

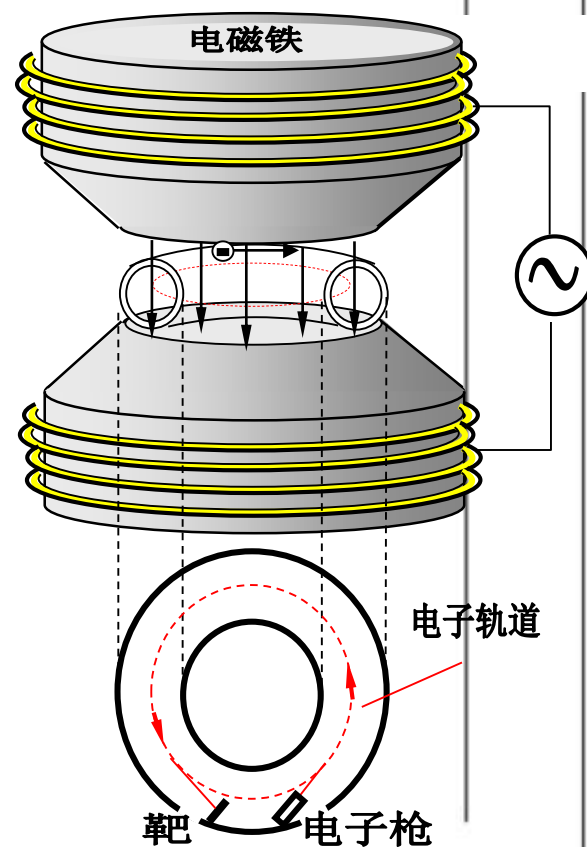


§ 10. 4电磁感应的应用

感应加速器

南开大学

- 感应加速器是一种主要用于产生高速电子（ β 射线）的装置
- 在两个电磁铁上有一线圈，线圈载有很强的交流电流。电磁铁间是一环形真空室，真空室内有电子枪及靶。

