

台灣二〇〇五年國際科學展覽會

科 別：化學

作品名稱：醇類凝膠的安定與老化及其結晶情形

學 校：臺北市立建國高級中學

作 者：林育任、鄭懷傑

作者簡介

林育任

我是就讀台北市立建國中學二年級的林育任，雖然這是第一次參加化學國際科展，但秉持著熱心，還是努力和同學努力不懈地完成了這件作品。在這段過程中，經歷了很多次情感上的轉變，實驗時的執著、推論時的苦思、結論出來時的愉快。「只有努力後的果實才可能是甜美的。」我一直對這句話深信不疑。很感謝與我同組的同學，以及指導老師的指導與鼓勵，使我對科學研究懷抱著更大的興趣。



鄭懷傑

現就讀建國中學二年級二年二十六班，平時喜愛從事科學研究，對化學更有充分的熱愛，遇到問題，不眠不休，孜孜不倦，努力奮鬥，奮發向上，充分展現出身為一科學研究者的胸懷。

國小時曾參加物理校內科展，高中時更獲得了全國能力競賽一等獎，即使這樣，但對於化學的熱誠始終不減，平時總是去尋找各式化學書籍閱讀，而這次國際科展更是投注了我所有的熱誠。這次經驗對我而言也是彌足珍貴的，尤其其中的酸甜苦辣，更是使我享受其中。希望以後還能繼續參與其中。



醇類凝膠的安定與老化及其結晶情形

The Stability of the Alcohol Gel and Crystallization Situation

摘要

在這篇報告中，特別針對了凝膠的機制去做探討，以許多的實驗數據，再輔以凝膠的基本定義，去臆測各種有關於凝膠的老化機制，並藉由其過程中推斷出一些有趣的性質：

1. 當膠體內水分含量不同，與凝結後的醇類膠體有相當的影響。
2. 凝膠老化後形成的結晶形狀，因凝膠溶質、溶液內互溶性的不同，形成了不同凝聚程度的絮聚現象。
3. 同種陰陽離子在不同碳數的醇類凝膠中，因為與水溶液的互溶性也有所不同，間接影響了凝膠的形成速度，這對於安定來說，包含了很大的意義存在。
4. 對於其老化的速度，會因其安定程度而有所影響。
5. 老化後的溶液內的陰陽離子濃度，會直接影響其再次安定與老化的情形。

SUMMARY

In this report, we especially do the discussion to the mechanism of the gel. With a lot of experimental data and the basic definition of gel, we conjecture various kinds of aging mechanism about the gel, and infer some interesting problems from its course:

1. Moisture content in the gel effect the gel's quality after alcohol condensed greatly.
2. Because of dissolving difference between the alcohol and the other substances, crystallization forms after the gel aged have formed different degrees phenomenon of gathered.
3. The same kind of negative and positive ion among the alcohol gel that have different carbon atoms. Because of dissolving difference between the ions and the solution, the ions influence forming speed of gel indirectly. To being stable of the gel, this phenomenon includes very great meaning.
4. Stable degree of the gel can influence its speed of aging.
5. The consistency of negative and positive ion in the aging solution of the gel can influence its stable and aging situation again directly.

壹、前言

在看到一些文獻中所做有關膠體凝膠的報告之後，應為認為其中測膠體存在時間的定義不是很明確，所以想要找出要如何定義凝膠老化程度以及需要如何才能達到此膠體的最大安定性，並在實驗中發現另一有趣的議題，醋酸鈣結晶晶形之探討。

改變醇類以及配置時各溶液的比例以達到延長膠體的存在時間，相比較其融化情形來定義老化，並研究其安定性和成分之間的關係。並研究如何從各方面之狀態定量凝膠的老化程度，以及老化完成之狀態。

另一方面，從老化後，所產生之膠體溶液，靜置待其結晶的形成，觀察在不同醇類中所形成結晶形狀的不同，並在所學之範圍中研究其結晶形狀不同之原因，了解背後所形成之意義及原理。最後，綜合上述結論，推想出一個適合不同醇類的老化模型。

貳、研究方法與過程

一、實驗原理

1.膠體溶液：

當分散質分散於分散媒中，由於分散質粒子大小不同，可以分成下列三大類別：

第一類為真溶液，又稱為溶液，分散質粒子最小，其直徑在 10^{-7}cm 以下，真溶液不分散光線，非常安定，不發生沉澱，極易透過濾紙。

第二類為懸浮液，分散質粒子最大，其直徑在 10^{-5}cm 以上，可以分散光線，分散質暫時懸浮於溶液中極不穩定靜置後立刻發生沉澱，可用濾紙分離懸浮物質。

第三類為膠體溶液，分散質粒子之大小介於真溶液與懸浮液之間($10^{-7}\sim 10^{-5}\text{cm}$)，可以分散光線，膠體溶液相當安定，不易沉澱，可以透過濾紙，但速度較真溶液為慢。物質有固體、液體、氣體三種型態，可分別當作分散質及分散媒，共可組成九個體系，其中氣體—氣體之混合為真溶液，因而膠體溶液只有八種體系，茲列表如下：

表 3-1 膠體溶液之類別

分散質(溶質)	分散媒(溶劑)	膠體名稱	範例
液體	氣體	液態氣溶膠	雲、霧
固體	氣體	固態氣溶膠	煙、塵埃
氣體	液體	泡沫	肥皂泡沫
液體	液體	乳膠	牛奶、蛋黃醬
固體	液體	溶膠	墨水、油漆、漿糊
氣體	固體	固態泡沫	浮石、麵包、海綿
液體	固體	固態乳膠	凍膠、蛋白石、膠態酒精
固體	固體	固態溶液	玻璃、合金

當分散質與分散媒均為液體時，所形成的膠體稱為乳膠。例如水和油等量混合激烈搖動即得乳白色的乳膠，但靜置不久即分為兩層。若加入少量肥皂，搖動後即得穩定的乳膠此時肥皂極為乳化劑，許多介面活性劑均有乳化的功效。乳化後，若油分散於水中，極為水中油滴型乳膠〈o/w 型〉若為水分散於油中，即為油中水滴型乳膠。膠體溶液又可分為親媒膠與疏媒膠，分散媒若為水，即分別稱為親水膠與疏水膠。疏水膠的膠體粒子一般帶有電荷，若加入電解質時，膠體粒子可吸附異性電荷，使膠體溶液沉澱，一般河流的浮游物，留至出海口因海中電解質的作用，極易發生沉澱形成三角洲。例如氯化銀、氫氧化鐵膠體均為疏水膠。至於洋菜、澱粉、肥皂、阿拉伯膠均為親水膠，親水膠不受少量電解質的影響，但多量電解質仍會影響而引起沉澱，此種現象稱為鹽析，肥皂水溶液加入大量食鹽可使肥皂析出，豆漿加入石膏可製豆腐，均為鹽析作用，鹽析作用除電性中和以外，還有水合膠體粒的脫水作用。

