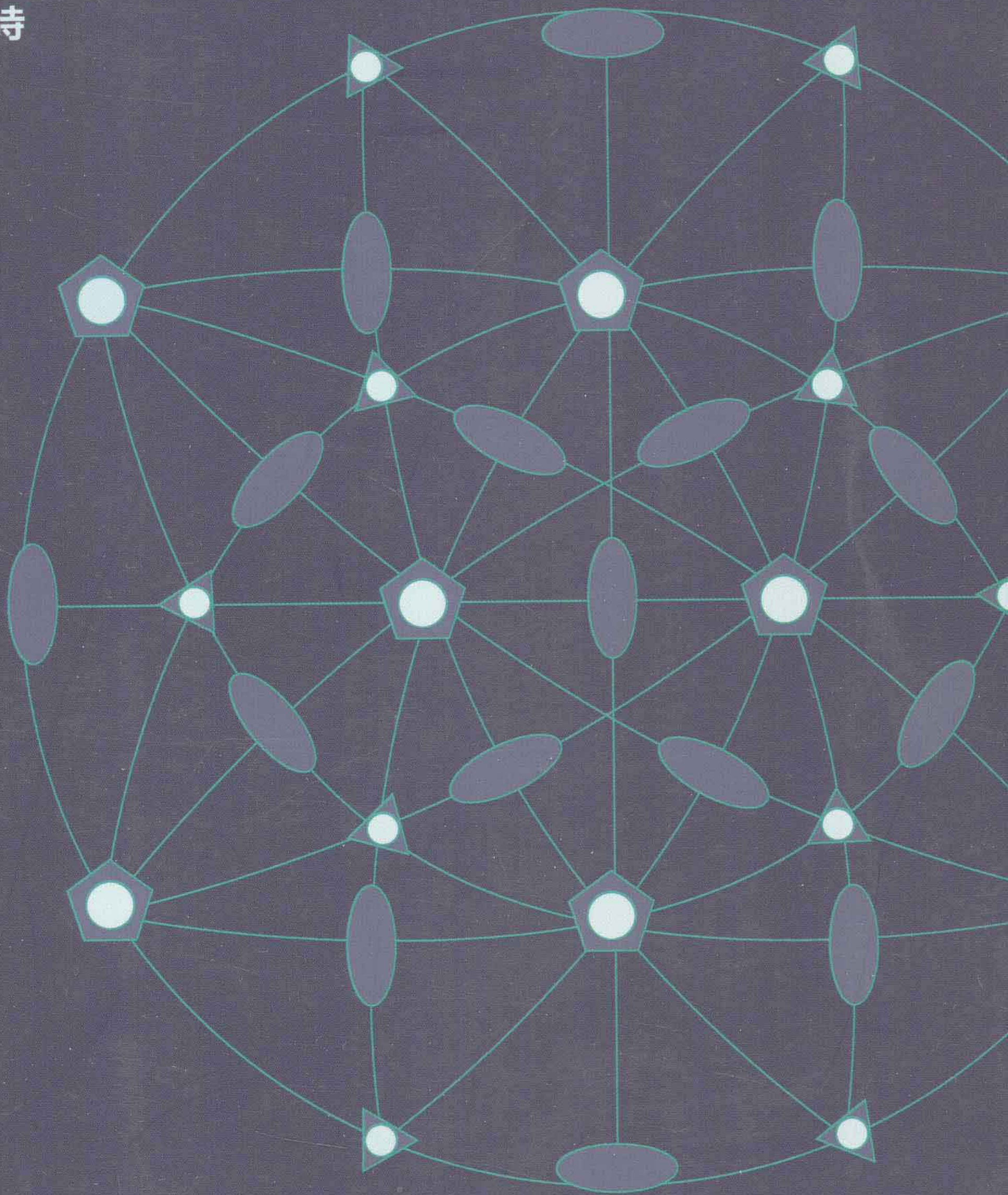


University Physics (Volume II)

大学物理学

(下册) ...

主编 吴百诗



University Physics (Volume 2)

大学物理学 (下册) ...

主编 吴百诗

编者 李锦泉 张孝林 徐忠锋 陈光德 喻有理

DAXUE WULIXUE

内容提要

本书是在吴百诗先生主编、曾荣获国家教委优秀教材一等奖的《大学物理》基础上,根据新制定的《理工科类大学物理课程教学基本要求》修订而成,涵盖了教学基本要求中的全部 A 类核心内容,并覆盖了相当数量的 B 类扩展内容。本书在向学生传授物理基础知识的同时,重点培养学生分析问题、解决问题的能力 and 独立获取知识的能力。本书分为上、下册。上册包括力学和电磁学;下册包括热力学基础、气体动理论、波动光学基础、狭义相对论基础、量子物理基础等。

本书可作为高等学校理工科专业大学物理课程的教材或参考书,也可供相关专业科技工作者和社会读者阅读。

图书在版编目 (C I P) 数据

大学物理学. 下册 / 吴百诗主编. -- 北京: 高等教育出版社, 2012. 12
ISBN 978 - 7 - 04 - 036756 - 0

I. ①大… II. ①吴… III. ①物理学 - 高等学校 - 教材 IV. ①O4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 315870 号

策划编辑 忻蓓 责任编辑 忻蓓 封面设计 张志奇 版式设计 王莹
责任校对 杨凤玲 责任印制 田甜

出版发行	高等教育出版社	咨询电话	400 - 810 - 0598
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	网 址	http://www.hep.edu.cn
邮政编码	100120		http://www.hep.com.cn
印 刷	北京铭成印刷有限公司	网上订购	http://www.landraco.com
开 本	787 mm × 960 mm 1/16		http://www.landraco.com.cn
印 张	32.25	版 次	2012 年 12 月第 1 版
字 数	590 千字	印 次	2012 年 12 月第 1 次印刷
插 页	2	定 价	38.60 元
购书热线	010 - 58581118		

