

物理 Physics Search 搜查線

第23期

專案特搜 1

遊戲式學習高中物理——
三角麵包 p.2

專案特搜 2

融合實驗操作與概念建立的課程設計——
以高一摩擦力與
彈性力為例 p.10

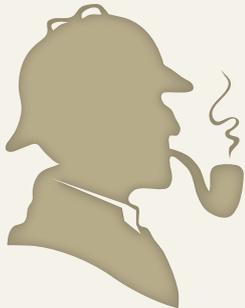


本期刊物電子檔



55301N/F/0000000

專案特搜 ①



遊戲式學習高中物理—— 【三角麵包】向量分解的 桌遊設計與實際操作

國立新竹女中 / 教師 黃瀨瑩

緣起

在一次的因緣際會下，我參加了一場化學桌遊的研習。在場的各位老師（包含我自己），縱使沒有化學的背景，藉由遊戲的包裝，還是可以很樂在其中，甚至從中學到一點點學科的知識。因此，我突然從中有了靈感，或許，物理也可以藉由桌遊的包裝，先利用遊戲，改變學生對於物理只有數字與算式的刻板印象，在遊戲過程中，再讓學生自行歸納出一些規律和各種可能性。因此，我開始了自製物理桌遊的這條教學道路。





設計理念、學習目標與活動流程

1. 設計理念與學習目標

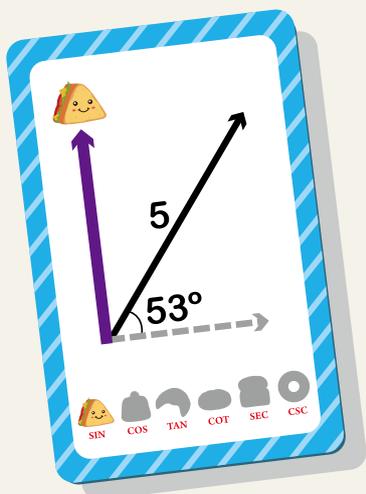
現在的學生，遲至高二上數學第一章才第一次接觸到三角函數，往往一個向量分解就會花費許多時間，造成物理高二上第二章平面運動的學習成績低落。因此，我設計「三角麵包」桌遊，讓學生能在遊戲中，快樂地學習並熟練向量分解。在遊戲過程中，學生需要判斷每一張卡牌的數值，並快速做出適當抉擇，以獲得最後勝利。學生在短時間內，會反覆、大量地練習向量分解，讓數學能力變成是直覺性的反應。

2. 教學活動流程（遊戲規則請參考附錄）

【暖身階段】遊戲 1：

- (1) 讓學生在沒有搶答壓力下，慢慢熟悉向量的分解。
- (2) 分組與講解規則 5 分鐘，每次遊戲時間約 5 分鐘，玩 2 場遊戲時間共 15 分鐘。
- (3) 補充說明：

爲了避免成績低落的學生無參與感，遊戲中增加了同顏色與同圖案的遊戲規則，讓完全不熟向量分解的學生也能參與其中。另外，遊戲中增加了順子可以一次出多張牌的規則，讓學生在想要獲得勝利的企圖心中，練習判讀卡牌上的向量分解。



| 出牌張數 | 出牌組合 |
|------|---|
| 1 張 | 3 / 5 |
| 2 張 | 2+3 / 3+4 / 4+5 / 5+6 |
| 3 張 | 1+2+3 / 2+4+5 / 3+4+5 / 4+5+6 / 5+6+7 |
| 4 張 | 1+2+3+4 / 2+3+4+5 / 3+4+5+6 / 4+5+6+7 / 5+6+7+8 |

