

第二节

库存定律

复习回顾

1. 起电方法

1. 摩擦起电
2. 接触起电
3. 感应起电

2. 电荷守恒定律

3. 元电荷

$$e = 1.60 \times 10^{-19} C$$

复习回顾

1. 万有引力定律的内容？

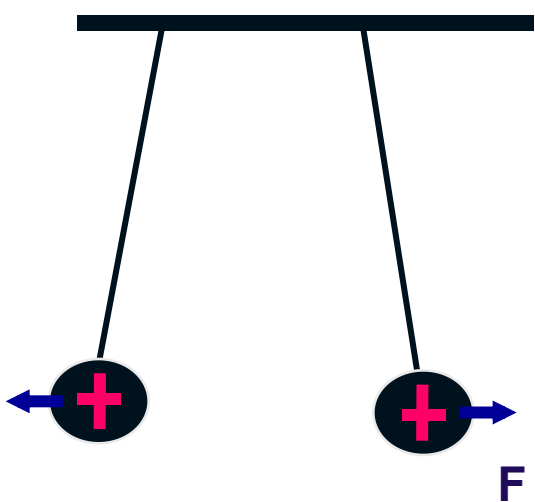
自然界中任何两个物体都相互吸引，引力的大小与物体质量的乘积成正比，与它们之间距离的二次方成反比。

