

螳臂擋車的玄思

初小組物理科第三名

新竹縣新屋國民小學

作者：羅芝婷、徐毓香

指導教師：曾美鳳

一、研究動機

我們常用「螳臂擋車」這句成語形容一個人不自量力，想用細小如螳臂去阻擋車子，結果只是無濟於事，有一次觀賞電視節目，介紹歐洲某地舉行用乾麵條紮成橋樑吊重的比賽，比賽冠軍者紮製的麵條橋居然可以吊起10公斤重物達10秒鐘之久，真是不可思議！回想國語課本曾有一則團結就是力量的故事；一支筷子容易折斷，但一把筷子就不易折斷了。將這個故事和電視的麵條吊重比賽節目對照來看，不禁令人猜疑，究竟筷子是捆成一束，或是紮成橋樑形狀，或是就做成像屋樑般瘦瘦寬寬的形狀，比較能掛載更大的重量呢？假設螳螂手臂長成屋樑一樣的形狀，說不定就能擋住車子的前進呢！於是我們便向老師請教，老師便和我們一起擬定一個物體形狀和載重能力關係的實驗計劃。我們親自動手，用麵條紮成各式各樣，希望經由實驗來體驗物體形狀和載重能力的關係。

二、研究目的

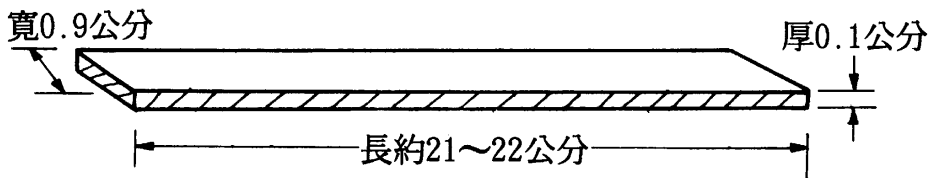
由日常生活的體驗，我們都知道木棍的長度越短就越不容易拗斷。所以我們把相同厚度、寬度、長度的麵條平放、豎放、紮成橋樑的形狀，放在兩個固定點之間，在它的中央處掛上砝碼數個來察看。

(一)厚度與載重能力的關係。

- (二)形狀與載重能力的關係。
- (三)麵條載重後向下彎曲，彎曲的程度和掛載的重量的關係。
- (四)厚度或形狀對最大彎曲程度的影響。

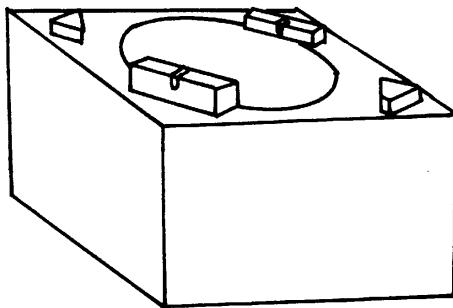
三、研究設備器材

- (一)馬錶一只
- (二)米尺(直尺)一支
- (三)20克砝碼(附掛鈎)一盒共20個
- (四)寬麵條(寬0.9公分，厚0.1公分，長約21至22公分，如圖一)二包。



