

利用微量天平測分子直徑

國中組物理科第三名

屏東縣立明正國民中學

作者：潘世爵·張耀升

張凱智

指導教師：陳璧霞

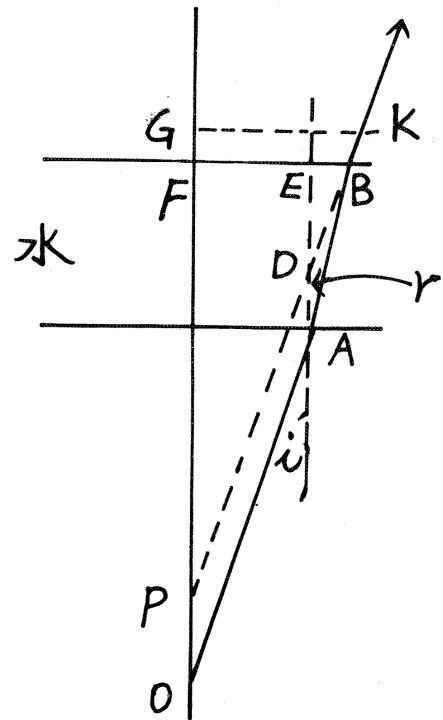
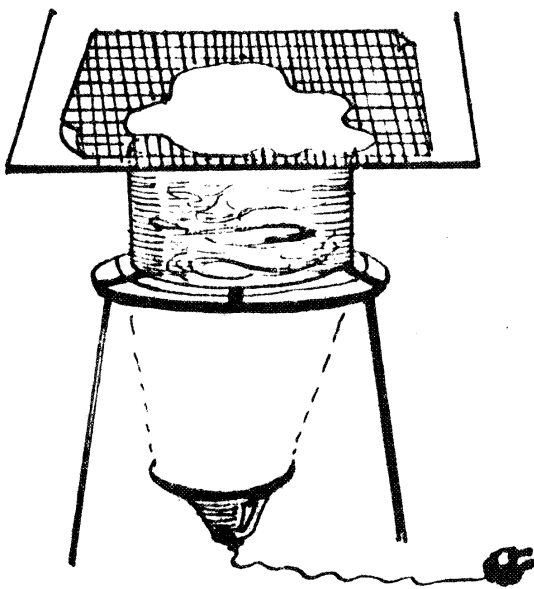


一、研究動機及目的

化學課本第六章曾教我們利用油膜實驗求硬脂酸分子的直徑。當我們興奮的進行實驗時，却失望的發現油膜形狀極不規則，面積不易測量，使測出的分子直徑誤差很大。為能更準確的測量油膜面積，我們利用透光原理將油膜投影描繪在方格紙上，再利用微量天平測出方格紙的質量，最後將質量換算成面積，如此就能更精確的求出分子直徑了。

二、原理說明

- (一) 依據表面張力使液體表面積縮小的原理，在水面上洒硫黃粉，然後滴入一滴硬脂酸的石油醚溶液，因石油醚的表面張力比水小，會散開成一透明薄膜，又因該溶液濃度極稀 ($\frac{2}{10000}$)，且石油醚又易揮發，該薄膜的厚度可視為一分子直徑。
- (二) 油膜透光而硫黃粉不透光。水槽底下光源的光線可透過油膜在水槽上方的方格紙上投下清晰的光影，描下投影圖，將圖剪下，利用校正好的微量天平測投影圖質量，又因均勻紙張面積和質量成正比，可求出投影圖面積。
- (三) 水槽下的點光源 O 在 A 點經水的折射後沿 AB 前進，穿過油膜，隨即沿 BK 折出液面。其圖如下：



$$\text{水的折射率 } n = 1.33 = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{AB}{BD}$$

$$\because \angle i \text{ 及 } \angle r \text{ 很小, } \therefore AB \doteq AE, BD \doteq ED$$

