

中華民國第42屆中小學科學展覽會

::: 作品說明書 :::

高中-物理科

科 別：物 理 科

組 別：高 中 組

作品名稱：張力融合

關 鍵 詞：表面張力、混合

編 號：040112

學校名稱：

嘉義縣私立協同高級中學

作者姓名：

田怡婷、葉怡妙、呂紹暄、鄭珮綾

指導老師：

張世欣



張力融合

探討酒精與水混合後的表面張力變化

一、摘要

表面張力的研究已經有相當的歷史，並且對單一物質表面張力的產生機制也有完整的解釋與模型，但是關於兩種不同的液體混合時表面張力的小變化是何種函數關係，一般書上卻不見討論。我們試著將高二物理教材中的表面張力擴展到這個主題上，研究水與酒精不同混合比例所導致表面張力大小變化的關係，並且試著藉由將單一物質表面張力的理論模型解釋方式予以修改，看看是否能適用在兩物質混合的現象中。在本實驗中我們發現，表面張力的變化與混合的比例並非線性關係。而我們所提出的修正模型也能和實驗結果吻合。



二、研究動機

當我們讀到物質科學下冊第九章的表面張力時，老師帶我們做測量表面張力的實驗，但書上提到的只有單一液體的表面張力，因此我們非常好奇，如果兩種不同液體混合之後，表面張力將如何變化呢？

三、研究目的

利用電流天秤測量水與乙醇混合的表面張力值，並提出模型予以解釋。

四、研究設備及器材

電流供應器、可變電阻、自製電流天秤、安培計、酒精、純水、量杯、鐵絲環

五、研究方法

我們選擇純水（常溫下表面張力大小為 $73 \times 10^{-3} \text{N/m}$ ），與酒精（常溫下表面張力大小為 $23 \times 10^{-3} \text{N/m}$ ），作為混合的兩種液體，因為水與酒精可以完全互溶，並且此兩種分子都有相同的 O—H 結構，分子間的引力有著相同的特性，藉由調配出不同的水與酒精的濃度比，我們利用自製的電磁天平測量出不同濃度下的表面張力值，獲得張力與濃度變化的關係之後，藉由原子表面張力原子說明的傳統模型，建構出一個簡易而可行的新模型來解釋實驗所測得的現象。

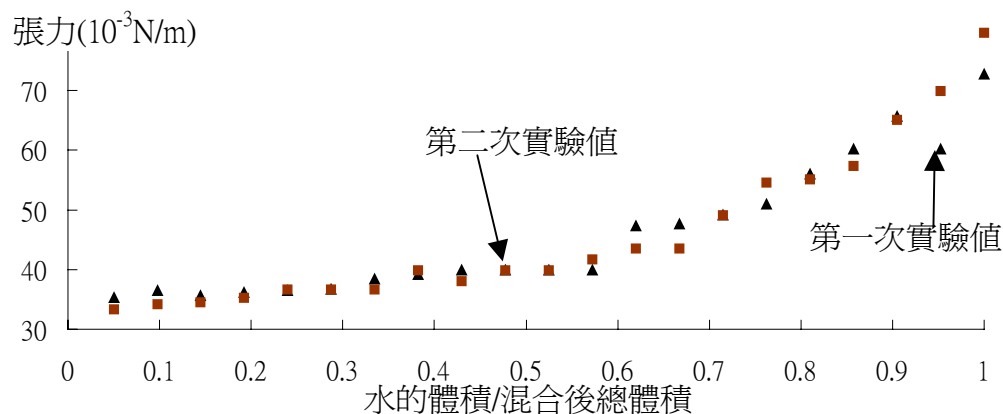
六、 研究過程

1. 架設儀器：連接電流供應器、可變電阻、毫安培計和自製電流供應器，在自製電流天平上懸掛周長 8cm 的金屬環。
2. 調配出不同濃度的混合液，並將金屬環予以接觸該液面。
3. 調整可變電阻使電流漸增，至金屬環脫離液面為止，並記錄下電流值。
4. 將此一電流值對應的歷經由公式 " $F=2 \pi rT$ " 換算成表面張力值。

七、 研究結果：

水的體積比值	酒精的體積比值	第一次測得的張力值 10^{-3}N/m (1/5.2002)	第二次測得的張力值 10^{-3}N/m (1/18.2002)
1	0	72.68	79.64
0.9525	0.0475	60.1	69.94
0.905	0.095	65.61	65.11
0.8575	0.1425	60.1	57.34
0.81	0.19	55.96	55.13
0.7625	0.2375	50.91	54.58
0.715	0.285	49.07	49.07
0.6675	0.3325	47.6	43.56
0.62	0.38	47.23	43.56
0.5725	0.4275	39.88	41.71
0.525	0.475	39.88	39.88
0.4775	0.5225	39.88	39.88
0.43	0.57	39.88	38.04
0.3825	0.6175	39.14	39.88
0.335	0.665	38.41	36.66
0.2875	0.7125	36.66	36.66
0.24	0.76	36.39	36.66
0.1925	0.8075	36.11	35.29
0.145	0.855	35.56	34.46
0.0975	0.9025	36.39	34.18
0.05	0.95	35.29	33.36

