

教案設計者：蔡明勳
課程領域：
<input type="checkbox"/> 物理 <input type="checkbox"/> 化學 <input type="checkbox"/> 生物 <input type="checkbox"/> 地球科學 <input type="checkbox"/> 科技領域 <input checked="" type="checkbox"/> 其他 <u>自然科探究與實作</u>
教案題目：
空中實驗室-探究與實作
授課時數：
4 節 240 分鐘
教案設計理念與動機：
<p>突然的停課不停學</p> <p>2021 年 5 月 18 號，下午 2 點半，教育部長潘文忠於中央流行疫情指揮中心記者會中宣布，因應國內疫情警戒升級，自明日起，全國各級學校停止到校上課，採居家線上學習。</p> <p>此消息一出，校園內馬上散播出一股歡快的氛圍，彷彿是準備放兩個禮拜的颱風假。而辦公室裡卻是另一個世界，老師們紛紛交代各個班級幹部或是小老師，再三確保上課方式與聯絡機制，但臉上不免露出些許憂慮。面對這突如其來的「疫情颱風」，沒有老師敢說自己準備好了。</p> <p>尤其是自然科的「探究與實作」，沒有實驗室、沒有器材，要如何實驗？</p> <p>本校課程剛好進行到實驗結束，要做實驗結報與發表。配合線上會議軟體，轉成線上發表難度不大。重點是之後呢？接下來少則 2 週，最不幸可能一直到學期末，整整 6 週都得採線上課程。</p> <p>探究群裡的夥伴們提出可以做線上測驗，也有提議可以有幾堂自習，給學生整理一整個學期下來的筆記。但算來算去，仍剩下約 2 ~ 4 週的時間，還是得有一個完整的探究課程為佳。該如何進行？</p> <p>線上課程除了原本內容，還必須得符合下面四個元素：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 可在家中操作 2. 材料取得容易，最好為家中日用品。 3. 可獨自一人完成 4. 沒有安全性的問題 <p>除了是線上「探究與實作」的教案，也是真真實實的實戰經驗分享。</p>

教學目標：

期待學生透過活動，擁有以下四點能力：

1. 探究：主題要能引發討論與思考，題材能引起好奇心。
2. 實做：必須能實際動手操作、使用工具測量並記錄。
3. 科學素養：能透過觀察，提出問題與假設。並運用實驗來驗證自己的假設。
4. 資料處理能力：將實驗歷程與結果，利用數據統計、圖表、影音剪輯的方式表現出來。

教育對象：

高中

課程設計（方法與步驟）：

（此處使用當時課程「摺紙青蛙」作為「空中實驗室」的示範內容，主題可以隨意更換。）

● 課程簡易流程

建議授課節數：4-8 節(二~四週)

第一週：說明與實驗

1. 講解遊戲規則（約 10 分鐘）

- ◆ 說明目標：研發一隻能跳最遠的紙青蛙
- ◆ 今日繳交作業：科學筆記、實驗影片、材料照片
- ◆ 附上紙蛙折法、科學筆記格式

 探究與實作_紙蛙跳跳 截止日期：5月24日

實驗目的：製作跳最遠的摺紙青蛙

0	0	37
已繳交	已指派	已評分

繳交：

1. 科學筆記
2. 實驗過程影片 x 2 (10秒內)
3. 所有材料照片 x 2 (製作前v.s製作後)

附檔：

1. 紙蛙折法 (參考)
2. 科學筆記格式_紙蛙跳跳 (先另存副本)

【高畫質改訂版】とぶカ...
YouTube 影片 5 分鐘探究與實作_紙蛙跳跳
Google 文件

[查看作業](#)