親水膠加入疏水膠溶液中，可以保護疏水膠，使其不受少量電解質的影響，此種親水膠稱為保護膠，例如墨水中加入阿拉伯膠即有保護膠的功用。

2. 膠體溶液的特性：

(1) 廷得耳效應(Tyndall effect)：

現象：光線通過膠體溶液，則顯現一條光亮的通路。

原因：因為膠體粒子較大，足以散射光線的緣故。

(2) 布朗運動(Brownian movement)：

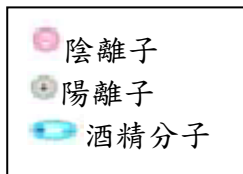
現象：膠體粒子不停地作急速運動。

原因：膠質粒子受許多溶劑分子的碰撞而造成。

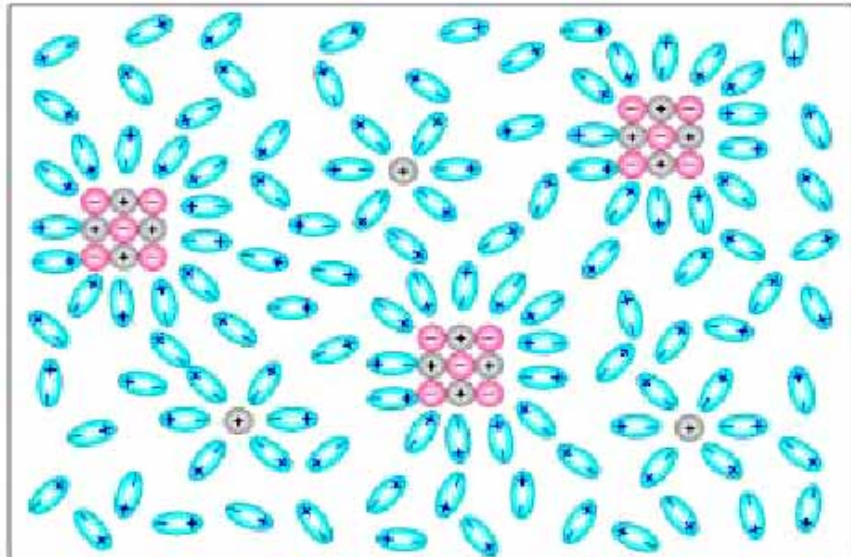
一般膠體粒子帶有同性電荷，當粒子進行布朗運動時，由於同性電荷互斥使其不能接觸凝結，這就是膠體穩定原因。

3.酒精凝膠：

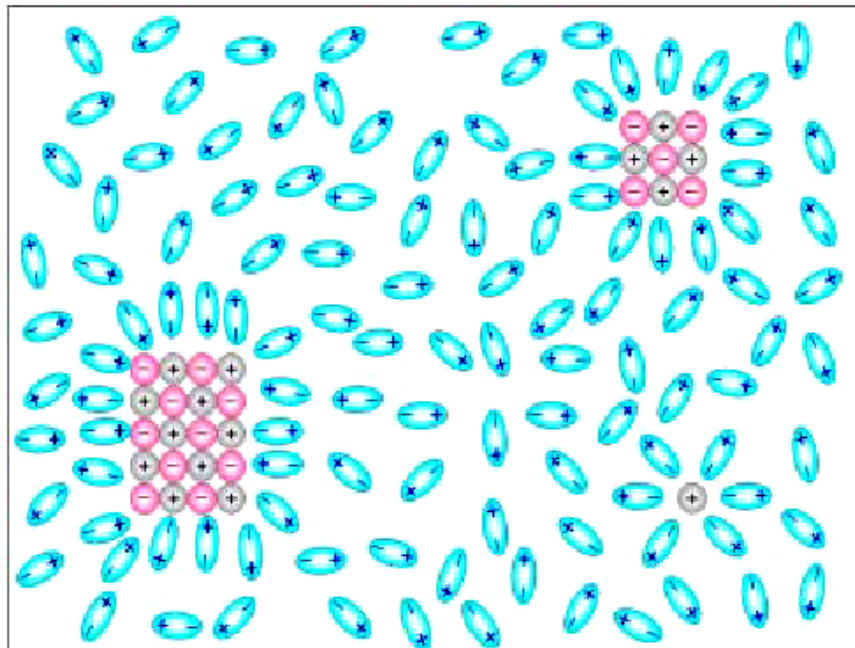
製造酒精凝膠多直接以醋酸鈣配製飽和醋酸鈣溶液，或以酸鹼中和法(冰醋酸+氫氧化鈣)配製。冰醋酸和氫氧化鈣反應產生醋酸鈣，而此物質在溶液中會因溶劑的溶合作用(solvation)解離出陰離子與陽離子，但陰陽離子也會互相吸引結合成微粒。醋酸鈣的酒精凝膠中，醋酸鈣的微粒也有酒精分子溶合，經由酒精分子間作用力互相牽引，可形成混合均勻之酒精凝膠。但此酒精凝膠在一定時間後會逐漸有老化作用；也就是醋酸鈣微粒彼此間碰撞而脫離酒精分子溶合，許多醋酸鈣微粒電荷相吸漸漸結合而使顆粒漸漸越來越大，同時酒精凝膠也開始有融化的跡象，最後產生醋酸鈣沉澱，酒精也恢復為流體。(圖 3-1~圖 3-2)



【圖 3-1 酒精凝膠的分子模型圖】



【圖 3-2 酒精凝膠開始溶出酒精的分子模型圖】



4.老化之定義：

凝膠之溶液，在靜置一段時間後，會因上述之原因而慢慢回復成酒精水溶液。此時，凝膠看起來慢慢變小，而化成溶液之量則越來越多，而逐漸回復成流體。於是我們把凝膠回復成水溶液，化爲流體的過程，定義爲凝膠之老化現象。

二、藥品與器材

藥品部分：

甲醇 CH_3OH 、乙醇 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 、正丙醇 $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$ 、正丁醇 $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$ 、
醋酸鈣 $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 、氫氧化鈣 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、醋酸 CH_3COOH 、
氫氧化鈉 NaOH 、酚酞