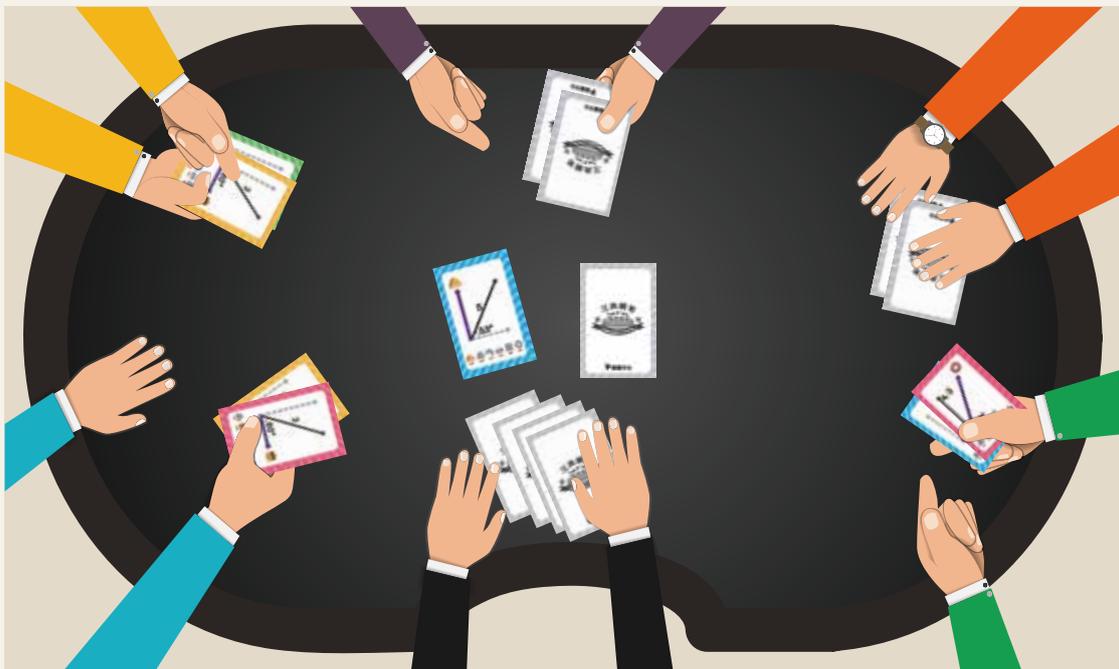
5 張之後以此類推，最多一次可將 1 ~ 13 全部丟出。

【搶答階段】遊戲 2：

- (1) 讓學生在瘋狂搶答的過程中，將向量分解變成直覺反應。
- (2) 講解規則 2 分鐘，每次遊戲時間約 2 分鐘，玩 4 場遊戲時間共 10 分鐘。
- (3) 補充說明：
遊戲增加了搶答的部分，讓遊戲的節奏變得又緊湊又刺激，但老師需隨時留意學生的狀況，如果有學生根本還沒有學會向量分解的判讀，就會在此遊戲中毫無參與感。

【強化階段】遊戲 3：

- (1) 利用一般撲克牌的「21 點」規則，讓學生不能再依賴同顏色或是同圖案，只能利用判讀卡牌上的數字來出牌。
- (2) 分組與講解規則 5 分鐘，遊戲時間約 10 分鐘，共 15 分鐘。
- (3) 補充說明：
此階段學生只能利用判讀三角函數牌上的數字來進行遊戲，但是為了讓尚未熟悉卡牌的學生也可以一同遊戲，學生可以自己決定是否要再增加手牌。





🔍 心流數據分析

「心流」是用來描述一個人深深地專注於某些活動時，有時會感受到的一種心理狀態。舉例來說，一個足球員在沒有其它重要的事而只關注比賽本身，且比賽也進行順利時，可能就會感受到心流。活動所引發心流在某段時間會讓一個人完全著迷，在這樣的情況下，時間似乎會扭曲，除了活動之外，似乎其它事情都變得不重要了。特定場合中，心流可能不會持續很長一段時間，但是它可能會隨著時間消逝而出現與消失。一直以來，心流經驗被解讀為一種內在的喜悅感受。

我採用的心流問卷，是台科大侯惠澤教授團隊 (Hou & Chou,2014)，將 Kiili(2006) 的問卷翻譯與修改，問卷共 22 題，分為心流前提與心流經驗兩大維度與九小向度，其數據如下表 1 所示。其中所有的平均值都在 3.8 以上甚至大部分都大於 4，且標準差都小於 1。從數據中可以看到學生在遊戲中：投入程度高、規則易懂、遊戲流暢、目標清楚，並且能夠幫助學習。

