

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 自然科

佳作

081548

天蠶外傳～蠶繭的研究

私立慈濟大學實驗國小

作者姓名：

小四 周炫谷 小六 周子翔

指導老師：

陳美美 陳淑瑗

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會

作品說明書



科 別：自然科

組 別：國小組

作品名稱：天蠶外傳 — 蠶繭的研究

關 鍵 詞：蠶繭、蠶繭密度、蠶

目 錄

壹、摘要	1
貳、研究動機	1
參、研究目的	2
肆、研究設備及器材	2
伍、研究過程或方法	2-13
一、蠶繭的理化特性研究	
實驗一：蠶繭密度的測定	2
實驗二：蠶繭防蟲能力的測定	3
實驗三：蠶繭防水能力測定 I	4
實驗四：蠶繭防水能力的測定 II	5
實驗五：蠶繭透氣性的測定	6
實驗六：蠶繭防塵能力的測定	8
實驗七：蠶繭防火能力的測定	10
實驗八：蠶繭保溫能力的測定	11
實驗九：蠶繭避震能力的測定	12
實驗十：蠶繭耐酸度、耐鹼度的測定	13
陸、研究結果	14
柒、討論	15
捌、結論	16
玖、參考資料及其他	17-18

天蠶外傳~~蠶繭的研究

壹、摘要

在一年多的時間裏，我們觀察和培育了三個世代的蠶兒，參訪了台灣池上、苗栗及中國北京的蠶桑養殖場或展示中心。(09)(11) 這段期間，我們不斷在「產生疑問—獲得解答」的過程中循環，其中對於「圓繭的存在價值」的疑問最大！我們藉由觀察、對照比較和設計一些理化實驗，發現圓繭具有多項優點，首先，可以讓蠶家族相當安全又舒適的完成變態；其次，圓繭在物理上的很多特性，如果人類能善加利用，相信會有遠遠超越僅將蠶繭發展在紡織業上的成就。



台灣養蠶業都以生產平面繭來取代圓繭



圓繭真的沒有存在的價值了嗎？

貳、研究動機

三下時，自然課第三單元要養蠶寶寶。找來一些蠶卵，但居然沒有孵出來一隻，心有不甘的情形下，約了姊姊一起再試試。在一年多的時間裏，經過重複的培育觀察、參訪，我們發現了許多疑問。有的疑問可以查資料或請教前輩而獲得解答；有的卻衝突，尤其是看見織平面繭的蠶最後都成為赤裸裸、沒有繭包裹的蛹時更是一團迷霧！為了解開疑惑，我們下定決心在蠶繭上好好研究。

參、研究目的

測定蠶繭的物理、化學特性。推測一隻蠶，住在蠶繭裡，受到什麼樣的保護。

肆、研究設備及器材

1. 蠶繭。(來源：苗栗獅潭泉明養蠶中心的圓繭及自己培育出的圓繭)
2. 砂糖、茶色蠶、強力夾、水彩水、漏斗、試管架、燒杯、鐵釘、衛生紙、鑷子、溫度計、解剖顯微鏡、酒精燈組、線香、試管、試管夾、宣紙、白紙、棉布、尼龍布、羊毛衣、剪刀、泡綿膠、嫩豆腐、吸管、塑膠盆、藥用酒精、酸鹼試紙、冰醋酸、通樂、相機、放大鏡、冰箱、.標本收集袋、馬錶

伍、研究過程和方法

實驗一：蠶織繭密度的測定

相關理論：「蠶織繭密度」的由來

1. 天然蠶繭的孔隙大小，目前沒有查到有關的研究，也沒有一個很適合的名稱來形容。
天然蠶絲織品每平方英寸經緯織密度約 320 支。(布的經緯密度是指每平方英寸所使用的紗支數) (12)
2. 蠶絲的直徑是 0.002mm，而台灣家蠶的吐絲方式是 8 字型的，一隻吐絲的蠶大概要拉出 6 萬個 8 字型，最後才能將體內那大約 1200 公尺長的絲給拉完。(20)
1200m 長的絲，要織成一顆大約 2cm * 1cm * 1cm 大小的橢圓形表層 (厚度將近 1mm)，那有多密啊？在實驗一裡，我們決定借用「織密度」的概念，創造一個新名詞—「**蠶織繭密度**」來形容天然蠶繭的蠶絲在每 mm² 的支數，再推算這些蠶絲交錯之間的平均可通過的孔隙大小。

