單元　反應速率與化學平衡

主題 1　濃度與表面積對反應速率的影響

生活中有許多的變化，非常微妙，舉例而言：鐵釘原本外觀有光澤，但經過時間的累積，表面會開始有鐵鏽出現；國慶施放煙火時，在極短的時間內，夜空即呈現亮光；楓葉到秋天時才轉紅；鞭炮瞬間點燃就爆炸，由上述種種現象可發現化學反應的產生有時很快，如：施放煙火、點燃鞭炮；有時很慢，如：鐵釘生鏽等，因此，將化學反應進行的快慢稱為反應速率，並探討影響反應速率的因素。

化學反應經由反應物的消耗而產生生成物，因此，在測量反應速率時，可利用化學反應過程中反應物與生成物的變化來求得，所以反應速率可定義為單位時間內，反應物消耗的量或生成物增加的量。

$$\text{反應速率}=\frac{\text{反應物消耗的量}}{\text{固定反應時間}}=\frac{\text{生成物生成的量}}{\text{固定反應時間}}$$

速率單位：

反應快者，時間以秒計算，故常使用克／秒、莫耳／秒或濃度／秒；若反應較慢則可以年或月計算。

影響反應速率的因素有：

本性、濃度、表面積、溫度和催化劑，接下來分主題說明。

物質的本性：

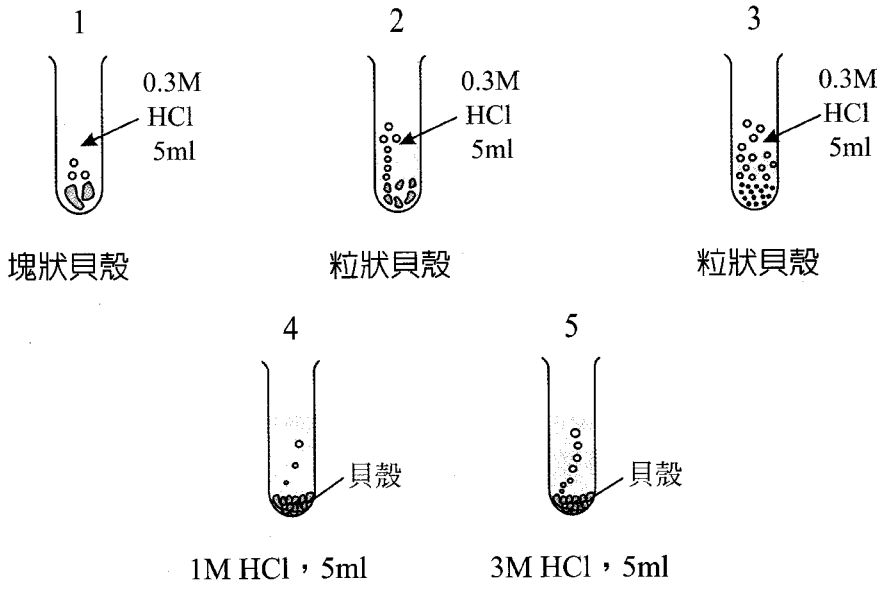
每一種物質在參與化學反應時的難易程度不同，故直接影響其反應速率，舉例而言：鈉金屬與氧會產生劇烈燃燒現象但銅金屬與氧卻不易起火燃燒，這是鈉與銅對氧活性的不同。

濃度和表面積：

以不同碳酸鈣的顆粒大小和不同濃度鹽酸的反應說明濃度和表面積對反應速率的影響。

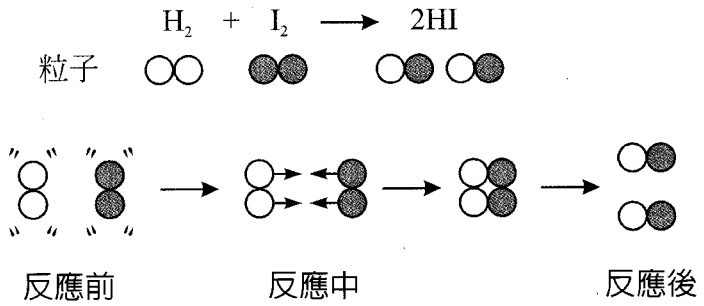
	等量碳酸鈣（直徑約 1 cm）	鹽　酸(M)
1 號試管	整塊	0.3M，5ml
2 號試管	以鐵鎚敲成碎粒	0.3M，5ml
3 號試管	用研缽磨成細粉	0.3M，5ml
4 號試管	用研缽磨成細粉	1M，5ml
5 號試管	用研缽磨成細粉	3M，5ml

