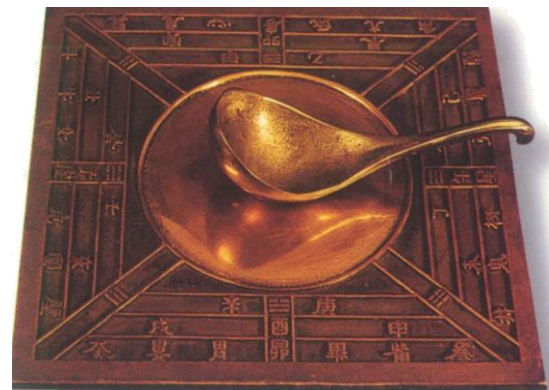


§ 8-2 磁感应强度

一、基本磁现象

中国在磁学方面的贡献：



- 最早发现磁现象：磁石吸引铁屑
- 春秋战国《吕氏春秋》记载：磁石召铁 司南勺
- 东汉王充《论衡》描述：
司南勺—最早的指南器具
- 十一世纪沈括发明指南针，发现地磁偏角，
比欧洲的哥伦布早四百年
- 十二世纪已有关于指南针用于航海的记载

早期的磁现象包括：

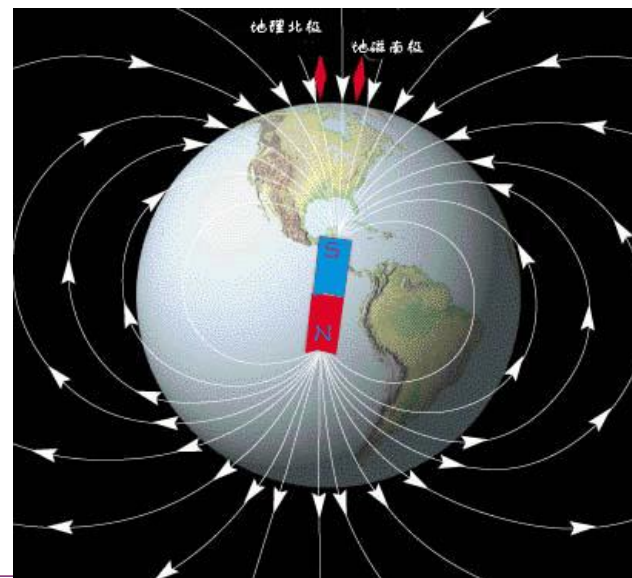
S N

(1) 天然磁铁吸引铁、钴、镍等物质。

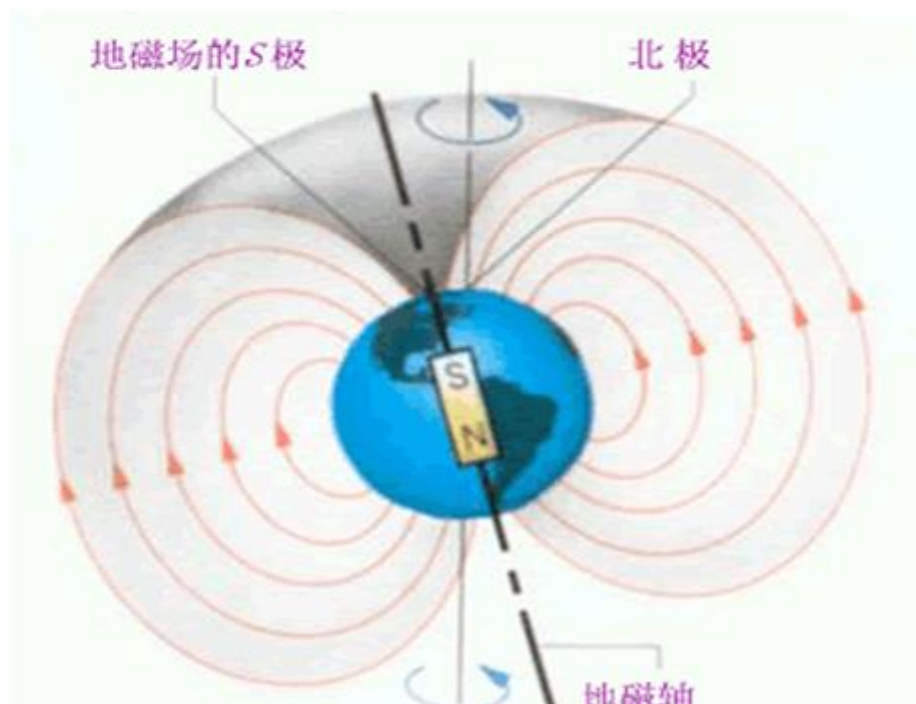


(2) 条形磁铁两端磁性最强，称为磁极。任一磁铁总是 两极同时存在，在自然界不存在独立的N极、S极。同性磁极相互排斥，异性磁极相互吸引。磁单极子虽理论预言存在，至今尚未观察到。

