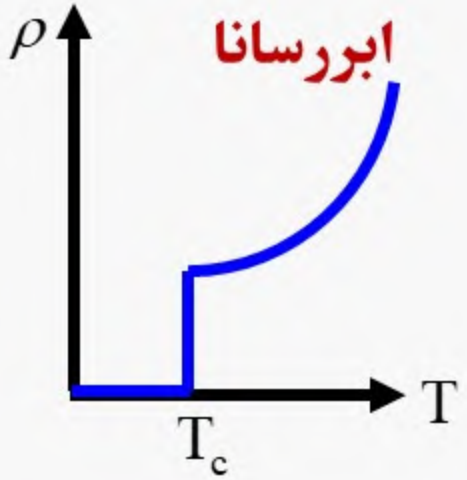
در حالت کلی، مقاومت ویژه و رسانندگی، تانسور هستند.



مقاومت ویژه ی فلز را در یک گستره‌ی دمایی کوچک (حدود ۱۰۰ درجه‌ی سلسیوس) می‌توان تقریبا با معادله‌ی زیر بیان کرد

$$\rho = \rho_0 \left[1 + \alpha \left(T - T_0 \right) \right]$$

ضریب حرارتی مقاومت ویژه

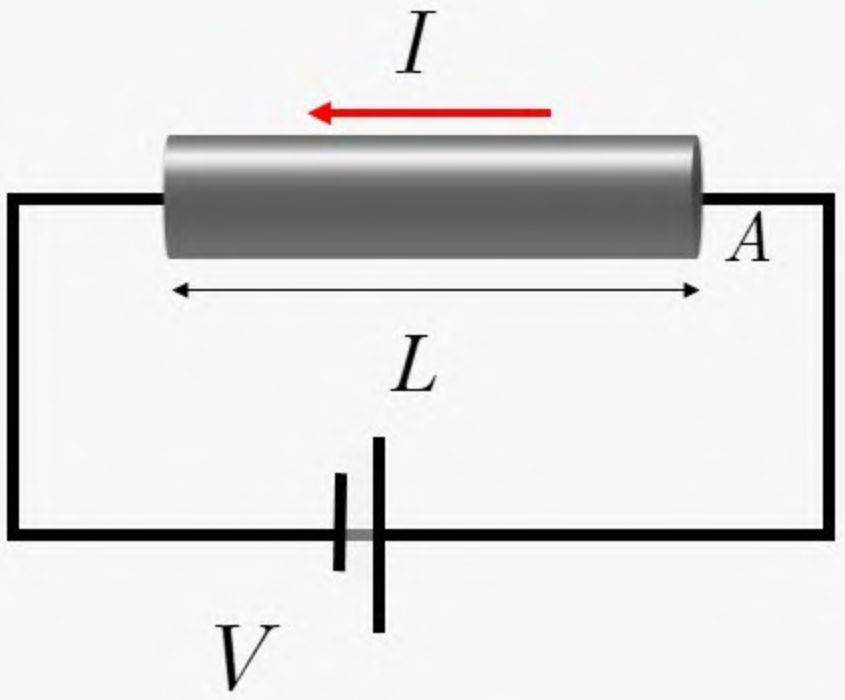


Kammerlingh Onnes

$$E = \frac{V}{L}$$

$$J = \frac{I}{A}$$

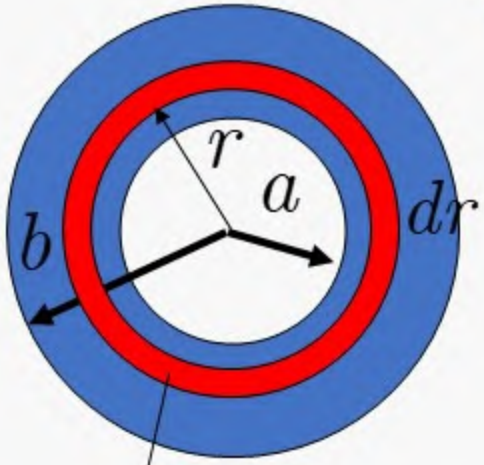
$$\frac{E}{J} = \frac{V}{I}\frac{A}{L}$$



$$\rho = R\frac{A}{L}$$

$$R = \rho\frac{L}{A}$$

لوله‌ی استوانه‌ای شکل، دارای شعاع داخلی a و شعاع خارجی b و طول L ، از ماده‌ای با مقاومت ویژه‌ی ρ ساخته شده است. مقاومت الکتریکی شعاعی آن را پیدا کنید

