



U

大学物理学

Physics

主编 何丽珠 武青 周旭波

高等教育出版社

University

大学物理学

Physics

主编 何丽珠 武青 周旭波
编委 王清涛 栾世军 曾兵
吴运平 杨淑丽 童家明
任玉英 崔春玲 王文娟

高等教育出版社·北京

内容提要

本教材针对大学物理课程课时较少的情况,以教育部高等学校物理学与天文学教学指导委员会编制的《理工科类大学物理课程教学基本要求》(2010年版)中的核心内容为框架,弱化理论推导,力求避免使用复杂的术语和公式,注重内容的实用性。

全书共15章,每章配有章首问题和解答,章中思考题紧扣各个知识点,章末有本章知识要点总结和习题。

本书可作为高等学校理工科非物理类专业大学物理课程的教材,也可供社会读者阅读及自学。

图书在版编目(CIP)数据

大学物理学/何丽珠,武青,周旭波主编. -- 北京:高等教育出版社,2018.1

ISBN 978-7-04-048836-4

I. ①大… II. ①何… ②武… ③周… III. ①物理学-高等学校-教材 IV. ①O4

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第274771号

策划编辑 缪可可
插图绘制 杜晓丹

责任编辑 缪可可
责任校对 吕红颖

封面设计 姜磊
责任印制 韩刚

版式设计 杜微言

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
印 刷 唐山市润丰印务有限公司
开 本 787 mm×1092 mm 1/16
印 张 27.5
字 数 640千字
购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.hepmall.com.cn>
<http://www.hepmall.com>
<http://www.hepmall.cn>
版 次 2018年1月第1版
印 次 2018年1月第1次印刷
定 价 54.00元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物 料 号 48836-00

大学物理学

何丽珠
武青
周旭波

- 1 电脑访问<http://abook.hep.com.cn/1250626>, 或手机扫描二维码、下载并安装 Abook 应用。
- 2 注册并登录, 进入“我的课程”。
- 3 输入封底数字课程账号(20位密码, 刮开涂层可见), 或通过 Abook 应用扫描封底数字课程账号二维码, 完成课程绑定。
- 4 点击“进入学习”, 开始本数字课程的学习。



课程绑定后一年为数字课程使用有效期。受硬件限制, 部分内容无法在手机端显示, 请按提示通过电脑访问学习。

如有使用问题, 请发邮件至 abook@hep.com.cn。



参考文献



动画



视频



物理学家
简介

<http://abook.hep.com.cn/1250626>

序

“大学物理”这门课顾名思义是指国外大学的相关课程“University Physics”或者“College Physics”。青岛大学自建校以来,在遵守教育部高等学校物理学与天文学教学指导委员会编制的《理工科类大学物理课程教学基本要求》(2010年版)的同时,一直紧跟国内一流大学的教学标准,二十多年来一直采用国内名校使用的知名教材和国家规划教材,因此,我们学校的学生参加全国和省部级的大学物理竞赛捷报频传。

凡事都有两面性,进入21世纪,飞速发展的科学技术对人才培养提出了新的要求,高等教育从“精英教育”走向“大众教育”,为适应新形势对人才普适性的要求,高等教育实施通才教育、强化基础教学已经是大势所趋。为此我们学校每年都尝试教学改革,在教学方法、考试考核方式上,取得了一定的效果,但是总是不尽人意。这个过程中,我们从来没有动过改动教材的念头,我校一直严循采用国家级优秀教材的标尺不变,可是一本教材怎么能涵盖青岛大学这种综合性大学里存在的多专业分类教学的大学物理课程的要求呢?

