中華民國第54屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組　物理科

030101

淺「彈」虎克--自製拉力計對虎克定律的研究

學校名稱：臺東縣立新生國民中學

作者：	指導老師：
國三 賴嵩元 國三 蘇子軒	邱洋斌

關鍵詞：彈簧、虎克、拉力計

摘要

在上一屆(第 53 屆)學長學姊的科展中，我們曾經實際參與實驗操作過程，覺得彈簧垂直吊掛砝碼的測量方式，可能會在掛鉤部分會造成誤差，所以我們參考市面上販售的水平式測量拉力計，雖然覺得可符合實驗需求，但唯一缺點是價格太昂貴，於是我們決定自行製作拉力計。在鄰居磅秤行老闆的協助下，設計出經濟又實用的拉力計，並展開實驗。經過一整個暑假的實驗後，我們針對彈簧在彈性限度內研究，發現彈簧的新舊程度確實會影響其 k 值，進而可能影響到測量功能，對每一條彈簧測量功能的影響而言，則會因每次實驗而不同，且 k 值整體上有漸漸下降的趨勢。彈簧第一次使用(全新)時，k 值會特別大，但經過多次測量後，就會接近虎克定律中所謂的穩定 k 值，即在彈性限度內，拉力與伸長量成正比。

壹、研究動機

我們去年曾在課程內上過有關虎克定律的內容(康軒版八下 6-1)，也在因緣際會下實際參與過上一屆的學長學姊的相關研究，看完他們的研究報告後，我們非常感興趣，也發現實驗還有可以改進的地方，於是決定訂製新彈簧，並自行製作拉力計(如附錄一)，來找出彈簧的彈性限度和永久形變之間的關係。

貳、研究目的

一、利用自製拉力計測試彈簧之使用次數是否影響彈簧的測量功能
二、利用自製拉力計測量發生永久形變後的彈簧，其 k 值如何變化
三、利用自製拉力計研究彈簧永久形變後，是否較無永久形變準確

參、研究設備及器材

一、　自製拉力計(詳見附錄一)*1
二、　老虎鉗*2
三、　直尺*1
四、　皮尺*1
五、　電子式游標尺(準確度到 0.01mm) *1
六、　放大鏡*1
七、　自製之木棒尺*1
八、　計算機*1
九、　EXCEL 程式

