

第 38 章

常溫常壓 (r.t.p.) 下氣體的摩爾體積

- 38.1 摩爾體積
- 38.2 涉及氣體摩爾體積的計算
- 38.3 基於摩爾概念的混合計算

學習目標

研習本章後，你應能：

- 38.1 • 利用已知數據推定在常溫常壓下氣體的摩爾體積為 $24 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$ ；
- 38.2 • 進行涉及在常溫常壓下氣體的摩爾體積的化學計量計算；
- 38.3 • 進行基於摩爾概念的化學計量計算。

第 38 章

常溫常壓 (r.t.p.) 下氣體的 摩爾體積

物質的摩爾質量是指一摩爾該物質的質量。不同物質具有不同的摩爾質量，例如氧氣、水和氯化鈉的摩爾質量分別是32.0 g、18.0 g和58.5 g。下圖顯示在常溫常壓下，一摩爾這些物質具有不同的體積。



在常溫常壓下，氧氣、水和氯化鈉具有不同的摩爾質量和摩爾體積。

試想想...

- 在相同的溫度和壓強下，不同氣體會否具有不同的摩爾體積？
- 氣體的摩爾體積會否隨溫度和壓強而有所變化？
- 摩爾體積與摩爾概念有何關係？

研習本章後，你應能回答以上問題。

38.1 摩爾體積



學習錦囊

$\text{dm}^3 \text{mol}^{-1}$ 應讀作每摩爾立方分米。

摩爾體積是甚麼？

某物質在特定條件下的**摩爾體積**是指一**摩爾**該物質在相同條件下所佔的體積。通常固體和液體的摩爾體積以 $\text{cm}^3 \text{mol}^{-1}$ 表示，而氣體的摩爾體積則以 $\text{dm}^3 \text{mol}^{-1}$ 表示 (為甚麼?)。

固體和液體的摩爾體積

圖38.1顯示在常溫常壓下，一些固體和液體的摩爾體積。常溫常壓 (即r.t.p.) 是指 25°C 和一大氣壓強 (**1 atm**)。下圖可見不同的固體和液體具有不同的摩爾體積。



學習錦囊

與氣體相比，溫度和壓強的變化對固體或液體的摩爾體積的影響，實在是微不足道。

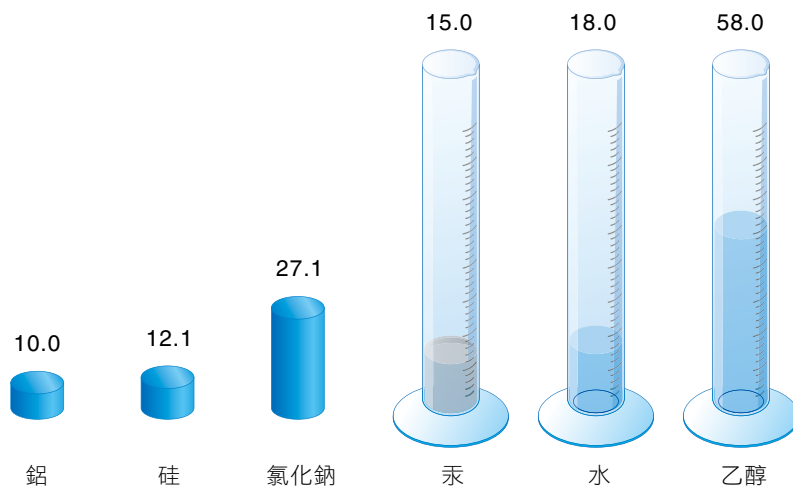


圖38.1 在常溫常壓下，不同的固體和液體具有不同的摩爾體積 (以 $\text{cm}^3 \text{mol}^{-1}$ 表示)。

氣體的摩爾體積

摩爾體積是指一摩爾物質所佔的體積。我們可運用以下公式來計算氣體的摩爾數：



課文重點

$$\text{氣體的摩爾數} = \frac{\text{在特定條件下的氣體體積}}{\text{氣體在相同條件下的摩爾體積}}$$

由於氣體可被壓縮，故改變壓強和溫度可改變氣體所佔的體積。因此，我們應在相同溫度和壓強下比較任何兩個氣體樣本的體積。由於我們通常在常溫 (25°C) 和常壓 (一大氣壓強) 下進行實驗，故在討論摩爾體積時，所用的條件都是常溫常壓 (r.t.p.)。

在常溫常壓下測定氣體的摩爾體積

圖38.2所示的實驗裝置可用來測定在常溫常壓下氫氣的摩爾體積。

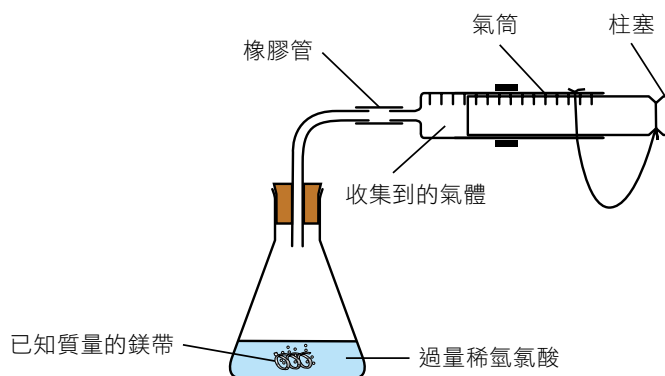


圖38.2 在常溫常壓下，測定氫氣的摩爾體積的實驗裝置。

實驗中，把已知質量的鎂帶與過量稀氫氯酸反應，以氣筒收集反應所釋出的氫氣，並記錄氫氣的體積。然後，找出釋出的氫氣的摩爾數，從而計算出在常溫常壓下氫氣的摩爾體積。



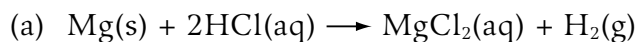
例題38.1

進行實驗以測定氣體的摩爾體積

某學生利用圖38.2所示的實驗裝置來測定在常溫常壓下氫氣的摩爾體積。該學生把0.08 g鎂帶放入過量稀氫氯酸中。反應結束時，氣筒收集到79.0 cm³的氫氣。

- 寫出所涉及反應的化學方程式。
- 計算所生成的氫氣的摩爾數。
- 計算在常溫常壓下氫氣的摩爾體積。
(相對原子質量：Mg = 24.3)

題解



續

(b) 已反應的Mg的摩爾數

$$= \frac{\text{Mg的質量}}{\text{Mg的摩爾質量}}$$

$$= \frac{0.08 \text{ g}}{24.3 \text{ g mol}^{-1}}$$

$$= 3.29 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

從方程式得知，Mg : H₂的摩爾比 = 1 : 1

∴ 生成的氫氣的摩爾數 = $3.29 \times 10^{-3} \text{ mol}$

(c) 在常溫常壓下氫氣的摩爾體積

$$= \frac{\text{氫氣的體積 (在常溫常壓下)}}{\text{氫氣的摩爾數}}$$

$$= \frac{79.0 \text{ cm}^3}{3.29 \times 10^{-3} \text{ mol}}$$

$$= 24012 \text{ cm}^3 \text{ mol}^{-1}$$

$$\approx 24.0 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$$

可試做章節練習第18題



實驗38.1

實驗作業4A

測定氣體的摩爾體積

在本實驗中，你將會測定在常溫常壓下氫氣的摩爾體積。

不同氣體在相同的溫度和壓強下具有相同的摩爾體積

我們可用密度來計算物質 (包括氣體) 的摩爾體積，公式如下：

$$\text{密度} = \frac{\text{質量}}{\text{體積}} = \frac{\text{摩爾質量}}{\text{摩爾體積}}$$

因此，



課文重點

$$\text{摩爾體積 (在特定條件下)} = \frac{\text{摩爾質量}}{\text{密度 (在相同條件下)}}$$

表38.1顯示了在常溫常壓下某些氣體的密度和摩爾體積。

氣體	化學式	摩爾質量 (g mol ⁻¹)	在25°C和一大氣壓強 下的密度 (g dm ⁻³)	在25°C和一大氣壓強下的摩爾體積 (dm ³ mol ⁻¹) = $\frac{\text{摩爾質量}}{\text{密度}}$
氫	H ₂	2.0	0.083	24.1
氦	He	4.0	0.166	24.1
氮	N ₂	28.0	1.167	24.0
氧	O ₂	32.0	1.333	24.0
氯	Cl ₂	71.0	2.994	23.7
氨	NH ₃	17.0	0.706	24.1
一氧化碳	CO	28.0	1.145	24.5
二氧化碳	CO ₂	44.0	1.811	24.3

表38.1 在25°C和一大氣壓強下，某些氣體的密度和摩爾體積。



學習錦囊

在公開考試中，會提供氣體在常溫常壓下的摩爾體積 (24.0 dm³ mol⁻¹)，故我們毋須緊記這個數值。

由表38.1得知，在相同的溫度和壓強下，不同氣體的摩爾體積大致相同。在常溫常壓下 (25°C和一大氣壓強)，任何氣體的摩爾體積都是24.0 dm³ mol⁻¹。



課文重點

在25°C和一大氣壓強下 (即在常溫常壓下)，任何氣體的摩爾體積都是**24.0 dm³ mol⁻¹** (24 000 cm³ mol⁻¹)。



課堂練習38.1

已知質量的鋅與過量稀硫酸反應，並釋出一特定體積的氫氣，實驗結果如下所示：

已反應的鋅的質量 = 0.327 g

在常溫常壓下，氣筒收集到的氫氣體積 = 120.0 cm³

- 寫出反應的化學方程式。
 - 計算所生成的氫氣的摩爾數。
 - 計算在常溫常壓下氫氣的摩爾體積 (以dm³ mol⁻¹表示)。
- (相對原子質量：Zn = 65.4)

38.2 涉及氣體摩爾體積的計算

在某些特定條件下，我們可從氣體的體積求出氣體的摩爾數。在常溫常壓下，

課文重點

$$\text{氣體的摩爾數} = \frac{\text{氣體的體積 (dm}^3\text{)}}{24.0 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}}$$

H₂O 例題38.2

從氣體的體積求出它的摩爾數

計算在常溫常壓下，下列氣體的摩爾數。

(a) 7.6 dm³的CH₄

(b) 360 cm³的NO₂

(在常溫常壓下，氣體的摩爾體積 = 24.0 dm³ mol⁻¹)

題解

(a) CH₄的摩爾數

$$= \frac{\text{CH}_4\text{的體積}}{\text{CH}_4\text{的摩爾體積}}$$

$$= \frac{7.6 \text{ dm}^3}{24.0 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}}$$

$$= 0.317 \text{ mol}$$

(b) NO₂的摩爾數

$$= \frac{\text{NO}_2\text{的體積}}{\text{NO}_2\text{的摩爾體積}}$$

$$= \frac{360 \text{ cm}^3}{24\,000 \text{ cm}^3 \text{ mol}^{-1}}$$

$$= 0.015 \text{ mol}$$

自我測試38.2

計算在常溫常壓下，下列氣體的摩爾數：

(a) 2.8 dm³的CO₂

(b) 480 cm³的Cl₂

(在常溫常壓下，氣體的摩爾體積 = 24.0 dm³ mol⁻¹)

可試做章節練習第19題


例題38.3
從氣體的摩爾數求出它的體積

計算在常溫常壓下，下列氣體的體積。

- (a) 1.5 mol的SO₂
- (b) 0.03 mol的NH₃
- (c) 1.3 mol的H₂
- (d) 0.25 mol的N₂O₄

(在常溫常壓下，氣體的摩爾體積 = 24.0 dm³ mol⁻¹)

題解

(a) 在常溫常壓下，氣體的體積 (dm³) = 摩爾數 (mol) × 摩爾體積 (dm³ mol⁻¹)

$$\begin{aligned}\text{SO}_2\text{的體積} &= 1.5 \text{ mol} \times 24.0 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1} \\ &= 36.0 \text{ dm}^3\end{aligned}$$

