

曾远文 杨自觉 刘鸿霏
张雨新 林朝金 等编

普通物理学

——指导与题解 下

职大 电大 工大 夜大



四川科学技术出版社

职大 电大 工大 夜大

普通物理学

——指导与题解 下册

曾远文 杨自觉 刘鸿霖

张雨新 林朝金 等编

四川科学技术出版社

一九八六年六月

责任编辑：刘阳青

版面设计：杨璐璐

职大 电大 工大 夜大

普通物理学指导与题解(下)

曾远文 刘鸿爵

张雨新 朝全 等编

出版：四川科学技术出版社

印刷：资中县印刷厂

发行：四川省新华书店

开本：787×1092毫米1/32

印张：14.75

字数：315千

印数：1——5,000

版次：1986年6月第一版

印次：1986年6月第一次印刷

书号：7298·178

定价：2.60元

编 者 的 话

为配合目前全国范围内普遍开展的成人高等教育,我们根据职大、电大、工大、夜大的教学要求及使用的多种教材,在总结教、学两方面经验的基础上,编写了适用于这类学校的《普通物理学指导与题解》一书,分上、下两册。上册为运动学、动力学、振动和波动、分子物理学和热力学内容;下册为电磁学、光学和近代物理学内容。

在编写中,力求做到不仅讲述物理知识,而且还介绍掌握这些知识的方法,注意了分析问题和解决问题的思路。为了便于读者阅读,学有成效,在每一章中列有:一、基本要求;二、基本内容;三、思考题和例题三部分内容,本书为下册。其中思考题和例题共385题,在书末附有中央电大三次物理统考与1985年7月四川职大物理统考的试题及参考解答。每章所编写的“基本内容”是为了引导读者总结基本概念和规律,使知识系统化、条理化、以利于正确掌握物理学的基本原理,将书从“厚变薄”;“思考题和例题”将读者思路展宽,训练分析问题和解决问题的能力,将书从“薄变厚”。希望读者能从这个厚一

薄一厚的过程中，学习读书的方法，培养学习的能力。

参加编写本书的有；四川广播电视大学的刘鸿霁（第八、九、十三、十四章）、林朝金（第十、十五章）和张雨新（第十一、十二章），四川大学的杨自觉（第十六、十七、十八章）和曾远文（第十九、二十、二十一、二十二、二十三章）。全书由杨自觉和曾远文两同志负责审阅和修改。

由于编者水平有限，书中不妥和错误之处难免，欢迎读者批评指正。

编 者

1985年9月

目 录

第八章 静电场

- 一、基本要求..... 1
- 二、基本内容..... 1
- 三、思考题和例题..... 7

第九章 静电场中的导体和电介质

- 一、基本要求..... 37
- 二、基本内容..... 38
- 三、思考题和例题..... 42

第十章 稳恒电流

- 一、基本要求..... 73
- 二、基本内容..... 73
- 三、思考题和例题..... 81

第十一章 稳恒磁场

- 一、基本要求..... 108
- 二、基本内容..... 109
- 三、思考题和例题..... 115

第十二章 磁场对电流和运动电荷的作用

- 一、基本要求..... 148
- 二、基本内容..... 148
- 三、思考题和例题..... 153

第十三章 电磁感应

一、基本要求.....	183
二、基本内容.....	184
三、思考题和例题.....	189
第十四章 磁介质	
一、基本要求.....	230
二、基本内容.....	230
三、思考题和例题.....	234
第十五章 电磁场理论的基本概念	
一、基本要求.....	251
二、基本内容.....	252
三、思考题和例题.....	256
第十六章 光的干涉	
一、基本要求.....	263
二、基本内容.....	264
三、思考题和例题.....	273
第十七章 光的衍射	
一、基本要求.....	298
二、基本内容.....	299
三、思考题和例题.....	309
第十八章 光的偏振	
一、基本要求.....	325
二、基本内容.....	325
三、思考题和例题.....	334
第十九章 狭义相对论	
一、基本要求.....	347
二、基本内容.....	348