(圖一)實驗用麵條形狀

- (五)實驗台一個，如圖二



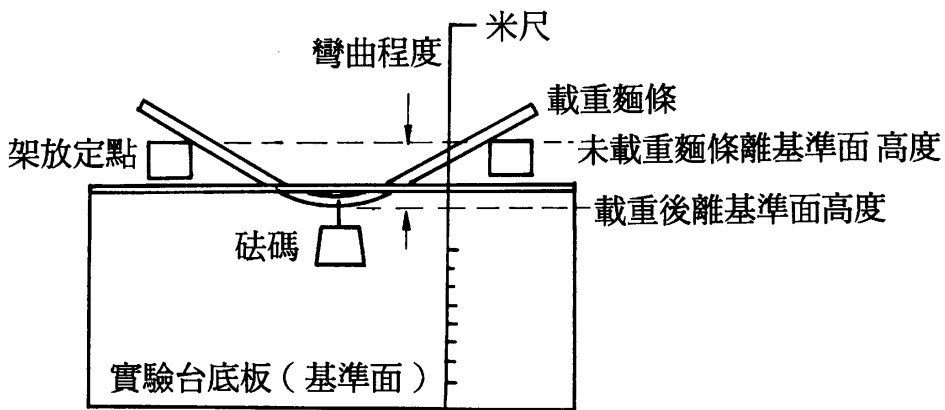
(圖二)實驗台，架放麵條用，台上有兩組架放定點

四、研究過程或方式：

- (一)研究方式：

麵條放在實驗台架放定點間，在麵條中央處掛上砝碼，麵條便

向下彎曲。實驗台底板當做基準面，麵條載重點（中央掛砝碼處）到基準面的距離，因為載重向下彎曲而縮短，掛的砝碼數越多，麵條彎曲程度越大，中央載重點離基準面的高度就越小，量取它原來高度，減去後來載重時的高度，就得到麵條載重後的彎曲程度。記錄在各種砝碼個數時的彎曲程度，來找出厚度、形狀和載重能力關係，彎曲程度和載重量的關係與厚度、形狀對麵條最大彎曲程度的影響參考圖三。

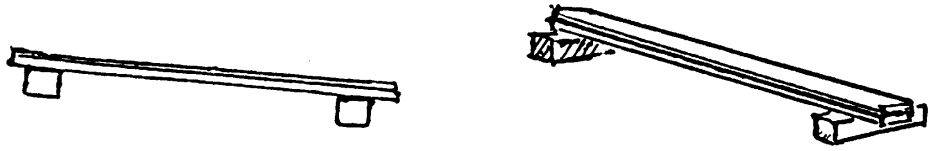


(圖三) 實驗方法說明

(二) 研究過程：

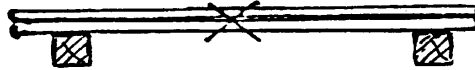
實驗過程共分成十五個步驟如下：

1. 麵條平跨在實驗台上，如圖三量出麵中央點至實驗台底板（基準面）距離。
2. 在麵條中央點掛一個砝碼，麵條因載重而向下彎曲，量出基準面至麵條中央掛砝碼處的距離。
3. 增加懸掛砝碼個數為二個，三個，……分別量出基準面至麵條中央掛砝碼處的距離，找出掛載重量和彎曲程度的關係。
4. 換過麵條，重複步驟1至3，求得麵條平均彎曲程度和掛載重量關係。
5. 二條麵條重疊放實驗台上如圖四，重複步驟1至步驟4，找出麵條和平均彎曲程度，掛載重量關係。



