

Fundamentals of Physics II

Faculty of Physics-Kharazmi University

Dr. Faramarz Kanjouri

Spring 2025



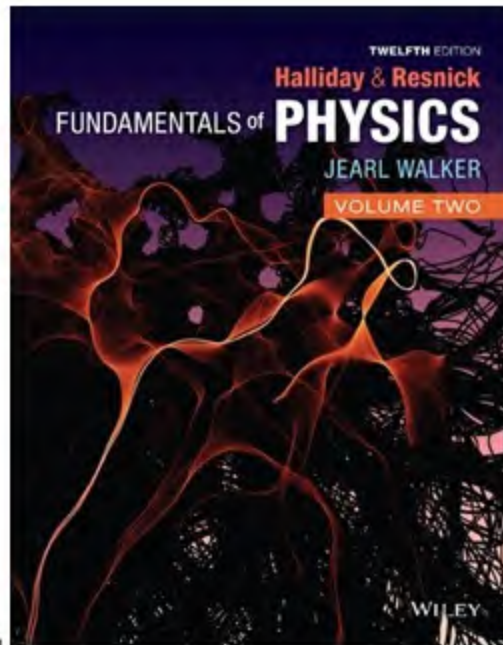
اگر همواره مانند گذشته بیندیشید، همیشه همان چیزهایی را به دست می آورید که تاکنون کسب کرده اید

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

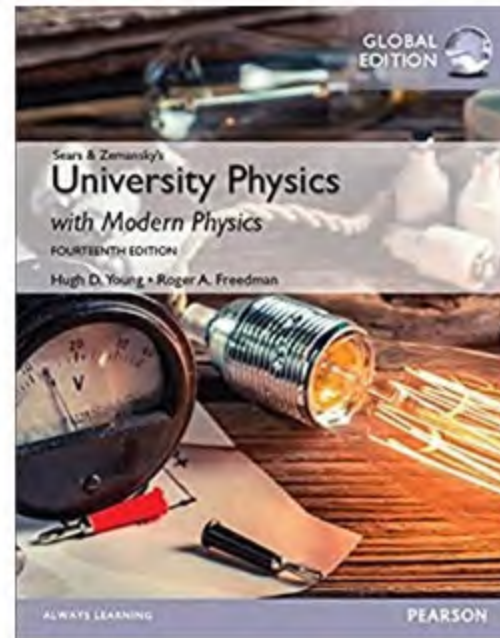


Fundamentals of Physics II

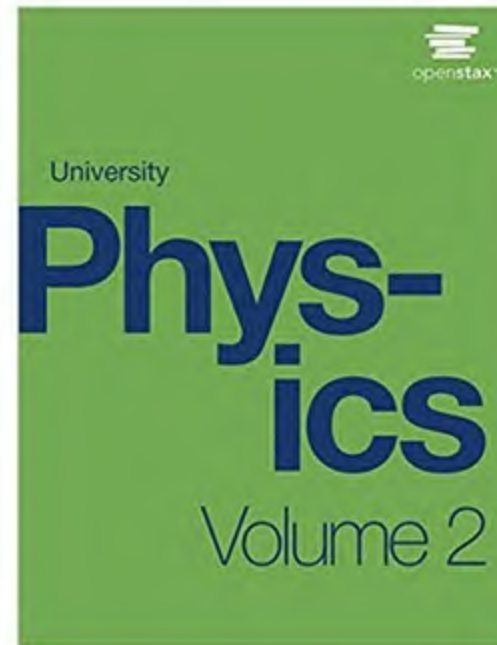
Fundamentals of Physics (12th Ed.)
Halliday, David;
Resnick, Robert;
Walker, Jearl



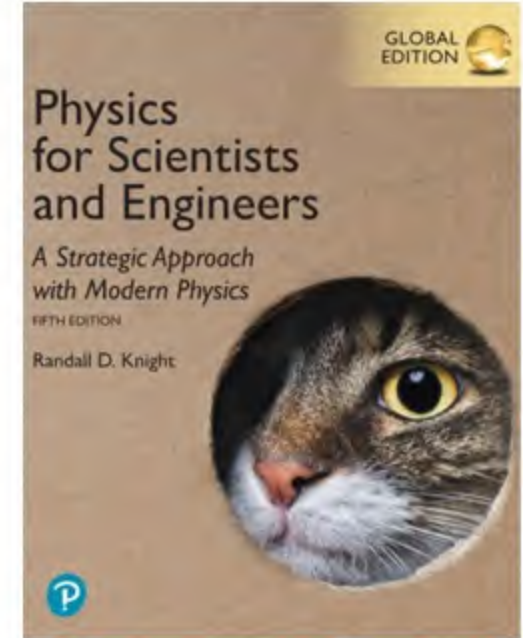
University Physics with Modern Physics (14th Global Ed.)
Hugh D. Young,
Roger A. Freedman



