

题型一 对点电荷的理解

【变式 1-1】（24-25 高二上·全国·课后作业）（多选）下列说法中正确的是（ ）

- A. 点电荷是一种理想化模型，真正的点电荷是不存在的
- B. 原子核在任何情况下均可看成点电荷
- C. 根据 $F=k\frac{Q_1Q_2}{r^2}$ 可知，当 $r\rightarrow 0$ 时， $F\rightarrow\infty$
- 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



【答案】AD

【解析】ABD. 点电荷是一种理想化模型，真正的点电荷是不存在的。一个带电体能否看成点电荷，不是看它的尺寸大小和所带的电荷量多少，而是看它的形状和大小及电荷分布情况对所研究的问题的影响是否可以忽略不计，AD 正确，B 错误；

C. 当 $r \rightarrow 0$ 时，带电体就不能再看成点电荷，则公式 $F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$ 就不再成立，C 错误。

故选 AD。



【例 2】（23-24 高一下·辽宁·期末）两个相同的金属小球分别带上 $-2Q$ 和 $+6Q$ 的电荷后固定在相距为 r 的两处（距离 r 远大于球的半径故两球均可视为点电荷），它们之间库仑力的大小为 F ，使两小球相互接触后再放回相距 $\frac{r}{2}$ 处，则两球之间库仑力的大小变为（ ）

A. $\frac{F}{3}$

B. $\frac{F}{12}$

C. $\frac{4F}{3}$

D. $\frac{3F}{4}$



【答案】C

【解析】接触前，根据库仑定律得

$$F = \frac{k \times 2Q \times 6Q}{r^2} = \frac{12kQ^2}{r^2}$$

两小球接触后，两球所带电量先中和，后平分

$$Q' = \frac{-2Q + 6Q}{2} = 2Q$$

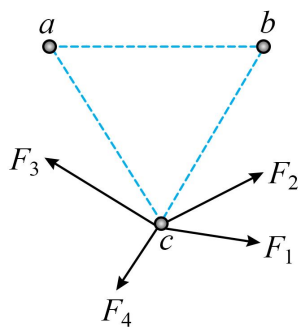
接触后，根据库仑定律得

$$F' = \frac{k \times 2Q \times 2Q}{(\frac{r}{2})^2} = \frac{16kQ^2}{r^2} = \frac{4}{3}F$$

故选 C。



【例 3】（24-25 高二上·全国·课堂例题）如图所示，三个完全相同的金属小球 a 、 b 、 c 位于等边三角形的三个顶点上。 a 和 c 带正电， b 带负电， a 所带的电荷量比 b 所带的电荷量小。已知 c 受到 a 和 b 的静电力的合力可用图中四条有向线段中的一条来表示，它应是（ ）



A. F_1

B. F_2

C. F_3

D. F_4

【答案】B

【解析】 a 和 c 带正电，则 a 对 c 的库仑力为斥力，方向沿 $a \rightarrow c$ ， b 带负电，则 b 对 c 的库仑力为引，方向沿 $c \rightarrow b$ ，根据

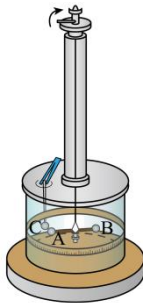
$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

由于 a 所带的电荷量比 b 所带的电荷量小，则 a 对 c 的库仑斥力小于 b 对 c 的库仑引力，根据力的合成规律可知， c 受到 a 和 b 的静电力的合力方向偏向 b 对 c 的库仑引力方向，可知， c 受到 a 和 b 的静电力的合力可用图中四条有向线段 F_2 表示。

故选 B。



【例 4】（2024 高二下·广东·学业考试）图为库仑扭秤实验装置，可视为点电荷的两个带电小球之间距离是 r ，电荷量分别是 q_1 和 q_2 ，库仑据此装置发现真空中两个点电荷之间的静电力 F 的规律，下列比例关系式正确的是（ ）



A. $F \propto r^2$

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

C. $F \propto \frac{q_1}{q_2}$

D. $F \propto \frac{1}{q_1 q_2}$

【答案】B

【解析】根据库仑定律，两个点电荷之间的静电力为

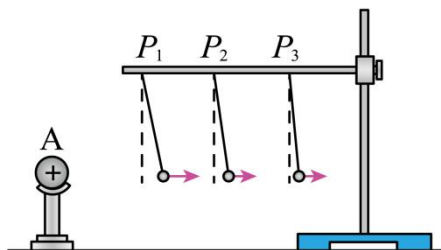
$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

故选 B。



【变式 4-2】（23-24 高二上·江西南昌·阶段练习）研究电荷间的相互作用力。

（1）某物理兴趣小组利用图示装置来探究影响电荷间的静电力的因素。A 是一个带正电的物体，系在绝缘丝线上的带正电的小球会在静电力的作用下发生偏离，静电力的大小可以通过丝线偏离竖直方向的角度显示出来。他们分别进行了以下操作。