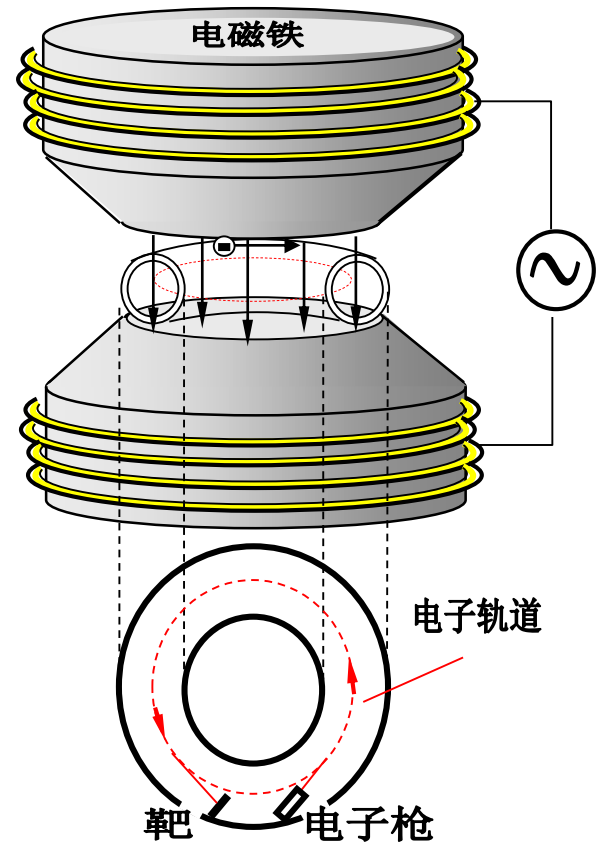


磁场让其旋转；感生的电场使其加速



若电子能够加速，需要满足以下三个条件

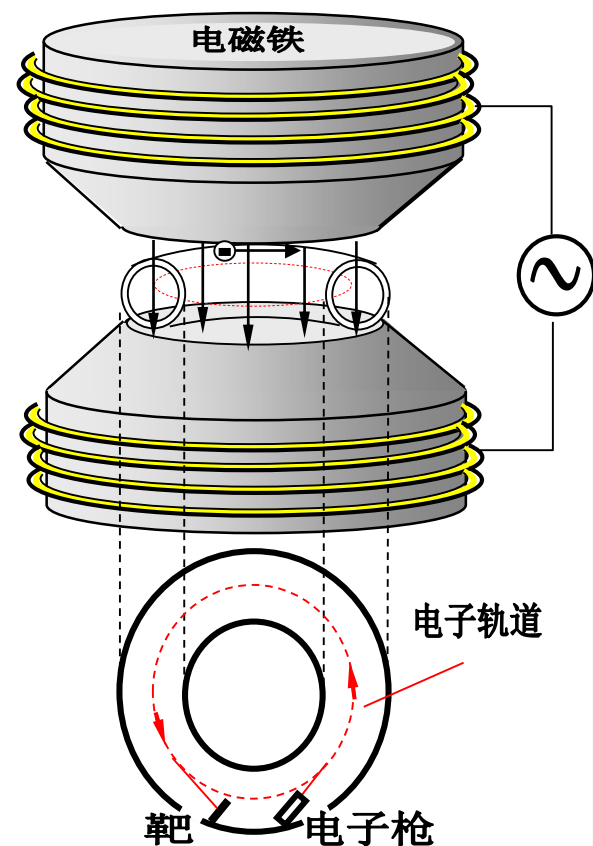
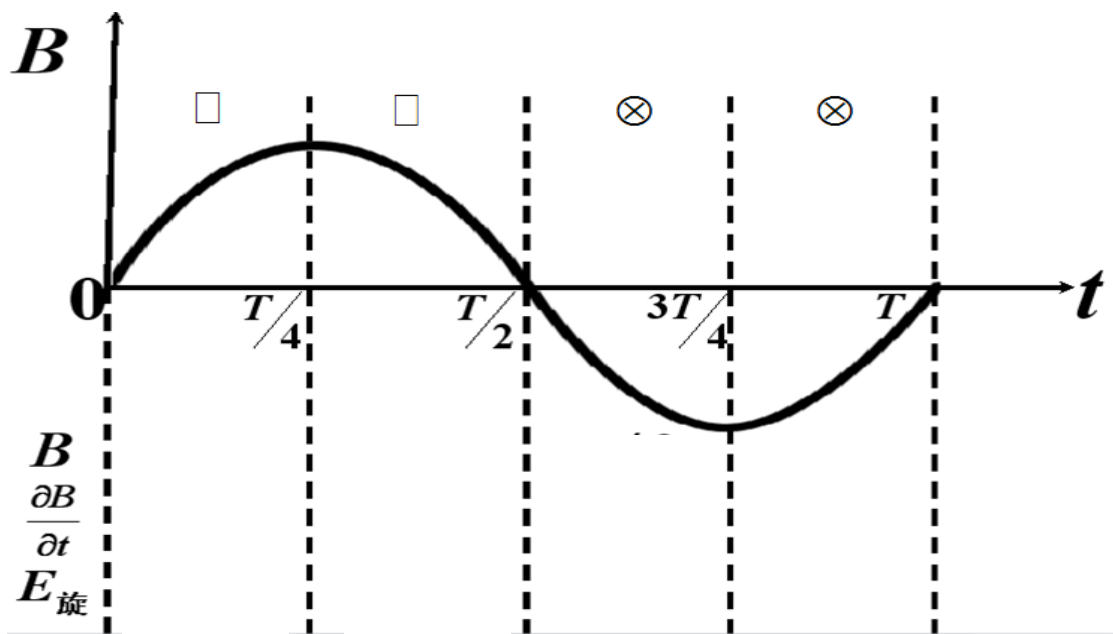
- 加速条件
- 逆时针运动条件
- 恒定轨道条件：

