

# 中華民國第 51 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國中組 化學科

030215

電石的最佳化應用

學校名稱：新北市立林口國民中學

作者： 國二 鄭博駿 國二 林為鈞 國一 林仁皓	指導老師： 鍾兆晉 陳盈秀
-----------------------------------	---------------------

關鍵詞：電石( $\text{CaC}_2$ )、電石渣、乙炔( $\text{C}_2\text{H}_2$ )

## 摘 要

本實驗主要在探討如何把電石製造乙炔時所產生的廢料完全再利用，因電石渣的主要成分為氫氧化鈣( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ )，因此設想以電石渣來吸收空氣中的二氧化碳( $\text{CO}_2$ )；實驗中將電石渣加水注入二氧化碳發現會產生碳酸鈣( $\text{CaCO}_3$ )；更進一步將碳酸鈣應用在土壤酸鹼度的改良，實驗結果得知碳酸鈣和 pH 值 3 之酸性土壤混合的比例大約為 1：5 左右，可中和其酸鹼值，使土壤恢復至 pH 值約為 7 的中性土壤。

另外電石多用於照明、燃料以及農業上水果催熟，我們自製一個較安全的燃燒器具並探討電石量和其產生熱量的關係。實驗得知電石的質量越大，氧化後釋出的乙炔( $\text{C}_2\text{H}_2$ )也越多，同時其所產生的能量也較大；透過電石催熟木瓜實驗驗證乙炔為催熟主因，但也得知過量的乙炔不會導致速率提升。

# 電石的最佳化應用

## 壹、 研究動機

在一次旅遊中，我們去了一個很好玩的景點，那個景點其中有個活動是教我們放「竹管炮」，但所使用的燃料不是煤、油等材料，而是一種灰色的石頭，那種石頭叫做「電石」，解說員將水灑在電石上，一下子水與電石立刻變成灰色的混濁溶液，解說員將火源靠近，火就在液面上燒了起來，解說員解釋：「這種現象是因為電石加上水會產生乙炔，乙炔可以燃燒」。當時還不了解乙炔是什麼？為什麼看起來普通的石頭加上水就可以燃燒呢？這個問題一直擺在心上。

旅遊結束後，我們上網查詢電石及其相關的知識，發現電石在產業應用主要是產生乙炔，作為燃料；然而，它是否還可以有其他用途？除了乙炔外還有哪些產物呢？是不是能有其他的應用？於是我們展開下列的實驗想要找到電石最好的應用。

## 貳、 研究目的

- 一、查詢電石相關資料，更瞭解電石的相關應用。
- 二、電石相關實驗的化學反應方程式及實驗之驗證。
- 三、自製電石燃燒器具及利用其器具進行燃燒實驗。
- 四、將反應後的電石渣再利用，以達成電石的最佳化應用。
- 五、利用乙炔與熱量催熟水果比較電石、電石渣之效益。

## 參、 研究器材

表一、本研究各實驗所使用器材等如下：

編號	器材名稱	數量	單位	規格
一	電石	6	公斤	
二	燒杯	6	個	500ml
三	打火機	3	個	
四	錐形瓶	2	個	
五	分液漏斗	1	個	
六	橡皮管	1	條	
七	溫度計	1	個	
八	電子天平	1	台	500g+/-0.2g
九	碳酸鈣	200	公克	電石加水反應之產物
十	土壤酸鹼值檢測器	1	個	
十一	酸性土壤	1000	公克	
十二	打氣幫浦	3	台	
十三	量筒	1	個	100 mL
十四	鐵架	1	個	
十五	軟木塞	2	個	
十六	手電筒	1	個	
十七	甜度計	1	個	ATAGO 測量範圍：0-32 %Brix
十八	PVC 保鮮膜	1	捲	
十九	研磨器	1	個	
二十	低溫冰櫃	1	台	SANYO (三洋)
二一	真空抽氣馬達	1	組	過濾用
二二	精密天平	1	台	
二三	烘箱	1	台	104±1°C

## 肆、研究過程及方法

一、查詢電石相關資料，更瞭解電石的相關應用。

(一)認識電石的物性、化性、製成以及電石對人體、生態及環境造成的影響。

(二)尋找電石的用途，電石催熟的方法，以及目前普及的應用。

(三)查詢和電石反應有關的化學式。

二、電石相關實驗的化學反應方程式及實驗之驗證。

(一) $\text{CaC}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2 + \text{C}_2\text{H}_2 \cdots \cdots (1)$

(二) $\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} \cdots \cdots (2)$

1.於 1000mL 燒杯中放入 36g 的水再加入 64g 的電石進行化學反應(1)。

2.為驗證化學式(1)產生乙炔氣體，所以我們在進行化學反應的步驟 1 的液面上點火，觀察是否可以在水面上產生燃燒。

三、自製電石燃燒器具及利用其器具進行燃燒實驗。

(一)自製簡易安全電石燃燒器具並測量電石燃燒器具所產生的熱量。

1.製作電石燃燒器具：

依照古時人們在礦場所使用的電石燈當基礎，設計出一個電石燃燒器具。並加以改良，使它的安全性達到最高。

我們於第一代燃燒器具，將其加入水封裝置(是將置有電石的錐型瓶以橡皮管接到另一容器，再加水使其高過橡皮管，這樣一來乙炔會先經過水再燃燒，使火不會回燃造成氣爆。)於水箱中，使其不會有回火之危險；第二代燃燒器具由於第一代燃燒器具產生乙炔會散失，因此我們將其裝置錐形瓶，使乙炔從管子中流出；第三代火燈，由於水封在錐形瓶中太低，因此點火會使軟木塞彈起，改良出水封加高至管子的火燈。

2.電石與水作用後之反應熱的量測：

把電石各稱重 10g、15g、30g、60g，分別加入過量的水，利用我們自製的電石燃燒器具進行燃燒時，將 500g 的水放置於 500mL 燒杯中在火燈燃燒器具

上，測量燃燒前後溫度差，計算出熱量，並觀察不同重量的電石加水進行反應後，可燃燒的熱量是否成正比？

四、將反應後的電石渣再利用，以達成電石的最佳化應用。

(一)吸收二氧化碳

- 1.利用電石反應之產物氫氧化鈣會吸收二氧化碳的特性，減少二氧化碳的排放。
- 2.將電石作用後的電石渣溶液五百毫升放入燒杯。
- 3.將空氣打入燒杯中。
- 4.觀察溶液是否會產生碳酸鈣並沉澱。
- 5.利用空氣流量計每分鐘打入 5L 公升的空氣進入 500mL 電石渣水溶液中，並分成空氣量為 0 公升、300 公升、600 公升、900 公升、1200 公升、1500 公升等六組。
- 6.利用真空抽氣馬達及過濾裝置，將步驟 5 的碳酸鈣與溶液進行過濾。
- 7.利用精密天平測量每組實驗分別所產生碳酸鈣的重量。
- 8.計算推估碳酸鈣量是否有增加。

(二)土壤 pH 值改良

- 1.分別取 200g 及 300g 的土壤(pH 值為 3)放入兩個燒杯中。
- 2.每次加入 10g 的碳酸鈣(電石反應後經再利用之產物)至加到 50g。
- 3.每次測量及記錄兩燒杯土壤與碳酸鈣混合的 pH 值。
- 4.探討加入碳酸鈣量與酸性土壤混合之 pH 值變化。

