化學 基礎講義

可逆反應與化學平衡

信望愛文教基金會・化學種子教師團隊

信望愛文教基金會

Chapter 7　　化學平衡

7-1. 可逆反應與化學平衡

7-1.1 可逆反應與平衡的定義

1. 完全反應

只能單向進行的反應稱為完全反應，例如:碳燃燒生成二氧化碳的反應。

2. 可逆反應

幾乎所有的化學反應都屬於可逆反應。當反應物互相反應變成生成物(正反應)之後，生成物又互相反應變成原來的反應物(逆反應)，這種**正反應和逆反應同時進行的反應稱為可逆反應**。可逆反應為不完全的反應，反應物與生成物共存於系統中。

3. 可逆反應的表示法

a. 化學反應式中，箭號代表反應方向，可逆反應以雙箭頭『⇌』表示。

b. 平衡係數可以表示反應物與生成物**變化量**的比，但**無法表示平衡濃度**。

Ex: $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightarrow 2HI_{(g)}$

★由式中可以看出:若 1mol 氫氣與 1mol 碘反應可生成 2mol 碘化氫，但平衡時，各物質在反應系統中的濃度(平衡濃度)們無法得知，須由實驗求得。

4. 化學平衡的條件

可逆反應不向正反應或逆反應任何一方向完全進行，而是兩方向一起反應，最終會達一個平衡狀態。若**正逆反應速率相等時，稱反應達化學平衡狀態**。以下是反應達平衡的三個必要條件:

a. 必須是可逆反應

b. 定溫下的密閉系統(氣體無法逸散 or 水溶液中的反應都算密閉系統)

c. 正反應速率(r)=逆反應速率(r')

5. 平衡狀態的性質

a. 系統的巨觀性質維持不變

因為正逆反應的速率相等，所以反應物與生成物的量維持不變，系統的巨觀性質如顏色、壓力、密度、濃度等固定不變。

b. 化學平衡是**動態的平衡**

當反應達平衡時，反應的巨觀性質不再改變，看起來似乎停止反應，事實上正逆反應仍在進行，且正逆反應的速率相等。已學過的動態平衡有: 蒸發和凝結的動平衡、溶解與結晶的動平衡、滲透。

c. 平衡狀態與達成平衡的方向無關

化學反應可以由反應物的一端，或是由生成物的一端達成平衡。例如下列反應:

$H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$

448 ℃ 時，若以各 0.5mol 的氫和碘置於 1 公升的密閉容器中反應，其平衡狀態與將 1mol 碘化氫至於 1 公升密閉容器中所得的平衡狀態相同。如下表所示:

各 0.5mol 的氫和碘置於 1 公升的密閉容器中反應，實驗測得平衡時 HI 的莫耳數為 0.78mol。

	$H_{2(g)}$	+	$I_{2(g)}$	$\rightleftharpoons$	$2HI_{(g)}$	單位
反應前	0.5		0.5		0	mol
反應後	-0.78/2		-0.78/2		+0.78	mol
平衡時	0.11		0.11		0.78	mol
平衡濃度	0.11		0.11		0.78	M(mol/L)

1 mol 的碘化氫氣體置於 1 公升密閉容器中，平衡時測得的 HI 剩餘 0.78 mol

	$2HI_{(g)}$	$\rightleftharpoons$	$H_{2(g)}$	+	$I_{2(g)}$	單位
反應前	1		0		0	mol
反應後	-0.22		+0.11		+0.11	mol
平衡時	0.78		0.11		0.11	mol
平衡濃度	0.78		0.11		0.11	M(mol/L)

所以各成分的平衡濃度與達成平衡反應的方向無關。

7-1.2 平衡的動力論

以 7-1.1 氫氣與碘蒸氣的反應為例: $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$

1. 速率變化

反應支出將氫氣、碘蒸氣置於密閉容器中，其正逆反應速率隨時間的變化如圖 7-1(a)。反應速率與反應物的濃度有關，開始反應時由於[H_2]、[I_2]最大，所以正反應速率最大，而 HI 尚未生成，所以逆反應速率為零。隨著 H_2 與 I_2 的消耗，正反應速率下降，而[HI]變大所以逆反應速率增加，最後正逆雙方速率終於相等而達平衡。

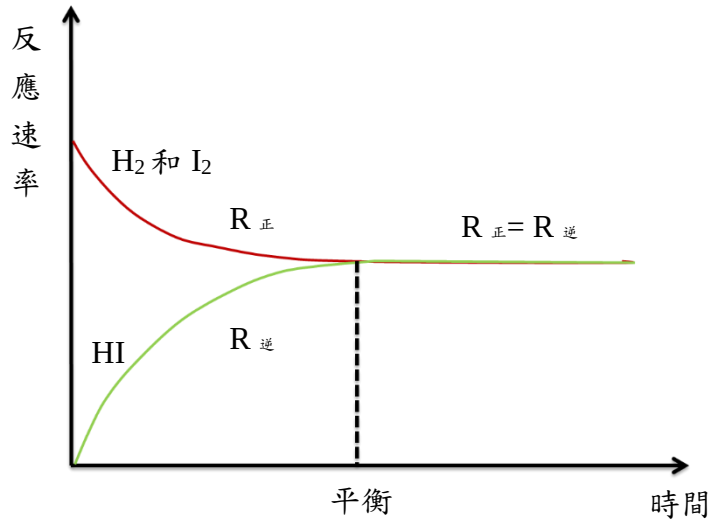

圖 7-1(a) 反應速率與時間的關係

2. 濃度變化

反應過程中各物質濃度的變化如圖 7-1(b)，達平衡時，各物質的濃度為一定值。

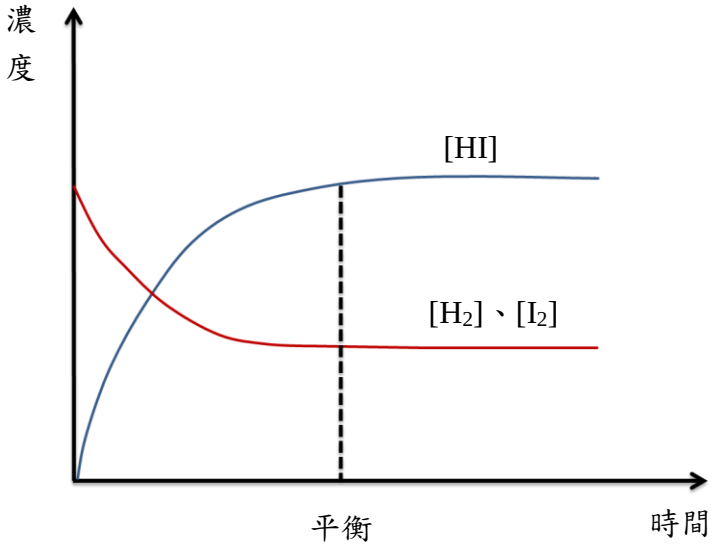

圖 7-1(b) 濃度與時間的關係