为适应新形势下高等教育对大学物理课程改革发展和实际教学的需要,青岛大学基础物理教学中心集全体任课老师之力,在多年教学和教学改革的基础上,总结了教学实践的成果,汲取了兄弟院校的相关经验,紧扣教育部高等学校物理学与天文学教学指导委员会编制的《理工科类大学物理课程教学基本要求》(2010年版),针对大学物理的教学课时较少的情况,既要对物理基础知识有一个比较完整的介绍,又要能照顾不同专业的需求,从而适应各学科专业进行分类教学的实际而编写了这本《大学物理学》。

本教材以基本的物理知识为框架,弱化理论推导,力求避免使用复杂的术语和公式,注重物理模型的介绍,内容编写力求简明扼要,在保证经典物理基本内容的基础上,对经典物理适当精简。使学生对物理的基本概念、基本规律、基本方法能有一个较为全面的了解。

章首问题可以激发学生的学习兴趣,穿插的思考题有助于学生对基本内容的掌握。教师可根据不同专业的要求,选取相关的内容进行讲授。学生也可以根据自己的兴趣,自学范围之外的内容。例题紧跟重要概念的原理。例题和习题的选择以达到基本训练要求为度,例题紧扣重点,习题和思考题紧密联系各个知识点,适当控制难度和题量。为了激发学生的学习兴趣,每章有知识要点,通过这些来激发学生学习的主动性和帮助他们进行自我检查。考虑到不同学院不同专业物理教学重点和学时数量的差异,可根据具体情况对内容和章节进行重组和取舍。

本书共分 15 章,绪论、狭义相对论基础由武青编写;质点运动学、动量和能量守恒定律由吴运平编写;牛顿定律、刚体定轴转动、气体动理论、热力学基础、磁介质由何丽珠编写;静电场、导体、电介质由栾世军编写;恒定磁场由王清涛编写;电磁感应由崔春玲、王文娟编写;机械振动由周旭波编写;机械波由曾兵编写;光学由杨淑丽、童家明编写;量子物理基础由任玉英编写。何丽珠、武青、周旭波审阅了全书。

编者对关心和支持本教材编写出版的缪可可、张琦玮编辑以及有关同行表示衷心感谢,正是由于他们的支持才使本教材完稿并得以出版。编者深感要编写一部易教易学,又有创新的基础课教材是一项相当艰巨的工作,由于编者水平所限,教材中定会有不少错误或不妥之处,恳请广大同行和读者批评指正。

青岛大学基础物理教学中心

2017 年 5 月

目 录

绪论	1	3.6 对心碰撞	62
0.1 何谓物理学	1	3.7 能量守恒定律	64
0.2 物理学的地位	1	* 3.8 质心 质心运动定律	65
0.3 物理学的研究方法	2	知识要点	67
0.4 如何学好物理学	3	习题	68
0.5 物理学的单位制和量纲	4		
第 1 章 质点运动学	7	第 4 章 刚体的定轴转动	72
1.1 质点运动的描述	7	4.1 刚体的定轴转动	72
1.2 圆周运动在自然坐标系中的 表示	15	4.2 力矩 转动惯量 定轴转动 定律	76
1.3 相对运动	18	4.3 角动量 角动量定理 角动量 守恒定律	84
知识要点	21	4.4 力矩的功 刚体定轴转动的动能 定理	89
习题	22	* 4.5 进动简介	93
第 2 章 牛顿运动定律	25	知识要点	94
2.1 牛顿运动三定律	25	习题	95
2.2 力学中常见的力	28		
2.3 牛顿运动定律应用举例	31	第 5 章 静电场	99
知识要点	36	5.1 电荷 电荷守恒定律	99
习题	37	5.2 库仑定律	100
第 3 章 动量守恒定律和能量 守恒定律	40	5.3 电场 电场强度	102
3.1 质点和质点系的动量定理	40	5.4 电场强度通量 高斯定理	106
3.2 动量守恒定律	45	5.5 静电场的环路定理 电势能	114
3.3 动能定理	47	5.6 电势	116
3.4 保守力与非保守力 势能	52	5.7 等势面	121
3.5 功能原理 能量守恒定律	57	知识要点	122
		习题	123

