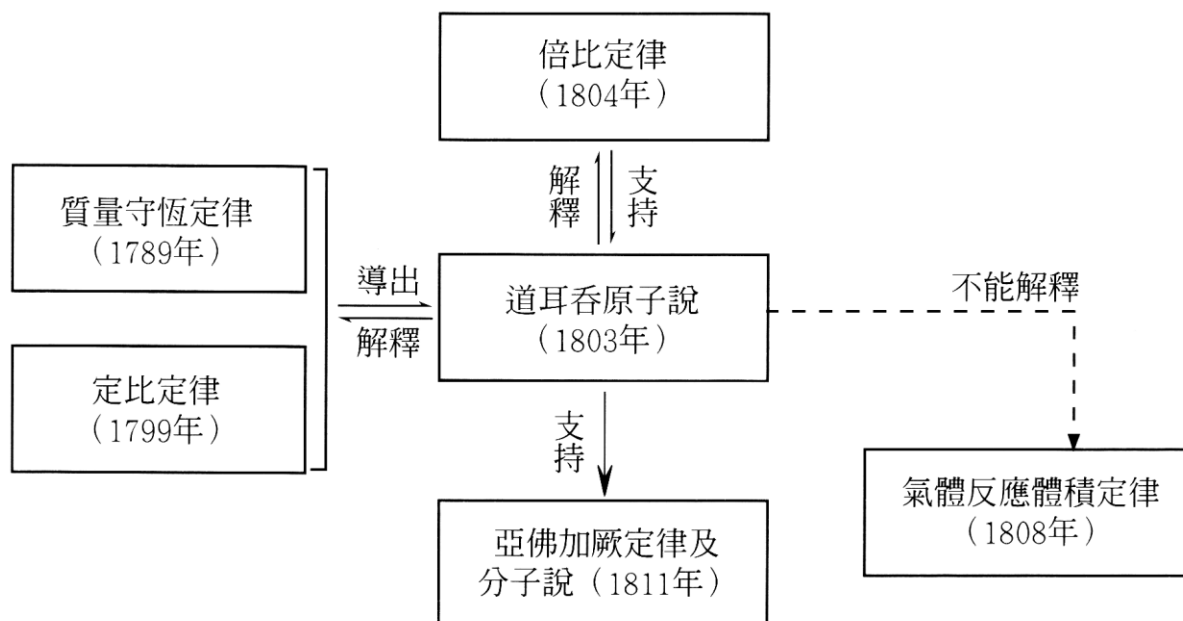


# 主題

# 化學計量 (反應與反應熱)

## I · 基本定律

### 【一】定律推衍



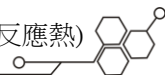
### 【二】基本定律

#### **A** 質量守恆定律：

1. 提出者：1789年，法國拉瓦節 (Lavoisier)。
2. 內容：無論物質經過何種化學變化，反應前各物質質量總和，和反應後各物質質量總和相等。這就是**質量守恆定律 (law of conservation of mass)**。  
例如：氫 2 克和氧 16 克，產生水 18 克。
3. 討論：質量守恆定律僅適用於物理變化或普通化學變化，而不適用於核反應，核反應必須遵守質能守恆定律。

#### **B** 定比定律：

1. 提出者：1799年法國普勞特斯 (J.L. Proust) 提出。
2. 內容：一種化合物無論如何製得，其組成的元素間，都有一定的質量比。這種定量的關係是由實驗所得的規律性，稱為**定比定律 (law of definite proportions)**。  
例如：由氫和氧形成水時，氫和氧的質量比都是 1：8。



