

中華民國第42屆中小學科學展覽會

::: 作品說明書 :::

國小-物理科

科 別：物 理 科

組 別：國 小 組

作品名稱：神奇的繩子

關 鍵 詞：扯鈴、聲音分貝、扯鈴繩

編 號：080112

學校名稱：

澎湖縣馬公市馬公國民小學

作者姓名：

陳彥任、王金湧、莊博安、黃奕評

指導老師：

陳紹銘、蘇銘昌



神奇的繩子

一、摘要

我們設計這個實驗目的在於探討扯鈴運動的時候，不同的繩子種類與鈴運轉所產生的聲音兩者之間的關係。並觀察繩子的材料與扯鈴速度的是否有關聯，向縣政府環保局商借分貝計來測量扯鈴的聲音大小並觀察扯鈴運動同一時間內聲音的分貝分佈情形，再請老師將資料用 Excel 加以分析之後，我們觀察圖表找出最合適的繩子加以改良，透過添加各種物質的方式讓繩子能夠容易扯鈴而且最快將聲音扯到最大聲，增加初學者的信心，以求發揮扯鈴的最大效能。

二、研究動機

在五年級自然課上到有關樂器的發聲原理，讓我們瞭解到樂器發出聲音的奧妙，而老師在體育課裡所教的扯鈴，卻令我們更感興趣：原來扯鈴旋轉一樣也能發出聲音。有一次看到一個同學竟然拿著童軍繩也跟著扯起鈴來了！而且聲音好像比別人都大聲，因此我們決定要來尋找一下不同的繩子與扯鈴聲音大小與旋轉速度的關係。

三、研究目的 1

- (一)瞭解扯鈴運動時的發聲原理。
- (二)探討繩子粗細長短之不同對扯鈴聲音大小及轉速之影響。
- (三)探討繩子質料之不同對扯鈴聲音大小及轉速之影響。
- (四)製作能扯出最大聲音及轉最快的「神奇繩子」。
- (五)培養勇於嘗試、取材於生活的發明精神。

四、研究設備及器材

扯鈴、棉繩、麻繩、尼龍繩、童軍繩(各 150 公分)、分貝計、美工刀、碼錶、計算機、蠟油、沙拉油、酒精、滑石粉、麵粉、噴膠。

五、研究過程或方法

- (一)活動一：探討繩子粗細對扯鈴發聲之影響。

使用方法：利用同樣長度不同粗細(各以 4、5、6 號進行測試)的棉繩、麻繩、尼龍繩進行扯鈴，每個人均必須操作扯鈴，再以分貝計測出其響度分佈並記錄下來加以分析。

- (二)活動二：探討繩子材質對扯鈴發聲之影響。

使用方法：找來同樣粗細(4 號線)不同材質(棉繩、麻繩、尼龍繩)進行實驗，每個人均必須操作扯鈴，再以分貝計測出其響度分佈並記錄下來加以分析。

- (三)活動三：探討繩子材質對扯鈴轉速之影響。

使用方法：製作一條跑道繩（約十公尺），將其拉直固定，將正轉動至最高分貝的鈴放至跑道繩上，利用碼錶計算由起點至終點的秒數，再量鈴上的圓周長以換算扯鈴轉速。以相同之方法測量相同粗細、不同質料的繩子對同一鈴的轉速，並記錄下來。

- (四)活動四：改良繩子以發揮響度與轉速。

使用方法：將實驗效果最佳的繩子以浸水、浸小蘇打粉、灑防滑粉、洗碗精、噴膠、麵粉來進行實驗，並且記錄其產生之最大響度，最後在眾多”添加物”之中找尋其共同性，改良出一條長短、粗細、質料最適合國小高年級學童的扯鈴繩子。

