

物質粒子有多大——油膜實驗

國中組化學

製作學生：林龍鋒

趙世豪 卓賢裕

台北縣光仁國民中學

指導老師：麥惠真

一、實驗動機：

分子、原子和離子是組成一切物質的基本單位，這些粒子極為微小很難用直接的方法測其體積。我們在初二曾做過油膜實驗，第一次試着探求一箇分子乃至一箇原子的大小，感到莫大興趣，但實驗中所用硬脂酸石油醚溶液（濃度為 $0.1\text{ g}/\ell$ ，即稀釋比例約 $1/10000$ ）滴一滴到水面上以後，擴成薄膜似乎受到水漕的限制，好像立即又被彈回來似的，縮成較小的面積，同時水面上撒佈的滑石粉對油膜的擴張也似乎有密切的關係為了解開這些疑問在老師的幫忙下展開我們的探討。

二、實驗的目的：

- (一) 測知硬脂酸橄欖油和油酸分子的大小，並進而推算碳原子的大小。
- (二) 探求溶液的濃度與滑石粉撒佈對於一滴溶液在水面上的擴張有何影響。

三、藥品和儀器：

儀器：量瓶（ 100CC 500CC 1000CC ）、量液管（ 1CC 2CC ）、天平量筒、滴管、漏斗、燒杯、篩子、塑膠盆、大鋁盆、直尺、電子計算機。

藥品：硬脂酸、油酸石、油醚、苯、滑石粉、硫粉。

四、實驗原理：

硬脂酸的石油醚溶液（或橄欖油的苯溶液或油酸的石油溶液）滴到水面上之後，水的表面張力比石油醚（或苯）的表面張力大，就把那滴溶液向四方拉開，拉成一箇近乎圓形的薄膜，後來石油醚（或苯）都揮發到空氣中去了，這層薄膜的厚度就可能是硬脂酸的分子直徑，或是直徑的若干倍，當薄膜面積擴張到不能再大時，其厚度應只含一分子厚。

五、實驗手續：

(一) 配製溶液：

⊖ 硬脂酸的石油醚溶液：

濃度	$5\text{ g}/\ell$	$2\text{ g}/\ell$	$1\text{ g}/\ell$	$0.1\text{ g}/\ell$
稀釋比例	$1/200$	$1/500$	$1/1000$	$1/10000$

① 橄欖油的苯溶液：

濃度	10cc/ℓ	5cc/ℓ	2cc/ℓ	1cc/ℓ
稀釋比例	1/100	1/200	1/500	1/1000

② 油酸的石油醚溶液：

濃度	10cc/ℓ	5cc/ℓ	1cc/ℓ	0.1cc/ℓ
稀釋比例	1/100	1/200	1/1000	1/10000

(二) 油膜實驗：

- ① 將硬脂酸裝入小滴管中，裝到刻度為止，記錄它的體積，再讓這溶液一滴一滴的流入燒杯中，看流入 1 或 2 ml 時共計多少滴，由此可計算出一滴溶液的體積有多少 ml。
- ② 把水加到盆中，至少 5 cm 深，向水面上撒佈一些滑石粉。
- ③ 用滴管把硬脂酸溶液滴到水盆中，留心觀察水面上的滑石粉的變化，然後按照水面薄膜的形狀，量出它的直徑或長和寬，並計算面積是多少 cm^2 。
- ④ 由油膜的濃度及一滴的體積求出一滴溶液中所含硬脂酸的體積，再除以薄膜面積便是薄膜厚度（即硬脂酸分子的最大直徑）。
- ⑤ 依前面手續，測出橄欖油和油酸分子的最大直徑。
- ⑥ 以硫粉代替滑石粉重作上述實驗。

六、實驗計算：

$$\frac{\text{一滴油溶液體積} \times \text{稀釋比例}}{\text{薄膜面積}} = \text{薄膜厚度(即分子最大直徑)}$$

七、注意事項：

- (一) 水盆中的水須十分清潔，否則結果便不正確，因水中溶有雜質表面張力將減小，故實驗以前要將水盆洗淨，每做一次要把用過的水倒掉，小心洗淨，再換裝清水（最好用蒸餾水）。
- (二) 實驗時如水面反應不顯著，就要將水盆徹底洗淨。工作時雙手也要隨時洗淨。
- (三) 向水面滴溶液時須將滴管儘量接近水面。
- (四) 稀釋溶液的瓶蓋要隨時蓋緊，以免溶液揮發增大濃度。

八、實驗討論：

- (一) 這是一種簡單方法來推算分子的大小。英國的瑞雷爵士曾做此

實驗許多次，他猜想當橄欖油擴張到不能再大時，油膜應只有一層分子厚，他由實驗中得到的橄欖油分子的大小近似值與後來用別的方法求出的數值相當符合。

(二)硬脂酸分子式為 $C_{17}H_{35}COOH$ ，油酸分子式為 $C_{17}H_{33}COOH$ ，它們的分子都是一箇很長的鏈狀分子，而橄欖油的分子也可視為由18箇碳原子串成的長條。它們浮在水面時長分子的一端和水緊密接觸，另一端則拒絕和水接觸，所以它們在水面的形狀是垂直的，故由本實驗算出來的分子直徑相當於它們分子的長度，至於碳原子的大小可由測得這些分子直徑除以18而得一箇碳原子的最大直徑。

(三)實驗中所用的各種溶液的濃度太大或太小的均不恰當。濃度太大（如稀釋比例 $1/10$ 或 $1/50$ ）一滴溶液所擴張成的面積太大，水盆不能容納。又濃度太小（如稀釋比例 $1/10000$ ）則擴張面積太亂，邊緣不規則，又擴張到最大後立即縮小到某一程度，如以最大面積計算所得油膜厚度太小，表示該最大面積實際是由溶劑擴張而成而不是油膜面積，本實驗中稀釋比例為 $1/10000$ 者所得油膜面積即是測其縮小後之面積，故結果不理想。

(四)各種溶液的稀釋比例以 $1/1000$ 或 $1/50$ 的較為恰當，溶液的濃度越大，擴成的油膜輪廓越清楚，但濃度太大擴成的油膜面積太大，水盆不能容納。

(五)水面上的撒佈的滑石粉不必多只要勻，薄薄的一層即可，在本實驗中水面上須先撒佈一些滑石粉，其目的是便於觀察，油膜輪廓，所以撒佈的滑石粉不必多只要勻，而且越薄越好，否則薄膜面積不能擴張至最大。為使撒佈均勻我們曾用過各種方法，後來發現用篩子（做蛋糕時篩麵粉用的）最為恰當，同時又發現在水面上撒佈的滑石粉不須佈滿整箇水面，只要在水面中央部份均勻撒佈一些更為理想。

(六)水面上撒佈的滑石粉若以硫粉代替，效果較佳，實驗室中硫粉是很普遍的，當我們發現滑石粉的顆粒可能過重，抵去一部份水的表面張力，我們便改用硫粉試之，結果薄膜的輪廓比較清楚且擴成的薄膜面積也較大。