

化學搜查線

Chemistry Search

第20期

專案特搜 1

香煙裊裊

線香裡的化學秘密

P.2

專案特搜 2

菸裡的化學毒害

P.8

數位 e 秘技

遊戲，悄悄改變

教育的世界 P.14



55401N/E/0000000



本期刊物電子檔

專案特搜 ①



香煙裊裊 線香裡的化學秘密

教師 劉曉倩

國立彰化高級中學

教育部高中化學學科中心

torrina01092002@yahoo.com.tw

會說話的薰香

小時候住在市區的地藏王廟邊，每年農曆七月就是地藏王香火鼎盛的時候，秋天的午後，虔誠的信徒頂著火熱的太陽上香敬神，一支一支的線香是神佛、祖先與好兄弟溝通的媒介，早期的線香是用桂竹裁成細長的竹枝，依據信仰其長度有所不同，一尺三是敬拜祖靈及好兄弟的，一尺六以上是敬拜神明，拜神明須點三支線香，拜祖先則點一支線香即可。家裡的老奶奶常說，飄起的煙會帶著子孫的訊息到祖先的耳朵裡，老祖宗也會尋著煙來看自己的子孫。也因此，學校期中考前一週我都會跟弟弟搶著點頭香，懷著虔敬的心，深信在天上的爺爺會帶給我們考運！

談到線香，日本人更為講究，依其形狀可以區分為直條型的臥香、香錐、香丸、香環、香木及香粉，其中以日本京都三百年名店松榮堂最為知名，強調是以天然材料製成。其中最受歡迎

的香，當屬「白川」，燃燒時散發出檀木的芳香不嗆鼻，煙也不多，氣味馨香淡雅，充分展現京都簡樸素雅的生活禪學。

傳說日本香的由來，是有塊沉香木隨著海流到日本西部島嶼淡路島，當時島上的居民們以為只是一般木頭而已，於是直接把它曬乾當煮飯柴燒！想不到炊煙升起時，木頭散發出奇特的香氣，於是島民們將此香獻給了天皇，作為祭祀神明使用，沉香因此成為獻給天皇最初的香木。沉香雖非民生一般必需品，卻能擴大人類精緻生活的層面及淨化心靈之效。

至於印度的線香種類就更多樣化了，有一次筆者到新加坡旅行時，在小印度區看到琳琅滿目的印度線香，除了有適合個人坐禪的琥珀香及檀香、增加生活情趣的各種水果香、花香，甚至還有強調促進兩人愉悅世界的火熱巧克力香，真是太不可思議了！（圖 1）



香料及香品的種類

以天然香料（動植物香料及萃取物為主）或中藥材製作的香品，除了氣味芳香之外，還有安神、養生、祛病等豐富的功效。最常用於香品的植物香料以艾草、會安沉香、龍柏及梢楠木居多。

艾草

每年農曆五月初五端午節必備品，一般人會在自家門口掛上菖蒲或艾草，具有祛病辟邪的功效。從科學角度來看其實還蠻有道理的，因為農曆五月氣溫炎熱，蚊蟲大量滋生，艾葉燃燒後產生的精油具有抑菌和驅蚊蟲的作用，能有效預防傳染病的流行。

沉香

指的是沉香屬植物流出的樹脂與木質結合在一起的融合物。有這些融合物的木質部分稱為

「沉香木」，而皮質部分的稱為「沉香皮」。因為沉香的密度較高，它能完全沉入水底或可半浮半沉。

梢楠木

分布於臺灣及東南亞，臺灣產的梢楠木氣味清香，較不刺激眼睛，相較於東南亞產的梢楠木味道較淡，一般作為供奉神明、驅逐蚊蟲或當香料使用。

龍柏

屬於常綠喬木，樹幹直立生長，樹高可達約16公尺，具香氣，樹冠呈塔形，像盤龍抱柱般，故名為龍柏。古書記載，龍柏具有驅邪作用，優雅清淡的香氣是龍柏木最獨特的地方。品質好的龍柏粉帶著柔順的清香，即使不點燃，聞起來讓人肩頸放鬆，心靈平靜，是筆者最喜愛的香味。



圖1 各國線香組合，圖左上為日本松榮堂線香，左下印度巧克力香，中間為法國歐蘇丹（L' OCCITANE）香塔，右則為日本松木香

薪火相傳

臺灣早期傳統製香，是先將裁好的竹枝曝曬數天避免長黴，再由經驗老道的師傅將大把線香沾水快速地在盛滿香粉的圓篩中翻滾，讓每根竹枝沾滿香粉，厲害的師傅會用手腕的巧勁讓每支線香都沾上粉而且不沾濕結塊，否則香粉不均匀，燃燒時易熄滅。裹上香粉的竹枝必須鋪平曬乾在香架上，日曬加上乾爽的风晾至七分乾，再將香腳浸至紅色顏料染色，稱為「染香腳」，最後再曝曬挑選即可完成。

天然中藥調製成的線香，品質佳，燃燒時香灰通常不超過一公分，若是摻有化學成分的線香，味道辛嗆，香灰較長，燃燒較慢，香灰燙手溫度又高。有些不肖廠商為了降低成本，添加化學香精，燃燒不完全時易產生甲醛、多環芳香烴 (polycyclic aromatic hydrocarbons, PAHs) 及煤焦油等致癌物，尤其是來自其他國家便宜線香大量進口，衝擊臺灣傳統製香產業，除了品質參差不齊外，更有可能有健康上的疑慮！

手工香塔製作

材料 一人份 (50 克)

材料	比例	重量
艾草粉	30%	15 g
艾草絨	15%	7 g
星洲沉粉	38%	20g
楠木黏粉 (楠木樹皮粉)	17%	8 g
水		少許加入

開始動手做囉！

1. 將混合好的香粉放入 7 號塑膠密封袋內，如下圖 2 及圖 3 所示。
2. 將水少量多次加入香粉中，在袋子內均勻混合，形成香糰。
3. 取出香糰用手的溫度充分拌揉香糰，讓楠木黏粉產生黏性。
4. 將香糰塑成圓錐，再塞入自製模型內塑形，如右頁圖 4 及圖 5 所示。
5. 塑形完成的薰香塔，可置於太陽下曬乾水分 2～3 天；即使發霉，再次曬乾也可以使用。
6. 乾燥的香塔即可置小碟內點燃薰香。



