



21世纪高等教育系列规划教材
21SHIJI GAODENG JIAOYU XILIEGUIHUA JIAOCAI

大学物理

COLLEGE PHYSICS

主编 范中和 王晋国

上册

第二版



西北大学出版社
NORTHWEST UNIVERSITY PRESS

21 世纪高等教育系列规划教材

大学物理

上册
(第二版)

主 编 范中和 王晋国
副主编 翟学军 徐春龙
吴俊芳

西北大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

大学物理.上册/范中和,王晋国主编. —西安: 西北大学出版社,
2005.9(2008.12第2版)

ISBN 978-7-5604-2033-2

I. 大... II. ①范... ②王... III. 物理学 - 高等学校 - 教材
IV. 04

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第118570号

书 名 大学物理 上册
主 编 范中和 王晋国
出版发行 西北大学出版社
通信地址 西安市太白北路229号 邮编 710069 电话 (029) 88303059
经 销 新华书店经销
印 刷 陕西向阳印务有限公司
开 本 787mm×960mm 1/16
印 张 22.75
字 数 388千字
版 次 2005年9月第1版 2008年12月第2版
印 次 2012年1月第6次印刷
书 号 ISBN 978-7-5604-2033-2
定 价 25.00元

第一版于2005年9月出版以来,曾在国内十余所高校使用,反映较好.现根据使用学校师生的反馈意见和要求,对该教材进行修订.修订后的教材既保留了原教材简明的优点,又对全书的结构和内容进行了较大幅度的修改,大部分章节进行了重写.第二版教材具有以下特点:

(1) 用现代观念审视传统物理内容,在保证普通高等工科院校本科大学物理课程基本要求的基础上,在相关章节中融入了反映物理学科前沿及物理学新进展的内容的简介.

(2) 为使学生及时了解现代技术的发展及物理学与高新技术的联系,在教材相应章节中,恰当地简要介绍新技术的物理原理,比如:受控核聚变、扫描隧道显微镜、超导电性、自由电子激光、纳米尺度的量子效应及纳米技术的应用等.

(3) 从工科应用型人才培养目标出发,在各章节的举例中,增加工程技术应用问题,使学生在大学物理学习中更好地联系工程实际.

(4) 考虑到教学规律的要求和大学一、二年级学生的认知特点,各章后增加了“本章提要”,以便于学生学完每一章后进行归纳小结.

(5) 考虑到“扩招”以后的学生实际情况,适当降低了习题的难度,各章习题均以选择、填空、计算三种形式列出.



本书主编是范中和教授和王晋国教授,副主编是翟学军、徐春龙、李成荣、王憨鹰.参加本书编写的人员及分工如下:陕西师范大学的范中和(第1章),榆林学院的李成荣(第2、3、7章)、王憨鹰(第8、9章),长安大学的徐春龙(第4、11章)、王晋国(第5、13章),西安工程科技大学的翟学军(第6章)、周光茜(第10章),西安工业大学的房鸿(第12章).本书在编写和修订过程中,西北大学出版社李宝宁同志给予了大力协助,在此表示诚挚的谢意.

编写适应新时代要求和满足教学改革需要的教材是一种探索,由于编者水平有限,书中难免有不足和疏漏之处,恳请读者不吝赐教.

编 者

2008年3月

目 录

绪论	/1
第1章 质点的运动	/9
§ 1.1 质点运动的描述	/10
§ 1.2 加速度恒定时质点的运动	/20
§ 1.3 圆周运动	/28
§ 1.4 相对运动	/34
§ 1.5 牛顿定律	/37
* § 1.6 惯性系与非惯性系	/48
* § 1.7 决定论系统的内在随机性与混沌	/54
本章提要	/60
思考题	/62
习题	/65
第2章 动量守恒和机械能守恒	/71
§ 2.1 质点的动量定理	/71
§ 2.2 动量守恒定律	/75
§ 2.3 质心运动定理	/79
§ 2.4 动能定理	/83
§ 2.5 势能	/87
§ 2.6 机械能守恒定律	/94
§ 2.7 碰撞	/98
本章提要	/101