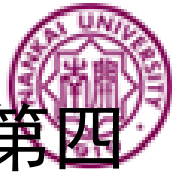


1、加速条件：

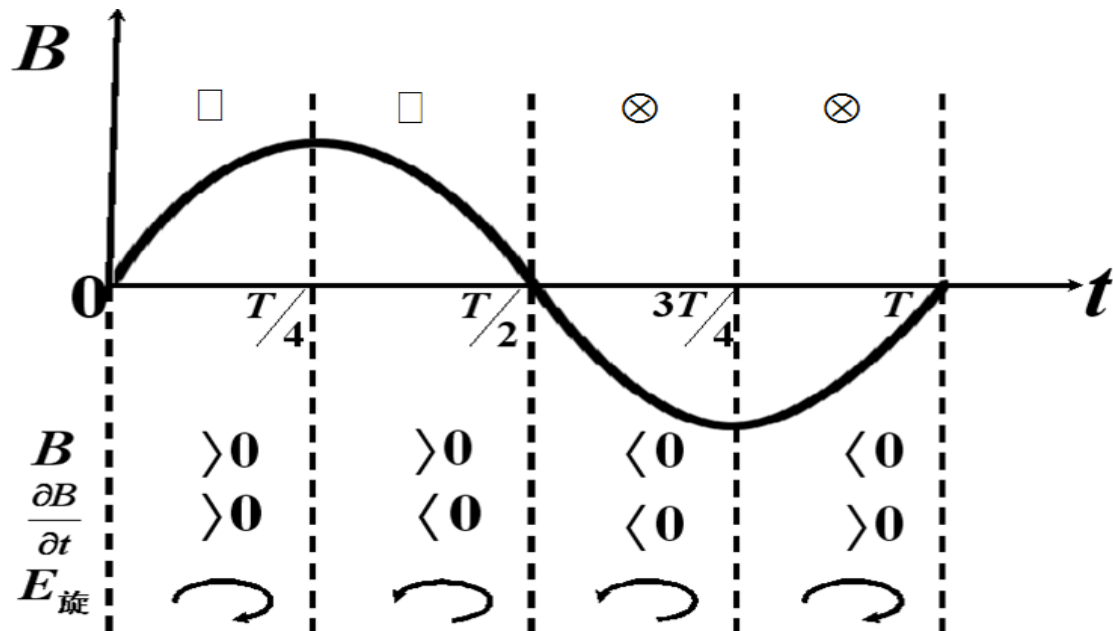
要使电子逆时针旋转，并得到加速，涡旋电场的方向应为顺时针。

磁场向上为正。





- 涡旋电场的方向可由楞次定律确定，只有第一、第四两个四分之一周期内可以满足条件。

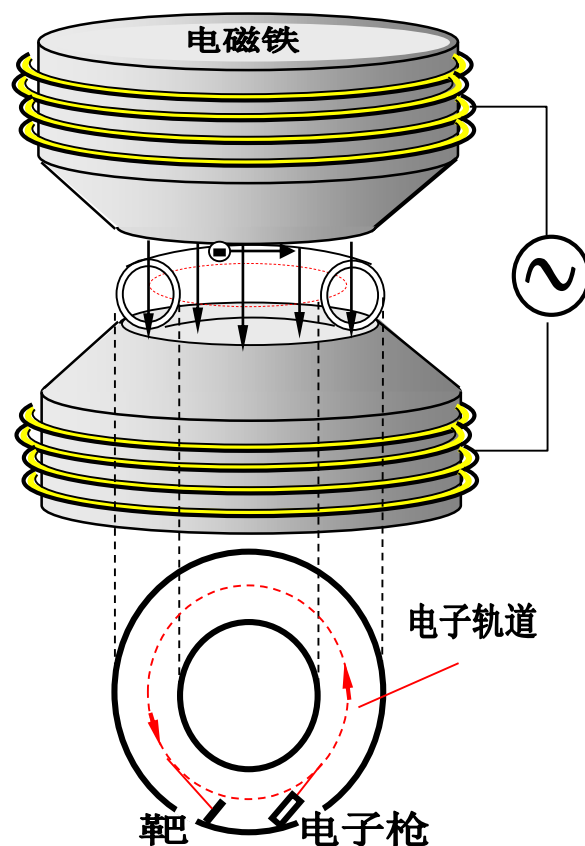
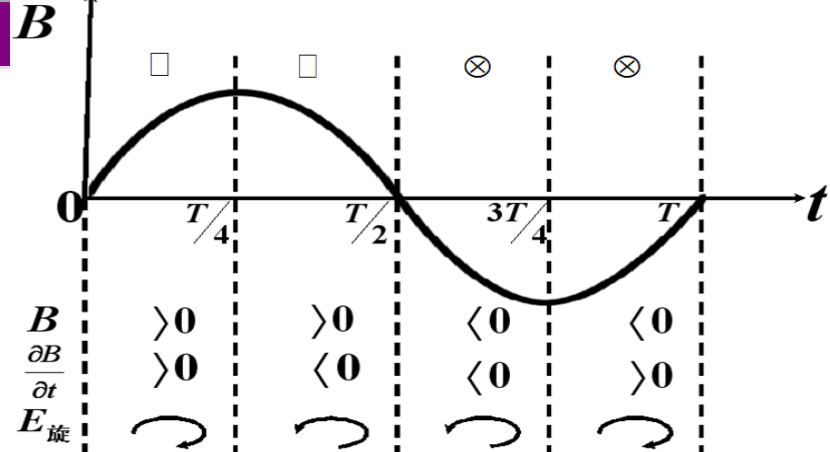