圖 2 天然中藥粉



圖 3 混合好的中藥粉放入塑膠袋內均勻混合



香錐模型製作

1. 將 L 夾依圖示大小剪裁成長方形（圖 6）。
2. 裁剪完成後捲成圓錐，以膠帶固定成型（圖 7）。

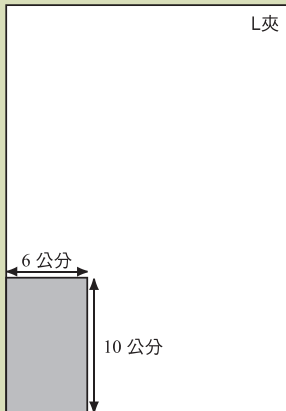


圖 6 剪裁尺寸示意圖 圖 7 香錐模型



圖 4 以 L 夾製成的香塔模型



圖 5 已經做好的香塔成品

手揉日曬，溫潤手感直達心頭

親切溫潤的手感讓參與製作的學生重回孩童時捏泥巴的樂趣，空氣中瀰漫著濃郁的中藥香，味道溫和不嗆鼻，即使不小心誤食也不會有安全疑慮，做好的創作香塔放置於紙盒中方便帶回，傳統的手工藝與實作課程結合，讓學生從認識各種線香種類開始，了解香料種類、傳統線香製作過程、化學加工造成的危害及親自體驗實作，對於臺灣傳統文化有了更深的體認及尊重。古書提及宋朝文學家黃庭堅不僅是書法家更是香學大師，其文學作品「香十德」：感格鬼神，清淨心身。能除污穢，能覺睡眠。靜中成友，塵裏偷閒。多而不厭，寡而為足。久藏不朽，常用無障。正是對香的內涵做出了全面且深刻的分析和評價，期待這種虔誠的精神可以薪火相傳，生生不息！



進階課程——跨領域課程結合

PM2.5 Arduino物聯網

PM2.5 主要是指空氣中存在的懸浮微粒 (particulate matter, PM) 粒徑小於或等於 2.5 微米 (μm) 的粒子，單位為微克 / 立方公尺 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)，它的直徑還不到人的頭髮絲粗細的 1/28。

PM2.5 的來源除了自然懸浮微粒外，主要是火力發電廠、石化工廠、一般工廠燃燒不完全所產生的，其中包括重金屬、戴奧辛、多環芳香烴，以及柴油車燃燒不完全的有機碳。其次是汽機車排放之硫氧化物或氮氧化物、有機碳化合物及有機碳等細懸浮微粒。病理學研究結果顯示，PM2.5 會造成早逝、支氣管炎、氣喘、心血管疾病、肺癌等，無論長期或短期暴露在空氣污染物的環境之下，皆會提高呼吸道疾病及死亡的風險。舉凡燃燒不完全都可能產生危害人體健康的物質，劣質的線香常添加石灰及化學黏著劑，燃燒時會產生甲醛，甚至焦油都會對我們的健康造成危害。

由於 PM2.5 監測系統 Arduino 相關軟硬體已開發出來，所以若是化學老師對於 Arduino 物聯網不熟悉，可以跨領域請物理科教師或電腦科教師教大家設計及安裝，並在不同生活環境中進

行空氣微粒測試，進而設計出最適合在地需求的感測設備。進一步將 PM2.5 感測器連結到手機，早上出門前看一下數字，決定今天是否要戴口罩。當然你也可以把 PM2.5 偵測裝置跟空氣清淨機連結，當數值過高時，自動打開空氣清淨機。

PM2.5 偵測器安裝

1. 硬體安裝

有四個主要組件 (圖 8)

- ① USB 轉接線
- ② Arduino 微電腦控制板
- ③ Base Shield 擴充板
- ④ PM2.5 偵測器 (圖 9)

2. 軟體安裝

請先至下列網址下載安裝程式：

<https://www.arduino.cc/en/Main/Software>

3. 安裝 Arduino 控制板的驅動程式

以 Windows 7 為例，將 USB 線初次與電腦相連時，「系統管理員」會出現「無法辨識的裝置」，接著電腦會自動上網搜尋對應的驅動程式並安裝。安裝完成後，系統會自動為它設定一個以「COM」為首的序列埠編號，例如 COM5。

