

中等专业学校工科各专业适用

物理教学参考书

下 册

陕西省中专物理教学参考书编写组 编

人民教育出版社

中等专业学校工科各专业适用

物理教学参考书

下 册

陕西省中专物理教学参考书编写组 编

人民教育出版社出版

新华书店上海发行所发行

华东政法学院印刷厂印装

开本 787×1092 1/32 印张 6 字数 124,000

1980年12月第1版 1981年11月第1次印刷

印数 00,001—11,000

书号 13012·0623 定价 0.45 元

目 录

第三篇 电学	1
第一章 静电场	3
第二章 直流电	50
第三章 磁场	81
第四章 电磁感应	98
第五章 电磁振荡和电磁波	120
第四篇 物理光学基础知识	134
第五篇 原子核物理基础知识	156
附录一 电磁学的单位制	171
附录二 (下册)习题答案	187

第三篇 电 学

由于电广泛存在于多种物理过程之中，在科学理论上具有重要意义，而且它在国计民生中也起着极为重要的作用，另外作为一门科学——电学，对中专工科专业来说，又是后续课程如电工及电子学等的基础，所以正如教学大纲所规定的，物理课程中电学部分是重点内容之一，其教学意义甚大。

根据教学大纲，教材中电学内容选择的依据，除以基本理论和基本概念为主，适当介绍它们在科学技术上的应用外，还要考虑到与初中内容的衔接和后续课程（电工及电子学）的分工配合。因此，新版教材删去了传统中专物理教材中的液、气体和真空中的电流，交流电，变压器，半导体等。但是，对其他部分内容却均有所加强，尤其是静电学部分。全篇共计五章中，第一章静电学和第三章磁场是电磁学的重要基础知识，在生产技术中有着重要应用；第二章直流电和第四章电磁感应无疑是电磁学中的重点内容；至于第五章电磁振荡和电磁波，则既是无线电科学的理论基础，也是物理光学的理论基础。

电学在某些方面是比较抽象的，要深入地理解和掌握它，需要通过对内容本身的内在联系、发展过程和相应的辩证关系等的讲解，去启发和发展学生的逻辑思维能力、想象能力，初步建立起唯物辩证法的观点。而这些能力和观点的提高和建立，也是物理教学的主要目的之一，所以应十分重视。

在学生实验中，应始终如一地严格要求学生逐渐掌握电学的基本实验技能，养成电学实验的一些良好习惯。下面对学生进行电学实验提出几点基本要求，要贯彻到所有实验中去(后面就不重复了)。

(1) 态度上要严肃认真。

(2) 实验前先明确实验目的，搞懂实验原理和了解实验仪器的性能与使用方法。并预先考虑如何合理布置仪器和连接电路。

(3) 实验时注意培养正确使用电源、仪器、仪表和会按电路图连接电路的基本实验技能。

(4) 与同组实验者密切合作，相互照应和监护。尤其是，接通电源前，要相互检查仪器仪表的调节、电路的连接等是否正确；接通电源时，相互关照，密切注视电器、仪表和电路等，观察有无异状，以便及时断电或采取措施。

(5) 实验中，要养成手、脑、眼、耳、鼻并用的习惯，做到及早发现和防止事故。

(6) 实验中，观察现象，分析现象，并认真做好记录。

(7) 实验后，及时整理仪器和用物，注意清洁卫生。

第一章 静 电 场

一、目 的 要 求

教学目的 达到较深入地认识电场及其两个基本性质，并掌握有关的一些基本概念和基本物理量以及它们间的关系，为电学全篇的学习打下坚实的基础。

具体要求

(1) 能用电子论的理论说明带电的意义，建立基本电荷(e)的概念和了解电荷守恒定律。

(2) 建立点电荷的概念，了解真空中的库仑定律及其应用。能灵活地运用库仑定律公式进行有关的计算。

(3) 建立电场的基本概念，了解其两个基本性质(力和能量)。理解和掌握电场强度的意义、定义式($\mathbf{E} = \frac{\mathbf{F}}{q}$)和单位($\frac{\text{牛顿}}{\text{库仑}}$ 及 $\frac{\text{伏特}}{\text{米}}$)。了解点电荷的电场强度和电场强度的迭加原理。建立电力线的概念，了解它的性质，并能画出几种基本的、典型的带电体的电力线图。

(4) 了解静电场中电场力做功仅与两点位置有关，理解电势能的基本概念。掌握电势的意义、定义式($V = \frac{E_P}{q_0}$)和单位(伏特)。建立等电势面(线、体)的概念，了解点电荷及匀强电场的等电势面(线)的分布情况。了解电力线和等电势面(线)的垂直相遇(正交)关系。

