理化 2-2-07
化學反應

雲端電子講義

物理變化



特性			
	硬的(不易變形)	軟的(易變形)	軟的+硬的
	紅的/黃的/綠的	粉紅的	紅黃綠粉紅
	香的	臭的	香的+臭的

易還原

原來特性不變

化學變化



特性			
	硬的(不易變形)	軟的(易變形)	軟的
	紅的/黃的/綠的	透明無色的	粉紅
	香的	無味的	臭的

極難還原

只保留部分原來特性，並增加新的特性

化學反應的定義

- 過程中**物質**的**本質發生改變**
- 可**生成新的物質**
- 遵守**質量守恆**定律
- 反應前後**原子**的**種類和數目不變**，但是原子的**排列組合方式改變**

  （排列方式改變代表**產生新物質**）

配對一下！

燃燒作用

玻璃碎裂

煮水沸騰

光合作用

物理變化

化學變化

呼吸作用

巧克力融化

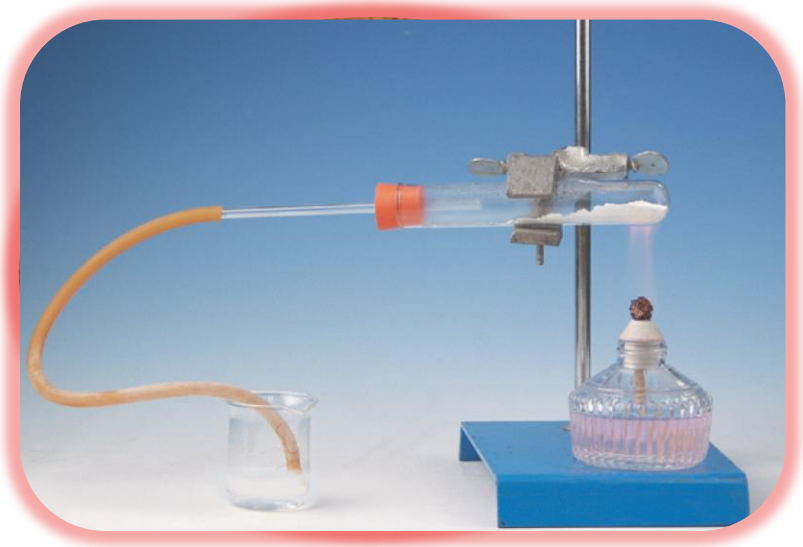
牛奶酸化

螢光棒發光

生活中常見的化學變化

- 瓦斯燃燒時產生**熱能**
- 鐵釘生鏽失去光澤而出現**紅褐色**的鐵鏽
- 烹煮食物時產生**香味**
- 鹽酸滴在大理石（含碳酸鈣）地板上產生**氣泡**
- 吹入二氧化碳使澄清石灰水變成**白色混濁**





化學反應的現象

溫度變化

氣味改變

顏色改變

沉澱或產生氣泡

化學反應的現象

- 物質在化學變化的過程中，常伴隨著**溫度變化**、**氣味改變**、**顏色改變**、**沉澱**或**產生氣泡**等現象。

- 物質會產生這些變化，是由於物質發生**化學反應**，使物質的**本質**發生改變，生成**新物質**。

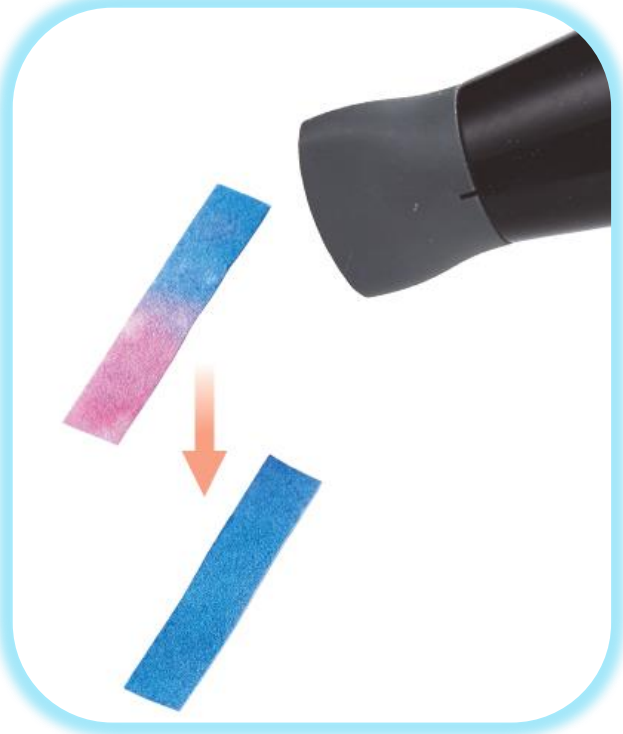
化學變化伴隨能量的轉換

1.吸熱、放熱反應

2.其他形式能量的轉化(光能、熱能等)

吸熱反應

- 化學反應過程中會伴隨不同形式**能量的轉換**，而能量改變會產生**放熱**或**吸熱**的現象。
- 須**吸收能量**的化學反應稱為**吸熱反應**。
- 例如：
  - 粉紅色**氯化亞鈷試紙**經烘烤變成藍色。
  - **水通電**後吸收電能分解成氫氣與氧氣(國三)。



放熱反應

- 會**放出能量**的化學反應稱為**放熱反應**。
- 例如：
  - **生石灰**遇水發熱。
  - **蠟燭**燃燒產生光與熱。
  - 多彩繽紛的**煙火**伴隨著聲、光和熱。





化學反應

- **化學反應**發生時，物質的**質量**似乎也會發生變化。



將鋼絲絨掛在橫桿上，增減兩邊鋼絲絨的質量，使之**平衡**。

若將右邊的鋼絲絨加熱燃燒，請預測一下天平會往哪邊傾斜？

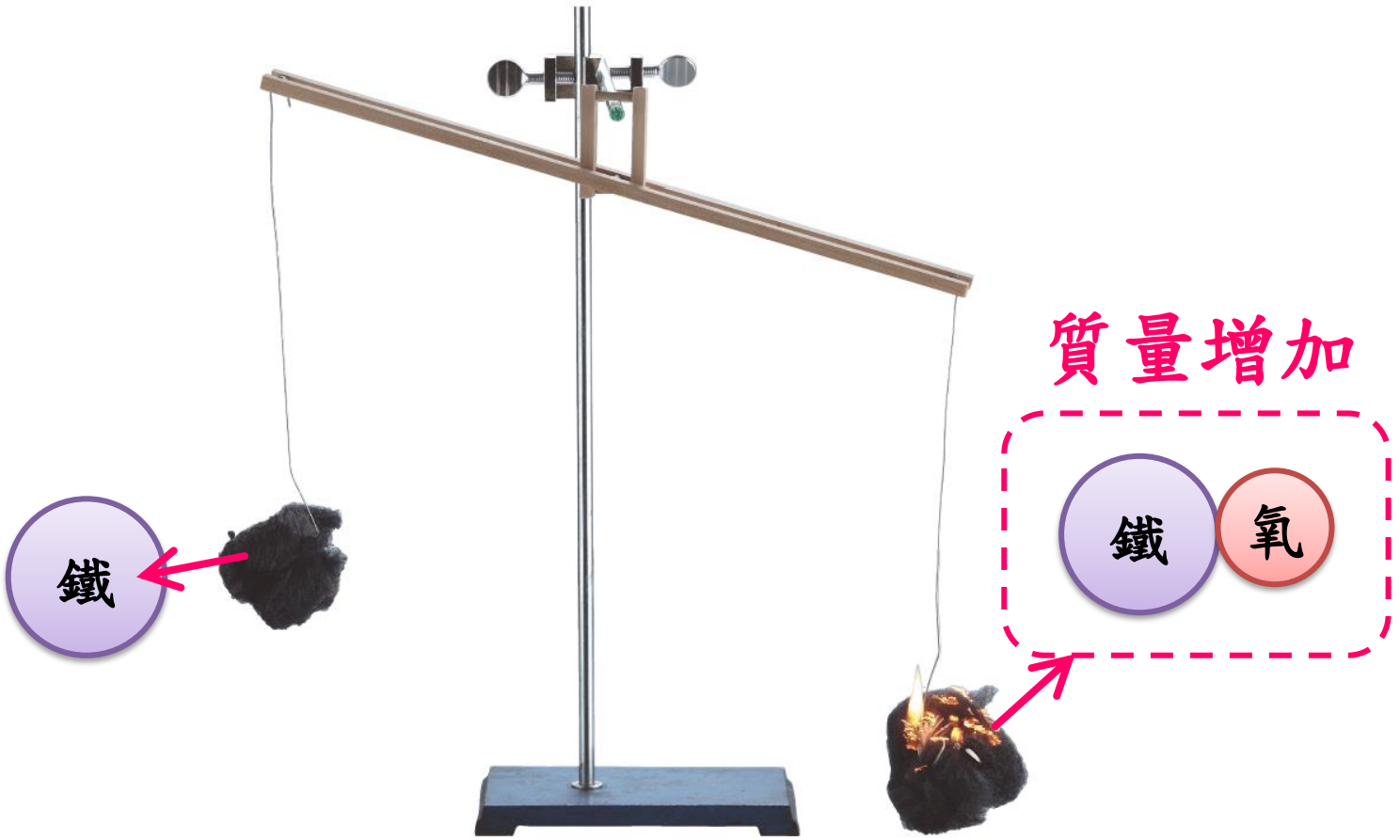
化學反應



將右邊的鋼絲絨點燃，使其在空氣中燃燒，發現橫桿向**右邊傾斜**。

鋼絲絨在空氣中燃燒，其質量增加了，為何右邊的鋼絲絨加熱後會變重呢？

燃燒是與氧氣結合(氧化)，形成**氧化鐵**，表示化學反應使物質的本質改變。



化學反應

- 若改成**木炭**，燃燒後化成灰燼，其**質量減輕了**。



為何化學反應產生後的質量變化不同呢？

質量守恆實驗

氯化鈣溶液和碳酸鈉溶液的質量守恆實驗

緊閉瓶口，
形成密閉系統

透明無色的氯化鈣溶液

透明無色的碳酸鈉溶液



溶液混合前皆為透明無色，且天平保持平衡。

質量守恆實驗

氯化鈣溶液和碳酸鈉溶液的質量守恆實驗

砝碼保持不變，
取下寶特瓶。

將寶特瓶倒放，讓氯化鈣與碳酸鈉溶液混合。



溶液混合後產生白色沉澱，天平仍保持平衡。

質量守恆實驗

碳酸鈉溶液與氯化鈣溶液的反應中，碳酸鈉溶液和氯化鈣溶液皆為**無色**，兩者混合後反應，產生氯化鈉溶液和**白色**碳酸鈣沉澱，反應表示如下：

反應物	
碳酸鈉	＋ 氯化鈣
（Na_2CO_3）	（$CaCl_2$）





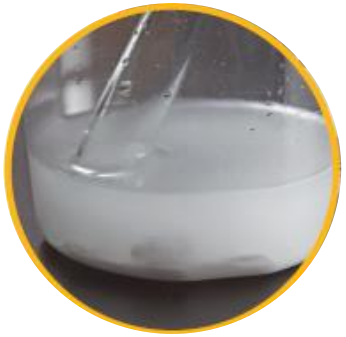
質量守恆實驗

實驗結果：

- 天平在反應後指針位置未改變，代表反應前後物質的總質量不變。
  反應前質量總和=反應後質量總和



- 化學反應發生時，不同物質的粒子會因彼此**碰撞**使粒子**重新組合**而產生**新物質**。



- 反應前後總質量不變的關係，稱為**質量守恆定律**。

質量守恆實驗

碳酸鈣與鹽酸溶液的質量守恆實驗，反應後碳酸鈣會被消耗，並產生二氧化碳氣體，反應表示如下：

碳酸鈣 ＋ 鹽酸 → 二氧化碳 ＋ 水 ＋ 氯化鈣

（$CaCO_3$）（HCl）　（CO_2）　（H_2O）（$CaCl_2$）



質量守恆實驗

- 容器**密閉**的情況下，反應前後的總質量相等。
- 將**瓶蓋旋開**後，物質的總質量變少了，似乎違反質量守恆。

反應前	反應後未旋開瓶蓋	反應後旋開瓶蓋
碳酸鈣難溶於水，為白色沉澱物。	沉澱消失，產生氣體，總質量沒有改變。	生成的氣體逸散，指針右偏，表示寶特瓶端較輕。

實際上整個化學反應過程仍遵守**質量守恆定律**，總質量會減輕是因為生成物中的**二氧化碳**散失造成的。可透過**反應前後減輕的質量，推算出二氧化碳的生成量**。

質量守恆定律

- 物質發生化學反應後，雖然產生了**新物質**，但反應前後，質量並沒有改變。

- 這種**反應前後總質量不變**的現象稱為**質量守恆**定律。

- 物質**不能無中生有**，也**不會無故消失**，故在一般的化學反應裡，均遵守**質量守恆**定律。

一. 化學反应的种類.

反应式要背

種類	原理	例子
化合反應	數種物質反應生成一種物質 → **產物只有一種**	$2Mg_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2MgO_{(s)}$
分解反應	一種物質反應生成數種物質 → **反應物只有一種**	$CaCO_{3(s)} \xrightarrow{\Delta} CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$
燃燒反應	物質發生劇烈氧化作用，放出 **光** 與 **熱**	$2Mg_{(s)} + O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} 2MgO_{(s)}$
置換反應	A+BC→AC+B 或 A+BC→BA+C	$2Mg_{(s)} + CO_{2(g)} \rightarrow 2MgO_{(s)} + C_{(s)}$
複分解反應	AB+CD→AD+CB	$AgNO_{3(aq)} + NaCl_{(aq)} \rightarrow AgCl_{(s)}\downarrow + NaNO_{3(aq)}$

必另有：無机反应、有机反应、酸石成反应、氧化反应

二. 化學反應的現象.

反應式要背

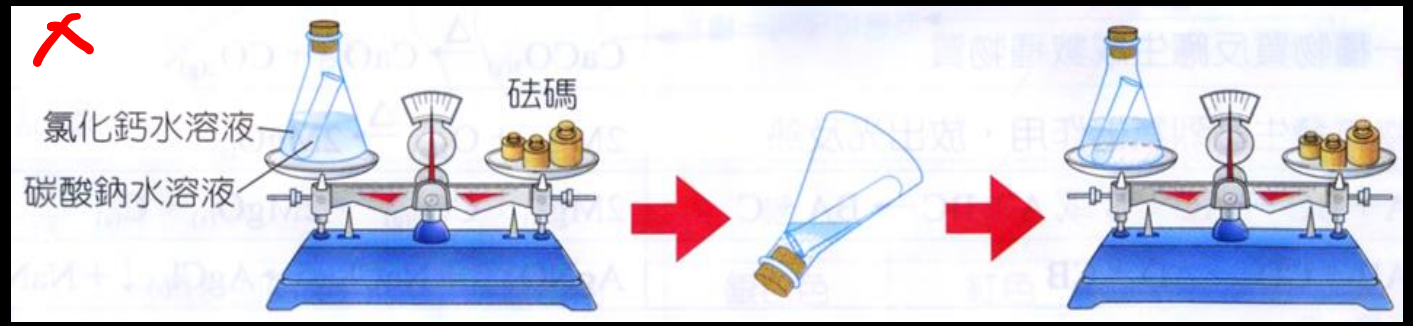
類型	反應式
產生沉澱	1. 氫氧化鈣 + 二氧化鈣 → **碳酸鈣 (沉澱)** + 水 化學式 $Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_{3(s)}\downarrow + H_2O$ 。 2. 碳酸鈉 + 氯化鈉 → **碳酸鈣 (沉澱)** + 氯化鈉 化學式 $Na_2CO_3 + CaCl_2 \rightarrow CaCO_{3(s)}\downarrow + 2NaCl$ 。
產生氣泡	1. 雙氧水 $\xrightarrow{MnO_2}$ 氧↑ + 水 化學式 $2H_2O_2 \xrightarrow{MnO_2} O_2\uparrow + 2H_2O$ 。 2. 碳酸鈣 + 鹽酸 → 二氧化碳↑ + 氯化鈣 + 水 化學式 $CaCO_3 + 2HCl \rightarrow CO_2\uparrow + CaCl_2 + H_2O$ 。 3. 水 $\xrightarrow{電解}$ 氧↑ + 氫↑ 化學式 $2H_2O \xrightarrow{電解} O_2\uparrow + 2H_2\uparrow$ 。 4. 碳酸氫鈉 $\xrightarrow{加熱}$ 二氧化碳↑ + 碳酸鈉 + 水 化學式 $2NaHCO_3 \xrightarrow{\triangle} CO_2\uparrow + Na_2CO_3 + H_2O$ 。

反應式要背

類型	反應式
顏色變化	1. 含水硫酸銅晶體（藍色）$\xrightarrow{\Delta}$ 無水硫酸銅粉末（白色）＋水 化學式 $CuSO_4 \cdot 5H_2O \xrightarrow{\Delta} CuSO_4 + 5H_2O$。 2. 含水氯化亞鈷試紙（粉紅色）$\xrightarrow{\Delta}$ 無水氯化亞鈷試紙（藍色）＋水 化學式 $CoCl_2 \cdot 6H_2O \xrightarrow{\Delta} CoCl_2 + 6H_2O$。
溫度變化	1. 氧化反應：(1) 快速的：鎂＋氧 → 氧化鎂 化學式 $2Mg + O_2 \rightarrow 2MgO$。 (2) 緩慢的：鐵＋氧＋水 → 氧化鐵 化學式 $4Fe + 3O_2 \rightarrow 2Fe_2O_3$。 2. 酸鹼中和：$NaOH_{(aq)} + HCl_{(aq)} \rightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O$ ＋熱。
能量變化	1. 吸熱反應：硝酸鉀溶於水。 2. 放熱反應：雙氧水製造氧氣。

三. 質量守恆實驗

定義	物質發生化學反應時， **反應前所有物質的總質量 = 反應後所有物質的總質量** → 稱 質量守恆定律
注意	1. 未密閉系統 (蓋子沒蓋/開放系統)，反應若有**氣體產生**，氣體會**散逸**至大氣中，形成反應前後質量不相等，但實際反應前後總質量仍然相等。 2. 質量守恆定律僅和反應物與生成物**質量大小相關**，與其**反應係數無關**。
例子	1. 產生氣體的反應若在開放系統中，須**將產生的氣體收集**，再一起秤重仍會遵守質量守恆 如：碳酸鈣 + 鹽酸 → 二氧化碳↑ + 氯化鈣 + 水 化學式 $CaCO_3 + 2HCl \rightarrow CO_2 \uparrow + CaCl_2 + H_2O$ 2. 質量增加的反應中，只要**扣除參與反應物的物質質量**，仍遵守質量守恆 如：$3Fe + 4H_2O \rightarrow Fe_2O_3 + 4H_2$



$CaCl_2 + Na_2CO_3 \rightarrow 2NaCl + CaCO_3$

※氯化鈣與碳酸鈉溶液均為透明液體

白色沉澱

1. 化學反應

子薰將一顆 1 g 米粒大小的鉀金屬，投入盛有 200 g 水的燒杯中。試問：

(1) 化學反應式為：$2K + 2H_2O \rightarrow 2KOH + H_2$

(2) 產生的氣體為 H_2，具有 可 燃性。

(3) 欲收集此氣體可用 排水集氣法

(4) 鉀金屬放入水中後，產生的火焰為 紫 色。

(1)

$2K + 2H_2O \rightarrow 2KOH + H_2$

2組 2組 2組 1組

鉀 水 氫氧化鉀 氫氣

(2) H_2（氫氣），可燃性

(3) 排水集氣法

(4) 紫 鉀

1. 化學反應

沁妍將一顆 1 g 米粒大小的鈉金屬，投入盛有 200 g 水的燒杯中。試問：

(1) 化學反應式為：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

(2) 產生的氣體為＿＿＿＿。

(3) 此種氣體密度比空氣＿＿＿＿。

(4) 以紅色石蕊試紙測試燒杯中的水溶液時，紅色石蕊試紙會變成＿＿＿＿色，表示水溶液為＿＿＿＿性。

(1) $2Na + H_2O \rightarrow 2NaOH + H_2$

(2) H_2

(3) 輕

(4) 鹽 、鹼

2. 質量守恆

A 物質 8 公克與 B 物質 20 公克反應，其反應方程式為 $2A + B \rightarrow 3C + D$，反應後產生 D 物質 10 公克，剩下 A 物質 1 公克。試問：

(1) 實際參與反應的 A 物質有 7 g。

(2) 實際參與反應的 B 物質有 20 g。

(3) 生成的 C 物質為 17 g。

(4) A 物質過多，剩下 1 g。

解

$2A + B \rightarrow 3C + D$

前 8 20 0 0

2份A 總共8克

反應前. 無產物

甲 [-7 -20] [□ +10]

質量守恆. 共用去27克 = □+10

後 1 0 □ 10

□ = 27 − 10 = 17

只剩 A 1克 ∴ B 用光

※ B：限量試劑

$2A + B \rightarrow 3C + D$

$(8-1) + 20 = C + 10$，$C = 17$

2. 質量守恆

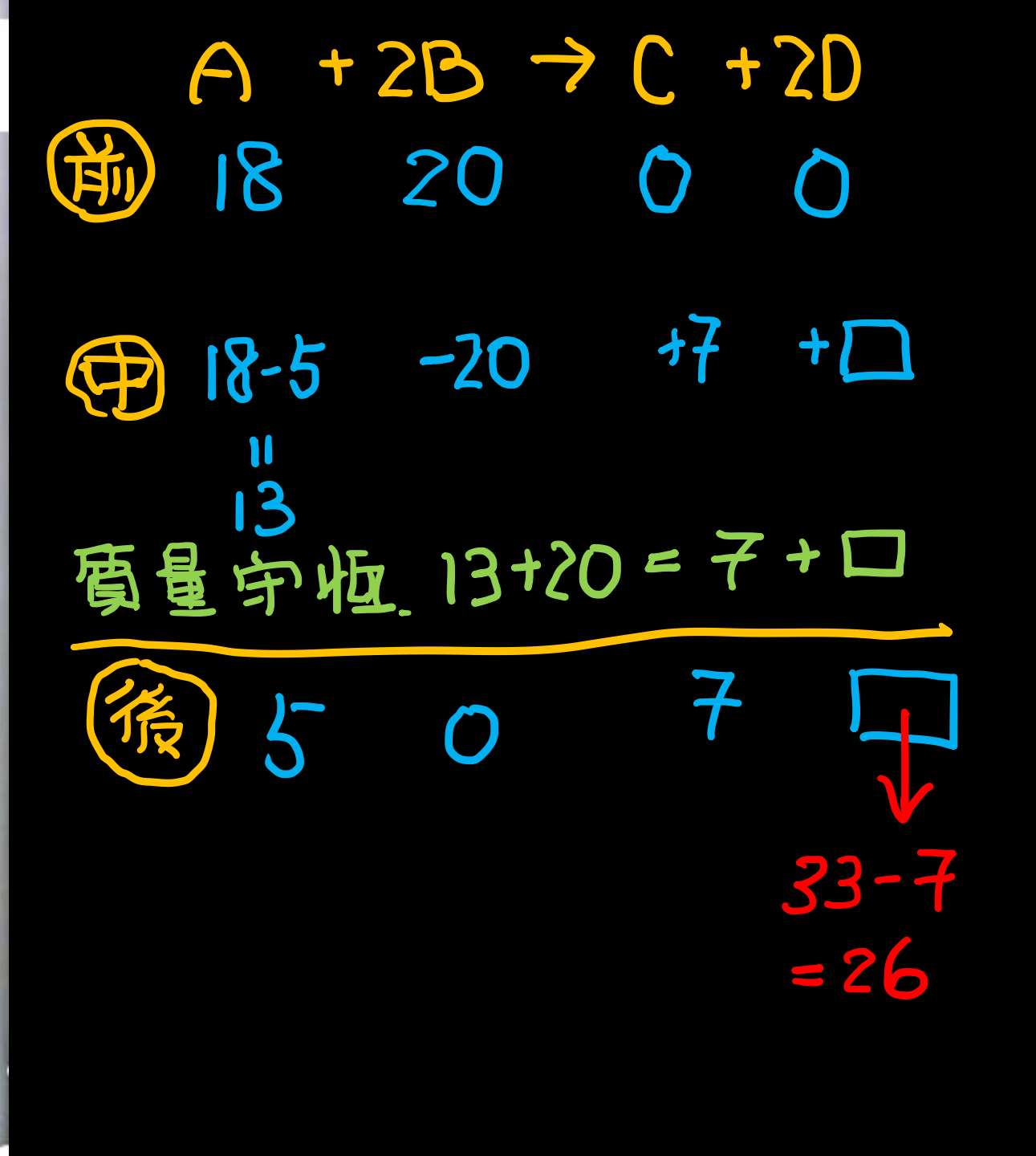
A 物質 18 公克與 B 物質 20 公克反應，其反應方程式為 A + 2B → C + 2D，反應後 B 物質全部反應完，A 物質剩下 5 公克，並產生 C 物質 7 公克。試問：

(1) 反應過程中，A 物質有 13 g 參與反應。

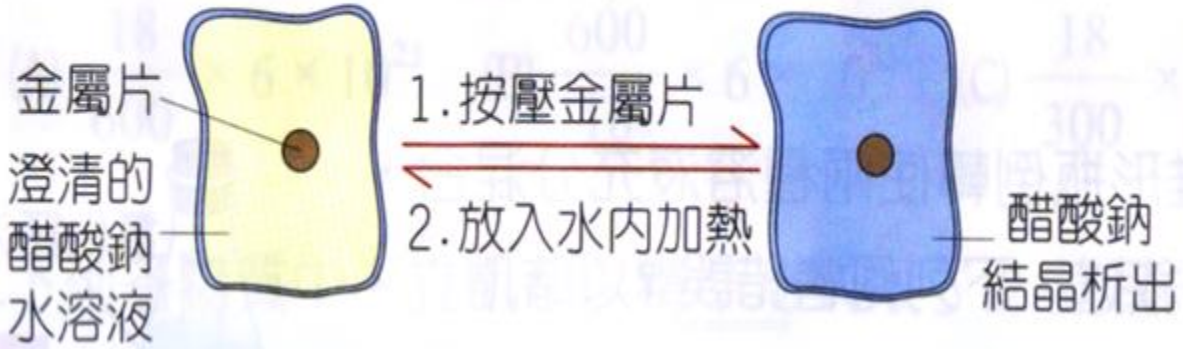
(2) 反應過程中，B 物質有 20 g 參與反應。

(3) 依照 質量守恆 定律，生成的 D 物質有 26 g。

(4) 由上述(1)～(3)題，可以得知，產物 D 的質量與係數 無 關（填：有或無）。



（A） 某種可重複使用的熱敷袋，其內含有醋酸鈉水溶液和金屬片，使用方法的示意圖如下圖所示。



使用步驟：

1. 使用前按壓金屬片，引發醋酸鈉結晶析出並產生熱，用來熱敷。
2. 熱敷後，將已冷卻且因析出結晶而變硬的熱敷袋，放入水內加熱，即可回復原來的澄清狀態。可依此步驟重複再使用。

