

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 生活與應用科學科

030813

BB 槍的另一種玩法

臺南市立民德國民中學

作者姓名：

國二 呂昂 國二 張耀宇 國二 林致聖

國二 吳柏賢

指導老師：

陳建和

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
作品說明書

科別：生活與應用科學科

組別：國中組

作品名稱：BB 槍的另一種玩法

關鍵詞：斜向貫穿、彈道彈射、衝擊擺

編號：

壹、摘要

西元 2004 年 3 月 19 日總統大選前夕發生了總統、副總統遭槍擊受傷案件，事件發生後震驚全國，這個「三一九」槍擊案被許多人認為改變了這次總統大選的結果。雖然整個槍擊案的「真相」被政治上的爭論給淹沒，但從科學的角度來看，這是一個綜合物理學上的碰撞、外力作用及能量轉換等等問題而已。本研究共分三個部份來「模擬」當三一九槍擊案中子彈斜向貫穿吉普車擋風玻璃後的彈道路徑彈射問題。（一）不同的平板傾斜角對貫穿後彈道彈射的影響（二）不同的子彈質量對斜向貫穿後彈道彈射的影響（三）不同的子彈動能對斜向貫穿後彈道彈射的影響。研究的結果發現平板傾斜角及子彈動能是影響斜向貫穿後彈道彈射的最主要因素，期能對於在預防撞擊的防護或產品設計提供參考。

貳、研究動機

2004 年總統大選，台灣朝野競爭空前激烈。選舉的結果更是以不到三萬票、0.228%得票率的些微差距由陳水扁總統及呂秀蓮副總統連任成功。然而在選前一天，陳呂配卻在遊街造勢時遭到槍擊受傷，這個「三一九」槍擊案的「二顆神奇子彈」被很多人認為是選舉的操作並提出質疑。班上的同學也分「藍」、「綠」二派不斷地爭吵！

「子彈有長眼睛嗎？不然怎麼會往下掉朝呂秀蓮副總統的腿打下去呢？」。爭得面紅耳赤只是傷同學間的感情，老師建議我們來做個模擬三一九槍擊案子彈斜向貫穿平板的實驗！大家也來找真相！

參、研究目的

國中的「自然與生活科技」課程中，有「能量」這一個單元，但對於碰撞及貫穿的問題在教科書上沒有述及，而在生活上卻很容易接觸或應用到。我們常對「能量」只有抽象的概念並無深刻的體驗，因此設計本研究的目的是在於：

- 一、清楚「動能」、「位能」及材料的「應變能」之間的能量轉換。
- 一、清楚如何以「能量守恒」的原理，設計實驗並量測獲得相關數據。
- 二、探討物理學上高速穿孔貫穿的力學行為上之影響參數。

肆、研究設備及器材

本研究有需的設備與器材如表 4-1

表 4-1 設備與器材

設備與器材名稱	數 量	規 格
BB彈玩具槍	2把	台灣建瑋玩具公司生產PT92型及KA-14型
BB彈	600發	塑膠，球徑6mm、0.2公克 0.25公克 0.33公克
電子天秤	1台	精度0.001公克
捲尺	1把	7公尺、精度0.5公分
自製衝擊擺	1座	
自製直線射擊檢定儀	1座	
自製槍身固定器	1座	
游標卡尺	1枝	精度0.01mm
脆餅乾	350片	主要成份：麵粉 60mm×40mm×6mm
雷射筆	1枝	
數位攝影機	1部	SONY PC-105

伍、研究過程

一、研究過程

「子彈有長眼睛嗎?不然怎麼會往下掉朝呂秀蓮副總統的腿打下去呢?」，從圖 5-1 刑事局公佈「三一九」槍擊案中歹徒開槍之可能位置及圖 5-2 吉普車的傾斜擋風玻璃可以看出子彈並非是正向打中擋風玻璃，而是夾著一個角度斜向貫穿擋風玻璃。當子彈「斜向」貫穿擋風玻璃後的彈道路徑會有改變或彈射嗎?我們設計一個實驗如圖 5-3 所示，以玩具 BB 槍替代「三一九」槍擊案中的土製手槍（二者皆無槍膛線），並以硬脆餅乾來模擬擋風玻璃被貫穿情形（二者都是脆性材料）。分別從不同的子彈動能、被貫穿物之傾斜角及子彈質量(或初速)等因子來探討影響子彈貫穿餅乾後彈道路徑的問題，並比較各個因子間造成餅乾遭 BB 彈擊穿的破壞狀況。