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 36756 - 00



杨氏双缝干涉条纹



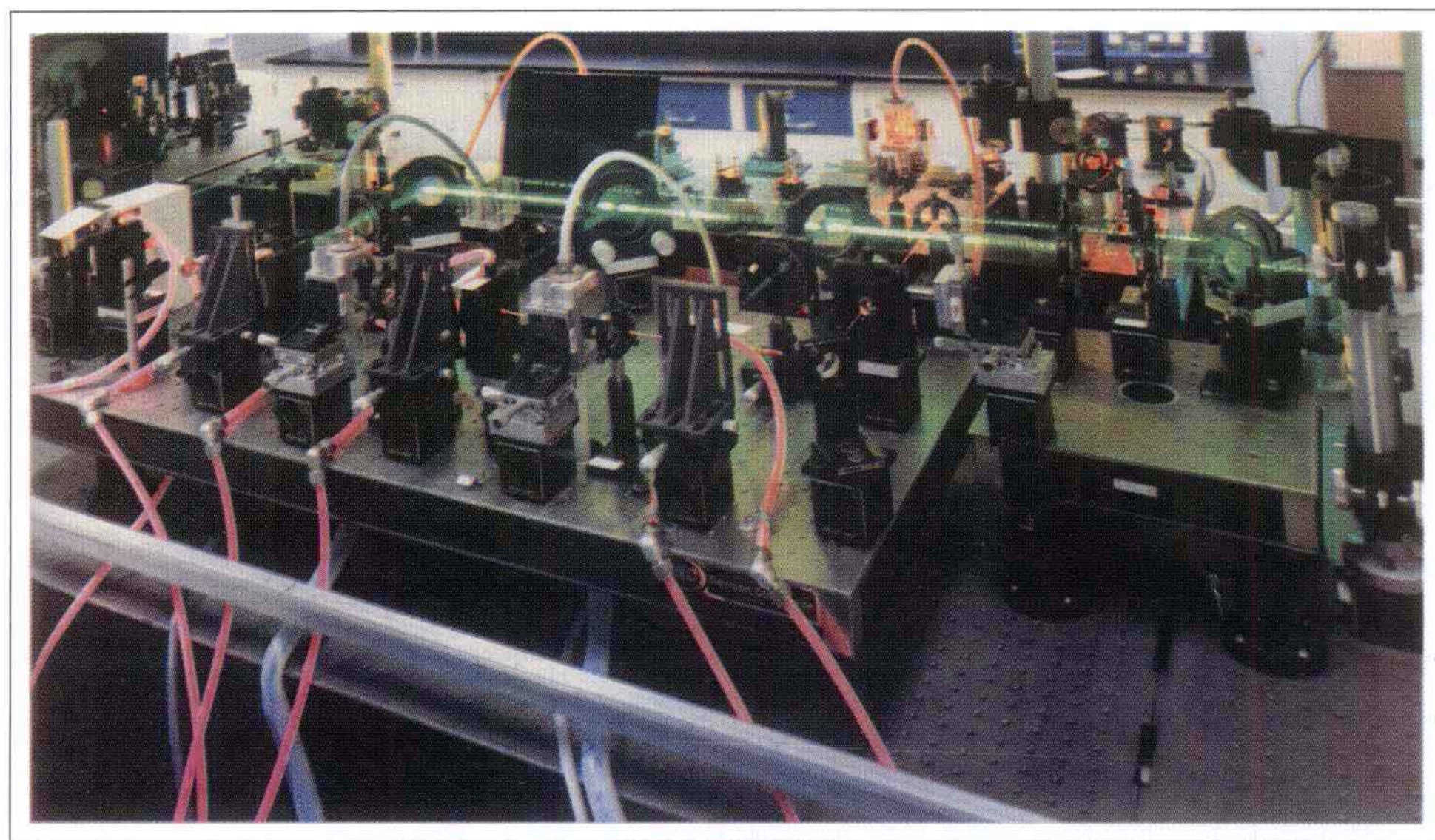
氢原子光谱



钠原子光谱



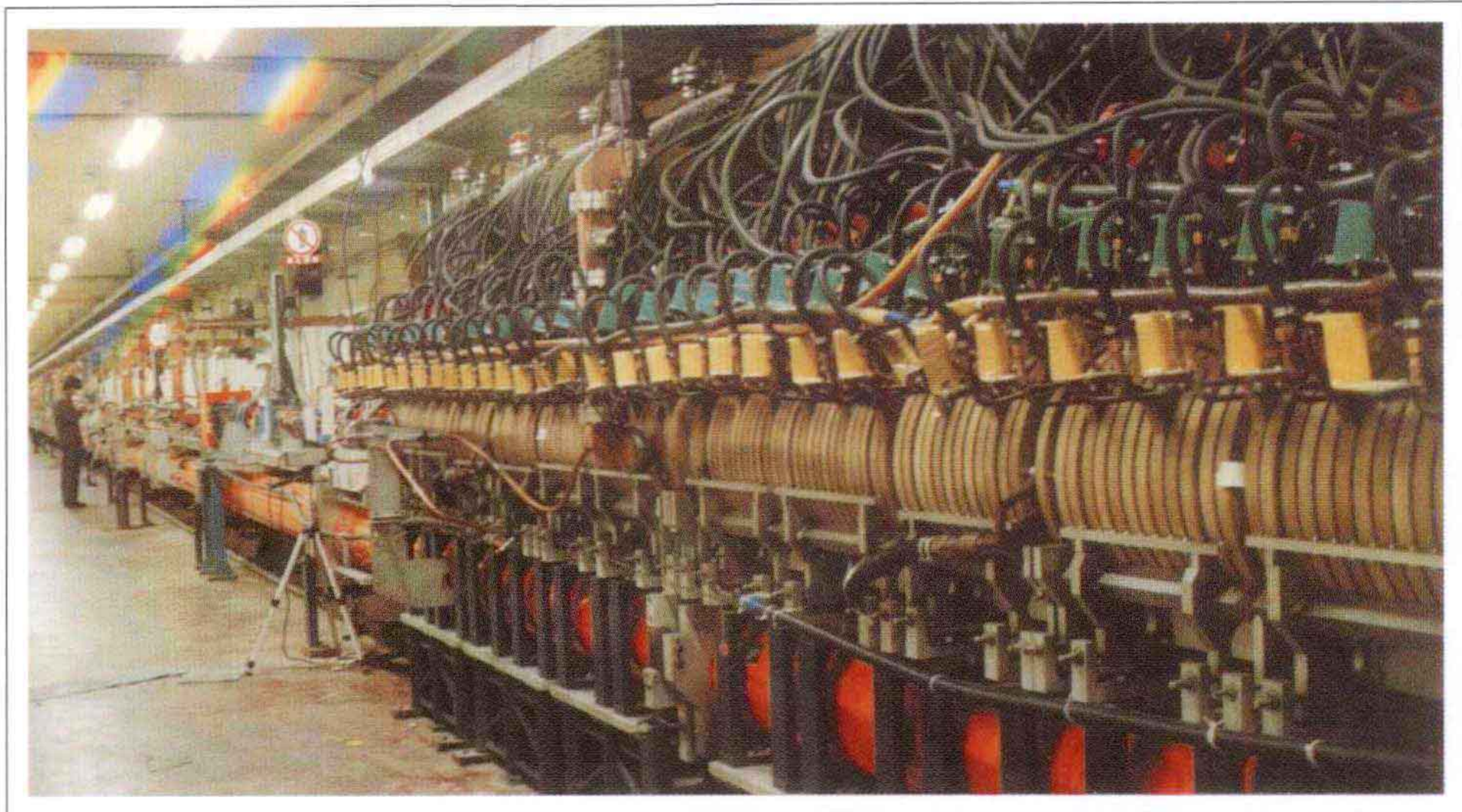
CO₂ 分子光谱



▲ 激光器输出激光有连续的、也有脉冲的,通常气体激光器输出多为连续的,固体激光器输出多为脉冲的.激光脉冲按脉冲宽度、峰值功率大小不同,在工业、农业、交通运输、基础科研以及国防等众多领域有着广泛应用.

飞秒($1 \text{ fs} = 10^{-15} \text{ s}$)脉冲技术是近年发展起来的激光前沿技术,它是通过光脉冲压缩技术将光脉冲宽度压缩到飞秒数量级(目前已达到 4 fs),这种超快脉冲可作为“探针”研究化学反应过程、分子动力学、展示和测量半导体内电子和光学过程以及生物中的一些快过程的机制.

图为用于研究化学反应变化过程的飞秒实验系统.



▲ 图为北京正负电子对撞机(BEPC)的正电子源装置照片。



▲ 火车等轮滚式列车的最高速度约为 350 km/h ，再提高速度要付出很高的代价。磁悬浮列车是现代陆地交通车辆的发展方向，它安全、节能、环保、经济、高速，速度可达到 550 km/h 或更高些。磁悬浮列车涉及机械、电力、低温超导、新材料、电子、控制、计算机等学科和技术领域，是知识密集的高科技产品。目前，我国已在上海浦东修建了第一条磁悬浮列车线路。

