

第17章 磁场对电流的作用



本章作业

课本P132~135习题
1, 4, 7, 11, 15 (共5题)

注意

- 作业用A4纸, 不抄题, 有题号
- 选择&填空题要有解题过程





§ 17 磁场对电流的作用 (4学时)

重点

- 磁场对运动电荷的作用(洛伦兹力)
- 霍尔效应
- 安培定律及其应用(安培力)
- 磁力矩及其做功

难点

- 安培定律的应用
- 带电粒子在非均匀磁场中的运动



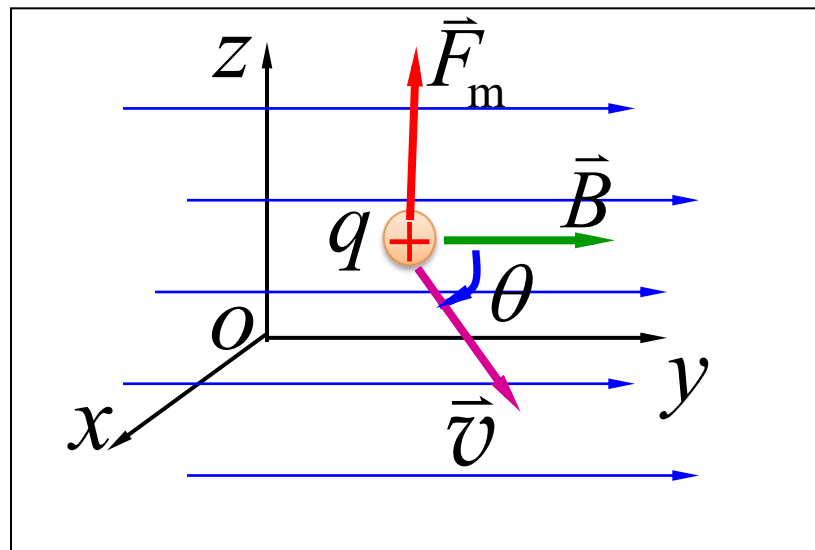
17.1 磁场对运动电荷的作用

➤ 带电粒子在磁场中所受的力

□ 磁场力(洛伦兹力)

