

屏東縣第 60 屆國中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：物理科

組 別：國小組

作品名稱：『毛』隨知見

關 鍵 詞： 摩擦、力、振動、_____（最多三個）

編號：A2010

製作說明：

- 1.說明書封面僅寫科別、組別、作品名稱及關鍵詞。
- 2.編號：由承辦學校統一編列。
- 3.封面編排由參展作者自行設計。

作品名稱：『毛』隨知見

摘要：

在社團活動知道了這個好玩的遊戲後，大家都非常興奮，想要知道毛毛蟲是怎樣跑的原因，也想要製造出最強的毛毛蟲與同學比賽，我們從三個方向進行探索，分別是（1）毛毛蟲的競技場、（2）毛毛蟲的形狀與（3）摩擦的方式。

在老師的鼓勵下，我們進行一連串的實驗，從研究結果發現：毛毛蟲的前進受到幾個方面的影響：

（1）競技場方面：底板的材質、橡皮筋的粗細、底板放置的穩定度、橡皮筋位置的高低等的影響（2）毛毛蟲方面：毛長、毛向、重量、中心軸線的影響（3）摩擦方面：摩擦物的粗糙程度、摩擦的方式等等的影響。所以要贏得比賽，是有方法的，並不是隨機亂玩就能贏的。

研究動機：

社團活動時，老師教我們一種好玩的遊戲，材料簡單又好玩。只要兩根釘子、一塊木板加上一條橡皮筋。再到操場找一些草的花穗，就能夠進行我們的競賽遊戲。我從來沒想過原來以前的人童年也能這麼有趣，我以為沒有手機、平板的他們，小時候一定很無聊。沒想到隨便的幾樣東西就能做出一個戰鬥場。為了瞭解影響它前進的原因有哪些？還有改進我的毛毛蟲的戰鬥力，我們幾個同學去找老師看看如何改良，老師也覺得有趣，就鼓勵我們去探討看看。