肆、　研究過程或方法

一、將四個全新訂製的彈簧編號(A、B、C、D)。

二、把彈簧固定在拉力計上，並將尺和天平歸零。

三、測量原長，紀錄彈簧伸長量與受力的關係。只要拉力計讀數發生跳動時(3gw 的範圍外)即停止測量，以確保彈簧受力皆在彈性限度內。

四、以筆電做出折線圖，藉由受力和伸長量的關係，並計算出 k 值，以比較不同 k 值和使用次數上的關係。

五、分析與討論結果。

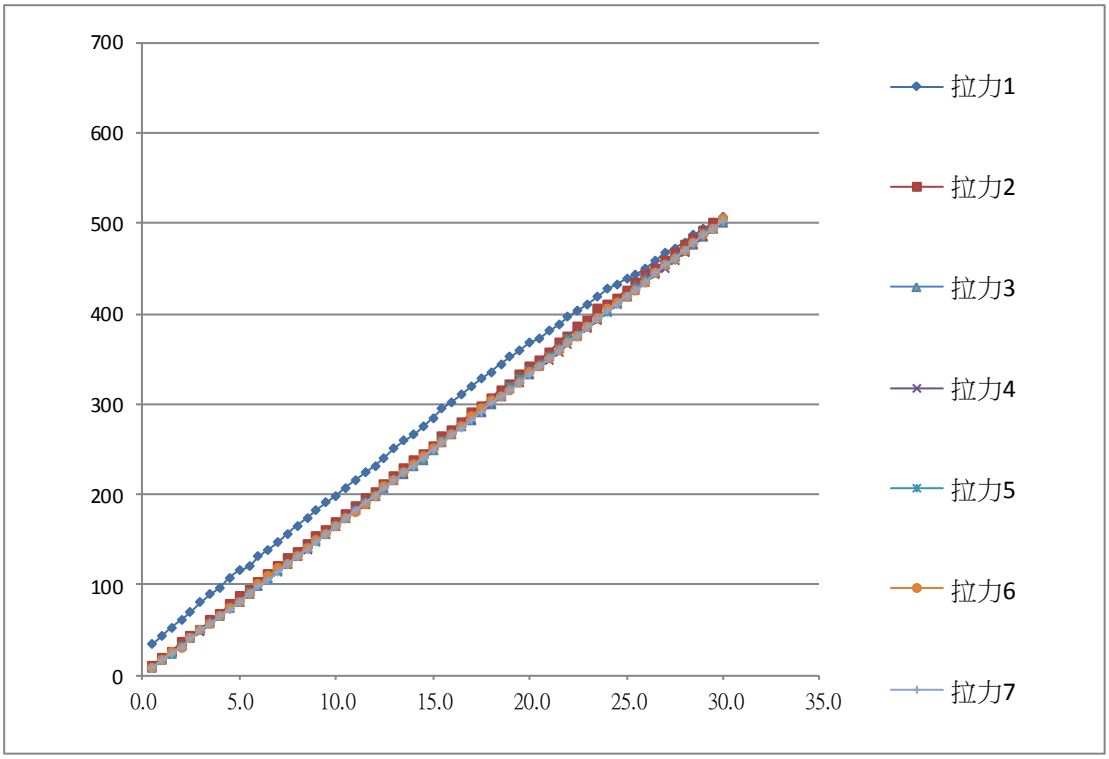
伍、研究結果

一、彈簧 A

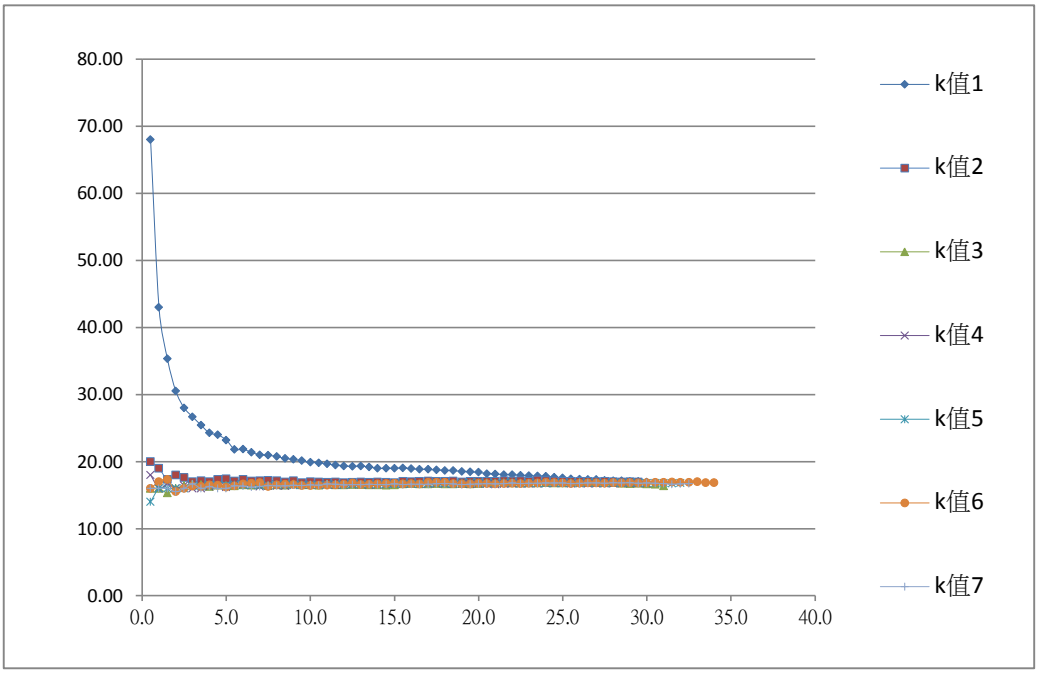
1.彈簧數據(表一)

彈簧 A	第一次	第二次	第三次	第四次
原長	2.15	2.65	2.65	3.35
最大伸長量	30.00	29.50	29.50	30.00
最大伸長量時的力	508	500	494	503
拉力測量值下降終點	502	497	492	502
最大伸長量時的 k 值	16.93	16.95	16.75	16.77
拉力測量值下降時的原長	3.05	3.05	2.90	3.60
第一次原長改變時的力	508	500	471	420
第一次原長改變後之原長	3.05	3.05	2.70	3.50
彈簧 A	第五次	第六次	第七次	
原長	3.30	3.40	3.50	
最大伸長量	32.00	34.00	32.50	
最大伸長量時的力	537	572	542	
拉力測量值下降終點	531	569	540	
最大伸長量時的 k 值	16.78	16.82	16.68	
拉力測量值下降時的原長	3.80	3.70	4.05	
第一次原長改變時的力	521	572	504	
第一次原長改變後之原長	3.45	3.70	3.60	

2.伸長量與受力之關係圖(圖一)(單位 X 軸：克重　Y 軸：公分)



3.k 值與伸長量之關係圖(圖二)(單位 X 軸：克重/公分　Y 軸：公分)



4.**彈簧 A** 數據分析及實驗討論

(1)由圖 1、圖 2 可知，第一次的數據較不穩定，圖 1 第一次線段最後趨向其他線段，表示 k 值跨越範圍極大；而圖 2 起始數值較其他線段偏離，呈現 L 形曲線。

(2)各數值一開始時也較不穩定，但幅度較第一次和緩。

(3)圖 1 中第一次測量所得的線段由於初始的 k 值較高，以至於整體線段較其他線段有平移現象。

(4)由表一的第 2.3 次實驗可發現，雖然兩次實驗原長、最大伸長量皆一樣但最大伸長量時的力卻不一樣，表示即使原長一樣，相同伸長量承受的力也可能不一樣。

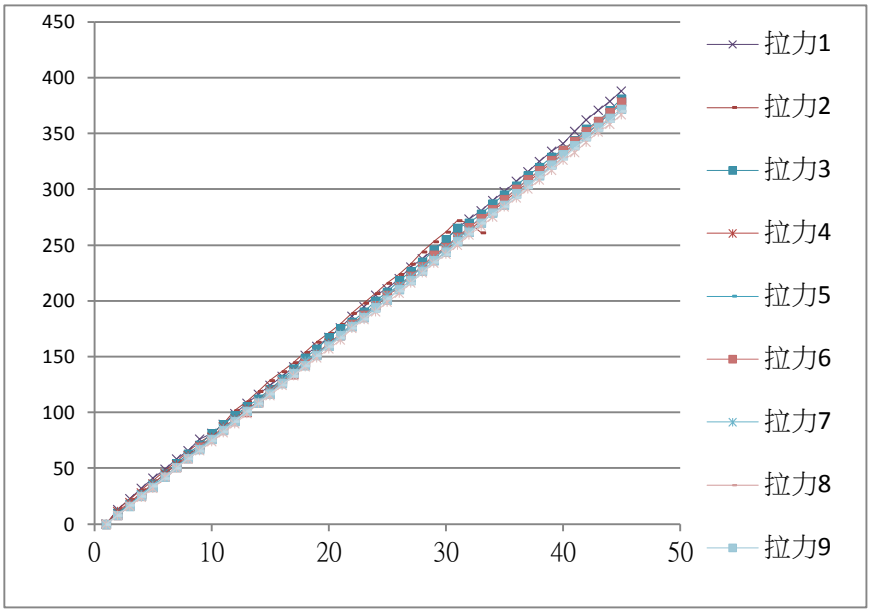
(5)第一次原長改變時的力的值逐漸縮小，代表彈簧承受受力而不形變的能力變差(第四次的第一次原長改變時的力的值變大是因為彈簧休息了一天）。