### C 倍比定律：

1. 提出者：1804 年英國道耳吞 (Dalton) 提出。
2. 內容：如果二元素可以生成二種或多種化合物時，在這兩種或多種化合物中，一元素的質量若相等，則另一元素成簡單整數比。這種規律性，也由實驗得出，稱為**倍比定律** (law of multiple proportions)。  
例如：在水和過氧化氫中，氫和氧的比例分別是 1 比 8 和 1 比 16，則和一定量的氫化合的氧，成 1 比 2 的關係。
3. 討論：倍比定律要存在，須兩種元素可以化合成數種不同化合物時，其中之一種元素具有兩種或兩種以上的氧化數。例如  $\text{H}_2\text{O}$  與  $\text{H}_2\text{O}_2$  中 H 的氧化數均為 +1，而在  $\text{H}_2\text{O}$  中 O 的氧化數為 -2，而  $\text{H}_2\text{O}_2$  中 O 的氧化數為 -1。

### D 原子說：

1. 提出者：1803 年英國道耳吞 (Dalton) 提出。
2. 內容：
  - (1) 一切物質都是由原子所組成。原子是基本粒子，不可再分割。
  - (2) 相同元素的原子，具有相同的質量與性質。不同元素的原子，質量和性質不相同。
  - (3) 不同元素的原子能以簡單的整數比結合成化合物。
  - (4) 化合物分解所得的原子與構成化合物的同種原子性質相同。
3. 應用：
  - (1) 道耳吞的原子說是最早由實驗、歸納、推理以解釋定比、倍比、質量守恆定律而得的，是現代原子模型的雛型。
  - (2) 道耳吞的原子說對定比律定律的解釋：根據原子說，化合物是由相異原子所組成，且其中元素之原子數比為一定，既然原子有一定的質量，故化合物中固定成分元素間質量的比為一定。
  - (3) 道耳吞的原子說對倍比定律的解釋：由相同甲、乙二種元素所組成的不同化合物中，其原子數比互不相同，但因原子數比恆為整數比，若將甲元素重量固定，意即甲元素的原子數固定，因此與一定量甲元素化合的乙元素重量比即為原子數比，故重量比必為簡單整數比。
  - (4) 道耳吞原子說對質量守恆定律的解釋：由道耳吞原子說知道原子是最基本的粒子，不可分割，故起化學變化時，原子數目並不增減，因此反應前後質量並不發生變化。
4. 道耳吞原子說的修訂：
  - (1) 原子並不是最基本的粒子。(目前最基本的粒子為夸克)
  - (2) 因為元素有同位素的存在，同一元素的質量未必完全相同。
  - (3) 因有同量素的存在，同一質量的元素也未必是同一元素。
  - (4) 因人工核反應及放射性蛻變現象之產生，證明原子在核反應中可再分裂，在普通化學反應中並不分裂。

(5)結晶化合物中，常發現晶體有缺陷，即是在晶體中該有原子的地方，沒有原子。在此種化合物中，原子的比例常嚴重違背了整數化合的原則。

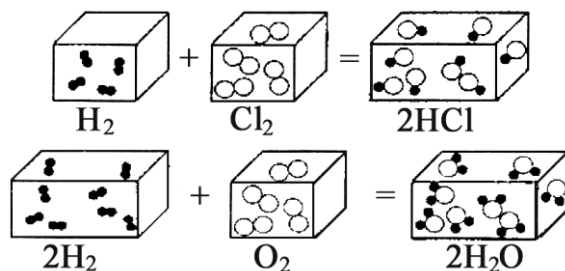
例：氧化鎳在高溫中 Ni 和 O<sub>2</sub> 製成，其化合的原子數比 Ni : O 為 0.97 : 1.00，而不是所期望的 1 : 1，此種化合物稱為非計量化學的化合物。

### E 氣體化合體積定律：

1. 提出者：1808 年給呂薩克 (J.L.Gay-Lussac) 提出的。
2. 內容：氣體物質互相反應，且生成物為氣體時，反應物或生成物中氣體體積，在同溫同壓時，恆為簡單整數比。