2. 其表达式为：
$$F_{\text{万}} = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

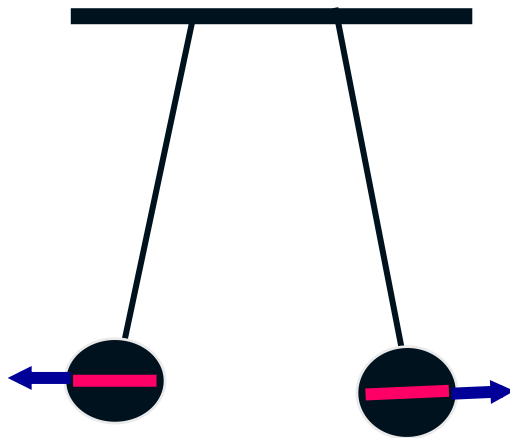
3. 两个物体之间的作用力（引力）随着质量的增大而增大，随着距离的增大而减小。

探究起航

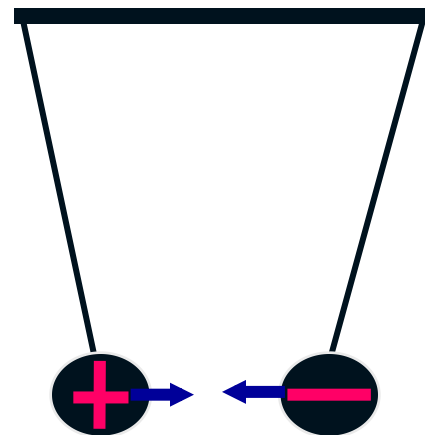
同种电荷之间存在斥力
异种电荷之间存在引力



甲



乙



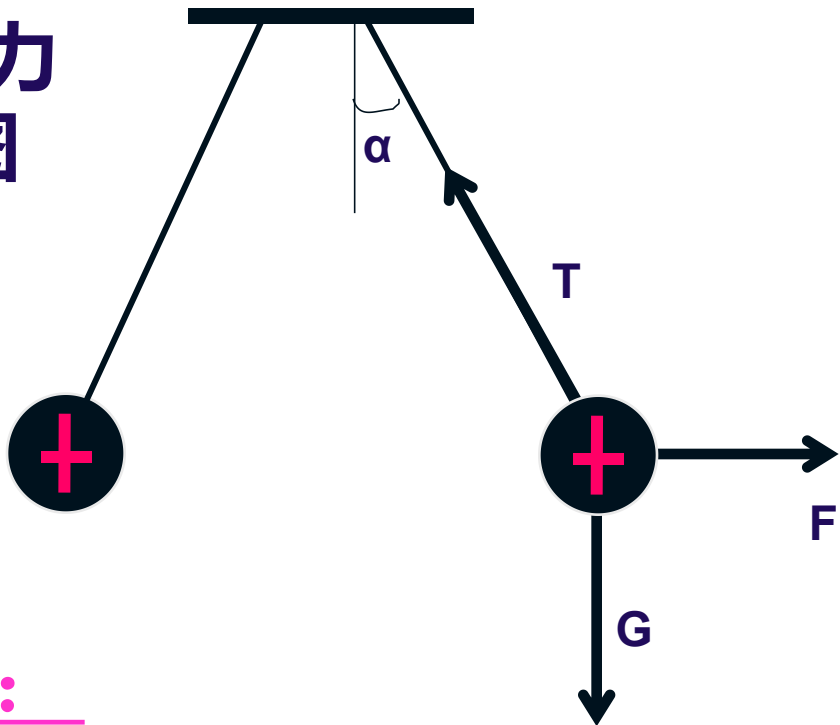
丙

电荷之间作用力的大小决定于哪些因素呢？



一、探究影响电荷间相互作用力的因素

小球受力示意图



$$F = G \tan \alpha$$

偏角越大，
力越大

◆ 演示：

结论：

1. 带电量越大，偏角越大，力越大；带电量越小，力越小。
2. 距离越近，偏角越大，力越大；距离越远，力越小。

一、探究影响电荷间相互作用力的因素

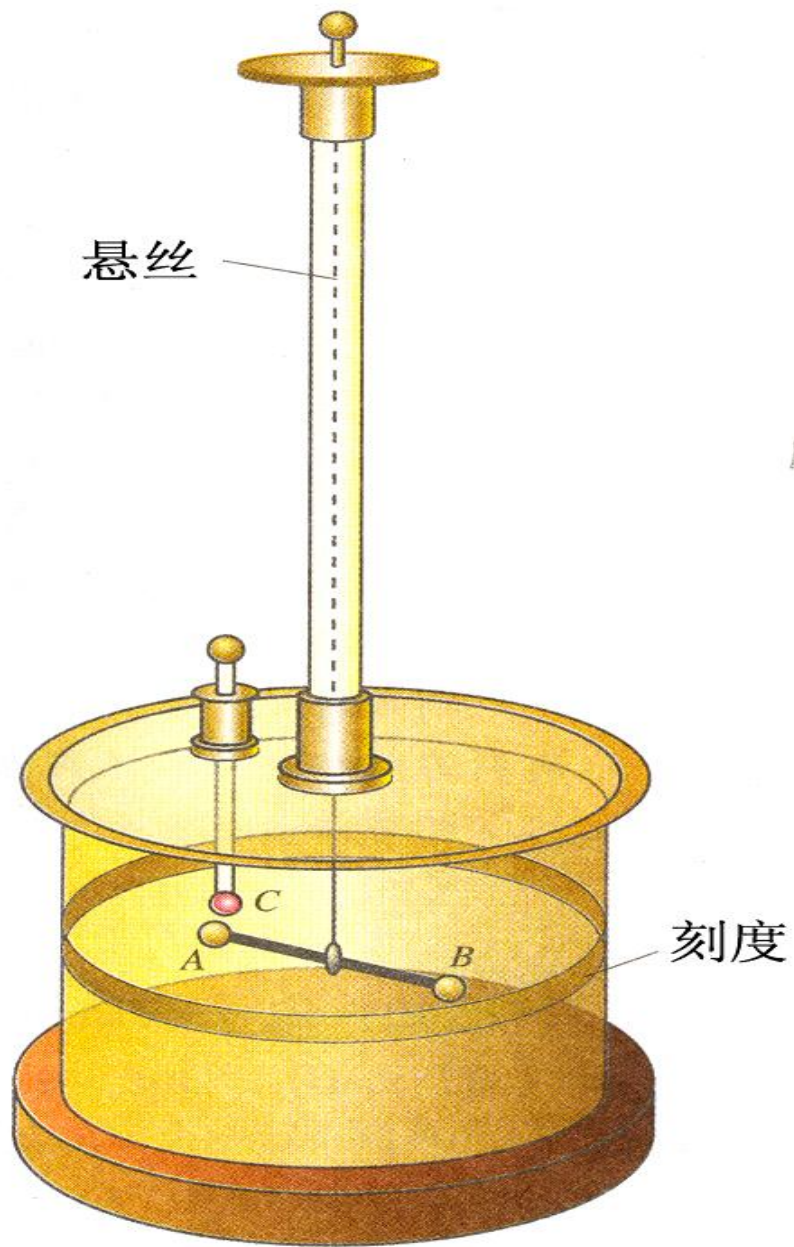