壹、研究目的

- 一、瞭解蟲蟲行走的原因
- 二、探討影響蟲蟲行走快慢的因素
- 三、找出怎樣增強速度及打敗對手的設計方法

貳、研究設備及器材

材料：鐵釘、橡皮筋、木板、毛根、石頭、指甲鉸刀

參、研究過程或方法

一、蟲蟲往哪裡走？

（一）實驗說明：首先我想知道是什麼影響蟲蟲走向的原因？

由於野外的植物花穗不好控制我們所要的條件，所以我們找來相似的毛根作為研究材料。

（二）實驗步驟：根據觀察我們假設影響毛毛蟲的走向因素，可能為以下幾種：1、毛根的形狀 2、摩擦的位置 3、毛根的毛方向

所以我們設計幾個方式來測試：

1、毛根的形狀以（勺）頭大尾小（勺）頭小尾大來測試

(1) 將長 2CM 毛根剪成（勺）頭大尾小：



（勺）頭小尾大：



(2) 將取 10CM 的鐵釘兩支，釘在相距 20CM 的木板上

(3) 取長 5CM 的橡皮筋一條拉長跨掛在兩支鐵釘上

(4) 將毛根放於橡皮筋上，以長 14CM 的指甲銼刀摩擦看毛根往那邊走？

項 目 \ 變 因	頭大尾小	頭小尾大
毛蟲走向 (以摩擦端做為起點)	往前走	往後走
分析	毛根以毛端接觸橡皮筋面積大的方向走	

2、毛根的毛向以（勺）毛向右端（勺）毛向左端來測試

(1) 將長 2CM 毛根的毛刷成：（勺）毛向右端（勺）毛向左端

(2) 取 10CM 的鐵釘兩支，釘在相距 20CM 的木板上

(3) 長 5CM 的橡皮筋一條拉長跨掛在兩支鐵釘上

(4) 將毛根放於橡皮筋上，以長 14CM 的指甲銼刀摩擦看毛根往那邊走？

項 目 \ 變 因	毛向右端	毛向左端
毛蟲走向	往左走	往右走
分析	毛根以毛向的反方向走	

3、摩擦的位置以（勺）毛蟲的近端（勺）毛蟲的遠端來測試

(1) 根據上述的實驗，我們取毛端向右的 2CM 毛根一隻

(2) 取 10CM 的鐵釘兩支，釘在相距 20CM 的木板上

(3) 取長 5CM 的橡皮筋一條拉長跨掛在兩支鐵釘上

(4) 先在右端的鐵釘摩擦，再改成左端摩擦，看毛根往那邊移動

變 因 項 目	右端摩擦	左端摩擦
毛蟲走向	往左走	往左走
分析	毛根的走向與摩擦端無關	

實驗討論：由上述的實驗我們發現，毛根的走向是以（1）毛向和（2）毛根的毛端與橡皮筋的接觸多少有關，與摩擦端無關。由於毛根的形狀不易剪裁，所以接下來的實驗都以毛向向右的 2CM 毛根來做實驗。

二、底板材質是否影響毛根的速度？

（一）實驗說明：我們想要瞭解是什麼因素影響到毛根的前進速度，首先我們想到是否是底板的材質？所以我們收集不同材質的底板來做做看

（二）實驗步驟：

- 1、將不同材質的底板：木板、塑膠板、紙板、保力龍板
- 2、裁成面積同為 40CM*15CM 的底板
- 3、取毛端向右的 2CM 毛根一隻
- 4、將取 10CM 的鐵釘兩支，釘在相距 20CM 的板上
- 5、取長 5CM 的橡皮筋一條拉長跨掛在兩支鐵釘上
- 6、由同一位學生，以長 14CM 的指甲銼刀，以倒拉的形式，摩擦一次，盡量控制時間相同。
- 7、量取毛根前進的距離，做五次求取平均值。

（三）實驗結果：

單位：CM

變 因 項 目	木板	塑膠板	紙板	保力龍板
毛根前進的平均距離	2	1.8	1.3	1.1
分析	最快			最慢

（四）實驗討論：

- （1）由於速度不好測量，所以我們改以同一位學生摩擦，來控制摩擦時間相同，再來量毛根前進的長度，來測試哪個速度快。
- （2）由實驗我們得知底板的材質會影響到毛根前進的速度，我們收集到的材料中以木板最快，保力龍板最慢。

(3) 雖然木板優於塑膠板，但兩者的差距並不顯著。

(4) 實驗中發現，紙板與保力龍板的釘子在摩擦的時候會有鬆動情形，可能是影響速度變慢的原因，所以接下來我們就研究底板穩定度對速度的影響。

三、木板的平穩度對毛毛蟲速度的影響？

(一) 實驗說明：接下來我們想要知道同一種材質下，底板的平穩度對毛根前進速度的影響如何？

(一) 實驗步驟：

- 1、 取面積為 40CM*15CM 的木板
- 2、 取 10CM 的鐵釘兩支，釘在相距 20CM 的板上
- 3、 將木板放在不同的墊板上：地毯、棉被、塑膠桌墊、木桌上
- 4、 取毛端向右的 2CM 毛根一隻
- 5、 取長 5CM 的橡皮筋一條拉長跨掛在兩支鐵釘上
- 6、 由同一位學生，以長 14CM 的指甲銼刀，以倒拉的形式，摩擦一次，盡量控制時間相同。
- 7、 量取毛根前進的距離，做五次求取平均值。

(三) 實驗結果：

變因 項目	地毯	棉被	塑膠桌墊	木製桌面
毛根前進的平均距離	1.7	1.5	2.2	2.0
分析		最短	最長	

(四) 實驗討論：

(1) 由實驗我們得知底板放置的穩定度會影響到毛根前進的速度。

(2) 我們發現穩定度最好的塑膠桌墊，毛根前進距離最長，而穩定度最差的棉被前進距離最短。

(3) 雖然塑膠桌墊優於木製桌面，但兩者的差距並不顯著。

(4) 實驗中發現，讓底板越穩定，毛根的行進會越穩定，也就走得越遠。

四、橡皮筋的鬆緊度對毛毛蟲速度的影響？

(一) 實驗說明：再來我們想到橡皮筋的鬆緊度對於毛根的前進速度會不會有影響？

(二) 實驗步驟：

- 1、 取面積為 40CM*15CM 的木板一塊
- 2、 取 10CM 的鐵釘兩支，分別釘在相距：6、10、15、20CM 的距離長度。
- 3、 取毛端向右的 2CM 毛根一隻
- 4、 取長 5CM 的橡皮筋一條拉長跨掛在兩支鐵釘上
- 5、 由同一位學生，以長 14CM 的指甲銼刀，以倒拉的形式，摩擦一次，盡量控制時間相同。
- 6、 量取毛根前進的距離，做五次求取平均值。

