

中等专业学校教材

工科专业通用

# 物 理

下 册

工科中专物理教材编写组编  
陕西省中专物理教材编写组修订

高等教育出版社

中等专业学校教材

工科专业通用

# 物 理

下 册

工科中专物理教材编写组 编

陕西省中专物理教材编写组 修订

高等教育出版社

## 内 容 提 要

本书系根据一九八四年教育部审定的《中等专业学校物理教学大纲》的要求，在一九七九年出版的工科物理教材编写组编《物理》一书的基础上修订而成的。在修订过程中，吸收了几年来各地在试用中的一些经验和意见，改写了部分章节，充实更新了部分内容。同时，在内容的安排取舍上，还考虑了与现行初级中学物理教材的衔接，完善了编写系统，使之更符合当前教学的需要。

本书仍分上、下两册出版，上册包括力学、热学；下册包括电学、光学和原子核物理基础知识。标有\*号的内容为选学内容。配合本教材内容的物理实验部分另行出版单行本。

本书可作为中等专业学校工科各专业的教材，亦可供初、中级技术人员及中学教师和自学青年参考。

中等专业学校教材

工科专业通用

物 理

下 册

工科中专物理教材编写组编  
陕西省中专物理教材编写组 修订

高等教育出版社出版  
新华书店上海发行所发行  
上海中华印刷厂印装

开本 787×1092 1/32 印张 11.25 插页 1 字数 233,000

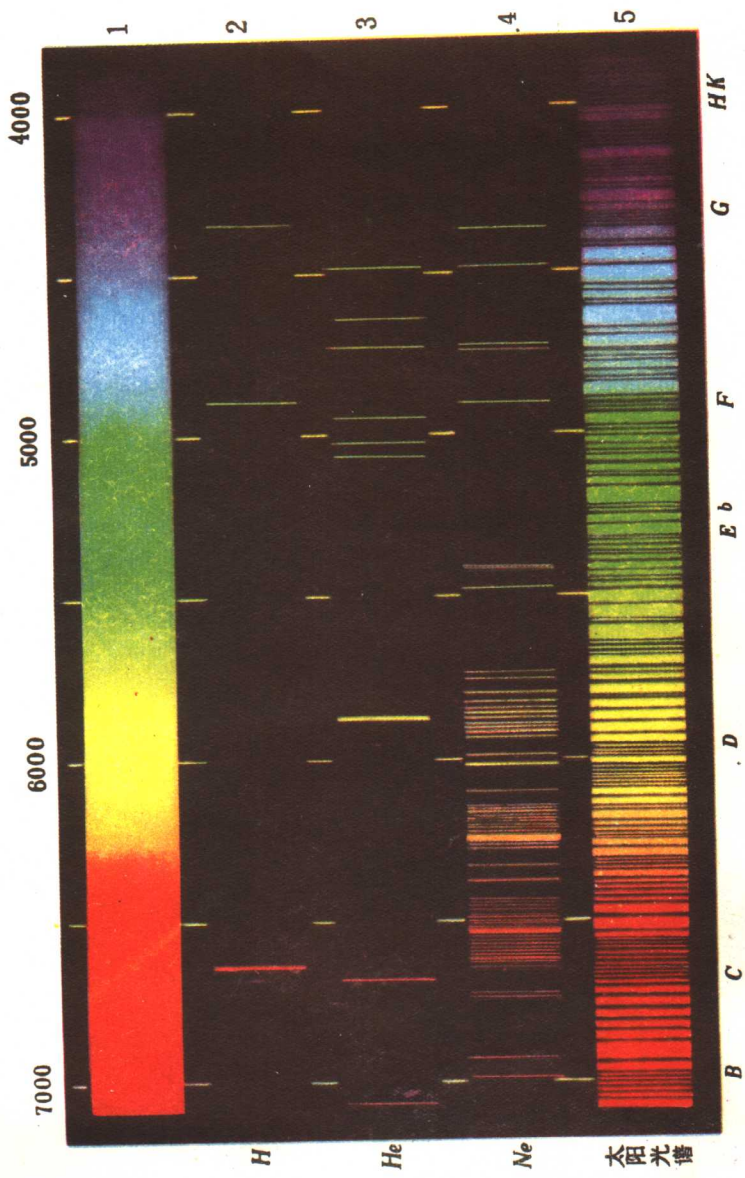
1980年4月第1版

1985年10月第2版 1990年2月第9次印刷

印数 1,061,501—1,193,000

ISBN 7-04-001732-6/O·596

定价 2.10 元



H He Ne 太阳光谱

# 目 录

## 第三篇 电 学

第一章 静电场	1
§ 1-1 电荷 电荷守恒定律	1
§ 1-2 库仑定律	4
§ 1-3 电场 电场强度 电力线	8
§ 1-4 静电场力所作的功 电势能	15
§ 1-5 电势 电势差	20
§ 1-6 匀强电场中电势差和场强的关系	26
§ 1-7 带电粒子在匀强电场中的运动 电子射线管	27
§ 1-8 静电场中的导体 等势体	31
§ 1-9 静电场中的电介质 介电常数	35
§ 1-10 电容器 电容	38
*§ 1-11 静电在科学技术上的应用	47
本章小结	51
复习题	52
第二章 直流电	55
§ 2-1 电流	55
§ 2-2 部分电路的欧姆定律 电阻率	57
§ 2-3 串、并联电路的性质和作用	63
§ 2-4 电流的功和功率 焦耳-楞次定律	70
§ 2-5 电源及其电动势	74

§ 2-6 全电路的欧姆定律 电源的输出功率	76
§ 2-7 电池的串联和并联	85
