

大学物理精要

主编 尹国盛 张果义

河南科学技术出版社

大学物理精要

主编 尹国盛 张果义

大学物理精要

主编 尹国盛 张果义

责任编辑 刘嘉

河南科学技术出版社出版发行

郑州市农业路 73 号

邮政编码:450002 电话:(0371)5721450

中国科学院开封印刷厂印刷

开本:850×1168 1/32 印张:13.875 字数:340 千字

1997 年 8 月第 1 版 1997 年 8 月第 1 次印刷

印数:1—1500

ISBN 7-5349-2094-9/G·569 定价:22.80 元

内 容 提 要

本书精选了大学物理学的主要内容和重要解题方法,具有选材精简、叙述精练、分析精辟、覆盖面宽、综合性强、要点突出等特点。在内容编排上既注意到基本理论的系统性,又照顾到专题讨论和典型示例分析。全书分为力学、热学、电磁学、光学、原子物理学五篇,共 23 章。书中共选例题 118 个,习题 256 个,书末附有习题参考答案。该书可作为大学物理的后继课和考研人员的复习指南,也可用作理工科非物理专业、函授与自考等成人教育的教学参考书,还可供中学物理教师和有关的同志参考。

前 言

本书是在河南大学物理系高年级学生选修课所使用讲义的基础上改编而成的。全书不仅系统地归纳了大学物理中的各部分内容,而且深入地分析讨论了其中的重要概念、规律和计算方法。本书的特色主要体现在“精要”二字上。所谓“精”,是指选材力求精简,叙述力求精炼,分析力求精辟,提炼了大学物理中的精髓,尽量体现少而精的原则;所谓“要”,是指大学物理中的主要内容和重要计算方法,它既包括主要概念、定律、定理和公式,也包括要点、难点和易错、易混的问题,还包括近年来编著者的重要教学经验和科研成果等。

参阅本书可使读者在学习大学物理的基础上进一步开阔思路,更深入地掌握大学物理的基本概念和规律,更灵活地运用所学知识求解各种类型的物理习题,从而提高分析问题和解决问题的能力。这对从事中学物理教学、大学物理教学和物理研究的人员来说都是大有帮助的。同时,对报考理工科硕士研究生的人员来说,本书可作为大学物理学的复习指南。书中所选题目具有覆盖面宽、综合性强、灵活多样、内容新颖等特点,它可以帮助考生更好地准备应试,是考生的良师益友。

全书共分 23 章,由赵信担任主审。尹国盛、张果义担任主编,李蕴才、黄明举、董兴法、栗增、马宋善担任副主编。编著人员的分工为:夏晓智,第一、四、九章;尹国盛,第二、三章;黄明举,第五、六章;顾玉宗,第七、八章;苏海涛,第十、十三章;张果义,第十一、十四章;马宋善,第十二、十九章;董兴法,第十五、十八章;李蕴才,第十六、十七章;栗增,第二十、二十二章;阎峻,第二十一、二十三章。

原讲义已使用多年, 历经修改, 凝聚着各位任课教师的教学经验和体会; 在编著本书的过程中, 除参阅书末所附书目外, 还参阅了国内、外其它有关书籍、杂志和近年来各兄弟院校的考研试题等, 并采纳了河南师范大学物理系部分教师的宝贵建议; 在出版过程中, 得到了出版社和印刷厂的领导及有关同志的大力支持. 在此, 我们一并表示衷心的感谢, 并恳请读者、同行在使用该书的过程中, 对其中的不足之处予以批评指正.