問題：能測定出蠶織繭密度嗎？蠶繭的孔隙有多大？

步驟：1.將 9 顆繭剪開，利用放大鏡及鑷子協助由剪開處將每顆繭剝成 15 薄層

2.將一片薄層貼在深色紙板上，剪下 1mm*1mm 大小的樣本，將樣本放在顯微鏡下

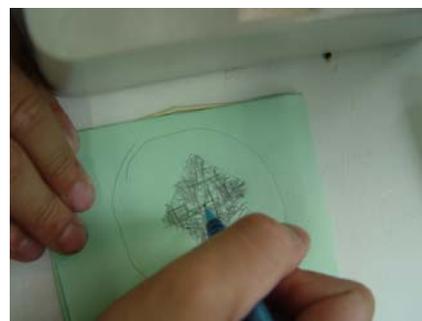
3.計算出 1mm² 有多少條蠶絲分布、蠶絲間的孔隙的大小

結果：顯微鏡下每一薄層樣本像 5 層紗網重疊，大多是 3 條絲圍成一個孔隙(三角形)。蠶繭每一薄層平均約有 349.7 條蠶絲/ mm^2 分佈和 116 個左右的空隙/ mm^2 。

所以實際蠶織繭密度(15 薄層)是： $349.7 \times 15 = 5245.5$ 條蠶絲/ mm^2 ，蠶絲的直徑是 0.002mm ，那麼每一薄層的每一空隙面積約是 0.00259mm^2 。以正三角形內切圓直徑估計最大三角形可通過空隙大小，計算結果是 $63.14 \mu\text{m}$ 。

將 15 層薄層重疊，那麼蠶繭的空隙可通過空間直徑大約是 $4.20 \mu\text{m}$ 。

討論：蠶絲間的空隙那麼小，那蠶繭是否能防蟲呢？



實驗二：蠶繭防蟲能力的測定

相關理論：

螞蟻是蠶最大的天敵。一隻螞蟻找到食物時，牠會從腹部末端分泌出蟻酸，是一種有刺激性味道的揮發性有機酸。濃度高的蟻酸對皮膚會造成侵蝕。(13) 螞蟻的大顎強勁有力。茶色蟻是家中常見的螞蟻，體長約 3 毫米。(01)(10)

問題：螞蟻能進出蠶繭嗎？螞蟻是否會使用蟻酸和大顎破壞蠶繭而侵入？

- 步驟：**
1. 利用一小袋砂糖收集螞蟻，糖袋開一小口將螞蟻引入 9 顆繭中，用強力夾夾住繭口
 2. 每隔 1-2 分鐘搖動一次繭，觀察螞蟻是否會由繭中逃出
 3. 1 小時後，打開繭口觀察螞蟻是否仍在繭中
 4. 砂糖放入 9 顆繭中，強力夾夾住繭口，放在螞蟻出入處，觀察是否有螞蟻進入繭
 5. 1 天後打開封口的強力夾，倒出砂糖記錄發生的實況
 6. 打開封口的強力夾時要注意先清去繭外的螞蟻

結果：1.蠶繭中的螞蟻經過 1 個小時，打開強力夾後，才匆忙從繭口跑出。

2.許多螞蟻在糖繭外徘徊，經過約 2 天後打開繭，裡面都沒有螞蟻。

討論：對茶色螞蟻來說，要出入 $4.20\ \mu\text{m}$ 空隙根本是不可能的任務。而且似乎螞蟻的大顎和蟻酸也沒有辦法攻破蠶繭。塵蟻大小約 $5\text{-}10\ \mu\text{m}$ ，比蠶繭孔隙大，因此推測蠶繭也可以防蟻。(14)(15)