(5) 理解和掌握电势差(电压)的意义、定义式 $(U_{ab} = V_a - V_b = \frac{A_{ab}}{q})$ 和单位(伏特)。了解匀强电场中电势差和场强的关系 $(V = Ed)$ 。掌握关系式 $A_{ab} = qU_{ab} = q(V_a - V_b)$ 的应用。了解带电粒子在真空中匀强电场里的运动及其应用。

(6) 理解导体的静电感应现象及它对静电场的影响,了解静电屏蔽的原理及其应用。

(7) 了解电介质在静电场中的极化现象和介电常数的意义,还有电介质对静电场的影响及在电介质中点电荷的场强、电势等的基本公式。

(8) 理解和掌握电容器的电容概念、定义式 $(C = \frac{Q}{U})$ 和单位(法拉),了解平板电容器的电容与哪些因素有关及公式。

(9) 初步培养学生正确使用电源、电表等常用电器的基本实验技能。

二、概 述

1. 基础知识和基本技能

基础知识:

- (1) 电子论,基本电荷,电荷守恒定律,库仑定律;
- (2) 电场的概念,电力线,电场强度,电势能,电势,电势差,匀强电场中电势差和场强的关系;
- (3) 静电场中的导体,静电场中的电介质,介电常数,导体和电介质对电场的影响,静电屏蔽原理;
- (4) 电容器及其电容。

基本技能:

- (1) 能做一些简单的静电实验,并加以说明;
- (2) 能运用库仑定律和电场两个基本性质的有关概念及公式进行分析和计算,以解决一些静电的实际问题;
- (3) 通过学生实验,培养学生的基本实验技能,如对电源、电流表、电压表、万用表等常用电器和仪表的正确使用。

2. 学生在学习可能出现的问题

(1) 常把库仑定律的公式形式地认为:当距离 $r \rightarrow 0$ 时,则 $F \rightarrow \infty$;对点电荷电场中的场强公式,也同样形式地认为:当 $r \rightarrow 0$ 时,则 $E \rightarrow \infty$;

(2) 易把电场强度 E 和电场力 F 混淆,或笼统地认为 E 大则 F 必大;

(3) 常不能确切地区别场强方向,电力线方向,电场力方向或电荷受力方向等;

(4) 有人认为电力线就是电荷运动的轨迹;

(5) 因缺乏分析而误认为:正电荷形成的电场中电势能必为正,负电荷形成的电场中电势能必为负;或正电荷在电场中的电势能为正,负电荷在电场中的电势能则为负等;

(6) 对电势的正、负和高、低的意义理解不清楚,误认为电势高则必为正,而低则为负;

(7) 对电势和电势能在概念上混淆不清,常认为某处的电势能和电势必为同号;

(8) 总认为电场强度为零的点,电势必为零;难以理解“场强为零的点,电势不一定为零;反之,电势为零的点,场强不一定为零”;

(9) 对于公式 $E = \frac{U}{d}$, 常因忽略其适用条件而用错;

(10) 有人认为, 电容器带电量多时, 则电容大, 或认为电容与电量成正比, 与电压成反比。

3. 教学的重点、难点和关键

重点:

基本电荷, 库仑定律, 电场强度, 电势能, 电势, 电势差(电压), 电容器及其电容。

难点:

电场的物质性的认识, 电场强度为矢量, 电场力做功与路径无关, 电势能和电势的意义、正负, 介电常数, 电容的概念。

关键:

(1) 要加强静电演示实验, 作为建立一些较抽象的概念的基础。要加强抽象思维能力和逻辑推理能力的培养, 并同时多做习题, 以巩固和加深所学概念。

(2) 要建立好场强和电势的概念。并注意三个区别: 场源电荷和检验电荷; 场强和电场力; 电势能和电势。

4. 教学内容和课时分配

第一单元(电荷及电荷间的相互作用规律)

第一次课(2学时): §1-1, §1-2。

第二单元(电场及其两个基本性质和有关的基本概念与物理量)

第二次课(2学时): §1-3;

第三次课(2学时): §1-4;

第四次课(2学时): §1-5;

第五次课(2学时): §1-6, §1-7;

第六次课(2学时): 学生实验九, 静电场的描绘。

第三单元(导体和电介质在电场中的基本特点和它们对电场的影响)

第七次课(2学时): §1-8, §1-9。

第四单元(电容器及其电容)

第八次课(2学时): §1-10;

第九次课(2学时): §1-11, 静电应用, 全章总结。

三、具体分析

1. 电荷和电荷守恒定律

用电子论阐述物体带电的本质, 建立起基本电荷的概念, 可使学生对物体的带电有一个具体而形象的理解和印象, 为进一步认识电的规律建立基础。因此, 要重视这一内容的教学。

学生在初中已初步学习了电子论, 教师应在这个基础上通过简单的演示实验如摩擦起电(即接触起电, 实验方法见本章实验部分), 着重阐明基本电荷和电量守恒定律, 要求明确: 物体带电过程就是物体间的电荷重新分配的过程。

基本电荷概念可以这样引出: 由实验表明, 电子所带的电量为不可再分的最小单元, 这最小单元电量的电荷就称为基本电荷。而所有其他带电体的电量则总是基本电荷的整数倍。当然我们知道, 物理学家密立根的油珠实验是论证和证实基本电荷的经典实验。限于时数, 课堂教学中不必细讲, 但是, 可以在课外对有兴趣的同学介绍, 并做油珠实验。

关于基本电荷, 还可以指出: 在基本粒子的研究中可知,

凡是带有电荷的，其电量总是等于基本电荷。而所有元素的原子核所带的电量则都是基本电荷的整数倍。至于基本电荷是否还有更细微的结构，即是否可以再分，如有人提出可分成 $\frac{1}{3}$ 、 $\frac{2}{3}$ 等，目前正在研究，还需要有力的实验来证实。

电荷守恒的意义是：一个系统与外界没有电荷交换时，那么不管系统中发生了什么变化，则整个系统的电荷的代数和始终保持不变。例如，摩擦起电时两种物体各带等量正、负电荷，它们组成的系统所有电荷的代数和总是保持不变。又如在正、负电子对湮没的过程中，它们组成的系统的正、负电荷的代数和也是不变的。在 β 衰变中也是如此。此外要注意的是，电荷守恒的意义要避免理解为“电荷不灭”（有的书曾如此称呼）。因为从电子对湮没的例子中可知，说电荷不灭是不恰当的。另外实验还表明，在一定条件下 γ 射线还可以生成正、负电子对，但变化前后的电荷代数和仍然是相等的。

对于摩擦起电，一般常认为是“摩擦力把电子拉出来了”，或认为“只有某几种物体才能起电”，这些理解是错误的。实验和理论说明，任何两种不同材料（化学成分不同）的物体紧密接触时，部分电子就要从一个物体转移到另一个物体上。因此，两种物体接触的表面层就分别带有等量异号电荷，形成界面上的所谓双带电层，如图1(a)所示。当两个物体分开时，两个物体就分别带上了异号等量电荷，如图1(b)所示。这就是摩擦起电的主要原因。因此，摩擦起电实质是“接触起电”。

所谓两个物体“紧密接触”，是指两个物体表面靠近处的距离，与物体内的分子或原子间距（即 10^{-10} 米）相当。只有这

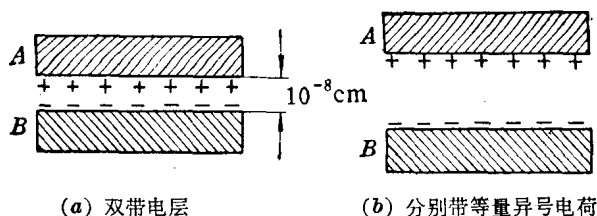


图1 摩擦起电的原理

样，电子才能从一个物体跑到另一个物体上去。由于一般物体表面不是完全平滑，两个物体接触的只是极小一部分。因而当我们把两个物体互相摩擦时，它们之间能引起双带电层的接触面就增大，于是分开后带电量就较多，这就是“摩擦”所起的作用。摩擦或许还有另一个作用，就是使表面清洁。摩擦生热也易于消除表面水层，增加绝缘性，使物体所带电荷不易漏失。至于不同的两个导体（不论是否绝缘导体）相接触时，实际也会产生双带电层，只是当它们分开时，不可能做到所有接触点同时分开，即不可避免地总要有一些接触点最后分开。由于导体在这些点成为通路，使得一个导体上过剩的自由电子可以立即跑回到另一缺少电子的导体上了。因此，不能用两个导体来做摩擦起电，用一个绝缘体和一个绝缘了的导体，却可以做到摩擦起电。

至于相接触的两个物体，电子由哪个物体向另一个物体上转移，即哪个物体带正电，哪个物体带负电，是有一定规律的，由实验往往可以编排成一个顺序，如：猫皮、羊皮、石英石、玻璃、棉、丝绢、木条、胶木、硬橡胶、蜂蜡、琥珀、硫磺等等。它们任意两者相互接触时，都是排列在前者带正电、后者带负电。又如金属也同样可以编排成一个顺序：锌、锡、铝、铜、银、

金……等。

但是,为什么两种不同物体接触,自由电子会由一个物体跑到另一个物体上呢?决定的因素较多,不能一概而论。基本的原因有:电子逸出功不同,电子的密度有差异等。

2. 库仑定律

关于电荷间相互作用的规律,教材中的顺序是先讲真空中的库仑定律,直到讲过电介质对电场的影响后,再补充提出也适用于介质中的普遍的库仑定律。这样讲述有利于学生由易到难的学习。

库仑定律是只说明点电荷之间的相互作用规律的,因此它仅适用于点电荷。点电荷的概念,和力学中的质点概念一样,是一个物理的理想模型;点电荷是带有电荷的几何点。正由于如此,说“电荷间作用力的方向”及“电荷间的距离”才是确定的。但是在实际中,带电体总是有一定大小线度的,即使带基本电荷的电子也有一定的大小,它的数量级是 10^{-15} 米。因此点电荷实际是不存在的。但是,又如何用库仑定律来求带电体之间的相互作用力呢?在教学中要讲清楚这点。可分两种情况说明:(1)当实际中两个带电体的大小与它们之间的距离相比,可以忽略不计时,它们可以“看作”是点电荷,用库仑定律直接求它们间的作用力。这就是说,点电荷的线度实际是一个具有相对意义的概念,课本中 p. 5 的例题 2 就是一例。(2)如果不能看作点电荷时,则仍可将带电体分割为许多足够小的小块,每一小块的电荷看作点电荷,求出两带电体间的所有任意两个点电荷的相互作用力,然后求出每一带电体受各力的矢量和,即得两带电体间的相互作用力。如此介绍,

可以开阔学生思路,并不是要求进行实际计算。但可指出,对于均匀带电的两个球体间的相互作用力,可用全部电量集中在球心的两个点电荷代替球体,直接用库仑定律来计算。另外,在介绍(2)的同时,还要着重讲清楚一个重要的事实,即两个电荷间的相互作用力,不因第三个电荷的存在而改变,即电力具有独立性。这样讲述可以为后面讲解场强迭加的概念建立基础。

关于真空中库仑定律公式的形式,在以往教材中常用CGSE制。即 $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$, 式中定比例系数 $k=1$, 并由此式规定电量的单位(CGSE制单位), 此时库仑定律有最简单的形式。但现教材中采用国际单位制(SI), 库仑定律公式本应采用有理化的 $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2}$ 形式, 即电量用库仑, 距离用米, 力用牛顿作单位, 结果出现比例系数 k 不为1, 而是 $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ (即 k 由 ϵ_0 代替), 其中 ϵ_0 叫做真空介电常数($\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$ 库仑²/牛顿·米²)。但为了简便易懂, 教材中只介绍了比例系数 k 的数值为 9×10^9 牛·米²/库², 而未介绍 ϵ_0 , 且 k 也不换成 ϵ_0 (即 $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$)。同样, 在后面电介质一节中也不介绍介电常数 $\epsilon = \epsilon_r \epsilon_0$ (课本中的介电常数 ϵ , 实际上是介质的相对介电常数 ϵ_r)。不过这样一来, 在电容的公式中不得不出现 $k_0 = \frac{1}{4\pi k}$ 的关系, 于是就出现了“ 4π ”这个系数。因为这些不是国际制要求的有理化制系(参见附录), 因此, 在进一步的学习中, 要用到有理化制系时, 还必须将常数 k 换成 ϵ_0 。这时, 在SI有理化制系里, 库仑定律公式中会出现“ 4π ”(真空中库

仑定律 $F = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$), 但在平板电容器的电容公式(以及更多的其它公式)中将不出现“ 4π ”($C = \frac{\epsilon_0 S}{d}$, 即课本 §1-10 中有 $\epsilon_0 = k_0$ 关系)。所谓“有理化”, 简单的说, 就是如果在库仑定律公式中引入 $\frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ 来表示比例系数 k , 则基本上可以做到, 凡是具有球对称性的公式中出现 4π 系数(注意一个全立体角为 4π 球面度), 如库仑定律公式。而大量不具有球对称性质的公式中就不出现 4π 系数, 且形式简单, 如平板电容器的电容公式。但是, 在未有理化的单位制系中, 情况则恰好与上述相反。显然, 有理化是较合理的, 有理化的名称即由此而来。