### F 亞佛加厥定律：

1. 提出者：為了探討氣體體積成簡單整數比的規律性，1811 年亞佛加厥首先提出。
2. 內容：在同溫、同壓時，同體積的任何氣體含有等數目分子的假說。後經實驗驗證，現在稱為亞佛加厥定律。
3. 應用：用亞佛加厥定律來解釋給呂薩克定律。亞佛加厥對給呂薩克實驗所作的解釋，如圖示：

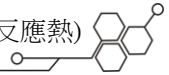


## 【三】粒子觀點

1. 原子與分子：
  - (1)分子：可決定氣體化學性質的粒子，稱為分子。例如，氧是 O<sub>2</sub> 所組成。
  - (2)原子：分子是由比分子更小的粒子稱為原子所構成的。例如氧分子 (O<sub>2</sub>) 是由氧原子 (即 O) 所組成。
  - (3)分子內所含有的原子種類、數目、排列方式決定分子的性質。
  - (4)分子是保持原物質性質之最小粒子。
2. 分子相對重量的測定：亞佛加厥定律的推廣應用。
  - (1)測定原理：在同溫、同壓下，秤取同體積兩種不同氣體，若分子數目相等，則分子重的氣體較重。
  - (2)二種不同氣體分子之個別重量比恰為兩種氣體試樣重量比，也等於兩種氣體之分子量比。

$$\frac{\text{A 氣體重量}}{\text{同體積 B 氣體重量}} = \frac{\text{A 氣體一個分子重量}}{\text{B 氣體一個分子重量}} = \frac{\text{A 氣體分子量}}{\text{B 氣體分子量}} = \text{A 氣體 B 氣體之比重}$$

$$\text{即 } \frac{W_A}{W_B} = \frac{m_A}{m_B} = \frac{M_A}{M_B} = D \text{ (A 對 B 之比重)}$$



### 例 1

將 A 克的鉛封入玻璃容器內密封之，全體之重（鉛 + 容器之重）B 克，今加熱使鉛完全氧化後，全體之重量為 x 克，然後將密封打開，測得全體之重為 y 克，若鉛氧化後之重為 z 克，則：

- (A)  $z > A$  (B)  $x > B$  (C)  $x = y$  (D)  $(z - A) = (y - B)$  (E)  $(B - A) = (y - z)$ 。

【答案】：(A)(D)(E)。

### 例 2

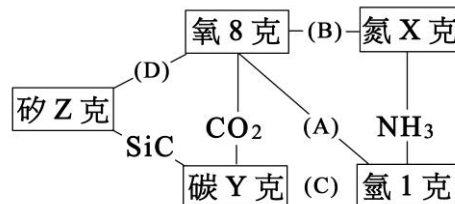
銅在空氣中燃燒重量增加 25.2%，使銅溶於硝酸中，再加足量 NaOH 使所生成之硝酸銅轉變成氫氧化銅，然後加熱此生成之氫氧化銅，結果重量亦增加 25.2%，此現象可用下列何種定律說明之？

- (A) 定比定律 (B) 倍比定律 (C) 質量守恆定律 (D) 給呂薩克定律 (E) 亞佛加厥定律。

【答案】：(A)。

### 例 3

按定比定律完成右列圖表，試寫出下列空格的答案，務必寫出格號 ((a), (b).....(g)) 再作答：



【74.日大】

(A) 的化學式為 (a)。

(B) 的化學式為 (b)。

(C) 的化學式為 (c)。

(D) 的化學式為 (d)。

X 應為(e)，Y 應為(f)，Z 應為(g)。

【答案】：(a)  $H_2O$ ；(b)  $N_2O_3$ ；(c)  $CH_4$ ；(d)  $SiO_2$ ；(e)  $\frac{14}{3}$ ；(f) 3；(g) 7。

