同学们好！

星期六 10:45 PM

恒定电流的磁场

星期六 10:45 PM 11

教学基本要求

一　掌握描述磁场的物理量——磁感强度的概念，理解它是矢量点函数.

二　理解毕奥—萨伐尔定律，能利用它计算一些简单问题中的磁感强度.

三　理解稳恒磁场的高斯定理和安培环路定理.理解用安培环路定理计算磁感强度的条件和方法.

四　理解洛伦兹力和安培力的公式，能分析电荷在均匀电场和磁场中的受力和运动. 了解磁矩的概念. 能计算简单几何形状载流导体和载流平面线圈在均匀磁场中或在无限长载流直导体产生的非均匀磁场中所受的力和力矩.

磁感强度　磁场的高斯定理

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

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：

- 天然磁铁吸引铁、钴、镍等物质。
- 条形磁铁两端磁性最强，称为磁极。一只能够在水平面内自由转动的条形磁铁，平衡时总是顺着南北指向。指北的一端称为北极或N极，指南的一端称为南极或S极。同性磁极相互排斥，异性磁极相互吸引。
- 把磁铁作任意分割，每一小块都有南北两极，任一磁铁总是两极同时存在。
- 某些本来不显磁性的物质，在接近或接触磁铁后就有了磁性，这种现象称为磁化。

