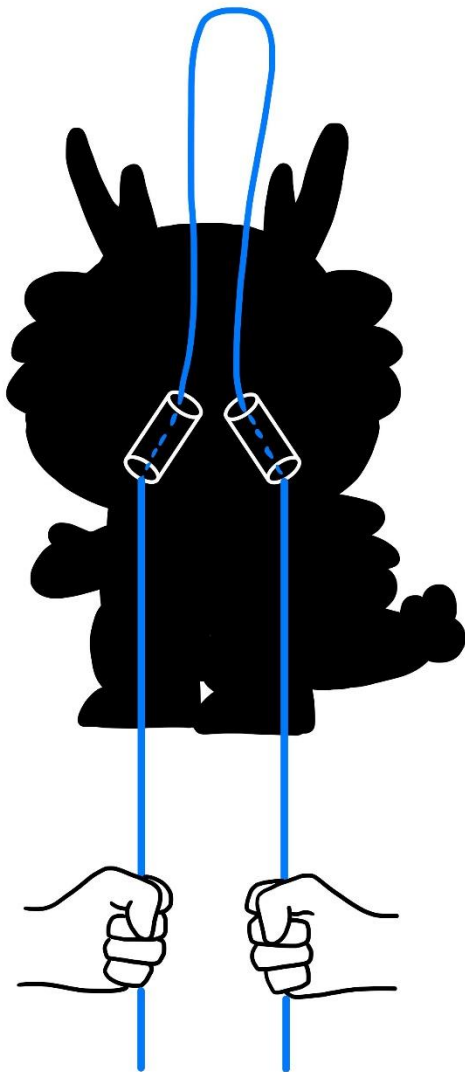


桃園市立龍潭幼兒園 STEAM 嘉年華闖關活動

- 科學遊戲主題：龍滑富貴(取於龍幼兒園徽及龍年)
- STEAM 元素：科學-「摩擦力」
- 準備物品：龍寶寶模板、不同材質的吸管、不同材質的線、情境背板

一.遊戲裝置

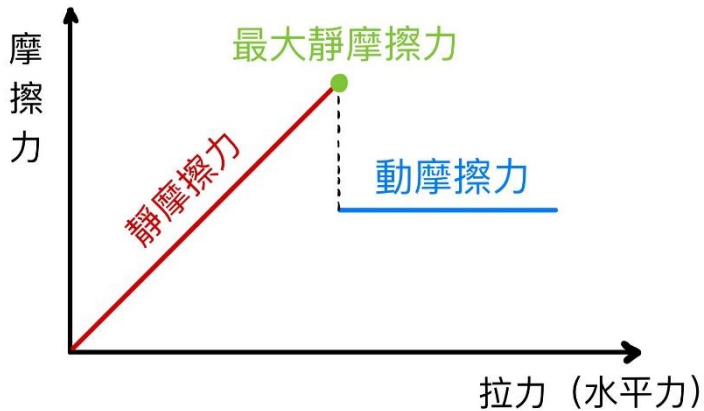
這個科學遊戲裝置圖(如下圖一)是藉由雙手互相上下移動讓龍寶寶沿繩子往上爬，為什麼雙手互相拉繩子就可以讓龍寶寶沿著繩子往上爬呢?藉由分別造成左右邊繩子和吸管接觸時所產生的摩擦力，讓龍寶寶不會因為重力滑下來，而因為雙手互相上下移動，導致左右邊摩擦力的不同，讓龍寶寶可以藉由雙手互相上下移動，讓龍寶寶沿繩子往上爬。



(圖一)

二.認識摩擦力

既然知道是因為摩擦力了，首先當然需要知道摩擦力的圖形 (如下圖二)，看了摩擦力的圖形後可以知道摩擦力有最大值，這最大值稱為最大靜摩擦力，當拉力超過最大靜摩擦力時摩擦力會直接往下降到動摩擦力，因為摩擦力急劇下降所以此時可能產生滑動(施力超過最大靜摩擦力時可能產生滑動)

