

[美] F. W. SEARS 等著

大学物理学

第二册

习题解答

人民教育出版社

本书将 F. W. Sears 等著《大学物理学》(第五版)中译本中的习题(除思考题外)全部作了解答。全书共分四册,第一册为力学习题解答,第二册为热学习题解答,第三册为电磁学习题解答,第四册为光学和原子物理学习题解答。

本书主要供电视大学及有关高等学校教师与辅导人员内部参考。

本书责任编辑:奚静平。

[美] F. W. Sears 等著

大学物理学

第二册

习题解答

刘聚成 徐 德 袁贞丰 等编

*

人民教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

北京印刷一厂印装

开本 787×1092 1/32 印张 5.75 字数 136,000

1980 年 1 月第 1 版 1980 年 7 月第 1 次印刷

印数 00,001—155,900

书号 13012·0421 定价 0.43 元

(教师用书)

编 者 的 话

本书将 F. W. Sears 等著《大学物理学》(第五版)中译本中第十五章至第二十三章习题(思考题除外)全部作了解答。为了更好地配合原书的使用,在解答过程中,我们注意了以下几点:

1. 习题的解法力求逻辑严密、步骤简练,但为了结合习题所在章节的教学内容,对有多种解法的题目,我们只用了该章教学内容所要求的解法,因此不一定是最佳解法。

2. 所用公式、符号及解题格式,力求与原书一致。

3. 单位换算均采用原书所附“换算因子”表中所列的数据。答案一般取三位有效数字。

由于解答工作是在很短时间内仓促完成的,难免有很多不妥或错误的地方,敬希读者指正。

张三合、王其俊二同志参加了本册题解的部分工作。

西安交通大学汪立椿同志审阅了初稿,并提出了宝贵的意见,在此我们表示深切的感谢。

编 者

1979 年 12 月

目 录

第十五章	温度和膨胀	1
第十六章	热和热测量	21
第十七章	热的传递	43
第十八章	物质的热性质	67
第十九章	热力学定律	85
第二十章	物质的分子性质	114
第二十一章	行波	127
第二十二章	振动物体	144
第二十三章	声学现象	158

第十五章 温度和膨胀

15-1 若气体的体积保持不变, 当温度为铅的熔点和水的三相点时, 气体压力比的极限值是 2.19816. 问: 铅熔点的开氏温度是多少?

解 根据课文中(15-2)式

$$T_m = (273.16\text{K}) \left(\frac{X_m}{X} \right) = (273.16\text{K}) (2.19816) = 600.45\text{K}$$

15-2 a) 若你在法国生了病, 发烧 40°C , 应否得到关照?

b) 人的正常体温是摄氏多少度?

c) 液态氧的正常沸点是 -182.97°C . 在开氏和兰氏温标中它的值应为多少?

d) 华氏温标和摄氏温标在什么温度时两者读数相等.

解 a) 生病后体温达 40°C 时, 应当引起重视.

b) 人的正常体温是 37°C .

c) 由课文中(15-3)式

$$\begin{aligned} T &= t + 273.15\text{K} \\ &= (-182.97 + 273.15)\text{K} = 90.18\text{K} \end{aligned}$$

由课文中(15-4)式

$$\begin{aligned} T_R &= \frac{9}{5} T \\ &= \frac{(9)(90.18)}{5} ^\circ\text{R} = 162.3^\circ\text{R} \end{aligned}$$

d) 由课文中(15-6)式

$$t_F = \frac{9}{5} t + 32^\circ\text{F}$$

当 $t = t_F$ 时, 有

$$t = t_F = -40^\circ$$

15-3 当美国终于正式采用公制单位时, 在日常应用中, 摄氏温标将很可能取代华氏温标, 试求对应于以下情况的摄氏温度:

a) 凉爽的房间 (68°F); b) 炎热的夏天 (95°F); c) 寒冷的冬天 (5°F).

