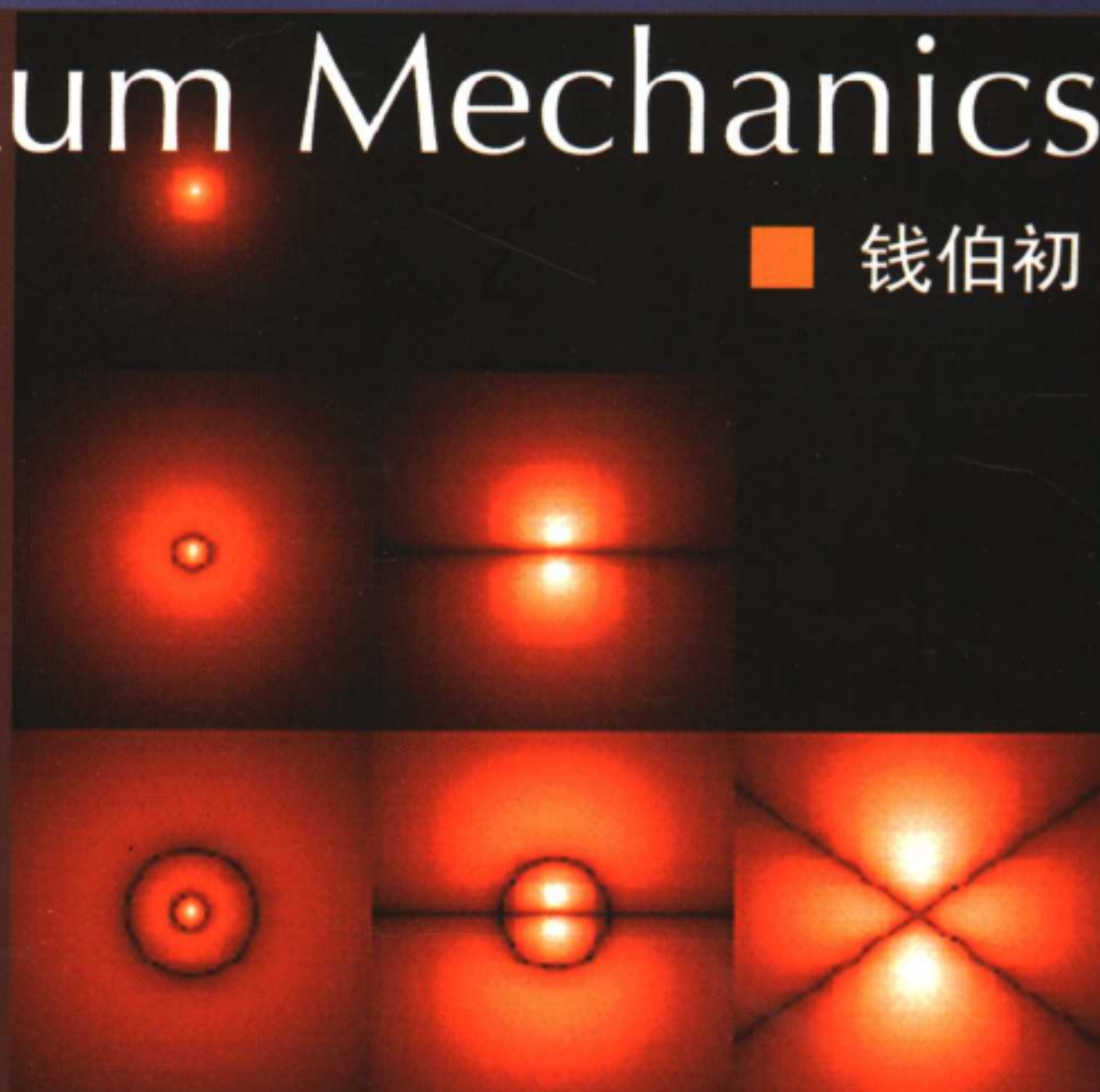


# 量子力学

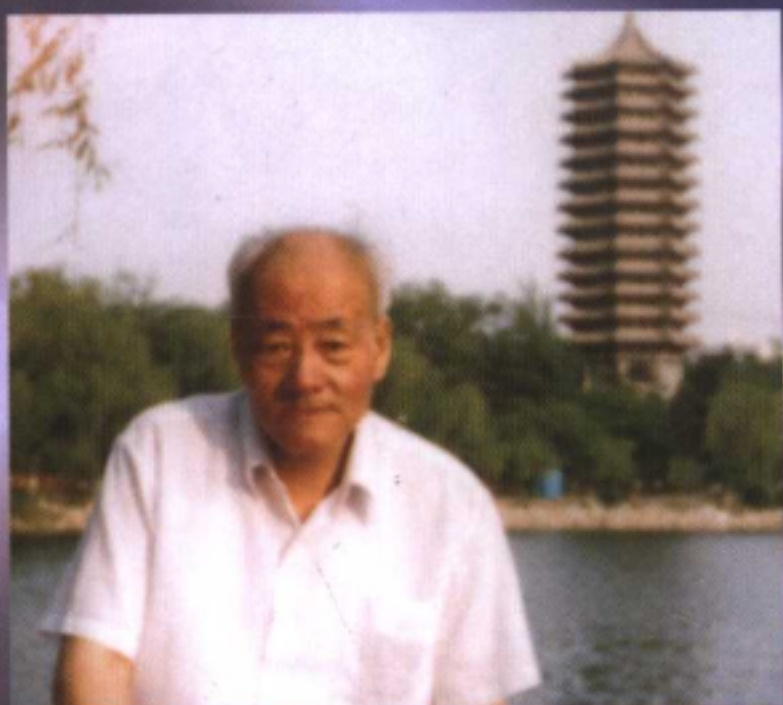
Quantum Mechanics

■ 钱伯初



高等教育出版社  
HIGHER EDUCATION PRESS





### 作者简介

钱伯初, 兰州大学教授, 长期坚持从事本科生基础课程教学工作, 取得了优异的教学成果, 受到广泛的认可。

2003年, 荣获第一届国家级教学名师奖;  
2004年, 由他主持的兰州大学“量子力学”课程被评选为“国家精品课程”。

ISBN 7-04-017783-8



9 787040 177831 >

定价 26.40 元

Quantum Mechanics

# 量子力学

钱伯初

高等教育出版社



## 内容简介

本教材的作者是首届“高等学校教学名师奖”获得者,由他主持的“量子力学”课程被评为 2004 年度“国家精品课程”。该教材就是作者在总结自己 50 年的教学实践经验悉心编写而成的。

本书在基本原理和典型定态问题的叙述上比较详细,主要是希望能使读者对基本概念、基本原理有较全面和深入的理解。作者把自己在长期的教学中总结出来的学生容易接受、教师容易讲解的一些方法融入了教材,使得课程内容更易教、易学。

全书内容分为十章:绪论、波函数和薛定谔方程、基本原理、表象理论、中心力场、定态微扰论与变分法、自旋、散射、量子跃迁、多粒子体系。各章均有习题,书末附有数学附录。

本书可作为理工类各专业量子力学课程的教材,也可供其他专业和社会读者阅读。

## 图书在版编目(CIP)数据

量子力学 / 钱伯初. —北京: 高等教育出版社,  
2006.1

ISBN 7-04-017783-8

I. 量... II. 钱... III. 量子力学-高等学校-教材 IV. O413.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 140839 号

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 100011  
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司  
印 刷 北京中科印刷有限公司

开 本 787×960 1/16  
印 张 23  
字 数 430 000

购书热线 010-58581118  
免费咨询 800-810-0598  
