



量測科技股份有限公司
Measurement Technology Co.,Ltd

溫度計量測原理與應用



工研院新創事業-量測科技(股)公司
南區服務部-林進亮

E-mail:mtc523820@measuretek.com.tw

TEL:07-3551551-124

FAX:07-3551547

2024.6.25~27



溫度的基本概念

一、溫度定點：

沸騰中的水(在海平面上) → 攝氏溫標所採用的定點(100°C)

融解中的冰 → (0°C)

健康人體的腋溫 → 華氏溫標所採用的定點(96°F)

純物質的“相”平衡點 → 目前國際溫標所採用的定點

這些溫度的“陸標”(landmarks)稱為溫度計的定點

二、克(凱)氏熱力學溫標：新定義由固定數值的波茲曼常數 $k=1.380649\times 10^{-23}$ 來表示

國際間同意而做為溫度的基本表示法--SI {原級標準:聲學氣體溫度計}

符號：T 單位：克(凱)耳文(K) {新定義以 $\text{J}\cdot\text{K}^{-1}$ 為單位，即 $\text{kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ }

$T(\text{TPW}) = 273.16\text{K}$ (水三相點 0.01°C)

熱力學攝氏溫度： $t^{\circ}\text{C} = (T - 273.15)\text{K}$ (絕對溫度)



溫度的基本概念

* 熱與溫度的關係：

溫度因熱的傳輸而造成溫差(Temperature difference).

熱的傳輸方式：傳導(conduction)

對流(convection)

輻射(radiation)

* 溫度標尺間的關係式：

攝氏($^{\circ}\text{C}$) = $(^{\circ}\text{F}-32) \times 5/9$ ； 華氏($^{\circ}\text{F}$) = $1.8 \times ^{\circ}\text{C}+32$

凱氏 (K) = $^{\circ}\text{C}+273.15$ ； 蘭金($^{\circ}\text{R}$) = $(^{\circ}\text{C}+273.15) \times 1.8$



國際單位的七個基本量

INTERNATIONAL SYSTEM OF UNITS

—SI—

Base Quantity	Base Unit Name	Base Unit Symbol
length 長度	meter	m
*mass 質量	kilogram	kg
time 時間	second	s
*electric current 電流	ampere	A
*Thermodynamic temperature 熱力學溫度	kelvin	K
*amount of substance 物質質量	mole	mol
luminous intensity 光強度	candela	cd

- 根據2019_BIPM SI新定義，公斤、安培、克耳文及莫耳四個基本單位改為以固定物理常數的精確值的方式定義，這些常數分別為普朗克常數（ h ）、基本電荷（ e ）、波茲曼常數（ k_B ）及亞佛加厥常數（ N_A ）；秒、公尺和燭光此前已經以固定物理常數值的方式定義，它們的新定義在舊定義的基礎上作了修正。

※2006年版《國際單位制手冊》就已有描述這幾個常數，但在此版本中三個常數被定義為

「由實驗所得的常數」，而不是「定義所用的常數」。

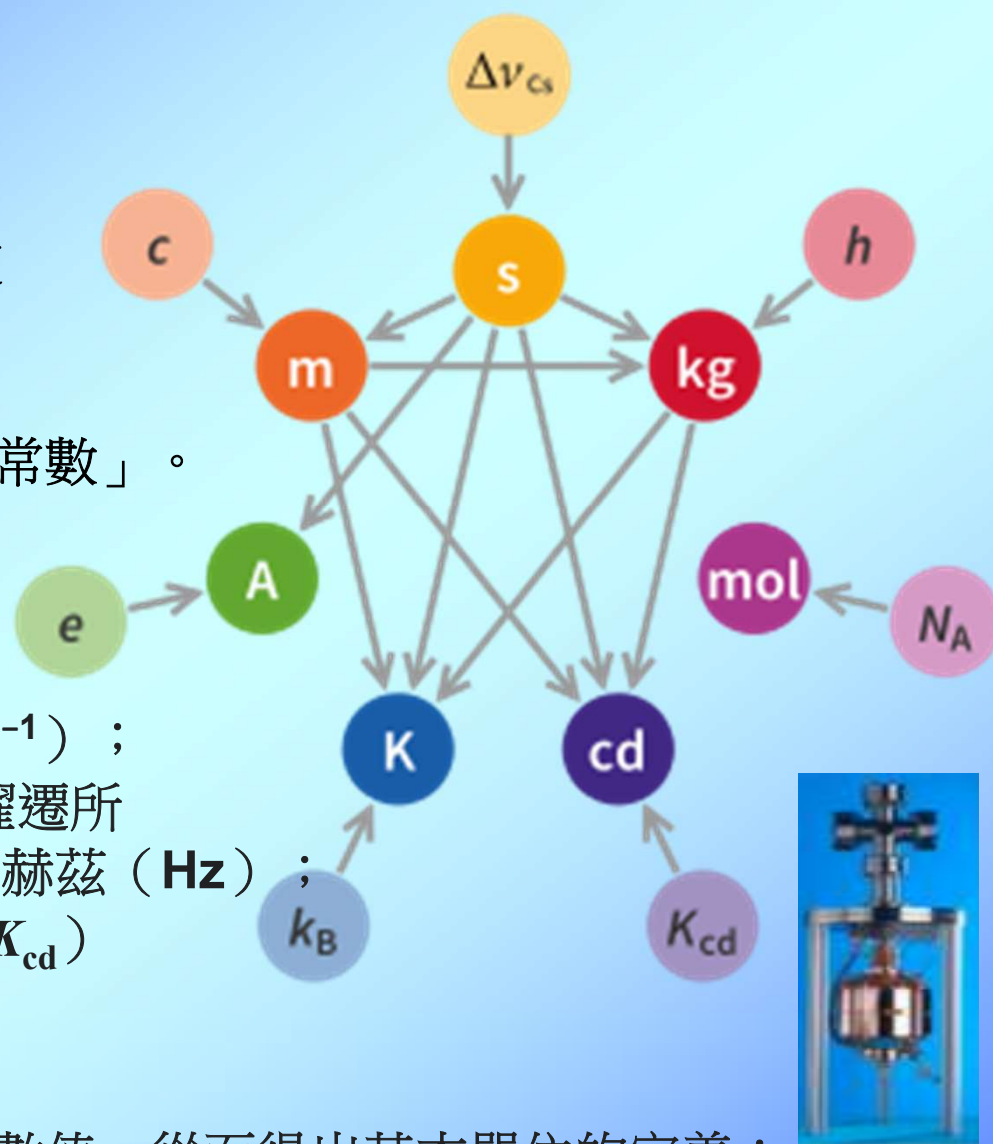
※以下三個常數的數值則應繼續保持不變：

~ 公尺、秒、燭光 ~

* 光速 (c) 固定為**299792458** 公尺每秒 ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) ；

* 銫-133原子在基態下的兩個超精細能級之間躍遷所對應的輻射頻率 ($\Delta\nu_{\text{Cs}}$) 固定為**9192631770** 赫茲 (Hz) ；

* 頻率為 **540×10^{12} Hz**的單色輻射的發光效率 (K_{cd}) 固定為**683** 流明每瓦特 ($\text{lm}\cdot\text{W}^{-1}$) 。



※國際度量衡局提倡固定以下四個常數的準確數值，從而得出基本單位的定義：

- 普朗克常數 (h) 固定為 **$6.62607015\times 10^{-34}$** 焦耳·秒 ($\text{J}\cdot\text{s}$) ；
- 基本電荷 (e) 固定為 **$1.602176634\times 10^{-19}$** 庫侖 (C) ；
- 波茲曼常數 (k) 固定為 **1.380649×10^{-23}** 焦耳每克耳文 ($\text{J}\cdot\text{K}^{-1}$) ；
- 亞佛加厥常數 (N_{A}) 固定為 **6.02214076×10^{23}** 個每莫耳 (mol^{-1}) 。
- 原級標準圖示:右中為聲學氣體溫度計；右下為矽晶球。



SI國際單位的七個基本量新定義

量	常用符號	單位名稱	單位符號	
時間	t	秒	s	當銫的頻率 $\Delta\nu_{\text{Cs}}$ ，即銫-133原子基態的超精細能階躍遷頻率以單位 Hz，即 s^{-1} ，表示時，將其固定數值取為9192631770來定義秒。
長度	l	公尺	m	當真空中光的速度 c 以單位 m/s 表示時，將其固定數值取為 299 792 458 來定義米，其中秒用 $\Delta\nu_{\text{Cs}}$ 定義。
質量	m	公斤	kg	當普朗克常數 h 以單位 J s，即 $\text{kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$ ，表示時，將其固定數值取為 $6.62607015\times 10^{-34}$ 來定義公斤，其中米和秒用 c 和 $\Delta\nu_{\text{Cs}}$ 定義。
絕對溫度	T	克耳文	K	當波茲曼常數 k 以單位 $\text{J}\cdot\text{K}^{-1}$ ，即 $\text{kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ，表示時，將其固定數值取為 1.380649×10^{-23} 來定義克耳文，其中公斤、米和秒用 h , c 和 $\Delta\nu_{\text{Cs}}$ 定義。
電流	I	安培	A	當基本電荷 e ，以單位 C ，即 $\text{A}\cdot\text{s}$ ，表示時，將其固定數值取為 $1.602176634\times 10^{-19}$ 來定義安培，其中秒用 $\Delta\nu_{\text{Cs}}$ 定義。
光強度	I_v	燭光	cd	當頻率為 540×10^{12} Hz的單色輻射的發光效率以單位 $\text{lm}\cdot\text{W}^{-1}$ ，即 $\text{cd}\cdot\text{sr}\cdot\text{W}^{-1}$ ，或 $\text{cd}\cdot\text{sr}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^3$ ，表示時，將其固定數值取為 683 來定義燭光，其中公斤、米、秒分別用 h , c 和 $\Delta\nu_{\text{Cs}}$ 定義。
物質	n	莫耳	mol	1 莫耳精確包含 6.02214076×10^{23} 個基本粒子。該數即為以單位 mol^{-1} 表示的亞佛加厥常數 N_A 的固定數值，稱為亞佛加厥數。為一個系統的物質的量，符號 n ，是該系統包含的特定基本粒子數量的量度。

七項基本量測單位

- **長度單位**—meter 米:它的定義為光在真空中行進1/299,792,458秒所走過路徑的長度。
- **質量單位**—Kilogram 公斤:它是唯一尚由物理原器來定義的單位，目前的國際標準為保存在巴黎國際計量局(BIPM)的鉑銥合金圓柱體原器。
- **時間單位**—second 秒:它的定義為鉀-133原子基態的兩個超精細能階間在零磁場中躍遷振盪9192631770個週期所持續的時間為一個原子時秒。
- **電流單位**—ampere 安培:它的定義為電流流過自由空間中相距1米的兩條導線，產生 2×10^{-7} N/m(牛頓/米)的力，此電流為標準的1安培。
- **熱力學溫度**—kelvin 凱爾文:它的定義為水的三相點之熱力學溫度的1/273.16。
- **發光強度**—candela 燭光:它的定義為一個以 540×10^{12} Hz的頻率，以每一個球面度1/683瓦的輻射強度，發射單色輻射的光源，在給定方向的發光強度。
- **物質的量**—mole 莫耳:它的定義為含有和0.012 kg碳-12中的原子數目相同的基本單元數目的系統所含的物質的量。



工業技術研究院
Industrial Technology
Research Institute

溫度單位- 克耳文的歷史演進



國家度量衡標準實驗室
NATIONAL MEASUREMENT LABORATORY R.O.C.

熱力學溫標



英國克耳文男爵
(William Thomson,
1st Baron Kelvin) 在
1848年提出熱力學溫標。
利用熱力學第二定律的
推論，得知絕對零度
(absolute zero) 等於攝氏
溫標零下273.15度
(-273.15 °C)。

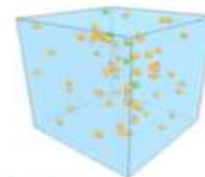
攝氏溫標



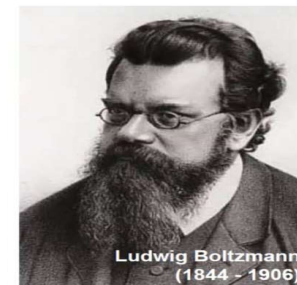
1742年，瑞典攝爾修斯(Anders Celsius)
將一大氣壓下水的沸點規定為0 °C，
凝固點定為100 °C，後經瑞典林奈
(Carl Linnaeus) 修成現行的攝氏溫標：
水的凝固點定為0 °C(273.15 K)，水的
沸點定為100 °C(373.15 K)用於溫室實驗。

克耳文新定義(2019年)

克耳文由固定數值的波茲曼常數
 $k = 1.380\,649 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$ 所定義



克耳文舊定義



Ludwig Boltzmann
(1844 - 1906)



1967年第13屆國際度量衡大會決議熱力學溫度單
位的定義為：熱力學溫度單位克耳文等於水在三
相點之熱力學溫度的273.16分之1。由於水的三相
點在攝氏溫標上為0.01 °C，所以0 °C等於273.15 K；
而熱力學溫標的零點，即絕對零度，記為0 K。



聲學
氣體
溫度
計



工業技術研究院
Industrial Technology
Research Institute

NML建立之新溫度定義



國家度量衡標準實驗室
NATIONAL MEASUREMENT LABORATORY R.O.C.

標準系統介紹-1

為了實現新溫度定義的熱力學溫度量測系統，並建立符合產業需求之溫度標準。因應SI新定義的系統擴建如下：

□ 新溫度標準建置系統

- (1) T05系統-聲學氣體溫度量測系統
- (2) T01系統-絕對輻射溫度量測系統
- (3) T03系統-熱電偶高溫校正系統

□ 實際效益

- 解決新溫度單位定義下，國際溫標 ITS-90 (T_{90}) 與熱力學溫度 (T) 之差異問題。
- 將熱力學溫度延伸到高於1000 °C 以上的高溫定點，提供國內產業追溯與國際接軌。



三、ITS-90國際溫標-ITS-90 DEFINING FIXED POINTS

Assigned Value

Number	Substance	State	k	°C
1	He 氦	V	3 to 5	
2	e-H ₂ 平衡氫	T	13.8033	-259.3467
3	e-H ₂ (He)平衡氫or氦V(G)		~17	
4	e-H ₂ (He)平衡氫or氦V(G)		~20.3	
5	Ne 氖	T	24.5561	-248.5939
6	O ₂ 氧	T	54.3584	-218.7916
7	Ar 氬	T	83.8058	-189.3442
8	Hg 汞	T	234.3156	-38.8344
9	H ₂ O 水	T	273.16	0.01
10	Ga 鎵	M	302.9146	29.7646
11	In 銦	F	429.7485	156.5985
12	Sn 錫	F	505.078	231.928
13	Zn 鋅	F	692.677	419.527
14	Al 鋁	F	933.473	660.323
15	Ag 銀	F	1234.93	961.78
16	Au 金	F	1337.33	1064.18
17	Cu 銅	F	1357.77	1084.62

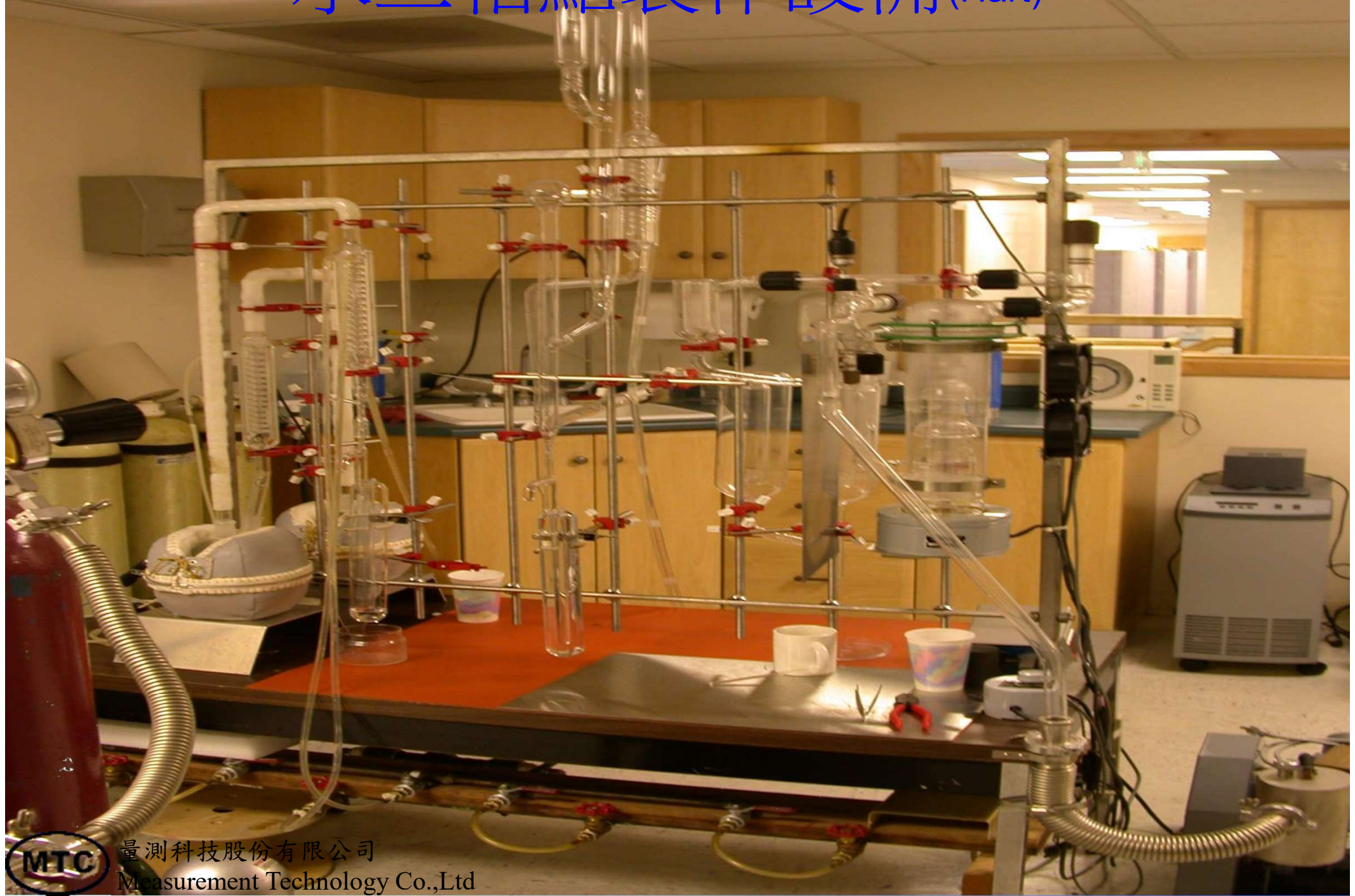
*特殊金屬凝固點: 鎳(1455°C), 鈦(1554.8°C), 白金(1768.2°C)

ITS-90 FIXED-POINT CELLS



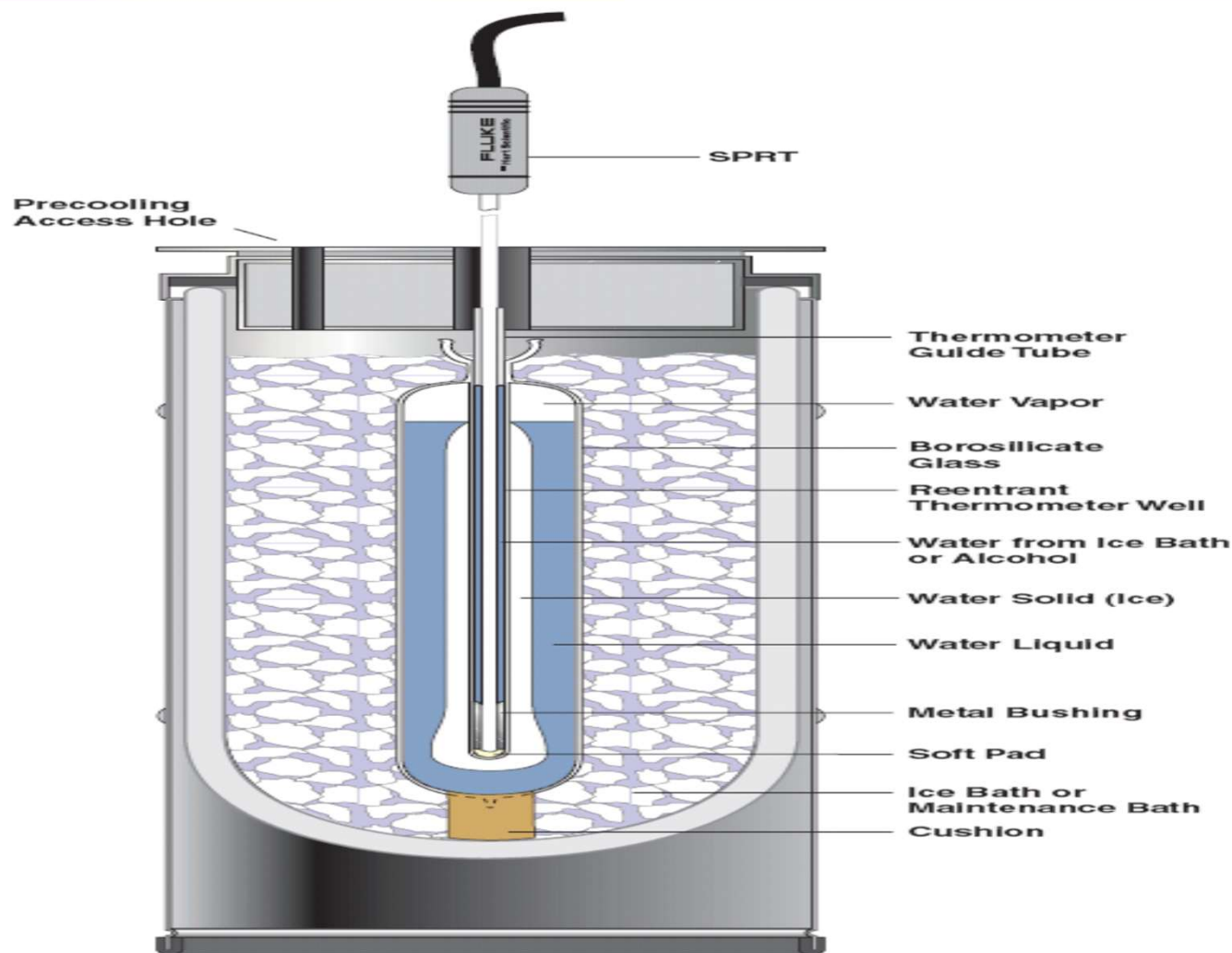
FROM FLUKE

水三相點製作設備(Hart)





水三相點定點囊+標準白金電阻溫度計





四、一般溫度計種類：

物質的某些物理性質與溫度有關，且有相當好的重復性，因而被用來做為量測溫度之儀具。

例如：熱電性質-----熱電偶

電阻性質-----電阻式溫度計．熱敏電阻式溫度計

熱膨脹-----玻璃溫度計．雙金屬溫度計．

壓力式溫度計----液體壓力式．蒸氣壓力式．氣體壓力式

半導體特性-----二極體溫度計．IC溫度計

磁性-----磁性溫度計．磁性溫控器

熱輻射-----輻射溫度計．光學高溫計

彈性-----石英溫度計．超音波溫度計

顏色與變形-----液晶．示溫物料．融點溫度感測元件

五、一般常用溫度計種類及使用範圍：

特 性	溫度計種類				使用溫度範圍 (°C)												使用目標		
	物 理	材 料	材 料	裝 置	-273	0	500	1000	1500	2000							標	工	特
	原 理	特 性	種 類	型 式													準	業	殊
傳 統 性 溫 度 計	電 阻	金屬 電阻	白金	繞線型	—	—	—	—	—	—							○	○	○
			鎳	薄膜型	—	—	—	—	—	—								○	
			銅	厚膜型	—	—	—	—	—	—									
			其他																
		熱敏電 阻 (半 導體電 阻)	負溫阻 係數 (NTC)	極低溫	—	—	—	—	—	—								○	○
				低溫	—	—	—	—	—	—								○	○
				一般	—	—	—	—	—	—									
				中溫	—	—	—	—	—	—								○	
				高溫	—	—	—	—	—	—								○	○
			正溫阻係數 (PTC)		—	—	—	—	—	—								○	
	熱 效 電 應	熱電偶	貴金屬	B 型	—	—	—	—	—	—							○	○	○
				R 型	—	—	—	—	—	—							○	○	○
				S 型	—	—	—	—	—	—							○	○	○
			普 通 金 屬	K 型	—	—	—	—	—	—								○	
				E 型	—	—	—	—	—	—								○	
				J 型	—	—	—	—	—	—								○	
				T 型	—	—	—	—	—	—								○	
	熱膨脹	固體 變形	雙金屬式		—	—	—	—	—	—								○	○
					—	—	—	—	—	—									
		液體 膨脹	水	銀	—	—	—	—	—	—								○	
			酒	精	—	—	—	—	—	—								○	
			有機液		—	—	—	—	—	—								○	
		氣體 膨脹	氣 體 式		—	—	—	—	—	—									○
			蒸氣壓力式		—	—	—	—	—	—									
	壓力 變化	液體壓力式			—	—	—	—	—	—									○
			氣體壓力式		—	—	—	—	—	—									○

QUARTZ-SHEATH SPRTs

白金電阻溫度計

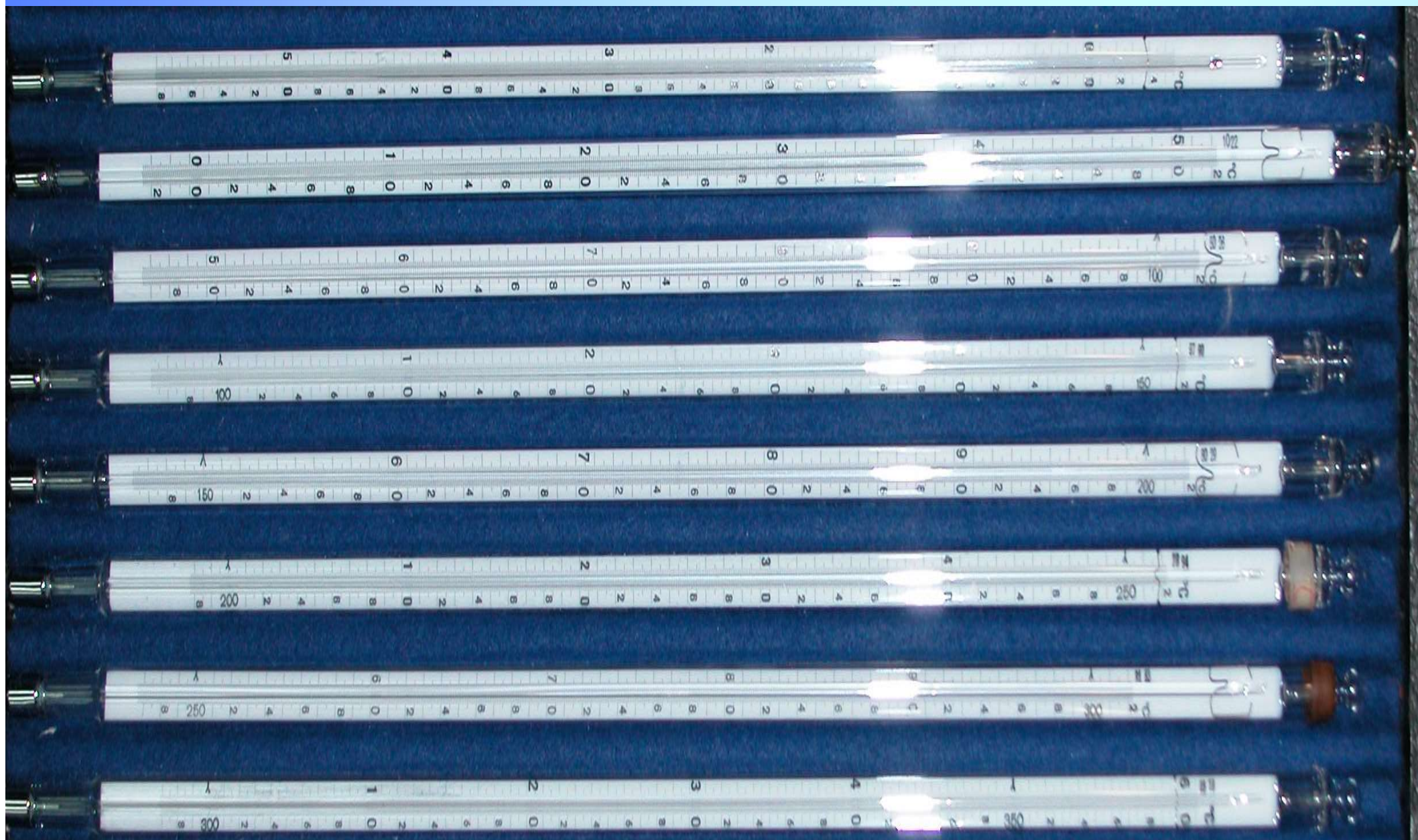


FROM FLUKE



量測科技股份有限公司
Measurement Technology Co.,Ltd

標準玻璃溫度計





量測科技股份有限公司
Measurement Technology Co.,Ltd

熱電偶線與數字式溫度計



FROM FLUKE



量測科技股份有限公司
Measurement Technology Co.,Ltd

雙金屬溫度計





量測科技股份有限公司
Measurement Technology Co.,Ltd

紅外線溫度計(耳溫槍)



FROM ITRI/CMS



量測科技股份有限公司
Measurement Technology Co.,Ltd

紅外線溫度計



FROM FLUKE

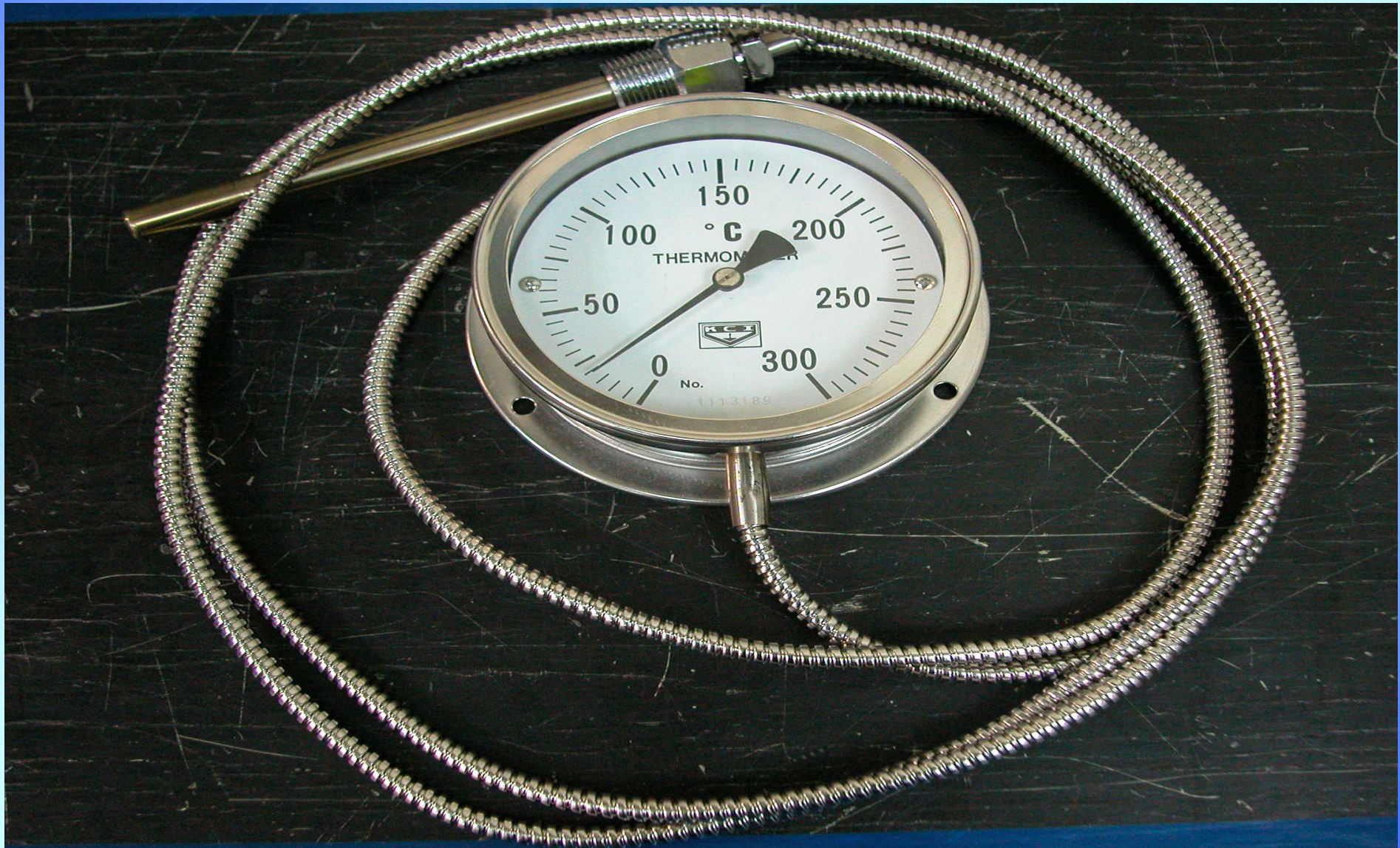
示溫物料、螢光、液晶、半導體、UV等溫度計





量測科技股份有限公司
Measurement Technology Co.,Ltd

隔測式溫度計





量測科技股份有限公司
Measurement Technology Co.,Ltd

表面溫度計



FROM CH.