(b) NH₃的體積 = 0.03 mol × 24.0 dm³ mol⁻¹
= 0.72 dm³ (或720 cm³)

(c) H₂的體積 = 1.3 mol × 24.0 dm³ mol⁻¹
= 31.2 dm³

(d) N₂O₄的體積 = 0.25 mol × 24.0 dm³ mol⁻¹
= 6.0 dm³

自我測試38.3

計算在常溫常壓下，下列氣體的體積：

- (a) 0.55 mol的N₂
- (b) 1.65 mol的Cl₂

(在常溫常壓下，氣體的摩爾體積 = 24.0 dm³ mol⁻¹)

**課堂練習38.2**

1. 計算在常溫常壓下180 cm³ HCl(g)所含的分子數目。
(在常溫常壓下，氣體的摩爾體積 = 24.0 dm³ mol⁻¹；亞佛加德羅常數 = 6.02 × 10²³ mol⁻¹)
2. 計算在常溫常壓下，下列氣體的體積 (以dm³表示)。
 - (a) 0.25 mol的Ar
 - (b) 2.41 × 10²¹個的CH₄分子
 (在常溫常壓下，氣體的摩爾體積 = 24.0 dm³ mol⁻¹；亞佛加德羅常數 = 6.02 × 10²³ mol⁻¹)

運用化學方程式計算摩爾體積

亞佛加德羅定律

十九世紀初，意大利化學家亞佛加德羅提出**亞佛加德羅定律**，說明了氣體體積和所含分子數目的關係。

課文重點

亞佛加德羅定律指出在相同的溫度和壓強下，具有相同體積的任何氣體都含有相同數目的分子。

例如，在相同的條件下， 1 dm^3 的二氧化碳所含的分子數目相等於 1 dm^3 的氧（或任何氣體）。參看圖38.3所示有關亞佛加德羅定律的說明。

概念檢查

✘ 根據亞佛加德羅定律，在相同溫度和壓強下，相同體積的 CO_2 氣體和 O_2 氣體都含有相同數目的原子。

✔ 根據亞佛加德羅定律，在相同溫度和壓強下，相同體積的 CO_2 氣體和 O_2 氣體都含有相同數目的分子。

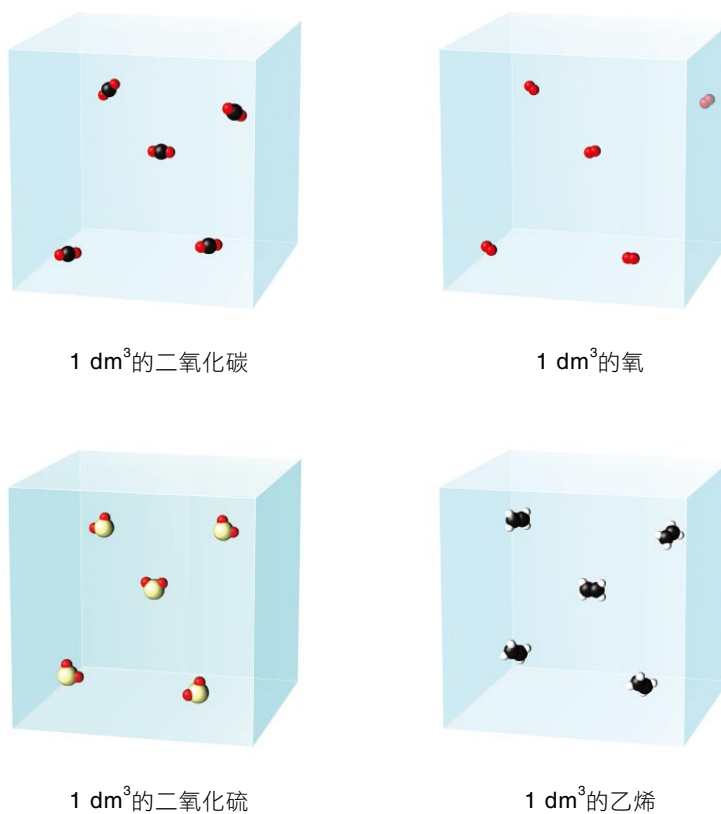


圖38.3 在相同的溫度和壓強下，具有相同體積的任何氣體都含有相同數目的分子。

如第12章所提到，亞佛加德羅常數是 $6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ，一摩爾的任何物質都含有 6.02×10^{23} 個式單位。因此，相同摩爾數的氣體含有相同數目的式單位。根據亞佛加德羅定律的概念，在相同的溫度和壓強下，相同摩爾數的氣體佔有相同的體積。

考慮一氧化碳與氧反應生成二氧化碳的過程。在相同的溫度和壓強下，三種氣體的摩爾比相等於體積比。

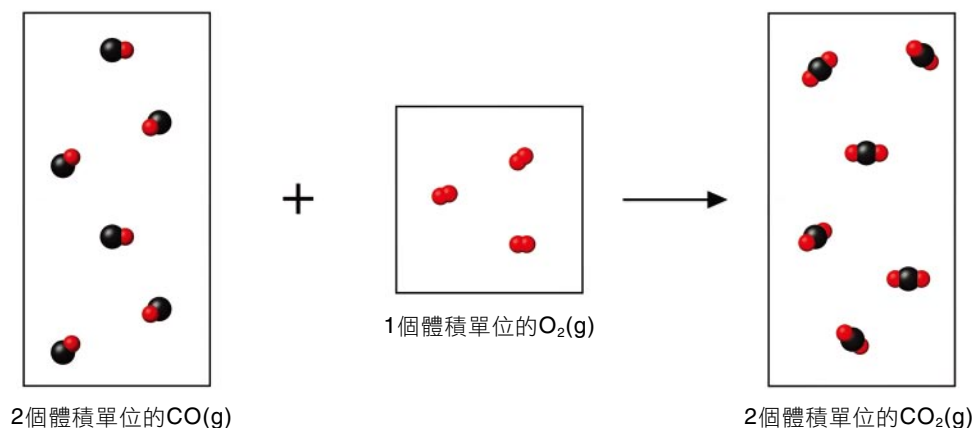
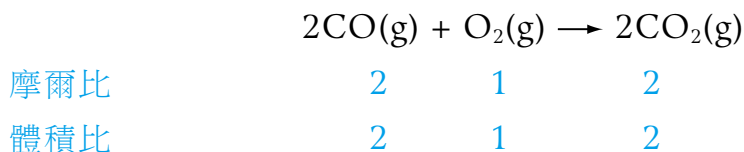


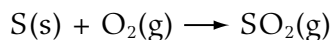
圖38.4 利用亞佛加德羅定律解釋化學反應中所涉及氣體的體積比。

H₂O

例題38.4

利用化學方程式求出氣體的體積

硫在氧氣中燃燒會生成二氧化硫：



計算

(a) 把過量的硫在0.50 mol的氧氣中燃燒時，所生成的二氧化硫體積；

(b) 生成500 cm³二氧化硫所需氧氣的體積。

(假設所有氣體的體積都是在常溫常壓下量度的。)

(在常溫常壓下，氣體的摩爾體積 = 24.0 dm³ mol⁻¹)

續

題解

- (a) 從方程式得知， $O_2 : SO_2$ 的摩爾比 = 1 : 1
 生成的 SO_2 的摩爾數 = 已反應的 O_2 的摩爾數
 = 0.50 mol
 \therefore 生成的 SO_2 的體積 = $0.50 \text{ mol} \times 24.0 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$
 = 12.0 dm^3 (或 $12\,000 \text{ cm}^3$)
- (b) 從方程式得知， $O_2 : SO_2$ 的摩爾比 = 1 : 1
 在常溫常壓下， $O_2 : SO_2$ 的體積比 = 1 : 1
 所需 O_2 的體積 = 500 cm^3

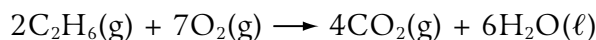
自我測試38.4

在強烈加熱下，碳酸氫鈉會分解為碳酸鈉、二氧化碳和水。

- (a) 寫出反應所涉及的化學方程式。
 (b) 計算把2.00 g碳酸氫鈉強烈加熱時，所生成的二氧化碳體積（假設所有氣體的體積都是在常溫常壓下量度的）。
 (在常溫常壓下，氣體的摩爾體積 = $24.0 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$)

H₂O 例題38.5**求出在完全燃燒作用中涉及的氣體體積**

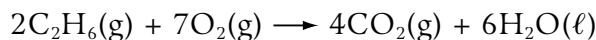
乙烷完全燃燒時只會生成二氧化碳和水。



- (a) 計算把 100 cm^3 乙烷完全燃燒所需氧的體積。
 (b) 計算反應中所生成的二氧化碳體積。
 (假設所有氣體的體積都是在常溫常壓下量度的。)

題解

- (a) 在常溫常壓下，生成的水呈液態，它的體積相對於氣體的體積來說，實在是微不足道的。(若計算生成的液態水的體積，可得知它的體積是 0.225 cm^3 。)



摩爾比	2	7	4	6
體積比	2	7	4	—
體積	100 cm^3	? cm^3	? cm^3	

根據簡單比例，所需 O_2 的體積 = $100 \times \frac{7}{2} \text{ cm}^3 = 350 \text{ cm}^3$

- (b) 生成的 CO_2 的體積 = $100 \times \frac{4}{2} \text{ cm}^3 = 200 \text{ cm}^3$

續

自我測試38.5

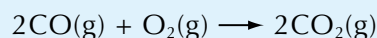
丁烷 (C₄H₁₀) 是常用於打火機的氣態燃料，它在完全燃燒時只會生成二氧化碳和水。

- (a) 計算把150 cm³丁烷在過量氧中燃燒時，所生成的二氧化碳體積。
 (b) 要完全燃燒150 cm³丁烷，所需的空氣體積是多少？(假設空氣含有21%的氧。)
 (假設所有氣體的體積都是在常溫常壓下量度的。)



課堂練習38.3

1. 根據以下方程式，一氧化碳與氧產生反應，生成二氧化碳：

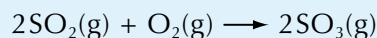


如要生成0.20 mol的二氧化碳，所需一氧化碳和氧的體積是多少？

(假設所有氣體的體積都是在常溫常壓下量度的。)

(在常溫常壓下，氣體的摩爾體積 = 24.0 dm³ mol⁻¹)

2. 二氧化硫可根據以下方程式被氧化成三氧化硫：



(a) 假設所有二氧化硫均轉化成三氧化硫，計算

(i) 與15.0 cm³二氧化硫完全反應，所需氧的體積是多少？

(ii) 從(i)的反應中生成的三氧化硫的體積是多少？

(b) 推定生成24.0 cm³三氧化硫所需二氧化硫和氧的體積。

(假設所有氣體的體積都是在常溫常壓下量度的。)

3. 香港煤氣的體積成分是：49.0% H₂、28.5% CH₄、3.0% CO和19.5%其他不可燃的氣體，計算燃燒100 dm³煤氣所需氧的體積。
 (假設所有氣體的體積都是在常溫常壓下量度的。)