解 由课文中 (15-6) 式

$$t_F = \frac{9}{5}t + 32^\circ\text{F}$$

得

$$t = \frac{5}{9}(t_F - 32)^\circ\text{C}$$

所以, a) 当 $t_F = 68^\circ\text{F}$ 时

$$t = \left(\frac{5}{9}\right)(68 - 32)^\circ\text{C} = 20^\circ\text{C}$$

b) 当 $t_F = 95^\circ\text{F}$ 时

$$t = \left(\frac{5}{9}\right)(95 - 32)^\circ\text{C} = 35^\circ\text{C}$$

c) 当 $t_F = 5^\circ\text{F}$ 时

$$t = \left(\frac{5}{9}\right)(5 - 32)^\circ\text{C} = -15^\circ\text{C}$$

15-4 用定体气体温度计所作的简单实验中, 当温度为水的三相点时, 压力是 $4.0 \times 10^4 \text{Pa}$, 当温度为水的正常沸点时, 压力是 $5.4 \times 10^4 \text{Pa}$. 根据这些数据, 试问绝对零度在摄氏温标上是多少度?

解 可以相当精确地认为水的三相点在 0°C , 并设它对应于气体温度计的读数为 T_3 . 因为气体温度计一度大小与摄氏温标的相同, 所以, 水的正常沸点 100°C , 对应于气体温度计的读数

$T_B = 100 + T_3$. 由课文中(15-1)式

$$\frac{T_B}{T_3} = \frac{X}{X_3}$$

得

$$\frac{100 + T_3}{T_3} = \frac{5.4 \times 10^4 \text{Pa}}{4 \times 10^4 \text{Pa}}$$

因此

$$T_3 = 285.7 \text{K}$$

所以, 此实验求得绝对零度为摄氏温标 -285.7°C .

15-5 用图 15-6 所示的气体温度计与三相点的水接触时, 相应的压力记录为 5.0cm 水银柱高. 问当它与正常沸点的水接触时, 读得的压力为多少?

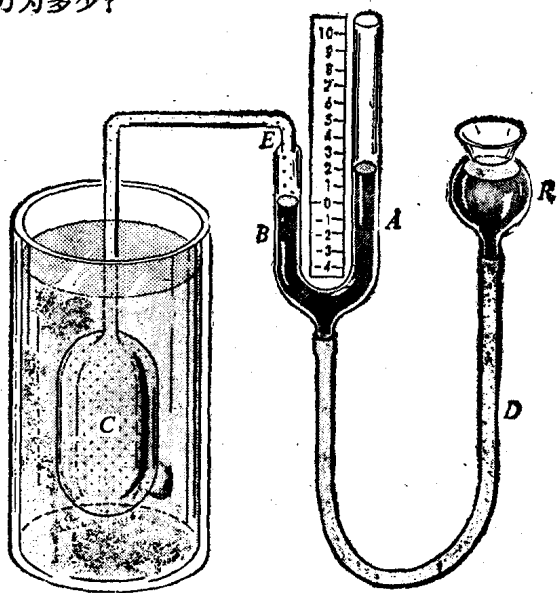


图 15-6

解 在课文(15-1)式

$$\frac{T}{T_3} = \frac{X}{X_3}$$

中, 已知 $T_3 = 273.16\text{K}$, $T = (100 + 273.15)\text{K} = 373.15\text{K}$, $X_3 = 5\text{cm}$ 水银柱高. 所以

$$X = \frac{T}{T_3} X_3 = \frac{(373.15\text{K})(5\text{cm 水银柱高})}{273.15\text{K}} = 6.83\text{cm 水银柱高}$$

15-6 某些金属的电阻随温度(用气体温度计测量)的变化关系近似地为 $R = R_0[1 + \beta(T - T_0)]$, 式中 R_0 是温度 T_0 时的电阻. 某金属的 β 为 0.004K^{-1} .

a) 若 0°C 时电阻值为 100Ω , 问 20°C 时的电阻值为多少?

b) 温度多高时, 电阻值是 200Ω ?

解 已知电阻和温度的关系

$$R = R_0[1 + \beta(T - T_0)]$$

$\beta = 0.004\text{K}^{-1}$. 所以

a) 当 $R_0 = 100\Omega$, $T - T_0 = 20\text{K}$ 时

$$R = (100\Omega)[1 + (0.004\text{K}^{-1})(20\text{K})] = 108\Omega$$

b) 当 $R = 200\Omega$ 时, 有

$$200\Omega = (100\Omega)[1 + 0.004\text{K}^{-1}\Delta T]$$

所以

$$\Delta T = 250\text{K}$$

即 $t = 250^\circ\text{C}$

15-7 一理想气体的压力 p 、体积 V 、摩尔数 n 和开氏温度 T 的关系为 $pV = nRT$. 试证明: 体胀系数等于开氏温度的倒数.