3. 电场

认识电场的物质性是个难点。因为人们不能感知它的存在, 它的物质性需要通过间接的事实和推理来确认。应该向学生们指出, 间接的事实和推理获得的认识, 和人们的感知一样是真实的。

教材中指出, 电荷周围存在电场, 电荷之间的相互作用, 是通过电场和电荷“接触”的作用来实现的。由此可知, q_1 和 q_2 的相互作用, 是 q_1 受 q_2 的电场作用, 而 q_2 是受 q_1 的电场的作用。电场的物质性还可这样来阐述: 近代物理的发展告诉我们, 交替变化的电场形成电磁场, 而电磁场以光速传播, 形成电磁波, 例如无线电波。无线电波可以传递信号, 它使收音机和电视机复现了声音和图象。这就是电磁场客观存在的有力证明。客观物质具有的两个主要属性——能量和动量也已由实验证实。至于电磁场具有动量, 则早在 1900 年就被人们

们证实了电磁波对固体有压力作用(光压作用), 1910 年又被人们证实了电磁波对气体也有压力作用。可见电磁场确实是物质的一种形态。但是它和一般原子、分子构成的物质又有所不同, 是属于特殊的场的形态的物质。其特殊性表现在: 它没有静止质量; 它只能以光速运动, 而且它的速度与观察者的运动无关; 它可以在同一空间内相迭加等等。

对场形态物质的较深入的认识, 不可能在少量的叙述中得到, 它需要大量的专门知识。这里只要求取得一个初步的了解。

那么, 如何认识空间存在有电场呢? 这可以由电场表现出力和能量的性质来清楚地知道。电场对置于其中的电荷有作用力, 这是电场的力的性质; 电荷受到电场力的作用而移动, 电场力要做功, 这是电场具有能的表现。此外, 通过力和能量的某种度量方法, 还可从数量上和方向上来认识和区别电场。这就是引入电场强度和电势等物理概念的意义。

4. 电场强度

当我们分析检验电荷 $+q_0$ 在电场各处受力的情况, 进而建立电场强度概念时, 必须讲清楚它的物理意义, 即应阐明电场强度是用来定量描述电场的物理量, 它反映了电场本身的力的性质, 因此它是由电场决定的量, 而与检验电荷 q_0 无关。

这可由电场中同一处的比值 $\frac{\mathbf{F}}{q_0} (= \mathbf{E})$ 不随 q_0 而变, 但电场中

不同处比值 $\frac{\mathbf{F}}{q_0} (= \mathbf{E})$ 往往不同来说明。

新编教材和以往中专教材不同的是, 电场强度的定义式

采用了矢量式，即 $\mathbf{E} = \frac{\mathbf{F}}{q_0}$ ，它直接反映了场强是一个有方向性的矢量，有利于从一开始就完整（包括强弱和方向）的建立场强的概念。

在前面讲述的“电场力的独立性”的基础上，可导出点电荷系中场强的迭加原理关系式。电场中 P 点的总场强为

$$\begin{aligned}\mathbf{E}_P &= \frac{\mathbf{F}}{q_0} = \frac{\mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2 + \cdots + \mathbf{F}_n}{q_0} \\ &= \frac{\mathbf{F}_1}{q_0} + \frac{\mathbf{F}_2}{q_0} + \cdots + \frac{\mathbf{F}_n}{q_0} = \mathbf{E}_1 + \mathbf{E}_2 + \cdots + \mathbf{E}_n\end{aligned}$$

不少人往往对“电场强度”和“电场力”两个概念混淆不清。认为场强就是“单位电荷所受的”电场力，或者不加条件地说场强大则电场力也大等。其实这是两个完全不同的概念。产生混淆的原因，关键是没有弄懂这两个概念的实质。首先应该认识到，场强是描绘电场的物理量，它的量值和方向由电场本身决定，而与检验电荷 q_0 无关。没有 q_0 ，客观存在的电场仍保持它的力的性质，不过力的作用没有表现出来罢了，那么作为描述力的性质的量（场强）也必相应地仍保持原有的量值和方向。至于电场力，指的是电荷受电场的作用力，显然它是同时由电场和电荷共同来决定其量值和方向的，缺一不可。再从方向上对比一下，可知电场中某定点的场强方向有一确定的方向；而该点电场力的方向，则还随放置电荷为正或负而不同。另外，由于它们是不同的物理量，单位也必然各异，在国际制中，场强的单位是牛/库，而电场力的单位则是牛顿。然而它们两者是有一定关系的，即 $F = Eq$ 。这可以说 F 是电荷 q 受场强为 E 的电场的作用力。由这关系式可知，场强大电