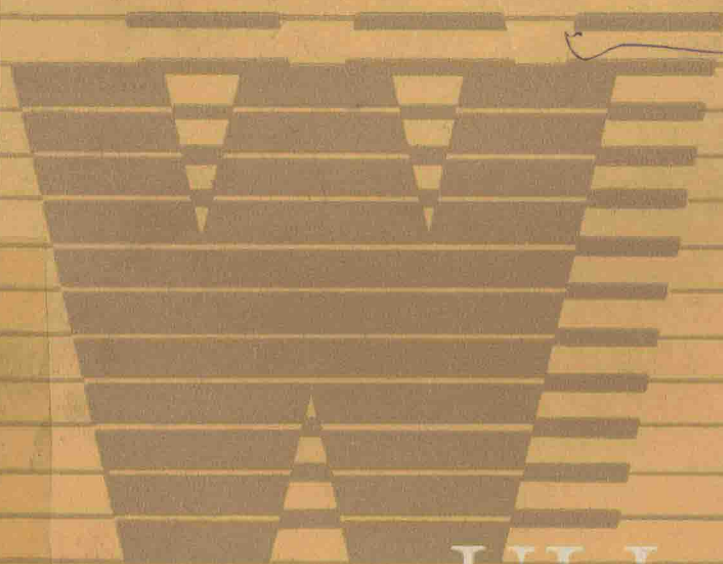


职工中等专业学校试用教材

· 下册 · **物理**

职工中等专业学校教材编写组 编



ULI

上海科学技术文献出版社

职工中等专业学校试用教材

物 理

(下 册)

职工中等专业学校教材编写组 编

上海科学技术文献出版社

职工中等专业学校试用教材

物 理

(下 册)

职工中等专业学校教材编写组 编

*

上海科学技术文献出版社出版发行

(上海市武康路2号)

新华书店经销 昆山县亭林印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/32 印张 8.125 字数 196,000

1986年12月第1版 1986年12月第1次印刷

印数: 1—16,000

书号: 7192·13 定价: 1.70 元

目 录

第十二章 静电场	1
一、电荷 电子论 电荷守恒定律.....	1
二、库仑定律.....	3
练习一.....	9
三、电场 电场强度 电力线.....	10
练习二.....	19
四、静电场力所作的功 电势能.....	20
练习三.....	23
五、电势 电势差 等势面.....	23
练习四.....	28
六、匀强电场中电势差和场强的关系.....	29
练习五.....	32
七、带电粒子在匀强电场中的运动.....	33
练习六.....	38
八、静电场中的导体.....	39
练习七.....	45
九、电场中的电介质.....	45
十、电容器 电容 电场的能量.....	47
练习八.....	52
*十一、静电技术的应用.....	52
复习思考题.....	56
总练习题.....	57
第十三章 稳恒电流	59
一、电流.....	59

二、部分电路的欧姆定律	61
练习一	65
三、电流的功和功率	66
练习二	69
四、串联电路和并联电路	70
练习三	80
五、串并联电路的应用——电流表、电压表量程的 扩大	84
练习四	88
六、电源 电动势	89
七、闭合电路的欧姆定律	91
练习五	95
八、电池组	97
练习六	101
九、电阻的测量	101
练习七	106
复习思考题	108
总练习题	108
第十四章 磁场	112
一、电流的磁现象	112
二、磁场	114
练习一	117
三、描述磁场强弱的方法 磁感应强度	118
四、直线电流的磁场的磁感应强度	120
练习二	122
五、磁场对载流导线的作用力	122
练习三	126
练习四	129

