

SCHAUM'S
ouTlines

全美经典 学习指导系列

2000工程热力学学习题精解

[美] P. E. 李雷 著

黄晓琴 归柯庭 张玉萍 戴亚飞 译

2000余道精选题目，内容丰富的题库

逐步的解题过程易于理解

涵盖本课程的全部内容

获取好成绩的帮手



科学出版社



麦格劳-希尔教育出版集团

内 容 简 介

本书列出了工程力学与热力学中的 2000 道典型习题,并给予了详细的解答,对学生掌握相关的基本概念、提高解题能力很有帮助。

本书适合于工科大学学生。

Peter E. Liley: 2000 Solved Problems in Mechanical Engineering Thermodynamics

ISBN: 0-07-037863-0

Copyright © 1989 by the McGraw-Hill Companies, Inc.

Authorized translation from the English language edition published by McGraw-Hill Companies, Inc.

All rights reserved.

本书中文简体字版由科学出版社和美国麦格劳-希尔教育出版集团合作出版。未经出版者书面许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

版权所有,翻印必究。

本书封面贴有 McGraw-Hill 公司防伪标签,无标签者不得销售。

图字:01-2001-4494 号

图书在版编目(CIP)数据

2000 工程热力学学习题精解/(美)P. E. 李雷(Liley)著;黄晓琴等译。

—北京:科学出版社,2002

(全美经典学习指导系列)

ISBN 7-03-009899-4

I. 2… II. ①李…②黄… III. 工程热力学-高等学校-解题

IV. TK123-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 082852 号

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2002 年 3 月第 一 版 开本:A4(890×1240)

2002 年 3 月第一次印刷 印张:26 1/4

印数:1—5 000 字数:765 000

定价: 38.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换(环伟))

目 录

第一章 基本概念	(1)
压强/体积/温度/质量/质量流量/容积/速度/重力加速度/功和能	
第二章 流体的热学性质 理想气体	(8)
理想气体过程/真实流体过程/单相和两相过程/表列数据的获取/干度/压缩系数/临界点/等压比热/汽化焓/溶解焓/升华焓/熵的变化/气体常数(纯净气体)/气体常数(混合气体)/蒸汽表的使用/理想气体方程/ Tds 方程/综合题	
第三章 封闭系统的热力学第一定律和第二定律	(58)
热力学第一定律/体积功/叶轮功/弹力功/电功/焦耳定律/混合/热源和功源/不可压缩物质/热力学第二定律/熵增加原理/热传导/综合题	
第四章 真实流体	(91)
归一化的压缩系数图/临界点/麦克斯韦关系/克劳修斯-克拉珀龙方程/焦耳-汤姆孙系数/潜热方程推导/普适的热力学方程/位力膨胀/相变/综合题	
第五章 稳定流动和不稳定流动	(130)
连续性方程/稳定流动的能量方程/亚音速喷管流动/节流热量计/分离和节流热量计/不可压缩流体/亚音速扩散管/涡轮机/压缩机/热交换器;流体混合/接入质量和能量守恒/熵产/不稳定流动/各种小题	
第六章 卡诺循环	(165)
空气卡诺循环/卡诺热泵/卡诺致冷机/氟里昂卡诺致冷机/氟里昂卡诺热泵/氟里昂卡诺热机/水卡诺致冷机/水卡诺热泵/水卡诺热机/重叠卡诺致冷机/重叠卡诺热泵/重叠卡诺热机/卡诺热机驱动卡诺致冷机/克劳修斯不等式	
第七章 气体循环	(184)
iPa 循环/ iVa 循环/勒诺(Lenoir)循环; iPa 和 iVa 循环/奥托(Otto)循环/狄塞尔(Diesel)循环/萨巴提-特雷克(Sabatier-Trinkler)混合循环/阿丁森(Atkinson)循环/A-L-A-L 循环/混杂循环/开放系统:布雷顿(Brayton)和斯特令(Stirling)循环	
第八章 蒸汽循环	(232)
第九章 湿度测量	(253)
基本注释/简单加热或冷却/加热和加湿/蒸发冷却/冷却塔/再加热去湿/加热或冷却/绝热混合/范宁(Fanning)相互作用功/空气调节/呼吸	
第十章 制冷	(279)
卡诺(Carnot)制冷机/布雷顿(Brayton)制冷机/蒸汽制冷循环/空气液化/重叠循环	
第十一章 燃烧:第一定律和方程平衡	(297)
燃烧方程/奥赛特(Orsat)分析/生成焓/第一定律/高热值与低热值/等容燃烧	
第十二章 第二定律在燃烧中的应用	(320)
基本概念/单质的分解/分解的热效应/平衡常数与温度的关系/杂题	
第十三章 杂题	(333)
统计热力学/传输特性/气体导热系数/液体导热系数/气体黏度/液体黏度/杂题/封闭系统的焓/开放系统的焓	
第十四章 增补题	(348)
第一章/第二章/第三章/第四章/第五章/第六章/第七章/第八章/第九章/第十章/第十一章/第十二章/第十三章/其他杂题	

附录 A	水的性质	(379)
附录 B	大气压下过热空气的性质	(391)
附录 C	氟里昂(R12)的性质	(394)
附录 D	25 种常用流体的分子量和临界参数	(401)
附录 E	压缩系数图	(402)
附录 F	湿度表和湿度图	(405)
附录 G	热化学表	(410)
附录 H	几种随温度变化的气体分解的平衡常数	(415)

第一章 基本概念

压强

- 1.1 (a) 定义压强; (b) SI 制压强单位是什么? (c) USCS(美国通用单位)制中压强的常用单位是什么? (d) 什么是大气压、巴、英寸汞和毫米汞?

解 (a) 施加在单位面积上的垂直作用力。

(b) 帕斯卡(Pa), 即牛顿/米²。因为 Pa 的单位很小, 常用千帕(1kPa=1000Pa)。

(c) 磅/英寸², 简称为 psi 或 psia, 1 lb_f/in²=1psi。

(d) 大气压是压强的国际参考单位, 定义为 1atm=101.325kPa(精确值), 它与 0℃时 760mm 汞柱的压强之间的误差小于七百万分之一。因此, 毫米汞(1mmHg)等于 $101325/760 = 133.322\text{Pa} = 0.019337\text{psia}$ 。由于 1inch=25.4mm(精确值), 英寸汞等于 $(25.4)(133.322) = 3386.4\text{Pa} = 3.3864\text{kPa} = 0.49116\text{psia}$ 。而巴(bar)的精确定义为 $10^5\text{Pa} = 100\text{kPa} = 14.5038\text{psia}$, $1\text{bar} \approx 1\text{atm}$ (误差小于 1%)。

- 1.2 什么是绝对压强和表压强?

