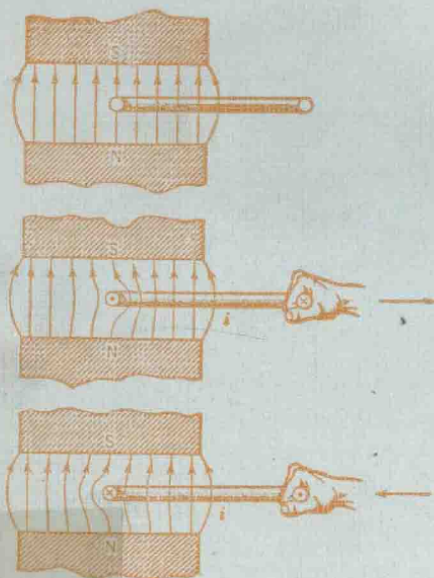


實用 物理學

第二冊

源欽節 編著



大中國圖書公司印行

實 用

物 理 學

第 二 冊

茆 欽 源 編 著

大 中 國 圖 書 公 司 印 行

物 理 學

第二冊 目 錄

頁數

第十六章 溫度與物態變化.....305~324

16-1 熱力學第零定律.....	305
16-2 溫度的測定.....	306
習題 16-1	309
16-3 精確溫標與實用溫標.....	310
習題 16-2	313
16-4 物體的膨脹.....	314
習題 16-3	319
16-5 物態的變化.....	320
習題 16-4	323

第十七章 熱力學第一定律.....325~346

17-1 熱與熱功當量.....	325
習題 17-1	327
17-2 熱容量與比熱.....	327
習題 17-2	330
17-3 熱與功.....	331
習題 17-3	335
17-4 熱力學第一定律.....	335
習題 17-4	338
17-5 一些特殊的熱力過程.....	339

習題 17-5	344
---------------	-----

第十八章 熱力學第二定律與熵.....347~370

18-1 過程與循環.....	347
習題 18-1	352
18-2 卡諾循環.....	352
習題 18-2	358
18-3 熱力學第二定律的定性陳述.....	359
習題 18-3	362
18-4* 熵.....	362
習題 18-4	367
18-5* 熱力學第二定律的定量陳述.....	367
習題 18-5	369

第十九章 熱機與熱傳.....371~392

19-1 熱機與效率.....	371
習題 19-1	375
19-2 幾種實際熱機的簡介.....	375
習題 19-2	381
19-3 熱的傳播.....	382
19-4 傳導.....	383
習題 19-3	386
19-5 對流.....	387
19-6 輻射.....	389
習題 19-4	390

第二十章 氣體動力學與統計力學.....393~414

20-1 常觀與微觀的描述.....	393
--------------------	-----

20-2 理想氣體.....	394
習題 20-1	397
20-3* 壓力與溫度的微觀描述.....	397
習題 20-2	402
20-4* 理想氣體的修正.....	402
習題 20-3	404
20-5* 能量等配原理.....	404
習題 20-4	408
20-6* 氣體中分子速率的分佈.....	409
習題 20-5	411
20-7* 氣體分子的運動.....	411
習題 20-6	414

第二十一章 電荷與庫侖定律.....415~432

21-1 電荷.....	415
21-2 驗電裝置.....	416
21-3 電荷與物質.....	419
習題 21-1	421
21-4 靜電感應.....	422
習題 21-2	424
21-5 電荷守恆與量子化.....	424
21-6 庫侖定律.....	426
習題 21-3	430

第二十二章 電場與高斯定律.....433~454

22-1 電場.....	433
習題 22-1	435
22-2 電力線.....	435
習題 22-2	437

22-3 分立電荷所建立的電場	438
習題 22-3	440
22-4* 連續電荷所建立的電場	441
習題 22-4	444
22-5* 高斯定律	445
習題 22-5	447
22-6* 具有對稱的電荷分佈所建立的電場	448
習題 22-6	450
22-7 電荷在電場中的運動	451
習題 22-7	453

第二十三章 電 位.....455~478

23-1 電位差與電位	455
習題 23-1	457
23-2* 電位與電場的關係	458
習題 23-2	460
23-3 分立的電荷分佈所建立的電位	460
習題 23-3	462
23-4* 連續的電荷分佈所建立的電位	463
習題 23-4	466
23-5 等位線與等位面	467
習題 23-5	469
23-6 電位能	469
習題 23-6	475
23-7* 電偶極在電場中的電位能	475
習題 23-7	477

