

阎喜杰 编

热学

出版说明

为加速实现四个现代化，迅速培养和造就大批又红又专的建设人材的需要，我们将陆续出版一套《中学生课外读物》。

这套读物包括数学、物理、化学、语文、历史、地理等基础知识和典型题解答几十种。《热学》就是其中的一种。

本书以全国统编中学物理教学大纲为基础，适当扩大了知识范围，按温度和温度计、物体的热膨胀、热的基本概念、热的传播、物态变化、气体的性质、热功原理七部分，比较系统地讲述了热学的初步知识。可供中学生、知识青年自学之用，也可供中、小学教师教学参考。

目 录

一、温度和温度计	(4)
凭感觉测得的温度不可靠	(4)
水银温度计和酒精温度计	(4)
摄氏温标	(5)
华氏温标和列氏温标	(7)
最高和最低温度计	(9)
体温计	(11)
二、物体的热膨胀	(13)
物体的热胀冷缩现象	(13)
物体的线膨胀	(13)
固体线膨胀的演示	(14)
线膨胀现象举例	(16)
固体的体膨胀和表面膨胀	(18)
α 、 β 、 γ 间的关系	(19)
物体的密度(比重)跟温度的关系	(21)
液体的膨胀	(21)
水的反常膨胀	(23)
三、热的基本概念(物体的内能及其改变)	
.....	(34)
热量	(34)
热量的单位	(35)
比热	(36)
气体的比热	(37)
热容量	(38)
摩尔热容	(40)

热的平衡	(45)
四、热的传播	(51)
热的对流传播	(51)
对流现象的应用	(52)
自然界中的对流现象	(54)
热的传导	(57)
热传导现象的举例	(58)
热的辐射	(64)
热辐射的性质	(64)
日光灶	(67)
热辐射定律	(67)
物质对红外线的透过和吸收性能	(68)
五、物态变化	(71)
溶解和凝固	(71)
汽化	(78)
升华现象	(80)
沸腾	(81)
沸点跟压强的关系	(82)
溶液的沸点	(83)
饱和汽	(84)
饱和汽的性质	(84)
大气中的水蒸汽	(87)
露点的测定	(87)
湿度	(89)
汽化热	(93)
汽体的液化	(96)
六、气体的性质	(103)
玻意耳——马略特定律	(104)
等温过程中的密度跟压强的关系	(106)

查理定律(气体的等容过程)	(113)
盖·吕萨克定律	(116)
气体的压强系数 γ 跟体胀系数 β 间的关系	(117)
理想气体	(120)
绝对温标	(121)
气态方程	(122)
克拉珀龙方程	(129)
气体状态的绝热变化过程	(132)
七、热功原理	(136)
热和功	(136)
热功当量	(137)
物质的燃烧值	(139)
热力学第一定律	(143)
能量守恒定律	(148)
人体中的能量转变	(152)
热力学第二定律	(153)
热力学第二定律的统计意义	(156)

附录:

(一)用摄氏温标表示的一些常用的温度(近似值)	(159)
(二)用各种仪器所能测得的温度界限(摄氏)	(160)
(三)铁被加热的温度($^{\circ}\text{C}$)	(160)
(四)各种光源所放出的热	(161)
(五)若干种炸药的燃烧热及爆炸速度	(162)
练习题答案	(162)

热学是研究关于热的本质、热的运动形式以及热运动跟其他运动之间的转化规律的科学。

热的本质问题是建立热学理论的焦点所在。“热”到底是什么，是一粒粒的“物质”，还是某种形式的“能”？这个问题在人类的认识历史上经历了相当长的岁月，直到上一世纪才获得解决。古代希腊的一些哲学家们认为产生热的火是组成宇宙万物的本源，他们说世界上、宇宙间的一切都是由于火的燃烧、熄灭而合乎规律的发展着。亚里斯多德认为地面上的万物都是由水、火、土、气四种“元素”组成的。这四种“元素”之间能互相转变。公元前三百年左右，我国的驺衍主张天地间的万物是由五种元素——金、木、水、火、土组成的。他说这五种元素之间相生相克——相互依赖和相互制约而出现世界上一切事物。公元前一百六十四年的一本书《淮南子》记载着天地万物由阴阳二气化成，而火则是阳气的表现。上面所举的这些说法都只是人类对热的本质问题的最原始的质朴的推想，当然，今天看来是十分幼稚可笑的。

