

Fundamentals of Physics II

Faculty of Physics-Kharazmi University

Dr. Faramarz Kanjouri

Spring 2025



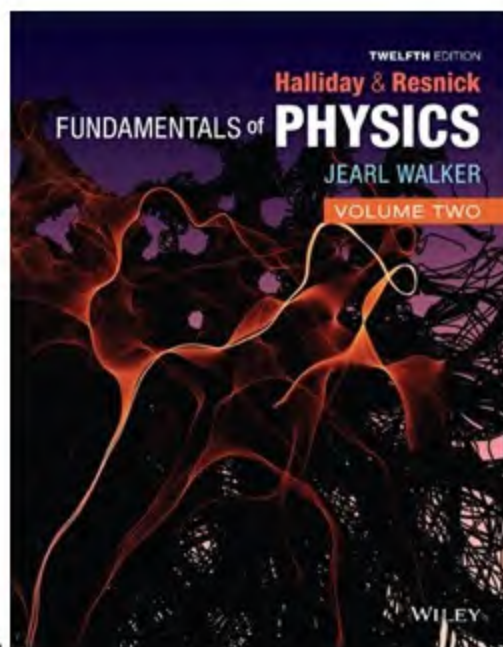
اگر همواره مانند گذشته بیندیشید، همیشه همان چیزهایی را به دست می آورید که تاکنون کسب کرده اید

If you always think the way you've always thought, you'll always get what you've always got.

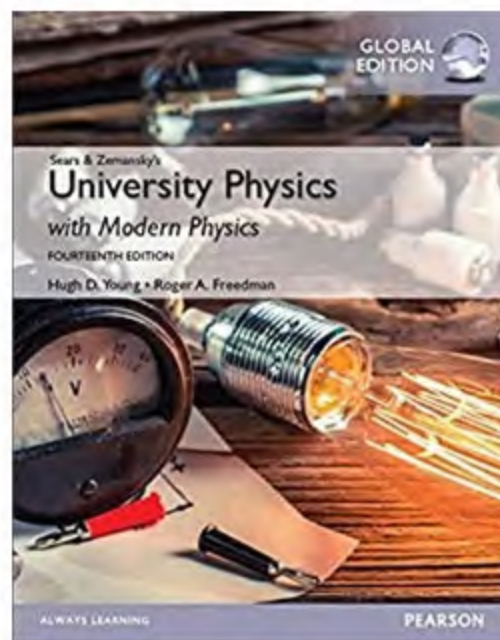


Fundamentals of Physics II

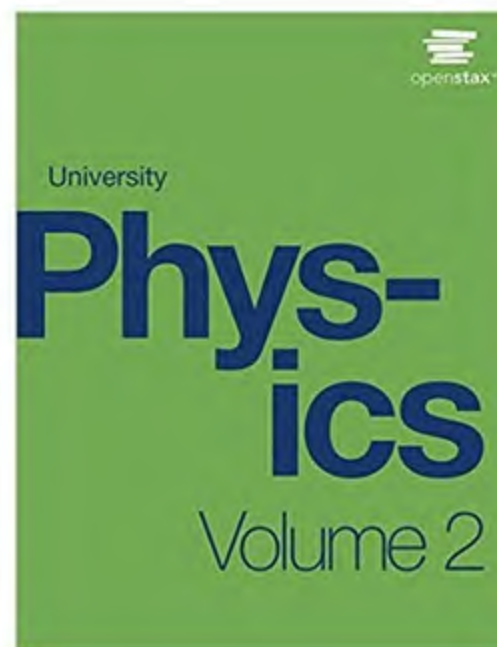
Fundamentals of Physics (12th Ed.)
Halliday, David;
Resnick, Robert;
Walker, Jearl



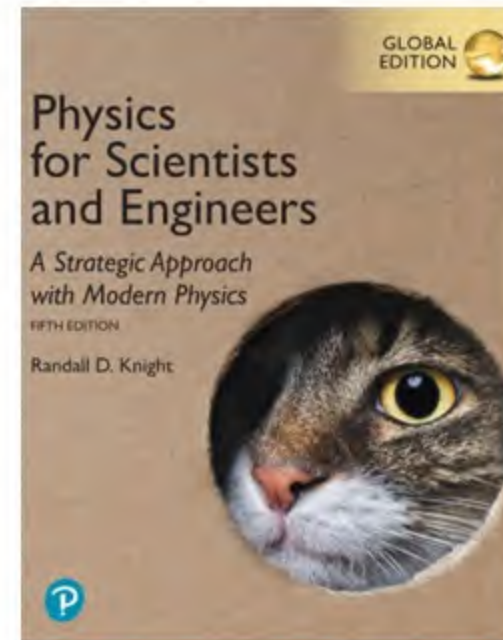
University Physics with Modern Physics (14th Global Ed.)
Hugh D. Young,
Roger A. Freedman



