

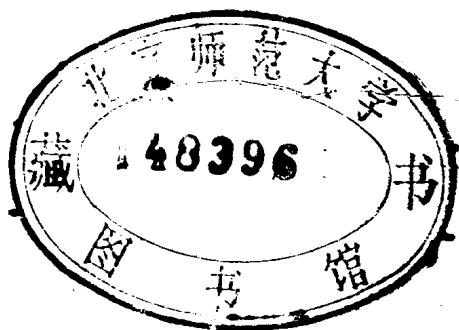
职工高等学校

普通物理学学习指南

下 册

于立淮 张汉文 王维智 编著

丁卯120211



同济大学出版社

责任编辑 方 芳

封面设计 王肖生

职工高等学校
普通物理学学习指南

下 册

于立淮 张汉文 王维智 编著

*

同济大学出版社出版
新华书店上海发行所发行
常熟文化印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/32 印张 11.875 字数 338 千字

1988年5月第1版 1988年6月第1次印刷

印数 1—6500

定价 2.10 元

ISBN7-5608-0075-0/o.20

内 容 提 要

本书是按照中央教育部(1983年)颁布的职工高等学校普通物理学教学大纲的要求,根据成人高等学校教学的特点而编写的。全书分上、下两册,上册包括质点运动学、质点动力学、功和能、动量、刚体的转动、简谐振动、机械波、气体分子运动论和热力学基础等九章。下册包括真空中的静电场、静电场中的导体和电介质、直流电、电流的磁场、电磁感应、波动光学、量子物理初步等七章。每章按下述四个部分编写:

1. 学习要求; 2. 学习重点和难点; 3. 例题分析; 4. 习题。

本书对普通物理的基本概念、基本理论和基本规律进行了较详尽地叙述,并分析了较多数量的各种类型的例题,帮助读者更深刻地理解物理概念、理论、规律,提高分析问题和解决问题的能力,加深和巩固所学的理论。

本书可供职工大学、业余大学、广播电视大学、函授大学、工科院校广大学生和自学普通物理的读者学习参考,也可供从事普通物理学教学的教师教学参考。

前 言

本书是按照中央教育部(1983年)颁布的职工高等学校普通物理学教学大纲的要求;根据成人高等学校教学的特点;结合多年来在普通物理教学实践过程中积累的经验而编著的。

全书共分十六章,每章包括下述四个部分:

1. 学习要求,明确指出读者学习时应该达到的要求。
2. 学习重点和难点,通过对重点和难点的讨论,帮助读者加深对基本概念,基本理论和基本规律的理解,掌握本章的基本内容。
3. 例题分析,通过数量较多的各种类型的例题分析,说明解题方法、步骤和技巧,提高读者分析问题、解决问题的能力,加深和巩固所学的理论。
4. 习题,包括一定数量的思考题和计算题,并附有答案,便于读者自我检查。

本书可供职工大学、业余大学、广播电视大学、函授大学、工科院校广大学生和自学普通物理的读者学习参考。也可供从事普通物理学教学的教师教学参考。

本书在编写过程中,得到具有丰富教学经验的汪遵强、赵钧杰、朱思强、张传学、江伯陶、徐树云、陈炜等同志的热情帮助,并给我们提出了很多宝贵的意见和建议;同时得到殷明发、余成照、戴万章、黄午阳等同志的热情支持,在此一并表示感谢。

