

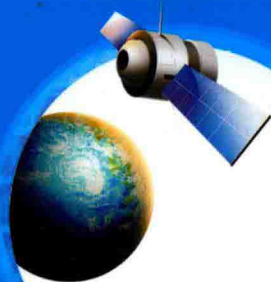


“十三五”规划教材

DAXUE WULI

第二版 (上)

大学物理



黄仙山 主编



合肥工业大学出版社
HEFEI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

学校“十三五”规划教材

大学物理 (第二版) (上)

主 编 黄仙山

副主编 何贤美 夏金德 韩玉峰

参 编 (按姓氏笔画排序)

丁成祥 马建军 王 东

王 斌 刘 畅 刘 剑

刘厚通 吴建光 邹 勇

唐绪兵 莫绪涛 巢梨花

冀月霞

主 审 曹天守



合肥工业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

大学物理. 上/黄仙山主编. —2 版. —合肥:合肥工业大学出版社, 2017. 7
ISBN 978-7-5650-3492-3

I. ①大… II. ①黄… III. ①物理学—高等学校—教材 IV. ①04

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 189558 号

大学物理(第二版)(上)

黄仙山 主编

责任编辑 汤礼广

出 版	合肥工业大学出版社	版 次	2014 年 12 月第 1 版
地 址	合肥市屯溪路 193 号		2017 年 7 月第 2 版
邮 编	230009	印 次	2017 年 7 月第 3 次印刷
电 话	理工编辑部:0551-62903087	开 本	710 毫米×1000 毫米 1/16
	市场营销部:0551-62903198	印 张	19 字 数 344 千字
网 址	www.hfutpress.com.cn	印 刷	安徽昶颜包装印务有限责任公司
E-mail	hfutpress@163.com	发 行	全国新华书店

ISBN 978-7-5650-3492-3

定价: 38.00 元

如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社市场营销部联系调换。

本书中物理量的名称、符号和单位

量的名称	符号	单位名称	单位代号	备注
长度	L, S	米	m	
面积	S	平方米	m^2	
体积	V	立方米	m^3	$1\text{L}(\text{升}) = 10^{-3} \text{m}^3$
时间	t	秒	s	
位移	$s, \Delta r$	米	m	
速度	v, u	米每秒	m/s	
加速度	a	米每二次方秒	m/s^2	
角位移	θ	弧度	rad	
角速度	ω	弧度每秒	rad/s	
角加速度	β	弧度每二次方秒	rad/s^2	
质量	m	千克	kg	
力	F	牛顿	N	$1\text{N} = 1\text{kg} \cdot \text{m/s}^2$
重力	G	牛顿	N	
功	W, A	焦耳	J	$1\text{J} = 1\text{N} \cdot \text{m}$
能量	E, W	焦耳	J	
动能	E_k	焦耳	J	
势能	E_p	焦耳	J	
功率	P	瓦特	W	$1\text{W} = 1\text{J/s}$
摩擦因数	μ			
动量	p	千克米每秒	$\text{kg} \cdot \text{m/s}$	
冲量	I	牛顿秒	$\text{N} \cdot \text{s}$	
力矩	M	牛顿米	$\text{N} \cdot \text{m}$	
转动惯量	J, I	千克二次方米	$\text{kg} \cdot \text{m}^2$	
角动量(动量矩)	L	千克二次方米每秒	$\text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$	
压强	p	帕斯卡	Pa	$1\text{Pa} = 1\text{N/m}^2$

(续表)

量的名称	符号	单位名称	单位代号	备注
热力学温度	T	开尔文	K	
摄氏温度	t	摄氏度	$^{\circ}\text{C}$	$t = T - 273.15$
摩尔质量	M	千克每摩尔	kg/mol	
分子质量	m_0	千克	kg	
分子有效直径	d	米	m	
分子平均自由程	$\bar{\lambda}$	米	m	
分子平均碰撞频率	$\bar{Z}$	次每秒	1/s	
分子数密度	n	每立方米	1/m ³	
热量	Q	焦耳	J	
比热容	c	焦耳每千克开尔文	J/(kg · K)	
质量热容	C	焦耳每开尔文	J/K	
定容摩尔热容	$C_{V,m}$	焦耳每摩尔开尔文	J/(mol · K)	
定压摩尔热容	$C_{p,m}$	焦耳每摩尔开尔文	J/(mol · K)	
比热容比	γ			
黏度	η	帕秒	Pa · s	
热导率	k	瓦每米开尔文	W/(m · K)	
扩散系数	D	二次方米每秒	m ² /s	
熵	S	焦耳每开尔文	J/K	
电流	I	安培	A	
电荷量	Q, q	库仑	C	
电荷线密度	λ	库仑每米	C/m	
电荷面密度	σ	库仑每平方米	C/m ²	
电荷体密度	ρ	库仑每立方米	C/m ³	
电场强度	E	伏特每米	V/m, N/C	1V/m=1N/C
电势	U	伏特	V	
电势差、电压	U	伏特	V	
电容率	ϵ	法拉每米	F/m	
真空电容率	ϵ_0	法拉每米	F/m	