六、研究結果

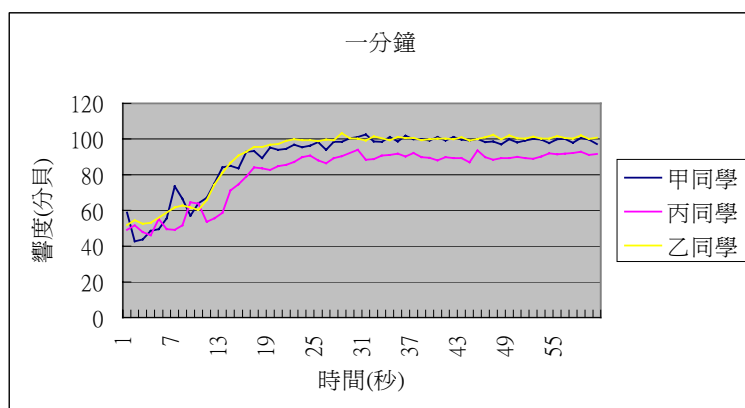
(一)繩子粗細對扯鈴發聲之影響

結果：由每個人所扯出鈴響度的測量結果編製成表 1-1，其中可以看出每個人所扯的一種不同粗細的繩子都有相似的分佈情形。如表 1-2

表 1-1

學生姓名	甲同學			丙同學			乙同學		
時間	4 號棉繩	5 號棉繩	6 號棉繩	4 號棉繩	5 號棉繩	6 號棉繩	4 號棉繩	5 號棉繩	6 號棉繩
第 13 秒	61.9	72.4	60.2	73.9	68.2	58.1	68.8	71.5	71.7
第 14 秒	63.9	68.1	57.2	71.4	63.1	61.5	67.9	77.1	77.2
第 15 秒	69.7	69.4	57.6	64.2	67.6	68.8	76.2	80.2	81.1
第 16 秒	76.3	65.3	63.3	62.2	66.9	75.8	79.1	83.1	85.1
第 17 秒	77.3	66.6	64	64.5	68.9	80	82.4	84.4	87.5
第 18 秒	78.6	67.3	72.5	66.3	69	78	83.9	87.3	89.5
第 19 秒	84	71.2	78.4	71	75	66.9	82.5	86.7	91.5
第 20 秒	85.2	75.6	80.7	76.8	77.9	73.4	85.4	87.8	92.7
第 21 秒	86.4	82.4	83.5	80.5	78.3	79.1	85.9	89.3	90.4
第 22 秒	87.3	83.8	83.5	82.1	80.9	83	86.2	88.5	92.5
第 23 秒	88.8	86.5	85.5	86.1	85.4	83	88.2	91.2	89.9
第 24 秒	88.8	88.3	85.6	84.5	85.5	87.9	87.7	91.1	90.6
第 25 秒	89.7	89.9	87	87.4	85.3	87.7	88.6	90.9	91.1
第 26 秒	89.6	91.3	87.5	87.8	88.2	87.2	91.1	90	91.9
第 27 秒	90.9	91.9	88.3	90.6	85.6	87	89.6	89.3	90.4
第 28 秒	90.3	92.2	89.7	90.2	86.8	87	89.7	89.9	93.3
第 29 秒	91.3	93.2	89.1	90.7	87.2	87.4	90.7	91.6	90.5
第 30 秒	91	95.5	88.6	92.1	89.7	90.3	91.5	90.9	90.2

表 1-2



(二)繩子材質對扯鈴發聲之影響

結果：使用不同材質的 4 號繩進行測試後，三人分別得到的分貝分佈圖如表 2-1~2-6

表 2-1

甲同學	4 號棉繩	4 號皮繩	4 號中國結繩	4 號麻繩
第 13 秒	61.9	61.1	82.3	74.7
第 14 秒	63.9	61.8	83.5	74
第 15 秒	69.7	62.9	82.5	77.9
第 16 秒	76.3	71.8	86.6	82.6
第 17 秒	77.3	79	87.9	82.1
第 18 秒	78.6	79.9	88	90.1
第 19 秒	84	81.1	87.2	88.4
第 20 秒	85.2	82.7	88.5	96.8
第 21 秒	86.4	85.3	87.8	88.8
第 22 秒	87.3	80.5	88.7	89.5
第 23 秒	88.8	85.3	87.2	94.2
第 24 秒	88.8	80.5	87.7	96.5
第 25 秒	89.7	87.8	89.9	96.7
第 26 秒	89.6	89.6	87.1	95.4
第 27 秒	90.9	87.1	88.6	94.7
第 28 秒	90.3	90.2	90.2	98.4
第 29 秒	91.3	91.8	87.2	96.3
第 30 秒	91	89.8	89.2	98.4

