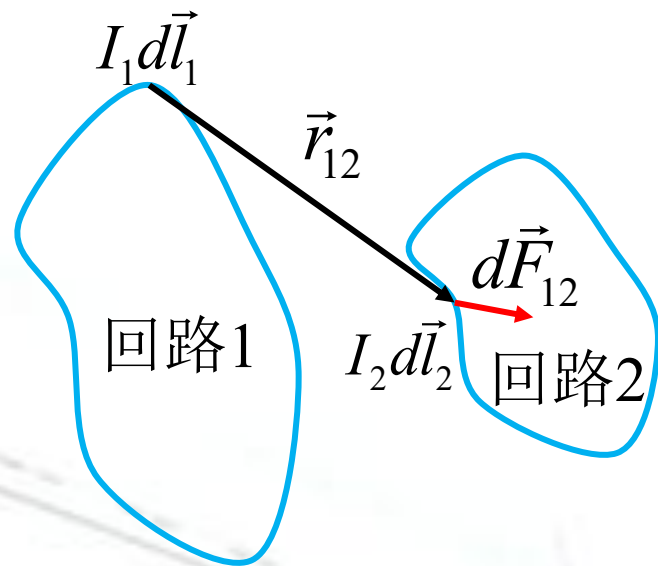


## 7.5 磁场对载流导线的作用

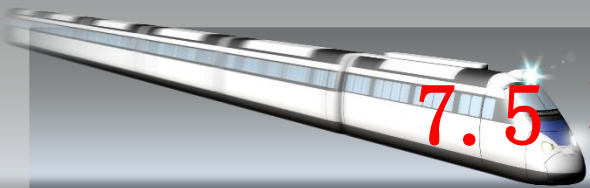
闭合回路1中电流元 $I_1 d\vec{l}_1$ 对闭合回路2中电流元 $I_2 d\vec{l}_2$ 的作用力为

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



称磁场对载流导线的作用力为**安培力**

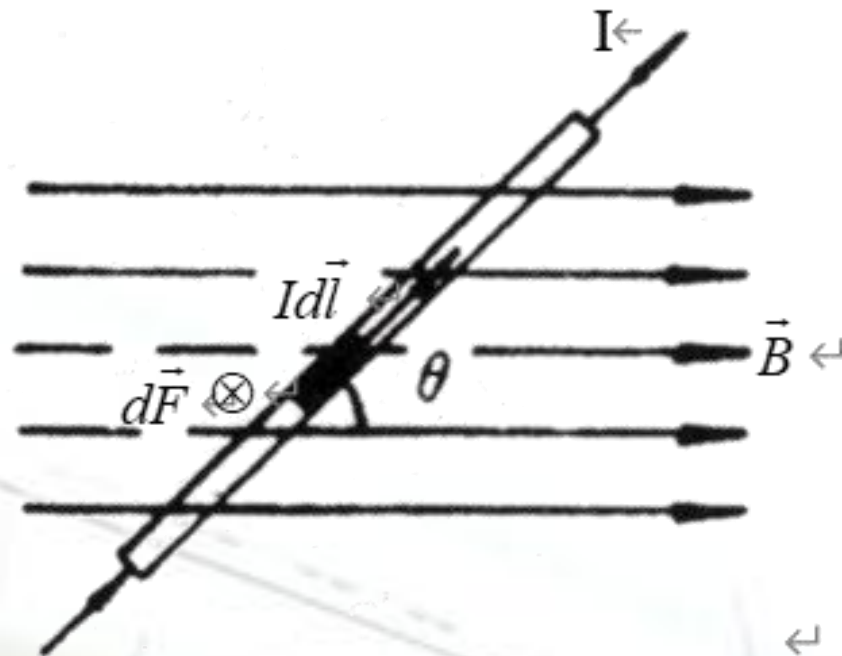
$$d\vec{F} = Id\vec{l} \times \vec{B} \Rightarrow \vec{F} = \int d\vec{F} = \int_L Id\vec{l} \times \vec{B}$$