(续表)

量的名称	符号	单位名称	单位代号	备注
相对电容率	ϵ_r			
电偶极矩	p, p_e	库仑米	$C \cdot m$	
电极化强度	P	库仑每平方米	C/m^2	
电极化率	χ_e			
电位移	D	库仑每平方米	C/m^2	
电位移通量	Ψ	库仑	C	
电容	C	法拉	F	$1F=1C/V$
电流密度	j	安培每平方米	A/m^2	
电动势	ϵ	伏特	V	
电阻	R	欧姆	Ω	$1\Omega=1V/A$
电导	G	西门子	S	$1S=1A/V$
电阻率	ρ	欧姆米	$\Omega \cdot m$	
电导率	γ	西门子每米	S/m	
磁感应强度	B	特斯拉	T	$1T=1Wb/m^2$
磁导率	μ	亨利每米	H/m	
真空磁导率	μ_0	亨利每米	H/m	
相对磁导率	μ_r			
磁通量	Φ	韦伯	Wb	$1Wb=1V \cdot s$
磁化强度	M	安培每米	A/m	
磁化率	χ_m			
磁场强度	H	安培每米	A/m	
线圈的磁矩	P_m	安培平方米	$A \cdot m^2$	
自感	L	亨利	H	$1H=1Wb/A$
互感	M	亨利	H	
电场能量	W_e	焦耳	J	
磁场能量	W_m	焦耳	J	
磁能密度	w_m	焦耳每立方米	J/m^3	

序

大学物理是工程技术人员的理论基石。它渗透在自然科学的一切领域,应用于生产技术的方方面面,是自然科学和工程技术的重要基础,也是大学生在四年大学学习中接触的唯一一门涉及各个自然学科并与高新技术相联系的课程。大学物理课程的教学旨在培养学生科学的思维方式和提出问题、分析问题、解决问题的能力,它能开拓学生的思路,激发学生勇于探索和创新的精神,提高学生科学的素养。那些踏入社会后,干出了一番事业的人,也许在工作过程中并没有直接应用过物理学知识,但他们的成功绝对离不开科学的思维方式和提出问题、分析问题、解决问题的能力以及探索和创新的精神。

爱因斯坦说过:“发展独立思考和独立判断的一般能力,应当始终放在第一位,而不应当把专业知识放在第一位。”他还说:“想象力比知识更重要,因为知识是有限的,而想象力概括着世界上的一切,推动着社会进步,并且是知识进化的源泉。”因此,学好大学物理,不仅对大学生在学校学好其他专业有着十分重要的作用,而且对他们毕业后的工作和将来进一步学习新理论、新知识、新技术也有深刻的影响。

英国哲学家培根说过:“知识是一种快乐,而好奇心则是知识的萌芽。”物理学就是一门培养好奇心的课程。量子论创始人普朗克上小学时听老师说:“想象一下,一个工人举起一块重石头,奋力地把它顶上房顶,他做功的能量没有消失。多少年以后,也许有一天,石头掉下来砸了某人的头。”这个解释能量守恒定律的例子使儿童时代的普朗克终生难忘,就像他恰巧被那个落下的石头砸着了一样,从此普朗克对物理规律产生了浓厚的好奇心和兴趣。这说明学好物理可以让你变得聪明,而不是只有聪明人才能学好物理。

大学生学习大学物理重在掌握必要的物理学理论基础,通过学习初步掌握分析问题和研究问题的方法。与中学物理课程相比,大学物理课程虽然少了题海战术,也不会有脑筋急转弯之类的偏题和怪题,但是,物理学与数学一样,它毕竟是一门严谨的学科,学习过程的枯燥往往是难免的,为了拥有知识和能力,大学生仍然要忍耐这种甜蜜的枯燥,因为这是当代大学生必备的心理素质,也