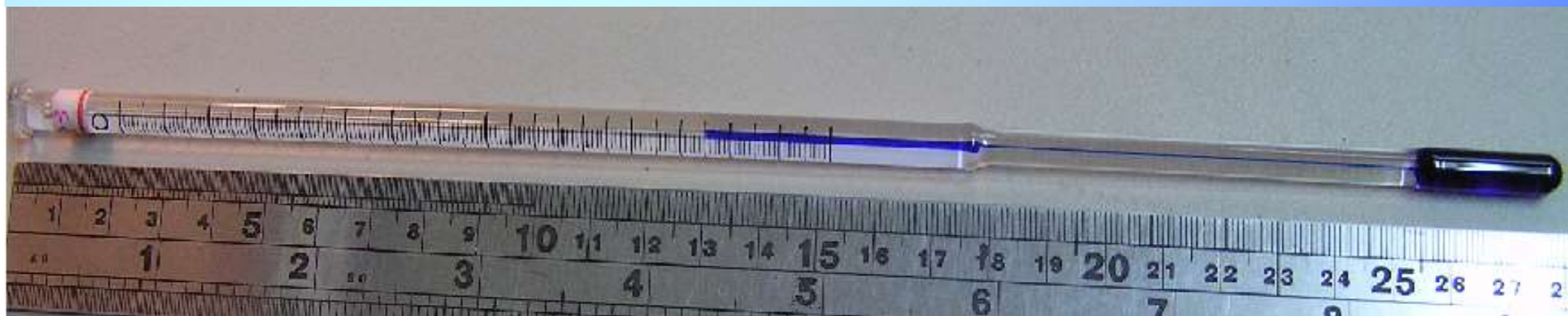


量測科技股份有限公司
Measurement Technology Co.,Ltd

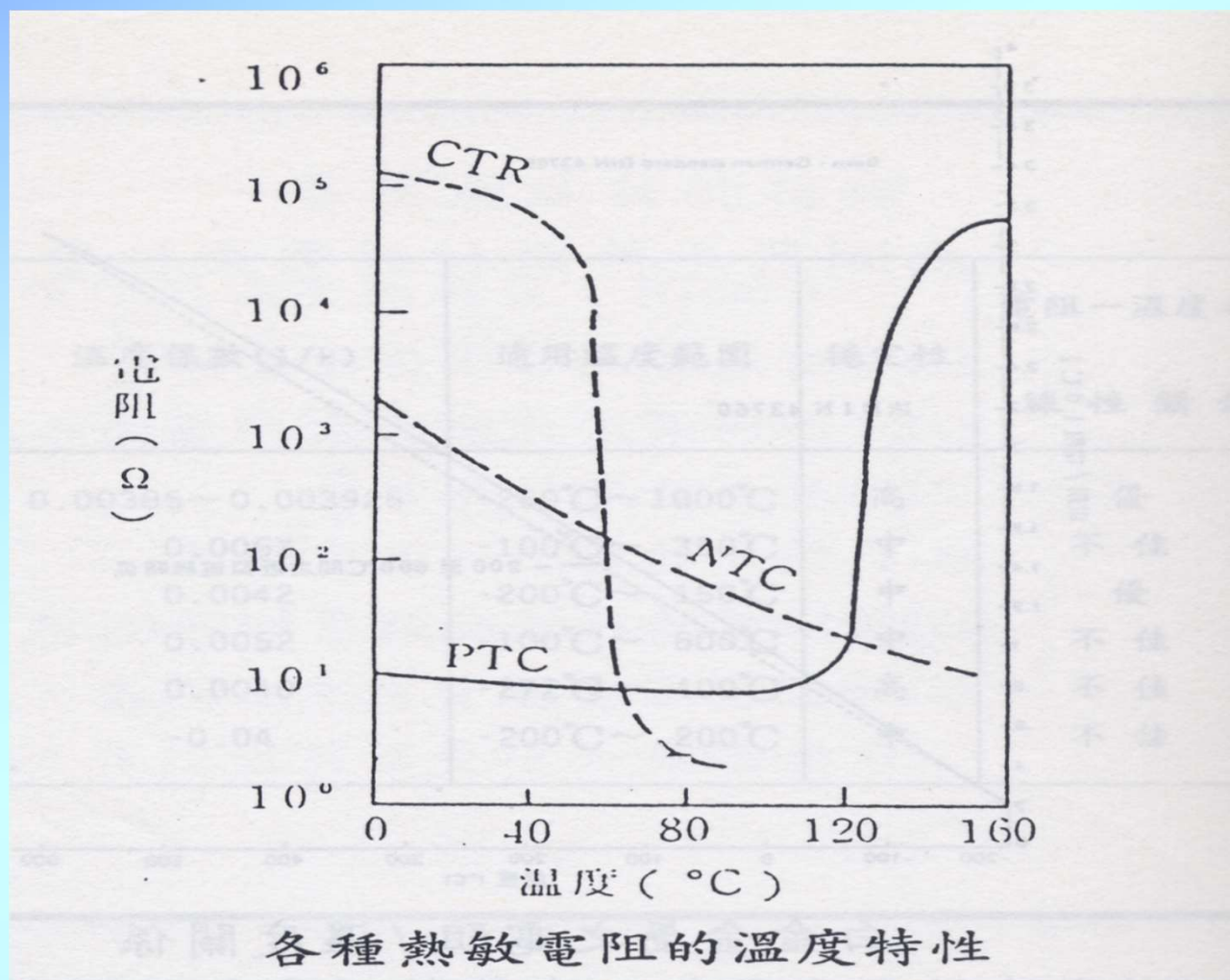
最大最小溫度計



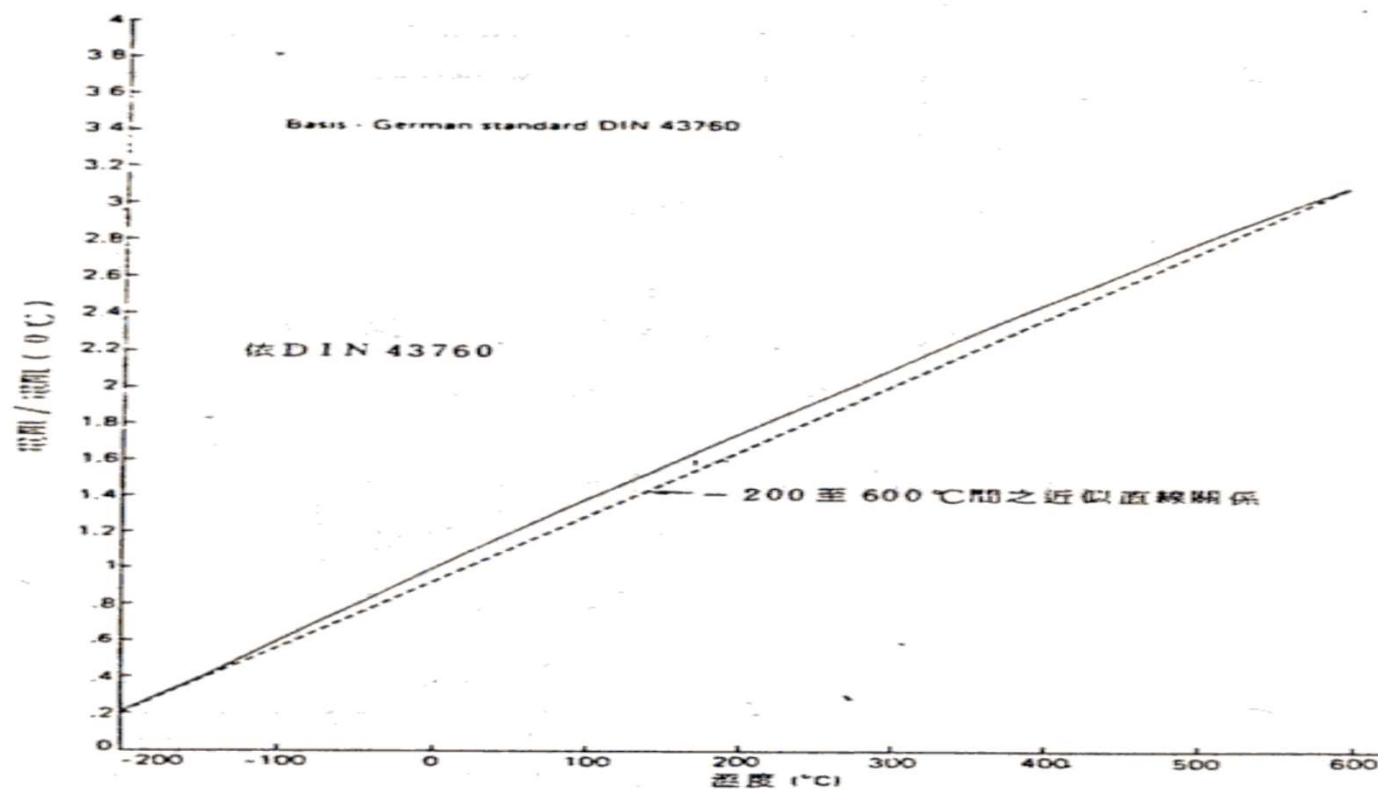
環保-溫度計



各種熱敏電阻溫度計的曲線圖



電阻溫度計溫度與電阻曲線



白金金屬之電阻 / 溫度關係



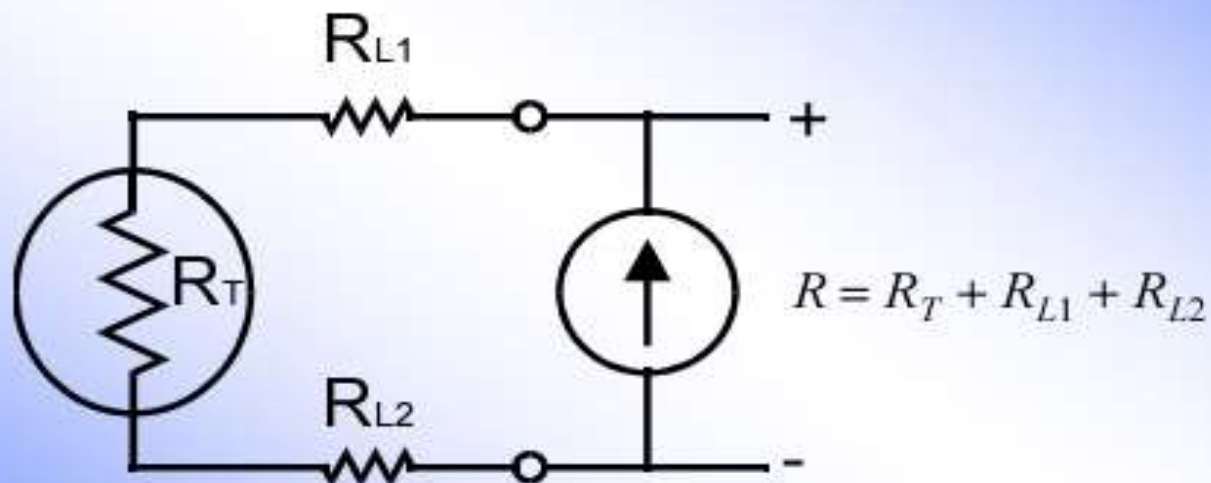
影響電阻溫度計的量測因素:

1. 引線效應
2. 自熱效應
3. 熱電電壓效應
4. 浸入深度效應
5. 電漏效應



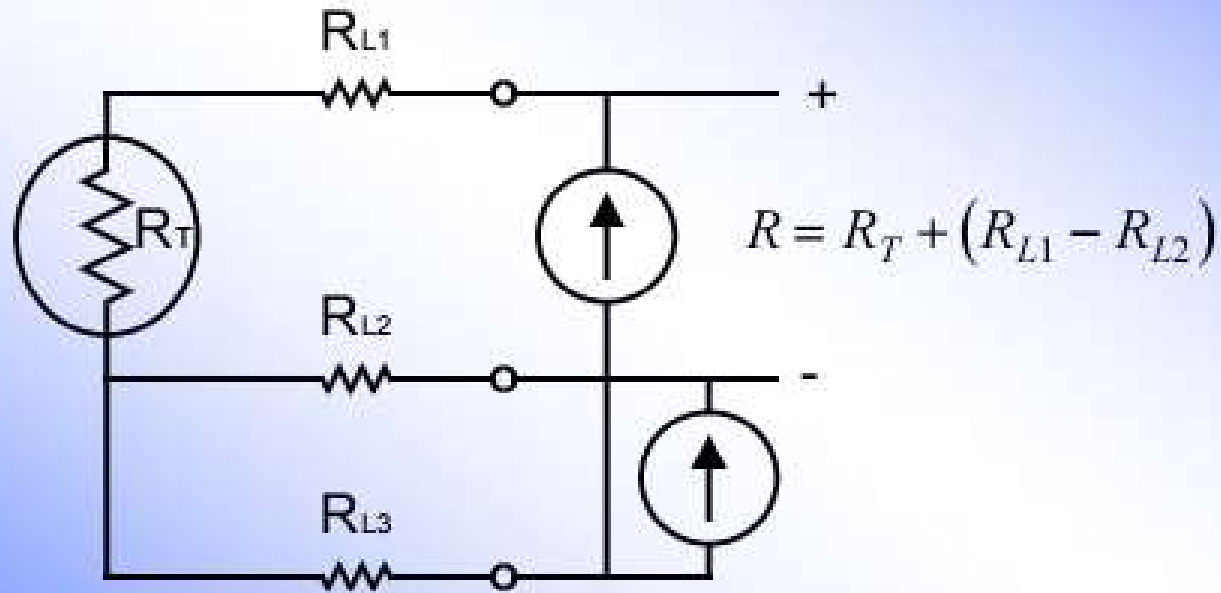
兩線式電阻溫度計引線效應

Two-Wire Connection



三線式電阻溫度計引線效應

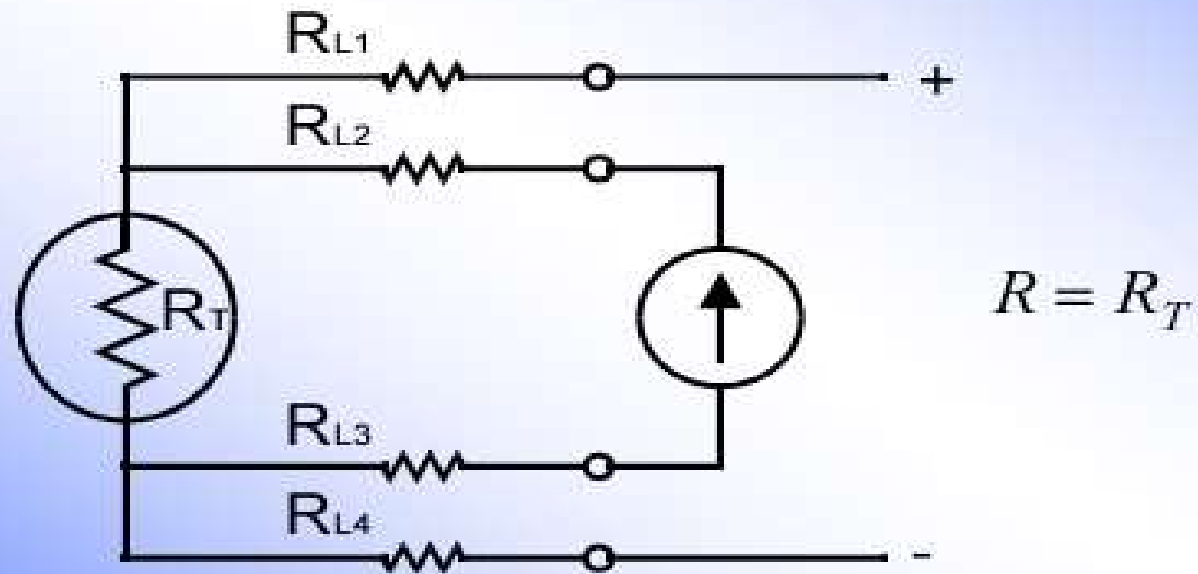
Three-Wire Connection





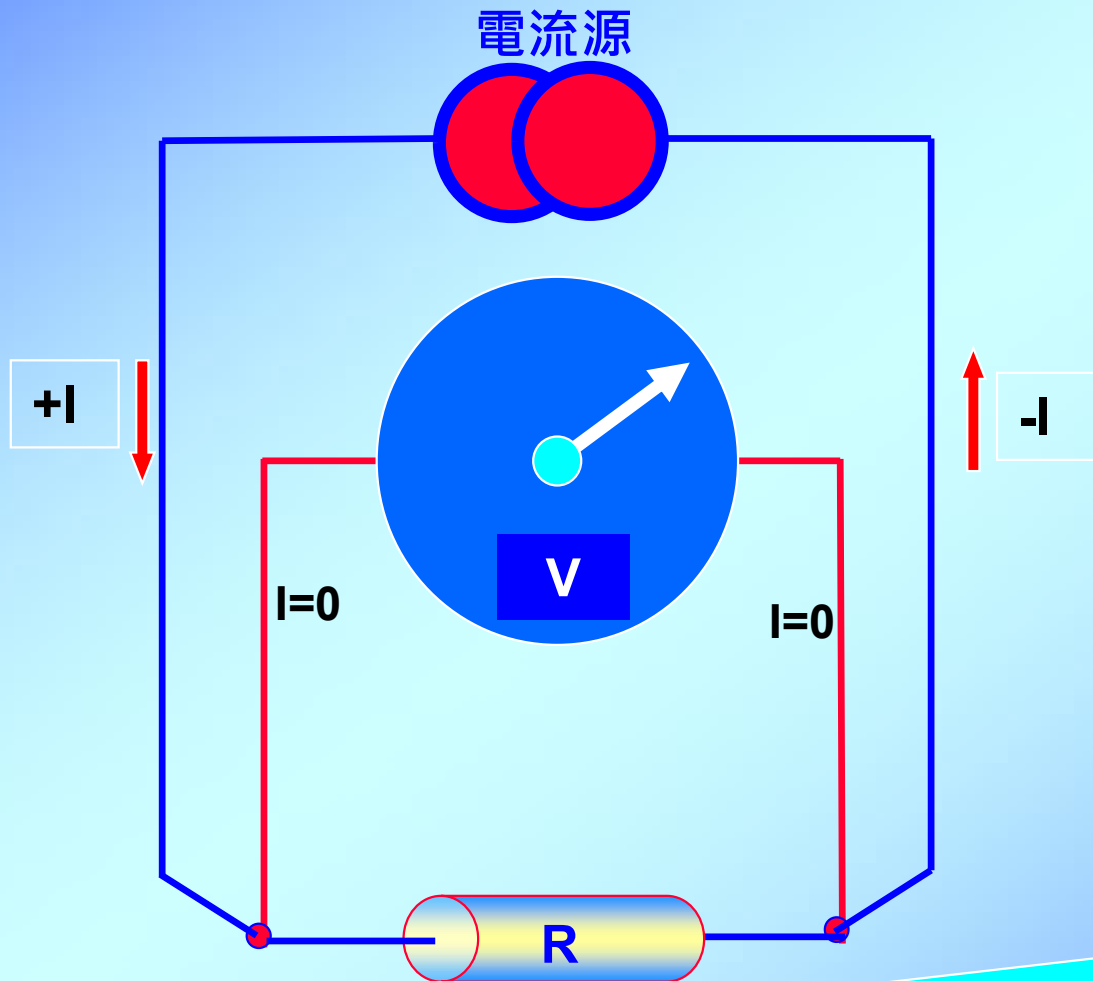
四線式電阻溫度計引線效應

Four-Wire Connection



The 4-Wires Connection 4線測量

4 線式電阻連接



歐姆定律

$$V = R \cdot I \rightarrow R = \frac{V}{I}$$

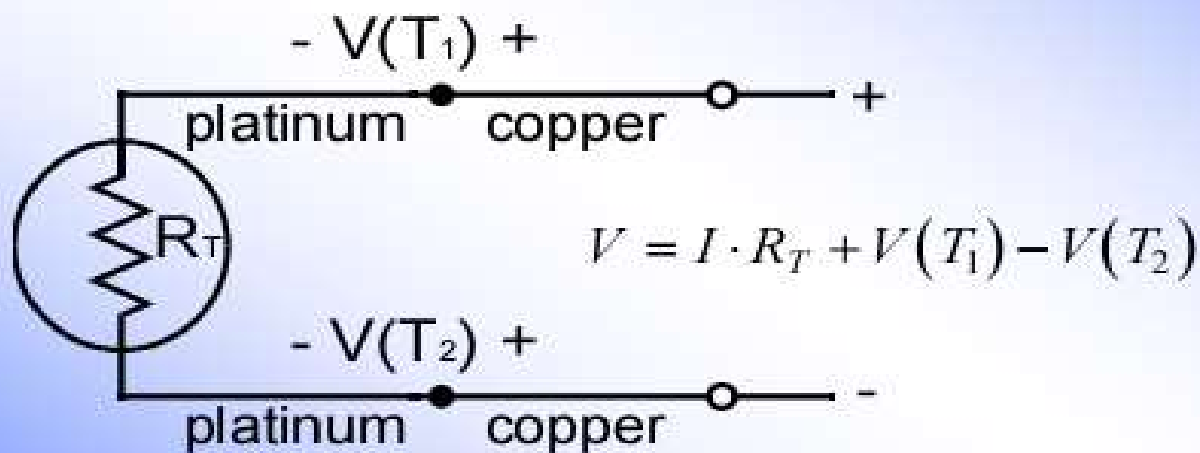
$$R_{\text{total}} = R + R_{\text{LEAD WIRES}}$$

$$R = R_T$$

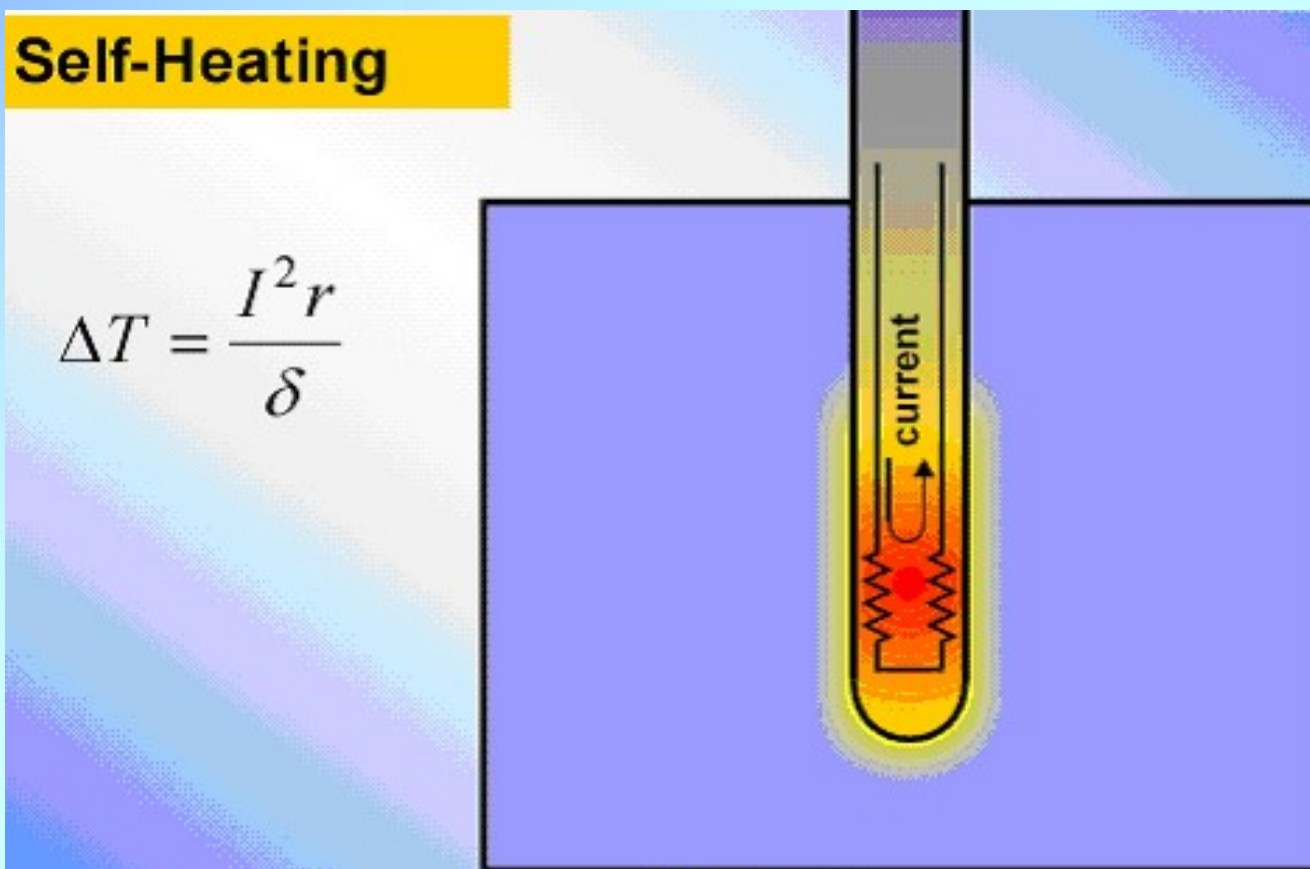
4線式測量方法可以真正
消除導線誤差

白金電阻溫度計之熱電效應

Thermoelectric EMF



白金電阻溫度計之自熱效應

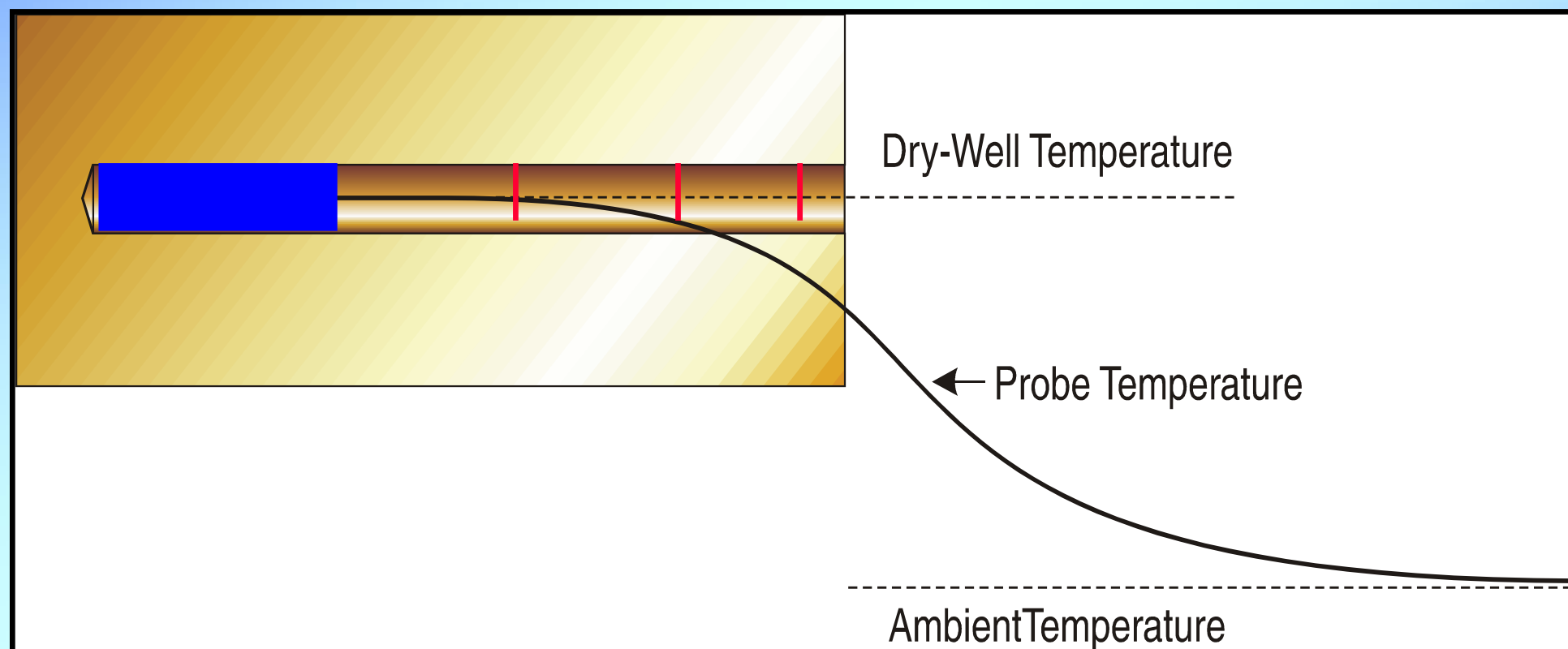


等級	原級標準	一級	二級	工業
自熱效應 (mK)	2.0	3.0	4.0	≥10



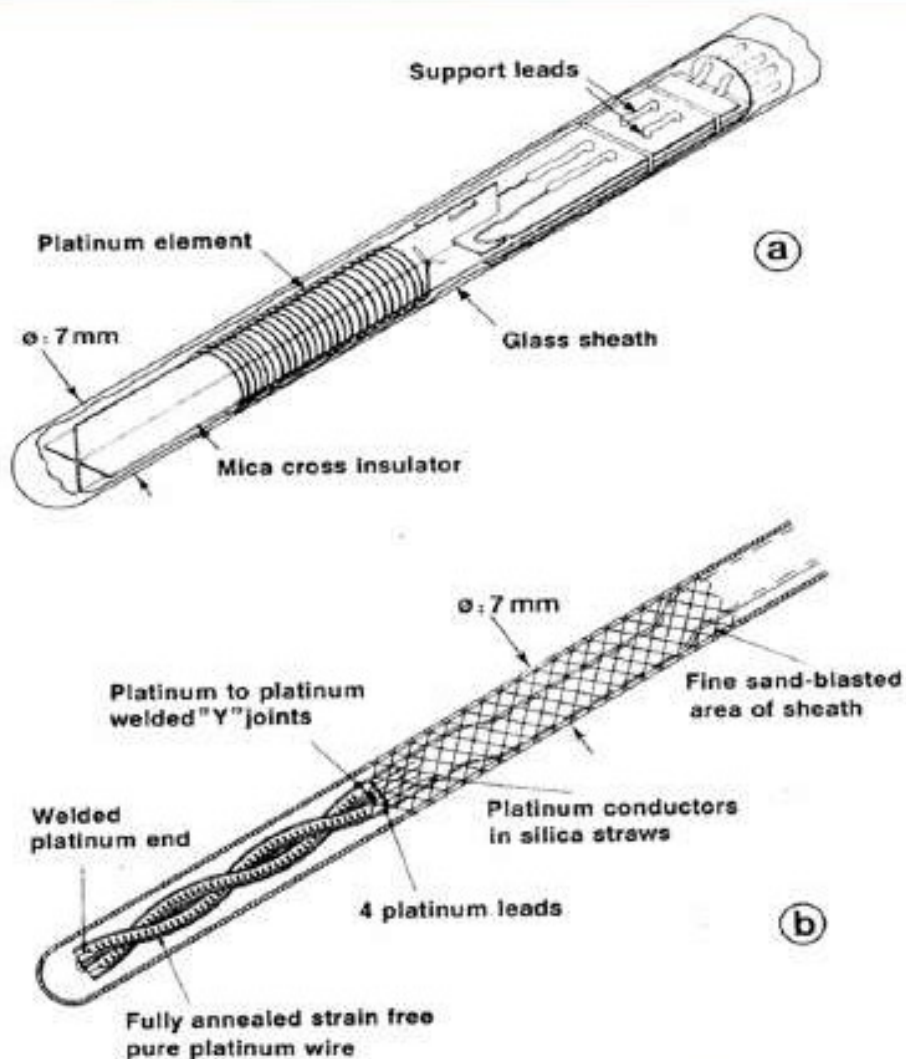
浸入深度效應

浸入深度=測棒直徑**x20**倍+元件長度



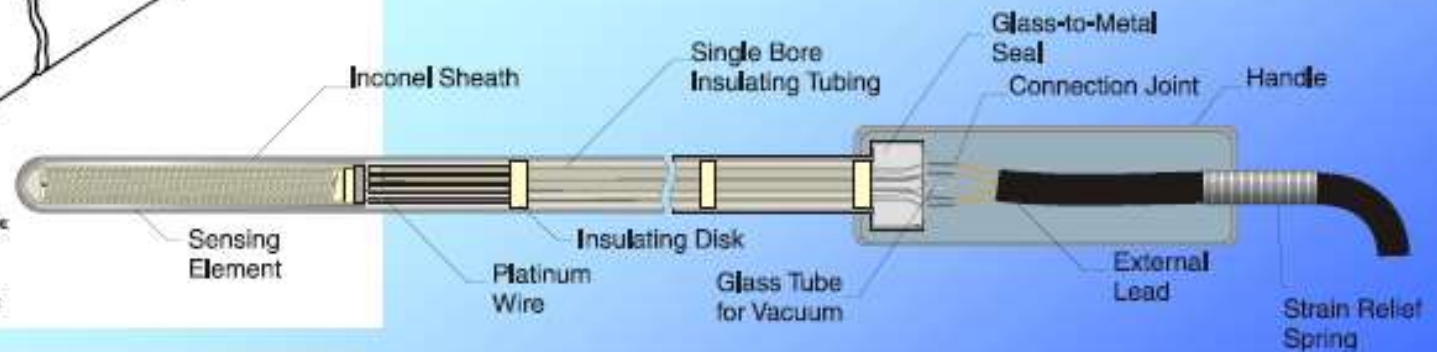
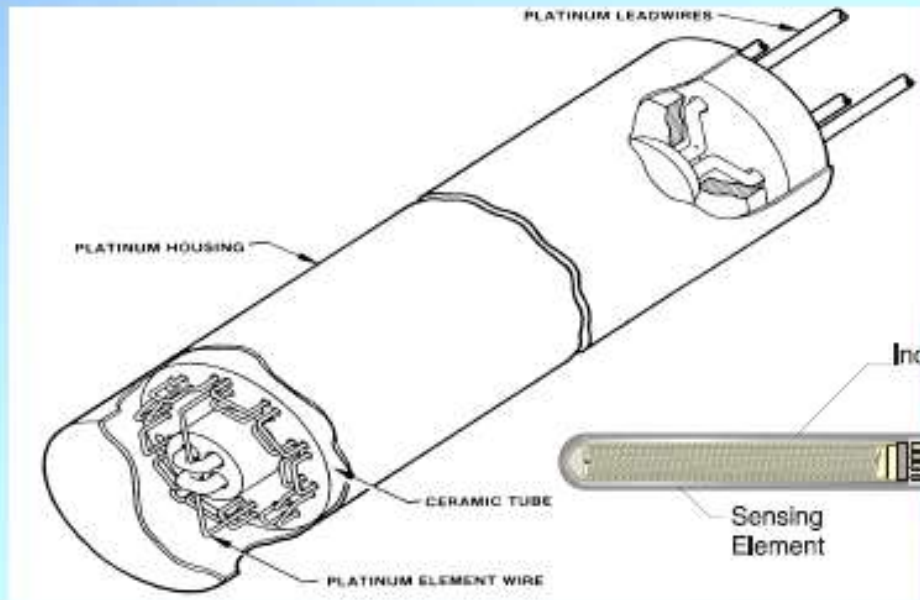
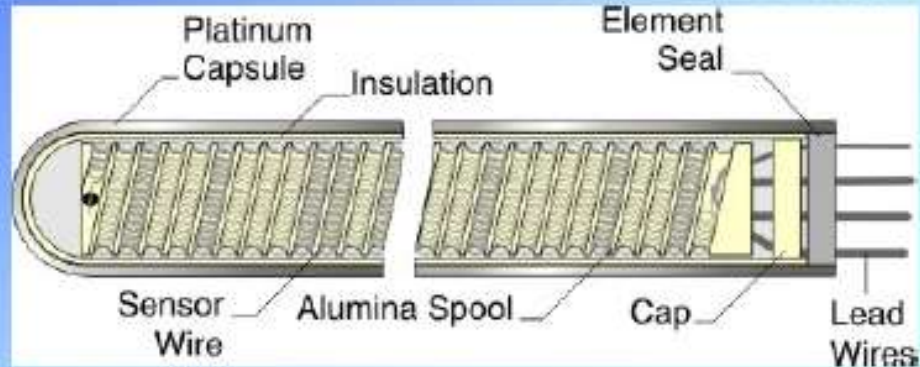
Standard Platinum Resistance Thermometer (SPRT)

標準白金電阻溫度計



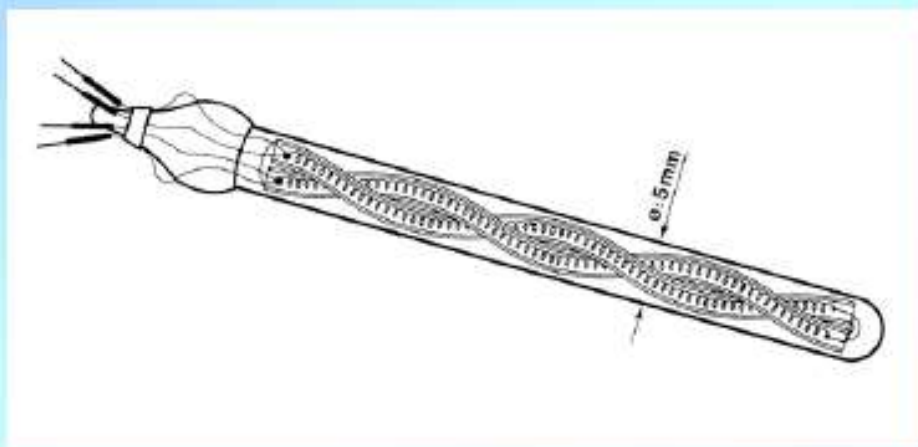
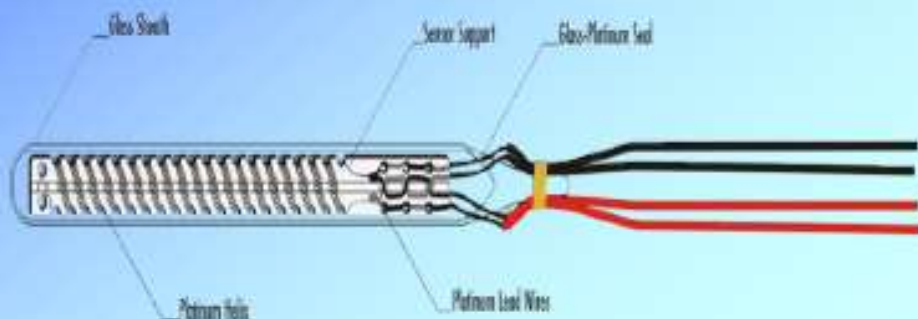
Metal Sheath Standard Platinum Resistance Thermometer

金屬外護管標準白金電阻溫度計



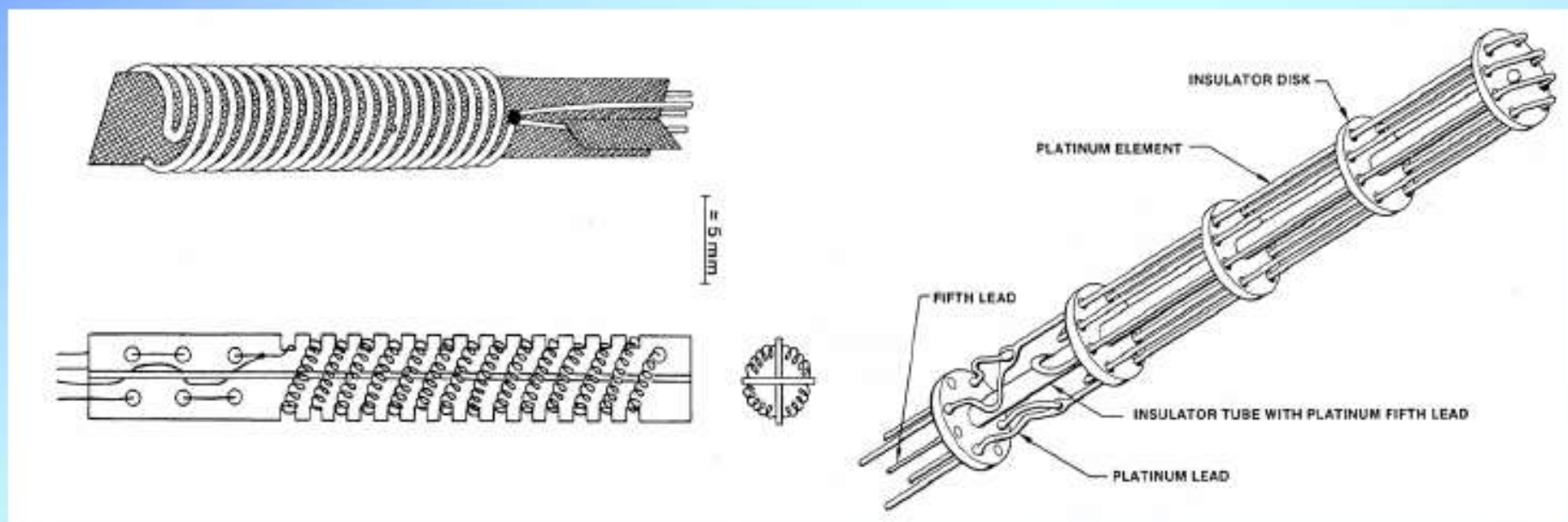
Capsule Standard Platinum Resistance Thermometer

套管式(低温)標準白金電阻溫度計

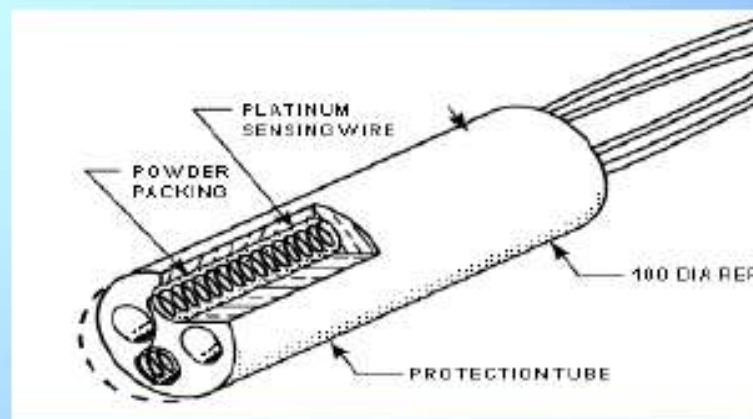
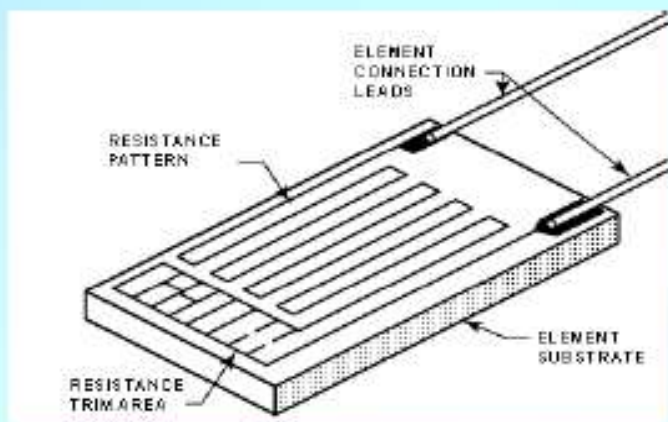
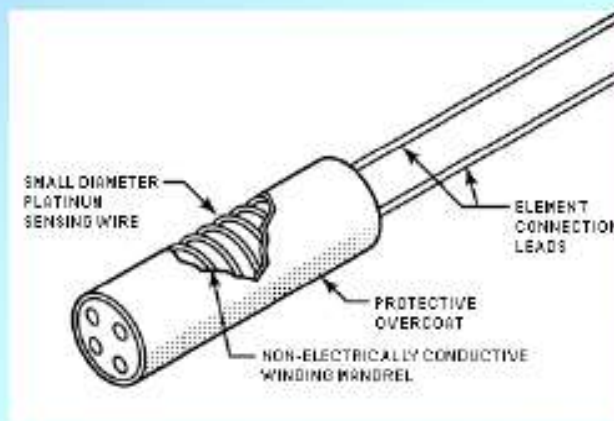


Standard Platinum Resistance Thermometer (HTSPRT)

高溫標準白金電阻溫度計



Industrial Resistance Thermometer (IRT) 工業電阻溫度計





ITS-90國際溫度標準(JIS C 1604-1997, IEC 751 Amd.2-1995, ASTM E1137-1995)

