



2000年新版

3

高中物理 读物

岳振堂 金尔埠 主编
GAOZHONGWULI

辽宁大学出版社

青年读物系列丛书 (2000 年新版)

高中物理读物

第三册

主编 岳振堂 金尔埠

辽宁大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

高中物理读物 (三)/岳振堂主编.—2版.—沈阳:辽宁
大学出版社, 1996.5

ISBN 7-5610-2533-5

I. 高… II. 岳… III. 物理课—高中—教学参考资料
IV. G634.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 10168 号

青年读物系列丛书
高中物理读物
第三册

网址:<http://www.lnupress.com.cn>

Email: mailer@lnupress.com.cn

岳振堂 金尔埠 主编

辽宁大学出版社出版发行 (沈阳市崇山中路 66 号)
沈阳市第一印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/32 印张: 8.375 字数: 160 千
1999 年 6 月第 4 版 2000 年 6 月第 2 次印刷
印数: 25001—31000

责任编辑: 蒋秀英
封面设计: 邹本忠

责任校对: 沈 飞

ISBN 7-5610-2533-5
G·922 定价: 7.50 元

目 录

第十一章 电 场

一、电荷的相互作用 电荷守恒	1
二、电场强度 电力线	8
三、静电场力的功 电势能	16
四、电势 等势面	20
五、电势差	29
六、匀强电场中电势差跟电场强度的关系	34
七、带电粒子在匀强电场中的运动	38
* 八、示波管	46
九、电场中的导体	48
十、电容器 电容	53
* 十一、电容器的连接	59
十二、静电的防止和应用	61

第十二章 恒定电流

一、电流	70
二、欧姆定律	72
三、电阻定律	75
四、电功和电功率	79
五、焦耳定律	82
六、串联电路	86
七、并联电路	89
八、电源、电动势	95
九、闭合电路欧姆定律	98

十、电池组	104
十一、电阻的测量	109
第十三章 磁 场	
一、磁场	117
二、磁现象的电本质	122
三、磁感应强度	125
四、磁场对电流的作用	130
五、磁场对通电线圈的作用	136
*六、电流表工作原理	138
七、磁场对运动电荷的作用	140
八、带电粒子在磁场中的运动	143
*九、荷质比的测定 质谱仪	148
第十四章 电磁感应	
一、电磁感应现象	156
二、感应电流的方向 楞次定律	161
三、楞次定律的应用	168
四、法拉第电磁感应定律	174
五、电磁感应中的能量转化和守恒	181
六、自感	186
*七、应用电磁感应知识的两个装置	190
第十五章 交流电	
一、交流电的产生及规律	200
二、表征交流电的物理量	207
三、三相交流电	212
四、变压器	214
五、远距离输电	221

学生实验

十、电场中等势线的描绘·····	230
十一、测定金属的电阻率·····	233
十二、练习使用万用电表测电阻·····	241
十三、用安培表和伏特表测定电池的电动势 和内电阻·····	248
十四、研究电磁感应现象·····	253
附录一 常用的电磁学量的国际制单位·····	259
附录二 常用的物理恒量·····	260

第十一章 电 场

电磁现象是一种极为普遍的自然现象。人类很早就认识了磁现象。例如，我国在战国末期就发现了磁铁矿吸引铁的现象，在东汉初年就有带电的琥珀吸引轻小物体的文字记载，但是，人类对电磁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，到 19 世纪才建立了完整的电磁理论。电磁学及其应用对人类的影响十分巨大。特别在近代科学技术中，更离不开电磁现象。电磁学理论是人们探索客观世界的有力武器。所以我们应当学好电磁学。本章讨论相对观察者为静止的电荷，在其周围所激发的电场（即静电场）的性质。主要内容是：静电场对电荷有力的作用；以及电荷在电场中移动时电场力将对它做功。从这两个方面入手，引入描述电场性质的两个重要物理量——电场强度和电势及有关静电场中导体的电学性质和电容器的性质。

一、电荷的相互作用 电荷守恒

两种电荷 在初中已经学过，用毛皮摩擦过的硬橡胶棒，或用丝绸摩擦过的玻璃棒都能吸引轻小物体，即它们都带上了电荷。玻璃棒上带的电荷叫正电荷，硬橡胶棒上带的电荷叫负电荷。自然界只存在两种电荷，而且同种电荷互相排斥，异种电荷互相吸引。电荷是有多有少的，电荷的多少叫做电量。

