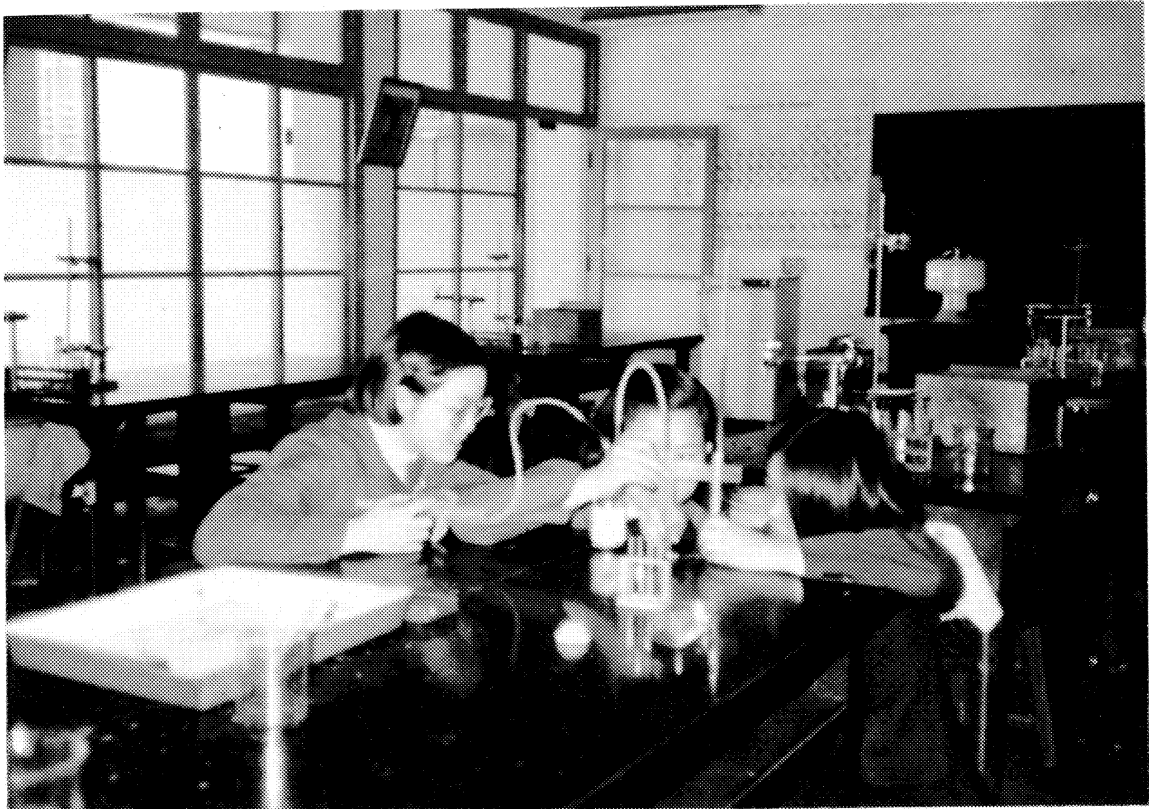


毛細理象

高中組物理科第二名

省立台中高女

作者：管衍惠、魏碧惠、謝碧珍、汪良儀等六人
指導教師：盧 錦 玲



一、動 機：

某天風和日麗數位同學相邀至河邊捉魚，在河中暢遊一番後發現各人於水面上的褲管沾濕的高度各有差異，而我們了解，不浸水部份之所以會濕乃毛細現象所致，但何以沾濕高度會因質料而異呢？於是引發我們對毛細現象做進一步的探討。

二、目 的：

(一)利用二重疊但一端夾有細金屬線之玻璃，觀察毛細管曲線。

- (二) 測量毛細管內液體上升或下降高度與管內半徑的關係。
- (三) 測量水溫對水上升高度之影響。
- (四) 利用毛細現象求表面張力。

三、原 理：

(一) 毛細管曲線為雙曲線的理由。

如圖 1 取原點 O，以液面為 x 軸鉛直方向為 y 軸設玻璃夾角為 α ，液體表面張力為 T，與玻璃的接觸角為 θ ，斜線部份液柱的液積則等於 $(\alpha \times \Delta x) y$ ，假如液體的密度為 ρ ，液柱重即為 $(\alpha \times \Delta x) y \rho g$ ，另一方面由表面張力的作用拉上液柱的力為 $(T \cos \theta \cdot 2 \Delta x)$ 可得

