化學教室活動：
透過波卡教學法學習烷類有機分子

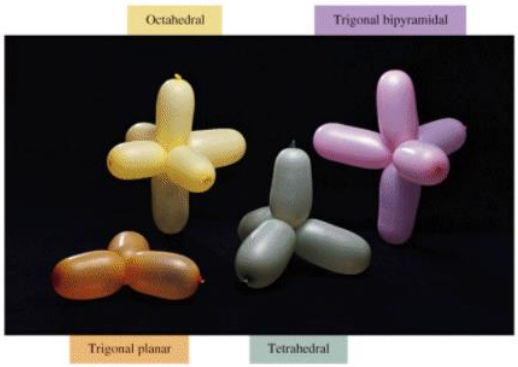
■ 學習方法與學習工具

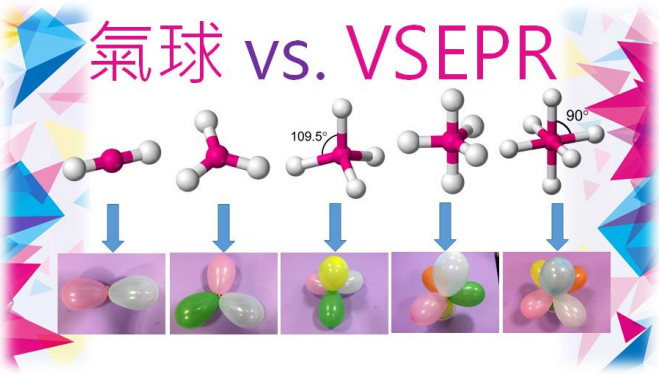
一、波卡教學法（POECA）

波卡(POECA)教學法是包含預測(Prediction)、觀察(Observation)、解釋(Explanation)、比較（Comparison）、應用（Application）等五階段的教學策略。活動開始是預測（Prediction）階段：先由老師拋出蘊含重要學習概念的問題，供各組同學投入討論並預測正確答案為何；在第二階段為觀察（Observation）階段：同學以動手體驗的方式進行觀察和探索；第三階段是解釋（Explanation）階段：由各組將探索和觀察的結果清楚地解釋與說明；第四階段是比較（Comparison）階段：同學針對已知證據和結果，與最初預測的結果相比較，說明學到什麼；第五階段則是應用（Application）階段：同學利用觀察、探索、解釋、比較所得的知識和技能，作為面對相關的開放性問題採取有效解決方案或新的探究行動。期待同學能經驗到「教學用波卡，學化學不卡」之學習旅程。

二、氣球分子（Balloon Molecules）

影響分子結構及形狀的因素除了藉由共價鍵與原子核的庫倫吸引力外，電子對之間的排斥力也具有極大的影響力。以吹氣打結後的氣球彼此纏繞來表示電子對的互斥結構已行之有年，雖然氣球具有容易消氣、不易保存、容易爆破及體積大小不易相同等缺點，且網路上許多示範影片多以氣球呈現具單一中心原子的分子立體架構，如圖一所示。然而，氣球仍具有價格低廉、可消氣重複使用、體積可大可小、色彩繽紛、全體學生皆可體驗等優點。





圖一：左圖是網站上以氣球模擬 VSEPR 結構；右圖是筆者以氣球模擬 VSEPR 分子結構

三、有機分子結構 App

有機分子結構撲克牌是一個是結合擴增實境與虛擬實境的撲克牌，內容包含高中化學課程中有關烴類（第一套）、醇類、醚類、醛類、酮類（第二套）及酸類、酯類、胺類、醯胺類（第三套）的常見分子。使用時只要從撲克牌上的 QR code 或是蘋果（或安卓）網路商城上尋找三個 App：Molecules 1 AR/VR, Molecules 2 AR/VR 及 Molecules 3 AR/VR 的下載連結，下載後便可將行動載具作為分子觀測鏡使用。