第二十四章 電流與電路.....479~510

24-1 電流與電流密度	479
--------------	-----

習題 24-1	483
24-2 電阻與歐姆定律	484
習題 24-2	489
24-3 電動勢	489
24-4 電路中的能量	491
習題 24-3	493
24-5 克希荷夫定理	494
習題 24-4	497
24-6 電路的求解	498
習題 24-5	501
24-7* 用電常識	503
習題 24-6	508
 第二十五章 電容與電介質	511~538
25-1 電容	511
習題 25-1	515
25-2* 電容的計算	515
習題 25-2	519
25-3* 電介質對電容的效應	521
習題 25-3	524
25-4* 高斯定律的再討論	525
習題 25-4	529
25-5 電容所儲存的能量	530
習題 25-5	532
25-6 含有電容器的電路 (RC 電路)	534
習題 25-6	537
 第二十六章 磁場與電流	539~572
26-1 磁鐵與磁場	539
26-2* 磁性物質	543

26-3 磁通密度(磁場) B 與磁場強度 H	546
習題 26-1	548
26-4* 白-沙定律	548
習題 26-2	553
26-5 安培定律.....	554
習題 26-3	560
26-6 磁場對運動電荷的作用.....	562
習題 26-4	564
26-7 磁場對通電導線的作用.....	565
習題 26-5	569
26-8* 電場與磁場的比較——磁學的高斯定律.....	571

第二十七章 電磁感應.....573~598

27-1 法拉第實驗.....	573
27-2 法拉第定律.....	574
習題 27-1	577
27-3* 線圈運動時所造成的感應.....	578
習題 27-2	581
27-4* 磁場隨時間變動所造成的感應.....	583
習題 27-3	586
27-5* 電感.....	588
習題 27-4	591
27-6* 含有電感器的電路(LR 電路).....	591
習題 27-5	594
27-7 電感器中所儲存的能量.....	594
習題 27-6	597

第二十八章 電磁振盪與電磁波.....599~620

28-1 LC 振盪電路.....	599
習題 28-1	603

28-2 安培定律的修正.....	604
習題 28-2	607
28-3 電磁波.....	608
習題 28-3	613
28-4* 電磁波的能量與動量.....	614
習題 28-4	617
28-5* 電磁波的波譜與接收.....	617
習題 28-5	620
 第二十九章 交流電路.....	621~650
29-1 交流電的有效值(rms 值)	621
習題 29-1	624
29-2 單元件電路.....	624
習題 29-2	630
29-3 二元件電路.....	630
習題 29-3	636
29-4 <i>LCR</i> 串聯電路	637
習題 29-4	640
29-5* <i>LCR</i> 並聯電路	641
習題 29-5	644
29-6* 共振.....	644
習題 29-6	647
29-7* 電路的消耗功率.....	648
習題 29-7	649
 第三十章 應用電學.....	651~680
30-1 各種電路元件與符號.....	651
30-2 電池.....	651
30-3* 庫倫計.....	656

30-4* 熱電偶.....	657
30-5 電流計.....	658
30-6 伏特計與電位計.....	660
習題 30-1	662
30-7 安培計.....	663
習題 30-2	664
30-8* 歐姆表.....	664
30-9 變壓器.....	665
30-10 發電機.....	667
30-11 馬達.....	669
30-12 交流電表.....	669
30-13* 感應圈與點火裝置	672
30-14* 繼電器	674
30-15* 擴音器與電話	674
30-16* 發射機與接收機	676
30-17* 真空管與電晶體	677
習題 30-3	679

第十六章 溫度與物態變化

16-1 熱力學第零定律

16-4 物體的膨脹

16-2 溫度的測定

習題 16-3

習題 16-1

16-5 物態的變化

16-3 精確溫標與實用溫標

習題 16-4

習題 16-2

熱脹冷縮是常識，冷熱的標準要以溫度做基礎，所以本章先談溫度的定義。任何因冷熱而變化的性質，均可用作溫度的測定。目前溫度的精確度量採用定容理想氣體溫度計。

16-1 熱力學第零定律

觸覺可分辨物體的冷熱，由接觸可決定 A 比 B 熱、 B 比 C 熱等等，此乃人類對溫度(*temperature*)的感覺。但用這種方式決定溫度非常主觀，在科學上毫無用處。若將左手浸入熱水中，右手浸入冷水中，然後將雙手浸入不冷不熱的水中，會覺得左手之水較冷而右手之水較熱。我們對溫度的判斷往往不够明確，對溫度感覺的範圍也有限，故需要客觀、有數值的溫度測量。