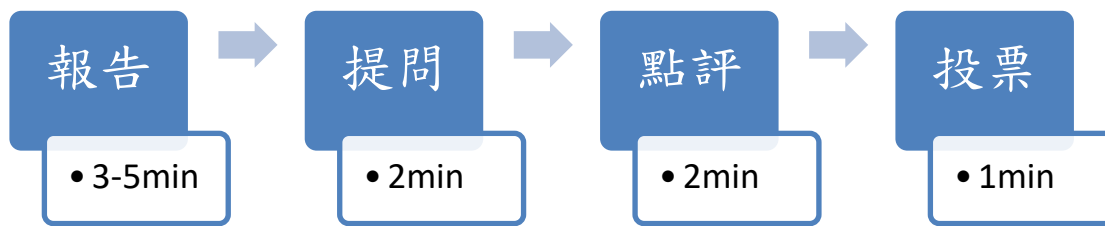
使用 classroom 發布作業

2. 開始：探究與實作（約 90 分鐘）

- ◆ 製作（摺紙青蛙）
- ◆ 實驗（測量數據）
- ◆ 發問
- ◆ 填寫科學筆記

中等程度的學生可於課堂 2 小時內完成。

第二～四週：成果發表與反饋



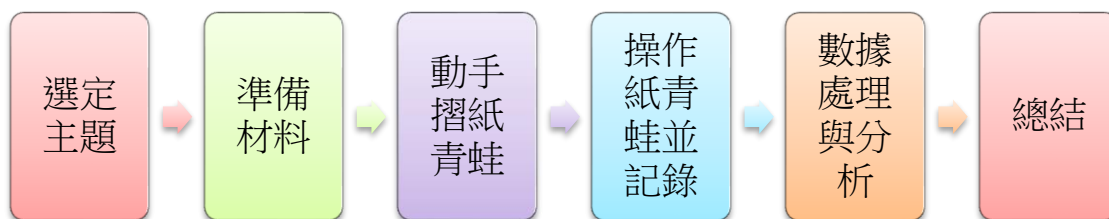
1. 報告：學生擔任講者，向全班報告自己的實驗結果
2. 提問：老師或同學向講者提出問題，講者回覆
3. 點評：老師給予講者簡短評價
4. 投票：全體同學給予講者評分（可利用 google meet 舉手功能）



圖：陳德容

● 課程設計深度剖析

1. 實驗目的是「研發一隻跳最遠的紙青蛙」
 給定明確的目標（跳最遠），但不限定過程。
 給定清晰的步驟（折紙青蛙並測量彈跳距離），但不限定主題。



從決定研究主題、準備研究材料、到自行操作與設計實驗，看起來是一個層次 4「開放式實驗」的設計，以學生為主的學習。

表2：Herron (1971)探究活動開放程度分類表

層次	問題	方法	答案	型式名稱
0	提供	提供	提供	驗證式實驗
1	提供	提供	開放	結構式探究
2	提供	開放	開放	引導式探究
3	開放	開放	開放	開放式探究

但因為給定了明確的目標與步驟，因此也擁有「食譜式實驗」的優點：明確、有效率。

2. 繳交：



如果說：「研發一隻能跳最遠的紙青蛙」，是給高成就學生一個標竿。那繳交「科學筆記」、「實驗前後照片」、「實驗測量影片」，就是給低成就學生的鷹架。

理科不行、數學不會，對於低成就的學生是很正常的事情，甚至能自嘲來獲得同儕間的歸屬感。但如果折不出青蛙來，卻會成為笑柄！因摺紙跟讀書無關，甚至簡單到有點幼稚（畢竟小時候都看過或折過）。因此讓低成就的學生缺少自我放棄的理由，而且「能跳多遠」的量化指標，容易激起遊戲性與良性競爭。

● 科學筆記剖析

「科學筆記」在此扮演的是一種文字版「學習歷程」（科學筆記格式詳見頻量）

1. 提出問題：

那些因素會影響紙青蛙跳的距離？也就是寫出所有「變因」除了口頭鼓勵學生寫多一點，也可以限定至少寫3個。此外建議要有一個具體的例子。當時以「紙張尺寸」為變因來舉例，因此最後有將近 $\frac{1}{4}$ 的學生都選擇這個變因當作實驗目的。這是可以預見的結果，即便可能被模仿也沒關係，這樣動機較低的學生才能跟上。