思考题	/103
习题	/104
第3章 刚体的转动	/111
§ 3.1 刚体定轴转动的角速度和角加速度	/111
§ 3.2 转动定律	/116
§ 3.3 刚体绕定轴转动的动能定理	/124
§ 3.4 角动量守恒定律	/129
* § 3.5 进动	/138
本章提要	/141
思考题	/142
习题	/143
第4章 机械振动	/148
§ 4.1 简谐振动	/148
§ 4.2 简谐振动的能量	/155
§ 4.3 简谐振动的旋转矢量表示法	/158
§ 4.4 简谐振动的合成	/160
* § 4.5 阻尼振动 受迫振动 共振	/168
本章提要	/173
思考题	/174
习题	/175
第5章 机械波	/180
§ 5.1 机械波的产生和传播	/180

目 录

§ 5.2	平面简谐波的波函数	/184
§ 5.3	波的能量	/191
§ 5.4	波的衍射	/195
§ 5.5	波的干涉	/198
§ 5.6	驻波	/203
* § 5.7	声波	/209
§ 5.8	多普勒效应	/212
	本章提要	/216
	思考题	/218
	习题	/219
第 6 章	气体动理论	/224
§ 6.1	气体动理论的基本概念	/225
§ 6.2	理想气体的压强和温度的统计意义	/231
§ 6.3	麦克斯韦速率分布律	/236
* § 6.4	玻耳兹曼分布律	/242
§ 6.5	能量均分定理	/244
§ 6.6	气体分子的平均碰撞频率和平均自由程	/249
	本章提要	/252
	思考题	/254
	习题	/255
第 7 章	热力学基础	/260
§ 7.1	热力学第一定律	/261

§ 7.2 理想气体的典型热力学过程	/266
§ 7.3 循环过程	/276
§ 7.4 热力学第二定律	/283
§ 7.5 熵和熵增加原理	/289
§ 7.6 热力学第二定律的统计意义	/300
本章提要	/304
思考题	/307
习题	/310
附录 1 矢量	/318
附录 2 物理量的单位和量纲	/327
附录 3 物理学常量	/330
附录 4 国际单位制所用的单位词冠	/332
附录 5 历年诺贝尔物理学奖获得者	/333
习题答案	/343

绪 论

物理学是一门基础科学,它研究组成自然界物质的物理性质、相互作用及运动规律.物理学领域所涉及的(空间)尺度,从最小的粒子的半径 10^{-16} m,直到目前可探测到的最远的类星体(quasar)的距离 10^{26} m,跨越了 32 个数量级.物理学研究如此宽广范围的物理现象,发明为观测自然界所需要的更为有效的实验工具,创立使我们能够解释已经观测到的物理现象的理论.

按照物理学发展的历史过程,可将其分为经典物理学和近代物理学.近代物理学是相对于经典物理学而言的,泛指以相对论和量子论为基础的从 20 世纪初开始发展起来的物理学.

一、物理学是现代技术的先导

物理学的发展为技术进步不断开辟出新的方向,导致了一系列现代高新技术的产生.信息技术、新材料技术、新光源技术、新能源技术、空间技术、分子工程技术、遗传工程技术等等的形成与发展,都在不同程度上与现代物理学息息相关.

能源的获取和利用是现代技术的基础,20 世纪物理学家的一项重大贡献就在于核能的利用.如果没有 1909 年卢瑟福的粒子散射实验,就不可能有 40 年代以后核能的利用.1905 年爱因斯坦质能关系式的提出,确立了核能利用的理论基础.物理学家 1932 年发现中子,1939 年发现在中子引起铀核裂变时可释放能量,同时有更多的中子发射,于是提出利用“链式反应”来获得原子能.40 年代,根据重核裂变能量释放的原理,建立了原子反应堆,使核裂变能的利用成为现实.50 年代,根据轻核在聚变时能量释放的原理,设计了受控核聚变反应堆.聚变能不仅丰富,而且安全清洁.可控热核聚变能的利用的研究将成为解决 21 世纪能源问题的有效途径.