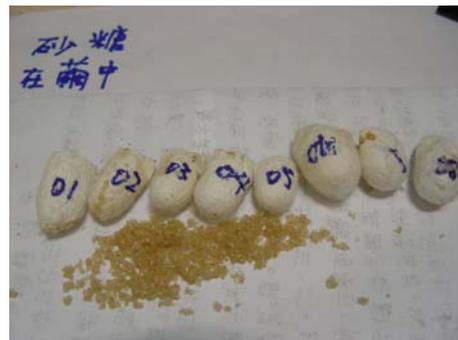
那麼水呢？蠶蛹可是很怕水的！



1 小時後打開夾子，螞蟻才逃出



螞蟻在裝有砂糖的蠶繭旁徘徊



倒出砂糖，沒有發現螞蟻

實驗三：蠶繭防水性的測定 I

相關理論：單一水分子的大小是 $0.00276\ \mu\text{m}$ ，但是一億個水分子聚集在一起的液態水直徑為 27.6cm 。(16)

問題：如果下雨，或繭掉入水中，蠶蛹在繭中是否會淹死？

步驟：

- 1.將衛生紙 4-5 公分寬包在鐵釘帽端上，分別塞入 20 顆蠶繭中，不能漏出來
- 2.放水彩水至燒杯中，把鐵釘蠶繭放入燒杯，水面儘量接近繭口，但不會從開口流進繭中
- 3.觀察在 2 天內，蠶繭是否進水？衛生紙有染顏色嗎？

結果：第 1 組：有 50%的蠶繭無法防水。

第 2 組：有 9.7%的蠶繭無法防水。有 2 顆滲漏點區域看起來較薄；有 1 顆在滲漏處沾染有蠶蛾分泌物。

討論：1.並不是所有的蠶都能將繭織得均勻。織得較薄的區域，會成為防禦的漏洞。

2.蠶蛾分泌物會造成蠶繭防水能力減弱嗎？

3.蠶蛹躲在繭中，就算遇到大雨或掉入水中，大多是安全的。

蠶繭能防止水進入，那水能由裡到外嗎？



繭沾到蠶蛾分泌物，有進水

實驗四：蠶繭防水能力的測定 II

相關理論：蠶兒開始織繭後，就不吃不拉。

做這個實驗是因為想要滿足好奇心，也許有人或是什麼昆蟲會注入液體到繭中？也許繭的內外結構和成分有所不同，水因此在繭內外的滲漏情形會不同？ (11)

問題：萬一蠶繭裡有水，排得出去嗎？

步驟：1.將各種材質的材料先捲一層在漏斗口，放入燒杯。也可以用試管架作為繭的支撐架

3. 將水彩水用滴管吸 1c.c.後滴入各種測驗材質及 32 顆蠶繭內，並開始計時

4. 觀察並紀錄每種材質各需要多少時間，水彩水才會滲漏出來

結果：1.有 94%的蠶繭內的防水能力可以至少維持 5 天。有 1 顆立即漏水，在漏出處蠶繭比較薄；有 1 顆第 3 天才漏水，在漏出處沾有蠶蛾分泌物。

2.其他材質的水彩水漏出時間，分別是：

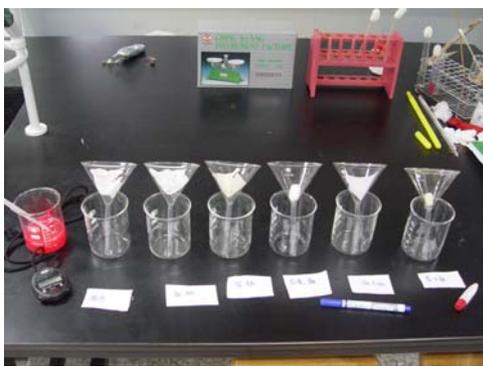
材質	棉布	面紙	宣紙	白紙
時間	立即	立即	7 秒	滿 1 天

討論：1.所以萬一蠶繭裡有水的話，那蠶蛹可能會淹死。

2.從實驗三知道水是不容易自然進入繭中。所以蠶繭生活在繭中，可以保持乾燥舒適。

3.同樣的，織得較薄的區域或沾染到蠶蛾分泌物，會讓水容易通過。

4.水蒸氣、空氣能從蠶繭進出嗎？



立即滲出
水的繭



染色但未漏

實驗五：蠶繭透氣性的測定

相關理論：蠶蛹有 5 對氣門，需要空氣的供應。水蒸氣是單一水分子，大小是 $0.00276 \mu m$ 。

甲醇揮發性強。燃燒需要氧氣。(26)

