

中華民國第四十六屆中小學科學展覽會
作品說明書

高中組 化學科

040215

這不是「拉午耳」的錯

學校名稱： 國立鳳山高級中學

作者： 高二 游允皓	指導老師： 許志雄
---------------	--------------

關鍵詞：蒸氣壓、拉午耳定律、理想溶液

摘要：

本研究是利用塑膠杯子為主體，中間利用鋁箔當介面，組裝一個簡易且可靠的測定溶液蒸氣壓並探討拉午耳定律偏差的裝置。

我們測量了水、乙醇、氯仿、丙酮、苯、甲苯等六種純液體的蒸氣壓，並測量了(水+乙醇)、(氯仿+丙酮)、(苯+甲苯)等兩成份系溶液的混合蒸氣壓。

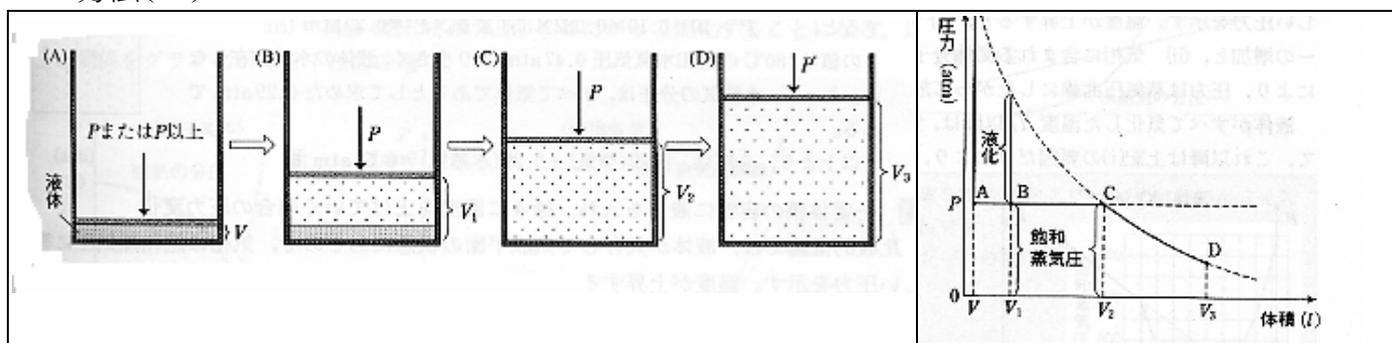
結果發現(水+乙醇)的混合蒸氣壓以及(氯仿+丙酮)的混合蒸氣壓都比理論值低了一些，此稱為負偏差溶液；(苯+甲苯)的混合蒸氣壓與理論值差不多，較接近理想溶液。