由于我们的业务水平有限,书中难免有错误和不妥之处,
恳请读者批评指正。

编 者

1986年2月于上海

本书使用的单位及符号

量的名称	单位名称	单位符号	其他表示例式	备 注
电荷[量]	库[仑]	C		
电场强度	伏[特]每米	$V \cdot m^{-1}$	N · C	
电势	伏[特]	V		
电势差; 电压	毫伏[特] 伏[特] 千伏[特]	mV V kV		$1 mV = 10^{-3} V$ $1 kV = 10^3 V$
介电常数	法[拉]每米	$F \cdot m^{-1}$		
电位移	库[仑]每平方米	$C \cdot m^{-2}$		
电位移通量	库[仑]	C		
电容	法[拉] 微法[拉]	F μF		$1 \mu F = 10^{-6} F$
电流	安[培] 毫安[培] 微安[培]	A mA μA		$1 mA = 10^{-3} A$ $1 \mu A = 10^{-6} A$
电动势	伏[特]	V		
电阻	欧[姆] 千欧[姆]	Ω k Ω		$1 k\Omega = 10^3 \Omega$
磁感应强度	特[斯拉]	T	$Wb \cdot m^{-2}$	
磁通量	韦[伯]	Wb		
磁导率	亨[利]每米	$H \cdot m^{-1}$		
磁场强度	安[培]每米	$A \cdot m^{-1}$		
自感 互感	亨[利] 毫亨[利]	H mH		$1 mH = 10^{-3} H$
波长	米 微米	m μm	Å (埃)	$1 \text{Å} = 10^{-10} m$ $1 \mu m = 10^{-6} m$

注：本书采用的物理量单位及符号均为中华人民共和国法定计量单位。

目 录

下 册

第十章 真空中的静电场

一、学习要求	1
二、学习重点和难点	1
1. 电量守恒定律	1
2. 库仑定律	2
3. 电场强度	2
4. 真空中的高斯定理	5
5. 场强 E 的环流定律	9
6. 电势能、电势、电势差	10
7. 电场强度和电势梯度的关系	13
三、例题分析	16
四、习题	37

第十一章 静电场中的导体和电介质

一、学习要求	51
二、学习重点和难点	52
1. 导体的静电平衡条件	52
2. 处于静电平衡状态时导体的静电性质	53
3. 封闭导体壳内外的电场 静电屏蔽	55
4. 电容器的电容	57
5. 电介质中的场强	60
6. 电位移矢量 有介质时的高斯定理	60
7. 静电场的能量	62
8. 带电导体联接后的电荷分布 接地问题	62
三、例题分析	65
四、习题	92

第十二章 直流电

一、学习要求	109
--------------	-----

二、学习重点和难点	109
1. 电流、电流强度	109
2. 电源、电动势	110
3. 三种形式的欧姆定律	112
4. 电流的动和功率	117
5. 基尔霍夫定律	117
三、例题分析	118
四、习题	134

第十三章 电流的磁场

一、学习要求	151
二、学习重点和难点	152
1. 磁感应强度 B	152
2. 毕奥-萨伐尔-拉普拉斯定律	152
3. 磁场的性质	155
4. 磁介质中的磁场	161
5. 磁场对载流导线的作用	163
6. 磁场对载流线圈的作用	166
7. 磁力的功	168
8. 磁场对运动电荷的作用	169
9. 磁感应强度 B 的定义	171
三、例题分析	172
四、习题	202

第十四章 电磁感应

一、学习要求	220
二、学习重点和难点	221
1. 电磁感应的基本定律	221
2. 在磁场中运动的导线内的感生电动势	224
3. 动生电动势的理论解释	226
4. 在磁场中转动的线圈内的感应电动势	228
5. 电磁感应与能量守恒	230
6. 涡旋电场	232
7. 自感应	234
8. 互感应	235
9. 磁场的能量	237

三、例题分析	239
四、习题	262
第十五章 波动光学	
一、学习要求	276
二、学习重点和难点	277
1. 光波	277
2. 双缝、双面镜、洛埃镜	278
3. 光程	282
4. 薄膜干涉	283
5. 劈尖 牛顿环	285
6. 衍射	290
7. 光栅	295
8. 自然光 偏振光	299
9. 起偏和检偏 马吕斯定律	300
10. 反射和折射时光的偏振	302
三、例题分析	305
四、习题	325
第十六章 量子物理初步	
一、学习要求	339
二、学习重点和难点	339
1. 普朗克的量子假设	339
2. 光电效应	342
3. 玻尔的氢原子光谱理论	345
4. 德布罗意波	350
三、例题分析	352
四、习题	362