關於上述步驟 2 發生的變化，以及醋酸鈉的溶解度說明，下列何者正確？ 108 會考

(A)步驟 2 為吸熱的變化，溫度升高溶解度會增加

(B)步驟 2 為吸熱的變化，溫度升高溶解度會減少

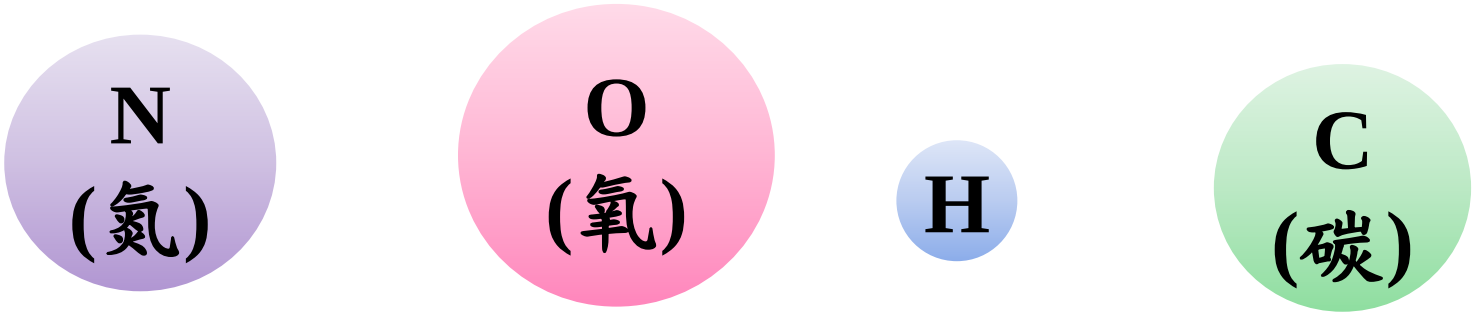
(C)步驟 2 為放熱的變化，溫度升高溶解度會增加

(D)步驟 2 為放熱的變化，溫度升高溶解度會減少

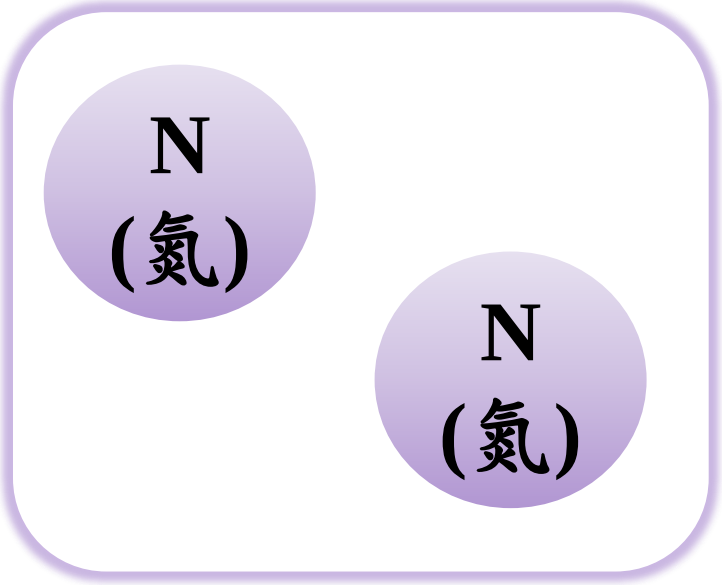
Step2 中，加熱 → 吸熱反應。
回復澄清 → 溶解度增加

原子圖示

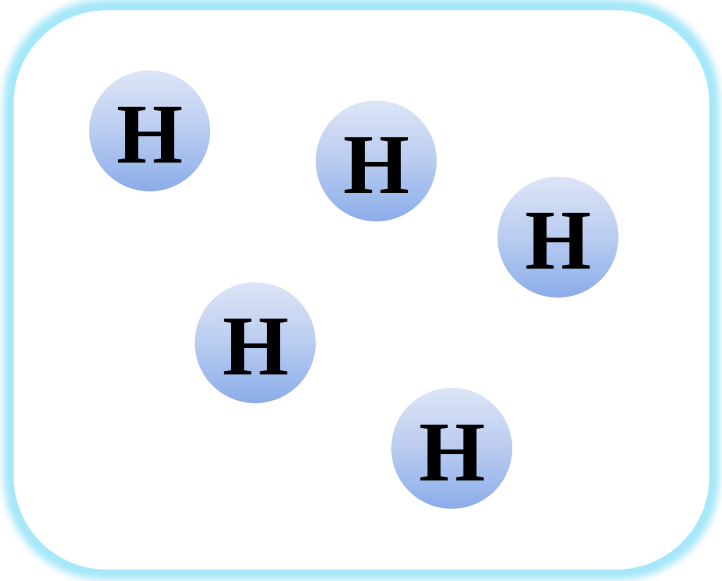
- 科學家以**原子**來表示物質的基本組成，每一種原子都有自己的**物理屬性**與**化學屬性**。



氮原子　　氧原子　　氫原子　　碳原子

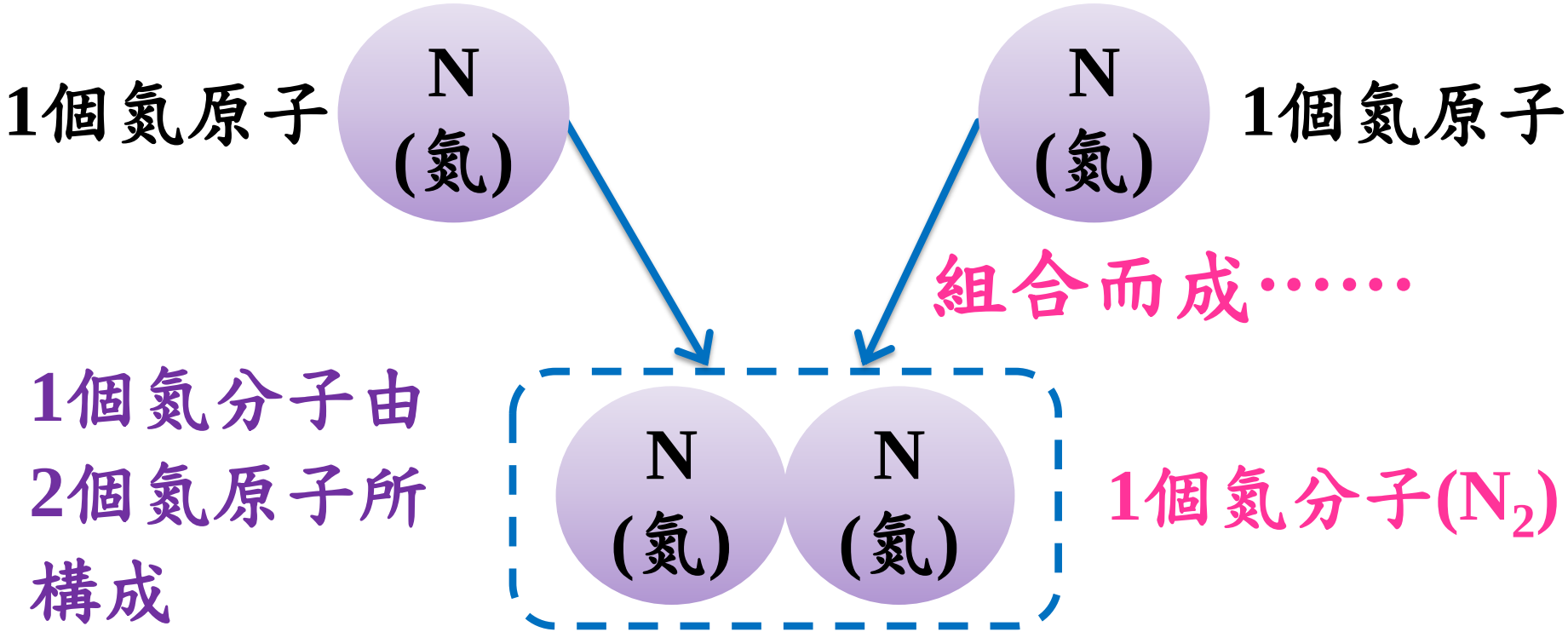


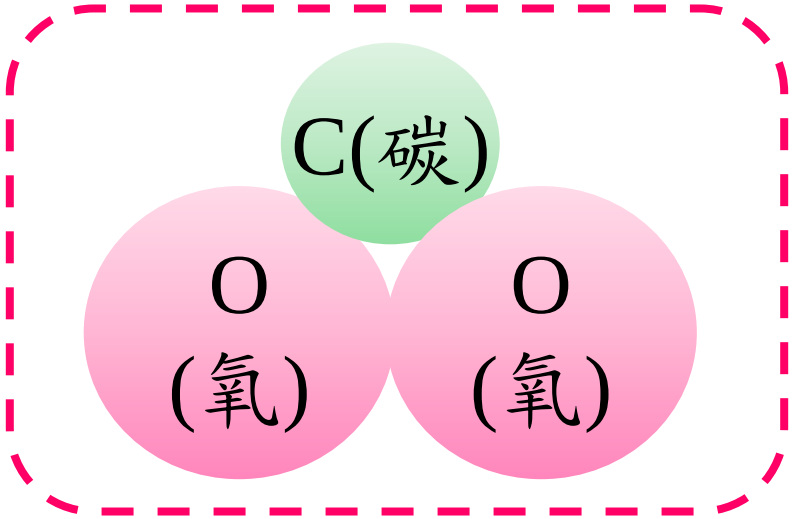
容器中有2個氮原子



容器中有？

- 分子由**原子**所構成。
- 不同的原子種類與數目所組合成的分子各具有**獨特的物理屬性**與**化學屬性**。

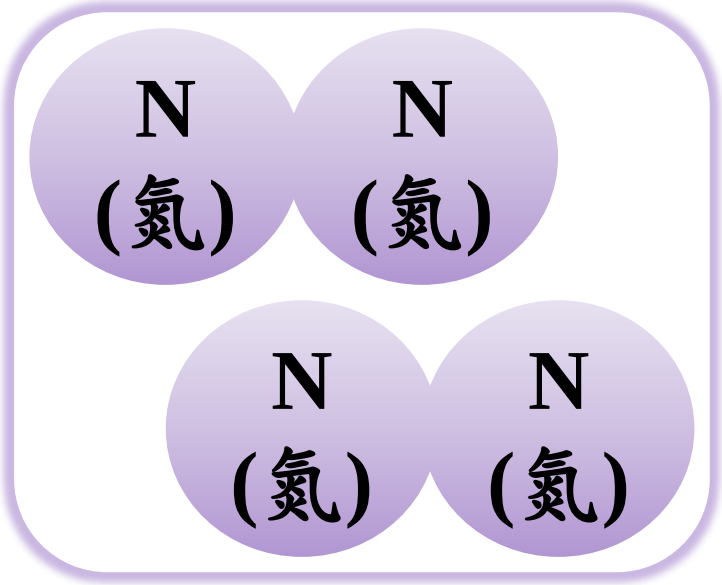




1個二氧化碳分子(CO_2)

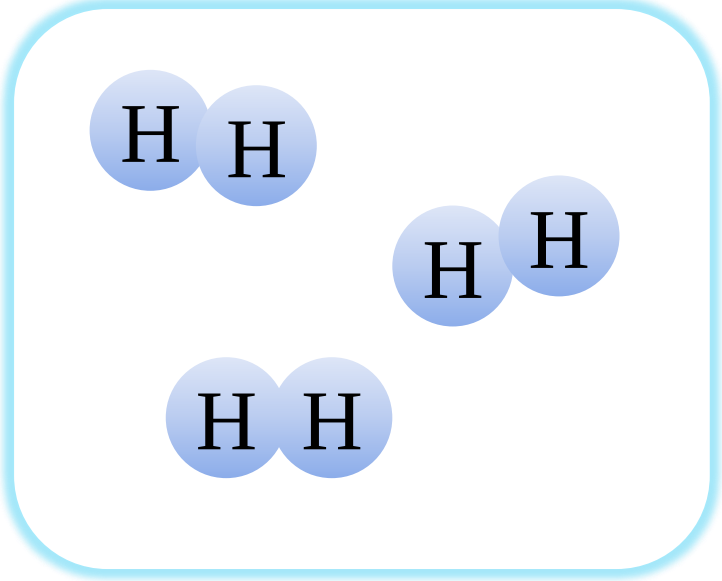
由 ? 個C原子所構成

? 個O原子所構成



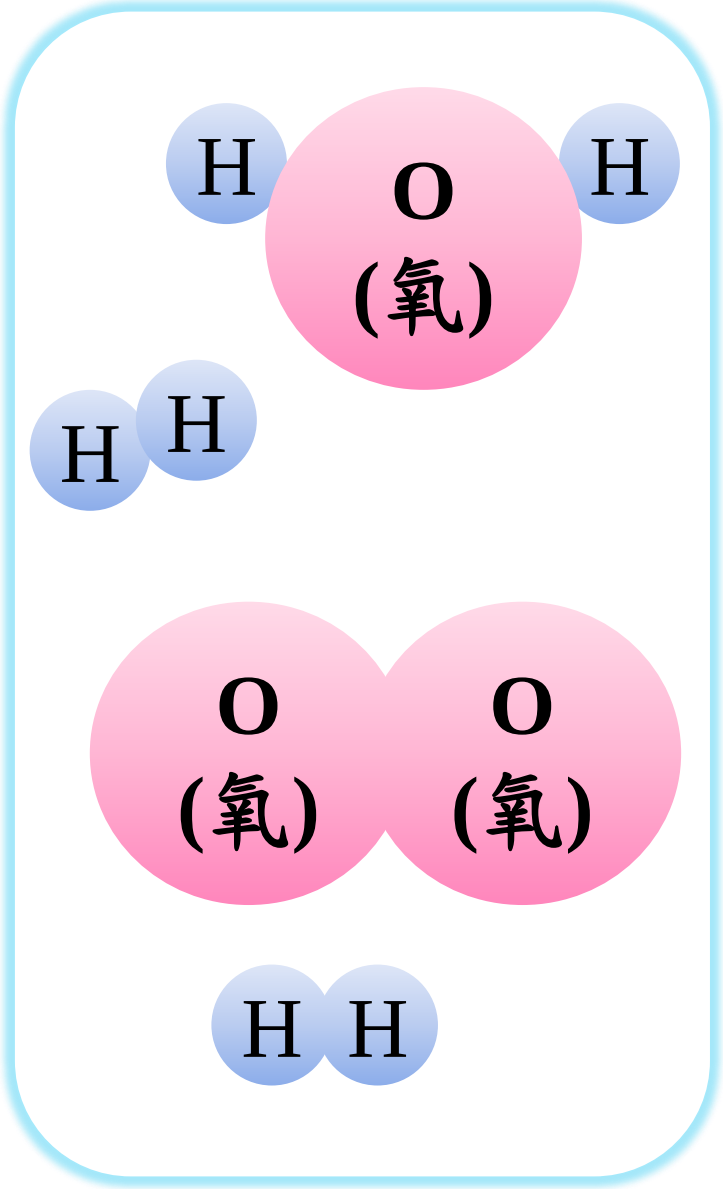
容器中有2個氮分子

有4個氮原子



容器中有 ? 氫分子

有 ? 氫原子



容器中有 ? 氫分子

? 氧分子

? 水分子

? 氫原子

? 氧原子

化學反應式

- 科學家將**反應物**和**生成物**的化學式用**簡單的符號相連**，寫成橫式，稱為**化學反應式**或簡稱為**反應式**。

- 從反應式可以看出一個化學反應中，**反應的條件**及**反應物**與**生成物**的關係。



化學方程式(反應式)



1. 反應物(原料) 寫在箭頭左側，生成物(產物)寫在箭頭右側
2. 以『→』表示反應方向
3. 以『⇌ 』表示可逆反應
4. 反應的條件(環境)寫在『→』上方或下方
5. 『△』：加熱、『↑』：氣態、『↓』：沉澱、
   『g』：氣體、『ℓ』：液體、『 s 』：固體、『aq』：含水的溶液、

化學反應式的表示法

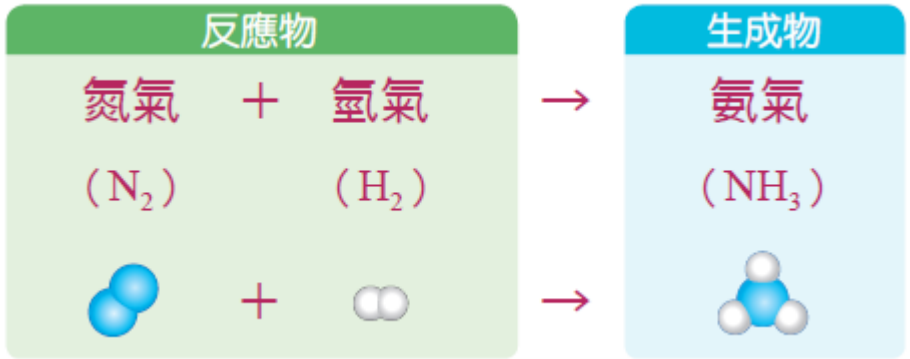
- 當實驗在**特定條件**下進行，可將**反應的條件**註明於**箭號的上方或下方**。
- **物質狀態**表示法：化學反應式除可用箭號標示狀態外，也常在化學式右側以「下標」的**字母縮寫**表示各物質的狀態。
  - **固態**：solid **(s)**
  - **液態**：liquid **(l)**
  - **氣態**：gas **(g)**
  - **水溶液**：aqueous **(aq)**

化學反應式的表示法

加号

箭頭

- 以**氮氣與氫氣化合產生氨氣**的化學反應為例，說明**反應式**的寫法：
- **第一步**：
  - 以化學式來表示反應物與生成物，並以箭號（→）表示化學反應進行的方向。
  - 將反應物寫在左邊，生成物寫在右邊。
  - 反應物或生成物不只一種時，用加號（＋）連接。

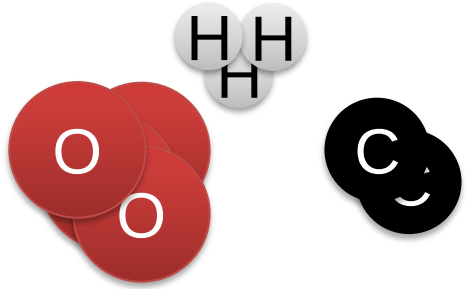


化學反應式的表示法

- **第二步**：
  - 依據**道耳頓原子說**的論述，反應前後原子的種類與數目不變。
  - 在反應物與生成物的化學式前，寫上使兩邊原子數量相等的**係數**，才能符合**質量守恆**的條件。

原子説by道耳頓

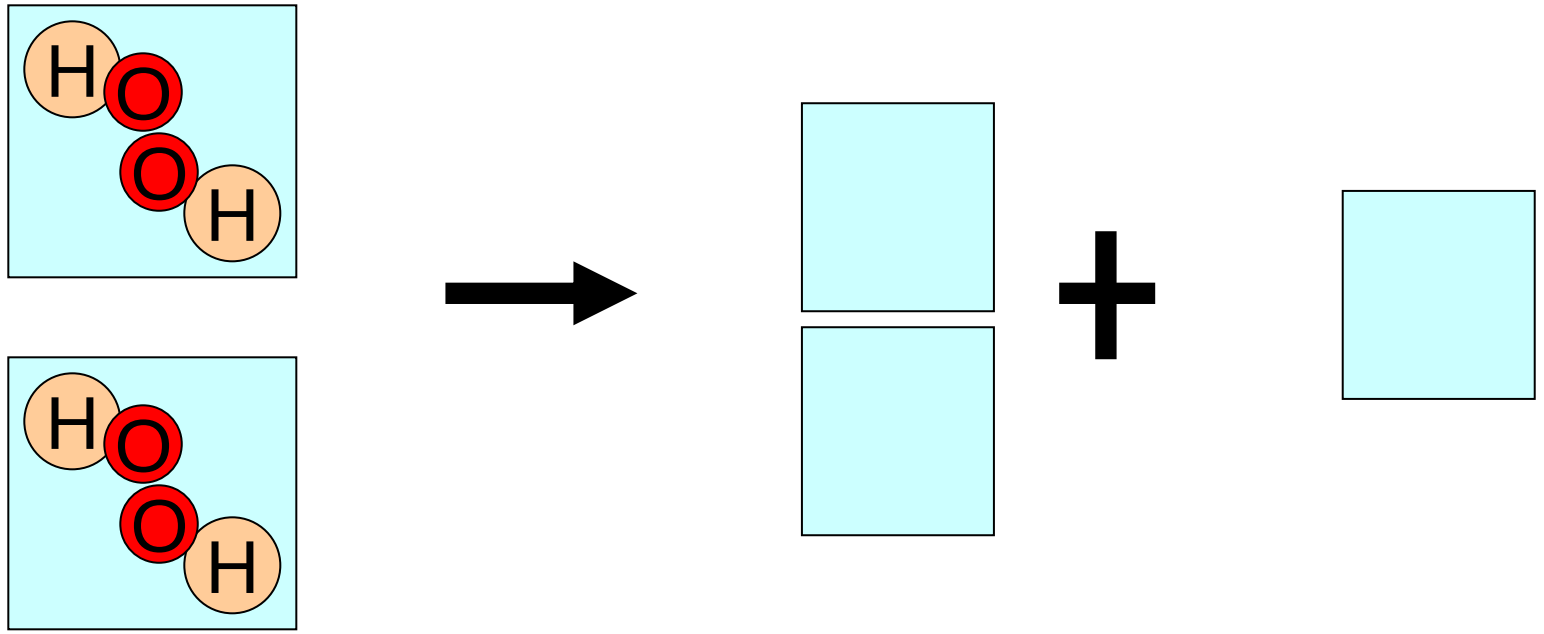
化學反應是原子間重新排列



二氧化碳
CO_2

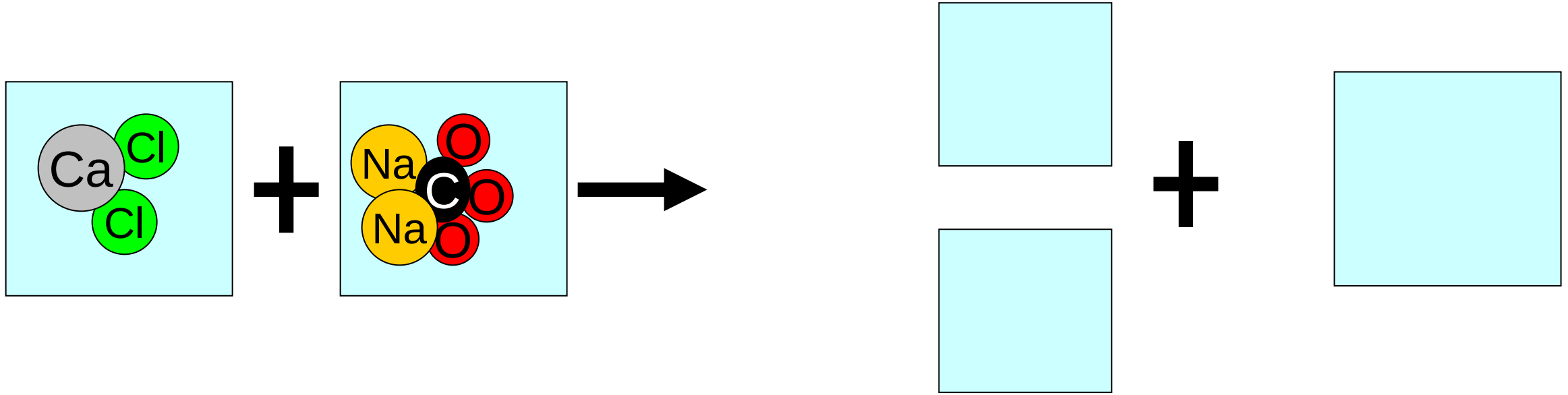
水
H_2O

$$2H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + O_2$$



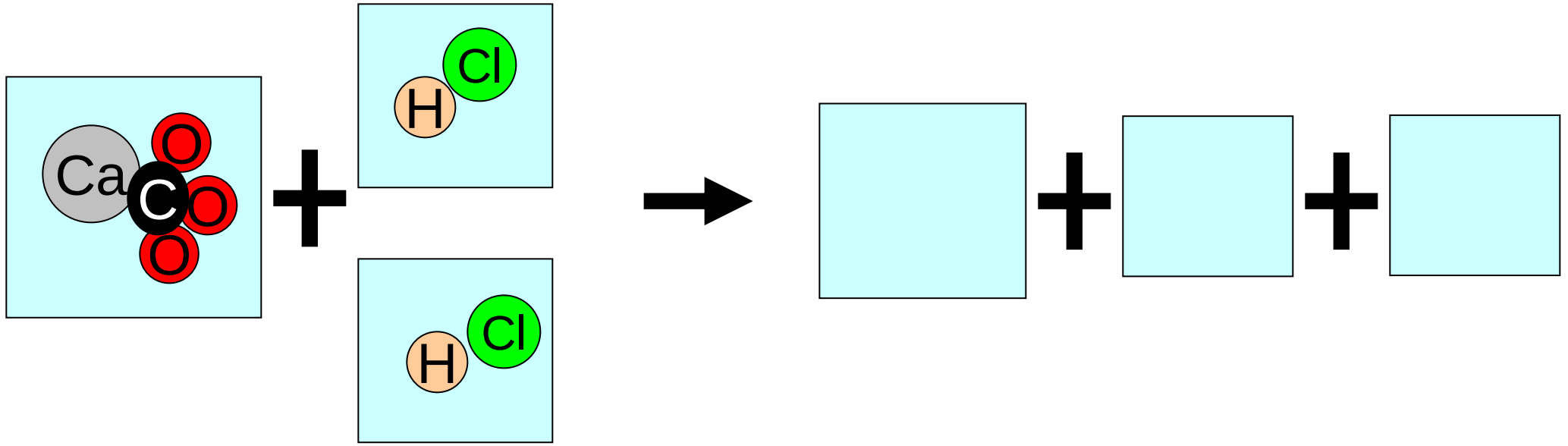
以“二氧化錳”為催化劑

$CaCl_2 + Na_2CO_3 \rightarrow 2NaCl + CaCO_3$



$CaCO_3$碳酸鈣-白色混濁
-沉澱
-不溶於水

$$CaCO_3 + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2$$



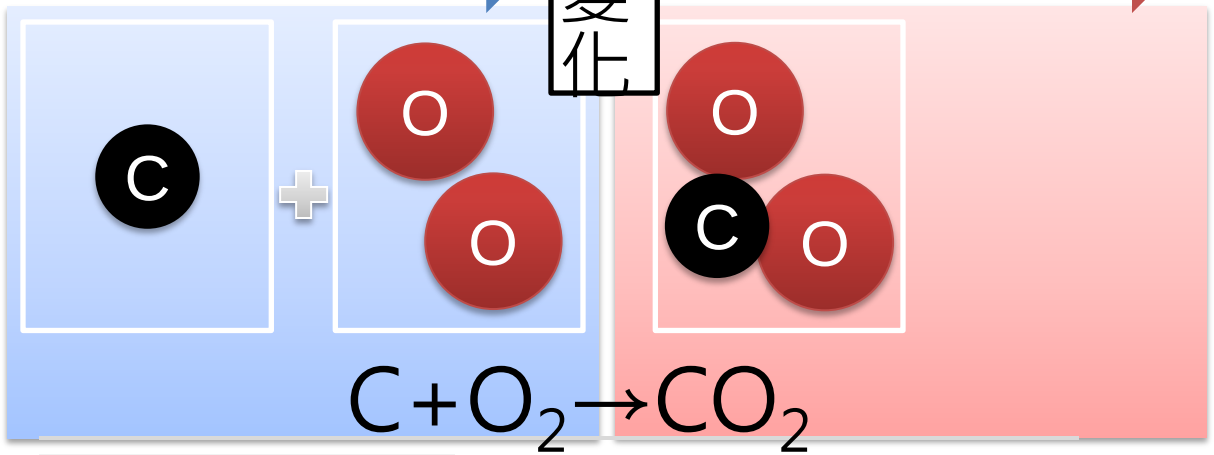
$CaCO_3$碳酸鈣遇酸

就會產生CO_2

反應物

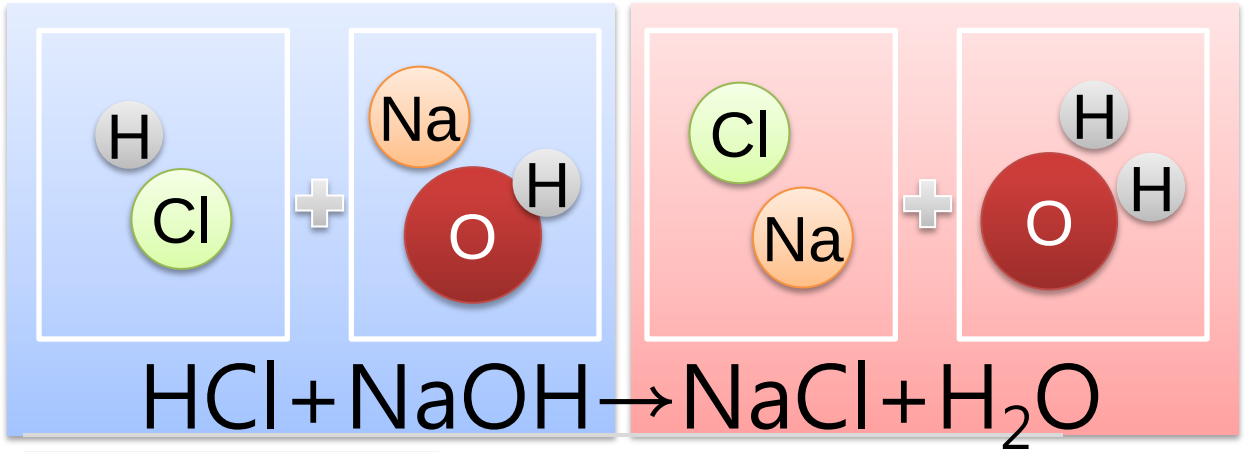
化學變化

生成物



$C+O_2 \rightarrow CO_2$

木炭燃燒



$HCl+NaOH \rightarrow NaCl+H_2O$

酸鹼中和

化學反應前後

原子

種類相同

數量相同

分子

種類不一定相同

數量不一定相同

- 化學變化可產生新物質(新分子)
- 原子不可分割(原子數量固定)

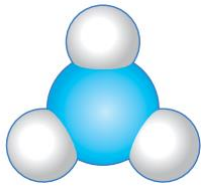
化學反應式的係數

反應前後的原子種類和數目有相同嗎?

