

中華民國第 63 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 物理科

080118

甜言蜜「羽」----羽球拍甜蜜點之探究

學校名稱：基隆市七堵區五堵國民小學

作者： 小五 呂元辰 小五 吳孟霏 小五 溫承竣	指導老師： 莊旭瑋 黃國銓
---	-----------------------------

關鍵詞： 甜蜜點、羽球拍、羽球

摘要

我們將長條棒狀物，一端固定後水平轉動落下撞擊鐵球，測量鐵球擺盪的高度，來尋找其打擊甜蜜點。我們發現棒狀物的長度和寬度都不會改變甜蜜點在全長的比例位置。而材質、重心的改變會影響甜蜜點在全長的比例位置。在實際測量羽球拍後發現，廠商會控制球拍重心將甜蜜點置於拍面正中央，讓使用者有較大的擊球面積，不易失誤。建議握把布也要盡量使用重量輕薄，以免改變球拍重心，導致甜蜜點下移，影響擊球力道。

壹、研究動機

某天，我和 2 個同學去打羽球，我發現打羽球好累而且也飛不遠。有一個同學是羽球隊的成員，所以我問他有沒有讓打羽球更省力的方法。但同學也不太懂，於是我們到學校去請教自然老師要如何讓打羽球更省力。老師說：「羽球拍的擊球點，有一個位置叫做『甜蜜點』，專家說打到甜蜜點的時候，球會飛得最遠。不然，我們來做個，實驗研究羽球拍的甜蜜點。」於是我們先上網查有關「甜蜜點」的資料，並開始設計及收集實驗要用的材料。

貳、研究目的

- 一、 了解棒狀物體撞擊時，影響甜蜜點位置的因素。
- 二、 了解羽球拍甜蜜點位置範圍及擊球表現。

參、研究問題

- 一、 了解影響棒狀物體撞擊時，影響甜蜜點位置的因素。
 - 1、不同長度的均勻棒狀物體對甜蜜點位置的影響？
 - 2、不同寬度的均勻棒狀物體對甜蜜點位置的影響？
 - 3、不同材質的均勻棒狀物對甜蜜點位置的影響？
 - 4、重心改變對棒狀物體甜蜜點位置的影響？
 - 5、甜蜜點在水平位置為何？

6、錐形棒狀物體底部寬度對甜蜜點位置的影響？

二、了解羽球拍甜蜜點位置範圍及擊球表現。

7、羽球拍最佳擊球範圍為何？

8、羽球拍重心改變是否影響其甜蜜點位置？

9、不同拍面角度擊球時，甜蜜點與其他位置表現的差異為何？

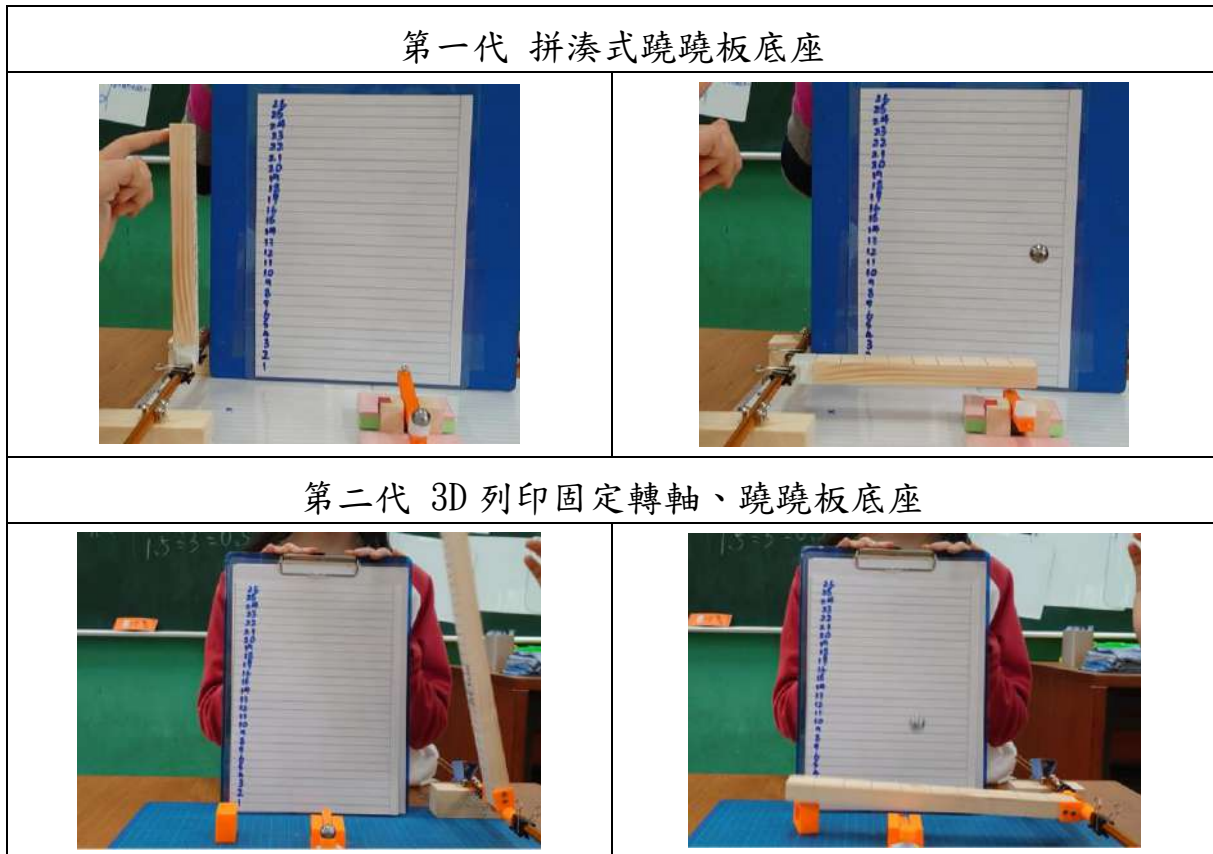
10、模擬羽球飛行時拍擊，甜蜜點與其他位置對球速的表現差異為何？

肆、研究方法與討論

第一、二代實驗平台：垂直倒下式

要測量棒狀物體的甜蜜點，需要對棒狀物各點撞擊並測量結果的實驗器材，我們參考了網路影片「【FUN 科學】切酒瓶挑戰(下一個被害的會是誰呢?)」(佑來了生活科學頻道)裡的實驗方式，讓棒狀物垂直倒下後讓它的各點位置撞擊一個蹺蹺板，而蹺蹺板的一端放置一顆鐵球，使撞擊力透過蹺蹺板傳送過來將鐵球彈起，並測量高度。

如下圖：



實驗材料：3D 列印蹺蹺板、鐵球、高度格線板、以及長度 20cm、30cm、40cm、

50cm 的木棒。

研究方法：

- 一、將長 20cm、寬 2.8cm、厚 1.8cm 的木棒，將它的長畫分出 10 等份。
- 二、把木棒一端固定在平台上，將它垂直立起。在它倒下的 $\frac{4}{10}$ 處放置蹺蹺板及鐵球。
- 三、在蹺蹺板處後方放置高度格線板(單位 1cm)。
- 四、讓木棒垂直倒下，撞擊蹺蹺板後使鐵球彈起，錄影紀錄鐵球彈起的最高高度。
- 五、進行 5 次的實驗，選取 5 次中最高的高度記錄下來。
- 六、依上述的方法，分別測量 $\frac{5}{10}$ 、 $\frac{6}{10}$ 、 $\frac{7}{10}$ 、 $\frac{8}{10}$ 、 $\frac{9}{10}$ 的位置。
- 七、最後更換木棒，在測量 30cm、40cm、50cm 長的木棒。

實驗結果：

位置 長度	$\frac{4}{10}$	$\frac{5}{10}$	$\frac{6}{10}$	$\frac{7}{10}$	$\frac{8}{10}$	$\frac{9}{10}$
30CM	16.5	17.5	17	16.5	8	5
40CM	15.5	21	18	18	18	15
50CM	22	21	17.5	15.5	25.5	18

(表一)

註：單位公分

討論：

1. 在實驗時，我們發現無規律性，與我們在網路上查到甜蜜點的位置介於 $\frac{6}{10}$ 到 $\frac{7}{10}$ 之間有很大的差別。
2. 我們便開始尋找造成誤差的可能性，經過檢視實驗器材後發現原因可能是：
 - (一) 木棒敲擊蹺蹺板時，蹺蹺板在各位置因木棒傾斜角度所產生作用距離不同。
 - (二) 蹺蹺板放置鐵球的底座包覆性不佳，鐵球容易滑落，導致撞擊力無法完全轉換成鐵球的上升高度。

- 我們不斷的調整木棒蹺蹺板的作用距離:發現太短，鐵球彈不起來，或高度差別不大。
- 修改鐵球座的包覆性，效果也不理想。在每個位置 5 次的實驗中，鐵球彈起的高度落差有些大。

第三代實驗平台：水平掉落式

因為垂直掉落式的實驗效果不好，我們就決定參考第 53 屆全國科展高中組「探究棒球棒的甜蜜點」(國立虎尾高級中學，魏紫芸;楊甯安;郭愉瑄)水平掉落式的實驗方式。將木棒一端活動固定，讓它從水平 0° 掉落成圓周運動至垂直 90° ，修改他們的實驗方式為在最低點位置用棉線懸掛鐵球。當木棒盪至最低點時撞擊鐵球，將鐵球彈起，測量鐵球擺盪的高度。(如下圖)



實驗結果：

木棒長 40CM

位置 長度	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次
$\frac{4}{10}$	9	9	9.5	9.5	9.5
$\frac{6}{10}$	11.5	12	12	12.5	12.5
$\frac{8}{10}$	17.5	17.5	18	18	17.5

(表二)

註:單位公分

我們在幾個位置測試了 5 次，發現其誤差皆為 0.5CM，所以我們決定使用這第三代實驗平台當作測量工具。

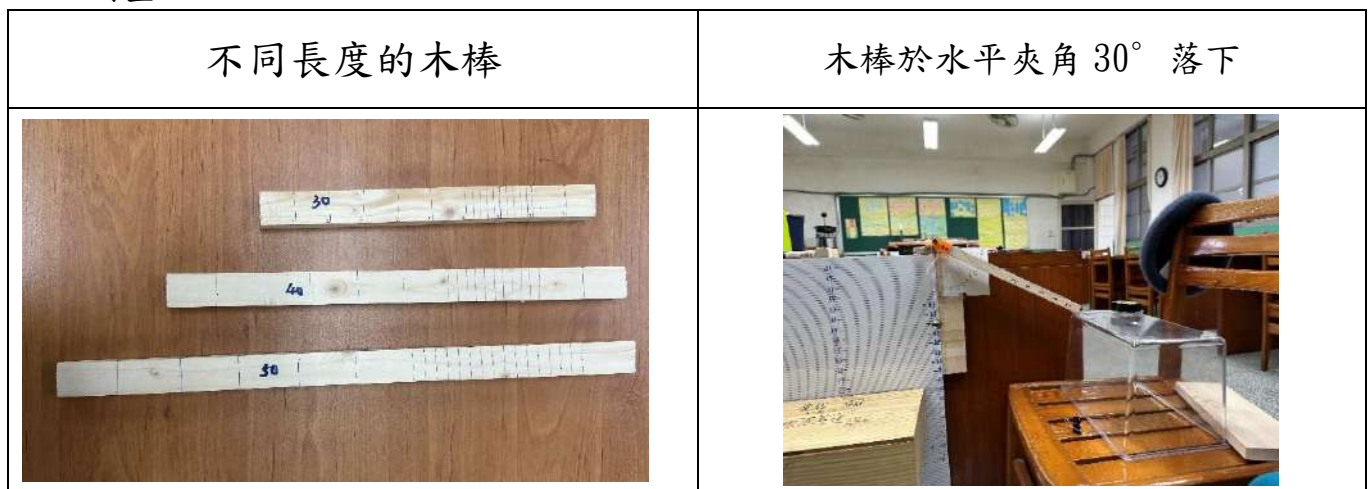
一、了解影響棒狀物體撞擊甜蜜點位置的因素。

實驗一、不同長度對均勻棒狀物體對甜蜜點位置的影響？

操縱的變因： 均勻木棒的長度

研究方法：

- 一、將長 30cm、寬 3cm、厚 1.8cm 的木棒，把它的長畫分出 10 等份並於其中央畫一垂直平分線，讓鐵球能夠撞擊各位置的正中央。
- 二、利用第三代實驗平台(水平掉落式)進行實驗，分別測量 $\frac{5}{10}$ 、 $\frac{6}{10}$ 、 $\frac{7}{10}$ 、 $\frac{8}{10}$ 、 $\frac{9}{10}$ 的位置。
- 三、每個位置進行 3 次實驗，選取 3 次當中彈跳最高的高度記錄下來。
- 四、最後更換木棒，再測量 40cm、50cm 長的木棒。
- 五、在實驗過程中發現 50cm 長的木棒在水平夾角 0° 時掉落，鐵球撞擊後擺動的幅度超過水平線，不易測量。所以我們將所有木棒改為水平夾角 30° 落下，重新測量。