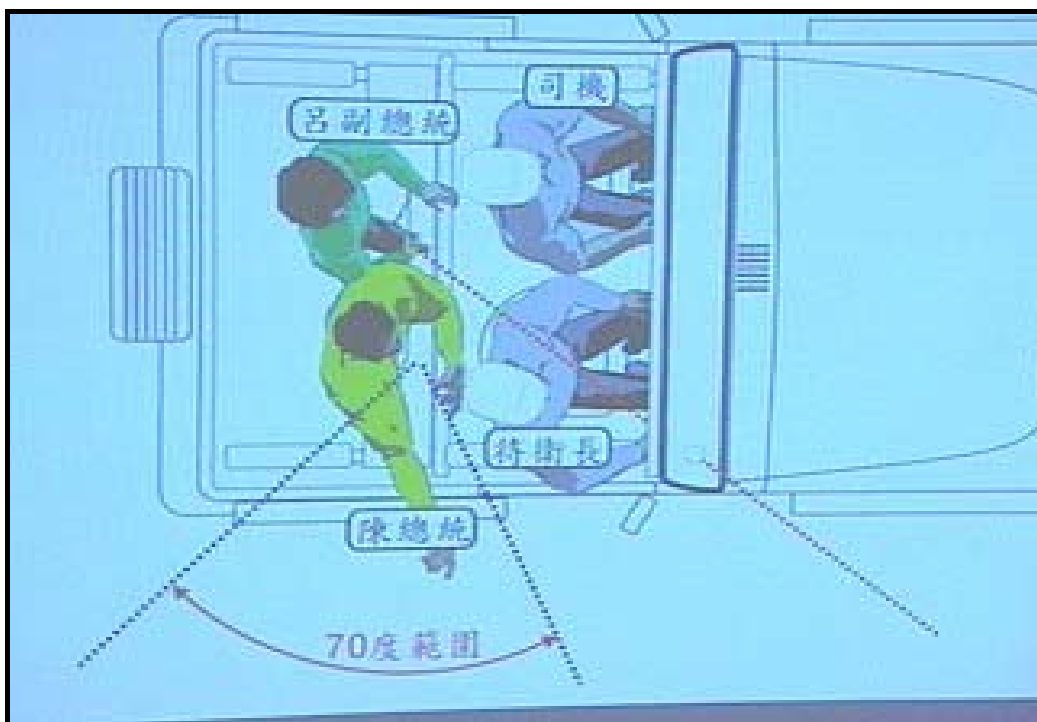


圖5-1 「三一九」槍擊案中歹徒開槍之可能位置



圖5-2 吉普車的傾斜檔風玻璃

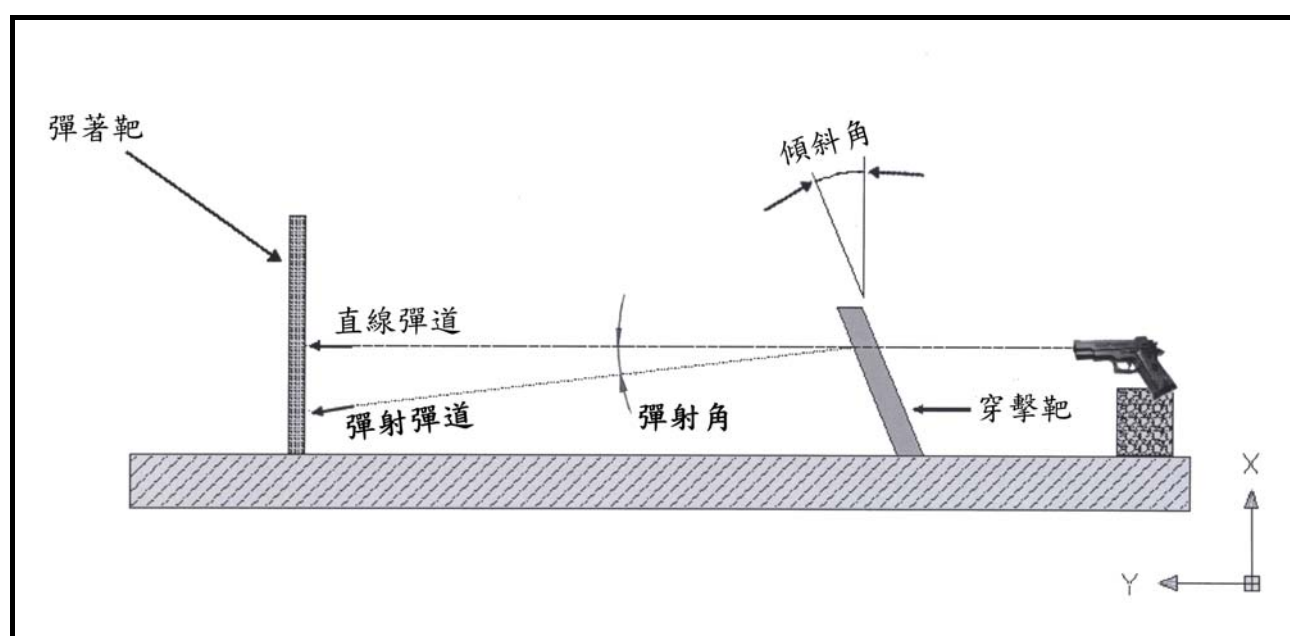


圖5-3 實驗設計圖

二、研究方法

實驗安全是實驗過程中最需重視的，2005年4月12日新公佈的「玩具槍管制新法」規定氣動槍、電動BB槍、瓦斯槍及空氣槍若發射的彈丸動能超過20焦耳即違反「槍炮彈藥刀械管制條例」，屬管制物品。本實驗所用的射擊槍枝是屬於氣動式BB槍（製造廠商：建瑋玩具公司，地址：台南市東區自由路2段209巷5號），最大的射擊僅0.5焦耳，並非屬管制品。氣動式BB槍若直接（或反彈）命中身體裸露處會造成短暫疼痛，但不會造成出血等外傷。不過若命中面部、眼睛恐將造成傷害，為顧及安全起見，實驗時必需戴上全罩式安全帽以策安全，如圖5-4。



圖5-4 實驗的安全防護（全罩式安全帽）

實驗一：BB槍射擊彈道直線性檢定（BB槍射擊可靠度試驗）

1、實驗目的：檢定BB槍射擊可靠度。

2、實驗步驟：

- （1）實驗設計如圖5-5，在2.5公尺內設計了3個攔截閘，各攔截閘孔徑為10mm，使用雷射筆以雷射光束直線前進的特性來校正3個攔截閘孔位於同一直線上。
- （2）依序將PT92型及KA-14型BB槍固定於自製「槍身固定器」上，如圖5-6，以免因人為因素影響射擊。
- （3）依序以球徑同為6mm，質量分別為0.2公克、0.25公克及0.33公克的子彈各射擊5發，記錄每次射擊後槍型及子彈是否命中檢定靶和命中時距離水平面之高度。

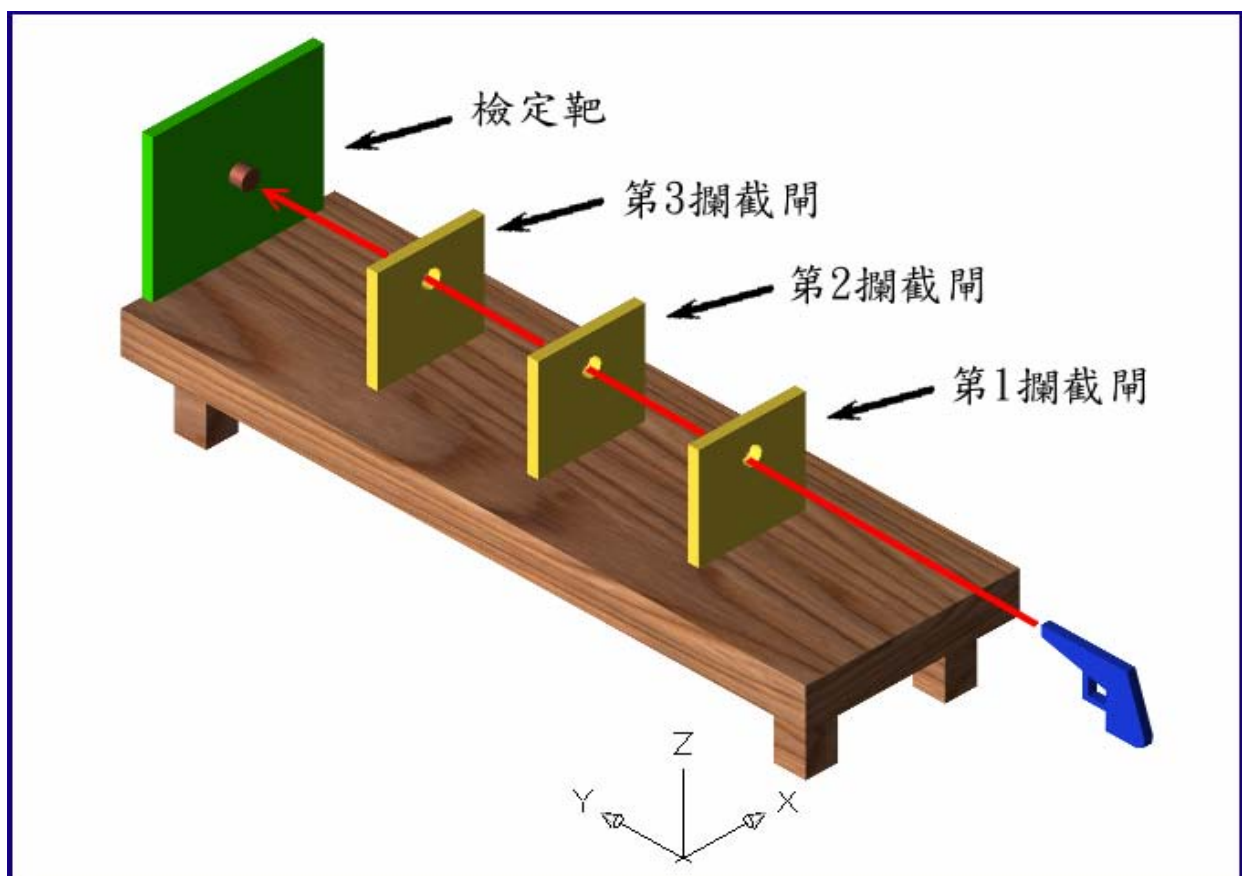


圖5-5 BB槍射擊彈道直線檢定器



圖 5-6 自製槍身固定器

實驗二：相同動能、不同傾斜角的射擊實驗

1、實驗目的：在相同動能之下，探討不同傾斜角對彈道彈射的影響。

2、實驗步驟：

(1) 以PT92型BB槍為本實驗射擊槍枝。

(2) 實驗設計如圖5-3，以0.2公克的BB彈射擊，餅乾安置於穿擊靶上，調整穿擊靶平板傾斜角分別是0度、15度、30度、45度及60度為操縱變因。

(3) 各個傾斜角度都射擊5發，在彈著靶上量測各彈著點距離水平面的高度位置減去可靠度實驗時的高度誤差值，並取5發之平均值為實驗值。

(4) 以三角函數關係，求出子彈貫穿點的彈射角並記錄。

實驗三：相同動能、不同子彈質量的射擊實驗

1、實驗目的：探討不同子彈質量對彈道彈射的影響。

2、實驗步驟：

- (1) 如同實驗二設計，BB彈質量分別為0.2公克、0.25公克及0.33公克為操縱變因。平板傾斜角分別為0度、15度、30度、45度及60度。
- (2) 計算及記錄各型質量 BB 彈在各平板傾斜角的貫穿彈射角。

