

# 骨牌與撞擊原理在日常生活中的研究和應用

## 高小組物理科第三名

台北市龍山國民小學

作 者：王聖凱、駱好萍、歐家達、單宗冀

指導教師：翁進勳、蔡四山

### 一、研究動機

- (一)弟弟在電視看到骨牌表演覺得很好玩！想再試試，正苦無材料時，書桌堆滿了一堆音樂、故事……等錄音帶及光碟、磁碟的匣子，他們的形狀大小、體積重量看起來都差不多，是很好的骨牌材料。
- (二)媽媽時常叮嚀我們聽完的錄音帶要放進錄音帶匣子，並且要按照種類、單元順序排列好，一方面不會佔用太多空間，一方面也可以節省取用時間，要我們到百貨公司看看有沒有收容這些東西的器具。

### 二、研究問題

- (一)市面上及同學們擁有的收容器有那些？構造如何？
- (二)錄音帶匣子的距離、底面積、重量、傾斜度的大小，會影響撞擊效果嗎？
- (三)錄音帶匣子的排列方式有哪些？如何設計錄音帶、光碟、磁碟的家？以利排列、展示、取用簡便化。

### 三、研究工具與材料

- (一)工具：水平儀、玻璃珠、平板玻璃、壓克力磚、量角器、長尺。
- (二)材料：方格紙、膠帶、強力黏劑。錄音帶匣子、鉛筆。

### 四、研究過程和方式

- (一)市面上及同學們擁有的收容器有那些？構造如何？

#### 1. 調查方法：

- (1)我們幾位同學分別到賣錄音帶、光碟、磁碟的商店，蒐集到各種不同構造的收容器共有三種：(略)
- (2)經過調查結果，發覺電腦光碟、磁碟的收容器最少，也許它們薄薄一片，較不佔空間，沒人注意它，相對的，錄音帶的收容器顯然較多，讓我們有參考比較的機會，因此，我們在老師的指導之下，先以錄音帶的收

容器，為優先研究的對象。

2. 觀測分析：（略）

3. 心得與發現：

- (1)由三種不同收容器的觀測分晰，我們覺得旋轉的設計比較進步，可以變更方向，容量較多，但平放封閉的取用方式，無法看到錄音帶的名稱，尋找歸位費時費力，不經濟，並不很理想。
- (2)音樂故事盒以排列封閉式的卡位，只有儲存的作用，取用不方便，發展性最低。
- (3)透明塑膠盒，把錄音帶放在裡面，清晰可見，可防塵、展示目錄，可惜容量少，開放不方便。但它的開啟角可達三百度，遠比其他二種的開啟角度大，我們意外發現，蓋子竟然可以從前面翻到後面，達六十度的座姿，這時錄音帶的取用變的更方便，並節省時間。
- (4)在觀測透明塑膠盒時，不小心弄倒桌子一排的盒子，竟然像骨牌一樣的傾倒，但有的沒有倒，我們覺得很奇怪，請教老師，老師告訴我們說，骨牌彼此之間的距離、重量、傾斜度的大小都會影響撞擊效果，並且要我們實地的做看看。

(二)錄音帶匣子的距離、底面積會影響撞擊的效果嗎？

方法：

1. 在平板玻璃上面鋪上十六開的方格紙，以水平儀測量是否180度，或則以玻璃珠放在上面也可以由玻璃珠的走向，了解板面是否水平。
2. 在方格紙上面，畫上直線和橫線，並且在橫線上標出1~7公分的距離，每隔0.5公分為一個線段。
3. 將錄音帶匣子放置在方格紙上面，依據控制的距離、重量、傾斜度的大小，分別觀測撞擊的效果。
4. 實驗觀測台設計如下：（略）

實驗一：距離大小與撞擊效果的比較：

距離大小與撞擊效果比較直條圖（略）

實驗結果與推論：

1. 由實驗得知骨牌長度7公分，重力撞擊點出現在4.5公分的點上不管空推空及實推實最長的有效距離是2.5~6公分，即( $4/14 \sim 2/14$ )最短的有效距離3.5~5.5公分(即 $4/14 \sim 11/14$ )。
2. 當距離一定時，被推的骨牌(匣子)的量重(底面積)增為二倍時最長有效的距離由8格縮為5格，三倍時，只剩下重力撞擊點1格(4.5公分處)，

