

# 動平衡現象的模型展示法

## 國中教師組化學第三名

臺北市立金華女子國民中學

製作人：康滄海 楊五嶽

### 一、前言：

在科學上，為便於解釋一個“未知”的，或是“感官不能察覺”的現象，科學家們常常使用一個已知而易於觀察的系統來幫助我們瞭解未知的現象。這已知的系統便稱為是這未知現象的“模型”(model)。也可以說是利用一“巨視的”(macroscopic)來代表眼不能見的“微視的”(microscopic)現象。若此二者的“行爲”非常接近，則可算是很成功的模型。但是我們都知道，沒有任何一個模型可和它所代表的現象完全相同，只要能幫助我們解釋現象就達到目的了。

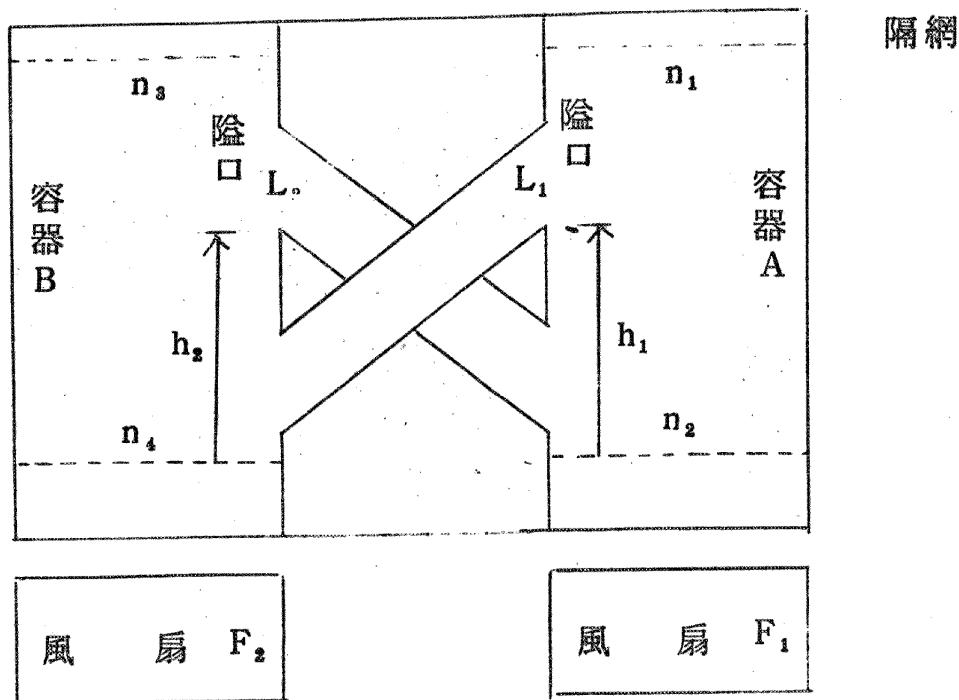
平日教學時，發現一般學生對“動平衡”的現象多不易明白，諸如化學平衡、飽和蒸氣壓、飽和溶液等等。為了加強教學效果，作者等數位教師便研究設計出一套模型，用以解釋“動平衡”的現象。當然模型不能完全代表它所要解釋的現象，因此仍有它的限制和困難。

### 二、儀器解說：

(一)構造：如圖示容器A、B係壓克力製之長方體容器， $L_1$ 為由A至B(由上往下斜)之通道， $L_2$ 為由B至A(亦由上往下斜)之通道。A、B之上端及下端各附可上下移動之金屬網。A、B之下各置一風扇，並附開關及變速器。

(二)作用：容器內置保麗龍小球代表反應之分子，打開風扇代表動能，氣流由容器底部吹向上方，帶動小球在容器內飛舞跳動，

一部份小球便由通道之隘口滑落至另一方之容器內代表生成產物，反之亦然。



### 三、適用解釋範圍：

- (一)碰撞學說。
- (二)有效碰撞。
- (三)反應速率。
- (四)不可逆反應。
- (五)可逆反應與化學平衡。
- (六)平衡的移動。
- (七)飽和蒸氣壓及飽和溶液一相的平衡。

