初等化學原理及計算

諾 克 斯著
武 永 興譯

開 明 書 店

初等化學原理及計算

諾 克 斯 著

武 永 興 譯

開 明 書 店

初等化學原理及計算

(Elementary Chemical Theory and Calculations)

每冊定價 6,900 元　　　　32開本 156 定價頁

著　　者	英國	諾　克　斯 (Joseph Knox)
譯　　者		武　永　興
原著版本		Gurney and Jackson, 1945
出 版 者		開　明　書　店 (北京西總布胡同甲50號)
印 刷 者		華　義　印　刷　廠
發 行 者		中　國　圖　書　發　行　公　司

一九五一年十二月第一版　　分類10 書號5281(興)

一九五三年四月第二次印刷　　6,001—10,000

目 次

附 錄

第一章

米制和溫度標

【度量單位】 科學上度量的單位都用米制。

長度的單位是米，一米約為 39.37 英寸(吋)。 米又叫做公尺。

一米的倍數和分數如下：

1000 米＝1 仟米(公里).

1 米(m.)＝10 分米

＝100 厘米(cm.)

＝1000 毫米(mm.).

括號內所表示的是縮寫，通常為簡便計，用途很大。

體積的單位是升，1 升是 1 立方分米。

1 升＝1 立方分米

＝1000 立方厘米(c.c. 或 m.l.)

＝1.76 英品脫(約數).

1 加侖＝4.55 升(約數).

質量的單位是仟克，仟克又叫公斤。

1 仟克＝1000 克(gm.).

1 c.c. 的水在 4°C. 時的質量是 1 克。 我們足可把它當作克的定義。

1 仟克＝2.205 磅(約數).

1 克＝15.43 喱(克冷).

化學上常常用到的單位是厘米,立方厘米和克。

【攝氏和華氏溫度標】 普通日用是華氏溫度,但在科學工作上都用攝氏溫度表示。 在下面各章的習題裏我們都利用攝氏溫度。

這兩種溫度標的關係,可以簡單說明:在攝氏標上水的冰點作爲 0°,在 760 mm. 的大氣壓力下水的沸點作爲 100°。冰點和沸點間均分成 100 度,然後將同樣的分度延長在冰點以下和沸點以上去。 我們用 C. 來表示攝氏溫度。

在華氏標上,水的冰點作爲 32°,在 760 mm. 大氣壓力下水的沸點作爲 212°,中間均分成 180 度,然後再以同樣的分度向冰點以下和沸點以上延續出去。 所以華氏 0° 是在冰點下 32°。 我們用 F. 來表示華氏溫度。

從這些定義和說明裏我們很容易得到攝氏度數和華氏度數的換算法則。

【由華氏溫度換算到攝氏溫度】

$$180\ \text{F. 度數} = 100\ \text{C. 度數}.$$

$$\therefore\quad 1\ \text{F. 度} = \frac{100}{180}\ \text{C. 度數}$$

$$= \frac{5}{9}\ \text{C. 度數}.$$

因爲 0° C. 和 32° F. 相對應,所以我們必須先由華氏溫度減掉 32°,然後乘以 $\frac{5}{9}$。那麼我們由華氏溫度到攝氏溫度的換算式就是:

$$\frac{5}{9}(\text{F.} - 32) = \text{C.}$$

例 1. 59° F. 是攝氏若干度?

$$\frac{5}{9}(59 - 32) = \frac{5}{9} \times 27 = 15°\ \text{C.}$$

【由攝氏溫度換算到華氏溫度】

$$100\text{ C. 度數}=180\text{ F. 度數.}$$

$$\therefore \quad 1\text{ C. 度}=\frac{180}{100}\text{F. 度數}$$

$$=\frac{9}{5}\text{F. 度數.}$$

所以由攝氏溫度換算到華氏溫度,須先乘以 $\frac{9}{5}$, 再加 32; 或

$$\frac{9}{5}\text{C.}+32=\text{F.}$$

例 2. 30° C. 相當於華氏若干度?

$$\frac{9}{5}\times 30+32=54+32=86°\text{ F.}$$

習　題

3. 將下列華氏溫度換算到相當的攝氏溫度:

(*a*) 536° F.　(*b*) 98.4° F.(體溫)　(*c*) 0° F.