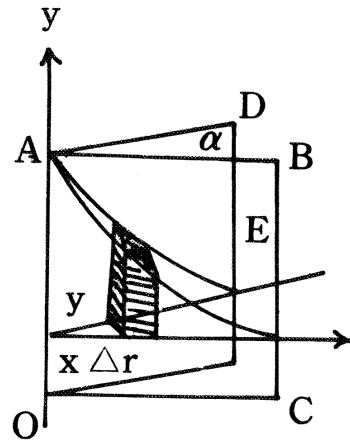


圖 1

$$(\alpha \times \Delta x) y \rho g = 2 (T \cos \theta \cdot \Delta x)$$

$$xy = \frac{2T}{\alpha \rho g} \cos \theta = \text{const}$$

(二) 利用毛細現象測定表面張力

1. 能濕玻璃之液體表面張力的測定
設有半徑 r 的毛細管如圖 2，鉛直的立於密度 ρ 的液體中，上昇的液體高度為 h，液體與器壁的接觸角為 θ ，則由液體的表面張力與器壁的反作用力 T 的平衡得

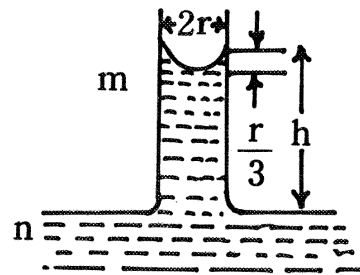


圖 2

$$T \cos \theta \cdot 2 \pi r = \pi r^2 h \rho g$$

$$\therefore T = \frac{r h \rho g}{2 \cos \theta}$$

如屬水與玻璃， θ 為 7° ， $\cos \theta = 0.9925$

又如圖 2 $h = m - n + \frac{r}{3}$

2. 不濕玻璃之液體表面張力的測定裝置如圖 3，以注射器壓入空氣，增加作用於水銀面之壓力，毛細管內水銀則上升至周圍水銀面略高後減少壓力，使水銀柱下降至周圍同一高度，以壓力計測定此時之壓力，水銀的表面張力 T ，可以下式計算之。

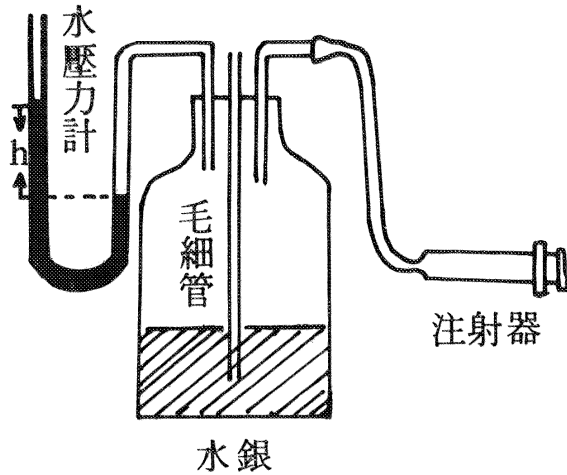


圖 3

$$2\pi r T \cos\theta = \pi r^2 \rho gh$$

如屬水銀與玻璃 $\theta = 50^\circ$

四、儀 器：

毛細管、水銀、橡皮管、天平、量筒、尺、溫度計、玻璃板、注射器、金屬絲、酒精燈、壓力計。

五、實驗步驟：

(一)毛細管曲線之觀察：

1. 重疊洗淨的二片玻璃，在一端夾細金屬絲，另一端貼膠帶。
2. 使之立於以紅墨水染過的水中，觀察毛細管曲線。

(二)測量毛細管內液體上升或下降高度與管內半徑之關係：

1. 毛細管內半徑之測量

- (1)取不同孔徑之毛細管充分洗淨並烘乾。
- (2)橡皮管套於毛細管吸取 l cm 高之水銀。
- (3)將水銀倒於燒杯稱出水銀質量 m 。
- (4)由 $\pi r^2 l \times 13.6 = m$ 之式子求出毛細管內半徑 r 。