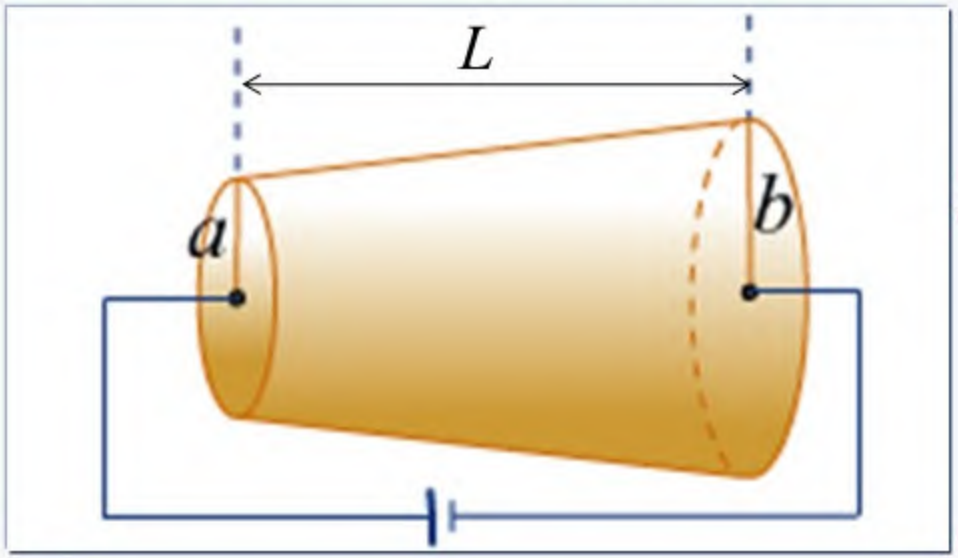


$$dR = \rho \frac{dr}{2\pi r L}$$

$$R = \int_a^b \rho \frac{dr}{2\pi r L} = \frac{\rho}{2\pi L} \ln \frac{b}{a}$$

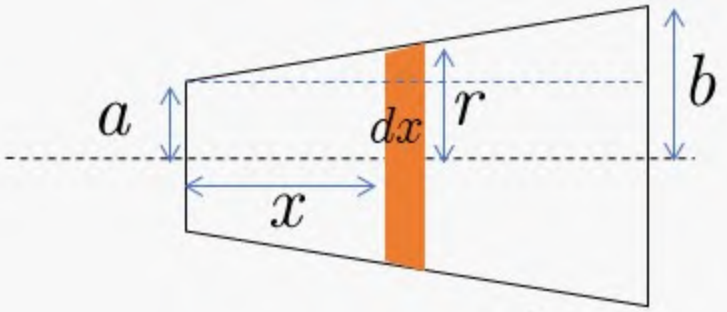
پوسته‌ی استوانه‌ای به طول L

مخروط ناقصی مطابق شکل با شعاع‌های a و b و طول L از ماده ای با مقاومت ویژه‌ی ρ ساخته شده است. مقاومت الکتریکی طولی آن را پیدا کنید



حل

قرص نازکی به شعاع r و ضخامت dx مطابق شکل در نظر می‌گیریم.



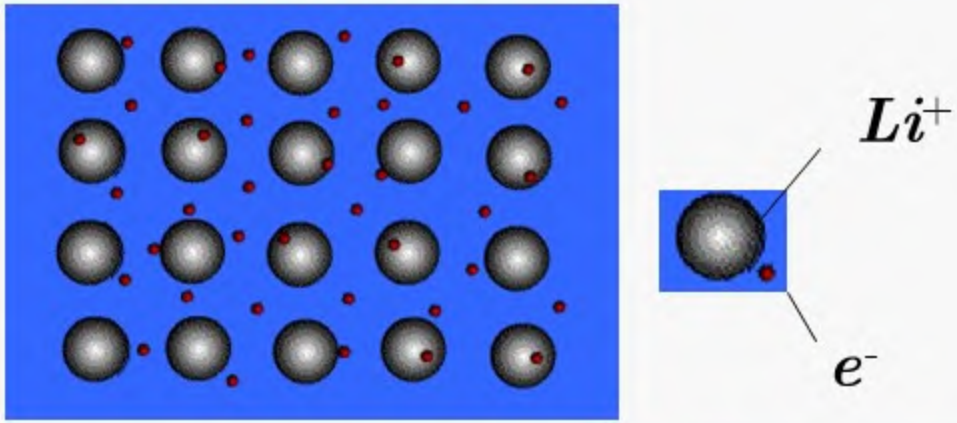
$$\tan\theta = \frac{r-a}{x} = \frac{b-a}{L} \Rightarrow r = a + \frac{b-a}{L}x$$

