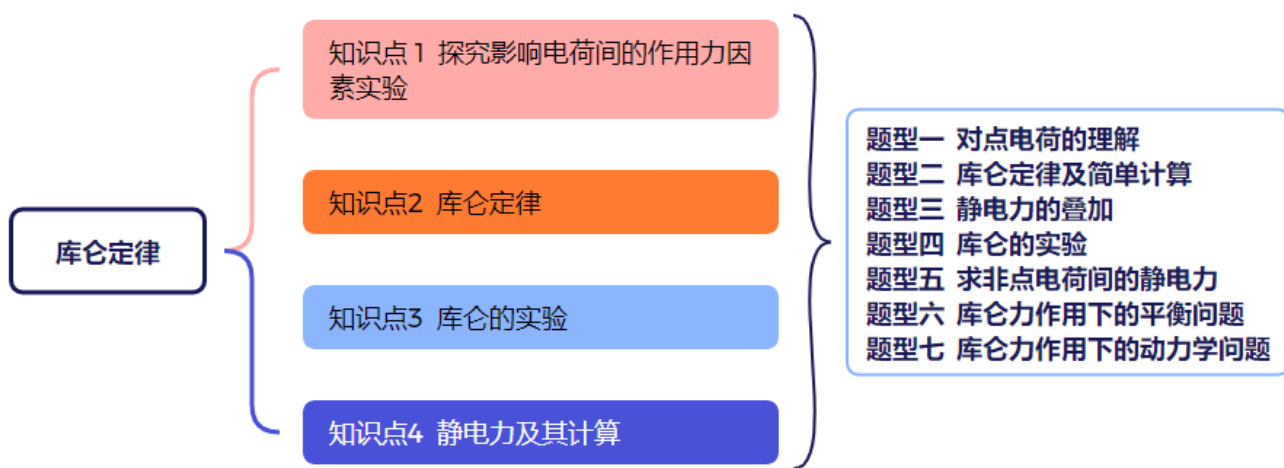
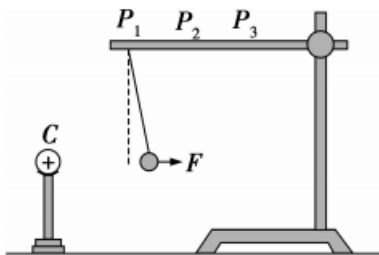




9.2 库仑定律



知识点 1 探究影响电荷间的作用力因素实验



实验方法	控制变量法
实验过程	①保持小球所带电荷量 q 不变, 改变小球到带电体的距离 r , 观察夹角 θ 的变化情况; ②小球到带电体的距离 r , 改变小球所带电荷量 q , 观察夹角 θ 的变化情况。
实验现象	① r 变大, θ 变小; r 变小, θ 变大; ② q 变大, θ 变大; q 变小, θ 变小
实验结论	电荷间的相互作用力随电荷间距离的增大而减小, 随电荷量的增大而增大。





知识点 2 库仑定律

1、点电荷

当带电体之间的距离比它们自身的大小大得多，以致带电体的形状、大小和电荷分布状况对它们之间的作用力的影响可以忽略时，这样的带电体可以看作带电的点，叫作点电荷。

【注意】点电荷是理想化模型，实际并不存在。

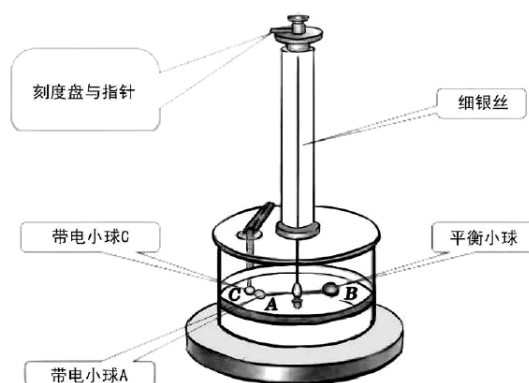
2、库仑定律

①内容：真空中两个静止点电荷之间的相互作用力，与它们的电荷量的乘积成正比，与它们的距离的二次方成反比，作用力的方向在它们的连线上。这个规律叫作库仑定律，这种电荷之间的相互作用力叫作静电力或库仑力。

②公式： $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$.

【注】式中 k 叫作静电力常量，大小为 $k=9.0 \times 10^9 \text{N} \cdot \text{m}^2$.

知识点 3 库仑的实验



实验方法	控制变量法、微小量放大法
实验过程	①把一个带电的金属球 C 插入容器并使它接触 A，从而使 A 与 C 带同种电荷；②将 C 和 A 分，再将 C 靠近 A，A 和 C 之间的静电力使 A 远离 C，从而扭转悬丝；③分析悬丝扭转的角度，比较库仑力的大小
实验结论	$F \propto \frac{q_1 q_2}{r^2}$ 或 $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$

知识点 4 静电力及其计算

1、静电力的叠加





对于两个以上的点电荷，其中每一个点电荷所受的总的静电力，等于其他点电荷分别单独存在时对该点电荷的作用力的矢量和。例如，如下图 q_1 、 q_2 对 q_3 的静电力分别为 F_1 、 F_2 ， q_3 所受的静电力为 F_1 和 F_2 的矢量和 F 。

2、静电力和万有引力比较

	静电力	万有引力
表达式	$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$	$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$
条件	真空中静止的点电荷	质点或质量分布均匀的球体
测量方法	库仑扭秤实验	卡文迪许扭秤实验
不同点	①与电荷量有关；②有引力和斥力；③作用很强	①与质量有关；②只有引力；③作用很弱
相同点	①都与距离的二次方成反比； ②力的方向都在两物体的连线上	



1、静电力叠加的计算技巧与要求

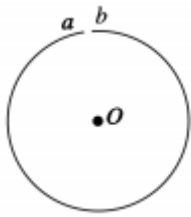
步骤：①受力分析 → 由库仑定律求出每个点电荷对小球的库仑力 → 由平行四边形定则求出小球所受库仑力的合力

【注】①静电力叠加遵循平行四边形定则，先求出点电荷所受的每一个静电力，再应用平行四边形定则求合力。②每个点电荷都要受到其他所有点电荷对它的作用力，两个点电荷之间的作用力不会因第三个点电荷的存在而改变。

③计算静电力时，既要求出静电力的大小，又要说明静电力的方向。

2、“割补法”求非点电荷间静电力





在环上任取关于圆心对称的两点，对 O 点处的力大小相等，方向相反，合力为零。而圆环是由无数这样的对称点组成的，所以在这样的圆环中心处的点电荷受力应该为零。

但圆环中 ab 缺口关于 O 点相对称的一小段没有与之相对称的对象存在。因此，处于 O 点处的点电荷受到的力就是与 ab 缺口关于 O 点相对称的一小段。由于很短，可将其视为点电荷。可通过库仑定律求出静电力大小。



题型一 对点电荷的理解

【例 1】（23-24 高一下·四川眉山·期末）下列说法中正确的是（ ）

- A. 点电荷是一种理想模型，真正的点电荷是电子
- B. 点电荷就是体积和带电荷量都很小的带电体
- C. 两带电荷量分别为 Q_1 、 Q_2 的球体间的作用力在任何情况下都可用公式 $F=k\frac{Q_1Q_2}{r^2}$ 计算
- 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】D

【解析】A. 点电荷不是客观存在的，是理想模型，真正的点电荷不一定是电子，A 错误；

BD. 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，则点电荷不一定是体积和带电荷量都很小的带电体，B 错误，D 正确；

C. 两带电荷量分别为 Q_1 、 Q_2 的球体间的作用力，在真空中可看成点电荷时适用于库仑定律，可用公式

$F=k\frac{Q_1Q_2}{r^2}$ 计算，选项 C 错误。

故选 D。





【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 $F=k\frac{Q_1Q_2}{r^2}$ 就不再成立，C 错误。

故选 AD。

【变式 1-2】（2023 高二上·全国·专题练习）（多选）关于点电荷的说法，正确的是（ ）

- A. 只有体积很小的带电体，才能作为点电荷
- B. 点电荷的电量一定是元电荷电量的整数倍
- C. 点电荷一定是电量很小的电荷
- D. 两个带电的金属小球，不一定能将它们作为电荷集中在球心的点电荷处理

【答案】BD

【解析】ACD. 带电体能否看作点电荷是由研究问题的性质决定，与自身大小形状无具体关系，体积很小或电量很小的带电体不一定能作为点电荷，两个带电的金属小球，也不一定能将它们作为电荷集中在球心的点电荷处理，故 AC 错误，D 正确；

B. 点电荷的电量一定是元电荷电量的整数倍，选项 B 正确；

故选 BD。

题型二 库仑定律及简单计算

【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

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

故选 C。

【变式 2-1】 (23-24 高一下·黑龙江牡丹江·期末) 两个分别带有电荷量 $-Q$ 和 $+3Q$ 的相同金属小球(均可视为点电荷)，固定在相距为 r 的两处，它们间库仑力的大小为 F 。两小球相互接触后将其固定距离变为 $\frac{r}{2}$ ，则两球间库仑力的大小为 ()

- A. $\frac{F}{12}$ B. $\frac{3F}{4}$ C. $\frac{4F}{3}$ D. $12F$

【答案】 C

【解析】 根据库仑定律得

$$F = k \frac{Q \cdot 3Q}{r^2}$$

两小球相互接触后，两个小球带电荷量相等，都等于 Q ，根据库仑定律得

$$F' = k \frac{Q \cdot Q}{\left(\frac{r}{2}\right)^2}$$

解得

$$F' = \frac{4F}{3}$$

故选 C。





【变式 2-2】（23-24 高一下·山东德州·期末）真空中有两个半径均为 r 的完全相同的金属小球 A 和 B、带电量分别为 $-3q$ 和 $5q$ ，当两小球间的距离为 L （ L 远大于 r ）时，两小球之间的静电力大小为 F 。现将 A 和 B 接触后分开，再使 A、B 之间距离增大为原来的 2 倍，则它们之间的静电力大小为（ ）

- A. $\frac{1}{15}F$ B. $\frac{1}{30}F$ C. $\frac{1}{60}F$ D. $60F$

【答案】C

【解析】由库仑定律可得

$$F = \frac{k(3q)(5q)}{L^2} = \frac{15kq^2}{L^2}$$

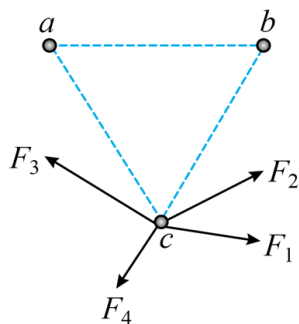
将 A 和 B 接触后分开，再使 A、B 之间距离增大为原来的 2 倍，则它们之间的静电力大小为

$$F' = \frac{kq \cdot q}{(2L)^2} = \frac{kq^2}{4L^2} = \frac{1}{60}F$$

故选 C。

题型三 静电力的叠加

【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

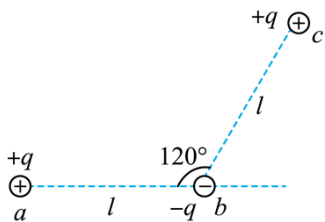




可用图中四条有向线段 F_2 表示。

故选 B。

【变式 3-1】（23-24 高一下·内蒙古通辽·期末）如图所示，真空中， a 、 b 、 c 三处分别固定电荷量为 $+q$ 、 $-q$ 、 $+q$ 的三个点电荷。已知静电力常量为 k ， $ab=bc=l$ ， $\angle abc=120^\circ$ 。则 b 处点电荷受到 a 、 c 两处点电荷的库仑力的合力大小为（ ）



- A. $\frac{kq^2}{l^2}$ B. $\frac{3kq^2}{2l^2}$ C. $\frac{\sqrt{3}kq^2}{l^2}$ D. $\frac{3kq^2}{l^2}$

【答案】A

【解析】设 a 、 c 两处点电荷对 b 处点电荷的库仑力大小均为 F ，由库仑定律

$$F = \frac{kq^2}{l^2}$$

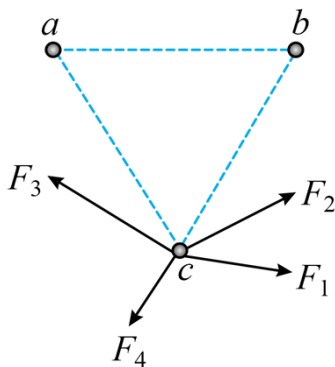
再根据力的合成， b 处点电荷受到 a 、 c 两处点电荷的库仑力的合力大小为

$$F_{\text{合}} = 2F \cos 60^\circ = F = \frac{kq^2}{l^2}$$

故 A 正确。

故选 A。

【变式 3-2】（22-23 高二上·北京朝阳·期中）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 所带电量比 b 的小。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

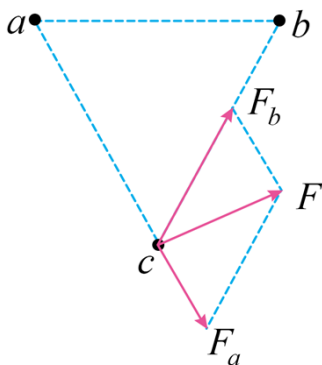
D. F_4

【答案】 B

【解析】 根据库仑定律可得

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

由于 a 、 b 到 c 的距离相等，而 a 的带电量小于 b 的带电量，所以 a 对 c 的排斥力小于 b 对 c 的吸引力，则 c 点的受力分析如图所示

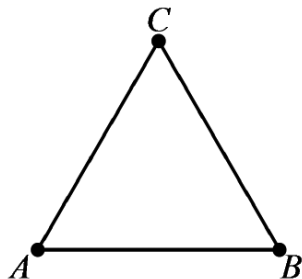


根据矢量合成的平行四边形法则，可知合力 F 的方向与题干中 F_2 的方向相近。

故选 B。

【变式 3-3】 (23-24 高一下·贵州六盘水·期末) 如图，三角形 ABC 为等边三角形，边长 $L = 2\text{m}$ ，将三个点电荷分别固定在 A 、 B 、 C 点， $Q_A = 2.0 \times 10^{-5}\text{C}$ ， $Q_B = 2.0 \times 10^{-5}\text{C}$ ， $Q_C = 4.0 \times 10^{-5}\text{C}$ ，已知静电力常量 $k = 9.0 \times 10^9 \text{N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$ 。求：

- (1) Q_A 对 Q_B 的库仑力大小；
- (2) Q_C 受到的库仑力。



【答案】 (1) 0.9N ； (2) $\frac{9\sqrt{3}}{5}\text{N}$ ，方向垂直 AB 指向 C

【解析】 (1) 根据库仑定律， B 受 A 的库仑力为

$$F_{AB} = \frac{kQ_A Q_B}{L^2}$$





带入数据得

$$F_{AB} = 0.9\text{N}$$

(2) 根据库仑定律, A 对 C 的库仑力为

$$F_1 = \frac{kQ_A Q_C}{L^2}$$

带入数据得

$$F_1 = 1.8\text{N}$$

方向由 A 指向 C ; B 对 C 的库仑力与 A 对 C 的库仑力大小相等, 方向由 B 指向 C 。所以 C 受 A 、 B 的合力为

$$F_C = 2F_1 \cos 30^\circ$$

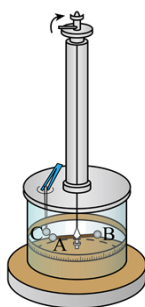
得

$$F_C = \frac{9\sqrt{3}}{5}\text{N}$$

方向垂直 AB 指向 C 。

题型四 库仑的实验

【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

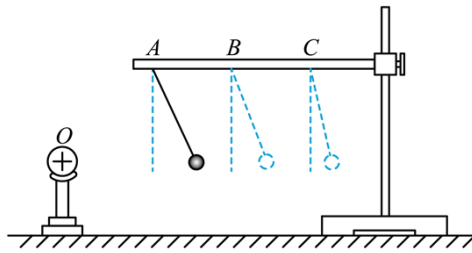
$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

故选 B。





【变式 4-1】（2023 高二上·北京怀柔·学业考试）如图所示， O 为带正电的导体球，用绝缘丝线将一个带电小球分别悬挂在 A 、 B 、 C 三个位置，调节丝线长度，使带电小球与导体球 O 的球心保持在同一水平线上，小球静止时的状态如图所示。可推断：小球带____（选填“正”或“负”）电荷；悬挂在____（选填“ A ”“ B ”或“ C ”）位置时小球受到的电场力最小。



【答案】正 C

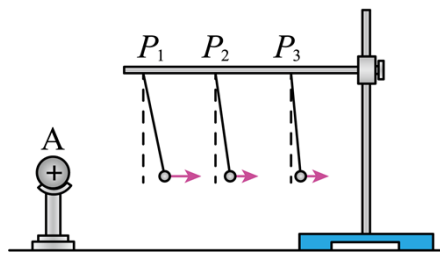
【解析】[1][2] 小球与 O 相互排斥，可知它们带同种电荷， O 为带正电的导体球，小球也带正电；根据

$$F = k \frac{Qq}{r^2}$$

可知，悬挂在 C 位置时小球受到的电场力最小。

【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。

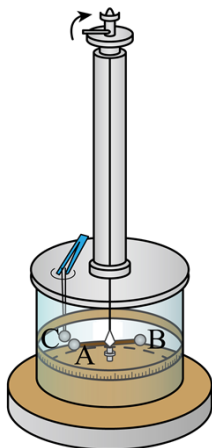
①实验表明，电荷之间的静电力随着电荷量的增大而增大，随着距离的增大而_____（填“增大”、“减小”或“不变”）；





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



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/125011123103011333>