三、思考题和例题·····	355
第二十章 热辐射和光电效应的量子性	
一、基本要求·····	365
二、基本内容·····	366
三、思考题和例题·····	371
第二十一章 氢原子光谱和玻尔氢原子理论	
一、基本要求·····	384
二、基本内容·····	384
三、思考题和例题·····	389
第二十二章 量子力学基本概念	
一、基本要求·····	396
二、基本内容·····	397
三、思考题和例题·····	407
第二十三章 激光和半导体简介	
第一部分 激光简介	
一、基本要求·····	420
二、基本内容·····	420
三、思考题和例题·····	423
第二部分 半导体	
一、基本要求·····	427
二、基本内容·····	427
三、思考题和例题·····	433
附 电大、职大统考试题和参考解答	
四川省职工大学八四级期末统考普通物理试题	

(1985年7月)

中央广播电视大学1983年下半年期末普通物理学试题

(工科、1984年1月)

中央广播电视大学1983年下半年期末补考普通物理学试

题(工科、1984年3月)

中央广播电视大学1985年上半年期末普通物理学试题

(工科、1985年7月)

参考答案

第八章 静 电 场

相对于观察者静止的电荷所激发的电场,叫做静电场。本章主要讨论静电场的性质和规律。为了描述静电场,从电场对电荷的力作用出发引入了电场强度矢量;从静电场力对电荷移动所作的功与电荷移动路径无关的特点引入了电势。因此,把握电场强度矢量和电势这两个物理量的意义、基本计算方法及它们的关系,是学习静电场的一个基本任务。表明静电场性质的两个基本定理:环路定理和高斯定理,集中的反映了静电场所遵循的基本规律,因此把握这两个定理的内容和应用是学习本章的又一个重点。

一、基本要求

1. 确切理解库仑定律,电荷守恒定律和场强迭加原理;
2. 正确理解静电场的环路定理和高斯定理,明确这两个定理全面反映了静电场的性质;
3. 确切理解电场强度和电势这两个基本物理量及其关系,并掌握场强分布和电势分布的计算方法,熟悉典型带电体的场强分布和电势分布特点。

二、基本内容

1. 库仑定律和电荷守恒定律

库仑定律是一个重要的实验定律，它是定量研究静电场性质的根据。定律的内容是：两个点电荷 q_1 和 q_2 之间的相互作用力的方向沿着这两个点电荷的连线，同号电荷相斥，异号电荷相吸；作用力的大小与电量 q_1 和 q_2 的乘积成正比，而与这两个点电荷之间的距离 r 的平方成反比。在国际单位制中，库仑定律表示为：

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{r} \quad (8.1)$$

其中 $\hat{r}$ 是 r 方向上的单位矢量。

“点电荷”是一种理想化模型，当带电体的线度比起它与其它带电体之间的距离来充分小时，可把带电体视为点电荷。库仑定律只对点电荷的相互作用适用。

公式中的 $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{C}^2 \cdot \text{N}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ 叫做真空中的介电常数， $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9.0 \times 10^9 \text{N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$

虽然库仑定律是通过对宏观带电体的实验总结出来的规律，但进一步研究证明：对质子、电子等微观粒子，库仑定律也适用。

电荷守恒定律是物理学中的一条基本定律。表述为，任一物体系统若与外界无电荷交换，则在该系统内不管发生什么变化，整个系统的电量的代数和始终保持不变。该定律无论是在宏观现象中，或是在原子、原子核和基本粒子中都是正确的。

2. 电场强度和场的迭加原理

(1) 电场强度 它是描写电场性质的物理量。在静电场的空间中，任一点的电场强度是一个矢量，等于单位

试探正电荷在该点所受的电场力。即

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} \quad (8.2)$$

一般地说，在电场空间中，不同点的场强大小和方向都不同，即场强是空间坐标的矢量函数，电场是矢量场。如果空间中各点的场强大小和方向都相同，这种电场叫均匀电场。

在国际单位制中，电场强度的单位有两种： $N \cdot C^{-1}$ 或 $V \cdot m^{-1}$ 。

点电荷的电场是球对称的，其电场强度为：

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{r} \quad (8.3)$$

(2) 场强迭加原理 由电场强度定义和力的迭加原理，可得电场中任一点的总场强等于各个点电荷单独存在时在该点产生的场强的矢量和，即

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots + \vec{E}_n \quad (8.4)$$

