

物理学

(下 册)

李随源 周香 鲁建国 等编



西安地图出版社

物 理 学

(下 册)

李随源 周香 鲁建国 等编

西安地图出版社

说 明

经国家教育部批准,从20世纪90年代初期起,我国部分师范院校相继开始招收初中起点的五年制“小学教育专业”实验班,旨在为小学培养具有专科层次的合格小学教师.十多年来,五年制“小学教育专业”实验班稳步发展,为小学和社会培养了一大批高素质的人才,为我国基础教育事业和经济的发展做出了突出贡献.

《物理学》是五年制“小学教育专业”的一门必修课,但长期以来没有适合该专业使用的专用教材.在教学过程中,我们根据学生的实际情况曾使用过普通高中物理教材和中等师范学校物理教材.但在教学实践中我们发现,这两种教材虽然各有其优点和长处,却都不能很好地满足培养专科层次小学教师的需要.为此,我们根据五年制“小学教育专业”物理教学大纲,把多年来在物理教学中使用的讲义进行了整理、充实,编写成了这套《物理学》教材.

在编写过程中,我们力求与《基础教育课程改革纲要(试行)》中的课程标准保持一致.不仅强调知识的学习和能力的培养;更重视让学生体验获取知识的过程,学会学习的方法,为终身学习奠定基础;同时注重培养学生具有正确的情感态度和价值观,全面提高其综合素质.鉴于此,我们根据五年制“小学教育专业”学生的实际情况,确立了编写本书的整体思路,即降低难度,拓展广度.在保证物理学整体知识结构完整的基础上,删去了过于繁难的部分,降低了习题中计算题的难度,增加了运用物理规律解释生活中的物理现象方面的思考题,非常适合学生进行自主学习.课文中的“学生实验”可在教师指导下由学生自主完成,学生也可以不拘泥于课本上的实验步骤自行设计实验,通过实验使其受到实验方法和技能的训练.“阅读材料”和“科学家的故事”供学生课外阅读,用以开阔视野,拓宽知识面,培养其科学素养.“动手做”和“小实验”可由学生在课外利用日常生活中的废旧材料完成,用以培养他们的动手能力,提高学习兴趣,使其真正从生活走向物理,从物理走向社会.

本书可用作五年制“小学教育专业”和其他专业的基础课教材,也适合“幼儿师范专业”和职业技术学校的公共基础课使用.

本书上册第一章、第二章、第七章、第八章由宋春东编写;第三章、第四章、第五章、第六章由申小海编写;第九章、第十章、第十一章、第十二章由鲁建国编写.下册第一章、第二章、第六章由李随源编写;第三章、第四章、第七章由周香编写;第五章、第八章、第九章由都宝平编写.李随源负责全书的整体编写和最后统稿,周香负责校对.

由于我们水平有限,书中难免会有诸多不足之处,恳请有关专家和同行对本书提出宝贵意见,给予批评指正.

编者

2006.4

目 录

第一章 电场	1
§ 1-1 电荷 库仑定律.....	1
§ 1-2 电场 电场强度.....	6
§ 1-3 电场中的导体.....	10
§ 1-4 电荷在导体上的分布和放电现象.....	15
§ 1-5 电势能和电势差.....	21
§ 1-6 电势差和电场强度的关系.....	24
§ 1-7 带电粒子在电场中的运动.....	27
§ 1-8 电容器 电容.....	30
§ 1-9 静电的应用和防止.....	34
 第二章 恒定电流	41
§ 2-1 电流 欧姆定律.....	41
§ 2-2 电阻定律.....	45
§ 2-3 电功和电功率.....	48
§ 2-4 电路的连接.....	54
§ 2-5 闭合电路欧姆定律.....	57
§ 2-6 万用表及其使用.....	63
§ 2-7 电阻的测量.....	64
§ 2-8 电池的连接.....	68
 第三章 磁场	75
§ 3-1 磁场 磁感线.....	75
§ 3-2 磁感应强度.....	81
§ 3-3 直流电动机和磁电式电表.....	86

