

物理学院



大学物理·电磁学

主讲教师：吴喆

第 11 章 静磁学

11.1 磁现象的电本质

11.2 毕奥-萨伐尔定律

11.3 静磁场的高斯定理

11.4 安培环路定理

11.5 介质静磁学

11.6* 铁磁性

11.7 磁场对运动电荷的作用



11.6 磁场对运动电荷及电流的作用

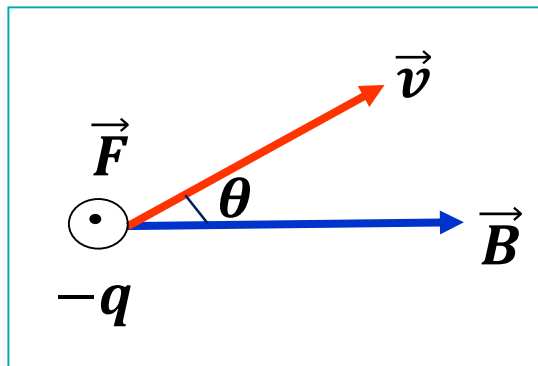
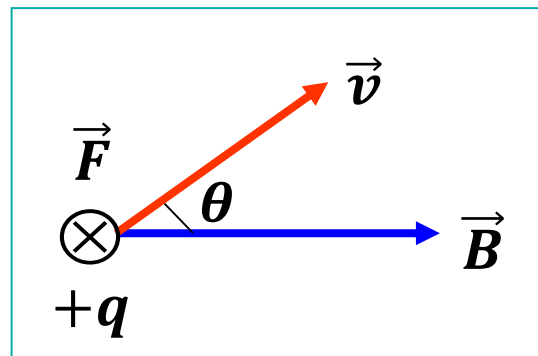
11.6.1 洛伦兹力（运动电荷受到的磁场力）

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

(1) 大小: $F = qvB\sin\theta$

(2) 方向: 右手定则

$$\left\{ \begin{array}{ll} +q: & \vec{v} \times \vec{B} \\ -q: & -(\vec{v} \times \vec{B}) \end{array} \right.$$



(3) 特点: 不改变速度大小, 只改变速度方向。不对 q 做功。

11.6 磁场对运动电荷及电流的作用

11.6.2 带电粒子在磁场中的运动

(1) $\vec{v} \parallel \vec{B}$ 匀速直线运动

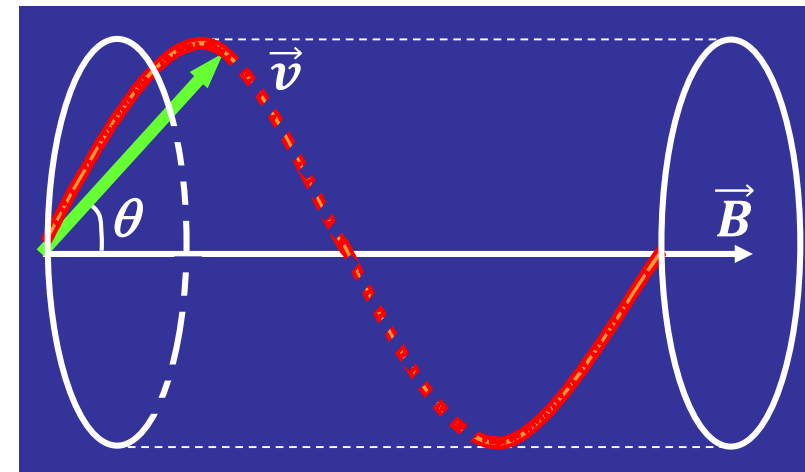
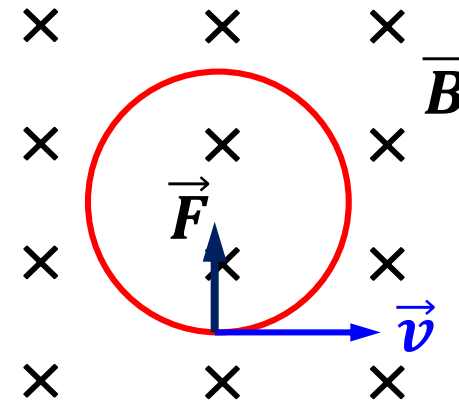
$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B} = 0$$

(2) $\vec{v} \perp \vec{B}$ 匀速率圆周运动

$$F = qvB = \frac{mv^2}{R}, \quad R = \frac{mv}{qB}, \quad T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi m}{qB}$$