將上面所得的數據予以繪出如下：



八、模型與理論：

一般而言，水分子由底部到水的表面所需截斷的鍵結在單位面積上所獲得的能量就是表面張力。根據書上的公式，單一液體表面張力可用方程式描述如下：

$$T = K \left(\frac{L}{N_A} \right) \left(\frac{\rho N_A}{M} \right)^{\frac{2}{3}}$$

將一個分子自液態打斷所有
的鍵後變成氣態所需要的能量

單位表面積上的分子數

其中 K 為係數對水與酒精而言約為 0.1， L 為潛熱 (kJ/mole)， N_A 為亞佛加厥常數 (6.02×10^{23})， ρ 則是液體密度 (kg/m^3)， M 為分子量。

根據上述方式，我們對水和酒精以不同體積比混合後的表面張力計算如下：

令 水體積：酒精體積 = $V_1 : V_2$ ，且 $V_1 + V_2 = 1$

水莫耳數：酒精莫耳數 = $m_1 : m_2$ ，且 $m_1 + m_2 = 1$

水的密度 ρ_1 、酒精的密度 ρ_2 ，水的潛熱 L_1 、酒精的潛熱 L_2

水的分子量 M_1 ，酒精的分子量 M_2

則平均每顆粒子由底部到水的表面所需的能量為

$$K \left(\frac{L_1 m_1 + L_2 m_2}{N_A} \right)$$

單位面積上所含有的粒子數為

$$\left[\left(\frac{\rho_1 V_1 + \rho_2 V_2}{M_1 V_1 + M_2 V_2} \right) N_A \right]^{\frac{2}{3}}$$

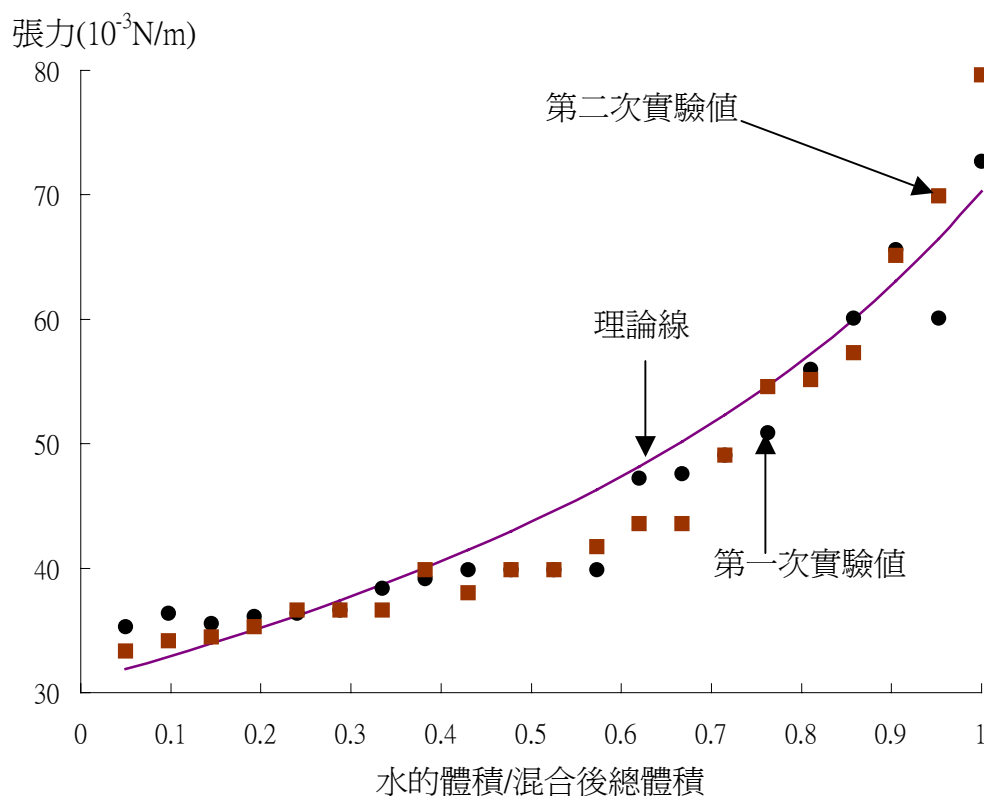
混合後表面張力大小的方程式爲：

$$T=0.1\left(\frac{L_1m_1+L_2m_2}{N_A}\right)\left[\left(\frac{\rho_1V_1+\rho_2V_2}{M_1V_1+M_2V_2}\right)N_A\right]^{\frac{2}{3}}$$

