



普通高等教育“十五”国家级规划教材

大学物理学

University Physics

下册

吴百诗 主 编

罗春荣 马永庚 张孝林 副主编



高等教育出版社
Higher Education Press

普通高等教育“十五”国家级规划教材

大学物理学

下册

吴百诗 主 编
罗春荣 马永康 张孝林 副主编

高等教育出版社

内容简介

本书是普通高等教育“十五”国家级规划教材,是吴百诗教授及参编学校数十年来大学物理课程教学经验的总结。全书以大众化教育形势下对人才培养的要求为出发点,针对当前学生的特点编写而成。本书在教学内容上进行了改革,虽然在体系上变化不大,但在内容选取、教学安排、讲法上等有一定的创新。考虑到对工科学生培养的特点,本书十分注意物理学与实际的联系,特别是与工程实际、科技前沿的联系,在例题和习题的选取上更是尽可能反映工程实际和科技新成就。

全书分3册出版,上册包括力学和热学,中册包括电磁学,下册包括波动、光学和近代物理。与本书配有习题解答、电子教案等辅助用书。这套书可供高等学校工科各专业作为大学物理课程的教材或参考书使用,也可供其它专业的社会读者阅读。

图书在版编目(CIP)数据

大学物理学.下册/吴百诗主编. —北京:高等教育出版社,2004.12
ISBN 7-04-015815-9

I. 大... II. 吴... III. 物理学 - 高等学校 - 教材 IV. 04

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第108828号

策划编辑 庞永江 责任编辑 陶 铮 封面设计 张申申 责任绘图 宗小梅
版式设计 王 莹 责任校对 朱惠芳 责任印制 陈伟光

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-64054588
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

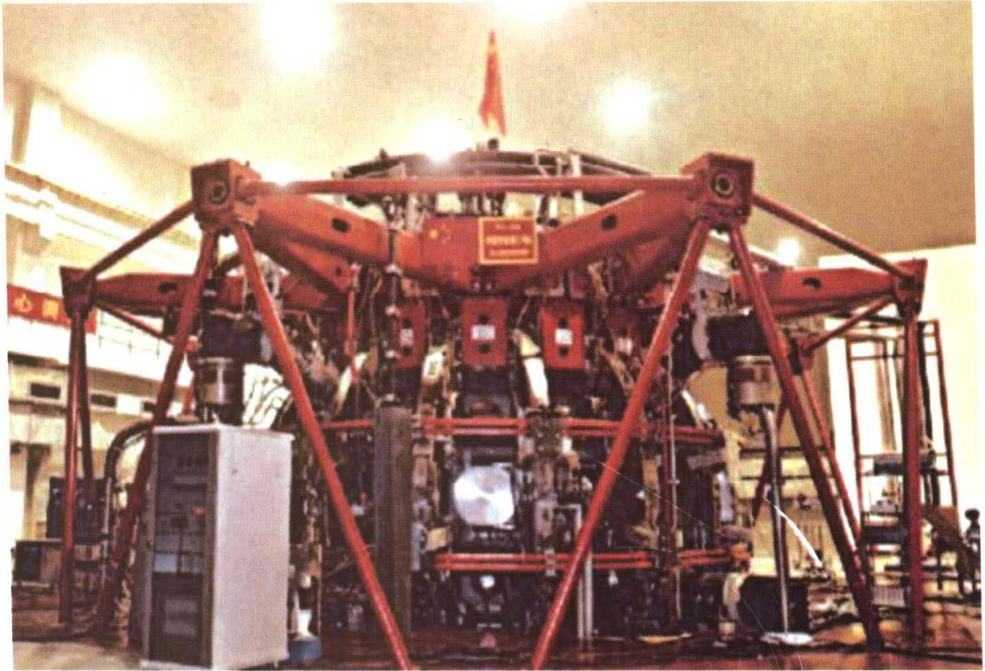
经 销 新华书店北京发行所
印 刷 涿州市星河印刷有限公司

开 本	787×960	1/16	版 次	2004年12月第1版
印 张	29.75		印 次	2004年12月第1次印刷
字 数	550 000		定 价	31.20元
插 页	1			