最後，我們還測量不同溫度下的蒸氣壓，並利用clausius-clapeyron equation 求出 ΔH ；同時透過實驗，證實了拉午耳定律。

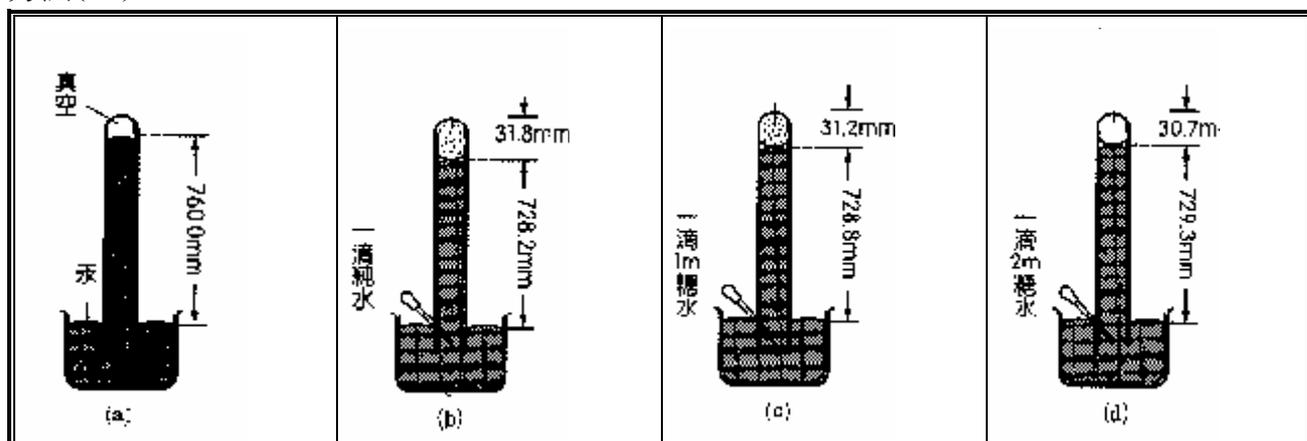
壹、研究動機

在高級中學(化學)上冊中，我首次接觸到「溶液蒸氣壓」，它立刻挑起了我濃厚的興趣，但實驗課本中沒有任何一個有關如何來測溶液蒸氣壓的實驗，於是我找了一些測量蒸氣壓的方法。方法(一)中，需要較長的時間；方法(二)中，水銀裝置曝露於空氣中，太危險了。而且當我們在測量蒸氣壓對溫度的關係時，水銀蒸氣容易溢出而造成空氣污染。因此我們想出一種既簡便又安全的方法來測量溶液的蒸氣壓。

方法(一)



方法(二)



貳、研究目的

- 一、自製簡便器材可測量蒸氣壓的儀器。
- 二、驗證拉午耳定律，並親自操作。
- 三、探討(水+乙醇)、(氯仿+丙酮)、(苯+甲苯)是屬於正偏差或是負偏差？
- 四、測溶液的比重，並進而求得溶液的體積。

參、研究設備及器材

一、實驗所需之用品

(一)材料				
鋁箔紙	玻璃紙	保鮮膜	銅箔	凡士林
(二)設備				
恆溫槽	溼度計	電子天平	壓力感測器	電源供應器
(三)器材				
塑膠杯	燒杯	量筒	滴管	比重計
(四)藥品				
水	酒精	氯仿	丙酮	苯
甲苯				

肆、研究過程及方法

文獻探討：

由文獻資料，我們得知：

一、拉午耳定律：

加入非揮發性、非電解質後，溶液蒸氣壓等於純溶劑蒸氣壓乘以莫耳分率

$$1. P = P^0 X$$

P : 溶液蒸氣壓

P^0 : 存溶劑蒸氣壓

X : 溶液中溶劑莫耳分率

$$2. \text{若加入非揮發性溶質，則總壓 } P = X_A P_A^0 + X_B P_B^0$$

二、利用不同溶液不同比例混合，利用本實驗方法，便可間接求出其分壓。

三、利用 clausius-clapeyron 方程式計算：

$$\log P = -\frac{\Delta H}{2.3030R} \times \left(\frac{1}{m}\right) + C \quad \text{斜率} = -\frac{\Delta H}{2.303R}$$

$$\Delta H = 2.303R \times \text{斜率 } \text{cal/mol} = 4.576 \times \text{斜率 } \text{cal/mol}$$

實驗中可以找出某溫度下的飽和蒸氣壓，再取 $\log P$ 對 $\frac{1}{T}$ 作圖，找出最好的直線，取其斜

率為 $\frac{\Delta H_{vap}}{2.303R}$ ，再求取 $\Delta H_{vap} = \text{斜率} \times 2.303R$ 。

實驗流程：

高中化學課本第三冊中，首次接觸到溶液蒸氣壓，於是引起了我的興趣，但課本中並沒有關於溶液蒸氣壓的實驗，所以我嘗試找了一些測量的方法。

利用氣態分子撞擊杯底造成能量傳遞的現象，設計一簡易的方法來測，溶液蒸氣壓。

實驗一：利用兩個塑膠杯子為主體，中間利用鋁箔當介面，組裝一個簡易且可靠的測定溶液蒸氣壓並探討拉午耳定律偏差的裝置。

實驗二：比較不同介面，來量測蒸氣壓，目的在於找出使用中間介面，來量測蒸氣壓效果最明顯。實驗後發現使用鋁箔當介面，蒸氣壓變化較明顯且效果較佳。

實驗三：比較不同上層的蒸發液體及其量，來量測蒸氣壓，目的在於找出使用何種上層的蒸發液體及其量，來量測蒸氣壓效果最明顯。實驗後發現使用30mL 酒精當上層的蒸發液體，蒸氣壓變化較明顯且效果較佳。