## 7.5 磁场对载流导线的作用

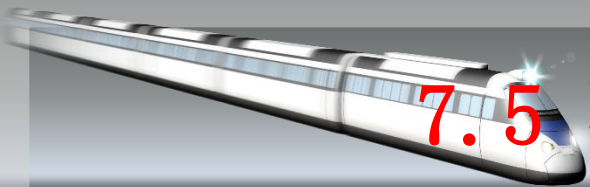
### 一、磁场对载流直导线的作用

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



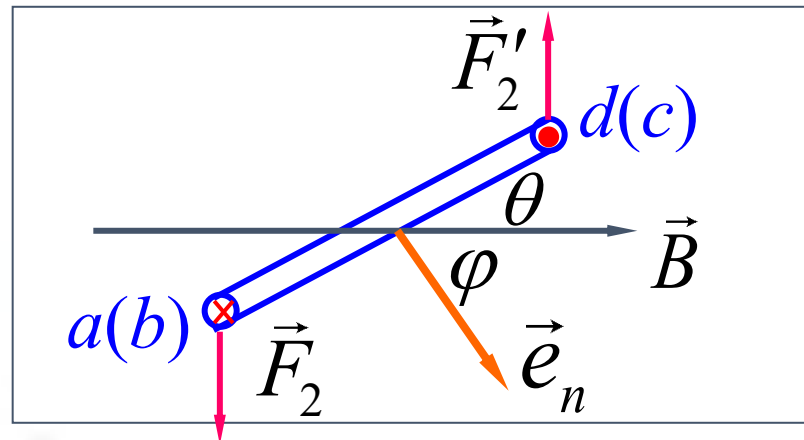
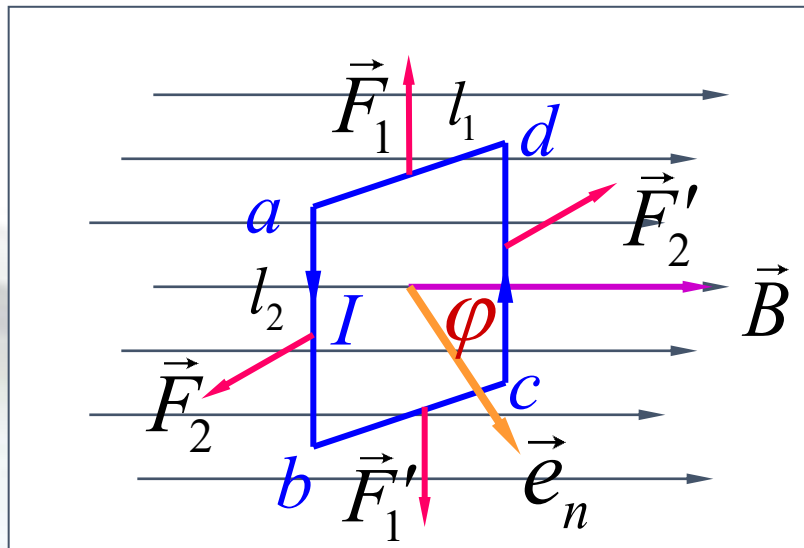
$\vec{F}$  垂直纸面向里，当  $\theta = \pi/2$  时，安培力  $F$  最大

$$F_{\max} = IBl$$



## 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 $da$ 受到的安培力分别为向下和向上的 $\vec{F}_1$  和 $\vec{F}_1'$

$$F_1 = BIl_1 \sin \theta, \quad F_1' = BIl_1 \sin(\pi - \theta) = BIl_1 \sin \theta$$

$\vec{F}_1$ 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

$$F_2 = F_2' = BIl_2$$

## 7.5 磁场对载流导线的作用

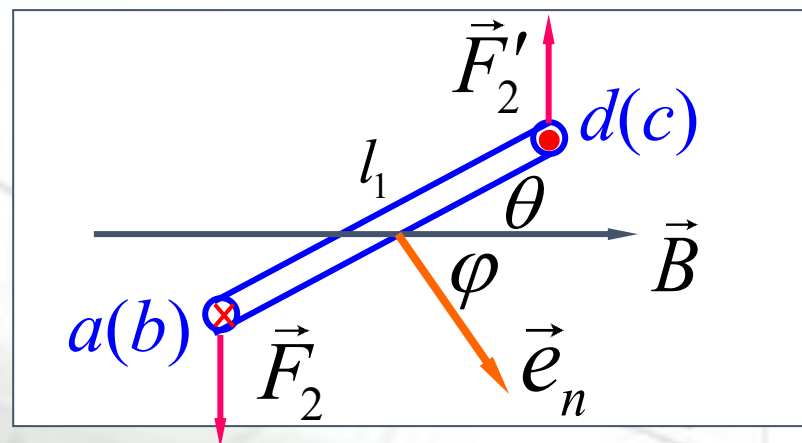
导线 $ab$ 和 $cd$ 所受的安培力为

$$F_2 = F'_2 = BIl_2$$

两个力大小相等，方向相反，但不作用在同一直线，形成力矩

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

$$\begin{aligned} M &= F_2 l_1 \sin\left(\frac{\pi}{2} - \theta\right) \\ &= BIl_1 l_2 \cos \theta \\ &= BIS \cos \theta \\ &= BIS \sin \varphi \end{aligned}$$