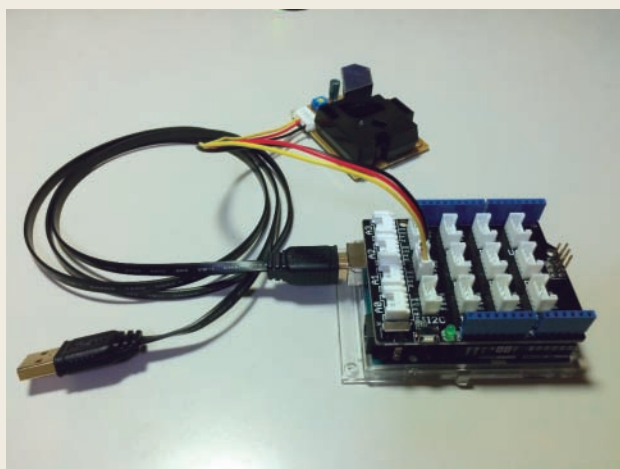


圖 8 Arduino 主要組件

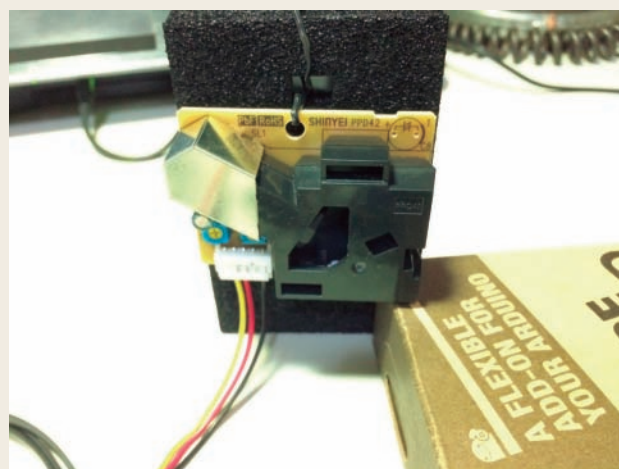


圖 9 PM2.5 粉塵檢測器，使用時需垂直放置，可利用上方的圓孔固定在紙箱上。



4. 執行程式

執行上圖的 App 後會出現 Arduino 程式開發環境（圖 10），右下角會顯示電腦設定的 COM 編號，中央白色底的位置即是編寫程式的地方，右上方的 sketch_jan12a 是預設的程式名稱，存檔時可更改名稱。再上方的左側有五個按鈕，右側有一個按鈕，當滑鼠游標移至按鈕上時，會顯示按鈕的功能。目前只要用到「驗證」（最左側的勾勾圖示）、「上傳」（左邊第二個箭頭圖示）及「序列埠監控視窗」（最右側的放大鏡圖示）這三個功能。「驗證」是在寫完程式後，驗證程式是否合於程式語法的按鈕。「上傳」按鈕則是將程式編譯完成後，並上傳至 Arduino 電腦控制板，同時開始執行程式的按鈕。在程式執行時點開「序列埠監控視窗」按鈕就可以看到 PM2.5 偵測器傳回來的測量值，如圖 10 中的視窗。

參考資料

- 1. 維基百科，自由的百科全書
- 2. 細懸浮微粒 (PM2.5) 對人體健康危害之預防策略研究公聽會會議實錄，國家衛生研究院國家環境毒物研究中心，中華民國 102 年 3 月 29 日
- 3. 超圖解 Arduino 互動設計入門第 3 版，作者趙英傑，旗標出版社 ISBN:9789863123682

圖片來源

圖 1 ~ 10：由劉曉倩老師提供。

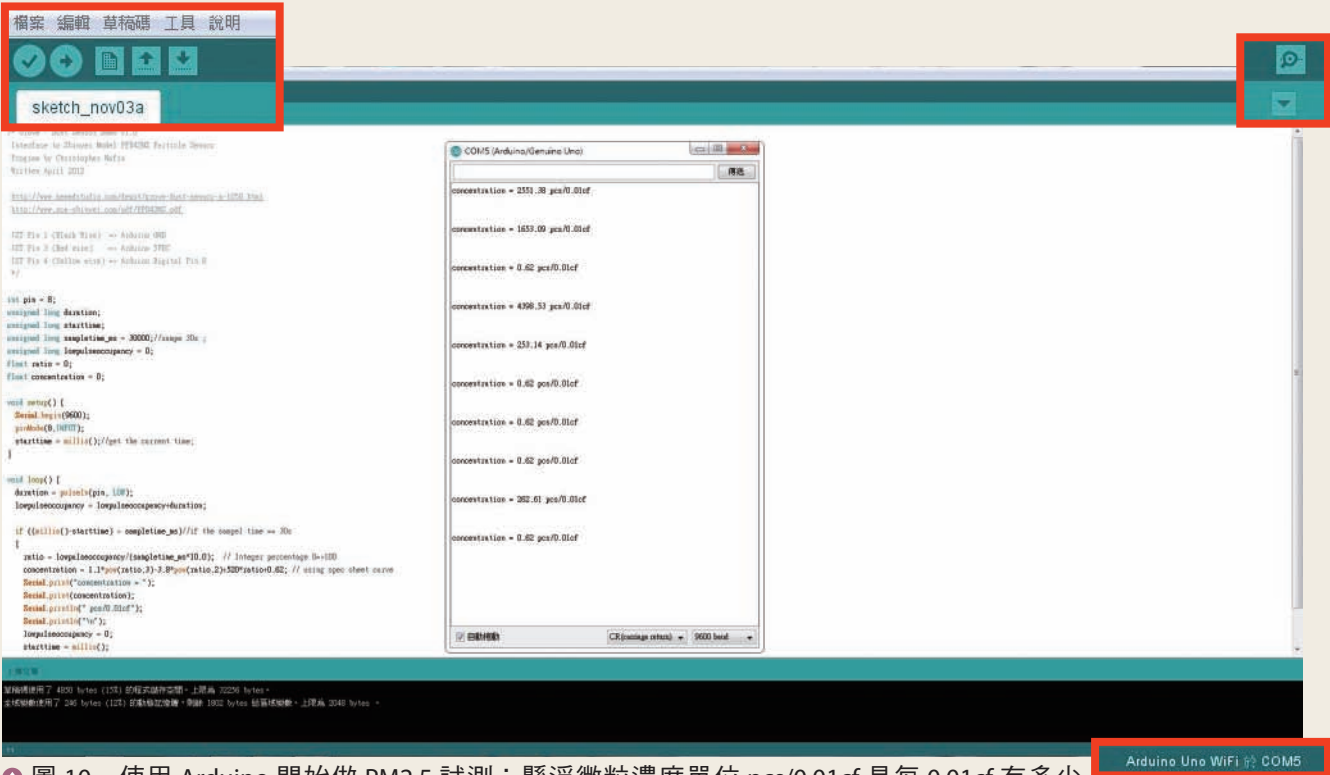


圖 10 使用 Arduino 開始做 PM2.5 試測；懸浮微粒濃度單位 pcs/0.01cf 是每 0.01cf 有多少顆微粒，cf 是立方英尺，0.01cf=283mL

專案特搜²



菸裡的化學毒害

教師 王瓊蘭

新北市立新店高中化學科

為什麼想抽根菸？

一般人普遍認為抽菸不好，因此有許多青少年，躲在父母和師長看不見的地方抽菸；同樣的，有些父母和師長，也躲在子女看不到的地方抽菸。既然如此，為什麼要躲著抽菸呢？

有位女兒從未看過爸爸抽菸，由於爸媽不合，爸爸與家人分居，住在公司的宿舍裡；放假會回來帶女兒出門旅遊；卻在旅遊期間，女兒竟發現爸爸背著她偷偷的抽菸；原本還想告訴爸爸一個秘密，哥哥會躲在房間裡抽菸，突然間覺得很難過，沒想到爸爸和哥哥一樣都會抽菸；抽菸對身體不好，真不知該如何勸爸爸和哥哥別再抽菸了。

記得有個故事是有關美國某個不識字的清潔工，因為公司政策改變，被要求要識字才能繼續擔任清潔工，滿心苦悶想藉抽菸澆愁，卻在公園中遍尋不著賣菸亭，這才靈機一動，一定有很多人跟他一樣，在心情苦悶的當下會想來根菸解悶，想不到這靈光乍現，真的為他帶來了大筆的財富。