✔ 表 1 心流各維度之平均數與標準差

| Flow Dimensions (心流維度) | Mean (平均值) | Standard diviation (標準差) |
|---|---------------|-----------------------------|
| Flow Antecedents (心流前提) | 4.11 | 0.80 |
| Challenge (挑戰與技能的平衡) | 4.35 | 0.75 |
| Goal (清楚的目標) | 4.31 | 0.78 |
| Feedback (清楚的反饋) | 4.15 | 0.70 |
| Control (自我掌控感) | 3.81 | 0.93 |
| Playability (知行合一) | 3.92 | 0.86 |
| Indicators of flow experience (心流經驗) | 4.17 | 0.90 |
| Concentration (專心於手邊的事物) | 4.25 | 0.83 |
| Time distortion (失去時間感) | 4.19 | 0.97 |
| Autotelic experience (自成的目標) | 4.36 | 0.83 |
| Loss of self-consciousness (失去自我意識) | 3.89 | 0.96 |
| Flow All (整體心流) | 4.14 | 0.84 |

結語

近年來，桌遊日益盛行，尤其在國小的教學現場，幾乎各個科目都可以將桌遊融入教學中。看到別人的教室裡，滿是歡樂聲，而學生如此害怕的物理課，市面上卻幾乎沒有合適的物理桌遊可以參考。因此我開始嘗試自製物理桌遊，從 12 年的教學經驗裡，挑出學生的核心問題所在，再藉由桌遊的包裝，將原先需要反覆練寫習題才能熟悉的向量分解，改裝成讓學生全心投入遊戲，在遊戲的過程中就可以短時間大量、反覆地練習。

另外，爲了確定遊戲式學習的可信度，我也開始佐以科學的方法，採用心流問卷與前後測，再加以統計分析，利用行動研究確定自己的教學方式是真的可以帶給學生正面的幫助，而不只是歡樂卻毫無收穫的一節課。

愛玩是人的天性，這 2 年自從我將桌遊與上課內容結合後，我看到學生在遊戲中的團隊合作或是彼此競爭，我看到目前素養導向中希望培養學生的溝通與表達自然的呈現，我看到學生主動思考、因爲想要獲勝的企圖心，主動尋找獲勝的各種可能。最重要的，我沒看到任何一個學生拿起手機、其他科目的課本或是小考卷，我只看到那個許久不見的笑容。

參考資料

1. 心流問卷量表：

Kristian Kiili (2006). EVALUATIONS OF AN EXPERIENTIAL GAMING MODEL.

Human Technology: An Interdisciplinary Journal on Humans in ICT Environments, ISSN 1795-6889。

侯惠澤教授團隊中譯，發表於 Hou & Li, 2014。

2. 歡樂之臺灣科大迷你教育遊戲團隊 (NTUST MEG) 全國教師 FB 社群。



學生回饋與照片

原來三角函數也能這樣玩阿！【215 林同學】

我超喜歡這個遊戲，因為規則豐富創新，但不會太複雜。老師超讚！【215 林同學】

今天的桌遊很好玩，讓三角函數變得可愛一點了，而且看著麵包覺得肚子餓了。【215 洪同學】

這個遊戲很有創意也非常新穎，超佩服老師的，我好喜歡。【215 楊同學】

算簡單的， \sin 、 \cos 有變快，不錯玩，很輕鬆又要動腦。【215 鄧同學】

我感覺到我的突觸被刺激了，也不會太燒腦，是個很不錯的遊戲。【211 馮同學】

牌面上的內容很獨特，從未想過三角函數可以融入遊戲裡，卡片也製作的很明瞭。【211 江同學】

把很討厭的功課，變成超級好玩的遊戲，讓我對它不會那麼排斥。【211 黃同學】

我覺得這個遊戲很酷，結合 UNO & 撲克牌，讓我們用遊戲的方式玩物理 & 數學。【211 周同學】

這個遊戲結合了三角函數的應用，幫助我更了解角度換算。【211 王同學】

很好玩，透過遊戲可以加快自己的運算速度。【211 范同學】

我覺得這次的遊戲很好玩，因為需要動腦但又沒有壓力。【211 邱同學】

覺得很有趣，有點競爭，但又可以把學到的東西拿來玩。【211 李同學】

心流給我的感覺很特別，感覺很陷入遊戲中。【211 林同學】



附錄一 遊戲規則

1. 【暖身階段】遊戲 1 說明：

Step1 發牌 ——

將所有的牌洗勻（含 52 張三角麵包牌、4 張 Pass 牌、4 張迴轉牌、8 張 +2 牌，共 68 張），每人發 5 張牌，剩餘的牌作為場中牌堆，並翻開第 1 張，牌面朝上作為場中牌。