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

注意：洛伦兹力的方向还与 q 有关。



□ 当 $\vec{v}_0 \parallel \vec{B}$

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

匀速直线运动



华南理工大学

South China University of Technology

带电粒子在均匀磁场中运动举例

□ 回旋半径 & 回旋频率

$$\vec{v}_0 \perp \vec{B}$$

匀速圆周运动

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

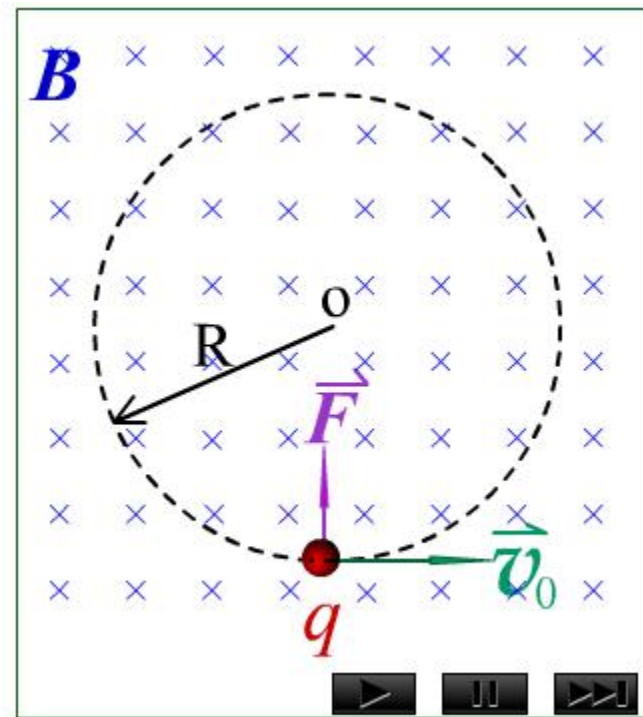
回旋半径 $R = \frac{mv_0}{qB}$

回旋
周期

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

