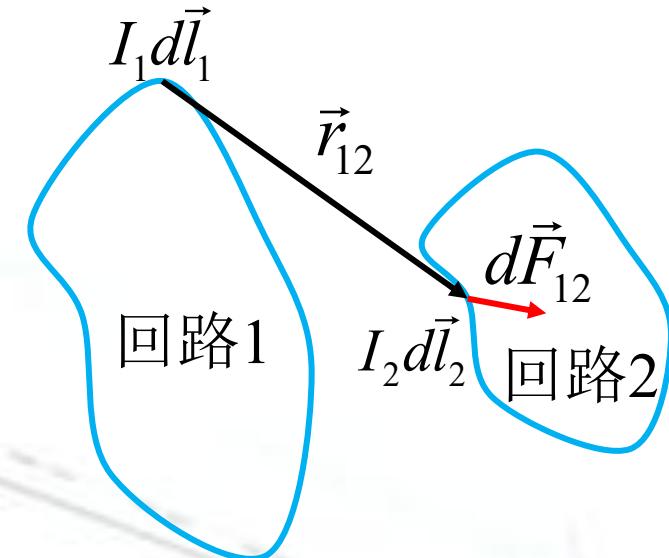


7.5 磁场对载流导线的作用

闭合回路1中电流元 $I_1 d\vec{l}_1$ 对闭合回路2中电流元 $I_2 d\vec{l}_2$ 的作用力为

$$\begin{aligned}d\vec{F}_{12} &= \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I_2 d\vec{l}_2 \times (I_1 d\vec{l}_1 \times \vec{r}_{12})}{r_{12}^3} \\&= I_2 d\vec{l}_2 \times \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I_1 d\vec{l}_1 \times \vec{r}_{12}}{r_{12}^3} \\&= I_2 d\vec{l}_2 \times d\vec{B}_2\end{aligned}$$



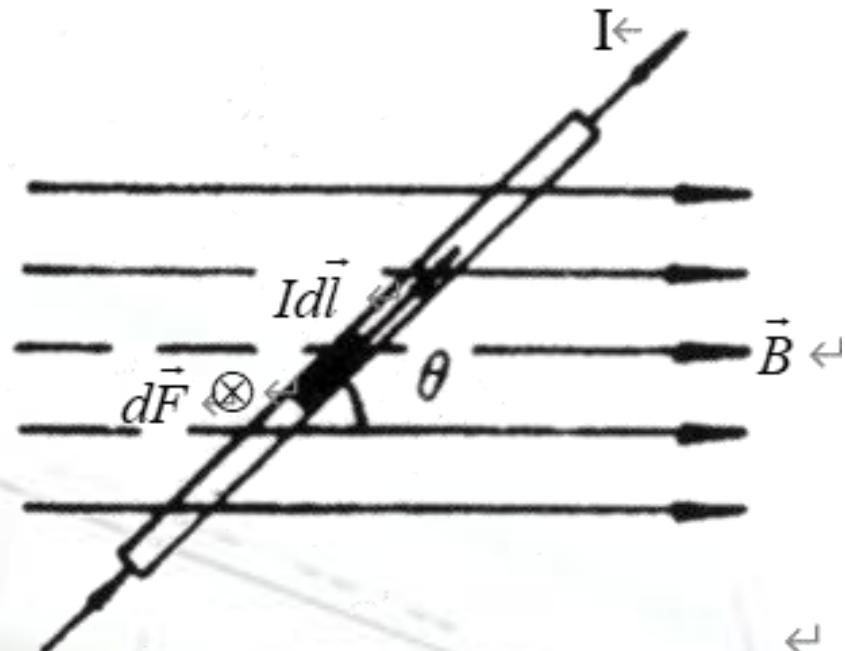
称磁场对载流导线的作用力为**安培力**

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

7.5 磁场对载流导线的作用

一、磁场对载流直导线的作用

$$\begin{aligned} F &= \left| \int_L I d\vec{l} \times \vec{B} \right| \\ &= \int_L I d\vec{l} B \sin\theta \\ &= IB \sin\theta \int_L dl \\ &= IBL \sin\theta \end{aligned}$$