图示为我国西北有色冶金研究院制做的磁悬浮列车模型，车内装的是浸泡在液氮中的钇钡铜氧(YBCO)块材，轨道是用永久磁体铺成的，其磁场沿轨道方向均匀分布，而在垂直轨道方向则具有很大的磁场梯度，以使列车能稳定地沿轨道方向运行。

教学内容学时数参考分配方案

内容	学时
绪论	2
第 1 章 质点运动学	4
第 2 章 牛顿运动定律	2
第 3 章 功和能	3
第 4 章 冲量和动量	4
第 5 章 刚体运动学	2
第 6 章 刚体动力学	4
第 7 章 机械振动	4
第 8 章 静电场	14
第 9 章 恒定磁场	12
第 10 章 变化的磁场和变化的电场	8
第 11 章 热力学基础	8
第 12 章 气体动理论	6
第 13 章 机械波	8
第 14 章 波动光学基础	16
第 15 章 狭义相对论力学基础	7
第 16 章 量子物理学基础	12
第 19 章 固体物理学简介 * 超导 激光	4
电磁学系列演示实验	2
波动光学系列演示实验	2
机动	4
总学时	128

说明：

- a. 书中带星号内容都不包含在课程基本要求中，因此未列入上述学时计算中。
- b. 学时数在 110 ~ 128 的，仍可参照上述学时分配方案，只要进行适当调整即可。

