



# UNIVERSITY PHYSICS 2

## 大学物理学 (二)

主讲教师: 邓阿丽

电 话: 15269122893

大学物理QQ学习群: 965302777

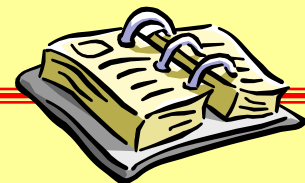
# 一、大学物理学的主要研究内容

大学物理  
(一) { 力学： 运动的描述和运动规律  
热学： 气体运动理论和热力学  
光学： 波动光学

42学时

大学物理  
(二) { 电磁学： 电场、磁场及电磁感应  
近代物理： 相对论和量子力学

54学时



## 二、教材和参考书目

### 教材：

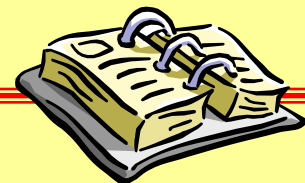
《大学物理》 渊小春等主编 同济大学出版社, 2015年

### 参考书：

- 1、赵近芳，大学物理简明教程，北京邮电大学出版社, 2008年
- 2、张三慧，大学物理学，清华大学出版社，2004
- 3、程守洙等，普通物理学，高教出版社，1998.06

## 三、几点要求

**30%+70%**





# Electromagnetic theory

The background is a vibrant, abstract collage. It features a computer monitor with a blue frame and a green side panel, displaying a blue screen with a small, dark, rectangular object in the center. To the right of the monitor is a portion of a black keyboard with white keys. The background is filled with various numbers and letters in different colors and sizes, including '3', '6', '9', '16', 'ABC', 'XYZ', and 'TUV'. A grid of yellow and orange lines is overlaid on the entire scene, creating a sense of depth and structure.

# 电磁学





Hans Christian Oersted  
(1770–1851)

公元前6世纪，毛皮摩擦能吸引草屑现象

公元前4世纪，磁矿石具有吸引铁物质的现象

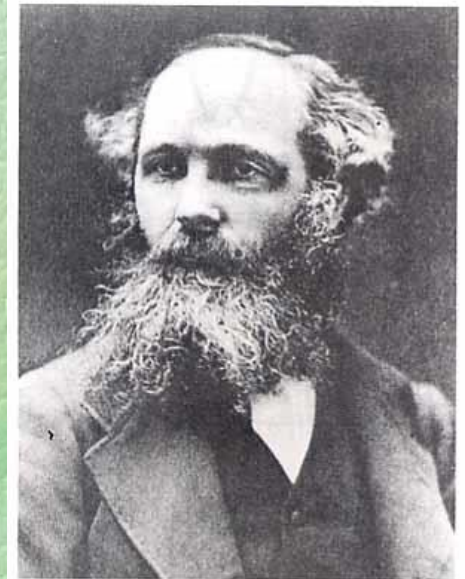
**1820年，丹麦物理学家奥斯特发现电流的磁效应。**



Michael Faraday (1791–1867)

