

科學探究競賽



獲獎作品輯

遠哲文創科學探究

編故事，說故事！

中學生敘說親身參與或深被感動的科學探究故事，透過寫作、漫畫或短片來傳播，就是「遠哲文創科學探究」競賽活動。

活動不僅是寫作、漫畫、短片三類作品的分別競賽而已，更有教育意義的是基金會為有興趣參與的學生舉辦的研習工作坊。我們邀請非常傑出的科學家來演講精彩的科學探究故事；安排科普寫作工作坊、科學短片工作坊及科學漫畫工作坊，分別由該傳播領域的專業講師來輔導學生傳播原理與實作。這些講師都是國內一時之選，有得過金鐘獎的科普影片製片與導演，辦過漫畫個展的畫家、出版漫畫書與科普小說的作者。根據學員的問卷回饋，一致表達了深受啟發並倍覺幸福。

這是遠哲科學教育基金會提供給中學生，穿透科學與人文藝術的跨領域學習活動，非常感謝教育部對本活動的輔導與支持。

遠哲科學教育基金會

董事長 林福來

2021/11/07

第二屆遠哲文創科學探究競賽獲獎作品輯

辦理情形.....	1
-----------	---

評審委員簡介.....	2
-------------	---

科學寫作組

科學寫作組作品清單	9
-----------------	---

第一名(1 篇).....	11
---------------	----

第二名(2 篇).....	35
---------------	----

第三名(5 篇).....	55
---------------	----

佳 作(2 篇).....	93
---------------	----

科學漫畫組

科學寫作組作品清單.....	113
----------------	-----

第一名(1 篇).....	115
---------------	-----

第二名(2 篇).....	119
---------------	-----

第三名(5 篇).....	129
---------------	-----

佳 作(3 篇).....	159
---------------	-----

科學短片組

科學短片組作品清單.....	175
----------------	-----

第一名(1 篇).....	176
---------------	-----

第二名(2 篇).....	177
---------------	-----

第三名(5 篇).....	179
---------------	-----

佳 作(3 篇).....	184
---------------	-----

第二屆遠哲文創科學探究競賽辦理情形

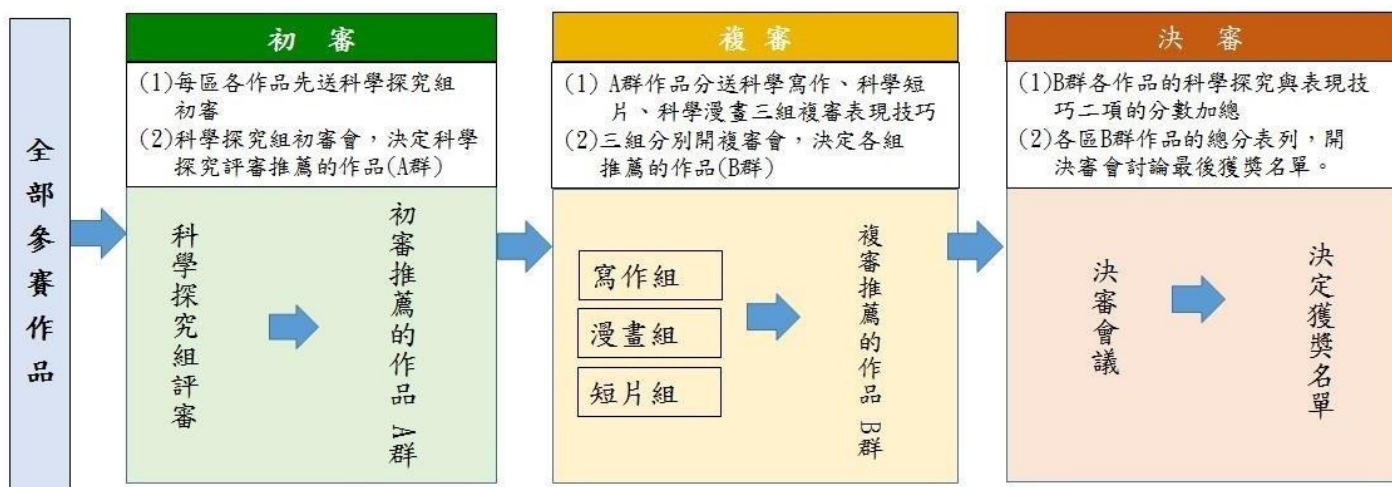
2021 年遠哲科學教育基金會辦理「第二屆遠哲文創科學探究競賽」活動，為培養學生會說自己團隊科學探究的故事，特在 2021 年 4 月，分別在北中南東四區辦理「科學探究故事創作工作坊」，各區共計 631 位學生參與。

各團隊在參加「科學探究故事創作工作坊」後，將各種科學探究活動中的科學探究歷程，選擇能對自然科學具備好奇心與想像力、發揮理性思維的亮點，用文字、影像、漫畫表達創作科學探究故事，參加「遠哲文創科學探究競賽」。競賽分科學探究故事寫作、科學探究故事短片、科學探究故事漫畫三類。

今年參賽作品有 112 件，其中科學寫作組參賽的有 35 件、科學短片組參賽的有 42 件、科學漫畫參賽的有 35 件。

本次競賽的評審方式分初審、複審、決審三階段，初審先進行科學探究的內涵審查，複審分別進行寫作、短片、漫畫表現技巧的審查，最後進行決審決定獲獎名單，評審方式與流程如下圖

遠哲文創科學探究競賽審查流程



經三階段的審查，最後評選出各組獲獎作品數如下：

科學寫作組：第一名 1 件、第 2 名 2 件、第 3 名 5 件、佳作 2 件。

科學短片組：第一名 1 件、第 2 名 2 件、第 3 名 5 件、佳作 3 件。

科學漫畫組：第一名 1 件、第 2 名 2 件、第 3 名 5 件、佳作 3 件。

茲將各獲獎的作品加上評語、評審委員簡介等資料編輯成「第二屆遠哲文創科學探究競賽獲獎作品輯」，以供大家參考。

110 年遠哲文創科學探究競賽活動委員

科學探究

1. 吳茂昆教授

現職：中央研究院物理所特聘研究員

殊榮：中央研究院院士、美國國家科學院海外院士

2. 陳永芳教授

現職：台大物理系講座教授

經歷：科技部高瞻計畫指導委員

3. 林煥祥教授

現職：中山大學博雅教育中心講座教授

經歷：高雄師大化學系教授

4. 陳竹亭教授

現職：台大化學系名譽教授

經歷：台大科學教育中心創始主任、科技部高瞻計畫指導委員

5. 林福來教授

現職：台灣師大數學系名譽教授

經歷：國科會科教處處長

科學寫作

1. 賴以威教授

現職：台師大電機系助理教授

經歷：科普作者，著作小說改編成 HBO 影集

2. 李宗祐老師

現職：自由撰稿人

經歷：中國時報科技記者，第一屆（2002 年）卓越新聞獎「報紙與通訊社類」
即時新聞採訪獎

3. 許經斐教授

現職：中原大學物理系教授

經歷：因「超級英雄的物理學」開放課程及相關科普活動榮獲中華民國物理
物理教育學會「物理教育教學獎」

4. 周成功教授

現職：陽明大學生命科學系暨基因體科學研究所兼任教授

經歷：長庚大學生物醫學系教授、科學月刊社社長、總編輯

5. 黃俊儒教授

現職：國立中正大學通識教育中心特聘教授

經歷：泛科學網站「科學新聞解剖室」專欄

科學漫畫

1. 劉宗銘老師

現職：專業繪本、漫畫、藝術工作者。

經歷：1970 年以「鐺的發現」獲教育部科學教育漫畫比賽第一名。

2015.1 任國科會「台灣科普傳播事業發展計劃」於成大、逢甲大學教授漫畫。

2. 徐碧娟(木笛)老師

現職：漫畫家/插畫家/教學

漫畫新作：文化部/我的酸菜可不可以加點糖&龍潭方物志

經歷：全國科普漫畫大賽顧問

3. 張放之老師

現職：職業漫畫家

經歷：台北市漫畫從業人員職業工會理事、博海文化事業有限公司負責人

4. 葉明軒老師

現職：職業漫畫家

經歷：漫畫專長, 連續獲文化部 2017、2018、2019 金漫獎首獎

5. 崔麗君老師

現職：職業漫畫家

經歷：插畫、繪本專長, 2020 年獲文化部金漫獎首獎。

影片製作

1. 關尚仁教授

經歷：政治大學廣播電視學系主任

世新大學廣播電視電影學系副教授

中華電視公司總經理

2. 李建成老師

現職：逢甲大學通識教育中心專任副教授

經歷：金穗獎得獎導演

3. 楊歸穎老師

現職：定禾數位有限公司總監

經歷：金鐘獎科普影片【100 個種子的秘密】製作人

4. 袁 瑗老師

現職：東臺傳播執行長兼製作人

經歷：投入科學傳播 14 年，其影片作品曾六項入圍三度獲電視金鐘獎及國際
獎等殊榮

5. 陳秀鳳教授

現職：世新大學新聞系助理教授，

經歷：電視新聞工作三十年。

獲獎作品

科學寫作組

寫作組-獲獎作品

名次	作品名稱	作者學校	頁數
第一名	WATT ON EARTH	台北市立第一女子高級中學	11
第二名	「衝」昏頭「腦」	高雄市立高雄女子高級中學	35
第二名	八碘檔之澱到你酸	私立興國高中	47
第三名	關於打彈珠的二三事	屏東縣立中正國民中學	55
第三名	被遺棄糧食的第二生	國立臺南第一高級中學	61
第三名	起司綺思	私立延平高級中學	69
第三名	棉棉不絕，胖胖奈何	高雄市立正興國民中學	77
第三名	從振盪單擺看見混沌理論	私立復旦高級中學	89
佳作	從牛頓開始的物理探究	桃園市立武陵高級中等學校	93
佳作	Wow!AirDensity	台南市立南寧高級中學	101

第一名

WATT ON EARTH

作者：王均鈴、黃亞媛、葉欣綠、劉又甄、游星閱

學校：台北市立第一女子高級中學

指導老師：鄭凱鐘

評語：

從平時解題的過程中，反思出新的問題，進而和好友一起去探索可能的解答。一路下來，不斷碰到新的挑戰，不斷開創新的探索方向。最後結合數學和物理的思維，找到一個合理的答案。

這份報告透過清晰的文字，把從問題產生到形成結論中間邏輯推理的過程，完整地呈現出來。提供了高中同學如何透過團隊合作與自我學習去進行探究活動一個非常好的範例。建議在示意圖與專有名詞的部份可以再加強解釋，更增加文章的可讀性。

王均鈴 游星閱 黃亞媛 葉欣綠 劉又甄 經典之作
鄭凱鐘老師 指導

WATT ON EARTH



what on earth ?



角色介紹

探究主角：

扯鈴：

本名均鈴，可謂上知天文下知地理，從星星和月亮到地球物理都難不倒她。喜歡討論數學問題，在冷靜沉著的外表下，也常有鬼靈精的點子，因而得到扯鈴的綽號。

鋰鋅綠：

本名欣綠，是位對科學抱有極大熱忱的少女，對物理和數學都十分有興趣，時常提出新奇的點子和有趣的發現，是帶給小組滿滿靈感的好點子燈泡 :D

新月：

本名星閱，對數學一向情有獨鍾，尤其排組更是其摯愛。有著嚴謹數學腦的新月不僅是位邏輯大師，更是位幽默大師，常常在討論中冷不防冒出令人噗哧一笑的梗圖。

圓圓：

本名亞媛，喜愛世界上所有圓圓的東西，包含各式幾何圖形、化學結構式和燈泡。閒暇時喜歡鑽研數學，而繪圖軟體 GeoGebra 更是其研究好夥伴。

左真：本名又甄，其實內心住著小小數電右真和小小物電左真。而在本文中以小小物電左真的形式出現，充分利用強大物理電場讓所有燈泡折服！

火登特派員：



火登一包



火登二包



火登三包

數學狂熱者，每當進入數學思考模式時便能看見它火熱的鎢絲燒得通紅。然而因永遠搞不懂物理複雜的公式而討厭物理，故經常和二包起口角。

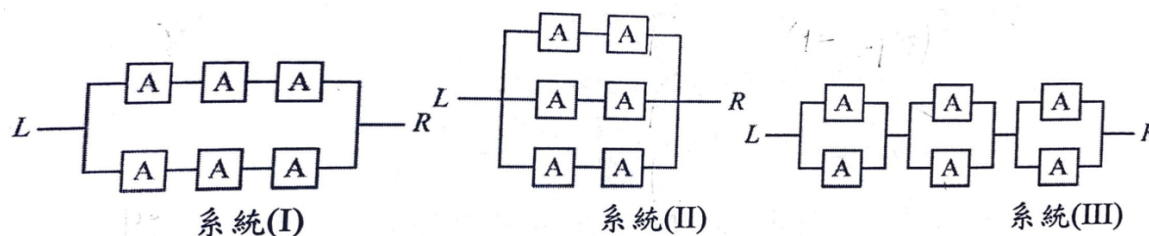
熱愛物理的燈泡一枚，對自己身為學校物理課程的必備角色而引以為傲。但因長期罹患數學恐懼症，每每和一包對於數學和物理哪個比較好而爭論不休。

個性溫和，愛好科學。時常扮演三兄弟間的協調者。每當兩火登起口角時，總是苦言相勸：「俗話說，一加二大於三，你們若能團結合作，一定能發揮更大的效用，照亮世界上更多的人！」

序章・一切的開端

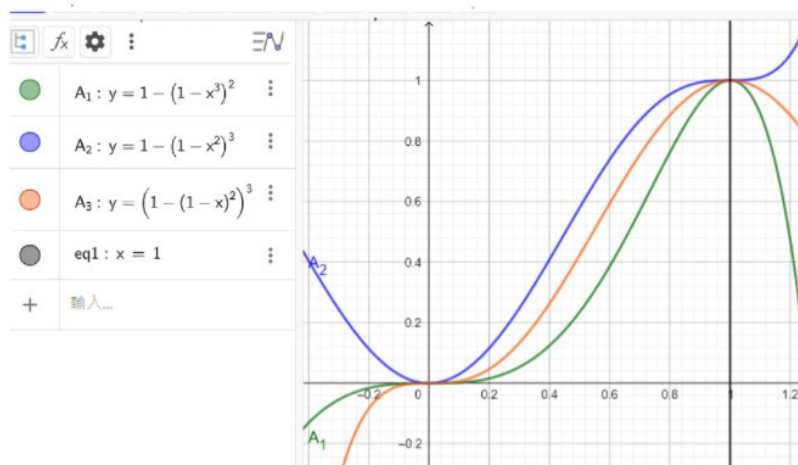
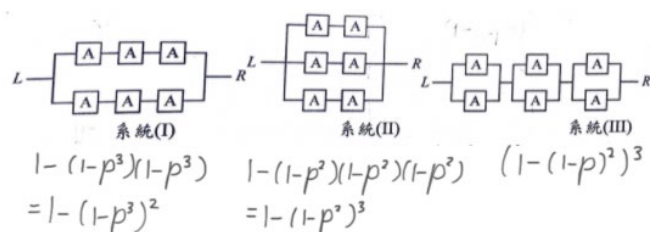
很久很久以前，在確切時間已經不可考的某一天，對數學有著無限熱忱的新月正在寫機率單元的數學題目。在眾多的題目當中，其中一道特別吸引她的目光：

「下圖有三種以不同方式串、並聯的開關。假設每個開關通電的機率皆為 p 且互相獨立，試問在 $p=0.8$ 時，哪一種系統結構會使得電路可以正常運作（即可以通電）的機率最大？」



題目不算難，所以新月解出來了。但是，新月忽然想到，在 $p=0.8$ 時通電機率最大的開關，在 p 為其他值的時候通電機率也會最大嗎？

於是新月利用 Geogebra 畫出了三個電路圖通電機率的函數圖形。令她訝異的是，只要 $0 \leq p \leq 1$ ，三個電路圖通電機率的函數圖形都不會有任何交點！



當時新月只是覺得十分有趣，萬萬沒有想到很久以後，這道題目會變成五個志同道合的夥伴共同努力研究的主題...

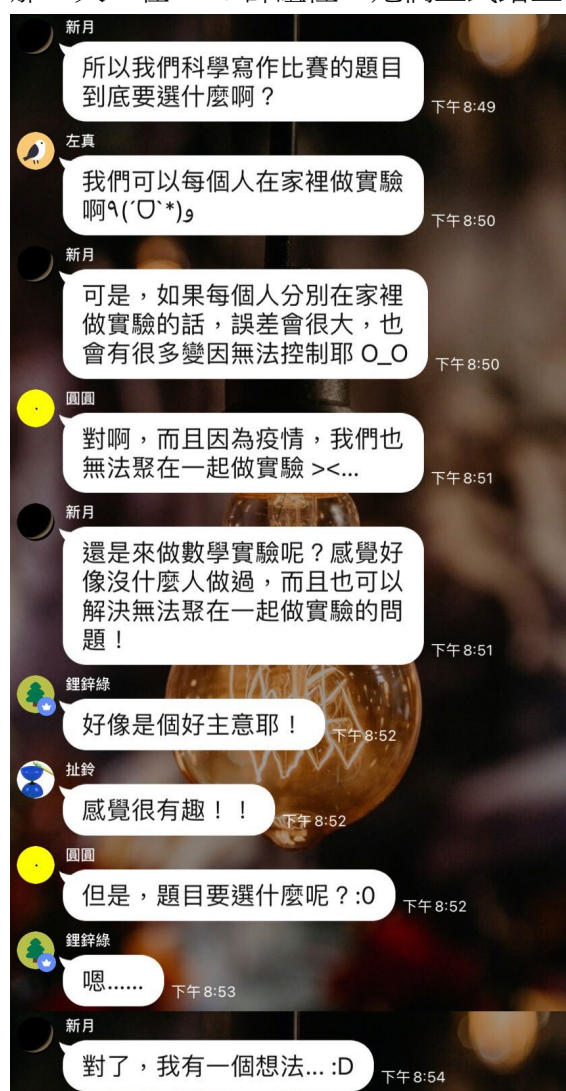
第一章・啟程

這是一個關於 5 個熱愛科學、志同道合的朋友們的故事，她們分別是扯鈴、新月、圓圓、鋰鋅綠和左真。在偶然的機緣下一起組隊參加一個科學寫作比賽。

這是一個關於科學的故事。從一道簡單的機率題目以及由其而生的發想，延伸出一個奇幻世界，在這個世界中，一切都那麼簡單又那麼複雜，讓人摸不著頭腦，又在豁然開朗後讚嘆科學的美妙。

這是一個值得回味的故事，在其中有歡笑也有悲傷，有失敗也有成功。在無數次的跌倒後，她們學會站起來，拍拍身上的沙土，然後繼續前進；在難得可貴的成功後，她們也學會品嚐成功甜美的滋味，再以此為動力繼續前進。

那一天，在 Line 群組裡，她們正式踏上冒險的旅程...



第二章・終極目標是什麼？

放下手機，扯鈴開始回想剛剛討論的內容。她們方才決定的探究題目是...

Q: 有許多開關, 每一個開關通電的機率都是 p ,
($0 < p < 1$) → 為何不加等號??

同樣以 n 個開關, 但不同串・並聯方式組合起來的
系統結構, 能夠通電的機率會是多少?
不同系統結構的組成方式, 跟通電的機率
大小間有什麼規律?

是也可以啦><

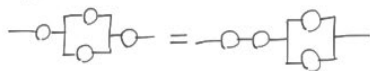
只是沒什麼討論的必要(?)

畢竟 $p=0$ 時一定不通

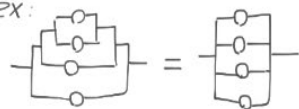
$p=1$ 時必全通

※有些連接方式會算成同一種!!!

ex:



ex:



感覺是一個十分困難的題目呢。但是，她猜某兩位數學狂熱者現在大概已經在熱烈的討論當中了...

新月

我想到了！有 n 個燈泡時，燈泡系統結構總組合數的算法！

已讀1
上午10:02

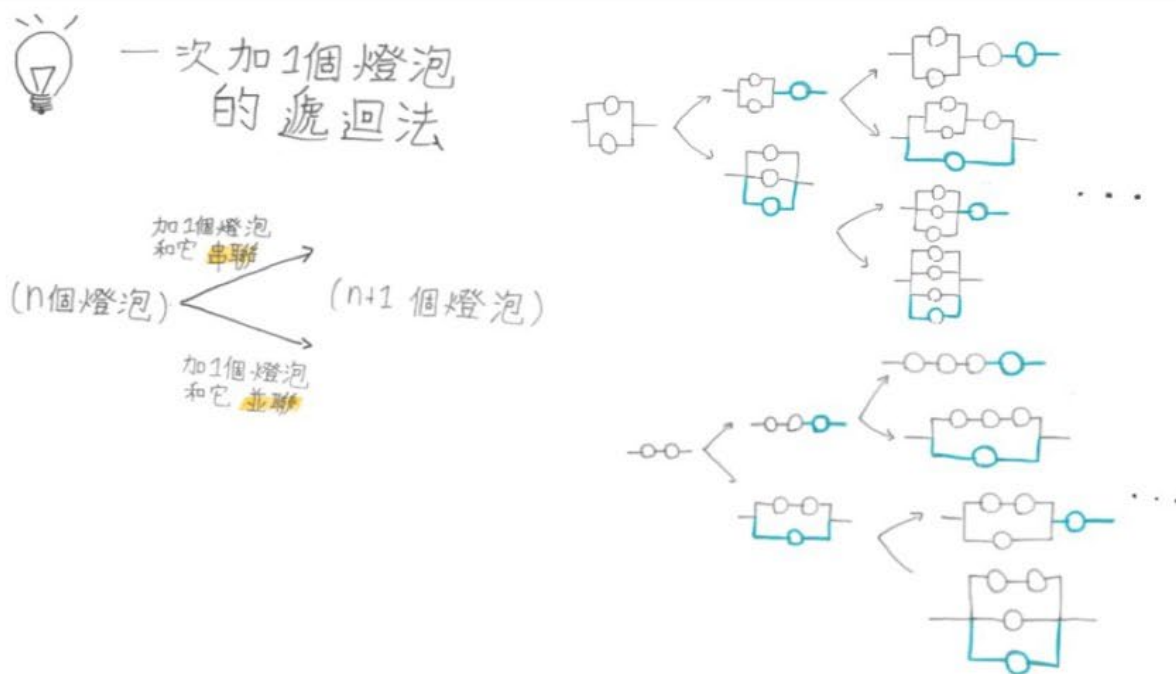
是「開關」不是「燈泡」啦... ><

新月

隨便啦 QAQ

已讀1
上午10:02

總之，你想到的算法是什麼？:O



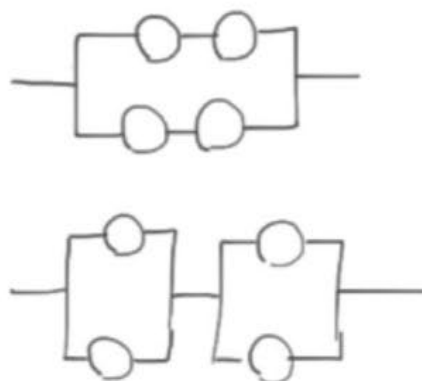
已讀1
上午10:03

感覺很合理耶！

已讀1
上午10:03

等等，但是如果是這種圖的話，就沒辦法被數到了耶 ><..

無法被包在遞迴裡的例外：(





新月

對耶，果然沒辦法被數到...QQ

上午10:03

那麼，如果把這種例外也考慮在遞迴裡面呢?:D

上午10:03



把前述例外也考慮進去的

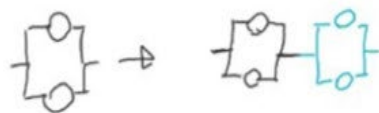
遞迴法!

(n-1)個燈泡 → 並聯 or 串聯 1個

n個燈泡

(n-2)個燈泡

並聯  or
串聯 



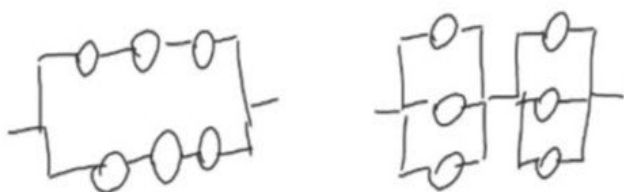
這個串聯  的話會被每次加1個的遞迴數到...

但並聯  不會!

下午12:57

這樣還是會有一些情況沒有數到.....'(

還是沒辦法被算到的
例外們:
(僅列舉一小部分)



受到挫折的新月跟圓圓，決定嘗試找出其他數燈泡組合數的方式。因為若能找到可以與燈泡組合數一一對應，且比較容易整理的系統結構表示法，就更有機會算出燈泡的組合數了！然而即使新月與圓圓屢出奇招、多次轉換思考角度，仍舊無法找到理想中的表示法。

☺ 清楚明瞭！

畫圖法：直接以畫圖的方式表示 ☹ 占空間·溝通不易...

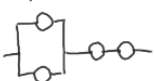
· AB()表示法

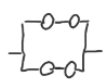
A → 串聯

B → 並聯

() → 先後順序

BAA (並 → 串 → 串)

例如：



(A)B(A)
(兩兩串後再並)

☹ 如何判斷並排除所有重覆的算法??

☺ 較簡化·省空間！

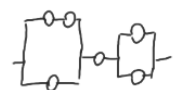
例如：



← ABB

↗ (A)B(B)

↖ (B)B(A)

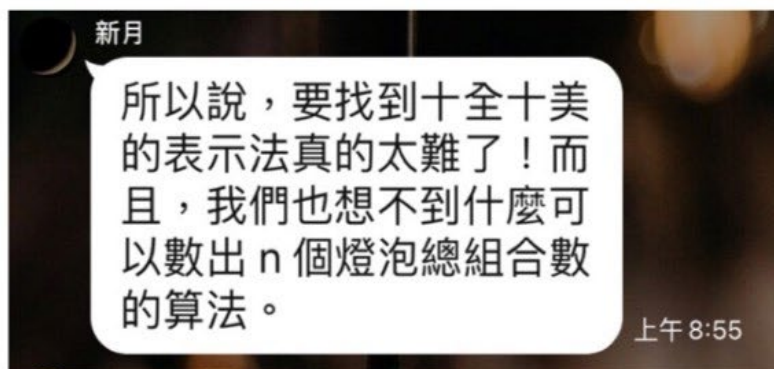


(ABA)A(B)
(BA)A(AB)

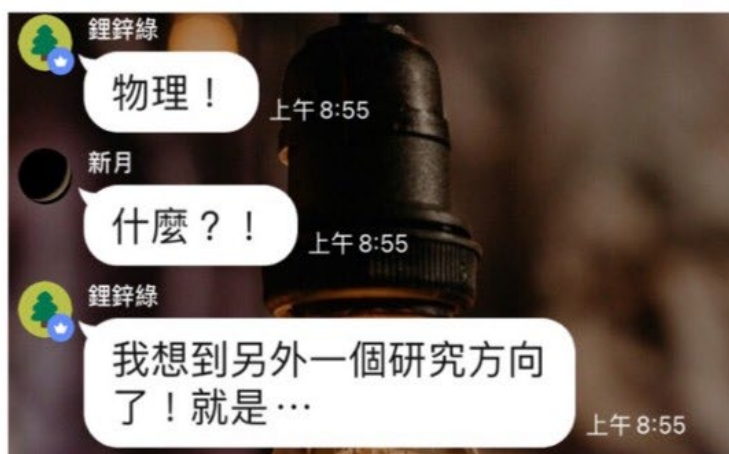
☹ 不易懂...

(AB)A(AAB)

☹ ?!

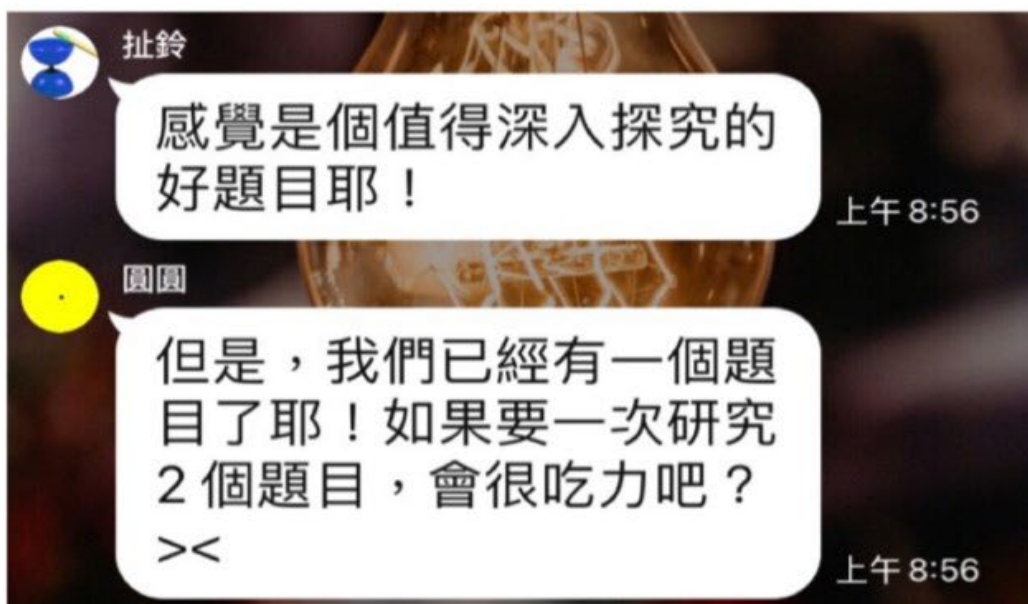


在 Line 群組裡，大家再次陷入沉默。難道這個研究註定只能做出「沒有結果」這個結果嗎？
這個時候，鏗鏘綠的心中的點子燈泡忽然亮起。或許，這個研究不一定只能侷限在數學的領域，也可以有點...

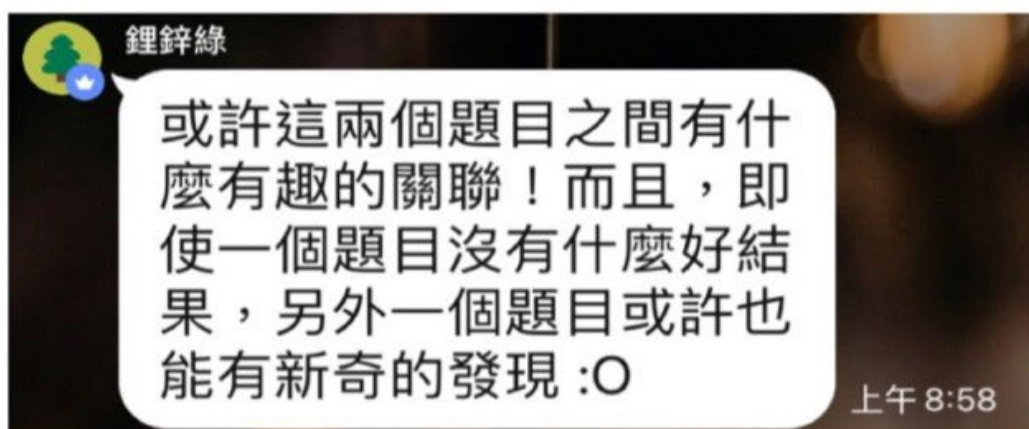


✧ 最終目標 ✧

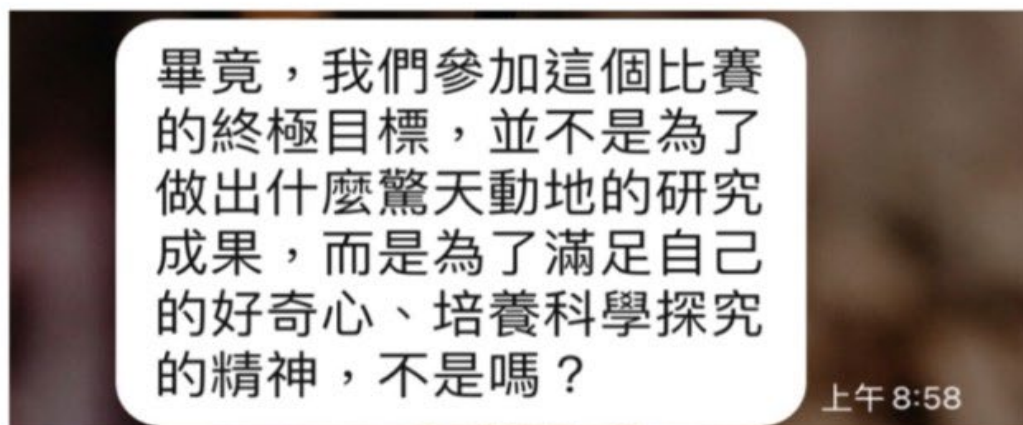
讓燈泡的發光效率最佳化



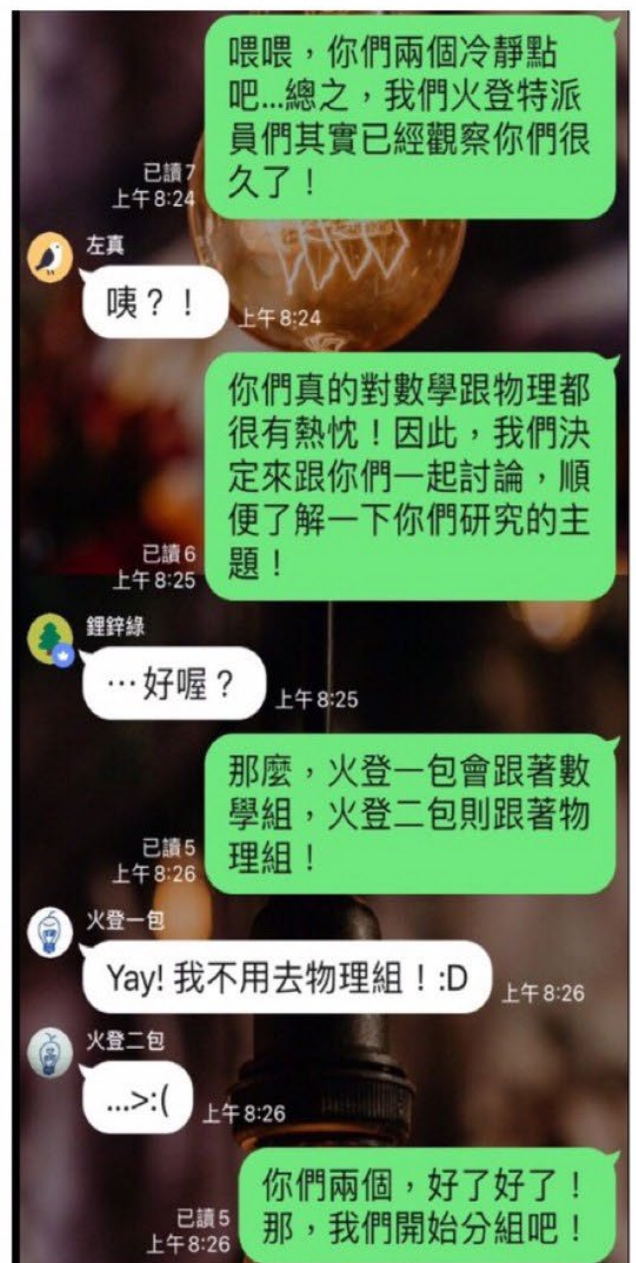
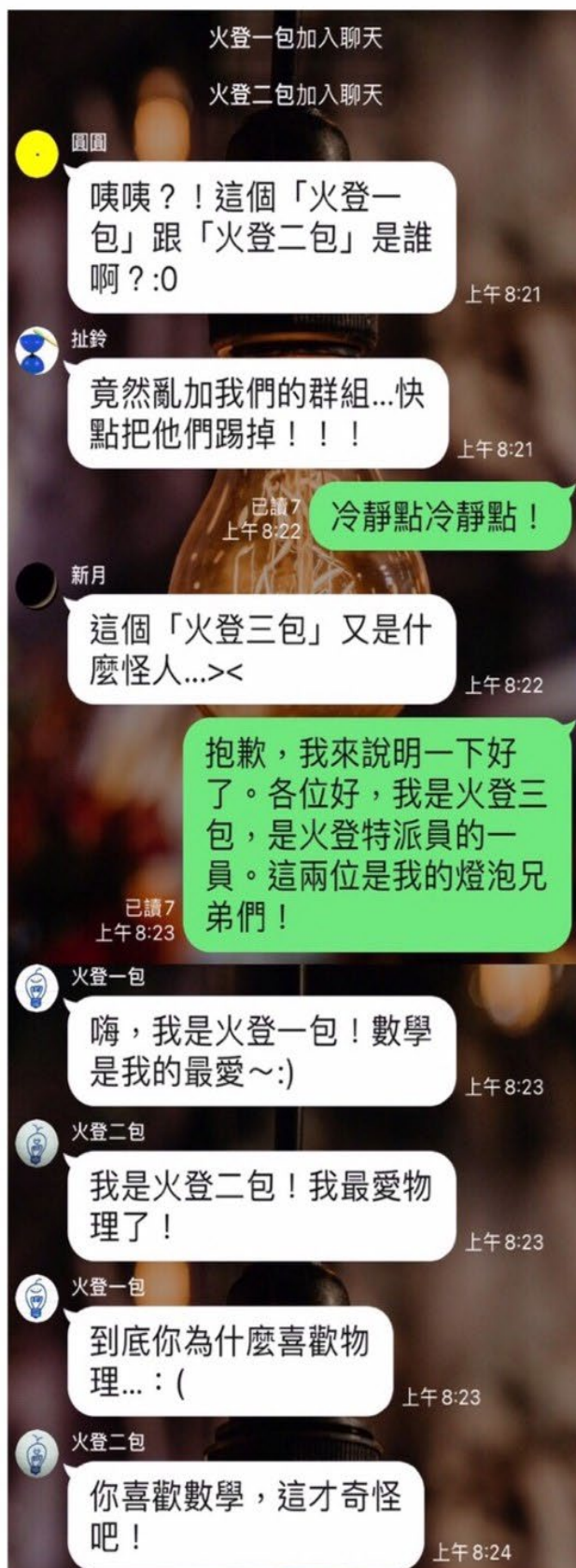
圓圓的一句話點出了所有人內心的不安。



大家彷彿看到鋰鋅綠心中的燈泡正發出耀眼的光芒。



聽到這番話，大家的臉上都露出了笑容。最後大家的決議，也就可想而知了。



於是，決定從數學、物理對這個題目進行雙面夾攻的夥伴們和天外飛來的特派員們分成了 2 組。數學組的成員有新月跟圓圓，物理組則有扯鈴、鋰鋅綠與左真。終於釐清了「終極目標」的五人，重振旗鼓出發了。

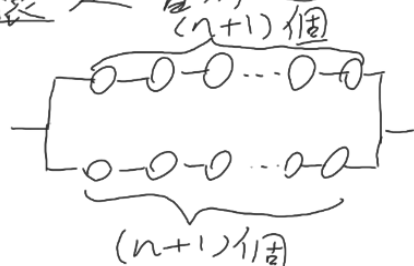
第三章・數學組的危機與轉機

決定繼續與所愛的數學相處的數學組出發了！新月仍然堅持只要能夠找到一個好的遞迴，所有的問題都會迎刃而解，於是繼續思考遞迴法，沒想到最後沒有迎來好的結果，只有悲劇...

遞迴法的悲劇...

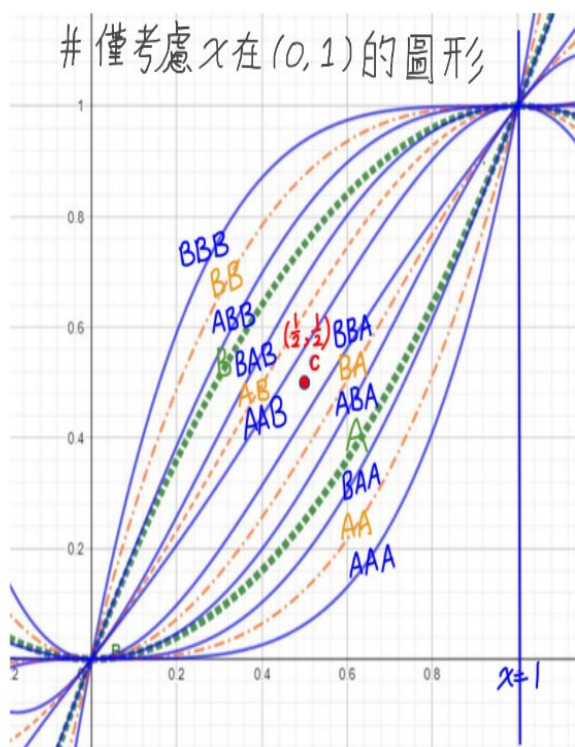
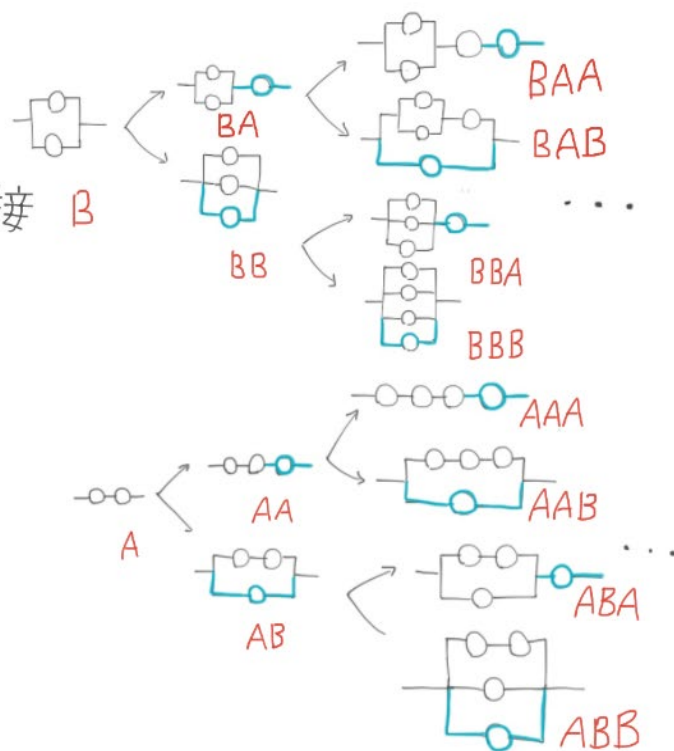
即使把所有包含 n 個燈泡
的例外情形都列入考量...

還是會有包含不到的部分！



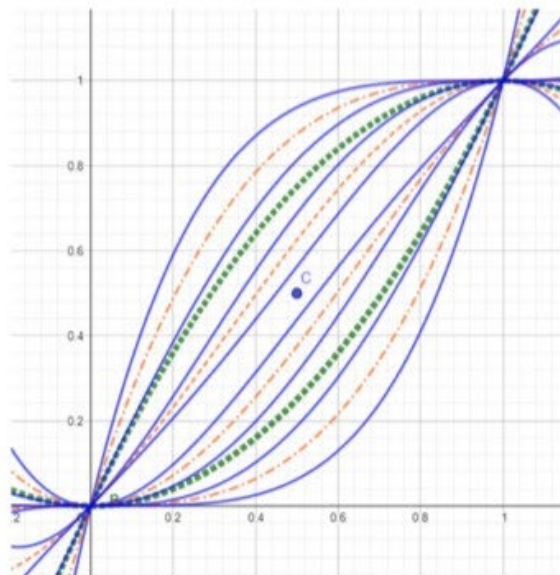
新月正深陷挫折的泥淖中，圓圓忽然提出了一個新的看法：「或許重點不是 n 個燈泡的組合數有幾種，而是如果有兩種不同的組合方式，要如何比較其通電機率的大小。」於是，為了尋找這種方法，圓圓決定先利用 GGB 把有 n 顆燈泡時，所有不同連接方式的通電機率函數圖畫出來。 $(1 \leq n \leq 4)$

採用 AB 編號法
將遞迴內的連接
方式分類。



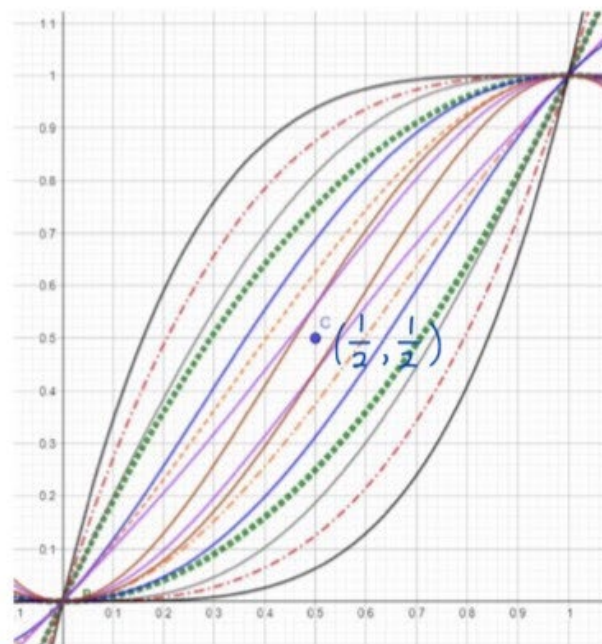
① 任意兩個函數圖形在 $(0, 1)$ 區間內不會相交

⇒ 屬於此遞迴法的燈泡組合方式, 其通電機率必定其中一個恆大於另一個!



② 編號互補的機率函數圖在 $(0, 1)$ 區間內, 恰兩兩對 $(\frac{1}{2}, \frac{1}{2})$ 點對稱!

順帶一提, $n=4$ 的兩種例外情形也對 $(\frac{1}{2}, \frac{1}{2})$ 點對稱!

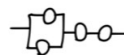


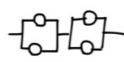
雖然發現了一些有趣的東西，但還是沒有達成最重要的目標的數學組，決定拿這個問題去請教數學老師鐘哥。身為專業數學老師的鐘哥，稍加研究這個問題之後，就給了數學組一個想法：

「加乘表示法」

可以使用 1 代表燈泡，「+」代表並聯，「x」代表串聯
將圖形表為一串式子。

ex:

 可表為 $(1+1) \times 1 \times 1$

 可表為 $(1+1) \times (1+1)$

數學組一致認為這個方法十分絕妙：

😊 沒有畫圖法占空間、表述不易的問題

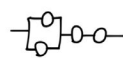
😊 比 AB 括號法易懂

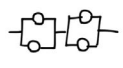
😞 沒有跟燈泡組合數一一對應
(一種圖可能有多種表示法)

這時，新月忽然靈光一閃：

如果使用加乘表示法，那麼
每一種燈泡組合方式都至少
對應到一個式子。

⇒或許式子算出來的值和
通電機率間是有關連的 $> < ?!$

 可表為 $(1+1) \times 1 \times 1 = 2$

 可表為 $(1+1) \times (1+1) = 4$

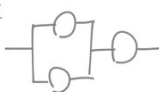
圓圓決定深入探究這個想法，經過不懈的努力後，果然得到了成果！

※ 首先，假設 X, Y 為兩種 n 個燈泡的組合方式
 $P(X)$ 代表 X 通電的機率函數， $P(Y)$ 則為 Y 通電的機率函數，且 X, Y 皆屬於每次加 1 個燈泡能數到的遞迴中。

接下來假設兩個函數：

① 設燈泡為 2，“ $\times$ ”為並聯，“ $+$ ”為串聯時，
所得之值為 $f(x)$

② 設燈泡為 1，“ $+$ ”為並聯，“ $\times$ ”為串聯時，
所得之值為 $g(x)$

ex: 
$$\begin{cases} f(x) = 2 \times 2 + 2 = 6 \\ g(x) = (1+1) \times 1 = 2 \end{cases}$$



☆ 接著列舉 $n \leq 4$ 時所有連接情況的函數值
並進行歸納, 可以發現 其中貌似隱藏著某種
規律!

窮舉 & 大小比較:

$$B : 1+1=2 \quad 2*2=4 \downarrow$$

$$A : 1*1=\underline{1} \quad 2+2=4 \leftarrow$$

$$B > A \leftarrow$$

$$BB : 1+1+1=3 \quad 2*2*2=8 \downarrow$$

$$AA : 1*1*1=1 \quad 2+2+2=6 \downarrow$$

$$AB : 1*1+1=2 \quad (2+2)*2=8 \downarrow$$

$$BA : (1+\underline{1})*1=2 \quad 2*2+2=6 \leftarrow$$

$$BB > AB > BA > AA \leftarrow$$

$$BBB : 1+1+1+1=4 \quad 2*2*2*2=16 \downarrow$$

$$AAA : 1*1*1*1=1 \quad 2+2+2+2=8 \downarrow$$

$$ABB : (1*1+1)+1=3 \quad ((2+2)*2)*2=16 \downarrow$$

$$BAA : (1+1+1)*1=3 \quad 2*2+2+2=8 \downarrow$$

$$BAB : (1+1)*1+1=3 \quad (2*2+2)*2=12 \downarrow$$

$$ABA : (1*1+1)*1=2 \quad (2+2)*2+2=10 \downarrow$$

$$BBA : (1+1+1)*1=3 \quad 2*2*2+2=10 \downarrow$$

$$AAB : 1*1*1+1=2 \quad (2+2+\underline{2})*2=12 \leftarrow$$

$$BBB > ABB > BAB > AAB > BBA > ABA > BAA > AAA \leftarrow$$

歸納出的神祕結果:

- if $f(x) > f(y) \Rightarrow P(x) > P(y)$
- if $f(x) < f(y) \Rightarrow P(x) < P(y)$
- if $f(x) = f(y)$, 則進一步比較 $g(x)$ 和 $g(y)$
 - if $g(x) > g(y) \Rightarrow P(x) > P(y)$
 - if $g(x) < g(y) \Rightarrow P(x) < P(y)$

#順帶一提, 這種方法對 $n=4$ 的例外情形
也十分符合!

😊 似乎是個可行的判斷方式!

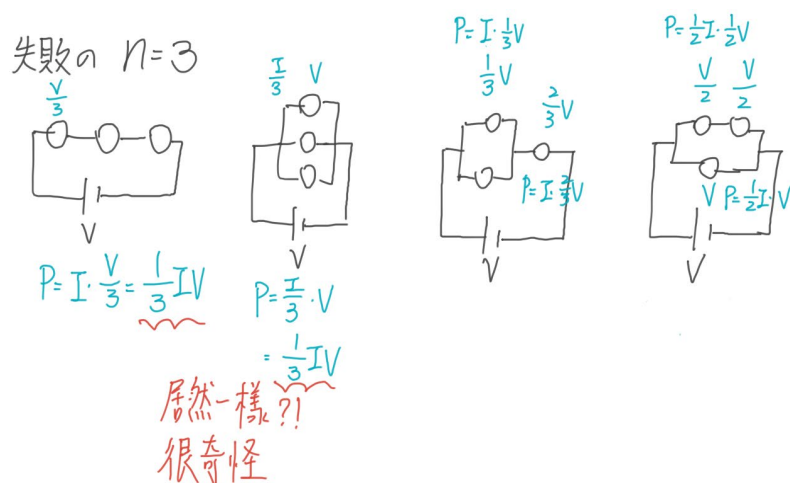
😞 此方法 僅能比較 燈泡數相同 的情況

😞 例外情形 和 非例外情形 無法相比

第四章・此時此刻，物理組

在一陣激烈的討論後，物理組也開始了他們的旅程。他們用一些前提假設讓實驗更完整，固定燈泡數、使用相同燈泡。左真提議說能用燈泡得到的伏特數來看燈泡發光的程度，因為功率 $P = \frac{V^2}{R}$ ，然後每顆燈泡的電阻相同，就能知道發光程度的大小。此時

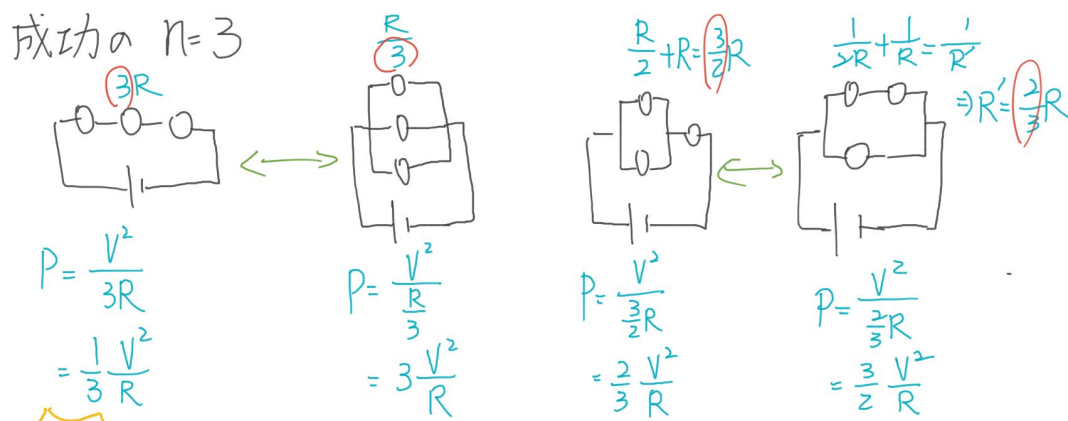
鋰鋅綠疑惑地說：「可是如果用 $P = I \times V$ 算的答案會不一樣！」左真百思不得其解，全部串聯和全部並聯的燈泡功率怎麼會一樣呢？



這樣根本無法繼續做下去啊！徬徨無助的她們苦惱了一番後，想到了菌哥的存在，於是孤注一擲把所有目前遇到困難都告訴他。身為專業物理老師的菌哥，如旅程中的明燈，點亮一切希望。不久，菌哥不負眾望的點出了一大錯誤：「功率並不一樣，不同串並聯方法擁有不同的總電阻，進而產生不同的電流」，解開了所有疑惑。於是乎，感謝菌哥之際，他們重新振作了起來。固定總電壓，計算每種燈泡連接方法的電阻，

又因 $P = \frac{V^2}{R}$ ，電阻與功率成反比，便開始探討電阻的變化，嘗試從中發現酷炫規律。

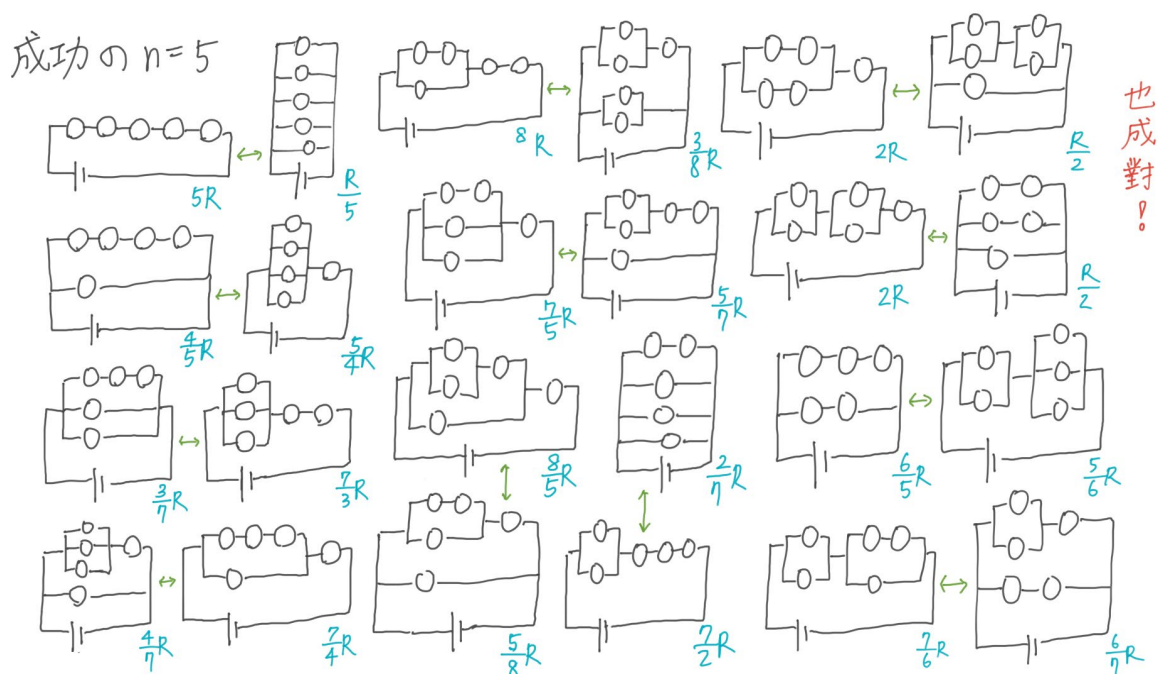
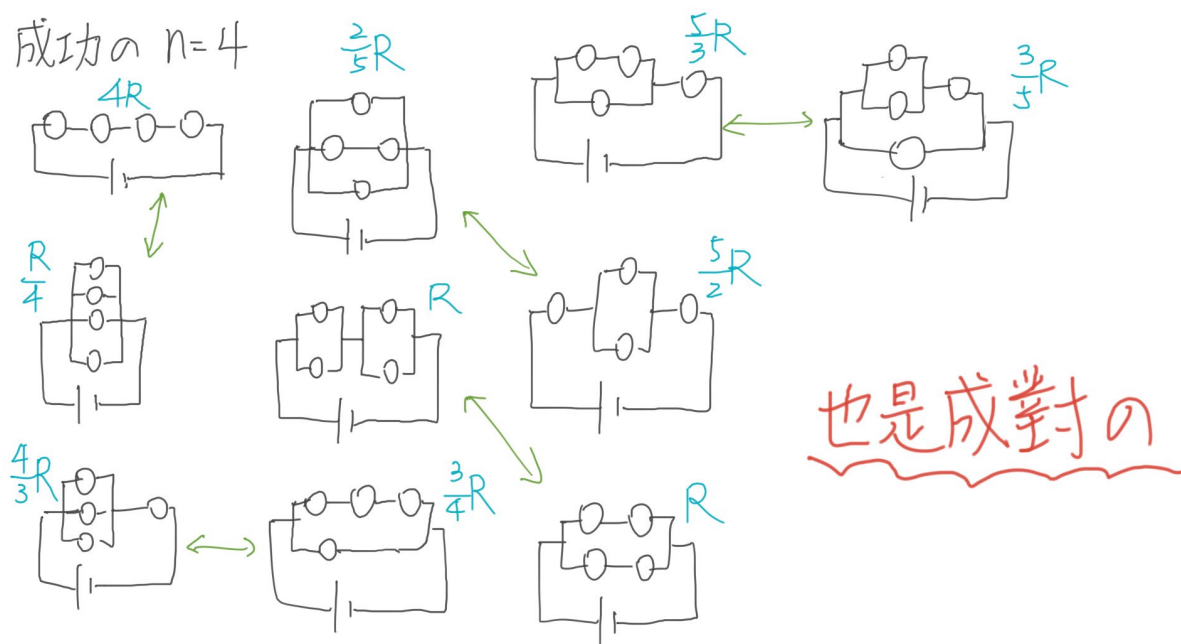
經過菌哥的醍醐灌頂後，重新算了一遍。



不到 30 秒鋰鋅綠就有了大發現：

發現電阻好像有倒數的成對 $\Rightarrow$ 看 $n=4$ 是否有此現象

於是繼續畫四和五顆燈泡來驗證。

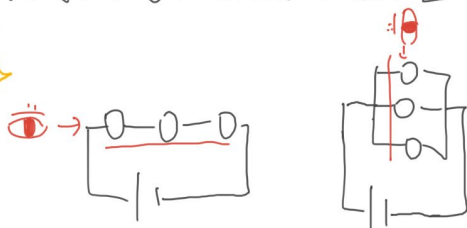


都是對的！

過了不久左真又有了新發現：

如何找到互為倒數係數電阻的連接方式？

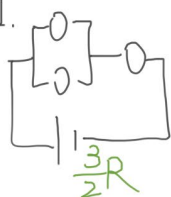
特徵



① 視角改變其實是相同的連接方式

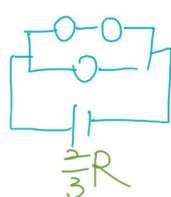
② 串→並 / 並→串

EX1.

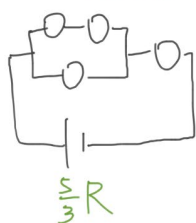


先2並
再1串

⇒ 先2串
再1並

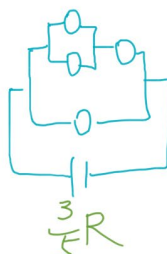


EX2: 複雜的也對



先2串, 1並
再1串

⇒ 先2並, 1串
再1並

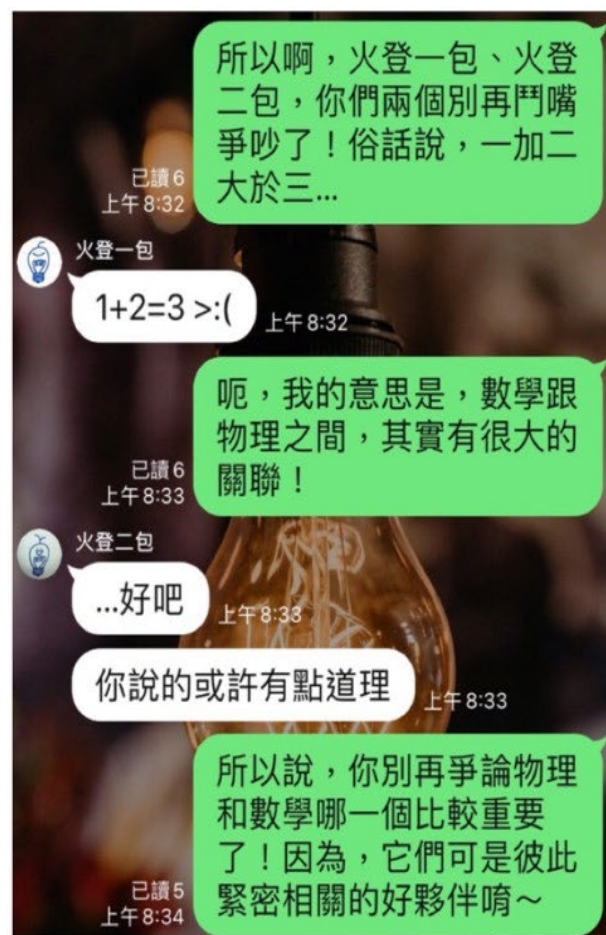
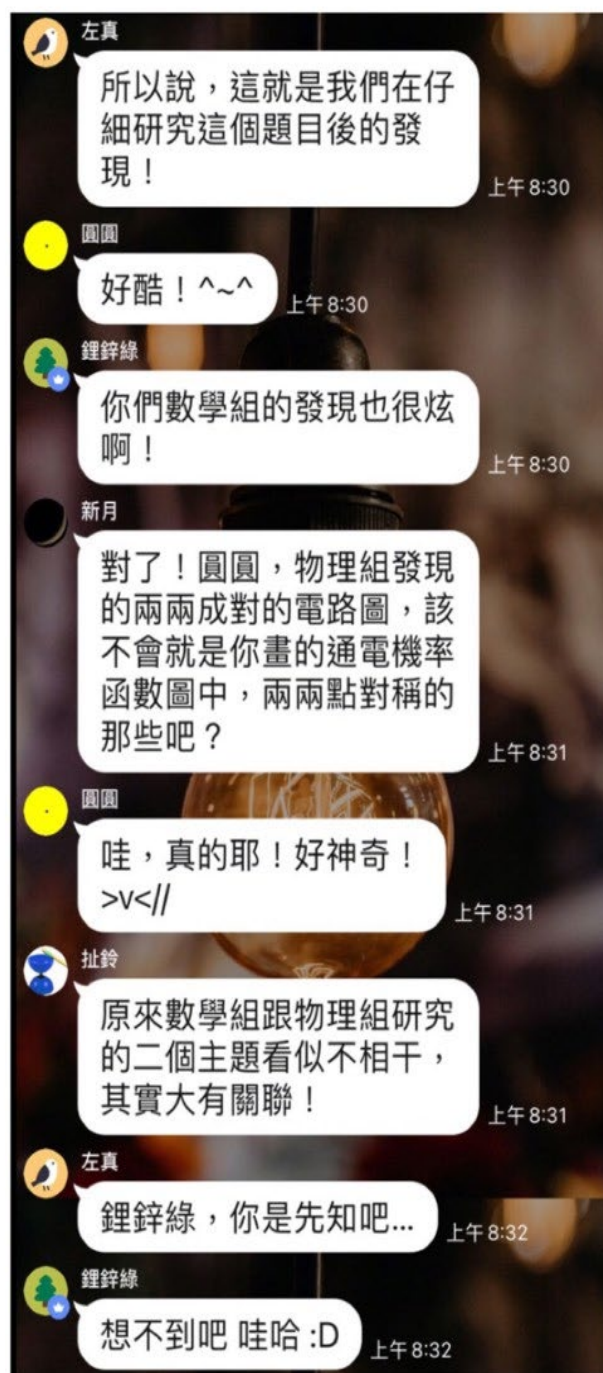


$$\begin{bmatrix} \cos 90^\circ & -\sin 90^\circ \\ \sin 90^\circ & \cos 90^\circ \end{bmatrix}$$

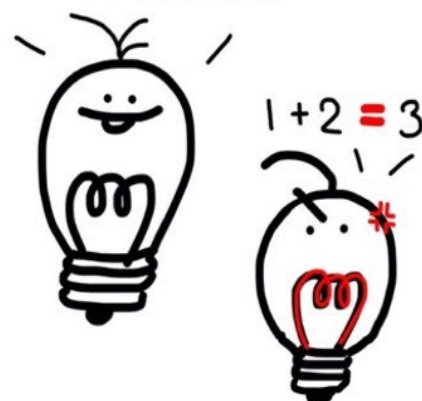
↙ ↘



第五章・當數學遇上物理



俗話說，
一加二大於三



終章・真正的結束...嗎？

在大家的熱烈討論中，故事邁向了尾聲。

神祕的火登特派員們在大家的討論完結後，就消失無蹤了。但是，大家都記得火登三包的最後一句話：數學跟物理是緊密相關的好夥伴。在未來學習的路上，這句話大概也會再被印證好幾次。

而日後，想必大家會經常回想起這個故事，這如夢似幻卻十分真實的故事——

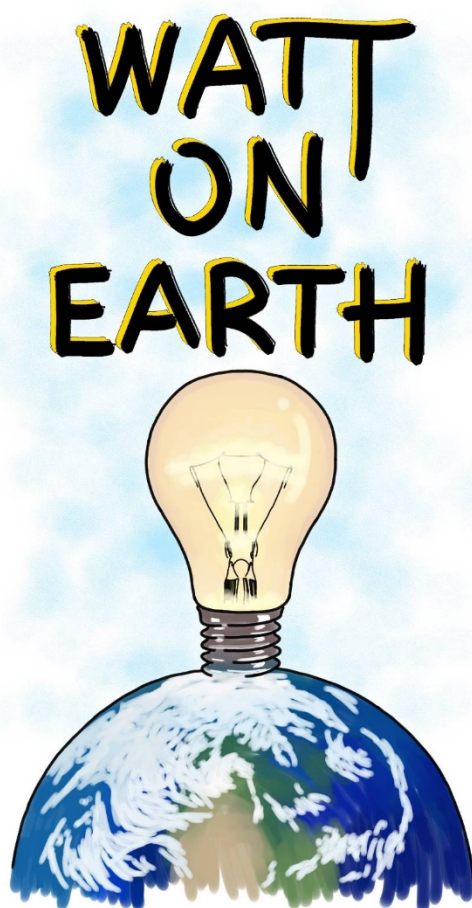
這是一個關於 5 個熱愛科學、志同道合的朋友們的故事。她們在一起參加一個科學寫作比賽後，除了增強了團隊合作的能力外，也對科學探究產生更多的興趣。

這是一個關於科學的故事。從一道簡單的機率題目與由其而生的發想，延伸出一個奇幻世界，使她們窺見科學的美妙。

這是一個值得回味的故事，其中有歡笑也有悲傷，有失敗也有成功。但無論如何，都不會影響到她們的好奇心與求知慾，以及對科學的熱忱。

這場旅程，看似結束了，其實永遠不會結束。

(全文終)



第二名

「衝」昏頭「腦」

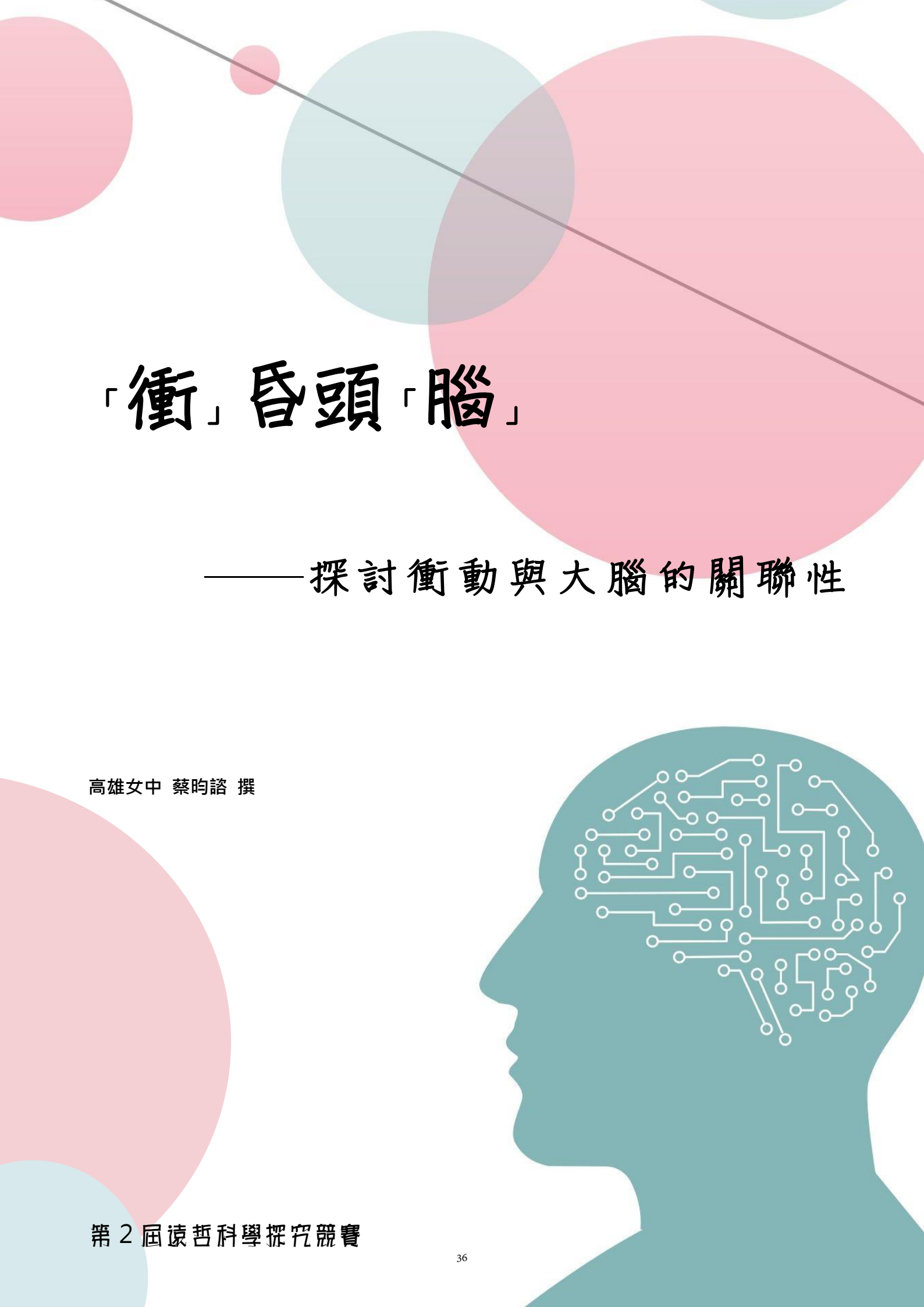
作者：蔡昀諮

學校：高雄市立高雄女子高級中學

指導老師：蔡智勇

評語：

本文描述作者如何對於衝動的心理狀態產生興趣，問題意識清楚。透過各種文獻收集與學習，過程中包括透過摸索逐漸的克服實驗的難題，體現了科學探究的精神。然部分圖片解析度不佳，可能影響讀者閱讀理解。



「衝」昏頭「腦」

——探討衝動與大腦的關聯性

高雄女中 蔡昀諮 撰

第2屆遠哲科學探究競賽

百思不得其解

電視上總能看見「按一聲喇叭，就被狂追砸車，持刀棍恐嚇」；「明知吸毒有罪，忍不住還是去嘗試」；「跟父母要不到錢，就拿刀弑父殺母」等社會重大新聞。這些新聞對於我來說，都是不可思議的事情，到底為何這些人如此的衝動，無法自我控制呢？

我將心中的疑惑詢問輔導老師。老師說：「人的衝動與自我控制行為主要跟每個人的整體人格特徵有關，而整體人格特徵與大腦的生理功能有關。」我進一步再詢問跟大腦的哪一個功能有關？老師對於細節並不瞭解，但介紹了相關學術網站供我搜尋。

我在 Google 學術、博碩士論文等網站搜尋相關研究都指出衝動跟大腦有關，而負責控制衝動的是大腦前額葉。大腦前額葉皮質主要掌管理性、思考、情緒、欲望等，因此衝動與腦部前額葉（prefrontal lobe）血清素不足有關。由於前額葉是大腦發展最慢的部分，因此青少年較成年人血氣方剛；但有一定的年紀後，前額葉萎縮也會讓自我控制能力降低，這也間接說明長者愈老愈頑固的原因。

一「頭」霧水

看完這些文章，問號不減反增，什麼是大腦前額葉皮質？又如何得知大腦前額葉控制衝動的方式？我心想，總不可能讓衝動的人當下去做大腦檢測？難道是請受試者去醫院檢測大腦時，故意激怒受試者？萬一受試者惱羞成怒，會不會實驗還沒做，醫生就被打了？種種的疑問都讓我想要繼續探究下去。

高人相助

我試著透過研究報告作者的 E-mail 聯絡大學教授，幸運地很快獲得教授回應，並透過 Google Meet 傳授大腦基本結構與功能、量測大腦反應設備及衡量衝動工具，也建議我閱讀幾篇關鍵性與系統性的文章。

在我閱讀報告內容中，發現最常使用延宕折扣（delay discounting）測量個體決策衝動性的認知。問卷主要透過兩個選項：一個是金額小但立即獲得，另一個是延宕數週至數年後獲得較大酬賞。若選擇立即（或延宕時間短）獲得報酬的人，就代表較衝動。

找到衡量衝動的方法後，我又聯想到教授的實驗室有簡易腦電波偵測設備，於是我大膽跟教授提出請求，希望能夠借這項設備來做實驗，沒想到教授欣然答應，並給了我設備操作手冊、資料分析手冊，甚至熱心對我說：「你可以先嘗試寫出進行實驗設計，再跟我討論。」

| 精心籌畫

首先，規劃實驗所需的人事時地物，天真的我以為實驗就是找人填寫問卷並量測大腦罷了，沒想到當我拿給教授時，才知道並非如此。實驗的每處細節都需要考量精準度，例如：受試者不能是飢餓或睡眠不足狀態；實驗場地不能有「會影響腦電波訊號強度」相關電子產品等等。

在教授的指導下，一次次地修正後，終於擬出一份完整的實驗所需軟硬體（圖 1）及實驗流程（圖 2），並根據這份清單著手準備實驗所需場地（圖 3a）、腦電波帽（圖 3b）、腦波分析軟體（圖 3c）等；在使用 google 表單設計延宕折扣問卷時，依照 5 個延宕時間個別設計 5 張頁面（圖 4），並透過將立即報酬金額「隨機排列」來避免受試者未經思考便填答。

實驗設計單

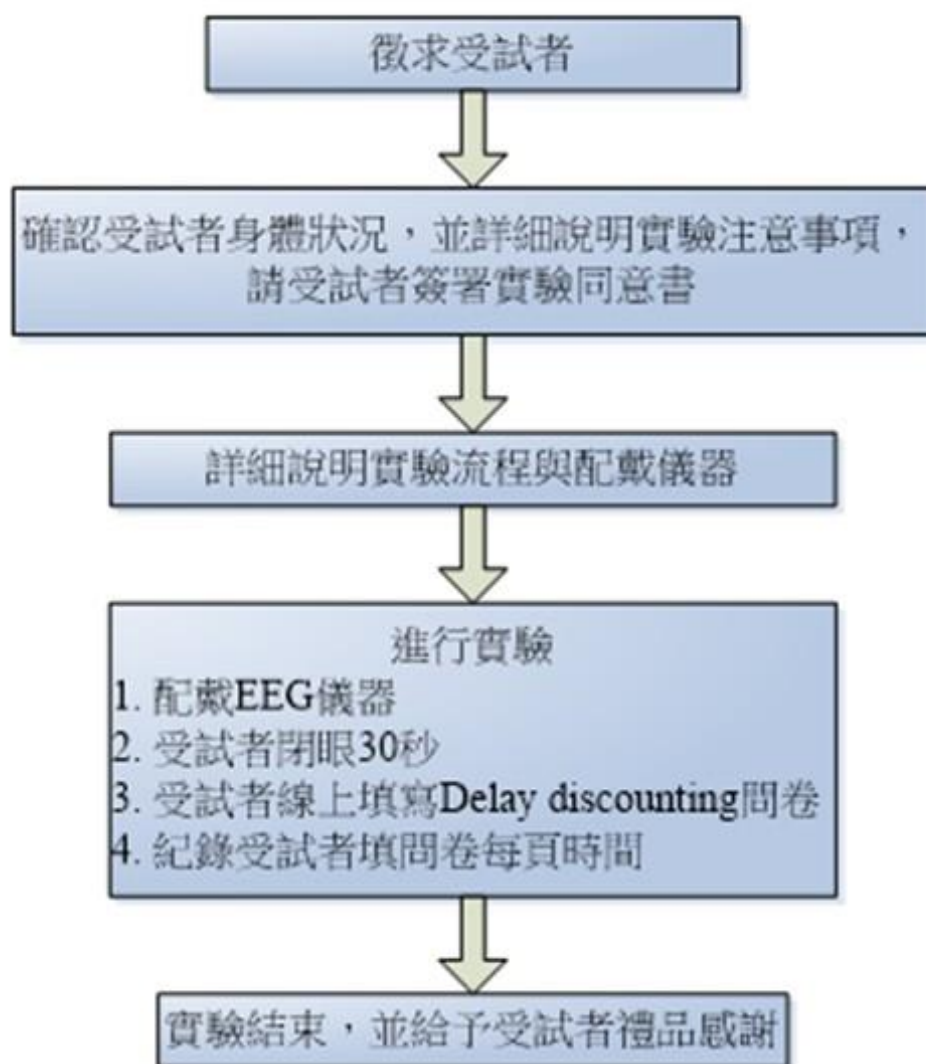
- 一、實驗地點：教師辦公室 OA 隔板，實驗期間確認無人進出。
 - 二、實驗時間：早上 10-11、下午 15-16，避免受試者生理時鐘導致實驗誤差。
 - 三、受試者：徵求自願受試者，說明實驗流程並簽署同意書。
 - 四、實驗設備：筆電、群蘊 BR8 無線藍芽腦波帽、Excel、OCam、OpenVibe、Google 表單。
 - 五、實驗材料：採用 Frye 等人（2016）延宕折扣問卷，金額固定為 10000 元，並不會隨著受試者選擇而變動，僅在不同的區段有不同的延宕期間（一周、一個月、半年、一年、三年）；立即選項的金額（100、500、1000...9500、9900）有所差異，選項共 105 題。
 - 六、資料分析方法：
 1. 延宕折扣分析：使用 Excel 推算受試者 k 值及 AUC 值。
 - 折扣率（k 值）計算採用雙曲線折扣（Hyperbolic Discounting）公式（如左下），V 是指主觀價值、A 是客觀價值（問卷中的 10000 元），D 是延宕時間。人們會隨著時間增加，主觀價值逐漸降低，因此 k 值愈大，衝動性或自我控制愈高（維基百科，2021）。
 - 曲面下面積（Area Under the Curve：AUC）是由 Myerson 等人（2001）提出，公式（如右下），曲線下之總面積愈低，則衝動性或自我控制愈高。
- $$V = \frac{A}{(1 + kD)}$$

雙曲線折扣

$$AUC = (x_b - x_a) \left(\frac{y_a + y_b}{2} \right)$$

曲面下面積
2. EEG 分析：OpenVibe 軟體分析步驟：
 - 原始資料經快速傅立葉轉換：從時域轉換成頻域的功率帶資料。
 - 擷取 α （8-12Hz）與 β （12-30Hz）兩段波長。
 - 實驗數據除以閉眼起始狀態數據。
 - OpenVibe 將資料予以標準化，並輸出標示大腦 8 個位置的反應強度。

▲ 圖 1：實驗設計單



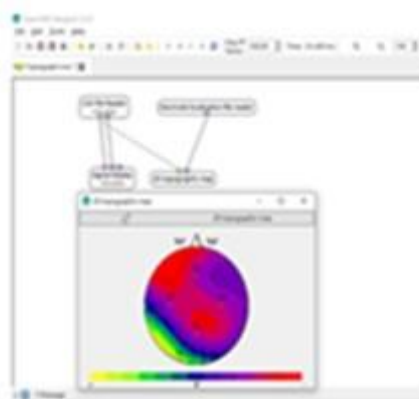
▲圖 2：實驗流程



3a：實驗場地



3b：群蘇 BR8 無線腦波帽



3c：OpenVibe 介面

▲圖 3：實驗場地與設備

延宕折扣作業

問卷說明：

本問卷共分為5個部分，每道問題都有兩個選項：第一個選項代表您「立即」能拿到這筆錢；第二個選項代表必須「等待一定期間」以後才能得到這筆金錢，如題目所標示「一周後」、「一個月後」，意思是您必須等待一周以後或一個月以後才能拿到這筆金錢。除了一周後、一月後以外可能會出現更長時間，意思即是要等待相應的期間才能拿到這筆錢。這些選項都是假想的，在實驗結束後並不會真正得到這些錢，但還請您以真的會獲得該筆金錢以及真的要等待這麼長時間才能拿到金錢的態度來做選擇。請特別注意，這裡並沒有所謂正確答案，請您依照自己的偏好做選擇。(幣別皆為新台幣)

*必填

您的中文姓名 *

您的回答

立即得到9900元或是「一周後」得到10000元 *

- ☐ 9900
- ☐ 10000

立即得到6000元或是「一周後」得到10000元 *

- ☐ 6000
- ☐ 10000

▲圖 4：延宕問卷 Google 表單

「繩」來一筆，遇「水」則發

首次接觸腦波帽，實驗前請媽媽擔任模特兒，讓我熟悉儀器的操作。當媽媽戴好腦波帽後，我看到筆電呈現訊號效果很差（圖 5a）。這時想起教授說，電擊探針一定要接觸頭皮，於是我用掏耳棒慢慢且小心地撥開濃密的頭髮；此外，也將阻抗設定從原來 300 調整到 1000，果然訊號強度開始增強。

但新的問題又來了，腦波帽有 8 個位置，當調整前面，後面就訊號就很薄弱，調整後面位置，頭頂位置訊號又變弱。雖然腦波帽兩旁有束帶可以固定下巴，但頭型差異卻使得腦波帽無法緊貼頭皮。

無論我如何調整腦波帽，8 個位置訊號總是顧此失彼。隨著時間過去，媽媽也失去耐性，這時，我提出增加前後固定力量，應該更會更緊貼頭皮，於是找到一條外婆裁縫用彈性束帶將腦波帽前後固定，所有位置的訊號都轉為橙色位置，但仍然沒有到達綠燈的強度。

此時我已經招數用盡，沮喪的撐著頭，忽然瞄到疫情期間隨身攜帶的酒精噴瓶，心生一計，將噴瓶改裝開水噴灑電擊片附近的頭髮，增加導電性，果然每個位置訊號都變成了綠燈（圖 5b）！



5 a：起始訊號



5 b：束帶與噴水後訊號

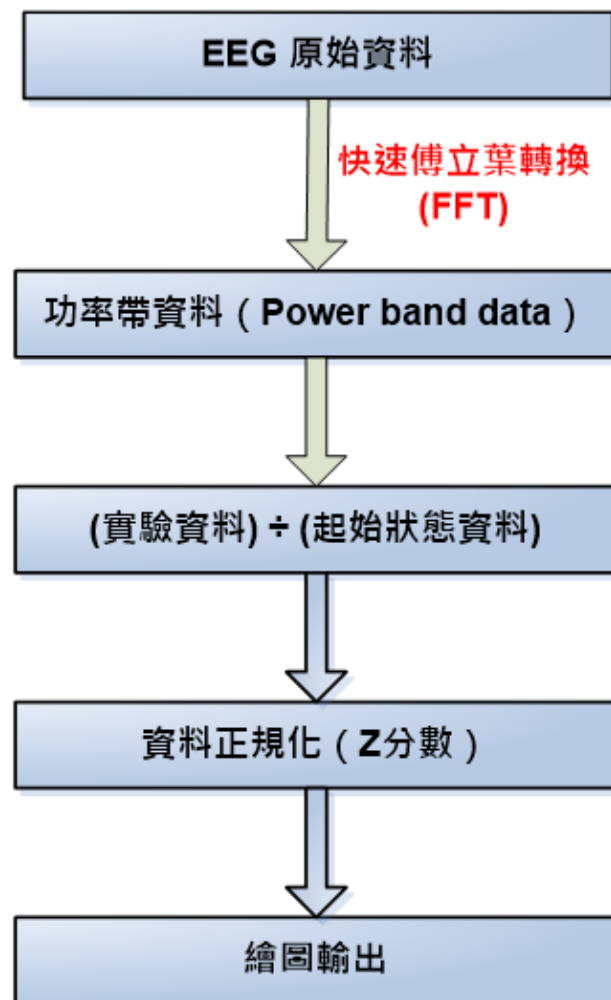
▲圖 5：腦波帽調整前 EEG 訊號差異

正式啟航

準備就緒後，徵求自願受試者。為了瞭解衝動與自我控制的大腦差異，於是先篩選情緒起伏大與小的受試者各一，另外三位隨機挑選，並考慮男女平衡。為瞭解受試者填寫問卷的過程，在受試者同意下，使用 Ocam 螢幕錄影記錄。

揭密

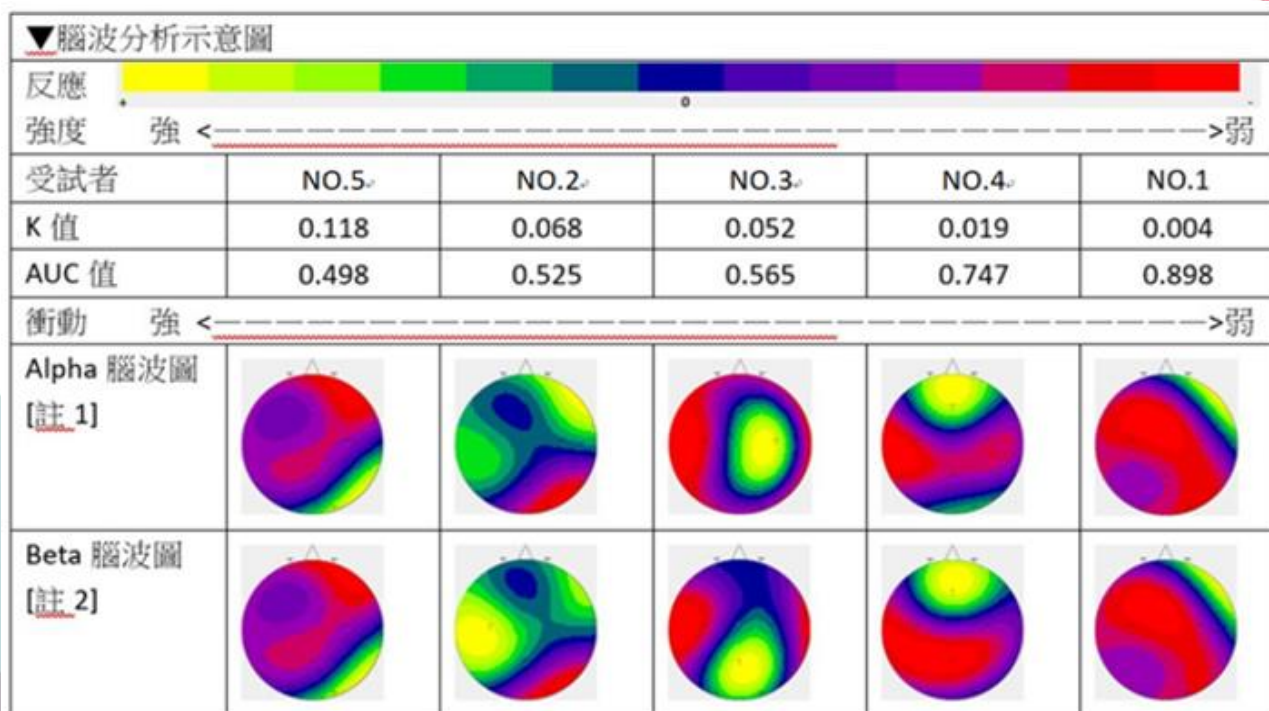
將 5 位受試者 EEG 訊號使用 OpenVibe 軟體分析，其步驟如圖 6。本實驗擷取 α 波（8-12Hz）與 β 波（12-30Hz）兩個波段分析，主要原因為這兩個波段屬於有意識狀態波段，相對行為是身體放鬆逐漸到精神集中、激動與焦慮；其次，將延宕折扣結果透過 Excel 計算 k 值與 AUC 值；最後彙整進行比較分析。



▲圖 6：資料分析流程

真相大白

圖 7 將衝動分析，由高到低；由左至右排列，我觀察到衝動較低的受試者，腦電波在 α 波與 β 波在大腦前額葉位置訊號較強。整個結果似乎有了答案，但同時也產生一個疑問，受試者會不會隨著延宕時間產生不同變化？



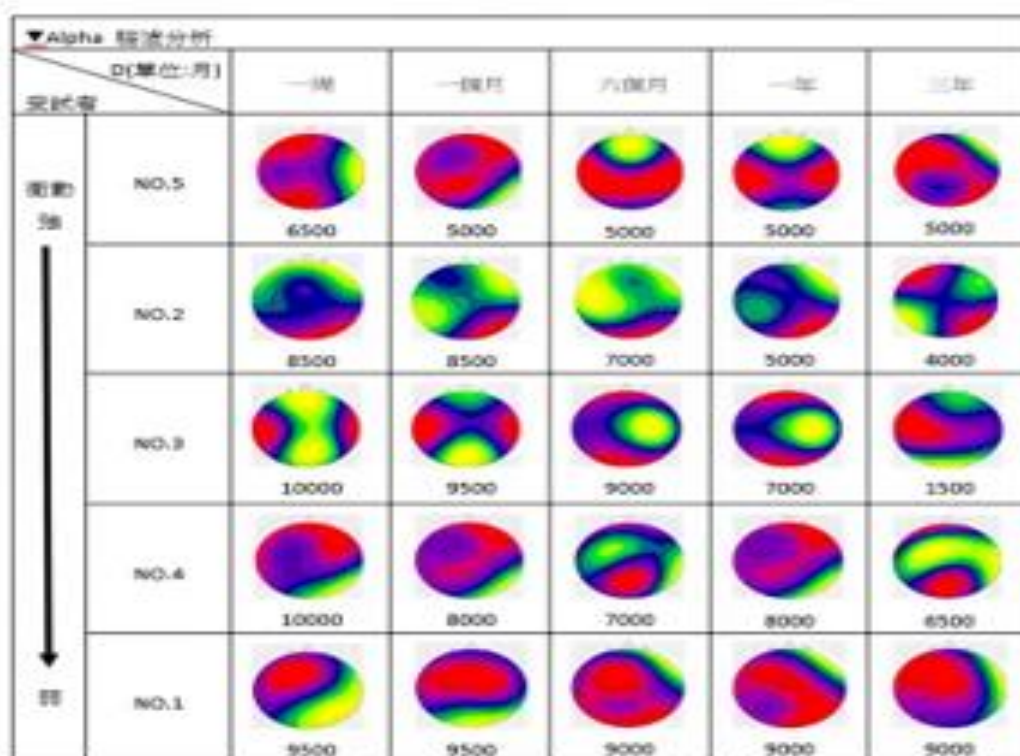
註 1：Alpha 波(8Hz-14Hz)代表人的意識清醒、身體是放鬆的，注意力集中，是意識與潛意識的橋樑；Beta 波(12.5Hz-28Hz)代表人的精神集中，頻率過高的波會使人焦慮。

註 2：K 值愈大，代表此人愈衝動；而 AUC 值恰巧相反，數值愈小，表示此人愈衝動。

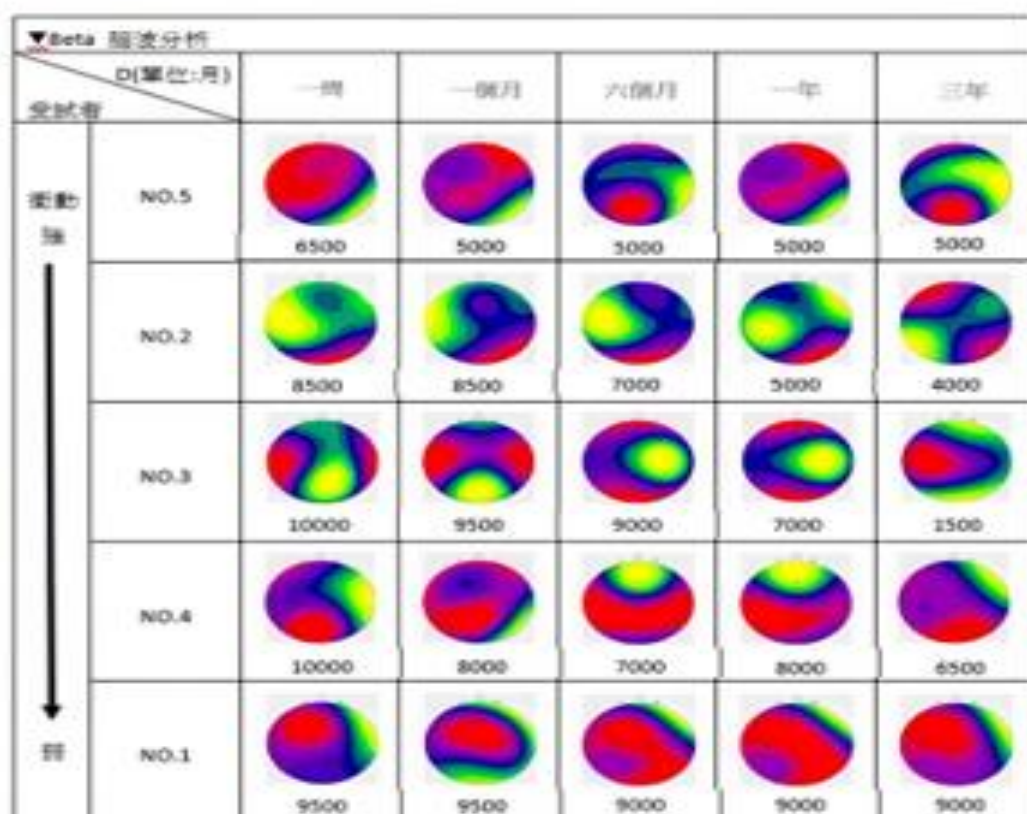
▲圖 7：衝動與腦波關係圖

深藏不露

沒想到當初只是為了得知受試者填答情形的螢幕錄影，卻在這時候派上用場了。我將不同延宕時間的腦電波訊號，分別進行分析(圖 8、圖 9)。當受試者選擇挑選金額持續變化時，大腦反應狀態沒有一致性；當挑選金額穩定時(如 5 號與 1 號受試者)，則大腦前額葉的訊號又會較為強烈。



▲圖 8：不同延宕時間的衝動與 alpha 波關係圖



▲圖 9：不同延宕時間的衝動與 Beta 波關係圖

| 結語

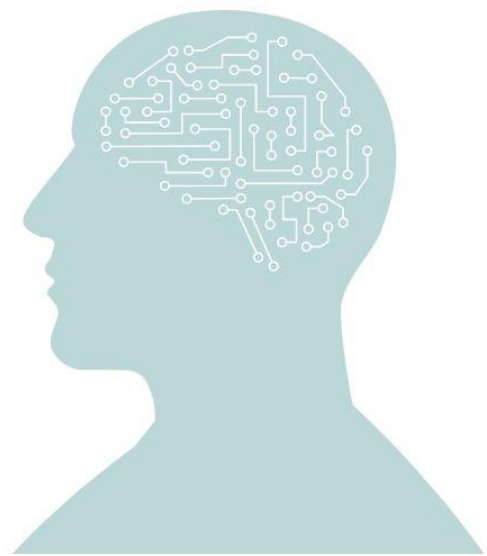
本次實驗得知，衝動性愈高的人，大腦反應會因為情緒忽高忽低，較沒有一定的規則；反之，當情緒衝動性較低或較穩定時，大腦前額葉訊號較為強。此結果與過去研究相同。

| 心得與反思

此次實驗從好奇出發，一路蒐集資料、設計實驗，到最後的結果，真是關關難過關關過。整個歷程讓我學會從不同面向思考，透過資料蒐集與專家諮詢，親自實驗分析，逐一建構科學知識；同時讓我學會面對問題時，必須有耐心將大問題拆解成各別小問題，然後再放大檢視每一個片段，逐漸發現蛛絲馬跡，即使探究過程中會遇到挫折，但最終會激盪出一些創意作法尋得解決之道。這樣的結果與歷程，我想就是科學探究的迷人之處吧！

| 參考資料

- Hanneke, S., Anouk, S., Erik, de W., Uta, G., Isabela, G., Maartje, L. (2019). Behavioral trainings and manipulations to reduce delay discounting: A systematic review. *Psychonomic Bulletin & Review*, 26, 1803-1849. ◡
- Myerson, J., Green, L., Warusawitharana, M. (2001). Area under the curve as a measure of discounting. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 76(2):235-43. ◡
- 維基百科。(2021)。延遲折扣。<https://zh-yue.wikipedia.org/wiki/延遲折扣>。(擷取日期：2021年7月30日)。◡



第二名

八碘檔之澱到你酸

作者：黃冠廷、張琬愉、許紫瑩

學校：私立興國高中

指導老師：黃淑芬

評語：

透過戲劇呈現科學趣味，從生活取材，創意新穎。尤其是描寫友志與大風對學校才藝表演的準備態度和迥異作法，頗有嘲諷現實社會的寓意；可惜「科學探究」的表現較弱，另圖卡文字說明若能更精細，作品會更精彩

八碘檔之澱到你酸

---碘、澱粉、雙氧水與維生素 C 的
氧化還原反應

學生:許紫瑩、張琬愉、黃冠廷

指導老師:黃淑芬

「導演，有這些廠商（糯米粉、優碘、飲料）要贊助播出，趕快跟編劇講，明天 8 點的戲，這些都要出現…」工作人員急忙的通知導演。

編劇（搔腦抓頭中）「天啊！這些怎麼放進去」明天是小時候的友志跟大風在學校較量的戲…「呀！我想到了，就這麼辦！」頓時，編劇靈光一閃。

「來！三秒後開拍，3、2、1 action 1!」導演大聲吆喝著。

「各位同學，期末快到了，我們要舉辦一場才藝表演秀，希望大家可以拿出自己的拿手絕活喔。」老師一說完，友志立馬站起來調侃大風：「哼！大家看看，大風他們家窮得跟甚麼似的，他又能夠給大家表演些什麼？」一旁的大風可說是氣得牙癢癢，心想：「我一定可以表演出轟天震地的才藝，你給我等著！」

放學後，友志的爸爸開車來接他回家，一路上，友志向爸爸提起才藝表演的事：「爸，幫我找個魔術師，我想要在發表會上表演。」爸爸一聽到寶貝兒子要在眾人前大展身手，毫不猶豫地答應下來「當然沒問題，我認識一位化學專長的魔術師，我馬上打給他…」

鏡頭轉到大風，他揹著書包，跑到媽媽夜市攤。媽媽正為了晚上的夜市準備著。攤位上擺上 A 牌糯米粉，B 牌米，攤車下面擺著 C 牌醫藥箱。大風媽：

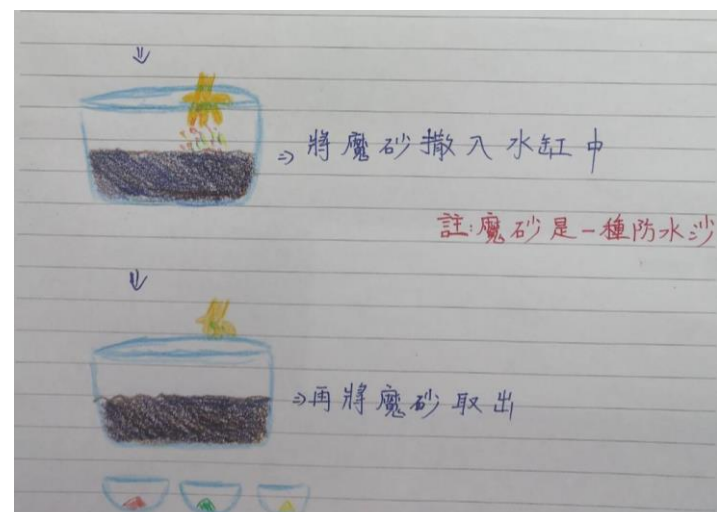
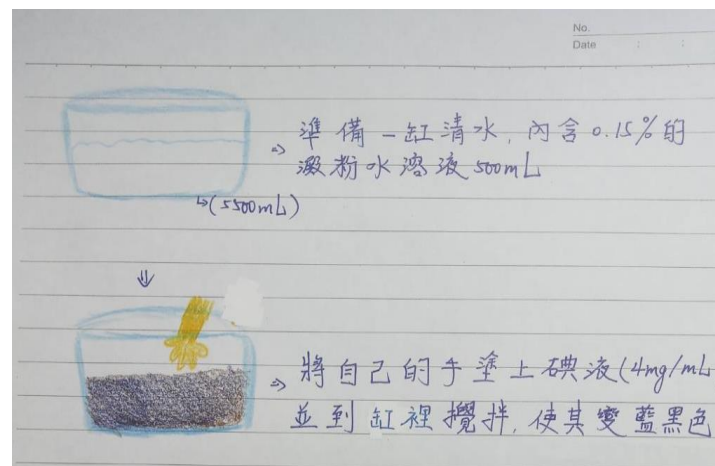
「放學啦！先去幫媽媽洗米！洗米水要回收利用放旁邊桶子。」大風媽拿起 B 牌米對向鏡頭，交給大風。大風拿 B 牌米洗米。邊洗米邊跟媽媽聊天。大風：

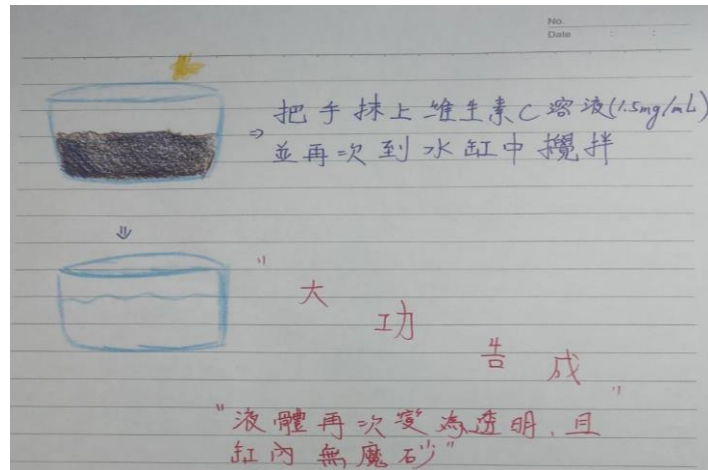
「媽，這 B 牌米煮出來的飯，客人都超愛，再加上媽媽的特製滷肉醬，超好吃。」洗米時，他想著才藝表演的事，所以有點分心。將洗米水收集好後，大叫一聲。媽媽慌張跑過來。大風：「啊！我被旁邊的菜刀刮傷了。」大風媽：

「哎！這麼不小心，我去拿醫藥箱。」大風媽拿出 C 牌醫藥箱，拿出裡面的優碘對準鏡頭。大風媽：「還好我平常都有備著 C 牌醫藥箱。裡面就有消毒用的優碘、雙氧水與 OK 蹦。」大風媽拿出優碘，滴在大風手上。就在媽媽滴在他

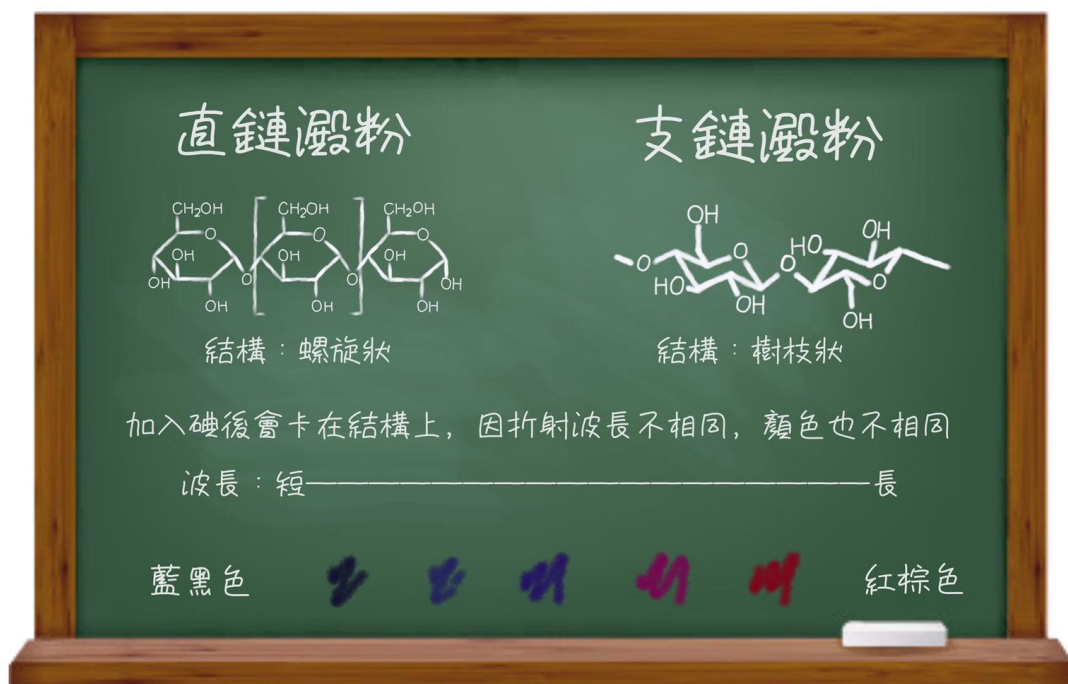
手上時，過多的優碘滴到洗米水，媽媽不小心碰到桌上的 D 牌氣泡水，又倒進去了洗米水。大風大叫並露出驚訝的表情。大風：「媽~這優碘...這氣泡水...」
大風媽：「男子漢大丈夫，這麼點小傷口叫成這樣。」

鏡頭拉回友志家，魔術師正在為友志講解這驚奇的魔術：「首先...」

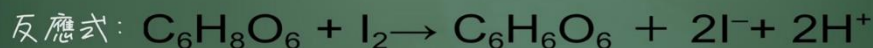




「哇！真是太酷了！一定沒有人的表演能比我精彩。」友志驚嘆著，卻有點疑惑，接著，魔術師就在黑板上講解著原理。



氧化還原



維生素C + 碘分子 → 去氫維他命C + 碘離子 + 氫離子

當碘遇到維他命C時
因還原作用使得褐色碘分子還原成無色碘離子。

小知識—優碘、碘酒都是碘哦！只是他的成分和用途不太一樣
優碘是碘的化合物，碘酒是碘加酒精。碘酒有含酒精，
比較不適合塗在有傷口的地方，通常使用在手術前的消毒；
優碘塗在傷口上形成一個薄膜，在傷口外層釋出碘成分，
藉此達到消毒、殺菌效果。

「卡！大家休息一下，表現不錯喔！」導演開心的說：「不過這戲的檔期快到了，我們得抓緊拍，所以，第二幕預備 3、2、1 action 2！」導演馬不停蹄的催促演員們。

跟媽媽擺完夜市的大風回到家，拿了剛剛夜市的洗米水、優碘，也將媽媽夜市攤位上的 A 牌糯米粉、D 牌氣泡水對向鏡頭。大風妹正玩著外面書店賣的魔砂。大風媽：「你拿這些東西要做什麼？」大風：「媽，我要才藝表演，正在煩惱要怎麼辦？我們又沒有錢去學。但就在剛剛，優碘滴在我手上，我觀察到變色耶！！然後，D 牌氣泡水又噴濺進去，又變色一次喔！」大風媽：「你的觀察力一向很好，然後呢？」大風：「我要用這個表演。」大風妹聽到便說：「我也要幫忙。」一家三人開始在廚房翻找物品。大風：「媽，洗米水有點透明中帶白，優碘是褐色的，滴下去居然變成藍黑色耶！還有沒其他東西滴到優碘也會變的？」媽媽：「既然都是澱粉，要不要試試麵粉和糯米粉？」大風和妹妹在紙上畫表格記錄著。此時，大風想到在上探究實作時，為了更準確描述物品顏色，老師便介紹了色碼的 APP，大風便打開 APP 來輔助。

水溶液	洗米水	糯米粉水	麵粉水	純水
加碘後顏色	藍黑色	紅紫色	藍黑	褐色
色 R.	R: 155	R: 95	R: 33	R: 124
G.	G: 178	G: 67	G: 27	G: 40
碼 B	B: 186	B: 63	B: 33	B: 6

大風：「媽，那還有沒有其他東西可以讓變色的洗米水再變回來？除了 D 牌氣泡水。」媽媽：「除了氣泡水...不知道維他命 C 發泡錠或雙氧水可不可以，試試看？」

大風媽：「想不到買給你們增加抵抗力的維他命 C 發泡錠、藥箱中的雙氧水，效果這麼好。」大風妹：「哥，我買的魔砂，你可以在洗米水加優碘變色後，抓幾把不同顏色的，放入水裡，然後一把一把抓出來，再加入維他命 C 發泡錠，水再變澄清，這樣實在太神奇了。」

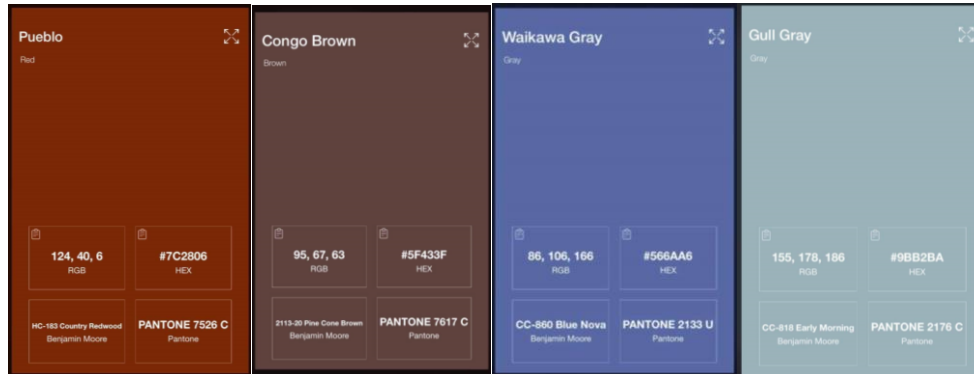
幾個星期後，才藝表演會的日子到了，誰也沒想到，友志跟大風竟然表演相同的節目，唯一不一樣的是，大風與家人一起不斷嘗試，且使用家中舊有的物品一步一步地完成實驗；而友志卻直接拿現成數據...

《感謝各贊助商冠名贊助播出》

小編後記：起初我們想探究有關澱粉的實驗，但看到網上研究都很正經，在偶然搜尋資料的情況下，發現這個魔術，原以為很簡單，嘗試後才發現：眼見不為憑，用看的用想的都無法真正的身歷其境。直到進入實驗室去配製那些溶液，光 0.15% 的澱粉液、4ppm 的碘液都不那麼好配，溶解度很差，還要加熱。也因為疫情停課，我們無法進到實驗室，反而得以好好去觀察生活周遭的物品，才發現家裡就有很好的替代品，透過線上 meet 共同做實驗探究；廚房的糯米粉，醫藥箱的優碘、雙氧水，還有媽媽要我每天吃的維他命 C，居然都可派上用場，生活就是科學，科學也就是我們的生活，不是嗎？Chemistry is a Science and an art.

參考資料: <https://www.youtube.com/watch?v=112yO4qqNME>

實驗圖片:



碘

糯米粉加碘

洗米水加碘

洗米水

第三名

關於打彈珠的二三事

作者：黃筠

學校：屏東縣立中正國民中學

指導老師：曾雍雯

評語：

本文以彈珠臺作為主要的發想，作者對於問題意識的鋪陳以及前仆後繼地嘗試問題解決，描述得十分有趣。後來的實驗設計比較簡化，捨棄了原本控制力道的變因，有點可惜，但仍具有科學探究的精神。

關於打彈珠的二三事

作者：屏東中正國中 黃筠

指導老師：曾雍雯

繁華熱鬧的夜市中，一處攤販總是特別熱鬧，擠滿了孩子。細看，一顆顆彈珠自彈簧飛起，碰撞釘子，往四周散落、彈起，滾落於不同的格子。這是我自幼到今，都特別喜歡的遊戲－「打彈珠」。

夜市裡最常見的一種方式，是將彈珠發射，彈至下方格子中，格子中有紅光或是無光，只要打到有光的位置，就會贈送彈珠，而贈送的彈珠有 2、4、6、8 顆，最多 10 顆不等，越多彈珠，顯示的紅光越少，且越靠近兩旁。小時候總是很好奇，為什麼越多彈珠的，送彈珠機關的燈就越邊，只是打著打著，發現兩旁似乎比較不易打到？不過，這只是經驗，我並沒有找到原因，如今，有機會可以探索小時候的問題，第一個就想到彈珠滾落的機率問題。

-初始發想

最開始，其實想要買一台彈珠台，實體打擊看看，也可以觀察力道大小對彈珠滾動的影響，最重要的一點，還可以邊實驗邊玩彈珠！但是，理想往往豐滿，現實卻是骨感，上網查詢，一台木製或是塑膠的彈珠台，至少都要 700 元以上，比較便宜的，都是給小朋友玩的手作 DIY，單薄可能打一下就垮，且格數、行數少之又少。

錢包空、口袋淺，第一次發想宣告失敗。

-二次構想

用買的行不通，那我親自做一個？不過不是用木板，這個太難實現，但可以用 Scratch 程式做看看，而且在和老師討論後，想研究的已經不只是力道與機率的問題，還增加了左撇子打彈珠的問題（打彈珠的彈簧發射器通常設於右方），若使用 Scratch 就能夠將彈珠彈簧發射器置於左方看看了，話不多說，動身行動。

嗯…經過了漫長的努力，彈珠發射不出去、卡在半路不動，各種問題出現。

對於程式腦力不足，失敗。

-事不過三，這次該成功了！

買的、做的都行不通，上網找找？真的有！不過彈珠是從中間發射，不能如同想像般左或右從不同方向射出，力道也無法調整。原本想調查的都因條件不允許無法進行，那我還能做什麼？於是就這麼停下了一陣子。

好吧，似乎還是沒成功，而且想法完全停滯…

-再戰

時間飛快，轉眼到了暑假，做數學作業時，看到了「機率問題」，赫然想起了彈珠這件事，機率？彈珠？對了！用算的應該也能發現彈珠台的理想機率值，馬上動身，去查詢相關資料。果然，發現網站上出現許多關於彈珠台的二項分佈機率，可是那麼多人做過這個東西，我應該不用再做了？再想想，一定有什麼地方值得我做的，都已經想過這麼多想法了，現在放棄豈不是太晚，前面做的都前功盡棄了，不行，我一定有辦法的！但是，還是沒有什麼想法…

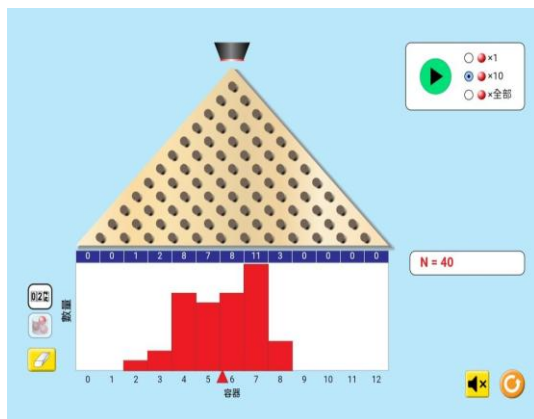
-終點就在前方

正值升國三暑假，常常翻看過去兩年的課本，只見國一生物課本上寫著「取樣法」，取樣要取多準確度才能提升，但到底要取多少才「準」？超過一個數量會不會反而適得其反？無數問題縈繞在我的腦海，突然，我有想法了！不如把現在想到的問題，與彈珠台的機率問題結合在一起？就來做看看，彈珠台的二項分佈機率算出的理想值，與實際使用程式打彈珠算出來的機率，要使用幾顆彈珠才會接近理想值？是越多越好還是有一定的界限？我期望的是，可以找到那個界限。

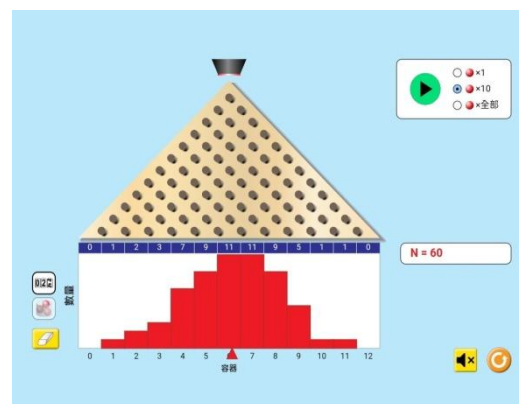
-挫折

興奮的計算理想機率，然後用程式中的線上彈珠台實際施打彈珠，再算出實際機率（如圖一至圖五），但結果不盡人意，竟然越少與理想值越符合？！什麼情況，根據學過的理論，越多不是會越符合嗎？和老師討論後，得到一個當頭棒喝的答案，我的理想值機率，全部「算錯了」！因為尚未學到機率，對

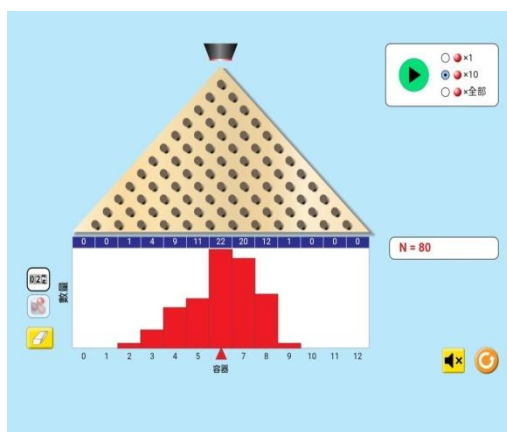
機率不熟悉，但竟然全部算錯？這不是代表我需要重新來？整個人如同石化般，傻了。



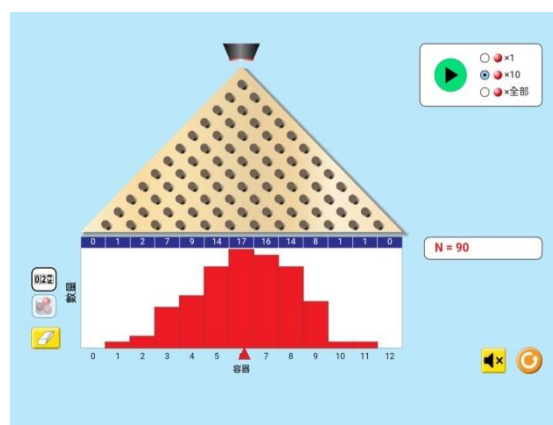
圖一



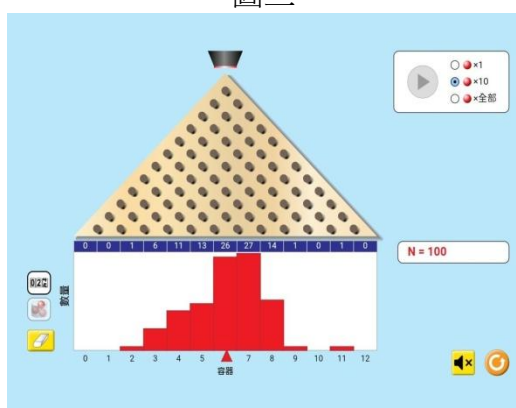
圖二



圖三



圖四



圖五

-我不會放棄！

但已經做了這麼多了，不能放棄吧？！轉念一想，當務之急是要先用清楚機率的計算並重新整理正確的結果出來，於是，去網路上找電子學習平台學習，再趕緊計算，交稿日期也快到了，此事迫在眉睫。

-到達終點

趕工一段時間，終於將結果計算出來：

表一是根據實際實驗，以每 10 顆為單位，各實驗 100 次計算出下面 13 行各軌道平均進洞率。

表一

彈珠顆數與各軌道進球率平均值（4 捨 5 入到小數 1 位）													
軌道序 彈珠總 數	1 左	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 右
10	0%	0.10%	2.30%	5.90%	24.00%	19.80%	22.30%	19.70%	24.00%	5.70%	2.30%	0.10%	0%
20	0%	0.10%	2.30%	5.80%	24.30%	19.70%	22.40%	19.60%	24.30%	5.80%	2.30%	0.10%	0%
30	0%	0.10%	2.40%	6.10%	24.50%	19.10%	22.40%	19.10%	24.50%	6.00%	2.40%	0.30%	0%
40	0%	0.40%	2.40%	6.20%	24.80%	19.40%	22.70%	19.50%	24.80%	5.90%	2.40%	0.30%	0%
50	0%	0.50%	2.60%	6.20%	24.70%	19.30%	22.60%	19.60%	24.90%	6.30%	2.60%	0.20%	0%
60	0%	0.40%	2.10%	6.20%	24.30%	19.40%	22.40%	19.40%	24.30%	6.20%	2.10%	0.30%	0%
70	0%	0.40%	2.10%	6.10%	24.80%	19.40%	22.40%	19.40%	24.50%	6.10%	2.10%	0.40%	0%
80	0%	0.70%	2.10%	5.90%	24.80%	19.30%	22.80%	19.40%	24.70%	6%	2.30%	0.40%	0%
90	0%	0.50%	2.20%	6.00%	24.50%	19.60%	22.50%	19.60%	24.50%	6.00%	2.40%	0.40%	0%
100	0%	0.50%	2.20%	5.90%	24.40%	19.20%	22.60%	19.30%	24.40%	6.00%	2.20%	0.50%	0%

表二是二次分佈計算出，下面 13 行軌道平均進洞率的理想值。

表二

各軌道進球率理想值（4 捨 5 入到小數 1 位）													
軌道序	1 左	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
理論值	0%	0.50 %	2.20 %	6.00 %	24.6 0%	19.3 0%	22.6 0%	19.3 0%	24.6 0%	6.00 %	2.20 %	0.50 %	0%

表三是利用第一個表格的平均進洞率與第二個表格的理想值對比，取絕對值，並將 13 行和在一起觀察 10~100 顆的差哪個最少 哪個最多。

表三

進球率實際測試值與理想值之差（取絕對值）											
彈珠總數	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
百分比之差	3.8%	2.9%	2.5%	2.3%	2%	1.9%	1.5%	1.4%	1.2%	0.7%	

利用實際使用程式打 100 次計算出的機率百分比，與使用二次分佈計算出的百分比做對比，計算出來的結果顯而易見，確實是越多顆彈珠就越好，但卻並未發現原本設想的找到一個「多少最準」的界限，我猜測應該是 100 顆還不夠大，但由於使用程式的限制，最高只能製作到一百顆，結果只能發現原本設想的，使用越多彈珠越大，而行數越接近中間被射中的機率由於二項分佈也會最大。未來還是要多學習使用電腦的能力，希望能親自製作出彈珠台，將這項沒有完成的設想完成。

-感想

雖然結局沒有設想當中那麼成功，但探索的過程，依舊讓我收穫滿滿。生活中蘊含許多問題，僅僅是一台小小的彈珠台，裡頭就蘊含豐富的問題，勢必要更加努力了解、學習，才能解開，希望未來的我，能夠更加努力，將這次沒完成的設想，成功製作出來！

-參考資料

1. 國立台灣師範大學數學系教授 許志農 滾動吧！彈珠...巴斯卡的秘密
<http://pisa.math.ntnu.edu.tw/popular-science/game/2014-03-14-01-38-49/1082-33bazhubasikademimi>
2. PHET-二項分佈彈珠台機率
https://phet.colorado.edu/sims/html/plinko-probability/latest/plinko-probability_zh_TW.html

第三名

被遺棄糧食的第二生

作者：李承學、蔡承憲、陳詩諺、徐兆廷、陳則榮

學校：國立臺南第一高級中學

評語：

圖文呈現為科學實驗報告寫作格律，閱讀情緒難以一氣呵成，缺乏文創寫作的啟承轉合。但圖文搭配與美術編輯用心，值得肯定。

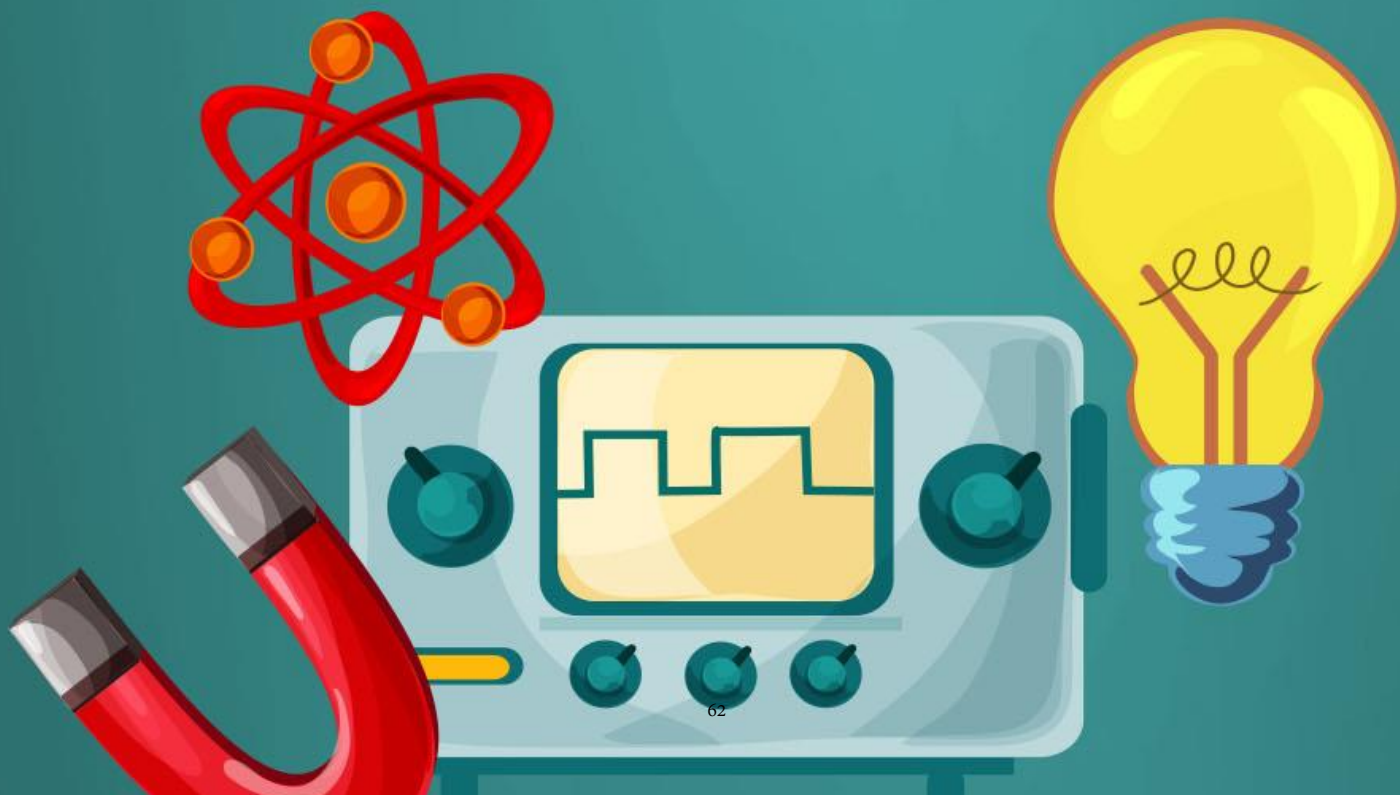


被遺棄糧食的第二生

將不同過期糧食製成活性碳

Cream pie

◎徐兆廷、李承學、蔡承憲、陳則榮、陳詩諺 撰

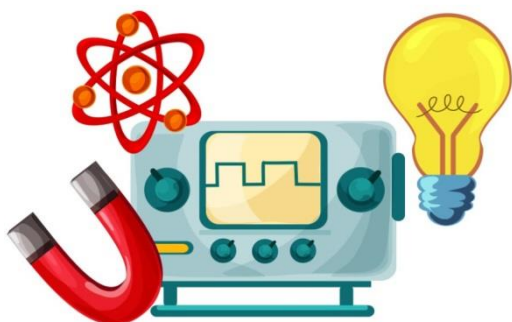


可怕的糧食浪費

探究動機與初步構想

每天午餐時間過後，總會看到同學們成群地排在廚餘桶前處理未食用的食物，我們不禁感到十分浪費與惋惜，更好奇一年之內，有多少的糧食被丟掉。查詢資料後發現，有超過 1/3 的糧食從生產到被丟棄曾未被食用；更令我們大吃一驚的是，這樣的浪費竟造成全球 10% 左右的碳排放量，更助長氣候危機。恰巧在課堂中老師講述到功能多樣的活性碳製造方法，我們突發奇想，是否可用廢棄的糧食製造。在經過冗長繁複的查詢後，發現確實可行，我們便打定主意，抱著雀躍的心，開始探究。

過程中我們被疫情倏然地爆發所挫折，順時大家只能遠距教學，無法至校園進行實驗。遙遙無期的解封彷彿無法到來，最終我們重振旗鼓，在改變實驗流程，並藉由家中器材進行實驗，完成探究；並希望能和他人分享，我們克服困難的歷程與探究的故事。



探究流程



疫情爆發前的理想世界

初步實驗規劃

在有了理論基礎後，大家躍躍欲試地蒐集了四種生活中常見被浪費的糧食，白米、吐司、饅頭、麵食，並規劃了實驗流程，迫不及待的想進入實驗室操作，以下是初步規劃的流程。

一、活性碳製造



收集被浪費的糧食，放入烘箱中乾燥(約 10 分鐘)，秤重(各取約 5 克)。

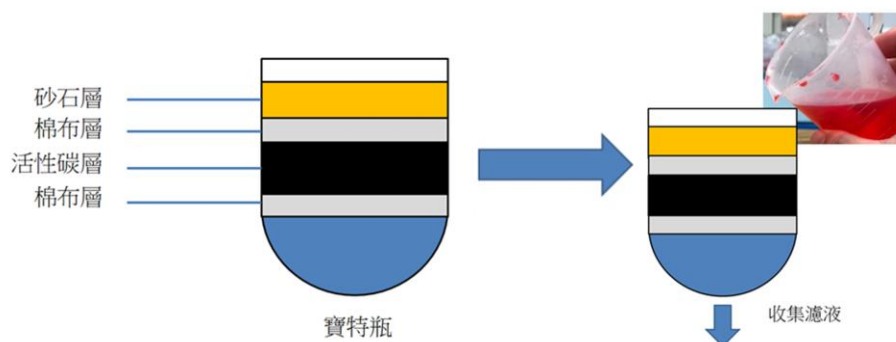


將 5 克材料裝入坩鍋中，並加蓋置入高溫爐中，設定溫度 400°C 加熱 3 小時，再加入氫氧化鉀，並設定溫度 200°C 加熱 1 小時。



將加熱後的活性碳取出，依序利用鹽酸與水洗淨，並放入烘箱中乾燥，完成活性碳的製備。

二、活性炭濾水能力檢測



將寶特瓶挖洞，並依序填入棉布、活性炭、棉布、砂石。倒入紅墨水，並收集濾液體。



利用分光光度計對收集的濾液比色，並推算過濾能力。

不受疫情阻撓，重振旗鼓

疫情爆發後的實驗調整

疫情卻在我們預料之外爆發了，大家十分失望無法進入實驗室進行實驗，但我們探究的熱情，有何容易被此澆熄？

苦惱許久後，上網蒐集資料後我發現可將木筷包在鋁箔紙中，隔熱，並放入不鏽鋼吸管内，再放置於瓦斯爐上加熱，頓時，我想到可以如法炮製，用相同的方式包裹材料(如圖)，並加熱。在第一次進行時冒出許許多白煙，令我十分緊張，甚至還燃燒了起來，我方寸大亂，不知如何所措。但隨著一次又一次的嘗試，最終掌握了成功碳化的秘訣與最佳時間。



接著還有高溫爐與分光光度計的問題，我無意間發現，家中烹煮用之氣炸鍋可達到實驗要求溫度，於是我迫不急待地嘗試，結果第一次溫度設定錯誤，差點讓實驗材料燒起來，讓我有些畏懼。有了前車之鑑後，我戴上護目鏡，仔細地設定了溫度後，更不敢大意，離開廚房。直到設定的時間到伴隨著清脆的聲響，我才不再提心吊膽，再發現成功時不禁大聲歡呼。完成活性碳的製備後，我們便組裝起濾水器，朝下一步邁進。

遇到的困難	改進的方式	討論
家中無烘箱	利用烤箱替代	由於兩者性質較為相似，故實際操作上無明顯問題
家中無高溫爐	使用氣炸鍋代替，將吸管包覆在鋁箔紙中，並放入不鏽鋼吸管中，並直接放置於瓦斯爐上	由於瓦斯爐的加熱速度較快，因此要仔細掌控乾餾進度，避免過度氧化。
家中無鹽酸	使用醋酸代替	醋酸相較鹽酸雖酸性較弱，但更為安全，較適合在家中操作。

一波三折，越挫越勇

數據測量的困難

在過關斬將後，我們面臨到了最艱難的挑戰——分光光度計。縱使前面能成功製造出活性碳，若是無法解決分光光度計的問題，最終豈不是會功虧一簣？就再大家再次陷入憂愁時，突然有人靈機一動，說起他曾在網路上看過自製 DIY 的比色計。經過資料搜索後，我便親自到電子零件行購買材料，也網購了比色管。經過一整天的奔波，找遍了四五家的材料行，才找齊零件；再組裝時一個失神，就將五六條線纏繞在一起，徹夜才將它解開。最後測試時，我們小心翼翼的配置了紅色墨水(如圖)，並將其倒入組裝好的簡易濾水器中，並收集濾液，或許是連夜實作的關係，一個不留意，打翻了一缸紅墨水，險些就要整台比色計重新組裝了；這台比色計，可真是得來不易！(如圖)但也因為這些實驗，讓我更能在實驗中保持專注，撇出腦中其他思緒，用專業的態度操作實驗。



汗水的結晶，成果

實驗成果與分析

耗費大量的時間與心力，終於由四種不同糧食原料製成活性碳，並製成簡易濾水器，過濾配置好的紅墨水溶液，並測量紅墨水的吸光值(Absorption)，如以下方式處理數值。

根據比色法原理：

Abs 代表溶液吸收光能力

$$R \text{ 代表活性碳過濾能力} = \frac{Abs_{\text{原溶液}} - Abs_{\text{過濾後溶液}}}{Abs_{\text{原溶液}}}$$

	米飯	吐司	饅頭	麵食
未經過濾紅墨水之 Abs 值	0.89			
過濾後紅墨水之 Abs 值(第一次)	0.54	0.75	0.22	0.47
過濾後紅墨水之 Abs 值(第二次)	0.59	0.70	0.25	0.50
過濾後紅墨水之 Abs 值(第三次)	0.58	0.74	0.24	0.51
平均過濾後紅墨水之 Abs 值	0.57	0.73	0.24	0.49
R 值	36%	18%	73%	45%

最後發現，由此方法將廢棄糧食轉為活性碳之吸附能力為：饅頭>麵食> 米飯 > 吐司。

最終計算完的剎那，一股感動湧上心頭，是那好奇動搖的初心，是那追求真相的熱忱，更是那辛勤後的甜美豐收。

探究後的真實心聲

從剛開始對探究與實驗的興奮，到途中不斷的挫敗，直到最後吸汲到科學的驚艷、絕美，我們恰如一個懵懂的幼兒，由對實驗的好奇或嚮往，到中途有些困惑，至最後享用到探究的甜蜜，這段過程中我們經歷了疫情的打擊，十分焦躁、憂煩，到中途有簡單成果的驕傲、勇氣，讓我們經歷了探究的過程，期許未來的我們，能站在科學的葳蕤繁花中，緩步前行。

致謝

感謝遠哲科學教育基金會舉辦這次的比賽與工作坊，感謝師長給予我們的建議，感謝所有組員共同合作完成這樣作品，感謝所有曾經幫助過我們的人。



第三名

起司綺思

作者：隋尚妘、陳意姍、魏郁軒

學校：私立延平高級中學

評語：

很生活的題材切入，呈現方式生動有趣，美編與排版精美。考慮到排版後的篇幅較少，相對的探究也可以再深入一些，以及對獲得數據後的一些詮釋，都可以再加以著墨。

起司 綺思

作者：

魏郁軒 隋尚妘 陳意姍

2021年8月

獨家起司配方大公開？

專家今天報呼你災

最新研究趨勢

起司·啟思

高一化學課提到膠體凝聚現象，當時在家完成了有趣的實作功課——自製起司，但做出的起司和平常看見的相比，質地和口感上相去甚遠，且製作出的量比想像中少很多。

為什麼起司會變少？為什麼自製起司的口感跟平常差距這麼大？上網查詢各種起司的成分，原來要做出大量起司，除了加入電解質，「凝乳酶」也是一大關鍵！

因為凝乳酶是種酵素，我們馬上聯想到生物課的內容：影響酵素活性的因素。在自製起司的過程中，我們可以加入什麼物質產出更多起司呢？加入的物質會不會影響起司的質地？

我們希望透過實驗量化這些因子對起司凝聚的影響，從單純加入電解質的化學凝聚實驗，再延伸到添加凝乳酶的生物凝聚實驗，期待尋找能夠使起司大量凝聚的最佳化條件。

於是我們踏上了探究的旅程……

實驗設計

膠體凝聚是自製起司的基本原理，於是我們決定由此下手設計實驗！不過一個難題馬上現形：該怎麼定量描述起司凝聚狀況呢？

我們首先想到的，就是模仿自製起司，直接在牛奶中操作。不過因製作過程涉及不確定因素如擠壓過濾的力道、攪拌是否均勻，我們著手改良實驗，最終發想出凝聚率實驗。



實驗方法1：凝聚率實驗

用抽濾裝置製作，測量凝聚物重

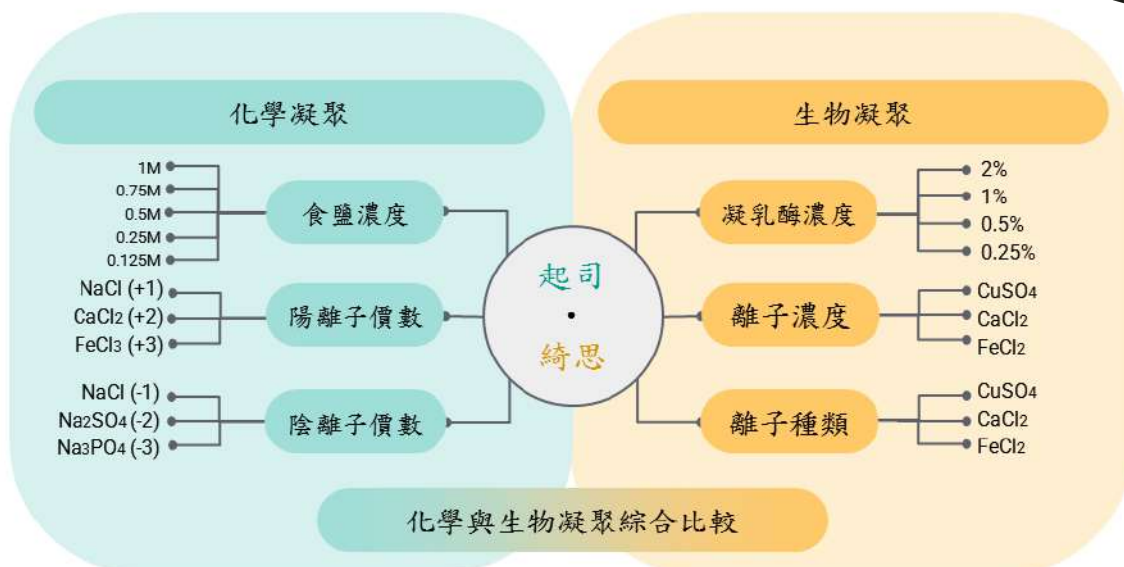
$$\text{凝聚率} = \frac{\text{凝聚物重}}{\text{加入的反應物重}} \times 100\%$$

我們接著由原理切入，思考出另一種定量方法：因膠體粒子易帶同性電，如能偵測溶液導電能力，就能推論膠體粒子量，也就能推論有多少起司析出！這就是電導率實驗。

實驗方法2：電導率實驗

用電導率儀測量溶液中離子量

電導率下降量 $\Delta\sigma = \sigma_{\text{原料}} - \sigma_{\text{起司溶液}}$



實驗器材

電子秤	滴管	試管架
秤量紙	鑷子	電導率儀
溫度計	烘箱	錶玻璃
玻棒	抽濾裝置	
燒杯	大試管(口徑2.5cm)	



▲ 加入硫酸銅的藍色起司



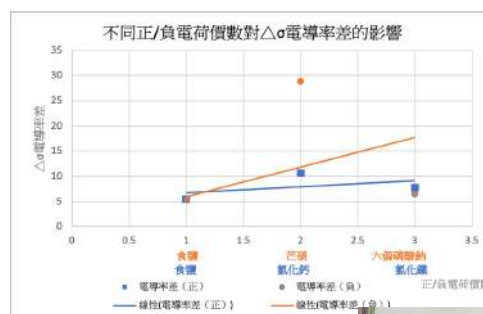
攪拌夠均勻開始吐泡泡囉！▶

跟著乳酪前行！

我們在實驗前就分配好各自的工作，也完整規劃實驗流程，甚至自製實驗紀錄單，因此實驗效率不出意料地高，短短兩小時內做出了14組數據！第一次看到自己用抽濾裝置做出的起司也異常的興奮。在實驗中我們也用到平時不常使用的儀器如抽濾裝置、電導率儀，我們原以為抽濾只是過濾乳清及雜質，沒想到抽濾瓶還會「吐泡泡」，超可愛的！而且我們製作出的起司有各式各樣的顏色，尤其加了硫酸銅的藍色起司特別漂亮！

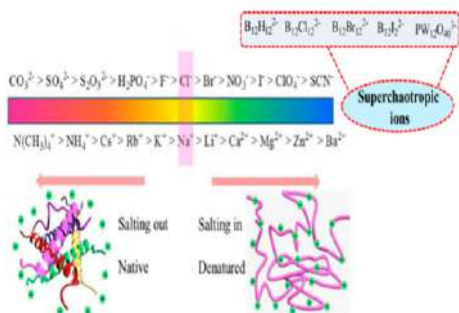
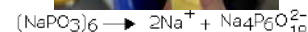
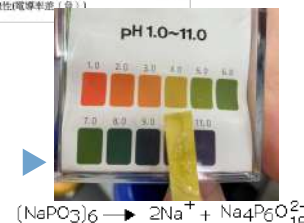
在迷宮中迷失.....

一切看似平順的實驗裡，隱身其中的問題悄悄浮現。論證與建模時，絆腳石出現了！數據的不理想阻擋了我們的路，幾組實驗數據和初始的預測有出入，甚至不符合部分學者的論文內容。震驚與疑惑之餘，我們掉頭重新實驗，但第二次的實驗結果竟大同小異！仔細審視實驗過程發現，在低濃度配置時，藥品難以精準測量，兩濃度差異很小的溶液可能因這微小的差異而造成誤差。實驗藥品的特性也可能是導致實驗數據圖奇形怪狀的因素：一開始理想中能夠將實驗簡化，但是實際需考量的因素眾多，計劃永遠趕不上變化。

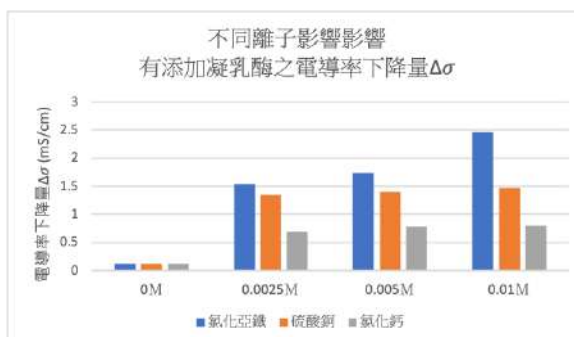


▲ 六偏磷酸鈉的實驗偏差值極大

六偏磷酸鈉未完全解離而呈酸性，且可能形成錯離子



▲ 霍夫梅斯特序列顯示不同的離子因本性差異影響蛋白質溶解度，而產生程度不同的鹽析鹽溶現象。



▲ 根據Development of Chymosin and Its Application in Cheese Production一文，銅離子應會抑制酵素活性，但實驗結果卻不然，可能是因為在霍夫梅斯特序列中硫酸根有促進鹽析的效果。

轉個彎發現秘境！？

問題一：濃度太小好難配.....

Q

生物凝聚實驗中，因凝乳酶功能強大，需要的溶液濃度極小。然而秤取藥品時礙於秤的精準度，無法直接配置需要的濃度.....

我們決定用序列稀釋的概念設計實驗！每次稀釋一定倍率，實驗時可以更順暢，降低出現誤差或計算出錯的機率！我們也有考慮加入凝乳酶溶液時的體積變化，凝乳酶水溶液的體積也有納入濃度計算喔！

A

問題2：硫酸銅促進？抑制？

Q

在生物凝聚中，我們改變加入的離子種類。硫酸銅部分，實驗顯示其濃度越高時電導率下降量大致持平，與事前查閱的文獻：銅離子對凝乳酶有抑制的效果不符合，且重做一次結果仍相同。

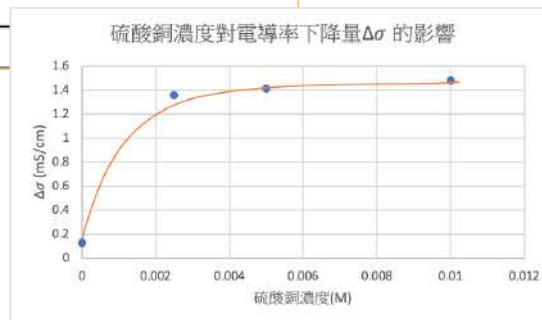
硫酸銅在水中不只形成銅離子，也產生硫酸根離子。配合霍夫梅斯特序列，可發現硫酸根屬於易讓蛋白質析出的離子！我們認為可能是硫酸根促進與銅離子抑制的效果抗衡讓數據持平。

A

鈣離子	保護酶的活性、協助組成酪蛋白微球(穩定三級結構)、提升耐熱性、加快凝乳反應速率
銅離子	抑制凝乳酶活性
亞鐵離子	促進凝乳酶活性

▲ 根據Development of Chymosin and Its Application in Cheese Production可得的結論

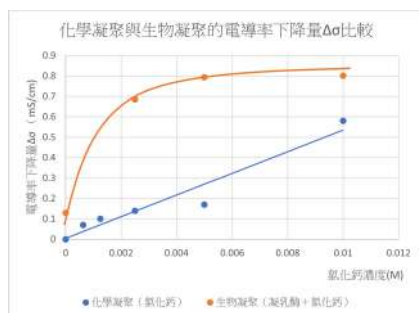
硫酸銅濃度越高並無抑制凝乳酶作用的現象，和上述文獻有所矛盾。 ►



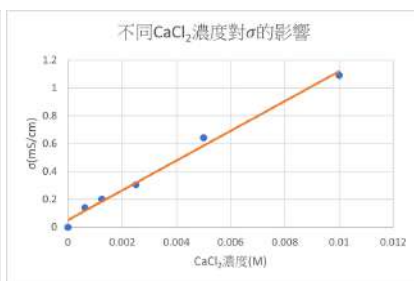
公開獨門起司秘方！

經歷一番波折後，我們的探究終於走向尾聲，雖然結果和預期的不大一致，但是我們還是憑著三人的力量得出結論。用自己的數據和各種論文交叉比對後，推得以下幾點結論：

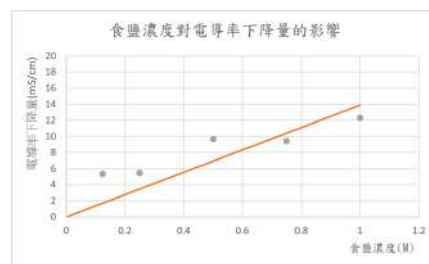
1. 食鹽濃度越高，可增加電導率下降量及凝聚率，凝聚效果佳。
2. 負電荷離子對凝聚現象的影響比正電荷所帶來的影響大且負電荷數較多者效果較好。
3. 添加凝乳酶濃度為0.5%、環境45℃時凝聚效果最佳。
4. 氯化亞鐵促進凝聚，但硫酸銅凝聚效果較氯化鈣為佳，與文獻不符，可能是硫酸根離子促進凝聚。
5. 鈣離子濃度增加， $\Delta\sigma$ 漸增，並在高濃度時增加趨緩；而凝聚率則是濃度增加越佳。
6. 生物凝聚因加入的凝乳酶直接切割酪蛋白結構而造成起司析出，所以效果較利用電解質與酪蛋白作用的化學凝聚佳。



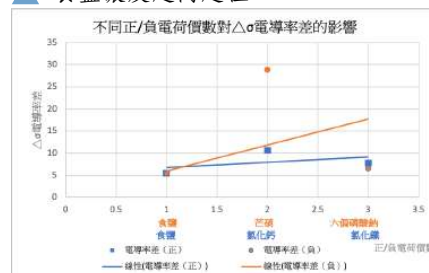
▲ 生物凝聚效果較化學凝聚佳



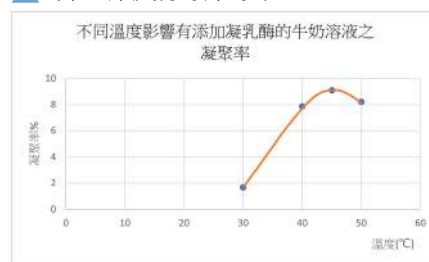
▲ 有加凝乳酶時鈣離子濃度增加能凝聚效果越好



▲ 食鹽濃度越高越佳



▲ 負電荷價數越高越好



▲ 凝乳酶作用在45度時最佳



▲ 有加凝乳酶時氯化亞鐵促進凝聚的效果最佳

新的火花

費曼曾說：「科學的精神乃在於理解，科學家做的事正是探究，盡可能去理解這世界的諸多事理。」我們三人在探究的過程中，由有興趣的現象切入，以自己設計的實驗方法做到了理解。正因科學的樂趣單純是多了解這個世界一點，在遇到問題與理解的過程中，我們更得到接近真理的快樂。



▲ 最佳化起司秘方



編輯群的聊天室(3)



7月23號 週五

已讀2
13:14

經過了一整個學期的努力，我確實有了更了解凝聚的原理以及其實驗現象，我想探究設計目的就在於讓我們熟悉這些平時在課本上顯得有些抽象的化學現象吧？

軒



妘

對啊對啊，而且這學期的探究與實作中，我學習到最多的，不只是凝聚相關的知識，更是在同儕之間彼此溝通、辯證的過程中增長的思考分析能力。

13:14



姍

真的～這學期我們花了大量的時間與腦力來討論如何解釋數據，也很謝謝兩個組員都耐心的講解我不懂的地方，大家辛苦了！

13:14

軒



已讀2
13:15



妘

經過一年的合作，我們的默契提升許多！我們一起去參加第二屆遠哲文創探究競賽，跟大家分享我們的起司之旅吧～

13:20





MORE

ABOUT US

探究成果講解



完整報告及日誌



探究海報



問題釋疑



第三名

棉棉不絕，胖胖奈何

作者：施岑瑩、顏好安

學校：高雄市立正興國民中學

指導老師：蔡宏武

評語：

以趣味的形式表現科學探究的過程，可惜整體結構及結論的呈現較弱。

棉棉不絕，胖胖奈何--

棉花糖軟硬度與 Q 彈度測試

顏好安、施岑瑩 撰

指導老師 蔡宏武

昨夜增幾斤肉，時光不消體重。

試問過來人，卻道體脂依舊。

知否，知否？應是環肥燕瘦。



2021.07.15 初闖棉花糖世界的小白兔

窗外的世界籠罩著層層恐懼，在病毒侵擾，宅在家的期間依然要充實我們的「內涵」，白白胖胖的棉花糖填滿生活的缺空，香甜滋味是盛夏明媚的風情。閒暇之餘，做個春秋大夢，既然「棉寶寶」如此銷魂，不如動手體驗悸動的瞬間，於是踏上「棉棉不絕」的征途。

序 夢起·人棉大戰

俗諺教我們「工欲善其事，必先利其器」，為了不造成浪費，我們材料可是精挑細選。

棉寶寶的誕生

我也叫明膠，是一種膠凝劑，可讓棉花糖成形

1. 取白砂糖 70g、蛋白 30g、清水 40g、吉利丁片 10g
(在比較不同添加物的實驗中，都是加白砂糖；在比較不同糖的種類實驗中，將白砂糖換成等重的貳砂糖、蜂蜜)
2. 把吉利丁片泡入水中約 1 分鐘，拿起擰乾多餘水分，並加一匙水隔水加熱(須保持溫熱)
3. 另取一鍋子放入白砂糖 70g 加清水 40g，加熱到 120 °C
4. 將蛋白 30g 放入大碗，打發蛋白霜(約 2 分鐘)
5. 打完三分鐘後，同時打發蛋白及加入 120 °C 的糖漿，再加入 10g 的吉利丁
6. 倒入舖有炒熟玉米粉的容器中冷卻，等到棉花糖凝固後切塊(除第一次實驗用擠花的方式)



測量軟硬值及 Q 彈值

1. 將棉花糖一面沾上紅墨水，印在方格紙上，看原本面積
2. 拿起來，再沾上紅墨水，印在不同方格紙的不同地方，並放上 4 塊玻璃片 (約 1 秒)，看加壓面積
3. 拿起來，再沾上紅墨水，印在方格紙的不同地方，看回復面積(面積以格數的方式計算)

實驗結果

1. 計算方式

軟硬值(%) = (加壓面積-原來面積) / 原來面積

Q 彈值(%) = (加壓面積-回復面積) / 加壓面積

2. 比較方式

由於棉花糖的變因不易控制，加上實驗大多在家中完成，設備簡陋，於是在整理完實驗數據後，面臨驚恐的結果，將腦汁榨乾後，我們想出了一個有趣的方法。最後一次的實驗的當天，剛誕生的棉寶寶見證了臺灣第一面羽球金牌的感動，於是突發奇想，用勝負的方式記錄結果，比較棉寶寶的異同。

實驗器材

方格紙



玻璃片



鑷子



紅墨水



前測的血淚

圓夢第一步—上網找資料，看了網路上的影片，做棉花糖對廚藝不經的我們肯定是項挑戰，萬事起頭難，第一次的原味棉花糖，毫無懸念的失敗了，因為蛋白打發後，沒有馬上加糖漿，導致糖降溫，最後在還沒加完糖漿就凝固了，變成一塊一塊咖啡色硬塊，心情也跟咖啡色一樣低沉。

調整好心情，重拾信心後，準備再次出征!這次的吉力丁片泡得有點軟爛，我們用濾網盡力搶救碎片，我們正覺得一切完美，做出來的成品也有模有樣，準備要成功的心情，目不轉睛地盯著棉花糖，但今天絕對是禍不單行的日子，棉花糖裡面一直沒有凝固，再過了更久，中間還是水水的，最後宣告失敗。



參考影片&資料



貓掌咖啡店



影片

被我萌化了嗎？



認真實驗的同時也要堅持美美的「夢想」~



失敗者的覺醒

2021.07.31 再次飛蛾撲火

失敗的遺憾，灌溉終點的絢爛

最終，星空璀璨

經過漫長的沉澱，我們重新拾起熱情，反覆思考後總結出新的方式。將速度加快，兩人分工，也把分量加倍，使操作更為便利，減少失敗率。為了量化實驗，把原本的擠花袋換做玻璃保鮮盒，待凝固後切塊，也許會好奇為什麼不用冰塊盒等模型呢？因為棉花糖的黏性，所以無法用大小相同的模型製作，但切的大小有些不同，為了降低誤差，所以採用百分比的方式計算，望能解決此項劣勢。

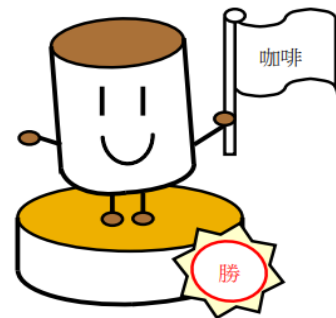


添加物的比較

第一回合 軟硬值

軟硬值(%)

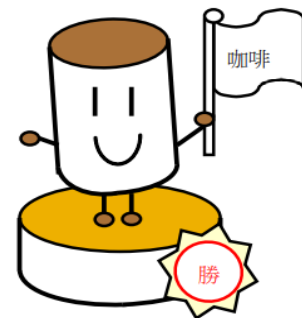
	第一次	第二次	第三次	勝敗
原味	21.36	38.03	34.35	敗
咖啡	40.03	41.38	31.89	勝



Q 彈值(%)

	第一次	第二次	第三次	勝敗
原味	8.47	15.65	7.56	敗
咖啡	21.52	8.89	21.86	勝

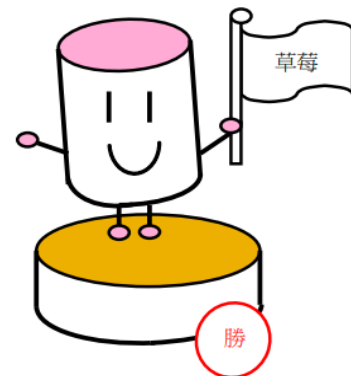
Q 彈值



第二回合 軟硬值

軟硬值(%)

	第一次	第二次	第三次	勝敗
草莓	23.18	48.74	36.95	勝
咖啡	40.03	41.38	31.89	敗



Q 彈值(%)

	第一次	第二次	第三次	勝敗
草莓	18.23	28.01	20.49	敗
咖啡	21.52	8.89	21.86	勝

Q 彈值

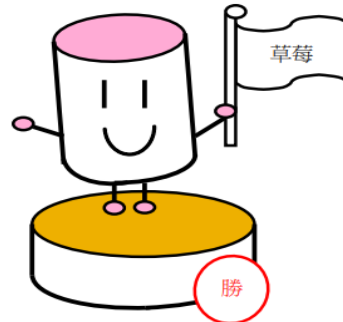


添加物的比較

第三回合 軟硬值

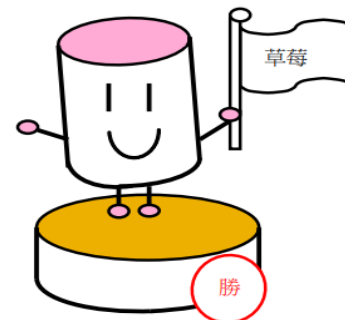
軟硬值(%)

	第一次	第二次	第三次	勝敗
草莓	23.18 勝	48.74 勝	36.95 勝	勝
原味	21.36	38.03	34.35	敗



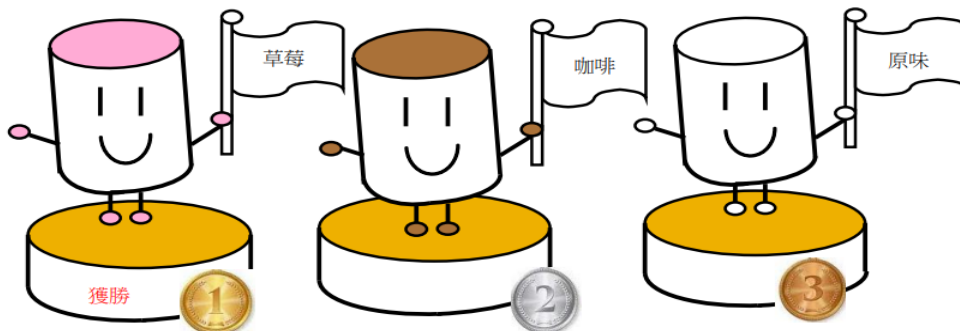
Q 彈值(%)

	第一次	第二次	第三次	勝敗
草莓	18.23 勝	28.01 勝	20.49 勝	勝
原味	8.47	15.65	7.56	敗



添加物的比較

軟硬值



Q 彈值



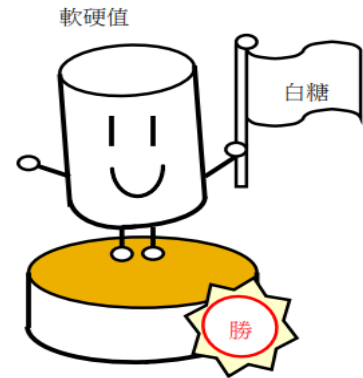
軟硬值：草莓＞咖啡＞原味

Q 彈值：咖啡＞草莓＞原味

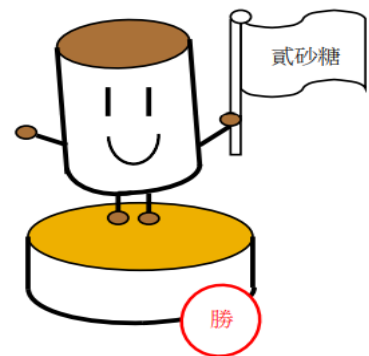
糖的種類的比較

第一回合

軟硬值(%)				
	第一次	第二次	第三次	勝敗
白糖	21.36	38.03	34.35	勝
貳砂糖	43.18	26.32	31.32	敗

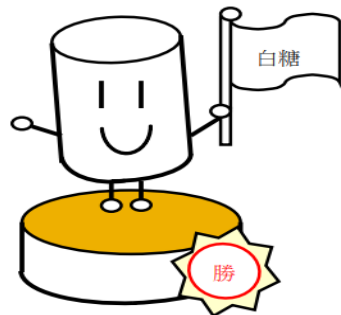


Q 彈值(%)				
	第一次	第二次	第三次	勝敗
白糖	8.47	15.65	7.56	敗
貳砂糖	16.74	9.44	16.08	勝



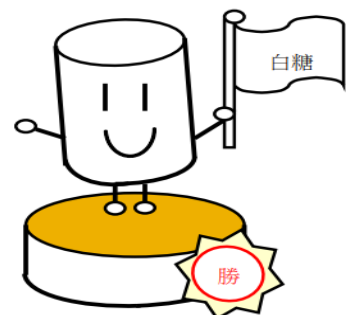
第二回合

軟硬值(%)				
	第一次	第二次	第三次	勝敗
白糖	21.36	38.03	34.35	勝
蜂蜜	41.37	29.32	17.92	敗



Q 彈值(%)				
	第一次	第二次	第三次	勝敗
白糖	8.47	15.65	7.56	勝
蜂蜜	6.00	21.29	7.07	敗

Q 彈值

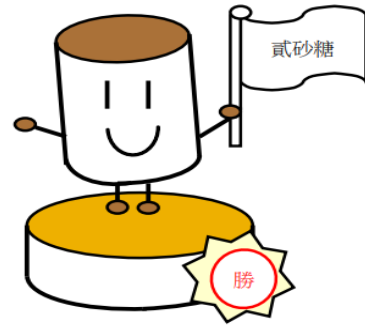


糖的種類的比較

軟硬值(%)

	第一次	第二次	第三次	勝敗
貳砂糖	43.18 勝	26.32	31.32 勝	勝
蜂蜜	41.37	29.32 勝	17.92	敗

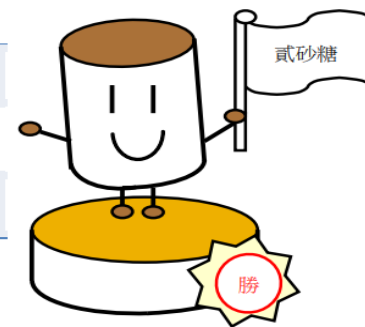
第三回合
軟硬值



Q 彈值(%)

	第一次	第二次	第三次	勝敗
貳砂糖	16.74 勝	9.44	16.08 勝	勝
蜂蜜	6.00	21.29 勝	7.07	敗

Q 彈值

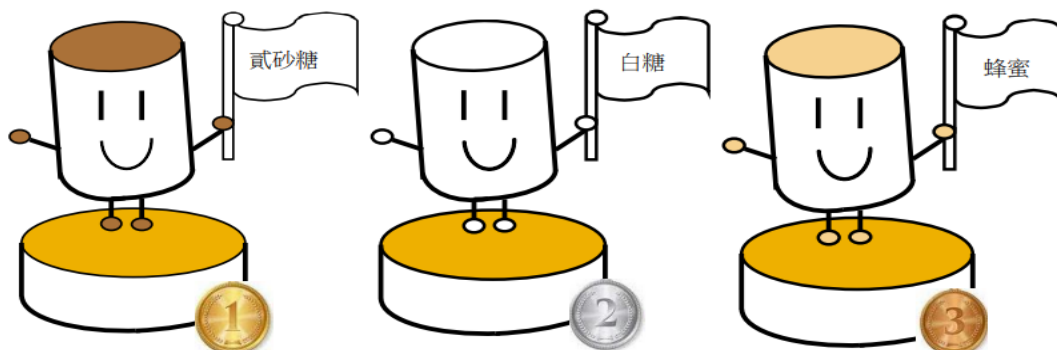


糖的種類的比較

軟硬值



Q 彈值



軟硬值：白糖 > 貳砂 > 蜂蜜

Q 彈值：貳砂 > 白糖 > 蜂蜜

吃貨的重點推薦

- 原味：綿密柔軟，入口即化
- 咖啡：口感 Q 彈，較有嚼勁，是所有總類中與市售棉花糖最相近的一款
- 草莓：香甜可口，口感較硬，與咖啡相似，但不如其 Q 彈
- 貳砂：口感不及草莓 Q 彈，介於原味與草莓之間
- 蜂蜜：口感與前四種差異極大，較無棉花糖的特性，倒是偏向果凍的感覺，可能與糖漿沒有加熱有關，味道濃郁，極香甜

實驗中的科學

棉花糖加入添加物，均可變得更軟更 Q 彈，可見明膠分子在加入添加物後，所含的多酚能有效延展交聯分子而使其變得更軟，且交聯的強度不因添加物而減弱，故顯得更具彈性，而草莓相較咖啡而言，顯得更硬但較不 Q 彈，可能是草莓添加物能提供交聯分子更大的延展性，但交聯強度不如咖啡高，我們推測有可能是因為保存過程中有些微的差異而造成。

在糖的種類比較中，白糖及貳砂為雙糖分子，分子大小較蜂蜜(主要為單糖)為大，能更好的展延交聯分子而使其變得更軟更 Q 彈。

參考資料

<https://kknews.cc/zh-hk/news/6lxbm9p.html>

https://in.telegram-store.com/catalog/en/stickers/huanletu_1_tianmipian_quanyingmutietu_full_chn_wsz_b

<https://kknews.cc/zh-hk/news/6lxbm9p.html>

<https://youtu.be/xLyBzvwglPg?list=TLGG0xGCjsfCkJExMDA4MjAyMQ>

<http://sanpasta.ocnk.net/>

第三名

從振盪單擺看見混沌理論

作者：黃弘岳

學校：私立復旦高級中學

評語：

作者透過自行設計的單擺與複擺實驗，精確地模擬相關的運動狀況，並且發現影響擺動的主要原因，具有科學探究的精神。然對於單擺及混沌現象之間的關係說明地較不清楚，可以描述地更有關連性。此外，許多圖表的呈現略顯突兀，文字說明的清晰性上亦可以加強。

從振盪單擺看見混沌理論

什麼是混沌理論？

作者：復旦高中 黃弘岳

「『巴西』的蝴蝶拍動翅膀，卻造成了北京的風暴。」1963年，大名鼎鼎的氣象學家愛德華·諾頓·勞倫茲在研究過程中，發現一些簡單的熱對流現象卻可以造成劇變的氣候現象，展現了「蝴蝶效應」，並提出「混沌理論」。

「一顆小雪球可能引發一場雪崩，一根火柴可以點燃整個森林。」

混沌一詞原指發現宇宙混亂狀態的描述，古希臘哲學家主張宇宙是由混沌且複雜無序的空間逐漸形成現今有條不紊的世界。

隨著近幾十年數學家們在這充滿哲學性思想的學科中鑽研，他們發現自然中許多運動行為皆可以用簡單的運動公式表示，但其運動軌跡卻無法加以預測。在這些學者中，著名的有：美國數學家史蒂芬·斯梅爾，他發現在某些運動行為中，初期具有穩定的運動軌跡，但後期便會成為一個極度複雜且無法預測的運動行為。

「一切事物的初始狀態，都是看似毫無關係，但當混沌狀態結束後，這些微小因子可能會造成初始無法預測的結果。」在非線性混沌系統中，物體受初始條件影響劇烈，任何微小的擾動都會造成無法預測的結果，這就是混沌理論概述。

混沌理論就在你我身邊

許多人都認為這個世界是線性的，也就是可以預測和控制的，未來就彷彿是此時此刻的延伸，然而，事實上，「線性理論」已經被近一世紀新生的「混沌理論」取代了。真實世界是非常複雜的，因此「變化」不再可以像線性系統一樣容易預測，所有的事件都沒有必然的結果，說道這裡，我不禁聯想到，每回自信心爆棚時，師長、家人及朋友總愛說的一句話：「沒有什麼是一定的，謙虛點好。」原來我的師長都深深領悟了混沌理論！或許平常你以為那些很了解你的死黨或是親朋好友，其實他們各各都是混沌理論的專家，他們和當代物理學家一樣，企圖從不規則的變化現象中，找出概率的模型，以預測未來可能發生的狀況，只是他們的預測對象是你和心儀對象的感情發展或是同儕之間的相處行為。

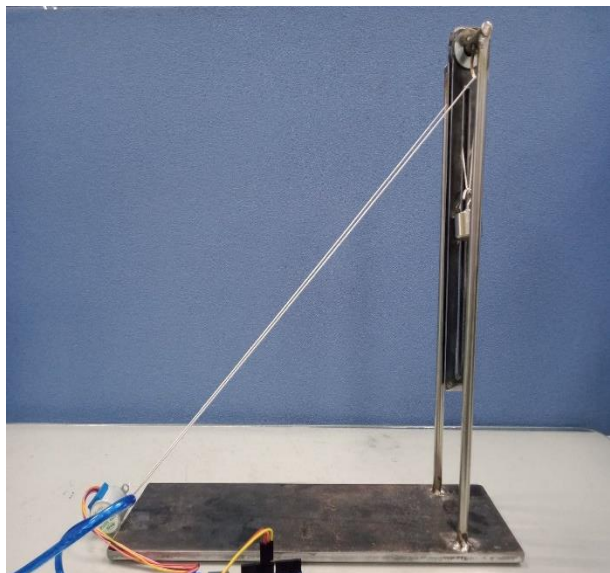
振盪單擺實驗

目前想要從實驗中，實際觀察到混沌理論中，對初始條件極度敏感、後期運動軌跡極度複雜且難以預測的現象，最簡單的方法就是「複擺實驗」，所謂複擺就是從單擺裝置改變而來，把原始單擺擺錘位置定為支點，再添加一個單擺，這就是雙擺，當然也可以以這種方式添加更多的擺，看似簡單容易的單擺系統，任何一個有學過高中物理簡諧運動的人都可以計算，但經過複擺的調整，整個系統突然變得極度複雜。

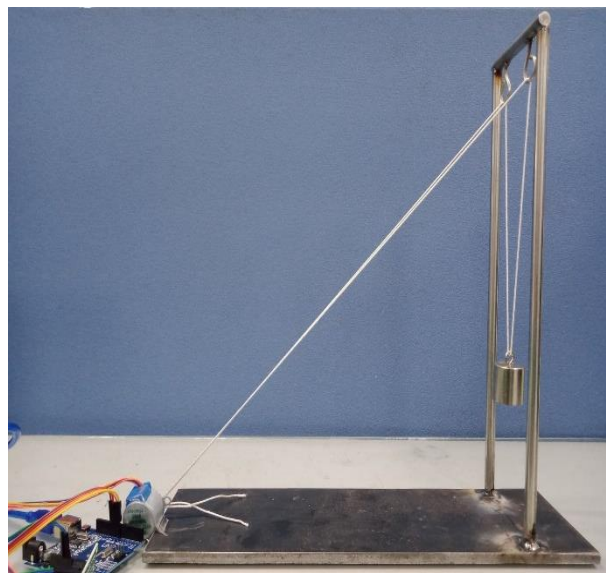
作者自行設計了兩個混沌單擺裝置，第一個是在一個最簡單的單擺擺錘上方添加一個可

以隨擺線方向做徑向振盪的振盪體（如圖一）；第二個是一個擺長會以特定頻率和長度伸縮的單擺（如圖二）。由於非線性動力學實驗中，對初始條件極度敏感，我的研究方式就直接以 Python 三維圖形庫套件 VPython，並以有限差分法模擬系統運動行為。

在這兩個模擬實驗中，分別改變了振盪體的質量、振盪或伸縮的頻率以及振盪或伸縮的振幅與距離、空氣阻力大小，並在整個系統尚未發生混沌現象前，試圖整理出一些結果。

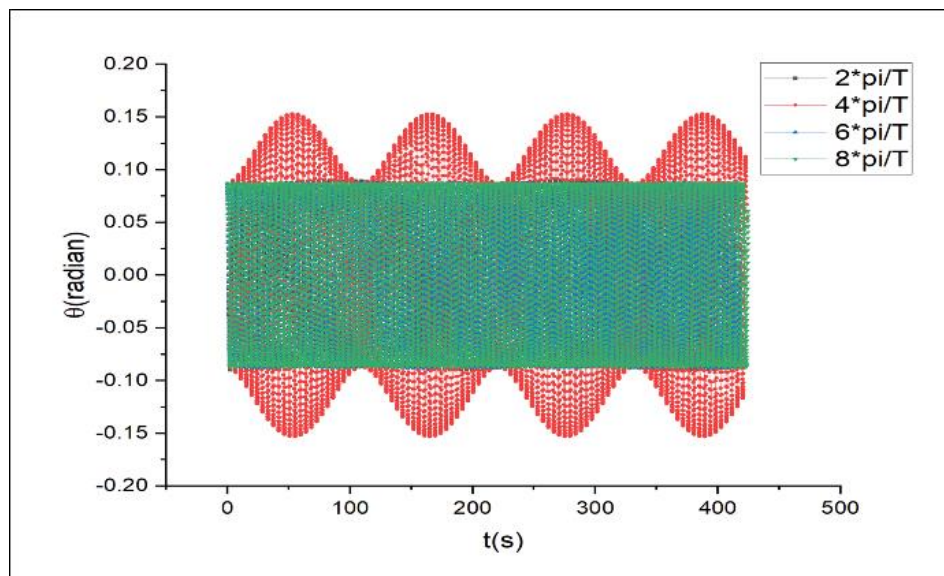


圖一：第一實驗架設

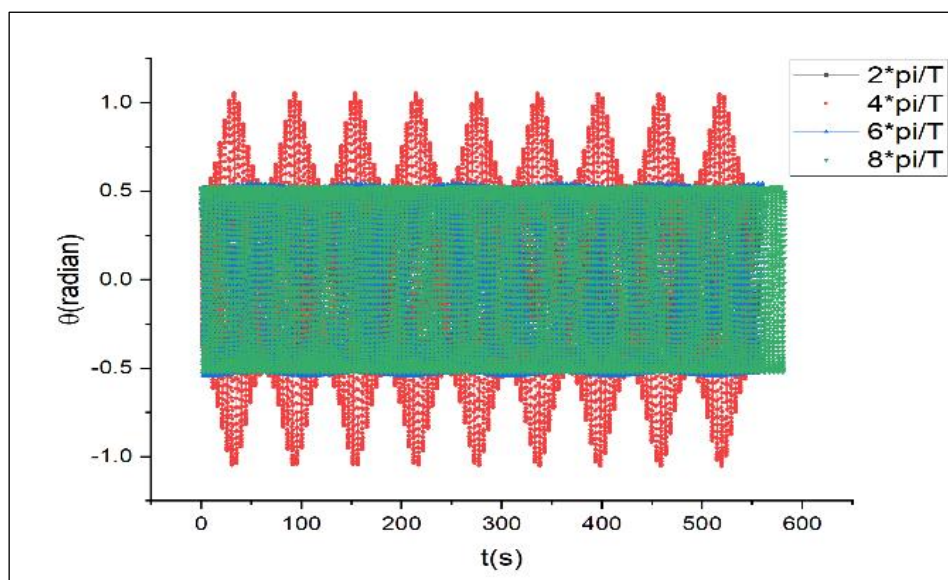


圖二：第二實驗架設

在這兩個模型中，我觀察到在無空氣阻力時，隨著振盪體的振盪，擺子的擺角會逐漸變大，但到一最大值後就會開始減小，呈現週期性的波包，但只有在特定的振盪角速度時，擺子的擺角變化才會變得明顯，不論以多快或多慢的振盪角速度振盪振盪體，擺角變化都非常不明顯，換言之，只有在特定的振盪角速度時，擺子的擺角才会有明顯增加，其餘的擺角都和初始擺角非常接近，此外我還發現振盪體的振盪振幅、振盪體質量對擺角的對擺子擺角的影響，都遠不及振盪角速度對擺子擺角的影響。



圖三：第一實驗不同振盪角速度擺角對應時間關係圖

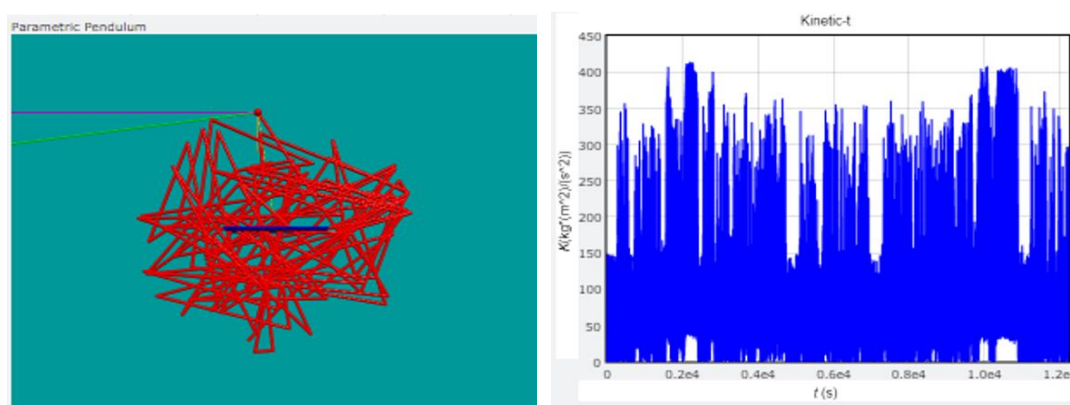


圖四：第二實驗不同振盪角速度擺角對應時間關係圖

敏銳的讀者應該已經觀察到了第二個模擬實驗其實就是第一個模擬實驗的簡化版。我在這個模擬實驗項目中，發現了和第一個模擬實驗項目非常接近的結果：只有在特定的振盪角速度時，擺子的擺角才會有明顯增加，其餘的擺角都和初始擺角非常接近，擺長的伸縮長度、振盪體質量對擺子擺角的影響，都遠不及振盪角速度對擺子擺角的影響。

如果要用簡單、口語化的方法這兩個模擬實驗的結果，大概可以用振盪角速度直接的影響振盪頻率，也決定了此二裝置在發生混沌現象之前的擺角變化結果。

前面提到的：「振盪體的振盪振幅、振盪體質量對擺角的對擺子擺角的影響，都遠不及振盪角速度對擺子擺角的影響」事實上，這是在整個系統尚未發生混沌現象前的結果，然而在發生混沌現象後，微小的「振盪體的振盪振幅」、「振盪體質量」改變，對於擺角變化結果都會有極大的改變，其運動軌跡與動能變化如下：



綜合前面所說的，相信各位已經了解發生混沌行為最大的特徵就是對於初始條件極度敏感，讓問題變得非常複雜，然而也正因為它的複雜和難以預測，使得科學家們對它情有獨鍾，而偉大的科學家們總能將混沌系統的非線性結果做技巧性的分析，化無用為有用，相信只要你觀察夠細微，你一定也能發現一些日常周遭與混沌理論相關的現象，或許你就是下一位研究混沌理論的科學家。

佳作

從牛頓開始的物理探究

作者：何承芸、陳昭佑、游佩綈

學校：桃園市立武陵高級中等學校

評語：

本文比較像是比較相對論及牛頓力學的文獻閱讀整理，具有探究的問題意識，只是相關的討論均是過往竟已經被討論過的內容，比較欠缺作者自己的創新。仍具有科學探究的精神，只是整體的問題意識及心路歷程還可交代地更加清晰。

物理的奧秘

物理是進行一系列的推翻與論證，朝向真理邁進的學問。從哥白尼的日心說被日後前仆後繼的觀察者證實，到光的波粒二象性解決光是波動還是粒子的爭執，真理透過實驗和邏輯推演愈辨愈明。在折服於前人於科研路上不畏磕絆的精神之餘，我們開始好奇物理的相對論----與牛頓力學的觀點存在些許矛盾，卻被認為並存於我們生活的近代科學。

問題

假設一個物體A以0.6倍光速向東行進，同時又有另一物體B從出發點以0.6倍光速向西行進。試觀察物體A、B。

如果我們以古典力學的角度探討，我們會得到：

A看B以1.2倍光速往西遠離，B看A以1.2倍光速向東行進

但是由相對論推導出的結論卻是：

A看B以0.88倍光速往西遠離，B看A以0.88倍光速向東行進

伽利略轉換 for 古典

$$\begin{aligned}V_{AB} &= V_{Ao} + V_{oB} \\&= 0.6c + 0.6c \\&= 1.2c\end{aligned}$$

勞倫茲轉換 for 相對論

$$u' = \frac{u - v}{1 - \frac{uv}{c^2}}$$

其中 u 為 $0.6c$ ， v 為 $-0.6c$

$$\text{則 } u' = \frac{1.2c}{1.36} \doteq 0.88c$$

我們可以看到，由古典力學和由相對論推導的結果大相逕庭。我們於是翻閱以往的實驗報告，希望找到唯一的真理。

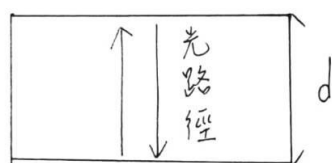
鐘慢效應

A 在列車、B 在月臺

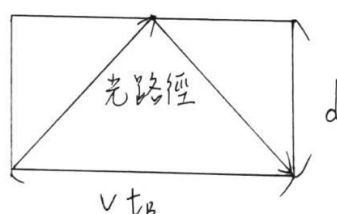
A 以雷射筆垂直射向列車天花板之鏡子

列車相對月臺有速度 v 向右

A 的視角



B 的視角



$$\frac{2d}{c} = t_A \Rightarrow \frac{4d^2}{c^2} = t_A^2$$

$$\frac{2\sqrt{d^2 + (\frac{1}{2}vt_B)^2}}{c} = t_B \Rightarrow \frac{4d^2 + v^2t_B^2}{c^2} = t_B^2$$

$$t_A^2 = \left[1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2\right] t_B^2$$

$$t_B = \frac{t_A}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$$

又 t_B 為靜止，故表為 t ， t_A 表為 t'

$$\text{得 } t = \frac{t'}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$$

我們可以想像B站在月臺上，A在一個正在行經月臺的列車上。A拿雷射筆往上射，此時A和B同時計算雷射從筆射出又回到筆的時間，此時A的時間相對於B被放大了。

水星軌道近日點進動

在牛頓力學被科學界廣泛接受約200年後，科學家奧本·勒維耶取得1697年至1848年的水星凌日時間紀錄，計算分析後赫然發現水星進動每100回歸年便會和牛頓理論預測的相差38弧秒。科學家進行了對懷疑的嘗試解釋，於是重新估計，卻得到更大的差距——43弧秒。

科學界於是展開長達一甲子的討論，卻沒有任何一種理論能夠完美解釋誤差，直到愛因斯坦提出廣義相對論。

廣義相對論指出，重力是由時空的彎曲造成的，因此橢圓形軌道會在軌道平面上改變取向，造成近日點的進動。

學術界在轟動振奮之餘，為了保險起見，並沒有貿然接受愛因斯坦的相對論。根據當時的天文知識，科學家們知道，在1919年5月29日的赤道附近非洲西海岸和巴西東岸可以觀測到日全食，而緊貼著日全食背後的畢宿星團正可作為愛氏光子在引力場彎曲的靶星。兩組由艾丁頓組織的觀測隊浩浩湯湯地出發了，他們小心謹慎地帶回觀測數據，眾人只能緊張焦急地等待六個月的分析。

同年11月6日，「廣義相對論」1.70角秒的預測值被成功肯定。

根據水星軌道近日點進動和鐘慢效應，我們了解到愛因斯坦的相對論能夠解決牛頓力學理論產生的誤差，那為什麼牛頓的力學理論沒有被取代呢？愛因斯坦說，時空是扭曲的，那牛頓理論的時空模型及物理觀又是什麼？

絕對時空

在牛頓的觀點，有絕對運動的存在。牛頓認為水桶實驗證明了這點，實驗中，水桶維持轉動狀態，水桶裡的水在一開始尚未被帶動的情況下水面呈現水平，接下來開始出現遠離軸心的傾向，四周沿桶壁攀升，中間下凹，到最後運動作用力達到極大值，水與水桶的相對運動為零。在過程中我們可以發現一個有趣的現象：

圖示			
時間	一開始	接下來	一段時間後
相對運動	最大	中等	最小(0)
水偏離轉軸的傾向	無	有	無

也就是說水桶內水的運動與四周物體的相對運動無關，於是絕對運動的存在得到了證明。它很合乎我們平日的觀察，那如果我們用相對論的概念來思考呢？

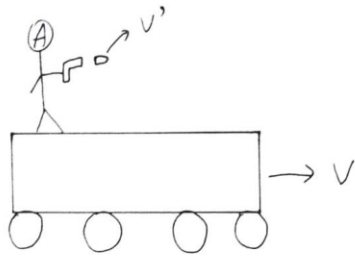
其實水是相對於宇宙其他物質，而並非相對於所謂的絕對空間去做轉動。

速度疊加

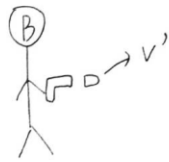
在牛頓的物理觀點上，速度可疊加，且不論在何種情況下皆能被遵守，但當我們去看跟光速有關的情形時，便會發現這不太符合我們的生活經驗。

假設一人A在行進的火車上(速度 V)發射子彈(速度 V')，另一人B在平地上發射子彈(速度 V')，試觀察之。

速度疊加

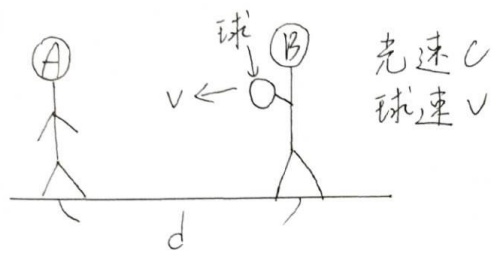


A的子彈射速相對於C為 $V+V'$
B的子彈射速相對於C為 V'



假設一人B向另一人A方向投球，投球瞬間動作反光，試觀察之。

速度疊加的反對



那麼投球瞬間動作反光，光速為 c
球運動時，球反光之光速為 $c+v$ (if 速度可疊加)
則投球動作需花費 $t = \frac{d}{c}$ 秒傳到 A，
而球若只看出手那一部份，則花費 $t' = \frac{d}{c+v}$ 秒到 A
即 $t' < t$ ，那麼 A 會先看到球飛來，再看見 B 投球，
與現實情況不符。

對牛頓的反思

從現在的觀點來看，牛頓在當時所提出來的觀點並不是那麼的完美，然而對於那個時代來說，也對於我們來說，他仍然是自然科學方面的巨人，我們因為站在巨人的肩膀上，所以才可以看得更遠，儘管相較於現在我們已經有更為完整描述世界的方式，但作為一門不斷滾動的學科，科學的成長茁壯離不開前人的耕耘。

物理的教訓

回到最開始的問題，關於真理，我們發現從現在來看相對論的觀點是相對較為正確的，但這僅僅是從現在來看，對於這個問題我們應該持有一個更為開放的角度去看待它，因為我們也像是當初的牛頓一樣被侷限在我們這個世代，所以我們能做的便是以這個世代對真理的信念來找出這個問題的解答。

經由這次的書報探究，我們了解到物理是抽象與現實的交會，以往學牛頓的肯定，如今一窺相對論的門徑，通往真理的彼岸之中，科學的漩渦綺麗多變，在自我詢問思辨和尋找答案的過程中，我們翻過自己的思維窠臼，科學也越過從前留下的崇山峻嶺，儘管深知可能無法抵達無涯的知，我們的步伐和科學家們的學術探究都將永不歇止，因為我們有對科學的熱情伴我們挺過難關。

參考資料

- [如何用實驗證明「廣義相對論」呢？——《宇宙的顫抖》](#)
(2018/02/03，文／李傑信)
- 近代物理精要
(著/Arthur Beiser，譯/李峻賢)

佳作

Wow!AirDensity

作者：陳文琳、蔡妤欣、王琇宣、鄭惠羽、薛元寧

學校：台南市立南寧高級中學

評語：

作者「中規中矩」地呈現了整個科學探究過程，但在科學細節的討論及「故事性」上較為薄弱。



WOW!

AIR DENSITY

遠哲科學探究文創競賽

臺南市立南寧高級中學

**王琇宣 陳文琳 蔡妤欣
鄭惠羽 薛元寧**

CONTENTS

01 實驗動機 / 目的 / 器材

— 「球裡面的空氣密度到底是多少？」

02 實驗過程

— 充滿了跌跌撞撞，卻也收穫最多

03 實驗數據

— 見真章的時刻

04 結論

— 實驗的結果和分析

05 實驗中面臨問題

— 遇到了問題該如何解決？

06 心得與反思

— 從中獲得的感想及需改進的部分



實驗動機：

曾經學過排水集氣法，但並未實際操作過，起初好奇「氣體」看不見也摸不著到底要怎麼測量呢？我們該用什麼方式呢？等等的問題一一浮現在腦海中。



實驗目的：

運用球體探討在常溫下，相同球體灌入不同 bar 數的壓力測出的氣體密度變化，以及籃球和排球灌入相同 bar 數的壓力時氣體密度的變化。

實驗器材：

籃球	溫度計
氣球	小杯子
排球	打氣筒
球針	磅秤
橡皮管	抹布
量筒	寶特瓶 5 個
水桶	透明壓克力盒

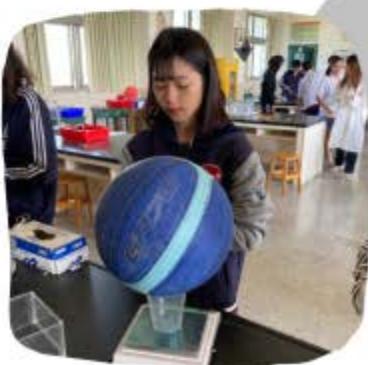




實驗過程

首先我們先將球體灌入氣體再放在透明塑膠杯上用電子磅秤測量放氣前的重量（公克），另一邊則先將寶特瓶放入盆中把空氣排光並安置好黏上球針的橡皮管，將球針插入進行放氣，測量總放氣量以 600ml /瓶做計算，若未放氣完整的一瓶則將剩下的水用量筒測量，測量放氣後的球體重量（kg），計算「球體重量（kg）」除以「排出水的體積（L）」計算出「密度」並依照各個球類做出數據統計。

計畫實驗時我們便遇到了不少問題，包含器材的缺乏、方法無法測量精確等，經過和老師的討論後順利的開始了實驗，原以為實驗可以順利的進行，然而在第一次實驗時我們便遇到了球針無法密合導致無法完全放氣的問題，透過老師的協助我們才得以繼續，後續的實驗過程也不斷地有突發狀況而影響實驗數據，但我們仍不放棄的面對遇到的問題，試著自己找到解決方法或詢問老師，經過多次實驗後，我們慢慢掌握了訣竅，也漸漸開始有可以採用的實驗數據，最後才順利的完成實驗。





實驗數據



籃球空氣密度數據(公斤/立方公尺)



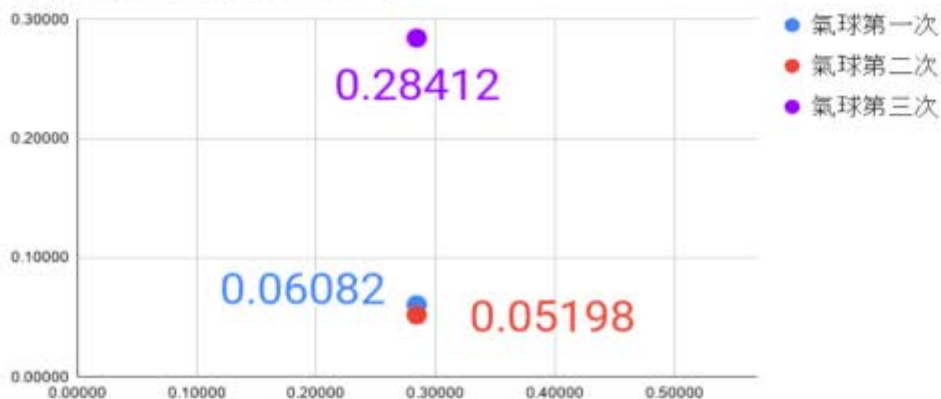
籃球球內壓力的不同對測量出的空氣密度數據是有影響的，但並非隨著壓力增加而變大。

排球空氣密度數據(公斤/立方公尺)



排球球內壓力的不同對測量出的空氣密度數據是有影響的，但並非隨著壓力增加而變大，且落差的幅度大。

氣球空氣密度數據(公斤/立方公尺)



氣球量測出的數據較小，且落差幅度頗大。

氣球的壓力小排球或籃球相當多，因此數值也更加不準確，推得氣球並不適合作為此實驗的器材。

排球/籃球/氣球空氣密度數據(公斤/立方公尺)



排球及籃球量測得空氣密度較接近，且與計算之資料較接近，而氣球量測得之數據落差較大。

	籃球	排球
1bar	1.33194	1.44110
1.5bar	1.49923	1.28907

相同壓力下，不論 1bar 或 1.5bar，排球及籃球測量出的空氣密度皆接近但仍有不同，可推斷即使球內相同壓力，不同的球種類對於空氣密度仍然會有些微的影響。

	空氣密度(公斤/立方公尺)	不確定度
籃球1bar	1.33194	0.048
籃球1.5bar	1.49923	0.077
籃球2bar	1.49286	0.018
排球0.5bar	1.13874	0.0013
排球1bar	1.44110	0.00067
排球1.5bar	1.28907	0.00070
氣球	0.28412	
氣球	0.06082	
氣球	0.05198	

實驗總數據



結論

氣球量測出的空氣密度相較於籃球及排球有極大的落差，且和網路儀器計算之數據有所出入，而排球及籃球得出的數據則是較接近的，落差幅度也不如和氣球的差距，由此可進而推斷氣球不適合作為量測空氣密度之器材。

排球及籃球在相同壓力下測得的數據並非完全相同，此比較更印證了不同球種類測得的數據會有所改變；而在改變不同的壓力時不論排球或籃球皆會因不同壓力而使得數據改變，但與壓力並非呈現正相關的關係。



實驗中面臨問題

球針怎麼無法密合？

起初我們開始進行實驗，球針插進籃球很卡需要大力拔出，因此容易斷掉，後來我們換了洞口較適合的籃球。經過老師協助，將球針用膠帶固定在橡皮管上也解決了無法密合而漏氣的問題。

氣壓太高啦！

當我們灌入籃球 2bar 的時候，由於球體內壓力較球外大，因此一放開橡皮管時一不小心就「ㄉㄨㄣˊ」～的把氣放太多了，把瓶子抽起的人員容易因反應不及而造成不到兩秒空氣就排光，使得實驗數據無法精確。經過第一次的經驗我們也更專注小心的在實驗上，有人負責觀看水中的狀態並指揮，管子也多了人手捏住並用大的長尾夾夾住，以避免掉氣體流失的問題。

最終的實驗數據缺乏對照組

在時間的壓力下我們完成了排球氣球籃球的測量，但其中也有一些變因在實驗過程發現無法進行，例如氣球沒辦法打太大的氣壓、排球也有一定的限度，導致有些數據沒有完整的對照組，因此實驗數據有些並沒有辦法互相做對照或比較，使得結論不夠具有說服力，是我們之後再計畫相關實驗時可以多加注意的地方。

數據



影片



照片





心得與反思

實驗中，除了學會測量密度外，也學會如何規劃事情，一個實驗從無到有，其中難免會跟組員發生爭執而有些不愉快，但最後看到數據越來越準確到實驗完整的結束，頓時會覺得一切化為烏有，也了解到實驗中只要有任何疏忽都會影響整個實驗的進行與數據，可能當下我們都沒發現錯誤，但從數據中我們可以發現一點小疏忽都是不被允許的，須專注在實驗上。我們也發現組員間溝通與分配任務的重要，要依照每個人不同的能力去指派任務，讓大家都有參與的機會，使實驗能更有效率。

整個實驗過程中，充滿了失敗和挫折，也發生不少突發狀況，從一開始的計劃就不斷的碰壁，是經過不斷地與老師們的討論、溝通協調才慢慢地掌握到訣竅。探索問題源頭跟找解決辦法我們覺得是相當重要的，藉著那些過程，我們所學習到的不僅僅是實驗所得到的數據或結論，更重要的是試著探索未知的好奇心以及面對並解決問題的能力。

這樣的探究精神也適用於社會生活方面，世界上存在著各種迷思等著我們去探索，或許會遇到挫折，但有了不斷嘗試、永不放棄的心態，必定是個值得學習的經驗。相信這世界還有藏匿在生活裡的秘密等著用個人獨特的觀點去找尋答案、學會表達並靠自己的力量克服困難和解決問題。過去我們只會照著課本執行，透過經歷了這些，才知道做實驗的困難性。不論最終的實驗結果是否完美，即使過程中有許多的失敗，我們認為從中得到的果實甚至是能力才是真正重要的！

科學漫畫組

漫畫組-得獎作品

名次	作品名稱	作者學校	頁數
第一名	上帝手術刀 CRISPRCas9	高雄市立高雄女子高級中學	115
第二名	在水上奔馳的牙籤	高雄市立楠梓高級中學	119
第二名	生命之源-水的歷險記	高雄市立三民國中	123
第三名	寧海德林	國立中興高級中學、國立南投高級中學	129
第三名	塑膠剋星--蠟蟲	台南市立中山國中	135
第三名	刻刻學科學	國立臺灣師範大學附屬高級中學、新北市私立復興高級商工職業學校、臺北市立成功高級中學、臺北市立第一女子高級中學	143
第三名	血球的下班碎碎念	國立臺灣師範大學附屬高級中學	149
第三名	神奇的表面張力	臺北市立南門國民中學	153
佳作	沙子液化魔法	國立臺灣師範大學附屬高級中學	159
佳作	雄性禿的由來	高雄市立三民國民中學	163
佳作	「餹」之大吉	屏東縣立中正國民中學	167

第一名

上帝手術刀 CRISPRCas9

作者：柯宜彤

學校：高雄市立高雄女子高級中學

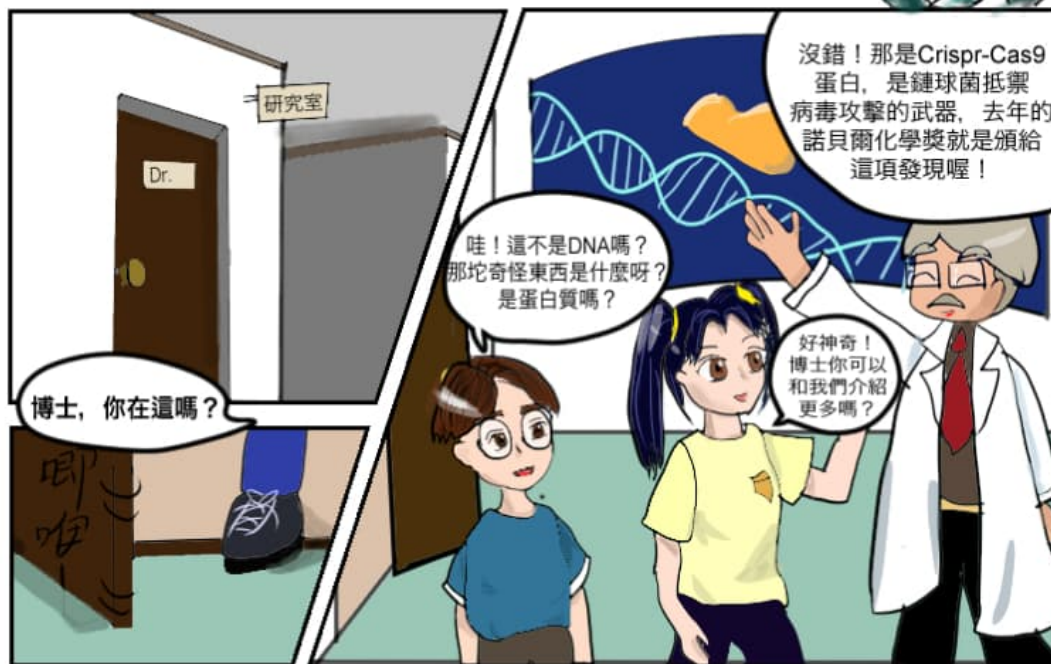
指導老師：葉瑾諭

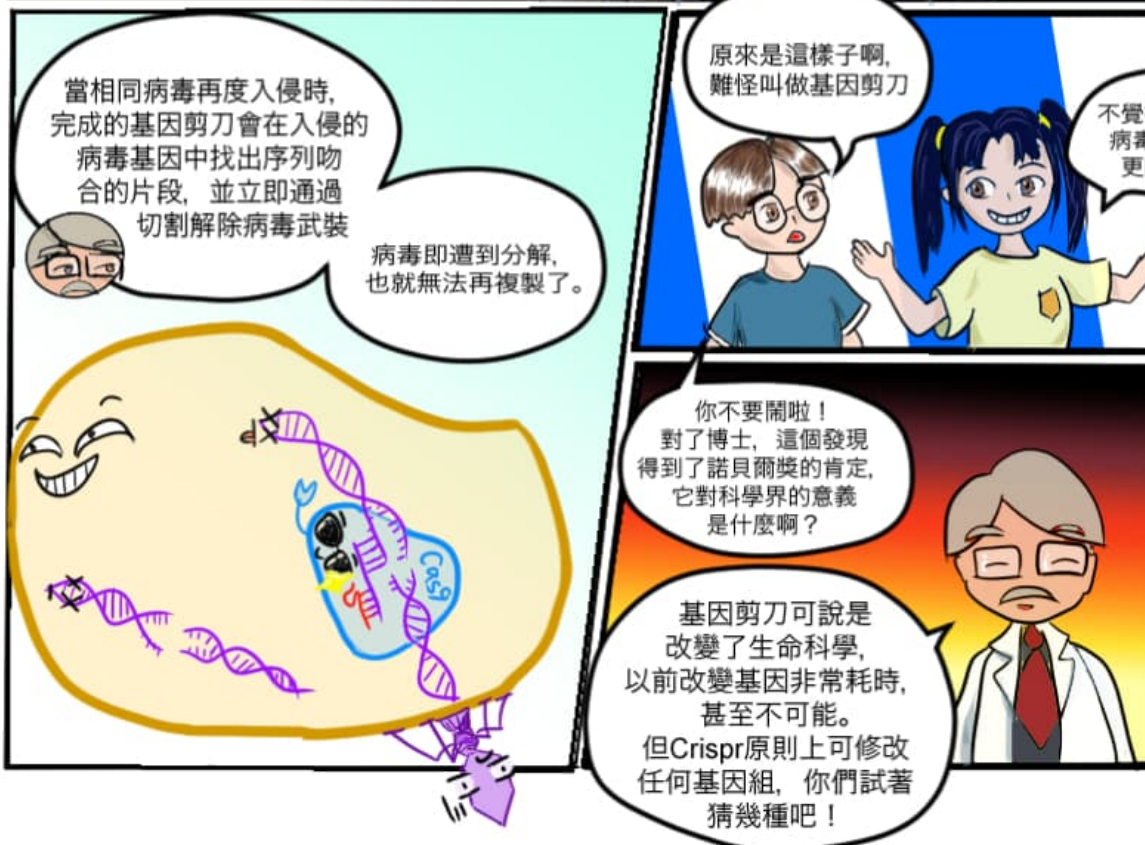
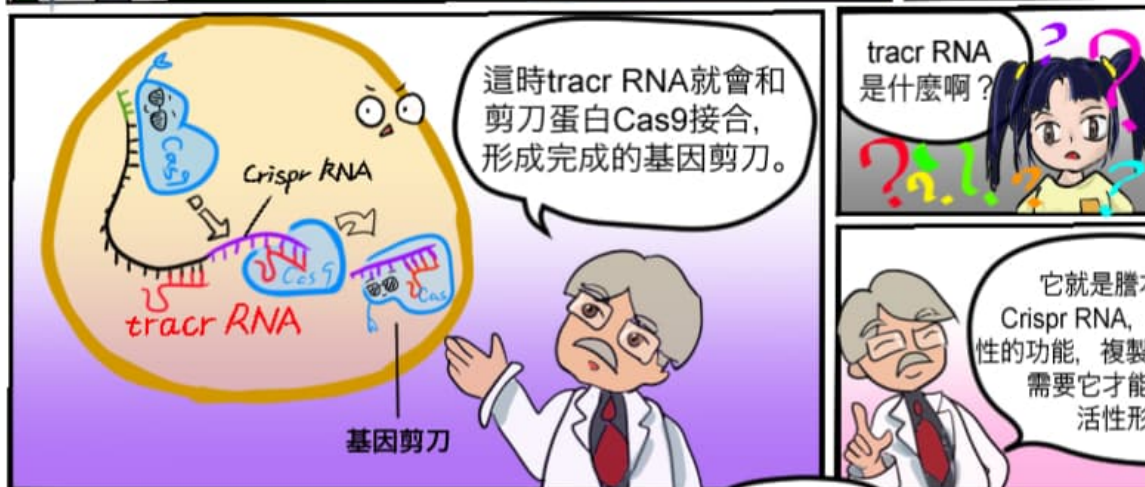
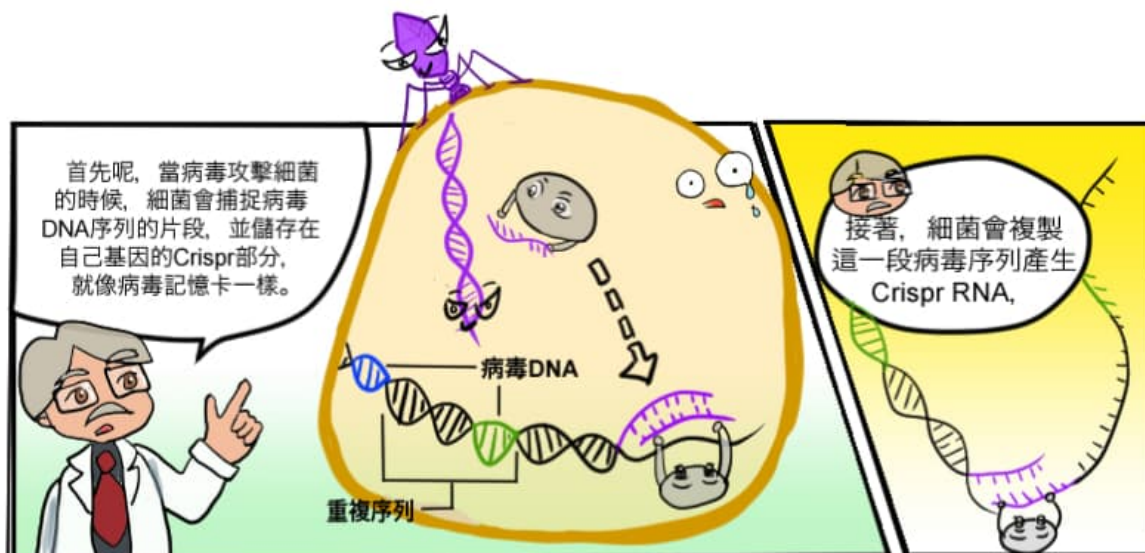
評語：

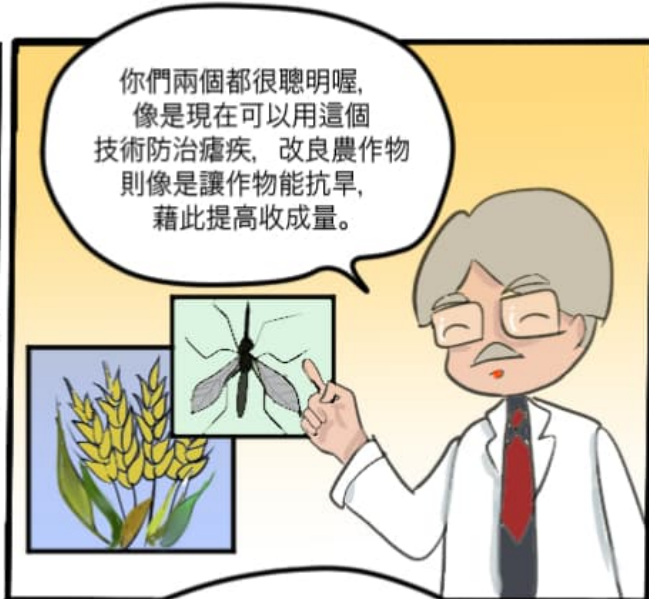
1. 圖文配合得當, 表現清楚, 內容有深度。
2. 主題與人物都很鮮明, 解說也很詳細; 題目或許改成「基因剪刀」, 感覺更符合主題。

上帝手術刀

CRISPR Cas-9







第二名

在水上奔馳的牙籤

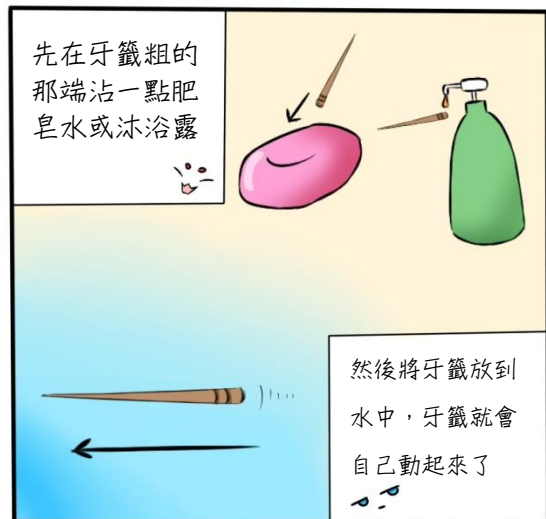
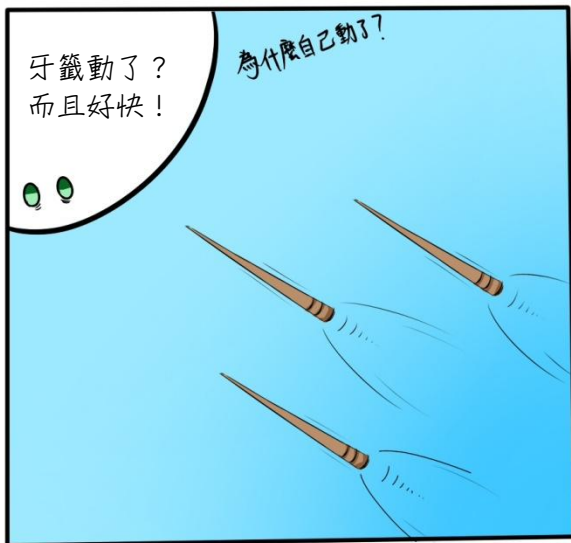
作者：馬琬茹

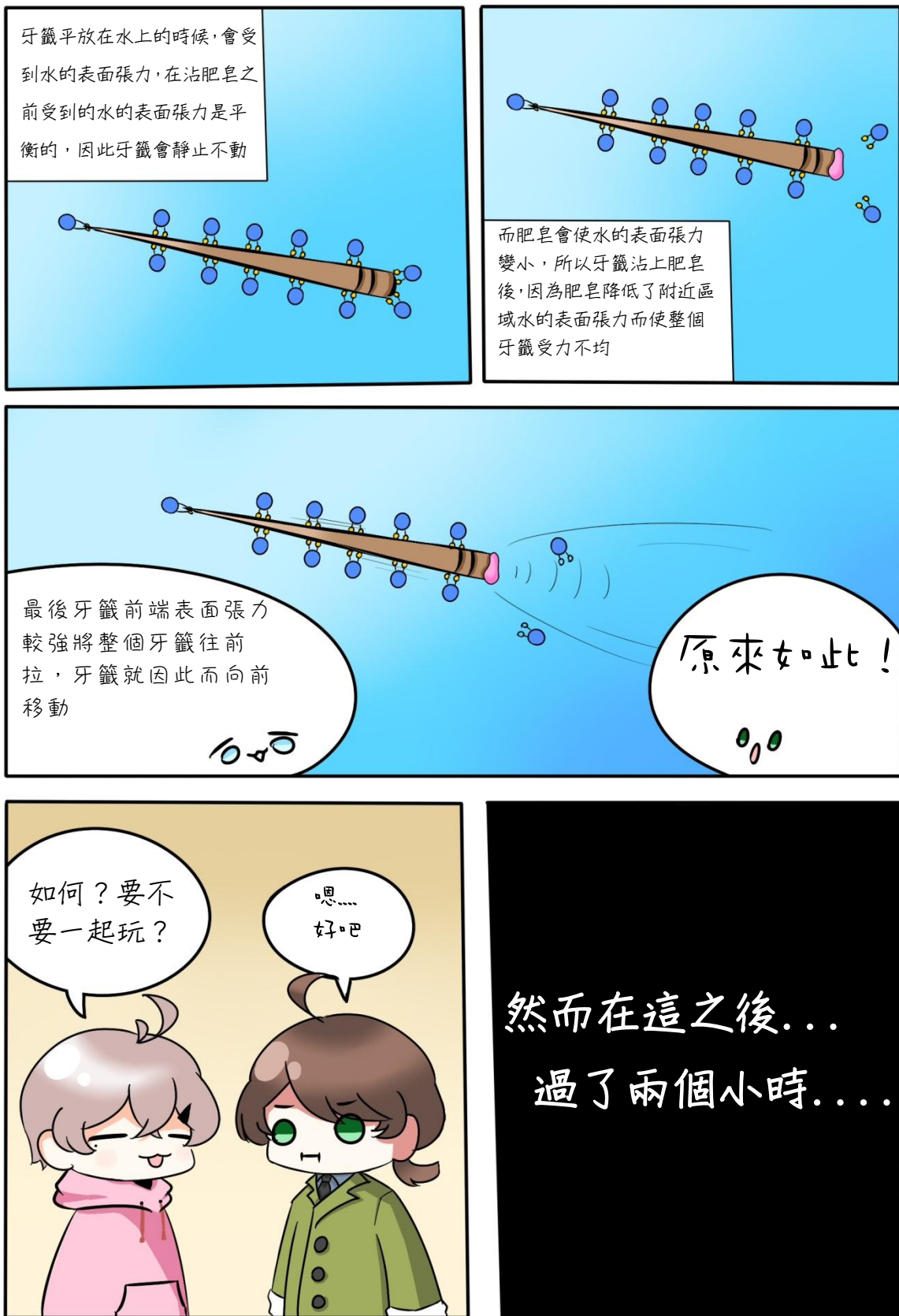
學校：高雄市立楠梓高級中學

指導老師：洪蓉宜

評語：

1. 主題鮮明, 劇情畫面清晰, 分鏡解說容易理解。
2. 幽默性的結尾, 沒必要佔用整篇畫稿的 1/3。







第二名

生命之源-水的歷險記

作者：孔雅立

學校：高雄市立三民國中

評語：

1. 內容鉅細靡遺, 繪作用心, 容易閱讀。
2. 記事型漫畫, 繪作感覺有趣。

生命之源—— 水的歷險記

人物介紹

悠
個性活潑
開朗



宇
個性較
安靜



好久沒下雨了！今年是56年來最嚴重乾旱！



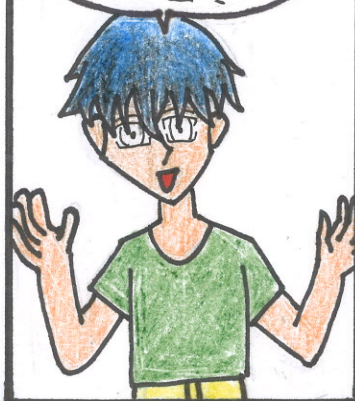
我們生活周遭有很多的水，有田裡的、水溝裡的...



這些水還能再利用嗎？



好問題！讓我們來檢測這些水吧！



那我們要檢測哪裡呢？

澄清湖周遭吧！



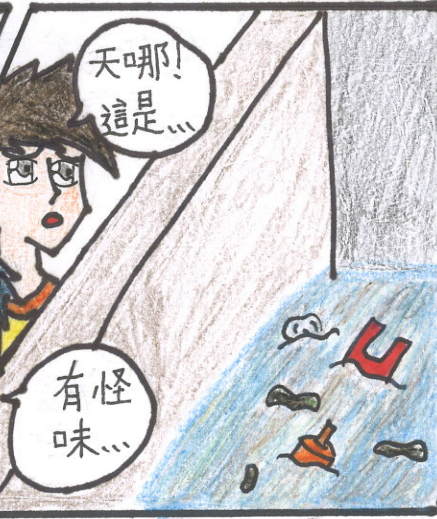
於是我們開始記錄周遭有水的地方

有螺...和水黴...



天哪！這是...

有怪味...



終於記錄完了

今天的景象會讓我終生難忘



我突然覺得裡面的魚好可憐

裡面沒有魚啦!!!



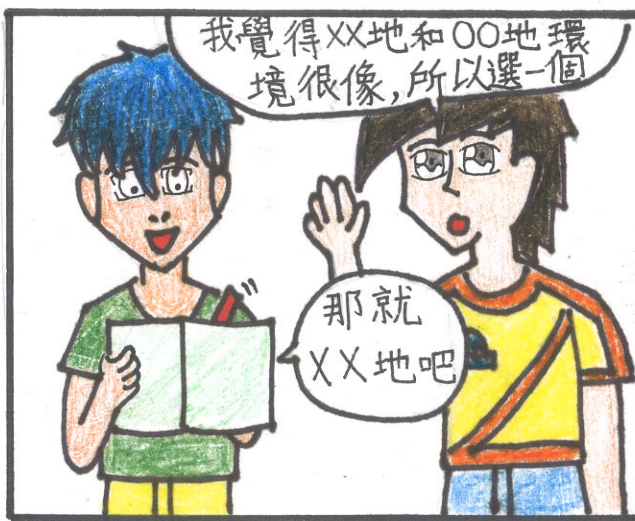
為什麼沒有



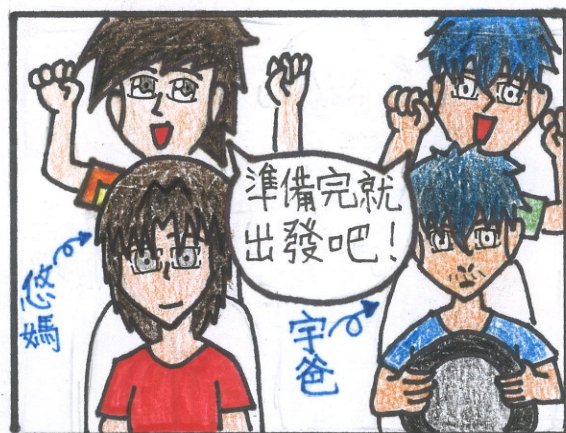
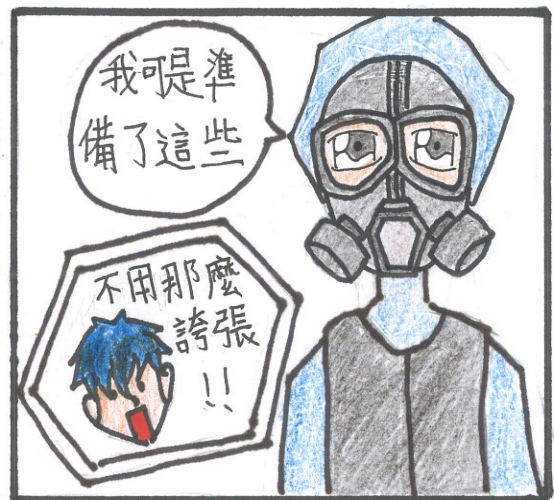
你下去看看

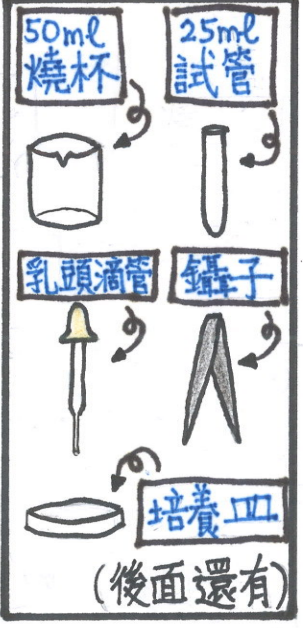
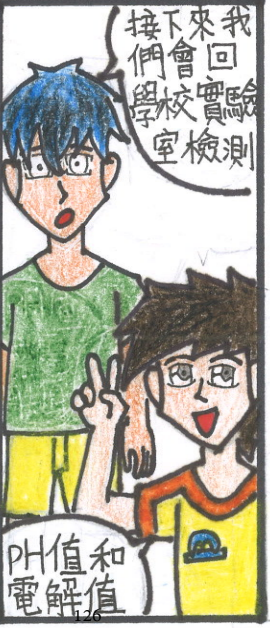
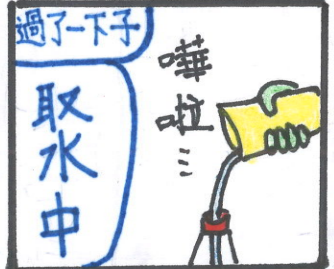
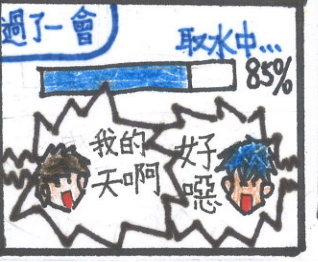
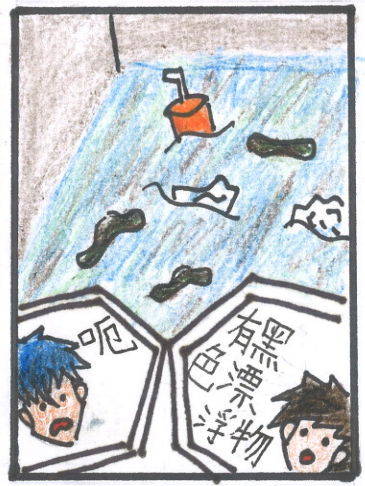
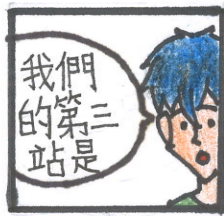
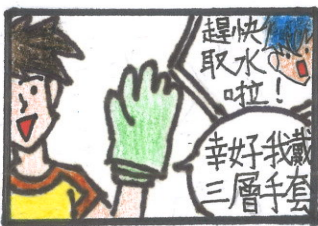
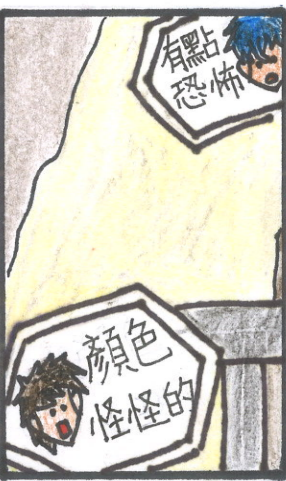
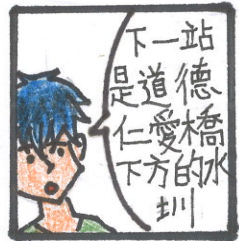
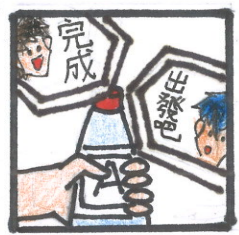
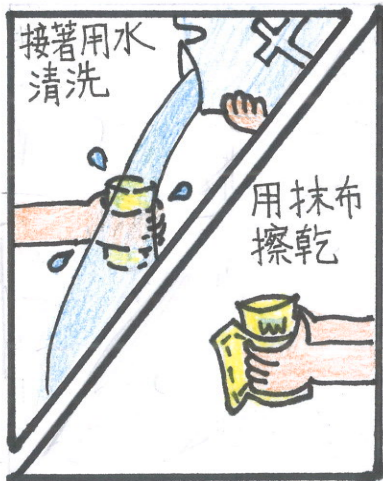
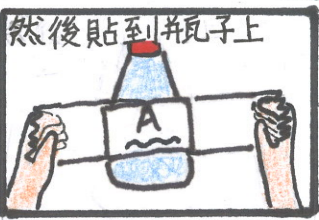
先不要

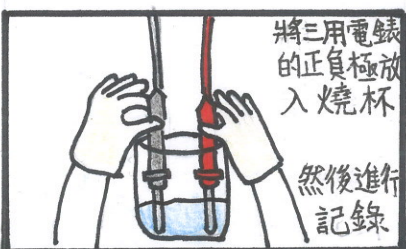
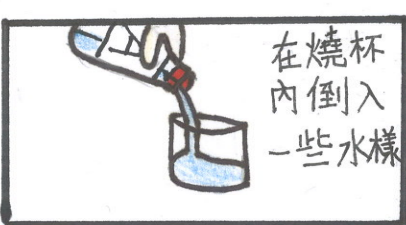
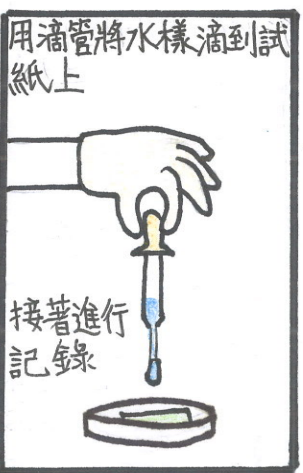
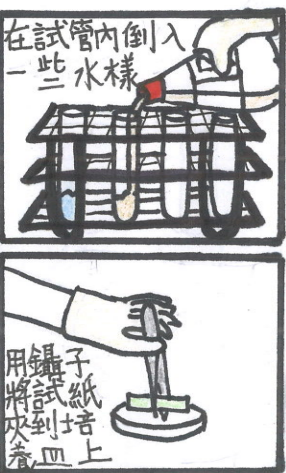
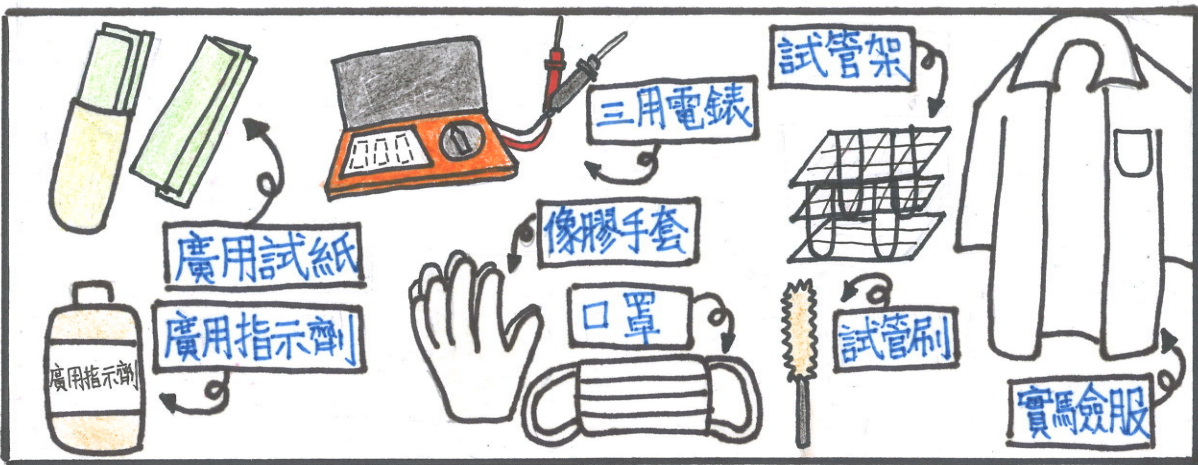




a few
mintues
later...

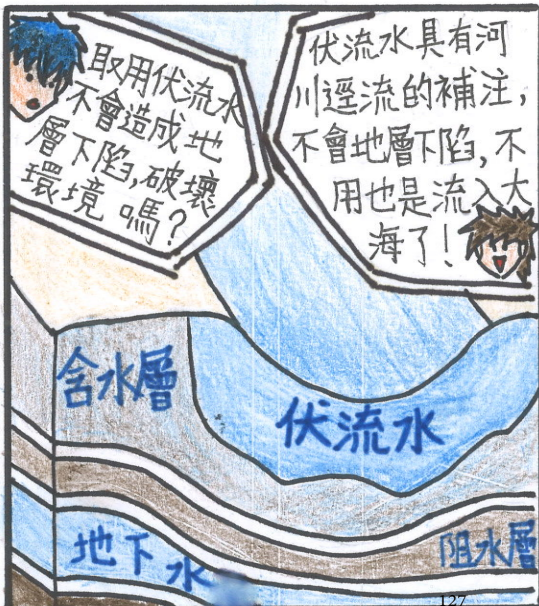
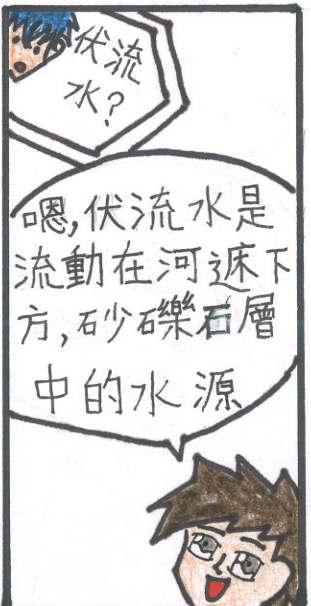
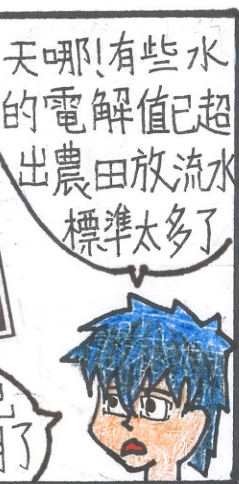






澄清湖附近農田、排水溝及醫院廢水

水樣	PH值	電阻值	真電度
澄清湖湖水	8.5	104.6	9.77
農田灌溉水	8	0.807	2693
生活廢水	8	0.233	4367
醫院汙水池	9	0.318	3413
家中RO水	6.6	1000	1
自來水	9	60	16.7



第三名

寧海德林

作者：吳珮葶、林浩中、吳思蓉、林佳薇、顏好誼

學校：國立中興高級中學、國立南投高級中學

指導老師：李致學

評語：

1. 將科學應用融入故事中, 構思創意佳。
2. 其中有一畫格字塞太多, 其他的表現都很完整。

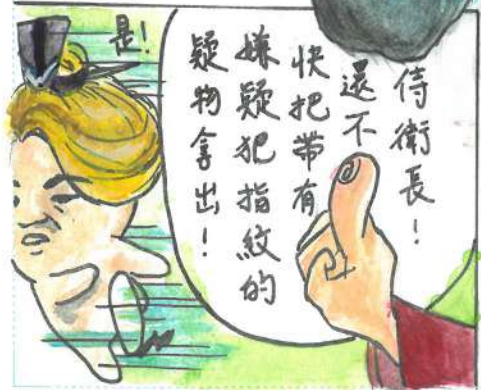




喔？此物有
何用處？



三酮，是一種有機化合物，被廣泛用於檢測氣一級和二級胺，尤其是胺基酸。三酮與他們反應時會產生羅曼紫色。指紋的凹凸面其表皮層的皺折，每條凸紋上都有汗孔與汗腺的分布，會不斷分泌汗液，來維持體溫的平衡。而汗液最主要的成分是水，其餘還有少量的氯化鈉、鉀、鈣、尿素、胺基酸等物質。將寧海德林試劑噴於指紋上，三酮與汗液裡的胺基酸反應，再放入烤爐裡以40~50度的高溫烘烤使指紋顯現出來。



侍衛長！
還不
快把帶有
嫌疑犯指紋的
疑物拿出！



您真的懂了嗎...？

咳咳！
原來如此！



大人！
屬下已
將此物
帶到。



太神奇了！
指紋變
得更清晰
了！這樣
就更好去
比對嫌犯
的指紋了！



大人！找到
了！就是他！



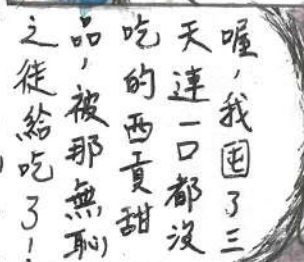
太好了！這
案子壓了
大半年之久
，終於結案
了！秋仁傑
，你立了大
功呢！



不不不，我只
是完成了最
後一步罷了
。是說：這
是什麼大案
子啊？



我實在氣不過
，誓死不抓到
絕不罷休！



喔，我困了三
天連一口都沒
吃的西貢甜
品，被那無聊
之徒給吃了！



秋

第三名

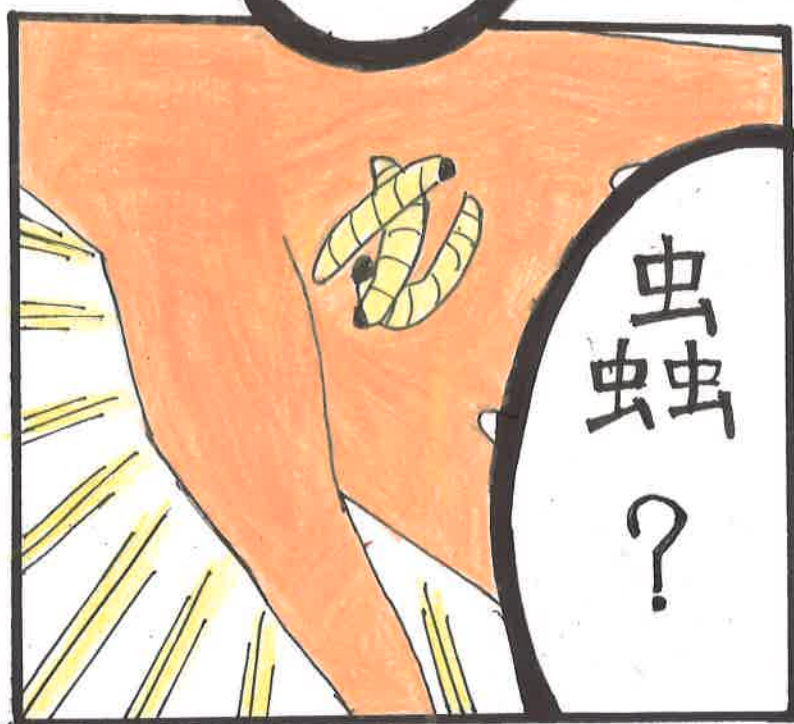
塑膠剋星——蠟蟲

作者：黃郁翔、蔡邑姍

學校：台南市立中山國中

評語：

1. 畫技與色彩的表現力佳，資訊完整，說明性強。
2. 描繪清晰，內容完整明確。



1

Q:

蠟蟲是什麼?

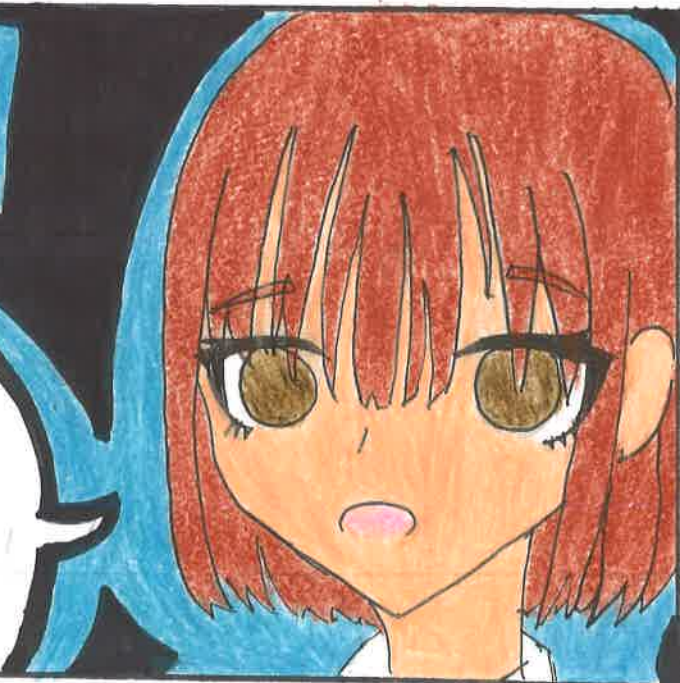
?

A:

- 螟蛾的幼蟲
- 動物界
節肢動物門
昆蟲綱
鱗翅目
螟蛾科
- 有一種高效能的酶在體內，可分解蜂蠟。
- 對蜂農而言是一種害蟲
- 寄生在蜂巢裡



「蠟蟲」
和「塑膠」
有什麼關係?



2

Q:

蠟蟲可以吃

塑膠?

A: Yes

蜂蠟和塑膠有著相似的結構，也能被分解，且對蠟蟲無害。



實驗結果

項目 種類	重量(g)	分解速率($\mu\text{g/hr}$)	測量時間(hr)
1號塑膠	1.00	45.83	48
2號塑膠	1.00	43.75	48
3號塑膠	1.00	141.66	48
4號塑膠	1.00	193.05	48
5號塑膠	1.00	156.94	48
6號塑膠	1.00	600.96	48

蠟蟲對大種不同塑膠的分解速率。

不同的塑膠被蠟蟲分解也會有不同的結果！



雖然蠟蟲可以
分解塑膠，但
這仍解決不了
塑膠過多的
問題。

因為
蠟蟲分解塑膠的速度
永遠超越不了
人類生產塑膠的速度。



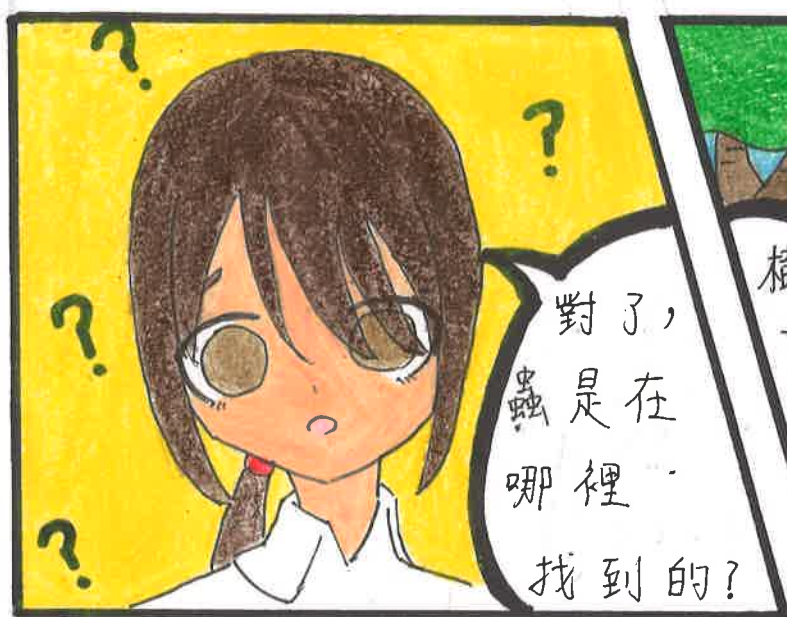
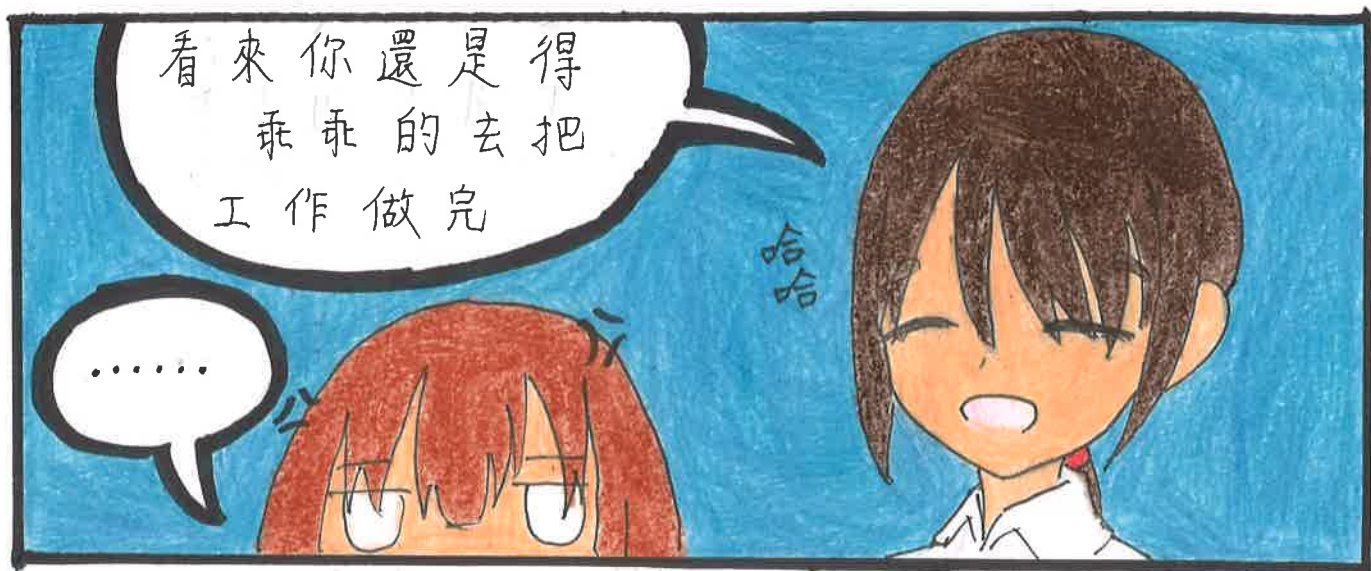
所以只有
人類才能解決
這個問題

從日常生活中的
小事做起，



每個人都可以
為地球出一份力。





第三名

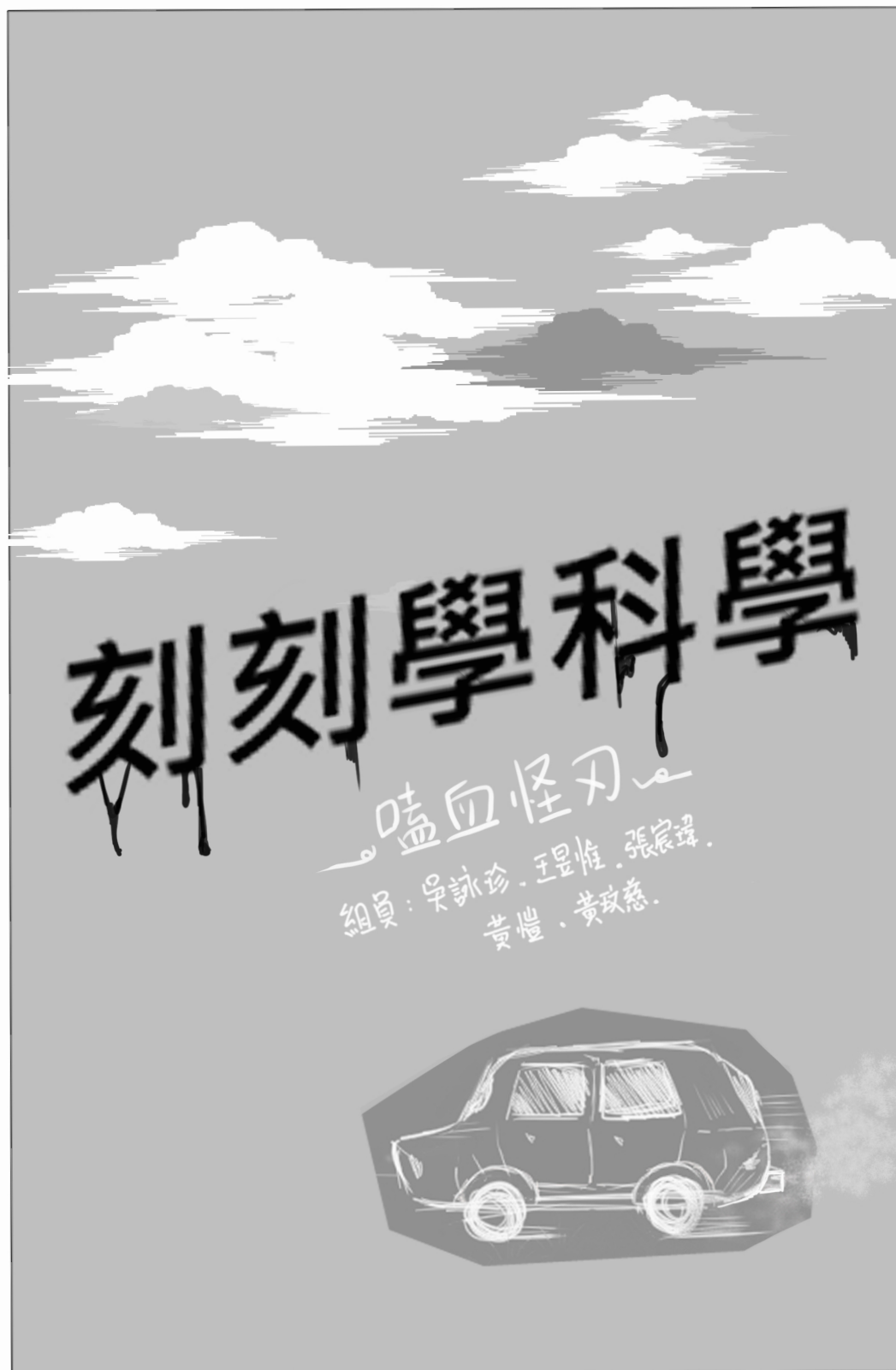
刻刻學科學

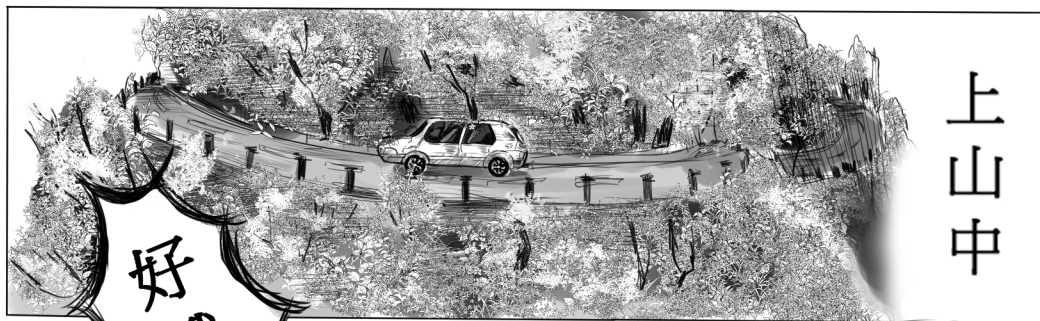
作者：張宸瑋、黃玟慈、吳詠珍、王昱惟、黃愷

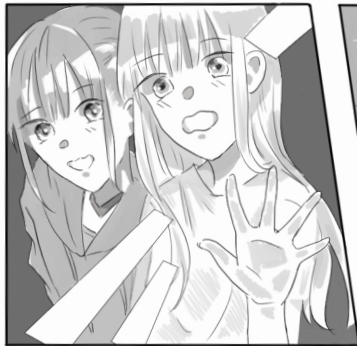
學校：國立臺灣師範大學附屬高級中學、新北市私立
復興高級商工職業學校、臺北市立成功高級中學、臺
北市立第一女子高級中學

評語：

1. 表演流暢的生活化內容。
2. 對話框的字別塞太多,可增加閱讀的舒適感。







哇！是雲海耶！



為什麼會有雲啊？

當然是因為空氣會聚集在一起啊！你的理化成績用雞腿換來的喔！



對吧



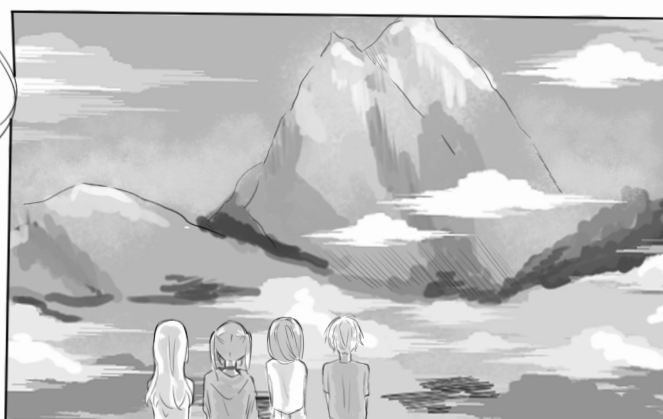
這種事還是先問Googol吧！OK! Googol, 雲的成因是什麼？

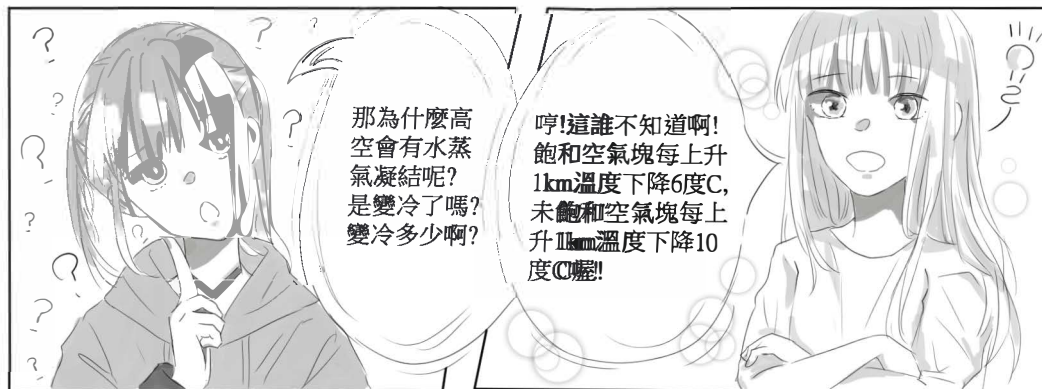


G:根據怪刁百科的資料顯示,雲的形成原因是,蒸發到高空的水蒸氣,遇冷凝結,形成小冰晶或小水滴,所以雲的成分並非空氣喔！



別說那麼多了,我們下車欣賞一下雲海吧！





第三名

血球的下班碎碎念

作者：楊姍婷

學校：國立臺灣師範大學附屬高級中學

評語：

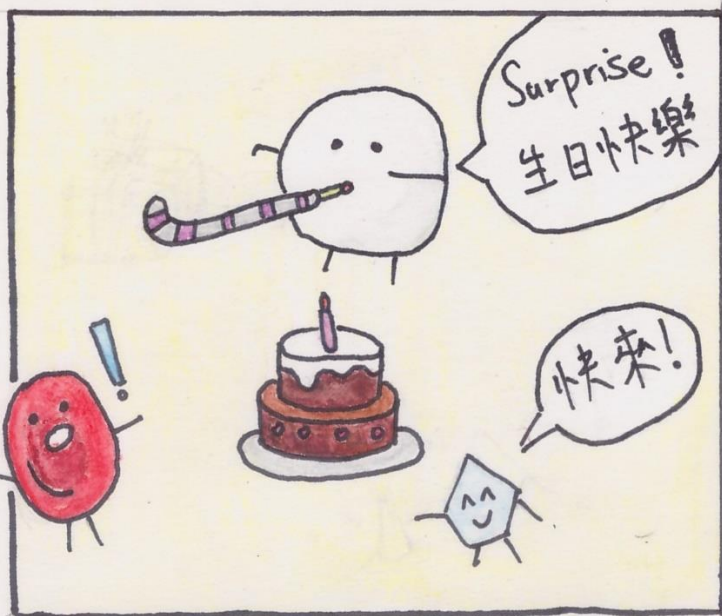
1. 畫風樸實可愛。
2. 角色設計單純, 色彩柔和, 故事活潑逗趣。

血球的

下班

碎碎念

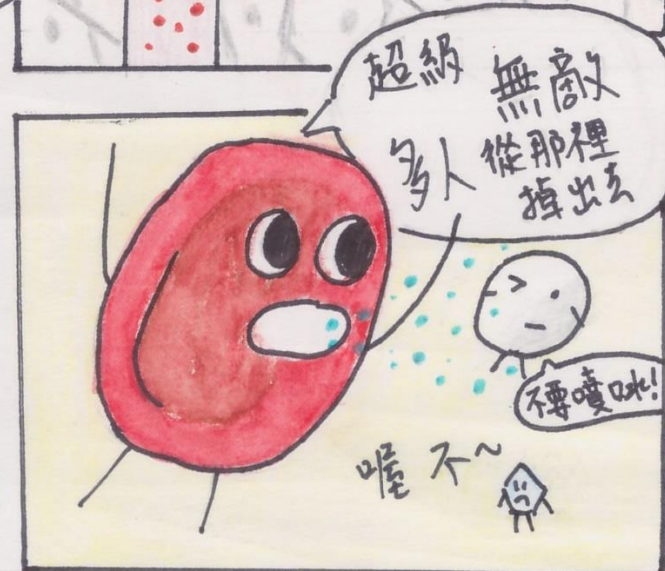
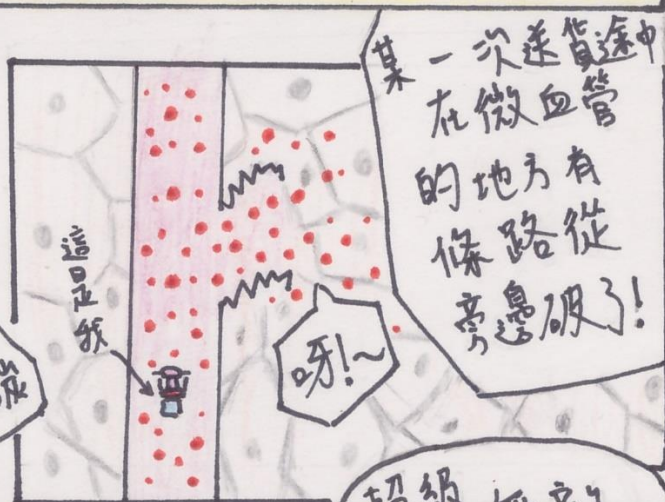
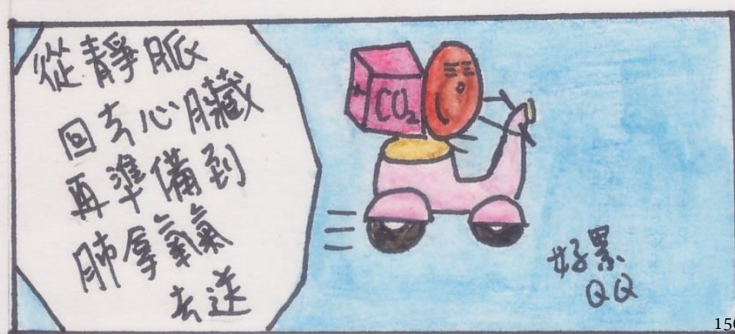
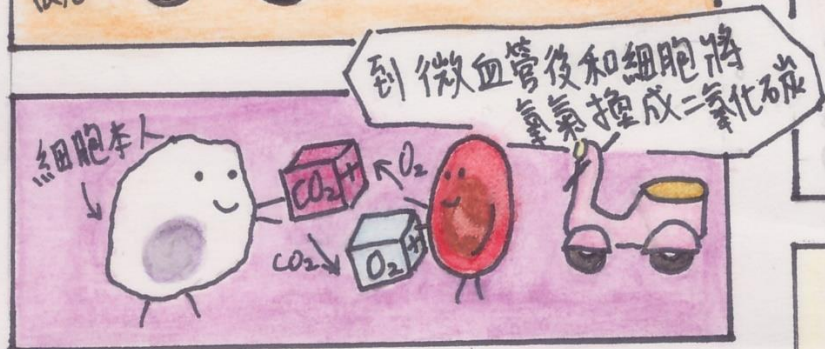
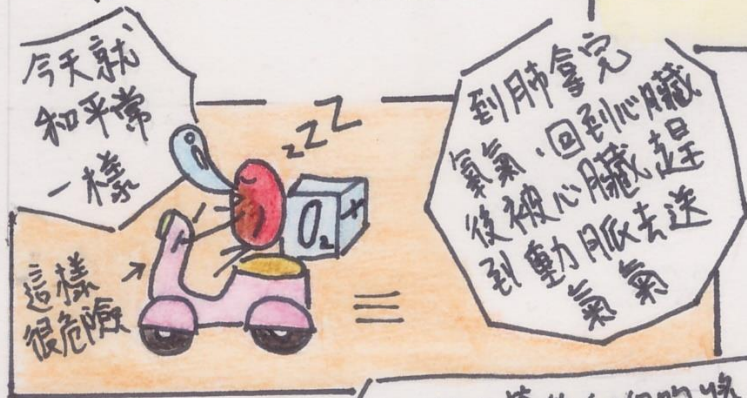
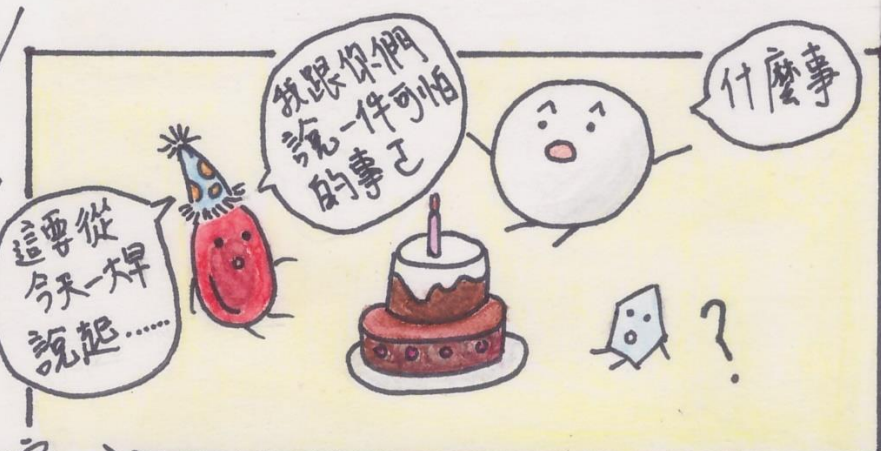
下班啦!

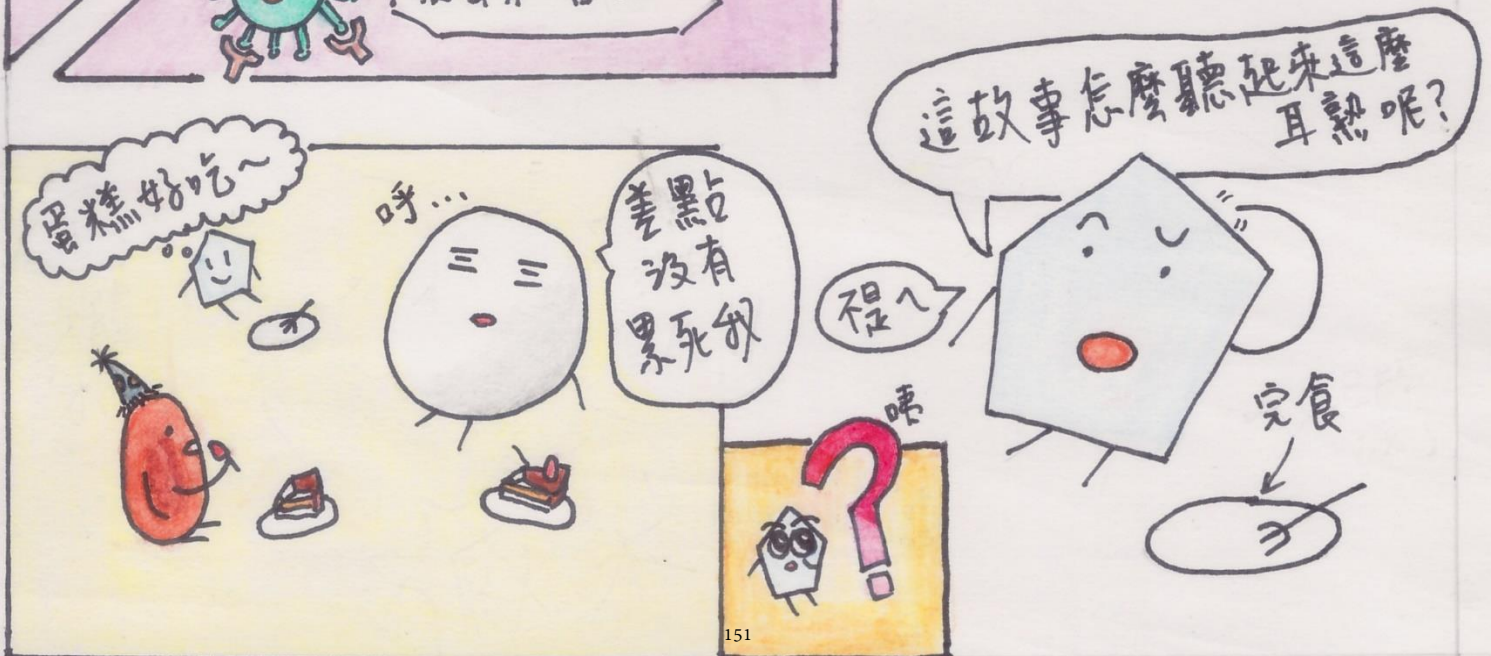
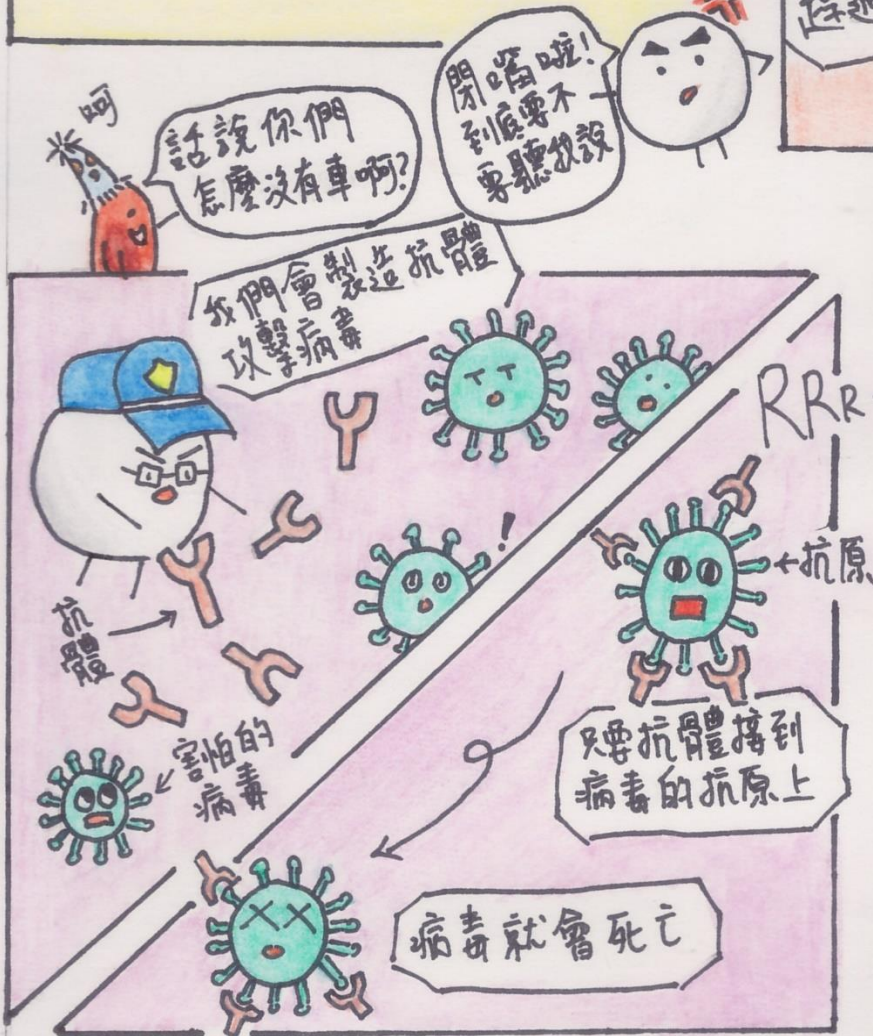
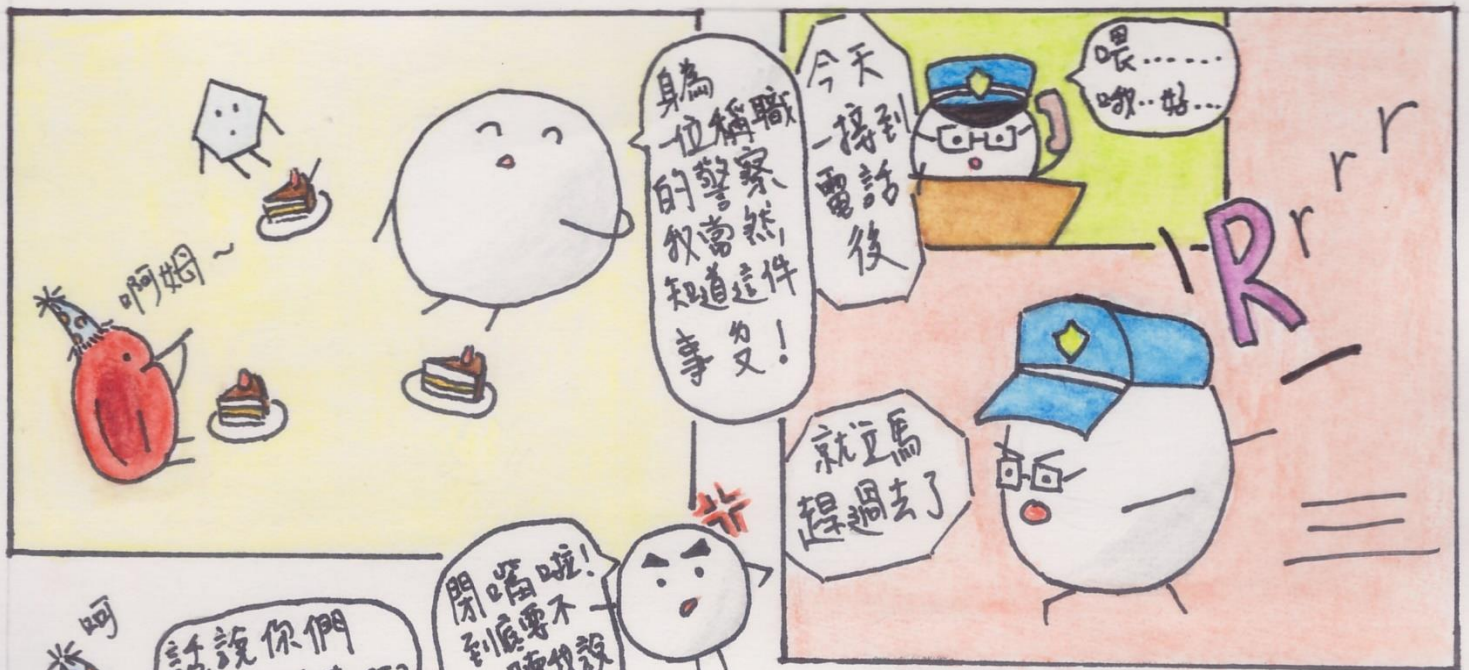


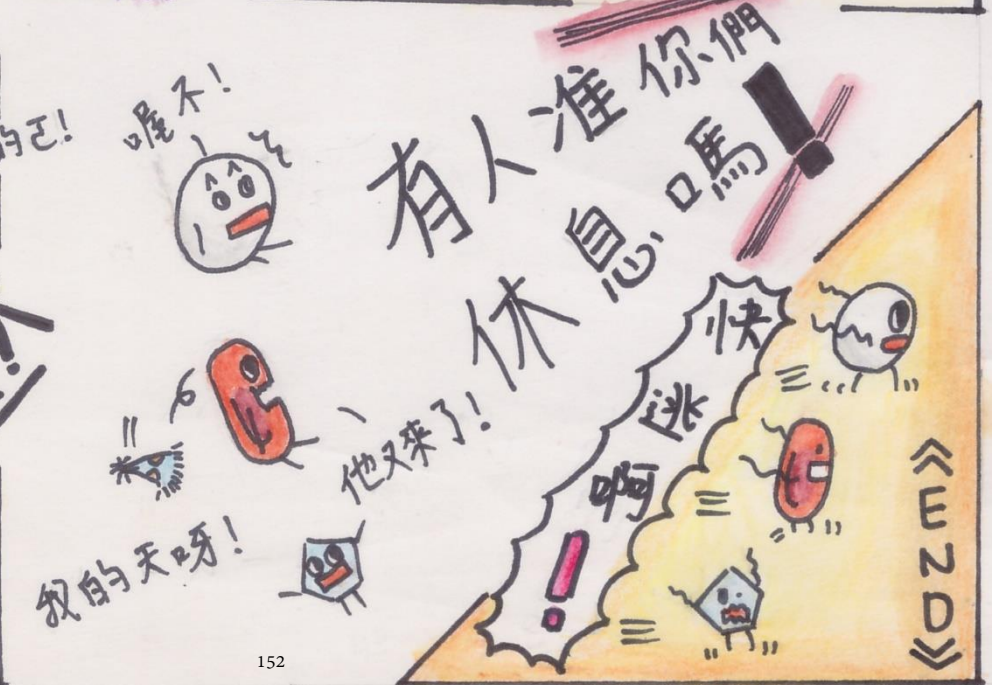
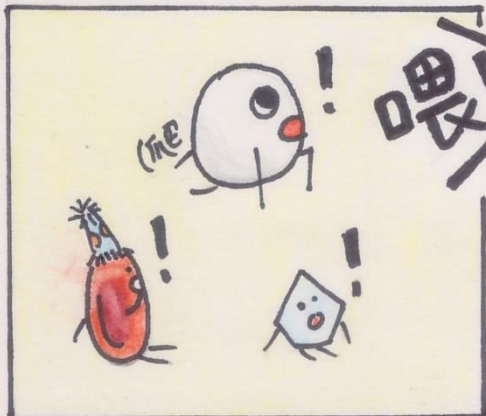
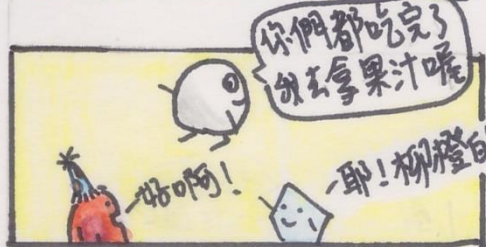
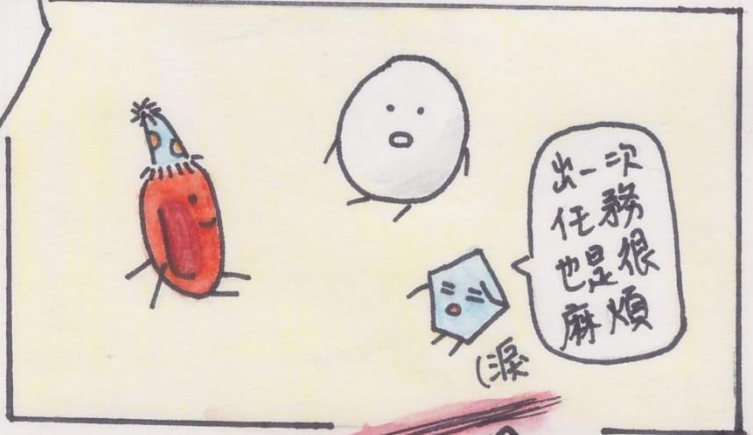
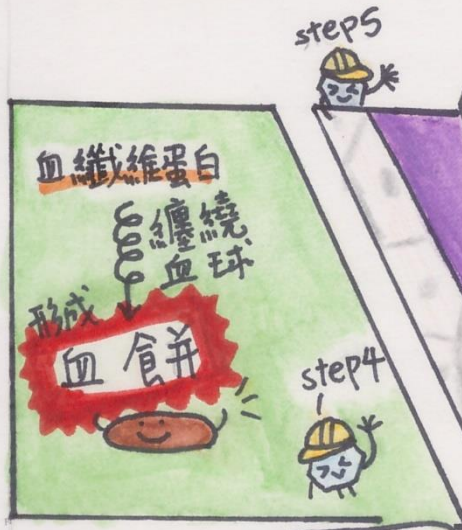
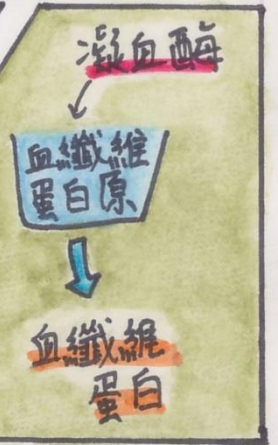
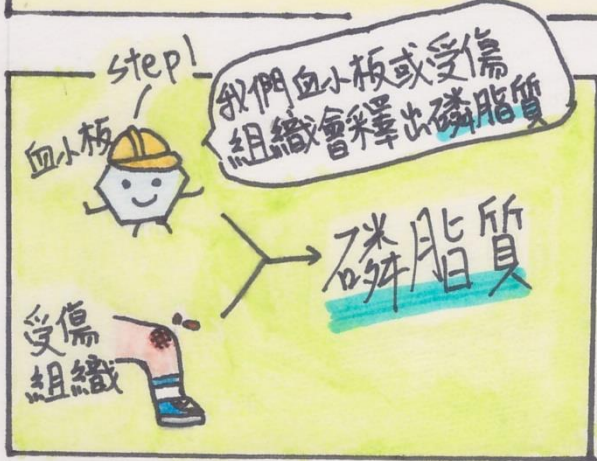
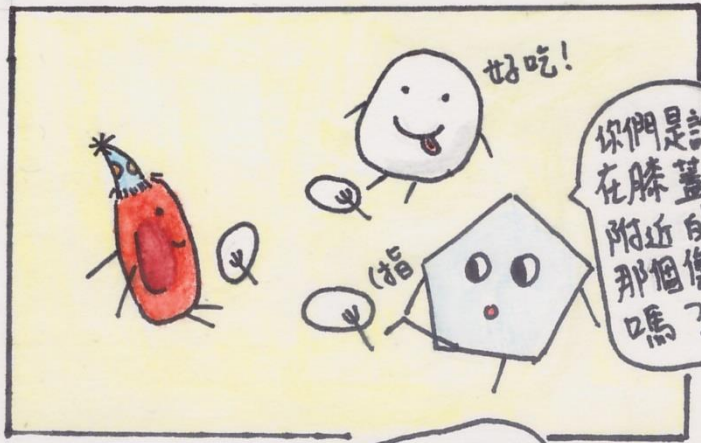
唐昕蛋 紅血球/外送員

溫全蛋 白血球/警察

何包蛋 血小板/工人







第三名

神奇的表面張力

作者：顏嫚萱、賴季襄

學校：臺北市立南門國民中學

指導老師：劉宛甄

評語：

1. 畫技成熟。
2. 能簡單、清楚、明瞭的表達內容。

神奇的表面張力～～

By 襄和萱

呃

那個...學姐你
這樣盯著我，
我會有壓力...

話說你在做什麼？

啊對不起

太好奇了...

我正在做證明表面張
力的「迴紋針」實
驗，但說一直失敗

迴紋針一直沉入水中...

挫折



啊！我知道這個實驗。這個實驗的實驗步驟沒記錯的話



要先將迴紋針輕輕的放入事先裝好的水中

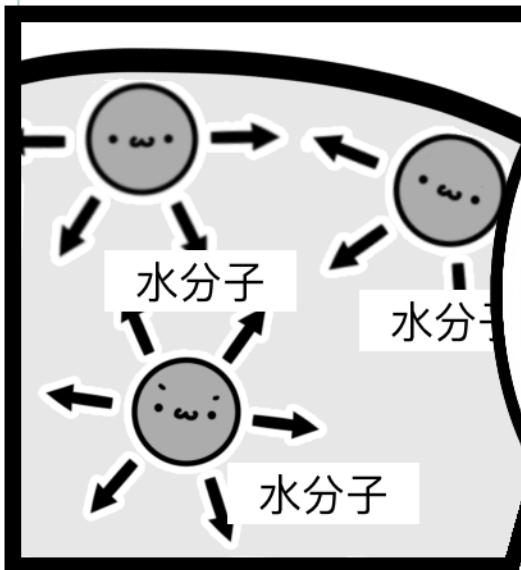


然後再觀察其反應的一個實驗



對齣

我沒有輕輕的放



水中有許多的水分子，水分子們會受到自己除外的水分子的吸引力影響





原來是
這樣...

大家很常誤
以為水的表
面張力是指
在水的「表
面上」的張
力但事實並
非如此

表面張力是
「水中」的水
分子相互作用
所造成的，這
個作用是發生
在表面以下



生活中也有許
多的事物跟表
面張力有關



水黽就是透過
表面張力在水
面上滑行

像是我們熟
知的水黽



?



END

佳作

沙子液化魔法

作者：鄭宇辰

學校：國立臺灣師範大學附屬高級中學

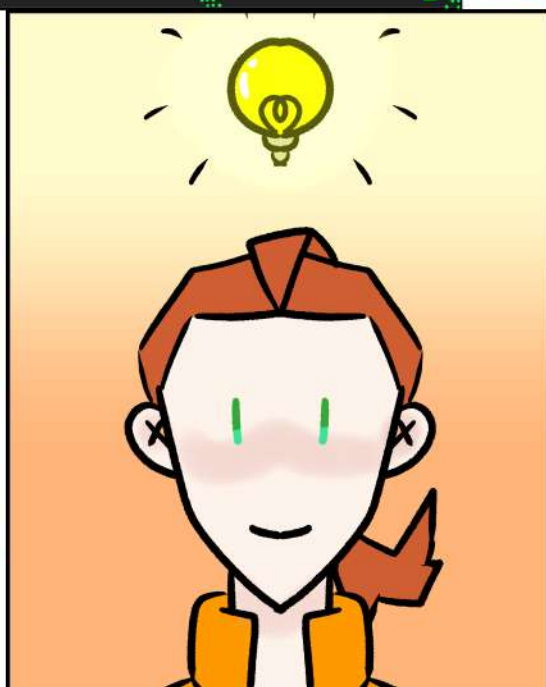
評語：

1. 人物造型生動, 分鏡變化豐富。
2. 主題鮮明有趣。

這是很平靜的一天.....



為何浴缸裡會出現一堆砂子?肯定是Mors放的,但是用來做什麼的?

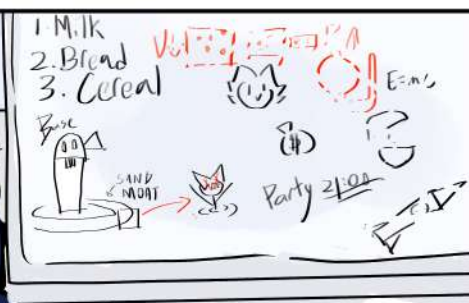


一定是Mors約我堆沙堡。

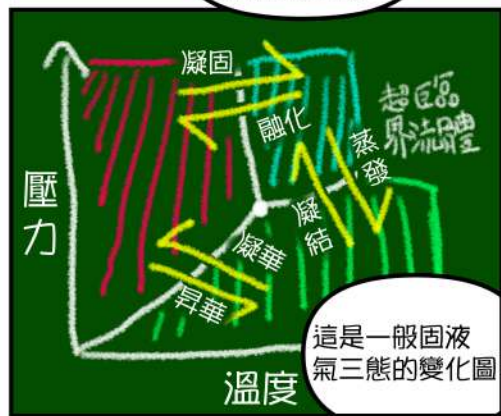


我沒有那麼幼稚好嗎!





物質有三態：
固 液 氣



開

關

開

關

就這樣持續了一整天...

邪惡企業總部

這就是你要求公司報銷你家電費的原因？

這是我為了研發公司的保全系統的合理花費，按照邪惡企業的规定

停停停，給你報銷就是了。

謝了

你上次講了兩個小時

之後一個月Felos的衣服裡都是沙



佳作

雄性禿的由來

作者：郭欣儀、郭欣婷、賴柚秀、黃季如

學校：高雄市立三民國民中學

評語：

1. 主題鮮明, 解說清楚易懂。
2. 造型也很獨特。

我叫唐禿，年四十九，近來為越發稀少的頭髮所煩惱……

我的髮呀……

於是，絕望的我，找上了傳說中的診所

方藥生髮診所

早 8:30~11:30
晚 1:30~6:30

我禿驕傲！

醫生，我是不是得了罕病或絕症，就快死了？

恩……
我幫你看……

醫生 方藥

原來這是……

雄性禿

雄性禿

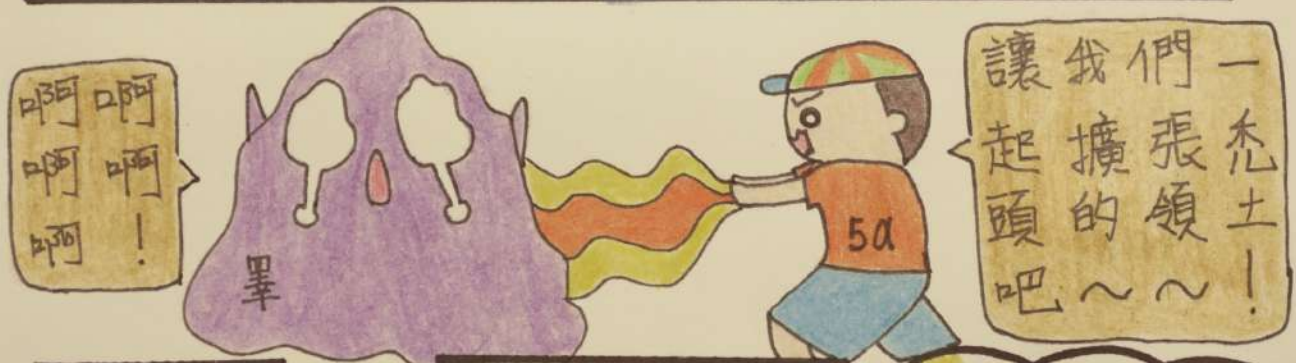
首先
先來了解

而
毛囊中的

5α-還原酶

雄
性
激
素
→
睪
固
酮

會把睪固酮變身!



於是

誕
生
了

而DHT與
毛囊的
雄性接收器
作用
會導致...

毛囊萎縮!

接著

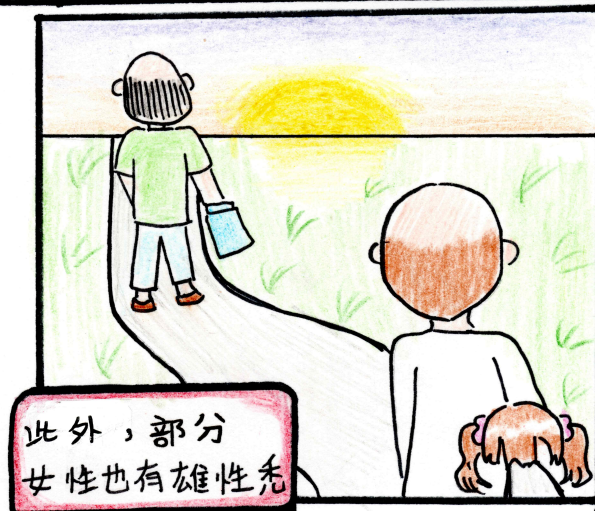
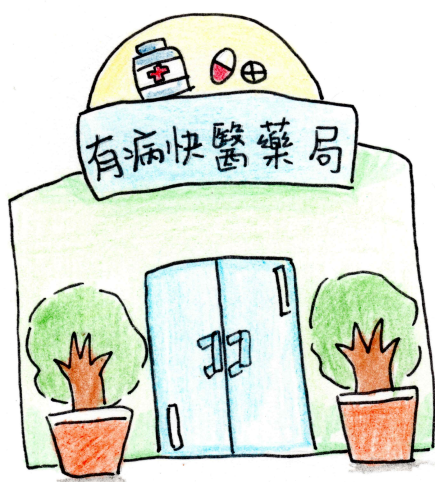
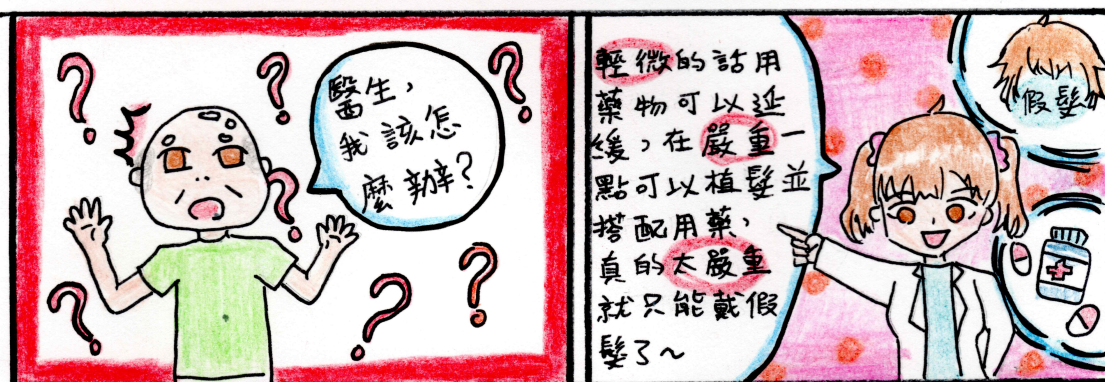
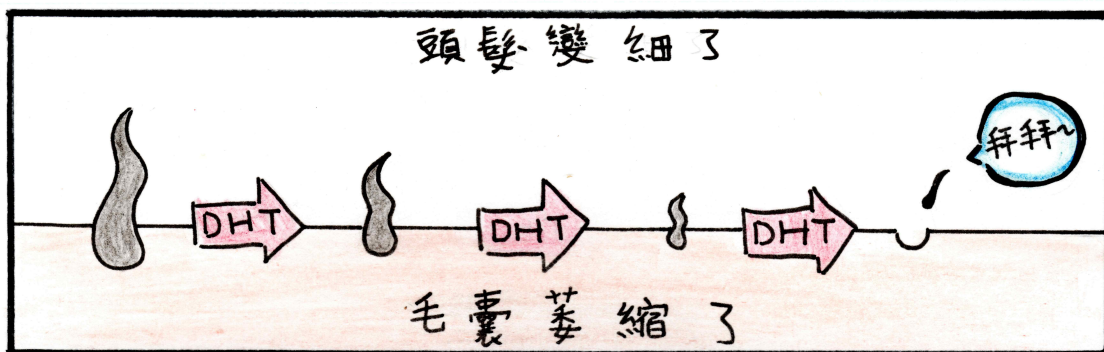
頭髮就
掉了!

拜拜!

不!

二
氫
睪
固
酮
(DHT)





佳作

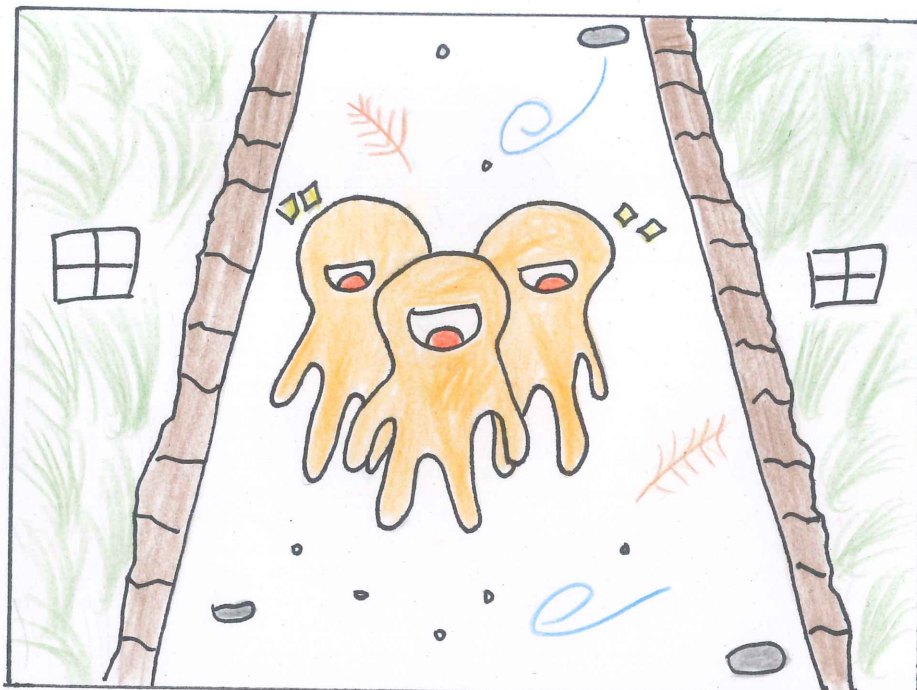
「餹」之大吉

作者：巴明佑、李秉祐、蘇聖芸

學校：屏東縣立中正國民中學

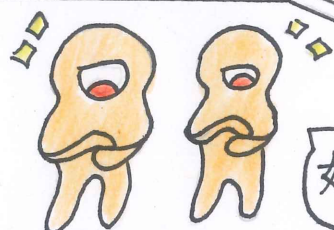
指導老師：曾雍雯、簡秉逸

1. 主題明確, 解說詳盡。
2. 畫作傳達內容的能力, 可待加強。

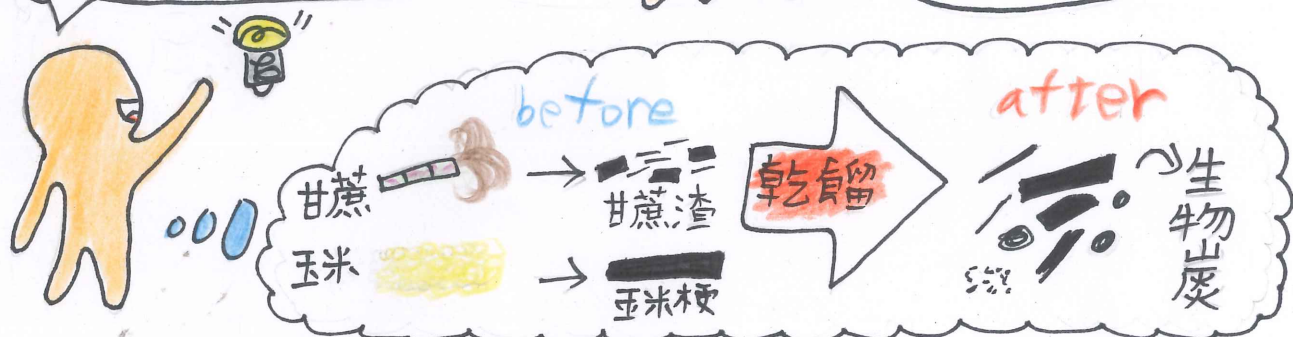


沒多久....

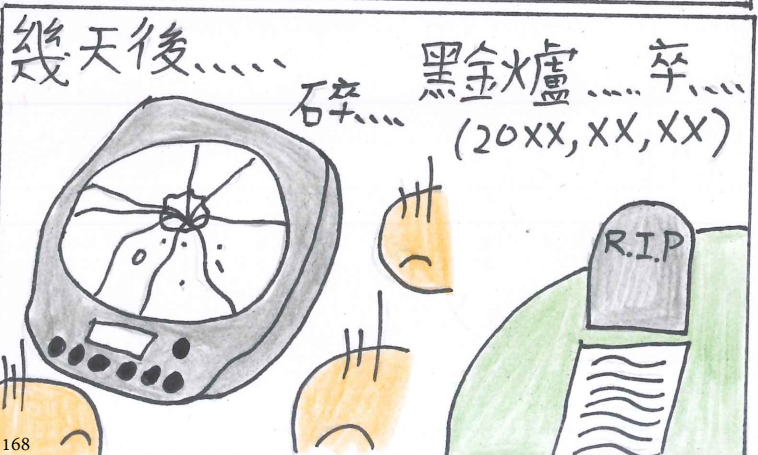
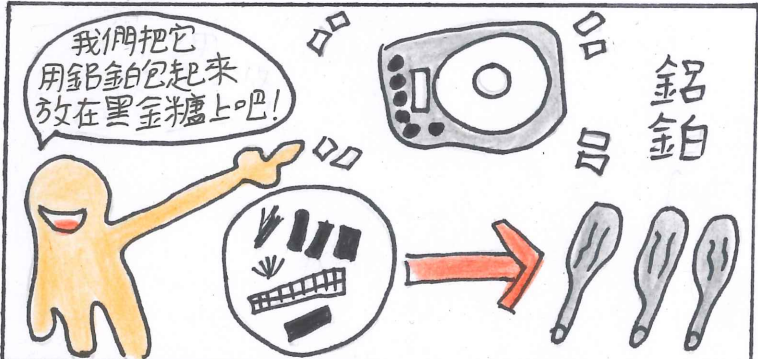
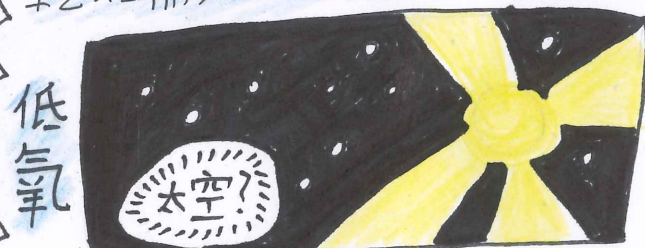
我們可用**乾餾**原理把**垃圾**製成**生物炭**!!!



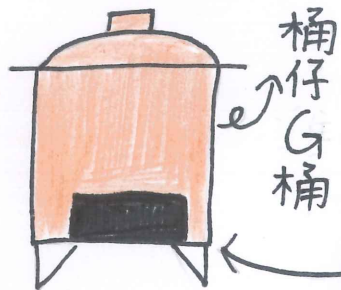
好方法!



乾餾需要**低O₂**又**高溫**的環境...



又過了幾天....



改用這個吧!!

要佳說比之前
好用,但為什麼
是我來顧火...

孤獨的背景

好啱阿~!

超多!!!

說到炭,就是拿來
火然火堯用的...

雖然有在賣測熱量的
卡計...但有點貴...

還是我們自己做?

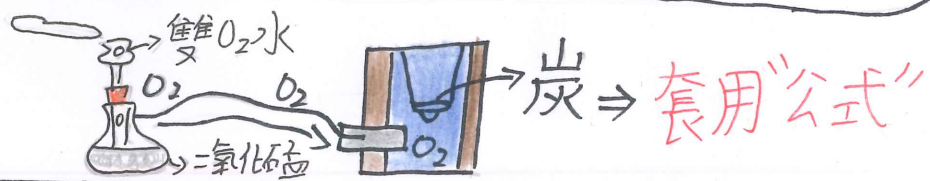
分工合作中....

一番努力之後....

達啦~自製卡計~

逃不了了...

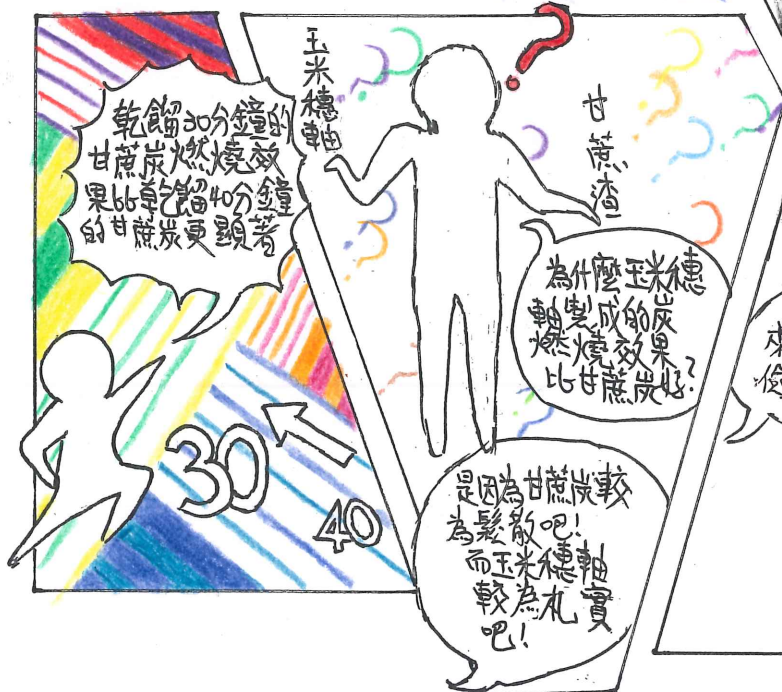
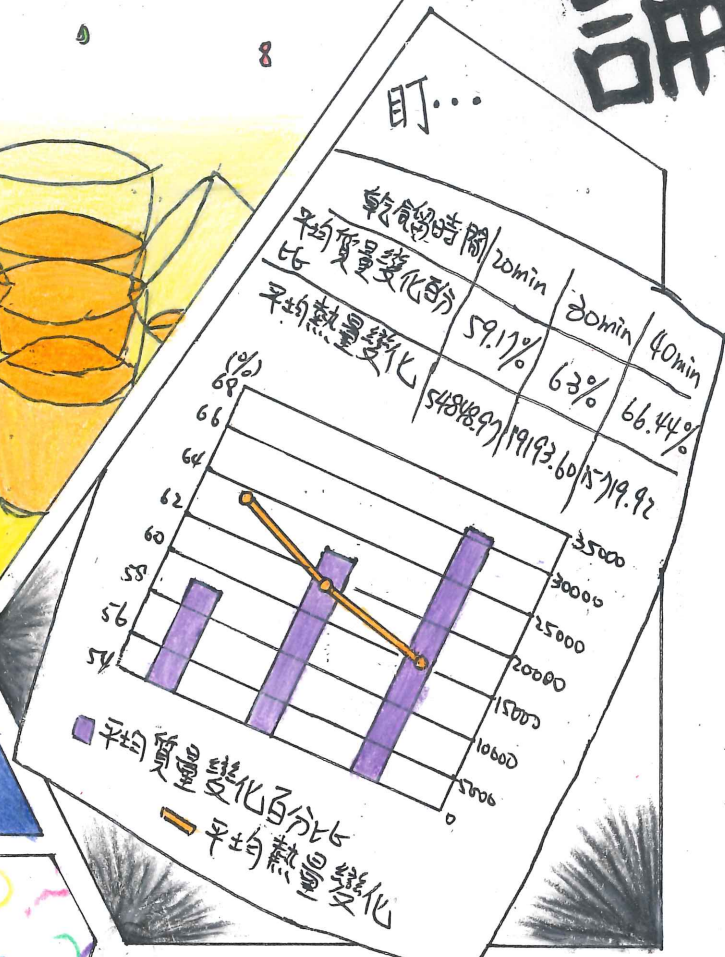
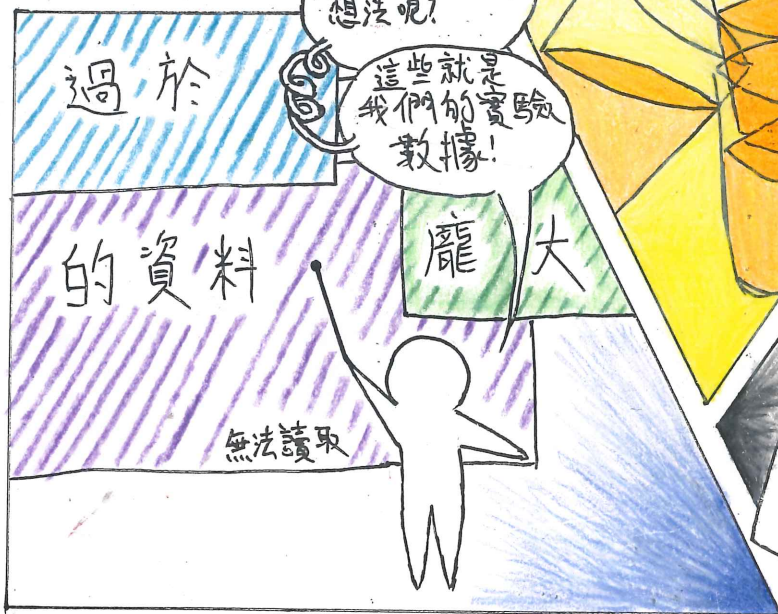
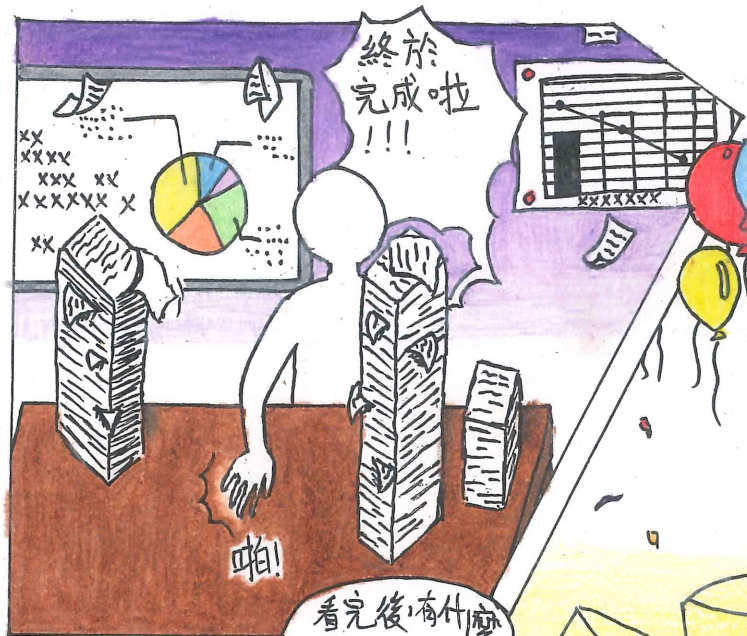
將生物炭方放在內桶的火然火堯室黑占火然,並藉
由雙 O_2 水和二氧化錳產生出的 O_2 維持炭的火然火堯。



將研究結果
整理,方便閱讀~

終於可
以休息了!!

三 結論



應用

生物炭，能
夠做什麼？

生物炭為什麼值得
我們花費這些資源
製作？



哎呀呀！
我好黑呀！

大部分農民
對於農業廢棄資材
的處理方法是

直接放一把火，燒得
精光，這是他們認為
最輕鬆、最快速的
作法

但是！



甘蔗

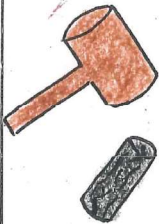


甘蔗炭

因為我含有豐富木質素與纖維素，
所以非常適合用來乾餾，乾餾後
就變成大家所熟知的炭，因此我能
有效減少廢棄農業資材。

但是經過了成本
估計等等因素的
考量下...

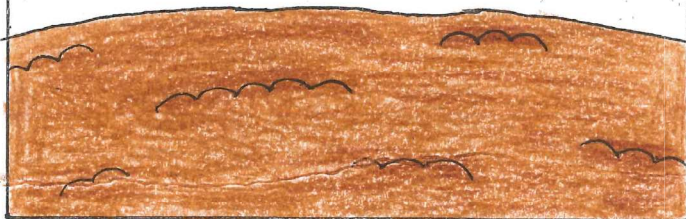
你(炭)最適
合被碾碎！



(細碎的炭)



(和土壤混在一起)



那把細碎的炭和土壤混
在一起有什麼好處呢？

1. 可以中和酸化的土壤
2. 可以增加作物收成
3. 能減少部分買肥料的錢
4. 製炭的材料容易取得例：稻殼、甘蔗渣、玉米穗軸等。

那我們立刻在班級花園裡試試看吧！

To be continued~

科學短片組

短片組-得獎作品

名次	作品名稱	作者學校	頁數
第一名	魚菜藻共生-循環的藝術	高雄市立獅甲國中	176
第二名	探討球往上滾的秘密	台北市私立復興實驗高級中學	177
第二名	沒有釘子的橋	高雄市鳳山區鳳甲國民中學	178
第三名	郁廖之中新聞台 X 捲簾快門效應	台北市立第一女子高級中學	179
第三名	潛水艇的秘密	國立臺灣師範大學附屬高級中學國民中學部	180
第三名	蛋趣味-無殼蛋實驗	私立樹德高級家事商業職業學校	181
第三名	蛤什麼?!打了疫苗會擁有磁性?	高雄市立楠梓高級中學	182
第三名	此色非彼色——色彩恆常性	國立臺南第一高級中學	183
佳作	鯨豚內 3 怪咖	高級中等教育階段非學校型態實驗教育 臺中市私立立人高級中學	184
佳作	關於水會瞬間結冰這檔事	國立中科實驗高級中學 新竹市立三民國民中學	185
佳作	紙樹櫻花開磷酸二氫鉀的固化現象	花蓮縣立花崗國民中學	186

第一名

魚菜藻共生-循環的藝術

作者：丁文惠、陳信諺、潘宥澄、蕭好喬

學校：高雄市立獅甲國中

指導老師：賴志銘

評語：

全片拍攝相當用心、畫面質感細緻，提升了影片整體吸引力。媒材與圖表運用豐富良好，能使觀眾清楚聚焦。過程充分展現實驗的核心精神，且原理說明清楚有層次。特別是開場交代了動機，中間也不忘記提醒大眾，在實驗過程中如何避免種植上的浪費，結尾不但做了呼應，還能夠分辨魚菜共生的損益關係。更值得讚賞的是製作團隊特別提供符合人們生活、該如何取捨種何種植物的最佳建議，概念非常完整。



第二名

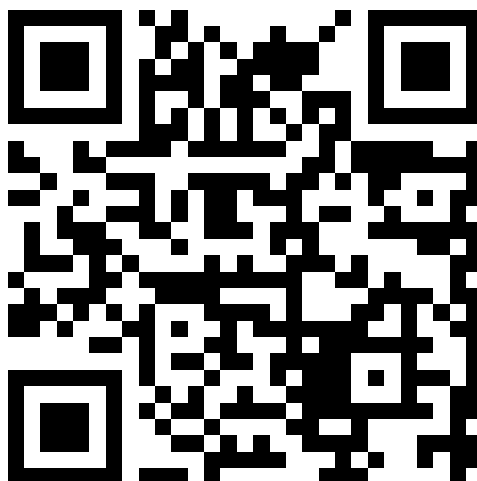
探討球往上滾的秘密

作者：張宇庭

學校：台北市私立復興實驗高級中學

評語：

拍攝用心、畫面質感細緻、媒材豐富、圖表運用良好，能使觀眾清楚聚焦，充分表現了科學探究影片重要精神，相當吸引觀看者有繼續往下探究的慾望。剪輯流暢、影音搭配良好，影片整體節奏輕快且敘事結構完整，鏡頭語言敘述清晰，同時影像後製以動畫串場代替演員入鏡呈現輕快童趣的風格，細緻用心，令人激賞。



第二名

沒有釘子的橋

作者：李亦陞

學校：高雄市鳳山區鳳甲國民中學

評語：

一人獨力製作，卻能製造流暢的兩人效果，尤其自己搭拱橋，完成實驗，實屬不易，如果原理說明部分能再精進、細節交代更清楚，將會是具有相當水準的一部影片。最難能可貴的，是配樂配得相當有感且不俗，搭建橋梁的過程以及各種橋梁強度的比較拍得很清楚，讓觀影時的感覺良好，算是結構性頗強的製作。



第三名

郁廖之中新聞台 X 捲簾快門效應

作者：蘇勻郁、廖鳳薇

學校：台北市立第一女子高級中學

評語：

設計一段新聞專題報導，內容循序漸進一環扣一環。劇情以生活相關的事件導引出科學探究主題，情節有趣且讓人想一探究竟，以生活實例與圖表相互對應，使科學原理解說清楚易懂。整體而言結構完整，表演生動，敘事方式活潑有創意。若拍攝技巧和整體視覺再加強，將具有職業水準。



第三名

潛水艇的秘密

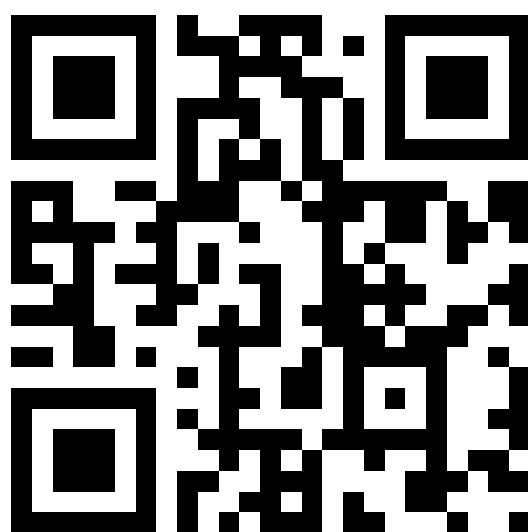
作者：龔振宇

學校：國立臺灣師範大學附屬高級中學國民中學部

指導老師：劉思秀

評語：

一人獨力完成，值得嘉許！充分展現實驗好奇精神，且原理說明清楚呈現易懂。表演生動、口條清晰、旁白編寫內容活潑有趣。解說圖片與旁白不疾不徐，示意清楚，讓人容易聚焦科學主題，且能夠帶領觀看者一步一步走進潛水艇浮起和下沈的探究道路上。



第三名

蛋趣味-無殼蛋實驗

作者：黃懿翎、蔡昀臻、陳詩潔、楊宜翎、謝昌佑

學校：私立樹德高級家事商業職業學校

指導老師：高國騰

評語：

同學們表演生動，旁白積極、態度明確、對觀眾引導力強，可以看得出來前製作業做了一些設計，拍攝時也把實驗過程扎扎實實記錄下來，科學主題呈現清晰易懂，敘事方式也很活潑有創意，整體敘事結構完整，會讓觀影者很想一直往下看。（演員如果再稍加訓練會更佳）。



第三名

蛤什麼？！打了疫苗會擁有「磁性」？！

作者：劉芊伶、呂亞安、許芯瑜

學校：高雄市立楠梓高級中學

指導老師：王堯民

評語：

跟上時事，以科學實驗證明謠言不實，以分割畫面呈現科學探究實例拍攝，加上活潑、有條理的旁白敘述，以及動態豐富的圖表及後製動畫，使得整體影像敘事結構明確、起伏有致。原理說明清楚易懂，剪接節奏抓得很好，手繪運用得宜是值得嘉許的地方。



第三名

此色非彼色——色彩恆常性

作者：洪子峻、黃泓誠、高維濟、洪國凱

學校：國立臺南第一高級中學

評語：

帶入學校生活的日常，摘出一段心情故事，敘事手法相當自然幽默，呈現科學實驗，用起承轉合的劇情演譯色彩恆常性在生活中衍生的故事，令人會心一笑。整體敘事有創意，音樂搭配良好，能夠傳達出人們對照片色彩的判斷易受白平衡誤導而造成誤解，也有釐清事實的效果，令人印象深刻。



佳作

鯨豚內 3 怪咖

作者：郭于萍、蕭如儀

學校：臺中市私立立人高級中學、高級中等教育階段非學校型態實驗教育

評語：

全片以英文做優雅的旁白解說，以非常統一的圖像繪製手法來敘事，線條簡潔且筆觸溫暖的插畫風格令人印象深刻，具有職業水準。然而因為沒有設計科學實驗元素，全片僅只做三種寄生蟲的介紹，使得探究的成分降低，在觀看時少了期待往下看的情緒，是較為可惜之處。



佳作

關於水會瞬間結冰這檔事

作者：楊勻寬、謝睿謙

學校：國立中科實驗高級中學、新竹市立三民國民中學

指導老師：王妤芳

評語：

敘事技巧與影片節奏引人入勝，很有耐性且相當忠實地把實驗過程記錄下來，情境轉化的影音表現也讓科學探究影片充滿趣味且令人印象深刻。只可惜大部分用文字來表達，不是很能牽動觀看者的情緒。



佳作

紙樹櫻花開磷酸二氫鉀的固化現象

作者：王晨祐、莊家瑋、袁紹華

學校：花蓮縣立花崗國民中學

指導老師：李恩銘

評語：

以動畫表演代替演員入鏡，風格可愛清新，令人印象深刻。透過縮時攝影呈現紙樹生長的效果，構圖不錯，雖然敘事較單純、原理沒有做太多解釋，但蠻能吸引人看下去。