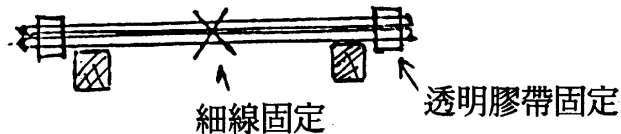
(圖四) 兩條麵條平放時

6. 三條麵重疊平放在實驗台上，然後重複步驟1至步驟4。
7. 二條麵條重疊，並在中央處用細線固定一起，然後平放在實驗台如圖五，重複步驟1至步驟4。



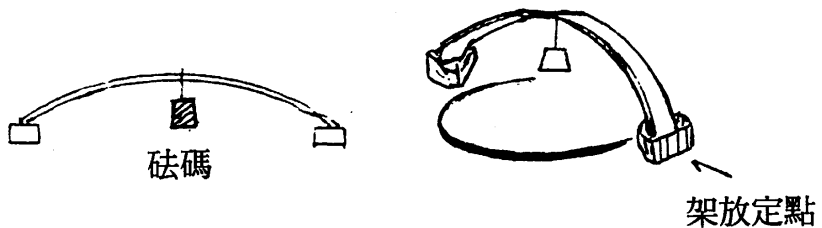
(圖五) 兩條麵條重疊平放，並在中央用細線綁好。

8. 二條麵條重疊並在中央處用細線固定一起，在麵條兩端各用透明膠帶分別固定一起，然後平放在實驗台如圖六，重複步驟1至步驟4。



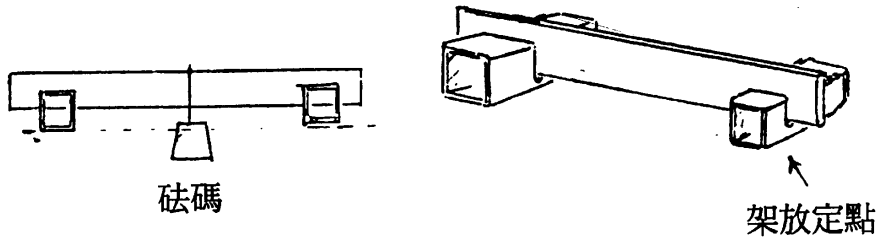
(圖六) 兩條麵條重疊平放，並在中央用細線綁好，在兩端用透明膠帶分別固定一起。

9. 麵條一條彎成拱弧形狀置於實驗台上如圖七，重複步驟1至步驟4。測試不同形狀時掛載重量和彎曲程度關係。



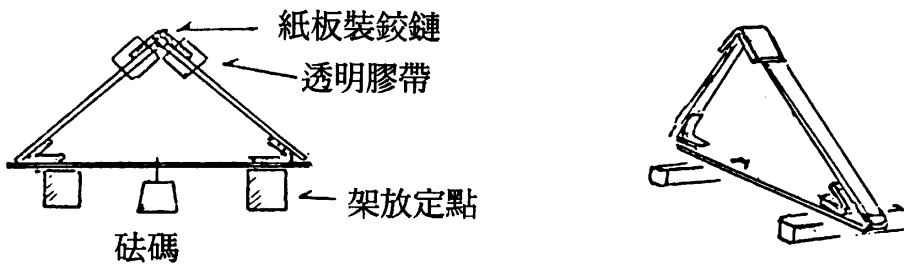
(圖七) 一條麵條彎成拱弧型置於固定架上

10. 麵條一條豎放在實驗台上如圖八，執行實驗步驟1至步驟4。



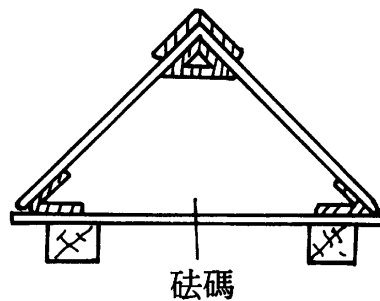
(圖八) 一條麵條豎放在架放座上

11. 二條麵條紮成三角形如圖九，執行實驗步驟1至步驟4。



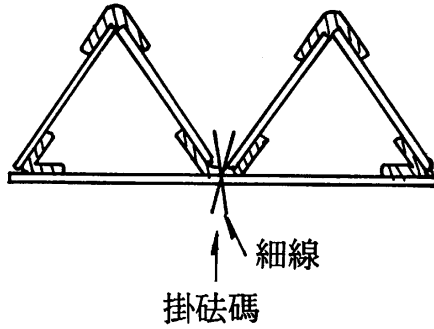
(圖九) 兩條麵條(一條分成兩段)作成三角形，麵條連接處用紙板製鉸鏈與明膠帶固定起來。

