

# 第七章

## 静 电 场

# 电 磁 学

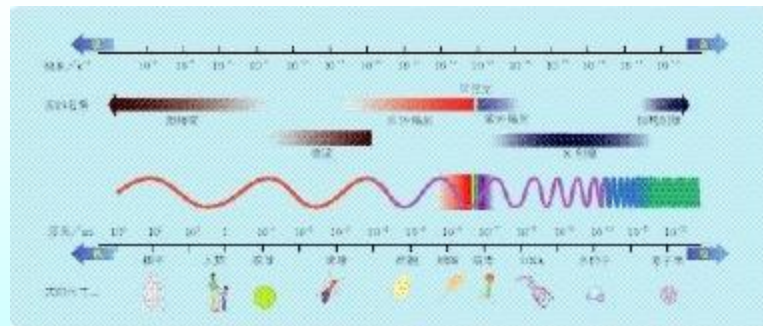
现代生活的必需品，如电灯、电话、电视、电影、电脑、电冰箱、手机、GPS等，都离不开**电**和**磁**。





**电磁运动**是物质运动的一种基本运动形式，**电磁相互作用**是自然界已知的四种基本作用之一，也是人们认识得较深入的相互作用。在日常生活和生产活动中，在对物质结构的深入认识过程中，都要涉及电磁运动。电与磁是相互联系、相互依存、不可分割的，**电场与磁场是电磁场的两种特殊表现形态**。

**电磁学**是研究“电”与“磁”及其“相互作用”的“现象、规律和应用”的物理学分支学科。



遵循从简单到复杂，特殊到一般的认识规律，分为以下四个章节进行学习：

第七章 静电场

第八章 静电场中的导体和电介质

第九章 恒定磁场

第十章 变化的电磁场

# 第七章 静电场

## 教学基本要求

一 掌握描述静电场的两个基本物理量——电场强度和电势的概念，理解电场强度  $\vec{E}$  是矢量点函数，而电势  $V$  则是标量点函数。

二 理解静电场的两条基本定理——高斯定理和环路定理，明确认识静电场是有源场和保守场。



三 掌握用点电荷的电场强度和叠加原理以及高斯定理求解带电系统电场强度的方法；能用电场强度与电势梯度的关系求解较简单带电系统的电场强度.

四 了解电偶极子概念，能计算电偶极子在均匀电场中的受力和运动.

# 7.1 电荷量子化

电荷守恒定律 库仑定律



## 7.1 电荷量子化 电荷守恒定律 静电场

### ※ 电荷的量子化

1 电荷种类：正电荷，负电荷

2 电荷性质：同种相斥，异种相吸

3 电荷量度： 库仑 (C)

4 电荷的量子化：  $q = \pm ne$  ( $n = 1, 2, 3, \dots$ )

$$e = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$$

## ※ 电荷守恒定律

在一个与外界没有电荷交换的系统内，无论进行怎样的物理过程，系统内正、负电荷量的代数和总是保持不变。

物理学中的基本定律之一。

## ※ 电场

早期：电磁理论是“超距作用”理论

电荷  $\longleftrightarrow$  电荷

后来：法拉第提出近距作用

并提出力线和场的概念

电荷  $\longleftrightarrow$  场  $\longleftrightarrow$  电荷

电场是物质存在的一种形态，它分布在一定范围的空间里，并和一切物质一样，具有能量、动量等属性。

## ※ 电场的物质性

- ① 物质间的作用必须借助于物质（实物或场），作用的传递需要时间。
- ② 任何带电体（电荷）周围都存在一种“特殊”的物质——电场，这是客观存在的。
- ③ 电荷间的相互作用是通过电场这种特殊物质传递的。
- ④ 电场是一种物质，具有能量、动量等物质属性。

