

奔腾纸马—力学教学活动设计

王雅惠、林泰生

逢甲大学光电物理研究所暨物理教学研究中心

台中市西屯区 40724 文华路 100 号

电邮：tyson@fcu.edu.tw

收稿日期：二零零三年十月廿九日(于十二月十二日再修定)

内容

[摘要](#)

[介绍](#)

[原理](#)

[材料与工具](#)

[做法](#)

[实施方式](#)

[活动照片](#)

[参考文献](#)

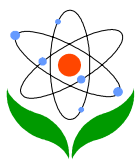
摘要

利用奔腾纸马设计的教学活动，可让学生在活泼教学中学习到其中的力学原理。

介绍

物理教学材料随手可得，常常不需大费周章与金钱，即可让学生从中获得科学知识。

在台湾高雄国立科学工艺博物馆举行的 2002 物理教学及示范研讨会上，看到林懿伟与郑璃玲“神奇小马王”^[1]的制作展示，引发我们应用在物理教学设计的构



想。

利用此种教学设计, 我们可在生动活泼的教学中, 介绍并使学生了解牛顿第二定律及摩擦力等概念。

原理

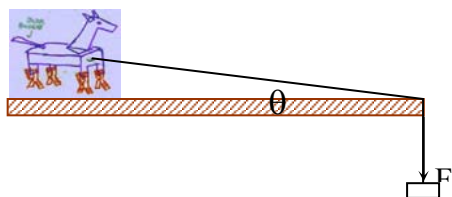


图 1 奔腾纸马

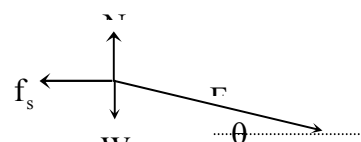


图 2 纸马所受力图

如图 1, 静止时, 以一垂至桌缘下足够大的力, 可以拉动纸盒做的马 (做法请参阅下文), 使之向前奔跑。由图 2 力图可知, 若忽略绳于桌缘之摩擦力, 则

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

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

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

其中 m_h 为马之质量; f 为摩擦力; $f_{s,max}$ 为最大静摩擦力; μ_s 为静摩擦系数(与两接触面有关); a 为加速度。

1. 马向前跑

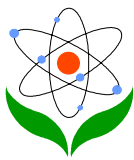
纸马与跑道之间有摩擦力存在, 欲使纸马移动, 则拉力须克服最大静摩擦力。

从式(2)可知, 产生马奔跑之动力来自悬挂重物(如衣夹), 则当 $F \cos \theta$ 恰稍大于最大静摩擦力时, 马开始移动奔跑。但若 $F \cos \theta$ 过大时, 摩擦力转为动摩擦力, 便使马被拖着移动而非奔跑。

2. 马的速度

根据式(2), 在相同跑道上使马跑得快需有较大之加速度 a 。比较可能做到的方式为减少马的质量或使一开始时的 θ 角度较小。理论上, 当

- $F \cos \theta > f$ 时为加速度



- $F \cos \theta = f$ 时为等速度
- $F \cos \theta < f$ 时为减速度

3. 马的停止

随着马向前奔跑, 拉绳与桌面夹角 θ 便越来越大(如图 3), 因此造成奔跑的拉力 $F \cos \theta$ 变小, 而其阻力 $\mu_s(W + F \sin \theta)$ 却增大。因此若于跑至桌缘前一

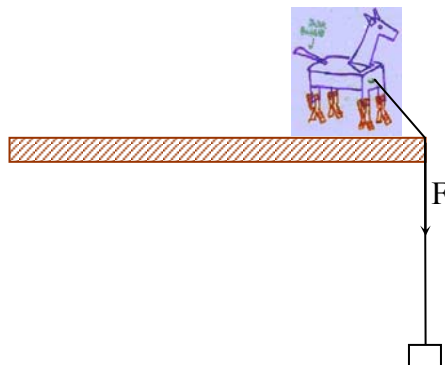


图 3 纸马停止于桌缘

段距离, 使得

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

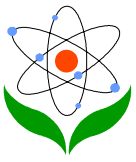
产生一负加速度, 则马便有机会在桌缘前停下。

材料与工具

纸盒(例如卫生纸盒)、硬纸板、晒衣夹、细线、塑料绳、口红胶或胶水、订书机、胶带(单、双面)、剪刀。

做法

请参考"神奇小马王"的制做方法^[1]或以下做法:



1. 先将纸盒对半裁开, 再剪成如图 4。裁开的盒子较长端 (L) 做为马侧, 较短端 (W)做为马前及马尾部份。脚宽约为 W 的 $\frac{1}{3}$ 左右。(太窄会有拐马腿的问题。)
2. 以硬纸裁成如图 5, 按图中所示之比例折成马头及马耳, 并将马耳黏上。马头也可用折成图 5 最右图之简单形式。

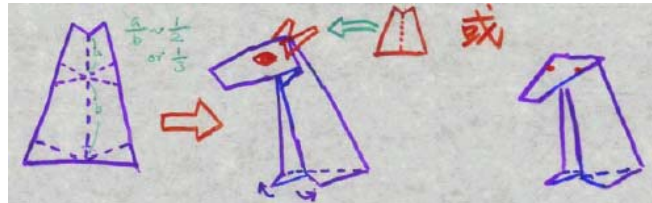


图 5

3. 将做好的马尾黏上。马尾材料可用塑料绳或棉线代替。另外也可以塑料绳或棉绳制作马鬃。
4. 将细线以订书机钉于马前端, 并以胶带黏住, 再以晒衣夹夹住四脚即完成 (如图 6)。

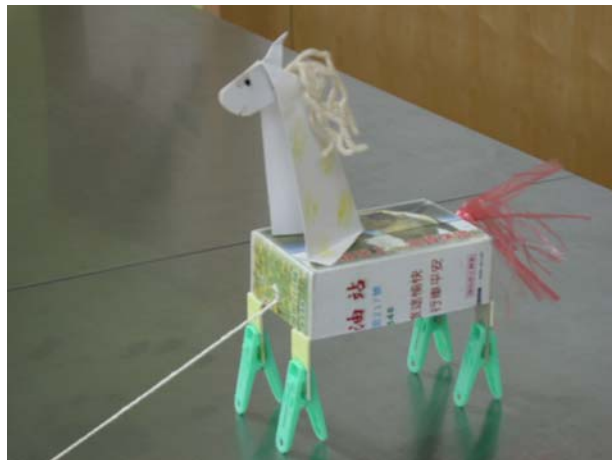


图 6

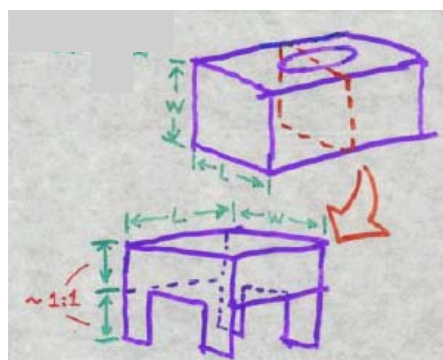
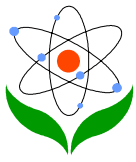


图 4



注意：衣夹夹四脚时，力求平衡稳定可站立。

实施方法

(1) 分组

一组以三至六人为原则，小组成员一起制作并互相讨论、集思广益，激发创意与灵感。

(2) 纸马制作

1. 请学生先行准备所需材料及工具。
2. 老师将原理、制作方法做一解说。
3. 各组自行发挥创意制作纸马。

(3) 竞赛

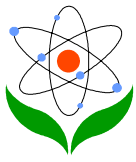
在同一跑道上(建议使用塑料软垫或玻璃桌面，但任何桌面皆需小心调整)，比赛谁的马最快跑完全程，又能停在桌边而不会掉落(如活动照片)。

(4) 讨论与讲解

比赛结束后，让学生针对以下问题去做讨论与分享后，再由老师讲解作用原理：

1. 马为何会跑？
2. 如何控制马跑得快或慢？
3. 如何让马停止在桌边，不会掉落？

(5) 让学生了解以上变因后，请各组做调整再比赛一次，看是否可以使马跑得更快更好。



活动照片



参考文献

- [1] 林懿伟、郑璃玲, "10 元成本的物理游戏", 2002 物理教学及示范研讨会论文集, 周建和主编, p.19, ISBN 957-01-2795-3, 高雄师范大学物理系主办, 2002.8.22-23, 高雄, 台湾。