§ 3-4 磁场对运动电荷的作用·····	91
§ 3-5 洛伦兹力的应用·····	95
第四章 电磁感应 ·····	101
§ 4-1 电磁感应现象·····	101
§ 4-2 法拉第电磁感应定律·····	108
§ 4-3 楞次定律·····	112
§ 4-4 自感现象·····	117
§ 4-5 日光灯的原理·····	121
* § 4-6 涡流·····	123
第五章 交变电流 ·····	129
§ 5-1 交变电流及其变化规律·····	129
* § 5-2 三相交变电流·····	134
§ 5-3 感应电动机·····	138
§ 5-4 电感和电容对交变电流的影响·····	140
§ 5-5 变压器·····	143
* § 5-6 整流和滤波电路·····	148
§ 5-7 远距离输电·····	152
第六章 电磁场和电磁波 ·····	156
§ 6-1 电磁振荡·····	156
§ 6-2 电磁场和电磁波·····	161
§ 6-3 电磁波的发射·····	165
§ 6-4 电磁波的传播·····	168
§ 6-5 电磁波的接收·····	170
§ 6-6 电磁波的应用·····	173
第七章 几何光学 ·····	179
§ 7-1 光的直线传播·····	179
§ 7-2 光的反射 面镜·····	182

§ 7-3 折射定律·····	187
§ 7-4 光的全反射现象·····	191
§ 7-5 棱镜和透镜·····	196
§ 7-6 透镜成像和作图法·····	199
§ 7-7 透镜成像公式·····	202
§ 7-8 显微镜和望远镜·····	205
第八章 光的本性·····	211
§ 8-1 光的波动性·····	211
§ 8-2 光的色散和光的散射·····	216
§ 8-3 物体的颜色·····	220
§ 8-4 光的电磁说 电磁波谱·····	222
§ 8-5 光电效应·····	226
§ 8-6 光电效应的应用·····	230
§ 8-7 光的波粒二象性·····	232
第九章 原子和原子核·····	236
§ 9-1 原子的核式结构·····	236
§ 9-2 天然放射现象 原子核的衰变·····	239
§ 9-3 探测放射线的方法·····	244
§ 9-4 原子核的人工转变 原子核的组成·····	246
§ 9-5 放射性同位素的应用·····	248
§ 9-6 核能及其应用·····	250

第一章 电 场

人类在公元前 500 年就知道了电磁现象,但是电磁学的迅速发展和广泛应用却是在 18 世纪以后.18 世纪,人们通过对电和磁的定量研究,发现了许多重要的规律.但是,人类对电现象的系统研究却是在欧洲文艺复兴之后才逐渐开展起来的,直到 19 世纪才建立了完整的电磁学理论.

19 世纪后半期,随着发电机和电动机的问世,电在人们实际生活中的应用越来越广泛.20 世纪中期以后,由于电子技术的迅速发展(特别是电子计算机技术和网络技术),电的应用更是一日千里,广播、电视、电话、电脑等已经成了人们日常生活中不可缺少的部分.无论是工农业生产、科学研究、国防,还是通讯、教育、日常生活,每时每刻都离不开电.可以说,没有电就没有现代化.

但是,我们必须了解电的性质和电现象的规律,一旦触犯了它,电会给我们的生产、生活、甚至人身安全造成很大的危害.因此,现代社会的每一个人都应该学习必要的有关电的知识.本章将学习电荷和电场,这些知识是学习其他电学知识的基础.

§ 1-1 电荷 库仑定律

一、电荷

人们在很早的时候就知道,一些被摩擦过的物体可以吸引轻小的物体.远在公元前 585 年,希腊哲学家泰勒斯就有记载:古希腊人在打磨琥珀制做工艺品时发现,经摩擦过的琥珀能够吸引草屑、麻屑等.我国在西汉末年也有关于玳瑁吸引轻小物体的记载.

在日常生活中我们都有过这样的体验:经过摩擦的塑料尺或钢笔杆能吸引碎纸片;用塑料梳子梳头,头发会随着梳子飘起来;在天气干燥的情况下穿脱衣服(特别是化纤类衣服)时,由于衣服之间的摩擦会听到噼啪的放电声,在暗处还能看到微弱的火花.

物体有了吸引轻小物体的性质,我们就说它带了电荷(简称带了电).带电的物体叫带电体,经过摩擦使物体带电就叫做摩擦起电.

用丝绸摩擦过的玻璃棒和用毛皮摩擦过的橡胶棒都可以吸引碎纸屑,如图 1-1 所示.那么,它们所带的电荷相同吗?

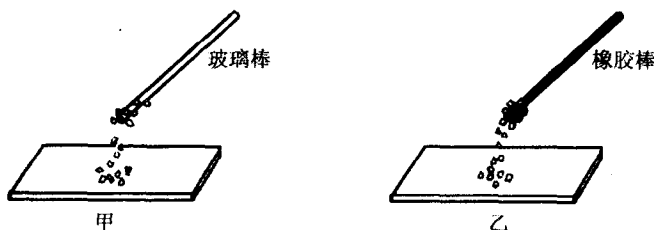


图 1-1 静电吸引现象

下面我们通过实验来研究摩擦起电现象.