证 体胀系数的定义是

$$\beta = \frac{1}{V} \frac{dV}{dT} (\text{定压})$$

而由式 $pV = nRT$ 有

$$\frac{1}{V} = \frac{p}{nRT} \quad (1)$$

以及在压力 p 不变时

$$\frac{dV}{dT} = \frac{nR}{p} \quad (2)$$

因此, 由(1)式 $\times$ (2)式得

$$\beta = \frac{p}{nRT} \frac{nR}{p} = \frac{1}{T}$$

15-8 a) 对任何物质来说, 密度 ρ 、质量 m 和体积 V 的关系为 $\rho = m/V$. 试证明:

$$\beta = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial T}$$

b) 在 -193°C 和 -13°C 间, 岩盐的密度由经验公式

$$\rho = 2.1680(1 - 11.2 \times 10^{-5}T - 0.5 \times 10^{-7}T^2)$$

给出, T 用摄氏温标. 试计算 -100°C 时的 β 值.

解 a) 对一定质量的物质, 由式 $\rho = \frac{m}{V}$ 得

$$\frac{\partial \rho}{\partial T} = -\frac{m}{V^2} \frac{\partial V}{\partial T} = -\rho \frac{1}{V} \frac{\partial V}{\partial T}$$

所以

$$\beta = \frac{1}{V} \frac{\partial V}{\partial T} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial T}$$

b) 因为 $t = T - 273.15\text{K}$, 所以

$$\frac{\partial \rho}{\partial T} = \frac{\partial \rho}{\partial t} \frac{\partial t}{\partial T} = \frac{\partial \rho}{\partial t}$$

已知 $t = -100^\circ\text{C}$, 因此

$$\begin{aligned} \rho &= (2.1680)[1 - (11.2 \times 10^{-5})(-100) \\ &\quad - (0.5 \times 10^{-7})(-100)^2] \\ &= 2.191 \text{ 密度单位} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \rho}{\partial t} &= (2.1680)[-11.2 \times 10^{-5} - (1 \times 10^{-7})(-100)] \\ &= -22.11 \times 10^{-5} \text{ 密度单位} \cdot (\text{C}^\circ)^{-1} \end{aligned}$$

所以

$$\begin{aligned}\beta &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial T} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial t} \\ &= -\left(\frac{1}{2.191}\right)(-22.11 \times 10^{-5})(\text{C}^\circ)^{-1} \\ &= 10.1 \times 10^{-5}(\text{C}^\circ)^{-1}\end{aligned}$$

15-9 一金属, 在温度由室温 ($T_r=300\text{K}$) 变到该金属熔点 T_m 时, 其体积总变化 ΔV 与最初体积之比, 仍然只是一个很小的分数, 因此

$$\frac{\Delta V}{V} = \int_{T_r}^{T_m} \beta dT$$

由表 15-4 中的数据, 计算表中三种金属的 $\frac{\Delta V}{V}$ 的平均值。

表 15-4

	T_m, K	$\beta, 10^{-5}\text{K}^{-1}$
铜	1360	$43 + 0.022T$
钨	1830	$30 + 0.015T$
铂	2050	$24 + 0.0086T$

解 已知 $T_r=300\text{K}$, 因为

$$\begin{aligned}\frac{\Delta V}{V} &= \int_{T_r}^{T_m} \beta dT = \int_{T_r}^{T_m} (a + bT) dT = a(T_m - T_r) \\ &\quad + \frac{b}{2}(T_m^2 - T_r^2)\end{aligned}$$

所以, 对铜, $a=43 \times 10^{-6}$, $b=0.022 \times 10^{-6}$, $T_m=1360\text{K}$, 因此

$$\begin{aligned}\frac{\Delta V}{V} &= (43 \times 10^{-6})(1360 - 300) \\ &\quad + \left(\frac{0.022 \times 10^{-6}}{2}\right)(1360^2 - 300^2) \\ &= 0.065 = 6.5\%\end{aligned}$$

对钯, $a=30 \times 10^{-6}$, $b=0.015 \times 10^{-6}$, $T_m=1830\text{K}$, 因此

$$\begin{aligned}\frac{\Delta V}{V} &= (30 \times 10^{-6})(1830-300) \\ &\quad + \left(\frac{0.015 \times 10^{-6}}{2} \right) (1830^2 - 300^2) \\ &= 0.0703 = 7.03\%\end{aligned}$$