§ 2-8 惠斯通电桥	89
*§ 2-9 温差电现象及其应用	91
本章小结	95
复习题	95
第三章 磁场	102
§ 3-1 电流的磁场	102
§ 3-2 磁感应强度 磁通量	112
§ 3-3 磁场对直线电流的作用力	117
§ 3-4 磁场对运动电荷的作用力	126
本章小结	134
复习题	135
第四章 电磁感应	138
§ 4-1 电磁感应现象	138
§ 4-2 楞次定律	143
§ 4-3 感生电动势 电磁感应定律	150
*§ 4-4 涡流	158
§ 4-5 互感 感应圈	161
§ 4-6 自感	163
本章小结	171
复习题	172
第五章 电磁振荡和电磁波	176
§ 5-1 电磁振荡	176
§ 5-2 电磁场和电磁波	182
§ 5-3 电磁波的发射	190

§ 5-4 电磁波的接收 电谐振	194
*§ 5-5 传真 电视 雷达	200
本章小结	206

## 第四篇 光 学

第一章 几何光学	208
§ 1-1 光源 光的直线传播	208
§ 1-2 两种媒质分界面上的光现象 光的反射定律	214
§ 1-3 平面镜 平面镜成像	217
*§ 1-4 球面镜 球面镜成像	222
§ 1-5 折射定律 折射率	231
§ 1-6 光的全反射	235
§ 1-7 平行透明板 棱镜	240
§ 1-8 透镜	243
§ 1-9 透镜成像及其作图法 透镜公式	248
§ 1-10 眼睛 视角 放大镜	256
§ 1-11 显微镜	263
*§ 1-12 望远镜	266
本章小结	270
复习题	272
第二章 物理光学基础知识	274
§ 2-1 光的干涉	274
§ 2-2 光的衍射	278
§ 2-3 光的电磁本性	280
§ 2-4 光的色散	281
§ 2-5 红外线和紫外线	283

§ 2-6 伦琴射线	285
§ 2-7 电磁波谱	287
§ 2-8 光电效应	288
§ 2-9 光的量子性	294
§ 2-10 光的二象性 *实物粒子的波动性	296
§ 2-11 原子光谱	299
§ 2-12 原子能级	302
§ 2-13 原子对能量的吸收和发射	304
§ 2-14 光谱分析	308
§ 2-15 激光	309
本章小结	318

### 第五篇 原子核物理基础知识

§ 1 天然放射性	319
§ 2 放射线的探测	321
§ 3 原子核的人工分裂	324
§ 4 中子的发现	326
§ 5 原子核的组成	328
§ 6 放射性同位素及其应用	329
§ 7 原子核的结合能	332
§ 8 重核裂变 链式反应	336
§ 9 轻核聚变	342
*§ 10 粒子物理简介	345
本篇小结	353
复习题	354