用丝绸摩擦玻璃棒,使玻璃棒带电,并把玻璃棒上带的电传给悬挂着的泡沫塑料小球,可以看到:带电的小球与带电的玻璃棒互相排斥,如图 1-2 甲所示.

同样地,用毛皮摩擦橡胶棒,并将它带的电传给悬挂着的泡沫塑料小球,可以看到:带电的小球与带电的橡胶棒也互相排斥,如图 1-2 乙所示.

而把玻璃棒上带的电和橡胶棒上带的电分别传给两个小球,这两个带电的小球却互相吸引,如图 1-2 丙所示.

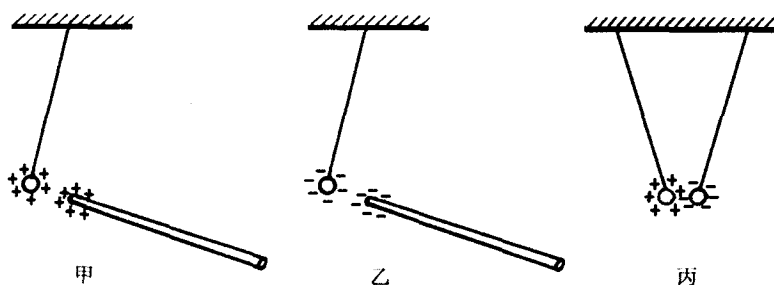


图 1-2 电荷间的相互作用

上述现象表明,电荷有两种,同种电荷互相排斥,异种电荷互相吸引.人们做了大量的实验,但没有发现对上述两种电荷都排斥或者都吸引的电荷.这说明:自然界的电荷只有两种,即正电荷和负电荷.与丝绸摩擦过的玻璃棒带的电荷是正电荷;与毛皮摩擦过的橡胶棒带的电荷是负电荷.

二、摩擦起电的原因

在初中物理和化学的学习中,我们已经知道:物质是由原子或分子组成的.每个原子也都有它的内部结构:中心是带正电的原子核,围绕原子核旋转的是带负电的电子.在正常情况下,原子核所带的正电荷数跟核外电子所带的负电荷数相等,整个原子呈中性,对外不显电性.由于异种电荷互相吸引,原子中的核外电子受到原子核的吸引力,围绕原子核运动,不能随意跑到其他地方去.但是,不同原子中的电子受原子核束缚的程度不同.当两种物体相互摩擦时,一种物体中的电子因受原子核的束缚较弱,跑到另一个物体上去,使得到电子的物体由于其中的负电荷多于正电荷,因而显出带负电;失去电子的物体由于其中的正电荷多于负电荷,因而显出带正电,这就是摩擦起电现象.

分别带了等量正、负电荷的物体相互接触,又会恢复成不带电的状态,这个过程叫做电荷的中和.

物体的带电和中和过程,实际上是物体中电荷的转移过程.电荷既不能凭空产生,也不能凭空消灭,它只能从一个物体转移到另一个物体,或者从物体的一部分转移到另一部分,但电荷的总量不会发生改变.这个规律叫电荷守恒定律,它是自然界的重要规律之一.

三、元电荷

电荷的多少叫电荷量,简称电量,用 Q 表示.在国际单位制中,电量的单位是库仑,简称库,符号是 C.

科学实验证明,电子所带的电荷是最小的负电荷,质子所带的电荷是最小的正电荷,它们所带电荷的绝对值相等,这个最小的电荷叫元电荷,其值为:

$$e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

其它物体所带的电荷，都是元电荷的整数倍。

电荷量 e 的数值最早是由美国科学家密立根（1868—1953）用实验测得的。在密立根实验之后，人们又做了许多实验，进一步精确地测定了电荷量 e 的数值，现在测得的元电荷的精确值为

$$e = (1.60217733 \pm 0.00000049) \times 10^{-19} \text{ C}$$

电子的质量很小，只有 $9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ 。质子的质量也只有 $1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$ ，大约是电子的 1836 倍。

四、库仑定律

我们知道，人体带电后头发会散开，这是由于人的头发带同种电荷相互排斥的结果。事实上，无论是同种电荷间的排斥还是异种电荷间的吸引，都表明电荷之间发生了力的作用。那么，这种作用力的大小跟什么有关系呢？

我们来做下面的实验。

如图 1-3 所示，把一个带正电的物体放在 A 处，然后把挂在丝线上的带正电的小球先后挂在 P_1 、 P_2 、 P_3 等位置，比较小球在不同位置所受电力的大小。小球所受电力的大小可以通过丝线偏离竖直方向的角度显示出来。偏角越大，表示小球受到的电力越大。

