

高 等 学 校 教 材

大学物理教程

上 册

主 编 廖耀发

副主编 张立刚 阎旭东 孙向阳 申文光



高等教育出版社

高等学校教材

大学物理教程

上册

主 编 廖耀发

副主编 张立刚 阎旭东 孙向阳 申文光



高等教育出版社

内容简介

本书根据教育部 2004 年制定的“理工科非物理类专业大学物理课程教学基本要求(讨论稿)”的精神,吸收了近年来国内外大学物理教学的研究成果,保持了作者过去所编教材的特色,借鉴了鄂、桂、津部分大学物理教师的教学经验,采纳了鄂、桂、津部分高校的试用意见,加工整理编写而成,适合一般院校非物理类专业教学使用。

本书分上、下两册,上册内容包括力学、狭义相对论基础和电磁学三大部分;下册包括热学、振动与波、光学、量子物理学基础以及分子与固体、核物理学与粒子物理学、天体物理学与宇宙学、现代科学与高新技术的物理基础专题选讲等部分,各部分均按“保证基础、加强近代、联系实际、方便教学”的原则进行选材,并注意突出物理思维方法。

为了方便教学,编者精选了全书的例题、习题和阅读材料,并将部分内容打上了*号,以适应不同的教学要求。与该教材配套的还有《大学物理学习指导》(另书出版),主要包括目的要求、内容提要、重点难点、方法技巧、习题解答、自我检测等内容,以减轻学生的学习压力。

本书可作为高等院校非物理类专业的大学物理课程教材,也可供科技工作者参考。

图书在版编目(CIP)数据

大学物理教程. 上册/廖耀发主编. —北京:高等教育出版社, 2006. 1

ISBN 7-04-017778-1

I. 大… II. 廖… III. 物理学-高等学校-教材 IV. O4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 124303 号

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	http://www.landaco.com
印 刷	河北新华印刷一厂		http://www.landaco.com.cn
		畅想教育	http://www.widedu.com
开 本	787×960 1/16	版 次	2006 年 1 月第 1 版
印 张	20.5	印 次	2006 年 1 月第 1 次印刷
字 数	380 000	定 价	21.60 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 17778-00

郑 重 声 明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

传 真：(010) 82086060

E - mail：dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街 4 号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)58581118

策划编辑	庞永江
责任编辑	陈海柳
封面设计	于文燕
责任绘图	朱 静
版式设计	胡志萍
责任校对	金 辉
责任印制	孔 源

前 言

本书由湖北、广西、天津三地高校部分物理教师,根据教育部“理工科非物理类专业大学物理课程教学基本要求(讨论稿)”精神编写而成。在编写过程中,既注意了保持过去所编教材(廖耀发,邓远霖,吴参,李坤仲,沈霖生,潘超英等,《大学物理学》,华工版,1988年;廖耀发,孙端清,郑树文,梁荫中,陶作花等,《大学物理教程》,武测版,1992年;廖耀发,张立刚,张兆国,田旭,李长真等,《大学物理》,武大版,2000年)的特色,同时又注意广泛吸收国内外同类教材的优点和部分教师的先进教学经验,以使新编教材更加适应当前的大学物理教学要求。

本教材的编写原则是“保证基础,加强近代,联系实际,方便教学”。按此原则,我们重构了本教材的内容及体系,并适当提高了力学部分的教学起点,减少了与中学物理不必要的重复,选编了一定数量的阅读材料,突出了物理思想及方法,增加了部分物理学史及物理学家的介绍。我们认为,这些内容对于扩大学生的知识面、激发学生学习物理的兴趣是非常有益的。

“加强近代,联系实际”是大学物理教材改革的永恒主题。问题是如何操作才能获得更好的效果,尚需不断进行探讨。^{①②}我们认为,关键是要掌握好一个“度”字。本教材就是本着这样的精神来处理上述问题的。是否可行,尚需日后实践来检验。

本教程分上、下两册出版。上册包括力学、狭义相对论基础和电磁学三大部分,下册包括热学,振动与波,光学,量子物理学基础,分子与固体,核物理学与粒子物理学,天体物理学与宇宙学以及现代科学与高新技术的物理基础专题选讲等部分,以使读者能对物理学有一大致的了解。

考虑到不同专业对物理要求的侧重及教学学时数均有不同,因此,对于一些非核心内容我们打上了“*”号,仅供选择参考。它们大多自成体系,纵使跳过不讲,也不会对全书的完整性构成太大影响。