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进行严厉打击。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 58582371 58581879

反盗版举报传真 (010)82086060

反盗版举报邮箱 dd@hep.com.cn

通信地址 北京市西城区德外大街4号 高等教育出版社法务部

邮政编码 100120

元素周期表

族	1											18	电子层	18族电子数						
周期	I A											0								
1	1 H 氢 1.008 1s ¹	2											2 He 氦 4.002602(2) 1s ²	K	2					
2	3 Li 锂 6.94 2s ¹	4 Be 铍 9.012182(3) 2s ²											5 B 硼 10.81 2s ² 2p ¹	6 C 碳 12.011 2s ² 2p ²	7 N 氮 14.007 2s ² 2p ³	8 O 氧 15.999 2s ² 2p ⁴	9 F 氟 18.9984032(5) 2s ² 2p ⁵	10 Ne 氖 20.1797(6) 2s ² 2p ⁶	L K	8 2
3	11 Na 钠 22.98976928(2) 3s ¹	12 Mg 镁 24.3050(6) 3s ²	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 Al 铝 26.9815386(8) 3s ² 3p ¹	14 Si 硅 28.085 3s ² 3p ²	15 P 磷 30.973762(2) 3s ² 3p ³	16 S 硫 32.06 3s ² 3p ⁴	17 Cl 氯 35.45 3s ² 3p ⁵	18 Ar 氩 39.948(1) 3s ² 3p ⁶	M L K	8 8 2
4	19 K 钾 39.0983(1) 4s ¹	20 Ca 钙 40.078(4) 4s ²	21 Sc 钪 44.955912(6) 3d ¹ 4s ²	22 Ti 钛 47.867(1) 3d ² 4s ²	23 V 钒 50.9415(1) 3d ³ 4s ²	24 Cr 铬 51.9961(6) 3d ⁵ 4s ¹	25 Mn 锰 54.938045(5) 3d ⁵ 4s ²	26 Fe 铁 55.845(2) 3d ⁶ 4s ²	27 Co 钴 58.933195(5) 3d ⁷ 4s ²	28 Ni 镍 58.6934(4) 3d ⁸ 4s ²	29 Cu 铜 63.546(3) 3d ¹⁰ 4s ¹	30 Zn 锌 65.38(2) 3d ¹⁰ 4s ²	31 Ga 镓 69.723(1) 4s ² 4p ¹	32 Ge 锗 72.63(1) 4s ² 4p ²	33 As 砷 74.92160(2) 4s ² 4p ³	34 Se 硒 78.96(3) 4s ² 4p ⁴	35 Br 溴 79.904(1) 4s ² 4p ⁵	36 Kr 氪 83.798(2) 4s ² 4p ⁶	N M L K	8 18 8 2
5	37 Rb 铷 85.4678(3) 5s ¹	38 Sr 锶 87.62(1) 5s ²	39 Y 钇 88.90585(2) 4d ¹ 5s ²	40 Zr 锆 91.224(2) 4d ² 5s ²	41 Nb 铌 92.90638(2) 4d ⁴ 5s ¹	42 Mo 钼 95.96(2) 4d ⁵ 5s ¹	43 Tc 锝 (98) 4d ⁵ 5s ²	44 Ru 钌 101.07(2) 4d ⁷ 5s ¹	45 Rh 铑 102.90550(2) 4d ⁸ 5s ¹	46 Pd 钯 106.42(1) 4d ¹⁰	47 Ag 银 107.8682(2) 4d ¹⁰ 5s ¹	48 Cd 镉 112.411(8) 4d ¹⁰ 5s ²	49 In 铟 114.818(3) 5s ² 5p ¹	50 Sn 锡 118.710(7) 5s ² 5p ²	51 Sb 锑 121.760(1) 5s ² 5p ³	52 Te 碲 127.60(3) 5s ² 5p ⁴	53 I 碘 126.90447(3) 5s ² 5p ⁵	54 Xe 氙 131.293(6) 5s ² 5p ⁶	O N M L K	8 18 18 8 2
6	55 Cs 铯 132.9054519(2) 6s ¹	56 Ba 钡 137.327(7) 6s ²	57-71 La-Lu 镧系	72 Hf 铪 178.49(2) 5d ² 6s ²	73 Ta 钽 180.94788(2) 5d ³ 6s ²	74 W 钨 183.84(1) 5d ⁴ 6s ²	75 Re 铼 186.207(1) 5d ⁵ 6s ²	76 Os 锇 190.23(3) 5d ⁶ 6s ²	77 Ir 铱 192.217(3) 5d ⁷ 6s ²	78 Pt 铂 195.084(9) 5d ⁹ 6s ¹	79 Au 金 196.966569(4) 5d ¹⁰ 6s ¹	80 Hg 汞 200.59(2) 5d ¹⁰ 6s ²	81 Tl 铊 204.38 6s ² 6p ¹	82 Pb 铅 207.2(1) 6s ² 6p ²	83 Bi 铋 208.98040(1) 6s ² 6p ³	84 Po 钋 (209) 6s ² 6p ⁴	85 At 砹 (210) 6s ² 6p ⁵	86 Rn 氡 (222) 6s ² 6p ⁶	P O N M L K	8 18 32 18 8 2
7	87 Fr 钫 (223) 7s ¹	88 Ra 镭 (226) 7s ²	89-103 Ac-Lr 锕系	104 Rf 𨭇 (265) (6d ² 7s ²)	105 Db 𨭉 (268) (6d ³ 7s ²)	106 Sg 𨭊 (271)	107 Bh 𨭋 (270)	108 Hs 𨭌 (277)	109 Mt 𨭍 (276)	110 Ds 𨭎 (281)	111 Rg 𨭏 (280)	112 Uub 𨭐 (285)	113 Uut 𨭑 (284)	114 Fl 𨭒 (289)	115 Uup 𨭓 (288)	116 Lv 𨭔 (293)	117 Ts 𨭕 (294)	118 Uuo 𨭖 (294)	Q P O N M L K	8 18 32 32 18 8 2