(3) 地球本身为一个磁体，地球磁体N、S极与地理南北极不是同一点。存在磁偏角。



地球的 N 极在地理南极附近， S 极在地理北极附近，故能把磁针的 N 极吸向北面， S 极吸向南面。但因地理南、北极和地磁（地球磁铁）南、北极的位置不完全重合，所以水平放置的磁针，其指向并不沿着地理子午线（经线），而与地理子午线之间成一角度，并称为地磁偏角，其值约为 $3^{\circ} \sim 4^{\circ}$ 之间，视地区不同而略有差异。

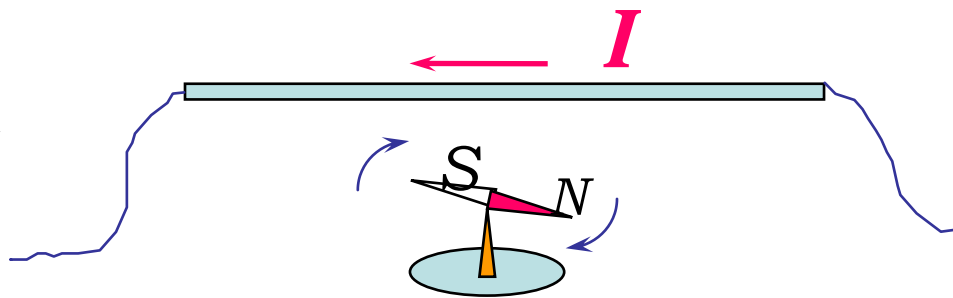


在历史上很长一段时期里,人们曾认为磁和电是两类截然不同的现象。

1819年,奥斯特实验首次发现了电流与磁铁间有力的作用,才逐渐揭开了磁现象与电现象的内在联系。

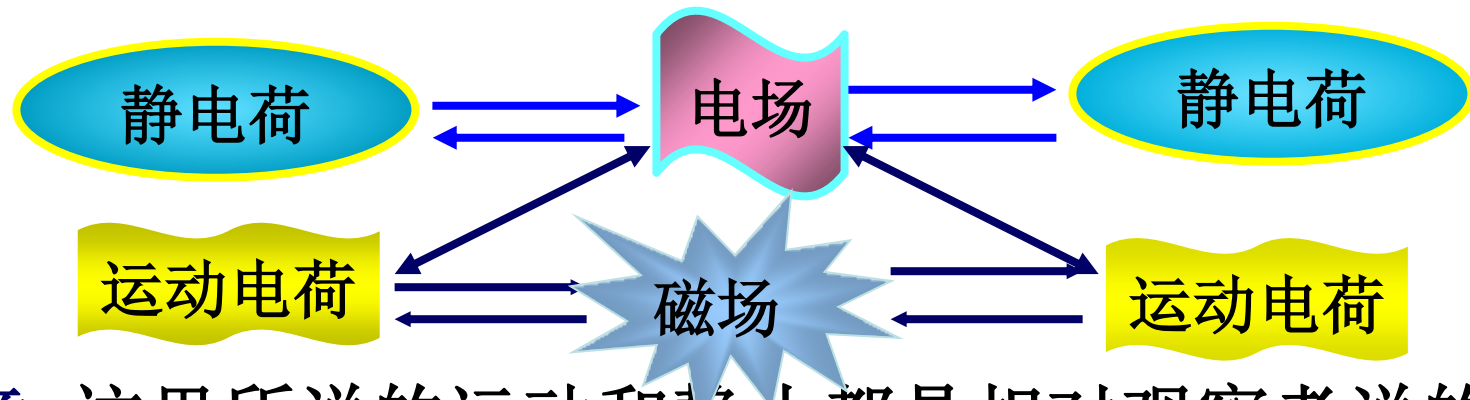


1820年7月21日,奥斯特以拉丁文报导了60次实验的结果。



1822年，安培提出分子电流假设：磁现象的电本质——运动的电荷产生磁场

电荷(不论静止或运动)在其周围空间激发电场,而运动电荷在周围空间还要激发磁场:在电磁场中,静止的电荷只受到电力的作用,而运动电荷除受到电力作用外,还受到磁力的作用。电流或运动电荷之间相互作用的磁力是通过磁场而作用的,故磁力也称为磁场力。