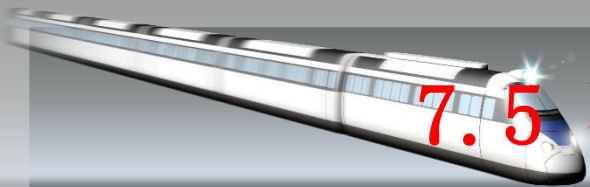
载流线圈（如果线圈是 $N$ 匝）磁矩的定义  $\vec{m} = NIS\vec{e}_n$

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](#)

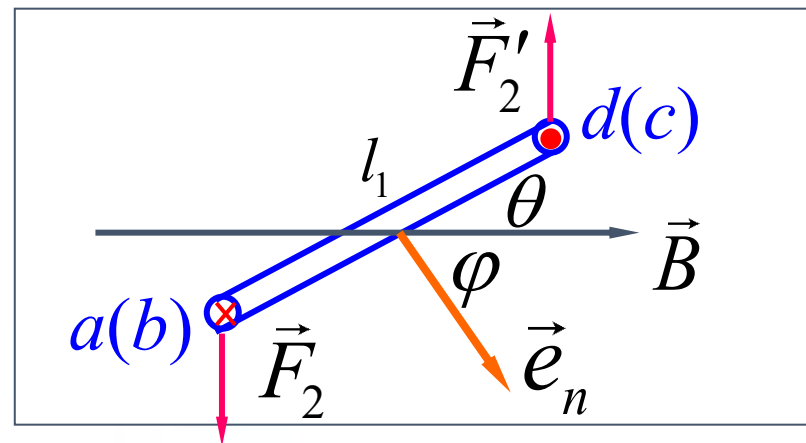
[返回目录](#)



## 7.5 磁场对载流导线的作用

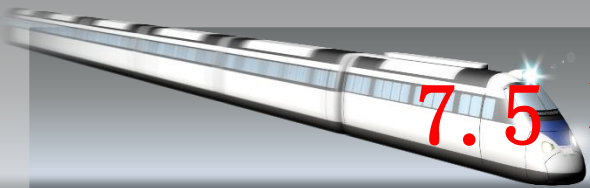
$$\vec{M} = \vec{m} \times \vec{B}$$

$$M = mB \sin \varphi$$



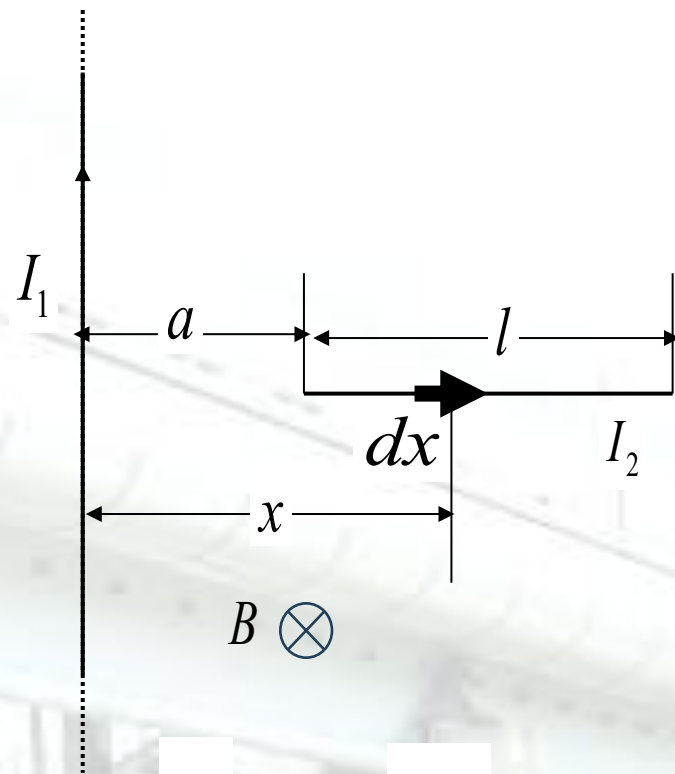
当  $\varphi = \pi/2$  时， $\vec{m}$  与磁场方向垂直，磁力矩最大  $M_{max} = mB$ ，线圈逆时针旋转， $\varphi$  减小；当  $\varphi = 0$  时， $\vec{m}$  与线圈平行， $M=0$ ，这是线圈的平衡位置；当  $\varphi = \pi$  时， $\vec{m}$  的方向与磁场方向相反，但这是不平衡的位置