(三) 實驗結果：

變因 項目	6 公分	10 公分	15 公分	20 公分
毛根前進的平均距離(公分)	1.2	1.8	2.3	2.0
分析			最快	

(四) 實驗討論：

- (1) 由實驗我們得知橡皮筋的鬆緊度會影響到毛根前進的速度。
- (2) 我們發現，橡皮筋越緊，毛根行進會越快。
- (3) 但是太緊的橡皮筋(20 公分)因厚度變細了，而影響到毛根前進的速度，因為與毛根的接觸量變少了，反而比不上 15 公分的緊度。

五、 毛根絨毛的長短對毛毛蟲速度的影響？

(一) 實驗說明：再來我們想要瞭解毛根融毛的長短會不會影響它的前進

(二) 實驗步驟：

- 1、 取面積為 40CM*15CM 的木板一塊
- 2、 取 10CM 的鐵釘兩支，分別釘在相距 20CM 的距離長度。
- 3、 取長 2CM 毛根 4 隻，毛長分別為：4mm、8 mm、12 mm、16 mm
- 4、 取長 5CM 的橡皮筋一條拉長跨掛在兩支鐵釘上
- 5、 由同一位學生，以長 14CM 的指甲銼刀，以倒拉的形式，摩擦一次，盡量控制時間相同。
- 6、 量取毛根前進的距離，做五次求取平均值。

(三) 實驗結果：

變因 項目	4mm	8 mm	12 mm	16 mm

毛根前進的平均距離(公分)	2.0	1.8	—	—
分析			長度超過橡皮筋間隙太多以致跳落	長度超過橡皮筋間隙太多以致跳落

(四) 實驗討論：

- (1) 由實驗我們無法得知毛根的毛長是否會影響到毛根前進的速度。
- (2) 因為毛根的毛太長，超過橡皮筋間隙太多，容易掉落。
- (3) 所以毛根的長度還是以接近橡皮筋的間隙較為適合移動。(本研究的橡皮筋縫隙約為 3mm)

六、毛根的重量對毛毛蟲速度的影響？

(一) 實驗說明：再來我們想要知道毛根的重量，對於前進的速度有何影響？

(二) 實驗步驟：

- 1、取面積為 40CM*15CM 的木板一塊
- 2、取 10CM 的鐵釘兩支，分別釘在相距 20CM 的距離長度。
- 3、取長 2CM 毛根 4 隻，分別套上鐵絲環讓他們的重量不等，分別為：4mg、8 mg、12 mg、16 mg
- 4、取長 5CM 的橡皮筋一條拉長跨掛在兩支鐵釘上
- 5、由同一位學生，以長 14CM 的指甲銼刀，以倒拉的形式，摩擦一次，盡量控制時間相同。
- 6、量取毛根前進的距離，做五次求取平均值。

(三) 實驗結果：

變因 項目	4mg	8mg	12mg	16mg
毛根前進的平均距離(公分)	2	2	2.1	---
分析				太重有點陷入橡皮筋間隙中

(四) 實驗討論：

- (1) 由實驗我們得知毛根的重量不會影響到毛根前進的速度（至少在我們研究的重量中是這樣，至於其它的重量情形我們就不知道了）。
- (2) 但太重的毛根會陷入橡皮筋間隙中，以致不易前進。