表 2-2

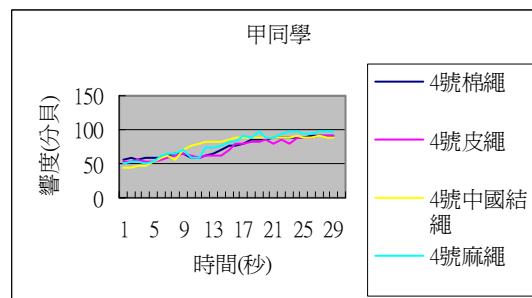


表 2-3

乙同學	4 號棉繩	4 號皮繩	4 號中國結繩	4 號麻繩
第 13 秒	73.9	64.6	68.4	59.6
第 14 秒	71.4	69.3	65.6	73.2
第 15 秒	64.2	75.4	81.9	77.9
第 16 秒	62.2	82.1	75.9	84.4
第 17 秒	64.5	88	85.9	81.3
第 18 秒	66.3	90.9	81.8	85.2
第 19 秒	71	90.4	89.1	85.8
第 20 秒	76.8	92.8	85.5	88.5
第 21 秒	80.5	96.1	88.4	87.3
第 22 秒	82.1	95.8	90.6	92.7
第 23 秒	86.1	93.8	93.1	90
第 24 秒	84.5	91.4	93.5	91.2
第 25 秒	87.4	91.8	95.1	91.6
第 26 秒	87.8	91	95.7	92.4
第 27 秒	90.6	94	95.4	90.9
第 28 秒	90.2	94.3	95.3	94.7
第 29 秒	90.7	96.4	99.3	90.4
第 30 秒	92.1	96.9	97.5	90.9

表 2-4

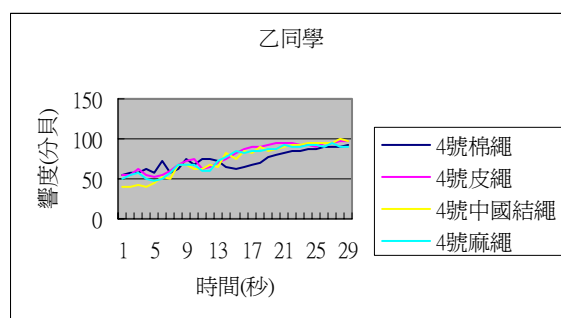


表 2-5

丙同學	4 號棉繩	4 號皮繩	4 號中國結繩	4 號麻繩
第 13 秒	68.8	67.3	80	86.7
第 14 秒	67.9	75.4	81.3	90.9
第 15 秒	76.2	83.3	83	90.8
第 16 秒	79.1	82.6	85.7	91.4
第 17 秒	82.4	84.3	86.8	95.4
第 18 秒	83.9	85.3	87.6	99.4
第 19 秒	82.5	85.7	87.3	98.1
第 20 秒	85.4	89.4	92.6	99.1
第 21 秒	85.9	92.4	90.3	100.7
第 22 秒	86.2	92.4	89.2	96.6
第 23 秒	88.2	90.4	90.2	96.7
第 24 秒	87.7	91.6	86.6	96
第 25 秒	88.6	91.6	92.3	99.9
第 26 秒	91.1	89.7	91.9	98.3
第 27 秒	89.6	88.8	89.5	98
第 28 秒	89.7	91.1	88.6	95.1
第 29 秒	90.7	87.3	94.3	101.1
第 30 秒	91.5	91.3	88.1	96.4

(三)繩子材質對扯鈴轉速之影響

結果：扯鈴運轉至 90 分貝時才放至跑道繩，所換算出來的圈數，並不會因繩子質料的不同有太多的差異。如表 3-1

表 3-1

扯鈴周長		6.7cm	算式	(10 公尺÷用掉的時間) ÷6.7cm＝每秒所轉的圈數					
繩子種類		棉繩	速率	皮繩	速率	中國結繩	速率	麻繩	速率
甲同學	所需時間(秒)	5'07	29.4 圈/秒	5'66	26.4 圈/秒	5 '12	29.2 圈/秒	5'14	29.0 圈/秒
		5'14	29.0 圈/秒	5'63	26.5 圈/秒	5 '88	25.4 圈/秒	5'30	28.2 圈/秒
		5'20	28.7 圈/秒	5'50	27.1 圈/秒	5 '06	29.5 圈/秒	5'41	27.6 圈/秒
乙同學		5'27	28.3 圈/秒	5'37	27.8 圈/秒	5'40	27.6 圈/秒	5'35	27.9 圈/秒
		5'28	28.3 圈/秒	5'14	29.0 圈/秒	5'29	28.2 圈/秒	5'22	28.6 圈/秒
		5'19	28.9 圈/秒	5'20	28.7 圈/秒	5'33	28.0 圈/秒	5'12	29.2 圈/秒
平均		5'19	28.8 圈/秒	5'42	27.6 圈/秒	5'34	28.0 圈/秒	5'26	28.4 圈/秒