## 第三篇 电 学

电学是研究电磁现象和规律的一门科学，它是物理学的重要组成部分。

电磁现象是一种非常普遍的自然现象。从日常生活、工农业生产，到现代科学技术，无不与电磁现象有密切的关系。由于电能便于远距离输送、控制和调节，且易于转换为其它形式的能量，所以在工农业生产和日常生活中广泛地使用电能作为能源。

本篇包括电学和磁学两部分，主要研究电和磁以及它们之间相互联系的基本现象与规律。下面我们先讨论静电场。

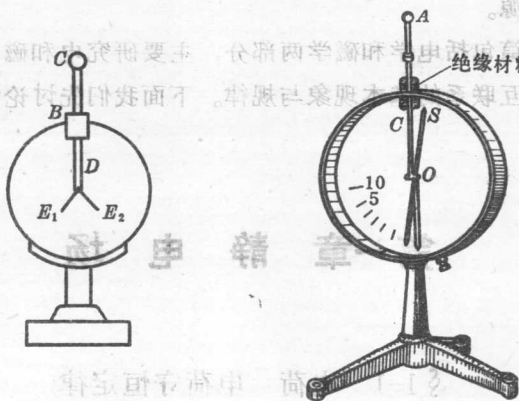
### 第一章 静 电 场

#### § 1-1 电 荷 电 荷守恒定律

我们知道，自然界中存在两种性质不同的电荷，一种是正电荷，以“+”号表示，如质子（即氢原子核）所带的电荷；另一种是负电荷，以“-”号表示，如电子所带的电荷。电荷与电荷之间有相互作用力，同种电荷互相排斥，异种电荷互相

吸引。

验电器就是根据电荷间的相互作用制成的一种检验物体是否带电的仪器。图 1-1(a)中,金属球  $C$  和金属杆  $D$  相连接,两片极薄的金属箔  $E_1$  和  $E_2$  装在金属杆  $D$  的下端,再用绝缘体  $B$  把金属杆固定在一块金属盒子里。当带电体和金属球  $C$  接触时,就有一部分电荷传到两片金属箔上,它们因带同种电荷,互相排斥而张开,所带的电荷越多,张角就越大。为了便于比较张角的大小,也可以不用金箔,而在金属杆上安装一根可以偏转的金属指针,并附一弧形标度尺来量度指针偏转的角度,见图 1-1(b),这样的仪器叫静电计。静电计更主要的是作为量度导体的电势和电势差的仪器(见 § 1-8)。



(a) 金属箔验电器

(b) 静电计

图 1-1

**基本电荷** 物体所带电荷的量值叫电量。常用符号  $Q$  或  $q$  表示,在国际单位制(SI)中,电量的单位为库仑,中文符号

为库，国际符号为 C。例如，质子和电子带的电量除有正负不同外，其量值均为  $1.6021892 \times 10^{-19}$  库  $\approx 1.602 \times 10^{-19}$  库。这个量值的电荷常用符号  $e$  来表示。在实验方面，至今未发现带电量有比  $e$  电量更少的单独存在的粒子。因此，人们认为  $e$  电荷是带电量不可再分割的最小单元，称它为基本电荷。任何带电体所带电量  $q$  总是基本电荷  $e$  的整数倍，即  $q = ne$ ，这里  $n$  是正的或负的整数，当物体带正电时， $n$  取正值；带负电时则  $n$  取负值。这说明电量不能连续地变化，只能取基本电荷的整数倍的值。电荷的这种只取分立的、不连续的量值的性质，叫做电荷的量子化。

