

以磁力觸發之力學式計時器

投稿類別：物理類

篇名：

以磁力觸發之力學式計時器

作者：

林宜澄 台北市立大同高中。高三 12 班。

指導老師：

林芳妃老師

趙家興老師

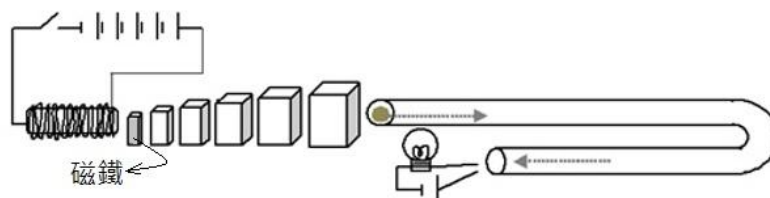
壹●前言

(一) 研究動機

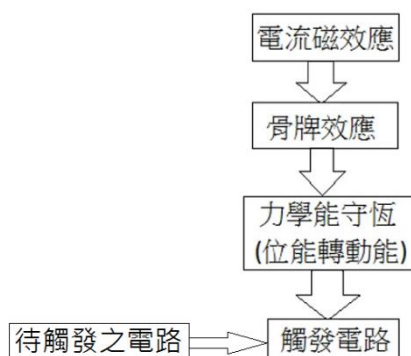
經過高中近兩年半學習物理的時間，學到了許多有關電學及力學的知識，希望能夠將其所學習的觀念，設計出一項實驗，並應證所學之內容，於是設計了本實驗。

(二) 實驗設計

如圖一所示，一開始先利用電流磁效應產生磁場，並用該磁場誘發骨牌前端的磁鐵，使磁鐵受斥力影響而推動骨牌，當最後一個骨牌倒下時即牽動小鋼珠滾動，此小鋼珠被骨牌推動後便會在一具有高低差之管路中滾動，管路的出口是一已設定好之斷路的燈泡裝置，需等待小鋼珠方可使其形成通路觸發其開關。因此當小鋼珠滾出洞口時，即可觸發其電路，使得燈泡亮起。整個過程是由多個物理觀念所設計。而在此設計中如果小鋼珠所行走的管路長度越長，則所需的時間也越長，因此又可以稱作是一個簡易的以磁力觸發之力學式計時器。



圖一 實驗架構圖



圖二 實驗裝置流程圖

貳●正文

(一) 實驗器材

- 1、電池盒小的兩個、大的一個。其中小的可串聯兩顆 AA 電池，大的可串聯八顆 AA 電池。
- 2、小鋼珠一顆
- 3、水管一公尺，且其水管的孔徑必須大於鋼珠的直徑。
- 4、漆包線一綑
- 5、鐵製線軸一個
- 6、小燈泡一個
- 7、強力磁鐵兩個
- 8、多蕊電線一小包
- 9、橡皮擦八個
- 10、AA 電池 12 顆
- 11、其他工具：老虎鉗、膠帶、剪刀、紙板兩大片。