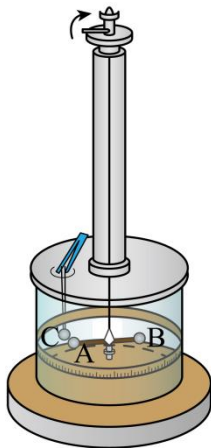
步骤一：把系在丝线上的带电小球先后挂在横杆上的 P_1 、 P_2 、 P_3 等位置，比较小球在不同位置所受带电物体的静电力的的大小。

步骤二：使小球处于同一位置，增大或减小小球所带的电荷量，比较小球所受的静电力的的大小。

①实验表明，电荷之间的静电力随着电荷量的增大而增大，随着距离的增大而_____（填“增大”、“减小”或“不变”）；

②小球的质量用 m 表示，重力加速度为 g ，可认为物体 A 与小球在同一水平线上，当小球偏离竖直方向的角度为 θ 时保持静止，小球所受电场力大小为_____。

（2）库仑利用扭秤装置研究了静止的点电荷间的相互作用力。如图所示的实验装置为库仑扭秤，细丝的下端悬挂一根绝缘棒，棒的一端是一个带电的金属小球 A，另一端有一个不带电的 B 球，B 与 A 处于静止状态；当把另一个带电的金属球 C 插入容器并使它靠近 A 时，A 和 C 之间较小的作用力可以使细丝发生比较大的可测量的扭转，通过细丝扭转的角度可以比较力的大小。



①通过细丝扭转的角度可以比较力的大小，这里用到的实验方法为_____。



A. 等效替代法 B. 微小量放大法

C. 极限法 D. 控制变量法

②保持电荷量不变，改变 A 和 C 的距离，得到相互作用力 F 和 A、C 间距离 r 的关系，这里用到的实验方法为_____。

A. 等效替代法 B. 微小量放大法 C. 极限法 D. 控制变量法

③法国物理学家库仑用该实验方法，得到相互作用力 F 和 A、C 间距离 r 的关系是_____。

【答案】（1）减小 $mg \tan \theta$

（2） B D 力 F 和 A、C 间距离 r 的平方成反比

【解析】（1）①[1]对小球受力分析可知

$F = mg \tan \theta$ θ 减小， F 减小，则可知电荷之间的静电力随着电荷量的增大而增大，随着距离的增大而减小；

②[2]根据共点力平衡条件可知

$$F = mg \tan \theta$$

（2）①[1] 通过细丝扭转的角度可以比较力的大小，这里用到的实验方法为微小量放大法。

故选 B。

②[2] 保持电荷量不变，改变 A 和 C 的距离，得到相互作用力 F 和 A、C 间距离 r 的关系，用到的实验方法为控制变量法。

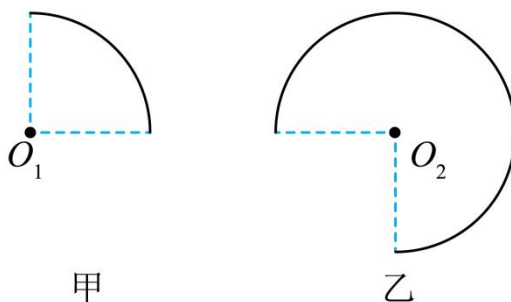
故选 D。

③[3] 由实验结论可知，力 F 和 A、C 间距离 r 的平方成反比。



题型五 求非点电荷间的静电力

【例 5】（2018·黑龙江齐齐哈尔·二模）如图所示，两个带电荷量为 q 的点电荷分别位于带电的半径相同的 $\frac{1}{4}$ 球壳和 $\frac{3}{4}$ 球壳的球心，这两个球壳上电荷均匀分布且电荷面密度相同，若甲图中带电 $\frac{1}{4}$ 球壳对点电荷 q 的库仑力的大小为 F ，则乙图中带电的 $\frac{3}{4}$ 球壳对点电荷 q 的库仑力的大小为



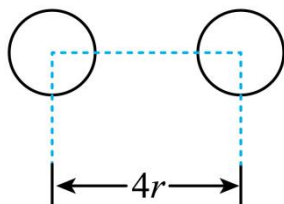
- A. $\frac{3}{2}F$ B. $\frac{\sqrt{2}}{2}F$ C. $\frac{1}{2}F$ D. F

【答案】D

【解析】将图乙中的均匀带电 $\frac{3}{4}$ 球壳分成三个 $\frac{1}{4}$ 带电球壳，关于球心对称的两个 $\frac{1}{4}$ 带电球壳对点电荷的库仑力的合力为零，因此乙图中带电的 $\frac{3}{4}$ 球壳对点电荷的库仑力的大小和甲图中均匀带电 $\frac{1}{4}$ 球壳对点电荷的库仑力的大小相等，故 D 正确，ABC 错误。
故选 D。

【变式 5-3】（23-24 高一下·江西宜春·阶段练习）如图所示，真空中两个带电金属球半径均为 r ，两球心间距离为 $4r$ ，所带电荷量大小相等，均为 Q 。关于它们之间电荷的相互作用力大小 F ，下列说法正确的是

