

JISHU



教育部 高职高专 规划教材
五年制 高等职业教育 适用

技术物理 基础

第二册

主审：袁运开

宣桂鑫

主编：陈永涛

全国五年制高等职业教育公共课开发指导委员会组编

华东师范大学出版社

教育部高职高专规划教材
五年制高等职业教育适用

技术物理基础

(第二册)

全国五年制高等职业教育公共课开发指导委员会组编

主 审 袁运开 宣桂鑫

主 编 陈永涛

编 写 者 (按姓氏笔划)

马 骏 刘良科 肖效农

沈永海 陈永涛 商雨青

华 东 师 范 大 学 出 版 社

图书在版编目(CIP)数据

技术物理基础. 第二册/陈永涛主编. —上海: 华东师范大学出版社, 2001. 1

教育部高职高专规划教材

ISBN 7-5617-2484-5

I. 技... II. 陈... III. 工程物理学-高等学校: 技术学校-教材 IV. TB13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 83110 号

教育部高职高专规划教材

五年制高等职业教育适用

技术物理基础(第二册)

全国五年制高等职业教育公共课开发指导委员会组编

主 审 袁运开 宣桂鑫

主 编 陈永涛

责任编辑 戎甘润 刘万红

封面设计 陆震伟

版式设计 蒋 克

出版发行 华东师范大学出版社

市场部 电话 021-62865537

传真 021-62860410

社 址 上海市中山北路 3663 号

邮编 200062

照 排 南京理工排版校对有限公司

印 刷 者 宜兴市第二印刷厂

开 本 787×1092 16 开

印 张 19.5

字 数 255 千字

版 次 2001 年 1 月第一版

印 次 2001 年 12 月第三次

印 数 27001—43000

书 号 ISBN 7-5617-2484-5/O · 096

定 价 22.00 元

出 版 人 朱杰人

第九章 静电场 电子射线管

9.1 电荷 电荷的相互作用·····	(3)
9.2 电场 电场强度·····	(8)
9.3 电势能 电势差·····	(12)
9.4 静电场中的导体 等势体·····	(17)
9.5 电子射线管·····	(21)
9.6 电容器 电容·····	(23)

阅读园地 静电的危害和应用 ·····	(28)
---------------------	------

第十章 直流电 材料的电阻率

10.1 电流 欧姆定律 ·····	(35)
10.2 电源 电动势 ·····	(37)
10.3 闭合电路的欧姆定律 ·····	(38)
10.4 电阻定律 材料的电阻率 ·····	(41)
10.5 二极管的单向导电性 ·····	(44)
10.6 电功 电功率 ·····	(47)
10.7 电阻的联接 ·····	(51)
10.8 相同电池的联接 ·····	(55)

阅读园地 温差电现象及其应用 ·····	(58)
----------------------	------

第十一章 磁场 磁性材料

11.1 磁场 ·····	(67)
11.2 电流的磁场 ·····	(70)
11.3 磁性材料 电磁器件 ·····	(73)
11.4 磁场对通电直导线的作用力 ·····	(75)
11.5 电荷的磁偏转 ·····	(79)