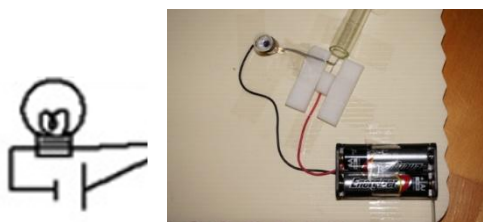
圖三 實驗所須之器材。

(二) 實驗架構及其步驟

如前言之實驗設計所述，本實驗主要分為五個部分，分別為：待觸發之燈泡的裝置、電流磁效應、骨牌效應、位能轉動能、金屬導電。以下分別討論。

1、待觸發之燈泡的裝置

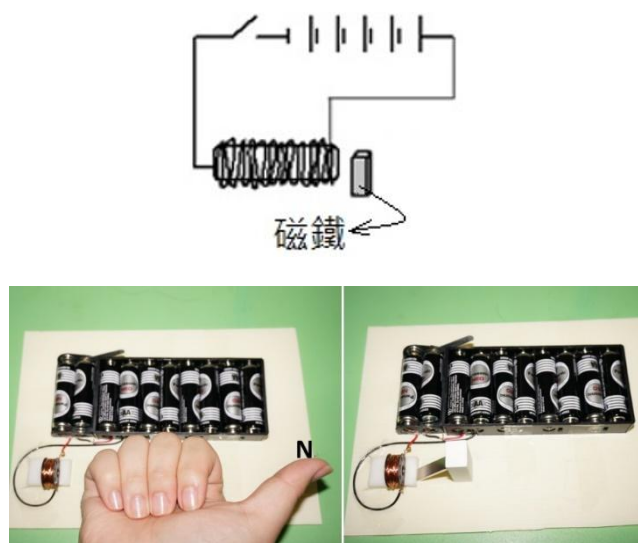
此部分僅需使用一組電池座、兩顆電池、燈泡、兩條電線即可。裝置如下圖四所示。



圖四 待觸發之燈泡的裝置

2、電流磁效應

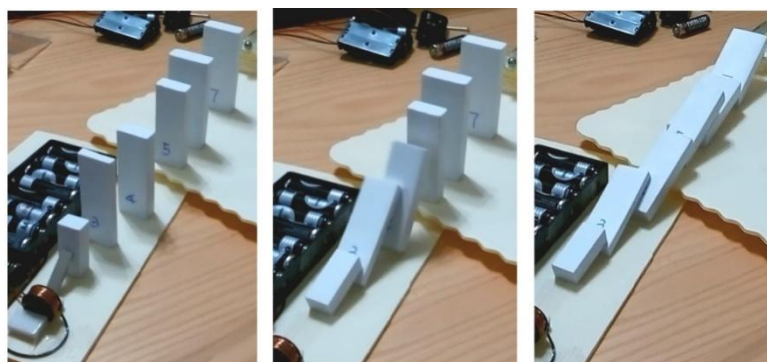
此部分需要十顆 AA 電池串聯，並將漆包線整齊的纏繞在鐵製線軸上，接著將電磁與纏繞於鐵製線軸的漆包線連接。因安培右手定則可知產生的電流磁效應之磁場方向 N 極，如圖五(左)所示，而以電磁鐵的 N 極，排斥強力磁鐵的 N 極，強力磁鐵因受磁場力而移動，進而推動第一塊小橡皮擦（第一塊骨牌），如下圖五(右)所示。



圖五 電流磁效應。

3、骨牌效應

所需材料主要為多個大小不同的橡皮擦，排列順序必須由小至大排列。其中第一個小橡皮擦被強力磁鐵推動後的，橡皮擦的重心由較高處轉移到底部，使重力位能轉化為動能，將這個動能轉移到下個橡皮擦，藉由連鎖反應，橡皮擦依序倒下，最終觸動到一具有高低差之透明管內的小鋼珠，小鋼珠由靜止開始加速向下滾動。



圖六 骨牌效應。

4、位能轉動能

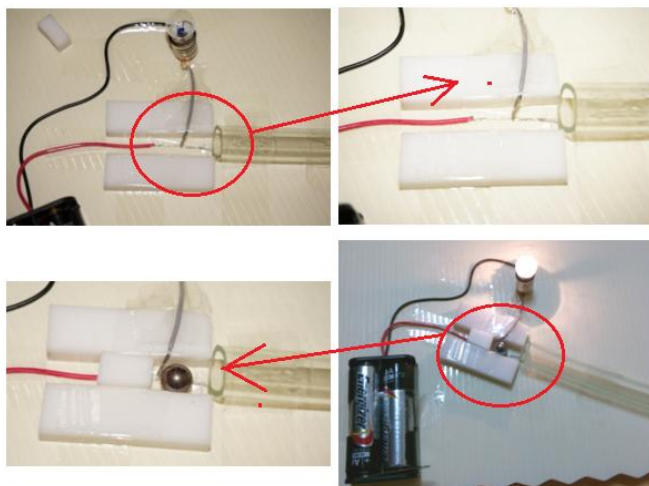
小鋼珠一開始位於管路的前端，此處之位能較高。而當小鋼珠被推動後，便可沿著管路運動。此管路從前端至末端的高度必須越來越低，這是為了增加小鋼珠一開始的位能，使得小鋼珠運動時之動能增加，以避免小鋼珠運動時受管路中的動摩擦力作用而停止於管路中。



