

新概念

高中物理读本

第三册

赵凯华 张维善 著

人民教育出版社



责任编辑 周善蕊

封面制作 李宏庆

ISBN 978-7-107-20333-6



9 787107 203336 >

定价：32.90 元

新概念 高中物理读本

第三册

赵凯华 张维善

人民教育出版社

新概念高中物理读本

第三册

图书在版编目(CIP)数据

新概念高中物理读本. 第3册/赵凯华,张维善著.

北京:人民教育出版社,2007

ISBN 978-7-107-20333-6

I. 新…

II. ①赵… ②张…

III. 物理课-高中-教学参考资料

IV. G634.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 027320 号

人民教育出版社 出版发行

网址: <http://www.pep.com.cn>

北京市白帆印务有限公司印装 全国新华书店经销

2007年2月第1版 2007年4月第1次印刷

开本: 787毫米×1092毫米 1/16 印张: 15.5

字数: 258千字 印数: 0 001-3 000册

ISBN 978-7-107-20333-6 定价: 32.90元
G·13383

如发现印、装质量问题,影响阅读,请与本社出版科联系调换。

(联系地址:北京市海淀区中关村南大街17号院1号楼 邮编:100081)

目 录

第一章 热学的基本概念	1
§ 1. 热现象的研究	1
1.1 热现象与热学	1
1.2 微观世界和宏观世界的一座桥梁	3
§ 2. 温度和温标	4
2.1 平衡态和状态参量	4
2.2 热平衡定律和温度	5
2.3 温标和温度计	7
§ 3. 热量和热传递	11
3.1 热量是什么	11
3.2 热传递	13
3.3 热平衡方程	15
§ 4. 分子动理论基础	18
4.1 物质由分子、原子等微观粒子组成	18
4.2 物质分子处于不停顿的无规则运动状态	21
4.3 分子之间存在相互作用	23
§ 5. 内能	24
5.1 分子的动能	24
5.2 分子势能	25
5.3 内能	26
第二章 物质的聚集态	29
§ 1. 气体的实验定律与理想气体状态方程	29
1.1 玻意耳定律	29
1.2 查理定律和盖吕萨克定律	32
1.3 理想气体状态方程	34
1.4 道尔顿分压定律	40
§ 2. 理想气体的压强、温度和内能	44

2.1 气体的微观模型	44
2.2 理想气体的压强	45
2.3 理想气体的温度和内能	48
§ 3. 从理想气体到实际气体	52
3.1 分子体积所引起的修正	52
3.2 分子力对压强的影响引起的修正	53
§ 4. 固体	55
4.1 晶体的宏观特征	55
4.2 晶体的微观结构	58
4.3 非晶体	60
4.4 固体中分子的热运动	60
§ 5. 液体	62
5.1 液体的微观结构和分子热运动	62
5.2 液体的表面张力	63
5.3 润湿(浸润)现象	65
5.4 毛细现象	67
5.5 液晶	68
第三章 物质聚集态的转化与共存	73
§ 1. 熔化和凝固	73
1.1 熔化及其微观解释	73
1.2 熔化曲线	74
1.3 熔化热	75
§ 2. 汽化	77
2.1 蒸发	77
2.2 饱和汽与饱和汽压	78
2.3 沸腾	81
2.4 汽化热	83
§ 3. 液化	86
3.1 液(汽)化曲线	86
3.2 临界温度	88
§ 4. 升华和凝华	90
4.1 升华和凝华	90
4.2 三相点和三相图	91
§ 5. 大气中水汽的变化	92