对铂, $a=24 \times 10^{-6}$, $b=0.0086 \times 10^{-6}$, $T_m=2050\text{K}$, 因此

$$\begin{aligned}\frac{\Delta V}{V} &= (24 \times 10^{-6})(2050-300) \\ &\quad + \left(\frac{0.0086 \times 10^{-6}}{2} \right) (2050^2 - 300^2) \\ &= 0.0597 = 5.97\%\end{aligned}$$

15-10 0°C 时, 体积恰为 1000cm^3 的玻璃烧瓶, 装满同温度的水银. 当烧瓶和水银加热到 100°C 时, 有 15.2cm^3 的水银溢出. 若水银的体胀系数是 $0.000182(\text{C}^\circ)^{-1}$, 试计算玻璃的线胀系数.

解 已知 0°C 时烧瓶和水银的体积同为 $V_0=10^3\text{cm}^3$. 100°C 时, 水银比烧瓶体积大 $\Delta V=15.2\text{cm}^3$. 水银体胀系数 $\beta_m=0.000182(\text{C}^\circ)^{-1}$. 设 100°C 时水银体积为 V_m , 烧瓶体积为 V_g , 体胀系数为 β_g . 则有

$$V_g = V_0(1 + \beta_g \Delta T) \quad (1)$$

$$V_m = V_0(1 + \beta_m \Delta T) \quad (2)$$

由(2)式-(1)式得

$$\Delta V = V_m - V_g = V_0 \beta_m \Delta T - V_0 \beta_g \Delta T$$

所以

$$\begin{aligned}\beta_g &= \beta_m - \frac{\Delta V}{V_0 \Delta T} = \beta_m - \frac{\Delta V}{V_0 \Delta t} \\ &= 0.000182 (\text{C}^\circ)^{-1} - \frac{15.2\text{cm}^3}{(10^3\text{cm}^3)(10^2\text{C}^\circ)} \\ &= 3.0 \times 10^{-5} (\text{C}^\circ)^{-1}\end{aligned}$$

15-11 温度为 20°C 时, 某一烧瓶的体积, 测到颈部参考记号处, 精确地为 100cm^3 . 瓶内液体盛到记号处, 该液体的体胀系数为 $120 \times 10^{-5}(\text{C}^{\circ})^{-1}$, 瓶和液体均为 20°C . 玻璃的线胀系数为 $8 \times 10^{-6}(\text{C}^{\circ})^{-1}$. 烧瓶颈的截面积为 1mm^2 , 且可看作不变. 问: 当温度升高到 40°C 时, 瓶颈中的液体是上升了还是下降了? 上升或下降了多少?

解 已知 20°C 时, 液体和烧瓶的体积均为 $V_0 = 100\text{cm}^3$, 液体和烧瓶的体胀系数分别为 $\beta_l = 120 \times 10^{-5}(\text{C}^{\circ})^{-1}$ 、 $\beta_g = 8 \times 10^{-6}(\text{C}^{\circ})^{-1}$, 烧瓶颈截面积 $A = 10^{-2}\text{cm}^2$, 温度变化 $\Delta T = \Delta t = 20\text{C}^{\circ}$. 设 40°C 时液体和烧瓶的体积分别为 V_l, V_g , 则有

$$V_l = V_0(1 + \beta_l \Delta T) \quad (1)$$

$$V_g = V_0(1 + \beta_g \Delta T) \quad (2)$$

由(1)式-(2)式得

$$V_l - V_g = V_0 \Delta T (\beta_l - \beta_g)$$

因为 $\beta_l > \beta_g$, 所以瓶颈中的液面上升了, 上升的高度是

$$\begin{aligned} h &= \frac{V_l - V_g}{A} = \frac{V_0 \Delta T (\beta_l - \beta_g)}{A} \\ &= \frac{(100\text{cm}^3)(20\text{C}^{\circ})(120 \times 10^{-5}(\text{C}^{\circ})^{-1} - 8 \times 10^{-6}(\text{C}^{\circ})^{-1})}{10^{-2}\text{cm}^2} \\ &= 238\text{cm} \end{aligned}$$

15-12 为了确保紧密配合, 用于飞机构件中的铝铆钉, 都得比铆钉孔稍大一些, 并在铆前用“干冰”(固体 CO_2) 使之冷却. 假定膨胀系数值保持表 15-2 给出的值不变, 设铆钉孔直径为 0.2500in , 当钉铆冷却到 -78°C , 即干冰温度时, 其直径与铆钉孔直径相同. 问: 铆钉在 20°C 时的直径应为多少?