**电荷守恒定律** 物质的电结构理论告诉我们，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组成的。正常状态下，在物体的每一个足够大的体积内都存在着等量的正电荷和负电荷，对外呈现为电中性（即不带电）。若由于摩擦、静电感应等物理过程使物体带电，则正负电荷总是同时出现，即一物体带的正电荷（它失去部分电子）必定和另一物体带的负电荷（它获得部分电子）数量相等。反之，带电的物体，当它获得等量异号的电荷时，又会呈现电中性，这过程我们称为中和。可见，在参与电荷交换的所有物体组成的一个孤立系统内，只要与外界没有电荷交换，无论进行怎样的物理过程，都无非是使物体的电荷重新分配，而它们电量的代数和总是保持不变。这个结论叫做电荷守恒定律，它是物理学的一条基本定律，无论在宏观过程，或是在原子、原子核和基本粒子的微观过程中都是正确的。

## §1-2 库仑定律

**点电荷** 我们知道，同种电荷相排斥，异种电荷相吸引。那么，电荷间这种相互作用力(又叫库仑力、静电力)的大小和哪些因素有关呢？一般说来，两个带电体间的相互作用既和它们所带电量有关，也和两个带电体的大小形状有关，还和它们周围的介质有关，情况比较复杂。下面我们讨论一种最简单但是最基本的情况，即两个点电荷在真空中的相互作用规律。

所谓点电荷，是带电体的理想模型，就象我们在力学中引入质点的模型那样。当带电体本身的线度比起它到其它带电体的距离为很小时，带电体本身的几何形状和电荷在其中的分布已无关紧要，这时我们可以把它抽象成一个几何的点，叫点电荷。

**真空中的库仑定律** 1785年，法国物理学家库仑(1736~1806)根据实验总结出点电荷间相互作用的规律：在真空中，两个点电荷 $q_1$ 和 $q_2$ 之间的相互作用力的大小和 $q_1$ 、 $q_2$ 的乘积成正比，和它们之间的距离 $r$ 的平方成反比，作用力的方向沿着两个点电荷的连线。这个规律叫做真空中的库仑定律，它的数学表示式为

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad (1-1)$$

式中 $k$ 是比例系数，其值与式中各量的单位有关。在国际单位制中，电量的单位为库仑，距离的单位为米，力的单位为牛顿，所以 $k$ 的单位为牛·米<sup>2</sup>/库<sup>2</sup>，其值由实验求得为

$8.987551787 \times 10^9$  牛·米<sup>2</sup>/库<sup>2</sup>  $\approx 9 \times 10^9$  牛·米<sup>2</sup>/库<sup>2</sup>, 这个数值相当于两个各带 1 库仑电量的点电荷相距 1 米时, 它们之间的作用力。

上式中当  $q_1$  和  $q_2$  为同种电荷时,  $F > 0$ , 表示  $q_1$  和  $q_2$  间是斥力; 当  $q_1$  和  $q_2$  为异种电荷时,  $F < 0$ , 表示  $q_1$  和  $q_2$  间是引力。

如果真空中不止两个点电荷, 实验表明每两个点电荷之间的相互作用力仍由库仑定律给出, 而每个点电荷所受到的总的作用, 则为所有其它点电荷对它的作用力之矢量和。

公式(1-1)只适用于真空或空气中的点电荷的情况, 如果两个带电体不能看作点电荷时, 则必须把它们分割成许多电荷元(即分割成为极小的带电体, 称之为电荷元), 每一个电荷元看成是点电荷, 并用库仑定律求出不同带电体上的所有电荷元之间的作用力, 则每个带电体上受到的所有作用力的合力, 便是两个带电体之间的作用力。

[例题 1] 两个点电荷在空气中的距离是 10 厘米, 它们的电量分别是  $2 \times 10^{-8}$  库和  $-3 \times 10^{-8}$  库, 问它们之间的相互作用力是多少? 如果把它们之间的距离增加 1 倍, 它们之间的相互作用力又是多少?