University Physics Volume 2
Samuel J. Ling, Jeff
Sanny, William Moebs



PHYSICS For Scientists and Engineers, 5e, (2023)
Randall D. Knight

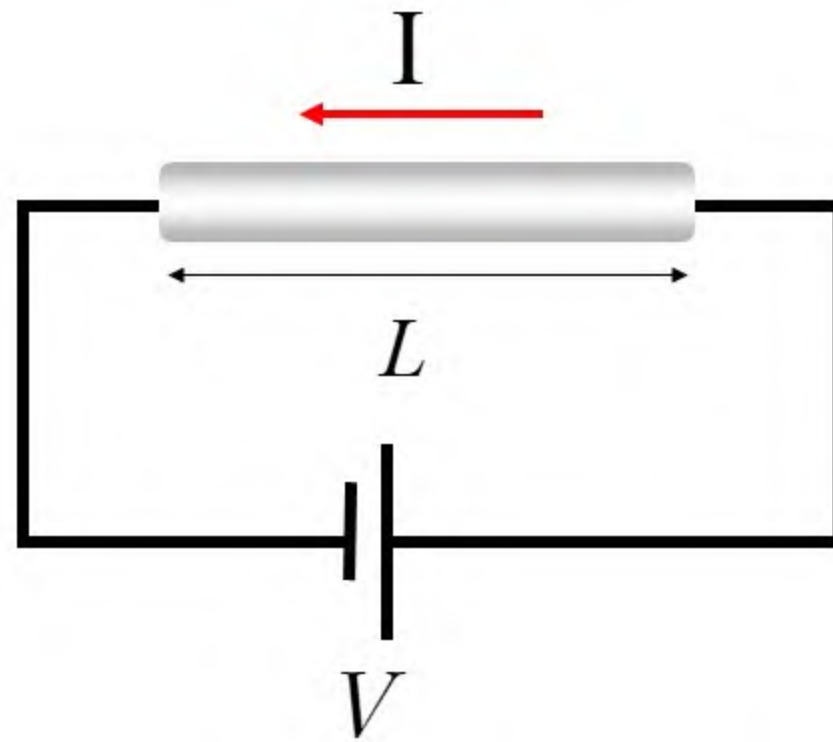


درس بیست و پنجم

جریان الکتریکی

Electric Current





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

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

$$I = \frac{q}{t}$$

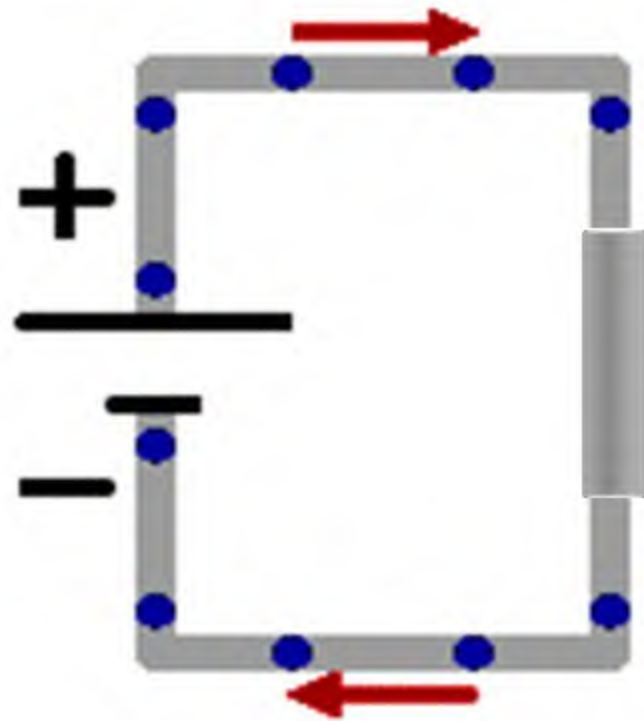
برای جریان‌های پایا:

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

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





● الکترون

← جهت جریان را نشان می‌دهد

جهت جریان را جهت حرکت بارهای مثبت
(خلاف جهت حرکت بار منفی) قرار داد می‌کنیم

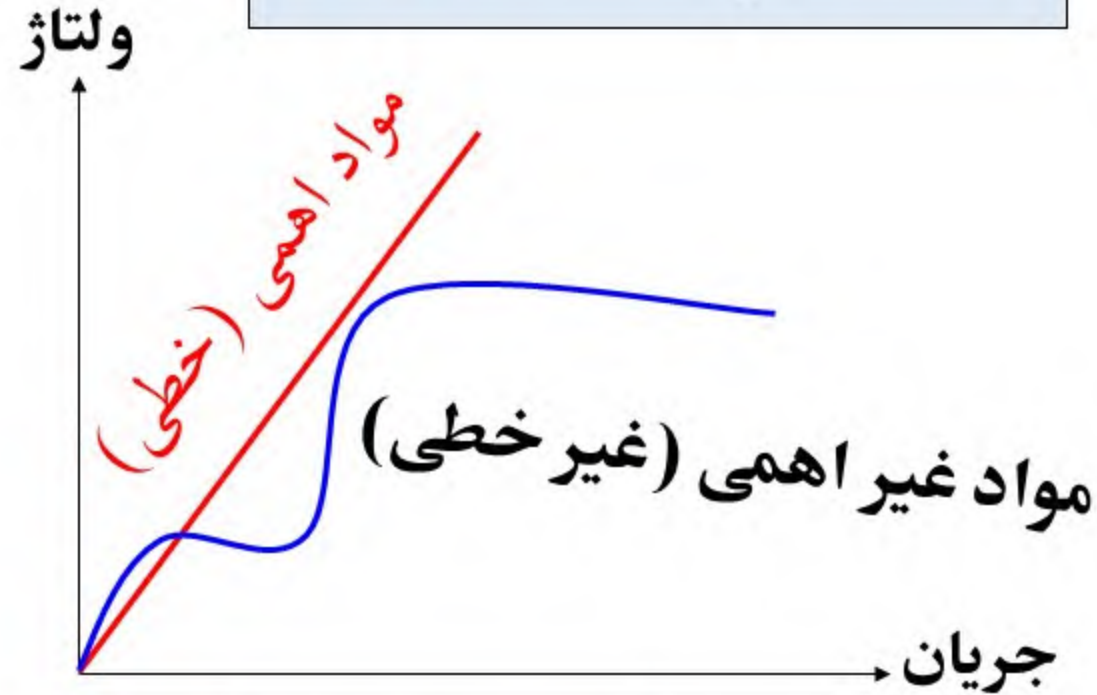


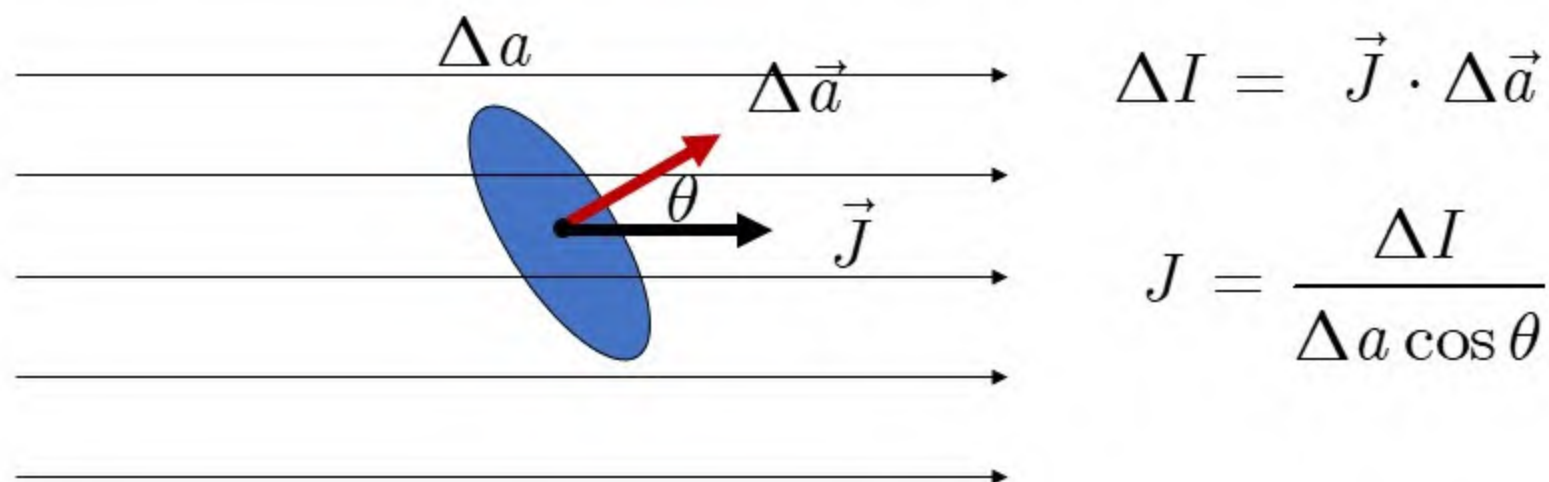
Georg Simon Ohm
(1787-1854)

$$R = \frac{V}{I} \text{ تعريف مقاومـت الکـتریکـی}$$

$$R = \frac{V}{I} = \text{ثابت} \quad \text{قانون اهم}$$

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





برای هر سطح دلخواه A

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

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 تقریباً با میدان الکتریکی متناسب است.

resistivity

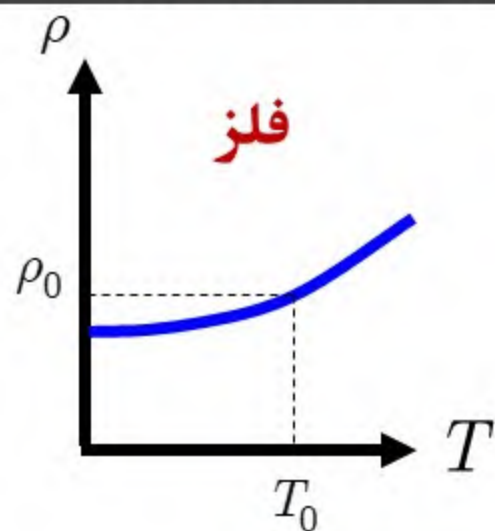
$$\rho = \frac{1}{\sigma_c}$$

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.