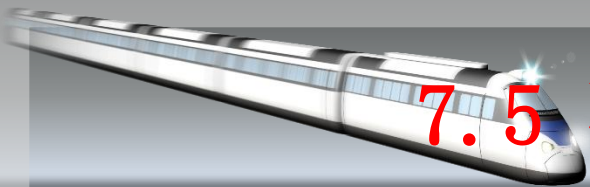
线圈在磁场中总会受到力矩，使线圈磁矩  $\vec{m}$  的方向与外磁场  $\vec{B}$  的方向相同。



## 7.5 磁场对载流导线的作用

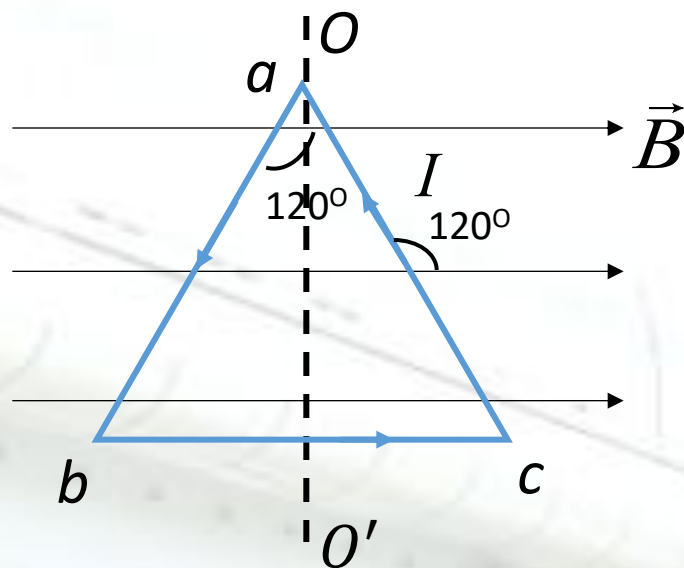
**例7.2** 在一长直流电 $I_1$ 附近放置长为 $l$ ，电流为 $I_2$ 的水平直导线，求载流直导线 $I_2$ 所受的安培力