反應物 → 生成物

$N_2 + H_2 \rightarrow NH_3$





反應物	生成物
2個氮原子	1個氮原子
2個氫原子	3個氫原子

數量不對

原子不會無中生有
原子不會無故消失

化學反應式的係數平衡法

- 觀察法

  → 直接開『法眼』看 → 看得出得解；看不出再見

- 代數法

  → 假設未知數(XYZ・・・)解聯立方程式

  → 會算得解；不會再見

  國中

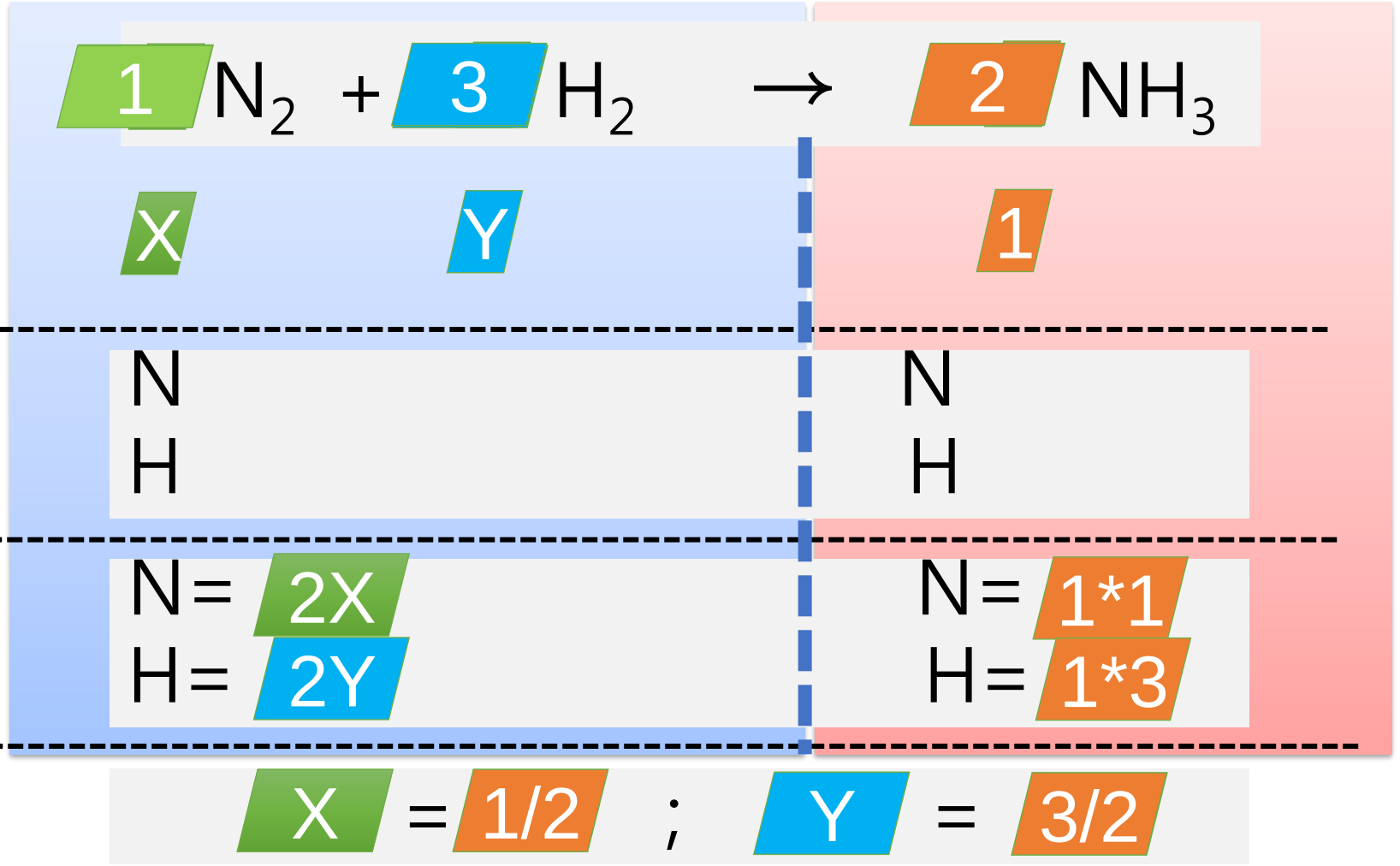
- 氧化還原法
- 半反應法

  高中 (好用)

化學反應式的係數平衡法---代數法

- 代數法：
- ex：哈伯法製氨

氮氣 與 氫氣 合成產生 氨氣



化學反應式的係數平衡法---代數法

➢ex：辛烷燃燒反應　　辛烷　與　氧氣　燃燒產生　二氧化碳　與　水

1. 假設複雜分子係數=1
(其餘假設為未知數)

$2\,C_8H_{18} + 25\,O_2 \rightarrow 16\,CO_2 + 18\,H_2O$

$1\,C_8H_{18} + X\,O_2 \rightarrow Y\,CO_2 + Z\,H_2O$

2. 列出所有原子種類

C　H　O　　C　H　O

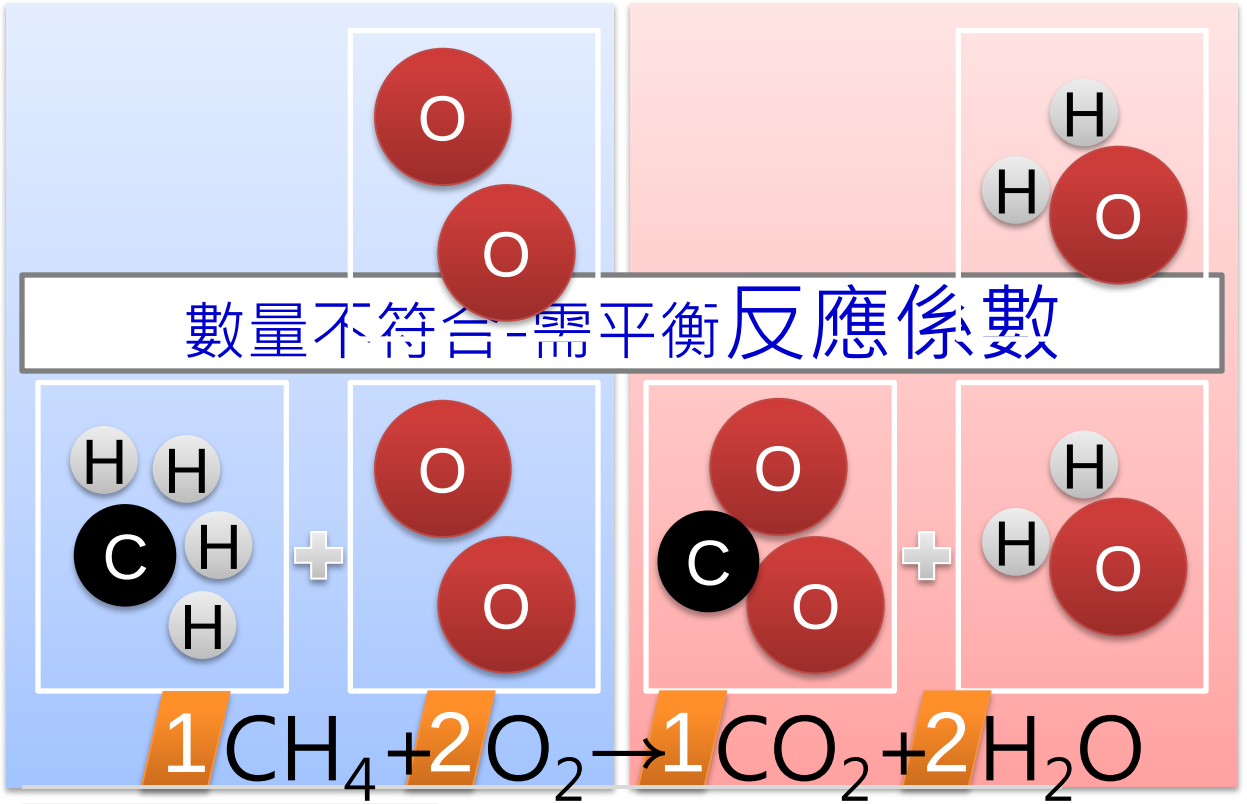
3. 原子不滅，左=右

C= 8　　C= Y
H= 18　　H= 2Z
O= 2X　　O= 2Y +Z

4. 解方程式

$8 = Y$; $9 = Z$

$2X = 2Y + Z$; $X = 25/2$



甲烷燃燒

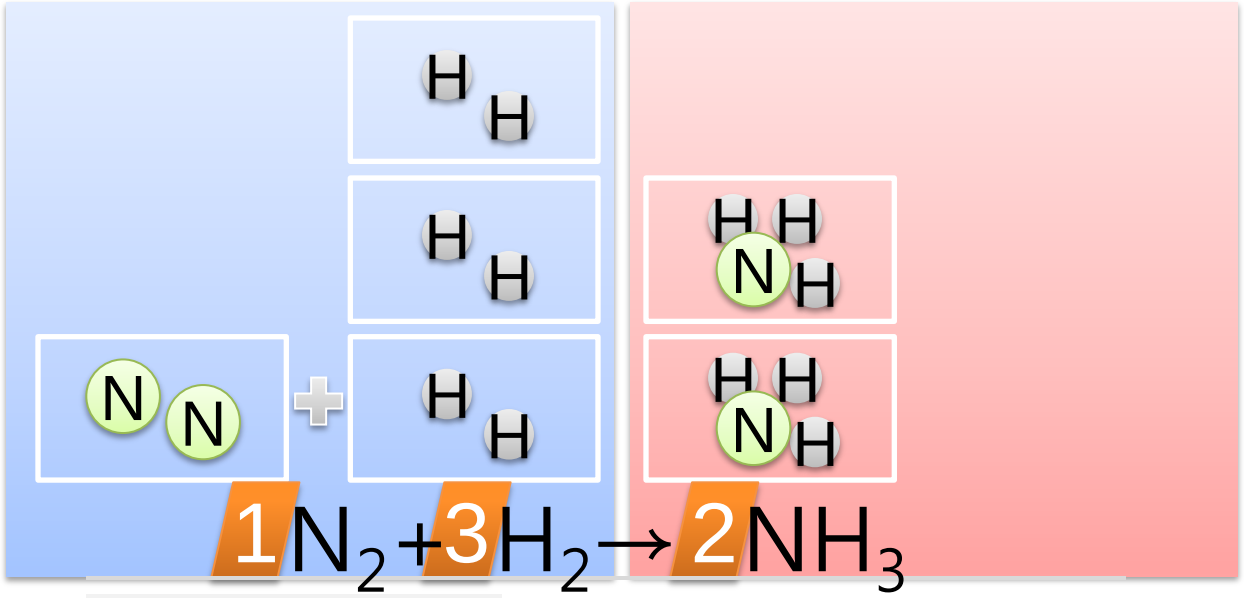
係數比	1	2	1	2
分子數比	1個CH_4	+2個O_2 產生	1個CO_2	+2個H_2O
氣體體積比	1ℓ CH_4	+ 2ℓ O_2 產生	1ℓ CO_2	+ 2ℓ H_2O

化學反應式的係數

$$N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$$

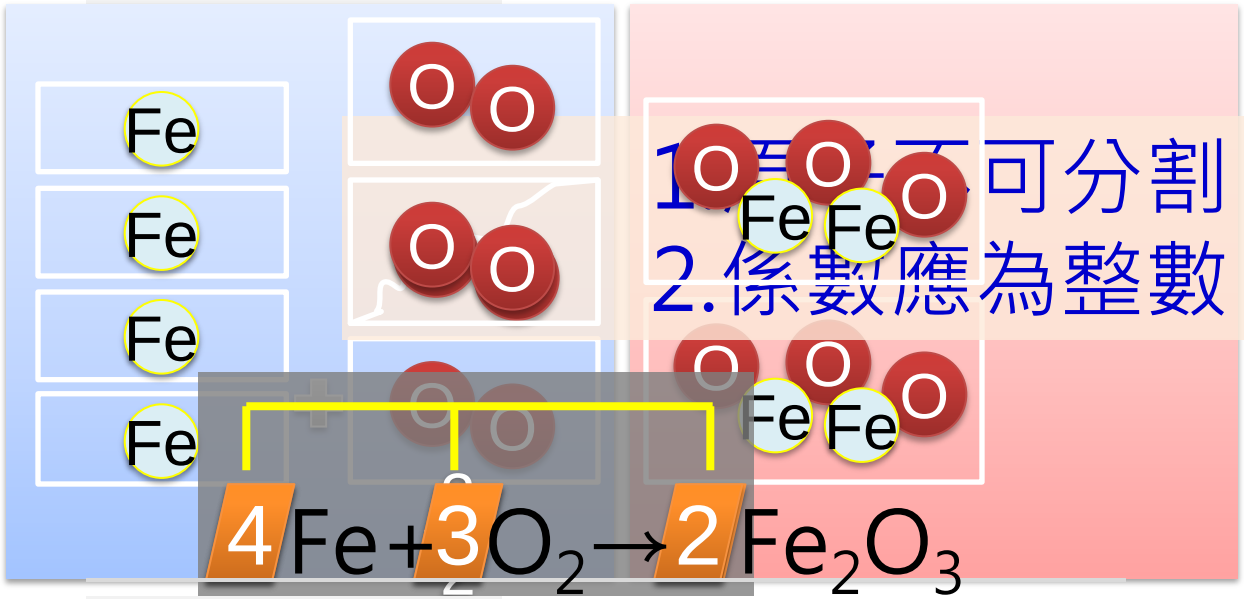
- 每一個分子前的**數字**稱為**係數**。
- **係數**代表參與反應之反應物與生成物間的分子個數比，係數應為**最簡單的整數比**。
- **係數**讓反應前後的原子種類和原子數目相等，以維持**質量守恆**。
- 係數比≠原子數比。

哈伯法製氨



氮氣與氫氣合成產生氨氣

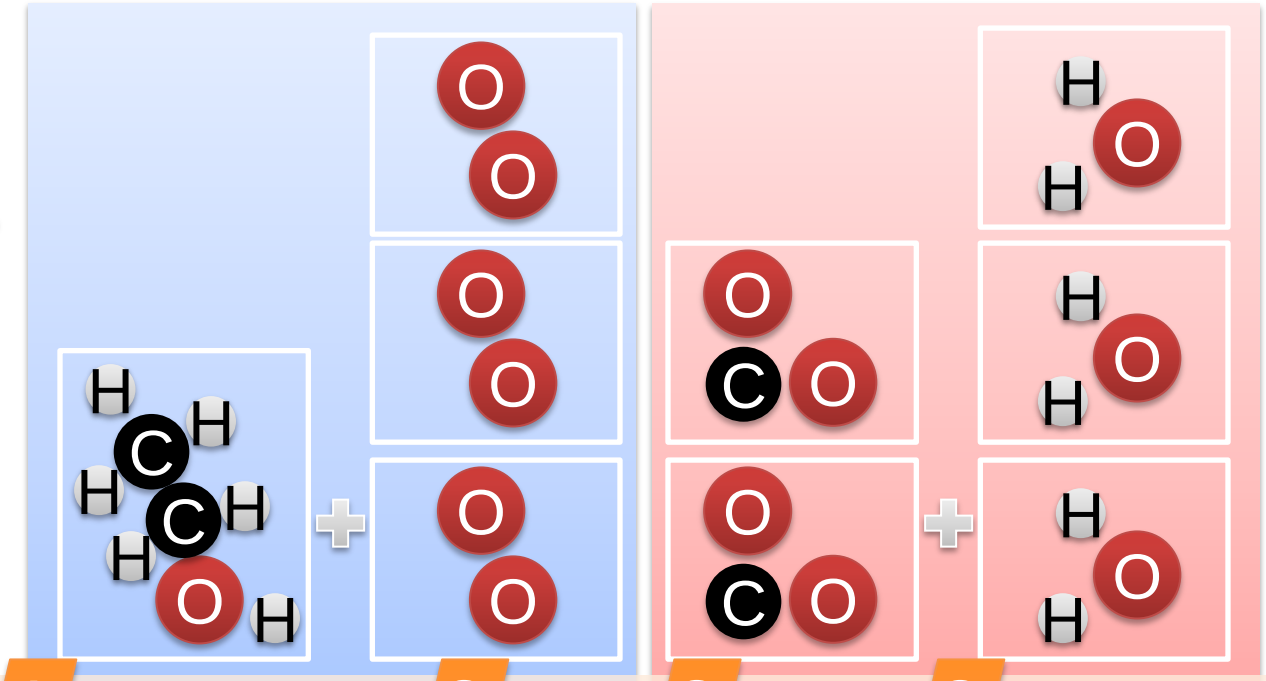
鐵生鏽氧化



1. 原子不可分割
2. 係數應為整數

鐵與氧氣合成氧化鐵

乙醇(酒精)
氧化燃燒



$1C_2H_5OH+3O_2\rightarrow 2CO_2+3H_2O$

乙醇與氧氣反應後產生二氧化碳及水氣

只具有C、H、O原子之化學反應

建議應照C、H、O順序平衡數量

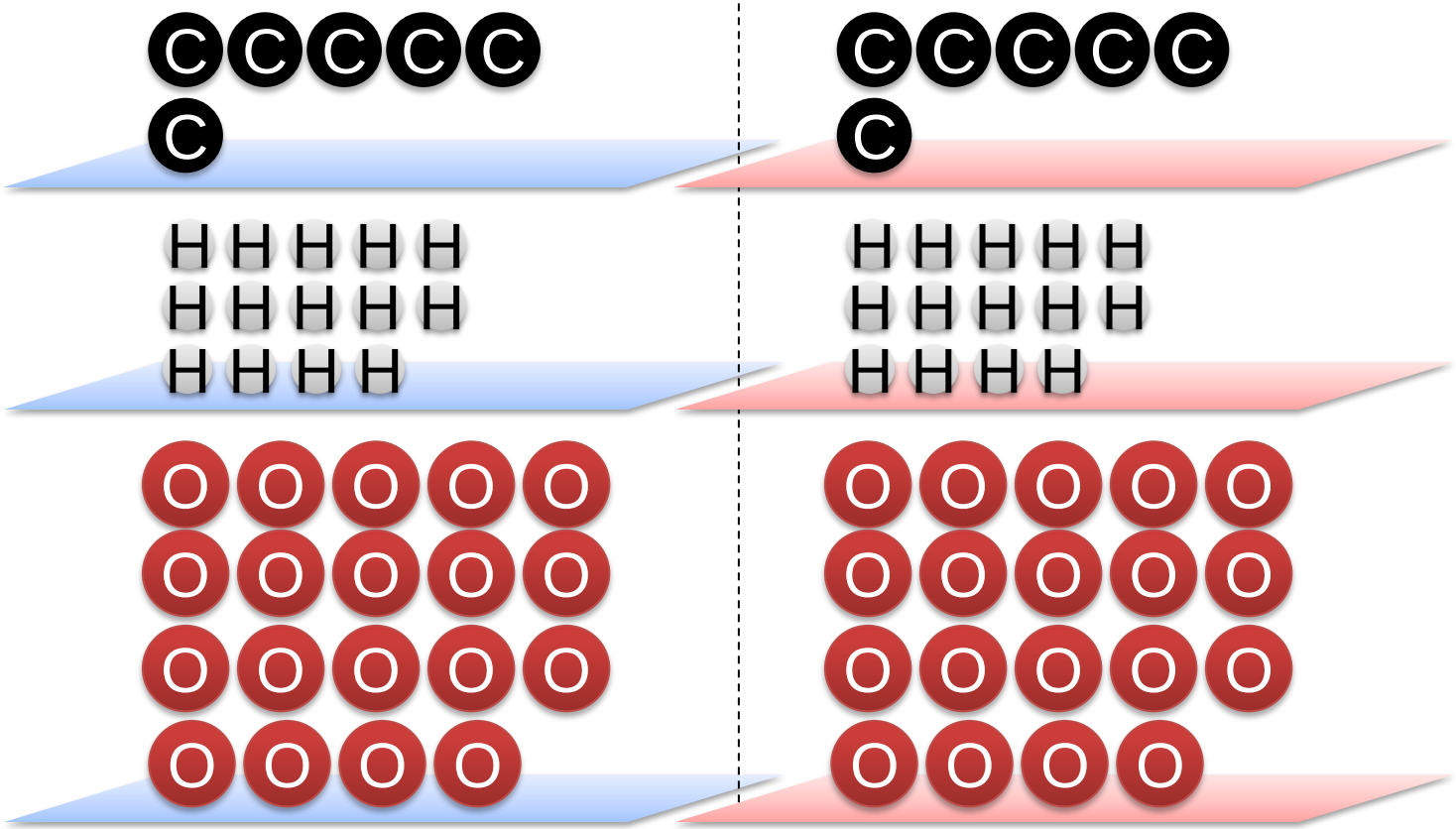
光合作用

$$6CO_2 + 7H_2O \rightarrow 6O_2 + 1C_6H_{12}O_6 + 1H_2O$$

吸收二氧化碳及水、產生氧氣和葡萄糖及水氣

$$6\times\begin{bmatrix}C\times1\\O\times2\end{bmatrix}\ 7\times\begin{bmatrix}H\times2\\O\times1\end{bmatrix}$$

$$6\times\begin{bmatrix}O\times2\end{bmatrix}\ 1\times\begin{bmatrix}C\times6\\H\times12\\O\times6\end{bmatrix}\ 1\times\begin{bmatrix}H\times2\\O\times1\end{bmatrix}$$



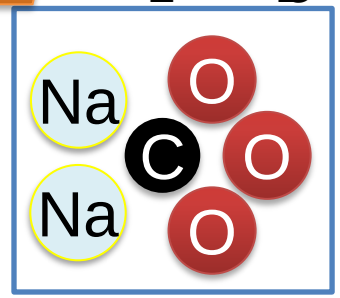
俗稱[蘇打]
鹼性
溶於水

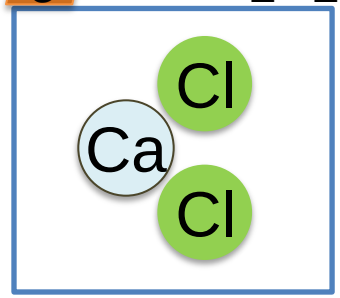
俗稱[食鹽]
中性
溶於水

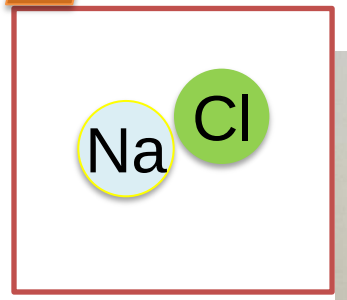
俗稱[灰石]
難溶於水

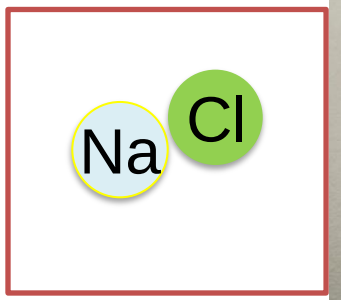
碳酸鈉 ＋ 氯化鈣 ⇨ 氯化鈉 ＋ 碳酸鈣

$1\ Na_2CO_3 + 1\ CaCl_2 \rightarrow 2\ NaCl + 1\ CaCO_3\downarrow$











1.物質分子式
2.平衡化學反應係數
3.其他現象表示

↓沉澱

俗稱[灰石]
難溶於水

俗稱[鹽酸]
溶於水呈酸性

氣體
難溶於水

碳酸鈣 + 氯化氫 ⇒ 氯化鈣 + 水 + 二氧化碳

$1\,CaCO_3 + 2\,HCl \rightarrow 1\,CaCl_2 + 1\,H_2O + 1\,CO_2\uparrow$

注意

碳酸鹽類+酸 必產生 二氧化碳

$\sim CO_3 + H^+ \rightarrow \ldots + CO_2$

產生氣體飄逸

1.物質分子式

2.平衡化學反應係數

3.其他現象表示

↓沉澱　↑氣體



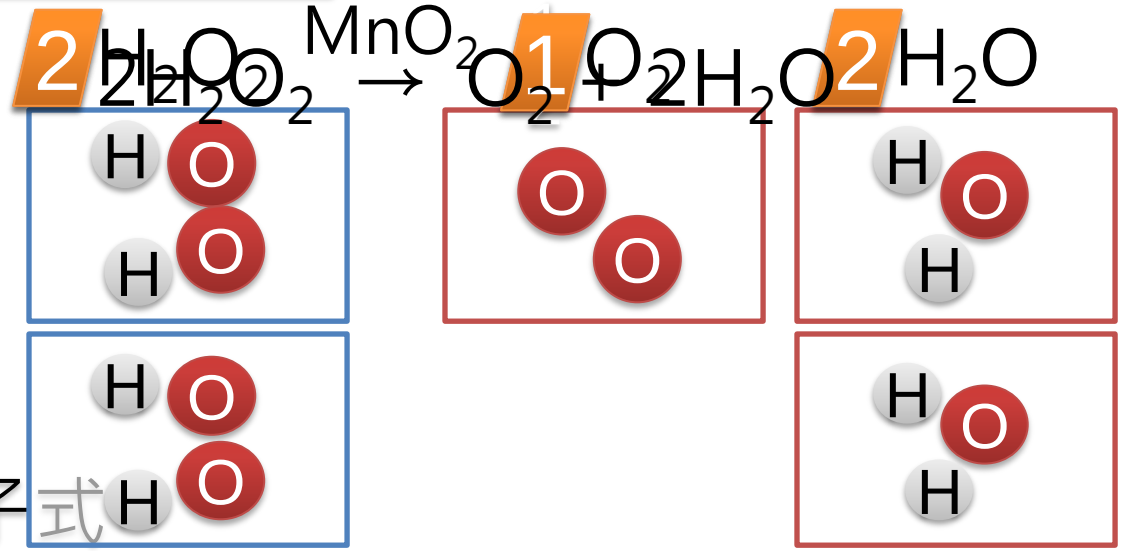
俗稱[雙氧水]
為強氧化劑

催化劑改變反應速度

二氧化錳

過氧化氫 ⇨ 氧氣 ✚ 水

$2H_2O_2 \xrightarrow{MnO_2} O_2 + 2H_2O$



1.物質分子式

2.平衡化學反應係數

3.其他現象表示

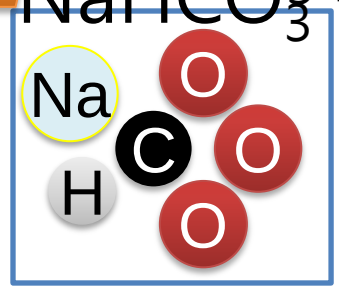
↓沉澱　↑氣體　催化劑→

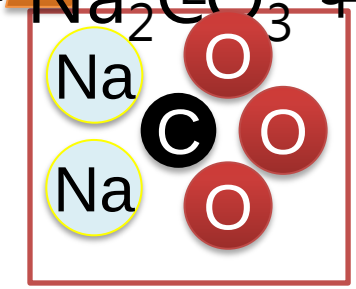
俗稱[小蘇打]
烘焙、發酵用

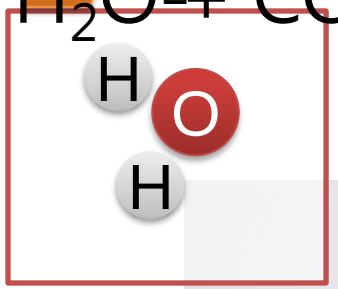
反應需加熱進行

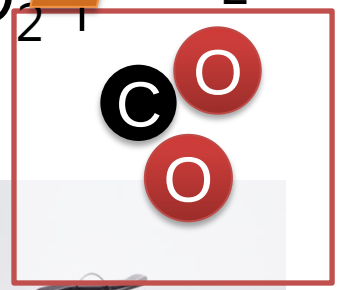
碳酸氫鈉 → 碳酸鈉 + 水 + 二氧化碳

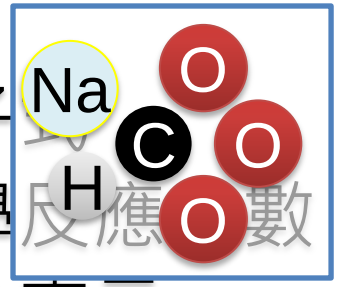
$2NaHCO_3 \xrightarrow{\Delta} 1Na_2CO_3 + 1H_2O + 1CO_2\uparrow$











1.物質分子式
2.平衡化學反應式
3.其他現象表示

↓沉澱　↑氣體　催化劑→　→Δ加熱



四. 化學反應與化學計量

(1) 化學反應式的意義：

項目	說明
化學反應式	以化學式及簡單數學符號表達反應物與生成物間關係的式子
意義	化學式必為代表一個『**實際發生**』的化學反應，不可憑空杜撰
必遵守	**質量守恆、原子不滅、電荷數不滅定律**
平衡係數	符合質量守恆，反應式兩邊**相同種類的原子數目相等**

※ 化學式：$NaOH$、HCl、$NaCl$、H_2O

化學反應式：$NaOH + HCl \rightarrow NaCl + H_2O$

(2) 化學反應式的平衡 (都要寫)

① 觀察法

步驟	寫出化學式	找出兩邊只出現一次的原子	平衡該原子	以原子不滅平衡其他原子 並簡化係數成整數
範例	氧化鈉+水 →氫氧化鈉	Na 或 H 皆可 →以 Na 為例	平衡 Na 原子	∵ 右邊 2 個 H ∴ 左邊係數寫 1
表示法	$Na_2O + H_2O \rightarrow NaOH$	$Na_2O + H_2O \rightarrow NaOH$	$1Na_2O + \_H_2O \rightarrow 2NaOH$	$1Na_2O + 1H_2O \rightarrow 2NaOH$ $H_2(2H)$ $(2H)$

② 代數法

ex:

$$\overset{1}{\boxed{a}}\,C_6H_{10}O_5 + \overset{6}{\boxed{b}}\,O_2 \rightarrow \overset{6}{\boxed{c}}\,CO_2 + \overset{5}{\boxed{d}}\,H_2O$$

② 列出所有原子

由 C ⇒ $6a = c$

H ⇒ $10a = 2d$

O ⇒ $5a + 2b = 2c + d$

$5 + 2b = 12 + 5$、$b = 6$

③ 列出數學等式

(原子不滅定律)

④ 電荷不滅定律

國中不學

① 設最複雜原子係數 = 1.