Step2 出牌順序 ——

猜拳決定第一局出牌順序，玩家以順時針依序出牌。

註：第二局可從上一局獲勝玩家的左手邊玩家開始，依順時針方向出牌。

Step3 遊戲開始 ——

第一位玩家根據已翻開的場中牌，依出牌原則出牌。若無合適的牌可出，則從場中牌堆翻取一張至手牌中，翻開的牌亦可馬上使用出牌。

註：當牌堆翻到沒牌時，可將已出過的牌重新洗勻放回牌堆。

Step4 遊戲結束 ——

當某一位玩家手中的牌出完時，遊戲結束，該玩家獲得勝利。

2. 【搶答階段】遊戲 2 說明：

Step1 發牌 ——

僅取出 52 張三角麵包牌洗勻使用（不使用 Pass 牌、迴轉牌、+2 牌），每人發 8 張牌，剩餘的牌作為場中牌堆。

Step2 遊戲開始 ——

(1) 當每位玩家整理完手中的 8 張牌後，由發牌的玩家翻開場中央的第 1 張牌，所有玩家同時搶出順子牌，當有人搶到順子牌後，即由順時針的下一位玩家開始依序同遊戲 1 的方式正常出牌。

(2) 遊戲過程，任何時間點都可以搶出順子牌，以最先出牌者為主，再由順時針的下一位玩家開始依序正常出牌。

Step3 遊戲結束 ——

當某一位玩家手中的牌出完時，遊戲結束，該玩家獲得勝利。



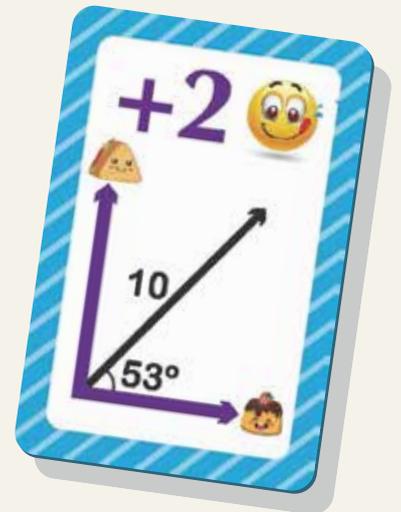
3.【強化階段】遊戲 3（類似撲克牌 21 點）說明：

Step1 發牌 ——

將所有的牌洗勻（含 52 張三角麵包牌、4 張 Pass 牌、4 張迴轉牌、8 張 +2 牌，共 68 張），每人發 2 張牌，剩餘的牌作為場中牌堆。

Step2 計分說明 ——

- (1) 三角麵包牌 1 為 1 點或 10 點，2~9 為 2~9 點，10~13 為 10 點。
- (2) 迴轉牌與 pass 牌為 0 點。
- (3) +2 牌為 0 點，且可將與 +2 牌同數字的三角麵包牌的點數歸零，此例可將手中的 6 或 8 點數歸零。



Step3 遊戲開始 ——

每位玩家先翻看自己的 2 張起始手牌，決定是否要再從場中牌堆拿取更多的牌，每位玩家最多可拿 5 張牌。

Step4 遊戲結束 ——

當每位玩家都不再要場中牌堆的牌時，遊戲結束。累積 5 張還沒有超過 21 點的玩家獲得勝利。若所有玩家都沒有 5 張牌，則越接近 21 點的玩家獲得勝利。

專案特搜 ②



融合實驗操作與概念建立的課程設計—— 以高一摩擦力與彈性力為例

國立中大壢中 / 教師 林欣達

前言

某年的10月中旬，我任教三個年段（高一、高二文、高二理）的課程恰好都進入了「摩擦力」的單元。還記得那天我總共有六節課，一大早8點鐘我就帶著砂紙、木塊及橡皮筋，神采奕奕地進到教室準備向同學演示摩擦力的實驗：

