

趣味力學實驗

楊明獻

苗栗縣立大湖國民中學

壹、前言

在國中理化課程中，「速度與加速度」、「力與運動」、「功與能」等章節是讓學生相當頭痛的章節，除了牛頓三大運動定律之外，還要學加速度、轉動、動能與位能等，三年級的理化課程內容相當廣泛，大多圍繞著力學的主題在打轉，教到這些章節老師常會出現教學的無力感，除了牛頓定律對學生造成困擾之外，加上力學章節原理較抽象難以被觀察，又沒有實驗可以做，大部份的學生對力學的學習完全提不起興趣，只有算不完的計算題而已，故學生升上高中後對物理的表現總是力不從心，這也不完全是學生的錯，我們的課本太過制式化、教師的教學又「忠於原著」，使得學生更難以理解課本內容，我們即將面臨十二年國教，在考試對升學的影響弱化的情況下，學生的學習動力必然低落，我們要如何增進學生的學習興趣及意願，讓學生易於學會課本內容，筆者提出幾項兼具趣味性的力學實驗課程供教育先進參考，以期學生在遊戲中也能體會科學的奧妙。

貳、趣味力學實驗設計

一、跑跑卡丁車

(一)適用對象：國中三年級學生

(二)融入單元：力與運動

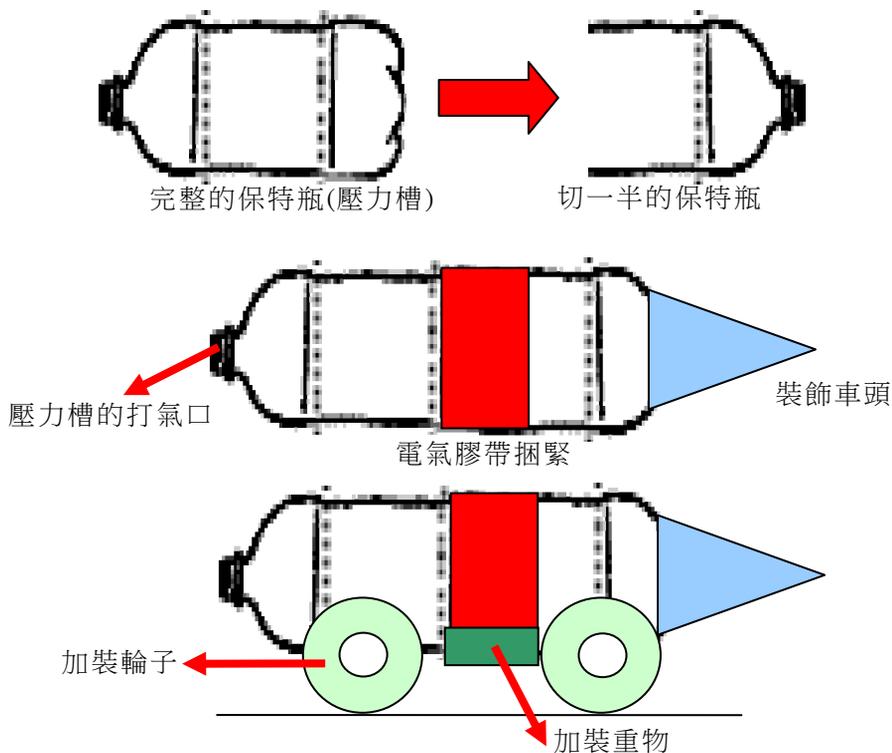
(三)融入時間點：

在國中「力學」的課程中，讓學生最感到困惑的章節便是「牛頓第三運動定律」與「兩力平衡」概念的迷思，二者之所以不同，是在於作用力的「對象」不同，「兩力平衡」中二作用力是作用在「相同物體」上，但是「牛頓第三運動定律」中的作用力是分別作用在「不同物體」上，所以造成「兩力平衡」的結果是物體平衡靜止，而「牛頓第三運動定律」的結果則是物體以反方向移動。教師可藉由本研究的科學實驗讓學生體驗「牛頓第三運動定律」的威力，教師也可在實驗中澄清「牛頓第三運動定律」的迷思概念，讓學生思考作用力的對象是誰？反作用力的對象又是誰？二者所承受的力量是否相同？同時也培養學生對事物的觀察力及創造力。