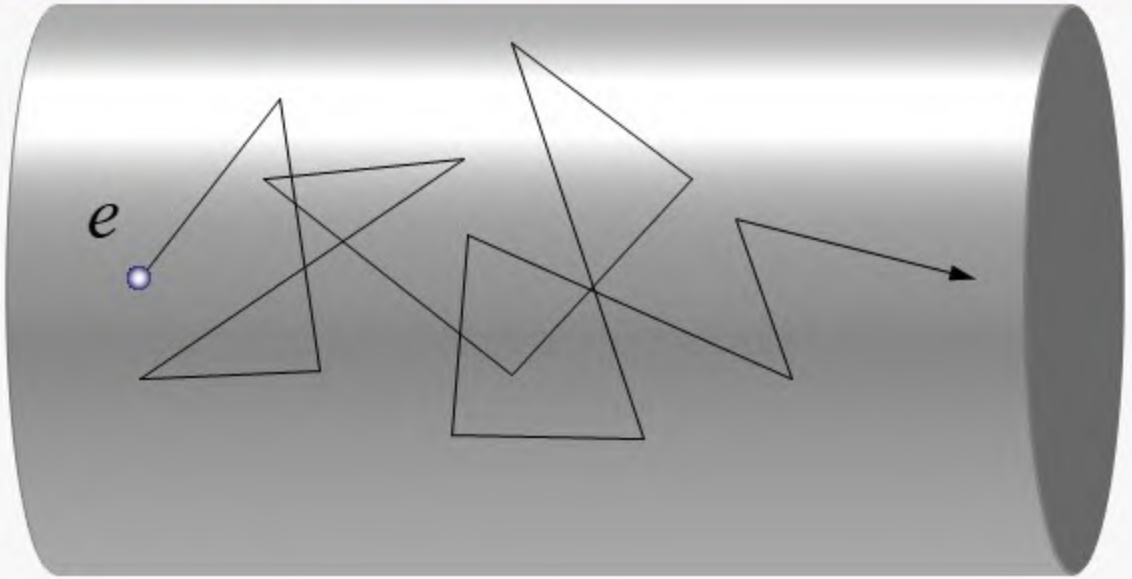
$$dR = \frac{\rho dx}{\pi r^2}$$

$$R = \int_0^L \frac{\rho dx}{\pi\left[a + \frac{b-a}{L}x\right]^2} = \frac{\rho L}{\pi ab}$$

چرا فلزات از قانون اهم پیروی می کنند؟ ⟵ مدل دروده

- در رساناها بارهای الکتریکی (الکترون‌ها) در حرکت گرمایی دائمی هستند.
- سرعت گرمایی الکترون ها حدود 10^6 متر بر ثانیه است.
- در غیاب میدان الکتریکی سرعت متوسط (سرعت رانشی) الکترون‌ها صفر است و جریان الکتریکی وجود ندارد.
- با اعمال میدان الکتریکی، الکترون‌ها یک سرعت رانشی (drift velocity) در خلاف جهت میدان پیدا می کنند.





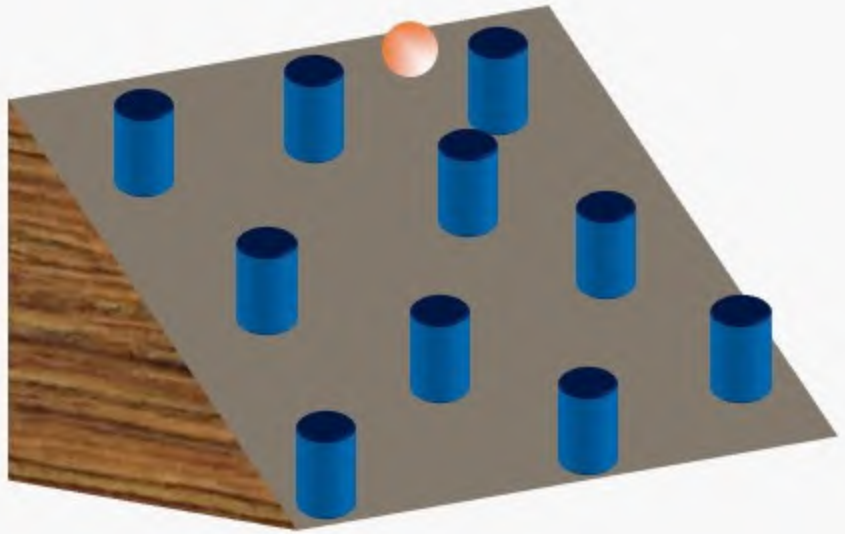
$$\vec{F} = m\vec{a} \Rightarrow -e\vec{E} - \frac{m\vec{v}}{\tau} = m\,\vec{a}$$