五、利用乙炔與熱量催熟水果比較電石、電石渣之效益。

(一)探討是何種物質使水果熟成

- 1.木瓜、香蕉、芒果等水果在尚未成熟前，就會摘下以電石催熟，縮短成熟時間，但並沒有明確的比例，只能依經驗操作，本實驗將探討是何種因素使水果成熟，以及水果熟成所需要的條件。
- 2.設計實驗分為四組進行：
  - (1)青木瓜放入電石的環境中,其中一顆木瓜以 PVC 保鮮膜包覆,另一顆不包覆。

(2)青木瓜放入電石加水所產生的氣體環境中(依反應式得知應為乙炔  $C_2H_2$  的環境中)。

(3)青木瓜放入電石與水作用後之殘渣環境中。

(4)青木瓜於環境中自然熟成。

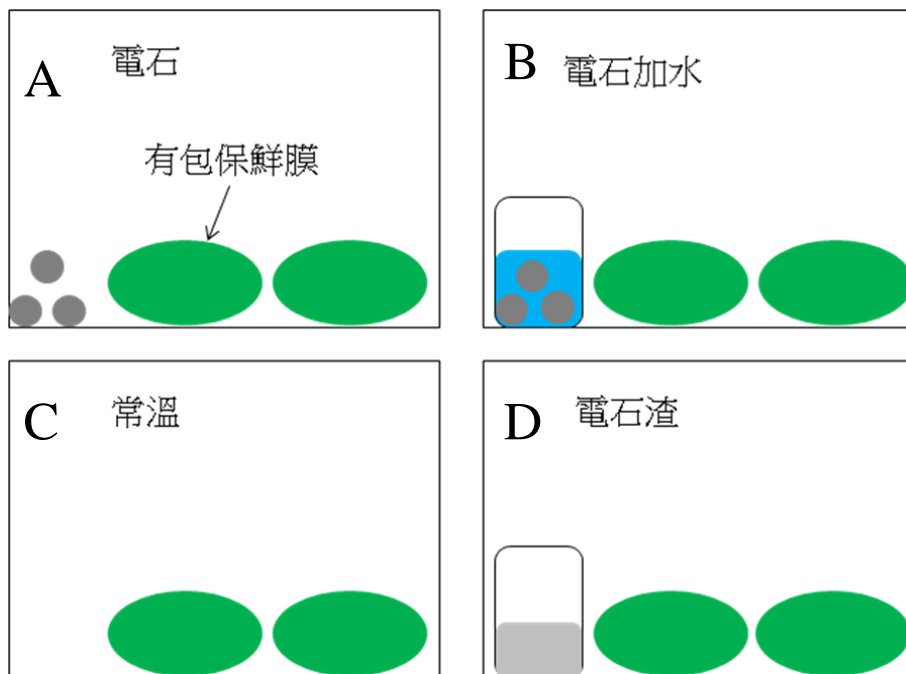
3.每一組都放入木瓜，紙箱分別放入、15g、30g、60g 的電石、電石渣(利用電石加上水，使其反應完，只剩下氫氧化鈣和水。)電石加水，並在每個紙箱中放入等重量木瓜

4.而後每兩日拍照觀察其顏色變化，並測量其甜度(單位：%Brix)。

(二)探討環境溫度和空氣接觸對木瓜熟成的影響

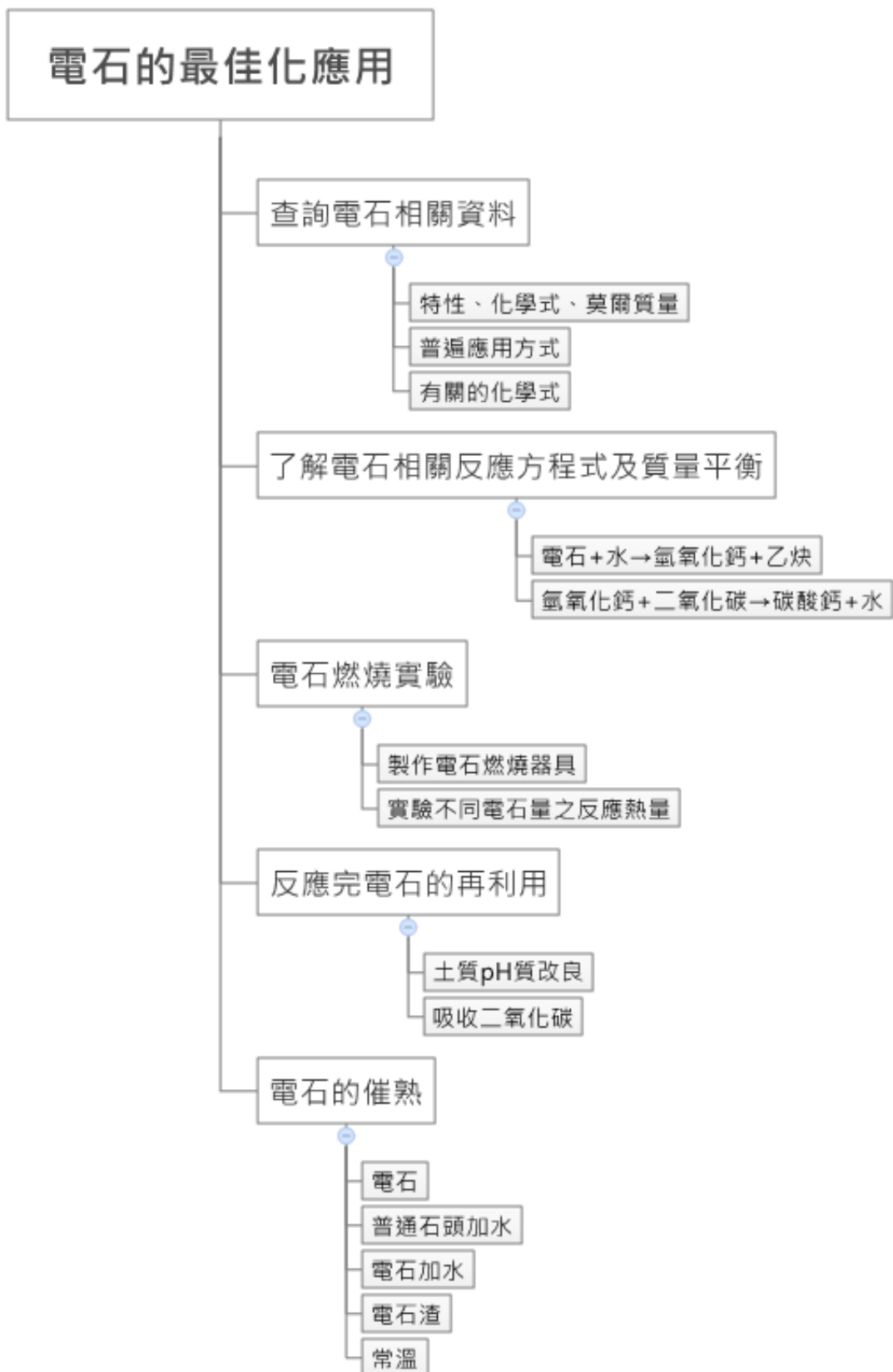
1.經由以上的實驗結果，衍伸出另一項實驗的設計，探討溫度和空氣是否真的對木瓜的熟成有影響。

2.將三個木瓜分為三組，一組放置於低溫冰箱中(-15°C)、一組包保鮮膜放置常溫下(25°C)、另一組放置於常溫(25°C)，觀察三組木瓜熟成的情形。



圖一、電石催熟設計圖。(A.電石 B.電石加水 C.常溫 D.電石渣)