(四)教學步驟：

1. 本實驗的教學目標是為了讓學生認識牛頓第三運動定律及作用力與反作用力在生活中的應用。
2. 實驗的進行方式是採分組競賽式的方

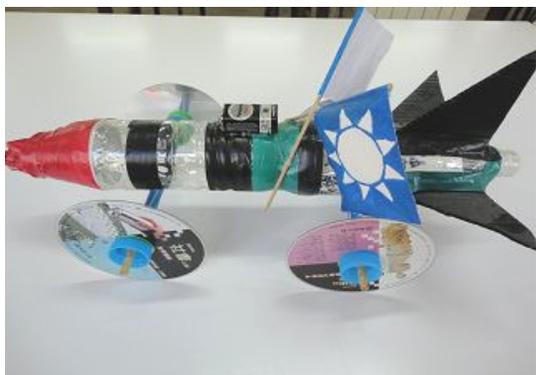
- 式，先將全班分為六組，每組四~五人，並選出一人為小組長。
3. 教師請每組學生準備 2~3 個 600ml 保特瓶及數個瓶蓋、光碟片、筷子、吸管、竹籤、重物、膠帶、美工刀、鑽孔器及熱融膠條(槍)等。
 4. 教師首先講述「牛頓第三運動定律」的基本概念，並請學生利用保特瓶等材料設計一個能夠跑得最遠的車，並將設計圖畫在紙上。
 5. 車子設計要求：
 - (1) 僅能以一個 600ml 保特瓶作為可供打氣的完整車身，車身的裝飾或加長可利用其餘保特瓶組合(數目不拘)。
 - (2) 車子必須要有輪子(數目不拘)，製作輪子的材料限定使用光碟片，車輪必須要能夠轉動。
 - (3) 可於車身上加裝重物(重物形式不拘)，以利車子能平衡行駛。
 - (4) 車子 90%必須是自行創作或製作，不可拿市售半成品組合。
 - (5) 車子壓力槽的製作方式必須要正確，否則將無法將氣體打入瓶中，使車子運動，此部份製作必須由老師正確指導。
 6. 學生依照設計圖及所提供的材料進行車子製作(圖一)，並於完成後進行車輛測試，學生再依測試後的結果進行小組討論並加以修正。



圖一

7. 競賽規則：

- (1) 每組有三次發射的機會，可以使用同一台發射三次。
- (2) 每台車內先裝入水(水的多寡自行控制)，並在車尾鎖上發射頭，再將車子扣入發射架上(發射頭及發射架與水火箭裝置相同)。
- (3) 調整發射架的角度，並使車輪著地，發射後，車子必須在規定內範圍移動(圖二、圖三)。



圖二、車輛完成展示圖



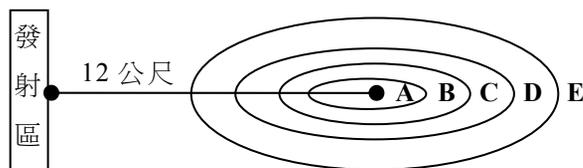
圖三、車子與發射架組合

- (4) 每組共發射三次，將整組三次積分相加，各組車子行進總分數最高者為優勝。
- (5) 車子未在規定範圍內發射者，不計

分數；車子離地飄起(或翻車)者，則重新發射一次，若車子再次離地，則不予計分。

8. 計分方式

- (1) 依三次總分排名次。
- (2) 發射點距離靶心 12m (距離可依場地增減)，A 之半徑為 1m、B 之半徑為 2m、C 之半徑為 3m、D 之半徑為 4m、E 之半徑為 5m。
- (3) 成績之計算依序為 A 區 10 分，B 區為 8 分，C 區為 6 分，D 區為 4 分，E 區為 2 分。



圖四、競賽場地圖(為了布置方便，目標區可以是圓形或方形)

(五)學生反應：

經研究者訪談學生的結果顯示，學生對「跑跑卡丁車」的實驗充滿期待，透過學生動手製作與競賽的過程，學生不僅了解「作用力」與「反作用力」的意義，對於「牛頓第三運動定律」也有更深入的體會。

大部份學生認為該實驗的趣味性及娛樂性十足，學生對於學習理化並不會感到無趣，但也有少部份學生認為該實驗雖然立意很好，但是有點浪費時間，恐怕會耽誤學生的課程進度。研究者認為課程進度壓力，長期

以往都是教師及學生無法克服的現實問題，本實驗因為有創作歷程之故，的確需要花費較多的課堂時間，如果教師欲順利進行本實驗，則必須挪用其它時間進行製作教學或擠壓其它理化單元的實驗課程，否則進度將大受影響。不過整體而言，大多數學生仍正向肯定該實驗對學習的成效提昇的功能性。

教師談到「牛頓第三運動定律」時，第一個想到科學實驗必然是「水火箭」，「水火箭」的確能夠清楚地表現作用力與反作用力的一項活動，然而水火箭比賽，學生通常只要把氣打到滿就可以獲得很好的競賽分數，如此一來便失去讓學生思考問題的機會，研究者認為本趣味實驗有別於以往的「水火箭」實驗，其差別在於實驗規定車子必須在一定的路徑範圍內行駛，故增加的競賽的難度，除了運用到「牛頓第三運動定律」之外，仍須考慮摩擦力、車輪的對稱性與滾動的順暢性、車子的重心及重量等，把之前在「力與壓力」章節學過的概念應用在此項實驗之中，故一個成功的實驗除了要有主要的科學概念之外，更要能夠引入其它次要的科學概念，如此對學生科學概念的統整才會有所助益。