原子序数
元素符号
(红色指放射性元素)
元素名称
(注*的是人造元素)

稳定同位素的质量数
(底线指丰度最大的同位素)
放射性同位素的质量数

金属
稀有气体
非金属
过渡元素

外围电子的构型
(括号指可能的构型)

相对原子质量(括号内数据为放射性元素最长寿命同位素的质量数)

注:
1. 相对原子质量参考自2009年国际相对原子质量表,以¹²C=12为基准,元素的相对原子质量末位数的准确度加注在其后括弧内。
2. 商品Li的相对原子质量范围为6.939-6.996。
3. 稳定元素列有天然丰度的同位素;天然放射性元素和人造元素同位素的选列与国际相对原子质量标的有关文献一致。

镧系	57 La 镧 138.90547(7) 5d ¹ 6s ²	58 Ce 铈 140.116(1) 4f ¹ 5d ¹ 6s ²	59 Pr 镨 140.90765(2) 4f ³ 6s ²	60 Nd 钕 144.242(3) 4f ⁴ 6s ²	61 Pm 钷 (145)	62 Sm 钐 150.36(2) 4f ⁶ 6s ²	63 Eu 铕 151.964(1) 4f ⁷ 6s ²	64 Gd 钆 157.25(3) 4f ⁷ 5d ¹ 6s ²	65 Tb 铽 158.92535(2) 4f ⁹ 6s ²	66 Dy 镝 162.500(1) 4f ¹⁰ 6s ²	67 Ho 铈 164.93032(2) 4f ¹¹ 6s ²	68 Er 铒 167.259(3) 4f ¹² 6s ²	69 Tm 铥 168.93421(2) 4f ¹³ 6s ²	70 Yb 镱 173.054(5) 4f ¹⁴ 6s ²	71 Lu 镱 174.9668(1) 4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²
锕系	89 Ac 锕 (227) 6d ¹ 7s ²	90 Th 钍 232.03806(2) 6d ² 7s ²	91 Pa 镤 231.03588(2) 5f ² 6d ¹ 7s ²	92 U 铀 238.02891(3) 5f ³ 6d ¹ 7s ²	93 Np 镎 (237) 5f ⁴ 6d ¹ 7s ²	94 Pu 钚 (244) 5f ⁶ 7s ²	95 Am 镅 (243) 5f ⁷ 7s ²	96 Cm 锔 (247) 5f ⁷ 6d ¹ 7s ²	97 Bk 锫 (247) 5f ⁹ 7s ²	98 Cf 锿 (251) 5f ¹⁰ 7s ²	99 Es 镱 (252) 5f ¹¹ 7s ²	100 Fm 镆 (257) 5f ¹² 7s ²	101 Md 镈 (258) (5f ¹³ 7s ²)	102 No 镎 (259) (5f ¹⁴ 7s ²)	103 Lr 铹 (262) (5f ¹⁴ 6d ¹ 7s ²)

目 录

热 学

第 11 章 热力学基础	(2)
§ 11.1 热力学的研究对象和研究方法	(3)
§ 11.2 平衡态 理想气体物态方程	(4)
§ 11.3 功 热量 内能 热力学第一定律	(11)
§ 11.4 准静态过程中功和热量的计算	(14)
§ 11.5 理想气体的内能和 $C_{V,m}$ 、 $C_{p,m}$	(19)
§ 11.6 热力学第一定律对理想气体在典型准静态过程中的应用	(25)
§ 11.7 绝热过程	(29)
§ 11.8 循环过程	(37)
§ 11.9 热力学第二定律	(45)
§ 11.10 可逆与不可逆过程	(48)
§ 11.11 卡诺循环 卡诺定理	(50)
习题	(55)
第 12 章 气体动理论	(63)
§ 12.1 分子运动的基本概念	(64)
§ 12.2 气体分子的热运动	(67)
§ 12.3 统计规律的特征	(72)
§ 12.4 理想气体的压强公式	(74)
§ 12.5 麦克斯韦速率分布定律	(78)
§ 12.6 温度的微观本质	(87)
§ 12.7 能量按自由度均分定理	(90)
§ 12.8 玻耳兹曼分布律	(96)
*§ 12.9 实际气体的性质	(100)
§ 12.10 气体分子的平均自由程	(107)
*§ 12.11 气体内的迁移现象	(110)

§ 12.12 热力学第二定律的统计意义和熵的概念	(113)
习题	(120)