若兩物體 A 、 B 冷熱不同，令二物彼此接觸。經過一段時間後， A 和 B 會有相同的溫度感覺，則稱 A 與 B 處於熱平衡(*thermal equilibrium*)。“二物體在熱平衡中”意指兩物體若相接觸，其各自的冷熱狀態不變，整個系統將在熱平衡狀態。由實驗歸納可得熱力學第零定律(*the zeroth law of thermodynamics*)。它是說：

若系統 A 與系統 B 均各與第三系統 C (即溫度計) 爲熱平衡，則 A 與 B 兩系統互爲熱平衡。

A 與 B 熱平衡表示 A 、 B 具有相同的溫度，所以熱力學第零定律是溫度測定的基礎。圖 16-1 是第零定律的圖示。

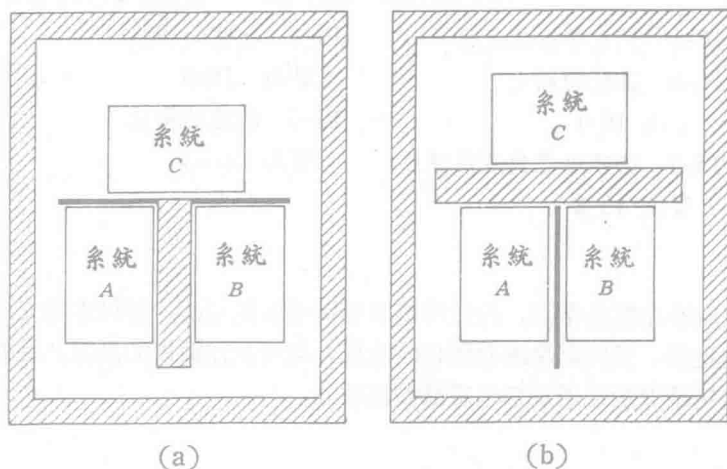


圖 16-1 熱力學第零定律(斜線表絕熱): 若 A 與 B 各與 C 處於熱平衡(a), 則 A 與 B 處於熱平衡(b)。

16-2 溫度的測定

溫度變化時，許多物理量的物理性質亦有變化，像液體體積、桿的長度、金屬線的電阻、體積一定的氣體壓力、定壓下的氣體體積和燈絲的顏色等。此等性質均可用以造溫度計，即選擇特定之測溫物質和該物質之特定性質而制定溫標，例如，測溫物質可以是玻璃毛細管中之液體，測溫性質即為液柱的長度，若測溫物質是空氣中保持一定體積之氣體，測溫性質即為氣體的壓力。

設已選定測溫物質，令 X 代表欲用以制定溫標之測溫性質。設 X 的線性函數為溫度 T ，則與此物質成熱平衡之任何系統的溫度可寫為：

$$T(X) = aX$$

式中 a 是待求之常數。例如，水銀溫度計之水銀柱每改變一單位長度時，溫度也改變一定之量。因此，用相同溫度計所量得兩溫度之比，等於其對 X 之比，亦即

$$\frac{T(X_1)}{T(X_2)} = \frac{X_1}{X_2}$$

決定常數 a ，即校準溫度計。首先定一標準點，在該點所有溫度計的讀數必須同為溫度 T 。選擇冰、液體水和水蒸汽平衡共存時的溫度為此定點，稱為水的三相點(*triple point of water*)。必須在一定的壓力下方能抵達這點，且是獨一無二之點。在三相點的水蒸汽壓力是 4.58 毫米水銀柱，在此標準定點的溫度任意定為凱氏 273.16 度，簡寫為 273.16°K。凱氏一度是一單位的溫度區間。圖 16-2 是三相點的裝置。

