

教育部109年度中小學科學教育計畫專案

POEC 模式的探究式教學教材設計—

以自製柴燒窯為例



主 持 人：蔡明展

協同主持人：翁秀玉

中 華 民 國 一 一 〇 年 七 月 二 十 四 日

壹、緒論

一〇八學年度我國已正式推行十二年國民基本教育課程，新課綱的理念強調「自發、互動、共好」。希望每一個學生能具有自發主動的學習熱情，在與他人的良好互動中成長，並能應用、實踐所學(柯華歲、曾世杰，2014)。十二年國教自然科學領域新課綱中有明確指出，學生應該具備的學習表現，其中有三個項目：「科學認知」、「探究能力」及「科學的態度與本質」，其中「探究能力」又包含「問題解決」與「思考知能」兩個子項目，由此得知，在國小第三學習階段，課程除了要安排動手操作的內容，重要的是要學生能運用思考能力閱讀資料，解釋所獲得的資訊，並以不同的形式表達成果，也就是培養學生「探究能力」。

傳統的食譜式實驗教學及背誦知識概念為主的紙筆測驗實在難以培養學生問題解決能力，探究式教學即是一種符合新課綱精神的教學法。有別於傳統科學學科的灌輸知識、標準答案，以學生為中心，是一種教學策略的改變或翻轉，鼓勵創意，不拘泥於固定的教材和教學流程(劉湘瑤，2016)。若教師能有系統性的進行探究式科學課程，學生不但可學習到科學概念，也能擁有實驗設計規劃的過程技能，並在過程中培養正確的科學態度，樂於與同儕合作、互助、分享。

而探究式教學提供學生日常生活議題進行探究，也可引起學生相當大的興趣進行科學學習(謝甫佩、洪振方，2004；蔡執仲、段曉林，2005；楊秀停、王國華，2007)。因此，本研究以**熱的傳導單元**為例，設計探究式教學

教材。

科學課程的設計規劃更應與時俱進，如同自然科學領域綱要中指出各學習階段應以「探究與實作」的精神和方法，提供學生統整性的學習經驗，讓學生願意與人合作、樂於學習，發揮新課綱中所強調主動參與、與人共好的精神，形成能把知識、技能活用在日常生活中的科學素養。

再者，本研究團隊教師有藝術及自然領域專長，跨域合作開發熱的傳導單元之延伸主題「自製披薩烤窯」的教材，希望培養學生新課綱中的問題解決與實作能力，並評估本教材提升學生探究能力的成效。

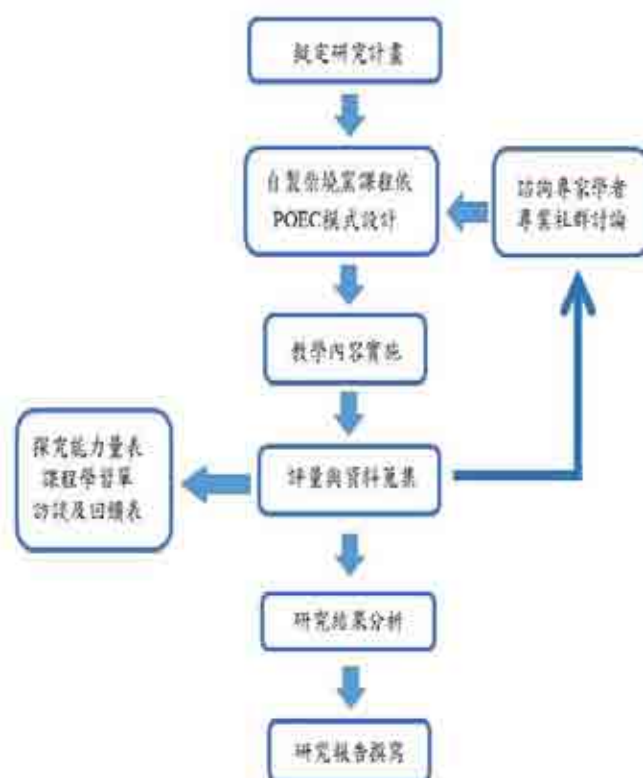
貳、計畫目的及內容：

1. 開發藝術及自然跨領域「自製柴燒窯」POEC 探究式主題教材。
2. 評估實施本探究式教材對學生科學探究能力的成效。
3. 瞭解課程實施後，學生在科學探究上的自我效能提升情形。

參、研究方法及步驟：

本研究的目的是研發跨領域的探究式教材。研究過程中將彙編教學檔案、

蒐集學生學習檔案、課堂學習表現及問卷以進行分析歸納。



本研究預定執行期間為民國 109 年 8 月 1 日至 110 年 7 月 31 日，共分四階段進行，第一階段進行文獻資料蒐集；第二階段進行課程編寫；第三階段進行實際教學；第四階段資料分析及統計。詳細進度表見表 1。

表 1 研究進度表

年度	109-110					
月份	8-9	10-11	12-1	2-3	4-5	6-7
蒐集文獻						
教師專業成長						
編寫課程						
課程施實						
課室觀察與晤談						

資料分析及統計						
撰寫成果報告及 成效評估						

肆、研究成果：

一、「來蓋一座窯」探究式教案編寫完成（附錄一）。

1、課程設計理念~四階段探究的課程設計：

本課程的最後目標是實際蓋一個大型的柴燒窯。透過課程的規劃，學生逐步探究柴燒窯的構造及運作原理，從紙箱開始摸索，再到用耐火磚搭建的簡易窯，最後再由師生共同搭建柴燒窯。教學上採取邱美虹（2005）所提出的POEC教學模式，將教學中常用POE模式增加比較的部分，形成預測（Prediction）、觀察（Observation）、解釋（Explanation）、比較（Comparison），鼓勵學生在實驗後應再將所觀察的現象與之前的預測再作比較，學習解釋其中的差異。

（1）第一階段：

此教材為「熱對物質的影響」及「物質燃燒」單元的延伸教學活動，教師引入「紙箱來烤雞」影片，讓學生根據熱傳播及燃燒的先備概念，提出紙箱結構設計的科學原理，例如：鋁箔紙→反射輻射熱、紙箱開洞→放入助燃物以及使空氣對流。透過小組討論及全班討論，完成學習單，確認學生理解相關的科學原理。接著試做紙箱烤窯，各組第一次試做，教師只解釋大方向的紙箱做法，在此階段希望學生學會製作紙烤箱的基本技能而已，不特別解釋細部的尺寸，以此開放給學生思考，呈現各組的多元性。試做過程中也要

求學生將製作過程中遇到的疑問、困難、發現記錄下來。然後以【世界咖啡館】的方式，學生輪流到各組分享及聆聽對方的製作心得，例如：鋁箔紙服貼問題、開洞尺寸、孔洞數量、孔洞位置、食物位置等。各組學生吸收各組紙箱做法後回到原來的小組，教師運用理解策略（ORID）指導學生閱讀文章後，讓小組內的每個人發表看法、聆聽他人想法，再要求學生提出影響烤窯熱傳播的可能因素，例如：煙囪位置、煙囪數量、洞口大小、食物放置位置、鋁箔紙層數、窯內部第一層與第二層之間通道面積、食物與火源的距離。

各小組再選擇其中一個因素進行假設、變因、實驗方法與操作，根據結果數據，分析後提出結論（學習單）。根據前面的探究歷程，學生可以得知影響紙箱烤窯內部溫度的關鍵因素，因此，給予小組任務一：15 分鐘內挑戰烤一片乾淨的披薩（融化披薩表面的起司而且不受炭灰的污染）、任務二：證明熱空氣流動的路線：實作任務完成後，讓學生分享作法，讓學生思考如何應用熱的傳導、對流、輻射來烤熟食物，並且結合空氣與燃燒的原理，利用實際測得的數據，得知熱傳播的路徑。

