

奔騰紙馬—力學教學活動設計

王雅惠、林泰生

逢甲大學光電物理研究所暨物理教學研究中心
台中市西屯區 40724 文華路 100 號

電郵：tyson@fcu.edu.tw

收稿日期：二零零三年十月廿九日(於十二月十二日再修定)

內容

[摘要](#)
[介紹](#)
[原理](#)
[材料與工具](#)
[做法](#)
[實施方式](#)
[活動照片](#)
[參考文獻](#)

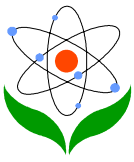
摘要

利用奔騰紙馬設計的教學活動，可讓學生在活潑教學中學習到其中的力學原理。

介紹

物理教學材料隨手可得，常常不需大費周章與金錢，即可讓學生從中獲得科學知識。

在台灣高雄國立科學工藝博物館舉行的 2002 物理教學及示範研討會上，看到林懿偉與鄭琍玲"神奇小馬王"^[1]的製作展示，引發我們應用在物理教學設計的構想。



利用此種教學設計，我們可在生動活潑的教學中，介紹並使學生了解牛頓第二定律及摩擦力等概念。

原理

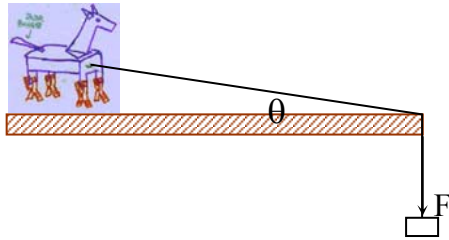


圖 1 奔騰紙馬

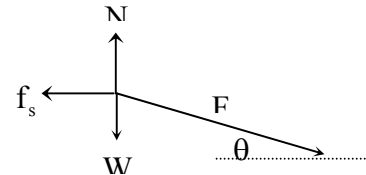


圖 2 紙馬所受力圖

如圖 1，靜止時，以一垂至桌緣下足夠大的力，可以拉動紙盒做的馬（做法請參閱下文），使之向前奔跑。由圖 2 力圖可知，若忽略繩於桌緣之摩擦力，則

$$N = W + F \sin \theta, W = m_h g \quad \text{.....(1)}$$

$$F \cos \theta - f = m_h a \quad \text{.....(2)}$$

$$f_{s,\max} = \mu_s N = \mu_s (W + F \sin \theta) \quad \text{.....(3)}$$

其中 m_h 為馬之質量； f 為摩擦力； $f_{s,\max}$ 為最大靜摩擦力； μ_s 為靜摩擦係數(與兩接觸面有關)； a 為加速度。

1. 馬向前跑

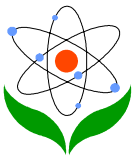
紙馬與跑道之間有摩擦力存在，欲使紙馬移動，則拉力須克服最大靜摩擦力。

從式(2)可知，產生馬奔跑之動力來自懸掛重物(如衣夾)，則當 $F \cos \theta$ 恰稍大於最大靜摩擦力時，馬開始移動奔跑。但若 $F \cos \theta$ 過大時，摩擦力轉為動摩擦力，便使馬被拖著移動而非奔跑。

2. 馬的速度

根據式(2)，在相同跑道上使馬跑得快需有較大之加速度 a 。比較可能做到的方式為減少馬的質量或使一開始時的 θ 角度較小。理論上，當

- $F \cos \theta > f$ 時為加速度
- $F \cos \theta = f$ 時為等速度



- $F \cos \theta < f$ 時為減速度

3. 馬的停止

隨著馬向前奔跑，拉繩與桌面夾角 θ 便越來越大(如圖 3)，因此造成奔跑的拉力 $F \cos \theta$ 變小，而其阻力 $\mu_s(W + F \sin \theta)$ 卻增大。因此若於跑至桌緣前一段距離，使得