是学好大学物理的基本功。

早期的大学物理教材的内容包罗万象,与中学物理重复严重,内容框架与理科物理类似,以至于大学物理课往往变成“瞌睡课”。为了改变学生这种被动学习的局面,安徽工业大学的物理课老师们早在 20 世纪 90 年代初就开展了一系列针对教学体系和教学内容方面的改革。首先于上个世纪末完成了《以素质教育为核心进行大学物理教学体系和内容的改革》的教改课题,该课题还荣获“冶金部教学成果二等奖”。在教改的同时,1999 年大学物理课堂教学还在全校首次推出以 PPT 为特征的多媒体教学形式。紧接着编写《大学物理同步练习册》及建立标准化试题题库等教改配套工作也相继完成。与此同时,安徽工业大学物理演示厅正式投入使用。从此,我校大学物理课变成了最受学生欢迎的课程之一,还被评为安徽省省级精品课程和安徽省重点建设课程。这套由安徽工业大学应用物理系教师集体编写的《大学物理》教材正是以上成果的结晶。

这本《大学物理》(上、下)教材成功地解决了与中学物理内容重复的问题,突出了微积分和矢量运算等高等数学工具的应用;它删繁就简,深入浅出,力求避免使用一些艰涩的术语和复杂的公式,便于学生阅读;在内容结构、配套例题和课后习题等方面,它也别具匠心,能明显看出编者颇费了一番心血。大学物理课程教学改革是没有止境的,因此本书中即使存在一些不足之处也是难免的,希望他们今后不断修订和完善。但我仍要为这些年轻的同行们敢为人先和敢于探索的精神喝彩。

我相信这本教材会受到任课教师和学生欢迎的。

原安徽省政协常委、安徽工业大学教授

曹天宇

第二版前言

《大学物理》(第二版)是根据教育部非物理类专业课程教学指导委员会最新颁布的关于“普通高等院校非物理类专业课程教学基本要求”的精神,结合我校的定位、特点和培养目标以及在吸收广大师生提出合理和有益建议的基础上修订而成:

(1)对第一版教材中的疏漏和错误之处进行了认真修改。

(2)根据课时的变化,同时也是为了贯彻“少而精”的原则,对第一版教材的部分章节和内容进行了适当地调整。

(3)为了突出物理知识在实际中的应用,增加了一些介绍物理知识和物理思想在实际中应用的内容。

(4)适当介绍了一些反映学科前沿的问题以拓宽学生知识面。

(5)删除或更换了部分不合适的习题。

本书保留了第一版教材选材适当、概念清晰、语言精练的特点。本书的体系和章节顺序与第一版教材基本相同,教师在组织教学时,若有需要,可适当调整本书的章节顺序。

本书再版工作能够顺利进行,这与安徽工业大学数理科学与工程学院的领导及广大师生的大力支持是分不开的,在此,对他们表示衷心的感谢。

作为编者,我们努力地想让本书成为精品,但限于水平,因此再版教材中可能仍有不足之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

第一版前言

大学物理为高等学校理工类专业的一门重要的基础课程,它的主要任务是为工程应用型人才的成长较系统地打下必需的物理学基础,同时培养学生初步掌握科学理论的学习方法和解决实际问题的基本方法,增强学生学习其他专业知识的能力,开阔学生视野,激发学生探索 and 创新的欲望,提高学生的综合素质。

为适应教学改革的新形势,进一步提高大学物理课程的教学质量,选择合适的教材就显得至关重要。为此,安徽工业大学应用物理系教师,结合自己多年的教学经验并吸收当前国内外大学物理课程教材编写的许多长处,集体编写了这本《大学物理》(上、下)教材。

本教材按照 120 学时设计(供选择),分为上下两册,共有 18 章。上册主要内容有力学、气体动理论和热力学基础、机械振动、机械波和波动光学等。下册主要内容有电磁学、狭义相对论和量子力学基础等。全书内容一般按照大多数高校的课堂教学顺序进行编排,这也与学生的认识过程以及物理规律的表现基本一致。

编者的初衷是为一般工科院校的本科生提供一套难度适中、深入浅出、篇幅不大、易教易学的大学物理教材,但在编写过程中,编者充分体会到了实现这一目标的困难与艰辛。令编者自豪的是,在困难面前,编者不仅没有止步,而且对本教材的编写还进行了适当地探索和创新。