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



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



درس بیست و نهم

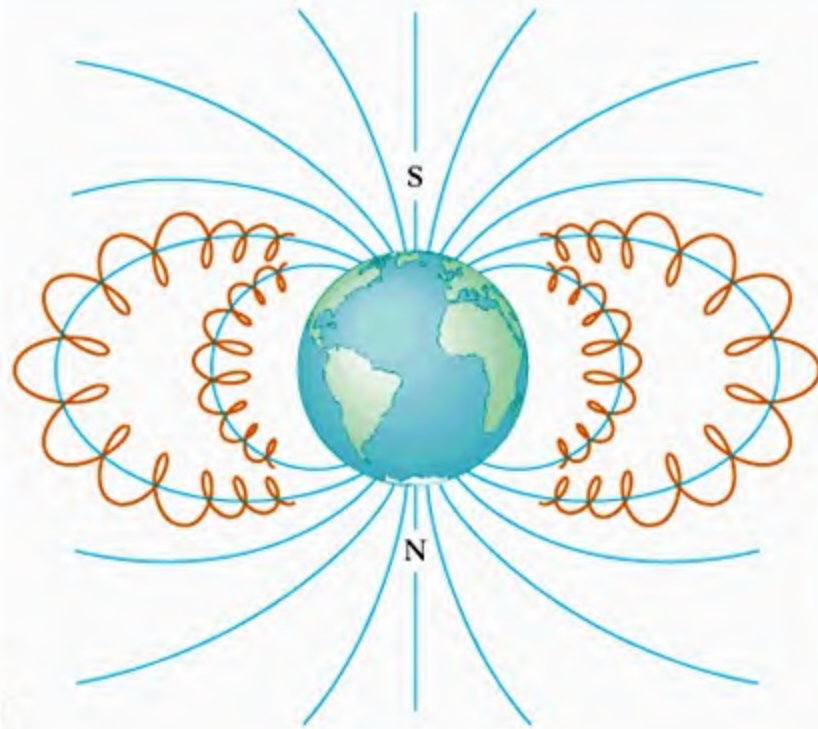
میدان مغناطیسی - بخش دوم

Magnetic Field-Part2



$$P = \frac{dW}{dt} = \vec{F} \cdot \frac{d\vec{r}}{dt} = \vec{F} \cdot \vec{v} = 0$$

نیروی مغناطیسی بر سرعت عمود است. بنابر این این نیرو بر روی ذره کاری انجام نمی‌دهد:



در حالت کلی حرکت یک ذره در میدان مغناطیسی بسیار پیچیده است (مانند حرکت ذرات کیهانی پر انرژی در میدان مغناطیسی زمین). در این جا حرکت در میدان مغناطیسی یکنواخت را بررسی می‌کنیم

