



“十一五”规划教材

物理学导论

查新未 编著



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS



“十一五”规划教材

主要内容

物理学导论



查新未 编著

西安交通大学出版社

地址：西安交通大学南大街

电话：(029) 82669312

邮编：710049

网址：http://www.xjtu.edu.cn

ISBN 7-57-2905-7

定价：25.00元



内 容 提 要

本教材根据教育部颁布的关于大学物理教学的有关文件精神,立足当前国内外物理学教育的现状,从现代社会对高素质人才培养的总体要求出发,结合编者多年教学经验编写而成。内容包括质点运动学、运动定律与守恒定律、气体动理论和热力学、静电场、稳恒磁场、电磁感应、机械振动与机械波、波动光学基础、近代物理基础。为了便于读者学习和掌握书中的内容,各章节配有一定的例题和同步练习题。本书特点为:内容精练,特色鲜明,分量适中,概念清晰,侧重基础,兼顾前沿。

本书可作为高等院校的少学时理工类和非理工类学生的大学物理教材,也可作为成人教育、高职院校的教材。

图书在版编目(CIP)数据

物理学导论/查新未编著,一西安:西安交通大学出版社,2007.9

(“十一五”规划教材)

ISBN 978-7-5605-2542-6

I. 物… II. 查… III. 物理学-高等学校-教材 IV. 04

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 136607 号

书 名:物理学导论

编 著:查新未

出版发行:西安交通大学出版社

地 址:西安市兴庆南路 10 号(邮编:710049)

电 话:(029)82668357 82667874(发行部)

(029)82668315 82669096(总编办)

印 刷:西安建筑科技大学印刷厂

字 数:261 千字

开 本:727 mm×960 mm 1/16

印 张:14.5

版 次:2007 年 9 月第 1 版 2007 年 9 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 978-7-5605-2542-6/O·244

定 价:22.00 元

版权所有 侵权必究

前 言

近年来,随着高等教育体制改革的深入和高校的扩招,我国的高等教育事业得到了前所未有的发展,这对培养面向 21 世纪高素质的高级应用型人才和提高全民族的整体文化素质起到了积极的推动作用,也对社会的政治、经济、文化以及人们的观念产生了深刻的影响。如何提高高等教育人才的科学文化素质,已成为社会普遍关注的重大问题。

物理学是研究世界最基本、最普遍规律的学科,物理学的思想、方法、科学观点,在人才的培养中有着极其重要的地位和作用。为少学时理工类或非理工类专业提供一套面向 21 世纪、具有一定特色、难度合适、深入浅出、篇幅不大、易教易学的大学物理教材也就成了迫切需要。因此本书在内容的选取上紧紧围绕大学物理课程的基本要求,在编写过程中形成了以下独特的风格。

1. 在教材整体规划上,考虑到少学时对物理学课程的要求和特点,注重了物理学方法、科学思维能力和创新意识的培养,有完整的基本内容体系。

2. 在教材的体系框架上,参照我国通用教材的优秀传统模式,按照力学、热学、电磁学、机械振动与机械波、光学、近代物理基础的体系编排,以便于教学中对其他相关书籍的参考。

3. 在内容的选取上,本书侧重对基本物理概念、物理思想方法的讲述,同时对经典内容进行了优化,使学生在较少的学时内掌握物理学的基础知识,为其他相关专业知识的学习奠定基础。书中每一章后附有总结和一定数量的练习题,以利于学生对所学知识的巩固和掌握。