(3) \vec{v} 与 \vec{B} 有一夹角 θ

$$\vec{v} = \vec{v}_\perp + \vec{v}_\parallel \quad \text{螺旋运动} \quad T = \frac{2\pi m}{qB}$$



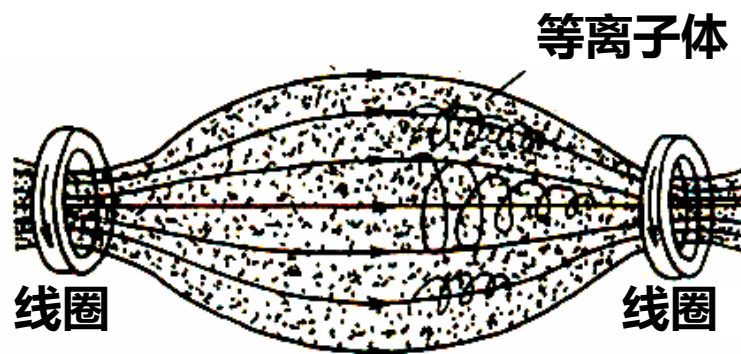
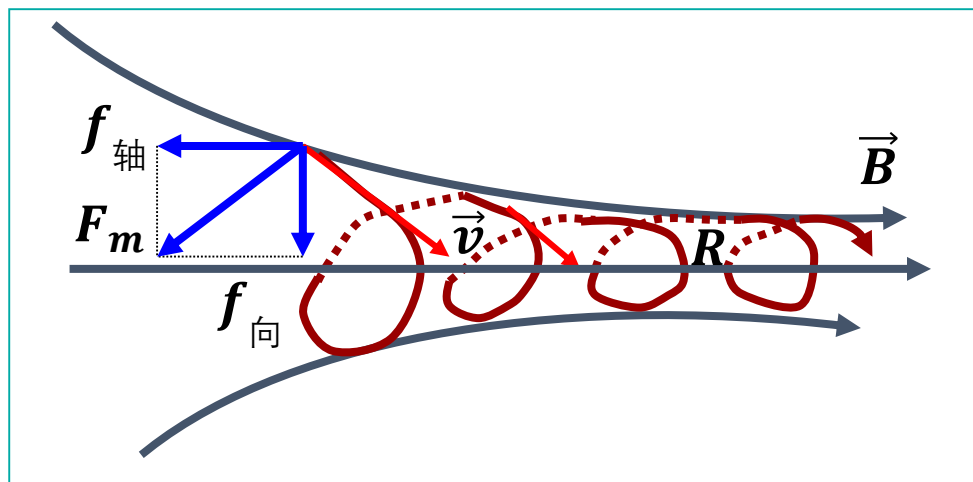
• 磁聚焦