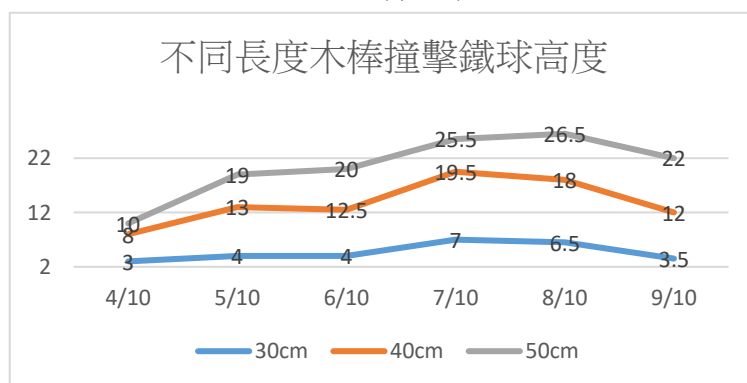
研究結果：

位置 長度	$\frac{4}{10}$	$\frac{5}{10}$	$\frac{6}{10}$	$\frac{7}{10}$	$\frac{8}{10}$	$\frac{9}{10}$
30CM	3	4	5	7	6.5	3.5
40CM	8	13	12.5	19.5	18	12

50CM	10	19	20	25.5	26.5	22
------	----	----	----	------	------	----

(表三)

註:單位公分



(圖一)

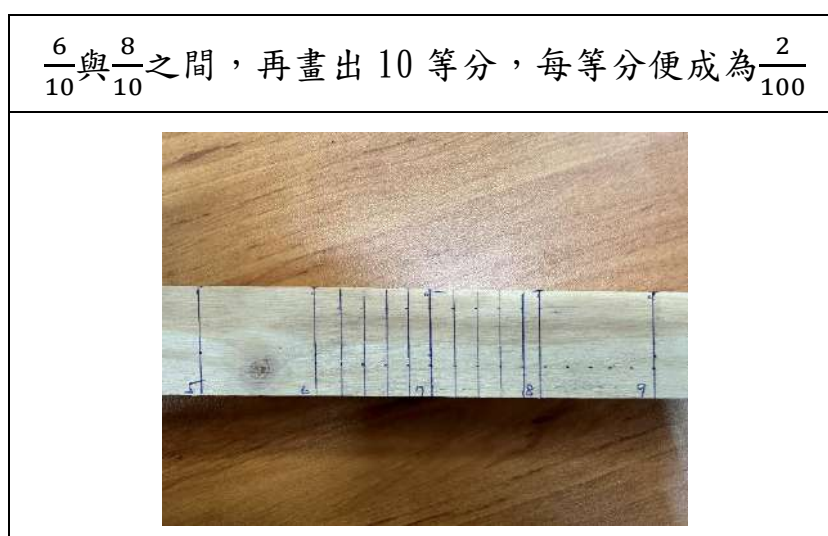
討論:

- 我們發現三個木棒長度，甜蜜點的位置大約介於 $\frac{7}{10}$ 與 $\frac{8}{10}$ 之間，和網路查到的甜蜜點 $\frac{6}{10}$ 與 $\frac{7}{10}$ 之間有些落差，所以我們決定再更精準測量。

實驗一.2

研究方法:

- 將 $\frac{6}{10}$ 與 $\frac{8}{10}$ 之間，再畫出 10 等分，每等分便成為 $\frac{2}{100}$ 。
- 將背板刻度從原本的 1cm 的間距改為 0.5cm，以便更精準判斷。
- 根據上述的實驗方式，分別測量這 10 個位置的鐵球彈跳高度，紀錄如下:

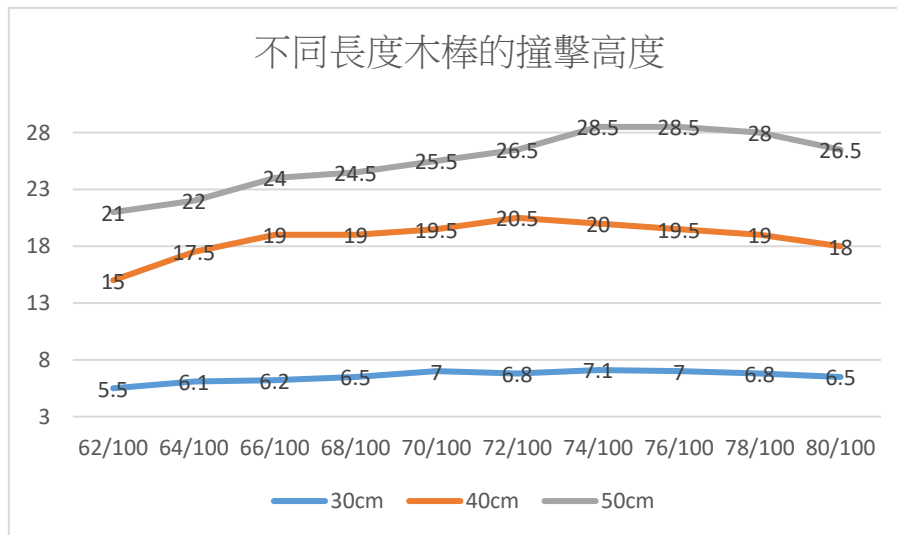


研究結果:

位置 長度	$\frac{62}{100}$	$\frac{64}{100}$	$\frac{66}{100}$	$\frac{68}{100}$	$\frac{70}{100}$	$\frac{72}{100}$	$\frac{74}{100}$	$\frac{76}{100}$	$\frac{78}{100}$	$\frac{80}{100}$
30CM	5.5	6.1	6.2	6.5	7	6.8	7.1	7	6.8	6.5
40CM	15	17.5	19	19	19.5	20.5	20	19.5	19	18
50CM	21	22	24	24.5	25.5	26.5	28.5	28.5	28	26.5

(表四)

註：單位公分



(圖二)

實驗結果討論：

1. 從圖二可看出，30cm、40cm、50cm 長度的木棒甜蜜點大約是在 $\frac{72}{100}$ 與 $\frac{76}{100}$ 之間。
2. 與我們查到的資料甜蜜點大約落在 $\frac{6}{10}$ 與 $\frac{7}{10}$ 之間不同。

上個實驗不同長度的均勻木棒實驗結果與預期的結果不同，於是我們就想不

同寬度是不是會影響木棒的甜蜜點位置，而甜蜜點也會落在 $\frac{7}{10}$ 與 $\frac{8}{10}$ 之間嗎？

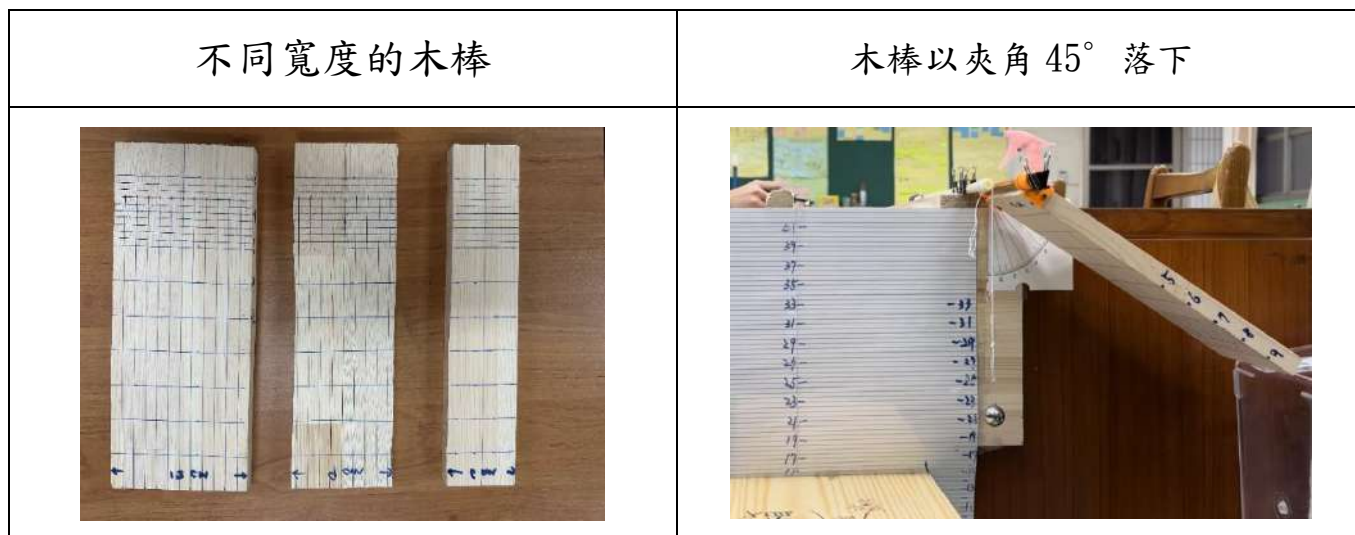
實驗二：不同寬度對均勻棒狀物體甜蜜點位置的影響？

我們找了一塊長 30cm 的木板，把它切成不同寬度 6cm、9cm、12cm 三種不同寬度的長形木棒，進行實驗。

操縱的變因： 均勻木棒的寬度

研究方法：

- 一、將三種寬分別為 6cm、9cm、12cm 的木棒，分別按照第三代實驗平台(水平掉落式)先進行 10 等分的實驗測量。
- 二、發現甜蜜點位置大約在 $\frac{7}{10}$ 與 $\frac{9}{10}$ 之間，再分成 10 等分進行 $\frac{2}{100}$ 的實驗測量。
- 三、木棒以與水平夾角 45° 落下。



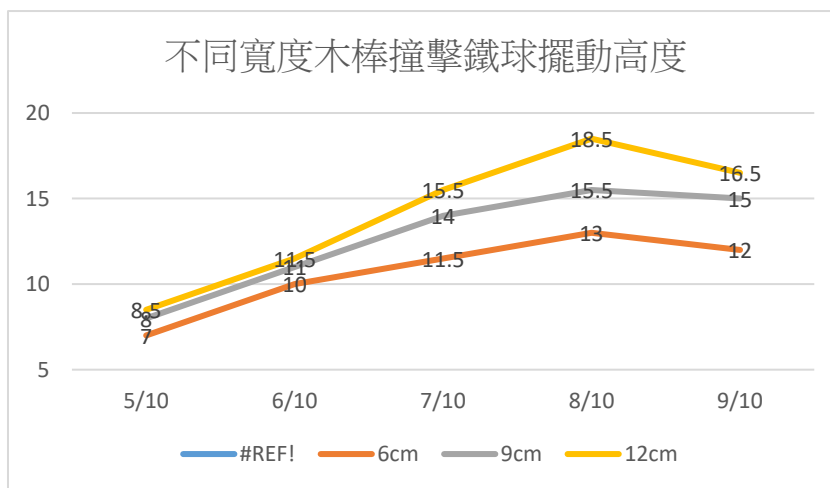
研究結果：

位置 寬度	$\frac{5}{10}$	$\frac{6}{10}$	$\frac{7}{10}$	$\frac{8}{10}$	$\frac{9}{10}$
6CM	7	10	11.5	13	12
9CM	8	11	14	15.5	15
12CM	8.5	11.5	15.5	18.5	16.5

