



## 回顾

静电学研究了什么？ 点电荷在静电场中的运动

点电荷在静电场中的受力

静电场电力线的特征？

库仑力

电场力

电场叠加原理

电场强度

均匀电场

沿着电力线的方向电势降落

平行平板电容器

关系？

电场力做功

电势能

保守场

电势叠加原理

电势

# 一、古代对磁的认识

- 公元前2500年前后，中国人民早就已经具有天然的磁石知识。古人将磁石称为慈石来形容磁石“以为母也，故能引其子”的功能。
- 据《吕氏春秋》一书记载，中国在公元前1000年前后就已经有的指南针，他们在古代就已经用磁针来辨别方向了。
- 13、14世纪，罗盘在航海中得到了应用。这种罗盘在1492年哥伦布发现美洲新大陆以及1519年麦哲伦发现环绕地球一周的航线时发挥了重要的作用。
- 希腊人把琥珀叫做“elektron”（与英文“电”同音），他们认为琥珀吸引羽毛是神灵或者魔力的作用。

## 二、磁体

- 十三世纪前后，欧洲学术复兴，通过实验研究自然规律蔚然成风。当时通过磁学实验，发现了磁石有两极，并命名为N极和S极，并证实了异性磁极相吸，同性磁极相斥。还发现一根磁针断为两半时，每一半又各自成为一根独立的小磁针。
- 吉尔伯特总结了多年来关于磁的实验结果，于1600年出《论磁学》。书中指出地球本身就是一块大磁石，并且详细地阐述了罗盘的磁倾角问题。

## 二、电生磁

**奥斯特** (Hans Christian Oersted, 1777 ~ 1851 年)  
丹麦物理学家、化学家。

- 经过大量实验，**1820年奥斯特发现通电导线周围小磁针发生偏转**；于1820年7月21日在法国杂志《化学与物理学年鉴》上发表了他的研究成果；
- 奥斯特的这一伟大发现，被作为划时代的一页载入了史册。为了纪念他，从1934年起，**磁场强度单位命名为奥斯特**。
- **毕奥-萨伐尔定律**-法国科学家毕奥(1774 ~ 1862)和萨伐尔(1791 ~ 1874)在研究长直导线中电流的磁场对磁极作用力的基础上提出电流激发磁场的基本规律是电流元激发磁场的规律。



Hans Christian Oersted  
(1770-1851)

# 安德烈·玛丽·安培 (1775年—1836年)，法国物理学家

在电磁作用方面的研究成就卓著，电流的国际单位安培即以其姓氏命名。

## ①发现了安培定则

提出了磁针转动方向和电流方向的关系及从右手定则的报告，以后这个定则被命名为安培定则。

## ②发现电流的相互作用规律

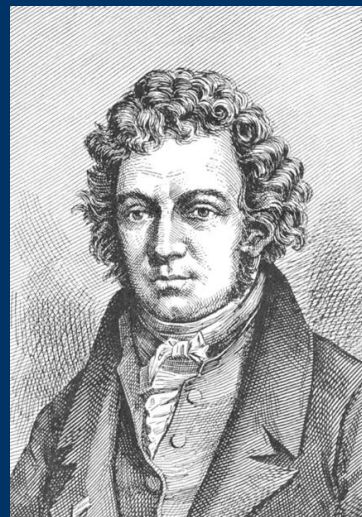
他又提出了电流方向相同的两条平行载流导线互相吸引，电流方向相反的两条平行载流导线互相排斥。

## ③提出分子电流假说

他提出了著名的分子电流假说。安培认为构成磁体的分子内部存在一种环形电流——分子电流。

## ④总结了电流元之间的作用规律——安培定律

描述两电流元之间的相互作用同两电流元的大小、间距以及相对取向之间的关系。后来人们把这定律称为安培定律。

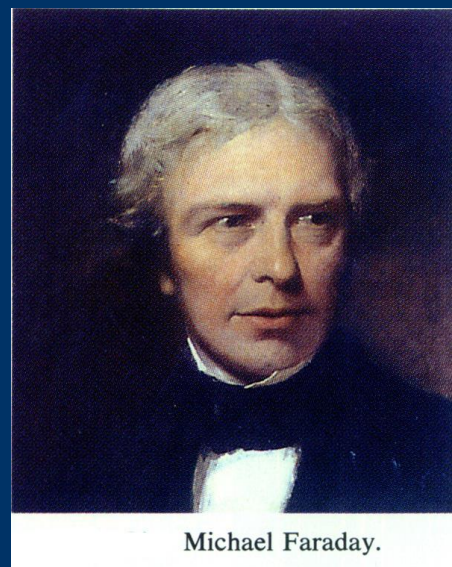


## 二、电磁感应

运动电荷（电流）周围存在磁场，而电和磁又是有相互联系的，那么磁场是否可以产生电场呢？

**迈克尔·法拉第 (1791-1867)**

十九世纪最伟大的实验物理学家之一，同时又是杰出的化学家和自然哲学家，他在电磁学研究方面的卓越贡献如同伽利略、牛顿在力学方面的贡献一样，具有划时代的意义。



## 电磁感应的发现：

- 通过奥斯特实验，法拉第认为电与磁是一对和谐的对称现象。既然电能生磁，他坚信磁亦能生电。经过10年探索，历经多次失败后，1831年8月26日终于获得成功。这次实验因为是用伏打电池在给一组线圈通电（或断电）的瞬间，在另一组线圈获得的感生电流，他称之为“伏打电感应”。
- 同年10月17日完成了在磁体与闭合线圈相对运动时在闭合线圈中激发电流的实验，他称之为“磁电感应”。
- 经过大量实验后，他终于实现了“磁生电”的夙愿，宣告了电气时代的到来。
- 1833年，楞次提出了**楞次定律**——一条由电磁感应得出感应电动势方向的电磁学定律。亥姆霍兹证明楞次定律是电磁现象的能量守恒定律。