事實上，許多上班族為了掙口飯吃，工作累了、感到煩悶時，會走到戶外抽根菸，以紓解壓力。同樣的，有些家庭主婦，終日困居家中，再加上經濟等生活壓力；有時孩子哭鬧不休，哄也不聽，或是丈夫在外受氣歸來，形容枯槁、氣色不佳，總是得和顏悅色，面對著孩子與老公，所以也會偷偷的抽根菸，調整心情。但在抽菸的同時，對身體又會有什麼影響呢？

吸菸對身體的影響

吸菸易罹患疾病

點燃香菸的煙霧，含有超過約 5,000 種鑑定出的化學物質，包括尼古丁 (Nicotine)、一氧化碳、丙烯醛 (Acrolein) 和其他有害物質，其中超過 50 種是致癌物。如：亞硝胺 (Nitrosamines)、苯并芘 (Benzopyrene) 等。還有菸草中的醣類，在不完全燃燒後會生成焦油，它含有多環芳烴 (Polycyclic aromatic hydrocarbons, PAHs) 等，大多數易造成基因誘變的致癌物質。(圖 1)

世界上有 11 億吸菸者，調查顯示每六秒鐘



就會有一人死於與菸草有關的疾病（圖 2），又依據世界衛生組織於 2017 年 6 月 1 日發布的報導指出每年全球約有 600 萬人，死於吸菸所罹患的疾病。

吸菸竟能治病

吸菸雖有百害但也有四利。一是吸菸吸入的尼古丁會降低食慾和提高新陳代謝，一些吸菸者可能因此而減肥，但代價是味覺會變差，皮膚會失去彈性且尼古丁具成癮性。二是潰瘍性結腸炎 (Ulcerative colitis, UC) 在吸菸者中的流行率，低於非吸菸者，且研究發現使用尼古丁貼片，能改善其症狀。三是吸菸者能降低罹患帕金森氏症 (Parkinson's disease, PD) 的風險，因其病因仍未知，普遍認為與遺傳和環境因子相關。四是有證

據表明，尼古丁本身具有預防和治療阿茲海默症 (Alzheimer's disease, AD) 的可能性。

香菸對環境的影響

防火安全香菸

在生活中，導致住宅火災發生的常見火源是點燃或未熄滅的香菸，因此歐盟和美國自 2011 年起，禁止販售不符合消防標準的香菸。符合標準的防火安全香菸 (Fire safe cigarette, FSC) 能自熄、防火或低燃性的香菸，可以防止火災意外，其中的「安全環」是由乙烯醋酸乙烯酯共聚物 (Ethylene-vinyl acetate, EVA) 塗敷在香菸紙的內壁（圖 3，見 P4），它是一種類似橡膠的彈性聚合物，具有良好的透明度和光澤度，低溫具韌性。

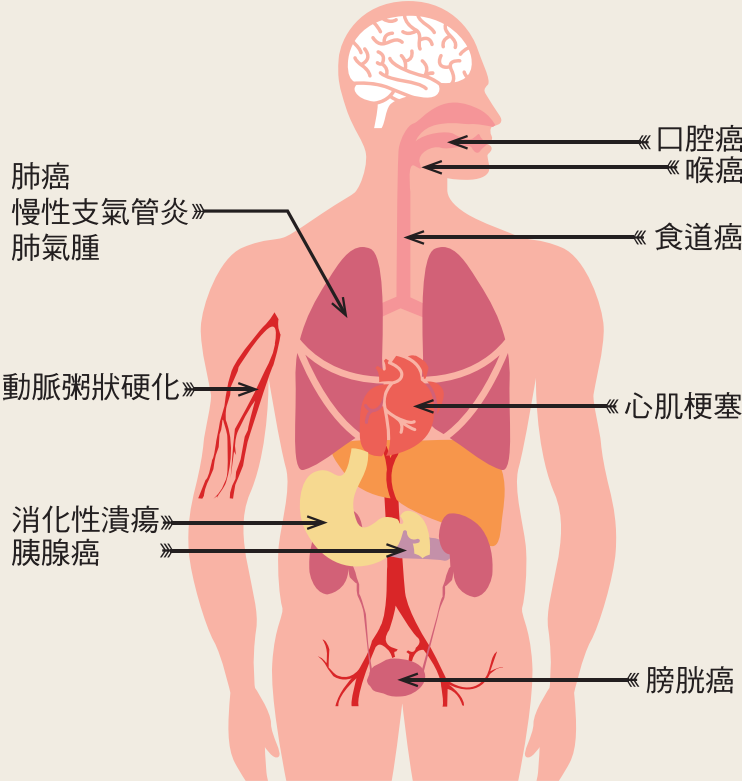
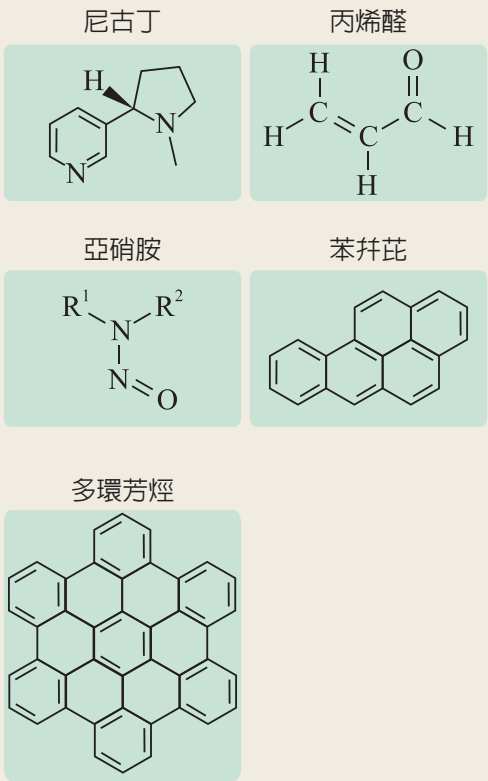