備註: 寬 3cm 木棒的實驗數據是實驗一的實驗數據，其木棒材質與本實驗木棒材質不相同。

(表五)

註: 單位公分

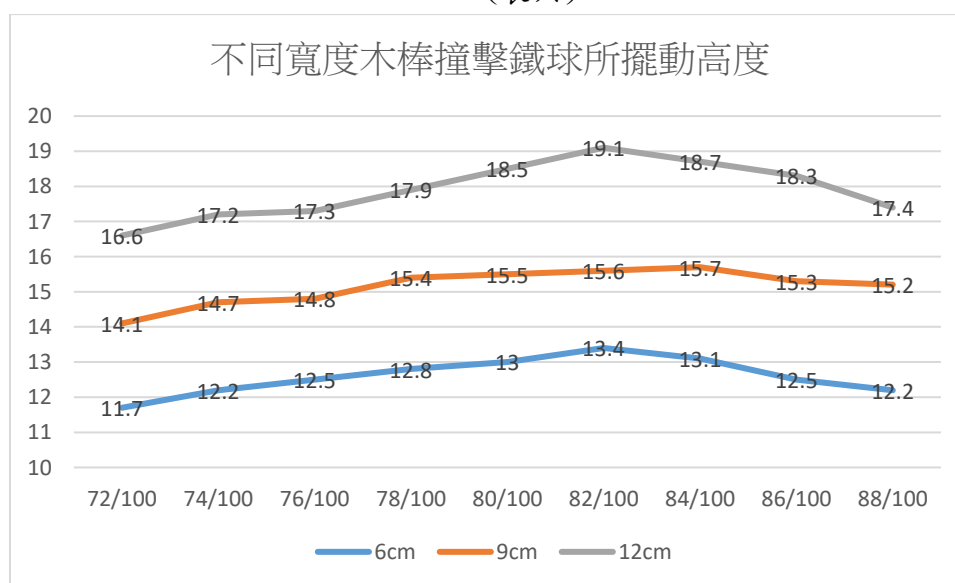


(圖三)

位置 寬度	$\frac{72}{100}$	$\frac{74}{100}$	$\frac{76}{100}$	$\frac{78}{100}$	$\frac{80}{100}$	$\frac{82}{100}$	$\frac{84}{100}$	$\frac{86}{100}$	$\frac{88}{100}$
6CM	11.7	12.2	12.5	12.8	13	13.4	13.1	12.5	12.2
9CM	14.1	14.7	14.8	15.4	15.5	15.6	15.7	15.3	15.2
12CM	16.6	17.2	17.3	17.9	18.5	19.1	18.7	18.3	17.4

(表六)

註:單位公分



(圖四)

討論:

1. 從圖四可看出，寬 6cm、9cm、12cm 的木棒甜蜜點大約是在 $\frac{82}{100}$ 與 $\frac{84}{100}$ 之間。
2. 在實驗過程中，我們發現每個位置三次的撞擊中鐵球擺動最高的大多是第三次、少部分是第二次，幾乎沒有第一次，推測同一個位置撞擊越多次，其木頭

材質會越緊密，彈性較好。

根據實驗一和實驗二的結果與相關資料的甜蜜點位置不相同，兩個實驗的木頭材質不相同，我們懷疑是木頭材質影響甜蜜點位置，所以我們想說不同材質的均勻棒狀物是否甜蜜點位置也會不同？

實驗三：不同材質的均勻棒狀物對甜蜜點位置影響？

我們用 40cm 長度為基準，找了實心塑膠條、空心長方體鋁棒、空心塑膠壓條，來進行實驗。

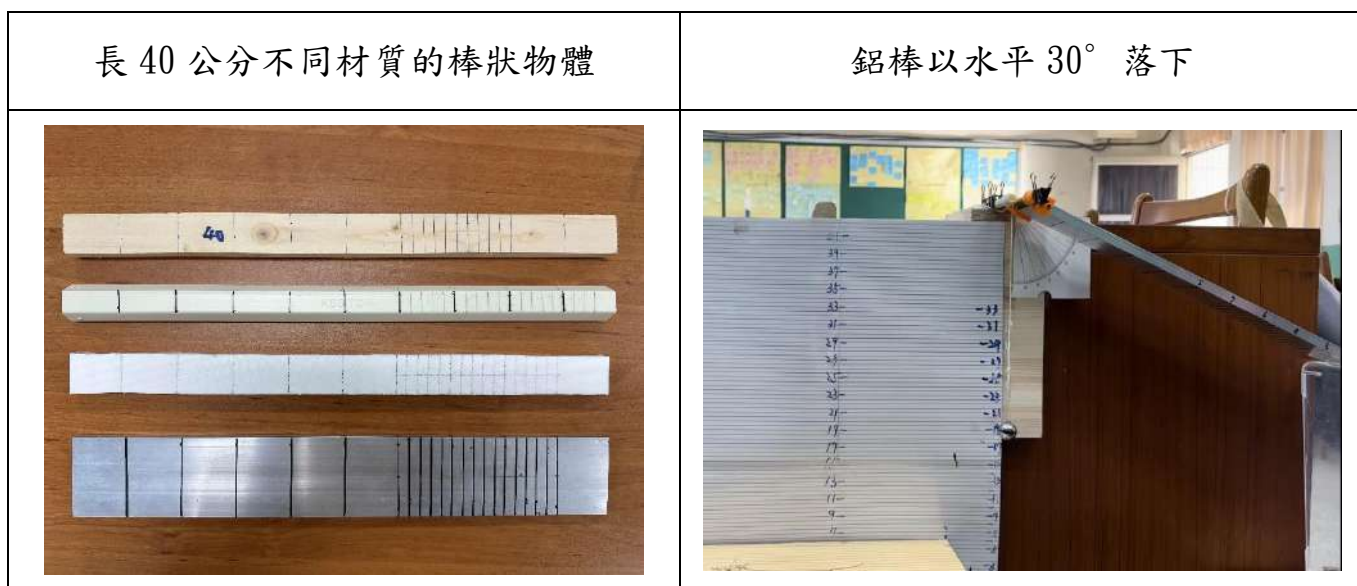
操縱的變因：均勻棒狀物體的材質

研究方法：

一、將三種實心塑膠條、空心長方體鋁棒、空心塑膠壓條長形棒狀物，直接從 $\frac{60}{100}$

開始進行每隔 $\frac{2}{100}$ 的實驗測量。

二、實驗時皆以與水平夾角 30° 落下。



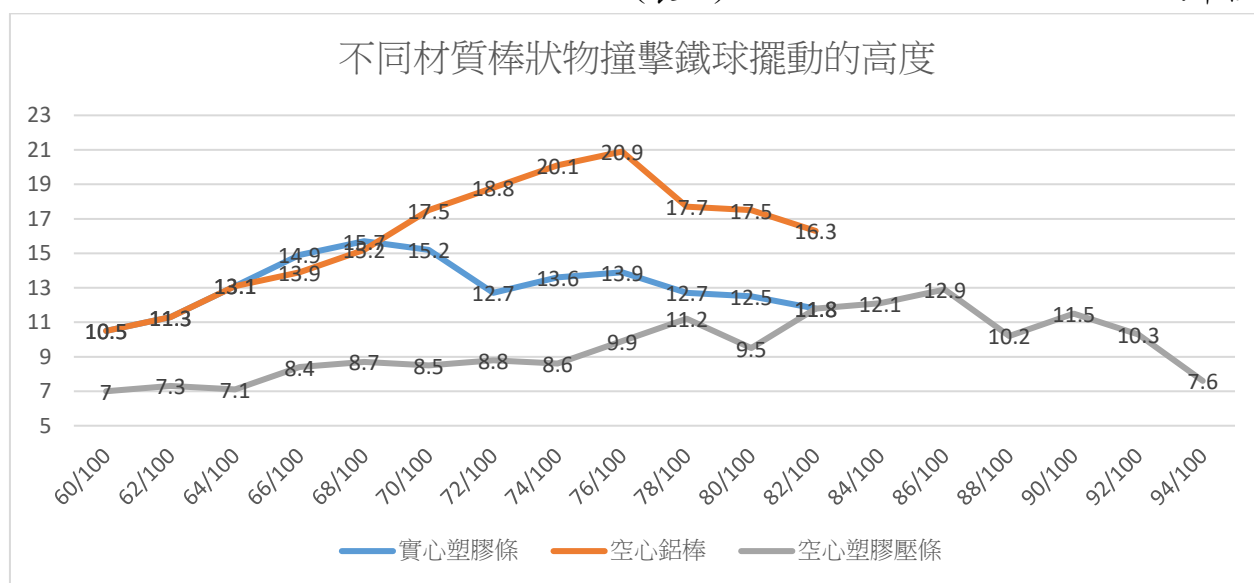
研究結果：

位置 \ 材質	$\frac{60}{100}$	$\frac{62}{100}$	$\frac{64}{100}$	$\frac{66}{100}$	$\frac{68}{100}$	$\frac{70}{100}$	$\frac{72}{100}$	$\frac{74}{100}$
實心塑膠條	10.5	11.3	13.1	14.9	15.7	15.5	12.7	13.6

空心鋁棒	10.5	11.3	13.1	13.9	15.2	17.5	18.8	20.1
空心塑膠壓條	7	7.3	7.1	8.4	8.7	8.5	8.8	8.6
位置 材質	$\frac{76}{100}$	$\frac{78}{100}$	$\frac{80}{100}$	$\frac{82}{100}$	$\frac{84}{100}$	$\frac{86}{100}$	$\frac{88}{100}$	$\frac{90}{100}$
實心塑膠條	13.9	12.7	12.5	12.1				
空心鋁棒	20.1	17.7	17.5	16.3				
空心塑膠壓條	9.9	11.2	9.5	11.8	12.1	12.9	10.2	11.5
位置 材質	$\frac{92}{100}$	$\frac{94}{100}$						
空心塑膠壓條	10.3	7.6						

(表七)

註：單位公分



(圖四)

討論：

- 而從圖四中可發現，空心鋁棒有明顯的甜蜜點在 $\frac{76}{100}$ ，而實心塑膠條雖然也明顯的甜蜜點在 $\frac{68}{100}$ ，但在 $\frac{74}{100}$ 與 $\frac{78}{100}$ 之間高度又上升，空心塑膠壓條的高度則是起伏不定最後甜蜜點在 $\frac{86}{100}$ 。
- 觀察材質的堅硬程度發現：空心鋁棒最為堅硬，而實心塑膠條又比空心塑膠壓

條堅硬，再加上實驗一與實驗二的結果，我們推測可能是材質的堅硬程度和彈性影響甜蜜點的位置。

根據之前的三個實驗發現棒狀物的長度、寬度並不影響甜蜜點的位置，而材質會影響甜蜜點的位置，我們想如果重心改變會不會影響甜蜜點的位置？


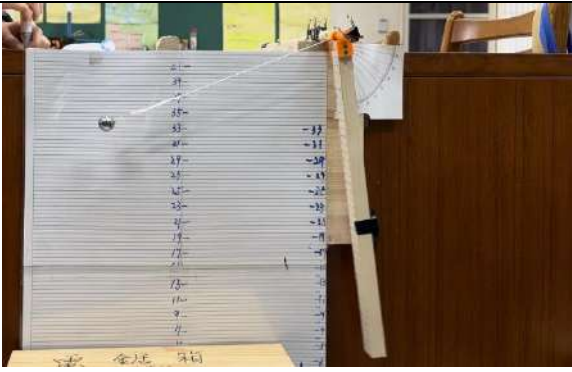
實驗四：重心改變對棒狀物體甜蜜點位置的影響？

我們拿出實驗一中的 40 公分長木棒與 3 個 50 元硬幣，移動 3 個 50 元硬幣黏貼於木棒不同的位置，就可以改變木棒重心的位置。

操縱變因：木棒重心的位置

研究方法：

- 一. 我們將 40cm 木棒重心調整為距離一端 19cm、20cm、21cm、22cm、23cm、24cm、25cm 的位置。
- 二. 每個重心以每隔 1cm 的位置做實驗測量。
- 三. 實驗時以與水平夾角 30° 落下