猜想：F与Q、r有什么具体关系？

再猜想：电荷之间相互作用力的大小会不会与万有引力定律的大小具有相似的形式呢？会不会是

$$F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2} ?$$

二、库仑扭秤实验

静
电
场





静电场

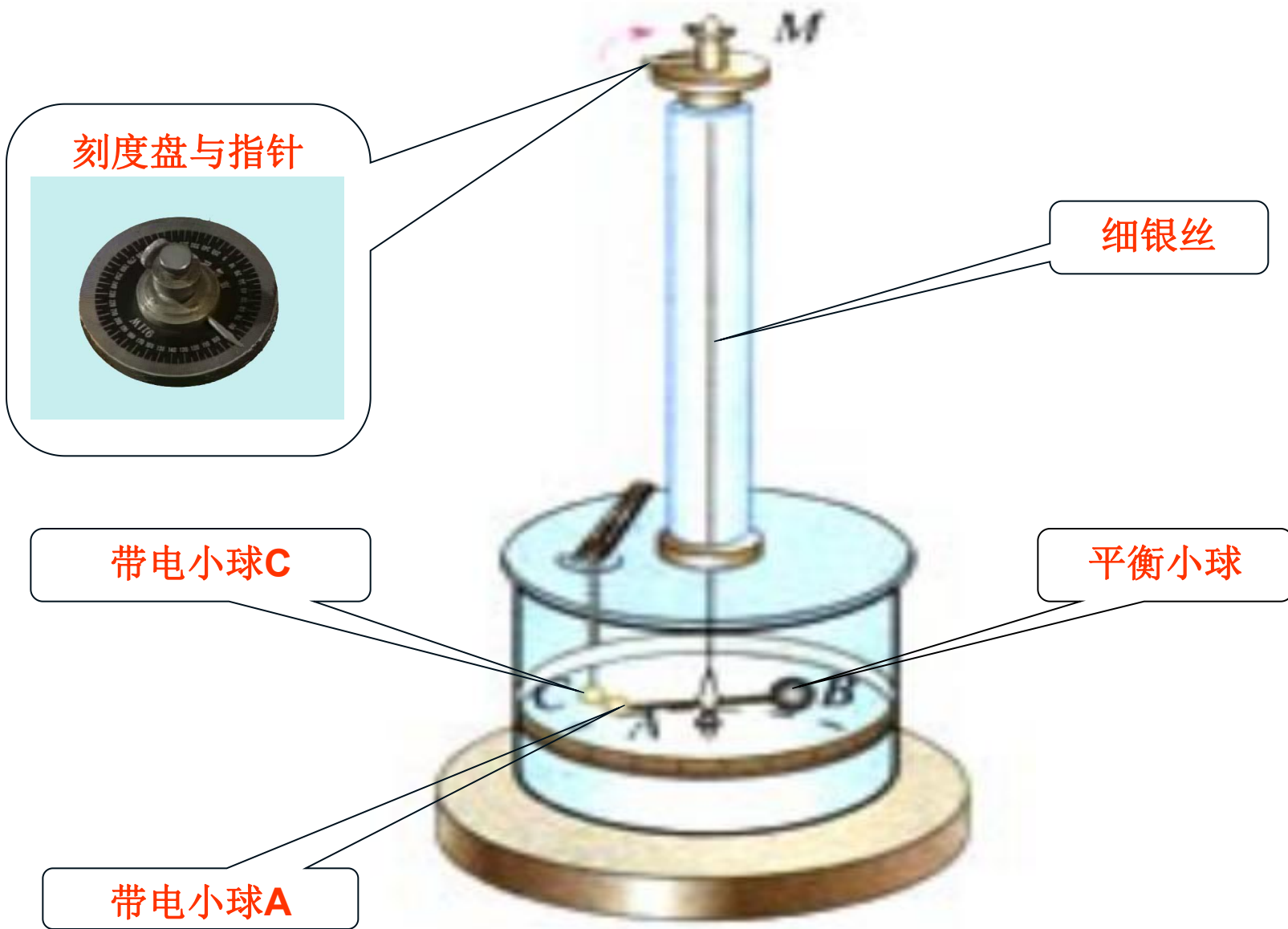


图 1.2-2 库仑扭秤

二、库仑扭秤实验

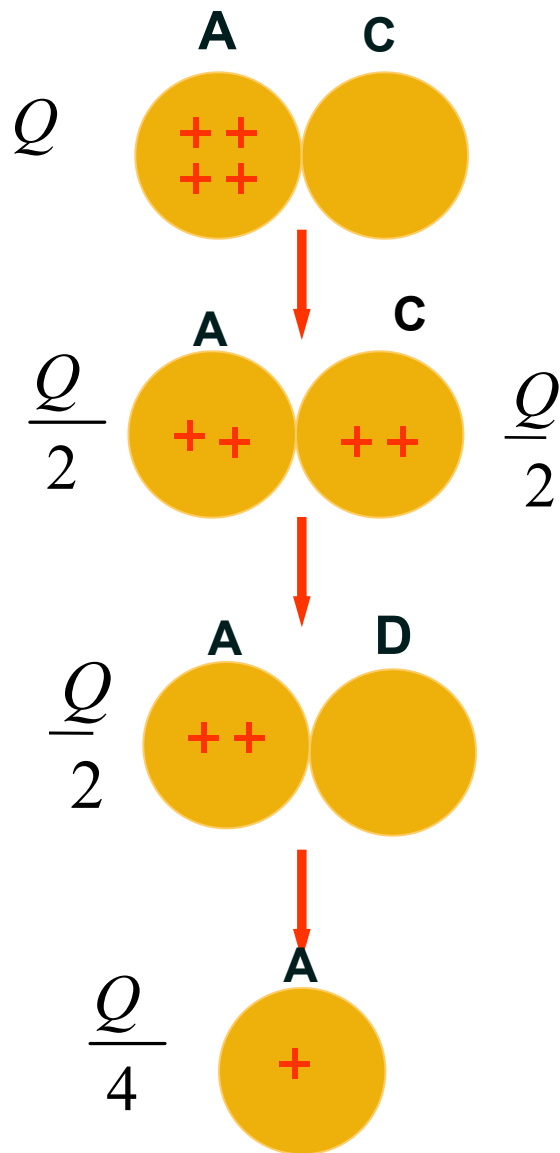
研究方法： 控制变量法

1、F与r的关系(Q不变)

结论：

$$F \propto \frac{1}{r^2}$$

电量均分



条件：完全相同的小球


二、库仑的实验

2、F与Q的关系 (r不变)

结论：

$$F \propto Q_1 Q_2$$

综合结论：


$$\left. \begin{array}{l} F \propto \frac{1}{r^2} \\ F \propto Q_1 Q_2 \end{array} \right\} \longrightarrow F \propto \frac{Q_1 Q_2}{r^2} \longrightarrow F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

式中的k是比例系数，叫做静电力常量。
通过实验测定其值为： $k = 9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$

三、库仑定律

- ◆ 1、内容：真空中两个静止点电荷之间相互作用力，与它们的电荷量的乘积成正比，与它们距离的二次方成反比，作用力的方向在它们的连线上。

电荷间这种相互作用力叫做**静电力**或**库仑力**。

- ◆ 2、表达式：

$$F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

- ◆ 3、适用条件：**真空中静止点电荷**


4、点电荷

(1) 在研究带电体间的相互作用时，如果带电体自身的大小远小于它们之间的距离，以至带电体自身的大小、形状及电荷分布状况对我们所讨论的问题影响甚小，**相对**来说可把带电体看作一带电的点，叫做点电荷。