**1831年，英国法拉第发现了电磁感应现象，揭示了电磁现象的内在联系。**

**1865年，麦克斯韦提出感应电场和位移电流假说，总结出一套完整的电磁场理论，并预言了电磁波的存在。**



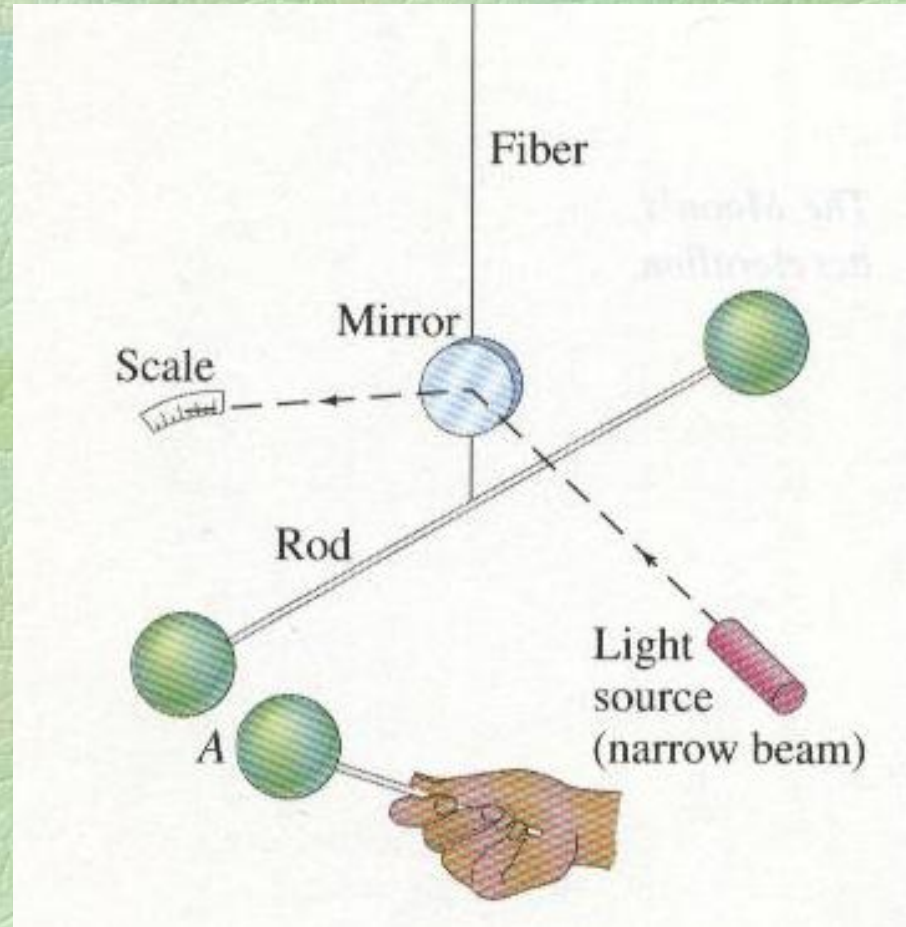
James Clerk Maxwell  
(1831–1879)



## 重要人物

库仑(Coulomb 1736~1806): 法国物理学家, 库仑定律;

FIGURE 16-12 Charles Coulomb.





**高斯： Carl Friedrich Gauss**  
**1777-1855， 德国数学家、物理学**  
**家、天文学家和发明家。电磁**  
**学——高斯定理和高斯单位制；**



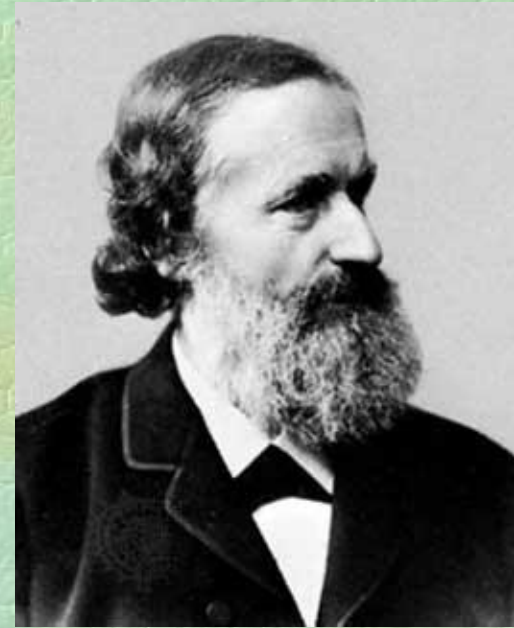
**欧姆(Ohm 1787~1854):德国物理学家，**  
**欧姆定律（1827）；**





**基 尔 霍 夫 :Kirchhoff**

**1824~1887,德国物理学家,  
节点电流定律和回路电压  
定律;**



**奥斯特:Oersted 1777~1851, 丹  
麦物理学家、化学家, 电  
的磁效应, 旋转力;**





安培(Ampere 1775~1836):法国物理学家, 电流与电流相互作用, 分子电流假说;



图 26—2 安 培

法拉第(Faraday 1791~1867):英国物理学家、化学家, 法拉第电磁感应定律, 提出场、电力线、磁力线.....;