二、汽球火箭車

(一)適用對象：國中三年級學生

(二)融入單元：力與運動

(三)融入時間點：在國中「力學」的課程中，讓學生最感到困惑的章節便是「牛頓第三運動定律」與「兩力平衡」概念的迷思，二者之所以不同，是在於作用力的「對象」不同，「兩力平衡」中二作用力是作用在「相同物體」上，但是「牛頓第三運動定律」中的作用力是分別作用在「不同物體」上，所以造成「兩力平衡」的結果是物體平衡靜止，而「牛頓第三運動定律」的結果則是物體以反方向移動。教師可藉由本研究的科學實驗讓學生體驗「牛頓第三運動定律」的威力，教師也可在實驗中澄清「牛頓第三運動定律」的迷思概念，讓學生思考作用力的對象是誰？反作用力的對象又是誰？二者所承受的力量是否相同？同時也培養學生對事物的觀察力及創造力。

(四)教學步驟：

1. 本實驗的教學目標是為了讓學生認識牛頓第三運動定律及作用力與反作用力在生活中的應用。
2. 實驗的進行方式是採分組競賽式的方式，先將全班分為六組，每組四~五人，並選出一人為小組長。
3. 教師請每組學生準備 2~3 個 600ml 保特瓶及數個瓶蓋、光碟片、筷子、吸管、竹籤、重物、膠帶、美工刀、鑽孔器及熱融膠條(槍)等。
4. 教師首先講述「牛頓第三運動定律」

的基本概念，並請學生利用保特瓶等材設計一個能夠跑得最遠的車，並將設計畫在紙上。

5. 車子設計要求：

- (1) 僅能以一個吸管、吸卡紙製作車身，車子的動力必須來自汽球本身的氣體，其餘裝飾媒材必須以現有材料為主。
- (2) 車子必須要有輪子(數目不拘)，製作輪子的材料限定使用光碟片，車輪必須要能夠轉動。
- (3) 車子的製作方式如下圖所示，僅供參考，請學生自行研究變化。

6. 學生依照設計圖及所提供的材料進行車子製作，並於完成後進行車輛測試，學生再依測試後的結果進行小組討論並加以修正。

7. 競賽規則：

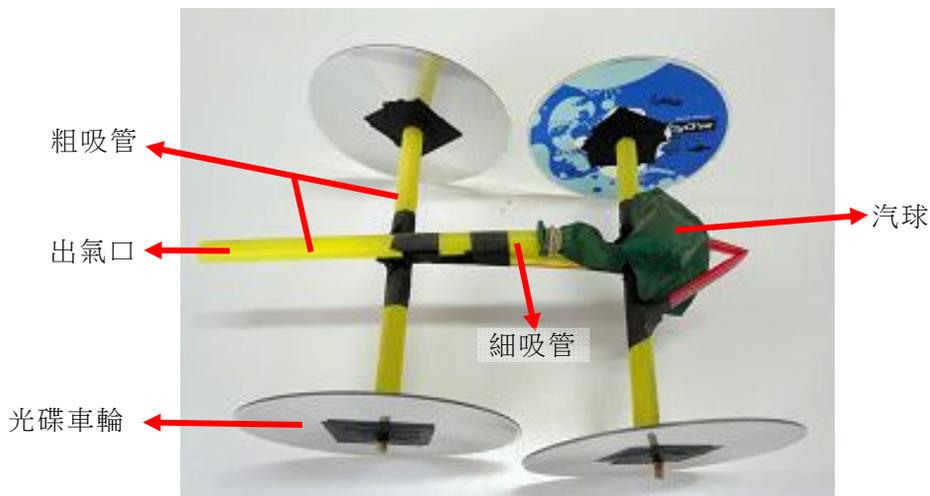
- (1) 每組有六次發射的機會，可以使用不同台車或者同一台發射。
- (2) 比賽前，每台車先吹好汽球，放置