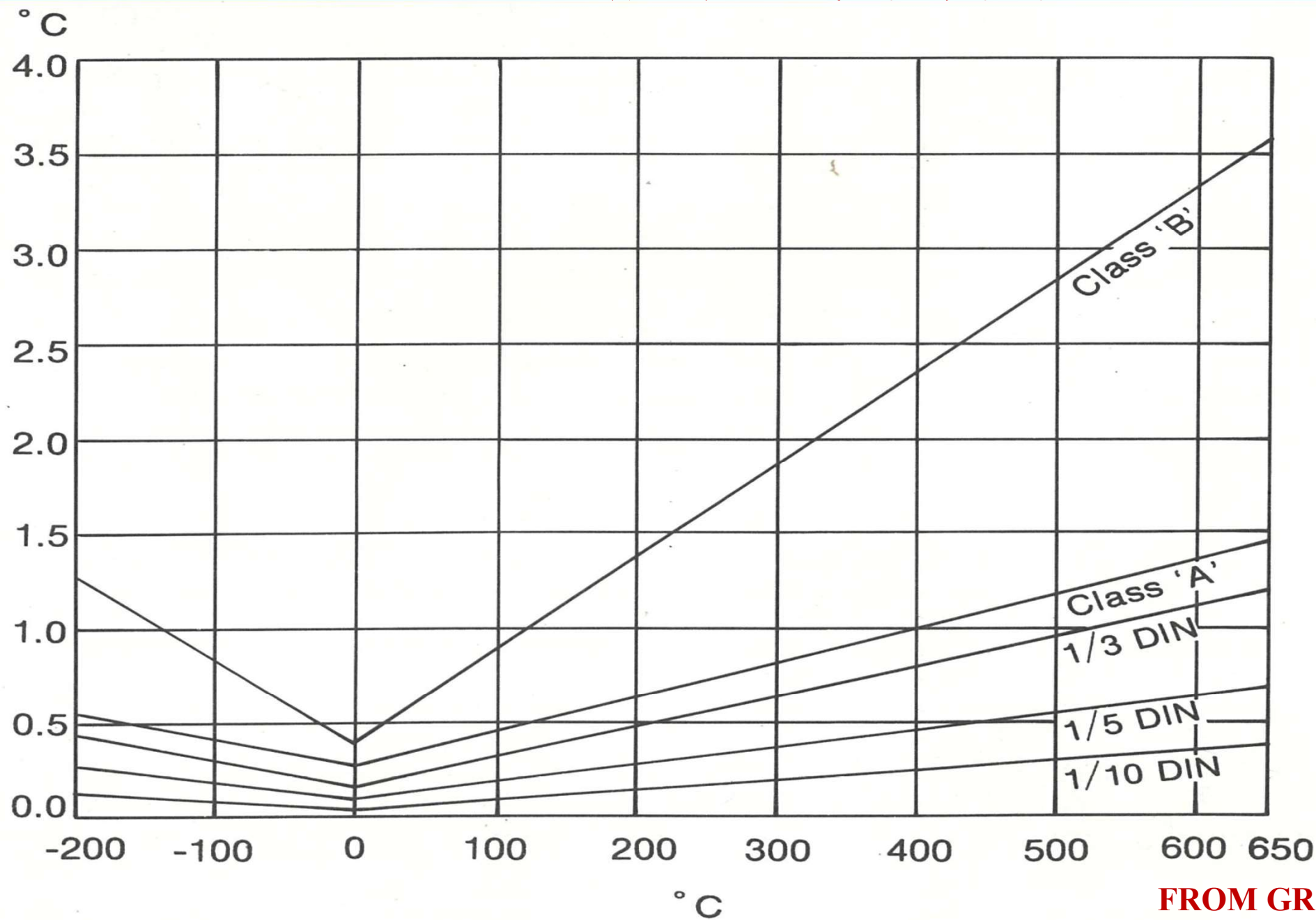
白金測溫阻抗體**Pt100**溫度—阻抗值對照表(R100/R0) = 1.3851。

使用方法：表格之粉綠色部分為溫度值，內部為阻抗值(Ω)，利用兩邊之溫度值和及所相對應之表格內值為其溫度與阻抗之關係。

	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50	-55	-60	-65	-70	-75	-80	-85	-90	-95	-100
-100	60.26	58.23	56.19	54.15	52.11	50.06	48.00	45.94	43.88	41.80	39.72	37.64	35.54	33.44	31.34	29.22	27.10	24.97	22.83	20.68	18.52
0	100.0 0	98.04	96.09	94.12	92.16	90.19	88.22	86.25	84.27	82.29	80.31	78.32	76.33	74.33	72.33	70.33	68.33	66.31	64.30	62.28	60.26
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
0	100.0 0	101.9 5	103.9 0	105.8 5	107.7 9	109.7 3	111.6 7	113.6 1	115.5 4	117.4 7	119.4 0	121.3 2	123.2 4	125.1 6	127.0 8	128.9 9	130.9 0	132.8 0	134.7 1	136.6 1	138.5 1
100	138.5 1	140.4 0	142.2 9	144.1 8	146.0 7	147.9 5	149.8 3	151.7 1	153.5 8	155.4 6	157.3 3	159.1 9	161.0 5	162.9 1	164.7 7	166.6 3	168.4 8	170.3 3	172.1 7	174.0 2	175.8 6
200	175.8 6	177.6 9	179.5 3	181.3 6	183.1 9	185.0 1	186.8 4	188.6 6	190.4 7	192.2 9	194.1 0	195.9 1	197.7 1	199.5 1	201.3 1	203.1 1	204.9 0	206.7 0	208.4 8	210.2 7	212.0 5
300	212.0 5	213.8 3	215.6 1	217.3 8	219.1 5	220.9 2	222.6 8	224.4 5	226.2 1	227.9 6	229.7 2	231.4 7	233.2 1	234.9 6	236.7 0	238.4 4	240.1 8	241.9 1	243.6 4	245.3 7	247.0 9
400	247.0 9	248.8 1	250.5 3	252.2 5	253.9 6	255.6 7	257.3 8	259.0 8	260.7 8	262.4 8	264.1 8	265.8 7	267.5 6	269.2 5	270.9 3	272.6 1	274.2 9	275.9 7	277.6 4	279.3 1	280.9 8
500	280.9 8	282.6 4	284.3 0	285.9 6	287.6 2	289.2 7	290.9 2	292.5 6	294.2 1	295.8 5	297.4 9	299.1 2	300.7 5	302.3 8	304.0 1	305.6 3	307.2 5	308.8 7	310.4 9	312.1 0	313.7 1
600	313.7 1	315.3 1	316.9 2	318.5 2	320.1 2	321.7 1	323.3 0	324.8 9	326.4 8	328.0 6	329.6 4	331.2 2	332.7 9	334.3 6	335.9 3	337.5 0	339.0 6	340.6 2	342.1 8	343.7 3	345.2 8
700	345.2 8	346.8 3	348.3 8	349.9 2	351.4 6	353.0 0	354.5 3	356.0 6	357.5 9	359.1 2	360.6 4	362.1 6	363.6 7	365.1 9	366.7 0	368.2 1	369.7 1	371.2 1	372.7 1	374.2 1	375.7 0
800	375.7 0	377.1 9	378.6 8	380.1 7	381.6 5	383.1 3	384.6 0	386.0 8	387.5 5	389.0 2	390.4 8										

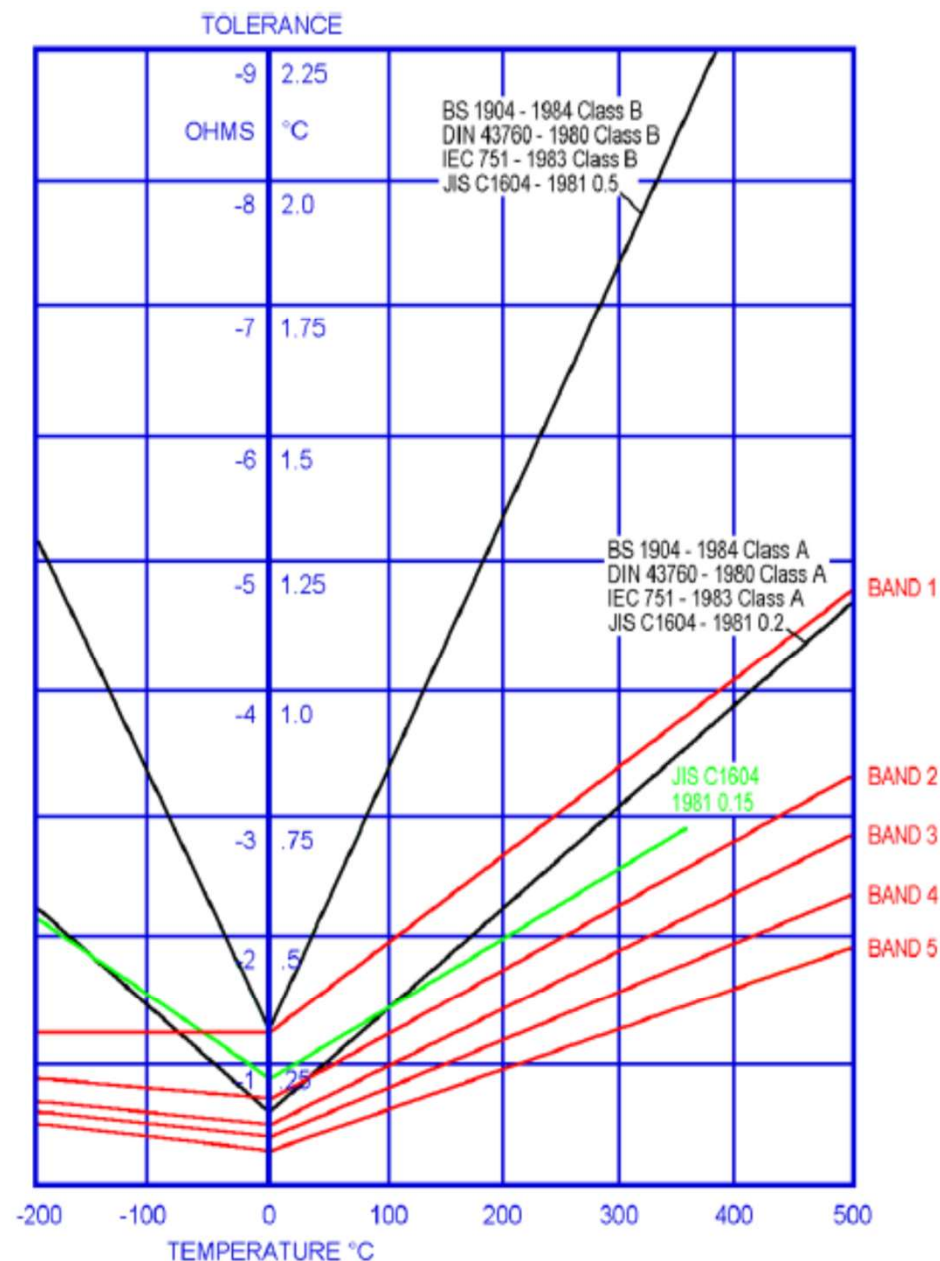


白金測溫體誤差曲線圖



白金測溫體誤差曲線圖(續)

- Typical approach for medium to low accuracy and industrial applications
- Resistance at temperature T is compared to defined (table) values
- Usually, DIN, IEC-751, or ASTM 1137 defined equations are used



白金測溫體精密度

DIN 43760. IEC 751. BS 1904

Tolerance Class Definitions

(t 為實際量測溫度值。)

DIN class A: $\pm (0.15 + 0.0002 |t|) ^\circ\text{C}$

DIN class B: $\pm (0.30 + 0.0005 |t|) ^\circ\text{C}$

class C: $\pm (1.27 + 0.0005 |t|) ^\circ\text{C}$

- ASTM 1137 class A

$$= \pm [0.13 + 0.0017|t|] ^\circ\text{C}$$

$$@ 100 ^\circ\text{C} = [0.13 + 0.0017|100|] = \pm 0.30 ^\circ\text{C}$$

- ASTM 1137 class B

$$= \pm [0.25 + 0.0042|t|] ^\circ\text{C}$$

$$@ 100 ^\circ\text{C} = [0.25 + 0.0042|100|] = \pm 0.67 ^\circ\text{C}$$



白金測溫體精密度

DIN 43760. IEC 751. BS 1904

溫 度 °C	1/10 DIN		1/5 DIN		1/3 DIN		CLASS A		CLASS B		CLASS C	
	±°C	±Ω	±°C	±Ω	±°C	±Ω	±°C	±Ω	±°C	±Ω	±°C	±Ω
-200	0.13	0.06	0.26	0.11	0.44	0.19	0.55	0.24	1.3	0.56	2.27	1.15
-100	0.08	0.03	0.16	0.06	0.27	0.11	0.35	0.14	0.8	0.32	1.77	0.71
0	0.03	0.01	0.06	0.02	0.10	0.04	0.15	0.06	0.3	0.12	1.27	0.50
100	0.08	0.03	0.16	0.05	0.27	0.10	0.35	0.13	0.8	0.30	1.77	0.67
200	0.13	0.05	0.26	0.10	0.44	0.16	0.55	0.20	1.3	0.48	2.27	0.83
300	0.18	0.06	0.36	0.13	0.60	0.21	0.75	0.27	1.8	0.64	2.77	0.98
400	0.23	0.08	0.46	0.16	0.77	0.26	0.95	0.33	2.3	0.79	3.27	1.10
500	0.28	0.09	0.56	0.19	0.94	0.31	1.15	0.38	2.8	0.93	3.77	1.22
600	0.33	0.10	0.66	0.21	1.10	0.35	1.35	0.43	3.3	1.06	4.27	1.32
650	0.36	0.11	0.72	0.23	1.20	0.38	1.45	0.46	3.6	1.13	4.52	1.36
700	—	—	—	—	—	—	—	—	3.8	1.17	4.77	1.41
800	—	—	—	—	—	—	—	—	4.3	1.28	5.27	1.49
850	—	—	—	—	—	—	—	—	4.6	1.34	5.52	1.56

Tolerance Class Definitions

(t 為實際量測溫度值。)

DIN class A: $\pm(0.15 + 0.002 |t|) ^\circ\text{C}$

DIN class B: $\pm(0.30 + 0.005 |t|) ^\circ\text{C}$

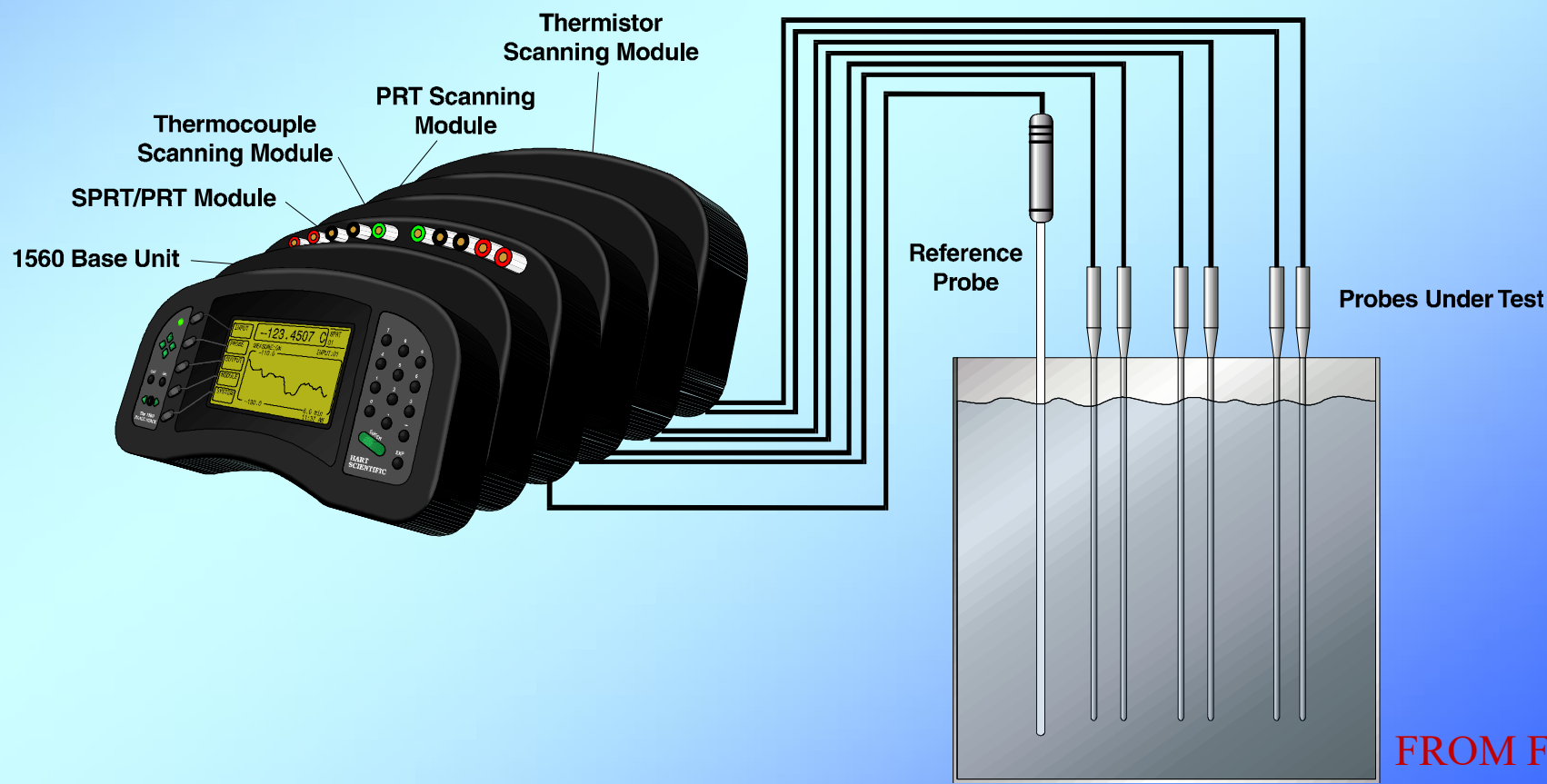
class C: $\pm(1.27 + 0.005 |t|) ^\circ\text{C}$



量測科技股份有限公司
Measurement Technology Co.,Ltd

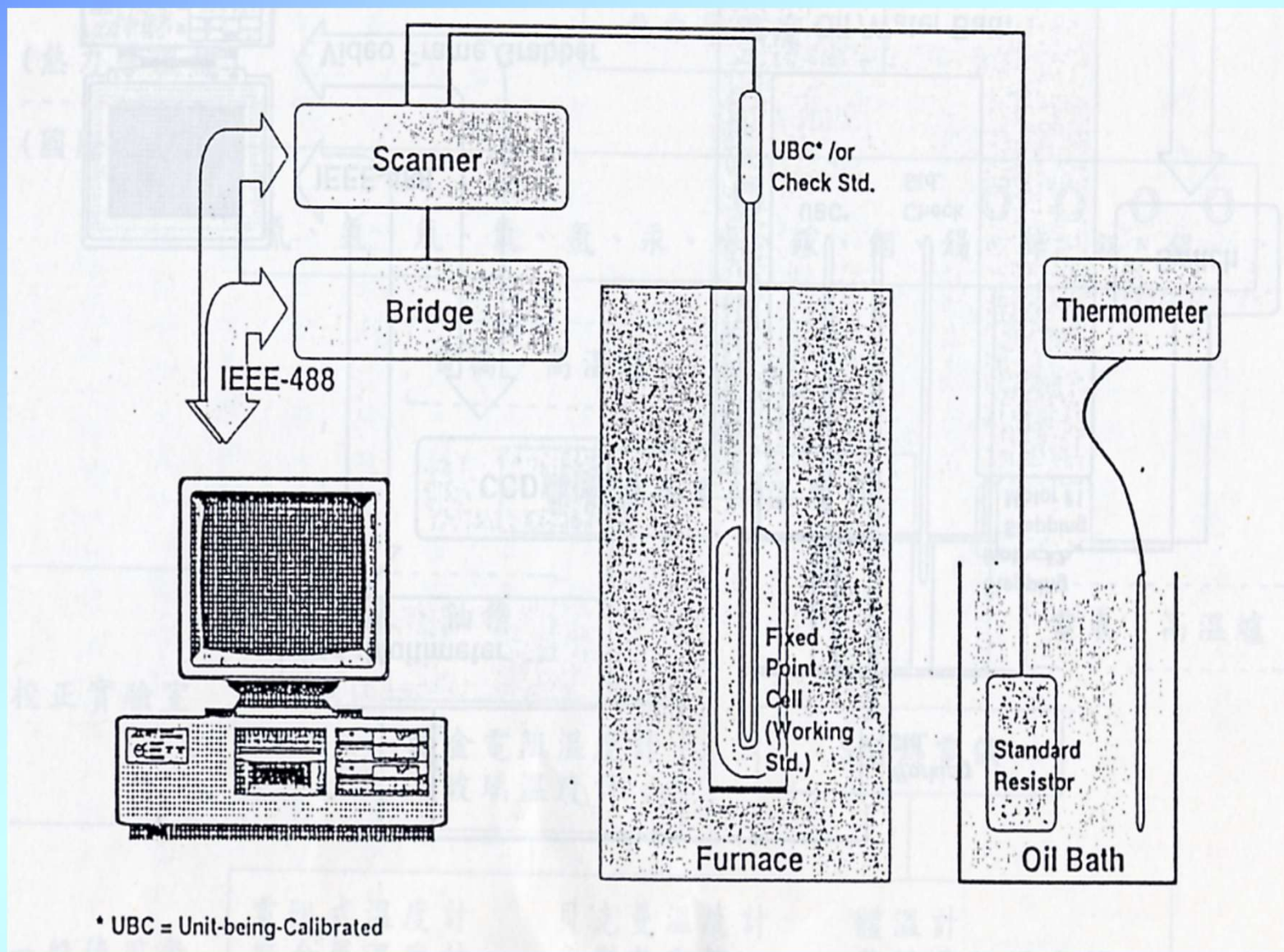
Manual Temperature Calibration

手動式溫度校正架構



FROM FLUKE

溫度計定點校正系統圖





量測科技股份有限公司
Measurement Technology Co.,Ltd

定點校正SPRT/PRT(搭配自動化程式)

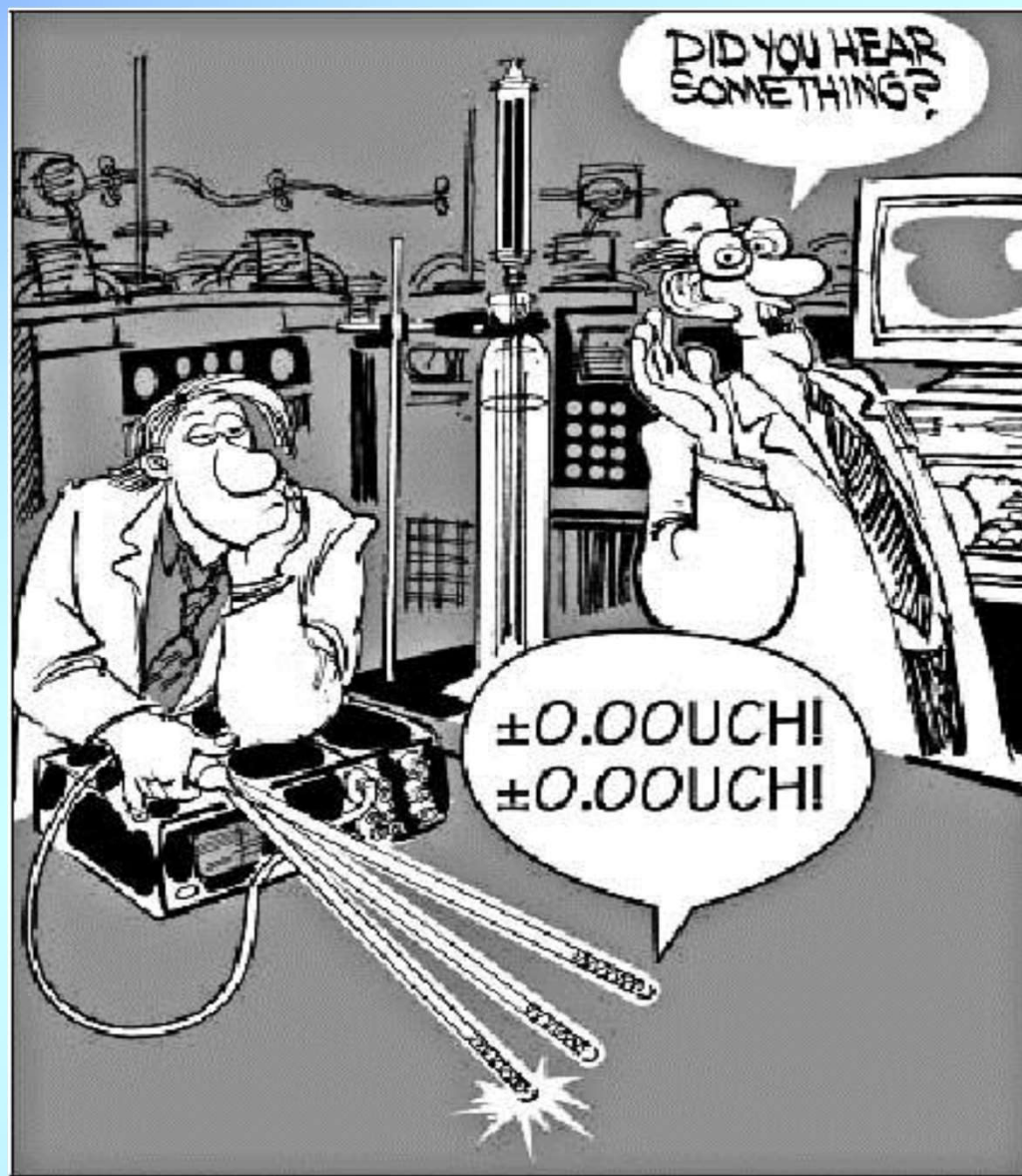


FROM FLUKE



量測科技股份有限公司
Measurement Technology Co.,Ltd

好好呵護脆弱的白金電阻溫度計 ~



FROM FLUKE

玻璃溫度計的種類

1 · 標準型玻璃溫度 L. I. G

(Liquid In Glass Thermometer)

2 · 留點溫度計

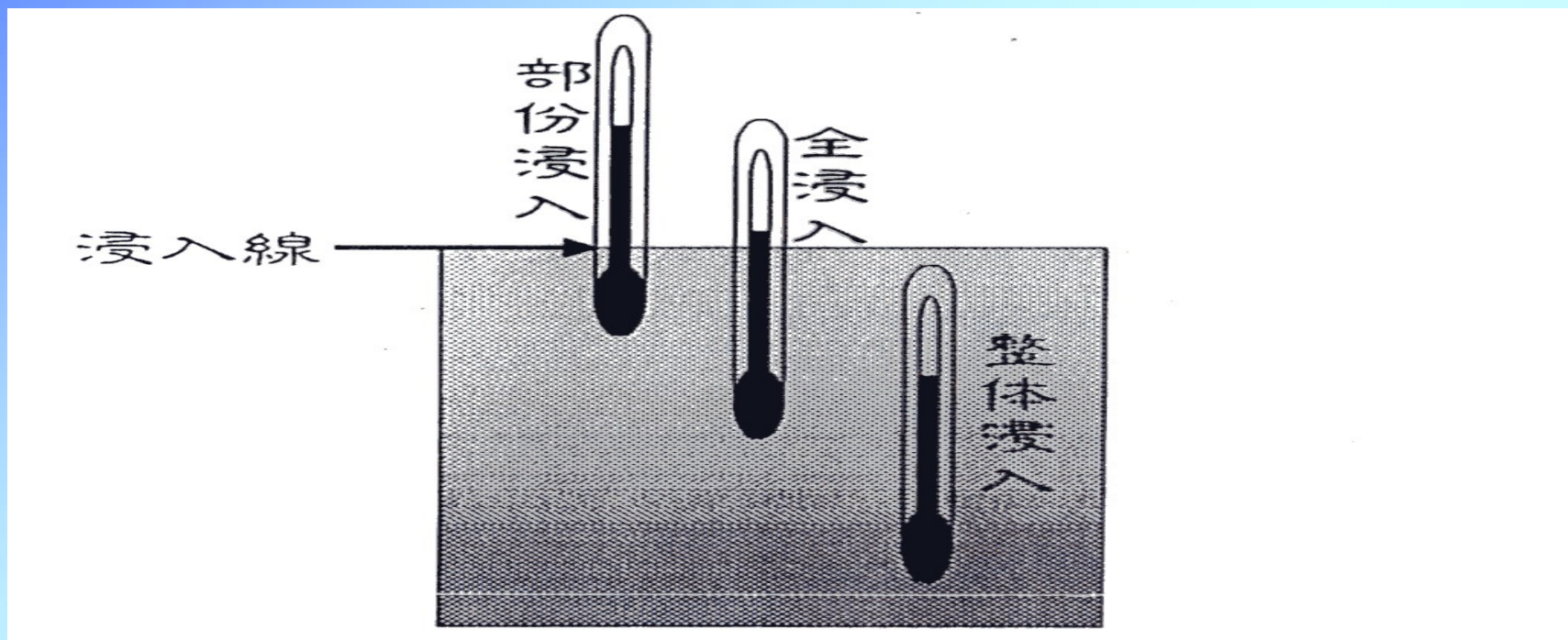
3 · 貝克曼溫度計

4 · 阿斯曼乾濕球溫度計

5 · 乾濕球溫度計

6 · 最高最低溫度計

玻璃溫度計的型式及使用方式



(1) 全浸入 (Total Immersion) :

量測時，溫度計液柱只高出待測槽液面6~12mm。

(2) 部份浸入 (Partial Immersion) :

量測時，溫度計部份浸入至待測槽液。

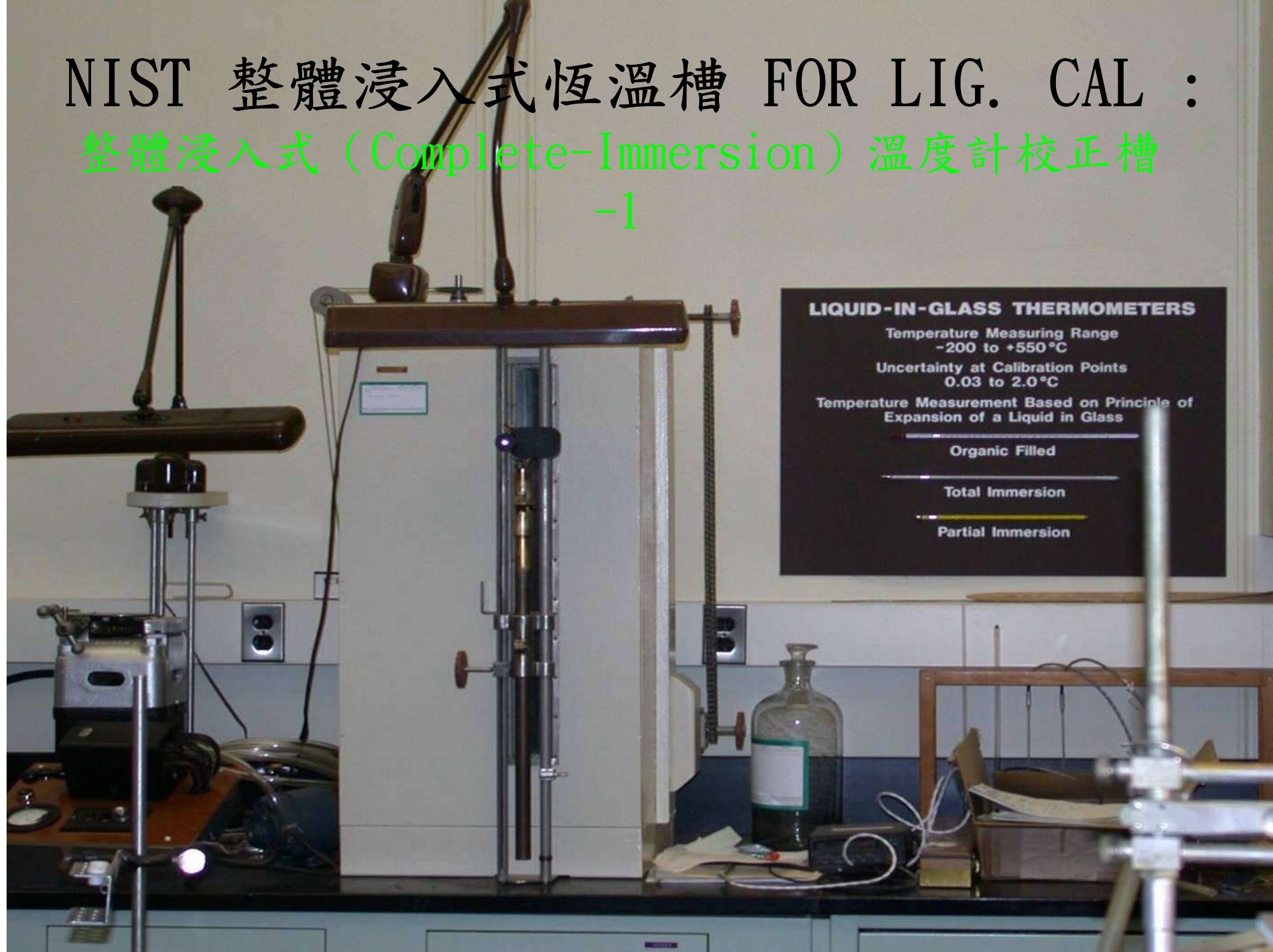
(3) 整體浸入 (Complete Immersion) :

溫度計整支皆浸沒在槽液內，量測時須有窗口可供讀取溫度值。量測時，需固定深度。

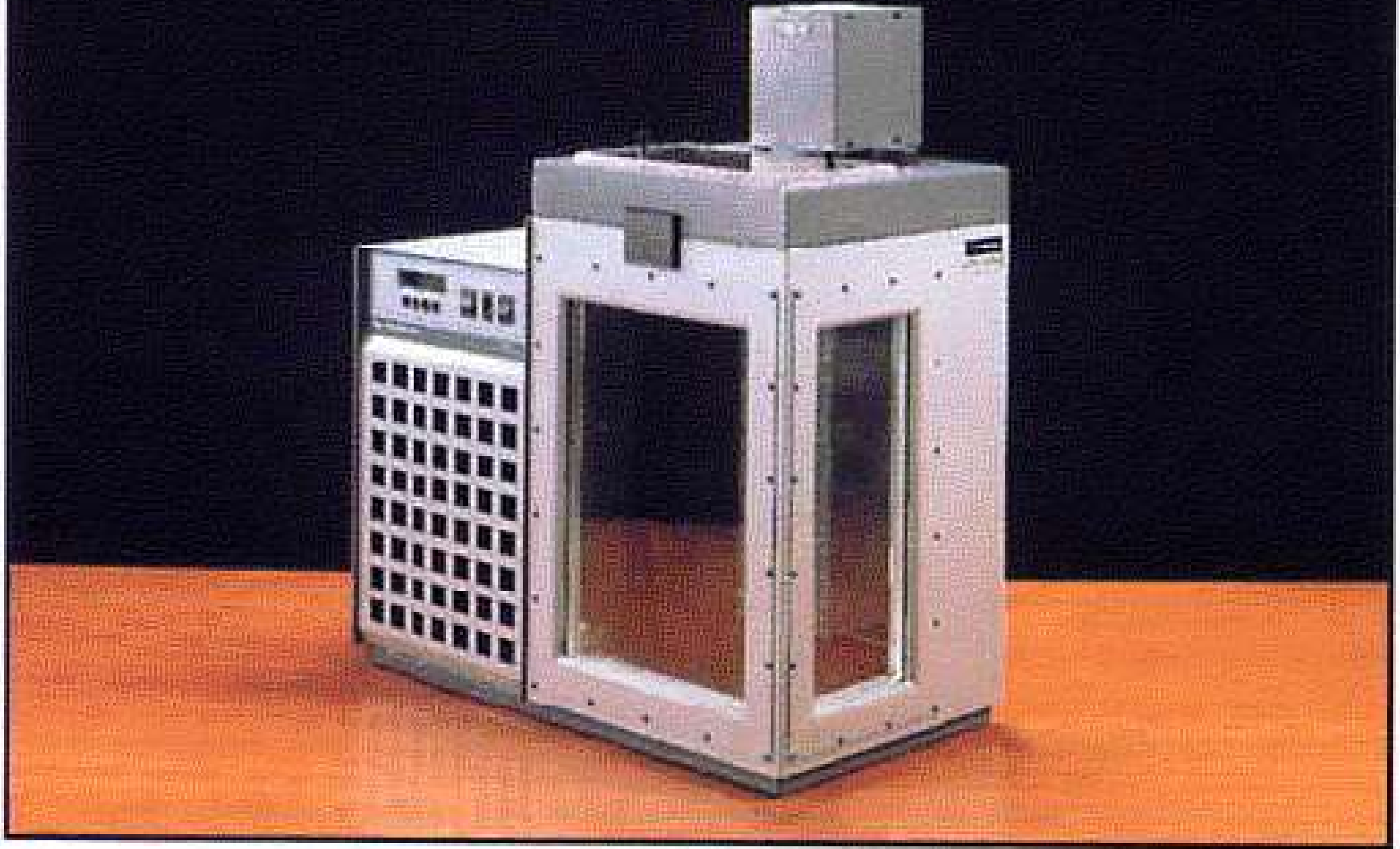
NIST 整體浸入式恆溫槽 FOR LIG. CAL :

整體浸入式 (Complete-Immersion) 溫度計校正槽

-1



整體浸入式（Complete-Immersion）溫度計校正槽-2

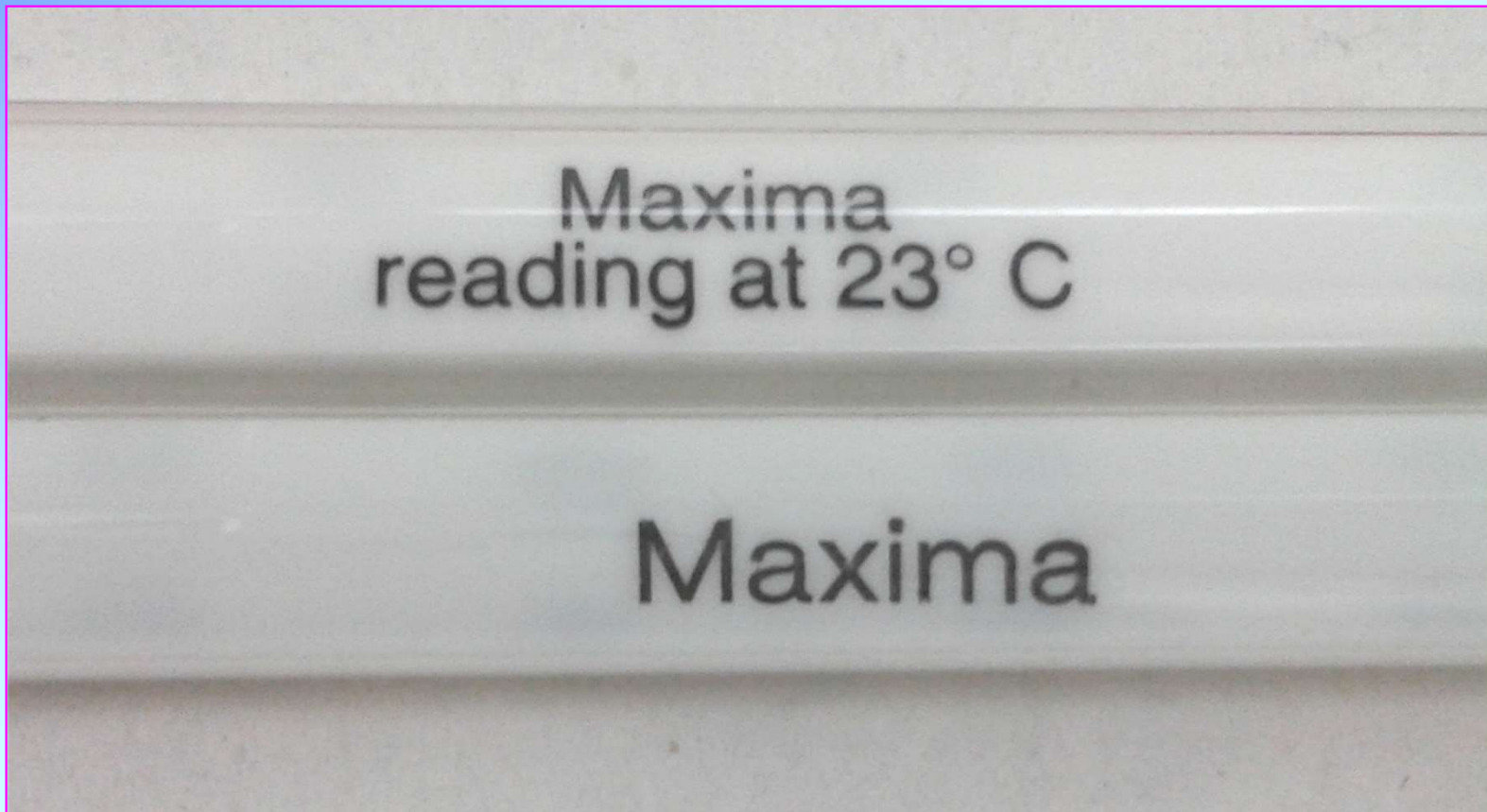


Hart's window baths enhance viscometry work and calibrations of complete-immersion thermometers.

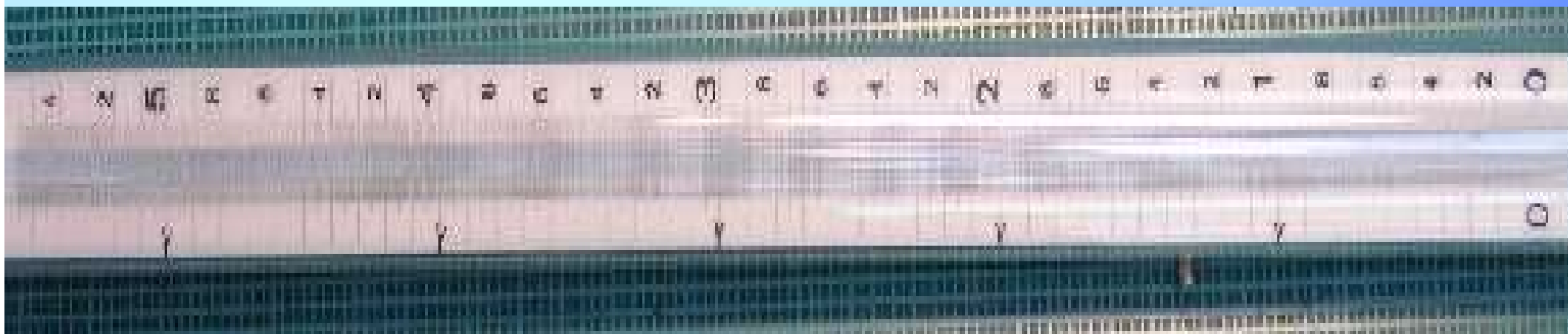
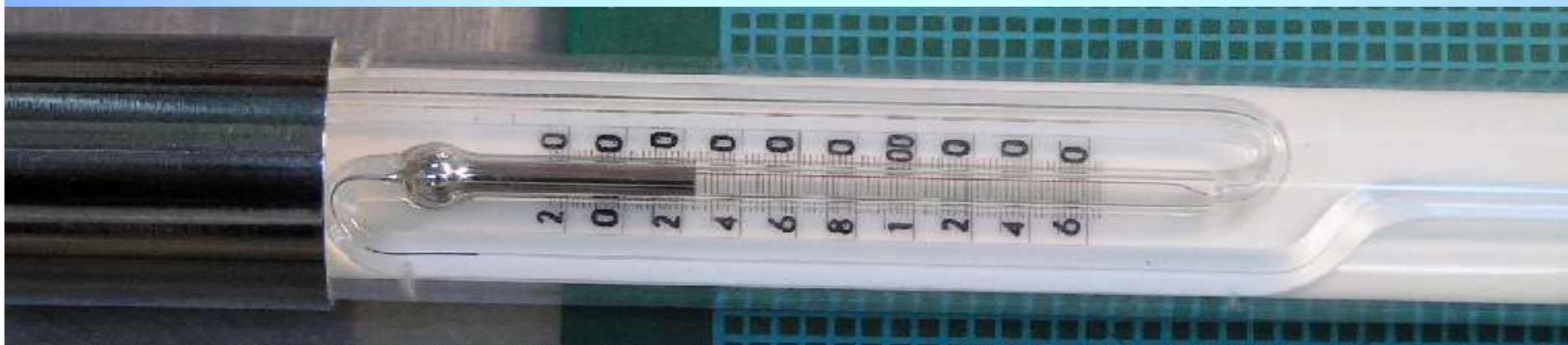


NIST 綜合型溫度計校正槽

留點溫度計



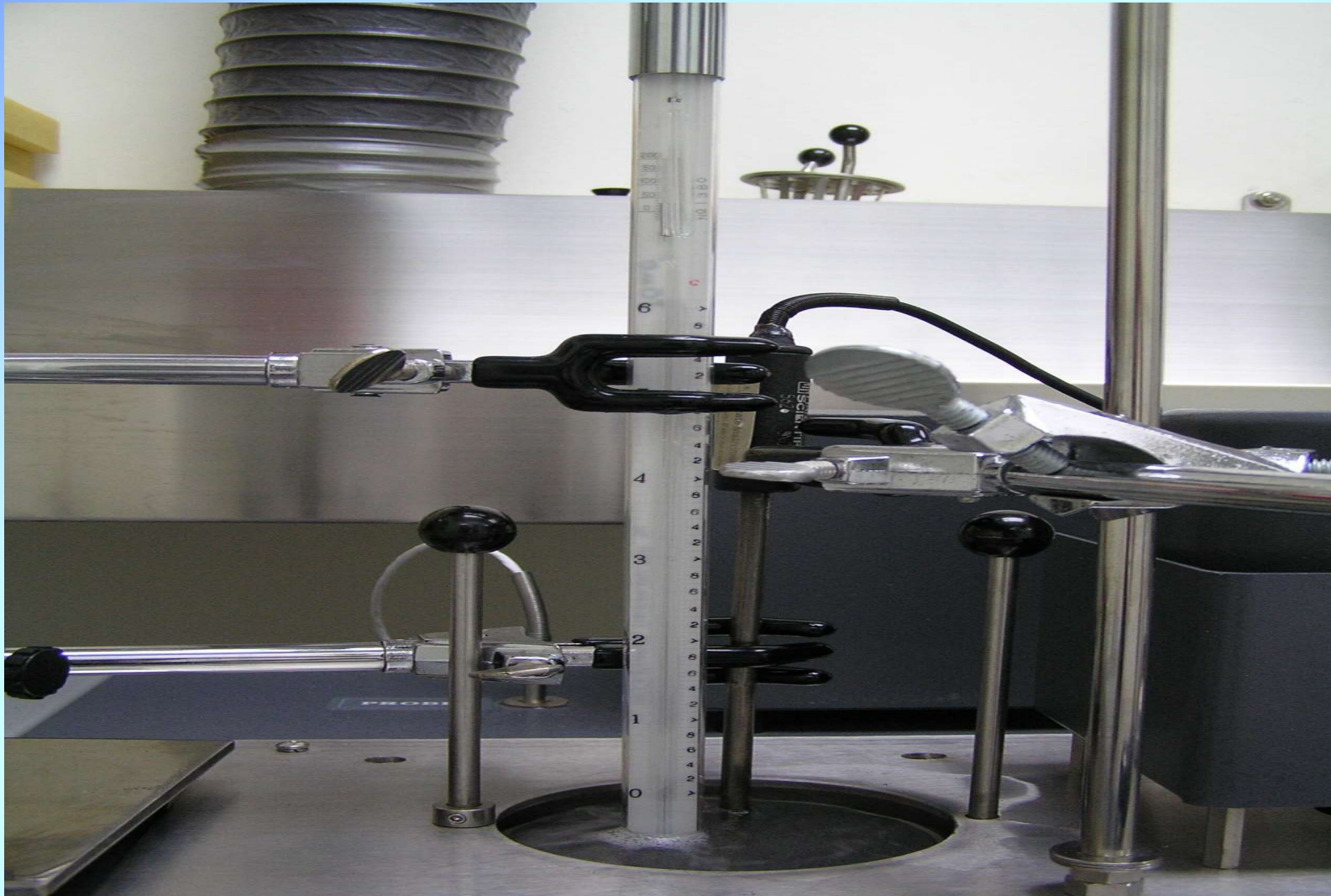
貝克曼溫度計





量測科技股份有限公司
Measurement Technology Co.,Ltd

貝克曼溫度計校正



阿斯曼乾濕球溫度計



FROM 網路

乾濕球溫度計

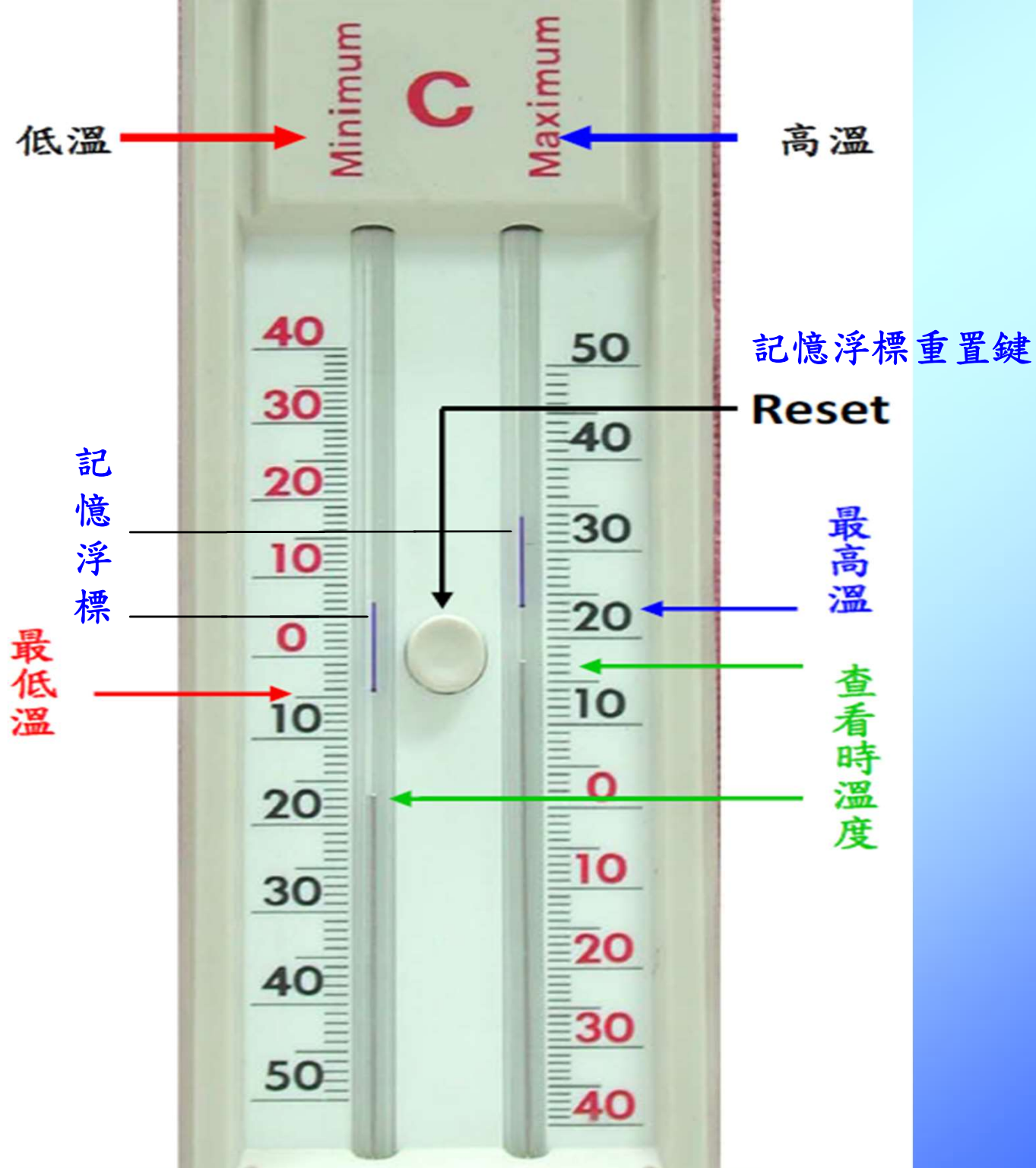
手搖式乾濕計



固定式乾濕計



最高最低溫度計



玻璃溫度計量測原理

$$K = \frac{1}{V} \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

$$\Delta V = a \Delta L$$

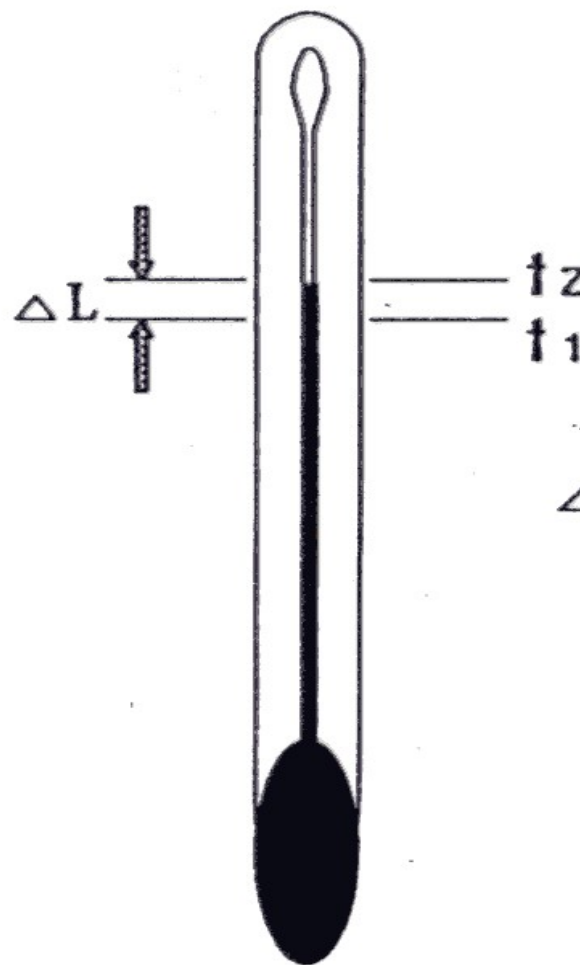
K=膨脹係數

L=毛細管長度

V=感溫液體體積

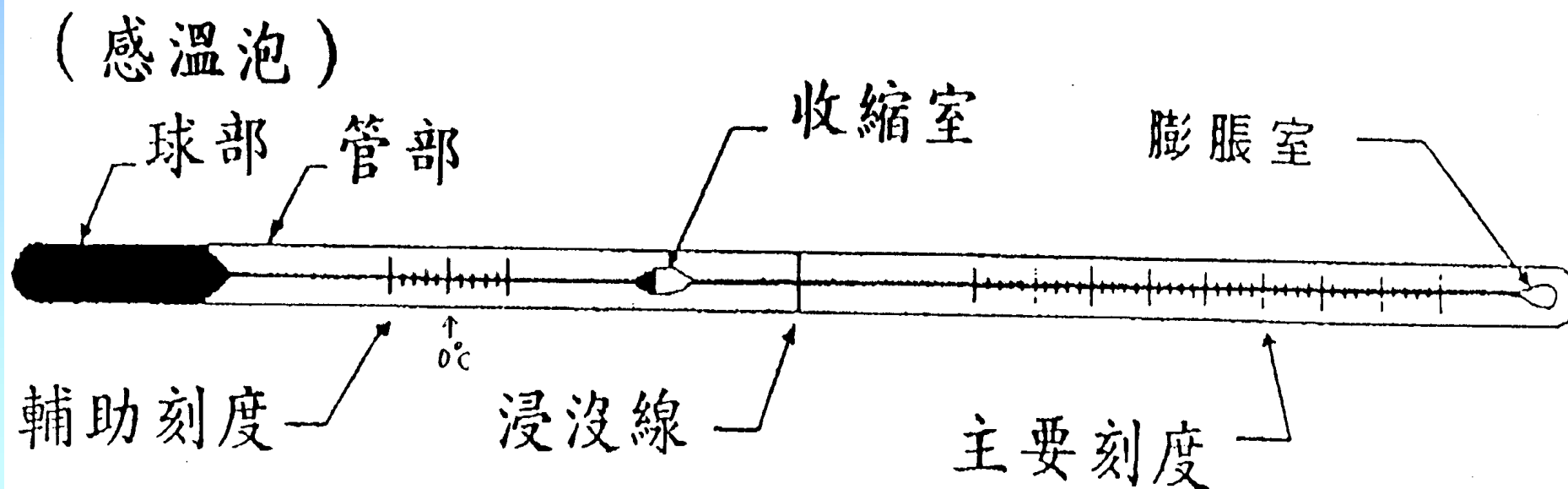
t=感溫液溫度

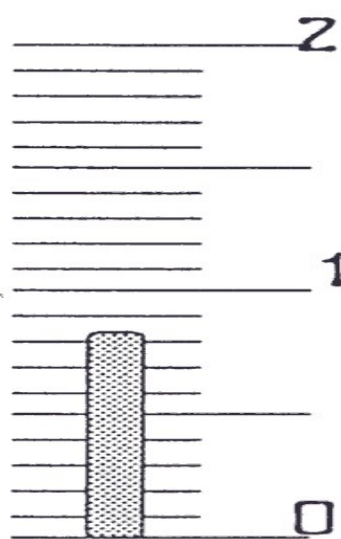
a=毛細管截面積



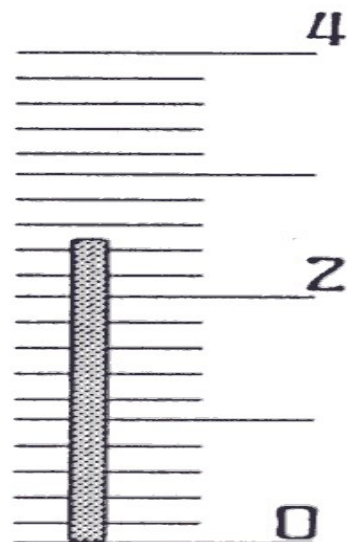
$$\Delta t = t_2 - t_1$$

玻璃溫度計結構

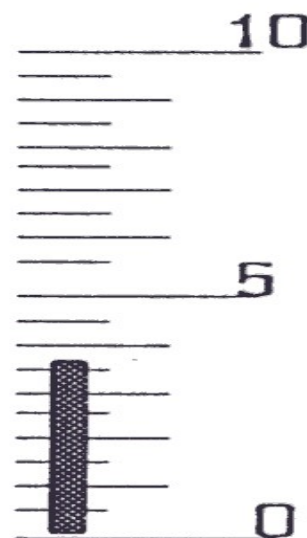




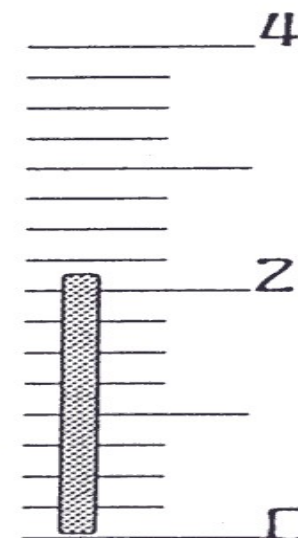
(一)



(二)



(三)



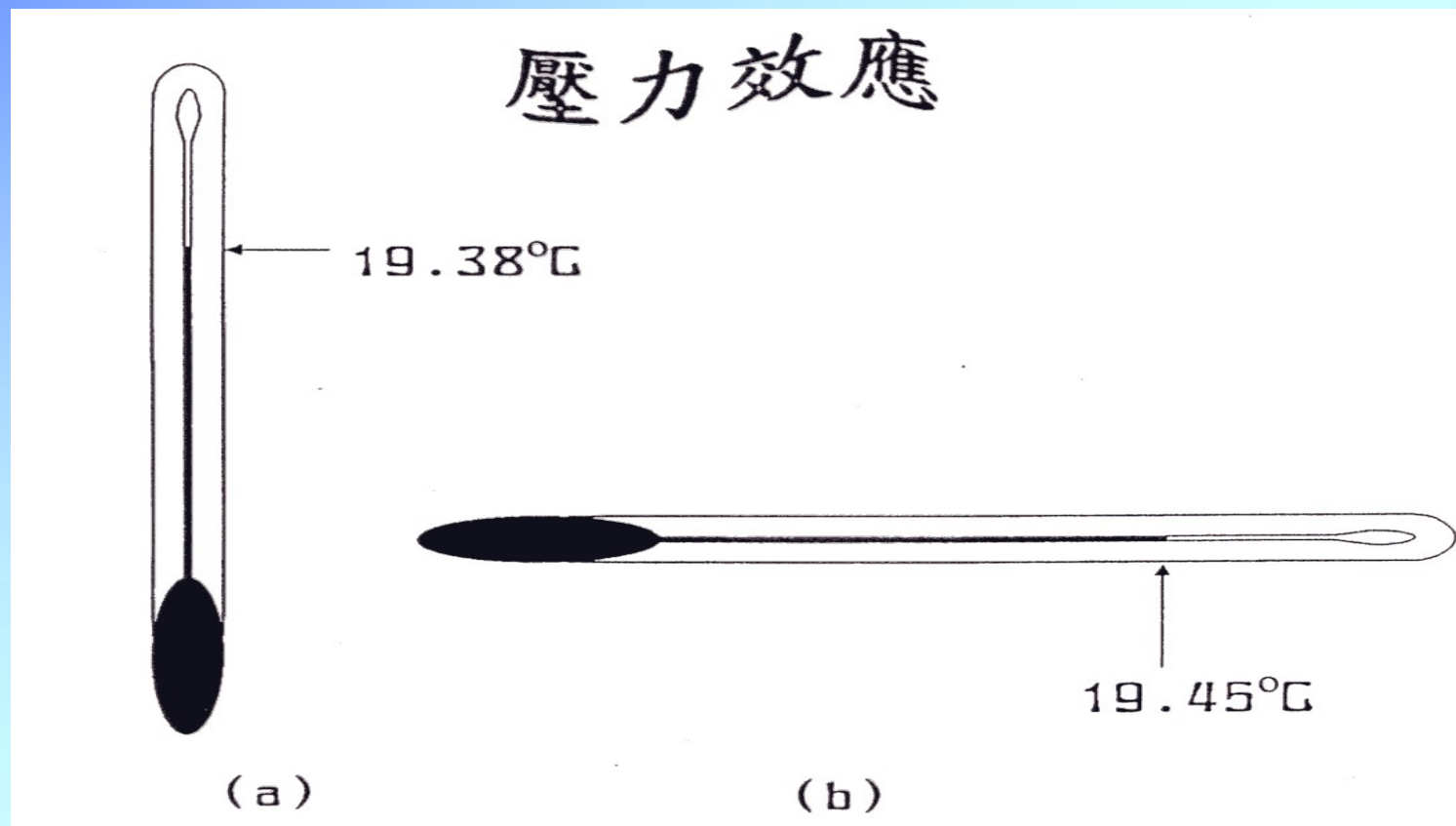
(四)

- 第一個圖每一最小刻度之間格為**0.1°C**。
- 第二個圖每一最小刻刻度之間格為**0.2°C**。
- 第三個圖每一最小刻度之間格為**0.5°C**。
- 第四個圖每一最小刻度之間格為**0.25°C**。
- 分度線線寬約**0.05~0.2mm**，線寬需小於最小分度區間的**1/5**。
- 最小分度區間一般是**0.2~2mm**，最好是**0.7~0.8mm**。

填充氣體

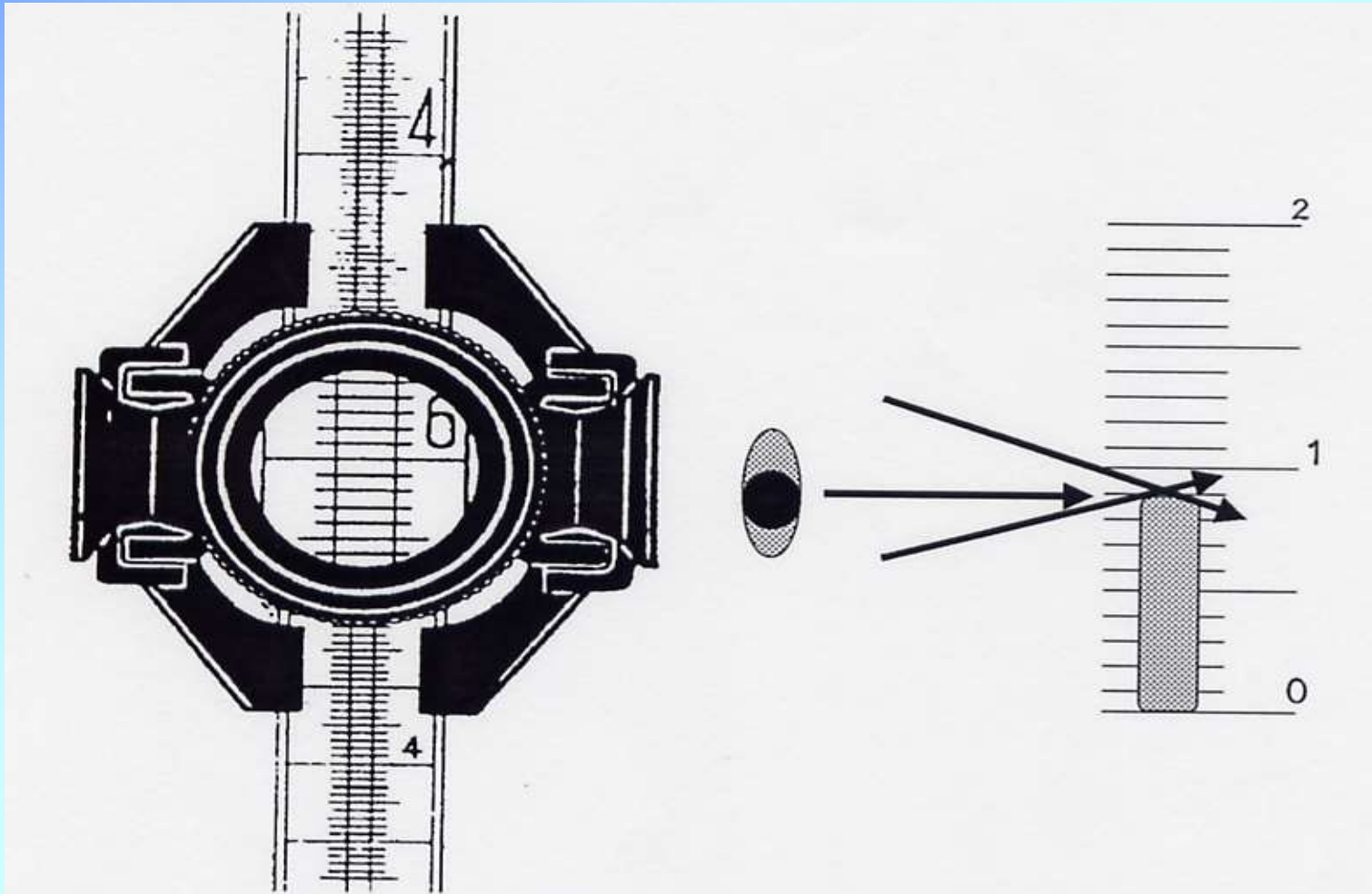
- 溫度計使用超過**150°C**時,應使用乾燥及鈍性氣體填充（如 氮氣），然後將溫度計倒轉，查看液柱流動的情形，就可以判斷溫度計是否有充氣。
- 超過**150°C**時，水銀將會被蒸發，除非在管部有填充氣體，一般使用在高溫的溫度計都有填充氣體，以減低液柱上之水銀被蒸發。
- 如果沒有填充氣體，水銀將會迅速流動至膨脹室，若有填充氣體，水銀流動量非常小，大多數溫度計都有填充氣體。

壓力效應



- 壓力會使球部體積改變。
- 一大氣壓可能產生 0.15°C 變化。
- 水平使用，讀值較高。
- 使用時要避免球部處在受力的狀態及碰撞。
- 圖 (a) 溫度計讀值為 19.38°C 。
- 圖 (b) 溫度計讀值為 19.45°C 。

注意讀取玻璃溫度計讀值



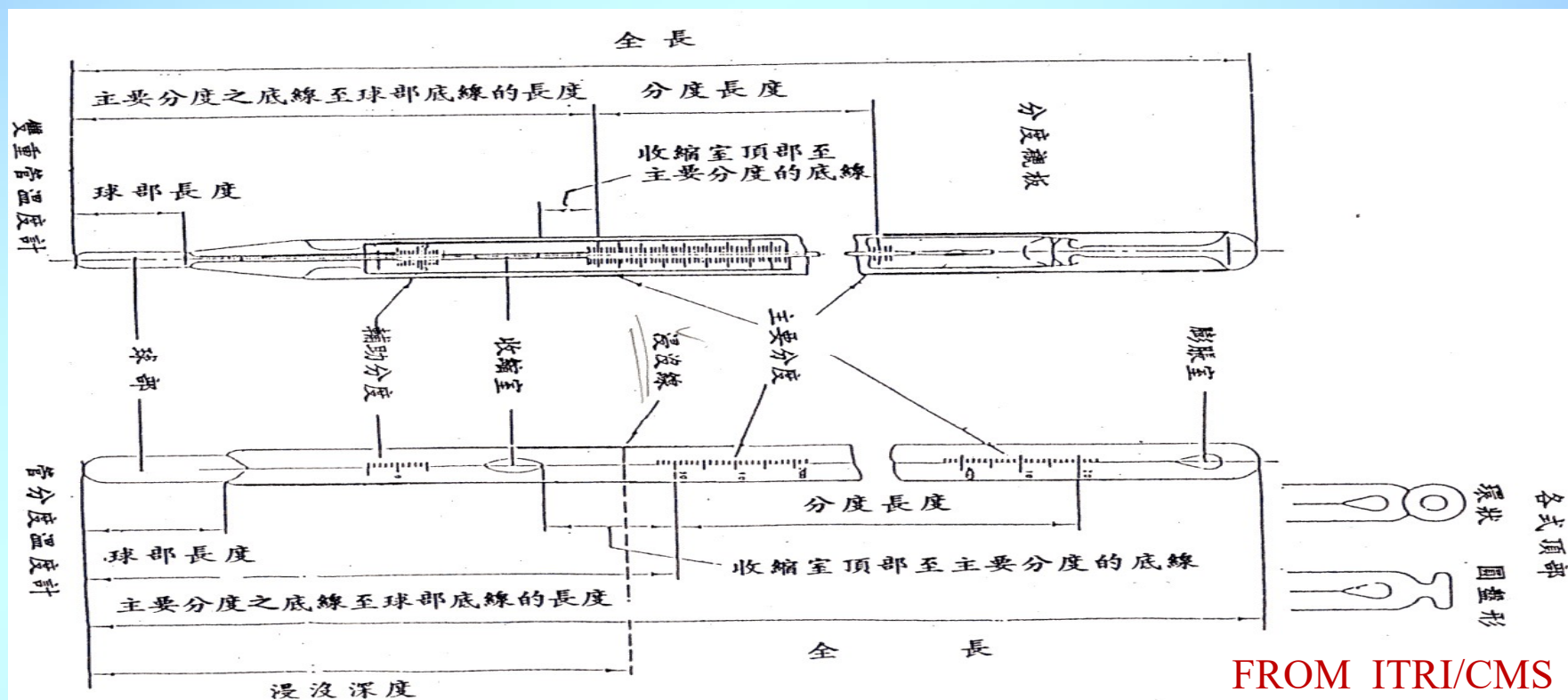
- 可使用放大鏡或望遠鏡當輔助工具，使視覺誤差降至最小。
- 視線應與溫度計垂直。

玻璃溫度計之校正

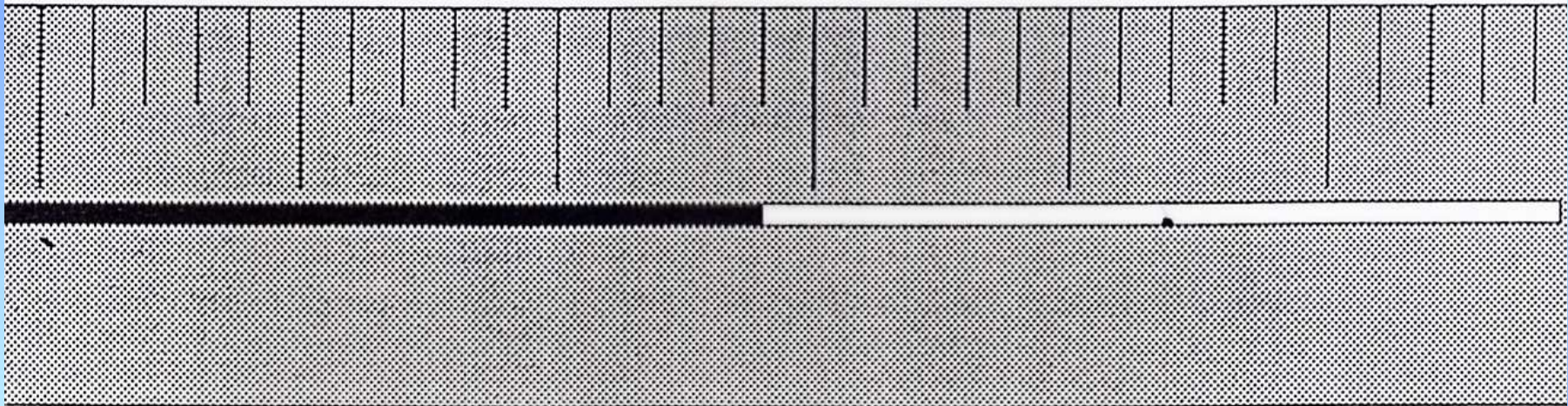
一、校前檢查及準備

(一) 檢查：

- 溫度計是否有裂痕
- 刻度尺是否鬆動(雙重管)
- 毛細管是否有碎片、污物、缺陷、氣泡
- 液柱是否分璃、斷節



毛細管內有污點

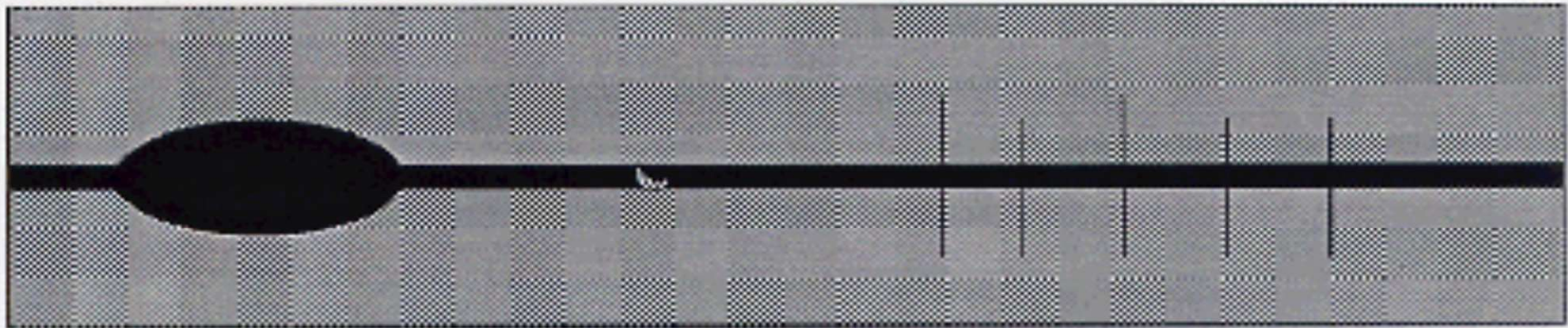


- 在污點以下, 因污點聚積水銀, 使讀值降低
- 在污點以上, 因污點聚積氣體, 使讀值升高



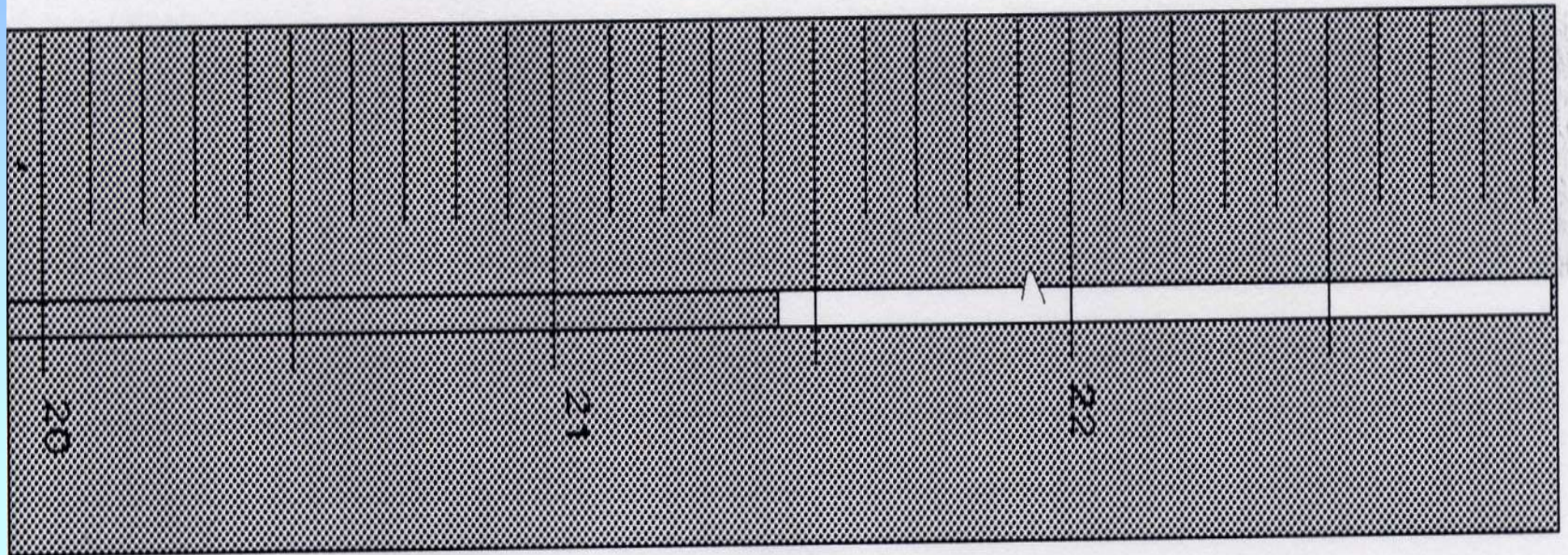
量測科技股份有限公司
Measurement Technology Co.,Ltd

玻璃碎片





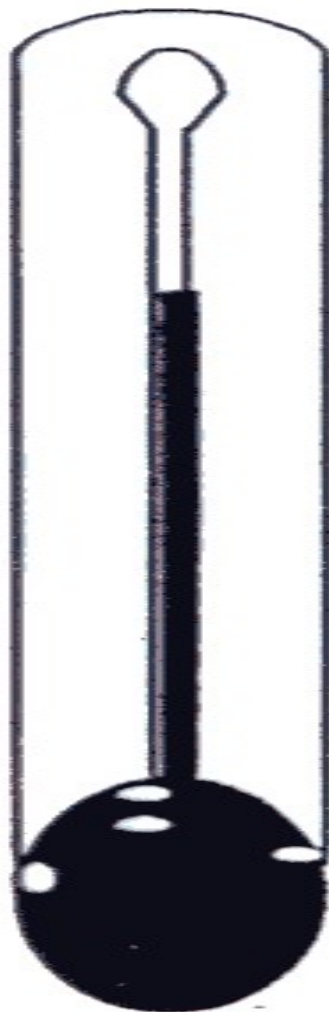
毛細管壁有一缺陷





量測科技股份有限公司
Measurement Technology Co.,Ltd

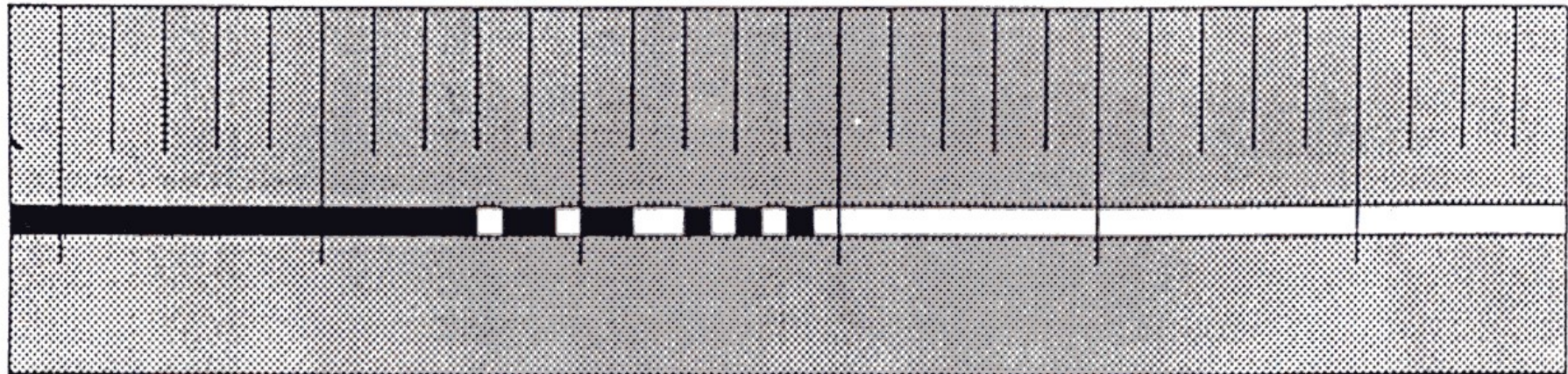
球部有氣泡



FROM ITRI/CMS

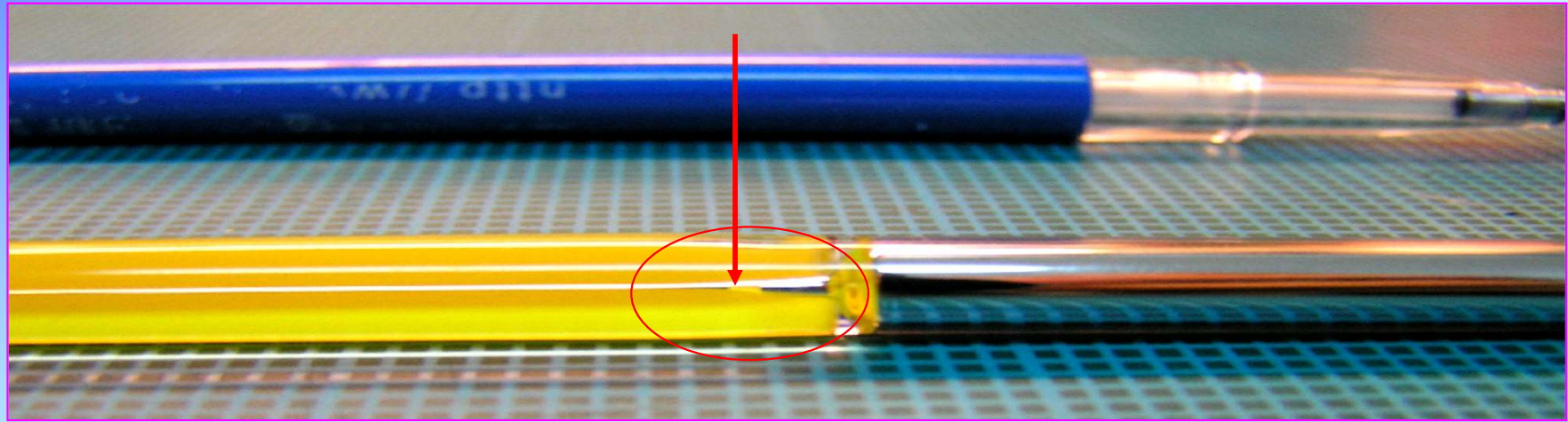


水銀柱分離

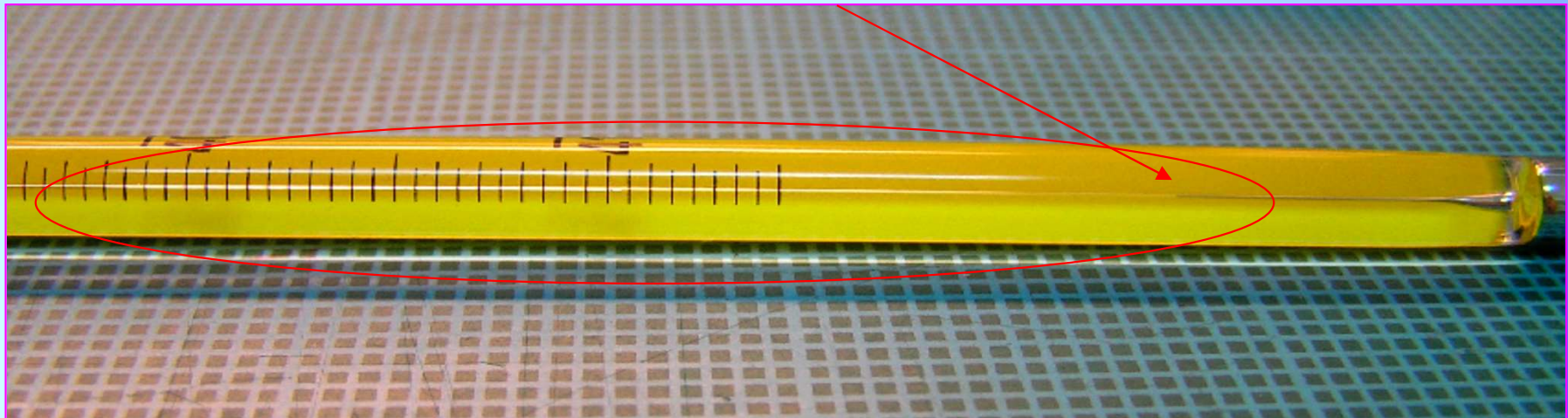


玻璃溫度計的液柱分離狀態

- 常溫下毛細管中的空氣，導致誤差的原因：



溫昇後-此兩點水銀中間毛細管部分為空氣：





感溫液柱斷節

- 原因：
 - 溫度計品質差
 - 灌注感溫液時帶入氣泡
 - 維護或使用方法不當
 - 運送過程受振動
- 修復方法：（1）加熱法（2）冷卻法

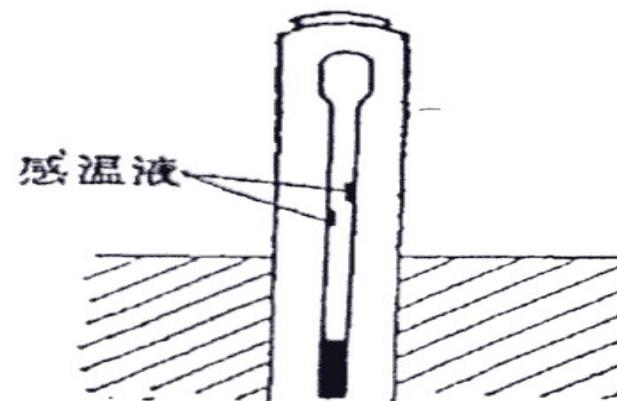
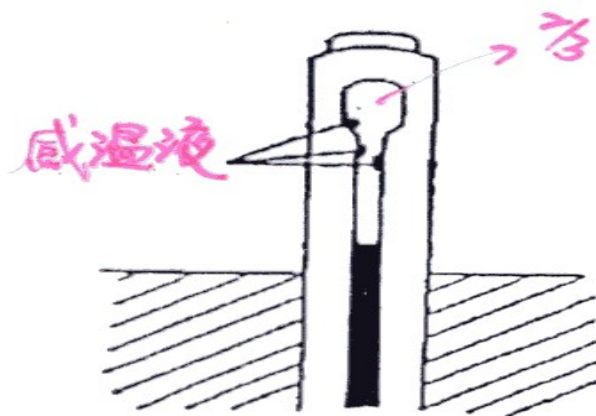
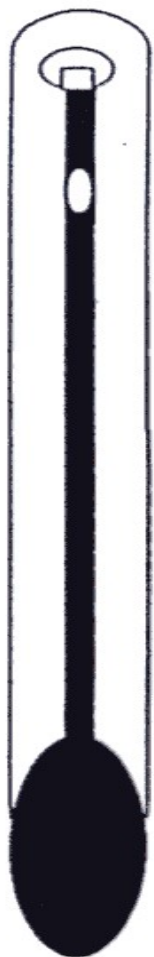
※若常發生斷節現象：則溫度計不能再使用※

感溫液柱斷節及修復的方法

加熱修復方法：

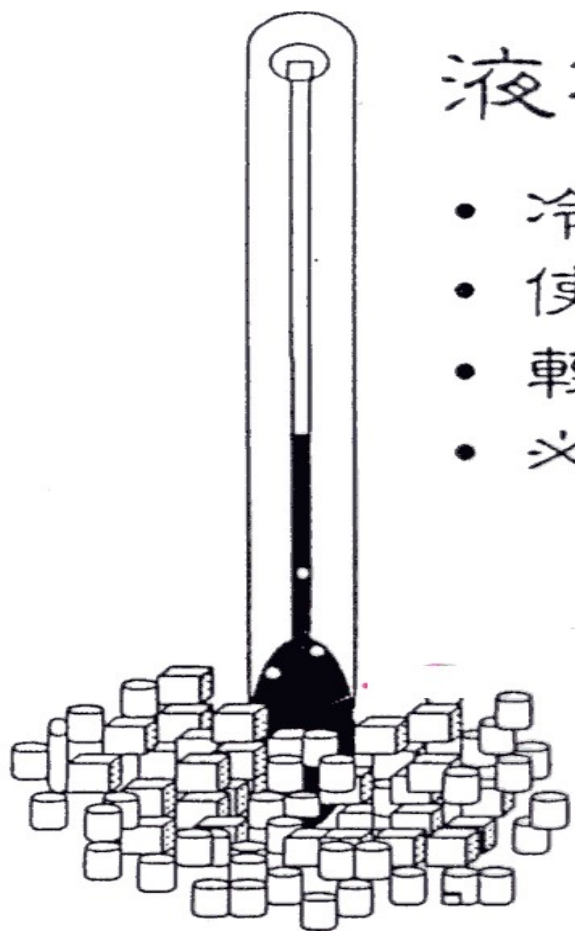
液柱斷節之加熱修復法

- 加熱感溫球，使液柱升至膨脹室
- 以手輕拍



感溫液柱斷節及修復的方法-續

冷卻修復方法：



液柱斷節之冷卻修復法

- 冷卻感溫球
- 使感溫液縮降至球部或收縮室
- 輕拍溫度計
- 必要時加以轉動並輕拍溫度計

玻璃溫度計之校正

●、校前檢查及準備：

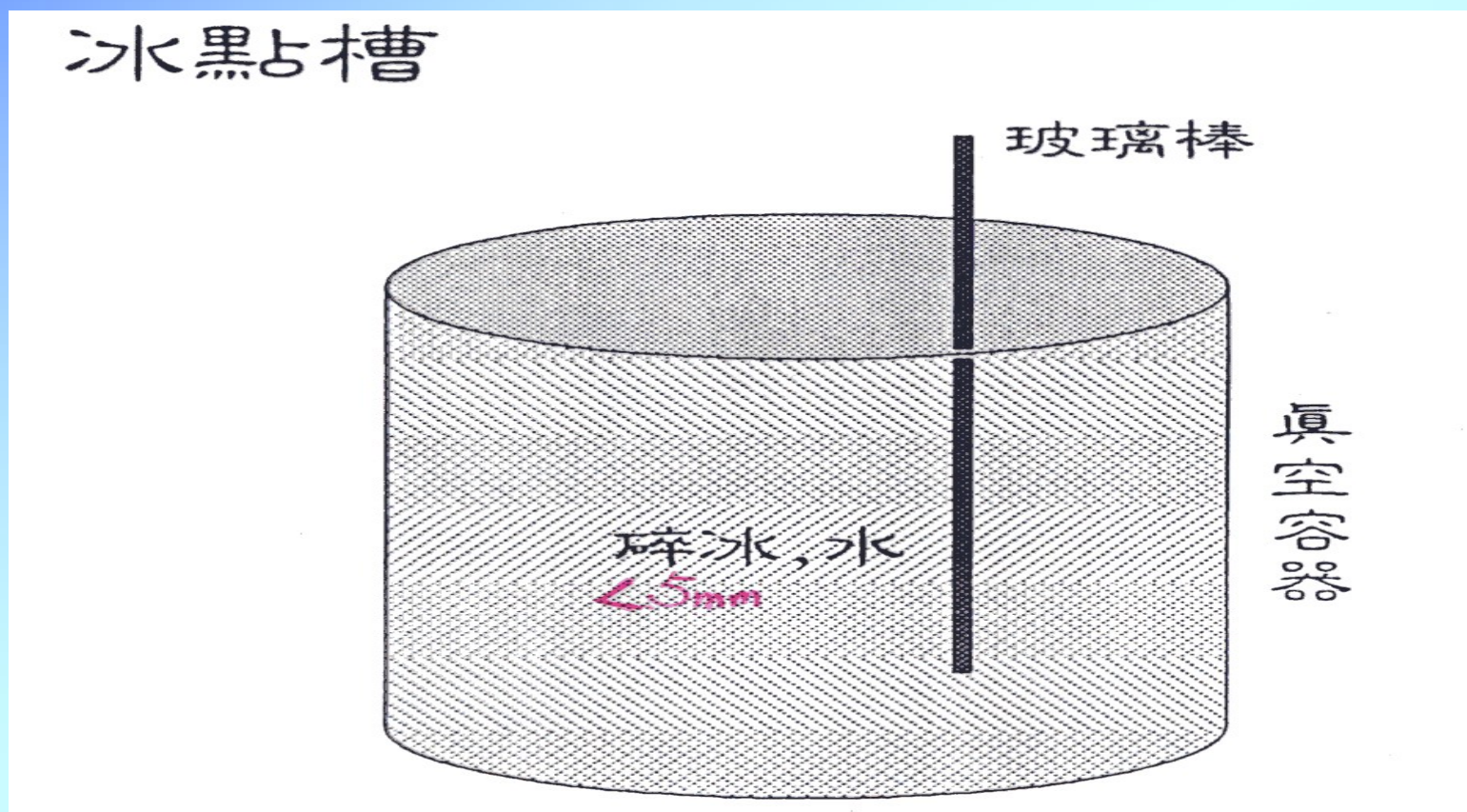
- 置於校正室溫下 1 天
 - 液柱分離復原處理
 - 刻線清晰處理
 - 擦拭清潔
 - 備數據記錄紙

●、校正設備備便：

- 標準件(SPRT或LIG) ● 檢查標準件(SPRT)
- 數位溫度計 ● 恆溫槽 ● 冰點槽 ● 抽風設備
- 蒸餾水 ● 高溫用油 ● 低溫用有機液體
- 照明燈具 ● 放大鏡 ● 夾具及玻璃棒

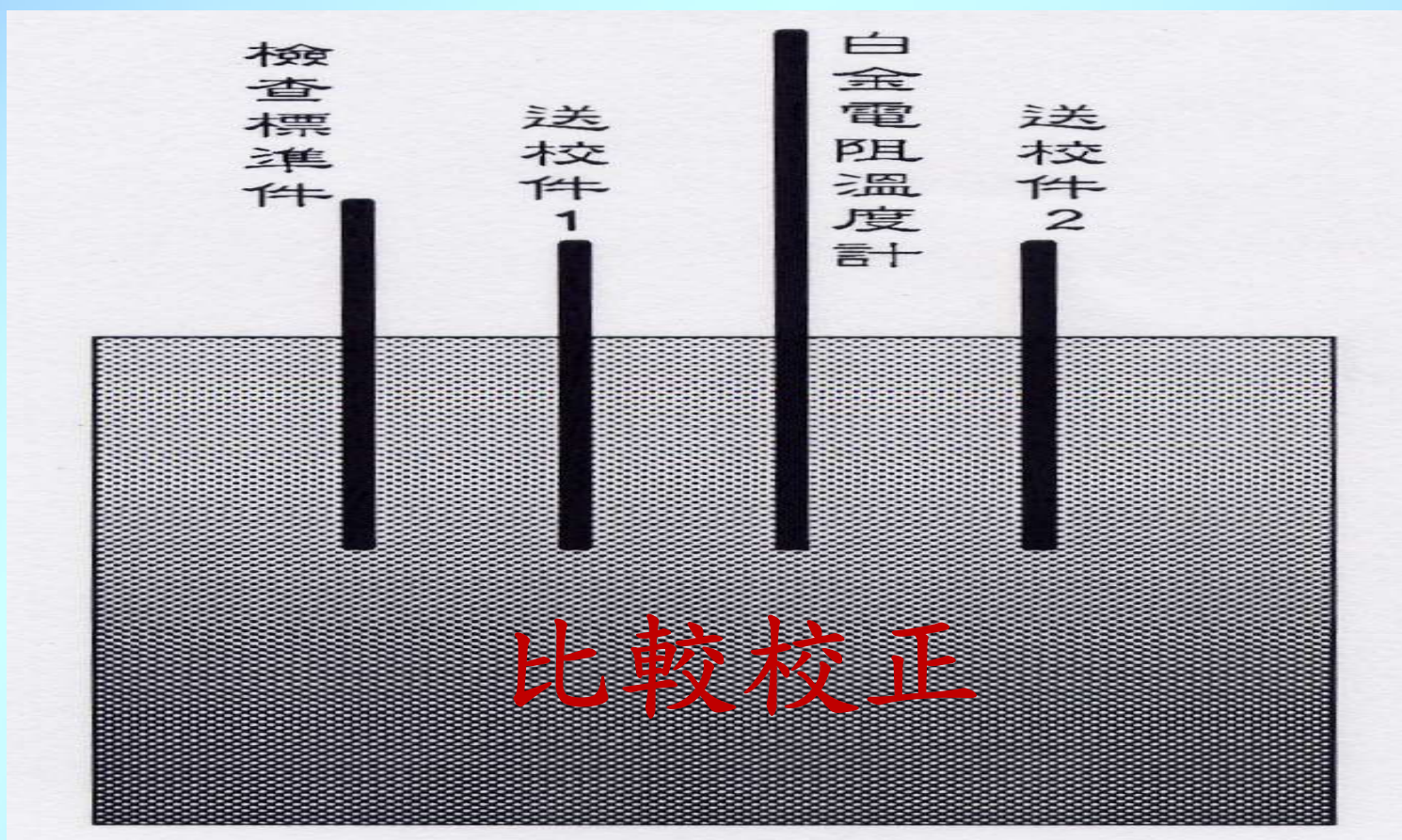


參考點查核(0 °C--輔助刻畫部分)

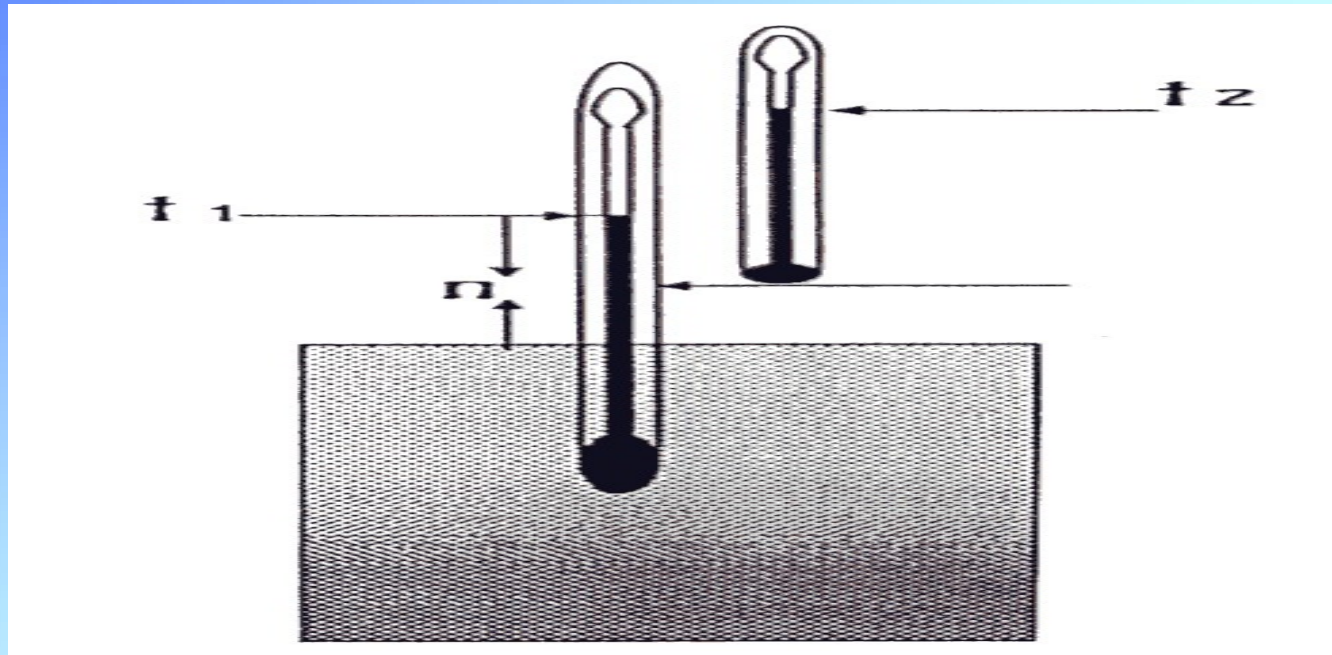


玻璃溫度計之校正

- 校正點：參考點校正、主要刻度之校正
- 校正週期：ISO Guide建議：
- 由使用者自定新●的LIG檢查週期應短 ●檢查參考點



全浸入式玻璃溫度計之莖溫修正



- 全浸入式玻璃溫度計量測時，應以全浸入方式測溫。若以部份浸入方式測溫時，應做莖溫修正，修正公式如下：

量測值 = 讀值 + 莖溫修正值

莖溫修正值 = $k * n * (t_1 - t_2)$

k = 水銀與玻璃之膨脹係數差，單位為 $1/^\circ\text{C}$ (參考值：**0.00016**)

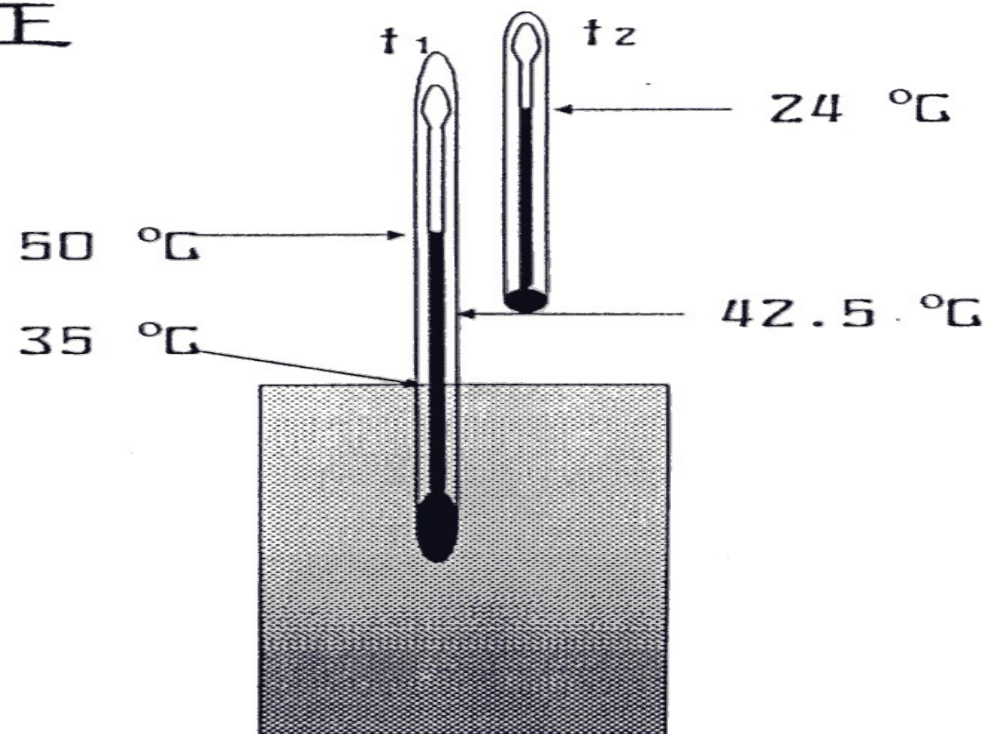
n = 露出液面之水銀柱高度所相當之溫度讀值，單位為 $^\circ\text{C}$

t_1 = 球部的溫度（溫度計之讀值），單位為 $^\circ\text{C}$

t_2 = 液面的水銀柱平均溫度，單位為 $^\circ\text{C}$

例題練習：

莖溫修正



●如上圖全浸入溫度計以部份浸入方式使用時的 管部修正，玻璃溫度計與液面交界處之刻度為**35°C**，溫度計值為**50°C**。輔助溫度計讀值為**24°C**，試求該量測所得之實際溫度為若干？

(42.5 °C為輔助溫度計放置於1/2n值之位置: $(50-35)/2+35$)

【解】 管部修正量 = $K * n * (t_1 - t_2) = 0.00016 * (50 - 35) * (50 - 24)$
 $= + 0.062 (°C)$

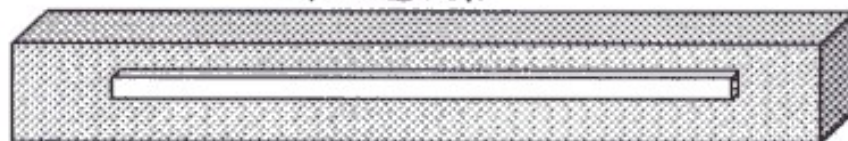
實際溫度 = $50 + 0.062 = 50.062 °C$

玻璃溫度計之運送包裝

溫度計



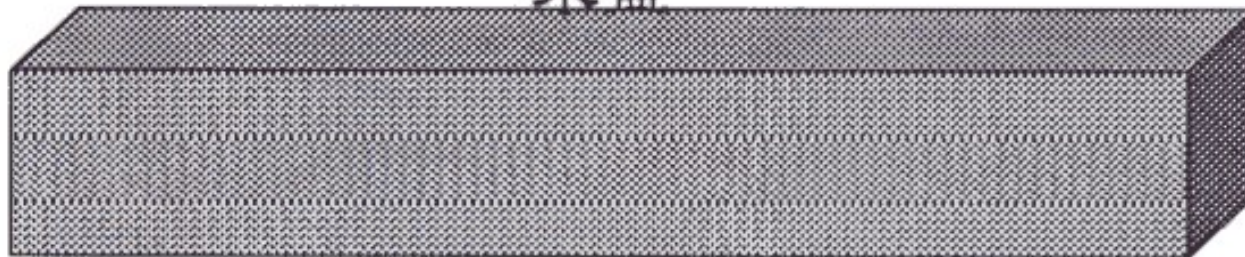
苯乙烯



海綿



木盒



玻璃溫度計誤差極限: 德國規範NO. E0 14-1

Fehlergrenzen Thermometer

Gemäß deutscher Eichordnung EO 14-1 sind folgende Fehlergrenzen für die gängigsten Thermometer festgelegt

Bei Thermometern mit benetzender thermometrischer Flüssigkeit, die ganzeintauchend justiert sind:

Limits of Error for Thermometers

Under the regulations No EO 14-1 of the German »Eichordnung« the following limits of error of the most current thermometers are laid down

The limits of error for thermometers with wetting liquid calibrated for total immersion are as follows:

Temperaturbereich – range	Eichfehlergrenze bei Skalenwert – limits for government testing at graduation intervall			
	0,5° C	1° C	2° C	5° C
von/from –200° C bis/to –110° C	—	± 3° C	± 4° C	± 5° C
oberhalb/above –110° C bis/to – 10° C	± 1° C	± 2° C	± 4° C	± 5° C
oberhalb/above – 10° C bis/to 110° C	± 1° C	± 2° C	± 3° C	± 5° C
oberhalb/above –110° C bis/to 210° C	—	± 3° C	± 4° C	± 5° C

bei Thermometern mit nicht benetzender thermometrischer Flüssigkeit, die ganzeintauchend justiert sind:

The limits of error for thermometers filled with liquid which does not wet and designed for total immersion.

Temperaturbereich – range	Eichfehlergrenze bei Skalenwert – limits for government testing at graduation intervall						
	0,05° C	0,1° C	0,2° C	0,5° C	1° C	2° C	5° C
von/from – 58° C bis/to – 10° C	—	± 0,3° C	± 0,4° C	± 0,5° C	± 1° C	± 2° C	± 5° C
oberhalb/above – 10° C bis/to + 110° C	± 0,1° C	± 0,2° C	± 0,3° C	± 0,5° C	± 1° C	± 2° C	± 5° C
oberhalb/above + 110° C bis/to + 210° C	—	—	± 0,4° C	± 0,5° C	± 1° C	± 2° C	± 5° C
oberhalb/above + 210° C bis/to + 410° C	—	—	—	± 1° C	± 2° C	± 2° C	± 5° C
oberhalb/above + 410° C bis/to + 610° C	—	—	—	—	± 3° C	± 4° C	± 5° C
oberhalb/above + 610° C	—	—	—	—	—	± 10° C	± 10° C

溫度計填充液與玻璃關係

Thermometrische Flüssigkeiten

Die thermometrischen Flüssigkeiten werden prinzipiell in zwei Kategorien unterteilt: in benetzende und nichtbenetzende. Letztere sind vorzuziehen, da sie wesentlich zuverlässigere Resultate liefern. Nachstehend eine Übersicht:

Thermometer Fluids

The thermometric fillings pertain to two categories: liquids which wet glass, and liquids which do not wet. The last are to be preferred as the results they give are much more reliable. Hereafter a summary.

Thermometrische Flüssigkeit Thermometric filling	Abkürzung abbreviation	von from	bis to	benetzend wetting glass	α (grad - 1)
Quecksilber – mercury	Hg	– 38° C	+ 800° C	nein – no	0.000160 (150° C, 16/B)
Quecksilber-Thallium-Legierung – mercury – thallium – alloy	Hg–Tl	– 58° C	ca. 150° C	nein – no	0.000158 (0° C, 16/B)
Gallium – gallium	Ga	ca. 10° C	ca. 1200° C	nein – no	0.00010 (800° C, Quarz)
Pentangemisch – pentane compound	Pent.	– 200° C	ca. + 30° C	ja – yes	0.0009 (–180° C, 16/B)
Äthylalkohol – ethyl alcohol	Alk.	– 110° C	ca. + 100° C	ja – yes	0.001 (–50° C, 16/B)
Toluol – toluene	Tol.	– 100° C	ca. + 100° C	ja – yes	0.001 (–50° C, 16/B)
Kreosot – creosole	–	ca. – 40° C	ca. + 200° C	ja – yes	–
rote (blaue) Spezialflüssigkeiten – red (blue) special liquids	Fllg.	ca. – 40° C	ca. + 250° C	ja – yes	–

An benetzenden Füllflüssigkeiten sind außer den obengenannten noch gebräuchlich: Amylalkohol, Petroleum, Benzoesäure-Amylester und eine ganze Reihe von gemischten organischen Flüssigkeiten.

In addition to the wetting liquids listed some others are used as well: amyl alcohol, petroleum, benzoic acid-amy-lester, and a great number of mixed, organic liquids.

熱電偶溫度計原理與使用簡介

熱電偶溫度計原理：

三大效應：

● *SEEBECK* ● *PELTIER* ● *THOMSON*

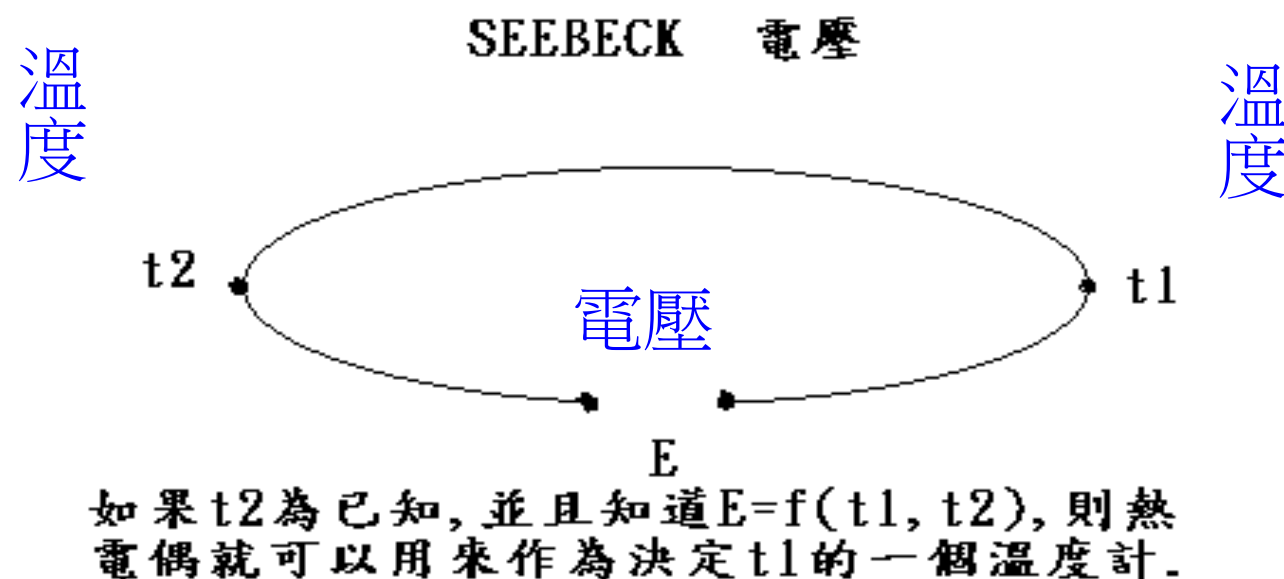
三大定律：

● 均勻迴路定律

● 居間金屬定律

● 持續或居間溫度定律

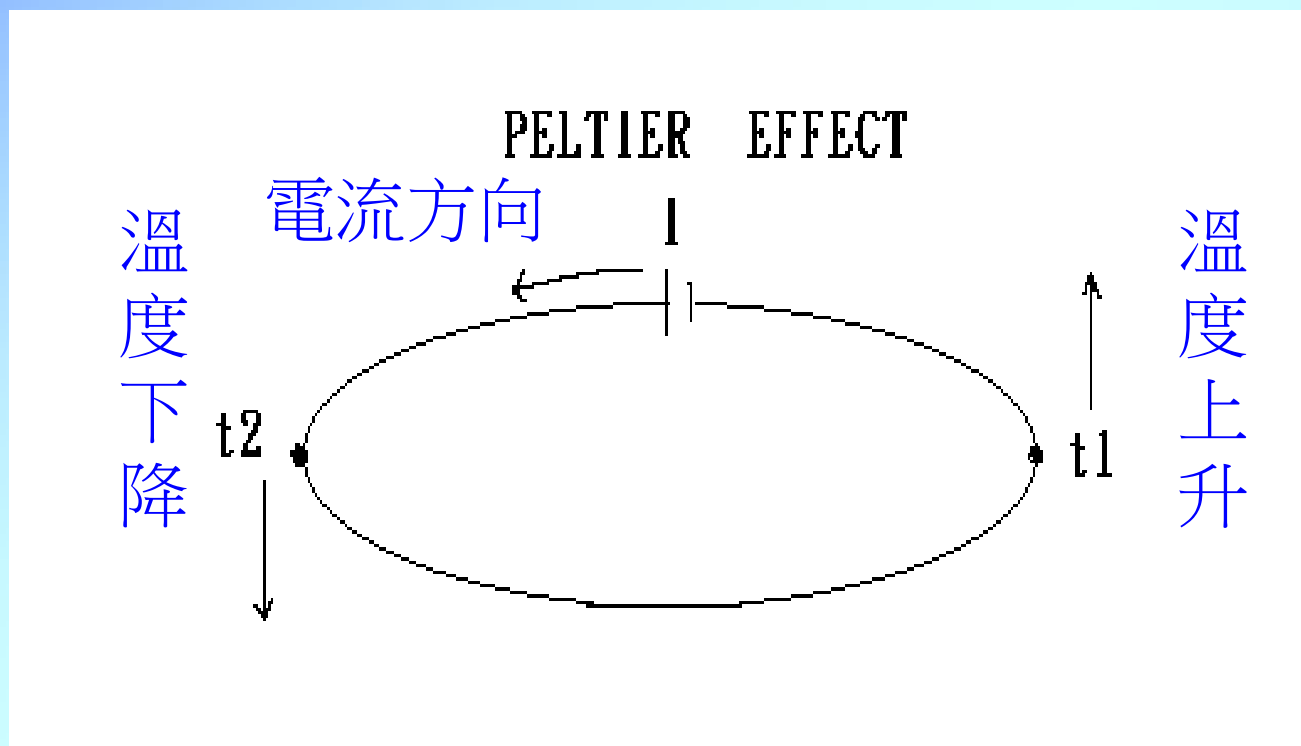
熱電偶溫度計原理



SEEBECK EFFECT

兩種不同金屬之接點及溫度(t_1, t_2)，產生一熱電動勢(EMF)

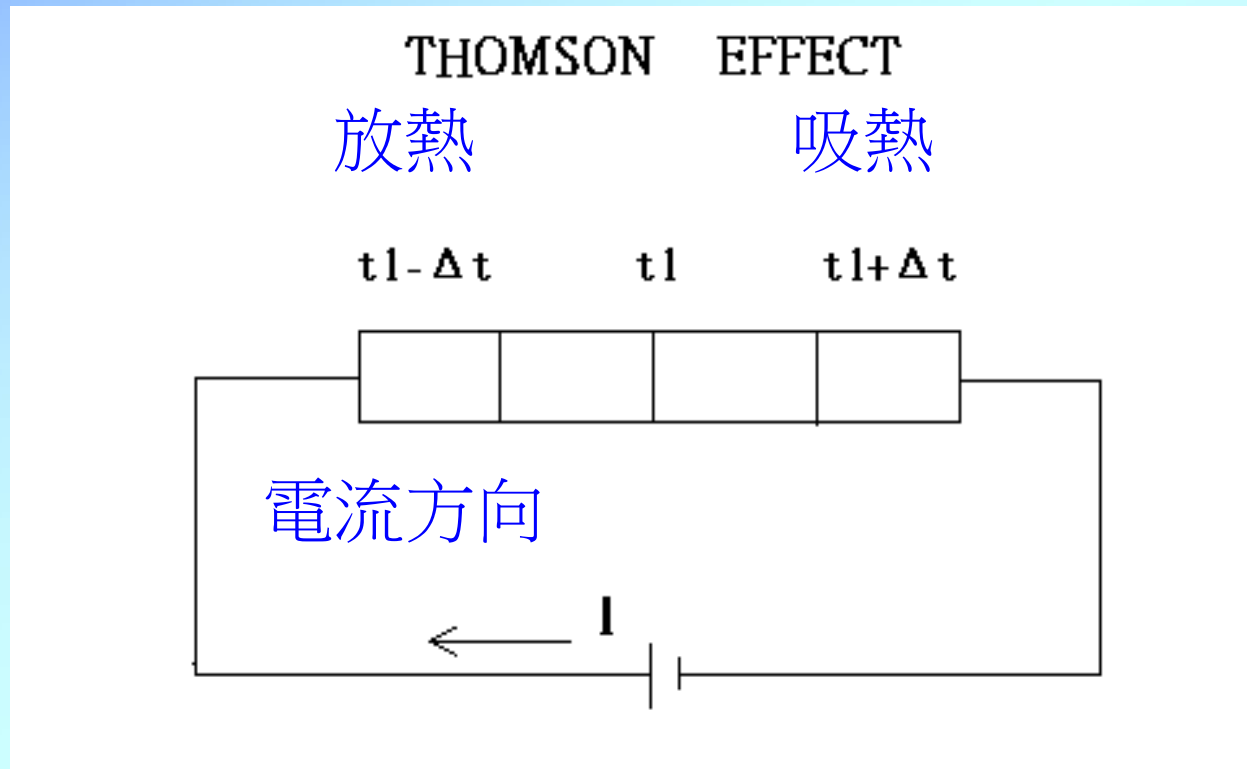
熱電偶溫度計原理



PELTIER EFFECT

電流流經兩種不同金屬構成之接點，依電流方向接點處會產生放熱或吸熱現象。

熱電偶溫度計原理

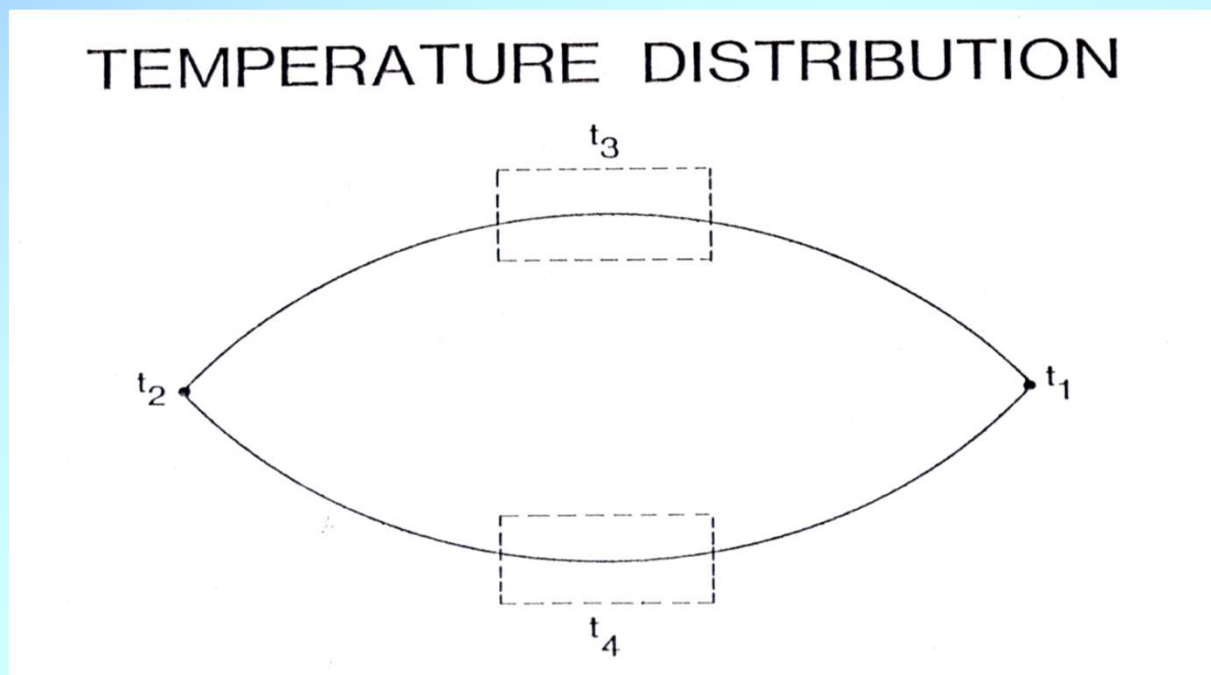


THOMSON EFFECT

電流流經一個有溫度梯度之均勻導體時，於不同的兩端會產生溫昇與溫降之現象。

熱電偶溫度計原理

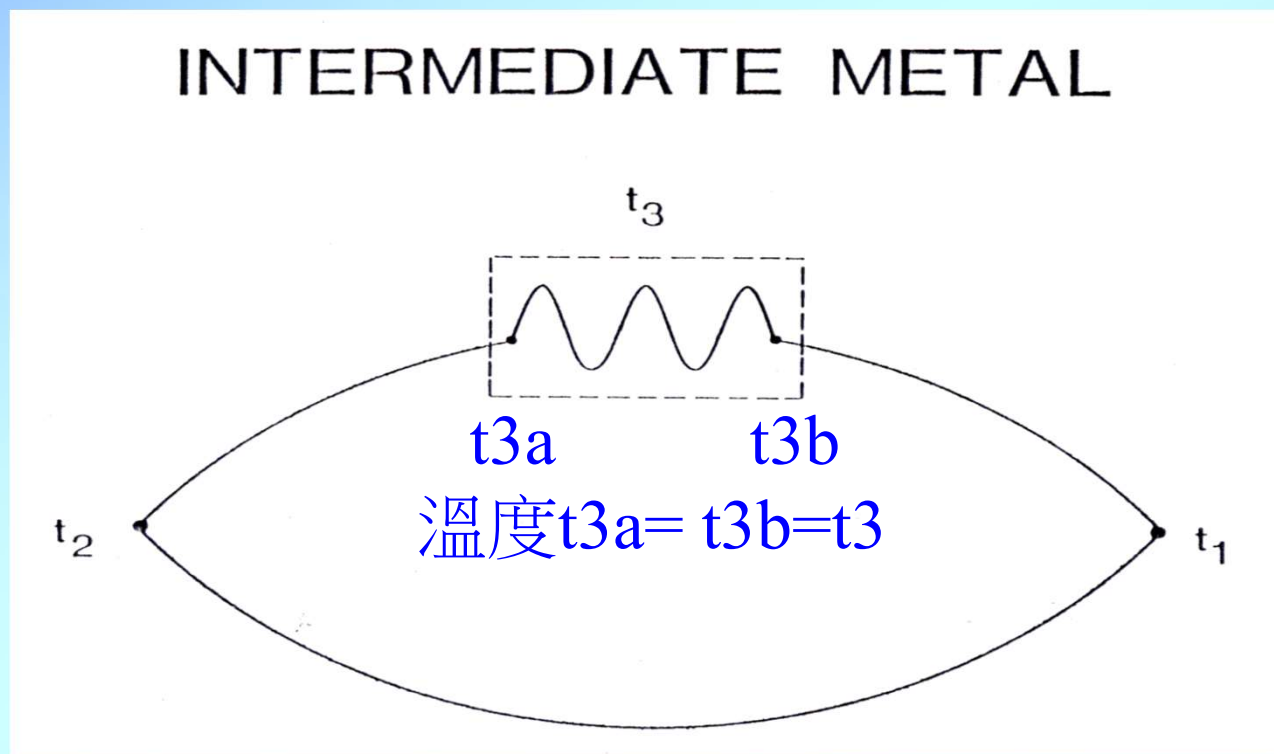
均勻迴路定律：



在均勻材質之金屬上，溫度 t_3 & t_4 不影響此迴路之熱電動勢(EMF)。

熱電偶溫度計原理

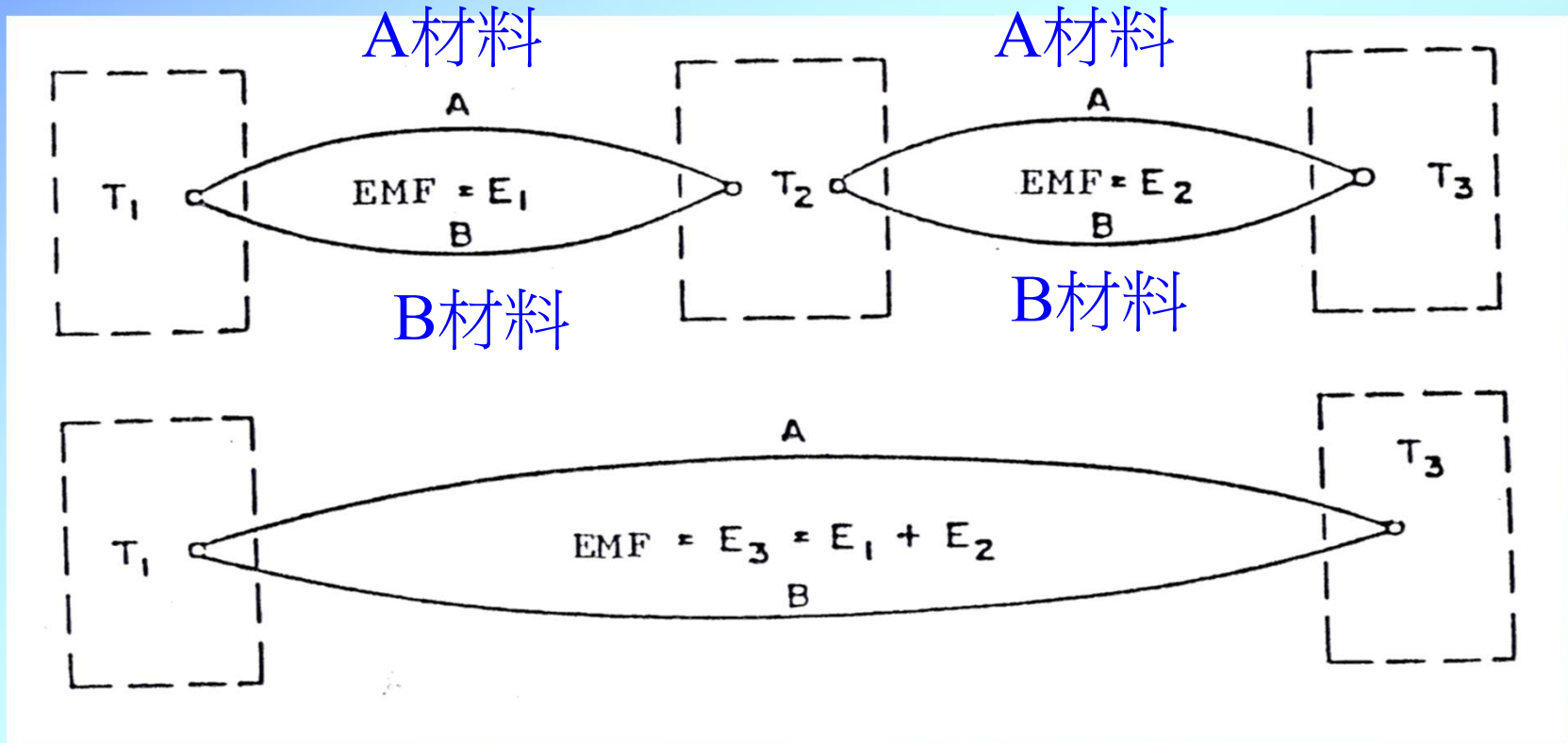
居間金屬定律：



第三種金屬接於此迴路上，當溫度點 $t_{3a} = t_{3b} = t_3$ 時，
此迴路之熱電動(EMF)是不受影響。

熱電偶溫度計原理

持續或居間溫度定律:

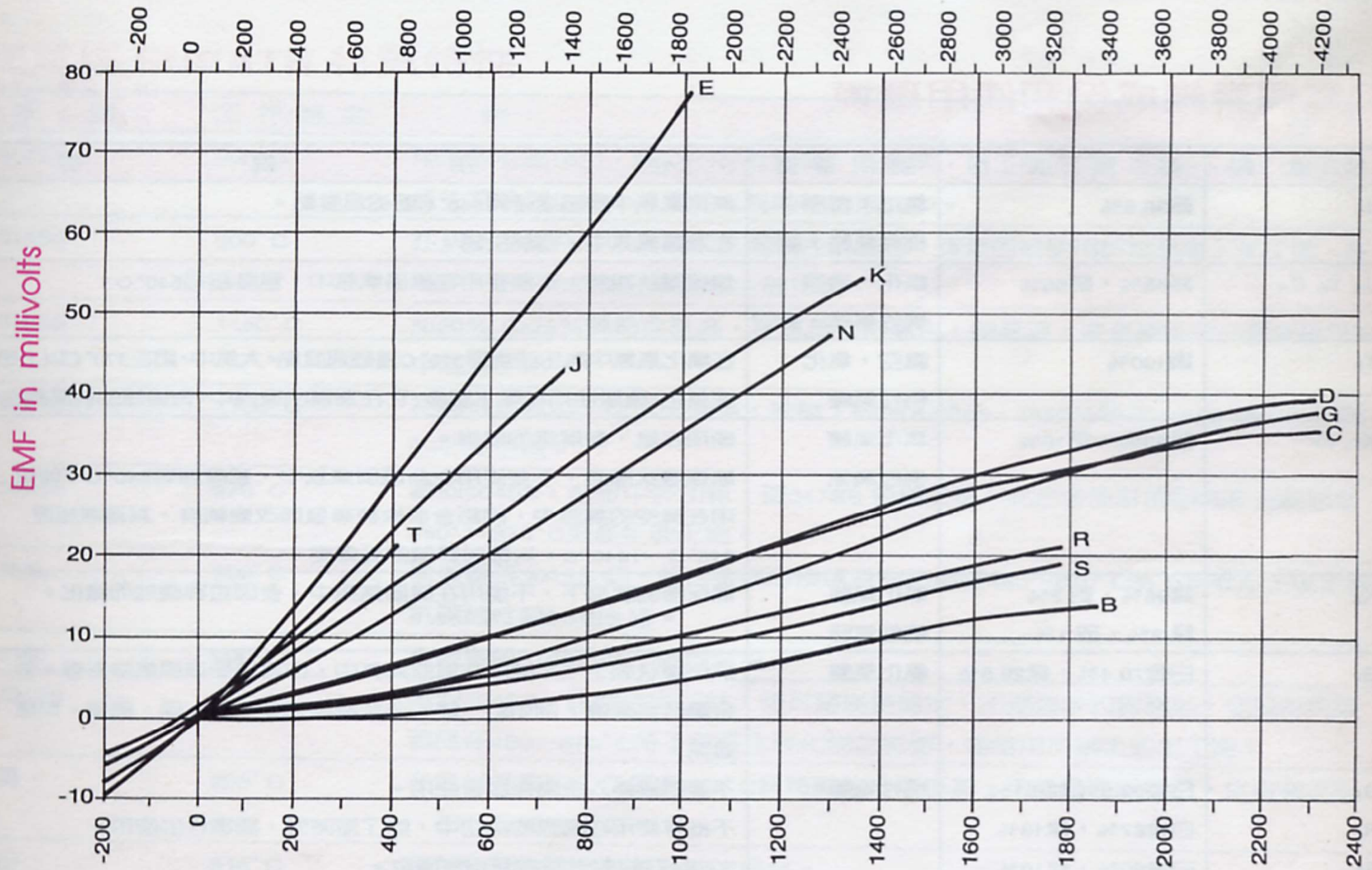


***T2** 溫度點不一定是熱電偶的常用參考溫度點。

***T2** 可視為在同溫度中加一與熱電偶特性相同之不同材質延伸線(補償導線)，亦即**SEEBECK**係數相等即可。

熱電偶熱起電力曲線

Temperature in °F



TEMPERATURE in °C

FROM GROLY

熱電偶誤差度

美國 ANSI 96.1 (1982)

熱電偶 Type	測定溫度 °C	容許差	
		普通級	精密級
B	870 to 1700	$\pm 0.5\%$	* *
E	0 to 900	$\pm 1.7^{\circ}\text{C}$ or $\pm 0.5\%$	$\pm 1^{\circ}\text{C}$ or $\pm 0.4\%$
J	0 to 750	$\pm 2.2^{\circ}\text{C}$ or $\pm 0.75\%$	$\pm 1.1^{\circ}\text{C}$ or $\pm 0.4\%$
K	0 to 1250	$\pm 2.2^{\circ}\text{C}$ or $\pm 0.75\%$	$\pm 1.1^{\circ}\text{C}$ or $\pm 0.4\%$
R or S	0 to 1450	$\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ or $\pm 0.25\%$	$\pm 0.6^{\circ}\text{C}$ or $\pm 0.1\%$
T	0 to 350	$\pm 1^{\circ}\text{C}$ or $\pm 0.75\%$	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ or $\pm 0.4\%$
C. G. D.	0 to 425	$\pm 4.5^{\circ}\text{C}$	* *
	425 to 2320	$\pm 1.0\%$	* *
K	-200 to 0	$\pm 2.2^{\circ}\text{C}$ or $\pm 2\%$	* *
T	-200 to 0	$\pm 1^{\circ}\text{C}$ or $\pm 1.5\%$	* *
E	-200 to 0	$\pm 1.7^{\circ}\text{C}$ or $\pm 1\%$	* *

日本 JIS C 1602-1981

熱電偶 Type	測定溫度 °C	容許差	
		普通級	精密級
B	600 to 1700	$\pm 4^{\circ}\text{C}$ or $\pm 0.5\%$	* *
E	0 to 800	$\pm 2.5^{\circ}\text{C}$ or $\pm 0.75\%$	$\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ or $\pm 0.4\%$
J	0 to 750	$\pm 2.5^{\circ}\text{C}$ or $\pm 0.75\%$	$\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ or $\pm 0.4\%$
K	0 to 1200	$\pm 2.5^{\circ}\text{C}$ or $\pm 0.75\%$	$\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ or $\pm 0.4\%$
R. S	0 to 1600	$\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ or $\pm 0.25\%$	* *
T	0 to 350	$\pm 1^{\circ}\text{C}$ or $\pm 0.75\%$	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ or $\pm 0.4\%$
*W5. W3	400 to 2300	$\pm 1\%$	* *
K	-200 to 0	$\pm 2.5^{\circ}\text{C}$ or $\pm 1.5\%$	* *
T	-200 to 0	$\pm 1^{\circ}\text{C}$ or $\pm 1.5\%$	* *
E	-200 to 0	$\pm 2.5^{\circ}\text{C}$ or $\pm 1.5\%$	* *

註(1)誤差度之測定值是根據國際溫標方程式所求得之標準值。熱電偶依此標準值所測出的容許偏差度。

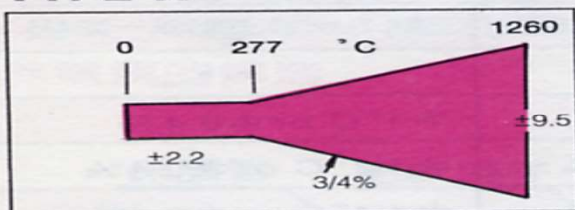
(2)誤差度之測定值，以冷接點為 0°C 時所測之數據。

(3)誤差度不管以 $^{\circ}\text{C}$ 表示或百分比表示皆以較大值為準。

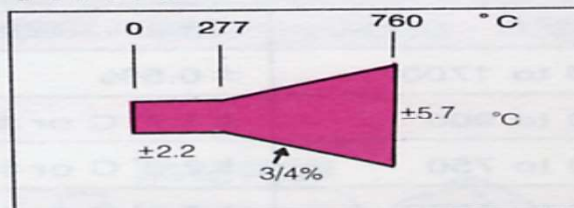
熱電偶精密度圖

美國 ANSI 96.1 普通級

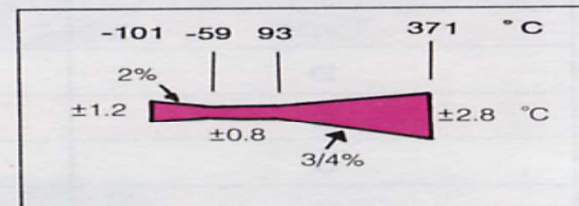
TYPE K



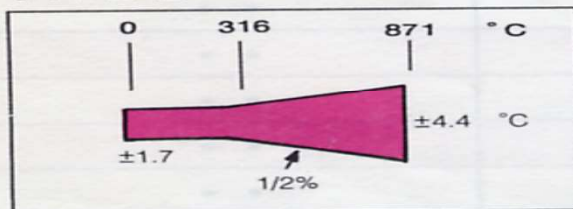
TYPE J



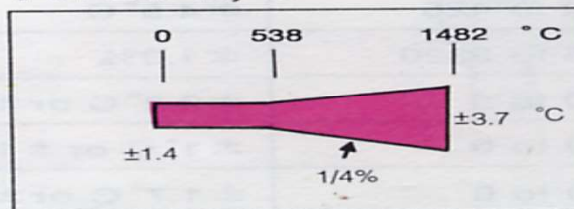
TYPE T



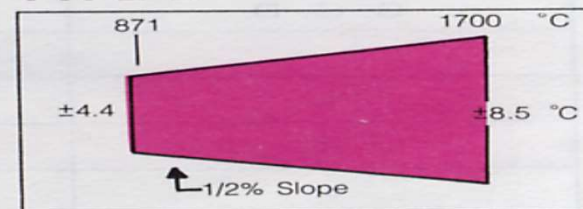
TYPE E



TYPES R, S

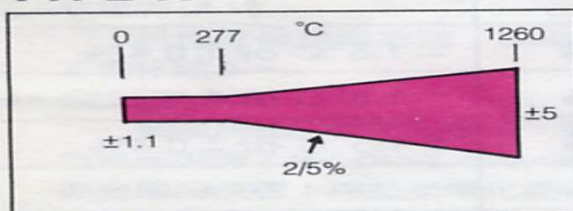


TYPE B

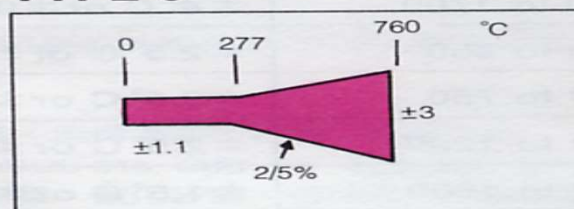


美國 ANSI 96.1 精密級

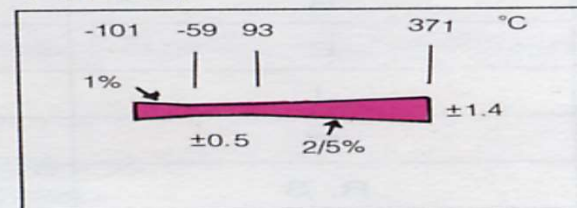
TYPE K



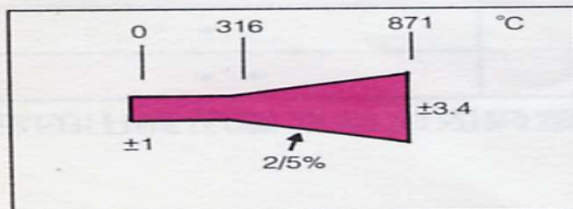
TYPE J



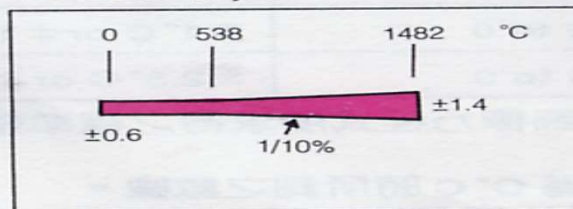
TYPE T



TYPE E





















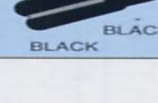





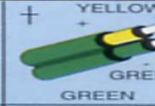








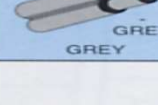



TYPES R, S



補償導線

美規 顏色	熱電偶 正極	熱電偶 負極			磁 性	最高量測溫度	熱 電 動 勢 EMF(mv)
			素線級	導線級			
J	IRON Fe	CONSTANTAN COPPER-NICKEL Cu-Ni			IRON(+)	32 to 1382°F 0 to 750°C Thermocouple Grade 32 to 392°F 0 to 200°C Extension Grade	0 to 42.283
K	NICKEL-CHROMIUM Ni-Cr <i>NICK-NI</i>	NICKEL-ALUMINUM Ni-Al			NI-AL	-328 to 2282°F -200 to 1250°C Thermocouple Grade 32 to 392°F 0 to 200°C Extension Grade	-5.973 to 50.633
V	COPPER Cu	CONSTANTAN COPPER-NICKEL Cu-Ni	NONE ESTABLISHED	NONE ESTABLISHED	NONE	32 to 176°F 0 to 80°C Extension Grade	
T	COPPER Cu	CONSTANTAN COPPER-NICKEL Cu-Ni			NONE	-328 to 662°F -200 to 350°C Thermocouple Grade -76 to 212°F -60 to 100°C Extension Grade	-5.602 to 17.816
E	NICKEL-CHROMIUM Ni-Cr	COPPER-NICKEL Cu-Ni			NONE	-328 to 1652°F -200 to 900°C Thermocouple Grade 32 to 392°F 0 to 200°C Extension Grade	-8.824 to 68.783
N	NICROSIL Ni-Cr-Si	NISIL Ni-Si-Mg			NONE	-450 to 2372°F -270 to 1300°C Thermocouple Grade 32 to 392°F 0 to 200°C Extension Grade	-4.345 to 47.502
R	PLATINUM-13% RHODIUM Pt-13% Rh	PLATINUM Pt	NONE ESTABLISHED		NONE	32 to 2642°F 0 to 1450°C Thermocouple Grade 32 to 300°F 0 to 150°C Extension Grade	0 to 16.741
S	PLATINUM-10% RHODIUM Pt-10% Rh	PLATINUM Pt	NONE ESTABLISHED		NONE	32 to 2642°F 0 to 1450°C Thermocouple Grade 32 to 300°F 0 to 150°C Extension Grade	0 to 14.973
U	COPPER Cu	COPPER-NICKEL Cu-Ni	NONE ESTABLISHED		NONE	32 to 122°F 0 to 50°C Extension Grade	
B	PLATINUM-30% RHODIUM Pt-30% Rh	PLATINUM-6% RHODIUM Pt-6% Rh	NONE ESTABLISHED		NONE	32 to 3092°F 0 to 1700°C Thermocouple Grade 32 to 212°F 0 to 100°C Extension Grade	0 to 12.426
G (W)	TUNGSTEN W	TUNGSTEN-26% RHENIUM W-26% Re	NONE ESTABLISHED		NONE	32 to 4208°F 0 to 2320°C Thermocouple Grade 32 to 500°F 0 to 260°C Extension Grade	0 to 38.564
C (W5)	TUNGSTEN-5% RHENIUM W-5% Re	TUNGSTEN-26% RHENIUM W-26% Re	NONE ESTABLISHED		NONE	32 to 4208°F 0 to 2320°C Thermocouple Grade 32 to 1600°F 0 to 870°C Extension Grade	0 to 37.066
D (W3)	TUNGSTEN-3% RHENIUM W-3% Re	TUNGSTEN-25% RHENIUM W-25% Re	NONE ESTABLISHED		NONE	32 to 4208°F 0 to 2320°C Thermocouple Grade 32 to 500°F 0 to 260°C Extension Grade	0 to 39.506

美規精密度		國際間之標準					熱電偶特性	
普通級	精密級		英國 BS 1843	德國 Din 43714	日本 J18 C 1610-1989	法國 NFC 42-323		
2.2°C or 0.75%	1.1°C or 0.4%	ANSI/MC96.1 Type J BS4937 part 3 JIS C 1602 NF C 42-321					環原性氣體中較佳氧化氣體惰性氣體亦可使用，但必須在乾燥的大氣中。在濕氣和硫氣氛中不宜使用。	
2.2°C or 0.75% Above 0°C 2.2°C or 2.0% Below 0°C	1.1°C or 0.4%	ANSI/MC96.1 Type K BS4937 part 4 JIS C 1602 NF C 42-321					抗氧化、耐熱、耐蝕性佳，高溫域時熱起電力直線性相當良好。受環原性和硫氣體作用影響產生裂化造成誤差。	
							可選擇做為K的導線，在低溫時適用。	
1.0°C or 0.75% Above 0°C 1.0°C or 1.5% Below 0°C	0.5°C or 0.4%	ANSI/MC96.1 Type T BS4937 part 5 JIS C 1602 NF C 42-321					在濕氣中可抗腐蝕，使用溫度至350 C上限受制於銅的氧化在較輕度的氧化氣氛中亦可使用。	
1.7°C or 0.5% Above 0°C 1.7°C or 1.0% Below 0°C	1.0°C or 0.4%	ANSI/MC96.1 Type E BS4937 part 6 DIN 43710 JIS C 1602 NF C 42-321					抗氧化、耐蝕性、熱起電力大、穩定性高正極含鉻易受環原性和硫化氣氛作用而裂化。(SO ₂ 或H ₂ S)真空中不適用。	
2.2°C or 0.75% Above 0°C 2.2°C or 2.0% Below 0°C	1.1°C or 0.4%	NONE ESTABLISHED					游移性在1000 C時較K小十倍穩定性高。在160 C以下可避免磁性效應發生。遲滯現象(短程重組)較不敏感。	
1.5°C or 0.25%	0.6°C or 0.1%	ANSI/MC96.1 Type R BS4937 part 2 DIN 43710 JIS C 1602 NF C 42-321					白金是化學不活性材料，抗氧化，耐高溫。缺點在環原性氣氛中易急速劣化，白金在1000 C以上時易被金屬氣體腐蝕，故應置一於氣密質的陶瓷管中，絕不可用金屬保護管。	
1.5°C or 0.25%	0.6°C or 0.1%	ANSI/MC96.1 Type S BS4937 part 1 DIN 43710 JIS C 1602 NF C 42-321						
								
0.5% over 800°C	NOT ESTABLISHED	ANSI/MC96.1 Type B BS4937 part 7 DIN IEC B8 JIS C 1602 NF C 42-321	NO STANDARD USE COPPER WIRE			NO STANDARD USE COPPER WIRE	負極也用白金鉑，以解決純白金在高溫環原性氣氛中易急速劣化的現象。	
4.5°C to 425°C 1.0% to 2320°C	NOT ESTABLISHED	NONE ESTABLISHED						適用於真空，惰性氣體，氫的氣氛中，因鎢容易被氧化，故不適合用於大氣中或其他氧化性氣氛的環境裡使用。
4.5°C to 425°C 1.0% to 2320°C	NOT ESTABLISHED	NONE ESTABLISHED	NO STANDARD USE AMERICAN COLOR CODES					
4.5°C to 425°C 1.0% to 2320°C	NOT ESTABLISHED	NONE ESTABLISHED	NO STANDARD USE AMERICAN COLOR CODES					

FROM GROLY

補償導線被覆材質與使用溫度

TYPE	絕 材	緣 料	外 材	覆 料	使 用 溫 度	
					連 續	短 暫
321	High Temp.	Glass Braid	High Temp.	Glass Braid	740°C	871°C
350	Ceramic Fiber		Ceramic Fiber		1204°C	1427°C
355	Ceramic Fiber		Ceramic Fiber		1204°C	1427°C
401	Polyvinyl		Cotton Braid		88°C	—
502	Polyvinyl		Polyvinyl		-29 to + 105°C	—
503	Polyvinyl		Twisted with Filler Cotton Serve/PVC		-29 to + 105°C	—
505	Polyvinyl		Ripcord		-29 to + 105°C	—
506	FEP Extr.		FEP Extr.		204°C	260°C
507	FEP Extr.		FEP Extr.		204°C	260°C
508	TFE Tape Fused		TFE Tape Fused		260°C	316°C
509	FEP Extr.		FEP Extr. Twisted		204°C	260°C
510	Polyvinyl		Polyvinyl Twisted		-29 to + 105°C	—
511	Fused Polyim- ide		None Twisted		316°C	427°C
512	Tape Fused Polyim- ide		Fused Polyimide		316°C	427°C
513	ide Tape		Tape Fused		316°C	427°C
514	Fused Polyim- ide		Polyimide Tape		150°C	200°C
515	Tape Tefzel*		• Tefzel*		150°C	200°C
516			Tefzel* Twisted		260°C	288°C
517			PFA		260°C	288°C
900	PFA		PFA Twisted Polyvinyl		-29 to + 105°C	—
1000	Polyvinyl		Twisted/ Cabled		-29 to + 105°C	—

TYPE	絕 材	緣 料	外 材	覆 料	使 用 溫 度	
					連 續	短 暫
151	Felted ServTex		ServTex Braid		288 °C	343°C
153	TFE Tape (not fused) Felted ServTex		ServTex Braid		288°C	343°C
251	Felted ServTex		Glass Braid		288°C	343°C
301	Vitreous Silica Fiber		Vitreous Silica Fiber		982°C	1093°C
302	Double Glass Braid		Glass Braid		482°C	538°C
303	Enamel/Glass Braid		Glass Braid		482°C	538°C
304	Glass Braid		Glass Braid		482°C	538°C
305	Double Glass Wrap		Glass Braid		482°C	538°C
306	Glass Braid		Glass Braid		482°C	538°C
307	TFE Tape (not fused) TFE Coated Glass		TFE Coated Glass Braid		482°C	538°C
308- 002	Double Cotton Wrap		Twisted, with Double Cotton Braid		88°C	—
309	High Temp. Glass Braid		High Temp. Glass Braid		704°C	871°C
311	High Temp. Glass Braid		High Temp. Glass Braid		704°C	871°C
313	Glass Braid		Glass Braid		482°C	538°C
314	High Temp. Glass Braid		— Twisted		704°C	871°C
315	Glass Braid		— Twisted		482°C	538°C
316	Glass Braid		High Temp. Glass Braid		538°C	650°C

FROM GROLY

補償導線範例：

Types 151, 153

Type 151: Felted ServTex® — ServTex braid
Type 153: TFE tape, not fused / felted ServTex® — ServTex braid



Types 302, 304, 305, 313

302: Double glass braid — Glass braid
304: Glass braid — Glass braid



305: Double glass wrap — Glass braid
311: Thick glass braid — Thick glass braid

Type 303

Enamel / Glass braid — Glass braid



Type 307

TFE tape, not fused / TFE coated glass braid — TFE coated glass braid



Type 321

High temp. glass braid — High temp. glass braid



Type 503

Extruded PVC — Twisted / Cotton serve / extruded PVC overall



Type 509

Extruded FEP twisted with copper drain — Aluminum / Mylar® shield / FEP overall. UL Listed.



Type 511

Fused Kapton® tape — Twisted pair



Type 401

Extruded PVC — Cotton braid



Type 502

Extruded PVC — Extruded PVC UL Listed.



Type 505

Extruded PVC — Ripcord construction



Type 507

Extruded FEP — Extruded FEP UL Listed.



Type 508

Fused TFE tape — Fused TFE tape



Type 510

Extruded PVC, twisted with copper drain — Aluminum / Mylar® shield, Extruded PVC overall. UL Listed.



Multipair Cables

900 Series. Extruded PVC — Cabled — Aluminum / Mylar® shield — Extruded PVC Overall. (Also available in FEP, Tefzel® or Kapton® overall). UL Listed.

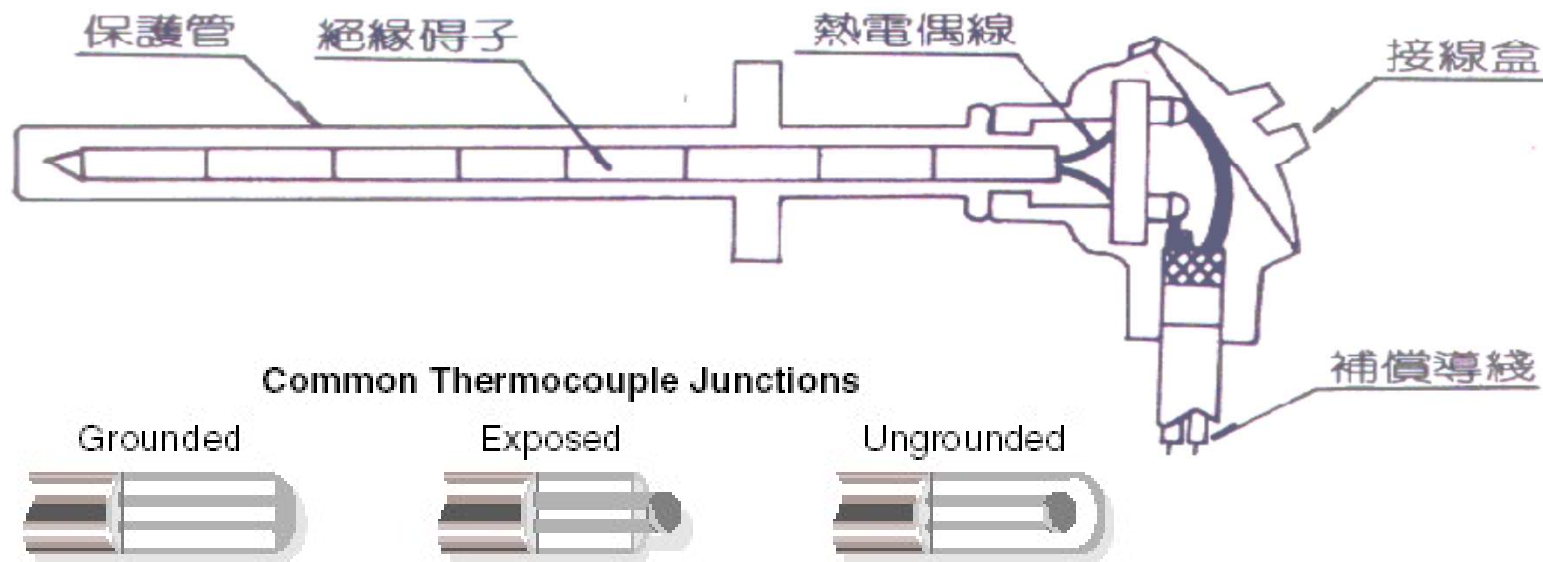


Type 512

Fused Kapton® — Fused Kapton tape



熱電偶的構造



熱電偶由熱電偶線、絕緣碍子、端子盤、保護管、補償導線、接線盒（快速接頭）組合而成

一、熱電偶線：

依構材料區分為 B、R、S、K、J、T、E、N、C、G、D、U、L 等。且世界各國標準不同，精密度也有差異，通常分為精密級和普通級兩種。

二、補償導線：

根據居間溫度定律補償導線的材質，均選擇 Seebeck 係數與熱電偶的 Seebeck 係數，在參考點溫度範圍內相同者，因配合熱電偶的材質亦區分為 B、R/S、K、J、T、E、N、C、G、D、U、L 等，其中 K、J、T、E、N 等的導線區分為精密級和普通級。

三、絕緣碍子：

材質需具有耐高溫，高絕緣阻抗和高的熱傳係數的材料通常使用高純度 Al_2O_3 （陶瓷管），高純度的 MgO （氧化鎂）。

四、保護管：

熱電偶使用場所的環境、溫度不同，選擇適當的材質一般區分為

金屬保護管：INCONEL 600, SUS 310, SUS 316, SUS 304, SUS 321, SUS 347，鈦管，P4 等。

非金屬保護管：再結晶氧化鋁管、陶瓷管、碳化矽管、石英管、鐵氟龍管、石墨管等。

五、接線盒：（俗稱熱電偶頭）










材質有鋁、鑄鐵、合成樹脂

依功能區分防爆型 (d, G)，密閉防水型 (KN, KM, KS)

露出型 (TL, TS)

ANSI and IEC Color Codes[†] for Thermocouples, Wire and Connectors

All OMEGA® Thermocouple Wire, Probes and Connectors are available with either **ANSI** or **IEC** Color Codes. In this Handbook, model numbers in the To Order tables reflect the **ANSI** Color-Coded Product. Please see the next pages for instructions on how to order **IEC** Color-Coded products.

