

106學年度上學期清華大學

# 普通物理實驗結報

演示實驗(一) = 運動學與力學篇

系級 = 材料二級

學號 = 106031209

姓名 = 彭慧文

組別 = 4

組員 = 林暄慈

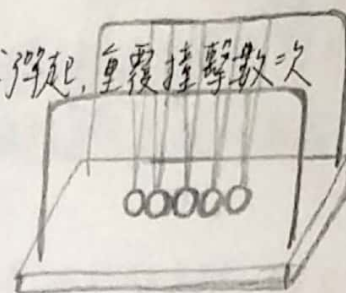
實驗日期 = 106年9月27日(星期三)

82

# 牛頓擺

## 一、現象

- (一) 拉起左端的一顆球，使其自由落下，撞擊後，左端球靜止，右端球彈起，重複撞擊數次
- (二) 左端拉起  $x$  顆球，就會使右端  $x$  顆球被彈起。 ✓



## 二、原理

(一) 牛頓擺的五大條件：

1. 每一擺體為鋼體
2. 每一擺體質量相等
3. 每一擺體的重心必須位在同一水平連線上。
4. 每一擺體靜止不動時的間距剛好彼此間沒有受力但緊臨
5. 擺體間的撞擊點在重心連線上 ✓

球體為理想擺體  
以 V 型擺線掛掛擺體，擺線張力相等。

(二) 一維正向彈性碰撞。

牛頓擺中，擺體的碰撞為彈性碰撞，遵守動量守恒，動能守恒。

$$\text{動量守恒} = m_A v_A + m_B v_B = m_A v_A' + m_B v_B'$$

$$\text{動能守恒} = \frac{1}{2} m_A v_A^2 + \frac{1}{2} m_B v_B^2 = \frac{1}{2} m_A v_A'^2 + \frac{1}{2} m_B v_B'^2 \quad \checkmark$$

$$\Rightarrow \text{彈性碰撞速度公式} = v_A' = \frac{m_A - m_B}{m_A + m_B} v_A + \frac{2m_B}{m_A + m_B} v_B$$

$$v_B' = \frac{2m_A}{m_A + m_B} v_A + \frac{m_B - m_A}{m_A + m_B} v_B \quad \checkmark$$

