

# 屏東縣第64屆中小學科學展覽會 作品說明書

科別：化學科

組別：國中組

作品名稱：石膏固化之舞-快慢變奏的化學節奏

關鍵詞：石膏凝固、溫度、氯化鈉

編號： B3009

## 摘要

石膏在建築、工程、醫學、工藝等多方面運用廣泛，而影響石膏凝固的因為有水分比例、溫度、化學藥劑、攪拌次數、攪拌時間…等，都可以影響凝固時間及凝固後的硬度表現。凝固速率會因為水分比例較低凝固較快，水溫不同有凝固速率變化，氯化鈉水溶液促進凝固速率，攪拌多次可能較不易凝固等。經由實驗驗證，石膏凝固可由多種因素控制及調整，彈性運用在不同的領域。

## 壹、前言

### 一、研究動機

在暑假的時候參加了一個活動。老師帶我們作了一個叫做「石膏的盆栽」,在做完等待石膏凝固的時候。就在思考影響石膏凝固的因素可能有哪些，是否可以加快凝固的過程。

### 二、研究目的

#### (一)水的比例對石膏凝固的影響

相同質量的石膏粉，與不同質量的水混合，對石膏凝固快慢的影響。

#### (二)水的溫度對石膏凝固的影響

相同質量的石膏粉，在不同溫度的水作用下，對石膏凝固快慢的影響。

#### (三)化學藥品對石膏凝固的影響

1. 相同質量的石膏粉，在不同濃度的化學藥品，對石膏凝固的影響
2. 不同的化學藥品(酸、鹽)，與相同質量的石膏粉，對石膏凝固的影響。

#### (四)攪拌次數對石膏凝固的影響

相同質量的石膏粉與水分比例，在不同攪拌次數下，對石膏凝固的影響。

## 二、文獻回顧

石膏之化學成份以硫酸鈣為主體，依結晶水的方式而分成無水石膏( $\text{CaSO}_4$ )，半水石膏( $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ ，燒石膏)和二水石膏( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )三種。用途很廣，在陶瓷、工藝、衛浴、醫療...皆有石膏運用的場合。一般「石膏」是指熟石膏粉  $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ ，亦稱為半水硫酸鈣，是由礦場採得的石膏礦石或化學石膏，和水調和比例不同會有硬度不同的性質，運用在不同的物品。在醫療上，熟石膏的主要用途為骨折後為了暫時性維持正確擺位直到骨折癒合，這段期間熟石膏可提供支持及保護作用。因為樹脂石膏輕而透氣，強度好，不易斷折，而一般石膏重量較重，不透氣，強度較差，較易斷折，所以使用樹脂石膏的比例比一般石膏更多一些。

牙醫治療也會使用石膏作為醫療材料，為了控制石膏凝固速率，會加入 2%氯化鈉水溶液作為促進劑，加快凝固速率；也會運用 2%的硼酸或檸檬酸作為遲緩劑，減緩凝固速率。另外，石膏瓷器的運用中，加入酸性水溶液，雖然凝結較慢，但會增加凝結後的強度；加入鹼性水溶液，加的量愈多，凝固時間越短。

半水硫酸鈣與水混合後會形成二水硫酸鈣，彼此之間連接形成石膏塊。石膏凝固的條件可能受到環境溫度、比例、加入的化學藥品都會影響到石膏凝固

的快慢。通常製作石膏塊會以 100 克的石膏粉，加入 70 克的 30°C 水，石膏凝固的效果最佳。通常水的比例較高時。會得到較軟且吸水性強的石膏塊；水的比例較少時，石膏塊較硬且吸水性較差。而溫度如果低於 8°C 或高於 50°C 都會導致石膏長期不凝固的現象。石膏凝固的時間正常為 25~35 分鐘，亦會受到攪拌速度、時間影響。另外，水的比例較少時，凝固時間較短；攪拌速度快、攪拌時間較長也會縮短時間。