<p>1. 提出問題：</p> <p>改變紙的材質會使青蛙跳得更遠嗎？ 紙的大小會使青蛙跳得更遠嗎？ 紙的厚度會改變青蛙的彈跳距離嗎？ 摺的力道大小會影響青蛙的彈跳力嗎？ 施力點不同會影響青蛙彈跳嗎？</p>	<p>提出問題</p> <ul style="list-style-type: none">• 改變紙張大小是否會影響青蛙跳躍的距離？• 改變紙張厚度是否會影響青蛙可跳躍的距離？• 改變摺法是是否會影響青蛙可跳躍的距離？• 改變紙張材質是否會影響青蛙可跳躍的距離？• 改變施力大小是否會影響青蛙可跳躍的距離？• 改變施力位置是否會影響青蛙可跳躍的距離？	<p>一、提出問題</p> <ol style="list-style-type: none">1- 改變紙的尺寸會不會使青蛙跳得更遠？2- 改變紙的材質會不會使青蛙跳得更遠？3- 改變青蛙的重量會不會使青蛙跳得更遠？4- 改變施力大小會不會使青蛙跳得更遠？5- 改變相同材質但不同顏色的紙會不會使青蛙跳得更遠？6- 改變青蛙的摺法會不會使青蛙跳得更遠？7- 改變青蛙前腳後腳摺的角度會不會使青蛙跳得更遠？
---	--	--

很難想像，最終統計有30多種以上不同的變因

2. 資料蒐集：

說明重點放在「摘要」上。

一本書、或一篇論文，我們引用的內容，多半都是其中某一個小結論，或某個段落。從摘要亦可以看出學生是否有「確實閱讀」，而不是隨意貼幾個相關網址就交差。建議明確規定，若無摘要的資料蒐集將會被退件。當然，資料來源也是必要的。



摘要+來源即可。不用做到小論文的程度
圖：江婉菁

實驗目的：「紙的厚度」
是找三種不同厚度的紙，還是把相同的紙疊起來折？



筆記紙1張、2張、3張，哪隻青蛙跳得更遠？
圖：王立勝

3. 實驗目的：

在「1.提出問題」裡列出的眾多影響因素中，哪一個因素是影響最大的？或是最感興趣的？引導學生思考，在有限的時間和資源裡，要做出「跳最遠的」紙青蛙，就必須抓到最重要的影響因素！把這個因素拿來變化研究，就叫做「操作變因」

除了選擇自己喜好之外，不少同學倚靠直覺或盲猜。可以鼓勵他們從「資料蒐集」的基礎上推測。

4. 實驗原理：

能清楚的敘述「施力者」、「受力者」與「能量轉移的過程」即可



圖：何嘉怡

五、實驗步驟

- 1- 拿五張正力型 (17.5cm X 17.5cm) 的紙 (咖啡、深藍、淺綠、淺藍、黑)
- 2- 照著影片至準備摺前的一個步驟
- 3- 將五隻青蛙的後腿摺的角度固定為 30°
- 4- 將五隻青蛙的後腿的角度分別摺成 10° (咖啡)、15° (深藍)、20° (淺綠)、25° (淺藍)、30° (黑)



- 5- 測量彈跳距離並記錄 (測量標準：起點固定，跳完站好才算，距離算整隻青蛙離點最近的地方)

圖：邱湘芸

5. 實驗步驟：

對於習慣「照著實驗步驟做」的學生，要讓他們自己寫出像樣的實驗步驟難度頗高。因此我們除了說明規則時提醒外，亦在科學筆記格式上以紅字提示。提醒學生在繳件前，自行檢查上面所列出的 4 點是否皆做到，否則會被退件。

此外分享個小技巧，在最初幾位同學報告時，優先點評「實驗步驟」的缺漏之處，舉出若依照此步驟，可能會造成那些歧異的具體例子，讓同學瞭解，如果實驗步驟寫不清楚，就無法重複實驗，也就無從驗證結論是否正確可信，即使實驗結果再好都毫無價值。即科學實驗「再現性」的重要。

6. 實驗結果預測：

這是實驗最有趣的環節之一，也是科學素養的展現！無論是猜測還是直覺，都要在著手實驗前先把預測寫下來，以強化「驗證假設」的樂趣。

我們回想以往操作傳統實驗時，有些學生總是未經思考就開始胡亂操作。當他們自己有了預測之後，目標就會清晰起來，對後面的分析建模都有直接幫助。

例如：

紙張越大，青蛙的重量越重，因此在同樣的彈力下，跳的距離越短。

紙張越大，青蛙的尺寸越大，因此在同樣的形態下，跳的距離越長。(即等比例放大)