把小球挂在同一位置，增大或减小它所带的电荷量，比较小球所受电力大小的变化。

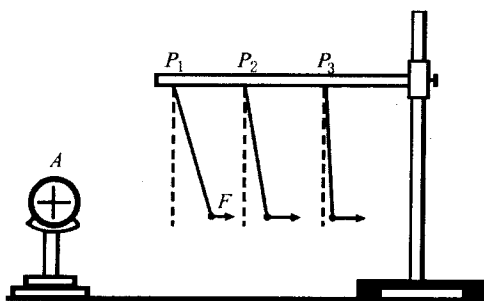


图 1-3 电荷间作用力的大小

实验表明，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。

法国物理学家库仑（1736—1806）用精确的实验研究了静止的点电荷（当带电体间的距离比它们的大小大得多，以致带电体的形状和大小可以忽略不计时，这样的带电体就可以看作是点电荷）间的相互作用力，于 1785 年发现了后来用他的名字命名的定律。

在真空中两个点电荷间的作用力跟它们的电量的乘积成正比，跟它们间的距离的二次方成反比，作用力的方向在它们的连线上。这个规律就叫做库仑定律。用公式表示就是

$$F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

F 表示点电荷间的作用力, 叫做静电力或库仑力. Q_1 、 Q_2 表示两个点电荷的电量, 单位是库仑, 简称库, 符号是 C. r 表示它们间的距离, k 是比例常量, 叫做静电力常量, 在国际单位制中, $k = 9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$. 空气中的库仑力跟真空中的库仑力近似相等.

库仑定律是电磁学的基本规律之一, 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, 根据库仑定律和力的合成法则就可以求出带电体间的静电力的大小和方向.

练 习

1. 我国东汉时期著名学者王充, 在一次玩赏一枚玳瑁时, 他把玳瑁在丝绸衣袖上擦得一尘不染, 然后放在书桌上. 突然, 桌上的一根鸡毛向玳瑁跑去, 紧紧贴在玳瑁上. 后来王充把类似现象统称为“顿牟掇芥”, 并记在他的《论衡》著作中. 试说明“顿牟掇芥”是一种什么物理现象? 它产生的原理是什么?

2. 用丝绸摩擦玻璃棒后玻璃棒带正电, 那么丝绸带什么电?

3. 请用实验证明: 用干燥的布摩擦钢笔杆或塑料尺等物体后, 这些物体各带什么电?

4. 有两根橡胶棒, 一根带电, 一根不带电. 如果不用验电器, 怎样知道哪一个带电, 哪一个不带电?

5. 将塑料捆扎绳的一端撕开成许多窄条, 用干燥的手捋它几下, 它就会分散开, 而不能聚拢在一起. 亲自做一做, 并解释产生这种现象的原因.

6. 实验室里的金箔验电器, 是用来检验物体是否带电和带哪一种电荷的仪器. 其构造是: 在绝缘的金属杆下端挂着两条金属箔, 金属杆上端是个金属球, 金属杆插在用绝缘体制成的塞子中, 塞子塞在有玻璃窗的圆形金属盒子上. 当带电体接触金属球时, 金箔张开. 从金箔张开角度的大小, 可以判断物体带电的多少. 仔细观察实验室里金箔验电器的结构, 试说明其工作原理.

7. 拧开自来水笼头控制水量, 使之成为细小的水流. 当用摩擦过的有机玻璃棒去接近细水流时, 请观察细水流的流动方向有什么变化? 这是什么缘故?

8. 运油的油罐车为什么后面拖着一根铁链?

9. 下列哪一句话是正确的?

- (1) 两物体吸引时, 这两个物体一定带异种电荷;
- (2) 玻璃棒经摩擦后一定是带正电荷的;
- (3) 带电体吸引轻小物体的力一定等于轻小物体吸引带电体的力;
- (4) 用丝绸去摩擦握在手中的金属棒, 金属棒也能带电.

一、生平简介

库仑(Charles Augustin de Coulomb, 1736—1806 年), 法国工程师、物理学家。1736 年 6 月 14 日生于法国昂古莱姆。他曾在美西也尔工程学校读书, 离开学校后, 进入皇家军事工程队当工程师。库仑在西印狄兹工作了 9 年, 后因病回到法国。法国大革命时期, 库仑辞去一切职务, 到布卢瓦致力于科学研究。法皇执政统治时期, 他回到巴黎, 成为新建的研究院成员。

1773 年, 库仑发表了有关材料强度的论文; 1777 年开始研究静电和磁力问题, 发明了扭秤; 1779 年他分析了摩擦力, 还提出有关润滑剂的科学理论。1785—1789 年, 库仑用扭秤测量静电力和磁力, 导出了著名的库仑定律; 1781 年当选为法国科学院院士; 1806 年 8 月 23 日库仑在巴黎逝世。