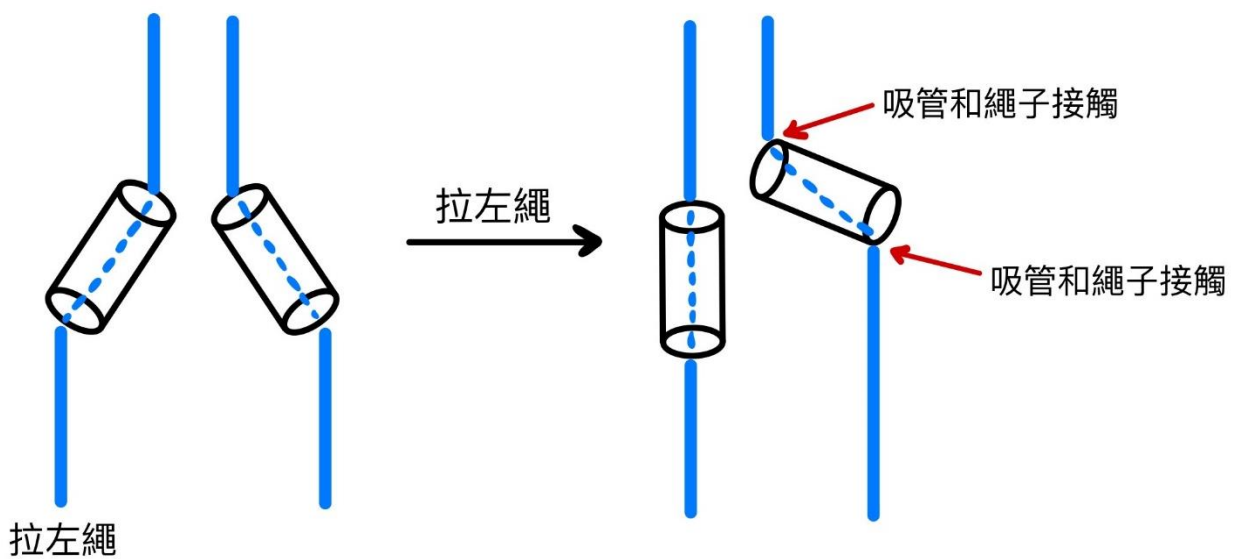


(圖二)

最大靜摩擦力 f_s 公式 $f_s = \mu_s \times N$ (f_s :最大靜摩擦力； μ_s :靜摩擦係數； N :垂直於接觸面的力)，可以看出最大靜摩擦力和靜摩擦係數、垂直於接觸面的力有關，而 μ_s 是由接觸面材質和物體材質所決定，越粗糙 μ_s 越大(因為冰的 μ_s 較小，所以在冰面走路容易滑倒)，而垂直於接觸面的力就和施的力有關係了。

三. 理解為什麼龍寶寶不會因為重力往下掉

當我們在拉左邊繩子的時候將八字形左邊的吸管幾乎拉成鉛直方向，使右邊吸管和右邊繩子有所接觸(因為拉左邊繩子會使左邊繩子張力變大不容易彎曲，這樣左邊繩子和左邊就不會被強制碰在一起了，而物體也要有接觸才有摩擦力)，導致右邊繩子和右邊吸管之間產生摩擦力，龍寶寶就不會因重力而往下掉，右邊吸管就會被線卡住而隨繩子往上移(如下圖三)。同理，拉右邊繩子的時候將八字形右邊的吸管幾乎拉成鉛直方向，使左邊吸管和左邊繩子有所接觸，導致左邊繩子和左邊吸管之間產生摩擦力，龍寶寶就不會因重力而往下掉，因此左邊吸管就會被線卡住而隨著繩子往上移。