注意:这里所说的运动和静止都是相对观察者说的,同一客观存在的场,它在某一参考系表现为磁场,而在另一参考系中却可能表现为电场。

二、磁感应强度

设运动试探电荷产生的 B 不改变原来的 B 分布

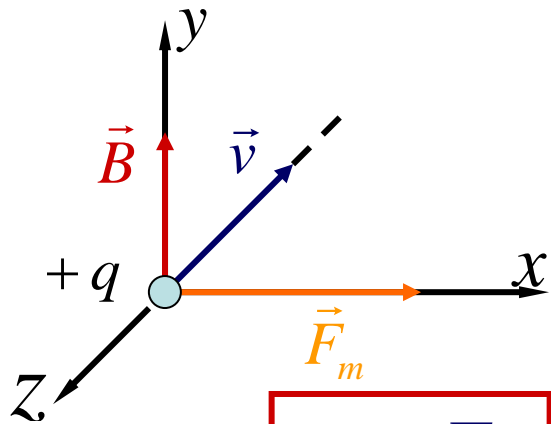
设带电量为 q ，速度为 v 的运动试探电荷处于磁场中，实验发现：

(1) 当运动试探电荷以同一速率 v 沿不同方向通过磁场中某点 p 时，电荷所受磁力的大小是不同的，但磁力的方向却总是与电荷运动方向 (\vec{v}) 垂直；

(2) 在磁场中的 p 点处存在着一个特定的方向，当电荷沿此方向或相反方向运动时，所受到的磁力为零，与电荷本身性质无关；

(3) 在磁场中的 p 点处，电荷沿与上述特定方向垂直的方向运动时所受到的磁力最大(记为 F_m)，并且 F_m 与 qv 的比值是与 q (绝对值)、 v 无关的确定值。

由实验结果可见，磁场中任何一点都存在一个固有的特定方向和确定的比值 $F_m/(qv)$ ，与试验电荷的性质无关，反映了磁场在该点的方向和强弱特征，为此，定义一个矢量函数磁感应强度：



大小：

$$B = \frac{F_m}{qv}$$

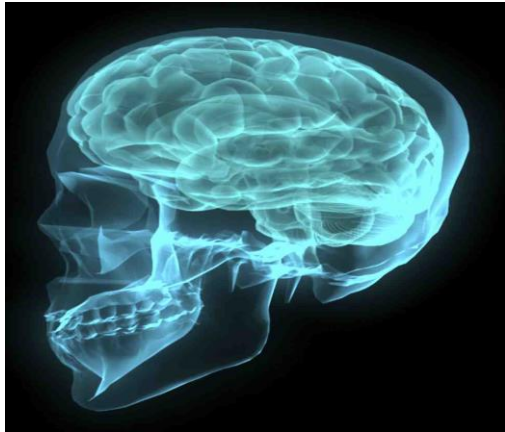
方向：可按右手螺旋法则确定

单位：特斯拉 (T) 高斯 (Gs) $1\text{T} = 10^4 \text{Gs}$

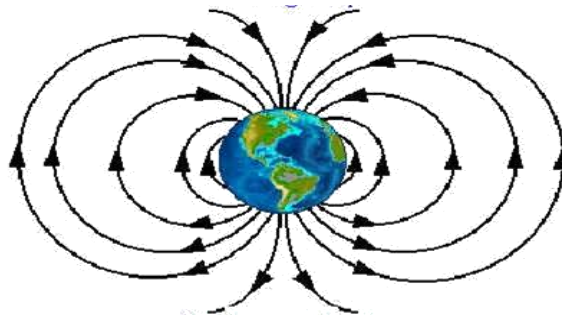


由正电荷所受力的方向出发，按右手螺旋法则，沿小于 π 的角度转向正电荷运动速度 v 的方向，这时螺旋前进的方向便是该点 B 的方向。

一些磁场的大小:



人体磁场极弱，如心电激发磁场约 $3 \times 10^{-10} \text{T}$ 。测人体内磁场分布可诊断疾病，图示磁共振图象。



地球磁场约
 $5 \times 10^{-5} \text{T}$ 。
超导磁体能激发高达25T磁场；原子核附近可达 10^4T ；脉冲星表面高达 10^8T

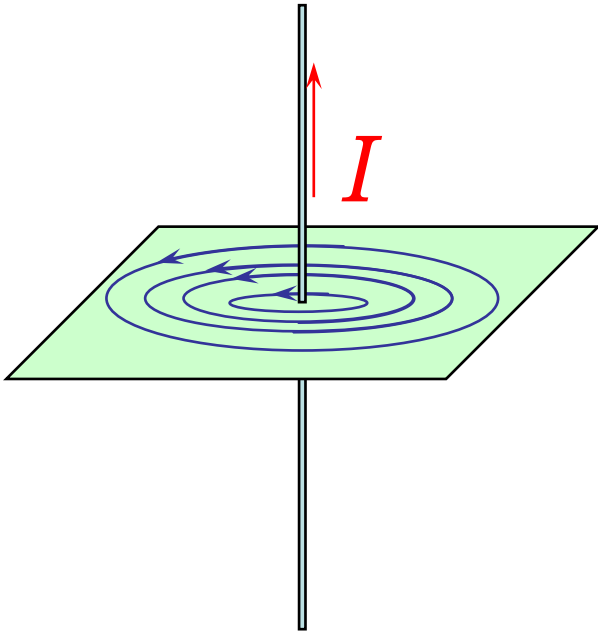


巨大的电磁铁能够吸引成吨的钢铁

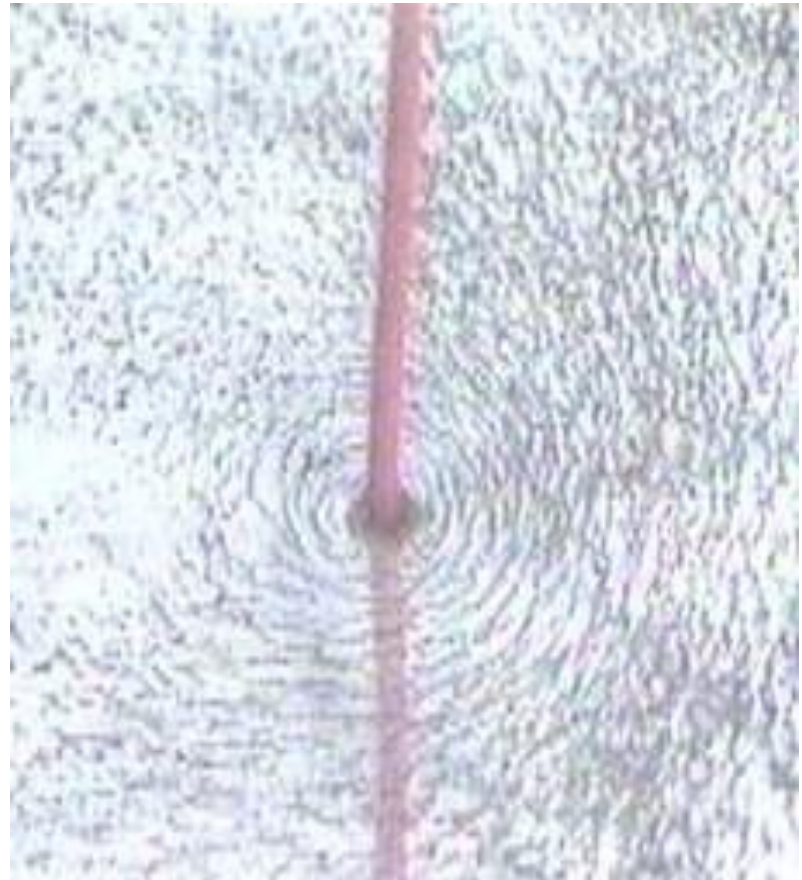
大型电磁铁磁场可大于2T。

三、磁感应线

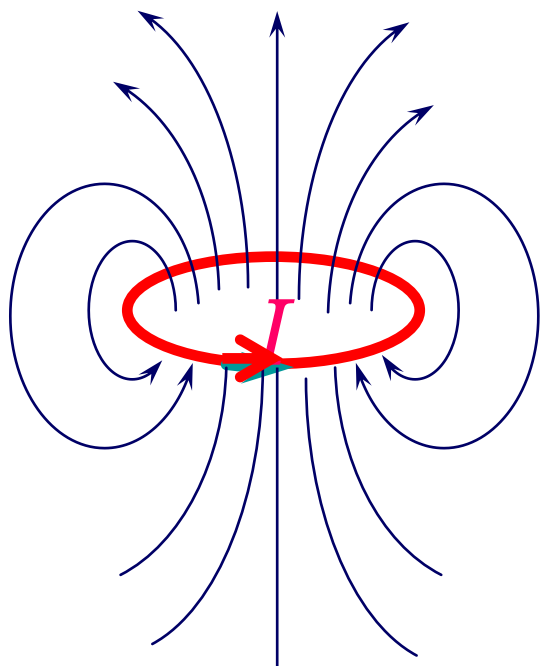
为形象描述磁场分布情况,用一些假想的有方向的闭合曲线--磁感应线代表磁场的强弱和方向。



