



第五篇 电磁学

电磁学：研究电磁现象及其规律的科学

➤ 电磁现象是很早发现的现象

□ 公元前586年，希腊哲学家泰勒斯发现琥珀磨擦可以吸引轻小物体。

□ 在我国，最早是战国时期《韩非子》中有关“司南”和《吕氏春秋》中有关“磁石召铁”的记载。

□ 东汉时期王充《论衡·乱龙》中有：

“顿牟掇芥，磁石引针”的记载

□ 1819年奥斯特发现电流的磁效应——改变将电现象与磁现象分别研究的情况。



两个里程碑

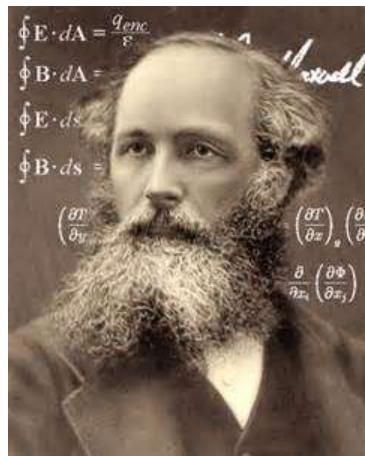
*Faraday*电磁感应定律的发现

进一步揭示了电现象与磁现象的联系。



*Maxwell*方程组的建立

解释和推断一切电磁现象，电磁学成为一门完整的科学，预言了光的电磁本性。



➤ 麦克斯韦方程组被认为是牛顿力学和爱因斯坦相对论中间时期最重要的理论成果。



电磁学：电磁场

➤ **思考：**真空真的是一无所有？

➤ 本篇《电磁学》是关于**电场、磁场、电磁场**的科学。

➤ **场(物理)：**一种物质存在的形式，一个以时空为变量的物理量。