## 貳、研究設備及器材




### 一、藥品



### 二、器材



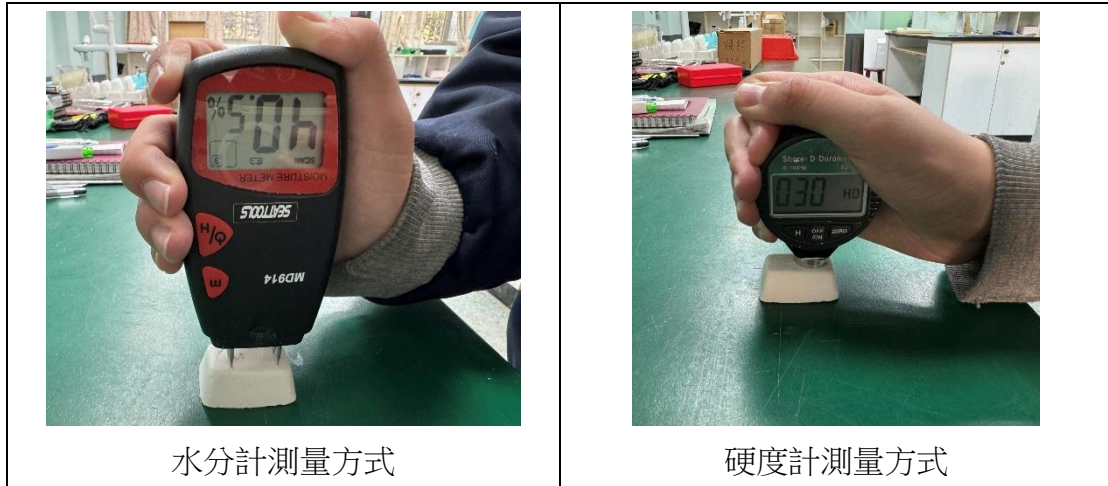
水分計	邵氏硬度計 D	模型盒(製冰盒)	碼表
-----	---------	----------	----

		
電子秤	燒杯、刮勺、滴管	溫度計

## 參、研究過程與方法

### (一)水的比例對石膏凝固的影響

1. 相同質量的石膏粉(50 克)，與不同質量的水，對石膏凝固的影響
2. 相同質量的石膏(50 克)，分別和 25 克、30 克、35 克、40 克及 45 克水的水混合；
3. 倒入模型盒，高度約 2 公分，開始計時；
4. 每 5 分鐘，使用水分計(模式 3)測量水分百分比含量；觀察凝固情況，凝固時用硬度計測量硬度數值；
5. 每個試驗作 3 次重複，並取數值平均作為記錄。



## (二)水的溫度對石膏凝固快慢的影響

1. 以實驗(一)作為基準，取 50 克石膏粉及 35 克水混合；
2. 取 6°C 的水 35 克，與 50 克石膏粉混合；
3. 每 5 分鐘，使用水分計(模式 3)測量水分含量；觀察凝固情況，凝固時用硬度計測量硬度數值；
4. 取 71°C 的水 35 克，與 50 克石膏粉混合，重複步驟 3 觀察及測量方式；
5. 每個試驗作 3 次重複，並取數值平均作為記錄。

## (三)化學藥品對石膏凝固快慢的影響

1. 取不同濃度的氯化鈉水溶液 40 克，與 50 克石膏粉混合；
  - (1)分別配製重量百分濃度 1%、2%的氯化鈉水溶液；
  - (2)秤量 50 克石膏粉，與不同濃度 40 克氯化鈉水溶液混合；
  - (3)每 5 分鐘，使用水分計(模式 3)測量水分含量；觀察凝固情況，凝固時用硬度計測量硬度數值；
  - (4)每個試驗作 3 次重複，並取數值平均作為記錄。
2. 取不同濃度的檸檬酸水溶液 40 克，與 50 克石膏粉混合；
  - (1)分別配製重量百分濃度 1%、2%的檸檬酸水溶液；

- (2)秤量 50 克石膏粉，與不同濃度 40 克檸檬酸水溶液混合；
- (3)每 5 分鐘，使用水分計(模式 3)測量水分含量；觀察凝固情況，凝固時用硬度計測量硬度數值；
- (4)每個試驗作 3 次重複，並取數值平均作為記錄。

#### (四)攪拌次數對石膏凝固的影響

1. 取 50 克石膏粉和 40 克水混合，分別攪拌 50 次、100 次、200 次、300 次、400 次；
2. 倒入模型盒，高度約 2 公分，開始計時；
3. 每 5 分鐘，使用水分計(模式 3)測量水分百分比含量；
4. 每個試驗作 3 次重複，並取數值平均作為記錄。

