



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

近代物理学

第二版

王正行 编著



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

近代物理学

(第二版)

王正行 编著



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

近代物理学/王正行编著. —2版. —北京:北京大学出版社,2010.5
ISBN 978-7-301-16632-1

I. 近… II. 王… III. 物理学 IV. O41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 036791 号

书 名: 近代物理学(第二版)

著作责任者: 王正行 编著

责任编辑: 瞿 定 顾卫宇

标准书号: ISBN 978-7-301-16632-1/O·0814

出版发行: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62752021

出版部 62754962

电子邮箱: zpup@pup.pku.edu.cn

印 刷 者: 河北滦县鑫华书刊印刷厂

经 销 者: 新华书店

730 毫米×980 毫米 16 开本 30 印张 507 千字

1995 年第 1 版

2010 年 5 月第 2 版 2010 年 5 月第 1 次印刷

定 价: 48.00 元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话:010-62752024 电子邮箱: fd@pup.pku.edu.cn

内 容 简 介

本书的主题是讲述相对论和量子力学的基本概念和物理图像，以及支配物质运动和变化的基本相互作用，并在此基础上讨论物质结构的粒子、原子核、原子、分子、固体、量子液体直到天体和宇宙各个层次的性质、特点和规律，其中讨论了阿哈罗诺夫 - 玻姆效应、光子和中子在引力场中的效应、超流、超导与超导量子干涉器件、核物质与致密星体结构等基本物理研究的前沿和热点问题，特别是蔡林格等人著名的中子衍射实验，而对许多传统问题也都采取了新颖的讲法。第二版又增加了黑体辐射与声子比热的逆问题、转动参考系与萨纳克效应等内容。

本书的习题绝大多数都是从物理学家的研究工作中提取的实际问题，需要算出可与实验比较的具体数值。做这种题目，可以获得做研究工作的感觉和体验。在与本书配套的辅助教材《在解题中学习近代物理》中，给出了这些习题的详细解答，和相关的一些经验、故事、分析和评论，反映了近代物理发展中人性化的一面。

本书起点不高，讨论深入，叙述简洁，信息量大，读者对象是大学低年级学生，以及对近代物理学基本问题如相对论和量子力学有兴趣的一般读者，可以作为理工科大学和师范院校有关专业近代物理、量子物理、原子物理等基础课的教材或教学参考书，也可供需要了解和学习近代物理相关问题的科学研究和工程技术人员阅读和参考。

第二版自序

本书第一版是铅排的，只留下底片作重印用。2004年第7次印刷时，做了一些修订，可以说是修订版。这次用电脑改排，作进一步的修改，算是第二版。

除了订正一些新发现的错误和更新物理常数外，本版增加了少量有助于理解的阐述和评论，和个别的具体论题。这主要涉及狭义和广义相对论，也涉及反映过去十多年来有关进展和当前关注热点的一些内容。

随着航天技术的进步，人类从远古地域文明到当今全球文明的过渡虽然还没有全面完成，而发展的前锋则已迈入属于星际文明之起点的深空探测了。斯蒂芬·霍金预言人类将在这个世纪向其他星球移民，二十一世纪显然是星际文明的世纪。星际文明的技术基础是宇宙飞船的动力能源和时空坐标的定位导航。飞船动力的能源有赖于可控核能的开发，其理论基础涉及量子力学，而飞船定位导航的理论基础就是相对论。本书第一版问世以来，我接到过许多关于相对论的读者来信，其中有的就是来自航天领域的朋友，给我留下了深刻的印象。这表明相对论已经不是纯粹的物理理论，不再只是属于少数物理学家的圈子，它开始成为技术专家们关心的问题，受到更广泛的社会关注。

特别是，与董太乾教授的多次讨论，使我对这方面的情况和问题有了具体的了解。他是量子电子学的专家，他们做的原子钟安装在我国上天的人造卫星上，所以他和他在航天领域的合作者们都十分关心对钟的问题：如何把天上的钟与地上的钟对准？这既涉及狭义相对论，也涉及广义相对论。时钟是人造卫星或飞船等航天器的核心部件，是运用卫星网络来进行精确定位与导航的核心部件。卫星或飞船可以飞得很高，很远。时间的微小误差，会在远处投射出巨大的距离误差。对他们来说，这不是单纯的理论问题，而是重要的实际问题。他拿给我看一篇论文，作者是美国原子频标的资深专家和工程师，文章发表在权威的IEEE（国际电气和电子工程师学会会刊），其中专门有一小节关于相对论效应对原子钟灵敏度的影响，标题是“相对论”，既给出了狭义相对论时间膨胀引起的频率改变，也给出了广义相对论引力红移引起的频率改变。论文发表于1992年。这意味着，经过一个世纪的发展，相对论已经和正在逐步转化成为航天技术理论基础不可或缺的一个部分。