## ※ 电场的基本性质

☆ 电场对放其内的任何电荷都有作用力。

☆ 电场力对移动电荷作功。

## ※ 静电场

相对于观察者静止的电荷产生的电场  
是电磁场的一种特殊形式

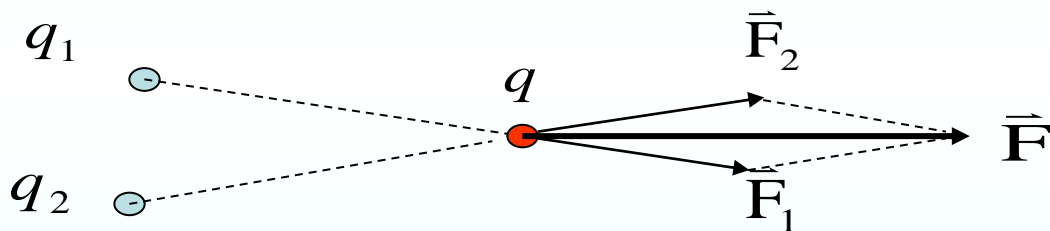
## ※ 静电力（电场力）

电场对处在其中的其他电荷的作用力。

两个电荷之间的相互作用力本质上是一个电荷的电场  
作用在另一个电荷上的电场力。

## ※ 静电力叠加原理

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \cdots + \vec{F}_n = \sum_i \vec{F}_i$$



点电荷受到的**总静电力**等于所有其它点电荷单独存在时作用于其上的静电力的**矢量和**。

## ※ 静电场中的几种理想模型

点电荷



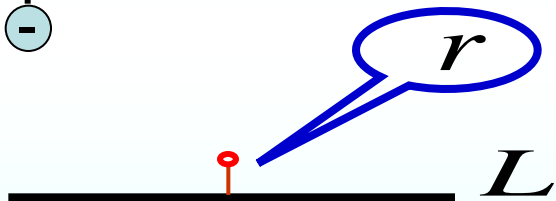
$$r \gg d$$

电偶极子



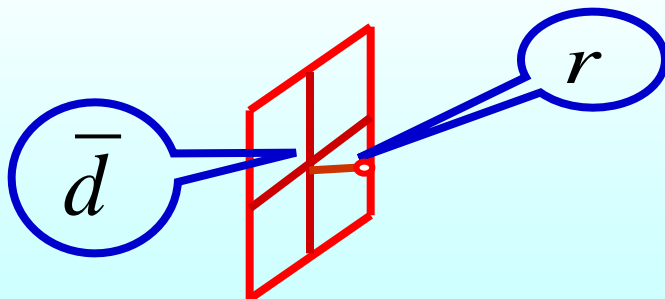
$$r \gg l$$

无限长带电线



$$r \ll L$$

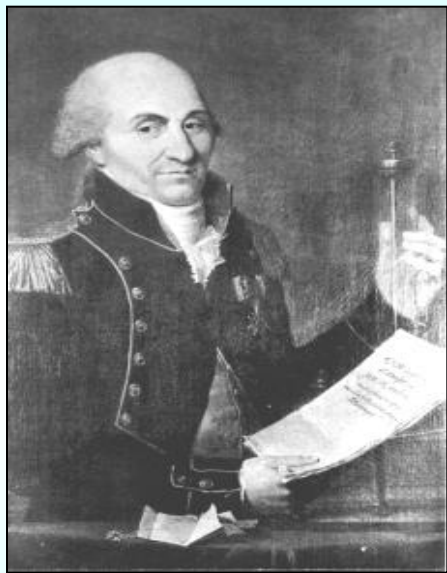
无限大带电面



$$r \ll \bar{d}$$



## ※ 库仑定律



库仑 1736–1806  
(C.A.Coulomb )

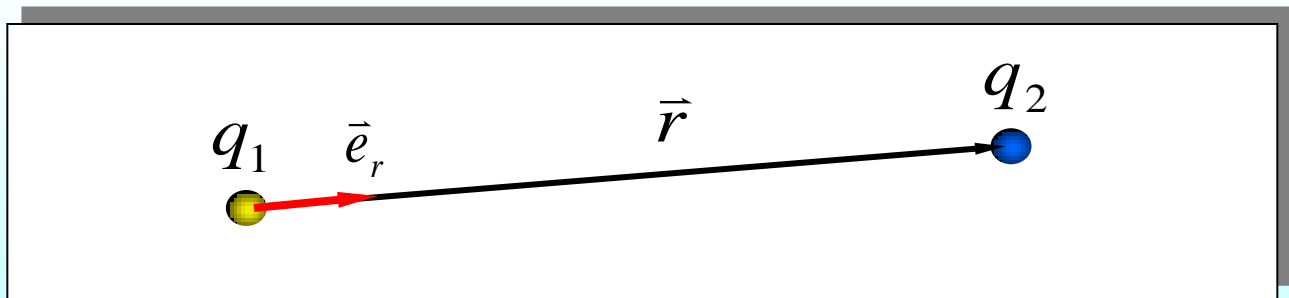
法国物理学家，1785年通过**扭秤实验**创立**库仑定律**，使电磁学的研究从定性进入定量阶段。电荷的单位库仑以他的姓氏命名。