直电流



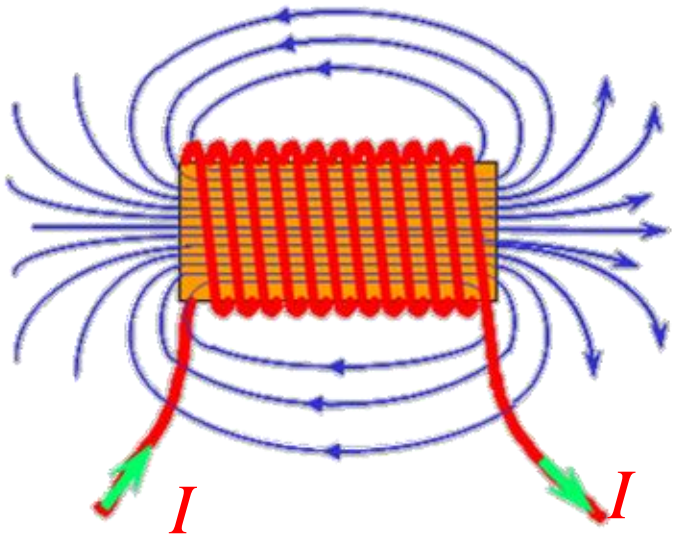
也可用铁屑和小磁针来演示



圆电流 磁感应线是充满空间的分布，
这里只画了几条

我们可以把圆电流看作由许多小段的直电流所组成，把每小段直电流的磁感应线方向按上述法则决定后，便可得出整个圆电流所激发的磁场中磁感线的方向。

圆电流的流向与它的磁感应线的方向之间的关系便可用下述方法判定：用右手四指循圆电流的流向屈成环形，则伸直的大拇指所指的方向即为穿过圆电流**内部**的磁感线方向。

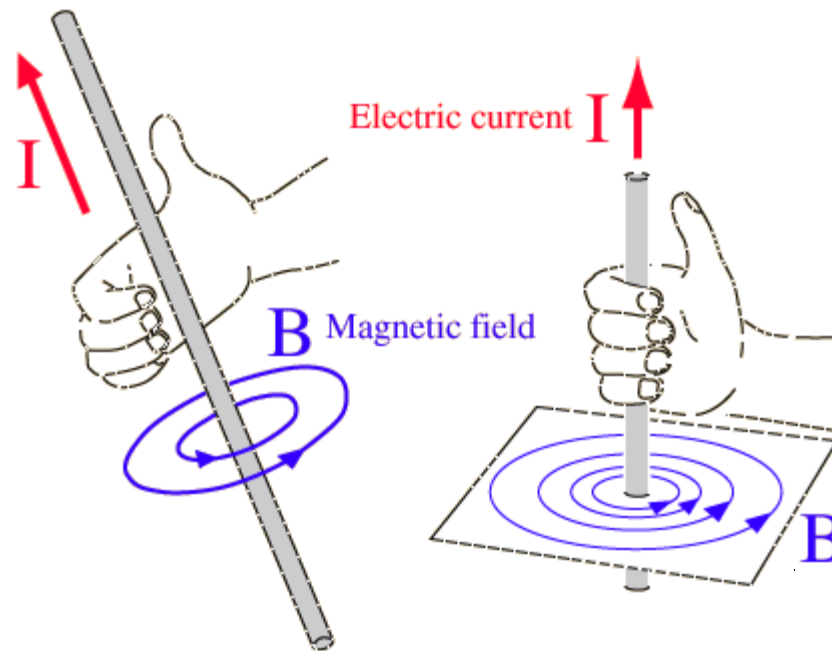


螺线管电流



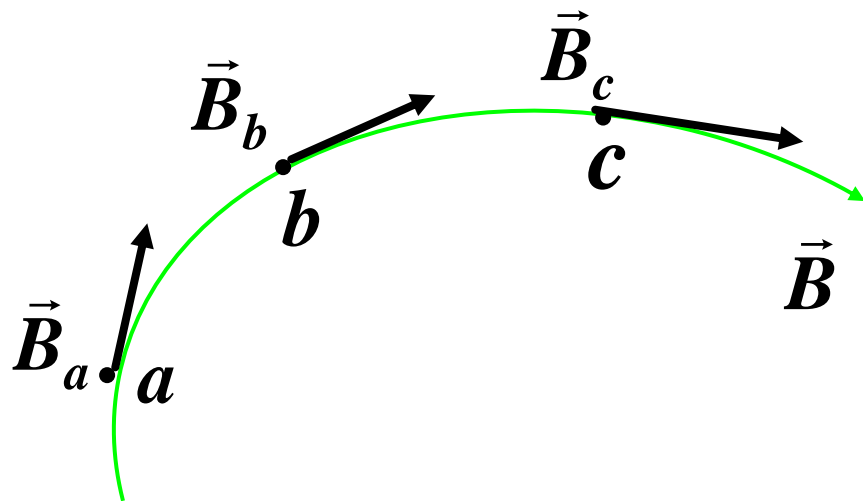
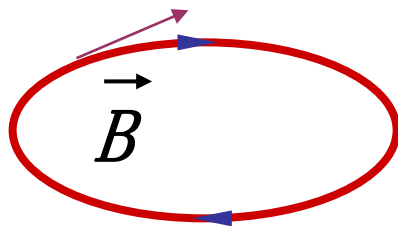
磁感应线的性质

