

初級物理學

第 二 冊

(熱學和分子物理學)

主編者 R. C. 蘭茨別爾格

譯者 王 子 昌

上海中外書局出版

初 級 物 理 學

第 二 冊

(熱學和分子物理學)

主 編 者 Г. С. 蘭茨別爾格
(蘇聯科學院院士)

譯 者 王 子 昌

上 海 中 外 書 局 出 版

初 級 物 理 學

(第二冊熱學和分子物理學)

原書名 ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ УЧЕБНИК ФИЗИКИ ЧАСТЬ
ВТОРАЯ (ТЕПЛОТА. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА)

原 主 編 [蘇聯] Г. С. ЛАНДСБЕРГ

原 出 版 者 ГОСТЕХИЗДАТ

原出版版次 1948 年版

譯 者 王 子 昌

校 閱 者 張 鍾 俊

出 版 者 中 外 書 局

發 行 者 上海中山東一路 18 號

印 刷 者 國 光 印 書 局

上海大沽路 383 弄 32 號

版權所有 ★ 不可翻印

書號: 0041—2 開本: $787 \times 1092, \frac{1}{25}$ 印張: $7 \frac{5}{25}$

字數: 145 千字 定價: 九角

1954 年 8 月第一版第一次印刷 印數 0001—3000 冊

1955 年 1 月第一版第二次印刷 印數 3001—4000 冊

1955 年 3 月第一版第三次印刷 印數 4001—5000 冊

內 容 大 要

本書係蘇聯國立技術理論書籍出版社出版的，由蘇聯科學院院士 T.C. 蘭茨別爾格主編。本書原本共分三冊出版，參加本書編寫工作者總計有十餘人，原書第一冊包括第一篇（力學）和第二篇（熱學和分子物理學）於 1948 年出版。

本書內容是原書第一冊的第二篇共分：固體和液體的膨脹、熱功當量、能量守恆原理、氣體的性質、分子學說、液體的性質、固體的性質、固體物體和液態物體的互相轉變、彈性和硬性、蒸汽的性質、大氣內的水汽、氣象學、熱機等十章。

目 錄

第 二 篇 熱學和分子物理學

第 一 章 固體和液體的膨脹

§ 1-1. 固體和液體的熱膨脹.....	1
§ 1-2. 溫度計.....	3
§ 1-3. 線脹公式.....	5
§ 1-4. 體脹公式.....	8
§ 1-5. 線脹係數和體脹係數間的關係	10
§ 1-6. 液體體脹係數的測定	10
§ 1-7. 水的膨脹特性	11

第 二 章 熱功當量. 能量守恆原理

§ 2-1. 在具有摩擦力的運動中物體狀態的變化	13
§ 2-2. 熱功當量的測定	14
§ 2-3. 熱量	15
§ 2-4. 卡	16
§ 2-5. 物體內能與它的質量及物質間的關係	17
§ 2-6. 物體的熱容量	18
§ 2-7. 比熱	18
§ 2-8. 量熱器. 比熱的測定.....	19
§ 2-9. 能量守恆原理	22
§ 2-10. “永恆運動機”的不可能	23

第 三 章 氣體的性質

§ 3-1.	氣體的壓強	25
§ 3-2.	波義耳-馬利奧特定律	26
§ 3-3.	表明波義耳-馬利奧特定律的公式	28
§ 3-4.	表明波義耳-馬利奧特定律的線圖	29
§ 3-5.	氣體密度與壓強的關係	30
§ 3-6.	各種氣體的密度	31
§ 3-7.	氣體壓強與體積隨溫度的變化	31
§ 3-8.	氣體體積與溫度的關係(給呂薩克定律)	32
§ 3-9.	氣體壓強與溫度的關係(查理定律)	33
§ 3-10.	表明查理定律的公式	34
§ 3-11.	表明查理定律與給呂薩克定律的線圖	36
§ 3-12.	絕對溫度	37
§ 3-13.	氣體溫度計	38
§ 3-14.	氣體的體積和絕對溫度	39
§ 3-15.	氣體密度與溫度的關係	40
§ 3-16.	道耳頓定律	40
§ 3-17.	氣體狀態的綜合定律	41
§ 3-18.	氣體的相對密度	43

