

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
作品說明書

高中組 化學科

040204

逸而散

臺北縣立三民高級中學

作者姓名：

高二 葛政宏 高二 陳玄翎 高二 康喻樺

高二 黃建維

指導老師：

林秀蓁

第 四十五 屆中小學科學展覽會

作品說明書

科別：化學科

組別：高中組

作品名稱：逸而散

關鍵詞：擴散、逸散。

編號：

一、摘要

在 HCl 、 NH_3 氣體擴散的實驗中，我們遭遇多次失敗的經驗，希望能尋求更適合的實驗方式，以探討氣體擴散現象。

於大氣壓力下測量擴散所減少的體積之實驗，不但計算結果具有較高的精確性，而且其裝置便宜易組裝，應為較理想的實驗裝置。其裝置之照片如下：



二、研究動機

在 HCl 、 NH_3 氣體擴散的實驗中，看似簡單的實驗操作，實際上作卻等了好久好久都沒有變化，當我們決定放棄把碼錶按停時，期待已久的白圈環終於出現了，第二次做時卻出乎意料之外，竟在短短幾秒內就產生白色圈環，為了找出原因，死命的又作了幾次，結果是有些不太明顯，有些則是出現了好幾圈，本來還以為是新發現，老師卻搖頭直說那是已經做了很多遍的關係，使管內有太多 HCl 、 NH_3 蒸氣累積形成的奇蹟，多次實驗失敗中，我們希望能尋求更適合的實驗方式，探討氣體擴散現象。

三、研究目的

尋求更簡便器材以探討擴散現象與逸散現象

四、研究器材、藥品

恆溫水槽、60ml 針筒、三通管、氣壓差計、錐形瓶、側支錐形瓶、大試管、碼表、截流夾、橡皮管、 MnO_2 、 HCl 、 H_2O_2 、鎂帶、 CaCO_3 、 CaC_2 、 AgNO_3

五、研究過程與方法

在許多科展資料中發現有以針筒注入氣體改變 HCl 、 NH_3 氣體擴散實驗的管內氣壓，發現最接近 1atm 時 HCl 、 NH_3 氣體擴散速率比偏差值較小，不過在我們操作的經驗中總覺得觀察數據上有許多人為誤差存在，而形成白色環狀不只呈現擴散速率，並需包含 HCl 、 NH_3 氣體反應速率及 NH_4Cl 、凝結顆粒的速率，我們希望能以其它方式測得擴散速率。但我們可能需克服的困難是：

- (一) 若要直接以氣體擴散則需如何收集純度較高的氣體
- (二) 是否可以 ΔV 、 ΔP 、 Δt 測得擴散速率
- (三) 有何器材設備可以測量 ΔV 、 ΔP

『實驗一』收集純度較高的氣體

若用排水集氣法收集氣體，雖然純度可以提高但易使氣體含有水蒸氣，故均以向上或向下集氣法收集，再採用檢測方式確定氣體是否集滿。

(一) H_2

裝置：



步驟：將 1g Mg 50ml 水及 1M 的 10 鹽酸到入側支錐型瓶，再以瓶口向下集氣法收集，並將溢出氣體集於另一錐形瓶中，經過約 2~3 分鐘以火柴點火檢驗是否有爆鳴聲。

(二) C_2H_2

裝置同 H_2 ，側支錐形瓶加入 100ml 水再置入 CaC_2 經 2~3 分再以 AgNO_3 溶液檢驗溢出氣體是否可以使溶液成白色混濁。

(三) O₂

裝置：



步驟：將 15ml H₂O₂ 及定量 MnO₂ 加入側支錐形瓶中，將溢出的氣集於另一錐形瓶中，經過 2~3 分鐘以火柴點火檢驗其有助燃現象。

(四) CO₂

裝置同 O₂，於側支錐形瓶加入 1M HCl 100ml 及 CaCO₃ 小碎石，經 2~3 分再以火柴點火檢驗其是否馬上熄滅。

『實驗二』尋求較適合設備與較適合當測量方法。

(一) 以焊槍與熱熔膠將針筒改成雙針口，利用數位式氣壓差計測量氣壓
裝置：



- 方法：
1. 兩針筒抽取空氣後以橡皮管連接
 2. 以截流夾密封兩針筒
 3. 擠壓針筒改變空氣體積使兩針筒氣壓不同
 4. 固定體積後，以氣壓差計量得 ΔP 。
 5. 打開截流夾測量達平衡所需時間 Δt 。