在起跑線上，聽命令放開汽球前方的吸管，火箭車便會向前跑，在火箭車行進時不得以手動或吹氣等方式進行干擾，否則以棄權論。

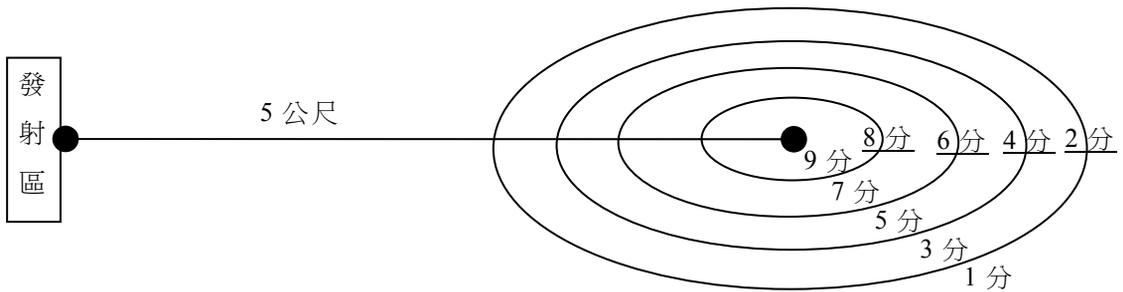
- (3) 待車子停止後，登記車子所在位置的分數。
- (4) 每組共發射六次，將整組六次積分相加，各組車子行進總分數最高者為優勝。
- (5) 車子未在規定範圍內發射者，不計分數；車子離地飄起(或翻車)者，則重新發射一次，若車子再次離地，則不予計分。

8. 計分方式

- (1) 依六次總分排名次。
- (2) 發射點距離中心 5m，每圈寬 20cm，共 4 圈，分數分別為 9 分、7 分、5 分、3 分、1 分，壓線則計算線上的分數，分別為 8 分、6 分、4 分、2 分。



圖五、汽球火箭車完成圖



圖六、競賽場地圖(為了布置方便，目標區可以是圓形或方形)

(五) 學生反應：

經研究者訪談學生的結果顯示，學生對「汽球火箭車」的喜愛程度及控制程度遠勝於「跑跑卡丁車」，原因在於「跑跑卡丁車」常會遇到一些「技術」上的問題，包括：

- (1) 製作程序繁雜，對於保特瓶的施工並不容易，特別是手作不靈巧的同學感到相當吃力，相形之下「汽球火箭車」的製作便容易得多，切割拼裝的部份少，學生易於上手；
- (2) 「跑跑卡丁車」的動力源自於空氣與水噴出的反作用力，故水與空氣的比例、打氣的次數便是重要的因素，學生在短時間內對這些多變因的控制並不佳，比賽勝負往往運氣成份居多，會導致學生認為辛苦製作與調控未必能得到相對應的結果(短時間內)，而「汽球火箭車」則比較簡單，只要控制氣球的出氣量則可達到目的，學生比較容易有成就感；
- (3) 「跑跑卡丁車」靠氣壓差所產的動力較大，常有騰空飛起的問題，需

要配重來增加其穩定性，對學生來說比較麻煩，而且配重需要不斷地調整，「汽球火箭車」因動力較小，則無需配重；

- (4) 對老師而言，「跑跑卡丁車」要準備的材料工具較多，製作時間至少要花上二節課，再加上比賽時間一至二節課，為了一個實驗要耽誤一週的課程進度，老師們大多不願意；而「汽球火箭車」的材料取得容易，製作加比賽可在二節課內完成，老師們會比較願意嘗試新的教學方式。

就「作用力與反作用力」的教學目標而言，「汽球火箭車」提供了一個簡單而且容易操作的趣味實驗選擇，也提高教師帶領學生做實驗的意願，學生可從趣味實驗中發現科學原理的應用性，而非一味的背公式寫題目而已，透過實驗也可以讓學生檢視本身所學的知識是否正確，是否還有其它的因素會影響結果，增進學生思考批判的能力，如此才不會讓學生淪為考試的機器、無動力的世代。



圖六、學生進行車輛試跑



圖七、火箭車進到得分區內

三、甩水杯、打玩偶、抽紙牌、抽紙鈔

(一)適用對象：國中三年級學生

(二)融入單元：力與運動—圓周運動、慣性定律

(三)融入時間點：在國中理化課程中，「力與運動」的章節是讓學生相當頭痛的章節，除了牛頓三大運動定律之外，還要學圓周運動、轉動與力矩等，是內容相當多的單元，教到這個章節老師常會出現教學的無力感，除了牛頓的偉大著作對學生是天方夜談之外，加上該章節原理較抽象難以被觀