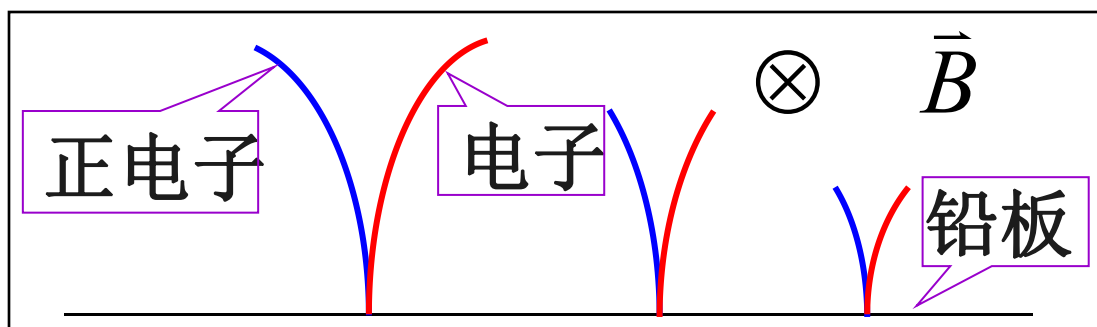
回旋
频率

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

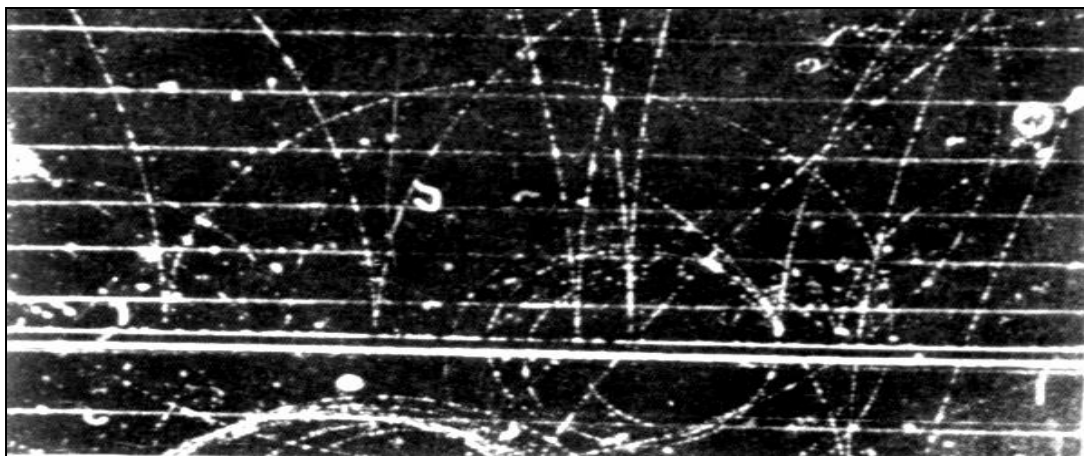


电子的反粒子——正电子

- 1930年，狄拉克预言自然界存在正电子；
- 1932年，美国物理学家安德森等人发现了正电子。



γ 射线照射铅板可观察到正电子的出现



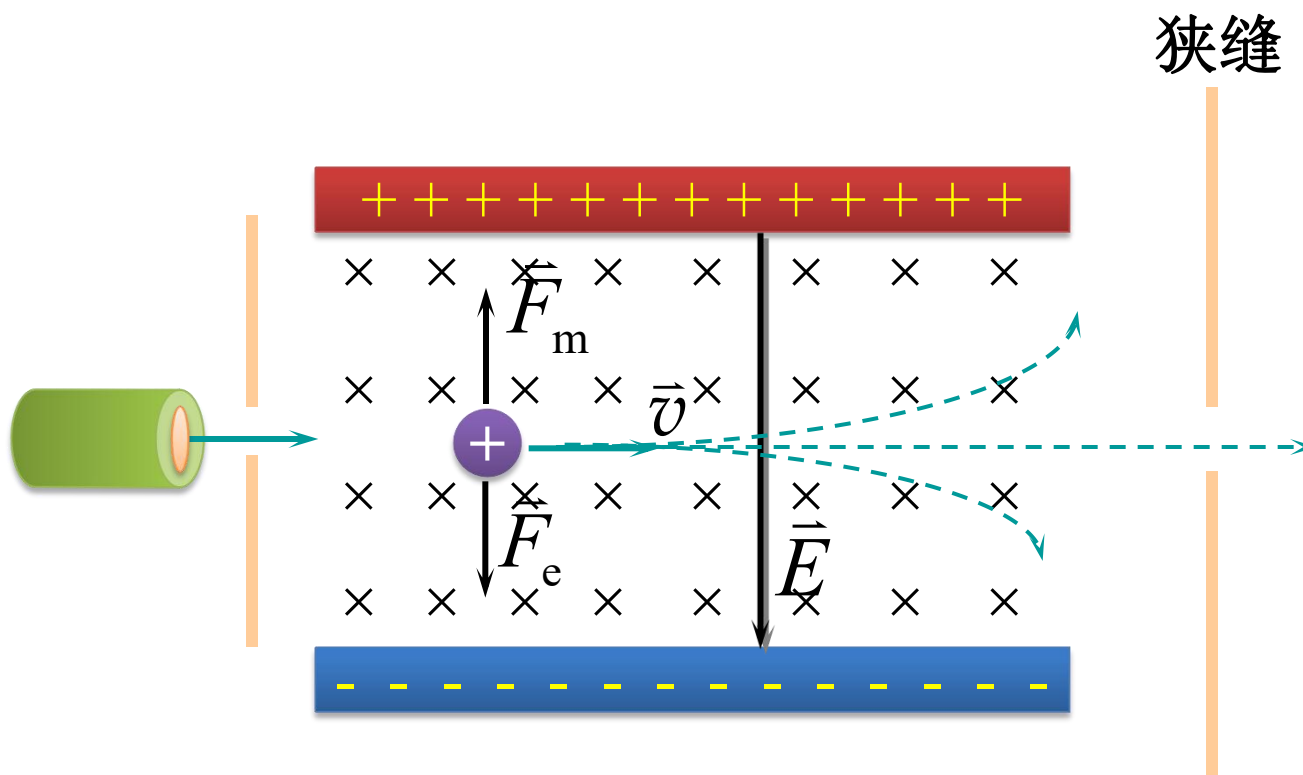
显示正电子存在的云室照片及其摹描图



华南理工大学

South China University of Technology

速度选择器



$$qE = qvB$$

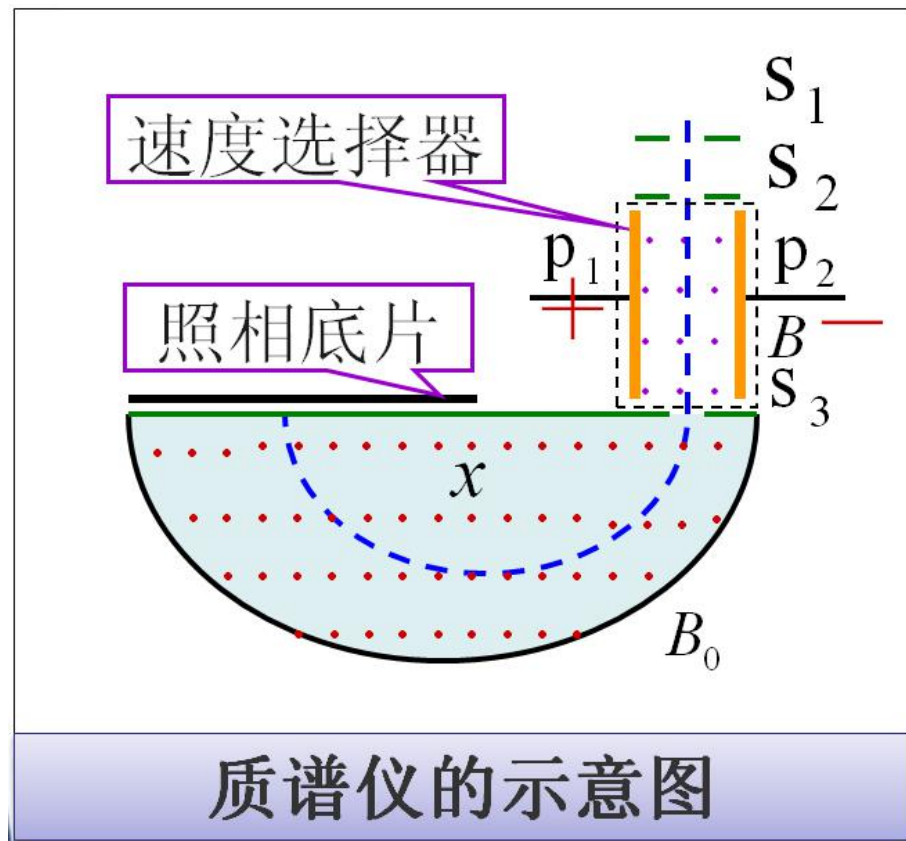
$$v = \frac{E}{B}$$



华南理工大学

South China University of Technology

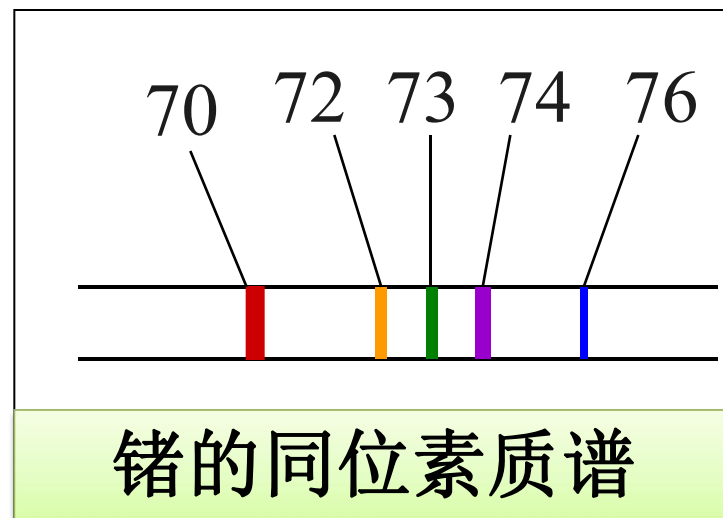