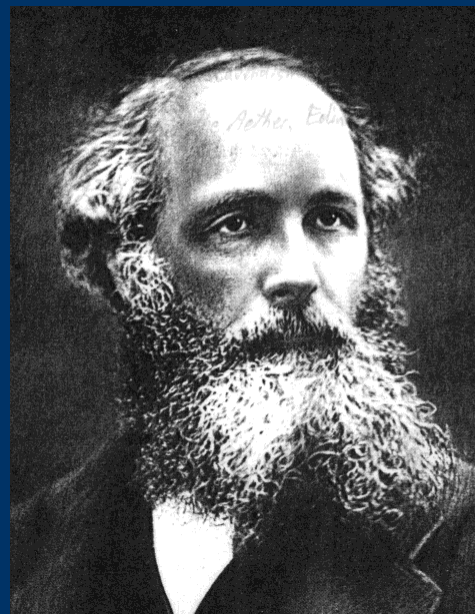
## 四、麦克斯韦方程组

- 19世纪中期，描述电场、磁场的性质以及电、磁场相互关系的库仑定律、高斯定理、安培定律、法拉第电磁感应定律已相继建立，法拉第关于力线和场的概念已经提出，创立电磁场理论的条件已趋成熟。麦克斯韦大胆提出“位移电流”和“涡旋电场”假说，并用一组方程概括了原有的各个电磁学定律，实现了科学认识的革命性变革。

### 詹姆斯·克拉克·麦克斯韦

(James Clerk Maxwell 1831-1879)

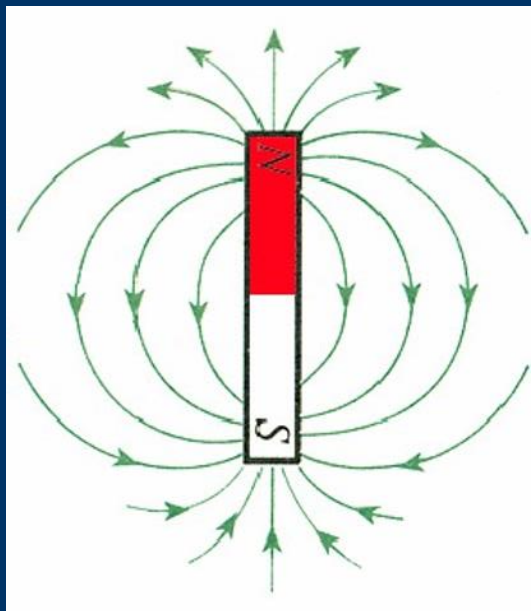
19世纪伟大的英国物理学家、数学家。



**麦克斯韦是继法拉第之后，集电磁学大成的伟大科学家。**  
他依据库仑、高斯、欧姆、安培、毕奥、萨伐尔、法拉第等前人的一系列发现和实验成果，建立了第一个完整的电磁理论体系，不仅科学地预言了电磁波的存在，而且揭示了光、电、磁现象的本质的统一性，完成了物理学的又一次大综合。这一理论自然科学的成果，奠定了现代的电力工业、电子工业和无线电工业的基础。

## 4.1 磁场

### 一.磁力线 (磁场线)



没有单个的磁极！！

提个问题？ 磁体内部磁力线？

磁体内部、外部磁力线之间的关系？

磁力线如何画出来的？

磁力线想表达什么？

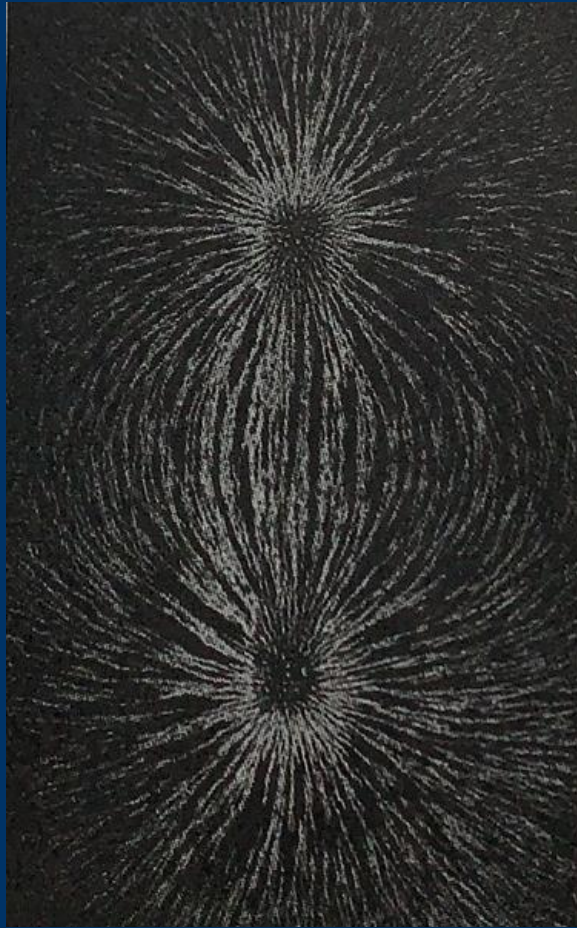
画磁力线的原则是什么？

磁场强弱、方向

稳恒磁场的特性

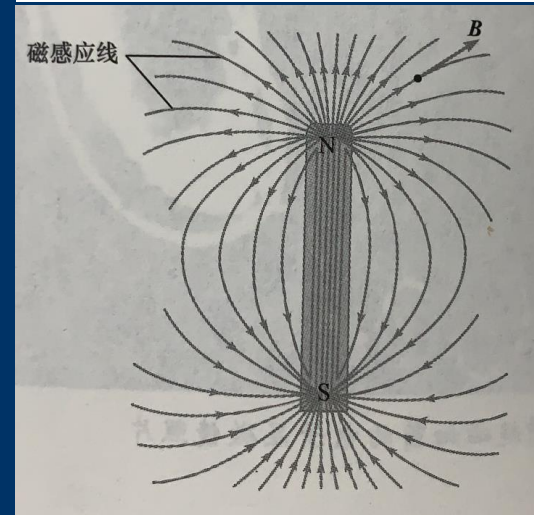
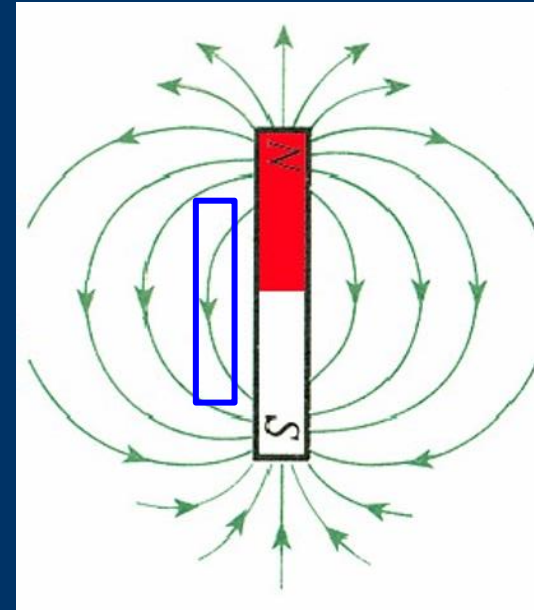
## 4.1 磁场