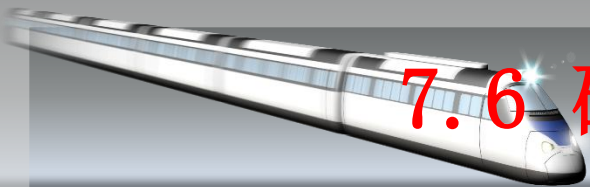


## 7.5 磁场对载流导线的作用

**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。





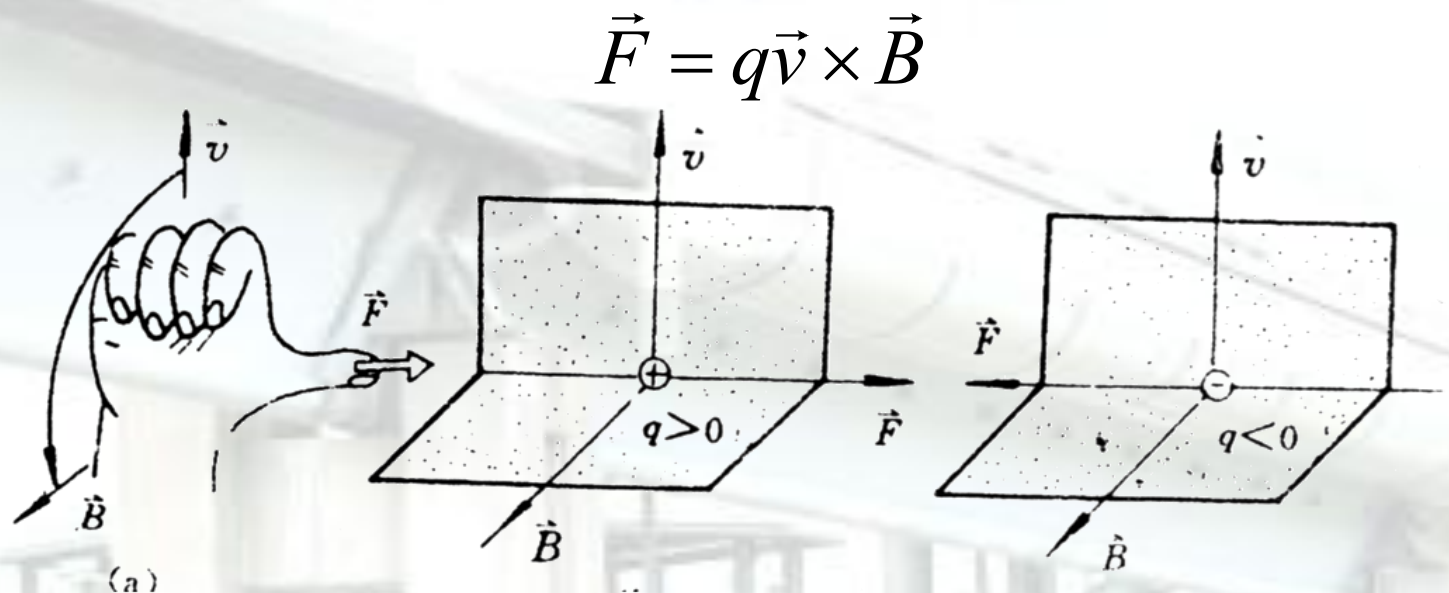


## 7.6 磁场对带电粒子的作用

### 7.6.1 带电粒子在磁场中受到的力

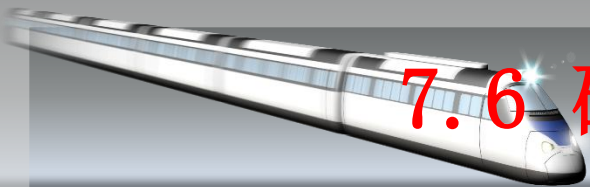
#### 一、洛伦兹力

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



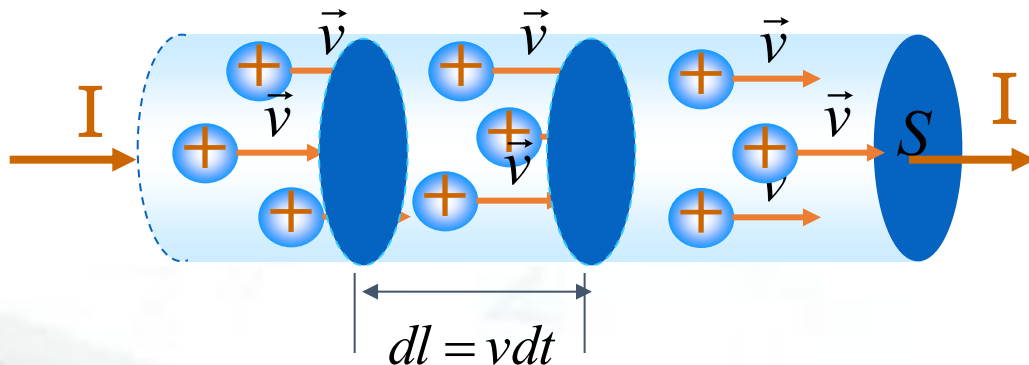
洛伦兹力不改变带电粒子的速率，只改变其运动方向





## 7.6 磁场对带电粒子的作用

### 二、洛伦兹力与安培力的关系

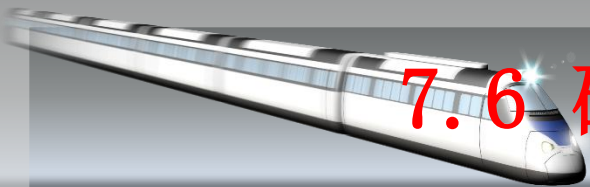