■ 活動過程

一、預測（Prediction）階段 【挑戰一】：有機世紀預言

活動內容：表一中的氣球模型是某種有機分子的立體結構，已知此分子為飽和的烴類，請進行小組討論並將預測結果填表一中。

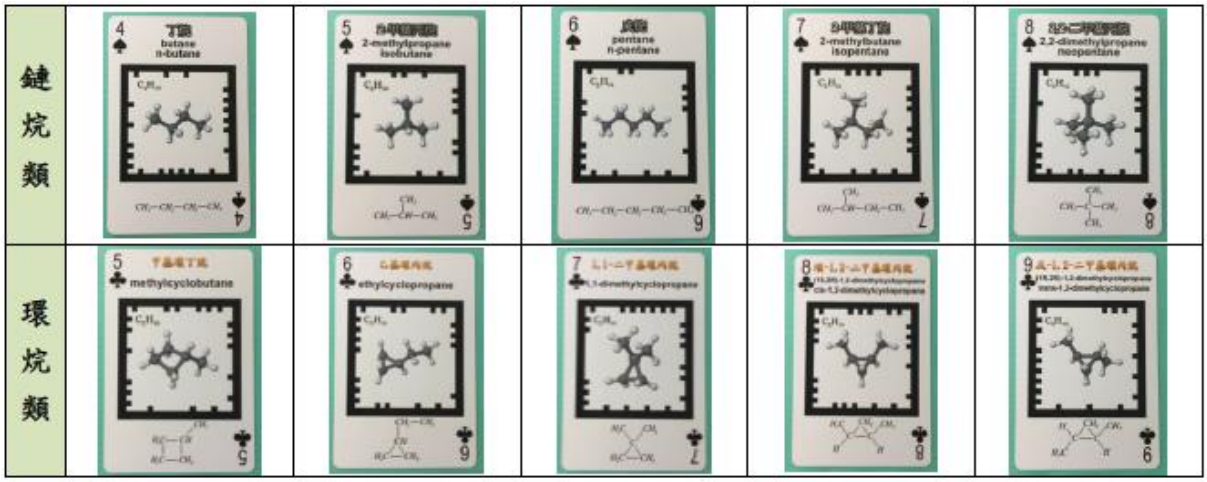
表一：有機烷類分子式及其相關性質預測表

分子式_____	
	結構式_____
	學名_____
	紅球表示_____
異構物總數_____個	綠球表示_____
鏈烴異構物_____個	使溴水褪色_____個
環烷異構物_____個	使 $KMnO_4$ 褪色_____個

二、觀察（Observation）階段 【挑戰二】：有機 VR 體驗

活動內容：(1)到 App 商店下載「Molecules 1 AR/VR」；(2)點開 App 並對準撲克牌正中心（見表二），即可看見兩個立體分子並可用手轉動分子；(3)運用 VR 眼鏡即可進入 3D 世界體驗立體場景，仔細觀察並找出與〈挑戰一〉之預測階段相同構造的分子。

表二：常見有機烷類分子撲克牌彙整表



三、解釋（Explanation）階段　【挑戰三】：真相追追追

活動內容：(1)請依提示製作 6 種球串（共 19 條）—綠球 17 個，紅球 38 個。(2)請從串好的 6 種 19 條球串中，選取合適長度的球串（共 4 條），設法製作出與〈挑戰一〉（在預測階段提到）相同的分子結構。(3)請運用適當的球串組合成表三的五種正烷類，拍照討論並完成表三。

表三：正烷類的結構與性質比較表

組裝分子	甲烷	乙烷	丙烷	正丁烷	正戊烷
幾何排列					
球串數	2A	B+2A			
比較	m.p.主要隨 M 增加而_____，但是_____例外，因為_____				

四、比較（Comparison）階段　【挑戰四】：有機分子特性比較

活動內容：(1)請學生在解釋（Explanation）階段實作所得球串分子與最初預測（Prediction）的答案進行比較，並說明有何特別的發現。(2)請運用適當的球串組合出三種「戊烷異構物」，並經由小組成員進行特性比較和討論後，將所需的球串個數、熔點和沸點的值及判斷原因等特性填入表四。

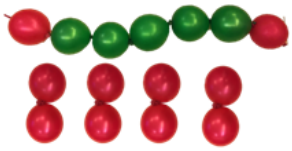
表四：戊烷異構物的結構與性質比較表

分子種類	正戊烷	異戊烷	新戊烷
分子模型			
球串個數			
b.p.大小	9.5 / 27.8 / 36.1	9.5 / 27.8 / 36.1	9.5 / 27.8 / 36.1
	原因說明：		
m.p.大小	-160 / -130 / -16.6	-160 / -130 / -16.6	-160 / -130 / -16.6
	原因說明：		

五、應用（Application）階段　【挑戰五】：有機異形大挑戰

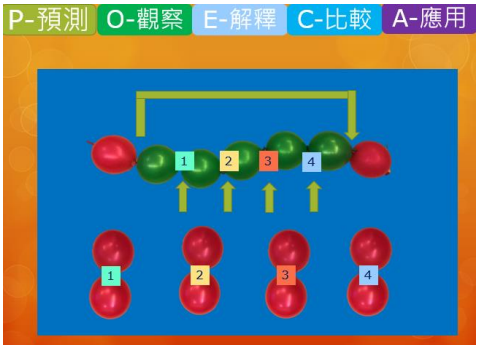
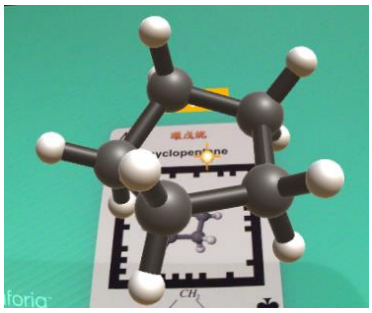
活動內容：(1)請從已串好的 6 種 19 條球串中，取出 5 條球串（F＋4A），組成四種互為同分異構物的「烷類」分子，拍照上傳雲端，並共同完成表五。