### 一. 磁力线(磁场线)



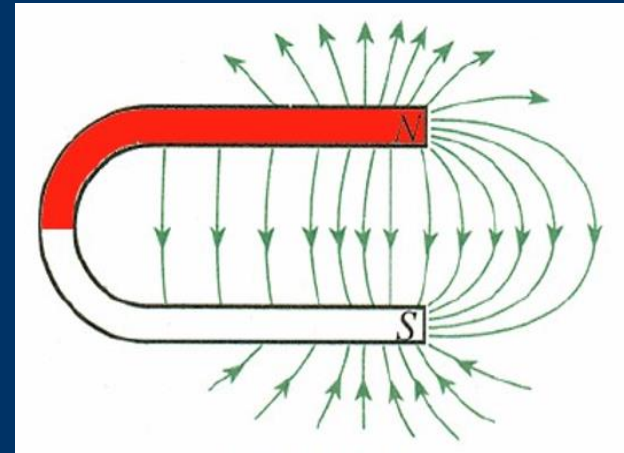
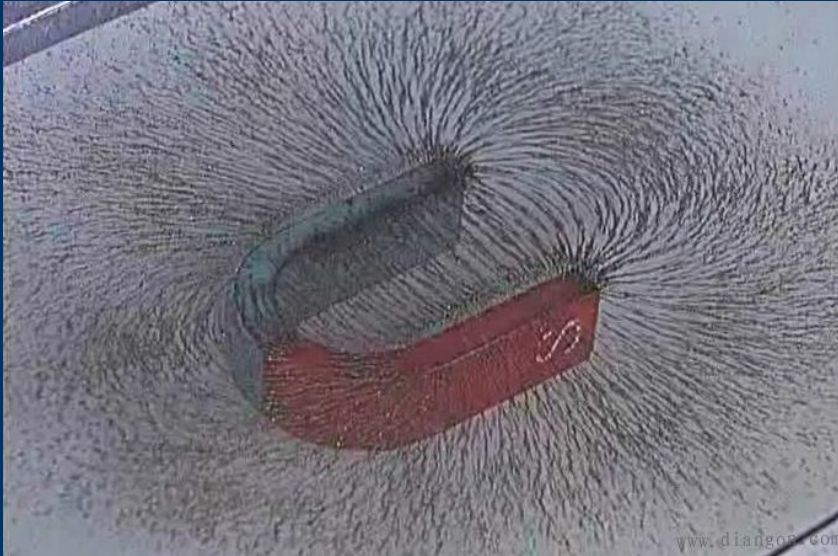
思考：  
蓝色矩形中的  
那根磁力线  
如何闭合？