註：M 為體（容）積莫耳濃度，每公升溶液中所含溶質莫耳數計算之。



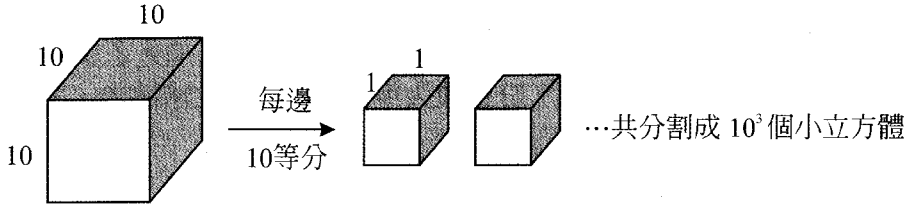
由上表所列條件，比較反應產生的快慢，以 1、2、3 號管比較，在固定鹽酸濃度與體積的條件下，發現 3 號試管反應最快，2 號次之，最慢為 1 號；比較 3、4、5 號管，固定碳酸鈣的量及鹽酸體積條件下，發現 5 號試管反應最快，4 號次之，最慢為 3 號。

這些實驗結果該如何解釋呢？依據物質組成的概念，可以知道物質是由粒子組成，而化學反應為不同粒子間重新排列而產生變化，更進一步說明，可以發現粒子在溶液中會不停的運動，當粒子與粒子互相碰撞時，同時也重新組合而形成新的化合物，稱為碰撞學說。



此反應為 $CaCO_3 + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + CO_2 + H_2O$，所生成的氣體可由澄清石灰水檢驗，若產生白色渾濁狀，表示 CO_2 的生成，反應式為 $CO_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$，而反應若以碰撞學說來說明，該如何解釋呢？

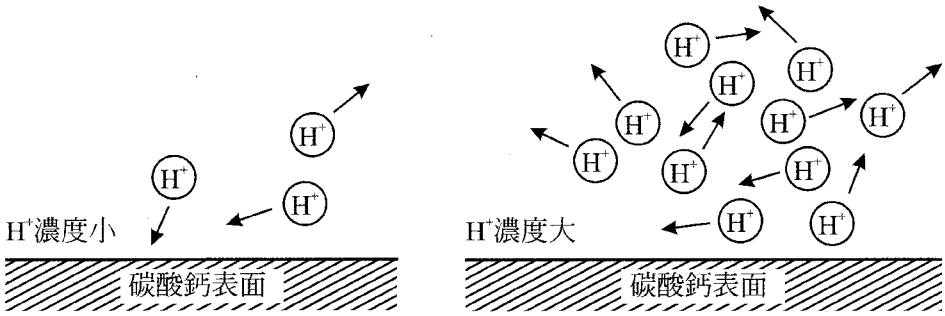
反應進行時，溶液中的氫離子與固體碳酸鈣表面形成碰撞，產生重新組合，若碳酸鈣被分割的越小時，與氫離子接觸的表面積就越多，因此，碰撞次數也越多，反應速率就越快；反過來，表面積越小，碰撞次數也越少，反應速率就越慢，因此，可解釋 3 號試管速率＞2 號試管速率＞1 號試管速率。



體積　$10^3 = 1000(cm^3)$　→　$1^3 = 1(cm^3)$　→　$\frac{10^3}{1} = 1000$（個）

表面積　6×10^2　→　$6\times1^2\times1000 \Rightarrow$ 表面積變為原來的 $\frac{6\times1\times1000}{6\times100} = 10$ 倍