$$\therefore 1.33 = \frac{AE}{DE}$$

實驗時水深 $AE = 16.5 \text{ cm}$

光源至油膜距離 $OF = 59.35 \text{ cm}$

光源至投影距離 $OG = 60.45 \text{ cm}$

$\therefore DE = 12.40 \text{ cm}$

$AD = 16.50 - 12.40 = 4.10 \text{ cm}$

因水的折射，如同將光源由 O 點向上移至 P 點（視光源）

$OP = AD = 4.10 \text{ cm}$

(四) $\therefore \triangle PBF \sim \triangle PGK$ \therefore 油膜和投影為相似形

$$\therefore \frac{PF^2}{PG^2} = \frac{\text{油膜面積}}{\text{投影面積}}$$

$$\therefore \text{油膜面積} = \frac{PF^2}{PG^2} \times \text{投影面積} = \frac{(59.35 - 4.10)^2}{(60.45 - 4.10)^2} \times \text{投影面積}$$

$$\therefore \text{油膜面積} = 0.96 \times \text{投影面積}$$

(五) 分子直徑 = $\frac{\text{滴入體積}}{\text{油膜面積}}$ 可求

三、實驗器材

玻璃水槽、鐵架（至少高 50 cm ）、燈泡、硫黃粉、硬脂酸、油酸、石油醚、四氯化碳、微量天平。

四、實驗過程

(一) 配製待測物溶液

1. 稱取 0.169 克的硬脂酸粉末（ $d = 0.875$ ）加入石油醚至體積 1000 ml ，即為濃度 $\frac{2}{10000}$ 的溶液

2. 取一滴管經量得 24 滴為 1 ml ，將 6 滴油酸滴入 1250 ml 的石油醚中，即得濃度 $\frac{2}{10000}$ 的油酸溶液。

3. 將 3 滴四氯化碳滴入 1250 ml 的石油醚中，可得濃度 $\frac{1}{10000}$ 的溶液。

(二)描繪各分子油膜投影圖(控制水溫為 20°C)

- 1 如實驗裝置在鐵架上置玻璃水槽，內裝滿水，在水面上洒下硫黃粉，分別滴入硬脂酸、油酸、四氯化碳溶液各一滴，可得透明油膜。
- 2 水槽底下置一燈泡，在水槽上置一亞克力透明薄板，薄板上置一張方格紙，當燈泡亮時，方格紙上即可描得油膜投影圖。
- 3 為求較正確的平均值，重覆(1)~(2)的實驗，但滴數改為2，3，4，5滴。

(三)描繪不同水溫時硬脂酸油膜的投影圖

將水溫分別調為 0°C ， 10°C ， 20°C ， 30°C ， 40°C ，洒上硫黃粉後，各滴入硬脂酸溶液一滴，可描得投影圖。

(四)測油膜面積

- 1 十張方格紙 4500cm^2 質量 18.90 克，以 $\frac{1}{4}\text{cm}^2$ 的方格紙作為微量天平的砝碼，故微量天平一格為 4.2mg 。
- 2 將投影圖剪下，數出完整方格數(1格為 $\frac{1}{4}\text{cm}^2$)。剪下畸零部份，利用微量天平測畸零部份質量 m 。

$$\text{因 } \frac{4500}{18.90} = \frac{x}{m}$$

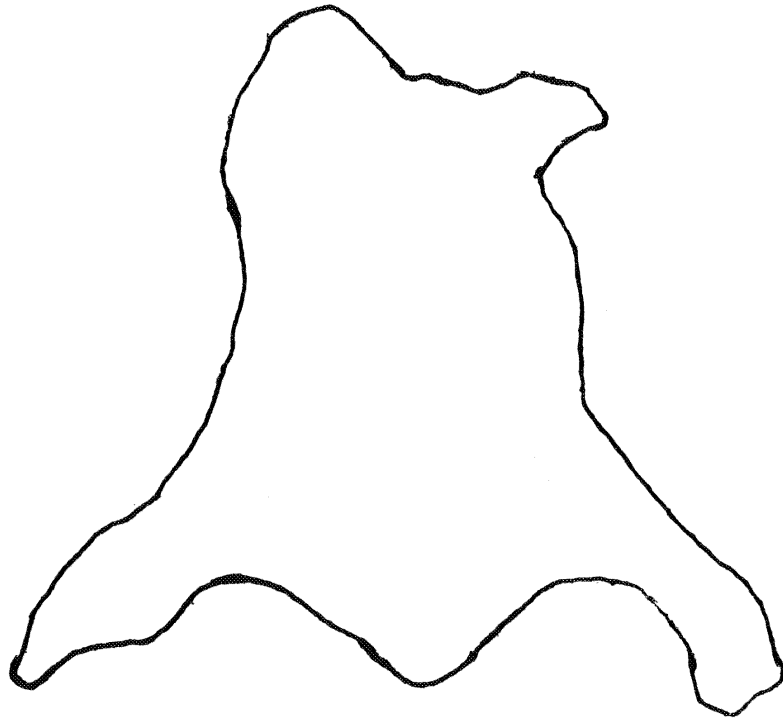
x 就是畸零部份面積， x 加上完整部份面積，即為投影面積，最後油膜面積 = $0.96 \times$ 投影面積。

