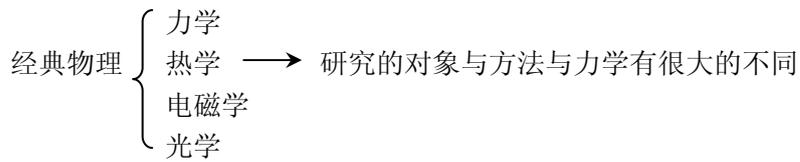
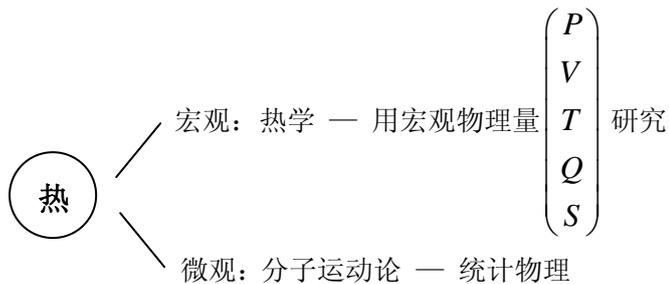


第 26 次课_热平衡态_热力学第零定律_理想气体_热力学温标_物态方程_2007.12.7



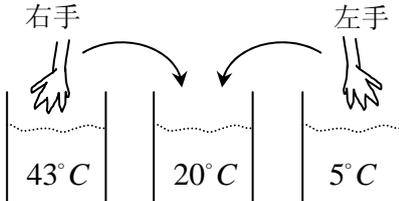
热学是研究物质热现象和热运动规律的学科



“冷”“热”是人们每时每刻都能感觉到的现象，但对它的认识或感知往往会产生很大的错觉：

- 1) 当你组织一个全国会议，来自海南三亚的代表 } 对上海的气温有完全不同的感知？
东北齐齐哈尔的代表 }

- 2) 公园露天里放着 { 铁椅 冬天你不会选择铁椅，你感觉 $T_{\text{铁}} < T_{\text{木}}$
木椅 夏天你也不会选择铁椅，你感觉 $T_{\text{铁}} > T_{\text{木}}$ } ?

- 3)  右手感觉到冷 } 左右手不同的感觉？
左手感觉到热 }

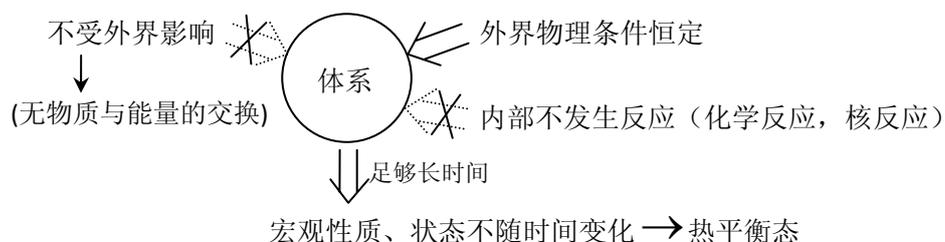
虽然用我们自身的感觉可以测量“冷热”但不可靠 → 不科学

必须要用科学的方法，即不依赖于个人的感知来表征一个物体的“冷热”程度 → “温度”

Chapter 21 Temperature

温度与热平衡(态)

两个“冷热”程度不同的物体（或系统）A 和 B，接触在一起经历一段时间后，一些宏观性质趋于一致，我们称 A 与 B 处于相同的热平衡态。



稳态、定常态 \longrightarrow 宏观性质不变 \longrightarrow 不一定是热平衡态



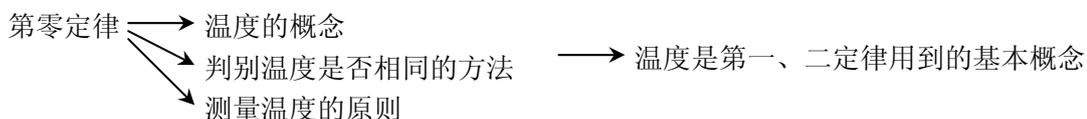
定常流动，不是热平衡态，与外界有物质变换

热力学第零定律：（热平衡定律）

在不受外界影响的情况下，只要 A 和 B 同时与 C 处于热平衡态，则 A 与 B 相互处于热平衡态。

1939 年由 Foler 在热力学第一、二定律发现后近 100 年才提出来的，但为什么不是第三定律……??