器材部份：

燒杯、濾紙、玻棒、量筒、鐵絲篩網、漏斗、燃燒匙、滴管、封口膠、stir bar

三、實驗步驟

A.凝膠安定性研究

1.調配適當乙醇凝膠及觀察老化情況

調配兩種適當的凝膠：(1) I.在燒杯裡加入 0.6g(0.01mol)氫氧化鈣及適量的水

II.加入酚酞，使溶液成粉紅色

III.逐滴滴入冰醋酸，直到溶液褪至無色

IV.將定量的酒精沖入溶液中

V.觀察乙醇凝膠的老化情況

VI.取一小部分凝膠，觀察其燃燒情況

VII.靜置至老化後，觀察結晶及溶液狀態

(2) I.在燒杯裡加入 1.76g(0.01mol)醋酸鈣晶體($\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$)及適量的水

II.將定量的酒精沖入溶液中

III.觀察乙醇凝膠的老化情況

IV.取一小部分凝膠，觀察其燃燒情況

V.靜置至老化後，觀察結晶及溶液狀態

2.不同碳數醇類對於凝膠安定性之研究

(1)在燒杯裡加入 0.01mol 醋酸鈣晶體及 4.0mL 水，溶解至飽和後過濾

(2)將 20mL 醇類沖入醋酸鈣飽和溶液中

(3)過濾餘下之溶液後觀察凝膠大小、形狀、硬度後置於陰涼處

(4)每天觀察凝膠老化情況

3.密閉系統之不同碳數醇類對於凝膠安定性之研究

(1)仿造實驗 2.之步驟配好凝膠放於燒杯

(2)燒杯口用封口膠封住使其成為密封狀態

(3)每天觀察凝膠老化情況

4.擾動凝膠對老化之影響

(1)依實驗 2.之步驟配好醋酸鈣溶液

(2)加進 stir bar，攪動後加入乙醇觀察凝膠情況

(3)再配置醋酸蓋溶液，加進 stir bar 攪動後加入甲醇觀察凝膠情況

(4)紀錄實驗結果及攪動過程狀態變化

5.溫度對醇類凝膠形成的影響

- (1) 依實驗 2.之步驟配好醋酸鈣溶液
- (2) 試驗在不同溫度下加入醇類溶液，觀察凝膠情形並紀錄

B.凝膠老化情形研究

1.凝膠老化定量實驗

- (1)重複實驗 A 中第 2 個實驗之(1)、(2)，靜置等凝膠完全成形(約 5min)
- (2)架起如圖 5-1 之裝置：利用量筒和篩子，將已形成之凝膠放於篩子上，測量凝膠老化，即測量凝膠恢復成液態流入量筒，並量測其液體體積
- (3)觀察過程中餘下之凝膠變化情形
- (4)觀察量筒中老化溶液變化情形及體積變化
- (5)並紀錄析出晶體結晶情形



【圖 5-1 老化定量裝置(加封口膠)】

2.密閉系統下之凝膠老化定量實驗

- (1)仿造 1.之實驗，架好裝置
- (2)於裝置接口以及漏斗頂部皆用封口膠封住
- (3)測量已老化之凝膠體積及比重，紀錄其變化情形
- (4)另配置凝膠於密閉狀態放置兩星期，再開始進行老化定量實驗

C.凝膠結晶情形研究

1.不同凝膠結晶情形實驗

- (1)配合實驗 A 中第 2 項實驗，於凝膠老化完畢後紀錄
- (2)觀察並統整各種醇類之結晶型態

參、研究結果與討論

一、實驗結果

A.凝膠安定性研究

1.調配適當乙醇凝膠及觀察老化情況

- (1)在實驗步驟(一)中五杯凝膠配置比例：(1)為實驗步驟 1.之(1)之凝膠；
(2)為實驗步驟 2.之(2)之凝膠

【表 6-1：乙醇凝膠配置比例】

凝膠編號	水(mL)	乙醇(mL)	加入乙醇前是 否有過濾	水：乙醇
(1)-1	2.5	20	否	1:8.0
(1)-2	4.0	20	否	1:5.0
(1)-3	4.0	20	是	1:5.0
(2)-1	4.0	20	否	1:5.0
(2)-2	4.0	20	是	1:5.0

註：過濾前溶液呈褐色；過濾後澄清液呈無色

- (2)凝膠凝結及老化情形(表 6-2，於凝膠後 5min.測試)

【表 6-2：乙醇凝膠老化情形】

凝膠編號	產生凝膠所 需時間	殘留未凝之溶 液多寡	凝膠外觀	凝膠內部(使用玻棒 測試)
(1)-1	瞬間	少量	黃色、不光滑	輕碰即塌陷出水、內 部黃白相間
(1)-2	瞬間	少量	黃色、光滑	軟、輕施壓即出水、 內部黃白相間
(1)-3	瞬間	少量	半透明白色、光 滑	軟、輕施壓即出水
(2)-1	瞬間	無	微黃、光滑	稍硬、輕施壓不出 水、內部有醋酸鈣粉 末
(2)-2	瞬間	無	透明光滑	稍硬、輕施壓不出水

註：所有凝膠若經玻棒攪拌，即立即化成溶液狀態，由此可看出(2)-2 之凝膠狀態為最好，故使用其進行以下實驗之標準凝膠配製方法。

(3)凝膠老化後之情形(表 6-3 中之凝膠皆置放 1 個禮拜)

【表 6-3：乙醇凝膠老化後之情形】

凝膠編號	結晶	粉末	殘留液	殘留液燃燒情況
(1)-1	無	白色固化物	無	X
(1)-2	白色針狀	殘留液中有懸浮粒子	褐色	沸騰狀、蒸乾後留下紅白色粉塊
(1)-3	少量、白色針狀	無	無色	燃燒沸騰、蒸乾後留下紅白色粉塊
(2)-1	白色針狀	殘留液中有懸浮粒子	褐色	燃燒沸騰、蒸乾後留下白色粉塊
(2)-2	少量、白色針狀	無	無色	燃燒沸騰、蒸乾後留下白色粉塊