زمان آزاد میانگین
(زمان واهلش)

$\vec{a} = 0$ در حالت پایا

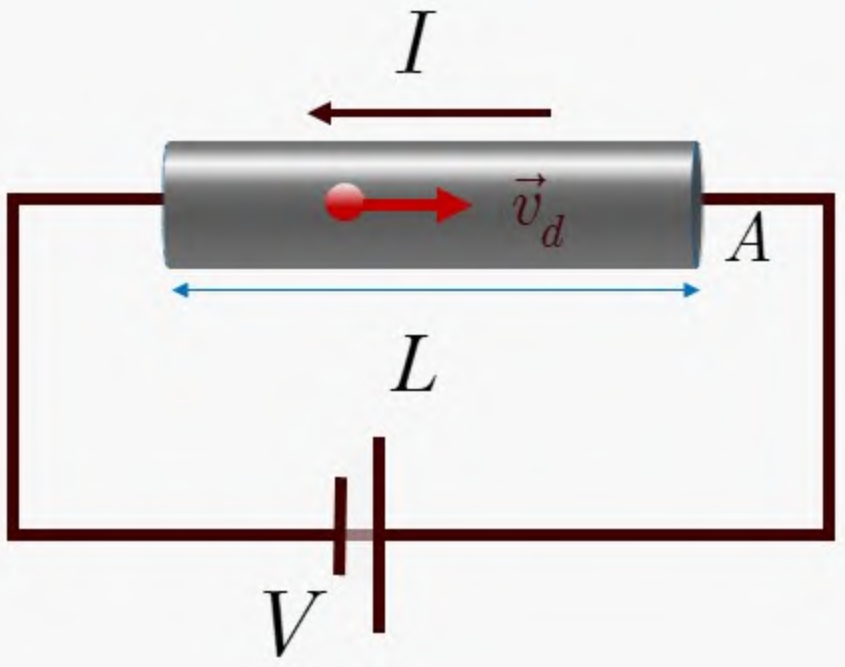
$$\vec{v} = -\frac{e\tau}{m}\vec{E} \equiv \vec{v}_d$$

سرعت رانشی(سوق)
Drift velocity



$$I = \frac{Q}{t} = \frac{(nAL)e}{t}$$

$$J = \frac{I}{A} = \frac{(nAL)e}{At} = nev_d$$



$$v_d = \frac{e\tau}{m}E$$ از سوی دیگر دیدیم:

$$\Rightarrow J = \frac{ne^2\tau}{m}E$$

$$\Rightarrow \sigma_c = \frac{ne^2\tau}{m} \Rightarrow \rho = \frac{m}{ne^2\tau}$$

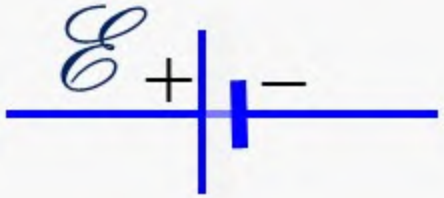
اثری که جریان الکتریکی را از پتانسیل کم به پتانسیل زیاد برقرار می‌کند،
نیرو محرکه‌ی الکتریکی (electromotive force) نامیده می‌شود.

وسیله‌ای که emf را ایجاد می‌کند، منبع emf نامیده می‌شود.