## 三、分析

拉起左端的一顆球，使其自由落下，即是使其得到動量，通過碰撞傳遞到右側的球上，動量在四個球中向右傳遞，當最右端的球無法繼續傳遞動量時，被彈出。

因為牛頓擺中的擺體質量相同，所以由彈性碰撞速度公式可知，碰撞後兩物體速度會交換。

五個擺體可被視為五個單獨的系統，即可解釋當左端拉起  $x$  顆球，就會使右端  $x$  顆球被彈起。 ✓

## 四、應用

牛頓擺的主要原理為碰撞，而碰撞也是生活中常見的現象

(一) 撞球：利用白球撞擊其他顆球，將能量傳遞出去，是簡單的碰撞的應用，但並非牛頓擺的一維彈性碰撞。

(二) 車輛的潰縮區：在汽車車架上加上較為容易潰縮的設計，使撞擊後能量不會完全傳遞，以保護駕乘客，也是生活中碰撞的應用 ✓



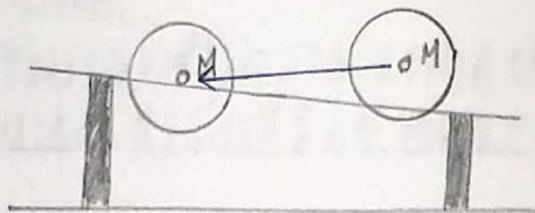
# 雙錐體運動

## 一、現象

將V型軌道放置於水平面上，使尖端低於另一端，並將雙錐體擺至軌道尖端處，雙手放開使其自然滾動，可發現雙錐體由尖端滾到另一端，也就是由軌道低處滾到高處。

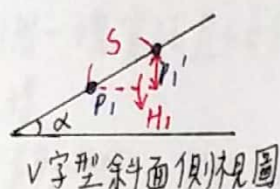
## 二、原理

當雙錐體放在低處時，與軌道接觸點較為遠離重心，在高處時，由於軌道開口較大，雙錐體與軌道接觸點較為接近重心，因此雖然由低到高，但雙錐體的重心卻是由高至低。



其實雙錐體運動並沒有違反重力，而是V字型軌道造成的錯覺

## 三、分析



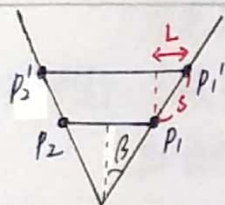
V字型斜面側視圖

斜面傾斜角為 $\alpha$ 。

雙錐體從 $P_1$ 滾至 $P_1'$ ， $P_1$ 和 $P_1'$ 距離為 $S$ 。

高度差為 $H_1$ 。

$H_1$ 和 $S$ 的關係為 $H_1 = S \sin \alpha$

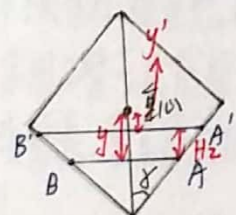


V字型斜面頂視圖

V字型軌道夾角的一半為 $\beta$ 。

雙錐體從 $P_1 P_2$ 滾至 $P_1' P_2'$ ， $P_1'$ 和 $P_2'$ 的距離比 $P_1$ 和 $P_2$ 的距離大 $\geq L$ 。

$L = S \sin \beta$ 。



雙錐體側視圖

雙錐體夾角的一半為 $\gamma$ 。

雙錐體的A、B分別和斜面 $P_1 P_2$ 接觸。

雙錐體重心和AB連線的距離為 $y$ ，因此雙錐體重心比 $P_1$ 高 $y$ 。

雙錐體沿斜面向上滾 $S$ ， $A' B'$ 分別和斜面 $P_1' P_2'$ 接觸， $A'$ 和 $B'$ 的距離比 $A$ 和 $B$ 的距離大 $\geq L$ 。

$A' B'$ 連線與AB連線距離為 $H_2$ 。

雙錐體重心和 $A' B'$ 連線的距離為 $y'$ ，因此雙錐體重心比 $P_1'$ 高 $y'$ 。

$P_1'$ 比 $P_1$ 高 $H_1$ ，因此雙錐體重心比 $P_1$ 高 $H_1 + y'$ 。

由以上分析可知雙錐體沿斜面向上滾 $S$ 距離，其重心上升 $H_1 + y' - y = H_1 - H_2$ 。

$$= S \sin \alpha - \frac{L}{\tan \gamma} = S \sin \alpha - \frac{S \sin \beta}{\tan \gamma}$$

可知，若 $\sin \beta > \sin \alpha \tan \gamma$ ，則 $H_1 + y' - y$ 為負數，其重心為降低，並無違反物理原理。



## 影響平衡的因素=

1. 必須調整好高低差和V字型軌道開口大小
2. 雙鉗體質量不能太小，否則不容易顯示效果。
3. 雙鉗體體積不能太小，若太小，重心的高低位置變化相對小， $\Rightarrow$ 震動距離也就會較短