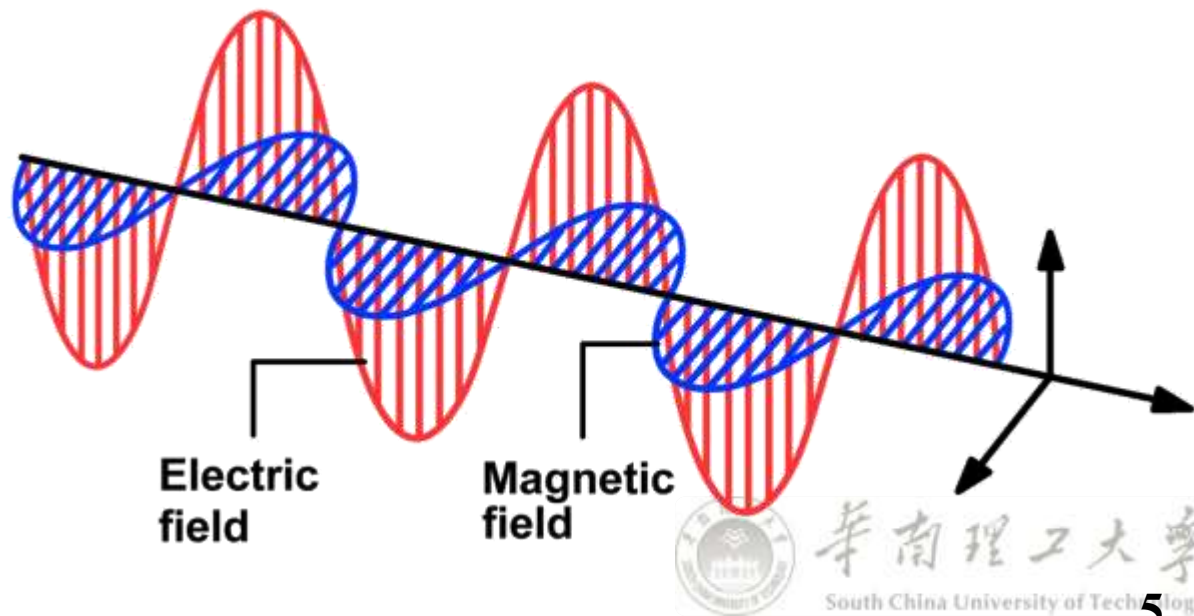
**电磁场无
处不在**

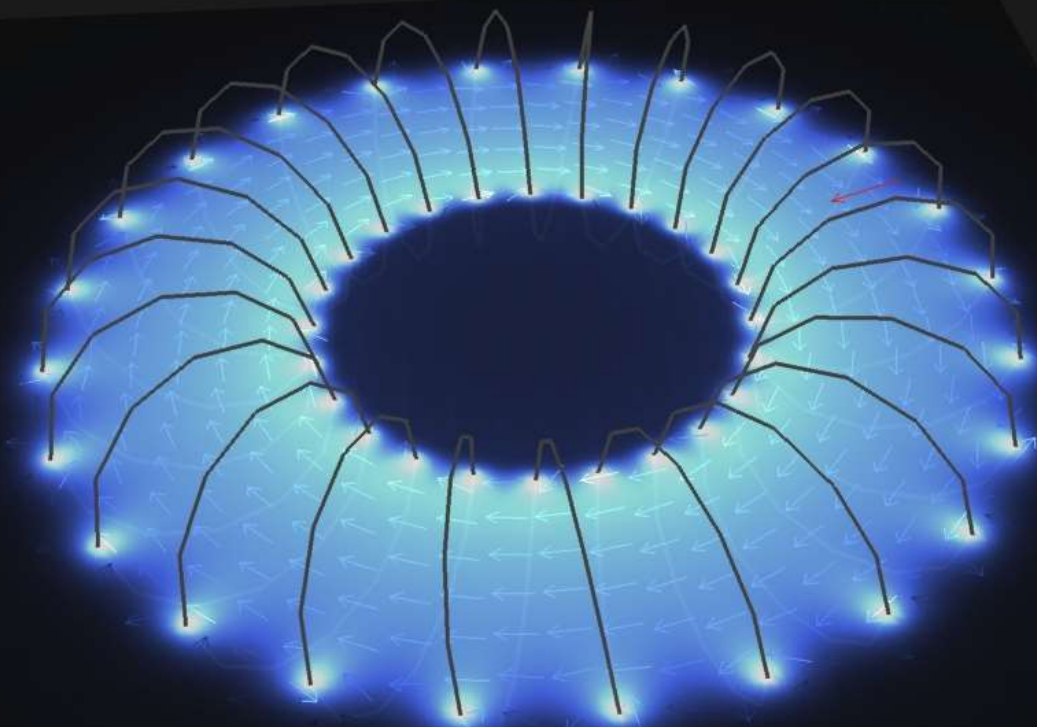


华南理工大学
South China University of Technology

电磁场的特征

- 场无处不在，**延伸至整个空间**的。
- 实际上，每一个已知的场在够远的距离下，都会缩减至无法量测的程度，**距离足够远可忽略**。
- 场是**相互作用传播的媒介**，但场不是“超距”相互作用。
- 静止的电荷产生**电场**，运动的电荷（电流）产生**磁场**，耦合的电场和磁场称为**电磁场**。





第14章 真空中的静电场



本章作业

课本P38~42习题

4, 5, 6, 9, 10, 17, 19, 24, 33, 34, 35, 38
(共12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





§ 14 真空中的静电场 (8学时)