阅读园地 回旋加速器 ·····	(84)
------------------	------





第十二章 电磁感应 交流电

12.1 电磁感应现象	(89)
-------------------	------

阅读园地 电磁感应现象的发现	(90)
----------------------	------

12.2 感应电流的方向	(92)
--------------------	------

12.3 感应电动势	(95)
------------------	------

12.4 动圈式话筒 磁记录技术	(98)
------------------------	------

12.5 涡流 涡流在技术上的应用	(99)
-------------------------	------

12.6 自感	(101)
---------------	-------

12.7 交流电	(103)
----------------	-------

12.8 变压器	(107)
----------------	-------

12.9 从发电厂到用户用电	(111)
----------------------	-------

12.10 安全用电	(114)
------------------	-------

第十三章 振动 波 声波 电磁波

13.1 机械振动的描述 单摆	(123)
-----------------------	-------

13.2 受迫振动 共振	(127)
--------------------	-------

13.3 波 波的描述	(129)
-------------------	-------

13.4 波的特征	(133)
-----------------	-------

13.5 声波 超声波	(136)
-------------------	-------

13.6 电磁波的产生和传播	(139)
----------------------	-------

13.7 传真 电视 雷达	(144)
---------------------	-------

阅读园地 隐形飞机	(147)
-----------------	-------

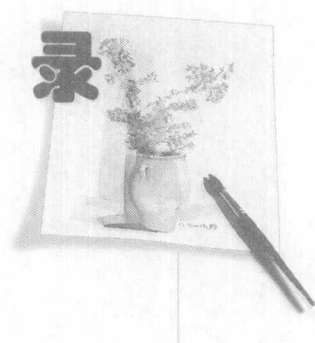
第十四章 光 光学仪器 光参数

14.1 光的波动性	(153)
------------------	-------

14.2 电磁波谱	(157)
-----------------	-------

14.3 光的粒子性	(160)
------------------	-------

14.4	光电器件·····	(165)
14.5	光的反射与折射·····	(169)
14.6	全反射 光导纤维·····	(175)
14.7	棱镜 光的色散 光谱·····	(178)
14.8	透镜成像·····	(183)
14.9	透镜成像公式·····	(188)
14.10	眼睛 保护视力 ·····	(191)
14.11	光学仪器 ·····	(194)
14.12	光参数* ·····	(198)
阅读园地 数码相机·····		(205)



第十五章 原子 原子核能的利用

15.1	原子模型·····	(211)
15.2	天然放射性·····	(215)
15.3	原子核的组成·····	(217)

阅读园地	放射性同位素及其应用·····	(219)
------	-----------------	-------

15.4	裂变 聚变·····	(221)
15.5	核反应堆 核电站·····	(225)

阅读园地	我国核工业的发展·····	(228)
------	---------------	-------

第十六章 物理学与高新技术*

16.1	综述·····	(233)
16.2	航天技术·····	(234)
16.3	激光技术·····	(242)
16.4	等离子体技术·····	(247)
16.5	现代通信技术·····	(252)



第十七章 物理学与环境保护*

- 17.1 噪声污染与控制..... (259)
- 17.2 电磁污染与防护..... (266)
- 17.3 放射性污染与防治..... (271)



学 生 实 验

- 实验十 示波器的使用..... (281)
- 实验十一 测定导体的电阻..... (283)
- 实验十二 测定干电池的电动势和内电阻..... (288)
- 实验十三 研究输出功率与负载电阻的关系
..... (290)
- 实验十四 电流表改装为电压表..... (291)
- 实验十五 用多用表测量直流电压、电流和
电阻..... (293)
- 实验十六 变压器模型并研究其变压作用..... (296)
- 实验十七 测玻璃的折射率..... (299)
- 实验十八 测凸透镜的焦距并研究凸透镜成
像规律..... (300)
- 附 录..... (303)

(注: 加“*”的内容为选学内容)

第

九

章



静电场 电子射线管

技 术 物 理 基 础

在自然界中,灰尘的飘荡,雨滴的形成,震天撼地的电闪雷鸣等,这些现象都与电有关。电现象是自然界的基本现象。

电是人类的好帮手,它能帮助我们做各种工作。工农业生产、交通、通信、国防、科学研究和人们的日常生活都离不开电。当今给人类生产和生活带来深刻变化的微电子技术、计算机技术、现代通信技术等高新技术,同样也离不开电。因此,我们有必要学习电的知识,探究电现象的有关规律。这一章,我们将学习静电场的知识,讨论电力、电场、电势能、电势差和电容的性质及其应用。

9.1 电荷 电荷的相互作用

电荷 自然界存在两种电荷,即正电荷和负电荷。我们知道,物质是由带电粒子组成的。在物质的原子内部,中心是带正电的原子核(包括带正电的质子和不带电的中子),外面是绕核旋转的带负电的电子。通常原子对外不显电性,处于电中性状态。