波动和波动光学

第 13 章 机械波	(126)
§ 13.1 机械波的产生和传播	(127)
§ 13.2 平面简谐波	(134)
§ 13.3 波的能量	(144)
§ 13.4 惠更斯原理	(150)
§ 13.5 波的干涉	(152)
§ 13.6 驻波	(157)
§ 13.7 多普勒效应	(164)
习题	(169)
第 14 章 波动光学基础	(177)
§ 14.1 光是电磁波	(178)
§ 14.2 光源 光波的叠加	(184)
§ 14.3 获得相干光的方法 杨氏实验 * 空间相干性	(190)
§ 14.4 光程与光程差	(198)
§ 14.5 薄膜干涉	(201)
§ 14.6 迈克耳孙干涉仪	(211)
§ 14.7 惠更斯 - 菲涅耳原理	(218)
§ 14.8 单缝的夫琅禾费衍射	(220)
§ 14.9 衍射光栅及光栅光谱	(229)
§ 14.10 线偏振光 自然光	(240)
§ 14.11 偏振片的起偏和检偏 马吕斯定律	(241)
§ 14.12 反射和折射产生的偏振 布儒斯特定律	(243)
§ 14.13 双折射现象	(245)
* § 14.14 偏振光的干涉和人工双折射	(250)
§ 14.15 旋光效应简介	(255)
习题	(257)

近代物理学基础

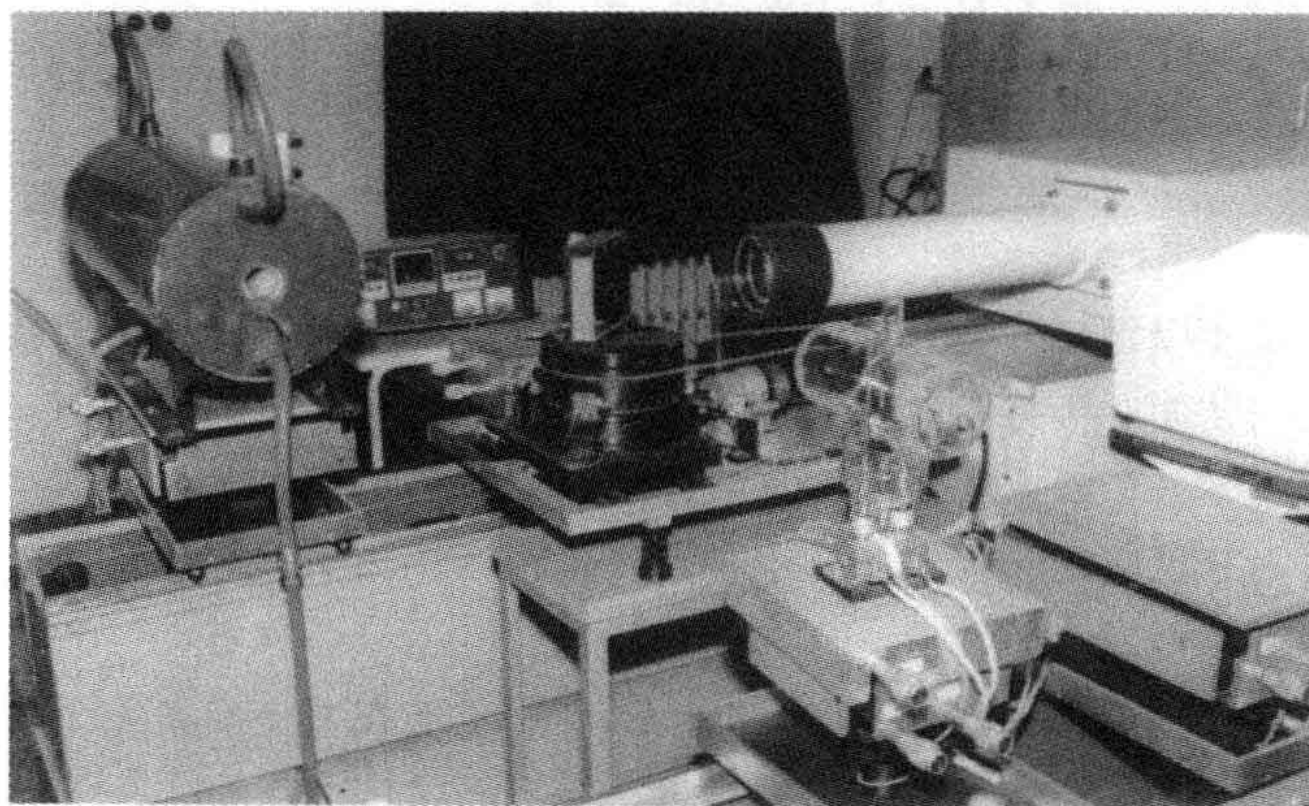
第 15 章 狭义相对论力学基础	(267)
§ 15.1 经典力学的相对性原理 伽利略变换	(268)
§ 15.2 狭义相对论的两个基本假设	(273)
§ 15.3 狭义相对论的时空观(一)	(275)
§ 15.4 洛伦兹变换	(283)
*§ 15.5 狭义相对论的速度变换定理	(290)
*§ 15.6 光的多普勒效应	(293)
§ 15.7 狭义相对论质点动力学简介	(295)
习题	(302)
第 16 章 量子物理学基础	(306)
§ 16.1 热辐射 普朗克能量子假设	(307)
§ 16.2 光电效应 爱因斯坦光子假说	(313)
§ 16.3 康普顿效应	(319)
§ 16.4 氢原子光谱 玻尔的氢原子理论	(324)
§ 16.5 微观粒子的波粒二象性 不确定关系	(333)
§ 16.6 波函数 一维定态薛定谔方程	(339)
§ 16.7 电子自旋 四个量子数	(349)
§ 16.8 原子的电子壳层结构	(352)
习题	(357)
*第 17 章 原子核基本知识简介	(363)
§ 17.1 原子核的组成及基本性质	(364)
§ 17.2 核力和核结构	(371)
*§ 17.3 放射性衰变和核反应	(377)
*§ 17.4 核磁共振(NMR)	(386)
*§ 17.5 穆斯堡尔效应	(390)
习题	(395)
*第 18 章 粒子物理学简介	(399)
§ 18.1 粒子和粒子的分类 四种相互作用	(400)