重点

- 连续带电体电场强度的计算
- 高斯定理的应用
- 静电场力的性质及电势和电势能

难点

- 电场强度的计算
- 对高斯定理的理解及应用
- 电势的计算



电荷的量子化

➤种类

正电荷，负电荷

➤性质

同种相斥，异种相吸

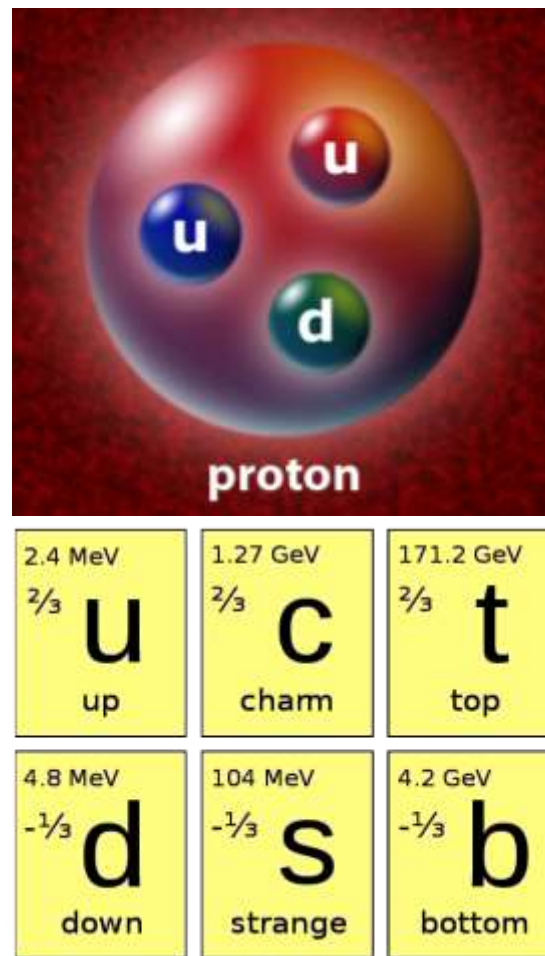
➤单位

库仑 (C) 1库仑=1安培·秒

➤电荷的量子化

$$q = \pm ne \quad (n = 1, 2, 3, \dots)$$

$e = 1.602 \times 10^{-19} \text{C}$ (密立根油滴实验)

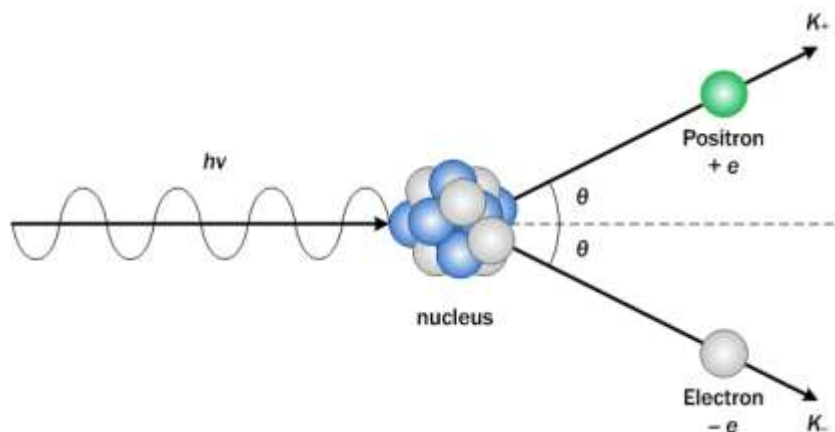


电荷守恒定律

不管系统中的电荷如何迁移，孤立系统的电荷的代数和保持不变。
(自然界的基本守恒定律之一)