二、科学成就

1. 在应用力学方面的成就

库仑在结构力学、梁的断裂、砖石建筑、土力学、摩擦理论、扭力等方面做了许多工作, 他也是测量人在不同工作条件下做功(人类工程学)的第一个尝试者。他提出使各种物体经受应力和应变直到它们的折断点, 然后根据这些资料就能计算出物体上应力和应变的分布情况。这种方法一直沿用到现在, 是结构工程的理论基础。他还做了一系列摩擦的实验, 建立了库仑摩擦定律: 摩擦力跟作用在物体表面上的正压力成正比; 并证明了摩擦因数和物体的材料有关。由于这些卓越成就, 他被认为是 18 世纪欧洲伟大的工程师之一。

2. 建立了著名的库仑定律

法国科学院曾经悬赏, 征求改良航海指南针中的磁针问题。库仑认为, 磁针支架在轴上, 必然会带来摩擦, 要改良磁针的工作, 必须从这一根本问题着手, 他提出用细头发丝或丝线悬挂磁针。他又发现线扭转时的扭力和针转过的角度成比例关系, 从而可利用这种装置算出静电力或磁力的大小, 据此他发明了库仑扭秤。库仑扭秤能以极高的精度测出非常小的力。

库仑定律是通过扭秤实验总结出来的。库仑在细金属丝的下端悬挂一根秤杆, 它的一端有一个小球 A, 另一端有一平衡体 P, 在 A 旁放置一个同它一样大小的固定小球 B。为了研究带电体间的作用力, 先使 A 和 B 都带一定电荷, 这时秤因 A 端受力而偏转。扭转悬丝上端的旋钮, 使小球 A 回到原来的位置, 平衡时悬丝的扭力矩等于电力施在 A 上的力矩。如果悬丝的扭转力矩同扭角间的关系已知, 并测得秤杆的长度, 就可以求出在此距离下 AB 之间的作用力。实验中, 库仑使两小球带同种等量的电荷, 互相排斥。他作了三次数据记录: 第一次, 令两小球相距 36 个刻度; 第二次, 令小球相距 18 个刻度; 第三次, 令小球相距 8.5 个刻度。大体上按缩短一半的比例来观测。观测结果为第一次扭丝转 36° ; 第二次扭丝转 144° ; 第三次扭丝转 575.5° 。库仑分析出间距之比约为 4:2:1, 而转角之比为 1:4:16。最后一个数据有点出入, 那是因为漏电的缘故。库仑还作了一系列的实验, 最后总结出了库仑定律。库仑扭秤实验在电学发展史上具有重要的地位, 它是人们对电现象的研究从定性阶段进入定量阶段的转折点。

另外值得一提的是, 库仑找到了一种巧妙比较电量大小的方法。在当时没有公认的测量电量方法的情况下, 库仑根据对称性采用了一种巧妙的方法, 解决了比较两个金属小球

所带电量大小关系的问题. 库仑认识到两个大小相同的金属球, 一个带电, 一个不带电, 两者互相接触后, 电量被两个球等分, 各自带原有总电量的一半. 他用这个方法依次得到了带有原来电量的 $1/2$ 、 $1/4$ 、 $1/8$ 、 $1/16$ 等的电荷量.

§ 1-2 电场 电场强度

一、电场

任何力的作用都离不开物质. 手推桌子, 手对桌子的推力直接作用在桌子上; 马拉车, 马对车的拉力是通过绳子作用于车子上的. 但两个电荷发生相互作用时, 它们并不直接接触. 它们之间的作用力是怎样从一个电荷作用到另一个电荷上的呢?

现代科学实验证明: 电荷的周围存在着一种特殊的物质, 叫做电场. 只要有电荷存在, 周围就存在着电场, 电荷之间的相互作用是通过电场发生的. 例如电荷 A 和 B 的相互作用, 实际上是电荷 A 受到了电荷 B 的电场的作用. 同时, 电荷 B 也受到了电荷 A 的电场的作用. 因此, 两个带电体不发生接触, 同样能够发生相互作用.

电场是一种物质, 这种物质既看不见也摸不着, 但是它确实是客观存在的, 我们可以通过电场所表现出来的作用来认识和了解它.