38.3 基於摩爾概念的混合計算

摩爾是化學的主要量度單位，而化學計算通常也基於**摩爾概念**。在這概念中，**摩爾數**可用作已知資料和所求資料中間的「橋樑」。參看圖38.5。

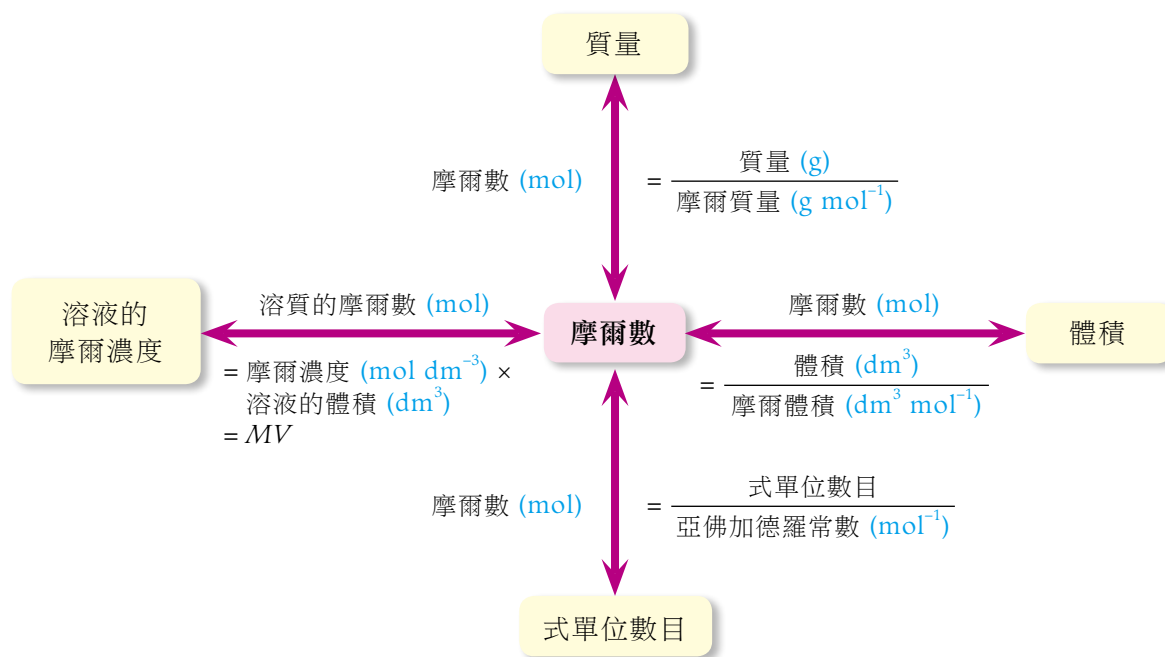


圖38.5 涉及摩爾數的互換。

H_2O 例題38.6

從各項已知資料求出物質的摩爾數

計算下列各項：

- 3.20 g 二氧化硫分子 (SO_2) 的摩爾數；
 - 1.806×10^{23} 個鋁原子 (Al) 的摩爾數；
 - 在常溫常壓下， 4.80 dm^3 氧分子 (O_2) 的摩爾數；
 - 250 cm^3 的 2.0 M 氯化鎂溶液所含 $MgCl_2$ 的摩爾數。
- (相對原子質量：O = 16.0、S = 32.1；亞佛加德羅常數 = $6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$)

續

題解

$$\begin{aligned}
 \text{(a) SO}_2\text{分子的摩爾數} &= \frac{\text{SO}_2\text{的質量 (g)}}{\text{SO}_2\text{的摩爾質量 (g mol}^{-1}\text{)}} \\
 &= \frac{3.20 \text{ g}}{(32.1 + 16.0 \times 2) \text{ g mol}^{-1}} \\
 &= 0.0499 \text{ mol}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{(b) Al原子的摩爾數} &= \frac{\text{Al原子的式單位數目}}{\text{亞佛加德羅常數 (mol}^{-1}\text{)}} \\
 &= \frac{1.806 \times 10^{23}}{6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}} \\
 &= 0.3 \text{ mol}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{(c) O}_2\text{分子的摩爾數} &= \frac{\text{O}_2\text{氣體的體積 (dm}^3\text{)}}{\text{O}_2\text{氣體的摩爾體積 (在常溫常壓下) (dm}^3 \text{ mol}^{-1}\text{)}} \\
 &= \frac{4.80 \text{ dm}^3}{24.0 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}} \\
 &= 0.2 \text{ mol}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{(d) MgCl}_2\text{的摩爾數} &= \text{MgCl}_2\text{溶液的摩爾濃度 (mol dm}^{-3}\text{)} \times \text{MgCl}_2\text{溶液的體積 (dm}^3\text{)} \\
 &= 2.0 \text{ mol dm}^{-3} \times \frac{250}{1000} \text{ dm}^3 \\
 &= 0.5 \text{ mol}
 \end{aligned}$$

自我測試38.6

計算下列各項：

- 4.60 g 二氧化氮分子 (NO₂) 的摩爾數；
 - 1.204×10^{22} 個臭氧分子 (O₃) 所含原子的摩爾數；
 - 在常溫常壓下， 1.44 dm^3 一氧化碳分子 (CO) 的摩爾數；
 - 500 cm^3 的 0.5 mol dm^{-3} 碳酸鉀溶液所含 K₂CO₃ 的摩爾數。
- (相對原子質量：C = 12.0、N = 14.0、O = 16.0、K = 39.1；亞佛加德羅常數 = $6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$)



課堂練習38.4

- 計算在常溫常壓下 0.464 dm^3 氮氣的質量。
(相對原子質量：N = 14.0)
(在常溫常壓下，氣體的摩爾體積 = $24.0 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$)
- 在常溫常壓下，某氣筒含有 1.204×10^{21} 個氧分子，計算氣筒內氧的(a)體積(在常溫常壓下)及(b)質量。
(相對原子質量：O = 16.0；亞佛加德羅常數： $6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$)
(在常溫常壓下，氣體的摩爾體積 = $24.0 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$)


例題38.7
從反應物的質量求出氣態生成物的體積

某起泡飲料藥片主要含有碳酸氫鈉 (NaHCO_3) 和酒石酸 ($\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6$)。把藥片加入水中時，藥片會起泡，直至完全溶解 (圖38.6)。



每片藥片含有2.00 g碳酸氫鈉和1.50 g酒石酸。

- (a) 藥片所含的兩種物質中，哪種是過量的？
 (b) 計算每片藥片所釋出的二氧化碳體積 (在常溫常壓下量度)。
 (相對原子質量：H = 1.0、C = 12.0、O = 16.0、Na = 23.0)
 (在常溫常壓下，氣體的摩爾體積 = $24.0 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$)

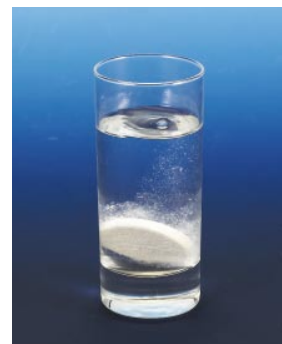
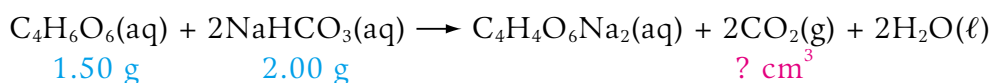


圖38.6 溶於水中的起泡飲料藥片。

題解

$$\begin{aligned} \text{(a) } \text{NaHCO}_3 \text{ 的摩爾質量} &= (23.0 + 1.0 + 12.0 + 16.0 \times 3) \text{ g mol}^{-1} \\ &= 84.0 \text{ g mol}^{-1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6 \text{ 的摩爾質量} &= (12.0 \times 4 + 1.0 \times 6 + 16.0 \times 6) \text{ g mol}^{-1} \\ &= 150.0 \text{ g mol}^{-1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{NaHCO}_3 \text{ 的摩爾數} &= \frac{\text{NaHCO}_3 \text{ 的質量 (g)}}{\text{NaHCO}_3 \text{ 的摩爾質量 (g mol}^{-1}\text{)}} \\ &= \frac{2.00 \text{ g}}{84.0 \text{ g mol}^{-1}} \\ &= 0.0238 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6 \text{ 的摩爾數} &= \frac{1.50 \text{ g}}{150.0 \text{ g mol}^{-1}} \\ &= 0.01 \text{ mol} \end{aligned}$$

根據上述方程式，由於0.01 mol的 $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6$ 只需與0.02 mol的 NaHCO_3 反應，而 NaHCO_3 則有0.0238 mol，故 NaHCO_3 是過量的。

- (b) 酒石酸是限量反應物。

從方程式得知，1 mol的 $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6$ 生成2 mol的 CO_2 。

生成的 CO_2 的摩爾數 = $0.01 \text{ mol} \times 2 = 0.02 \text{ mol}$

$$\begin{aligned} \text{生成的CO}_2 \text{ 的體積} &= \text{CO}_2 \text{ 的摩爾數 (mol)} \times \text{CO}_2 \text{ 的摩爾體積 (dm}^3 \text{ mol}^{-1}\text{)} \\ &= 0.02 \text{ mol} \times 24.0 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1} \\ &= 0.48 \text{ dm}^3 \text{ 或 } 480 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

自我測試38.7

在常溫常壓下，把由1.40 g一氧化碳和1.28 g氧組成的混合物在氣筒內燃燒，所生成的二氧化碳體積是多少？

(相對原子質量：C = 12.0、O = 16.0；在常溫常壓下，氣體的摩爾體積 = $24.0 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$)

可試做章節練習第21題


課堂練習38.5

在強烈加熱下，硝酸鉛(II) ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$) 會按以下方程式進行分解：



- (a) 若把5.6 g硝酸鉛(II) 加熱，計算
- 所生成的二氧化氮的理論體積 (在常溫常壓下量度)；
 - 所生成的所有氣體的總理論體積 (在常溫常壓下量度)。
- (相對原子質量：N = 14.0、O = 16.0、Pb = 207.2)
(在常溫常壓下，氣體的摩爾體積 = $24.0 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$)
- (b) 實驗結果顯示所收集到的氣體的總體積 (在常溫常壓下量度) 少於在(a)(ii)部所計算的理論體積，試加以解釋。


例題38.8

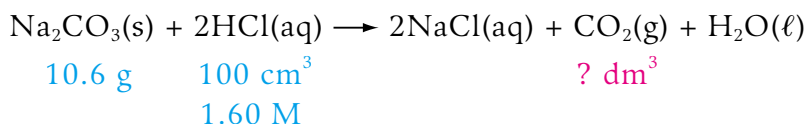
從反應物的摩爾濃度求出氣態生成物的體積

在常溫常壓下，把10.6 g無水碳酸鈉加入 100 cm^3 的1.60 M氫氯酸中，計算所生成的氣體體積。

(相對原子質量：C = 12.0、O = 16.0、Na = 23.0)

(在常溫常壓下，氣體的摩爾體積 = $24.0 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$)

題解



$$\begin{aligned} \text{Na}_2\text{CO}_3 \text{的摩爾質量} &= (23.0 \times 2 + 12.0 + 16.0 \times 3) \text{ g mol}^{-1} \\ &= 106.0 \text{ g mol}^{-1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Na}_2\text{CO}_3 \text{的摩爾數} &= \frac{10.6 \text{ g}}{106.0 \text{ g mol}^{-1}} \\ &= 0.1 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{HCl的摩爾數} &= \text{氫氯酸的摩爾濃度} (\text{mol dm}^{-3}) \times \text{氫氯酸的體積} (\text{dm}^3) \\ &= 1.60 \text{ mol dm}^{-3} \times \frac{100}{1000} \text{ dm}^3 \\ &= 0.16 \text{ mol} \end{aligned}$$

從方程式得知， $\text{Na}_2\text{CO}_3 : \text{HCl} : \text{CO}_2$ 的摩爾比 = 1 : 2 : 1，

因此，0.16 mol的HCl會與 $0.16 \times \frac{1}{2} \text{ mol} = 0.08 \text{ mol}$ 的 Na_2CO_3 反應。

續

由於 Na_2CO_3 是過量的，故 HCl 是限量反應物。

$$\therefore \text{CO}_2\text{的摩爾數} = 0.16 \times \frac{1}{2} \text{ mol} = 0.08 \text{ mol}$$

$$\begin{aligned} \text{生成的CO}_2\text{的體積} &= \text{CO}_2\text{的摩爾數 (mol)} \times \text{CO}_2\text{的摩爾體積 (dm}^3 \text{ mol}^{-1}) \\ &= 0.08 \text{ mol} \times 24.0 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1} \\ &= 1.92 \text{ dm}^3 \end{aligned}$$

自我測試38.8

把0.37 g鎂帶加入80 cm³的0.50 M硫酸中，直至泡騰作用停止。計算在常溫常壓下氣態生成物的體積。

(相對原子質量：Mg = 24.3)