(*d*) −10° F.　(*e*) −58° F.

4. 將下列攝氏溫度換算到相當的華氏溫度:

(*a*) 200° C.　(*b*) 4° C.　(*c*) −5° C.

(*d*) −60° C.　(*e*) −213° C.　(*f*) −40° C.

第 二 章

溫度壓力對於氣體體積的影響

溫度和壓力的變化對任何物質都有影響的。一般地說，溫度上升體積膨脹，壓力加大體積縮小。關於液體和固體，我們還沒有一些普遍的定律來說明壓力和溫度對於體積的定量的關係；因為每一種固體或液體具有它特殊的膨脹係數和壓縮係數。

在另一方面，相同的溫度和壓力的改變可使所有的氣體發生大致相同的影響，也就是說它們有差不多相等的膨脹係數和壓縮係數。

【波義耳定律】 表明在恆溫時所受壓力和氣體體積的關係是波義耳定律，即當溫度不變時，一定量氣體的體積和它所受的壓力成反比。

設一定質量氣體體積為 v_0，壓力是 p_0。使壓力在恆溫時由 p_0 變為 p_1，那麼該氣體體積就會由 v_0 變到 v_1。依照波義耳定律，v_0，v_1，p_0，p_1 四者的關係式是

$$\frac{v_0}{v_1}=\frac{p_1}{p_0}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

或者用文字表示，

$$\frac{\text{原來的體積}}{\text{後來的體積}}=\frac{\text{後來的壓力}}{\text{原來的壓力}}.$$

由(1)式我們可以得到

$$v_0p_0=v_1p_1,$$

或者用文字表示:

原來的體積×原來的壓力＝後來的體積×後來的壓力.

所以我們也可以這樣說:恆溫時一定量氣體,體積和壓力的乘積是一常數。

那麼,如果一定量氣體在恆溫時所占體積是 1 升,其壓力是 1 大氣壓,那麼

$$v\times p=1\times 1=1;$$

它將在壓力 2 大氣壓時占體積 $\frac{1}{2}$ 升,而

$$v\times p=\frac{1}{2}\times 2=1,$$

壓力 3 大氣壓時占體積 $\frac{1}{3}$ 升,而

$$v\times p=\frac{1}{3}\times 3=1,$$

壓力 $\frac{1}{2}$ 大氣壓時占體積 2 升,而

$$v\times p=2\times\frac{1}{2}=1,$$

等等。

通常我們用水銀柱高的毫米數來表示氣體的壓力。'壓力是 760 mm. 水銀柱高' 或 '760 mm.' 的意思,就是那個氣體的壓力和 760 mm. 高的水銀柱重量產生的壓力相同。

例 5. 16°C. 時一定量氫氣占體積 600 c.c., 壓力是 500 mm.。問在該溫度,當壓力是 800 mm. 時的體積是多少?

原來的體積是 $v_0=600$ c.c., 原來的壓力是 $p_0=500$ mm.; 後來的體積 v_1 是未知量,後來的壓力已知是 $p_1=800$ mm.。

代入公式 $$v_0p_0=v_1p_1$$

$$600\times 500=v_1\times 800$$

$$\therefore\quad v_1=\frac{600\times 500}{800}=375\,\text{c.c.}$$

例 6. 10°C. 時一氣體在 760 mm. 壓力下的體積是 20 升，今欲使體積縮小到 19 升，求在恆溫時所需的壓力是多少？

$$v_0=20\text{ 升}\quad p_0=760\text{ mm.}\quad v_1=19\text{ 升}\quad p_1=?$$

$$v_0p_0=v_1p_1$$

$$20\times 760=19\times p_1$$

$$\therefore\quad p_1=\frac{20\times 760}{19}=800\,\text{mm.}$$

【查理定律】 查理定律表示在定壓下氣體體積和溫度的關係（有時也叫做給·呂薩克定律），即當壓力不變，每種氣體在溫度升高攝氏 1 度時，其體積脹大在 0°C. 時該氣體體積的 $\frac{1}{273}$° 同樣，在溫度降低攝氏 1 度時，體積縮小 0°C. 時體積的 $\frac{1}{273}$°