九个电子入射方向示意



11.6 磁场对运动电荷及电流的作用

11.6.2 带电粒子在磁场中的运动



• 磁约束

非均匀磁场中, 带电粒子仍作螺旋运动, 但半径和螺距都将不断变化。

- ✓ 受控热核聚变
- ✓ 磁约束
- ✓ 磁镜

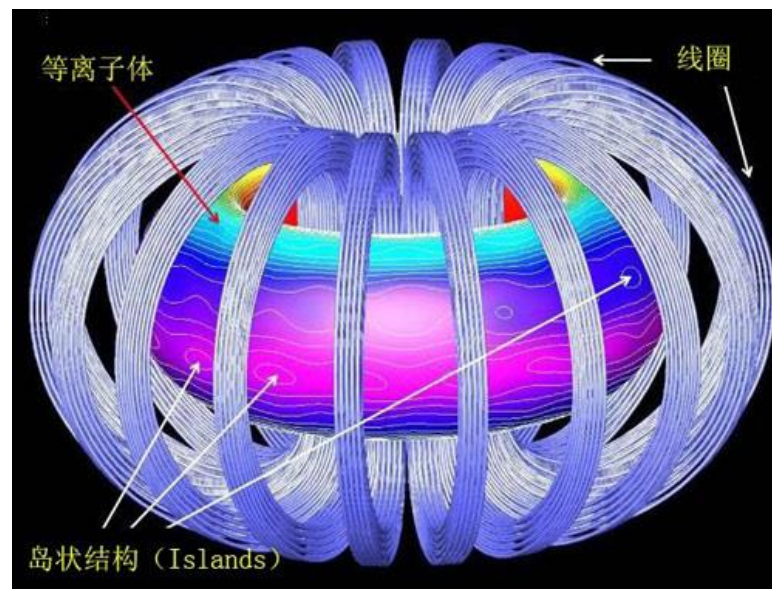
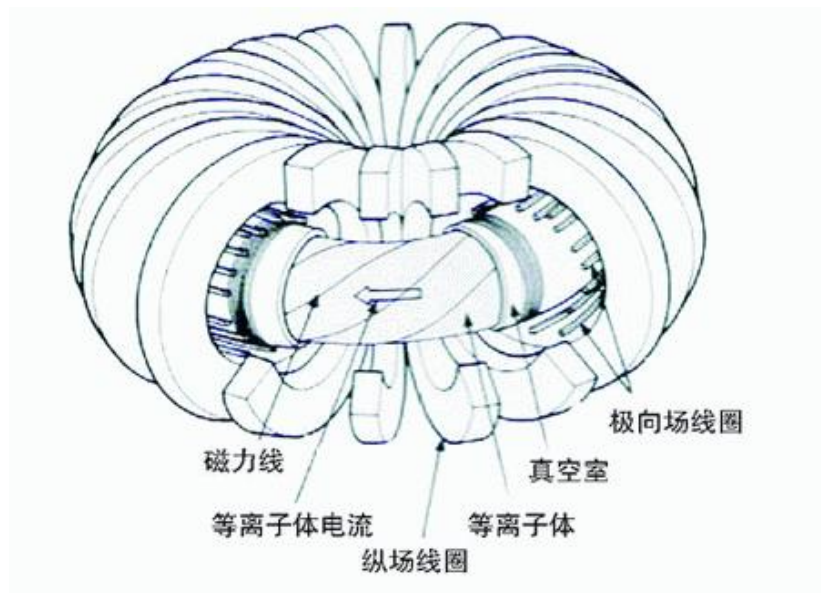
11.6 磁场对运动电荷及电流的作用

11.6.2 带电粒子在磁场中的运动

人造太阳!

托克马克 TOKAMAK

- 是一种利用磁约束来实现受控核聚变的环性容器。
- Tokamak 来源于环形、真空室、磁、线圈。
- 最初是由位于苏联莫斯科的库尔恰托夫研究所的阿齐莫维奇等人在20世纪50年代发明的。

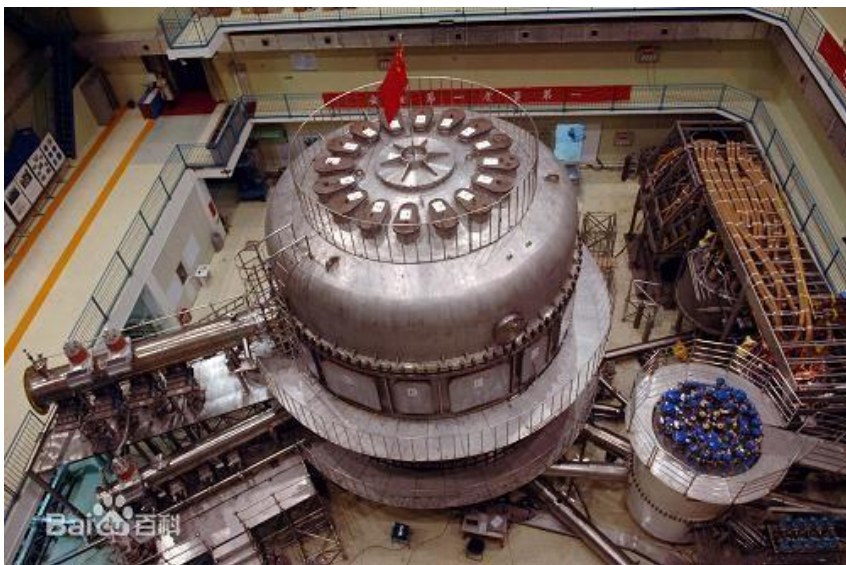


11.6 磁场对运动电荷及电流的作用

11.6.2 带电粒子在磁场中的运动

国际热核聚变实验堆 (ITER) 计划

- ITER装置是一个能产生大规模核聚变反应的超导托克马克，俗称“人造太阳”。
- 2006年5月，中国加入ITER。ITER计划是目前全球规模最大、影响最深远的国际（欧盟、印度、日本、韩国、俄罗斯和美国）科研合作项目之一。