地球在自转，所以对钟会涉及转动坐标系的问题，也就是萨纳克 (Sagnac)

效应. 狭义相对论的书只讲惯性系, 不讲这个效应. 广义相对论的书重点在引力场, 也很少提到这个问题. 工科的书上倒是, 可是是为了讲激光陀螺, 视角不同. 考虑到本书的风格与定位, 这里也只能用比较直观的方法从物理上来讲, 对深入的理论和分析有兴趣的读者, 可以进一步参阅有关的论著, 例如坦盖里尼 (F.R. Tangherlini) 的《广义相对论导论》第二章“转动坐标系”, 或朗道与里弗希兹的《经典场论》第 89 节“转动”(早期的版本是 10.11 节).

航天和深空探测必然会提出和联系到天体与宇宙的问题. 看看国外的近代物理课本, 天体和宇宙这一章都是压轴的重头戏. 梯普勒和莱沃林 (P.A. Tipler and R.A. Llewellyn) 的 *Modern Physics*, 这一章更是放在网上而不是印在书上, 以便随时补充和更新. 因为这是星际文明的“地理”, 是为将来生活在星际文明时代的人预先充电和积累常识.

写本书第一版时, 我正在教普通物理, 在力、热、电、光、近这五部分中, 近代物理补充的东西较多, 我想为学生写一本教材和参考书. 作为基础课教材, 主要是讲述成熟和公认的东西, 比较专门和鲜为人知的内容很少, 与研究性的专著不同, 一般都不引文献注出处, 所以我只在书末开列了主要参考书目. 出版后我才发现, 不乏把本书当作研究工作的参考来阅读和引用的读者. 一次王文清教授对我说: “我正在看你的近代物理!” 我听了一愣. 她是化学教授, 何以会对近代物理感兴趣? 原来, 她当时正在与 ICTP (国际理论物理中心) 的萨拉姆 (A. Salam) 教授合作研究遗传基因方面的问题, 在低温做实验, 需要恶补超导的知识. 这类例子还可举出一些, 还有读者的来信. 所以在这一版中, 我在一些比较专门或读者有可能想深入了解的地方给出文献, 为这类读者提供进一步查阅的方便. 与此同时, 也对引用的一些比较专门的图表注明了出处. 没有加注的比较普通的图表, 多数都可在书末所列的主要参考书中查到.

本版采用的基本物理常数, 取自美国劳伦斯伯克利国家实验室 (Lawrence Berkeley National Laboratory) 粒子数据组 2006 年发布的数据, 见 W.-M. Yao *et al.* (Particle Data Group), *Journal of Physics*. **G33** (2006) 1, 更新的结果可以在网站 <http://pdg.lbl.gov/> 上获得.

本书第二版的准备和出版, 得到北京大学物理学院特别是院长叶沿林教授和副院长刘玉鑫教授的鼎力支持, 以及北京大学出版社特别是责任编辑的大力帮助, 我在此表示衷心的感谢. 错误与不妥之处, 请各位读者指正.

作者

2009 年秋于北京大学物理学院

第一版自序 (节录)

我们为《近代物理学》这门课程设定的主题，是用普通物理的风格来讲述相对论和量子力学的基本概念和物理图像，以及支配物质运动和变化的基本相互作用，并在此基础上讨论物质结构从粒子、原子核、原子、分子、固体、气体和凝聚态直到天体和宇宙各个层次的性质、特点和规律，而把原子结构作为重点。在讲述时，我们避免把每一部分讲成近代物理中自成体系的独立分支，而是力图让学生对近代物理学基础从整体上有一基本、具体和定量的了解。

本书普通物理的风格，我们主要是指现象描述与理论分析并重，从物理现象和实验的分析来形成物理图像和概念，提出物理定律和公式，建立物理模型和理论，并在进一步的实验中求得支持和发展。典型的做法，就是从简单具体的实例中得出结论，然后指出这个结论的适用范围。此外，定量分析只用简单的数学，即代数运算和微积分，至多是简单的常微分方程。