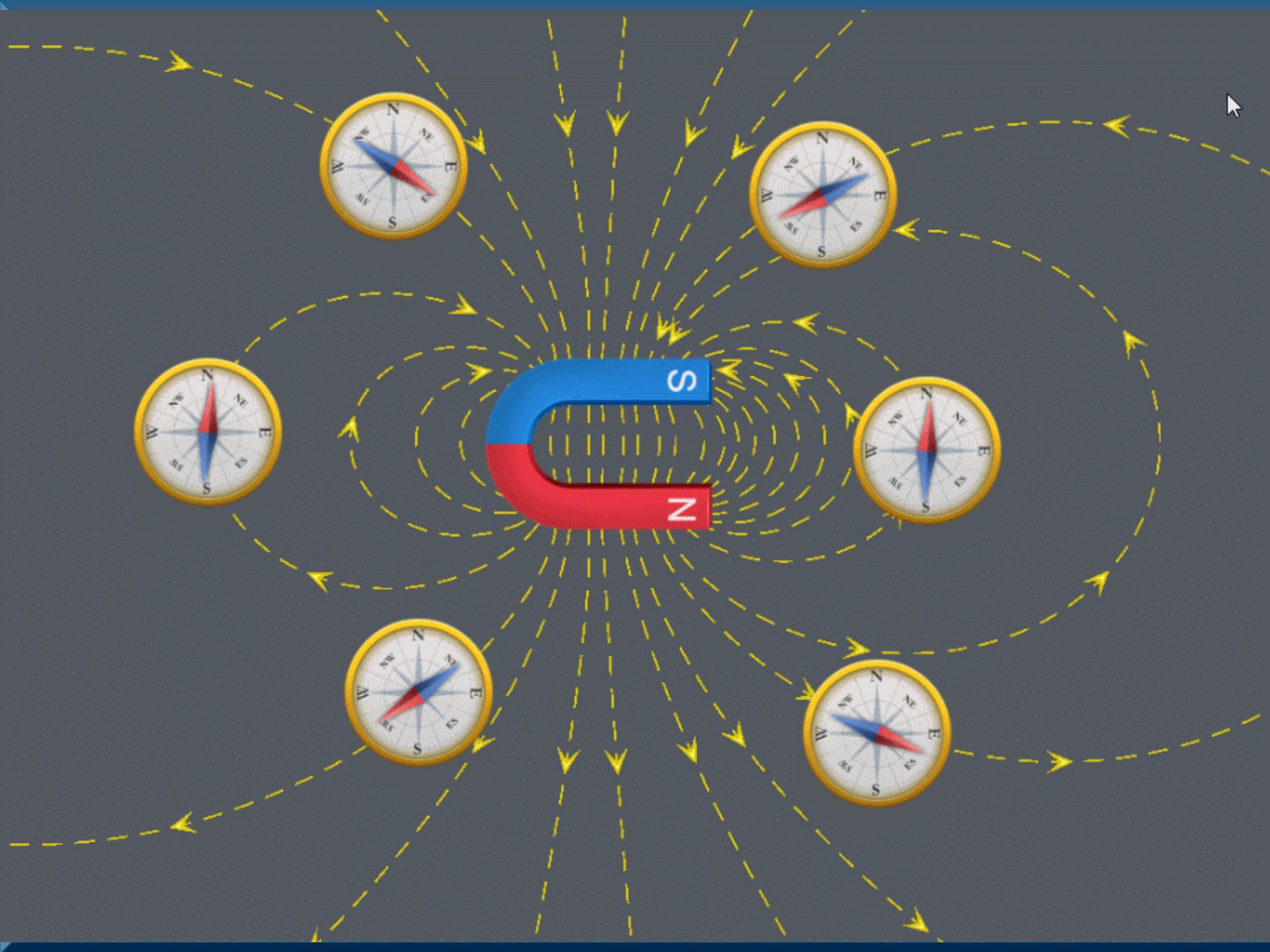
磁力线是无头无尾的闭合线

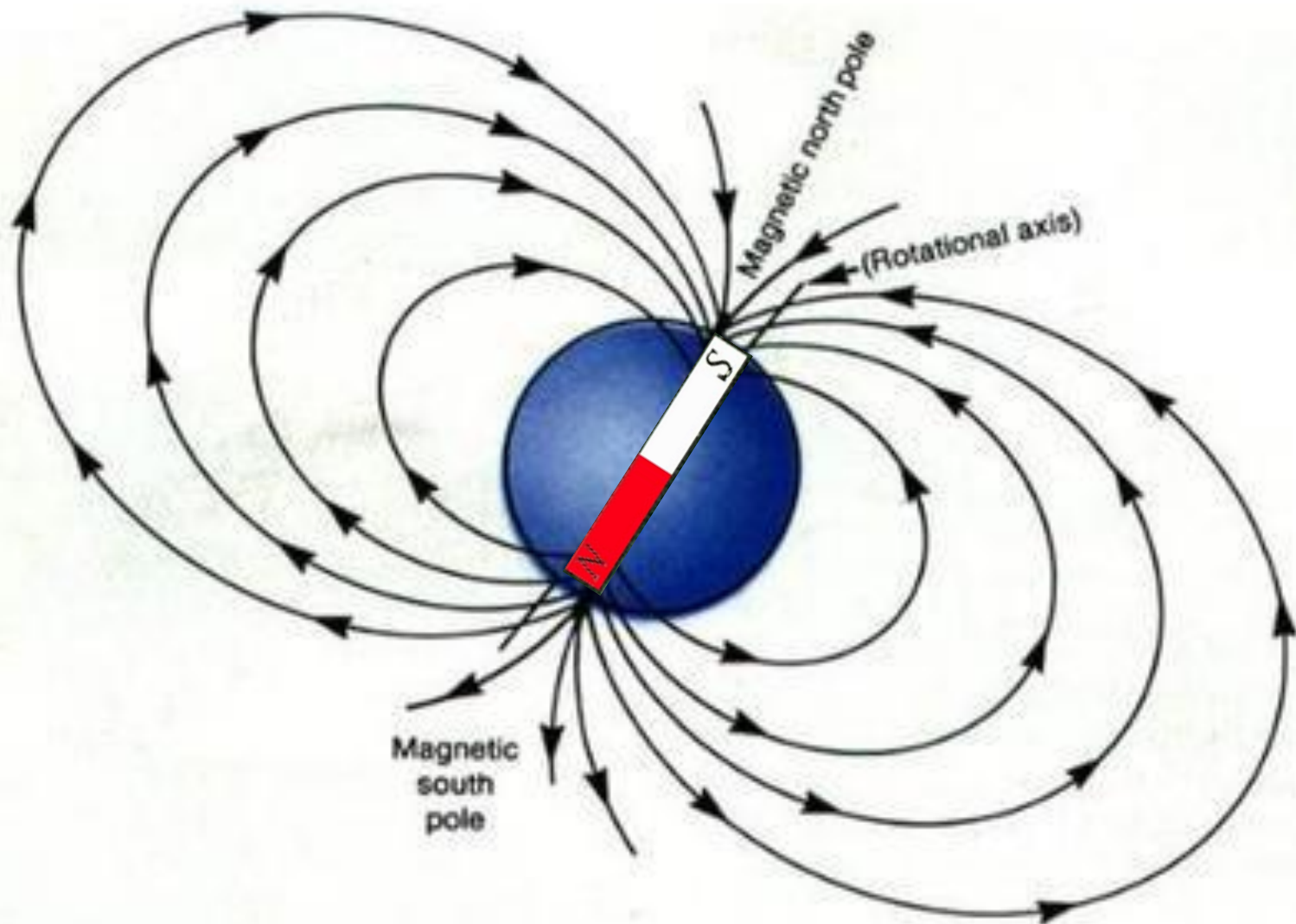


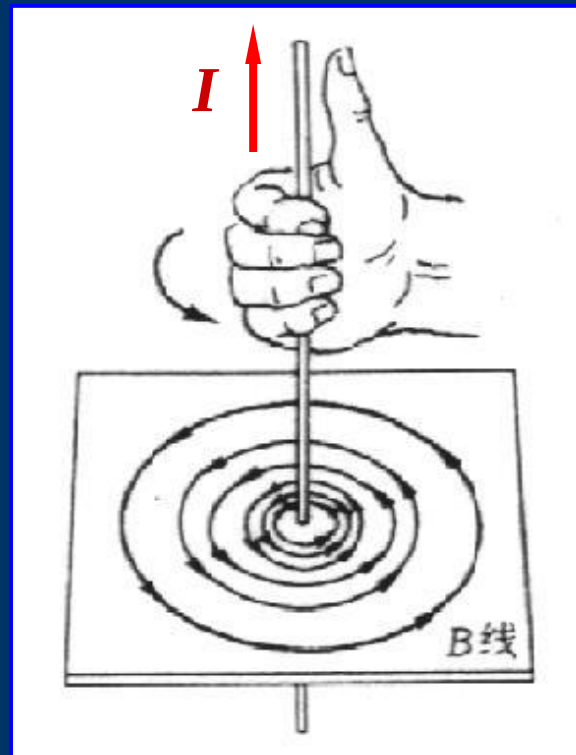
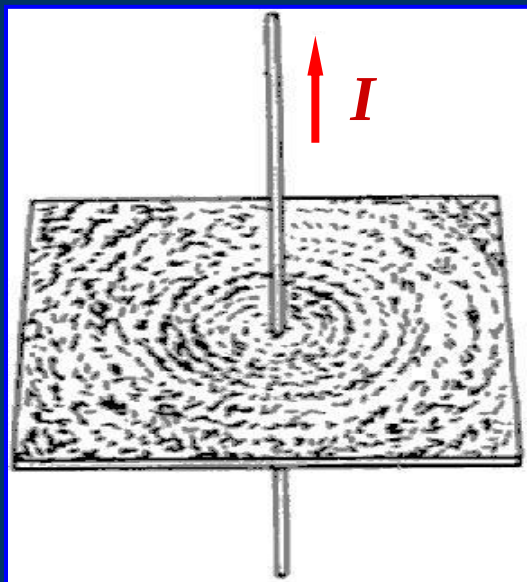
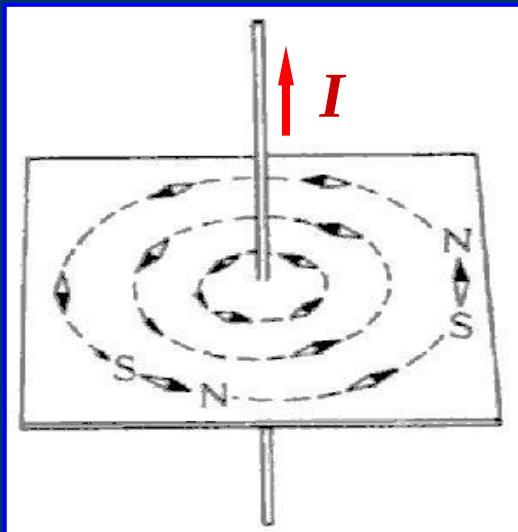
## 4.1 磁场