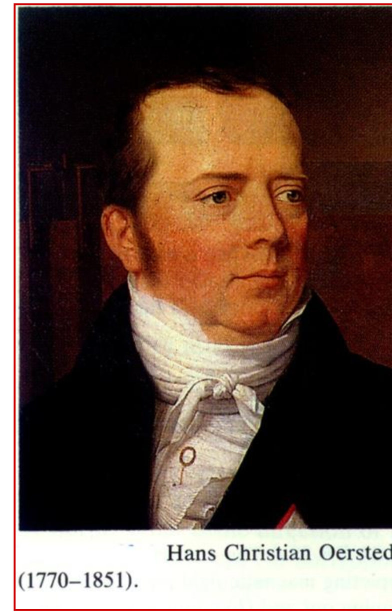
磁现象与电现象有没有联系？

静止的电荷 → 静电场

运动的电荷 → ？

1820年 奥斯特 磁针上的电磁撞实验

电流的磁效应



奥斯特

安培提出分子电流假设：

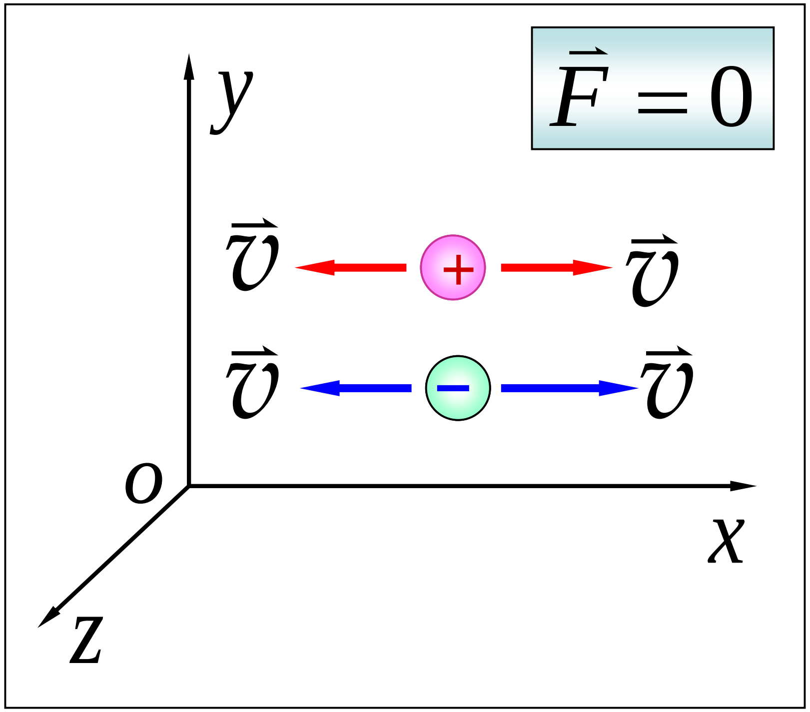
磁现象的电本质—运动的电荷产生磁场

运动电荷 ⟷ 磁场 ⟷ 运动电荷

星期六 10:45

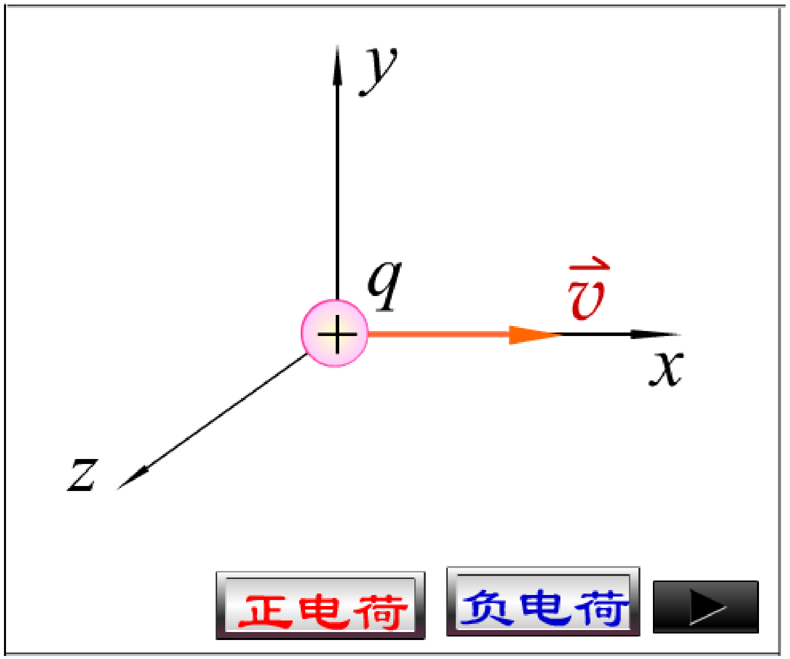
二．磁感强度 $\vec{B}$ 的定义

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：



带电粒子在磁场中运动所受的力与运动方向有关.

实验发现带电粒子在磁场中沿某一特定直线方向运动时不受力，此直线方向与电荷无关.



带电粒子在磁场中沿其他方向运动时 $\vec{F}$ 垂直于 $\vec{v}$ 与特定直线所组成的平面.

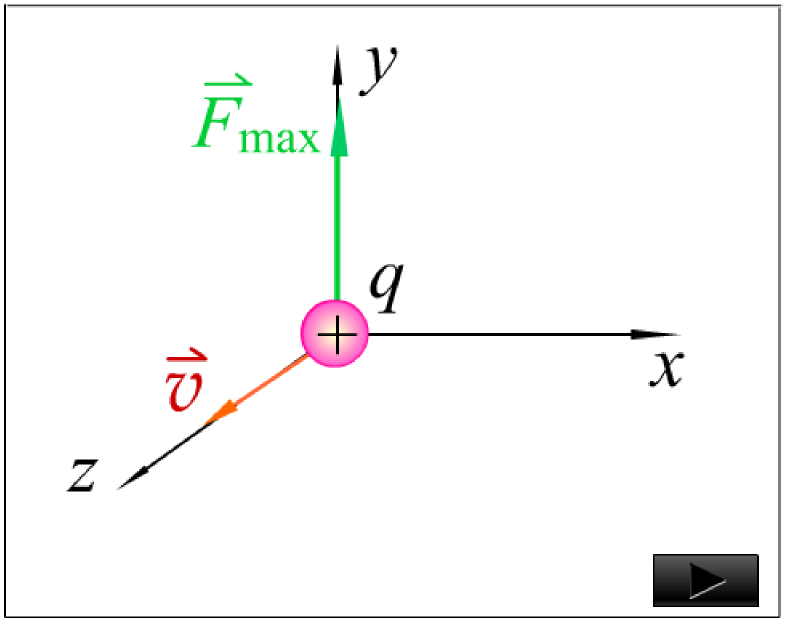
当带电粒子在磁场中垂直于此特定直线运动时受力最大.