第 6 章 电场中的导体与电介质	126	第 9 章 机械振动基础	200
6.1 静电场中的导体	126	9.1 简谐振动	200
6.2 静电场中的电介质	130	9.2 旋转矢量表示法	205
6.3 电容器的电容	134	9.3 单摆和复摆	207
6.4 静电场的能量 能量密度	135	9.4 简谐振动的能量	210
知识要点	138	9.5 简谐振动的合成	212
习题	139	*9.6 阻尼振动 受迫振动 共振	217
第 7 章 恒定磁场	142	知识要点	221
7.1 恒定电流 电流密度		习题	222
电动势	142	第 10 章 波动	227
7.2 磁场 磁感应强度	145	10.1 机械波的基本概念	227
7.3 毕奥-萨伐尔定律	146	10.2 平面简谐波的波函数	232
7.4 磁通量 磁场的高斯定理	151	10.3 波的能量 平均能流密度	237
7.5 安培环路定理	152	10.4 波的衍射	241
7.6 带电粒子在电场和磁场中的		10.5 波的干涉	242
运动	156	10.6 驻波	247
7.7 磁场对载流导线的作用	161	10.7 多普勒效应	253
7.8 磁场中的磁介质	166	10.8 声波 超声波与次声波	257
知识要点	170	10.9 平面电磁波	259
习题	171	知识要点	263
第 8 章 电磁效应 麦克斯韦电磁		习题	263
理论	176	第 11 章 光学	268
8.1 电磁感应定律	176	11.1 相干光	268
8.2 动生与感生电动势 有旋电场	180	11.2 杨氏双缝干涉、劳埃德镜	271
8.3 自感和互感	184	11.3 光程 薄膜干涉	276
8.4 磁场的能量	189	11.4 劈尖 牛顿环	281
8.5 麦克斯韦电磁理论简介	191	11.5 迈克耳孙干涉仪	288
知识要点	195	11.6 光的衍射	290
习题	196	11.7 单缝的夫琅禾费衍射	292
		11.8 圆孔夫琅禾费衍射光学仪器的	

分辨本领	296	13.7 热力学第二定律的统计	
11.9 衍射光栅	299	意义 熵	359
11.10 光的偏振性 马吕斯定律	302	知识要点	364
知识要点	307	习题	365
习题	308		
第 12 章 气体动理论	313	第 14 章 狭义相对论基础	370
12.1 热力学第零定律 理想气体		14.1 经典的时空观和伽利略变换	370
物态方程	313	14.2 相对的时空观和狭义相对论	
12.2 理想气体的压强公式	317	的两条假说	373
12.3 温度的本质	320	14.3 洛伦兹变换及其结论	378
12.4 能量均分定理 理想气体		14.4 狭义相对论的时空观	381
内能	322	14.5 狭义相对论的动力学简介	386
12.5 气体分子的速率分布律	326	知识要点	393
12.6 气体分子的平均碰撞频率和		习题	394
平均自由程	331		
知识要点	334	第 15 章 量子物理基础	397
习题	334	15.1 黑体辐射 普朗克能量	
第 13 章 热力学基础	338	子假设	397
13.1 热力学第一定律	338	15.2 光电效应 光的波粒二象性	402
13.2 准静态过程功的计算	341	* 15.3 康普顿效应及光子理论	
13.3 热力学第一定律对理想气体		解释	408
典型准静态过程分析	342	15.4 氢原子的玻尔理论	412
13.4 热力学循环	349	15.5 德布罗意波 实物粒子的	
13.5 热力学第二定律	356	二象性	417
13.6 卡诺定理	358	15.6 不确定关系	421
		知识要点	424
		习题	424

绪 论

0.1 何谓物理学

“物理学是研究物质的基本结构、基本运动形式、相互作用及其转化规律的自然科学。它的基本理论渗透在自然科学的各个领域,应用于生产技术的各个方面,是其他自然科学和工程技术的基础。”物理学本科专业的基本理论知识体系包括力学、电磁学、光学、分子动理论、热力学基础、狭义相对论基础和量子物理基础等知识领域。各知识体系之间既相对独立又相互渗透,形成了彼此密切联系的统一的物理学体系。人类对整个自然界的认识过程,就是物理学的发展过程。

一切客观存在都是物质的,而物质又是运动的。物质可以分为“实物”和“场”两种类型,物质间的相互作用是通过场来完成的。而实物之间存在着多种相互作用的场,场作为物质的存在形式具有质量、动量和能量。运动是物质的固有属性,而运动的形式多种多样。物理学研究物质的组成、物质之间的相互作用和基本普遍的运动形式,所以物理学的规律具有极大的普遍性,是其他自然科学和工程科学的基础。