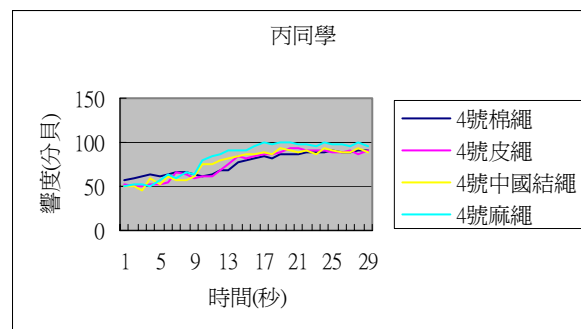
(四)改良繩子以發揮響度與轉速

結果：棉繩抹上小蘇打粉以及防滑粉所扯出來的效果最好，扯鈴運轉的聲音分佈接近麻繩，而皮繩因為粉類物質無法附著於上，所以效果跟原本的沒什麼差別。而噴上噴膠的繩子皆因黏著性太高，反而導致扯鈴無法運轉。

七、討論

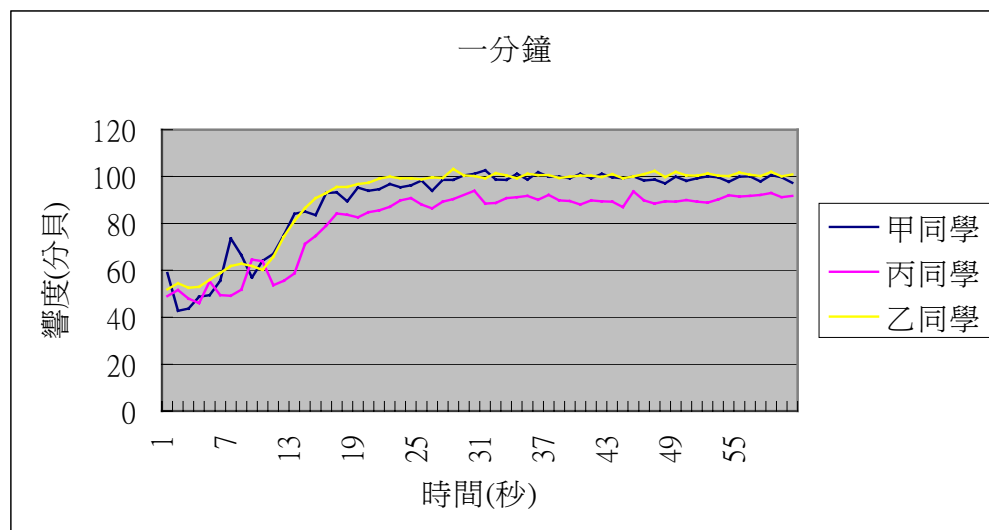
(一)研究方法之設定：

表 2-6



1.施測時間：

(1)我們在實驗開始時，因為考慮到每位同學的扯鈴技術都不太一樣，所以分貝計測出來的數據、聲音響度的分佈情形也就不會一樣，而老師告訴我們每個人扯鈴測量的時間都要一樣，才能夠正確地表現出繩子對扯鈴的影響，所以我們決定先測每個人一分鐘的響度分貝情形，觀察並決定每一次扯鈴要用多少時間來測量。結果如下表：



由圖可知，每個人在 13 秒至 30 秒之間的響度是逐漸變大的。30 秒後逐漸是穩定的，因此為了省力，我們只測每個人扯 30 秒的響度分佈。而只分析 13 秒到 30 秒的數據，因為 13 秒之前屬於剛扯鈴而不穩定，起伏較大，只能看出用力的分佈而已(13 秒之前用力大的瞬間響度也較大)。

接著試過皮繩、中國結繩、麻繩，發現在一至兩分鐘內，所能達到的最大分貝非常相近，因此我們決定將測量時間固定，用來判定哪種繩子較有效率。

繩子質料

粗細：由於市面上可以購買到的繩子粗細單位不一，有些以○號為單位、有些則以磅數或纏數為單位，因此我們以較常使用的○號為單位，並以尺量其大約直徑，取棉線、皮繩、中國結繩、麻繩為測驗繩子。

一般扯鈴繩子質料皆是棉繩為主，而市面上較容易找到的繩子為皮繩、中國結繩、麻繩，塑膠類的繩子在高速扯鈴時會遇熱融化，不易保存，因此捨棄不用，其長度則以 150 公分為主，約等於我們幾個人兩手張開的距離。