摩擦起电的根本原因并不是通过摩擦而产生了电荷，而

是在于物体本身具有电的结构。常见的宏观物体（实物）都是由分子、原子组成。原子是由一个带正电的原子核和一定数目的绕核运动的电子所组成。原子核又由带正电的质子和不带电的中子组成，质子所带正电量和电子所带负电量是等值的，通常用 $+e$ 和 $-e$ 来表示（参看表11—1）。原子内的电

表 11—1 电子、质子和中子的电量和质量

	电 量	质 量
电 子	$-e$	m
质 子	$+e$	$1836m$
中 子	0	$1838m$

$e=1.602 \times 10^{-19}$ 库仑, $m=9.11 \times 10^{-31}$ 千克

子数和原子核内的质子数相等，从而整个原子呈电中性。在通常情况下，由于物体内各原子是电中性的，整个宏观物体将处于电中性状态，物体表现为“不带电”；当一原子失去一个或几个电子时，就显为“带正电”；当一原子获得额外电子时，就显现为“带负电”。所以当物体中的正、负电荷在一定的条件下相互分离并发生转移时，物体就“带电”了。例如，用丝绸摩擦玻璃棒时，增强了两物体相互接触处原子的热运动，使玻璃棒中束缚较弱的电子从原子中挣脱出来而转移到丝绸上。结果，失去电子的玻璃棒就带正电，获得电子的丝绸就带负电。

实验证明，无论是摩擦起电过程，还是其他方法使物体带电的过程，正负电荷总是同时出现的，而且这两种电荷的量值一定相等。当两种异号电荷相遇时，则互相中和；如果原来两种异号电荷的量值相等，则中和后物体就不带电了。由

此可见，当一种电荷出现时，必然有相等量值的异号电荷同时出现。在一隔离的系统内，无论进行怎样的物理过程，系统内电量的代数和总是保持不变。经过长期的实践人们发现：电荷既不能创造，也不能被消灭，它们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。这就是电荷守恒定律。

电荷守恒定律是自然界中一个非常重要的规律。迄今为止，人们还没有发现任何与电荷守恒定律相违背的事实。

到目前为止的所有实验表明，电子和质子是自然界具有最小电量的粒子，所有带电体或其他微观粒子的电量都是电子电量的整倍数。一个电子的电量 $e = 1.60 \times 10^{-19} \text{C}$ ，人们把这个电量叫元电荷。

库仑定律 我们已经知道，自然界中只存在两种电荷，既正电荷和负电荷；同种电荷相互排斥，异种电荷相互吸引，电荷间的这种作用遵从怎样的规律呢？法国物理学家库仑首先研究了最简单的带电体——点电荷间的相互作用，得出了著名的库仑定律，可表述如下：两个点电荷间的作用力跟它们的电量的乘积成正比，跟它们的距离平方成反比，作用力的方向在它们的连线上。点电荷是一种理想化的模型。任何带电体都有一定的形状和大小，但是在许多情况下，带电体间的距离比它们自身的大小大得多，以致带电体的形状和大小对相互作用力的影响可以忽略不计，这样的带电体就可以被看作是点带电体，简称点电荷。电荷之间的作用力叫静电力。又叫做库仑力。

如果用 Q_1 、 Q_2 表示两个点电荷的电量，用 r 表示它们间的距离，用 F 表示它们间的作用力，库仑定律则可以写成下面的形式：

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

在国际单位制中，电量的单位就是我们在初中学过的库仑，简称库。式中 K 是静电力常量，式中各量均采用国际单位时 K 值为 9.0×10^9 牛·米²/库²。

库仑定律给出的虽然只是两个点电荷相互作用的关系，但是任意一个带电体我们都可以将它看成是由许多点电荷组成的，所以，两个任意带电体间的相互作用力的大小和方向就是这些点电荷之间作用力的合力。

把库仑定律与万有引力定律比较，很容易看出二者非常相似，都遵从平方反比规律，人们至今还说不清为什么这两个定律如此相似，但是这种相似性却可以使我们在很多情况下借用我们所熟悉的有关力学知识来理解电学知识。

〔例题 1〕比较电子和质子间的静电引力和万有引力。已知电子质量是 0.91×10^{-30} 千克，质子质量是 1.67×10^{-27} 千克。电子和质子的电量都是 1.60×10^{-19} 库。