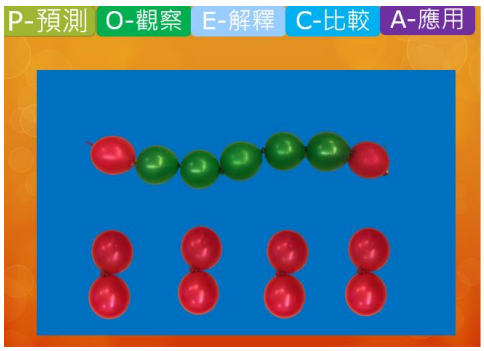
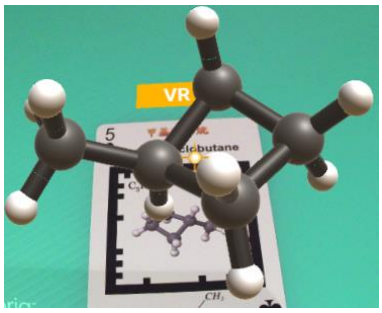
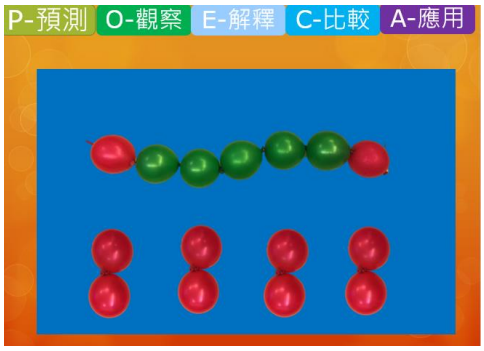
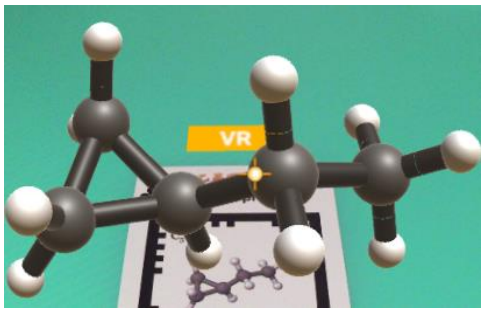
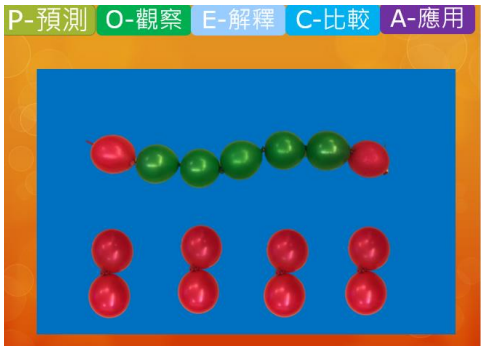
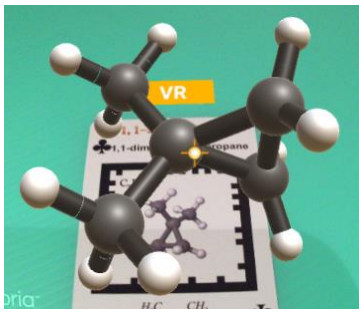
表五：固定 F+4A 球串數的異構物結構式表

分子式_____	結構式 1	結構式 2	結構式 3	結構式 4
				

(2)請參考表六中〈範例〉的球串扣接（用箭號和線段表示）之標示方式，在球串圖片中標示出〈甲〉〈乙〉〈丙〉三種異構物分子的球串扣接順序，並完成這些異構物的 IUPAC 命名。

表六：某一有機分子的球串模型和球棍模型

	氣球模型球串扣接方式	球棍分子立體結構
範例		

		命名：_____
甲		 命名：_____
乙		 命名：_____
丙		 命名：_____

(3)（進階挑戰）與上述分子式相同的有機物中，除了表中的四種同分異構物之外，還有多少種異構物？製作這些異構物所需的球串為何？其 IUPAC 系統命名為何？

教材設計：吉佛慈，國立臺灣師範大學附屬高級中學

資料來源：《臺灣化學教育》（http://chemed.chemistry.org.tw/），第二十五期。