註(1)：紅色粉塊乃由酚酞所影響產生。

註(2)：(1)-1 的粉末溶於水中呈鹼性。

(4)當乙醇一滴滴加入時
以均等速率一次滴一滴，在 2 小時 7 分內滴完

【表 6-4：乙醇一滴滴加入時溶液型態】

所耗毫升數(ml)	膠體凝結現象	膠體型態
0~1	溶液有快速流動現象	
1.5	有些許氣泡產生	
1.7	出現一小塊懸浮凝膠	
3.1	水面上愈來愈多凝膠出現	
3.7	有一小塊凝膠附著於杯壁	
4.0	液裡充滿數塊小塊透明凝膠	
4.4	整片凝膠出現整杯溶液顏色開始轉變	薄、白、稍硬
5.3	凝膠增厚	顏色變濃
5.7	增厚、只剩少量液體	厚、透明白 一壓即出水
6.5	形成一般樣子的凝膠	透明白、稍硬
8.0	凝膠大致穩定、滴入乙醇不會快速形成凝膠	
9.5	穩定持續	白粒嵌在透明凝膠
11.0	擾動發現白粒可動、不似凝膠 可能為醋酸鈣包乙醇之小粒 並且未凝之乙醇也凝膠 (白粒比乙醇重，總是在底部)	白粒可移動 新形成的凝膠軟 早形成凝膠硬 (有軟硬層)
13.1	滴入乙醇，擾動後會形成流動狀白色凝膠液	分層明顯 (上層流動 下層透明硬)
15.4	滴入乙醇與膠液混合	
16.2	凝膠液愈來愈具有流動性	
17.7	白粒充斥整凝膠液	
18.7	下層凝膠老化	
20.0	已經沒有硬凝膠	

2.不同碳數醇類對於凝膠安定性之研究

(1)凝膠所需時間、凝膠量、凝膠外觀

(表 6-5，於凝膠後 5min.測試)

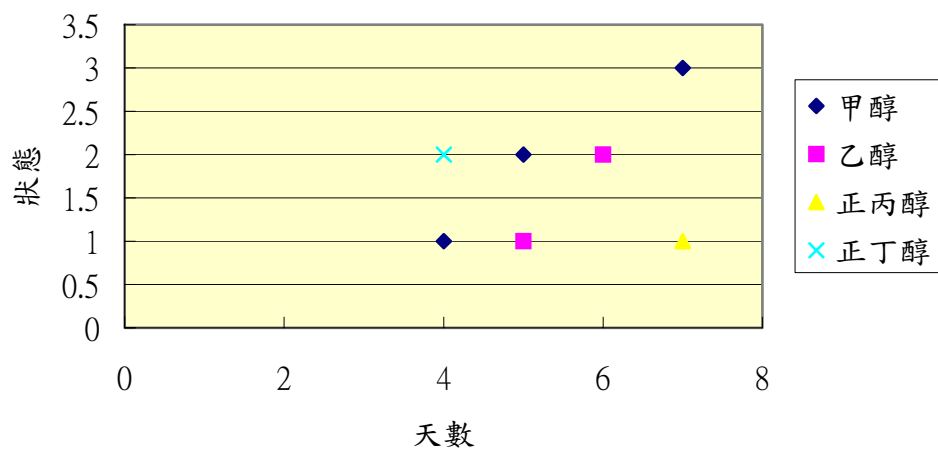
【表 6-5：不同醇類凝膠所需時間、凝膠量、凝膠外觀】

醇類	產生凝膠所需時間	殘留未凝之溶液多寡(mL)	凝膠外觀	凝膠內部(使用玻棒測試)
甲醇	1min.	13.5	濕潤透明	一碰即化水
乙醇	1sec.	1.5	透明光滑	稍硬、輕施壓不出水
正丙醇	瞬間	6.2	白色不透明	稍硬、似黏土、輕施壓則出水
正丁醇	不凝膠但上層有不透明狀可流動物質	溶液分層，上層 19.1，下層 4.8	不透明狀可流動物質呈鼻涕狀浮於上層溶液	

由此表可得知，甲醇在此溶劑下凝膠狀況最不好，而正丁醇則是不凝膠且與水有明顯分層。

(2)凝膠老化後之情形

【圖6-1 各種醇類老化過程】



圖中狀態說明：1:凝膠呈塊狀或粒狀
2:凝膠全化為溶液
3:結晶析出

註：正丁醇在化為溶液之後，隔幾天又有稠密狀不透明物質出現，由圖二得知：甲醇凝膠為最快老化，而正丙醇則為最慢，正丁醇則是一直呈現液態，改變的只是稠密狀不透明物質之量多寡。




3.密閉系統之不同碳數醇類對於凝膠安定性之研究

(1)各種醇類凝膠過程(表 6-6)：

【表 6-6 各種醇類凝膠過程】

經過時間	甲醇	乙醇	正丙醇	正丁醇
0~1min	無凝膠	瞬間凝膠	瞬間凝膠	溶液分層，無凝膠
1~5min	出現少量凝膠	維持凝膠	維持凝膠	溶液分層，無凝膠
1hr 後	凝膠量漸漸變多	開始出現老化現象	維持凝膠	溶液分層，無凝膠
2hr 後	全數凝膠	幾乎已全數老化，老化液內有非常多白色懸浮顆粒	維持凝膠	溶液分層，無凝膠
1 天後	維持凝膠，不過有少量已老化，且凝膠表面具孔隙(老化液可滲入凝膠內)	全數老化，回復成可流動液體，老化液內有非常多白色懸浮顆粒	維持凝膠，不過凝膠底部有老化現象，但因凝膠表面不具孔隙，所以老化液滲不到凝膠表面	於分層介面處出現少量白色懸浮膠狀物
4 天後(表 6-7)	持續凝膠，凝膠表面有孔隙，斜置會有少許老化液滲出。	老化液中有非常多小粒子，斜置看的出粒子積於底層。	凝膠表面光滑緻密，表面沒老化液殘留，但凹凸不平。	界面出現二維白色放射狀結晶，下層可流動液體量變少。

【表 6-7 第四天之醇類凝膠狀況】

醇類	圖片
<p>甲醇</p> <p>【圖 6-2 甲醇密閉空間凝膠】</p>	
<p>乙醇</p> <p>【圖 6-3 乙醇密閉空間凝膠】</p>	
<p>正丙醇</p> <p>【圖 6-4 丙醇密閉空間凝膠】</p>	

正丁醇

【圖 6-5 丁醇密閉空間凝膠】



【圖 6-6 丁醇密閉空間凝膠-底部】



4. 擾動凝膠對老化之影響

(1) 甲醇擾動

【表 6-8】：甲醇凝膠擾動情況

時間	凝膠情形(先擾動後凝膠)	
	無攪動	攪1分鐘
1分0秒		開始出現凝膠
1分50秒	開始出現凝膠	
2分50秒		整杯形成凝膠
凝膠型態	溶液中間薄薄一	凝膠充斥整杯，透明白

時間	凝膠情形(先擾動後凝膠)	
	攪1分鐘	攪3分鐘
2分30秒		開始出現凝膠
4分30秒		整杯形成凝膠
10分0秒	開始形成凝膠	
凝膠型態	充斥於整杯，透明鬆軟	