3、逆时针运动条件

- 电子所受洛伦兹力：

$$\vec{F} = -e\vec{v} \times \vec{B}$$

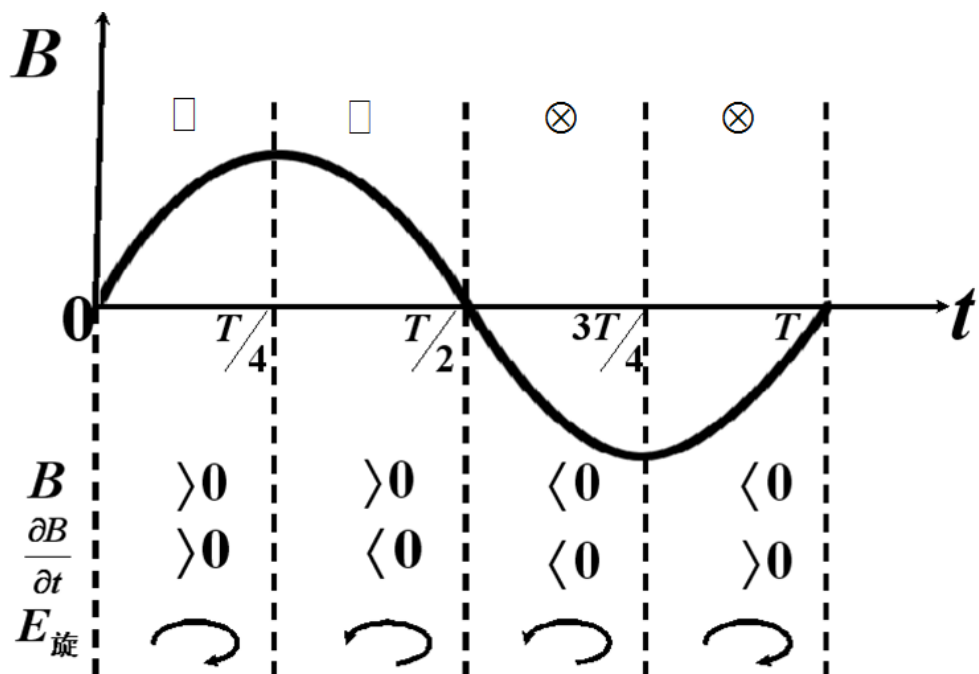
- 要使电子逆时针运动，只有磁场向上，磁场力才指向圆心，提供向心力。
- 所以只有第一、第二两个四分之一周期才能满足要求。