圖 1 香菸煙霧中的有害物質

圖 2 吸菸易罹患的疾病

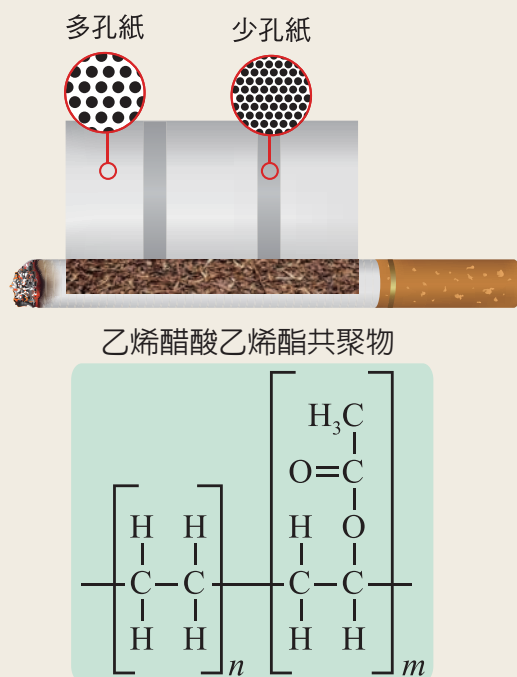


圖 3 香菸紙的內壁

每年丟棄數億萬個菸蒂

吸菸後殘留的香菸通稱為菸頭 (cigarette end)，菸頭包含香菸濾嘴，它是由紙張包裹醋酸纖維素 (Cellulose acetate，圖 4) 添加活性炭製成，連接剩餘一小段菸草，以及菸熄滅後所殘餘的灰分。菸頭表示香菸吸了一部分，所剩的部分，不論長短；菸蒂大多強調香菸吸到最後所剩的部分，包括濾嘴在內以及少部分、未抽完的菸；至於以前常聽人說的菸屁股 (cigarette butt)，那是一種放鬆、自在的形容詞，也是較口語、通俗的說法。

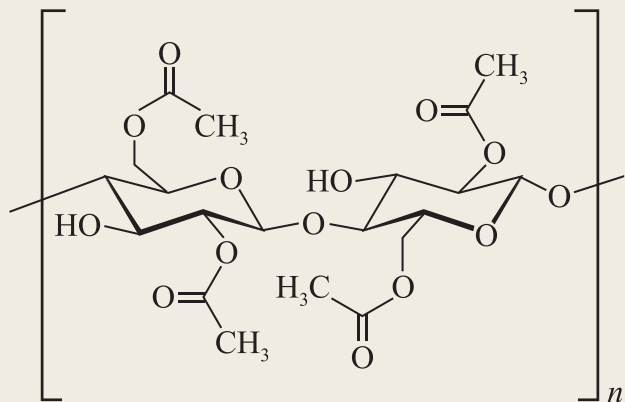


圖 4 醋酸纖維素

菸蒂常被丟棄在建築物的外面、停車場和街道上，經由雨水流入下水道、溪流和海灘。估計每年在世界各地，吸菸約 5.6 億萬支，其中約有 4.5 億萬支菸蒂，會被丟入環境中，產生大量的垃圾處理問題。在美國華盛頓州，夏季乾旱的森林裡，亂丟菸蒂可能滋生野火，釀成森林大火，因此違規亂丟菸蒂者，會被處以高達 1,025 美金的罰款。另一地區，加拿大溫哥華市與私人環保商 TerraCycle 合作，每回收一個菸蒂，可得到獎勵金為 1 美分。菸蒂濾嘴可在自然界漂流長達 15 年的壽命，才會被光或微生物緩慢分解掉；因此，也有乾脆採用易被微生物分解掉的材質製造香菸濾嘴；或是在醋酸纖維素裡摻入酸性藥劑，一旦充分濕潤後，就會釋放出質子（即 H⁺），使其分解速率加快。在韓國更有一個研發小組，從廢棄的香菸濾嘴中回收醋酸纖維素，將它轉化成高性能的綠色環保材料。

菸害中的輻射物

菸齡久毒害深猶如天天照射 X 光

有一種淡味香菸，減少了點燃香菸所生煙霧裡的焦油和尼古丁的產量，其辦法包括選用特定的菸草植株，減少填充一根香菸所需的菸草量。然而，正如一個愛喝酒者，一次習慣喝一、兩小杯的烈酒，若是喝啤酒，需要灌下幾大杯，才算過癮。也就是說，抽淡味香菸的人，把菸吸到更深的肺部，並且一次抽更多支淡味香菸，方能解癮，結果吸入的焦油和尼古丁的量反而更多。

吸菸者的骨骼內含有鉛 -210 及鈾 -210，是吸菸者罹患肺癌的原因之一。這些放射性元素是菸葉自大氣中吸收氫 -222，衰變衍生出鉛 -210，並附著在菸葉底部的黏毛上。從土壤裡吸收含鐳 -226、鈾 -232 以及高磷酸鹽的肥料，以減少菸草的含氮量，並產生獨特的菸草香味。不施用比常施用高磷酸鹽肥料種植出的菸草，輻射強度約減少三分之一量。因此由菸草製成的香菸是含



有放射性元素，會不斷輻射出 α 和 γ 射線，並「定居」在吸菸者的肺部，隨著菸齡增加，累積的輻射可能會損害肺部，並助長肺癌的生成。

在菸草和菸草煙霧中確認有放射性元素後，菸草業者也曾試圖尋求從其產品中，除去這些輻射物，特別是鈾-210，但最終仍是徒勞無功，未能顯著降低其在菸葉中的濃度。這些努力主要包括：充分的洗滌菸葉，但只能洗掉附著於菸葉表面的輻射物，即原有輻射的一半量；另一半量潛藏在菸葉內的輻射物，還是無法沖洗掉；還有一個方法是在製造香菸前，先選擇性地測量菸草原料中鈾-210的含量，並採用基因工程技術，來減少葉片放射性。許多研究人員花了相當多的時間，嘗試除盡鈾-210，並非不可；若硬是要根除，就會破壞掉並連帶損失掉香菸特有的風味。所以，菸草業界雖早於 1960 年代，即已分析出菸草中含有鈾-210 卻無法去除，而深怕引起公眾的關注，為避免麻煩，秘而不宣 40 多年。

據估計，每天抽 1.5 包香菸的老菸槍吸菸一年所累積的總輻射量，相當於每天例行到醫院照射一次胸部 X 光片，殘留約 300 天的輻射量。所以香菸包裝上，應有輻射暴露的警告標籤才是。

一手、二手或三手菸者所受輻射菸害

吸菸曾給人酷炫的感覺，在黑暗的燈光下，吸菸者噴出迷濛煙霧，表達或迴避一些深沉的感受，特別是將語言視覺化。這迷濛煙霧正可凸顯出廷得耳效應 (Tyndall effect) (圖 5)。可見此煙霧產生細懸浮粒子 PM2.5 汙染空氣，使得吸菸者、吸二手菸者或吸三手菸者，將來都需支付菸害健康所帶來的醫療費用。