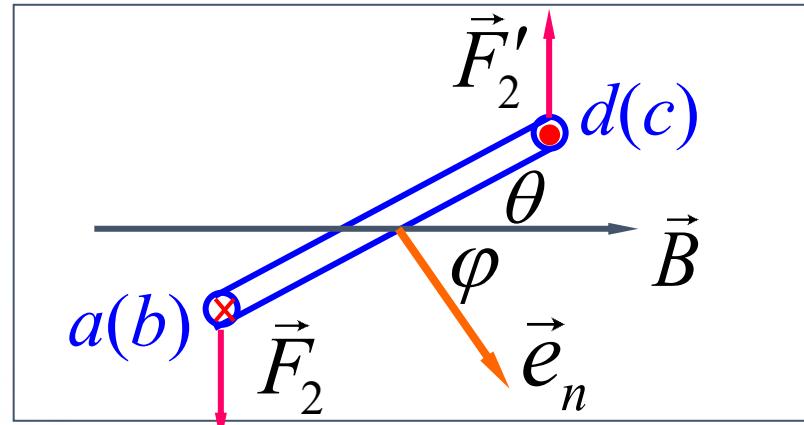
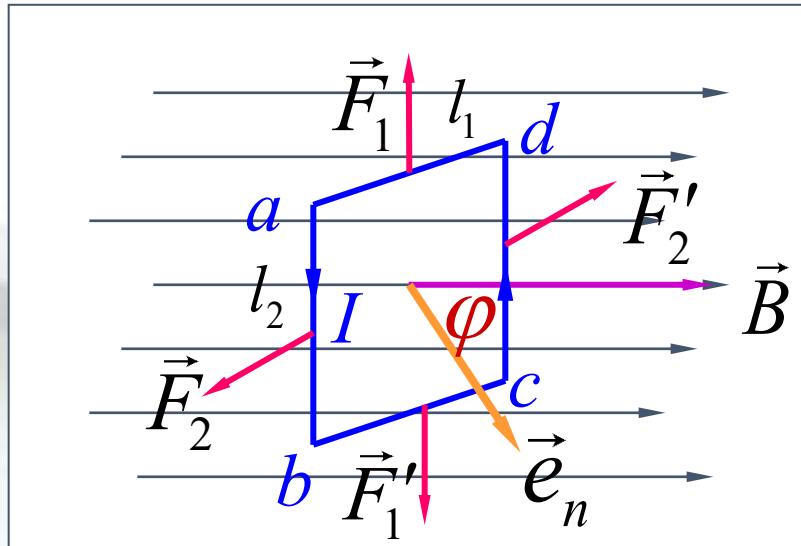


\vec{F} 垂直纸面向里，当 $\theta = \pi/2$ 时，安培力 F 最大

$$F_{\max} = IBl$$

7.5 磁场对载流导线的作用

二、磁场对载流线圈的作用 磁矩



导线 bc 和 cd 受到的安培力分别为向下的 \vec{F}_1 和 \vec{F}'_1

$$F_1 = BI l_1 \sin \theta, \quad F'_1 = BI l_1 \sin(\pi - \theta) = BI l_1 \sin \theta$$

\vec{F}_1 和 \vec{F}'_1 作用在同一直线，大小相等，方向相反，合力为零

导线 ab 和 cd 所受的安培力为

$$F_2 = F'_2 = BI l_2$$

7.5 磁场对载流导线的作用

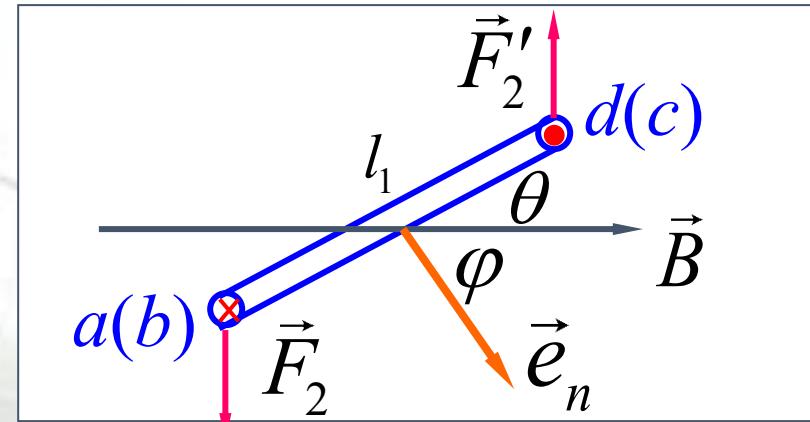
导线 ab 和 cd 所受的安培力为

$$F_2 = F'_2 = BI l_2$$

两个力大小相等，方向相反，但不作用在同一直线，形成力矩

$$\vec{M} = 2 \times \frac{1}{2} l_1 \vec{e}_l \times \vec{F}_2$$

$$\begin{aligned} M &= F_2 l_1 \sin\left(\frac{\pi}{2} - \theta\right) \\ &= BI l_1 l_2 \cos \theta \\ &= BIS \cos \theta \\ &= BIS \sin \varphi \end{aligned}$$