$$Id\vec{l} = JdSd\vec{l} = nq\vec{v}dl dS = Nq\vec{v}$$

$N$ 个载流子在磁场中所受的洛伦兹力为

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

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。



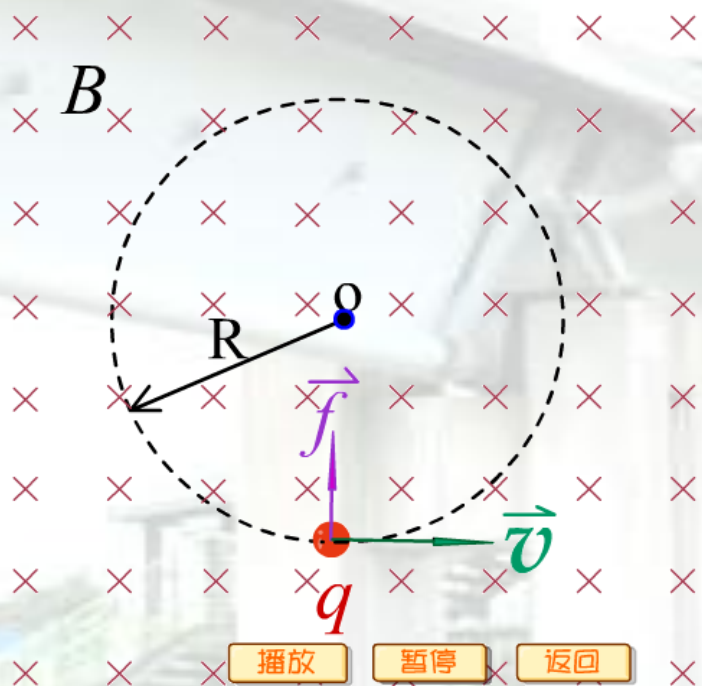
## 7.6 磁场对带电粒子的作用

### 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

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

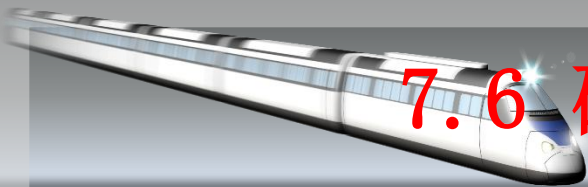
$$T = \frac{2\pi R}{v_0} = \frac{2\pi m}{qB}$$