2. 能濕玻璃液體上昇高度的測定

- (1)裝置如圖 4，固定毛細管 B 與指針 C，立於玻璃容器 D 中，用懸掛的墜子 E 調節其鉛直。

(2)在玻璃容器內裝液體（水或酒精）使毛細管及指針尖端浸在液中若干毫米處，測定此時液體溫度。

(3)等液體在毛細管中上昇後，以吸量管吸出玻璃管內液體，使指針 C 的尖端接觸液體表面爲止。

(4)讀取此時管內液面凹部的位置（ m ）。

(5)移開玻璃容器，讀指針 C 的尖端位置（ n ），上昇的液高 h

則等於 $h = m - n + \frac{r}{3}$ ，再測定玻璃容器內液體的溫度，計

算與(2)液溫的平均值，作爲液體溫度。

(6)以不同孔徑之毛細管重覆上述實驗。

(7)以不同濃度之鹽水、糖水、肥皂重覆上述實驗。

(8)變更水的溫度重覆上述實驗。

(三)不能濕玻璃液體下降高度的測定

1. 裝置如圖 3

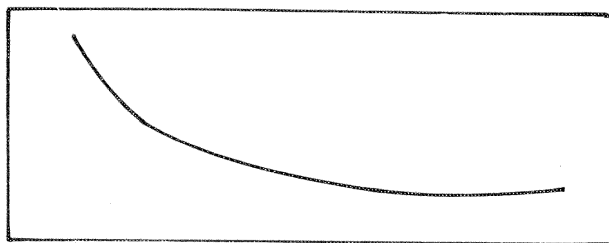
2. 注射器壓入空氣，增加作用於水銀面的壓力，毛細管內水銀若上昇至比周圍水銀面略高後，減少壓力，使水銀柱下降至與周圍同一高度。

3. 讀取左邊壓力計中之水銀高度差。

4. 變更毛細管孔徑，重覆上述實驗。

六、數據與結果：

(一)一端夾金屬絲之二玻片浸於水中所得毛細管曲線如下：



(二)毛細管孔徑的測定

毛細管編號	1	2	3	4	5
水銀重 (g)	0.31	0.45	1.29	3.5	2.06
水銀長 (cm)	3.55	3.8	8.6	9.1	9.0
管內半徑 (cm)	0.045	0.053	0.060	0.096	0.074

(三)毛細管孔徑與水上昇高度之關係

1 水溫 16°C

毛細管編號	1	2	3	4	5
毛細管半徑 (cm)	0.046	0.053	0.060	0.096	0.074
上昇高度 h (cm)	3.2	2.8	2.45	1.6	2.05
$\frac{1}{h}$ (1/cm)	0.331	0.354	0.404	0.612	0.488

2 水溫 20°C

毛細管編號	1	2	3	4	5
毛細管半徑 (cm)	0.046	0.053	0.060	0.096	0.074
上昇高度 h (cm)	2.85	2.4	2.25	1.55	1.88
$\frac{1}{h}$ (1/cm)	0.351	0.417	0.444	0.645	0.532

3 水溫 90°C

毛細管編號	1	2	3	4	5
毛細管半徑 (cm)	0.046	0.053	0.060	0.096	0.074
上升高度 h (cm)	2.05	1.7	1.55	0.99	1.3
$\frac{1}{h}$	0.487	0.588	0.645	1.101	0.77

(四)毛細管孔徑與水銀下降高度之關係：

毛細管編號	1	2	3	4	5
管內半徑 (cm)	0.046	0.054	0.060	0.096	0.74
水銀下降 h (cm)	0.56	0.475	0.428	0.268	0.347
$\frac{1}{h}$	1.785	2.10	2.336	3.70	2.88