如 1 c.c. 氣體在 0°C. 時，開始在定壓力下溫度升高，由下表可以看出脹大體積（$=\frac{1}{273}\times$ 原來體積 $\times$ 升高的溫度）和膨脹後的體積（＝原來體積＋脹大體積）在不同溫度時的情形。

攝氏溫度	脹大體積	原來體積	＋脹大體積	＝後來體積
0°		1 c.c.		
1°	$\frac{1}{273}$ c.c.	1	$+\ \frac{1}{273}$	$=\frac{273+1}{273}$ c.c.
2°	$\frac{2}{273}$ c.c.	1	$+\ \frac{2}{273}$	$=\frac{273+2}{273}$ c.c.
t_0°	$\frac{t_0}{273}$ c.c.	1	$+\ \frac{t_0}{273}$	$=\frac{273+t_0}{273}$ c.c.
t_1°	$\frac{t_1}{273}$ c.c.	1	$+\ \frac{t_1}{273}$	$=\frac{273+t_1}{273}$ c.c.

如果我們比較一下 t_0°C. 和 t_1°C. 時的體積（t_0° 和 t_1° 是任何

二攝氏溫度),我們可以得到

$$\frac{t_0^\circ\ \text{時的體積}}{t_1^\circ\ \text{時的體積}}=\frac{(273+t_0)/273}{(273+t_1)/273}=\frac{273+t_0}{273+t_1}.$$

所以當壓力不變時,一定量氣體的體積和'273+攝氏溫度'成正比。

假如我們由一氣體在 0° C. 時體積 273 c.c. 開始,那就更容易了解,和上表相似我們可以寫出下表:

攝氏溫度	脹大體積	原來體積+脹大體積=後來體積
0°		273 c.c.
1°	$\frac{1}{273}\times 273=1$ c.c.	273 + 1 c.c.
2°	$\frac{2}{273}\times 273=2$ c.c.	273 + 2 c.c.
t_0°	$\frac{t_0}{273}\times 273=t_0$ c.c.	273 + t_0 c.c.
t_1°	$\frac{t_1}{273}\times 273=t_1$ c.c.	273 + t_1 c.c.

所以,如 t_0°C. 和 t_1°C. 是任何二攝氏溫度

$$\frac{t_0^\circ\ \text{時的體積}}{t_1^\circ\ \text{時的體積}}=\frac{273+t_0}{273+t_1}.$$

或在壓力不變時,一定量氣體的體積和'273+攝氏溫度'成正比。

依照查理定律,如果一氣體繼續冷卻到 −273° C. 時,體積將縮爲 0 (這是不可能的)。因爲每降 1° C., 縮小 0° C. 時體積的 $\frac{1}{273}$。如果 0° C. 時是 273 c.c., 則在 −273° C. 時體積縮小 $\frac{273}{273}\times 273=273$ c.c., 最後的體積不就是

$$\text{原來體積}-\text{縮小體積}=273-273=0\ \text{c.c.}$$

了嗎?

【絕對溫度】 根據上節的敍述,我們可以採用一種新的溫度標,它的分度和攝氏相同,不過它的零度是攝氏的零下273°。這種溫度標叫做絕對溫度標,這種溫度叫做絕對溫度。

絕對溫度和攝氏溫度間的關係很簡單。因爲它們的分度間隔相同,所不同的就是零點的移動,所以

$$\text{絕對溫度}=273+\text{攝氏溫度}.$$

如果用 $T°$ 表示絕對溫度, $t°$ 是攝氏溫度,那麼

$$T°=273+t°.$$

於是我們可以很簡單的說明查理定律:壓力不變時一定量氣體的體積和絕對溫度成正比。

如 v_0 是在絕對溫度 T_0 時一定量氣體的體積, v_1 是在絕對溫度 $T_1°$ 時的體積,那麼

$$\frac{v_0}{v_1}=\frac{T_0}{T_1},$$

或

$$\frac{\text{原來的體積}}{\text{後來的體積}}=\frac{\text{原來的絕對溫度}}{\text{後來的絕對溫度}}.$$

應用上式時,對於已知的攝氏溫度必須加以 273 換算爲相當的絕對溫度,這必須切記。

例 7. 10°C. 時一定量氫氣的體積是 100 c.c., 如壓力維持不變, 0°C. 時該氣體體積多少?