网 址 <http://www.hep.edu.cn>  
<http://www.hep.com.cn>  
网上订购 <http://www.landaco.com>  
<http://www.landaco.com.cn>  
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2006 年 1 月第 1 版  
印 次 2006 年 1 月第 1 次印刷  
定 价 26.40 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 17783-00

# 前 言

最近十年,兰州大学“国家理科基地”之物理学基地的量子力学课程,一直由本人主讲,实际讲授 $4 \times 16$  学时左右(习题课在内)。本书内容(有\*号的章节除外)几乎就是讲课内容的实录。1980 年以来,兰州大学的基础课教学颇受外界关注。希望本书的出版能够促进校际教学交流,有助于提高我国量子力学的教学水平。

改革开放以来,国内许多大学都在“量子力学”课程之后又开设了“高等量子力学”等后继课程。虽然很难对这两门课程的内容作出严格的划分,但是多数高校实际上又都掌握着相当统一的划分标准。诸如相对论量子力学,路径积分等等,通常认为都是“高等量子力学”的标准内容。对于这类内容,本书一律割爱。

编写本书时,对于重要实验及有关史实,一般不作详细叙述,因为它们都可以在光学、原子物理等课程的教材中读到。按照我国已经实行多年的教学计划,在学习“量子力学”课程以前,通常已经学过这些课程。

根据本人从事量子力学教学工作 50 年的经验,为了掌握量子力学,首先要对基本概念、基本原理有全面的、融会贯通的理解,并能结合若干典型实例来印证、加深并巩固这些理解,使其成为有血有肉、实实在在的东西。为此,本书叙述基本原理和典型定态问题比较详细,所用篇幅较多,希望能对使用本书的广大师生有所帮助。如课程学时较多(72 学时以上),书中第二、第三、第四、第五、第六、第七、第九章都可以作为重点。如学时较少,可以适当降低对第一、第四、第六、第八、第十章的要求。

非物理类专业的学生学习“量子力学”课程,大概都会感到困难,主要原因是欠缺许多物理及数学方面的预备知识。本书从两方面采取措施帮助使用本书的师生减少困难。物理方面,尽量少引用其他课程的非主体内容,而代之以简明直观的不需要预备知识的讲法。数学方面,希望书末的几个数学附录能够帮助不熟悉相应内容的读者渡过数学难关。对于曾在正规课程中学过这些数学知识的师生,希望这些数学附录也能够某种程度上帮助他们掌握一些公式的简明推导方法。