□在粒子的相互作用过程中，电荷可以产生和消失，但电荷的代数和不变。

例如：一个高能光子与一个重原子核作用时，该光子可以转化为一个正电子和一个负电子。



——电子对的产生



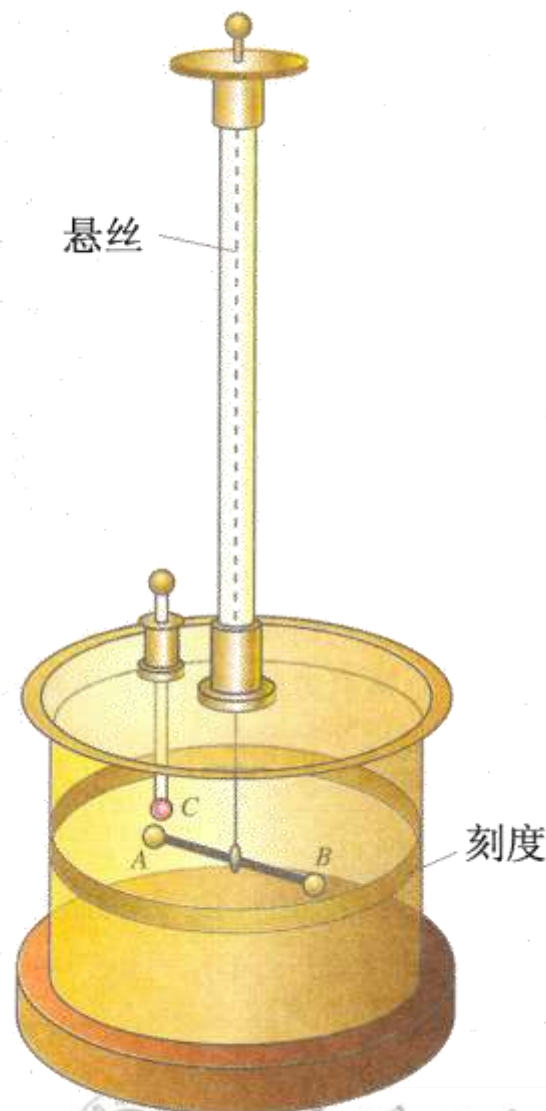
14.1 库仑定律



C.A. Coulomb

1736 – 1806

法国物理学家，1785年通过扭秤实验创立库仑定律，使电磁学的研究从定性进入定量阶段。



华南理工大学
South China University of Technology

库仑定律

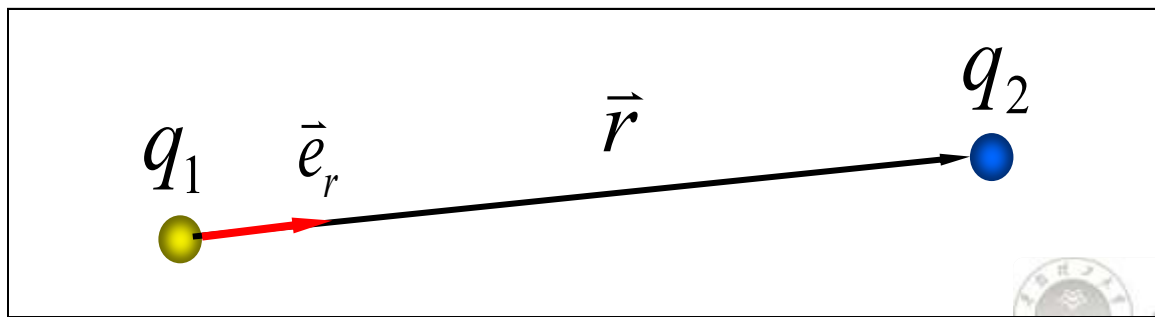
真空中两个静止点电荷相互作用力 F 的大小与这两个点电荷所带电荷量 q_1 和 q_2 的乘积成正比，与它们之间的距离 r 的平方成反比。

➤ 点电荷：抽象模型

q_2 受 q_1 的力：

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \vec{e}_r$$

$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{C}^2 \cdot \text{N}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ 为真空电容率