对于狭义相对论，已有许多成功的做法可供参考。困难在于如何找到一种方法，像电磁学中讲高斯定律那样，用普通物理的风格和程度来定量地讲授量子力学和广义相对论的基本内容。我们采用的一种做法，就像在波动光学中引入惠更斯-菲涅耳原理和菲涅耳-基尔霍夫积分那样，是适当地引入一些第二性的原理和公式，从而避开从第一原理出发会遇到的数学困难，例如避开薛定谔方程的微扰论求解，通过适当的物理考虑给出散射波的玻恩近似公式和跃迁概率的费米公式，直接从它们出发来推导卢瑟福散射公式和讨论各种粒子物理过程；又如绕过爱因斯坦引力场方程的求解，直接从施瓦西度规和能量角动量守恒出发来讨论广义相对论的可观测效应，等等。

我们不是像通常那样沿历史的线索，而是按逻辑的线索来安排内容。比如先讲光电效应和康普顿效应等光量子的动力学性质，再讲其统计性质普朗克黑体辐射定律；先讲电子的波动性，再讲氢原子结构的玻尔理论，等等。一个合乎逻辑的知识结构可以使学生长期受益，有利于他们将来进一步扩充知识范围，处理新吸收的信息。不过我们无意追求理论的系统与完整，因为这是普通物理。普通物理最重要的是使学生掌握一些典型和具体的实例。

本书并没有专门安排一章统计物理，但是讲了光子气体、声子气体、自由电子气体和玻色-爱因斯坦凝聚。只要学生掌握了这几个具体例子，他不难自己归

纳出量子统计的基本特征和规律。

本书这种论述方式是与传统学习方式迥然不同的另一种学习方式：让学生在学一些具体知识时，不知不觉地学到了重要的物理原理和规律。我想这在一定意义上就是杨振宁先生多次强调的渗透式的学习。实际现象和事实是物理学的基础和出发点。学物理最重要的是各种具体物理现象，它们是物理概念和理论的源泉。新的物理现象，一定孕育着新的物理。我希望把学生的兴趣和注意力从公式演算和解题技巧引导到了解和熟悉具体物理现象上来。本书的行文，常常是直接就把学生领进物理现象和推理的情景之中，让他自己去感觉、去体验、去发现、去思索，从而获得对它们具体和实在的了解。

在内容选择上，除了近代物理中成熟、定型、已有定论的基本内容外，还适当涉及一些正在研究、尚未定型、可以争辩的 open problem，比如中微子有没有质量？质子会不会衰变？我们的宇宙是封闭的还是开放的？核物质的压缩和相变，等等。涉及这些问题，是为了让学生接触近代物理正在发展的活跃前沿，只要求学生知道和了解，不必也不可能要求学生深入理解。其次，本书选入了一些传统课程的较深题材，例如穆斯堡尔效应，超流与超导，几个广义相对论效应的定量分析，基本相互作用和电弱相互作用的统一，等等。选入这些内容，是为了使学生扩大视野和提高视角，以加深对近代物理学基础的理解；在讲法上尽量深入浅出，着重讲清物理图像和概念，只要求学生能够理解而不一定完全掌握。最后，对于占全书 70% 以上的近代物理学基本内容，则讲清讲透，要求学生完全掌握并能运用。把课程的内容和对学生的要求区分成上述三个层次，是我们对这门课程改革的主要指导思想之一。

最难处理的是第二类内容。例如如何用简单初浅的办法来估计一个粒子物理过程发生概率的数量级，1950 年 E. 费米在耶鲁大学西里曼讲座中就做过尝试，而直到最近国外出版的粒子物理教材中这种尝试还在继续。可以说，如何把传统课程的较深题材深入浅出地在普通物理的水准下讲出来，这本身就是一个需要研究和探索的课题，还没有成熟、定型、被普遍接受的讲法。在这个意义上，5.6 节中子单缝和双缝衍射实验，5.7 节 N-A 形状弹性散射，6.2 节卢瑟福散射公式，7.9 节规范不变性原理，7.10 节阿哈罗诺夫-玻姆效应，12.7 节声子，13 章超流与超导，14.2 节原子核的几何性质，14.8 节核物质，15.6 节相互作用，15.7 节电弱统一和中间玻色子，16 章广义相对论的基本概念，17 章天体和宇宙，以及其他一些章节的有些内容的处理，都只能当作 Seminar 式的可以争辩的尝试。

