

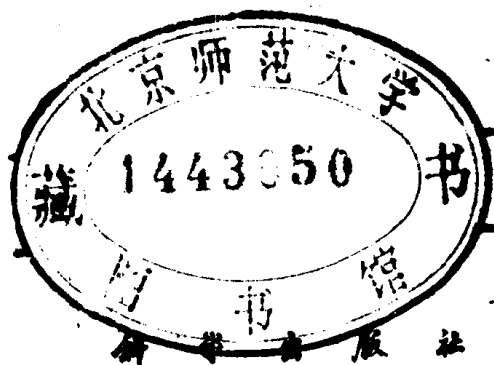
JU1132/08

热 学 和 热 力 学

M. W. 泽门斯基 R. H. 迪特曼著

刘皇凤 陈秉乾 译

杨再石 校



1987

内 容 简 介

本书《热学与热力学》是一部热力学的基础著作,系统地讲述了热现象的基本规律和宏观热力学理论,也介绍统计力学的若干基本概念。全书共分十九章:第一章温度,第二章简单热力学体系,第三章功,第四章热量和热力学第一定律,第五章理想气体,第六章热机、致冷机与热力学第二定律,第七章可逆性与开尔文温标,第八章熵,第九章纯物质,第十章相变:熔解、气化和升华,第十一章统计力学,第十二章固体的热学性质,第十三章高级相变、临界现象,第十四章化学平衡,第十五章理想气体反应,第十六章复相系,第十七章专题,第十八章离子的顺磁性和低温学,第十九章核磁性、负温度和热力学第三定律。本书内容丰富,逻辑严密,理论与实验并重,可供物理、化学、化工等专业大学生、教师和科技工作者阅读参考。

M. W. Zemansky, R. H. Dittman

HEAT AND THERMODYNAMICS

McGraw-Hill International Book Company, 1981

热 学 和 热 力 学

M. W. 泽门斯基 R. H. 迪特曼 著

刘皇风 陈秉乾 译

杨再石 校

责任编辑 夏墨英

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1987年11月第一版 开本:787×1092 1/32

1987年11月第一次印刷 印张:21 1/2

印数:0001—4,050 字数:487,000

统一书号:13031·3908

本社书号:4794·13—3

定价:5.05元

序

早期的“热学”教科书用许多章来讨论测温学、量热学和热机，其中包括很多实验细节，最后试图以一、两章的篇幅来建立演绎理论，即“热力学”。这两部分都只考虑物质的大尺度属性，因此，是严格的“宏观”观点。在其后的年代里，人们对于分子理论有了更好的了解，统计力学和分子运动论的内容也被包括到这个领域中来了。这后两门学科是微观点。为了总括这四个部分：热学、热力学、统计力学和分子运动论，需要有一个更普遍的术语。为此，目前广泛使用的术语是“热物理学”。当然，热物理学中各部分的相对份量并无一成不变的规则。一些学者认为，统计力学和分子运动论最重要，热学和热力学只不过是某种无法摆脱的累赘。另一些人感到，崇拜统计力学不妥，就采用了“统计热力学”一词，似乎既指微观学科，又指宏观学科，然而用词也并不妥当。

本书中热力学约占百分之五十的篇幅，热学约占百分之三十七，统计力学和分子运动论各约占百分之十和百分之三。这样分配的主要原因是著者之一确信：热力学是这门学科的主要基础，大学生也有能力掌握它。大学二年级或三年级学生已有足够的物理和数学训练，能够接受热力学的论证和证明，而对于深奥的各态历经说和吉布斯系综理论则还准备不足。在统计力学和分子运动论方面，本书仅对粒子间相互作用弱的体系作了最简单的论述，并将它用于理想气体、电子气、黑体辐射、振动点阵以及晶体中的顺磁离子分系统。在这第六版中，热机、化学和实验细节占有大致相等的篇幅，这与

第五版一样。但是，本版删去了超流和超导的内容^{*}，因为它们的处理已超出纯热力学的范围。

第六版有两个主要的特点：(1) 全书各章节几乎一律使用国际制 (SI) 单位，仅化学热力学中有几个课题例外；(2) 全书分成两个近乎相等的部分，第一部分讲述基本概念，目的是构成热力学引论教程的核心，第二部分从初等统计力学讲起，俾能使教师挑选那些既需要热力学又需要统计力学的应用课题；例如，固体的比热、低温学、原子核的顺磁性以及负温度等。第二部分还包含化学平衡、理想气体反应、相变理论、第三定律、燃料电池、温差电偶、黑体辐射以及负开尔文温度等课题。