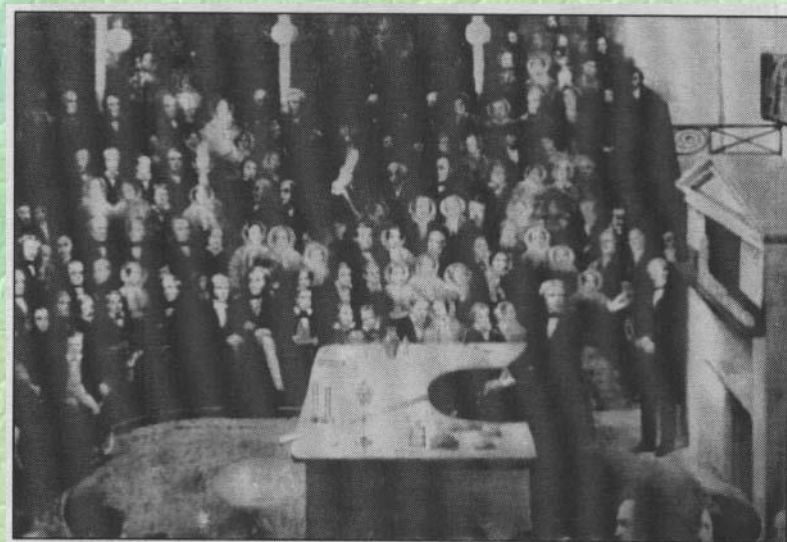


图 26—0 法拉第正在讲演



**楞次 (Lenz 1804~1865):**俄籍  
德国物理学家，楞次定律，  
电磁现象也满足能量守恒  
定律；



**麦克斯韦 (Maxwell 1831~1879):**英国物理学  
家、数学家，提出了位移  
电流，完成了电磁理论大  
统一；





赫兹(Hertz 1857~1894): 德国物理学家, 验证了电磁波的存在。

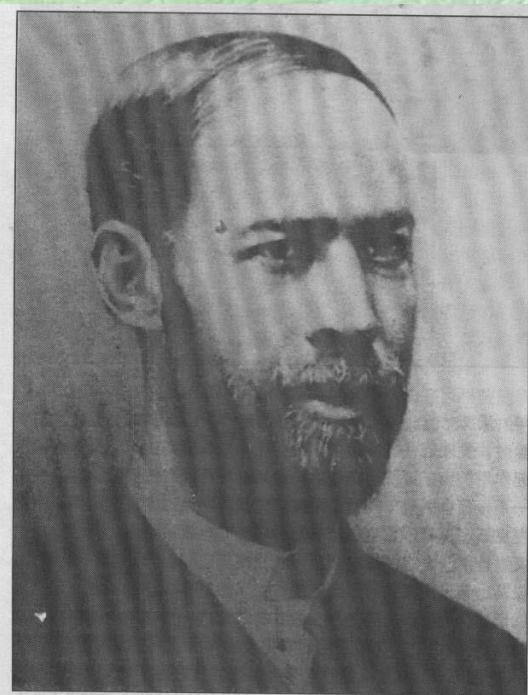


图 26-14 赫兹

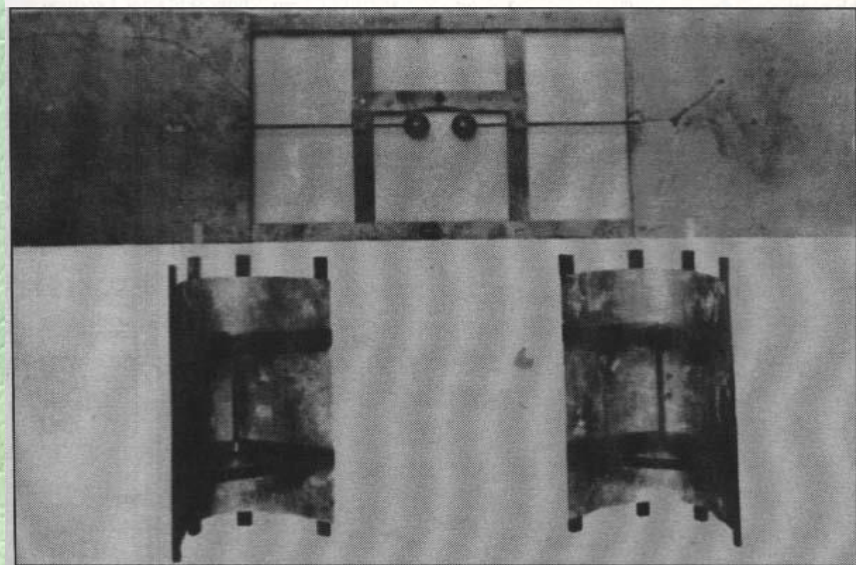
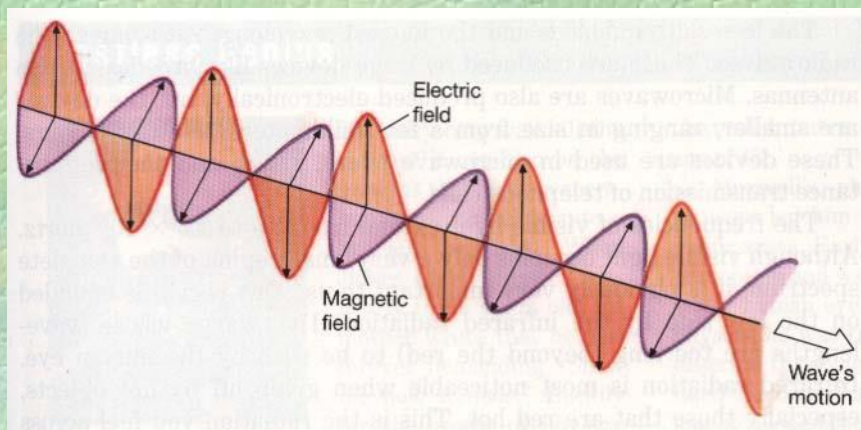