()



A. 若带同种电荷， $F > k \frac{q^2}{16r^2}$

B. 若带异种电荷， $F < k \frac{q^2}{16r^2}$

C. 若带同种电荷， $F < k \frac{q^2}{16r^2}$

D. 无论带何种电荷， $F < k \frac{q^2}{16r^2}$

【答案】C

【解析】AC. 若是同种电荷，则相互排斥，电荷间距大于 $4r$ ，因此库仑力

$$F < k \frac{Q^2}{16r^2}$$

故 A 错误，C 正确；

BD. 若是异种电荷，则相互吸引，电荷间距小于 $4r$ ，因此库仑力

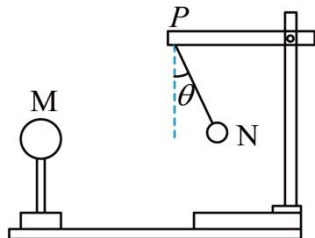
$$F > k \frac{Q^2}{16r^2}$$

故 B 错误，D 错误。

故选 C。



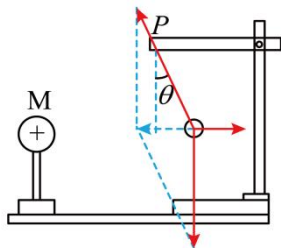
【变式 6-2】（23-24 高一下·陕西榆林·期末）如图所示，质量为 m 的带电小球 N 用绝缘丝线悬挂于 P 点，另一带正电小球 M 固定在带电小球 N 的左侧；小球 N 平衡时，绝缘丝线与竖直方向的夹角 $\theta = 30^\circ$ ，且两球球心在同一水平线上，M、N 均可视为点电荷，重力加速度为 g 。下列判断正确的是（ ）



- A. 小球 N 带正电，所受库仑力大小为 $\frac{\sqrt{3}}{3}mg$
- B. 小球 N 带负电，所受库仑力大小为 $\frac{\sqrt{3}}{3}mg$
- C. 小球 N 带正电，所受库仑力大小为 $\sqrt{3}mg$
- D. 小球 N 带负电，所受库仑力大小为 $\sqrt{3}mg$

【答案】A

【解析】小球 M 带正电，两球相斥，故小球带正电；以小球为研究对象，对小球进行受力分析如图，

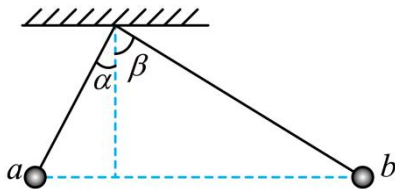


根据小球处于平衡状态可知

$$F = mg \tan \theta = \frac{\sqrt{3}}{3} mg$$

故选 A。

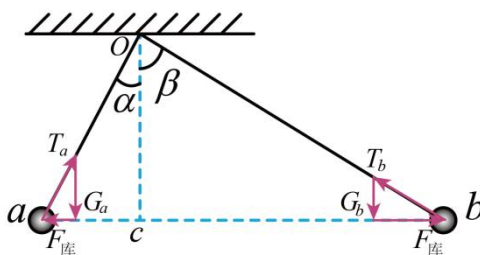
【变式 7-1】（23-24 高一下·江西赣州·期末）如图所示， a 、 b 是两个带有同种电荷的小球，用绝缘丝线悬挂于同一点，两球静止时，它们距水平面的高度相等，绳与竖直方向的夹角分别为 α 、 β ，且 $\beta > \alpha$ 。若同时剪断两根细线，空气阻力不计，两球带电荷量不变，则（ ）



- A. b 球的电荷量比 a 球的大
- B. a 、 b 两球同时落地
- C. a 球的质量比 b 球的大
- D. a 、 b 两球落地时速度大小相等

【答案】BC

【解析】C. 对两个小球受力分析，其如图所示



由示意图可知，有

$$\frac{F_{\text{库}}}{m_a g} = \tan \alpha, \quad \frac{F_{\text{库}}}{m_b g} = \tan \beta$$

由于 $\beta > \alpha$ ，两球之间的库仑力大小相等，所以

$$m_a > m_b$$

故 C 正确；

B. 剪断两个细线后，两个小球在竖直方向做自由落体运动，下落高度相同，由

$$h = \frac{1}{2} g t^2$$

整理有

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

由于下落高度相同，所以两小球同时落地，故 B 正确；

A. a 球的电荷量和 b 球的电量大小无法判断，故 A 错误；

D. 两小球在水平方向受到的库仑力大小相等，由于小球 a 的质量大，由

$$F = ma$$

可知，小球 b 在水平方向的加速度大，所以相同时间下，小球 b 水平方向的速度大小大于小球 a 水平方向的速度，由之前的分析可知，两小球运动时间相同，竖直方向有

$$v_y = gt$$

所以两小球竖直方向的速度大小相等，根据

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

所以落地时

$$v_b > v_a$$

故 D 错误。故选 B。