實驗四：不同動能、相同子彈的射擊實驗

1、實驗目的：探討不同子彈動能對彈道彈射的影響。

2、實驗步驟：

- (1) 以PT92型及KA-14型二枝具不同動能的槍為本實驗射擊槍枝。
- (2) 自製衝擊擺（ballistic pendulum）如圖5-7，以「動量守恆」和「能量守恆」原理及利用數位攝影機監控錄影，定格擷取位能高度值（h值）後，計算PT92型及KA-14型BB槍的子彈射擊初速及二槍所具備的射擊能量（子彈動能）。
- (3) 裝填 0.2 公克的 BB 彈，依序以 PT92 型及 KA-14 型 BB 槍為實驗射擊槍枝進行實驗二的實驗，求取各槍在各平板傾斜角的貫穿彈射角。

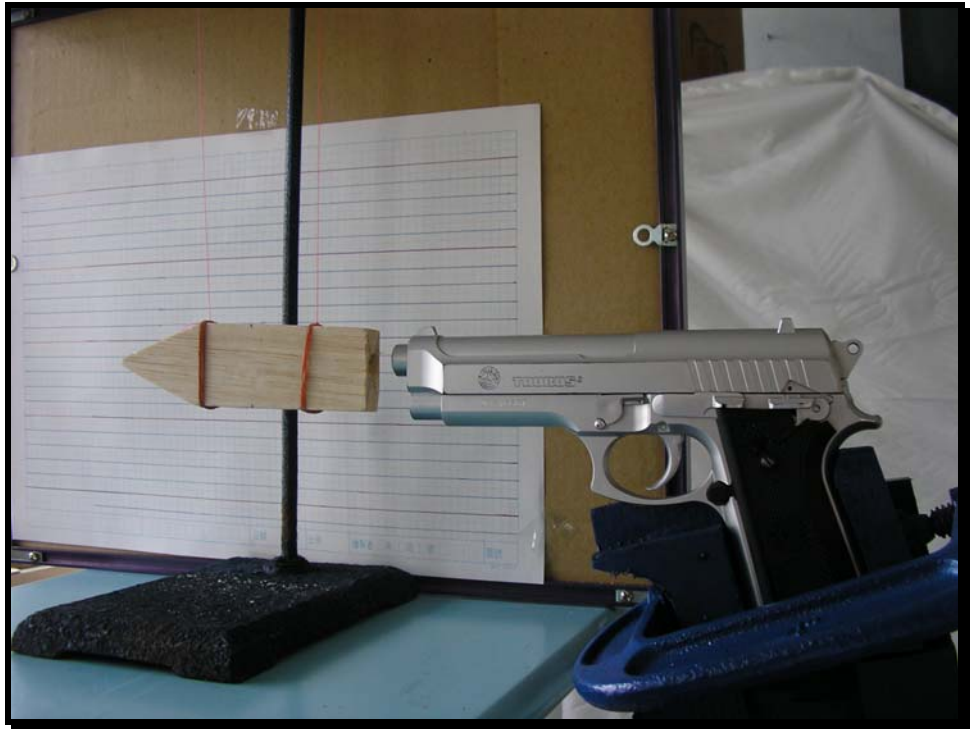


圖 5-7 自製衝擊擺

實驗五：量測各射擊條件下餅乾正、背面彈孔孔徑

1、實驗目的：探討不同射擊案例中，穿擊彈孔的破壞情形。

2、實驗步驟：

- (1) 將實驗二的射擊樣本以游標卡尺量測各射擊條件下餅乾正面及背面遭槍擊破壞彈孔孔徑，並記錄正面及背面彈孔孔徑。
- (2) 實物測繪餅乾彈孔的剖面。

陸、研究結果

一、BB槍射擊彈道直線性檢定

以 PT92 型及 KA-14 型 BB 槍及子彈分別是 0.2 公克、0.25 公克及 0.33 公克的子彈向彈道直線檢定器各射擊 10 發，檢定結果如表 6-1。總計 30 發子彈全數命中檢定靶。

表 6-1 BB 槍射擊彈道直線性檢定記錄

BB槍射擊彈道直線性檢定											
CASE 1：PT92型BB槍						CASE 2：KA-14型BB槍					
0.2公克 BB彈		0.25公克BB彈		0.33公克BB彈		0.2公克 BB彈		0.25公克BB彈		0.33公克BB彈	
射擊 序號	結果	射擊 序號	結果	射擊 序號	結果	射擊 序號	結果	射擊 序號	結果	射擊 序號	結果
1	命中	1	命中	1	命中	1	命中	1	命中	1	命中
2	命中	2	命中	2	命中	2	命中	2	命中	2	命中
3	命中	3	命中	3	命中	3	命中	3	命中	3	命中
4	命中	4	命中	4	命中	4	命中	4	命中	4	命中
5	命中	5	命中	5	命中	5	命中	5	命中	5	命中

二、相同動能、不同傾斜角的射擊實驗

實驗二的主要記量測值 L_1 、 L_2 及 y 值如圖 6-1 所示，傾斜角分別為 0 度、15 度、30 度、45 度及 60 度各射擊 5 發，在彈著靶上量測各彈著點的 y 值並求取 5 發之平均值。再以三角函數之關係，求出子彈貫穿平板點的彈射角，其實驗數據如表 6-2。

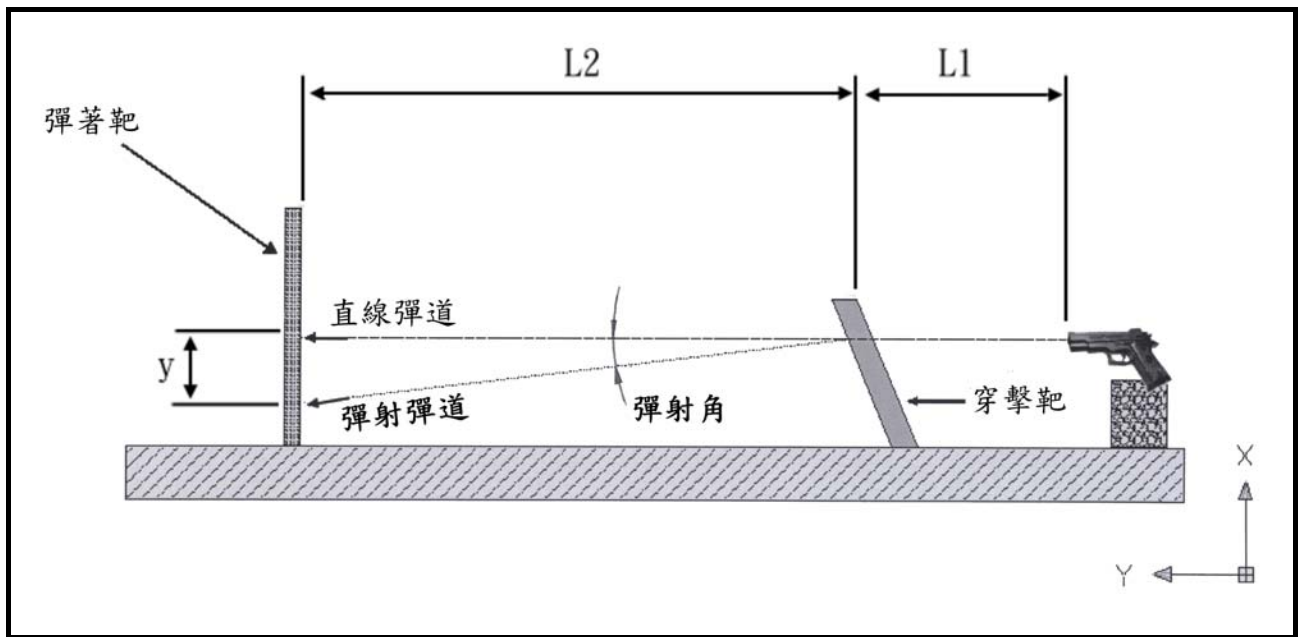


圖6-1 彈射彈道實驗量測位置 (L_1, L_2, y)