解 已知:  $q_1 = 2 \times 10^{-8}$  库,  $q_2 = -3 \times 10^{-8}$  库,  $r = 10$  厘米  $= 1 \times 10^{-1}$  米,  $r' = 2r$ ; 由公式(1-1)得

$$\begin{aligned} F &= k \frac{q_1 q_2}{r^2} = 9 \times 10^9 \frac{2 \times 10^{-8} \times (-3 \times 10^{-8})}{(1 \times 10^{-1})^2} \\ &= -5.4 \times 10^{-4} \text{ (牛)} \end{aligned}$$

计算结果中的负号表示两点电荷间的作用力为引力。

因  $F \propto \frac{1}{r^2}$ , 所以当  $r' = 2r$  时

$$F' = \frac{F}{4} = -1.35 \times 10^{-4} \text{ (牛)}$$

【例题 2】 已知氢原子核的质量是  $1.67 \times 10^{-27}$  千克, 电子的质量为  $9.1 \times 10^{-31}$  千克, 电子与原子核之间的距离约为  $5.3 \times 10^{-11}$  米, 求它们之间的静电力与万有引力, 并比较二者的大小。

解 由于电子与质子本身大小的数量级为  $10^{-15}$  米, 故可将电子与质子都看成点电荷。

$$\begin{aligned} \text{已知: } q_1 = e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ 库, } q_2 = -e = -1.6 \times 10^{-19} \text{ 库,} \\ r = 5.3 \times 10^{-11} \text{ 米} \end{aligned}$$

根据公式(1-1), 它们之间相互作用力的大小为

$$\begin{aligned} F_e &= k \frac{q_1 q_2}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{(1.6 \times 10^{-19})(1.6 \times 10^{-19})}{(5.3 \times 10^{-11})^2} \\ &= 8.2 \times 10^{-8} \text{ (牛)} \end{aligned}$$

这里因只求力的大小, 故不考虑  $q_2$  前的负号。

由于  $m = 9.1 \times 10^{-31}$  千克,  $M = 1.67 \times 10^{-27}$  千克, 所以它们之间的万有引力大小为

$$\begin{aligned} f_m &= G \frac{mM}{r^2} = 6.67 \times 10^{-11} \times \frac{9.1 \times 10^{-31} \times 1.67 \times 10^{-27}}{(5.3 \times 10^{-11})^2} \\ &= 3.6 \times 10^{-47} \text{ (牛)} \end{aligned}$$

所以, 静电力与万有引力的比值为

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

即静电力要比万有引力大得多。所以, 在原子中作用在电子上的力主要是静电力, 而万有引力则完全可以忽略。

## 习 题 1-1

1. 电量为 1 库的电荷包含有多少个基本电荷?
2. 由法拉第电解定律知, 析出 1 摩尔的一价金属银, 所需的电量

√

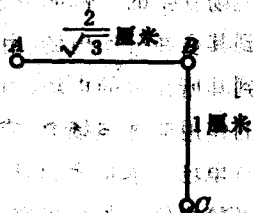
为 96500 库。试由此导出一个基本电荷的电量？

- ✓ 3. 有两个带着同种电荷的小球，一个带的电量是  $1 \times 10^{-10}$  库；另一个带的电量是  $5 \times 10^{-10}$  库，它们间的距离是 5 厘米，求电荷间的相互作用力是多少？

4. 在真空中，一个点电荷  $q$  受到另一个点电荷  $Q$  的吸引力为  $8.1 \times 10^{-3}$  牛， $q$  的电量是  $2.7 \times 10^{-9}$  库， $q$  与  $Q$  间的距离为 0.1 米，求  $Q$  的电量。

✓ 5. 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小球的 8 倍，在它们相距 5 厘米时，互相排斥力为  $8 \times 10^{-5}$  牛，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？

✓ 6. 假设将三个带有等量同种电荷的小球放在如图所示位置，球  $C$  作用于  $B$  的电力是  $4 \times 10^{-8}$  牛，问：



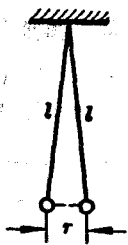
题 6 图

(1)  $A$  作用于  $B$  的力是多少？

(2) 作用于  $B$  的合力是多少？

7. 有两个完全相同的金属小球，各带  $-9 \times 10^{-7}$  和  $5 \times 10^{-7}$  库电量，接触一下，再放在相距 10 厘米处，求它们之间的作用力。

✓ 8. 小球  $A$  和  $B$  各带正电荷  $q$ ，放在相距 10 厘米处，第三小球  $C$  带电  $2q$ 。当 (1)  $C$  球带正电，(2)  $C$  球带负电时， $C$  球应放在何处才能使  $B$  球所受静电力平衡？