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

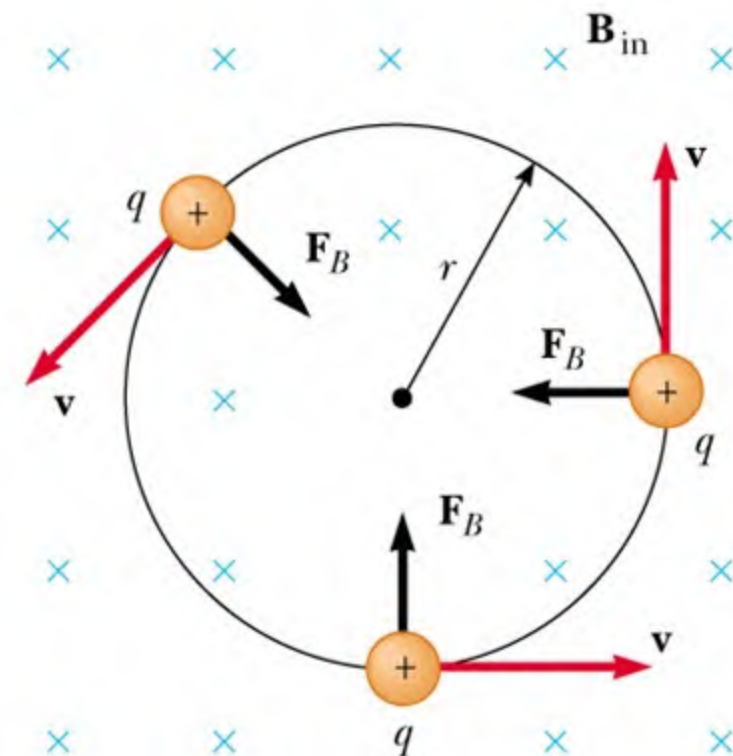
$$|q|vB = m \frac{v^2}{r}$$

$$r = \frac{mv}{|q|B} = \frac{p}{|q|B}$$

$$\omega = \frac{v}{r} = \frac{|q|B}{m}$$

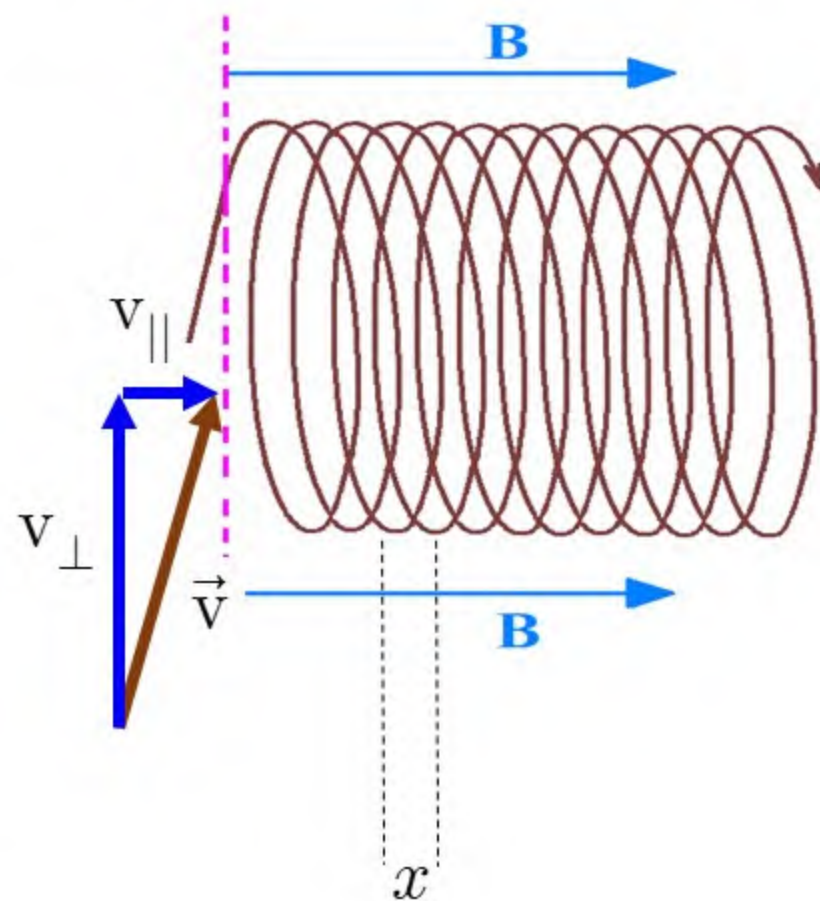
$$f = \frac{|q|B}{2\pi m}$$

فرکانس سیکلوترونی

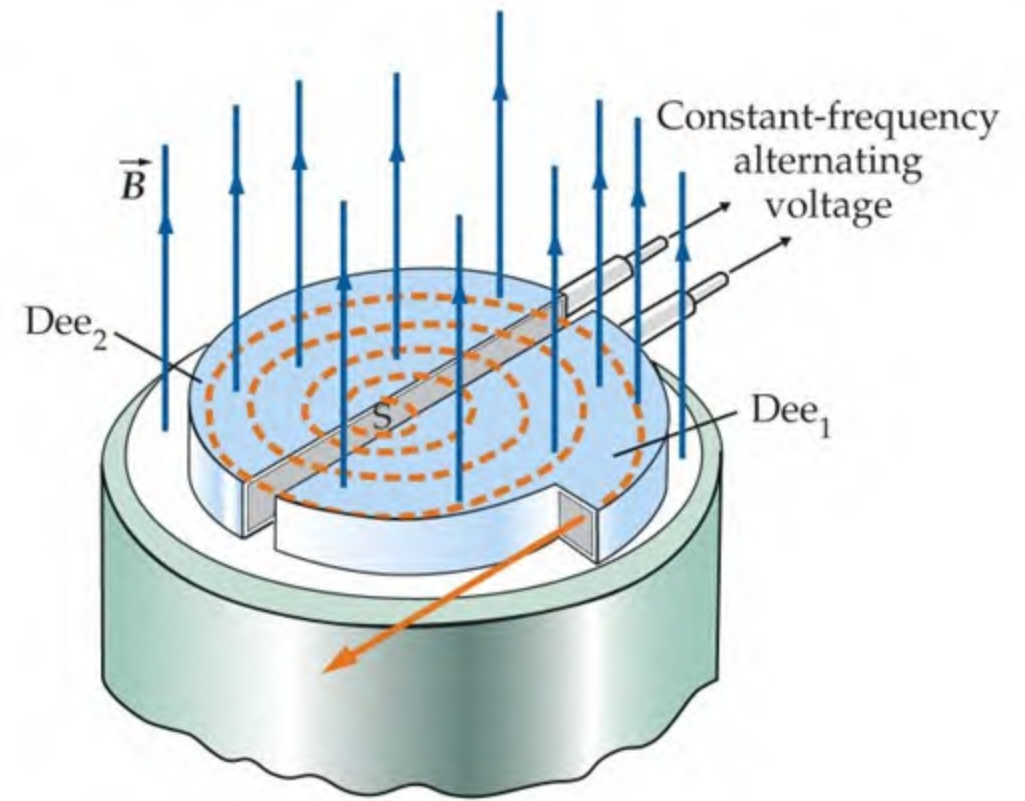
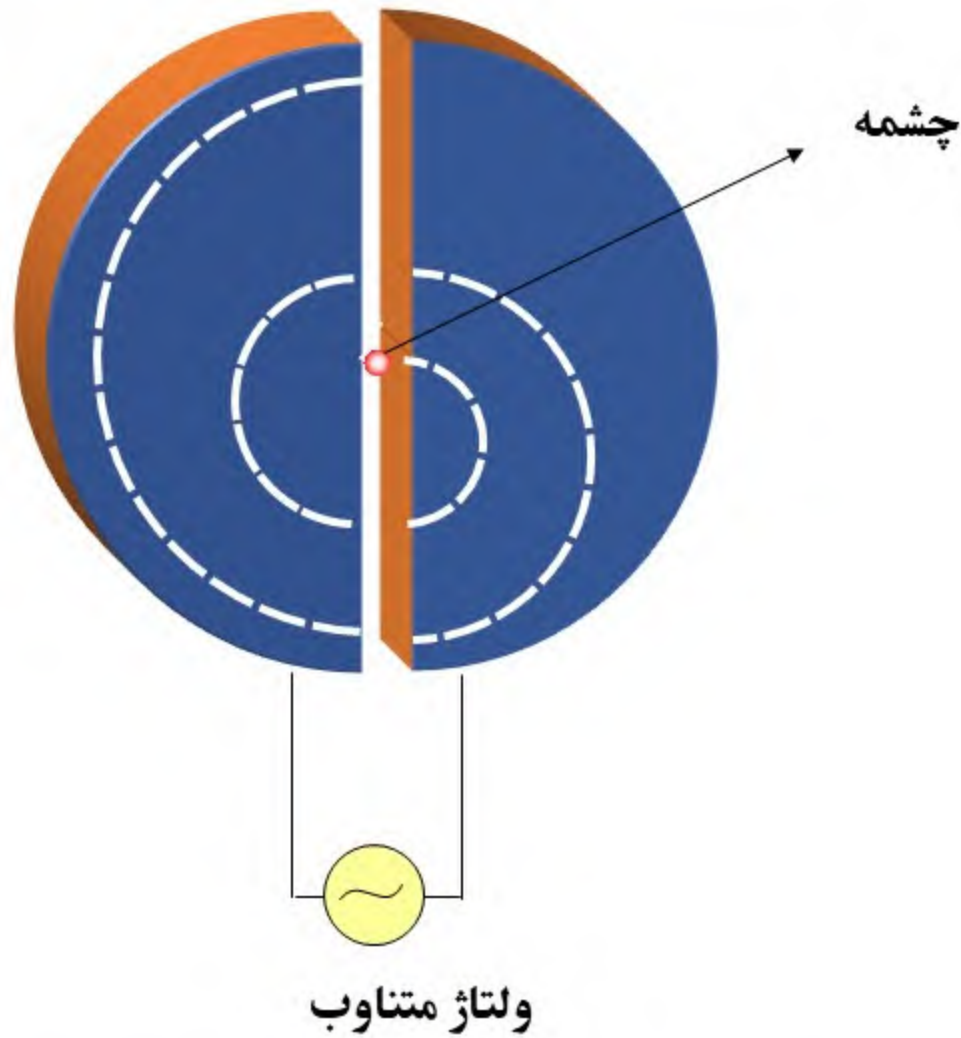


$$R = \frac{mv_{\perp}}{|q|B}$$

$$f = \frac{|q|B}{2\pi m}$$



$$x = v_{\parallel}T = \frac{v_{\parallel}}{f} = \frac{2\pi m v_{\parallel}}{|q|B}$$