解 题 1.1(a) 中定义的就是绝对压强, 而表压强是绝对压强与大气压强的差。若大气压强为 P_0 , 绝对和表压强分别为 P 和 P_g , 则 $P = P_0 + P_g$ 。表压强在美国通用单位制中使用。

- 1.3 用密度为 13.59508g/cm^3 的汞作为测压液, 760mm 汞柱高的压强是多少帕?

解 基本公式为 $P = \rho gh$, P 是液体柱的压强, ρ 是液体密度, h 是液体柱高, g 是重力加速度。在 SI 制中, $g = 9.80665\text{m/s}^2$, $h = 0.760\text{m}$, 且

$$\rho = \left(\frac{13.59508}{1\text{cm}^3} \text{g} \right) \left(\frac{1\text{kg}}{10^3\text{g}} \right) \left(\frac{10^6\text{cm}^3}{1\text{m}^3} \right) = 13.59508 \times 10^3 \text{kg/m}^3$$

因此 $P = (13595.08)(9.80665)(0.760) = 101325\text{Pa}$ 。(因密度是精确值, 所以结果是精确的 1 个大气压)

- 1.4 用非 SI 单位, 汞密度为 $848.7112\text{lb}_m/\text{ft}^3$, 重力加速度为 32.174ft/sec^2 , 汞高为 29.92126in , 重解题 1.3。

解
$$P = \rho(g/g_c)h$$
$$= (848.7112\text{lb}_m/\text{ft}^3)[(32.174\text{ft/sec}^2)/(32.174\text{lb}_m \cdot \text{ft}/\text{lb}_f \cdot \text{sec}^2)](29.92126/12)\text{ft}$$
$$= 2116.209\text{lb}_f/\text{ft}^2 = 14.69590\text{lb}_f/\text{in}^2$$

这是标准大气压在新单位下的精确值。

- 1.5 用密度为 $850\text{lb}_m/\text{ft}^3$ 的汞作为测压液, 1ft 汞高为多少 psia?

解 题 1.4 表明, 标准重力条件下, 质量为 1lb_m 的物体重 1lb_f 。因此, 压强公式可写成 $P = \rho_w h$, ρ_w 是重量密度。由题给数据,

$$P = (850\text{lb}_f/\text{ft}^3)(1\text{ft}) = (850\text{lb}_f/\text{ft}^2)/(144\text{in}^2/\text{ft}^2) = 590\text{psia}$$

- 1.6 产生 $14.7\text{lb}_f/\text{in}^2$ 的压强所需的汞高为多少?

解 由题 1.5 的结果, 可得

$$h = \frac{14.7}{5.90}(12\text{in}) = 29.90\text{in}$$

(可与题 1.4 比较)

- 1.7 一容器内装有 10ft 深的液体, 其密度为 $50\text{lb}_m/\text{ft}^3$, 重力加速度为 32.2ft/sec^2 , 大气压强为 14.70psia , 求容器底部的压强。

解
$$P_{\text{tot}} = P_0 + \rho_w d = (14.70\text{psia}) + (50\text{lb}_f/\text{ft}^3)(10\text{ft})(144\text{in}^2/\text{ft}^2)$$
$$= 18.17\text{psia}$$

- 1.8 若一真空室的表压强为 -500mbar , 而大气压强为 1015mbar , 系统的绝对压强为多少?

解 绝对压强等于表压强与大气压强之和, 因为大气压强为 1015mbar, 而表压强为 -500mbar (即有 500mbar 的压强反抗大气压) 所以绝对压强为

$$1015 - 500 = 515 \text{ mbar}$$

1.9 将 20in 汞柱化成 psia 表示, 已知大气压强为 14.7psia.

解 由题 1.1(d), $20 \text{ inHg} = 20(0.49116) = 9.8 \text{ psia}$

因此

$$P = 14.7 - 9.8 = 4.9 \text{ psia}$$

注: 高真空系统的表压强为负值.

1.10 图 1-1 所示的水银压强计的一端与大气相连, 气压为 760mm 汞, 求气体容器的绝对压强(mmHg).

解 L_1 处的压强 = L_2 处的压强, 即

$$760 \text{ mmHg} = P + (200 \text{ mmHg}), \quad P = 560 \text{ mmHg}$$

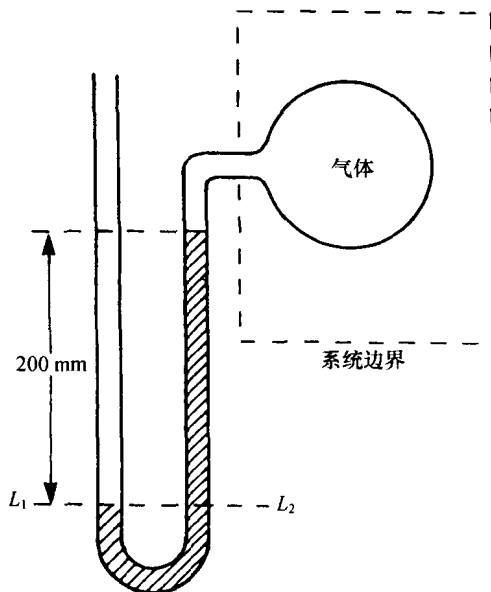


图 1-1

1.11^D 一体积不变的气体温度计 (参见图 1-1) 浸在 $T_1 = 100^\circ\text{C}$ 的沸水中, 读数 $Z_1 = 30.0 \text{ cmHg}$, 若将温度计浸在 $T_2 = 150^\circ\text{C}$ 的散热液体中, 水银柱的高度 Z_2 为多少厘米? 已知大气压强为 76.0cmHg.