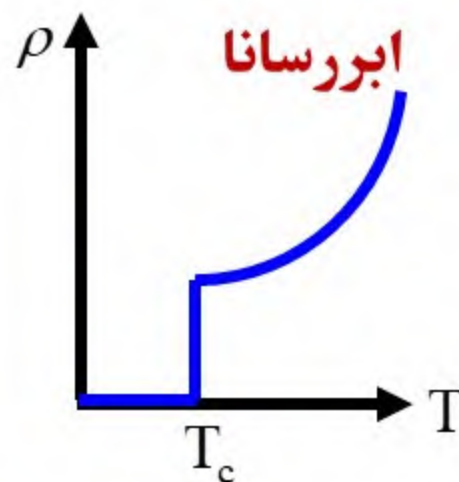
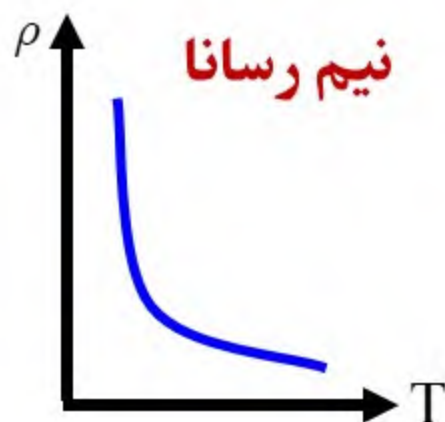




مقاومت ویژه ی فلز را در یک گستره ی دمایی کوچک (حدود ۱۰۰ درجه ی سلسیوس) می توان تقریباً با معادله ی زیر بیان کرد

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

ضریب حرارتی مقاومت ویژه



Kammerlingh Onnes

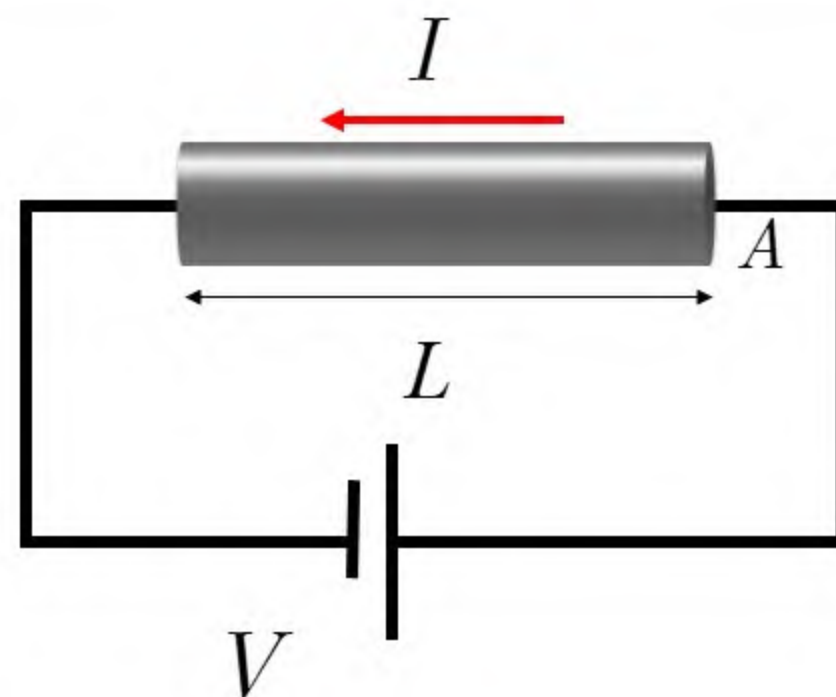
$$E = \frac{V}{L}$$

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

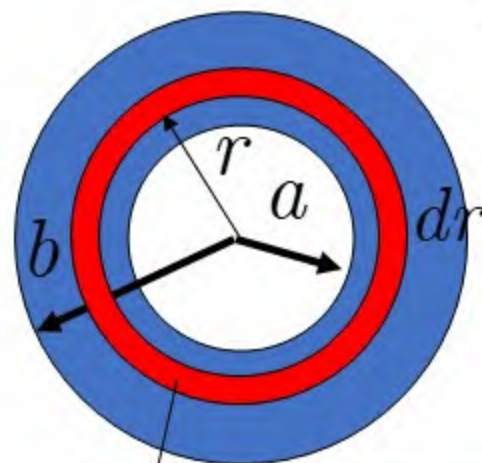
$$\frac{E}{J} = \frac{V}{I} \frac{A}{L}$$