察，又沒有實驗可以做，學生只能望文興嘆，大感無趣，剩下的只有算不完的計算題，故學生從小便對牛頓的恨意無以復加，這也怪不得學生，我們的課本太簡略及忠於原著，使得學生難以理解，譬如：牛頓第一運動定律：「當物體不受力或合力為零時，物體將維持原來的狀態」老師會進一步解釋：維持原來的狀態，就是靜止者會維持靜止，運動者則維持原有的運動狀態(不受外力者恒等速)，學生就是會弄不清楚上述的那段文字跟坐公車時公車緊急起動而向後倒有何關係？再者，等三大運動定律教完之後，又來個圓周運動，物體受力方向與前進方垂直時，物體呈圓周運動，物體受此力為向心力，此力所產生的加速度為向心加速度。學生這下更不清楚了，不是說圓周運動是等速嗎？(按：應是等速率)怎麼有加速度呢？甩東西不是離心力嗎？怎麼會是向心力呢？圓周運動跟三大運動定律又有何關係呢？學生的疑問層出不窮，也說明課本的敘述能力與學生的認知有很大的落差，需要靠老師不斷地舉例解釋以建構學生完整的概念，然而老師的講解仍會有未盡之處，必須透過實驗設計增進學生對原理的體認，研究者提供數個趣味實驗供作參考。

(四)教學步驟：

◎ 甩水杯

1. 原理：利用牛頓運動定律，物體持續受力方向與前進方垂直時，物體呈圓周運動，透過繩子的拉力來呈現向心力，並使得物體維持穩定的運動。
2. 材料：鑽孔器、尼龍繩、花盆集水盤、紙杯等
3. 製作方法：



圖八、甩水杯實驗裝置圖

- (1) 取圓形的花盆集水盤一個，分別在集水盤的三處打洞(如上圖)，三個洞各距離約 120 度角。
- (2) 三個洞處各穿上尼龍繩，並確實綁緊，三條尼龍繩會聚於集水盤中心點上方 20cm 處，並將三條繩子確實打結綁死，其中二條線材多餘部份剪掉，僅留一條線(長約 40cm)做為手提之用，即製作完成。
- (3) 取一紙杯裝八分滿的水，置於集

水盤中央處，學生一手提著綁好尼龍繩的集水盤，並以手為圓心，以繩為半徑，用力甩動集水盤，觀察水杯的水是否溢出，水杯是否打翻。

- (4) 慢慢降低甩動速度至停止，觀察水杯是否容易打翻；突然停止甩動，觀察水杯是否容易打翻，水杯的移動方向為何？

◎ 打玩偶

1. 原理：利用牛頓第一、第二運動定律，假設無摩擦力的情況下，有一分成數等份的物體，當靜止物體受力時，物體受力的部份會移動(第二運動定律)，而未受力的部份則維持原來的狀態(第一運動定律)。
2. 材料：坊間木製玩偶一組
3. 作法：
 - (1) 取坊間木製玩偶一組，取出小木鎚，針對不同部位進行敲擊實驗。
 - (2) 用小木鎚輕輕敲擊最底部(白色)的木塊，觀察被敲擊及未被敲擊的部份是否有移動，玩偶是否倒下？
 - (3) 用小木鎚快速敲擊最底部(白色)的木塊，觀察被敲擊及未被敲擊的部份是否有移動，玩偶是否倒下？
 - (4) 用小木鎚輕輕敲擊第二層(綠色)的木塊，觀察被敲擊及未被敲擊的部份是否有移動，玩偶是否倒下？同理，快速敲擊第二層(綠色)的木塊，觀察結果異同之處。
 - (5) 用小木鎚輕輕敲擊最上層(臉譜)

的木塊，觀察被敲擊及未被敲擊的部份是否有移動，玩偶是否倒下？同理，快速敲擊最上層(臉譜)的木塊，觀察結果異同之處。

- (6) 趣味遊戲：每人以 10 秒為限，看誰能將玩偶由下而上依次打掉積木而不倒者為優勝，若同為優勝者則比較花費時間，花費時間最少者為勝。亦可指定打擊次序，如綠→黃→藍→紅→白，改變比賽規則，以增加其趣味性。



圖九、打擊玩偶實驗裝置圖

◎ 抽紙牌

1. 原理：利用牛頓第一、第二運動定律，假設無摩擦力的情況下，將紙牌彈開

將會使紙牌上的物質向下掉落而不隨紙牌移動。

2. 材料：紙牌一張、硬幣一枚、廣口瓶一個
3. 作法：
- (1) 取一張紙牌，將紙牌放置在廣口瓶上，紙牌上放置一枚硬幣。
 - (2) 用手緩慢抽取紙牌，觀察紙牌上的硬幣是否移動？
 - (3) 用手快速抽取紙牌，觀察紙牌上的硬幣是否移動？是否掉落瓶內？
 - (4) 用手指快速彈開紙牌，觀察紙牌上的硬幣是否移動？是否掉落瓶內？
 - (5) 請學生討論步驟 1~4 其中的差異性，說明何者符合第一運動定律？