解 此题单位是 cmHg. 设温度计中的气体体积始终不变, 即 $P/T = \text{常数}$, P 是大气压强和表压强之和, T 是开尔文温度. 则

$$\frac{Z_0 + Z_2}{T_2} = \frac{Z_0 + Z_1}{T_1}$$

代入数据:

$$\frac{76 + Z_2}{150 + 273} = \frac{76 + 30}{100 + 273}$$

得

$$Z_2 = 44.4 \text{ cm}$$

1.12^D 将题 1.11 中的温度计置于另一液体中, 测得水银柱高度差为 40cm, 求液体的温度.

解 下式仍然适用:

$$\frac{Z_0 + Z_2}{T_2} = \frac{Z_0 + Z_1}{T_1}$$

代入数据:

$$\frac{76 + 40}{T_2} = \frac{76 + 30}{100 + 273}$$

得

$$T_2 = 408 \text{ K}, \quad t_2 = 408 - 273 = 135^\circ\text{C}$$

1.13^D 温度为多少时,题 1.11 中的温度计的水银柱高度差为零?

解 将数据代入
$$\frac{Z_0 + Z_2}{T_2} = \frac{Z_0 + Z_1}{T}$$

中,得
$$\frac{76+0}{T_2} = \frac{76+30}{100+273}$$

解得 $T_2 = 268\text{K}, \quad t_2 = 268 - 273 = -5^\circ\text{C}$

1.14^D 若题 1.11 中水银高度差为 -9.5cm , (a) 液体温度为多少($^\circ\text{C}$)? 这一结果有何特殊性?

解 (a)
$$\frac{76-9.5}{T_2} = \frac{76+30}{100+273}$$

得 $T_2 = 234\text{K}, \quad t_2 = 234 - 273 = -39^\circ\text{C}$

(b) 水银的凝固点正好为 -39°C , 因此温度计的测温范围应高于此温度.

1.15 对题 1.11 中的温度计,求高度 Z 与摄氏温度 $t(^{\circ}\text{C})$ 之间的关系表达式.

解
$$\frac{76+Z}{t+273} = \frac{76+30}{100+273}$$

$$Z = 1.6 + 0.2842t$$

1.16^D 一气体温度计(图 1-1)浸在 $T_1 = 212^\circ\text{C}$ 的沸水里,读得 $Z_1 = 15.0\text{inHg}$. 放到 500°C 的液体中的读数 Z_2 为多少英寸? 已知大气压为 30.0inHg .

解 设气体体积不变, $P/T = \text{常数}$. P 等于大气压强加表头读数, T 是气体温度. 因此

$$\frac{Z_0 + Z_2}{T_2} = \frac{Z_0 + Z_1}{T_1}$$

代入数据:
$$\frac{30 - Z_2}{500 + 460} = \frac{30 + 15}{212 + 460}$$

得
$$Z_2 = 34.3\text{inHg}$$

1.17^D 将题 1.16 中的温度置于另一液体中,测得水银柱高为 40in ,求液体的温度($^\circ\text{F}$),

解
$$\frac{Z_0 + Z_2}{T_2} = \frac{Z_0 + Z_1}{T_1}$$
, 代入,得
$$\frac{30+0}{T_2} = \frac{30+15}{212+460}$$

得 $T_2 = 448^\circ\text{R}, \quad t_2 = 448 - 460 = -12^\circ\text{F}$

1.18^D 题 1.16 中的温度计在多少 $^\circ\text{F}$ 时水银柱的高度为零?

解 代入 $(Z_0 + Z_2)/T_2 = (Z_0 + Z_1)/T_1$ 有 $(30+0)/T_2 = (30+15)/(212+460)$ 得

$$T_2 = 448^\circ\text{R}, \quad t_2 = 448 - 460 = -12^\circ\text{F}$$

1.19^D 又:若题 1.16 中温度计的读数为 -17.5in , (a) 所测流体温度为多少($^\circ\text{F}$)? (b) 这一结果有何特别?

解 (a)
$$\frac{30-1.75}{T_2} = \frac{30+15}{212+460}$$

得 $T_2 = 422^\circ\text{R}, \quad t_2 = 422 - 460 = -38^\circ\text{F}$.

(b) 水银凝固点为 -38°F , 正是此题对应结果.

1.20 若从文献中查 200°C (400°F) 时 n -癸烷的 P - V - T 数据,数据可能是不准确的. 这就需要用气体温度计(汞作为测压物质)测量各种质量的癸烷以至一系列 V 不变时的 P - T 数据. 什么原因使查表数据不够准确?

解 (1) 系统内包含了高温气体,它应在大气中即时冷却(见图 1-1). 而实际的情况限制了数据的精确性.

(2) 实际上,高温气体加热了水银,水银的蒸气压影响结果的准确性.

(3) 200°C (400°F) 时的化学分解影响结果.

体积

1.21 换算单位: (a) $\text{in}^3 \rightarrow \text{dm}^3, \text{cm}^3, \text{mm}^3, \text{L}, \text{mL}$; (b) $\text{ft}^3 \rightarrow \text{dm}^3$; (c) $\text{yd}^3 \rightarrow \text{dm}^3, \text{m}^3$.

解 换算关系为 $1\text{in} = 2.54\text{cm}$.

(a) 因为 $1\text{dm}^3 = 10^3\text{cm}^3 = 10^6\text{mm}^3$, 所以

$$1\text{in}^3 = (2.54\text{cm})^3 = 16.38706\text{cm}^3 = 0.01638706\text{dm}^3 = 16387.06\text{mm}^3$$

对于液体, 单位升(L)定义为 $1\text{L} = 1\text{dm}^3$, 所以

$$1\text{in}^3 = 0.01638706\text{L} = 16.38706\text{mL}$$

(b) $1\text{ft}^3 = 12^3\text{in}^3 = 12^3(0.01638706\text{dm}^3) = 28.3168\text{dm}^3$.

(c) $1\text{yd}^3 = 27\text{ft}^3 = 27(28.3168\text{dm}^3) = 764.554\text{dm}^3 = 0.764554\text{m}^3$.

温度

1.22 (a) 定义温度. (b) 举出四种常用温标及其换算关系.

解 (a) 温度是物体内能的量度.

(b) 华氏($^{\circ}\text{F}$): 美国常用温标; 摄氏($^{\circ}\text{C}$): SI 制温标; 朗氏($^{\circ}\text{R}$): 美国常用温标; 开氏(K): SI 制绝对温标.

