

壹、前言

面對 108 課綱的變革，學習不再只是無趣的背誦與填鴨式教育，取而代之的是注重我們對於「自主探索」與「獨立思考」的能力，並且培養我們以積極的態度面對問題，並且將其解決。身為新課綱實施的第一屆學生，雖然尚未完全適應這種嶄新的學習環境，但如果能夠持之以恆的學習下去，那成果必定相當可觀。

在這門課裡，我們依循自己已習得的知識，使用現有的器材，參考老師們給的大綱，得以發揮我們的能力、探索自然原理，更激發我們對於科學的好奇心。本次課程大致可依實驗主題分兩部分，一為「蠟燭燃燒實驗」，二為「懸浮微粒與光線之探討」，兩者皆提供學生極多自由發揮的空間，使我們深究、思考並推測背後蘊含的科學原理，是相當新穎並難能可貴的課程。

貳、課程筆記紀錄方法

記憶猶新的是第一節課，剛要進去教室時，門旁的老師就塞給我們每個人一本「科學筆記本」，並且在課堂上教我們怎麼使用它，採用的是讓我耳目一新的整理方法——「康乃爾筆記法」（如圖 1）。以往的我從來沒想過筆記居然可以有那麼多層次的整理！如果應用在其他科目，當要考試之前，就可以快速的掃描並掌握重點，對學業表現必定會有所助益。

課程名稱	
各 段 落 小 結	上 課 內 容 (板書、PPT等)
手札、反思	

▲圖 1

參、第一階段——蠟燭燃燒實驗

還記得國中國小在說明氧氣約佔大氣中的 20% 時，總是會介紹「把蠟燭點燃之後蓋上燒杯，水位會上升燒杯高度的 $\frac{1}{5}$ ，而水位上升的體積就是原本氧氣的體積。」我們也從未懷疑過以前老師所說的一字一句。沒想到在第一堂課的最後，老師以影片的方式再現了前述提到的實驗，並且再加上了「燒杯大小」這個操縱變因。看完影片後，我們大致發現了兩個問題：

1. 水位並非如以前所教的上升燒杯的 $\frac{1}{5}$ 。
2. 小燒杯組的水位在蠟燭熄滅後迅速上升，而大燒杯組的水位在熄滅前即上升。

這對從來沒有仔細思考過這件實驗的我帶來很大的衝擊，難道其實有其他因素造成水位上升？又是什麼原因導致水位上升時間不一致？為了探究這個現象，我們提出了這樣子的問題：

「燒杯大小是否是影響水位上升時間點的因素？」

於是我們做了本學期第一次實驗。我們做出來的結果是——大小燒杯所做出來的結果都是在熄滅後迅速上升，與之前所看到的內容不盡相符。但既然兩者都是在熄滅後才上升，我們不免好奇，為什麼水位不會一邊燃燒一邊上升呢？於是，我們提出了以下的假設：

「剛開始燃燒時，氧氣被消耗而水位上升。

但在中途時因空氣受熱膨脹而水位暫緩上升，

熄滅時氣體漸冷卻，體積變小，氧氣也變少，進而導致水位快速上升。」

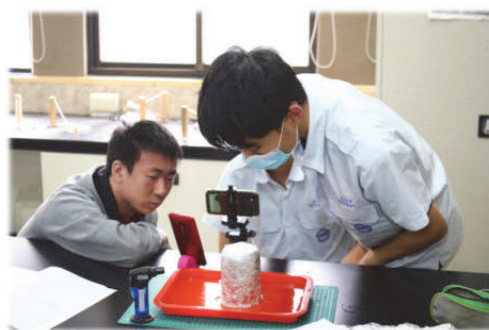
在驗證我們的假說之前，老師提醒我們，看似單純的蠟燭與燒杯，其實都暗藏玄機。蠟燭的粗細、長短、火力、擺放方式與燒杯的大小、形狀、材質一旦不同，就有可能造成實驗的誤差，於是我們決定採用 500 毫升的燒杯與兩根 5.5 公分長的蠟燭當作控制變因。我們認為水位上升與空氣體積密切相關，所以設計了「系統溫度」操縱變因。我們以兩種方式調控系統溫度，分別為：（一）將燒杯蓋上冰塊與濕抹布，使燒杯得以快速散熱、與（二）以鋁箔紙包覆燒杯，使之較不易散熱。使用上面兩種方法，我們希望能夠有效控制整個燒杯系統的溫度，並影響其內部氣體的體積，進而影響水位上升程度。

以上實驗皆重複數次，以確保其可重複性。

在做了將近十次實驗後，數據歸納的平均結果
如表 1：（已剔除與其他值差距甚大的資料）

	冰塊組	鋁箔紙組
水位平均高度	40.5(mm)	35.5(mm)

▲表 1，水位數值比較



▲圖 2，進行鋁箔紙組的實驗



▲圖 3

若不考慮無法避免的實驗誤差，我們可以依據實驗結果推論出，氣體體積和水位上升程度是有相關性的。

於是我們帶著我們的實驗結果，參加了老師為我們舉辦的成果發表。雖然一開始緊張到語無倫次，但是到最後可以很清晰的向其他同學解釋我們實驗的脈絡與流程，其實講完之後是相當有成就感的（如圖 3）。

成發完後，緊接著要進入的是下一個階段。

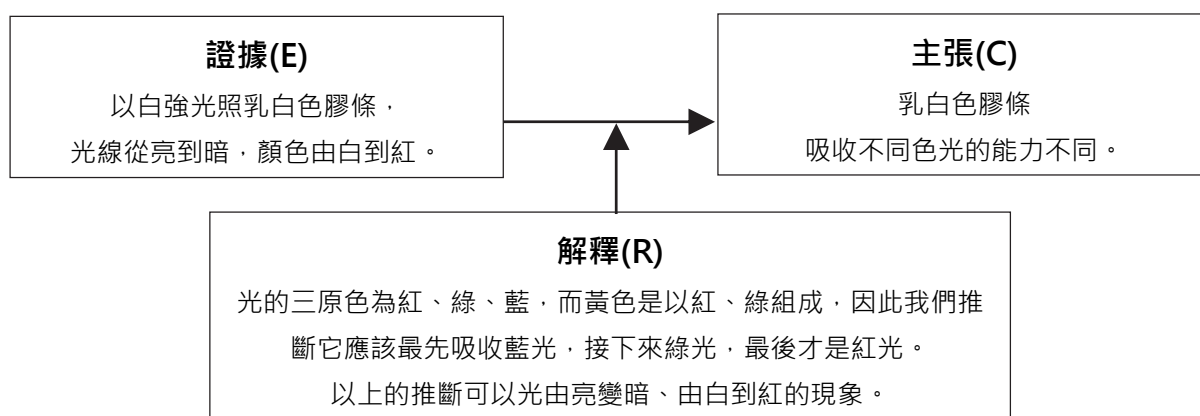
肆、第二階段——懸浮微粒與光線之探討

一、熱融膠與光線變化（配合附錄一）

在此階段課程的一開始，老師提供給了我們乳白色與透明的熱融膠條，以及一隻強白光手電筒。我們一拿手電筒照熱融膠後，發現居然會有這麼漂亮的漸層效果（如圖 4）！我們對此現象感到相當新奇，經過分析後，繪製出了 CER 分析圖（如圖 5）。



圖 4 ►



▲ 圖 5

不過隔周上課時，洪逸文老師提醒我們，我們還可以把透明膠條和乳白色膠條的差異考慮進去，以這種觀點思考的話，我們可以提出一句話以闡述這實驗的現象：

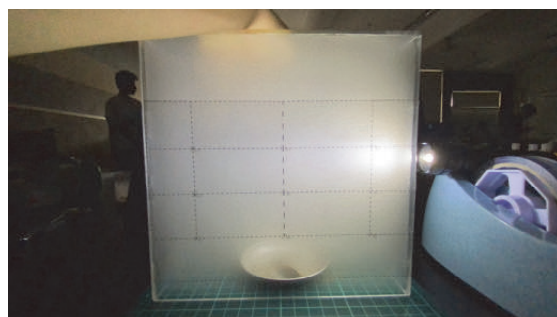
「**白光**通過**不同膠條**，產生的**顏色變化**情形不同。」

我們思考著，如果固態的混濁物體有這樣的特徵，那氣態與液態的物體呢？

二、煙霧濃度和 RGB（配合附錄二）

這次的實驗中，我們在一密閉容器中燃燒檀香粉，以觀察其燒出來的煙霧與對光線會造成何種影響（如圖 6）。在粉燒到一定程度後，我們使用「ColorPicker」這款應用程式，測量光線從一開始發出，經過煙霧到最後的顏色組成變化，茲整理於表 2。

	紅色	綠色	藍色
光源處	255	255	255
最後	173	170	164



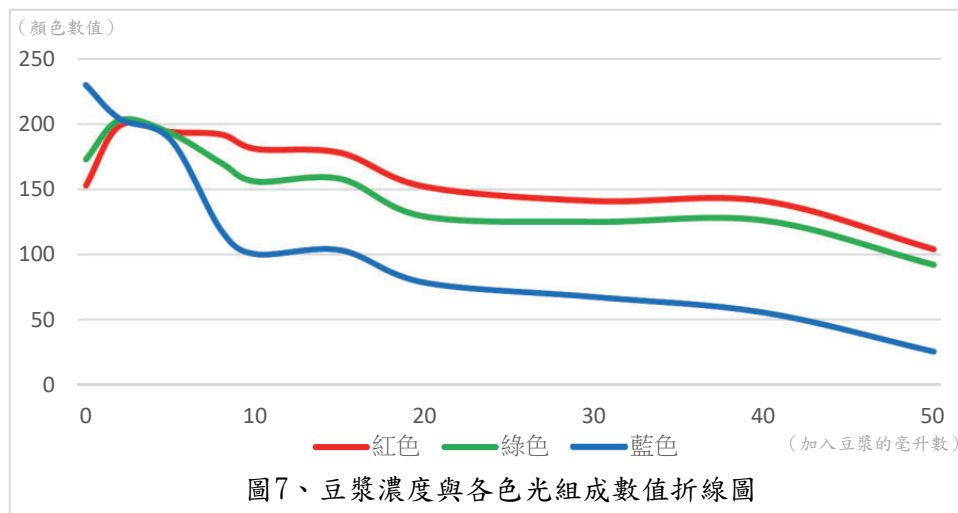
▲ 圖 6

◀ 表 2

我們發現，雖然相差不大，但藍色仍然衰減最多，符合我們前述提到的假設。

三、水溶液與光線顏色改變（配合附錄三）

在這個實驗裡，我們先在容器裡面裝滿了水（約 1.5 公升），再慢慢滴入豆漿，每次滴入後都以強光照射。觀察方式與煙霧實驗相似，不過此處僅測量光線經過溶液後，所呈現的顏色組成。茲整理於圖 7。



若僅注意到後半部，我們會認為一切都符合我們的假設。但是在實驗一開始之際，我們就發現：「咦！整個顏色怎麼會偏藍！」一測才發現，藍色的數據雖然從開始就是遞減，但紅色與綠色居然是先低再高後降，雖然是相當有趣的現象，但卻違反了我們當初所假定的理論。

在實驗做完之後，黃裕修老師和我們介紹了兩個名詞——「瑞利散射」與「米氏散射」。我旋即想到洪逸文老師在前幾個禮拜提到的「廷得耳效應」不就是因為散射而形成的現象嗎？

雖然本學期的課程即將結束，但如果再給我們一點時間，我想要繼續往「光線散射」的方向去思考。究竟為什麼這三種固態、液態、氣態的物質能夠有相似的物理現象呢？明明都是散射，怎麼還分成這麼多種呢？而廷得耳效應和膠體溶液又有什麼值得我們發現的神秘之處？

我想，科學就是這樣永無止境的思考、探究、並且發現下去吧。

伍、結語

這門課絕對是上高中以來，最令人大開眼界的震撼教育。雖然累人，但是我才知道，原來課能這樣上！傳統的認知裡，老師才是上課的主體；但在這堂多元選修裡，學生有更大的自主權得以去摸索任何想知道的問題，我們被允許失誤、犯錯，但更重要的是我們要知道自己哪裡不對，並思考如何改進。老師的角色轉而退居二線，成為輔導我們追尋知識的智囊團，不但可以使我們對探究到的東西印象深刻，更令我們了解生活中的自然原理，進而活用知識。

我很高興能夠參與這門課程，並且見證教育的革新。希望在這樣的教育模式底下，能夠讓大家重拾對學習的熱誠、激起大家對科學的興趣，以及培養每個人問題解決的能力。

陸、附錄

附錄一、五月二十九日科學筆記本

TITLE / 標題

DATE / 日期 3/9

BOOK No. / 編號

9

CER 論證與實驗再作

1. 一句話, 談怎麼看?
 1. 討論前三周所做之實驗, 並寫出 CER (詳見左頁)

E: 乳白色膠條中, 光由綠→粉
(以白光照射) 色由白→橘→紅

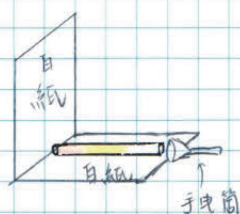
↓

R: 光的三原色 RGB, 先吸收 B; 再吸收 G
最後吸收 R

↓

C: 膠條吸收光
 2. 雙組比較
提出不同觀點
 1. 逸文老師觀點: 對比兩支膠條
證據: 白光通過不同膠條
產生顏色變化時情形不同
 3. 能量守恒???
 4. 實驗再改

3



器材: 強白光手電筒 x 1.
白紙 x 2
乳白熱融膠條 x 1

步驟: ① 把白紙如右圖擺放
② 手電筒開到最強
③ 把膠條放在光源前
觀察其顏色變化結果

當初在想這個 CER 的時候僅以乳白色的實驗結果思考, 但卻忽略了透明膠條的顏色變化也能被拿來做比較。像是做題目一樣, 要把給的每一個條件都顧全, 才能解開謎底。

煙霧實驗！

1. 濃度是影響要素之一

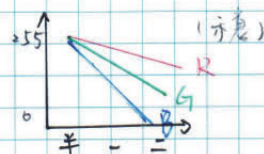
1. 前情：上週討論中，我們得知之所以乳白色膠條和透明膠條的變色程度不一樣，可能是因為其「濃度」有所差異而造成的結果。

2. 實驗目的：以煙霧的濃度探討是否有一樣的現象。（懸浮微粒的濃度）

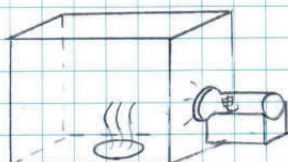
3. 器材：
 ① 白光強手電筒 × 1
 ② 支撐架 × 1
 ③ 打火機 × 1
 ④ 刮刀 × 3
 ⑤ 黑瓦楞紙 × 1
 ⑥ 檀香塔 × 1
 ⑦ 檀香粉 × 1 罐
 ⑧ 小鐵盤 × 1
 ⑨ 壓克力透明箱 × 1

4. 預期規劃圖表：

	穿透?	R	G	B	燃燒?
半匙粉					
一匙粉					
二匙粉					



5. 實驗流程



2. 粉不能鋪平，要堆成一定形狀才燒得起來。

1. 取粉半匙於盤中，鋪平發現燒不太起來。

2. 取一香塔於盤中燒之，燒得頗旺。

3. 將粉取二匙放於盤內堆成三角柱狀，燃燒成功。

3. 與預測結果大致符合。

6. 結果：無論用上述三種的煙方式，光從光源打出後皆由亮到暗，且 R G B 變色趨勢約為：
 藍色被吃掉得最明顯。
 R: 256 → 179,
 G: 256 → 170,
 B: 256 → 164

好像開始有頭緒了！不管在熱融膠或煙霧實驗都有符合我們的預測。如果可以的話，我希望採用 R.G.B 三色光的手電筒照煙霧，希望可以支撐我們的論點。

TITLE / 標題

DATE / 日期

BOOK No. / 編號

11

豆漿與光線的關係

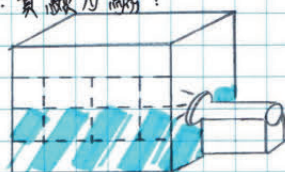
1. 從多種物質形態去觀察實驗，有時候可以得到更多。

1. 前情：在前幾周的實驗中，我們試著用光通過了兩種熱融膠條（固體）、煙草粉燒的煙霧（氣體），這周我們打算使用液體的豆漿來測其效果如何。

2. 實驗目的：以豆漿的濃度變化，觀察其液體顏色的不同。

3. 器材：
 ① 白光強手電筒 x1
 ② 支持架 x1
 ③ 黑色瓦楞板 x1
 ④ 豆漿 x 50 mL
 ⑤ 250 mL 量杯 x1
 ⑥ 滴管 x1
 ⑦ 壓力透明箱 x1

4. 實驗步驟：



1. 加自來水到第 = 條橫虛線

2. 漸次以滴管加入適量豆漿，再攪其攪拌均勻

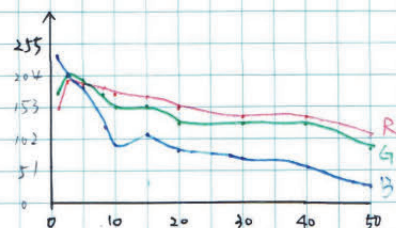
3. 以強白光照之，觀察顏色變化

2. 先加水再慢慢加豆漿比較可以掌握濃度和體積，不然若先把 50 mL 的豆漿倒入再漸漸稀釋，濃度可能會太多。

5. 結果：明顯的比氣體實驗更有成效，可觀察性較固體實驗顯著。

3. 一開始居然比較藍！但到最後 R、G 升高而 B ↓

(mL) 加入的豆漿	R	G	B
0.5	153	173	230
2.0	199	203	204
5.0	194	193	188
8.0	192	170	118
10.0	181	156	100
15.0	178	158	103
20.0	152	129	78
30.0	141	125	67
40.0	141	126	55
50.0	104	92	25



相當有趣，我一直以為一開始會是透明無色的（各色均勻）結果居然偏藍色！這是在其他周的實驗裡我們沒觀察到的。如果之後有機會，或許我們可以再從這方面下手設計實驗，整理出更齊全的資料！