在封建社会里，生产水平非常低下。由于自给自足的自然经济占统治地位，生产力长期得不到发展。同时，由于宗教的残酷统治，神权思想的束缚，使得人们对热的认识长期停留在臆测阶段。直到文艺复兴运动开始，资本主义萌芽在欧洲产生，教会统治的黑暗时期终于被社会进步的狂涛巨浪冲垮。人们在摧毁了精神枷锁之后，发展了新的科学，用新的知识武装了自己。开展了大规模的认识世界的科学活动，在科学研究中引进了实验，从而使科学的进步达到一个猛烈

发展的新阶段。

十八世纪开始，工业上采用了蒸汽动力，冶金方面大量地采用了新的装备，从而迫使人们对热的理论进行探讨。在技术方面由于发明了温度计、量热器，使得热学的研究进入定量化的阶段。不久之后便总结出有关气体压强的定律，奠定了系统的计温学和量热学的基础。当时一些科学家们也开始了对热的本质的探讨。

出现得最早，并在十八世纪里占统治地位的一种学说是所谓的“热质说”。他主张热是一种流质，这种流质没有重量，能够进入物体内部，并在其中传播开来。科学家把这种流质定名为“热素”，拉瓦锡在一七八九年发表的化学元素表中，甚至将热素当作组成物质的一种元素列入其中。根据这种说法，科学家们进行了大量的实验，得出一些至今仍然成立的结论。他们利用热质说成功地解释了热传导现象，法国工程师卡诺以此为依据建立了热力学第一定律。但热质说后来却一点一点地遭遇到困难，在解释机械功产生热的现象时表现无能为力。热质说解释不了用旋床车制炮筒时，为什么筒身上发出那么多的热，温度高得烫手。

跟热质说差不多同时出现的另一种学说则是“热能说”，主张热是一种能。伽森弟、胡克、伯努利等人提出物质是由分子构成的，分子能向各个方向运动。他们根据这种观点解释了物质三态（固、液、气）的形成规律，解释了气体压强的产生原因。到十八世纪中叶俄国科学家罗蒙诺索夫发展了前人的说法，明确地指出热是分子运动的一种表现。对物质的分子运动和分子间的相互作用给人以鲜明的印象，并且在热学领域里发展了能量守恒的观念。进入十九世纪，化学方面以道尔顿的实验为基础创立了原子论，给热学奠定了微观

理论的基础。十九世纪中叶英国物理学家焦耳，通过长期的系统研究确立了热能跟机械能转换的定量关系，测定了热功当量。一八四三年德国物理学家迈耶用热能说重新解释了热力学第一定律，最终科学地肯定了能量守恒和转换定律。

在热学理论的发展道路上，热质说终于被热能说战败，人们彻底认识了热是“能”而不是“物质”。十九世纪六十年代经克劳修斯、麦克斯韦、玻耳兹曼、范德瓦尔斯等人研究，建立了气体的热容、扩散、热传导、粘滞性、气体液化等方面的理论，给热力学第二定律的形成提供了实验依据。最后，开尔文、劳克修斯终于创立了热力学第二定律。

热学的经典理论可以说是在十九世纪奠定的。但随着科学的进展，人们逐渐发现经典理论的缺陷，有些理论的推算结果跟实验结果矛盾。例如，关于固体的热容量，用经典的能量均分原理计算的结果跟实际数据不一致，经典理论更解释不了热容量跟温度间的不连续变化关系，这就促使科学家们寻求新的理论。后来，普朗克终于创立了量子论，在这些场合下，量子理论的计算结果跟实验数据达到惊人的一致。

现今物理学中所讲的热学内容基本上都是十八、十九世纪取得的成果，这些都是宏观规律，着重在现象的描述方面。现象的微观解释——本质的揭示则是它的姊妹篇——分子物理学的内容，这我们将在另一本书里讲述。

一、温度和温度计

温度 是反映物体冷热程度的科学概念。当物体吸收热量后温度升高，失掉热量温度会降低，测定温度的高低有一整套学问，这就是**计温学**。

凭感觉测得的温度不可靠

物体温度高低用手触摸一下固然能感觉出来，但有时感觉会欺骗我们。比如，有一杯温水，我们要想知道它的温度，当然可以用手摸一下杯子或直接将手插入水中即可知道。可是，如果事先将左手在凉水里泡过，而将右手在热水里泡过，然后再将两手同时插入温水，这时两手会有不同的感觉：左手会感到杯中水相当热，而右手却会感到水凉。这个事实说明我们的感觉是有其相对性的。