六、磁场对运动电荷的作用力	130
练习五	135
复习思考题	136
总练习题	136
第十五章 电磁感应	141
一、电磁感应现象	141
练习一	145
二、感生电流的方向 楞次定律	147
练习二	152
三、感生电动势和法拉第电磁感应定律	153
练习三	159
四、自感	161
五、互感	166
练习四	169
复习思考题	170
总练习题	172
第十六章 电磁振荡和电磁波	175
一、电磁振荡	175
二、振荡电路的振荡周期和频率	178
练习一	180
三、电磁场和电磁波	180
练习二	185
四、电磁波的发射	186
五、电磁波的接收	189
练习三	192
六、传真、电视、雷达简介	193
复习思考题	200

第十七章 光的本性	201
一、光的干涉	201
二、光的衍射	204
练习一	206
*三、光的偏振	206
四、光的色散	209
练习二	212
五、电磁波谱	213
六、光电效应	217
七、光的量子性	222
练习三	226
复习思考题	227
第十八章 原子结构与原子核	228
一、原子的核式结构	228
练习一	230
二、氢原子光谱	230
三、玻尔氢原子理论	232
练习二	239
四、光谱分析	239
练习三	240
五、天然放射性现象	240
练习四	244
六、原子核的组成	244
七、放射性同位素及其应用	246
练习五	247
八、核能	247
复习思考题	252

第十二章 静 电 场

电学的内容包括电和磁两部分,研究电磁现象及其规律,是物理学的一个重要组成部分。它在科学技术、生产中有着十分重要的作用。

根据电学的发展史,人们首先研究的是电荷处于宏观的静止状态下的各种现象及基本规律。

在我国东汉时期就有“顿牟掇芥”的记载,即带电的琥珀可以吸引轻而小的物体。到十八世纪,库仑对电荷间的相互作用做了科学的研究,开始了对静电场的系统研究。本章将在库仑定律的基础上讨论反映静电场性质的两个基本物理量——电场强度和电势,即分别从力和电场力作功(电场具有能量)的角度对静电场的性质进行研究。

一、电荷 电子论 电荷守恒定律

电荷 我们知道,在自然界中存在着两种性质不同的电荷,一种是正电荷,一种是负电荷。

使物体带上电荷(正电荷或负电荷)的过程叫做起电。

最简单的方法是摩擦起电。用玻璃棒与丝绸摩擦后玻璃棒所带的电荷为正电荷,用胶木棒与毛皮摩擦后胶木棒所带的电荷为负电荷。而摩擦起电的过程,仅仅是使电荷从一个物体转移到另一个物体的过程。

带电后的玻璃棒或胶木棒能吸引轻小的物体,如纸屑、塑料粉末等。

实验证明,同种电荷相互排斥,异种电荷相互吸引。

根据电荷之间的相互作用这一性质而制成的验电器可以用来检验物体是否带电。图 12-1 为金属箔验电器的示意图。金属球 A 与金属杆 B 相连,金属杆的下端悬挂两片极薄的金属箔 C 与 D ,金属杆穿过绝缘体 E ,而绝缘体固定在圆形的金属盒子 F 上,金属盒安放在绝缘支座 F 上。

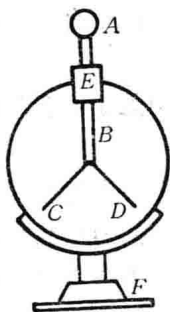


图 12-1 验电器

当一带电体与金属球 A 接触时,就会有电荷通过金属球、金属杆传递到金属箔 C 与 D 上。这样两金属箔带有与带电体电荷性质相同的同种电荷,所以两金属箔就相互排斥而张开,张角的大小与所带电荷的量值有关,所带电荷越多,张角越大。