12. 二條麵紮成三角形，並在頂角處加上穩固的固定物如圖十，使三角形頂角不變形，然後執行步驟1至步驟4。



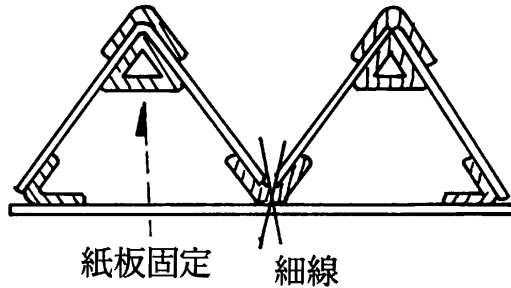
(圖十) 兩條麵條作成三角形如圖九，但在三角形頂角用紙板將頂角固定使不變形。

13. 二條麵條紮成二個三角形如圖十一，中央處用細線固定一起，然後執行步驟1至步驟4。



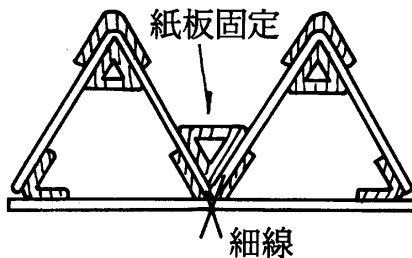
(圖十一) 兩條麵條 (一條折成四段) 製成兩個三角形，在麵條連接處均用紙板製鉸鏈和透明膠帶分別固定，在中央處用細線將三角形綁住。

14. 二條麵條紮成兩個三角形，中央處用細線固定一起，並在二個頂角加上穩固的固定物如圖十二，使頂角不變形，然後執行步驟1至步驟4。



(圖十二) 兩條麵條作成兩個三角形如圖十一，但在二個三角形頂角均用紙板固定使不變形。

15. 二條麵條紮成二個三角形，中央處用細線固定一起，並在三個頂角及三角形連接處均加上穩固固定物如圖十三，使三個頂角不變形，然後執行步驟1至步驟4。



(圖十三) 兩條麵條製成兩個三角形在三個角上加上紙板固定角度使不變形

五、研究結果

1. 表一：實驗步驟1之結果

類條數	放置方向	放置方式	掛載點下彎程度(公分)						備註	
			0克	20克	40克	60克	80克	100克		120克
1	圖三	圖三	13.9	13.3	12.1					掛載60克時繩條
	(橫放)		14.0	13.6	11.8					下彎幅度很大且
			13.9	12.9	11.6					來不及測量下彎
			14.0	13.4	12.0					程度就折斷
			14.0	13.3	11.8					
			13.9	12.8	11.5					
			13.9	12.9	11.5					
			13.9	13.0	11.9					
			13.9	13.1	12.0					
			13.9	13.0	11.8					
平均			13.9	13.1	11.8					

4.表四：實驗步驟7之結果

掛載點離基準面高度	類條數	放置方向	放置方式	掛載重					掛載點下彎程度(公分)	備註											
				0克	20克	40克	60克	80克			100克	120克									
	2	圖五	圖五	14.1	13.5	12.9	12.3	11.5													
		圖六	一點一固定	14.1	13.7	13.2	12.7	12.1													
				14.1	13.5	13.1	12.7	11.8													
				14.1	13.7	13.1	12.6	11.6													
				14.1	13.5	13.0	12.4	11.7													
平均				14.1	13.6	13.1	12.5	11.7	平均												

5.表五：實驗步驟8之結果

掛載點離基準面高度	類條數	放置方向	放置方式	掛載重					掛載點下彎程度(公分)	備註												
				0克	20克	40克	60克	80克			100克	120克										
	2	圖六	圖六	14.1	13.8	13.4	12.9	12.4														
		圖六	三點一固定	14.2	13.7	13.3	12.8	12.4														
				14.1	13.7	13.3	12.8	12.3														
				14.1	13.7	13.2	12.7	12.2														
				14.1	13.6	13.3	12.7	12.2														
平均				14.1	13.7	13.3	12.8	12.3	平均													

6. 表六：實驗步驟9及實驗步驟10之結果

麵條數	放置方向	放置方式	掛載量						掛載點下彎程度 (公分)	重量						備註	
			0克	20克	40克	60克	80克	100克		120克	0克	20克	40克	60克	80克		100克
1	圖七	圖七	18.3	18.2	18.1	17.9	17.7	17.5		0	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8		掛載140克時
	橫放	成拱型	18.3	18.2	18.1	17.9	17.6	17.6		0	0.1	0.2	0.4	0.5	0.7		折斷
			18.4	18.3	18.2	18.1	18.0	17.8		0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.6		
			18.0	17.9	17.8	17.7	17.6	17.3		0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.7		
			18.5	18.4	18.3	18.2	18.1	17.9		0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.6		
平均			18.3	18.2	18.1	18.0	17.8	17.6	平均	0	0.1	0.2	0.3	0.5	0.7		
1	圖八	圖八	14.0	14.0	14.0	14.0	13.9	13.8	彎	0	0	0	0	0.1	0.1	0.2	掛載140克時
	豎放		14.0	14.0	14.0	14.0	13.9	13.8	度	0	0	0	0	0.1	0.1	0.2	麵條往橫向略
																	彎但不折斷
平均			14.0	14.0	14.0	14.0	13.9	13.8	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	