本书由廖耀发任主编,张立刚、阎旭东、孙向阳、申文光任副主编,参加编写的单位及人员有湖北工业大学廖耀发、阎旭东、陈义万、徐国旺、别业广、陈之宜;

① 参见:廖耀发. 工科物理教学现代化的认识与实践. 教学与教材研究, 1996(1)

② 参见:廖耀发,余守宪. 工科物理教材应有特点的探讨. 工科物理, 1996(2)

II 前 言

武汉科技大学张立刚、周怡、熊祖钊、李云宝、李钰；武汉工业学院孙向阳、徐滔滔、董长缨；广西工学院申文光；天津理工学院王喆、丁士连；武汉大学梁荫中；武汉理工大学田旭、张兆国、李建青、赵中云、余利华、陶作花；三峡大学王大智。

本书由北京交通大学余守宪先生担任主审。余先生不仅仔细地审阅了全部书稿，而且对很多具体内容都提出了极好的修改意见，为本书特色的形成和质量提高起了极大的作用。

由于编者水平所限，书中不妥及错误之处在所难免，敬请广大读者批评指教，不胜感激。

编 者

2005年8月

目 录

绪论	1
----------	---

第一篇 力 学

第一章 质点运动学	6
* 1.1 质点 参考系	6
1.2 质点运动的描述	7
1.3 运动学中的两类基本问题	13
1.4 相对运动	18
思考题与习题	20
阅读材料 机遇只偏爱有准备的头脑	23
第二章 牛顿运动定律	26
2.1 牛顿运动定律及其应用	26
2.2 质点动力学的两类基本问题	30
* 2.3 非惯性系与惯性力	35
思考题与习题	38
阅读材料 牛顿	41
第三章 机械能守恒定律	44
3.1 功与功率	44
3.2 动能定理	47
3.3 保守力的功 势能	49
3.4 机械能守恒定律	54
思考题与习题	56
阅读材料 能源	58
第四章 动量守恒定律	61
4.1 动量定理	61
4.2 动量守恒定律	65
4.3 质心与质心运动定理	68
* 4.4 碰撞	71
思考题与习题	73
阅读材料 运动的两种量度	75

第五章 刚体的定轴转动	77
5.1 刚体定轴转动的描述	77
5.2 角动量 转动惯量 角动量守恒定律	81
5.3 刚体定轴转动定律	88
*5.4 刚体转动中的功和能	91
*5.5 刚体的进动	93
*5.6 对称性与守恒律	95
思考题与习题	97
阅读材料 分形与分维	100
*第六章 流体的运动	103
6.1 流体运动的描述	103
6.2 理想流体及其连续性方程	105
6.3 伯努利方程	106
6.4 黏性流体的运动	109
思考题与习题	111
第七章 狭义相对论基础	113
7.1 狭义相对论的两个基本假设	113
7.2 洛伦兹坐标变换和速度变换	117
7.3 狭义相对论的时空观	121
7.4 相对论动力学基础	124
思考题与习题	128
阅读材料 爱因斯坦	130
第二篇 电 磁 学	
第八章 真空中的静电场	136
8.1 电荷 库仑定律	136
8.2 电场强度 场强叠加原理	138
8.3 E 通量 高斯定理	143
8.4 环路定理 电势能	150
8.5 电势与电势差	152
*8.6 电场强度与电势梯度的关系	156
思考题与习题	158
阅读材料 静电的应用、危害与事故防范	161
第九章 静电场与导体和电介质的相互作用	164
9.1 静电场与导体的相互作用	164
9.2 电容	168
*9.3 静电场与电介质的相互作用	170
9.4 有电介质存在时的静电场	174