质谱仪



$$v = \frac{E}{B}$$

$$x = 2R = \frac{2mv}{qB_0} = \frac{2mE}{qB_0B}$$

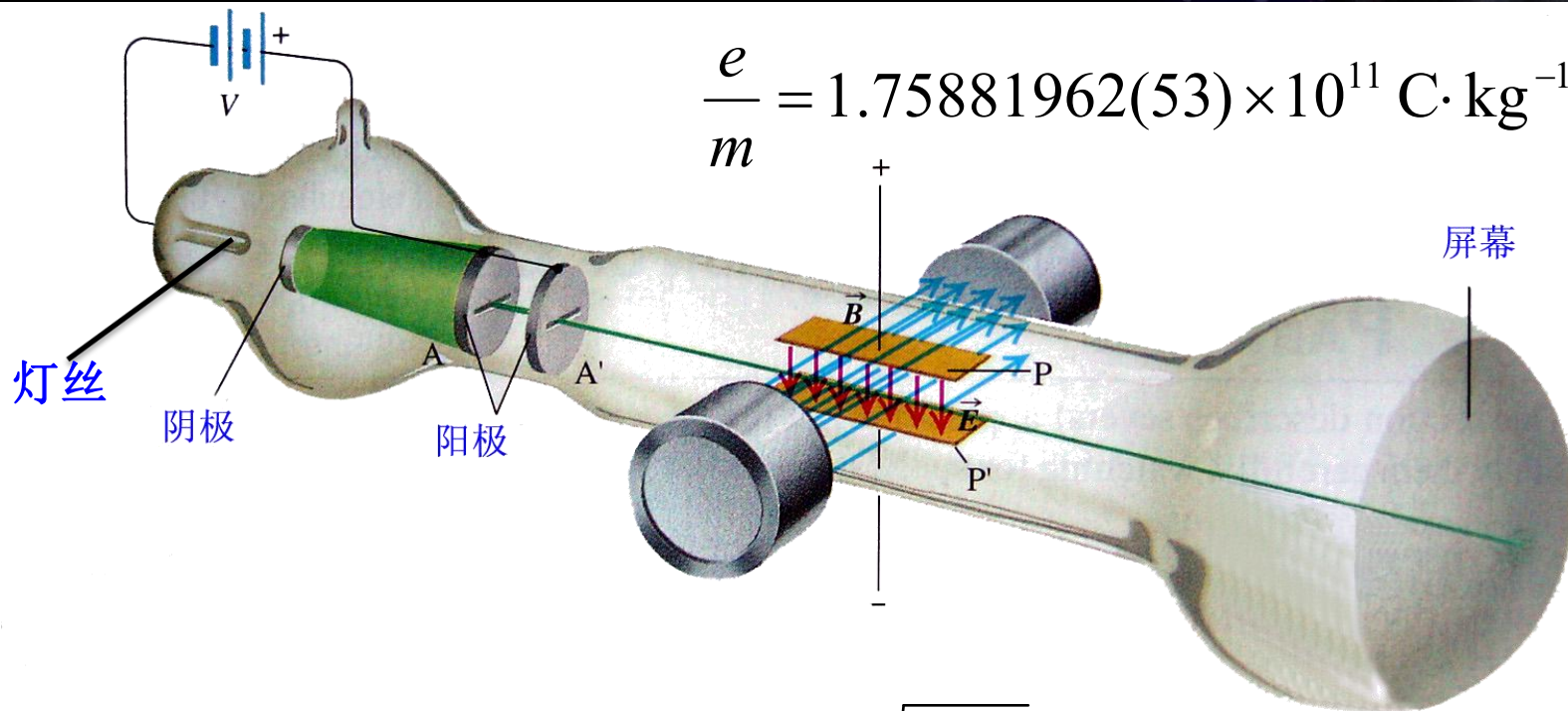
$$m = \frac{qB_0Bx}{2E}$$



华南理工大学

South China University of Technology

汤姆孙实验——阴极射线管



$$\frac{e}{m} = 1.75881962(53) \times 10^{11} \text{ C} \cdot \text{kg}^{-1}$$

电子动能: $\frac{1}{2}mv^2 = eV \longrightarrow v = \sqrt{\frac{2eV}{m}}$

电子束打在屏幕中央的条件: $v = \frac{E}{B}$

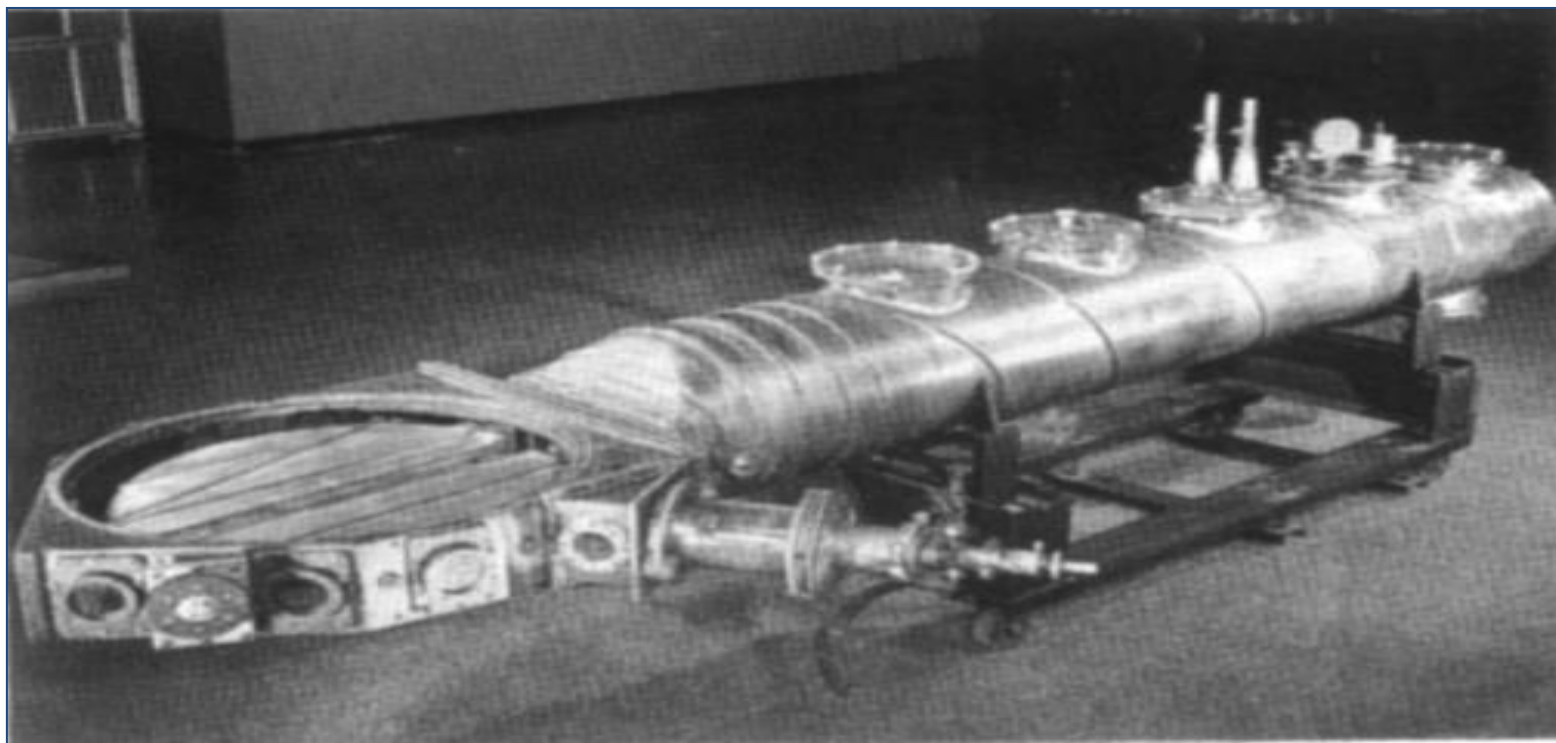
电子的质量: $m = 9.1093897(54) \times 10^{-31} \text{ kg}$