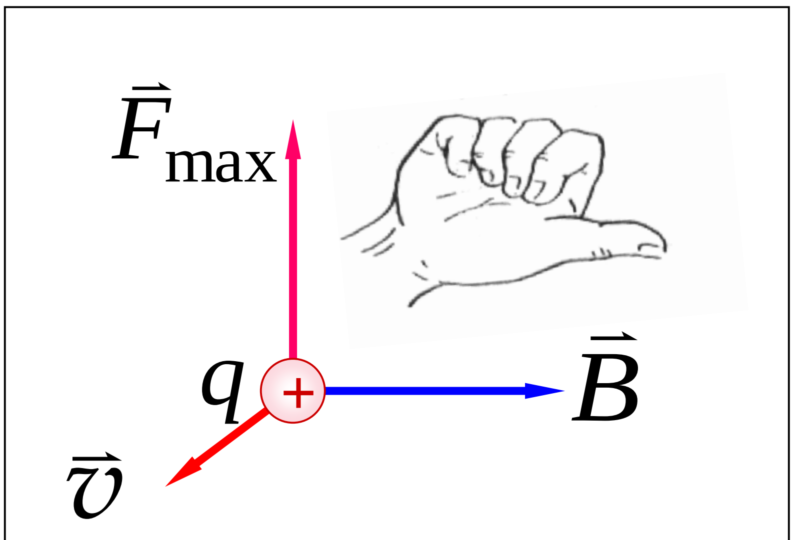
$$\vec{F} = \vec{F}_{\max} = \vec{F}_{\perp}$$

$$F_{\max} \propto qv$$

$\boxed{\dfrac{F_{\max}}{qv}}$ 大小与 q, v 无关

磁感强度 $\vec{B}$ 的定义： 当正电荷垂直于特定直线运动时，受力 $\vec{F}_{\max}$ 将 $\vec{F}_{\max} \times \vec{v}$ 方向定义为该点的 $\vec{B}$ 的方向.





磁感强度 $\vec{B}$ 的定义： 当**正**电荷垂直于特定直线运动时，受力 $\vec{F}_{\max}$ 将 $\vec{F}_{\max}\times\vec{v}$ 方向定义为该点的 $\vec{B}$ 的方向.

磁感强度大小 $\boxed{B=\dfrac{F_{\max}}{qv}}$

运动电荷在磁场中受力

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

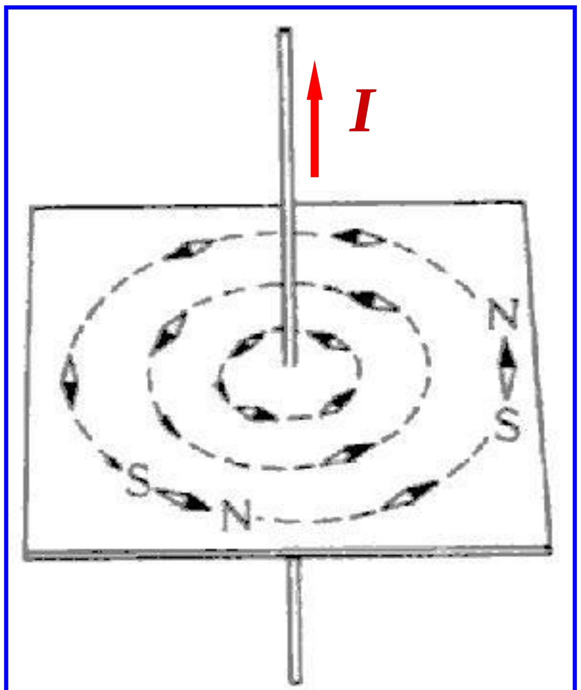
单位 **特斯拉** $\boxed{1(\mathrm{T})=1\mathrm{N/A\cdot m}}$