作者 1994 年秋于北京中关村

目 录

第二版自序	i
第一版自序 (节录)	i
1 引 言	1
1.1 从经典物理到近代物理	1
1.2 近代物理学的基本问题	4
1.3 单位和常数	8
2 狭义相对论时空性质	11
2.1 迈克耳孙 - 莫雷实验	11
2.2 爱因斯坦相对性原理	12
2.3 时间的相对性	13
2.4 长度的相对性	16
2.5 洛伦兹变换和速度叠加	17
2.6 支持洛伦兹变换的实验	20
2.7 四维时空间隔	23
2.8 闵可夫斯基空间	26
3 狭义相对论质点力学	30
3.1 粒子的运动学描述	30
3.2 粒子的动力学关系	33
3.3 能量动量关系的讨论	37
3.4 相互作用多粒子体系	41
3.5 粒子的衰变	43
3.6 两体反应	46
3.7 相对论多普勒效应	50
4 辐射的量子性	53
4.1 光电效应	53

4.2	X 射线及其在晶体上的衍射	55
4.3	X 射线韧致辐射谱	58
4.4	康普顿效应	60
4.5	电子偶的产生和湮没	63
4.6	光子的吸收	64
4.7	穆斯堡尔效应	65
4.8	引力场中的光子	68
4.9	电磁波的统计诠释	69
4.10	光子的测不准关系	72
5	粒子的波动性	75
5.1	电子	75
5.2	德布罗意波	77
5.3	电子晶体衍射实验	79
5.4	电子双缝衍射实验	81
5.5	中子晶体衍射实验	83
5.6	中子单缝和双缝衍射实验	85
5.7	N-A 形状弹性散射	87
5.8	引力场的效应	89
5.9	波函数的统计诠释	92
5.10	粒子的测不准关系	95
6	卢瑟福 - 玻尔原子模型	100
6.1	原子模型问题	100
6.2	卢瑟福散射公式	103
6.3	卢瑟福散射公式的实验验证	105
6.4	原子的电子结构问题	109
6.5	氢原子光谱的巴耳末 - 里德伯公式	111
6.6	玻尔理论	114
6.7	玻尔理论的应用	118
7	波动方程	121
7.1	波动方程的提出	121

7.2	量子化的能级	124
7.3	弗兰克 - 赫兹实验	128
7.4	轨道角动量	130
7.5	施特恩 - 格拉赫实验	135
7.6	电子自旋	138
7.7	隧道效应	141
7.8	矢量势	145
7.9	规范不变性原理	146
7.10	阿哈罗诺夫 - 玻姆效应	150
8	氢原子和类氢离子	153
8.1	能级和径向波函数	153
8.2	辐射跃迁和选择定则	158
8.3	矢量模型和角动量相加	161
8.4	自旋 - 轨道耦合	164
8.5	氢原子能级的精细结构	166
8.6	兰姆移位	169
8.7	氢原子的磁矩	172
8.8	氢原子能级的超精细结构	173
9	多电子原子	175
9.1	氦原子基态	175
9.2	泡利不相容原理	177
9.3	原子基态的电子组态	179
9.4	角动量耦合和能级的精细结构	185
9.5	原子的基态	189
9.6	单电子光谱	190
9.7	双电子光谱	194
9.8	内层电子激发和 X 射线谱	197
9.9	塞曼效应	202
9.10	顺磁共振	205
10	辐射场的统计性质	207

10.1	热辐射	207
10.2	黑体辐射	209
10.3	普朗克黑体辐射定律	211
10.4	辐射场 (光子气体) 的热力学	216
10.5	宇宙微波背景辐射	218
10.6	爱因斯坦辐射理论	220
10.7	谱线的宽度	222
10.8	激光的基本概念	225
11	分子结构	227
11.1	氢分子离子	227
11.2	s 共价键分子	229
11.3	其他共价键分子	231
11.4	离子键与电离度	235
11.5	分子的振动	237
11.6	分子的转动	240
11.7	分子的振动转动谱带	243
12	固 体	247
12.1	离子晶体	247
12.2	其他类型晶体	251
12.3	晶态和非晶态固体	254
12.4	固体的能带	259
12.5	金属中的自由电子气体	263
12.6	晶格的振动	268
12.7	声子	271
13	超流与超导	277
13.1	液氦 II	277
13.2	环流量子化	280
13.3	玻色 - 爱因斯坦分布	282
13.4	玻色 - 爱因斯坦凝聚	284
13.5	超导电性	287