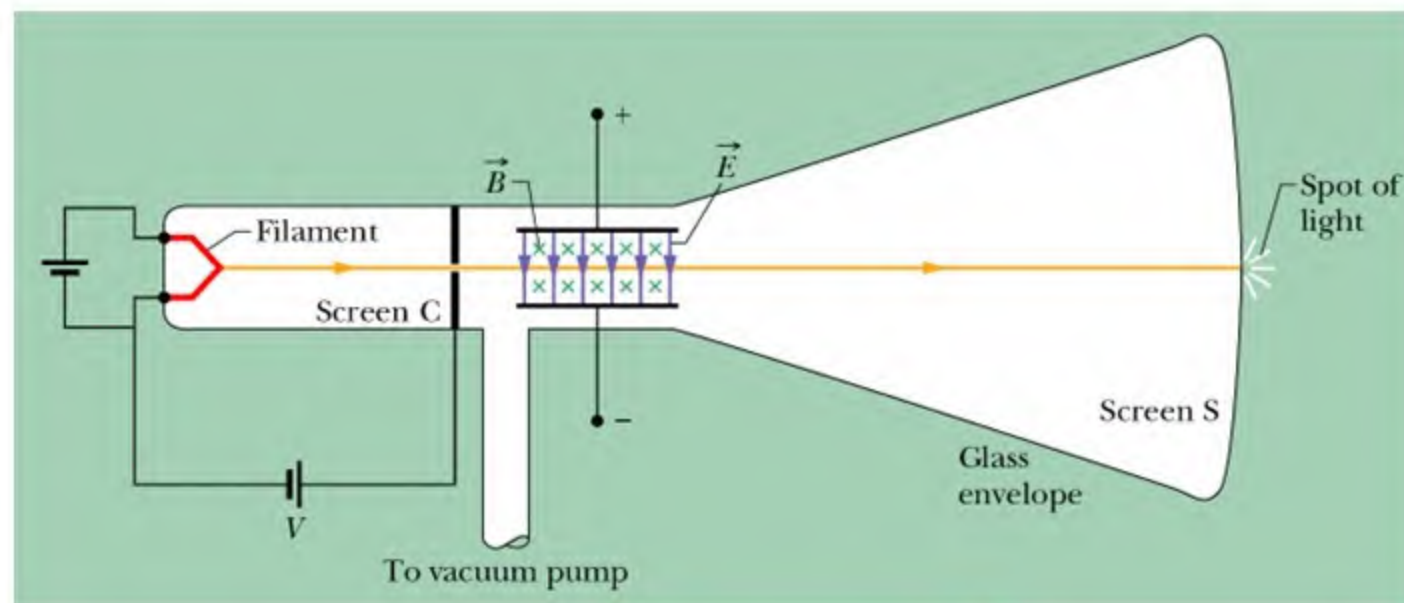


$$\frac{1}{2}mv^2 = eV$$

$$v = \sqrt{\frac{2eV}{m}}$$

$$F_e = eE$$

$$F_m = evB$$

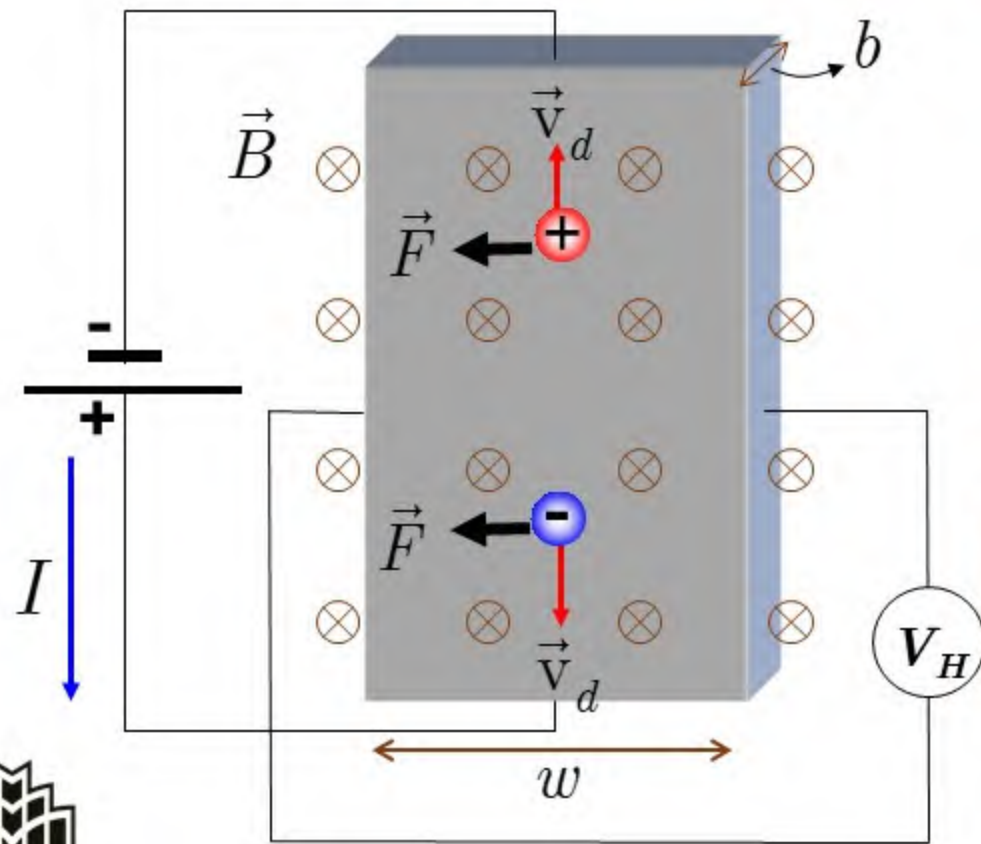


$$\frac{e}{m} = \frac{E^2}{2VB^2}$$

$$\frac{e}{m} = 1.75881962 \times 10^{11} \frac{\text{C}}{\text{kg}}$$

$$F_e = F_m \Rightarrow v = \frac{E}{B}$$

در سال ۱۸۷۹ (بیست سال قبل از کشف الکترون) « ادوین هال » (در سن ۲۴ سالگی وقتی دانشجوی کارشناسی ارشد در دانشگاه جان هاپکینز بود) آزمایشی را انجام داد که با آن می توان نوع حامل های بار الکتریکی را در یک رسانا و هم چنین چگالی آن ها را تعیین کرد.