北方的冬天室外温度很低，如果我们在室外逗留时间长一些，身上的外衣温度就跟外面的温度相等了。这时用手摸摸外衣，再随便摸一下什么铁器，就会感到铁器温度比外衣低得多，铁器冰手，而衣服却不然，其实他们的温度是相等的。产生这种错误感觉的原因是铁从我们的手中传走的热量多的缘故。

水银温度计和酒精温度计

人们为了建立科学的温度概念而发明了测量温度的仪

器——温度计。现在温度计的种类繁多，水银温度计和酒精温度计是最早出现的温度计，据说是德国的布里尔·华伦海特在 1709 年发明的。这类温度计我们在物理实验课里经常使用，那是利用水银或酒精的热胀冷缩性质来显示温度高低的。这两种温度计除开所用的测温物质不同之外，在构造上基本一致。这类温度计的外形如图 1 所画。A 是温度计的球部——一个外壁很薄的玻璃

球，里面盛有水银或酒精。

B 是温度计的颈部——内径极细的厚壁玻璃管（毛细管）。当温度计的 A 端接触到被测物体时，里面的液体



图 1

从被测物体上吸热而膨胀，这时多出来的体积就进入毛细管里，形成一个液柱，液柱越长，显示被测物体的温度越高。

水银温度计能测定高于 300°C 的温度，因为水银的沸腾温度是 357°C 。但却不能测定低于零下 39°C 的温度，因为水银在零下 39°C 时凝结成固体。酒精温度计跟水银温度计恰好相反，它能测定低到零下 113°C 的低温，因为酒精在零下 113.5°C 才凝固；但不能测定高于 80°C 的温度，因为酒精在 78.4°C 时沸腾。在通常实验条件下，温度相差范围不太大时，利用水银温度计比较好，因为水银的膨胀体积跟温度成正比，而酒精在不同的温度变化范围内的膨胀不十分均匀。

摄氏温标

为了定量地测定温度，对各个不同的温度须定出不同的数量标志——温标。现在通用的一种温标是摄氏温标（百分

温标)，它是瑞典科学家安德鲁斯·摄尔西斯在 1742 年制定的。“摄”字是摄尔西斯名字的字头音，摄尔西斯将水结冰的温度——冰点定为零度，记作 0°C 。稍后一些时候，人们发现水的冰点在压强加大时，会多少降低一些。大约每增加一个大气压，冰点降低 0.0075°C 。看来大气压强的波动不会给标定温度起点—— 0°C 带来什么明显的影响，因此可不考虑压强因素。

我们可用图 2 所示的实验来验证 0°C 的标定方法。利用铁支架将一个三角漏斗架起来，里面放上碎冰，然后插入温度计。漏斗的下面放置一个烧杯，用它盛接从冰上溶化下来的

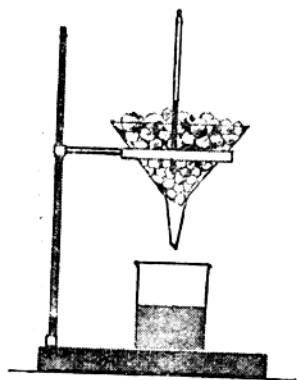


图 2

的水。实验如图 2。布置好了之后，当有水开始下滴时，就可观察温度值。这时的温度应该恰好是 0°C 。

同时，摄尔西斯将水在一个大气压下沸腾的温度——沸点作为 100°C 。当时所用实验器的原理如图 3。 A 是一个盛水的金属容器，它的上面套插一个双层壁的金属筒。 A 筒里的水被加热烧开后，有大量蒸气，经过 B 筒折回 C 筒，最后顺着侧面导管 E 排出。 C 筒侧面的另一个支管 D 是接压强计的，温度计下端须插在 A 筒液面以上，不能插在水里。因为水中由于对流影响不一定是 100°C 。这一实验还可换个方法做，利用带有支管的烧瓶象图 4 这般安装起来，当瓶中的水沸腾时，透过瓶颈可以看到温度计指示的大致为 100°C 。但大多数情况下略低一些，因为大气压