「同學，你看喔，我現在拉橡皮筋，越拉越長代表彈性力也越來越大，為什麼物體還是沒有動呢？」

「因為靜摩擦力也越來越大。」

「沒錯，然後你看喔，我再拉拉拉拉……就動了耶！該怎麼解釋呢？」

到了當天的第六節課，我用意志力努力掩蓋我厭世與空洞的表情，還是按照劇本演完了這一

齣戲碼。「怎麼會這樣？難道我已經失去熱情了嗎？這就是所謂的職業倦怠嗎？」我不斷地問著自己。說實在的，再怎麼有趣的現象，如此密集地重複「表演」六次，任誰到最後都會呈現眼神死的狀態吧。既然如此，我開始思考有沒有可能將「拉拉拉…動了耶！」的演出機會留給每一個學生來詮釋，讓每個人都享有「第一次」的新鮮感呢？

在現行的高一課綱中，摩擦力的觀察是示範實驗的其中一項。這份教案就是以示範實驗為基礎，發展成讓學生親自動手做，同時透過實驗中解決問題的過程建立「摩擦力、正向力、彈性力」的概念。



課前的準備

實施動手做的課程，最重要的就是要有齊全的器材。由於這個教案是由示範實驗發展而來，因此所需器材取得不算困難，甚至有些器材原本實驗室就已經有了。其中比較需要尋找的器材就是「木塊」而已，詳細的資訊請老師們參閱表 1。

教學過程分享

這份教案內容大致分成：「實驗操作」與「檢討分析」兩個階段。而「概念形成」則是融入在前述兩個教學活動中。本教案實施的時數是 2～3 節課的時間，以下將與老師們分享 3 節課的課程設計，老師們可以視整體課程規劃彈性調整實施的時數。

第一階段：實驗操作（1～2節課）

1. 任務目標說明

當學生進到實驗室時，老師就可以發下實驗用的學習單（每人 1 張）（請參閱配套）。並且開門見山地說：「這次實驗大家的任務目標是『測出 40 號與 1500 號砂紙的靜摩擦係數。（註 1）』」。同時也可以很直覺問學生：「你們覺得哪一號砂紙的靜摩擦係數比較大？」一般來說，得到的答案通常都是「40 號比較大！因為顆粒比較大比較粗糙。」不過，就算有學生有提出不同的想法，老師們都不需要在這裡給答案或評論，只需要說：「好，等一下你們做實驗證明你的想法！」即可。到這裡，期待學生能夠建立的概念是：「靜摩擦係數的數值是量化粗糙程度的指標。」再來，為了幫助學生順利完成任務並建立其他概念，外加了兩個（鷹架）實驗：「尋找最大靜摩擦力與正向力的關係」以及「測定橡皮筋的彈性常數」。目的是希望透過實驗操作與數據記錄、繪圖、與分析的過程，建立「 $f_{S\max} = \mu_s N$ 」、「 $f_s = kx$ 」與「靜力平衡」的概念。

表 1 實驗所需器材列表

| 項次 | 材料名稱 | 備註 |
|----|---|--|
| 1 |  木塊 | 可以到「建材行」尋找材料。將長條形的木條裁切成小塊後，即可使用。（邊緣要用砂紙磨平） |
| 2 |  洋釘鉤 (35mm) | 五金行或 10 元商店都找得到。徒手就可以將鉤子鑽進木塊中，以便實驗中拉動木塊。 |
| 3 | 橡皮筋 | 大小不拘，亦可當作變因讓同學選擇。 |
| 4 |  砂紙 (40 號與 1500 號) | 五金行或 10 元商店皆可找到。 |
| 5 |  實驗支架 | 化學實驗室有可能會有這樣的支架可以借用。 |
| 6 | 有掛鉤的砝碼 一般砝碼 | 力學與運動學實驗之一的器材，實驗室應該都有。 |
| 7 | 電子秤 | 實驗室應該都有。 |

在實驗開始前，可以拋出問題提示學生要思考如何測量靜摩擦係數：「我們沒有儀器可以直接量出靜摩擦係數，但可以透過測量其他物理量得到，你們先想一下要量什麼？還有怎麼量？」。我認為這個問題不需要等待回答，更應該要避免讓學生馬上講出答案，必須保留讓每個人都有思考的機會。就算知道要量什麼，怎麼量也是需要他們花點時間思考的。「噓……不要告訴別人你們的方法。」是我在這個階段最常講的話了。（註2）