$$\frac{E}{B} = \sqrt{\frac{2eV}{m}}$$

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



回旋加速器



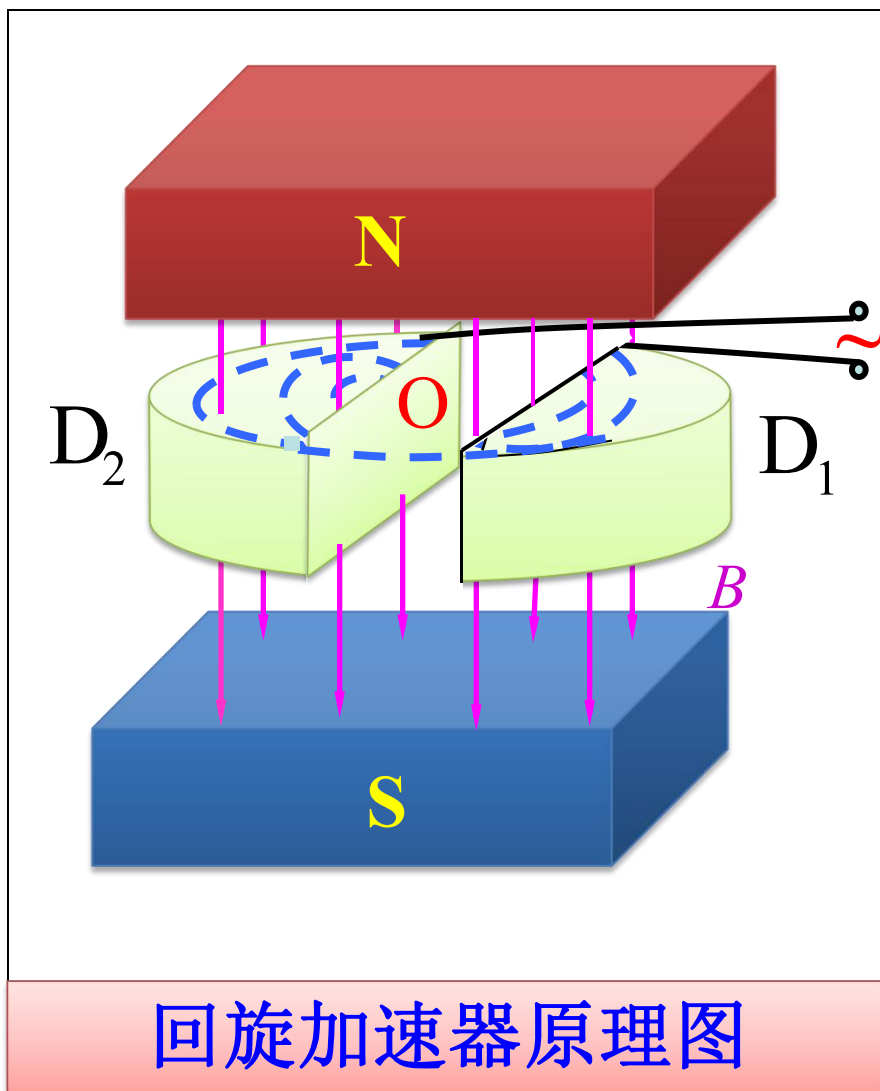
- 1932年劳伦斯研制第一台回旋加速器的D形盒。
- 此加速器可将质子和氘核加速到1 MeV的能量，为此1939年劳伦斯获诺贝尔物理学奖。



华南理工大学

South China University of Technology

10



回旋加速器原理图

□基本原理：

回旋频率与速度无关

$$f = \frac{qB}{2\pi m}$$

当粒子到D形盒边缘时，

$$R = \frac{mv_0}{qB} \rightarrow v_{max} = \frac{qBR_0}{m}$$

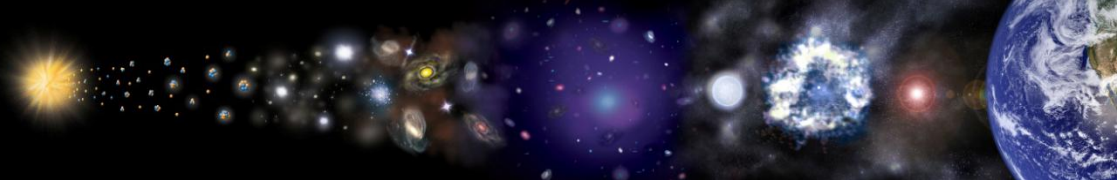
$$E_k = \frac{1}{2}mv_{max}^2$$

$$E_k = \frac{q^2 B^2 R_0^2}{2m}$$



华南理工大学

South China University of Technology



我国于1994年建成的第一台
强流质子加速器，可产生数十种中短寿命放射性同位素。

2014年7月4日，我国研制成功
100MeV质子回旋加速器，直径
6.16米，是国际上最大的紧凑型
强流质子回旋加速器。



华南理工大学

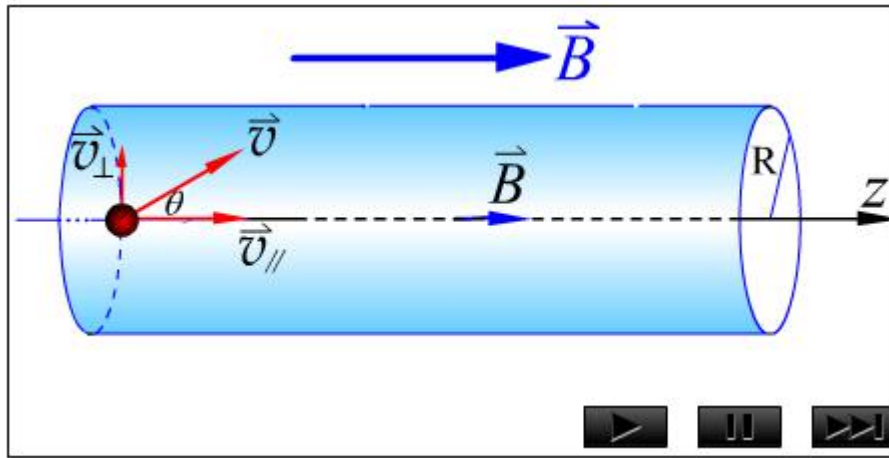
South China University of Technology

等螺距螺旋线运动

\vec{v} 与 \vec{B} 不垂直

$$\vec{v} = \vec{v}_{//} + \vec{v}_{\perp}$$

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



$$R = \frac{mv_{\perp}}{qB}$$

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

螺距 $d = v_{//}T = v \cos \theta (2\pi m / qB)$

洛伦兹力

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

(洛伦兹力不做功)