硬幣(黑色膠帶)黏貼改變重心位置	實驗情況
	

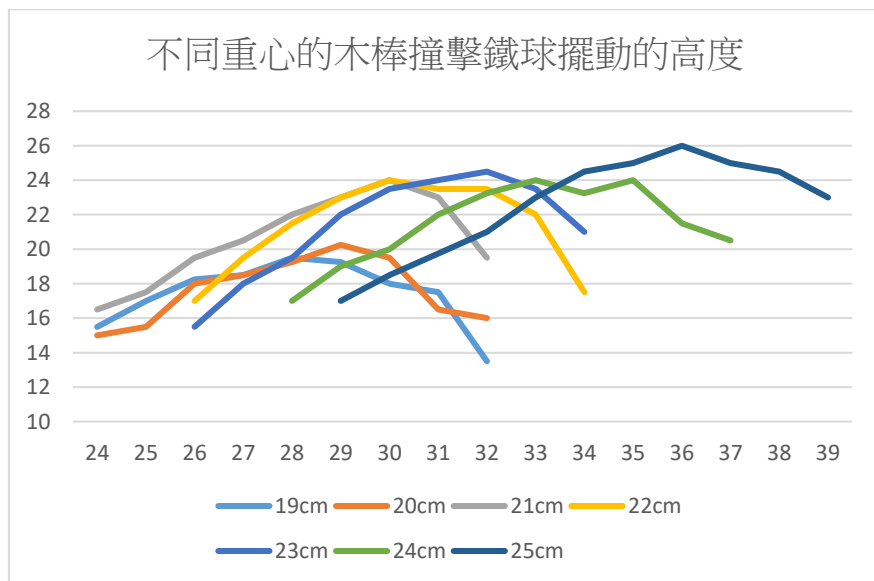
研究結果：

測量位置 重心位置	24cm	25cm	26cm	27cm	28cm	29cm	30cm	31cm
19CM	15.5	17	18	18.5	19.5	19	18	17.5
20CM	15	15.5	18	18.5	19	20	19.5	16.5
21CM	16.5	17.5	19.5	20.5	22	23	24	23
22CM	/	/	17	19.5	21.5	23	24	23.5
23CM	/	/	15.5	18	19.5	22	23.5	24

24CM					17	19	20	22
25CM						17	18.5	20
測量位置 重心位置	32cm	33cm	34cm	35cm	36cm	37cm	38cm	39cm
19CM	13.5							
20CM	16							
21CM	19.5							
22CM	23.5	22	17.5					
23CM	24.5	23.5	21					
24CM	23	24	23	24	21.5	20.5		
25CM	21	23	24.5	25	26	25	24.5	23

(表八)

註：單位公分



(圖五)

討論：

1. 由圖五可知，當重心往後移時，甜蜜點也會跟著往後移。
2. 當重心往後移時，撞擊後鐵球的擺動高度也越高。

在上個實驗中知道甜蜜點會隨著重心的位置改變而移動，我們想在甜蜜點左右兩邊的水平位置撞擊鐵球，是否也會有相同的擺動高度？

實驗五：甜蜜點在水平位置為何？

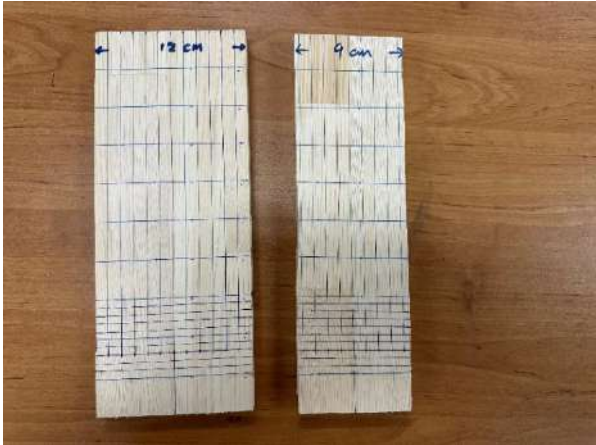
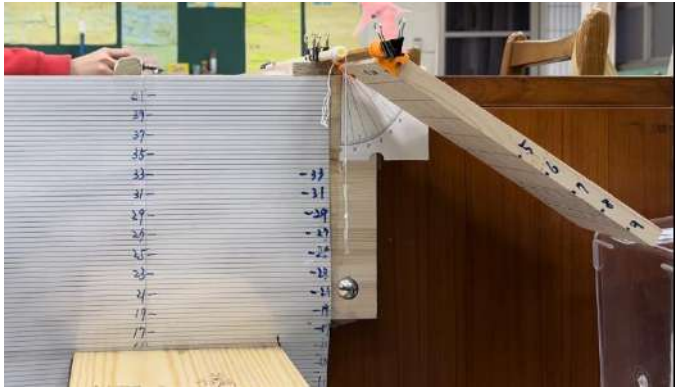
操縱變因：不同的水平撞擊點

研究方法：

- 一. 我們利用實驗二中所使用寬 9cm 和 12cm 的木棒，找出其甜蜜點位置，在其左右

兩邊水平位置每隔 1 公分作為撞擊位置。

二. 實驗時以與水平夾角 45° 落下

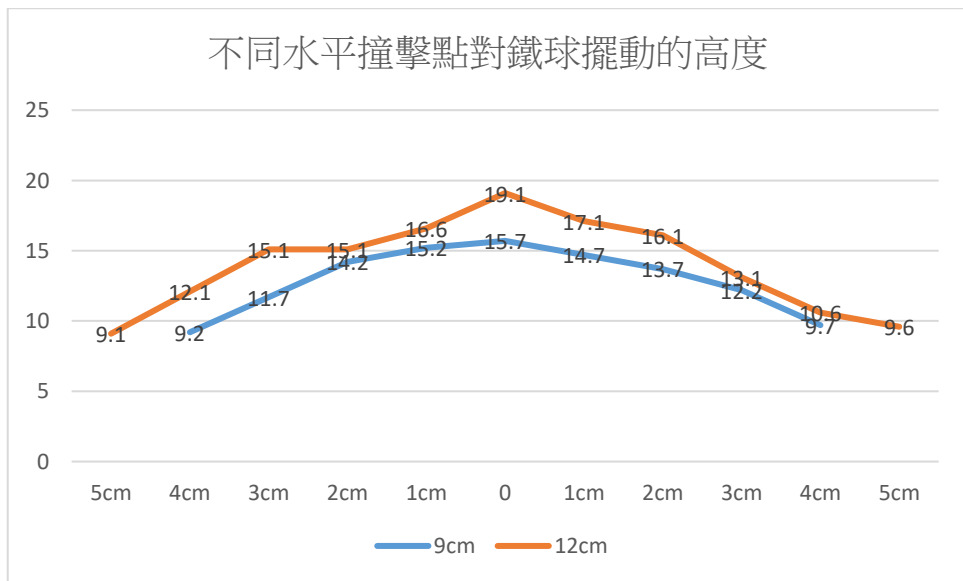
<p>甜蜜點左、右每隔 1 公分畫線</p>	<p>實驗操作情形</p>
	

研究結果：

位置 寬度	左					中	右				
	5cm	4cm	3cm	2cm	1cm	0	1cm	2cm	3cm	4cm	5cm
9CM		9.2	11.7	14.2	15.2	15.7	14.7	13.7	12.2	9.7	
12CM	9.1	12.1	15.1	15.1	16.6	19.1	17.1	16.1	13.1	10.6	9.6

(表九)

註：單位公分



(圖六)

討論：

1. 從圖六可發現，以甜蜜點為中心，越往兩邊撞擊點，鐵球擺動的高度越低。
2. 左右兩邊降低的高度幾乎成對稱，可見得甜蜜點會位於棒狀物的垂直中央線上。

羽球拍是一端窄，一端寬，我們想知道寬的一端，它的寬度大小會不會影響甜蜜點的位置？

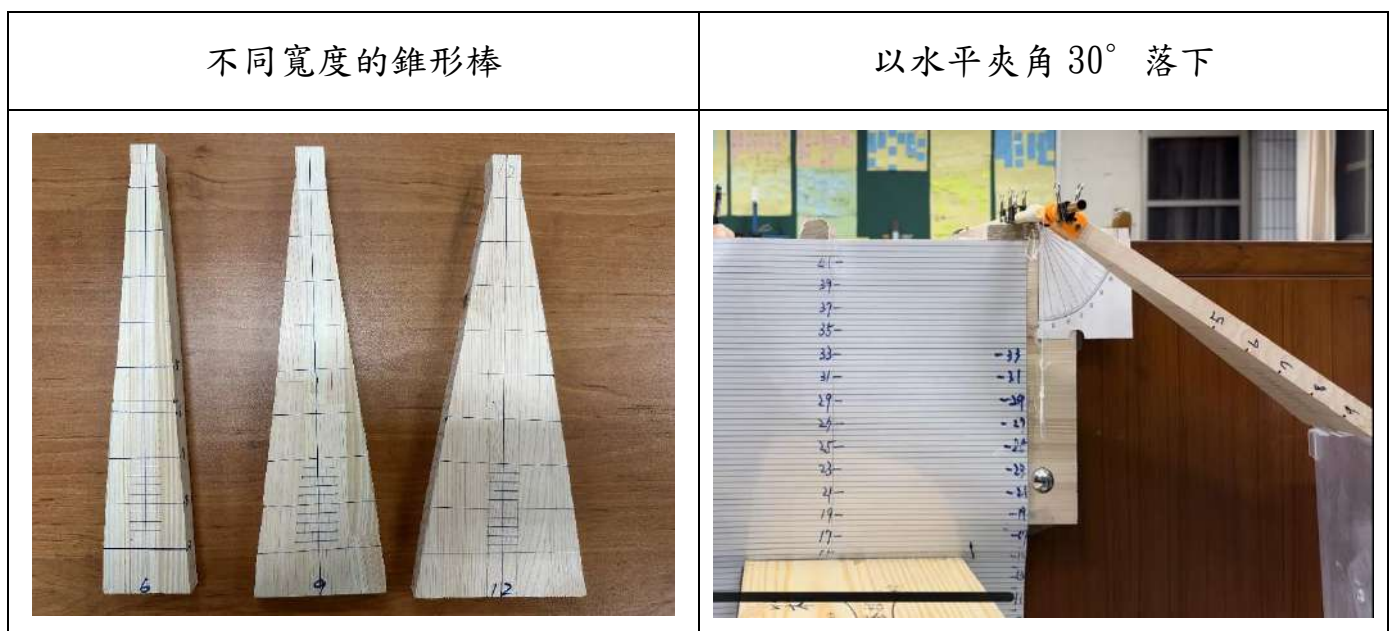
實驗六：錐形棒狀物體底部寬度對甜蜜點位置的影響？

我們將一塊木板，鋸成尖端 2cm，寬端分別為 6cm、9cm、12cm 的錐形狀木棒(如下圖)，它們的長都為 30cm。

操縱變因：錐形棒狀物的寬度

研究方法：

- 一. 分別測出 6cm 錐形木棒的重心位置為距離尖端在 $\frac{58}{100}$ ，重量為 99.6 公克、9cm 的重心位置為 $\frac{60}{100}$ ，重量為 127.3 公克、12cm 的重心位置為 $\frac{61}{100}$ ，重量為 173.5 公克。
- 二. 分別在 6cm、9cm 的錐形木棒重心位置黏貼硬幣，使重量與 12cm 的錐形木棒相同，皆為 173.5 公克。
- 三. 將 2cm 的一端固定在實驗台上進行實驗。
- 四. 發現甜蜜點位置大約在 $\frac{7}{10}$ 與 $\frac{9}{10}$ 之間，再分成 10 等分進行 $\frac{2}{100}$ 的實驗測量。