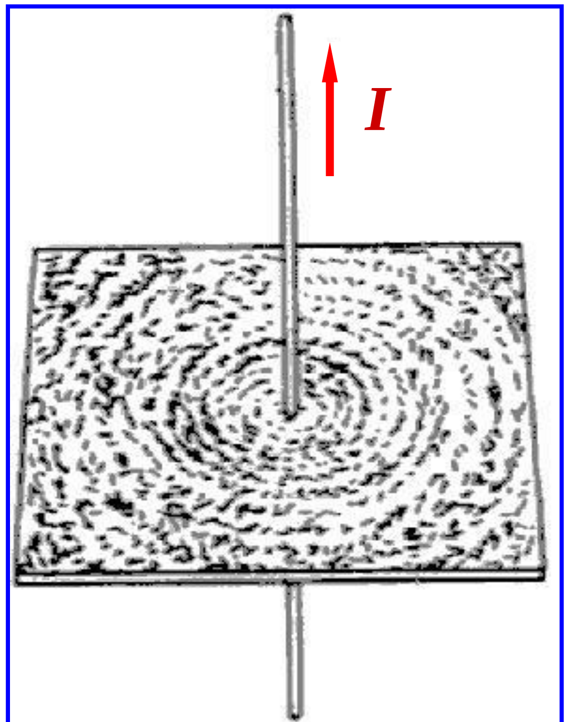
星期六 10:45 PM

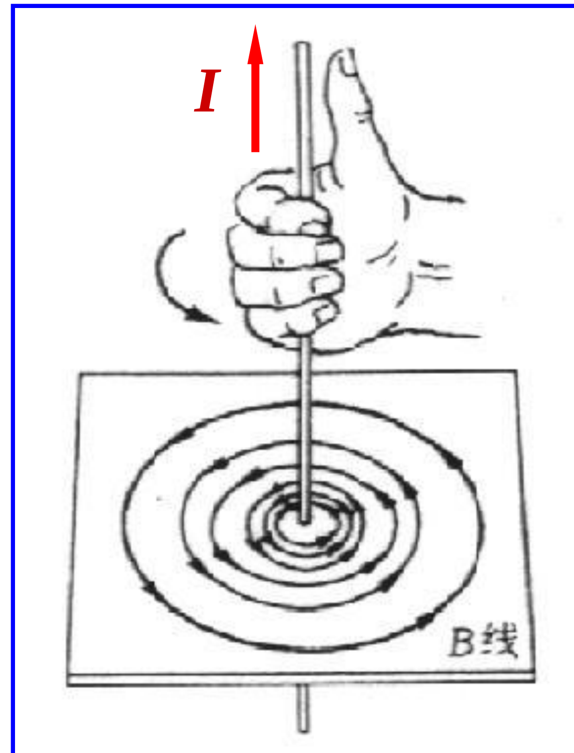
三. 磁场的高斯定理

磁 感 线

规定：曲线上每一点的切线方向就是该点的磁感强度 B 的方向，曲线的疏密程度表示该点的磁感强度 B 的大小.