编著者

1996 年 12 月

目 录

第一篇 力 学

第一章 质点运动学和牛顿运动定律

§ 1.1 质点运动的描述	(3)
§ 1.2 直线运动和平面曲线运动	(7)
§ 1.3 牛顿运动定律	(13)
习题	(22)

第二章 功和能

§ 2.1 功和功率	(25)
§ 2.2 动能和势能	(28)
§ 2.3 功能原理和机械能守恒定律	(31)
习题	(35)

第三章 动量和角动量

§ 3.1 动量 动量定理	(37)
§ 3.2 动量守恒定律	(43)
§ 3.3 球的正碰	(44)
§ 3.4 角动量 角动量守恒定律	(50)
习题	(53)

第四章 刚体力学

§ 4.1 质心运动与平动	(58)
§ 4.2 刚体的定轴转动	(60)
§ 4.3 刚体的平面平行运动	(66)

§ 4.4	刚体的角动量	(71)
§ 4.5	刚体的平衡	(75)
	习题	(77)
第五章 振动和波		
§ 5.1	简谐振动	(81)
§ 5.2	波动学基础	(88)
	习题	(92)
 第二篇 热 学		
第六章 温度和气体物态方程		
§ 6.1	温度和温标	(97)
§ 6.2	气体物态方程	(102)
	习题	(106)
第七章 气体动理论		
§ 7.1	气体动理论的基本概念	(109)
§ 7.2	理想气体的压强和温度的统计意义	(113)
§ 7.3	气体分子的速率分布律	(114)
§ 7.4	麦克斯韦速度分布律和玻尔兹曼分布律	(119)
§ 7.5	动能均分定理 气体的热力学能	(121)
	习题	(124)
第八章 热力学定律		
§ 8.1	热力学第一定律	(128)
§ 8.2	热力学第一定律的应用	(132)
§ 8.3	热力学第二定律和熵	(146)
	习题	(152)
第九章 相变		
§ 9.1	相变及其特征	(156)

§ 9.2 气液相变的等温线	(157)
§ 9.3 克拉珀龙方程	(161)
习题	(163)

第三篇 电磁学

第十章 静电学

§ 10.1 真空中的静电场	(167)
§ 10.2 静电场中的导体	(176)
§ 10.3 电介质中的静电场	(182)
习题	(187)

第十一章 恒定电流和电路

§ 11.1 恒定电路的基本概念和导电规律	(189)
§ 11.2 基尔霍夫方程组	(195)
§ 11.3 无源二端线性网络等值电阻算法	(199)
习题	(205)

第十二章 恒定磁场

§ 12.1 恒定磁场的基本概念和规律	(208)
§ 12.2 磁场对运动电荷和载流导体的作用	(214)
§ 12.3 磁介质	(218)
习题	(223)

第十三章 电磁感应和电磁场

§ 13.1 电磁感应的基本概念和规律	(227)
§ 13.2 自感和互感	(233)
§ 13.3 暂态过程	(238)
§ 13.4 电磁场和电磁波	(241)
习题	(246)

第十四章 交流电路

§ 14.1 简谐交流电和交流电路求解法	(250)
§ 14.2 功率和功率因数	(257)
§ 14.3 串联谐振和并联谐振	(261)
习题	(263)

第四篇 光 学

第十五章 几何光学

§ 15.1 几何光学的基本概念和规律	(269)
§ 15.2 近轴物点和近轴光线成像	(271)
§ 15.3 理想光具组及其复合系统	(279)
习题	(284)

第十六章 光的干涉

§ 16.1 光波干涉的基本原理	(288)
§ 16.2 获得相干光源的基本方法	(291)
§ 16.3 法布里-珀罗干涉仪	(299)
习题	(301)

第十七章 光的衍射

§ 17.1 光的衍射现象和惠更斯-菲涅耳原理	(305)
§ 17.2 菲涅耳衍射	(307)
§ 17.3 夫琅和费衍射	(310)
§ 17.4 平面衍射光栅	(312)
§ 17.5 光学系统的分辨本领	(315)
习题	(320)

第十八章 光的偏振

§ 18.1 光的横波性与五种偏振态	(323)
§ 18.2 双折射及晶体光学器件	(325)
§ 18.3 椭圆偏振光和圆偏振光	(330)