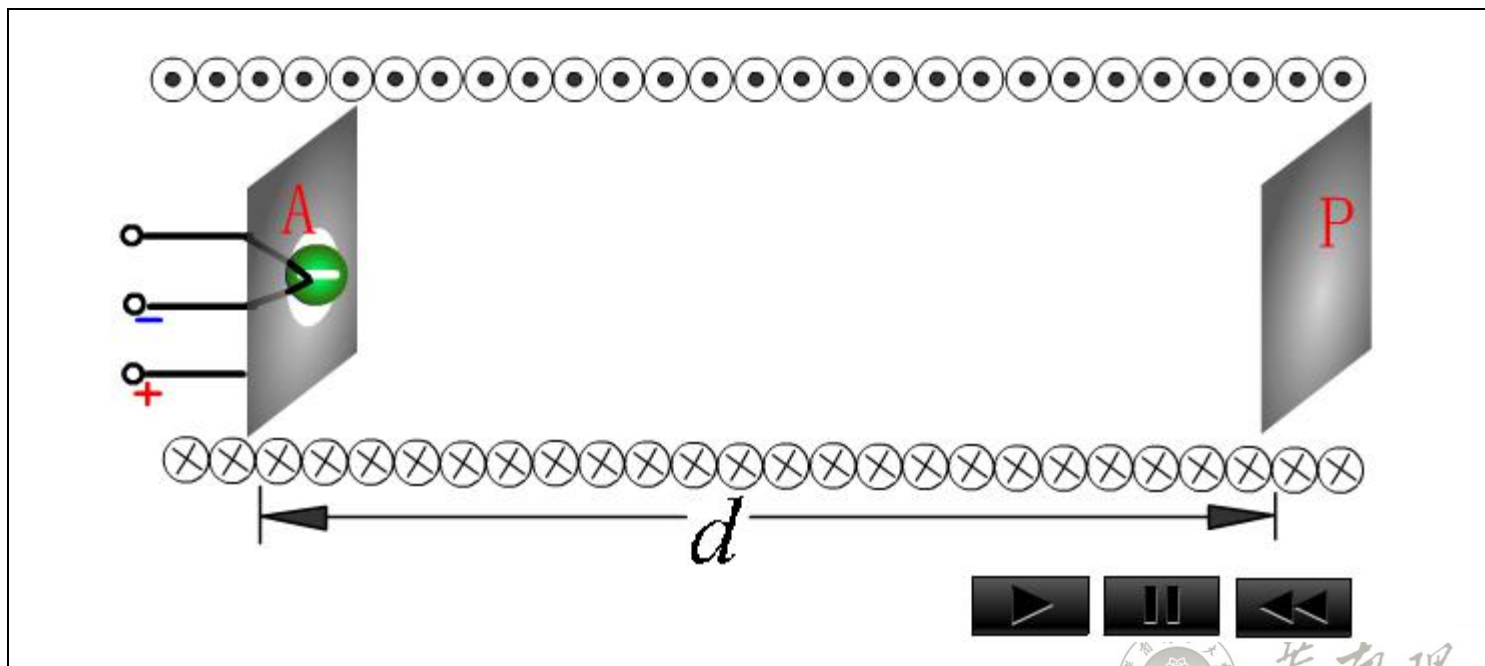


华南理工大学

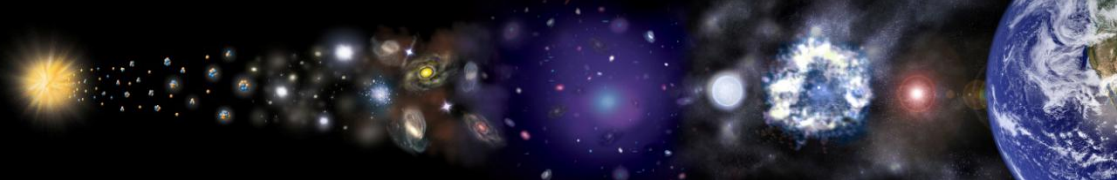
South China University of Technology

磁聚焦(磁透镜)

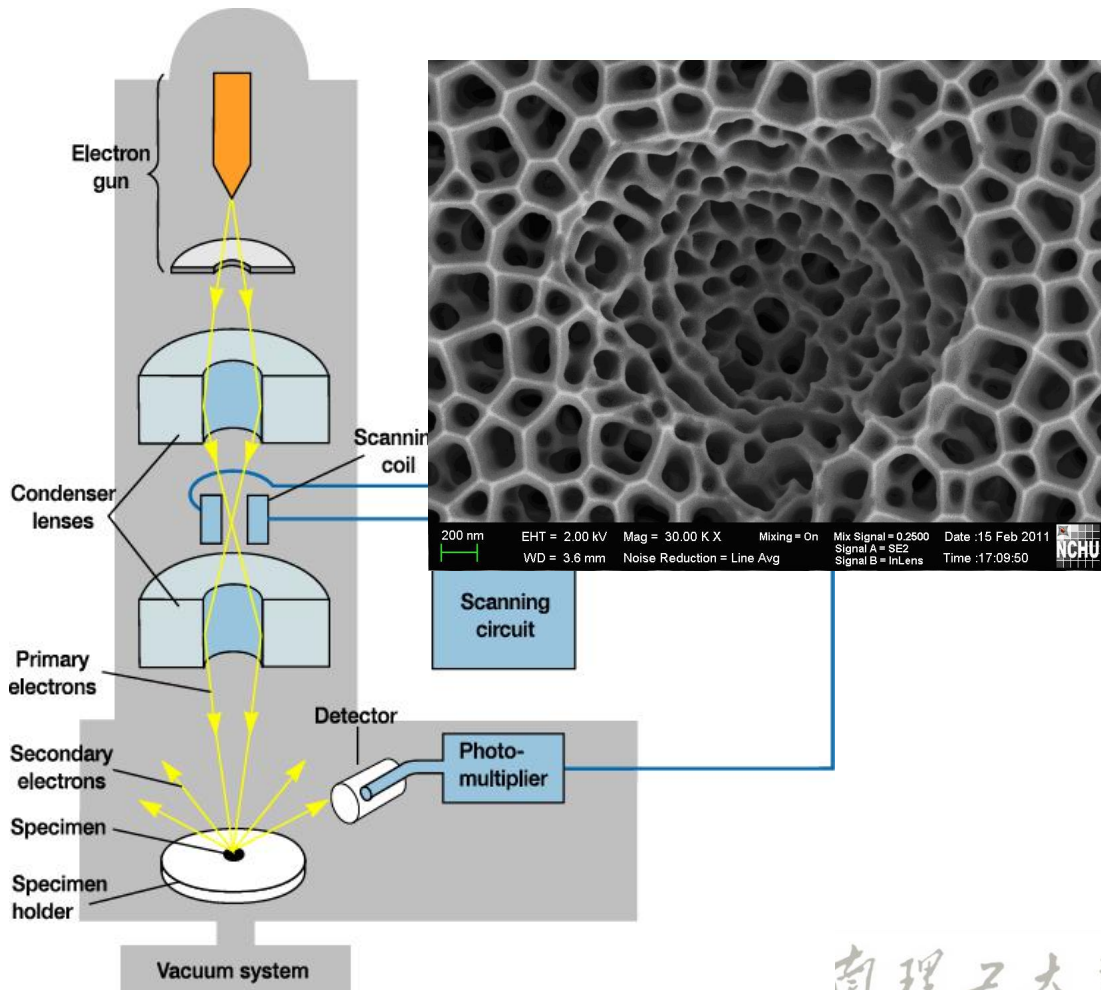
➤ **磁聚焦：** 在均匀磁场中点 A 发射一束初速度相差不大的带电粒子，它们的 v_0 与 B 之间的夹角 θ 不同，但都较小，这些粒子沿半径不同的螺旋线运动，因螺距近似相等，相交(聚焦)于屏上同一点。