5.1 空气的湿度	92
5.2 露点	93
5.3 凝结与降水	95
第四章 热力学定律	98
§ 1. 热力学第一定律	98
1.1 热力学过程的理想化	98
1.2 功: 力学作用下转移的能量	99
1.3 热量: 热学作用下转移的能量	100
1.4 焦耳实验 功与内能	100
1.5 焦耳实验 热量与内能	102
1.6 热力学第一定律	103
§ 2. 理想气体的热力学过程	106
2.1 理想气体的等容过程	106
2.2 理想气体的等压过程	107
2.3 理想气体等压、等温、绝热各过程中做功、吸热和内能变化的比较	110
§ 3. 循环过程与热机	112
3.1 循环过程	112
3.2 奥托循环和狄塞尔循环	114
3.3 致冷循环	116
§ 4. 热力学第二定律	117
4.1 自然现象的不可逆性	117
4.2 热力学第二定律的表述	118
§ 5. 熵的概念 熵增加原理	120
5.1 熵的微观意义	120
5.2 宏观熵	122
5.3 从概率观点说明热传递的方向性	123
5.4 熵增加原理	124
5.5 热机的效率	124
5.6 生命的热力学	126
第五章 几何光学	131
§ 1. 光的传播	131
1.1 光是什么	131
1.2 光的反射定律和折射定律	133
1.3 光的全反射	136

1.4 光的色散·····	139
§ 2. 光的平面反射和折射成像·····	142
2.1 光的平面反射成像·····	142
2.2 光的平面折射成像·····	143
§ 3. 光的球面反射成像·····	146
3.1 傍轴条件与物像距公式·····	146
3.2 球面反射成像的横向放大率·····	150
3.3 球面镜的焦点和焦距·····	151
3.4 球面镜成像的作图法·····	152
§ 4. 光的球面折射与透镜成像·····	155
4.1 光的球面折射成像·····	155
4.2 透镜成像的物像距公式与横向放大率公式·····	158
4.3 透镜的焦点、焦距和高斯公式·····	160
4.4 透镜成像的作图·····	163
§ 5. 眼睛和助视光学仪器·····	166
5.1 眼睛·····	166
5.2 放大镜 视角放大率·····	168
5.3 显微镜·····	169
5.4 望远镜·····	170
第六章 波动光学 ·····	175
§ 1. 光的干涉·····	175
1.1 杨氏干涉实验·····	175
1.2 杨氏干涉实验的理论解释·····	176
1.3 薄膜干涉及其应用·····	180
§ 2. 光的衍射·····	183
2.1 光的衍射现象·····	183
2.2 单缝衍射的理论解释·····	184
2.3 衍射光栅·····	189
2.4 全息照相·····	191
§ 3. 光的偏振·····	193
3.1 偏振现象与光的横波性·····	193
3.2 自然光与部分偏振光·····	194
3.3 线偏振光·····	195
3.4 圆偏振光与椭圆偏振光·····	196

3.5 偏振光的应用·····	197
§ 4. 光的吸收与散射·····	197
4.1 光的吸收·····	197
4.2 光的散射·····	198
§ 5. 光谱·····	200
5.1 光谱及其观察·····	200
5.2 发射光谱·····	201
5.3 吸收光谱·····	201
5.4 光谱分析·····	202
第七章 量子物理 ·····	204
§ 1. 量子世界·····	204
1.1 能量的量子化·····	204
1.2 波粒二象性·····	207
1.3 海森伯不确定性·····	209
§ 2. 原子·····	211
2.1 电子的发现和汤姆森原子模型·····	211
2.2 卢瑟福 α 粒子散射实验和原子的有核式模型·····	212
2.3 氢光谱的启示·····	213
2.4 玻尔的原子模型·····	214
2.5 弗兰克-赫兹实验·····	216
2.6 量子力学构建的原子图像·····	217
§ 3. 激光·····	219
3.1 自发发射、受激发射和受激吸收·····	219
3.2 粒子数反转·····	220
3.3 光谱谐振腔与光放大·····	221
3.4 激光的特性及应用·····	221
§ 4. 原子核·····	222
4.1 原子核的组成·····	222
4.2 原子核的大小·····	223
4.3 天然放射性与原子核衰变·····	224
4.4 放射性的应用·····	225
4.5 质量亏损与结合能·····	226
4.6 核裂变·····	227
4.7 核聚变·····	229