互为热平衡的系统必然存在着一个相同的特征 \longrightarrow 它们的温度相同
温度相同是互为热平衡的必要条件



测量温度：测量系统与温标

	三相点	冰的熔点		水的沸点	
摄氏温标 T_C	0.01°C	0°C	$\xleftrightarrow{100^\circ\text{C分度}}$	100°C	
华氏温标 T_F		32°F	$\xleftrightarrow{180^\circ\text{F分度}}$	212°F	$T_F = \frac{9}{5}T_C + 32$
开氏温标 T	273.16K	273.15K	$\xleftrightarrow{100\text{K分度}}$	373.125K	$T = T_C + 273.15$

↓
开氏温标建立采用了摄氏温标的分度

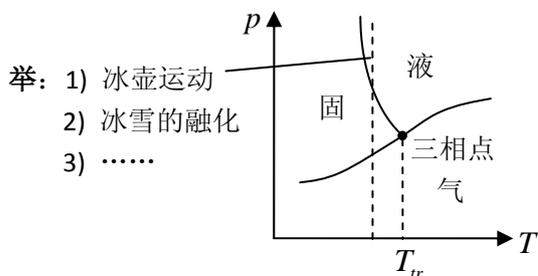
历史上摄氏和华氏温标是由于实用上的方便所选取，而开氏温标是具有真正物理含义的后来再建立的温标——热力学温标——在物理学任何一个方程中出现的温度都必定是绝对温标

开氏温标!! ——基于“系统温度有多高没有上限，但系统温度有多低又明确限制”，最低温度就是开氏温标零点 $T = 0\text{K}$ ，开氏温标没有负值。

利用水的两个特定的状态：熔点与沸点测温。

但是熔点或沸点在不同条件下，可能对应的温度不同，例如高原上的沸点与海平面处的沸点对应温度不同，如水的

$p-T$ 相图所示，沸点在相图上依赖于气压。



但有一个固、液、气态共存的状态：三相点 对应温度是我们测量或标对测温装置的状态点

测温：任何物质的任何属性，只要随冷热程度发生单调地显著地改变，这一属性就可以用来计量温度。

不同物质的不同属性计量温度可以获得各种各样的温标——**经验温标**

- 1) 测温物质
- 2) 测温属性
- 3) 选择固定点
- 4) 分度

例如：水银的体积
铂电阻
接触势差
……

假设随温度变化特性 X ，开氏温度 T 与 X 的关系为线性关系

$$T = aX$$

测温固定点：三相点 X_{tr} ，温度 $T_{tr} = 273.16K$ $a = \frac{T_{tr}}{X_{tr}} = \frac{273.16K}{X_{tr}}$