$$v_0=100 \qquad T_0=273+10=283$$

$$v_1=? \qquad T_1=273+0=273$$

$$\frac{100}{v_1}=\frac{283}{273}$$

$$\therefore\quad v_1=\frac{100\times 273}{283}=96.47\text{ c.c.}$$

例 8. 一定量氧氣 100°C. 時的體積是 20 c.c., 問在恆壓下,什麼溫度時的體積是 15 c.c.?

$$v_0 = 20 \text{ c.c.} \qquad T_0 = 273 + 100 = 373$$

$$v_1 = 15 \text{ c.c.} \qquad T_1 = ?$$

$$\frac{20}{15} = \frac{373}{T_1}$$

$$\therefore \quad T_1 = \frac{373 \times 15}{20} = 279.75° \text{ 絕對溫度.}$$

為了求相當的攝氏溫度,我們必須由 279.75 減去 273, 所以所求的攝氏溫度是

$$279.75 - 273 = 6.75° \text{C.}$$

例 9. 2 升的某氣體在恆壓下由 20°C. 冷卻至 −10°C., 問冷卻後的體積是多少?

$$v_0 = 2 \text{ 升} \qquad T_0 = 273 + 20 = 293$$

$$v_1 = ? \qquad T_1 = 273 - 10 = 263$$

$$\frac{2}{v_1} = \frac{293}{263}$$

$$v_1 = \frac{2 \times 263}{293} = 1.795 \text{ 升.}$$

【波查合律】 關於壓力和溫度同時改變時的體積變化,我們可以由下面的方法推出。

應用波義耳定律時是使溫度不變,用查理定律時是使壓力不變。我們可以從上列二定律的連續應用求得壓力和溫度同時改變時的體積變化。 這就叫做波查合律,它說明了一定量氣體的壓力,溫度,和體積間的相互關係。

該關係式可以依下列步驟推得:設我們有一定量氣體,在絕對溫度是 T_0 時,壓力是 p_0, 體積是 v_0; 如改變它的壓力至 p_1, 絕對溫度至 T_1, 體積將變為 v_1。 在這裏我們需要求得 v_0, p_0, T_0 和 v_1, p_1, T_1 間的關係。

(1)v_0, p_0, T_0 是原來的體積，壓力和溫度。先使溫度維持在絕對溫度 T_0 不變，改變壓力 p_0 至 p_1，那麼體積 v_0 將變化至另一數 v_x，因溫度不變，所以依照波義耳定律，

$$v_0 p_0 = v_x p_1 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (1)$$

(2)這時氣體體積是 v_x，壓力是 p_1，溫度是 T_0。再改變溫度由 T_0 至 T_1，使壓力 p_1 維持不變，那麼體積將一定會由 v_x 變到 v_1。根據查理定律，

$$\frac{v_x}{v_1} = \frac{T_0}{T_1},$$

或

$$\frac{v_x}{T_0} = \frac{v_1}{T_1} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (2)$$

這時氣體的體積，壓力和溫度就變成了 v_1，p_1 和 T_1，這也就是最後的情況。如果我們把(1)式和(2)式的左右方兩兩相乘，結果得到

$$v_0 p_0 \times \frac{v_x}{T_0} = v_x p_1 \times \frac{v_1}{T_1},$$

兩方同被 v_x 除，我們可以最後得到

$$\frac{v_0 p_0}{T_0} = \frac{v_1 p_1}{T_1}.$$

所以當溫度和壓力全改變時，一定量氣體體積的變化將依下式：

$$\frac{\text{原來的體積} \times \text{原來的壓力}}{\text{原來的絕對溫度}} = \frac{\text{後來的體積} \times \text{後來的壓力}}{\text{後來的絕對溫度}}.$$