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

上一页

下一页

返回目录



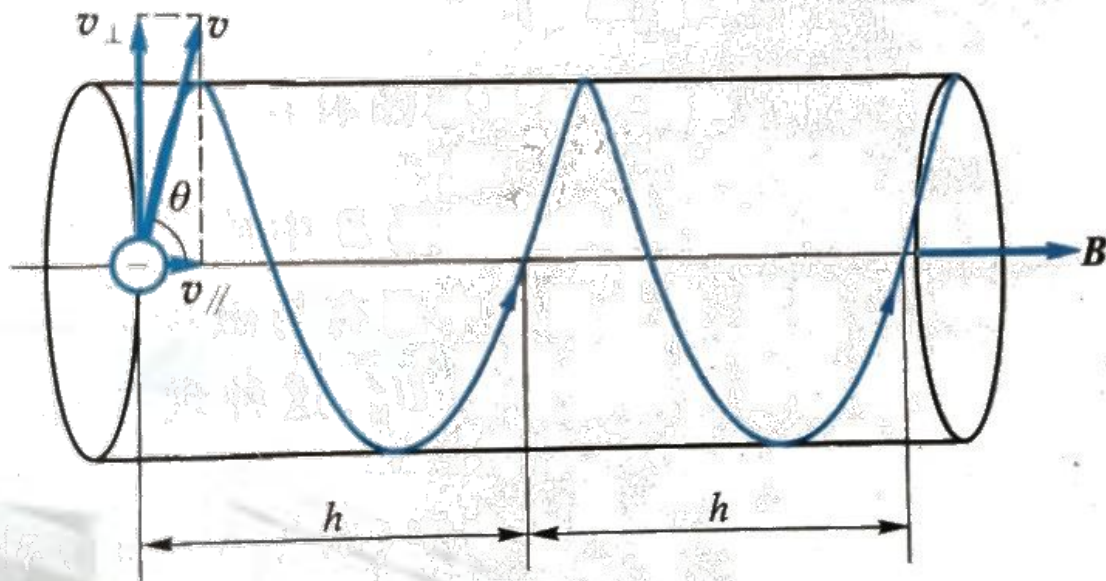
## 7.6 磁场对带电粒子的作用

3.  $\vec{v}_0$  与  $\vec{B}$  斜交成  $\theta$  角

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

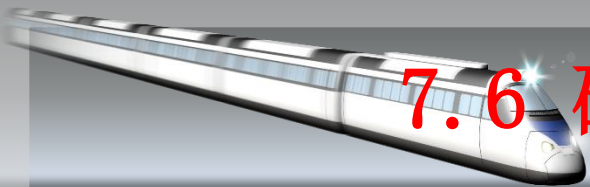
$$v_{\perp} = v_0 \sin \theta$$

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



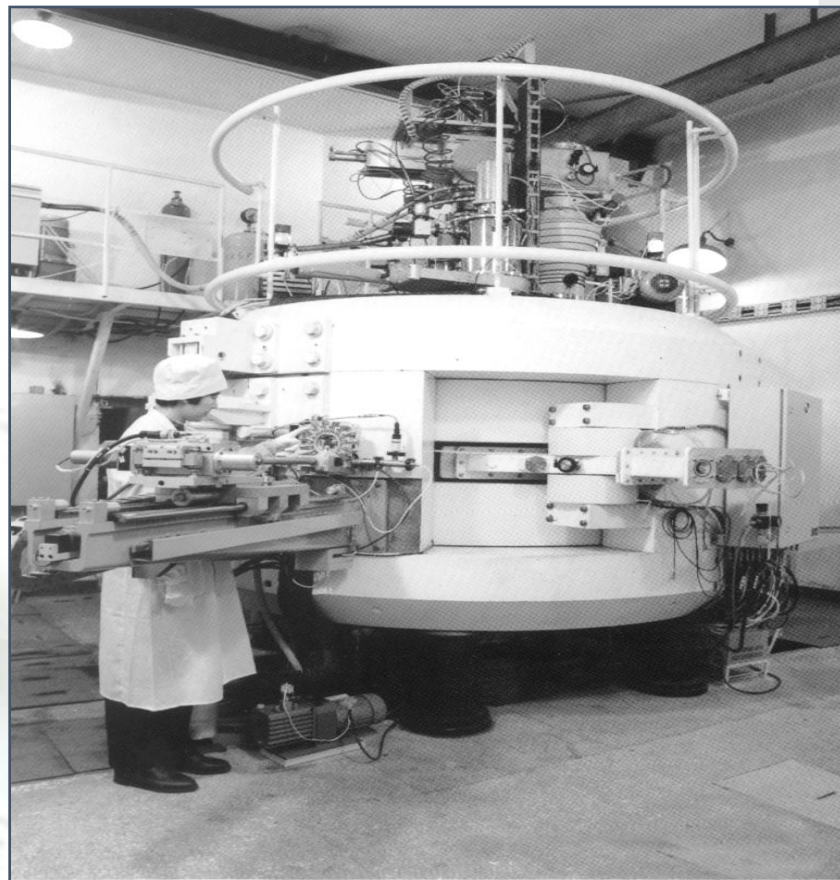
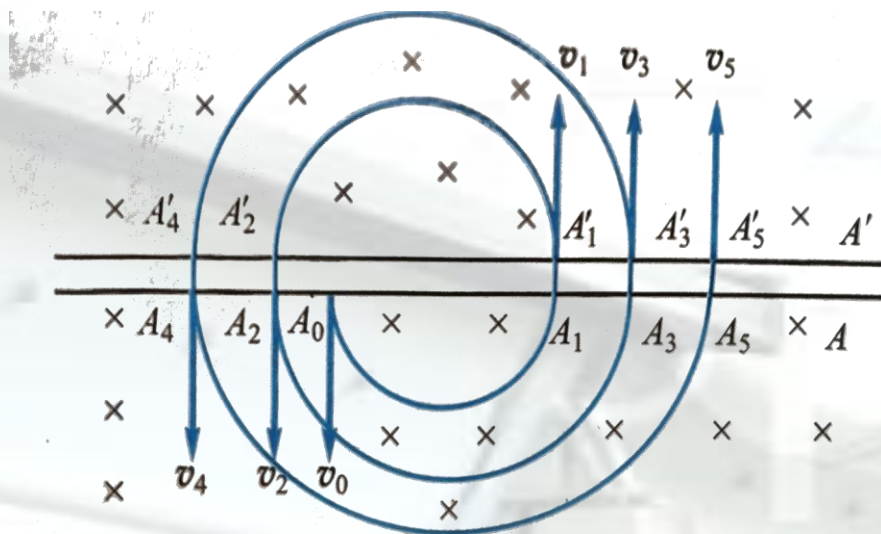
周期  $T = \frac{2\pi R}{v_{\perp}} = \frac{2\pi m}{qB}$