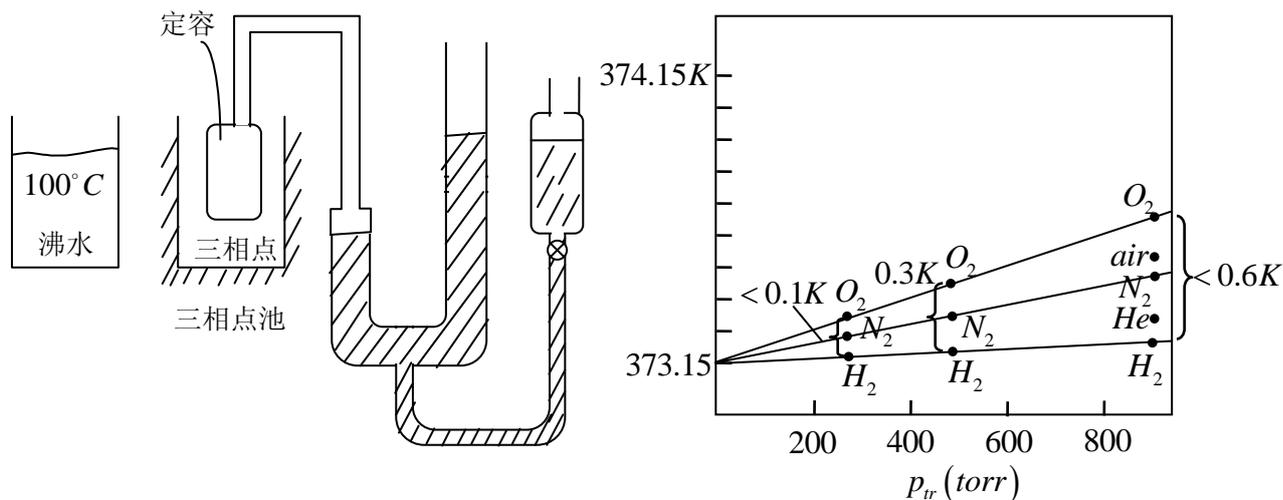
$$\text{则 } T^* = 273.16K \frac{X}{X_{tr}}$$

但这样不同物质或不同特性定出的温标各不相同，都是“个性化”的开氏温标。

例题 21-1 水沸点 $T^* = 380.2K$ 而不是 $373.125K$!

能不能找到一个不依赖测温物质的温标测量系统 ——> 定容气体温度计

定容气体温度计



用不同气体测水的沸点： $p_{tr} = 800Torr$ 时，所有测量值差别 $< 0.6K$

$p_{tr} = 400Torr$ 时，所有测量值差别 $\sim 0.3K$

$p_{tr} = 200Torr$ 时，所有测量值差别 $< 0.1K$

$$\downarrow$$

$$0 \longrightarrow \Delta T^* \longrightarrow 0$$

开氏温标

$$T = 273.16K \lim_{p_{tr} \rightarrow 0} \frac{p}{p_{tr}}$$

$p_{tr} \rightarrow 0$ 气体性质不依赖于气体分子种类 \longrightarrow 理想气体



热膨胀:

	线膨胀系数: α	$\Delta L \propto L\Delta T$	$\alpha = \frac{\Delta L/L}{\Delta T}$	$\alpha (10^{-6}/^{\circ}C)$
	面膨胀系数: 2α	$\Delta A = 2\alpha A\Delta T$		$\left. \begin{array}{l} \text{钢: 11} \\ \text{不胀钢: 0.7} \end{array} \right\} \text{举例铁轨}$
各向同性:	体膨胀系数: 3α	$\Delta V = 3\alpha V\Delta T$		
		$\Delta V = \beta V\Delta T$	$\beta = \frac{\Delta V/V}{\Delta T}$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{液体: } 200 \sim 1000 \\ \text{气体: } 3300 \end{array} \right.$

热膨胀微观机制详见教材

理想气体: 在压强 $p \rightarrow 0$ 时, 无论什么样的气体 — 其性质趋于相同

表征气体性质的物理量: p (压强), V (体积), T (温度)

在热平衡态条件下, p, V, T 热力学参量可由 $f(p, V, T) = 0$ 联系起来

物态方程



$$p = p(V, T)$$

$$V = V(p, T)$$

$$T = T(p, V)$$

测量气体 $f(p, V, T)$ 经验定律:

1) 玻意耳定律(1662)

$$T_C \text{ 温度一定时: } p \sim V \quad pV = c \text{ 常量} \quad p_1V_1 = p_2V_2 = p_0V_0 = \dots pV = c$$