結果： Δt 太小，測量誤差太大，我們推測：擴散速率太快，此器材不適合使用。

(二) 逸散實驗：我們仿照泰宇版之化學實驗手冊的逸散實驗。

裝置：我們找不到三向閥故以三通管、截流夾及開關取代



方法：1. 將 A、B 針筒和灌入適當量氣體的雙層氣球分別裝置三通管之三個開口。

2. 打開活栓輕壓氣球使氣體充入 A 針筒，直到 A 針筒充入約 40 mL 氣體時關閉活栓使之不再相通。

3. 快速抽出 B 針筒的活塞後，使針筒內形成低壓狀態，測量 10 秒後，迅速關上截流夾，並使 B 針筒與大氣壓力平衡。

4. 紀錄 B 針筒所蒐集氣體之體積

5. 把 B 針筒的氣體全壓回 A 針筒，並重複 3 到 4 步驟至少五次。

6. 更換不同氣體並重複 2 到 5 步驟，並記錄不同氣體在同溫同壓下，同時間所逸散之體積。

過程：我們一開始以空氣試作，直接用嘴巴把氣體吹入汽球內，然後裝上導入其中一針筒到 40 mL 的地方把開關封閉，再用手把另一支針筒也拉到 40 mL。哇!真的是好景不常，因為整組器具是以熱熔膠連接，但經過多次使用之後，每次修補的時間遠遠大於作實驗的時間，有時候甚至一整個下午就只是不斷測試是否漏氣：把一邊 40 mL 針筒的空氣推到另一邊針筒，假如推回去不到 40 mL 就表示有漏氣，整個實驗均在修修補補，補補修修中渡過，我們發現許多缺點：氣球較難以收集氣體、針頭較難密封、三通管內有許多空氣易造成誤差，且數據沒有再現性，浪費很多時間，但我們發現，我們第一組裝置的最大缺失……**洞口太大造成速率太快而不易測量**。而且三通管中有空氣存在，故應仍屬於氣體擴散實驗，且數據並無再現性，設備需再改良。

『實驗三』於大氣壓力下測量擴散所減少之體積

裝置：兩支針筒及一個截流夾



- 方法：
- 1 將A針筒之針口，以矽膠封住，再以小針刺出一個小洞。
 2. 以B針筒收取集 40 ml 氫氣，用截流夾密封並以橡皮管連接A、B針筒。將裝置浸於 47℃ 恆溫槽約 10 分鐘。
 3. 將A針筒之活塞向外拉至 40 ml 固定，再將截流夾打開 10 秒後，測量B針筒減少之體積。
 4. 改變收集氣體體積（50 ml、60 ml）重複步驟 1~4。
 5. 改變氣體（ C_2H_2 、 O_2 、 CO_2 ）重複步驟 1~4。
 6. 改變恆溫槽 T（37℃、27℃）重複步驟 1~4。
 7. 將所測得的 ΔV 以理想氣體方程式 $PV=nRT$ 代入當天台北海平面大氣壓及氣體溫度求 Δn ，計算 $\Delta n/10$ 秒求得擴散速率。

- 過程：
1. 剛開始把恆溫水槽設定為 50℃，可是因為水太熱了，皮膚受不了，我們決議把水溫改成 47℃，這應該是成功的開始吧！
 2. 每次收集氣體前，都先用空氣依其上述步驟校正數次，以確保兩支針筒其摩擦力一致再開始實驗。
 3. 將其裝置浸入水槽中數分鐘，使其達熱平衡，減少誤差的產生。
 4. 我們需用力才能A針筒之活塞拉至 40 ml 且固定。我們的手都因為用力及泡在水中太久而發紅發腫皮膚變皺，即使是帶上手套亦是如此！這是我們做最久也最辛苦的實驗挑戰之一！！但最後做出漂亮數據時，對我們來說，這一切都將值得~~
 5. ΔV 可能因針筒壁之摩擦力而有所誤差，我們仍希望以氣壓差計測 ΔP ，故將裝置再進行改良。

『實驗四』定 V 下以數位式氣壓差計測量固定時間內增加的氣體壓力

裝置：A、B 針筒均改成雙針口，另一針頭接氣壓差計



- 方法：
1. 將 A 針筒其中與 B 針筒連接之針口以矽膠封住以小針刺出一個小洞。
 2. 以 B 針筒收取集 40 ml 氫氣，用截流夾密封並以橡皮管連接 A、B 針筒。
 3. 將裝置浸於恆溫槽至達熱平衡，控制溫度 37°C，約 10 分鐘。。
 4. 將 A 針筒之活塞向外拉至 40 ml 固定，再將截流夾打開 5 秒後，紀錄 A、B 針筒氣體壓力差。重複 1~4 步驟四次
 5. 改變氣體（ C_2H_2 、 O_2 、 CO_2 ）重複步驟 1~4。
 6. 改變恆溫槽 T（27°C、17°C）重複步驟 1~4。
 7. 將所測得的氣體壓力差換算 A 針筒增加的氣體壓力再以理想氣體方程式 $PV=nRT$ 代入 ΔP 、40ml 及氣體控制的溫度求 Δn ，計算 $\Delta n/5$ 秒求得擴散速率。

過程：在這個實驗中，原本想參照第一個實驗，用 300K、310K、320K，不過由於 320K 的溫度使恆溫槽表面小水滴多易使水滴導入氣壓差計中，造成氣壓差計當機，故將 320K 改成 290K，而且爲了維持氣體需在同溫同壓下收集，故利用假日於 1 日內完成所需所有的實驗，在非常緊湊中完成我們期待的實驗。