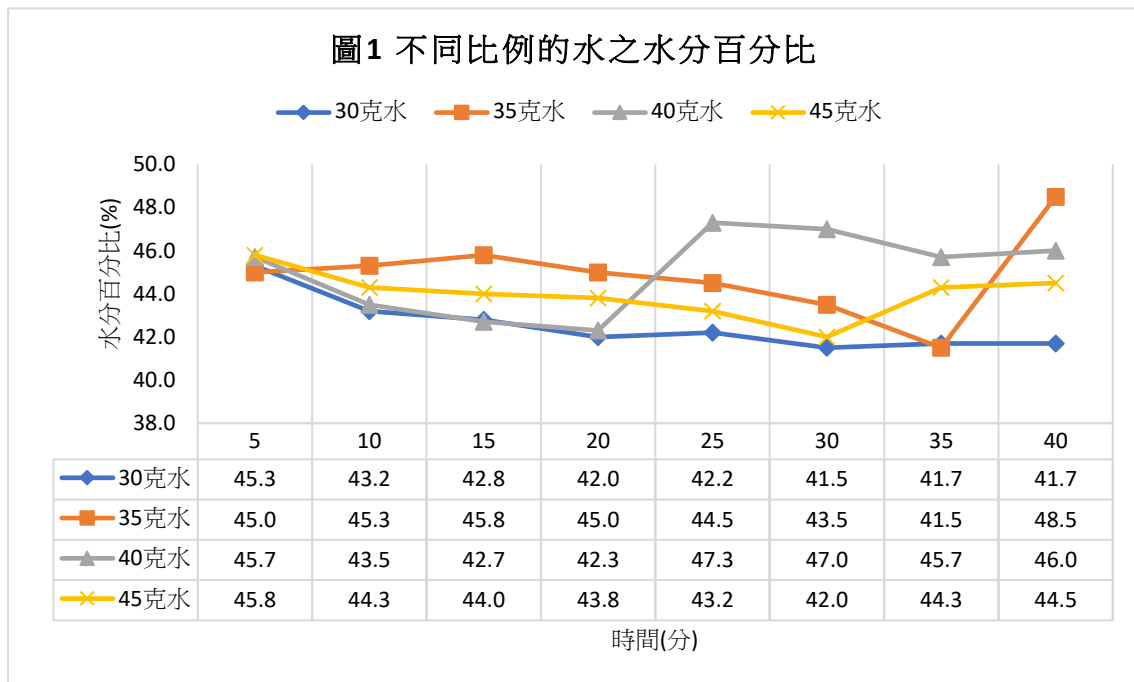
## 肆、結果與討論

### (一)水的比例對石膏凝固快慢的影響

1.不同比例的水，造成石膏濃度有所差異，水分百分比記錄如下

時間(分) \ 水的質量(克)	25克水	30克水	35克水	40克水	45克水
5	無法測量	45.3	45.0	45.7	45.8
10	無法測量	43.2	45.3	43.5	44.3
15	無法測量	42.8	45.8	42.7	44.0
20	無法測量	42.0	45.0	42.3	43.8
25	無法測量	42.2	44.5	47.3	43.2
30	無法測量	41.5	43.5	47.0	42.0
35	無法測量	41.7	41.5	45.7	44.3
40	無法測量	41.7	48.5	46.0	44.5

表 1 不同比例的水之水分百分比



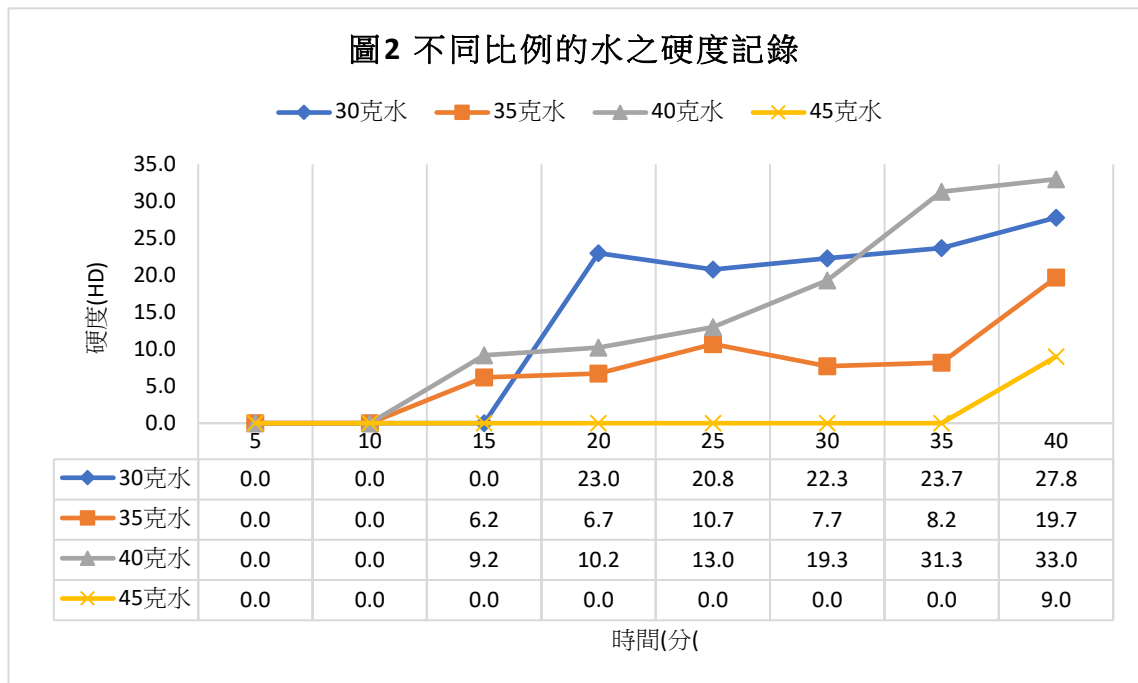
實驗結果發現 25 克水在攪拌 5 分鐘時已在燒杯中凝固，無法入模，無法測量。不同比例的水分在 30 分鐘內，水分百分比略為下降，水分百分比變化約在 41.7%~48%之間，變化不明顯。