5. 溫度對醇類凝膠形成的影響

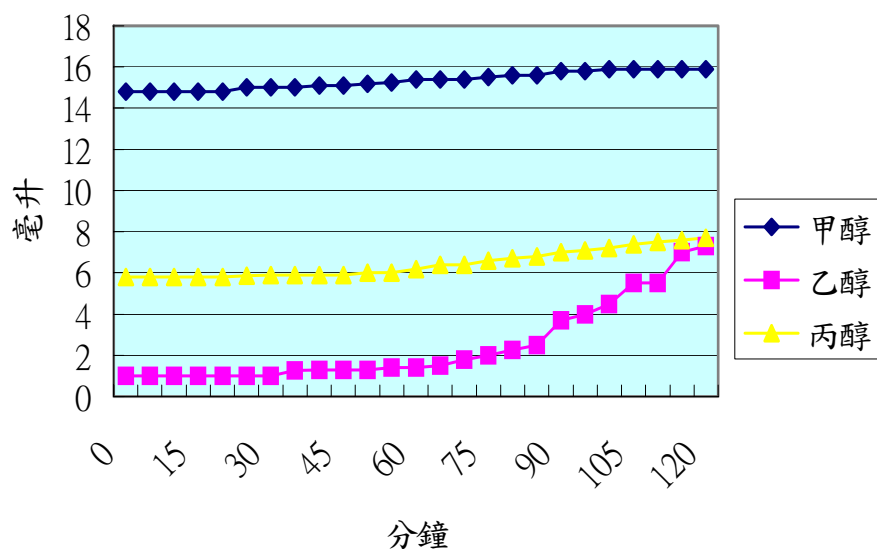
【表 6-9】：不同溫度下，甲、乙醇凝膠靜置情況

溫度		甲醇	乙醇
50°C	凝膠時間	1:58	瞬間
	溫度變化	3°C	-1°C
	至穩定時間	52 分 40 秒	14 分 17 秒
	膠體特徵	白色鬆軟	白色鬆軟
30°C	凝膠時間	1 分 10 秒	瞬間
	溫度變化	0°C	0°C
	至穩定時間	>>3 小時	17 分 34 秒
	膠體特徵	透明白及一粒粒白色粒子	透明白帶一絲白色 但是在約 19min 時 變成全白色 鬆軟
10°C	凝膠時間	1 分 05 秒	12 秒
	溫度變化	0°C	-0.5°C
	至穩定時間	5 分 10 秒	1 分 17 秒
	膠體特徵	透明白 薄 較 10 度甲醇硬	灰白不透明 堅固厚
0°C	凝膠時間	4 分	14 秒
	溫度變化	-1°C	-1°C
	至穩定時間	11 分 20 秒	34 秒
	膠體特徵	灰色透明 薄軟 只有一層凝	透明但堅固厚

B.凝膠老化情形研究

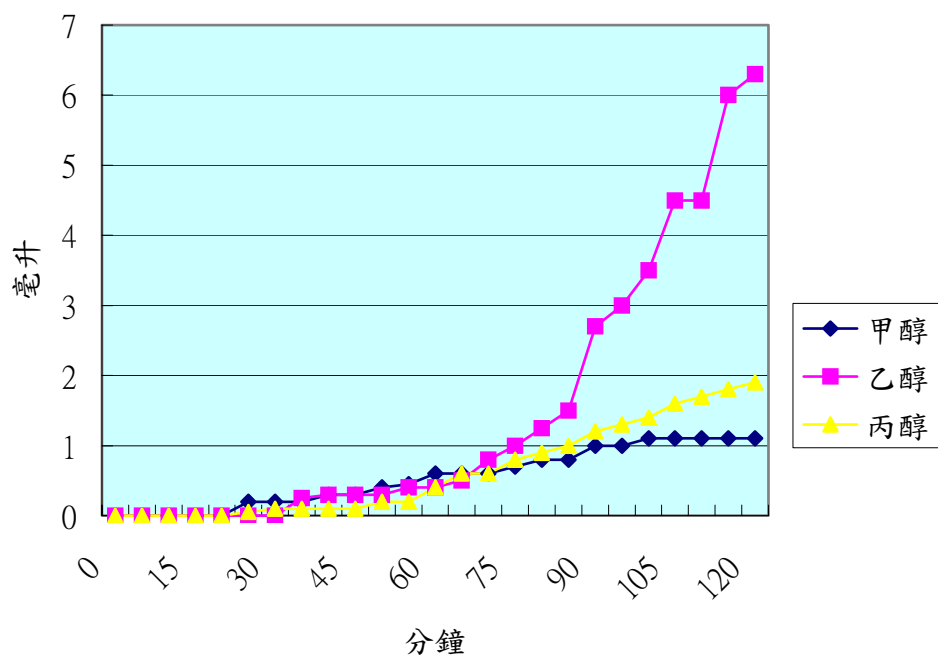
1.凝膠老化定量實驗

(1)兩小時內量筒內溶液變化量(圖 6-7)



【圖6-7 兩小時內三種醇類老化液與時間關係圖】

將【圖 6-7】做進一步討論，我們製作一張扣除量筒內原存液體，初始值變化量之圖表(圖 6-8)：

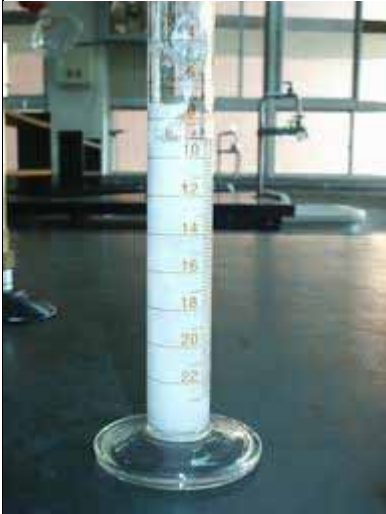

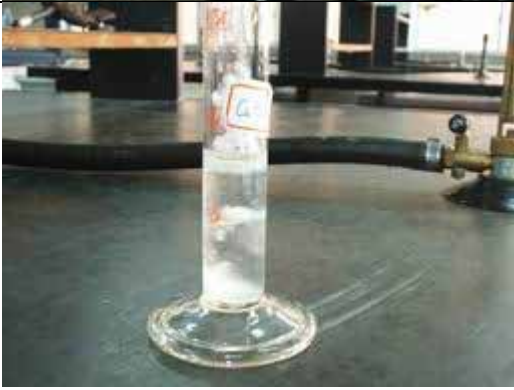


【圖6-8 兩小時內三種醇類老化溶液變化量】

由【圖 6-8】可知：在兩小時內凝膠老化效果以乙醇最為顯著。

(2)24 小時後凝膠老化情形

【表 6-10 24 小時後凝膠老化情形】

醇類情況	圖片
<p>甲醇：於量筒內全結為凝膠， 如【圖 6-9】 凝膠量：16.0mL 凝膠情況：白色固狀 凝膠燃燒情況：可燃， 紅色火焰如【圖 6-10】</p>	 <p>【圖 6-9 甲醇凝膠老化情形】</p> <p>【圖 6-10 老化定量後 甲醇凝膠燃燒情況】</p> 
<p>乙醇：全化為液狀 老化液量：8.5mL 老化液情況：液狀， 液內有不透明凝膠如【圖 6-11】</p>	 <p>【圖 6-11 乙醇凝膠老化情形】</p>