六、研究結果

『實驗三』於大氣壓力下測量擴散所減少之體積——擴散時間 10 秒

H ₂	大氣壓 (atm)	原氣體 V(ml)	ΔV (公升)	Δn (mol)	R (mol/s)	平均 R
320K	0.9975	40	0.02924	0.001112	0.000111	0.000109
	0.9975	50	0.02866	0.001089	0.000109	
	0.9975	60	0.02786	0.001059	0.000106	
310K	1.0061	40	0.02826	0.001119	0.000112	0.00011
	1.0061	50	0.0279	0.001104	0.00011	
	1.0061	60	0.02716	0.001075	0.000107	
300K	0.9975	40	0.0278	0.001127	0.000113	0.000108
	0.9975	50	0.02656	0.001077	0.000108	
	0.9975	60	0.02568	0.001041	0.000104	

C ₂ H ₂	大氣壓 (atm)	原氣體 V(ml)	ΔV (公升)	Δn (mol)	R (mol/s)	平均 R
320K	1.0089	40	0.02046	0.000787	7.87E-05	7.45E-05
	1.0089	50	0.01913	0.000736	7.36E-05	
	1.0089	60	0.01854	0.000713	7.13E-05	
310K	1.0089	40	0.01972	0.000783	7.83E-05	7.37E-05
	1.0089	50	0.01843	0.000731	7.31E-05	
	1.0089	60	0.01754	0.000696	6.96E-05	
300K	1.0089	40	0.01911	0.000784	7.84E-05	7.35E-05
	1.0089	50	0.01784	0.000732	7.32E-05	
	1.0089	60	0.01685	0.000691	6.91E-05	

O ₂	大氣壓 (atm)	原氣體 V(ml)	ΔV (公升)	Δn (mol)	R (mol/s)	平均 R
320K	1.001	40	0.01868	0.000713	7.13E-05	6.65E-05
	1.001	50	0.01746	0.000666	6.66E-05	
	1.001	60	0.01616	0.000616	6.16E-05	
310K	1.001	40	0.01815	0.000715	7.15E-05	6.65E-05
	1.001	50	0.01678	0.000661	6.61E-05	
	1.001	60	0.01572	0.000619	6.19E-05	
300K	1.001	40	0.01762	0.000717	7.17E-05	6.65E-05
	1.001	50	0.01624	0.000661	6.61E-05	
	1.001	60	0.01514	0.000616	6.16E-05	

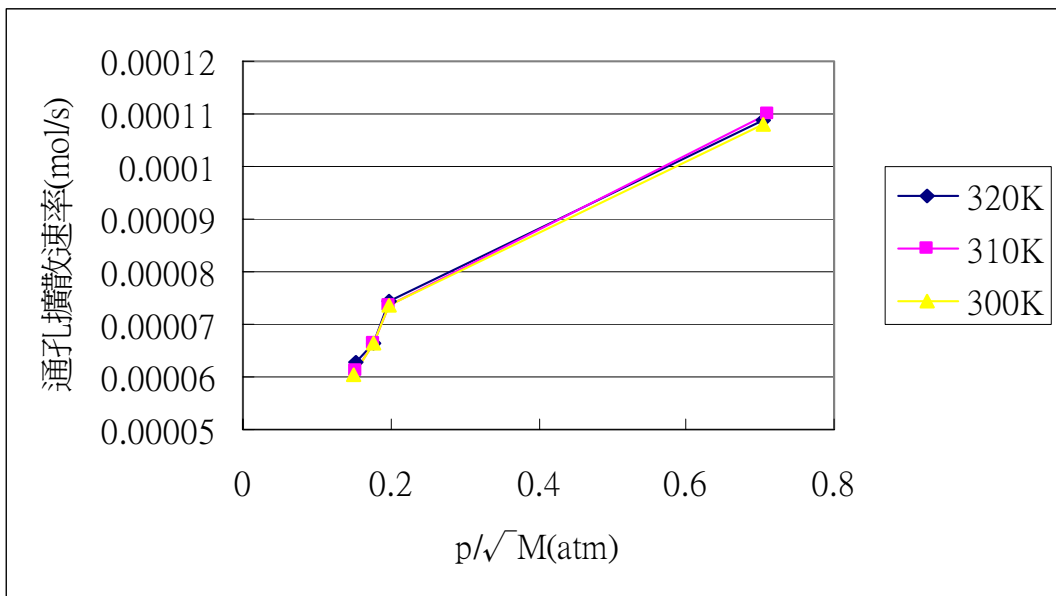
CO ₂	大氣壓 (atm)	原氣體 V(ml)	ΔV (公升)	Δn (mol)	R (mol/s)	平均 R
320K	1.0061	40	0.01697	0.000651	6.51E-05	6.29E-05
	1.0061	50	0.01643	0.00063	6.3E-05	
	1.0061	60	0.01583	0.000607	6.07E-05	
310K	1.0026	40	0.01633	0.000644	6.44E-05	6.14E-05
	1.0026	50	0.0155	0.000611	6.11E-05	
	1.0026	60	0.01485	0.000586	5.86E-05	
300K	0.9975	40	0.01622	0.000658	6.58E-05	6.04E-05
	0.9975	50	0.01492	0.000605	6.05E-05	
	0.9975	60	0.01357	0.00055	5.5E-05	