保证涡旋电场为顺时针方向：第一第四个四分之一周期；
提供向心力： B 为正，第一第二个四分之一周期；

只能在第一个四分之一周期才能满足以上两个要求。



3、恒定轨道条件：

- 磁极间的磁场是不均匀的，但是因对称性，在同一圆周上，其大小是相等的。
- 设半径为 R 的轨道上，磁感强度为 B_R ，则电子在该轨道上运动的方程为：

$$evB_R = \frac{mv^2}{R}$$

$$\therefore mv = eRB_R$$

要增大 v ， R 不变的条件是增大 B_R



$$\therefore mv = eRB_R$$

$$P = eRB_R \quad (P \text{ 为电子动量})$$

$$\frac{dP}{dt} = eR \frac{dB_R}{dt} \quad \text{---(1)} \quad (\text{由洛伦兹力得到})$$



$$\oint \vec{E}_{\text{涡}} \cdot d\vec{l} = -\frac{d\phi}{dt}$$

$$\therefore \vec{E}_{\text{涡}} \cdot 2\pi R = -\frac{d\phi}{dt}$$

$$\therefore \vec{E}_{\text{涡}} = -\frac{1}{2\pi R} \frac{d\phi}{dt}$$

由牛顿定律：

$$\frac{dP}{dt} = -eE_{\text{涡}} = \frac{e}{2\pi R} \frac{d\phi}{dt}$$





$$\frac{dP}{dt} = eR \frac{dB_R}{dt} \quad \text{---(1) (由洛伦兹力得到)}$$

$$\therefore \frac{e}{2\pi R} \cdot \pi R^2 \frac{d\bar{B}}{dt} = eR \frac{dB_R}{dt}$$

$$\frac{dB_R}{dt} = \frac{1}{2} \frac{d\bar{B}}{dt}$$

$$\therefore B_R = \frac{1}{2} \bar{B}$$

- 要使R恒定，必须使轨道上磁感强度等于轨道内平均磁感强度的一半。
- 这一条件可通过适当设计磁极形状来实现。



若考虑相对论效应：

$$\therefore mv = eRB_R$$

$$m = \frac{m_o}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$$

随着 v 的增大， m 也会增大，这就要求 B_R 更快的增大。

- 在第一个四分之一周期开始时，将电子注入轨道，结束时将电子引出，可得到最佳的加速效果。
- 尽管只有 $\frac{1}{4}$ T，但电子此间会运动数百万周，当电磁铁的电流很强时，同样可得到能量非常高的电子束。
- 可用于核物理研究、工业探伤、癌症治疗。