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

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



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

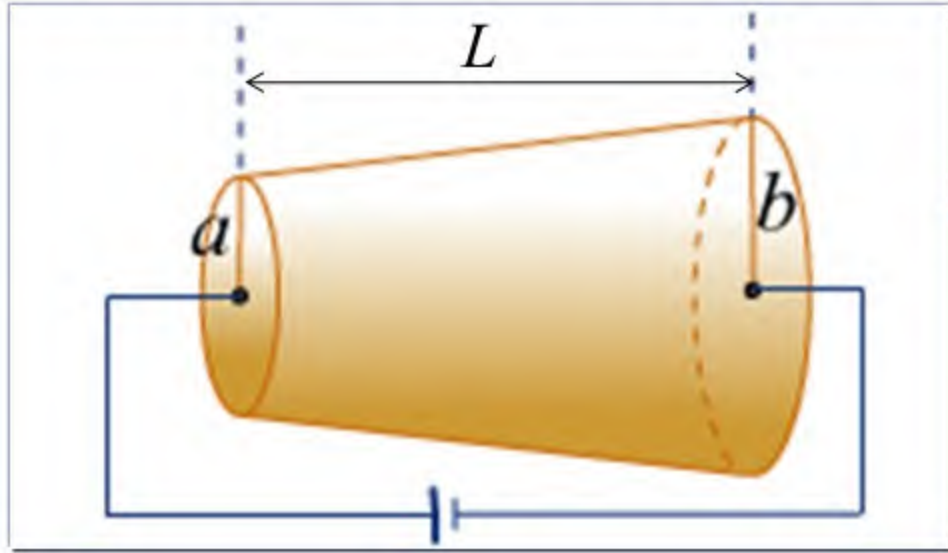


$$dR = \rho \frac{dr}{2\pi r L}$$

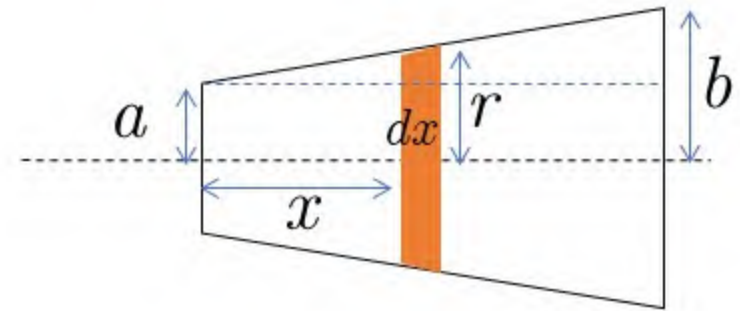
$$R = \int_a^b \rho \frac{dr}{2\pi r L} = \frac{\rho}{2\pi L} \ln \frac{b}{a}$$

پوسته‌ی استوانه‌ای به
طول L

مخروط ناقصی مطابق شکل با شعاع‌های a و b و طول L از ماده‌ای با مقاومت ویژه 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.



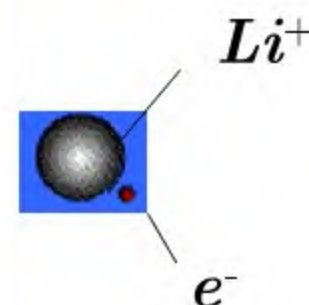
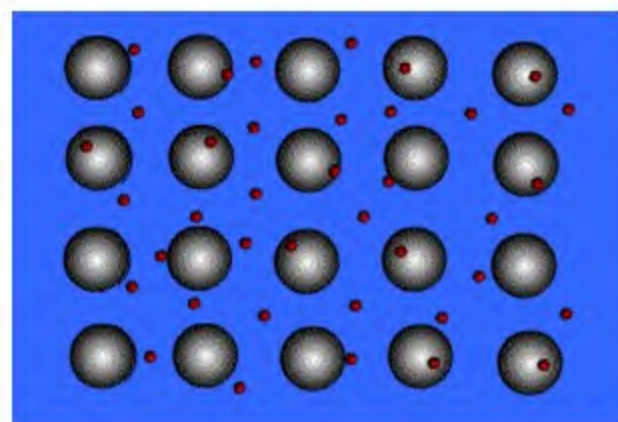
$$dR = \frac{\rho dx}{\pi r^2}$$

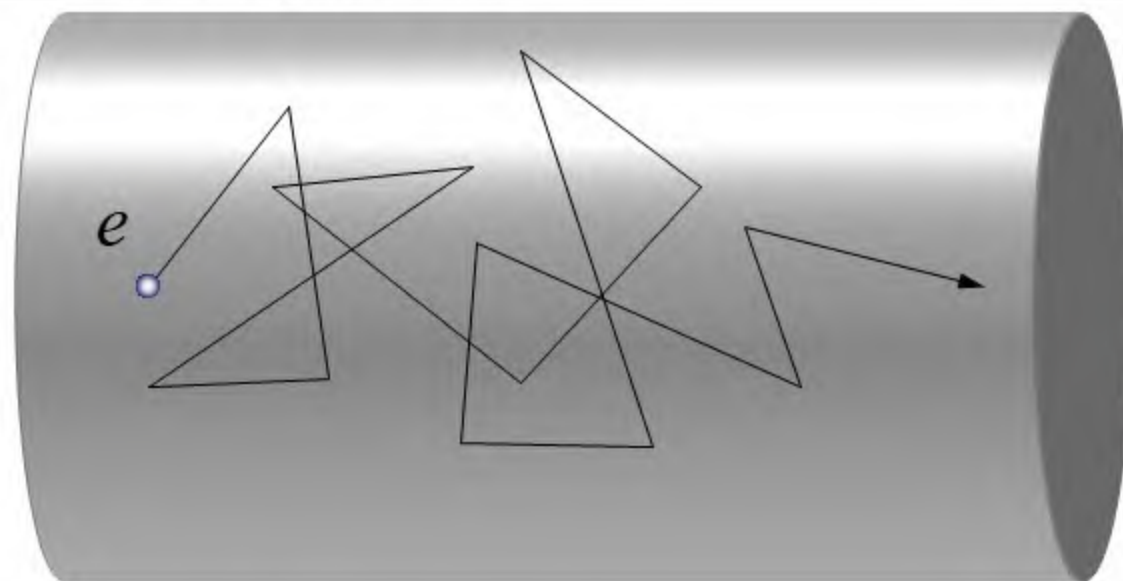
$$\tan \theta = \frac{r - a}{x} = \frac{b - a}{L} \Rightarrow r = a + \frac{b - a}{L} x$$

