



普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套参考书

李 椿 等著

热 学

第二版

习题分析与解答

宋 峰 常树人



高等教育出版社



普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套参考书

李 椿 等著

热 学

第二版

习题分析与解答

Re Xue (Di-er Ban) Xiti Fenxi yu Jieda

宋 峰 常树人



高等教育出版社 · 北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容简介

本书是为李椿等编著的普通高等教育“十一五”国家级规划教材《热学》(第二版)编写的习题分析与解答。全书按照主教材的章节顺序编排,每章包括基本概念的总结、章后全部习题的原题和详细解答,对于典型的习题还给出了解题分析。

本书可作为使用李椿等编著的《热学》(第二版)的教师和学生的参考书,也可供使用同类其他教材的读者参考,对于准备研究生入学考试的学生也有一定的指导作用。

图书在版编目(CIP)数据

热学(第二版)习题分析与解答/宋峰,常树人.
北京:高等教育出版社,2010.1

ISBN 978-7-04-028353-2

I. 热… II. ①宋…②常… III. 热学-高等学校-解题 IV. O551-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 224878 号

策划编辑 刘 伟 责任编辑 李 茜 封面设计 杨立新 责任绘图 尹 莉
版式设计 余 杨 责任校对 王 超 责任印制 毛斯璐

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京嘉实印刷有限公司

购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landracom.com>
<http://www.landracom.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

开 本 787×960 1/16
印 张 11.5
字 数 210 000

版 次 2010年1月第1版
印 次 2010年1月第1次印刷
定 价 16.00元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 28353-00

目 录

绪论	1
基本概念	1
第一章 温度	4
基本概念	4
习题概览	8
习题分析与解答	8
第二章 气体分子动理论的基本概念	30
基本概念	30
习题概览	32
习题分析与解答	32
第三章 气体分子热运动速率和能量的统计分布律	43
基本概念	43
习题概览	48
习题分析与解答	48
第四章 气体内的输运过程	68
基本概念	68
习题概览	70
习题分析与解答	71
第五章 热力学第一定律	85
基本概念	85
习题概览	89
习题分析与解答	90
第六章 热力学第二定律	117
基本概念	117
习题概览	122
习题分析与解答	122
第七章 固体	144
基本概念	144
习题概览	147
习题分析与解答	147

第八章 液体	157
基本概念	157
习题概览	159
习题分析与解答	159
第九章 相变	166
基本概念	166
习题概览	168
习题分析与解答	169

绪 论

基 本 概 念

一、热学中几个重要概念

热学:是研究热现象的理论.分为热力学与统计物理学.

热现象:与温度有关的物理性质的变化,统称为热现象.

温度:表示物体冷热的程度.

热力学:由观察和实验总结出来的热现象的规律,构成热现象的宏观理论,叫做热力学.

统计物理学:从微观上看,热现象是组成物体的粒子(分子、原子)热运动的结果.从物质的微观结构出发,即从分子、原子的运动及它们之间的相互作用出发,去研究热现象的规律,这是热现象的微观理论,叫做统计力学或者统计物理学.

二、热力学与统计物理学的区别与联系

热力学与统计物理学的研究对象是一致的,都是热现象,即物体内部热运动的规律以及热运动对物体性质的影响,但是研究方法不同.热力学不涉及物质的微观结构,只是根据观察和实验所总结出来的热力学定律,用严密的逻辑推理方法,研究宏观物体的热性质.统计物理学则是从物质的微观结构出发,依据每个粒子所遵循的力学规律,用统计的方法研究宏观物体的热性质.

热力学和统计物理学,在对热现象的研究中,相辅相成.前者对热现象给出普遍而可靠的结果,可以用来验证后者的正确性,后者则可深入研究热现象的本质,使得热力学的理论具有更深刻的意义.

三、常见热学物理量及单位

为了方便计算,我们将本书中出现的字母及其物理意义、单位等列表如下.