换算关系

$$^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9} (^{\circ}\text{F} - 32), \quad \text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273.15, \quad ^{\circ}\text{R} = ^{\circ}\text{F} + 459.69, \quad ^{\circ}\text{R} = \frac{9}{5} \text{K}$$

(常取 $273.15 \approx 273$; $459.69 \approx 460$)

温度间隔的换算

$$1^{\circ}\text{C} = \frac{9}{5}^{\circ}\text{F}, \quad 1\text{K} = 1^{\circ}\text{C}, \quad 1^{\circ}\text{R} = 1^{\circ}\text{F}, \quad 1^{\circ}\text{R} = \frac{5}{9} \text{K}$$

1.23 朗氏 $360(^{\circ}\text{R})$ 等于摄氏多少度($^{\circ}\text{C}$)?

解 换下列方式换算: $\text{R} \rightarrow \text{K} \rightarrow \text{C}$

$$\text{K} = \frac{5}{9}(360) = 200, \quad ^{\circ}\text{C} = 200 - 273.15 = -73.15$$

1.24 开氏多少度等于 170°F ?

解 换下列方式换算: $\text{F} \rightarrow \text{R} \rightarrow \text{K}$

$$^{\circ}\text{R} = 170 + 459.69 = 629.69, \quad \text{K} = \frac{5}{9}(629.69) = 349.83$$

1.25 50°C 等于华氏多少度($^{\circ}\text{F}$)?

$$\text{解 } ^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5}^{\circ}\text{C} + 32 = \frac{9}{5}(50) + 32 = 122$$

1.26 将 150K 换算成 $^{\circ}\text{F}$

解 换下列方式换算, $\text{K} \rightarrow \text{C} \rightarrow \text{F}$

$$^{\circ}\text{C} = 150 - 273 = -123, \quad ^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5}(-123) + 32 = -189$$

1.27 冰在里氏(Re) 0° 时溶化而在 80° 时沸腾, 绝对零度对应的里氏温标是多少?

解 从冰点到沸点, 里氏 80°Re 的温差等价于摄氏 100°C 的温差. 所以从冰点到绝对零度 273.15°C 的减少等价于

$$(-273.15)(80/100) = -281.52^{\circ}\text{Re}$$

1.28 用 USCS 温标验证题 1.27.

解 由题 1.22 可得出下列关系

$$1^{\circ}\text{Re} = \frac{180}{80}^{\circ}\text{F} = \frac{180}{80}^{\circ}\text{R}$$

因为绝对零度为 $459.69 + 32 = 491.69^{\circ}\text{R}$, 所以绝对零度为

$$\frac{80}{180}(-491.69) = -216.31^{\circ}\text{Re}$$

1.29 硫的沸点为 444.50°C , 它等于里氏多少度($^{\circ}\text{Re}$)?

解 摄氏和里氏温标零点相同, $1^{\circ}\text{C} = (80/100)^{\circ}\text{Re}$, 所以

$$\frac{80}{100}(444.50) = 355.60^{\circ}\text{Re}$$

1.30 硫沸点的华氏温度是多少?

解 由题 1.29 $(9/5)(444.50) + 32 = 832^{\circ}\text{F}$

1.31 在题 1.27 至 1.29 中,术语“点”表示一转变温度,即冰点为 $0^{\circ}\text{C} = 273.15\text{K} = 32^{\circ}\text{F} = 459.69^{\circ}\text{R}$. 为什么这一术语(a)比较粗糙.(b)用在这里?

解 (a)开氏温标的零点是绝对零度,而水的三相点温度是 273.16K ,该温度下,水的三相(冰、水、蒸汽)共存.没有定义过其他相转变温度,所以“冰点”,“沸点”,“硫的沸点”等无物理意义.
(b)“沸点”的讲法比“水的转变温度”的讲法好在指出了液体转变为蒸汽,故用之.

1.32 一些外星人说在他们的绝对温标系统内,水的冰点为 $9840(^{\circ}\text{L})$. (a)水的沸点是多少($^{\circ}\text{L}$)? (b) 18000°L 相当于地球温度多少($^{\circ}\text{F}$)?

解 因为 $^{\circ}\text{L}$ 是绝对温标,所以可与地球上的绝对温标(如 K)比较.

(a)因为 $9840^{\circ}\text{L} = 491.69^{\circ}\text{R}$,所以 $1^{\circ}\text{R} = \frac{9840}{491.69} = 20.01^{\circ}\text{L}$

$671.69^{\circ}\text{R} = \text{水的沸点} = 671.69(20.01) = 13441^{\circ}\text{L}$

(b) 18000°L 为 $\frac{18000}{20.01} \approx 900^{\circ}\text{R}$, $900 - 460 = 440^{\circ}\text{F}$.

1.33 外星人自豪地告诉地球人他的实用温标不是绝对温标但符合许多物理概念.该温标的冰点温度为 2.43640 度,沸点温度为 2.57188 度.当人们要他给出实用温标的绝对零度时,他耸耸肩说他给不出来,只说是一个很大的负数.你能想象出“UFO”的温标与我们的关系吗?

解 从题意猜测,我们的温度是 UFO 温度的某个指数函数,事实上公式 $T_{\text{UFO}} = \log T_{\text{K}}$ 与题意相符.当然这公式不是惟一的,我们也只能猜测到这些.

质量

1.34 定义:(a)美制吨;(b)英制吨;(c)公制吨.请用(i)磅表示.(ii)公斤表示.

解 (a)美制吨为(i) 2000lb_m . (ii) 907.1847kg .

(b)英制吨为(i) 2240lb_m . (ii) 1016.0469kg .

(c)公制吨为(i) 2204.6226lb_m . (ii) 1000.0000kg .

质量流量

1.35 水以 $50\text{cfm}(50\text{ft}^3/\text{min})$ 流过隧道,质量流量为多少? (a)用 gpm (每分钟加仑)表示. (b)用 ton/h (每小时吨)(美制)表示. (c)以 kg/h (每小时千克)表示.