二、彈簧 B

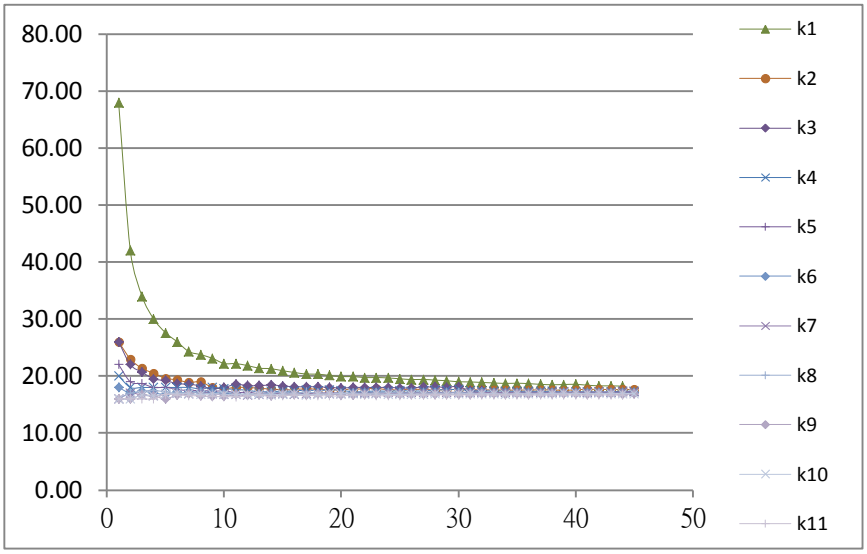
1. 彈簧數據(表二)

彈簧 B	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	第六次
原長	2.15	2.17	2.17	2.15	2.15	2.35
最大伸長量	22.00	25.00	15.00	28.50	23.50	28.00
最大伸長量時的力	401	439	272	489	407	480
拉力測量值下降時的原長	2.17	2.20	2.25	2.60	2.30	2.60
最大伸長量時的 k 值	18.23	17.56	18.13	17.16	17.32	17.14
拉力測量值下降終點	397	435	無	485	404	478
第一次原長改變時的力	401	439	90	489	407	480
第一次原長改變後之原長	2.17	2.20	2.20	2.60	2.30	2.60
彈簧 B	第七次	第八次	第九次	第十次	第 11 次	
原長	2.60	3.10	2.80	2.95	2.70	
最大伸長量	26.00	15.50	22.00	26.50	22.00	
最大伸長量時的力	445	263	370	451	367	
拉力測量值下降時的原長	2.85	無	無	3.15	2.82	
最大伸長量時的 k 值	17.12	16.97	17.82	17.02	16.28	
拉力測量值下降終點	444	無	無	448	366	
第一次原長改變時的力	430	256	無	451	367	
第一次原長改變後之原長	2.67	3.20	無	3.15	2.82	

2.伸長量與受力之關係圖(圖三)(單位 X 軸：克重　Y 軸：公分)



3.k 值與伸長量之關係圖(圖四)(單位 X 軸：克重/公分 Y 軸：公分)



4. **彈簧 B** 數據分析及實驗討論

(1)第一次在圖 3 的數值在最後竟然往內折，值得深入探討。

(2)第一次在圖 4 的數值與其他的偏離，呈現 L 形曲線。

(3)表二中，第 11.12 次實驗是否代表一般彈簧秤微調裝置無效？因為同樣伸長量，受力卻不同。

(4)整場實驗的 k 值由 18 慢慢降到 17。

(5)由表 1 可發現第三次和第八次的最大伸長量較正常值小。第八次伸長量較第三次大，但受力卻較第三次小，原因可能是因為它的結構已經被拉鬆，造成第八次時無法承受同樣拉力卻無法保持同樣伸長量至於最大伸長量較正常值小。

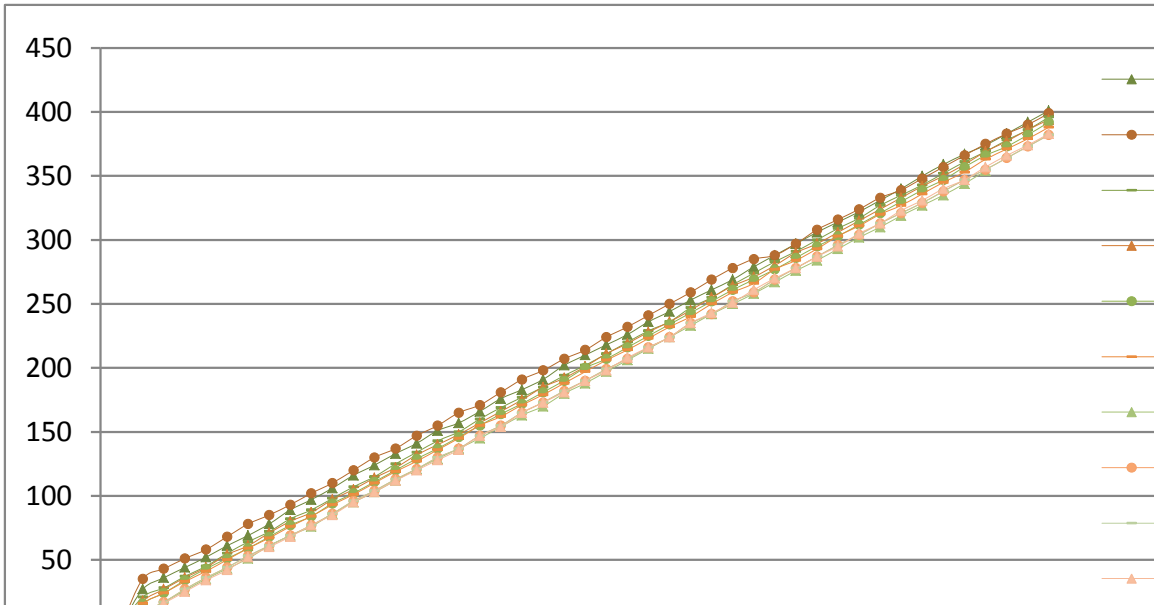
Ps. 有些數據沒有記錄到原長，原因是因為第一次下降時下降的力過小，以至於觀察者沒有發現。