(在常溫常壓下，氣體的摩爾體積 = 24.0 dm³ mol⁻¹)

可試做章節練習第24題



課堂練習38.6

- 在常溫常壓下，2.43 g鎂與30 cm³的2.0 M氫氯酸反應，計算所生成的氫氣體積。
(相對原子質量：Mg = 24.3)
(在常溫常壓下，氣體的摩爾體積 = 24.0 dm³ mol⁻¹)
- 把含有重氮苯離子的水溶液加熱至約100°C，會生成氮氣。
 $\text{C}_6\text{H}_5\text{N}_2^+(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\ell) \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{OH}(\text{aq}) + \text{N}_2(\text{g}) + \text{H}^+(\text{aq})$
計算下列各項：
 - 把100 cm³的0.5 M重氮苯離子的水溶液加熱時，所生成氮的體積 (在常溫常壓下量度)。
 - 生成300 cm³氮 (在常溫常壓下量度)，所需250 cm³重氮苯離子水溶液的濃度。
(在常溫常壓下，氣體的摩爾體積 = 24.0 dm³ mol⁻¹)
- 硝化甘油 ($\text{C}_3\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_9$) 是常用的炸藥。它會按以下方程式進行分解，並釋出大量氣體：
 $4\text{C}_3\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_9(\ell) \rightarrow 6\text{N}_2(\text{g}) + 12\text{CO}_2(\text{g}) + 10\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$
計算3 kg硝化甘油可形成的氣態生成物的總體積 (在常溫常壓下量度)。
(在常溫常壓下，氣體的摩爾體積 = 24.0 dm³ mol⁻¹)

重要詞彙

中文詞彙	英文翻譯	頁數
1. 摩爾體積	molar volume	3
2. 亞佛加德羅定律	Avogadro's Law	9

進度評估

若能回答下列問題，在問題旁邊的空格內劃上「✓」號。若未能回答，便需要翻閱課本相關的頁數。

		頁數
1. 摩爾體積是甚麼？	<input type="checkbox"/>	3
2. 常溫常壓是甚麼？	<input type="checkbox"/>	3
3. 如何利用已知數據推定在常溫常壓下氣體的摩爾體積？	<input type="checkbox"/>	4
4. 亞佛加德羅定律是甚麼？	<input type="checkbox"/>	9
5. 氣體的摩爾比和體積比有何關係？	<input type="checkbox"/>	10
6. 物質的摩爾數、質量、體積、溶液的摩爾濃度和式單位數目是如何互換的？	<input type="checkbox"/>	13

摘要

38.1 摩爾體積

1. 某物質在特定條件下的**摩爾體積**是指一摩爾該物質在相同條件下所佔的體積。
2. 不同的固體和液體具有不同的摩爾體積。
3. 氣體的摩爾體積會隨溫度和壓強有所變化。
4. 在相同的溫度和壓強下，不同氣體的摩爾體積大致相同。
5. 在25°C和一大氣壓強下 (即常溫常壓下)，任何氣體的摩爾體積是 $24.0 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$ 。

38.2 涉及氣體的摩爾體積的計算

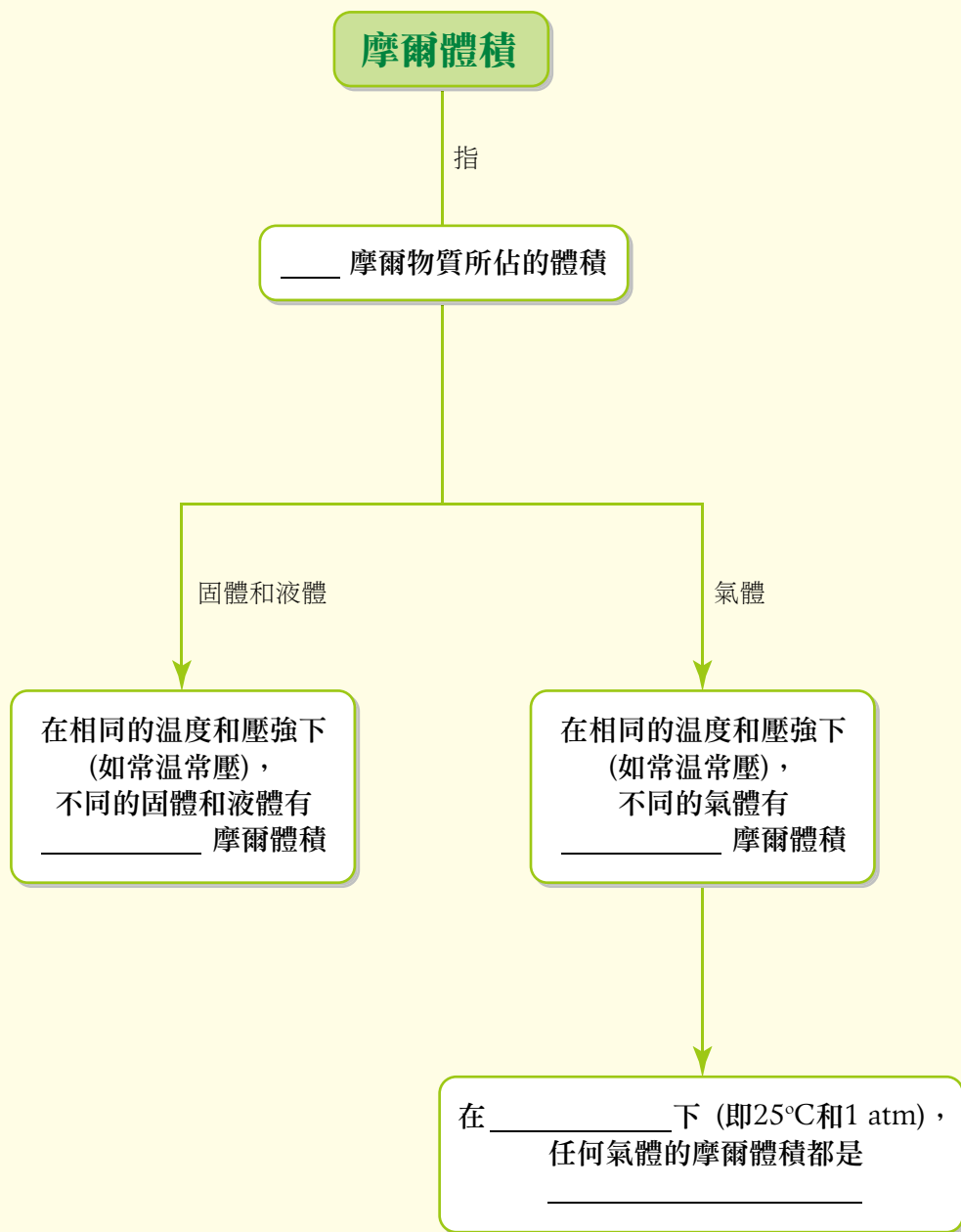
6. 氣體的摩爾數 =
$$\frac{\text{在特定條件下的氣體體積 (dm}^3\text{)}}{\text{氣體在相同條件下的摩爾體積 (dm}^3 \text{ mol}^{-1}\text{)}}$$
7. **亞佛加德羅定律**指出在相同的溫度和壓強下，具有相同體積的任何氣體都含有相同數目的分子。
8. 在相同的溫度和壓強下，氣體的摩爾比可當作體積比，而體積比也可當作氣體的摩爾比。

38.3 基於摩爾概念的混合計算

9. 「摩爾數」可作為化學計算中的「橋樑」。

概念圖

完成以下概念圖。



(提示：24.0 dm³ mol⁻¹、不同的、一、常溫常壓下、相同的)

章節練習

填充題

第38.1節

- 物質的 _____ 體積是指每摩爾物質所佔的體積。
- 氣體的摩爾體積的單位通常是 _____。
- 在 _____ 和 _____ 下 (25°C 和一大氣壓強)，任何氣體的摩爾體積通常是 $24.0\text{ dm}^3\text{ mol}^{-1}$ 。

第38.2節

- _____ 定律指出，在相同溫度和壓強下，具有相同體積的所有氣體都含有相同數目的分子。
- 在相同溫度及壓強下，氣體的摩爾比相等於其 _____ 比。

多項選擇題

第38.2節

- 在常溫常壓下， $180\text{ cm}^3\text{ H}_2\text{S}(\text{g})$ 分子的摩爾數是多少？
(在常溫常壓下，氣體的摩爾體積 = $24.0\text{ dm}^3\text{ mol}^{-1}$)
 - 7.5 mol
 - 0.0075 mol
 - 0.133 mol
 - 133.3 mol
- 在常溫常壓下， 1.5 mol 的 $\text{Cl}_2(\text{g})$ 所佔的體積是多少？
(在常溫常壓下，氣體的摩爾體積 = $24.0\text{ dm}^3\text{ mol}^{-1}$)
 - $36\ 000\text{ cm}^3$
 - $16\ 000\text{ cm}^3$
 - $12\ 000\text{ cm}^3$
 - 6000 cm^3

- 在常溫常壓下， 0.75 g 的 $\text{C}_2\text{H}_4(\text{g})$ 所佔的體積是多少？

(相對原子質量：H = 1.0、C = 12.0；在常溫常壓下，氣體的摩爾體積 = $24.0\text{ dm}^3\text{ mol}^{-1}$)

- 643 cm^3
 - 1800 cm^3
 - $32\ 000\text{ cm}^3$
 - $45\ 000\text{ cm}^3$
-

- 在常溫常壓下， $480\text{ cm}^3\text{ N}_2(\text{g})$ 含有多少個原子？

(在常溫常壓下，氣體的摩爾體積 = $24.0\text{ dm}^3\text{ mol}^{-1}$ ；亞佛加德羅常數 = $6.02 \times 10^{23}\text{ mol}^{-1}$)

- 1.2×10^{22}
 - 2.4×10^{22}
 - 1.4×10^{25}
 - 2.9×10^{26}
-

- 在常溫常壓下， 2×10^{22} 個 $\text{N}_2(\text{g})$ 分子所佔的體積是多少？

(在常溫常壓下，氣體的摩爾體積 = $24.0\text{ dm}^3\text{ mol}^{-1}$ ；亞佛加德羅常數 = $6.02 \times 10^{23}\text{ mol}^{-1}$)

- 797 cm^3
 - 722 dm^3
 - 2392 cm^3
 - 3600 cm^3
-

- 在常溫常壓下，下列哪種氣體所佔的體積最大？

(相對原子質量：H = 1.0、C = 12.0、N = 14.0、O = 16.0、Cl = 35.5；在常溫常壓下，氣體的摩爾體積 = $24.0\text{ dm}^3\text{ mol}^{-1}$ ；亞佛加德羅常數 = $6.02 \times 10^{23}\text{ mol}^{-1}$)

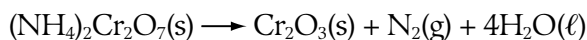
- 22.4 g N_2
 - 4.21×10^{23} 個 CO_2 分子
 - $12\text{ dm}^3\text{ Cl}_2$
 - 1.3 mol H_2
-

12. 在常溫常壓下， $100 \text{ cm}^3 \text{ CH}_2=\text{CHCH}=\text{CH}_2(\text{g})$ 與氫產生反應，所需氫的體積是多少？
 $\text{CH}_2=\text{CHCH}=\text{CH}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3(\text{g})$
 A. 50 cm^3
 B. 100 cm^3
 C. 200 cm^3
 D. 400 cm^3
15. 在常溫常壓下，當 0.2 g 鈣與過量稀氫氯酸反應時，所生成的氣體體積是多少？
 (相對原子質量：Ca = 40.0；在常溫常壓下，氣體的摩爾體積 = $24.0 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$)
 A. 20 cm^3
 B. 60 cm^3
 C. 100 cm^3
 D. 120 cm^3

