



幼儿师范课本

物理

下册

上海市幼儿师范学校编

说 明

这套课本是根据教育部一九八四年制订的《幼儿师范学校教学计划(试行草案)》要求编写的。供四年制、三年制幼儿师范学校和幼儿师资短训班试用。

这套课本分上、下两册。上册的内容包括直线运动、牛顿运动定律、曲线运动、流体力学、物体的热膨胀和液体、气体的性质、电磁场、直流电路、磁、电、振荡与电磁波、电子技术初步知识、光学等七章。小实验、小制作以及部分科学家故事，附在有关章节的后面，供参阅。这套课本的教学时数为136—160学时。

这套课本从制订教学大纲到编成，上海第二幼儿师范学校、南林师范学校以及上海部分区、县教育局幼师班的物理教师多次参加讨论，给予大力支持。部分省市幼儿师范学校物理教师对教学大纲(征求意见稿)提出了宝贵的意见和建议，在此深表谢意。

这套课本是由姚钟琪(主编)、傅之中、蒋皋泉、张越、赵忆、王伟等同志编写，由汪思谦、李世珊同志审稿。

由于编写时间仓促，本书不免有不少缺点和错误，欢迎各校在使用过程中随时提出批评意见和修改建议。

上海市幼儿师范学校物理教材编写组

1984年9月

目 录

第八章 电场	(1)
一、电荷和电子.....	(1)
二、库仑定律.....	(2)
三、电场 电场强度.....	(7)
四、电势能 电势 电势差.....	(12)
五、电势差与场强的关系.....	(18)
六、电场中的导体.....	(20)
七、电容 电容器.....	(23)
第九章 稳恒电流	(28)
一、欧姆定律.....	(28)
二、电流的功和功率.....	(32)
三、串联电路和并联电路.....	(35)
四、电源和电源的电动势.....	(43)
五、全电路欧姆定律.....	(45)
六、电池组.....	(52)
第十章 磁场	(55)
一、磁场 磁感应强度.....	(55)
二、磁场对电流的作用.....	(60)
三、磁场对通电线圈的作用力矩.....	(62)
四、磁场对运动电荷的作用.....	(66)
五、电磁感应现象.....	(68)
六、楞次定律.....	(70)
七、法拉第电磁感应定律.....	(73)

八、自感现象.....	(79)
第十一章 交流电	(86)
一、交流电的产生.....	(86)
二、表征交流电特性的物理量.....	(91)
三、安全用电常识.....	(93)
第十二章 电磁振荡和电磁波	(98)
一、电磁振荡.....	(98)
二、电磁波	(103)
三、电磁波的发射和接收	(106)
第十三章 电子技术初步知识	(111)
一、晶体二极管	(111)
二、整流电路	(116)
三、晶体三极管	(121)
四、简易自动控制装置	(127)
五、自动控制在电动玩具中的简单应用	(129)
第十四章 光学	(133)
一、光的反射和折射	(133)
二、全反射	(137)
三、透镜	(139)
四、眼睛 眼镜	(145)
五、光的色散和物体的颜色	(147)
六、光的干涉和衍射	(151)
七、红外线、紫外线和伦琴射线	(155)
附录一 学生实验	(158)
一、测定两个小灯泡在串、并联电路中的功率.....	(158)

二、简单照明电路的安装	(159)
三、安装直流电动机模型并研究它的工作	(160)
四、桥式 π 型整流滤波电路的安装	(161)
五、单管机的安装	(162)
附录二 科学家的故事	(165)
一、爱迪生(1847—1931 年).....	(165)
二、富兰克林(1706—1791 年).....	(183)
三、法拉第(1791—1867 年).....	(189)
四、爱因斯坦(1879—1955 年).....	(195)
五、居里(1867—1934 年).....	(202)
六、哥白尼(1473—1545 年).....	(210)

第八场 电 场

公元前七世纪，希腊哲学家们就描述过用毛织物摩擦过的琥珀能够吸轻小物体。我国古书中也有琥珀拾芥的记载。所以人类发现带电现象是很早的，但进一步的发展，却很迟缓。直到十九世纪才建立了完整的电磁学理论。它对我们认识周围的物质世界，去改造自然，为四个现代化建设服务都有非常重要的作用。所以，我们学习电磁学理论有着重要的意义。