圖十、抽紙牌實驗裝置圖

◎ 抽紙鈔

1. 原理：利用牛頓第一定律，假設無摩擦力的情況下，以積木壓住紙鈔，學生試著以手將紙鈔抽出而不使積木倒塌，並觀察不同積木疊高方式下，紙鈔抽取的難易度。
2. 材料：疊疊樂積木一盒、百元鈔一張。
3. 作法：



圖十一、抽紙鈔實驗裝置圖

- (1) 取長條積木一根，直立擺放於平面上，壓住百元鈔一張，請學生以手緩慢抽出百元鈔，並觀察長條積木是否移動或倒下。
- (2) 同上述步驟，請學生以手快速抽出百元鈔，並觀察長條積木是否移動或倒下。
- (3) 同第 1 步驟，將長條積木改為二根直立疊起，並於底部壓住百元鈔一張，請學生以快速及緩慢二種方式抽取鈔票，觀察結果異同之處。
- (4) 將長條積木改為二根直立疊起，並於二根積木之間夾住百元鈔一張，請學生以快速及緩慢二種方式抽取鈔票，觀察結果異同之處。此外，並觀察夾住鈔票的位置不同是否會影響成功率？
- (5) 趣味遊戲：增加長條積木的數量及改變疊積木的方式，積木疊最多（底部壓住鈔票的底面積必須相同）而抽取鈔票不倒者為優勝。

(五) 學生反應：

經研究者實際試教後發現，學生對這三個實驗展現高度的興趣，經與學生訪談及觀察的結果發現：

1. 學生對牛頓第一運動定律有了比較清楚的概念。
2. 學生從實驗中「玩」出了樂趣，對該單元的課程也不會這麼排斥。
3. 學生從實驗中學會比較不同的因素（快/慢）對實驗結果的影響。
4. 學生能夠了解牛頓運動定律在生活的應用。

回應研究者前述學生所提出的疑問，學生問：「牛頓第一運動定律跟坐公車時公車緊急起動而向後倒有何關係？」在這些實驗中便可以清楚地解釋學生的疑惑，如果公車慢慢起動，你會感覺到向後傾嗎？當然不會，就如同抽牌實驗般，慢慢抽硬幣會跟著動；如果公車快速起動，你就會跟硬幣一樣跟不上公車的速度的而停在原地(感覺向後是因為公車向前，而人的腳因摩擦力的關係而隨公車底部移動，但人的上半部卻少移動，而有向後傾的感覺，這跟打擊玩偶的實驗相類似，所以實驗中要比較快速作用力與緩慢作用力的差別，便是要以速度減少摩擦力效應，以營造出慣性的效應，當然也可藉實驗表達自然現象通常參雜多種科學原理的複雜性。就如同甩水杯實驗，學生可能甩得很高興，但卻很難抽絲剝繭了解箇中的複雜性，正如學生的疑問：「甩東西不是離心力嗎？怎麼會是向心力呢？圓周運動跟三大運動定律又有何關係呢？」透過實驗學生可以看到代表「向心力」的尼龍繩，所以杯子才可以繞手作圓周運動，而水杯沒黏住為何不會在花盤中移動或打翻呢？那也多虧「離心力」的作用，殊不知二者便為「作用力與反作用力」，這當然跟牛頓第三運動定律有關，教師必須透過實驗中逐步分解問題，讓學生知道問題所在，如果學

生想知道當向心力消失時，物體會向那個方向運動？教師只要叫學生把手中甩動花盤的手放開，答案不就顯現出來嗎？同理，如果老師想要知道學生可以學得多深、飛得多高，是否也應該適時的放開手中那條傳統教學的繩子？

四、紙橋承重

(一)適用對象：國中三年級學生

(二)融入單元：力與運動、功與能—轉動與力矩

(三)融入時間點：在國中第五冊的理化課程中，教完了「牛頓三大運動定律」，接著又出現了「轉動與力矩」，許多學生的心中一直存在著疑問，轉動為何要接在「牛頓三大運動定律」後面講授，二者之間有關連性嗎？的確，在國中的課程中物體受力的結果不外乎直線運動或圓周(曲線)運動，但現實生活卻並非如此，生活中還有「轉動」的存在，轉動便牽涉到「力矩」，即使靜止的物體它可能存在著「靜力平衡」或「轉動平衡」，才使它維持不動，正如同學生使用「天平」秤物體質量時，除了二端的物重達到「靜力平衡」之外，它之所以擺動幅度一樣至最後不動，也是因為「轉動平衡」，紙橋承重這個實驗便是引用天平的概念，讓學生用 A4 紙做一座橋(橋面)，再將硬幣置於橋面上，看誰做的橋可以承受最多的硬幣，當然