超過三倍時，就無法推倒。

### 實驗二：重量大小與撞擊效果的比較（略）

#### 重量大小與撞擊效果對照直條圖（水平面180度）（略）

##### 實驗結果與推論：

1. 同樣的一推一（空推空）改為（空推實）後我們發現最長的有效距離由2.5~6公分縮為4~5公分，即8格變為3格，而重量加倍時，很明顯的有效距離變為0。
2. 反過來，如果以實匣子推空匣子，在一實推一空的情況下，比一空推一空的有效距離再增一格（0.5公分）達到6.5公分而在一實推二空與實驗一：一空推二空的對照下，很明顯的有效距離由3.5~5.5（5格）增為2.5~6公分（8格）證明主動撞擊的匣子重量增加有助於碰撞效果。
3. 一實推二空的有效距離2~6公分（8格）與實驗一：一實推二實的有效距離3.5~5.5（5格）的比較增加3格，證明被推的匣子如為實心（增加空匣子的重量），則不容易被推倒。如被推的實心匣子由二個再增加為三個時，有效的撞擊距離只剩下動撞擊點4.5公分處（11格）。
4. 由實驗一和實驗二，發覺在距離0~2公分皆無法推倒（無效距離），我們推論是否推倒的角度不夠？必須改變傾斜度？於是我們進行下面由水平改為傾斜度實驗。

### 實驗三：傾斜度大小與撞擊效果的比較：（以一到三個空匣子的高度墊高，使玻璃板的傾斜逐漸的增加，觀測其撞擊的效果）略

#### 1. 在墊高1~3個匣子高度（以一個空匣子推一個空匣子）略

##### 傾斜度大小與撞擊效果比較直條圖（略）

##### 實驗結果與推論：

- (1) 我們發現撞擊由水平改為傾斜 $4^\circ$ 時，同樣的一推一（空對空），傾斜的比水平的有效距離2.5~6公分（8格），增為2~6.5公分（10倍），當傾斜度由 $4^\circ$ 變為 $8^\circ$ 時，有效距離增為1~7公分（13倍）
- (2) 當傾斜度增為 $12^\circ$ 時，由於主動及被動的匣子本身無法站穩，很快就傾倒，無法測量。
- (3) 我們證明了改變傾斜度會助長撞擊的有效距離。

#### 2. 墊高一個匣子的高度傾斜 $4^\circ$ （略）

##### 水平及傾斜度撞擊效果對照直條圖（略）

##### 實驗結果與推論：

- (1) 由實驗得知水平改為傾度 $4^\circ$ 時，與實驗二作對照時，很明顯可以看出，

在一空推二實作對照時，水平的有效距離為0，而傾斜 $4^{\circ}$ 時，則增加為4~5.5公分，證明傾斜度有助於撞擊效果的改善。

- (2)在實驗一和實驗二的無效距離(0~2公分)，經過傾斜 $4^{\circ}$ 的改善，可以使無效距離縮短至(0~1公分)，換句話說可以增加1公分的有效距離。
- (3)在一空推三實的實驗，水平與傾斜 $4^{\circ}$ 的有效距離皆為0，我們推論是被動的實心匣子增加了三個抵消了 $4^{\circ}$ 的推力，於是我們試圖改變傾斜度至 $8^{\circ}$ 。

### 3. 墊高二個匣子的高度(傾斜 $8^{\circ}$ )。(略)

傾斜 $8^{\circ}$ 和 $4^{\circ}$ 撞擊效果比較直條圖(略)

實驗結果與推論：

- (1)由實驗結果，終於證明我們的推論是正確的，傾斜度由 $4^{\circ}$ 升為 $8^{\circ}$ 時，一空推三實的有效距離由變為2.5~5.5公分(7格)，其他項目都有明顯的增加。
- (2)實心匣子推撞空心匣子的部份，有效距離從1~7公分，都可以推倒，共同證實了一點：重量加重，傾斜度增加，正如牛頓的定律：動力加速度所產生的撞擊效果相當驚人。

心得與發現

由以上匣子的距離、底面積、重量、傾斜度大小與撞擊效果的實驗，我們發現有很密切的相關。我們證實了匣子在有限的距離(2公分之內)及超越6公分以上，就很難推倒。除非推匣增加重量，或增加傾斜度。但被推匣如果二個以上連接在一起，底面積擴大，就不容易推倒。除非在增重量或則增加傾斜度。