正丙醇：全化為液狀

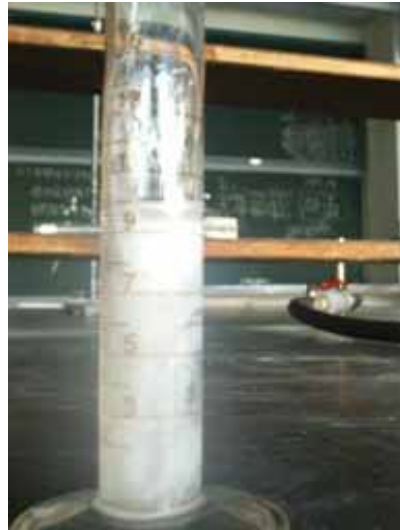
老化液量：10.0mL

老化液情況：白色固狀，含有
部份液體

【圖 6-12】



【圖 6-12 丙醇凝膠
老化情形-濾網】



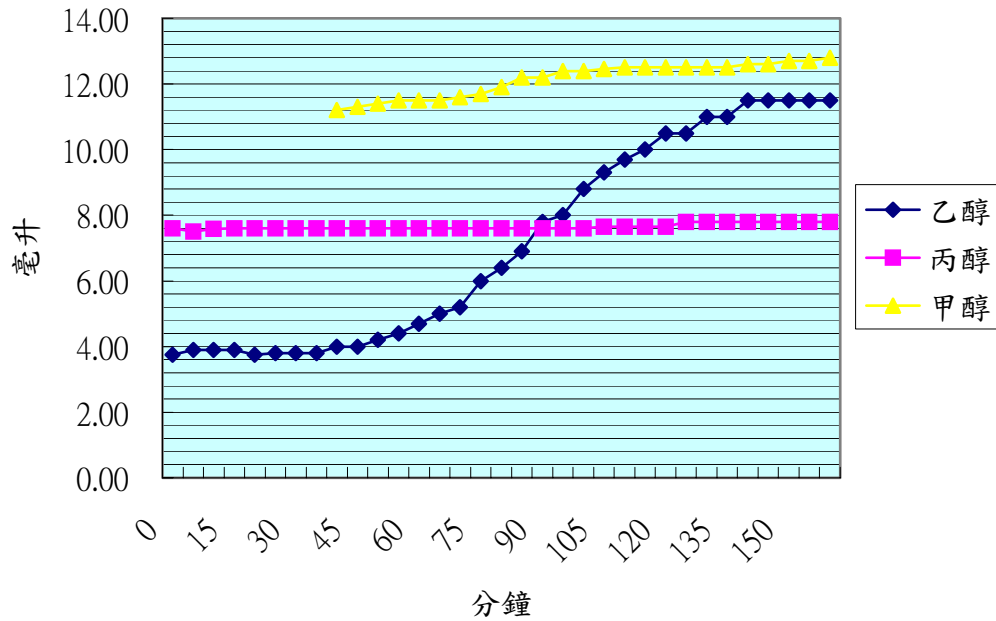
【圖 6-13 丙醇凝膠
老化情形-量筒】

2.密閉系統下之凝膠老化定量實驗

(1)配置醇類凝膠 20 分鐘後的老化情形

I.乙醇、正丙醇凝膠量筒老化液量、比重變化圖(圖 6-14 之起始時間為配好凝膠後 20min.)：

【圖6-14 凝膠於配製完成180分鐘內老化液量】

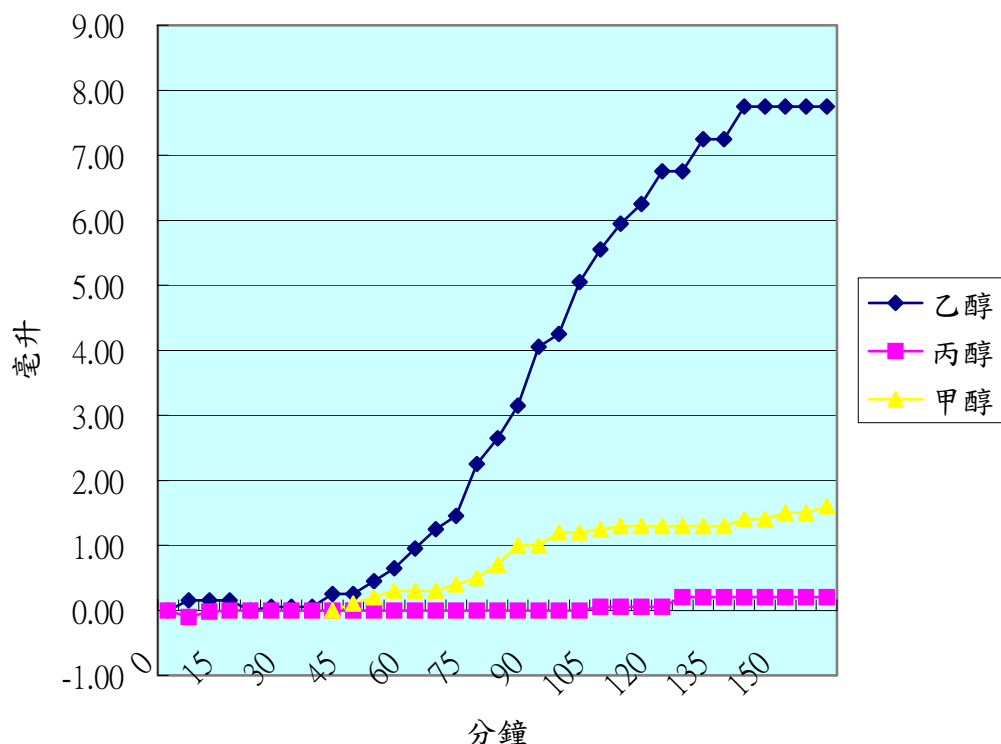


註(1)：甲醇之量筒內出現凝膠情形，一併列入老化液體積。

註(2)：甲醇凝膠是靜置 1 小時後才開始測老化

將【圖 6-14】做進一步討論，我們製作一張扣除量筒內原存液體，得據量測之老化液變化量之圖表(圖 6-15)：

【圖6-15 凝膠於配製完成180分鐘內老化液變化量】



【表 6-11 凝膠老化液比重變化】

時間	甲醇	乙醇	正丙醇
20min 後		3.75mL 2.64g 比重=0.70g/cm ³	7.60mL 6.19g 比重=0.81g/cm ³
60min 後	11.2mL 9.62g 比重=0.86g/cm ³		
110min 後		7.8mL 6.33g 比重=0.81g/cm ³	
170min 後		11.5mL 9.24g 比重=0.80g/cm ³	
300min 後	0.6mL 0.7g(註 1) 比重=1.17g/cm ³		7.8mL 6.2g 比重=0.79g/cm ³