五、實驗結果

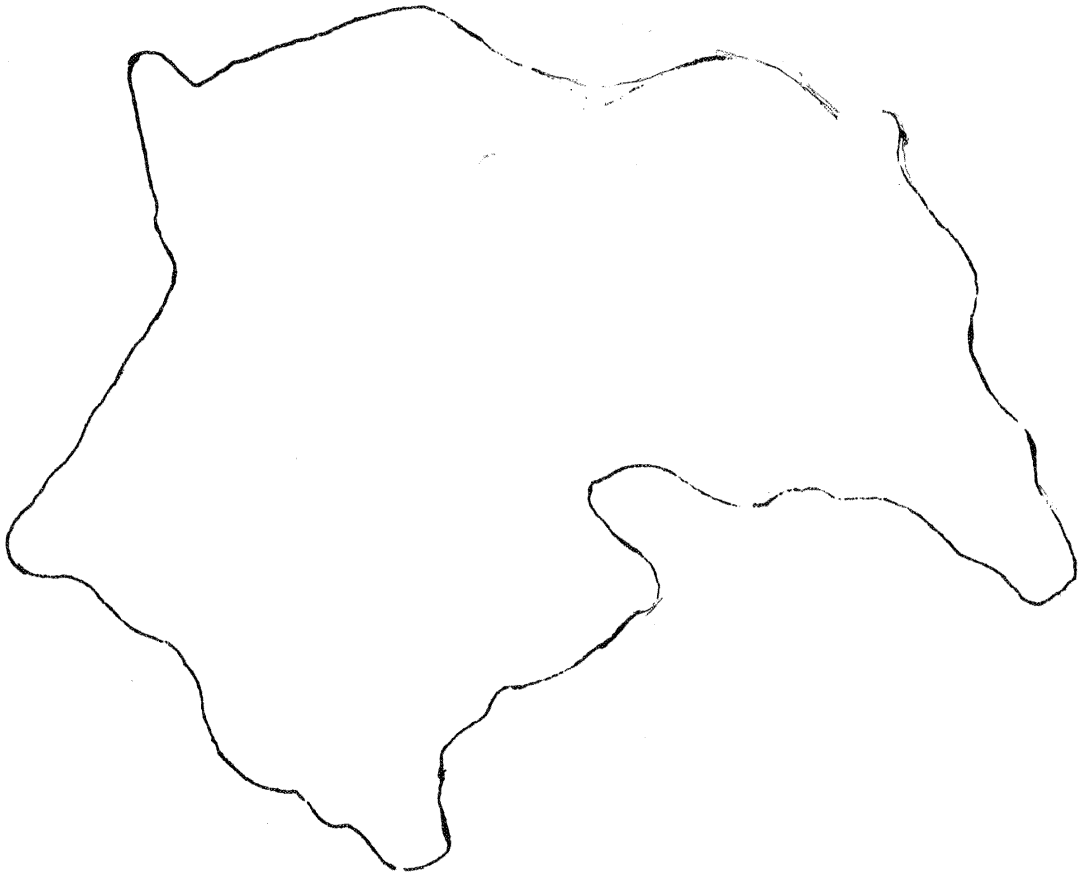
(一) 20°C 時，硬脂酸分子直徑(平均值 = 25.50 \AA)