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。

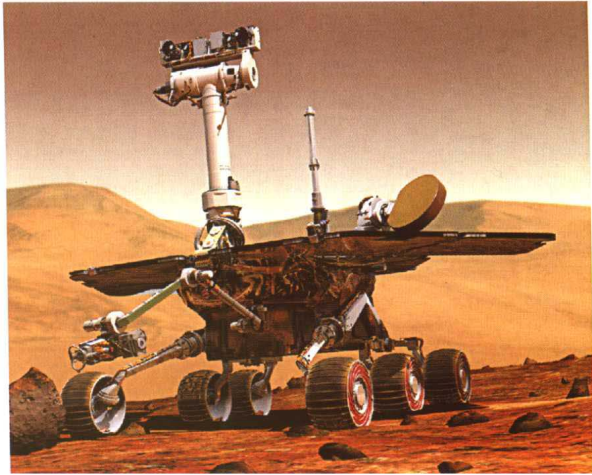
版权所有 侵权必究

物料号: 15815-00



中国环流器二号 A 装置(HL-2A)

HL-2A 装置是我国新一代大型托卡马克核聚变实验研究装置, 目前已在四川成都基本建成。该装置的主要物理目标是开展高参数等离子体条件下的改善约束实验, 并利用其独特的大体积封闭偏滤器结构, 开展核聚变领域许多有价值的前沿物理课题以及相关的工程技术问题的研究。它的建成为我国下一步核聚变堆研究与发展提供了重要技术条件, 为提高我国核聚变实验研究的整体水平和国际地位, 促进国际合作打下了重要基础。



上图是美国勇气号火星探测器。勇气号是迄今美国发射的最尖端的火星探测装置,其顶部的桅杆式结构上装有全景照相机及具有红外探测能力的微型热辐射分光计。它们的位置与人眼高度相当,可以帮助科学家们确定火星上哪些岩石和土壤区域最有探测价值。火星车上还有一个末端装备了各种工具的“手臂”。工具之一为显微镜成像仪,它能像地质学家手中的放大镜一样,以几百微米的超近距离对火星岩石纹理进行审视。另外还有穆斯堡尔分光计和 α 粒子X射线分光计,可以用来进一步分析岩石构成。还有一个相当于地质学家常用的小锤子的工具,能除去火星岩石表面历经岁月沧桑的岩层,为研究岩石内部提供方便。这台六轮火星车将依靠餐桌大小的太阳能电池板获得动力。

下图是勇气号 2004 年 8 月 21 日发回的火星表面的图像。

序

人类的科学发展史表明,物理学是一切自然科学的基础,它的基本概念和基本规律被广泛应用到所有的自然科学领域。当代高新技术的发展也都起源于对物理规律的探索。我们人类都生活在由物理学基本规律所约束的时空中,物理学的发展对人类的物质观、时空观、世界观,以及对整个人类的文化都产生了极其深刻的影响,因此,物理学是人类现代文明之源。

物理学的每一个新思想、新发现,甚至那些原本看来是“纯”基础的研究成就,都会发展成为高新技术和产业。例如,20世纪30年代末,固体的能带理论的出现使得巴丁、布拉顿和肖克莱在1947年发明了晶体管,1958年基尔比和诺伊斯又发明了锗、硅集成电路。从此,半导体集成电路迅猛发展,出现了一系列新技术、高新技术和新产品。以计算机为代表的信息电子产业已成为世界上最大的产业。又例如,在爱因斯坦受激辐射理论的基础上,60年代初诞生了激光器,这又是一个划时代的物理技术应用成果,激光物理的进展为激光在制造工业、通讯工业、国防工业以及医学等领域的发展提供了重要的技术基础。今天,物理学的研究仍在不断更新着人们对客观世界的认识。

“大学物理”课程是一门以研究和阐明物质的基本结构形态、基本运动规律和相互作用关系,为大学生提供全面系统的物理学基础为目标的基础课程。在大学物理课程学习中,不仅要掌握自然界的事实、定律、方程和解题技巧,更重要的是要从整体上认识和掌握物理学。也就是说,通过物理学课程的学习,要认识物理学各个分支之间的关系,认识基本物理规律的普适性和适用范围,认识理论和应用之间的关系,认识物理思想和数学工具,从整体上准确地掌握物理学的基本内容,建立科学的物质观,时空观和世界观。