$a = 1$, $b = 6$, $c = 6$

$d = 5$

② 代數法（高中，不用寫）

Ex:

1 4 1 1 2

$$a\,Cu + b\,H^+ + c\,SO_4^{2-} \rightarrow d\,Cu^{2+} + e\,SO_2 + f\,H_2O$$

② 列出所有原子

由 Cu ⇒ $a = d$

H ⇒ $b = 2f$

S ⇒ $c = e$

O ⇒ $4c = 2e + f$

③ 列出較簡等式（原子不滅定律）

④ 電荷不滅定律

$b + (-2c) = 2d$

① 設最複雜原子係數 = 1.

$c = 1 = e$，$a = 1$，$b = 4$

$d = 1$，$f = 2$

(3) 化學反應前后：

√

必定會相等	1. 原子種類； 2. 原子個數； 3. 原子總質量(質量守恆)
不一定相等	1. 分子數總和； 2. 體積數總和； 3. 莫耳數總和； 4. 係數總和
必定不相等	1. 原子的排列方式； 2. 分子的種類

(4) 常見的化學反應.(全是考試的.要寫.要背)

常見的反應	化學式
(1) 氫氣和氧氣點火燃燒生成水蒸氣	$2H_2 + O_2 \xrightarrow{點火} 2H_2O$
(2) 氮氣和氫氣在鐵粉催化下生成氨氣	$N_2 + 3H_2 \xrightarrow{鐵粉} 2NH_3$ (又名哈柏法製氨)
(3) 雙氧水分解	$2H_2O_2 \xrightarrow{MnO_2} 2H_2O + O_2$
(4) 大理石和鹽酸反應	$CaCO_3 + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2$
(5) 酒精燃燒產生水和二氧化碳	$C_2H_5OH + 3O_2 \rightarrow 2CO_2\uparrow + 3H_2O$
(6) 小蘇打加熱分解	$2NaHCO_3 \xrightarrow{\Delta} Na_2CO_3 + H_2O + CO_2\uparrow$
(7) 灰石加熱分解	$CaCO_3 \xrightarrow{\Delta} CaO + CO_2\uparrow$
(8) 氯化鈣與碳酸鈉反應	$CaCl_2 + Na_2CO_3 \rightarrow CaCO_3\downarrow + 2NaCl$
(9) 氫氧化鈉與硫酸反應	$2NaOH + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + 2H_2O$
(10) 氯化鈣與硫酸鈉反應	$CaCl_2 + Na_2SO_4 \rightarrow CaSO_4\downarrow$ (白色沉澱) $+ 2NaCl$
(11) 硫代硫酸鈉與鹽酸反應	$Na_2S_2O_3 + 2HCl \rightarrow 2NaCl + SO_2\uparrow + H_2O +$ S↓ (黃)
(12) 氨氣與氯化氫氣體反應	$NH_3 + HCl \rightarrow NH_4Cl\downarrow$ (白色沉澱)
(13) 電解水	$2H_2O \xrightarrow{電解} 2H_2\uparrow + O_2\uparrow$
(14) 丙烷燃燒	$C_3H_8 + 5O_2 \rightarrow 3CO_2\uparrow + 4H_2O$
(15) 澄清石灰水與二氧化碳反應	$Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3\downarrow + H_2O$

必燃燒就是與氧(O_2)反應.

Ca^{2+}, Mg^{2+} } + { CO_3^{2-}, SO_4^{2-} 白色沉澱

3. 平衡反應式

(1) $1C_3H_8 + xO_2 \rightarrow yCO_2 + zH_2O$，則 $x+y+z=?$ 12

(2) 2 $C_2H_6 + 7O_2 \rightarrow$ 4 CO_2 + 6 H_2O

解

(1)

① 設最複雜原子係數 1

題目已設定 C_3H_8 係數 = 1

其餘係數 X. Y. Z

② 列出所有原子

C. H. O

③ 列出數學等式 (原子不滅定律)

C ⇒ 3 = Y

H ⇒ 8 = 2Z，4 = Z

O ⇒ 2X = 2Y + Z

2x = 2×3 + 4 = 10

x = 5

x = 5. Y = 3. Z = 4

∴ x + y + z = 12

3. 平衡反應式

(1) $1C_3H_8 + xO_2 \rightarrow yCO_2 + zH_2O$，則 $x+y+z=?$

(2) $\underline{X}\ C_2H_6 + 7O_2 \rightarrow \underline{Y}\ CO_2 + \underline{Z}\ H_2O$

解 2　4　6

(2)

① 設最複雜原子係數 1

題目已設定 O_2 係數 7

其餘設為 X. Y. Z.

② 列出所有原子

C. H. O

③ 列出數學等式

(原子不滅定律)

C ⇒ $2X = Y$

H ⇒ $6X = 2Z$, $3X = Z$

O ⇒ $14 = 2Y + Z$ ← 代入

$14 = 2 \cdot 2X + 3X = 7X$

$X = 2,\ Y = 4,\ Z = 6$

3. 平衡反應式

(1) $1CH_4 + xO_2 \rightarrow yCO_2 + zH_2O$，則 $x + y + z = ?$

(2) $\_\_\_\_ C_4H_{10} + \_\_\_ O_2 \rightarrow \_\_\_\_ CO_2 + \_\_\_ H_2O$

解

原子量

- **原子**、**分子**是極小的粒子，它們也具有**質量**、**占有空間**。
- 但**原子**實在太小了，一個原子或分子的**質量**無法用一般儀器直接測得。

科學家以各元素原子質量的相互比較數值來訂出**原子量**。

原子量的比值

- 國際上以含6個質子、6個中子的**碳原子**為標準，將其原子量訂為**12**，以 **C-12**或^{12}**C**表示。
- 再由其他元素的原子質量與C-12原子質量的比值，訂出各元素的原子量。
- 原子量為不同**原子間質量的比值**。

原子量的比值

- 原子量是一種比值。**所以沒有單位**
- 氧和碳**原子數目相同(6*10^{23}顆粒子)**時，**質量比O：C＝4：3**
- 若定C的原子量為12，則O的原子量為16。
- 若定C的原子量為30，則O的原子量為40

$$\frac{O}{C}\text{質量比值} = \frac{4}{3} = \frac{16}{12} = \frac{40}{30}$$

把C定義為12　　把C定義為30

常見元素的原子量

元素名稱	元素符號	原子量	元素名稱	元素符號	原子量
氫	H	1	氯	Cl	35.5
碳	C	12	鈉	Na	23
氮	N	14	銅	Cu	63.5
氧	O	16	鋁	Al	27
硫	S	32	鎂	Mg	24.3

週期表上所列的原子量，是以在自然界中該元素各**同位素含量比例**乘以其**質量數**的和，又稱為**平均原子量**。

分子量計算

所有原子量總合

元素符號	質原子序	質中原子量
$^{12}_{6}C$ 碳C	6	12
$^{1}_{1}H$ 氫H	1	1
$^{16}_{8}O$ 氧O	8	16

$^{16}_{8}O$ $^{12}_{6}C$ $^{16}_{8}O$ CO_2

分子量

12+16+16=44

原子量
C = 12
H = 1
O = 16

Test 1

H_2O	$1 \times 2 + 16 = 18$
CO_2	$12 + 18 \times 2 = 44$
CH_4	$12 + 1 \times 4 = 16$
C_2H_5OH	$12 \times 2 + 1 \times 6 + 16 = 46$
CH_3COOH	$12 \times 2 + 1 \times 4 + 16 \times 2 = 60$
$C_6H_{12}O_6$	$12 \times 6 + 1 \times 12 + 16 \times 6 = 180$

Test 2

Ca [40]
N [14]
Na [23]
S [32]
Fe [56]

$CaCO_3$ $40+12+16\times3=100$

H_2SO_4 $1\times2+32+16\times4=98$

HNO_3 $1+14+16\times3=63$

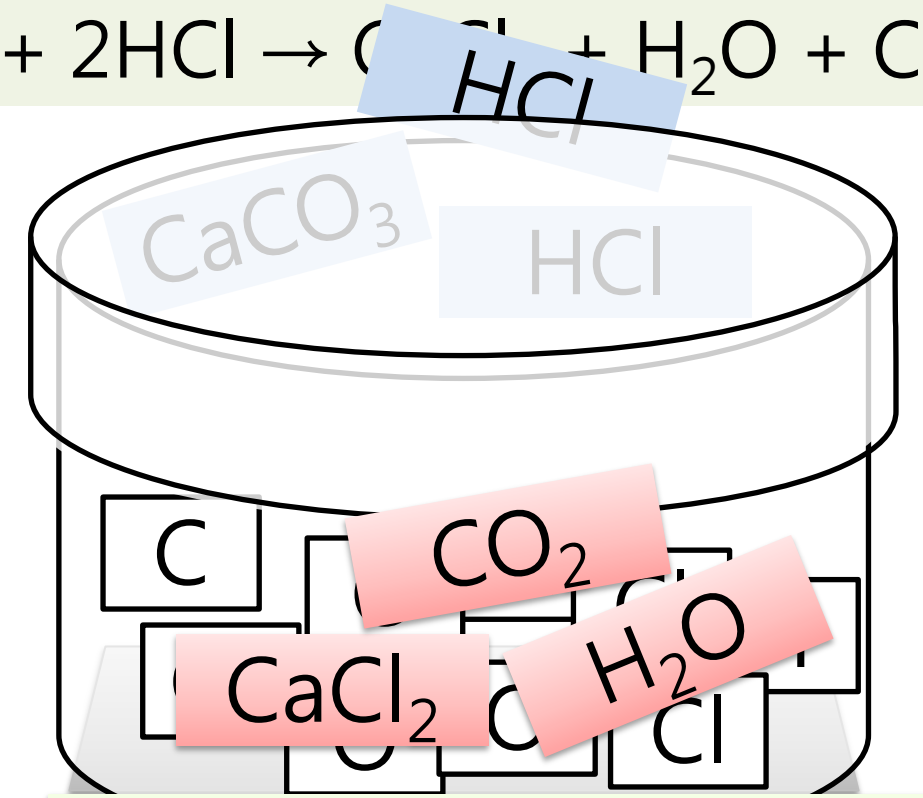
$NaOH$ $23+16+1=40$

$Ca(OH)_2$ $40+(16+1)\times2=74$

Fe_2O_3 $56\times2+16\times3=160$

$CaCO_3 + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2\uparrow$

原子量
C = 12
H = 1
O = 16
Ca = 40
Cl = 36



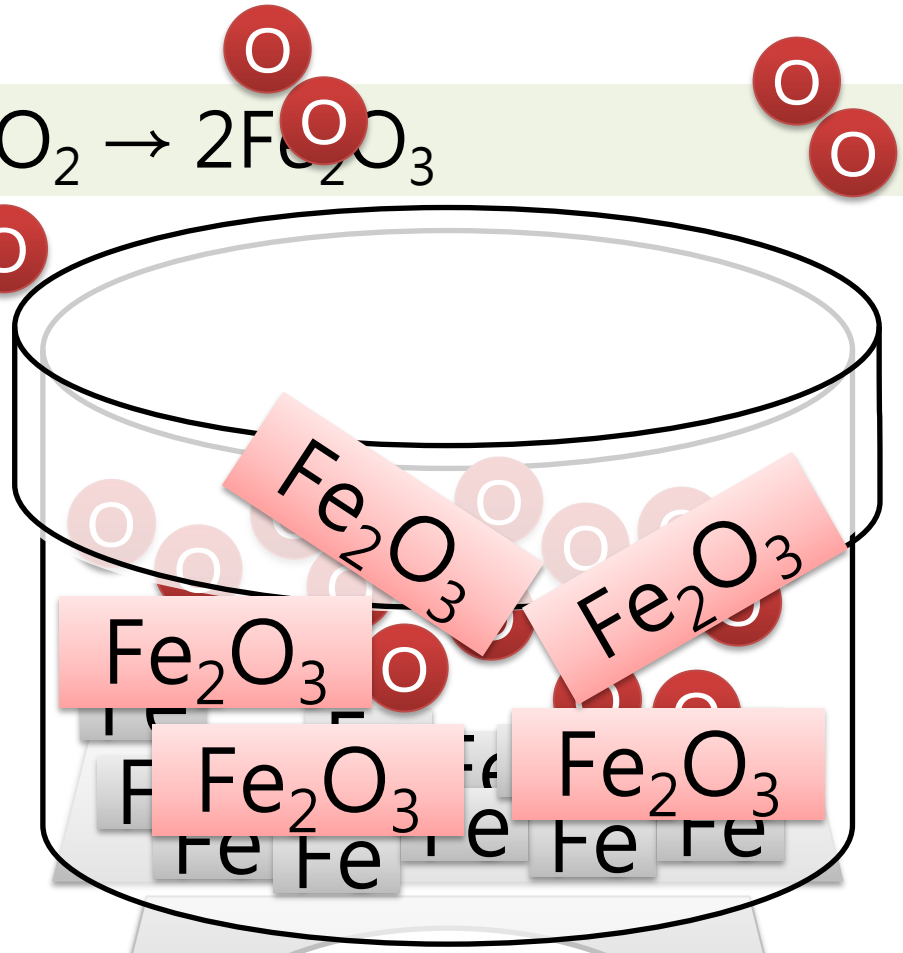
密閉空間 反應物分子量總合 174
生成物分子量總合 174

開放空間，總重量變 輕

任何化學反應、皆應遵守質量守恆

$4Fe + 3O_2 \rightarrow 2Fe_2O_3$

原子量
Fe = 56
O = 16



密閉空間，缺氧情況可防止生鏽

開放空間，總重量變 重

任何化學反應、皆應遵守質量守恆

五. 原子量、分子量和莫耳數. (I) 原子量.

	說明	例子		
		元素名稱	元素符號	原子量
原子量	1. 原子是極小粒子，無法直接測量，所以用各原子的質量相互比較值， (**原子量無單位，不一定是整數**)， 來表示原子的值量大小關係，稱為 **原子量** 2. 國際上將 **碳-12** 的原子量定為 12，作為原子量的標準 3. 求法： $\frac{\text{某元素重}}{^{12}\text{C 元素重}} = \frac{\text{待求原子量}}{12}$ 4. 原子量越大，原子實際的質量越重 **必碳·氫·氧三個原子量要背**	✓ 氫	H	1
		✓ 碳	C	12
		氮	N	14
		✓ 氧	O	16
		硫	S	32
		鈉	Na	23
		鋁	Al	27
		氯	Cl	35.5
		鈣	Ca	40
		銅	Cu	63.5

(2) 分子量（M）

	說明	例子
分子量（M）	1. 將分子中所含各元素原子的 **原子量相加**，求出分子量 2. 與原子量性質相同，沒有單位，不一定是整數 3. 分子量越大，分子實際質量越重	1. H_2O 的分子量 = 1*2+16*1 = 18 2. CO_2 的分子量 = 12*1+16*2 = 44 3. NaCl 的分子量 = 23*1+35.5*1 = 58.5 4. $CaCO_3$ 的分子量 = 40*1+12*1+16*3 = 100 5. $C_6H_{12}O_6$ 的分子量 = 12*6+1*12+16*6 = 180

補充：(不用寫)

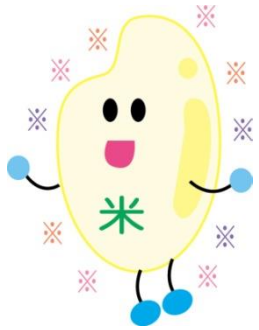
※ 若 C-12 原子量標準更改時.

會改變(與原子量有關)	不會改變(與質量有關)
各種原子的相對原子量	各種原子的實際質量
各種分子的分子量	各種分子的實際質量
	各種原子的質子數、中子數、電子數

※ 平均原子量：

平均原子量：週期表上所列的原子量是指「平均原子量」，以在自然界中該元素各同位素含量比例乘以各同位素質量數的總和，是一種平均值。

例 質量數為 ^{12}C 的碳原子占 98.89%；質量數為 ^{13}C 的同位素碳原子占 1.11%，因此碳原子的原子量 $= 12 \times 98.89\% + 13 \times 1.11\% = 12.01$。



1顆米粒

1顆原子

原子量 12

C

Fe

原子量 56

亞佛加厥

1 莫耳 6×10^{23} (mole)

1 莫耳 6×10^{23} (mole)







1莫耳原子

6×10^{23}顆

質量 12 g

質量 56 g

1包米粒

莫耳

- 數量單位

例如

單位	1雙	1打	1令	1莫耳 (mole)
數量	2	12	500	6×10^{23}

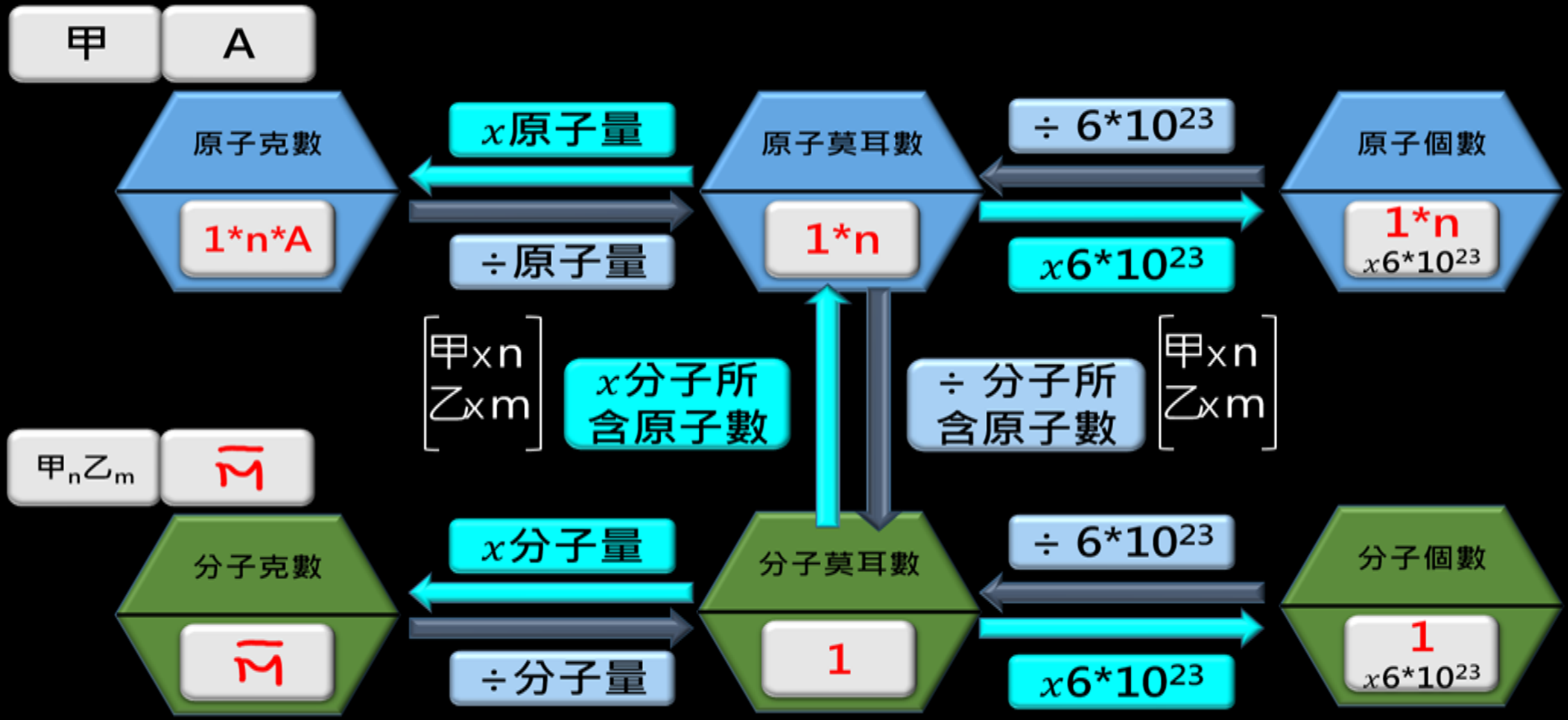
單位	2莫耳	5莫耳	0.1莫耳	0.5莫耳
數量	1.2×10^{24}	3×10^{24}	0.6×10^{23}	3×10^{23}

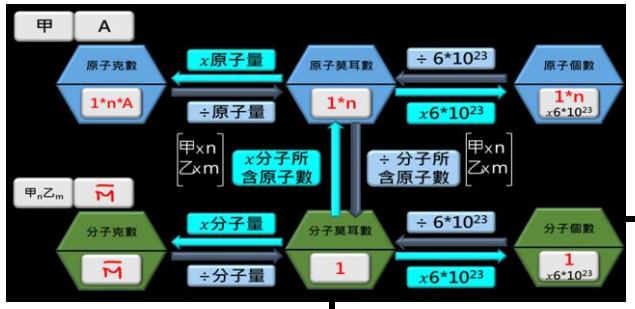
要寫✓

“莫耳” 特性

	分子量	1 莫耳	2 莫耳	0.5 莫耳	10 莫耳
碳 C	12	12 公克	24 公克	6 公克	120 公克
水 H_2O	18	18 公克	36 公克	9 公克	180 公克
氧氣 O_2	32	32 公克	64 公克	16 公克	320 公克
碳酸鈣$CaCO_3$	100	100 公克	200 公克	50 公克	1000 公克
葡萄糖$C_6H_{12}O_6$	180	180 公克	360 公克	90 公克	1800 公克

(4) 莫耳計算流程圖


甲
A
原子克數
1*n*A
x原子量
÷原子量
原子莫耳數
1*n
÷ 6*10²³
x6*10²³
原子個數
1*n
x6*10²³
甲xn
乙xm
x分子所
含原子數
÷ 分子所
含原子數
甲xn
乙xm
甲ₙ乙ₘ
M̄
分子克數
M̄
x分子量
÷分子量
分子莫耳數
1
÷ 6*10²³
x6*10²³
分子個數
1
x6*10²³



題目練習1

	1莫耳碳原子[C]
原子量	12
質量	12公克
原子總數	6×10^{23}個
單一原子質量	12公克÷ (6×10^{23})個

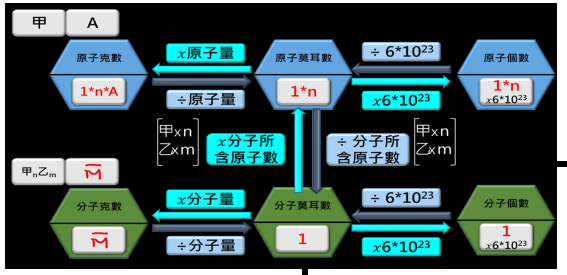
C 有1莫耳

↓

C 有6×10^{23}個

↓

C 有12公克



題目練習2

	5莫耳氫原子[H]
原子量	1
質量	5公克
原子總數	$5\times6\times10^{23}$個
單一原子質量	1公克÷ (6×10^{23})個

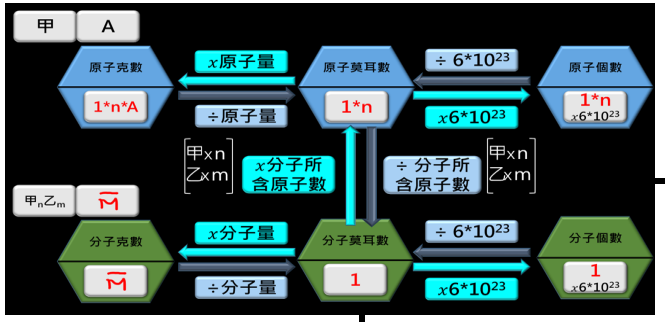
H 有**5**莫耳

↓

H 有**$5\times6\times10^{23}$**個

↓

H 有**5**公克



題目練習3

	2莫耳氧氣分子[O_2]
分子量	32
質量	64公克
分子總數	12×10^{23}個
原子莫耳數	4莫耳
原子總數	24×10^{23}個

有**2**莫耳

↓

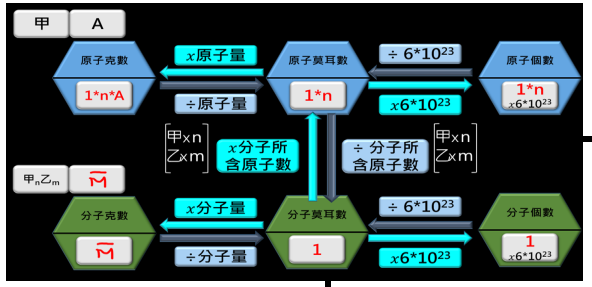
有**2×6×10²³**個

↓

有**2×2×6×10²³**個

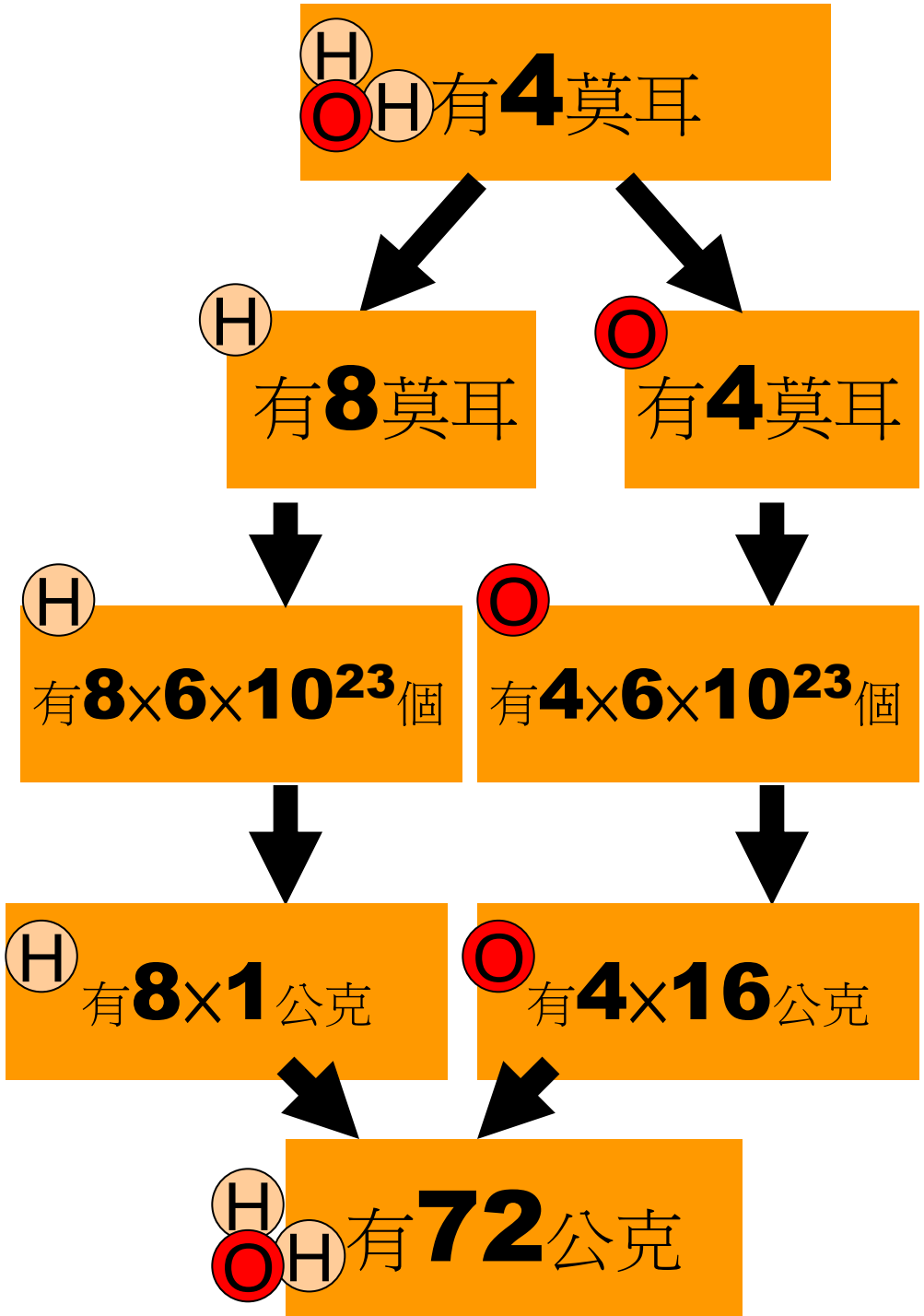
↓

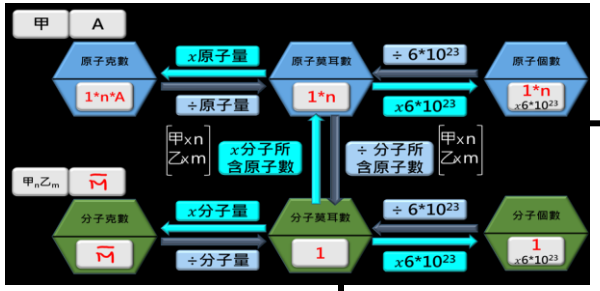
有**32×2**公克



題目練習4

	4莫耳水分子 H_2O
分子量	18
質量	72公克
分子總數	$24x10^{23}$個
各原子莫耳數	H:8莫耳 O:4莫耳
各原子總數	H:$48x10^{23}$個 O:$24x10^{23}$個
原子總數	$72x10^{23}$個