9.5 电场的能量	177
思考题与习题	179
阅读材料 铁电体及其应用	182
第十章 恒定电流的磁场	184
10.1 电流密度 恒定电流 电动势	184
10.2 磁现象 磁感应强度	187
10.3 磁场叠加原理 毕奥 - 萨伐尔定律	188
10.4 磁通量 恒定磁场的高斯定理	193
10.5 恒定磁场的安培环路定理	196
思考题与习题	200
阅读材料 物理学中的类比法	203
第十一章 磁场对电流的作用	206
11.1 安培定律	206
* 11.2 磁场对载流线圈的作用	208
11.3 洛伦兹力	211
思考题与习题	217
阅读材料 磁流体发电	221
第十二章 物质的磁性	223
* 12.1 介质的磁化 磁化强度与磁化电流	223
12.2 有介质存在时的磁场	226
* 12.3 物质的磁性	231
思考题与习题	235
第十三章 电磁感应	237
13.1 电磁感应的基本定律	237
13.2 动生电动势与感生电动势	239
13.3 自感与互感	246
13.4 磁场的能量	250
思考题与习题	252
阅读材料 法拉第	256
第十四章 麦克斯韦方程组	259
14.1 位移电流	259
14.2 麦克斯韦方程组	262
14.3 电磁波	264
* 14.4 超导体的电磁特性	267
思考题与习题	269
阅读材料 麦克斯韦	270
* 第十五章 电路	273

IV 目 录

15.1 直流电路	273
15.2 电路的暂态过程	276
15.3 交流电路	279
15.4 谐振电路	292
思考题与习题	295
思考题与习题参考答案	298
附录	314
附录 I 国际单位制(SI)	314
附录 II 常用物理常量表	315
附录 III 有关太阳、地球和月球的数据	316
附录 IV 希腊字母表	316

绪 论

0.0.1 物理学研究对象及方法

物理学是一门研究物质内部结构、运动的基本形态及规律以及物质之间相互作用和转化规律的自然科学.就空间而言,从 10^{-15} m(质子半径)到 10^{26} m(可探测到的类星体的最远距离)的尺度均属其研究范围.就时间而论,从 10^{-43} s(普朗克时间)到 10^{39} s(质子的寿命)都在其研究之列.

物理学研究物质内部结构,主要是回答物质由什么样的最基本(最小)的单元所组成.

物理学所研究的运动形态,主要是指机械运动、热运动、电磁运动、原子、原子核和粒子的运动,它们是自然界最基本、最普遍的运动形态.

物理学所研究的相互作用,主要包括引力相互作用、弱相互作用、电磁相互作用和强相互作用.引力相互作用是一种十分微弱的长程作用,在宇宙构成及其演化中起着重要作用;弱相互作用是一种短程作用(作用半径约 10^{-18} m),是引起粒子间某些过程(如衰变)的重要因素;电磁相互作用也是一种长程作用,是使电子与原子核相聚形成原子的主要动力;强相互作用亦为短程作用,其作用半径约为 10^{-15} m,是形成原子核的主要动力.四种相互作用的强度比为 $10^{-38}:10^{-13}:10^{-2}:1$.

在漫长的发展进程中,物理学形成了一套自己的研究方法,归纳起来,大致如下:

1. 提出命题

物理命题的提出,常用观察与归纳方法来实现.

观察是指在不改变自然现象本来面目的情况下,从多方面去对自然现象进行分析、判断,以求得对问题的正确认识.

归纳是根据问题的内容及性质,突出主要因素,忽略次要因素,筛选出能反映待研究问题的特征,尽量使之既能与实际情况较好地相符,又便于使问题简化,易于研究.

2. 论证与检验

命题的论证常用模型与演绎方法进行.

模型法是指将待研究问题按照“突主略次”的原则进行加工、抽象、化成模型,以供研究.演绎法是指从已知原理出发,通过逻辑推理和数学演算来证实命题是否正确.

理论正确与否的检验常用实验方法来进行.

实验是指在人工控制的前提下,将自然界中所发生的现象予以重现,以便对自然现象进行反复观察与研究.实验是科学研究的重要手段与方法,其要点将在实验课中详细介绍.

3. 修改与更新

物理学是一门理论与实验紧密结合的学科.实验若无理论作指导,不仅可能走弯路,而且所发现的事实结论也可能毫无用处,反过来,理论若无实验来支持,便很可能变得与大自然毫无关系.因此,任何理论均必须接受实验(实践)的检验.如果实验证明理论是对的,则这种理论就是真理;如果实验证明理论只有部分正确,则应对其作修改;如果证明它是错误的,就要对其进行否定与更新.

4. 预言与假说

当新事实与旧理论不相符合时,常用假说或预言去说明.

假说(或预言)是在一定的观察、实验的基础上对自然现象的本质提出的说明方案,其正确与否尚需根据进一步的实验和观察来验证.如果实验与观察证明它是正确的,这种假设便可上升为真理;如果证实它只有部分正确,则应予以修正;如果证实这种假说完全不对,则应予以否定.