第 四 章 分子學說

§ 4-1.	分子和原子	45
§ 4-2.	原子和分子的大小	46
§ 4-3.	阿伏伽德羅定律	47
§ 4-4.	克分子, 阿伏伽德羅數	48
§ 4-5.	擴散, 分子運動	49
§ 4-6.	在氣體、液體和固體中的分子運動	50
§ 4-7.	量度氣體分子運動速度的一個方法(施鐵倫實驗)	52

§ 4-8	用分子學說來解釋波義耳—馬利奧特定律	53
§ 4-9	氣體分子的速度	54
§ 4-10	布朗運動	56
§ 4-11	從分子觀點來說明查理定律·氣體分子運動速度和溫度的關係 ·	57
§ 4-12	從分子觀點來說明物體的內能	57
§ 4-13	氣體壓縮和膨脹時的溫度變化	58
§ 4-14	氣體的熱容量	59
§ 4-15	分子熱容量	60

第 五 章 液體的性質

§ 5-1	分子力	62
§ 5-2	表面能	64
§ 5-3	表面張力	67
§ 5-4	液膜	69
§ 5-5	表面張力與溫度的關係	70
§ 5-6	沾濕與不沾濕	71
§ 5-7	浮游選礦法	73
§ 5-8	物體表面上分子的排列	75
§ 5-9	毛細現象	76
§ 5-10	細管中液體上升高度的計算	78
§ 5-11	吸附作用	79
§ 5-12	氣體的溶解	81
§ 5-13	液體的相互溶解	83
§ 5-14	固體在液體中的溶解度	83

第 六 章 固體的性質·固態物體和液態物體的互相轉變

§ 6-1	晶體和非晶體	86
§ 6-2	晶體點陣	89
§ 6-3	結晶	92

§ 6-4.	熔解和凝固	92
§ 6-5.	熔解熱	94
§ 6-6.	通冷	96
§ 6-7.	物質密度在熔解時的改變	97
§ 6-8.	合金	98
§ 6-9.	溶液的凝固	99
§ 6-10.	冷却劑	100
§ 6-11.	固體的改變	101

第 七 章 彈性和硬性

§ 7-1.	引言	103
§ 7-2.	彈性的物體和受範的物體	103
§ 7-3.	彈性形變的種類	104
§ 7-4.	伸長和壓縮	104
§ 7-5.	切變和扭轉	106
§ 7-6.	彎曲	107
§ 7-7.	剛性	109
§ 7-8.	硬性	110
§ 7-9.	彈性力 胡克定律	110
§ 7-10.	受範形變的斷裂	111
§ 7-11.	物體形變時發生些什麼	111
§ 7-12.	物體形變時能量的改變	112

第 八 章 蒸汽的性質

§ 8-1.	蒸發和凝結	113
§ 8-2.	飽和蒸汽和未飽和蒸汽	113
§ 8-3.	液體和飽和蒸汽的混合物的體積改變時所發生的現象	115
§ 8-4.	對於蒸汽的道耳頓定律	116
§ 8-5.	蒸發時的分子情況	117

§ 8-6.	溫度對飽和蒸汽壓強的影響	118
§ 8-7.	沸騰	120
§ 8-8	蒸發熱	123
§ 8-9	蒸發時的冷卻	125
§ 8-10.	液體變成蒸汽時內能的改變	126
§ 8-11.	液體具有彎曲表面的蒸發	127
§ 8-12.	液體的過熱	129
§ 8-13.	氣體的液化	129
§ 8-14.	臨界溫度	130
§ 8-15.	工業上的氣體液化	132
§ 8-16.	真空技術	135

第 九 章 大氣內的水汽、氣象學

§ 9-1.	運流層和同溫層	137
§ 9-2.	地球的熱平衡	137
§ 9-3.	運流層內空氣的運動	139
§ 9-4.	大氣的組成	144
§ 9-5	空氣的濕度	144
§ 9-6.	露點	146
§ 9-7.	凝結核	148
§ 9-8.	霧和雲	149
§ 9-9.	降水	150
§ 9-10.	在地面上降水的分佈	150
§ 9-11.	潮濕空氣沿鉛直方向運動時的溫度變化	151
§ 9-12	天氣預告站	152