所謂吸二手菸者，是無論自願或非自願吸入菸味者，也就是當菸草煙霧滲透到任何環境，導致該環境中的人吸入時，就算是二手菸的受害者；而三手菸是指香菸熄滅後殘留的菸草煙霧汙染，它是在二手菸清除後，殘留物體的表面汙



圖 5 煙霧生成的廷得耳效應

染，也會造成吸入者受到菸害。

吸菸者常自欺欺人地說：「我沒把菸吸入」並認為菸灰應殘留下較多的輻射物質。然而，1964 年在哈佛公共衛生學院做研究的科學家，維爾瑪·羅斯·亨特 (Vilma Rose Hunt, 1926~2012) 突然有天一時興起，將同事吸完菸所殘留下的菸灰，運用新技術檢測看看：是否含有極低濃度的鐳和鈾的放射量？結果她驚訝地發現，菸灰中竟然連一絲絲的鈾都沒有；這可嚴重違反了環境中，痕量放射性元素存在的現象。因此，最有可能是香菸燻燃的過程中，由於高溫的作用，會將鈾變成氣體；她即刻意識到，消失的鈾必然進入到香菸燃燒產生的煙霧裡。所以，這意味著，一手、二手或吸三手菸者，都會將鈾直接吸入肺部。

2016 年，科學家的研究報告，分析出煙霧吸入體內，浸入肺部與吐出體外，所含鈾、鈾放射性元素的百分比如圖 6 所示。

好可怕的菸害，包含了人人聞之色變的輻射物。現今，還有哪位影視名星，膽敢接受巨額的資金，宣傳吸菸廣告呢？那就好像脫離時尚，為了報酬而做了糟糕的示範。反過來，清純亮麗的明星，以能受邀拍攝拒菸、戒菸廣告為榮，希望青少年不要抽菸，避免慢性殘害身體健康。

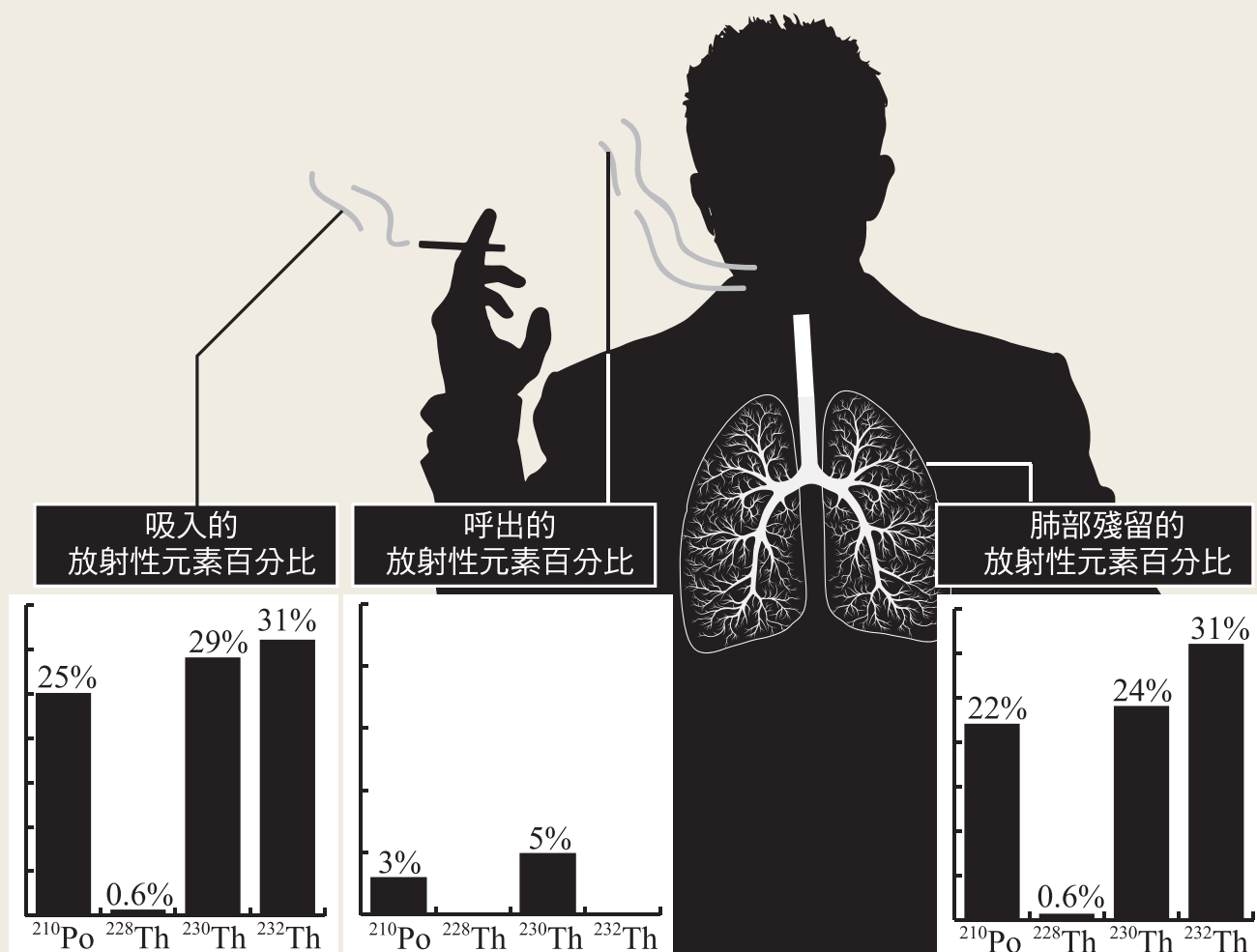


圖 6 吸菸過程中，吸入、呼出和肺部殘留的放射性元素百分比

高售價香菸反而使得年輕人和窮人受益

減少吸菸人口，最有效的方法是提高菸草稅，也就是提高香菸的售價，這對於年輕人和窮人受益最大。研究表明，吸菸相關死亡人數比貧困人口高出三倍。法國和菲律賓等國家，已經對菸草業者，施加高額的稅收，也就是調整香煙的價格，例如：提高香菸兩倍售價，銷售量立刻下降一半以上。