应该指出,假说也是认识事物本质的一种重要方法,其基础在于正确的观察与实验.例如,爱因斯坦的光子假说就是基于大量光电效应的实验事实提出的,由于它反映了客观事物的本质,因而很快便成为光电效应的理论基础.

0.0.2 物理学的地位与作用

大家知道,自然科学主要是指物理学、化学、生物学、天文学等学科.化学、生物学、天文学等学科,它们除了一些自身的规律性外,在很大程度上是应用物理学的理论及方法来解决它们各自的问题,其前沿分支,多半都与物理学的发展相联系.如量子化学,量子生物学等,无不包含着物理学的成就.可见,物理学是自然科学的基础.

物理学对工程技术的影响及作用也是十分深远的.大家知道,工程技术是应用自然科学的理论来解决生产实际中所出现的问题的学问.物理学既是自然科学的基础,因此,其理论的建立和发展对工程技术的影响当是不言而喻的:牛顿力学及热力学的建立,推动了机械制造业的发展与革新;法拉第-麦克斯韦电磁理论的建立,推动了电力、电器设备制造业的发展,使电能广泛地用于工农业生产与人类的日常生活中;相对论、量子力学的建立和发展,改变了人们对时空和

微观世界的认识,导致了核能、半导体、激光技术、高温超导及纳米材料的发现与应用,促进了许多新兴学科的诞生;电磁、统计、波动、光学理论的综合应用,促进了激光、信息技术的发展,使人们能充分享受科学带来的文明。

0.0.3 学习大学物理课程的几点建议

以物理学基础为内容的大学物理课程是高等学校理工各专业学生一门十分重要的通识性必修基础课. 它所教授的基本概念、基本理论和基本方法是构成学生科学素质的重要组成部分,是一个科学工作者和工程技术人员所必备的素养. 本课程对培养学生树立科学世界观,增强学生分析和解决问题的能力,培养学生的探索精神和创新意识等方面,具有其他课程所不能替代的重要作用.

为了更好地学习本课程,特提出如下建议:

1. 要注意物理思想和方法的学习

所谓物理思想及方法,主要是指物理学中用以指导解决问题的原则及手段. 例如,前面提及的观察、实验、概括及假说都可看成是解决问题的物理思想及方法,它们不仅对处理物理学本身的问题是必要的,而且对于处理相关学科中的问题也是具有指导意义的.

2. 要注意能力的培养

我们这里说的能力主要是指自学阅读能力、抽象思维能力、解答习题及横向延伸的能力.

自学阅读能力是指在完成本教材学习的基础上,学会适当地查阅一些参考书籍及文献的能力. 抽象思维能力是指学会通过抽象思维,能从所研究的问题中建立起物理模型,使问题得以简化,易于解决的能力. 解答习题能力是指学会结合所学理论、观点、方法并通过一定的数学工具去分析、判断结果合理性的能力,切忌似懂非懂地乱套公式. 横向延伸能力是指学会将所学的基本理论,物理学家在解决重大问题及发现新规律、新现象时所采用的物理思想及方法应用到自己所碰到的实际问题中,进而达到有所创新的能力.

生活中存在有大量的物理现象,只要我们能够结合所学,随兴所至,享受物理,“玩”中有学,就一定会得到不少收获. 据费曼(1965年诺贝尔物理学奖得主)教授介绍,他的很多成就都是通过餐厅中“玩”餐碟转动引出的一系列思考而获得的.

3. 要注意宏观领域与微观领域的联系与区别

大学物理所涉及的内容相当广泛,从宏观到微观都有它的研究对象,二者既有联系,又有区别. 因此,我们既要注意从微观领域到宏观系统的过渡及其条件,又要注意不要乱拿宏观的规律去硬套微观的问题. 对待微观领域,我们不能强求直观描述,而应着重于抽象思维与想像.

第一篇

力 学

物体与物体之间或物体内部各部分之间的相对位置随时间的变化称为机械运动,它是物质最简单、最基本的运动形式,几乎所有的物质运动都包含有机械运动。

研究机械运动规律的学科称为力学。以牛顿运动定律为基础的力学称为经典力学(亦称牛顿力学),它是物理学的重要组成部分,同时也是工程技术的理论基础之一。因此,学好力学对后续课程的学习及解决工程技术问题都是很有意义的。

第一章

质点运动学

运动学是描述物体位置及其变化规律的学科. 它不涉及物体间的相互作用, 即不涉及物体运动状态变化的原因.

