

生活化實驗設計模組－牛頓第一運動定律

高永遠* 陳淑敏** 賈至達*** 鄭嘉良****

*臺北市立蘭雅國中

**臺北縣立五峰國中

***國立臺灣師範大學 物理學系

****國立東華大學 物理學系

前言

單身貴族大牛週末午睡一覺醒來，發現天色昏暗，似乎快下雨了！趕忙去收晾在陽台的棉被，並順手拿起棍子，將棉被打一打 1，除去灰塵，抱入房間。突然電話鈴響，大牛衝過去接電話時，一個不小心，撞到附輪子的電腦座椅，椅子衝了出去，但卡到地上的東西而停住，而放在椅子上的東西卻飛了出去 2。大牛接完電話，才覺得手肘因剛才的撞擊而疼痛不已 3。收拾好書本，想到應該到大賣場去買一些日用品，便下樓開車出去。這部車子的加速性能很好，由靜止加速到時速 100 公里，不用十秒鐘 4，每次一重踩油門，立即產生貼背感 5，車子便飛似地衝出，這可是大牛最得意的事。大牛當然再一次地表現他愛車的加速性能，不過大牛也想：如果肥豬、阿胖那幾個大噸位的死黨也在車上，恐怕加速就沒那麼順暢了 6。車上高速公路後，大牛維持最高時速前進，過了一會，他納悶地看著一隻討厭的蚊子，竟然悠哉地在他車內飛來飛去；大牛想：「我的車速可不小呢！這隻蚊子居然可以飛這麼快 7？」突然，車外下起滂沱大雨，大牛發現：

當雨滴打到車窗時便會破碎成小雨點 8，同時每當車子遇紅燈停下來時，車頂上的雨水便會順著車窗流下來 9；而當綠燈亮時，停在他前方的車子一旦緊急加速，車上的雨水便會像瀑布一樣，嘩啦啦地流到車後地面 10。這可真好，為這下雨的週末增添幾許趣味。

到了大賣場，大牛便開始大採購，將自己的手推車堆滿了東西。大牛發現愈來愈難推動車子了 11。經過工具部時，便想自己的鐵鎚壞了，每次都要將木柄朝下往地面上敲，才能使鬆脫的木柄和鎚重新密合 12，但不一會兒又鬆了，所以拿了把新鐵鎚。不料一轉身，不小心撞到一位小朋友，他痛得哇哇大叫。雖然不斷道歉，但仍被孩子的母親數落了一頓。大牛心裡嘀咕著：「我也很痛呢！13」由於心情大壞，大牛匆匆結帳回家了。

說明：1、2、3…表示這部分和牛頓三大運動定律有關，請討論或說明是和那一個定律有關。

壹、活動觀察與紀錄

活動一：彈硬幣一

1.取一疊(約 10 個)10 元硬幣。

- 2.硬幣相疊直立，中間取一硬幣凸出。
- 3.猛彈中間凸出的硬幣，觀察發生的情況。

想想看：

爲什麼猛彈中間凸出的錢幣時，被彈的錢幣會飛出，而其上方的錢幣會直接落至原處下方？

活動二：彈硬幣二

- 1.取一疊(約 10 個)10 元硬幣。
- 2.硬幣相疊直立，另取一硬幣置於相疊硬幣旁約 3~5 公分處。
- 3.請您先想一想，如果用手將單獨硬幣用力彈向相疊硬幣，是整疊硬幣或僅是一枚硬幣會飛出，然後實作並觀察發生的情況。

想想看：

爲什麼硬幣會飛出？爲什麼祇有一枚硬幣飛出？爲什麼其它硬幣沒有跟著移動，而留在原處？

註：不要僅考慮牛頓第一運動定律，自然界的現象往往沒有那麼單純！

活動三：掃積木

- 1.準備一些積木(疊疊樂)和一把尺。
- 2.把四、五個積木(疊疊樂)一個接一個地疊起並排列的很整齊。
- 3.用一把尺靠在桌面，向那一疊積木(疊疊樂)最下方快速地掃過去，觀察發生的情況。
(請重覆數次)

註：所使用的積木不要太厚，否則會因疊高後重心不穩，實驗不容易成功。疊疊樂、火柴盒或棋子都是不錯的選擇。另外放置的平面不可以太粗糙(爲什麼呢?)同時如果好好練習，應該可以掃下中間任何一塊積木，而不會使整疊倒塌，您可以試試看。

想想看：

爲什麼當尺向疊疊樂最下方快速地掃過去時，祇有最下一塊疊疊樂會被敲出，而其它的疊疊樂會留在原處？如果掃過去的速度慢一些，情況會不一樣嗎？(您可以試試看)