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

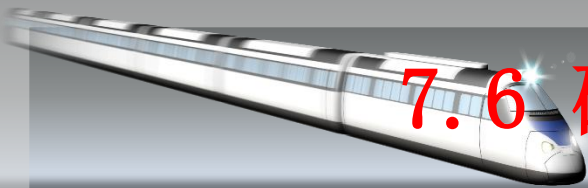


## 7.6 磁场对带电粒子的作用

### 7.6.3 回旋加速器的基本原理

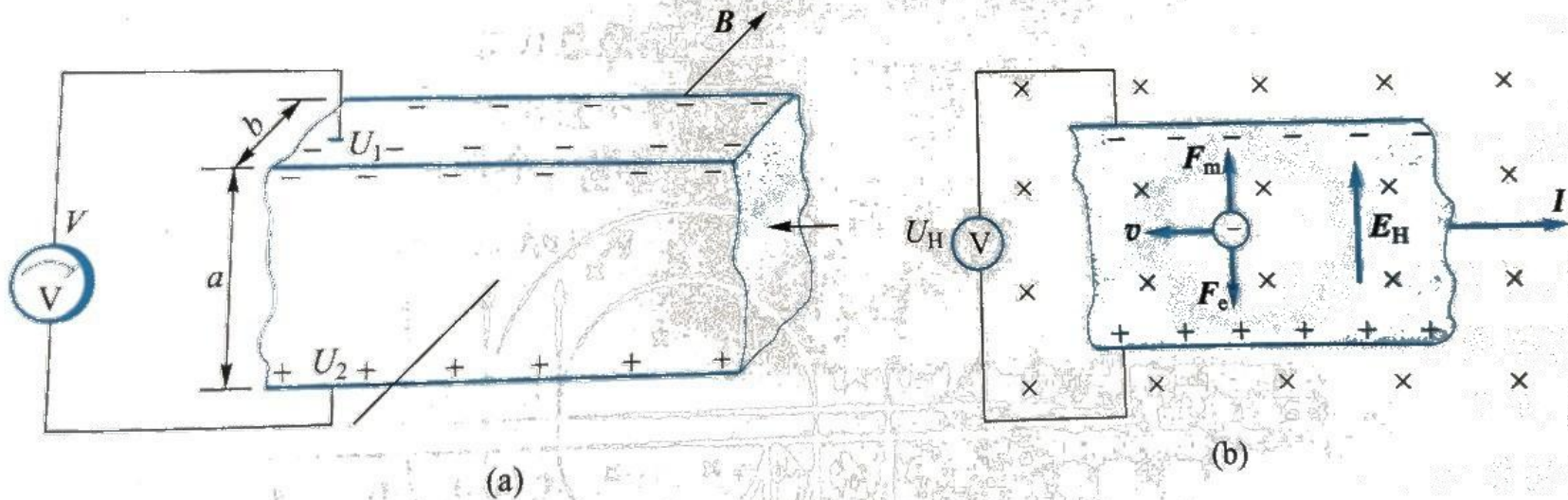






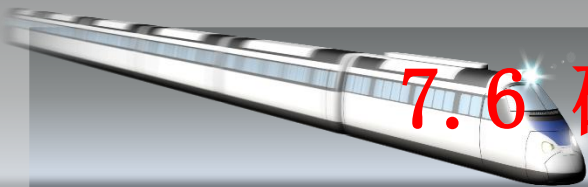
## 7.6 磁场对带电粒子的作用

### 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

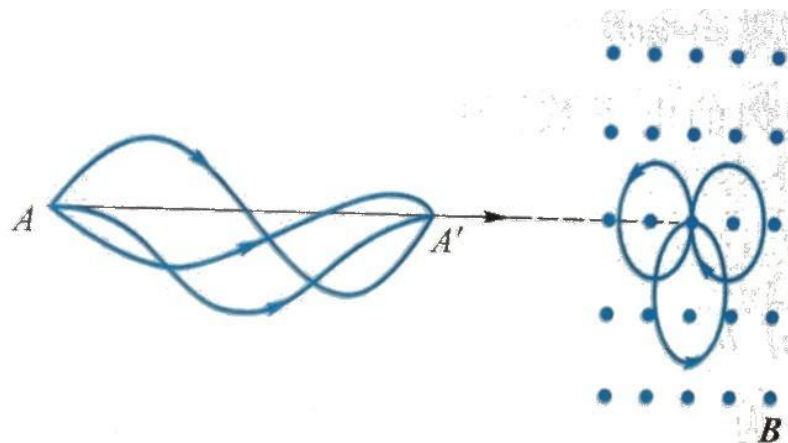


图 7.30 匀强磁场的磁聚焦

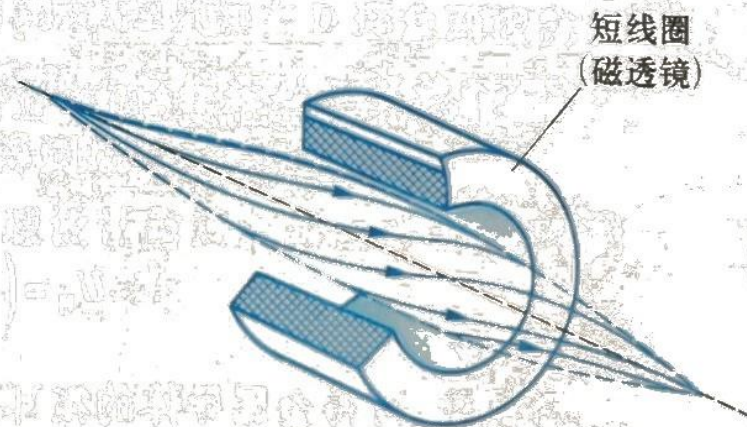
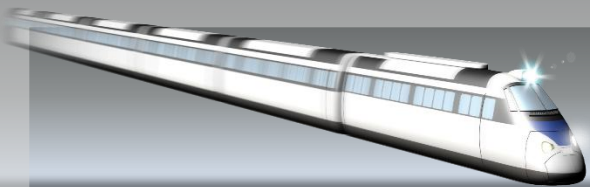


图 7.31 磁透镜

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

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





# 作业

教材习题（P204-P206）： 7.8、7.10、7.11、7.13