(下略)

M. W. 泽门斯基

R. H. 迪特曼

^{*} 本书中译本以附录的形式保留了原第五版中的第十五章——超流动性和超导电性，以供有需要的读者阅读参考。——译者注

符 号

大写印刷斜体

<i>A</i>	面积;顺磁热容量常数
<i>B</i>	第二维里系数;布里渊函数
<i>C</i>	热容量;临界点
<i>D</i>	德拜函数;电位移
<i>E</i>	电场强度;能量
<i>F</i>	亥姆霍兹函数
<i>G</i>	吉布斯函数
<i>H</i>	焓
<i>I</i>	电流;核量子数
<i>J</i>	电子量子数
<i>K</i>	热导率;平衡常数
<i>L</i>	长度;潜热;耦合系数
<i>M</i>	磁化;质量
<i>N</i>	分子数
<i>P</i>	压强
<i>Q</i>	热量
<i>R</i>	普适气体常数;电阻;半径
<i>S</i>	熵

小写印刷斜体

<i>a</i>	量纲; $g\mu_B\mu_0\mathcal{H}/kT$
<i>b</i>	量纲;常数
<i>c</i>	摩尔热容量;光速
<i>d</i>	微分符号
<i>e</i>	自然对数底;电荷
<i>f</i>	摩尔亥姆霍兹函数;变量
<i>g</i>	摩尔吉布斯函数;朗德 <i>g</i> 因子;简并度
<i>h</i>	摩尔焓;普朗克常数
<i>i</i>	蒸气压常数
<i>j</i>	价数
<i>k</i>	玻耳兹曼常数
<i>l</i>	每千克或每摩尔的潜热
<i>m</i>	分子或电子的质量
<i>n</i>	摩尔数;量子数
<i>p</i>	分压;动量
<i>q</i>	每摩尔热量
<i>r</i>	半径;个别反应数
<i>s</i>	摩尔熵

T 开尔文温度	t 摄氏温度;经验温度
U 内能	u 摩尔内能;辐射能量密度
V 体积	v 摩尔体积
W 功	w 波或分子的速率
X 广义位移	x 空间坐标;摩尔分数
Y 广义力;杨氏模量	y 空间坐标;分数
Z 电荷;配分函数;	z 空间坐标

• 可压缩因子

大写草体

$\mathcal{B}$ 磁感应强度	$\mathcal{M}$ 摩尔质量或分子量
$\mathcal{E}$ 电动势	$\mathcal{R}$ 辐射度
$\mathcal{F}$ 张力;力	$\mathcal{S}$ 表面张力
$\mathcal{H}$ 磁场强度	

表示单位的罗马符号

m 米	Hz 赫兹(每秒1周期)
kg 千克	J 焦耳
s 秒	N 牛顿
atm 大气压	Pa 帕
A 安培	T 特斯拉
A/m 安培匝每米	V 伏特
C 库仑	W 瓦特

特殊符号

N_A 阿伏伽德罗常数	T^* 磁温度
δ 非全微分	C' 居里常数
N_F 法拉第常数	

希腊字母

α	线膨胀系数; 临界点指数		分因子
β	体膨胀系数; $1/kT$; 临界点指数	μ	焦耳-开尔文系数; 分子磁矩; 化学势
γ	两种热容量之比; 热容量中的电子项; 临界点指数	μ_0	真空磁导率
Ω	热力学几率; 立体角	ν	分子密度; 频率; 当量系数
δ	磁性离子的能量; 临界点指数	Π	总电矩
Δ	有限差值	π	珀耳帖系数
ε	反应度; 分子能量; 约化温差; 塞贝克系数	ρ	密度(单位体积的质量)
η	效率	σ	汤姆逊系数; 斯忒藩-玻耳兹曼常数; 表面等熵面的函数
θ	理想气体温度; 角度	τ	时间; 周期
Θ	德拜温度	ϕ	角度; 温度的函数
κ	压缩系数	φ	相数
λ	波长; 拉格朗日乘子; 积	ω	制冷系数; 角速率
		χ	磁化率