本书各章均附有相当数量的习题,而且半数以上习题都有适当难度。为了学好理论物理课程,多做习题是非常必要的。在许多场合,解题能力常被作为衡量学习效果的重要标准。读者如能独立完成本书半数左右习题,可以认为已经

达到课程的基本要求。如果绝大部分习题都能够独立解出,应付“考研”应该确有把握。

趁本书出版之际,作者谨向全国高校量子力学研究会全体同仁致意。1980年以来,研究会组织了大量卓有成效的学术交流活动,作者得以和各校教师切磋交流,获益良多。北京师范大学喀兴林教授,北京大学曾谨言教授,中国科学技术大学张永德教授,南开大学葛墨林院士都与作者进行过多次有益的讨论,对本书的编写提出了许多宝贵建议,作者深表感谢。

由于水平有限,书中错误或不当之处在所难免,敬请读者不吝指正。

钱伯初

2005年8月于兰州大学

# 目 录

第一章 绪论 .....	1
§ 1.1 黑体辐射定律与普朗克常数 .....	1
§ 1.2 光子 .....	6
§ 1.3 玻尔的量子论 .....	9
§ 1.4 原子物理中的特征量 .....	15
§ 1.5 德布罗意的“物质波”假设 .....	21
习题 .....	24
第二章 波函数和薛定谔方程 .....	27
§ 2.1 薛定谔方程 .....	27
§ 2.2 波函数的统计诠释 .....	31
§ 2.3 定态 .....	37
§ 2.4 一维平底势阱中的粒子 .....	43
§ 2.5 一维谐振子 .....	52
§ 2.6 势垒贯穿 .....	58
习题 .....	63
第三章 基本原理 .....	66
§ 3.1 波函数和算符 .....	66
§ 3.2 态叠加原理 .....	70
§ 3.3 线性算符 .....	71
§ 3.4 波函数的普遍物理诠释 .....	76
§ 3.5 动量 .....	81
§ 3.6 力学量算符的对易关系式 .....	88
§ 3.7 两个力学量算符的共同本征态 .....	91
§ 3.8 不确定度关系 .....	94
§ 3.9 状态和力学量随时间的变化 .....	98
§ 3.10 对称性和守恒定律 .....	105
§ 3.11 海尔曼定理和位力定理 .....	113
习题 .....	120
第四章 表象理论 .....	123
§ 4.1 狄拉克符号 .....	123
§ 4.2 量子力学公式及其矩阵表示 .....	128
§ 4.3 坐标表象 .....	137

* § 4.4	动表象	140
§ 4.5	能量表象	144
§ 4.6	一维谐振子(升降算符方法)	150
§ 4.7	角动量	157
习题		162
<b>第五章</b>	<b>中心力场</b>	<b>165</b>
§ 5.1	中心力场的一般概念	165
§ 5.2	自由粒子	171
* § 5.3	球形势阱	176
§ 5.4	粒子在库仑场中的运动(束缚态)	179
* § 5.5	二维中心力场	189
习题		191
<b>第六章</b>	<b>定态微扰论与变分法</b>	<b>195</b>
§ 6.1	非简并态微扰论	195
§ 6.2	简并态微扰论	199
§ 6.3	变分法	204
习题		208
<b>第七章</b>	<b>自旋</b>	<b>211</b>
§ 7.1	电子自旋	211
§ 7.2	电子的总角动量	217
§ 7.3	碱金属光谱的精细结构	222
* § 7.4	粒子在电磁场中的运动	225
§ 7.5	塞曼效应	230
* § 7.6	磁共振	234
§ 7.7	两个角动量的耦合	237
§ 7.8	二电子体系的自旋波函数	241
习题		243
<b>第八章</b>	<b>弹性散射</b>	<b>246</b>
§ 8.1	散射过程的一般描述	246
§ 8.2	分波法	249
* § 8.3	低能散射	257
§ 8.4	玻恩近似	260
习题		270
<b>第九章</b>	<b>量子跃迁</b>	<b>273</b>
§ 9.1	与时间有关的微扰论	273
§ 9.2	几种典型跃迁	276
§ 9.3	光的吸收与受激辐射	280
§ 9.4	自发辐射	285



---

* § 9.5 激光原理 .....	289
* § 9.6 能量 - 时间不确定度关系 .....	292
习题 .....	295
<b>第十章 多粒子体系 .....</b>	<b>297</b>
§ 10.1 二粒子体系 .....	297
§ 10.2 全同粒子体系 .....	300
§ 10.3 氦原子 .....	304
§ 10.4 氢分子 .....	310
§ 10.5 化学键 .....	316
* § 10.6 双原子分子的振动和转动 .....	319
习题 .....	322
<b>附录 1 <math>\delta</math> 函数和傅里叶变换 .....</b>	<b>325</b>
<b>附录 2 厄密多项式 .....</b>	<b>329</b>
<b>附录 3 轨道角动量算符 .....</b>	<b>332</b>
<b>附录 4 球谐函数 .....</b>	<b>334</b>
<b>物理常数表 .....</b>	<b>342</b>
<b>习题答案 .....</b>	<b>343</b>
<b>我的教学生涯 .....</b>	<b>356</b>