### 例 4

下列何組物質可以據以說明倍比定律？

- (A)  $C_2H_6$ ,  $C_3H_8$ ,  $C_3H_6$  (B)  $SnSO_4$ ,  $Sn(SO_4)_2$  (C)  $CO_2$ ,  $NO_2$ ,  $SO_2$   
 (D)  $NO_2^-$ ,  $NO_3^-$  (E)  $P_4O_6$ ,  $P_4O_{10}$  (F)  $S_2$ ,  $S_4$ ,  $S_6$ ,  $S_8$   
 (G)  $^{16}_8O$ ,  $^{17}_8O$ ,  $^{18}_8O$  (H)  $CH_4$ ,  $CCl_4$ ,  $CBr_4$ 。

【答案】：(A)(E)。

### 類題

倍比定律和下列哪一項觀念密切關聯？

- (A) 某元素原子具有二種以上同位素      (B) 某元素原子具有二種以上物理狀態  
(C) 某元素原子具有二種以上原子量      (D) 某元素原子具有二種以上原子價。

【答案】：(D)。

### 例 5

已知甲、乙二化合物均含 A 與 B 兩種元素，若 47.34 克之化合物甲含有 38.00 克之 A，52.00 克之化合物乙含有 38.00 克之 A，若化合物甲之分子式為  $A_3B$ ，則下列何者為化合物乙之實驗式？

- (A)  $A_3B_2$     (B)  $AB_3$     (C)  $A_2B$     (D)  $A_2B_3$     (E)  $AB_2$ 。

【答案】：(C)。

### 類題

- 3 個 1 克的 A 各與 0.472 克、0.630 克、0.787 克的元素 B 形成三種化合物，第一種化合物具有化學式為  $A_2B_3$ ，則第二、第三種化合物之化學式依次為：  
(A)  $AB$  與  $A_2B_5$     (B)  $AB_2$  與  $A_2B_5$     (C)  $AB_3$  與  $A_2B_5$     (D)  $A_2B_5$  與  $AB_3$ 。
- 某化合物甲 ( $A_2B_3$ ) 15 克經分析其中 B 占有 4.5 克，另一由 A、B 組成的化合物乙中 B 的重量百分組成為 16%，則乙之化學式為：  
(A)  $AB_2$     (B)  $A_3B_2$     (C)  $A_2B$     (D)  $AB$ 。

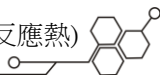
【答案】：1.(B) 2.(B)。

### 例 6

下列哪一項不是道耳吞原子說內容？

- (A) 一切物質都是由原子組成，原子是最基本粒子  
(B) 不同元素之原子其質量與性質不相同  
(C) 原子能以簡單整數比結合成化合物  
(D) 不同元素的原子，其質量和性質不同  
(E) 當原子與原子結合成化合物時，電子有得失的現象。

【答案】：(E)。



## 例 7

$A_{2(g)} + 3B_{2(g)} \rightarrow 2C_{(g)}$ ， $A_{2(g)}$ 、 $B_{2(g)}$ ，均為元素單質，設  $A_2$  以  $\frac{2}{3}$  倍於  $B_2$  之體積互相混合反

應生成化合物 C，若  $A_2$  與  $B_2$  僅有部分反應，完成反應後體積減少原來之  $\frac{1}{3}$  (溫壓不變)，

則下列各項敘述何者正確？

- (A) 體積比  $A_2 : B_2 : C$  為 2 : 3 : 4                      (B) 分子數比  $A_2 : B_2 : C$  為 7 : 3 : 10  
 (C) 莫耳數比  $A_2 : B_2 : C$  為 2 : 3 : 4                      (D) 體積比  $A_2 : B_2 : C$  為 2 : 3 : 4  
 (E) 分子數比  $A_2 : B_2 : C$  為 3 : 7 : 10。