照片如下：

棉繩	皮繩
	
中國結繩	麻繩
	

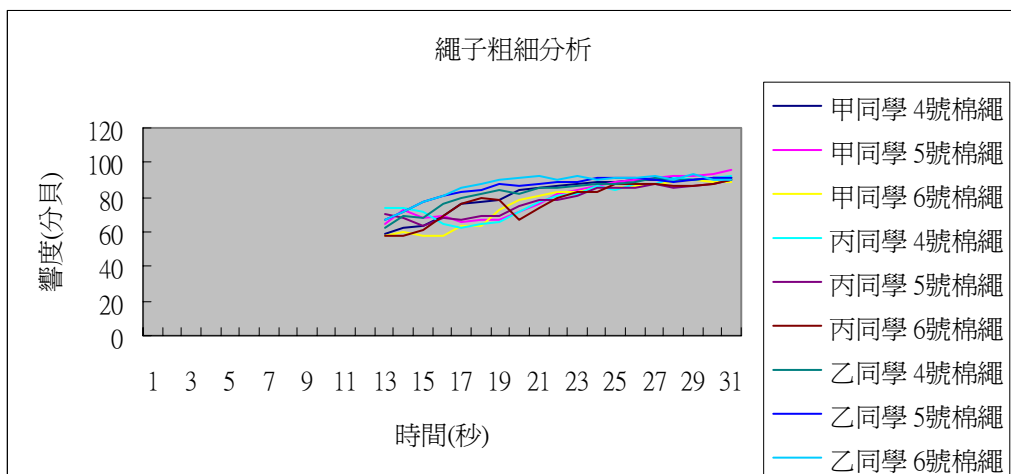
(二)實驗步驟討論

繩子粗細對扯鈴發聲之影響

綜合圖表分析表 4-1：

曲線表示到達 23 秒後，所有的曲線接近於 89 分貝，即代表不同粗細的棉繩無論粗細，同一時間內能夠到達的最大分貝以及所需時間約略一樣，而皮繩、中國結繩、麻繩結果亦同(詳細圖表請看參閱展覽板)因此繩子的粗細與扯鈴聲音大小並無關係。

表 4-1



繩子材質對扯鈴發聲之影響

測試結果麻繩能夠在同一時間內最快達到最大分貝(平均在 17 秒達 90 分貝)，中國結繩(24 秒達 90 分貝)與皮繩(22 秒達 90 分貝)的效果差不多，棉繩最差。(30 秒結束時只能接近 90 分貝)。

中國結繩扯起來感覺滑滑的，省力而且穩定，初學者會較有成就感。

使用後，麻繩雖是效能最好的，但是表面損毀最為嚴重，而皮繩與棉繩最為堅固(使用後狀況如附圖)。所以我們想要針對最堅固的皮繩與棉繩進行改良，看有沒有辦法使它們能夠達到麻繩的水準。(表 4-2.4-3.4-4)