第 十 章 熱 機

§ 10-1.	熱力原動機做功的必需條件	155
§ 10 2.	蒸汽動力站	155

§ 10-3. 蒸汽鍋爐.....	157
§ 10-4. 汽輪機.....	158
§ 10-5. 活塞蒸汽機.....	159
§ 10-6. 冷凝器.....	160
§ 10-7. 熱力原動機的效率.....	161
§ 10-8. 蒸汽動力站的效率.....	162
§ 10-9. 汽油內燃機.....	164
§ 10-10. 汽油內燃機的效率.....	168
§ 10-11. 狄塞耳原動機.....	168
§ 10-12. 槍砲.....	169
§ 10-13. 熱量從冷體轉移到熱體.....	171

第二篇 熱學和分子物理學

第一章 固體和液體的熱膨脹

§ 1-1. 固體和液體的熱膨脹。簡單的實驗和觀察使我們確信，當溫度增高時，物體的尺寸將略為增大，而在冷卻時又回復到原來的尺寸。例如，如果在水平地拉着的錄段中（圖 1-1）通過電流來使它變熱，

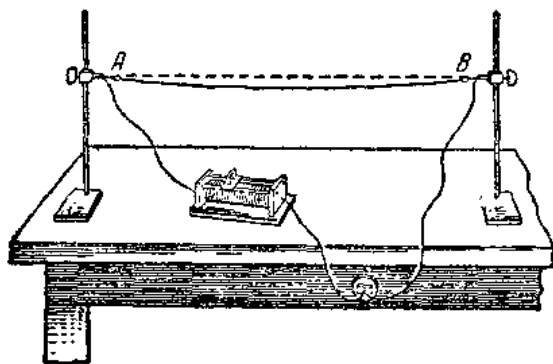


圖 1-1. 當錄段 AB 被電流所變熱時，它的長度將增長而下垂。在電路開斷後，錄段又回復到它原先的位置。

如錄段的直徑）也是要增大的。物體在溫度增高時線度尺寸的變化稱為熱線膨脹（簡稱線脹）。

在溫度上昇相同的情形下，各種材料的線脹是不同的。這可從下述的實驗來看到。圖 1-2 中所示的是鉚接着的兩塊材料不同的板（例如鐵的

那末這錄段將顯著地下垂，但在電流停止通過，錄段冷卻後，它又回復到原先的位置。由於熱膨脹的緣故，灼熱的鐵螺釘會不能旋入它自己的螺帽中。

在溫度增高時，不但祇是物體的長度要增長，其他的線度尺寸（例

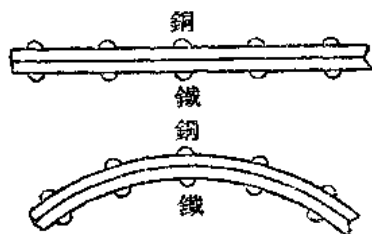


圖 1-2. 由銅片和鐵片所鉚接成的複板將在溫度昇高後發生彎曲。

和銅的)。如果在室溫時它們是直的(圖 1-2 上邊),那末在溫度升高後它們將發生彎曲(圖 1-2 下邊)。這指出,銅的線脹比鐵的線脹要大些。由這實驗也可知,常溫度變化時,由數種線脹不同部份所組成的物體的形狀,將發生變化,因而具有形變。這就是說,這物體的一個部份將對另一部份發生力的作用(參閱力學部份 § 2-3)。這些溫度變化時物體中所出現的內應力,是很常見的一個現象。有時這現象是由組成物體各種材料熱膨脹的不同所發生,像上述實驗中所示的。例如,上釉瓷器在加熱時所發生的應力。大家知道,這應力時常會使釉質脫落。在其他的情形中,應力的出現是由物體不均勻加熱所致的。例如,當灼熱的水剛倒入玻璃杯中時,玻璃杯是處於應力形態之下的,因而時常會裂破。這是由於玻璃杯內部首先變熱因而向外膨脹的緣故。如果杯子是由相當薄的玻璃所做成,那末它的各部份會得很快地一起變熱,因而不致有應力產生。

固體由於熱膨脹發生形變時所致的應力可能是很大的。在許多工程部門中,這情形必須加以注意。曾經發生過這樣的一樁事情:白天鉗接好的鐵橋,在夜半溫度下降時由於很多鉚釘斷掉而破壞。為了避免相似的現象,必須設法使建築物在溫度變化時可以自由地膨脹和縮小,例如,蒸汽管上所裝置的成為 Ω 形狀的膨脹圈(圖 1-3)。