研究結果：

位置 長度	$\frac{5}{10}$	$\frac{6}{10}$	$\frac{7}{10}$	$\frac{8}{10}$	$\frac{9}{10}$
6CM	4.5	8	9	10.3	7.5
9CM	4.5	6.5	9.5	10.1	9
12CM	4	6	8.5	10.2	9.5

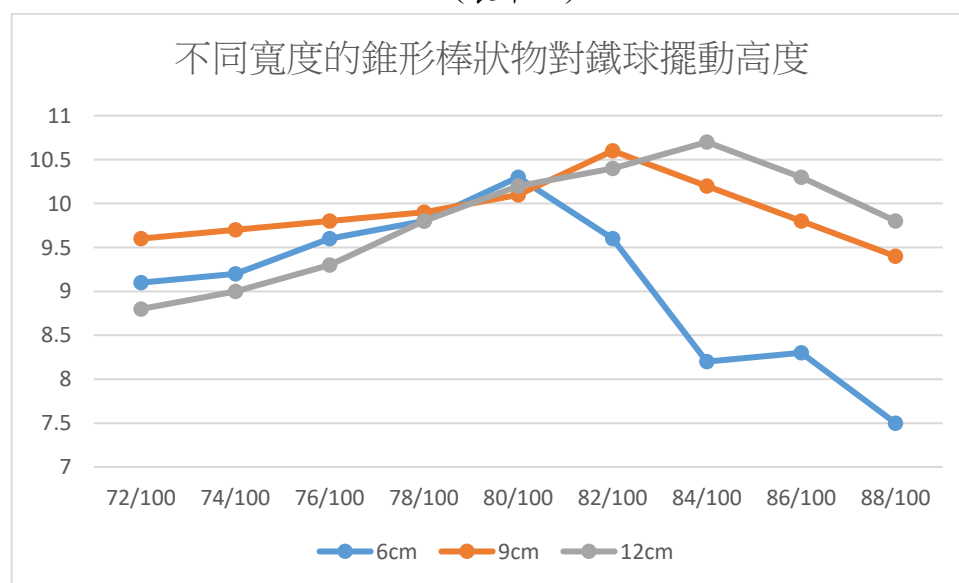
(表十)

註：單位公分

位置 寬度	$\frac{72}{100}$	$\frac{74}{100}$	$\frac{76}{100}$	$\frac{78}{100}$	$\frac{80}{100}$	$\frac{82}{100}$	$\frac{84}{100}$	$\frac{86}{100}$	$\frac{88}{100}$
6CM	9.1	9.2	9.6	9.8	10.3	9.6	8.2	8.3	7.5
9CM	9.6	9.7	9.8	9.9	10.1	10.6	10.2	9.8	9.4
12CM	8.8	9	9.3	9.8	10.2	10.4	10.7	10.3	9.8

(表十一)

註：單位公分



(圖七)

討論：

- 由圖七可發現 6cm 的錐形木棒甜蜜點為 $\frac{82}{100}$ 的位置。9cm、12cm 的錐形狀木棒甜蜜點皆落在 $\frac{84}{100}$ 的位置。而 6cm、9cm、12cm 錐形木棒重心位置分別在 $\frac{58}{100}$ 、 $\frac{60}{100}$ 、 $\frac{61}{100}$ ，所以錐形木棒的重心往後移，甜蜜點也會跟著後移。

根據前面的研究發現棒狀物的長度和寬度不影響甜蜜點的位置，而材質、重心、水平撞擊位置及錐型開口端大小會影響甜蜜點的位置。讓我們初步認識影響甜蜜點的因素，並且已經熟悉實驗操作方法。所以我們想知道市售羽球拍的甜蜜點位置及找出最佳的擊球位置，還有能否藉由外在的方式調整重心來改變球拍的甜蜜點位置。

二、了解羽球拍甜蜜點位置範圍。

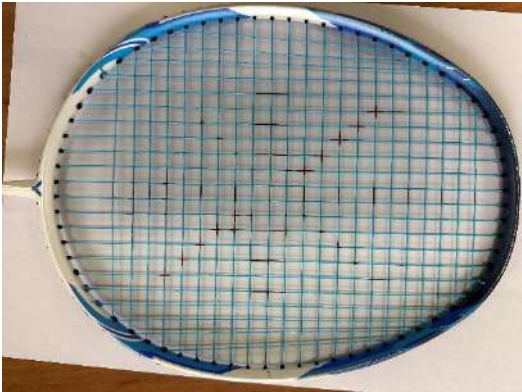

實驗七：羽球拍最佳擊球範圍為何？

我們跟學校羽球隊借了一隻勝利牌羽球拍，測量其相關的基本數據：

長度 67.5cm、重量 88g、重心位置為 $\frac{44}{100}$ 、拍面長 25cm、拍面寬 20cm

研究方法：

- 一、球拍面的垂直測量：在球拍面底部中間平分線上每兩格水平穿線位置為撞擊點，並測量其與拍面底部的距離，並換算成百分等級。
- 二、球拍面的水平測量：測量出垂直的甜蜜點位置後，在其左右兩側每隔兩格(2cm)當作測量點。
- 三、斜對角的測量：以甜蜜點為中心，垂直與水平的直角平分線上垂直線與水平線的相交點作為測量點。
- 四、實驗時皆以與水平夾角 60° 落下。

拍面各測量點	羽球拍以水平夾角 60° 落下
	

研究結果：

球拍垂直中心線測量：

全長位置	$\frac{70}{100}$	$\frac{72}{100}$	$\frac{75}{100}$	$\frac{78}{100}$	$\frac{81}{100}$	$\frac{83}{100}$	$\frac{86}{100}$	$\frac{89}{100}$	$\frac{91}{100}$	$\frac{94}{100}$
拍面位置	$\frac{20}{100}$	$\frac{27}{100}$	$\frac{34}{100}$	$\frac{42}{100}$	$\frac{49}{100}$	$\frac{56}{100}$	$\frac{63}{100}$	$\frac{71}{100}$	$\frac{78}{100}$	$\frac{85}{100}$
鐵球擺動高度	13	15.3	16.6	18	18.3	18.1	17.5	15.8	12.5	10.2

註:增加拍面位置百分等級(與拍面底部的距離/拍面總長度),方便對照整體拍面的撞擊力道分布

(表十二)

註:單位公分

球拍蜜點兩側水平線測量:

位置	左			中	右		
	6cm	4cm	2cm	0	2cm	4cm	6cm
鐵球擺動高度	11.8	14.3	17.3	18.3	17.3	14.3	11.8

(表十三)

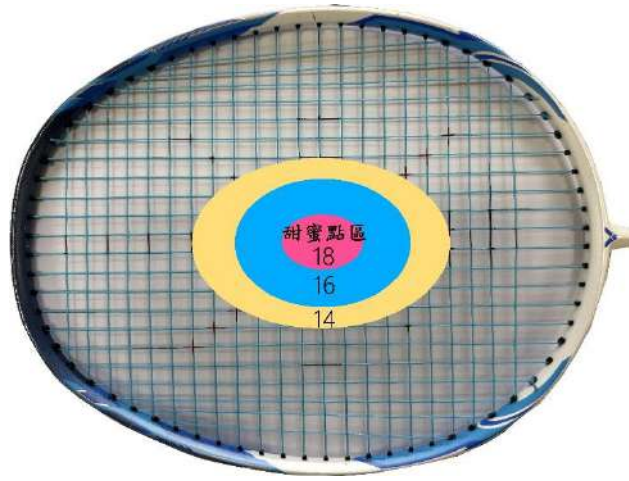
註:單位公分

球拍甜點斜對角的測量:

位置	左斜上				中	右斜上			
	4	3	2	1		1	2	3	4
鐵球擺動高度	13.5	14	16.5	18	18.3	18	16.5	14.5	13
位置	左斜下					右斜下			
鐵球擺動高度	4	3	2	1		1	2	3	4
13.5	14.5	17	18	17		16.5	15	13.5	

(表十四)

註:單位公分



(圖八)根據實驗數據球拍最佳擊球區示意圖

討論：

1. 根據垂直中心測量結果，甜蜜點位於整支球拍 $\frac{81}{100}$ 的位置，而此位置正好是球拍面正中央($\frac{49}{100}$)的位置。
2. 從水平測量及斜對角測量結果來看，以甜蜜點為中心往外輻射，距離越遠打擊力道越低，而且呈現對稱性。如上圖八。

根據實驗七的結果，我們發現羽球拍的甜蜜點是設計在球拍面正中央的位置，我們曾聽羽球教練說過：「握把布的重量越輕越薄，不但手好握好操控，也不會改變擊球甜蜜點位置」，我們想說握把的重量會改變重心，那麼甜蜜點的位置也會如何改變呢？而市面上有些球拍標榜是攻擊型球拍，是不是重心較靠近拍面方向呢？

實驗八：羽球拍重心改變是否影響其甜蜜點位置？

操縱變因：羽球拍重心改變

將 2 枚 10 元硬幣分別黏貼在球拍的上(拍面頂端)、中(重心:不改變原重心)、下(握把底端)三個位置，測量其相關的基本數據：

長度 67.5cm、重量 105g、拍面長 25cm、拍面寬 20cm

研究方法：

- 一、 10 硬幣黏於上(拍面頂端)時，其重心位於 $\frac{51}{100}$ 、黏於中(重心)時維持在 $\frac{44}{100}$ 、黏

於下(握把底端)，其重心位於 $\frac{37}{100}$ 。

二、以實驗七方法分別測量三種狀況的垂直甜蜜點位置。

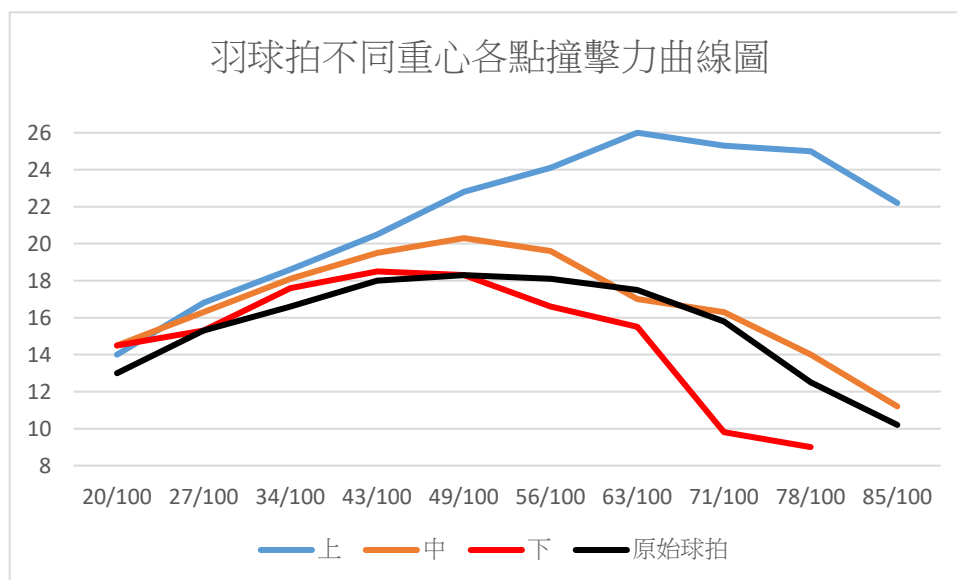


研究結果：

拍面位置 重心位置	$\frac{20}{100}$	$\frac{27}{100}$	$\frac{34}{100}$	$\frac{42}{100}$	$\frac{49}{100}$	$\frac{56}{100}$	$\frac{63}{100}$	$\frac{71}{100}$	$\frac{78}{100}$	$\frac{85}{100}$
上($\frac{51}{100}$)	14	16.8	18.6	20.5	22.8	24.1	26	25.3	25	22.2
中($\frac{44}{100}$)	14.5	16.3	18.1	19.5	20.3	19.6	17	16.3	14	11.2
下($\frac{37}{100}$)	14.5	15.3	17.6	18.5	18.3	16.6	15.5	9.8	9	
原始球拍	13	15.3	16.6	18	18.3	18.1	17.5	15.8	12.5	10.2

(表十五)