§ 5. 粒子和宇宙 232

5.1 粒子物理的诞生 232

5.2 四种相互作用和粒子的分类 233

5.3 夸克与粒子的标准模型 235

5.4 大爆炸和宇宙的热演化 236

5.5 巨蟒咬住自己的尾巴 237

第一章 热学的基本概念

§ 1. 热现象的研究

1.1 热现象与热学

我国古代有一个传说，燧人氏钻木取火以化腥臊而奉为千古圣皇；古希腊有一个神话，普罗米修斯盗天火以泽惠天下而崇为世间英雄。在古代各民族的语言里，“火”与“热”几乎是同义语。我国著名物理学家王竹溪先生曾经指出：“热学这一门科学起源于人类对于热与冷现象的本质的追求，由于在有史以前人类已经发明了火，我们可以想像到，追求热与冷现象的本质的企图可能是人类最初对自然法则的追求之一。”

人们注意到，当物体的冷热程度发生变化时，物质的状态和性质也要发生变化。例如，在绝大多数情况下，物体受热后体积膨胀，遇冷时体积收缩；水在标准大气压下，加热到 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时会沸腾，变成水蒸气，而冷却到 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时又会结冰；柔韧的橡皮管遇冷会变硬、变脆，如若冷却到零下 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下时，甚至会变得像玻璃一样易碎；钢件经过淬火，即烧成炽热后放入水中或油中迅速冷却，可提高表面的硬度，而经过退火，即烧成炽热后缓慢冷却，则可以降低硬度；金属导线受热后电阻会变大等等。这些与物体冷热程度有关的物体状态和性质的变化统称为**热现象**。

我们已经知道，物体空间位置随时间的变化称为机械运动，机械运动是自然界中最普遍的一种现象，是自然界中物质运动的一种最基本、最简单的形式。由上述可知，热现象也是自然界中最普遍的一种现象。那么，它反映的是一种怎样的运动形式呢？稍后我们就会了解到，在经过了一段探索历程之后，人们终于认识到，热现象是组成物体的大量分子、原子的永不停息的运动所表现出来的宏观效果。我们把这种组成物体的大量分子、原子的永不停息的运动称为**热运动**(thermal motion)。

热运动与机械、电磁、化学等其他运动形式之间存在着广泛的相互联系和相互转化。例如，摩擦生热就是机械运动向热运动的转化，而在内燃机中，加

热气体使之膨胀，推动活塞运动，又是热运动向机械运动转化；在白炽电灯中，电流通过灯丝时灯丝被加热到炽热状态而发光，则是由电磁运动向热运动转化，同时又由热运动向发光转化的过程。除此之外，飞机、火箭、宇宙飞船的飞行，金属的冶炼，各种热机和制冷设备的运行，气象的变化等，也都和热运动与其他运动形式的相互联系和转化有关。可见，热运动与科学技术、工农业生产和日常生活都有密切的关系，因而有着广泛的应用。

热学(heat)就是研究物质热运动的规律及其应用的一门学科，是物理学的一个重要组成部分。

热学的研究对象是由大量的永不停息地运动着的分子、原子组成的物体或物体系统。这种物体或物体系统称为**热力学系统**(thermodynamic system),简称**系统**。系统外部与系统发生相互作用的物体叫做**外界**。例如，用酒精灯加热封闭在容器中的气体，如把气体作为研究对象，它就是一个热力学系统，而容器和酒精灯就是外界。因此，热学研究的主要任务是通过研究热力学系统内部各部分之间或它与外界的相互作用来确定系统的性质及其变化规律。

小 讨 论

A: 热学的研究对象与力学的研究对象似乎没有什么不同。

B: 为什么?

A: 热学的研究对象是由大量分子、原子组成的物体或物体系统。力学中所研究的对象不也是由大量分子、原子组成的物体或物体系统吗!

B: 是的。但是在力学中我们只研究它们空间位置的变化及其规律，而不考虑其中大量分子、原子的永不停息的热运动。这可以说是一种宏观现象。在热学中则不然，我们只考虑组成物体或物体系统的大量分子、原子的永不停息的热运动及其宏观效果。这种宏观效果并不是物体或物体系统空间位置的变化。所以说力学与热学的研究对象没有什么不同。

请对 A、B 的说法发表自己的看法。

在热学的历史发展中，一些基本概念的确立和廓清起到十分重要的作用。正如爱因斯坦所说的那样：“用来描述热现象的最基本的概念是温度和热量，在科学史上经过了非常长的时间才把这两个概念区别开来。但是一经辨别清楚，就使科学得到飞速的发展。”这是因为客观的规律都是通过一定的科学概念来认识和表达的，而且这些概念本身，就在一定程度上反映着规律的本质，例如热学中将要学习的一些基本概念，像温度、热量、内能、概率和熵

