

Gaozhong Xuexi Daoyin

高中物理 学习导引

下 册

原子能出版社

吴三复 乔树森 编著

高中物理学习导引

下 册

吴三复 乔树森 等 编著

原子能出版社

高中物理学习导引（下册）

吴三复 乔树森 等编著

原子能出版社出版

（北京2108信箱）

北京外文印刷厂 印刷

北京市顺义县牛栏山一中印刷厂排版

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

☆

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ · 印张8.75 · 字数 192 千字

1986年12月北京第一版·1986年12月北京第一次印刷

印数1——28,300

统一书号：7175·755

定价：1.45元

内 容 简 介

本书是学习高中物理的导引，是为在校、在职和待业学习的各类青年编写的。下册包括电磁学、光学和原子物理学。所谓导引，就是按新的结构教学法给读者知识结构，使读者按结构去掌握具体知识；给读者学习程序，使读者通过对应性和综合性训练巩固基本知识，掌握基本技能。本书编写原则是：知识分块系统化；基础知识简明扼要；习题形式多样而又精炼，避免题海战术。本书可作为高考和考工、考职应试的的系统复习和练习资料，可供知识青年自学之用，亦可供教师教学参考。

目 录

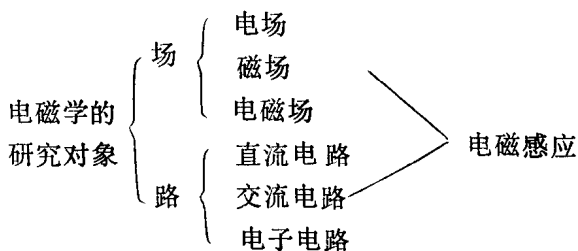
第三编 电磁学	(1)
第一讲 电场.....	(3)
第二讲 稳恒电流.....	(29)
第三讲 磁场.....	(64)
第四讲 电磁感应.....	(82)
第五讲 带电粒子的运动.....	(103)
第六讲 导体在磁场中的运动.....	(129)
第七讲 交流电和无线电常识.....	(148)
第八讲 物质的导电性.....	(168)
第四编 光学	(183)
第一讲 几何光学.....	(184)
第二讲 物理光学.....	(220)
第五编 原子物理学	(241)
第一讲 原子结构.....	(241)
第二讲 原子核.....	(250)
自我测验参考答案	(265)

第三编 电磁学

在高中物理中，电磁学是与力学并列的重点教材。随着生产技术的发展，人们对电磁学知识的需要在不断地提高。因此无论是为了搞好工作还是继续升学，都应该掌握好这部分知识。

电磁学研究的问题较多，为了便于读者学习，先把它 的知识体系和学习要点概述于下：

一、电磁学的研究对象和知识体系



二、电磁学的学习要点和一般要求

1. 场

(1) **电场**：系统讲述静电学的基础知识，研究电荷、电场、电场强度、电势和电势差、电容、导体和电介质……

的性质和规律，是中学阶段的学习重点之一。

(2) **磁场**：讲述磁体和电流磁场的基本性质，研究磁场对通电导体和运动电荷的作用，在深度和广度方面未做过高要求。

(3) **电磁场**：介绍变化的电场和磁场相互联系的问题。对于麦克斯韦电磁场理论、电磁波的产生、发射、传播和接收等仅限于科普水平。

2. 路

(1) **直流电路**：这里指的是“狭义”的直流电路——稳恒电流通过的电路，是中学阶段的学习重点之一，不但系统研究电源的电动势、欧姆定律、电功和电功率等重要的概念和规律，而且对于灵活运用的能力也有较高的要求。

(2) **交流电路**：介绍电工学的初级知识。简介交流电的产生、输送和应用的原理，但不讨论发电机、电动机、变压器等设备的技术细节。

(3) **电子电路**：在电磁波发射和接收的基础上，对调制、调谐、检波、放大等原理进行了简单的介绍。在实用无线电技术方面，只对简单的收音机电路做了原理性说明和操作性实验，至于传真、电视、雷达等则限于科普介绍了。

3. **电磁感应**：这是场和路综合联系的知识。主要讨论两种问题：导体在磁场中的运动；导体处于变化的磁场中。重点学习的知识有：产生感生电流的条件、法拉第电磁感应定律和楞次定律等。这部分知识虽然篇幅不长，但在灵活运用上却有较高的要求。

4. **力、电综合问题**：主要讨论带电粒子在电场磁场中的运动和导体在磁场中的运动。在高中课本里，这类问题分

散在电场、磁场和电磁感应三章中。我们认为力、电综合问题在培养思维能力方面起着重要的作用，把它们集中起来更便于读者掌握，所以专门安排了第五、第六两讲。

5. **物质的导电性**：主要研究固体、液体、气体、真空中的电流问题。在固体导电中涉及了金属和半导体；在液体导电中将学习法拉第电解定律；在气体导电中将讨论被激放电和自激放电；在真空中的电流里将介绍阴极射线、电子管和示波管。