## ※ 库仑定律

点电荷  $q_2$  受  $q_1$  的力

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

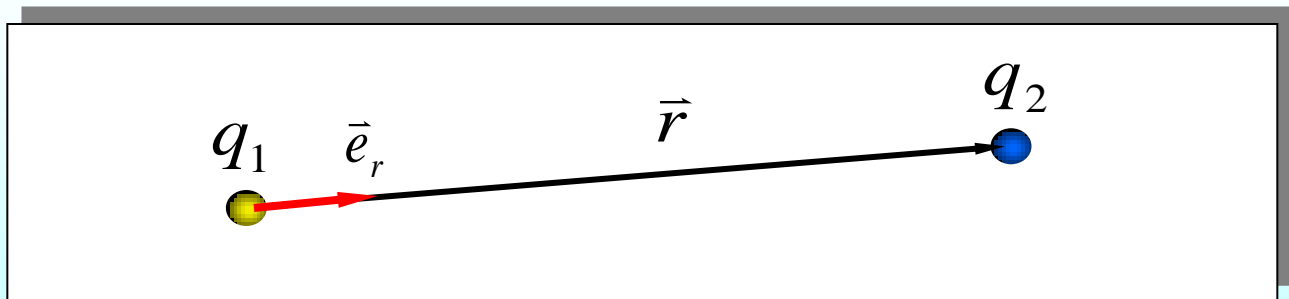
$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{C}^2 \cdot \text{N}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$  为真空电容率  
(真空介电常数)



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

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.



**例题** 已知两带电细杆电荷线密度均为 $\lambda$ 、长度为 $L$ ，相距 $L$ ，如图所示。

**求：**两带电直杆间的电场力。

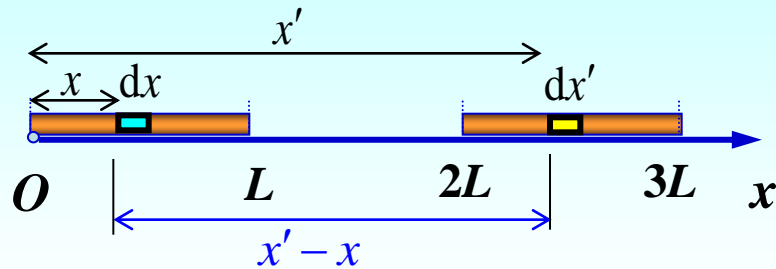
**解：**建立如图所示坐标系

在左、右两杆上分别选电荷元

根据库仑定律

$$dF = \frac{\lambda dx \lambda dx'}{4\pi\epsilon_0 (x' - x)^2}$$

$$F = \int_{2L}^{3L} dx' \int_0^L \frac{\lambda^2 dx}{4\pi\epsilon_0 (x' - x)^2} = \frac{\lambda^2}{4\pi\epsilon_0} \ln \frac{4}{3}$$



$$dq = \lambda dx$$

$$dq' = \lambda dx'$$

# 静电实用技术

- **静电除尘：**利用带电粒子在静电场中平移运动来除去废气中含有的粒状污染物的方法。
- **静电喷涂：**将微粒化的涂料通过静电作用涂敷在被涂物体上的工艺过程。
- **静电植绒：**基于高压静电对带不同电荷的物体产生相斥或相吸原理的植绒技术。
- **静电纺纱：**基于静电力转移纤维的概念，利用静电场将单纤维伸直、排列和凝聚、捻成纱。
- **静电复印：**基于静电现象、电导现象制成的各种复印机。