活動四：杯下抽紙

- 1.取一張紙和一個杯子。
- 2.紙放在桌子邊緣附近，一半露在桌邊外。
杯子盛半杯多的水放在紙上。
- 3.慢慢地拉動紙片，觀察發生的情況。
- 4.將紙猛然抽出，觀察發生的情況。

想想看：

爲什麼慢慢地拉動紙片時，杯子會和紙片一起移動？爲什麼將紙猛然抽出時，杯子會留在原處？爲什麼兩者會有所不同？

註：本問題與「問題與討論」的第二題、第三題類似。

活動五：接硬幣

- 1.準備一個十元硬幣。
- 2.將硬幣放在手肘上。注意：手肘要和地面平行，硬幣的位置是在手肘關節處。
- 3.用放硬幣的同一隻手抓硬幣。方法是手肘迅速向下，而手掌向前抓。可以這樣說：想像成直接將手伸向硬幣所在位置(動作要快)。如果技巧夠純熟，應該可以抓得到硬幣。

註：示範這個活動的效果不錯，但是事先請多練習幾次。如果希望效果更好，可以在手上放更多硬幣，當然，這需要更多的練習。
想想看：

爲什麼你可以捉得到硬幣？爲什麼抓到硬幣的位置，似乎就是原先硬幣所在的位

置？

活動六：漂浮的茶葉

- 1.一杯水上放一小片茶葉，使其浮在水面上。
- 2.轉動杯子，觀察葉片的運動情形。快轉或慢轉時有何不同嗎？
- 3.將杯子很左、右、前、後移動一小位移，觀察葉片位置改變情形。

註：杯子裡裝的是茶湯還是水、茶葉種類、茶葉泡開與否都會影響茶葉是否會浮於水面上，建議您在實驗前先試驗一下。

本實驗亦可用水撒些胡椒粉(或其它不溶於水的小粉末)來做。如果用胡椒粉，您可以看看杯壁附近及中心的運動有何不同，應該還可觀察到別的現象，特別是使用熱水時。

解釋液體的慣性時，將液體想成由一層一層的「皮」組成(像一個套一個杯子)會有幫助。

想想看：

轉動時，什麼情況茶葉葉片停在原處？什麼情況茶葉葉片會跟著移動？為什麼？為何中心和邊緣的水運動快慢不同？移動時又如何呢？為什麼？

活動七：轉雞蛋

- 1.取一個生雞蛋放在一個盤子。
- 2.用手轉動盤子，使蛋在盤中旋轉。
- 3.在蛋仍在轉動時，用手點在其上使其暫停一下，然後放手，觀察發生的情況。

想想看：

為什麼手已點停了雞蛋，但放手後，雞蛋卻仍會繼續旋轉？

註：本題在「問題與討論」第一題中另有探討。

活動八：拉瓶子

- 1.準備保特瓶、橡皮筋、線(或繩)、剪刀和尺。
- 2.把線把在橡皮筋上，而橡皮筋套在保特瓶上。
- 3.拉線直到能使瓶子移動，測量橡皮筋伸長的長度。
- 4.使瓶子裝滿水，再拉線直到塑膠瓶移動，也測量橡皮筋伸長的長度。

註：本活動為了讓學生可以在家中實驗，所以用橡皮筋；在學校進行時可改用彈簧秤，同時用彈簧秤讀數代替橡皮筋長會更好。另外為使橡皮筋兩次都有伸長的效果，建議使用大一點的飲料瓶，並用裝半滿和全滿的水比較。

想想看：

為什麼拉裝滿水的保特瓶的橡皮筋伸長量比較大？這和慣性有何關係？物體的質量和慣性有何關係？

活動九：撞擊後

- 1.準備長板(尺)、小玩具車、膠帶、鉛筆、厚書兩本和黏土。
- 2.將長板一端架在一本書上，使成一斜面。把鉛筆黏在斜面末端大約兩倍玩具車身長處。將黏土捏成一個小人(或用小玩具人)。用黏土將小人輕輕黏在玩具車的車蓋上，但不要固定。
- 3.將玩具車(含小人)由斜面最高處放開，自由下滑，撞到鉛筆後，小人會飛出，測量小人飛出的距離。(重複數次，求平均值)
- 4.把另一本書疊起來。再重覆步驟 3 及測量小人飛出來的距離。

註：本實驗變數很多，效果不一定好，建議

事前先試驗，必要時修正器材會較好。

想想看：

為什麼速度快的車子上的小人飛出較遠？慣性和速度有什麼關係？如和活動八合併考量，代表慣性的物理量為何？

貳、其它實例

生活中還有許多現象可以說明「牛頓第一運動定律」(慣性定律)，以下就是一些例子。這些實例，我們不再列入活動中，祇在這裡做介紹，供大家參考。同時也建議讓學生就其中一些現象討論，以使學生對慣性定律有更清楚的認識。