7.表七：實驗步驟11、12、13、14、15之結果

離 基 礎 高 度	繩 條 數	放 置 方 向	放 置 方 式	掛				下 彎 程 度	載				備 註		
				0克	20克	40克	60克		80克	0克	20克	40克		60克	80克
平均	2	圖九 成 三 角 形	未固定	14.0	13.3	12.6	11.8		0	0.7	1.4	2.2		掛載80克時繩條 斷裂	
高 度	2	圖十 成 三 角 形	圖十 一 角 定	14.0	13.4	12.8	12.2	平均	0	0.6	1.2	1.8			
平均	2	圖十一 成 三 角 形	未固定	14.1	13.4	12.6	11.8	彎 度	0	0.6	1.4	2.3		掛載80克時繩條 折斷	
高 度	2	圖十二 成 三 角 形	圖十二 二 角 定	14.1	13.5	12.7	11.8	平均	0	0.6	1.4	2.3			
平均	2	圖十三 成 三 角 形	圖十三 三 角 定	14.3	13.7	13.1	12.5	彎 度	0	0.6	1.1	1.8			
高 度	2	圖十三 成 三 角 形	圖十三 三 角 定	14.3	13.7	13.1	12.5	平均	0	0.6	1.2	1.8			
平均	2	圖十三 成 三 角 形	圖十三 三 角 定	14.4	14.1	13.8	13.5	彎 度	0	0.3	0.6	0.9	1.2		
高 度	2	圖十三 成 三 角 形	圖十三 三 角 定	14.5	14.2	13.9	13.4	平均	0	0.3	0.6	0.8	1.1		
平均	2	圖十三 成 三 角 形	圖十三 三 角 定	14.6	14.3	14.0	13.8	彎 度	0	0.3	0.6	0.9	1.2		

六討論








(一)將實驗步驟1至8的平均結果合併成表八來進行比較：

表八：

	麵條數	放置方式	掛載						重量			備註
			0克	20克	40克	60克	80克	100克	120克			
掛載點下彎程度	1	—	0	0.8	2.1							80克折斷
彈性強度				25	19							
掛載點下彎程度	2	≡	0	0.6	1.2	1.8	2.6					80克折斷
彈性強度				33	33	33	31					
掛載點下彎程度	2	≡	0	0.5	1.0	1.6	2.4					
彈性強度				40	40	38	33					
掛載點下彎程度	2	≡≡	0	0.4	0.8	1.3	1.8					
彈性強度				50	50	46	44					
掛載點下彎程度	3	≡≡≡	0	0.4	0.8	1.2	1.6					
彈性強度				50	50	50	50					

比較結果發現：

- (1)掛載砝碼重量相同（20克）時，重疊的麵條數越多，麵條中央掛載砝碼處向下彎曲的程度越小。
 - (2)掛載砝碼重量相同（20克），相同的重疊麵條數（2條）時，麵條間相互固定情形越好，麵條間不容易相互滑動，麵條中央掛載砝碼處向下彎曲的程度也越小。表八結果顯示，兩條重疊三點固定的彎曲程度和三條重疊而未固定的彎曲程度相同。掛載砝碼重量與麵條彎曲程度比值，稱為麵條的彈性強度，即彈性強度等於載重量除以彎曲程度。由彎曲程度和彈性強度來看，二條重疊三點固定的彎曲程度是一條的彎曲程度的一半，而彈性強度則前者是後者的兩倍，顯示二條重疊三點固定的麵條是相當於一條麵條，但厚度加倍的情形。
 - (3)重疊麵條數相同，掛載砝碼重量不同時，麵條中央掛載砝碼處向下彎曲程度隨砝碼重量的增加而漸增，但其彈性強度則在某個特殊的砝碼重量（稱做臨界載重量）以前均維持相同，此區域稱為彈性區，而超出臨界載重量以後，彈性強度就隨砝碼重量的增加而逐漸減小，此區域稱做非彈性區。這個彈性區的範圍或臨界載重量隨著重疊麵條數增大。
- (二)將實驗步驟9至15的平均結果從表六至七中抽出合併在表九來進行比較，並和表八進行交互比較。