图 26-13 赫兹发射电磁波的装置



在物理理论指导下**蒸汽机、电力和电子计算机**的发明和应用，是近代工业革命的三个标志。

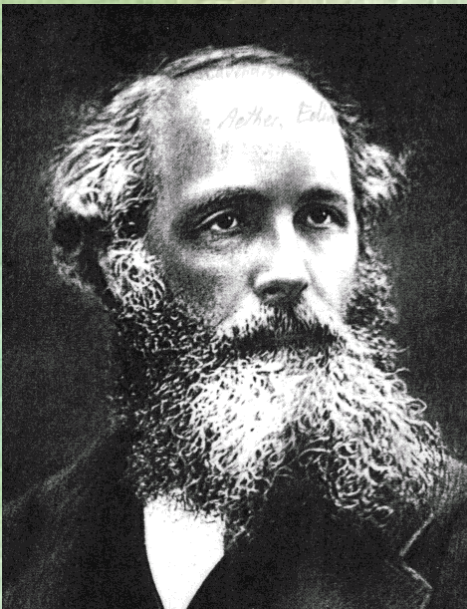
**第一次技术革命以蒸汽机的发明为标志，以力学和热学**为主要理论基础。





# 第二次技术革命以电的发明为标志

在麦克斯韦**电磁理论**的推动下取得的电力的广泛应用是近代工程技术发展的第二次突破，为工业生产提供了新的方便的巨大能源。





# 第三次技术革命以电子计算机为标志。

二十世纪以来随着**相对论力学**和**量子力学**的建立，促进了半导体、核磁共振、激光等技术的发明。二十世纪四十年代电子计算机技术的发明和利用是工业技术发展的第三次突破的标志。