$$q\vec{E}_H + q\vec{v}_d \times \vec{B} = 0 \quad \text{در حالت تعادل:}$$

$$\vec{E}_H = -\vec{v}_d \times \vec{B}$$

$$E_H = v_d B$$

$$v_d = \frac{J}{ne}$$

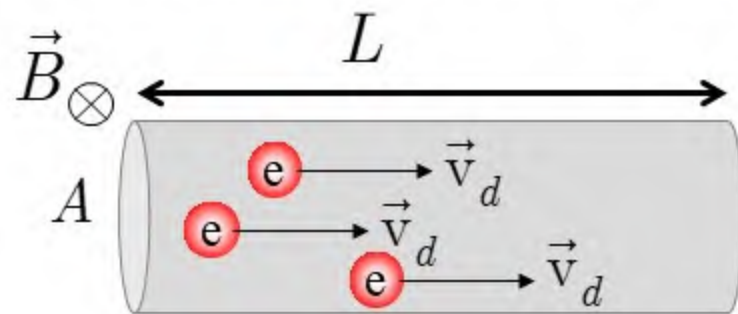
$$\Delta V_H = E_H w = \frac{J}{ne} B w, \quad J = \frac{I}{wb}$$

$$n = \frac{IB}{eb\Delta V_H}$$

با اندازه گیری اختلاف پتانسیل هال می توان چگالی حامل ها را حساب کرد.

ماده	$n(10^{28} \text{ 1/m}^3)$	علامت پتانسیل هال	تعداد حامل ها به ازای هر اتم
Na	2.5	–	0.99
K	1.5	–	1.1
Cu	11	–	1.3
Ag	7.4	–	1.3
Al	21	–	3.5
Sb	0.31	–	0.09
Be	2.6	+	2.2
Zn	19	+	2.9
Si (خالص)	1.5×10^{-12}	–	3×10^{-13}
Si (ناخالصی نوع n)	10^{-7}	–	2×10^{-8}





$$\vec{F}_1 = e\vec{v}_d \times \vec{B}$$

$$\vec{F} = \sum_i \vec{F}_i$$

$$\vec{F} = Ne\vec{v}_d \times \vec{B}$$

$$\vec{F} = nALe\vec{v}_d \times \vec{B}$$

$$I = (nev_d)A$$

اگر بردار $\vec{L}$ برداری باشد که اندازه‌ی آن طول سیم و جهت آن، جهت سرعت

بارهای الکتریکی باشد، می‌توان نوشت:
$$\vec{F} = I\vec{L} \times \vec{B}$$

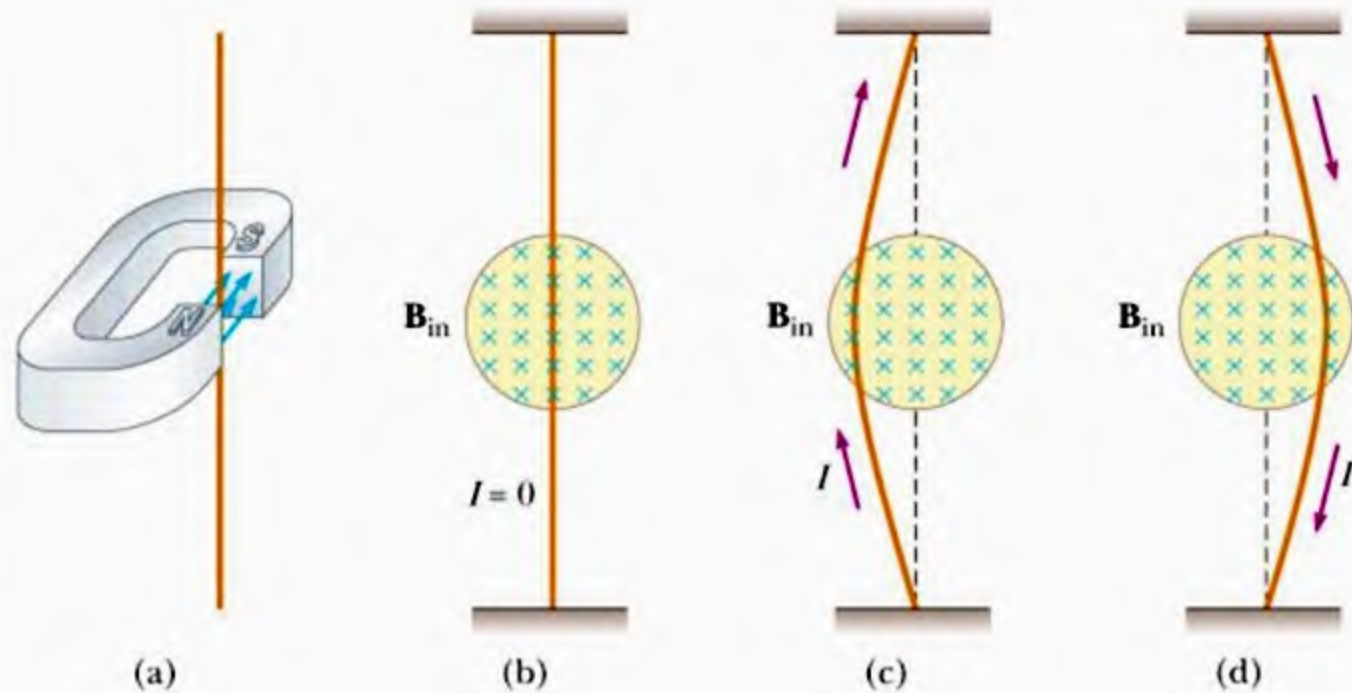
نتیجه‌ی فوق برای وقتی است که سیم، راست و میدان مغناطیسی یکنواخت باشد. در حالت کلی‌تر سیم را به صورت قطعات خیلی کوچک در نظر می‌گیریم؛ نیروی وارد بر هر قطعه را به دست