§ 18.4 偏振光的干涉	(334)
习题	(336)
第十九章 光与物质的相互作用 光的量子性	
§ 19.1 光的吸收、色散和散射	(340)
§ 19.2 热辐射	(342)
§ 19.3 光电效应 康普顿效应	(344)
§ 19.4 光的波粒二象性	(345)
习题	(348)

第五篇 原子物理学

第二十章 单电子原子

§ 20.1 氢原子光谱和玻尔的氢原子理论	(353)
§ 20.2 原子核运动对光谱的影响	(357)
§ 20.3 类氢离子和里德伯原子	(360)
§ 20.4 玻尔-索末菲模型	(363)
§ 20.5 原子中电子轨道磁矩和空间量子化	(367)
习题	(370)

第二十一章 多电子原子

§ 21.1 碱金属原子光谱和原子结构	(372)
§ 21.2 碱金属光谱的精细结构和电子自旋	(374)
§ 21.3 氦原子 非等效电子	(378)
§ 21.4 泡利不相容原理 等效电子	(382)
§ 21.5 辐射跃迁的普用选择定则	(386)
§ 21.6 原子的电子壳层结构	(388)
习题	(389)

第二十二章 在磁场中的原子

§ 22.1 原子的磁矩	(391)
--------------------	---------

§ 22.2	原子在不均匀场中的表现	(394)
§ 22.3	原子在磁场中获得的附加能量	(397)
§ 22.4	塞曼效应	(398)
习题		(401)
第二十三章 原子核物理		
§ 23.1	原子核的结合能	(402)
§ 23.2	原子核的衰变	(405)
§ 23.3	α 衰变	(409)
§ 23.4	β 衰变	(413)
§ 23.5	γ 衰变	(413)
§ 23.6	原子核反应	(415)
§ 23.7	核反应能	(420)
习题		(425)
习题答案		(426)
主要参考书目		(431)

第一篇 力 学

第一章 质点运动学和牛顿运动定律

质点运动学研究的是质点位置随时间的变动以及各运动物理量之间的关系。牛顿运动定律研究的乃是质点运动状态变化和其受力的关系。

§ 1.1 质点运动的描述

一个质点的运动, 可以用位矢、位移、速度和加速度四个物理量来描述。

一、位矢: 描写质点在空间中的位置

要讨论质点位置随时间的变化, 首先要确切描写质点的位置。

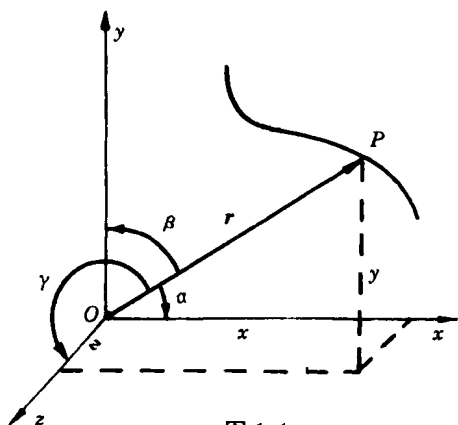


图 1.1

由参照系上的参考点引向质点所在位置的矢量, 称为质点的位置矢量, 简称位矢, 通常用符号 r 表示, 如图 1.1 所示。

在参照系上建立坐标系 $O - xyz$, 令原点与参考点重合, 则有

$$r = x\hat{i} + y\hat{j} + z\hat{k},$$

其中 $\hat{i}$ 、 $\hat{j}$ 、 $\hat{k}$ 分别为沿

x 、 y 、 z 轴正方向的单位矢量, x 、 y 、 z 称作位置坐标, 它们是 $\mathbf{r}$ 分别在三个坐标轴上的投影, 利用它们亦可表示位矢的大小和方向.

$\mathbf{r}$ 的大小 $r = |\mathbf{r}| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$, 方向余弦 $\cos \alpha = x/r$, $\cos \beta = y/r$, $\cos \gamma = z/r$.