解 (a) 1gal (美制)定义为 $231\text{in}^3 = 0.1337\text{ft}^3$,所以

$$50\text{cfm} = \left(50 \frac{\text{ft}^3}{\text{min}}\right) \left(\frac{1\text{gal}}{0.1337\text{ft}^3}\right) = 374\text{gpm}$$

(b)参见题 1.41, 1gal 水重 8.337lb_m ,所以

$$50\text{cfm} = \left(374 \frac{\text{gal}}{\text{min}}\right) \left(\frac{8.337\text{lb}_m}{1\text{gal}}\right) \left(\frac{1\text{ton}}{2000\text{lb}_m}\right) \left(60 \frac{\text{min}}{\text{h}}\right) = 93.5\text{ton/h}$$

(c) $(93.5\text{ton/h})(907.1847\text{kg/ton}) \approx 84860\text{kg/h}$

1.36 下列换算关系 $1(\text{U. S.})\text{gpm} = 6(\text{U. S.})\text{ton/day}$ 精确度如何?

解 因为 1U. S. 加仑等于 8.339lb_m ,所以

$$1\text{gpm} = (8.339\text{lb}_m/\text{min})(60\text{min/h})(24\text{h/day})(0.0005\text{ton/lb}_m) = 6.004\text{ton/day}$$

精确度较高.

1.37 20kg/s 的水流过大坝,质量流量为多少(lb_m/h)?

解 $20\text{kg/s} = (20\text{kg/s})(2.2046\text{lb}_m/\text{kg})(3600\text{s/h}) = 158731\text{lb}_m/\text{h}$

容积

1.38 一美制加仑等于多少立方米?

$$\text{解} \quad 1\text{gal} = 231\text{in}^3 = (231\text{in}^3) \left(\frac{2.54 \times 10^{-2}\text{m}}{1\text{in}} \right)^3 = 3.785 \times 10^{-3}\text{m}^3$$

- 1.39 1963 年英国度量衡执行署颁布: 1 英制加仑为 10lb 重量密度为 0.998859g/ml 的蒸馏水处于重量密度为 0.001217g/ml 的空气中所占有的体积. (a) 此标准中单位是否统一? (b) 为什么提到空气重量密度? (c) 1 加仑等于多少立方分米?

解 (a) 1963 年 SI 制尚未起用, 所以标准中既有英制(10lb), 也有公制(g/ml)单位.

(b) 考虑空气浮力可以保证最大可能的精度.

$$(c) \text{体积} = \frac{\text{质量}}{\text{密度}} = \frac{(10\text{lb}_m)(453.59\text{g/lb}_m)}{(0.998859\text{g/ml})(1000\text{ml/dm}^3)} = 4.5404\text{dm}^3.$$

- 1.40 “一品脱就是一磅水的体积”此说法准确度如何?

解 1 美制品脱(pint)定义为 $28.875\text{in}^3 = 0.01671\text{ft}^3$. 在 60°F , 水的比体积为 $0.01603\text{ft}^3/\text{lb}_m$ (见表 A1). 因此, 0.01671ft^3 的水重 $(0.01671\text{ft}^3)(0.01603\text{ft}^3/\text{lb}_m) = 1.042\text{lb}_m$ 误差约为 4%.

[注: 这里及下面引用的热力学图表见本书后面的附录]

- 1.41 “一加仑水重十磅”此说法是否正确?

解 若指英制加仑, 参见题 1.39, 因为水的密度总是约等于 1g/cm^3 , 所以是正确的. 而由题 1.38 和题 1.39 可知, 一美制加仑水仅重

$$\frac{3.785\text{dm}^3}{4.5404\text{dm}^3} (10\text{lb}_m) \approx 8.34\text{lb}_m$$

速度

- 1.42 以 km/h 和 m/s 表示限制速度: (a) 55mph. (b) 65mph.

$$\text{解} \quad 1\text{mile} = 528\text{ft} = 5280(0.3048\text{m}) = 1609\text{m}, 1\text{h} = 3600\text{s}$$

$$(a) 55\text{mph} = (55)(1609)\text{m/h} = 8849\text{m/h} = 88.495\text{km/h}$$

$$88495/3600 = 24.58\text{m/s}$$

$$(b) 65\text{mph} = (65/55)88.495 = 104.585\text{km/h}$$

$$(65/55)24.58 = 29.05\text{m/s}$$

- 1.43 加拿大计量委员会规定: “市里普通公路限速为 50km/h, 高速公路限速为 100km/h, 最高不超过 120km/h”用 mph 表示这些速度.

解 $50\text{km/h} = (50000\text{m/h})(1609\text{m/mi}) = 31.07\text{mph}$, 因此, 由此例知,

$$100\text{km/h} = 62.14\text{mph}, \quad 120\text{km/h} = 74.57\text{mph}$$

重力加速度

- 1.44 一物体在地球表面重 150lb_f . 在月球上某点, 重力加速度为 6ft/s^2 , 该物体重多少(lb_f)?

解 重量 w 变, 但质量 $m = w/g$ 不变, 因此

$$w_M/g_M = w_E/g_E$$

即

$$w_M = (g_M/g_E)w_E = (6/32.2)(150) \approx 28\text{lb}_f$$

- 1.45 月球的重力加速度为地球的 ($g = 32.174\text{ft/s}^2$) 六分之一, 求在地球上重 180lb_f 的物体在月球上自由下落时受到的力.

解 由牛顿定律, 质量不变时力正比于加速度, 该物体受到的力为 $(1/6)(180) = 30\text{lb}_f$.

- 1.46 一物体密度为 $50\text{lb}_m/\text{ft}^3$, 重力加速度为 6ft/s^2 . 其比重是多少 lb_f/ft^3 ?

解 与质量一样, 物体密度不变 (只要体积不变). 因此, 1lb_m 质量的物体重 1lb_f , 比重为 $50\text{lb}_f/\text{ft}^3$.

功和能

- 1.47 将千瓦小时换算成: (a) kJ; (b) Btu; (c) hphr (马力小时).

解 (a) $1\text{kWhr} = (1000\text{J/s})(3600\text{s}) = 3.6 \times 10^6\text{J} = 3600\text{kJ}$;

(b) 3413Btu ;

(c) 1.341hphr .

1.48 试写出两种单位制的热功当量.

解 $778.16\text{ft} \cdot \text{lb}_f/\text{Btu}$ 或 $4.184\text{J}/\text{cal}$ (SI 制中, 热能单位为焦耳, $4.184\text{J}/\text{cal}$ 可作为卡的定义).

1.49 一蒸汽机的功为 200hphr , 表示成 kWhr .