4. 在教学内容中体现启发式、师生互动的特点。在各章节中,穿插一定的思考问题,给学生留有思考时间,使教和学真正统一起来。

本教材配套电子教案可以在西安交通大学出版社网站(<http://ligong.xjtu-press.com>)上免费下载。

本书编写过程中得到了西安邮电学院应用数理系许多老师的大力支持,王力强老师编写了各章的同步练习题及解答。

2.2	牛顿定律的应用	(17)
2.2.1	自然界常见的力	(17)
2.2.2	牛顿运动定律的应用	(19)
2.3	动量和动量定理	(21)
2.3.1	质点的动量定理	(21)
2.3.2	质点系的动量定理	(22)
2.3.3	动量守恒定律	(22)
2.4	功和能	(24)
2.4.1	功	(24)
2.4.2	功率	(25)
2.4.3	常见力的功	(26)
2.5	动能定理	(27)
2.5.1	质点的动能定理	(27)
2.5.2	质点系的动能定理	(28)
2.5.3	一对内力的功	(28)
2.5.4	保守力的功和势能	(29)
2.5.5	功能原理	(30)
2.5.6	机械能守恒定律	(31)
2.5.7	能量守恒定律	(32)
2.6	角动量和角动量守恒定律	(33)
2.6.1	质点的角动量	(33)
2.6.2	力矩	(34)
2.6.3	质点的角动量定理	(34)
2.7	刚体的定轴转动	(36)
2.7.1	刚体定轴转动的描述	(36)
2.7.2	转动动能 转动惯量	(37)
2.7.3	刚体绕定轴转动的角动量	(38)
2.7.4	刚体定轴转动的角动量定理 角动量守恒定律	(39)
2.7.5	刚体定轴转动的转动定律	(39)
2.7.6	力矩的功 动能定理	(40)
	本章小结	(42)
	同步练习	(44)

第3章 气体动理论和热力学	(47)
3.1 气体分子的微观图像	(47)
3.1.1 分子运动的基本概念	(47)
3.1.2 理想气体的微观模型	(48)
3.1.3 理想气体的压强和温度	(49)
3.1.4 能量按自由度均分定律——理想气体的内能	(52)
3.1.5 麦克斯韦气体分子速率分布律	(54)
3.1.6 分子的平均自由程	(57)
3.2 热力学第一定律	(59)
3.2.1 热力学第一定律	(59)
3.2.2 热力学第一定律的应用	(61)
3.3 热力学第二定律	(66)
3.3.1 循环过程	(66)
3.3.2 卡诺循环	(67)
3.3.3 热力学第二定律	(68)
3.3.4 熵 熵增加原理	(69)
本章小结	(70)
同步练习	(72)
第4章 静电场	(74)
4.1 电场强度	(74)
4.1.1 电荷 库仑定律	(74)
4.1.2 电场强度	(75)
4.1.3 场强叠加原理	(76)
4.2 电通量 高斯定理	(79)
4.2.1 电场线 电通量	(79)
4.2.2 高斯定理	(80)
4.2.3 高斯定理的应用	(81)
4.3 静电场环路定理 电势	(84)
4.3.1 电场力的功、环路定理	(84)
4.3.2 电势能 电势	(85)

(71) 4.3.3 电势的叠加原理	(86)
(74) 4.4 场强与电势梯度的关系	(88)
(75) 4.4.1 等势面	(88)
(81) 4.4.2 场强与电势梯度的关系	(89)
(84) 4.5 静电场中的导体	(90)
(85) 4.5.1 导体的静电平衡	(90)
(16) 4.5.2 静电屏蔽	(91)
(84) 4.6 电容 电容器	(92)
(88) 4.6.1 孤立导体的电容	(92)
(88) 4.6.2 电容器	(92)
(18) 4.6.3 电场中的电介质	(95)
(88) 4.6.4 电介质中的静电场	(96)
(84) 4.7 电场的能量	(98)
(78) 4.7.1 带电系统的能量	(98)
(88) 4.7.2 电场的能量	(99)
(89) 本章小结	(101)
(107) 同步练习	(102)
(137)	长海书局
第 5 章 稳恒磁场	(105)
(15) 5.1 磁感应强度	(105)
(17) 5.1.1 磁感应强度	(105)
(17) 5.1.2 磁通量	(106)
(27) 5.1.3 磁场的高斯定理	(106)
(85) 5.2 毕奥-萨伐尔定律	(107)
(87) 5.2.1 毕奥-萨伐尔定律	(107)
(107) 5.2.2 毕奥-萨伐尔定律应用举例	(108)
(108) 5.2.3 运动电荷的磁场	(110)
(151) 5.3 安培环路定律	(111)
(15) 5.4 带电粒子在磁场中运动	(113)
(148) 5.4.1 磁场对运动电荷的作用力	(113)
(138) 5.4.2 霍尔效应	(114)
5.5 磁场对电流的作用	(115)