表6-2 相同動能、不同傾斜角的射擊實驗數據

實驗項目	PT92 型 BB 槍、球徑 6mm、0.2 公克彈射彈道實驗				
傾斜角	射擊序號	L1 (公分)	L2 (公分)	y (公分)	彈射角
0 度	1	100.0	150.0	0.0	0.0 度
	2	100.0	150.0	0.0	
	3	100.0	150.0	0.0	
	4	100.0	150.0	0.0	
	5	100.0	150.0	0.0	
	y 值平均 (精度 0.5 公分)			0.0	
15 度	1	100.0	150.0	11.6	4.3 度
	2	100.0	150.0	11.6	
	3	100.0	150.0	10.9	
	4	100.0	150.0	11.5	
	5	100.0	150.0	11.0	
	y 值平均 (精度 0.5 公分)			11.3	
30 度	1	100.0	150.0	27.0	10.5 度
	2	100.0	150.0	29.0	
	3	100.0	150.0	27.6	
	4	100.0	150.0	28.4	
	5	100.0	150.0	27.0	
	y 值平均 (精度 0.5 公分)			27.8	
45 度	1	100.0	50.0	27.5	28.9 度
	2	100.0	50.0	27.5	
	3	100.0	50.0	28.9	
	4	100.0	50.0	27.1	
	5	100.0	50.0	27.0	
	y 值平均 (精度 0.5 公分)			27.6	
60 度	1	100.0	30.0	37.5	51.3 度
	2	100.0	30.0	37.5	
	3	100.0	30.0	38.8	
	4	100.0	30.0	37.0	
	5	100.0	30.0	36.7	
	y 值平均 (精度 0.5 公分)			37.5	

三、相同動能、不同子彈質量的射擊實驗

以 PT92 型 BB 槍為本實驗射擊槍枝，同實驗二設計，BB 彈球徑為 6mm、質量分別為 0.2 公克、0.25 公克及 0.33 公克。平板傾斜角分別為 0 度、15 度、30 度、45 度及 60 度。計算及記錄不同質量 BB 彈在各平板傾斜角的貫穿彈射角，如圖 6-1 彈道彈射實驗量測位置。實驗數據如表 6-3。

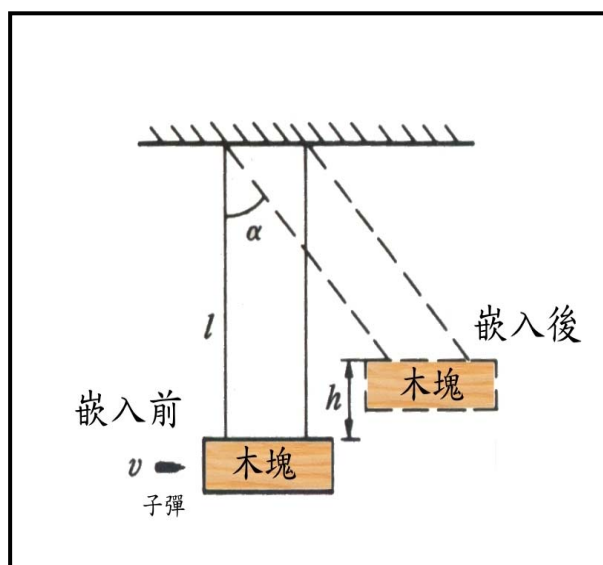
表6-3 相同動能、不同子彈質量的射擊實驗數據

相同動能、不同子彈質量之射擊實驗															
實驗三	球徑 6mm 0.2 公克 BB 彈					球徑 6mm 0.25 公克 BB 彈					球徑 6mm 0.33 公克 BB 彈				
傾斜角	射擊序號	L1	L2	y	折射角	射擊序號	L1	L2	y	折射角	射擊序號	L1	L2	y	折射角
0 度	1	100.0	150.0	0.0	0.0 度	1	100.0	150.0	0.0	0.0 度	1	100.0	150.0	0.0	0.0 度
	2	100.0	150.0	0.0		2	100.0	150.0	0.0		2	100.0	150.0	0.0	
	3	100.0	150.0	0.0		3	100.0	150.0	0.0		3	100.0	150.0	0.0	
	4	100.0	150.0	0.0		4	100.0	150.0	0.0		4	100.0	150.0	0.0	
	5	100.0	150.0	0.0		5	100.0	150.0	0.0		5	100.0	150.0	0.0	
	y 值平均			0.0		y 值平均			0.0		y 值平均			0.0	
15 度	1	100.0	150.0	11.6	4.3 度	1	100.0	150.0	9.0	3.9 度	1	100.0	150.0	11.7	4.2 度
	2	100.0	150.0	11.6		2	100.0	150.0	11.2		2	100.0	150.0	11.1	
	3	100.0	150.0	10.9		3	100.0	150.0	9.8		3	100.0	150.0	11.3	
	4	100.0	150.0	11.5		4	100.0	150.0	11.3		4	100.0	150.0	10.4	
	5	100.0	150.0	11.0		5	100.0	150.0	9.2		5	100.0	150.0	9.8	
	y 值平均			11.3		y 值平均			10.1		y 值平均			10.9	
30 度	1	100.0	150.0	27.0	10.5 度	1	100.0	150.0	27.3	10.3 度	1	100.0	150.0	28.4	10.8 度
	2	100.0	150.0	29.0		2	100.0	150.0	28.7		2	100.0	150.0	27.7	
	3	100.0	150.0	27.6		3	100.0	150.0	27.2		3	100.0	150.0	28.9	
	4	100.0	150.0	28.4		4	100.0	150.0	26.5		4	100.0	150.0	28.5	
	5	100.0	150.0	27.0		5	100.0	150.0	26.8		5	100.0	150.0	28.5	
	y 值平均			27.8		y 值平均			27.3		y 值平均			28.5	
45 度	1	100.0	50.0	27.5	28.9 度	1	100	50	28.6	30.3 度	1	100.0	50.0	26.1	28.5 度
	2	100.0	50.0	27.5		2	100	50	30.0		2	100.0	50.0	26.9	
	3	100.0	50.0	28.9		3	100	50	28.5		3	100.0	50.0	27.3	
	4	100.0	50.0	27.1		4	100	50	29.4		4	100.0	50.0	25.8	
	5	100.0	50.0	27.0		5	100	50	29.5		5	100.0	50.0	29.0	
	y 值平均			27.6		y 值平均			29.2		y 值平均			27.2	
60 度	1	100.0	30.0	37.5	51.3 度	1	100.0	30.0	38.4	51.9 度	1	100.0	30.0	39.2	52.0 度
	2	100.0	30.0	37.5		2	100.0	30.0	39.1		2	100.0	30.0	37.3	
	3	100.0	30.0	38.8		3	100.0	30.0	37.5		3	100.0	30.0	37.5	
	4	100.0	30.0	37.0		4	100.0	30.0	39.2		4	100.0	30.0	38.3	
	5	100.0	30.0	36.7		5	100.0	30.0	37.7		5	100.0	30.0	39.7	
	y 值平均			37.5		y 值平均			38.3		y 值平均			38.4	

單位：公分 精度：0.5公分

四、不同動能、相同子彈之射擊實驗

如圖5-7，本組組員自製衝擊擺（ballistic pendulum）。以「動量守恆」和「能量守恆」的原理量測PT92型及KA-14型BB槍的子彈射擊初速，如圖6-2。並計算出二槍各自具備的動能如表6-4A。裝填球徑6mm，0.2公克的BB彈，依序以PT92型及KA-14型BB槍為實驗射擊槍枝如同實驗二步驟，求得各槍在各平板傾斜角的貫穿射角，實驗數據如表6-4B。



設木塊之質量為 M ，子彈為 m 。以 V 表示子彈嵌入木塊後子彈和木塊之速度。依動量守恆

$$mv = (m + M) \times V \quad V = \frac{m \times v}{(m + M)}$$

碰撞後系統的動能轉變為重力位能（少量的摩擦力不計）因此

$$\frac{1}{2}(m+M) \times V^2 = (m+M) \times g \times h \quad v = \frac{m+M}{m} \times (\sqrt{2gh})$$

圖6-2 衝擊擺及其原理

表6- 4A 不同動能、相同子彈的射擊實驗

實驗項目	BB 彈射擊初速及動能測定（衝擊擺檢測）			
槍枝名稱	PT92 型		KA-14 型	
BB 彈質量（m）	0.2 公克		0.2 公克	
嵌入木質量（M）	8.881 公克		8.881 公克	
射擊序號	h 值		h 值	
1	12.5 公分		9.5 公分	
2	12.5 公分		9.5 公分	
3	12.5 公分		9.5 公分	
4	12.5 公分		9.5 公分	
5	12.5 公分		9.5 公分	
	h 值平均	12.5 公分	h 值平均	9.5 公分
BB 彈射擊初速	71.1 公尺 / 秒		61.6 公尺 / 秒	
BB 彈射擊動能	0.5 焦耳		0.38 焦耳	