（2）第二階段：

學生以柴燒窯專用的耐火磚搭建簡易窯（僅以磚頭搭建出窯的外型，不加任何材料，實驗後，靜置冷卻即可拆除重複使用。），以木頭當燃料，比較單、雙層設計的簡易窯其燒燃效能。

（3）第三階段：

將第一、第二階段所探究出的成果與藝師討論，讓學生參與部份的施

作，共同建造校園大型雙層柴燒窯。建造完成後，在實際運作下，除了讓學生品嚐美味的披薩外，也可驗證原先設計的可行性。

(4) 第四階段：

此階段為藝術課程。在柴燒窯建造完成後，由藝術老師帶領學生討論，透過學生豐富的想像力，為樹立在校園裡的柴燒窯構思協調外型，再利用馬賽克磁磚素材拼貼，將柴燒窯打造成有特色的動物造型，融入校園環境，達到整體美感的平衡。



圖 2 課程架構圖

2、學生學習成果：

研究者在教學後整理學生的學習單，從填寫情形來瞭解學生學習情形。

(1) 學習單第一題：複習熱傳播原理

六、學生活動單：

「自製窯烤披薩」課程學習單 第 1 頁

班級：6 年 2 班 組別：第 4 組 座號：5 姓名：[姓名] 表現等級：(A) (B) (C) (D)

組員座號：

一、請就題報上所看的四張圖，哪一個所運用的熱傳播原理與其他三個不同？(D) (D) (C)

圖 3 複習熱傳播原理

總題數 3 題，學生要在 4 張應用熱傳播原理的圖裡找到與其他 3 個不同者，答題情形如下表 2。有超過 75% 的學生能答對 2 題以上，錯的最多是有關「熱對流」的應用，該題目中有 4 張圖，只有 1 張圖是應用熱傳導的原理 (D)，選項 A：穿著羽絨外套、拉上拉鏈，不讓身體的熱氣流失（課本裡沒出現過的）；B：把熱飲拿到電風扇前吹涼；C：加熱裝有茶葉的燒杯，沸騰的時候茶葉會上下翻動；D：肉塊放在鍋子上煎熟。自然課本裡談到的例子學生不會答錯，但對沒有看過的例子就不容易判斷。

表 2 熱傳播原理答題正確率

答對題數	0	1	2	3
百分比	8.8%	14.7%	41.2%	35.3%

(2) 學習單第二題：知道科學原理的應用

二、請寫出 2 項以上影片中紙箱設計所運用的科學原理？(想想課本學過的單元)

作者的設計	科學原理
1. 剪開開口	熱對流, 熱輻射
2. 使用鋁箔紙包住紙箱	熱輻射, 熱對流

圖 5 學生填答情形

題目要求學生從影片中找出熱傳播原理、燃燒原理的應用，要寫出 2 項才合格。大多數的學生皆發現這兩處與課本相關的地方-「紙箱挖出孔洞-增加空氣對流、提供助燃物」(熱傳播原理、燃燒原理)、「使用鋁箔紙包覆紙箱內部-反射木炭的熱輻射」(熱傳播原理)。在學生看過影片前，教師提醒觀看的重點，並在觀看後由小組討論、發表，結果超過 9 成以上的學生皆能掌握影片中講解的關鍵。

表 3 能寫出影片中應用科學原理的例子

能寫出所應用的原理個數	0	1	2
百分比	0.0%	5.9%	94.1%

(3)學習單第三題：製作紙箱烤窯遇到的困難

因為這個階段屬於讓學生摸索階段，教師並沒有告訴學生各部位精準的尺寸，所以請學生在製作過程把遇到的問題記錄下來，教師也鼓勵學生思考應對的方法。學生的問題主要歸納為三類：

i. 「材料材質不易掌控」-

(S60210) 「鋁箔紙容易破掉」：下次使用多一點（鋁箔紙），儘量不要用手擠壓。

(S60203) 「隔板使用後會變形」：下次底部多放一個架子（竹筷子）。

(S60201)「煙囪的洞不行太大」：開的洞要比煙囪還要小一點，這樣煙囪擠進去才能卡得住。

ii. 「工具使用上的風險」

(S60203)「手被釘書針刺到」：要把釘書針的另一面用釘書機壓平。

iii. 「模型窯結構的設計」

(S60323)「孔洞要開多大？幾個」：開大一點或多開幾個能讓更多空氣進入。

(S60220)「煙囪的位置要放哪裡？」：先試試放正中央，看看烤的情況怎麼。

(4)學習單第四題：從文章（教案附件二）內容找出一個有興趣的描述。

學生從指定閱讀文章裡找到關注單、雙層窯的描述，答案可分為以下幾個類別：

i. 以衛生考量的話，雙層設計比較適切：

(S60322)：看到黑窯（單層窯）可能會污染食物。

(S60325)：黑窯-火層和食物層相同，粉塵會污染食物；白窯（雙層窯）-火層和食物層分隔，煙碳不會污染食物。

ii. 雙層設計在使用時間上較佔優勢：

(S60305)：白窯可同時烤食物又添加柴火，用上一整天也沒問題。

(S60215)：黑窯如果要加（柴）火時，必須把食物移開，而白窯卻

不用。

(5)學習單第五題：找出變因



圖 6 學生找出實驗中的變因

學生看完文章與小組討論後，寫出影響柴燒窯熱傳播效率的有效變因。超過 7 成的學生在討論後能寫出 4 個以上的變因；將近 3 成的學生能寫出 6 個以上的變因。但有學習較落後的學生完全寫不出來或僅能寫出 1 個。

表 4 能寫出變因個數的統計表

寫出的變因個數	0-1	2-3	4-5	6 個以上
百分比	5.9%	17.6%	47.1%	29.4%

(6)學習單第六題：設計實驗

「自製窯烤披薩」課程學習單 第3頁

六、實驗設計（請將小組討論決定要探究的實驗資料寫在下方）

表現等級 (A) (B) (C) (D)

實驗假設	煙囪長度越長，烤箱溫度會比較高。
操作變因	煙囪長度
應變變因	烤箱內的溫度
測量方法	拿紅外線溫度計測量食物表面溫度。另一個測量烤箱內的溫度。
控制變因	進氣孔大小、食物位置

圖 7 學生寫出三種變因

「自製窯烤披薩」課程學習單 第3頁

六、實驗設計（請將小組討論決定要探究的實驗資料寫在下方）

表現等級 (A) (B) (C) (D)

實驗假設	進氣孔越大，溫度越高。
操作變因	孔洞大小
應變變因	烤箱內的溫度
測量方法	紅外線溫度計測量食物表面溫度、測烤箱溫度
控制變因	煙囪長度、食物位置

圖 8 學生能探究不同的變因

小組在選定所要探究的變因（五組分別為：煙囪長度、紙箱大小、孔洞大小、有無煙囪、食物擺放位置）後，會上台報告實驗設計給同儕聽，過程中台下學生會針對報告內容提出質疑，雙方會進行討論。學生在這一題要能寫出各項變因，經統計，8 成以上的學生在小組討論後能夠正確、完整寫出三種變因。

表 5 能寫出變因種類的統計表

能寫出不同的種類變因	僅寫得出一項	能正確寫出二項	三種完整寫出
------------	--------	---------	--------

百分比	5.9%	11.8%	82.4%
-----	------	-------	-------

(7)學習單第七題：實驗記錄

食物表面				烤箱內溫度			
次數	溫度(℃)	次數	溫度	次數	溫度(℃)	次數	溫度
1	171.1	11	134.5	1	117	11	119
2	179.1	12	132.2	2	112	12	115
3	186.8	13	233.5	3	117	13	112
4	125.6	14	178.7	4	117	14	114
5	56.8	15	117.5	5	112	15	116
6	115.7	16	217.5	6	118	16	117
7	116.6	17	201.8	7	122	17	117
8	212.9	18	247.7	8	120	18	114
9	181.5	19	177	9	122	19	114
10	152.5	20	126.7	10	123	20	113

每30s三則一次

圖 9 學生畫表格記錄實驗數據

※結論：(和實驗假設比對)

沒有煙回的窯比有煙回的溫度高。

(可能是因為木炭沒燒完全?)