(8) 5.5.1 安培定律	(115)
(9) 5.5.2 磁场对载流线圈的作用	(116)
(10) 5.6 磁介质中的磁场	(118)
(11) 5.6.1 磁介质的分类	(118)
(12) 5.6.2 铁磁质	(119)
(13) 本章小结	(121)
(14) 同步练习	(121)
(15)	
第 6 章 电磁感应	(125)
(16) 6.1 法拉第电磁感应定律	(125)
(17) 6.1.1 电动势	(125)
(18) 6.1.2 法拉第电磁感应定律	(126)
(19) 6.2 动生电动势和感生电动势	(128)
(20) 6.2.1 动生电动势	(128)
(21) 6.2.2 涡旋电场 感生电动势	(129)
(22) 6.3 自感与互感	(130)
(23) 6.3.1 自感	(130)
(24) 6.3.2 互感	(131)
(25) 6.4 磁场能量	(133)
(26) 6.5 麦克斯韦方程组	(134)
(27) 6.5.1 位移电流	(134)
(28) 6.5.2 麦克斯韦方程组	(135)
(29) 本章小结	(137)
(30) 同步练习	(138)
(31)	
第 7 章 机械振动与机械波	(140)
(32) 7.1 简谐振动	(140)
(33) 7.1.1 简谐振动的表达式	(140)
(34) 7.1.2 谐振动的特征量	(141)
(35) 7.1.3 谐振动的能量	(142)
(36) 7.1.4 谐振动的旋转矢量表示	(144)
(37) 7.2 阻尼振动和受迫振动	(146)

7.2.1	阻尼振动	(146)
7.2.2	受迫振动,共振	(147)
7.3	简谐振动的合成	(148)
7.3.1	数学合成	(148)
7.3.2	旋转矢量法合成	(149)
7.4	机械波	(150)
7.4.1	机械波的基本概念	(150)
7.4.2	平面简谐波的表达式	(152)
7.5	波的能量	(156)
7.5.1	波的能量和能量密度	(156)
7.5.2	波的强度	(158)
7.6	波的干涉	(158)
7.6.1	波的叠加原理	(158)
7.6.2	波的干涉	(159)
*7.6.3	驻波	(160)
	本章小结	(162)
	同步练习	(163)
第 8 章 波动光学基础 (166)		
8.1	光的干涉	(166)
8.1.1	相干光 获得相干光的方法	(166)
8.1.2	杨氏干涉实验	(167)
8.1.3	光程与光程差	(169)
8.1.4	薄膜干涉	(171)
8.2	光的衍射	(176)
8.2.1	惠更斯-菲涅耳原理	(176)
8.2.2	单缝的夫琅禾费衍射	(177)
8.2.3	圆孔夫琅禾费衍射 瑞利判据	(180)
8.2.4	光栅衍射	(182)
8.3	光的偏振	(185)
8.3.1	自然光 偏振光	(185)
8.3.2	偏振片的起偏和检偏 马吕斯定律	(187)

8.3.3 反射和折射产生的偏振 布儒斯特定律	(189)
本章小结	(191)
同步练习	(192)
第9章 近代物理基础	(194)
9.1 狭义相对论基础	(194)
9.1.1 经典时空观	(194)
9.1.2 狭义相对论的基本假设	(196)
9.1.3 狭义相对论的时空观	(197)
9.2 量子物理	(200)
9.2.1 普朗克量子假设	(200)
9.2.2 光电效应 光量子	(203)
9.2.3 氢原子光谱——原子结构的量子化	(205)
9.2.4 微观粒子的波粒二象性 不确定度关系	(208)
* 9.2.5 不确定关系	(209)
本章小结	(211)
同步练习	(212)
习题参考答案	(214)
参考文献	(219)

