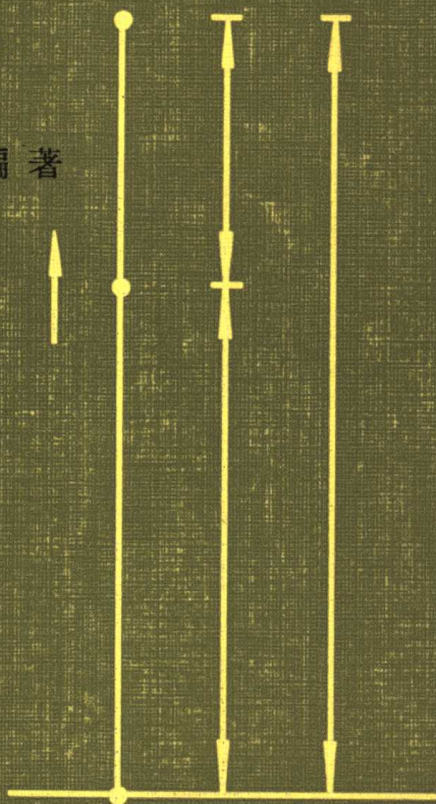


中學物理計算指導

上 冊

陳 既 諒 編 著



商 務 印 書 館

N. K. S.

G 633.7
C 448

中學物理計算指導

上 冊

商 務 印 書 館

中學物理計算指導

陳既詒編著

出版者 商務印書館香港分館
香港皇后大道中三十五號

印刷者 商務印書館香港印刷廠
香港九龍炮仗街七十五號

*** 版權所有 ***

1976年7月初版 1978年5月重印

前 言

這本書依照現行中學物理課程標準編輯而成，適合中學教師參考及中學生作為物理科課外複習讀物之用。

全書共分兩冊。各章內容主要包括三部分：（一）定義、定理、定律及公式摘要；（二）公式運用舉例；（三）習題計算。其中側重物理問題之計算。

本書列入的公式，若為一般中學課本缺少者，均附精簡的推導，使讀者能更清楚該公式的來源。本書列舉的例題，常為一般同學最感困惑者。讀者若能深入了解，自能掌握一切有關問題的計算步驟，其困難即可迎刃而解。本書編入的習題，多與現行中學物理課本有連繫，讀者能觸類旁通，得到啟發。例題或習題中，有*符號者，即為歷年會考試題。

陳既詒謹識

一九七五年十月

目 錄

第一章	溫 度	1
第二章	固體和液體的膨脹	6
第三章	氣體的膨脹	24
第四章	熱量及比熱	42
第五章	物態的變化	54
第六章	大氣中的水汽	66
第七章	熱的傳導	73
第八章	光度學	79
第九章	光的反射	86
第十章	光的折射	113
第十一章	透鏡與光學儀器	137
第十二章	向 量	177
第十三章	位移、速度和加速度	193
第十四章	運動定律	243
第十五章	拋射運動、圓周運動和簡諧運動	296
第十六章	平衡力、力矩、剛體上力的平衡	338
第十七章	功與能、熱和功	372
第十八章	萬有引力和重力	398
第十九章	摩 擦	417
第二十章	簡單機械	437

第一章 溫 度

I 公 式

$$(1) \quad C = \frac{5}{9} (F - 32)$$

$$(2) \quad F = \frac{9}{5} C + 32$$

$$(3) \quad T = \theta + 273$$

C 代表攝氏溫標的度數 (*Celsius scale*)。在一個大氣壓下，水的沸點是 $100^{\circ}C$ ，冰點是 $0^{\circ}C$ ，其間分 100 間隔。

F 代表華氏溫標的度數 (*Fahrenheit scale*)。在一個大氣壓下，水的沸點是 $212^{\circ}F$ ，冰點是 $32^{\circ}F$ ，其間分 180 間隔。

T 代表絕對溫標的度數，或稱 愷氏溫度 (*Absolute or Kelvin scale of temperature*)，記號是 K 。公式 (3) 中的 θ 是攝氏度數，故絕對零度相當 $-273^{\circ}C$ 。