(3) 所以毛根的重量雖不會影響前進速度但也不能太重。

七、毛根中心軸線的形狀對毛毛蟲速度的影響？

(一) 實驗說明：再來探討毛根的中心軸線對於前進速度的影響。

(二) 實驗步驟：

- 1、取面積為 40CM*15CM 的木板一塊
- 2、取 10CM 的鐵釘兩支，分別釘在相距 20CM 的距離長度。
- 3、取長 2CM 毛根 4 隻，分別彎成：I、S、L、O 等形狀
- 4、取長 5CM 的橡皮筋一條拉長跨掛在兩支鐵釘上
- 5、由同一位學生，以長 14CM 的指甲鉸刀，以倒拉的形式，摩擦一次，盡量控制時間相同。
- 6、量取毛根前進的距離，做五次求取平均值。

(三) 實驗結果：

變因 項目	I形	S形	L形	O形
毛根前進的平均距離(公分)	2	1.1	1.	0.2
分析				

(四) 實驗討論：

- (1) 由實驗我們得知毛根的中心軸線對於它的前進影響很大。
- (2) 中心軸線要能挺直，前進的速度才會快。
- (3) 而中心軸線有彎曲，雖也能前進，但是速度不快。
- (4) 如果中心軸線成 O 形時，幾乎只會原地打鑽

八、橡皮筋的位置高低對毛毛蟲速度的影響？

(一) 實驗說明：皆下來我們要看看橡皮筋的位置對於毛根前進的快慢有無影響。

(二) 實驗步驟：

- 1、取面積為 40CM*15CM 的木板一塊
- 2、取 10CM 的鐵釘兩支，分別釘在相距 20CM 的距離長度。
- 3、取長 2CM 毛根 1 隻，放於橡皮筋上
- 4、取長 5CM 的橡皮筋一條拉長跨掛在兩支鐵釘上，但離板底的距離不同，分別為：2、3、4、6 公分
- 5、由同一位學生，以長 14CM 的指甲鉸刀，以倒拉的形式，摩擦一

次，盡量控制時間相同。

6、量取毛根前進的距離，做五次求取平均值。

(三) 實驗結果：

變因 項目	離板底 2CM	離板底 3CM	離板底 4CM	離板底 6CM
毛根前進的平均距離(公分)	1.4	1.6	1.6	2.1
分析				

(四) 實驗討論：

- (1) 由實驗我們得知毛橡皮筋離底板的高低對於毛根的前進是有影響的。
- (2) 離底板越高，會前進的越快
- (3) 不過在中段的位置，影響的差異性不大。

九、 摩擦的材料對毛毛蟲速度的影響？

(一) 實驗說明：再來我們要研究摩擦的材料對於，毛根前進的影響

(二) 實驗步驟：

- 1、取面積為 40CM*15CM 的木板一塊
- 2、取 10CM 的鐵釘兩支，分別釘在相距 20CM 的距離長度。
- 3、取長 2CM 毛根 1 隻, 放於橡皮筋上
- 4、取長 5CM 的橡皮筋一條拉長跨掛在兩支鐵釘上
- 5、由同一位學生，分別以長 14CM 的(指甲銼刀、磁磚、紅磚塊、木條)，以倒拉的形式，摩擦一次，盡量控制時間相同。
- 6、量取毛根前進的距離，做五次求取平均值。

(三) 實驗結果：

變因 項目	指甲銼刀	磁磚	紅磚塊	木條
毛根前進的平均距離(公分)	2.0	0.9	1.6	1.2
分析	表面最粗糙	表面最光滑		

(四) 實驗討論：

- (1) 由實驗我們得知不同的材質對於毛根的前進影響很大。
- (2) 這跟材質的表面粗糙程度有關，本實驗中，以指甲銼刀的表面最粗糙，所以前進的距離最長。

十、 摩擦的方式對毛毛蟲速度的影響？

(一) 實驗說明：再來我們想要知道摩擦的方式對於毛根前進的影響

(二) 實驗步驟：

- 1、 取面積為 40CM*15CM 的木板一塊
- 2、 取 10CM 的鐵釘兩支，分別釘在相距 20CM 的距離長度。
- 3、 取長 2CM 毛根 1 隻, 放於橡皮筋上
- 4、 取長 5CM 的橡皮筋一條拉長跨掛在兩支鐵釘上
- 5、 由同一位學生，分別以長 14CM 的指甲銼刀以不同的方式：向左、向右、向上、向下的形式，摩擦一次，盡量控制時間相同。
- 6、 量取毛根前進的距離，做五次求取平均值。