備註：我們以坊間購買的純氧氣（鋼瓶裝）實驗結果為：

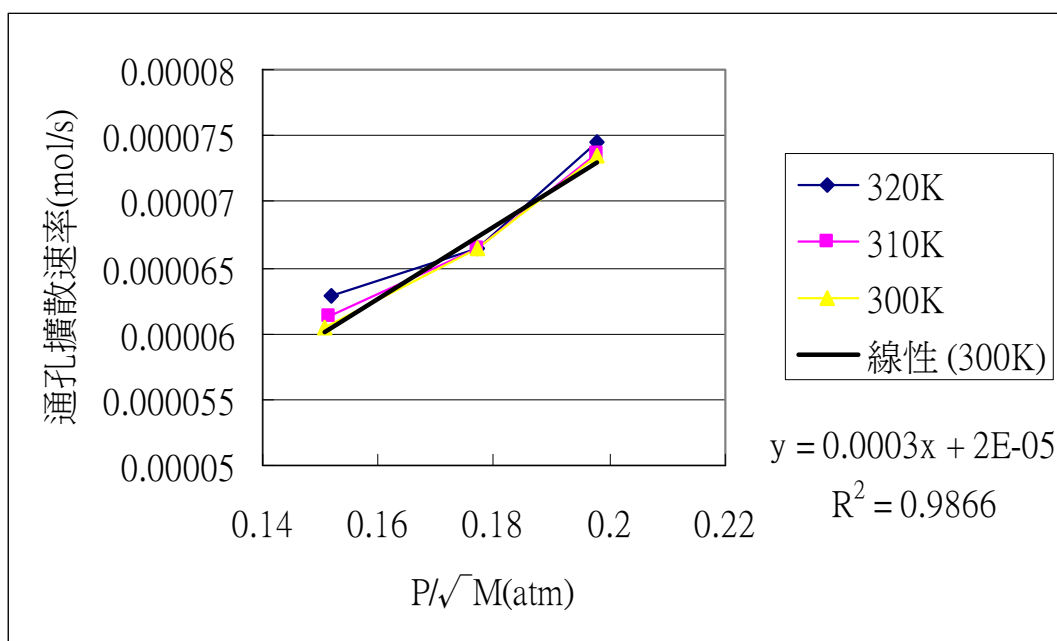
O ₂	大氣壓 (atm)	原氣體 V(ml)	ΔV (公升)	Δn (mol)	R (mol/s)	平均 R
300K	0.9961	40	0.01824	0.00073854	7.385E-05	6.905E-05
	0.9961	50	0.01708	0.00069157	6.916E-05	
	0.9961	60	0.01584	0.00064136	6.414E-05	

(一) 各氣體在 320K、310K、300K 下通孔擴散速率(R)與 $P/\sqrt{M}$ (本實驗操作相隔約 10 天故作圖時需考慮收集氣體之當日大氣壓力) P —為當時收集氣體之大氣壓力 M —分子量

氣體	$1/\sqrt{M}$	R (320K)	R (310K)	R (300K)
H ₂	0.0707	0.0001090	0.000110	0.000108
C ₂ H ₂	0.196	0.0000745	0.000737	0.0000735
O ₂	0.177	0.0000665	0.000665	0.000665
CO ₂	0.151	0.0000629	0.000614	0.0000604

