

的温标作了简要介绍。从这里我们可以看出,温度是体系的一种宏观性质,这性质决定这个体系是否与其它体系处于热平衡。一切互为热平衡的物体有相同的温度,这是测量温度的理论依据。气体温标是一个很有用的温标,它根据理想气体定律并建立在精密的实验基础之上,是实现热力学温标的首级方法。热力学温标是建立在热力学第二定律基础上的理论温标,不受任何特定的物质及其性质的影响。它定义水的三相点温度为 273.16K。在气体温标能确定的范围内,热力学温标与气体温标是相等的;即在大的温度范围内,热力学温标可以为气体温标表现出来。国际实用温标是为了得到一个实用的、复现时精确度也很高的、且尽量与热力学温标相等的温标而提出的,是国际上的协议性的温标。它采纳热力学温标为基本温标,并以现代技术水平使热力学温标得到具体的实现,使温度的测量简便而准确。它规定摄氏零度为低于水的三相点 0.01℃,以此来统一热力学温度和摄氏温度。新的国际实用温标 IPTS-68 没有给沿用了很久的温度数值造成太大的变动(例如冰点与 0℃ 的差别不超过 0.0001°),但又根据近代科学技术的发展作了必要的和较大的修改,温度的新值和旧值之间是有差别的<sup>[10]</sup>,在高温区域表现得尤为明显。这些,就是我们讨论温度与温标的简单结论,有的是应当引起我们注意的地方。

#### 参 考 文 献

[1] 黄子卿等, *Proc. Am. Acad. of Arts and Science*,

72 (1938), 137.

- [2] Giauque, W. F., *Nature*, **143** (1939), 623.  
 [3] 冯师颜,《物理通报》, (1963), 54.  
 [4] 王竹溪,《物理学报》, **11** (1955), 125.  
 [5] Lynnworth, L. C., Benes, J. J., *Mach. Des.*, **41** (1969), 189.  
 [6] Stimson, H. F., Lovejoy, D. R., Clement, J. R., *Exp. Thermodyn.*, **1** (1968), 15.  
 [7] Quinn, T. J., Ford, M. C., *Proc. Roy. Soc.*, **A312** (1969), 31.  
 [8] Пешков, В. П., *Усп. Физ. Наук*, **108** (1972), 549.  
 [9] Lay, J. E., *Thermodynamics*, Chap. 3, Charles Books, Columbus, (1963).  
 [10] 傅 鹰,《化学热力学导论》第一章, 科学出版社, (1963).  
 [11] Miller, A. R., *Am. J. Phys.*, **20** (1952), 488.  
 [12] Wolff, H. C., *Temperature, Its Measurements and Control in Science and Industry*, Vol. 2, Chap. 1, Reinhold Publishing Corp., New York, (1955).  
 [13] 怀特, G. K.,《低温物理实验技术》第四章, 洪朝生等译, 科学出版社, (1962).  
 [14] Stimson, H. F., *J. Res. Nat. Bur. Stand.*, **42** (1949), 209.  
 [15] 王竹溪,《热力学》第一至三章, 高等教育出版社, (1955).  
 [16] Zemansky, M. W., *Heat and Thermodynamics*, Chap. 9, McGraw-Hill Book Comp., (1957).  
 [17] 凌善康,《物理通报》, (1962), 214.  
 [18] Brickwedde, F. G., *Metrologia*, **7** (1971), 130.  
 [19] Орлова, М. П., *Ж. Физ. Хим.*, **45** (1971), 209.

## “1968年国际实用温标”简介

武汉大学物理系基础课教研室

中国科学院曾于 1972 年发出通知,决定我国从 1973 年 1 月 1 日起在全国正式采用新的温度计量标准,即“1968 年国际实用温标”(IPTS-1968)。这里,我们对“1968 年国际实用温标”作一简单介绍。

大家知道,温度表示物体的冷热程度。温标则是温度的数值表示方法。

在工农业生产和科学实验中,测量温度的问题是一个十分重要的问题。随着工农业生产和科学技术的发展,温度测量的范围愈来愈大,使用温度计的种类也愈来愈多。现在工农业生产和科学实验中经常使用的温度计就有玻璃管液体温度计、热电偶和光学高温计等;有些场合还使用电阻温度计、半导体温度计;测量低温时还使用蒸汽压温度计和磁温度计等。各种温度

计的数值都是用某种温标决定的。确定一种温标要包含三个要素:基准仪器(利用一定物质的某一随温度变化的性质来决定温度)、基准点和插补公式。例如,历史上的摄氏温标是以玻璃管水银温度计为基准仪器,利用水银体积随温度变化来确定温度;以水的凝固点(0℃)和水的沸点(100℃)为两个基准点;认定水银体积与温度成线性关系作为插补公式,即以水银体积随温度线性变化来将温度计刻度。显然,这种温标有一定的任意性和局限性;例如,不用水银温度计而用酒精温度计作基准仪器,对同一对象就会测出不同的温度数值。为了使温度的测量统一,就必须建立一种统一的温标,其它各类温度计都以此温标为标准来进行校正。人们在长期生产斗争和科学实验中对温度测量的经验