质点机械运动是质点的空间位置随时间变化的过程, 质点运动中的每一时刻, 均有一定的位矢与之对应, 即位矢 $\mathbf{r}$ 是时间 t 的函数,

$$\mathbf{r} = \mathbf{r}(t), \quad (1.1)$$

或 $x = x(t), \quad y = y(t), \quad z = z(t).$

这种表示质点位置随时间变化的规律的数学表达式, 称为质点的运动学方程. 它不仅给出了质点运动的轨迹的形状, 而且给出了质点在轨迹上是如何随时间而运行的.

二、位移: 描写质点位置变动的大小和方向

如图 1.2 所示, 自质点初位置引向 Δt 时间后末位置的矢量, 称为质点在这段时间内的位移, 记作 $\Delta \mathbf{r}$, 即

$$\Delta \mathbf{r} = \mathbf{r}(t + \Delta t) - \mathbf{r}(t) = \mathbf{r}_{\text{末}} - \mathbf{r}_{\text{初}}. \quad (1.2)$$

位移是描述运动质点在某段时间内相对于坐标系位置状态变化情况的物理量, 它是位矢 $\mathbf{r}$ 在 Δt 时间内的增量. 在直角坐标系里, 质点的位移可表述为

$$\Delta \mathbf{r} = \Delta x \hat{i} + \Delta y \hat{j} + \Delta z \hat{k}.$$

这里需要注意以下几个问题:

(1) 位矢与位移的区别: 前者与一确定时刻相对应, 是瞬时量; 后者与一定的时间间隔相对应, 是过程量.

(2) 位移与路程的区别: 前者是矢量, 是在一定时间内质点位置变动的总效果; 后者是标量, 是在一定时间内质点在其轨迹上所经过的路径的总长度.

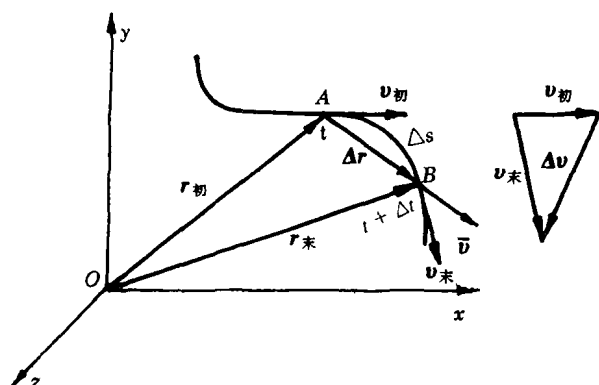


图 1.2

一般情况下,有限位移的数值并不代表质点运动的路程. 只有在 $\Delta t \rightarrow 0$ 时的极限情况下的位移,即微分位移,其数值才与质点运动路程相同,即 $|\mathrm{d}\mathbf{r}| = \mathrm{d}s$. 对于有限的位移来说,只有在质点作直线直进的情况下,位移的大小才等于路程.

(3) $|\Delta\mathbf{r}|$ 、 $\Delta|\mathbf{r}|$ 和 Δr 三种符号的含义和区别:因为 $\mathbf{r}$ 和 $|\mathbf{r}|$ 都代表位矢 $\mathbf{r}$ 的模或长度,所以 Δr 和 $\Delta|\mathbf{r}|$ 完全相同. 又因 $|\Delta\mathbf{r}|$ 是位移矢量的模,故一般情况下, $|\Delta\mathbf{r}|$ 并不等于 Δr 或 $\Delta|\mathbf{r}|$, 只有在直线直进的情况下,它们才相等.

三、速度:描写质点位置变动的快慢和方向

质点在某时刻 t 至 $t + \Delta t$ 时间内平均速度 $\Delta\mathbf{r}/\Delta t$ 在 $\Delta t \rightarrow 0$ 时的极限,称为质点在 t 时刻的瞬时速度,简称速度,用 $\mathbf{v}$ 表示,即

$$\mathbf{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} (\Delta\mathbf{r}/\Delta t) = \mathrm{d}\mathbf{r}/\mathrm{d}t. \quad (1.3)$$

速度是精确描述运动质点在某时刻位置变动快慢和运动方向的物