另外,在物理学课程的学习中,要关注物理学的基本概念、基本规律的产生和发现的历史过程,关注在物理学历史上曾经有过的实验和争论,学会举一反三、触类旁通的方法。如利用已掌握的物理学基本概念去理解和解释新的物理规律,增强学习的创新意识和创新能力的培养。在探讨科学的奥秘过程中,谁最有创新精神,敢于突破旧观念、旧理论的束缚,谁就能率先做出重要贡献。同时,创新也是深化学习的动力。因此,在学习上要勤于思考、善于提问、敢于尝试,多问几个为什么,使自己对物理学的内涵有深刻的理解,为将来做出创新性的工作打下良好的基础。

总之,要学好物理学重要的是以学习物理基础知识为载体,系统掌握物理学



的思维方式和研究方法,而不是死记硬背一些物理公式。因为这些基本知识、物理思想、思维方式和研究方法将会使学生在今后长期的学习工作中,在观察、分析和解决问题时得到重要的借鉴和应用。

吴百诗教授主持编写的这本“十五”国家级规划教材,突出了在物理教育中知识传授和能力培养相结合的特色,集成了数名作者多年来丰富的教改研究和教学实践的经验,在打好学生必备的物理基础、激发学习兴趣、增强科学思考、分析和处理问题的能力、将现代科学技术成就融入基础课程教材等方面都下了很大功夫,为理工科学生全面掌握物理学提供了一个很好的范本。祝愿这本教材在教学实践中得到更加普遍的欢迎和推广,也祝愿读者从中深刻领悟到物理学的“伟大”。

西安交通大学校长
郑南宁 院士

前 言

“大学物理”是理工科低年级学生的一门重要基础理论课,它的作用一方面是为学生打好必要的物理基础,而打好物理基础,不仅对学生在校学习起着十分重要的作用,而且对学生毕业后的工作和在工作中进一步学习新理论、新知识、新技术,不断更新知识都将产生深远的影响;另一方面是使学生初步掌握科学的思维方法和研究问题的方法,这些都起着增强学生适应能力,开阔思路,激发探索和创新精神,提高人才科学素质的重要作用。

本书是由西北工业大学、西安电子科技大学和西安交通大学三校物理教师合编的。编者对编写指导思想的共识是:

(1)“大学物理”课是一门基础理论课,教材内容的选取应着眼于在大学物理水平上切实为学生打好物理理论基础。

(2)编写的教材应在总结我国大学物理长期教学经验的基础上,充分考虑我国目前工科大学物理教学实际(包括学生实际,教学时数实际等),并适当地吸收国外新教材编写的经验,使得教材便于教和学。

(3)在处理经典物理和近代物理关系上,编者认为,经典物理不但是学习工科各专业知识的基础,而且也是学习近代科学技术新理论、新知识的理论基础。不仅如此,经典物理当今在科学和技术各领域仍然是应用最广泛的基础理论,而且大学物理中的经典部分对训练和培养大学低年级学生科学思维方法和分析问题、解决问题能力的作用是其它课程所不能代替的,因此在大学物理课程和教材中必要的经典物理内容应予以切实保证。鉴于近半个世纪以来,科学技术以前所未有的速度发展着,新理论、新技术日新月异并向现代高技术中渗透,在这样的情况下,在大学物理课程中加强近代物理内容是十分必要的,问题是加强些什么内容。编者认为,加强近代物理内容,首先应加强那些学习新理论、新知识所必需的近代物理基础理论,主要是量子物理和统计物理有关的基本概念和基本理论。

(4)编者认为现有的大学物理教材体系是国内外经过长期教学实践形成的,为理工科高级人才打好物理基础是卓有成效的,因此对体系进行大的改革,宜认真总结过去教学实践中的经验,明确现有体系存在什么问题,改什么,怎么改?大的体系改革更应经过仔细论证,通过试点,成功后再根据具体情况(条件)进行推广。

(5)考虑到工科大学物理涉及面宽,内容多,而教学学时数少的具体情况,

本书在保证物理基础理论的前提下,尽量在不过多增加教材篇幅和教学负担情况下,采取多种形式向读者介绍新知识,特别是我国当前科研和技术领域的新成就,以扩大读者新知识面,激发学生爱国热情和学习积极性。

(6) 编者认为,着力于训练和培养学生的科学思维方法、分析问题和解决问题的能力,帮助低年级学生打好物理基础,提高他们独立获取知识的能力是在基础课教学中贯彻加强科学素质培养的一种重要途径。