怎样使物体带上电呢? 两种物体互相摩擦是使物体带电的常用方法。用丝绸摩擦玻璃棒,玻璃棒将失去电子带正电;用毛皮摩擦橡胶棒,橡胶棒将得到电子带负电。物体所带电荷的多少叫做电荷量或电量,常用 Q (或 q)表示。在国际单位制中,电量的单位是库仑,简称库,用字母 C 表示。

迄今为止,我们能观察到的最小电量是一个质子或电子的电量。这个最小电量叫做基元电量,或称基本电量,用 e 表示,且 $e = 1.6 \times 10^{-19} C$ 。我们用正负数表示正负电荷量。如一个质子的电量为 $+e$,一个电子的电量为 $-e$ 。其他物体所带的电量是基元电量的整数倍 $\pm ne$ ($n = 1, 2, 3, \dots$)。实验证明,同种电荷放在一起互相加强,异种电荷放在一起互相抵消。若是等量异种电荷放在一起就完全抵消,对外不显电性,这种现象叫做电中和。

使物体带电的方法还有多种,如感应起电、电离起电。无论哪种方法起电,其过程都是电荷的转移过程,或使物体中正负电荷的分离过程。人类的长期实践证明:电荷既不能凭空产生,也不能消灭,它们只能从一个物体转移到另一个物体,或从物体的一部分转移到另一部分,而电荷的代数和不会改变,这一结论叫做电荷守恒定律,是自然界的重要规律之一。

电荷的相互作用 我们知道,相隔一定距离的带电体之间有相互作用,如图 9.1 所示,同种电荷相斥,异种电荷相吸。电荷之间相互作用力的大小与哪些因素有关呢?请观察下面的实验。

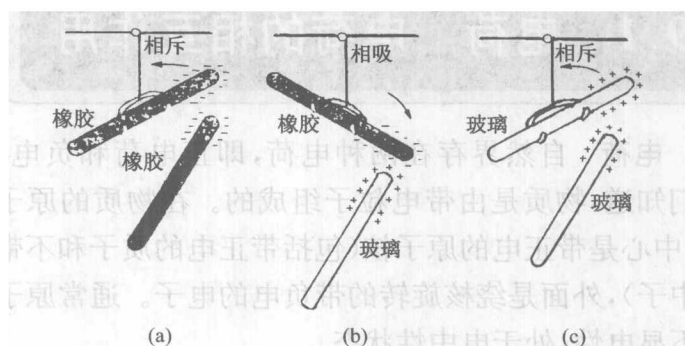


图 9.1

演示:在丝线下端吊一个很轻的小球,将丝线拴在绝缘支架上,这个装置叫做电摆,如图 9.2 所示。

用摩擦玻璃棒或橡胶棒起电后,给两个摆球带上同种电荷,两球互相排斥,摆线相对竖直方向有一偏角;使两球更靠近些,电荷间距离变小,可以观察到偏角变大,如图 9.3 所示。这表明电荷间的相互作用力增强。实验证明:电荷间的相互作用力 F 跟电荷间的距离 r 有关,距离越小,作用力越大。

保持两个电摆的距离 r 不变,改变摆球上的电量,摆球偏离竖直方向的角度随着摆球带电量的减少而减小,如图 9.4 所示。实验证明:电荷间的相互作用力跟电荷量 Q 有关,电荷量越大,相互作用力也越大。