载流线圈磁矩的定义 $\vec{m} = IS\vec{e}_n$ ，如果有 N 匝线圈 $\vec{m} = NIS\vec{e}_n$

载流线圈在均匀磁场中所受力矩为 $\vec{M} = \vec{m} \times \vec{B}$

[上一页](#)

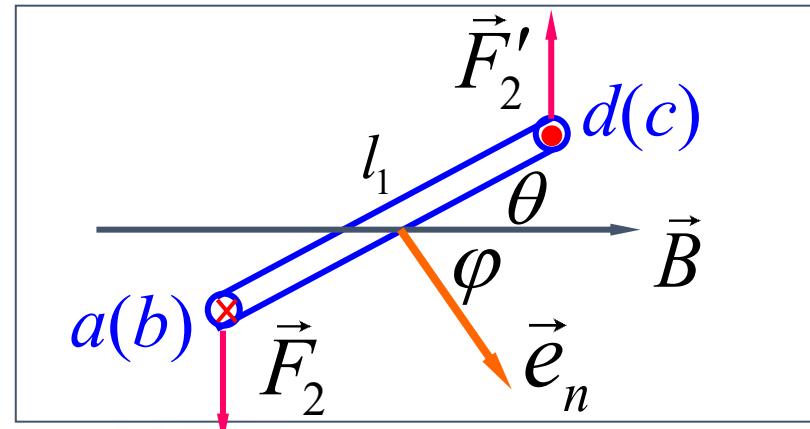
[下一页](#)

[返回目录](#)

7.5 磁场对载流导线的作用

$$\vec{M} = \vec{m} \times \vec{B}$$

$$M = mB \sin \varphi$$

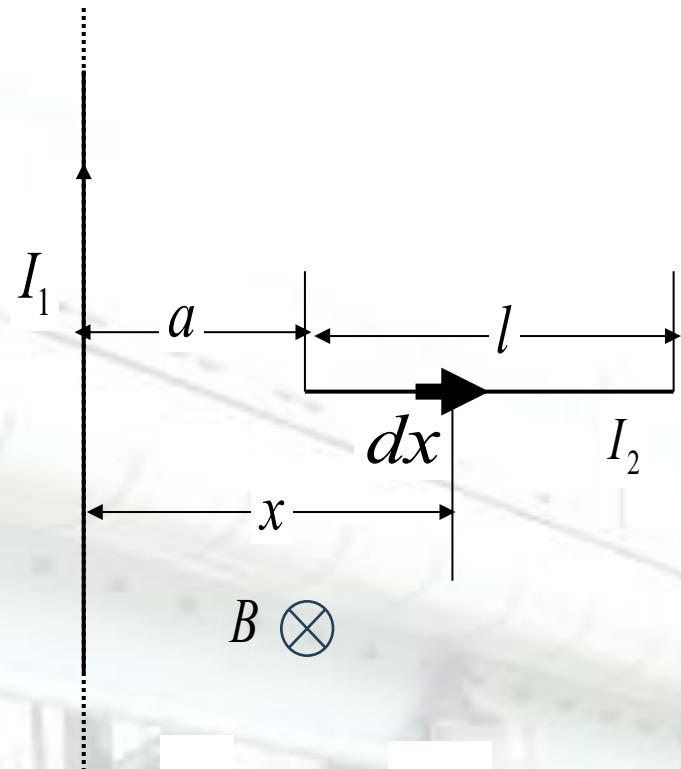


当 $\varphi = \pi/2$ 时， \vec{m} 与磁场方向垂直，磁力矩最大 $M_{max} = mB$ ，线圈逆时针旋转， φ 减小；当 $\varphi = 0$ 时， \vec{m} 与线圈平行， $M=0$ ，这是线圈的平衡位置；当 $\varphi = \pi$ 时， \vec{m} 的方向与磁场方向相反，但这是不平衡的位置

