

遵照香港教育司署五年制中文中學課程綱要編撰



新編中學化學

第四冊

編著者 張啓演 張雄謀 張維垸

校訂者 馬 臨

香港宏豐圖書公司出版



遵照香港教育司署五年制中文中學課程綱要編撰

新 編 中 學 化 學

第 四 冊

編 著 者 張啓瀛 張雄謀 張維琬

校 訂 者 馬 臨

香 港 宏 豐 圖 書 公 司 出 版



版權所有 * 翻印必究

新編中學化學

第四冊

編著者 張啓瀛 張雄謀 張維堉

校訂者 馬 臨

出版者 香港宏豐圖書公司

Hung Fung Book Company

香港北角七姊妹道十八號地下

18, Tsat Tse Mui Rd., G/F

Hong Kong

Tel. 5-632397 5-629836

總經售 世界書局

The World Book Store

香港德輔道中一四四號

144 Des Voeux Rd., C., H.K.

Tel. 5-454151

九龍旺角亞皆老街一〇五號

105, Argyle Street, Kowloon

Tel. 3-941025

承印者 新雅印務有限公司

香港灣仔謝菲道三〇一號

出版日期 一九六四年八月初版



編 輯 大 意

1. 本書遵照香港教育司署頒佈五年制中學新課程標準及根據編者教學經驗編輯而成。全書分訂五冊，專供中學五年制各級教學之用。
2. 本書敘述以歸納法為主。必要時兼用演繹法。盡可能先以示範實驗說明事實，得到結論，再歸納成定律。
3. 本書將化學之基本原理，事實及應用，作有系統之說明。文字力求淺顯，說理務求詳盡，使學者得明確之觀念及理解。
4. 為顧及教學時間不足，高深理論及一部分定量方面教材均盡量精簡。重要工業製造只及基本原理及反應，並不深入研究。
5. 第一冊及第二冊一部分教材，對中一二學生或稍嫌深奧，唯限於課程標準及會考範圍，不得不編入，此等教材有「※」符號，請教師自行取捨，或只供學生參攷用。又一部分教材（如氣體通性及電化學等）與物理教本觀念略有不同，如嫌重複，教師可斟酌情形刪去或簡略講授。
6. 本書所述實驗，係普通學校設備可能做到。根據實驗繁簡與重要性以及學生實驗技能等，教師自行決定選擇：
(i) 由教師演示；(ii) 由學生自己進行；(iii) 兩法同時並進。務使講解與實驗配合。

7. 實驗程序敘述較簡單者，儘可能以圖表示，看圖便可會意，以省篇幅。
8. 爲幫助學生將學得之教材消化及鞏固，每章後附有習題。內容分三部：甲部多用填充方式，供課堂提問用，目的在啓發學生思考，及時指正錯誤；乙部問答，丙部計算題。教師在不影響教學進度原則下，指導學生在課內或課外進行。
9. 本書所用名詞，係採用最通行者，並各附原文，以資參證。
10. 本書蒙教育司中英文中學會考委員會及香港大學考試委員會准將歷屆試題引用，謹此致謝。
11. 本書屬稿匆促，掛漏之處，在所難免，尙希海內名達，不吝教正。

一九六二年四月編者謹識

1976年會考新增課程
全部編入第五冊下篇

新編中學化學第四冊目錄

第二十章 氣體的通性(1)

20.1	氣體的特性	391
20.2	氣體容積與壓力的關係——波義耳定律	391
20.3	氣體容積與溫度的關係——查理定律	395
20.4	溫度與壓力對於氣體容積的共同影響——氣體方程式	399
20.5	標準狀況及實用例題	400
20.6	分壓定律及排水收集時氣壓的改正	404
	本章提要	407
	習題	408

第二十一章 實驗室測定當量的方法

21.1	元素的當量	413
21.2	由稀酸置換氫求金屬的當量	414
21.3	與氧化合求金屬的當量	419
21.4	活潑金屬將次活潑金屬從鹽類折出求金屬的當量	423
21.5	與氯化合成氯化物求金屬的當量	424
21.6	當量定律	426
	本章提要	428
	習題	428

第二十二章 氣體的通性(2)

22.1	給呂薩克定律	434
22.2	理想氣體	438

22.3	亞佛加德羅假說	438
22.4	從容積關係說明氣體的分子式	440
22.5	克分子量與克分子容積	442
22.6	蒸氣密度與克分子量的關係	446
22.7	實驗式與分子式	448
22.8	分析法求原子量	450
22.9	氣體擴散定律	451
22.10	氣體分子運動學說	456
22.11	二氧化碳一升在標準狀況下之重量及二氧化碳的分子式	468
22.12	氣體容積計算題	464
	本章提要	468
	習題	469