由于运动具有相对性及方向性, 因此, 运动的描述须在一定的坐标系中进行; 此外, 运动的分析、计算还需应用一定的矢量及微积分知识, 学习时, 对上述特点一定要有足够的认识.

*1.1 质点 参考系

1.1.1 质点

任何物体都有一定的形状和大小. 但在某些情况下, 物体的形状和大小对所讨论的问题影响不大, 可以忽略, 这时便可将物体抽象为一个仅有质量的点, 这样的点称为质点, 它是物理学中一个十分重要的模型. 利用模型来研究问题的方法称为模型法. 它在物理学和其他科学中均有广泛的应用. 这种方法的哲学意义是它突出了问题的主要矛盾和矛盾的主要方面, 忽略了次要矛盾, 从而可使问题简化, 易于研究.

一个物体能否视为质点要根据问题的性质而定. 一般而言, 当物体的线度远小于所研究问题的有关线度, 或所研究的问题不涉及物体的转动时, 便可将物体视为质点. 例如, 在研究地球绕太阳的公转规律时, 由于地球的直径 (约为 $1.28 \times 10^7 \text{ m}$) 比地球与太阳间的距离 (约为 $1.50 \times 10^{11} \text{ m}$) 小得多, 因而地球上每一点的运动均可认为相同, 这时, 便可将地球视为质点. 但若研究地球的自转, 显然就不能将它视为质点了.

1.1.2 参考系

宇宙万物, 大至天体, 小至分子、原子等, 无时无刻不在运动, 这就是运动的绝对性. 但是, 对于运动的描述却有相对性, 即描述一个物体的运动, 只有相对于其他物体而言才有意义. 例如, 坐在行驶着的列车上的人, 相对车厢来说是静止的, 但若相对地面来说则又是运动的. 这说明, 要想描述物体的运动, 必须选好一个

“其他物体”作参考标准. 这个被选作参考的物体称为参考系, 任何物体均可选作参考系. 但应注意, 对于不同参考系来说, 同一运动的描述结果是不相同的. 例如, 观察地球卫星的运动, 若以地球为参考系, 其运动轨迹为一椭圆; 若以太阳为参考系, 它绕着地球公转的轨迹则是一条螺旋线.

参考系的选取以分析问题的方便为前提. 如描述星际火箭的运动, 开始发射时, 可选地球为参考系. 当它进入绕太阳运行的轨道时, 则应以太阳为参考系才便于描述. 在地球上运动的物体, 常选择地球或地面上静止的物体作参考系.

1.1.3 坐标系

为了定量地描述物体相对于参考系的运动, 必须在参考系上固联一坐标系. 通常采用的坐标系有直角坐标系、球坐标系、极坐标系、自然坐标系等. 在具体应用中, 究竟采用何种坐标系应以分析问题的方便而定. 对同一运动的分析采用不同的坐标系只是方法的不同, 其物理实质则是一致的.

1.2 质点运动的描述

1.2.1 时间与时刻

时间是物质运动、变化持续性的表征. 因此物体(质点)运动过程的描述离不开时间.

时刻是时间中的某一个点, 或“某一瞬间”. 物体运动状态的表征离不开时刻.

人们的日常生活也经常使用时间与时刻的概念, 但却常常将它们混淆. 例如, 常听一些人问: “现在是什么时间?” 这里的时间实际上是指时刻. 应用中要注意从物理意义上加以区别.

在国际单位制(SI)中, 时间的单位为秒(s). 除特别声明外, 本书以后所用的单位均为 SI 单位.

1.2.2 位置矢量与运动学方程

位置矢量是定量描述质点某一时刻所在空间位置的物理量. 如图 1.1 所示, 设质点在某一时刻位于 P 点, 从坐标系的原点 O 引向 P 点的有向线段 OP 称为该时刻质点的位置矢量, 简称位矢, 以 r 表示. 在直角坐标系中, 位矢 r 在 x 、 y 、 z 轴上的投影(或称位置坐标)分别为 x 、 y 、 z . 于是, 位矢 r 的表达式为

$$r = xi + yj + zk \quad (1.1)$$

式中, i 、 j 、 k 分别为 x 、 y 、 z 轴上的单位矢量(大小为 1, 方向沿各轴正向的矢量).