表6- 4B 不同動能、相同子彈的射擊實驗數據

實驗項目	不同動能、相同子彈的射擊實驗									
	PT92 型：0.5 焦耳					KA-14 型：0.38 焦耳				
	球徑 6mm 0.2 公克 BB 彈					球徑 6mm 0.2 公克 BB 彈				
傾斜角	射擊序號	L1	L2	y	彈射角	射擊序號	L1	L2	y	彈射角
0 度	1	100.0	150.0	0.0	0.0 度	1	100.0	150.0	0.0	0.0 度
	2	100.0	150.0	0.0		2	100.0	150.0	0.0	
	3	100.0	150.0	0.0		3	100.0	150.0	0.0	
	4	100.0	150.0	0.0		4	100.0	150.0	0.0	
	5	100.0	150.0	0.0		5	100.0	150.0	0.0	
	y 值平均			0.0		y 值平均			0.0	
15 度	1	100.0	150.0	11.6	4.3 度	1	100.0	150.0	17.5	6.7 度
	2	100.0	150.0	11.6		2	100.0	150.0	16.7	
	3	100.0	150.0	10.9		3	100.0	150.0	17.0	
	4	100.0	150.0	11.5		4	100.0	150.0	18.3	
	5	100.0	150.0	11.0		5	100.0	150.0	18.0	
	y 值平均			11.3		y 值平均			17.5	
30 度	1	100.0	150.0	27.0	10.5 度	1	100.0	100.0	43.2	22.7 度
	2	100.0	150.0	29.0		2	100.0	100.0	40.9	
	3	100.0	150.0	27.6		3	100.0	100.0	40.1	
	4	100.0	150.0	28.4		4	100.0	100.0	42.6	
	5	100.0	150.0	27.0		5	100.0	100.0	42.4	
	y 值平均			27.8		y 值平均			41.8	
45 度	1	100.0	50.0	27.5	28.9 度	1	100.0	50.0	嵌入	無
	2	100.0	50.0	27.5		2	100.0	50.0	嵌入	
	3	100.0	50.0	28.9		3	100.0	50.0	嵌入	
	4	100.0	50.0	27.1		4	100.0	50.0	嵌入	
	5	100.0	50.0	27.0		5	100.0	50.0	嵌入	
	y 值平均			27.6		y 值平均			無	
60 度	1	100.0	30.0	37.5	51.3 度	1	100.0	30.0	反彈	無
	2	100.0	30.0	37.5		2	100.0	30.0	反彈	
	3	100.0	30.0	38.8		3	100.0	30.0	反彈	
	4	100.0	30.0	37.0		4	100.0	30.0	反彈	
	5	100.0	30.0	36.7		5	100.0	30.0	反彈	
	y 值平均			37.5		y 值平均			無	

單位：公分 精度：0.5公分

五、量測各傾斜角射擊條件下餅乾背面彈孔孔徑

以游標卡尺量測各射擊條件下餅乾背面遭槍擊破壞彈孔孔徑，並記錄最大長軸之直徑。實物測繪各量測各射擊條件下餅乾彈孔剖面。圖6-3為各傾斜角貫穿射擊之試測樣本正面、反面及剖面圖。

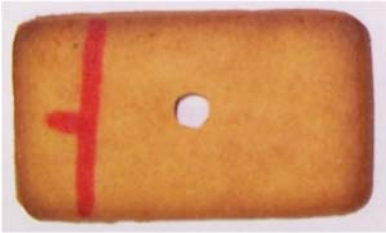
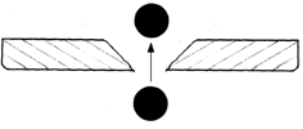
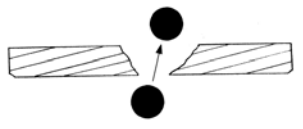
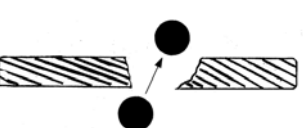
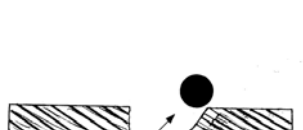
射擊槍枝子彈		PT92型、使用子彈球徑6mm、0.2公克塑膠彈		
傾斜角	正 面	背 面	實物測繪剖面圖	
0 度				
15 度				
30 度				
45 度				
60 度				

圖6-3 各傾斜角貫穿射擊的試測樣本正面、反面及剖面圖

柒、討論

一、BB槍射擊彈道直線性檢定（BB槍射擊可靠度試驗）

市面上BB槍的產品很多，大致有台灣、日本、歐美及中國製造，中國製產品較便宜但品質較差。本實驗所選用的槍枝為台灣建瑋玩具公司生產的PT92型及KA-14型。由於二枝BB槍的壓縮彈簧不同，故擊發的動能亦不同。圖7-1為廠商所附的產品特性說明書，從說明書上可以看出被擊發的BB彈約在17公尺內仍保持不錯的直線穩定性，超過20公尺後有上升的現象，相對於本實驗要求的槍擊直線穩定度距離只需2.5公尺，因此PT92型及KA-14型二槍的性能已足夠。由於BB彈質量很輕，因此在本實驗的2.5公尺距離內因重力作用所產生的位移可忽略不計。由實驗一的結果，總計30發子彈全數命中。證明本實驗設計所用的射擊槍枝的性能是穩健可靠的。

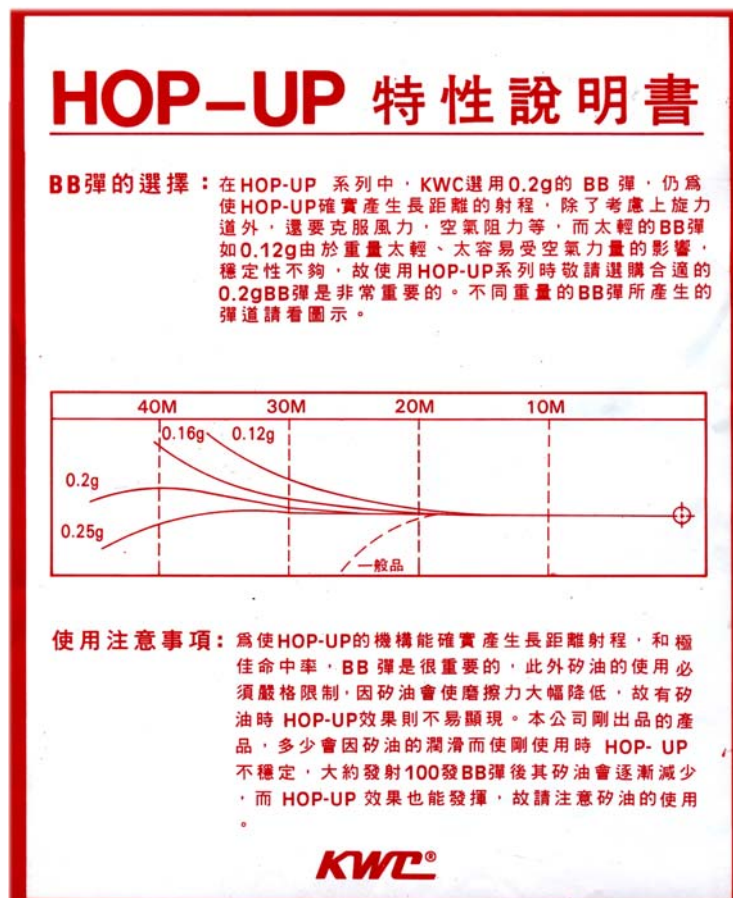


圖7-1 BB玩具槍廠商所附之產品特性說明書

二、相同動能、不同傾斜角的射擊實驗

在實驗二的操縱變因是平板的傾斜角，圖7-2是PT92型以球徑6mm、0.2公克BB彈射擊的傾斜角與彈射角之關係，圖中可清楚看出傾斜角與彈射角的關係並非是線性而是接近一個二次拋物線曲線。若設傾斜角是 X ，彈射角是 Y ，那麼我們可定義了一個很近似的經驗公式： $Y = \frac{1}{68}X^2$ ， $0 \leq X \leq 60$ 。換言之：若傾斜角為35度的話，則彈射角 $Y = \frac{1}{68} \times 35^2 = 18.0$ 度。