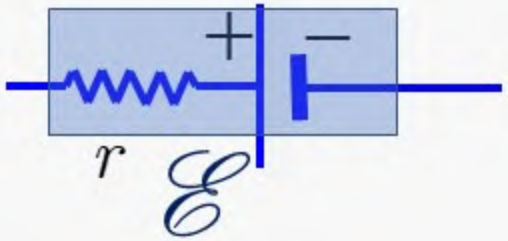
رسانای بدون مقاومت

مقاومت (resistor)

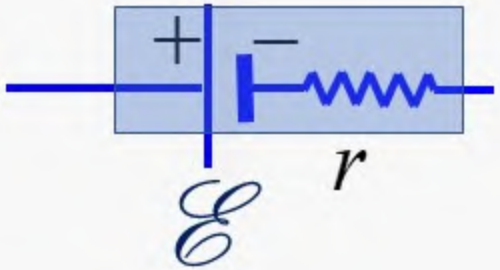
منبع emf

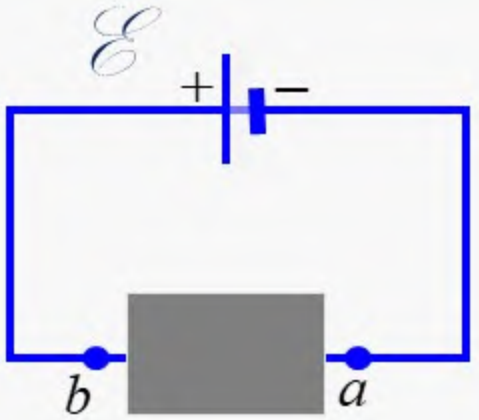


منبع emf با مقاومت داخلی r



یا



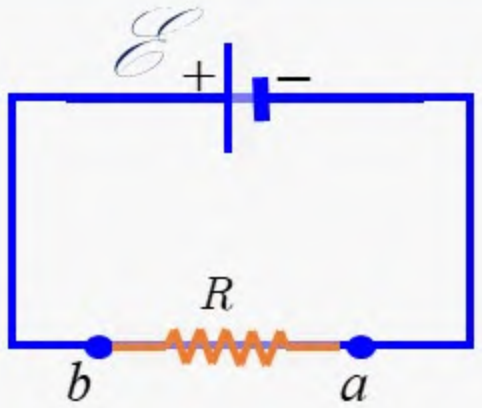


انرژی الکتریکی منتقل شده به عنصر مدار: $dU = dqV_{ab}$

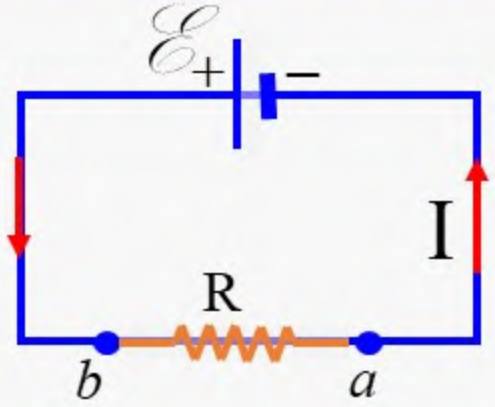
آهنگ انتقال انرژی الکتریکی به عنصر مدار (توان):

$$P = \frac{dU}{dt} = \frac{dq}{dt}V_{ab} = IV_{ab}$$

اگر عنصر مدار یک مقاومت باشد:



گرمای ژول $P = RI^2 = \frac{V_{ab}^2}{R}$

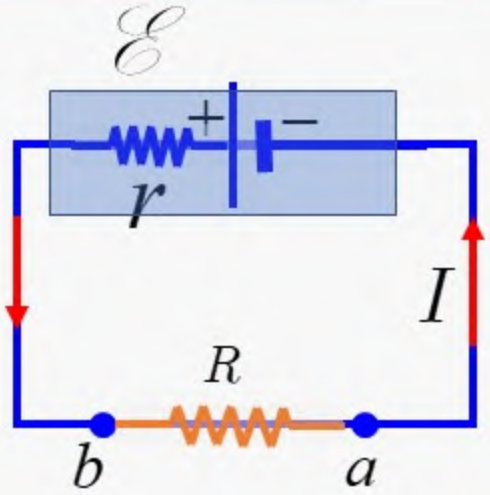


توان منبع :
$$P = \frac{dW}{dt} = \frac{dq}{dt}\mathscr{E} = I\mathscr{E}$$

توان مصرفی در مقاومت
$$P' = RI^2$$

$$P' = P \Rightarrow I = \frac{\mathscr{E}}{R}$$

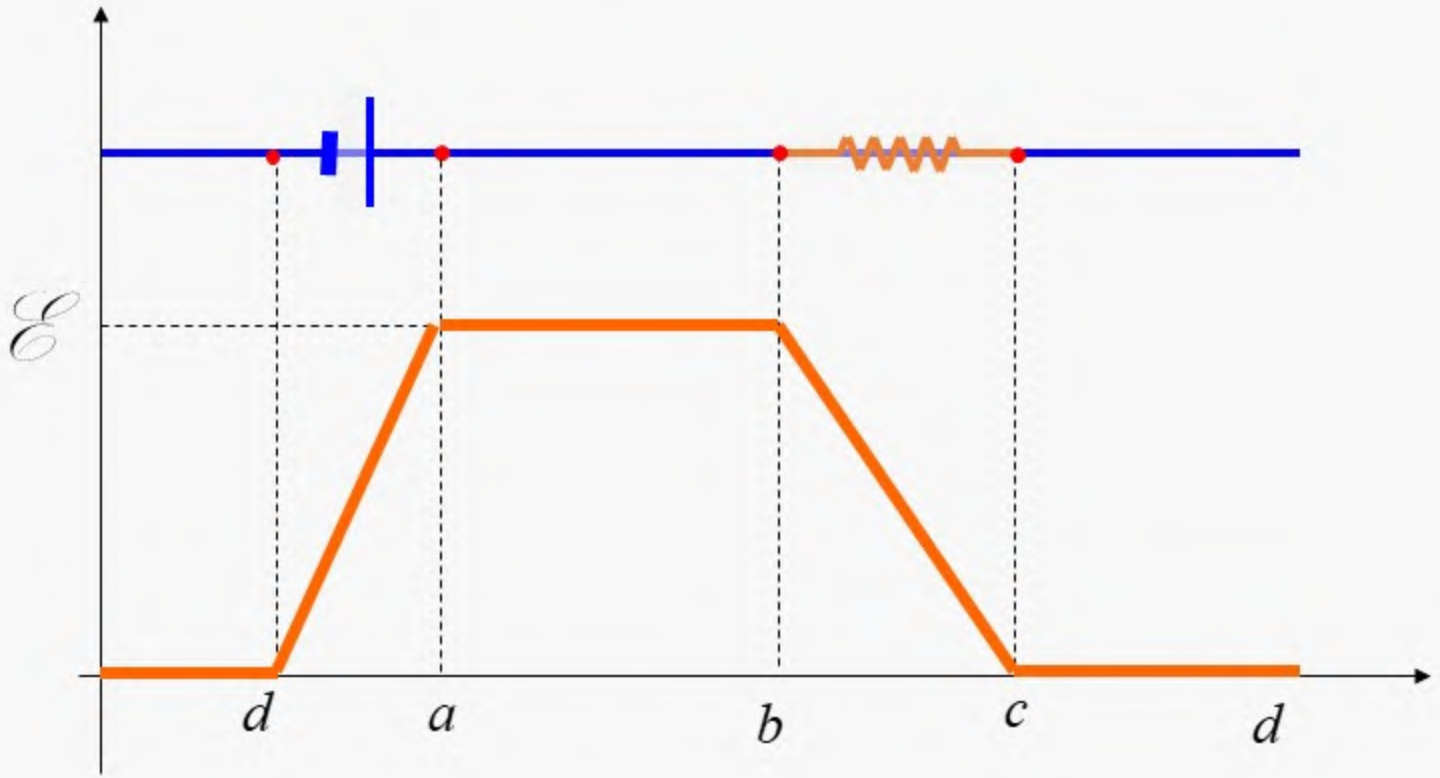
باتری واقعی

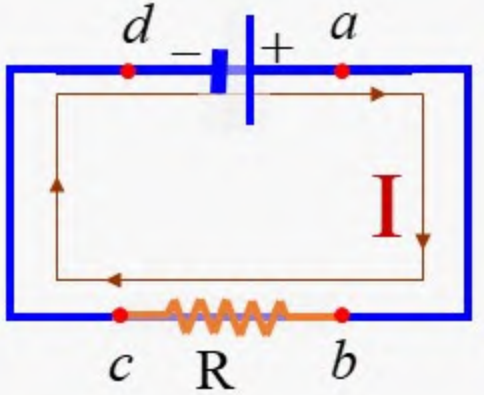


توان مصرفی:
$$P' = RI^2 + rI^2$$

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

$$V_{ab} = \mathscr{E} - Ir = \mathscr{E}\left(\frac{R}{R+r}\right)$$


$\mathscr{E}$
d
a
b
c
d


d
a
I
c
R
b

شاد و مهربان باشید