配置常見的溶液（水+乙醇）、（氯仿+丙酮）、（苯+甲苯）等兩成份系溶的混合液。

實驗四：此裝置配合壓力感測器求得蒸氣壓：
利用壓力感測器測出純溶劑、純溶質及兩成份系混合溶液的蒸氣壓，觀察其變化，找出是否有線性關係，目的在於證實此裝置的靈敏度及可信度。

實驗五：測出不同溫度下，純溶劑、純溶質及兩成份系混合溶液的蒸氣壓，觀察其變化，並求出蒸發熱（ ΔH ）。

實驗六：測溶液的比重，並進而求得溶液的體積。觀察是否屬於符合正偏差或是負偏差。

綜合以上結果，並整理出結果來進行討論，同時歸納出結論。

【實驗一】組裝「簡易」、「精確」的量測蒸氣壓裝置

一、實驗設計：利用塑膠杯子為主體，中間利用鋁箔當介面，組裝一個簡易且可靠的測定溶液蒸氣壓並探討拉午耳定律偏差的裝置。

二、儀器的設計及測量蒸發量：

- (1) 取兩個塑膠杯，將其中一個底下 0.5 cm 地方切除，再將另一個底下 2 cm 處切除。
- (2) 將底部切除 0.5 cm 的塑膠杯底下年上所需之介質 再和另一個塑膠杯套在一起，可在杯子上塗一些凡士林，防止液體外漏。
- (3) 在各介質上加入 30mL 的酒精，放入溫度為 25°C 之恆溫槽中，隔 1 小時後，測其蒸發量。
註:有氫鍵的溶液，用酒精當測量能量的媒介，無氫鍵者用甲苯或丙酮等存液體當能測量能量的媒介。
- (4) 仿照上列的步驟，此次將介質下方放上不同的液體或溶液，並密封起來，隔 1 小時後，測其蒸發量。
- (5) 比較其相對蒸發量及得額外蒸發量。

三、計算蒸發量的方法：

1. 先用電子天平量出實驗前的總重 W_1
2. 再量出實驗後的總重 W_2
3. 小心將介質下凝結的液體擦掉，再一次測量重量 W_3
4. $W_2 - W_3 =$ 介質下方的凝結水量
5. 蒸發水量 $= W_1 - W_2 +$ 凝結水量

【實驗二】找出用什麼中間介面來量測蒸氣壓效果最佳

一、實驗設計：比較不同介面，來量測蒸氣壓，目的在於找出使用中間介面，來量測蒸氣壓效果最明顯。實驗後發現使用鋁箔當介面，蒸氣壓變化較明顯且效果較佳。

操縱變因	不同介面(保鮮膜、玻璃紙、銅箔、鋁箔紙)
控制變因	溫度、水量、壓力

二、實驗步驟：

- (一)將上面塑膠杯底部分別黏上不同的介質(保鮮膜、玻璃紙、銅箔、鋁箔紙)。
- (二)再和另一個塑膠杯套在一起，並在杯子內部塗上一層凡士林，防止液體外漏。
- (三)在各介質上各加入 30mL 的水，放入溫度為 25°C 的恆溫槽中，過一小時後，測量其蒸發量之關係。
- (四)每種介面實驗三次，再取平均值，結果如表一。

三、數據：

介面材質	原重(克)	蒸發後重(克)	凝結量(克)	蒸發量(克)
保鮮膜	30.0	29.75	0.06	0.31
	30.0	29.75	0.06	0.31
	30.0	29.75	0.06	0.31
玻璃紙	30.0	29.65	0.05	0.40
	30.0	29.65	0.05	0.40
	30.0	29.65	0.05	0.40
銅箔	30.0	29.24	<0.01	0.60
	30.0	29.24	<0.01	0.60
	30.0	29.24	<0.01	0.60
鋁箔紙	30.0	29.40	<0.01	0.76
	30.0	29.40	<0.01	0.76
	30.0	29.40	<0.01	0.76