激光是 20 世纪 60 年代初出现的一门新兴技术.如果没有 1917 年爱因斯坦提出的受激辐射理论,就不可能有 1960 年第一台激光器的诞生.1917 年爱因斯坦提出了受激辐射概念,指出受激辐射产生的光子具有频率、相位、偏振态以及传播方向都相同的特点,而且受激辐射的光获得了光的放大.他又指出实现光放大的主要条件

是使高能态的原子数大于低能态的原子数,形成粒子数的反转分布,从而为激光的诞生奠定了理论基础. 50年代在电气工程师和物理学家研究无线电微波段问题时产生了量子电子学. 1958年汤斯等人提出把量子放大技术用于毫米波、红外以及可见光波段的可能性,从而建立起激光的概念. 1960年美国梅曼研制出世界上第一台激光器. 经过40年的努力,激光器件已发展到相当的水平,激光成功地渗透到近代科学技术的各个领域. 利用激光高亮度、单色性好、相干性好的特点,在材料加工、精密测量、通信、医疗、全息照相、产品检测、同位素分离、激光武器、受控热核聚变等方面都获得了广泛的应用.

电子技术是发展最快的高技术. 1947年贝尔实验室的巴丁、布拉顿和肖克莱发明了第一只晶体管,标志着信息时代的开始. 1962年发明了集成电路,20世纪70年代后期出现了大规模集成电路. 从1950年至1980年的30年中,依靠物理知识的深化和工艺技术的进步,使晶体管的图形尺寸(线宽)缩小了1000倍. 殊不知,在此之前至少还有20年的“史前期”,其中包括量子力学理论的建立,费米-狄拉克统计法、能带理论、“空穴”概念等,在物理学中为孕育晶体管的诞生做出了大量的理论和实验上的准备. 今天的超大规模集成电路芯片上,在一根头发丝粗细的横截面积上,可以制备40个左右的晶体管. 微电子技术的迅速发展使得信息处理能力和电子计算机容量不断增长. 40年代建成的第一台大型电子计算机,自重达30t,耗电200kW,占地面积150m²,运算速度为每秒几千次,而在今天一台笔记本电脑的性能已经超过了它. 新一代光计算机的研究和开发,已成为21世纪国际高科技竞争的又一热点.

物理学为现代技术提供了理论依据,当然,反过来技术的发展与促进生产力提高的要求,也有力地推动了物理学研究的发展. 科学技术化与技术科学化已成为一个内在的演化过程,现代物理学与一系列高新技术的关系已密不可分.

二、物理学对社会的影响

物理学研究的规律具有很大的基本性和普遍性,它的新概念、新理论、新思想、新方法已经广泛应用于科学技术的各个领域,并发挥了重要作用. 物理学的一些新概念(比如场、熵等),甚至也为社会科学所引用,并产生了一定影响.

物理学的发展,包括与物理发现一并产生的科学精神、科学思想和科学方法,已为人类认识自然,改变人的认识能力,创造现代精神文明和物质文明发挥了重要作

用.物理学的发展还为人类利用自然和改造自然,谐调人类与自然的关系,使之服务于人类,创造了十分有利的条件.目前,物理学的理论、思想和方法正以空前的规模和速度应用于生产、生活和管理,使社会物质生产、经济状况、社会生活的各个领域的面貌焕然一新,以致对人们的思维方式、思想意识、价值观念都产生了并将继续产生重大影响.

物理学的发展和技术的进步,深刻地改变了人类的物质生产和精神生活.1999年在亚特兰大召开的第23届国际纯粹物理与应用物理联合会(IUPAP)代表大会通过的决议《物理学对社会的重要性》指出:

“物理学——研究物质、能量和它们的相互作用的学科,是一项国际事业,它对人类未来的进步起着关键的作用.对物理教育的支持和研究,在所有国家都是重要的,这是因为:

(1)物理学是一项激动人心的智力探险活动,它鼓舞着年轻人,并扩展着我们关于大自然知识的疆界.

(2)物理学发展着未来技术进步所需要的基本知识,而技术进步将持续驱动着世界经济发动机的运转.

(3)物理学有助于技术的基本建设,它为科学进步和发明的利用,提供所需要的训练有素的人才.

