

大学物理

物理科学与技术学院

魏平
联系方式:

课程要求：

- 1、上课注意听讲；
- 2、课后及时完成作业；
 - 1) 独立完成作业；
 - 2) 每周上课时交作业；
 - 3) 平时作业成绩占期末总成绩的20%!
- 3、有问题及时答疑。

期末考试中练习册同类题型占50%

上学期大学物理内容回顾

- 一、力学：包括质点运动学、质点力学和刚体力学
——是物理学的基础
- 二、振动与波动学：力学应用于周期运动。
- 三、波动光学：光的干涉、衍射与偏振。
- 四、近代物理学基础：相对论和量子力学初步。

本学期大学物理内容安排

电磁学：研究电磁运动规律的学科。

吴百诗主编《大学物理》下册前三章内容

第10章 静电场

第11章 稳恒电流的磁场

第12章 变化的电磁场

最基本的科学方法之一

——[基本原理+叠加原理] 解决复杂问题

发展历史

远古时代，电磁现象的记载。

1785年，法国物理学家**库仑**发明库仑定律。

1820年，丹麦物理学家**奥斯特**发现电流的磁效应。

1831年，英国物理学家**法拉第**发现了电磁感应现象。

1865年，英国物理学家、数学家**麦克斯韦**提出感应电场和位移电流假说，总结出完整的电磁场理论。

第10章 静电场

静电场：相对于观察者静止的电荷所产生的电场

两个物理量：电场强度、电势；

一个实验规律：库伦定律；

两个定理：高斯定理、环路定理。

§10.1 电荷 库仑定律

一. 电荷