圖七 具有高低差的管路設計

5、金屬導電

小鋼珠沿著略有高低差之透明水管緩緩滾下，使得小燈泡所連接之電池盒的正負極，形成迴路，燈泡因而亮起，表示實驗成功。



圖八 金屬導電。

(三) 研究與討論

於實驗中所應用到以及觀察到的部分，分別如下所述：

1、安培定則(Ampere's Right-Hand Rule)：

將右手四指彎曲的方向為電流方向，則拇指所指向的方向即為磁場方向，也就是 **N** 極之方向。若增加單位長度纏繞線圈的匝數，或增大通過的電流，可以增強所產生的磁場大小。

2、骨牌效應(Domino Effect)：

如果在實驗中，欲想用強力磁鐵直接將大的骨牌(橡皮擦)推倒，則不易成功，因此一開始所推倒的骨牌必須是比較小的骨牌。因為骨牌豎立時，重心較高，傾倒時重心會向下移至底部，在過程中，重力位能會轉化為動能。動能持續轉移到下一個骨牌，因此後一骨牌所擁有的動能必定較前一塊大，可使骨牌倒下的速度越來越快，能夠推倒的重量也越來越大。

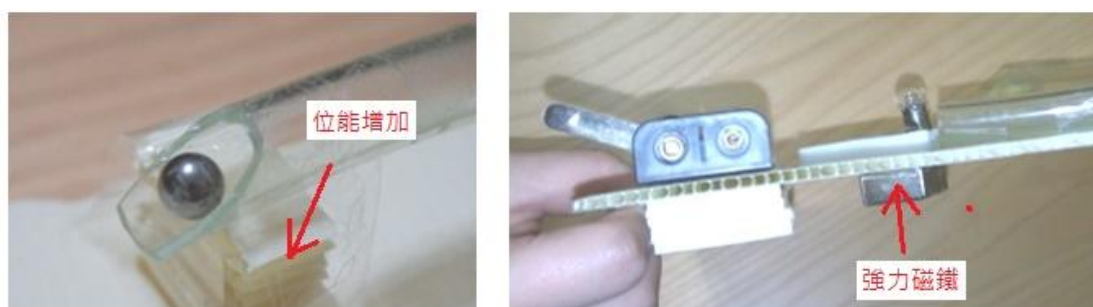
3、機械能守恆：

當最後一個骨牌推到小鋼珠時，小鋼珠之動能增加，且小鋼珠被推動的開始，管路的位能較高，被推動後，管路所在的位置越來越低，因此小鋼珠的動能漸漸地增加。如下圖九(左)所示。在此部分，若沒將小

鋼珠之初始位能增加，最後小鋼珠便會因為受到管路中的摩擦力而靜止於管路內。

4、金屬導電：

在實驗的一開始，小鋼珠滾出管路的末端時不易停止於固定的位置，導致無法使其待觸發之燈泡發亮。後來加裝一強力磁鐵於管路的末端，則小鋼珠出了管路便易於固定在磁鐵的上方，如此便易於觸發斷路的燈泡，使其形成通路而發亮。如下圖九(右)所示。



圖九 (左)小鋼珠於一開始被放置於管路的前端，此處之位能較高。(右)小鋼珠到達管路的終端後，必須藉由一強力磁鐵將其吸引於固定的位置。

參●結論

高中課程裡有許多有趣的物理現象，本篇就是利用所學的電流磁效應及力學能守恆設計出一個：以磁力觸發之力學式計時器。而由實驗裝置可推知，當管路設計的越長，小鋼珠滾動的時間則越長，因此燈泡需等待越久才會被觸發。因此在實際應用時，可以更改管路的長度，而改變其燈泡被觸發之時間。這樣的計時器雖不如目前市面的電子計時器精確與精巧，但是卻很適合用來印證高中所學的電學與力學概念。

肆●引註資料

- 1、沈青蒿（審訂）（2014）。基礎物理（一）。新北市：康熙文化
- 2、子軒、吳建毅（2013）。高中基礎物理（一）教學講義。新北市：全華圖書
- 3、高涌泉（主編）（2014）。基礎物理（二）B下。新北市：龍騰文化
- 4、MBA 智庫百科，104年3月23日。取自 <http://wiki.mbalib.com/zh-tw/> /多米诺骨牌效应