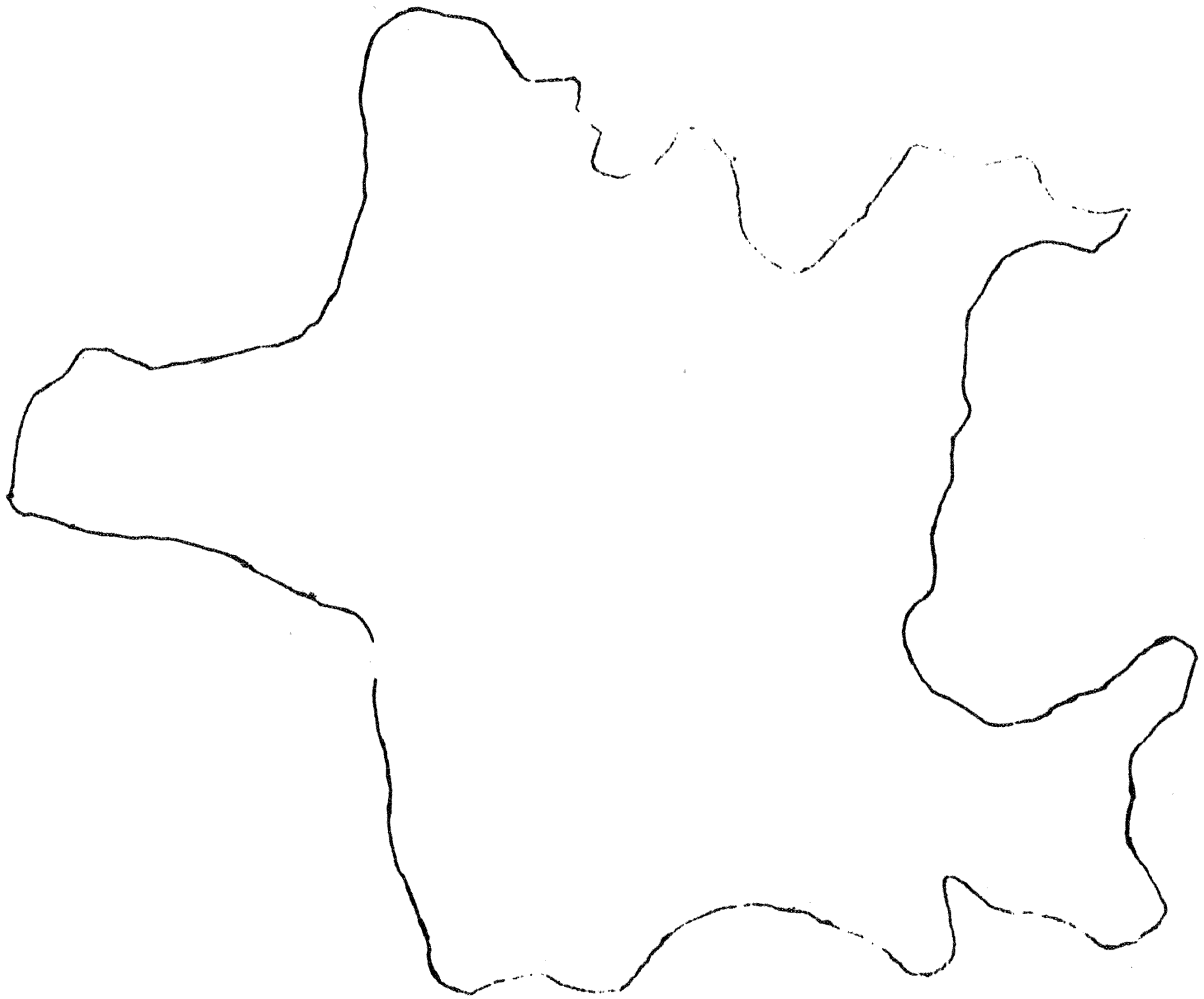
	投 影 圖	質 量	投 影 面 積	油 膜 面 積	硬 脂 酸 分 子 直 徑
1 滴	附圖 1 ~ 1	0.14g	33.33cm^2	32.00cm^2	26.04 \AA
2 滴	附圖 1 ~ 2	0.29g	69.04cm^2	66.29cm^2	25.14 \AA
3 滴	附圖 1 ~ 3	0.43g	102.38cm^2	98.29cm^2	25.43 \AA
4 滴	附圖 1 ~ 4	0.57g	135.71cm^2	130.29cm^2	25.58 \AA
5 滴	附圖 1 ~ 5	0.72g	171.43cm^2	164.57cm^2	25.31 \AA