### 一. 磁力线(磁场线)









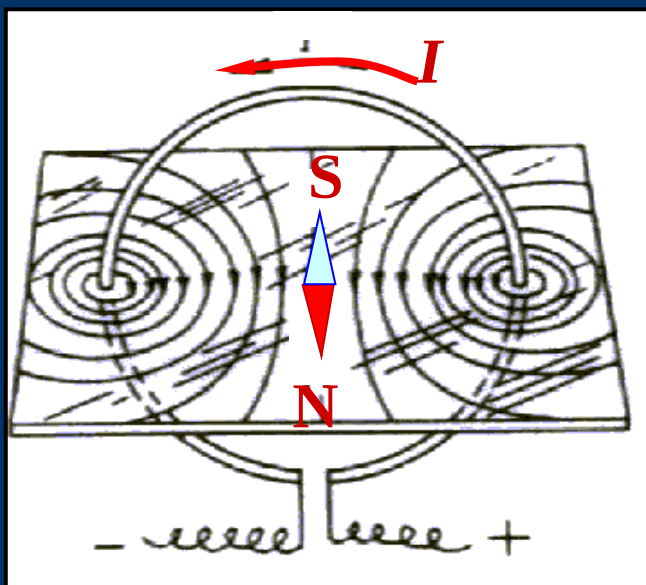
就图提个问题？

无限长的直导线 磁力线为何是同心圆环？

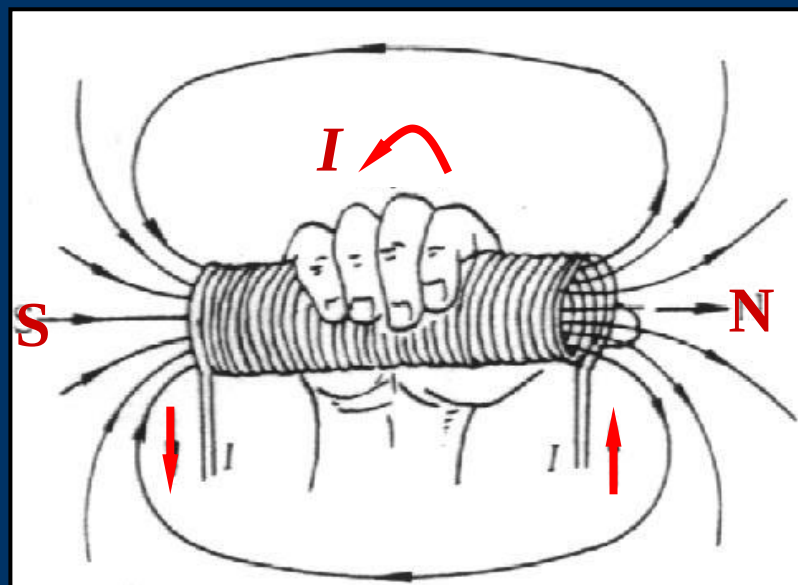
同心圆环上箭头是什么含义？

磁力线与电流的关系？

同心圆环不等间距？



环形电流



长直螺线管

思考:(1) 磁性物质和电流产生的磁场,在磁效应方面有区别吗?  
 (2) 如何将磁性物质和电流产生的磁场统一起来?

