# 第九章 2 库仑定律

## 问题？

带正电的带电体C置于铁架台旁，把系在丝线上带正电的小球先后挂在P1、P2、P3等位置。带电体C与小球间的作用力会随距离的不同怎样改变呢？

P1

P2

P3

C

*F*

在同一位置增大或减小小球所带的电荷量，作用力又会怎样变化？ 电荷之间作用力的大小与哪些因素有关？

## 电荷之间的作用力

通过上面的实验可以看到，电荷之间的作用力随着电荷量的增大而增大，随着距离的增大而减小。

电荷之间的作用力会不会与万有引力具有相似的形式呢？也就是说，电荷之间的相互作用力，会不会与它们电荷量的乘积成正比，与它们之间距离的二次方成反比？

事实上，电荷之间的作用力与万有引力是否相似的问题早已引起当年一些研究者的注意，英国科学家卡文迪什和普里斯特利等人都确信“平方反比”规律适用于电荷间的力。不过，最终解决这一问题的是法国科学家库仑。他设计了一个十分精妙的实验（扭秤实验），对电荷之间的作用力开展研究。最后确认：**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**（Coulomb’s law）。这种电荷之间的相互作用力叫作**静电力**（electrostatic force）或库仑力。

库仑（Charles-Augustin Coulomb，1736—1806）

类比在库仑定律的建立过程中发挥了重要作用。类比会引起人们的联想，产生创新。但是类比不是严格的推理，不一定正确，由类比而提出的猜想是否正确需要实践的检验。

那么，什么是点电荷呢？

实验事实说明，两个实际的带电体间的相互作用力与它们自身的大小、形状以及电荷分布都有关系。任何带电体都有形状和大小。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、大小及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**（point charge）。

点电荷类似于力学中的质点，也是一种理想化模型。

## 库仑的实验

库仑做实验用的装置叫作库仑扭秤。如图9.2-1，细银丝的下端悬挂一根绝缘棒，棒的一端是一个小球A，另一端通过物体B使绝缘棒平衡，悬丝处于自然状态。把另一个带电的金属小球C插入容器并使它接触A，从而使A与C带同种电荷。将C和A分开，再使C靠近A，A和C之间的作用力使A远离。扭转悬丝，使A回到初始位置并静止，通过悬丝扭转的角度可以比较力的大小。改变A和C之间的距离*r*，记录每次悬丝扭转的角度，就可以找到力*F*与距离*r*的关系，结果是力*F*与距离*r*的二次方成反比，即

*F*∝

C

A

B

图 9.2-1 扭秤实验装置

在库仑那个年代，还不知道怎样测量物体所带的电荷量，甚至连电荷量的单位都没有。不过两个相同的金属小球，一个带电、一个不带电，互相接触后，它们对相隔同样距离的第三个带电小球的作用力相等，因此，可以断定这两个小球接触后所带的电荷量相等。这意味着，如果使一个带电金属小球与另一个不带电的完全相同的金属小球接触，前者的电荷量就会分给后者一半。多次重复，可以把带电小球的电荷量*q*分为

，，，…

这样又可以得出电荷之间的作用力与电荷量的关系：力*F*与*q*1 和*q*2 的乘积成正比，即

*F*∝*q*1*q*2[[1]](#footnote-1)

综合上述实验结论，可以得到如下关系式

*F* ＝ *k*

式中的 *k* 是比例系数，叫作**静电力常量**。当两个点电荷所带的电荷量为同种时，它们之间的作用力为斥力；反之，为异种时，它们之间的作用力为引力。

在国际单位制中，电荷量的单位是库仑（C），力的单位是牛顿（N），距离的单位是米（m）。通过实验测定 *k* 的数值是

*k* ＝ 9.0×109 N·m2 / C2

## 静电力计算

根据库仑定律，两个电荷量为 1 C 的点电荷在真空中相距 1 m 时，相互作用力是 9.0×109 N。差不多相当于一百万吨的物体所受的重力！可见，库仑是一个非常大的电荷量单位，我们几乎不可能做到使相距 1 m 的两个物体都带 1 C 的电荷量。

通常，一把梳子和衣袖摩擦后所带的电荷量不到百万分之一库仑，但天空中发生闪电之前，巨大的云层中积累的电荷量可达几百库仑。

### 【例题1】

在氢原子内，氢原子核与电子之间的最短距离为 5.3×10-11 m。试比较氢原子核与电子之间的静电力和万有引力。

**分析** 氢原子核与质子所带的电荷量相同，是 1.6×10-19 C。电子带负电，所带的电荷量也是 1.6×10-19 C。质子质量为 1.67×10-27 kg，电子质量为 9.1×10-31 kg。

根据库仑定律和万有引力定律就可以求解。

**解** 根据库仑定律，它们之间的静电力

*F*库 ＝ *k*

＝ 9.0×109 ×N

＝ 8.2×10−8 N

根据万有引力定律，它们之间的万有引力

*F*引 ＝ *G*

＝6.7×10-11 ×

N

＝ 3.6×10−47 N

 ＝ 2.3×1039

氢原子核与电子之间的静电力是万有引力的 2.3×1039 倍。

可见，微观粒子间的万有引力远小于库仑力。因此，在研究微观带电粒子的相互作用时，可以把万有引力忽略。

库仑定律描述的是两个点电荷之间的作用力。如果存在两个以上点电荷，那么，每个点电荷都要受到其他所有点电荷对它的作用力。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点电荷的作用力的矢量和。

实验表明，两个点电荷之间的作用力不因第三个点电荷的存在而改变。

库仑定律是电磁学的基本定律之一。库仑定律给出的虽然是点电荷之间的静电力，但是任何一个带电体都可以看成是由许多点电荷组成的。所以，如果知道带电体上的电荷分布，根据库仑定律就可以求出带电体之间的静电力的大小和方向。

### 【例题2】

真空中有三个带正电的点电荷，它们固定在边长为 50 cm 的等边三角形的三个顶点上，每个点电荷的电荷量都是 2.0×10-6 C，求它们各自所受的静电力。

**分析** 根据题意作图（图 9.2-2）。每个点电荷都受到其他两个点电荷的斥力，因此，只要求出一个点电荷（例如 *q*3 ）所受的力即可。

*F*1

*F*2

*q*3

*F*

*q*1

*q*2

图 9.2-2 一个点电荷所受的静电力

**解** 根据库仑定律，点电荷 *q*3 共受到 *F*1 和 *F*2 两个力的作用。其中

*q*1 ＝ *q*2 ＝ *q*3 ＝ *q*

每两个点电荷之间的距离 *r* 都相同，所以

*F*1 ＝ *F*2 ＝ *k*＝ N ＝ 0.144 N

根据平行四边形定则可得

*F* ＝ 2*F*1 cos30°＝ 0.25 N

点电荷 *q*3 所受的合力 *F* 的方向为 *q*1 与 *q*2 连线的垂直平分线向外。

每个点电荷所受的静电力的大小相等，数值均为 0.25 N，方向均沿另外两个点电荷连线的垂直平分线向外。

## 练习与应用

本节题目的重点是训练运用库仑定律解决问题的能力。其要求是逐步提高的，梯度比较合理。第1题帮助学生了解库仑的实验，巩固库仑实验中巧取不同电荷的方法，对学生科学思维的训练是有益的。第 2 题认识电荷之间相互作用的规律及其适用条件，强调点电荷这一特性，对学生思维的严密性有较高要求。第 3 题中电荷量分配是对第 1 题的再次提升。同时，理解库仑定律的应用。第 4 题考查静电力的叠加和力的平行四边形定则，要求比较高。第5题是电学与力学的综合题，不仅提供了一种测量电荷量的方法，而且可以起到复习力的分解知识的作用，要求也是比较高的。

1．有三个完全相同的金属球，球 A 带的电荷量为 *q*，球 B 和球 C 均不带电。现要使球 B带的电荷量为 ，应该怎么操作？

**参考解答**：根据库仑的发现，两个相同的带电金属球接触后所带的电荷量相等。所以，先把球 A 与球 B 接触后分开，此时球 B 带电 ；再把球 B 与球 C 接触后分开，则球 B、C 分别带电 ；最后，球 B 再次与球 A 接触后分开，球 B 带电 *q*B = = 。

2．半径为 *r* 的两个金属球，其球心相距 3*r*，现使两球带上等量的同种电荷 *Q*，两球之间的静电力*F* ＝ *k*吗？说明道理。

**参考解答**：不等于。因为库仑定律的适用范围是真空中的点电荷，两个半径为 *r* 的金属球球心相距 3*r* 时，由于距离太近，电荷分布发生变化，两球已经不能视为点电荷，因而它们之间的作用力的大小已不能直接用库仑定律进行计算，所以 *F* ≠ *k*。

3．真空中两个相同的带等量异种电荷的金属小球 A 和 B（均可看作点电荷），分别固定在两处，两球之间的静电力为 *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 C，此时 A、B 之间的静电力变为多少？若再使 A、B 之间距离增大为原来的 2 倍，则它们之间的静电力又为多少？

**参考解答**：*F*；*F*

4．在边长为 *a* 的正方形的每个顶点都放置一个电荷量为 *q* 的同种点电荷。如果保持它们的位置不变，每个电荷受到其他三个电荷的静电力的合力是多少？

**参考解答**：，方向沿对角线的连线向外。

5．两个分别用长 13 cm 的绝缘细线悬挂于同一点的相同小球（可看作质点），带有同种等量电荷。由于静电力 *F* 的作用，它们之间的距离为 10 cm（图 9.2-3）。已测得每个小球的质量是 0.6 g，求它们所带的电荷量。*g* 取 10 m/s2 。

图 9.2-3

10 cm

*F*

*F*

**参考解答**：5.3×10−8 C

1. 库仑最初的实验是用带电木髓小球进行的，并非金属小球。这个关系式是由库仑作为假设提出的。文中所说的实验可以看作对这个假设的检验。 [↑](#footnote-ref-1)