附圖 1 ~ 1

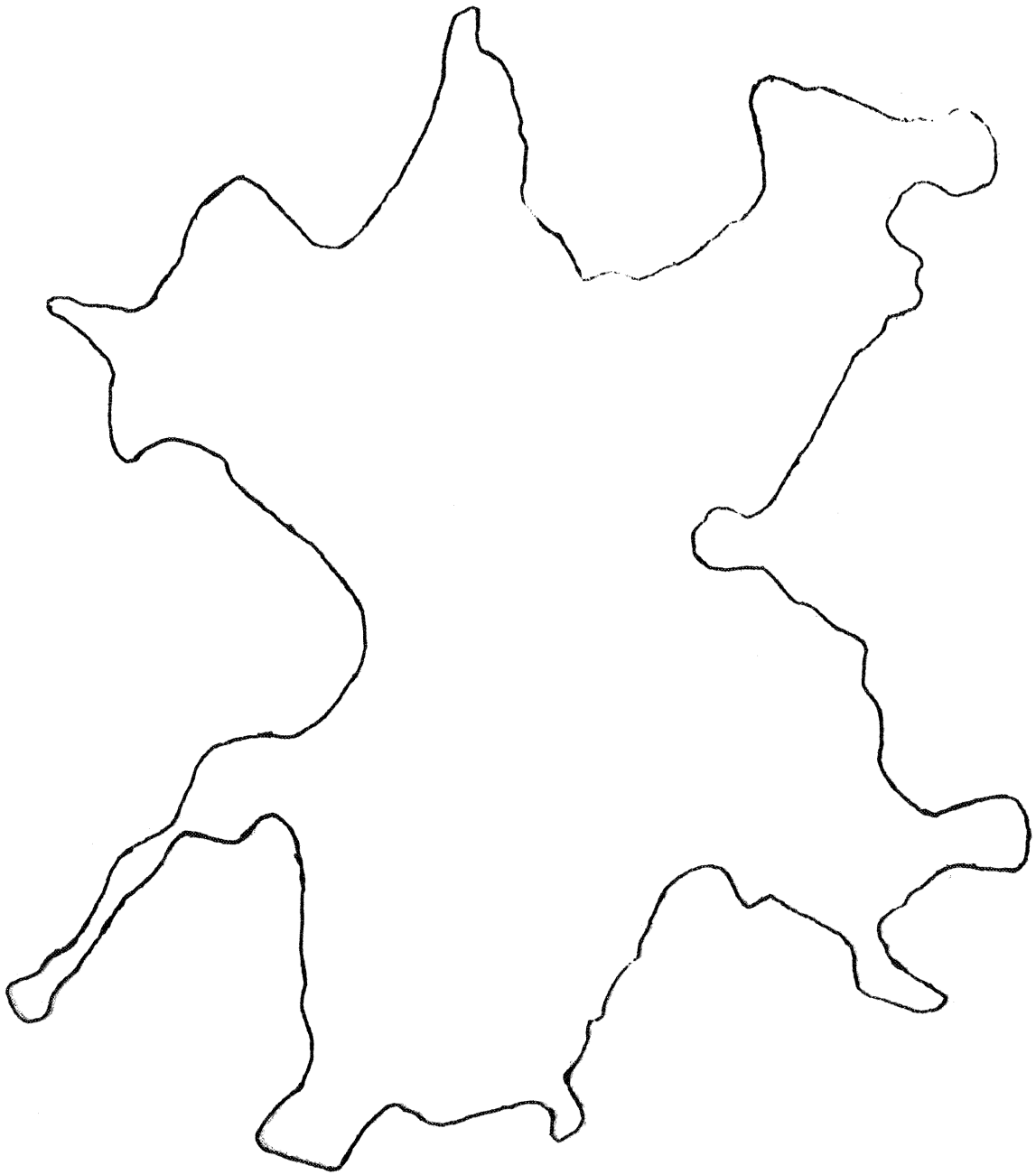


附圖 1 ~ 2

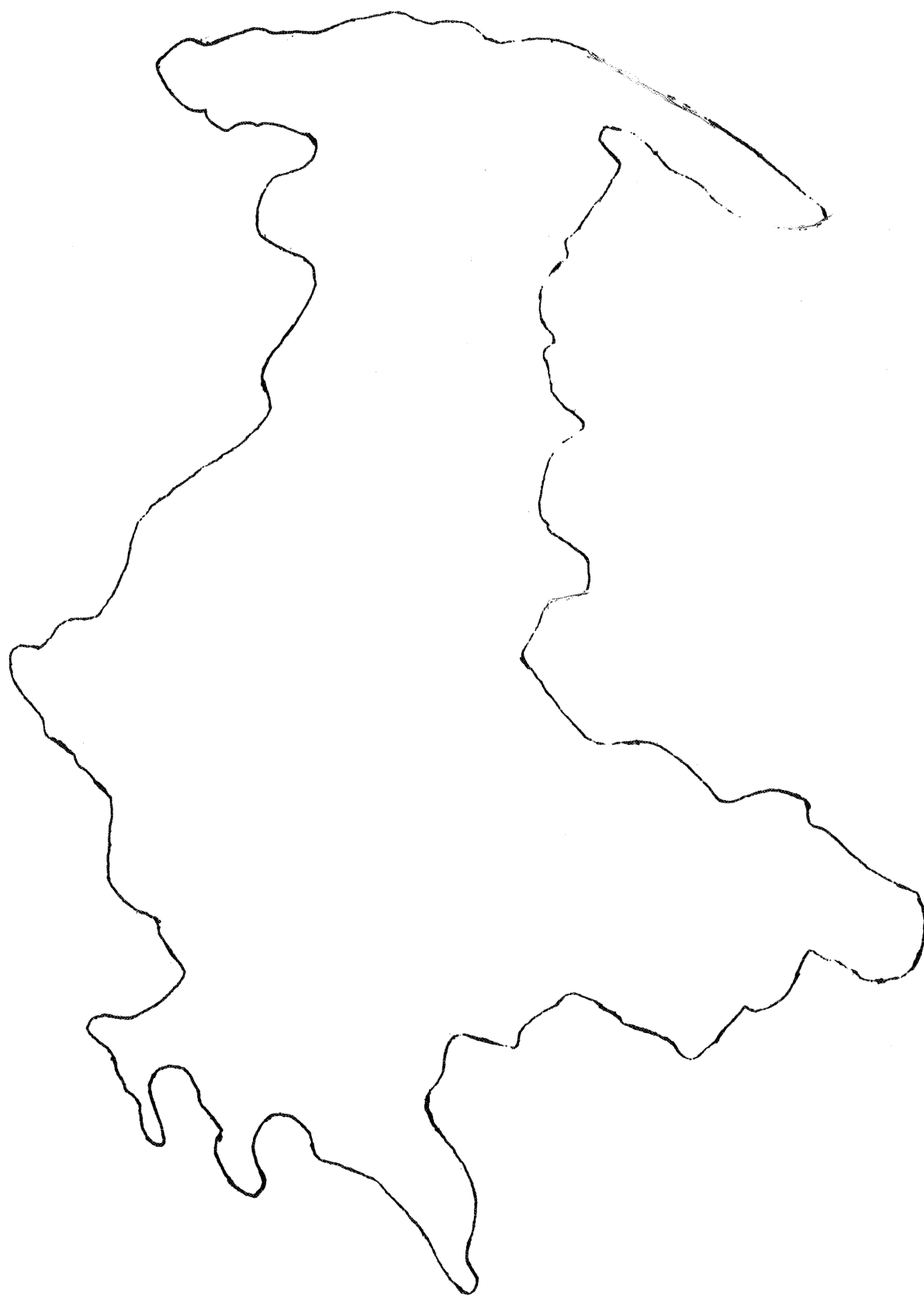




附圖 1 ~ 3



附圖 1 ~ 4



附圖 1 ~ 5

(一) 20°C 油酸分子直徑 (平均值 = 25.96 Å)