线圈在磁场中总会受到力矩，使线圈磁矩 \vec{m} 的方向与外磁场 \vec{B} 的方向相同。

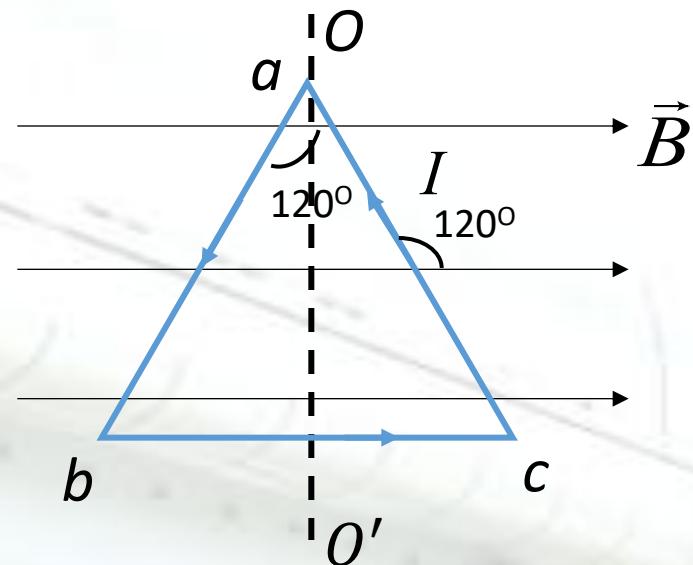
7.5 磁场对载流导线的作用

例7.2 在一长直流电 I_1 附近放置长为 l , 电流为 I_2 的水平直导线, 求载流直导线 I_2 所受的安培力



7.5 磁场对载流导线的作用

例7.3 在均匀磁场 \vec{B} 中放置正三角形载流线圈，其边长为 l ，电流 I ，且磁场方向与线圈平面平行。求载流线圈所受的磁力矩。



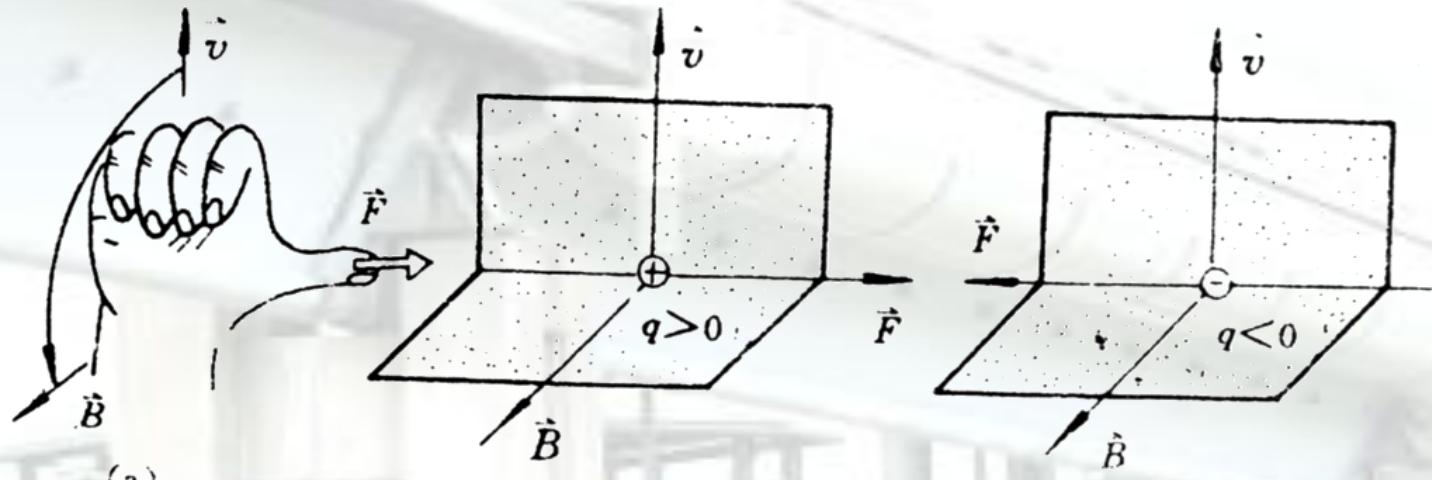
7.6 磁场对带电粒子的作用

7.6.1 带电粒子在磁场中受到的力

一、洛伦兹力

实验发现，带电粒子在磁场中运动时，受到力 \vec{F} 的作用，该力称为洛伦兹力

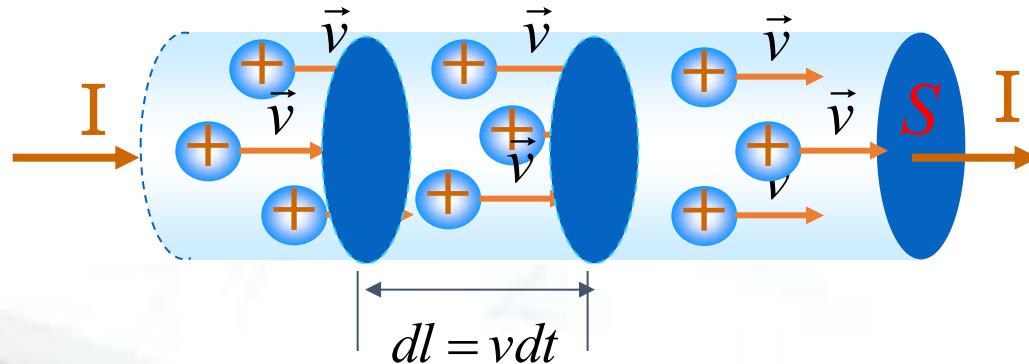
$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$$