2. 實驗架設示範

當學生對這次實驗的任務目標有一定的理解後，就可以再補充介紹實驗器材與示範實驗架設。測量靜摩擦係數的實驗架設如圖1所示。

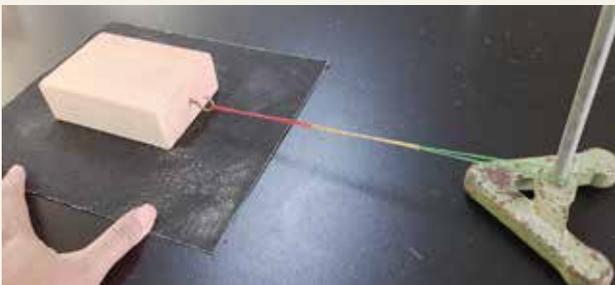


圖1 測量靜摩擦係數實驗架設圖

而測定橡皮筋彈性常數的實驗，就利用轉接頭與橫桿將橡皮筋懸吊起來即可。在這個過程中，我認為只需要跟學生介紹他們等下會拿到的器材以及大致的架設方式即可。而且器材也可以有選擇性，例如：橡皮筋就可以準備兩種規格讓同學自由選擇，學生作的決定會影響他後續的測量，後續也可以成為討論的題材。不鉅細靡遺地示範，不告訴學生怎麼測量，目的是希望能留給學生更多的思考空間，而老師接下來要做的就是到處走走，協助學生解決問題以及製造問題了！

3. 實驗過程中

由於沒有詳細的實驗步驟及操作方法，各組學生一定會遭遇各式各樣的問題。「老師，我有問題！」將會是實驗室中出現頻率最高的詞語了！（老師心中 OS：終於承認自己有問題了齁 XD）下頁列出一些學生曾經問過的問題以及我的回應給老師們參考。

從這些與學生互動的經驗，老師們可以將學生問的問題再轉化成提問來刺激其他學生思考。例如：「同學，你不覺得你拉一點點橡皮筋就縮回去了嗎？這樣長度很難量得準喔…」「同學，你橡皮筋的長度是量哪裡？怎麼量？」「同學，你實驗做幾次，為什麼只做一次？」「同學，你的結果在哪裡我看看，跟你原本想的一樣嗎？」

當學生提出問題時，我們就給他一點引導式的問題幫助他前進；當學生沒有問題的時候，我們就去製造一些問題造成他們的認知衝突感。老師用問題來回應學生問的問題，把學習的脈絡交給學生來建構。老師能做的不只是傳遞知識，更可以做一個學習的引導者，適時提供學生檢核自己學習的機會。

4. 實驗完成後

各組學生完成實驗的速度不一樣，老師可以鼓勵進度較快的組別在課堂上完成實驗學習單。

「已經完成實驗的組別，可以利用時間把學習單完成。下次上課的時候要收！」此時老師們就可以把大部分的精神協助進度較慢的組別。



實驗問答集



學生

砂紙才向後拉一點點，橡皮筋就縮回去了，長度很難量耶。

有沒有什麼方法讓橡皮筋拉長一點才縮回去呢？

回應說明：

希望學生思考影響最大靜摩擦力的變因（增加正向力），以及虎克定律（將橡皮筋串聯減小 k 值）。



學生

橡皮筋的長度是要從哪裡開始量？

虎克定律中的 x 是什麼意思呢？伸長量是以哪裡當作基準呢？

回應說明：

希望學生確實了解虎克定律中伸長量的意義。



學生

我們每次量的橡皮筋長度都不一樣？

你再做一次我看看。
你覺得每次量都不一樣很奇怪？你會這麼想的原因是什麼？
你覺得整張砂紙跟木塊的面是均勻的嗎？每次都不一樣，最後怎麼呈現你的數據？

回應說明：

希望學生思考造成實驗的可能變因，想辦法減少誤差。

凡測量必有誤差，希望學生能夠運用數據處理的知識呈現最後的結果。



學生

為什麼 40 號砂紙的靜摩擦係數比較小？

真的啊？為什麼你會這麼問？
如果實驗結果跟你想的不一樣，通常有兩種做法：1. 可能實驗需要改進。2. 可能想法需要調整。你想怎麼做？
如果實驗要改進，你會想改進什麼？
你要不要看看別組做的結果，跟你們不一樣？
如果你相信實驗結果，那要怎麼修正你原本的想法？