二、电场强度

电场的最基本的特性就是对电荷有力的作用, 这种作用力叫做电场力. 同一电荷在不同的电场或同一电场的不同地方, 受到电场力的大小不同, 这说明电场有强弱之分. 为了研究电场的强弱, 可以在电场中放置一个电量为 q 的正电荷, 它的电量应当充分小, 放入后不影响原来要研究的电场. 这个电荷的体积也要充分小, 便于用来研究电场中各点的情况. 我们把这个带正电的小电荷叫做检验电荷.

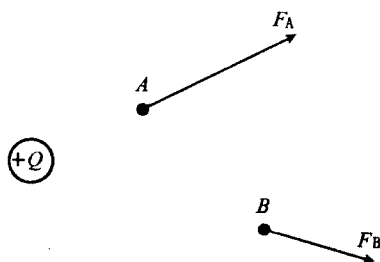


图 1-4 检验电荷受力的大小

如图 1-4 所示, 把检验电荷 q 放在电荷 Q 产生的电场中, 电荷在电场中的不同点受到的电场力的大小一般是不同的, 这表示各点的电场的强弱不同. 电荷 q 在距离 Q 较近的 A 点受到的电场力大, 表示这点的电场强; 电荷 q 在距离 Q 较远的 B 点, 受到的电场力小, 表示这点的电场弱.

但是, 我们不能直接用电场力的大小表示电场的强弱, 因为不同的电荷在电场的同一

点受到的电场力是不同的. 实验表明, 在电场中的同一点, 检验电荷受到的电场力的大小与检验电荷的电量的比值 F/q 是一定的; 在电场中的不同点, 比值 F/q 一般是不同的. 这个比值的大小跟放入的检验电荷电量的大小无关, 只决定于电场本身, 即由检验电荷 q 在电场中的位置所决定, 跟检验电荷 q 无关, F/q 是一个反映电场性质的物理量. 在物理学中, 就用比值 F/q 来表示电场的强弱, 叫做电场强度, 简称场强. 也就是说, 放入电场中某点的检验电荷所受的电场力 F 跟它的电量的比值, 叫做该点的电场强度. 通常情况下, 电场强度用 E 表示, 那么

$$E = \frac{F}{q}$$

电场强度是矢量, 在物理学中规定, 电场中某点的场强方向跟正电荷在该点所受电场力的方向相同. 按照这个规定, 负电荷在电场中的某点所受电场力的方向与该点的电场强度方向相反.

在国际单位制中, 电场强度的单位是牛顿/库仑 (读作牛顿每库仑), 简称牛/库, 符号是 N/C ; 电场强度的另一单位是伏特/米 (读作伏特每米), 简称伏/米, 符号是 V/m . 由于 $1\text{J} = 1\text{C} \times 1\text{V} = 1\text{N} \times 1\text{m}$, 所以 $1\text{N/C} = 1\text{V/m}$.

对于真空中的点电荷 Q 形成的电场, 在距离 Q 为 r 的点的电场强度 E 的大小, 根据库仑定律可以得出:

$$E = k \frac{Q}{r^2}$$

应该注意, 以上两个公式虽然都表示电场中某点的场强, 但是它们的意义是不同的. 前者是场强的定义式, 对任何电场都是适用的; 后者是点电荷在真空中的电场中场强的专用计算式, 只适用于点电荷在真空中的电场.

如果有几个点电荷同时存在, 它们的电场就互相叠加, 形成合电场. 这时某点的场强就等于各个点电荷在该点产生的场强的矢量和, 求某点场强的矢量和可以用以前学过的平行四边形法则.

三、电场线

电荷周围的电场是客观存在的, 但人们既看不到又摸不着, 这就给我们进一步深入地研究电场造成了很大的困难. 为了能形象地描述电场中各点场强的大小和方向, 可以采用画电场线的办法. 在电场中画出一系列的曲线 (或直线), 使曲线上每一点的切线方向都跟该点的场强方向一致, 这些曲线就叫做电场线, 如图 1-5 所示.

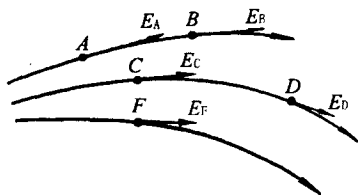


图 1-5 电场线

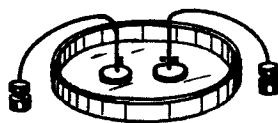


图 1-6 观察电场线

电场线的形状也可以通过实验观察到.

使毛发屑悬浮在玻璃容器中的蓖麻油里,并在油中放入电极,如图 1-6 所示.电极带电后,它周围将产生电场,此时可以看到:毛发屑按照场强的方向排列起来,显示出电场线的形状.

应当注意,实验只是显示了某些地方的电场线的形状.实际上,任何两条电场线中间的地方也存在电场,也有电场线.电场线只是人们为了使电场形象化而假想的一种线,电荷周围任何一点都有电场,都可以画出电场线来.