1785 年,法国物理学家库仑用精确的实验研究了点电荷间的相互作用的规律。什么是点电荷?当带电体间

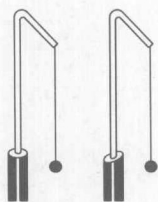


图 9.2

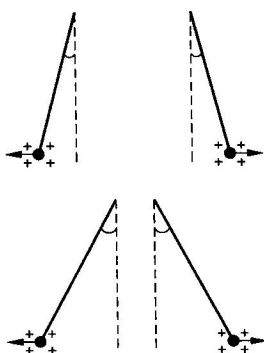


图 9.3

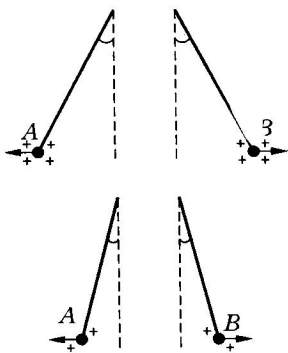


图 9.4

的距离远大于它们的大小,以致带电体的形状和大小可以忽略不计时,可把带电体所带的电量集中在一个“点”上,从而把这样的带电体看成一个点电荷。

库仑的实验结果是:在真空中,两个点电荷之间的作用力 F 的方向沿着它们的连线,作用力 F 的大小跟它们的电量乘积 $Q_1 \cdot Q_2$ 成正比,跟它们之间的距离平方 r^2 成反比。这个规律就是真空中的库仑定律。用公式表示为

$$F = k \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}。$$

式中比例系数 k 叫做静电力恒量,在国际单位制中, $k = 9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$ 。电荷间的这种作用力叫做静电力,又叫库仑力。空气中的库仑力与真空中的近似相等。

应用公式时,首先必须满足公式的适用条件:真空中的点电荷;其次,取电量 Q_1 、 Q_2 的绝对值,计算出静电力 F 的大小;然后,根据“同种电荷相斥,异种电荷相吸”的规律确定静电力 F 的方向。

例题 1 质子的质量 $m_p = 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$, 电子的质量 $m_e = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$, 试求氢原子中质子和电子之间的库仑力、万有引力,比较它们的大小。(已知两粒子间的距离 $r \approx 5.3 \times 10^{-11} \text{ m}$)

分析与解答 质子和电子之间的库仑力为

$$F_{\text{电}} = k \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2} = k \frac{e^2}{r^2} = 9.0 \times 10^9 \times \frac{(1.6 \times 10^{-19})^2}{(5.3 \times 10^{-11})^2} \text{ N}$$

$$\approx 8.2 \times 10^{-8} \text{ N};$$

质子和电子之间的万有引力为

$$\begin{aligned} F_{\text{引}} &= G \frac{m_p \cdot m_e}{r^2} \\ &= 6.67 \times 10^{-11} \times \frac{9.1 \times 10^{-31} \times 1.67 \times 10^{-27}}{(5.3 \times 10^{-11})^2} \text{ N} \\ &\approx 3.6 \times 10^{-47} \text{ N}; \end{aligned}$$

两个力的比值

$$\frac{F_{\text{电}}}{F_{\text{引}}} = \frac{8.2 \times 10^{-8}}{3.6 \times 10^{-47}} \approx 2.3 \times 10^{39}.$$

库仑力比万有引力大许多倍,在研究微观带电粒子的相互作用时,万有引力可以忽略不计。

例题 2 两个相同的铜球分别带有 $-4.5 \times 10^{-8} \text{ C}$ 和 $2.5 \times 10^{-8} \text{ C}$ 的电量,如果它们相距 100 cm ,试求:

- (1) 两球的相互作用力 F ;
- (2) 让两球接触后再放回原处,两球的相互作用力 F' 。

分析与解答

(1) 已知 $Q_1 = -4.5 \times 10^{-8} \text{ C}$, $Q_2 = 2.5 \times 10^{-8} \text{ C}$,
 $r = 100 \text{ cm} = 1.00 \text{ m}$ 。

两球的库仑力 F 的大小

$$\begin{aligned} F &= k \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2} \\ &= 9.0 \times 10^9 \times \frac{4.5 \times 10^{-8} \times 2.5 \times 10^{-8}}{1.00^2} \text{ N} \\ &\approx 1.01 \times 10^{-5} \text{ N}; \end{aligned}$$