首先,本教材对力学中质点运动学和质点动力学的内容进行了浓缩,原因是大学新生在学习大学物理之前已经在中学上了五年的物理课,再加上多年的应试教育和题海战术训练,给他们中间的许多人造成了物理课“概念抽象、内容繁多、题目难解、上课枯燥”的印象。因此本教材在力学部分中对学已烂熟于心的力学概念不再用浩繁篇幅加以论述,而是大胆地进行了简化;另外,将微积分、矢量运算等高等数学工具应用于力学概念和定理的表述,尽量做到令人有耳目一新之感。

其次,本教材打破以往大多数《大学物理》教材将电磁学放在上册的惯例,

取而代之的是机械振动、机械波和波动光学。因为这些内容虽各自独立,可相互间又紧密联系,因此与上册内容放在一起,易教易学;另外,编者在多年的教学过程中还发现如果将电磁学安排在上册,学生在学习这部分内容时由于还没有掌握足够的高等数学知识,因此往往对微积分的学习会产生畏惧心理,再加上电磁学概念晦涩,从而会让有些学生丧失学习热情。

本教材的最大特点是思路清晰,表达准确,深入浅出,能让学生乐于阅读。本书在讲解物理学中的基本概念和基本原理时,力求避免使用一些艰涩的术语和复杂的公式;对重要的概念和原理,几乎都配有例题。为了便于教学,编者将可以作为选讲内容和适合学生自学的内容,在书目中特意用“*”标出;另外,还为各章配有一定量的思考题和习题,并提供了部分参考答案。

本教材的编写凝聚了安徽工业大学大学物理教研室绝大部分一线教师的心血。本教材编写分工如下:第1~3章,刘畅;第4章,丁成祥;第5章,刘剑、冀月霞;第6章,马建军;第7章,邹勇;第8章,王斌;第9~10章,莫绪涛;第11章,何贤美;第12章,吴建光;第13章,王东;第14章,夏金德;第16章,巢梨花;第17章,刘厚通;第18章,唐绪兵;第15章及各章后面的习题和答案,韩玉峰。全书由黄仙山统稿。

最后,感谢安徽工业大学招生办主任张清教授对本书的编写工作提出了许多宝贵意见,感谢安徽工业大学数理学院副院长孙文斌同志对本书的编写工作给予的大力支持,在此也对在编写过程中给予各种帮助的其他同仁表示诚挚的谢意。另外,还要感谢合肥工业大学出版社的编辑,他们为本书的顺利出版付出了同样的辛勤劳动。

教学是一门艺术,编写出好教材则可让这门艺术大放光彩。本书的成功编写是我们大学物理教研室的教师对多年教学实践的经验总结和对教学创新的有益尝试。鉴于编者水平有限、编写时间仓促,本书难免存在疏漏和不当之处,敬请读者批评指正。

编 者

目 录

经典力学篇

第一章 质点运动学	(2)
第一节 质点 参考系 坐标系	(2)
第二节 位矢与位移	(4)
第三节 速度	(6)
第四节 加速度	(8)
第五节 圆周运动	(12)
第六节 质点的相对运动	(16)
本章小结	(17)
习题	(19)
第二章 质点动力学	(21)
第一节 牛顿定律	(21)
第二节 动量和动量守恒	(27)
第三节 功与能量	(33)
本章小结	(43)
习题	(45)
第三章 刚体的转动	(47)
第一节 刚体的转动的描述	(47)
第二节 刚体的转动动能与转动惯量	(50)

第三节 角动量 角动量定理和力矩 刚体转动定律	(58)
第四节 角动量守恒及应用	(64)
第五节 刚体转动中的功与能量	(68)
本章小结	(71)
习题	(73)

热力学篇

第四章 气体运动理论	(77)
第一节 温度、平衡态、热量的概念	(77)
第二节 分子运动论	(80)
第三节 气体的压强	(83)
第四节 温度的统计解释	(86)
第五节 内能、能量均分定理	(90)
第六节 麦克斯韦速率分布律	(95)
* 第七节 麦克斯韦速度分布律和玻尔兹曼分布	(101)
* 第八节 气体分子的平均碰撞频率和自由程	(103)
* 第九节 气体中的输运过程简介	(105)
附录:利用麦克斯韦速率分布计算速率统计平均值所用到的积分	(112)
本章小结	(113)
习题	(116)
第五章 热力学基础	(118)
第一节 功 热量 准静态过程	(118)
第二节 热力学第一定律	(121)
第三节 循环过程 卡诺循环	(127)
第四节 热力学第二定律	(133)
本章小结	(140)
习题	(143)