問題：蠶繭密度這麼高，蠶蛹在繭中，會不會悶死？

步驟：1.沸水蒸發

(1)將 10 支試管裡裝一半的水彩水，個別套上 1 顆蠶繭，邊緣白膠封住

(2)用木夾子將試管夾住，拿到酒精燈上燒。觀察紀錄水煮沸時，蒸氣冒出來的情況

2.線香熄不熄滅

(1)剪下一塊比繭口大的繭片，當作繭口的封蓋，然後將線香穿過繭片

(2)另 1 枝不穿繭片，與實驗組在離香頭 1.5cm 處標記

(3)點燃線香，套上繭，用白膠封口；同時點燃另 1 枝，不套繭做對照組

(4)觀察紀錄 10 顆繭滿 2 分鐘時，線香(對照組平均可燃 1.5cm)有沒有熄滅

3.甲醇(藥用酒精)的揮發

(1)在 10 支試管內各倒入 5c.c.的甲醇，加一滴墨水

(2)將 10 顆蠶繭套在每支試管口，再用白膠封邊緣；另做 1 支對照組，不套繭蓋

(3)標記液面的原始位置，觀察紀錄滿 30 分鐘、1 天、2 天，液面下降的程度



線香實驗組與對照組 點燃前標記



蠶繭讓線香燃燒變慢





經過 2 天，液面平均下降 0.62mm



結果：1. 100% 的蠶繭讓水蒸氣容易進出。

2. 90% 的蠶繭可以允許線香在封閉的繭中燃燒，但是當對照組燒完 1.5cm 長度時，實驗組平均還剩餘 0.5cm，燃燒速度是對照組的 76%。有 1 顆熄火，剪開繭發現較厚。

3. 實驗組滿 2 天時甲醇平均揮發掉 6.2mm，對照組是 8mm。

討論：1. 蠶繭的透氣性不錯，可以供應蠶蛹在繭中不會悶死，但是不足以進行良好的燃燒。

2. 蠶繭能擋住空氣中的灰塵嗎？

實驗六：蠶繭防塵能力的測定

相關理論：塵埃大小約 $0.05 \mu\text{m}$ 到 $100 \mu\text{m}$ 。一般空氣污染的塵埃大小大於 $0.12 \mu\text{m}$ 。(17)(18)(19)

問題：蠶繭能過濾塵埃，維持繭內的清潔嗎？

步驟：1. 把 30 顆蠶繭內清理乾淨，用顯微鏡觀察乾淨泡棉膠表面的樣子，作為標準

2. 泡棉膠放在繭裡，以繭片封口(實驗組)後黏在紙板上編號，套上網袋避免繭掉落遺失

3. 另外把泡棉膠黏在紙板上，作為對照組

4. 紙板固定在車上，外出(學校到蘇澳來回，估計路程至少 250 公里)；或者放在落塵量大的地方(室內運動場窗口) 7 天

5. 用顯微鏡觀察比較兩組泡棉膠上的塵埃量



放入泡棉膠塊



02、03 之間是裸露的膠塊

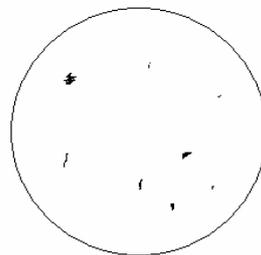
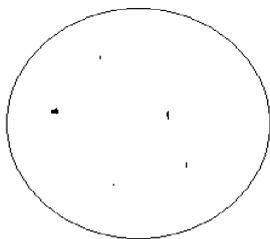