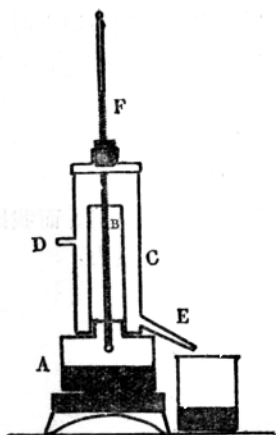


图 3

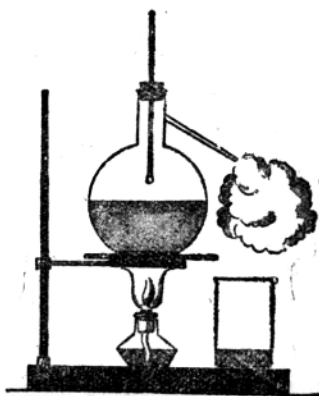


图 4

有时不够 76 厘米水银柱高的缘故。

摄氏温标将温度计上的 0°C 跟 100°C 之间，划分为一百个等分，每个等分定作一度。比如，人体的平均体温等于从 0°C 开始的第三十六个等分，水银柱恰好停留在那里，因此说平均体温为 36°C 。

华氏温标和列氏温标

华氏温标和列氏温标跟上节讲的摄氏温标都是依据物质特性随温度的变化关系而确定的。我们将这样的温标统称为经验温标。

华氏温标是德国的华伦海特制定的。华伦海特把人的平均体温当作高端温度，而把食盐加冰所能达到的最低温度定作起点温度——零度。这个低端温度相当于 -32°C ，当时华

伦海特以为这是人工所能制得的最低温度。起初他把这两个温度中间分成十二个等分，后来感到这样划分未免粗糙一些，于是又将每个等分分成八个小等分。开始的那个低温定为华氏零度，记作 0°F ，最后的那个温度定作 96°F 。这就是华氏温标，按照华氏温标，水的冰点是 32°F ，沸点则是 212°F 。

华氏温标在美国、英国和英联邦国家还在应用，而我国则应用摄氏温标计温。这两种温标间的换算关系为：

$$C = \frac{5}{9}(F - 32)$$

$$F = \frac{9}{5}C + 32$$

式中的 C 表示摄氏温度， F 表示华氏温度。

例 1 摄氏 18 度相当于华氏多少度？

答： $F = \frac{9}{5} \times 18 + 32 = 64.4^{\circ}\text{F}$ 。

例 2 华氏 85 度是摄氏几度？

答： $C = \frac{5}{9}(85 - 32) = 29.44^{\circ}\text{C}$ 。

跟华氏温标几乎同时出现的还有一种列氏温标。法国的列缪尔在 1730 年利用酒精温度计制定了所谓的列氏温标。这种温标现在几乎没人用了，过去的使用范围也不广泛，只是在德国、荷兰和俄国的一些酿酒厂里应用。列氏温标也是以水的结冰温度作为零度，记作 0°R ，但它的高端温度则按酒精的体膨胀确定。列缪尔发现酒精从 0°R 开始，到沸腾温度为止体积膨胀百分之八，比如 1000 毫升的酒精到其沸点温度时膨胀到 1080 毫升。于是他把这两个温度中间划分为八十个等分，每个等分温差下酒精体积膨胀百分之一一定作为 1°R 。

列氏温标跟摄氏、华氏温标间的换算关系为：

$$R = \frac{4}{5}C \text{ (摄氏温标换算成列氏温标)}$$

$$C = \frac{5}{4}R \text{ (列氏温标换算成摄氏温标)}$$

$$R = \frac{4}{9}(F - 32) \text{ (华氏温标换算成列氏温标)}$$

$$F = \frac{9}{4}R + 32 \text{ (列氏温标换算成华氏温标)}$$

例 3 水的冰点 0°C 及沸点 100°C ，用列氏温标表示时各是多少？

答：用列氏温标表示时， $R_1 = \frac{4}{5} \times 0^{\circ} = 0^{\circ}\text{R}_1$ ；

$$R_2 = \frac{4}{5} \times 100^{\circ} = 80^{\circ}\text{R}_2。$$

最高和最低温度计

能够自行记录一定时间内的最高和最低温度的温度计叫做**最高和最低温度计**，同时具备指示最高、最低温度功能的叫做**最高最低温度计**。

图 5-1 是最高温度计，这种温度计其实也是一种水银温度计，不同之处仅仅在于它的颈部，玻璃管 A 的内径比普通温度计稍稍大一些。在管 A 内放一个非常小的铁质的亚铃状指针 C 、 B —球部，里面装满水银。这种温度计使用时须横放，亚铃指针 C 的一端接触水银柱，当温度升高时，水银柱便将 C 推动挪出一定距离，然而当温度降低，水银柱收缩时，指针 C 却停留在原位不动。这时 C 所指的就是这段时