第二十三章 硫及硫化物

13.1	硫的存在、提取及精製	477
23.2	硫的同素異形體	479
13.3	硫的性質及用途	480
23.4	硫化氫的存在及製法	482
23.5	硫化氫的性質及用途	483
23.6	硫化物的檢驗	486
	本章提要	488
	習題	489

第二十四章 硫的氧化物及含氧酸

24.1	二氧化硫的存在及製法	492
------	------------	-----

24.2	二氧化硫的性質及用途·····	494
24.3	亞硫酸·····	496
24.4	三氧化硫的製法·····	498
24.5	三氧化硫的性質及用途·····	498
24.6	硫酸的製法·····	499
24.7	硫酸的性質及用途·····	503
24.8	亞硫酸鹽及硫酸鹽的檢驗·····	506
24.9	硫代硫酸鈉·····	510
	本章提要·····	511
	習題·····	514

第二十五章 氮、氨及銨鹽

25.1	氮的存在、製法、性質和用途·····	520
25.2	氮的循環·····	523
25.3	氨的存在、製法、性質和用途·····	524
25.4	氫氧化銨與銨鹽·····	530
25.5	氨及銨根的檢驗·····	535
	本章提要·····	536
	習題·····	537

第二十六章 氮的含氧酸及氧化物

26.1	硝酸的製法、性質和用途·····	542
26.2	硝酸鹽和加熱分解作用·····	549
26.3	黑火藥及無烟火藥·····	550
16.4	氮的氧化物及其通性·····	552

26.5	氧化亞氮、一氧化氮、二氧化氮實驗室製法和特性	555
26.6	亞硝酸及它的鹽類	561
26.7	硝酸根與亞硝酸根的檢驗	562
26.8	空氣中氮的固定法	564
	本章提要	567
	習題	571

第二十七章 磷

27.1	磷	577
27.2	磷化氫	581
27.3	磷的氧化物及氯化物	582
26.4	磷酸、磷酸鹽及磷肥	584
	本章提要	587
	習題	588

第二十八章 化學平衡

28.1	可逆反應與化學平衡	591
28.2	影響化學反應速度的因素	595
28.3	勒沙特利爾原理——平衡的移動	596
28.4	催化作用	600
	本章提要	603
	習題	604
	習題答案	608

第二十章 氣體的通性(1)

第一節 氣體的特性

第二節 氣體容積與壓力的關係——波義耳定律

第三節 氣體容積與溫度的關係——查理定律

第四節 溫度與壓力對於氣體容積的共同影響——氣體方程式

第五節 標準狀況及實用例題

第六節 分壓定律及排水收集時氣壓的改正

20.1 氣體的特性

在理論上，任何物質加熱到某一程度的高溫時，都會變成了氣體。但實際上，有時所需的溫度太高，普通的加熱儀器不能供給足夠的熱量，或是有些物質在未氣化前已分解，如蔗糖之變成碳，致氣化不能產生。同樣在低溫度時，許多氣體都可以凝結為液體或固體。因此氣體只不過是各種物質受熱所經過的一種形態。

1. **膨脹性** 無限的膨脹性是氣體最顯著的特性，因此它能在所容的器皿各部均勻分佈。

2. **壓縮性** 我們在單車的膠輪打氣，膠輪裏的容積有限，但能壓進很多空氣，因此氣體是有壓縮性。液體和固體的容積則受壓力方面的影響很小。

20.2 氣體容積與壓力的關係——波義耳定律

【實驗】

如圖 86 I 所示裝置，以量氣管（有刻度）盛以空氣，移動漏斗，使

管內及漏斗之水銀面等高——即內外壓力相等，假定外面空氣之壓力是 760 托水銀柱（詳物理教本），則管內空氣壓力亦等於 760 托水銀柱，現已知管內空氣容積為 40 立方厘米，關閉 *b* 活栓。

今將漏斗提高（如圖內 *c*，試比較圖 I 與圖 II 中 *c* 的位置），管內空氣之容積於是減少。假定漏斗與管內水銀面相差 240 托（圖內 *ca*），即表示管內空氣壓力比外面空氣壓力大 240 托，全壓力就是 $760 \text{ 托} + 240 \text{ 托} = 1000 \text{ 托}$ 。此時管內空氣容積縮小為 30.4 立方厘米。