物体所带电荷的量值叫做电量,以符号 Q 或 q 表示,它的单位在国际单位制(SI)中为库仑。中文代号为库,国际代号为 C。

电子论 在历史上对物体带电有过多种解释和争论,随着人们对物质的认识的提高,才确定了物质的电结构理论,即组成物质的原子是由带正电的原子核和带负电的核外电子所组成。每一个电子所带的电量与组成原子核的质子所带的电量相等,均为 1.602×10^{-19} 库仑,我们把电子或质子所带的电量称为基本电荷,通常以 e 来表示。对于任何一个带电体来说,都是由原子所组成,因此它所带的电量,无论是正电荷还是负电荷,都是基本电荷 e 的整数倍(即 $q = ne, n$ 为整数)。所以带电体所带的电量的变化也只能是基本电荷的整数倍,而不能任意地连续变化,这种电荷量值只能取分立的、不连续的性质称为电荷的量子化。对一般带电体来说,其所带的电量与基本电荷 e 值相比的比值极大,因此电荷的量子化现象不易被察觉,但在微观结构中,电

荷的量子化现象是极为明显的。

电荷守恒定律 由物质结构的原子论, 各种元素在通常情况下, 原子核的质子数与核外的电子数相同, 原子对外不呈现电性。这时, 就物体而言, 它所带的正电荷与所带的负电荷量值相等, 对外也不呈现电性(称为电中性, 俗称不带电)。

原来呈电中性的两个物体, 若经过摩擦、热传递或化学变化而带电, 使两个物体分别带上等量异号的电荷。这是由于其中一个物体失去电子而带正电, 另一个物体得到电子而带负电, 且一物体得到的电子数与另一物体失去的电子数相等。我们说电荷在这两个物体之间进行了交换。以这两个物体所组成的系统来看, 它们的电荷交换是在系统内进行的, 与系统外的物体无关, 所以它们的总电量仍呈中性。也就是说, 对一个系统来说, 只要与外界无电荷交换, 而在系统内不论怎样进行电荷交换, 它们的总电量将保持不变, 这就是**电荷守恒定律**。实践证明, 它是物理学的一个基本定律, 无论在宏观过程中, 在分子、原子、基本粒子的微观过程中都是正确的。

二、库仑定律

库仑(1736—1806年)是法国科学家, 在静电学、磁学方面均有贡献。1785年他根据实验总结出了库仑定律, 人们为纪念他, 又将电荷的单位命名为库仑。

库仑定律的发现, 使电学的研究进入了科学的阶段; 它把以前对电的认识加以总结、验证, 从而奠定了研究静电学的基础。

电荷之间存在着的相互作用力称为静电力(又称为库仑力)。其大小和方向与哪些因素有关呢? 科学的研究方法是把各种影响库仑力的因素用一个数学公式来表示。库仑首先研究的是静止的点电荷之间的相互作用力。

点电荷 跟力学中的质点模型相似，点电荷是带电体的理想模型。当带电体的大小（线度）比带电体之间的距离小得多时，以致带电体的形状、大小对相互作用力的影响可忽略不计，这时带电体可以看作点电荷。

库仑定律 库仑的扭秤实验结果可归纳为：在真空中，两静止点电荷间的相互作用力的方向在它们的连线上，同号电荷相斥、异号电荷相吸；力的大小跟它们的电量乘积成正比，跟它们之间的距离平方成反比。

真空中的库仑定律的表达式为

$$F = k \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} \quad [\text{注}]$$

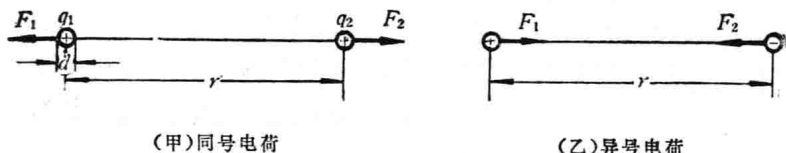


图 12-2 点电荷之间的相互作用力

图 12-2 为两点电荷之间的相互作用力的示意图。满足 $r \gg d$ ，此时带电体可以看作点电荷处理。图中 F_1 、 F_2 分别为 q_1 、 q_2 两点电荷所受的库仑力，它们的大小相等，方向相反，在同一条直线上。