圖 10 學生探討結果與假設不同的原因

※結論：(和實驗假設比對)

進氣口愈大紙箱內溫度
愈低可能是熱跑走太多。
(散失)

圖 11 學生探討結果與假設不同的原因

超過 8 成的學生能畫表格記錄實驗結果，並寫出結果、結論，但仍有少部份的學生無法畫出表格。

表 6 實驗記錄完成度統計表

完成內容	不會畫表格	僅完成表格	完成表格寫出結果、結論
百分比	5.9%	11.8%	82.4%

(8)學習單第八題：重新設計一座窯。

經過學生完成實驗的設計、操作、發表與討論，再讓學生畫一座窯的設計圖，學生的答案裡大多包含了三個關鍵元素：進氣孔（含食物層開口）、煙囪、夾層（製造出炭火層及食物層）。

(9)學習單第九題：任務挑戰

小組要討論怎麼證明熱空氣流動的路線。教師引導學生在講述個人的觀點時要有具體的證據，例如：數據搭配說明的文字。因此，學生在小組討論後，考量現有的測量工具（探針式溫度計和紅外線測溫槍），

大都以在熱空氣流動的路線兩點測量溫度，透過兩個測量點的溫度同時的上升，證明熱空氣流動的情形，進而推論吐司主要受熱的方式是熱對流。統計後，能清楚表達、記錄的學生達 64.7%。



圖 12 學生能設計實驗證明熱空氣的流動路線

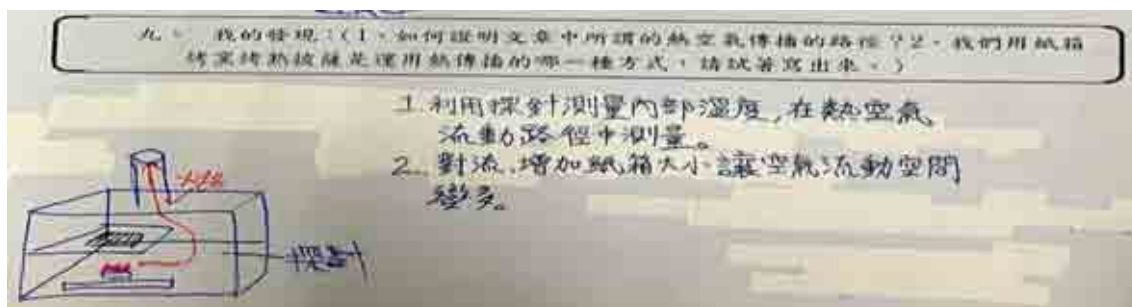


圖 13 學生假設的熱空氣流動路線

(10)學習單第十三題：我們從紙箱開始實驗，到用耐火磚搭柴燒窯，請說說看你（妳）有什麼感想？

i. 學生覺得這樣的課程設計能引起學習興趣：

(S60323) 從設計到實驗、從實驗到建造，一步一步完成實驗覺得很

踏實，這樣的課比死板板的課本還有趣，也謝謝老師讓我們

有機會參加，而在這個活動也學到了很多！

(S60322)當我們搭好柴燒窯時，有一種成就感，很開心可以搭好一個窯，很感謝老師讓我們自己搭柴燒窯。

ii. 學生在科學探究的能力上有增進：

(S60219)我覺得這個實驗對我們很有幫助，我們先了解它的原理，再實際做做看，看有哪裡需要改進，老師不會直接告訴我們答案，老師都是先讓我們思考，直到我們真的了解原理時，在告訴我們接下來要怎麼做。

(S60311)雖然是用不一樣的方式來烤，但是途中需要經歷的過程都是差不多的，要和同學們討論 哪裡出錯、哪裡需要改進或是和老師討論可以用什麼辦法來解決問題。而且還會學到一些生活的知識，所以我覺得這個活動讓我收穫滿滿！

(11)課程相關照片



圖 14 學生繪製紙箱烤窯的尺寸



圖 15 學生鋪設鋁箔紙



圖 16 第一階段實驗



圖 17 學生進行成果報告



圖 18 第二階段簡易窯



圖 19 學生合力搭建簡易窯



圖 20 學生參與搭建柴燒窯



圖 21 學生參與搭建柴燒窯



圖 22 教師社群討論課程



圖 23 柴燒窯周遭景觀

3、教學省思：

教學者在每個課堂結束時記錄教學上的反思，供未來要進行本課程的教師參考，相關資料整理如下表：

日期	省思內容
2020/11/06	<p>一定要在室外通風處實驗，上課前務必向學生說明安全規定！</p> <p>為了使用固定量的可燃物來提供穩定的熱源，一開始嘗試用 5 毫升的煤油加棉花，但過程中會產生大量的黑煙及臭味，而且溫度過高，會把紙箱燒毀，因此改以定量的木炭進行實驗。以 140 克的木炭做測試（約 3 根，每根長 6 公分、直徑 4 公分），結果實驗 15 分鐘左右，紙箱因為燃點到達而燒毀，所以往後的實驗，將記錄時間定在 10 分鐘內，以確保安全。而木炭加熱時，</p>

	<p>每次都以噴燈加熱至表面變白(約 5 分鐘)後才放入紙箱內部。</p>
2020/11/13	<p>原本擔心學生在閱讀文章、討論上花費太多時間，結果問題竟出現在切割紙箱上、鋪設鋁箔紙上，時間超出預估許多。下次可以把部份設計的尺寸先給學生參考，如：進氣孔、隔板大小…等，幫助學生聚焦在實驗設計上。</p> <p>分配各組探討不同的變因，可使成果較豐富；下次小組實驗前要分配好每個人的工作，避免在戶外操作實驗時有人無所事事，影響實驗安全。</p>
2020/11/20	<p>加熱木炭的工作需耗費 5-10 分鐘時間，雖然在加熱木炭時請學生開始準備實驗器具，不過秩序上比較混亂，如果情形允許，這個動作要請別人協助。</p>
2020/11/27	<p>進行各組實驗成果報告時，小組發現結果與一開始的假設不同，會試著去解釋差異，但因為舊有的知識不足，無法清楚、正確的解釋，這時如果能再引導學生去閱讀資料(如：科展作品、網路資料)，相信學生能夠學習得更深入，不會只依靠老師給答案。</p> <p>進行任務挑戰時，學生反映沒吃到吐司，這對他們來說比上課學到東西還重要！下次吐司先切成四分之一小塊，讓每人都有機會吃到吐司，增加學習的動機。</p>
2020/12/04	<p>學生反應微型磚塊製作麻煩，花許多時間在砂磨，而且陶藝老</p>