(三) 實驗結果：

變因 項目	向右摩擦	向左摩擦	向上摩擦	向下摩擦
毛根前進的平均距離(公分)	1.6	2.1	1.1	1.4
分析	較佳	較佳		

(四) 實驗討論：

- (1) 由實驗我們得知不同的摩擦方式會影響毛根的前進距離。
- (2) 而左右摩擦的方式比上下摩擦來的好些。
- (3) 而向左會比向右來得好，是因為我們觀察到銼刀的摩擦面是斜向的，以致向左摩擦時是逆向，產生的力量較大。

十一、 以不同時間摩擦一次對毛毛蟲前進距離的影響？

(一) 實驗說明：接下來我們想要知道，摩擦的速度對於毛根前進的速度有何影響

(二) 實驗步驟：

- 1、 取面積為 40CM*15CM 的木板一塊
- 2、 取 10CM 的鐵釘兩支，分別釘在相距 20CM 的距離長度。
- 3、 取長 2CM 毛根 1 隻, 放於橡皮筋上
- 4、 取長 5CM 的橡皮筋一條拉長跨掛在兩支鐵釘上

- 5、由同一位學生，以長 14CM 的指甲銼刀，以倒拉的形式，摩擦一次，控制時間分別是：快速（1 秒以下）、2 秒、3 秒、4 秒。
- 6、量取毛根前進的距離，做五次求取平均值。

(三) 實驗結果：

變因 項目	快速	2 秒	3 秒	4 秒
毛根前進的平均距離(公分)	2.0	2.0	1.9	2.0
分析				

(四) 實驗討論：

(1) 由實驗我們得知，摩擦一次的速度快慢對於毛根前進的距離影響不大。

(2) 由上得知，週期（摩擦一次所需的時間）對前進的距離影響不大。

十二、相同時間左右摩擦的次數不同時對毛毛蟲前進距離的影響？

(一) 實驗說明：接下來我們想要知道，摩擦的快慢對於毛根前進的速度有何影響

(二) 實驗步驟：

- 1、取面積為 40CM*15CM 的木板一塊
- 2、取 10CM 的鐵釘兩支，分別釘在相距 20CM 的距離長度。
- 3、取長 2CM 毛根 1 隻，放於橡皮筋上
- 4、取長 5CM 的橡皮筋一條拉長跨掛在兩支鐵釘上
- 5、由同一位學生，以長 14CM 的指甲銼刀，以左右拉動的形式，在 2 秒內，分別拉動：1 次（左右算一次）、2 次、3 次、4 次。
- 6、量取毛根前進的距離，做五次求取平均值。

(三) 實驗結果：

變因 項目	1 次	2 次	3 次	4 次
毛根前進的平均距離(公分)	3.9	6.0	8.3	11.4
分析				

(四) 實驗討論：

(1) 由實驗我們得知，摩擦的頻率快慢對於毛根前進的距離影響很大。

(2) 頻率越多，距離越遠。

十三、橡皮筋的粗細對毛根前進的影響？

(一) 實驗說明：接著我們想要知道，橡皮筋的粗細對前進會有怎樣的情形

(二) 實驗步驟：

- 1、取面積為 40CM*15CM 的木板一塊
- 2、取 10CM 的鐵釘兩支，分別釘在相距 20CM 的距離長度。
- 3、取長 2CM 毛根 1 隻, 放於橡皮筋上
- 4、取長 5 公分，但粗、細不同的橡皮筋兩條，拉長跨掛在鐵釘上
- 5、由同一位學生，以長 14CM 的指甲銼刀，以倒拉的形式摩擦 1 次，每次拉的時間盡量控制相同。
- 6、量取毛根前進的距離，做五次求取平均值。