等，都是在力学中所没有的。

科学概念的建立和廓清总是伴随着科学发展的具体过程实现的，这就给我们留下了科学家攀登科学山巅的足迹，即科学的思考和研究方法，使我们有所借鉴。

1.2 微观世界和宏观世界的一座桥梁

要研究一个系统的性质及其变化规律，首先要对它的状态加以描述。让我们考虑某一容器中一定质量的某种气体，经验告诉我们，关于它的状态，我们可以问的是：它的体积有多大，压强是多少，温度有多高？因此它的状态可以用**体积**(volume) V 、**压强**(pressure) p 、**温度**(temperature) T 来描述。这是一种从系统的整体上对其状态进行的描述，所用的物理量如 V 、 p 、 T 等，称为**宏观量**(macroscopic quantity)。宏观量可以直接用仪器测量，而且一般能被人的感官所觉察。

另一方面，由于任何热力学系统都是由大量分子、原子组成的，分子和原子的线度一般约为 $10^{-9}\text{m} \sim 10^{-10}\text{m}$ ，统称为**微观粒子**，如果给出系统中所有微观粒子在某个时刻的状态，系统在该时刻的状态自然也就确定了。这是一种通过对微观粒子状态的刻画来对系统状态进行的描述，所用的物理量如粒子的位置、速度、能量等称为**微观量**(microscopic quantities)。微观量不能被我们的感官直接观察到，一般也不能直接用仪器测量。

鉴于上述情况，热学中常用的研究方法有宏观和微观两种。所谓宏观方法就是从系统热现象的大量实验观测事实出发，求得表征系统状态及属性的宏观量所遵从的规律，并以此为基础，通过逻辑推理和演绎的方法，进一步得出关于系统各种宏观性质之间的关系以及宏观过程进行的方向、限度的规律。这种方法又称为**热力学方法**。由于这种方法完全以客观的实验结果为依据，没有对热现象的微观过程做任何假设，所以得出的结论具有普遍性和可靠性。然而，这种方法不能揭示宏观规律的微观本质。所谓微观方法，也称**分子动理论方法**或**统计物理方法**，是从系统由大量微观粒子组成的前提出发，根据一些物质微观结构的知识，对粒子间相互作用的性质和规律以及热现象的微观过程提出某种模型或假设，把系统的宏观性质视为微观粒子热运动的统计平均效果，运用统计的方法，找出宏观量与微观量的关系，确定系统的宏观性质和宏观量遵从的规律。这种方法所得出的结论必须接受实验的检验。如果结论与实验相符，表明其模型或假设是合理的，从而揭示了宏观规律的微观本质，深化了人们对

热现象的认识。

比较这两种研究方法可知，宏观方法和微观方法分别从两个不同的角度研究物质的热现象及其规律，它们彼此密切联系，相辅相成，使热学成为联系微观世界和宏观世界的一座桥梁。

思考与练习

1. 什么叫热现象？什么叫热运动？
2. 什么叫热力学系统？什么叫外界？举例说明。
3. 热学研究的任务是什么？
4. 举例说明科学概念在科学发展进程中的作用。
5. 对热力学系统的宏观研究与微观研究方法有何不同？有何联系？

§ 2. 温度和温标

2.1 平衡态和状态参量

我们从经验中知道，当两个冷热程度不同的物体互相接触时，热的物体要变冷，冷的物体要变热，直到最后两物体达到各处冷热程度均匀一致的状态为止。这时，如无外界影响，两物体都将保持这一状态，不再发生任何宏观变化。

大量类似的事例表明，在没有外界影响的情况下，热力学系统经过足够长的一段时间后，总要达到一个确定的状态，其宏观性质不再发生变化。这种在没有外界影响的情况下，系统的宏观性质不随时间变化的状态叫做**平衡态** (equilibrium state)。一个被隔板分为左、右两部分，左边部分充满气体，右边部分为真空的系统，在隔板打开后，左边气体自由膨胀的过程中，容器中任一处的压强都在随时间变化，即它的状态和性质都不确定，这种状态就是**非平衡态** (nonequilibrium state)。但是，在没有外界影响的情况下，系统经过足够长的时间后，将会达到压强处处一样且不再随时间变化的平衡态。