一、电荷和电子

在干燥的天气里，脱下尼龙衣时，可以听到噼啪响声，用塑料梳子梳头时，头发会随梳子飘起来，并可用它吸引小纸屑。这是我们常见的摩擦起电现象。

起电，就是使物体带有电荷的过程。固定在物体上而不运动的电荷叫做静电荷。

我们已经知道，自然界只存在两种电荷，**正电荷**和**负电荷**。带同种电荷的物质相互排斥；带异种电荷的物质相互吸引。

利用同种电荷相互排斥的作用，可以制成检验物体是否带电的仪器——验电器。用验电器能够观察到静电荷的存在。把一个木髓小球或泡沫塑料小球用丝线悬挂起来，就成了一个最简单的验电器。若在木髓小球外面包一层铝，则这种验电器更灵敏。如图 8—1 所示。

当硬橡胶棒或电木棒与毛皮摩擦后就会带电。若将带电棒移近这种简单的验电器，则木髓球将被吸引。

物体所带电荷的多少叫做电量。常用符号 Q 或 q 表示，在国际单位制中，电量的单位为库仑，国际代号为 C 。

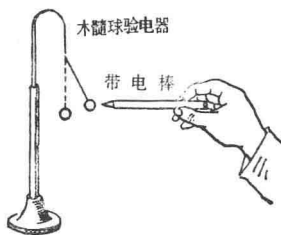


图 8-1

实验证明电子带有最小的负电荷，质子带有最小的正电荷，它们所带电量的绝对值相等。这个最小电荷叫 **基本电荷**，常用 e 来表示，其值为

$$e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ 库仑。}$$

实验表明：任何带电体所带电量总是基本电荷 e 的整数倍。

二、库仑定律

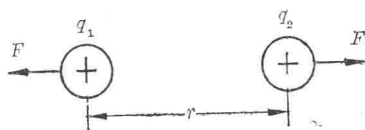
同种电荷互相排斥，异种电荷互相吸引这是静电学基本规律。那末电荷之间的作用力的大小跟什么有关系呢？法国物理学家库仑 (1736—1806) 于 1785 年，用实验研究了静止的点电荷间的相互作用力的规律，这个规律后来就叫做库仑定律。

所谓点电荷，是指带电体间的距离比带电体本身的大小大得多时，可以忽略带电体的形状和体积，而把它抽象为一个带有电荷的点。

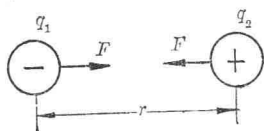
通过多次实验，库仑总结出在真空中，两个点电荷相互

作用的规律：两个点电荷之间的作用力跟它们的电量的乘积成正比，而跟它们的距离平方成反比。作用力的方向沿着它们的连线上。如图 8—2 所示。这个规律叫做真空中的库仑定律。它的数学表达式为

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



(a) 同种电荷



(b) 异种电荷

图 8—2

在国际单位制中，力 F 的单位是牛顿，电量 Q 的单位是库仑，距离 r 的单位是米，其中 K 叫做静电力恒量。由实验确定 $K = 8.98 \times 10^9$ 牛顿·米²/库仑² $\approx 9.0 \times 10^9$ 牛顿·米²/库仑²。

[例题1]：求电量分别为 1.0×10^{-4} 库仑与 -5.0×10^{-5} 库仑，且在空气中相距 50 厘米的两个点电荷之间的作用力。

$$\begin{aligned} \text{解：} F &= K \frac{Q_1 Q_2}{r^2} = 9 \times 10^9 \frac{1.0 \times 10^{-4} \times (-5.0 \times 10^{-5})}{(50 \times 10^{-2})^2} \\ &= 9 \times 10^9 \times \frac{-5 \times 10^{-9}}{2.5 \times 10^{-1}} = -1.8 \times 10^2 \text{ (牛顿)。} \end{aligned}$$

负号表示这两个电荷是相互吸引的。

[例题 2]: 氢原子由一个质子和一个电子组成, 已知质子质量 $m_1 = 1.67 \times 10^{-27}$ 千克, 电子质量 $m_2 = 9.1 \times 10^{-31}$ 千克。电量分别为 $e = \pm 1.60 \times 10^{-19}$ 库仑, 万有引力常数 $G = 6.67 \times 10^{-11}$ 牛·米²/千克², 求库仑力与万有引力的比值。