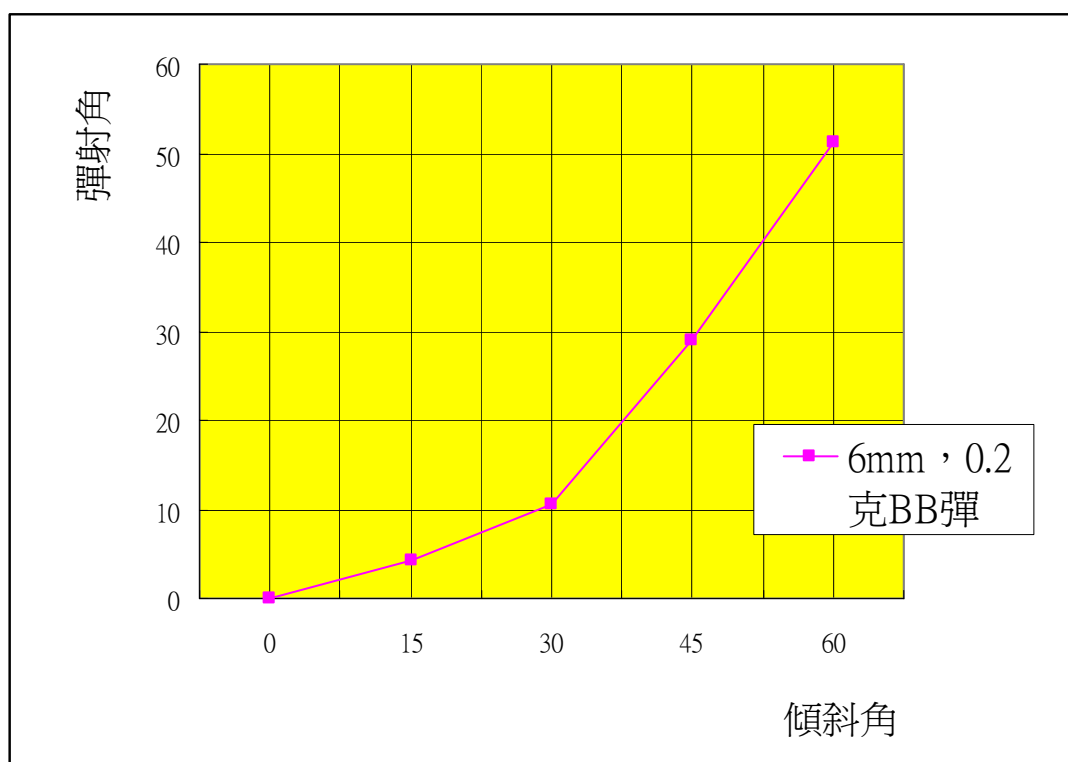


圖7-2 球徑6mm、0.2公克BB彈傾斜角與彈射角的關係圖

三、相同動能、不同子彈質量的射擊實驗

圖7-3是以PT92型槍枝（相同動能）、三種不同子彈質量射擊實驗的傾斜角與彈射角之關係圖，子彈質量雖三者不同，但三者間傾斜角與彈射角的關係曲線卻非常接近，只在傾斜角45度時有6%的最大差異。造成這些差異的原因很可能是實驗誤差及測試樣本之差異造成。因此，從實驗的結果可以推論出：「在具備相同動能下，傾斜角與彈射角關係和不同子彈質量（或射擊初速）大小無關」。

換言之，若僅以PT92型槍枝射擊分別為0.2公克、0.25公克及0.33公克的BB彈，則三種BB彈間傾斜角與彈射角之關係是同條曲線。

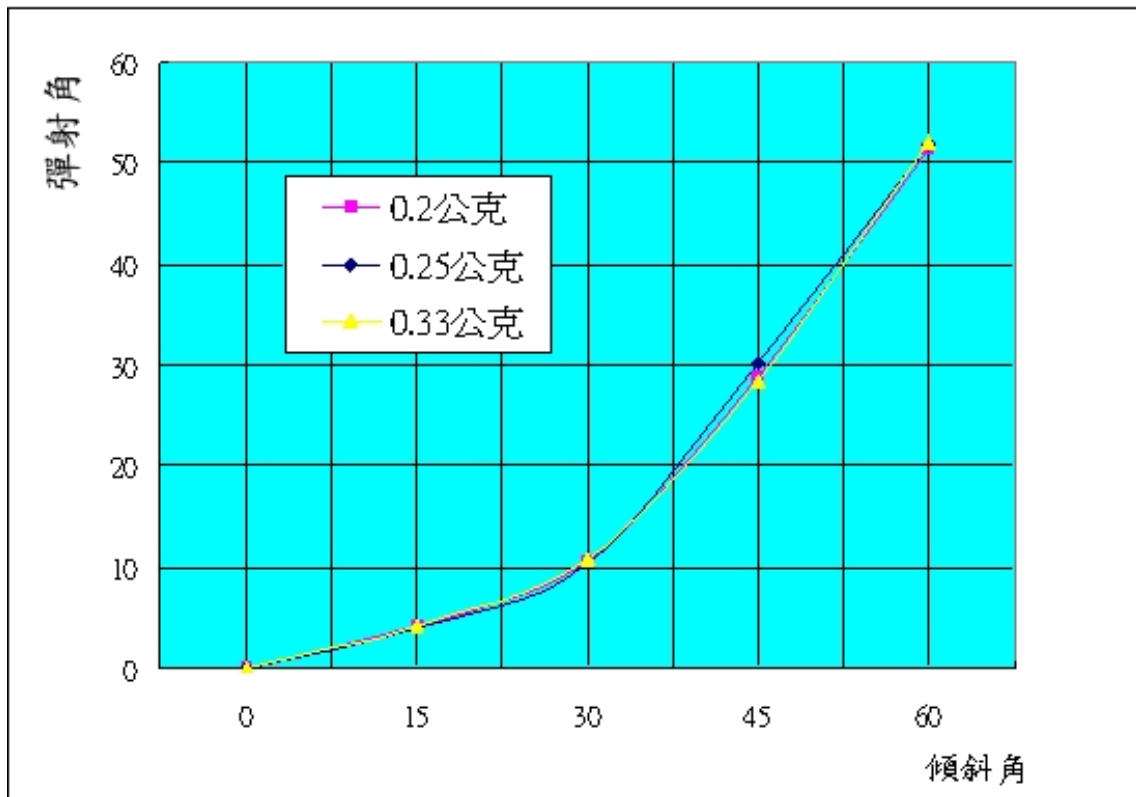


圖7-3 相同動能，不同子彈質量射擊實驗的傾斜角與彈射角關係圖

四、不同動能、相同子彈的射擊實驗

圖7-4是PT92型及KA-14型二槍不同動能、相同子彈射擊實驗的傾斜角與彈射角關係圖，二槍分別具有0.5及0.38焦耳的動能。能量較小的KA-14型在傾斜角15度及30度的貫穿彈射角皆大於PT92型，在傾斜角45度和60度的射擊上分別出現了嵌入和反彈無法貫穿的現象。因此對於斜向貫穿某一傾斜角而對照是彈射角大小（或是嵌入、反彈）是取決於射擊槍枝子彈的動能。假設在我們的實驗設計是以一把「制式90手槍」來穿擊傾斜於平板的餅乾，則貫穿彈射角應該是接近0度吧！因為制式90手槍的能量相較我們實驗用的PT92型玩具槍大得太多了。