表 4-2

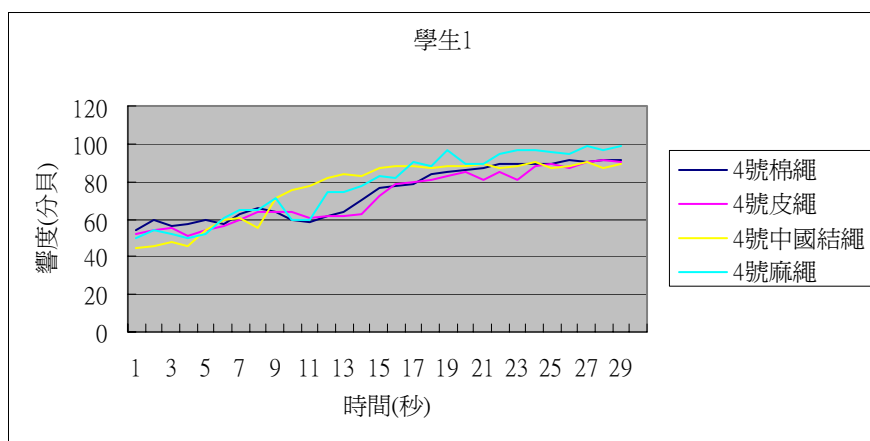


表 4-3

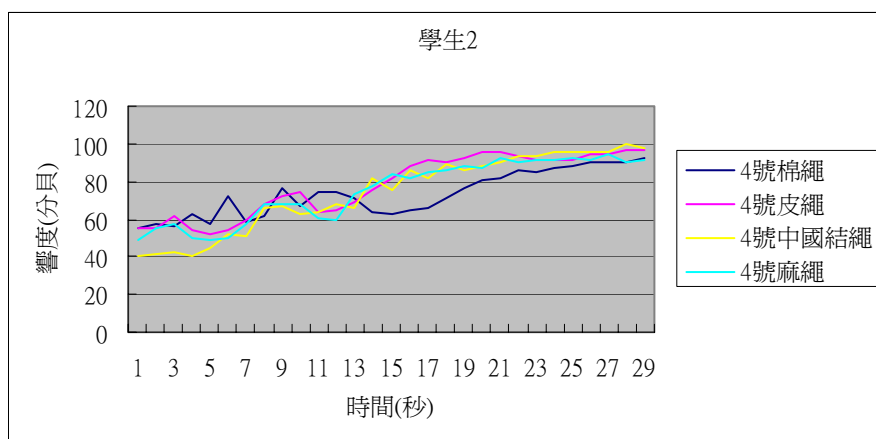
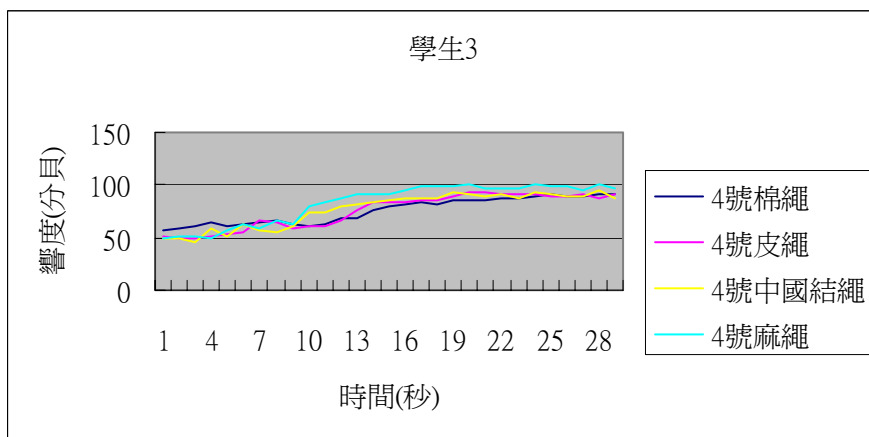


表 4-4



各種材質繩子使用優缺點：

種類	優點	缺點
棉繩	柔軟易綁	效率不大，初學者沒有成就感
皮繩	效能好、容易扯出聲音	不易綁繫在棍子上，容易脫落
中國結繩	穩定度高，鈴不會因為用力而飛起來	繩子易扭曲變形
麻繩	能在最短時間內扯出最大聲音	容易分叉損壞

繩子材質對扯鈴轉速之影響

我們設計的實驗以扯鈴在直線上行走的時間快慢來決定速率，進而判定轉速快慢，(如照片所示)

得到的數據為顯示其中所有繩子的每秒所跑的圈數大致相等，代表在產生同樣大聲的運轉扯鈴當中，不論繩子的材質是什麼？只要是分貝一樣，速率也一樣，因此繩子質料與運轉出來的扯鈴速度並無關係。(如下圖)

跑道繩長		10 公尺	放鈴條件	扯鈴時產生至 90 分貝大小，馬上放鈴至繩上					
扯鈴周長		6.7cm	算式	(10 公尺÷用掉的時間) ÷6.7cm＝每秒所轉的圈數					
繩子種類		棉繩	速率	皮繩	速率	中國結繩	速率	麻繩	速率
甲同學	所需時間(秒)	5'07	29.4 圈/秒	5'66	26.4 圈/秒	5 '12	29.2 圈/秒	5'14	29.0 圈/秒
		5'14	29.0 圈/秒	5'63	26.5 圈/秒	5 '88	25.4 圈/秒	5'30	28.2 圈/秒
		5'20	28.7 圈/秒	5'50	27.1 圈/秒	5 '06	29.5 圈/秒	5'41	27.6 圈/秒
乙同學		5'27	28.3 圈/秒	5'37	27.8 圈/秒	5'40	27.6 圈/秒	5'35	27.9 圈/秒
		5'28	28.3 圈/秒	5'14	29.0 圈/秒	5'29	28.2 圈/秒	5'22	28.6 圈/秒
		5'19	28.9 圈/秒	5'20	28.7 圈/秒	5'33	28.0 圈/秒	5'12	29.2 圈/秒
平均		5'19	28.8 圈/秒	5'42	27.6 圈/秒	5'34	28.0 圈/秒	5'26	28.4 圈/秒