می‌آوریم و نهایتاً انتگرال می‌گیریم:

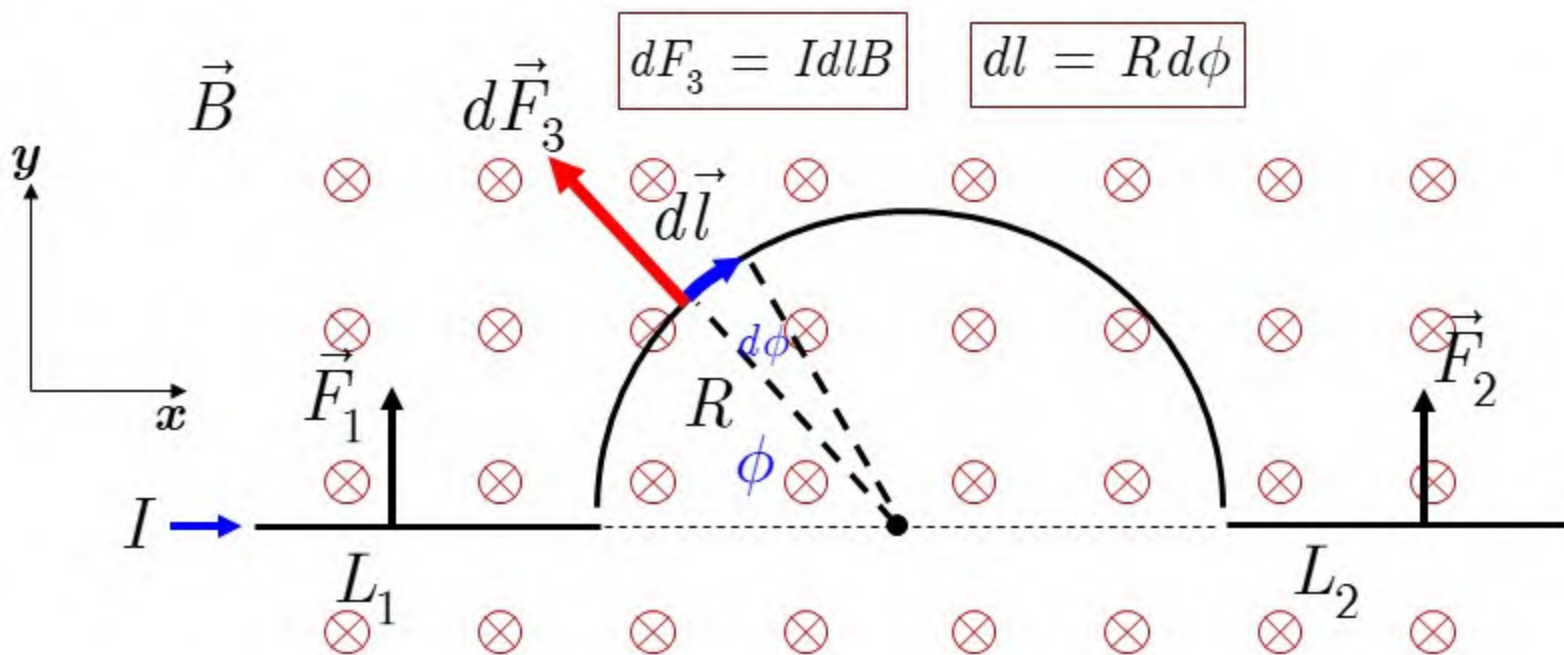
$$\vec{F} = \int Id\vec{l} \times \vec{B}$$



Serway, Physics for Scientists and Engineers, 5/e
Figure 29.6



Harcourt, Inc.



$$dF_3 = IdlB$$

$$dl = R d\phi$$

$$F_1 = IL_1 B$$

$$F_2 = IL_2 B$$

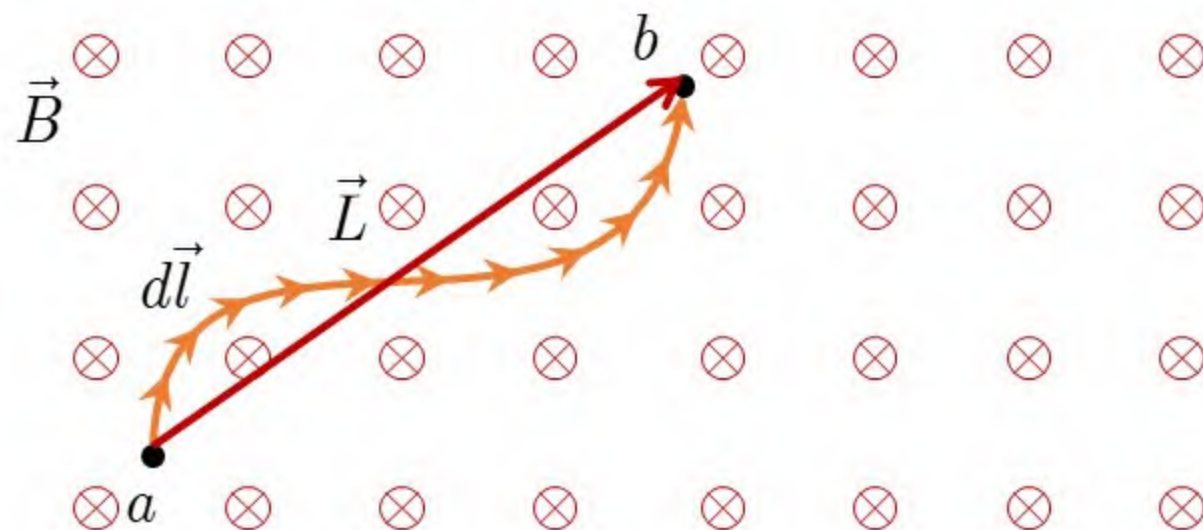
$$\vec{F}_3 = \int d\vec{F}_3 = \int I d\vec{l} \times \vec{B}$$