解 由题 1.47(c) 知, $200\text{hphr} = (200\text{hphr})(1/1.341\text{kWhr/hphr}) \approx 149\text{kWhr}$

1.50 什么是摄氏热量单位? 换算成下列单位:

(a) Btu ; (b) $\text{ft} \cdot \text{lb}_f$; (c) kJ .

解 一摄氏热量单位(chu)代表 1 磅水温度升高 1°C 需要的能量. 而 Btu 是 1 磅水温度升高 1°F ($5/9^\circ\text{C}$) 所需能量, 所以

(a) $1\text{chu} = (9/5)\text{Btu}$;

(b) $1\text{chu} = (9/5)(778.16) = 1400.7\text{ft} \cdot \text{lb}_f$;

(c) $1\text{chu} = (1.8\text{Btu})(1.005\text{kJ}/\text{Btu}) = 1.899\text{kJ}$.

理想气体过程

在题 2.1~2.23 中, 画图表示各个过程.

2.1 气体等压加热, 体积增加一倍. (P - V 图)

解 见图 2-1. $P=\text{常数}$, $V_2=V_1$.

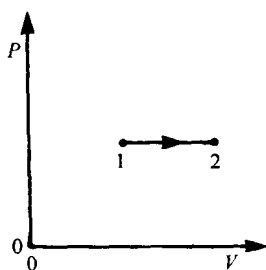


图 2-1

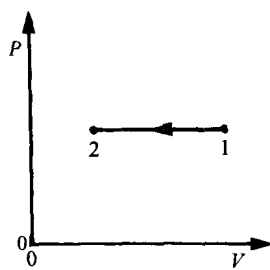


图 2-2

2.2 气体等压冷却, 体积减少为原来的 $1/3$. (P - V 图)

解 见图 2-2, $P=\text{常数}$, $V_2=(1/3)V_1$.

2.3 气体等体加热, 压强增加一倍. (P - V 图)

解 见图 2-3, $P_2=2P_1$, $V=\text{常数}$.

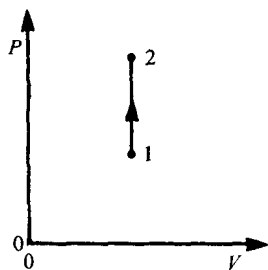


图 2-3

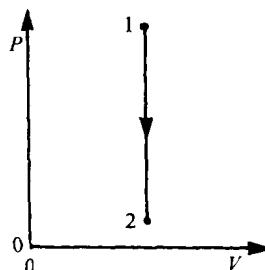


图 2-4

2.4 气体等温冷却, 体积减少为原来的 $\frac{1}{10}$. (P - V 图)

解 见图 2-4, $P_2=0.1P_1$, $V=\text{常数}$.

2.5 气体等温加热, 体积增加一倍. (P - V 图)

解 见图 2-5, $V_2=2V_1$, $PV=\text{常数}$.

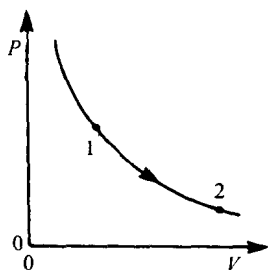


图 2-5

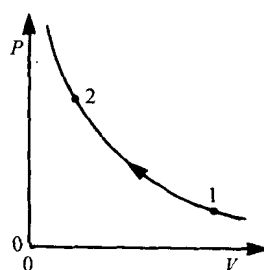


图 2-6

2.6 气体等温冷却至原体积的 $\frac{1}{4}$. (P - V 图)

解 见图 2-6, $V_2 = (1/4)V_1$, $PV = \text{常数}$.

2.7 气体经历一等温过程. (P - V 图)

解 见图 2-7, 图 2-8. 图中曲线为双曲线. “等温”意味着温度不变, 但可能是加热, 也可能是冷却. 两种过程可画在同一条等温线上(图 2-7); 也可以分开画(图 2-8), 这时两过程的温度不同.

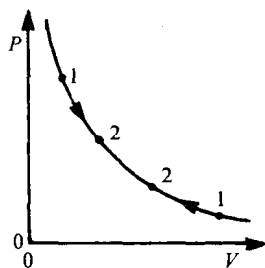


图 2-7

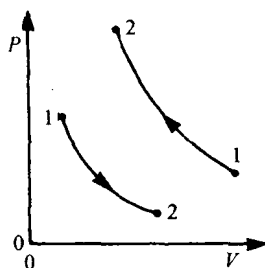


图 2-8

2.8 气体等体加热 (P - T 图)

解 见图 2-9. $1 \rightarrow 2$ 为一直线段, 其延长线过原点 ($P/T = \text{常数}$). 注意: T 必须是绝对温标.

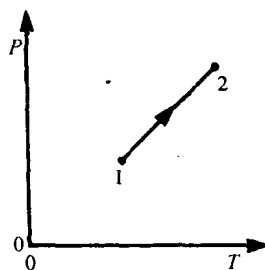


图 2-9

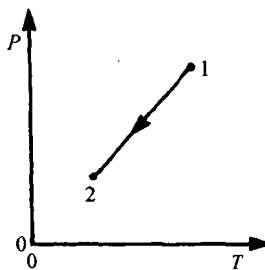


图 2-10

2.9 气体等体冷却. (P - T 图)

解 见图 2-10.

2.10 两个相同的刚性容器(A 和 B)装有不同质量的同种理想气体, 加热时, 容器内的压强的初态和末态值均相等(图 2-11), 哪一容器内的气体质量较多? (P - T 图)

解 理想气体方程可写为 $PV = \left(\frac{m}{M}\right)R_u T$, m 是总质量而 M 是摩尔质量. 因为压强任意时刻均相等, 所以温度较低的容器(A)内一定气体较多.

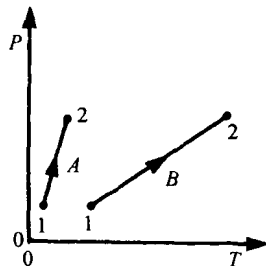


图 2-11

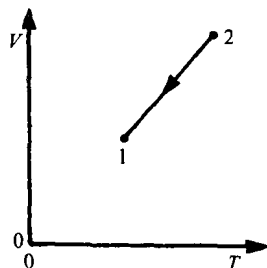


图 2-12

2.11 气体等压冷却, 温度减小为初始绝对温度值的一半. (V - T 图)

解 见图 2-12. $V/T = \text{常数}$, 直线段的延长线过原点.