此外，當氫離子濃度越大時，相對而言，表示氫離子粒子數目較多，與碳酸鈣粒子在一定時間內，碰撞的機會就增加，故濃度越大，反應就越快。



綜合而言，濃度越大，則反應速率越快，但快慢的比例需經由實驗決定；而總表面積若越大，即顆粒越小，則反應速率也越快，而生活中的某些現象也同樣可以應用此原理解釋，舉例而言：

(1) 碎木屑比大木材易燃。
(2) 砂糖比整塊冰糖易溶。
(3) 工廠若較易產生乾燥粉狀的可燃物，則需更注意安全以防爆炸。
(4) 鐵釘在純氧比在空氣中易生鏽。
(5) 實驗時化學實驗進行時多以液態溶液混合。

例題 1 取乾淨試管甲和乙，在甲試管中加入蒸餾水 3.0 mL 及 1.0 mL 1.0M 的 HCl 溶液，混合均勻。再從甲試管中取出 1.0 mL 溶液，與蒸餾水 3.0 mL 加入乙試管中，混合均勻。另取大小完全相同的鎂帶兩段，分別放入甲、乙兩試管之溶液內，所發生的現象應爲下列何者？

(A) 甲、乙兩試管均無反應
(B) 甲、乙兩試管均產生氣泡，且產生速率相等
(C) 甲、乙兩試管均產生氣泡，且甲產生速率較快
(D) 甲、乙兩試管均產生氣泡，且乙產生速率較快

例題 2 下列化學反應何者速率最快？ 【87 年省職聯試題】

(A) 鐵生鏽 (B) 雙氧水製造氧氣 (C) 鞭炮爆炸
(D) 醇 + 有機酸 $\rightleftharpoons$ 酯 + 水

例題 3 將一定量的貝殼與酸反應，下列何組冒出氣泡的速度最快？ 【87 年北職聯試題】

(A) 磨成細粉的貝殼與 1 莫耳的 H_2SO_4 (B) 原狀的貝殼與 1 莫耳的 H_2SO_4
(C) 磨成細粉的貝殼與 1 莫耳的 CH_3COOH (D) 原狀的貝殼與 1 莫耳的 CH_3COOH

例題 4 以碰撞學說的觀點，反應物粒子互相碰撞的機會愈多，反應速率愈快。則下列何項操作無法使反應速率變快？【86 年省聯試題】

(A) 將反應物顆粒磨成粉末　(B) 將可溶性的固體反應物配成溶液
(C) 將反應物溶液稀釋　(D) 提高反應時的溫度

例題 5 依下表所列，於各試管中置入等量的貝殼，再分別加入等體積的不同溶液，此時生成氣泡的速率快慢順序爲【85 年北聯試題】

(A) 甲＞乙＞丙＞丁　(B) 乙＞甲＞丙＞丁
(C) 甲＞乙＞丁＞丙　(D) 乙＞甲＞丁＞丙

實驗條件	甲試管	乙試管	丙試管	丁試管
貝殼顆粒大小	粉狀	粉狀	粒狀	粒狀
溶液	$[H^+] = 0.2$ M	pH = 2	pH = 5	$[OH^-] = 0.5$ M

例題 6 若將鹽酸與醋酸等濃度條件下，與等量大理石進行反應，則哪一種酸反應速率較快？

(A) 鹽酸　(B) 醋酸　(C) 一樣快

例題 7 將 1 cm 的正立方體方糖，分割成 0.1 cm 的正立方體方體，請問總表面積增加爲原來的幾倍？

(A) 不變 (B) 10 倍 (C) 100 倍 (D) 1000 倍

例題 8 鈉對氧的反應速率較銅快，則可以下列哪一項解釋反應速率的快慢？

(A) 濃度 (B) 表面積 (C) 活性 (D) 溫度

例題 9 泡咖啡時，選擇大顆的紅冰糖或是粉狀的細砂糖，發現細砂糖溶解的速率較快，該如何解釋此原因呢？

(A) 濃度 (B) 表面積 (C) 活性 (D) 溫度