2 绪论

字母	意义	国际单位	其他常用单位
T	热力学温度	K	
p	压强	Pa 或 N/m^2	atm, mmHg
V	体积	m^3	L
m	质量	kg	g
M	摩尔质量	kg/mol	
ν	物质的量	mol	
V_m	摩尔体积	m^3/mol	
R	摩尔气体常量 (普适 气体常量)	$\text{J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$	
a	范德瓦耳斯常量	$\text{Pa} \cdot \text{m}^6/\text{mol}^2$	
b	范德瓦耳斯常量	m^3/mol	
k	玻耳兹曼常量	J/K	
C	热容	J/K	cal/K
h	普朗克常量	$\text{J} \cdot \text{s}$	
η	黏性系数	$\text{N} \cdot \text{s}/\text{m}^2$	
κ	导热系数	$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$	
D	扩散系数	m^2/s	
ρ	密度	kg/m^3	g/cm^3
C_m	摩尔热容	$\text{J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$	cal/ $(\text{mol} \cdot \text{K})$
$C_{V,m}$	摩尔定容热容	$\text{J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$	cal/ $(\text{mol} \cdot \text{K})$
C_V	定容热容	J/K	cal/K
C_p	定压热容	J/K	cal/K
$C_{p,m}$	摩尔定压热容	$\text{J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$	cal/ $(\text{mol} \cdot \text{K})$
H	焓	J	cal
S	熵	J/K	cal/K
U	内能	J	cal
A	功	J	cal
Q	热量	J	cal
λ	平均自由程	m	

续表

字母	意义	国际单位	其他常用单位
σ	碰撞截面	m^2	
v	速度	m/s	km/h
Z	碰撞频率	$1/\text{s}$	
F	分子力	N	
E_p	势能	J	
α	液体表面张力系数	N/m	
β	液体体膨胀系数	$1/\text{K}$	
$\bar{\varepsilon}$	分子平均平动能	J	

最常用到的三个常量：

$$R = 8.31 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K}) = 8.21 \times 10^{-2} \text{ atm} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K}) = 1.99 \text{ cal}/(\text{mol} \cdot \text{K}),$$

$$k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$$

$$N_A = 6.02 \times 10^{23} / \text{mol}.$$

三者满足关系：

$$R = N_A k.$$

经常用到的关系式：

$$M = m N_A,$$

$$\frac{k}{m} = \frac{R}{M} \text{ 或 } \frac{m}{k} = \frac{M}{R}.$$

某一热状态的热力学温度 T 与该状态的摄氏温度 t 有如下关系：

$$t/^{\circ}\text{C} = T/\text{K} - 273.15.$$

第一章 温 度

基 本 概 念

一、平衡态 状态参量

1. 平衡态:在不受外界影响的条件下,一个热力学系统的宏观性质不随时间变化的状态,叫做平衡态.

注1:热力学系统:热学中所研究的由大量分子、原子组成的物体或物体系,叫做热力学系统.

注2:热力学要研究热力学系统的宏观状态及其变化规律,其中平衡态是宏观状态一个重要的特殊情形.

注3:所谓“不受外界影响”,是指外界对所研究的热力学系统既不做功,也不传热.如果系统以做功或者传热的方式与外界交换能量,则不可能达到并保持在平衡态.

注4:在平衡态下,宏观性质不随时间变化,但是从微观角度来看,在平衡态下,组成系统的粒子仍在运动,只是这些运动所引起的平均效果不随时间改变,这种平均效果的不变在宏观上就表现为系统达到了平衡态.所以这是一种动态平衡,为了与静力学中的平衡相区别,常把热力学中的平衡称为热动平衡.

注5:在实际中并不存在真正的平衡态,平衡态只是一个理想概念,是为了方便分析问题、解决问题而给出的一个概念,正如力学中的所谓“质点”概念一样.在许多实际问题中,可以把很多实际状态近似地当作平衡态来处理.

2. 状态参量:当系统处于平衡态时,其宏观性质不变,这时我们可以用一些确定的物理量来表征系统的状态属性,这些物理量称为状态参量.