目 录

序 符号

第一部分 基 本 概 念

第一章 温度	2
1-1 宏观观点	2
1-2 微观观点	3
1-3 宏观观点与微观观点的对比	4
1-4 热力学的范围	4
1-5 热平衡	5
1-6 温度的概念	8
1-7 温度的测量	10
1-8 几种温度计的比较	13
1-9 气体温度计	15
1-10 理想气体温度	18
1-11 摄氏温标	20
1-12 电阻测温术	21
1-13 温差电偶	22
1-14 1968 年国际实用温标 (ITS-68).....	23
第二章 简单热力学体系	28
2-1 热力学平衡	28
2-2 纯物质的 PV 图	31
2-3 纯物质的 $P\theta$ 图	33
2-4 $PV\theta$ 面.....	35

2-5	状态方程	37
2-6	状态的微分变化	38
2-7	数学定理	40
2-8	张紧的金属丝	43
2-9	表面膜	44
2-10	可逆电池	45
2-11	电解质板	47
2-12	顺磁质棒	48
2-13	强度量和广延量	50
第三章	功	54
3-1	功	54
3-2	准静态过程	55
3-3	流体静力学体系的功	56
3-4	PV 图	58
3-5	功与路径有关	59
3-6	准静态过程中的功	60
3-7	金属丝长度变化过程中的功	62
3-8	表面膜面积变化过程中的功	63
3-9	可逆电池负荷变化过程中的功	63
3-10	固体电解质极化变化过程中的功	65
3-11	磁性固体磁化变化过程中的功	66
3-12	小结	69
3-13	合成体系	69
第四章	热量和热力学第一定律	75
4-1	功和热量	75
4-2	绝热功	77
4-3	内能函数	80
4-4	热力学第一定律的数学表述	81
4-5	热量的概念	83
4-6	热力学第一定律的微分形式	85
4-7	热容量及其测量	86

4-8	水的热容量; 卡	91
4-9	流体静力学体系的方程	92
4-10	热量的准静态流动; 热库	93
4-11	热传导	95
4-12	热导率	96
4-13	热对流	98
4-14	热辐射; 黑体	99
4-15	基尔霍夫定律; 辐射热	101
4-16	斯忒藩-玻耳兹曼定律	104
第五章	理想气体	112
5-1	气体的状态方程	112
5-2	气体的内能	115
5-3	理想气体	119
5-4	热容量的实验测定	121
5-5	准静态绝热过程	124
5-6	测定 γ 的 Rüchhardt 方法	126
5-7	纵波速率	130
5-8	声测温术	134
5-9	微观观点	136
5-10	理想气体的状态方程	137
第六章	热机、致冷机与热力学第二定律	151
6-1	功和热量的相互转换	151
6-2	斯特林热机	153
6-3	蒸气机	156
6-4	内燃机	158
6-5	热力学第二定律的开尔文-普朗克表述	163
6-6	致冷机	164
6-7	开尔文-普朗克表述与克劳修斯表述的等效性	170
第七章	可逆性与开尔文温标	176
7-1	可逆性和不可逆性	176

• • •

7-2	外部的力学不可逆性	177
7-3	内部的力学不可逆性	179
7-4	外部的和内部的热不可逆性	180
7-5	化学不可逆性	180
7-6	可逆性的条件	181
7-7	可逆绝热面的存在	183
7-8	dQ 的可积性	188
7-9	λ 的物理意义	191
7-10	开尔文温标	193
7-11	理想气体温度和开尔文温度的相等性	196
第八章 熵		201
8-1	熵的概念	201
8-2	理想气体的熵	203
8-3	TS 图	205
8-4	卡诺循环	209
8-5	熵和可逆性	211
8-6	熵和不可逆性	212
8-7	熵和非平衡态	216
8-8	熵增加原理	219
8-9	熵原理的工程应用	222
8-10	熵和无用能	224
8-11	熵和无序	227
8-12	熵和方向;绝对熵	228
8-13	熵流和熵的产生	229
第九章 纯物质		240
9-1	焓	240
9-2	亥姆霍兹函数和吉布斯函数	244
9-3	两条数学定理	246
9-4	麦克斯韦关系式	248
9-5	TdS 方程	250