Connectors		ANSI MC 96.1 Color Coding		Alloy Combination		Comments Environment Bare Wire	Maximum T/C Grade Temp. Range	EMF (mV) Over Max. Temp. Range	Connectors		IEC Code
ANSI Code		Thermocouple Grade	Extension Grade	+ Lead	- Lead				Thermocouple Grade	Intrinsically Safe	
J				IRON Fe (magnetic)	CONSTANTAN COPPER- NICKEL Cu-Ni	Reducing, Vacuum, Inert. Limited Use in Oxidizing at High Temperatures. Not Recommended for Low Temperatures.	-210 to 1200°C -346 to 2193°F	-8.095 to 69.553			J
K				CHROMEGA® NICKEL- CHROMIUM Ni-Cr	ALOMEGA® NICKEL- ALUMINUM Ni-Al (magnetic)	Clean Oxidizing and Inert. Limited Use in Vacuum or Reducing. Wide Temperature Range. Most Popular Calibration	-270 to 1372°C -454 to 2501°F	-6.458 to 54.886			K
T				COPPER Cu	CONSTANTAN COPPER- NICKEL Cu-Ni	Mild Oxidizing, Reducing Vacuum or Inert. Good Where Moisture Is Present. Low Temperature & Cryogenic Applications	-270 to 400°C -454 to 752°F	-6.258 to 20.872			T
E				CHROMEGA® NICKEL- CHROMIUM Ni-Cr	CONSTANTAN COPPER- NICKEL Cu-Ni	Oxidizing or Inert. Limited Use in Vacuum or Reducing. Highest EMF Change Per Degree	-270 to 1000°C -454 to 1832°F	-9.835 to 76.373			E
N				OMEGA-P® NICHROSIL Ni-Cr-Si	OMEGA-N® NISIL Ni-Si-Mg	Alternative to Type K. More Stable at High Temps	-270 to 1300°C -450 to 2372°F	-4.345 to 47.513			N
R	NONE ESTABLISHED			PLATINUM- 13% RHODIUM Pt-13% Rh	PLATINUM Pt	Oxidizing or Inert. Do Not Insert in Metal Tubes. Beware of Contamination. High Temperature	-50 to 1768°C -58 to 3214°F	-0.226 to 21.101			R
S	NONE ESTABLISHED			PLATINUM- 10% RHODIUM Pt-10% Rh	PLATINUM Pt	Oxidizing or Inert. Do Not Insert in Metal Tubes. Beware of Contamination. High Temperature	-50 to 1768°C -58 to 3214°F	-0.236 to 18.693			S
U	NONE ESTABLISHED			COPPER Cu	COPPER-LOW NICKEL Cu-Ni	Extension Grade Connecting Wire for R & S Thermocouples. Also Known as RX & SX Extension Wire.					U
B	NONE ESTABLISHED			PLATINUM- 30% RHODIUM Pt-30% Rh	PLATINUM- 6% RHODIUM Pt-6% Rh	Oxidizing or Inert. Do Not Insert in Metal Tubes. Beware of Contamination. High Temp. Common Use in Glass Industry	0 to 1820°C 32 to 3308°F	0 to 13.820			B
G* (W)	NONE ESTABLISHED			TUNGSTEN W	TUNGSTEN- 26% RHENIUM W-26% Re	Vacuum, Inert, Hydrogen. Beware of Embrittlement. Not Practical Below 399°C (750°F). Not for Oxidizing Atmosphere	0 to 2320°C 32 to 4208°F	0 to 38.564	NO STANDARD USE ANSI COLOR CODE		G (W)
C* (W5)	NONE ESTABLISHED			TUNGSTEN- 5% RHENIUM W-5% Re	TUNGSTEN- 26% RHENIUM W-26% Re	Vacuum, Inert, Hydrogen. Beware of Embrittlement. Not Practical Below 399°C (750°F). Not for Oxidizing Atmosphere	0 to 2320°C 32 to 4208°F	0 to 37.066	NO STANDARD USE ANSI COLOR CODE		C (W5)
D* (W3)	NONE ESTABLISHED			TUNGSTEN- 3% RHENIUM W-3% Re	TUNGSTEN- 25% RHENIUM W-25% Re	Vacuum, Inert, Hydrogen. Beware of Embrittlement. Not Practical Below 399°C (750°F). Not for Oxidizing Atmosphere	0 to 2320°C 32 to 4208°F	0 to 39.506	NO STANDARD USE ANSI COLOR CODE		D (W3)

* Not official symbol or standard designation

[†] JIS color code also available



熱電偶的選用

- 1.材質必須均勻.
- 2.電阻必須低到相當程度:**1/10~幾歐姆.**
(避免負載效應-減少誤差)
- 3.熔點要高.
- 4.輸出電壓訊號必須可以量測得到.
(有良好的線性關係).

熱電偶溫度計實測校正

(歐盟規範:EAL-G31 Calibration of Thermocouples-EA-/08)



European cooperation for
Accreditation of Laboratories

Publication Reference

EAL-G31

Calibration of Thermocouples

熱電偶溫度表模擬校正

(歐盟規範：EM-cg-11.02-p_Temperature_Indicators-EA-10/11)

EUROMET Calibration Guide



EM/CG/11.02

Guidelines on the Calibration of
Temperature Indicators and
Simulators by Electrical
Simulation and
Measurement



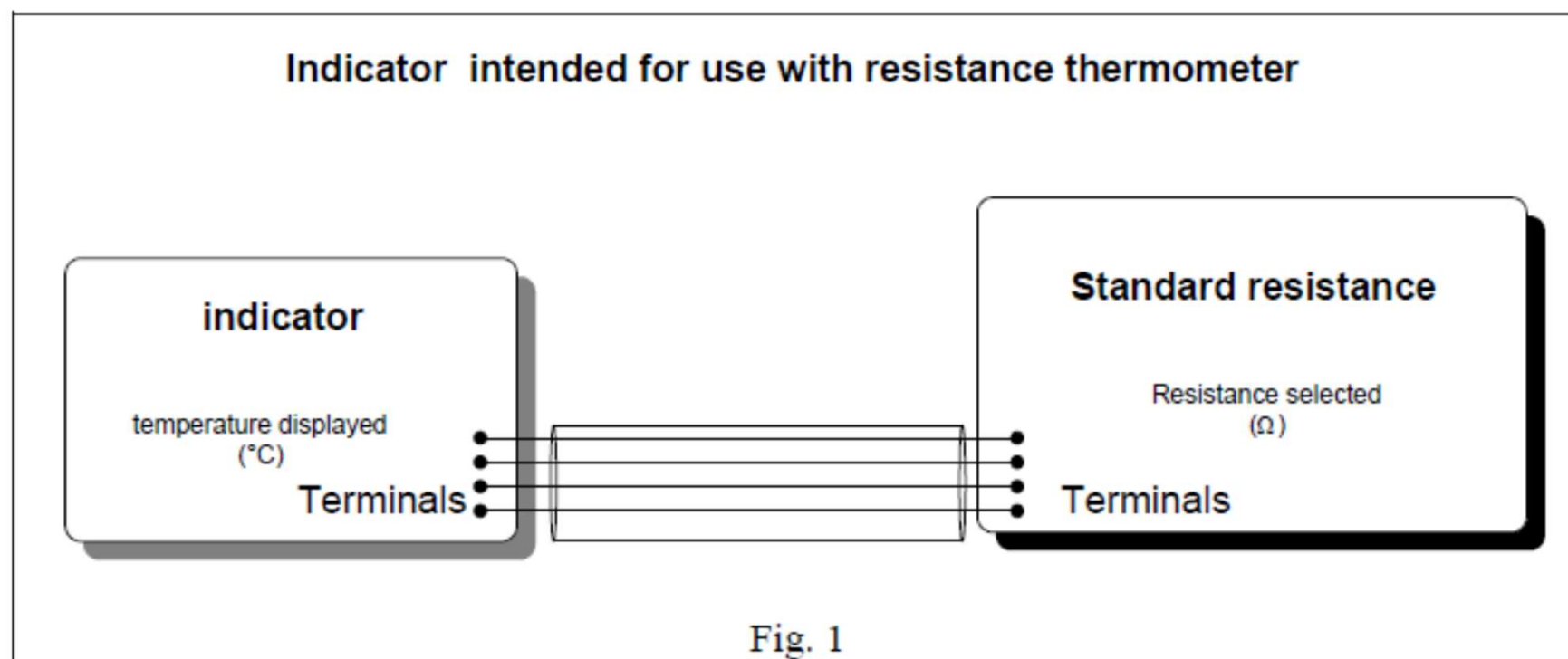
EA Guidelines on the Calibration of Temperature Indicators and Simulators by Electrical Simulation and Measurement

PURPOSE

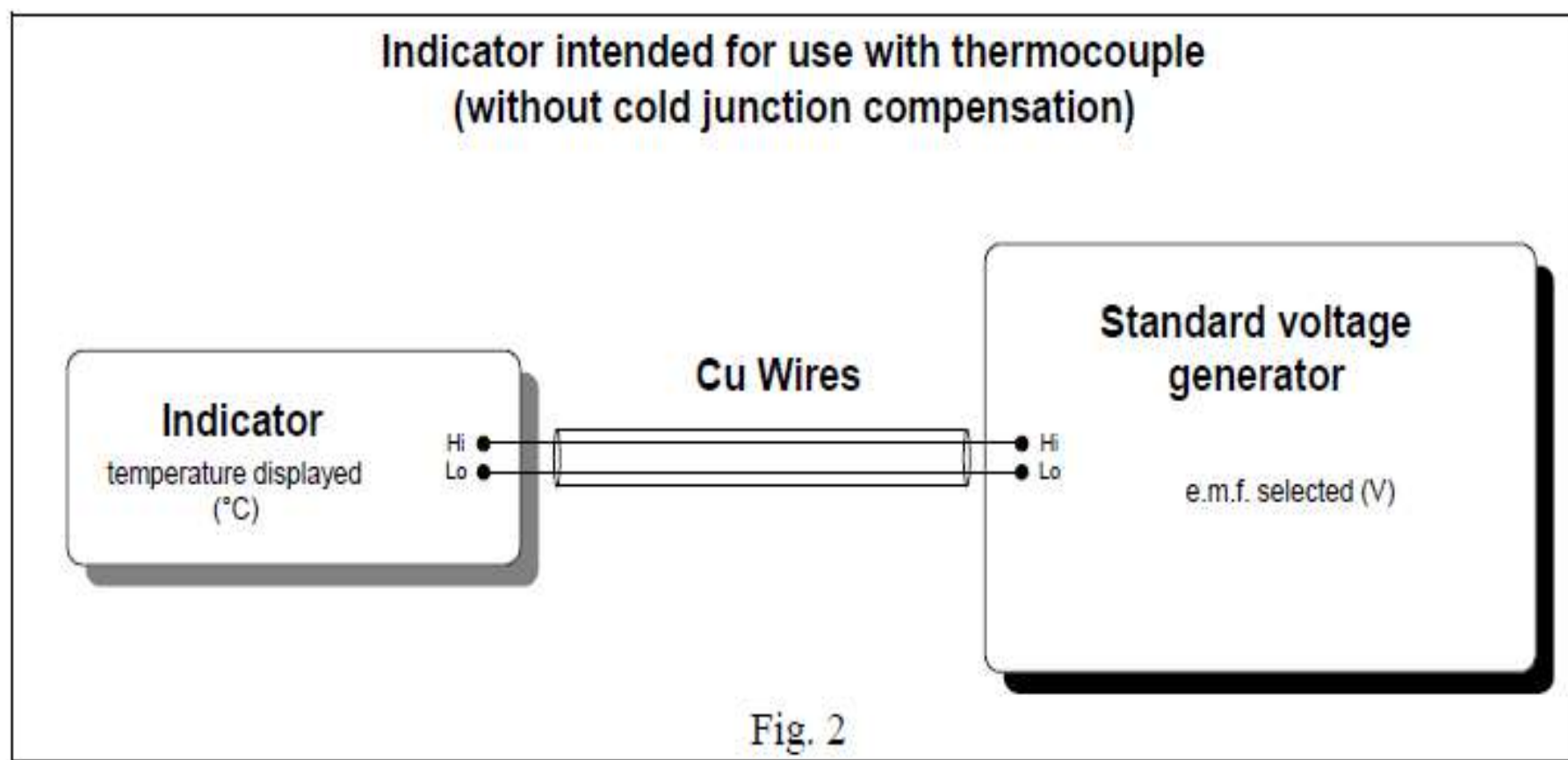
This document has been produced by EA as a means of giving advice for calibrating temperature indicators and simulators by electrical simulation and measurement. It serves to promote the use of consistent procedures and represents a consensus of EA member opinion. These approaches taken are for the guidance of both the accreditation bodies and their client laboratories. This document was approved by the EA General Assembly in November 1999.

電阻溫度表模擬校正

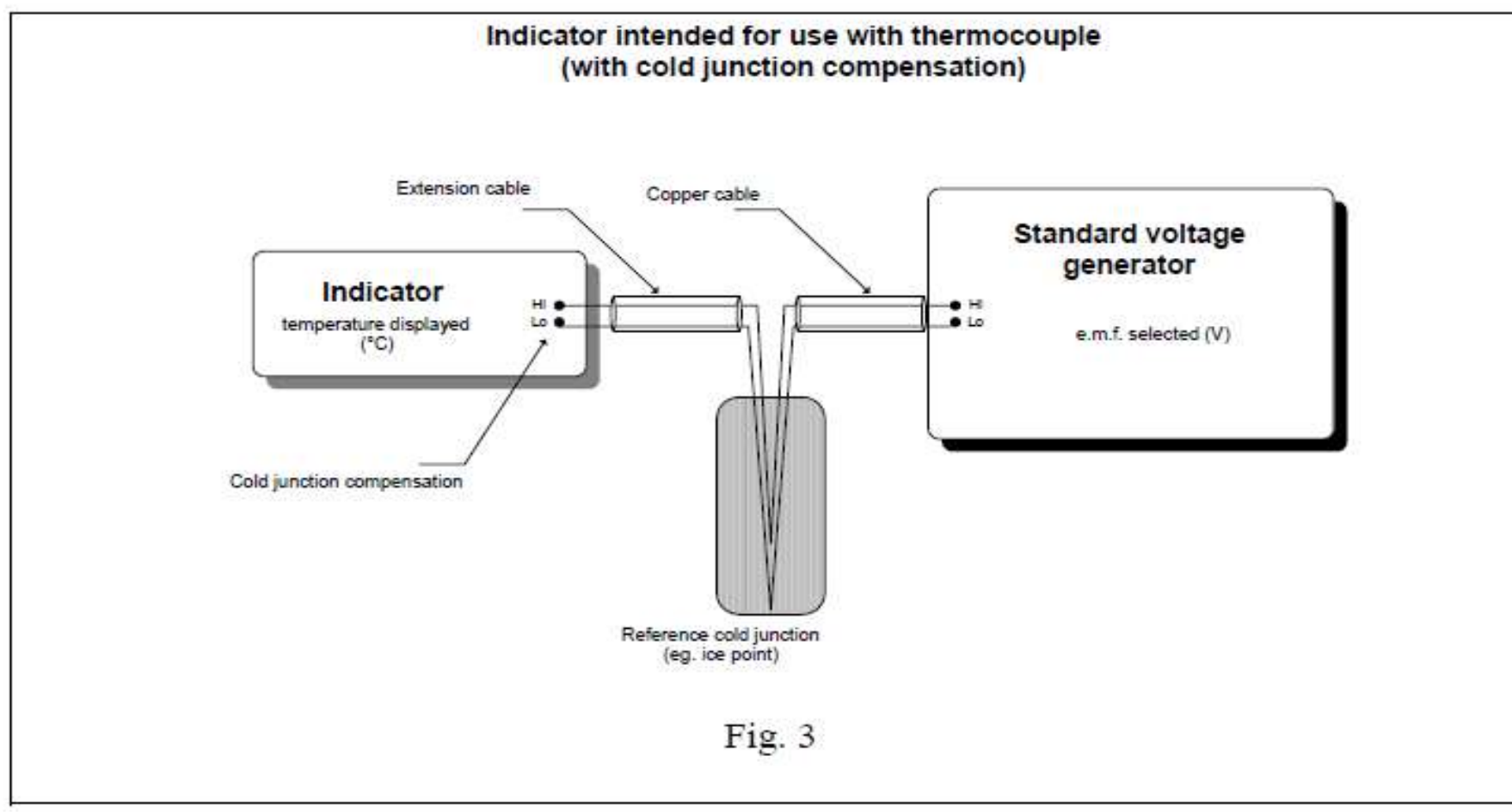
EA-10/11 • EA Guidelines on the Calibration of Temperature Indicators and Simulators by Electrical Simulation and Measurement



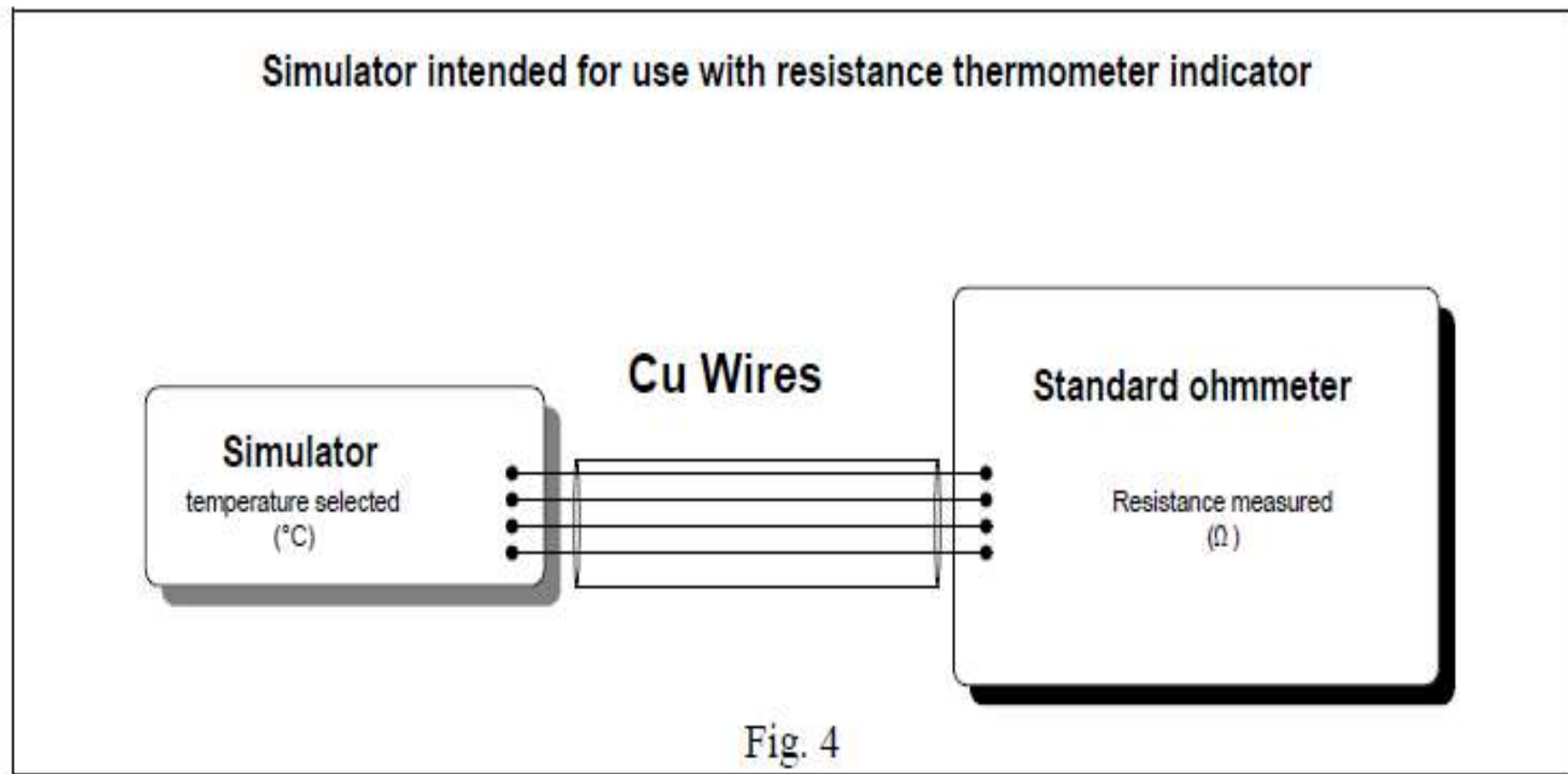
熱電偶溫度表模擬校正 -1



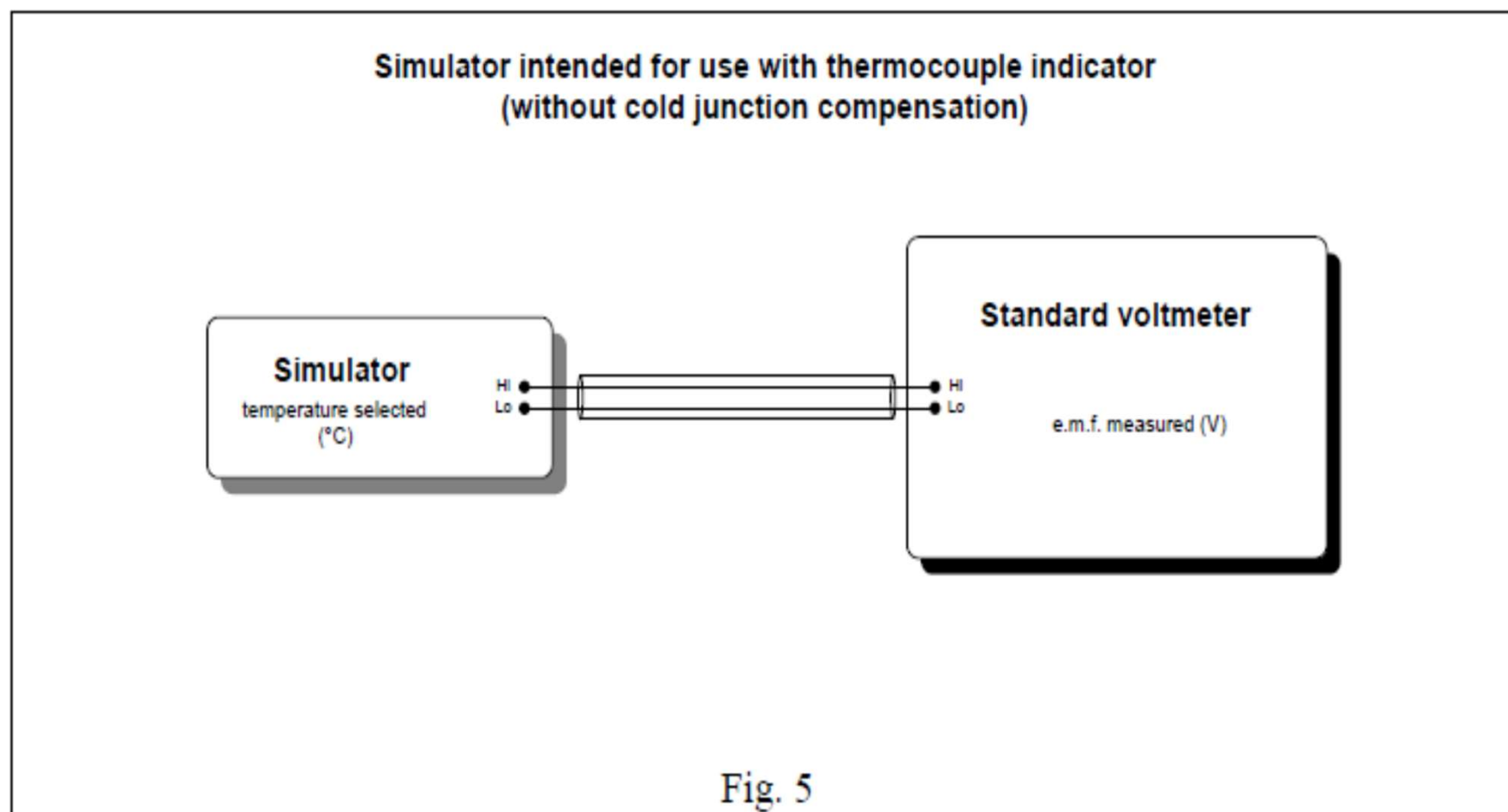
熱電偶溫度表模擬校正 -2



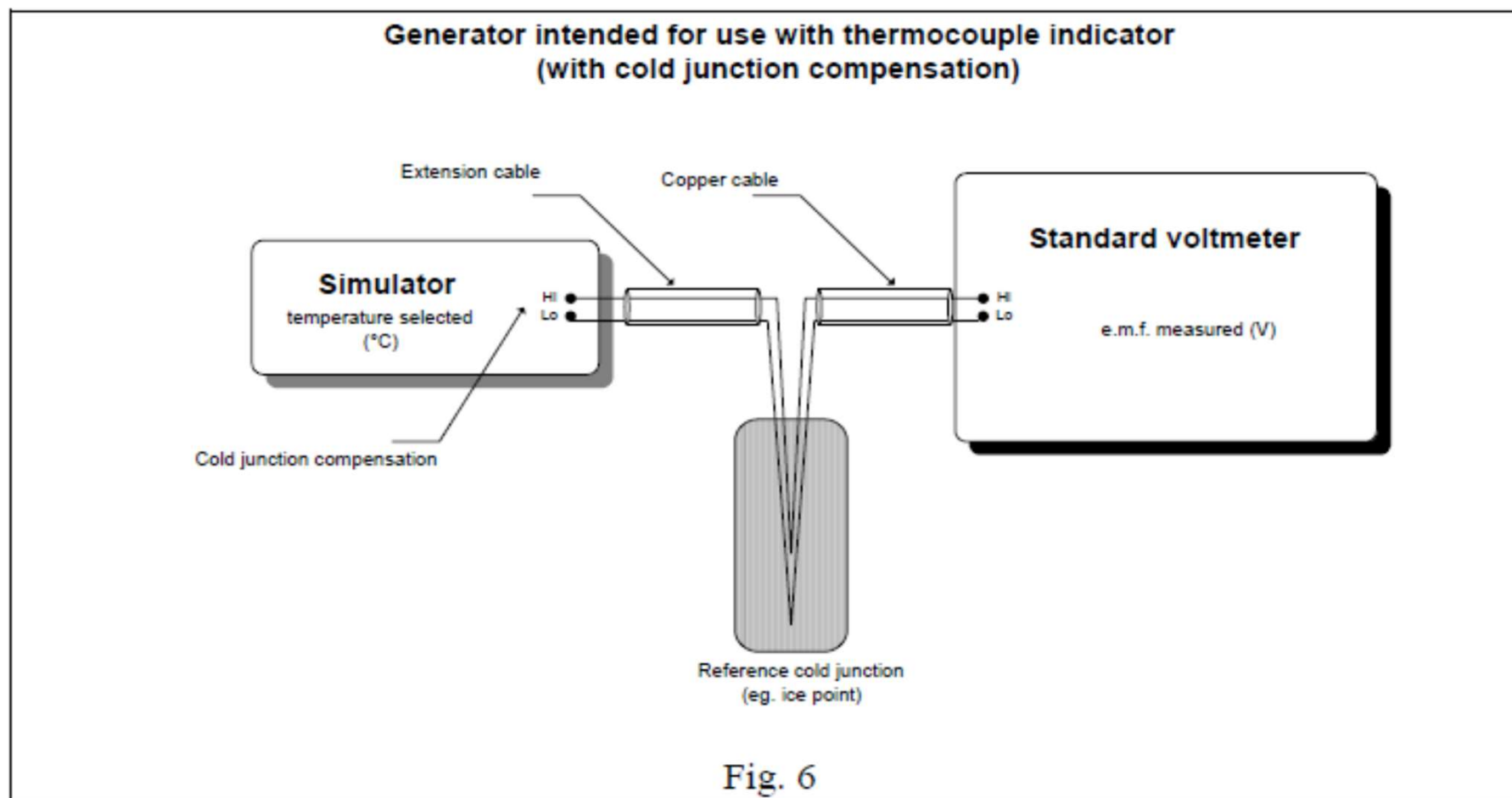
溫度校正器校正-電阻



溫度校正器校正-電壓 1



溫度校正器校正-電壓 2





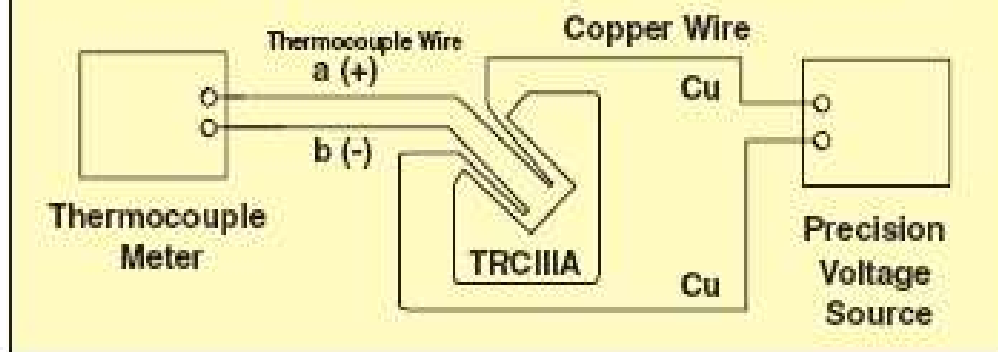
熱電偶溫度計TRP校正應用(一)

Temperature Reference Probes (TRP) with **Standard** Size Connectors for Thermocouple Calibration



MEETS OR EXCEEDS
APICAL LIMIT
OF ERROR (SLE)
AND EN 60584-2:
Tolerance Class 1

TRP Application-Meter Calibration

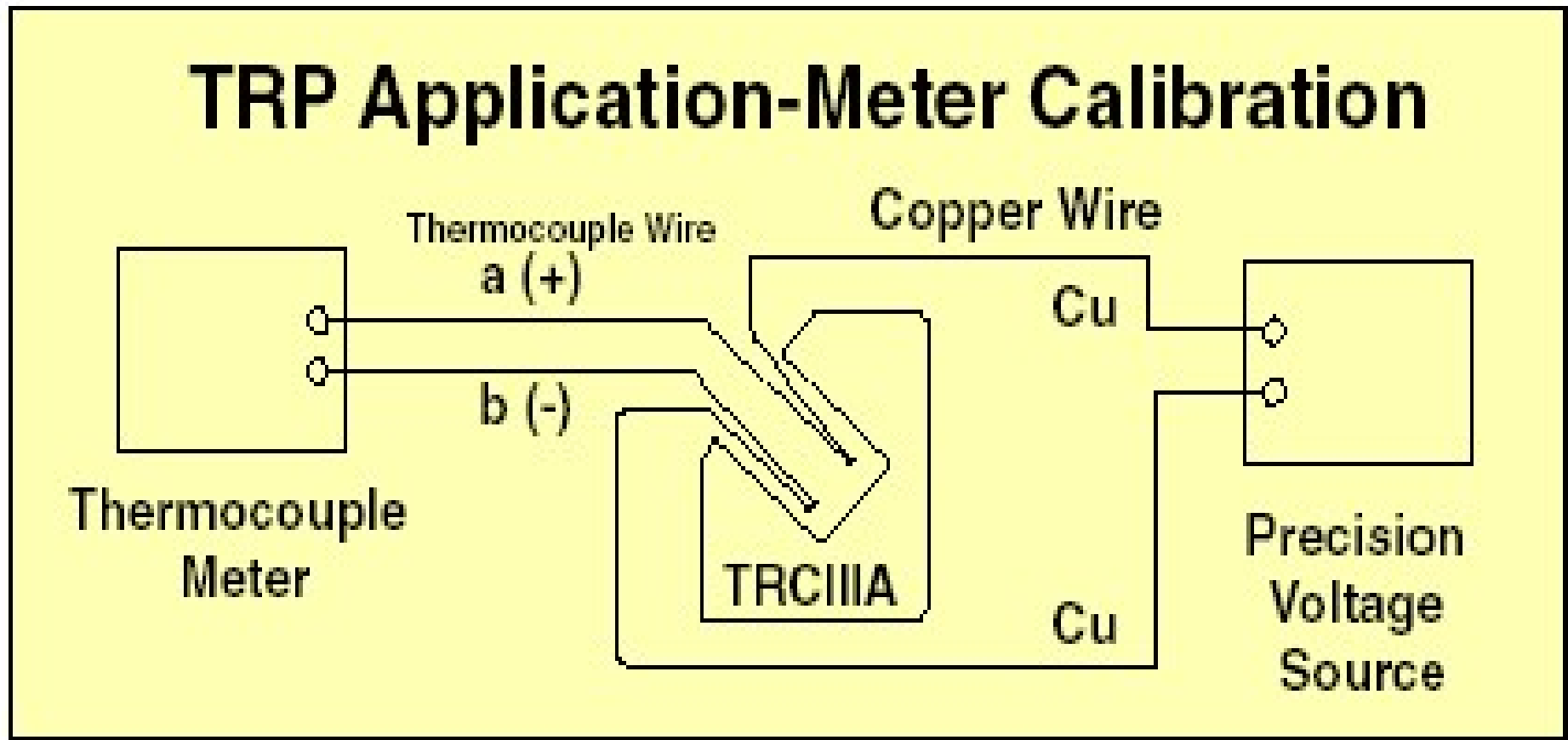


- ✓ All Standard Calibrations Available
- ✓ Comes Complete with Mating Connectors and Locking Clips
- ✓ Can Be Ordered with 300 mm (12"), 600 mm (24") or 900 mm (36") Leads
- ✓ 304 Stainless Steel Sheath Material