均匀带电的球体，由于球所具有的对称性，即使它们之间的距离不是很大，一般也可以当作点电荷来处理——电荷集中在球心的点电荷。



(2) 点电荷是一个理想化的模型，类似于力学中的质点。



5、相互作用的两个点电荷，不论它们的电量是否相等，它们受到的库仑力是一对作用力和反作用力。

四、两定律比较

库仑定律

万有引力定律

公式

$$F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

方向

电荷中心连线

质量中心连线

考虑
场合

微观粒子, 宏观带电体
真空

宏观天体

★我们收获了多少？

1.影响电荷间相互作用力的因素：**电荷量、距离**

2.库仑定律的内容和表达式及适用条件

真空中两个静止点电荷之间相互作用力，与它们的电荷量的乘积成正比，与它们距离的二次方成反比，作用力的方向在它们的连线上。

3.表达式：

$$F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

4.点电荷理想模型的建立

5.库仑实验的方法：**控制变量法**

即时应用

例题1、关于点电荷的下列说法中正确的是：

- A. 真正的点电荷是不存在的。
- B. 点电荷是一种理想化模型。
- C. 足够小（如体积小于1）的电荷就是点电荷。
- D. 一个带电体能否看成点电荷，不是看它的尺寸大小，而是看它的形状和大小对所研究的问题的影响是否可以忽略不计。

点电荷自身的大小不一定很小，它所带的电量也可以很大。点电荷这个概念与力学中的“质点”类似，但与质点要注意区分。

答案：A、B、D。



五、解题方法指导

- ◆ 1、计算时， Q_1 、 Q_2 取绝对值代入公式，再根据带电性质判断库仑力的方向。

例题2：已知氢核（质子）质量 $1.67 \times 10^{-27} \text{kg}$ 。电子的质量是 $9.1 \times 10^{-31} \text{kg}$ ，在氢原子内它们之间的最短距离为 $5.3 \times 10^{-11} \text{m}$ 。试比较氢核与核外电子之间的库仑力和万有引力。

解：氢核与电子所带的电荷量都是 $1.6 \times 10^{-19} \text{C}$ 。

$$F_{\text{库}} = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2} = (9.0 \times 10^9) \times \frac{1.6 \times 10^{-19} \times 1.6 \times 10^{-19}}{(5.3 \times 10^{-11})^2}$$
$$= 8.2 \times 10^{-8} \text{ N}$$

$$F_{\text{万}} = G \frac{m_1 m_2}{r^2} = (6.7 \times 10^{-11}) \frac{(1.67 \times 10^{-27}) \times (9.1 \times 10^{-31})}{(5.3 \times 10^{-11})^2} \text{ N}$$
$$= 3.6 \times 10^{-47} \text{ N}$$