(三) 實驗結果：

變因 項目	細橡皮筋	粗橡皮筋
毛根前進的平均距離(公分)	2.8	2.0
分析		

(四) 實驗討論：

- (1) 由實驗我們得知，橡皮筋的粗細對毛根的前進有影響
- (2) 長度相同的兩橡皮筋，以細的橡皮筋，毛根的前進距離較長。
- (3) 好玩的是，摩擦方式相同，只是改變橡皮筋的粗細，前進的距離就改變了。

十四、兩條橡皮筋連接的影響？

(一) 實驗說明：再來我們想要知道，毛根在兩條相接的橡皮筋上前進會有怎樣的情形

(二) 實驗步驟：

- 1、取面積為 40CM*15CM 的木板一塊
- 2、取 10CM 的鐵釘兩支，分別釘在相距 20CM 的距離長度。
- 3、取長 2CM 毛根 1 隻, 放於橡皮筋上
- 4、取粗細兩種不同的橡皮筋用快乾膠連接，方式分別是細跟細、粗跟粗、細跟粗，然後拉長跨掛在兩支鐵釘上
- 5、由同一位學生，以長 14CM 的指甲銼刀，以倒拉的形式摩擦 5 次，每

次拉的時間盡量控制相同。

6、量取毛根前進的距離，做五次求取平均值。

(三) 實驗結果：

變因 項目	細跟細的連接	粗跟粗的連接	細跟粗的連接 (由細走向粗)	粗到細的連接 (由粗走向細)
毛根前進的平均距離(公分)	8.3	6.1	——	——
分析			在銜接處掉落	在銜接處掉落

(四) 實驗討論：

- (1) 由實驗我們得知，用兩條銜接的橡皮筋的粗細要越接近越好前進
- (2) 而細的銜接會比用粗的銜接，前進的距離較長
- (3) 粗細不同的銜接則在銜接觸毛根會因轉向而掉落。

伍、研究結果：

根據本研究的測試我們得到以下的結果：

- 1、毛根的走向，是以(1)毛根的毛向和(2)毛與橡皮筋的接觸量的多寡有關。
- 2、底板的材質對於毛根的前進速度也會有影響，而以釘子定得最牢靠的木板為最好的材料。
- 3、底板的穩定度也是對於毛根前進速度有關的因素之一，穩定度越佳，毛根前進的速度就越好。
- 4、橡皮筋的鬆緊度，對於毛根的前進速度也是有影響，根據本實驗得知，同條橡皮筋，繃得越緊，可讓速度越快，但是若拉得太緊，讓橡皮筋太細而與毛根的接觸量太少也會降低速度的。
- 5、毛根的毛長，以接近橡皮筋的縫隙多一點點為佳，太長則容易掉落。
- 6、毛根的重量，對於毛根前進速度影響不大，不過以不能讓毛根陷入橡皮筋縫隙為準。
- 7、毛根的中心軸線對於毛根前進的速度影響很大，一定要讓其越直越好，才不會讓毛根產生走偏的現象，影響前進速度。
- 8、橡皮筋位置的高低，對於毛根前進的速度也有影響，而且越高越好。

- 9、 摩擦的材料表面越粗糙，會讓毛根前進的越快。
- 10、 而摩擦的方式左右摩擦會比上下摩擦來得更好，能讓毛根走得較快。
- 11、 而只要是摩擦一次毛根前進的距離都很接近，跟摩擦的速度無關
- 12、 橡皮筋的粗細也會影響毛根前進的速度，而以較細的橡皮筋較好。
- 13、 致於我們想要以連接橡皮筋的方式，增長我們的比賽距離，結果發現會讓毛根容易掉落，毛根會有自動轉彎的現象。而連接的橡皮筋粗細差越大，就越容易掉下。

陸、 討論：

一、 蟲蟲往哪裡走？

- (一) 實驗我們發現，毛根的走向是以(1)毛向和(2)毛根的毛端與橡皮筋的接觸多少有關，與摩擦端無關。
- (二) 我們推測是因為接觸產生的摩擦力而生的反作用力讓毛根前進，所以走向與毛像是相反方向。