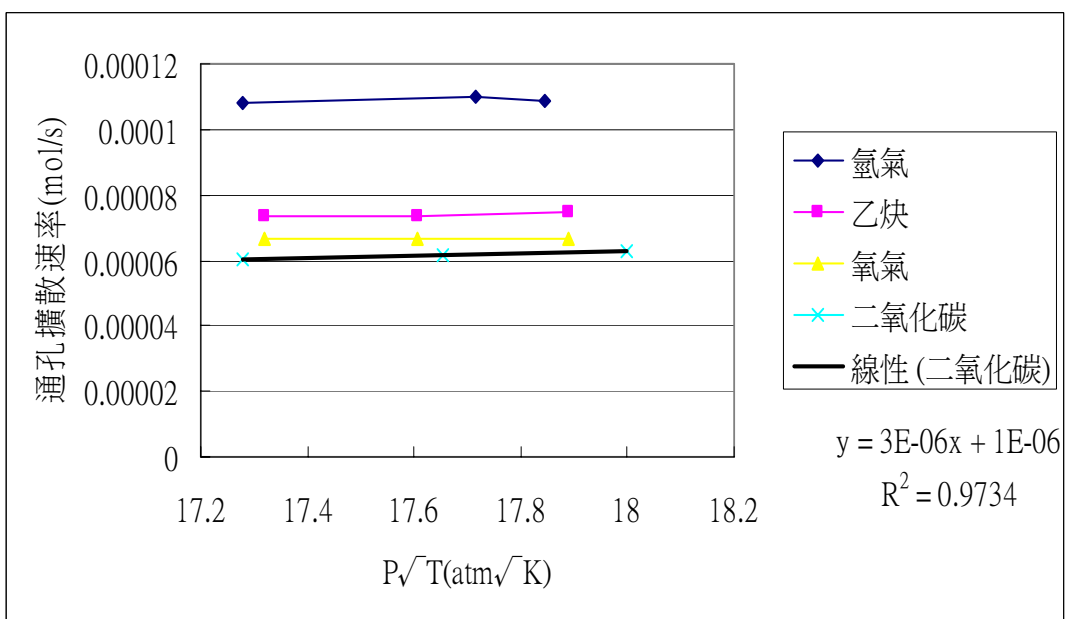


(二) 承(一)之數據發現 H_2 有很大偏差，故只分析 C_2H_2 、 O_2 、 CO_2 氣體—趨勢線約成正比關係



(三) 各氣體在 320K、310K、300K 下通孔擴散速率(R)與 $\sqrt{T}$ —趨勢線約成正比關係

	$\sqrt{T}$	H_2	C_2H_2	O_2	CO_2
320K	17.890	0.0001090	0.0000745	0.0000665	0.0000629
310K	17.607	0.000110	0.0000737	0.0000665	0.0000614
300K	17.321	0.000108	0.0000735	0.0000665	0.0000604



『實驗四』定 V 下以數位式氣壓差計測量固定時間內增加的氣體壓力

—擴散時間 5 秒

由實驗三數據發現：氣體體積越大擴散速率越慢，故以 40ml 進行實驗較佳；
實驗均以手動操作，而溫度太高易造成操作不靈活的現象，故應降溫。本實驗操作於 1 日內完成且當天氣溫氣壓相近，可視為同溫同壓下進行。

H ₂	原氣壓差	5 秒後氣壓差	ΔP	$\Delta n_{(mol)}$	R(mol/s)	平均 R
310K	701	225	238	0.000493	9.86E-05	9.93E-05
	698	228	235	0.000487	9.73E-05	
	705	228	238.5	0.000494	9.88E-05	
	715	220	247.5	0.000512	0.000102	
300K	689	219	235	0.000503	0.000101	9.91E-05
	681	222	229.5	0.000491	9.82E-05	
	677	215	231	0.000494	9.88E-05	
	685	220	232.5	0.000497	9.95E-05	
	679	218	230.5	0.000493	9.86E-05	
290K	697	247	225	0.000498	9.96E-05	0.0001
	698	244	227	0.000502	0.0001	
	706	252	227	0.000502	0.0001	
	708	255	226.5	0.000501	0.0001	

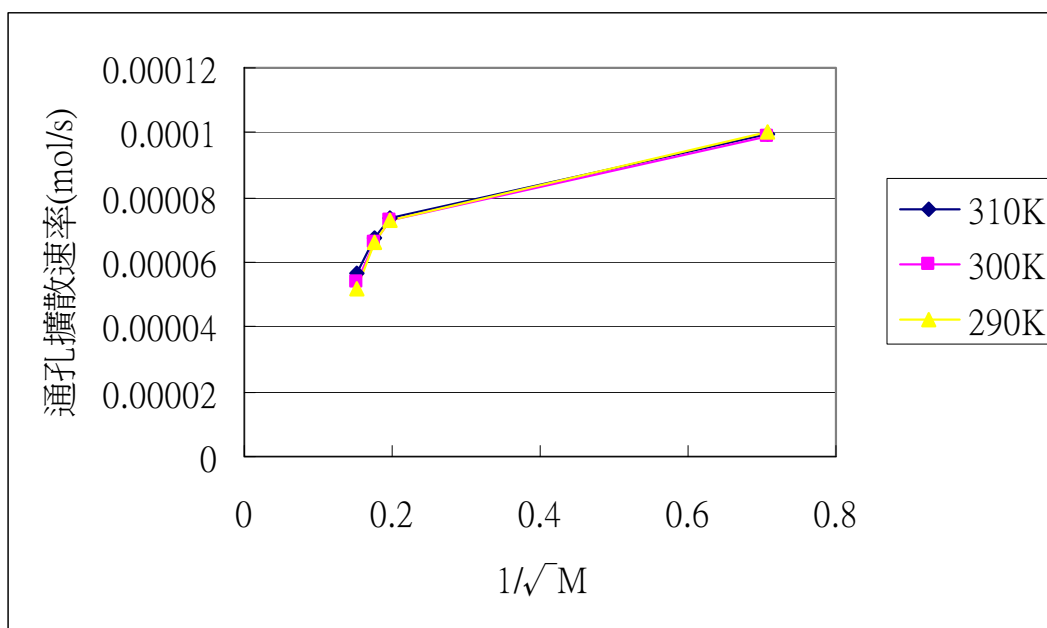
C ₂ H ₂	原氣壓差	5 秒後氣壓差	ΔP	$\Delta n_{(mol)}$	R(mol/s)	平均 R
310K	716	355	180.5	0.000374	7.47E-05	7.4E-05
	701	351	175	0.000362	7.25E-05	
	713	357	178	0.000369	7.37E-05	
	714	352	181	0.000375	7.5E-05	
300K	703	360	171.5	0.000367	7.34E-05	7.32E-05
	705	365	170	0.000364	7.27E-05	
	701	359	171	0.000366	7.32E-05	
	701	357	172	0.000368	7.36E-05	
290K	704	376	164	0.000363	7.26E-05	7.28E-05
	698	370	164	0.000363	7.26E-05	
	702	371	165.5	0.000366	7.33E-05	
	700	371	164.5	0.000364	7.28E-05	