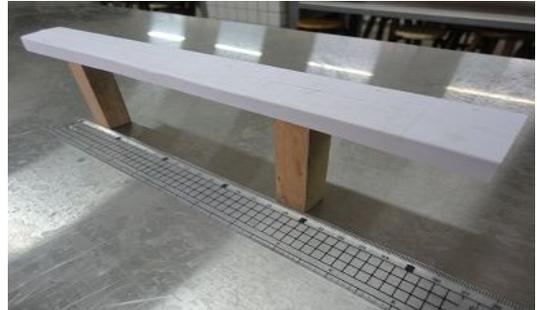
橋面的結構是影響因素，更重要的是學生要學會利用「靜力平衡」及「轉動平衡」才能創造最大的可能性。

(四)教學步驟：

1. 原理：利用不同樣式紙的構造、形狀，來增加其承受壓力，並運用靜力平衡與轉動平衡的原理來置放重物，使橋能達到最大承載量。
2. 材料：70 磅影印紙 A4 一張、積木 2 個(當橋墩)、直尺一支(30cm)、筆、墊片華司(3/4)。
3. 製作方法：
 - (1) 取一張影印紙折出適當的橋面狀(各組自行設計，不限寬度及長度)，但影印紙不可剪裁、不可包裹橋墩
 - (2) 取積木 2 個作為橋墩(橋墩尺寸大小=1.7cm×1.7cm×7cm)，二個積木直立間距 15cm，並將直尺靠著積木擺放，做為評分標準。
 - (3) 紙橋完成後擺放至橋墩上。
 - (4) 老師準備華司(墊片 3/4 約 9 克)一盒，由學生擺放至紙橋上。
 - (5) 學生將墊片一個接一個放置於紙橋上任何位置(不能放在橋墩上方的紙面上)，組員輪流擺放墊片(每次只能放一枚)，墊片放置間隔三秒鐘，以確定不會壓垮紙橋碰觸桌面，添加墊片的過程當中若有掉落也算是橋垮。
 - (6) 擺放墊片後不可調整其它墊片，承載墊片數量的計算以紙橋碰觸桌

面或橋垮的前一次數量為主。

- (7) 依承載墊片數量最多者依序排名，承載量最大者為優勝。



圖十二、實驗裝置圖



圖十三、紙橋承重實驗示範

(五)學生反應：

經研究者實際試教後發現，學生在開始製作紙橋時會產生很大的困惑，不知道要從何下手，致使許多學生會呆坐在位置上不知所措，研究者發現後改變教學的方式，先在實驗前播放網路上的影片「紙張力大無窮的秘密」，讓學生了解紙張該如何摺會增強紙的強度，再讓學生進行紙橋製作，結果學生很快便進如狀況，也在短時間內把紙摺好，接著學生面臨另一種考驗：「該怎麼把橋放好呢？墊

片該怎麼疊呢？」此時，教師必須導入「靜力平衡」及「轉動平衡」的概念，先導引學生思考「該集中放？還是分散放？」「天平或蹺蹺板要平衡該怎麼做呢？」再導引學生試著推算順時針與逆時針的力矩應該要相等，如此學生便能依循科學原理進行實驗，而不會淪為亂玩一通不知所謂何來的窘境，這也是競賽型實驗最容易出現的問題，所幸該實驗順利完成，學生也反應良好，不過研究者觀察到以下現象：(一)紙張摺法的因素對實驗的影響不如靜力平衡及轉動平衡等力學因素來得重要，許多學生的摺法並不佳(或與教學影片不同)可是能疊個數仍相當多，這是值得探討之處；(二)成績好的學生在操作的表現上不如預期，在這種強調科學原理重要性的實驗中，成績好的學生並沒能表現出領導該組實驗進行的狀況，反倒是有些成績中等、操作型的學生表現出獨特的創意，或許我們該思考現今的教學方式是否讓我們的好學生只學會了解考卷上的題目，卻不會解生活中的經驗題，由此可知，實驗教學有其重要性及不可取代性，值得吾人深思。

五、釘孤支

(一)適用對象：國中三年級學生

(二)融入單元：功與能—轉動與力矩

(三)融入時間點：在課本「轉動與力矩」

章節中，文字敘述相當簡單扼要，在槓桿原理的描述上：「只有在轉軸二邊的力矩大小相等時，即合力矩等於0，槓桿才能維持水平平衡，不再轉動，此時可稱槓桿處於轉動平衡。此規則稱為槓桿原理：當槓桿維持靜止平衡時，其所受順時針方向的力矩大小，必等於所受逆時針方向的力矩大小」，鮮少學生一看就懂，於是課本設計了一個槓桿原理的實驗，學生可以透過槓桿實驗學會力矩的計算、轉動平衡的現象，但是課本的實驗總不太能夠引起學生的學習樂趣，研究者訪談學生的結果發現，學生不認為槓桿原理可以用在生活之中(除了蹺蹺板之外)，也不覺得生活中有力矩的產生，於是研究者想在課本的槓桿原理之前，先設計一個趣味的小實驗，目的在於引起學生的學習動機與興趣，進而帶領學生進入課本的槓桿原理之中。