电子和质子间的静电引力 $F_{\text{电}}$ 和万有引力 $F_{\text{引}}$ 分别是

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

因此，

$$\frac{F_{\text{电}}}{F_{\text{引}}} = \frac{k Q_1 Q_2}{G m_1 m_2}$$

上式中 m_1 、 m_2 和 Q_1 、 Q_2 已知， $k = 9.0 \times 10^9$ 牛·米²/库²， $G = 6.67 \times 10^{-11}$ 牛·米²/千克²。把数值代入进行计算，得

$$\begin{aligned} \frac{F_{\text{电}}}{F_{\text{引}}} &= \frac{9.0 \times 10^9 \times 1.60 \times 10^{-19} \times 1.60 \times 10^{-19}}{6.67 \times 10^{-11} \times 1.67 \times 10^{-27} \times 0.91 \times 10^{-30}} \\ &= 2.3 \times 10^{39} \end{aligned}$$

从这个例题可以看出，电子和质子间的万有引力比它们

的静电引力小得多。正是因为这个缘故，在研究微观带电粒子间的（如原子中电子和原子核间的）相互作用时，经常把万有引力忽略不计。

〔例题 2〕如图 11—1 所示，两个点电荷 A 和 B 的电量分别为 3×10^{-9} 库和 12×10^{-9} 库，其间距离为 30 厘米。今在它们之间放上第三个点电荷，使它所受的力恰好平衡。问应把第三个电荷放在什么地方？

解：设第三个点电荷的电量为 q_c ，由于电荷同性相斥、异性相吸，因此不管它的电荷是正还是负，都应把它放在两个正电荷的连线之间。这样，它

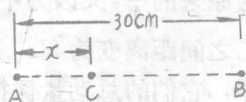


图 11—1

所受的两个力方向相反，只要使这两个力数值相等，即可平衡。

设点电荷 q_c 放在离 A 为 x 处可使它所受的两个力相等，由库仑定律有

$$k \frac{q_A q_c}{x^2} = k \frac{q_B q_c}{(1-x)^2}$$

消去 k 和 q_c 后，得

$$q_A (1-x)^2 = q_B x^2$$

代入数据，得

$$3 \times 10^{-9} (0.3 \text{ 米} - x)^2 = 12 \times 10^{-9} x^2$$

解得： $x_1 = 0.1$ 米， $x_2 = -0.3$ 米。

其中， x_2 取负值，表示点电荷需放在 A 的左面，不合题意应舍去。因此得

$x = 0.1$ 米

〔例题 3〕有甲、乙两点电荷，已知乙的质量为 m ，两电荷

相距为 L ，在库仑力作用下它们由静止开始运动，开始时甲的加速度为 a ，乙的加速度为 $4a$ ，经过一段时间乙的加速度变为 a ，速度为 v ，那么这时两电荷相距是多少，甲电荷速度大小为多大，甲电荷的加速度大小为多少。

分析：甲、乙两点电荷间的库仑力是作用力和反作用力，因此大小相等。又据： $a = \frac{F}{m}$ 则有： $m_{\text{甲}} = 4m_{\text{乙}}$ 。

解：因为乙的加速度由 $4a$ 变为 a ，说明甲乙之间的库仑力减为原来的 $\frac{1}{4}$ ，又因为甲乙之间的库仑力 $F = k \frac{q_{\text{甲}} \cdot q_{\text{乙}}}{r^2}$ ，说明甲乙之间距离变为 $2L$ ，又因为，甲乙两物体所受的外力之和为零，它们的总动量保持不变，则有：

$$0 = m_{\text{甲}} \cdot v_{\text{甲}} + m_{\text{乙}} \cdot v_{\text{乙}}, \text{ 所以 } v_{\text{甲}} = \frac{m_{\text{乙}} \cdot v_{\text{乙}}}{m_{\text{甲}}}$$

取乙此时的速度方向为正方向，将有关量代入得 $v_{\text{甲}} = \frac{-m_{\text{乙}} v}{4m_{\text{乙}}} = -\frac{v}{4}$ 。即此时甲的速度大小为 $\frac{v}{4}$ ，方向和乙的速度方向相反。