进行总结并经理论分析得出结论,建立在热力学第二定律基础上的热力学温标是最科学的温标。但是热力学温标是一种理想温标,无法直接实现。虽在很大的精确度范围内可用气体温度计来实现热力学温标,但气体温度计装置复杂,使用不便。为了便于温度的实际测量,国际权度大会采用了国际间协议性温标,即“国际实用温标”。

“国际实用温标”是根据下述原则来议定的:

1. 在目前科学技术所达到的误差范围内,尽可能与热力学温标一致;
2. 复现精度高;
3. 使用比较方便。

“国际实用温标”是在1927年第七层国际权度大会首次决定采用的。1948年对1927年国际温标作了

九处重大修改,更名为1948年国际温标,1960年第十一届国际权度大会又批准了对1948年国际温标的六点修正,命名为1948年国际温标(1960年修改版)。我国在1973年1月1日以前所用的温标就是这种温标。

1968年国际实用温标是1968年10月国际权度委员会对旧温标作了一些重要修改而建立的。整个温标分四段:金凝固点(1064.43°C)以上用黑体辐射的普朗克公式来决定温度,630.74°C—1064.43°C范围内用铂铑-铂热电偶来决定温度,630.74°C以下都是用铂电阻温度计来决定温度,但0°C以上和0°C以下插补方法不同。各段使用的基准仪器、基准点和插补公式见附表。现将附表中的公式、符号及有关问题作以下的简要说明:

1.  $T_{68}$  表示国际实用开尔文温度,  $t_{68}$  表示国际实

1968年国际实用温标的基准仪器、插补公式及基准点

温度范围	基准仪器	插补公式	基准点及其温度数值 $T_{68}/K$
1064.43°C 以上	光学高温计	$\frac{L_{\lambda}(T_{68})}{L_{\lambda}(T_{68}(Au))} = \frac{\exp\left[\frac{C_2}{\lambda T_{68}(Au)}\right] - 1}{\exp\left[\frac{C_2}{\lambda T_{68}}\right] - 1}$	1. 金凝固点 <sup>1)</sup>
1064.43°C —630.74°C	铂铑-铂 热电偶 温度计	$E(t_{68}) = a + bt_{68} + ct_{68}^2$	1. 金凝固点 1337.58 2. 银凝固点 1235.08 *E(630.74°C±0.2°C) <sup>2)</sup>
630.74°C —0°C	铂电阻 温度计	$t_{68} = t' + 0.045\left(\frac{t'}{100^\circ C}\right)\left(\frac{t'}{100^\circ C} - 1\right)\left(\frac{t'}{419.58^\circ C} - 1\right)\left(\frac{t'}{630.74^\circ C} - 1\right)$ $t' = \frac{1}{2} [W(t') - 1] + \delta \left(\frac{t'}{100^\circ C}\right)\left(\frac{t'}{100^\circ C} - 1\right)$	3. 锌凝固点 692.73 4. 水沸点 373.15 5. 水三相点 273.16
0°C— 90.188K	铂电阻 温度计	$W(T_{68}) = W_{ccr}(T_{68}) + \Delta W(T_{68})$ $\Delta W = \Delta W_1 = A_1 t_{68} + C_1 t_{68}^3 (t_{68} - 100^\circ C),$ $T_{68} = \sum_{i=0}^{20} \{a_i [\ln W_{ccr}(T_{68})]^i\} K$	4. 水沸点 6. 氧沸点 90.188
90.188K —54.361K	铂电阻 温度计	$W(T_{68}) = W_{ccr}(T_{68}) + \Delta W(T_{68})$ $\Delta W = \Delta W_2 = A_2 + B_2 T_{68} + C_2 T_{68}^3 + D_2 T_{68}^5$ $T_{68} = \sum_{i=0}^{20} \{a_i [\ln W_{ccr}(T_{68})]^i\} K$	氧沸点 氧三相点 54.361
54.361K —20.28K	铂电阻 温度计	$W(T_{68}) = W_{ccr}(T_{68}) + \Delta W(T_{68})$ $\Delta W = \Delta W_2 = A_2 + B_2 T_{68} + C_2 T_{68}^3 + D_2 T_{68}^5$ $T_{68} = \sum_{i=0}^{20} \{a_i [\ln W_{ccr}(T_{68})]^i\} K$	7. 氮三相点 8. 氖沸点 27.102 9. 平衡氢 <sup>3)</sup> 沸点 20.28
20.28K —13.81K	铂电阻 温度计	$W(T_{68}) = W_{ccr}(T_{68}) + \Delta W(T_{68})$ $\Delta W = \Delta W_1 = A_1 + B_1 T_{68} + C_1 T_{68}^3 + D_1 T_{68}^5$ $T_{68} = \sum_{i=0}^{20} \{a_i [\ln W_{ccr}(T_{68})]^i\} K$	10. 25/76 标准大气 压下平衡氢沸点 17.042 11. 平衡氢三相点 13.81