第十章 真空中的静电场

本章重点讨论真空中相对于观察者静止的电荷在其周围空间产生的电场——静电场的基本性质，以及描述静电场的两个基本物理量——电场强度和电势。在此基础上进而讨论静电场的两个重要基本规律——高斯定理和场强 E 的环流定律；同时还讨论电势梯度和场强的关系。

一、学习要求

1. 确切理解电荷守恒定律和库仑定律。明确电荷间的相互作用是通过电场进行的。
2. 深刻理解电场强度的物理概念和场强迭加原理，熟练掌握点电荷场强公式和根据电荷分布计算场强的方法。
3. 理解静电场中的高斯定理和场强 E 的环流定律，掌握利用高斯定理计算场强的方法。
4. 深刻理解电势和电势差的概念，熟练掌握电势的计算方法。
5. 确切理解电势和场强的关系，掌握用电势梯度求场强的方法。

二、学习重点和难点

1. 电量守恒定律

物体的带电过程(例如摩擦起电或感应起电等)，也是电

荷的分离过程，分离出来的正负电荷的电量必然相等。等量异号电荷相遇，则互相中和，经中和后的物体就不带电了。在一孤立系统中，无论进行怎样的物理过程，系统内电量的代数和总是保持不变。这个由实验总结出来的定律称为电量守恒定律，也称为电荷守恒定律。

2. 库仑定律

电荷间有相互作用力，同号相斥，异号相吸。当带电体的形状和大小，在一定条件下可以忽略不计时，带电体可以看成点电荷。

库仑定律是描述点电荷之间相互作用的基本规律，它是静电学中基本定律之一，可陈述如下：

真空中，两个点电荷之间存在相互作用力，其大小与两点电荷电量的乘积成正比，与两点电荷之间的距离的平方成反比，作用力的方向沿着这两点电荷的连线，同号电荷间为斥力，异号电荷间为吸力。其数学表达式为：

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \mathbf{r}_0 \quad (10-1)$$

式中 $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$ 。 $\mathbf{r}_0$ 为单位矢量。

3. 电场强度

1) 电场

电荷间的相互作用是通过电场进行的。带电体的周围存在着电场，在这电场中任何电荷都要受到电场的作用力。其过程可表示为：

电荷 $\longleftrightarrow$ 电场 $\longleftrightarrow$ 电荷

不同的带电体产生的电场,其分布和强弱均不相同,如何描述电场呢?可从电场对电荷作用着手:(1)由静电场对电荷的作用力引入描述电场的物理量——电场强度;(2)由电荷在电场中移动时,电场力对电荷作功引入描述电场的另一物理量——电势(电势概念后述)。

2) 电场强度 E

电场中某点的电场强度定义为:

$$E = \frac{F}{q_0} \quad (10-2)$$

F 为将试验电荷 q_0 (点电荷)置于电场中某点时, q_0 受到的电场力, F 与 q_0 的比值与试验电荷 q_0 的大小、正负无关,只与这一点的电场性质有关,因而能反映这一点电场的强弱与方向。

电场强度 E 的方向就是带正电的试验电荷在该点的受力方向。

3) 场强迭加原理

若空间的电场是由若干带电体产生的,则在空间任一点的场强 E 为各带电体单独存在时,在该点产生的场强的矢量和,即

$$E = E_1 + E_2 + \cdots + E_n \quad (10-3)$$

这就是场强迭加原理,是电场的基本性质之一。利用这一原理,可以计算任意带电体所产生的场强,因为任何带电体都可以看作许多点电荷的集合。

4) 场强的计算

(1) 点电荷电场中的场强

如图 10-1 所示,点电荷 q 在其周围产生电场,离开 q 距离为 r 处 p 点的电场强度由定

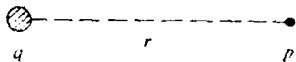


图 10-1

义 $E = \frac{F}{q_0}$ 可得

$$E = \frac{\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_0 q}{r^2} r_0}{q_0} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} r_0 \quad (10-4)$$