## 四、應用

雙鉗體運動的原理為重心，重心的應用也非常多元。

(一) 不倒翁= 當不倒翁直立時，其重心位在最低點，當偏離平衡位置時，重心會升高，為穩定平衡，容易回到平衡狀態。

(二) 平衡鳥= 將重心位置設計在支撐點的正下方，且平衡鳥大部分的體積都在支撐點的上方，當推動平衡鳥時，其重心位置會上升，也是穩定平衡的應用。

## 高三酒架平衡

### 一、現象

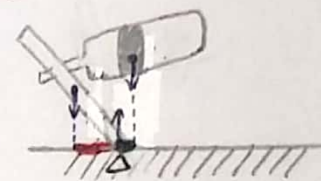
利用一塊穿孔且傾斜的木板即可放置一瓶紅酒，看似漂浮在空中卻不會傾倒

### 二、原理

(一) 靜力平衡= 當紅酒架置於桌面時，木板和紅酒瓶的重力向下，而桌子給予的正向力向上，達到靜力平衡

(二) 力矩平衡= 木板重量較輕，但有較長力臂，形成逆時針力矩。

紅酒瓶重量較重，但力臂較短，形成順時針力矩，兩者達到力矩平衡



### 三、分析

(一) 木板穿孔位置愈上方，重心會往酒架方向偏移，穿孔位置愈下方，重心會往酒瓶方向偏移

(二) 當用力臂長度愈短、重量愈輕的酒瓶時，用與桌面水平夾角愈大的酒架才可平衡，當用力臂長度愈長、重量愈重的酒瓶時，用與桌面水平夾角愈小的酒架才可平衡。

### 四、應用

廣用酒架= 設計一個能使穿孔角度、酒架傾斜角度靈活改變，交互調整的酒架，就可以使不同酒瓶在同一酒架上皆可達到靜力平衡及力矩平衡

## 王朱金車噴泉

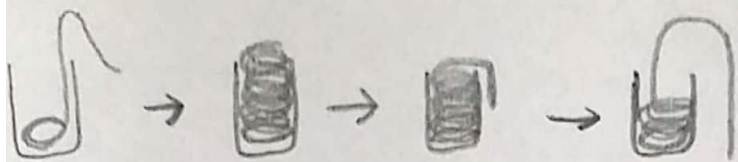
### 一、現象

1. 將珠鏈以繞圈方式一層一層堆入燒杯中，不可糾結在一起

2. 取出一小段珠鏈，沿杯壁輕置放，使其自由落下。

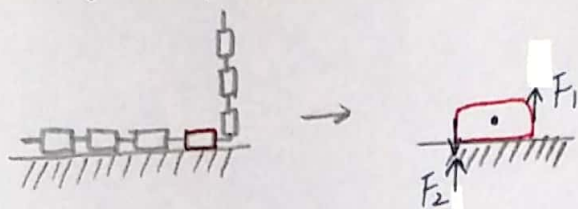
3. 杯中的珠鏈持續落下，並形成噴泉





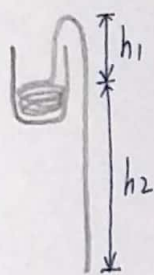
理

掉出杯子的珠鏈的重力往下拉，釋放重力位能，將杯中的珠鏈持續拉出。珠鏈有噴泉的現象，則有受到除了重力之外向上的力，此力來自杯內珠鏈被拉出手，除了往上運動外，還伴隨著旋轉運動。 $F_1$  為珠鏈被上拉的力，由於旋轉運動，珠鏈左側往下運動，撞擊杯底或其他珠鏈，得到反作用力  $F_2$ ，因此珠鏈噴起，產生噴泉的現象。



三、分析

若  $F_1$  愈大， $F_2$  將跟著變大，而  $F_1$  來自於重力，若珠鏈掉出的高度愈高，釋放出的重力位能愈多， $F_1$  也會愈大，噴泉效應的高度就會愈高。



Biggins & Warner 由實驗結果證實此理論。

$h_1$  隨著  $h_2$  增加而增加。

其關係為  $h_1 \div 0.14 h_2$

四、應用

珠鏈噴泉的原理來自於作用力與反作用力的關係。

(一) 人走路 = 我們走路時透過腳向地面施一個向後的力，此時會產生一個向前的反作用力，將我們向前推，因此我們可以在地面上行走。

(二) 火箭 = 火箭在太空中要移動必須透過向後排出廢氣，產生反作用力向前，使其在太空中移動。

心得

演示實驗透過分組上台分享的有趣許多，而且為了告訴同學正確的原理，小組組員也會互相討論，交換意見，過程中能學到很多東西，也比較容易留下印象，而這次的實驗器材中，珠鏈噴泉就很酷，完全吸引了大家的目光，啄木鳥下降的那個儀器則是讓人看了很癢癢，我很喜歡演示實驗這種輕鬆中又可以學習的步驟😊。