§ 18.2 守恒定律	(407)
§ 18.3 粒子分类的八重法	(414)
§ 18.4 强子结构的夸克模型	(415)
习题	(419)
第 19 章 固体物理学简介 * 超导 激光	(422)
§ 19.1 晶体结构和晶体分类	(423)
§ 19.2 固体的能带	(425)
§ 19.3 绝缘体 导体 半导体	(432)
§ 19.4 杂质半导体 pn 结	(435)
* § 19.5 超导电性简介	(439)
* § 19.6 约瑟夫森效应	(445)
§ 19.7 激光	(448)
§ 19.8 激光器的基本构成 激光的形成	(451)
* § 19.9 激光的纵模与横模	(455)
§ 19.10 激光的特性及应用	(456)
习题	(459)
附录 I 矩阵光学基础	(462)
附录 II 量子统计简介	(483)
习题答案	(491)
历年诺贝尔物理学奖获得者	(496)
参考书目	(504)
元素周期表	

自然界中物质的运动形式是多种多样的。前面我们已经讨论了物质的机械运动和电磁运动两种基本形式。下面将研究物质运动的另一种基本形式——分子热运动。

热学就是研究分子热运动及其与其他运动形式之间相互转化所遵循规律的学科。

热学有两种不同理论：一是宏观理论，称为热力学；二是微观理论，称为统计物理学。这两种理论相辅相成，构成统一的热学理论基础。



图为中国计量科学研究院为实现 90 国际温标而研制的直流电温度比较仪。该比较仪在 $960\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\lambda = 611\text{ nm}$) 时，灵敏度达到 $1 \sim 2\text{ mK}$ 。

第 11 章 热力学基础



为了保护环境不受污染，也为了解决大量消耗一次性能源终将导致其枯竭的危险，人们都在寻找和利用洁净、可持续发展的替代能源，如太阳能、风能、水力、地热能、潮汐能和核聚变能等都是人们看好的能源，其中太阳能无污染、取之不尽，用之不竭。国内外太阳能已在多方面获得应用。27 届奥运会就广泛地使用了太阳能。我国广大地区蕴藏着丰富的太阳能资源有待开发。

图为上海交通大学闵行校区 19[#]学生宿舍 4 kW 公共太阳能照明系统。

热力学主要是从能量转化的观点来研究物质的热学性质，它指出了能量从一种形式转化为另一种形式时遵循的宏观规律，它是总结宏观现象而得出的热学理论，并不涉及物质的微观结构和微观粒子的相互作用。它的基本定律是从大量实验观测中总结归纳出来的，所以具有高度的可靠性和普遍性。

本章主要讨论热力学第一定律和第二定律，前者实际上是包括热现象在内的能量守恒与转化定律，后者则指明了热力学过程进行的方向和条件。

§ 11.1 热力学的研究对象和研究方法

经验告诉我们，有一类现象中，物体的状态或物理性质的变化，总是与物体冷热程度变化密切相关的。例如，物体的热胀冷缩，固、液、气各种状态的相互转变，软钢经加热迅速冷却会提高其硬度等。通常用温度表示物体的冷热程度，而把与温度有关的物理性质及状态的变化称为热现象。研究热现象的理论统称为热学，它是物理学的一个重要组成部分。

人们对热现象的认识，经历了漫长的岁月。18世纪以后，不少人认为物体中都含有一种能从高温物体自动流向低温物体的“热质”，而把温度看成是物体中含有热质多少的量度。后来人们发现这种看法与实际不符。例如，它不能解释为什么通过摩擦而并未注入什么“热质”，却可以提高两个相互摩擦物体的温度等。直到物体的分子结构学说建立以后，才逐渐认识到热现象是物体中分子热运动的表现。19世纪中期以后，为了改进热机的设计，提高热机的效率，人们对当时用作热机的工作物质——气体的性质进行了广泛地研究，气体动理论就是围绕气体性质的研究发展起来的。

大家知道，任何物体都是由大量微观粒子(分子、原子等)组成的。通常把描写这些微观粒子特征的物理量(如质量、速度、能量等)称为微观量。而把描写宏观物体特性的物理量(如压强、温度、体积、内能等)称为宏观量。显然，宏观量都是可以由实验观测的物理量。从微观上看来，物体内部的微观粒子都在永不停息地做无规则运动，这种运动常称为分子热运动。就物体中单个粒子来说，由于受到其他粒子的复杂作用，其运动状态瞬息万变，显得杂乱无章而具有很大的偶然性。但在总体上，大量粒子的热运动却遵循着确定的规律，这种大量偶然事件的总体所具有的规律性称为统计规律性。由于热现象是大量微观粒子热运动的集体表现，所以它服从统计规律，描写物体的宏观量与描写其中粒子的微观量之间，也存在着必然的联系。正是基于这些特点，热运动才成为区别于其他运动形式的一种基本运动形式。