其中 \vec{v} 是正电荷运动的方向。洛伦兹力不改变带电粒子的速率，只改变其运动方向

7.6 磁场对带电粒子的作用

二、洛伦兹力与安培力的关系



$$Id\vec{l} = JSd\vec{l} = nq\vec{v}Sdl = ndVq\vec{v} = Nq\vec{v}$$

N 个载流子在磁场中所受的洛伦兹力为

$$d\vec{F} = Nq\vec{v} \times \vec{B} = Id\vec{l} \times \vec{B}$$

安培力是洛伦兹力的宏观表现。注意 \vec{v} 为线元内载流子的平均速度。

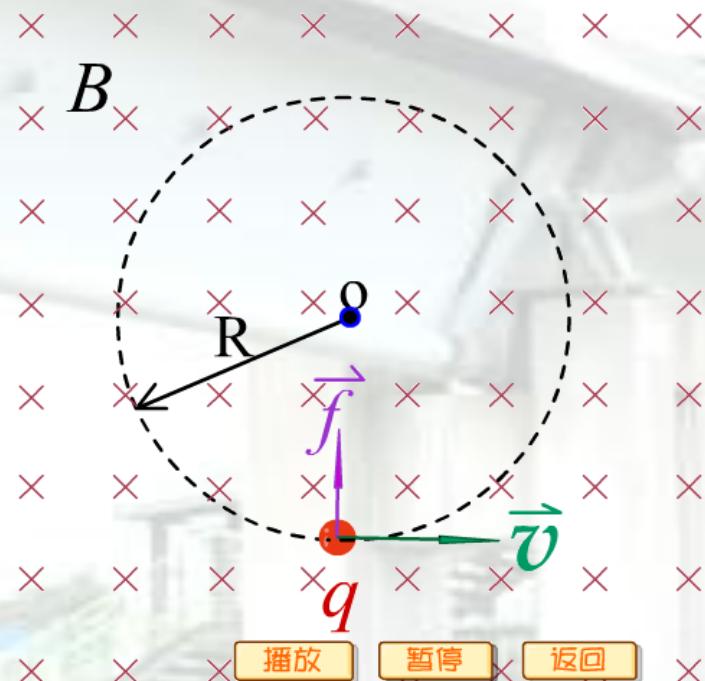
7.6 磁场对带电粒子的作用

7.6.2 带电粒子在均匀磁场中的运动

1. 粒子初速度 \vec{v}_0 与 \vec{B} 平行或反平行

$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B} = 0$, 带电粒子作匀速直线运动, 不受磁场影响