$$\frac{F_{\text{库}}}{F_{\text{万}}} = 2.3 \times 10^{39}$$

可见，微观粒子间的万有引力远小于库仑力，因此在研究微观粒子的相互作用时，可以把万有引力忽略。另外，二者的性质也不同。

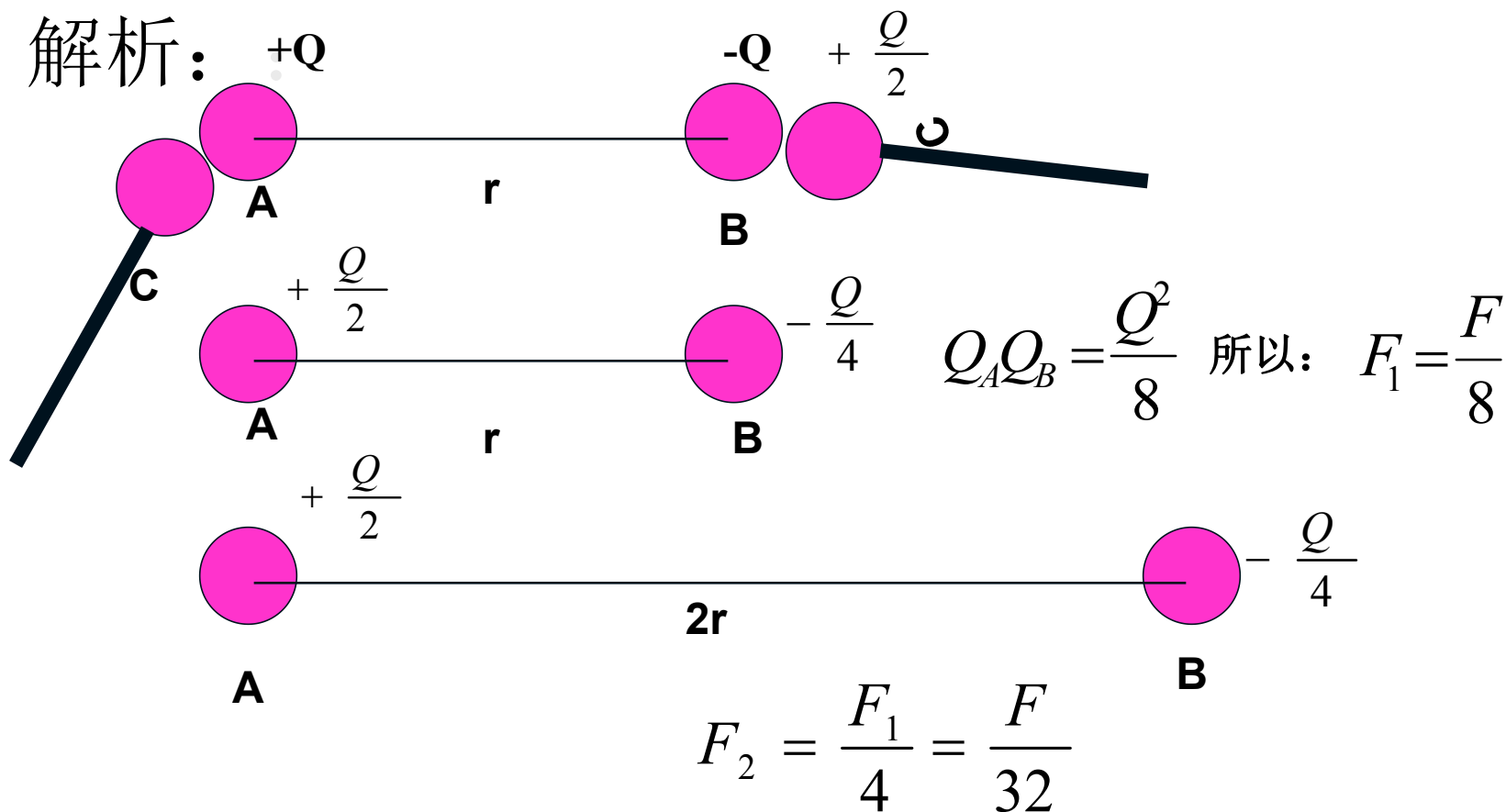


五、解题方法指导

- 2、两个完全相同小球接触时的电量分配规律：
若原来带异种电荷，则先中和后平分；
若原来带同种电荷，则电荷总量平分；

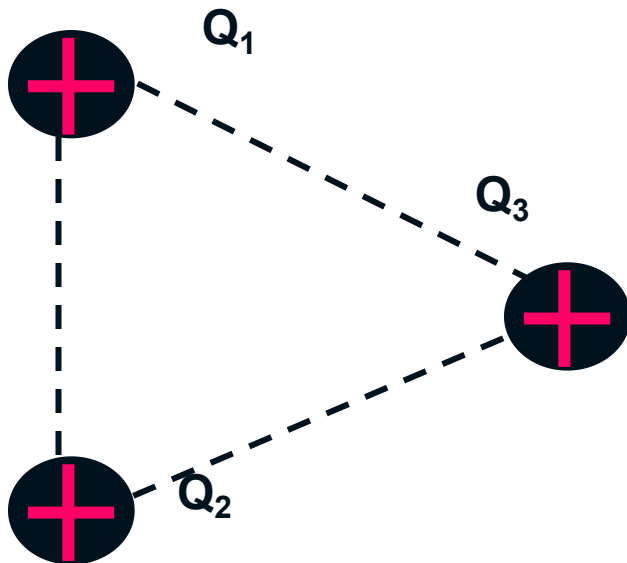
例题3：真空中两个相同的带等量异号电荷的金属小球A、B(均可看作点电荷)，分别固定在两处，两球间静电力为F。现用一个不带电的同样的金属小球C先与A接触，再与B接触，然后移开，此时A、B球间的静电力变为多大？若再使A、B间距离增大为原来的2倍，则它们间静电力又为多大？