此外也要鼓勵高成就的同學，預測如果有所依據(資料收集、實驗原理)，實驗將更有說服力。



圖：李家佳



中飽平扁沒有空間形成彈力(左) 毫無凹陷且彈力十足(中) 過於密己沒有空間形成彈力

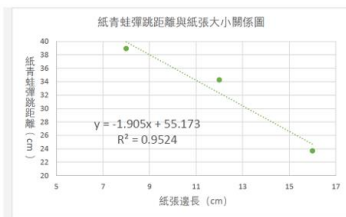
除了記錄數據外，也有同學做了質性分析。作者：劉梓柔

7. 實驗數據：

講解規則時，可以反問學生，覺得做幾組數據才足夠？報告時則可問是否有完全按照實驗步驟紀錄？此外記錄數據的「準則」，也是相當重要的環節。手滑一下，數據算嗎？青蛙翻肚了、空中轉圈了，數據算嗎？落地時滑動了，該紀錄落地瞬間還是停止之後？該紀錄頭的位置還是腳的位置？該紀錄起終點的距離，還是跟起跳線的垂直距離？要去掉極端值嗎？如果要得去掉幾個？要如何量測，數據才更準確？

8. 數據討論分析：

將數據圖像化，是數據分析的第一步。



由圖可知，紙青蛙的彈跳距離和紙張大小呈負相關， $R^2=0.9524$ 表示彈跳距離與紙張大小的相關程度很高，紙張越小，彈跳距離越遠。

圖：倪可昕

9. 結論：

因此處不容易有線性關係，採樣也不夠全面（三隻青蛙），因此不容易有普適性的結論。只要在相同前提條件下，有近似結果就可以了。如果有兩個以上同學做類似實驗但結果不同，可以請他們互相觀摩比較，列出可能的情況。

10. 心得&後記：

讓學生抒發心情，避免混在實驗記錄當中。

● 成果發表

1. 報告

個別學生「線上報告」。

老師此時扮演主持人的腳色，可適時引導學生跳過冗長的內容，挑選亮點報告。此階段避免價值判斷與講評，給予報告同學信心。

報告順序可當場抽籤（第一位上台報告時抽第二位，以此類推），以增加參與度。



3分鐘，要報告什麼



如果你報告很有趣，大家才會想問問題

2. 提問

因傳統上學生「被提問」，會被視為「找麻煩」。因此為了班級和諧，都會傾向「沒問題」。這裡建議將學生提問納入加分機制：

提問者、回答者，皆 + 1 分。如問的好或回答得好，再 + 1 分。

讓整體氣氛導向「優質提問是對講者的肯定」

3. 點評

前幾位同學點評，有示範效果，因此建議以「多數學生」都會犯的錯誤為主，目的為提醒後面的報告者趕緊修正，並以「一個」主要錯誤為佳，其他次要帶過即可，避免影響報告流程。無論是否有需要改進之處，都建議尋找每個同學的亮點，適時給予稱讚。而比較嚴重的問題，可清楚指出問題所在，並予以退件即可。

4. 投票

加入互評機制，增加非主講者的參與度。占分比例可由老師斟酌。

● 驚豔的結果

這個課程，除了之前滿足八大條件外，實行過程驚艷不斷。

■ 學生方面：

1. 高完成度

儘管有不少學生聲稱自己「從未有摺紙經驗」，或「手笨沒摺紙天分」。

但三個班 120 多名學生的完成度是 100%，即是所有學生皆能獨立完成實驗內的所有操作！

2. 高體驗

學生自身也相當有成就感。

除了從「實驗心得」可以看出之外，「歷程檔案」選用的比率也相當高，代表學生認為這個實驗最能「拿出手」，也是此課程「高體驗」的展現

探究其原因，可能是對於低成就學生而言，能獨立完成一整個實驗。對比其他單元如不用心或缺乏動力，容易導致對課程無感。也因學生從頭到尾都知道自己在做什麼，體驗自然深刻，成就滿滿。