二、 底板材質是否影響毛根的速度？

- (一) 底板材質影響毛根的前進速度，應是與鐵釘的固定程度有關，越不容易固定的越加減弱了橡皮筋的震動，而影響到毛根的速度。
- (二) 在這個實驗中，為了達到摩擦的時間能維持一致性，我們固定由同一位同學來操作，且練習多次讓時間能較相同，以減少誤差，不過若能有更好的方法，應是我們改進的首要重點。

三、 木板的平穩度對毛毛蟲速度的影響？

- (一) 穩定度以木板底下墊塑膠桌墊最好，是因為桌墊提供了摩擦時木板搖晃的緩衝，讓木板不至於晃動的太厲害。

四、 橡皮筋的鬆緊度對毛毛蟲速度的影響？

- (一) 橡皮筋越緊，毛根行進會越快。應是橡皮筋越緊震動的次數會越多，使得毛根前進得較快

五、 毛根絨毛的長短對毛毛蟲速度的影響？

- (一) 此實驗是個不好的設計，因為市售的毛根都是短短的，為了加長長度，我們用硬毛刷來代替，以致長毛的毛根，中心較高容易掉落，難以比較以獲得結論。

六、 毛根的重量對毛毛蟲速度的影響？

- (一) 此實驗在少量的重量差之下看不出重量對毛根前進有何影響，至於重量差較大時是否有影響，就不知道了，因此結論是有其侷限的，並不能適用各種情境。

七、 毛根中心軸線的形狀對毛毛蟲速度的影響？

- (一) 中心軸線有彎曲，雖也能前進，但是速度不快，而且容易掉

落，因為軸線影響絨毛的接觸方式，使得反作用力不一致而讓力互相抵銷了。

八、橡皮筋的位置高低對毛毛蟲速度的影響？

(一) 由於摩擦是在釘子的頂端，所以越高位置的橡皮筋震動會越大，使得毛根的速度會較快。

九、摩擦的材料對毛毛蟲速度的影響？

(一) 摩擦的粗糙會影響毛根前進的速度，應是粗糙的面造成的震動次數較多，而使得橡皮筋震動的越多。

十、摩擦的方式對毛毛蟲速度的影響？

(一) 向左會比向右來得好，是因為我們觀察到銼刀的摩擦面紋路與被摩擦物成垂直關係，較易產生震動

十一、摩擦的速度對毛毛蟲速度的影響？

(一) 由於時間的掌控不易，所以請執行的同學多練習幾遍，再來操作。

(二) 而我們得到的結果是，不管快拉、慢拉，只要是摩擦過一次前進的距離就相等。

十二、橡皮筋的粗細對毛根前進的影響？

(一) 我們發現細橡皮筋因為較易產生震動，所以可使毛根移動較快。

十三、兩條橡皮筋連接的影響？

(一) 我們發現橡皮筋相連會讓毛根有轉向的現象進而掉落，而不是因為高低不平而掉落。似乎是因為兩條相接的橡皮筋產生的震動不相同而引起的，這部分值的探討。

柒、結論：

綜合以上，為求毛毛蟲跑得快應從三個方向來改進：

(1) 競技場方面：競技場應以較硬的材質做底板，最好底下再墊一層塑膠桌墊以維持穩定。而橡皮筋以較細的圈條較佳，另外橡皮筋的位置以越接近釘子的頂端越好。

(2) 毛毛蟲方面：以中心軸線越直越好，毛長以能跨接橡皮筋細縫的長度就好，越長反而越不好。

(3) 摩擦方面：摩擦物越粗糙越好、而摩擦的方式以左右摩擦較佳。

柒、建議：

一、本研究在摩擦的力度控制上，由學生來操控，較不理想。建議日後對此議題有興趣之研究者，可藉由彈簧或橡皮筋、、、等等的機械設計讓力度控制較一致性。

二、本研究的影響因素很多，除了有摩擦力、振動頻率、能量的傳遞、、、等等，不一而足，本研究的結論只是我們研究的暫時成果。建議有興趣之研

究者，可再從橡皮筋的振動頻率與能量的傳遞方式著手，讓研究成果更符合真實狀況。

玖、參考資料及其他
漢聲。中國童玩