O ₂	原氣壓差	5 秒後氣壓差	ΔP	$\Delta n_{(mol)}$	R(mol/s)	平均 R
310K	702	386	158	0.000327	6.54E-05	6.78E-05
	704	379	162.5	0.000336	6.73E-05	
	707	376	165.5	0.000343	6.85E-05	
	708	371	168.5	0.000349	6.98E-05	
300K	702	391	155.5	0.000333	6.65E-05	6.64E-05
	705	395	150	0.000332	6.63E-05	
	704	393	155.5	0.000333	6.65E-05	
	704	394	150	0.000332	6.63E-05	
290K	707	407	150	0.000332	6.64E-05	6.59E-05
	703	411	146	0.000323	6.46E-05	
	709	405	152	0.000336	6.73E-05	
	704	409	147.5	0.000326	6.53E-05	

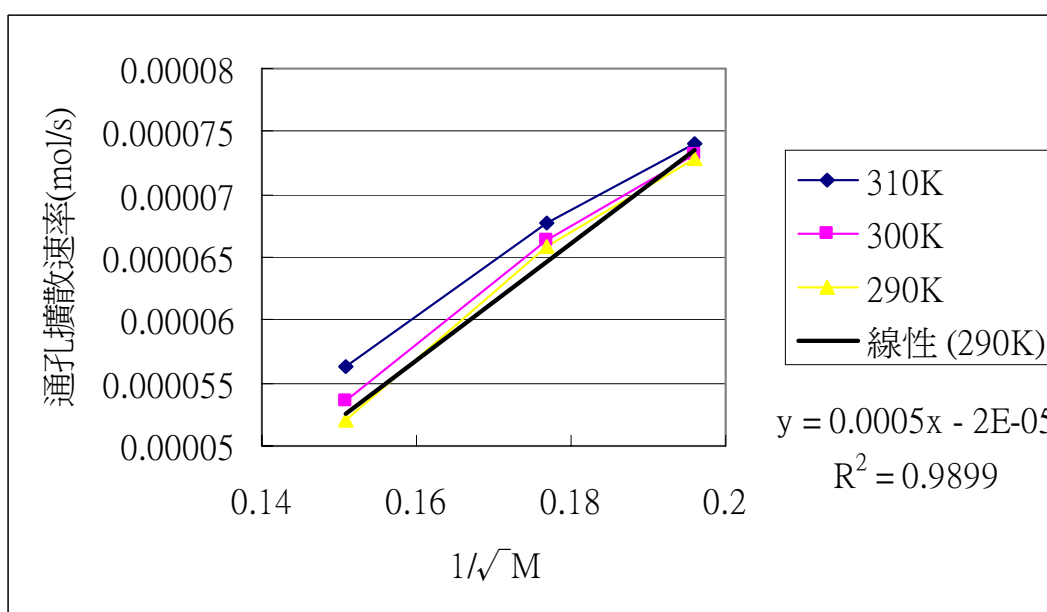
CO ₂	原氣壓差	5 秒後氣壓差	ΔP	$\Delta n_{(mol)}$	R(mol/s)	平均 R
310K	705	411	147	0.000304	6.09E-05	5.63E-05
	719	461	129	0.000267	5.34E-05	
	718	457	130.5	0.00027	5.4E-05	
	718	443	137.5	0.000285	5.69E-05	
300K	703	453	125	0.000267	5.35E-05	5.35E-05
	704	453	125.5	0.000269	5.37E-05	
	701	452	124.5	0.000266	5.33E-05	
	707	456	125.5	0.000269	5.37E-05	
290K	711	465	123	0.000272	5.44E-05	5.21E-05
	701	470	115.5	0.000256	5.11E-05	
	708	475	116.5	0.000258	5.16E-05	
	705	474	115.5	0.000256	5.11E-05	