解 已知 -78°C 时的铆钉直径与 20°C 时的铆孔直径相等, 即 $D_0 = 0.2500\text{in}$. 铝的线胀系数 $\bar{\alpha} = \frac{1}{3}\bar{\beta} = 2.4 \times 10^{-5}(\text{C}^{\circ})^{-1}$, 铆钉

经历的温度变化 $\Delta T = \Delta t = 98^\circ\text{C}$ 。设 20°C 时铝铆钉的直径为 D ，则有

$$\begin{aligned} D &= D_0(1 + \bar{\alpha}\Delta T) \\ &= (0.2500\text{in})[1 + (2.4 \times 10^{-5}(\text{C}^\circ)^{-1})(98^\circ\text{C})] \\ &= 0.2506\text{in} \end{aligned}$$

15-13 一根 30.0cm 长的金属棒，当它的温度由 0°C 升高到 100°C 时，膨胀了 0.075cm 。长度一样的另一根不同金属棒，在温度由 0°C 升高到 100°C 时则膨胀了 0.045cm 。用上述两金属材料各一段，端与端相接组成第三根棒，长仍为 30.0cm ，在温度由 0°C 升高到 100°C 时膨胀了 0.065cm 。试求这个复合棒的各段长度。

解 已知 0°C 时三根棒均长 $L_0 = 30\text{cm}$ ，当温度由 0°C 增至 100°C 时，它们分别伸长了 $\Delta L_1 = 0.075\text{cm}$ ， $\Delta L_2 = 0.045\text{cm}$ ， $\Delta L_3 = 0.065\text{cm}$ 。设第一根棒的线胀系数为 $\bar{\alpha}_1$ ，第二根棒为 $\bar{\alpha}_2$ ， 0°C 时复合棒中第一根棒材料部分的长 L'_0 ，则有

$$\begin{aligned} \Delta L_1 &= L_0 \bar{\alpha}_1 \Delta T \\ \Delta L_2 &= L_0 \bar{\alpha}_2 \Delta T \\ \Delta L_3 &= L'_0 \bar{\alpha}_1 \Delta T + (L_0 - L'_0) \bar{\alpha}_2 \Delta T \end{aligned}$$

由以上三式得

$$\begin{aligned} L'_0 &= \frac{\Delta L_3 - \Delta L_2 L_0}{\Delta L_1 - \Delta L_2} \\ &= \frac{(0.065\text{cm} - 0.045\text{cm})(30\text{cm})}{0.075\text{cm} - 0.045\text{cm}} = 20\text{cm} \end{aligned}$$

因此，复合棒中第一、二根棒材料部分的长分别为 20cm 、 10cm 。

15-14 在 20°C 时，于黄铜板上钻一直径为 1.000in 的孔。假定膨胀系数保持不变，问：当板的温度升高到 200°C 时孔的直径是多大？

解 已知在 20°C 时，孔的直径 $D_0 = 1.000\text{in}$ ， $\bar{\alpha} = 2 \times 10^{-5}(\text{C}^\circ)^{-1}$ ，

温度变化 $\Delta T = \Delta t = 180^\circ\text{C}$, 所以

$$\begin{aligned} D &= D_0(1 + \bar{\alpha}\Delta T) \\ &= (1.000\text{in})[1 + (2 \times 10^{-5}(\text{C}^\circ)^{-1})(180\text{C}^\circ)] \\ &= 1.004\text{in} \end{aligned}$$

15-15 假设围绕地球赤道有一钢箍, 在 20°C 时大小恰好吻合. 如果钢箍温度升高 1°C , 那么钢箍与地球的间隔应为多少?