- **正负性** 1747年富兰克林发现了电, 正电和负电

- **量子性** 电荷量不连续的性质 **密立根油滴实验**

$$Q = ne \quad e = (1.602\ 189\ 2 \pm 0.000\ 004\ 6) \times 10^{-19} C$$

- **守恒性** 一个电封闭系统中总电荷量保持不变。即在任
何时刻系统中正电荷与负电荷的代数和保持不变

——**电荷守恒定律**

- **相对论不变性** 电荷的电量与它的运动状态无关

二. 库仑定律 —电磁学的最基本规律



库仑 (1736-1806)
法国物理学家

1785年，库仑用自己发明的扭秤建立了静电学中著名的库仑定律。

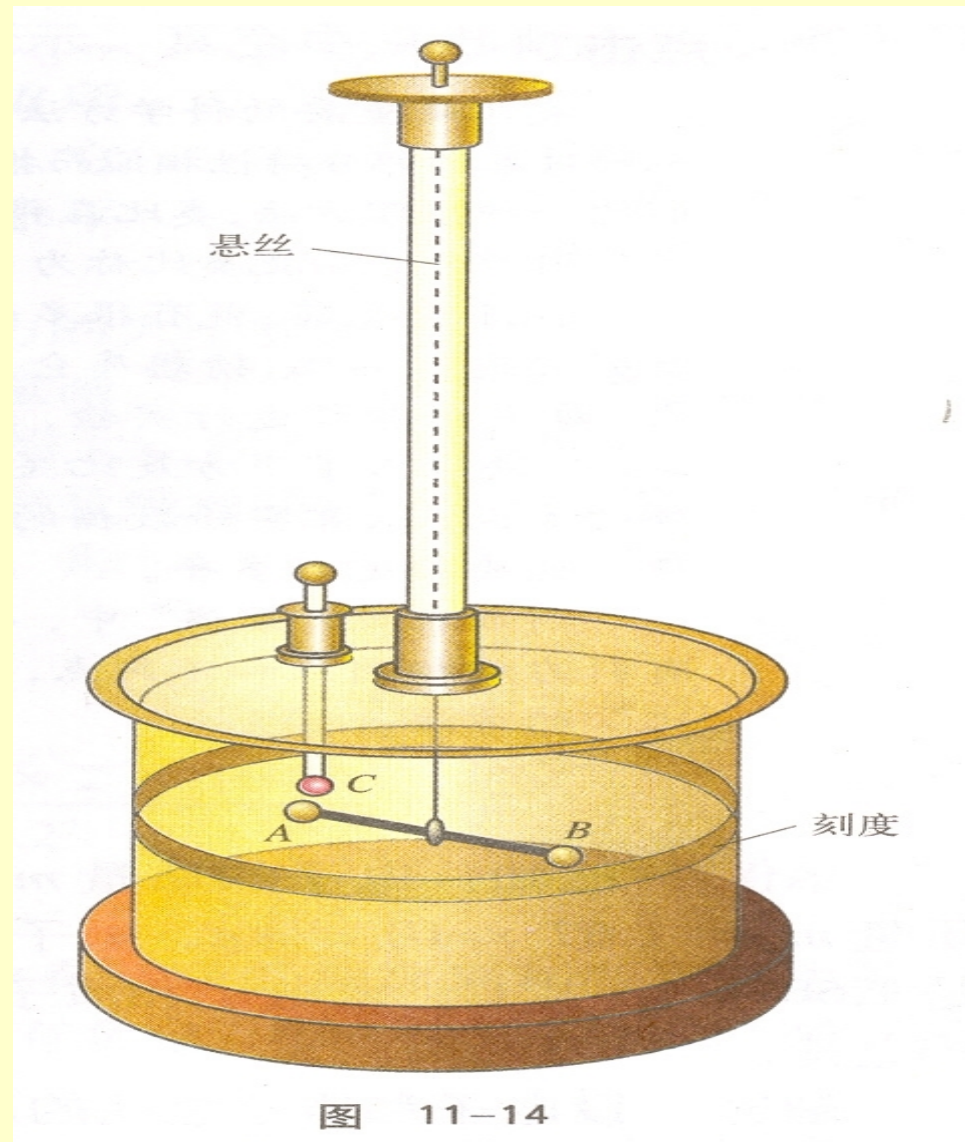


图 11-14

二. 库仑定律 — 电磁学的最基本规律

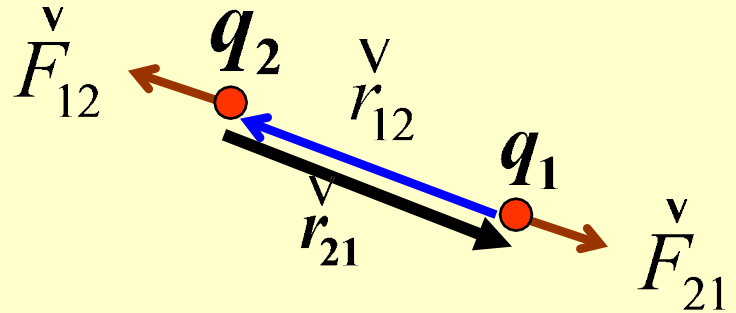
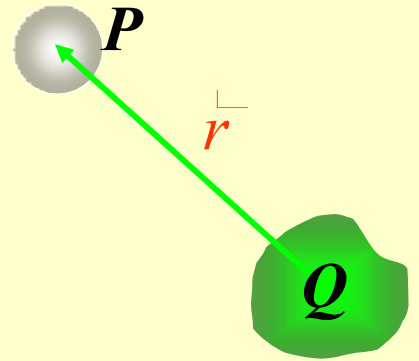
1. 点电荷 — 一种理想模型

当带电体的大小、形状 与带电体间的距离相比可以忽略时,就可把带电体视为一个带电的**几何点**。

2. 库仑定律

库仑的扭秤实验发现在真空中两个静止**点电荷**之间的作用力有如下规律:

- 1) 大小与其电量的乘积成正比, 与它们之间距离的平方成反比;
- 2) 作用力的方向沿着两个点电荷的连线方向;
- 3) 两点电荷间的相互作用力大小相等, 方向相反, 满足牛顿第三定律。