結果：室內運動場組：平均塵埃數=7.7 粒；車外組：平均塵埃數=9.3 粒；兩組平均塵埃數約 8.4 粒；未測時的塵埃數量平均為 5。沒繭的對照組是 79 粒。

下圖是泡棉膠在顯微鏡下的描繪：

乾淨的泡棉膠表面

室內運動場組蠶繭裡的泡棉膠表面



放大倍率：10*2

討論：1.蠶繭的防塵能力很好，有繭與沒繭的泡棉膠表面塵埃數有明顯差異。

2.蠶繭可以阻擋學校室內操場及馬路上的大部分塵埃。

3.蠶繭還有什麼保護功能呢？

實驗七：蠶繭防火能力的測定

相關理論：改質壓克力纖維、氧化纖維、聚醯胺纖維所製成的布具有極高的防火性。MK-6 防火被覆材料材質：由合成輕質骨材（苯乙烯聚合物）；石膏及 CELLULOSE 抗裂纖維素等組成，可歷經實際火災四小時之久，保護建築物無結構損壞。蠶繭是蠶蛹的房子，又是人類的衣料，不知是否耐高溫？ (21) (22) (23)

問題：蠶繭所在的樹木著火了，繭能倖免嗎？在什麼溫度時會被破壞？

- 步驟：**
- 1.用手測試火蕊溫度集中的範圍，找出 40-50，70-80，100-110，130-150 °C 的位置
 - 2.把溫度計固定在要測的位置
 - 3.用木夾或剪刀分別將 30 顆蠶繭夾起，放在酒精溫度計感溫端的旁邊
 - 4.測試不同溫度 1 分鐘，紀錄蠶繭各有什麼變化，並與木夾對照比較



結果：1.對所有的蠶繭來說，短時間在外界溫度 80°C 以下，是安全的。

2.外界溫度達 100-150°C 時，所有的蠶繭都開始被破壞。但在短時間內，破壞只在向火的表面。木夾無變化。

3.直接在火蕊上燒，10 秒內對所有的蠶繭都是冒煙→起泡→著火→燒焦→黑灰。而木夾只有變黑。

- 討論：1.蠶繭無法防火。木料對高溫的忍受度比蠶繭好。對蠶蛹來說，火是致命的。
2.雖然蠶繭可以耐溫到 80°C，但是恐怕蛹早就熱死在裡面。

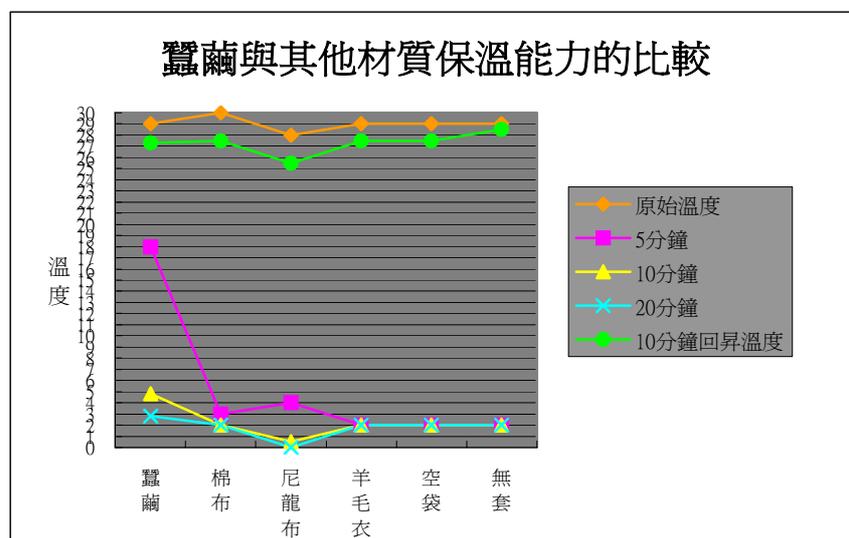
實驗八：蠶繭保溫能力的測定

相關理論：熱的傳導快慢中，固態最佳；固態之中，金屬較佳，非金屬較差。(27) 棉花是熱的不良導體，蓋棉被可減少體熱散失。繭和棉一樣有保溫功能。

問題：蠶蛹躲在繭裡，如果寒流來了，蠶繭會保暖嗎？

- 步驟：1.把每一種材質(棉布、尼龍布、羊毛衣、塑膠袋、21 顆蠶繭)包住溫度計 1 層， 5 分鐘後記錄每支溫度計的原始溫度
2.把包著各種材質的水溫計插入試管架，再放入裝好冰塊水的盆子裡，開始計時
3.觀察並記錄滿 5 分鐘、10 分鐘、20 分鐘時，溫度比原始溫度差多少