2.不同比例的水，每 5 分鐘硬度記錄如下

時間(分) \ 水的質量(克)	25克水	30克水	35克水	40克水	45克水
5	無法測量	0.0	0.0	0.0	0.0
10	無法測量	0.0	0.0	0.0	0.0
15	無法測量	0.0	6.2	9.2	0.0
20	無法測量	23.0	6.7	10.2	0.0
25	無法測量	20.8	10.7	13.0	0.0
30	無法測量	22.3	7.7	19.3	0.0
35	無法測量	23.7	8.2	31.3	0.0
40	無法測量	27.8	19.7	33.0	9.0

表 2 不同比例的水之硬度記錄



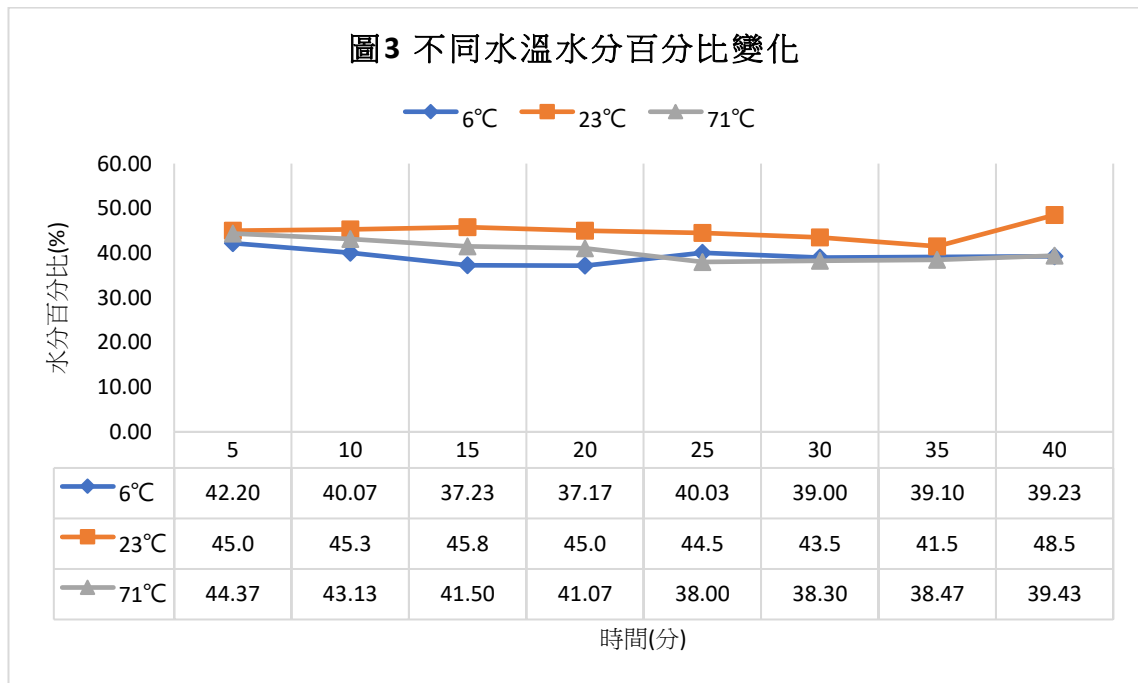
硬度記錄中 0 為尚未凝固，無法測量；隨著觀察時間過去，各濃度的硬度逐漸上升。實驗發現，35 克水及 40 克水凝固速率較快，45 克水凝固速率最慢；40 克水在 40 分鐘時硬度最高。就實驗結果發現，水的比例越少凝固速率較快

## (二)水的溫度對石膏凝固的影響

1.不同溫度的水，水分百分比記錄如下

水的溫度(°C) 時間(分)	6°C	23°C	71°C
5	42.20	45.0	44.37
10	40.07	45.3	43.13
15	37.23	45.8	41.50
20	37.17	45.0	41.07
25	40.03	44.5	38.00
30	39.00	43.5	38.30
35	39.10	41.5	38.47
40	39.23	48.5	39.43