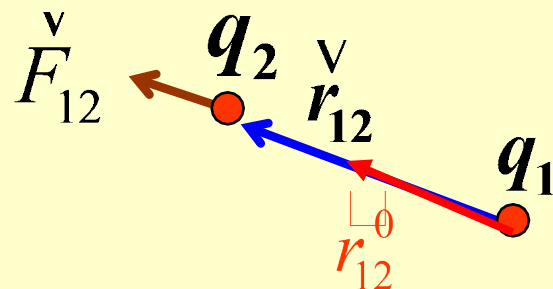


$$F_{12} = F_{21} = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad k = 8.98 \times 10^9 \text{ (N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}\text{)}$$

如何表示库仑力的方向？

同号电荷相排斥，异号电荷相吸引！

$$\vec{F}_{12} = k \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2} \frac{\vec{r}_{12}}{r_{12}}$$



比例系数的有理化： $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$

$$\epsilon_0 = 8.854187817 \times 10^{-12} \text{ C}^2 / (\text{N} \cdot \text{m}^2)$$

称为真空的介电系数或电容率

$$\frac{\vec{r}_{12}}{r_{12}} = \vec{r}_{12}^0$$

单位矢量

$$\therefore \vec{F}_{12} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r_{12}^2} \vec{r}_{12}^0$$

注意：

- (1) 库仑定律适用于真空中的点电荷；
- (2) 库仑力满足牛顿第三定律；

问题1

...

两个带电体之间的库仑力和万有引力哪个大？

问题2

有限大小的带电体对点电荷的作用力应该如何计算呢？

[例1] 氢原子中电子与质子之间的距离为 $5.3 \times 10^{-11} \text{m}$ ，试计算电子和质子之间的静电力和万有引力各为多大？已知引力常数 $G = 6.7 \times 10^{-11} \text{N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$

解：由库仑定律，电子与质子之间的静电力大小为

$$F_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{e^2}{r^2} = 9.0 \times 10^9 \times \frac{(1.6 \times 10^{-19})^2}{(5.3 \times 10^{-11})^2} = 8.1 \times 10^{-8} \text{N}$$

1 由万有引力定律有 $F_g = G \frac{m_e m_p}{r^2}$

$$\square m_e = 9.1 \times 10^{-31} \text{kg} \quad m_p = 1.7 \times 10^{-27} \text{kg}$$

$$\therefore F_g = 6.7 \times 10^{-11} \times \frac{9.1 \times 10^{-31} \times 1.7 \times 10^{-27}}{(5.3 \times 10^{-11})^2} = 3.7 \times 10^{-47} \text{N}$$