三、彈簧 C

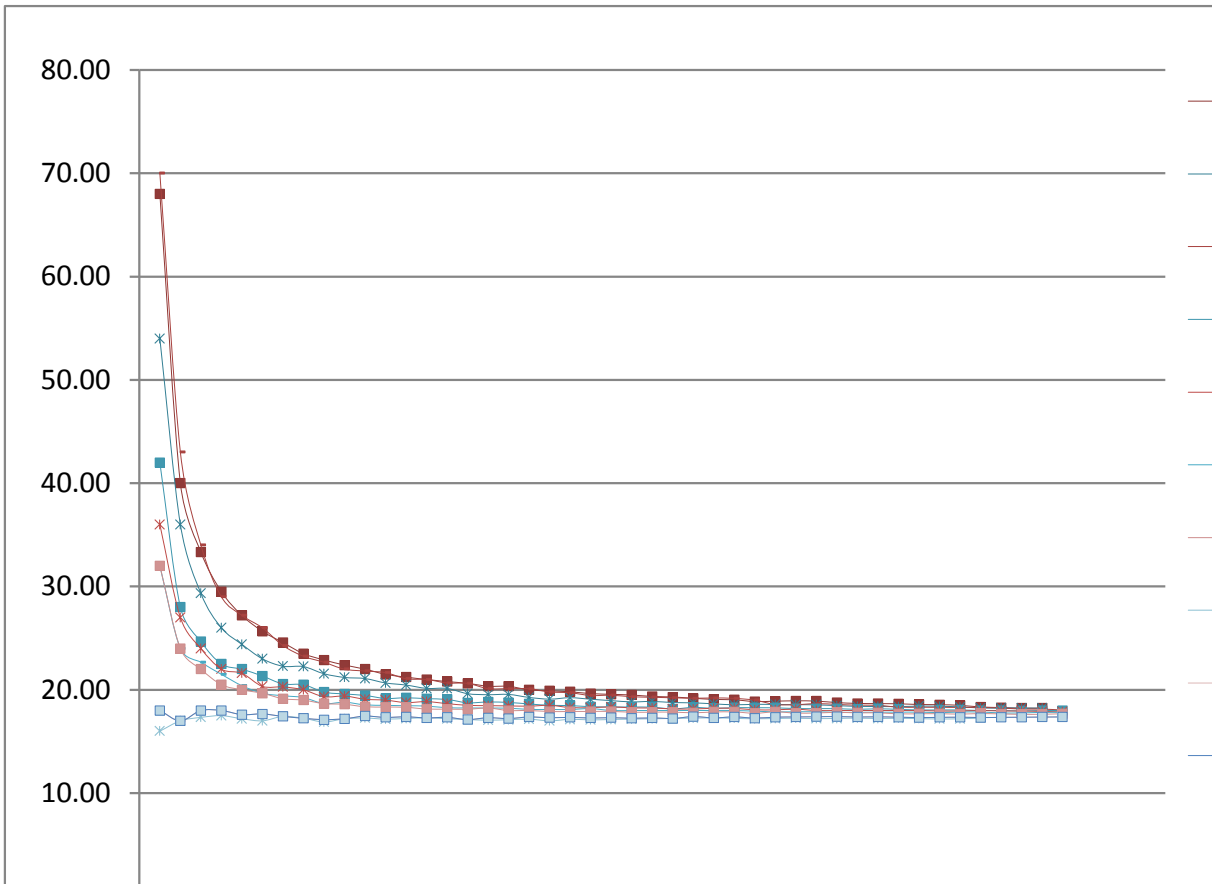
1.彈簧數據(表三)

彈簧 C	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次
原長	2.15	2.15	2.15	2.15	2.20
最大伸長量	22.00	22.00	24.50	25.00	24.50
最大伸長量時的力	401	401	443	450	438
最大伸長量時的 k 值	18.23	18.23	18.08	18.00	17.88
拉力測量值下降終點	397	397	439	447	437
拉力測量值下降時的原長	2.2	2.2	2.3	2.2	無
第一次原長改變時的力	401	401	285	450	無
第一次原長改變後之原長	2.2	2.2	2.2	2.2	無
彈簧 C	第六次	第七次	第八次	第九次	第十次
原長	2.20	2.30	2.35	2.25	2.85
最大伸長量	28.50	20.50	22.50	22.50	25.50
最大伸長量時的力	504	354	391	391	447
最大伸長量時的 k 值	17.68	17.27	17.38	17.38	17.53
拉力測量值下降終點	500	351	388	388	444
拉力測量值下降時的原長	2.22	2.35	2.45	2.45	2.37
第一次原長改變時的力	504	354	391	391	447
第一次原長改變後之原長	2.22	2.35	2.45	2.45	2.37

2.伸長量與受力之關係圖(圖五)(單位 X 軸：克重　Y 軸：公分)



3.k 值與伸長量之關係圖(圖六)(單位 X 軸：克重/公分　Y 軸：公分)