(一) 各氣體在 320K、310K、300K 下擴散速率(R)與 $1/\sqrt{M}$

氣體	$1/\sqrt{M}$	R (310K)	R (300K)	R (290K)
H ₂	0.0707	0.0000993	0.0000991	0.0001000
C ₂ H ₂	0.196	0.0000740	0.0000732	0.0000728
O ₂	0.177	0.0000678	0.0000664	0.0000659
CO ₂	0.151	0.0000563	0.0000535	0.0000521

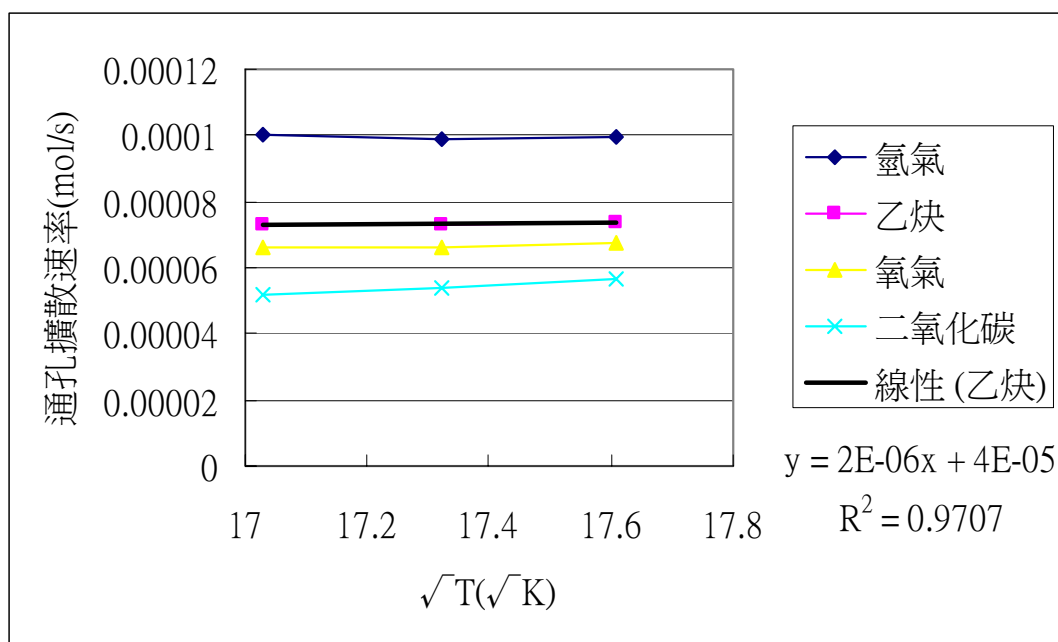


(二) 承(一) H₂ 所得之數據有很大偏差，故只分析 C₂H₂、O₂、CO₂ 趨勢線約成正比關係



(三) 各氣體在 310K、300K、290K 下通孔擴散速率(R)與 $\sqrt{T}$ —趨勢線約成正比關係

溫度	$\sqrt{T}$	H ₂	C ₂ H ₂	O ₂	CO ₂
310K	17.607	0.0000993	0.0000740	0.0000678	0.0000563
300K	17.321	0.0000991	0.0000732	0.0000664	0.0000535
290K	17.029	0.0001000	0.0000728	0.0000659	0.0000521



七、討論

- (一) 原以為我們已經達到氣體逸散真空的境界，老師卻提醒我們『橡皮管內還還有少量空氣，且針筒應無法承受完全真空所受外界大氣壓力』故兩組實驗裝置仍屬『氣體通孔擴散實驗』裝置。
- (二) 所有數據處理均以理想氣體方程式 $PV=nRT$ 計算，與真實氣體有所偏差，後來以 O_2 之凡得瓦常數 $a=1.36 \text{ (L}^2 \text{ atm/mol}^2)$ $b=0.0318 \text{ (L/mol)}$ 代入 $(P + \frac{n^2 a}{V^2})(V - nb) = nRT$ 發現其相差的數值約 10^{-3} 倍故應可忽略。
- (三) 依 Graham's 擴散定律：同一容器中（同溫同壓）擴散速率與分子量平方根成反比；以氣體動力論擴散速率 $R = \frac{\Delta n}{\Delta t}$ ，擴散速率與碰撞器壁之頻率成正比，碰撞頻率 $f \propto \frac{N v_{rms}}{V}$ 均方根速率 $v_{rms} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$ ，而在『實驗三』我們並非都在同溫同壓下進行製備氣體抽取氣體，故必須考慮容器內氣體之溫度與壓力，但我們所製造氣體的反應均為放熱反應可視為氣體同一溫度，只需考慮 $R \propto P v_{rms}$ 故以 R 對 $P/\sqrt{M}$ 及 R 與 $P\sqrt{T}$ 作圖。
- (四) 『實驗三、四』座標圖中均發現 H_2 之擴散速率與其他氣體有很大偏差，但其擴散速率卻有很高的精確度（約為 0.0001 mol/s ），且我們 O_2 與 CO_2 的擴散速率實驗平均值與參考資料之數據很接近，故造成氫氣偏差的原因應該不是器材的問題，而是所收集之氫氣並不純；我們推測可能在收集氫氣時，氫氣因溫度高膨脹且擴散速率極快，在收集氫氣時會有部分空氣被吸入針筒，而使實驗產生誤差。
- (五) 在擴散速率與溫度平方根之數據，不論是『實驗三』測減少的體積或『實驗四』測增加的氣壓，其趨勢線可發現其誤差很大，甚至 C_2H_2 具有相同斜率與相同截距，代表其誤差因素可能相同；我們推測：我們製備氣體均為放熱反應，氣體溫度高且氣體本身傳熱慢，將其置於恆溫槽 5~10 分鐘