回應說明：

希望學生體會「實驗與理論的物理的兩大支柱」，若兩方出現矛盾，就很有可能找到新發現。可能是實驗方法上的進步，或是理論概念的躍進。

嘗試提出觀點解釋看見觀察到的現象。

第二階段：檢討分析（1節課）

通常在段考之後，我們都會很自然地帶學生檢討考卷。然而做完實驗之後呢？我們卻很少帶著學生檢討實驗。我想檢討實驗的意義一來是協助學生確認自己是否在實驗過程中建立概念，同時也能夠幫助學生學習實驗方法與數據分析。

1. 呈現實驗結果

課堂一開始，會請各組組內確認實驗結果，同時在黑板上畫上兩個表格，分別是 40 號砂紙及 1500 號砂紙與木塊間的靜摩擦係數。「每一組都代表一個研究團隊，現在我們要召開研究年會，每個團隊將公布自己的研究成果，我們一起來討論。」接著就請各組上臺填寫數據。全體呈現數據的好處是，可以帶著全班一起分析實驗數據。「來，大家看一下這是我們所有研究團隊的成果，你們發現什麼？」首先，學生們很容易的可以挑出跟大家差異很大的數據。此時，可以告訴學生：「跟大部分的數據不一樣，不代表他們一定錯啊！說不定是劃時代的發現！很多諾貝爾獎也是因為這樣誕生的啊！」原本被大家當作笑柄的組別漸漸抬起頭來，好像沾了諾貝爾獎的光，臉上多了一點光彩。「不過大部分的狀況，你們的實驗可能還是有些問題啦，我們等一下再來討論可以怎麼改進。」畢竟這算是蠻單純的實驗，偏差太多的實驗結果應該是需要找出問題所在。接著，就可以帶大家來討論實驗方法。

2. 討論實驗方法

實驗過程中，總是會有些學生發展出聰明的測量方法，老師們可以嘗試記錄哪些組別用了什麼樣特別的方法。回到課堂上時就可以請同學們分享他們的作法，藉此機會讓大家的實驗技術有機會進步。若該班級中沒

有太突出的實驗方法，也可以由老師直接分享或提出改善的方案。例如：這次的實驗主要測量橡皮筋的伸長量，一開始很直覺的作法就是拿尺對準橡皮筋來量，但是要測量的位置恰好是橡皮筋縮回的瞬間，非常難用肉眼對準，因此有些組別就拿出手機用錄影回放的方式確認最大伸長量；也有些組別是測量砂紙移動的距離來代表橡皮筋的伸長量…等。以上只是其中一個例子而已，老師們可以根據自己學生的情況，找出可以提點的部分，藉此提升學生的實驗技術能力。

3. 分析討論實驗結果

最後，帶著大家關注這次的任務目標：「哪一張砂紙的靜摩擦係數比較大？」。開始比較每一組的兩個數據，從所有班級的結果來看，都是「1500 號砂紙的靜摩擦係數比較大」的組別占大多數。剔除極端值後平均的結果也得到「1500 號砂紙的靜摩擦係數比較大」的結論。「疑？好像跟我們當初想的不太一樣？一般來說，摩擦係數愈大就代表表面越粗糙，但 1500 號砂紙比較平滑，但摩擦係數卻比較大？為什麼呢？」這時候就可以開放學生們提出想法來討論。最後，我預設將討論收斂在：「摩擦係數的值是由介面兩側的物質共同決定」的概念。我們一開始認為的粗糙，是用我們的手來感受砂紙，但做實驗的時候是測量木塊與砂紙之間的粗糙程度，因此我們說「砂紙的摩擦係數是多少？」其實是不完整的，比較完整的描述應該說「砂紙與木塊之間的摩擦係數是多少？」。最後再請學生試著畫圖解釋為什麼 40 號砂紙與木塊的摩擦係數比較小。我們共同討論的結果認為：「顆粒較大的 40 號砂紙與木塊的接觸點比較少，嵌入木塊中的顆粒也比較少，有點類似冷焊的效果；反觀 1500 號砂紙的顆粒較細緻，嵌入木塊的顆粒也比較多，貼合的緊密度較高，因此造成這種結果。」