通常,描述热力学平衡态的状态参量一般有下列四种:几何参量(如体积)、力学参量(如压强)、化学参量(如物质的量)、电磁参量(如电场强度、磁感应强度).

二、温度

1. 热力学第零定律:如果两个热力学系统中的每一个同时都与第三个热力学系统处于热平衡,则这两个热力学系统彼此必定处于热平衡.

注1:热平衡:两个系统之间长时间彼此热接触后,系统的状态不再变化,达到一个平衡态,这种平衡态是由两个系统在发生传热后达成的,称为热平衡.

注2:热接触:两个热力学系统,都处于平衡态,将这两个系统互相接触,使它们之间能发生传热,这种接触称为热接触.

注3:热平衡与热动平衡(即平衡态)的区别:热动平衡是指系统的所有宏观状态不再随时间变化,而热平衡则是指两个系统热接触后的冷热程度上达到平衡.热动平衡(平衡态)时应该有:热平衡(温度不再变化)、力学平衡(力学参量不再变化)、化学平衡(物质的量不再发生变化)、相变平衡(没有相变,如水与冰之间的转变)等.

2. 温度:处在同一热平衡状态下的所有热力学系统,都具有某种同样的宏观性质,可用一个状态参量来描述,称之为温度,互为热平衡的系统都具有相同的温度.也就是说,温度是热力学系统的一个宏观状态参量,由它可以判别系统之间是否处于热平衡,温度相同,则系统处于热平衡状态.对于冷热程度不同的物体,热的物体温度高,冷的物体温度低.

3. 温标:温度的数值表示法叫温标.常见的温标分类如下:

(1) 经验温标 以某种具体物质(如水、水银)的某一特性(如体积)随温度的变化作为依据而确定的温标.主要有华氏温标、摄氏温标、列氏温标等.建立经验温标需采用下列三个原则:

(i) 选取某种物质的某一随温度作单调变化且变化显著的属性(测温属性),来标志温度;

(ii) 在一定范围内给出测温属性随温度变化的函数关系,该关系式中含有待定系数;

(iii) 选定温度的固定点,确定上面函数关系中的待定系数.

以华氏温标为例:先根据液体的体积随温度变化的属性(热胀冷缩)选取测温属性参量 X ,其随温度 t 作线性变化: $t = aX + b$,式中 a 、 b 为待定系数.规定:水的冰点温度为 32 度,汽点温度为 212 度,则可以计算出待定系数 a 、 b ,从而得到温度随体积变化的关系了,根据这个关系式,就可以根据测量到的体积变化,推算出温度.

由于采用的测温质和测温属性不同,对同一待测对象,采用不同的经验温标得到的温度有一定差别.

(2) 理想气体温标 为了使温度的测量统一,需要建立一个理想的温标.人们发现,无论以什么气体作为测温质,无论测温属性是定压还是定容,当压强趋于零的时候,各种气体温标,对同一待测对象测量到的温度趋于一个同样的值.这种极限温标叫做理想气体温标,其定义式为:

气体体积 V 不变时, $T = \lim_{p_{tr} \rightarrow 0} T(p) = 273.16 \lim_{p_{tr} \rightarrow 0} \frac{p}{p_{tr}}$.

气体压强 p 不变时, $T = \lim_{p_{tr} \rightarrow 0} T(V) = 273.16 \lim_{p_{tr} \rightarrow 0} \frac{V}{V_{tr}}$.

p_{tr} 与 V_{tr} 分别是气体在三相点时的压强和体积. 国际上规定, 只选用一个固定点即水的三相点的温度来建立温标, 水的三相点的温度为 273.16 K. 理想气体温标的单位是开尔文(K). 根据理想气体温标, 定义摄氏温标(t)与理想气体温标(T)之间的关系是:

$$t/^{\circ}\text{C} = T/\text{K} - 273.15$$

理想气体温标的获取: 对于定容气体温度计, 做出一条温度-压强直线, 并外推到 $p=0$ 处, 即得到理想温度值(对于定压气体温度计, 类似).