表 3 不同溫度的水之水分百分比

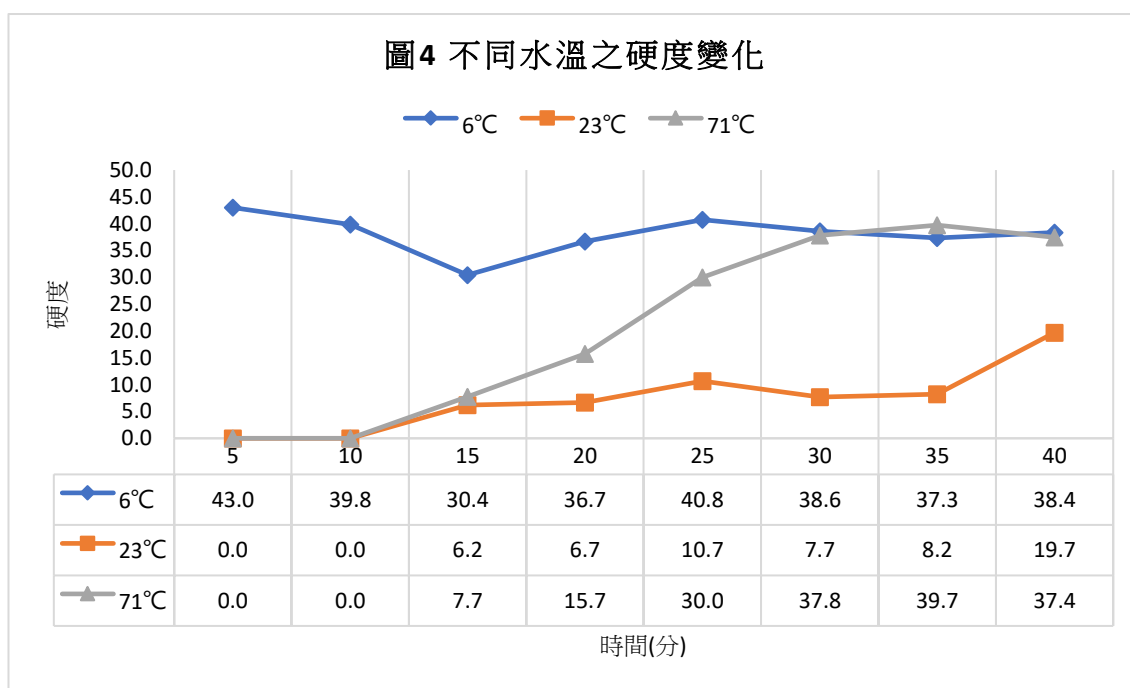


實驗結果發現，23°C水分含量較多，6°C水和71°C水的變化相似。不太影響水分含量變化。石膏凝固時會產熱，所以可能導致6°C的水溫上升，水分含量不明顯

2.不同溫度的水，每5分鐘硬度記錄如下

時間(分) \ 水的溫度(°C)	6°C	23°C	71°C
5	43.0	0.0	0.0
10	39.8	0.0	0.0
15	30.4	6.2	7.7
20	36.7	6.7	15.7
25	40.8	10.7	30.0
30	38.6	7.7	37.8
35	37.3	8.2	39.7
40	38.4	19.7	37.4