4. 概念確認與延伸挑戰

最後，希望透過一個機制來協助學生確認是否學到「彈性力、摩擦力、正向力、靜力平衡」的概念，所以設計了一些問題幫助學生檢核自己的概念，例如：

「我們沒有儀器可以直接量出靜摩擦係數，但可以透過測量其他物理量得到，你是測量哪些物理量呢？」

「你要怎麼測量正向力？為什麼這樣測就是正向力？」

「你要怎麼測量最大靜摩擦力？」

「你怎麼知道你測到的是最大靜摩擦力？」

「你怎麼測量橡皮筋的彈性常數？」

甚至，最後可以給學生一個挑戰問題：

「如果今天實驗沒有磅秤及已知重量的砝碼，實驗材料只有橡皮筋、木塊、砂紙還有實驗支架，你要怎麼測出砂紙與木塊間的摩擦係數？」

我認為如果學生能清楚地回答這些問題，就代表他對於當初設定要建立的概念都有達到一定的理解程度。

以上是這次整理教案時才想到的點子，待下次任教高一時才有機會嘗試。若老師們覺得可以實行，也許可以直接加入您的教學流程中。

仍有「簡單說明日常生活中常見的摩擦力、正向力、彈性力等等。（註3）」的概念。若有機會用「實作」取代「簡單說明」讓學生建立更紮實的物理概念，就算示範實驗刪除了，我們仍可以將實驗直接轉化到課程中，把有學習價值的部分保留下來。

回到現場，授課時數一直是我們設計課程的緊箍咒，我們都必須要想辦法在有限的時間裡完成課綱裡的所有內容。如何充分且有效地運用課堂時間，一直是我們努力的目標。我認為要深化物理概念的學習，課堂中呈現的「內容」就必須要有些取捨。我認為不該把課堂時間平分到所有課綱規定的學習內容。學習的樣貌可以是多元的，透過閱讀資料、製作報告、甚至運用網路資源學習…等，我們應該要把珍貴的課堂時間用來做只有大家齊聚一堂能做的事情！

結語

我必須要說，以上分享的教案絕對不是單憑我一個人設計出來的。許多的點子是透過夥伴們在共備的場合中、輕鬆的閒聊中一點一滴積累而成。現在只是透過我，將眾人的集體智慧呈現出來而已。也希望再加入老師您的智慧與經驗，可以使這些教案更加精緻，能協助我們的學生建立更紮實的物理概念。

未來12年國教新課綱，高一基礎物理的示範實驗刪去了摩擦力的觀察。但是在正式課程中

註1：

這個指導語本身是有瑕疵的，但這可以做為最後檢討分析時討論的議題。

註2：

還是會有學生一直卡住，這時候可以用更具體的問題來引導思考。例如：「有沒有哪個方程式有靜摩擦係數？書裡面應該有，你翻翻看。」

「你要怎麼測量正向力？」「你要怎麼測量最大靜摩擦力？」「你怎麼知道你測到的是最大靜摩擦力？」…等。問什麼都好，就盡量不要直接告訴學生怎麼操作。

註3：

節錄自「十二年國教自然科學領域課綱草案」P.180



距離康橋最近的機會就是現在！



之前因名額的限制，讓許多學生未能如願就讀康橋。但現在機會來了！107學年度康橋林口校區新落成，新竹校區將成立留學班，屆時將開放更多名額給大台北地區與新竹地區的學生。
想讓孩子享有最好的學習環境，開創美麗的未來，請把握此一良機，康橋擴大招生就這次，先報名先卡位！

讓孩子遇見更好的自己



康橋國際學校 KANG CHIAO INTERNATIONAL SCHOOL

新竹校區、林口校區新設校，擴大招生中。

秀岡校區 (02) 2216-6000 (國中~高中)
青山校區 (02) 8211-2000 (幼兒園~小學)

康軒校區 (02) 8665-1866 (幼兒園)
大直校區 (02) 2799-0099 (幼兒園)

新竹校區 (03) 519-2000 (幼兒園~國中)
林口校區 (02) 2601-5888 (幼兒園~高中) 籌備中