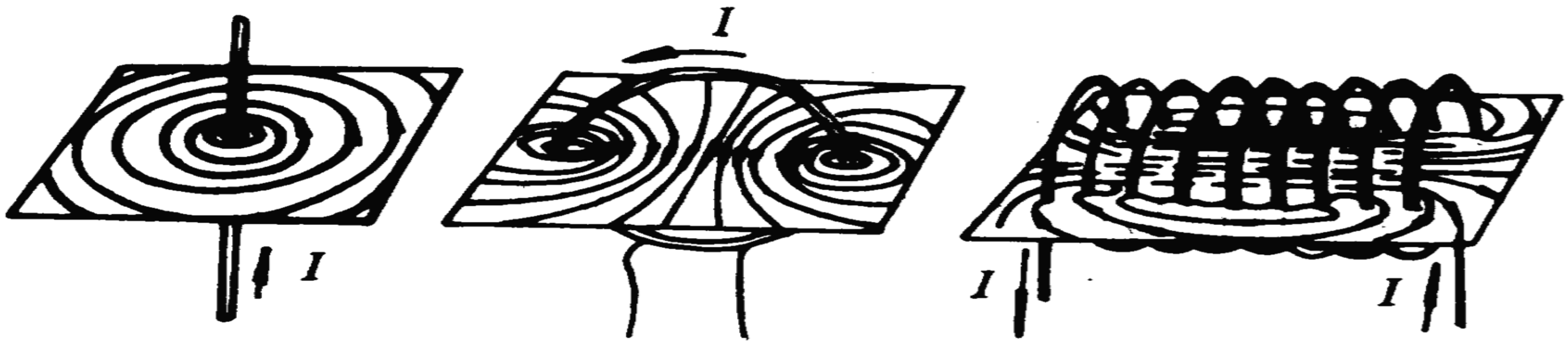




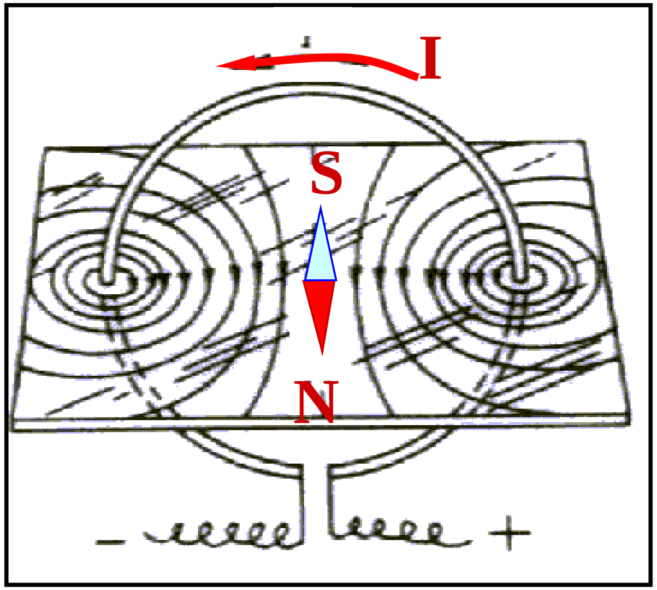


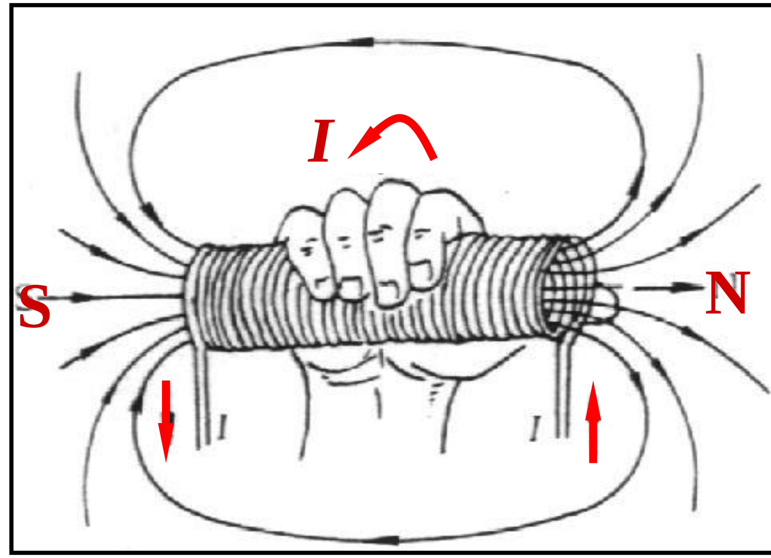
规定：通过磁场中某点处垂直于矢量的单位面积的磁感应线数等于该点矢量的量值。磁感应线越密，磁场越强；磁感应线越稀，磁场就越弱，磁感线的分布能形象地反映磁场的方向和大小特征。