可能無法使其達熱平衡，而造成溫度無法控制使實驗很大的誤差。

(六)『實驗三』於大氣壓力下測量擴散所減少的體積中發現：若以坊間購買的純氧氣（鋼瓶裝）進行實驗其擴散速率較快；我們推測：雖然不以排水集氣法收集氣體但四種氣體製備均有溶液參與使反應仍會產生少量水蒸氣，而水蒸氣為極性分子會產生較大的分子間作用力而使擴散速率減慢。本實驗亦可讓同學瞭解氣體分子間作用力的影響。

(七)『實驗三』於大氣壓力下測量擴散所減少的體積中發現：針筒內氣體體積越多通孔擴散速率越慢；我們推測：真實氣體分子間作用力、自身體積、非彈性碰撞及水蒸氣產生較大的分子間作用力等因素均造成通孔擴散速率降低，使分子數越多降低越多，且分子不同各因素之影響亦不同，在真實氣體中應該很難驗證 $R \propto \frac{Nv_{rms}}{V}$ 之關係。故本實驗亦可以以所收集氣體體積差異，讓同學瞭解真實氣體與理想氣體之差異。

(八)『實驗四』定 V 下以數位式氣壓差計測量固定時間內增加的氣體壓力發現： R 與 $1/\sqrt{M}$ 其座標圖之趨勢線均為負偏差，且每種氣體均不相同；我們推測：應是理想氣體與真實氣體差異所造成。

(九)以 R 與 $1/\sqrt{M}$ 座標圖之趨勢線可發現『實驗四』以氣壓差計測量增加的氣壓截距小較接近正比關係，但此氣壓差計價格約為 6000 元，若要每組同學均能操作實在不太理想。

(十)雖然氣體已避開排水集氣法減少水蒸氣之誤差，但反應物仍然有水蒸氣存在，而造成實驗誤差，但因考量需為一般高中實驗操作，故仍以自行製備為原則。原本我們想購賣無水過氯酸鎂，聯絡廠商發現其為限制藥品，而其他乾燥劑並無法達到快速吸水蒸氣的效果，我們仍然希望能找到更好的收集氣體方式以減少實驗誤差。

八、結論

- (一) 以『實驗三』兩針筒及一個截流夾：於大氣壓力下測量擴散後所減少的體積，雖然不能完全符合理論值有所偏差但其擴散速率(R)與 $1/\sqrt{M}$ 作圖約有成正比之關係，不但實驗結果精確性高（截距相同），且其裝置便宜易組裝，應為較理想的『氣體通孔擴散』實驗裝置。
- (二) 以『實驗四』以氣壓差計測量增加的氣壓，其 R 與 $1/\sqrt{M}$ 座標圖之趨勢線截距小較接近正比關係，應為誤差較小的『氣體通孔擴散』實驗裝置。
- (三) 實驗數據雖然不能完全符合理論值有所偏差但其擴散速率(R)與 $1/\sqrt{M}$ 作圖約有成正比之關係，可讓同學瞭解 Graham's 擴散定律—擴散速率與分子量平方根成反比之關係。
- (四) 由實驗誤差應可讓同學瞭解：真實氣體與理想氣體之差異以及水蒸氣所產生較大的分子間作用力。
- (五) 雖然氣體收集與器材操作仍有待改進，但以針筒體積變化或壓力變化應該比 HCl 、 NH_3 氣體擴散實驗予我們更大的體會與感受；而且這才是真正的『氣體通孔擴散』實驗。

九、參考資料

高中化學實驗手冊第一冊 氣體擴散實驗

陳竹亭 物質科學化學篇實驗活動手冊上冊—氣體逸散實驗

梁肇基 基礎物理學 復文書局 173~195 頁

C.E.Mortimer (吳惠平譯) 大學化學 科技圖書股份有限公司 317~361 頁

歷屆科展優勝作品專輯

物質科學化學篇上冊 康熙圖書網路股份有限公司 137 頁

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
評 語

高中組 化學科

040204

逸而散

臺北縣立三民高級中學

評語：

受測氣體的純度應注意，其中空氣及水蒸氣的含量都可能影響數據的精確度，不過氣體自行製備的決心足堪嘉許。