- 与电流套连
- 闭合曲线(磁单极子不存在)
- 互不相交
- 方向与电流成右手螺旋关系

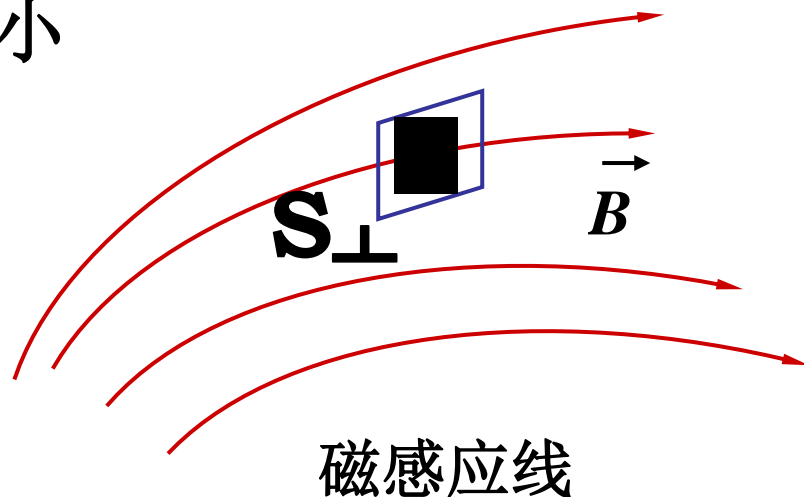


规定:

(1)磁感应线上任意一点的切向代表该点 B 的方向;



(2) **垂直**通过**某点** (周围) **单位**面积上的磁感应线数目等于该点 B 的大小



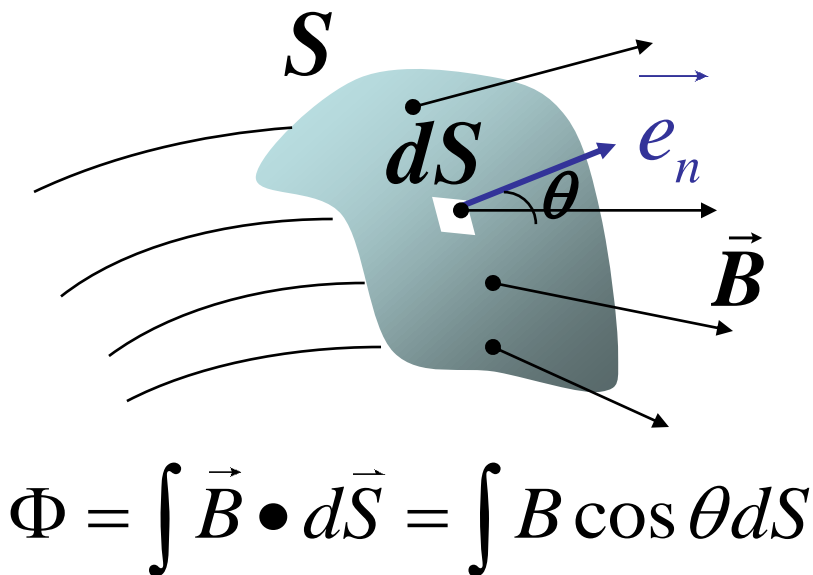
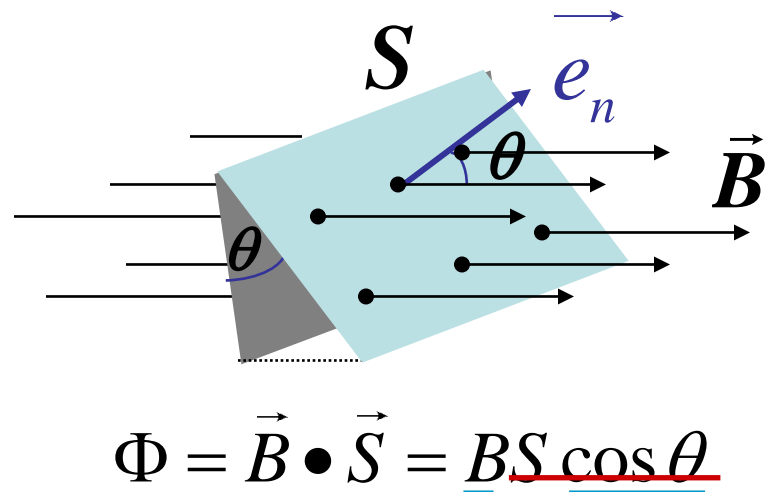
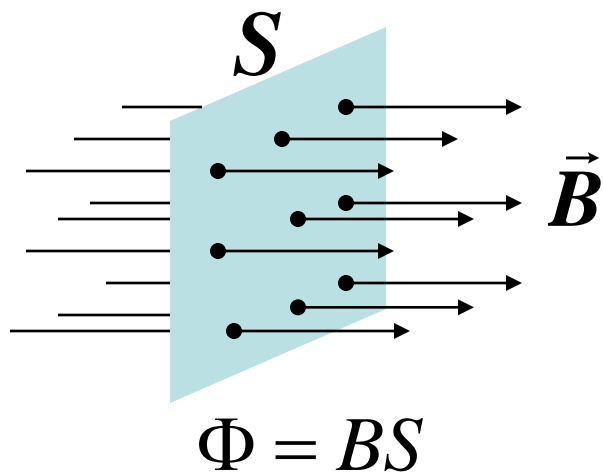
比较电力线：垂直通过某点单位面积上电力线的数目等于某点场强的大小