題目練習5

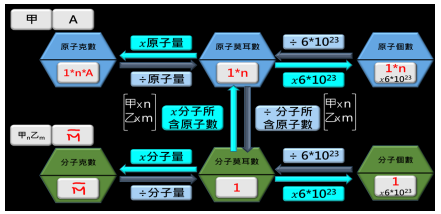
0.5莫耳葡萄糖分子

C 6 H 12 O 6

有0.5莫耳

	C	H	O
分子量			
質量			
分子總數			
各原子莫耳數	有6×0.5莫耳	有12×0.5莫耳	有6×0.5莫耳
各原子總數	有6×0.5×6×10²³個	有12×0.5×6×10²³個	有6×0.5×6×10²³個
各原子質量	有12×6×0.5公克	有1×6公克	有16×3公克
原子總數			

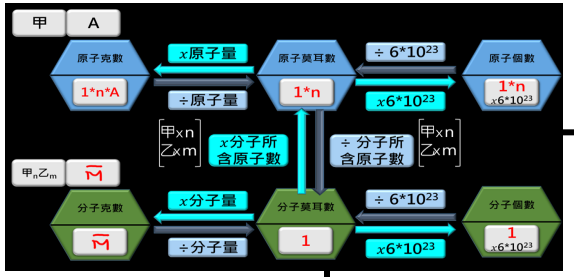
原子量



題目範例1

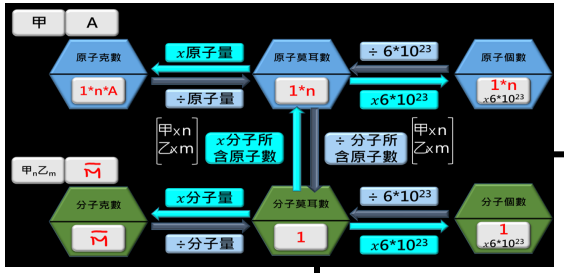
氧原子	O
原子量	16
1莫耳重	16公克
1莫耳多少氧原子	6×10^{23}個

氧氣分子	O_2
分子量	32
1莫耳重	32公克
1莫耳多少氧分子	6×10^{23}個
含有多少氧原子	12×10^{23}個



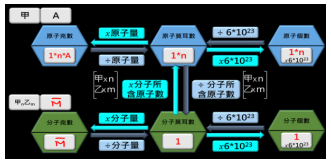
題目範例2

葡萄糖		$C_6H_{12}O_6$	
分子量	180	碳原子	[6]莫耳 [72]公克
1莫耳重	180公克	氫原子	[12]莫耳 [12]公克
1莫耳多少分子	6×10^{23}個	氧原子	[6]莫耳 [96]公克
90公克多少莫耳	0.5莫耳	原子總數	[24]莫耳



題目範例3

醋酸		CH_3COOH	
分子量	60	碳原子	[2]莫耳 [24]公克
1莫耳重	60公克	氫原子	[4]莫耳 [4]公克
1莫耳多少分子	6×10^{23}個	氧原子	[2]莫耳 [32]公克
6公克多少莫耳	0.1莫耳	原子總數	[8]莫耳



氧原子O (原子量16)

1 莫耳氧原子

= 6×10^{23} 個氧原子

= 16 g氧原子

6 莫耳氧原子

= 3.6×10^{24} 個氧原子

= 96 g氧原子

0.5 莫耳氧原子

= 3×10^{23} 個氧原子

= 8 g氧原子

原子量 16

1莫耳=

6×10^{23}個

質量 16 g

O_2分子量 32

1莫耳=

6×10^{23}個 O_2

質量 32 g

氧氣分子O_2 (原子量32)

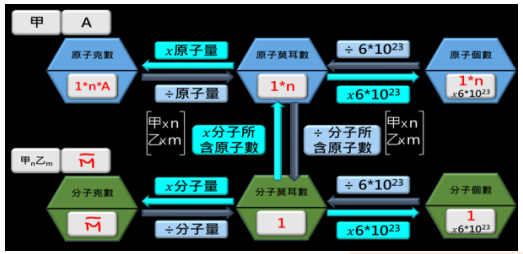
5 莫耳 O_2
160 g
30×10^{23} 個
10 莫耳O原子
6.4 g O_2
0.2 莫耳
1.2×10^{23} 個
0.4 莫耳O原子

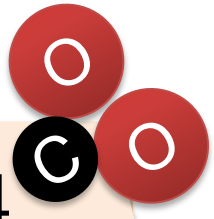
O_2分子有 1 莫耳

=O_2分子有 6×10^{23} 個

O原子有 2 莫耳

=O原子有 12×10^{23} 個





分子量 44

1 莫耳(mole)

$$\begin{bmatrix} C \times 1 \\ O \times 2 \end{bmatrix}$$

6×10^{23}個 CO_2

質量 44 g

Test 1莫耳的CO_2

質量為 44 g分子

內含...

C原子 1 莫耳

6×10^{23} 個

12 g

O原子 2 莫耳

12×10^{23} 個

32 g

原子總數 3 莫耳

18×10^{23} 個

44 g

Test

1.2×10^{23} CO_2分子

含有 0.2 mole分子

重 8.8 g

內含...

C原子 0.2 莫耳

1.2×10^{23} 個

2.4 g

O原子 0.4 莫耳

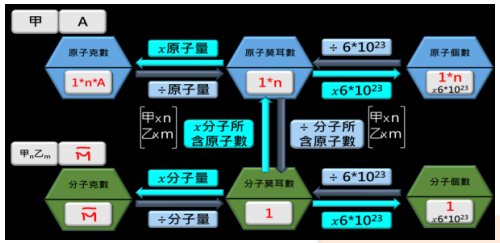
2.4×10^{23} 個

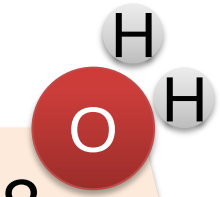
6.4 g

原子總數 0.6 莫耳

3.6×10^{23} 個

8.8 g





分子量 18

1 莫耳(mole)

$$\begin{bmatrix} H \times 2 \\ O \times 1 \end{bmatrix}$$

質量 18 g

Test 1莫耳的H_2O

質量為 18 g分子

內含...

H原子 2 莫耳

$12x10^{23}$ 個

2 g

O原子 1 莫耳

$6x10^{23}$ 個

16 g

原子總數 3 莫耳

$18x10^{23}$ 個

18 g

Test

$1.8x10^{24}$ H_2O分子

含有 3 mole分子

重 54 g

內含...

H原子 6 莫耳

$36x10^{23}$ 個

6 g

O原子 3 莫耳

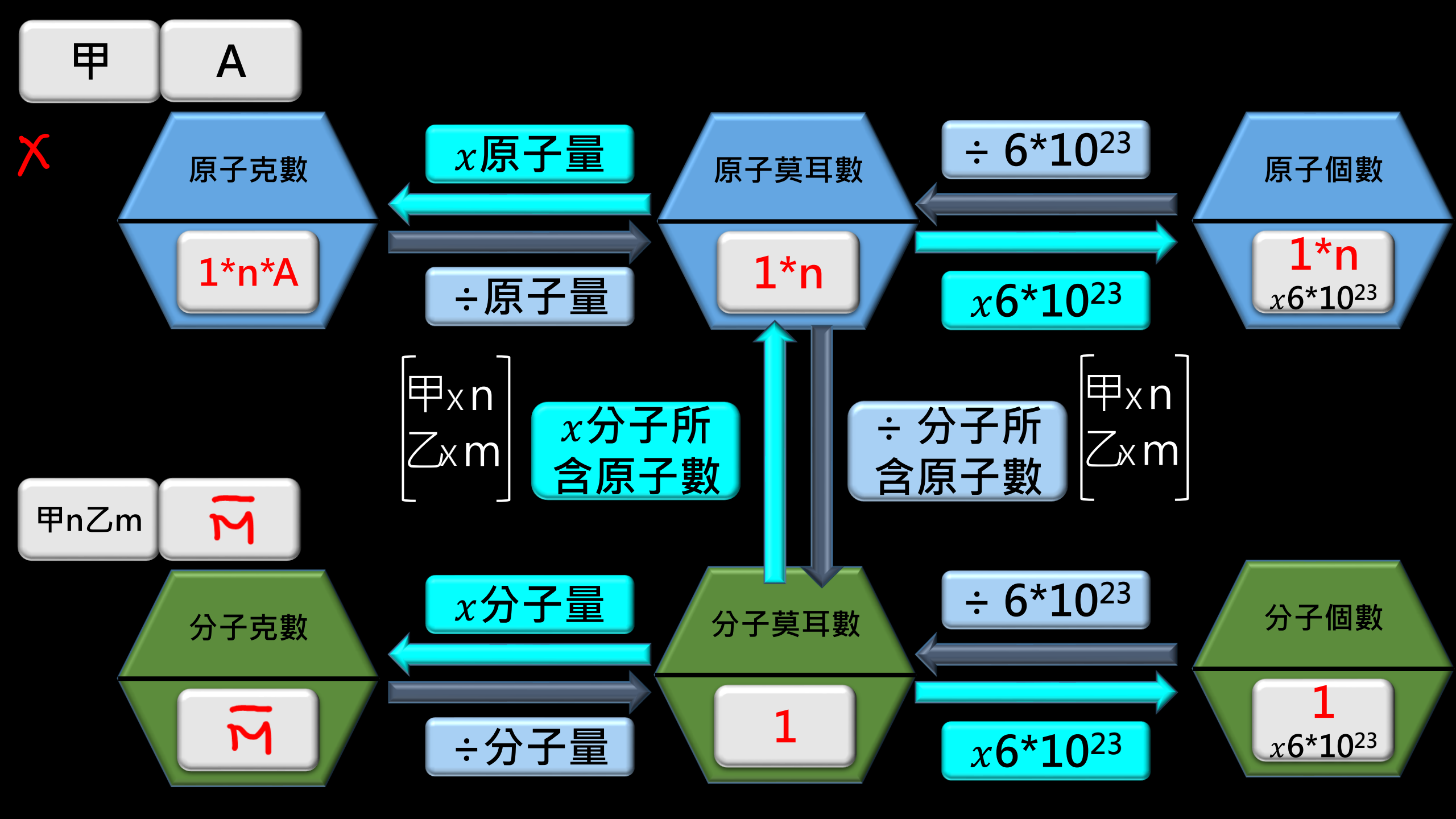
$18x10^{23}$ 個

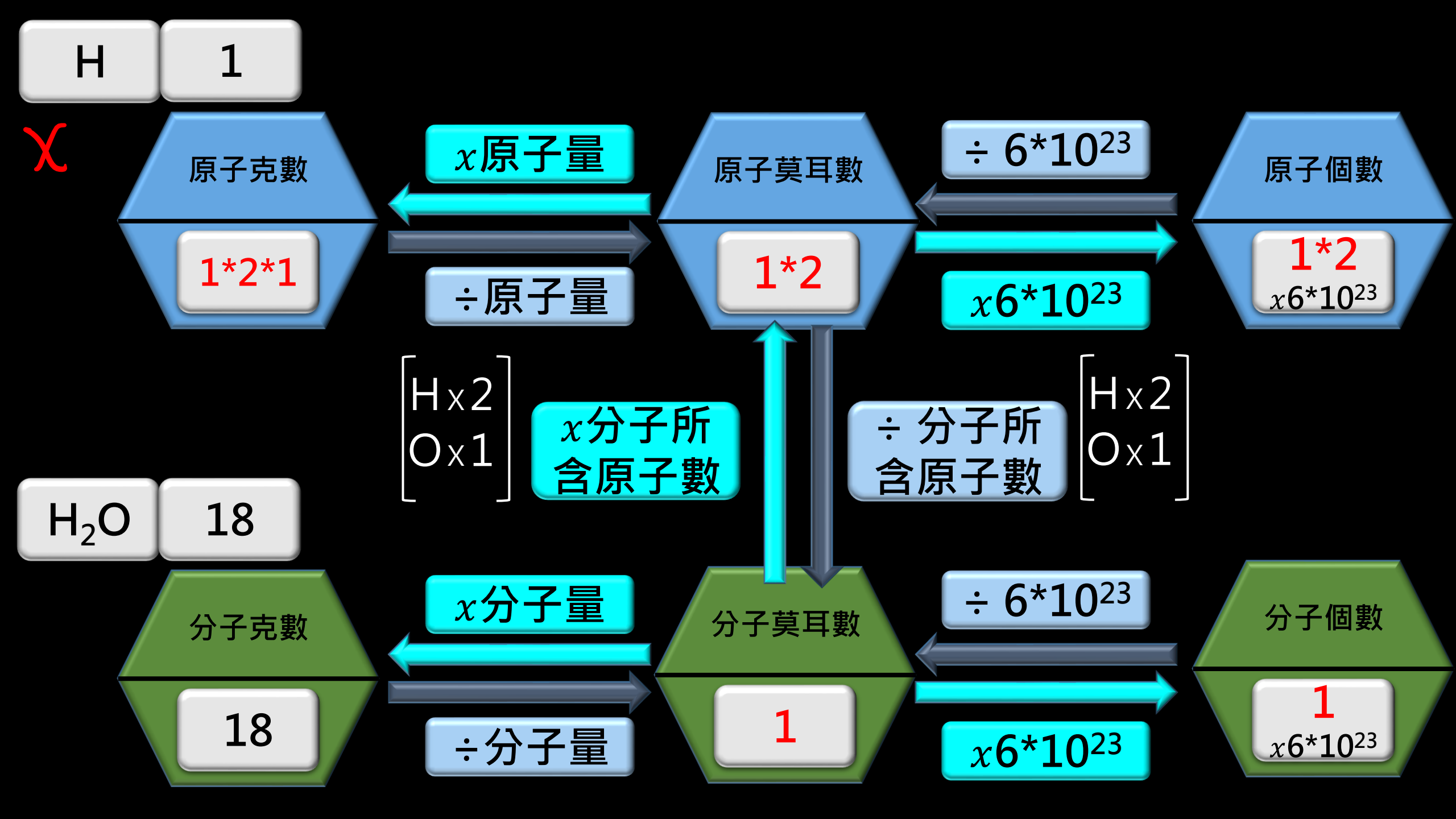
48 g

原子總數 9 莫耳

$5.4x10^{24}$ 個

54 g


甲
A
X
原子克數
1*n*A
x原子量
÷原子量
原子莫耳數
1*n
÷ 6*10²³
x6*10²³
原子個數
1*n
x6*10²³
甲xn
乙xm
x分子所含原子數
÷ 分子所含原子數
甲xn
乙xm
甲n乙m
M
分子克數
M
x分子量
÷分子量
分子莫耳數
1
÷ 6*10²³
x6*10²³
分子個數
1
x6*10²³


H
1
χ
原子克數
1*2*1
x原子量
÷原子量
原子莫耳數
1*2
÷ 6*10²³
x6*10²³
原子個數
1*2
x6*10²³
[H x2
O x1]
x分子所含原子數
÷ 分子所含原子數
[H x2
O x1]
H₂O
18
分子克數
18
x分子量
÷分子量
分子莫耳數
1
÷ 6*10²³
x6*10²³
分子個數
1
x6*10²³