滴數	油 膜 面 積	油 酸 分 子 直 徑
1 滴	31.71 cm ²	26.28 Å
2 滴	64.10 cm ²	26.00 Å
3 滴	97.73 cm ²	25.58 Å
4 滴	127.52 cm ²	26.14 Å
5 滴	161.50 cm ²	25.80 Å

(二) 20°C 時四氯化碳分子直徑 (平均值 = 9.11 Å)

滴數	油 膜 面 積	四 氯 化 碳 分 子 直 徑
1 滴	4.57 cm ²	9.11 Å
2 滴	9.14 cm ²	9.11 Å
3 滴	13.71 cm ²	9.11 Å
4 滴	18.28 cm ²	9.11 Å
5 滴	25.14 cm ²	8.29 Å

(四) 硬脂酸分子在不同溫度下的直徑

溫度	油 膜 面 積	分 子 直 徑
6°C	93.71 cm ²	8.89 Å
10°C	59.43 cm ²	14.02 Å
20°C	32.00 cm ²	26.04 Å
30°C	27.43 cm ²	30.38 Å
40°C	20.57 cm ²	40.51 Å

六、討論和結論

(一) 本實驗我們用硫黃粉而不用滑石粉，是因硫黃粉比滑石粉更不透光，所得投影圖較清晰。

(二) 本實驗所用盛水玻璃槽，及描圖用壓克力板亦能使光產生折射，但因玻璃折射率約為 1.57，亞克力折射率約為 1.50，均不太

大，且其厚度很小，可視為不折射。

(三)我們發現不同水溫下，求得的硬脂酸分子直徑並不相等，溫度愈高分子直徑愈大，幾乎成正比增加，我們原以為這是熱膨脹使然，但資料顯示固、液體的膨脹係數極小（約 $10^{-2} \sim 10^{-6}$ ）直徑不該有如此明顯的改變，經和老師討論並參考物理課本第三冊十四章分子現象，才知道表面張力受溫度的影響，溫度愈高，表面張力愈小，高溫時水的表面張力減小，硬脂酸的石油醚溶液不易散開，可能會有分子重疊的情形。所求的值誤差就很大，我們發現 $20 \sim 30^\circ\text{C}$ 時所求的分子直徑較合理。

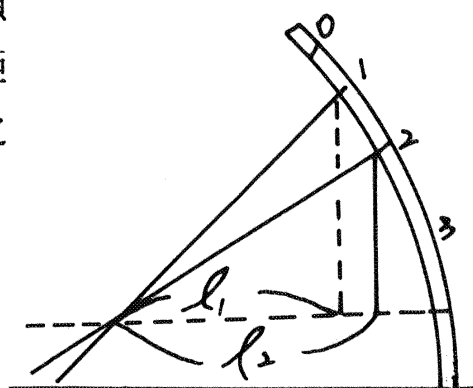
(四)在校訂微量天平時，我們發現，顯然每次增加的砝碼相同，但間隔距離却不等，這是因力臂一直增加之故。如右圖：

l_1 為放一個砝碼時的力臂

l_2 為放二個砝碼時的力臂

$\therefore l_2 > l_1$

\therefore 增加的力矩漸大。 \therefore 間隔距離漸大。



(五) 20°C 時，我們所測的分子直徑實驗值和利用化學鍵法計算的理論值（硬脂酸 29.64 \AA ，油酸 29.43 \AA ，四氯化碳 5.06 \AA ）很接近，我們很高興能利用這些簡陋的儀器得到滿意的結果，原以為微量天平只能測頭髮質量，這次我們利用微量天平測分子直徑，可真充份利用上了，也可以說是把物理課所學的知識應用在化學上。

七、參考資料

(一)國中化學(一)

(二)國中物理(一)

(三)國中物理(三)（表面張力部份）。

(四)大學物理（光學折射部份）。

(五)大學化學（原子、分子直徑部份）。

(六) Hand book of physical Calculation

評語

1. 對測量方法有新的構想。
2. 對所用方法亦能加以探討其適用性，並能推廣其應用。
3. 探討主題為對課業上所產生之疑問予以分析，取材上良好。
4. 能將所學之知識靈活運用為其可貴之處。
5. 對問題之重點敘述詳盡，但對其餘之可能影響的變因之注意不夠詳盡，在科學態度上產生偏差。