$$F_{3x} = \int dF_3 \cos \phi = \int_0^\pi IRB \cos \phi d\phi = 0$$

$$F_{3y} = \int dF_3 \sin \phi = \int_0^\pi IRB \sin \phi d\phi = I(2R)B$$

$$\vec{F} = IB(L_1 + L_2 + 2R)\hat{j}$$

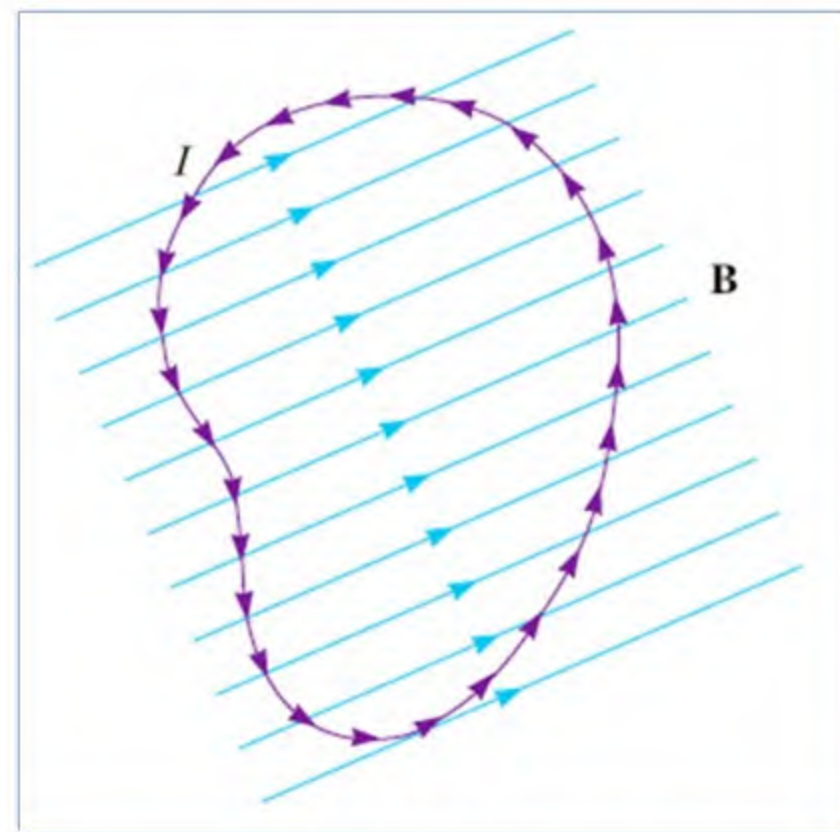




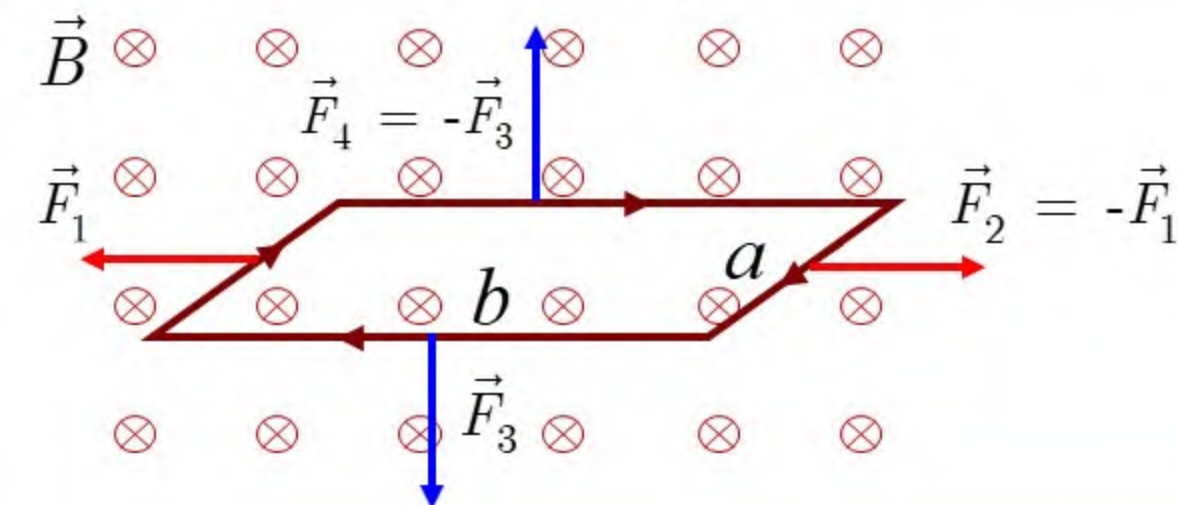
$$\vec{F} = I \int_a^b d\vec{l} \times \vec{B}$$

$$\vec{F} = I \left(\int_a^b d\vec{l} \right) \times \vec{B}$$

$$\boxed{\vec{F} = I\vec{L} \times \vec{B}}$$



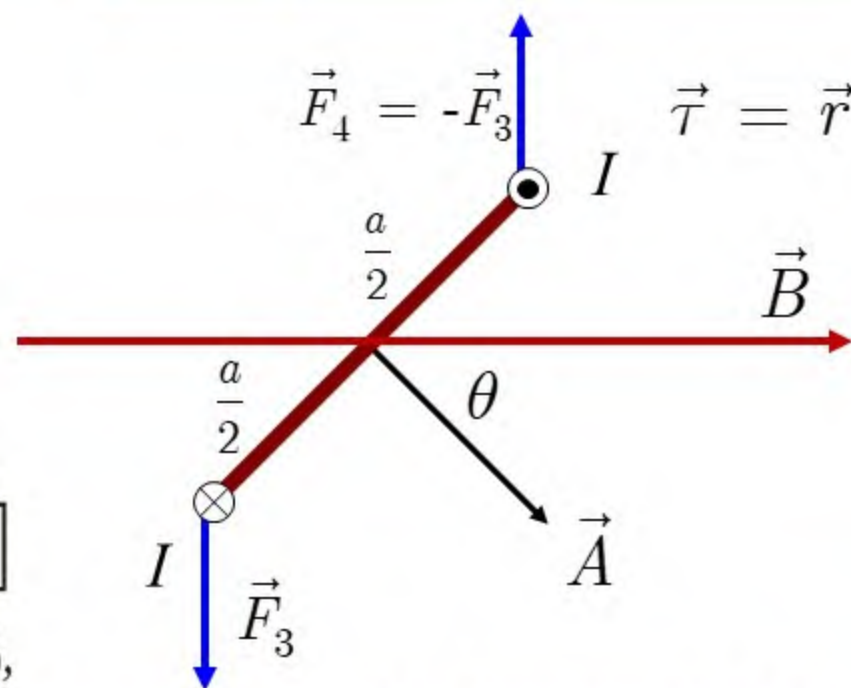
$$\vec{F} = I \left(\oint d\vec{l} \right) \times \vec{B} = 0$$