解 已知地球赤道半径 $R_0 = 6.378 \times 10^6\text{m}$, 钢的线胀系数 $\bar{\alpha} = 1.2 \times 10^{-5}(\text{C}^\circ)^{-1}$, 温度变化 $\Delta T = \Delta t = 1(\text{C}^\circ)^{-1}$, 并假定地球大小不随温度变化, 则

$$\begin{aligned} \Delta R &= R - R_0 = R_0 \bar{\alpha} \Delta T \\ &= (6.378 \times 10^6\text{m})(1.2 \times 10^{-5}(\text{C}^\circ)^{-1})(1\text{C}^\circ) \\ &= 76.5\text{m} = 251\text{ft} \end{aligned}$$

15-16 有一台钟在 25°C 时走得很准确, 这时它的摆振动一次所需时间恰为 2s. 摆杆为钢质的, 其质量与摆锤相比可略去不计. a) 当气温降到 15°C 时, 杆的长度的相对变化是多少? b) 15°C 时, 钟每天是快了或慢了几秒? (提示: 用微分)

解 已知钢的线胀系数 $\bar{\alpha} = 1.2 \times 10^{-5}(\text{C}^\circ)^{-1}$, 温度变化 $\Delta T = \Delta t = -10\text{C}^\circ$. 设 25°C 时摆杆长为 L .

a) 摆杆的相对长度变化是

$$\begin{aligned} \frac{\Delta L}{L} &= \bar{\alpha} \Delta t = (1.2 \times 10^{-5}(\text{C}^\circ)^{-1})(-10\text{C}^\circ) \\ &= -1.2 \times 10^{-4} = -0.012\% \end{aligned}$$

负号表示摆长缩短了原长的 0.012%.

b) 由课文中(11-21)式, 摆的周期 T 是

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \quad (1)$$

当温度变化时, 引起 L 变化, 因此 T 也改变. 在题所给的情况下,

这变化都很小, 故有

$$\Delta T = \pi \left(\frac{L}{g} \right)^{-\frac{1}{2}} \frac{\Delta L}{g} \quad (2)$$

由(2)得
(1)

$$\frac{\Delta T}{T} = \frac{1}{2} \frac{\Delta L}{L} = \left(\frac{1}{2} \right) (-1.2 \times 10^{-4}) = -6 \times 10^{-5}$$

或者

$$\Delta T = (-6 \times 10^{-5}) (2s) = -1.2 \times 10^{-4}s$$

负号表示摆每摆动一次比原来少了(或快了) $1.2 \times 10^{-4}s$, 所以一天共少了

$\Delta T' = \Delta T \times$ 摆在 1 天内摆动的次数

$$= (-1.2 \times 10^{-4}s) \left(\frac{1}{2} \right) (24) (60) (60) = -5.18s$$

即一天内钟快了 5.18s.

15-17 一个具有黄铜摆杆的钟, 在某一温度时具有准确的时间指示.

a) 若此钟每天快、慢的时间都不超过 1 秒钟, 那么必须怎样控制温度? 答案和摆的周期有无关系?

b) 温度的升高会使钟走快了还是走慢了?

解 a) 已知黄铜的线胀系数 $\bar{\alpha} = 2 \times 10^{-5} (C^\circ)^{-1}$, 由题 15-16 知

$$\frac{\Delta T}{T} = \frac{1}{2} \frac{\Delta L}{L} = \frac{1}{2} \bar{\alpha} \Delta t \quad (1)$$

$$\Delta T' \geq \left(\frac{\Delta T}{T} \right) (86400s) \quad (2)$$

由(1)、(2)两式得

$$\Delta t \leq \frac{2\Delta T'}{(86400s)\bar{\alpha}} = \frac{(2)(1s)}{(86400s)(2 \times 10^{-5} (C^\circ)^{-1})} = 1.16C^\circ$$

答案与周期无关。

b) 由摆的周期公式

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$

知, 温度升高时 L 变大, T 增加, 所以钟所指示的时间变慢了。

15-18 有一长 2000 ft 的桥。a) 若该桥具有连续跨距, 桥的一端固定, 另一端可自由运动, 问: 自由端在寒冷的冬天 (-20°F) 和炎热的夏天 (100°F) 移动的距离范围约有多大?

b) 若在夏天将桥两端固定起来, 问在冬天, 桥的应力将为多少?