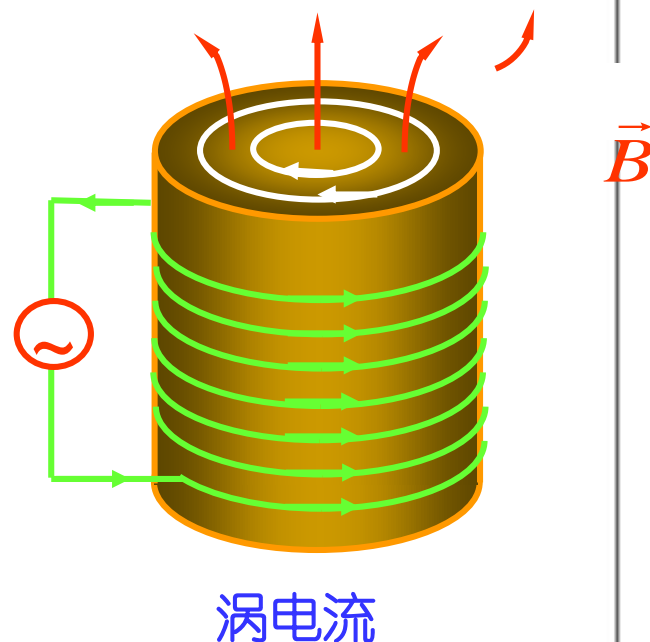




感应加速器

1、热效应

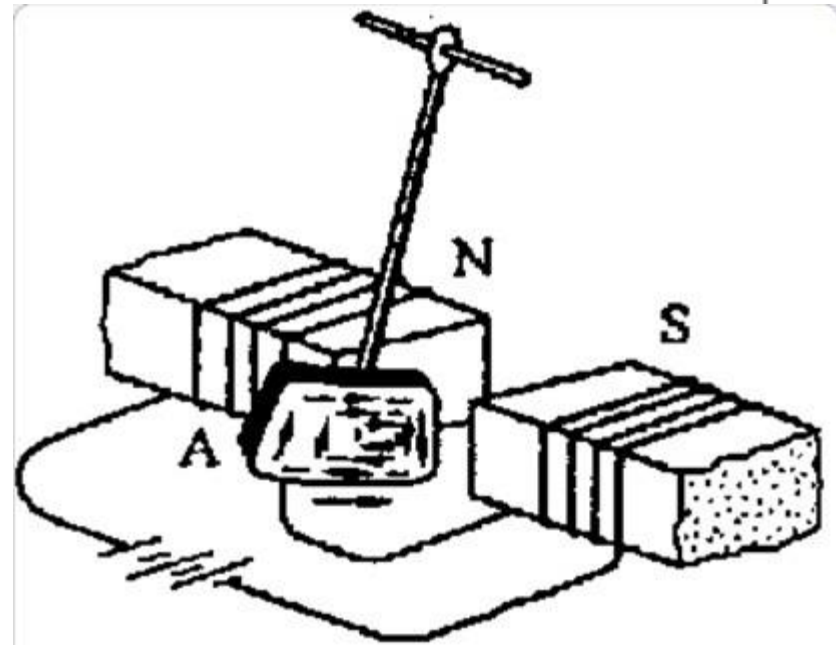
当导体中的磁场发生变化时，就会产生涡旋电动势。由于导体本身电阻较小，就会形成很大的涡旋电流。产生的热功率与电流平方呈正比，因此很大；而且频率越高，热功率就越大。这就是电磁感应的热效应。



- 应用：加热，特点是加热速度快。
- 克服：变压器中的涡流会浪费能量，烧毁变压器。

2、阻尼效应：

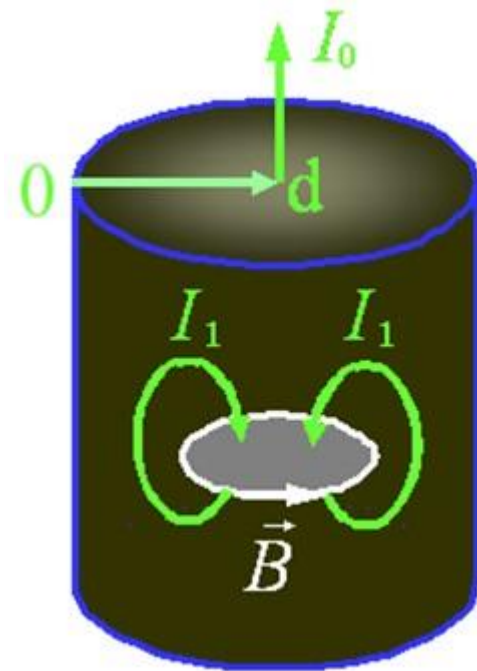
导体摆动过程中，产生感应电流。由楞次定律知，感应电流所受到磁场作用力，总是阻碍导体与磁铁的相对运动，这就是电磁感应的阻尼运动。



- 应用：电磁式仪表中增加阻尼、感应式异步电动机、转速表、电气火车的制动装置。

3、趋肤效应:

在稳恒电流中，导体中的电流密度是均匀的；但当电流为交变电流时，情况就不同了。事实上，此时电流密度从内到外逐渐增大，这种效应就叫电磁感应的趋肤效应。



- 应用：表面淬火。
- 克服：传输电缆采用辫式结构，甚至表面镀银。

4、其它应用：

灵敏电流计、冲击电流计、电磁流量计、感应圈、感式传感器等。





本次课的学习目标，您掌握了吗？

- 你理解电感储能了吗？
- 你能否举出电磁感应现象的一些应用？



本章小结:

- ◆电磁感应定律：法拉第、楞次定律。
- ◆两种电动势：动生电动势、涡旋电动势（从产生机理和计算方法上加以区分）。
- ◆自感和互感概念及计算方法，电感储能计算。