13.6	库珀对和 BCS 理论	293
13.7	伦敦方程和磁通量子化	296
13.8	约瑟夫森效应和 SQUID	299
14	原子核	305
14.1	从天然放射性到中子的发现	305
14.2	原子核的几何性质	310
14.3	原子核的结合能和稳定性	315
14.4	氦核	318
14.5	核力	320
14.6	原子核结构模型	324
14.7	原子核衰变	330
14.8	核物质	335
15	粒子物理	339
15.1	正反粒子对称性	339
15.2	时空对称性	342
15.3	π 介子	345
15.4	同位旋	348
15.5	中性 K 介子	352
15.6	相互作用	356
15.7	电弱统一和中间玻色子	362
15.8	夸克模型和 QCD	366
16	广义相对论的基本概念	372
16.1	等效原理和局部惯性系	372
16.2	时空弯曲和短程线	374
16.3	转动参考系	377
16.4	引力场中的时空和施瓦西度规	383
16.5	行星近日点的进动	386
16.6	星光的引力偏转和雷达回波的延迟	389
16.7	光频在引力场中的移动	392
16.8	黑洞	394

17 天体和宇宙	397
17.1 物质结构的层次	397
17.2 行星尺度	400
17.3 恒星尺度	405
17.4 恒星中的核反应	410
17.5 宇宙大尺度结构	415
17.6 膨胀宇宙	419
17.7 宇宙的演化	424
18 结 语	429
附 录	433
A1 元素周期表	433
A2 凝聚态元素性质	434
A3 同位素简表	437
A4 太阳系简表	439
习 题	441
习题参考答案	457
索 引	461
主要参考书目	466

在本世纪初,发生了三次概念上的革命,它们深刻地改变了人们对物理世界的了解,这就是狭义相对论(1905年)、广义相对论(1916年)和量子力学(1925年)。

——杨振宁

《爱因斯坦对理论物理学的影响》, 1979

1 引 言

1.1 从经典物理到近代物理

20世纪初,物理学基本观念经历了三次影响深远的革命.作为这三次革命的标志和成果,就是狭义相对论、广义相对论和量子力学的建立.

a. 狭义相对论

狭义相对论修改了关于时间和空间的观念.在相对论建立之前,物理学关于时间和空间的观念,是牛顿(Isaac Newton)的绝对时空观念.牛顿绝对时空观念,认为时间与空间互相独立,各都具有绝对的含意,与物质和运动的情形无关.而在速度接近光速的高速领域,物理研究的经验表明,时间与空间互相联系,并不互相独立.它们作为统一的四维时空的不同侧面,与惯性参考系的选择有关,只有统一的四维时空,才具有与惯性参考系选择无关的绝对意义.这就是爱因斯坦(Albert Einstein)狭义相对论的时空观念.爱因斯坦于1905年提出他的相对性原理和光速不变性原理,在此基础上建立了狭义相对论.按照狭义相对论,只有当所涉及的速率 v 比光速 c 小得多时,即

$$\frac{v}{c} \ll 1, \quad (1.1)$$

牛顿绝对时空观念才近似适用,而当所涉及的速度可与光速相比时,应代之以相对论的时空观念.

b. 广义相对论

爱因斯坦1916年进一步建立了广义相对论.广义相对论的基础,是根据惯性质量与引力质量相等提出的等效原理.等效原理认为局部范围的引力场等效于加速的非惯性参考系.把等效原理与狭义相对论相结合,就会发现时钟与标尺会受到引力场的影响,从而时空性质不仅依赖于参考系的选择,还依赖于物质及其运动的情形,而不具有任何绝对的含意.这就是爱因斯坦广义相对论的时空观念.只有当引力场较弱时,亦即

$$\frac{G_N M}{c^2 r} \ll 1, \quad (1.2)$$

才能近似忽略物质对时空性质的影响。其中 G_N 是万有引力常数， M 是产生引力场的质量， r 是场点到引力中心的距离。

c. 量子力学

量子力学是物理学研究的经验扩充到微观领域的结果。它修改了物理学中关于物理世界的描述以及物理规律的陈述的基本观念，影响更深远。

19 世纪末，相继发现天然放射性、X 射线和阴极射线，物理学研究深入到原子结构的微观物理世界。探索微观世界所积累的物理经验逐渐表明，微观现象的基本特征是波粒二象性。对于波粒二象性所包含的物理，玻恩 (Max Born) 于 1926 年提出了波函数的统计诠释，认为描述微观现象波动性的波函数只是用来计算测量结果出现概率的数学工具，不具有实在的物理含意。这就在两个方面改变了物理学的基本观念：一是关于物理世界的描述方式，即物理图像问题；另一是关于物理规律的表达形式，即因果关系问题。