改良繩子效能討論

由於扯鈴之聲音響度效能與繩子跟鈴之間的磨擦力有決大的關係，所以我們想出了幾個有關增加繩子磨擦力的方法。

由於麻繩最容易在短時間內達到最大音量、效率最好，但容易解體壞掉而產生麻絮，用過一兩次之後，麻絮容易跟鈴糾結，產生危險

中國結繩也是使用幾次以後便會有絲絮產生，產生同樣的危險。

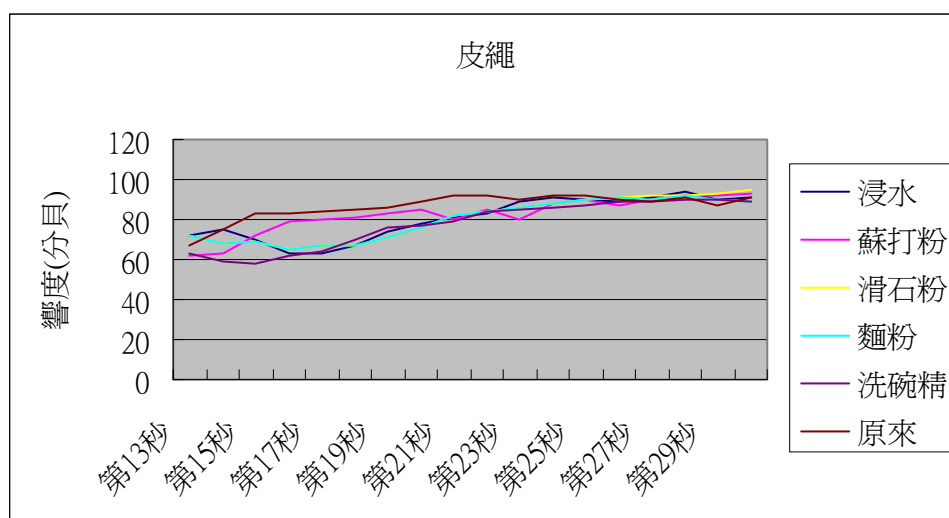
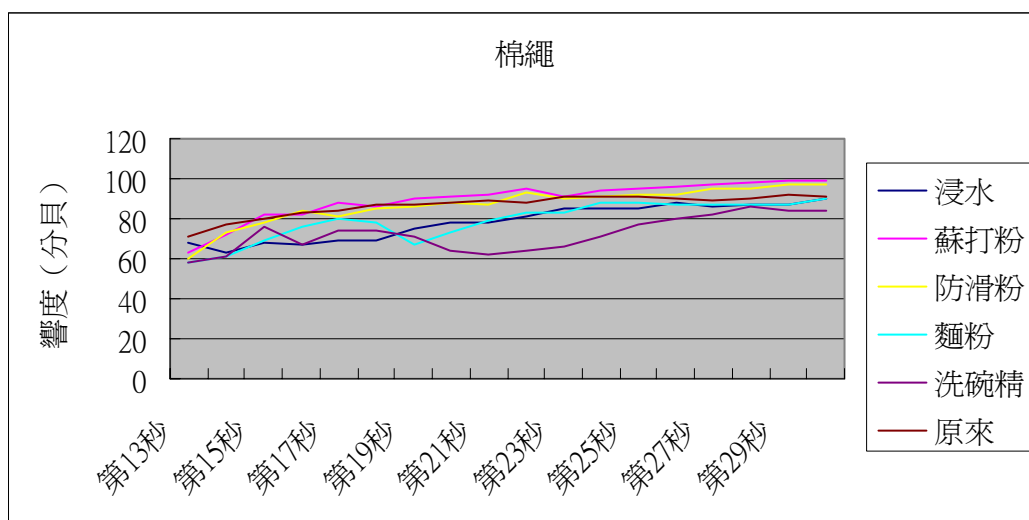
我們打算要改良最堅固耐用的棉繩、皮繩，讓其使用起來跟麻繩效果一樣

實驗數據如下：(三位同學平均數據)

繩子	棉繩						皮繩					
時間	浸水	蘇打粉	滑石粉	麵粉	洗碗精	噴膠	浸水	蘇打粉	滑石粉	麵粉	洗碗精	噴膠
第 13 秒	68.2	63.5	59.6	58.1	58.1	無法使用	72.1	61.8	72.4	72.4	63.4	無法使用
第 14 秒	63.1	71.7	73.2	61.5	61.4		74.8	62.9	68.1	68.1	59.4	
第 15 秒	67.6	82.2	77.9	68.8	76.2		70	71.8	69.4	69.4	58.4	
第 16 秒	66.9	82.5	84.4	75.8	66.8		63.1	79	65.3	65.3	61.9	