- 1) 除各三相点和一个平衡氢沸点(17.042)外,其余的平衡态都是在标准大气压下。
- 2) \*E(630.74°C±0.2°C)为在铂电阻测定的温度630.74°C±0.2°C下,由铂铑-铂热电偶测得的电动势。
- 3) 平衡氢是在相应温度下,正氢-仲氢成分所达到的平衡。

用摄氏温度, 它们的关系是

$$t_{68} = T_{68} - 273.15 \text{ K}$$

这里要注意的是符号 K 的左上角不再加一个“°”。

2. 铂电阻温度计插补公式中,  $W(T)$  表示铂电阻温度计在温度为  $T$  时的电阻  $R(T)$  与 273.15 K 时的电阻  $R(273.15)$  之比, 即

$$W(T) = \frac{R(T)}{R(273.15)}$$

$W_{CCT}$  是一标准参考函数, 表示某特定铂的  $W-T$  关系, 是由某些国家用气体温度计测出的  $W-T$  关系再取平均特性制订出来的, 其数值已制成专门表格可查。  $a$ , 是一些常数, 在专门文献中可以查到。  $\Delta W$  是偏差函数, 由表中公式确定,  $A_1, B_1, C_1, D_1, \dots$  都是常数, 这些常数由各基准点测定的  $W$  值以及各温度区间连接点  $\Delta W$  的导数的连续性确定。例如,  $A_4, C_4$  由水沸点和氧沸点测定的  $W$ , 根据公式  $\Delta W_4 = A_4 t_{68} + C_4 t_{68}^2 (t_{68} - 100)$  确定;  $A_3, B_3, C_3$  由氧沸点、氧三相点测定的  $W$ , 根据  $\Delta W_3 = A_3 + B_3 T_{68} + C_3 T_{68}^2$  并从该公式和上一公式的导数在氧沸点的连续性即  $\frac{d\Delta W_3}{dT} = \frac{d\Delta W_4}{dT}$  而确定, 等等。在  $0^\circ\text{C} - 630.74^\circ\text{C}$  范围内的插补公式

中,  $\alpha, \delta$  是两个常数, 因为要确定电阻比  $W(t')$ , 所以需用三个基准点。

3. 铂铑-铂热电偶插补公式中的  $E(t_{68})$  是在  $t_{68}^\circ\text{C}$  测得的热电偶的电动势,  $a, b, c$  是常数。

4. 光学高温计插补公式中  $L_\lambda(T_{68})$  是在温度  $T_{68}$  时及黑体辐射波长为  $\lambda$  时的光谱密度。  $L_\lambda[T_{68}(\text{Au})]$  则是在金凝固点时相应的光谱密度,  $\lambda$  为波长,  $C_2 = 0.014388 \text{ m} \cdot \text{K}$ 。

1968 年国际实用温标和 1948 年国际实用温标比较, 主要修改是: 对各基准点给以新的数值, 使之更接近于热力学温度值; 修正并规定各温度区间的插补公式; 对普朗克公式中的  $C_2$  根据基本物理常数最新精确值作了修正; 扩展了低温的下限, 由原来的氧沸点 ( $90.188 \text{ K}$ ) 延伸到平衡氢的三相点 ( $13.81 \text{ K}$ ), 满足低温测量的需要。由于作了这些修改, 整个温度数值都发生了变化, 将新旧温标比较, 在  $50^\circ\text{C}$  时变化为  $-0.01^\circ\text{C}$ ,  $500^\circ\text{C}$  时变化为  $0.08^\circ\text{C}$ ,  $1000^\circ\text{C}$  时变化为  $1.2^\circ\text{C}$ ,  $2000^\circ\text{C}$  时变化为  $3.2^\circ\text{C}$ ,  $3000^\circ\text{C}$  时变化为  $5.9^\circ\text{C}$ 。可见低温区变化较小, 高温区变化显著。

总之, 新温标较之旧温标更为科学, 更加准确。我国已于 1973 年开始采用新的温标。

(上接 306 页)

[简评] 卢秉、王詵家里发现的, 看来是磷火之类化学发光现象。沈括坦率承认不知其本质, 而没有归于迷信。这也是他科学精神的表现。至于咸鸭蛋发光则

是一种生物发光现象, 即咸鸭蛋由于寄生着发光细菌而腐败发光。化学发光和生物发光, 都是化学能直接转化为光能。沈括根据现象断定它们是一类, 这是有道理的。