紙箱分別放入、15g、30g、60g 的電石、電石渣(利用電石加上水，使其反應完，只剩下氫氧化鈣和水。



圖二、電石的最佳化應用研究流程圖。



## 伍、 研究結果

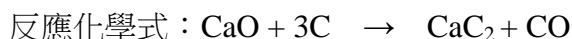
一、查詢電石相關資料，更瞭解電石的相關應用。

(一)電石的主要成分是碳化鈣(英文：Calcium carbide)，異名乙炔鈣，化學式  $\text{CaC}_2$ 。

電石是一種呈綠色或灰黑色的粉末或塊狀固體，帶有大蒜味，工業上常用電石與水混合製取乙炔氣體；亦被應用於冶煉工業，作為還原劑和脫硫劑。



1.電石是由生石灰與碳混合之後再經電爐加熱到兩千度左右所製成。



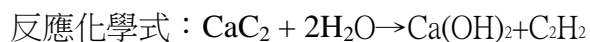
2.電石對人體的健康危害：

電石如果直接接觸到眼睛，有可能會導致流淚、結膜發紅等不適情況，也有可能導致眼球表面磨損；經由呼吸吸入電石灰會引致嚴重的咳嗽與鼻痛，對部分人會造成肺部的損害；電石所產生的氣體則會引起呼吸道不適，若誤食則會造成腸胃不適，也可能損害肝臟與腎臟等器官；若其接觸到濕潤的皮膚，亦會刺激與灼傷皮膚。因此，我們進行電石實驗時，都會帶口罩以防電石進入口鼻。

3.電石的產物氫氧化鈣，可以吸收二氧化碳，變成碳酸鈣，因此可以利用它成為節能減碳的物質；也可以成為檢驗二氧化碳的物質。



二、電石相關實驗的化學反應方程式及實驗之驗證。



(一)放入電石的時候，我們發現電石和水立即進行化學反應，產生出許多的氣泡。

其產生出的氣體會刺鼻，並且可以燃燒，進而推測這些經化學反應所產生的氣體是乙炔。

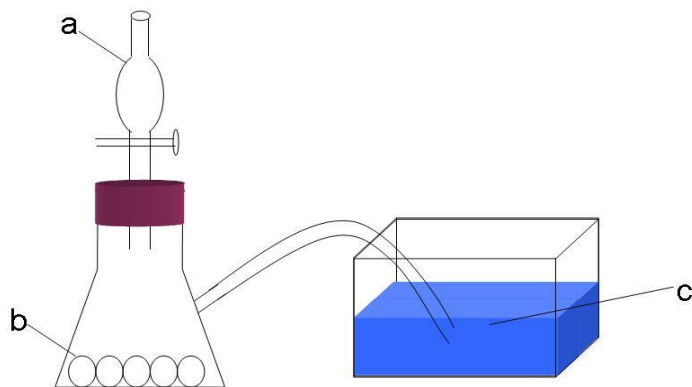
(二)在電石加水的水面上點火，發現會有火焰產生，是因為化學反應的產物是乙炔可以燃燒。



圖三、定量燃燒中的乙炔

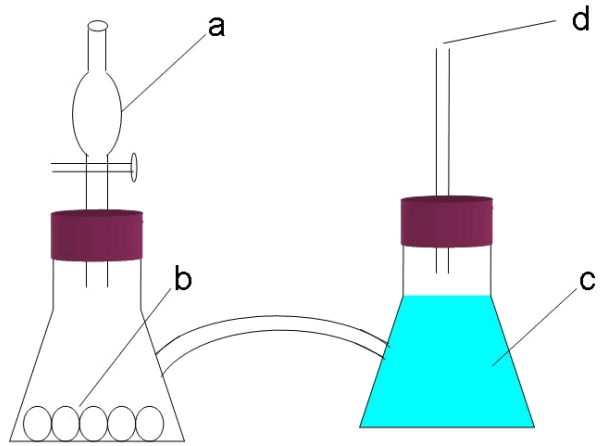
### 三、自製電石燃燒器具及利用其器具進行燃燒實驗。

(一)目前本實驗所製作的燃燒器具總共進化有三代，分別利用此三代燃燒器具來進行燃燒實驗。



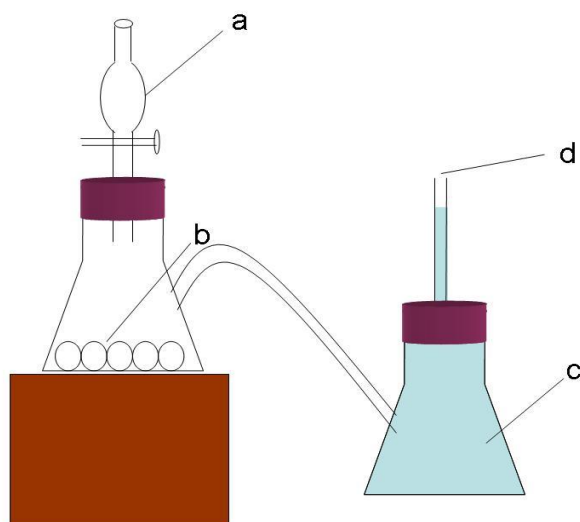
圖四、第一代的電石燃燒器具，由 a(分液漏斗)進行加水，與 b(電石)反應，經過管子到水箱中，經過水，於 c(水面)上燃燒。

1.使用第一代的電石燃燒器具(圖四)進行燃燒實驗，無法收集到熱量，進而推測是由於它是經由水箱中的水後釋放，因此乙炔並無法供應足夠的燃燒量，即使燃燒起來，也只能維持 5 秒鐘的時間，且具有危險性。所以改良出第二代電石火燈如(圖五)。



圖五、第二代的燃燒器具，經由 a(分液漏斗)加水，與 b(電石)反應，經過管子，在經過 c(水封：使火焰不會回火)，最後在 d 點進行燃燒。

2.經過燃燒實驗，我們發現幾乎吸收到全部的熱量，而且第二代電石燃燒器具所燃燒的範圍較小，比較好控制並使危險性大幅降低，而這兩代最大的不同就是我們在 c 處加水，其所產生的氣體不會往回流而導致回火的危險。實驗所得數值如表二及圖七，明顯顯示出電石量與釋放出的能量成正比關係。



圖六、第三代電石燃燒器具經由 a(分液漏斗)加水，與 b(電石)反應，經過管子，在經過 c(水封：使火焰不會回火)，最後在 d 點燃燒。

3.使用第三代的電石燃燒器具(圖六)實驗後，發現其所產生的熱量較第二代多，若在第一時間點火也不會使軟木塞因氣爆而彈起。從表三及圖八中可以發現，不同重量的電石和其所產生的熱量呈現正比的情形。

## (二)電石燃燒實驗

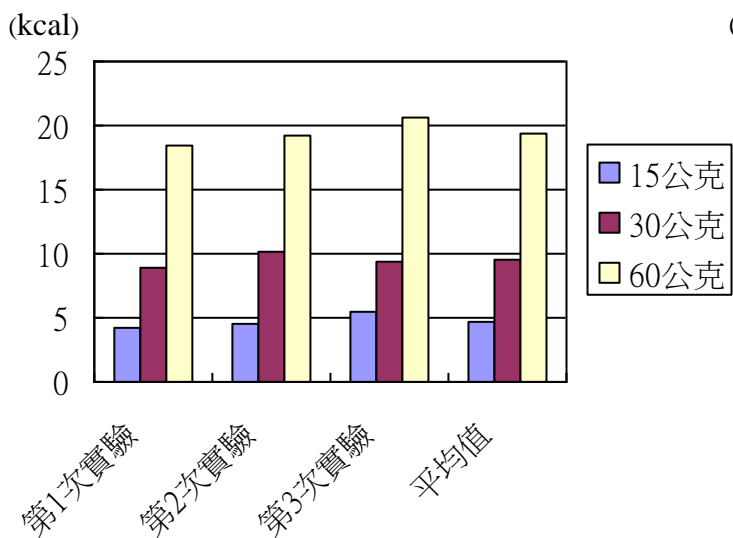
- 1.利用第一代燃燒器具燃燒，並無法燃燒超過 5 秒鐘，也無法使水的溫度上升。
- 2.利用第二代燃燒器具燃燒，發現它可以燃燒較久，也可放出較多的熱量，也從此表二及圖七中發現，乙炔燃燒及放出熱量有呈現一個正比的情形。
- 3.利用第三代燃燒器具燃燒，發現所放出的熱量比第二代多一些(圖九)，是因為第二代電石火燈需等待將空氣排出的時間，而第三代無需等待混合氣排出(乙炔+空氣)。而且經由水封加高，可以使燃燒更加的安全。

表二、第二代電石燈燃燒時間記錄

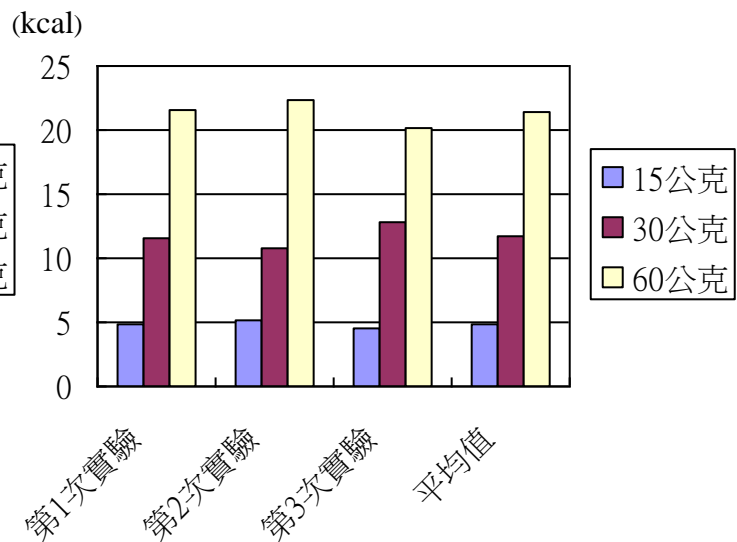
電石的重量	燃燒 kcal 數		
	最大值	最小值	平均值
15 公克	5.4kcal	4.2kcal	4.7kcal
30 公克	10.2kcal	8.9kcal	9.5kcal
60 公克	20.6kcal	18.4kcal	19.4kcal

表三、第三代電石燈燃燒時間記錄

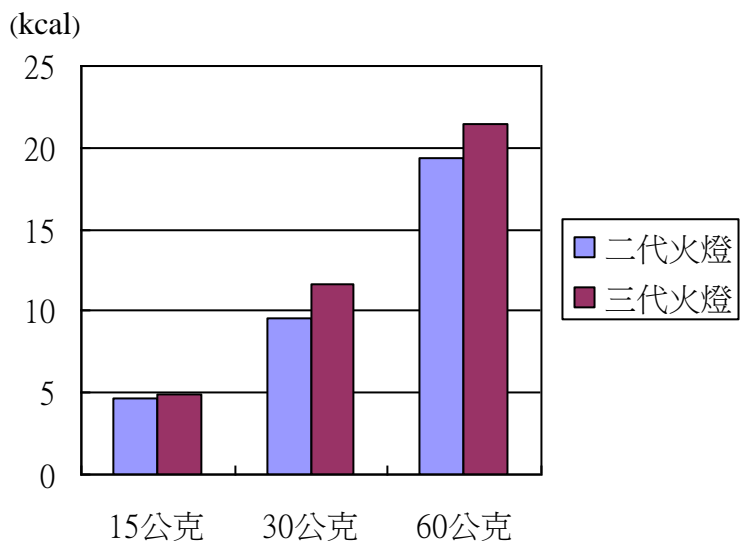
電石的重量	燃燒 kcal 數		
	最大值	最小值	平均值
15 公克	5.2kcal	4.6kcal	4.9kcal
30 公克	12.8kcal	10.8kcal	11.7kcal
60 公克	22.4kcal	20.2kcal	21.4kcal



圖七、第二代電石燃燒器具燃燒熱量關係圖。



圖八、第三代電石燃燒器具燃燒熱量關係圖。



圖九、第二、三代電石燃燒器具燃燒熱量比較圖。



圖十、第一代電石火燈。



圖十一、第二代電石火燈。



圖十二、第三代電石火燈。

四、將反應後的電石渣再利用，以達成電石的最佳化應用。

(一)吸收二氧化碳

1.經過實驗，我們發現氫氧化鈣澄清液注入空氣之後，會隨著空氣的注入量增加而漸漸的澄清，靜置一段時間後，會發現有許多的白色沉澱物沉澱在燒杯的底部，而此沉澱物即為碳酸鈣；經此實驗可以了解電石加水所產生的液體確實為氫氧化鈣，而氫氧化鈣可吸收二氧化碳並產生碳酸鈣白色沉澱物。接著依序進行打入 0、300、600、900、1200、1500 公升的空氣實驗，經由表五結果可以發現，他沒有呈現一個正比的情形，但打入越多的空氣還是可以生成較多的碳酸鈣，也從表五中發現每次做實驗，所產生的碳酸鈣量也不一樣，也和預期的不一樣。經過討論，認為這是因為溶液取樣時溶液濃度不同，也沒有經過過濾，因此接著我們以同一天所製作的水溶液，並經過濾後的電石渣水溶液來做吸收二氧化碳之實驗。

表四、電石渣水溶液吸收二氧化碳量紀錄表

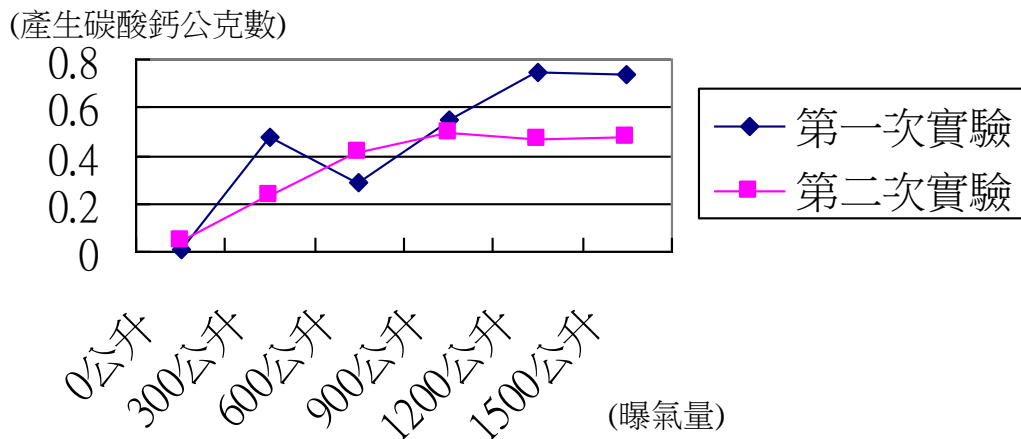
打入空氣量	500ml 水溶液(產生碳酸鈣量)	
	第一次實驗	第二次實驗
0 公升	0.0122 公克	0.0482 公克
300 公升	0.4762 公克	0.2335 公克
600 公升	0.2903 公克	0.4150 公克
900 公升	0.5488 公克	0.4975 公克
1200 公升	0.7424 公克	0.4680 公克
1500 公升	0.7405 公克	0.4790 公克



圖十三、電石渣水溶液曝氣後所產生之碳酸鈣沉澱物。



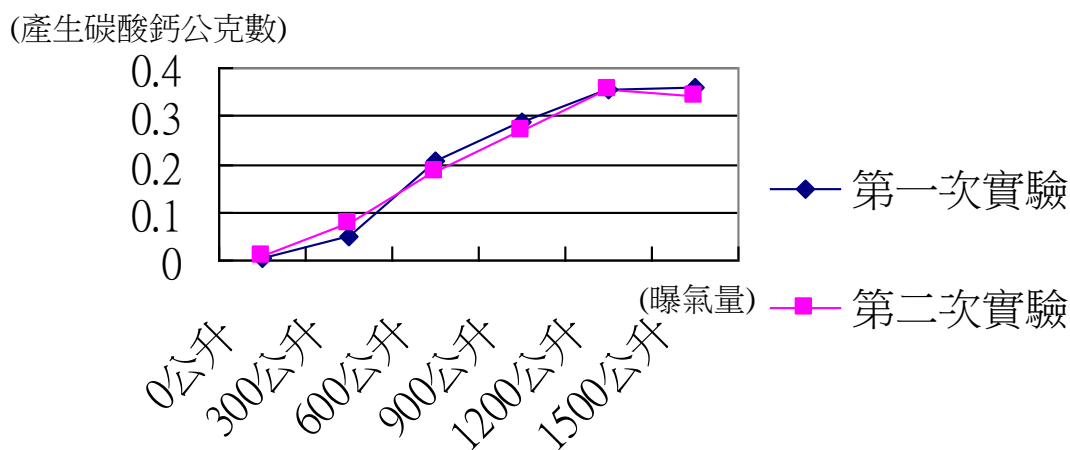
圖十四、定量打入空氣之裝置。



圖十五、曝氣量和未經過濾之電石渣水溶液所產生碳酸鈣量紀錄表。

2.經改良實驗後，由圖表中我們可以發現，每 500 毫升的氫氧化鈣溶液可產生 0.35 公克的碳酸鈣，也從圖表中發現，生成的量並沒有與打入空氣量呈現一個正比的情形。未完全反應前，打入越多空氣，產生的碳酸鈣量也就會越多。

打入空氣量	500ml 氫氧化鈣溶液(已先經過濾)之產生碳酸鈣量	
	第一次實驗	第二次實驗
0 公升	0.0045 公克	0.0074 公克
300 公升	0.0510 公克	0.7850 公克
600 公升	0.2075 公克	0.1823 公克
900 公升	0.2865 公克	0.2703 公克
1200 公升	0.3550 公克	0.3565 公克
1500 公升	0.3613 公克	0.3425 公克



圖十六、曝氣量和經過濾之電石渣水溶液所產生碳酸鈣量紀錄表。

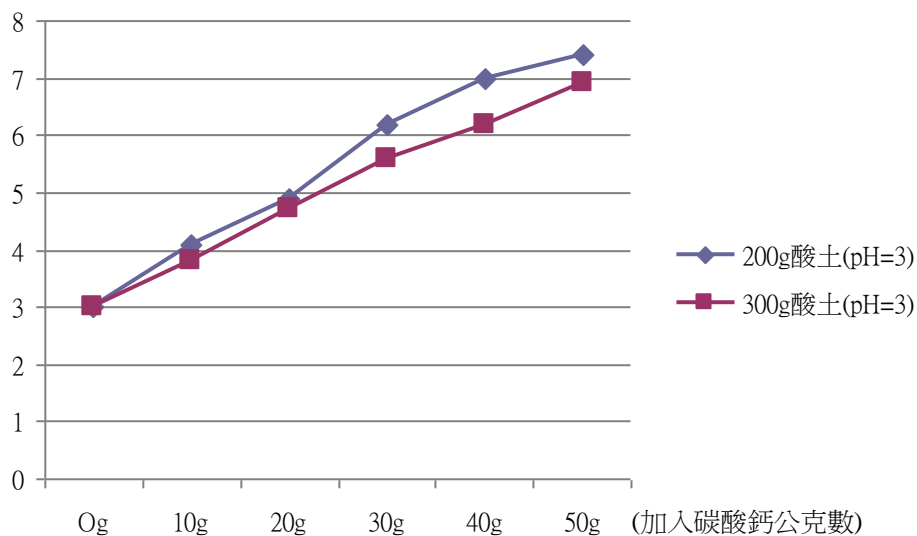
(二)土壤 pH 值改良：

經過實驗，我們繪製出下列圖表，從記錄中可以發現大約每增加 10g 的碳酸鈣與酸土混合反應，酸土 pH 值就會增加 1，混合比例大約為 1：5 左右。

表四、土壤 pH 值改良紀錄表

添加碳酸鈣量	200g 酸土(pH=3)	300g 酸土(pH=3)
0g	pH 值為 3.0	pH 值為 3.0
10g	pH 值為 4.1	pH 值為 3.8
20g	pH 值為 4.9	pH 值為 4.7
30g	pH 值為 6.2	pH 值為 5.2
40g	pH 值為 7.0	pH 值為 6.2
50g	pH 值為 7.4	pH 值為 6.9

(土壤 pH 值)



圖十七、土壤 pH 值改良變化曲線圖。



圖十八、加入碳酸鈣的土壤 200g (pH=3) 的酸土加入 40g 碳酸鈣，使土壤成為中性。





圖十九、土壤 pH 檢測計。

這是用來測量土壤的 pH 值之器具。

## 五、利用乙炔與熱量催熟水果比較電石、電石渣之效益。

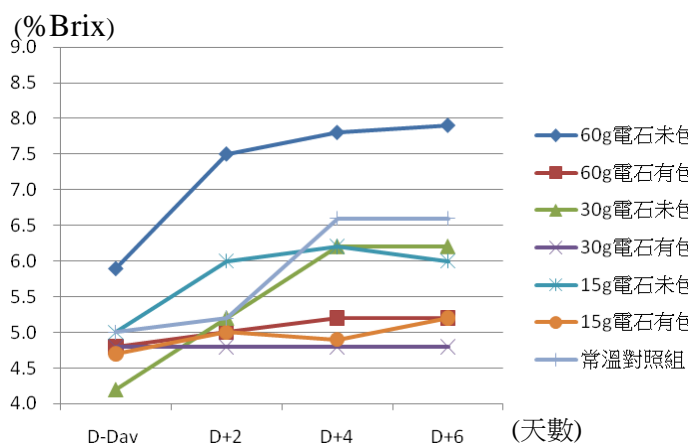
### (一)探討是何種物質使水果熟成：

經過實驗，將每天測出的數據歸納為圖表並比較，從圖十八中可以發現雖然都接收了相同的熱量，但有包膜的木瓜甜度上升的速度比沒有包膜的緩慢許多，也比放置在常溫下的木瓜慢，因此我們認為熱量並不會使水果提早熟成，和要使木瓜熟成的條件之一是要有空氣的接觸。在圖十九中可以發現電石加水甜度上升的速度比常溫下快速一些，但是比電石的速度緩慢，因此推測會造成這個現象的原因是實驗用的容器並不是密閉的，乙炔產生後沒有辦法將其保留下來，所以催熟速度較慢。最後將 60g 不同種類的分組拿來比較(圖二十一)，可以發現 60g 電石熟成的速度是最快的，因此我們推測使木瓜成熟的第二個條件是乙炔。

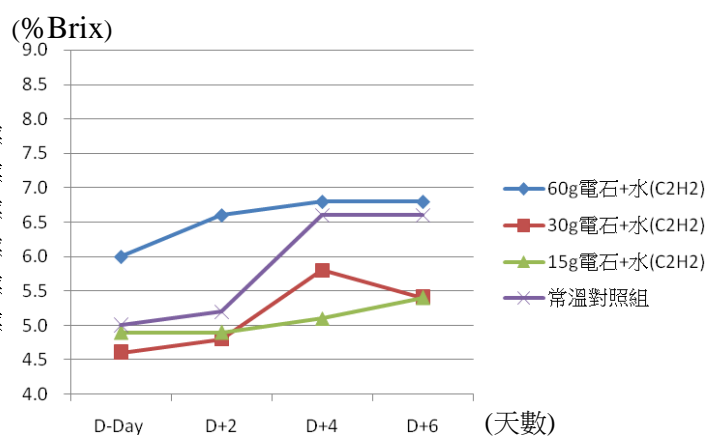
### (二)探討環境溫度和空氣接觸對木瓜熟成的影響：

實驗一周後可以發現放在低溫冰箱中的木瓜完全沒有成熟的跡象(圖二十五)，包膜的木瓜也沒有成熟(圖二十六)，只有放置在常溫下的木瓜有熟成的現象(圖二十七)，所以可以了解使木瓜熟成的條件除了乙炔之外，還有空氣接觸和溫度兩個條件，因此空氣中含有乙炔可加速熟成，乙炔是熟成的主要因素之一。

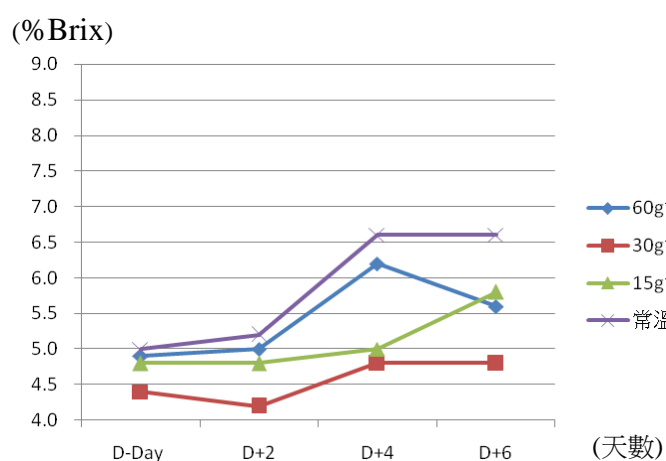
種類	天數				
	D-Day	D+2	D+4	D+6	
60g 電石	未包膜	5.9%Brix	7.5%Brix	7.8%Brix	7.9%Brix
	有包膜	4.8%Brix	5.0%Brix	5.2%Brix	5.2%Brix
30g 電石	未包膜	4.2%Brix	5.2%Brix	6.2%Brix	6.2%Brix
	有包膜	4.8%Brix	4.8%Brix	4.8%Brix	4.8%Brix
15g 電石	未包膜	5.0%Brix	6.0%Brix	6.2%Brix	6.0%Brix
	有包膜	4.7%Brix	5.0%Brix	4.9%Brix	5.2%Brix
60g 電石+水(C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> )	木瓜	6.0%Brix	6.6%Brix	6.8%Brix	6.8%Brix
30g 電石+水(C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> )	木瓜	4.6%Brix	4.8%Brix	5.8%Brix	5.4%Brix
15g 電石+水(C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> )	木瓜	4.9%Brix	4.9%Brix	5.1%Brix	5.4%Brix
60g 電石渣	木瓜	4.9%Brix	5.0%Brix	6.2%Brix	5.6%Brix
30g 電石渣	木瓜	4.4%Brix	4.2%Brix	4.8%Brix	4.8%Brix
15g 電石渣	木瓜	4.8%Brix	4.8%Brix	5.0%Brix	5.8%Brix
常溫對照組	木瓜	5.0%Brix	5.2%Brix	6.6%Brix	6.6%Brix



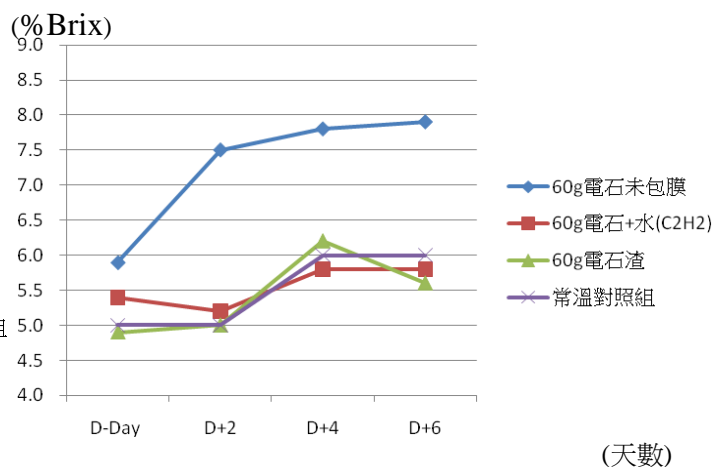
圖二十、電石與甜度關係折線圖。



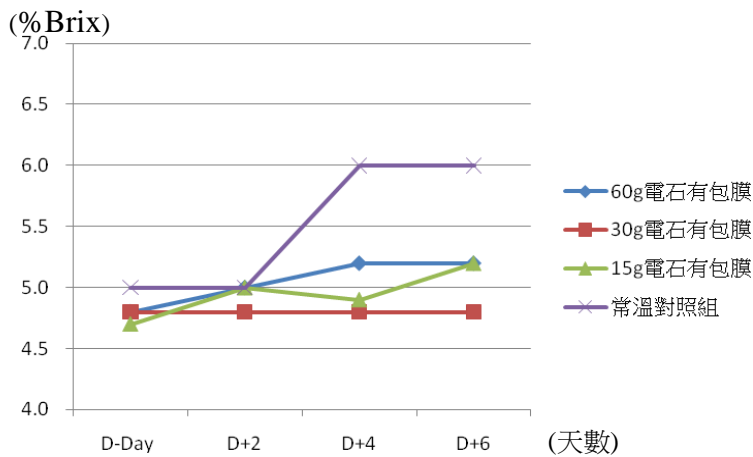
圖二十一、乙炔量與甜度關係折線圖。



圖二十二、電石渣與甜度關係折線圖。



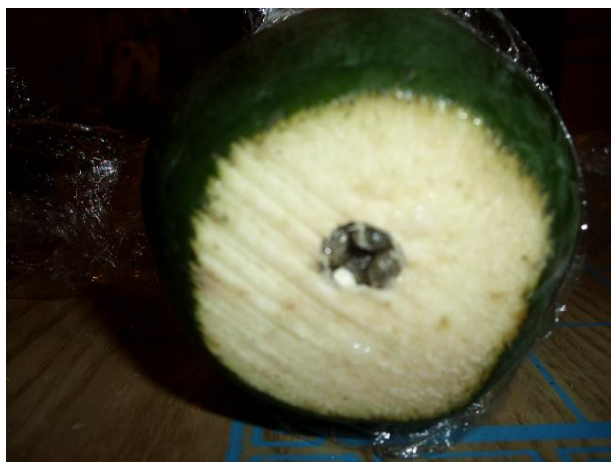
圖二十三、60g 電石各種條件和甜度關係圖。



圖二十四、不同克數之電石渣和甜度關係圖。



圖二十五、低溫下木瓜成熟情形。



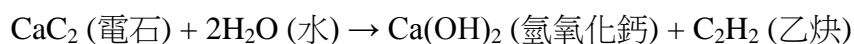
圖二十六、包膜木瓜成熟情形。



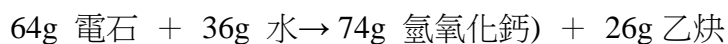
圖二十七、未包膜木瓜成熟情形。

## 陸、 討論

- 一、 在製作電石燃燒實驗時，發現電石反應化學式



應該用莫耳數來計算質量平衡：也就是



但是在實驗中發現，加完了 36g 的水(以 64g 電石進行反應)，理論上應完全反應；如果再加水將不會起反應，但實驗後，加入水仍會與電石反應產生乙炔。探討原因，可能是使用的電石並不是純的，其中可能含有某些物質會吸收水分，使化學實驗有偏差。

- 二、 在探討電石燃燒實驗時，考慮用燃燒時間和熱量來計算，但燃燒是無法控制且非均勻用時間的方式所得的結果較不準確，所以最後選擇使用計算熱量的方式。
- 三、 在討論一時，假設電石並不是純的，我們發現電石就算是剛買回來的電石也無法是純的，因為會與空氣中的水氣反應，因此無法測量出它的純度是多少。
- 四、 在進行氫氧化鈣溶於二氧化碳的實驗中，一開始先注入空氣，觀察它是否會有碳酸鈣產生，不過最後並沒有反應，因而推測是因空氣中的二氧化碳濃度太低，雖有發生反應，但產生的碳酸鈣太少，所以無法用肉眼來觀察。
- 五、 在進行土質改良的實驗中，所使用的土質改良檢測儀器是測量土壤中所含水分的 pH 值，但碳酸鈣並不溶於水，上網查詢後發現碳酸鈣是溶於酸而不是水，所以還是可以用於改善因酸雨造成酸性土壤。
- 六、 進行木瓜催熟的實驗時，要找到一個標準作為判斷木瓜成熟的依據，但是看外表的色澤、果肉的顏色或是種子顏色改變並無可依據之數值，最後決定使用甜度計，實驗得知未成熟的木瓜所含有的甜度約為 7 以下，熟成之木瓜甜度依舊有所差別，但熟成的甜度曲線圖依舊證明乙炔在熟成實驗的重要性。
- 七、 在一連串的實驗中，發現電石加水、碳酸鈣溶於酸土是呈現放熱反應，而吸收二氧化碳則是吸熱反應。因此發現電石主要的反應都是放熱，原因應是製作電石時需要吸收大量的熱。
- 八、 製作電石燃燒實驗時，發現如果不將上一次所做的實驗所剩下的乙炔排出，會因還有剩下乙炔，造成燃燒所產生的熱量不準。因此必須將前面使用過的器材進行沖洗或者是將空氣注入以排出殘留的乙炔。
- 九、 為了解決討論一的純度問題，因此我們找到了  $PV=Nk_bT$  ( $T$ =溫度、 $P$ =體積、 $N$ =容器內的分子數、 $k_b$ =常數  $1.38 \times 10^{-23}$  joule/°K)，但因為此公式需要在真空的狀況下，雖然有可以測量壓力的機器，卻因無法使一個空間抽為真空狀態，因此現階段無法利用此公式測量電石的純度。

- 十、 在製作火燈燃燒實驗時，發現火焰產生黑色的固體，我們推論那黑色的固體也就是碳，由於沒有完全燃燒完成，因此會產生黑色的碳，為解決此現象本來想要將管子上鑽洞，使空氣先和乙炔結合可以燃燒比較完全，卻發現如果在管子上面鑽洞，會發現乙炔並不會和空氣融合反而會使熱量散失的狀況。
- 十一、 進行燃燒實驗的時候，會發現有時候會因為太早點火，軟木塞蓋會往上彈起來，原因是乙炔經過管子會跟空氣混合，因壓力過大而將軟木塞擠出。經討論之後決定將水封提高使氣體一出水就可以燃燒，這樣就不會造成提前燃燒的情況。
- 十二、 在進行燃燒實驗的時候，我們發現加入水的速率會造成氣體釋出速率有所不同，假設加水速率超過一秒三滴，會因為氣體出氣過快使軟木塞蓋彈起，經過測試，最後選定一秒一滴的速率來進行反應，可使火焰較穩定也可以使軟木塞蓋不易彈起。
- 十三、 在進行吸收二氧化碳實驗時候，原本想利用重量來算其是否完全反應，但結果卻沒有變化，原來是氣體的重量太小，因此它的重量並不會有明顯的增加。
- 十四、 進行第一代火燈之燃燒實驗時，發現火焰無法持續燃燒，我們推測是因為無法供應足夠的乙炔，乙炔是由管子灌入水箱中，會擴散而無法集中，因此無法供給足夠的乙炔，進行燃燒。
- 十五、 電石燃燒實驗的結果會呈現正比的情形，跟實驗一開始設定的結果相同，我們認為越多乙炔，可以燃燒越久，也可以產生更多的熱量。
- 十六、 一開始在設計電石催熟的實驗時，要每一天觀察一次，但在實驗之後發現若每天觀察其甜度，上升的幅度並不大最後決定改為每兩天測量一次甜度，較能看出甜度的上升幅度。
- 十七、 在電石催熟的實驗中，原本是用牙籤將木瓜的肉取出，再取其汁液來測量甜度，但是這樣較難觀察木瓜顏色改變的情形，所以最後決定改用切片的方式，再取切片木瓜的汁液，如此可以較易觀察木瓜果肉顏色的變化。
- 十八、 在進行第三代燃燒實驗時，由於前面無須等待混合氣(空氣+乙炔)排出，因此第三代燃燒器具可以燒的比第二代久，所發出的熱量也較第二代多。

- 十九、進行二氧化碳吸收實驗時，經結果發現，就算沒有打入空氣，還是會有產物，正常來說，沒有打入空氣應該不會有產物產生。因此推測有兩種可能：第一，罐子沒有完全密封，使空氣進入進行反應；第二，水溶液析出氫氧化鈣。
- 二十、在吸收二氧化碳的實驗結果中，我們發現打入兩小時的空氣卻比打入一小時所產生的碳酸鈣還少，因此推測有兩種可能：第一，打氣機的氣體流量計有問題；第二，澄清水溶液沒有飽和。
- 二十一、吸收二氧化碳的實驗結果中，發現打入空氣量和產生碳酸鈣的量沒有呈現一個正比的情形，經由討論，原因應是剛開始的電石渣水溶液為飽和狀態，較容易和二氧化碳反應，曝氣越久，水溶液的濃度下降，較不容易作用。
- 二十二、進行二次的吸收二氧化碳實驗結果中，發現第一次跟第二次的結果，差距滿大的，經過討論，認為是因為取樣的不同(水溶液的濃度不同以及沒有過濾多餘的氫氧化鈣)造成，由於我們所製作的電石渣水溶液，只是撈取上層液即進行實驗，並沒有特意將此水溶液先過濾之。
- 二十三、在木瓜催熟的實驗結果中，發現有包膜的木瓜，甜度還是有一些變化，經過討論，我們認為是因為無法完全密封，使乙炔有和木瓜接觸，因此會使有包膜的木瓜有些成熟。
- 二十四、由下列圖表，我們發現三代燃燒器具整體來說為最佳的燃燒器具，在於實用性：由於三代火燈所產生得熱量最高，因光能與熱量會呈現一個正比的情形，所以熱量越多產生的光能也就越多，因此實用性為三代火燈最好；於經濟性：二代及三代材料費用是差不多的；於材料取得方便性：由於三者都是電石，因此是差不多的。