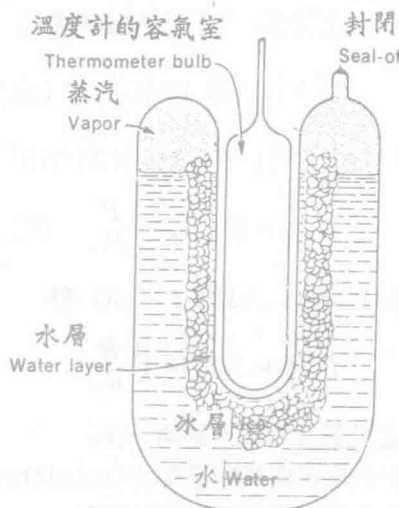


圖 16-2 三相點的裝置

若用下誌 tr 表示在三相點之值，則對任何溫度計為

$$\frac{T(X)}{T(X_{tr})} = \frac{X}{X_{tr}}$$

對所有溫度計均為

$$T(X_{tr}) = 273.16^\circ\text{K}$$

故

$$T(X) = 273.16^\circ\text{K} \frac{X}{X_{tr}}$$

因此，當測溫性質之值為 X ，則所選溫標的溫度為 T ，以 $^\circ\text{K}$ 為單位；以 X 和 X_{tr} 之值代入方程式的右端即得溫度 $T(X)$ 。

上式可用於數種溫度計，如為液體在玻璃管中之溫度計， X 即是液柱高度 L ，則得

$$T(L) = 273.16^\circ\text{K} \frac{L}{L_{tr}}$$

如為壓力一定之氣體， X 即是氣體體積 V ，得

$$T(V) = 273.16^\circ\text{K} \frac{V}{V_{tr}} \quad (\text{定壓})$$

至於體積一定之氣體， X 即是氣體壓力 P ，得

$$T(P) = 273.16^\circ\text{K} \frac{P}{P_{tr}} \quad (\text{定容})$$

至於鉑電阻溫度計， X 即是電阻 R ，得

$$T(R) = 273.16^\circ\text{K} \frac{R}{R_{tr}}$$

其他各種溫物質和測溫性質均一樣。

圖 16-3 是定容氣體溫度計 (constant-volume gas thermometer)， h 可表示容氣室內氣體的壓力。

若氣體體積保持一定，則其壓力與溫度有關，溫度升高，壓力增加。定容溫度計用定容時之壓力為其測溫性質。

圖 16-3 所示之容氣室 B ，由玻璃、瓷、石英、鉑或鉑鈹合金製

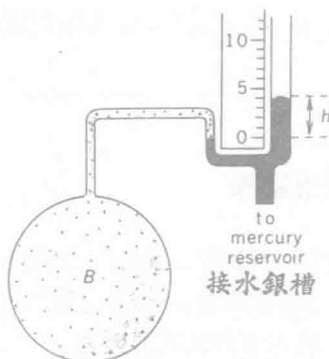


圖 16-3 定容氣體溫度計

成，以毛細管與水銀壓力計相連。室中盛有氣體，置於待測溫度之環境中；移動 U 形管之右臂使左臂之水銀與零點重合，則室中氣體保持一定。然後讀水銀柱高，室中氣體壓力即是兩水銀柱之高度差（乘以 ρg ）加上氣壓表所示之大氣壓力。

【例 1.】設某物的長度對溫度的效應非常靈敏，在三相點時長 L_0 ，在某時刻發現其長度變為 $1.1L_0$ ，若長度的變化在線性範圍內，問此時之溫度為何？

【解】該物之測溫性質即長度，故 $X=L$ ，即

$$T = 273.16^\circ\text{K} \frac{1.1L_0}{L_0} = 273.16 \times 1.1^\circ\text{K} = 300.48^\circ\text{K}$$

習題 16-1

1. 電阻溫度計(Resistance thermometer)之性質乃利用電阻來測其溫度，此種溫度計測出的溫度以 $^\circ\text{K}$ 表示之，並可定義為與電阻 R 成正比， R 以歐姆表示。一電阻溫度計，當其玻璃泡置於三相點溫度的水中時，其電阻為 90.35 歐姆，若玻璃泡置於一周圍使它的電阻具有 96.28 歐姆，試求此溫度計之讀數？
2. 晶體放大器的放大率或增益隨溫度而定。一放大器在溫室 (20°C) 時之增益