【答案】：(B)。

## 類題

1. 定溫定壓下，下列氣相反應，何者之反應物有 5% 分解，但其體積變換率恰能增加 5% 為何？

- (A)  $2NH_{3(g)} \rightarrow N_{2(g)} + 3H_{2(g)}$                       (B)  $N_2O_{5(g)} \rightarrow 2NO_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)}$   
 (C)  $2NO_{2(g)} \rightarrow 2NO_{(g)} + O_{2(g)}$                       (D)  $2NO_{(g)} \rightarrow N_{2(g)} + O_{2(g)}$   
 (E)  $N_2O_{4(g)} \rightarrow 2NO_{2(g)}$ 。

2. 在同溫同壓下，關於下列各氣體反應之體積，何項敘述錯誤？

- (A)  $H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightarrow 2HCl_{(g)}$  體積比為 1 : 1 : 2  
 (B)  $3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)}$  體積比為 3 : 1 : 2  
 (C)  $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(g)}$  體積比為 2 : 1 : 2  
 (D)  $CO_{2(g)} + C_{(s)} \rightarrow 2CO_{(g)}$  反應前後之體積比為 1 : 1 : 2。

【答案】：1.(A)(E) 2.(D)。



## 例 8

根據「等體積氣體的重量」之實驗方法，求得下列數據：在定溫定壓下 (1) 空塑膠袋連裝置重 20.0 克，(2) 空塑膠袋連裝置重 + 甲氣體重 19.4 克，(3) 空塑膠袋連裝置重 + 氧重 20.8 克，(4) 利用排水法將塑膠袋內之氧氣全部擠出共可排開水的體積為 2.00 升，(5) 當時空氣的密度 1.20 克/升。設已知甲氣體中僅含  $CH_4$  及  $CO_2$  兩種氣體，則  $CH_4$  在甲氣體中所佔的體積百分率為若干%？

- (A) 47.5%    (B) 68.3%    (C) 81.6%    (D) 92.9%。

【答案】：(D)。

### 類題

某塑膠袋體積為 1.20 升，塑膠袋連裝置共重 22.32 克，裝滿氧氣重 22.46 克，同狀況裝滿甲氣體重 21.82 克，當時狀況之空氣密度為 1.21 克/升，則下列敘述何項正確？

- (A) 甲氣體實重 0.95 克 (B) 甲氣體視重 0.50 克  
(C) 甲氣體的分子量為 19.1 (D) 空氣浮力為 1.45 克  
(E) 求甲氣體的分子量是根據亞佛加厥定律。

【答案】：(A)(C)(D)(E)。



### 例 9

在同溫同壓時，下列敘述，何者錯誤？

- (A) 氮 1 升和氧 1 升含有相同數目的分子 (B) 氮 1 克和氧 1 克所占的體積相同  
(C) 氮 28 克和氧 32 克含有相同數目的分子 (D) 氮 28 克和氧 32 克的體積相同。

【答案】：(B)。

### 類題

在某溫度及壓力下，1 升的氧為 0.32 克，則在同一溫度及壓力，1 升的二氧化碳有多少克？

- (A) 4.4 (B) 0.44 (C) 0.044 (D) 0.22。

【答案】：(B)。

## 模擬練習

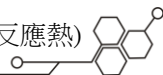
(有※號者為多重選擇)

1. 氮、氟兩元素可以形成三種化合物 I、II、III，各取 (I) 23.67 克、(II) 26.00 克、(III) 33.00 克中均含等量氟 19.00 克，則此三種化合物的化學是可以推論為 (I, II, III)：

- (A) (N<sub>2</sub>F<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>F<sub>4</sub>, NF<sub>3</sub>) (B) (NF<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>F<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>F<sub>4</sub>)  
(C) (N<sub>2</sub>F<sub>2</sub>, NF<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>F<sub>4</sub>) (D) (NF<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>F<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>F<sub>2</sub>)。