上述的电磁学知识，我们分为八讲讨论：

第一至四讲主要讲述电磁学的基础知识，希读者深入地领会其中的概念和规律。

第五、六两讲偏重于培养综合运用力学、电学知识解决问题的能力，望读者体会例题的解题思路和表达方法。

第七、八两讲则属于科普性介绍的内容，读者可根据自己的实际需要不同程度地掌握它。

第一讲 电 场

一、基础知识的简要说明

1. 电荷

(1) 电荷概念的形成：公元前七世纪古希腊学者 泰 勒

斯记载了一种现象：毛织物摩擦过的琥珀能吸引轻小的物体（我国汉朝的王充也有类似的记载）。到了1600年英国的吉尔伯特通过实验发现除琥珀外，其它许多物质——玻璃、火漆、硬橡胶也可以吸引轻小物体，他就把这种现象称为带电现象，把那被摩擦过的物体称为带电体，或说有了电荷。电这个词也是在琥珀这个词的基础上演化出来的。

（2）两种电荷：美国科学家富兰克林把经绸子摩擦过的玻璃棒上所带的电叫做正电荷；把经毛皮摩擦过的火漆棒上所带的电叫做负电荷。电荷只有正负两种。同种电荷互相排斥；异种电荷互相吸引。

（3）库仑定律：法国物理学家库仑用扭秤作实验研究了点电荷间的相互作用力规律——在真空中两个点电荷间的作用力跟它们的电量的乘积成正比，跟它们间的距离的平方成反比，作用力的方向在它们的连线上。这就是库仑定律。

若用 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 表示它们间的静电力，则库仑定律的数学表达式为

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

当电量采用国际单位——库仑，距离单位用米，静电力单位用牛顿时，

静电力恒量 $K = 9 \times 10^9$ （牛顿·米²/库仑²）

〔注〕点电荷：理想的点电荷应当是带电体为几何上的“点”，这实际是不存在的，但是如果带电体间的距离比它们本身的大小大得多时，就可以把这样的带电体当做点电荷对待。对于均匀的带电球体，也可以当作球心处的点电荷。

(4)基本电荷：科学研究发现——电子带有最小的负电荷，质子带有最小的正电荷，它们电量的绝对值相等，约为 1.60×10^{-19} 库仑，人们就把这一电量叫做基本电荷。

(5)电荷守恒定律：在任何物理过程中，各个物体的电荷可以改变，但所有物体电荷的代数和是守恒的，这就是电荷守恒定律。这一规律不仅可以说明摩擦起电、接触带电、中和现象等，而且将在本书第五编里的原子核反应式中得到应用。

2. 电场

(1)电场的概念：电场是存在于电荷周围的一种特殊物质。电荷间的相互作用是通过电场为媒介而发生的。电荷与电场是不可分割的。形成电场的电荷俗称场源电荷；用以检验电场性质的电荷通称检验电荷（检验电荷是电量很小、体积很小的正电荷）。

(2)电场强度：描述电场的力的性质的物理量。放入电场中某一点的检验电荷所受的电场的作用力跟它的电量的比值，叫做这一点的电场强度，简称场强。电场强度是矢量，规定正电荷受力方向为场强方向。

若以 E 表示电场强度，以 F 表示检验电荷 q 所受的电场作用力，则

$$E = \frac{F}{q}$$

在国际单位制中：力的单位用牛顿，电量的单位用库仑，所以电场强度的单位是牛顿/库仑。

点电荷在真空中形成的电场中，在距离场源电荷 Q 为 r 的

地方的场强的大小为

$$E = \frac{KQ}{r^2}$$

〔提示〕有兴趣的读者可把 $F = K \frac{Qq}{r^2}$ 代入 $E = \frac{F}{q}$ ，即可导出上式。

需要说明的是： $E = \frac{F}{q}$ 是场强的一般定义式，式中的 q 是检验电荷； $E = \frac{KQ}{r^2}$ 是只限于点电荷场源的计算式，式中的 Q 是场源电荷。

英国物理学家法拉第引入了**电力线**来形象化地描写电场强度的分布(电力线是假想的曲线)：电力线上每一点的切线方向表示该点的场强方向；电力线的疏密可表示场强的大小(越密表示 E 值越大，越疏表示 E 值越小，但是中学阶段只限于定性说明，不要求用电力线的条数来求 E 的具体数值。)