表 4 不同溫度的水之硬度記錄



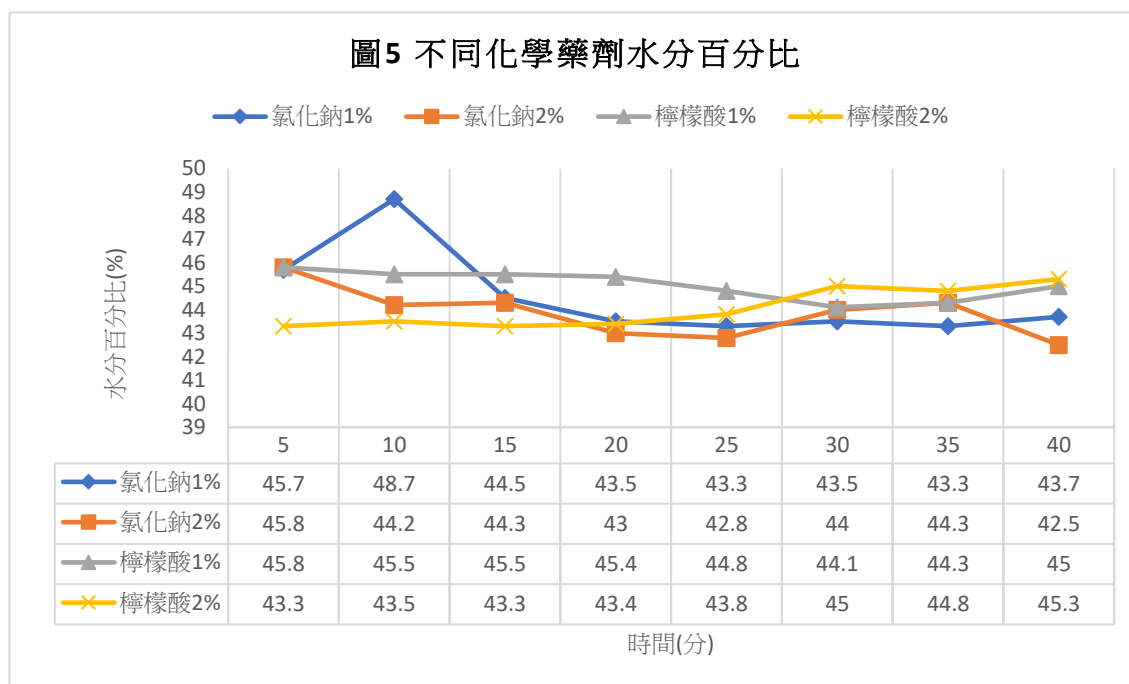
實驗結果發現，6°C石膏凝固速率較快，23°C及71°C的凝固皆在10分鐘開始明顯凝固。隨時間過去經過40分鐘23°C和71°C的硬度逐漸增加，40分鐘時6°C和71°C的硬度相似，23°C硬度最小。水溫可影響一開始的凝固速率，低溫水的凝固情況較快速。

### (三)化學藥品對石膏凝固的影響

1. 取 1%、2%的氯化鈉水溶液 40 克及 1%、2%的檸檬酸水溶液 40 克，分別與 50 克石膏粉混合，水分百分比結果如下

時間(分) \ 濃度(%)	氯化鈉1%	氯化鈉2%	檸檬酸1%	檸檬酸2%
5	45.7	45.8	45.8	43.3
10	48.7	44.2	45.5	43.5
15	44.5	44.3	45.5	43.3
20	43.5	43	45.4	43.4
25	43.3	42.8	44.8	43.8
30	43.5	44	44.1	45
35	43.3	44.3	44.3	44.8
40	43.7	42.5	45	45.3

