

原著第三版

大學化學

(上 冊)

William L. Masterton 著
Emil J. Slowinski

潘 家 寅 譯
黃 蔭 樺

臺灣中華書局印行

771143104

大學化學

潘黃 家蔭 寅樞 譯

江苏工业学院图书馆

CHEMICAL PRINCIPLES
Third Edition

藏書章

by

William L. Masterton,

Emil J. Slowinski

臺灣中華書局印行

中華民國六十七年一月三版

大學化學 (全二冊)

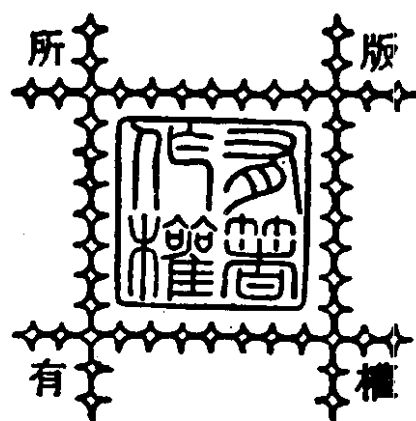
上册平裝基本定價叁元正

(郵運滙費另加)

William L. Masterton
Emil J. Slowinski

潘家寅 • 黃蔭樺

臺灣中華書局股份有限公司代表
熊鈍生



著者 譯者 發行人
本書局登記證字號
印刷者 發行處

臺灣中華書局
臺北市重慶南路一段九十四號
郵政劃撥帳戶：三九四二號
Chung Hwa Book Company, Ltd.
94, Chungking South Road, Section 1,
Taipei, Taiwan, Republic of China

(臺總) 平戊華

原 子 量 表

(以C-12 為基礎)

	符號	原子序	原子量		符號	原子序	原子量
Actinium	Ac	89	227	Mercury	Hg	80	200.59
Aluminum	Al	13	26.9815	Molybdenum	Mo	42	95.94
Americium	Am	95	[243]*	Neodymium	Nd	60	144.24
Antimony	Sb	51	121.75	Neon	Ne	10	20.183
Argon	Ar	18	39.948	Neptunium	Np	93	[237]
Arsenic	As	33	74.9216	Nickel	Ni	28	58.71
Astatine	At	85	[210]	Niobium	Nb	41	92.906
Barium	Ba	56	137.34	Nitrogen	N	7	14.0067
Berkelium	Bk	97	[249]	Nobelium	No	102	[253]
Beryllium	Be	4	9.0122	Osmium	Os	76	190.2
Bismuth	Bi	83	208.980	Oxygen	O	8	15.9994
Boron	B	5	10.811	Palladium	Pd	46	106.4
Bromine	Br	35	79.909	Phosphorus	P	15	30.9738
Cadmium	Cd	48	112.40	Platinum	Pt	78	195.09
Calcium	Ca	20	40.08	Plutonium	Pu	94	[242]
Californium	Cf	98	[251]	Polonium	Po	84	210
Carbon	C	6	12.01115	Potassium	K	19	39.102
Cerium	Ce	58	140.12	Praseodymium	Pr	59	140.907
Cesium	Cs	55	132.905	Promethium	Pm	61	[145]
Chlorine	Cl	17	35.453	Protactinium	Pa	91	231
Chromium	Cr	24	51.996	Radium	Ra	88	226.05
Cobalt	Co	27	58.9332	Radon	Rn	86	222
Copper	Cu	29	63.54	Rhenium	Re	75	186.2
Curium	Cm	96	[247]	Rhodium	Rh	45	102.905
Dysprosium	Dy	66	162.50	Rubidium	Rb	37	85.47
Einsteinium	Es	99	[254]	Ruthenium	Ru	44	101.07
Erbium	Er	68	167.26	Samarium	Sm	62	150.35
Europium	Eu	63	151.96	Scandium	Sc	21	44.956
Fermium	Fm	100	[253]	Selenium	Se	34	78.96
Fluorine	F	9	18.9984	Silicon	Si	14	28.086
Francium	Fr	87	[223]	Silver	Ag	47	107.870
Gadolinium	Gd	64	157.25	Sodium	Na	11	22.9898
Gallium	Ga	31	69.72	Strontium	Sr	38	87.62
Germanium	Ge	32	72.59	Sulfur	S	16	32.064
Gold	Au	79	196.967	Tantalum	Ta	73	180.948
Hafnium	Hf	72	178.49	Technetium	Tc	43	[99]
Helium	He	2	4.0026	Tellurium	Te	52	127.60
Holmium	Ho	67	164.930	Terbium	Tb	65	158.924
Hydrogen	H	1	1.00797	Thallium	Tl	81	204.37
Indium	In	49	114.82	Thorium	Th	90	232.038
Iodine	I	53	126.9044	Thulium	Tm	69	168.934
Iridium	Ir	77	192.2	Tin	Sn	50	118.69
Iron	Fe	26	55.847	Titanium	Ti	22	47.90
Krypton	Kr	36	83.80	Tungsten	W	74	183.85
Lanthanum	La	57	138.91	Uranium	U	92	238.03
Lawrencium	Lr	103	[257]	Vanadium	V	23	50.942
Lead	Pb	82	207.19	Xenon	Xe	54	131.30
Lithium	Li	3	6.939	Ytterbium	Yb	70	173.04
Lutetium	Lu	71	174.97	Yttrium	Y	39	88.905
Magnesium	Mg	12	24.312	Zinc	Zn	30	65.37
Manganese	Mn	25	54.9380	Zirconium	Zr	40	91.22
Mendelevium	Md	101	[256]				

* 方括弧中之質均為最長生命或最熟知之同位素的質量數。

譯者序

譯完本書及作者序文以後深深有一種感受，便是教了將近二十五年的普通化學，雖然總是緊緊追隨着時代介紹最新的課本，但現在才漸漸覺得已往有不少錯誤的想法，不妨提出來檢討一下，首先這門課因時代的進步愈講愈深，愈講愈廣泛，時常已經感覺到不知與物理化學如何劃分疆界？自己教這門課情感上總有意無意間想讓學生愈淵博愈好，誠然對本科學生如此想法未可厚非，理論與實用並重，不過忽略了旁系的學生也很多要學化學的，如果一視同仁有教無類，完全採取同種教學法一定使地質系的同學感到DNA及遺傳因子等的茫然，而對生物系的同學却又對於什麼相律及晶體結構之類問題感到頭痛。而更重要的是勉強不同系別的同学這樣填充或灌輸其結果是理論上未必能深入瞭解實際上却又一無實用的觀念！最淺顯的舉一實例來說吧，有多少學過化學的知道空氣污染、熱污染、能源問題以及生態學的等等迫切的問題？這些都是今後一、二十年便可面臨的難題，便不是一科一事的事，凡我知識份子都至少要瞭解的。自然化學家更責無旁貸的。怎樣能使化學系或其他也須選修化學的科系的同學都能受益呢？這本書的確有它的新構想，原著作強調用他們這本書的人起碼很可以體會到上述各種人人在此新時代都應知道的有關化學問題。而對於太偏重純理論的問題，例如Schrödinger波方程式的演算，甚至於Bohr理論以及Bragg方程式的數學根據都有意不讀只為學生說明其結論對實用的價值，因為這樣可以使旁系的學生少些負擔而多得實效以提高化學的興趣。不過在我們的看法我們為專習化學的本科學生似乎上述之理論的原委及數學根據仍應講授的，斟酌情形適度的添加此類資料也許對專習化學的學生反而提高興趣，而對於旁的科系的學生便採取本書的辦法確實很理想，也不會覺得太理論而感乏味。不知道諸位專家學者有此同感否？這種嘗試使我們以此書為依據當不致太離譜，這也就是我們譯本書的主旨。是以為序。

潘家寅
黃蔭樞

民國六十四年七月於台北

原 著 者 序

幾年來教授普通化學的人士已體會到學生的背景、興趣以及目標等方面若干困惑的事實。縱使在十年前，樂觀的預期高級學校課程標準的提高，在大學開始的課程中也沒有刪除這些基本原理的必要。雖然學生們還未準備解決量子論的問題。同樣重要的是他們顯示在抽象學說方面尚少興趣，反之，却願意在其周圍的世界裏知道如何應用化學原理。最後，我們必須承認在一般課程中只有非常少數的學生會是有潛力的化學家。占壓倒多數的計劃是使用化學做為醫療、生物科學、工程或與職業有關的工具而已。

在準備出版此書時便把握此類事實。例如熱化學及化學熱力學各章（第四章及第十二章）中已經修正，且強調有力的訓練以應用於冶金、熱污染及能源危機各方面。最後一章（第二十三章）已成為生物化學的入門，我們試圖展示化學技術如何在前幾章中討論，像 DNA 之類的生命天然產物的結構。

在每章之末，課文及問題中解決的實例已修改以說明不僅是化學原理且亦為其實際的應用。茲舉二實例：學生要求利用反應率來決定在一市區大氣中臭氣形成的反應率（第十四章，第 14-31 題），或者用化學平衡原理來求計因與二氧化碳成為錯合物的血液中血紅蛋白之百分數。（第十五章第 15-41 題。）

本書仍保留第二版的一般體制及論題之順序。一如往昔，前數章強調化學之定量的實驗的面貌。陳述無機化學仍以反應型式為經緯（第十六章之沉澱理論、第十七章之酸-鹼反應、第十九章之錯離子形成及第廿與廿一章之氧化-還原反應）。由第八章中將討論有機化學的部分移出是主要的大調動。在此章中現在是說明化學鍵結原理，及物理性質與分子結構間之關係。

新的一章（第十一章）是專門討論水及水溶液之獨特性質。包括討論水污染、水純製以及脫鹽等等的化學。有一章是陳述大氣及其成分性質的（第十五章）則已在第二版中便更換的一章，其中詳加說明元素反應之各種論題

2 大學化學（上）

在此第三版中有兩種改革對學生及教師的反應均使我們感到振奮。全書僅以少許“歷史的配景”(historical perspectives)來設法說明已發展的化學原理之崎曲途徑以及若干天生睿智之士的建立此等原理。在較為乏味的氣氛中，已在每章之末整理相配稱的習題，而部分此等習題並附答案。課堂中可選做未有答案的習題，由學生自行校正其解答。總期課堂中討論的習題能引起學生之共鳴，然後回家去做說明相同原理的有解答的習題。希望此種做法能鼓勵學生自修，至少應啓示尚未能完全瞭解的相互關係。

作者最欣賞的作業之一是答覆使用此教本的學生及教師們的建議（與批評）。來自其他學院師生討論的意見已加以修正了。日積月累，經 Connecticut 大學及 Macalester College 諸同仁，特別是 Ray Boyington, Charles Waring, 以及 Wayne Wolsey 諸先生已協助我們評估學生們對本書的反映。我們感謝 Wisconsin 大學的 B. K. Shakhshiri, Earlham College 的 Wilmer Stratton, 以及 Utah 大學的 Ronald Ragsdale 諸先生對第二版的詳細指教。Oklahoma 大學的 Gordon Atkinson 及 Louisville 大學的 Joe Deck 兩位先生提供我們對原稿的關懷與仁慈的校閱。而與提供本書插圖的 Alexis Kelner 先生一同工作也是一件愉快的事。

我們承認，長久以來；內人及子女均以最少的抱怨耐心地來貫徹此第三版之問世。W. B. Saunders 公司工作同仁對稿件安排程序上所做的種種提攜也是我們深感有所虧欠的。最後，謠傳 Saunders 公司的生產部擬於此書出版時酬資要遣送我們中之一赴波蘭，對此點我們只能既不承認也不否認了。

William L. Masterton

Emil J. Slowinski

大學化學

上册目次

序 言

第一章 基本觀念	1
1-1 今日化學的任務.....	1
1-2 量度.....	2
1-3 物質分離爲純質.....	12
1-4 純質之鑑定.....	19
1-5 質之種類：元素與化合物.....	22
習 題.....	25
第二章 原子、分子、及離子	28
2-1 原子論.....	28
2-2 原子之成分.....	30
2-3 分子及離子.....	34
2-4 原子之相對質量：原子量及克原子量.....	37
2-5 原子之質量：Avogadro 數.....	43
2-6 分子之質量，分子量，克分子量.....	44
2-7 歷史的回顧；在十九世紀的原子量.....	45
習 題.....	50
第三章 化學式及方程式	54
3-1 由分析而得的最簡單的（經驗的）化學式.....	54
3-2 分子式.....	58
3-3 莫耳.....	59
3-4 反應之轉譯爲方程式.....	60

2 大學化學(上)

3-5 均衡方程式之研判	61
3-6 理論的產率，百分數生產率	64
習題	67

第四章 熱化學	72
4-1 熱化學方程式	72
4-2 化合物之形成熱	77
4-3 鍵之形成熱	81
4-4 量熱計	85
4-5 能源	88
習題	97

第五章 氣體之物理行爲	102
5-1 氣體之若干通性	102
5-2 大氣壓及氣壓計	103
5-3 理想氣體定律	106
5-4 使用理想氣體定律	113
5-5 氣體之混合物：達爾頓的分壓定律	120
5-6 實在氣體	122
5-7 氣體動力論	125
習題	134

第六章 原子之“電子的結構”	139
6-1 在原子及分子中電子之若干性質	139
6-2 量子論的實驗基礎	141
6-3 “電子的結構”之學說	146
6-4 現代量子論	149
6-5 原子中電子之排列	157
6-6 電子組態及游離電位	171
6-7 原子之“電子的結構”及週期表	173

6-8 原子半徑與電子組態之關係	179
習 題	182
第七章 化學鍵	187
7-1 離子鍵	187
7-2 共價鍵之形成	192
7-3 共價鍵之性質	195
7-4 Lewis 結構，八隅法則	201
7-5 分子的幾何型象	208
7-6 混成原子軌域	213
7-7 分子軌域	217
7-8 金屬鍵	224
習 題	228
第八章 分子質之物理性質；有機化合物之本性	234
8-1 分子質之一般特性	234
8-2 有機分子之性質	241
8-3 巨分子質	258
習 題	263
第九章 液體及固體；態的變化	268
9-1 液體之性質	268
9-2 液 - 蒸氣平衡	270
9-3 固態之性質	279
9-4 相平衡	286
9-5 非平衡相之變化	290
9-6 晶體之瑕疵	290
習 題	296
第十章 溶 體	300

4 大學化學（上）

10-1	引論·····	300
10-2	濃度之單位·····	302
10-3	溶解度之原則·····	306
10-4	溫度與壓力對溶解度之效應·····	310
10-5	非電解質溶液之束縛性·····	314
	習題·····	325
 第十一章 水，純粹的及其他方面的 ·····		330
11-1	水之物理性質·····	331
11-2	水之結構·····	333
11-3	電解質溶液·····	336
11-4	水污染·····	342
11-5	水之純製·····	352
	習題·····	363
 第十二章 反應之自發性；ΔG與ΔS ·····		366
12-1	自發性的規範·····	366
12-2	自由能變化， ΔG ·····	371
12-3	熵變化， ΔS ·····	375
12-4	Gibbs-Helmholtz 方程式·····	381
	習題·····	392

第一章 基本觀念

1-1 今日化學的任務

人類世世代代戮力同心的控制其直接的環境，以滿足其基本需求。努力獲致的成就來自自然科學，化學也在內，貢獻殊多。透過化學肥料及殺蟲劑，食物已經增產了。衣著之布料已由合成纖維，諸如由化學程序製造的尼龍及達克龍等製成了。近年來化學的更顯著之成就或者是抗生素的發展及防禦疾病與苦痛的其他藥劑了。

在廿世紀的現代，我們面對一個新問題。起初人類已有能力改造地球的環境，希望過得更好些，但事實上却可能更糟了。廿五年前發展的核子武器使人類在這地球上被蓄意或意外的有遭受生命毀滅的恐怖可能性。近來更發覺許多種為社會需要的物料及發展的程序嚴重深遠的騷擾了生態學的系統。化學肥料促進藻類在湖澤及溪流中之成長。用農藥來控制農作物昆蟲及防治有害的，有時簡直是災難的疾病，却影響了野生動物的生存。或者其中最嚴重的是熱污染（thermal pollution），產生有用能量之燃料燃燒所積聚的溫度因燃燒愈多愈升高是很明顯的，不但影響直接環境甚至地球本身。

必須清潔我們的空氣及用水所付出的代價不能只用金錢來估算的。只舉一項實例吧，被二氧化硫污染的大氣問題，這是電力廠燃燒含高硫量煤炭所造成的。污染問題可由使用美國西部大量供應的低硫量煤炭來緩和。船載此種煤炭至本土東海岸各城市必增高電價。更嚴重的是環境的觀點，低硫量煤炭層分佈在地球的鑛脈附近或表面，因此需要的是露天開採。凡是親眼目睹在 Appalachia 露天開採遺留下來的蹂躪得面目全非之人士，即使也顧慮到減輕大氣污染的目標。也一定很難熱心贊成對如此壯觀瑰麗的 Idaho 及 Wyoming 兩州的曠野加以開採的。

保證為減少由電力廠彌散的二氧化硫會有許多其他方法，或應在燃燒前集中目標於先行除去含硫化合物。否則由燃燒的氣體中設法提取二氧化硫。

2 大學化學（上）

近來許多化學家與工程師及其他科學家攜手合作共同在此領域中從事研究與發展。在本世紀剩餘的歲月中，化學的主要工作必須對造成污染的複雜問題去發展新的途徑，同等重要的是化學家及其他科學家有責任去教育大眾看來也是一條可行的途徑，更好的是就各種不同的途徑詳為解釋其優點及缺點。

在此一般課程中，主要的目標將是導入化學全部重要的原則。將指出此等原則如何能應用於周遭的問題，更將用簡單的系統來研究，涉及一簡單的純質或少數此等質之混合物。此型之物系本身盡力於控制實驗室的實驗，其中有些在本章中敘述。透過如此的實驗，化學已有了進展，由單純延展至複雜，由實驗室延展至日常世界中。

1-2 量 度

化學原理的發展過程是奠基於敏捷設計的實驗再在小心控制的條件下進行的。實際上有關定量測定的實驗均有長度、容量、及溫度等的參數。在本節中將討論用於量度此等量的儀器（工具）及表示之各種單位。

量度的儀器

長度（length），我們在普通化學實驗室中都習慣用一種簡單的量度儀器便是米尺，其製做儘量地準確，在米制（metric system）中，長度的基本單位是“米”（meter）、米原來是將經過巴黎的地球子午線分割之為 $1/40,000,000$ ，取此距離固定在一根刻在白金-鈹合金棒的兩條標記間，此棒保存在巴黎附近塞佛（Sevres）國際度量衡局內。在1960年標準國際米已規定為氦之可見光內某一線條波長之 $1,650,763.73$ 倍。

檢查一根米尺，見刻有一百等分，每一等分之長度是一厘米（centimeter）（ $1\text{ cm} = 10^{-2}\text{ m}$ ）。若一厘米再分為十等分，每一等分是一毫米（millimeter）長度（ $1\text{ mm} = 10^{-3}\text{ m}$ ）。另一較大的單位，均知適於丈量，是千米（kilometer）（ $1\text{ km} = 10^3\text{ m}$ ）。字首“仟”（kilo），“厘”（centi）及“毫”（milli）均用於米制，分別標明以1000，0.01及0.001相乘之單位。其他單位廣用於化學中的是表示微小粒子，諸如原子及分子尺寸的是一“埃”（angstrom）（ $1\text{ Å} = 10^{-8}\text{ cm}$ ）。

容量 (volume) 在米制中容量的單位是與長度單位一樣簡單的。立方厘米 (cubic centimeter) (cc 或 cm^3) 表示一每邊長一厘米的立方體積之容量。較大的單位是升 (liter) 在 1960 年已重訂為正確的 1000 cc ；一毫升 (milliliter) 之容量恰正與一立方厘米的容量相等。

在普通化學實驗室中最常用的容量測定儀器是“量筒”(graduated cylinder)。需要較高精密度時則使用“吸液管”(pipet)或“滴定管”(buret) (圖 1-1)。“量瓶”(volumetric flask) 在圖 1-1 之右端示明，是設計的一種量液體用之容器，若將溶液注入此瓶中至細頸之刻度線為止，則該溶液之量即為某指定容量 (即 50, 100, $\dots$ 1000 ml)。

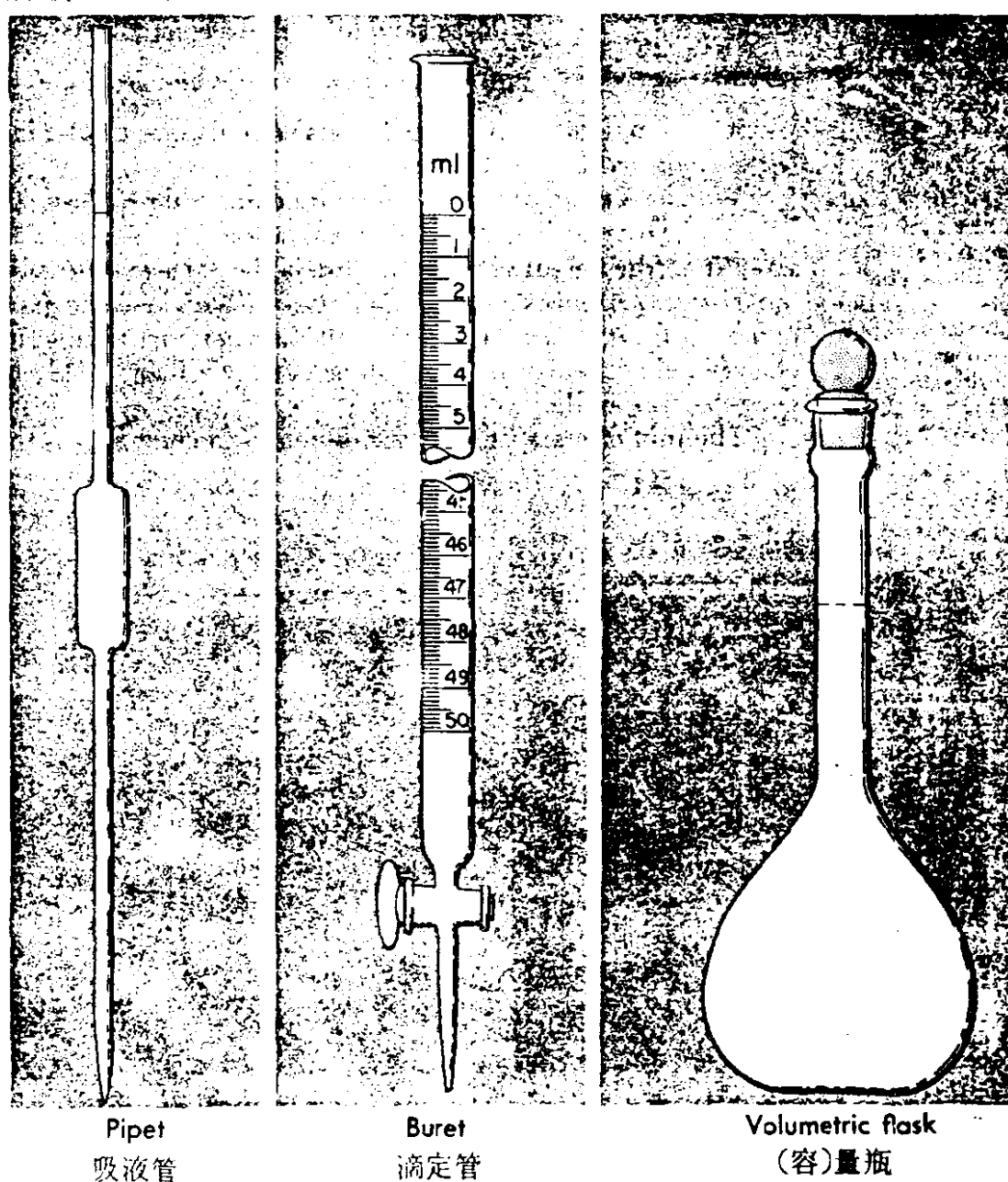


圖 1-1 精確度約達 0.1 % 之液體固定容量的各種量液器，變動的容量則可用精確度相同的滴定管移出。

4 大學化學（上）

質量 (mass) 在一質中物質之量，即其質量，通常用一種天秤 (balance) 測定之 (圖 1-2)。如圖中左端所示乃一簡單的“雙盤”天秤 (two-pan balance)，設想兩盤未盛物前已經調準至相同的高度。欲秤定一物，可置入左盤，已知重量之金屬砝碼置入右盤逐漸添加至兩盤又至相同高度，即達均衡 (balance)。在此等條件下重力 (gravitational force) 作用於此試樣上，即其重量 (weight) 等於重力作用於砝碼的。

$$\text{試樣重量} = \text{砝碼重量}$$

但牛頓力學第一定律謂重力直接比例於質量

$$\text{重量} = k (\text{質量}) \quad (1-1)$$

此處之比例常數 (proportionality constant) k 在一所與地區上是一固定值，在均衡時，則有：

$$k (\text{試樣質量}) = k (\text{砝碼質量})$$

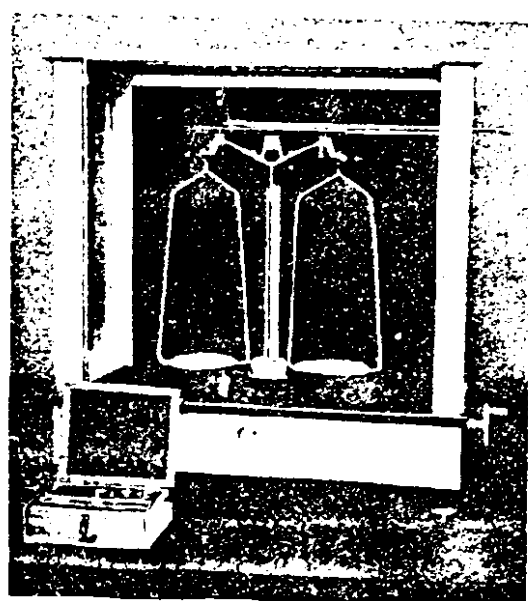
或
$$\text{試樣質量} = \text{砝碼質量}$$

可見在天秤呈均衡時，不僅“重量相等”而且“質量亦相等”。

一物件之質量較其重量更具基本的重要性。在方程式 1-1 中，假如有人由吸引的物體中心遠移，重力的“常數” k 會減小。從太空人員脫離地球經驗知在重量上有一可感覺的減少，因地球的重力已減小 (習題 1-29)。換言之其質量未變更，除非在若干方式中與環境有了物質之交換。

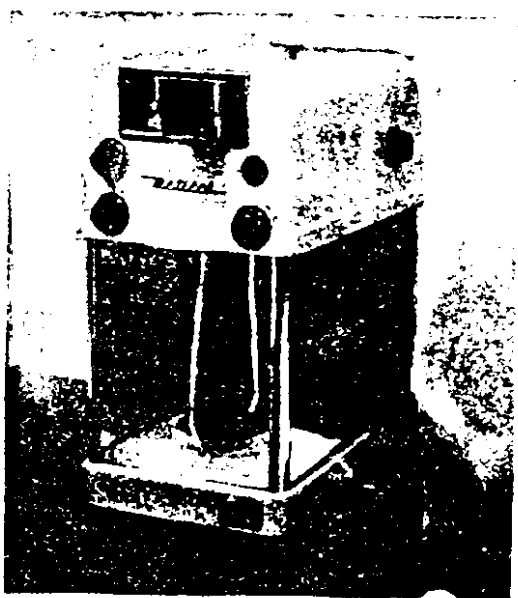
在化學中最常用的質量單位是“克” (gram)，代表一塊保存在國際度量衡局中的鉑-銥質量的千分之一 ($1 \text{ kg} = 10^3 \text{ g}$)，分析天秤用的較小質量為“毫克” (milligrams) ($1 \text{ mg} = 10^{-3} \text{ g}$)。對於極微小的物件，則可用“微克” (micrograms) ($1 \mu\text{g} = 10^{-6} \text{ g}$)。

溫度 (temperature) 溫度的觀念為我們所熟知的，因為身體對溫



Two pan balance

雙盤天平



Single pan balance

單盤天平

圖 1-2 左圖為雙盤天秤，及右圖為單盤分析天秤，後者之砝碼在儀器內，轉動刻度盤便可添加或移去之。

度之不同甚為敏感。拿起一塊冰，我們感覺冷，因其溫度較手的低。飲用一杯咖啡後，則能知為“熱”、“微溫”及“滾燙”，在前二場合中至少我們說是其溫度超出我們的手。由微小差別觀點，溫度可視為熱流方向決定的因數。勇敢的人在正月裏的 Minnesota 湖中游泳，覺得冷是因熱由他軀體中被吸收了。後來若他洗了熱水淋浴，他一定會很舒服因熱流向相反的方向了。一般言之，不論兩種何等物質在不同溫度時相接觸，熱一定自動地由較高一方的溫度流向較低的一方。

欲使用水銀玻璃溫度計（mercury-in-glass thermometer）測定溫度，乃利用水銀的優點，因為水銀像其他物

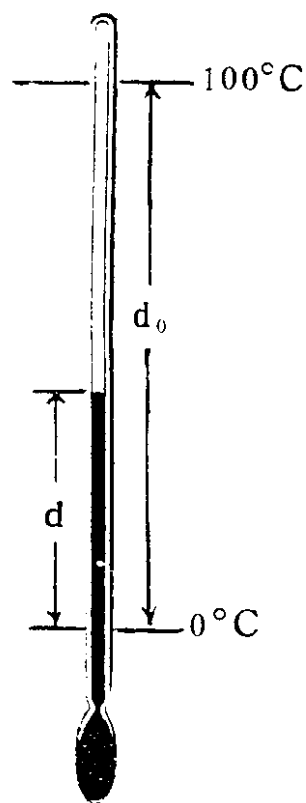


圖 1-3 在 45°C 時，玻璃溫度計中水銀柱的讀數 $d = 0.45 d_0$ ，此處 d_0 乃 0° 至 100° 刻度間之距離。

6 大學化學（上）

質一樣溫度升高則體積膨脹。溫度計之設計便是體積小量變化却仍能易於看出（圖 1-3）。毛細管柱之總體積僅為水銀球量的百分之二、三而已。

化學實驗室使用的溫度計是以 Celsius 度（即百度）標識的。在此種尺標中，水之冰點（freezing point）訂為 0°C ，及水在 1 大氣壓（atmosphere）之沸點（boiling point）訂為 100°C 。一支品質優良的水銀 - 玻璃溫度計，插在一隻盛有碎冰塊與水呈平衡時的燒杯中，水銀柱將正確的停留在 0° 的標度處。在沸水的燒杯中，則水銀柱將恰在 100° 的刻度處。該二刻度間之距離儘量精密分割為一百個等分，則每等分相當於一 Celsius 度。故讀數為 45°C 之溫度相當於由 0° 標度至 100° 刻度中之百分之四十五的刻度。

測定中之不準確性：有效數字

每種實驗的測定均有某程度的不準確性存在，其大小端視所使用的測定儀器之性質及其種類而定。例如：若欲使用一支 100-ml 刻度的量筒來測定 8ml 的液體，則讀出之容量可能至少有 1 ml 的誤差。使用這樣粗糙的儀器，能得到一容積在 7 與 9 ml 之間接近 8 ml 就很幸運了。若要改進測定的精確性，就須使用尺長的 10-ml 量筒，筒上的刻度間隔更為寬濶些，現在就可測得欲測之 8 ml 容量到 0.1 ml 的精密度了，亦即範圍由 7.9–8.1 ml。使用一支滴定管，則可測得更精密些，若仔細測定，則不準確性可減少至 0.01 ml。

凡是做實驗的人都有責任對他的測定要標示出不準確性的程度。這種資料對一位打算複做此實驗或判斷其確實性的人是不可或缺的。做此類工作有許多方法，例如上述測定有三種容量測定的報告：

$8 \pm 1 \text{ ml}$ （大刻度的量筒）

$8.0 \pm 0.1 \text{ ml}$ （細刻度的量筒）

$8.00 \pm 0.01 \text{ ml}$ （滴定管）

本書中今後將一貫地注意（±）標識，而且簡單地寫成

8 ml ; 8.0 ml ; 8.00 ml

而瞭解其涵義是：“在最後數字中至少有一單位（1 ml, 0.1 ml, 0.01 ml）”