(3)**电势**：描写电场的能的性质的物理量。

① **电势能**的概念：在静电场中移动电荷时，电场力所做的功跟电荷的起始位置和终止位置有关，但跟电荷经过的路径无关。这种性质与在重力场中移动物体时重力所做的功的性质相同，在重力移动物体做功时引入了重力势能的概念，因而在静电场中移动电荷做功时也引入了电势能的概念。

在静电场中移动电荷时，如果电场力对电荷做正功(意即电场力移动电荷做功)，电荷的电势能减少；如果电场力对电荷做负功(意即电荷克服电场力做功)，电荷的电势能增

加。

②**电势**的定义：在电场中某一点的检验电荷的电势能跟它的电量的比值，叫做这一点的电势。

若以 U 表示电势，以 ε 表示检验电荷 q 的电势能，则

$$U = \frac{\varepsilon}{q}$$

在国际单位制中：电势能的单位用焦耳，电量的单位用库仑，所以电势的单位应为焦耳/库仑，为了表达方便，把焦耳/库仑命名为**伏特**。

电势是标量。

零电势的规定：在理论研究中，规定以无限远处的电势为零；在实际应用中，常取大地的电势为零。（注：这两种规定并不一致。）

为了形象化地描写电势的分布，常把电场中电势相同的点所构成的面叫做等势面，在同一等势面上任何两点间移动电荷时，电场力不做功。

③ **电势差**：电场中两点间电势的差叫做电势差。

若以 U_A 表示 A 点的电势，以 U_B 表示 B 点的电势，以 U_{AB} 表示 A 、 B 两点间的电势差。则

$$U_{AB} = U_A - U_B$$

$$\text{推论：} \because U_{BA} = U_B - U_A$$

$$\therefore U_{AB} = -U_{BA}$$

(4) 匀强电场

① 匀强电场的概念：在电场某一区域里，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。

② 匀强电场的形成：一般是使两块大小相等的、平行放置的、靠近的金属板分别带上等量的正电荷与负电荷，它们之间就形成了匀强电场(但边缘部分不是)。

③ 匀强电场的电力线和等势面

匀强电场的电力线是一组疏密均匀的、平行的直线，这些直线与极板垂直，方向是由正极板指向负极板。

匀强电场的等势面则是一些与极板平行的平面。

④ 在匀强电场中电势差与电场强度的关系

若以 U_{AB} 表示匀强电场中 A 、 B 两点的电势差，以 E 表示匀强电场的场强，以 d 表示 A 、 B 两点所在的等势面间的垂直距离，则

$$U_{AB} = Ed$$

3. 电场中的导体和电介质

(1) 电场中的导体

① 静电平衡状态：当把导体放入电场的瞬间，导体中的自由电子受到电场力的作用将定向运动，于是在导体两端出现正、负电荷，形成附加电场，而这个附加电场与外电场方向相反起消弱作用，随着自由电子的运动，附加电场将不断增强，当它与外电场等值时，导体内部电场的矢量和为零，于是自由电子就不再定向运动了，我们就把导体内部没有电荷定向移动的状态叫做静电平衡状态。

② 处于静电平衡状态的导体的性质

处于静电平衡状态的导体有以下几点性质：

- i. 导体内部的场强为零。
- ii. 导体表面任一点的场强方向跟该点的表面垂直。

iii. 导体是个等势体, 导体的表面是个等势面。

iv. 带电导体的净电荷只能分布在导体的外表面上。

③ 静电屏蔽: 根据静电平衡时导体内部的场强为零这一性质, 如果用金属壳或金属网把仪表或人体罩起来, 就可以不受外部电场的影响, 这就是静电屏蔽。静电屏蔽常应用于仪表、通讯电缆等的防干扰, 也应用于电工的带电作业。

(2) 电场中的电介质 (电介质又称绝缘体)

① 电介质的极化: 将电介质放入电场中, 在外电场的作用下, 电介质的表面出现束缚电荷的现象叫做电介质的极化。(新编高中课本对此已不要求, 所以对其过程不再详述。) 电介质的极化会形成附加电场, 这个电场与外电场方向相反, 会消弱外电场, 但是这与电场中的导体不同, 它不能使内部的合场强为零, 只能使内部场强减弱一些。