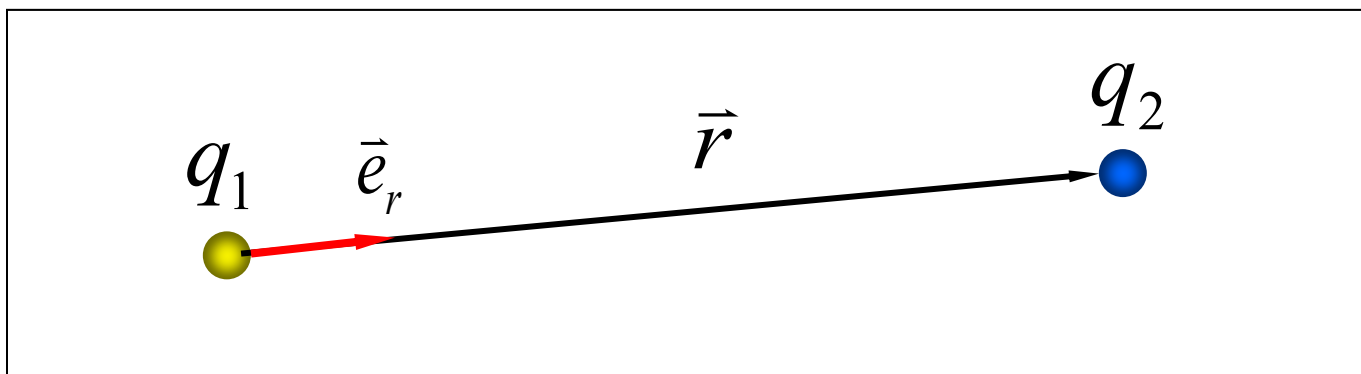


库仑定律

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \vec{e}_r \quad \text{大小: } F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

方向: q_1 和 q_2 同号相斥, 异号相吸。

定义 \vec{e}_r : 施力电荷指向受力电荷的单位矢量。





两个以上静止点电荷

➤ 静电力的叠加原理

作用于每一个电荷上的**总静电力**等于其它点电荷**单独**存在时作用于该电荷的静电力的**矢量和**。

例如：

q_1 

 q_2

 q_3

$$q_1 \text{ 受力: } \vec{F} = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{13}$$

意味着：一个点电荷作用于另一个点电荷的力**总是**符合库仑定律，不论周围是否存在其他电荷。



例题1

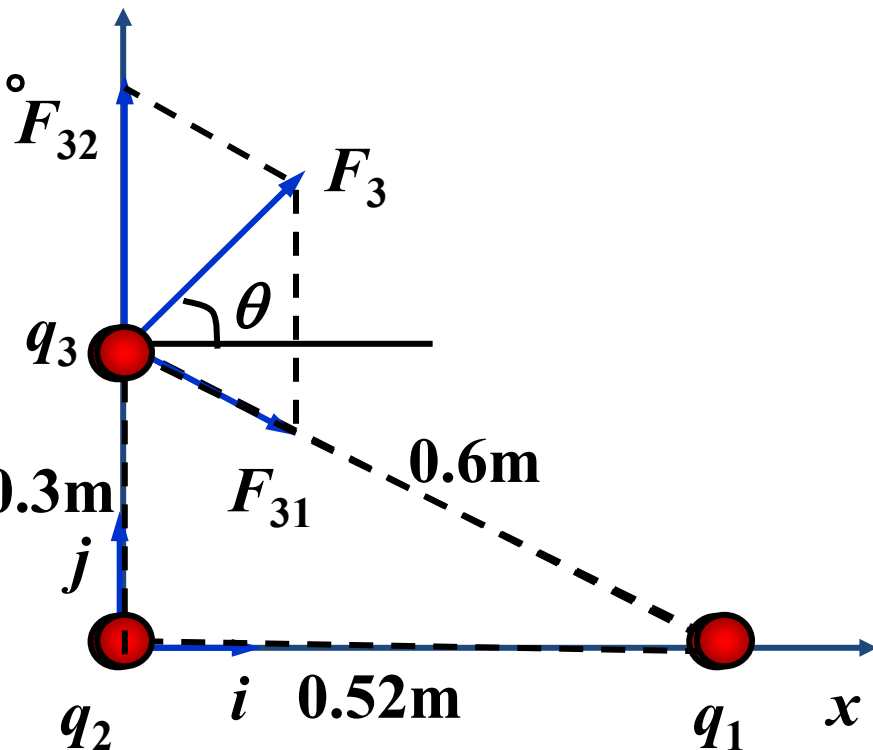
例：三个点电荷所带的电荷量分别为 $q_1 = -86 \mu\text{C}$, $q_2 = 50 \mu\text{C}$, $q_3 = 65 \mu\text{C}$ 。各电荷间的距离如图所示。求作用在 q_3 上合力的大小和方向。