第38.3節

13. 在常溫常壓下，把 16.0 g 的乙醇在空氣中完全燃燒，生成的二氧化碳體積是多少 (在常溫常壓下量度)？
 (相對原子質量：H = 1.0、C = 12.0、O = 16.0；在常溫常壓下，氣體的摩爾體積 = $24.0 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$)
 A. 3.2 dm^3
 B. 6.4 dm^3
 C. 8.3 dm^3
 D. 16.7 dm^3
16. 在常溫常壓下， 25 cm^3 的 $0.25 \text{ M NaHCO}_3(\text{aq})$ 與 30 cm^3 的 $0.1 \text{ M HCl}(\text{aq})$ 反應時，所生成的 $\text{CO}_2(\text{g})$ 的體積是多少？
 (在常溫常壓下，氣體的摩爾體積 = $24.0 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$)
 A. 150 cm^3
 B. 144 cm^3
 C. 78 cm^3
 D. 72 cm^3
17. 參看以下方程式：
 $3P(\text{g}) + 2Q(\text{g}) \rightarrow R(\text{g})$
 若 60 cm^3 的 $P(\text{g})$ 與 50 cm^3 的 $Q(\text{g})$ 反應，反應完結時，所得的氣態混合物的體積是多少？
 (所有氣體的體積都是在常溫常壓下量度。)
 A. 10 cm^3
 B. 25 cm^3
 C. 30 cm^3
 D. 45 cm^3

14. 當 35.0 g 的重鉻酸銨進行分解時，下列哪個組合是正確的？



(相對原子質量：H = 1.0、N = 14.0、O = 16.0、Cr = 52.0；在常溫常壓下，氣體的摩爾體積 = $24.0 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$)

所生成的	在常溫常壓	所生成的水
Cr_2O_3 的摩	下所生成的	分子的數目
爾數 (mol)	N_2 的體積	
	(dm^3)	

- | | | | |
|----|------|------|-----------------------|
| A. | 0.23 | 5.52 | 5.54×10^{23} |
| B. | 0.23 | 6.67 | 4.30×10^{23} |
| C. | 0.14 | 3.36 | 3.37×10^{23} |
| D. | 0.14 | 1.44 | 1.44×10^{23} |



基礎練習題

第38.3節

18. 完成下表。

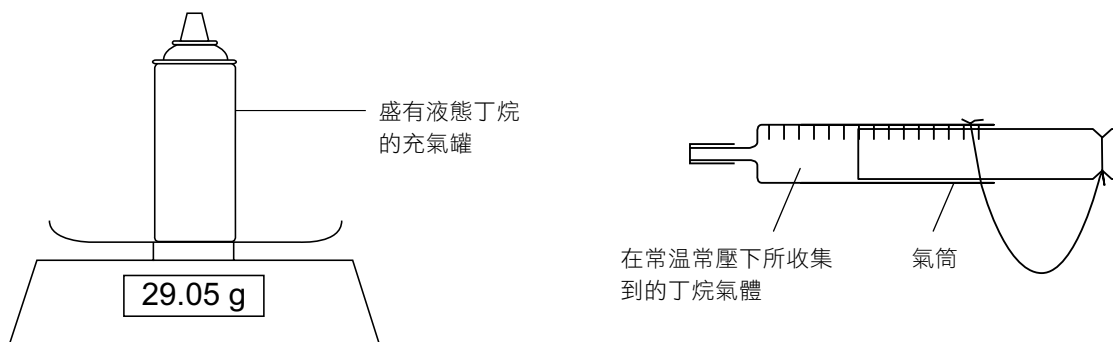
(在常溫常壓下，氣體的摩爾體積 = $24.0 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$ ；亞佛加德羅常數 = $6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$)

氣體	摩爾數 (mol)	在常溫常壓下氣體的體積 (dm^3)	分子數目
(a) H_2	0.02		
(b) Cl_2	0.01		
(c) H_2O		72.0	
(d) C_2H_6		2.40	
(e) NH_3		3.60	
(f) O_2			2.41×10^{24}
(g) HCl			1.51×10^{24}
(h) SOCl_2			7.22×10^{23}

結構題

第38.1節

19. 在常溫常壓下，某學生進行實驗以測定丁烷氣體 (C_4H_{10}) 的摩爾體積。讓已知質量的液態丁烷在氣筒內蒸發，量度丁烷氣體的體積，實驗裝置如下圖所示：



(a) 利用電子天平量度充氣罐 (含丁烷) 的質量。

(b) 在常溫常壓下量度所收集到的丁烷氣體體積。

所得的實驗結果如下：

室溫 = 25°C (298 K)

在氣筒內蒸發的丁烷質量 = 0.11 g

壓強 = 1 atm

氣筒所收集到的丁烷氣體體積 = 45.0 cm^3

(a) 描述如何測定已蒸發的丁烷質量。

(b) (i) 計算已耗用的液態丁烷的摩爾數。

(ii) 計算在常溫常壓下丁烷氣體的摩爾體積。

(c) 提出一些實驗誤差，以致不能準確地測定丁烷的摩爾體積。

(相對原子質量：H = 1.0、C = 12.0)

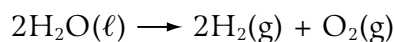
第38.2節

20. 在常溫常壓下，當 750 cm^3 的氮與 500 cm^3 的氧混合時，氣體的總摩爾數是多少？
(在常溫常壓下，氣體的摩爾體積 = $24.0 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$)

第38.3節

21. $\text{C}_3\text{H}_x(\text{g})$ 是清潔的燃料。在常溫常壓下，當 0.8 g 的 $\text{C}_3\text{H}_x(\text{g})$ 在空氣中完全燃燒時，會產生 1310 cm^3 的 $\text{CO}_2(\text{g})$ 。
(相對原子質量：H = 1.0、C = 12.0；在常溫常壓下，氣體的摩爾體積 = $24.0 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$)
- (a) 計算反應中已耗用的 $\text{C}_3\text{H}_x(\text{g})$ 的體積。
(b) 計算 x 的值。
(c) 寫出顯示 $\text{C}_3\text{H}_x(\text{g})$ 的完全燃燒作用的化學方程式。

22. 下列方程式顯示電解稀硫酸的總反應：

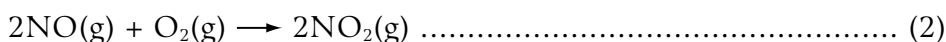
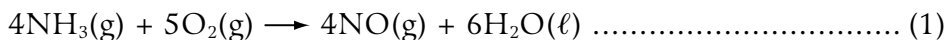


在常溫常壓下，把 4.5 g 水電解，所收集到的氧氣體積是多少？

(相對原子質量：H = 1.0、O = 16.0；在常溫常壓下，氣體的摩爾體積 = $24.0 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$)

23. 要完全燃燒由 100 cm^3 甲烷、 200 cm^3 氫和 250 cm^3 一氧化碳組成的混合物，需要消耗多少體積的氧？(所有氣體的體積都在相同的溫度及壓強下量度。)

24. 下列方程式顯示生產硝酸所涉及的兩個中間反應：



要把 40 cm^3 氮轉化成二氧化氮，所需最小體積的氧是多少？

(所有氣體的體積都是在相同的溫度及壓強下量度的。)

25. 在常溫常壓下，把過量的鋅顆粒加入 50 cm^3 的 1.0 M 氫氯酸中，氣筒收集到 600 cm^3 氫氣。

(a) 計算：

(i) 已耗用的氫氯酸的摩爾數；

(ii) 所生成的氫氣的摩爾數。

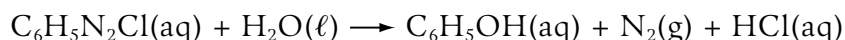
(b) 與酸反應的鋅顆粒的質量是多少？

(c) 計算已反應的鋅原子數目。

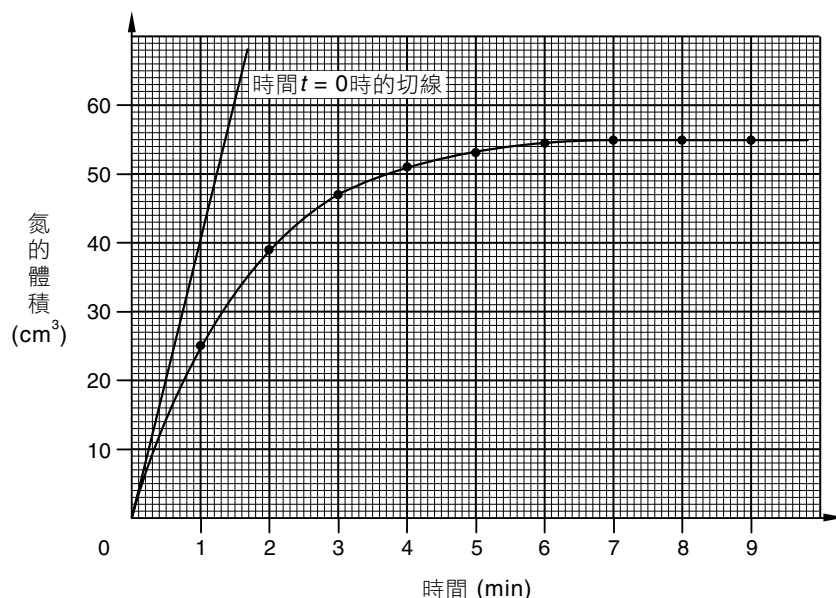
(d) 計算所生成的氯化鋅溶液的摩爾濃度。

(相對原子質量：Zn = 65.4；亞佛加德羅常數 = $6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ；在常溫常壓下，氣體的摩爾體積 = $24.0 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$)

26. 如下列方程式所示，在常溫常壓下，氯化重氮苯 ($C_6H_5N_2Cl$) 與過量的水產生反應：



以下坐標圖顯示所生成的氮的體積與時間的關係。



- 從坐標圖中求出反應的初速。
- 反應結束時，所生成的氮的體積是多少？
- 計算反應中所耗用的氯化重氮苯的質量。
(相對原子質量：H = 1.0、C = 12.0、N = 14.0、Cl = 35.5；
在常溫常壓下，氣體的摩爾體積 = $24.0 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$)

27. 把 1.5 g 的碳酸鎂加入 50 cm^3 的 0.1 M 氫氯酸中，並透過量度與實驗有關的一項物理性質，以跟隨反應的進度。反應結束時，在常溫常壓下所收集到的氣體體積為 56.0 cm^3 。

- 應量度哪項物理性質，以跟隨反應的進度？
- 寫出反應的化學方程式。
- 繪畫標示圖，以顯示實驗裝置。
- 哪種反應物 (碳酸鎂或氫氯酸) 是限量反應物？
- 計算在常溫常壓下所收集到的氣體的理論體積。
- 解釋為甚麼氣體的理論體積與實際收集到的氣體的體積存有差異。
(相對原子質量：C = 12.0、O = 16.0、Mg = 24.3；
在常溫常壓下，氣體的摩爾體積 = $24.0 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$)

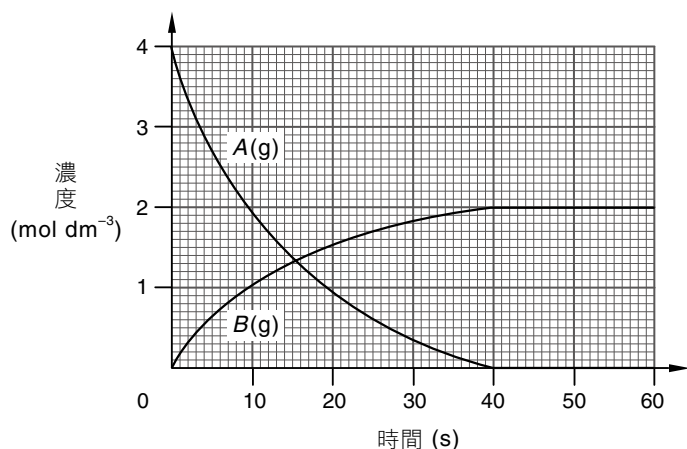
課題總練習

多項選擇題

1. 下列哪個是反應速率的單位？

- A. mol dm^{-3}
 B. $\text{dm}^3 \text{mol}^{-1}$
 C. $\text{mol dm}^{-3} \text{min}^{-1}$
 D. $\text{dm}^3 \text{s}$