註：單位公分



(圖九)

討論：

1. 由圖九可以知道，羽球拍重心靠近握把時，甜蜜點會稍微往後移，且打擊力道越往拍面上方下降越快。
2. 當重心靠近球拍頂時，甜蜜點往球拍頂移動，不但打擊力道增加，且區域範圍也較大。
3. 原始球拍 91 公克，本實驗球拍加 2 枚十元硬幣球拍重 105 公克，當球拍加重時，打擊力道也會跟著增加。
4. 原始球拍各位置的打擊力道分布曲線十分平滑對稱，但外加硬幣後，打擊力道分布曲線變得不平整。

在羽球的技巧中，有一種「切球」的技巧，是用相同的揮拍動作，但是改變羽球拍擊球角度，讓羽球行進的方向改變，可以讓對手不易判斷落點的常用技術。我們想要了解在「切球」技巧中，甜蜜點與其它位置擊球時，對羽球行進的方向是不是有差異？

實驗九：不同拍面角度擊球時，甜蜜點與其他位置對鐵球行進方向的表現差異為何？

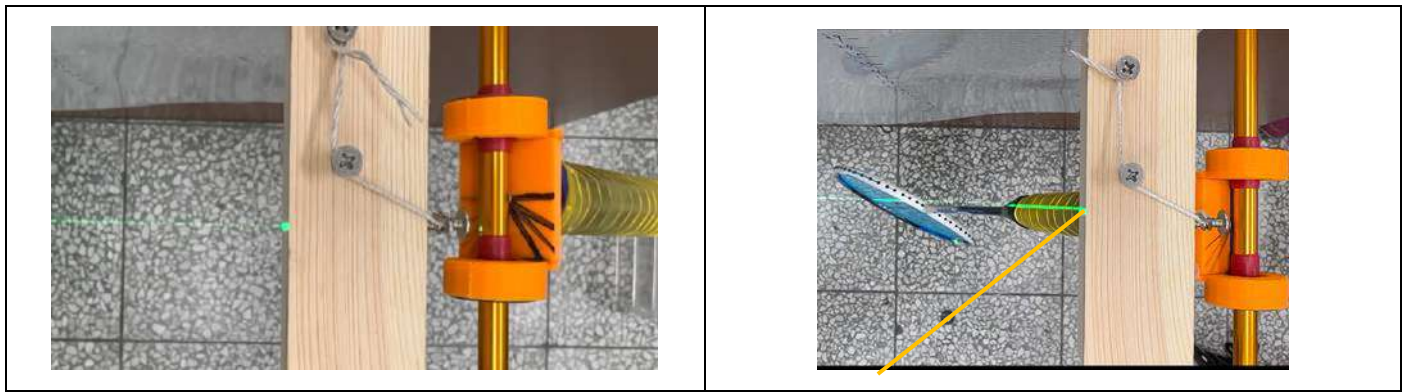
操縱變因：羽球拍面擊球角度改變

用 3D 列印出培林轉軸懸掛盤，可轉動懸掛球拍的拍面角度，再利用雷射水平十字儀，定出拍面揮動方向，作為鐵球撞擊後行進角度改變的基準線。

研究方法：

- 一、將羽球拍面分別轉動 30° 、 45° 及 60° ，以水平夾角 45° 落下。
- 二、以實驗七方法分別測量三種擊球角度的垂直與水平位置。
- 三、由上往下錄影並擷取錄影畫面後，畫出並測量鐵球水平位移角度。

60° 球拍擊球實驗情況	擷取畫面測量鐵球轉角度
--------------	-------------

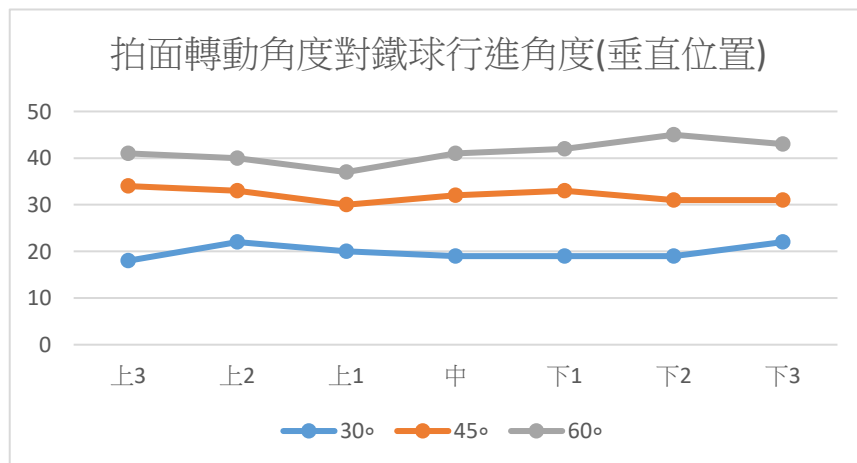


研究結果：

垂直位置

拍面位置 拍面轉動	上 3	上 2	上 1	中	下 1	下 2	下 3
30°	18°	22°	20°	19°	19°	19°	22°
45°	34°	33°	30°	32°	33°	31°	31°
60°	41°	40°	37°	41°	42°	45°	43°

(表十五)



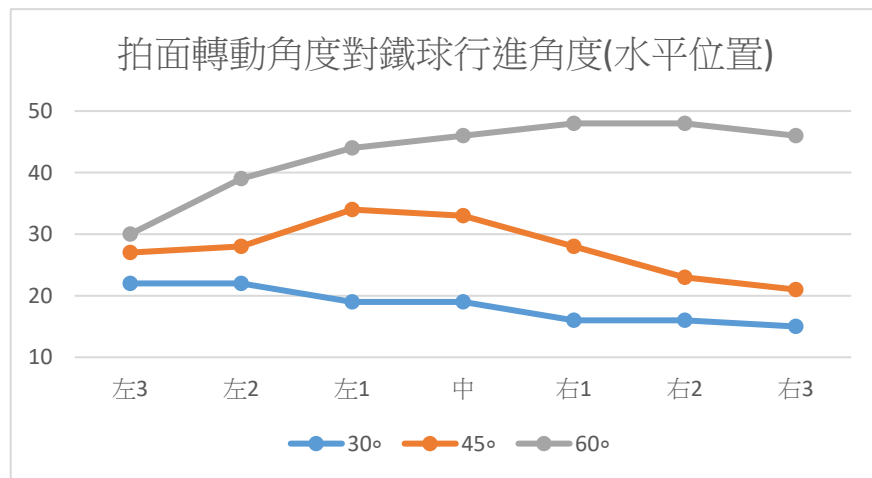
(圖十)

水平位置

拍面位置 拍面轉動	左 3	左 2	左 1	中	右 1	右 2	右 3
30°	22°	22°	19°	19°	16°	16°	15°

45°	27°	28°	34°	33°	28°	23°	21°
60°	30°	39°	44°	46°	48°	48°	46°

(表十六)



(圖十一)

討論：

1. 由圖十可知道，在相同拍面角度時，球拍垂直中央線的上下各個位置擊球，鐵球行進角度相差不大。
2. 由圖十一可知道，在相同拍面角度時，球拍中央與兩側位置擊球，鐵球行進角度相差頗大，且拍面轉動角度越大，誤差也越大。
3. 由圖十與圖十一可知道，球拍轉動角度越大時擊球，鐵球行進的角度也越大。

之前的實驗皆為鐵球靜止懸掛，讓球拍撞擊後，觀察鐵球上升高度。我們想要模擬實際打球時的狀況——「在羽球飛行時，球拍擊球」，此時羽球反彈後的速度，在甜蜜點與其他位置的表現，是否如我們之前實驗相同，在甜蜜點擊球會是最佳的位置？

實驗十：模擬羽球飛行時拍擊，甜蜜點與其他位置對球速的表現差異為何？

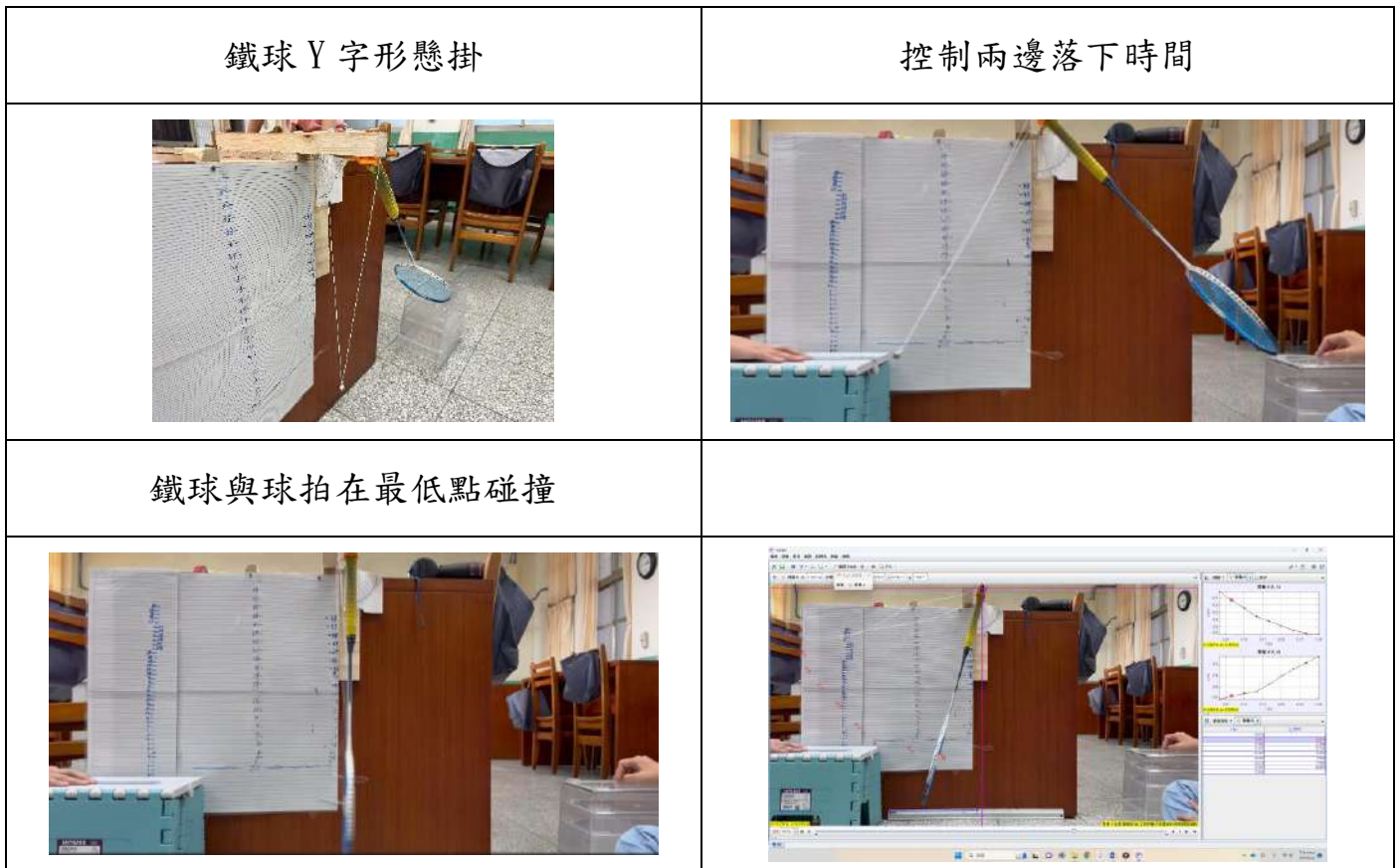
操縱變因：羽球拍面擊球位置改變

為了要模擬羽球飛行，我們必須讓原本靜止的鐵球，也必須擺動落下，並且要控制鐵球落下時的行進方向，才可以撞擊到我們設定的球拍碰撞點，而一條繩子懸掛鐵球是無法控制其行進方向。我們討論了許久想出利用兩條繩子，用 Y 字形懸掛，才解