II 例 題

1. 人的體溫是 $98.4^{\circ}F$ 。若依攝氏計算，該是幾度？

解 由公式 (1)，以 $F = 98.4$ 代入

$$C = \frac{5}{9} (98.4 - 32)$$

$$= 36.9$$

答：人的體溫是 36.9°C 。

2. 一溫度計的讀數冰點是 -0.5 ，沸點是 100.5 。問正確溫度 60°C 時，該溫度計的讀數如何？

解 這溫度計的冰點與沸點間的間隔數：

$$100.5 - (-0.5) = 101$$

標準溫度計冰點與沸點間的間隔數是 100。

正確溫度 60°C 時，該溫度計液柱面高出冰點的間隔數是

$$\frac{101}{100} \times 60 = 60.6$$

讀數是 $60.6 - 0.5 = 60.1$

答：這時溫度計的讀數是 60.1 。

3. 在壓力不變時，氣體的體積與絕對溫度成正比。今有氣體在標準狀況 ($N. T. P.$) 下，體積是 1.365 立方公尺。求溫度 23°C 時的體積。

解 標準狀況下溫度是 0°C ，即 273°K ，

$$\text{故 } T_1 = 273^{\circ}\text{K}$$

$$T_2 = (273 + 23)^{\circ}\text{K}$$

$$V_1 = 1.365 (\text{m}^3)$$

$$\text{因 } V_2 : V_1 = T_2 : T_1$$

$$\text{故 } V_2 = \frac{V_1 T_2}{T_1}$$

$$= 1.48 (\text{m}^3)$$

答：這時氣體體積是 1.48 立方公尺。

III 習 題

1. 有一水銀溫度計，冰點與沸點間距離 192 毫米。求水銀柱在冰點上 67.2 毫米時的攝氏度數。

2. 將絕對零度化為華氏表度數。

3. 某物質的熔點是 143.6°F 。問該是絕對溫度幾度？

4. 有一讀數不準確的華氏溫度計，放在熔解的冰塊內，讀數是 35° ；放在標準氣壓下的蒸汽中，讀數是 210° 。假若這溫度計的讀數是 70° ，問正確溫度該是華氏幾度？

5. 正確溫度是 55°C 時，一個不準確的華氏溫度計是 133° 。求華氏表的誤差度數。

6. 把適當的數據，填在下列各題的空格內：

(a) 水銀約在 -40°F 凝結成固體。這溫度合攝氏_____度；絕對溫度_____度。

(b) 在攝氏溫度_____度時，華氏溫度的讀數恰為攝氏的 2 倍。

(c) 液態氮蒸發時可達 -272.18°C ，合華氏_____度。

(d) 人體正常溫度是 37°C ，相當於華氏_____度。

(e) 酒精在 -144°C 凝固，相當華氏_____度；絕對溫度_____度。

IV 習題計算指導

1. 依攝氏表計算，冰點和沸點間共分 100 間隔，每一間隔，

表示 1 度。設這時溫度為 $\theta^{\circ}\text{C}$,

$$\begin{aligned}\theta &= \frac{67.2}{192} \times 100 \\ &= 35\end{aligned}$$

答：這時該是 35°C 。

$$\begin{aligned}2. \text{由公式(2)} \quad F &= \frac{9}{5} \times (-273) + 32 \\ &= -459.4\end{aligned}$$

答：絕對零度是 -459.4°F 。

$$\begin{aligned}3. \text{由公式(1)} \quad C &= \frac{5}{9} \times (143.6 - 32) \\ &= 62\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{由公式(3)} \quad T &= 62 + 273 \\ &= 335\end{aligned}$$

答：該物質熔點是 335°K 。

4. 這溫度計在冰點與沸點間的間隔數：

$$210 - 35 = 175$$

$$\begin{aligned}\text{正確華氏度數} \quad F &= \frac{180}{175} \times (70 - 35) + 32 \\ &= 68\end{aligned}$$