### 四、說明：

#### (一)碰撞學說：

於A容器內放入小球，若未開風扇，小球靜止於A容器內，代表無碰撞發生，若永久靜置，則小球始終無法通過 $L_1$ 隘口，代表若無碰撞，則產物不能生成。

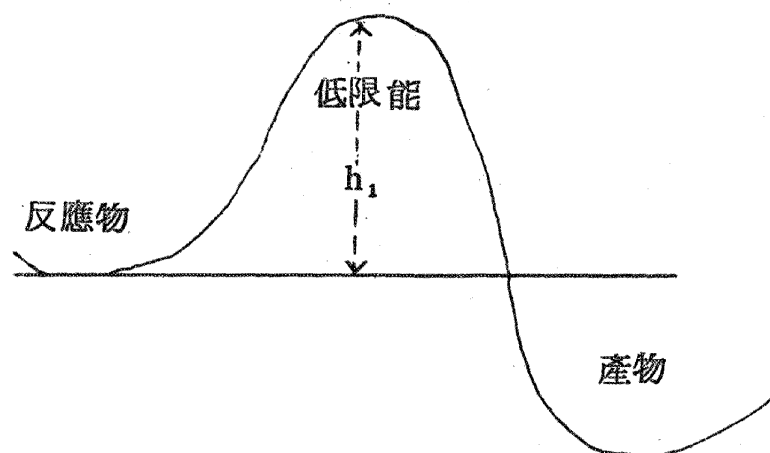
#### (二)有效碰撞：

化學反應固然由於碰撞而發生，但每次碰撞並非都能產生

反應，而須考慮低限能及位向的因素。此即有效碰撞的理論。

(A)低限能：

容器A中之小球跳動碰撞時，若彈得不夠高而低於 $h_1$ ，未達隘口，則無法進入B容器內。表示反應物之分子若其能量未達低限能則產物不能生成。



(B)位向：

碰撞的位向也是化學反應發生與否的一種重要的因素，正確的碰撞位向，可導致產物生成，不正確的碰撞位向，雖然動能夠大，仍屬「無效碰撞」就像A容器中之球若碰撞的位向不適當，則無法穿進 $L_1$ 隘口而進入B容器，因此不產生反應。

(三)反應速率：

影響反應速率的因素有(A)反應物顆粒的大小(B)溫度的高低(C)濃度的大小(D)催化劑的使用等等，分述如下：

(A)反應物顆粒的大小：

反應物顆粒的大小直接影響接觸面積。故若 $L_1$ 之通道放大則單位時間內通過 $L_1$ 之小球數必增加，是可想而知之事(本儀器未附此設備)

(B)溫度的高低：

溫度係代表分子之動能，溫度愈高，則分子的動能愈大碰撞後超過「低限能」的分子數目也愈多，因此反應速率便

加快，此可由充入一定的球於A容器中，分別以不同的電扇轉速攪動「保麗龍」球，發現轉速愈快的（亦即動能較大，代表高溫），其單位時間通過 $L_1$ 隘口進入B中的球數也愈多，此即溫度高，反應速率快的明證。

#### (C)濃度的大小：

反應物的濃度愈大，則正向反應的反應速率愈快，依碰撞學說，這是由於濃度增大，碰撞的機會增多之故，如果分別在A容器中充入不同數目的保麗龍球，開動電扇（轉速固定），則可發現原先A容器中數目愈多時，單位時間內通過 $L_1$ 隘口而進入B容器中的也愈多，此表示濃度愈大，反應速率的確也加快。

#### (D)催化劑的使用：

催化劑的添加，目的在降低「低限能」因此而能加反應速率，如果於開動電扇（固定轉速）之後，將容器底部之網子加高（容器頂之網子也相對升高，使容器體積維持定值），則能障 $h$ 之高低減低，則單位時間穿越 $L_1$ 隘口而進入B中的球數較多，表示催化劑有加速反應速率之效。

催化劑之使用係能夠提供一個有利於反應的表面，使反應在此場所進行，此等於為碰撞提供一個正確的位向。此可由開動電扇，在A、B容器底各墊上一塊平板，使吹入的氣流，在適當的位向擾動，容器內的球，才能經碰撞而通過 $L_1$ 隘口進入B中，若將平板移動，則氣流位向改變，雖有擾動，但球碰撞的位向不適當，所以無法進入B容器。