2.12 气体等压加热体积增加 50%。(V-T 图)

解 见图 2-13. $V_2 = 1.5V_1$, $V/T = \text{常数}$.

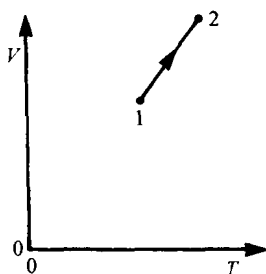


图 2-13

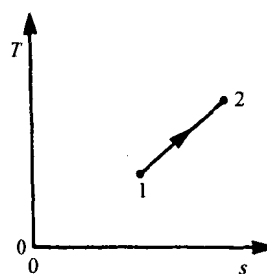


图 2-14

2.13 气体等压加热, 温度增加一倍。(T-s 图)

解 见图 2-14. 注意 1、2 之间的连线是弯曲的, 只在变化范围较小时可视为直线.

2.14 气体等体加热, 温度增加一倍。(T-s 图)

解 见图 2-15. 与题 2.13 类似, 1、2 之间是曲线, 只在变化较小时近视为直线.

2.15 图 2-15 中的曲线变化是否应比图 2-14 陡直?

解 是的. 参见题 4.79.

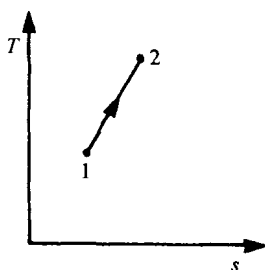


图 2-15

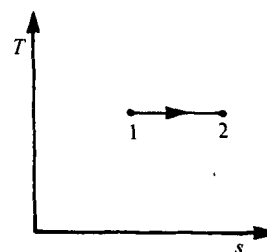


图 2-16

2.16 气体经历一等温过程, 压强减少一半。(T-s 图)

解 见图 2-16. 题 2.325 将给出, 等温过程的熵变为 $\Delta s = -R \ln(P_2/P_1)$. $P_2 < P_1$ 时, Δs 为正, 所以变化方向如图(不同气体, R 不同, Δs 有所不同).

2.17 气体经历等温过程, 体积减少为原来的 $\frac{1}{3}$ 。(T-s 图)

解 见图 2-17. 题 2.325 将给出, 等温熵变也可表示为 $\Delta s = R \ln(V_2/V_1)$, $V_2 < V_1$, $\Delta s < 0$. 因此熵变方向如图所示(熵变大小与气体有关).

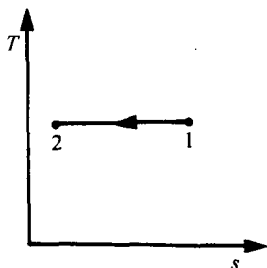


图 2-17

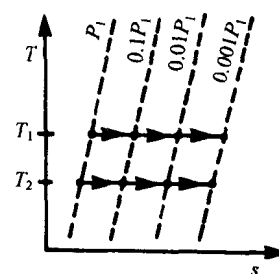


图 2-18

2.18 气体经历等温过程, 压强减少为原来的 $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{100}$, $\frac{1}{1000}$, ... 等温过程的温度分别为 T_1 和 $T_2 < T_1$, T_1 、 T_2 之间的差值不大。(T-s 图)

解 见图 2-18. 由题 2.16 中的方程, 等温过程中, 压强每减少至 $\frac{1}{10}$, 熵增加 $R \ln 10$; 因此图 2-18

中虚线之间是等间隔的。

2.19 气体压缩, 压强增加了 100 倍, 温度不变. ($\log P-h$ 图)

解 见图 2-19. 对理想气体, 题 4.176(a) 将给出 $(\Delta h / \Delta P)_T = 0$, 即 $\Delta h = 0$ 所以焓不变.

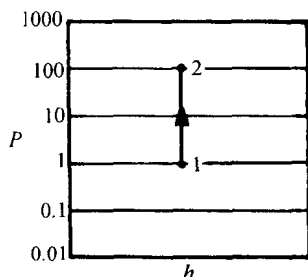


图 2-19

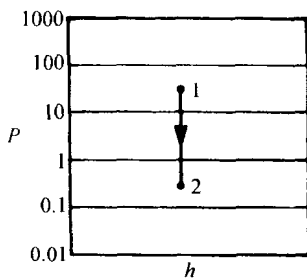


图 2-20

2.20 气体等温膨胀至原体积的 100 倍. ($\log P-h$ 图)

解 见图 2-20. 等温过程的理想气体 $V_2/V_1 = P_1/P_2$; 若 $V_2 = 100V_1$, 则 $P_2 = (1/100)P_1$. 因为理想气体的焓与压强无关(见题 2.19), 所以也与体积无关, 过程为竖直线.

2.21 气体绝热压缩, 压强增加一倍. ($\log P-h$ 图)

解 见图 2-21. 对于绝热压缩过程, $\Delta Q = T\Delta S = 0$, 所以, 1, 2 之间为等熵线, 1, 2 之间的曲线形式的计算已超出本章范围.

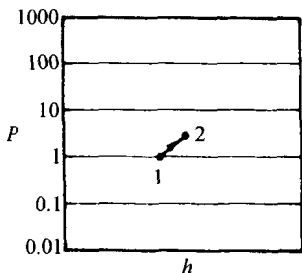


图 2-21

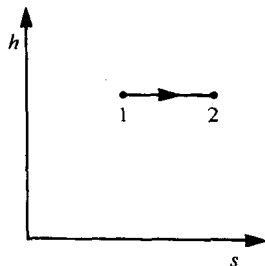


图 2-22

2.22 气体经历一等温过程, 压强减少一半. ($h-s$ 图)

解 见图 2-22. 由题 2.16 知, 等温膨胀熵增加, 由题 2.20 知, 等温过程焓不变, 故过程如图所示.

2.23 气体经历一等温过程, 体积减少为原来的 $\frac{1}{100}$. ($h-s$ 图)

解 见图 2-23. 压强增加至初值的 100 倍; 由题 2.18 知, 熵增为 $2R \ln 10$. 由题 2.19 知, 理想气体的焓与压强无关, 所以如图 2.23 所示.