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

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

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





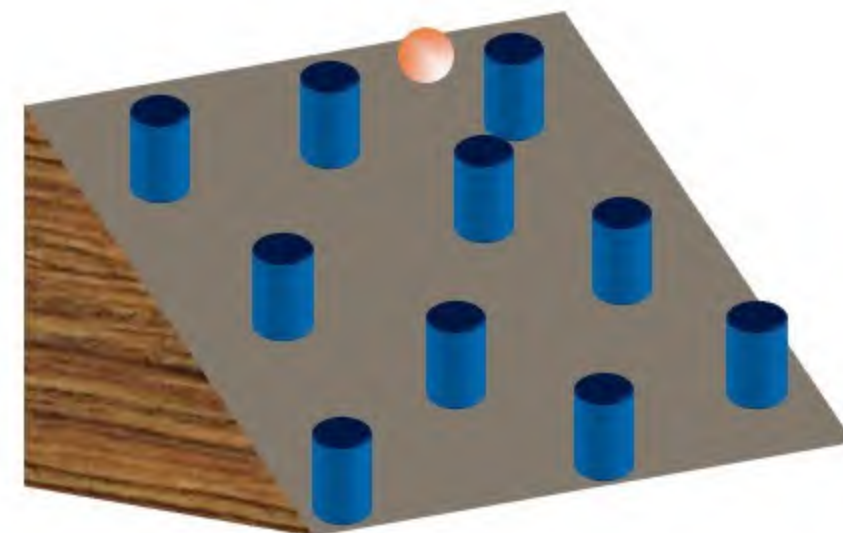
$$\vec{F} = m\vec{a} \Rightarrow -e\vec{E} - \frac{m\vec{v}}{\tau} = m\vec{a}$$

در حالت پایا $\vec{a} = 0$

زمان آزاد میانگین
(زمان واهلش)

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

سرعت رانشی (سوق)
Drift velocity

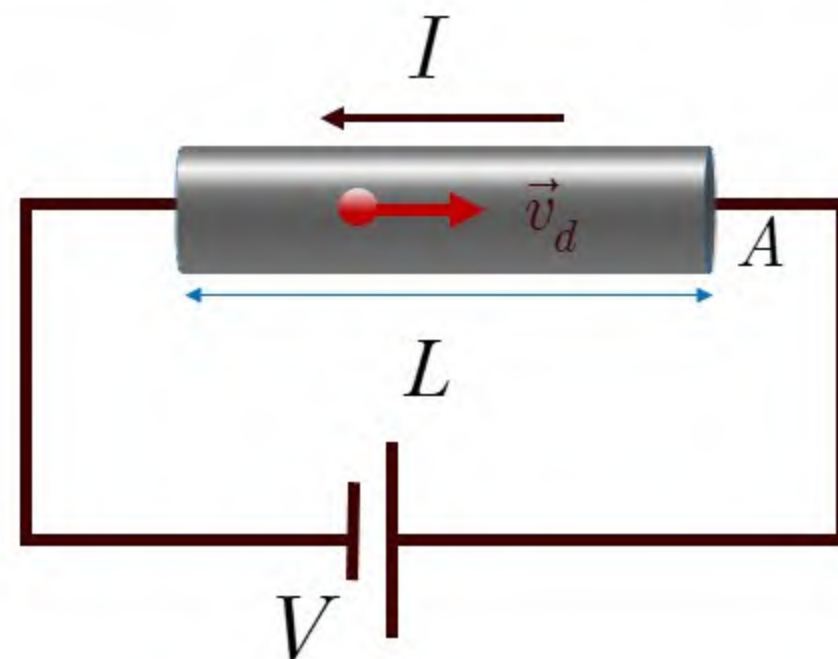


$$I = \frac{Q}{t} = \frac{(nAL)e}{t}$$

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

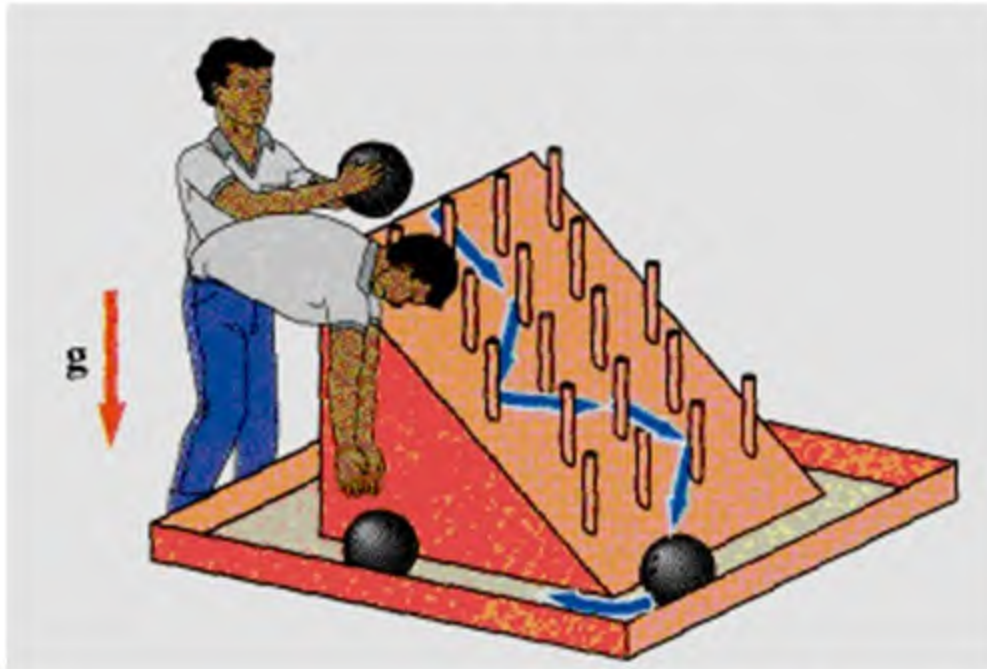
از سوی دیگر دیدیم: $v_d = \frac{e\tau}{m} E$