註 1：此處老化液之體積與質量是取量筒內為凝膠之液體測得。

註 2：甲醇密度 0.792，乙醇密度 0.791，正丙醇密度 0.804，
飽和醋酸鈣水溶液密度 1.21 (單位皆為g/cm³)

C.凝膠結晶情形研究

1. 不同凝膠結晶情形實驗

【表 6-12 每種凝膠揮發後醋酸鈣晶形】

醇類情況	圖片
甲醇：杯底-平面放射狀 杯壁-環狀 (圖 6-16)	 <p>【圖 6-16 甲醇凝膠之結晶情形】</p>
乙醇：杯底-無 杯壁-環狀緊貼 (圖 6-17)	 <p>【圖 6-17 乙醇凝膠之結晶情形】</p>
正丙醇：杯底-立體針狀結晶 杯壁-環狀緊貼 (圖 6-18)	 <p>【圖 6-18 正丙醇凝膠之結晶情形】</p>

正丁醇：不結晶，但有明顯分層的現象

(圖 6-19 為放置一禮拜後所照之照片)



【圖 6-19 丁醇之分層溶液】

二、討論

1. 實驗 A-1.

- (1) 在實驗 A-1.中，我們採取之前找來的調配方式，並稍微的修改比例，並且另取一預測產生凝膠情形之產物—醋酸鈣，另配。結果發現後來所製造出的酒精凝膠較堅硬，據推測，應該是最初所調配溶液中，並未能完全反應產生醋酸鈣，故結果不優。
- (2) 在最初的燃燒殘留物中，之所以有紅白色固體，據推測，應該是酚酞（紅色）、醋酸鈣（白色）。
- (3) 後來決定之後的調配方法中，因為醋酸鈣未能完全溶於水中，故取溶液先過濾的方式，去除未溶物，避免影響實驗。

(4)

2. 實驗 A-2.

- (1) 凝膠多寡為：乙醇 > 正丙醇 > 甲醇 > 正丁醇
凝膠時間為：正丙醇 > 乙醇 > 甲醇 >> 正丁醇
故若要講求凝結速率的話，最好是選取甲醇；但若要得到最大產率的話，最好取乙醇；丁醇則完全不能採用。
- (2) 由每日殘留狀況得知老化持久度：正丙醇 > 乙醇 > 甲醇 > 正丁醇
故正丙醇最為持久。
- (3) 乙醇、正丙醇似乎可以再放久一點，但正丁醇不透明狀可流動物質似乎有增多的傾向。

3.實驗 A-3.

(1) 實驗結果爲：凝膠出現時間：正丙醇>乙醇>甲醇>>正丁醇

凝膠維持時間：甲醇~正丙醇~正丁醇>>乙醇

故若要講求凝結速率的話，最好是選取甲醇；但若要得到最大產率的話，最好取乙醇；丁醇則完全不能採用。

(2) 若要講求凝膠維持時間的話，最好是不要選取乙醇；但建議使用正丙醇，因爲其凝膠形成時間長，維持時間也長。

4.實驗 A-4.

(1) 因爲猜測已溶化之凝膠經打散後會再度凝結，故嘗試將其打散後，盡量使陰陽離子均勻分佈，看看是否能增加產量並對其安定性之影響。

(2) 對甲醇而言，攪拌的確有促使凝膠的形成，但是對於所形成的凝膠而言，其凝膠結構並不如自然凝膠來得堅硬。

5.實驗 A-5.

(1) 在共同部分中，可看出甲醇及乙醇都有一個特徵，即溫度愈高時所形成的膠體顏色愈白。

(2) 在乙醇實驗中，可看出溫度愈高，膠體愈鬆軟，形成時間愈快，但完全凝結時間則愈長，但無法套用於甲醇中，也許是因實驗誤差沒控制好。

(3) 經由這實驗，期待之後可推論出以下結果：

溫度愈高，凝膠顏色愈白且鬆軟，形成時間愈快，但至穩定時間愈慢。

溫度愈低，凝膠顏色愈透明且堅硬，形成時間愈慢，但至穩定時間愈快。

6.實驗 B-1.

(1) 雖說起始值中，甲醇未凝之溶液最多，正丙醇次之，乙醇最少，但是 72 分鐘後，由原來的甲醇、乙醇、正丙醇之間並無明顯差距，變成乙醇凝膠急遽老化，丙醇次之，甲醇最優。

(2) 量筒中的老化液，過沒多久，竟又再度形成凝膠，形成順序爲：甲醇先於乙醇先於丙醇，經過猜測，也許是因爲凝膠粒子老化後又重新凝結吧！

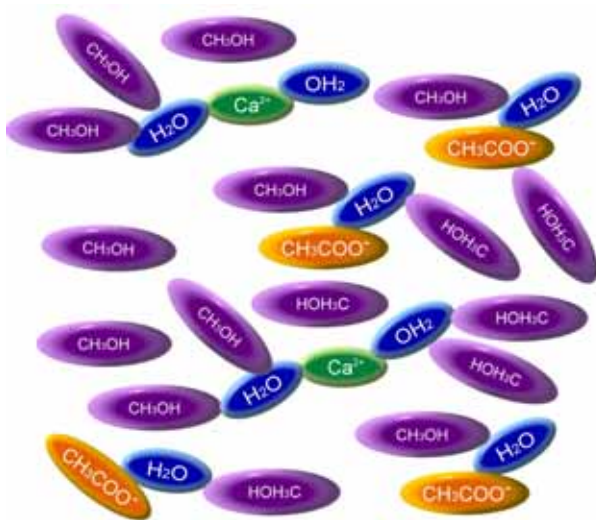
7.實驗 B-2.