不同的电场,场强的分布不同,它们的电场线形状也不同.

如图 1-7 所示是正点电荷和负点电荷周围电场线的形状.图 1-8 所示是两个等量同种电荷和两个等量异种电荷电场线的形状.

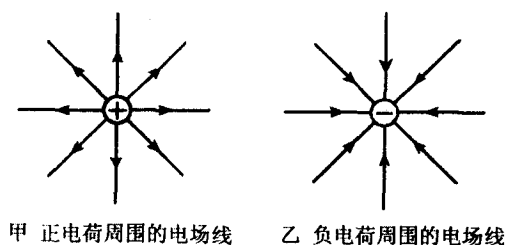


图 1-7 点电荷周围的电场线

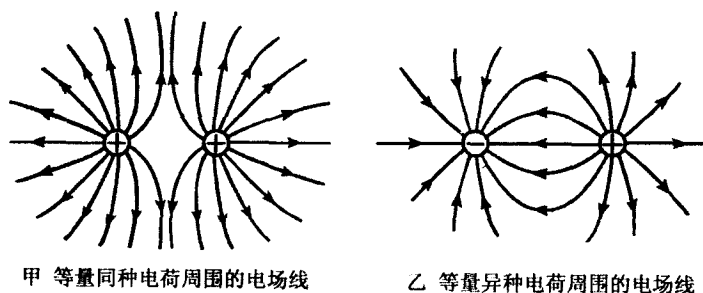


图 1-8 等量同种电荷和等量异种电荷周围的电场线

从图中可以看出:电场线从正电荷出发终止于负电荷;或从正电荷出发终止于无限远;或从无限远出发终止于负电荷.

电场中任何两条电场线都不会相交.

从图中还可以看出:在离产生电场的电荷较近的地方场强较大,电场线较密;在离产生电场的电荷较远的地方场强较小,电场线较疏.因此,用电场线表示某一电场时,电场线的疏密可以表示电场强度的大小,即电场线密的地方电场强度大,电场线疏的地方电场强度小.

四、匀强电场

在电场的某一区域里,如果各点电场强度的大小和方向都相同,这个区域的电场叫做匀强电场.匀强电场是最简单、最重要的电场.在匀强电场里,既然各点的场强的大小都相

同, 电场线的疏密程度也一定处处相同. 所以, 匀强电场中的电场线是距离相等的互相平行的直线.

两块大小相等、互相平行且正对的金属板, 当它们分别带有等量异种电荷时, 其中间区域的电场就是匀强电场. 如图 1-9 所示.

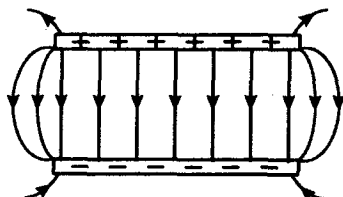


图 1-9 匀强电场

练 习

- 有人说, 电场线就是带电粒子在电场中运动的轨迹. 这种说法对吗? 为什么?
- 能否断言, 电场中的任何两条电场线都不会相交, 试说明理由.
- 有两块水平放置的带电金属板, 上板带正电, 下板带等量的负电, 板间有一个塑料小球悬浮不动. 问塑料小球受到了哪些力的作用? 这些力的方向如何? 塑料小球带的是正电还是负电?
- 把质子和电子先后放在同一电场中的同一个位置, 它们的加速度的方向是否相同? 哪一个的加速度大?
- 关于电场线, 下列说法正确的是:
 - (1) 电场线是带电粒子在电场中的运动轨迹;
 - (2) 电场线是实际存在的线, 没有电场线的地方, 电场强度等于零;
 - (3) 电场线从负电荷出发终止于正电荷;
 - (4) 同一电场中, 电场线密的地方的电场强度比较大.
- 根据电场强度的定义和库仑定律, 推导出点电荷的场强公式.
- 匀强电场的电场线为什么必须是距离相等的平行直线? 请根据匀强电场的特点和电场线的性质加以说明.
- 某匀强电场的场强 $E=3 \times 10^3 \text{ N/C}$, 如图 1-10 所示. 在其中的 A 点有一个 α 粒子 (由两个带正电的质子和两个不带电的中子组成), 求 α 粒子受到的电场力的大小和方向.