表 5 不同溫度的水之水分百分比

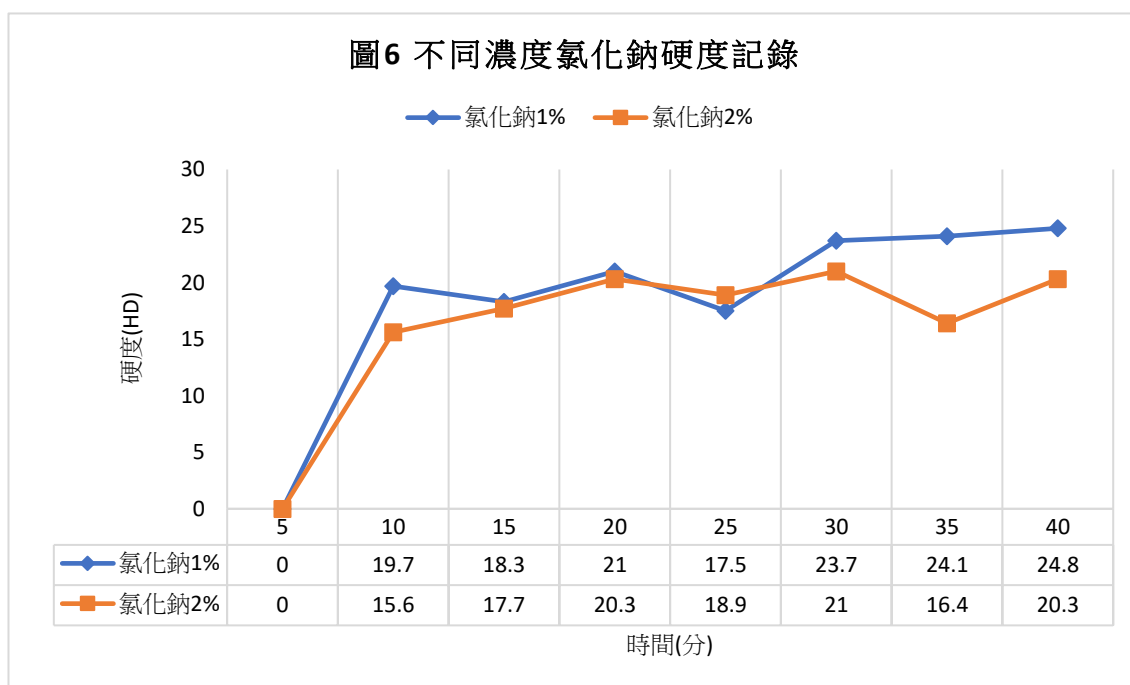


氯化鈉水溶液的水分含量在 40 分鐘內變化相近，濃度與水分含量可能沒有明顯相關。檸檬酸的水分含量因無法凝固，因此各濃度及 40 分鐘內的變化相近。

2. 取 1%、2%的氯化鈉水溶液 40 克，分別與 50 克石膏粉混合，硬度測量結果如下

時間(分) \ 濃度(%)	氯化鈉1%	氯化鈉2%	檸檬酸1%	檸檬酸2%
5	0	0	0	0
10	19.7	15.6	0	0
15	18.3	17.7	0	0
20	21	20.3	0	0
25	17.5	18.9	0	0
30	23.7	21	0	0
35	24.1	16.4	0	0
40	24.8	20.3	0	0

表 6 不同溫度的水之水分百分比



檸檬酸在 40 分鐘內皆無法使石膏凝固，證明檸檬酸是遲緩劑，因此各個濃度在 40 分鐘內皆無法凝固，因此無法測定硬度。

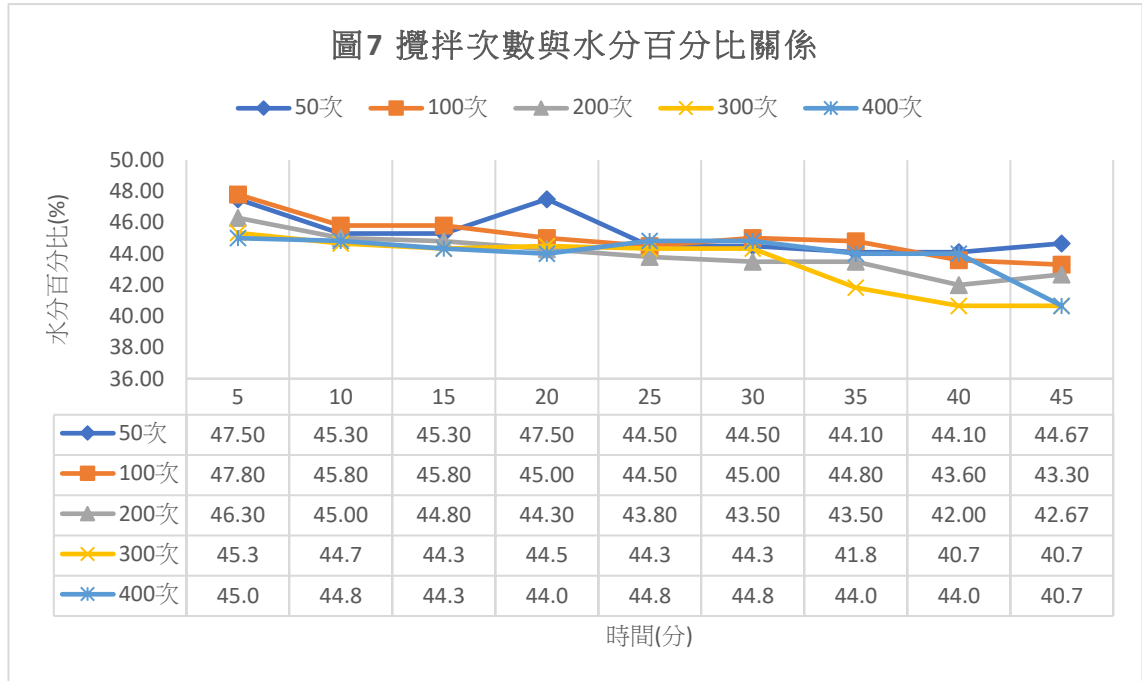
2%氯化鈉水溶液與石膏粉混合時，凝固情況較 1%明顯，殘留在燒杯中的量較多；兩者硬度都漸漸增加，40 分鐘時的硬度以 1%略高；可以知道氯化鈉水溶液可加速石膏凝固。