电子计算机的不断更新和发展，促使工业生产向自动化进军。机器人的诞生和应用，空间技术和遥控技术的飞速发展极大地提高了人类对物质世界的认识。





# 主要内容

**Chapter 3 Electrostatic Field in Vacuum**  
**真空中的静电场**

**Chapter 4 Conductors and Dielectrics in Electrostatic Field**  
**静电场中的导体和电解质**

**Chapter 5 Magnetic Field of a Steady Current in Vacuum**  
**真空中稳恒电流的磁场**

**Chapter 6 Magnetic Properties of Matter**  
**介质中的磁场**

**Chapter 7 Electromagnetic Induction**  
**Maxwell's Equation 电磁感应 麦克斯韦方程组**

# Chapter 3 Electrostatic Field in Vacuum

## 第三章 真空中的静电场





**§ 3—1 Electric Charges Coulomb's Law 电荷 库仑定律**

**§ 3—2 The Electric Field 电场 电场强度**

**§ 3—3 Electric Field Line and Flux 电力线 电通量**

**§ 3—4 Gauss' Law 高斯定理**

**§ 3—5 Electric Potential 静电场的功 电势**

**§ 3—6 Equipotential Surface and Potential Gradient  
等势面 电场强度与电势的关系**



# 教学要求

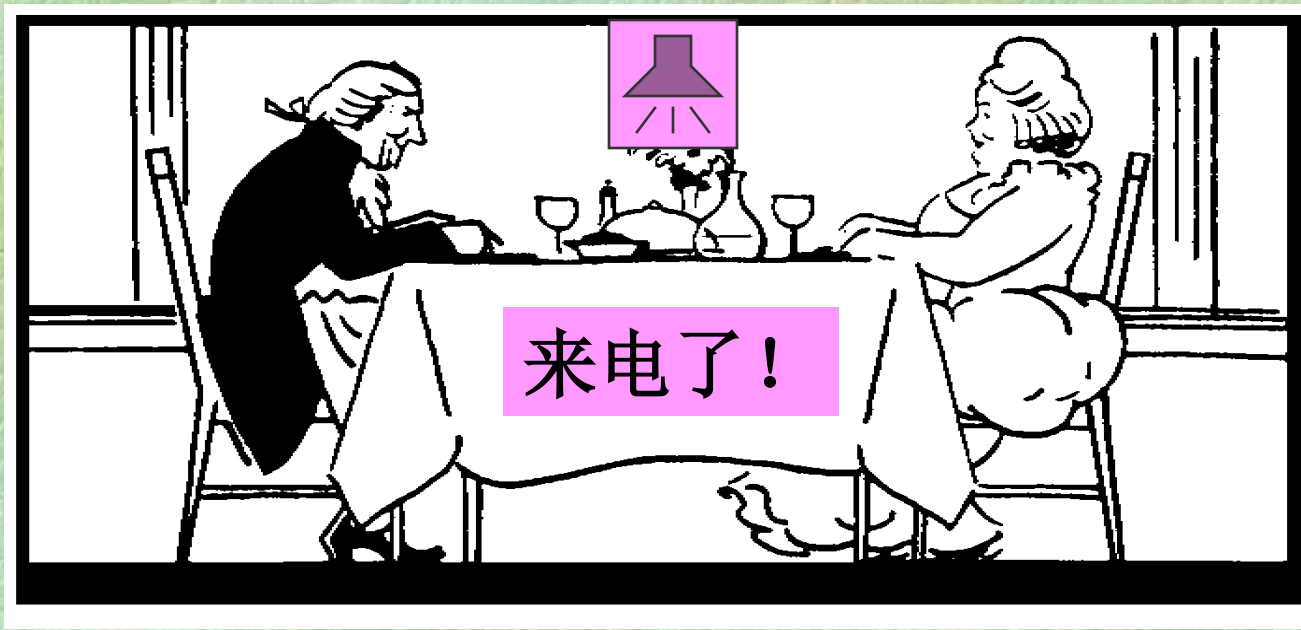
- 1.掌握静电场的电场强度和电势的概念以及电场强度的叠加原理和电势叠加原理。
- 2.掌握电势与电场强度的积分关系，能计算一些简单问题中的电场强度和电势。
- 3.理解静电场的规律：高斯定理和环路定理。理解并掌握用高斯定理计算电场强度的条件和方法。
- 4.了解电偶极矩的概念，能计算电偶极子在均匀电场中所受的力和力矩。



# § 3—1 Electric Charges Coulomb Law

## 电荷 库仑定律

### 1. Electric phenomena(电现象)



没有电，犹如没有阳光，你的生活是一片.....?