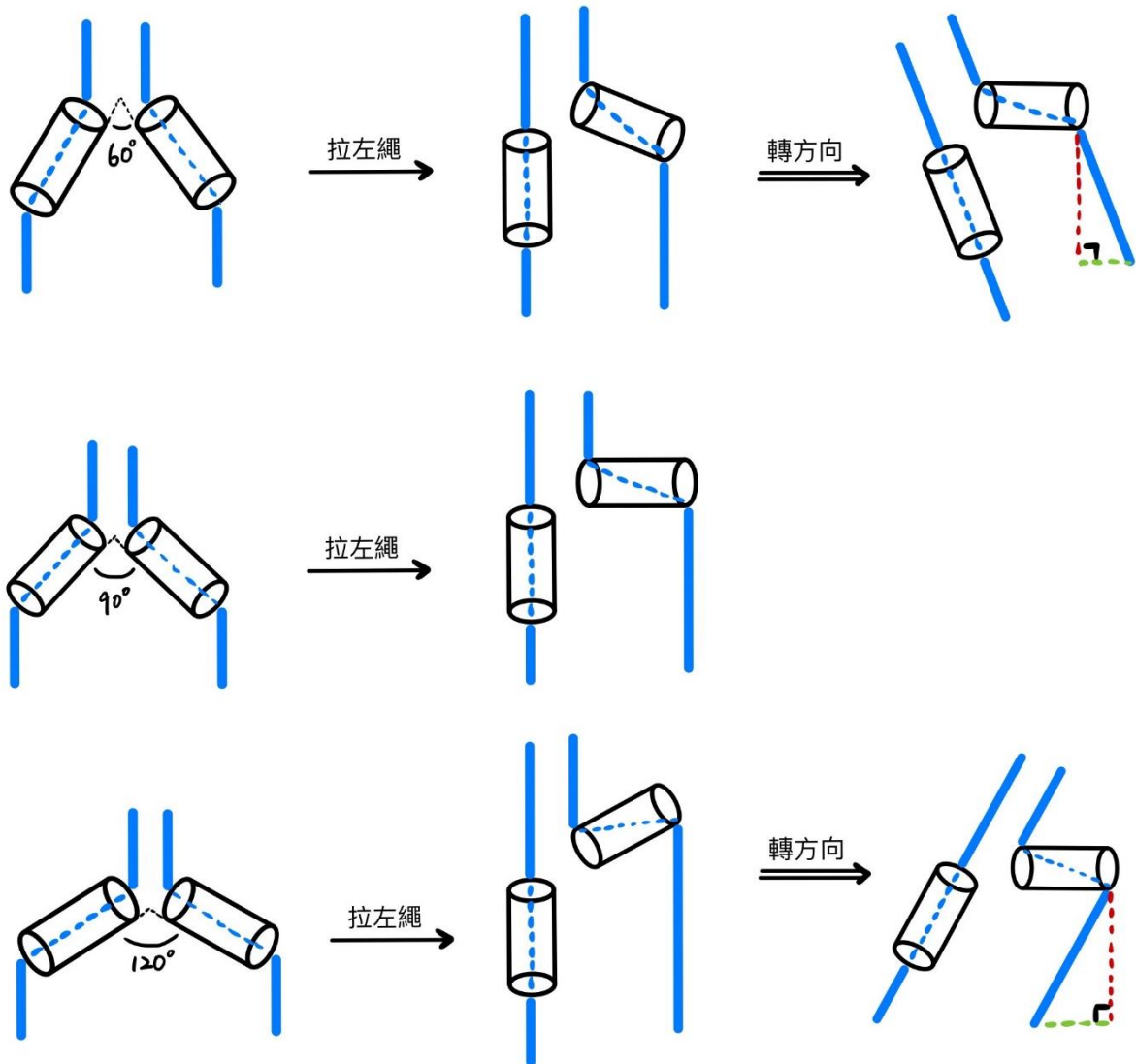


(圖三)

四. 探討吸管角度對龍寶寶爬樹的影響

知道操作原理後知道左拉繩子是為了讓右邊繩子和吸管產生摩擦力，所以這兩根吸管不能互相平行而是需要夾一定的角度，那這樣夾的角度是否和龍寶寶爬樹有著什麼樣的關係？

那我們就分別以 60° 、 90° 、 120° 來看看這 3 個角度分別有什麼差別(如下圖四)



(圖四)

- 兩根吸管張開 60° : 可看到吸管和繩子不是垂直的
- 兩根吸管張開 90° : 可看到吸管和繩子是垂直的
- 兩根吸管張開 120° : 可看到吸管和繩子不是垂直的

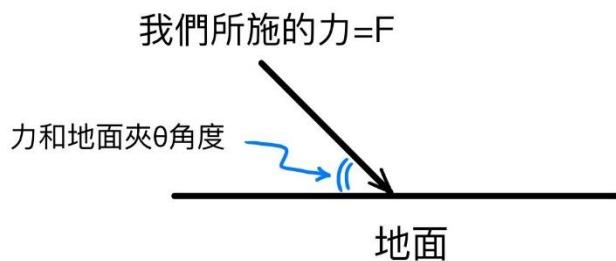
由前面介紹摩擦力知道，當施力超過最大靜摩擦力時可能產生滑動，產生滑動時龍寶寶就沒辦法順利得爬樹了，若不想產生滑動的話可以提高最大靜摩擦力的值讓施力比較難超過最大靜摩擦力，而由最大靜摩擦力公式 $f_s = \mu_s \times N$ 知道當我們提高 μ_s 或是 N 得時候可以提高大靜摩擦力的值。此時繩子和吸管都是同樣的所以 μ_s 值(μ_s

值的大小由材質所決定)是一樣的 60° 、 90° 、 120° 的 μ_s 值是沒有差別的，而 N 值是由垂直於接觸面的力決定(垂直於接觸面的力越大 N 值越大)，吸管張開 60° 和 120° 時可看到吸管和繩子不是垂直的，而吸管張開 90° 時可看到吸管和繩子是垂直的，所以當我們拉繩子時所施的力都一樣時表示：

