

利用类比法学习库仑定律

丁嘉宁 闫常瑜

(保定市第三中学 河北 保定 071000)

(收稿日期:2018-09-10)

摘要:库仑定律是电磁学课程中重要的定律之一. 由于电荷不易于观察和测量,所以我们在学习库仑定律时,感觉比较困难. 如果与万有引力定律进行类比来学习库仑定律,我们就感觉比较容易接受. 在课堂上,老师就是这样由浅入深的讲解的,使我们不但对万有引力定律的理解更加深刻,同时降低了对库仑定律的学习难度.

关键词:类比法 库仑定律 万有引力定律

1 引言

在日常生活中,我们对万有引力感受最深. 物体受到地球的万有引力近似与重力相等,重力大的物体万有引力就大,反之重力小的万有引力就小. 由万有引力定律可知,物体所受万有引力的大小与其质量成正比. 质量是描述物质的量的量度,即物质的多少. 同种材料构成的物体,体积大质量就大,所受万有引力大. 质量和重力易于直接观察和感受的特性使得万有引力在学习过程中易于理解. 库仑定律反映了两电荷之间的相互作用. 但电荷本身无法直接观测,只能通过带电体受力大小反推出其带电荷量. 与万有引力定律相比,库仑定律比较抽象,学习起来比较困难. 值得注意的是,库仑定律与万有引力定律具有相同的数学表示形式. 鉴于此,通过与万有引力定律类比学习库仑定律,可以降低理解难度,提高学习效率.

我们从万有引力和库仑定律的数学形式、做功过程、势能等方面讨论两定律的相同点,从库仑定律的发现过程体会物理学家的思维方式;此外,通过将两定律中的物理量:质量与电荷进行比较,寻找两定律的区别,以此加深对两定律的理解.

2 库仑定律的建立过程

1684年,伟大的物理学家牛顿(I. Newton, 1643—1727)研究发现,一均匀球壳,对球壳外一点处的物体的吸引力相当于将球面质量都集中在球心而产生的吸引力;而对球内一点处物体的引力为零. 这为以后的库仑定律的建立提供了参考.

富兰克林(B. Franklin, 1705—1790)通过空罐实验发现放在金属杯中的带电软木小球完全不受金属杯上电荷的影响,并将实验结果写信告诉了他的好友普利斯特列(J. Priestley, 1733—1804). 普利斯特列重复了这个实验,通过与万有引力实验现象比较,猜想电的引力与万有引力符合同一定律,即与距离的平方成反比^[1]. 法国物理学家库仑(Charles A. Coulomb, 1736—1806)在前人工作基础上,利用电斥力扭秤实验和电引力单摆实验验证了同种电荷之间的斥力和异种电荷之间的引力满足平方反比定律. 库仑的工作得到了普遍的认可,后人将电力定律命名为库仑定律.

在库仑定律的建立过程中,物理学家们一直在与万有引力定律进行对比,普利斯特列通过与万有引力对比,猜想到了电力(库仑力)与距离的平方成

作者简介:丁嘉宁(2002—),女,在读高中生.

指导教师:闫常瑜(1976—),女,硕士,主要从事中学物理教学及研究.

反比;库仑也是借鉴了引力理论,受到万有引力作用下的单摆的启发,设计了电引力摆实验,验证了两电荷之间的作用力与两电荷的电荷量成正比关系。

3 万有引力定律和库仑定律的相似性

万有引力定律和库仑定律的数学表达式可分别写成

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

和
$$F_e = K \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

其中 F_m 为作用在 m_1 或 m_2 上的引力的大小, F_e 为作用在 q_1 或 q_2 上的电力的大小, G 和 K 均为比例系数, m_1 和 m_2 为两物体的质量, q_1 和 q_2 为两带电体所带电荷量, 两个公式中的 r 均为两物体或两带电体之间的距离. 比较这两个定律的数学形式, 我们会发现它们之间非常相似, 在形式上几乎完全一样.

假设 m_1 (或 q_1) 静止, m_2 (或 q_2) 从位置 r_1 移动到 r_2 , 万有引力 F_m (或异种电荷之间的库仑力 F_e) 做的功分别为

$$A_m = G m_1 m_2 \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right) \quad (1)$$

和
$$A_e = K q_1 q_2 \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right) \quad (2)$$

比较式(1)和式(2)可以发现, 这两种力的功具有相同的数学表示形式, 并且这两种力做功都只与始末两态位置有关, 与路径无关. 物体在某位置所具有的万有引力(或电力)势能等于将物体从此位置移到势能零点万有引力(或电力)做的功. 通常取无穷远处为势能零点, 则 m_2 在位置 r_1 所具有的万有引力势能为

$$E_{pm} = -\frac{G m_1 m_2}{r_1} \quad (3)$$

q_2 在位置 r_1 所具有的电势能为

$$E_{pe} = -\frac{K q_1 q_2}{r_1} \quad (4)$$

比较式(3)与式(4)同样可以发现, 两种势能具有相同的数学表达式.

如果两电荷之间是斥力, 即同种电荷之间的作

用力, 式(4)变为

$$E_{pe} = \frac{K q_1 q_2}{r_1} \quad (5)$$

4 质量与电荷

以上分析表明, 在力、功和势能等的表达式中, 库仑定律和万有引力定律具有很多相似的地方. 然而, 引力相互作用和电相互作用具有本质的区别, 那么他们的区别来源于何处呢? 从两个定律的数学表达式中不难发现, 它们的区别主要在于质量与电荷量两者属性不同, 导致两定律之间的差异. 质量与电荷量的区别主要表现在以下两方面:

(1) 质量只有一种正质量, 不存在负质量问题; 而电荷有两种, 有正电荷与负电荷之分. 这导致了电力可以被屏蔽, 而万有引力不能被屏蔽. 物体(质量)之间只存在引力, 而带电体(电荷)之间既有引力, 又有斥力.

(2) 电荷都是存在于物体之上的, 只要有电荷就一定有物体, 有物体就有质量, 但有质量不一定有电荷.

5 结束语

万有引力定律和库仑定律分别是力学和电学的基础定律, 两定律在数学形式上非常相似, 势能的表达式也相似. 通过对库仑定律建立过程的了解, 使我们理解了类比法的重要性. 利用与万有引力定律进行类比学习库仑定律, 体会了自然界之间会有某种形式上的一致性; 通过分析两定律的共性, 更易于清晰地建立电荷间相互作用的物理图像, 理解库仑定律的内涵, 即库仑力大小与距离平方成反比, 且决定于带电体的电荷量; 通过分析两定律的差异, 使我们了解了质量与电荷量的属性, 理解了两定律在物理意义上的区别.

参考文献

- 郭奕玲, 沈慧君. 物理学史. 北京: 清华大学出版社, 1993. 116 ~ 120