2. 某化學反應在密閉容器內進行。以下是該反應的濃度對時間的坐標圖。



下列哪項正確顯示反應的化學方程式？

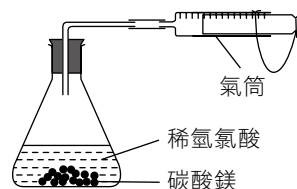
- A. $A(g) \rightarrow B(g)$
 B. $2A(g) \rightarrow B(g)$
 C. $B(g) \rightarrow 2A(g)$
 D. $2B(g) \rightarrow A(g)$

3. 下列哪個或哪些方法可把反應驟冷？

- (1) 利用大量蒸餾水稀釋反應混合物。
 (2) 把反應混合物輕微加熱。
 (3) 降低反應混合物的溫度。

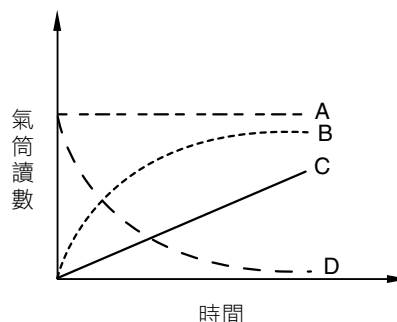
- A. 只有(1)
 B. 只有(2)
 C. 只有(1)和(3)
 D. 只有(2)和(3)

4. 某學生進行實驗，以量度稀氫氯酸與碳酸鎂反應所產生的氣態生成物的體積隨時間的變化，實驗裝置如下所示：



該學生根據實驗結果繪出氣筒讀數對時間的線圖。

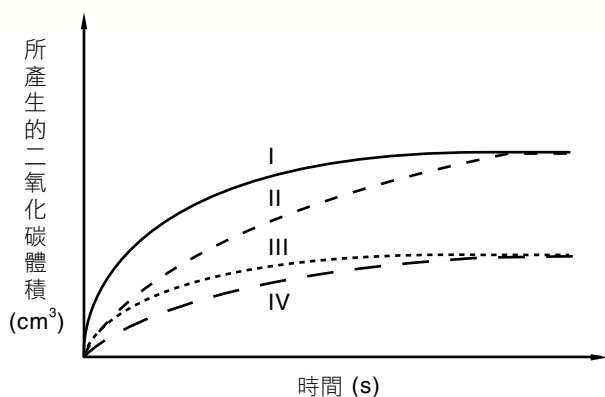
下列哪條曲線正確顯示實驗結果？



5. 把相同質量的過量碳酸鈣分別加入不同濃度和體積的氫氯酸溶液中。

溶液A	20 cm ³ 的0.5 M氫氯酸
溶液B	40 cm ³ 的0.5 M氫氯酸
溶液C	20 cm ³ 的1.0 M氫氯酸
溶液D	80 cm ³ 的0.125 M氫氯酸

每隔一段固定時距，量度所產生的二氧化碳體積。哪種溶液會得出曲線III？



- A. 溶液A
B. 溶液B
C. 溶液C
D. 溶液D



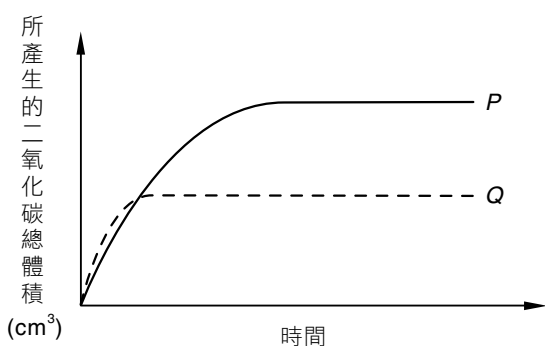
6. 下列哪些變化會減低化學反應的速率？

- (1) 從反應混合物中除去合適的催化劑。
(2) 增加相同質量的固態反應物的粒子大小。
(3) 減少反應物水溶液的濃度。

- A. 只有(1)和(2)
B. 只有(1)和(3)
C. 只有(2)和(3)
D. (1)、(2)和(3)



7. 下圖中，曲線P表示2.0 g碳酸鎂顆粒與過量稀氫氯酸在40°C下的反應結果。



下列哪項變化會產生曲線Q？

- A. 在30°C下以2.0 g碳酸鎂粉末進行實驗。
B. 在30°C下以2.0 g碳酸鎂顆粒進行實驗。
C. 在50°C下以1.0 g碳酸鎂顆粒進行實驗。
D. 在30°C下以1.0 g碳酸鎂顆粒進行實驗。



8. 氧化錳(IV) (MnO_2) 在過氧化氫 ($\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq})$) 的分解作用作為催化劑。下列有關氧化錳(IV) 的陳述，哪些正確？

- (1) 氧化錳(IV) 在分解作用中不會被消耗。
(2) 氧化錳(IV) 增加分解作用的速率。
(3) 在氧化錳(IV) 存在的情況下，反應會在較短時間內產生較多氧。

- A. 只有(1)和(2)
B. 只有(1)和(3)
C. 只有(2)和(3)
D. (1)、(2)和(3)



9. 在常溫常壓下，下列哪對氣體含有相同數目的原子？

(在常溫常壓下，氣體的摩爾體積 = $24.0 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$)

- | | |
|--------------------------|-----------------------|
| A. 200 cm^3 蒸汽 | 200 cm^3 氫 |
| B. 1 dm^3 二氧化碳 | 1 dm^3 三氧化硫 |
| C. 100 cm^3 甲烷 | 500 cm^3 氖 |
| D. 50 cm^3 氫 | 50 cm^3 硫化氫 |



10. 0.08 g 鎂在2.5分鐘內與過量稀氫氯酸完全反應，並釋出氫氣。反應生成氫氣的平均速率是多少？

(相對原子質量： $\text{Mg} = 24.3$ ；在常溫常壓下，氣體的摩爾體積 = $24\,000 \text{ cm}^3 \text{ mol}^{-1}$)

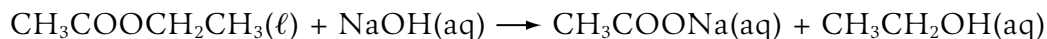
- A. $31.6 \text{ cm}^3 \text{ min}^{-1}$
B. $39.5 \text{ cm}^3 \text{ min}^{-1}$
C. $79.0 \text{ cm}^3 \text{ min}^{-1}$
D. $110.6 \text{ cm}^3 \text{ min}^{-1}$



11. 下列哪個氣體組合所含的分子數目最少？
(假設兩種氣體混合時並不會發生化學反應。相對原子質量：H = 1.0、C = 12.0、O = 16.0、F = 19.0、Cl = 35.5；在常溫常壓下，氣體的摩爾體積 = $24.0 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$)
- A. $5 \text{ dm}^3 \text{ Ar}$ 和 $2.5 \text{ dm}^3 \text{ H}_2\text{S}$
 B. $5 \text{ dm}^3 \text{ Ne}$ 和 $5 \text{ dm}^3 \text{ HCl}$
 C. 4 g F_2 和 4 g CO_2
 D. 3 g Cl_2 和 3 g CH_4
12. 1.2 g 氯化重氮苯與水反應時所產生的氮的體積是多少？(假設在常溫常壓下量度氣體體積。)
- $$\text{C}_6\text{H}_5\text{N}\equiv\text{NCl}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\ell) \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{OH}(\text{aq}) + \text{N}_2(\text{g}) + \text{HCl}(\text{aq})$$
- (相對原子質量：H = 1.0、C = 12.0、N = 14.0、Cl = 35.5；在常溫常壓下，氣體的摩爾體積 = $24.0 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$)
- A. 114 cm^3
 B. 205 cm^3
 C. 342 cm^3
 D. 456 cm^3
13. 在常溫常壓下， 30.0 cm^3 丙烷在 200.0 cm^3 氧中燃燒，已反應的氧和所產生的二氧化碳的質量分別是多少？
(相對原子質量：C = 12.0、O = 16.0；在常溫常壓下，氣體的摩爾體積 = $24.0 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$)
- | | 已反應的氧質量(g) | 所產生的二氧化碳質量(g) |
|----|------------|---------------|
| A. | 0.200 | 0.165 |
| B. | 0.267 | 0.220 |
| C. | 200 | 165 |
| D. | 267 | 220 |
-
14. 把 0.35 g 由鋅粉和銅粉組成的混合物加入過量稀硫酸中，反應結束時，氣筒收集到 100 cm^3 氫氣(在常溫常壓下量度)。樣本中鋅所佔的質量百分比是多少？
(相對原子質量：Zn = 65.4；在常溫常壓下，氣體的摩爾體積 = $24.0 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$)
- A. 35.4%
 B. 54.6%
 C. 77.9%
 D. 81.2%
15. $50 \text{ cm}^3 \text{ Y}_2(\text{g})$ 與 $25 \text{ cm}^3 \text{ O}_2(\text{g})$ 反應，過程中只產生 $50 \text{ cm}^3 \text{ Z}(\text{g})$ 。假設在相同溫度及壓強下量度所有氣體體積，Z(g)的化學式是甚麼？
- A. YO
 B. YO₂
 C. Y₂O
 D. Y₂O₅

結構題

16. 下列方程式顯示乙酸乙酯的加鹼水解作用：



透過進行滴定分析來跟隨反應進度。把乙酸乙酯與 100.0 cm^3 的 0.20 M 氫氧化鈉溶液混合，每隔五分鐘抽取 10.0 cm^3 反應混合物，並移放至足夠的冰冷蒸餾水中，然後再利用 0.10 mol dm^{-3} 氫氯酸進行滴定。

- (a) (i) 哪種儀器可用來移送 10.0 cm^3 反應混合物？
 (ii) 把 10.0 cm^3 反應混合物移放至足夠的冰冷蒸餾水中的目的是甚麼？試加以解釋。
 (iii) 建議一種適合用於本滴定分析的指示劑。
- (b) 在第五分鐘抽取的 10.0 cm^3 反應混合物需要 3.70 cm^3 的 0.10 M 氫氯酸來中和。計算在第五分鐘時氫氧化鈉溶液的濃度 (即 x)。
- (c) 利用以下數據繪畫濃度對時間的坐標圖。

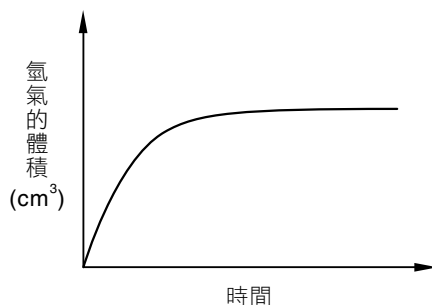
時間 (min)	反應混合物中NaOH(aq) 的濃度 (mol dm^{-3})
0	0.0500
5	x
10	0.0240
15	0.0151
20	0.0127
25	0.0116
30	0.0107
35	0.0105
40	0.0100
45	0.0100

- (d) 根據在(c)部的坐標圖，描述並解釋所得曲線的形狀。
- (e) (i) 對應於氫氧化鈉溶液，計算反應在第25至40分鐘期間的平均速率。
 (ii) 對應於乙酸鈉，計算反應在第25至40分鐘期間的平均速率。

17. 某學生進行以下實驗，以探究稀氫氯酸與鋅的反應速率。在每個實驗中，該學生把鋅加入錐形瓶內的氫氯酸中，以氣筒收集所釋出的氫氣。(相對原子質量：Zn = 65.4)

實驗	反應條件	
1	1 g Zn 顆粒 + 50 cm ³ 的 2.0 M HCl(aq)	25°C
2	1 g Zn 粉末 + 50 cm ³ 的 2.0 M HCl(aq)	25°C
3	1 g Zn 顆粒 + 50 cm ³ 的 2.0 M HCl(aq)	50°C