F 的方向:沿两球的连线互相吸引。

(2) 两球接触,产生电中和现象。由于两球相同,故分开后两球带电量相等,即

$$\begin{aligned} Q'_1 &= Q'_2 = \frac{Q_1 + Q_2}{2} \\ &= \frac{-4.5 \times 10^{-8} + 2.5 \times 10^{-8}}{2} \text{ C} \end{aligned}$$

$$=-1.0 \times 10^{-8} \text{C};$$

将两球放回原处,两球的库仑力 F' 大小

$$F' = k \frac{Q'_1 \cdot Q'_2}{r^2} = 9.0 \times 10^9 \times \frac{(1.0 \times 10^{-8})^2}{1.00^2} \text{N}$$

$$= 9.0 \times 10^{-7} \text{N}.$$

F' 的方向:沿两球的连线互相排斥。

小实验

制作验电器

如图 9.5 所示,把金属对折后穿过绝缘的瓶盖插入玻璃瓶内,取两条长约 2cm、宽约 5mm 的金属箔,分别挂在金属丝的两端。两金属箔不带电时自由下垂,带电时由于互相排斥而张开。

做验电器时要注意,瓶盖和瓶子一定要干净且干燥,否则影响绝缘。

请用你自制的验电器检查摩擦后的几种物体是否带电。



图 9.5

习 题

1. 用带负电的橡胶棒靠近用线悬挂着的一小块泡沫塑料,若互相吸引,能否断定这块泡沫塑料带正电?若互相排斥,能否断定这块泡沫塑料带负电?为什么?

2. 一克铜大约含有 1.0×10^{22} 个原子。假如有两个相距 3m、质量为 1g 的铜球,并且从每个球上的每个铜原子中都去掉一个电子,问这两球之间的静电力是多少?

3. “库仑”是个极大的电荷量单位,一般不可能使一个通常的物体带上 1C 的电荷。为了得到 1C 电荷量大小的概念,试计算电量均为 1C 的两个异种点电荷相距 3m 时的吸引力。如果

国产普通拖拉机的额定牵引力约为 $2.5 \times 10^3 \text{ N}$, 则该两点电荷需要多少台拖拉机才能把它们拉住?

9.2 电场 电场强度

电场 力是物体间的相互作用。真空中两个不接触的带电体, 它们不需要任何由分子、原子组成的物质作媒介, 依然存在静电力, 这种力靠什么来传递呢? 英国物理学家法拉第首先发现电荷周围存在一种特殊物质——**电场**, 电荷间的相互作用是通过它的电场施加给对方的。只要有电荷, 它周围一定存在着电场, 产生电场的电荷叫做**场源电荷**。电场的基本性质是对位于场中的其他电荷有力的作用, 这种力叫做**电场力**, 静电力实质上就是**电场力**。

本章我们只讨论相对观察者静止的场源电荷所激发的电场——**静电场**, 并从它表现出来的作用认识它的存在及其性质。

电场强度 电场对电荷有力的作用。不同的电场, 或同一电场中不同的位置, 这种作用的强弱不同, 表明电场有强弱之分。为了研究电场的强弱, 可以在电场中放一个电量 q 很小的正电荷, 它的存在对原电场的影响可被忽略。我们把这个很小的正电荷叫做**检验电荷**。

在真空中一个场源电荷 $+Q$ 激发的电场如图 9.6 所示。把检验电荷 q_1 先后放到电场中的 A 点和 B 点, 它受到的电场力的大小和方向是不同的, 这说明 A、B 两点电场的强弱不同。如果把检验电荷换成 $q_2 = 2q_1$ 放到电场中 A 点, 它受到的电场力是 q_1 受到的 2 倍, 而电场力的大小跟检验电荷的比值却是一定的, 这说明 A 点电场的强弱是一定的。

综上所述, 在不同的电场中或在同一电场的不同位置, 比值 $\frac{F}{q}$ 的大小一般是不同的, 而在同一电场同一位置, 比值 $\frac{F}{q}$ 的大小是一定的。因此, 比值 $\frac{F}{q}$ 的大小跟放入