(4)物理学在培养化学家、工程师、计算机科学家,以及其他物理科学和生物医学科学工作者的教育中,是一个重要组成部分.

(5)物理学扩展和提高我们对其他学科的理解,诸如地球科学、农业科学、化学、生物学、环境科学以及天文学和宇宙学,这些学科对世界上所有民族都是至关重要的.

(6)物理学提供发展应用于医学的新设备和新技术所需要的基本知识,如计算机层析术(CT)、磁共振成像、正电子发射层析术、超声波成像和激光手术等,改善了我们的生活质量.

综上所述,鉴于以上各项理由,物理学是教育体制和每个进步社会的一个重要组成部分.”

三、物理学是科学的世界观和方法论的基础

物理学理论的形成和发展,是科学的思想与科学的方法论相结合的结果.在教

学中充分利用物理学科的这一特点,把培养学生的人生观、世界观融会到教学中去,对于一个大学生素质的提高往往是更有价值的东西。

物理学描绘了物质世界的一幅完整的图像,它揭示出各种运动形态的相互联系与相互转化,充分体现了世界的物质性与物质世界的统一性。19世纪中期发现的能量守恒定律,被恩格斯称为“伟大的运动基本定律”,它是19世纪自然科学的三大发现之一及唯物辩证法的自然科学基础。实验物理学家法拉第深受哲学家康德和谢林哲学思想的影响,通过大量的、内容十分广泛的实验研究,造就了他深邃的洞察力、丰富的直觉和巧妙的物理构思,他执著地寻找电与磁的统一,并试图描绘出一幅统一的物理世界图画。法拉第的一生,是在自然力统一思想指引下探索自然奥秘的一生。爱因斯坦是20世纪最著名的物理学家,在他整个的科学探索过程中,除了追求真理的精神和善于运用思维的洞察力揭示事物的本质外,还坚持了自然科学的唯物主义传统。表现在他的认识论和自然观上,他坚持以实验事实为出发点,反对从先验的概念出发。他指出牛顿的绝对时间概念之所以错误,就在于他不是以实验事实来定义,不能被观察到。爱因斯坦和法拉第一样,都对自然界各种相互作用的统一怀有坚定的信念,并始终不渝地为证实各种现象之间的普遍联系而努力。

在物理学发展的进程中,每一个新的物理概念和物理规律的确立都是人类认识上的一次飞跃,都是对陈旧传统观念束缚的冲击和突破。例如,普朗克突破了传统的“能量连续变化”的观念,提出“量子”假说;爱因斯坦突破牛顿的绝对时空观的束缚,建立了相对论。正确的科学世界观的确立,对于科学或对于物理学的发展都具有重要的意义,同样,一项物理学重大的科学发现往往也直接改变着人们的世界观。

物理学是理论与实验相结合的科学。物理学中很多重大的发现、重要原理的提出和发展都体现了实验与理论的辩证关系。许多物理学的假说来源于原有理论无法解释的实验,而进一步的实验又是对假说的验证和检验。同时理论对实验又有重要的指导作用,最终成为人们对客观世界、科学规律的正确认识,形成正确的物理学理论。

物理学的新进展,改变着人们对世界的看法,对习俗、宗教、社会学、人文学也产生了重大的冲击。物理学关于宇宙的产生和发展的理论,改变着人们的宇宙观和世界观,物理学信息熵理论的发展直接影响着社会科学、信息学的发展。物理学对时间、空间的进一步认识,自然会改变人们最基本的认识论,在哲学领域引起最深刻的改变。

物理学理论的形成,是科学思想和科学方法相结合的结果.物理学中的方法论是多方面的,而且针对不同的物理过程也有所不同.其中主要的有:分析—综合法,归纳—演绎法,理想模型方法,理想实验方法,应用独立性原理进行分解与合成的方法,由物理学最基本的原理推导出具体物理学科的规律的方法,物理规律由假说到定律的形成方法,物理类比方法,对称性分析方法,统计方法等等.

理解和掌握物理学思想和物理学方法,不仅对我们认识和研究自然界发生的物理现象和存在于其中的物理学普遍规律,而且对物理学习以及从事物理学研究、解决实际物理问题,都是十分有益的.