0.2 物理学的地位

物理学涉及的范围非常的广泛,从粒子到宇宙空间、从低速到高速、从有序到无序……物理学中的概念、研究问题的方法及物理思想都完整地呈现了人类对自然的认识,在其他科学研究(天文学、化学、生物学等)和工程技术领域中都具有典型性和代表性,显然它已经成为一切自然科学的基础。另外,物理学的进展还极大地影响了社会科学的发展,改变着整个人类的哲学思想和行为方式,已成为人类文化的重要组成部分。物理

学不但帮助我们了解自然和宇宙,而且还可以让我们知道人类的生活与活动。所以,物理学是一门基础学科,在自然科学中占有重要的地位。

物理学将自然界中发生的形形色色的物理现象都归结到以下五大领域:经典力学、热力学与统计物理学、电磁学、相对论和量子力学。借助于经典力学和热力学,人类社会实现了工业机械化;而经典电磁理论的建立,使人类社会实现了工业电气化;而使人类社会进入核能时代和工业自动化时代的是相对论和量子力学。

物理学还是现代技术的重要基础,科学进步的源泉。现在,物理学的发展正向着微观世界的深层、广阔无垠的宇宙进行并向其他学科渗透,从而出现了许多分支学科,如物理学与生命科学、信息科学技术、生物工程技术、材料科学技术、能源技术、环境科学等。所以,现在的科研人员需要具备扎实的物理基础知识、现代物理观念和思想方法。如此,高等学校工科专业的重点基础课程怎能少了物理学?

由于物理学研究内容和研究手段的特殊性,使学生受到更好的科学思维方式的训练,会使他们具有更好的逻辑思维能力、理解能力、创新能力、提出问题的能力、探索能力、接受新事物的能力,并提高他们应用物理知识分析问题、解决问题的能力等。因而物理学是提高科学素质的有效手段。

0.3 物理学的研究方法

物理学的研究包含实验、理论和计算。物理学是一门实验科学。实验是理论的基础,而理论需要实验的验证。现代物理中,由于研究的范围越来越远离人们的日常生活,理论物理学家提出假说的方法取代了牛顿时代的经验观察和逻辑归纳,当然,这些在假说的基础上得到的理论必须得到实验的验证。一般的研究问题的思路是通过“研究物理现象→分析归纳→得到经验规律”来进行的,强调感性→理性的认识过程。所以,理论和实验的结合推动着物理学向前发展。

模型
抽象

物理学的研究中有一个非常好的手段,就是建立模型。物理模型是为了便于研究而建立的高度抽象、反映事物本质特征的理想物体,在理论物理、实验物理和计算物理中都广泛地被应用。突出主要矛盾、忽略次要因素,抓住事物本质,寻求其中规律,从

而发现同类型问题的共有规律。这样,物理学不断地修正旧的模型、建立新的模型来逼近真实世界,利用物理建模、数学建模、方程求解和分析结论来完成对自然界认知的升华。所谓数学建模就是用数学语言进行演绎推算,物理模型以数学的形式进行描述,数学为物理学提供了有效的逻辑推理和数学计算方法,成为物理思维必不可少的工具,比如微积分之于力学、概率论之于统计物理、群论之于量子力学和粒子物理、黎曼几何之于广义相对论等,物理学和数学互相促进、共同发展,而历史上的物理学家大多同时是数学家,也是很好的证明。因此,物理学是一门严密的定量科学。

0.4 如何学好物理学

读者在学习物理学时除了要重视公式的推导、题目演算以外,还要注意学科的逻辑性、历史性和实用性。下面给出几点建议供读者参考。

(1) 物理学有自己系统的理论体系,有严密的归纳和演绎方法。灵活使用微积分等数学工具,可以解释和预言各种自然与生活中的现象。因此,学好物理学的基本要求是:在学习过程中努力使自己逐渐对物理学的内容、工作语言、物理图像、理论体系等从整体上有个全面了解,熟悉其中具有典型意义的分析、解决问题的思想方法和理论技巧。