2. 粒子初速度 \vec{v}_0 与 \vec{B} 垂直



$$qv_0B = m \frac{v_0^2}{R}$$

轨道半径

$$R = \frac{mv_0}{qB}$$

$$T = \frac{2\pi R}{v_0} = \frac{2\pi m}{qB}$$

$$\nu = \frac{1}{T} = \frac{qB}{2\pi m}$$

上一页

下一页

返回目录

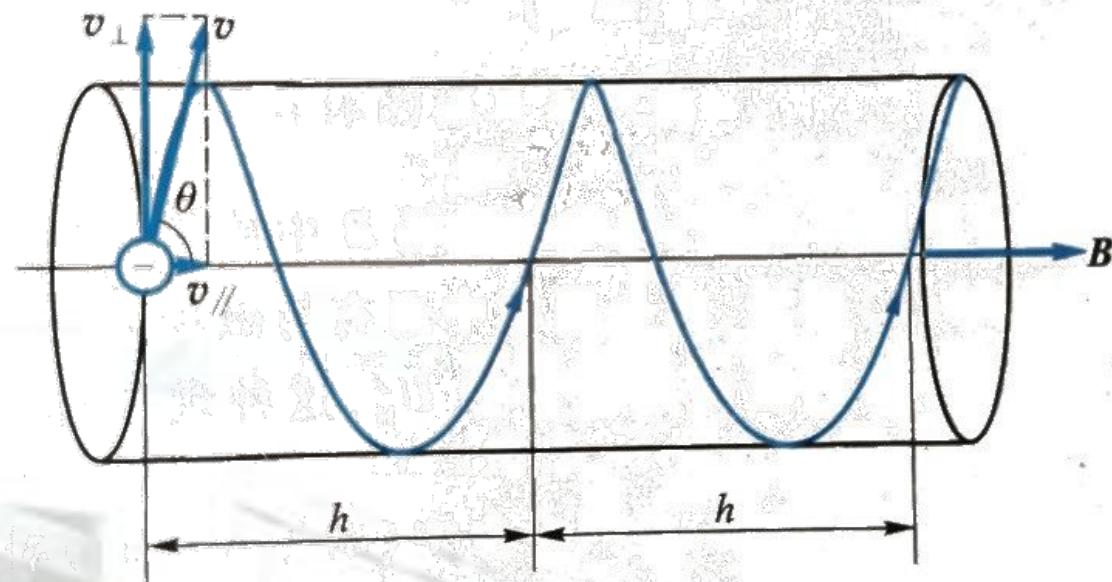