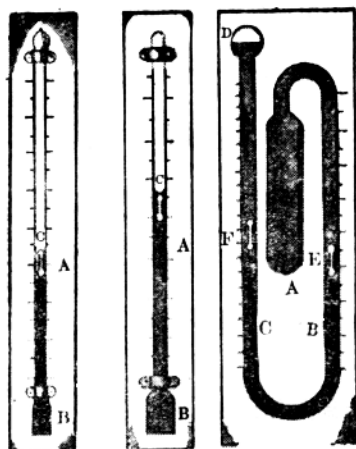


图 5-1 5-2 5-3

间的最高温度。再次测温时，须用一个磁铁沿管移动，将 *C* 吸回，使它重新跟水银柱相接。

最低温度计如图 5-2，使用时也是横放，它的外形跟前面所说的最高温度计相仿，不同之处在于使用的测温质是酒精而不是水银。玻璃管里面放的亚铃状指示针 *C* 是用玻璃或陶瓷做的。当温度降到最低时，酒精液柱的弯月面处的表面张力将 *C* 拉到紧紧靠近 *B* 的位置。而温度再升高，液柱就离开 *C*——把它丢下，自己增长下去。这时 *C* 所指的度数就是最低温度。

最高最低温度计如图 5-3，能同时测定并记录两种温度。玻璃管壳 *A* 部不留空隙地注满酒精，*BC* 是一段水银柱，玻璃球壳 *D* 部上端有一部分空隙，里面装的也是酒精，*F* 和 *E* 都是用玻璃做的亚铃状指针。为了使 *E*、*F* 能在玻璃管臂上卡住，将指针的腰部用弹簧丝缠绕一下。由于弹簧丝是铁质的，

这样就能用磁铁将指针吸回原位。使用时须将温度计立挂。 E 指示最低温度， F 指示最高温度。

体 温 计

体温计在医院里天天使用，仔细分析，它也是一种最高温度计。普通温度计只要被测物体温度一变，指示温度的液柱就要降下来。体温计却不然，只要液柱升到一定高度，就能停留不降。再次使用时，须手持体温计将液柱甩回原位。

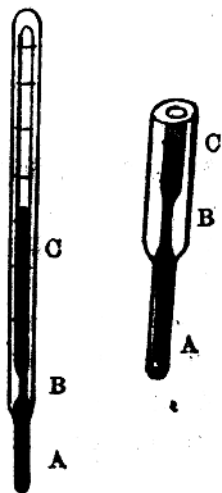


图 6

35℃ 到 42℃。

体温计的这种性能是由于玻璃管的球端 A 跟毛细管 C 间有一段更细的毛细管 B 。通常体温计使用的测温质是水银，水银受热膨胀，借着膨胀的压力，挤过 B 进入 C 管。然而收缩时只是 A 内的水银体积减小一些，进入 C 管的水银柱高度基本不变，被 B 处细管卡住（表面张力作用）。这样水银柱指的就是测量过的最高温度。体温计的测温范围一般从

练 习 题

1. 怎样检查温度计的刻度定得是否正确？
2. 制作温度计时，要求毛细管部分的内径必须严格的

上下一致，而做压强计时却不这样要求，管的内径相差多少都没有关系。怎样解释其中的道理？

3. 有一个温度计所定刻度有误差，在一个大气压下，将温度计插入冰水混合的容器时，测得的温度为 -2°C ，用它测得的水的沸点为 102°C 。问用这个温度计测得的 15°C 实际是多少度？

4. 温度计所示的熔冰温度为 -0.7°C ，在 1 个大气压下把它放到沸腾的水面上部的蒸汽中，这时温度计的示数为 100.3°C 。问当此温度计的示数为 24.1°C 时的真实温度是多少？

5. 温度计中使用的测温质——水银或酒精的质量大一些好，还是小一些好？为什么？

6. 为了使温度计的测定结果精确、敏感，在制做时须注意哪些事项？

7. 确定温度计的零点时，为什么必须用蒸馏水跟冰共存的液体？

8. 有一个水银温度计， 0°C 跟 100°C 之间共有 100 个刻度格，长度为 20 厘米。但玻璃管的内径不一致，靠近 0°C 处的内径大于 100°C 处。现在用这个温度计测温，结果水银柱高达 10 厘米。问这个温度计所指的温度高于 50°C 还是低于 50°C ？