**Thunder and lightning!**

**摩擦起电(a glass rod by rubbing one end  
with silk)! 当心!**

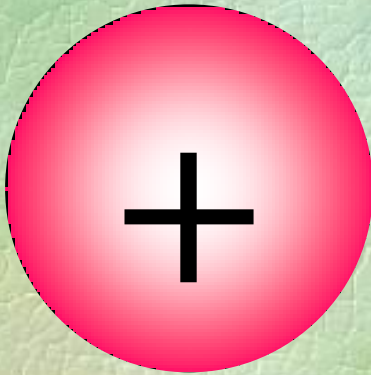


## 2. Electric Charges

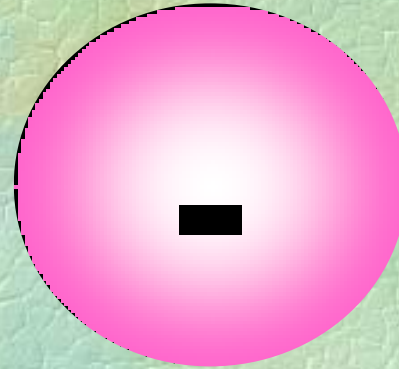
## 对电荷的基本认识

### (1) Two kinds of electric charges

### 两种电荷



玻璃棒与丝绸摩擦后所带的电荷为**正电荷**。



硬橡胶棒与毛皮摩擦后所带的电荷为**负电荷**。





## (2) Properties of electric charges 电荷的基本性质



电荷与电荷之间存在相互作用力，  
同种电荷相斥，异种电荷相吸。



### (3) Quantization of charges 电荷量子化:

表示物体所带电荷多少的物理量称为电量( $q$  或  $Q$ ),

单位: 库仑C。

一切物体所带电量 $q$ 都是某一基本电量的整数倍。



$$q = \pm ne$$

$$e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$



## (4) The Conservation of Charges 电荷守恒定律

是物理学中普遍的基本定律：

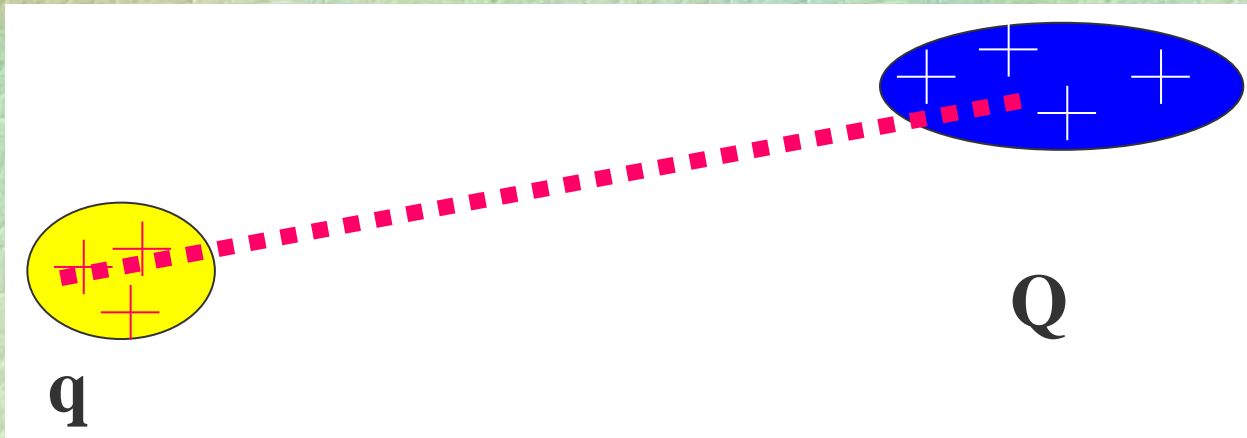
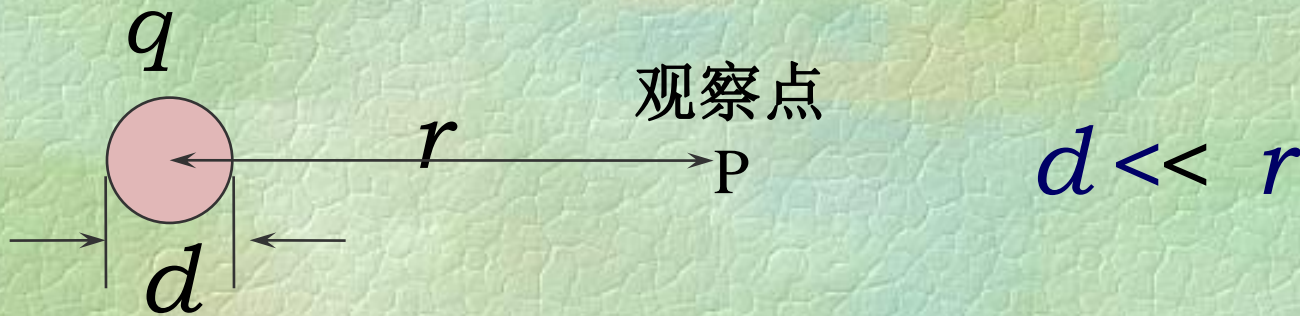
在一个孤立系统中，无论发生了怎样的物理过程，电荷不会创生，也不会消失，只能从一个物体转移到另一个物体上。