許多歷史悠久的吸菸國家，例如：英國、義大利、芬蘭等，明令在酒吧、俱樂部、餐館和其他封閉的公共場所，禁止吸菸；推行十幾年後，吸菸引發的心臟病、中風等死亡事件，急遽下降。

臺灣的菸害防制法

高中生不應該吸菸

臺灣在民國 98 年 01 月 23 日修訂的「菸害防制法」規定：未滿十八歲者，不得吸菸。孕婦亦不得吸菸。父母、監護人或其他實際為照顧之人，應禁止未滿十八歲者吸菸。並且在高級中等學校，應全面禁止吸菸（圖 7）。

在高中，每學期都會有學生覺得課業枯燥、太難了、學不來，所以感到挫折、沮喪、煩悶，故意翹課一、兩堂，躲在廁所裡抽菸。當然，有的青少年是為了好奇、耍酷、炫耀以及「朋友都抽菸」或是表示「自己長大了，我要像大人一樣的抽菸」。而一個最容易被忽視的原因是「無聊」，一位青少年會做的任何一件事，就是只要



圖 7 國際認可的禁菸標誌

不會無聊就行啦！

少數高中生的成績，遠遠落後同學，始終跟不上學校老師所教的進度，即使請家教、補習也沒有用。在社會風氣與升學主義的影響下，學生容易陷於：「成績不好，似乎就是矮人一截」或是「誰說不讀書，只要身心健康，快樂就好，那根本是癡人說夢」等負面想法。由於高中實施學年學分制，即使多門學科被當，仍可選擇是否要重讀或重補修。在每學期都讀不好的狀況下，新學期還讀得動嗎？學生恐懼拿不到畢業證書，甚至沒有結業證書。於是，有的青少年開始吸菸，想麻醉自我，減少緊張或焦慮；改變心情，看能否突破現況，讓日子過得更好。

有些高中生中途輟學，放棄了課業，逃離學校。在沒有高中文憑的情況，他們將來找工作時，會更艱難；而出身於家境貧困的子弟，或是父母總在吵架、冷戰，甚至離異，缺乏家庭的溫暖與關愛等，容易只剩下自卑，擺脫不了的煩惱，始終跳不出「魯蛇」的困境。不幸的是，現在很多青少年，因環境、人際等壓力下，罹患了憂鬱症，父母通常不承認，也無法相信青少年會憂鬱；他們認為青少年不可能，也不該得到憂鬱症。也許就是因為這樣的誤解，才導致青少年寄託於煙霧中。

「香菸控」的脆弱心靈

據統計，每天有超過 4,000 名 18 歲以下的人，嘗試第一支香菸；糟糕的是，其中約有一半的人會持續的吸菸，這相當於每年有 73 萬新吸菸者。實際上，大多數終身吸菸者是在 24 歲以前，就開始養成吸菸的習慣。

吸菸的青少年普遍認為只要想，戒菸很容易，然而日後卻都變成了「香菸控」，大大低估吸菸風險，以及吸菸成癮的特性，戒菸難度實在超乎想像。而青少年吸菸，給人的社會觀感就是不佳。

走在臺灣的街頭巷尾，常可看到不少人在抽菸，有的人三、五成群，煙霧繚繞的，湊在一起猛抽菸；有的是低頭滑著手機，口裡叼著菸，孤單單的一人，在吞雲吐霧；甚至邊開車或邊騎車的狀態下，仍不忘抽根菸。像是被「香菸控」的，還是少抽根菸或別抽菸吧！

參考資料

1. Henningfield, Jack E.; Zeller, Mitch. (2006) "Nicotine psychopharmacology research contributions to United States and global tobacco regulation: a look back and a look forward." *Psychopharmacology*, Vol. 184 Issue 3/4, p286-291. 6p. DOI: 10.1007/s00213-006-0308-4.
2. Muggli, Monique E.; Ebbert, Jon O.; Robertson, Channing; Hurt, Richard D. (2007) "Waking a Sleeping Giant: The Tobacco Industry's Response to the Polonium-210 Issue." *American Journal of Public Health*, Vol. 98 Issue 9, p1643-1650. 8p. DOI: 10.2105/AJPH.2007.130963.
3. Kubalek, Davor; Serša, Gregor; Štok, Marko; Benedik, Ljudmila; Jeran, Zvonka. (2016) "Radioactivity of cigarettes and the importance of ^{210}Po and thorium isotopes for radiation dose assessment due to smoking" *Journal of Environmental Radioactivity*, Vol. 155, p97-104. 8p. DOI: 10.1016/j.jenvrad.2016.02.015.

圖片來源

圖 1～圖 7：shutterstock 圖庫提供

數位e秘技



遊戲，悄悄改變教育的世界

教師 巫昶昕

桃園市立大溪高中化學科

前言

現在的科技進步飛快，「天生數位化」的孩子愈來愈多，生活中他們能輕易的接觸到遊戲或複雜的虛擬情境，並渴望用一種前人不曾體驗的方式進行學習，筆者發現考試領導教學的授課方式，除了讓學生痛苦，也無法真正體會學科的有趣之處，爲了改善學習氛圍，嘗試將資訊與遊戲融入自己的課堂之中。遊戲式學習 (Game-Based Learning, GBL)，一直以來有許多專家學者的資料顯示其有助於學生學習，隨著教育近年鼓吹翻轉的浪潮下，未來 GBL 的影響力會愈來愈大，漸漸也有不少教師表示有興趣將遊戲應用於教學中，而本篇目的在於希望幫助教師們能順利展開。

教育遊戲設計的第一步

教育遊戲的重點在遊戲，因此得先學會玩，不管是數位遊戲、桌遊或其他不插電遊戲，必須盡情的體驗遊戲所帶來的樂趣及感受，遊戲對教師或任何人而言都是屬於新穎且複合型的領域，其中除了遊戲內容的設置之外，還必須融入說故事的元素，以及美編的美感設計，才能造就遊戲的流暢感，身爲教師的我們必須充分地去體驗遊戲中的每一項元素與環節，才能開始將我們的學科專業融入遊戲內容之中。

筆者在個人的教學領域已有數種教育遊戲作品，包含簡單的卡牌遊戲、數位桌遊¹、實體補救教具桌遊²以及接下來要與龍騰合作推出的教育桌遊，並規畫每年持續設計新的遊戲式學習教材，而爲了破除普遍認爲「遊戲是不務正業」的