(3) 热力学温标 开尔文以热力学第二定律为基础, 建立了完全不依赖于任何测温质(哪怕是理想气体)的热力学温标, 用这种温标所确定的温度叫热力学温度, 用 T 表示, 其单位是开尔文(简称开), 用 K 表示. 1 K 等于水的三相点的热力学温度的 $1/273.16$.

(4) 国际实用温标 在实际应用中, 为了统一、实用、方便, 国际上通过协商, 建立了实用温标, 目前采用的是 1990 年国际温标(简称 ITS-90). 国际温标都包含三个基本内容, 称为国际温标三要素, 分别是: 定义固定点、规定在不同的待测温度区内使用的标准测温仪器、固定点间标准测温仪器读数与国际温标值之间关系的内插求值公式. 通过国际温标, 各国可以制造实际应用的温度计. ITS-90 更接近于热力学温标, 最低温度达到 0.65 K, 取消了用沸点(与压强有关)作为温度固定点.

三、气体的物态方程

在平衡态下, 均匀气体系统的温度 T 与系统的状态参量, 如压强 p 、体积 V 之间的函数关系, 称为气体的物态方程或者状态方程.

1. 理想气体物态方程

(1) 单一化学成分的理想气体物态方程

$$pV = \nu RT = \frac{m}{M} RT,$$

式中 p, V, ν, T, m, M 分别是气体的压强、体积、物质的量(摩尔数)、温度、气体的质量、摩尔质量. $R = 8.31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, 为普适气体常量.

可见, 当温度一定时, 对于一定量的气体, 上面的物态方程的右边为一个常量 C , 即 $pV = C$, 这就是玻意耳定律.

(2) 混合理想气体及其物态方程

一个系统由多种气体混合组成,有以下几个概念.

质量百分比:混合气体中某种气体的质量 m_i 与混合气体总质量 m 的比值 $\frac{m_i}{m}$.

体积百分比:混合气体中某种气体,单独处在与混合气体相同的压强与温度下的体积 V_i 与混合气体体积 V 之比 $\frac{V_i}{V}$.

分压强:混合气体中某种气体,单独处在与混合气体相同的体积与温度下的压强 p_i .

道尔顿分压定律:混合气体的压强等于各组分的分压强之和,即 $p = p_1 + p_2 + p_3 + \cdots$.

混合理想气体的物态方程为

$$pV = \nu RT = \frac{m}{M} RT,$$

其中, $p = \sum_i p_i$ 是总压强, $\nu = \sum_i \frac{m_i}{M_i}$ 为混合气体物质的量, m 是各组分的质量之和, $M = \frac{m}{\nu}$ 是混合气体的平均摩尔质量.

2. 非理想气体的物态方程

实际气体在压强足够低的时候,分子间的相互作用可以忽略不计,可以当成理想气体来处理.一般情况下,即使气压不是很低,为了简单,也可以当成理想气体来处理问题.

但是在一些科研和工程技术中,在需要比较精确地处理问题的情况下,就不能将实际气体看成理想气体,可以采用范德瓦耳斯方程或昂内斯方程来描述其物态.

(1) 范德瓦耳斯方程

$$\left(p + \frac{m^2 a}{M^2 V^2}\right) \left(V - \frac{m}{M} b\right) = \frac{m}{M} RT,$$

式中 a, b 是与气体有关的常量.

对于 1 mol 气体,上述方程简化为

$$\left(p + \frac{a}{V_m^2}\right) (V_m - b) = RT.$$

(2) 昂内斯方程

对于 1 mol 气体,有

$$pV_m = A + Bp + Cp^2 + Dp^3 + \cdots.$$

式中 $A, B, C, D, \cdots$ 是温度的函数,且与气体的性质有关,叫做位力系数.其中 $A = RT$.