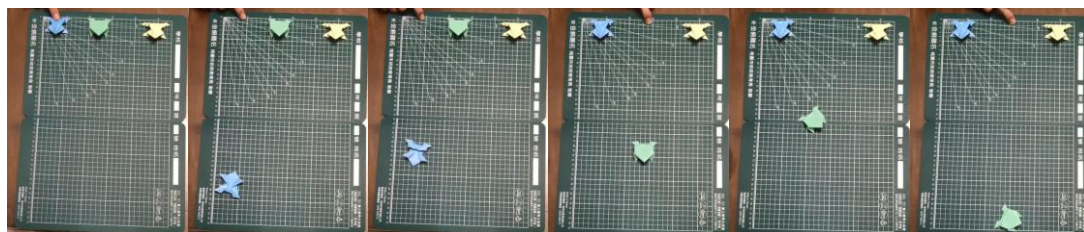
而對於高成就的學生來說，早已對驗證式的實驗不耐煩，而「紙青蛙如何跳遠」這個問題翻遍網路，都沒有一個很明確的答案。經歷蒐集資料、探索到訂定主題、驗證自己的假設。整個過程能感覺到真正的在做「實驗」！其樂不言而喻。

3. 多元能力展現

有學生報告口條清晰，段落分明；有人邏輯清晰，首尾呼應；有人別出心裁，有人資料蒐集詳盡；有人很努力嘗試，前後摺了 10 來隻紙青蛙。有人步驟寫得清楚明瞭；有人擅長影音剪輯，用縮時攝影表現學習歷程。

只要用心參與，一定有值得誇獎、值得掌聲的亮點。

老師適時的鼓勵，對學生影響遠遠大於課程內容本身。



許多同學利用「縮時攝影」，紀錄實驗歷程。作者：劉亭均

■ 教師方面：

1. 易操作

自然科探究與實作，本身融合 4 個科目的老師，課程內容如稍微偏離本科專業時，都需要花費時間重新學習。也因

為非本科專業，相關知識廣度與深度皆不足，常使我們有些不安。

此活動沒有艱澀的背景知識，不同專業的老師皆可以有自己的操作方法，真正感受到「探究不分科」的精神。

2. 負擔小

許多很棒的教案，都需要花許多時間備課、研習、事前準備。但這個探究實驗不太需要備課。科學筆記格式可以自行套用，課前試著摺兩三隻紙青蛙，有製作經驗更能同理學生。

3. 低成本

從108課綱以來，自然科探究與實作除了設計新教案，校方也需適時支援實驗工具與耗材。不過也常常面臨費用不足的問題。

此教案費用是0元！

學習評量內容

科學筆記：研發跳最遠的摺紙青蛙

1. 提出問題：

至少兩個

EX：增加xx會不會使青蛙跳得更遠、改變xx會不會使青蛙跳得更遠

2. 資料蒐集：

摘要內容 + 來源網址

3. 實驗目的：

研究xx與紙青蛙彈跳距離的關係

4. 實驗原理：

跳躍的能量從何來？能量如何轉換？誰施力，誰受力？

5. 實驗步驟：

看完步驟會知道：

1. 實驗材料
2. 量測的方法
3. 量測的器材
4. 取數據的準則

P.S：寫完找另一個人看看，是否能依照步驟，做出一樣的實驗結果

6. 實驗結果預測：

依照原理、資料蒐集的資訊，來推理實驗結果

7. 實驗數據：

至少3隻不同的青蛙，每隻至少做十次

表格設計要放在這裡。EX：

紙張尺寸	數據1	數據2	數據3	數據4	數據5	數據6	數據7	數據8	數據9	數據10	平均
8x8											
12x12											
16x16											

8. 數據討論分析：

1. 依照表格作圖，方便閱讀與分析。
2. 把數據賦予意義。
這數字、表格、圖形，是什麼意思？翻譯翻譯

9. 結論：

依「實驗目的」為主軸，「實驗數據分析」為基底，作出結論。
精簡。

10. 心得&後記：

想說的話都寫在這裡。
不要寫在其他地方。

紅字為題示，繳交報告前請刪除。
今晚12點前繳件，遲繳扣10分

參考資料：

Chinese Journal of Science Education 2011, 19(3), 257-282