思維及模式推廣，長久與臺科大侯惠澤教授合作，針對每種遊戲教材設計進行研究與分析，在理論的支持下用數據去證實確實能有效幫助學生學習，以及教材的合適性，而108新課綱的到來，正好給了我們很好的機會去發揮，行動研究則有機會再與大家分享。

對於想要著手進行設計的新手教師們，相信都會冒出一個關鍵問題，該從哪部分開始？接下來筆者會將範圍先鎖定在**卡牌遊戲**（初階）及**教育桌遊**（進階），並跟各位分享這幾年做中學的摸索經驗。

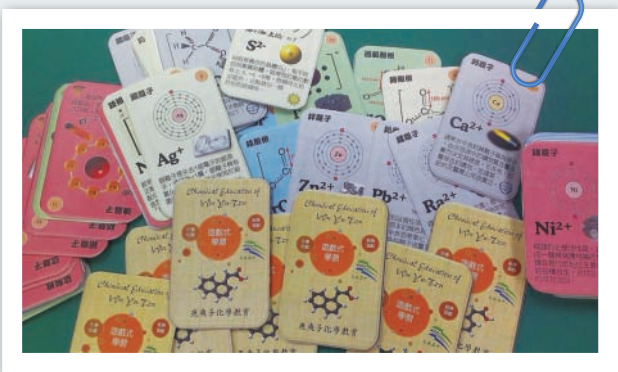


圖 1 卡牌遊戲設計



圖 2 數位桌遊操作畫面



圖 3 實體補救教具桌遊學習

設計時的重要原則

既然要設計一款教育遊戲，首先，一定要好玩，才能夠吸引學生來玩，其次才是讓使用者在遊戲中不知不覺地學會裡面的知識與技能，進而產生流暢、完整且有效的教學，這一切端看教師如何去設計與操作，接下來筆者將針對**遊戲性**與**學習性**的設計，分別說明。

遊戲性

遊戲的玩法千變萬化，要好玩具吸引力，可引入市場上常見的桌遊機制類型，如**建設、偽裝、談判、交易、計算、收集及競速**等二、三十種多元機制，我們在挑選使用的機制時，可以先從自己喜愛的部分下手，例如筆者喜歡**收集**東西，則使用此機制去尋找合適的教學單元，或者可以考量我們想要設計的主題在學習上有什麼樣的特性，例如想要的主題為化學分析，則可選擇**計算**的機制。當然，並非只能選用一種機制，也可以多種搭配使用，這會使得遊戲更豐富及多變化，但設計上仍需考慮課堂上能夠使用的時間，高中一節課為 50 分鐘，因此設計出來最合適的遊戲時間為 15 ~ 30 分鐘，加上考量大腦的認知負荷，建議使用 2 ~ 3 種組合較佳。

設計後可先找幾位夥伴或認真學生進行內部測試，檢測是否有掌握遊戲設計的核心要素，包



圖 4 桌遊多元機制



含新奇感、自由度、控制感、不確定性及成就感³。其中**新奇感**包含遊戲機制的簡單有趣、故事元素及美編設計；**自由度與控制感**包含遊戲內容與操作必須彈性且自主性高；**不確定性**在於自主行動後的部分隨機性、團隊助力與阻力；**成就感**在於目標達成的回饋。以上五項必須充分體現才足夠好玩及吸引力，而要讓遊戲的流暢度再提升，裡面還有許多的細節可以討論。

筆者觀察市場桌遊，發現牌卡占了很高的比例，這與牌卡有兩面可用、成本低及彈性大的特性有關，給了設計者很寬敞的創想空間，而新手在設計尚無法到達桌遊的複雜層次時，可先以卡牌進行簡單遊戲開發，並採用**配對、排序、交換、組合、選擇**或書寫等簡單的機制。

學習性

教育桌遊拆成兩部分來看，**教育**是希望以學生為中心且兼顧差異化的學習，而**桌遊**是一款使用者能夠自己玩且清楚勝負的遊戲。因此，教育桌遊應該是一款學生能夠自己揪團玩並自主**即時診斷**的學習教材，但學生卻難以對學科專業的東西進行診斷，往往都需要由老師們來判斷，這部分的確會讓教師們在設計上面臨較高門檻的挑戰。從筆者的經驗來看，除了遊戲過程中要能隨時診斷之外，設計時還必須掌握幾項認知要素，包括**遊戲目標、情境脈絡、鷹架探索、協作討論及心流投入**⁴。

設計的首務是要讓**遊戲目標**等於學習目標，才能讓樂趣與學習同步；**脈絡情境**在於讓學生有如身歷其境，自己當英雄的主動學習，關鍵在故事的包裝；**鷹架探索**是在遊戲的機制或配件上巧妙設計讓學生探索去完成短期目標，也在過程中學會周邊相關知識或技能；**協作討論**在設計上可讓學生有陣營的感覺，可討論合作，不至於陷入學習焦慮；**心流投入**與否可檢視教材的合適性，本篇暫不討論。

團隊合作更能有效優化設計

如同前述所提，一款優質的教育遊戲，除了有好的遊戲內容之外，在故事包裝與產品美編上必然做過一番努力，而教師並非全能，團隊合作各展專業才能激盪出更棒的遊戲教材，筆者是個在遊戲中長大的教師，希望自身經驗能有所用途，也開始在桃園及周邊經營社群，今年也在社群教師的設計中建議多種機制玩法，學科內容則由同科教師把關，用這樣的模式產出了不少遊戲教材，期盼更多有興趣的夥伴來共創與共好，歡迎透過龍騰或 FB 社群⁵來加入。



圖 5 教師社群運作

參考資料

1. 數位桌遊平台 (<http://61.216.137.189/Ebg/>)
2. 桌遊操作歷程分析說明 (<https://flipedu.parenting.com.tw/article/2796>)
3. 臺科大侯惠澤教授，微翻轉模式，遊戲核心元素。
4. 臺科大侯惠澤教授，微翻轉模式，認知分析要素。
5. # 教育桌遊及數位遊戲發展教師社群；# 巫魚子的海洋

圖片來源

圖 1、2、3、5：巫昶昕老師提供。

圖 4：中華民國圖板推廣協會主任講師，劉力君老師提供。