上式爲我們將單一分子產生表面張力的方程式予以修改成兩種分子混合液體的表面張力方程式。

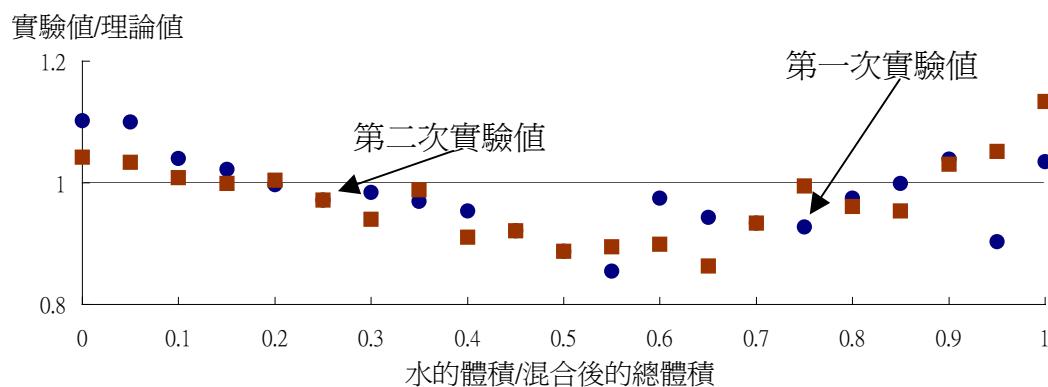
九、 討論：

1. 將上述的理論與實驗結果繪製成圖表如下：



我們可以發現，上述理論中的公式與實驗所得的結果大致吻合，由於本實驗所用的測量工具並非一般常用的扭秤，且室溫並不能一直維持在同一個溫度，導致實驗所得的數據會略有誤差。

2. 我們可以看出，水與酒精混合的比值與表面張力之間的關係並非是一個簡單的線性函數。
3. 我們將理論值與實驗值作個比照，如下圖所示，可以發現當水與酒精混合體積約爲 1：1 時，所得實驗值皆較理論值小；這是一個相當有趣的現象。



4. 根據上表我們發現在水與酒精比例相同附近時，實驗值會小與理論值，這個現象值得討論。
5. 我們發現水與酒精混合後的總體積變化量不大，所以可忽略其影響。
6. 測量張力時，我們處在空調房內以維持一定的溫度，其影響不列入考慮。

十、 結論：

1. 酒精和水以不同比例混合所產生表面張力的變化並非是簡單的線性關係。
2. 我們提出一個能解釋此一變化函數的經驗式：

$$T = 0.1 \left(\frac{L_1 m_1 + L_2 m_2}{N_A} \right) \left[\left(\frac{\rho_1 V_1 + \rho_2 V_2}{M_1 V_1 + M_2 V_2} \right) N_A \right]^{\frac{2}{3}}$$

十一、 參考資料：

1. 普通物理學(下)
2. D. Tabor, Gases liquids and solids, 3rd Ed, P.282

附錄：自製電流天平的基本校定與測量

一、儀器介紹

自製電流天平：在一鋼製槓桿的一端，掛上一強力磁鐵，在天平底部台上，纏繞一圓柱的漆包線圈，利用電流使線圈與磁鐵之間的引力，在槓桿另一端產生掛在重物的拉力。（如下圖所示）

藉由事先測得的電流與懸掛物重的函數圖表，我們可以用來測量本實驗中將拉環自混合液中拉出所需的力大小。

二、自製電流天平的實驗

實驗器材：

自製電流天秤（參附一）	一台
質量均衡的金屬絲	數公尺
天秤	一台



三、實驗方法

我們採用質量分部均衡的細鐵絲，用電子天秤稱出其重量，為使誤差較小，我們取一段很長的細鐵絲，使 Mass/Length 所得的平均重量更為準確，用此方法，測量出平均每一公分的鐵絲重量約為 10.1 毫克，在天平的載物端，將不同長度的鐵絲掛上，測量出鐵絲重量（毫克）與電流(mA)之間的關係，藉所得的數表，與整理後所得的圖表如下：

重量(m g)	電流(mA)	重量(m g)	電流(mA)	重量(m g)	電流(mA)
0	10	555.5	155	1111	325
50.5	15	606	170	1161.5	350
101	21	656.5	185	1212	365
151.5	29	707	200	1262.5	380
202	45	757.5	220	1313	400
252.5	60	808	231	1363.5	412
303	78	858.5	245	1414	430
353.5	95	909	264	1464.5	445
404	109	959.5	275	1515	460
454.5	125	1010	290	1565.5	475
505	135	1060.5	315	1616	495

四、實驗結果

將以上的測量結果予以製圖，我們發現天平懸掛端的施力大小與電流幾乎為一線性函數，藉由電流的大小我們便可換算出天平另一端所施的力大小值為 $F \approx 3.11 \times I \text{ (mA)} \pm 10 \text{ (毫克)}$