热学中包含两种不同的理论。由观察和实验总结归纳出的有关热现象的规律，构成热学的宏观理论，称为热力学。从分子、原子等微观粒子的运动和它

们之间的相互作用出发, 研究热现象的规律, 则构成热学的微观理论, 称为统计物理学. 虽然两者的研究对象都是热现象, 但是它们的研究方法却是截然不同的. 热力学是根据由自然界大量现象的观察和实验中总结出来的几个基本定律, 用逻辑推理的方法去研究宏观物体热性质的, 并不追究其微观本质. 统计物理学则是从物质的微观结构出发, 依据粒子运动所遵守的力学规律, 对大量粒子的总体, 应用统计方法去研究热现象的规律和本质. 因为热力学中的基本定律是从大量实际观测中总结出来的, 所以具有高度的可靠性和普遍性. 但是由于热力学不考虑物质的微观结构, 因而就不能对宏观热现象的规律给出其微观本质的解释, 这一点正是热力学理论的局限性和缺点所在. 统计物理学则正好弥补了热力学的缺陷, 它可以从微观上更好地揭示热现象的本质, 给出宏观规律的微观解释, 从而使人们更深刻地认识热力学理论的意义. 至于统计物理学结论的正确性, 则需要热力学来检验和证实. 这样, 在对热现象的研究上, 两种理论起着相辅相成的作用.

气体动理论是统计物理学的组成部分. 它是从气体微观结构的理想模型出发, 运用统计平均方法研究气体在平衡状态下的性质以及由非平衡状态向平衡状态的转变过程等问题. 下一章将讨论这一部分内容, 但不全面地介绍统计物理学.

热力学和统计物理学理论, 在历史上对第一次产业革命起过有力的推动作用, 在现代工程技术问题中也获得了越来越广泛的应用. 此外, 这些理论本身, 也是近代物理学中一个非常活跃的研究领域.

§ 11.2 平衡态 理想气体物态方程

11.2.1 气体的状态参量

用来描写物体运动状态的物理量称为物态参量. 例如, 位矢和速度是描写物体机械运动状态的力学参量. 热力学的研究对象是由大量粒子组成的宏观物体或物体系, 常称为热力学系统, 简称系统, 也叫工质. 要描写热力学的状态, 需要引入一些新的物理量. 气体是一种最简单的热力学系统, 也是我们要研究的主要对象. 实验表明, 对于一定质量的气体, 其状态一般可用气体的压强、体积和温度来描写, 所以常把这 3 个物理量称为气体的状态参量.

应当注意, 因为气体没有固定的形态, 气体分子由于热运动可以到达整个容器所占有的空间, 所以气体的体积 V 就等于容纳气体的容器的体积. 切不可把气体的体积与气体中分子本身体积的总和相混淆.

气体的压强 p 工程上也叫压力, 是指气体作用在单位面积容器壁上的垂直

作用力，它是气体中大量分子对器壁碰撞而产生的宏观效果。

温度的概念比较复杂，它在本质上与物体内部大量分子热运动的剧烈程度密切相关。但在宏观上可以简单地把它看成是物体冷热程度的量度，并规定较热的物体具有较高的温度。经验告诉我们，冷热程度不同的物体相互接触时，最后将趋于冷热程度一致的热平衡状态，具有共同的温度。因此，可以利用某些物质具有的与冷热状态有关并且易于测量的某一特性（例如汞柱的长度）制成温度计，将温度计与待测物体接触，待它们达到热平衡后，观测其测温特性的指示（如汞柱高度），就可以测定物体的温度。温度的数值表示法叫做温标。最基本的温标是 SI 中的热力学温标，其符号为 T ，单位为开尔文，简称开，用 K 表示。第 11 届国际计量大会（1960）决定，热力学温度单位开尔文是水三相点热力学温度的 $1/273.16$ ；这意味着把水的三相点温度 273.16 K 规定为热力学温度的固定点（热力学温标只有这一个固定点），还规定常用的摄氏温标（符号 t ，单位为 $^{\circ}\text{C}$ ）由热力学温标导出，并定义

$$t/^{\circ}\text{C} = T/\text{K} - 273.15$$

必须指出，由上式规定的摄氏温标中，水的冰点为 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (273.15 K)，非常接近水的三相点 273.16 K ，而沸点不是正好等于 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，但却非常接近（为 $99.975\text{ }^{\circ}\text{C}$ ）。

11.2.2 平衡态

上面说了一定量气体的状态可用压强、温度和体积等参量描写，不过这并不是任何情况下都能做得到，而是有一定条件的。考虑一定质量且具有一定体积的气体，忽略重力及外界其他各种影响，那么不管气体起初处于什么状态，经过一段时间后，气体中各部分的温度、压强以及分子数密度等都将趋于一致。这时，气体的状态参量 p 、 V 、 T 都有确定的数值。如果保持气体不受外界影响，内部也没有任何形式的能量转化（如化学变化、原子核变化等），则气体将始终保持这一状态而不会发生宏观变化，其状态参量也将不随时间变化，气体的这种状态称为平衡状态，简称平衡态。

又如，两个冷热程度不同的物体相互接触，经过足够长的时间后，两者的温度将趋于一致。这时，如果没有外界影响，两个物体就会保持这一状态而不再发生宏观变化，这也是一种平衡态。从大量的自然现象中可以归纳出一个结论：对于热力学系统来说，平衡态是指系统的这样一种状态，即在没有外界（指与系统有关的周围环境）影响的条件下，系统各部分的宏观性质长时间内不发生变化的状态。这里所说的没有外界影响，是指系统与外界之间不通过做功或传热的方式交换能量，否则系统就不能达到并保持平衡态。由于实际中并不存在完全不受外界影响，并且宏观性质绝对保持不变的系统，所以平衡态只