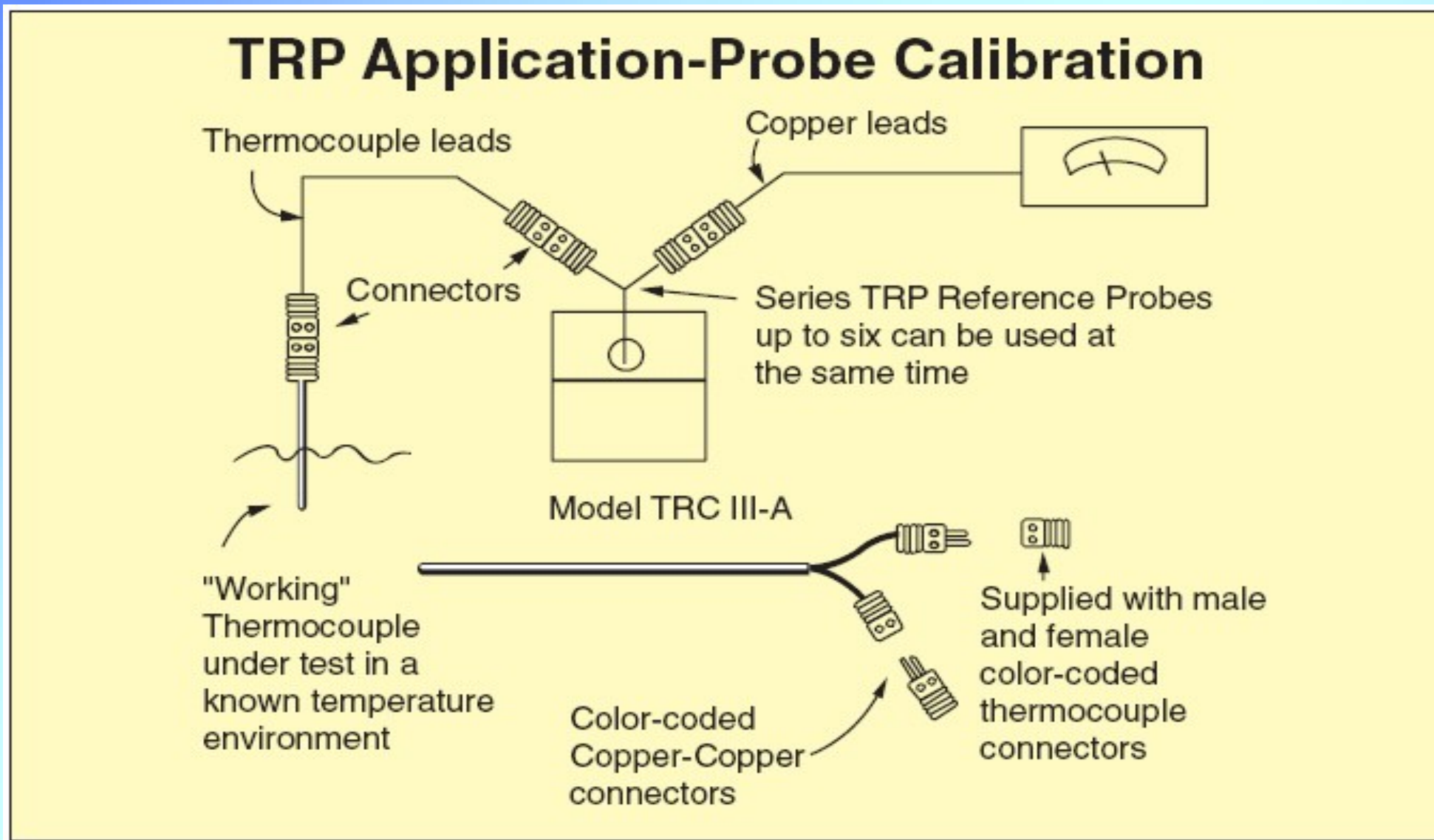


熱電偶表頭模擬校正 (TRP應用)

for Thermocouple Calibration

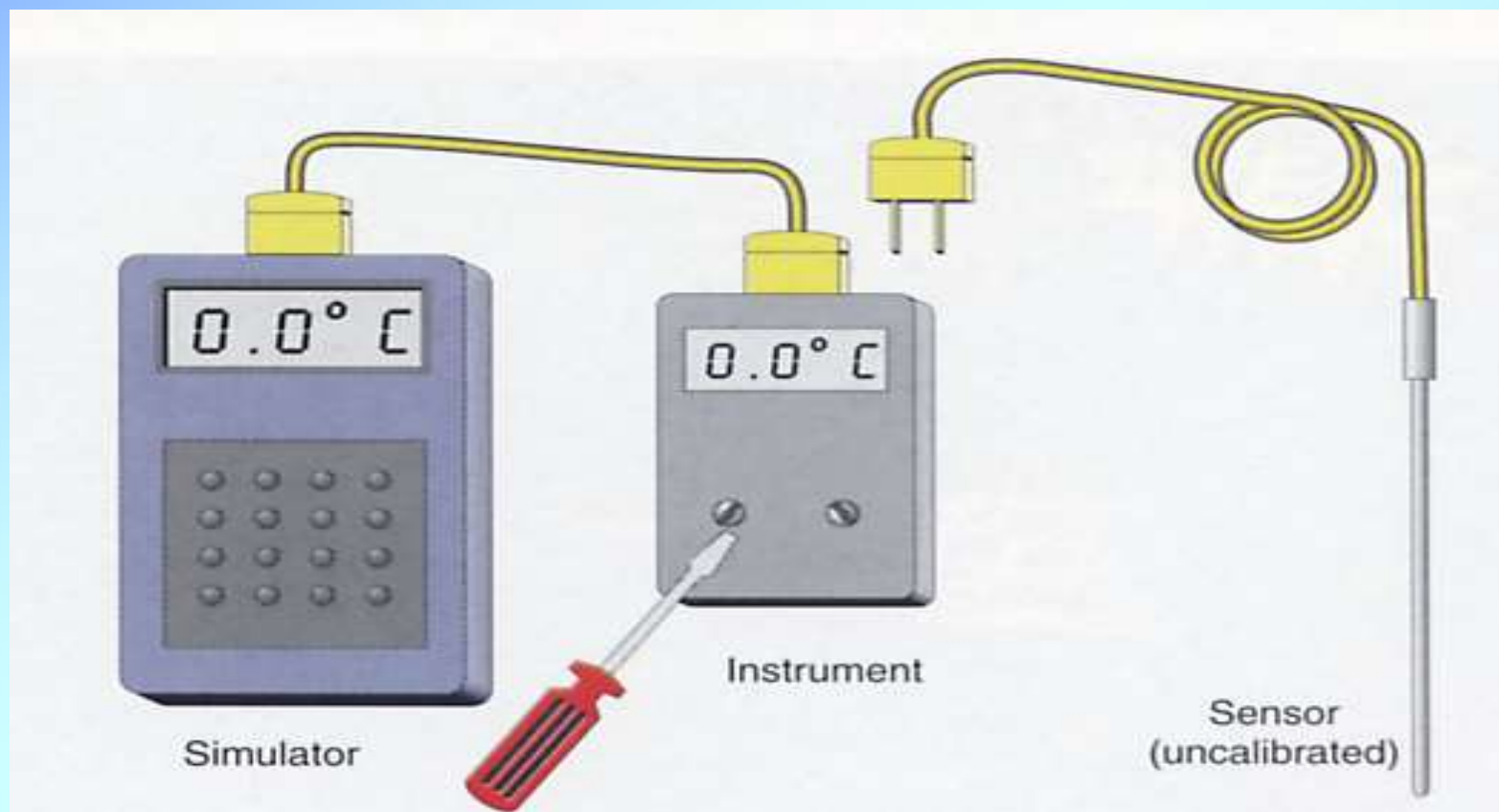


熱電偶溫度計TRP校正應用(二)





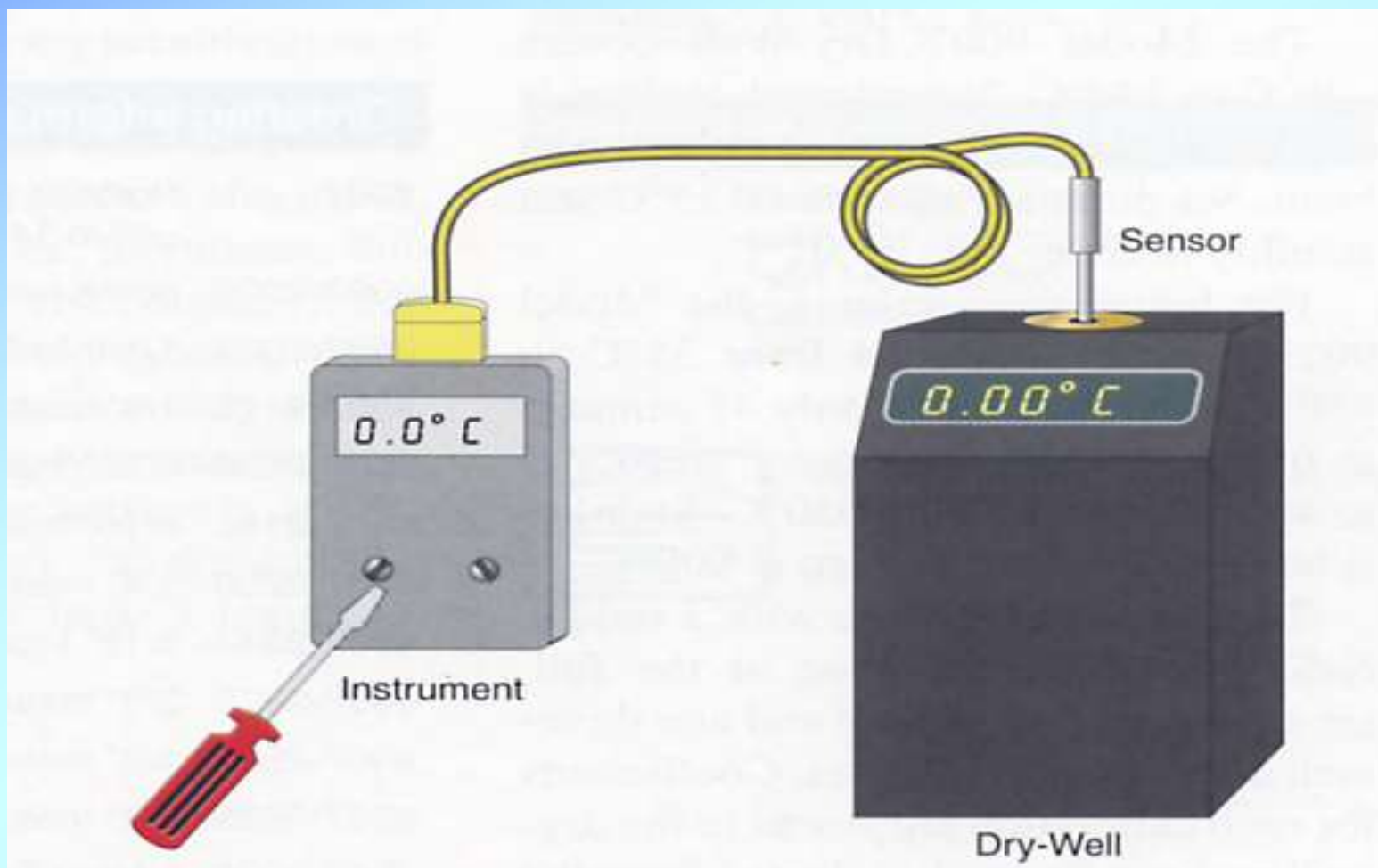
數位溫度計校正





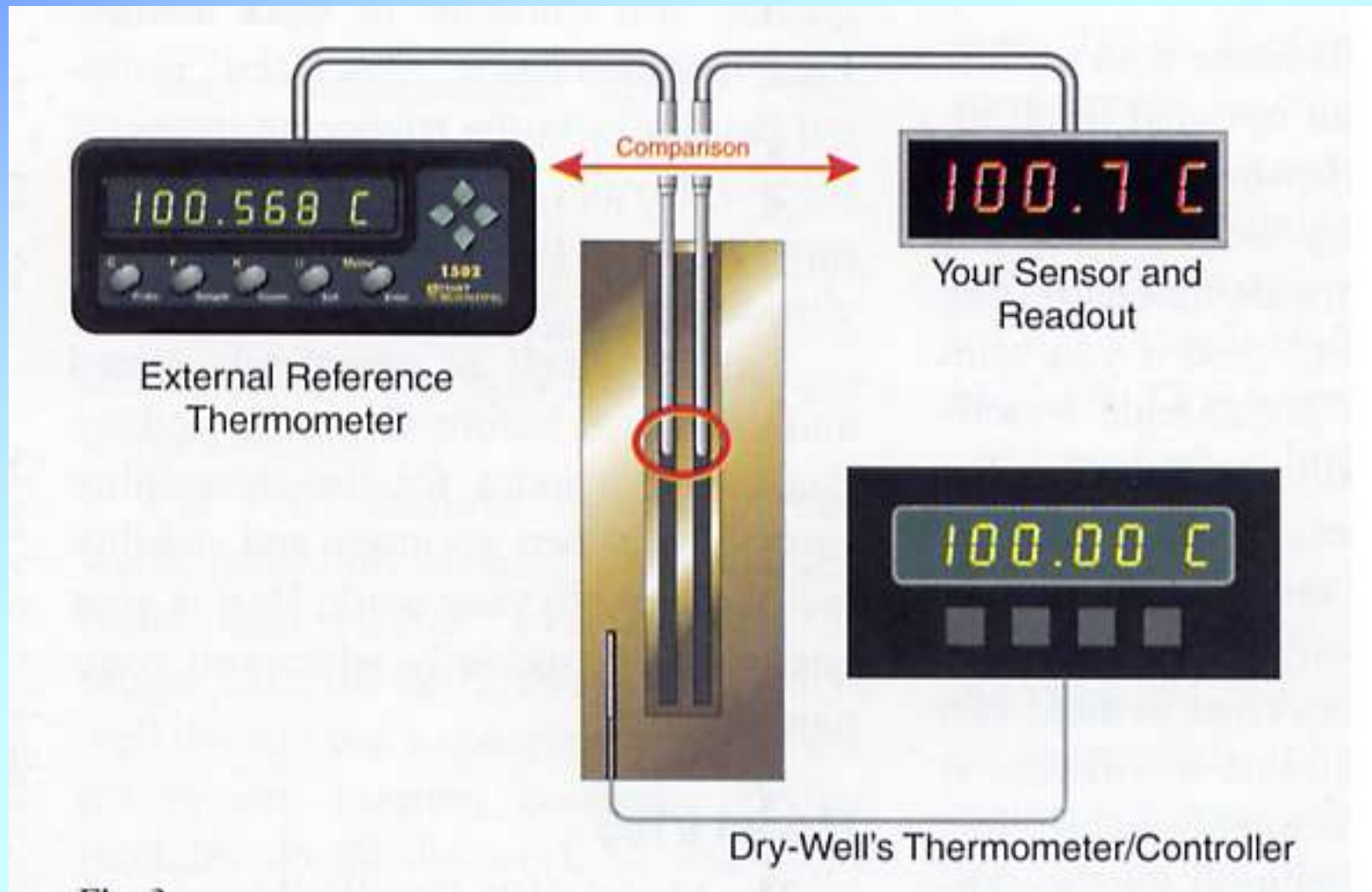
量測科技股份有限公司
Measurement Technology Co.,Ltd

數位溫度計校正



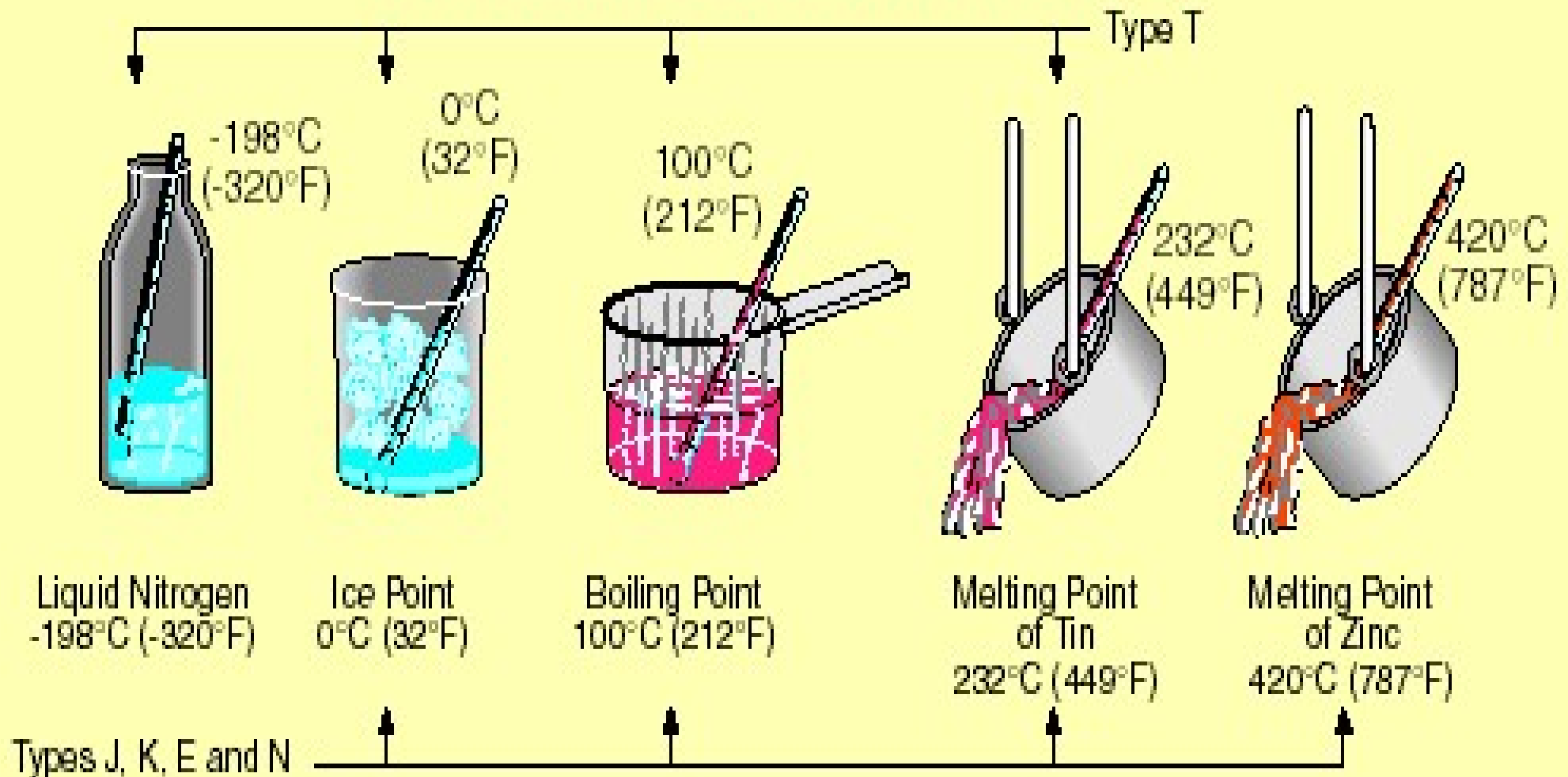
FROM FLUKE

數位溫度計校正



標準定點實測校正

Standard Calibration Points

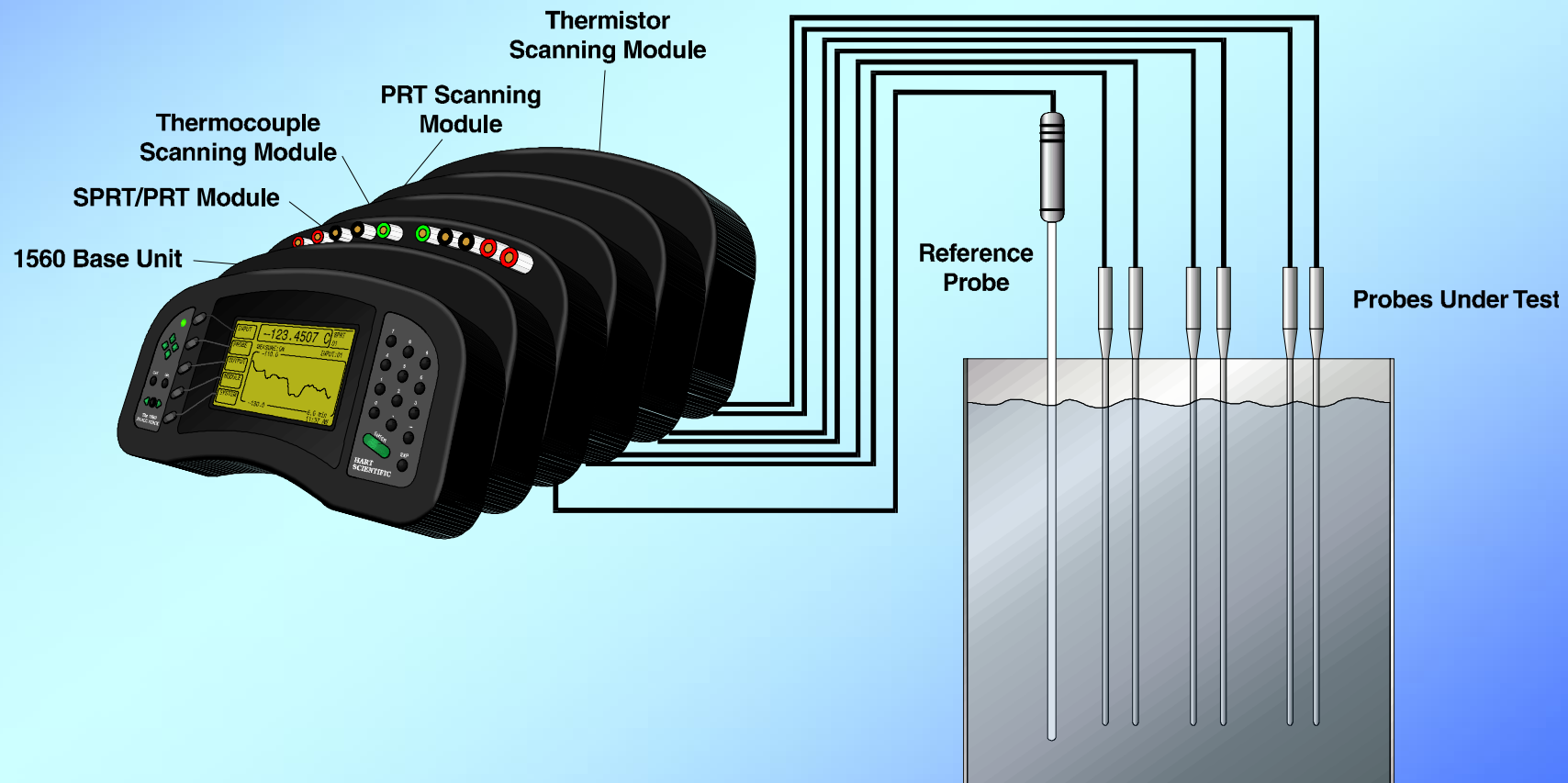


Introduction to Automatic Temperature Calibration Solution

自動化溫度校正技術探討

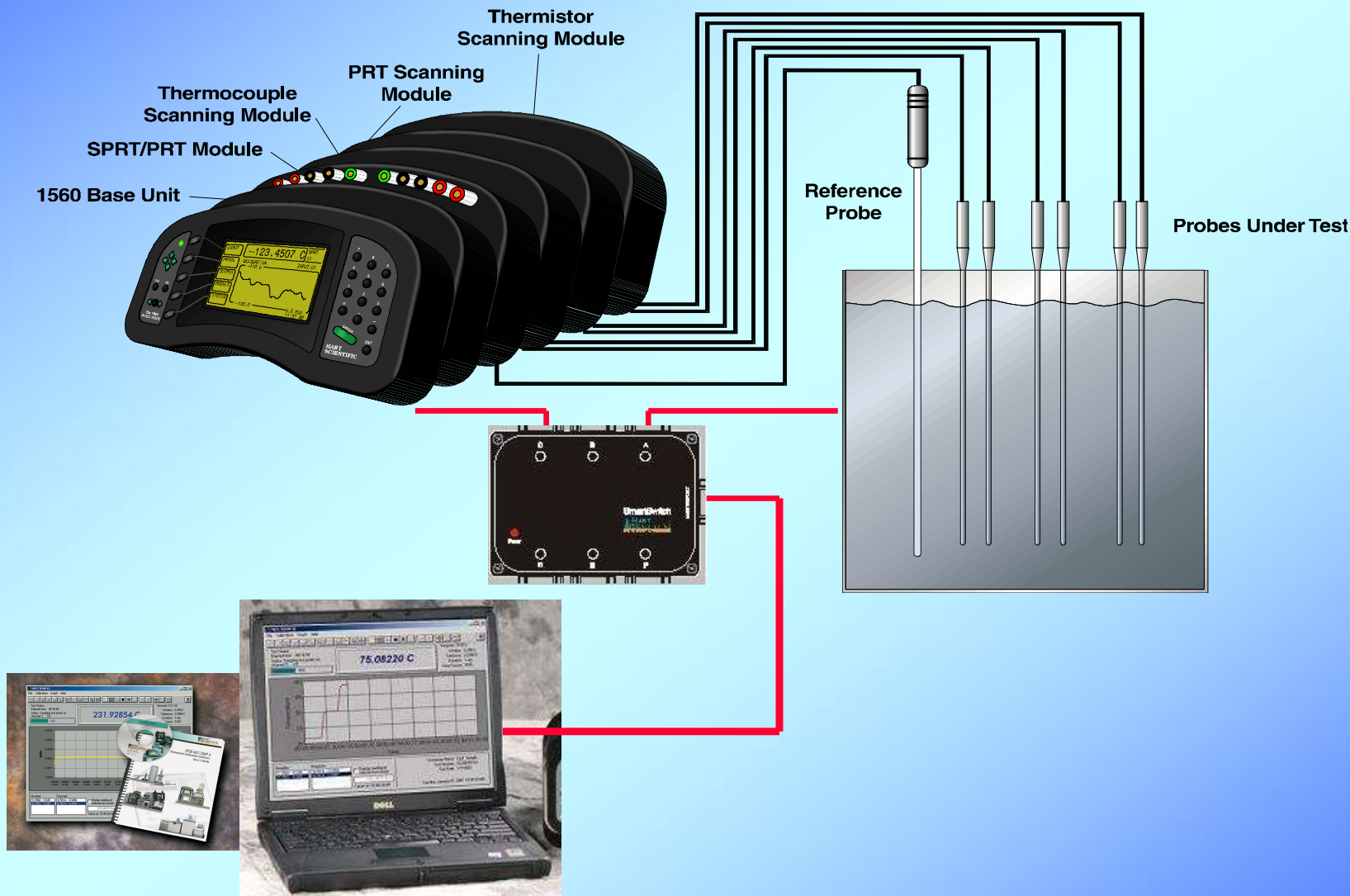
Manual Temperature Calibration

手動式溫度校正架構



Automate Temperature Calibration

自動化溫度校正架構



Example System 系統範例

Reference Readout

參考標準溫度顯示器

Reference Thermometer



PC, Software and Switch

Scanner for UUTs

Heat Sources

FROM FLUKE

Another Example System

Reference Readout

Reference Thermometer



PC, Software and Switch

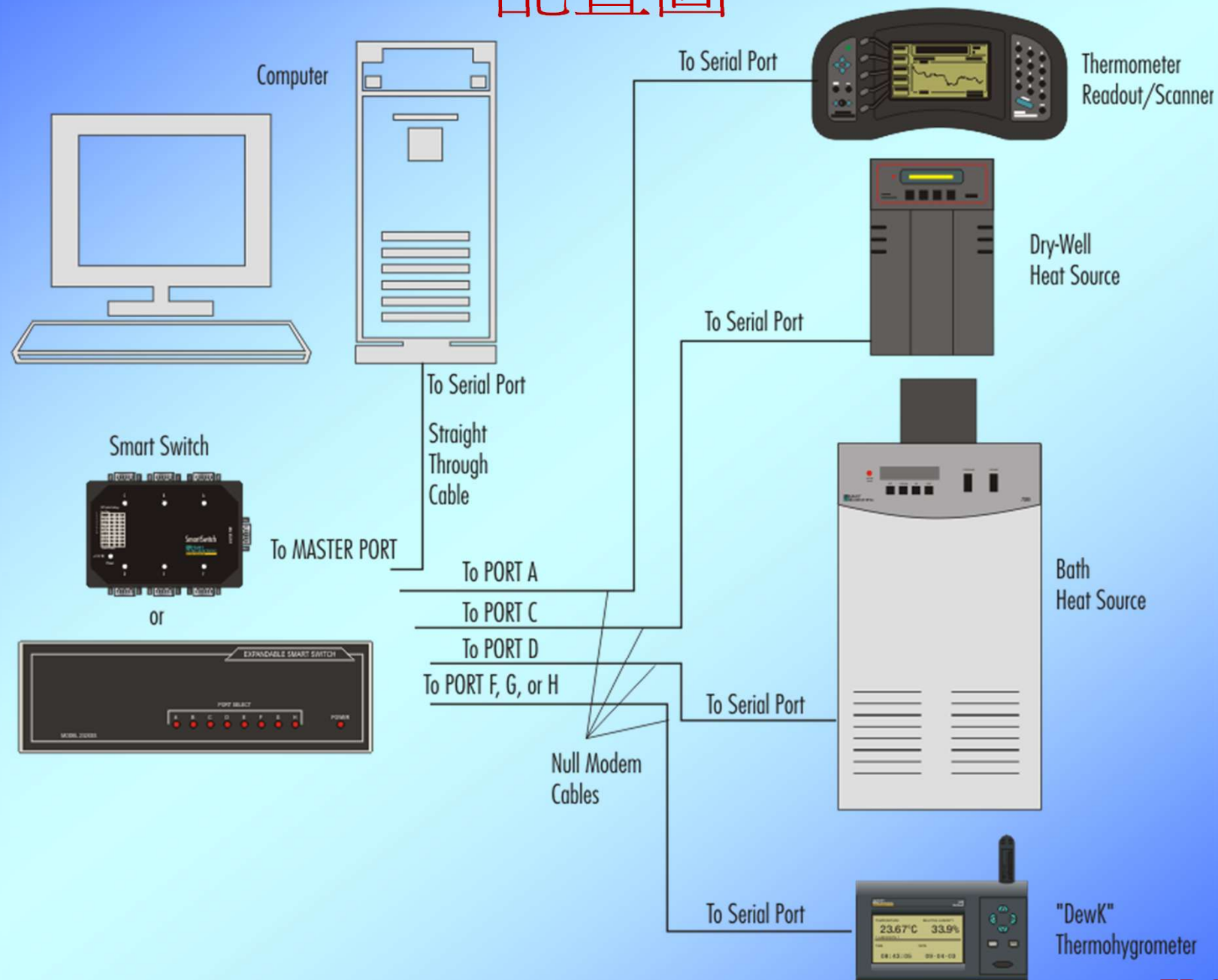
Scanner for UUTs

Heat Sources

FROM FLUKE

Connect the Instruments

配置圖



FROM FLUKE

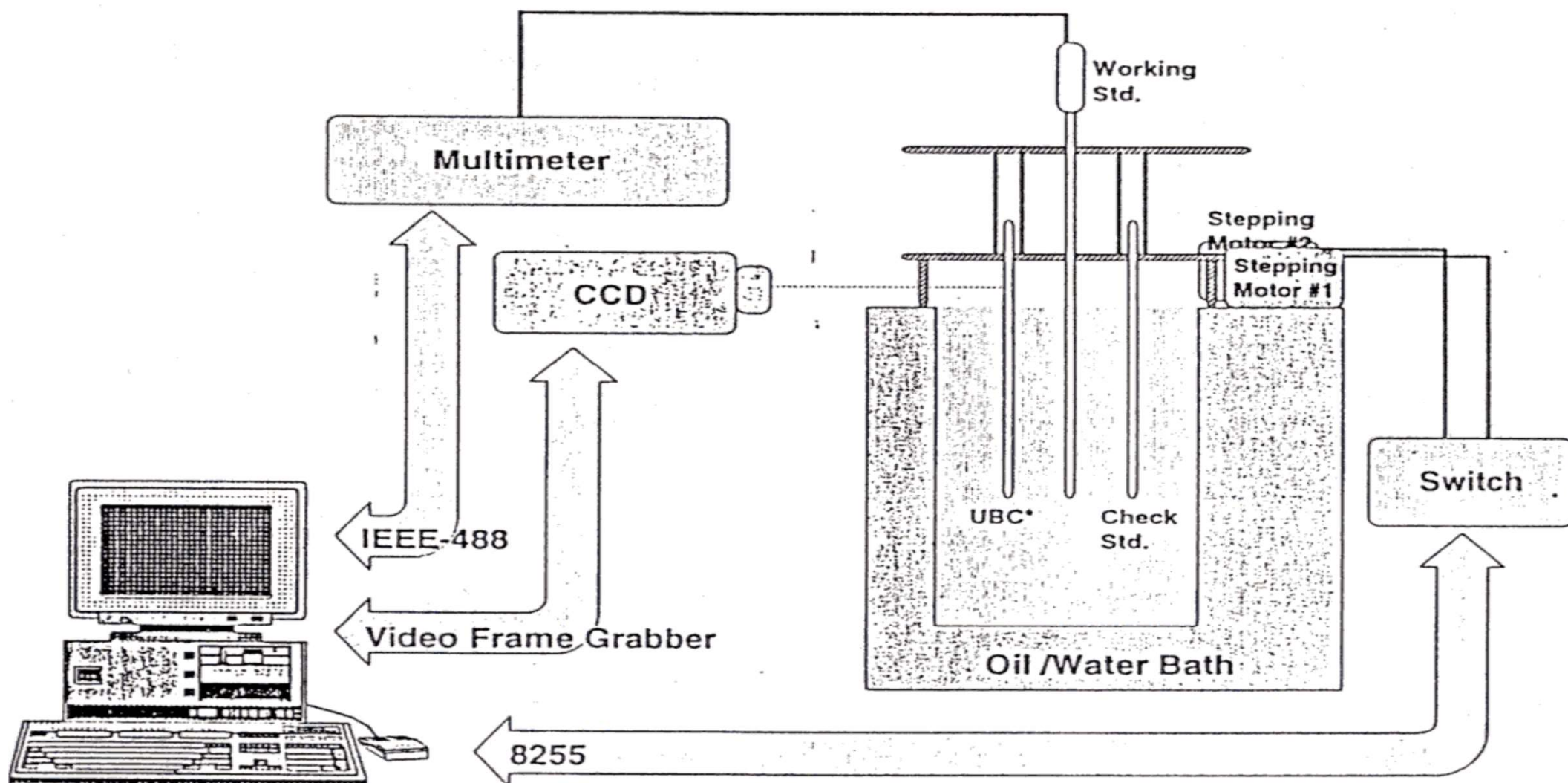
An Example of Automatic Calibration System for Lab Calibration

實驗室等級自動校正系統



FROM FLUKE

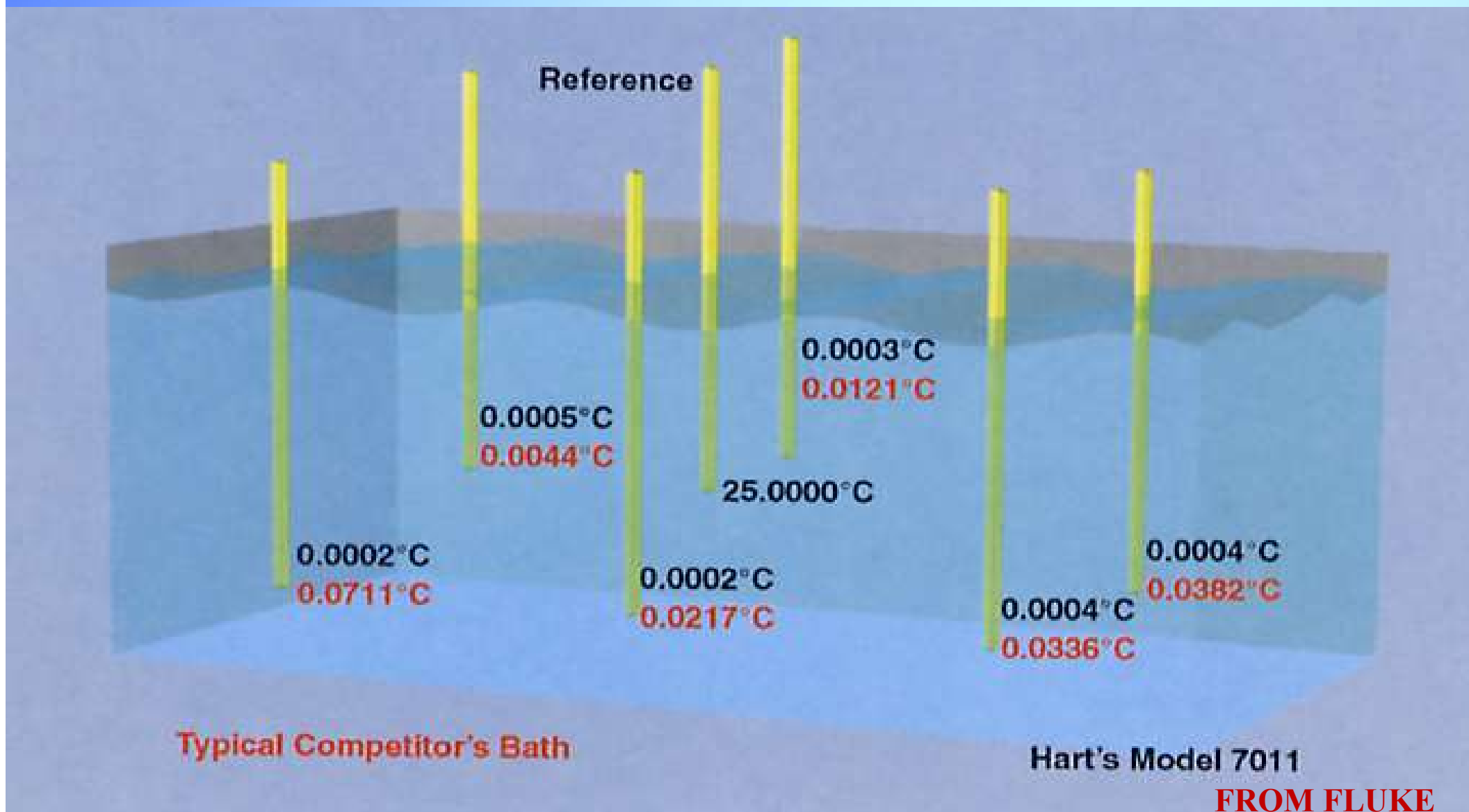
玻璃溫度計自動校正



* UBC = Unit-being-Calibrated

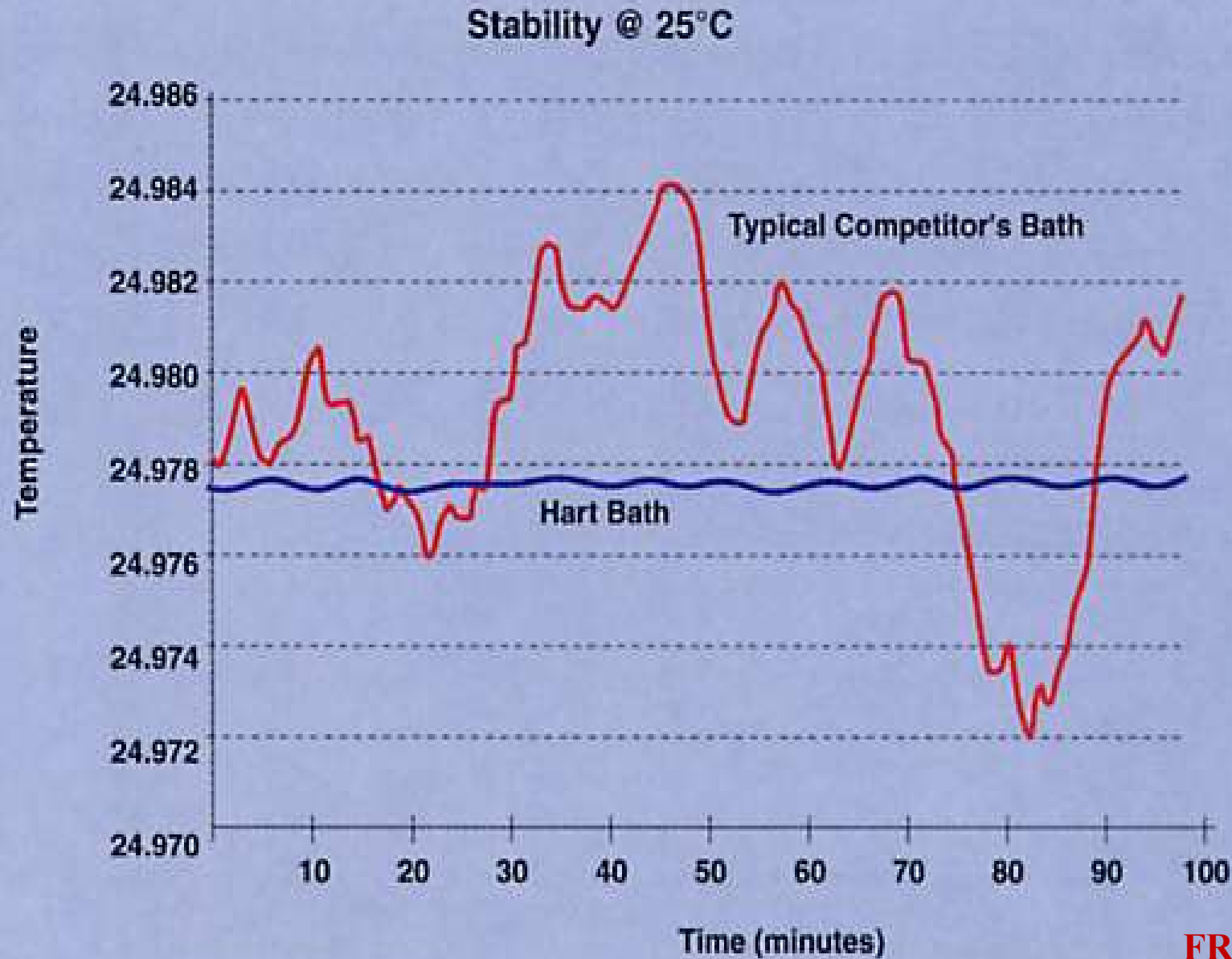
FROM ITRI/CMS

恆溫槽均溫性系統評估





恆溫槽均溫性系統評估(續)





量測科技股份有限公司
Measurement Technology Co.,Ltd

感謝謝聆聽！請多指教！