答：正確度數是 68°F 。

$$5. \text{正確的華氏度數應是 } \frac{9}{5} \times 55 + 32 = 131$$

$$\text{誤差度數} \quad 133^{\circ} - 131^{\circ} = 2^{\circ}$$

答：華氏表的誤差度數為 2° 。

6. (a) - 40, 233

(b) 160

(c) - 457.9

(d) 98.6

(e) - 227.2, 129

第二章 固體和液體的膨脹

I 定 義

一、**固體綫脹係數** 當溫度升高攝氏一度時，固體所引起的綫度增長跟它在 0°C 時的綫度之比，這個比值稱曰綫脹係數 (*Coefficient of linear expansion*)。通常以希臘字母 α 表示綫脹係數。

二、**固體面脹係數** 當溫度上升攝氏一度時，固體所引起的面積增大跟它在 0°C 時的面積之比，這個比值稱曰面脹係數 (*Coefficient of superficial expansion*)。通常以希臘字母 β 表示。

三、**固體體脹係數** 當溫度上升攝氏一度時，固體所引起的體積增大跟它在 0°C 時的體積之比，這個比值稱曰體脹係數 (*Coefficient of cubical expansion*)。通常以希臘字母 γ 表示。

四、**液體的真膨脹係數** 將液體盛載在容器內加熱，當溫度上升攝氏一度時，單位體積的液體的真正膨脹量，稱曰真膨脹係數 (*Coefficient of real expansion*)。通常以希臘字母 γ_r 表示。

五、**液體的視膨脹係數** 液體盛在容器內加熱，當溫度上升攝氏一度時，所表現出的膨脹量，稱曰該液體的視膨脹係數 (*Coefficient of apparent expansion*)。通常以希臘字母 γ_a 表示。

II 公 式

$$(1) \text{綫脹係數} = \frac{\text{延長量}}{\text{原長} \times \text{溫度變化}}$$

$$\alpha = \frac{l_{\theta} - l_0}{l_0 \theta} \quad \text{或} \quad l_{\theta} = l_0 (1 + \alpha \theta)$$

延 長 量 = 原長 $\times$ 綫脹係數 $\times$ 溫度變化

$$e = l_0 \alpha \theta$$

$$(2) \text{面脹係數} = \frac{\text{所增面積}}{\text{原面積} \times \text{溫度變化}}$$

$$\beta = \frac{A_{\theta} - A_0}{A_0 \theta} \quad \text{或} \quad A_{\theta} = A_0 (1 + \beta \theta)$$

所 增 面 積 = 原面積 $\times$ 面脹係數 $\times$ 溫度變化

$$a = A_0 \beta \theta \quad (\beta = 2\alpha)$$

$$(3) \text{體脹係數} = \frac{\text{所增體積}}{\text{原體積} \times \text{溫度變化}}$$

$$\gamma = \frac{V_{\theta} - V_0}{V_0 \theta} \quad \text{或} \quad V_{\theta} = V_0 (1 + \gamma \theta)$$

所 增 體 積 = 原體積 $\times$ 體脹係數 $\times$ 溫度變化

$$v = V_0 \gamma \theta \quad (\gamma = 3\alpha)$$

液體 (4) 由重量溫度計 (*Weight thermometer*) 實驗結果的推算:

$$\text{視膨脹係數} = \frac{\text{排出液體的質量}}{\text{存留液體質量} \times \text{溫度變化}}$$

$$\gamma_a = \frac{m_1 - m_2}{m_2 \theta}$$

(5) 視膨脹係數與真膨脹係數的關係：

真膨脹係數 = 視膨脹係數 + 容器體膨脹係數

$$\gamma_r = \gamma_a + \gamma_g$$

(6) 密度 (*Density*)、溫度 (*Temperature*) 與真膨脹係數的關係：

$$\frac{\text{原有密度}}{\text{受熱密度}} = 1 + \text{真膨脹係數} \times \text{溫度變化}$$

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = 1 + \gamma_r \theta$$

上述各膨脹係數，在國際單位 (*S. I. unit*) 中，都用 K^{-1} ，或 $/^{\circ}C$ 表示。

III 例 題

1. $20^{\circ}C$ 時，一支由黃銅及鐵片製成的雙金屬棒長 10 厘米。若將棒平放在均勻的火焰上加熱，黃銅片向下；結果，鐵片的溫度達 $770^{\circ}C$ ，黃銅片溫度達 $820^{\circ}C$ 。求加熱後黃銅片與鐵片長度相差多少？（黃銅與鐵的線脹係數各為 $0.000019/^{\circ}C$ 及 $0.000012/^{\circ}C$ ）。