(3) 磁感应线密集处磁场强；磁感应线稀疏处磁场弱。

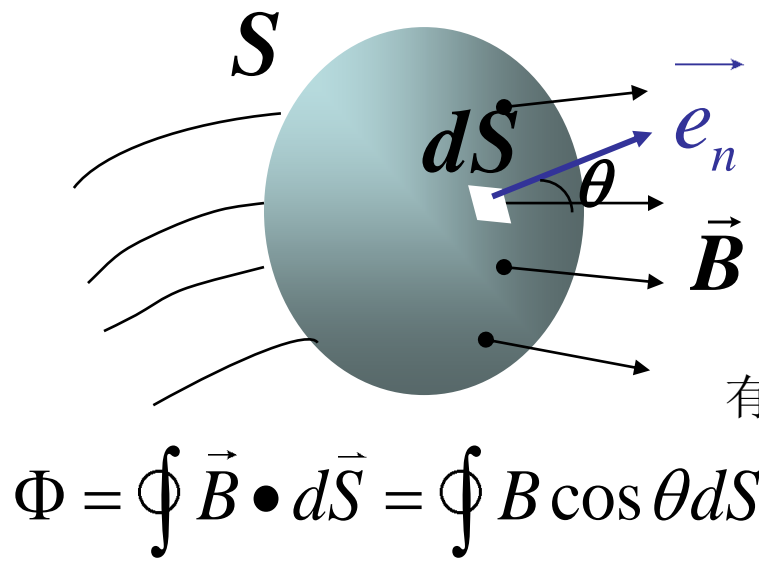
比较电力线：电力线密集处电场强，电力线稀疏处电场弱

在均匀磁场中，磁感线是一组间隔相等的同方向平行线。

Φ
磁通量——通过磁场中任一给定曲面的磁感应线数



见详细



有规定

对于表面上的非均匀磁场，一般采用微元分割法求其磁通量。

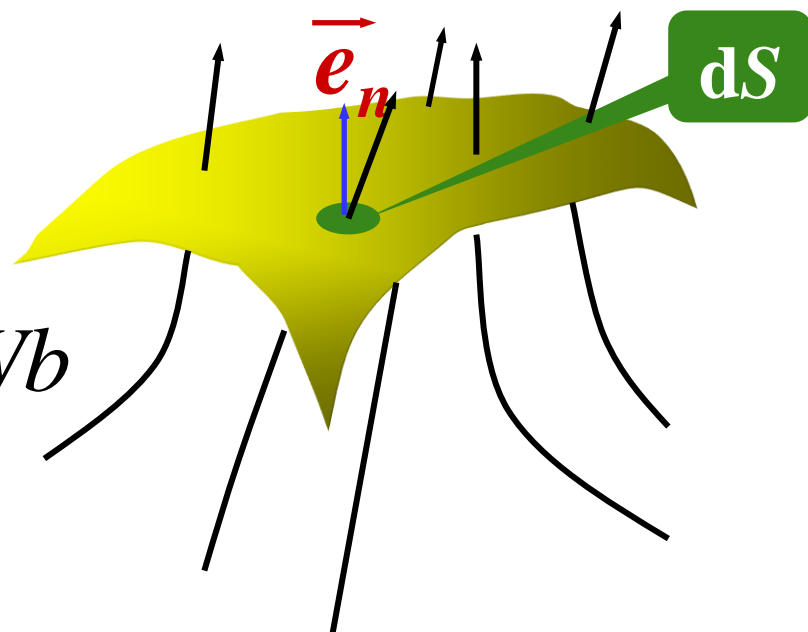
对所取微元，磁通量：

$$d\Phi = B dS \cos \theta = \vec{B} \cdot d\vec{S}$$

对整个曲面，磁通量：

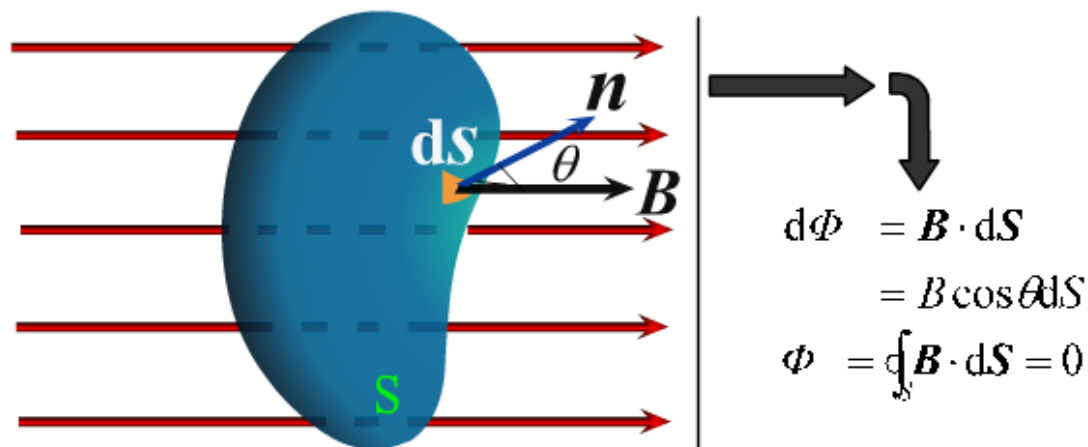
$$\Phi = \int_S \vec{B} \cdot d\vec{S}$$