- (a) 寫出鋅與稀氫氯酸的反應方程式。
- (b) 利用計算結果找出實驗中的限量反應物 (鋅或氫氯酸)。
- (c) 指出以下各項有否差異，如有的話，試加以解釋。
- (i) 實驗1和實驗2的初速；
- (ii) 實驗1和實驗2所收集到的氫氣總體積。
- (d) 下圖顯示實驗1所收集到的氫氣體積隨時間的變化，在圖中繪出實驗3所獲得的曲線，並把曲線標示為「曲線3」。



18. 下表列出過量碳酸氫鈉溶液與三種不同的酸的反應：

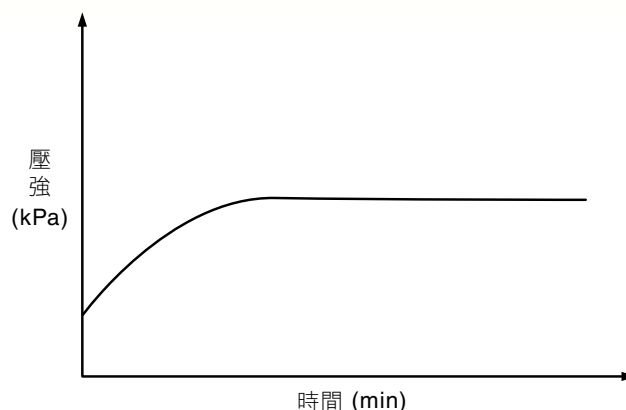
反應	碳酸氫鈉溶液與酸的組合
1	50 cm ³ 的 1 M 碳酸氫鈉溶液 + 10 cm ³ 的 1 M 乙酸
2	50 cm ³ 的 1 M 碳酸氫鈉溶液 + 10 cm ³ 的 1 M 硫酸
3	50 cm ³ 的 1 M 碳酸氫鈉溶液 + 10 cm ³ 的 1 M 氫氯酸

- (a) 寫出碳酸氫鈉溶液與酸反應的離子方程式。
- (b) 寫出反應的初速的定義。
- (c) 反應1還是反應3的初速較高？試加以解釋。
- (d) 反應2還是反應3的初速較高？試加以解釋。
- (e) 計算在常溫常壓下，反應3結束時所產生的氣體的理論體積。

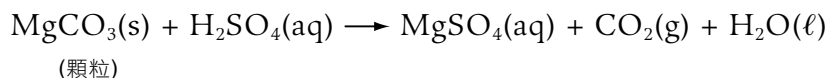
(f) 研究員利用數據記錄器量度每個反應中在固定時距所釋出的氣體壓強。右圖顯示反應3的壓強與時間的關係，在同一幅線圖中略繪出反應1和反應2所產生的曲線。

(g) 建議在實驗中使用數據記錄器的兩項好處。

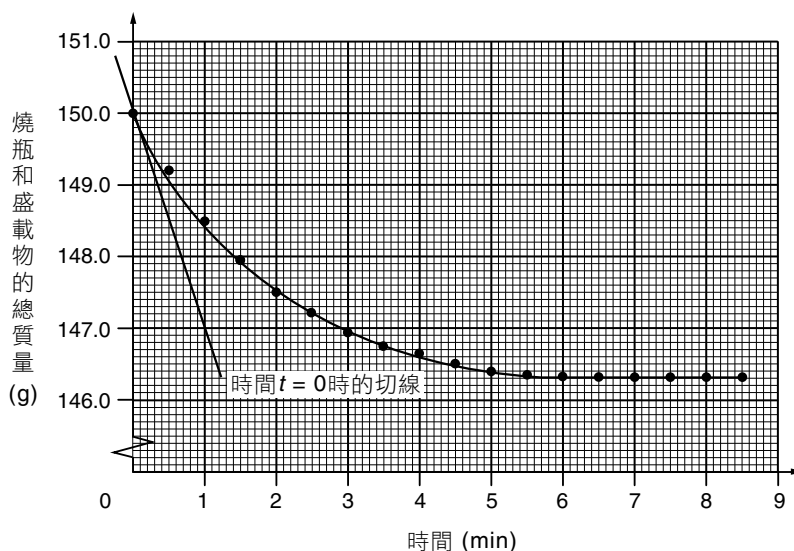
(在常溫常壓下，氣體的摩爾體積 = $24.0 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$)



19. 參看以下反應：



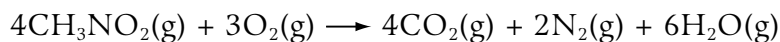
每隔一段固定時距量度反應混合物的質量變化後，得出以下坐標圖：



- (a) 解釋為甚麼反應混合物的質量會減少。
- (b) 反應在何時結束？
- (c) (i) 利用以上坐標圖計算反應的初速。
(ii) 計算在第2至6分鐘期間反應的平均速率。
- (d) 在常溫常壓下所產生的二氧化碳體積是多少？(以 cm^3 為單位)
- (e) 計算實驗所消耗的碳酸鎂質量。
- (f) 寫出以下各項對反應速率的影響，並加以解釋：
- (i) 以相同濃度的稀氫氯酸取代稀硫酸；
- (ii) 以碳酸鈣粉末取代碳酸鎂顆粒。

(相對原子質量：C = 12.0、O = 16.0、Mg = 24.3；
在常溫常壓下，氣體的摩爾體積 = $24.0 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$)

20. 硝基甲烷 (CH_3NO_2) 是一種燃燒非常迅速的燃料，常用於需嚴格控制燃燒反應速率的短程賽車中。



- (a) 若空氣含20%的氧，在相同溫度和壓強下，要與 500 cm^3 空氣完全反應，所需硝基甲烷的體積是多少？
- (b) 反應所產生的氣態生成物的總體積是多少？
- (c) 反應中氣體的整體體積變化是多少？
21. 某學生進行實驗，以測定蛋殼中碳酸鈣的質量百分比。該學生把 0.5 g 蛋殼加入過量氫氯酸中。實驗結束時，在常溫常壓下收集到 86.0 cm^3 二氧化碳。
- (a) 寫出碳酸鈣與氫氯酸反應的化學方程式。
- (b) 建議一項簡單測試來證明蛋殼含有鈣離子，寫出陽性的觀察結果。
- (c) 計算蛋殼中碳酸鈣的質量百分比。
- (d) 建議兩個方法以跟隨上述反應的進度。
- (e) 建議兩個方法以提高上述反應的速率，並加以解釋。
- (相對原子質量： $\text{C} = 12.0$ 、 $\text{O} = 16.0$ 、 $\text{Ca} = 40.1$ ；
在常溫常壓下，氣體的摩爾體積 = $24.0\text{ dm}^3\text{ mol}^{-1}$)
22. 某煤氣樣本的體積成分為： $x\%$ 氫、 $y\%$ 甲烷、 $z\%$ 一氧化碳和 19.5% 二氧化碳。在常溫常壓下，把 500.0 cm^3 煤氣與氧混合並點燃，煤氣的完全燃燒作用需消耗 415.0 cm^3 氧。反應結束時，讓反應混合物靜置並冷卻至常溫常壓，發現當中含有 255.0 cm^3 二氧化碳。
- (a) 計算該煤氣樣本中氫、甲烷和一氧化碳的體積百分比。
- (b) 計算燃燒 500.0 cm^3 煤氣樣本時所產生的水的質量。
- (相對原子質量： $\text{H} = 1.0$ 、 $\text{O} = 16.0$ ；在常溫常壓下，氣體的摩爾體積 = $24.0\text{ dm}^3\text{ mol}^{-1}$)

公開試題目

多項選擇題

1. 下列何者的反應進程可藉比色法來跟隨？

- (1) $2\text{MnO}_4^-(\text{aq}) + 5\text{C}_2\text{O}_4^{2-}(\text{aq}) + 16\text{H}^+(\text{aq}) \rightarrow 2\text{Mn}^{2+}(\text{aq}) + 10\text{CO}_2(\text{g}) + 8\text{H}_2\text{O}(\ell)$
 (2) $\text{SO}_3^{2-}(\text{aq}) + 2\text{H}^+(\text{aq}) \rightarrow \text{SO}_2(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\ell)$
 (3) $\text{Br}_2(\text{aq}) + \text{HCO}_2\text{H}(\text{aq}) \rightarrow 2\text{Br}^-(\text{aq}) + \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}^+(\text{aq})$

- A. 只有(1)和(2)
 B. 只有(1)和(3)
 C. 只有(2)和(3)
 D. (1)、(2)和(3)

(HKDSE 2013 卷一甲部 第33題)

2. 在一實驗中，把 10 g 的鋅粒加進在燒杯中 100 cm³ 的 1M HCl(aq)。下列對這實驗的改變，何者能增加該反應的起始速率？

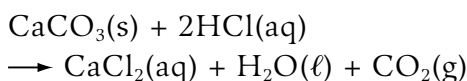
(相對原子質量：Zn = 65.4)

- (1) 以 200 cm³ 的 1M HCl(aq) 取代 100 cm³ 的 1M HCl(aq)。
 (2) 以 50 cm³ 的 2M HCl(aq) 取代 100 cm³ 的 1M HCl(aq)。
 (3) 改用 10 g 較大顆粒的鋅。

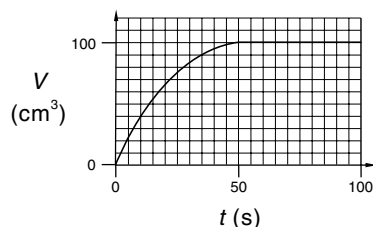
- A. 只有(1)
 B. 只有(2)
 C. 只有(1)和(3)
 D. 只有(2)和(3)

(HKCEE 2010 卷二 第44題)

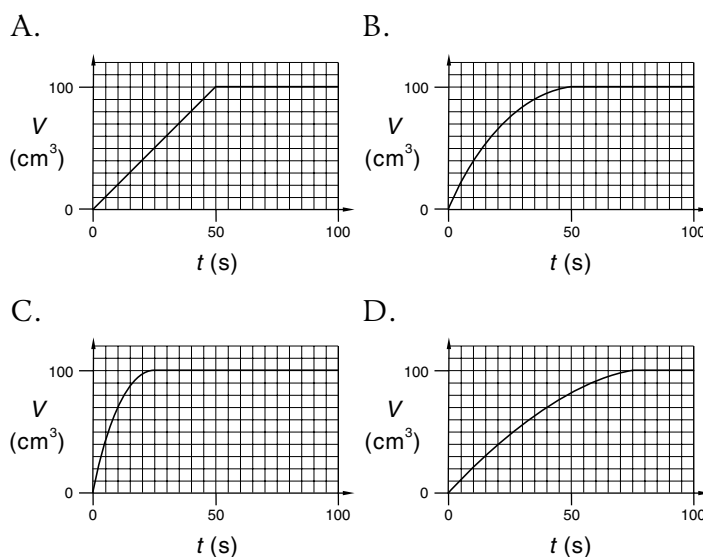
3. 在一個研習下列反應的速率的實驗裏，把少量粉狀碳酸鈣加進過量氫氯酸中，並記錄所釋出氣體的體積。



以下坐標圖顯示在實驗過程中，於不同時間 (t) 所釋出氣體的體積 (V)：



在相同條件下，用同一質量的碳酸鈣顆粒代替粉狀碳酸鈣來重做這實驗。下列坐標圖，何者最能代表在重做實驗時所得到的結果？



(HKDSE 2013 卷一甲部 第25題)

4. 金屬 M 的某個氧化物與碳完全反應得出 12.6 g 的金屬 M 和 2.38 dm³ 的二氧化碳 (在常溫常壓下量度)。該氧化物的化學式是甚麼？

(相對原子質量：M = 63.5、O = 16.0；在常溫常壓下，氣體的摩爾體積 = 24 dm³ mol⁻¹)

- A. MO
 B. MO_2
 C. M_2O
 D. M_2O_3

(HKCEE 2009 卷二 第33題)