解: 本题是求比值, 故计算时电量 Q 可取绝对值;

$$F_{\text{电}} = K \frac{Q_1 Q_2}{r^2} \quad F_{\text{引}} = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

$$\begin{aligned} \text{因此 } \frac{F_{\text{电}}}{F_{\text{引}}} &= \frac{K Q_1 Q_2}{G m_1 m_2} \\ &= \frac{9 \times 10^9 (1.6 \times 10^{-19})^2}{6.67 \times 10^{-11} \times 9.1 \times 10^{-31} \times 1.67 \times 10^{-27}} \\ &= 2.3 \times 10^{39}。 \end{aligned}$$

可见原子内部库仑力远远大于万有引力, 所以在研究电子绕核运动时可以不考虑万有引力。作用在电子上的力主要是库仑力。

习 题 一

1. 一个带电量为 2×10^{-6} 库仑的小球, 与一个带电量为 5×10^{-6} 库仑的小球相距 10 厘米, 问这两个小球之间的作用力是多少?

2. AB 两个点电荷原来距离为 r , 各带等量同种电荷, 若 A 的电量增为原来的 3 倍, 它们之间的距离也增为原来的 3 倍, 求两次库仑力之比。

3. 小球 A 和 B 各带正电荷 q 和 $2q$ 放在相距 0.1 米处, 第三个小球 C 带电量 $2q$, 问它放在什么地方才能使它处于

平衡状态。

4. 在真空中有两个带有同种电荷的小球，一个小球所带电量是另一个小球所带电量的3倍，在它们相距5厘米时，互相排斥力为 3×10^{-5} 牛顿。在它们相距10厘米时，互相排斥力又是多少？小球所带的电量各是多少？

小 制 作

同学们都喜欢做静电实验，而验电器是少不了的，下面我们一起来做一个简易验电器。

1. 材料及工具：

小口透明玻璃瓶（瓶大小不限，瓶底直径约3厘米以上、高6厘米以上的普通玻璃瓶均可），大号钢针（缝被面用的缝衣针），软木塞或橡皮塞，焊锡，废旧的纸介电容器和蜡若干。

工具：砂纸、尖嘴钳和电烙铁。

2. 制作方法

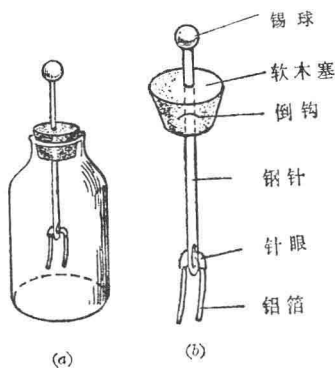


图 8—3

(1) 将小瓶洗净烘干；把钢针的针尖截去，用砂纸将钢针上段打毛，以便上锡和增加钢针与木塞间的摩擦。

(2) 用电烙铁在钢针截去针尖的那端焊上一个锡球，并在锡球下方约 1 厘米处焊上一个倒钩(图 8—3)。倒钩的作用是卡住软木塞，使它不下落。

(3) 将蜡熔化，把木塞浸入液状蜡内，使蜡尽可能地把木塞表面的小孔封闭起来；然后将钢针从木塞中间插入，有针孔的一端应穿出木塞 2 厘米以上。

(4) 取一小段铜丝穿过针眼，弯成两个挂钩。再从废旧的纸介电容器中拆出铝箔，剪成两个长条或小圆片挂在铜丝挂钩上。箔片在挂钩上应能够灵活转动，平常则是自然下垂。

(5) 把穿有钢针，挂好箔片的木塞在瓶口上塞紧，再在瓶口上封一层蜡，于是，一只简易的验电器就做成功了。

小 实 验

找一张较硬的纸，剪成圆形，用竹片夹住，做成一把扇子。另取一些零星彩纸，剪成 3~4 只蝴蝶(长、宽均约 2 厘米)。将极细的线穿过蝴蝶并系住，细线的另一头扎在一块橡皮上，这块橡皮最好放在泡沫塑料或其他绝缘物上。把扇

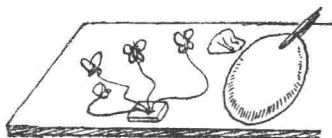


图 8—4

面烘干，放在干燥的绝缘物上，用毛料顺着一个方向使劲摩擦，拿起竹柄，把扇子扑向蝴蝶，蝴蝶未等挨打立即起飞，出现了“采茶扑蝶”的有趣情景(图 8—5)。

将一束扯裂成线状的塑料包扎绳用手轻轻捏住，勒几下，塑料绳就会向四周散开(图 8—6a)；如果把塑料绳下边

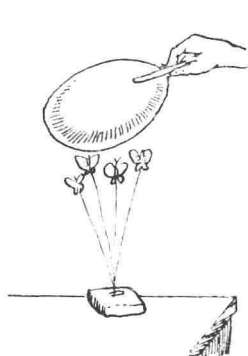
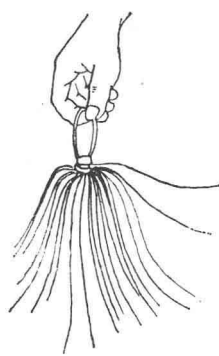