	師示範後，全班能完成的不到 5 個，完成度太低、難度過高，要思考用其他的素材代替。
2020/12/25	柴燒窯的建造材料已送至學校，利用施工前的空檔，將學生分組搭建簡易窯。因為耐火磚表面粗糙，所以學生開始操作前要提醒戴手套，防止刮傷。但今天天氣寒冷，單、雙層的簡易窯溫度都只跑到一百多度就升不上去了，這下次要和學生討論，主要應該是耐火磚間的縫隙太多，溫度散失太快。
2021/02/26	柴燒窯蓋好後，可實際辦一次烤披薩活動。在等待窯烤的同時，可以讓學生用紅外線溫度計測量上層拱頂和食物平台兩處的溫度，可讓學生瞭解熱空氣是沿著拱頂壁緣流動，經煙囪離開柴燒窯的（火路）。

4、給未來教學者的建議：

- (1)在以紙箱進行探究時，要注意的面向很廣，包括：提供穩定的火源、實驗中的各項變因、製作紙箱烤窯的結構尺寸、器材準備時間、授課地點通風…等，對授課者而言，工作負荷頗大，紙箱的消耗也多，如果能用其他可重複使用的材質代替紙箱，在關鍵結構（如：進氣口、隔層面積…等）規畫成可調整的方式，既容易推廣、減輕教師準備材料工作量，也可兼顧保留給學生探究的空間。
- (2)本課程第二階段原本是規畫用微型磚塊搭小型窯，但實作上發現不僅微型磚塊（3公分*1公分*1公分）製作不易，市面上販售的價格昂貴，

而得學生在課堂中無法完成搭建，所以我們先用蓋大型柴燒窯的耐火磚來探討。在上課後，發現僅用耐火磚搭建雖然可以在一節課完成兩座簡易窯的搭建，可是窯內溫度上升不易，熱氣從縫隙流失許多，加上溼冷的氣候，窯內溫度僅上升至一百多度，比紙箱烤窯的溫度還低，所以須跟學生討論此實驗結果。日後若要實施本課程，若有陶藝相關專長的老師，可以加上陶土和鐵板來搭建簡易柴燒窯，減少窯內熱能散失，增加保溫效果，只是陶土內部遺留的空氣在受熱過程中容易膨脹，造成外部爆裂，而且下過大雨後會變形，不過若在冬天乾燥的氣候中，應足以使用一個月，課程結束後，陶土因實驗溫度尚未達到磚化的程度，故只要用水就可復原場地，不會造成污染。

二、科學探究能力問卷統計

針對兩個高年段班級的45名學生，依據翁秀玉(2010)對於科學探究能力的分類與行為表徵，將學者洪文東教授於2004年編製的「科學探究能力學生自我評量表」分為五大項、共16小題進行前、後測，使用 SPSS 軟體分析。

表2 科學探究能力學生自我評量表

科學探究能力項目	題號	問題
界定問題	1	我能對自然界或生活的現象產生好奇。
	2	我能仔細觀察這個現象，並且思考發生的可能原因。
	3	我能根據觀察的結果，提出可以進行實驗或調查的題目。
	4	針對要做的科學實驗或調查，我能提出合理的研究假設。

設計規劃	5	我能根據實驗假設寫出適當的實驗步驟。
	6	我能針對要做的實驗或調查準備適當的工具與材料。
實作驗證	7	我能注意每次都在相同的環境下，使用同樣的方法進行實驗或調查。
	8	在進行實驗或調查時，我能運用五官及工具進行觀察與操作。
	9	在進行實驗或調查時，我能運用文字、圖表等方式將結果記錄下來。
	10	在進行實驗或調查時，我能判斷所得到的資料是否合理。
解釋分析	11	我能運用方法將實驗或調查所得到的資料整理出規則。
	12	我能將整理出來的規則與研究假設做比較，然後提出合理的解釋。
溝通辯証	13	我能清楚表達自己的實驗或調查成果 (包括說話、文字與畫圖均可)。
	14	我聽同學報告時,能發覺實驗過程中可能的問題,提出質疑。
	15	我聽同學報告時,能發覺優點以及值得學習的地方。
	16	我能對同學所提出的批評意見做出合適的回應。

(一)科學探究能力整體表現

在科學探究能力：界定問題、設計規劃、實作驗證、分析解釋、溝通辯證，而且由表 3 經成對樣本 T 考驗的結果，五個中有三個項目在統計上有顯著差異，因此，本課程對學生的科學探究能力有所助益。

表3 科學探究能力學生自我評量表前後測成對樣本 T 檢定摘要表

變項	前測		後測		t 值	p 值	95% CI	
	(n=45)		(n=45)					
	M	SD	M	SD			LL	UL

界定問題	9.78	2.66	10.60	2.60	-2.03	<.05	-1.64	0.00
設計規劃	5.22	1.54	5.69	1.47	-1.54	0.13	-1.08	0.14
實作驗證	10.47	2.50	11.64	2.66	-2.47	<.05	-2.14	-0.22
解釋分析	4.98	1.55	5.40	1.62	-1.49	0.14	-0.99	0.15
溝通辯証	9.56	2.38	10.87	2.46	-3.59	<.05	-2.05	-0.58

(二) 各項科學探究能力成分提升效果的分析

為瞭解各探究能力成分的表現是否進步，將各題得分依前後測分組，進行成對樣本T檢定，並將結果整理為下表4，僅1項有顯著差異。可能是後測的實施在疫情停課後，學生得在家遠距學習，未能全部學生上線接受老師填寫時的說明，加上採填寫線上表單方式進行，學生填寫用心程度較差。

三、本市第39屆科展生活與應用科學科(2)第三名作品-「造窯炊事！」

探討影響柴燒窯燃燒效能的因素」。

作品的結論如下：

- (一) 在紙箱原型實驗中，紙箱烤窯內部在升溫的過程中，木炭燃會逐漸消耗氧氣，會伴隨著產生大量的二氧化碳，當氧氣消耗速度大於風扇輸送氧氣速度，紙箱內部會發生燃燒不完全的情況，產生大量的一氧化碳，驗證了課本上的知識。進氣口大小、煙囪長度、紙箱大小等因素會影響紙箱烤窯內升溫的效果，其中進氣口 2cm*20cm 比其他更大面積的升溫效果好；1 倍煙囪（40cm）比 1/3 倍、2 倍煙囪的效果好；B4 的紙箱比尺寸較小 A4 紙箱升溫效果好。

- (二) 以陶土搭建的簡易土窯中，小型單、雙層土窯容易受環境溼度的影響，如果在乾燥的情況下實驗，從生火開始計算的 2 小時內，單層的溫度提升比雙層的高，但單、雙層的土窯都能有 1/3 以上的時間維持溫度在 160-220°C，兩種設計沒有顯著的差異，表示雙層設計保溫效果也很好。
- (三) 大型柴燒窯以耐火磚、耐火泥建造，以 11 公斤的龍眼木當燃料，搭配鼓風機輸送氧氣，煙囪效應強烈，平均可在半小時升溫至 539.7°C，降溫後，可烘烤時間（溫度在 160-220°C 區間的時間）平均為 59.7 分鐘。如果持續添加木頭，可不斷延長使用時間。以熱傳播方式來說，窯烤食物主要是利用窯內的耐火磚吸收熱能後，再以**熱輻射**烘烤食物；熱空氣會沿著內部拱頂經煙囪排出，食物擺放愈接近拱頂，就愈能以**熱對流**的方式加熱；窯內食物層雖然在柴火上方，但因為耐火磚材質的關係，以**傳導**方式加熱食物的效率很差。

伍、目前完成進度

1. 成立專業社群，定期召開會議從去年8月~今年1月已完成5次會議，確定課程架構。
2. 完成兩個班級的教學及資料蒐集，並搭建校園大型柴燒窯。

陸、討論與建議(含遭遇之困難與解決方法)