4.**彈簧** C 數據分析及實驗討論

(1)由圖 5 可知，開始時 k 值偏大的不穩定現象，在此數據從偏轉到穩定花的次數較久。

(2)圖 6 可發現，線段前端有一次偏折，因為初始 k 值極大，所以 k 值跨越範圍廣，在圖中較明顯。

(3)由表 3 可知，在本次實驗中，反覆拉伸彈簧並不能讓彈簧所承受的最大伸長量之值變大，屬於特例。

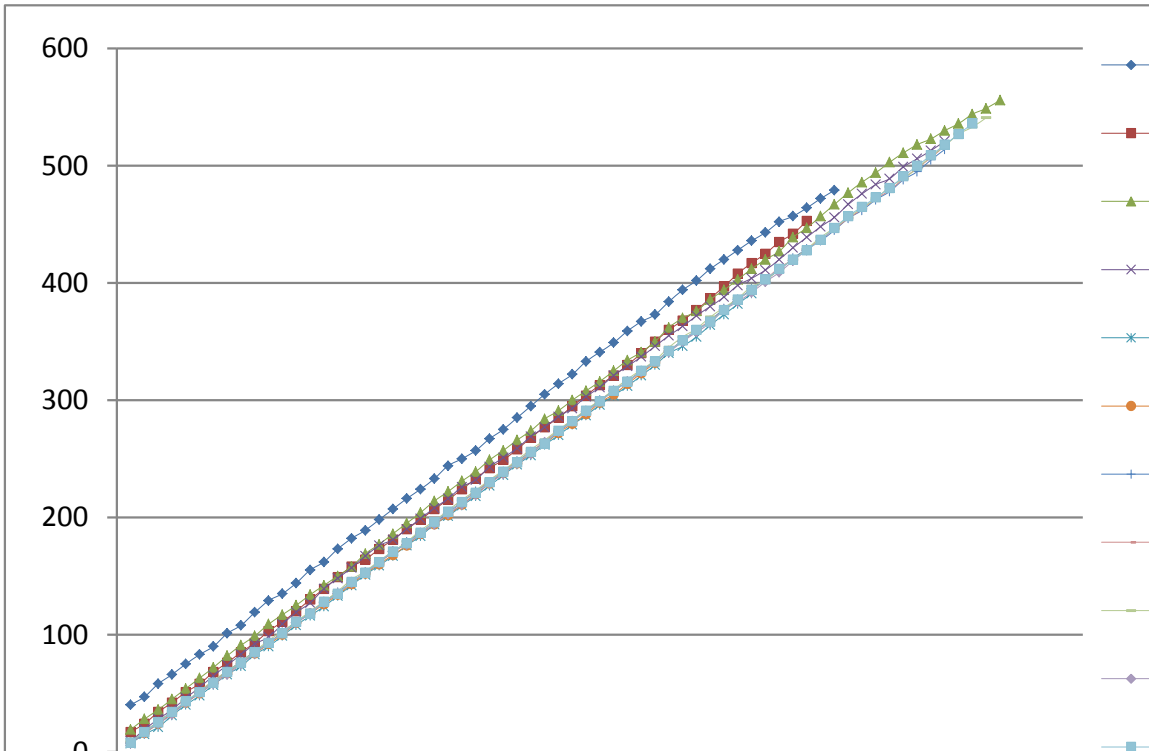
(4)由表 3 的第 1.2.3.次實驗可發現，第一次原長改變時的力正在逐漸縮小，表示彈簧的狀態並不穩定(第 1.2.3.次形變幅度不大，且原長皆一樣）。

四、彈簧 D

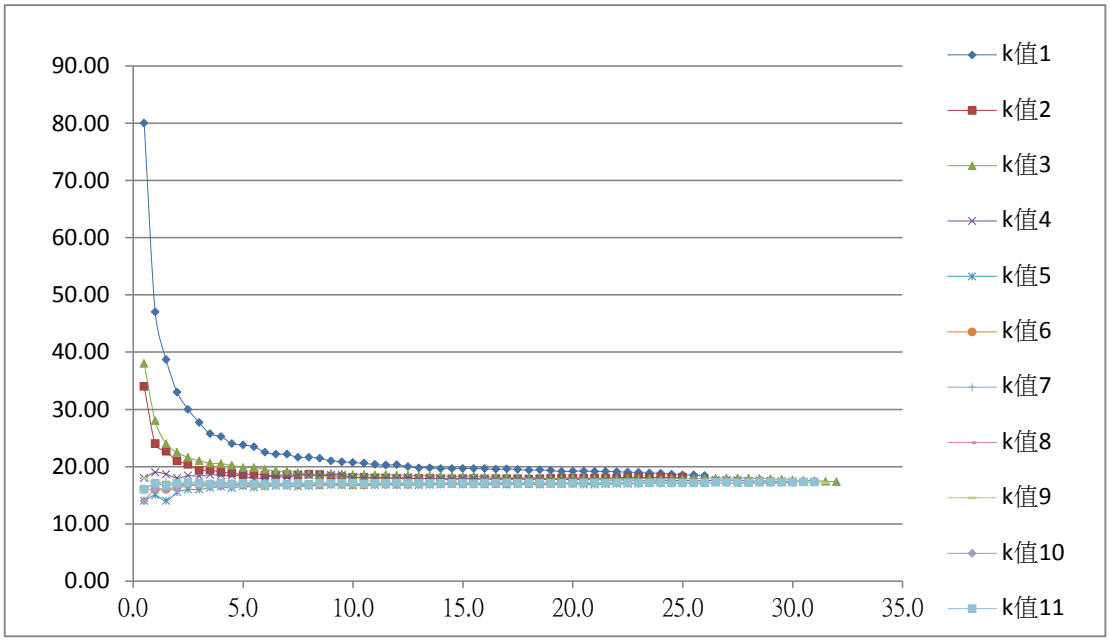
1. 彈簧數據(表四)

彈簧 D	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	第六次
原長	2.15	2.20	2.15	2.55	3.00	3.20
最大伸長量	26.00	25.00	32.00	30.00	23.00	20.00
最大伸長量時的力	479	453	556	521	391	342
最大伸長量時的 k 值	18.42	18.12	17.38	17.37	17.00	17.10
拉力測量值下降終點	475	無	545	519	388	338
拉力測量值下降時的原長	2.20	無	2.55	2.82	3.20	3.32
第一次原長改變時的力	479	無	447	420	391	342
第一次原長改變後之原長	2.20	無	2.17	3.50	3.20	3.32
彈簧 D	第七次	第八次	第九次	第十次	第 11 次	
原長	3.10	3.37	3.05	3.55	3.55	
最大伸長量	30.00	30.00	31.50	31.00	31.00	
最大伸長量時的力	514	517	541	536	536	
最大伸長量時的 k 值	17.13	17.23	17.17	17.29	17.29	
拉力測量值下降終點	511	515	538	425	425	
拉力測量值下降時的原長	3.37	3.50	3.20	3.65	3.65	
第一次原長改變時的力	514	517	541	171	171	
第一次原長改變後之原長	3.37	3.50	3.20	3.60	3.60	