题 10 图

9. 边长为  $a$  的等边三角形  $ABC$  的  $A$ 、 $B$  两顶点，有两个电量大小相等的正、负点电荷  $+Q$  和  $-Q$ ，求顶点  $C$  上正点电荷  $q$  所受的静电力。

\*10. 重力场中有两个质量各为  $10^{-4}$  千克的小球，分别系在长  $l$  均为 25 厘米的细线上 (见附图)，使小球带等量的电量之后分开一距离  $r$  为

$5 \times 10^{-2}$  米, 求小球所带的电量。

### § 1-3 电场 电场强度 电力线

**电场** 在力学里讲过, 两个物体间的相互作用, 或者是直接接触, 或者是通过其他物质而进行。真空中两个相隔一定距离的带电体可以发生作用, 那么这种作用是怎样进行的呢? 大量的实验表明, 电荷的周围存在着一种特殊形式的物质, 叫做**电场**, 电场对电荷有力的作用, 电荷间的相互作用就是通过电场发生的。例如甲乙两电荷间的相互作用, 就是电荷乙受到其所在处的电场(由电荷甲产生)的作用; 同时, 电荷甲也受到其所在处的电场(由电荷乙产生)的作用。这种电场对电荷的作用叫做**电场力**, 或叫**电力**。只要有电荷存在, 电荷周围就有电场。本章我们只讨论静止电荷产生的电场, 这种电场叫做**静电场**。静电场有两个重要性质: 其一, 位于电场中的任何带电体, 都要受到该处电场所施的电力的作用; 其二, 带电体

在电场力的作用下移动时, 电场力要对它做功, 说明电场具有能量。因此, 下面我们将从力和能这两个方面, 分别引出描述电场性质的两个重要物理量——**电场强度**和**电势**①。

**电场强度** 我们先来研究电荷在电场中受力的情况, 从而引出电场强度的概念。

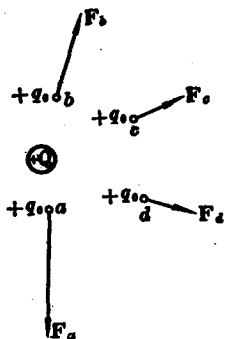


图 1-2

图 1-2 中正电荷  $Q$  为形成电场的

① 电势又称电位。同样, 电势差也称电位差。



场源电荷。为了研究它周围电场的情况，我们引入一个检验电荷<sup>①</sup>  $q_0$ ，先后把它放在  $Q$  形成的电场中  $a, b, c, \dots$  各点，根据库仑定律，检验电荷  $q_0$  受的电场力为

$$F = k \frac{Qq_0}{r^2}$$

$r$  为电荷  $Q$  到检验电荷  $q_0$  所在位置的距离。可见，对同一检验电荷  $q_0$ ，在电场中不同的地方受到的电场力  $F_a, F_b, F_c, \dots$  的大小和方向一般说来是不同的。这说明电场中不同的点，其电场有强弱不同或方向不同的性质。现在我们研究电场中某一点  $a$  的电场性质。为此，我们分别把电量为  $q_0, 2q_0, 3q_0, \dots$  的检验电荷放在  $a$  点，由库仑定律可知，它们在  $a$  点受到的电场力将分别为  $F_a, 2F_a, 3F_a, \dots$ ，即各检验电荷在电场中同一点受电场力的方向相同，而大小则与检验电荷的电量成正比。可见，力  $F$  与检验电荷  $q_0$  的比  $F/q_0$

（其量值为  $k \frac{Q}{r^2}$ ）与检验电荷的电量无关，只与该点电场的性质有关。对于电场中不同的点，除电场力的方向一般不同外， $F/q_0$  的比值一般也是不同的。对同一检验电荷，在比值大的点，电荷  $q_0$  受的电场力也大，表明该点的电场强。反之，电场则弱。因此，这个比值的大小就反映了不同点的电场的强弱。

为了表示电场中各点电场的强弱和方向，我们引入一个物理量——电场强度，简称场强。

---

<sup>①</sup> 检验电荷是带电量很小的正点电荷，把它放入电场中时不致影响原来的电场。