图 8—5



(a)



(b)

图 8—6

打结，重复上述动作，这些线丝将会张开呈橄榄球形(图 8—6b)。这是因为塑料绳因摩擦带上同种电荷而互相排斥的缘故。

三、电场 电场强度

电场 库仑定律定量地阐明点电荷之间的静电力与电量以及电荷之间距离的关系。电荷间的这种相互作用是通过什么物质来传递的呢？经过长期的科学研究，人们终于认识到：凡是有电荷，它的周围就存在一种特殊的物质叫做电

场。电荷正是通过它周围的电场对其他电荷发生力的作用。电场是物质的一种形态，它虽然不象由原子，分子构成的实物那样看得见，摸得到，然而电场是客观存在的。下面我们就来研究电场的这些特性。

电场强度 电场最基本的特性是它对放入其中的电荷发生力的作用。

假设有一个正电荷 Q 在真空中形成电场如图 8—7 所示，我们把另一个正电荷 q 放入电场中 A 点， q 就要受到电场的作用力 F_A ，设 A 点跟 Q 的距离为 r_1 ，从库仑定律知道 $F_A = KQq/r_1^2$ ，同样，如果把 $2q$ 正电荷， $3q$ 正电荷…… nq 正电荷，先后分别放入 A 点，它们将分别受到的电

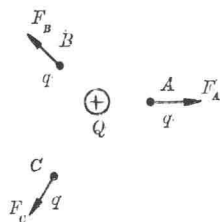


图 8—7

场力为 $F_A' = KQ2q/r_1^2$ ， $F_A'' = KQ3q/r_1^2$ ，……可以看出

$$\frac{F_A}{q} = \frac{F_A'}{2q} \dots\dots = \frac{KQ}{r_1^2}$$

这就是说，放入 A 点的电荷受到电场的作用力跟它的电量之比是一个恒量，跟放入该点的电荷无关。

同样在电场中不同位置的 B 点， C 点，也可以得到它们各自的恒量。所以比值 F/q 是反映电场本身的力的特性，它与放入电场的电荷无关。我们把放入电场中某点的点电荷所受的电场力 F ，跟放入该点的电量之比，叫做该点的**电场强度**，简称**场强**。用符号 E 表示

$$E = \frac{F}{q} \quad (1)$$

它是描述电场性质的一个重要的物理量。电场强度是矢量，它的方向规定为和正电荷在该点所受的静电力的方向相同，如果该点放一个负电荷，则场强方向和这个负电荷受力方向相反。

在国际单位制中，场强的单位是牛顿/库仑，用符号 N/C 表示。

对于点电荷 Q 在真空中所形成的电场中，在距离 Q 为 r 的某点的场强 E 的大小为

$$E = K \frac{Q}{r^2} \quad (2)$$

应该注意，(1)式和(2)式虽然都是表示电场中某点的场强，但它们的意义是不同的，(1)式是场强的定义式，对任何电场都是适用的，(2)式是点电荷在真空中产生的电场中场强的计算式，只适用于点电荷在真空中的场强计算。

电力线 从上一节我们知道电场强度是一个矢量，在电场中各点的场强的大小和方向都有它们各自的情况，这对我们具体认识电场带来一定的困难，如果能够用图形把电场中各点的场强的大小和方向形象地表示出来，这对我们认识电场是很有好处的。英国物理学家法拉第(1791—1867年)曾提出用电力线来形象描述场强的方法。若在电场中描绘一系列的曲线，使曲线上每一点的切线方向都与该点的场强 E 的方向一致，这些曲线叫做**电力线**，图 8—8 即表示某一电场中的一条电力线。



图 8—8

为了使电力线不仅表示电场中场强的方向，而且表示场强的大小，我们对电力线作如下规定：在电场中任一点，通过垂直于场强 E 的单位面积的电力线数目，和该点场强 E 的大小成正比，显然按照这种规定，在场强大的地方电力线就密，场强小的地方电力线就疏，各点场强大小和方向一目了然。图 8—9 画出几种常见的电场的电力线图。