## 二. 磁力线的特征

(1) 无头无尾的闭合线

(2) 与电流相互套连，服从右手螺旋定则



磁力线

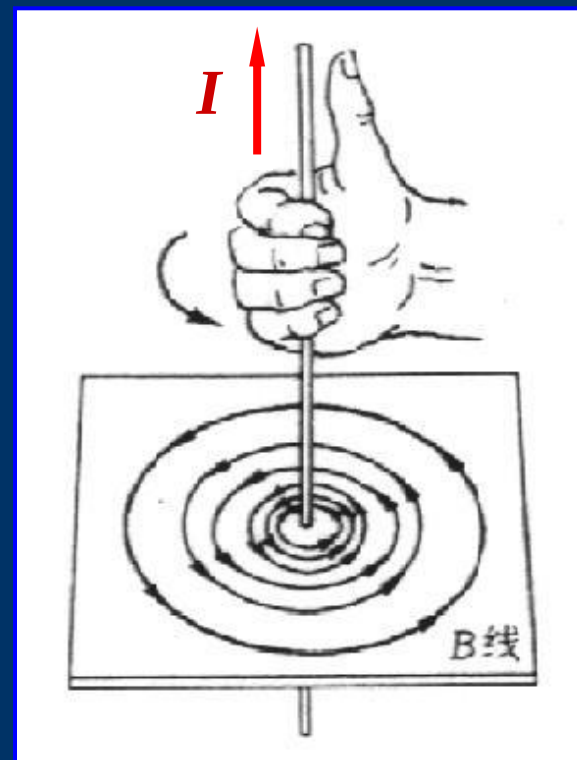
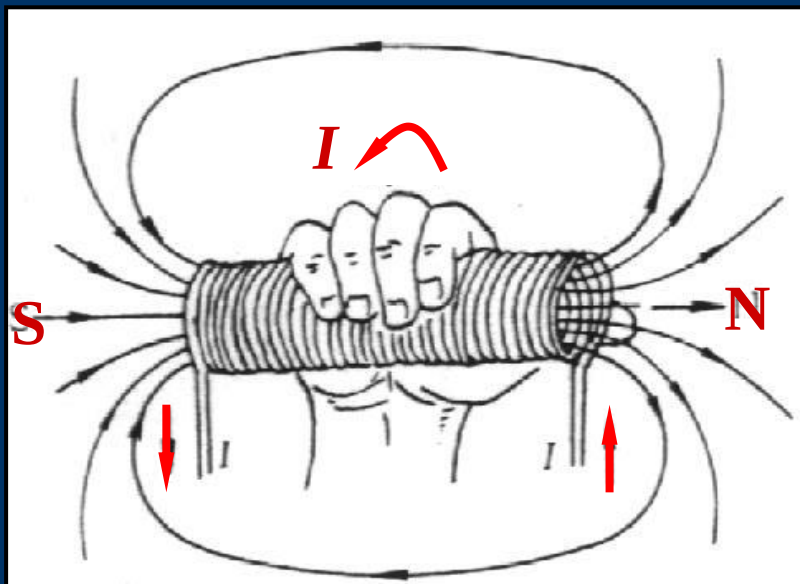
电流

闭合的

稳恒电流----闭合电流

## 二. 磁力线的特征

- (1) 无头无尾的闭合曲线
- (2) 与电流相互套连，服从右手螺旋定则



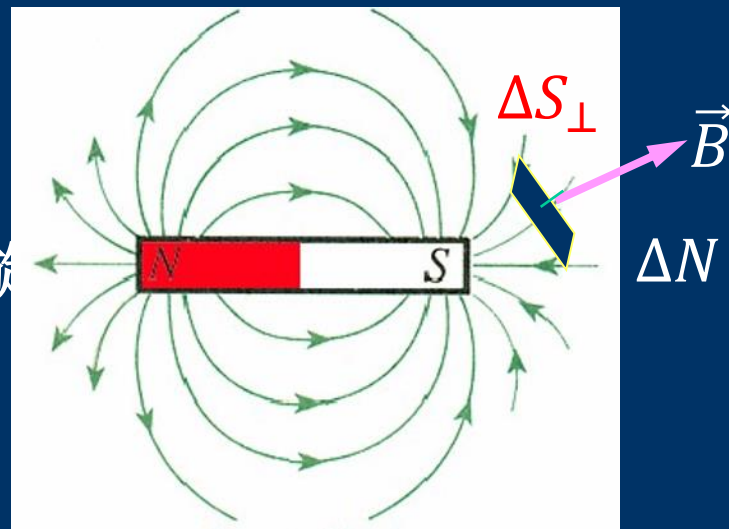
## 二. 磁力线的特征

- (1) 无头无尾的闭合曲线
- (2) 与电流相互套连，服从右手螺旋
- (3) 磁力线不相交

与电流关系？

规定：

- (4) 方向：磁力线切线方向为磁感应强度  $\vec{B}$  的方向
- (5) 大小：垂直  $\vec{B}$  的单位面积上穿过的磁力线条数为磁感应强度  $\vec{B}$  的大小



$$B = \frac{\Delta N}{\Delta S_{\perp}}$$

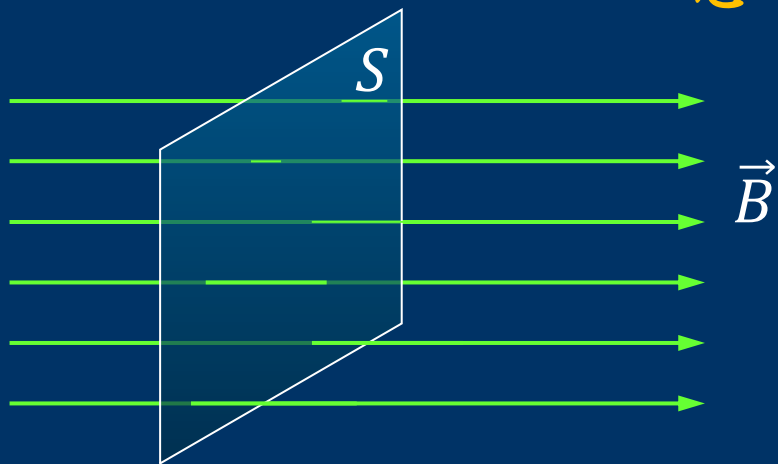
### 三. 磁通量

磁强大小取决于磁力线的疏密

$$B = \frac{\Delta N}{\Delta S_{\perp}}$$

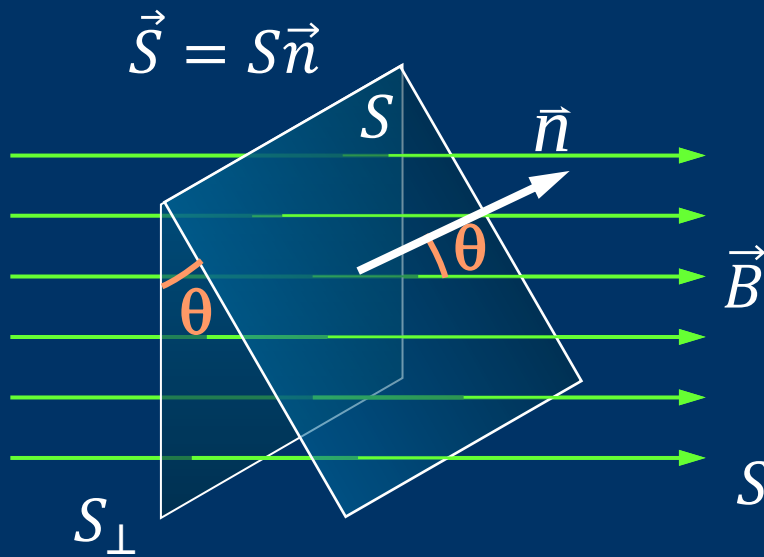
磁通量：在磁感应强度为 $B$ 的匀强磁场中，有一个面积为 $S$ 且与磁场方向垂直的平面，其中 $B$ 与 $S$ 的乘积，叫做穿过这个平面的磁通量（Magnetic Flux），符号“ $\Phi$ ”。单位：韦伯。

