

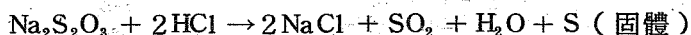
“反應速率與溫度關係” 實驗的探討與改進

王佩蓮 許順吉

國立臺灣師範大學化學研究所

化學反應之速率隨物質之不同而異。蠟燭置於空氣中，不發生變化，需以火柴點燃，才會開始反應；鐵片置於空氣中會生鏽，但反應極為緩慢；反之，白磷放置空氣中，則迅速自動着火燃燒。這些物質皆能與空氣中之氧起反應，但反應速率不同。所以我們要控制一化學反應須先了解影響反應速率的因素。

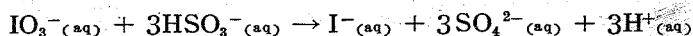
影響反應速率之因素有反應物之本性，濃度和反應溫度，本篇僅探討反應速率與溫度之關係。在國民中學理化試用教材第四冊，第 88 頁⁽¹⁾，有一溫度與反應速率之實驗，藉在不同溫度下，觀察反應進行所需的時間，以了解溫度影響反應速率的關係，在此實驗裏，硫代硫酸鈉溶液與鹽酸可以發生下列反應：



反應所產生之固體硫在溶液中呈暗黃色。

高中化學試用教材，實驗手冊第二冊（修訂本）第 6 頁⁽²⁾，“反應速率”一節以秒錶反應來探討溫度對反應速率的影響。

該實驗用溶液 A：碘酸鉀的稀薄溶液，含有碘酸根離子。溶液 B：澱粉及亞硫酸氫根離子。混合溶液 A 與溶液 B，初期的反應為：

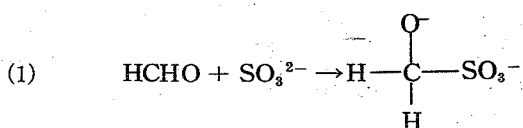


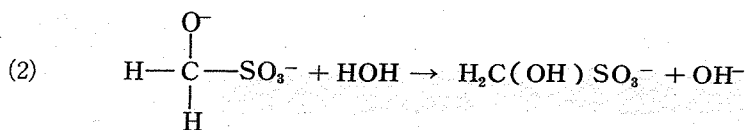
當亞硫酸氫根用完時，碘離子和剩下的碘酸根離子反應，生成 $\text{I}_2(\text{s})$



當產生的碘分子與澱粉生成藍色物質時，即表示反應已完成。

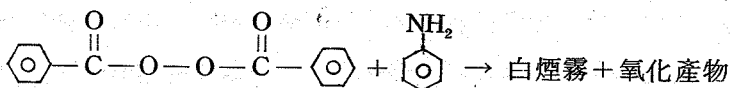
大一的普化⁽³⁾中亦有“溫度與反應速率”的實驗。該實驗觀察，不同溫度下稀薄甲醛溶液，與濃度較小的亞硫酸氫鈉溶液、濃度更低的亞硫酸鈉溶液之反應速率變化。其反應為





由(2)式生成之 OH^- ，立即由(3)式消耗，直到全部 HSO_3^- 用盡才有 OH^- 離子殘存於溶液中，該 OH^- 離子立即使溶液呈現紅色。

上述實驗，不管在國中，高中或大學都需配製多種溶液，需要多支恒溫的試管，操作手續相當繁雜，且利用指示劑的顏色變化以決定反應完成的時間，容易造成人為的誤差。因此，我們介紹一個操作上甚為方便的改良實驗^(4,5)。這個實驗利用過氧化苯甲醯與苯胺混合會產生白煙的現象，計算白煙產生時間以求取不同溫度下的反應速率

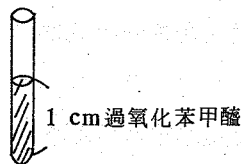


儀器：試管（20 × 150 mm）5支，試管架1個，燒杯（500 毫升）1個，馬表一只，鐵架鐵環一座，本生燈1只，滴管1支，刮勺1支及冰塊。

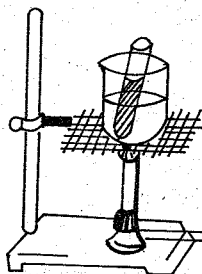
藥品：過氧化苯甲醯（Benzoyl peroxide），各種胺類（amines.），如苯胺（aniline）等。