对宏观物理现象，例如海鸥在天空的飞翔，可以用时空中的轨迹来描述，有一幅直观而且实在的物理图像。微观物理现象不同，虽然可以形象地描述两束电子波的干涉，或者氢原子中的电子云分布，但这是概率幅的波而不是物理实在的干涉或分布。在照相底片的乳胶或云室中探测到的电子是实在的，但却不能在时空中追踪它的运动。量子力学不再能在时空中描绘一幅既直观形象而又具有物理实在性的图像。

在宏观物理中，原因与结果之间一定可以找到明确肯定的联系。天王星轨道意外的摄动一定对应某种原因。这种观念直接导致了海王星的发现，而这种关于原因与结果之间有决定性联系的因果观念则被称为拉普拉斯 (Laplace) 决定论的因果关系。微观物理则不同。在电子束的双缝衍射中，不可能预言电子将肯定落到屏幕上哪一点。它落到屏幕上任何一点都是可能的，只能预言它落到屏幕上每一点的概率有多大。在钴 60 的 β 衰变中，不可能预言钴核将肯定在什么时刻放出电子。它在任何时刻都可能衰变，只能预言它在某一时刻衰变的概率有多大。量子力学表达的物理规律是统计性的，在原因与结果之间不能再给出明确肯定的联系，对一定的物理条件，它只能预言可以测到哪些结果，以及测到每一种可能结果的概率是多少。

一个物理过程的作用量 S 可以写成

$$S = \int_{t_1}^{t_2} L(q, \dot{q}, t) dt, \quad (1.3)$$

其中 $L(q, \dot{q}, t)$ 称为体系的拉格朗日 (Lagrange) 函数, 定义为体系动能与势能之差, 作为广义坐标 q 与广义速度 \dot{q} 的函数. 在数量级上, S 大致比例于能量与时间的乘积, 或动量与位移的乘积. 量子力学表明, 只有当作用量 S 比约化普朗克 (Planck) 常数 \hbar 大得多时, 亦即

$$S \gg \hbar, \quad (1.4)$$

才能近似忽略量子效应, 而使用轨道的描述和拉普拉斯决定论的因果关系. 当所涉及的物理过程其作用量可与约化普朗克常数相比时, 微观现象的波粒二象性就很明显, 而要代之以波函数的描述和统计性的因果关系. 这就是量子力学关于微观世界的物理图像和微观规律的因果关系方面给物理学基本观念所带来的巨大改变.

d. 近代物理学

以相对论和量子力学的基本观念作为标准, 可以把物理学划分为经典物理学和近代物理学. 以牛顿绝对时空观念和拉普拉斯决定论因果关系为基础, 能够在时空中给出直观而且实在的描述的物理学, 属于经典物理学; 以爱因斯坦相对论时空观念或统计性因果关系为基础的物理学, 则属于近代物理学. 近代物理学按其基本观念又可分成三部分. 采用相对论时空观念, 但保留时空中的直观描述和决定论因果关系的, 称为相对论物理学. 采用统计性因果关系和波函数的描述, 但保留绝对时空观念的, 称为非相对论性量子物理学. 既采用相对论时空观念又采用统计性因果关系和波函数的描述的, 称为相对论性量子物理学.

经典物理学是在宏观和低速领域物理经验的基础上建立起来的物理概念和理论体系, 其基础是牛顿力学和麦克斯韦 (Maxwell) 电磁学. 近代物理学则是在微观和高速领域物理经验的基础上建立起来的概念和理论体系, 其基础是相对论和量子力学. 表 1.1 给出了这种按领域的划分, 注意我们用符号 \sim 表示数量级相近的意思, 见 17.2 节末 (404 页) 的进一步说明.

表 1.1 经典物理学和近代物理学

	低速 ($v \ll c$)	高速 ($v \lesssim c$)
宏观 ($S \gg \hbar$)	经典物理学	相对论物理学
微观 ($S \sim \hbar$)	非相对论性量子物理学	相对论性量子物理学

必须指出, 在相对论和量子力学建立以后的当代物理学研究中, 虽然大量的近代物理学问题, 但也有不少属于经典物理学问题. 在这本近代物理学中, 我们不讨论这种当代物理前沿中的经典物理问题. 此外, 当代物理研究前沿中, 还有一些并不属于传统经典物理的问题. 例如关于相变、非平衡态热力学、化学反