物體線度尺寸的增大是與它體積的增大(體膨脹)同時發生的。



圖 1-3. 蒸汽管中裝置着的膨脹圈,使管 A 和管 B 間得以自由地伸縮。

因為液體並不具有一定的形狀,所以我們不能講它的熱線膨脹。液體的熱體膨脹是不難觀察到的。在一個燒瓶內,灌進一些有色的水或其他液體,用附有玻璃管的塞子塞好(圖 1-4 甲),並使一部份的液體進入管中。如果把燒瓶下部浸在熱水中,那末管中的液體將首先下降(圖 1-4 乙),然後又上昇(圖 1-4 丙)。

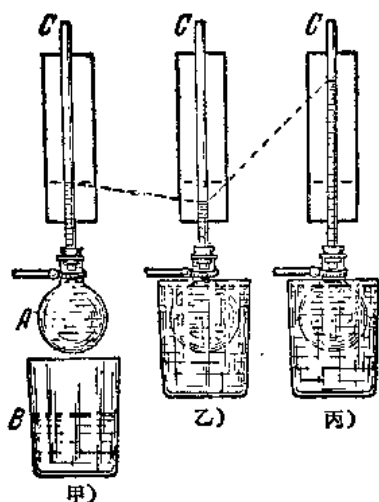


圖 1-4. (甲) 在燒瓶 A 下面放了一杯熱水 B。(乙) 當燒瓶浸到熱水中時液體首先在管 C 中下降。(丙) 隔了一些時間後，管中的液面將上升到高出燒瓶加熱以前的高度。

什麼不同？〔答〕鋼的熱膨脹程度比木材的大些。

習題 3. 鋼琴的弦是拉在鐵框上的。問當溫度的變化很慢以緻琴弦和鐵框的溫度總是相同時，弦的拉力會發生變化嗎（鐵和鋼的熱膨脹程度是幾乎一樣的）？

〔答〕不會發生變化。

習題 4. 銅鎳錫合金是用來銲接電燈中的電極的。這種合金的熱脹與玻璃的相同。如果我們不用這一合金而用銅來銲接（銅的熱脹程度要比玻璃的大得多），那末將發生什麼結果？

〔答〕電燈泡要漏氣。

§ 1-2. 溫度計。大家知道，可以利用物體變熱時的膨脹來製造測定物體溫度的儀器——溫度計。

通常的液體溫度計是由封閉的毛細玻璃管和聯接管下端的一個小容器所構成（圖 1-5）。小容器和毛細

這實驗的結果指出些什麼呢？起初液面的下降表明，在液體還未變熱前燒瓶首先膨脹；俟後液體也漸漸變熱，它的上昇表明，液體的膨脹程度要較玻璃的來得大些。

以後我們將看到，在加熱時不同液體的膨脹是不同的，例如火油的膨脹程度要比水的大些。

習題 1. 問當爐竈昇火時，鐵爐竈上的甬窿直徑將發生怎樣變化？

〔答〕增大。

習題 2. 當三弦琴從溫暖的室內拿到寒冷的戶外時，它的弦將拉得很緊。問由上述的現象可以知道鋼和木材的熱膨脹有



圖 1-5. 實驗室用的液體溫度計。

管的一部份內貯有液體(水銀、酒精、甲苯等)。溫度計浸在裏面的媒質的溫度,可由毛細管中液面的位置來決定。溫度計的刻度是由下述的方法來規定。當溫度計的小容器放在熔解的雪中時,管中液面所在的位置,用數字 0 標出。當溫度計的小容器放在標準壓強下(760 毫米水銀柱)沸騰的水的蒸汽中時,管中液面的位置用數字 100 標出。在這兩個位置中間的部份,均勻地分成 100 格。這樣分出的每一格稱為度,用符號 $^{\circ}\text{C}$ 表明(例如 18°C)。在 0°C 以下和 100°C 以上的刻度間的距離,與 0°C 和 100°C 之間的相等(攝氏溫度計或百度溫度計)。

上述的溫度計,當然祇能在其中所貯有的物質是液態時的溫度情形下應用。例如,我們並不能應用水銀溫度計來測定低於 -39°C 的溫度,因為這時水銀要凝成固體。

上述規定溫度度數的方法,在一定的程度上是任意的。溫度計管內液面的上昇,與液體的性質以及玻璃的種類有關。顯然地,即使兩個溫度計的刻度都是依據上述的方法仔細地規定下來的,如果它們所用的材料是不同的話,那末我們還是不能保證它們的讀數會得很正確地一致。