② 介电常数: 不同的电介质, 使电场强度减弱的程度不同, 为了描写电介质的这一性质, 而引入介电常数这一概念。

若以 E_0 表示真空中的电场强度, 以 E 表示充满电介质后的电场强度, 以 ϵ 表示介电常数, 则 $\epsilon = \frac{E_0}{E}$

③ 电介质中的库仑定律和电场强度定义式的数学表达

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

$$E = \frac{K Q}{\epsilon r^2}$$

4. 电容

(1) 平行板电容器的组成: 两块正对的、互相平行的、

彼此绝缘的金属板，就组成了平行板电容器。

(2) 电容器的充电和放电

使电容器带电叫充电。充电总是使它的一个导体带正电，另一个导体带负电。每个导体所带电量的绝对值叫做电容器所带的电量。

使充电后的电容器失去电荷叫做放电。用一根导线把电容器两极接通，两极上电荷中和，电容器就不带电了，

(3) 电容器的电容：电容器所带的电量跟它的两极间的电势差的比值，叫做电容器的电容。

若以 C 表示电容器的电容，以 Q 表示电容器所带的电量，

以 U 表示电容器两极间的电势差，则 $C = \frac{Q}{U}$

在国际单位制中，电量的单位用库仑，电压的单位用伏特，所以电容的单位是库仑/伏特，为了表达方便，把库仑/伏特命名为法拉。

法拉是个较大的单位，在电工学和电子学中常使用较小的单位——微法和皮法。

$$1 \text{ 法拉} = 10^6 \text{ 微法} = 10^{12} \text{ 皮法}$$

(4) 平行板电容器的电容性质与计算

通过实验可知：平行板电容器的电容，跟两极板间的电介质的介电常数成正比，跟两极板的正对面积成正比，跟极板的距离成反比。

若以 C 表示电容，以 ϵ 表示介电常数，以 S 表示正对面积，以 d 表示两极板的距离，则

$$C = \frac{\epsilon S}{4\pi k d}$$

采用国际单位制时：电容用法拉，面积用米²，距离用米， $K=9 \times 10^9$ （牛顿·米²/库仑²）。

(5) 电容器的串联和并联

若以 Q_1 、 Q_2 、 Q_3 表示各电容器所带的电量，以 Q 表示总电量；以 U_1 、 U_2 、 U_3 表示各电容器两极间的电压，以 U 表示总电压；以 C_1 、 C_2 、 C_3 表示各电容器的电容，以 C 表示总电容。

则电容器的串、并联性质如下表所示：

串	联	并	联
$Q=Q_1=Q_2=Q_3$		$Q=Q_1+Q_2+Q_3$	
$U=U_1+U_2+U_3$		$U=U_1=U_2=U_3$	
$\frac{1}{C}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+\frac{1}{C_3}$		$C=C_1+C_2+C_3$	

电容器的串联可提高耐压能力，但电容减小了。

电容器的并联可增大电容，但耐压能力没有变化。

[附] 如果既要增大电容，又要提高耐压能力，就需要进行混联——把几列串联的电容器再并联起来。新编物理教学纲要提出不要求中学生计算混联问题，对于其他需要的读者可以练习一些混联计算问题，并不十分困难。

二、基本训练

[1] 两个能够自由运动的点电荷 A 和 B ，分别带有正电荷 Q 和 $4Q$ ，它们之间距离为 L 。现在要在它们之间放上第三

个点电荷，正好使三个点电荷都处于平衡，这第三个点电荷应放在哪里？它应当带哪一种电荷？所带电量应是多少？

解：按力的矢量合成法则，三个点电荷必须在一条直线上，才有可能出现它们中的一个或几个的平衡问题。按题意画示意图3-1-1，若第三点电荷 Q_C 位于 C 点处于平衡。则 C 距 A 为 r ， B 距 A 为 L ，由平衡条件： $F_A = F_B$

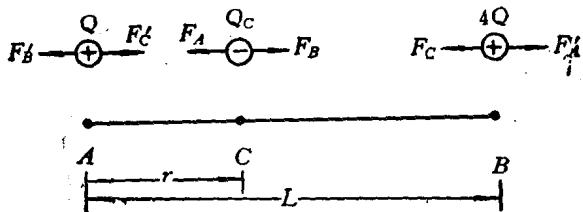


图 3-1-1

$$K \frac{Q \cdot Q_C}{r^2} = K \frac{(4Q) \cdot Q_C}{(L-r)^2}$$

则得
$$\frac{r^2}{(L-r)^2} = \frac{1}{4}$$

$$\frac{r}{L-r} = \frac{1}{2} \quad \therefore r = \frac{L}{3}$$

此时不论 Q_C 是正还是负，电量多少， Q_C 均能处于平衡。现要求 Q_C 的引入同时满足 Q_A 和 Q_B 处于平衡，由题意分析， Q_C 就必须是负，其电量可由 A （或 B ）平衡得出： $F_C' = F_B'$

$$K \frac{Q \cdot Q_C}{\left(\frac{L}{3}\right)^2} = K \frac{(4Q) Q}{L^2} \quad \therefore Q_C = -\frac{4}{9} Q$$

[2] 在电场中某点 P ，有一个带 3×10^{-5} 库仑电量的正点电荷，所受的电场力是6牛顿，方向竖直向上，求：(1) P