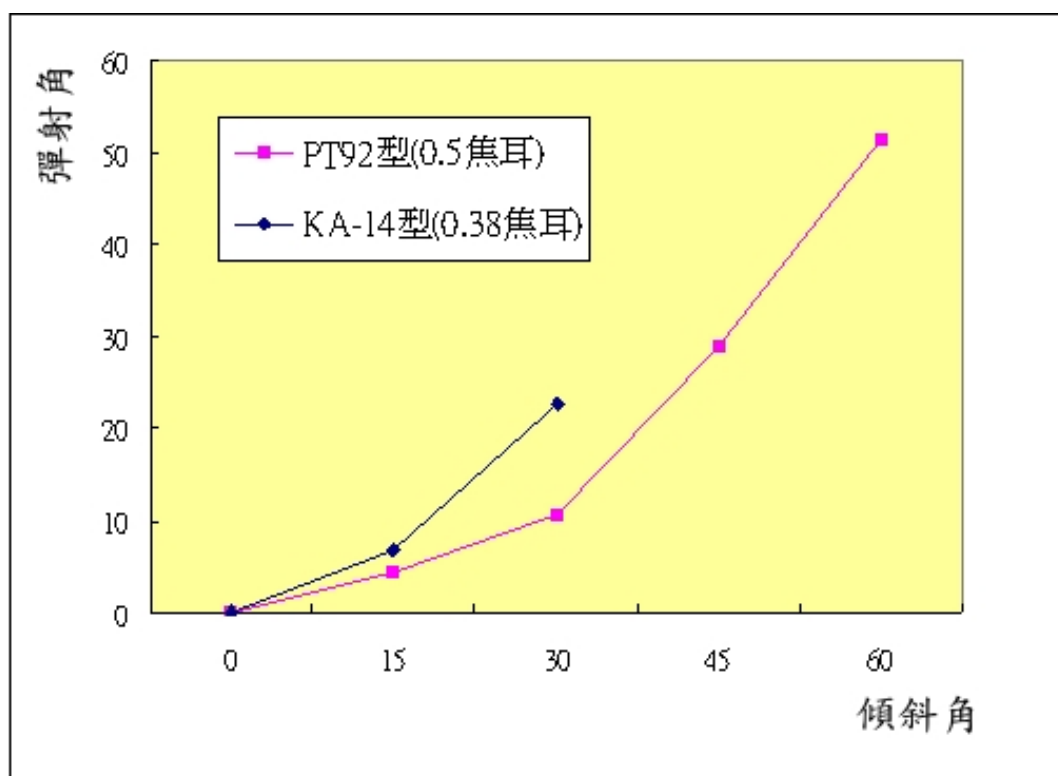


圖7-4 不同動能、相同子彈射擊實驗之傾斜角與彈射角關係圖

(※KA-14型在45度及60度的射擊分別是嵌入及反彈)

五、材料破壞的比較

如用鐵鎚敲打玻璃，玻璃即會粉碎。若用子彈打穿時，只會形成圓孔。外力速度之不同，破壞多樣化。圖7-5為典型的脆性材料外力速度與破壞模式。以本實驗為例，當外力的進入材料體（餅乾）內一方面擴散，另一方面傳播破壞。在均質無缺陷之材料體內，外力是以45度立體角分散。而45度立體角之周邊因應力集中而形成破壞面（表6-5實物測繪剖面圖）。當平板傾斜角愈大，子彈貫穿的距離較長，衝破的餅乾截面厚度增加，造成的破壞面也相對變大。

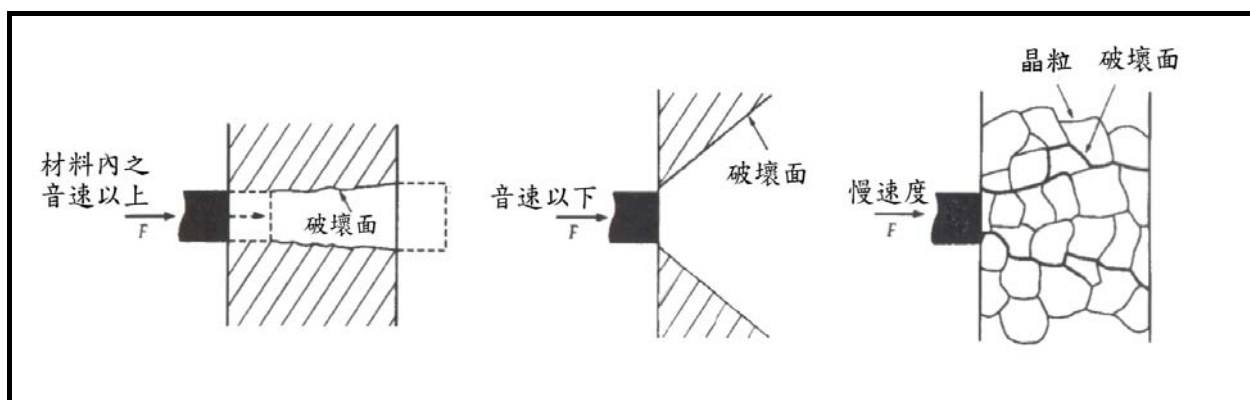


圖7-5 典型的脆性材料外力速度與破壞模式

六、折射率的探討

在幾何光學中，如圖 7-6 光從一物質進入另一物質改變進行方向的現象稱光的折射。因為光自一物質進入他物質時其速度改變故生折射。在司乃耳定律 (Snell's law) 中將 $\frac{\sin i}{\sin r} = n$ ，入射角的正弦和折射角的正弦比稱為折射率 (n)。不論入射角 (i) 的變化，折射率 (n) 仍為定值，例如：光由空氣進入水中的折射率約 1.33。

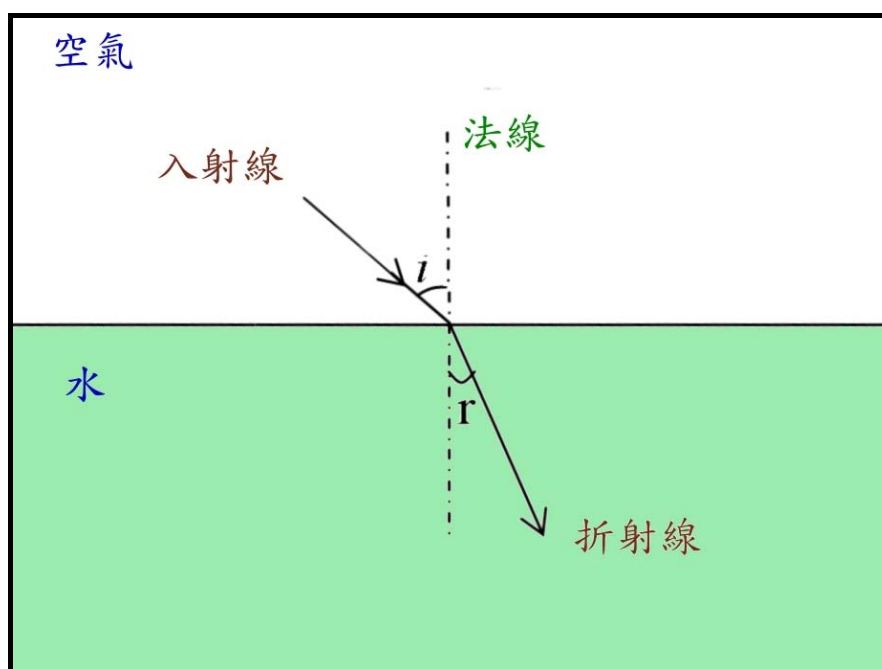


圖7-6 光的折射現象

光的折射是因不同物質中速度改變而造成折射，這個和本研究斜向貫穿彈道彈射在機制上是不相同的，斜向貫穿彈道彈射是因為「碰撞」反彈所造成子彈運動路徑的改變，如圖7-7所示意。在圖7-8中，光（或波）從一物質進入另一物質的折射率（ n ）是定值，不隨著入射角的改變而變化。而斜向貫穿彈道彈射率卻隨碰撞的角度而變化。