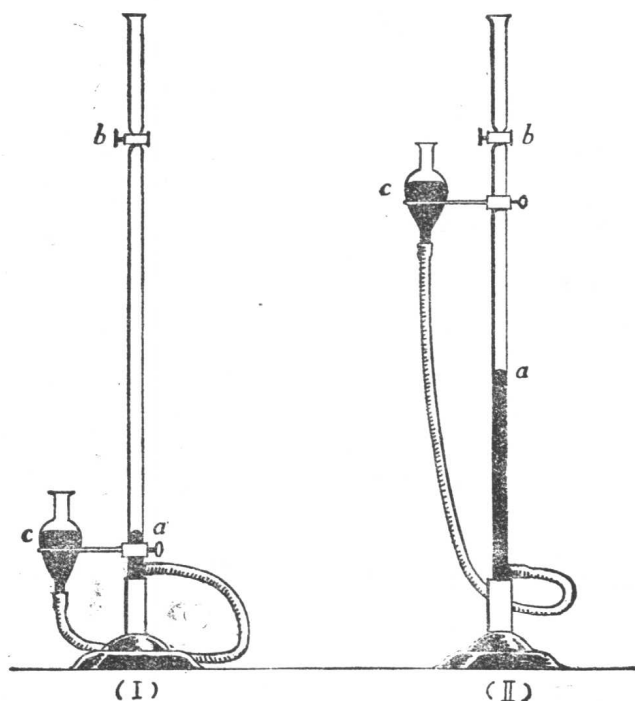


圖 86 波義耳定律實驗裝置

再舉高 *c*，管內空氣容積又再減少。如兩水銀面相差 760 托，管內全壓力就是 $760 + 760 \text{ 托} = 1520 \text{ 托}$ ，此時管內空氣容積等於 20 立方厘米。

把 *c* 降下比管內水銀低 380 托，即表示管內空氣壓力比管外空氣壓力

小 380 耗，此時管內空氣壓力是 $760 \text{ 耗} - 380 \text{ 耗} = 380 \text{ 耗}$ ，再測定管內的容積膨脹則為 80 立方釐。

由此看來，當管內空氣壓力增加 2 倍 [$1520 = 760 \text{ 耗} \times 2$] 於原壓力 (760 耗) 時，其容積就減至原容積的 $\frac{1}{2}$ $\left[20 = \frac{40}{2}\right]$ ，而壓力減為原壓力 $\frac{1}{2}$ $\left[380 = \frac{1}{2} \times 760\right]$ ，其容積必脹大為原容積的 2 倍 [$80 = 40 \times 2$]。

若以氫，或二氧化碳等代替空氣通入刻度玻璃管裏，壓力與容積變化之關係是相同的。

1660 年，英人波義耳歸納多次以氣體實驗結果創立一定律：在一定溫度下，一定質量氣體之容積與所受壓力成反比例，此稱為波義耳定律 (Boyle's Law)

假設壓力 P_1 時之容積是 V_1 ，若壓力變成 P_2 ，其容積就變成 V_2 ，兩次不同壓力與容積之關係如下式：

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_2}{V_1}$$

或 $P_1 V_1 = P_2 V_2$

$P_1 V_1$ 或 $P_2 V_2$ 常常等於相同一定數字，根據上述實驗結果，可以表示如下：

$$760 \times 40 = 30400$$

$$1000 \times 30.4 = 30400$$

$$1520 \times 20 = 30400$$

$$380 \times 80 = 30400$$

壓力 容積 常數

因此波義耳定律又可以說：溫度不變時，一定質量氣體之容積與所受壓力的相乘積等於一常數。

【例題 1】 在上述實體中，如欲管內空氣容積為 30 立方糎則漏斗之水銀面應比管內水銀面高若干耗？

【解】 $P_1 = 760$ 耗 $P_2 =$ 容積為 30 立方糎之壓力

$V_1 = 40$ 立方糎 $V_2 = 30$ 立方糎

依公式 $P_1 V_1 = P_2 V_2$

$$\begin{aligned} \text{即 } P_2 &= \frac{P_1 \times V_1}{V_2} = \frac{760 \text{ 耗} \times 40 \text{ 立方糎}}{30 \text{ 立方糎}} \\ &= 1013 \frac{1}{3} \text{ 耗水銀柱} \end{aligned}$$

故管內空氣壓力為 $1013 \frac{1}{3}$ 耗

比管外空氣壓力 (760 耗) 大 $1013 \frac{1}{3} - 760 = 253 \frac{1}{3}$ 耗

【答】 漏斗之水銀面如高出管內水銀面 $253 \frac{1}{3}$ 耗，則管內空氣容積為 30 立方糎。

【驗算】 $760 \times 40 = 30400$, $(760 + 253 \frac{1}{3}) \times 30 = 30400$

【例題 2】 氧氣用 150 大氣壓壓入 12 升之鋼筒中，問將此鋼筒之活栓開啓，可得氧氣若干升 (假設外面空氣壓力為 760 耗水銀柱，即一大氣壓而溫度不變)？