(2) 认真复习。对物理学中的概念、数学公式本身的含义能用自己的语言表述出来。做一定数量的习题是为了熟练掌握、灵活运用基本物理概念和原理,提高分析、解决问题的能力,因而要认真、独立地完成教师布置的习题和练习。许多习题是实际问题的简化,起到理论联系实际的桥梁作用。读者要独立思考,以分析和研究的态度完成每一道习题,借助练习加深对基本理论的理解,提高解决问题的能力,杜绝简单地套用公式或对答案。这是学好物理学的必要工作。

(3) 物理学探索和研究自然界最基本的运动规律,是以最简单的数学公式来表达基本规律,它追求对自然界的统一而完美的描述。因此它的公式和定理是美的,是对称与简单的和谐统一。读者在学习中能发现这种美,增加学习的乐趣,使得学习物理学有理、有趣。掌握了自然的奥秘,读者不知不觉地也会变成有趣的人。

0.5 物理学的单位制和量纲

基本单位

本书中所用物理量的单位均采用国际单位制,即 SI. 1984 年,我国国务院颁布实施以国际单位制为基础的法定单位制. 在国际单位制中,选择了 7 个最重要的、相互独立的基本物理量的单位作为基本单位,称为 SI 基本单位(见附录 I).

导出量

物理量是通过描述自然规律的方程或定义新物理量的方程彼此联系的. 因此,非基本量可根据定义或借助方程用基本量来表示,这些非基本量称为导出量,它们的单位称为导出单位. 基本量选定后,导出量单位可以用基本量表示出来.

某一物理量 Q 可用方程表示为基本物理量的幂次乘积

$$\dim Q = L^\alpha M^\beta T^\gamma I^\delta \Theta^\varepsilon N^\xi J^\eta$$

这一关系式称为物理量 Q 对基本量的量纲式,式中 $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon, \xi, \eta$ 称为量纲指数, L, M, T, I, Θ, N, J 则分别为 7 个基本量的量纲.

量纲分析

量纲可以用于不同单位制之间的换算,此外,量纲还可以用于量纲分析,即通过比较物理方程两边各项的量纲来检验方程的正确性. 对于任何合理的物理方程,所有各项的量纲必须相同.

附录 I 国际单位制(SI)中的基本单位和量纲符号

物理量名称	单位名称	符号	量纲	定义
长度	米	m	L	光在真空中 $(1/299\,792\,458)\text{ s}$ 时间间隔内所经路径的长度
质量	千克	kg	M	国际千克原器的质量
时间	秒	s	T	铯-133 原子基态的两个超精细能级之间跃迁所对应的辐射的 $9\,192\,631\,770$ 个周期的持续时间
电流	安培	A	I	在真空中截面积可忽略的两根相距 1 m 的无限长平行圆直导线内通以等量恒定电流时,若导线间相互作用力在每米长度上为 $2 \times 10^{-7}\text{ N}$,则每根导线中的电流为 1 A
热力学温度	开尔文	K	Θ	水的三相点热力学温度的 $1/273.16$

续表

物理量名称	单位名称	符号	量纲	定义
物质的量	摩尔	mol	N	一系统的物质的量, 该系统中包含的基本单元数与 0.012 kg 碳-12 的原子数目相等
发光强度	坎德拉	cd	J	一光源在给定方向上的发光强度, 该光源发出频率为 540×10^{12} Hz 的单色辐射, 且在此方向上的辐射强度为 $(1/683) \text{ W/sr}$



章首问题

如图所示,一飞行表演队在高空飞行表演时在最高点 A 的水平速率为 $1\,920\text{ km/h}$,沿近似于圆弧的曲线俯冲到某位置 B ,其速率为 $2\,173\text{ km/h}$,所经历的时间为 3 s ,设这段圆弧的半径约为 3 km ,且飞机在这一俯冲过程中可视为匀变速率圆周运动,若不计重力加速度的影响,求:(1)飞机俯冲到 B 时的加速度;(2)飞机由 A 点到 B 点所经历的路程.

第 1 章 质点运动学

自然界中的一切物体都在运动,大至太阳系、银河系,小至分子、原子、粒子等都无时无刻不在运动.所以,物体的运动是普遍的、绝对的.