单位：韦伯 (Wb) $1T \cdot m^2 = 1Wb$



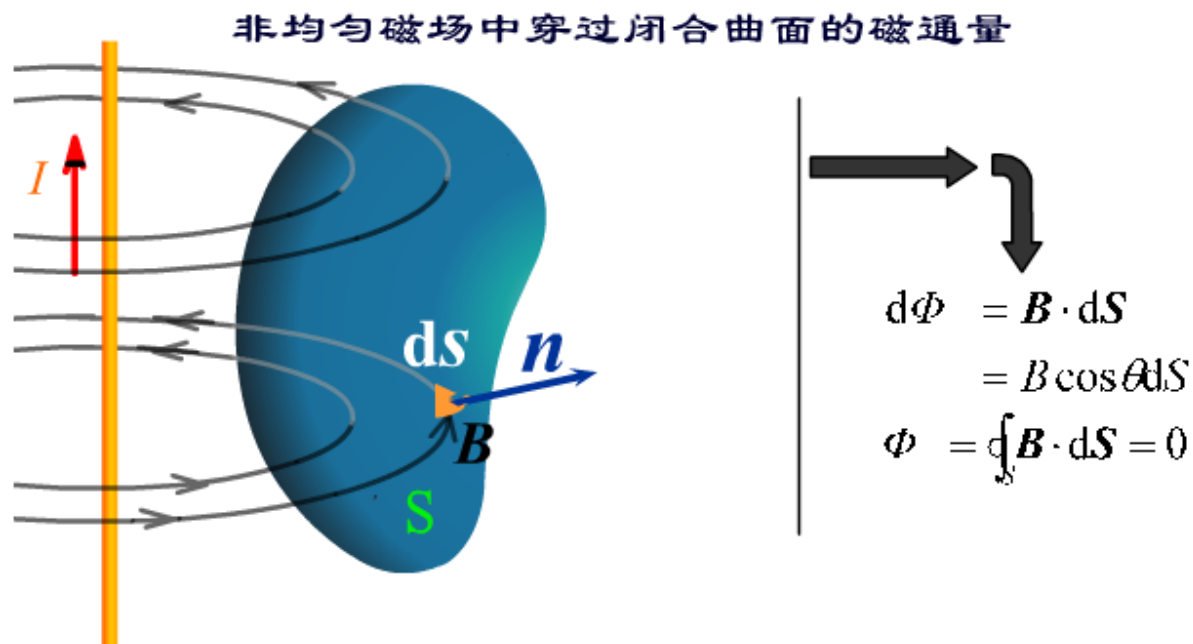
对闭合曲面来说，一般规定取向外的指向为正法线的指向。这样，磁感应线从闭合面穿出处的磁通量为正，穿入处的磁通量为负。

均匀磁场中穿过闭合曲面的磁通量



穿过一闭合曲面的磁通量： $\oint_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S} = 0$ 。

由于磁感应线是**闭合线**，因此穿入闭合曲面的磁感应线数**必然等于**穿出闭合曲面的**磁感应线数**，所以通过任一闭合曲面的总磁通量**必然是零**。



穿过一闭合曲面的磁通量： $\oint_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S} = 0$ 。

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

磁场的高斯定理

穿过任意闭合曲面 S 的总磁通必然为零，这就是磁场的高斯定理，是电磁场理论的基本方程之一。

比较：

$$\oiint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{\sum q_i}{\epsilon_0}$$

静电场的高斯定理

$$\oiint E \cdot dS = \frac{1}{\varepsilon_0} \sum_i q_i$$

与静电场中的高斯定理 相比较，
两者有着本质上的区别。在静电场中，由于自然界中存在着独立的电荷，所以电场线有起点和终点，只要闭合面内有净余的正（或负）电荷，穿过闭合面的电通量就不等于零，即静电场是有源场；而在磁场中，由于自然界中没有单独的磁极存在，N极和S极是不能分离的，磁感线都是无头无尾的闭合线，所以通过任何闭合面的磁通量必等于零。

结论：

磁场是涡旋式场，其磁感应线无头无尾，恒是闭合
静电场是发散式场，激发静电场的场源是电场线的源头或尾闾^{lǚ}
从正电荷或无穷远出发，终于负电荷或无穷远