9-6	能量方程	255
9-7	热容量方程	257
9-8	定压热容量	261
9-9	热膨胀系数	263
9-10	压缩系数	267
9-11	定容热容量	271
第十章	相变: 熔解、气化和升华	279
10-1	一级相变; 克拉珀龙方程	279
10-2	熔解	282
10-3	气化	288
10-4	升华; 基尔霍夫方程	295
10-5	蒸气压常数	298
10-6	蒸气压的测定	302

第二部分 基本概念的应用

第十一章	统计力学	314
11-1	基本原理	314
11-2	平衡分布	318
11-3	A 和 β 的含义	321
11-4	配分函数	325
11-5	理想单原子气体的配分函数	328
11-6	能的均分	330
11-7	分子速率的分布	334
11-8	功和热量的统计解释	338
11-9	无序, 熵和信息	340
第十二章	固体的热学性质	347
12-1	非金属晶体的统计力学	347
12-2	晶体的频谱	353
12-3	非金属的热学性质	357
12-4	金属的热学性质	360

第十三章 高级相变；临界现象	373
13-1 焦耳-开尔文效应	373
13-2 焦耳-开尔文效应对气体液化的应用	376
13-3 临界态	384
13-4 临界点指数	388
13-5 磁体系的临界点指数	392
13-6 高级相变	396
13-7 液氮和固氮	402
第十四章 化学平衡	410
14-1 道尔顿定律	410
14-2 半透膜	411
14-3 吉布斯定理	412
14-4 惰性理想气体混合物的熵	413
14-5 惰性理想气体混合物的吉布斯函数	416
14-6 化学平衡	417
14-7 非平衡态的热力学描述	419
14-8 化学平衡条件	421
14-9 力学稳定性条件	423
14-10 单相的热力学方程	425
14-11 化学势	428
14-12 反应度	430
14-13 反应平衡方程	433
第十五章 理想气体反应	439
15-1 质量作用定律	439
15-2 平衡常数的实验测定	440
15-3 反应热	442
15-4 能斯特方程	447
15-5 亲和势	449
15-6 平衡的移动	454
15-7 平衡时反应气体的热容量	456

第十六章 复相系	461
16-1 复相系的热力学方程	461
16-2 无化学反应时的相律	463
16-3 相律的简单应用	467
16-4 有化学反应时的相律	471
16-5 组元数的确定	477
16-6 平衡的移动	481
第十七章 若干专题	489
17-1 伸长的金属线	489
17-2 表面膜	489
17-3 可逆电池	491
17-4 燃料电池	493
17-5 电解质	495
17-6 热电现象	497
17-7 导体中同时有电流和热流	501
17-8 塞贝克效应和珀耳帖效应	503
17-9 汤姆孙效应和开尔文方程	506
17-10 温差电致冷	509
17-11 光子体系的性质	511
17-12 适用于光子的玻色-爱因斯坦统计	513
17-13 光测高温计	515
17-14 维恩定律和斯忒藩-玻耳兹曼定律	517
17-15 辐射压;作为热力学体系的黑体辐射	520
第十八章 离子的顺磁性和低温学	532
18-1 原子的磁性	532
18-2 磁离子分系统的统计力学	536
18-3 磁离子分系统的磁矩	541
18-4 磁离子分系统的热学性质	548
18-5 用绝热去磁法产生毫度级温度	552
18-6 低温测温术	562

18-7 $^3\text{He}/^4\text{He}$ 稀释致冷器	568
第十九章 核磁性、负温度和热力学第三定律	575
19-1 磁核的极化	575
19-2 核磁场减小产生纳度级温度	580
19-3 负开尔文温度	584
19-4 Pound, Purcell 和 Ramsey 实验	589
19-5 负温度热力学	593
19-6 热力学第三定律	594
附录 A. 物理常数	603
附录 B. 拉格朗日乘子法	604
附录 C. 积分 $\int_0^\infty e^{-ax^2} dx$ 的计算	607
附录 D. 黎曼 ζ 函数	609
附录 E. 超流动性 and 超导电性	611
E-1 液氦 II 的超流动性	611
E-2 喷泉效应	614
E-3 第二声	619
E-4 第四声	624
E-5 蠕变膜; 第三声	626
E-6 其他超流动性效应	630
E-7 He^3 穿过超流体 He^4 的运动	634
E-8 超导电的转变温度	636
E-9 I 型超导体的磁性质	640
E-10 I 型超导体的热容量	647
E-11 能隙	651
E-12 II 型超导体	655
参考书目	662
习题选答	664

第 一 部 分

基 本 概 念