又因为：甲乙之间的库仑力减为原来的 $\frac{1}{4}$ ，而库仑力又是甲的合力，则此时甲的加速度大小为 $\frac{a}{4}$ 。

从这个例题可以看出：前面学过的力学知识在涉及到电学知识的物理过程中仍然适用。

练 习 一

(1) 如图 11—2 所示，用两根同样长度的细绳，把两个带同种电荷的小球悬挂在同一点，两球的质量相等，A 球所带电量大于 B 球所带电量。当两球静止时，下列表示 α 角与 β 角的关系的答案哪个正确？()

- A. $\alpha > \beta$ B. $\alpha = \beta$ C. $\alpha < \beta$
D. 无法确定

(2) 三个一样大小的绝缘金属小球 A、B、C，当 A 和 B 带上等量电荷相距一定距离时，相互作用力为 F ，若将原不带电的 C 球引入，先和 A 接触，然后和 B 接触后移去，这时 A 与 B 间的相互作用力将变为_____。

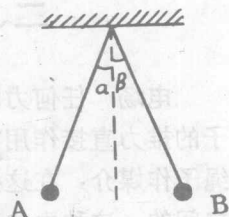


图 11—2

(3) 质量均为 m 的三个带电小球 A、B、C 放置在光滑的绝缘的水平面上，彼此相距为 L ，它们的带电量 A 为 $10q$ ，B 为 q ，若在 C 球加上一个向右的恒力 F (图 11—3)，要使 A、B、C 三球始终保持 L 的间距运动，则外力 F 的大小为_____，C 球的带电量为_____。

(4) 两个质量均为 30 克，电量均为 6×10^{-7} 库的带电小球，可在如图 11—4 所示的光滑斜面上滑动， $\theta = 37^\circ$ ，如将小球在斜面底端 O 处开始释放，问：①两球平衡的位置 A、B 距 O 点多远？②平衡时斜面所受的压力多大？($\sin 37^\circ = 0.6$ ， g 取 10 米/秒²)。

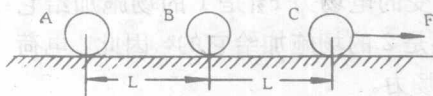


图 11—3

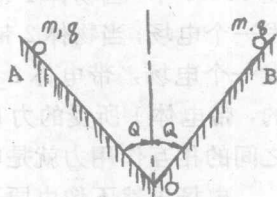


图 11—4

二、电场强度 电场线

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媒介，在这些例子里，力都是发生在直接接触的物体之间的，这种力的作用，叫做接触作用。但是，电力却可以发生在两个相隔一定距离的带电体之间，而在两个带电体之间并不需要有任何由原子、分子组成的物质作媒介，那么电力究竟是怎样传递的呢？实际上，电荷是通过电场来作用的。



图 11—5

近代物理学的发展告诉我们，凡是有电荷的地方，四周就存在着电场，即任何电荷都在自己周围的空间激发电场；而电场的基本性质是，它对处在其中的任何其他电荷都有作用力，称为电场力。因此，电荷与电荷之间是通过电场相互作用的。具体讲，在图 11—5 中，当物体 1 带电时，1 上的电荷就在周围的空间激发一个电场；当物体 2 带电时，2 上的电荷也在周围的空间激发一个电场，带电体 2 所受的电场力 F_{21} 是 1 的场施加给它的，带电体 1 所受的力 F_{12} 是 2 的场施加给它的，因此，电荷之间的相互作用力就是电场力。

电场虽然不像由原子、分子组成的实物那样看得见、摸得着，但近代科学的发展证明，它具有一系列物质的属性，如具有能量、能施于电荷作用力等等，因而能被我们所感觉，因此，电场是一种客观存在，是物质存在的一种形式。本章只讨论相

对于观察者静止的电荷在其周围空间激发的电场,即静电场。

电场强度

下面对电场进行定量的研究,若空间存在一个带电体,如图 11—6 所示,则它将在周围空间激发电场,上面提到,电场的基本性质是它对电荷施加作用力,因此,我们可以引

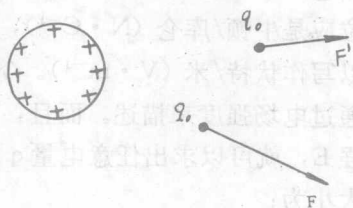


图 11—6

进一个试探电荷 q_0 ,通过观察 q_0 在场中不同点的受力情况来研究电场的性质。

实验证明:在电场中不同点, q_0 所受电场力的大小和方向一般是不同的,这说明电场中不同点处的电场强弱不同;在电场中任一固定点 P ,试探电荷 q_0 所受的电场力 F 的大小与试探电荷的带电量 q_0 成正比,即:

$$F \propto q_0$$

q_0 增加几倍, F 的大小也增加几倍,而 F 的方向不变。若把 q_0 换成等量异号的电荷,则力的大小不变,方向相反。因此,对于电场中任一固定点 P , $\frac{F}{q_0}$ 都与 q_0 无关。可见,它反映了电场在 P 点的性质。我们把它定义为电场强度,简称场强。用 E 来表示,即:

$$E = \frac{F}{q_0} \quad (1)$$

因为当 q_0 的数值为 1 时, E 和 F 大小相同,所以可以把电场强度的定义用文字表述为:静电场中任一点的电场强度是一矢量,其大小等于单位电荷在该点所受电场力的大小,其方向与正电荷在该处所受电场力的方向一致。

在国际单位制中，力的单位是牛顿 (N)，电量的单位是库仑 (C)，所以由式 (7—3) 可以看出，电场强度矢量的单位应是牛顿/库仑 ($\text{N} \cdot \text{C}^{-1}$)，以后将看到，场强的单位也可以写作伏特/米 ($\text{V} \cdot \text{m}^{-1}$)。今后，电场的强弱以及方向都是通过电场强度来描述。而且，如果知道了电场中某一点的场强 E ，就可以求出任意电量 q 的电荷在该点所受的电场力的大小为：

$F = qE$ ，及任一种类电荷在该点所受电场力的方向。

由电场强度的定义及库仑定律可以得出，在点电荷 Q (场点到源点的距离比场源带电体的线度充分大时) 形成的电场中，距 Q 为 r 的 P 点场强 E 的大小为：

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

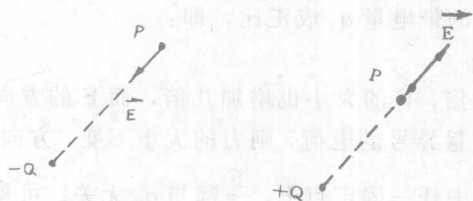


图 11—7

如果 Q 是正电荷， E 的方向就是沿着 QP 连线并背离 Q ；如果 Q 是负电荷， $\vec{E}$ 的方向就是沿着 QP 连线并指向 Q (11—7)。

电场的叠加 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。例如图 11—8 中， P 点的场

强 E 就等于 Q ；在该点产生的场强 E_1 和 Q_2 在该点产生的场强 E_2 的矢量和。

知道了点电荷的场强公式和叠加性，那么原则上任一电荷分布的已知带电体所形成的电场中某一点的场强都可以求出。

电场线 为了形象地表示电场的方向和强弱，人们

引入了电场线的概念，电场线不是客观存在的线，它是我们用来描绘电场的辅助工具，利用电场线可以对电场中各处场强的分布情况给出比较直观的图象。

在静电场中，每一点的场强 E 都有一定的方向，我们可以在电场中描绘一些曲线，使这些曲线上每一点的切线方向

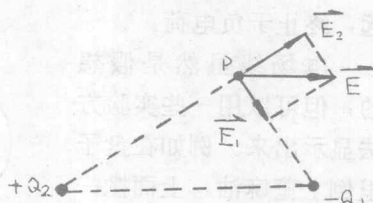
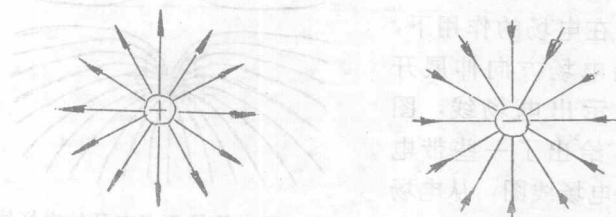


图 11—8



(a) 正点电荷的电场线

(b) 负点电荷的电场线

图 11—9

都与那一点的场强方向一致，这样画出来的曲线就叫做**电场线**。图 11—9 表明了正负点电荷的电场线，正电荷的电场线是以正电荷为中心的，沿矢径向四外辐射的直线；负的电荷的电场线是以负电荷为中心的，沿矢径向内会聚的直线。正