1. 第一、二階段課程結束時，想以前兩階段的研究結果來規劃柴燒窯，

但藝師在討論時表示雖可建造雙層結構的柴燒窯，但特製模具皆是固定尺寸，因此不能完全按照原型的比例來建造，這是比較可惜之處。

2. 第四階段藝術課程部份，因疫情停課的關係，來不及讓學生創作，故柴燒窯的外型創作課程須待復課後再實施。

柒、參考資料

1. 邱美虹、林世洲、湯偉君、周金城、張榮耀、王靜璇合著（2005）。科學創意實驗書。台北市：洪葉文化。
2. 鍾曉蘭（2014）。差異化教學化學科示例—POEC 策略。臺灣化學教育，民109年10月30日取自 <http://chemed.chemistry.org.tw/?p=2055>
3. 謝甫佩、洪振方（2004）。國小學生科學探究活動的課程設計及實施成果之個案研究。師大學報，49:2，頁61-86。
4. 劉湘瑤（2016）。科學探究的教學與評量。科學研習，55-2。民109年10月30日取自 <https://www.ntsec.gov.tw/user/Article.aspx?a=3104>。
5. 楊秀停、王國華(2007)。實施引導式探究教學對於國小學童學習成效之影響。科學教育學刊，15(4)，439-459。

附錄一

教案內容

一、課程名稱：來蓋一座窯！【本教案第一至四節部份曾參加「教育部 108 學年度全國中小科學教師探究課程設計與執行能力提升計畫」探究課程設計競賽徵選】

二、背景條件說明：

1. 適用對象	年段年級：高年級 程度：■常態 □資優 □低成就 □其他：_____
2. 實施時機	<input type="checkbox"/> 正式部定課程：__年級__學期 第__章 第__節 ■彈性課程：五年級第一學期翰林版第三、四單元結束後 <input type="checkbox"/> 輔導課：_____ <input type="checkbox"/> 課外科學營隊活動：_____ <input type="checkbox"/> 其他：_____
3. 所需節數	10 節（自然科學 6 + 藝術領域 4）
4. 先備概念、技能與活動	1、瞭解熱傳播的三種方式：傳導、對流、輻射。 2、知道物質燃燒的三要素：要具備可燃物、助燃物以及到達物質的燃點。 3、有基本的探究能力，包括對實驗設計的三種變因有基本認識，能規劃簡單的實驗步驟、記錄資料、繪製圖表及解釋結果。 4、會使用基礎的閱讀理解策略來擷取重點。

三、學生學習重點：（灰色框內文字為範例）

	學科或跨科	編碼	文字說明
學習內容 （核心概念）	自然科	INa-III-8	熱由高溫處往低溫處傳播，傳播的方式有傳導、對流和輻射，生活中可運用不同的方法保溫與散熱。
	自然科	INe-III-3	燃燒是物質與氧劇烈作用的現象，燃燒必須同時具備可燃物、助燃物，並達到燃點等三個要素。
	藝術領域	視 E-III-2	多元的媒材技法與創作表現類型。
	藝術領域	視 E-III-1	視覺元素、色彩與構成要素的辨識與溝通。
自然科學 學習表現	能力	編碼	文字說明
	思考智能- 推理論證	tr-III-1	能將自己及他人所觀察、記錄的自然現象與習得的知識互相連結，察覺彼此間的關係，並提出自

	建立模型	tm-III-1	己的想法及知道與他人的差異。 能經由提問、觀察及實驗等歷程，探索自然界現象之間的關係，建立簡單的概念模型，並理解到有不同模型的存在。
	問題解決- 觀察與定題	po-III-1	能從學習活動、日常經驗及科技運用、自然環境、書刊及網路媒體等察覺問題。
	計畫與執行	pe-III-1	能了解自變項、應並預測改時可能的影響和進行適當次數測試意義。在教師或科書的指導說明下，能了解探究的計畫並進而根據問題的特性、資源（設備等）的有無等因素，規劃簡單的探究活動。
	分析與發現	pe-III-2	能正確安全操作適合學習階段的物品、器材儀器設備與資源。能進行客觀的質性測或數值量並詳實記錄。
		pa-III-1	能分析比較、製作圖表運用簡單數學等方法，整理已有的資訊或數據。
		pa-III-2	能從（所得的）資訊或數據，形成解釋、發現新知獲因果關係解決問題、或是發現新的。並能將自己的探究結果和他人（例如來自同學）比較對照，檢查相近探究是否有相近的結果。
	討論與傳達	pc-III-2	能利用簡單形式的口語、文字、影像（例如：攝影、錄影）、繪圖或實物、科學名詞、數學公式、模型等，表達探究之過程、發現或成果。
	態度	編碼	文字說明
	培養科學探究的興趣	ai-III-2	透過成功的科學探索經驗，感受自然科學學習的樂趣。
		ai-III-3	參與合作學習並與同儕有良好的互動經驗，享受學習科學的樂趣。
藝術領域 學習表現	能力	編碼	文字說明
	關鍵內涵 創作展現	1-III-2 1-III-3	能使用視覺元素和構成要素，探索創作歷程。 能學習多元媒材與技法，表現創作主題。
學生學習 具體目標	1、透過觀察影片察覺紙箱烹烤食材所應用的熱傳播原理—熱傳導、熱對流、熱輻射。 2、能模擬傳統的土窯，動手製作紙箱烤窯烹烤食物且瞭解其各部位設計所依據的科學原理。 3、進行實驗設計探討影響紙箱烹烤效率的因素。 4、學生利用不同媒材對柴燒窯外形創作校園意象。		

<p>20</p> <p>4</p> <p>1</p>	<p>雞？！（LIS 實驗室） https://reurl.cc/83qEyj】 （建議播放影片至5分17秒即可）</p> <p>3. 教師提問：影片中的紙箱結構設計是運用哪些科學原理？請學生將想法寫在便利貼上。</p> <p>4. 請小組先將答案寫在便利貼上，然後對全班發表。</p> <p>5. 請學生在聽完各組的發表後，把重點記錄在學習單上。</p> <p>6. 教師講解如何製作影片中的紙箱，示範過程中不特別解釋細部的尺寸，引發學生思考。然後發下材料，請各組開始施作。</p> <p>7. 請各組將製作過程中遇到的疑問、困難、發現記錄下來。</p> <p>8. 以【世界咖啡館】的方式，請各組留一位同學在原組做報告，其他人輪流到他組聽取分享。（每組1分鐘）</p> <p>9. 最後由師生共同總結。（可示範土司直接擺在炭火上，結果底部燒焦，建議將紙箱加上隔層的設計。）</p> <p>《第一節課結束》</p>	<p>可能答案有：鋁箔紙可反紙輻射熱、紙箱開洞是為了提供助燃物以及讓空氣對流…等。</p> <p>小組討論影片【紙箱烤雞】中作者應用的熱傳播與物質燃燒的原理，並對全班發表。</p> <p>完成學習單第二題</p> <p>觀察老師的示範，並注意細部的構造。</p> <p>各組在此時必須學會製作紙烤箱的技能。</p> <p>製作過程記錄。（學習單第三題）</p> <p>小組口頭報告。</p> <p>學生可能分享內容有：</p> <ul style="list-style-type: none"> * 鋁箔紙不易服貼紙箱 * 紙箱開洞的尺寸 * 要越多孔洞會怎麼樣 * 孔洞要開在什麼位置 * 食物要擺在什麼位置 <p>總結：使用釘書機可增加鋁箔服貼程度；在使用美工刀切割之前，一定要先用筆畫上所有孔洞位置，而且要考量到紙箱蓋子與孔洞的距離。</p>	<p>ai-III-3</p>	<p>便利貼 彩色筆 小白板</p> <p>學習單- 第1頁</p> <p>紙箱 美工刀 剪刀 鋁箔紙 訂書機 鐵絲 學習單- 第1頁</p>
-----------------------------	--	--	-----------------	---