振动波动篇

第六章 机械振动	(147)
第一节 简谐振动的特征	(147)
第二节 简谐振动的描述	(150)
第三节 简谐振动的能量	(156)
第四节 简谐振动的合成	(158)
第五节 阻尼振动 受迫振动 共振	(164)
本章小结	(168)
习题	(171)
第七章 机械波	(173)
第一节 机械波的形成与传播	(173)
第二节 平面简谐波的波动方程	(178)
第三节 波的能量	(186)
第四节 惠更斯原理 波的叠加与干涉	(191)
第五节 驻波	(198)
第六节 多普勒效应	(205)
本章小结	(210)
习题	(212)

波动光学篇

第八章 光的干涉	(217)
第一节 光源 光波 光的相干性	(217)
第二节 光波的叠加 光程与光程差	(221)
第三节 分波阵面干涉	(226)
第四节 分振幅干涉	(232)

第五节 迈克尔逊干涉仪	(241)
* 第六节 光的时间和空间相干性	(243)
本章小结	(244)
习题	(246)
第九章 光的衍射	(249)
第一节 光的衍射现象 惠更斯-菲涅耳原理	(249)
第二节 单缝夫琅禾费衍射	(251)
第三节 衍射光栅	(256)
第四节 圆孔衍射 光学仪器的分辨率	(261)
第五节 X射线的衍射	(263)
本章小结	(265)
习题	(266)
第十章 光的偏振	(267)
第一节 自然光和偏振光	(267)
第二节 起偏和检偏 马吕斯定律	(269)
第三节 反射与折射时光的偏振 布儒斯特定律	(271)
第四节 光的双折射	(273)
第五节 旋光现象	(276)
本章小结	(277)
习题	(278)
上册习题参考答案	(280)
参考文献	(287)

经典力学篇

作为最古老和最完美的物理学分支,力学的发展经历了整个人类文明的发展过程,许多伟大历史人物的名字与它紧密相连。公元前 200 多年的古希腊数学家、物理学家阿基米德创立了最早的力学——静态力学,被誉为“力学之父”。力学成为一门真正意义上的近代科学则始于 17 世纪伽利略论述惯性运动,继而牛顿以著名的三个定律奠定经典的牛顿力学。经典力学所研究的对象是物体的机械运动,它有严谨的理论体系和完备的研究方法,如观察实验现象、分析和综合实验结果、建立物理模型、应用数学方程、做出推论和预言、实践检验和结果校正等。经典力学作为最完善的科学理论 300 来人们一直对它深信不疑,直到 20 世纪初科学家们才在高速和微观领域发现了它的局限性,从而在这两个领域里它分别被相对论和量子力学所取代。经历了 100 多年的发展,人类文明虽然在科学领域的成就已经远远超越了牛顿经典力学时代,例如广义相对论理论和粒子的标准模型,但是在大多数的工程技术领域,人们仍然生活在牛顿力学时代,例如在机械制造、土木建筑、航空航天等工程技术中,经典力学依然是必不可少的重要理论基础。

本篇主要讲述质点力学和部分刚体力学,重点阐释动量、角动量和能量等概念及相应的守恒定律。

第一章 质点运动学

质点的运动学从几何的角度(不涉及物体本身的物理性质和加在物体上的力)描述和研究质点的空间位置随时间的变化规律。本章主要阐述质点的运动方程、轨迹、位移、速度、加速度等物理量的概念,以及圆周运动和相对运动这两种运动形式,这些都随所选参考系的不同而异。本章为第二章质点动力学和第三章刚体的转动提供必备的理论基础,同时也是物理学研究一切物质运动的基础。

第一节 质点 参考系 坐标系

1. 质点

实际物体的运动状况总是比较复杂的,一个重要的原因是实际的物体具有一定的形状和大小,而且物体的形状和大小在运动过程中还会变化。不过在某些情况,运动物体的大小、形状并不起主要作用,例如当手中的物体下落的时候,它一方面受到重力的作用,另一方面还受到空气阻力的作用,空气阻力是与物体的几何形状和速度相关的,但是当物体是重的金属球或者流线体时,阻力起到的作用很小,运动情况主要取决于重力。这时候,物体的运动状况就可以看作与其大小、形状无关。又比如,我们观察地球的运动,地球一方面在绕太阳沿椭圆轨道运动,另一方面还在自转。由于自转,地球上各点的运动情况并不完全相同,但是考虑到地球到太阳的平均距离是地球直径的12000多倍,所以在研究地球公转的时候,地球上各点的运动情况可以基本看作是相同的,这里就可以不考虑地球的大小和形状了。

类似的例子还有很多,从这类例子中我们可以概括出一个结论:在某些问