#### (四)不可逆反應：

若只開動一邊之電扇（如A邊）而使另一邊保持不動，則球只能由A進入B容器，A容器中之球漸減，而B容器中之球漸增，久之A容器中之球便消耗殆盡，此可表示，不可逆反應之單向反應現象。

#### (五)可逆反應與化學平衡：

於A容器內放入球，代表反應物之分子，電扇未開動前B

容器內無球，代表碰撞前沒有產物生成，當開動電扇攪動保麗龍球，代表碰撞發生，此時可見有部份球經 $L_1$ 隘口進入B容器內，表示開始有產物生成，產物生成後，由於本身具有動能，因此在B容器內亦自行發生碰撞，當碰撞後，經 $L_2$ 隘口返回A容器時，即代表有逆反應發生，此可說明可逆反應的現象，初時，從A進入B的球甚多，由B進入A的球甚少，漸漸的由於A中分子濃度減少，碰撞機會減低，因而單位時間內由A進入B的球數慢慢減少。相反的因為B中分子濃度漸漸的增加，因此在單位時間內，由B返回A中的球數愈來愈多，當達到某種限度時，單位時間內由A進入B的球數和B進入A的球數相等，此時吾人稱正反應和逆反應的速率相等，亦即化學反應達到平衡，達到平衡之後，除非環境因素有所改變，否則反應物及生成物的濃度維持定值。此可由達成平衡後，關掉電扇，檢視A容器和B容器中的保麗龍球數約略相等而得知，以上之現象可說明化學平衡並非靜態之平衡，而係動態之平衡，即在“微視”分子的動態平衡，是肉眼無法觀察的，而在“巨視”的模型中，粒子的動平衡却很容易由肉眼來觀察，因此可以澄清化學平衡的觀念，而使學習者明白。

#### (六)平衡的移動：

- (A)平衡時，增加反應物的濃度，可使反應向生成物一方移動，吾人可在開動電扇，使A、B二容器內碰撞的球，達到平衡之後（此時兩容器內之球數約略維持定值），再增加A容器內之球數，重新開動電扇（轉速維持原樣），當新的平衡再度達成時，檢視A、B二容器內之球數，發現B中之球數增加，而A中減少得知。
- (B)對氣體分子而言，反應物壓力的增加，與「濃度的增加」具有同等的效果，因此壓力增加，反應速率變大。此可由充入一定數目的球於A容器中，開動電扇將A容器頂端的網子，漸次向下移動，使容器內之壓力漸增（即器壁單位面積之碰撞數加多）則單位時間通過 $L_1$ 隘口而進入B器中的球數也跟著漸次增加

而得證之。

(C)其餘效應本儀器無法表現出。

(七)飽和蒸氣壓及飽和溶液——相的平衡

當液態分子靜置時，其表面分子由於受到內部分子的束縛力小，因此易於經由振動而脫離液態表面散逸於空中，當空中的分子愈來愈多時，則由於碰撞亦能返回液態表面，分子從液態進入氣態的速率由於快而漸慢，從氣態進入液態的速率由慢而漸快，當兩者達成平衡時，正逆反應的速率相等，此時之氣壓分子壓力稱為在該溫度下之飽和蒸氣壓，此可由A容器中充入球代表液態分子。B容器內無球，代表起先氣態分子不存生，當開動電扇時（轉速固定，亦即定溫）A中之球擾動，經隘口 $L_1$ 進入B中，慢慢的B中之球，亦經碰撞由 $L_2$ 隘口返回A中當擾動10秒鐘左右，達成平衡時，A、B二容器中之球數約略維持定值，B容器中之固定球數，即代表飽和蒸氣壓在定溫下為一定值。

飽和溶液中之溶質分子與固態溶質之間的行為亦同。

五、討論：

(一)本套儀器並非學理本身的研究，而是研究闡述學理的方法，注重表達的方式，化微視為巨視，將眼所不見的分子化合的變化過程，變為眼所能見的小球跳動，目的在說明其現象。

(二)本儀器所採用之小球為保麗龍製，若跳動時間長久，易產生靜電而吸附器壁之上影響效果，因此需要保持小球潮濕始能繼續操作。

(三)當初於研製時，曾採用振板方式擊打小球使之飛起；但因效果不佳，故改用風扇效果不錯。網子的升降亦由繁複的操作改為簡單方便的方法，器壁採用壓克力，因其透明且易加工，由鋸板至黏接須十小時左右，其餘部份亦易自製。