決了這問題。

研究方法：

- 一、 將羽球拍以與水平夾角 45° 落下，另一邊鐵球比最低點高 10 公分的方式落下。
(如下圖)
- 二、 控制兩邊落下時間，讓兩者在最低點時碰撞。(如下圖)
- 三、 錄影後利用 TRACKER 軟體進行質點分析，算出撞擊後鐵球的水平初速度(V_x)。
- 四、 進行球拍垂直與水平位置各 7 個點的實驗。



研究結果：

拍面位置	垂直位置						
	底 3	底 2	底 1	中	頂 1	頂 2	頂 3
水平速度	2.611	3.092	3.333	3.414	3.403	2.856	2.615
拍面位置	水平位置						
	左 3	左 2	左 1	中	左 1	頂 2	頂 3
水平速度	2.433	2.985	3.312	3.414	3.452	3.223	2.562

(表十七)

註：單位 公尺/秒

討論：

1. 由表十七可知，在甜蜜點位置擊球，鐵球反彈的水平速度幾乎是最快，而越往兩側外圍(上下、左右)擊球，鐵球反彈的水平速度也越慢。與實驗七測量的結果相符。

伍、結論與建議

- 一、我們在網路上查到甜蜜點的定義為：1. 擊球時握把無撞擊感的位置。2. 擊球後產生最高速球的位置。3. 擊球後握把無振動感的位置。(台北市體育學院運動器材科技研究所劉強教授)。因為我們的實驗只探討撞擊後讓鐵球擺盪的高度，所以我們以下所討論的**甜蜜點**是指「**擊球後產生最高速球的位置**」。
- 二、根據實驗一、二的結果可知：「**均勻木棒的長度與寬度，不會影響甜蜜點的位置比例**」。均勻木棒的甜蜜點在全長的比例位置是固定的。
- 三、根據實驗二、三的結果可知：「**均勻棒狀物的材質會影響甜蜜點的位置比例。**」不夠堅硬或者因空心而較軟的材質，它的甜蜜點則會呈現較不規則，例如不同的木材和空心塑膠壓條。
- 四、根據實驗四、六的結果可知：「**棒狀物重心的改變會影響甜蜜點的位置。**」當重心越往後移，甜蜜點也會跟著往後移，而且撞擊力道也會增加。
- 五、根據實驗五的結果可知：「**棒狀物體的甜蜜點會位於中央線上。**」而且越往左右兩邊撞擊力道就越小，且左右兩邊呈對稱性。
- 六、根據實驗七、十的結果發現：「**羽球拍的甜蜜點會位於拍面的正中央。**」而且撞擊力道呈橢圓狀向外遞減。這跟我們羽球教練說：「球拍的擊球點要在中央再上面一點，這樣打出的羽球才會飛得又快又遠。」有些不同。我們和老師討論的結果，認為廠商會將甜蜜點設計在球拍正中央，應該是中央面積最大，擊球時較不容易失誤；再來就是在正中央擊球時，容易將羽球反彈力道平均分散至四周拍框，彈性也會較佳。而我們也將實驗結果告訴教練，希望他未來指導羽球選手時，能夠給予較正確的觀念。
- 七、根據實驗四、六、八的結果發現：「**羽球拍的重心越靠近拍面，甜蜜點位置就會稍微往拍頂移，而且擊球力道也會增加。**」所以有些球拍號稱攻擊型球拍，應該

就是將球拍重心放較靠近拍面。反之，球拍握把如果加重的話，甜蜜點也會稍微下移，並導致擊球力道的下降，所以握把布建議使用輕薄型，不但方便操控也不易改變重心。

八、根據實驗九的結果發現：「在切球時，轉動拍面角度越多，羽球行進方向改變的角度也越大；在球拍中央線上切球，羽球的行進方向的穩定性較高。」在練習或打球要切球時，盡量將擊球位置控制在中央甜蜜點位置，較能精準控制羽球行進方向擊落點。

九、我們的實驗一、二、三在均勻棒狀物上所測得的甜蜜點位置，與網路上所查到的資料甜蜜點介於 $\frac{6}{10}$ 與 $\frac{7}{10}$ 之間不同，除了沒有將「擊球後握把無震動感的位置」因素考慮進來外，我們也覺得跟物體材質的軟硬、彈性有相關。而羽球拍中桿的彈性也是選擇球拍的重點之一。這些部分我們這次都沒有研究，希望下一次科展可以繼續將這個部分深入的研究。

陸、參考文獻

一、【FUN 科學】切酒瓶挑戰(下一個被害的會是誰呢?)」(佑來了生活科學頻道)

https://www.youtube.com/watch?v=mA_8qo1Nf1A

二、全國中小學科展作品 第 53 屆 物理科

「探究棒球棒的甜蜜點」 國立虎尾高級中學，魏紫芸;楊甯安;郭愉瑄

<https://www.ntsec.edu.tw/Science-ontent.aspx?cat=&a=0&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=171&sid=10183>

【評語】 080118

揮擊運動的甜蜜點相當有趣，此作品探究棒狀物和羽球拍的打擊中心，考量多項變因，內容雖參考往年有關棒球與網球拍甜區的得獎作品，應是一個不錯的探究練習。實驗當中使用自行設計製作的器材，研究長條木棒撞擊鐵球，在連結至羽球拍擊飛羽球的過程時應可有更多設計。口頭報告時太過緊張為可惜之處，應可更有信心的表達。僅呈現實驗筆記，紀錄略嫌不足，建議可以包括研究構想與實驗設計，即使後來未採用。相關的文獻檢索及類似作品的分析也可列入。

作品海報

壹、研究動機

某天，我和2個同學去打羽球，我發現打羽球好累而且也飛不遠。有一個同學是羽球隊的成員，所以我問他有沒有讓打羽球更省力的方法。但同學也不太懂，於是我們到學校去請教自然老師要如何讓打羽球更省力。老師說：「羽球拍的擊球點，有一個位置叫做『甜蜜點』，專家說打到甜蜜點的時候，球會飛得最遠。不然，我們來做個，實驗研究羽球拍的甜蜜點。」於是我們先上網查有關「甜蜜點」的資料，並開始設計及收集實驗要用的材料。

貳、研究目的與問題

一、了解影響棒狀物體撞擊時，影響甜蜜點位置的因素。

- 1、不同長度的均勻棒狀物體對甜蜜點位置的影響？
- 2、不同寬度的均勻棒狀物體對甜蜜點位置的影響？
- 3、不同材質的均勻棒狀物體對甜蜜點位置的影響？
- 4、重心改變對棒狀物體甜蜜點位置的影響？
- 5、甜蜜點在水平位置為何？
- 6、錐形棒狀物體底部寬度對甜蜜點位置的影響？

二、了解羽球拍甜蜜點位置範圍及擊球表現。

- 7、羽球拍最佳擊球範圍為何？
- 8、羽球拍重心改變是否影響其甜蜜點位置？
- 9、不同拍面角度擊球時，甜蜜點與其他位置表現的差異為何？
- 10、模擬羽球飛行時拍擊，甜蜜點與其他位置對球速的表現差異為何？

參、研究方法與討論

實驗平台的發展與演進



討論：

第一、二代垂直落下式不準確，所以我們便開始尋找造成誤差的可能性，經過檢視實驗器材後發現原因可能是：

- (一)木棒敲擊蹺蹺板時，蹺蹺板在各位置因木棒傾斜角度所產生作用距離不同。
- (二)蹺蹺板的底座包覆性不佳，鐵球容易滑落，導致撞擊力無法完全轉換成鐵球的上升高度。

我們就決定參考第53屆全國科展高中組「探究棒球棒的甜蜜點」(國立虎尾高級中學，魏紫芸;楊甯安;郭愉瑾)水平掉落式的實驗方式。且實驗後效果良好，於是我們便將第三代做為實驗平台。

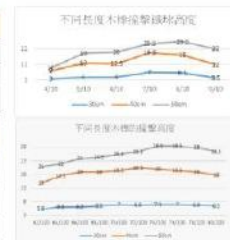
實驗一、不同長度對均勻棒狀物體對甜蜜點位置的影響？



實驗結果：

長度	4/10	5/10	6/10	7/10	8/10	9/10
30CM	3	4	5	7	6.5	3.5
40CM	8	13	12.5	19.5	18	12
50CM	10	19	20	25.5	26.5	22

位置	62/100	64/100	66/100	68/100	70/100	72/100	74/100	76/100	78/100	80/100
30CM	5.5	6.1	6.2	6.5	7	6.8	7.1	7	6.8	6.5
40CM	15	17.5	18	19	19.5	20.5	20	19.5	19	18
50CM	21	22	24	24.5	25.5	26.5	28.5	28.5	28	26.5



討論：

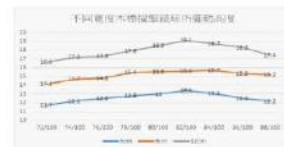
- 1.從圖二可看出，30cm、40cm、50cm長度的木棒甜蜜點大約是在72/100與76/100之間。
- 2.與我們查到的資料甜蜜點大約落在6/10與7/10之間不同。

實驗二：不同寬度對均勻棒狀物體對甜蜜點位置的影響？



實驗結果：

位置	72/100	74/100	76/100	78/100	80/100	82/100	84/100	86/100	88/100
6CM	11.7	12.2	12.5	12.8	13	13.4	13.1	12.5	12.2
9CM	14.1	14.7	14.8	15.4	15.5	15.6	15.7	15.3	15.2
12CM	16.6	17.2	17.3	17.9	18.5	19.1	18.7	18.3	17.4



討論：

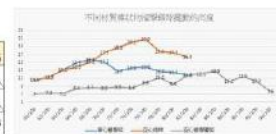
- 1.從圖四可看出，寬6cm、9cm、12cm的木棒甜蜜點大約是在82/100與84/100之間。
- 2.在實驗過程中，我們發現每個位置三次的撞擊中鐵球擺動最高的大多是第三次、少部分是第二次，幾乎沒有第一次，推測同一個位置撞擊越多次，其木頭材質會越緊密，彈性較好。

實驗三：不同材質的均勻棒狀物對甜蜜點位置影響？



實驗結果：

材質	62/100	64/100	66/100	68/100	70/100	72/100	74/100	76/100	78/100	80/100	82/100	84/100	86/100	88/100	90/100	92/100
空心鋁棒	11.3	11.1	11.9	13.7	13.5	13.7	13.4	13.9	14.7	14.3	15.1					
空心塑膠棒	11.3	11.1	11.9	13.2	13.5	13.8	14.1	14.1	14.7	14.3	14.3					
空心塑膠條	7	7.3	7.1	8.4	8.7	8.5	8.8	8.9	9.9	11.2	9.5	11.4	12.1	12.9	16.2	11.3



討論：

- 1.而從圖四中可發現，空心鋁棒有明顯的甜蜜點在76/100，而實心塑膠條雖然也明顯的甜蜜點在68/100，但在74/100與78/100之間高度又上升，空心塑膠壓條的高度則是起伏不定最後甜蜜點在86/100。
- 2.觀察材質的堅硬程度發現：空心鋁棒最為堅硬，而實心塑膠條又比空心塑膠壓條堅硬，再加上實驗一與實驗二的結果，我們推測可能是材質的堅硬程度和彈性影響甜蜜點的位置。

根據之前的三個實驗發現棒狀物的長度、寬度並不影響甜蜜點的位置，而材質會影響甜蜜點的位置，我們想如果重心改變會不會影響甜蜜點的位置？

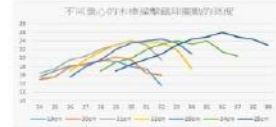
實驗四：重心改變對棒狀物體甜蜜點位置的影響？

我們拿出實驗一中的40公分長木棒與3個50元硬幣，移動3個50元硬幣黏貼於木棒不同的位置，就可以改變木棒重心的位置。



實驗結果：

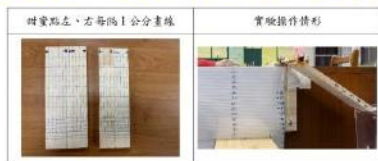
測量位置	24cm	25cm	26cm	27cm	28cm	29cm	30cm	31cm	32cm	33cm	34cm	35cm	36cm	37cm	38cm	39cm
重心位置	15.5	17	18	18.5	19.5	19	18	17.5	13.5							
19CM	15	15.5	18	18.5	19	20	19.5	16.5	16							
21CM	16.5	17.5	19.5	20.5	22	23	24	23	19.5							
22CM			17	19.5	21.5	23	24	23.5	23.5	22	17.5					
23CM				18.5	18	16.5	22	23.5	24	24.5	23.5	21				
24CM					17	19	20	22	23	24	23	24	21.5	20.5		
25CM						17	18.5	20	21	23	24.5	25	26	25	24.6	20