- 靜止汽車突然開動，或行駛中的汽車突然加速時，車內乘客會向後仰；反之如果是突然煞車時，人會向前傾，這也是為何要繫安全帶的原因。(那為什麼除非肇因於意外，不容易看到駕駛者有這樣的現象？)
- 汽車、火車等速前進或速度變化不大時，車內的人、蚊蟲可自由行動；即使車速很快，要在車內運動都不需要很費力。
- 在等速前進的火車上垂直跳起或丟銅板，人及銅板會落回原處。
- 煞車後，雖然車子已沒動力，但車子仍會向前滑行，尤其是在雨天，滑行距離更遠，所謂「天雨路滑，小心駕駛」。
- 打板擦、打棉被可使灰塵脫落。
- 菜刀、斧頭的柄鬆脫時，可將柄朝下向地面敲擊，可使刀部與柄重新緊密結合。
- 搖果樹可使果實脫落。
- 推鉛球前要先滑步。

- 百米賽跑抵達終點時，選手無法立即停下來。
- 旋轉雨傘，雨滴即沿切線飛出。(這和洗衣機脫水的原理相同)
- 公共廁所多用捲筒式衛生紙。要撕下它，除了用雙手拉扯外，用單手撕下時，用突然、快速地撕它，不能慢慢拉。
- 甩手上水滴：(這有幾個現象)
 - A. 甩手時，甩到定點便停住，沒有隨水滴一起甩出；
 - B. 手上較大的水滴，在甩手的瞬間，維持在原處而落下；
 - C. 而較小的水滴仍附著在手上，在甩手出去停止的瞬間，部份水滴維持慣性而飛出。(為什麼甩手前後，都有水滴留在手上？)

參、問題與討論

- 一、有種不需要打破雞蛋就可以鑑別雞生熟方法(非破壞性檢驗)，就是將生蛋和熟蛋分別放在盤子裡，用相同的力氣轉動，您該會很明顯地看到一個蛋轉得快，另一個轉得慢。轉得快的是熟蛋，轉得慢的是生蛋。您知道為什麼嗎？同時「活動二」裡的生蛋如果改用熟蛋，情況會有什麼不一樣？
- 二、在介紹慣性的書籍中，常舉一個例子：杯子上方放一張紙，紙上放一個硬幣。如果將快速抽掉，硬幣會掉在杯子裡；如果慢慢地抽紙，硬幣會隨紙張移動。書上說這個實驗證明了「慣性」，但是為什麼快速抽紙與慢慢抽紙的結果不一樣呢？

三、在前面的問題裡，有人用衣夾取代硬幣。

在快速地抽紙時，有時衣夾會直接掉到杯子裡；有時會翻轉掉到杯子裡。為什麼同樣快速抽紙，會有不一樣的情況？

四、還有一個在介紹慣性時經常會提到的例子：一個木塊上下方各裝上附環螺絲釘，上方螺絲釘再以線連到一堅固的勾子以懸掛起來，下方螺絲釘也連上一線。如果將下方的線猛力向下拉，則下方線會斷掉，但重物仍懸掛在那兒；如果慢慢地拉動下方的線，則通常是上方的線子斷掉，這又證明了「慣性」，為什麼快扯和慢拉的結果會不一樣呢？

註：您可以將本問題轉換成活動，由您示範或請學生做。敘述中的木塊可用鐵鎚、磚塊或其它重物(請用掉落到地面時不會斷裂的物體)，附環螺絲釘可用綁一個繩圈代替，上下的繫線須用棉線，不可用尼龍線，再將整個裝置懸掛起來。如您真地要做這個實驗，請注意懸掛物體的下方不要有會被打破或受傷的物品或人員。

五、氣功師表演時，常將一重物放在肚子上，請人用大鐵鎚用力敲擊，結果毫髮無傷，令人驚奇。但事實上，依慣性定律來看，如果直接打在肚子上，傷害較大；墊了一個重物而敲擊在重物上，反而傷害較少，為什麼呢？(請您不要嘗試-不論是白己試或請別人試)

註：有個類似的活動可以拿來示範或請學生做。請您坐下，另取一些大書或者大字典(就是說要大而厚的書本)放在大腿上。書本上鋪些報紙(也要夠厚，以保護書本)，報紙上放

一塊木板，然後您自己或者請別人(這樣這個敘述中的木塊可用鐵鎚、磚塊或其它重物(最好是用掉落到地面時，不會斷裂的物體)，附環螺絲釘可用綁一個繩圈代替，上下的繫線須用棉線，不可用尼龍線(否則會失敗))，再將整個裝置懸掛起來。如您真要做這個實驗，請注意懸掛物體的下方不要有會被打破或受傷的物品或人員。