氫 H | 1

X

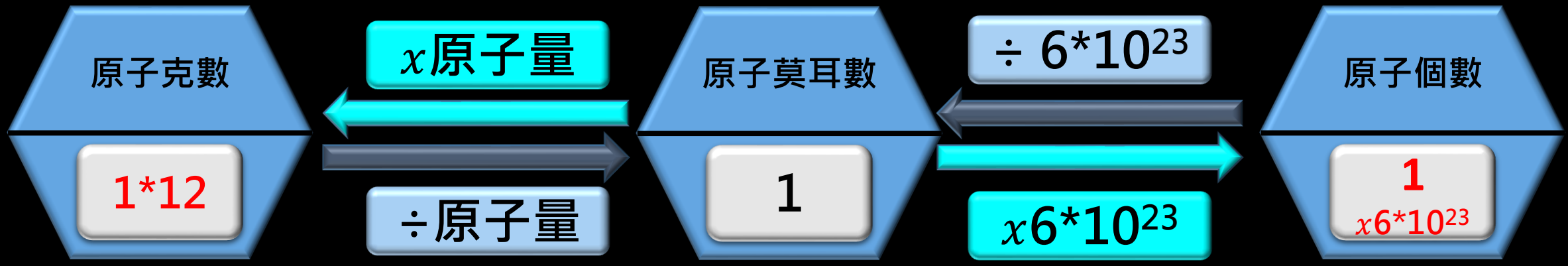

原子克數
1
x原子量
÷原子量
原子莫耳數
1
÷ 6*10²³
x6*10²³
原子個數
1
x6*10²³

氫 H | 1

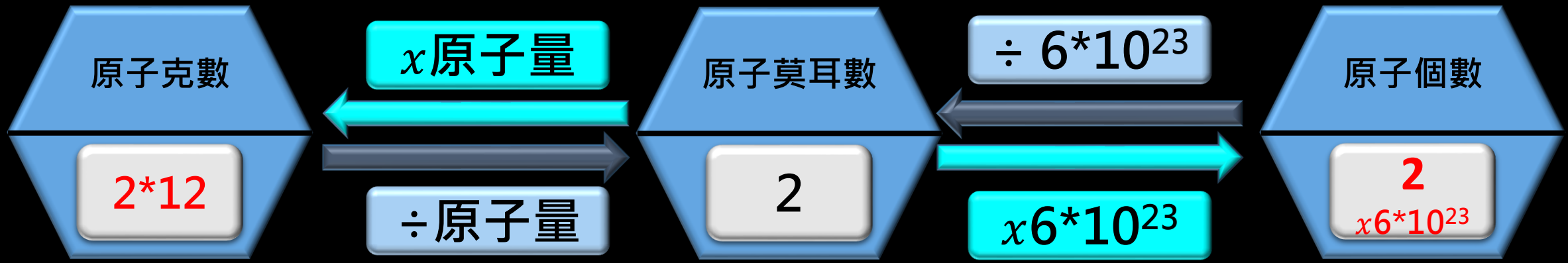

原子克數
10
x原子量
÷原子量
原子莫耳數
10
÷ 6*10²³
x6*10²³
原子個數
10
x6*10²³

碳 C | 12

X


原子克數
1*12
x原子量
÷原子量
原子莫耳數
1
÷ 6*10²³
x6*10²³
原子個數
1
x6*10²³

碳 C | 12


原子克數
2*12
x原子量
÷原子量
原子莫耳數
2
÷ 6*10²³
x6*10²³
原子個數
2
x6*10²³

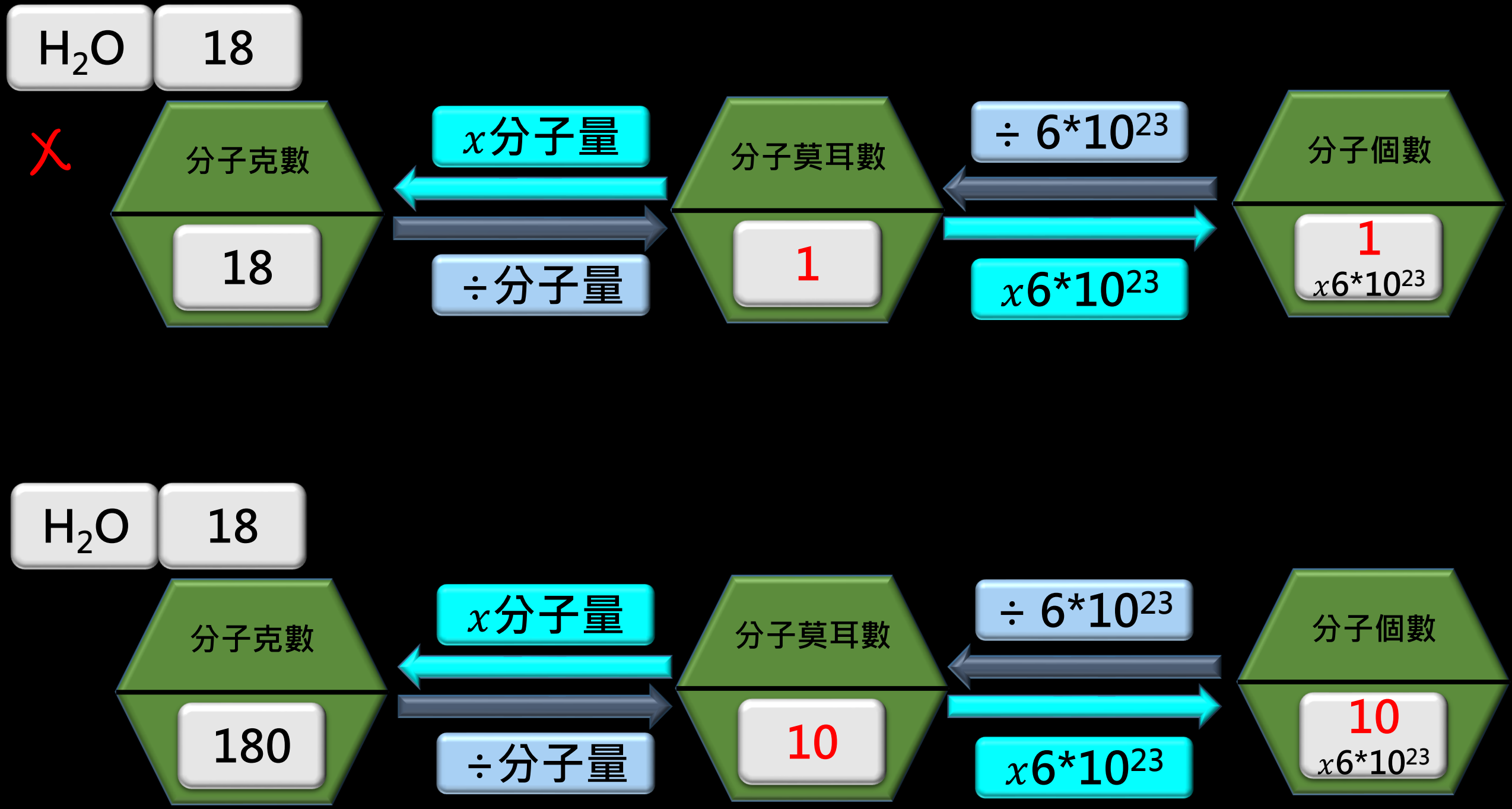
氧 O | 16

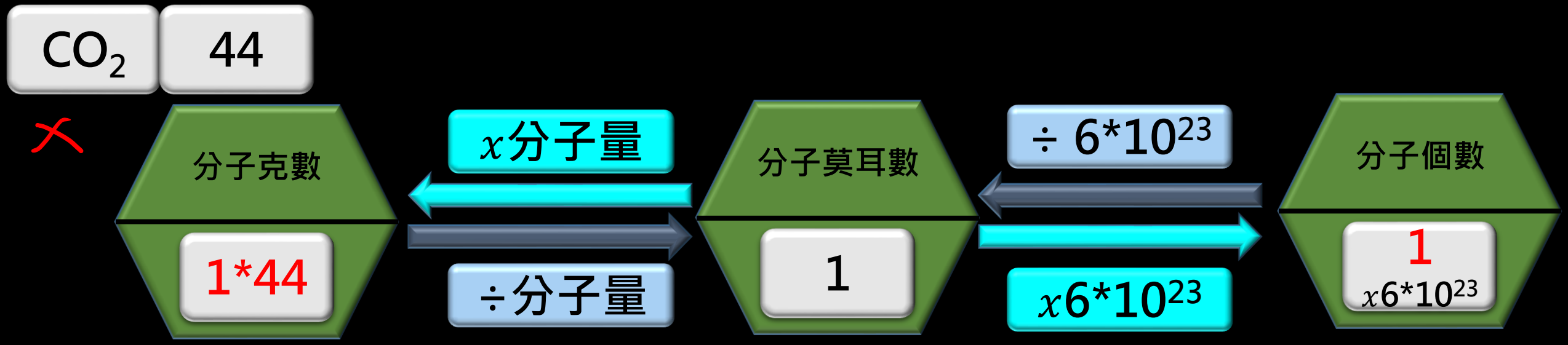
X

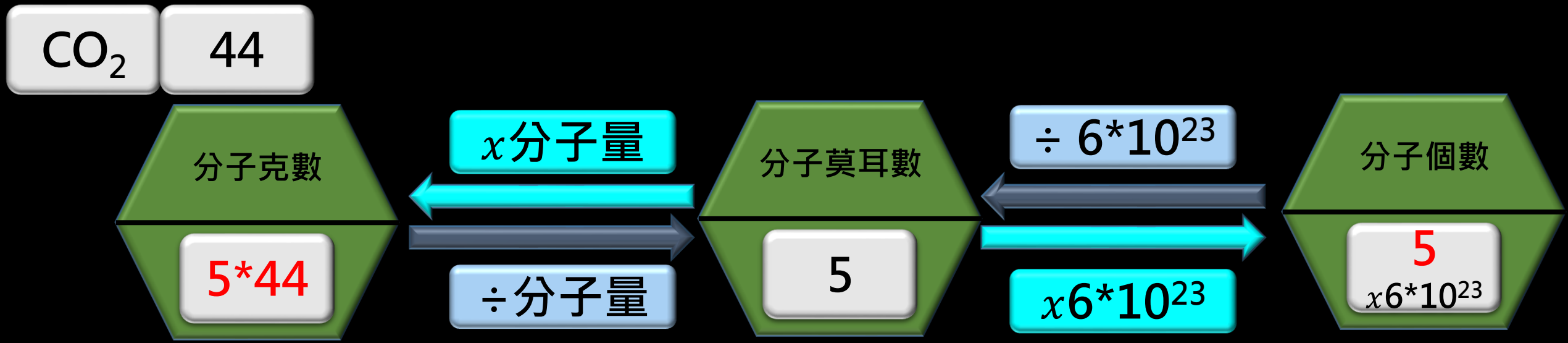

原子克數
1*16
x原子量
÷原子量
原子莫耳數
1
÷ 6*10²³
x6*10²³
原子個數
1
x6*10²³

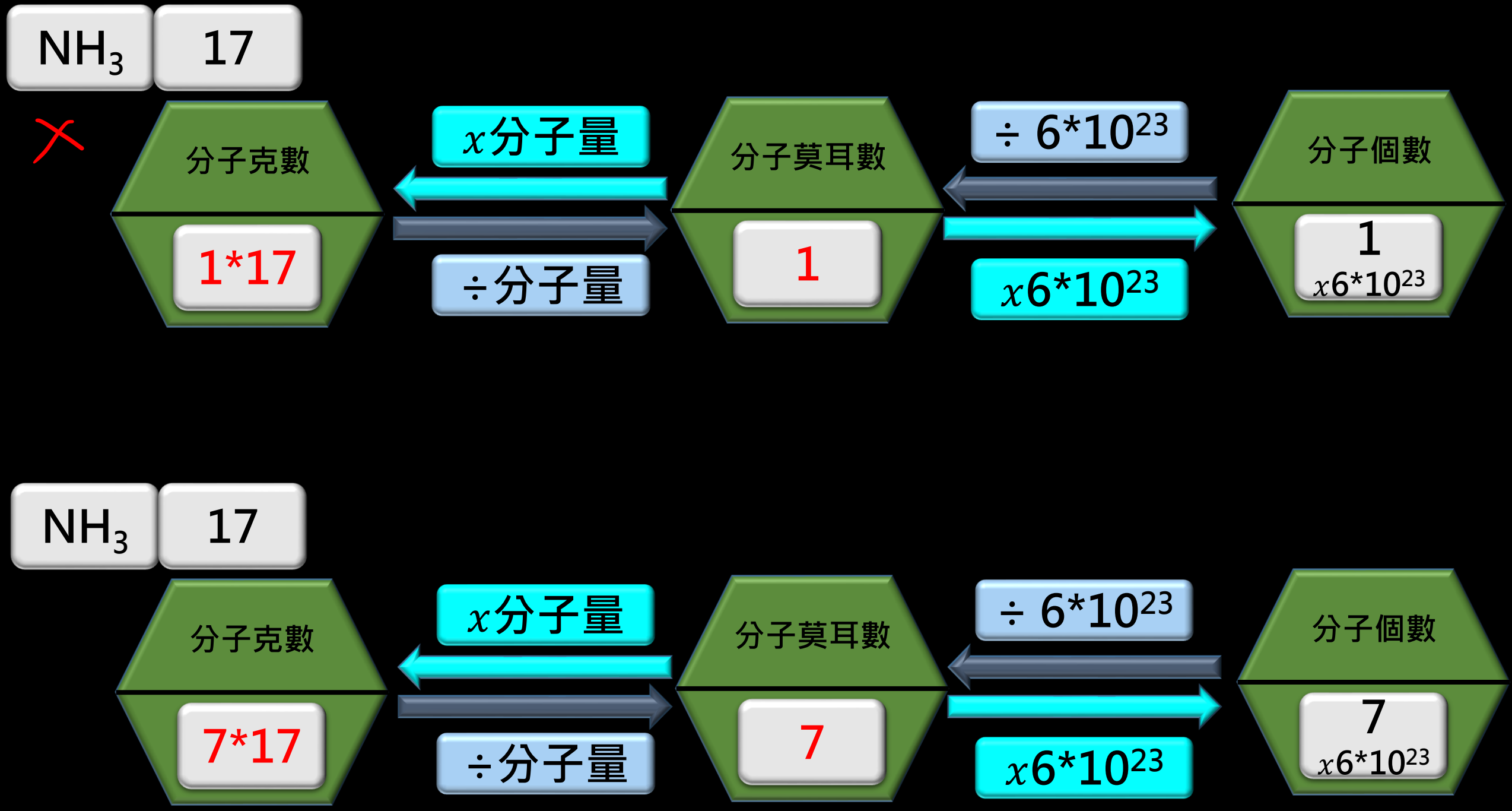
氧 O | 16

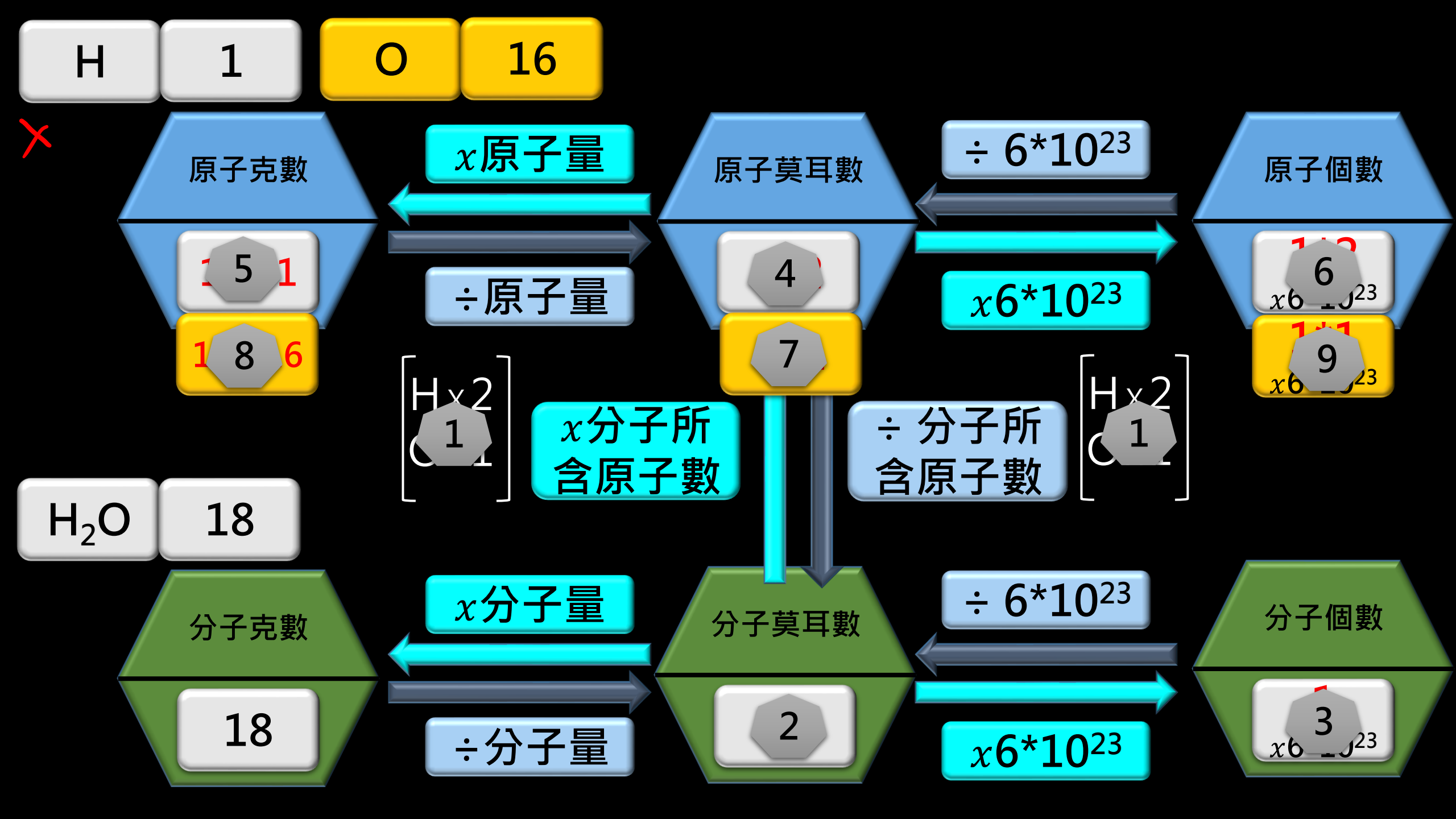

原子克數
10*16
x原子量
÷原子量
原子莫耳數
10
÷ 6*10²³
x6*10²³
原子個數
10
x6*10²³


H_2O
18
X
分子克數
18
x分子量
÷分子量
分子莫耳數
1
÷ 6*10²³
x6*10²³
分子個數
1
x6*10²³
H_2O
18
分子克數
180
x分子量
÷分子量
分子莫耳數
10
÷ 6*10²³
x6*10²³
分子個數
10
x6*10²³


CO_2
44
分子克數
1*44
x分子量
÷分子量
分子莫耳數
1
÷ 6*10²³
x6*10²³
分子個數
1
x6*10²³


CO_2
44
分子克數
5*44
x分子量
÷分子量
分子莫耳數
5
÷ 6*10²³
x6*10²³
分子個數
5
x6*10²³


NH_3
17
分子克數
1*17
x分子量
÷分子量
分子莫耳數
1
÷ 6*10²³
x6*10²³
分子個數
1
x6*10²³
NH_3
17
分子克數
7*17
x分子量
÷分子量
分子莫耳數
7
÷ 6*10²³
x6*10²³
分子個數
7
x6*10²³


H
1
O
16
原子克數
原子莫耳數
原子個數
x原子量
÷原子量
÷ 6*10²³
x6*10²³
5
4
6
8
7
9
H x 2
1
x分子所含原子數
÷ 分子所含原子數
H x 2
1
H₂O
18
分子克數
分子莫耳數
分子個數
x分子量
÷分子量
÷ 6*10²³
x6*10²³
18
2
3

(3) 莫耳數 (mole)

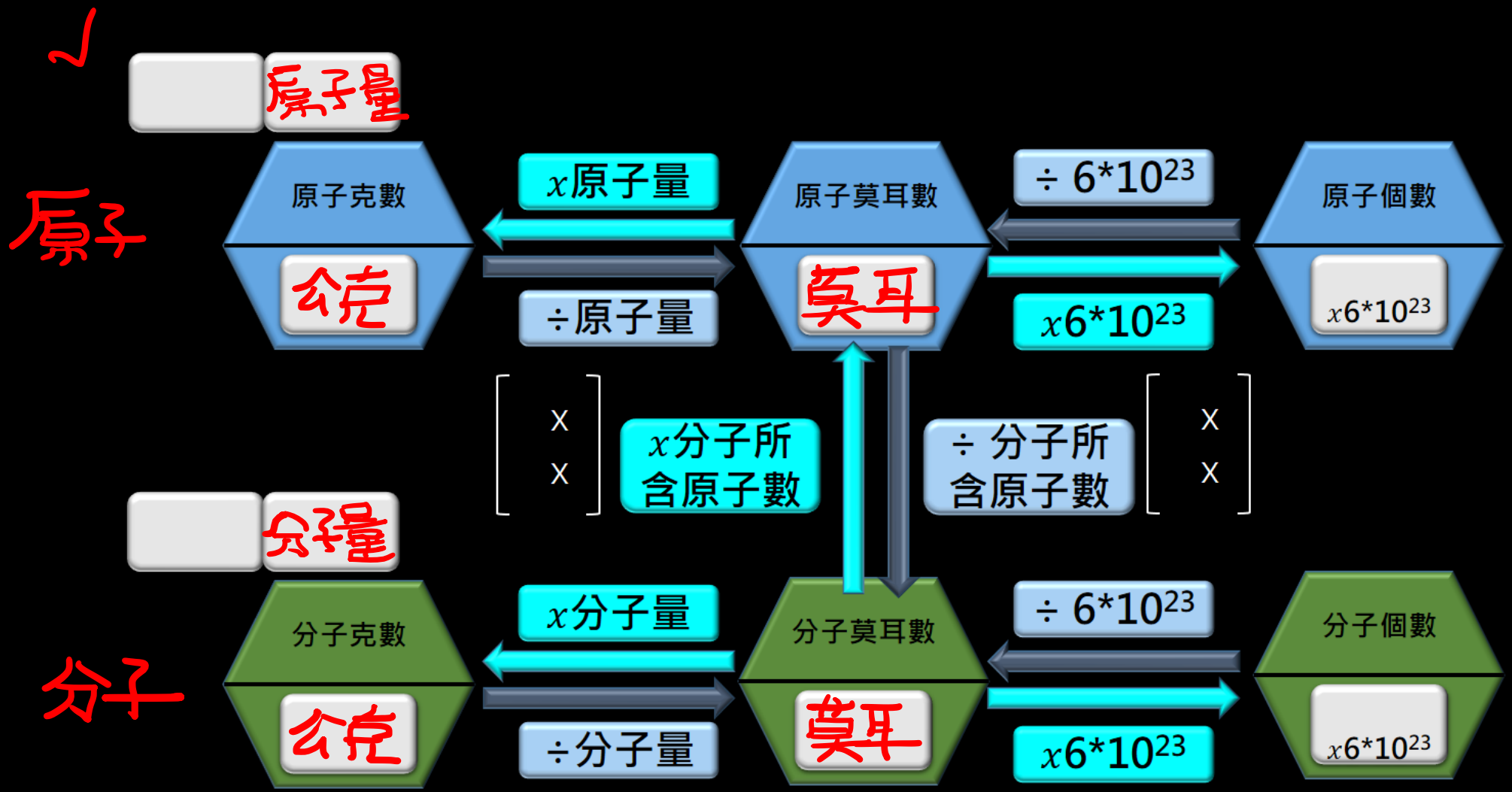
定義	科學上用來計量物質所含粒子數量的單位 (可以是電子、質子、原子、分子等)
換算	1 莫耳 = $6*10^{23}$ 個 = N_A (亞佛加厥常數)
例子	1 莫耳 CO_2 = 44 公克 = 分子量 2 莫耳 CO_2 = 88 公克
注意	莫耳是**計量單位**，可以是小數 (如：0.5 mole)，但原子、分子不會有 0.5 顆



※ 氣體莫耳體積 { 0°C，1 atm 時，理想氣體 1 莫耳 = 22.4 公升
25°C、1 atm 時，理想氣體 1 莫耳 = 24.5 公升

※ 計算時，應先將 mole 求出，再換算成其他值

(4) 莫耳數(mole) 計算


原子量
原子
原子克數
公克
x原子量
÷原子量
原子莫耳數
莫耳
÷ 6*10²³
x6*10²³
原子個數
x6*10²³
x
x
x分子所含原子數
÷ 分子所含原子數
x
x
分子量
分子
分子克數
公克
x分子量
÷分子量
分子莫耳數
莫耳
÷ 6*10²³
x6*10²³
分子個數
x6*10²³

4. 原子量、分子量與莫耳

水分子化學式為 H_2O。試問 1 個水分子：

（原子量：H = 1，C = 12，O = 16）

(1) 含有 2 種原子，分別為 H、O。

(2) 水的分子量為 18。（若有單位，請填寫）

(3) 1 莫耳的 H_2O = ____ 莫耳的氫原子 H

= ____ 莫耳的氧原子。O

(4) 72 g 的水

= ____ 莫耳的水

= ____ 莫耳的氫原子 = ____ g 的氫原子

= ____ 莫耳的氧原子 = ____ g 的氧原子

解

(1) H_2O

$\begin{bmatrix} H\times 2 \\ O\times 1 \end{bmatrix}$

(2) $\overline{M}_{H_2O} = 1+1+16 = 18$

(3) H_2O：分子

4. 原子量、分子量與莫耳

水分子化學式為 H_2O。試問 1 個水分子：

（原子量：H = 1，C = 12，O = 16）

(1) 含有 2 種原子，分別為 H、O。

(2) 水的分子量為 18。（若有單位，請填寫）

(3) 1 莫耳的 H_2O = 2 莫耳的氫原子 H

= 1 莫耳的氧原子。O

(4) 72 g 的水

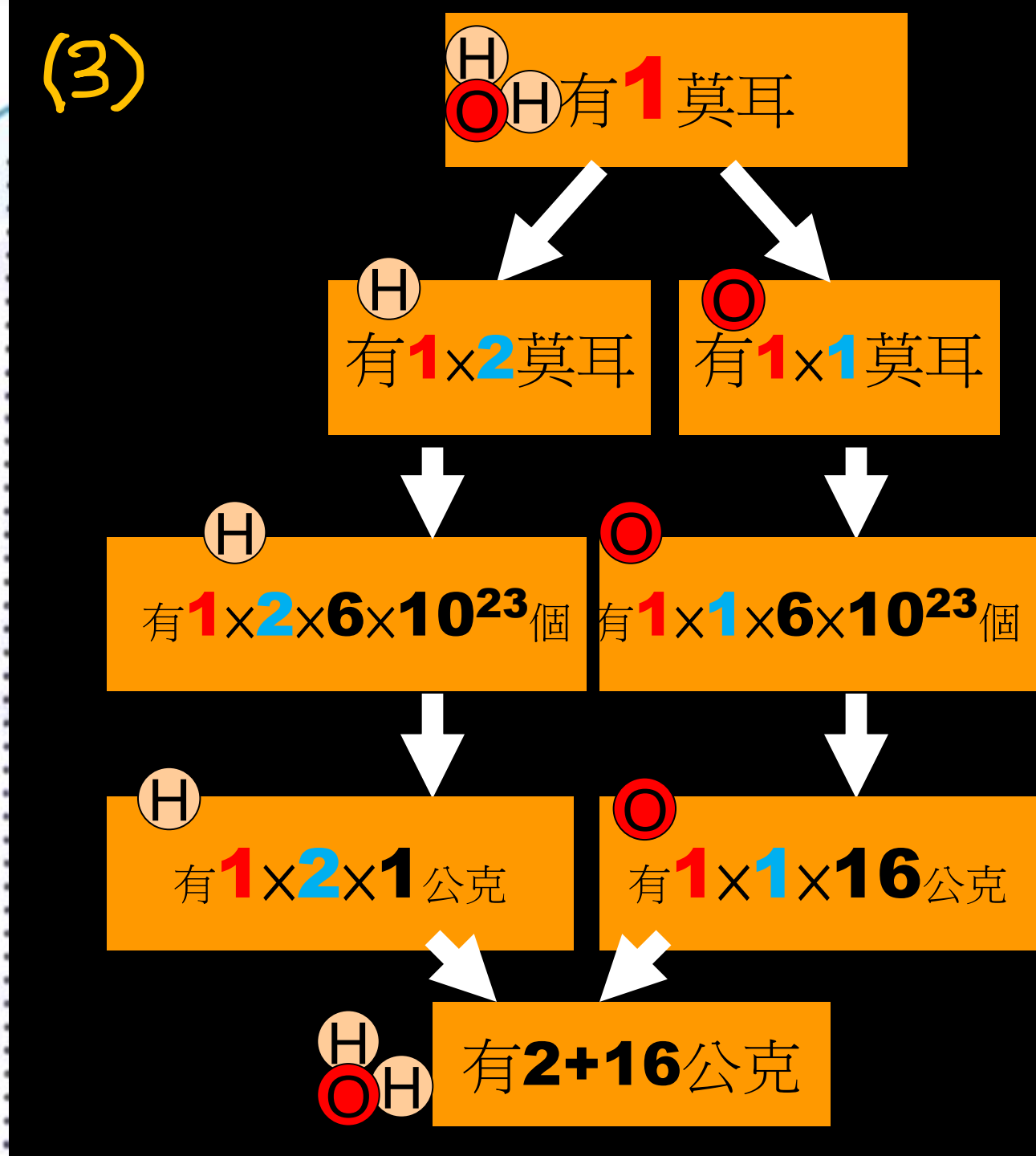
= ____ 莫耳的水

= ____ 莫耳的氫原子 = ____ g 的氫原子

= ____ 莫耳的氧原子 = ____ g 的氧原子

解

(3)



4. 原子量、分子量與莫耳

水分子化學式為 H_2O。試問 1 個水分子：

（原子量：H = 1，C = 12，O = 16）

(1) 含有 2 種原子，分別為 H、O。

(2) 水的分子量為 18。（若有單位，請填寫）

(3) 1 莫耳的 H_2O = 2 莫耳的氫原子 H

= 1 莫耳的氧原子。O

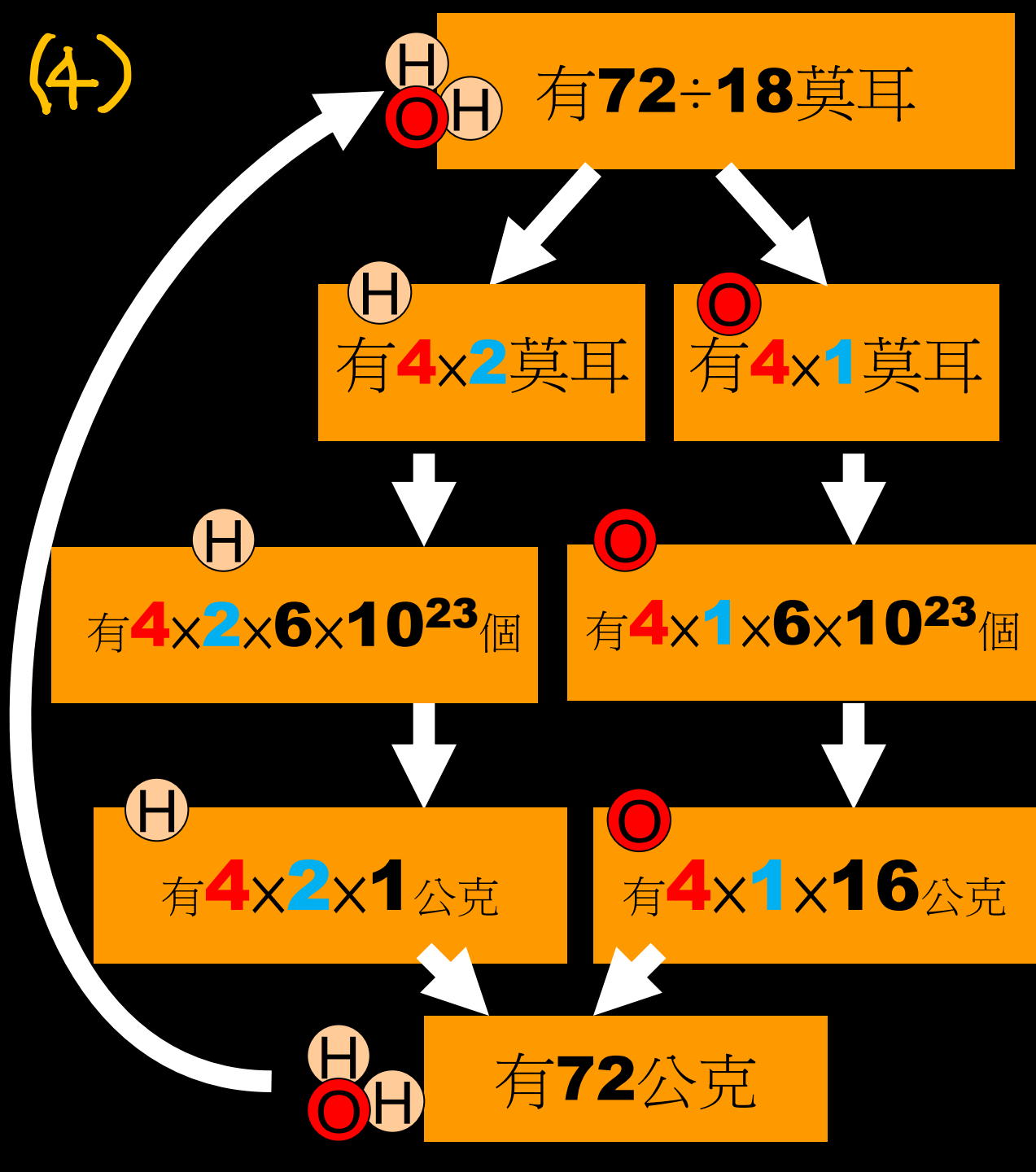
(4) 72 g 的水

= 4 莫耳的水

= 8 莫耳的氫原子 = 8 g 的氫原子

= 4 莫耳的氧原子 = 64 g 的氧原子

(4)



4. 原子量、分子量與莫耳

二氧化碳分子化學式為 CO_2。試問 1 個二氧化碳：（原子量：H = 1，C = 12，O = 16）

(1) 含有 2 種原子，分別為 C、O。

(2) 二氧化碳的分子量 = 44。（若有單位，請填寫）

(3) 1 莫耳的 CO_2

= ＿＿＿莫耳的 C = ＿＿＿g 的 C

= ＿＿＿莫耳的 O = ＿＿＿g 的 O。

= ＿＿＿＿＿個 CO_2 = ＿＿＿g 的 CO_2。

解

(2) $\bar{M}_{CO_2} = 12+16+16 = 44$

(3)

4. 原子量、分子量與莫耳

二氧化碳分子化學式為 CO_2。試問 1 個二氧化碳：（原子量：H = 1，C = 12，O = 16）

(1) 含有 2 種原子，分別為 C、O。

(2) 二氧化碳的分子量 = 44。（若有單位，請填寫）

(3) 1 莫耳的 CO_2

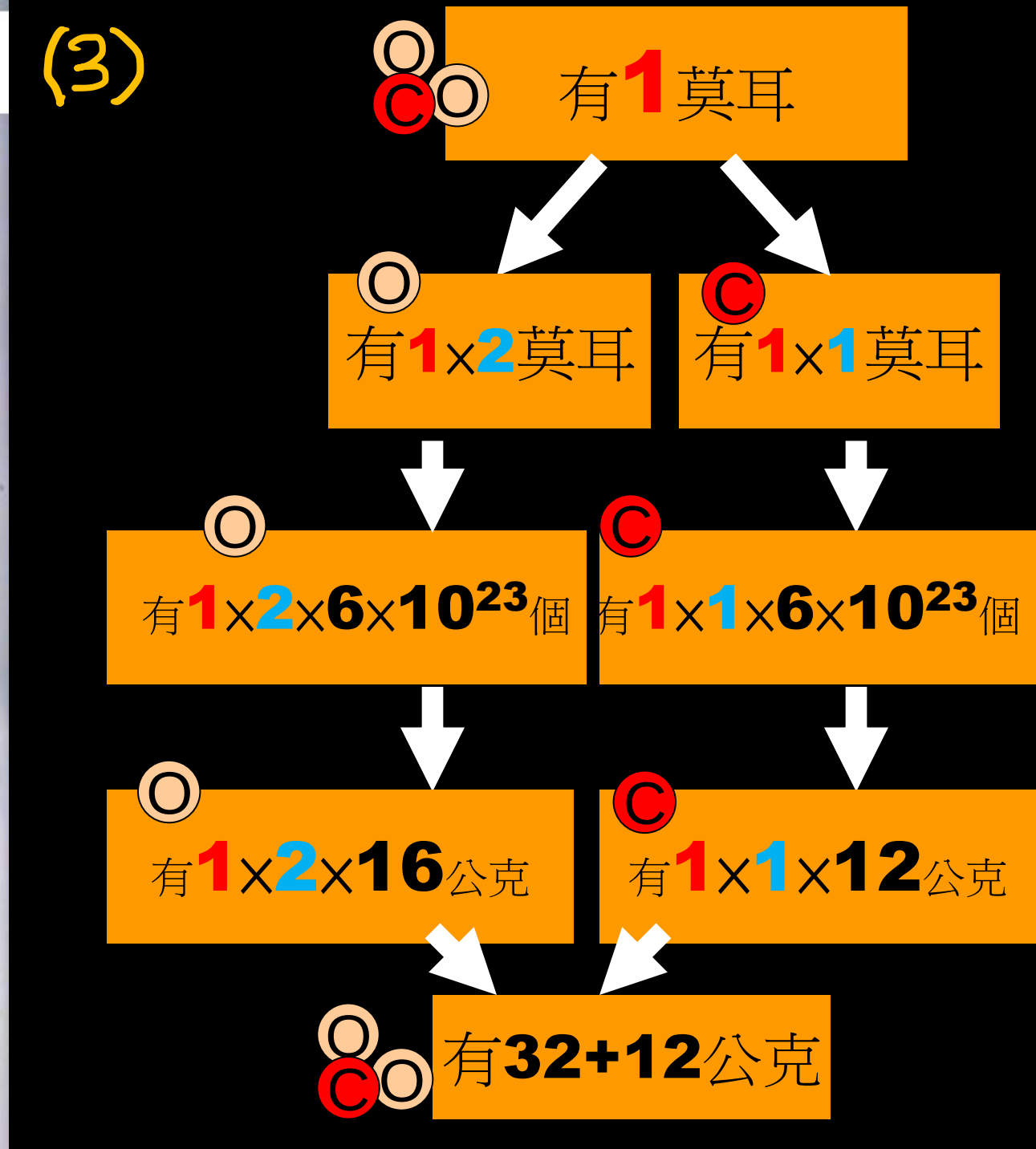
= 1 莫耳的 C = 12 g 的 C

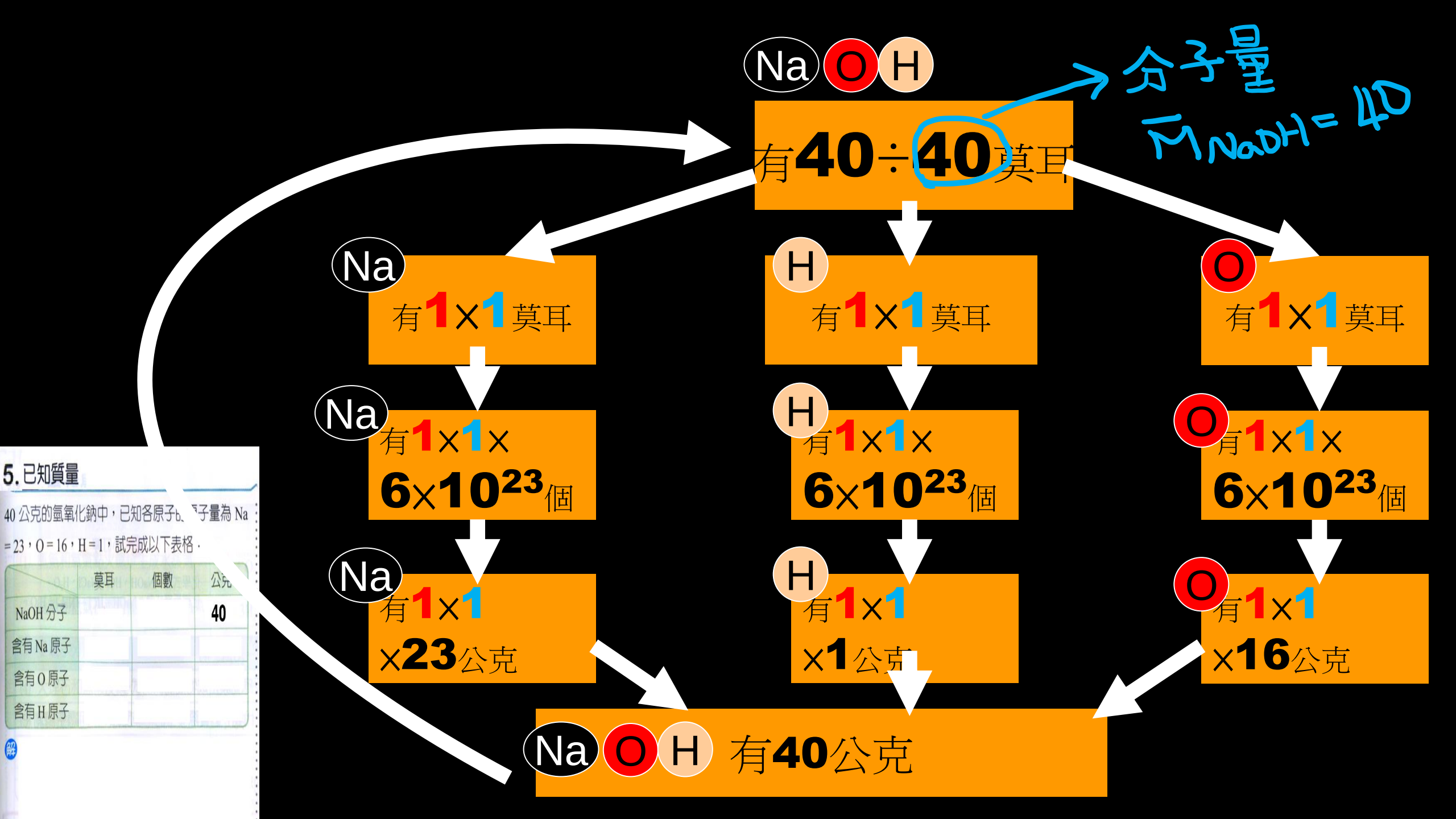
= 2 莫耳的 O = 32 g 的 O。

= 6×10^{23} 個 CO_2 = 44 g 的 CO_2。

解

(3)