爲 30.0，在 55°C 時測爲 35.2。若增益與溫度有線性關係，試求在 30°C 其增益爲何？

16-3 精確溫標與實用溫標

將一定量之氣體置於定容氣體溫度計的容氣室內。標準狀況下，若欲測量水的沸點，需行兩個步驟。第一是量三相點的壓力 P_{tr} ，再量水沸點時的壓力 P_b ，代入下列公式即得

$$T(\text{水的沸點}) = 273.16^\circ\text{K} \frac{P_b}{P_{tr}}$$

現在若將容氣室內的氣體之量改變(但體積不變)，重複上述的步驟，結果 P_{tr} 、 P_b 都變了，可是其比值 P_b/P_{tr} 却很接近，約等於 1.37。若容氣室內的氣體易以其他氣體，再作實驗， P_b/P_{tr} 的比值亦約等於 1.37，換句話說，不管用什麼氣體，氣體之量多少，所測得水的沸點均約等於

$$T(\text{水的沸點}) \approx 273.16 \times 1.37 = 373^\circ\text{K}$$

但是如果精細分析，就會發現，使用不同的氣體，或使用不同量的氣體，所得之溫度並不相等，有微小的差異。圖 16-4 表幾種氣體在不同數量下(以 P_{tr} 表示，因氣體之量有所變化時，欲保持相同體積， P_{tr} 勢必變化)所量得水沸點的溫度。圖 16-4 之縱軸已過份放大，以顯示溫度之差異。

這種對同一狀態(即水之沸點)表現微略不同的溫度值，使得溫度的量度無法精確。但從圖 16-4 可看出若將氣體之量減少(即 P_{tr} 減小)，所測得溫度之差異隨之減小，若氣體變成非常稀薄(即 P_{tr} 變成很小)時，無論使用何種氣體，所測得的溫度均爲 273.16°K 。換句話說，要精確地測得某一狀態的溫度，使其不因測溫物質而異，須使用非常稀薄的氣體才行(即使 P_{tr} 趨近零)，這種氣體我們稱之爲理想

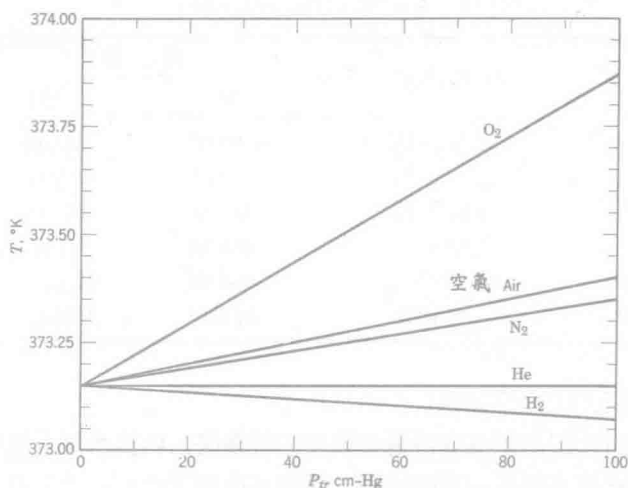


圖 16-4 定容氣體溫度計使用不同氣體，在不同量的氣體下所測得水沸點之溫度有微小的差異。

氣體，這種溫標稱為理想氣體溫標(*ideal gas temperature scale*)。由圖中可看出氦最接近理想氣體。理想氣體溫標是精確可行且具有明確定義的溫標，目前的溫度標準是以定容的理想氣體溫標為基礎，即

$$T = 273.16^{\circ}\text{K} \lim_{P_{tr} \rightarrow 0} \left(\frac{P}{P_{tr}} \right) \quad (\text{定容})$$

這種溫度與測溫物質無關，以 $^{\circ}\text{K}$ 做單位，又叫 凱氏溫標 (*Kelvin scale*)。

決定理想氣體溫度是件費力的事，在工作上用此步驟決定溫度並不恰當。往往採用國際實用溫標(IPTS) (*The International Practical Temperature Scale*) 為實際應用之標度，像工業上或科學儀器之校驗。此種標度由一套實際最接近凱氏溫標之方法所組成，採用一組定點，且制定一套儀器用以內插此定點之間的過度。IPTS 和凱氏標度之差別在於諸定點間之溫度，但其差別常可忽略。表 16-1 列