時 間 (分)	教師教學活動	學生學習活動	學習表現	所需器材
第 二 節				
6	<p>1. 發下文章【來，蓋座好窯！】，並指導學生應用閱讀理解策略（ORID）來整理重點。</p> <p>※策略使用建議用語※</p> <p>Objective-我看到什麼？</p> <p>Reflective-看到這個事實，我的感受是什麼？</p> <p>Interpretive-我的問題是什麼？</p> <p>Decisional-採取行動，尋找解答。</p> <p>2. 請學生在小組內發表，每人30秒內完成。</p> <p>3. 教師給予小組任務：聽完每個人的看法後，把可以探討影響烤窯熱傳播的因素列出來。建議學生採用曼陀羅法來整理想法。</p>	<p>學生提取文章重點，完成學習單第四題。</p> <p>組內口頭發表</p> <p>小組討論並記錄會影響土窯烹烤熱傳播效率的因素。（可能答案：煙囪的設置、煙囪的位置、洞口的大小、食物放置的位置、鋁箔紙要鋪多少…）</p>	<p>po-III-1</p> <p>pe-III-1</p>	<p>閱讀文本-附件2 學習單-第2頁</p> <p>學習單-第2頁</p>
25	<p>4. 請小組決定想要探究的主要因素。</p> <p>5. 請學生記錄討論結果。</p> <p>6. 請學生開始設計實驗—探究細部結構對紙箱烤窯內部溫度的影響。</p> <p>(1)操作變因可能有：煙囪的長度、煙囪設置的位置、食物擺放的位置、對流孔洞的大小、鋁箔紙的層數、窯內部第一層與第二層之間通道面積、食物與火源的距離。</p>	<p>小組完成假設及確立三種變因。</p> <p>學生完成學習單第五題</p> <p>學生積極討論、繪製海報、完成學習單第六題</p>		<p>學習單-第3頁</p> <p>海報</p> <p>彩色筆</p>

8 1	<p>(2)控制變因：木炭的數量（重量）、紙箱的大小、悶烤的時間…等。</p> <p>(3)測量方法：應讓學生充分討論測量工具、要測量烤窯內部哪些位置的溫度。讓學生自選測量工具（紅外線溫度槍、探針式電子式溫度計），追問選用理由。</p> <p>7. 小組發表，各組給予建議。</p> <p>8. 教師總結。</p> <p>《第二節結束》</p>	各組上台發表實驗設計，並接受其他同學的提問及建議。	pc-III-2	
--------	--	---------------------------	----------	--

時間 (分)	教師教學活動	學生學習活動	學習表現	所需器材
第 三 節				
25 10 5	<p>1. 請各組在分配好工作時開始進行實驗。工作分配建議：製作紙箱烤窯 2 人、記錄 1 人、計時 1 人、安全維護 1 人。</p> <p>2. 組間巡視，提醒學生實驗須依照實驗設計去執行。</p> <p>3. 將熱源（加熱的木炭）發給已製作完紙箱烤窯的組別，開始記錄。建議教師事先依組別準備好等重的木炭，如有 5 組，需 10 份。</p> <p>4. 請各組整理實驗結果，並討論有何發現。</p> <p>《第三節結束》</p>	<p>各組分工製作兩個紙箱烤窯（實驗組及對照組）</p> <p>開始實測，完成學習單第七題的實驗結果表格。</p> <p>學生可能發現的結果：</p> <p>(1)煙囪的長度越長，烤窯內部的溫度會越高。</p> <p>(2)窯門如果太大，會造成熱能流失較快，使窯內的溫度上升較慢。</p> <p>(3)食物照不到木炭發</p>	<p>pe -III-2</p> <p>pa -III-1</p> <p>pa -III-2</p>	<p>紙箱</p> <p>美工刀</p> <p>剪刀</p> <p>鋁箔紙</p> <p>訂書機</p> <p>直尺</p> <p>紅外線溫度槍</p> <p>鐵絲</p> <p>木炭</p> <p>噴燈</p> <p>烘爐</p> <p>海報</p> <p>學習單-</p> <p>第 4 頁</p>

		出的熱輻射，所以木炭的熱是以熱對流的方式傳遞到上方食物層來。		
--	--	--------------------------------	--	--

時 間 (分)	教師教學活動	學生學習活動	學習表現	所需器材
第 四 節				
12 3 15 10	<p>1. 各組上台報告實驗結果。</p> <p>2. 教師總結並給予回饋。</p> <p>3. 給予任務一：15 分鐘內挑戰烤一片乾淨的披薩，並說明評比標準： (1)麵包表面的起司均勻融化。 (2)起司表面呈現金黃色的外皮。</p> <p>4. 任務二：如何證明熱空氣流動的路線？ 引導學生利用溫度計測量熱空氣流經的紙箱內部，利用測得的數據來證明熱的流動。 教師提醒用手持電鑽在紙箱外部鑽洞比較好放入探針式溫度計。</p> <p>5. 教師及各組推選的代表至各組驗收成果、聆聽講解。 《第四節結束》</p>	<p>專心聆聽，並適時提出疑問、形成討論。</p> <p>學生開始實作。 完成學習單第八題 學生必須選擇將食物與木炭擺在不同層的設計，才能讓披薩表面不沾染炭灰。而且為了在時間內將起司融化，必須想辦法使烤窯內部溫度升得較高的方式，也就是使內部熱對流效果較好的設計。</p> <p>學生會在假想的熱空氣流動路線上用探針式溫度計來測量內部的溫度，觀察溫度的變化才能說明熱空氣流動的路線。 完成學習單第九題</p>	<p>pc-III-2</p> <p>ai-III-2</p> <p>tm-III-1</p>	<p>海報</p> <p>麵包 起司 學習單-第 4 頁</p> <p>探針式溫度計</p> <p>學習單-第 4 頁</p>

時 間 (分)	教師教學活動	學生學習活動	學習表現	所需器材
------------	--------	--------	------	------

第 五 節				
10	3	1. 教師講解簡易的單、雙層柴燒窯搭建方法-雙層比單層多一層食物層（本節建議兩位教師一同授課）。	專心聆聽	耐火磚一批
2		2. 請學生事先上網查詢資料，討論窯烤披薩的適合溫度；教師總結定義「可烘烤的溫度」及「可烘烤時間」（維持在可烘烤溫度區間的時間）。	根據各組的資料，共同討論出何謂「可烘烤的溫度」及「可烘烤時間」。	
25		3. 請學生進行預測單、雙層的窯運作效能哪一個較佳？ 4. 將學生依自己預測的項目分為兩組，分別搭建單、雙層簡易柴燒窯。	記錄學習單 動手搭建	
			po-III-1 pe -III-1	學習單-第5頁 手套(依學生數)

時 間 (分)	教師教學活動	學生學習活動	學習表現	所需器材
第 六 節				
10	1. 請學生討論在測試兩種設計的柴燒窯前，討論該控制的變因。教師可提供升火經驗，供學生參加。 2. 確認學生分配的工作後請學生開始準備材料。工作項目應包括：測量溫	學生發言：木柴的重量、噴燈加熱的時間、測量溫度的位置、輸送同樣的助燃物…等。 學生秤兩批等重的木頭擺放溫度棒、電風扇(穩定提供助燃物)。	pe -III-1	學習單-第5頁
10		小組分配工作		高溫測溫棒（攝氏