※2. 道耳吞原子說內容已經說明了何項概念？

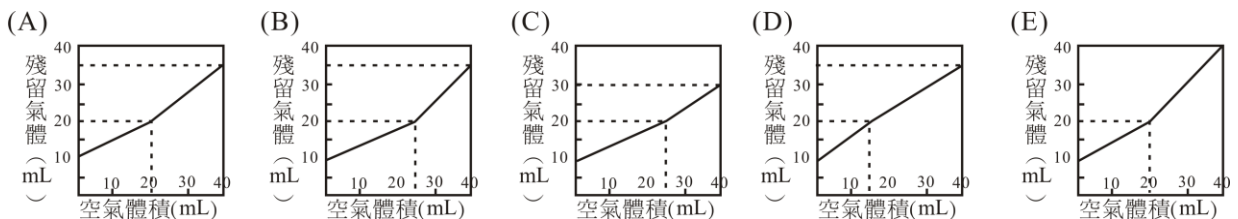
- (A) 原子價 (B) 原子量 (C) 化學鍵 (D) 分子式 (E) 氧化數。



- ※3. 下列各項記敘何者可以表示倍比定律？
- (A)同一元素的氧化物中含氧的重量百分率有兩種以上的不同數值（若氧均為  $O^{16}$ ）  
 (B)同一元素的氯化物的化學式  $MCl_x$  中， $x$  的數值具有兩種以上的數值  
 (C)同一元素的硫酸鹽中該元素的陽離子具有兩種以上電荷數值  
 (D)同一元素的原子具有二種以上的質量數  
 (E)同一元素的原子，可與氧原子結合生成化合物，也可與氯原子結合生成化合物。
4. A、B 兩元素形成 I、II 兩化合物，在 I 中 A 佔 40%，在 II 中 A 佔 80%，則下列敘述何者錯誤？
- (A)若 I 為  $AB_2$ ，則 II 為  $AB$                       (B)若 I 為  $AB_3$ ，則 II 為  $A_2B$   
 (C)若 I 為  $AB_2$ ，則 II 為  $A_3B$                       (D)若 II 為  $A_4B$ ，則 I 為  $A_2B_3$ 。
5. 下列何組物質可據以說明倍比定律？
- (A)  $NO_3^-$ ， $CO_3^{2-}$ ， $BrO_3^-$     (B)  $LiF$ ， $NaCl$ ， $KBr$                       (C)  $S_2$ ， $S_6$ ， $S_8$   
 (D)  $C_2H_6$ ， $C_3H_8$ ， $C_3H_6$     (E)  $CH_4$ ， $CCl_4$ ， $CBr_4$ 。
- ※6. STP 下某混合氣體 100 mL，重量為同體積氧重量之 0.5 倍，則此混合氣體可能為下列何組？
- (A)  $CO$  及  $C_3H_8$     (B)  $N_2$  及  $NH_3$     (C)  $H_2$  及  $CO_2$     (D)  $He$  及  $HCl$     (E)  $NO$  及  $SO_2$ 。
7. 900 mL 空氣經過真空放電，氧變成臭氧，其反應為  $3O_{2(g)} \rightarrow 2O_{3(g)}$ ，反應體積後變成 888 mL，則空氣中之氧有若干%變成臭氧？
- (A) 36%    (B) 40%    (C) 20%    (D) 16%    (E) 25%。
8. 有甲、乙兩種氣體，各為 1.64 克及 0.5 克，在同溫、同壓時，甲氣體之體積為乙氣體之二倍，若知乙氣體之分子量為 28，則下列分子何者可能為甲氣體？                      【70.日大】
- (A)  $NO_2$     (B)  $N_2O$     (C)  $N_2O_4$     (D)  $N_2O_5$ 。
9. 某氣體分子量  $M$ ，其 1.0 升重 10.8 克，同溫同壓氧氣 2.0 升重 6.4 克，則計算  $M$  時所用氣體定律及算式依次為：
- (A)氣體反應積定律； $M = \frac{10.8 \times 2}{6.4} \times 32$     (B)亞佛加厥定律； $M = \frac{10.8 \times 2}{6.4} \times 32$   
 (C)分壓定律； $M = \frac{10.8 \times 2}{6.4} \times 16$                       (D)亞佛加厥定律； $M = \frac{10.8}{6.4} \times 16$ 。
10.  $NO$  與  $O_2$  混合，最初體積為 90 mL，在同溫同壓下充分反應後（即至少其中一種氣完全耗盡），總體積變為 65 mL，即定壓下，有關最初混合氣體之敘述何者錯誤？
- (A)  $NO$  可能為 65 mL                      (B)  $NO$  可能為 45 mL  
 (C)  $O_2$  可能為 40 mL                      (D)  $NO$  及  $O_2$  必有一過量。
11. 含 C、H、N 的氣體化合物與純氧混合共 11.5 升，點火使反應得同溫同壓下  $CO_2$  6.0 升、水氣 7.0 升、氮氣 3.0 升，則化合物化學式為：
- (A)  $C_{12}H_{14}N_6$     (B)  $C_6H_7N_3$     (C)  $C_4H_9N_3$     (D)  $C_3H_7N_3$ 。