(1) 在本實驗中，與實驗 4 對照，發現或多或少都會延緩其老化速度，但相對影響不大，因爲所有的膠體皆有延緩的狀況發生，顯見密閉系統有助於其老化發生，據推測可能與醇類揮發有關。

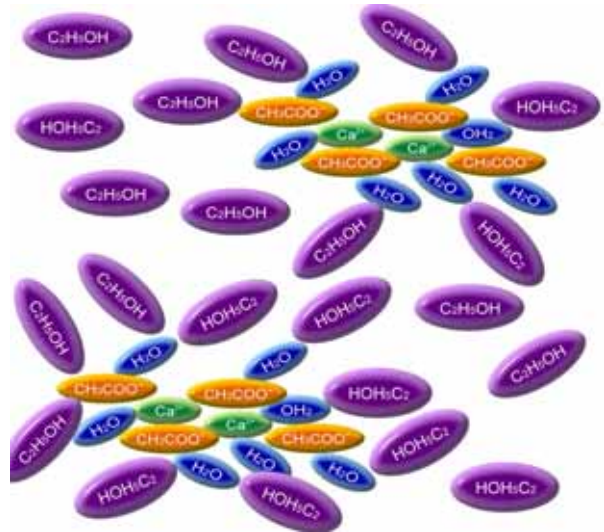
肆、結論

一、醇類的凝膠模型

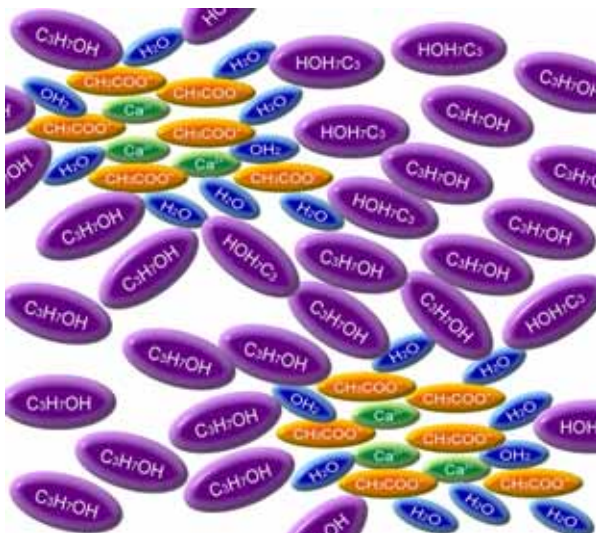
經由以上之實驗，我們推想出一個適用於甲醇、乙醇及丙醇的模型，並在總結裡對這些模型加以闡述及驗證。



【圖 8-1 甲醇分子與醋酸鈣溶液結合形成凝膠模型圖】



【圖 8-2 乙醇分子與醋酸鈣溶液結合形成凝膠模型圖】



【圖 8-3 正丙醇分子與醋酸鈣溶液結合形成凝膠模型圖】

二、總結

1.凝膠產生時間的長短因素

因為水對醇類的溶解度依序為: 甲醇 > 乙醇 > 正丙醇 > 正丁醇,所以醋酸鈣的水合離子,比較容易在溶解度較小的溶液中被包圍而隔離,故正丙醇快於乙醇快於甲醇。而正丁醇因與醋酸鈣水溶液互溶性過小,因此相對而言接觸面積也較小,故較難形成凝膠。所以凝膠產生時間的長短為:正丁醇> 甲醇> 乙醇> 正丙醇

2.凝膠老化時間的長短因素

因為水對醇類的溶解度依序為: 甲醇 > 乙醇 > 正丙醇 > 正丁醇,且醇類分子間的氫鍵作用力為正丙醇 > 乙醇 > 甲醇,所以醋酸鈣的水合離子因較均勻分散於甲醇中,即使形成凝膠後亦較難因繼續聚合而老化。而正丙醇雖然在一開始即聚合到足以產生凝膠的粒子大小,但因正丙醇間的作用力相對較強,故就形成如同監牢一般防止正丙醇凝膠分子間繼續結合老化,故正丙醇凝膠亦能維持較久。正丁醇凝膠的老化情形亦是如此。而乙醇一開始即較易形成凝膠,但又因乙醇間作用力所形成牢籠不夠緊密,無力阻撓凝膠分子繼續聚合,故會快速老化。

3.擾動影響凝膠產生時間的長短因素

因為擾動給予醋酸鈣的水合離子有增加接觸碰撞的機會,故較易形成一團大塊的分子團而形成凝膠。但也因鈣的水合離子之間的接合並不整齊,故凝膠成較為柔軟。

4.溫度影響凝膠產生時間的長短因素

因高溫給予能量使醋酸鈣的水合離子震動而接觸了碰撞的機會,故凝膠形成時間也相形縮短,但也因持續給予能量,故膠體並不穩定,所以要達到平衡需花較久的時間,且膠體較鬆軟。而且又由於溫度高,減少了醋酸鈣溶液與醇類間的互溶度,故醋酸鈣有些微析出,造成了白色的膠體。

5.不同醇類凝膠產生迥異結晶形狀的因素

就如同之前所說的,甲醇凝膠中的醋酸鈣的水合離子較為平均分散於溶液中,而相較之下正丙醇則比較會有較大團的凝膠粒子,故最後形成結晶時,甲醇中的醋酸鈣結晶因為為一緩慢系統所形成,故形成為緻密平面輻射狀,而正丙醇的醋酸鈣結晶則因在起初即為較大團不規則粒子,最後才急遽凝聚成,故排列較不規則,而形成結晶立體散射狀結晶。

6.密封系統與非密封系統的比較

兩者間最主要的差異應該在於醇類的揮發。醇類揮發,因所含凝膠粒子間的距離相對減少,故吸引力增加,加速老化速度。而密閉起來後,系統將達到一個平衡,使老化速度降低。

7.再凝膠的形成原因

根據老化裝置,在底下的老化液中,有時可發現再度形成凝膠的情況,據推測應是由於一部分的醋酸鈣水合離子,也混合在老化液中,等到靜置一段時間後,再度凝聚,形成凝膠。

伍、參考資料

- 一、曾國輝。化學(上)。第二版。台灣。藝軒出版社。
- 二、楊寶旺等。高二物質科學化學篇(上)。台灣。龍騰文化。第三章溶液。2004
- 三、蔡明格。酒精固體燃料的製作與研究。第三十九屆全國中小學科學展覽會作品。高中組化學科。
- 四、蔡孟儒等。芳香酒精帶著走。第四十三屆全國中小學科學展覽會作品，高中組化學科。
- 五、<http://140.120.9.250/ann/>，第三項膠態酒精。
- 六、Laidler/Meiser 著 郭冠麟、王榮英、陳寶祺合譯。物理化學。台灣。學富文化事業有限公司。第十一章 表面化學與膠體。