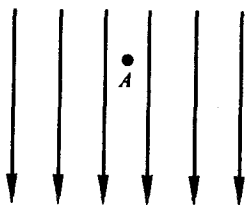


图 1-10

动手做

简易验电器

器材：金属丝 1 条，铝箔（香烟内包装纸）2 条，广口玻璃瓶 1 个，钳子 1 把，剪刀 1 把等。

做法：把玻璃瓶洗净擦干，在瓶盖上钻一小孔。再把金属丝对折后穿过绝缘的瓶盖上的小孔，用钳子扭合，并把金属丝的两端向上弯起。用剪刀剪下两条铝箔（大约长 2 厘米、宽 5 毫米），然后在两条铝箔上各穿一个小孔，挂在弯出的金属丝钩上。

做好的验电器如图 1-11 所示，金属箔不带电时自由下垂；带电时由于相互排斥而张开。

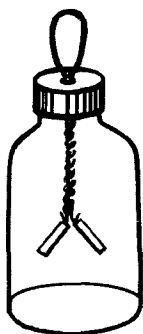


图 1-11 简易验电器

§ 1-3 电场中的导体

一、静电感应

大家知道，有的物体容易导电，有的物体不容易导电。容易导电的物体叫导体，不容易导电的物体叫绝缘体。导体导电的原因是因为它们内部有大量的可以移动的自由电荷。金属、大地、人体以及酸、碱、盐的水溶液都是导体。当把导体放在电场中时，导体中的自由电荷就会在电场力作用下进行运动，产生许多有趣的现象，这些现象在实际中有重要应用。

金属导体内部的自由电荷是自由电子。金属导体放在电场中，会发生什么现象呢？

把两个不带电的枕形绝缘导体 A 、 B 对接在一起，放在桌子上，在它们的旁边放一个带正电的绝缘导体 C ，如图 1-12 所示。这时导体 AB 处在带电体 C 的电场中。可以发现，在导体 AB 的两端出现正、负电荷，靠近带电体 C 的一端出现异种电荷（负电荷），远离带电体 C 的一端出现同种电荷（正电荷）。这种电荷叫做感应电荷，出现感应电荷的现象叫做静电感应。在静电感应现象中出现的正负电荷的电荷量总是相等的。

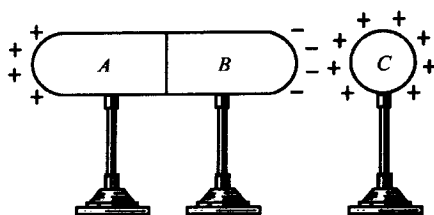


图 1-12 静电感应

其实,任何一块金属导体放在电场强度为 E_0 的电场中,导体中的自由电子在电场力的作用下,都要逆着电场方向移动,如图 1-13 甲所示.在极短时间内,导体两端就会出现等量的正、负电荷,如图 1-13 乙所示.

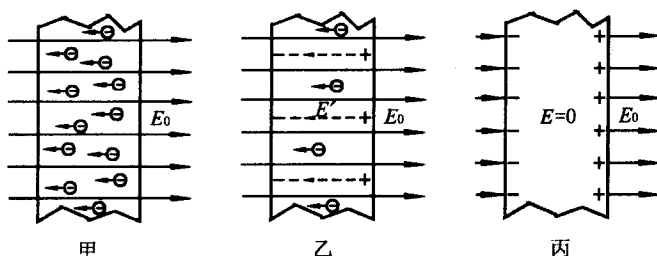


图 1-13 静电平衡

随着导体两端出现正负电荷,在导体中就产生一个附加电场 E' , 它的方向跟 E_0 的方向相反,其效果是削弱了原来的电场强度,如图 1-13 乙所示.随着导体两端积累的电荷逐渐增多,附加电场 E' 逐渐增大,当导体中的附加电场强度的大小 $E' = E_0$ 时,导体中的合电场强度 $E = E_0 - E' = 0$,如图 1-13 丙所示.这时导体中的自由电子不再受电场力的作用,因而不再做定向移动.导体中(包括导体表面)没有电荷做定向移动的状态,叫做静电平衡状态.

所以,处于静电平衡状态的导体,内部的场强处处为零.

二、感应起电

在实验室中,可以用静电感应的方法来使导体带电,这种方法叫做感应起电.

按照图 1-12 的方法,首先把绝缘导体 AB 对接在一起,将带有正电荷的导体球靠近绝缘导体 AB ,使 A 、 B 两端分别带上正电荷和负电荷.然后,把绝缘导体 A 、 B 分开,如图 1-14 甲所示,再拿走带电体 C .这时绝缘导体 A 、 B 就分别带上正、负电荷了,如图 1-14 乙所示.用验电器可以检验用上述方法在导体上产生的电荷是异种电荷.

想一想,能不能使绝缘导体 A 、 B 上带上同种电荷呢?答案是肯定的.