(三)錄音帶匣子排列的方式有那些？如何設計錄音帶、光碟、磁碟的家，以利排列、展示、取用簡便化？

方法：

由研究問題二的心得，我們發現有兩種排列的方法，一個是直線式的排列，另外一個則是階梯式(或堆高式)的排列，並且可依空間的高低堆高，增加傾斜度及撞擊的效果，我們試著以匣子代替骨牌設計圖如下：

#### 1. 直線式排列

(1)分析：我們把12個錄音帶匣子，視同一個單元，依照直線的方式加以排列，面臨下列三個難題：

- ①錄音帶匣子屬長方體，有六個面，如何銜接才能節省空間。
- ②用什麼東西銜接，省時省力又省錢？

③排列的方式總共有那些？如何使得空間的變化新奇有趣又方便。

(2)操作與發現：

①我們從實際對匣子的操作中，發現匣子打開的六個面都可以銜接，但最能節省空間的只有一面，即下圖立體造形的第五面（長 $11 \times$ 寬 $1.7$ ），是很好的銜接面，又可作為旋轉軸。

②我們利用透明的膠帶，其本身具備的黏性，彈性透明的程度非常的適合銜接，總共銜接一個單元12個匣子，用不到一分鐘的時間，堪稱省時省力又經濟。

③我們把12個匣子排列組合成下列的型式，發現可以產生五種型式，23種排法之上，如上圖：（略）

2.階梯式排列：（堆高式）

(1)分析：由研究問題一的心得與發現之3與4，我們了解，空匣子的蓋子可以從前面翻轉到後面，而形成60度的坐姿，堆高起來像滑梯般的滑下來。

(2)操作與發現：（略）

3.發現：

(1)我們按照設計圖的排列，把錄音帶匣子的蓋子向後翻轉300度，並且一個個打開，放在桌面好比一火車的位，非常整齊，但很佔空間，於是我們把它們當作積木般的堆高起來，看來有點像階梯，蠻好玩的。

(2)正在高興好玩時，不小心碰到最高一層的蓋子，竟像骨牌一樣排山倒海式的翻轉下來，直到最低層方停止，這個時候，全部的錄音帶由A面瞬間的翻成B面。我們覺得不可思議，再把階梯倒轉過來，這次同樣的且故意的把最高一層翻動，再把階梯倒轉過來，這次同樣的且故意的把最高一層翻動，又像骨牌一樣，一個撞擊一個倒轉過來，瞬間的又把B面的錄音帶翻成A面的，速度之快，令人感到過癮？

4.靈感與啟示：

(1)由以上重大的發現，給我們一個靈感，如果錄音帶的匣子，能夠像骨牌一樣的翻頁，或個別的翻頁，都能讓我們節省取用的時間，不但快速而且能隨心所欲。

(2)由骨牌直線式一階梯式的排列組合，使我們想到空間應用的原理。於是我們在同學的合作下，終於創作了比旋轉箱更富創意的活動匣子。

(3)活動匣子在翻頁的過程中，會產生重力，可以使相連的匣子緊密結合，利用串連的方法，佈置隱藏的電線，應用斷路接通的原理，可以發出燈光與聲音，增加趣味性。

### 5. 推廣應用：

應用在電腦光、磁碟的改用，以及聲光配合使用，極具發展潛力。造形可做為建築階梯以及橋樑構造的參考。

## 五、結論與建議

(一)由研究問題一觀測結果，使我們覺得日常生活中有許多待改進的問題，只要動動腦筋、動動手，就有好多不錯的收穫和新的點子。

(二)由研究問題二的結果：

我們終於了解骨牌運動的原理，和距離、底面積、重量、傾斜度的大小有很密切的關係，透過這變因的控制，使骨牌靜態的位能產生動能，造成連續不斷的撞擊。

(三)由研究問題三創作與發明，我們發現它們具備了下列功能：

- 1.就地取材，經濟不浪費錢。
- 2.廢物利用，符合環保理念。
- 3.簡單有趣，人人可以創作。
- 4.美觀堅固，分類取用方便。
- 5.聲光應用，開創建築新貌。
- 6.開架展示，創造時空優勢。

## 六、參考資料

(一)本校科學研習營自編教則。

(二)作者群科學研習創意結晶。

## 評 語

以嚴格控制變因的方式探討能發生骨牌效應的條件範圍，探究方法與過程深合科學的探究原理。另對錄音帶盒的組合造型設計頗富巧思，值得鼓勵。