	麵條數	放置方式	掛載重量							備註
			0克	20克	40克	60克	80克	100克	120克	
掛載點下彎程度	2		0	0.7	1.4	2.2				80. 克折斷
彈性強度				29	29	27				
掛載點下彎程度	2		0	0.6	1.2	1.8				
彈性強度				33	33	33				
掛載點下彎程度	2		0	0.6	1.4	2.3				80. 克折斷
彈性強度				33	29	26				
掛載點下彎程度	2		0	0.6	1.2	1.8				
彈性強度				33	33	33				
掛載點下彎程度	2		0	0.3	0.6	0.9	1.2			
彈性強度				67	67	67	67			
掛載點下彎程度	1		0	0.1	0.2	0.3	0.5	0.7		掛載140克時折斷
彈性強度				200	200	200	160	143		
掛載點下彎程度	1		0	0	0	0	0.1	0.1	0.2	掛載140克時麵條住
彈性強度							800	1000	600	橫向略彎，但不折斷

表九

比較結果發現：

- (1)用兩條麵條作成一個三角形（圖九）或作成兩個三角形（圖十一）時，在相同載重（20克）之下，麵條向下彎曲程度，稍大於或相等於兩條麵條重疊平放時的情形，而彈性區則在20克（二個三角形）與40克（一個三角形）以下，較小於重疊平放的情形（60克）。如果在三角形的頂角加上固定物，使角形不變（圖十與圖十二），則載重而向下彎曲的程度雖然沒有減少，但其彈性區則均提高到60克而和兩條麵條重疊平放者相同（彈性強度都是33）。顯然固定三角形頂角角度只有助於維持彈性強度成定值，就像兩條重疊平放（圖四，表八），三條重疊平放（圖四，表八）的情形；疊在下面的麵條幫助疊在上面的麵條抵抗，在較多的掛載砝碼時產生較小的彎曲。
- (2)兩條麵條作成二個三角形並在三個角上（二個頂角，一個中央夾角如圖十三）加上固定物使角度不變時，不但在相同砝碼重量之下的彎曲程度減小到0.3公分（表九），彈性強度則提高為67（表九），彈性區也增大到80克（表九），均優於兩條重疊三點固定（圖六，表八）和三條重疊（圖四，表八）的情形。顯然中央夾角的固定，相當於增加了麵條中央位置的厚度，也增強麵條抵抗在較大載重時麵條彎曲而兩末端向上翹起的幅度。這兩項作用都減少了彎曲程度。
- (3)一條麵條彎成拱弧型如圖七時，在相同載重量下之彎曲程度都遠小於步驟1至8（圖三到圖六）和步驟11到15（圖九到十三）的各種情形的彎曲程度，但彈性區只到砝碼重量60克。這個範圍等於相同厚度的一條麵條平放（圖三，表八）的情形的三倍，等於二倍厚度的二條重疊三點固定（圖六，表八）情形的一倍半，而小於二條麵條作成二個三角形且固定三個角（圖十三，表九）的情形。
- (4)一條麵條豎放（圖八）時，載重量可以增加到140克才產0.2公分的彎曲程度，並且可以加重到約180克~200克以上。
- (5)在各種實驗情形裏，使麵條折斷的載重量，對一條麵平放（圖