习题概览

本章计算题主要涉及温标与气体的物态方程,对温标方面的题目,利用温标的定义或利用理想气体温标定义式进行计算,如 1—10 题.对物态方程类的题目,可细分为以下几类:1. 理想纯气体,如 11—25 题,采用理想气体物态方程等有关公式进行计算;2. 理想混合气体,则还需要考虑到道尔顿分压定律,如 26—28 题;3. 非理想气体,则采用范德瓦耳斯方程进行计算,如 29—30 题.一般地,除非特别说明或者题中给出范德瓦耳斯常量 a 、 b ,都可以当成理想气体来处理.

习题分析与解答

1. 定容气体温度计的测温泡浸在水的三相点管内时,其中气体的压强为 50 mmHg.

(1) 用温度计测量 300 K 的温度时,气体的压强是多少?

(2) 当气体的压强为 68 mmHg 时,待测温度是多少?

【解】 (1) 测温泡中的气体在水的三相点温度时的压强 p_{tr} 和在温度为 T 时的压强 p 应满足:

$$T = 273.16 \frac{p}{p_{tr}},$$

所以,当 $T = 300$ K 时,

$$p = p_{tr} \frac{T}{273.16} = 50 \text{ mmHg} \times \frac{300 \text{ K}}{273.16 \text{ K}} = 55 \text{ mmHg}.$$

(2) 当 $p = 68$ mmHg 时,待测温度

$$T' = 273.16 \times \frac{68}{50} \text{ K} = 372 \text{ K}.$$

2. 用定容气体温度计测得冰点的理想气体温度为 273.15 K,试求温度计内的气体在冰点时的压强与水在三相点时压强之比的极限值.

【解】 用 p 及 p_{tr} 分别表示测温泡中气体在冰点及水在三相点温度下的压强,按理想气体温标的定义,冰点的理想气体温度为

$$273.15 \text{ K} = \lim_{p_{tr} \rightarrow 0} 273.16 \frac{p}{p_{tr}} \text{ K},$$

所以,

$$\lim_{p_{tr} \rightarrow 0} \frac{p}{p_{tr}} = \frac{273.15 \text{ K}}{273.16 \text{ K}} = 0.999\ 96.$$

3. 用定容气体温度计测量某种物质的沸点. 原来测温泡在水的三相点时, 其中气体的压强 $p_{tr} = 500 \text{ mmHg}$; 当测温泡浸入待测物质中时, 测得的压强值为 $p = 734 \text{ mmHg}$. 当从测温泡中抽出一些气体, 使 p_{tr} 减为 200 mmHg 时, 重新测得 $p = 293.4 \text{ mmHg}$, 当再抽出一些气体使 p_{tr} 减为 100 mmHg 时, 测得 $p = 146.68 \text{ mmHg}$, 试确定待测沸点的理想气体温度.

【解】 在测温泡中的气体质量发生变化时, 先后测得的温度值可按气体温标的定义

$$\theta = 273.16 \frac{p}{p_{tr}} \text{ K}$$

求出:

$$\theta_1 = 273.16 \times \frac{734}{500} \text{ K} = 401.00 \text{ K},$$

$$\theta_2 = 273.16 \times \frac{293.4}{200} \text{ K} = 400.73 \text{ K},$$

$$\theta_3 = 273.16 \times \frac{146.68}{100} \text{ K} = 400.67 \text{ K}.$$

而理想气体温标是定容(或定压)气体温标中气体压强趋于零时的极限温标. 用以上求到的三组 θ, p_{tr} 对应值作 $\theta-p_{tr}$ 关系直线, 如图 1-1 所示, 把直线外推到 $p_{tr} = 0$ 处, 对应的 θ 值, 即是要求的待测沸点的理想气体温度. 本题中, $\theta-p_{tr}$ 直线在 $p_{tr} = 0$ 处与 θ 轴的交点所对应的温度约为 400.57 K , 所以待测沸点的理想气体温度是 400.57 K .