結果：



前 5 分鐘溫度下降最快

- 討論：1.所有的材質當中，蠶繭的保溫能力最好，無論是在外界溫度下降或回升時，繭內的溫度改變都較慢。
2.天氣變冷時穿蠶絲衣物可能比羊毛衣好；在夏天穿緊身絲質衣服，可能較不能散熱。

3.相對於其他材質來說，對蠶蛹最好的選擇仍舊是蠶繭，繭可以讓溫度保持在比較穩定的狀況下，適合喜歡生存在 25-28°C 小溫差範圍的蠶家族。

4.防止受測定材質被冰水浸濕的塑膠袋沒有干擾保溫結果。



實驗九：蠶繭避震能力的測定

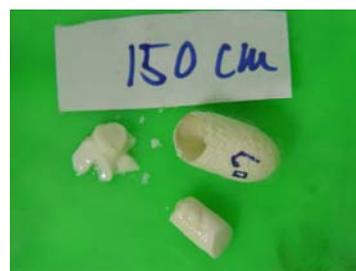
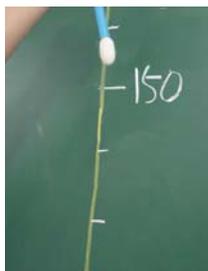
相關理論：常用的避震材料為金屬彈簧或橡皮墊。週全的設計可使系統的共振頻率降至 2-3Hz，已可屏蔽大部分的環境震動干擾。在打羽毛球或網球時，在手腕處戴上彈性護腕能協助吸收打球或接球時產生之瞬間能量，以避免關節或肌骨受傷。(24) (25)

問題：蠶繭從樹上掉下來，會不會讓蠶蛹摔死？

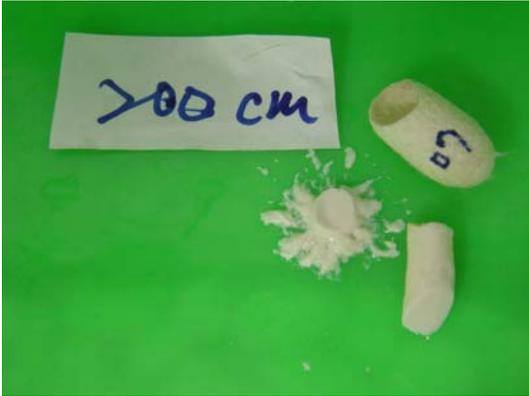
步驟：1.選用繭口較小的繭，用吸管吸出約 1cm 長的豆腐，放入蠶繭裡

2.直尺標出 1、1.5、2.0m 高度，把豆腐（對照組）和裝有豆腐的蠶繭（實驗組）分別從不同的高度自由落下

3.觀察並紀錄從每個高度落下來時，豆腐外表的改變情形



照片內左側：
對照組豆腐
右側：
受測繭倒出的豆腐



繭 13-30 在
2.0m 受測
結果

結果：1.豆腐在蠶繭中從 2 公尺以內自由掉落，即使繭有缺口，但是 100%都保持完整。
2.對照組的豆腐的外表隨著高度的增加而變的更爛。

討論：1.如果蠶繭從 2 公尺，甚至更高的桑樹上掉落，蠶蛹應該不容易受傷。因為正常的繭是完整無缺的，所以吸震能力更好。
2.沒想到蠶繭的防震能力這麼優秀！我們推測是因為 8 字型的迂迴方式和蠶絲的彈性，在加上橢圓形的中空構造，而能夠很快的吸收掉掉落地面的瞬間能量。

實驗十：蠶繭的耐酸度、耐鹼度 [top](#)

相關理論：愈酸或愈鹼的腐蝕性愈強。(07)