几种不同形状电流磁场的磁感应线



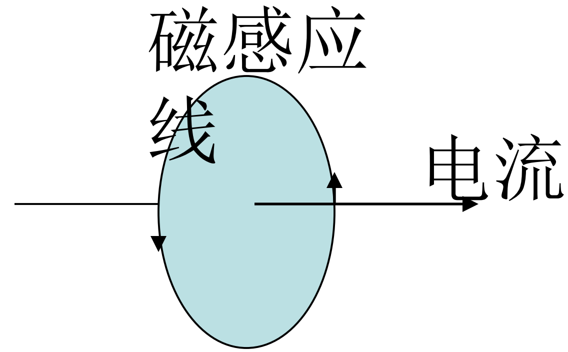
(a) (b) (c)



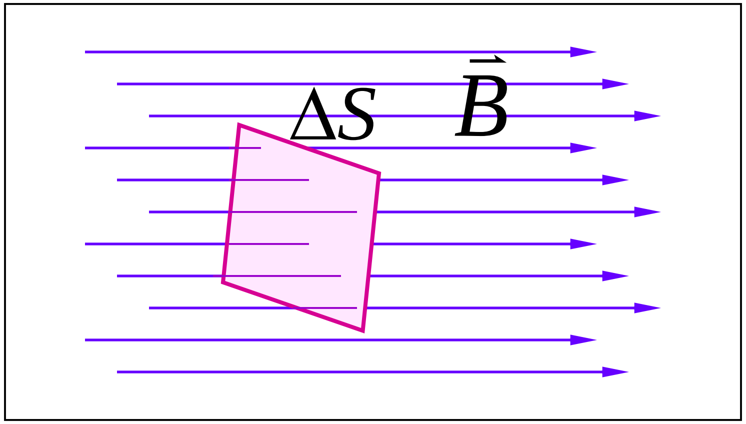


磁感应线的性质

- 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

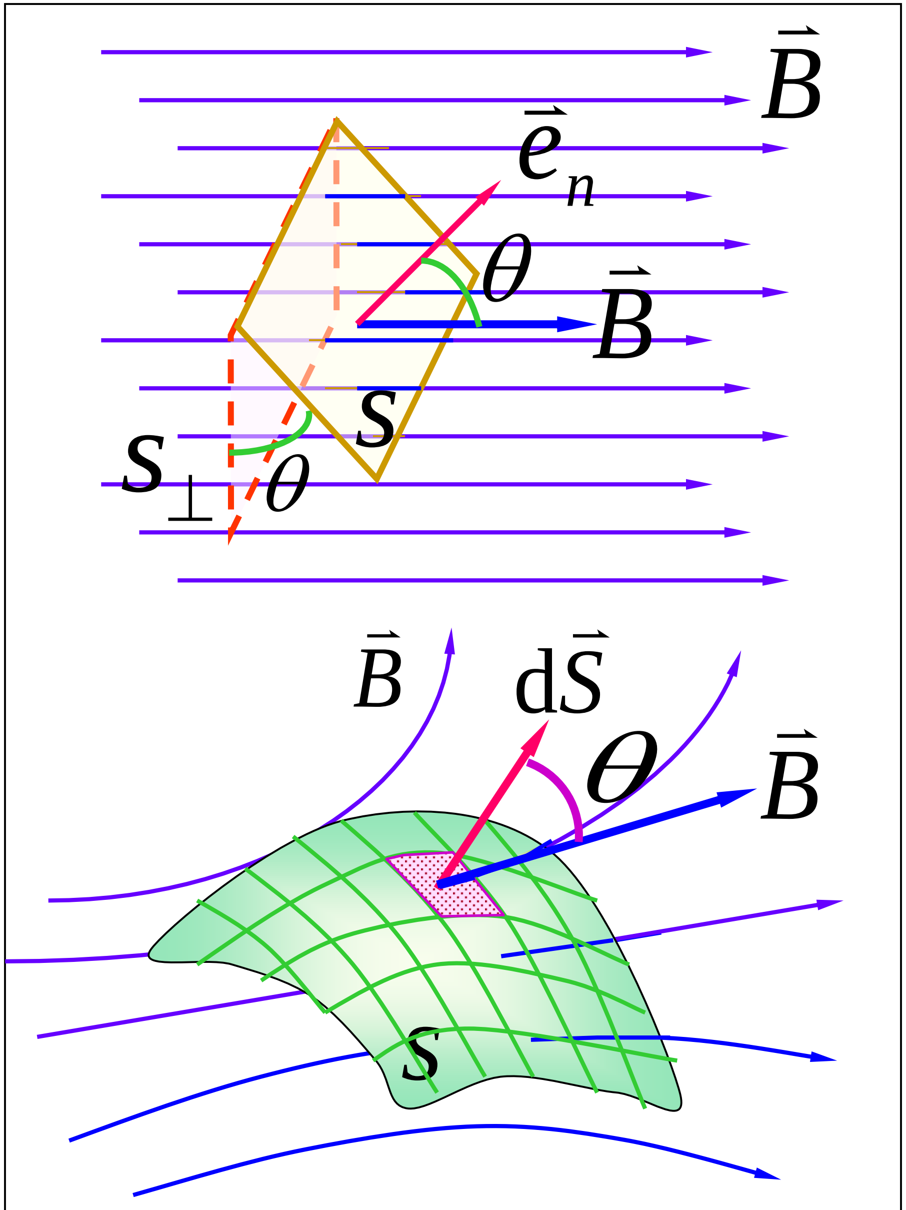


磁通量 磁场的高斯定理



$$B=\frac{\Delta N}{\Delta S}$$