實驗步驟

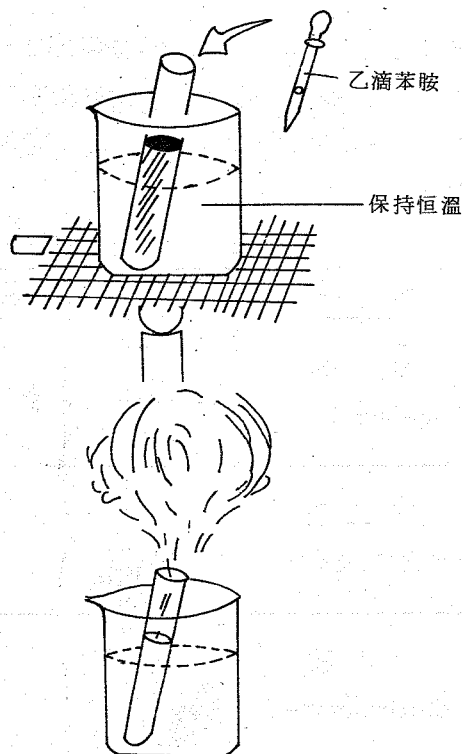
1. 在試管中加入 1 cm 高的過氧化苯甲醯



2. 把試管放入燒杯中，使溫度範圍在 5 °C ~ 50 °C 間（任選五種溫度），杯內水溫維持恒定，令試管在水中達熱平衡十分鐘以上。



3. 用滴管滴入乙滴苯胺於試管中（加入前，先記下溫度，同時按下馬表開始計時）。



4. 看到烟霧出現，立刻按下馬表停止計時，記錄時間。

結果與討論

本改良之實驗，所使用藥品，只有二種，一種為白色粉末之過氧化苯甲醯及液體的苯胺，均可直接取用，不需要配製任何溶液；操作簡單。在各種不同溫度，重覆操作，記錄不同時間，即可測出反應速率與溫度的關係。

本實驗經筆者及大學一年級學生試作，並用不同胺類來實驗，結果發現各組數據很相近，可以減少以前的實驗因人為及指示劑用量所造成的誤差。如表一，列有四組學生的數據，以為參考。

表一 四組改良實驗教材之反應速率與溫度的關係

溫度 (°C)		時間 (秒)	溫度 (°C)		時間 (秒)
第一組	5	46	第二組	5	45
	9	35		10	30
	15	30		18	20
	18	17		20	15
第三組	6	43	第四組	4	60
	10	30		17	22
	18	20		30	16
	21	14		32	9

本實驗所用之苯胺可用其他胺類代替，筆者發現不同胺類之反應時間不同，但是除三級胺外，產生之煙霧均極明顯，因此實驗者可採用實驗室中現有的任何胺類化合物，如表二所列。採用一種胺類時，其用量要固定，溫度要恆溫，得到的數據，才可看出溫度與反應速率之關係。

表二 以不同胺類，過氧化苯甲醯之反應速率

胺 類	溫度 (°C)	時間 (秒)	觀 察 到 之 現 象
苯 胺 (aniline)	4.0	67.1	爆炸聲，煙霧
	16.5	20.2	
	32.0	7.5	
三 乙 胺 (triethylamine)	3.5	683	爆鳴聲，煙霧
	16.5	153	
	40.0	12	
二 乙 胺 (diethylamine)	16	35.0	爆鳴聲，煙霧
	30	15.0	
	40	6.2	
第三丁胺 (t-butylamine)	47	207.5	在室溫等了 10 分鐘未反應，加熱直到 47°C，經 207.5 秒才有很小的爆鳴聲煙霧也不明顯。
	65	41.3	
	75	3.0	

綜合上述，本改良實驗極適合於探討反應速率與溫度之關係，結果既迅速又精確。

參考資料

1. 大學科學教育中心編印，“國民中學理化試用教材”，第四冊，88 頁，中華民國七十一年一月。
2. 國立臺灣師範大學科學教育中心編印，“高級中學化學試用教材實驗手冊”，第二冊修訂本，43 頁。
3. 董有蘭，魏蘊聰，盧世琴，蘇展政編，“普通化學實驗”，101 頁，東華書局印行，69 年初版。
4. G.L. Gilbert, J. Chem. Educ., 58, 354 (1981).
5. P. S. Bailey and c.A. Bailey, J. Chem. Educ., 52, 524 (1975).