(五) 16°C 時水的表面張力

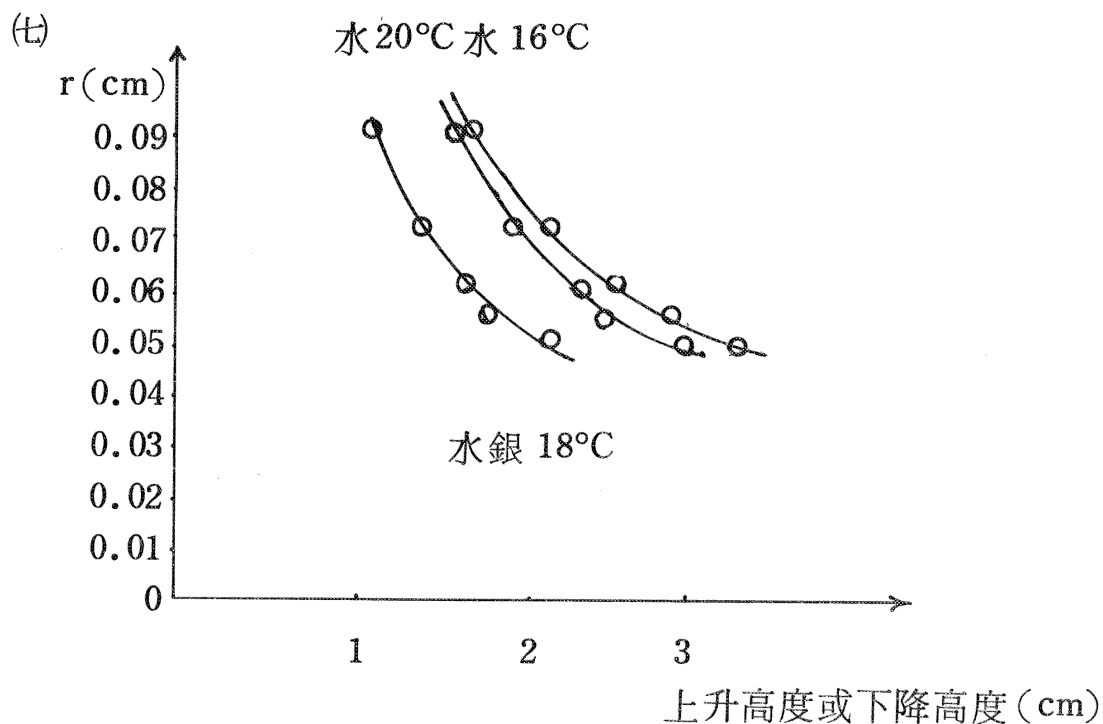
毛細管編號	1	2	3	4	5
表面張力 (dyne/cm)	72.94	74.28	73.28	77.54	72.88
平均 值	74.24 dyne/cm				
實 際 值	73.58 dyne/cm				

誤差 0.89 %

(六) 室溫 18°C 時水銀表面張力

毛細管編號	1	2	3	4	5
表面張力 (dyne/cm)	514.994	512.745	513.395	514.354	513.355
平均 值	513.78 dyne/cm				
實 際 值	518.83 dyne/cm				

誤差 0.97 %



(八) 20°C 時食鹽水之表面張力

濃 度	5 %	10 %	12.5 %	25 %
上升高度	2.31	2.25	2.2	2.08
表面張力	54.81	56.35	56.67	62.51

(九) 22°C 時糖水之表面張力

濃 度	5 %	15 %	25 %
上升高度	1.2	1.15	1.05
表面張力	28.482	30.483	31.548

(十) 22°C 時肥皂水之表面張力

濃 度	1 %	5 %	10 %
上升高度	1.35	0.95	0.85
表面張力	30.733	22.548	21.286

七、結 論：

- (一)毛細管曲線為雙曲線。
- (二)毛細管內液體上升或下降高度與管內半徑成反比。
- (三)水溫愈高毛細管中之水上昇愈少。
- (四)水中加了糖、鹽、肥皂等物質後表面張力皆較純水小。
- (五)糖、鹽等均質溶液濃度愈高表面張力愈大，而肥皂水濃度愈高表面張力愈小。

八、討 論

- (一)以此法測得之表面張力與實際值，相當接近。
- (二)由於不同濃度的液體在毛細管中上升之高度不同，此法似可應用在工業生產之品質管理上。
- (三)求水銀表面張力時，若壓力計充以水銀，求其壓力時，由於密度大，求得高度差小，準確度小，故以水代之其差大，準確度亦大。

九、注意事項：

(一)圖 3. 之裝置中，橡皮塞與瓶口間，以及插入橡皮塞的玻璃管等，應塗以蠟油以保持不漏氣。

(二)爲提高測定的精度，測量時應使用放大鏡。

評語：1.本作品的實驗、分析等均甚完整。

2.能對未知物理現象，參考書籍，加以探討。