思考：如何使用磁力线表示均匀磁场



$$N = BS$$

思考：如果不垂直呢？



$$\phi = N = B S \cos\theta = \vec{B} \cdot \vec{S}$$

思考：非均匀磁场呢？

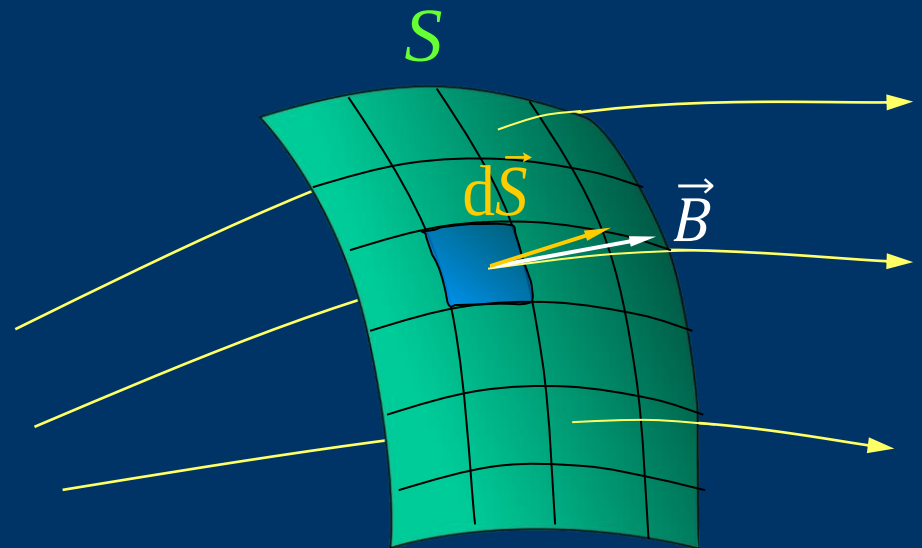
$$S_{\perp} = S \cos\theta$$

(有效面积 $s$ ，即垂直通过磁场线的面积)

矢量面元  $d\vec{S} = dS \vec{n}$

$$dN = \vec{B} \cdot d\vec{S}$$

$$\phi = N = \int_S \vec{B} \cdot d\vec{S}$$

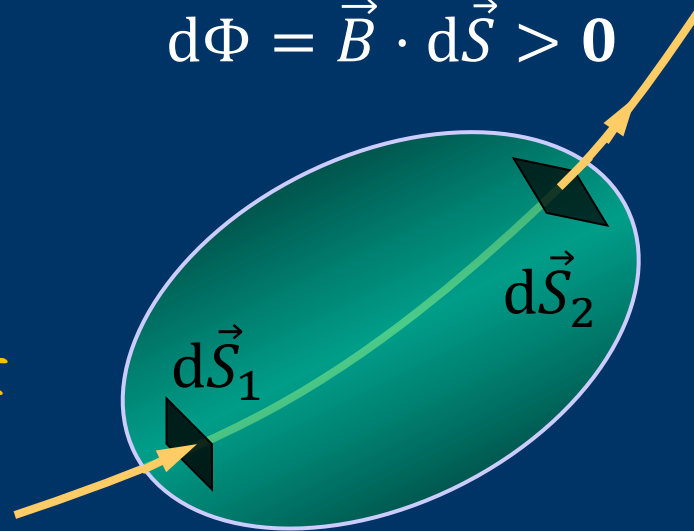


## 四. 磁场的高斯定理

磁通量是一个代数量

$$d\Phi = \vec{B} \cdot d\vec{S} < 0$$

$$d\Phi = \vec{B} \cdot d\vec{S} > 0$$



那通过这个闭合曲面的磁通量是多少呢？

磁力线都是闭合曲线

$$\Phi_m = \oint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0$$

## 四. 磁场的高斯定理 思考下：想描述什么？

磁力线都是闭合曲线

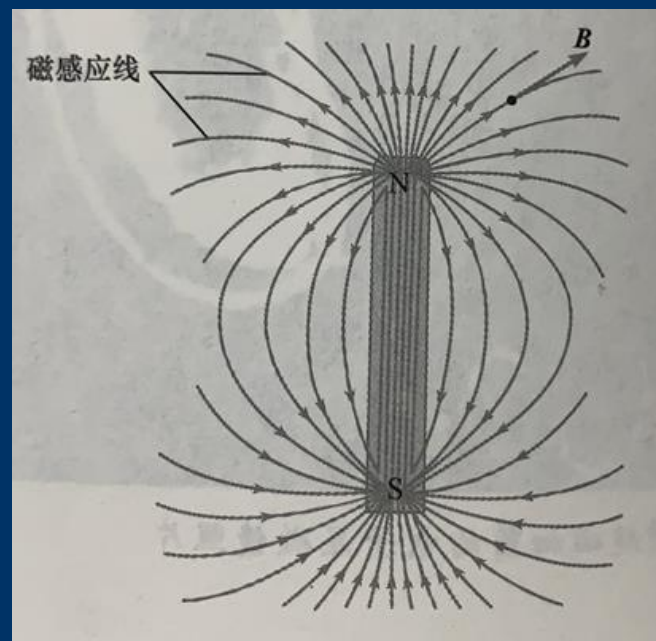
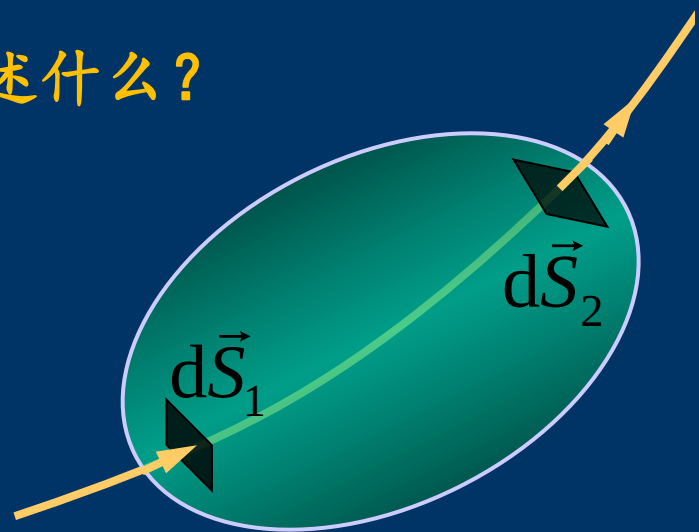
$$\Phi_m = \oint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0$$