12. 同溫壓、同重量的氣體硫化氫和氨氣 ( $S=32, N=14$ )，則下列何項之硫化氫：氨為 2:1?
- (A) 分子數 (B) 原子數 (C) 體積 (D) 分子重量。
13.  $H_2, CO, CO_2$  的混合氣體在常溫下有 60 mL，同時加入使其完全燃燒所需之氧 20 mL，燃燒後使溫度使溫度恢復常溫，則最後氣體之總體積為 35 mL，則最初混合氣體中  $H_2, CO, CO_2$  之體積分別為：
- (A) 10, 20, 30 (B) 15, 15, 30 (C) 20, 30, 10 (D) 25, 15, 20 (E) 30, 15, 15。
14. 於 S.T.P 下取  $CO_{(g)} x$  升、 $O_{2(g)} y$  升，混合而未反應時其密度為 1.34 克/升，經依  $2CO_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)}$  完全反應後，在原狀態下測得其體積為 10.5 升，則最初未反應前之體積為：
- (A)  $x=y=7$  升 (B)  $x=5$  升,  $y=9$  升 (C)  $x=9$  升,  $y=5$  升 (D)  $x=10$  升,  $y=5$  升。
15.  $H_2(g)$  10 mL 混入  $x$  mL 空氣 (體積組成  $O_2$  20%、 $N_2$  80%)，並使氫氣燃燒，冷到室溫殘留混合氣體體積為  $y$  mL (所有體積均在相同狀況下測定)，若以  $y$  對  $x$  作圖，下列何者正確?



16. 銀與氯化氫生成氯化銀，5.6 克 Ag 可生成 7.45 克 AgCl；又 3.91 克 Ag 可生成 5.20 克 AgCl；此事實表示： **【90.基隆女中】**
- (A) 質量守恆定律 (B) 定比定律 (C) 倍比定律 (D) 亞佛加厥定律。
17. 某化合物之化學式為  $A_2B_3$ ，且 10 克的  $A_2B_3$  中含有 3.33 克的 B 元素，另一僅含 A、B 兩元素之化合物 X 中，B 的重量百分率為 25.6%，則 X 之化學式可能是：
- (A) AB (B)  $A_2B$  (C)  $AB_2$  (D)  $AB_3$ 。

★ 試題解答 ★

- |        |          |          |        |        |          |
|--------|----------|----------|--------|--------|----------|
| 1.(D)  | 2.(B)(D) | 3.(A)(B) | 4.(A)  | 5.(D)  | 6.(C)(D) |
| 7.(C)  | 8.(A)    | 9.(B)    | 10.(B) | 11.(D) | 12.(D)   |
| 13.(D) | 14.(A)   | 15.(B)   | 16.(B) | 17.(A) |          |