小 思 考

将一根均匀的金属棒的一端置于很大容器内的冰水混合物中，另一端置于酒精灯上加热。开始时金属棒上各处的冷热程度会发生变化。经足够长时间后，金属棒上各处的冷热程度尽管不相同，但不再发生变化，即系统的各部分分别具有各自确定的温度，而且可以长时间保持不变。

金属棒是否处在平衡态？说明理由。

应该指出的是，由于组成热力学系统的大量微观粒子都处在不停顿的无规则运动状态，系统的宏观性质在不同时刻随粒子微观状态的变化会出现小的涨落，而不可能长时间严格精确保持不变。但只要涨落幅度不大，其统计平均值在长时间内就保持固定不变。所以平衡态是一种热动平衡状态。

对于实际的热力学系统，绝对不受外界影响，因而宏观性质永远不变是不可能的，所以平衡态又是一个理想化的概念，是在一定条件下对实际情况的一种抽象。在外界条件变化很缓慢，对系统的影响十分微弱时，许多实际情况都可以近似作为平衡态处理。

由于系统处于平衡态时，宏观性质不再随时间而改变，我们就可以用表示这些性质的确定的物理量来描述该系统的状态。例如，前已述及的封闭在容器中的一定质量的某种气体，其状态可用它的体积 V 、压强 p 、温度 T 来描述。系统处于平衡态时描述其宏观状态的物理量统称为**状态参量**。

2.2 热平衡定律和温度

温度是描述热现象时所特有的概念之一。初中物理和日常生活中用温度表示物体的冷热程度，这是对温度的最通俗的理解。但是，凭人的主观冷热感觉来判断物体温度的高低是不准确的，甚至可能产生错误。例如，数九寒天在室外用手触摸铁器和木柄，会感觉前者比后者冷，其实二者的温度是一样的；早在 1690 年，英国人洛克就曾做过一个实验。他先将左手放入热水中，右手放入冷水中，然后再将两手都放在同一温水中，两只手的感觉是不同的。左手感到温水是凉的，右手感到温水是热的。可见，要正确地、定量地表示出物体的温度，必须对温度的概念给出科学的定义，对温度的测量给出客观的依据。

为此我们设有两个热力学系统，原来各处在一一定的平衡态。在没有外界影响的情况下，让这两个系统互相接触，使它们之间能发生热传递，这种接触叫

做**热接触**。实验表明，热接触后两个系统的状态都将发生变化，热的变冷，冷的变热，但经过一段时间后，两个系统的状态不再变化。这表明两个系统最后对热传递来说已达到平衡，这种平衡叫做**热平衡**。

当两个物体(热力学系统)达到热平衡后，我们直觉地认为它们是同样冷热的。因此我们可以给“温度相同”下个定义，即**两个相互处于热平衡的物体温度相同**。这个定义为温度的测量提供了理论依据，因为我们可以设想这两个物体之一就是温度计，当它与待测物体达到热平衡时，它的温度与待测物体的温度相同，从而它的读数正确地显示了该物体的温度。

不过，上述定义还有一个疑问或漏洞。设想物体 A、B 已达到热平衡，从上述定义出发，它们应具有相同的温度。现在的问题是，用温度计 C 与 A 接触，达到热平衡后 C 所显示的读数若为 t ，再令温度计 C 脱离 A 而与 B 接触，达到热平衡后 C 所显示的读数一定也是 t 吗？这一点似乎很显然，但却无法从理论上逻辑地求得回答，只能诉诸实验。实验表明，在没有外界影响的情况下，先将物体 A、B 隔离，不使其发生热接触，但使它们分别与处于确定状态下的物体 C 热接触并达到热平衡(图 1-1a、b)，则物体 A 和 B 也是相互热平衡的(图 1-1c)。这就是说，在不受外界影响的情况下，如果两个热力学系统中的每一个都与第三个热力学系统处于热平衡，则它们彼此也必定处于热平衡。这个结论称为**热平衡定律**。