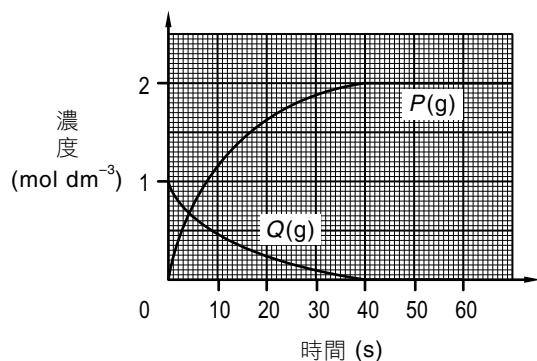
5. 當1.2 g的 $\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{s})$ 與 50 cm^3 的1.0 M HNO_3 反應，在常溫常壓下，所得二氧化碳的理論體積是多少？

(在常溫常壓下，氣體的摩爾體積 = $24 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$ ；相對原子質量：H = 1.0、C = 12.0、N = 14.0、O = 16.0、Na = 23.0)

- A. 272 cm^3
 B. 544 cm^3
 C. 600 cm^3
 D. 1200 cm^3

(HKDSE 2012 卷一甲部 第25題)

6. 某個在固定體積的密閉容器內的化學反應，其濃度-時間坐標圖如下所示：

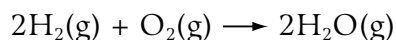


下列哪化學方程式正確代表這反應？

- A. $P(\text{g}) \rightarrow Q(\text{g})$
 B. $Q(\text{g}) \rightarrow P(\text{g})$
 C. $P(\text{g}) \rightarrow 2Q(\text{g})$
 D. $Q(\text{g}) \rightarrow 2P(\text{g})$

(HKDSE 2012 卷一甲部 第26題)

7. 如以下方程式所示，氫與氧產生反應：



若所有氣體體積均在 110°C 及一大氣壓強下量度， 50 cm^3 氫和 25 cm^3 氧完全反應所生成的蒸汽體積是多少？

- A. 25 cm^3
 B. 50 cm^3
 C. 75 cm^3
 D. 100 cm^3

(Edexcel, GCEAS, Unit 1, Q11, JAN 2009)

8. 在相同溫度和壓強下，下列哪種氣體樣本所佔的體積最大？

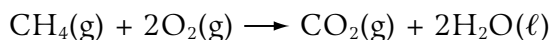
(相對原子質量：H = 1.0、C = 12.0、O = 16.0、F = 19.0、Ne = 20.0)

- A. 1 g乙烷
 B. 1 g氧
 C. 1 g氟
 D. 1 g氬

(Edexcel, GCEAS, Unit 1, Q17, JUN 2009)

9. 在常溫常壓下，當8 g甲烷完全燃燒時，所生成的二氧化碳體積是多少？

(在常溫常壓下，1摩爾氣體所佔的體積是 $24 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$ 。)

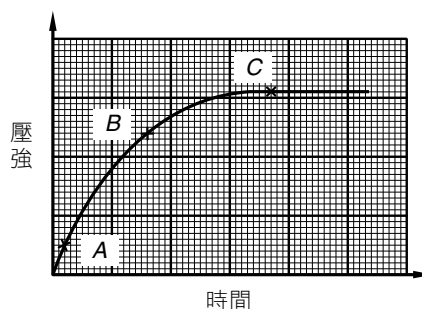


- A. 8 dm^3
 B. 12 dm^3
 C. 16 dm^3
 D. 24 dm^3

(IB, IBO, Standard level, Paper 1, TZ1, Q2, MAY 2008)

結構題

10. 在某實驗中，使用連接至壓強感應器的數據記錄器來研習在有氧化錳(IV) 下過氧化氫 (H_2O_2) 分解的速率。下面的曲線顯示了量得的壓強與時間的關係。



- (a) 過氧化氫的分解生成水和氧。實驗後，發現所用的氧化錳(IV) 並沒有發生任何化學變化。
- (i) 寫出氧化錳(IV) 的功用。
- (ii) 解釋為甚麼這實驗可使用壓強感應器。

(iii) 寫出過氧化氫分解的化學方程式，從而討論在這反應中氫和氧的氧化數所起的變化 (如有)。

(5分)

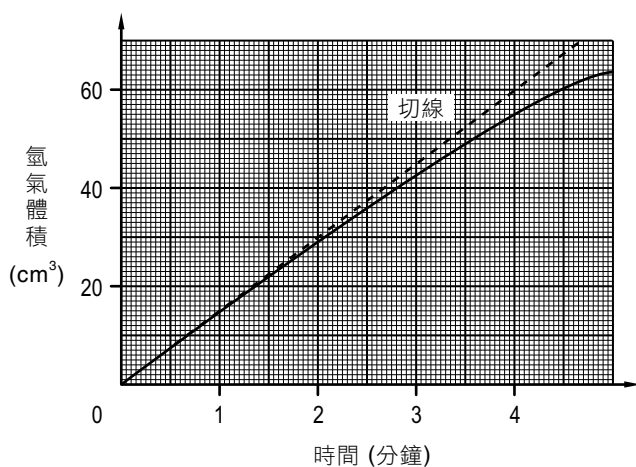
(b) (i) 解釋在曲線的A、B和C各點上過氧化氫分解的速率為何不同。

(ii) 如果過氧化氫的初始濃度是原本數值的一半，而所有其他條件均保持不變，於上面的方格紙上草繪應獲得的曲線。

(4分)

(HKCEE 2009 卷一 第10題)

11. 在一實驗中，把50 cm³的2.0 M HCl(aq)加進一個盛有2.0 g的鋅粉的錐形瓶中。下圖的曲線顯示實驗首幾分鐘所釋出氫氣的體積 (在常溫常壓下量度)，而圖中虛線是該曲線在反應開始時的切線。



(a) 一個反應的「初速」是指該反應開始時的瞬間速率。參考上圖，計算這反應對應於所釋出的氫氣的體積的初速。

(1分)

(b) 解釋以2.0 M H₂SO₄(aq)取代2.0 M HCl(aq)對這反應的初速的定性影響。

(1分)

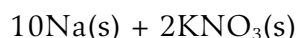
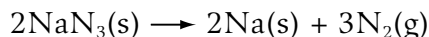
(c) 當反應結束時，所有鋅粉耗盡。計算所釋出氫氣的理論體積 (在常溫常壓下量度)。

(在常溫常壓下，氣體的摩爾體積 = 24 dm³ mol⁻¹；相對原子質量：Zn = 65.4)

(3分)

(HKDSE 2012 卷一乙部 第11題)

12. 安全氣囊是裝置於汽車的重要設備。在汽車嚴重碰撞時，氣囊中的化學品立刻反應以釋出大量氣體，氣囊便即時膨脹以保護乘客。安全氣囊中的主要化學品是疊氮化鈉 (NaN₃) 和硝酸鉀 (KNO₃)。以下方程式顯示當氣囊膨脹時所涉及的反應：



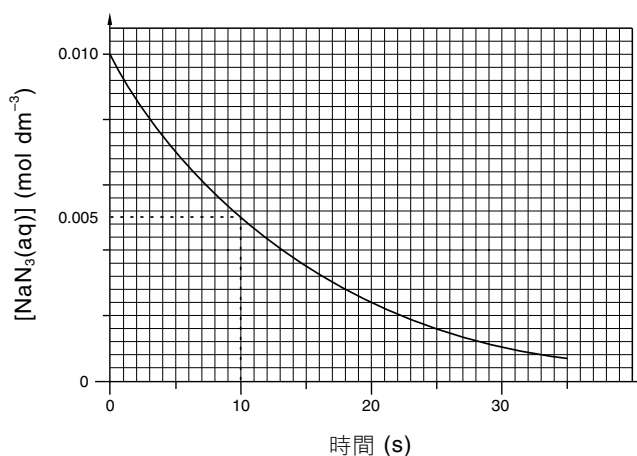
(a) 解釋為甚麼用於氣囊中的NaN₃(s)和KNO₃(s)是非常幼細的粉末。(1分)

(b) 一氣囊含100.0 g的NaN₃(s)和200.0 g的KNO₃(s)。計算當這氣囊膨脹時，所產生氣體在常溫常壓下的理論體積。

(式量：NaN₃ = 65.0，KNO₃ = 101.1；在常溫常壓下，氣體的摩爾體積 = 24 dm³ mol⁻¹) (3分)

(c) NaN₃的主要功用是產生N₂(g)以令氣囊膨脹。提出為甚麼在氣囊中必須有KNO₃(s)。(1分)

(d) 疊氮化鈉是有毒的化學品。因此生產安全氣囊時餘下的NaN₃廢物，須經特別處理，然後棄置。這處理涉及先把NaN₃溶於水，繼而讓所得到的溶液與過量亞硝酸HNO₂(aq)反應。以下坐標圖顯示在一個這樣的過程，反應混合物中NaN₃(aq)的濃度隨時間的變化：



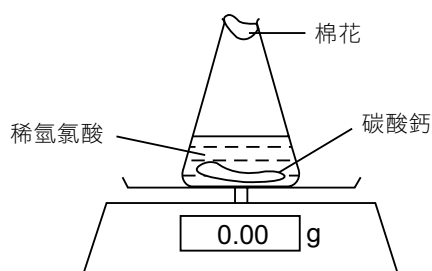
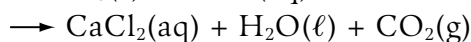
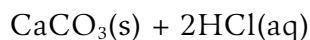
(i) 計算在首10秒中，NaN₃(aq)的平均消耗速率。

- (ii) 建議如何可利用這坐標圖來測定在第10秒時， $\text{NaN}_3(\text{aq})$ 的瞬間消耗速率。

(2分)

(HKDSE 2013 卷一乙部 第11題)

13. 下圖所示的儀器可用來探究碳酸鈣與氫氯酸反應的速率。



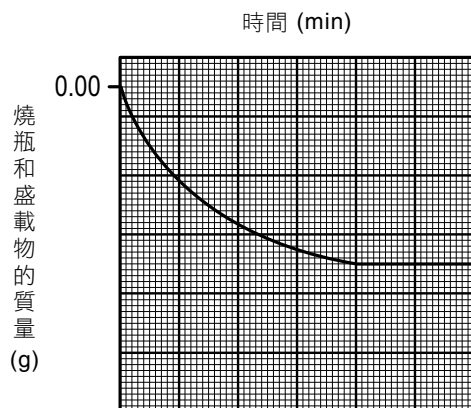
- (a) 在常溫下進行實驗，加入燒瓶中的反應物的分量如下：

$\text{CaCO}_3(\text{s})$ 的質量 = 5.00 g

$1.00 \text{ mol dm}^{-3} \text{ HCl}(\text{aq})$ 的體積 = 50.0 cm^3

反應開始時把天平讀數設置為零。

下圖顯示實驗1中燒瓶和盛載物的質量變化。



- (i) 解釋為甚麼質量減少。
- (ii) 計算在實驗1開始時每種反應物的摩爾數。
- (iii) 根據在(a)(ii)部的答案和反應方程式，推定哪種反應物是過量的。

- (iv) 以碳酸鈣小塊重複實驗，在坐標圖上繪畫兩條線（分別標示為「曲線2」和「曲線3」），以顯示在相同溫度下進行以下實驗時，燒瓶和盛載物的質量的變化。

實驗	$\text{CaCO}_3(\text{s})$ 的質量 (g)	$1.00 \text{ mol dm}^{-3} \text{ HCl}(\text{aq})$ 的體積 (cm^3)
2	2.50	50.0
3	5.00	25.0

(8分)

- (b) 利用(a)部的反應作進一步實驗，但只改變實驗1的一項條件。實驗4使用5.00 g碳酸鈣小塊。實驗5中，把反應混合物的溫度提升 30°C 。兩個實驗的反應速率都較反應1高。

(i) 運用碰撞理論解釋實驗4的反應較實驗1快的主要原因。

(ii) 運用碰撞理論解釋實驗5的反應較實驗1快的主要原因。

(4分)

(IB, IBO, Standard level, Paper 2, Q1, NOV 2008)