8	<p>度、報讀數據、記錄數據、搬運木材、操作電扇。</p> <p>3. 由老師示範升火。</p> <p>4. 在等待的過程中，請學生輪流解說燃燒的現象及熱空氣在柴燒窯內部流動的路線，複習燃燒、熱傳播原理。</p>	<p>請學生輪流對小組成員練習解說，能說出：木頭（可燃物）、電風扇吹風（提供助燃物）、噴燈（提高燃點）；熱空氣沿著窯頂上升，最後從煙囪離開；耐火磚吸收木頭燃燒產生的輻射熱。</p>		<p>700 度）、平板、木頭、碼錶、磅秤、噴燈、打火機、手套、電風扇 海報、海報架</p>
7	<p>5. 老師取出事前記錄 3 小時的溫度變化數據海報，請學生討論單、雙層設計的簡易窯其運作效能。</p>	<p>小組針對「可烘烤的溫度」及「可烘烤時間」進行討論。</p>	pe -III-2	學習單-
5	<p>6. 引導學生討論為何結果與初始預測的差異，以及二種設計的優缺點。</p> <p>【第六節結束】</p>	<p>完成學習單</p>	pa -III-1	第 5 頁

時 間 (分)	教師教學活動	學生學習活動	學習表現	所需器材
第 七 ~ 十 節（藝術領域共 4 節）				
40	<p>1. 柴燒窯外型規劃討論</p> <p>◎柴燒窯座落在校園最美的綠地上，周遭樹木林立，想像一隻可愛的動物悄悄地躲在樹後面，別人沒仔細看還找不到呢！請小朋友舒服的坐在草皮上，用心感受周遭的氛圍。</p> <p>◎想一想、我們可以將柴</p>	<p>學生開始構思草圖</p>	1-III-2	

	<p>燒窯變成什麼動物呢？</p> <p>◎讓我們一起討論窯的外型可以如何規劃畫出動物設計圖，讓大家一起想一想怎麼一同為我們的森林增加動物好朋友吧！</p>			
40	<p>2. 柴燒窯外型設計圖創作</p> <p>◎回顧上一堂課的創意發想。</p> <p>◎請學生運用鉛筆、色鉛筆、水彩進行設計圖創作並說明預計使用的材料。</p>	學生開始創作	1-III-2	圖畫紙、鉛筆、水彩
40	<p>3. 設計圖分享與投票</p> <p>◎請學生分享創作主題，鼓勵同儕給予回饋。</p> <p>◎請學生進行設計圖票選。</p>	同學專注聆聽 給予同儕回饋	1-III-2	投票單
40	<p>◎確定施作設計圖。</p> <p>4 教師解說操作流程。</p> <p>◎教師事先準備陶土、馬賽克磁磚、水泥…等材料。</p> <p>◎教師說明操作步驟。</p> <p>◎請學生分組進行。</p> <p>◎請學生分享製作心得。</p>	<p>共同黏貼創作</p> <p>同學專注聆聽 給予同儕回饋</p>	1-III-3	陶土、水泥、磁磚 (可自製或向美術社購買)

五、學生活動單：

「來蓋一座窯！」課程學習單 第 1 頁

班級：____年____班 組別：第____組 座號：____ 姓名：_____

組員座號：

請就簡報上所看的四張圖，哪一個所運用的熱傳播原理與其他三個不同？

(紅字代表參考答案)

1	D	2	D	3	C
---	---	---	---	---	---

請寫出 2 項以上影片中紙箱設計所運用的科學原理？(想想課本學過的單元)

作者的設計	科學原理
1、紙箱內部包覆鋁箔紙，防止紙箱燒起來。	1. 利用鋁箔紙反射輻熱，以防紙箱
2、在紙箱外部戳洞，讓新鮮空氣流入。	達到燃點而起火。
	2. 利用空氣的對流，提供紙箱內部助燃物。

三、請將在製作過程中遇到的問題或心中的疑問寫下來。

問題或疑問	處理方式
鋁箔紙鋪不好，無法與紙箱服貼，使用上容易破裂。	用訂書機或雙面膠訂住鋁箔紙。
在製作煙囪開孔時，以羽球筒的外圍去畫線，結果割開的孔太大，無法撐住羽球筒。	美工刀切割時，繞著線的內緣，讓割開的孔洞略小於羽球筒外徑，就可以緊密的卡住羽球筒。

四、請就文章內容，用自問自答的方式把自己覺得有興趣的一件事實寫在下方表格內。【ORID 策略】

自我問句	自我回答
我看到什麼？	如果用黑窯（單層窯）一邊燒柴火，一邊烤食物，碳粒會沾染到食物上。
看到這個事實， 我的感受是什麼？	吃下肚的食物還是要考慮到衛生問題。
我的問題是什麼？	如果雙層窯的設計比較好的話，為什麼一般外面看的都是單層的設計？兩種設計有什麼差別嗎？
採取行動， 尋找解答。	想要去實驗測試看看

五、請將小組討論到會影響土窯烹烤熱傳播效率的因素寫下來。（空白處可延伸）

曼陀羅法

紙箱有沒有蓋子	煙囪的長度	進氣孔的大小
木炭的數量	影響烤窯內的熱傳播	有沒有煙囪
紙箱的大小	第一層、第二層間的通道面積	食物擺放的位置

六、實驗設計（請將小組討論決定要探究的實驗資料寫在下方）

實驗問題	煙囪的長度會不會影響烤窯內溫度？
實驗假設	煙囪愈長，在相同時間裡，烤窯內的溫度上升得愈高。
操作變因	煙囪長度（甲：三分之一長度的羽球筒 乙：一倍長度的羽球筒 丙：二倍長度的羽球筒）
應變變因	烤窯內的溫度
測量方法	以探針式溫度計在固定位置（熱空氣流動路線）測量溫度。
控制變因	紙箱大小、木炭數量、木炭加熱時間、進氣孔位置、進氣孔面積、隔層與底部高度、煙囪設置位置、溫度測量位置、紙箱擺放方位。

※實驗步驟：（條列式~~可用圖畫說明；尺寸、時間…等要具體，例如：5 公分長，煮 30 秒。）

◎操作變因：煙囪長度

【甲：13.3cm（三分之一個羽球筒） 乙：40cm（完整羽球筒）

丙：長 80cm（2 個羽球筒）】

◎應變變因：紙箱內的溫度 單位：℃

◎控制變因：紙箱大小（A4 影印紙紙箱）、進氣口大小（寬 2cm、長 20cm）、

煙囪位置、木炭量（140g）、隔板大小（21 公分 X 21 公分）

◎實驗步驟

1、分別放入 140 克表面已燒白的木炭，放上上蓋。

2、插入探針式溫度計。

3、每 20 秒測量一次紙箱內溫度，共測量 30 次。

4、重複上述實驗 3 次。

七、實驗記錄表格

※實驗結果：(想想要畫什麼樣的表格-用直尺畫比較整齊！注意表格的標題及代表的意涵)

使用不同長度煙囪的紙箱在十分鐘內的最高溫

組別 \ 次數	第一次	第二次	第三次	平均
甲：1/3 倍煙囪	242.8	238	266.8	249.2
乙：1 倍煙囪	315.3	329.6	334	326.3
丙：2 倍煙囪	269.6	274.2	277	273.6

※結論：(和實驗假設比對)

原本以為這個實驗會像煙囪效應那樣，煙囪愈長，升溫效果愈好，查了網路資料，發現煙囪效應的強度與煙囪的高度，戶內及戶外溫度差距，和戶內外空氣流通的程度有關，也許實驗中空氣流通不夠好，而且用手去觸摸羽球筒排出的熱煙也沒有很燙，沒有造成很大的溫度差距也是可能因素。而實驗中，以 A4 影印紙箱來說，1 倍煙囪長度剛好，過長或太短皆無法形成好的空氣對流，進而影響升溫效果。