磁聚焦的应用



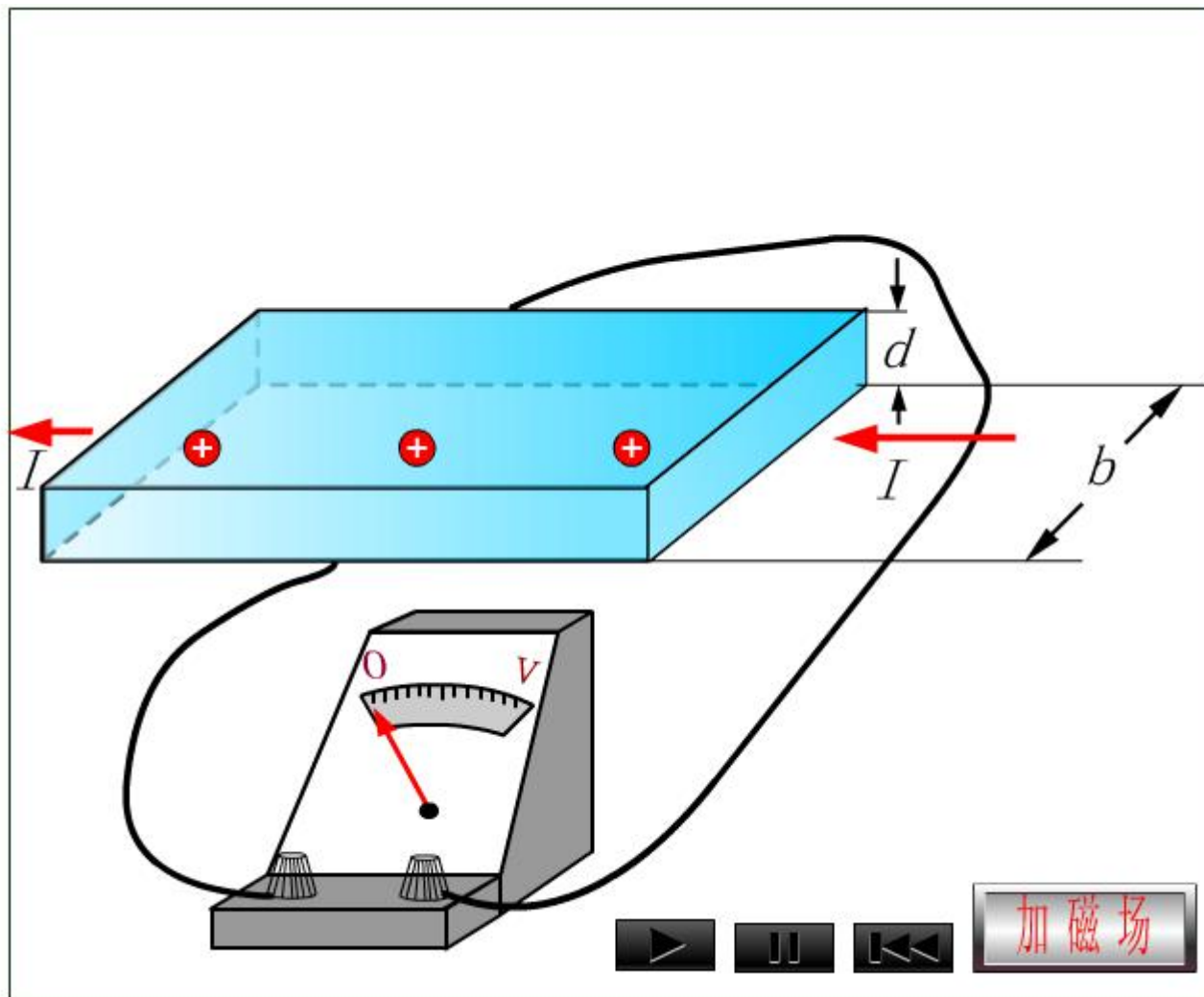
➤应用：电子光学，电子显微镜等。



南理工大学

South China University of Technology

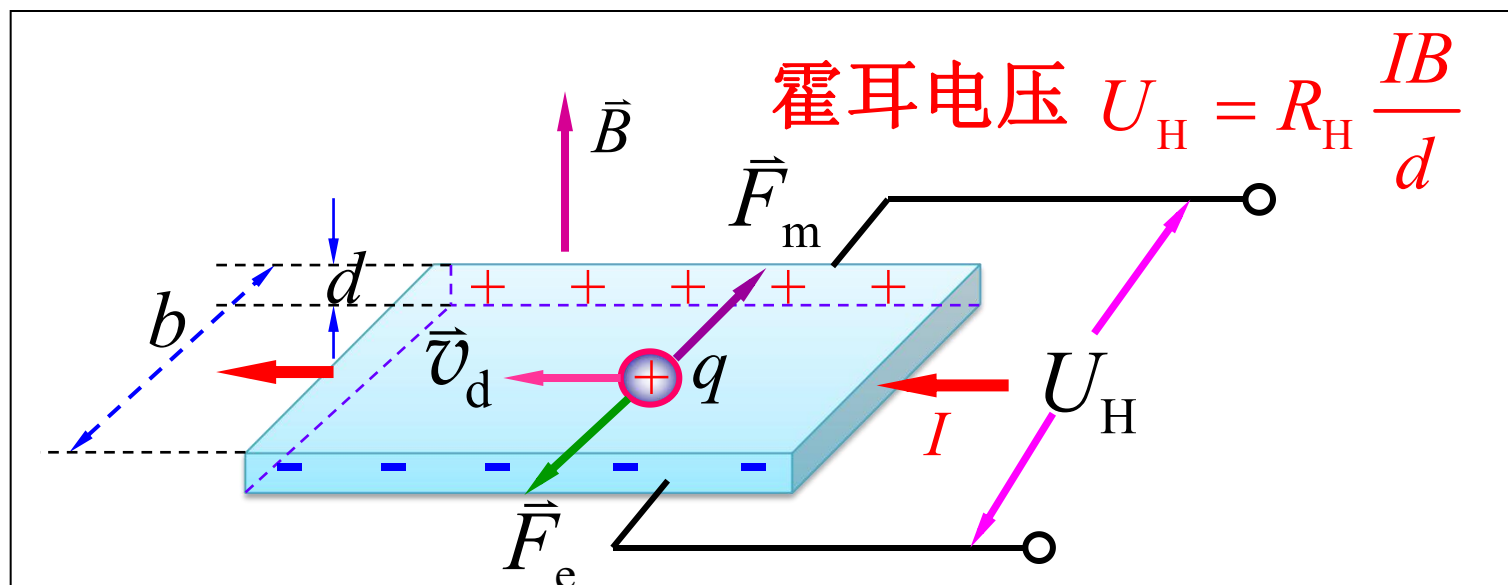
霍耳效应



华南理工大学

South China University of Technology

霍耳效应的原理



$$qE_H = qv_d B$$

$$I = qn v_d S = qn v_d b d$$