在国际单位制(SI)中，库仑定律中各物理量的单位为： q 是库仑(C)、 r 是米(m)、 F 是牛顿(N)。 k 是恒量，其单位为牛米²/库² (Nm²/C²)，其数值由实验测得为 $k = 8.988 \times 10^9$ 牛米²/库² $\approx 9.0 \times 10^9$ 牛米²/库²。

[注]：近代精密实验仪器确定库仑定律中的 r^2 应为 $r^{1.999999}$ ，且 r 不能过小，即 $r > 10^{-15}$ 米(原子核的半径)。

如果有几个点电荷同时存在，要求其中一个点电荷所受的库仑力，则应为该点电荷与其它所有点电荷相互间的作用力的合力。应该注意，这是一个矢量和。

如点电荷 q_1, q_2, q_3, q_4 ，求 q_4 所受的库仑力。由库仑定律，先求出 $q_1, q_4; q_2, q_4; q_3, q_4$ 之间 q_4 所受的库仑力 F_1, F_2, F_3 ，然后相加，求得合力，如图 12-3 所示。

如果点电荷在介质中，那么由实验证明，它们之间的库仑力将减小，而库仑定律仍然成立。此时库仑定律的表达式为

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

式中 ϵ_r 为相对介电常数，可查表而得。表 12-1 所示为几种物质的相对介电常数。

由于空气的相对介电常数接近于 1，因此空气中的库仑力可以认为与真空中的库仑力相同，即空气的相对介电常数 ϵ_r 取 1。

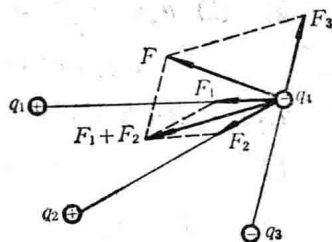


图 12-3 几个点电荷之间的相互作用力

表 12-1

物质	相对介电常数 ϵ_r	物质	相对介电常数 ϵ_r
空气	1.000586	煤油	2.0—4.0
氢	1.000264	石蜡	2.0—2.1
云母	3.7—7.5	瓷	5.7—6.8
玻璃	5—10	氧化钛陶瓷	60—100
纸	1.2—3.5	聚氯乙烯	5.8—6.4
水	75—81	钛酸钡	2000—3000

例题 1 两个电量分别为 1.0×10^{-8} 库仑和 2.0×10^{-8} 库仑的点电荷, 相距 0.30 米, 求

(1) 每个点电荷所受的库仑力, 引力还是斥力?

(2) 距离拉开为 0.60 米时, 库仑力变为多大?

(3) 距离不变, 仍为 0.30 米, 把它们放在相对介电常数为 $\epsilon_r = 2$ 的介质中, 库仑力又为多大?

$$\text{解 (1)} \quad F_1 = k \frac{q_1 q_2}{r^2} = 9 \times 10^9 \frac{1.0 \times 10^{-8} \times 2.0 \times 10^{-8}}{(0.30)^2} \text{ 牛}$$

$$= 2.0 \times 10^{-5} \text{ 牛}$$

q_1, q_2 均为正电荷, 是斥力。

$$(2) \quad \text{由} \quad F \propto \frac{1}{r^2}$$

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2}$$

$$F_2 = \frac{r_1^2}{r_2^2} F_1 = \frac{r_1^2}{(2r_1)^2} F_1 = \frac{1}{4} F_1$$

$$= \frac{1}{4} \times 2.0 \times 10^{-5} \text{ 牛} = 5.0 \times 10^{-6} \text{ 牛}$$