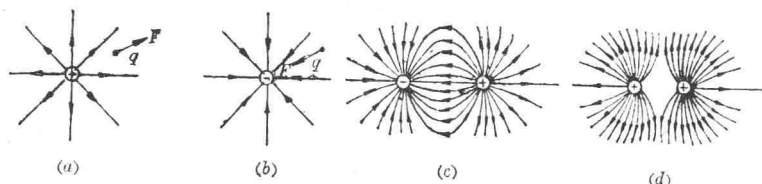


图 8—9 几种常见的电力线图

由图 8—9 可以看出，静电场的电力线有两种性质：第一，不形成闭合回线，也不中断，而起始于正电荷，终止于负电荷。第二，任何两条电力线不会相交，这是静电场中每一点处的场强具有确定方向的必然结果。

应该注意，描述电力线的目的在于形象地反映电场中场强的分布情况，并不是电场中真有这些力线存在。

匀强电场 在电场的某一区域里，如果各点的场强的大小和方向都相同，这个区域的电场就叫做匀强电场。匀强电场是最简单的，也是很重要的电场。

在匀强电场里，既然各点的场强的大小，方向都相同，所以匀强电场中的电力线是疏密程度均匀并且互相平行的直线。两块靠近的大小相等互相正对的平行金属板，在分别带等量的异种电荷的时候，它们间的电场，除边缘附近外，就是一种匀强电场。如图 8—10 所示。

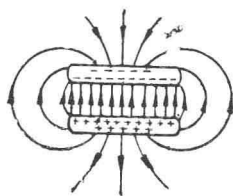


图 8-10

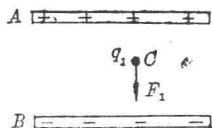


图 8-11

〔例题〕 设带电平行板， A 和 B 间的电场是匀强电场， $E = 4 \times 10^5$ 牛顿/库仑，将一电量为 q 的电荷放在电场中 C 点，测出它所受的静电力 $F = 8 \times 10^{-4}$ 牛顿，方向向下，（图 8—11），求（1） q 带的是什么电荷，电量是多少？（2） C 点不放电荷时是否有场强？

解 （1）设电力线方向为正方向， q 在 C 点处受电场力方向向下，与场强方向相同。

根据
$$E = \frac{F}{q}$$

$$\therefore q = \frac{F}{E} = \frac{8 \times 10^{-4}}{4 \times 10^5} = 2 \times 10^{-9} \text{ (库仑)}.$$

q 带的是正电荷，电量为 2×10^{-9} 库仑。

（2） C 点处在不放电荷时，只要 A 、 B 两板情况不变，两板间内的场强就不变，仍为 4×10^5 牛顿/库仑。 C 点的场强跟是否放有电荷是无关的。

习 题 二

1. 什么叫做电力线，它有什么用处？为什么任意两条电力线总不会相交？为什么用它来表示匀强电场时，电力线是疏密程度均匀的平行线？

2. 如图 8—12 所示：带等量异种电荷的两块平行金属板。试说明，(a)、(b)、(c)三种情况下，电子运动轨迹和速度变化情况？

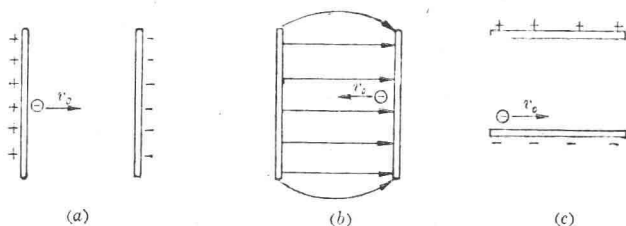


图 8—12

3. 一个匀强电场， $E = 2 \times 10^5$ 牛顿/库仑，方向竖直向上，有一带电粒子，质量 $= 2 \times 10^{-5}$ 千克，在电场中处于平衡状态，问这粒子带何种电荷？电量是多少？

四、电势能 电势 电势差

电场对其中的电荷有作用力，电荷在电场力作用下移动时，电场力要对电荷做功，这说明电场具有能量。现在我们来研究移动电荷时电场力做功的情况。

电场力做功 在匀强电场 E 中移动电荷时电场力做功的情况(图 8—13)。当一个检验电荷 q 从 A 移动到 B 时，假定 q 沿直线 AB 运动，电场力做功，根据功的定义：

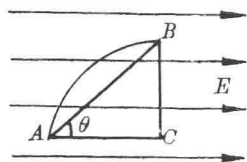


图 8—13