2.伸長量與受力之關係圖(圖七)(單位 X 軸：克重　Y 軸：公分)



3.k 值與伸長量之關係圖(圖八)(單位 X 軸：克重/公分　Y 軸：公分)



4.**彈簧 D** 數據分析及實驗討論

(1)由表 4 可知，經多次測量後彈簧的原長及最大伸長量有明顯增大的趨勢

(2)由圖八可看出各次實驗數據所做出的曲線圖每次之間有疑似平移的關係，且平移幅度最大者為第一次數值。

(3)但我們發現彈簧 k 值在前數次測量開始時有由大到小遞減的情形發生在最大伸長量時的 k 值的部分，一開始數值是 18，後來穩定成為 17，有變小的情形。

(4)圖七中，第一次實驗線段一直在最底層，代表其 k 值較其他實驗偏大。

陸、討論

一、在折線圖上「k 值改變」不一定發生在「超越彈性限度的瞬間」，所以我們發現「原長改變」不等於「k 值變動」。

二、每一個彈簧之 k 值與受力關係圖，其一開始的 k 值會較大，並使線段成 L 形，且 k 值也較不穩定，但測量多次後的 k 值較穩定。

三、彈簧超過彈性限度而發生永久形變後，可因休息一段時間，產生一定程度的回復。

四、第一次使用新彈簧時，發現彈簧受力較小時有過大的 k 值，但外力到達約 200gw 時便會獲得改善。

五、彈簧之新舊程度的確會影響彈簧的測量功能，但對於每條彈簧測量功能的影響，則是因每次實驗而不同。

六、由彈簧 A 表一的第 2.3 次實驗可發現，雖然兩次實驗原長、最大伸長量皆一樣但最大伸長量時的力卻不一樣，表示即使原長一樣，相同伸長量承受的力也可能不一樣。

七、由彈簧 B 表二的第 11 次實驗，是否代表一般彈簧秤微調裝置無效?因為同樣伸長量，受力卻不同(此微調裝置的功能可能是供客戶第一次使用時歸零用）。

柒、結論

一、彈簧之新舊程度的確會影響彈簧的測量功能，但對於每一條彈簧測量功能的影響，則是因每次實驗而不同。例如:距離上次實驗的時間……。

二、因實驗必定有誤差的特性，所以 k 值起伏不定，但整體而言有逐漸下降的趨勢。

三、彈簧第一次使用時(全新)k 值會特別大，但多次測量後(未發生永久形變)，會接近虎克定律所說的 k 值穩定(彈性限度內，拉力與伸長量成正比)。

四、本實驗使用的自製拉力計可快速且精確測量伸長量與外力的關係。

捌、參考資料及其他

一、翰林版自然與生活科技第四冊 6-1 章 力與平衡

二. 維基百科—彈簧
http://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E5%BC%B9%E7%B0%A7

三. 維基百科—虎克定律
http://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%99%8E%E5%85%8B%E5%AE%9A%E5%BE%8B

附錄一　自製拉力計之介紹

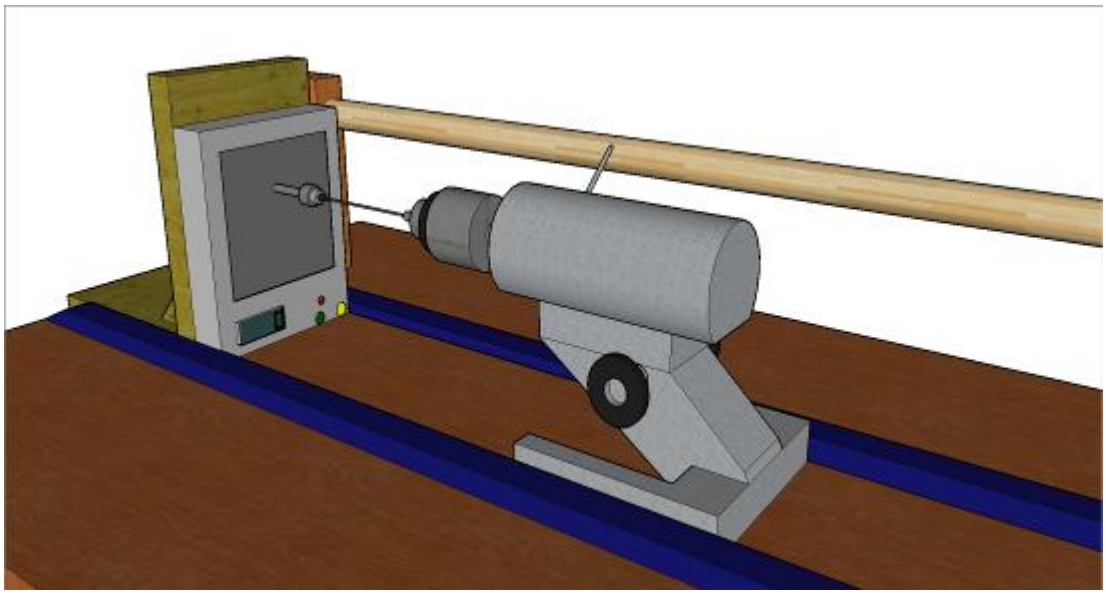
一、製作動機：市面上的拉力計造價不斐，價格 20,000-100,000 元不等，由於經費不足，無法進行採購，故有自己製作的想法。