事實上,如果把水銀溫度計上 0°C 和 100°C 之間的距離分成 100 格,那末當這溫度計中充以其他的物質時,每格間的距離並不都是一樣的。所以,我們必須選定一種構造一定的溫度計,而把其他的溫度計來和它相比。**氣體溫度計**就是這樣選定的溫度計,在這種溫度計中,溫度的升高是依據氣體壓強的增大來確定的。氣體溫度計的構造,我們將在 § 3-13 中討論。現在祇指出,仔細製造的水銀溫度計的讀數與氣體溫度計的讀數相差極微。

液體溫度計的大小和形狀,依據它們的用途而不同。標尺上每格表示的度數也是不同的,有 1° 、 0.1° 或 0.01° 等。

當然,溫度計祇能指出與它接觸着那一部份液體的溫度。如果我們要知道的是某一容積的液體的溫度,那末必須把這些液體細心地攪

動。此外，這一容積不應過少，否則溫度計的插入將使該容積液體的溫度發生變化。

圖 1-6 中所示的是應該怎樣獲得溫度計讀數的方法。必須用一隻眼睛（另一隻眼睛緊閉）來看，並且視線須與標尺垂直。如果不遵守上述規則，那末得到的讀數就不會準確（圖 1-7）。

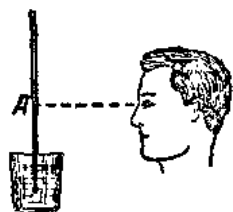


圖 1-6. 怎樣求得溫度計的讀數。A 是水銀溫度計的液面。

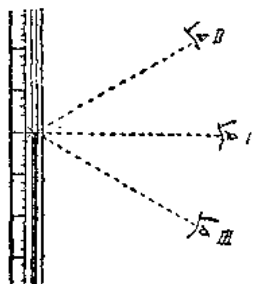


圖 1-7. 如果眼睛的位置太高(II)，所得的溫度計讀數將比眼睛位置正常時(I)的小些，而當眼睛位置太低時(III)，所得的讀數將太大。

不可把通常的溫度

計從溫度待測的液體中拉出後再來觀察它的讀數，因為溫度計拉出後，讀數要發生改變。

有時我們應用特種的溫度計來得到最高或最低的溫度。流行很廣的體溫計就是一個記錄最高溫度的溫度計（圖 1-8）。在這種溫度計的容器中，鑄着一根細的玻璃絲，它的一部份進入溫度計的管子內，使它具有一個狹道。如果水銀要從管子中經過這一狹道而縮回到容器中，必須具有很

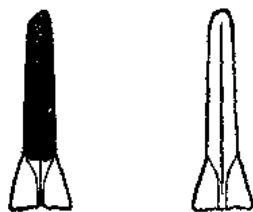


圖 1-8. 右邊：體溫計容器的構造簡圖（未裝水銀），容器中間具有一根細的玻璃絲。左邊：裝了水銀後在室溫時的容器。玻璃絲使管子中的水銀柱不能回到容器中。

大的壓強。所以當溫度計冷卻時，水銀柱將在狹道處斷掉，因而留在管子中的水銀柱將指出病人腋下的最高溫度。要使管子中的水銀回到容器中，必須把體溫計使動抖動。

習題 5. 試用放大倍數很高的放大鏡來觀察體溫計的構造。注意進入體溫計管中的細玻璃絲。

§ 1-3. 線脹公式。 量度的結果指出，同一物體在不同溫度時的膨脹程度是不同的：高溫度時的熱膨脹程度要比低溫度時大些。但它們的差別是很小的，因之當溫度的變化不大時，這種差別可以不計，而當做物體尺寸的變化與它的溫度變化成正比例。

設物體在起始溫度（例如室溫） t 時的長度是 l ，而在溫度變為 t' 時

的長度是 l' 。因之，當溫度增加 $(t' - t)^\circ$ 時，物體長度的增加等於 $l' - l$ 。

依據上述的假設，當溫度改變 1° 時這物體長度的變化將等於 $\frac{l' - l}{t' - t}$ 。

這是整個物體長度的總增加量；物體的長度愈長，長度的總增加愈多。

要得到做成物體的材料的热膨脹特性，我們必須求出物體每單位長度的增加量，即物體增加的長度對物體在一定“標準”狀況下的長度的比值。所謂標準狀況下的長度，通常當做是物體在 0°C 時的長度 l_0 。