或
$$\vec{E} = \sum_i \vec{E}_i$$

(3) 电力线 电力线是人们为了描绘电场而在电场空间引入的一些假想曲线，且曲线上每一点的切线方向都与该点的场强方向一致。电力线有以下三个特点：第一，在静电场中，电力线不形成闭合线；第二，电力线起于正电荷（或无穷远处），终于负电荷（或伸延到无穷远处）；第三，在没有电荷的空间，电力线不中断；两条电力线不会相交。

为了使电力线不仅反映场强方向的分布，而且还能反映

场强大小分布，就约定了一条原则，即在电场中每一点处，穿过与场强方向垂直的单位面积的电力线根数与该处场强的大小相等。有此约定就可根据电力线疏密判断场强大小的分布。

3. 电势差、电势和电势迭加原理

由于静电场力做功与路径无关，所以可以引入电势能的概念。试验电荷 q_0 在场中由 a 点移到 b 时，静电场力作的功 A_{ab} 就等于试验电荷 q_0 在 a 、 b 两点的电势能 W_a 与 W_b 之差，即

$$A_{ab} = q_0 \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{l} = W_a - W_b \quad (8.5)$$

由此定义电势差为：

$$U_a - U_b = \frac{W_a}{q_0} - \frac{W_b}{q_0} = \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{l} \quad (8.6)$$

它表示静电场中， a 、 b 两点的电势差，在数值上等于把单位正电荷从 a 移到 b 时，电场力所作的功。

选定电势参考点，就可以表示出空间各点的电势。若选择 $U_b = 0$ ，则 a 点电势为：

$$U_a = \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{l} \quad (8.7)$$

点电荷电势分布（选无穷远为电势零点）

$$U = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r} \quad (8.8)$$

由电势差的定义和场强迭加原理可得出电势迭加原理：在点电荷组的电场中，某点的电势是各个点电荷单独存在时在该点电势的代数和，即

$$U = \sum_i U_i$$

4. 环路定理

静电场的场强沿任意闭合路径的线积分等于零，即

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = 0 \quad (8.9)$$

它表明单位正电荷在静电场中沿闭合路径移动一周，静电力作总功为零，因此，它反映了静电场是保守力场的性质。

5. 高斯定理

通过任一闭合曲面的电通量等于包围在该闭合面内的所有电荷电量的代数和除以 ϵ_0 ，与闭合面外的电荷无关，即

$$\oint_{(s)} \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{1}{\epsilon_0} \sum q \quad (8.10)$$

理解高斯定理，要注意以下几点：

(1) 高斯定理只说明电通量与高斯面内电荷的关系，而不是场强与电荷的关系。

(2) 穿过高斯面总的电通量，只与高斯面所包围的电荷有关，与高斯面外部的电荷无关，与高斯面内部电荷如何分布也无关。

(3) $\sum q$ 是高斯面内电荷的代数和。当 $\sum q = 0$ 时，只能说明穿过高斯面的电通量为零，不能说明高斯面内没有电荷分布，也不能说明高斯面上场强为零。

(4) 公式中的 $\vec{E}$ 是高斯面上的场强，不是面内或面外空间的场强。高斯面上的场强 $\vec{E}$ ，是空间所有电荷即高斯面内、外电荷共同作用的结果，但面外电荷对高斯面总的电通量无贡献。

(5) 高斯定理反映了静电场是有源场。

6. 计算电场强度和电势的方法

(1) 计算电场强度的方法通常有三种

方法一：点电荷场强公式 + 场强迭加原理，即把带电体分割成无限多个带电微元，每个带电微元看做一个点电荷，首先求出每个点电荷的电场分布，然后用迭加原理求总场强，即

$$\vec{E} = \int_V d\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_V \frac{dq}{r^2} \left(\frac{\vec{r}}{r} \right)$$