四、怎样学习大学物理

1. 大学物理与中学物理的主要区别

从教学内容来看,中学物理包括力学、热学、电磁学、光学和量子物理的一些基本知识,物理中要用到的数学难度较小;大学物理虽然也包括力学、热学、电磁学、光学和量子物理五大部分,但在深度和广度上都有很大的不同,而且与高等数学知识的结合比较紧密,大学物理中要用到的高等数学知识,难度增加了.中学物理教材一般由演示实验、生产实际、生活经验等引入相关知识,配有较多的插图,比较形象生动;大学物理教材注重理论上的分析、推理、论证,插图较少,比较抽象.

从教学方法和手段来看,中学物理由于教学内容少,课时多,所以教学进程相对较慢,老师有充足的时间对内容进行详细讲解、分析,对学生进行提问,并通过课堂演练题目的形式边讲解、边讨论、边练习,加深学生的理解和记忆.在每一章节结束后,安排课堂练习,帮助学生总结归纳本章节的主要内容.大学物理课程由于教学内容多、课时少,课堂教学的信息量大,很少有时间进行课堂练习、介绍各种类型的习题,课堂上以老师讲解为主,要使学生当堂理解和掌握课堂内容有很大的困难,要求学生课后自己总结和归纳.中学物理教学,以物理知识点的传授为主,将知识点讲清讲透;大学物理教学,以物理思想和知识整体结构讲解为主,主要是物理思想、方法及其运用.

2. 学习方法

信息技术全面进入人们的生活,开始改变着我们所熟悉的世界.信息时代给学习带来了革命性的变化.以前,文盲是指不识字的人,现在的文盲是指不会主动探求新知识,不能适应社会需求变化的人.同学们,为了不使自己成为文盲,唯切实可

行的办法就是把学习当作终生最基本的生存能力,掌握一套适合自己的适应时代的学习方法。

大学物理学习与中学物理学习有很大的不同.中学生一般课前不预习,上课很少做课堂笔记,课后很少仔细阅读教材,课余时间主要用来完成老师布置的作业,对教师的依赖性较强.大学生必须做到课前预习,带着问题去听课,课堂上抓住重点、难点,做好课堂笔记,课后及时复习、总结,应该有较强的学习主体意识.建构主义学习理论认为个体的学习是对知识意义的主动建构.在大学阶段养成良好地自主学习习惯是必要的,在学习过程中应该有充分的好奇心、求知欲、想象力、探索欲望和创新精神.

物理学习,从根本上讲是一种认知过程,是学生的物理认知结构发生变化的过程.学习成绩的高低,学习效果的优劣,在很大程度上是由学习方法决定的.因此,在物理学习过程中,掌握科学的学习方法和培养、形成科学的学习能力就具有重要的现实意义.

学习基础理论,关键在于掌握基本概念.概念是反映客观事物本质的一种抽象,是在大量观察的基础上,运用逻辑思维的方法,把一些事物本质的、共性的特征集中起来加以概括而形成的.任何一门学科,如果没有一些概念作为出发点,就不可能揭示这门学科的客观规律,也就不可能使其在实践中加以应用.

物理学是概念性很强的一门自然科学.基本概念是物理学一切逻辑系统中不可再分解的逻辑元素,对每一个基本概念都应明确:

(1)问题是怎样提出来的?为什么要引入这一概念?根据哪些事实,或哪些已知的理论,是怎样进行分析、综合、概括的?

(2)概念是怎样定义的?如果它是一个物理量,其量值和单位如何?此概念的物理意义是什么?其适用的条件和范围是什么?

(3)这一概念与其他物理量有什么联系?用它可以说明、解释哪些现象,可以解决些什么问题?分析和解决问题的思路和方法是怎样的?

基本理论是物理学的核心内容.大学物理学中的基本理论不少是以定律、原理或定理的形式表述出来的,它反映了概念之间的联系和制约关系.基本理论有些是从观察实验中发现的,有些是从逻辑推理中得到的.对此,应做到:

(1)理解基本理论所反映的物理实质,掌握基本理论的文字陈述.