物质世界存在多种多样的运动形式,机械运动是指物体间相对位置的变动,是众多运动中最简单、最基本的运动形式,它存在于一切运动形式之中.运动学的任务是描述物体位置随时间的变动,不涉及物体间相互作用与运动的关系.这一章讨论物体的理想模型之一——质点的运动及运动学规律.

1.1 质点运动的描述

1.1.1 质点 参考系 坐标系

1. 质点

将物体抽象为无大小、无形状,而只有质量的点,称为质点.质点是为了简化问题而引入的一种理想模型.任何物体都有一定的大小和形状,因此真实的质点是不存在的.那么什么情况下可将物体视作质点?例如,平直公路上行驶的汽车,其内部机械部分的运动十分复杂.但是如果研究汽车在多长时间跑多远,在这种情况下,我们关心的是汽车的整体运动,这时就可以把汽车当作质点.当然,假如我们需要研究汽车轮胎的运动,由于轮胎上各部分运动情况不相同,那就不能把它看作质点了.另外,质点具有相对性,当物体的尺寸与问题中所讨论的距离相比甚小时,物体的大小、形状就无关紧要了,可以把整个物体当作质点.例如,同样是地球,当研究其自转时就不能将其看成质点,而研究它围绕太阳的公转时,就可以把它近似看成质点来处理.

质点是从客观实际中抽象出来的物理模型.把实际物体抽

质点

理想模型

质点具有相对性

象为质点的研究方法,在实践和理论上具有重要意义.在很多实际问题中,有些物体可近似地看作质点,有些物体可以看成是由大量质点所组成.这样,通过研究质点的运动,就可以弄清整个物体的运动规律.因此,研究质点的运动是研究实际物体运动的基础.

2. 参考系

虽然物体运动是绝对的,但对物体运动的描述却具有相对性.例如,房屋、桥梁相对于地面是静止的,但相对于太阳却是运动的;火车行驶时,乘客相对于车厢可以是静止的,但相对于地面却是运动的.为了确切地描述物体的运动,就必须选择其他物体作为参考,被选作参考的物体或物体系称为参考系.参考系的选择是任意的,主要根据问题的性质和研究方便而定.

参考系

当同一个物体采用不同的参考系描述时,其结果(轨迹、速度等)一般不同,这叫做运动描述的相对性.例如,在一个匀速直线运动的车厢中,有一个自由下落的物体,当以车厢为参考系描述时,物体作直线运动;如果以地面为参考系描述,物体作抛物线运动.所以在描述物体的运动时,必须指明参考系.若不指明参考系,则认为以地面为参考系.

3. 坐标系

选定参考系只是定性地描述物体的运动与否,为了定量地描述物体相对参考系的位置以及位置随时间的变化,还要在参考系上建立适当的坐标系.所谓坐标系就是固定在参考系中的一组坐标轴和用来规定一组坐标的方法.常用的坐标系有直角坐标系、自然坐标系等.

坐标系

(1) 直角坐标系:如图 1.1-1 所示,三个相互垂直的坐标轴不随时间变化,质点 P 的位置由质点在三个坐标轴上的投影(x, y, z)确定,三个坐标轴方向的单位矢量分别用 i, j, k 来表示.

(2) 自然坐标系:如图 1.1-2 所示, r 为位置矢量.沿质点运动轨迹建立一弯曲的“坐标轴”,选择轨迹上一点 O' 为“原点”,

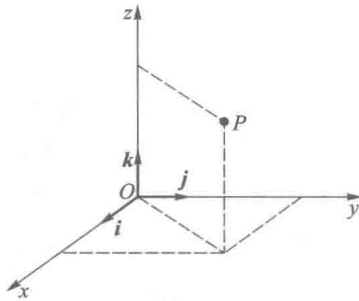


图 1.1-1 直角坐标系

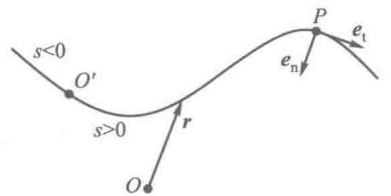


图 1.1-2 平面自然坐标