解：选用如图直角坐标系

$$\begin{aligned} F_{31} &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_3}{r^2} \\ &= 9.0 \times 10^9 \frac{6.5 \times 10^{-5} \times 8.6 \times 10^{-5}}{0.6^2} \\ &= 140 \text{ N} \end{aligned}$$

$$F'_x = F_{31} \cos 30^\circ = 120 \text{ N}$$

$$F'_y = F_{31} \sin 30^\circ = -70 \text{ N}$$



$$F_{32} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_2 q_3}{r^2}$$

$$= 9.0 \times 10^9 \frac{6.5 \times 10^{-5} \times 5.0 \times 10^{-5}}{0.3^2} = 325 \text{ N}$$

$$F_x'' = 0 \quad F_y'' = 325 \text{ N}$$

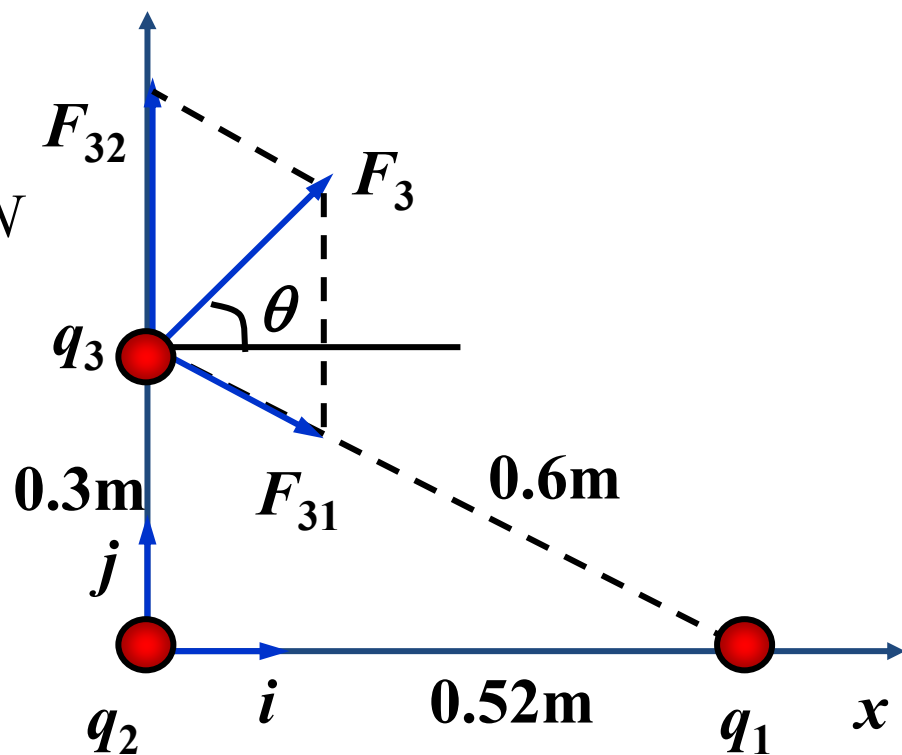
根据静电力的叠加原理

$$\vec{F}_3 = \vec{F}_{31} + \vec{F}_{32} = (F_x' + F_x'')\vec{i} + (F_y' + F_y'')\vec{j}$$

$$= 120\vec{i} + 255\vec{j}$$

$$F_3 = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{120^2 + 255^2} \text{ N} = 281.8 \text{ N}$$

合力 \vec{F}_3 与 x 轴的夹角为 $\theta = \arctan \frac{F_y}{F_x} = 64.8^\circ$



例题2

例：在氢原子内，电子和质子的间距为 $5.3 \times 10^{-11} \text{ m}$ 。

求它们之间电相互作用和万有引力，并比较它们的大小。

解： $m_e = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$

$$m_p = 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg} \quad G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$$

$$\left. \begin{aligned} F_e &= \frac{1}{4 \pi \epsilon_0} \frac{e^2}{r^2} = 8.2 \times 10^{-8} \text{ N} \\ F_g &= G \frac{m_e m_p}{r^2} = 3.6 \times 10^{-47} \text{ N} \end{aligned} \right\} \frac{F_e}{F_g} = 2.3 \times 10^{39}$$

（**微观领域**中，万有引力比库仑力小得多，可**忽略**不计）





本章作业

课本P38~42习题

4, 5, 6, 9, 10, 17, 19, 24, 33, 34, 35, 38
(共12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