解 a) 假定此桥为一钢桥。已知 $L_0 = 2000 \text{ ft}$, 线胀系数 $\bar{\alpha} = 1.2 \times 10^{-5} (\text{C}^{\circ})^{-1}$, 温度变化 $\Delta T = \Delta t = \frac{(120)(5)}{9} \text{C}^{\circ} = \frac{600}{9} \text{C}^{\circ}$ 。

所以, 桥移动的范围是

$$\begin{aligned}\Delta L &= L_0 \bar{\alpha} \Delta T \\ &= (2000 \text{ ft}) (1.2 \times 10^{-5} (\text{C}^{\circ})^{-1}) \left(\frac{600}{9} \text{C}^{\circ} \right) = 1.6 \text{ ft}\end{aligned}$$

b) 已知钢的杨氏模量 $Y = 29 \times 10^6 \text{ lb} \cdot \text{in}^{-2}$ 。由课文中 (15-15) 式得

$$\begin{aligned}\frac{F}{A} &= Y \bar{\alpha} \Delta T \\ &= (29 \times 10^6 \text{ lb} \cdot \text{in}^{-2}) (1.2 \times 10^{-5} (\text{C}^{\circ})^{-1}) \left(\frac{600}{9} \text{C}^{\circ} \right) \\ &= 2.32 \times 10^4 \text{ lb} \cdot \text{in}^{-2}\end{aligned}$$

15-19 一钢棒的横截面积为 1.5 in^2 。当温度由 520°C 降到 20°C 时, 为阻止它收缩至少需要多大的力?

解 已知钢的线胀系数 $\bar{\alpha} = 1.2 \times 10^{-5} (\text{C}^{\circ})^{-1}$, 杨氏模量 $Y = 29 \times 10^6 \text{ lb} \cdot \text{in}^{-2}$, 钢棒截面 $A = 1.5 \text{ in}^2$, 温度变化 $\Delta T = \Delta t = 500 \text{C}^{\circ}$ 。所以

$$F = AY\bar{\alpha}\Delta T$$

$$= (1.5 \text{ in}^2) (29 \times 10^6 \text{ lb} \cdot \text{in}^{-2}) (1.2 \times 10^{-5} (\text{C}^\circ)^{-1}) (500 \text{C}^\circ) \\ = 2.61 \times 10^5 \text{ lb}$$

15-20 a) 一条钢丝在 20°C 时长 10ft, 当加热到 520°C 时, 长度增加了 $\frac{3}{4}\text{in}$, 试计算它的平均线胀系数. b) 若在 520°C 时, 将钢丝伸直拉紧, 在不允许收缩的情况下冷却到 20°C , 试求钢丝中的应力.

解 a) 已知 $\Delta L = \frac{3}{4}\text{in}$, $L_0 = 10 \text{ ft} = 120 \text{ in}$, $\Delta T = \Delta t = 500\text{C}^\circ$,

所以由

$$\Delta L = L_0 \bar{\alpha} \Delta T$$

得

$$\bar{\alpha} = \frac{\Delta L}{L_0 \Delta T} = \frac{\frac{3}{4} \text{ in}}{(120 \text{ in}) (500 \text{C}^\circ)} = 1.25 \times 10^{-5} (\text{C}^\circ)^{-1}$$

b) 已知钢的杨氏模量 $Y = 29 \times 10^6 \text{ lb} \cdot \text{in}^{-2}$, 所以

$$\frac{F}{A} = Y \bar{\alpha} \Delta T \\ = (29 \times 10^6 \text{ lb} \cdot \text{in}^{-2}) (1.25 \times 10^{-5} (\text{C}^\circ)^{-1}) (500 \text{C}^\circ) \\ = 1.81 \times 10^5 \text{ lb} \cdot \text{in}^{-2}$$

15-21 今有直径相同的两根铜棒, 一根长为 40cm, 另一根长为 36cm, 端对端地相接起来, 放在两个刚性支架之间, 两棒中最初没有应力. 今若将两棒的温度升高 50°C , 问每一根棒中的应力是多少?

解 已知钢棒、铜棒分别长为 $L_1 = 40 \text{ cm}$, $L_2 = 36 \text{ cm}$, 它们的杨氏模量分别是 $Y_1 = 2.0 \times 10^{11} \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$, $Y_2 = 1.1 \times 10^{11} \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$, 平均线胀系数分别是 $\bar{\alpha}_1 = 1.2 \times 10^{-5} (\text{C}^\circ)^{-1}$, $\bar{\alpha}_2 = 1.4 \times 10^{-5} (\text{C}^\circ)^{-1}$, 温度变化 $\Delta T = \Delta t = 50\text{C}^\circ$.