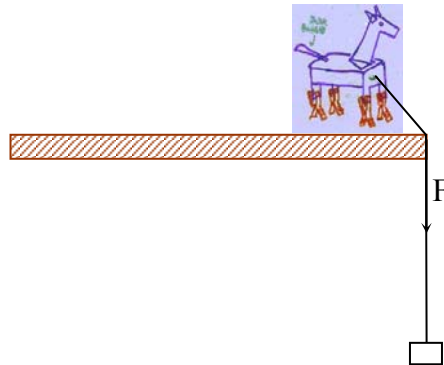


圖 3 紙馬停止於桌緣

$$F \cos \theta - \mu_s (W + F \sin \theta) < 0,$$

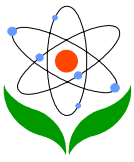
產生一負加速度，則馬便有機會在桌緣前停下。

材料與工具

紙盒(例如衛生紙盒)、硬紙板、曬衣夾、細線、塑膠繩、口紅膠或膠水、釘書機、膠帶(單、雙面)、剪刀。

做法

請參考"神奇小馬王"的製做方法^[1]或以下做法：



1. 先將紙盒對半裁開，再剪成如圖 4。裁開的盒子較長端 (L) 做為馬側，較短端 (W) 做為馬前及馬尾部份。腳寬約為 W 的 $\frac{1}{3}$ 左右。(太窄會有拐馬腿的問題。)
2. 以硬紙裁成如圖 5，按圖中所示之比例摺成馬頭及馬耳，並將馬耳黏上。馬頭也可用摺成圖 5 最右圖之簡單形式。

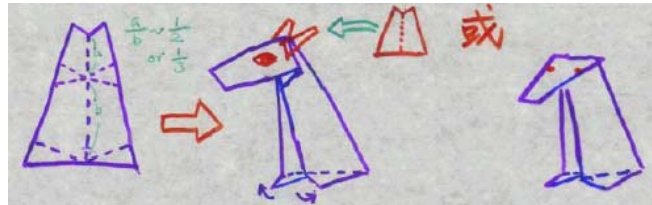


圖 5

3. 將做好的馬尾黏上。馬尾材料可用塑膠繩或棉線代替。另外也可以塑膠繩或棉繩製作馬鬃。
4. 將細線以釘書機釘於馬前端，並以膠帶黏住，再以曬衣夾夾住四腳即完成（如圖 6）。

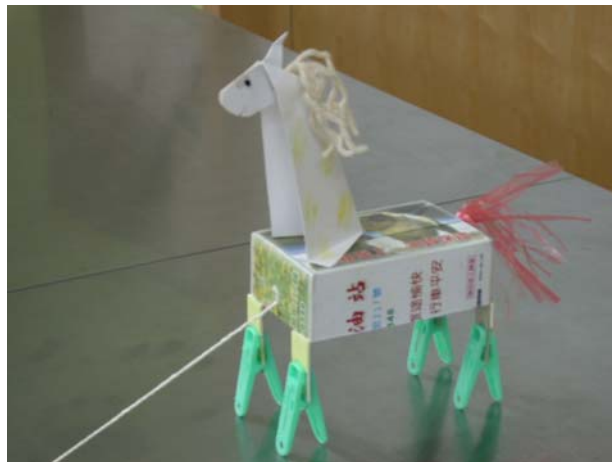


圖 6

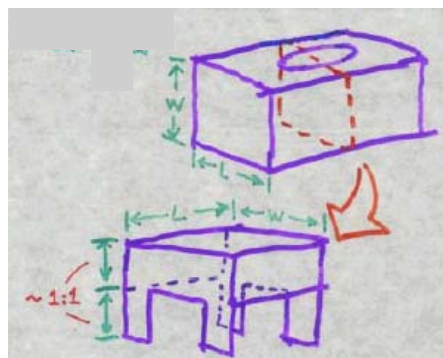
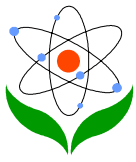


圖 4



注意：衣夾夾四腳時，力求平衡穩定可站立。

實施方法

(1) 分組

一組以三至六人為原則，小組成員一起製作並互相討論、集思廣益，激發創意與靈感。

(2) 紙馬製作

1. 請學生先行準備所需材料及工具。
2. 老師將原理、製作方法做一解說。
3. 各組自行發揮創意製作紙馬。

(3) 競賽

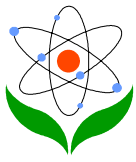
在同一跑道上(建議使用塑膠軟墊或玻璃桌面，但任何桌面皆需小心調整)，比賽誰的馬最快跑完全程，又能停在桌邊而不會掉落(如活動照片)。

(4) 討論與講解

比賽結束後，讓學生針對以下問題去做討論與分享後，再由老師講解作用原理：

1. 馬為何會跑？
2. 如何控制馬跑得快或慢？
3. 如何讓馬停止在桌邊，不會掉落？

(5) 讓學生了解以上變因後，請各組做調整再比賽一次，看是否可以使馬跑得更快更好。



活動照片



參考文獻

- [1] 林懿偉、鄭琍玲, "10 元成本的物理遊戲", 2002 物理教學及示範研討會論文集, 周建和主編, p.19, ISBN 957-01-2795-3, 高雄師範大學物理系主辦, 2002.8.22-23, 高雄, 台灣。