磁力线既没有起始点，也没有终止点，即磁力线既没有源头，也没有尾

—— 磁场是无源场 (涡旋场)

回忆：静电场是有源场 (无涡旋场)

表现在电力线：起于、终于、不闭合



1 均匀磁场的磁感应强度为 $\vec{B}$ 垂直于半径为 $R$ 的圆面，今以该圆周为边线做一半球面，其面积为 $S$ ，则通过该半球面磁通量的大小为

- A  $2\pi R^2 B$
- B 0
- C  $\pi R^2 B$
- D 无法确定

提交

## 4.2 磁力



趋磁细菌

## 4.2 磁力

### 一. 运动电荷受到的磁力

以速度  $\boldsymbol{v}$  运动的单个带电量  $q$  的粒子在磁场中受到的磁场力  $\boldsymbol{f}$

#### ★ 演示实验



## 4.2 磁力

### 一.运动电荷受到的磁力

以速度  $\vec{v}$  运动的单个带电量  $q$  的粒子在磁场中受到的磁场力  $\vec{f}$



演示实验

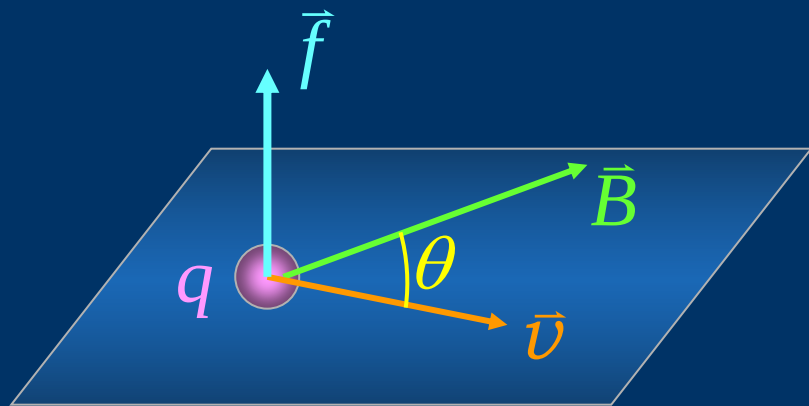
$$f \propto q, B, v, \sin \theta$$

$$|\vec{f}| = qvB \sin \theta$$

洛伦兹力      方向：右手定则

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

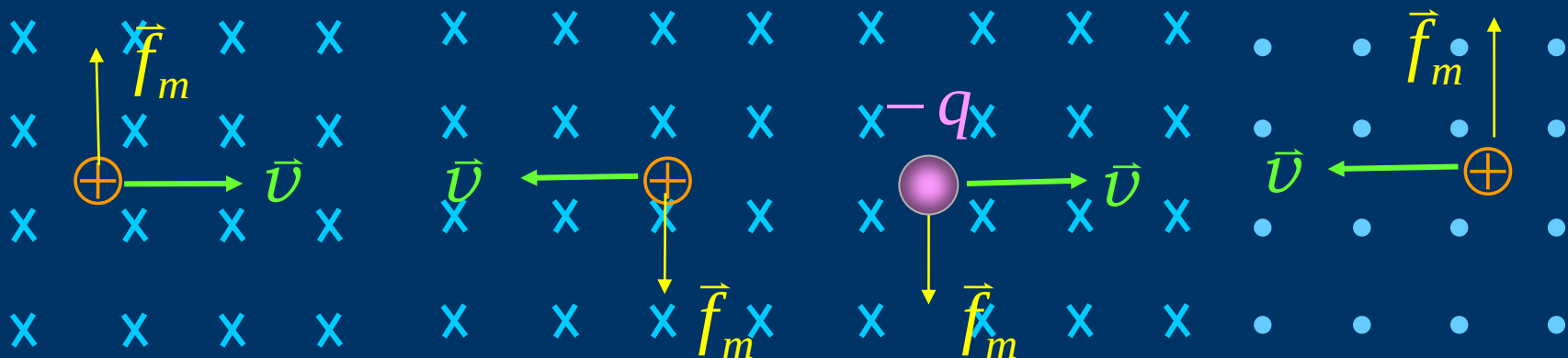
$$\text{特斯拉} = \frac{\text{牛顿}}{\text{库仑} \cdot \text{米/秒}}$$



## 二. 磁力所做的功

(1) 洛伦兹力始终与电荷运动方向垂直, 故  $\vec{f}$  对电荷不作功  
只改变粒子的方向, 而不改变它的速率和动能

(2)  $q$  为负时,  $\vec{f}$  反向



**例** 一帶有电荷  $q$  粒子以速率  $v$  垂直进入匀强磁场，该匀强磁场垂直于纸面向内。分析带电粒子的运动。

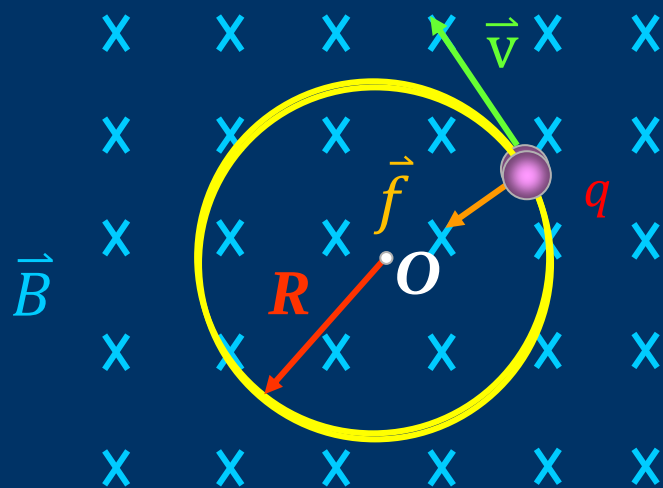
$$qvB \sin \frac{\pi}{2} = m \frac{v^2}{R}$$

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

$R$  与  $v$  成正比

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

$T$  与  $v$  无关



它是磁聚焦，回旋加速器的基本理论依据。课外自学