#### (四)攪拌次數對石膏凝固的影響

1. 攪拌 50 次、100 次、200 次、300 次、400 次，水分百分比結果如下

攪拌次數 時間(分)	50次	100次	200次	300次	400次
5	47.50	47.80	46.30	45.3	45.0
10	45.30	45.80	45.00	44.7	44.8
15	45.30	45.80	44.80	44.3	44.3
20	47.50	45.00	44.30	44.5	44.0
25	44.50	44.50	43.80	44.3	44.8
30	44.50	45.00	43.50	44.3	44.8
35	44.10	44.80	43.50	41.8	44.0
40	44.10	43.60	42.00	40.7	44.0
45	44.67	43.30	42.67	40.7	40.7

表 7 不同攪拌次數之水分百分比



整體水分含量變化不太明顯，但實驗過程中發現，攪拌 400 次到 40 分鐘皆無凝固，100 次、200 次、300 次約在 30~35 分鐘開始凝固；50 次攪拌情況可能較不均勻，因此開始凝固時間較慢。表示攪拌次數可能影響石膏凝固速率，攪拌次數越多，凝固速率較慢。

## 伍、結論

### (一)水的比例對石膏凝固快慢的影響

經由實驗結果發現，水分比例越少，石膏凝固速率越快，表示水分含量會影響石膏凝固速率。

### (二)水的溫度對石膏凝固快慢的影響

經由實驗結果發現，水溫越低一開始凝固速率較快，表示水溫可能影響一開始凝固速率。

### (三)化學藥品對石膏凝固快慢的影響

經由實驗結果發現，氯化鈉水溶液凝固較快，檸檬酸水溶液不易讓石膏凝固，表示化學藥品會影響石膏凝固速率。

#### (四)攪拌次數對石膏凝固的影響

經由實驗過程發現，攪拌次數越多，石膏凝固情況越不明顯，表示攪拌次數會影響石膏凝固速率。

根據實驗觀察及資料查證，石膏凝固會受到水分含量、水溫、化學藥品及攪拌次數影響。加快石膏凝固速率的優點為可節省時間、提高效率，提高石膏施作的靈活度，控制品質及材料精算，提供石膏運用的相關事項(例如醫學上石膏的運用、工業上石膏產品的研發、藝術創作或施工現場需要多些時間施作，呈現作品樣貌…)作為參考。

## 陸、參考資料及其他

1. 石膏基本資料及凝固影響因素。

[https://coggle.it/diagram/WreKFoYOwQVRCXXo/t/ch7-%E7%9F%B3%E8%86%8F?fbclid=IwAR2D-78\\_CxBn2nWoCP8gwWMS3GSO-w1BTLUzLLKjFFlONkTwoVxklZDAIm8](https://coggle.it/diagram/WreKFoYOwQVRCXXo/t/ch7-%E7%9F%B3%E8%86%8F?fbclid=IwAR2D-78_CxBn2nWoCP8gwWMS3GSO-w1BTLUzLLKjFFlONkTwoVxklZDAIm8)

(取自：2023 年 12 月 10 日)

2. 光邦石膏股份有限公司(無年份)。石膏介紹。



<http://www.kpisi.com/21322277003070733167290873070733167.html>。

(取自：2023 年 12 月 10 日)

3. LIS 情境科學教材(無年份)。硫酸鈣-自製石膏盃甲和小精靈。

[https://lis.org.tw/posts/154?gclid=Cj0KCCQiA4NWrBhD-ARIsAFCKwWsfnkFWcVix8mJ3\\_bUpVTXETCX\\_RE6vNx7xxeefa3iyLYQ-poIWuLYaAplLEALw\\_wcB&fbclid=IwAR0gi4b4MW2nT02wbLZCP5h8R7SfzsbChimrIvdnLXotoijVKF4\\_7rjwclU](https://lis.org.tw/posts/154?gclid=Cj0KCCQiA4NWrBhD-ARIsAFCKwWsfnkFWcVix8mJ3_bUpVTXETCX_RE6vNx7xxeefa3iyLYQ-poIWuLYaAplLEALw_wcB&fbclid=IwAR0gi4b4MW2nT02wbLZCP5h8R7SfzsbChimrIvdnLXotoijVKF4_7rjwclU)

(取自：2023 年 12 月 10 日)

4. 泛科學(2021)。我們吃下去的各種「豆腐」到底怎麼來的？——解開豆腐的身世之謎。

<https://pansci.asia/archives/311916>

(取自：2024 年 2 月 28 日)

5. 台灣素食營養學會(2016)。鹽滷豆腐、石膏豆腐哪種好？

<https://www.newsmarket.com.tw/blog/85991/>

(取自：2024 年 2 月 28 日)

6. John M Powers & John C Wataha(2012). Chapter 9 Model and die mateserials. Dental Materials\_ Properties and Manipulation-Mosby, 114.

4. 維基百科(無年份)。石膏。

<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E7%9F%B3%E8%86%8F>

(取自：2023 年 12 月 10 日)