(四)教學步驟：

1. 原理：利用鐵釘不同的擺放方式，並運用靜力平衡與轉動平衡的原理，讓鐵釘達到能靜止不動的最大承載數。
2. 材料：四吋鐵釘1支、三吋鐵釘10支、泡棉地墊數塊。
3. 作法：
 - (1) 先將泡棉地墊切成 $8\text{cm} \times 8\text{cm}$ 的正方形數塊，做為固定釘子用。
 - (2) 將四吋鐵釘插在方形泡棉地墊上。
 - (3) 先將一根三吋鐵釘放在桌上，再將

其它三吋鐵釘左右交叉排列在那根鐵釘上，並讓交叉排列鐵釘的釘頭朝向中間鐵釘處。(如圖十四)

- (4) 再將一根三吋鐵釘壓在交叉排列鐵釘上，並與下方的那一根鐵釘頭尾相反。
- (5) 以手抓著頭尾相反的中間二根鐵釘的二端，水平舉起，你會發現八根鐵釘會成傾斜交叉排列，並慢慢地將十根鐵釘置中放置在四吋鐵釘的釘頭上。
- (6) 緩慢地放開抓住鐵釘二端的手，你會發現上下二根橫向的鐵釘會緩慢的旋轉滑落，旋轉一個角度後便會被八根釘頭卡住，呈現平衡狀態。(如圖十五)



圖十四、鐵釘擺放法



圖十五、鐵釘的靜力平衡

(五)學生反應：

當研究者發給每位學生釘子及軟墊，要求學生把長釘釘在軟墊上，並將其它釘子放在長釘上時，學生充滿不可置信的表情，直呼：「不可能啦！老師騙人！」的確，乍看之下是個不可能的任務，但學生抱持著懷疑的態度，仍嘗試著化不可能為可能，起初學生最多放上二根釘子就很了不起了，很快地就有一票學生放棄了，這個時後老師必須給予提示，讓學生有再動手操作的意願，研究者提示學生擺法與「古時候的建築有關，譬如傳統屋頂為何利用卡樑就可以把它蓋好呢？」諸如此類的思考方向，部份學生聽到老師的提示後便靈光乍現，以釘子的形狀(釘頭大、釘尾尖)來製造卡樑的效果，經過一段時間的努力，終於有少部份同學完成正確的排法，「可是怎麼放在釘子上？會不會垮呀？」這是同學們的疑慮，即使排法正確很多同學一開始還是放上去就垮下來，最大的原因是同學發現放上去後上下二根橫向的鐵釘會微旋轉，怕它不平衡而去調整它，結果適得其反，經過老師的說明後，學生懂得放手才完成「一釘舉十釘」的創舉。這個實驗很簡單，花費的時間也不多，卻可以讓學生學習力的平衡、槓桿原理、重心理論(課堂時間允許可以多作說明)，體會古時後的建築技法、走鋼索特技的原理等等，此外

學生也能從實驗中得到「玩遊戲」的樂趣，可作為老師在艱深的力學課程中的一帖調味劑。

參、結語

筆者長期觀察國中的教學生態發現，時至今日仍有許多國中的理化科教學擺脫不了以艱深的計算或複雜的理論為講述主軸的模式，鮮少著墨在生活中的科學探討上，即便是很優秀的學生，理化考了高分，卻一點也不喜歡自然科，學生不曉得學這科的目的為何？更別說瞭解它的用途，這是自然科教師教學的失敗，或許這跟學生從小到大沒有太多的時間與機會學習動手作實驗有關，透過筆者趣味力學實驗案例的分享，希望帶動老師放手讓學生體驗「手

作學習」的樂趣，我們希望學生在學習自然科能用一種輕鬆又愉快的心情去對待它，最重要的是不讓學生恐懼自然科，當學生對自然科的學習有信心及興趣，就能達到學生自我設定的目標，至於最後成績好壞與否便不是那麼重要，畢竟擁有帶得走的能力才是教育最重要的事。

參考文獻

- 許良榮(2009)。**120 個創新科學遊戲**。臺北市：書泉出版社。
- 郭騰元(2000)。**創意的科學玩具**。台北市：牛頓開發有限公司。
- 鄧文華譯(1995)。**孩子的第一本科學書**。台北市：及幼文化出版。
- 蕭次融、羅芳晁、房漢彬、施建輝(2000)。**動手玩科學**。台北：遠哲科學教育基金會。