第17秒	68.9	88.1	81.3	80	74.3		63	79.9	66.6	66.6	63.9	
第18秒	69	86.4	85.2	78	73.9		66.8	81.1	67.3	67.3	69.7	
第19秒	75	90.5	85.8	66.9	71.4		74.2	82.7	71.2	71.2	76.3	
第20秒	77.9	91	88.5	73.4	64.2		78.1	85.3	75.6	75.6	77.3	
第21秒	78.3	91.7	87.3	79.1	62.2		80.9	80.5	82.4	82.4	78.6	
第22秒	80.9	95.2	92.7	83	64.5		83	85.3	83.8	83.8	84	
第23秒	85.4	91.2	90	83	66.3		89.4	80.5	86.5	86.5	85.2	
第24秒	85.5	93.9	91.2	87.9	71		90.7	87.8	88.3	88.3	86.4	
第25秒	85.3	94.9	91.6	87.7	76.8		90.1	89.6	89.9	89.9	87.3	
第26秒	88.2	95.8	92.4	87.2	80.5		88.9	87.1	91.3	91.3	88.8	
第27秒	85.6	97.3	95.5	87	82.1		91.2	90.2	91.9	90.5	88.8	
第28秒	86.8	97.8	94.7	87	86.1		93.6	91.8	92.2	92.1	89.7	
第29秒	87.2	99.2	96.8	87.4	84.5		90.1	92.5	93.2	90.1	89.6	
第30秒	89.7	98.8	97.2	90.3	84.2		90.6	93.4	95.5	89.2	88.8	

分析圖如下：



其中以棉繩加小蘇打粉或防滑粉效果最爲顯著，效能直逼麻繩，又比麻繩使用的持久。

皮繩因爲表面上有一層光光滑滑很像蠟的物質，所以無論是抹任何粉狀的物品皆無法附著於表面，因此進步的空間不大。

噴膠噴於繩上，無法使鈴正常運轉，並且有繩子與鈴糾結在一起的危險，而過量的附著物同樣會使扯鈴活動增加負擔，因此我們認爲磨擦力過大反而致使扯鈴途中容易產生打結、糾鈴等意外。

八、結論

- (一)繩子的粗細與扯鈴聲音的大小並無顯著的關係。
- (二)不同材質的繩子在同一段時間所扯出鈴的聲音有不同的響度，其中能夠在最短時間內達到最大響度的依序是麻繩—皮繩—中國結繩—棉繩，因此麻繩的效能最好。
- (三)不同材質的繩子在到達 90 分貝時所測出的旋轉速率一樣，因此繩子的材質與扯鈴的轉速沒有關係。
- (四)棉繩能夠加以改良，在繩子上灑上小蘇打粉或防滑粉，其扯鈴的效能跟麻繩相近。
- (五)棉繩是效能最差的，但是市售扯鈴繩皆以棉繩爲主，本實驗推斷是因爲棉繩耐用性最好，遠勝過麻繩與中國結繩，材質柔軟容易繫綁不脫落(較皮繩佳)而且操作容易穩定性好。
- (六)扯鈴本身的聲音響度與繩子跟鈴之間的磨擦力有非常大的關係，繩子與鈴之間的磨擦力愈大，扯鈴本身運轉的效能也較大。
- (七)但是不斷地增加磨擦力卻有一定的極大值，磨擦力太大，繩子與鈴的磨擦力會被繩子與繩子的磨擦力給削弱了，而且容易產生鈴繩糾結等危險。
- (八)一個扯鈴本身所能產生的最大分貝是固定的，繩子的因素只是影響扯鈴的效率，因此要從扯鈴本身的風孔進行改造，才有可能再將聲音放大。
- (九)小蘇打粉以及防滑粉都是屬於顆粒較大而附著力較強的粉末，因此能夠滲進棉繩裡頭而加強棉繩與扯鈴的磨擦力。
- (十)棉繩加水之後，因爲材質產生改變，繩子表面的縫隙被水填滿導致磨擦力變小，反而效能變差。

九、參考資料及其他

- (一) 楊政宗.蔡景昌(民 87) 扯鈴 123 翰林出版事業
- (二)王建台(民 85)。國小體育課程改革的探討。國民體育季刊,25(4),130-136。
- (三)廖達鵬(民 84)。民俗體育-扯鈴。國民體育季刊,24(3)85-91。
- (四)鍾志強(民 86)。傳統體育與振興。國民體育季刊,26(2),24-28。
- (五)全國扯鈴冠軍專屬網站 <http://www.chi-san-chi.com/4playfun/yoyo/>
- (六)飛鈴民俗體育用品專賣網 <http://home.kimo.com.tw/mryoyo.tw/index.htm>