注:带“*”内容可以选讲。

第 1 章

质点运动学

自然界的一切物质都在不停地运动,其运动形式也是多种多样。机械运动是最简单、最基本的运动。本章从几何的观点来描述物体在运动过程中位置随时间变化的关系,而不考察引起物体运动和运动状态改变的原因。

1.1 理想模型 质点 参考系

1.1.1 理想模型

任何实际的问题都是非常复杂的,为了寻找问题中最本质、最基本的规律,在物理学中,首先必须对实际对象进行简化,确定影响运动的主要因素,以建立与其主要影响因素相应的理想模型。

物理学理论建立在理想模型基础之上,实际情况能否适用,要看实际对象是否可以简化为相应的理想模型。

1.1.2 质 点

任何物体都有一定的大小和形状,物体运动时,物体上不同的位置其运动状态一般也不相同。但在所研究的问题中,如果物体的形状和大小可以忽略,就可将其简化为一个具有质量的点,这个几何点叫做质点。

质点是力学中的理想模型。一个物体是否视为质点,要看问题的性质而定。例如,研究地球绕太阳公转时,由于地球半径比地球与太阳的距离小得多,这时可把地球当做质点看待。但在研究地球自转时,再视地球为质点,显然就无实际意义。

质点运动是研究物体运动的基础,进一步研究物体的运动时,常把整个物体看做由无数个质点组成,分析这些质点的运动,就可弄清楚整个物体的运动。

1.1.3 参考系

运动是绝对的,而运动的描述是相对的。因此,要研究一个物体的运动必须先选择另一个物体作为参考,这个被选做参考的物体叫做参考系。例如,当物体在地

面上运动时,常将地面或地面上静止的物体作为参考系;而观察轮船的航行时,常将河岸或河岸上静止的物体作为参考系。

章 1 策

1.2 质点运动的描述

质点运动

1.2.1 位置矢量 运动方程 位移

1. 位置矢量

在选择参考系之后,为了定量描述质点运动的位置及位置变化的规律,必须在参考系上选择一个固定的坐标系。一般在参考系上选定一点作为坐标系的原点。设一质点 t 时刻运动到空间中的 P 点。在确定的坐标系中,从原点 O 到 P 所画的矢量 r 就叫做 t 时刻质点的位置矢量,简称位矢,如图 1-1 所示。

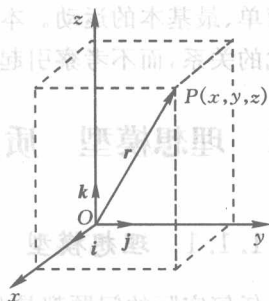


图 1-1 P 点的位置矢量 r 和它的坐标 (x, y, z)

为了解题的方便,可选择不同的坐标系。最常用的坐标系是直角坐标系,如图 1-1 所示。在直角坐标系中,位置矢量可表示为

$$r = xi + yj + zk \tag{1-1}$$

所以,位置矢量的大小为 _____。

2. 运动方程

当质点运动时,其位置是随时间变化的,所以位置矢量是时间 t 的函数,通常写做

$$r = r(t) = x(t)i + y(t)j + z(t)k \tag{1-2a}$$

式(1-2a)又叫做质点的运动方程。也可写成

$$x = x(t) \quad y = y(t) \quad z = z(t) \tag{1-2b}$$

式(1-2b)为式(1-2a)的分量式。由式(1-2b)中消去参数即可得到质点运动的轨迹方程。

3. 位移

设质点 t_1 时刻位于 P_1 点, t_2 时刻位于 P_2 点,从 P_1 向 P_2 的矢量 Δr 叫做 Δt 时间内质点的位移,如图 1-2 所示。

由矢量图可知位移矢量与始末时刻位置矢量的关系为

$$\Delta r = r_2 - r_1 \tag{1-3}$$

位移矢量 Δr 是矢量,既有大小又有方向,其大小为矢量 Δr 的模 $|\Delta r|$ 。

位移是描述质点位置变化的物理量,它只表示质点位置变化的实际结果,并不一定是质点所经历的路程 Δs 。位移是矢量,路程是标量,所以质点的位移与质点的路程是两个完全不同的概念。