表一

四、結果及討論：

- (一)比較不同介面，來量測蒸氣壓，由實驗結果發現，其中以底部黏上鋁箔紙當介質所傳遞過去之能量最為明顯，產生液滴對能量傳遞造成影響最小，測量水的蒸發量最多，也最容易觀測出其變化，因此研究者便打算利用此來進行實驗。
- (二)效果的好壞一次為：鋁箔紙>銅箔>玻璃紙>保鮮膜。
- (三)本實驗所觀察的底部黏上鋁箔紙當介質是可行的。

【實驗三】找出用不同上層的蒸發液體及其量，來量測蒸氣壓來量測蒸氣壓效果最佳

一、實驗設計：比較不同上層的蒸發液體及其量，來量測蒸氣壓，目的在於找出使用何種上層的蒸發液體及其量，來量測蒸氣壓效果最明顯。

操縱變因	上層的蒸發液體及其量
控制變因	中間介質、溫度、壓力

二、實驗步驟：

- (一)在各介質上分別依次加入 30mL、40mL、50mL 的水，放入溫度為 25°C 的恆溫槽中，過一小時後，測量其蒸發量之關係。
- (二)在各介質上分別依次加入 30mL、40mL、50mL 的酒精，放入溫度為 25°C 的恆溫槽中，過一小時後，測量其蒸發量之關係。
- (三)在各介質上分別依次加入 30mL、40mL、50mL 的丙酮，放入溫度為 25°C 的恆溫槽中，過一小時後，測量其蒸發量之關係。
- (四)每種實驗三次，再取平均值，結果如表二。

三、數據：

上層的蒸發液體	原重(克)	蒸發後重(克)	凝結量(克)	蒸發量(克)
水	30.0	29.60	<0.01	0.40
	40.0	39.50	0.02	0.52
	50.0	49.40	0.04	0.64
酒精	30.0	29.40	<0.01	0.60
	40.0	39.30	0.08	0.78
	50.0	49.20	0.07	0.87
丙酮	30.0	29.20	0.03	0.83
	40.0	38.90	0.06	1.16
	50.0	48.70	0.08	1.38

表二

四、結果及討論：

- (一)結果顯示，實驗後發現使用丙酮當上層的蒸發液體，蒸氣壓變化較明顯且效果較佳。但因為丙酮對於塑膠杯會稍微的溶解，經過幾次的測試後，杯子會有一點外漏。所以最後考慮效果次佳的酒精當上層液體。
- (二)以酒精當上層的液體，結果顯示發現，使用30mL及40mL的蒸發量差不多，雖然50mL的蒸氣壓變化較明顯且效果較佳，但當上層液體的量越多，重心會越不穩，因此最後本組決定以30mL的酒精當上層的液體。

【實驗四】此裝置配合壓力感測器求得蒸氣壓

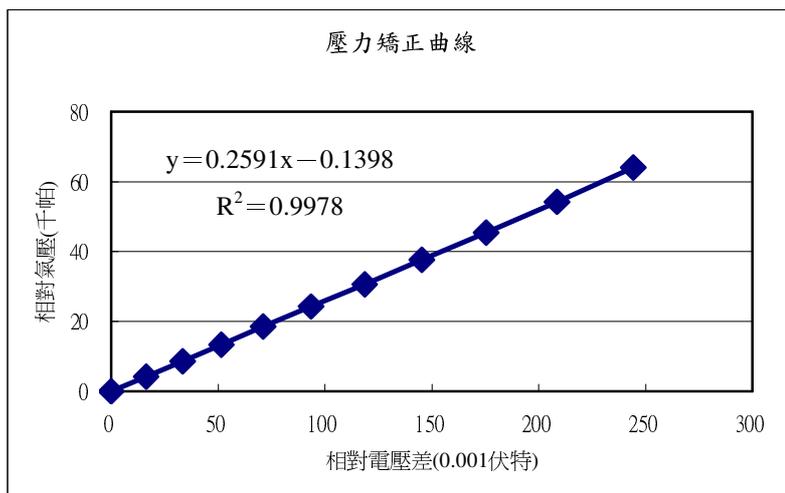
一、實驗設計：我們決定利用此裝置，配合壓力感測器，測出純溶劑、純溶質及兩成份系混合溶液的蒸氣壓，觀察其變化，找出線性關係。