(2)掌握定律和定理的数学表达式.物理学的定律和定理常常有相应的数学表

达式,对数学表达式,应与相应的文字陈述对照起来进行理解,并能够进行相互转译.

(3)掌握基本理论适用的范围和条件.由于人类认识的局限性,加之事物本身还在不断发展,因此,任何物理定律、原理和定理都有限定的范围.不掌握这一点,就会在应用中出现错误.

(4)了解基本理论在物理学中的主要应用.

物理学是以实验为基础的学科,许多物理学的假说来源于原有理论无法解释的实验,而进一步的实验又是对假说的验证和检验.实验操作训练是物理学习中的重要环节,实验时要认真观察物理现象,分析物理现象产生的条件和原因.要认真做好物理实验,学会仪器的使用和数据的处理,掌握利用实验研究问题的基本方法.要通过观察和实验,有意识地提高自己的观察能力和实验操作技能.

作业训练是物理学习中必不可少的重要环节.做习题的目的是巩固、深化和灵活运用所学的知识,从而提高分析问题和解决问题的能力.每做一道习题都应能讲清解题的原理、依据、思路和方法.用几种不同的方法去求解同一道题目是一种行之有效的训练.每一个物理现象常常都与外界有各种不同的联系,一种解题方法就是利用这一现象与外界的某一种或几种联系.用几种不同的方法处理同一问题,可以从各个不同的侧面去认识同一物理现象,从而对物理现象的规律有比较全面和深刻的理解.做习题不要仅以标准答案为目标,力图消除“凡是题目都有现成答案”的观念.如果能在现有题目的基础上进行比较深入的研究,比如探讨题解的多种可能,质疑题设条件的合理性、科学性,对原题目进行修正、修改、扩大等等,更有助于学生能力的提高.

物理学的理论是通过观察、实验、抽象、假设、实践等研究方法建立起来的.学习物理学要遵循实际—理论—再实践的方法,独立思考,自己判断,变“被动接受”为“主动探究”.物理学理论的形成过程离不开科学的探究思想的指导和科学的探究方法的应用.作为当代工科大学生,学习物理要注意物理学的思想和方法,弄清大学物理各部分知识之间的内在联系、清晰的条理和严谨的逻辑.系统地掌握物理学理论的同时,更应学习物理学家对未知领域孜孜不倦的探究精神和理论形成过程的科学方法.物理学理论的形成过程充满了探索、发现、揭示、归纳、总结的思想和方法,了解一个物理定律的发现和完善的过程,比物理学的结论本身更为重要.这对于一个大学生逐渐形成实事求是的科学态度、敢于创新的探索精神和科学的探究能力是绝

对必要的。

在学习过程中要敢于发现问题、提出问题。爱因斯坦曾说：“提出一个问题往往比解决一个问题更重要，因为解决一个问题也许仅是一个数学上或实验上的技能而已，而提出新的问题，新的可能性，从新的角度去看问题，都需要有创造性的想象力，而且标志着科学的真正进步。”他还说：“发展独立思考和独立判断的一般能力，应当始终放在首位。如果一个人掌握了学科的基础理论，并且学会了独立思考和工作，他必定会找到自己的道路，而且比起那种主要以获得细节知识为其培训内容的人来，他一定会更好地适应进步和变化。”这段话，一方面说明了知识与能力的密切联系，同时更强调了能力的重要性。

在学习物理学的过程中，不少学生常常只注意书本知识本身，而忽略智力训练的要求。那么，与大学物理学课程相联系的智力训练有哪些呢？我们认为大致有以下几种：观察实验能力，抽象思维能力，逻辑推理能力，空间知觉能力，揭示数与数或符号与符号之间关系的能力，揭示习题中隐蔽的函数关系的能力，归纳能力，运算和演绎能力，应用科学技术术语进行表达的能力，创造能力等。在学习知识的过程中，有意识地提高自己这些方面的能力，不仅是大学物理课程本身的要求，也是学习其他后继课程所必须具备的。

总之，学习大学物理一定要勤于思考、悟物穷理，只要努力就一定能学好大学物理。