問題：1.酸和鹼，是誰對蠶繭的破壞力比較強？

2.蠶蛾在破繭之前會吐液體，出繭後會解褐色液體，這兩種液體是酸性還是鹼性呢？

步驟：1.酸和鹼，是誰對蠶繭的破壞力比較強：小心操作

(1) 將強鹼(稀釋通樂,pH=12)與強酸(冰醋酸,pH=2)分別倒入燒杯中

(2) 把繭個別浸入兩個燒杯中

2.蠶蛾排出來的液體是酸性還是鹼性：直接取酸鹼試紙在剛出蠶蛾的繭口和排出物測試

結果：1.在 pH=12 的液體中 10 分鐘後就發生溶解；在 pH=2 的液體中 10 天內就成為透明。

2.剛破的繭口，pH=8；蠶蛾的排泄物，pH=5。

討論：1.鹼對繭的破壞力比酸厲害。難怪現在喜歡用通樂解除馬桶、水管的阻塞。

2.蠶蛾吐出的液體是弱鹼性可以讓自己容易鑽出繭。

3.所以防水性實驗中，被蠶蛾分泌物沾到的蠶繭防水能力較差。



陸、研究結果

1. 蠶繭密度大約是 5245.5 條蠶絲/ mm^2 ；蠶繭的可通過的孔隙大小約是 $4.20\ \mu\text{m}$ 。
2. 對身材是 $1*3\text{mm}$ 大小的茶色蟻來說，無法進出封閉的蠶繭。
3. 有 90.3%的蠶繭能防止外界的水滲進。有 94%的蠶繭繭內的防水滲漏能力可以至少維持 5 天。
4. 100% 的蠶繭讓水蒸氣容易進出。90% 的蠶繭可以允許線香在封閉的繭中燃燒，但燃燒速度是在空氣中的 76%。甲醇可在繭中揮發，揮發的甲醇量是沒有繭的 0.775 倍。
5. 有繭套住的泡棉膠表面平均塵埃數約是 8.4 粒;沒繭的對照組是 79 粒。
6. 對所有的蠶繭來說，短時間在外界溫度 80°C 以下，是安全的。 $100-150^\circ\text{C}$ 時，所有的蠶繭構

造都開始被破壞，但是在短時間以內，破壞只會在向火面的外表。直接在火蕊上燒，對所有的蠶繭都是具毀滅性的。

7. 蠶繭的保溫能力比羊毛、棉布、尼龍布好。
8. 嫩豆腐在蠶繭中從 2 公尺以內自由掉落，即使繭有缺口，但是 100%都保持完整。
9. 蠶蛾吐出來的液體 pH=8；排泄物 pH=5。酸和鹼都會使蠶繭變柔軟，但是鹼對蠶繭具有很明顯的溶解力。

柒、討論

一. 蠶繭 8 字型特殊、緻密的織法，和橢圓中空的造型使蠶繭具有以下的優點：

1. 能防螞蟻攻入，也可以防蟻。
2. 蠶蛹躲在繭中，就算遇到大雨或掉入水中，大多可以安然無恙。
3. 透氣性不錯，可以供應蠶蛹在繭中不會悶死。
4. 防塵能力的確很好，蠶蛹住在裡面即使經數個月的冬眠也不會變的灰頭土臉。
5. 可以讓溫度保持在比較穩定的狀況，適合喜歡生存在 25-28°C 小溫差範圍的蠶家族。
6. 如果蠶繭從 2 公尺，甚至更高的桑樹上掉落，蠶蛹應該不容易受傷。因為繭的吸震能力一級棒！

但是，蠶繭的天然蠶絲蛋白成分，也有下面的缺點：

1. 蠶繭無法防火。對蠶蛹來說，火是致命的，可以在 10 秒內完全變成黑灰。
2. 酸和鹼都可以使蠶絲蛋白發生化學變化，使蠶繭的防禦能力變差。

二、誰說「作繭自縛」，應該是「作繭自保」。

捌、結論

做完了實驗，我們發現蠶繭具有非常的價值。蠶繭的非常價值並不是來自大家熟知的蠶絲對人類紡織上的貢獻，而是啟發了我們一種想法——蠶繭的結構和材質可以開發成一個讓人類休息的安全、舒適空間，我們先稱之為：**皇家繭堡**。