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



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

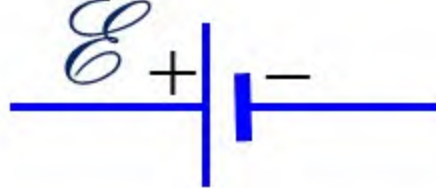
اثری که جریان الکتریکی را از پتانسیل کم به پتانسیل زیاد برقرار می‌کند،
نیرو محرکه‌ی الکتریکی (electromotive force) نامیده می‌شود.

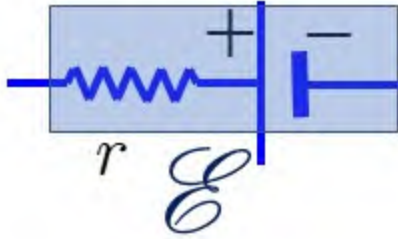
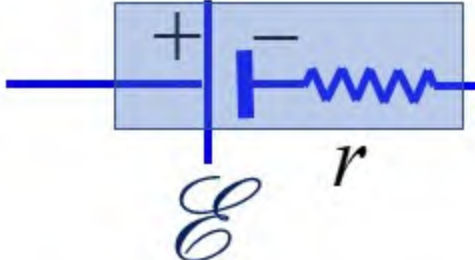


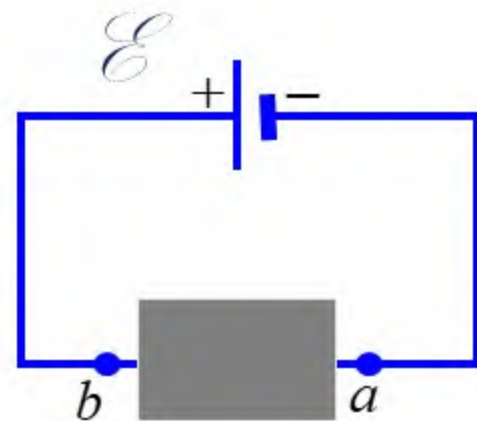
وسیله‌ای که emf را ایجاد می‌کند، منبع emf نامیده می‌شود.

رسانای بدون مقاومت 

مقاومت (resistor) 

منبع emf 

منبع emf با مقاومت داخلی r  یا 

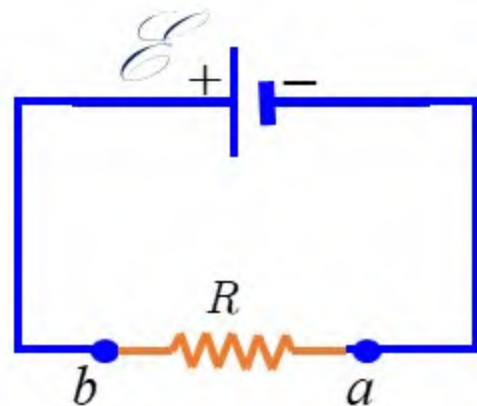


انرژی الکتریکی منتقل شده به عنصر مدار: $dU = dqV_{ab}$

آهنگ انتقال انرژی الکتریکی به عنصر مدار (توان):

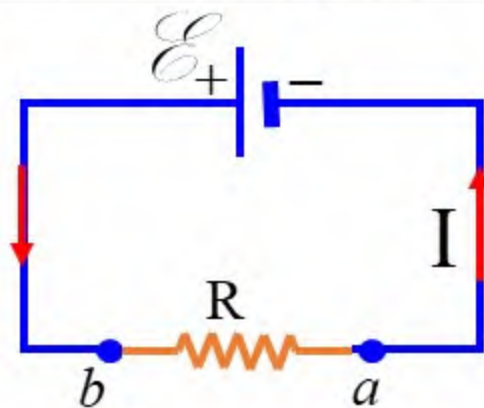
$$P = \frac{dU}{dt} = \frac{dq}{dt} V_{ab} = IV_{ab}$$

اگر عنصر مدار یک مقاومت باشد:



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

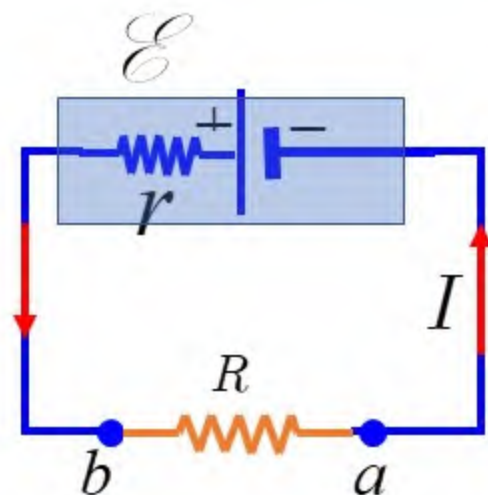
گرمای ژول



$$P = \frac{dW}{dt} = \frac{dq}{dt} \mathcal{E} = I\mathcal{E} \quad \text{توان منبع :}$$

$$P' = RI^2 \quad \text{توان مصرفی در مقاومت}$$

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



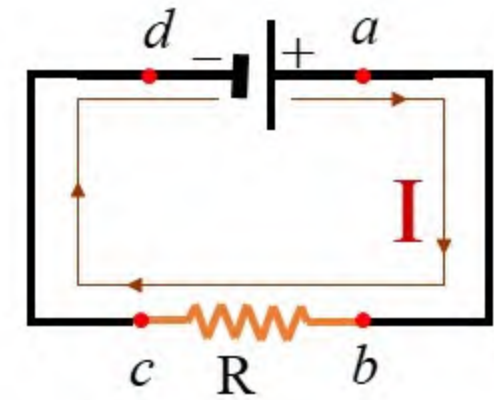
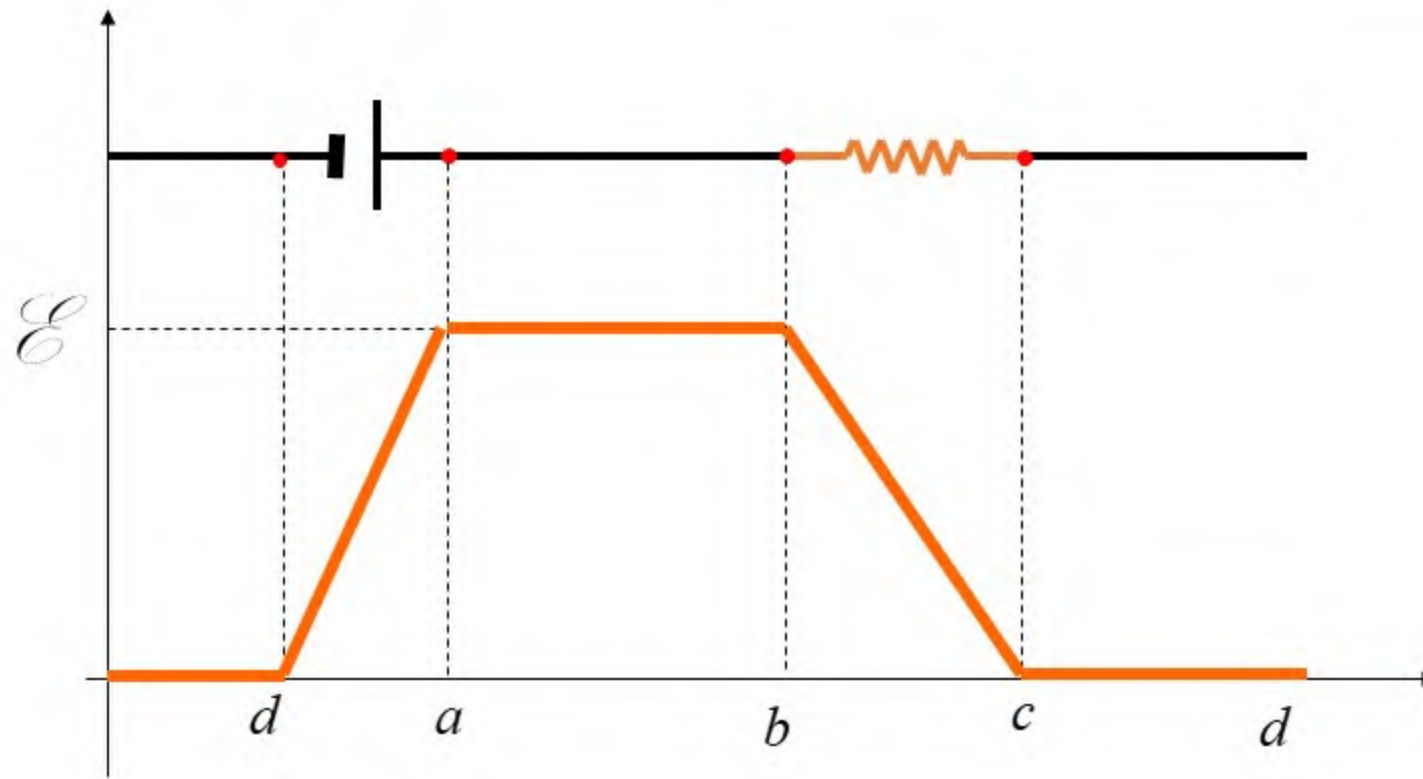
$$P' = RI^2 + rI^2 \quad \text{توان مصرفی:}$$

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

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

باتری واقعی





شاد و مهربان باشید