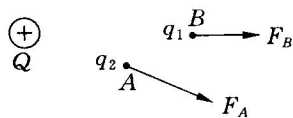


图 9.6

的检验电荷无关,只决定于电场本身,可用它来表示电场的强弱。我们把放入电场中某点的检验电荷所受的电场力 F 跟它的电量 q 的比值,叫做该点的电场强度,简称场强。用 E 表示电场强度,即

$$E = \frac{F}{q}。$$

电场强度是矢量,它的方向与正电荷在该点所受电场力的方向相同,或与负电荷在该点所受电场力的方向相反。在国际单位制中,电场强度的单位是牛顿/库仑,符号是 N/C。

如果已知电场中某点的场强,就可求出任意电荷在该点所受电场力

$$F = qE。$$

当 q 为正电荷时, F 与 E 同向;当 q 为负电荷时, F 与 E 反向,如图 9.7 所示。

点电荷电场的场强 若电场是由点电荷 Q 产生的,则电场中某点的电场由 $F = k \frac{Q \cdot q}{r^2}$ 和 $E = \frac{F}{q}$ 得:

$$E = k \frac{Q}{r^2}。$$

上式表明电场中任一点的场强与场源电荷和这一点在电场中的位置有关,而与这一点是否有检验电荷无关。式中 r 是这一点(场点)离场源电荷 Q 的距离,电场方向沿 Q 和点电荷连线且背离 Q ,如图 9.7(a)所示;当场源电荷为负电荷时,电场方向则沿连线指向负电荷,如图 9.7(b)所示。

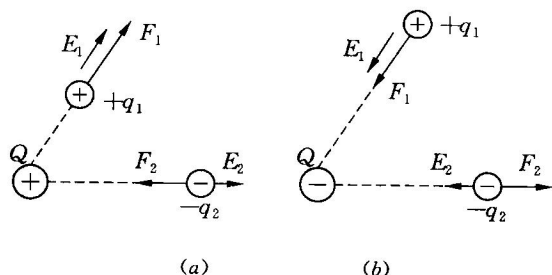


图 9.7

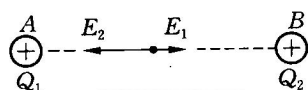


图 9.8

如果场源是由几个点电荷组成的,则各个点电荷均按上述规律产生电场,且电场中任意一点的电场强度等于各点电荷电场在该点的电场强度的矢量合成。

例题 如图 9.8 所示,两个均带正电荷的点电荷 $Q_1 = 2 \times 10^{-5} \text{C}$ 和 $Q_2 = 8.0 \times 10^{-5} \text{C}$, 分别放在相距 40cm 的 A、B 两点,试求 A、B 连线中点的电场强度。

分析与解答 先由 $E = k \frac{Q}{r^2}$ 分别求 Q_1 和 Q_2 在连线中点产生的场强 E_1 和 E_2 的大小,确定其方向,然后再求矢量 E_1 和 E_2 的合矢量。

Q_1 在中点产生的场强 E_1 的大小

$$\begin{aligned} E_1 &= k \frac{Q_1}{r^2} = 9.0 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-5}}{(0.20)^2} \text{N/C} \\ &= 4.5 \times 10^6 \text{N/C}, \end{aligned}$$

E_1 的方向向右。

Q_2 在中点产生的场强 E_2 的大小

$$\begin{aligned} E_2 &= k \frac{Q_2}{r^2} = 9.0 \times 10^9 \times \frac{8.0 \times 10^{-5}}{(0.20)^2} \text{N/C} \\ &= 1.8 \times 10^7 \text{N/C}, \end{aligned}$$

E_2 的方向向左。

Q_1 、 Q_2 在中点产生场强的合矢量为

$$E = E_1 + E_2。$$

若选水平向右为正方向,则合矢量为

$$\begin{aligned} E &= (4.5 \times 10^6 - 1.8 \times 10^7) \text{N/C} \\ &= -1.35 \times 10^7 \text{N/C}. \end{aligned}$$

负号表示 E 的方向与正方向相反,即向左。

电场线 人们为了形象地描述电场中各点场强的大小和方向,通常引入电场线的概念。在电场中作出一系列曲线,使曲线上每一点的切线方向与该点的场强方向一致,这些曲线就叫做**电场线**。如图 9.9 所示的是一束电场线,A、B 点处的场强 E_A 、 E_B 的方向沿它们的切线

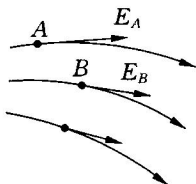


图 9.9