- 吸管張開 60° 和 120° 時(吸管和繩子不是垂直的):我們所施的力和吸管不是垂直的
- 吸管張開 90° (吸管和繩子是垂直的):我們所施的力和吸管是垂直的

所以吸管張開 60° 和 120° 時，我們所施的力有一些被分散了，導致們所施的力讓 N 值下降了，因為垂直吸管的力減少了， N 值下降就會導致最大靜摩擦力 f_s 下降，最大靜摩擦力 f_s 下降就會讓龍寶寶較容易產生滑動(龍寶寶容易滑倒，這樣就比較難爬樹了)，所以角度會最大靜摩擦力 f_s 有關，那這樣我們要如何改寫最大靜摩擦力公式讓我們能夠直觀的看出最大靜摩擦力和角度有關係？

因為 N 是表示我們施的力有多少是在垂直方向的(假如我們所施的力和水平面夾角為 θ (如下圖五)，此時我們施的力 F 是斜的表示不是所有的力都在垂直方向的，垂直方向的力就變成 $F \times \sin \theta$ ，所以我們不是用施力不是 F ，而是要用 $F \times \sin \theta$ 來表示垂直方向的力，所以我們就可以用 $F \times \sin \theta$ 來替換掉 N 值了



(圖五)

所以最大靜摩擦力 f_s 公式改寫成 $f_s = \mu_s \times N = \mu_s \times F \times \sin \theta$

這樣就很明顯的看出最大靜摩擦力 f_s 和角度是有關係的，而當我們兩根吸管都是擺垂直的話，我們的力就不會垂直於吸管，這表示 N 值為零，導致根本不會有摩擦力，所以龍寶寶根本爬不上去，由公式 $f_s = \mu_s \times N = \mu_s \times F \times \sin \theta$ 當我們兩根吸

管都是擺垂直的話，也就是我們所施的力和吸管夾角為 0° ， θ 就是 0° ($\sin 0^\circ = 0$)

所以 $f_s = \mu_s \times N = \mu_s \times F \times \sin \theta = \mu_s \times 0 = 0$ ，表示最大靜摩擦力等於零，摩擦力最大值是零，表示摩擦力是零，所以龍寶寶無法往上爬樹。

五. 探討不同材質的吸管、繩子對龍寶寶爬樹的影響

最大靜摩擦力 f_s 公式為 $f_s = \mu_s \times N = \mu_s \times F \times \sin \theta$ ，此時我們沒有改變任何的角
度，表示 θ 不變，這樣能影響最大靜摩擦力就只剩下靜摩擦係數 μ_s 了，而能影響摩
擦係數 μ_s 的就是吸管和繩子的材質了，所以我們可藉由改變不同材質的吸管、繩
子來看看是否會讓龍寶寶比較好爬樹。

六. 摩擦力應用

1. 走路滑倒?

不知道大家是否想過，我們在走路的時候腳明明是向後用力(施力向後)，但是我們卻是向前運動，這就像是我們往前推一個東西，而該物品卻往後移動!!!人之所以能向前走動就是因為有摩擦力，人向地板施一個向後的力，而摩擦力給我們一個向前的力(見下補充:摩擦力的方向和我們所施的力方向相反)，因為有摩擦力這一個向前的力我們才能往前走。所以當摩擦力降低的話我們就會覺得走路很難走。

例子 1:在冰面上走路很容易滑倒，就是因為冰比較滑(意思就是摩擦力降低)，我們就會覺得走路很難走，導致我們容易滑倒。

例子 2:踩到香蕉皮滑倒，也是因為香蕉皮比較滑(意思就是摩擦力降低)，我們就會覺得走路很難走，導致我們容易滑倒(2014 搞笑諾貝爾物理獎—香蕉皮的摩擦係數:香蕉皮白面中富含一種稱之為囊泡多糖凝膠的成份，當受到踩壓時會被擠成均勻軟膠，提供了良好的潤滑效果，所以香蕉皮很滑，踩到香蕉皮容易滑倒)

補充:當我們在推物品的時候，明明有用力推但都推不動，就是因為有摩擦力，你向前推物品，給物品一個向前的力，但物品卻不動，就是因為有一個反方向的力，這個反方向的力就叫摩擦力，所以「摩擦力的方向和我們所施的力方向相反」

2. 人是否會漏財?

人們為什麼可以輕易拿起千元鈔票而不會滑掉，就是因為有摩擦力的作用，所以如果沒有摩擦力的話，我們拿千元鈔票就像拿著很滑很滑的東西一樣很容易滑掉，這樣就會導致漏財。