这种方法原则上可以求出任何带电体的电场分布。

方法二：用高斯定理求对称性场强分布问题中的电场强度，这是要求掌握的方法。

方法三：由电势梯度求电场强度，即

$$\begin{aligned} E_l &= -\frac{dU}{dl} \\ \text{或} \quad \begin{cases} E_x = -\frac{\partial U}{\partial x} \\ E_y = -\frac{\partial U}{\partial y} \\ E_z = -\frac{\partial U}{\partial z} \end{cases} \end{aligned}$$

(2) 求电势的方法通常有两种

方法一：用点电荷电势公式 + 迭加原理，即

$$U = \int dU = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_V \frac{dq}{r}$$

方法二：用线积分 $U_p = \int_p^c \vec{E} \cdot d\vec{l}$ ，这是要求掌握的方法。使用此公式计算时，要注意零电势点C的选择，对有

限带电体通常选无限远处为零电势点；对无限的带电体通常选非无限远的某处为零电势点。

三、思考题和例题

1. 由电场强度定义 $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$ 得出以下结论对吗？

(1) $q_0 = 0$ 时, $\vec{E} = \infty$;

(2) 没有试验电荷 q_0 时, $\vec{E}$ 不存在。

答 上述两个结论都不对。电场是客观存在，无论有无试验电荷，电场空间某点的场强都有确定值。公式 $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$ 是在理论上定义场强的公式，在空间某点放一个试验电荷 q_0 ，则受力 $\vec{F}$ ， $\vec{F}$ 与 q_0 之比为该点 $\vec{E}$ ； q_0 变， $\vec{F}$ 也变，但 $\vec{E}$ 不随 q_0 变化。这和力学中的牛顿第二定律 $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$ 不同， $\vec{F}$ 与 $\vec{a}$ 是因果关系，而在静电场中 $\vec{E}$ 与 q_0 、 $\vec{F}$ 不存在因果关系。试验电荷 $q_0 = 0$ （即无试验电荷）时，在有场空间 $\vec{E}$ 存在，只不过其值随距离不同而有差异。

2. 一个带 $+Q$ 的导体球，在其附近放一个正电荷 q ，测得 q 受力 $\vec{F}$ ， $\frac{\vec{F}}{q} = \vec{E}$ 是否为原导体球在该点的电场强度 $\vec{E}_0$ ？

答 不是。因为电荷 q 放入电场后改变了原导体球上的

电荷分布,由于同性电荷相互排斥,使得导体球上的电荷中心偏离原来位置,因而 q 所受力 F 比原场强 E_0 算得的 qE_0 要

小,即 $E = \frac{F}{q} < E_0$, 定义式 $\vec{E} = \frac{\vec{E}}{q_0}$ 中的 q_0 必须是试验电

荷,其电量要受到限制,使之不能影响原来电场的分布。

3. 在真空中有A、B两板,相距为 d ,板的面积均为 S ,分别带电量 $+q$ 、 $-q$ 。有人说,两板之间的作用力 $f = q^2/4\pi\epsilon_0 d^2$; 又有人说,因 $f = Eq$,而 $E = \sigma/\epsilon_0$, $\sigma = q/S$, 所以 $f = q^2/\epsilon_0 S$ 。试问,这两种说法对吗? 为什么? 到底 f 应等于多少?

答 上述两种说法都不对。

两个板并非点电荷,因而不能以点电荷的形式计算,所以第一种说法不对。

公式 $f = Eq$ 中的 E 不能包含 q 所产生的场强,而 $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$

则是 q 与 $(-q)$ 共同产生的合成场强,所以第二种说法也是不对的。

正确的方法应该是先求出板A在B板处产生的场强 $E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$, 然后计算B板受的作用力(反之,也一样); 从而

得出两板之间相互作用力 $f = Eq = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} q = \frac{q^2}{2\epsilon_0 S}$

4. 由库仑定律公式 $\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^3} \vec{r}$, 当 $r \rightarrow 0$ 时,

则 $F \rightarrow \infty$, 对吗?

答 不对。这种看法本身忘记了库仑定律的适用条件。