二、步驟：

- (1) 此實驗裝置需要將訊號放大，最好先將針筒乾燥，然後在另一針筒中倒入乾燥劑，使針筒中空氣乾燥，之後再將乾燥空氣打入另一針筒中。
- (2) 接下來將一針筒裝入待測之溶液。
- (3) 再將實驗裝置修正後，然後慢慢將欲測之液體推入乾燥過的針筒中，同時將此針筒向後拉出與液體相同之體積。
- (4) 將測量此時的訊號強度。
- (5) 將兩訊號強度相減，所得之差再根據壓力校正曲線，便可求得其蒸氣壓。
- (6) 下表三及下頁圖一是研究者所做之壓力校正曲線：(實驗三次，再取平均值)

蒸氣壓 (千帕)	4.21	8.53	13.28	18.49	24.31
相對強度差	16.33	33.38	51.57	71.08	93.56
蒸氣壓 (千帕)	30.62	37.59	45.38	54.21	64.07
相對強度差	118.58	145.27	175.36	208.56	244.18

表三



圖一

伍、討論

1. 在恆溫系統之下，氣態分子會不斷撞擊傳導面，產生熱量交換，而將其能量傳遞至上方之液體，且可由外界不斷的吸收熱量，故能不斷的碰撞傳導面，造成能量的傳遞，不同氣體分子，其熱量轉移效率不同，所以傳遞的能量也不同，由表七之實驗結果可知，在一絕熱系統下，由於介質下液體之氣態分子無法由空氣中繼續吸收熱量，其多餘蒸發量十分的微小。
2. 由結果可發現，酒精所能傳遞過去的能量，大約為水的 2.2 倍，而酒精的蒸氣壓也大約為水的 2.7 倍，可了解能量轉移與液體蒸氣壓有一定的關係。而在表六中又可發現到，雖然苯與甲苯之蒸氣壓遠大於水和酒精，但能量轉移關係相差不多；綜合上述，水與酒精具有氫鍵，因此離開液面時所需的能量也較大，而苯與甲苯不具氫鍵，離開液面所需的能量也因而較小，故在兩種因素下，其能量之傳遞相差不大。
3. 由表六中了解酒精莫耳分率 0.4 之後所佔之分壓驟降，其可能的原因是水分子具有兩個氫鍵，而酒精只具有一個氫鍵，因而曲線逐漸接近於平緩，不過整體而言，酒精與水分子之間的作用力皆減弱，而形成正偏差。
4. 從圖五中可看出，苯與甲苯之能量傳遞幾成線性分布，近乎理想溶液，因此空氣中所佔之比例數也近乎原所調配的莫耳分率，而此實驗結果是目前尚未了解。
5. 本次實驗是利用一個十分簡單方便的裝置，便可測出各點的分壓，雖然會有誤差的存在，但針對的高中生示範教學及教具助益良多。

6. 在測量能量傳遞的實驗中，傳導面上方液體的選擇也非常重要，研究者在進行苯與甲苯、氯仿與丙酮能量傳遞之實驗時，傳導面上方液體本是採用水來作媒介，結果所測出之蒸發量卻極小，最後改用乙醇，才測量出其能量傳遞之差異。
7. 過去曾經使用保鮮膜當中間介面，但由於會被乙醇會腐蝕而且容易漏所以改用鋁箔，並且在杯子內緣塗上凡士林隔絕乙醇，乙醇是極性，凡士林是非極性，所以二者溶解性不佳，因此凡士林可以防止乙醇漏出杯外。

陸、結論

1. 自製『簡單方便』器材測量蒸氣壓非常不容易，雖然經過了多次修正，但比起一般方法來測量，成本卻降低很多，極具教學效果，且與預期相距不遠。
2. 本實驗證明了拉午耳定律，並讓我們了解研究科學是可以善家平時的簡易器材，訓練水平思考，打破傳統垂直思考所遭遇的瓶頸。

柒、參考文獻

1. 高級中學化學（上冊），泰宇出版社
2. 卓靜哲等著，物理化學，台北：三民出版社
3. 田福助等編譯，物理化學，高立圖書有限公司

評語

040215 這不是「拉午耳」的錯

構想與理論絕佳。可惜雖然做出取樣的”雙項”的”訂定量”的”藥用”(醫用)注冊筒，可惜還未將”各成分”的”蒸汽壓”實際的在”看板”(展覽板)示出！