因之，表明材料熱膨脹特性的物理量是線脹係數 $\alpha = \frac{l' - l}{l_0(t' - t)}$ 。因為大多數物體的热膨脹是很小的，所以 0°C 時的長度 l_0 ，與其他溫度時（例如室溫時）的長度 l 相差不多。所以，在線脹係數的公式中， l_0 可用 l 來代替，而把這公式寫為：

$$\alpha = \frac{l' - l}{l(t' - t)} \quad (1)$$

由上式可見，線脹係數的單位是度⁻¹。

在上式中，由於不用了 l_0 的緣故，祇須測定溫度改變 $(t' - t)^\circ$ 時的長度變化 $(l' - l)$ 以及物體的起始長度 l ，就可由它算出線脹係數 α 。

通常應用沸水（在大氣壓強下）的蒸汽來對物體加熱的，因而 $t' = 100^\circ\text{C}$ 。

圖 1-9 中所示的是一個測定金屬由室溫加熱到 100°C 時的線脹係數的簡單儀器。首先量出金屬管在室溫下 A 與 B 兩點間的長度，並記下具有兩個刀口鉸刀 D 上裝置着的指針的位置 C。然後在 AB 管中通過蒸汽使它變熱到 100°C ，於是管的長度增加。這時端點 B 向右移動到位置 B'，並使鉸刀上邊的刀口以它下邊的刀口為軸而發生轉動，因而指針 C 的位置將轉動到新的位置 C'。因為指針要比鉸刀長得多，所以管子端點 B 的小移動將與指針端的大移動相對應。如果指針 C 的長度是 S，鉸刀兩個刀口間的長度是 s，那末由相似三角形的關係，指針的位移 CC' 與鉸刀上邊刀口位移 BB' 之比，等於 S 與 s 之比。所以，

$$\frac{BB'}{CC'} = \frac{s}{S}, \text{ 即 } BB' = CC' \frac{s}{S}.$$

量出 CC' 的長度，我們就可求出管子從室溫加熱到 100°C 時所增加的長度，因而決定
了管子材料的線
脹係數。

現在已有許多方法在大的溫度變化範圍內來測定各種材料的線脹係數。

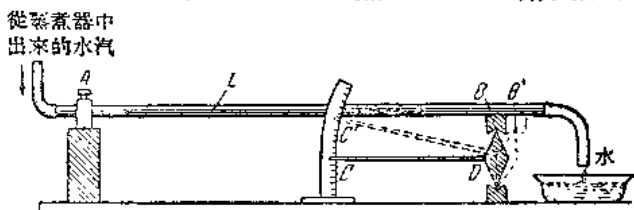


圖 1-9. 測定做成金屬管 AB 的材料由室溫加熱到 100°C 時線脹係數的簡單儀器。

表 1 列出各種材料線脹係數的數值。

表 1. 各種材料的線脹係數 ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)

鋁	0.000 024	銅	0.000 017
鎂	0.000 004	鉛	0.000 029
木材(順纖維)	0.000 006	玻璃(約值)	0.000 01
鐵	0.000 012	陶瓷(約值)	0.000 003
殷鋼(鐵鎳等的合金)	0.000 0015	鋅	0.000 029
黃銅	0.000 018	水晶(結晶的)	0.000 010
		水晶(熔製的)	0.000 0004

請注意上表中殷鋼和熔製水晶的很小線脹係數。殷鋼可應用於精密的儀器中，例如用來製造準確時鐘的擺，就可使時鐘的快慢與溫度無關。精密量度中(例如大地測量中)應用的標準尺，也是由殷鋼所做成。水晶的容器不會在溫度劇烈變化時裂破(例如，把燒紅的水晶容器浸入水中，這容器仍完整不發生裂縫)。這是由於水晶的熱膨脹很小，因而即使相隣部份的溫度相差懸殊時，容器中所產生的應力還是非常微小的。

知道了線脹係數，我們就可算出物體在任意(不太高的)溫度*時

* 當溫度的變化很大時，公式(1)和(1')就不能應用。