$$(3) \quad \text{由} \quad F_3 = \frac{F_1}{\epsilon_r} = \frac{F_1}{2}$$

$$= \frac{1}{2} \times 2.0 \times 10^{-5} \text{ 牛}$$

$$= 1.0 \times 10^{-5} \text{ 牛}$$

例题 2 在边长为 a 的等边三角形的顶点分别放置三个等量同号电荷 $q_1 = q_2 = q_3 = q$, 求 q_3 所受的库仑力。

解 题中未注明电荷的正负, 可先假设均为正电荷。

由库仑定律, q_1 对 q_3 的作用力 F_1

$$F_1 = k \frac{q_1 q_3}{a^2} = k \frac{q^2}{a^2}$$

方向沿 q_1, q_3 的连线, 且由 q_1 指向 q_3 。

q_2 对 q_3 的作用力 F_2

$$F_2 = k \frac{q_2 q_3}{a^2} = k \frac{q^2}{a^2}$$

方向沿 q_2, q_3 的连线, 且由 q_2 指向 q_3 。

合力 F 为 F_1 与 F_2 的矢量和 (如图 12-4)。

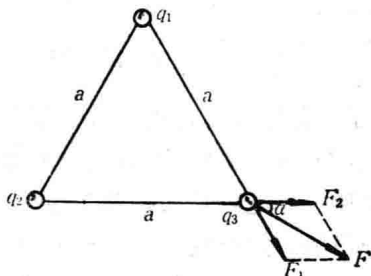


图 12-4

根据矢量运算法则

$$\begin{aligned} F &= \sqrt{F_1^2 + F_2^2 - 2F_1 F_2 \cos 120^\circ} \\ &= \sqrt{3 \left(k \frac{q^2}{a^2} \right)^2} = \sqrt{3} k \frac{q^2}{a^2} \end{aligned}$$

合力 F 的方向与 q_2, q_3 联线的延长线之间的夹角 $\alpha = 30^\circ$ 。

若均为负电荷, 库仑力的大小、方向不变。力是矢量, 求库仑力不但要算出大小, 还要标明力的方向。

例题 3 已知氢原子核的质量为 1.67×10^{-27} 千克, 电子质量为 9.1×10^{-31} 千克, 电子绕核旋转半径为 5.3×10^{-11} 米, 求它们之间的万有引力与库仑力。

解 万有引力 F_m 的大小为

$$F_m = G \frac{m_1 m_2}{r^2} = 6.67 \times 10^{-11} \frac{9.1 \times 10^{-31} \times 1.67 \times 10^{-27}}{(5.3 \times 10^{-11})^2} \text{牛}$$

$$= 3.6 \times 10^{-47} \text{牛}$$

库仑力 F_e 的大小为

$$F_e = k \frac{q_1 q_2}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{(1.6 \times 10^{-19})^2}{(5.3 \times 10^{-11})^2} \text{牛}$$

$$= 8.2 \times 10^{-8} \text{牛}$$

将两者的大小进行比较, 比值为

$$\frac{F_e}{F_m} = \frac{8.2 \times 10^{-8}}{3.6 \times 10^{-47}} = 2.3 \times 10^{39}$$

可以看出, 原子内部的库仑力远远大于万有引力, 因此在研究微观带电粒子间的相互作用时, 万有引力可忽略不计。

库仑的扭秤实验 库仑在前人揣测带电体之间的作用力和牛顿的万有引力定律的形式有联系的基础上, 在 1785 年用扭秤测定了两个带电球体之间的作用力, 总结出了库仑定律。该定律被后人用更精确的实验得到了验证, 所以库仑定律是一实验定律。

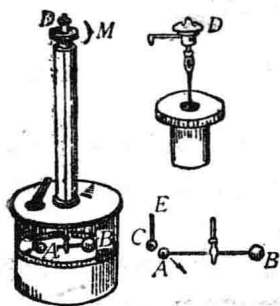


图12-5 扭秤实验

库仑扭秤如图 12-5 所示, 一根很细的金属丝上端固定在可转动的旋钮 D 的下端, 金属丝下端水平悬挂一根粗细均匀的绝缘棒, 棒的两端分别固定金属球 A 和平衡球 B , 平衡球 B 的质量可以调节, 使棒在悬挂后保持水平。绝缘棒 E 下端固定一金属球 C , 并使 C 与 A 在同一水平面内, 且保持一定距离。若使金属球 A 、 C 带上同种电荷后, 则两球