皇家繭堡是一顆放大的繭，無論是外形、材質或結構都模仿自蠶繭。它的優點如下：

皇家繭堡

好安全	超隱密
不需暖氣 不冷	不熱 不用冷氣
裡不往外看	外無法內看
雨不漏進	微光照來
摔落不受害	上拋也愛待
火燒難燃起	緊密蟲不襲
不沾塵免洗	輕柔卻綿密
梅雨濕不入	不需除濕機
過濾空氣新	不需清淨機
沙塵來襲	沙不進裡
既乾爽	又清新

如果在家裡擁有一顆皇家繭堡，那我們就不需要床、空氣清淨機、蚊帳……；. 如果擁有一顆皇家繭堡，那出去露營就不需要帳棚。

我們可以進一步研究人造蠶絲蛋白的方法，這樣建造皇家繭堡的材料就不用煩惱了！



皇家繭堡模型

玖、參考資料及其他

01. 林立 譯 螞蟻 光復書局 81.03
02. 姚昭銘等 國民小學自然課本第六冊第三單元 第二版 翰林出版 P.30-P.45 92..2
03. 國立編譯館 國民小學自然課本第六冊第三單元 初版 國立編譯館 P.30-P.47 91.1
04. 國立編譯館 國民小學自然課本第十冊第一單元 初版 國立編譯館 P.4-P.12 92.1
05. 陳運造 我要認識多變的家蠶 第二版 臺北市 渡假出版 88 年
06. 黃崇城 國民小學自然課本第十冊第七單元 初版 台北市 牛頓開發 P.60-P.67 91.1
07. 湯烈漢 理化基測飆分寶典 初版 育成書局 P.259 93.8
08. 鄧美貴 國小自然與生活科技第八冊第二單元 初版 台北市 康軒文教 P.18-P.31 94.2
09. 劉增城 家蠶的一生 農委會苗栗區農業改良場 91.02.01
10. 羅倫斯·蒙德 著 昆蟲 英文漢聲 85
11. 蠶的一生 台灣蠶業文化管導覽簡介 行政院農業委員會苗栗農業改良場
12. 織密度 http://www.luna-casa.com/lunacasa/item.asp?item_id=124141
13. 蟻酸 <http://www.pts.org.tw/~web02/followme/taichung-9.htm>
14. 塵蟎大小 <http://www.superdoors.com/house.htm>
15. 1000 奈米=1 微米 <http://www.etio2.com/newif/tio2-9.htm>
16. 水分子的體積 <http://www.yeanjih.com.tw/professional/wonderful-2.htm>
17. 塵埃大小 <http://www.mliusa.com/Chinese/handling.htm>
18. 過濾塵埃 http://www.superdoors.com/new_page_6.htm
19. 蠶織繭密度 <http://203.68.72.6/pigtop/index4.htm>
20. 來去苗栗 <http://www.ettoday.com/2004/03/28/11053-1607819.htm>
21. 防火建材 <http://myweb.hinet.net/home2/sencofire/inspect.htm>
22. mk6 防火具 <http://myweb.hinet.net/home2/sencofire/mk6.htm>
23. 防火紗線布 <http://www.neolite.com.tw/china-main.htm>
24. 顯微鏡避震材料 <http://www.phys.sinica.edu.tw/~nano/stm.htm>

25. 人體避震材料 <http://www.badminton.tcu.edu.tw/ind/a0205.htm>
26. 蠶蛹氣門數目 http://www.nhctc.edu.tw/class/nature/n6/n6_3_4.htm
27. 熱的傳播 <http://www.cyhs.tp.edu.tw/phychem/1-6.htm>



中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
評 語

國小組 自然科

佳作

081548

天蠶外傳～蠶繭的研究

私立慈濟大學實驗國小

評語：

1. 研究動機活潑，實驗設計有趣且合乎科學。
2. 學生解說清晰，態度認真且誠實。
3. 研究材料與方法生活化佳。
4. 文獻引用格式不正確。
5. 摘要撰寫內容方式有誤。