【解】 $P_1 = 150$ 大氣壓 $P_2 = 1$ 大氣壓

$V_1 = 12$ 升 $V_2 = ?$

依公式 $P_1 V_1 = P_2 V_2$

$$\begin{aligned} V_2 &= \frac{P_1 \times V_1}{P_2} = \frac{150 \text{ 大氣壓} \times 12 \text{ 升}}{1 \text{ 大氣壓}} \\ &= 1800 \text{ 升} \end{aligned}$$

【答】 在 1 大氣壓下可得氧氣容積 1800 升

【驗算】 $150 \times 12 = 1800$, $1 \times 1800 = 1800$ *

20.3 氣體容積與溫度的關係——查理定律

各種物質加熱則膨脹，冷卻則收縮，這是很早以前便知道的事實。固體和液體的膨脹率較小，且各有不同。1787年法人查理經過種種實驗，證明各種氣體受同樣溫度之影響，其膨脹或縮小的比率都是相同，方法如下：

【實驗】

用圖 87 的裝置。刻度玻璃管 *a* 之內徑約 2 耗，下端封閉，管內充滿乾燥的空氣，以水銀柱 *b* 為界，令管內氣體在 20°C 時容積恰為 293 單位。*a* 管安裝在大管 *c* 的中央，*c* 管內有一溫度計 *d*。

現在由 *e* 管通冰水入 *c* 管，而由 *f* 管溢出，管內空氣遇冷縮小，冷至 0°C 時，容積便變成 273 單位。

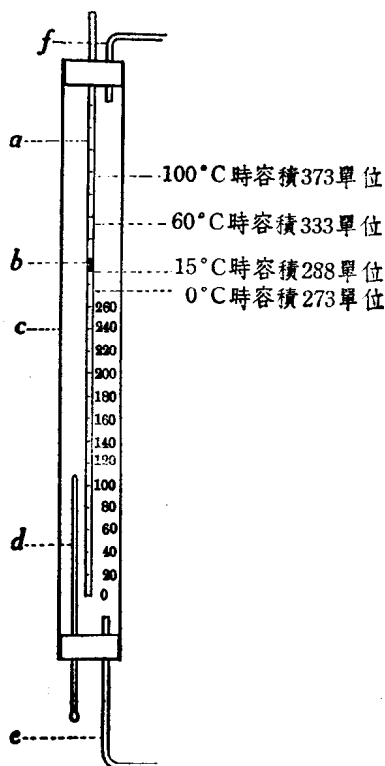


圖 87 查理定律實驗裝置

* 代入公式時分子與分母所用單位要相同始能相銷(參考物理課本)

壓力單位 公制：一大氣壓 = 760 耗水銀柱 = 1033.6 克/平方釐

英制：一大氣壓 = 29.9 吋水銀柱 = 14.7 磅/平方吋

容積單位 公制：1 立方米 = 1,000,000 立方釐 = 1000 升

英制：1 立方呎 = 1728 立方吋

把冰水放出，通入暖水，如達到 60°C 時，容積改變為 333 單位。

最後將水放出，又由 e 管通以水蒸汽，當氣體達到 100°C ，容積是 373 單位。

總括上述氣體容積變化是：

0°C 時容積為 273 單位，熱至 20°C 變成 $273 + 20 = 293$ 單位。

0°C 時容積為 273 單位，熱至 60°C 變成 $273 + 60 = 333$ 單位。

0°C 時容積為 273 單位，熱至 100°C 變成 $273 + 100 = 373$ 單位。

可知 0°C 時容積為 273 單位，熱至 $t^{\circ}\text{C}$ 變成 $273 + t$
 $= 273 \left(1 + \frac{t}{273} \right)$ 單位。

如溫度下降，由同樣實驗證明容積縮小比率相同，即：

0°C 時容積為 273 單位，冷至 $-t^{\circ}\text{C}$ 變成

$$273 - t = 273 \left(1 - \frac{t}{273} \right) \text{單位。}$$

用其他氣體如氫、氧等代替空氣，結果亦相同，由此得結論：壓力不變時，一定質量氣體之容積如溫度每昇降 1°C ，增減其 0°C 時之 $\frac{1}{273}$ 此稱為查理定律 (Charles' Law)