$$F_1 = F_2 = Iab$$

$$F_3 = F_4 = Iba$$

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4 = 0$$



$$\tau_1 = \tau_2 = \frac{a}{2} I b B \sin \theta$$

$$\tau = IabB \sin \theta = IAB \sin \theta$$

$$\vec{\tau} = I\vec{A} \times \vec{B}$$

$$\vec{\tau} = NI\vec{A} \times \vec{B}$$

اگر حلقه دارای N دور سیم باشد:



گشتاور دو قطبی مغناطیسی برای حلقه‌ی جریانی با N دور سیم به شکل زیر تعریف می‌شود:

$$\vec{\mu} = NI\vec{A}$$

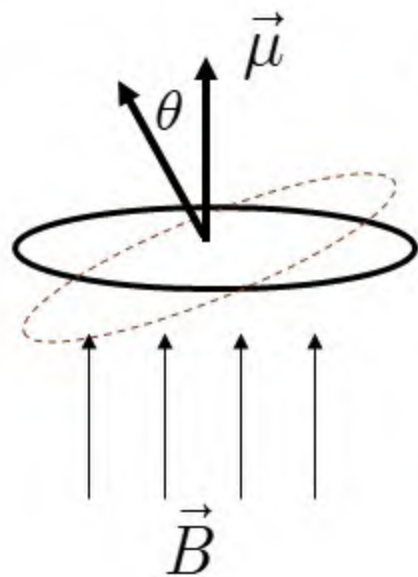
یکای اندازه گیری آن در دستگاه SI: $\text{A}\cdot\text{m}^2$

بنابر این گشتاور نیروی وارد بر یک حلقه‌ی جریان در میدان مغناطیسی خارجی برابر است با:

$$\vec{\tau} = \vec{\mu} \times \vec{B}$$



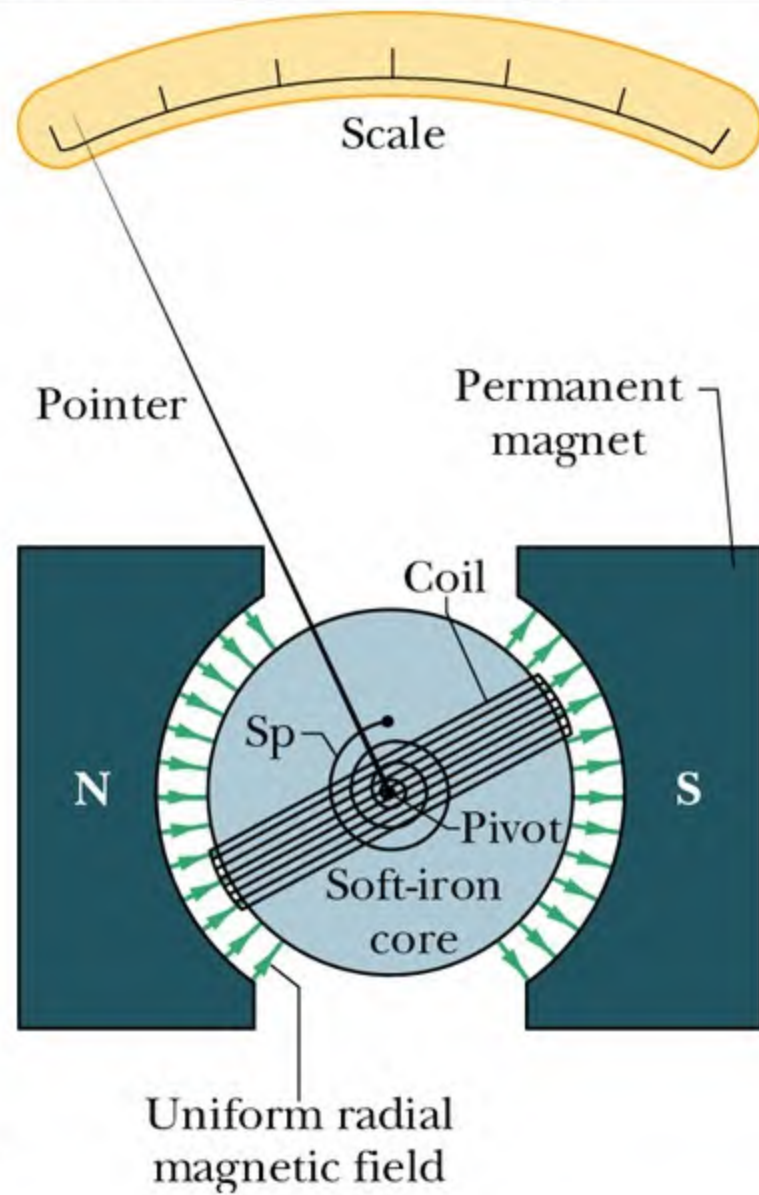
انرژی پتانسیل برابر است با کار انجام شده برای چرخش دو قطبی در میدان مغناطیسی



$$U = \int dW = \int \tau d\theta$$

$$\Delta U = \int_{\theta_0}^{\theta} \mu B \sin \theta d\theta = -\mu B (\cos \theta - \cos \theta_0)$$

$$\text{if } \theta_0 = \frac{\pi}{2} \Rightarrow U = -\mu B \cos \theta = -\vec{\mu} \cdot \vec{B}$$



اساس کار گالوانومتر مبتنی بر گشتاور نیروی وارد بر یک حلقه‌ی جریان در میدان مغناطیسی است

شاد و مهربان باشید