11.6 磁场对运动电荷及电流的作用

11.6.3 霍耳效应

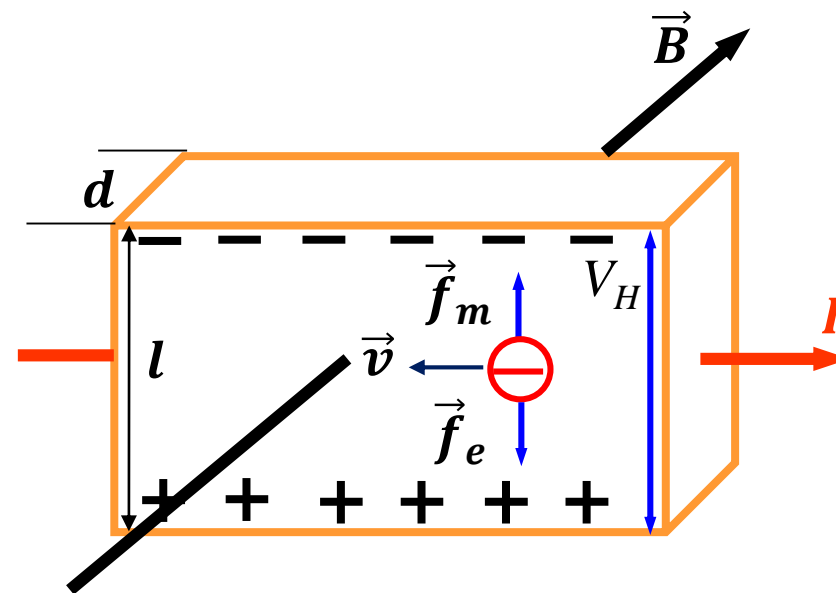
导体（或半导体）中通电流 I ，磁场垂直于电流，在既垂直于电流又垂直于磁场的方向上出现电势差

$$eE_H = evB \quad \Rightarrow E_H = vB \quad \Rightarrow V_H = E_H l = vBl$$

$$I = nqvdl$$

$$V_H = \frac{1}{nq} \frac{IB}{d} = R_H \frac{IB}{d}$$

霍尔系数 $R_H = \frac{1}{nq}$



11.6 磁场对运动电荷及电流的作用

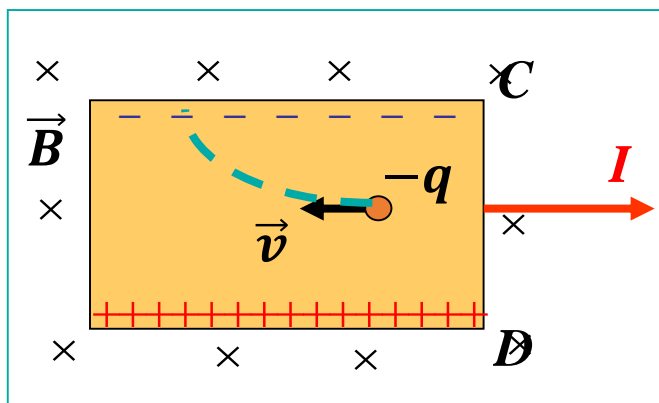
11.6.3 霍耳效应

(1) 测载流子密度

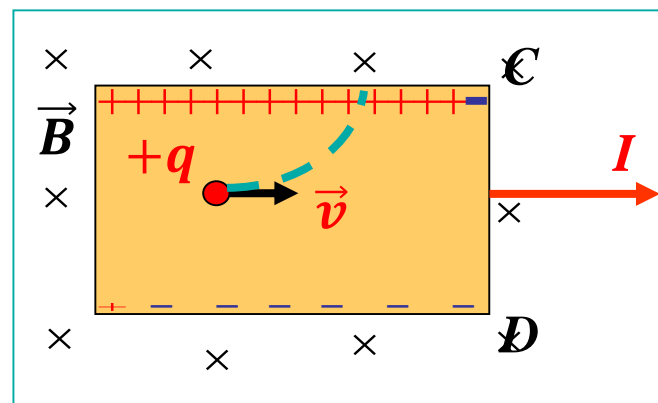
$$n = \frac{BI}{V_H \cdot q \cdot d}$$

$$V_H = \frac{1}{nq} \frac{IB}{d}$$

(2) 测载流子电性 — 半导体类型



$V_C < V_D \rightarrow n$ 型半导体



$V_C > V_D \rightarrow p$ 型半导体

(3) 测磁场 (霍耳元件)

(4) 磁流体发电



物理学院

谢谢大家!