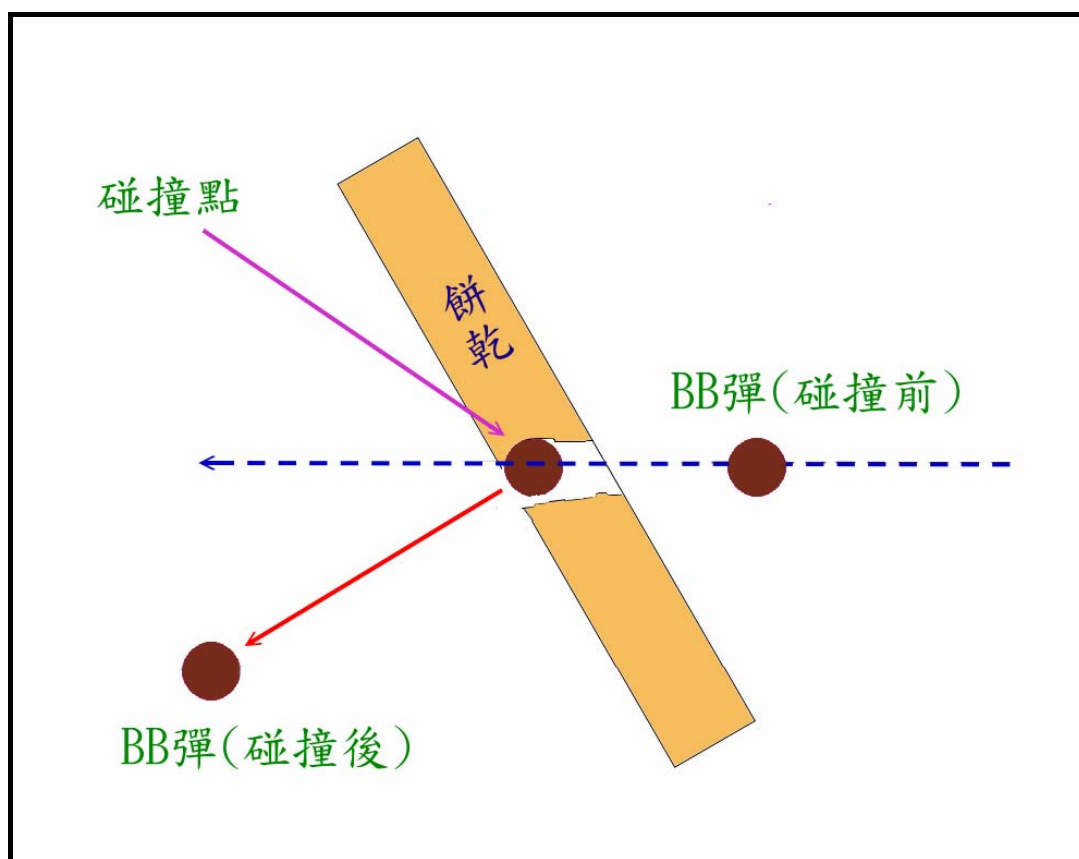


圖7-7 斜向貫穿碰撞彈道彈射示意圖

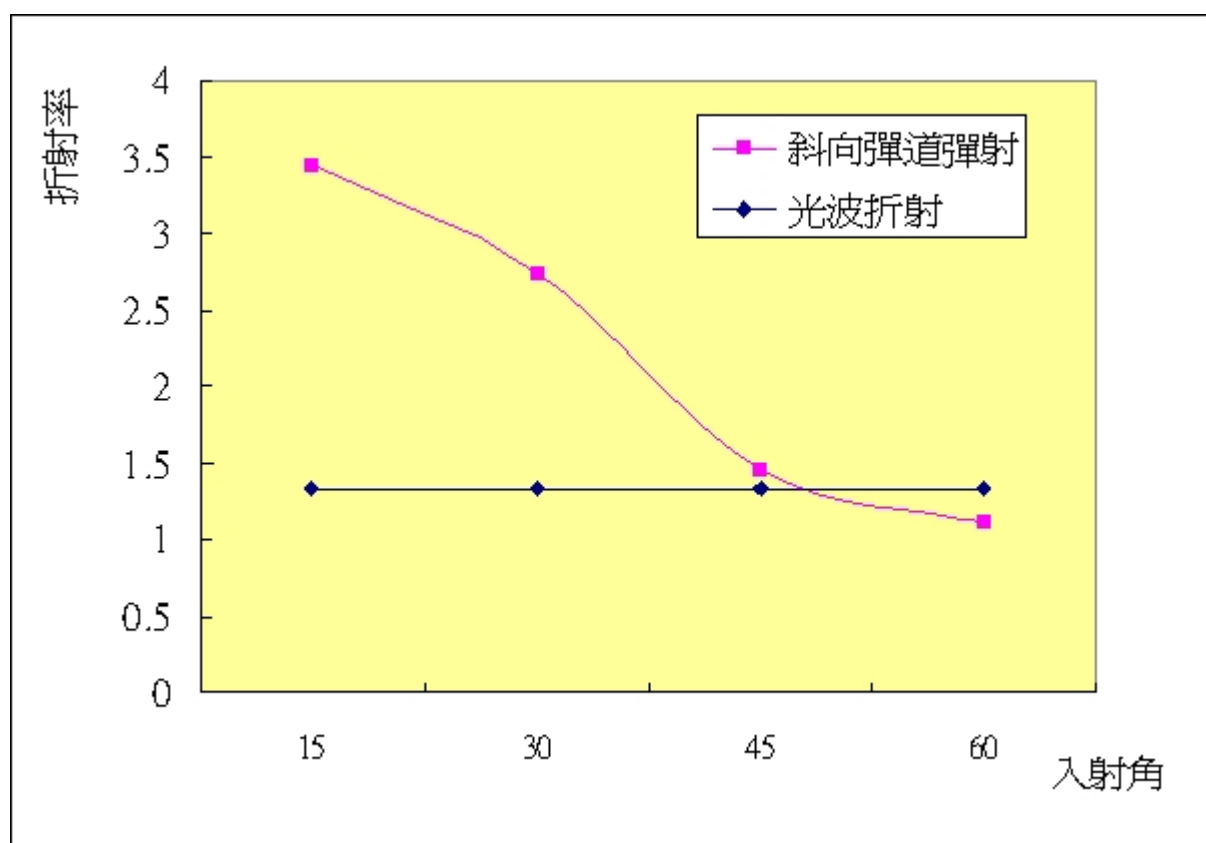


圖 7-8 斜向貫穿碰撞彈道彈射率與光折射率比較

捌、結論

經過完整的實驗分析及指導教師的討論後，本組提出以下幾點結論：

- 一、一般人因彈性碰撞的刻板生活印象，認為斜向貫穿平板後的彈道路徑會向上彈的觀念是錯的。相反的，是向下墜。因此當土製手槍的子彈火葯量裝填不多且用來射穿吉普車的傾斜擋風玻璃時，在「三一九」槍擊案中位於直線彈道下方呂副總統的腳骨關節部中彈之彈道路徑是可能發生的。
- 二、以球形的彈頭而言，如不考慮彈頭的材質及因撞擊變形等因素，則斜向貫穿平板後彈道彈射角僅與子彈擊發時所具備的動能大小有關。在具備相同的子彈動能時，彈道彈射角與子彈的質量或初速無關。
- 三、當平板傾斜角增大時，子彈欲貫穿平板時所要擊破的餅乾截面厚度增加且造成背面彈孔孔徑加大，破壞更嚴重，同樣也使得子彈的速度明顯下降。由此我們可以得到的結論：平板的傾斜角增加時，若要貫穿平板則必須增加子彈的動能；當動能不足以貫穿平板時，隨著傾斜角不同可能發生嵌入或反彈的現象。對於防撞擊的產品研究，例如軍警的防彈衣、鋼盔、裝甲車或建築物的防護等「斜向撞擊」的效應都可加以應用。

玖、參考文獻

- 1.方勵之、李淑嫻（民79）。力學概論。台北市：正中。
- 2.林明福、（民88）。高中基礎物理。台南市：南一。
- 3.黃浩明、（民91）。普通物理學。台北市：財團法人徐氏基金會。
- 4.一芝軒企業有限公司。氣動BB槍的原理。民93年10月27日，取自：
http://www.icsbb.com/news/news_main.asp?id=41
- 5.一芝軒企業有限公司。二代全金屬MP5SD2 集彈性能測試。民91年12月20日，
取自：http://www.icsbb.com/news/news_main.asp?id=16&offset=5
- 6.王亢沛、吳心恆（民82）。牛頓科學研習百科（物理）。台北市：牛頓出版。

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
評 語

國中組 生活與應用科學科

030813

BB 槍的另一種玩法

臺南市立民德國民中學

評語：

以科學的角度探索社會事件頗具科學生活化，在原創性及實用價值上，有努力精進的空間。