二、製作材料：

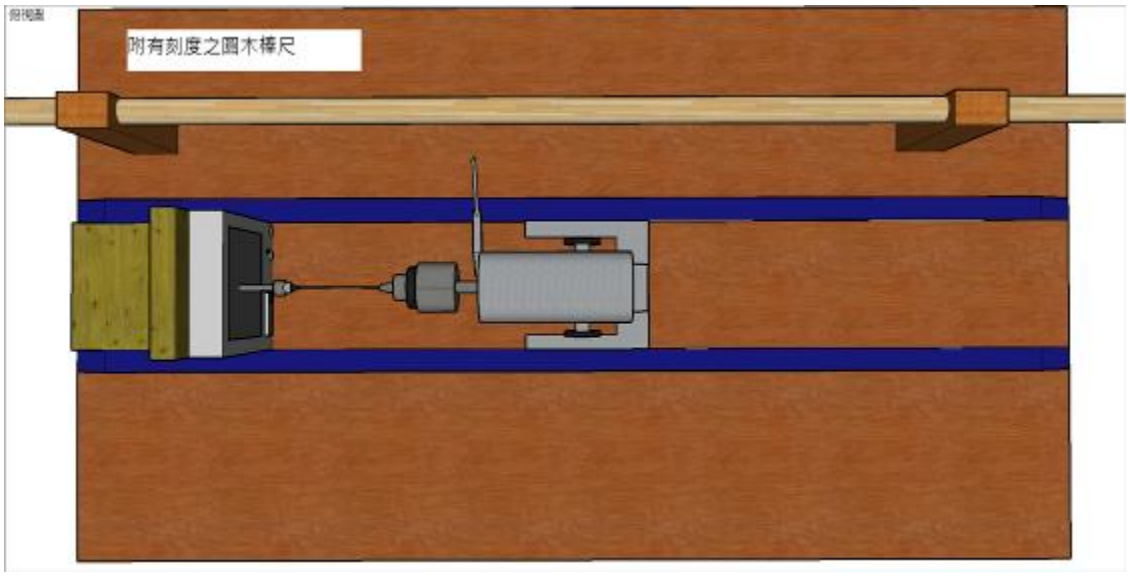
（一）　廢棄之顯微鏡
（二）　電鑽之夾頭*2
（三）　廢木板數片
（四）　電子天平(範圍：0-6000g)
（五）　廢鋁框
（六）　摩擦力實驗之木塊(含鉤子)
（七）　自製之原木棒尺
（八）　課桌椅用之 L 型固定鐵片
（九）　廢課桌椅用之橫木條
（十）　不鏽鋼針(作為指針之用)
（十一）螺絲適量
（十二）鋼釘適量

三、自製拉力計的 3D 設計圖：

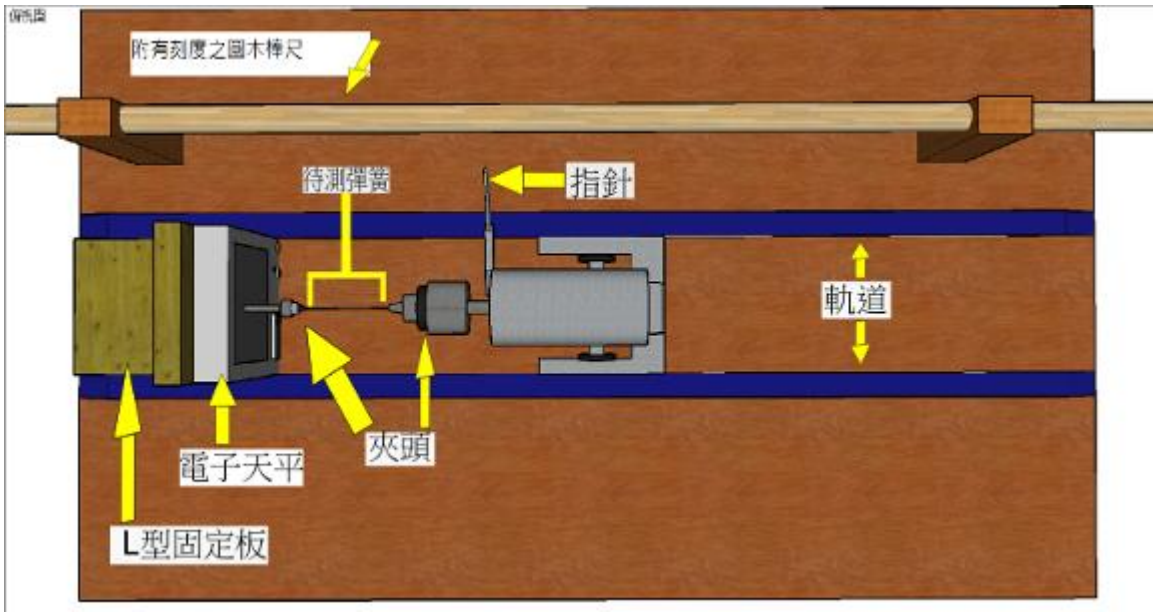
(一)第五代 3D 特寫(圖九)