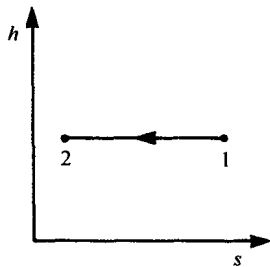


图 2-23

真实流体过程

- 2.24 在 P - V 图上画出:(a)典型的理想气体曲线;(b)典型的真实气体曲线;(c)考虑气体冷凝的曲线。

解 见图 2-24。

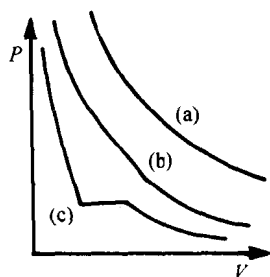


图 2-24

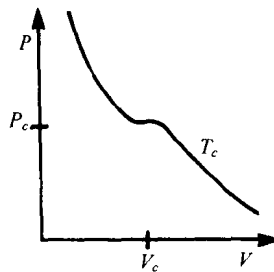


图 2-25

- 2.25 在 P - V 图上画出临界等温线,并标出临界压强 P_c 和临界体积 V_c 。

解 见图 2-25。

- 2.26 在 P - V 图上画出凝固时收缩的物质的饱和蒸汽线和升华线,并标出压缩量 ΔV 。

解 见图 2-26。

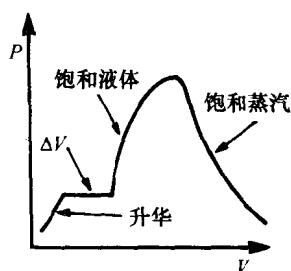


图 2-26

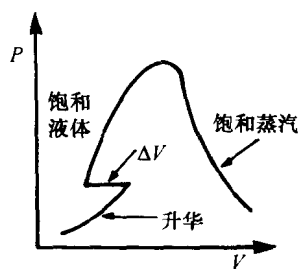


图 2-27

- 2.27 对于水蒸气,图 2.26 应如何修改?

解 见图 2-27。由图可知水冷冻时体积增加。

- 2.28 P - V 图上一流体冷冻时体积收缩,画出溶化曲线,并标出固态区、液态区和固、液混合区。

解 见图 2-28。

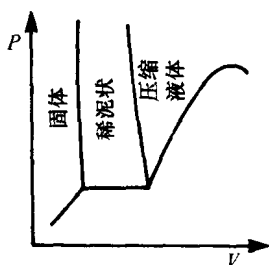


图 2-28

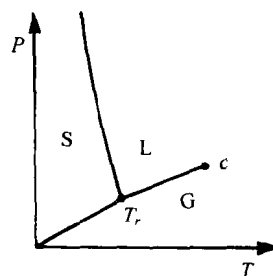


图 2-29

- 2.29 对凝固时体积收缩的流体,在 P - T 图上画出溶解、沸腾和升华曲线,并标出固态区(S)、液态区(L)和气态区(G)以及临界点(c)和三相点(T_r)

解 见图 2-29。

2.30 对凝固时膨胀的流体,重解题 2.29.

解 见图 2-30.

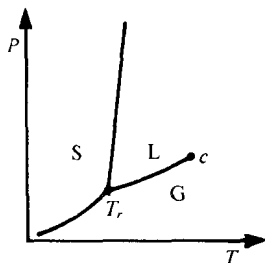


图 2-30

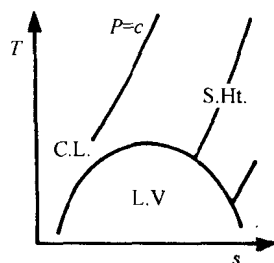


图 2-31

2.31 在 T - s 图上画出饱和液体和饱和蒸汽曲线. 标出压缩液体区(C. L.)、液体-蒸汽共存区(L. V.)过热蒸汽区(S. Ht.)并画出典型的等压线.

解 见图 2-31.

2.32 用 $(\log P)$ - h 图重解题 2.31.

解 见图 2-32.

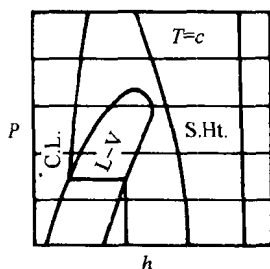
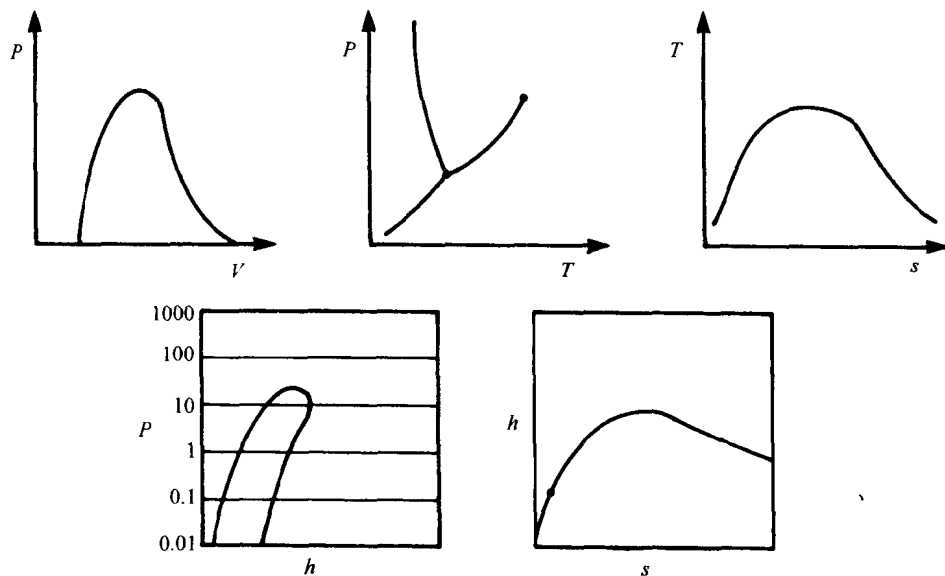


图 2-32

单相和两相过程

题 2.33~2.59 要求画出一些过程的图线, 下列为样图.

2.33 一种物质在等温下从压缩液体变为过热蒸汽. (P - V 图)

解 如图 2-33, 点 1 在饱和蒸汽曲线左侧, 点 2 在过热区内.