磁场中某点处垂直$\vec{B}$矢量的单位面积上通过的磁感线数目等于该点$\vec{B}$的数值.



磁通量：通过某一曲面的磁感线数为通过此曲面的磁通量.

$$\Phi = BS\cos\theta = BS_\perp$$

$$\Phi = \vec{B}\cdot\vec{S} = \vec{B}\cdot\vec{e}_n S$$

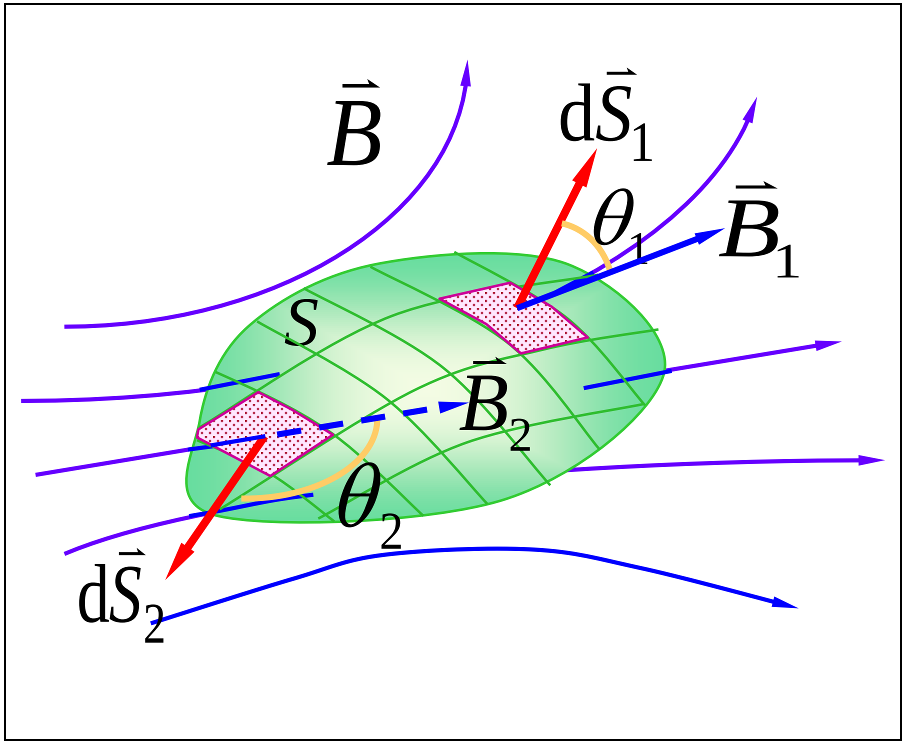
$$\mathrm{d}\Phi = \vec{B}\cdot\mathrm{d}\vec{S}$$