在一个和外界没有电荷交换的系统内，正负电荷的代数和在任何变化过程中保持不变。

当有一种电荷出现时，必然有等量异号的电荷同时出现；当有一种电荷消失时，必然有等量的异号电荷同时消失。

## 2. Coulomb's Law 库仑定律

Point charge 点电荷的概念:

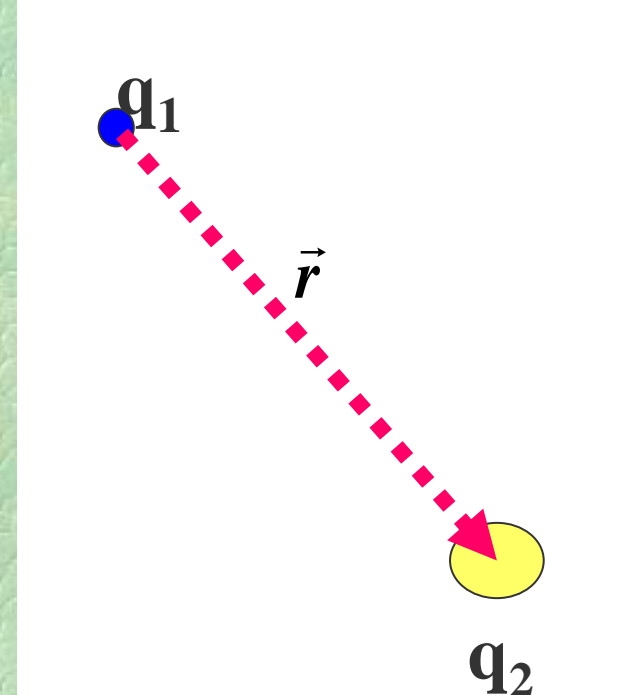




# Coulom's Law 库仑定律

真空中两个静止点电荷 $q_1$ 和 $q_2$ 之间的相互作用力 $F$ 的大小与这两个点电荷所带电量 $q_1$ 和 $q_2$ 的乘积成正比，与它们之间的距离 $r$ 的平方成反比。作用力 $F$ 的方向沿它们的连线方向，同号相斥，异号相吸。

$$\vec{f} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^3} \vec{r} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \vec{r}^0$$



$\vec{r}^0$  从施力电荷指向受力电荷的单位矢量

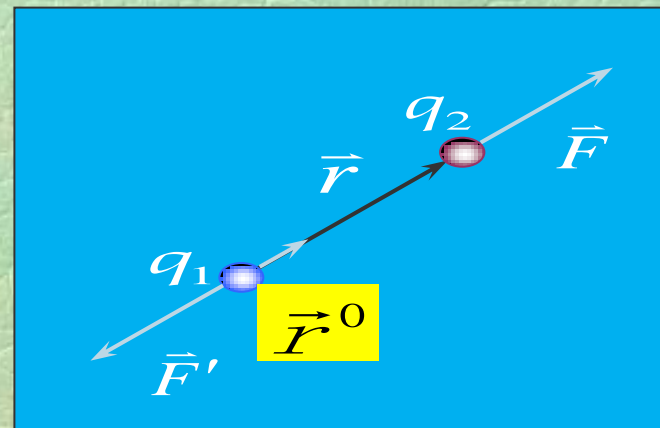
其中:  $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 / \text{N} \cdot \text{m}^2$

大小:

$$f = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|q_1 q_2|}{r^2}$$

方向: ? ?

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \vec{r}^0$$



• 方向说明:

➤  $q_1$ 与 $q_2$ 同号

$$q_1 \cdot q_2 > 0$$

$\vec{F}$ 与 $\vec{r}^0$ 方向相同

同号电荷相互排斥

➤  $q_1$ 与 $q_2$ 异号

$$q_1 \cdot q_2 < 0$$

$\vec{F}$ 与 $\vec{r}^0$ 方向相反

异号电荷相互吸引



注意：

1. 适用于真空中的静止点电荷；

2. 是基本实验规律, 宏观、微观均适用；

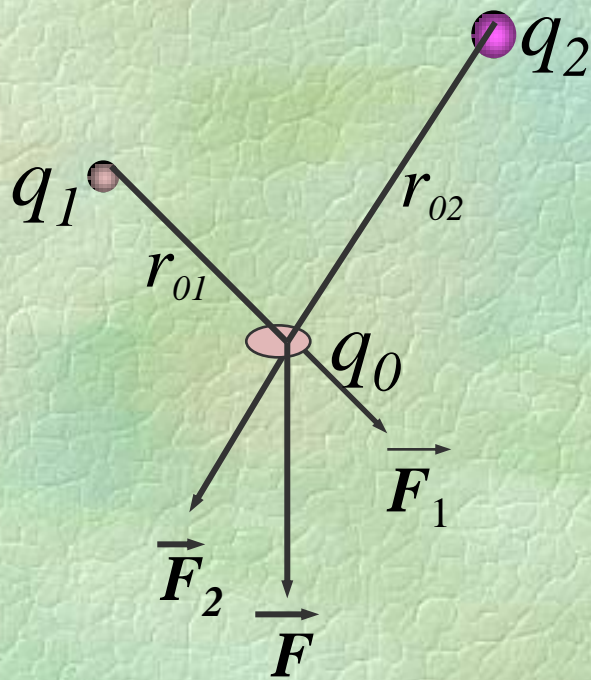
**That is the Coulomb's law is correct and accurate in the  $10^{-15} \sim 10^9 \text{m}$  of distance between point charges**

3. 库仑力可以叠加。



## 满足力的叠加原理

$$\vec{F} = \sum_i \frac{q_0 q_i}{4\pi\epsilon_0 r_{0i}^3} \vec{r}_{0i}$$





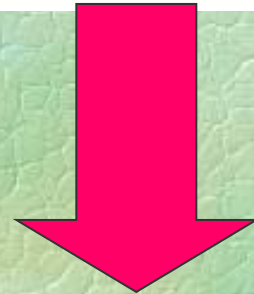
4. There is some similarity between Coulomb's law and Newton's law of universal gravitation. However, gravitation is only attractive, and the force between charges is attractive or repulsive(排斥)

$$\vec{f}_G = G \frac{m_1 m_2}{r^3} \vec{r}$$



仅有吸引!

$$\vec{f}_c = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^3} \vec{r}$$



吸引和排斥!



**例1** 按量子理论, 在氢原子中, 核外电子快速地运动着, 并以一定的概率出现在原子核(质子)的周围各处, 在基态下, 电子在半径  $r = 0.529 \times 10^{-10} \text{ m}$  的球面附近出现的概率最大. 试计算在基态下, 氢原子内电子和质子之间的静电力和万有引力, 并比较两者的大小. 引力常数为  $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$ .

**解:** 按库仑定律计算, 电子和质子之间的静电力为

$$\begin{aligned} F_e &= \frac{1}{4\pi \varepsilon_0} \frac{e^2}{r^2} = 8.89 \times 10^9 \times \frac{(1.60 \times 10^{-19})^2}{(0.529 \times 10^{-10})^2} \text{ N} \\ &= 8.22 \times 10^{-8} \text{ N} \end{aligned}$$



应用万有引力定律，电子和质子之间的万有引力为

$$\begin{aligned} F_g &= G \frac{m_1 m_2}{r^2} \\ &= 6.67 \times 10^{-11} \times \frac{9.11 \times 10^{-31} \times 1.67 \times 10^{-27}}{(0.529 \times 10^{-10})^2} N \\ &= 3.63 \times 10^{-47} N \end{aligned}$$

由此得静电力与万有引力的比值为

$$\frac{F_e}{F_g} = 2.26 \times 10^{39}$$

可见在原子中，电子和质子之间的静电力远比万有引力大，由此，在处理电子和质子之间的相互作用时，只需考虑静电力，万有引力可以略去不计。



**例2** 设原子核中的两个质子相距 $4.0 \times 10^{-15} \text{m}$ ,求此两个质子之间的静电力.

**解:**两个质子之间的静电力是斥力,它的大小按库仑定律计算为

$$F_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} = 9.0 \times 10^9 \frac{(1.6 \times 10^{-19})^2}{(4.0 \times 10^{-15})^2} = 14 \text{N}$$

可见,在原子核内质子间的斥力是很大的。

质子之所以能结合在一起组成原子核,是由于核内还存在着远比斥力更强的引力——核力。

**原子核的结合力**

原子的结合力

相同条件下的万有引力



**作业：课本93页：习题1、2**