八、如果再做一個紙箱烤窯，我會如何設計？(可畫圖說明一剖面圖)

(略)

九、我的發現：(1、如何證明文章中所謂的熱空氣傳播的路徑？2、我們用紙箱烤窯烤熟披薩是運用熱傳播的哪一種方式，請試著寫出來。)

- 1、我們在假想的熱空氣流動路線中途了原本的探針式溫度計，我們還多使用另一隻紅外線溫度槍測量食物表面溫度，從溫度的變化可以證實我們的假設是對的；我們也故意將土司擺放在非熱空氣流動路線上，結果吐司上起司一半呈現金黃色，另一半卻只有融化、未變色。
- 2、主要是以熱對流（熱空氣流動）及熱輻射（鋁箔紙反射木炭散出的熱）來加熱食物的，至於熱傳導比較少，因為吐司的底部並沒有燒焦，而且起司放在吐司上方，以傳導的方式較不可能。

十、我們用耐火磚搭起來的簡易窯裡，單、雙層窯內的 3 小時溫度記錄如表格，我們查了資料，發現 160-220 度是適合烤披薩的溫度，請問兩種設計的窯適合烤披薩的時間各是多少？

可烘烤時間（指維持在可烘烤溫度的時間）：

單層 分 雙層 分

時間愈長，表示保溫效果愈好。

十一、蓋窯的師傅說一般的柴燒窯在升火後可以用將近一天，請思考是什麼原因影響了實驗結果？

我們沒有用耐火泥、陶土、水泥、隔熱棉，僅使用耐火磚，保溫效果不如一般的柴燒窯，而且上課前幾天氣候溼冷、磚與磚之間的孔隙，造成熱能流失許多。

十二、請說明單、雙層窯的效能差異？

在溫度上升速度方面，單層比雙層快，但單層的話，食物可能直接碰到木炭，當柴火不足時，就得先將食物取出，添加完木柴後，才可再放入食物，操作上不方便；雙層的話因為食物層和燃燒層分開，衛生問題比較不用擔憂，而且只要適時添加木柴，使用一整天也沒有問題。

十三、我們從紙箱開始實驗，到用耐火磚搭柴燒窯，請說說看你（妳）有什麼感想？

從設計到實驗、從實驗到建造，一步一步完成實驗覺得很踏實，這樣的課比死板板的課本還有趣，也謝謝老師讓我們有機會參加，而在這個活動也學到了很多！😊
我覺得這個實驗對我們很有幫助，我們先了解它的原理，在實際做做看，在看有哪裡需要改進，老師不會直接告訴我們答案，老師都是先讓我們思考，直到我們真的了解原理時，在告訴我們接下來要怎麼做。

六、教師參考資料：

- 1、陳佩英（2019）。探究策略示例 55。高中優質化輔助方案實施計畫。臺北市：國立臺灣師範大學。
- 2、<https://www.youtube.com/watch?v=tsuS5XwWeeA>【超懶人烤肉法大公開！用紙箱來烤雞？！（LIS 實驗室）】
- 3、大王菜舖子網頁內容。檢自
<http://www.buylocal.tw/index.php/2013-05-01-12-48-29/186-2016-03-03-21-39-33>（Oct. 10, 2019）

七、活動器材(教具)清冊(含圖片)：

序號	器材名稱	數量	單價	型號	對應單元或教學活動	圖片
1	影印紙紙箱	15	-	A4	製作紙箱烤窯	
2	鋁箔紙	5		總長 14 米	製作紙箱烤窯	
3	紅外線溫度槍	5	400		實作測試	
4	指針式溫度計	5	420		實作測試	
5	美工刀	5	-		製作紙箱烤窯	

6	木炭	2	60	環保炭	製作紙箱烤窯	
7	鐵絲	1	-		製作紙箱烤窯	
8	釘書機	5	60	-	製作紙箱烤窯	
9	羽球球筒	10	-		製作紙箱烤窯	
10	便利貼	5	40	200	課堂討論	
11	棉手套	2	80	1 包 12 雙	實作測試	
12	小白板	5	-		課堂討論	

附件一 複習簡報

熱傳播的三種方式

- 待會每張投影片會有四張圖片，請選出何者的熱傳播方式與其他三者不同。



蓋座好窯_白窯設計與實作課程

很多人蓋過麵包窯，蓋好一個窯，很容易的。



我在許多地方看見過麵包窯，好窯卻很少見。
一個窯，怎麼是好！？怎麼樣又是不好！？

就是為了食物好

過年時，家人和朋友相約吃飯，在家人氣不錯的窯烤餐廳，傳了一張照片給我，看了皺皺眉頭，真是讓人擔心。

不是第一次看到這樣用窯，到處可見。因為風行，所以擔心。

一邊燒柴火，一邊烤食物，煙碳粉塵會附著污染食物，真是危險。

那些窯，都是黑窯。

黑窯，指的是”火層與食物層相通”的窯，是最常見的窯。

最簡單的黑窯，火層和食物層在同一層，只有一個洞口。

因為續航力弱，蓄熱 1~2 小時之後就會開始降溫，只適合家庭用，

不能滿足商業上長時間使用的需要。所以，只好一邊燒柴、一邊烤食物。蓋窯做食物，是為了食物好。

蓋錯窯，弄得廚師辛苦，食物也不好了。喜歡窯烤的人，得先懂得，甚麼才是自己需要的好窯。

給火好路。給好火路

朋友有一口窯，單口沒有煙囪，說是 10 萬塊請人蓋的。這也是家庭用的麵包窯裡，最常見的形式。

蓋窯的人告訴朋友，單口窯熱散失的少，熱窯效率才會快。朋友每次燒柴熱窯，都燻得淚流滿面，火不旺，窯熱得好慢。這一定不是一場騙局，只是蓋窯的人對火路一知半解。

有這種單口窯的人一定見過，當風吹進窯口時，火不僅不旺、還會暗熄下來，風愈大，火愈小。

這一點都不奇妙，新鮮空氣和燃燒後的廢氣，在洞口碰撞，讓窯火沒了氣。火和人一樣，也要呼吸，一進一出，行經路線，就是火路。

也見過另一個朋友的單口窯，出口就在窯頂正上方，這個窯火很旺，直衝窯頂，進氣、出氣都順，當然大火。

奇妙的是，火雖大、窯卻熱得很慢。烤麵包的時候，麵包正上方頂皮都要焦去，兩腹的熟度卻仍不足，不見金褐麵皮。也是火路差了。

火直衝窯頂帶著熱能離開，熱量散失過多、窯熱的當然慢，兩側窯壁不在火路上，窯體天花板熱、牆壁冷，怎麼烤得好麵包呢？

火，要走遍窯內每一分寸，來的快、留得久、出的順，那就是好火路。沒有好火路，那窯既耗能、又不能烤好食物。

白窯，是最厲害的窯。

雙層窯裡頭，也分”黑窯”和”白窯”。黑窯，因為不能邊燒邊烤，白窯，可以無限續航，是好用的窯。火層與食物層隔離不相通，所以可以一邊燒柴一邊烤食物，持續供給熱量、穩定窯溫，而且煙碳不會污染食物。從烹飪功能來看，白窯是最厲害的窯，可以不斷的烤食物。從技術上看，白窯也是最具挑戰性的窯，複層結構最多。



文章改寫自「大王菜鋪子」網站

<http://www.buylocal.tw/index.php/2013-05-01-12-48-29/186-2016-03-03-21-39-33>