討論：

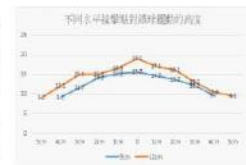
1. 由圖五可知，當重心往後移時，甜蜜點也會跟著往後移。
2. 當重心往後移時，撞擊後鐵球的擺動高度也越高。

實驗五：甜蜜點在水平位置為何？



實驗結果：

位置	左					中	右				
	5cm	4cm	3cm	2cm	1cm	0	1cm	2cm	3cm	4cm	5cm
9CM		9.2	11.7	14.2	15.2	15.7	14.7	13.7	12.2	9.7	
12CM	9.1	12.1	13.1	15.1	16.6	19.1	17.1	16.1	13.1	10.6	9.6

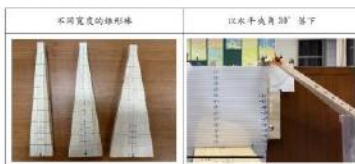


討論：

1. 從圖六可發現，以甜蜜點為中心，越往兩邊撞擊點，鐵球擺動的高度越低。
2. 左右兩邊降低的高度幾乎成對稱，可見得甜蜜點會位於棒狀物的垂直中央線上。

實驗六：錐形棒狀物體底部寬度對甜蜜點位置的影響？

分別測出6cm錐形木棒的重心位置為距離尖端在58/100、9cm的重心位置為60/100、12cm的重心位置為61/100，且重量皆為173.5公克。



實驗結果：

位置	5	6	7	8	9
	10	10	10	10	10
6CM	4.5	8	9	10.3	7.5
9CM	4.5	6.5	9.5	10.1	9
12CM	4	6	8.5	10.2	9.5

位置	72	74	76	78	80	82	84	86	88
	100	100	100	100	100	100	100	100	100
6CM	9.1	9.2	9.6	9.8	10.3	9.6	8.2	8.3	7.5
9CM	9.6	9.7	9.8	9.9	10.1	10.6	10.2	9.8	9.4
12CM	8.8	9	9.3	9.8	10.2	10.4	10.7	10.3	9.8

討論：

1. 由圖七可發現6cm的錐形木棒甜蜜點為80/100。9cm的錐形木棒甜蜜點為82/100、12cm的錐形木棒甜蜜點落在84/100的位置。而6cm、9cm、12cm錐形木棒重心位置分別在58/100、60/100、61/100，所以錐形木棒的重心往後移，甜蜜點也會跟著後移。



根據前面的研究發現棒狀物的長度和寬度不影響甜蜜點的位置，而材質、重心、水平撞擊位置及錐型開口端大小會影響甜蜜點的位置。讓我們初步認識影響甜蜜點的因素，並且已經熟悉實驗操作方法。所以我們想知道市售羽球拍的甜蜜點位置及找出最佳的擊球位置，還有能否藉由外在的方式調整重心來改變球拍的甜蜜點位置。

二、了解羽球拍甜蜜點位置範圍

實驗七：羽球拍最佳擊球範圍為何？

我們跟學校羽球隊借了一隻勝利牌羽球拍，測量其相關的基本數據：長度67.5cm、重量88g、重心位置為44/100、拍面長25cm、拍面寬20cm

實驗結果：



球拍垂直中心線測量：

全長位置	70	72	75	78	81	83	86	89	91	94
	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
拍面位置	20	27	34	42	49	56	63	71	78	85
鐵球擺動高度	13	15.3	16.6	18	18.3	18.1	17.5	15.8	12.5	10.2



球拍兩側水平線測量：

位置	左			中	右		
	5cm	4cm	3cm	0	3cm	4cm	5cm
鐵球擺動高度	11.8	14.3	17.3	18.3	17.3	14.3	11.8

球拍兩側對角線測量：

位置	左斜上				中	右斜上			
	4	3	2	1		1	2	3	4
鐵球擺動高度	13.5	14	16.5	18	18.3	18	16.5	14	13
位置	左斜下				中	右斜下			
	4	3	2	1		1	2	3	4
鐵球擺動高度	13.5	14.5	17	18	18.3	17	16.5	13	13.5

討論：

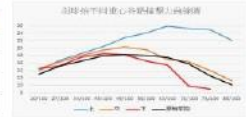
1. 根據垂直中心測量結果，甜蜜點位於整支球拍81/100的位置，而此位置正好是球拍面正中央(49/100)的位置。
2. 從水平測量及斜對角測量結果來看，以甜蜜點為中心往外輻射，距離越遠打擊力道越低，而且呈現對稱性。如上圖八。

實驗八：羽球拍重心改變是否影響其甜蜜點位置？



實驗結果：

拍面位置	20	27	34	42	49	56	63	71	78	83
重心位置	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
上(10%)	11	16.8	18.6	20.5	22.8	24.1	26	29.3	25	22.2
中(33%)	14.5	16.3	16.1	16.5	20.3	19.6	17	16.3	14	11.2
下(66%)	14.5	15.3	17.6	18.5	18.3	16.9	15.5	16.8	9	
原始球拍	13	15.3	16.6	18	18.3	18.1	17.5	15.8	12.5	10.2

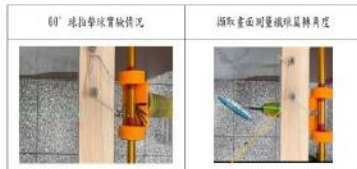


討論：

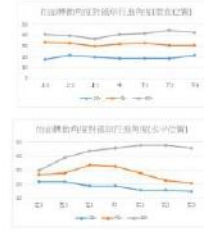
1. 羽球拍重心靠近握把時，甜蜜點會稍微往後移，且打擊力道越往拍面上方下降越快。
2. 當重心靠近球拍頂時，甜蜜點往球拍頂移動，不但打擊力道增加，且區域範圍也較大。
3. 原始球拍91公克，當球拍加2枚十元硬幣球拍重105公克，當球拍加重時，打擊力道也會跟著增加。
4. 原始球拍各位置的打擊力道分布曲線十分平滑對稱，外加硬幣後，打擊力道分布曲線變得不平整。

實驗九：不同拍面角度擊球時，甜蜜點與各位置對鐵球行進方向的表現差異為何？

實驗結果：



拍面位置	拍面角度	鐵球行進方向
垂直位置	30°	18° 22° 19° 18° 15° 22°
	45°	34° 35° 34° 32° 33° 31° 33°
	90°	41° 40° 37° 41° 42° 45° 43°
水平位置	30°	22° 22° 19° 18° 16° 16° 15°
	45°	27° 28° 34° 33° 28° 23° 28°
	60°	30° 29° 34° 35° 48° 38° 35°

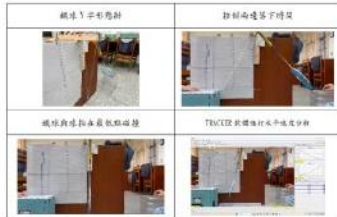


討論：

1. 在相同拍面角度時，球拍垂直中央線的上下各個位置擊球，鐵球行進角度相差不大。
2. 在相同拍面角度時，球拍中央與兩側位置擊球，鐵球行進角度相差頗大，且拍面轉動角度越大，誤差也越大。
3. 圖十與圖十一可知道，球拍轉動角度越大時擊球，鐵球行進的角度也越大。

實驗十：模擬羽球飛行時拍擊，甜蜜點與其他位置對球速的表現差異為何？

實驗結果：



拍面位置	垂直位置						
	底3	底2	底1	中	頂1	頂2	頂3
水平速度	2.611	3.092	3.333	3.414	3.403	2.856	2.615
拍面位置	水平位置						
	左3	左2	左1	中	右1	右2	右3
水平速度	2.433	2.985	3.312	3.414	3.452	3.223	2.562

討論：

1. 由表十七可知，在甜蜜點位置擊球，鐵球反彈的水平速度幾乎是最快，而越往兩側外圍(上下、左右)擊球，鐵球反彈的水平速度也越慢。與實驗七測量的結果相符。

伍、結論與建議

- 一、我們在網路上查到甜蜜點的定義為：1. 擊球時握把無撞擊感的位置。2. 擊球後產生最高速球的位置。3. 擊球後握把無振動感的位置。(台北市體育學院運動器材科技研究所劉強教授)。因為我們的實驗只探討握擊後讓鐵球擺盪的高度，所以我們以下所討論的甜蜜點是指「擊球後產生最高速球的位置」。
- 二、由實驗一、二的結果可知：「均勻木棒的長度與寬度，不會影響甜蜜點的位置比例」。均勻木棒的甜蜜點在全長的比例位置是固定的。
- 三、由根據實驗二、三的結果可知：「均勻棒狀物的材質會影響甜蜜點的位置比例。」不夠堅硬或者因空心而較軟的材質，它的甜蜜點則會呈現較不規則，例如不同的木材和空心塑膠壓條。
- 四、由實驗四、六的結果可知：「棒狀物重心的改變會影響甜蜜點的位置。」當重心越往後移，甜蜜點也會跟著往後移，而且撞擊力道也會增加。
- 五、由實驗五的結果可知：「棒狀物體的甜蜜點會位於中央線上。」而且越往左右兩邊撞擊力道就越小，且左右兩邊呈對稱性。
- 六、由實驗七、十的結果發現：「羽球拍的甜蜜點會位於拍面的正中央。」而且撞擊力道呈橢圓狀向外遞減。這跟我們羽球教練說：「球拍的擊球點要在中央再上面一點，這樣打出的羽球才會飛得又快又遠。」有些不同。我們和老師討論的結果，認為廠商會將甜蜜點設計在球拍正中央，應該是中央面積最大，擊球時較不容易失誤；再來就是在正中央擊球時，容易將羽球反彈力道平均分散至四周拍框，彈性也會較佳。而我們也將實驗結果告訴教練，希望他未來指導羽球選手時，能夠給予較正確的觀念。
- 七、由實驗四、六、八的結果發現：「羽球拍的重心越靠近拍面，甜蜜點位置就會稍微往拍頂移，而且擊球力道也會增加。」所以有些球拍號稱攻擊型球拍，應該就是將球拍重心放較靠近拍面。反之，球拍握把如果加重的話，甜蜜點也會稍微下移，並導致擊球力道的下降，所以握把有建議使用輕薄型，不但方便操控也不易改變重心。
- 八、由實驗九的結果發現：「在切球時，轉動拍面角度越多，羽球行進方向改變的角度也越大；在球拍中央線上切球，羽球的行進方向的穩定性較高。」在練習或打球要切球時，盡量將擊球位置控制在中央甜蜜點位置，較能精準控制羽球行進方向擊落點。
- 九、我們的實驗一、二、三在均勻棒狀物上所測得的甜蜜點位置，與網路上所查到的資料甜蜜點介於6/10與7/10之間不同，除了沒有將「擊球後握把無震動感的位置」因素考慮進來外，我們也覺得跟物體材質的軟硬、彈性有相關。而羽球拍中桿的彈性也是選擇球拍的重點之一。這些部分我們這次都沒有研究，希望下一次科展可以繼續將這個部分深入的研究。

陸、參考文獻

- 一、【FUN科學】切酒瓶挑戰(下一個被害的會是誰呢?) (佑來了生活科學頻道)
https://www.youtube.com/watch?v=mA_8qo1Nf1A
- 二、全國中小學科展作品 第53屆 物理科 「探究棒球棒的甜蜜點」 國立虎尾高級中學，魏紫芸；楊甯安；郭愉瑄 <https://www.ntsec.edu.tw/Science-ontent.aspx?>