7.6 磁场对带电粒子的作用

3. \vec{v}_0 与 \vec{B} 斜交成 θ 角

$$v_{//} = v_0 \cos \theta$$

$$v_{\perp} = v_0 \sin \theta$$

$$R = \frac{mv_{\perp}}{qB} = \frac{mv_0 \sin \theta}{qB}$$

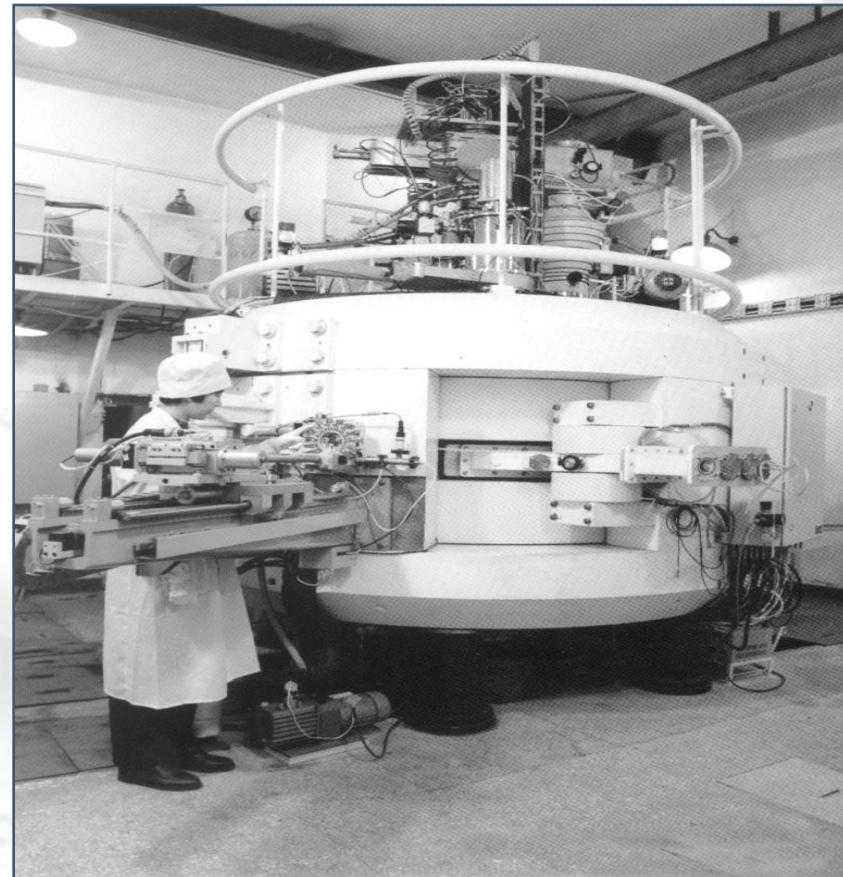
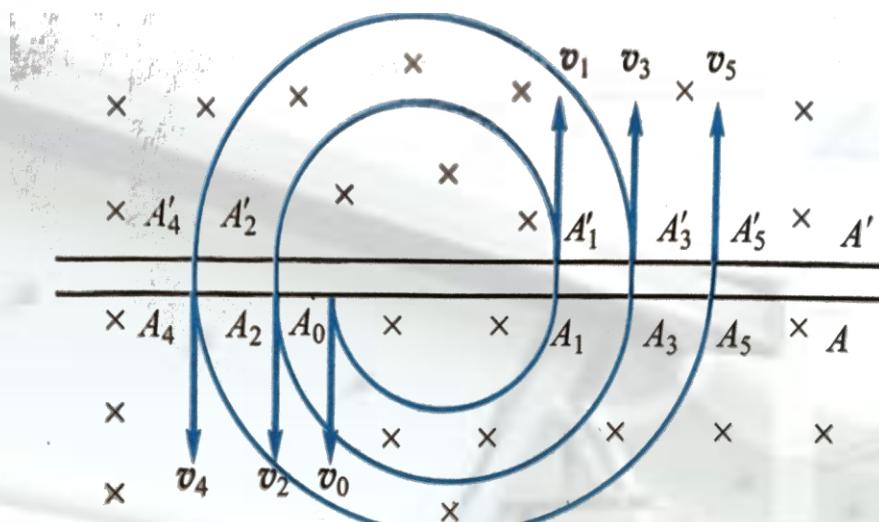