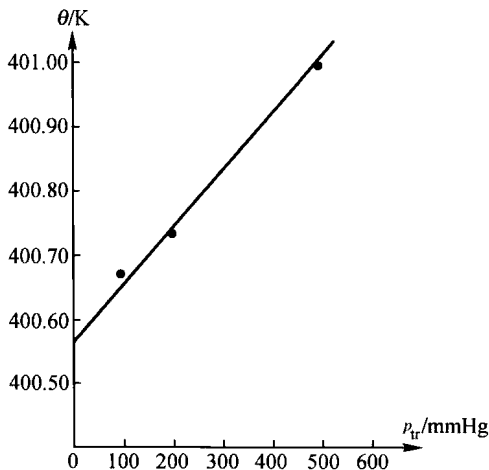


图 1-1

4. 铂电阻温度计的测温泡浸在水的三相点管内时, 铂电阻的阻值为 $90.35\ \Omega$. 当温度计的测温泡与待测物体接触时, 铂电阻的阻值为 $90.28\ \Omega$, 试求待测物体的温度. 假设温度与铂电阻的阻值成正比, 并规定水的三相点为 $273.16\ \text{K}$.

【解】 由题意, 温度与铂电阻的阻值成正比, 即

$$T = aR,$$

其中 a 为比例系数, R 为电阻.

在水的三相点温度时,

$$273.16 = a \times 90.35,$$

$$a = \frac{273.16}{90.35}.$$

故待测温度

$$\begin{aligned} T &= a \times 90.28\ \text{K} \\ &= \frac{273.16}{90.35} \times 90.28\ \text{K} \\ &= 272.95\ \text{K}. \end{aligned}$$

5. 在历史上, 对摄氏温标是这样规定的; 假设测温属性 X 随温度 t 作线性变化, 即

$$t = aX + b,$$

并规定冰点为 $t = 0^\circ\text{C}$, 汽点为 $t = 100^\circ\text{C}$.

设 X_i 和 X_s 分别表示在冰点和汽点时 X 的值, 试求上式中的常数 a 和 b .

【解】 由题意, 有

$$0 = aX_i + b,$$

$$100 = aX_s + b.$$

解得

$$a = \frac{100}{X_s - X_i},$$

$$b = -\frac{100X_i}{X_s - X_i}.$$

6. 水银温度计浸在冰水中时, 水银柱的长度为 $4.0\ \text{cm}$; 温度计浸在沸水中时, 水银柱的长度为 $24.0\ \text{cm}$.

(1) 在室温 22.0°C 时, 水银柱的长度为多少?

(2) 温度计浸在某种沸腾的化学溶液中时, 水银柱的长度为 $25.4\ \text{cm}$, 试求溶液的温度.

【解】 (1) 若温度为 t 时水银柱长度为 L , 则应有

$$\frac{24.0 - 4.0}{100} = \frac{L - 4.0}{t},$$

解得

$$L = \frac{(24.0 - 4.0)t}{100} + 4.0. \quad (1-1)$$

当 $t = 22.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时, 相应地有

$$L = \frac{(24.0 - 4.0) \times 22.0}{100} \text{ cm} + 4.0 \text{ cm} = 8.4 \text{ cm}.$$

(2) 由(1-1)式可得

$$t = \frac{(L - 4.0) \times 100}{24.0 - 4.0},$$

当 $L = 25.4 \text{ cm}$ 时,

$$t = \frac{(25.4 - 4.0) \times 100}{24.0 - 4.0} ^{\circ}\text{C} = 107 ^{\circ}\text{C}.$$

7. 设一定容气体温度计是按摄氏温标刻度的, 它在冰点和汽点时, 其中气体的压强分别为 0.400 atm 和 0.546 atm .

(1) 当气体的压强为 0.100 atm 时, 待测温度是多少?

(2) 当温度计在沸腾的硫中时(硫的沸点为 $444.60\text{ }^{\circ}\text{C}$), 气体的压强是多少?