如图 1-2 所示,一般情况下,位移大小 $|\Delta r|$ 与路程 Δs _____ (相等/不相等)。

若 $\Delta t \rightarrow 0$,则位移大小 $|\Delta r|$ 与路程 Δs _____ (相等/不相等)。

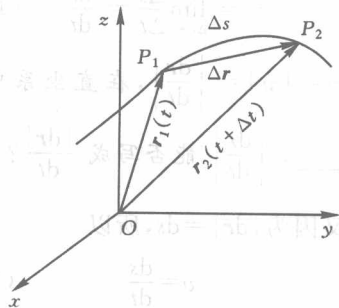


图 1-2 曲线运动中的位移

位置矢量和位移矢量都是与质点位置有关的用来描述质点运动的矢量,但位置矢量与参考点有关,而位移矢量与参考点无关。

1.2.2 速度矢量

位移是描述质点位置变化的物理量,但它并不能描述质点位置变化的快慢。为描述质点位置变化的快慢,引入速度矢量。设 t 时刻质点位于 P_1 点, $t + \Delta t$ 时刻位于 P_2 点, Δt 时间内质点运动的平均速度定义为 Δt 时间间隔内的位移 Δr 与时间间隔 Δt 之比,即

$$\bar{v} = \frac{\Delta r}{\Delta t} \quad (1-4)$$

Δt 时间间隔内平均速度的方向与相应位移矢量的方向相同,其值与 Δt 有关。

显然,用平均速度描述质点的运动是比较粗的,为更精确地知道质点在某一时刻或某一位置的运动情况,应使 Δt 尽量小,即 $\Delta t \rightarrow 0$,则这个平均速度的极限就表示 t 时刻质点的瞬时速度(简称速度),它与附近的平均速度有如下关系

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta r}{\Delta t} = \frac{dr}{dt} \quad (1-5a)$$

速度的方向沿着该时刻质点所在处运动轨迹的切线而指向运动的前方,它反映了 t 时刻质点的运动状态,如图 1-3 所示。

由于在直角坐标系中,位置矢量可表示为 $r = xi + yj + zk$ 所以速度可表示为 _____。

速度的大小叫速率,用 v 表示

$$v = \lim_{\Delta s \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{ds}{dt} \quad (1-5b)$$

即有 $v = |\boldsymbol{v}| = \left| \frac{d\boldsymbol{r}}{dt} \right|$, 在直角坐标系中 $v =$

_____ , $\left| \frac{d\boldsymbol{r}}{dt} \right|$ 能否写成 $\frac{|d\boldsymbol{r}|}{dt}$?

又因为 $|d\boldsymbol{r}| = ds$, 所以

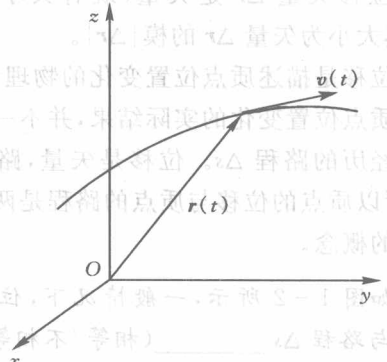
$$v = \frac{ds}{dt} \quad (1-5c)$$

说明速率等于质点走过的路程对时间的变化率, 即瞬时速率就是瞬时速度的模。

可以看出式(1-5b)与式(1-5c)完全一

致。

图 1-3 速度矢量



1.2.3 加速度矢量

质点运动时, 其速度的大小和方向一般都是随 t 变化的, 为研究速度变化的情况, 引入加速度。

设质点 t 时刻位于 P_1 点, 速度为 \boldsymbol{v} , $t + \Delta t$ 时刻位于 P_2 点, 速度为 $\boldsymbol{v} + \Delta\boldsymbol{v}$, 则 Δt 时间间隔内速度的增量为 $\Delta\boldsymbol{v}$ 。类似于速度概念的建立, Δt 时间内质点运动的平均加速度定义为: Δt 时间间隔内的速度的增量 $\Delta\boldsymbol{v}$ 与时间间隔 Δt 之比, 即

$$\bar{\boldsymbol{a}} = \frac{\Delta\boldsymbol{v}}{\Delta t} \quad (1-6)$$

同理, 瞬时加速度为

$$\boldsymbol{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\boldsymbol{v}}{\Delta t} = \frac{d\boldsymbol{v}}{dt} \quad (1-7a)$$