三，表一)而言，是60克。對二條重疊平放(圖四，表二)而言，麵條折斷載重量是80克等如表十。比較後發現，使麵條折斷的載重量隨麵條在彈性區內的彈區內的彈性強度的增大而增多，但折斷前的最大向下彎曲程度約為2.5公分(此為第一、二、六、八列之平均結果)。將這個平均最大向下彎曲程度以各實驗狀況下的彈性區內的彈性強度，去推測麵條折斷載重量，結果分別為62.5克、82.5克、100克，等列在表十最後一行內。這些推測值和各實驗狀況的實驗結果(表八，表九)去比較都約略符合。

表十

麵條數	放置方式	彈性區範圍	彈性區內的 彈性強度	麵條折斷時的 實驗 載重量	折斷載重量與 彈性區內 彈性強度之比	折斷時的實 驗下彎程度	推求的折斷 載重量
1	—	20克—	25	60 克	2.4 公分	來不及測量	62.5 克
2	≡	20克-60 克	33	80 克	2.4 公分	2.6 公分	82.5 克
2	≡	20克-40 克	40				100 克
2	≡	20克-40 克	50				125 克
3	≡	20克-80 克	50				125 克
2	△	20克-40 克	29	80 克	2.8 公分	來不及測量	72.5 克
2	△	20克-60 克	33				82.5 克
2	▽	20克—	33	80 克	2.4 公分	來不及測量	82.5 克
2	▽	20克-60 克	33				82.5 克
2	▽	20克-80 克	67				167.5 克
1	⤿	20克-60 克	200	140 克	0.7 公分	來不及測量	500 克
1	▭	20克-60 克	無法計算				
平均				(第1.2.6.8 行平均值)	2.5 公分		

七、結論

- (一)物體（麵條）受力作用後，順著受力方向發生彎曲現象，作用力大小與物體（麵條）彎曲程度之比值是物在作用力方向上的彈性強度，這個彈性強度在一定的作用力範圍內稱為彈性區維持定值，因此作用力和彎曲程度成正比，物體的功能有如彈簧一樣。當作用力大過物體的彈性區時，物體的彎曲程度就隨著作用力急速變大，而它們的比值（彈性強度）就急速變小，然後物體就斷裂。
- (二)物體在受力方向的厚度越大則它的彈性強度（作用力和彎曲程度比值）就越大，兩者成正比關係，所以將幾個相同厚度的物體，相互緊緊固定在一起時，它的彈性強度就等如一個具有幾倍厚度的單一物體。物體的彈性區範圍約與厚度成正比。
- (三)（參考表十）物體的構造形式對增大物體的彈性強度確有幫助，因它可將作用力分散開到物體受力點以外的各處，此種作用對增大物體的彈性區範圍就更見效。所以我們有理由相信，用二條麵條紮成圖十二的三角形，並將三角形全部的角均固定起來使不會因載重而角度變形的話，作用在麵條中央位置的砝碼重量將可以經二個三角形的構造把作用力分配到首尾兩端，這樣會相當於是有3倍厚度的麵條。它的彈性強度的彈性區也會增大才對。
- (四)（參考表十）將物體（麵條）做成某些特殊形狀如拱型（圖七），或豎寬型（圖八）均可使物體的彈性強度不成比例的增強很多，彈性區也擴大數倍（3倍）。
- (五)除拱型（圖七）與豎寬型（圖八）外各種實驗狀況下的麵條最大彎曲程度均約為2.5公分。麵條的彎曲度如超過2.5公分就會折斷。這個最大彎曲程度可能和物體的材料性質有關，因各種實驗狀況的厚或構造形式都不同。而最大彎曲度乘以彈性區內的彈性強度值就可約等於各狀況下的折斷載重量。

從這個實驗，我們終於體會屋樑總是做成（圖八）形狀，因為又省材料，又有強大的彈性強度，把物體做成適當的構造形式能發揮物體最大的功用。

八、參考資料：

- (一)國民小學自然科學課本第六冊（三年級下學期七十九年一月）
國立編譯館
- (二)黃台香、蕭淑美 自然科學彩色辭典第四冊物理、化學，華視出版社。

評語

- 1.能選用不同形狀，厚度之麵條進行觀察其載重能力，構思尚新穎，又設計實驗能符合觀測需要。
- 2.資料分析過程及結論正確。