設 V_0 為氣體在 0°C 時之體積。

V_1 為氣體在 $t_1^{\circ}\text{C}$ 時之體積。

依查理定律

$$\begin{aligned} V_1 &= V_0 + V_0 \times \frac{1}{273} \times t_1 \\ &= V_0 \times \left(1 + \frac{t_1}{273} \right) \end{aligned}$$

氣體之溫度在 0°C 以上， t 為正數；在 0°C 以下， t 為負數。

如 0°C 時氣體之容積爲 273 立方糎，則：

$$-1^{\circ}\text{C} \text{ 時體積 } V_1 = 273 \times \left(1 - \frac{1}{273}\right) = 272 \text{ 立方糎,}$$

$$-2^{\circ}\text{C} \text{ 時體積 } = 273 \times \left(1 - \frac{2}{273}\right) = 271 \text{ 立方糎.}$$

$$-10^{\circ}\text{C} \text{ 時體積 } = 273 \times \left(1 - \frac{10}{273}\right) = 263 \text{ 立方糎.}$$

其餘可以類推。

溫度繼續降低，容積照此比率 $\frac{1}{273}$ 遞減，若降至 -273°C 時，容積便爲零。

$$273 \times \left(1 - \frac{273}{273}\right) = 0$$

理論上雖如此，但事實上氣體未冷至 -273°C ，即已變成液體或固體，容積決不致爲零。 -273°C 稱爲絕對零 (absolute zero)。以此爲起點計算溫度，稱爲絕對溫度。與攝氏表關係有如下式：

$$\text{攝氏溫度}(^{\circ}\text{C}) + 273 = \text{絕對溫度}(^{\circ}\text{A})$$

$$100^{\circ}\text{C} = 273^{\circ} + 100^{\circ} = 373^{\circ}\text{A}$$

$$20^{\circ}\text{C} = 273^{\circ} + 20^{\circ} = 293^{\circ}\text{A}$$

$$0^{\circ}\text{C} = 273^{\circ} + 0^{\circ} = 273^{\circ}\text{A}$$

$$-10^{\circ}\text{C} = 273^{\circ} + (-10^{\circ}) = 263^{\circ}\text{A}$$

$$-273^{\circ}\text{C} = 273^{\circ} + (-273^{\circ}) = 0^{\circ}\text{A}$$

設 V_0 = 氣體在 0°C 之容積。

V_1 = 氣體在 $t_1^{\circ}\text{C}$ 之容積。

V_2 = 氣體在 $t_2^{\circ}\text{C}$ 之容積。

$$\text{則 } V_1 = V_0 \times \left(1 + \frac{t_1}{273}\right) = V_0 \times \frac{273 + t_1}{273} \dots\dots\dots ①$$

$$V_2 = V_0 \times \left(1 + \frac{t_2}{273}\right) = V_0 \times \frac{273 + t_2}{273} \dots\dots\dots ②$$

$$\textcircled{1} \div \textcircled{2} \quad \frac{V_1}{V_2} = \frac{V_0 \times \frac{273+t_1}{273}}{V_0 \times \frac{273+t_2}{273}} = \frac{273+t_1}{273+t_2}$$

若以 $273+t_1=T_1$
 $273+t_2=T_2$ (絕對溫度)

則
$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

由此公式，查理定律改述如下：在壓力不變時一定量氣體之容積與絕對溫度成正比*。

【例題 1】 10°C 時一定量氫氣容積是 100 立方糎，如壓力維持不變， 0°C 氫氣的體積是多少？

【解】 依公式
$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$V_1 = 100 \text{ 立方糎}$$

$$V_2 = ?$$

$$T_1 = 273^\circ + 10^\circ = 283^\circ\text{A} \quad T_2 = 273^\circ + 0^\circ = 273^\circ\text{A}$$

$$V_2 = \frac{V_1 \times T_2}{T_1} = \frac{100 \text{ 立方糎} \times 273^\circ\text{A}}{283^\circ\text{A}}$$

$$= 96.47 \text{ 立方糎}$$

【答】 0°C 時氫氣之容積為 96.47 立方糎

【驗算】 溫度降低 ($10^\circ\text{C} \rightarrow 0^\circ\text{C}$) 容積應縮小，答數 96.47 比 100 小，故為合理。

【例題 2】 氧氣在 100°C 時之容積是 20 立方糎，假若壓力不變，什麼溫度時的容積是 15 立方糎？

$$T_1 = 100^\circ\text{C} = 100^\circ + 273^\circ = 373^\circ\text{A} \quad T_2 = ?$$

$$V_1 = 20 \text{ 立方糎}$$

$$V_2 = 15 \text{ 立方糎}$$

* 應用上式時，切記將已知之攝氏溫度加 273 以便換算為絕對溫度。