$$\therefore F_g \ll F_e \quad \text{----可不考虑 } F_g$$

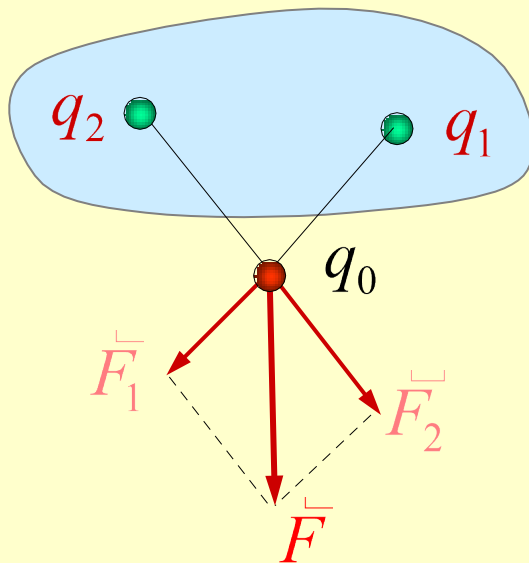
如何解决多个点电荷同时作用于一个点电荷的力的问题？

三、(电场力)叠加原理

1. 点电荷系

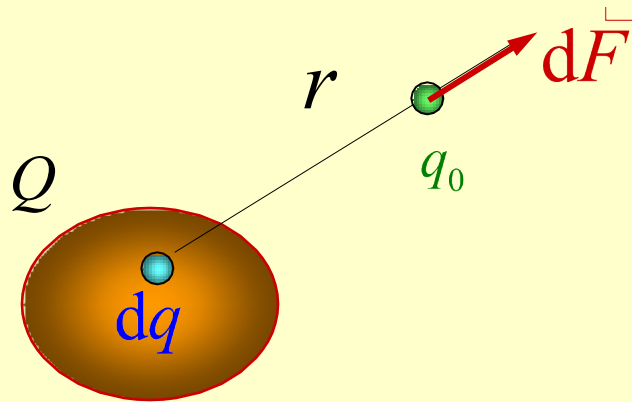
实验表明，点电荷系对 q_0 的电场力等于各电荷单独存在时对 q_0 的电场力的矢量和。

$$q_0 \text{ 受的力: } \vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$



2. 电荷连续分布的带电体

$$d\vec{F} = \frac{q_0 dq}{4\pi\epsilon_0 r^2} \vec{e}_r$$
$$\vec{F} = \int_Q \frac{q_0 dq}{4\pi\epsilon_0 r^2} \vec{e}_r$$



例题2 求放在正方形中心的点电荷 q_0 所受的库仑力。

解

基本原理+叠加原理

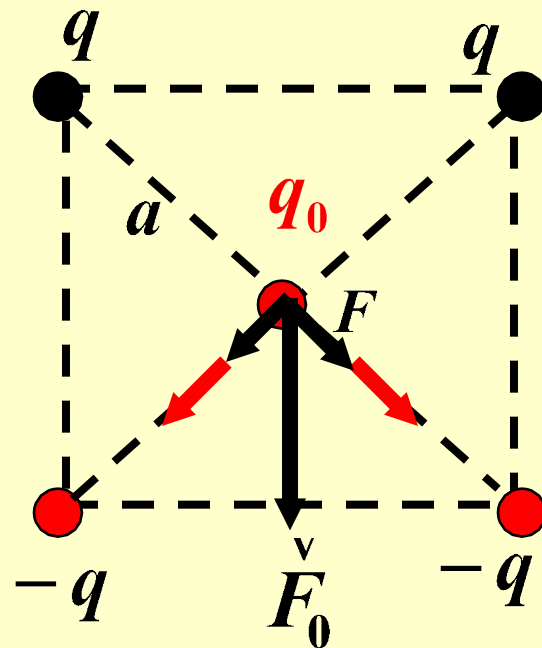
$$F = \frac{q_1 q_2}{4 \pi \epsilon_0 r^2}$$

$$F = \frac{1}{4 \pi \epsilon_0} \frac{q q_0}{a^2}$$

$$\therefore F_0 = 4F \cos 45^\circ$$

$$\therefore F_0 = \frac{\sqrt{2}}{2 \pi \epsilon_0} \frac{q q_0}{a^2}$$

方向竖直向下

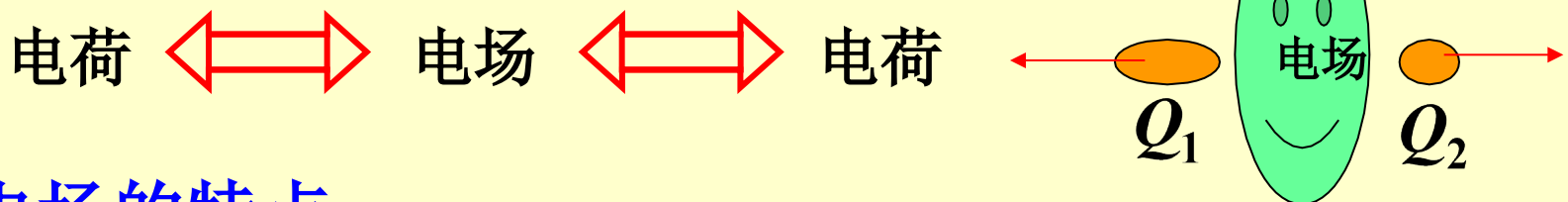


思考：若将下边的两个负电荷换成等量的正电荷，结果如何？

§10.2 静电场 电场强度 E

一. 静电场

- 超距作用：静电力的传递不需要媒介、不需要时间。
- 近距作用：法拉第提出，静电力的媒介是电场。



- 电场的特点：

▮ 叠加性

- ▮ 对外表现：
- a. 对位于其中的带电体有力的作用；
 - b. 带电体在电场中运动, 电场力要作功。

▮ 研究方法:

力法——引入电场强度

能法——引入电势

二. 电场强度

- 试探电荷: 满足

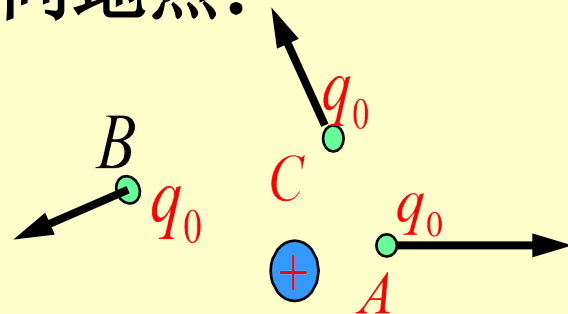
- ▮ 线度充分小: 试探电荷可视为点电荷, 以便能够确定场中每一点的性质

- ▮ 带电量充分小: 可忽略其对原有电场分布的影响

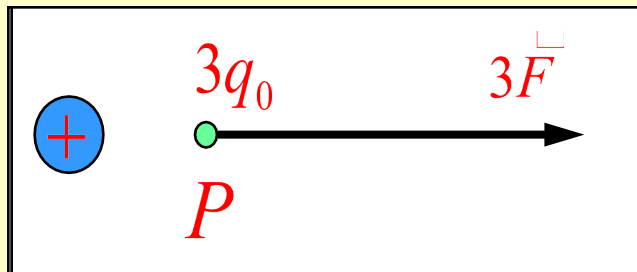
• 实验:

一 将同一试探电荷 q_0 放入电场的不同地点:

F q_0 所受电场力大小和方向逐点不同



- 电场中某点 P 处放置不同电量的试探电荷:



F 所受电场力方向不变, 大小成比例地变化

----电场力不能反映某点的电场性质

定义电场强度

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$$

电场中某点的电场强度的大小等于单位电荷在该点受力的大小，其方向为正电荷在该点受力的方向。

讨论：

由式 $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$ ，能否说 \vec{E} 与 \vec{F} 成正比，与 q_0 成反比？

三. 点电荷的场强

1 P 点的试探电荷 q_0 所受的电场力为

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq_0}{r^2}$$

场源电荷 q



P

q_0

r

试验电荷

由场强的定义可得 P 点的场强为

$$E = \frac{F}{q_0} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2}$$

---点电荷的场强

讨论:

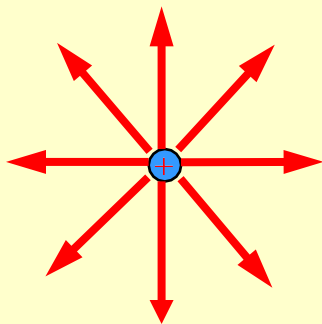
$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} r^{\circ}$$

\hat{E} E 的大小与 q 成正比, 而与 r^2 成反比

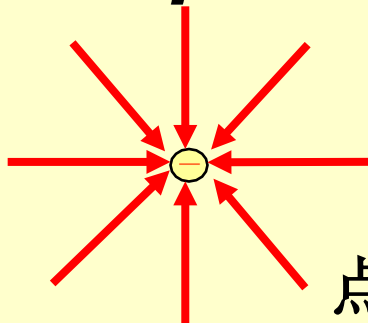
\hat{E} E 的方向取决于 q 的符号

• $q > 0$: E 的方向沿 r° 的方向(背向 q)

1 $q < 0$: E 的方向与 r° 的方向相反(指向 q)



$q > 0$



$q < 0$

点电荷的场是球对称分布电场

即在以点电荷为球心的任意球面上, 场强的大小均相等, 方向均沿半径方向。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/436242003120010212>