(7) 本书分上、中、下三册,分别由西北工业大学、西安电子科技大学和西安交通大学编写,参加编写的有罗春荣、郑建邦、王济民、陈长乐(西北工业大学)、马永康、李存志、白璐(西安电子科技大学)、张孝林、陈光德、王小力、徐忠锋、吴百诗(西安交通大学)。各章后注有编写者,吴百诗先生对全书作了仔细地修改。

(8) 全书采用SI,考虑到改革开放,对外交流日益增多,书中也适当介绍了当前欧、美尚广泛使用的单位以及这些单位与相应SI单位的换算因子。

(9) 西安电子科技大学理学院院长吴振森教授对本书的形成给予了极大的支持,在此特表谢意。

(10) 西安交通大学刘丹东老师为本书编制了两套应用计算程序,对此编者们表示感谢。

(11) 全书插图由西安交通大学李普选老师精心绘制,对此编者们表示感谢。

(12) 由于编者们的学识和教学经验的限制,书中不当之处和错误在所难免,还请使用本书的师生和同志们指正。

吴百诗
2004年8月

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》，其行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)64014089 64054601 64054588

目 录

第四篇 振动 波动 光学

第 12 章 机械振动	3
§ 12.1 简谐振动	4
§ 12.2 简谐振动的实例分析	20
§ 12.3 简谐振动的合成	24
§ 12.4 阻尼振动和受迫振动简介	34
* § 12.5 二自由度线性振动简介	40
本章小结	43
习题	44
第 13 章 机械波	53
§ 13.1 波的分类	55
§ 13.2 横波和纵波	56
§ 13.3 简谐波 波长和频率	58
§ 13.4 波速	71
§ 13.5 波面和波线 惠更斯原理	75
§ 13.6 波的能量 能流密度	79
§ 13.7 波的叠加原理 波的干涉	84
§ 13.8 驻波	89
§ 13.9 多普勒效应	95
本章小结	103
习题	104
* 第 14 章 几何光学	113
§ 14.1 光的反射和折射	115
§ 14.2 在球面界面上的反射和折射	128
§ 14.3 薄透镜	136
§ 14.4 球面反射镜的物像公式	149
§ 14.5 球面像差和色散像差	157
§ 14.6 光学仪器	159
本章小结	166



习题	168
第 15 章 波动光学	175
§ 15.1 光是电磁波	176
§ 15.2 光波的叠加	186
§ 15.3 分波前干涉 空间相干性	191
§ 15.4 光程与光程差	202
§ 15.5 分振幅干涉	206
§ 15.6 迈克耳孙干涉仪 时间相干性	221
§ 15.7 光的衍射 惠更斯-菲涅耳原理	227
§ 15.8 夫琅禾费衍射	230
§ 15.9 衍射光栅 光栅光谱	242
§ 15.10 X 射线在晶体上的衍射	255
§ 15.11 光的偏振 线偏振光和自然光	258
§ 15.12 偏振片的起偏和检偏 马吕斯定律	260
§ 15.13 光在反射和折射时的偏振 布儒斯特定律	264
§ 15.14 光的双折射	267
§ 15.15 尼科耳棱镜 渥拉斯顿棱镜 波晶片	271
§ 15.16 偏振光的干涉 人工双折射	275
§ 15.17 旋光效应简介	281
本章小结	282
习题	285

第五篇 近代物理

第 16 章 量子物理基础	295
§ 16.1 热辐射 普朗克量子假设	296
§ 16.2 光电效应 爱因斯坦光子假说	302
§ 16.3 康普顿散射	308
§ 16.4 氢原子光谱 玻尔的氢原子理论	314
§ 16.5 实物粒子的波粒二象性 不确定关系	321
§ 16.6 波函数 一维定态薛定谔方程	327
§ 16.7 氢原子的量子力学描述	341
§ 16.8 电子自旋 四个量子数	347
§ 16.9 原子的电子壳层结构	350
§ 16.10 固体能带结构	355
§ 16.11 激光	370
本章小结	381