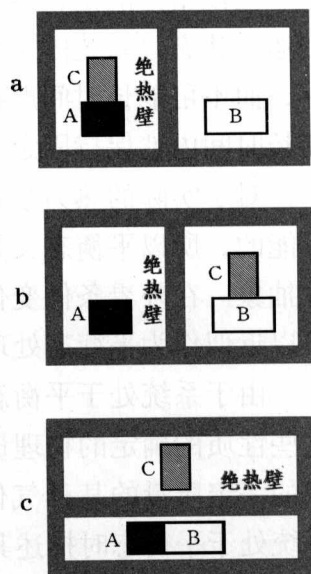


图 1-1 热力学第零定律

根据这个定律，上述用温度计 C 分别去测量相互热平衡的物体 A、B，所显示的读数必然相同。这就使温度的实际测量与“温度相同”的理论定义一致起来。由此可见，热平衡定律是关于温度相同的最基本原理。虽然这一原理是在热力学第一定律、第二定律提出八九十年后才由否勒(R. H. Fowler)在 1939 年提出，但从逻辑关系及关于热学概念、规律的基础性程度上看，该原理应在热力学第一、第二定律之前，所以通常称热平衡定律为**热力学第零定律**(zeroth law of thermodynamics)。

2.3 温标和温度计

根据热力学第零定律，人们可以使具有确定初始状态的第三个物体 C（设想中的温度计）与两物体 A、B 分别进行热接触，来判定物体 A、B 是否处于热平衡，即判定它们的温度是否相同。如果不同，人们还可以根据 C 的变化，区分 A、B 温度的高低。但仅这样并不能确定它们温度的具体数值。为能够给出温度的具体数值，还需要有标定数值的方法。温度的数值表示的方法称为**温标** (temperature scale)。常用的温标有摄氏温标、理想气体温标和热力学温标。

1) 摄氏温度计和摄氏温标

将内径均匀的细玻璃管与充满水银的玻璃泡相连接，抽出其中的空气。在 1 标准大气压下，把小玻璃泡浸没在冰、水混合物中，将此时水银面在管中的高度记为 0°C ，读为零摄氏度，如图 1-2a 所示。再把小玻璃泡浸没在沸腾的水中，泡内水银受热后体积膨胀，管内的水银柱升高。我们把这时水银面的高度记为 100°C ，读作 100 摄氏度，如图 1-2b 所示。然后把玻璃管上这两点之间的长度等分为 100 份，每 1 份就代表 1 摄氏度的温度差。这就制成了水银**摄氏温度计**

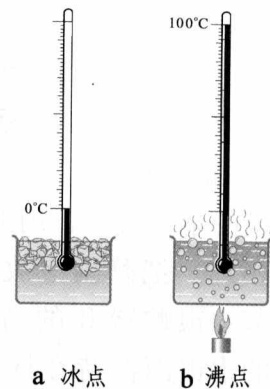


图 1-2 水银温度计

(thermometer)，相应的温度数值表示法就叫**摄氏温标**。在摄氏温标中，温度的单位是“ $^{\circ}\text{C}$ ”，中文名称是“摄氏度”。

摄氏温度计和摄氏温标是瑞典天文学家摄尔修斯 (A. Celsius) 于 1742 年制作和确定的。小玻璃泡中也可以充满如酒精等其他一些液体，这类温度计统称**液体摄氏温度计**。

从上述可见，建立一种温标需要考虑三个因素。第一，要选择某种物质（叫做测温物质）的某一随温度变化的性质（叫做测温属性）来标志温度。在上例中，水银是测温物质，它的体积随温度变化的性质是测温属性。第二，规定温度的定点的数值。在上例中，取 1 标准大气压下水的冰点（纯冰和纯水在 1 标准大气压下达达到热平衡时的温度）为 0°C ，水的沸点（纯水和水蒸气在蒸汽压为 1 标准大气压下达达到热平衡时的温度）为 100°C 。第三，规定测温属性随温度变化的关系。在上例中，规定了水银的体积随温度呈线性变化，所以将刻度均分。