这是点电荷电场中的场强公式, 式中 r_0 是单位矢量, 其大小为 1, 方向由 q 指向 p 。若 q 为正电荷, 则 E 的方向与单位矢量 r_0 的方向相同, 若 q 为负, 则 E 的方向与 r_0 的方向相反, 如图 10-2 所示。点电荷场强公式是计算带电体场强的基本公式。

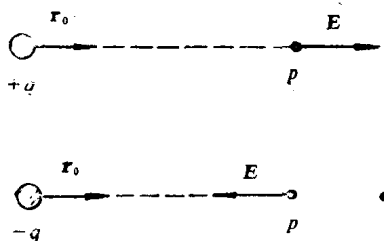


图 10-2

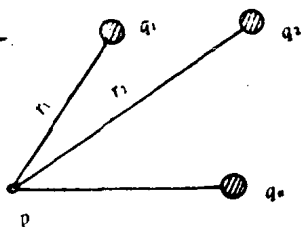


图 10-3

(2) 点电荷系电场中的场强

见图 10-3, 如果电场是由若干个电荷 $q_1, q_2, \dots, q_n$ 产生的, 则在空间任一点 p 的场强 E 是各点电荷单独存在时在 p 点产生的场强的矢量和, 即

$$E = \frac{q_1}{4\pi\epsilon_0 r_1^2} r_{10} + \frac{q_2}{4\pi\epsilon_0 r_2^2} r_{20} + \dots + \frac{q_n}{4\pi\epsilon_0 r_n^2} r_{n0}$$

$$E = \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{4\pi\epsilon_0 r_i^2} r_{i0} \quad (10-5)$$

(3) 电荷连续分布的带电体电场中的场强

如果带电体上的电荷是连续分布的, 可在带电体上取电

荷元 dq ，然后将所有电荷元产生的场强 $d\mathbf{E}$ 积分，即可得到带电体电场中的场强，由点电荷场强公式可知，电荷元 dq 产生的场强为

$$d\mathbf{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{dq}{r^2} \mathbf{r}_0.$$

若为线带电体，电荷线密度为 λ ，则 $dq = \lambda dl$ ，场强

$$\mathbf{E} = \int_L d\mathbf{E} = \int_L \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\lambda dl}{r^2} \mathbf{r}_0 \quad (10-6)$$

若为面带电体，电荷面密度为 σ ，则 $dq = \sigma dS$ ，场强

$$\mathbf{E} = \int_s d\mathbf{E} = \int_s \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\sigma dS}{r^2} \mathbf{r}_0 \quad (10-7)$$

若为体带电体，电荷体密度为 ρ ，则 $dq = \rho dV$ ，场强

$$\mathbf{E} = \int_v d\mathbf{E} = \int_v \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\rho dV}{r^2} \mathbf{r}_0 \quad (10-8)$$

注意，上述积分均为矢量积分，在计算时可采用分量计算，然后矢量迭加。

4. 真空中的高斯定理

1) 电力线

电场是看不见、摸不到的，因此，为了能形象地反映电场中场强的情况，引入电力线的概念，用电力线描绘电场能够给出电场一个清晰的物理图象。均匀电场的电力线是一组平行的直线，点电荷或带电球体的电力线是球对称辐射状。

(1) 电力线上每一点的切线方向都与该点的场强 $\mathbf{E}$ 的方向一致。

(2) 为了使电力线不仅表示电场中场强的方向，而且表示场强的大小，对电力线的根数作如下规定：在电场中任一

点, 通过垂直于场强 $\mathbf{E}$ 的单位面积的电力线数目等于该点场强 $\mathbf{E}$ 的量值。按这种规定, 电场强的地方, 电力线密; 电场弱的地方, 电力线疏。