【解】 (1) 在摄氏温标下, 汽点与冰点的温度差是 $t_s - t_i = 100.0\text{ }^{\circ}\text{C}$. 又摄氏温标 t 与理想气体温标 T 之间的关系是:

$$t/^{\circ}\text{C} = T/\text{K} - 273.15.$$

若测温泡中的气体在 273.16 K 时的压强为 p_{tr} , 在温度 T 时的压强为 p , 则应有

$$T = 273.16 \frac{p}{p_{\text{tr}}},$$

即

$$t + 273.15 = 273.16 \frac{p}{p_{\text{tr}}}, \quad (1-2)$$

由(1-2)式可求得

$$t_s - t_i = 273.16 \frac{p_s - p_i}{p_{\text{tr}}},$$

式中 p_i, p_s 为测温泡中气体在冰点、汽点温度下的压强. 于是,

$$\begin{aligned} p_{\text{tr}} &= \frac{273.16(p_s - p_i)}{t_s - t_i} \\ &= \frac{273.16 \times (0.546 - 0.400)}{100.0} \text{ atm} \\ &= 1.46 \times 10^{-3} \times 273.16 \text{ atm}. \end{aligned}$$

又由(1-2)式,

$$t = 273.16 \frac{p}{p_{tr}} - 273.15,$$

所以,当 $p = 0.100 \text{ atm}$ 时,

$$\begin{aligned} t &= 273.16 \times \frac{0.100}{1.46 \times 10^{-3} \times 273.16} \text{ } ^\circ\text{C} - 273 \text{ } ^\circ\text{C} \\ &= -205 \text{ } ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

(2) 由(1-2)式,

$$p = \frac{t + 273.15}{273.16} p_{tr},$$

当 $t = 444.60^\circ\text{C}$ 时,

$$\begin{aligned} p &= \frac{444.60 + 273.15}{273.16} \times 1.46 \times 10^{-3} \times 273.16 \text{ atm} \\ &= 1.05 \text{ atm.} \end{aligned}$$

8. 当热电偶的一个触点保持在冰点,另一个触点保持任一摄氏温度 t 时,其热电动势由下式确定:

$$\mathcal{E} = \alpha t + \beta t^2,$$

式中 $\alpha = 0.20 \text{ mV}/^\circ\text{C}$, $\beta = -5.0 \times 10^{-4} \text{ mV}/^\circ\text{C}^2$.

(1) 试计算当 $t = -100^\circ\text{C}$, 200°C , 400°C 和 500°C 时热电动势 $\mathcal{E}$ 的值,并在此温度范围内作 $\mathcal{E}-t$ 图.

(2) 设用 $\mathcal{E}$ 为测温属性,用下列线性方程来定义温标 t^* :

$$t^* = a\mathcal{E} + b,$$

并规定冰点为 $t^* = 0^\circ$, 汽点为 $t^* = 100^\circ$, 试求出 a 和 b 的值,并画 $\mathcal{E}-t^*$ 图.

(3) 求出与 $t = -100^\circ\text{C}$, 200°C , 400°C 和 500°C 对应的 t^* 值,并画出 $t-t^*$ 图.

(4) 试比较温标 t 和温标 t^* .

【解】 (1) 根据 $\mathcal{E} = \alpha t + \beta t^2$ 可算得:

$t = -100^\circ\text{C}$ 时,

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_1 &= 0.20 \times (-100) \text{ mV} + (-5.0 \times 10^{-4}) \times (-100)^2 \text{ mV} \\ &= -25 \text{ mV.} \end{aligned}$$

$t = 200^\circ\text{C}$ 时,

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_2 &= 0.20 \times 200 \text{ mV} + (-5.0 \times 10^{-4}) \times 200^2 \text{ mV} \\ &= 20 \text{ mV.} \end{aligned}$$

$t = 400^\circ\text{C}$ 时,

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_3 &= 0.20 \times 400 \text{ mV} + (-5.0 \times 10^{-4}) \times 400^2 \text{ mV} \\ &= 0 \text{ mV.} \end{aligned}$$