解 黃銅片的溫度變化是

$$820^{\circ}C - 20^{\circ}C = 800^{\circ}C$$

鐵片的溫度變化是

$$770^{\circ}C - 20^{\circ}C = 750^{\circ}C$$

由公式(1)

$$\begin{aligned}\text{黃銅片的延長量 } e_c &= 10 \times 0.000019 \times 800 \text{ (厘米)} \\ &= 0.152 \text{ (厘米)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{鐵片的延長量 } e_i &= 10 \times 0.000012 \times 750 \text{ (厘米)} \\ &= 0.09 \text{ (厘米)}\end{aligned}$$

$$\text{所求 } e_c - e_i = 0.152 - 0.09 = 0.062 \text{ (厘米)}$$

答：兩金屬片長度差 0.062 厘米。

2. 0°C 時，一正方形的金屬片每邊長 100 厘米，片中開有一個直徑 40 厘米的圓孔。當此金屬片受熱後，邊長增至 101 厘米。求此時金屬片的溫度；又這時圓孔的直徑為何？（金屬的線脹係數是 $0.0000125/^\circ\text{C}$ ）

解 金屬片每邊延長 $101 \text{ 厘米} - 100 \text{ 厘米} = 1 \text{ 厘米}$

$$\begin{aligned}\text{由公式(1)} \quad 1 &= 100 \times 0.0000125 \theta \\ \theta &= 800^\circ\text{C}\end{aligned}$$

圓孔直徑原長 $l_0 = 40 \text{ 厘米}$

$$\begin{aligned}\text{由公式(1)} \quad l_\theta &= 40 (1 + 0.0000125 \times 800) \text{ 厘米} \\ &= 40.4 \text{ 厘米}\end{aligned}$$

答：金屬片的溫度是 800°C ；圓孔直徑 40.4 厘米。

3. 20°C 時，一黃銅立方塊每邊長 2 厘米。求在溫度 80°C 時黃銅塊之邊長、面積、體積及密度。（黃銅密度 6.8 克/厘米³；線脹係數 $2.0 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$ ）

$$\begin{aligned}\text{解 溫度變化} \quad \theta &= 80^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C} \\ &= 60^\circ\text{C}\end{aligned}$$

原來一邊長度 $l_0 = 2 \text{ 厘米}$

原來一面面積 $A_0 = 2^2 = 4 \text{ (厘米}^2\text{)}$

原來體積	$V_0 = 2^3 = 8 \text{ (厘米}^3\text{)}$
原來密度	$\rho_1 = 6.8 \text{ 克/厘米}^3$
綫脹係數	$\alpha = 2.0 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$
面脹係數	$\beta = 2\alpha = 4.0 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$
體脹係數	$\gamma = 3\alpha = 6.0 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$
由公式(1)	$l_\theta = 2(1 + 2.0 \times 10^{-5} \times 60)$ $= 2.0024 \text{ (厘米)}$
由公式(2)	$A_\theta = 4(1 + 4.0 \times 10^{-5} \times 60)$ $= 4.0096 \text{ (厘米}^2\text{)}$
由公式(3)	$V_\theta = 8(1 + 6.0 \times 10^{-5} \times 60)$ $= 8.0288 \text{ (厘米}^3\text{)}$

由公式(6) $\frac{\rho_1}{\rho_2} = 1 + \gamma_r \theta$

$$\rho_2 = \frac{\rho_1}{1 + \gamma_r \theta}$$

$$= \frac{6.8}{1 + 6.0 \times 10^{-5} \times 60}$$

$$= 6.775 \text{ (克/厘米}^3\text{)}$$

答：當溫度升至 80°C 時，黃銅塊的邊長 2.0024 厘米，面積 4.0096 厘米²，體積 8.0288 厘米³，密度 6.775 克/厘米³。

4. 10°C 時，一瓶盛水 50 克，加熱至 40°C 時，僅盛水 49.58 克。求水之視膨脹係數。又假若該瓶的體脹係數是 $0.000015/^\circ\text{C}$ ，求水之真膨脹係數。