5. 已知質量

40 公克的氫氧化鈉中，已知各原子的原子量為 Na = 23，O = 16，H = 1，試完成以下表格：

	莫耳	個數	公克
NaOH 分子			40
含有 Na 原子			
含有 O 原子			
含有 H 原子			

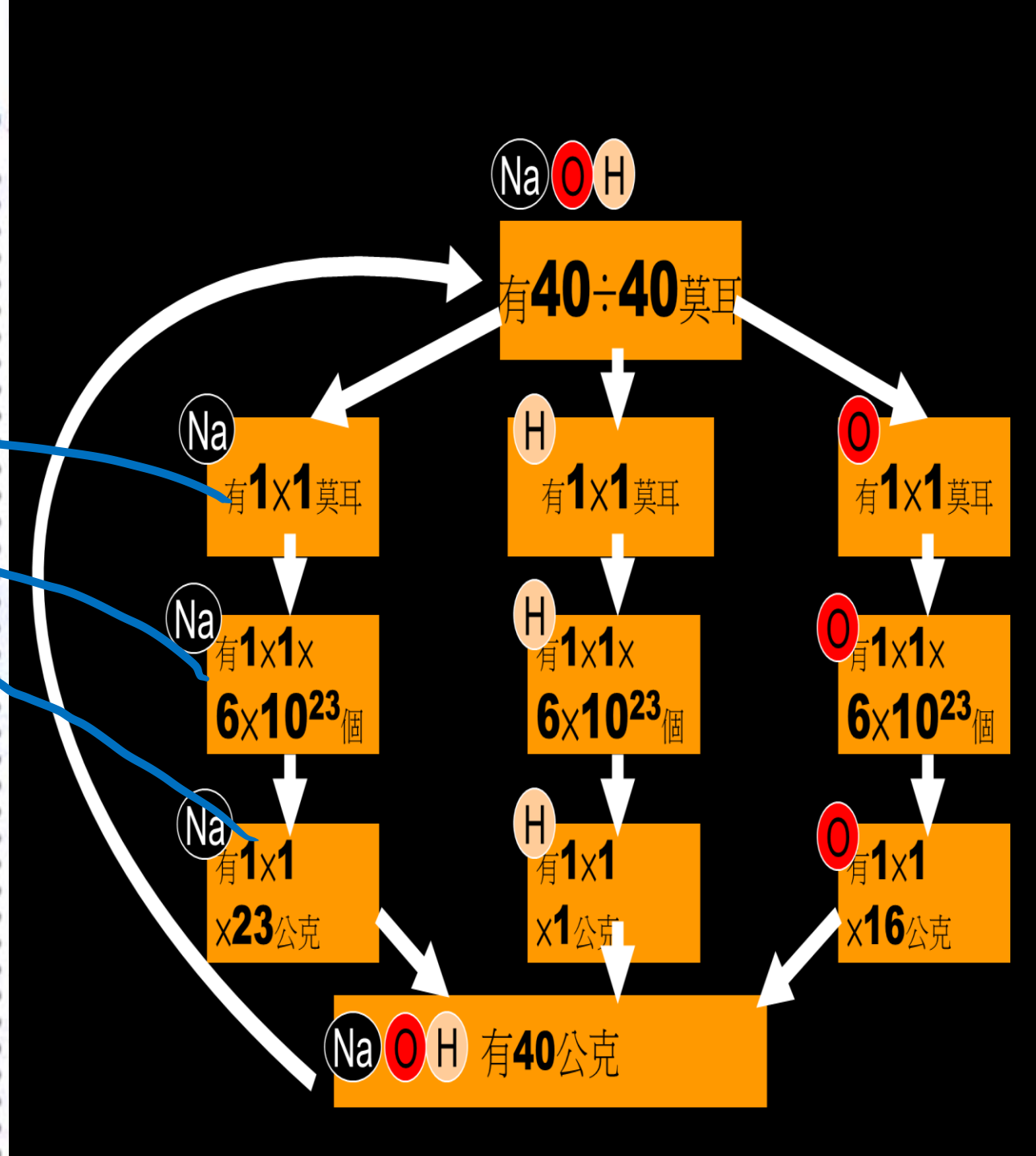
解

5. 已知質量

40 公克的氫氧化鈉中，已知各原子的原子量為 Na = 23，O = 16，H = 1，試完成以下表格：

	莫耳	個數	公克
NaOH 分子	1	6×10^{23}	40
含有 Na 原子	1	6×10^{23}	23
含有 O 原子	1	6×10^{23}	16
含有 H 原子	1	6×10^{23}	1

解

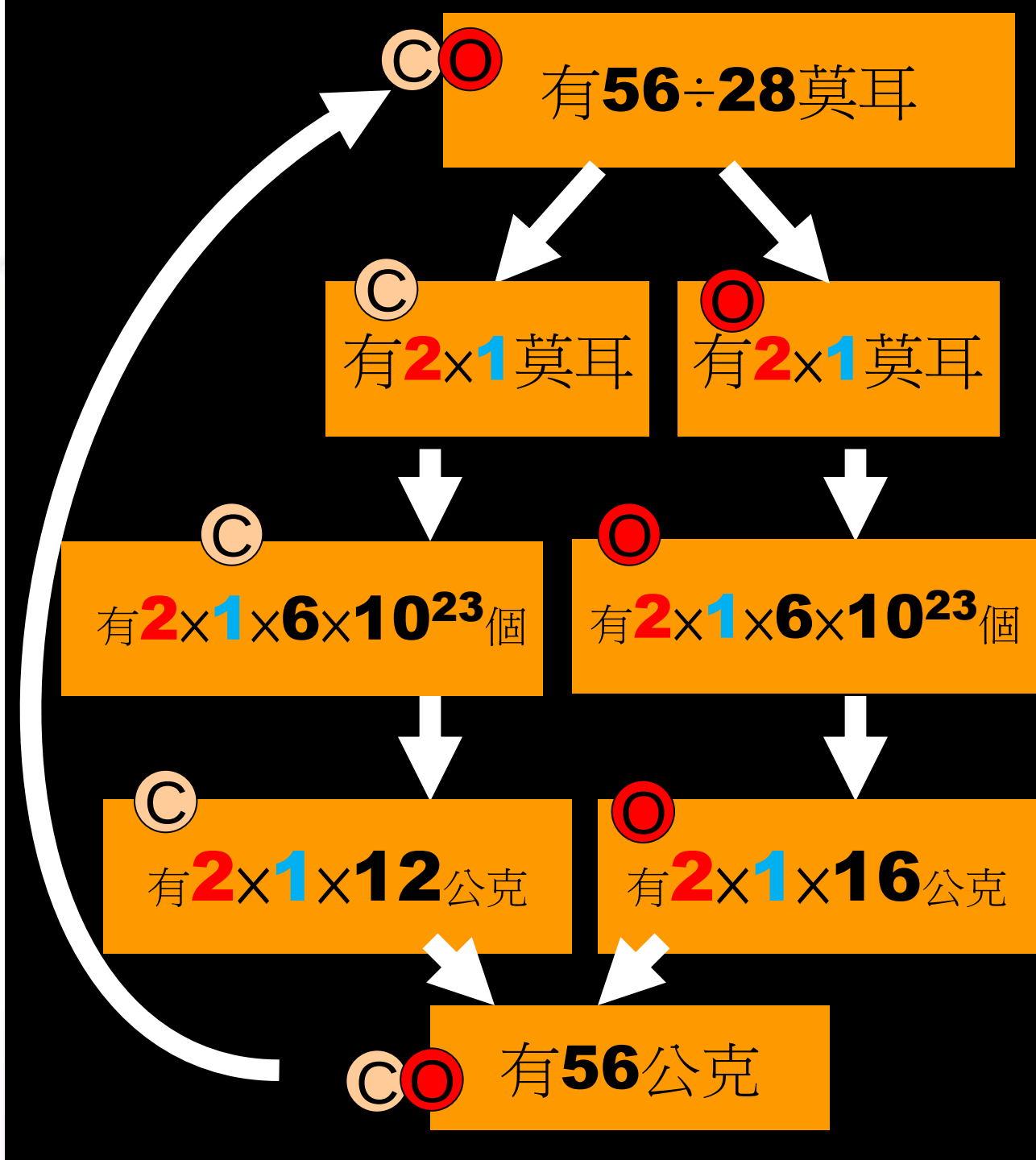


5. 已知質量

56 公克的一氧化碳中，試完成以下表格：

	莫耳	個數	公克
CO 分子	2	$2\times6\times10^{23}$	56
含有 C 原子	2	$2\times6\times10^{23}$	24
含有 O 原子	1	$1\times6\times10^{23}$	16

解

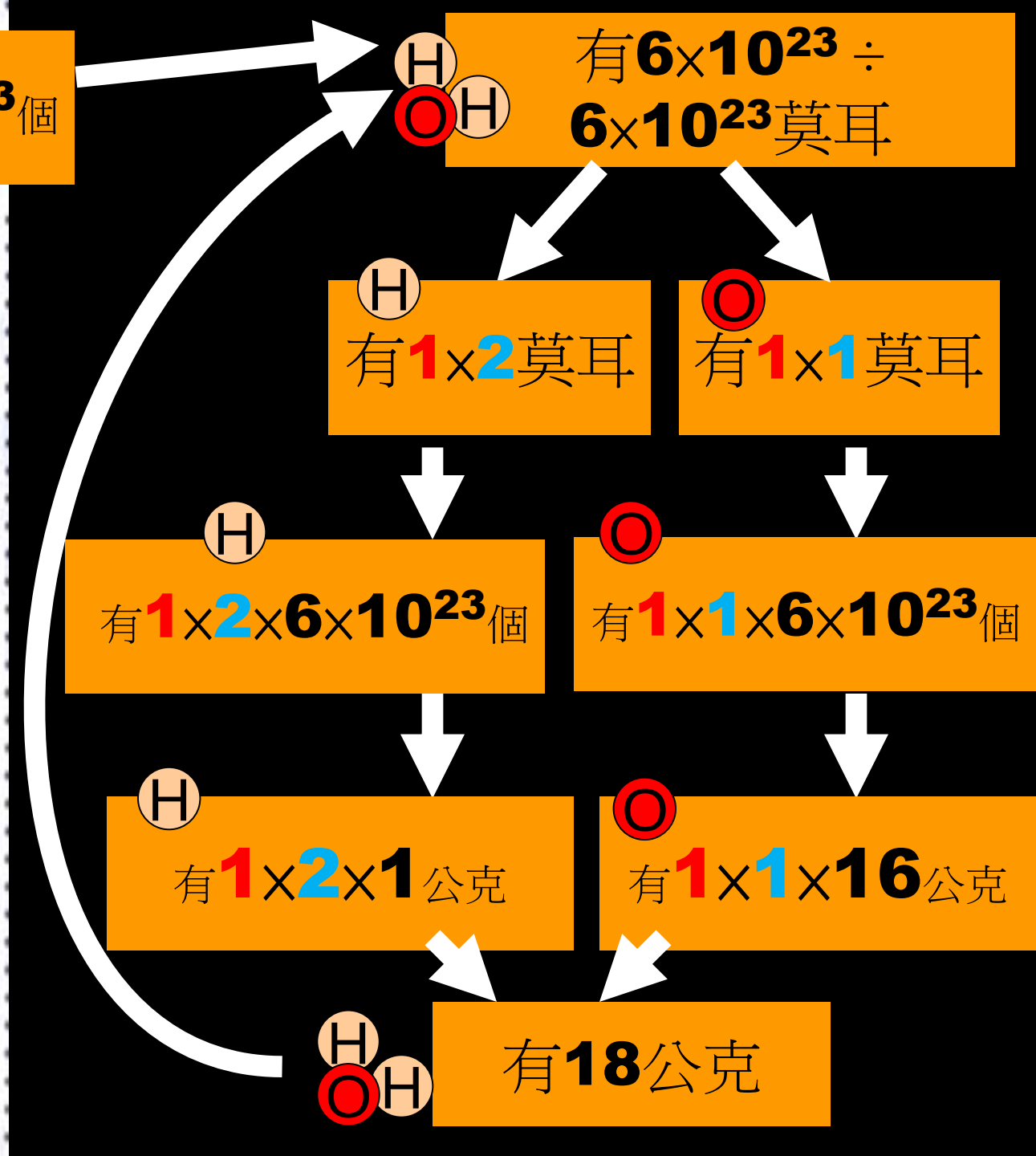


6. 已知個數

6×10^{23} 個水分子中，試完成以下表格：

	莫耳	個數	公克
H_2O 分子	1	6×10^{23}	18
含有 H 原子	2	$2 \times 6 \times 10^{23}$	2
含有 O 原子	1	$1 \times 6 \times 10^{23}$	16
原子總數	2+1	$3 \times 6 \times 10^{23}$	

解

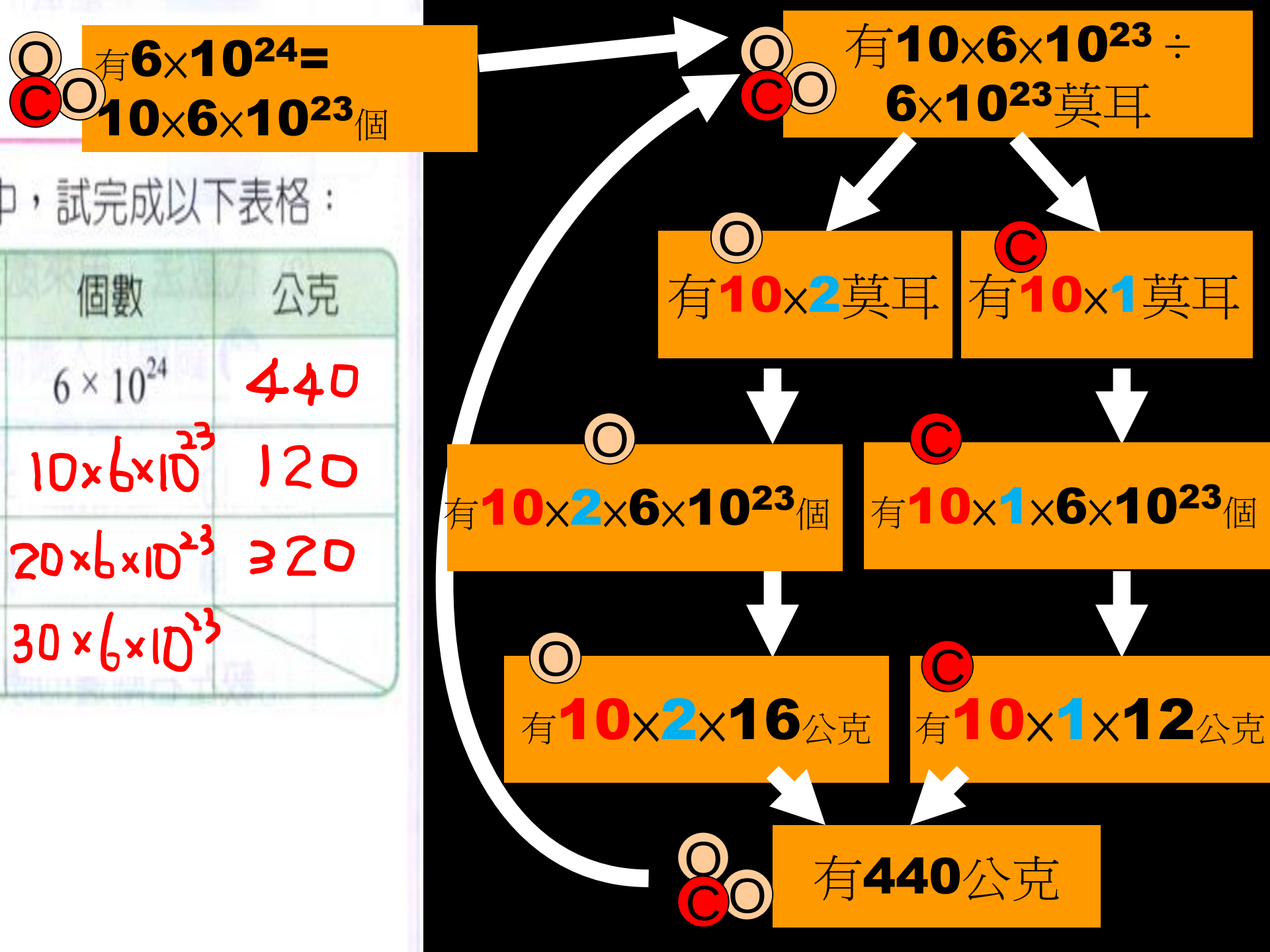


6. 已知個數

6×10^{24} 個二氧化碳分子中，試完成以下表格：

	莫耳	個數	公克
CO_2 分子	10	6×10^{24}	440
含有 C 原子	10	$10 \times 6 \times 10^{23}$	120
含有 O 原子	20	$20 \times 6 \times 10^{23}$	320
原子總數	30	$30 \times 6 \times 10^{23}$	

解



(A) 某金屬氧化物之化學式可用 $CuSO_4 \cdot nH_2O$ 表示，n為一正整數。若已知每莫耳 $CuSO_4 \cdot nH_2O$ 之質量為 250 g，則 n 為下列何者？（原子量：Cu = 64，S = 32，H = 1，O = 16）

(A) 5 (B) 4 (C) 3 (D) 2

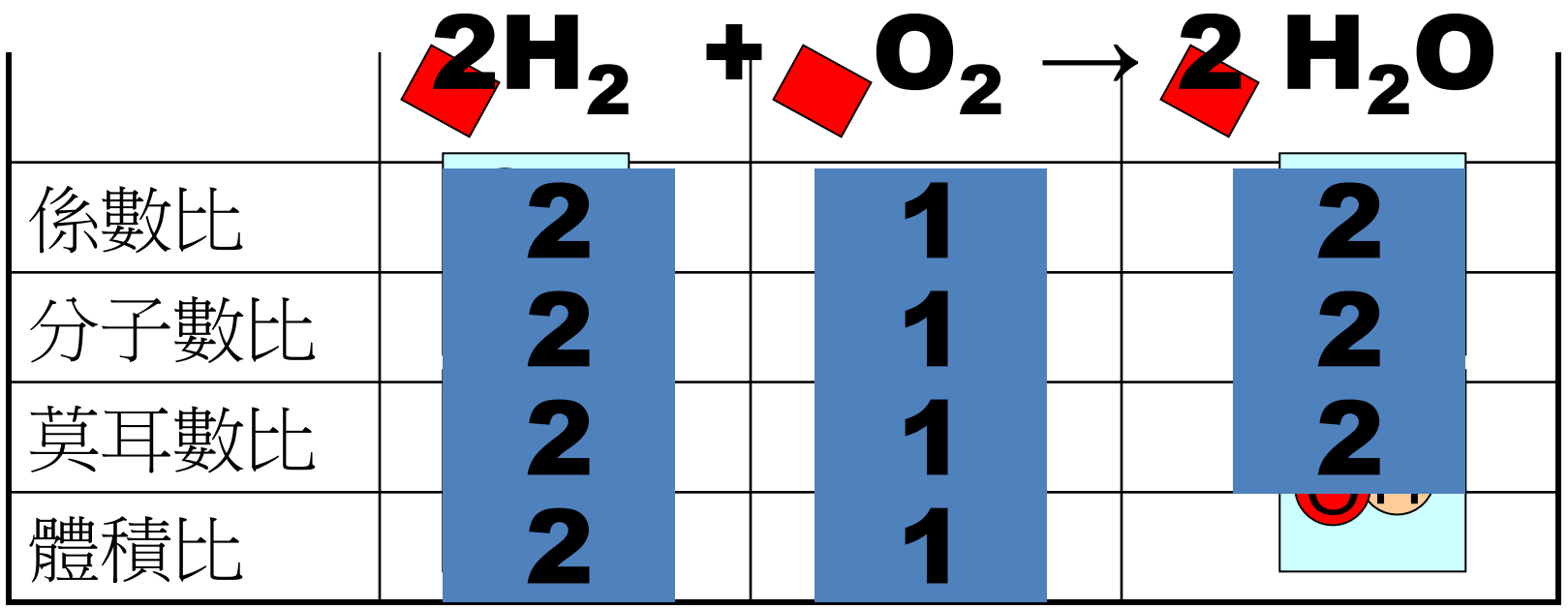
$\bar{M}_{CuSO_4 \cdot nH_2O} = 64 + 32 + (16 \times 4) + [n \times (1+1+16)] = 250$

每莫耳質量 = 分子量 ∴ $\bar{M} = 250$

∴ $n = 5$

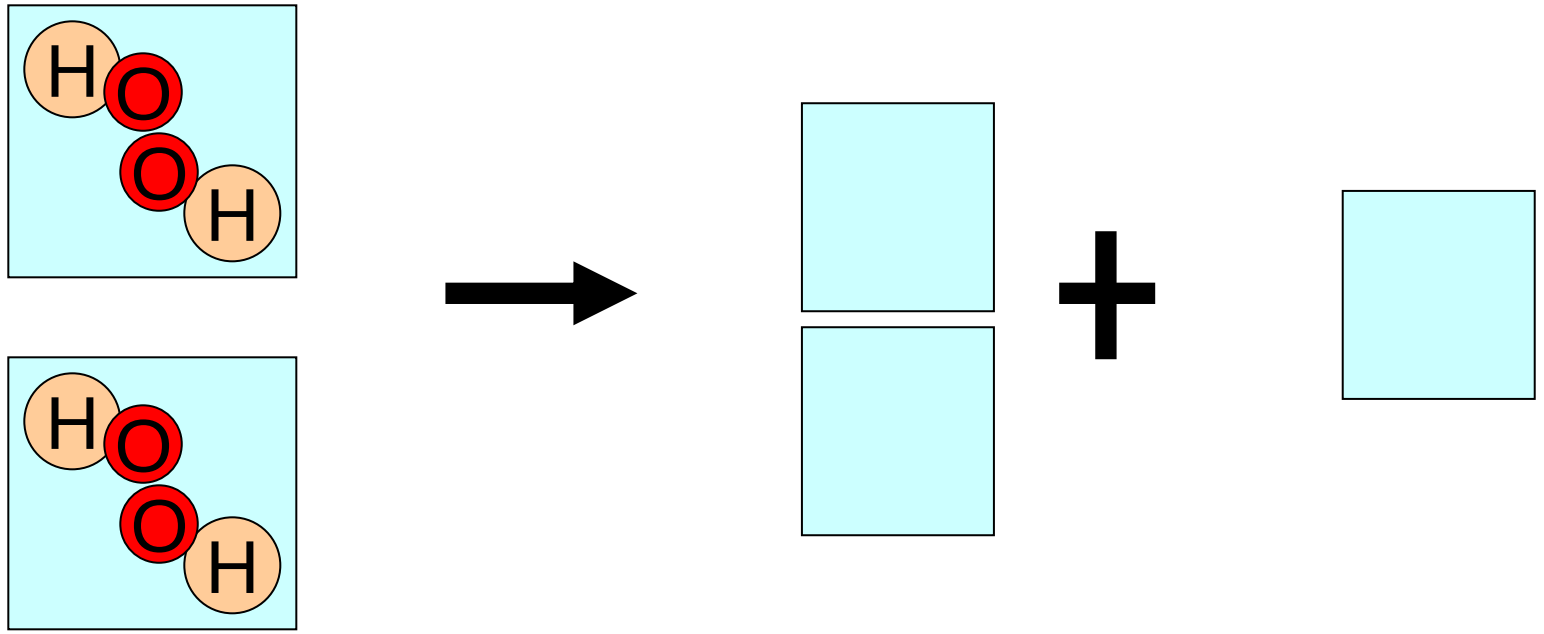
“係數” 要注意

- 係數比
- 分子數比
- 莫耳數比
- 體積比(氣體而言)



題目1

$$2H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + O_2$$



以“二氧化錳”為催化劑

題目練習1

$2H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + O_2$

	$2H_2O_2$	$2H_2O$	O_2
係數比	2	2	1
分子數比	2	2	1
莫耳數比	2	2	1
分子量	× 34	× 18	× 32
質量	= 68	= 36	= 32

範例練習1

假設雙氧水有136公克

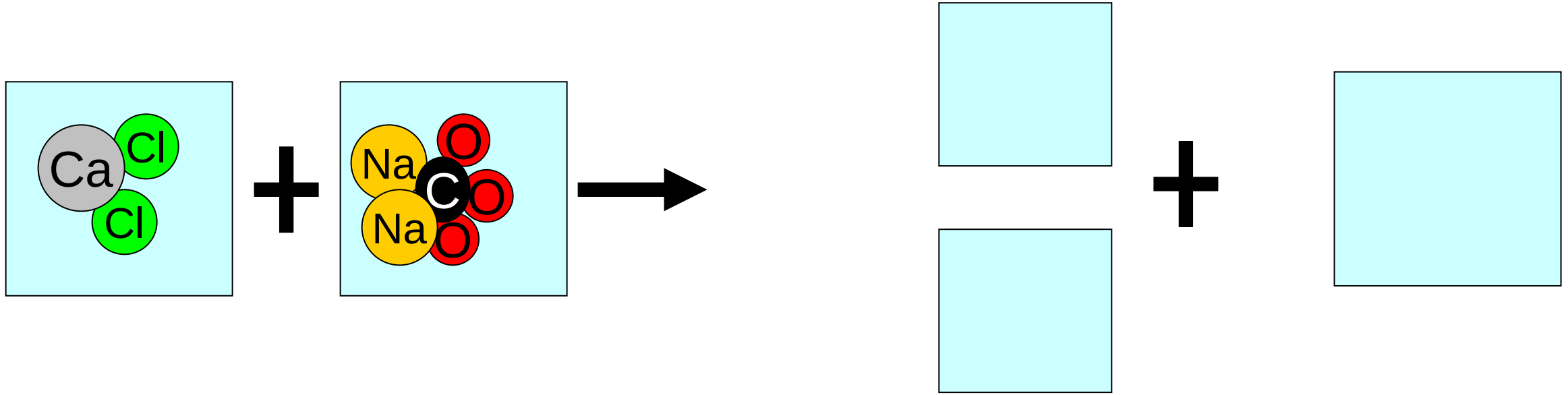
$$2H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + O_2$$