之间的作用力将使水平绝缘棒转过一个角度。此时与绝缘棒的

转向相反,旋转旋钮 D ,使绝缘棒转回到金属球 A 、 C 不带电时的位置,这时金属丝的扭转力矩与电荷之间的斥力的力矩平衡。通过观察旋钮 D 转过的角度可以算出电荷间相互作用力的大小。

库仑定律是研究两点电荷之间的作用力。

扭秤实验还要研究库仑力与距离、电量大小的关系。在前述实验中,保持金属球 A 、 C 的电量不变,而移动 C 球,改变两球之间的距离,重复上述实验,可以得出当距离不同时,旋钮转动的角度也不相同——即库仑力大小不同。改变金属球的带电量,确定库仑力与带电量的关系在当时是一极为困难的问题,因为当时对电的研究还处于初始阶段,只观察到一些电的现象,还没有测定电量大小的手段,甚至电量的单位还未确定。系统的研究自库仑才开始,库仑极为巧妙地解决了这一困难。他用若干个形状、大小相同的金属小球,并使其中一个带上电量后作为一个电量单位处理,然后用另一小球与其接触,通过电荷的传递,使电荷均匀分布于两小球上,每一个小球的带电量为原来的 $1/2$ 。以此法继续可以得到带电量为原来的 $\frac{1}{4}$ 、 $\frac{1}{8}$ 、 $\frac{1}{16}$ ……的电量,达到了改变电量的目的。

练 习 一

1. 在真空中有两个带电小球,它们所带的电量分别为 1.0×10^{-10} 库和 -5.0×10^{-10} 库,它们之间的距离为 6 厘米,求两带电小球间的相互作用力。

2. 在真空中有两个带有同种电荷的小球 A 和 B ,带电量 $q_B = 4q_A$,在它们相距 5 厘米时,斥力为 3×10^{-5} 牛。问当它们相距 10 厘米时,斥力为多大?两个小球所带的电量各为多少?

3. 小球 A 和 B 各带正电荷 q ,相距为 0.1 米,第三个小球

C 带电为:① $+3q$,② $-3q$ 时, C 球应放在何处,才能使 B 球所受的库仑力达到平衡?

4. 两个带有等量同种电荷的小球,质量各为 1.0×10^{-4} 千克,各用 0.5 米长的细线挂在同一点上,在空气中,两球相互排斥而张开。平衡时,两球相距 0.2 米(图 12-6),求每个小球所带的电量。如果把这两个小球浸在 $\epsilon_r = 4$ 的煤油中而仍相距 0.2 米,小球所带的电量应是多少?(浮力忽略不计)

5. 在图 12-7 所示的正方形的两个对角上各放一电荷 Q ,另两个对角上各放一电荷 q ,如果使任一个电荷 Q 所受的库仑力的合力为零,则 Q 与 q 间的关系如何?

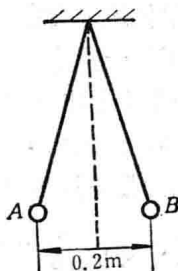


图 12-6

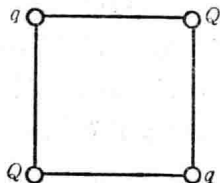


图 12-7

三、电场 电场强度 电力线

电场 两个点电荷相隔一定距离而没有接触,却存在着相互作用力,应该怎样来解释电荷间的相互作用呢?实验与理论证明电荷周围存在着一种特殊的物质——电场,并通过电场相互作用。下面我们用一个简单的实验来说明。

在盛放着蓖麻油的玻璃缸内,均匀散放一些草籽(或头发屑),然后,在蓖麻油内放入一金属板,并接上电源,使金属板带电。此时就可以看到原来杂乱无章的草籽就呈现有规则的排