周期 $T = \frac{2\pi R}{v_{\perp}} = \frac{2\pi m}{qB}$

螺距 $h = v_{//}T = v_0 \cos \theta T = \frac{2\pi m v_0 \cos \theta}{qB}$

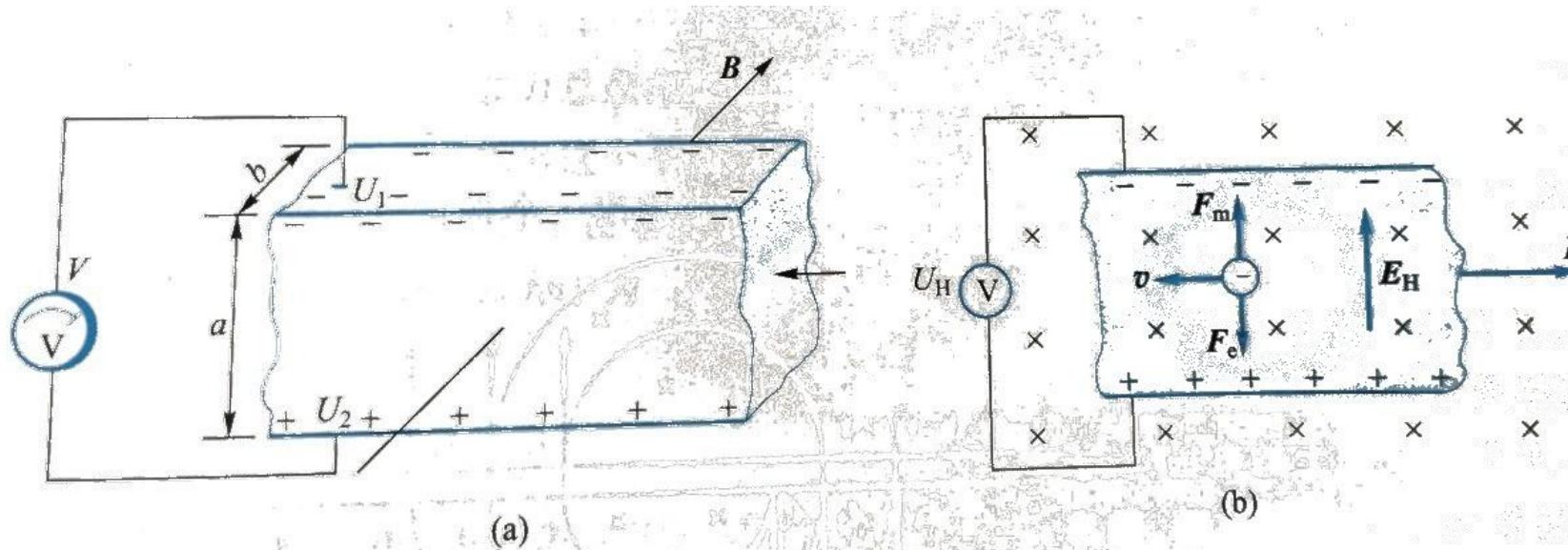
7.6 磁场对带电粒子的作用

7.6.3 回旋加速器的基本原理



7.6 磁场对带电粒子的作用

7.6.4 霍尔效应

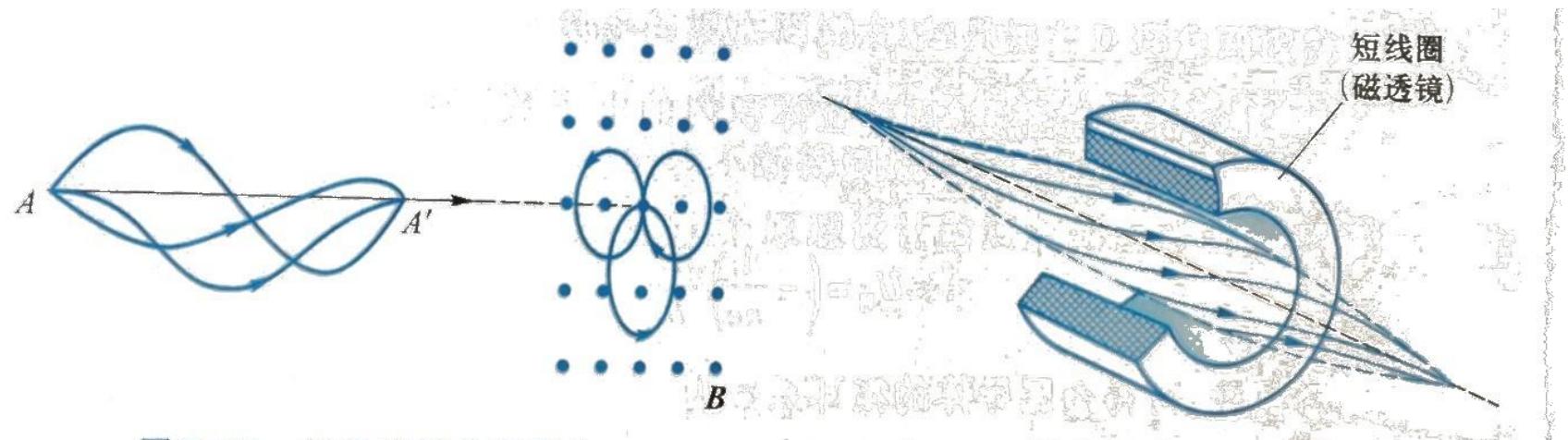


$$U_H = R_H \frac{IB}{b}$$

$$R_H = -\frac{1}{ne}$$

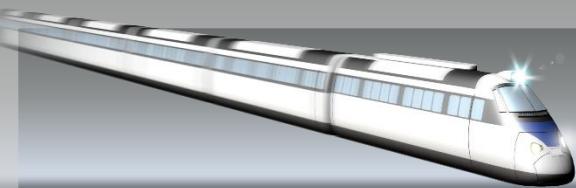
7.6 磁场对带电粒子的作用

7.6.5 磁聚焦



$$v_{\parallel} = v \cos \theta \approx v, v_{\perp} = v \sin \theta \approx v\theta$$

$$h = \frac{2\pi m v_{\parallel}}{qB} \approx \frac{2\pi m v}{qB}$$



作业

教材习题（P204-P206）： 7.8、7.10、7.11、7.13