$$\mathrm{d}\Phi = B\mathrm{d}S\cos\theta$$

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

单位 $1\mathrm{Wb} = 1\mathrm{T}\times 1\mathrm{m}^2$

星期六 10:45 PM 11



$$d\Phi_1 = \vec{B}_1 \cdot d\vec{S}_1 > 0$$

$$d\Phi_2 = \vec{B}_2 \cdot d\vec{S}_2 < 0$$

$$\oint_S B\cos\theta dS = 0$$

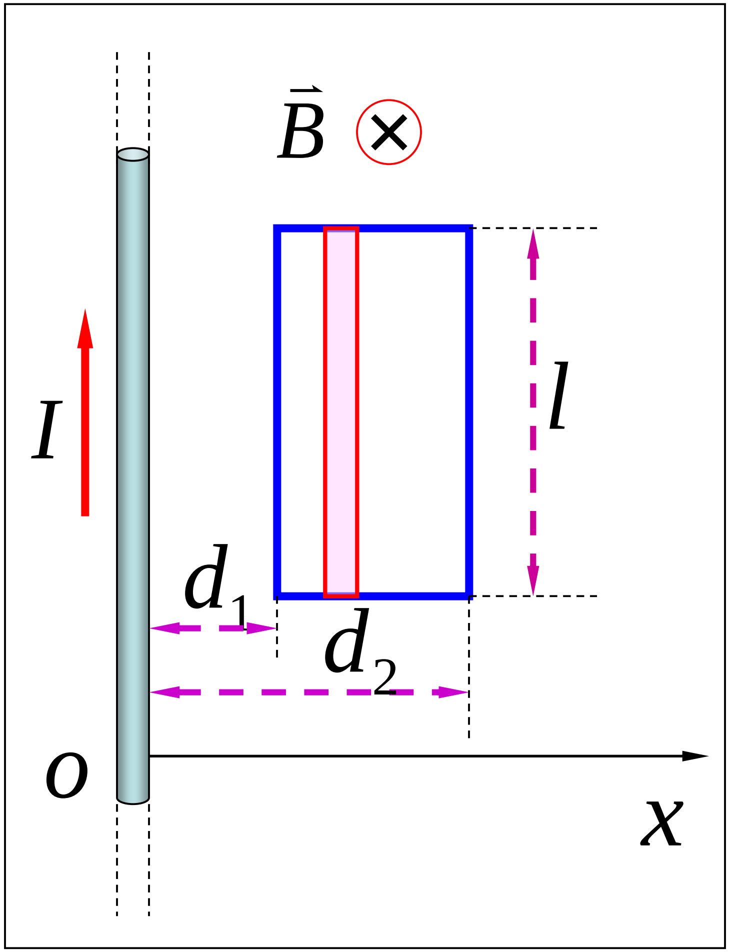
◆ 磁场高斯定理

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

◆ 物理意义：通过任意闭合曲面的磁通量必等于零

（磁场是无源场）

例： 如图载流长直导线的电流为 I，试求通过矩形面积的磁通量.



解 先求 $\vec{B}$，对变磁场给出 $\mathrm{d}\Phi$ 后积分求 Φ

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi x} \qquad \vec{B} // \vec{S}$$

$$d\Phi = BdS = \frac{\mu_0 I}{2\pi x} l dx$$

$$\Phi = \int_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = \frac{\mu_0 I l}{2\pi} \int_{d_1}^{d_2} \frac{dx}{x}$$

$$\Phi = \frac{\mu_0 I l}{2\pi} \ln \frac{d_2}{d_1}$$

星期六 10:45 PM