或写成

$$\boldsymbol{a} = \frac{d^2\boldsymbol{r}}{dt^2} \quad (1-7b)$$

在直角坐标系中, 加速度矢量可表示为

$$\boldsymbol{a} = \frac{d^2\boldsymbol{r}}{dt^2} = \frac{d^2x}{dt^2}\boldsymbol{i} + \frac{d^2y}{dt^2}\boldsymbol{j} + \frac{d^2z}{dt^2}\boldsymbol{k} \quad (1-8)$$

则加速度的大小为 _____

在国际单位制(SI)中, 位置矢量的单位是米(m), 速度和加速度的单位分别是米/秒(m/s)和米/秒²(m/s²)。

例 1-1 已知质点的运动方程为 $x = 1 + 2t^2$, $y = 2t + t^2$ 。求 $t = 2$ s 时质点的

位置矢量、速度矢量和加速度矢量(式中 x, y 以 m 计)。

分析 由于质点的运动方程已给出,则利用式(1-2a)可写出任意时刻的位置矢量,进一步由式(1-5)、式(1-7)求出质点在任意时刻的速度和加速度,将 $t=2$ s 代入即得所求结果。

解 由式(1-2a),质点的位置矢量为

$$\boldsymbol{r} = \boldsymbol{r}(t) = x(t)\boldsymbol{i} + y(t)\boldsymbol{j} = (1 + 2t^2)\boldsymbol{i} + (2t + t^2)\boldsymbol{j}$$

利用式(1-5),有任意时刻的速度

$$\boldsymbol{v} = \frac{d\boldsymbol{r}}{dt} = 4t\boldsymbol{i} + (2 + 2t)\boldsymbol{j}$$

利用式(1-7),有任意时刻的加速度

$$\boldsymbol{a} = \frac{d\boldsymbol{v}}{dt} = 4\boldsymbol{i} + 2\boldsymbol{j}$$

则 $t=2$ s 时

$$\text{质点的位置} \quad \boldsymbol{r} = 9\boldsymbol{i} + 8\boldsymbol{j}$$

$$\text{质点的速度} \quad \boldsymbol{v} = 8\boldsymbol{i} + 6\boldsymbol{j}$$

$$\text{质点的加速度} \quad \boldsymbol{a} = 4\boldsymbol{i} + 2\boldsymbol{j}$$

可以看出,质点运动的加速度 \boldsymbol{a} 为常矢量。

该质点速度大小 _____ 和加速度大小 _____。

例 1-2 设质点运动方程为

$$\boldsymbol{r} = R\cos\omega t\boldsymbol{i} + R\sin\omega t\boldsymbol{j}$$

式中, ω, R 是大于零的常量。求:(1)任意时刻质点运动的速度和速度的大小;(2)任意时刻质点运动的加速度及加速度的大小。

分析 已知质点运动方程,求质点运动的速度,可由式(1-5)解出;同理,由式(1-7)可解出加速度及加速度的大小。

解 (1)由位置矢量与速度、加速度的基本关系得

$$\boldsymbol{v} = \frac{d\boldsymbol{r}}{dt} = -R\omega\sin\omega t\boldsymbol{i} + R\omega\cos\omega t\boldsymbol{j}$$

即

$$v_x = \frac{dx}{dt} = -R\omega\sin\omega t$$

$$v_y = \frac{dy}{dt} = R\omega\cos\omega t$$

则速度的大小为

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = R\omega$$