【體積不變時溫度對壓力的影響】 由上節公式

$$\frac{v_0 p_0}{T_0} = \frac{v_1 p_1}{T_1}$$

我們能得到第三條定律。如果 $v_0=v_1$ 卽體積不變，對於一定量氣體，壓力和溫度的關係式是

$$\frac{p_0}{T_0}=\frac{p_1}{T_1},$$

或

$$\frac{p_0}{p_1}=\frac{T_0}{T_1},$$

或用文字表示：當體積不變時，一定量氣體的壓力和絕對溫度成正比。

所以三條氣體定律可以很容易的記憶，下面公式

$$\frac{v_0 p_0}{T_0}=\frac{v_1 p_1}{T_1}$$

全包含了。如果當 $T_0=T_1$，卽溫度不變時，兩邊消去 T_0 和 T_1，

$$v_0 p_0=v_1 p_1 \text{（波義耳定律）}.$$

如果 $p_0=p_1$，卽壓力不變時，兩邊消去 p_0 和 p_1，

$$\frac{v_0}{T_0}=\frac{v_1}{T_1}$$

或

$$\frac{v_0}{v_1}=\frac{T_0}{T_1} \text{（查理定律）}.$$

【標準狀況】 因爲氣體體積隨溫度和壓力改變的變化很大，我們必須取一個標準壓力和溫度來比較不同氣體的體積。

選擇 0° C.（273° 絕對溫度）爲標準溫度。選擇在海平面的平均大氣壓力做標準壓力，它相當於 760 mm. 水銀柱的壓力。

標準狀況卽是在 0° C. 溫度和 760 mm. 水銀柱壓力下的狀況，通常簡寫做 S. T. P. 或 N. T. P.。

例 10. 一定量氧氣在 18°C. 和 740 mm. 壓力下體積是 500 c.c.。標準狀況時的體積是多少?

$v_0 = 500$ c.c. $\quad p_0 = 740$ mm. $\quad T_0 = 273 + 18 = 291$

$v_1 = ?$ $\quad p_1 = 760$ mm. $\quad T_1 = 273$

$$\frac{v_0 p_0}{T_0} = \frac{v_1 p_1}{T_1}$$

$$\therefore \quad v_1 = v_0 \times \frac{p_0}{p_1} \times \frac{T_1}{T_0}$$

$$= 500 \times \frac{740}{760} \times \frac{273}{291}$$

$$= 456.7 \text{ c.c.}$$

注意:

$$\text{後來的體積} = \text{原來的體積} \times \frac{\text{原來的壓力}}{\text{後來的壓力}} \times \frac{\text{後來的絕對溫度}}{\text{原來的絕對溫度}}.$$

例 11. 一定量氣體在標準狀況時體積是 10 升。求在 100°C. 和 800 mm. 壓力時的體積是多少?

$v_0 = 10$ 升 $\quad p_0 = 760$ mm. $\quad T_0 = 273$

$v_1 = ?$ $\quad p_1 = 800$ mm. $\quad T_1 = 273 + 100 = 373$

$$\frac{v_0 p_0}{T_0} = \frac{v_1 p_1}{T_1}$$

$$\therefore \quad v_1 = v_0 \times \frac{p_0}{p_1} \times \frac{T_1}{T_0}$$

$$= 10 \times \frac{760}{800} \times \frac{373}{273}$$

$$= 12.98 \text{ 升}.$$

例 12. 一定量氣體在 10°C. 和 720 mm. 壓力下體積爲 100 c.c.。求在 −5°C. 和 780 mm. 壓力時的體積是多少?

$v_0 = 100$ c.c. $\quad p_0 = 720$ mm. $\quad T_0 = 273 + 10 = 283$

$v_1 = ?$ $\quad p_1 = 780$ mm. $\quad T_1 = 273 - 5 = 268$

$$\frac{v_0 p_0}{T_0} = \frac{v_1 p_1}{T_1}$$