六、已知物體在環繞地球運轉的太空梭上是「失重」狀態(或者說「視重」為零，即物體秤不出重量)，物體會飄浮在太空梭裡。請您思考並回答下列問題：

1. 在位於地面的光滑無摩擦平面上，推一個 100kg 的靜止物體，使其開始運動，和在太空梭上推飄浮在其中的 100kg 靜止物體，使其開始運動，兩相比較，何者較容易？為什麼？
2. 在太空梭上，將一質量 100kg 的物體置於兩手之間，欲使該物體在兩手之間快速地來回運動(假設您已固定在座位上，除雙手外，身體不能任意活動)，會不會費力？為什麼？

肆、「問題與討論」參考答案

一、因為生蛋裡的蛋白是流體(液體)，當轉動生蛋時，由於蛋白(流體)的慣性，不能隨蛋殼一般快速轉動(蛋白轉動得很慢)，於是蛋白就與蛋殼滑開，這種現象造成的擦摩力，使得生蛋旋轉得較慢。而熟蛋的內部蛋白、蛋黃都凝固了，而與蛋殼合成一體，全部雞蛋一起轉動，沒有了內部流體的擦摩力，當然轉動得比較快。在活動二裡，放手後生蛋則會

自動的再旋轉起來，但是變得比較慢(爲什麼呢?)這樣因爲：當手指點停了生蛋時，雖然蛋殼暫時停住了，可是蛋白(流體)還在旋轉(慣性)，因此鬆手後，蛋白藉著摩擦力帶動外殼繼續旋轉了。如改用熟蛋，則用手停止蛋的運轉後再放手，由於全部雞蛋都已經停止了，雞蛋不會再度旋轉。

二、硬幣和紙之間有摩擦力。當將紙快速地抽掉時，因爲摩擦力作用的時間很短，不足以使硬幣產生足夠的速度變化及位移，因此雖紙已抽離，但硬幣還在原處(或原處附近)，然後受重力作用而掉入杯子裡。如果慢慢地拉紙，因爲作用時間夠長，所以硬幣可以和紙一起運動。

三、衣夾和紙之間也有摩擦力。和前面的問題一樣，如果很快地抽掉紙，因爲幾乎沒有把力量傳給衣夾，因此衣夾會因爲受到地心引力的影響，而垂直往下落。而如果抽紙的速度不夠快，紙就會把衣夾的底端向前拉，而使衣夾翻轉，再因爲受到地心引力的作用，而使衣夾頭尾顛倒的掉進杯子裡。當然，如果抽紙的速度再慢一些，衣夾就會倒在紙上，和紙一起運動。

四、當快速拉下方的線時，由於木塊的慣性抵抗您的拉力，所以祇有少數張力傳到上方的線，所以下方的線會斷掉；而慢慢拉時，由於上方的繩子同時受到木塊的重量及您的拉力，因此受到較強的拉扯力量，因此慢慢拉時，通常是上方的線斷掉。

五、重物的質量很大，所以慣性很大。因此當鐵鎚重擊時，重物的慣性抵抗了重擊，重物的加速度很小(這部份是牛頓第二運動定律)，因此傳給肚子的撞擊很小，所以傷害較小；如果鐵鎚直接打在肚子上，那傳給肚子的動能就大得多，傷害也比較大。

註：上述討論不考量鐵鎚敲擊時產生的脈衝衝擊波。

六、改變物體的運動狀態，要克服物體的慣性。物體的慣性和其質量與速度有關，或者說和其動量有關。要改變的動量愈大，所需要的力氣愈大。(這部份和牛頓第二運動定律有關)。因此：

- 1.如果有摩擦力，要使物體由靜止開始運動，必須克服最大靜摩擦力。在沒有摩擦力的情況下，就如在「失重」狀況一樣，要使物體由靜止開始運動，都是要克服其慣性。因其動量是零，所以祇要有施力即可改變其動量，物體就會開始運動；施力時間愈長，施力愈大，物體的速度就愈大。
- 2.雖然在「失重」狀態，但仍有質量，仍有慣性。當要讓 100kg 的物體快速地在兩手運動，我們須施力使它停下來，又要更多的力讓它朝反方向快速運動，我們要克服、改變的動量很大，故會費力。

註：本學習模組是國立臺灣師範大學科學教育中心之「國中數學及自然科學生活化實驗設計學習模組的研究開發與推廣計畫」研究成果之一。