解 水原來質量 $m_1 = 50 \text{ 克}$

加熱後剩餘質量 $m_2 = 49.58$ 克

溫度變化 $\theta = 40^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C} = 30^\circ\text{C}$

由公式(4), 水的視膨脹係數

$$\begin{aligned}\gamma_s &= \frac{50 - 49.58}{49.58 \times 30} \\ &= 0.000282/^\circ\text{C}\end{aligned}$$

由公式(5), 水的真膨脹係數

$$\begin{aligned}\gamma_r &= 0.000282 + 0.000015 \\ &= 0.000297/^\circ\text{C}\end{aligned}$$

答: 水的視膨脹係數是 $0.000282/^\circ\text{C}$; 真膨脹係數是 $0.000297/^\circ\text{C}$ 。

5. 0°C 時, 松節油體積是 100 立方厘米。求溫度升至 100°C 時松節油的體積及密度。(松節油在 0°C 時之密度是 0.87 克/厘米³, 真膨脹係數是 $0.00094/^\circ\text{C}$)

解 原有密度 $\rho_1 = 0.87$ 克/厘米³

真膨脹係數 $\gamma_r = 0.00094/^\circ\text{C}$

溫度變化 $\theta = 100^\circ\text{C}$

代入公式(6); 當溫度升至 100°C 時, 其密度

$$\begin{aligned}\rho_2 &= \frac{0.87}{1 + 0.00094 \times 100} \\ &= 0.08 \text{ (克/厘米}^3\text{)}\end{aligned}$$

受熱後體積 $V_\theta = 100 (1 + 0.00094 \times 100)$
 $= 109.4 \text{ (厘米}^3\text{)}$

答: 松節油的體積是 109.4 立方厘米; 密度是 0.08 克/立方厘米。

IV 習 題

1. 銅的綫脹係數是 $0.000018/^{\circ}\text{C}$ ，問銅升高 1°F 之綫膨脹量是多少？

* 2. 在 0°C 時，每邊一吋之銅立方體，在 100°C 時，每邊增長若干？體積增加若干？（銅之綫脹係數為 $0.000018/^{\circ}\text{C}$ ）

* 3. 某銅綫自 0°C 升至 100°C 時，伸長 0.38 厘米，該銅綫的綫脹係數是 $1.9 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ ，則此銅綫在 0°C 之長度為何？

* 4. 固體的綫脹係數：面脹係數：體脹係數 = ？

5. 5°C 時，一米尺實長 99.777 厘米，在 35°C 時，實長 100.011 厘米。求米尺的綫脹係數，及在何溫度下米尺恰長一米。

6. 一黃銅桿 0°C 時長 2.5 公尺，在 80°C 時長 2.504 公尺。另一黃銅塊 0°C 時體積是 240 厘米³，求黃銅塊在 60°C 時之體積。

7. 0°C 時，一玻璃片長 4 米，闊 3 米，恰能鑲入一鐵框內。求室溫 40°C 時，玻璃片與鐵框間之隙縫面積為何？（綫脹係數：玻璃 = $8.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ，鐵 = $1.2 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ ）

8. (a) 10°C 時，一黃銅環直徑為 40 厘米。熱至 200°C 時它的直徑是若干？

(b) 一鐵球的直徑是 40.1 厘米。問將黃銅環加熱至多少度始能讓鐵球通過，且球與環間周圍留下 0.05 厘米空隙？（黃銅綫脹係數 = $2.0 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ ）

9. 15°C 時，鋼條及黃銅條各長 50 厘米，浸入油中，熱至 $^{\circ}\text{C}$ ，兩者長度相差 0.065 厘米。求 $^{\circ}\text{C}$ 之值。（鋼及銅之綫脹係數分別是 $1.2 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ 及 $2 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ ）