

比教科書有趣的 14個科學實驗 I



早稻田大學本庄高等學院
實驗開發班／著
陳朕疆／譯

前言

小孩子提出的「為何？」「為什麼？」

「為什麼一定要學習理科呢？」

「那麼難的數學有什麼用呢？」

當學習者提出一個個疑問時，就是讓我們教育者反思教育方式的大好時機。

如果對這些疑問想都不想就回答「不要想那麼多，讀下去就對了」「別再抱怨了快讀書」之類的話，對事情也不會有任何幫助。藉由過去的經驗及許多研究結果、實驗，我們深深體會到了這點。那麼，該怎麼做才能讓學生們從這些普通的疑問中激發出對科學的興趣呢？事實上，這次出版的這本書，正是我們重新反思教育方式的起點。

為什麼孩子們會對學習這件事抱持著疑問呢？其中一個答案，就是因為他們不曉得在學校學到的東西和日常生活有什麼關聯，不曉得如何將學到的知識與經驗應用在日常生活中，不是嗎？

本來理想中的課程應該不會讓學生們有這些疑問才對，但可惜的是，事實上教科書並沒有辦法解決學生們的疑問，使許多教師們教得相當辛苦。還有一個原因，那就是理解、背誦教科書的內容，在不知不覺中變成了教學的目的。

人類天生就擁有旺盛的好奇心，想必許多父母都曾有過被孩子追問著「這是什麼？」「為什麼呢？」的經驗。甚至可以說，孩子們的追問正是他們生存的本能。父母應該要用各種方法，盡可能地回答孩子們的問題，最好能讓孩子們保持他們的好奇心，一直到成為大人。這樣才對不是嗎？

學校的教師們也和父母親一樣，面對提出各式各樣問題的孩子們，應該要用各種方法引導孩子們找到解答才行。然而隨著年級數的增加，學生們必須記憶的東西愈來愈多，教學過程中也只剩下了黑板和粉筆。想辦法解開這種教學上的矛盾，毫無疑問的，正是教學者們的責任。

持續產生求知欲的心流狀態

那麼，該怎麼做，才不會在教學過程中讓學生們產生「為什麼一定要學習理科呢？」的疑問呢？其中一個答案，就在心理學家米哈里·奇克森特米海伊（Mihaly Csikszentmihalyi）所提出的「心流理論」中。

樂高公司就是基於這個理論而成功發展成世界級的公司。數年前，我到位於丹麥的總公司學習樂高的教育理念，並實際體驗樂高公司的教育。樂高公司提倡「心流狀態下的孩子們，可以體會到思考的樂趣」。那麼，心流狀態又是什麼樣的狀態呢？那就是「忘我的狀態」。也就是忘記自我存在、沉浸其中的狀態。若要讓人進入這種狀態，就需要給予適合這個人的明確目的與適當環境。

就像教學大綱所說的，學生們須透過觀察與實驗，培養各領域的知識與能力。並試著分析、解釋結果，推導出自己的答案。再試著將這樣的想法傳達給其他人、與其他人討論。營造出這樣的環境、引導學生們前進，正是教師們的本分。

能夠享受這段過程的孩子們，會逐漸發現運用頭腦，甚至是運用全身去學習的快樂。他們能將學到的東西與自己的經驗互相對照，在經過思考、判斷之後，還能夠將其表現出來。而且在碰到問題時，能夠勇敢地與問題正面對決。這不就是文部科學省所提倡的，要讓學生們擁有「生存能力」的有效方法嗎？

培養才能的教育

在網路上搜尋「Le macchine di Leonardo da Vinci」，可以找到文藝復興時期的巨人——李奧納多·達文西所設計之各種機械的相關介紹網站。其中，也包括了直升機原型機械的模型。想必當時應該有許多人都有著想在空中飛行的衝動吧。

目前全日空航空公司的Logo是ANA，不過在我還小的時候，全日空將達文西所繪製的直升機圖像直接當成它們的Logo（現在仍會將簡化版的直升機當成活動時的Logo）。全日空的前身公司之一是日本直升機運輸公司。想必創業者在很小的時候，應該也有著飛行的夢想，以及埋頭製作東西、進行實驗的經驗吧。

另外，也有人被達文西的設計圖喚起了想像力，真的製作出了可以飛行的機械。影片網站上也有影片介紹到藉由人力在空中飛行的直升機。他們不就是我在前面提到的，從小就體驗到心流狀態，而且直到長大後仍未曾停歇過的人們嗎？而且，他們看起來相當享受其中的樂趣，說不定他們之中的某人會在未來成為偉大的發明家，或者是發現驚人的事實。

有些離題了，不過對於教育相關人士來說，想必每個人都想引導孩子們進入心流狀態吧。雖然我們都知道這一點，但遺憾的是受限於預算不足、應付考試、業務繁重等原因，只能一直增加填鴨式的授課。而填鴨式教育的結果，就是讓每個國家的學生即使經過學習，也沒有真正內化成自己的東西。

這些問題必須解決才行。早稻田大學本庄高等學院邀請了許多專家來演講，或者請他們實際參與教學，藉此直接給予實驗課程上的建議，或是讓教師們得以學習思考方式本身，實際體會所謂「現場的科學」。這麼一來，即使是原本對科學懵懵懂懂，不太有興趣的孩子，也會開始針對自己有興趣的部分，思考要如何找到答案。

體會到解開自然現象之謎的樂趣、思考的樂趣之後，這些經驗可以在各個領域中成為孩子們的力量。說起來簡單，做起來難。為了找出問題的解決方法，本書將試著提出新的授課方式，重新建構教學的Know-how。

閱讀本書時，不需從頭到尾鉅細靡遺地讀過一遍。請您選擇自己有興趣、關心的領域閱讀，試著實際進行實驗與觀察。另外，也請您盡情享受科學解謎的樂趣。解開謎題後，應該可以獲得相應的滿足感與充實感。

我認為，這或許能成為孩子們對科學產生興趣的契機。

2015年8月

作者代表
影森 徹

| | |
|----------|-----|
| 前言 | 003 |
| 實驗時的注意事項 | 008 |

實驗 01

| | |
|------------|-----|
| 用微波爐製作寶石!? | |
| 合成紅寶石 | 009 |

01 基本實驗

用微波爐DIY！合成紅寶石

實驗 02

| | |
|--------|-----|
| 世上最美麗的 | |
| 透明骨骼標本 | 021 |

01 基本實驗

用排水溝清潔液製作標本

實驗 03

| | |
|-------------|-----|
| 隱藏在日常中的科學智慧 | |
| 四路開關的研究 | 033 |

01 基本實驗

只要簡單的操作就可完成！四路開關

實驗 04

| | |
|--------------|-----|
| 看啊！這就是太陽的力量！ | |
| 超強拋物面聚光器 | 043 |

01 製作

用塑膠桶製作聚光器

02 基本實驗

用聚光器點燃物品吧！

實驗 05

| | |
|---------------|-----|
| 尋找都市內的資源， | |
| 從垃圾中可以提取出黃金!? | 053 |

01 基本實驗

從廢棄家電中提取出黃金

02 應用實驗

用汞齊鍍金

實驗 06

顏色不斷改變的液體

氧化還原 067

01 基本實驗

變色龍般的紅綠燈反應

02 基本實驗

一搖晃就變成藍色的液體

實驗 07

體驗

食品添加物的力量！ 077

01 基本實驗

以乳化劑合成植物性牛奶

02 基本實驗

完全重現便利商店的便宜冰品

03 基本實驗

以黏稠劑製成的藍色果醬

04 基本實驗

以魔法粉末製作速食湯

附加實驗

味覺遮蔽

實驗 08

手作本格派

氮氣雷射 093

01 基本實驗

DIY氮氣雷射

實驗 09

看到眼睛看不到的東西！

輻射線 ————— 109

01 基本實驗

以網路攝影機製作簡單的輻射線探測器

02 基本實驗

隨距離增加而衰減

實驗 10

由防曬乳的製作

認識紫外線 ————— 121

01 基本實驗

以小型顯微鏡觀察紫外線的力量

02 基本實驗

手作防曬乳

實驗 11

讓學生們的眼睛閃閃發亮！

焰色反應表演 ————— 133

01 基本實驗

材料超便宜！焰色反應實驗

02 基本實驗

彩虹酒精燈

03 基本實驗

利用用完即丟的道具進行簡單的焰色反應

04 應用實驗

製作藍色火焰

05 基本實驗

用噴槍進行華麗的演出

實驗 12

獵人射得到猴子嗎？

空中撞擊實驗 ————— 147

01 製作

移動目標與發射裝置的製作

02 基本實驗

空中撞擊實驗會成功嗎!?

實驗 13

水蒸氣蒸餾&

超臨界萃取DIY ————— 161

01 基本實驗

用市面上的電蒸籠製作水蒸氣蒸餾裝置

02 基本實驗

更簡單的暴力萃取法！

03 基本實驗

究極的萃取！

用手作工具挑戰超臨界萃取

實驗 14

十九世紀的天氣預報!?

天氣瓶 ————— 177

01 基本實驗

用瞬間冷卻劑與防蟲劑製作天氣瓶

02 製作

改造成更浪漫的裝飾

附加實驗

自行製作好用的實驗用基座 — 189

01 製作

這個好用！自製實驗鐵架

02 製作

簡單幾個步驟讓砧板變成鐵架！

卷末附錄 ————— 204

本書實驗器材&電子零件的入管道

實驗時的

注意事項

- 本書中所提到的實驗，主要是以高中生以上的學生為對象，並預設教師在旁監督所設計出來的。請一定要避免學生在教師無法監督到的地方獨自操作這些實驗。
- 若實驗中會用到火的話，操作時必須十分小心。
- 實驗前，請一定要至各MSDS（台灣使用的是SDS（Safety Data Sheet 安全資料表））確認書中列出之藥品的注意事項，致力防止事故發生。
- 實驗前，一定要確認實驗用的器具、藥品無異常才可使用。
- 實驗前，一定要仔細閱讀實驗步驟，並照著步驟進行實驗。
- 實驗時要盡可能避免露出皮膚。必要時最好戴上防護眼鏡與手套。
- 若實驗中會用到電的話，有發生觸電、灼傷等意外的可能，請小心進行實驗。
- 實驗的難易度愈高，危險程度就愈高。進行高危險的實驗前，請先進行預備實驗，徹底做好安全管理後再進行實驗。
- 萬一發生實驗意外的話，請先冷靜下來確認意外的內容、程度，再進行適當的緊急措施。
- 確認過以上內容後，亦須遵守實驗說明本文中提到的注意事項，在安全第一的原則下進行實驗。
- 參考本書進行實驗時，即使因意外造成損失、傷害，作者、出版社，以及其它相關者亦不承擔任何責任，請務必瞭解。



看啊！這就是太陽的力量！ 超強拋物面聚光器

難易度

對應的
教學大綱

科學與人類生活／人類生活中的科學

物理基礎／各種物理現象與能量利用



太陽光這種強而有力的能量就存在於我們的周遭，但我們能夠實際體會到其力量的機會實在是少之又少。在大家逐漸把目光放到太陽能利用的現在，我們更應該實際透過實驗，感受太陽的力量。

實驗 目的

使用可以簡單操作、廢棄後容易處理的材料，實際感受到太陽光的威力。讓學生們知道，在我們的身邊就有著這麼強大的能量。

近年來，如何利用太陽能成為了一個相當熱門的話題，然而學校教育卻沒有設計一個能讓學生們實際感受到太陽能威力的實驗。就算只是利用太陽能發電板點亮LED或轉動電扇之類，看起來很普通的實驗也沒關係……因此在這裡我們要介紹的，就是可以讓學生們實際感受到太陽光的能量有多強的實驗。

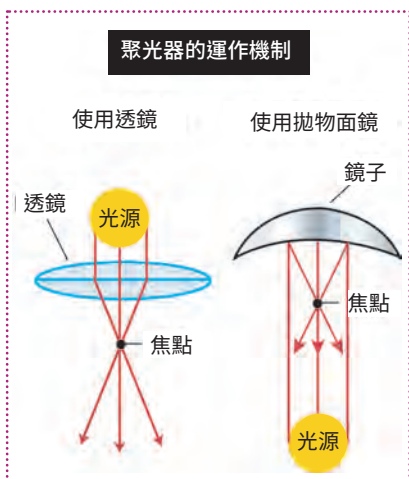
沒有比太陽光離我們更近，又威力強大的能量來源了。然而，我們把太陽光視為理所當然，忽略了它的存在也是事實。

喜歡科學的人裡面，想必有不少人會在小時候拿著放大鏡之類的透鏡將光線聚焦，使黑紙燒起白煙，或者燒螞蟻之類的吧。

這次的實驗中，我們會製作出威力更大的拋物面型聚光裝置，試著讓各種東西熔化，或者是燒起來。

如右圖所示，一般會使用透鏡或反射鏡製作聚光器。事實上，美國一位少年就曾在一個曲面內側貼滿鏡子，製作成聚光器，並將實際操作的影片上傳至YouTube (<http://youtu.be/TtzRAjW6K00>)。然而，將鏡子一個個貼上曲面是一件相當耗時耗力的事，而且當裝置閒置時，若照射到太陽的話，很可能會引起火災（這位少年就不小心將存放用的倉庫全部燒毀了）。因此，本實驗的目標就是要設計出一個製作過程簡單、使用後方便丟棄、威力又強大的聚光裝置。

我們希望所有的材料都可以在大型居家用品店找到，而且預算在幾百元以內，又能在短時間製作出威力強大的裝置，並在運用太陽光的實驗中活用這個裝置，藉此說明太陽的威力。



01

製作

用塑膠桶製作聚光器

準備材料

圓盆：聚光器的直徑取決於圓盆的直徑。本次實驗中用的是40cm左右的圓盆，不過在大型居家用品店還可以找到2m大的產品。自製聚光器的最大直徑大約就在這個大小，直徑愈大，聚光器的威力就愈大。要是沒有空氣漏出的話會失敗，故請選擇塑膠材質的圓盆。

鏡面紙：請使用有鍍鋁的鏡面紙。鍍上鋁後的鏡面紙看起來就像鏡子一樣，就算有一些摺痕也沒關係，只要沒有洞就可以了。緊急狀況時使用的急難救生毯就相當適合。鏡面紙有5 μ m和25 μ m兩種厚度。由於本次實驗中，要是鏡面紙開了洞就會失敗，所以請選擇25 μ m的產品。鏡面紙的厚度會寫在商品標籤的內側，請仔細確認。不過因為鏡面紙很便宜，就算失敗也沒什麼關係，可以先多買幾個備用。

黏著劑：適合用來黏合塑膠的黏著劑。3M的Scotch系列產品黏著力很強，我相當推薦使用這系列產品，就算是聚乙烯之類以前難以黏合的材質也可以黏得很緊。塑膠盆通常是用聚氯乙烯或聚丙烯製成，鏡面紙是以PET塑料製成，不過Scotch系列產品可以把它們都黏得很緊。

橡皮塞：我們會用孔鋸鋸出一個洞，故需準備一個和洞的大小相符的實驗用橡皮塞。

孔鋸：我們需要開一個洞將盆內的空氣抽出。這時我們只要將孔鋸接在電鑽上，便可以輕易開出一個圓形的洞。孔鋸原本是用在木工上，不過用在塑膠的薄板上也沒關係。洞的大小約3cm就可以了。

熱風槍：可以在大型居家用品店買到，一個約幾千元。不過就算沒有也能做出實驗需要的裝置，故不需要特地購買，可以用吹風機代替。

排氣活栓：若想讓成品更完美，可以準備排氣活栓。排氣活栓可在水電行或熱帶魚用品店找到。



本次實驗主要會用到的材料，全都可以在大型居家用品店找到。

步驟

1. 在圓盆的正中央附近，以孔鋸鋸開一個可塞入橡皮塞的洞。



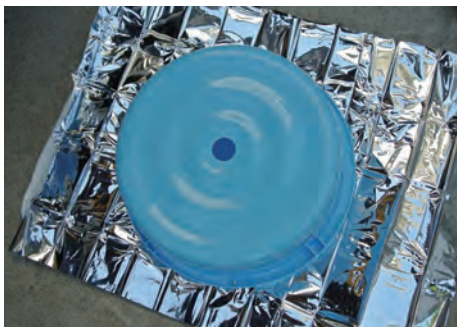
2. 輕鬆鋸出圓孔。但剛鋸出來的孔洞表面凹凸不平，可能會造成空氣洩漏，要用美工刀將孔洞表面削平。



3. 以特殊刮刀在圓盆的邊緣抹上黏著劑，使黏著劑呈波浪狀，靜置15分鐘。



4. 將鏡面紙黏在圓盆上，鍍有鉛的那一面朝向外側。如果黏著時會產生縫隙的話，再追加新的黏著劑，將縫隙填滿。維持這個狀態一整天。

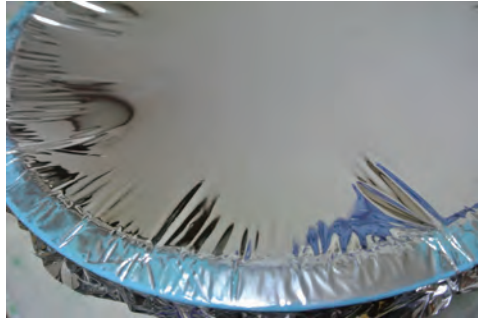


步驟

5. 完全黏合後的樣子。仍可看到鏡面紙的摺痕。



6. 以熱風槍或吹風機從背面開的洞送入高溫空氣，在內部空氣溫度仍偏高時，以橡皮塞塞住洞口。或者用吸塵器等工具吸出空氣（如果是直徑40cm左右的圓盆，也可以用嘴巴吸出空氣）。注意不要弄破鏡面紙（直徑40cm的圓盆，只要往內凹幾cm就夠了）。



7. 充分凹陷後，以熱風槍的熱風撫平鏡面紙上的皺紋，這樣就完成完美的鏡面了（要是沒有熱風槍的話，跳過這個步驟也OK）。



步驟

8. 順利完成凹面鏡！將內部氣體加熱後，以橡皮塞塞住洞口，待其恢復常溫時內部的氣壓下降，便會使鏡面紙往內凹陷，自然而然地形成凹面鏡。
- * 還可在橡皮塞上稍做加工，加上排氣活栓之類的裝置，使之可人為產生負壓。



解

說

* 做成拋物面形狀的理由

拋物面聚光器如其名所示，是一個聚集光線、形狀類似拋物面天線的裝置。只要在一個碗狀結構物的內側貼滿鏡子就可以做出聚光器了，然而要讓鏡子均勻分布在整個碗上並不是件容易的事，貼鏡子也相當麻煩。因此這裡我們稍微改變一下思路，讓鏡子自己凹進去，形成凹陷狀的鏡子就可以了……這就是這次製作的拋物面聚光器。



* 製作上需注意的事

首先，黏貼鏡面紙時請注意黏貼的是哪一面。由於無法保證鍍鋁那一面的黏著強度夠強，故本次實驗中用PET那一面與圓盆邊緣黏合。鍍鋁那一面朝外的話，會因為氧化或其它風化作用使其劣化，不過由於反射的面積夠大，故就算有部分劣化，某種程度上還是能維持功能。

再來是黏著劑，基本上只要照著說明書使用就沒問題了。實驗中所用到的黏著劑並非藉由溶劑乾燥後凝固來黏合物品，而是與空氣中的氧氣與水分反應後硬化，故需用特殊刮刀使黏著劑呈波浪狀，並靜置於空氣中15分鐘左右。如果沒有讓黏著劑充分與空氣接觸，就把鏡面紙貼上去的話，會因為黏著劑內側還沒完全凝固而呈現半乾狀態。本次實驗中要黏合的是不透氣的物品，因此必須特別注意。若只有外側接觸到空氣的黏著劑硬化，內側卻沒有凝固的話，成品的強度會不夠。鏡面紙會因為大氣壓力，用力往盆內壓陷，要是鏡面紙沒有大面積固定好的話，很可能會剝落。

* 使鏡面紙凹陷的方法

有數種方法可以讓鏡面紙凹陷下去，最簡單的方法就是用熱風加熱圓盆內部，待其冷卻後自動凹陷。用熱風槍將高溫空氣吹入圓盆的同時，將鏡面紙稍微往內壓使之凹陷，並趁著盆內空氣還熱的時候以橡皮塞塞住洞口。這麼一來，內部空氣降溫後，體積會跟著收縮，使鏡面紙往內拉緊，就可以得到一個凹面鏡。

另外一個方法則是把空氣吸出。如果凹面鏡約40cm大的話，用嘴巴吸氣就可以輕鬆使其凹陷，當然也可以用吸塵器吸。用吸出空氣的方式使鏡面紙凹陷時，必須注意不要吸出太多空氣。鏡面紙的延展性比一般紙還要好，吸過頭的話，紙面凹陷處可能會觸碰到圓盆的底部。如果凹陷得太嚴重，還可能會使其破裂。用40cm的圓盆來製作聚光器的話，大概只要往內凹陷數cm就夠了。

最後，為了讓凹陷的形狀更加完美，可以用熱風槍吹鏡面紙的皺褶部分，使皺褶拉平，變成漂亮的鏡面。鏡面紙相當耐高溫，故少許的熱風並不會讓它熔化破損。不過要注意的是，如果溫度過高，反而會讓鏡面紙收縮，裂開產生一個個小洞。

02

基本實驗

用聚光器點燃物品吧！

準備材料

拋物面聚光器

木板之類的易燃物：燒起來也沒關係，且操作上較無安全疑慮的易燃物。



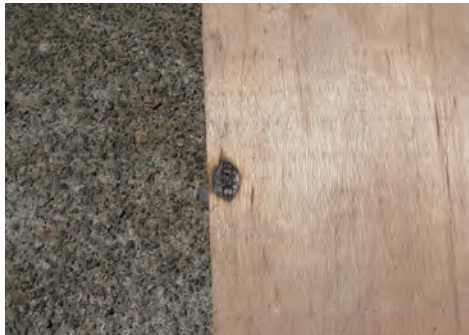
雖然聚光器製作起來很簡單，但威力相當強，絕對不要朝向別人。另外，也不要觸摸或直視聚焦的光線。

實驗步驟

1. 試著將光聚焦在木材上，不用1秒就會開始產生煙霧。



2. 確實將木材燒焦了！





* 聚光器的威力

我們做出來的拋物面聚光器可能會有一點歪歪的，但即使如此，也可以聚集到充足的光量。如果是40cm左右的圓盆，只要能將光聚集到2cm的範圍內，就可說是相當成功了。

如實驗結果所示，若將太陽光聚焦在木材上，不用1秒就會開始冒煙、起火。由此可知聚焦後的光線威力相當強。天氣很好的話，連鋁罐之類的物品都可以輕鬆熔出一個洞來。如果是夏天，甚至連鐵罐或鐵製啞鈴都可能熔化。

這個實驗所製作出來的聚光器，可以將大量的太陽光聚集在一起。聚焦後的陽光會成為威力很強的射線，直視這個射線是非常危險的事。若這個射線照到皮膚的話有可能會灼傷，故請一定要特別注意聚光的方向。



教育重點

* 實際體驗太陽光的能量是什麼意思

說到與太陽光有關的實驗，一般人應該會先想到太陽能發電。但我認為，讓學生們實際感受到太陽光的光線本身就有能量，是一件相當重要的事。因此，這次的實驗就以實際感受太陽光的能量為主軸。

而在實驗過後，還可以和學生討論這樣的能量應該用在什麼地方。作為純粹的熱源，可以用來加熱分解塑膠，或者熔化鋁罐以節省空間，應該可以發想出很多點子才對。教師可以就這些點子，與學生們討論可行性，並提供相關建議。這個實驗過程可以讓學生們開始自發性地思考科學，成為引發他們興趣的契機。

話又說回來，發出太陽光的太陽本身究竟是什麼呢？太陽光的能量又從何而來呢？從太陽發出的光抵達地球需要幾分鐘呢？近年

來愈來愈多人在討論的太陽風與宇宙天氣預報又是怎麼回事？……藉由概略性地說明這些相關主題，也可以讓學生們瞭解到科學領域需要擁有包括從宇宙現象到能源問題的各种知識。

*** 太陽真正的威力**

不用說，太陽正是位於我們太陽系中心的恆星，其質量占了整個太陽系物質的99%以上，是一個巨大的能量塊。

太陽的表面溫度為 6000°C ，從表面噴出的日珥更高達 $1\sim 2$ 萬 $^{\circ}\text{C}$ ，太陽核心則被認為有高達 1600 萬 $^{\circ}\text{C}$ 的高溫。

太陽的中心持續進行著核融合反應，可將4個氫原子融合成1個氦原子。然而1個氦原子的質量卻比4個氫原子的質量總和還要少了0.7%。這兩者間的差異會以能量的形式放射出來。

核能發電使用鈾235進行核分裂反應，也僅有0.1%的質量被轉換成能量。而在一個質量為地球109倍的星體內，正不斷產生核融合反應。

這些能量會以波的形式，也就是電波、遠紅外線、近紅外線、可見光、紫外線、 γ 射線，以及高能量的荷電粒子（宇宙射線）等形式放射出來。

地球在1秒內所接收到的太陽能量，就超過了所有人類在一年內所消耗的能量，因此太陽光的應用仍有很大的潛力。



顏色不斷改變的液體 氧化還原

難易度

☆☆☆☆☆

對應的
教學大綱

化學／物質的狀態與平衡

化學基礎／物質的變化



在課堂上提到氧化還原反應的時候，大多只會單方面地說明枯燥無味的化學反應式。然而光靠反應式，通常沒有辦法讓學生理解究竟發生了什麼事。本實驗將試著用顏色會變來變去的液體，讓學生們理解氧化還原的機制。

Oxidation-reduction

實驗 目的

讓學生們實際體會光看反應式很難理解的氧化還原現象，加深學生們對氧化還原的理解、引發對這個主題的興趣。

國中、高中的化學都有「氧化還原」這個主題，然而這個主題的內容常讓人覺得枯燥乏味。學生們突然看到這些抽象的反應式，也沒辦法實際感受到這些化學反應到底在做什麼。

因此，在教授氧化還原這個單元以前，如果教師能帶著學生們實際操作過一次實驗，讓學生們親眼看到各種溶液的顏色變化，便能藉由實際感受來學習氧化還原反應。

如果能好好地在實驗中演示出顏色的變化，之後在說明實驗的原理時，學生們就能快速抓到重點。雖然結構式對國中生來說很困難，不過如果在說明時，把每個「分子」當成一塊東西來教學，學生們應該也可以充分理解其意義才對。事實上，筆者在教導國中生們什麼是氧化還原反應時，就是先讓他們看這個實驗，之後再進行說明。

01

基本實驗

變色龍般的紅綠燈反應

準備材料

透明塑膠容器：約200ml左右的容器，可使用寶特瓶。

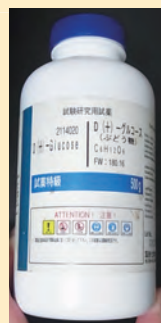
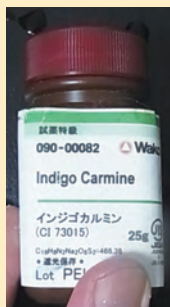
氫氧化鈉 1g：雖然是強鹼，但一般藥局內都買得到，學校裡應該都會有。也可用氫氧化鉀代替。

葡萄糖 2~5g：可使用超市販賣的葡萄糖塊。

靛藍胭脂紅（Indigo Carmine）20~

50mg：除了能以試劑的形式購買之外，亦能以食用藍色2號的形式於網路上購得。

水：自來水即可。



葡萄糖。

靛藍胭脂紅。



近年來，作為化學試劑販賣的氫氧化鈉大多會做成顆粒狀，不易產生粉塵，但因為氫氧化鈉是強鹼，取用時仍須注意。

實驗步驟

1. 在塑膠容器內裝入100~200ml的水，每100ml的水加入1g的氫氧化鈉（或者是氫氧化鉀）。須注意不要讓液體體積超過容器的2/3。



2. 待氫氧化鈉（或者是氫氧化鉀）完全溶解後，每100ml的溶液加入2~5g的葡萄糖。



3. 用微量藥匙加入極少量的靛藍胭脂紅，便會變成綠色的水溶液。靜置10~20分鐘，待其穩定下來。



pH約在13左右。



加入少量的靛藍胭脂紅，便會變成漂亮的綠色水溶液。

實驗步驟

4. 溶液的顏色會逐漸變成紅色→檸檬茶般的黃色。待黃色穩定之後輕輕搖動液體，又會變成紅色。若再劇烈搖動，會變回步驟3的綠色。



分子的大小差異，就會改變分子所顯示的顏色。



解說

* 實驗的進行與注意事項

首先讓我們從容器的部分開始說明。本實驗需使用透明的容器，而之所以選用塑膠瓶或寶特瓶等塑膠製品而不使用玻璃瓶，是為了在容器不小心摔落時不會摔碎，確保實驗能安全進行。

我們會在容器內裝100~200ml的水，不過為了確保實驗時能讓溶液與空氣反應，水溶液的體積請不要超過容器的2/3。而氫氧化鈉的量則是每100ml加入1g左右，不用計算得很精密也沒關係。不過要是每100ml加超過5g的氫氧化鈉的話，pH值會過高，使實驗無法順利進行，所以要特別注意。

若擔心讓學生們取用氫氧化鈉會有危險的話，可以先配好1%的氫氧化鈉水溶液，讓他們裝到自己的容器內。如果是1%的氫氧化鈉水溶液，就不算劇毒物質了（法律的認定上，將這個濃度的氫氧化鈉視為與一般販賣的排水溝清潔液相同）。不過由於排水溝清潔液還有添加穩定劑、界面

活性劑等會阻礙反應的物質，故不能用來做這個實驗。

確認氫氧化鈉完全溶解之後，每100ml加入2~5g的葡萄糖。如果在氫氧化鈉還沒完全溶解時就加入葡萄糖的話，葡萄糖會被直接分解成焦糖色素，使液體顏色變為淡黃色，這會直接造成實驗失敗，請特別注意。

葡萄糖是類似砂糖的東西，實驗前也可以讓學生嚐嚐看它的味道。高中的化學課程中會提到葡萄糖的還原性，可以趁這個時候說明清楚。

*三色變化！

接著用微量藥匙加入極少量的靛藍胭脂紅到這個溶液內。靛藍胭脂紅就是食品添加物中的藍色2號，也會用在入浴劑上。由於靛藍胭脂紅的結晶難以溶於水中，故可以先做好較濃的溶液，再於實驗時將溶液分給學生。製作較濃的溶液時，可將100mg的靛藍胭脂紅溶於10ml的水中。將其製成水溶液之後會變得很不穩定，若沒有在兩三天內用完的話就只能丟棄了。另外，保存時也必須將容器的蓋子確實蓋緊，防止溶液灑出。

將靛藍胭脂紅溶入水溶液之後，水溶液就會逐漸轉變成綠色。在顏色穩定下來之前，需靜置溶液10~20分鐘左右。如果水溫較高的話，等待溶液顏色穩定下來需要的時間就愈短。35°C時只要2、3分鐘就可以穩定下來了，但不到15°C時就需要近20分鐘才能穩定下來。若希望能加快課程節奏，可以視季節需要加入熱水，使其能在短時間內反應完成。

靜置時，溶液會從綠色逐漸轉變成紅色，再逐漸變成檸檬茶般的黃色。當黃色穩定下來之後，輕輕搖動會讓它變成紅色，劇烈搖動的話又會變回綠色。於是一瓶會變色的神奇溶液便完成了。



成功製作出搖動後顏色就會改變，有如變色龍般的溶液！

02

基本實驗

一搖晃就變成藍色的液體

準備材料

透明塑膠容器：與前一個實驗相同的即可。

氫氧化鈉 1g、葡萄糖 2~5g：與前一個實驗相同的即可。

亞甲藍或孔雀石綠：在熱帶魚用品店會當作魚類治療藥物販賣。

熱水：約40~50°C，用煮過的自來水即可。



實驗步驟

1. 在塑膠容器內注入40~50°C的熱水，依照與先前實驗相同的分量，依序加入氫氧化鈉和葡萄糖。



2. 充分混合後，邊輕輕搖晃、邊一滴一滴加入亞甲藍（或者是孔雀石綠）。每加入一滴時，顏色應該會馬上消失。待顏色消失的速度變慢之後，就不再加入亞甲藍。接著靜置冷卻，使其穩定下來。



實驗步驟

3. 再來只要用力一搖，就會馬上變成鮮豔的藍色，靜置1~2分鐘後顏色又會消失。這個反應可以一直反覆操作。



解說

* 魔術般的表演，讓學生們目不轉睛！

將無色透明的溶液用力一搖，便會立刻轉變成鮮豔的顏色，讓人不禁懷疑自己的眼睛有沒有看錯。授課時，一開始可以故意用布蓋住，不給學生看到顏色改變的瞬間，像是變魔術一樣表演給學生看，想必這樣更能引起學生們的興趣。這個實驗用到的材料與紅綠燈反應實驗有很大的差異，使用的色素不是食品添加物，而是一般店面就買得到的熱帶魚治療藥物，相當容易取得。不過實驗需要加熱或使用熱水，整個實驗過程所花費的工夫應該差不多。

雖然材料、步驟與紅綠燈反應實驗幾乎相同，不過一開始的準備作業稍有不同。首先，需準備40~50°C左右的熱水，接著將與前面的實驗相同分量的氫氧化鈉和葡萄糖依序溶入熱水中，一邊充分混合，一邊將熱帶魚用的亞甲藍溶液（或者是孔雀石綠溶液）一滴一滴地加入。此時需要確認滴下去的溶液在混合後，顏色是否會馬上消失。加入一定量的亞甲藍溶液之後，顏色消失的速度會愈來愈慢，此時便停止滴入。保持容器內有1/3以上的體積為空氣，蓋上容器的蓋子待其冷卻、穩定下來。

完成的溶液應為透明無色，不過用力一搖後就會出現鮮豔的顏色，且過了1~2分鐘之後顏色就會消失，教師們可在學生面前演示這個過程。亞甲藍是藍色，孔雀石綠是黃綠色，各自的顏色變化就很引人注目了，如果同時加入亞甲藍和孔雀石綠，反應產生的顏色還會疊加在一起，相當有趣。



教育重點

* 顏色改變的原因

溶液的顏色之所以會改變，其原理是因為我們刻意搖晃液體，強迫亞甲藍和靛藍胭脂紅等帶有顏色的化合物與氧氣反應，改變分子呈現出來的顏色。可以用圖片說明如下。

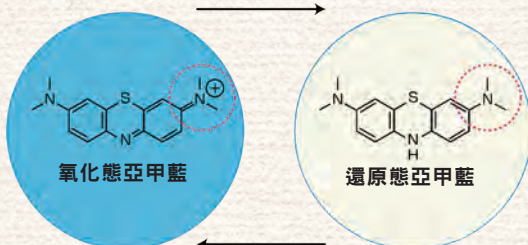
* 靛藍胭脂紅的反應



這次使用的靛藍胭脂紅，其中間態為紅色，氧化與還原態則分別為綠色、黃色，故可呈現出紅、黃、綠三種顏色。

* 亞甲藍的反應

藉由還原性葡萄糖將其還原（緩慢）



搖晃使亞甲藍被空氣中的氧氣氧化（劇烈）

另一方面，如上圖所示，亞甲藍會在無色與藍色之間改變。若用力搖晃容器，使空氣中的氧氣混入溶液中，便會使亞甲藍被氧化，改變其色素結構，呈現出不一樣的顏色。

這一連串的反应都在塑膠容器內完成，而且只要搖晃之後就可以看出變化，這就是這個實驗的有趣之處。而且這種會變色的液體，正好與孩子們對「化學」的印象相符，故一定可以激起他們的好奇心。

* 授課時的說明順序

如各位所知，葡萄糖是代表性的單醣，擁有還原性。這類分子又稱為還原糖，在鹼性溶液中會以帶有醛基或酮基的直鏈形式存在。擁有還原性的葡萄糖，可將氧化態的亞甲藍與靛藍胭脂紅還原成還原態。

在要求學生們死背「果糖沒有還原性」之前，可以利用這個實驗，讓學生們同時用果糖和葡萄糖實際演練一次，如此一來便能讓他們親眼看到這兩種糖有沒有還原性，自然而然地記下來。

銀鏡反應只在一瞬間發生，而且使用的試劑相當昂貴，要讓學生們親自操作可能會有些門檻。如果改用這次介紹的實驗來說明還原性，使用的材料比較便宜，且只有在取用氫氧化鈉時比較危險而

已，相對安全許多，是本實驗的一大優點。

另外，色素會受到pH、熱、光等環境的影響而產生變化。教授高中以上，學過進階化學課程的學生時，可以試著讓他們研究看看色素會因為這些環境的影響產生什麼變化。本實驗所使用的溶液都會在半天以內失效，無法繼續反應。教師亦可試著讓學生回答看看，為什麼溶液會變得無法反應。

順帶一提，靛藍胭脂紅有個特徵，那就是它的分子在鹼性環境下會自行分解，而且紫外線還可以加速它分解，故常被用來當作入浴劑的色素。許多使用有顏色的入浴劑的人，會將泡過澡的水拿來洗衣服，但泡澡水的顏色卻不會沾到衣服上，就是因為多數洗衣劑為鹼性，可使靛藍胭脂紅自然分解。而且，就算有少許色素殘留在衣服上，曬乾時只要照到紫外線，便會讓它完全消失。因此用含有入浴劑的泡澡水洗衣服，並不會將衣服染色。

除了靛藍胭脂紅以外，還有許多有類似性質的色素。或許入浴劑可以代替靛藍胭脂紅，用在本實驗中（不過入浴劑大多含有碳酸鹽類或硫酸鹽類，可能會讓反應無法順利進行）。

讓學生們藉由本實驗將化學與生活連結在一起，這麼一來，想必他們一定也能親身體會到化學在我們生活中的分量吧。

國家圖書館出版品預行編目資料

比教科書有趣的14個科學實驗I：滿足好奇心!開拓新視界!／早稻田大學本庄高等學院實驗開發班著；陳朕疆譯.--初版.--臺北市：臺灣東販，2019.07
208面；14.8×21公分
譯自：魅了する科学実験
ISBN 978-986-511-049-9（平裝）

1.科學實驗 2.通俗作品

303.4

108008730

Miryosuru Kagaku Jikken

Copyright © 2015 Hajime Nakagawa
Chinese translation rights in complex characters
arranged with Subaru-sya Corporation through
Japan UNI Agency, Inc., Tokyo

滿足好奇心！開拓新視界！ 比教科書有趣的14個科學實驗 I

2019年7月1日初版第一刷發行

作者 早稻田大學本庄高等學院 實驗開發班
譯者 陳朕疆
編輯 邱千容
特約設計 麥克斯
發行人 南部裕
發行所 台灣東販股份有限公司
<地址>台北市南京東路4段130號2F-1
<電話>(02)2577-8878
<傳真>(02)2577-8896
<網址>www.tohan.com.tw
郵撥帳號 1405049-4
法律顧問 蕭雄淋律師
總經銷 聯合發行股份有限公司
<電話>(02)2917-8022



禁止翻印轉載，侵害必究。
本書如有缺頁或裝訂錯誤，
請寄回更換（海外地區除外）。

Printed in Taiwan.