	一代燃燒器具	二代燃燒器具	三代燃燒器具
產量(熱量)	最差	次之	最佳
安全性	最差	次之	最佳
副產品	次之	次之	次之
攜帶方便性	最差	最佳	次之

二十五、上網查詢相關電石資料時，我們發現有他人製作電石催熟的報告，因此我們將兩份催熟部份進行比較，比較結果發現，他們所利用的水果為香蕉，剛開始我們也有想過要用香蕉，但由於香蕉過熟會產生乙烯，乙烯又可以催熟，因此我們選用木瓜；他們鑑定水果熟成並沒有一個依據，而我們是利用甜度來計算是否熟成。因此以整體來說我們做的催熟實驗是比較完整的。

二十六、利用電石的產物氧化鈣，若控制好比例(56：36)就可以把電石加水所產生的氧化鈣，再製成電石，只要將其和碳加熱至 2000℃ 熔化，就可以產生出電石。

應用化學式： $\text{CaO} + 3\text{C} \rightarrow \text{CaC}_2 + \text{CO}$

二十七、在二氧化碳實驗結果中，未過濾過的水溶液會產生較多的碳酸鈣，是因為水溶液中含有一些氫氧化鈣的固體，因此有較多的氫氧化鈣可進行反應，使碳酸鈣的量產生較多。

二十八、在設計燃燒實驗時，我們預期如果依照莫耳數來加入水量或加入過量的水量，產生出的乙炔會是一樣多的，因此最後進行實驗時，我們是以加入過量的水量來進行實驗。

## 柒、 結論

綜合以上的研究結果，我們可以使電石的產物及廢料完全的應用，在電石的應用中，大多數都用於重工業，電石本身可以應用在催熟、燃燒、製造乙炔等方面，經由實驗我們發現其產生的廢料還可以用在土壤改良、吸收二氧化碳等地方，可以成為節能減碳的方法之一；其實，只要能好好的再利用，電石的廢料並不需要隨意丟棄，甚至可以成為具有環保及經濟價值的物質。

當我們進一步研究的探討電石發電功能的可行性，將我們所做的電石燃燒實驗，應用在火力發電上，除了使電石應用於發電，甚至再將反應完所產生的氫氧化鈣運用於吸收二氧化碳，減少火力發電燃燒時所產生的二氧化碳。

## 捌、 參考資料

失落的土地 -高雄旗津電石渣海岸：

<http://163.26.52.246/~c7720831/bo-blog/read.php?240>

電石氣能源應用：

<http://energymonthly.tier.org.tw/outdatecontent.asp?ReportIssue=9511&Page=14>

恆春出火---電石與水的化學反應：

<http://chemed.ncue.edu.tw/chemdemo/91/91240023/%E6%81%86%E6%98%A5%E5%87%BA%E7%81%AB.htm>

電石燈－礦工的救命燈：

<http://www.libertytimes.com.tw/2008/new/aug/14/today-so11.htm>

旗津海岸也有電石渣－環保局－歷年檢測安全：

<http://news.sina.com.tw/article/20091113/2384248.html>

高雄市 97 年度國小學生獨立研究成果發表競賽作品說明書：

[http://classweb.scps.kh.edu.tw/UploadDocument/12600\\_16%A6%DB-%A8%CE%A7@-B13-%A7A%A6Y%B9L%BA%F1%AD%BB%BF%BC%B6%DC%A1H.pdf](http://classweb.scps.kh.edu.tw/UploadDocument/12600_16%A6%DB-%A8%CE%A7@-B13-%A7A%A6Y%B9L%BA%F1%AD%BB%BF%BC%B6%DC%A1H.pdf)

## 玖、 附錄

- 一、 製作澄清石灰水：取一藥匙的氧化鈣，加入約 200cc 水，(或容器中加入八分滿的水，加入適量氧化鈣(或氫氧化鈣)(只要溶液成渾濁狀即可))，靜置隔夜(約經 6 小時即可)，將上層澄清液慢慢傾倒到另一容器(將容液過濾也可)，然後將容器口封好(儘量避免和空氣中的二氧化碳接觸)即可。



- 二、 氫氧化鈣：溶解度隨溫度增加而減少。氫氧化鈣，化學式  $\text{Ca(OH)}_2$  俗稱熟石灰或消石灰，白色固體，微溶於水，其水溶液常稱為石灰水，呈鹼性。在空氣中吸收二氧化碳和水等從而變質，通常稱其具有吸水性。一般用於建築或酸性土地的改良。
- 三、 電石渣的大致成分為： $\text{CaO}$  55~65%， $\text{SiO}_2$  10~15%， $\text{MgO}$  8~10%， $\text{Al}_2\text{O}_3$  2~3%， $\text{MnO}$  < 1%， $\text{CaC}_2$  1~4%， $\text{FeO}$  < 0.5%。電石渣分強電石渣和弱電石渣兩種，強電石渣含碳化鈣( $\text{CaC}_2$ )2~4%，冷後呈黑色並夾有白色條紋，無光澤。弱電石渣含  $\text{CaC}_2$  1~2%，冷後呈灰色。製造電石渣的方法是向爐內的稀薄渣上加較多的炭粉、矽鐵粉，密封爐子不使空氣進入，使碳與鈣在高溫下生成碳化鈣。
- 四、 電石的主要成分是碳化鈣(英文：**Calcium carbide**)，異名乙炔鈣，化學式  $\text{CaC}_2$ 。電石是一種呈綠色或灰黑色的粉末或塊狀固體，帶有大蒜味，工業上常用電石與水混合製取乙炔氣體；亦被應用於冶煉工業，作為還原劑和脫硫劑。 $\text{CaC}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2 + \text{C}_2\text{H}_2$
- 五、 乙炔：俗稱風煤、電石氣、電土，是炔烴化合物系列中體積最小的一員，主要作工業用途，特別是燒焊金屬方面。
- 六、 碳酸鈣：是一種化合物，化學式是  $\text{CaCO}_3$ 。它是地球上常見物質，可於岩石內找到。雞蛋殼、動物背殼和蝸牛殼的主要成份。基本上它並不溶於水。它可存在於霏石、方解石、白堊、石灰岩、大理石、石灰華等形態。
- 七、 碳酸氫鈉(化學式： $\text{NaHCO}_3$ )，俗稱小蘇打、蘇打粉、梳打粉(香港)、重曹，白色細小晶體，在水中的溶解度小於蘇打。50°C 以上開始逐漸分解生成碳酸鈉、二氧化碳和水，270°C 時完全分解。碳酸氫鈉是強鹼與弱酸經中和作用後生成的酸式鹽，溶於水時呈現弱鹼性。

## 【評語】 030215

運用電石的廢料再製，具資源充分利用概念。唯過程中是否會產生更多耗能及污染，值得充分探討。電石燈具的設計可以再考慮使用的安全性。