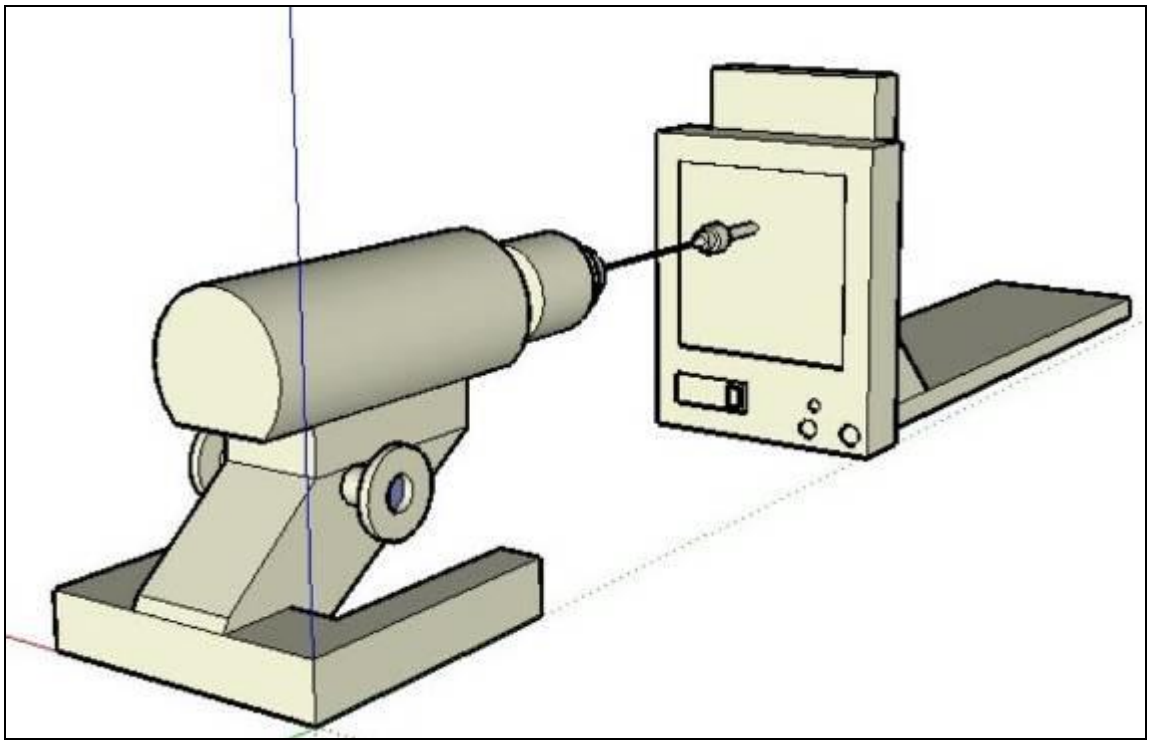
(二)第五代俯視圖(圖十)



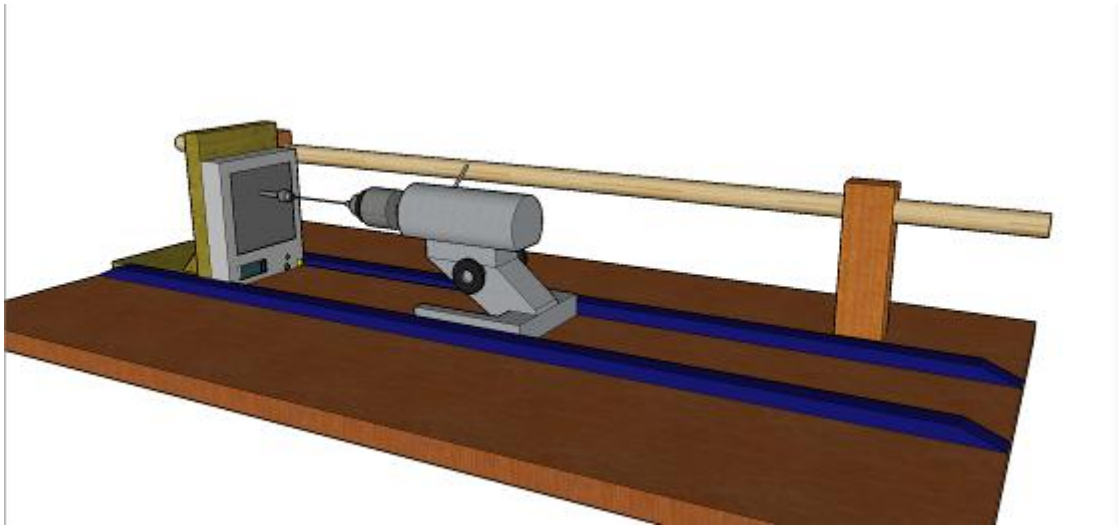
(三)第五代俯視圖加圖說(圖十一)



(四)第一代示意簡圖(圖十二)



(五)第五代全圖(圖十三)



四、自製拉力計改良過程之說明：

(一)第一代

1.有軌道

2.將拉力調整至需要大小，再以皮尺測量其長度

3.舊夾頭

4.有使用調節輪

特色：軌道的出現可以使顯微鏡的移動成一直線。

缺點：夾頭老舊以及擔心調節輪有滑動的問題。

(二)第二代

1.有軌道

2.將拉力調整至需要大小，再以皮尺測量其長度

3.新夾頭

4.不使用調節輪

特色：更換新夾頭，取消使用調節輪，而是以手直接對彈簧施力。

缺點：測量過程的步驟略嫌瑣碎。

(三)第三代

1.有軌道

2.有指針

3.新測量方式:先拉到指定長度，再紀錄拉力計之顯示數據

4.新夾頭

5.加上塑膠尺，以拉到指定長度

特色：為了方便觀測數據，於是加入不銹鋼針作為指針，也用塑膠尺取代皮尺。因為之前的測量方式乃是採取固定彈簧受力大小以測量伸長量，此時我們決定改變測量方式，利用固定伸長量來測量彈簧受力大小，期望能降低誤差，並加速實驗進行。

缺點：經過多次測量後，固定電子天平的L形板發生鬆動的現象。

(四)第四代

1.有軌道

2.有指針

3.新測量方式:先拉到指定長度，再紀錄拉力計之顯示數據

4.新夾頭

5.L形板採用新的三角形固定結構使結構更穩定

特色： L形板加強固定的問題獲得改善。

缺點：測量後發現塑膠尺的長度不足以符合實驗所需。

(五)第五代

1.有軌道

2.有指針

3.新測量方式:先拉到指定長度，再紀錄拉力計之顯示數據

4.新夾頭

5.L 形版採用新的三角形固定結構使結構更穩定

6.堅固附刻度的長木棒

特色：將塑膠尺換成較長且堅固附刻度的木棒，使得本拉力計已具有堅固且可快速測量的特性。

【評語】030101

1. 能利用器材設計一個新的量測方法，是很好的。唯應考慮量彈簧橫放時重力的影響。

2. 能找出 K 值的特性頗佳。

3. 精巧的拉力計製作，建議可將此裝置應用於更廣泛的彈性物體上。

4. 很好的教具值得在校內推廣使用。