习题	384
第 17 章 原子核和粒子物理简介	391
§ 17.1 原子核的基本性质	392
§ 17.2 原子核应用技术简介	398
§ 17.3 粒子物理简介	409
§ 17.4 强子结构的夸克模型	419
本章小结	423
习题	424
附录 I 量子力学基本知识	428
附录 II 量子统计简介	437
附录 III 诺贝尔物理学奖全览	444
附录 IV 物理量的量纲和单位	451
习题答案	458

第四篇 振动 波动 光学



湖表面的水波

振动和波动是自然界中重要而常见的物质运动形式. 振动的传播过程称为波动. 波动就其物理本质可分为三大类:

1. 机械振动在弹性介质中的传播过程称为机械波. 如绳子上的波、声波、地震波、水面波以及晶体内的点阵波等.
2. 电磁振动, 即变化的电场和变化的磁场依次激发在空间传播的过程称为电磁波, 如无线电波、光波、X 射线等. 电磁波的传播不需要任何介质.
3. 物质波, 这是微观粒子的一种属性, 相应的波也称为概率波. 如电子、中子、质子等微观粒子, 都具有波动性. 这种物质波与宏观世界中的波具有完全不同的本质, 有关内容将在量子物理基础中进行讨论.

虽然各类波的本质不同,但它们具有波动的共同特征,遵守的规律也有许多类似之处,例如,都能产生衍射和干涉,都可用类似的数学方程来描述等.

振动和波动应用于许多科学和技术领域之中,也与人类生活密切相关.学习和掌握振动和波动基础知识,对进一步学习后续课程,以及今后工作中学习新知识、新技术、进行科研工作都是十分重要的.

本篇的内容包括:机械振动、机械波、几何光学和波动光学.

第12章 机械振动



鱼洗

“喷水鱼洗”实质上是一个盆边带有双耳的铜盆。古代人称盆为“洗”。当用手摩擦盆边的双耳时，盆内的水会浪花飞溅，产生驻波。如摩擦得法，靠盆边上的水能溅起几尺高。因为盆内铸有四条鱼，故称其为喷水鱼洗。

机械钟摆的运动,石英钟晶体的运动,汽缸中活塞的运动,正常人心脏和脉搏的运动,交流电路中的电流和电压时大时小、时正时负的运动,微观世界中电子围绕晶格点阵的运动等等,尽管运动各异,但它们有一共同特征,即都是往复运动,我们将这类往复运动统称为振动。振动是自然界和工程技术中极为普遍的一种运动形式,研究振动无论是在理论上还是在实践上都有着重要的意义。

在力学中,人们将物体在其稳定平衡位置附近的往复运动称为机械振动。为了方便,下面将机械振动也简称为振动。

振动常是有害的,如降低机床加工精度、影响机械设备的寿命,甚至引起重大破坏事故等。但是,振动也有其有利的一面,如选矿筛、混凝土捣固机等都是利用振动原理设计的。为了利用振动的有利因素,避免其有害因素,就要研究振动遵从的基本规律。

物体在弹性介质中振动时,可以影响周围的介质,使介质中质点也陆续振动起来。这种振动向外传播的过程,就是下一章将要讲的机械波,因此,振动理论也是研究机械波所必备的基础知识。

机械振动从本质上讲与交流电、光学、固体等中的振动是不相同的。但实验和理论研究都表明,它们所遵从的基本规律和机械振动中的规律在形式上和数学处理方法上有许多共同点。因此掌握机械振动基本规律也是进一步学习物理学其它有关部分以及交流电、无线电技术等的基础。

§ 12.1 简谐振动

12.1.1 简谐振动

物体振动时,若决定其位置的坐标按余弦(或正弦)函数规律随时间变化,这样的振动称为简谐振动,简称谐振动。在忽略阻力的情况下,弹簧的小振幅振动、单摆的小角度振动都是谐振动。

谐振动是一种最简单、最基本的振动。一切复杂的振动都可以看成是由许多简谐振动合成的。例如,图 12.1 中实线表示的较复杂的振动,可看成虚线 I 和 II 所表示的两个谐振动的合成。

一质量可忽略的弹簧(简称轻弹簧),一端固定,另一端系一物体 M,这样的系统

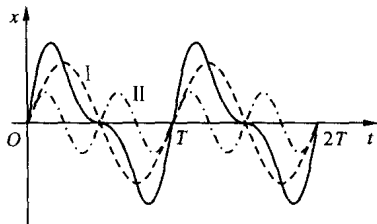


图 12.1