$$E_H = v_d B$$

$$U_H = E_H b$$

$$U_H = v_d B b$$

$$U_H = \frac{IB}{nqd}$$

霍耳系数 $R_H = \frac{1}{nq}$

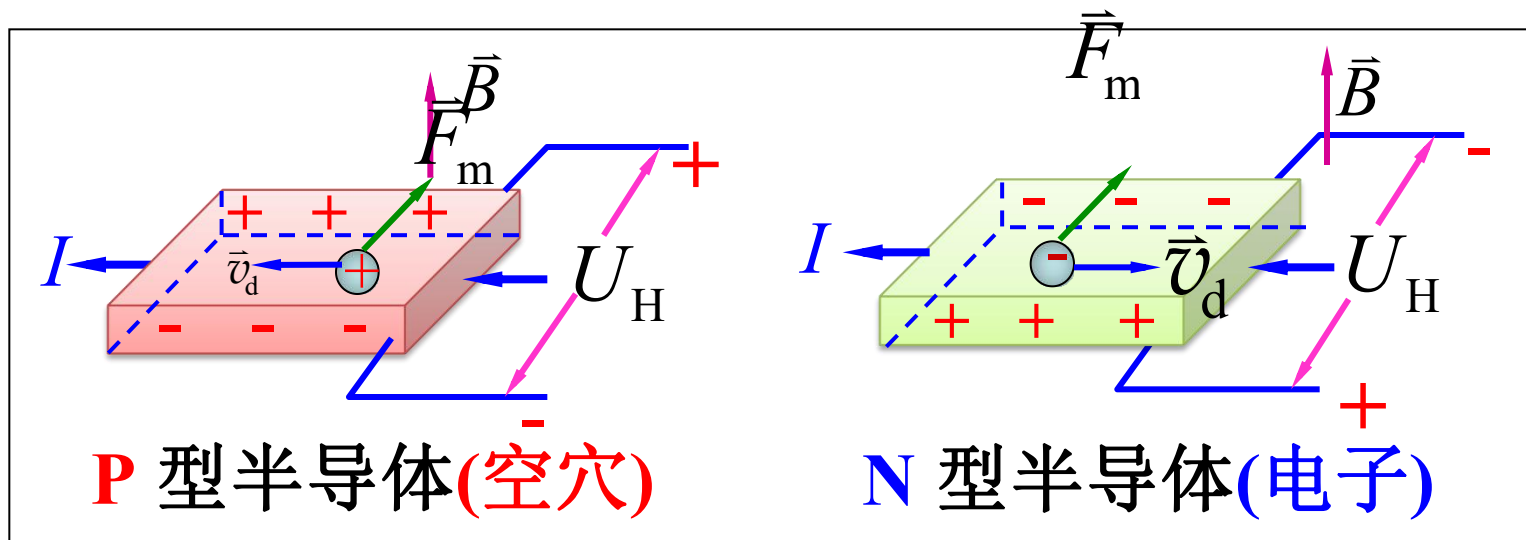


华南理工大学

South China University of Technology

霍耳效应的应用

□ 判断半导体的类型



□ 测量磁场

霍耳电压
$$U_H = R_H \frac{IB}{d}$$