应该注意, 采用电力线来描绘电场的目的在于形象地反映电场中场强的分布情况, 并不是电场中真有电力线存在。

2) 电通量

若电场是均匀的, 则电力线为一系列均匀分布的平行直线。在电场中想象一个平面。其面积为 S 并与 $\mathbf{E}$ 的方向垂直, 如图 10-4 所示。这样通过平面 S 的电力线数目为

$$\Phi_e = ES$$

Φ_e 称为通过该面积 S 的电通量或 $\mathbf{E}$ 通量。

如果面 S 为一曲面, 且场强不均匀, 则可在曲面上取一个无限小的面积元 dS , 使面 dS 上的电场可视为均匀, 则通过面 dS 的电力线数目为

$$d\Phi_e = E \cos \theta dS$$

θ 为面积元 dS 的法线 $\mathbf{n}$ 与该处 $\mathbf{E}$ 之间的夹角, 穿过曲面 S 的电通量为

$$\Phi_e = \int d\Phi_e = \int_S E \cos \theta dS = \int_S \mathbf{E} \cdot d\mathbf{S}$$

电通量是标量, 但有正负之分。规定: 曲面的外法线为正。

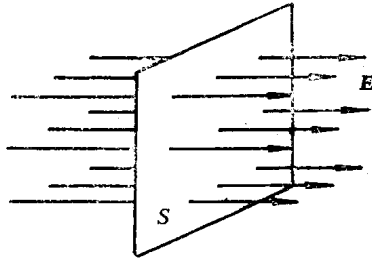


图 10-4

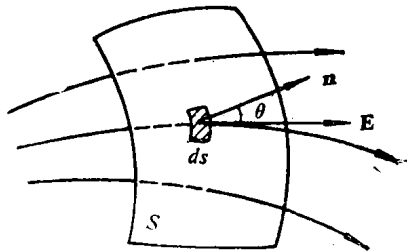


图 10-5

方向,当电力线穿出曲面时, θ 为锐角,电通量为正;当电力线穿进曲面时, θ 为钝角,电通量为负。

3) 真空中的高斯定理

$$\Phi_e = \oint_S \mathbf{E} \cdot d\mathbf{S} = \frac{\Sigma q}{\epsilon_0} \quad (10-9)$$

这就是真空中的高斯定理。它的物理意义为:在真空中的任何静电场中,通过任一闭合曲面的电通量等于这闭合曲面所包围的电荷的代数之和的 ϵ_0 分之一。

高斯定理说明静电场是有源的场。当 q 为正时, $\Phi_e > 0$, 电力线由正电荷发出; q 为负, $\Phi_e < 0$, 电力线终止于负电荷。电力线是有头有尾的。

在理解高斯定理时应注意:

(1) 高斯定理只说明通过闭合曲面的电通量由曲面内的净电荷决定,与曲面外有否电荷无关,曲面的选择不改变电场的分布。

(2) 净电荷 Σq 是曲面内电荷的代数和。 $\Sigma q = 0$, $\Sigma q > 0$ 或 $\Sigma q < 0$, 不表明曲面内没有电荷或只有正电荷或只有负电荷。

(3) $\Sigma q = 0$, 不表明曲面上各处的场强均为零。

(4) 曲面上的 $\mathbf{E}$ 是由空间所有的电荷(无论在曲面内或曲面外)产生的,并不是只由闭合曲面内所包围的电荷产生的。

4) 高斯定理除了说明静电场的性质外,尚可用它求某些特殊电场的场强,而且计算很方便。在解题时,首先要弄清电场的分布,其次通过欲求场强的点作一合适的曲面(又称高斯面),使曲面上的场强大小处处相等。方向与曲面垂直(组成闭合曲面的某些面可以与场强的方向平行),这样 E 就可以从