解析：



五、解题方法指导

3、多个点电荷的问题



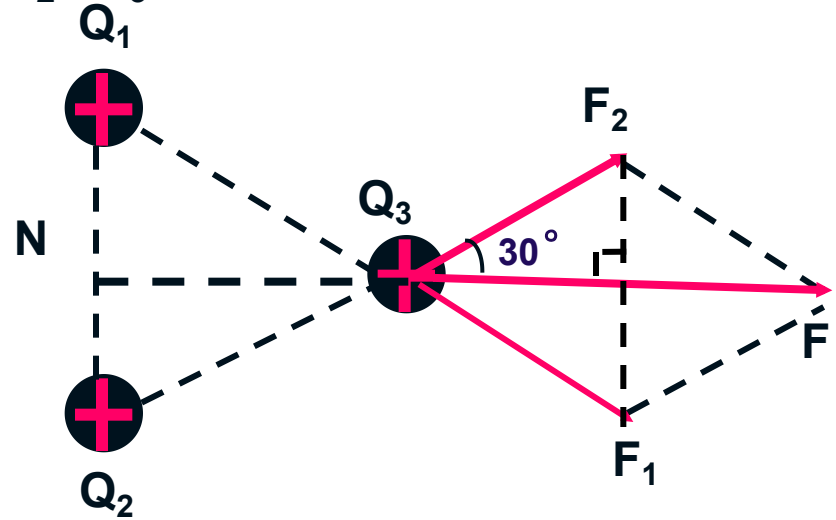
实验证明：两个点电荷之间的作用力不因第三个点电荷的存在而有所改变。因此两个或两个以上点电荷对某一个点电荷的作用力，等于各点电荷单独对这个电荷的作用力的**矢量和**。

例题4：真空中有三个点电荷，它们固定在边长50 cm的等边三角形的三个顶点上，每个点电荷都是 $+2 \times 10^{-6} \text{ C}$ ，求： Q_3 所受的库仑力。

解： Q_3 共受 F_1 和 F_2 两个力的作用， $Q_1=Q_2=Q_3=Q$ ，相互间的距离 r 都相同，所以

$$F_1=F_2=K \frac{Q^2}{r^2} = \frac{9.0 \times 10^9 \times (2 \times 10^{-6})^2}{0.5^2} \text{ N}$$

$$=0.144 \text{ N}$$



根据**平行四边形定则**，合力是：

$$F = 2F_1 \cos 30^\circ = 0.25 \text{ N}$$

合力的方向沿 Q_1 与 Q_2 连线的垂直平分线向外。


4、有库仑力的平衡问题

- ◆ (1) 用合外力为零解题 (解直角三角形、相似三角形等方法)
- ◆ (2) 用合力矩为零解题
- ◆ 例题：补充练习十 (5)
- ◆ 补充练习九 (8)
- ◆ 补充练习十一 (1) (4)

5、有库仑力的非平衡问题

用牛顿第二定律解题

静
电
场



◆ 3. 光滑绝缘的水平地面上有相距为 L 的点电荷A、B，带电量分别为 $-4Q$ 和 $+Q$ ，今引入第三个点电荷C，使三个点电荷都处于平衡状态，则C的电量和放置的位置是（ ）

- ◆ A、 $-Q$ ，在A左侧距A为 L 处
- ◆ B、 $-2Q$ ，在A左侧距A为 $L/2$ 处
- ◆ C、 $-4Q$ ，在B右侧距B为 L 处
- ◆ D、 $+2Q$ ，在A右侧距A为 $3L/2$ 处
- ◆