分子量	34	:	18	:	32
莫耳比	2	:	2	:	1
質量比	68	:	36	:	32
質量比	136	:	72	:	64
	4莫耳		4莫耳		2莫耳

$\frac{136}{34} = 4$

題目2

$CaCl_2 + Na_2CO_3 \rightarrow 2NaCl + CaCO_3$



$CaCO_3$碳酸鈣-白色混濁

-沉澱

-不溶於水

題目練習2

$CaCl_2 + Na_2CO_3 \rightarrow 2NaCl + CaCO_3$

係數比	1	1	2	1
分子數比	1	1	2	1
莫耳數比	1	1	2	1
分子量	111	106	58.5	100
質量	111	106	117	100

範例練習2

假設氯化鈣有120公克， 碳酸鈉有106公克

$$CaCl_2 + Na_2CO_3 \rightarrow 2NaCl + CaCO_3$$

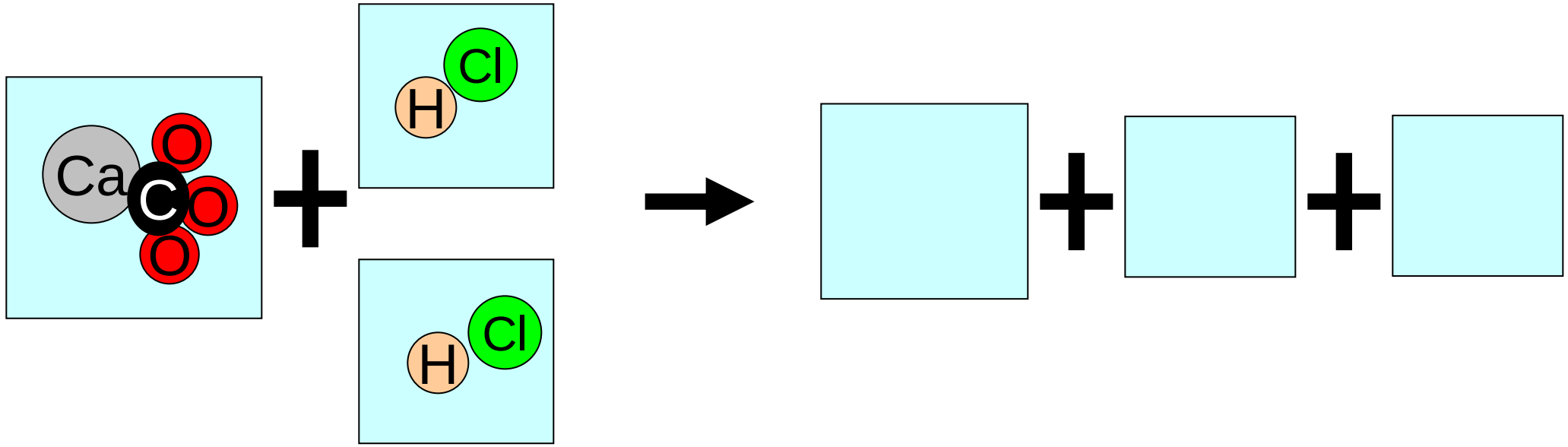
分子量	111	:	106	:	58.5	:	100
莫耳比	1	:	1	:	2	:	1
質量比	111	:	106	:	117	:	100
	剩下9公克	:	用完	:	117	:	100

限量試劑

注意反應物，哪個先用完

題目3

$$CaCO_3 + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2$$



$CaCO_3$碳酸鈣遇酸

就會產生CO_2

題目練習3

$CaCO_3 + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2$

	$CaCO_3$	$2HCl$	$CaCl_2$	H_2O	CO_2
係數比	1	2	1	1	1
分子數比	1	2	1	1	1
莫耳數比	1	2	1	1	1
分子量	100	36.5	111	18	44
質量	100	73	111	18	44

範例練習3

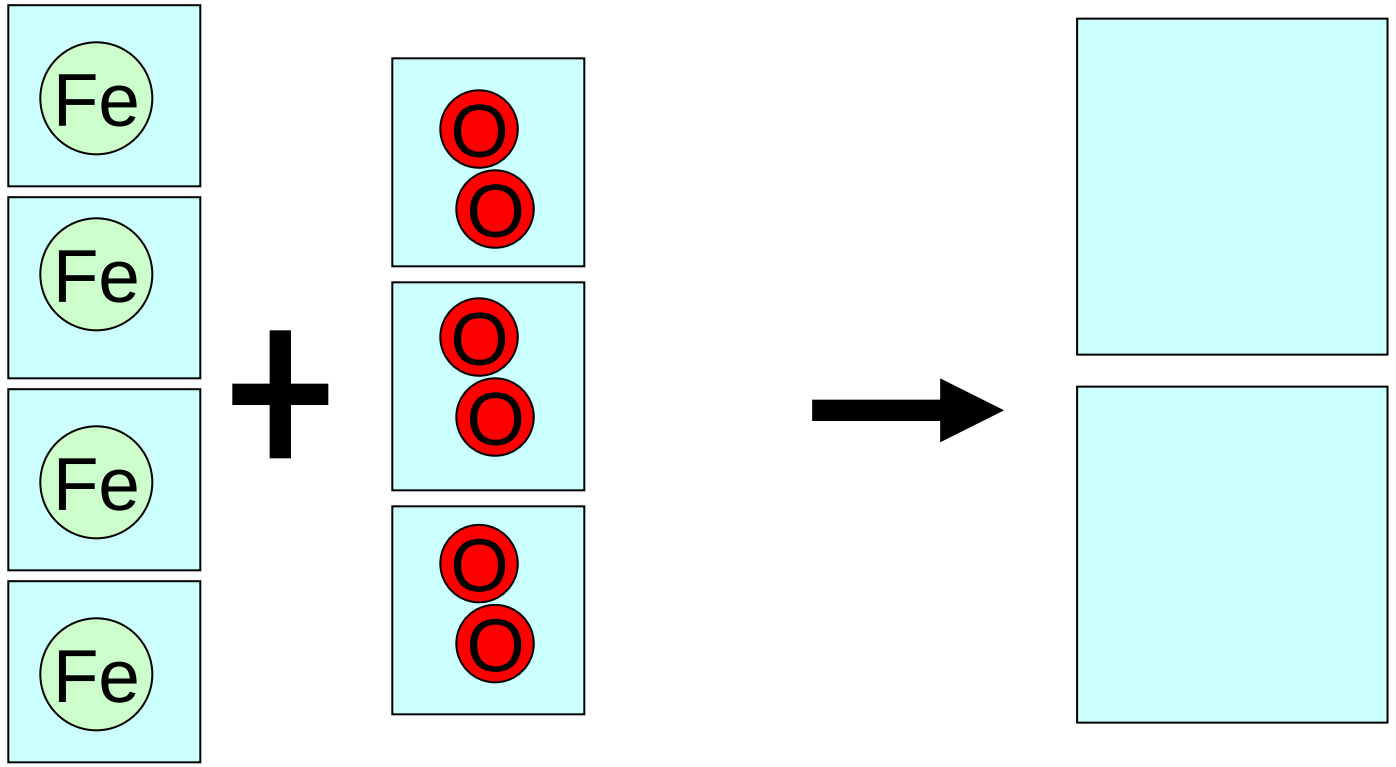
假設 碳酸鈣 有200公克， 完全反應後

$$CaCO_3 + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2$$

分子量	100	36.5	111	18	44
莫耳比	1	2	1	1	1
質量比	100	73	111	18	44
質量比	200	146	222	36	88
	2莫耳	4莫耳	2莫耳	2莫耳	2莫耳

題目4

$$4\ Fe + 3\ O_2 \rightarrow 2\ Fe_2O_3$$



題目練習4

$4\,Fe + 3\,O_2 \rightarrow 2\,Fe_2O_3$

	$4\,Fe$	$3\,O_2$	$2\,Fe_2O_3$
係數比	4	3	2
分子數比	4	3	2
莫耳數比	4	3	2
分子量	× 56	× 32	× 160
質量	= 224	= 96	= 320

範例練習4

假設鐵 有112公克，反應需要氧氣？

$$4\,Fe + 3\,O_2 \rightarrow 2\,Fe_2O_3$$

分子量	56	:	32	:	160
莫耳比	4	:	3	:	2
質量比	224	:	96	:	320
質量比	112	:	48	:	160
	2莫耳		1.5莫耳		1莫耳



(天然気) 甲烷燃燒

Test 2

CH_4共 2mole 需完全燃燒

需要 O_2共[4]mole[128]g助燃

可產生 CO_2共[2]mole[88]g

H_2O共[4]mole[72]g

$$1\,CH_4 + 2\,O_2 \rightarrow 1\,CO_2 + 2\,H_2O$$

CH_4	O_2	CO_2	H_2O
16	32	44	18
1	2	1	2

反應係數比例

※ 烷類燃燒($+O_2$) 只產生 水(H_2O) 与二氧化碳(CO_2)

鎂燃燒

$2Mg + 1CO_2 \rightarrow 1C + 2MgO$	反應係數平衡
24 44 12 40	分子量計算
2 1 1 2	莫耳數比
48 44 12 80	質量比

Test

要製作C共 6g

需要 Mg共[1]mole[24]g

CO_2共[0.5]mole[22]g

另產生MgO共[1]mole[40]g

煉鐵

$2Fe_2O_3 + \frac{3}{2}C \rightarrow 4Fe + \frac{3}{2}CO_2$	反應係數平衡
160 12 56 44	分子量計算
2 3 4 3	莫耳數比
320 36 224 132	質量比

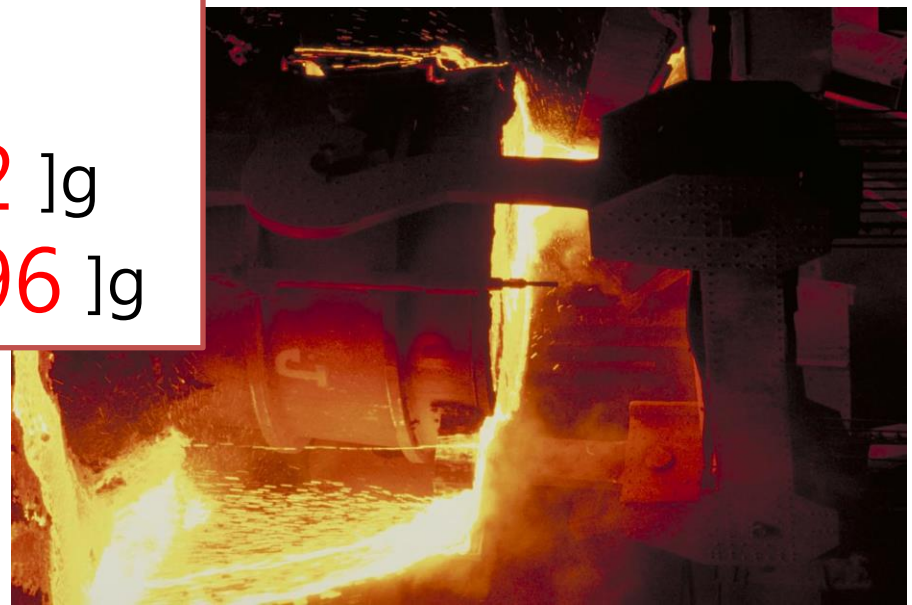
Test

有Fe_2O_3重960g

需要 C共[9]mole[108]g

煉製Fe共[12]mole[672]g

另產生CO_2共[9]mole[396]g



酸鹼中和

$1HCl + 1NaOH \rightarrow 1H_2O + 1NaCl$	反應係數平衡
36.5 40 18 58.5	分子量計算
1 1 1 1	莫耳數比
36.5 40 18 58.5	質量比

Test

有HCl及NaOH各 80g

可產生 H_2O共[2]mole[36]g

NaCl共[2]mole[117]g

還殘留[HCl]共[7]g

澄清石灰水 檢驗CO_2

$1\,Ca(OH)_2$	+	$1\,CO_2$	→	$1\,CaCO_3$	+	$1\,H_2O$	反應係數平衡
74		44		100		18	分子量計算
1		1		1		1	莫耳數比
74		44		100		18	質量比

Test

如產生$CaCO_3$重 50g

至少有 $Ca(OH)_2$[0.5]mole[37]g

CO_2共[0.5]mole[22]g

$1\ Na_2CO_3$	+	$1\ CaCl_2$	→	$2\ NaCl$	+	$1\ CaCO_3$	反應係數平衡
106		111		58.5		100	分子量計算
1		1		2		1	莫耳數比
106		111		117		100	質量比

Test

如 Na_2CO_3 及 $CaCl_2$ 各有100g混合反應

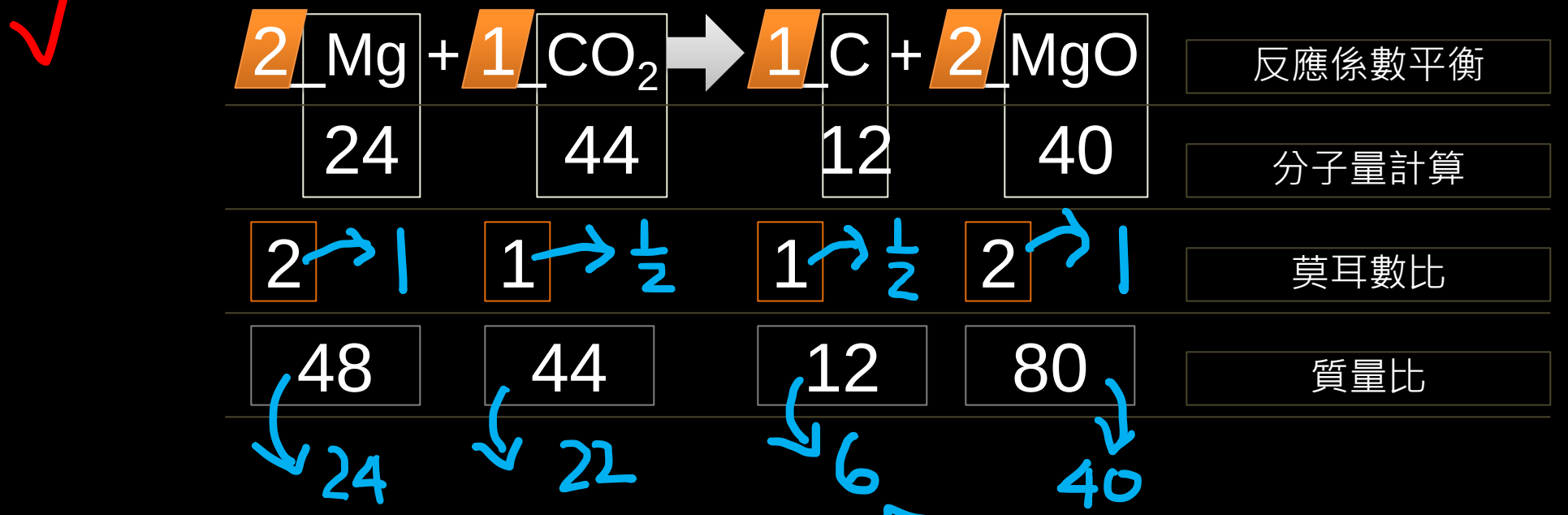
則反應後會留有 [Na_2CO_3 / $NaCl$ / $CaCO_3$]

六. 化學計量.

(1) 解題步驟:

寫出完整反應式	利用方程式 **係數比=分子數比=莫耳數比=同溫同壓下氣體的體積比**
轉換已知數量	將已知數量換成 **莫耳數**
找出限量試劑	完全用盡的反應物為 **限量試劑** →〔$\frac{\text{莫耳數}}{\text{係數}}$ **=最小值者**〕
求出為知莫耳數	由限量試劑與未知物莫耳數比=係數比 求之

鎂燃燒



Test

要製作 C共 6g = 0.5 莫耳

需要 Mg共[1]mole[24]g

CO_2共[0.5]mole[22]g

另產生MgO共[1]mole[40]g

(2) 例子.

1. 化學反應時：
   係數比=分子數比=莫耳數比

2. 若反應物和產物皆為氣體時：
   係數比=分子數比 =莫耳數比=體積比

3. 化學反應式中：
   係數比≠質量比≠原子數比

	$3H_2$ +	N_2 →	$2NH_3$
係數比	3	1	2
分子數比	3	1	2
莫耳數比	3	1	2
體積比	3	1	2
質量比	3*2=6	1*28=28	2*17=34

一個氫分子重2公克(1*2)

一個氮分子重28公克(2*14)

一個氨分子重17公克(14+3)

7. 係數比＝莫耳數比

將反應式 $CH_3OH + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$ 平衡後，如果要將 6 莫耳的甲醇（CH_3OH）與氧完全作用燃燒，則需供應＿＿莫耳的氧氣，試完成下表：

反應式	CH_3OH +	O_2 →	CO_2 +	H_2O
平衡後	_ CH_3OH +	_ O_2 →	_ CO_2 +	_ H_2O
係數比	_ :	_ :	_ :	_
莫耳數比	_ :	_ :	_ :	_
題目給	_ mole :	_ mole		

2	CH_3OH +	3 O_2 →	2 CO_2	4 H_2O
	32	32	44	18
2		3	2	4
	64	36	88	72
6		3X3		

反應係數平衡

分子量計算

莫耳數比

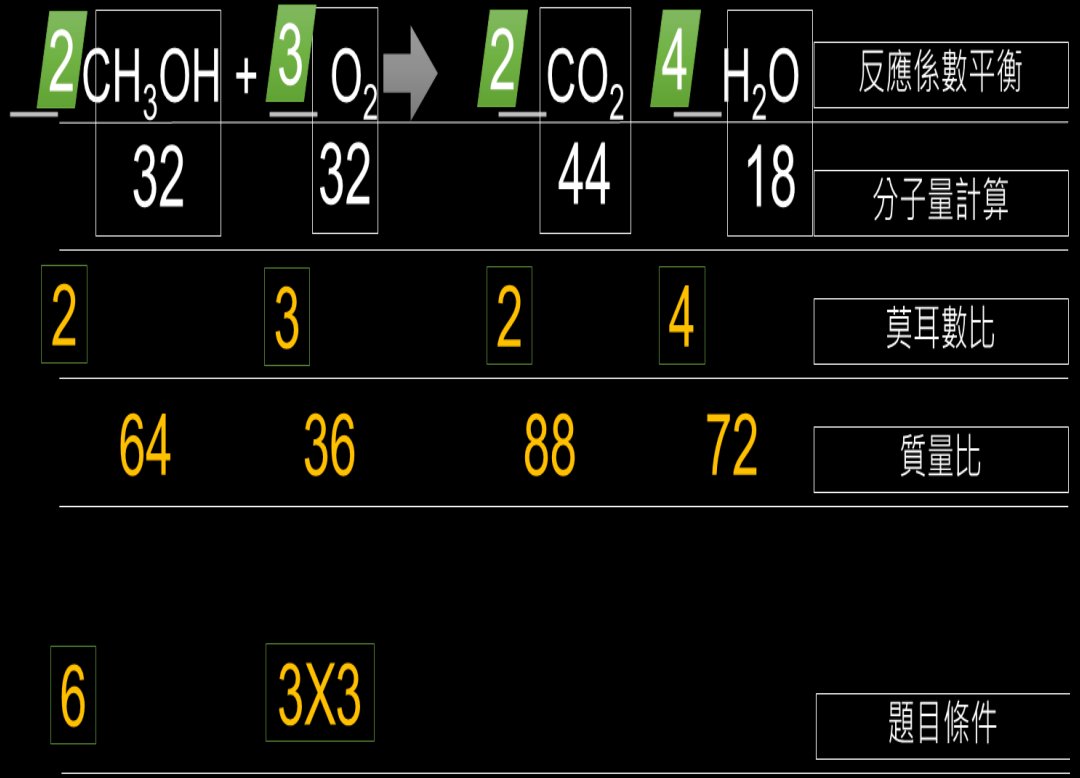
質量比

題目條件

7. 係數比＝莫耳數比

將反應式 $CH_3OH + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$ 平衡後，如果要將 6 莫耳的甲醇（CH_3OH）與氧完全作用燃燒，則需供應 9 莫耳的氧氣，試完成下表：

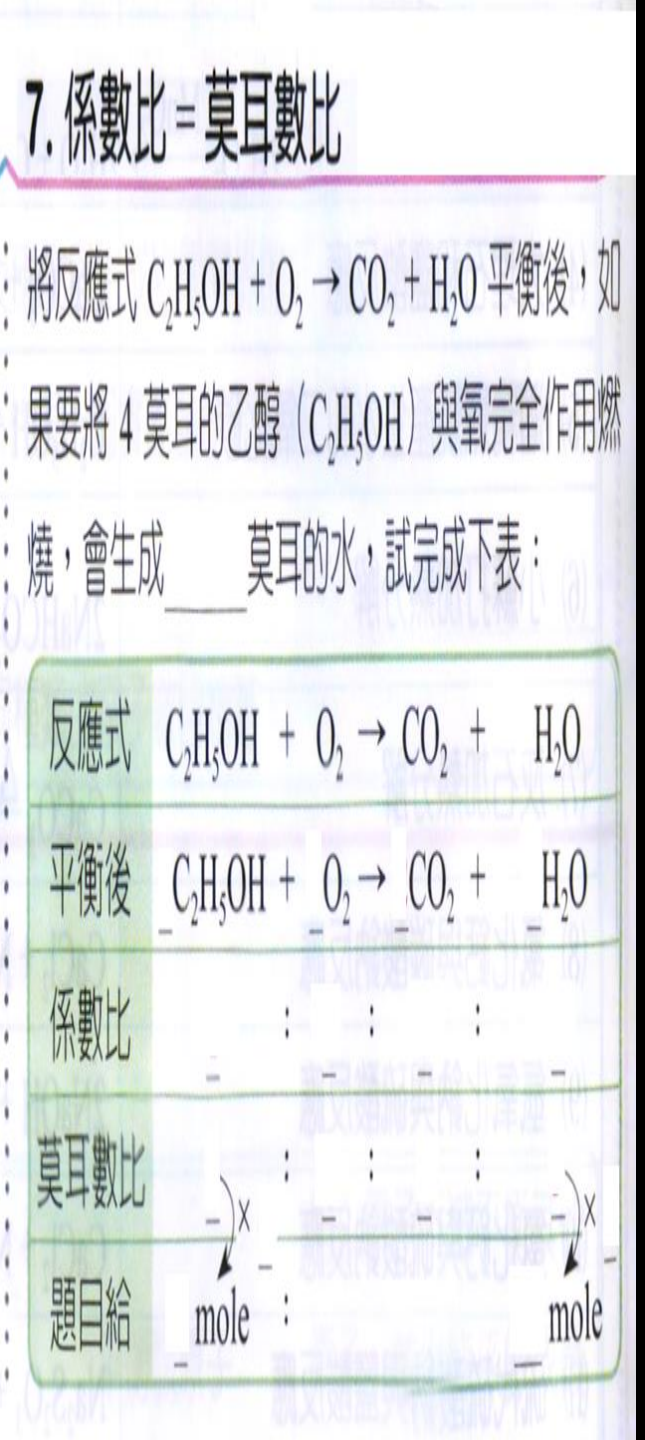
反應式	CH_3OH + O_2 → CO_2 + H_2O
平衡後	2 CH_3OH + 3 O_2 → 2 CO_2 + 4 H_2O
係數比	2 : 3 : 2 : 4
莫耳數比	2 (×3) : 3 (×3) : 2 : 4
題目給	6 mole : 9 mole



7. 係數比＝莫耳數比

將反應式 $C_2H_5OH + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$ 平衡後，如果要將 4 莫耳的乙醇（C_2H_5OH）與氧完全作用燃燒，會生成＿＿莫耳的水，試完成下表：

反應式	C_2H_5OH +	O_2 →	CO_2 +	H_2O
平衡後	C_2H_5OH +	O_2 →	CO_2 +	H_2O
係數比	＿ :	＿ :	＿ :	＿
莫耳數比	＿ :	＿ :	＿ :	＿
題目給	＿ mole :	＿	＿	＿ mole



1	C_2H_5OH +	3 O_2	→ 2 CO_2 +	3 H_2O
	46	32	44	18
1		3	2	3
	46	96	88	54
4		3X4		3X4

反應係數平衡

分子量計算

莫耳數比

質量比

題目條件

7. 係數比＝莫耳數比

將反應式 $C_2H_5OH + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$ 平衡後，如果要將 4 莫耳的乙醇（C_2H_5OH）與氧完全作用燃燒，會生成 12 莫耳的水，試完成下表：

反應式	C_2H_5OH + O_2 → CO_2 + H_2O
平衡後	1 C_2H_5OH + 3 O_2 → 2 CO_2 + 3 H_2O
係數比	1 : 3 : 2 : 3
莫耳數比	1 ×4 : 3 : 2 : 3 ×4
題目給	4 mole : 12 mole

1	C_2H_5OH + 3	O_2	2 CO_2	3 H_2O	反應係數平衡
	46	32	44	18	分子量計算
1		3	2	3	莫耳數比
	46	96	88	54	質量比
4		3X4		3X4	題目條件

8. 係數比和氣體體積比

哈柏法製氨的反應式為 $N_2 + H_2 \rightarrow NH_3$（未平衡），於定溫定壓下，分別取 4 公升的氮氣與 12 公升的氫氣置於密閉的容器中反應，則最多可產生＿＿公升的氨氣，試完成下表：

反應式	N_2	+	H_2	→	NH_3
平衡後	$\_N_2$	+	$\_H_2$	→	$\_NH_3$
係數比	_	:	_	:	_
莫耳數比	_	:	_	:	_
體積比	_ ×_	:	_ ×_	:	_ ×_
題目給	_ L	:	_ L	:	_ L

1 N_2	+	3 H_2	→	2 NH_3	反應係數平衡
28		2		17	分子量計算
1		3		2	莫耳數比
28		6		34	質量比
1		3		2	氣體體積比
4		12		2X4	題目條件

8. 係數比和氣體體積比

哈柏法製氨的反應式為 $N_2 + H_2 \rightarrow NH_3$（未平衡），於定溫定壓下，分別取 4 公升的氮氣與 12 公升的氫氣置於密閉的容器中反應，則最多可產生 8 公升的氨氣，試完成下表：

反應式	N_2	+	H_2	→	NH_3
平衡後	1 N_2	+	3 H_2	→	2 NH_3
係數比	1	:	3	:	2
莫耳數比	1	:	3	:	2
體積比	1 ×4	:	3 ×4	:	2 ×4
題目給	4 L	:	12 L	:	8 L

	N_2	+	H_2	→	NH_3	
	1		3		2	反應係數平衡
	28		2		17	分子量計算
	1		3		2	莫耳數比
	28		6		34	質量比
	1		3		2	氣體體積比
	4		12		2X4	題目條件

8. 係數比和氣體體積比

哈柏法製氨的反應式為 $N_2 + H_2 \rightarrow NH_3$（未平衡），於定溫定壓下若產生 5 公升的氨氣，則至少須分別取＿＿公升的氮氣與＿＿公升的氫氣置於密閉的容器中反應，試完成下表：

反應式	N_2	+	H_2	→	NH_3
平衡後	N_2	+	H_2	→	NH_3
係數比	＿	:	＿	:	＿
莫耳數比	＿	:	＿	:	＿
體積比	＿ ×＿	:	＿ ×＿	:	＿ ×＿
題目給	＿ L	:	＿ L	:	＿ L

	N_2	+	H_2	→	NH_3	
	1		3		2	反應係數平衡
	28		2		17	分子量計算
	1		3		2	莫耳數比
	28		6		34	質量比
	1		3		2	氣體體積比
	2.5		7.5		5	題目條件

8. 係數比和氣體體積比

哈柏法製氨的反應式為 $N_2 + H_2 \rightarrow NH_3$（未平衡），於定溫定壓下若產生 5 公升的氨氣，則至少須分別取 2.5 公升的氮氣與 7.5 公升的氫氣置於密閉的容器中反應，試完成下表：

反應式	N_2	+	H_2	→	NH_3
平衡後	1 N_2	+	3 H_2	→	2 NH_3
係數比	1	:	3	:	2
莫耳數比	1	:	3	:	2
體積比	1 ×2.5	:	3 ×2.5	:	2 ×2.5
題目給	2.5 L	:	7.5 L	:	5 L

1	N_2 +	3	H_2	2	NH_3
	28		2		17
1		3		2	
	28		6		34
1		3		2	
2.5		7.5		5	

反應係數平衡

分子量計算

莫耳數比

質量比

氣體體積比

題目條件

觀念澄清題

(　　)1. 化學反應若在開放系統中進行，便不遵守質量守恆。

(　　)2. 在碳酸鈉溶液中，慢慢滴入氯化鈣溶液，混合溶液中產生白色物質。當滴到白色物質不再增加時，把混合液過濾後留在濾紙上的是純物質。

(　　)3. 化學反應發生時必會有光和熱的變化。

(　　)4. 化學反應發生時都是放熱反應。

(　　)5. 化學反應發生時會生成新的原子，並重新排列。

(　　)6. $Na_2O + H_2O \rightarrow 2NaOH$ 反應式中，

Na_2O：H_2O：$NaOH$ 的體積比為 1：1：2。

(　　)7. 木炭與氧氣作用燃燒時，一定會生成二氧化碳氣體。

觀念澄清題

主題1

(×)1. 化學反應若在開放系統中進行，便不遵守質量守恆。

(○)2. 在碳酸鈉溶液中，慢慢滴入氯化鈣溶液，混合溶液中產生白色物質。當滴到白色物質不再增加時，把混合液過濾後留在濾紙上的是純物質。

(×)3. 化學反應發生時必會有光和熱的變化。

(×)4. 化學反應發生時都是放熱反應。

主題3

(×)5. 化學反應發生時會生成新的原子，並重新排列。

(×)6. $Na_2O + H_2O \rightarrow 2NaOH$ 反應式中，Na_2O：H_2O：$NaOH$ 的體積比為 1：1：2。

(×)7. 木炭與氧氣作用燃燒時，一定會生成二氧化碳氣體。

你懂了嗎

1. ＿遵守＿質量守恆。
2. 留在濾紙上的是＿碳酸鈣＿。
3. 有些化學反應不一定會有光產生。
4. 可能是＿吸熱＿或＿放熱＿反應。
5. 化學反應發生時，＿不會＿生成新的原子。
6. 反應物與生成物皆為氣體時，係數比＝＿體積比＿。
7. 須要氧氣充足情況下才會生成 CO_2，否則會生成＿CO＿。