

一. 報告內文(Content)(至少 3 頁)

1. 研究動機與目的(Research Motive and Purpose)

請描述所選擇研究議題的問題挑戰與背景、教學實務現場遇到之挑戰以及該議題的重要性與影響力。

有機化學為醫學大學裡的核心基礎科學科目之一，相較於其他的化學核心課程，其課程架構與教材、網路開放式資源相對較為完整，因此學生除了可以從課堂講授上獲得知識外，也比較容易取得較多的資源來支持學習。縱然如此，有機化學還是一門相當龐大且繁雜的學科，學生容易以記憶與背誦的方式來學習，對於後續專業課程的銜接常會產生嚴重落差。本校將有機化學列為必修課程的醫事相關科系，都將課程安排在大一，而每週 2 小時為期 18 週的課程，若以傳統課程規劃與進度來授課，內容通常較為龐大且零散，學生在學習上較為吃力，成效因此不佳；而且身為本校大一核心課程的授課老師，也是高中生進入大學後第一線的教育工作者，如何銜接高中化學教育讓學生能夠順利進入大學學習的軌道中，實為提出此研究計畫最主要的動機之一。因此我們鎖定學生較難理解的有機分子立體化學作為主題，開發出 AR/VR 虛擬實境教具，且利用智慧型裝置與虛擬教具來輔助同學了解複雜的三度空間立體化學概念。課程設計將引入此虛擬實境教具，加強學生對於抽象的有機分子立體結構表徵方式的理解與不同表徵方式之間的轉換。我們運用翻轉與問題導向式教學，創造出一套複合式的教學模組。我們將進一步探討是否能夠透過教學模組提高學習效率，也將探討虛擬實境的教具與教案設計，是否能夠具有與傳統實體分子模型一樣的教學效果。以上研究成果將對於化學教育社群產生一定程度的影響，而更重要的是希望學生們在修過有機化學後，能夠熟悉各種有機分子的立體結構表徵方式，之後在修習生物化學等進階課程時，辨識分子的立體結構時不會產生學習落差。此研究計畫的目的主要是希望了解虛擬實境的教具是否能夠達成與傳統實體分子模型一樣的教學效果；研究目標為了解所設計之複合型教學模組，結合翻轉教學與問題導向式學習，利用團隊討論方式在同儕帶領下學習的模式，是否能夠有效提升學生在有機立體化學的學習成效。

2. 文獻探討(Literature Review)

請針對本教學實踐研究計畫主題進行國內外相關文獻、研究情況與發展或實作案例等之評析。

關於如何訓練學生有關三度空間立體化學的概念，大部分的文獻討論還是著重在使用傳統的實體分子模型的方法^[1-3]；2017 年。Oliver-Hoyo 等人針對大學裡化學與生物化學教育，回顧了各種加強立體空間解讀技巧訓練的教學方法與教具開發，其中特別強調了有機分子化學結構四種表徵方式，包含 Ball & stick、Dash & Wedge、Fischer 投影法、Newman 投影法等^[4]。課堂上使用實體分子模型(physical models)或電腦輔助的工具來訓練學生，尤其是各種結構表徵法之間的相

互轉換，是很多專精化學教育的團隊相當重視的方向。同年，Gillette 等人透過教學研究比較兩種方式來學習立體化學，第一是預先錄製操作分子模型的影片，放在 Moodle 平台上讓學生看影片學習立體化學概念；第二種是傳統進入課堂上操作模型輔助學習^[5]。研究結果有趣的呈現出運用兩種方式來輔助教學，學生在最終考試成績表現上並無顯著統計上的差異。研究結果說明了運用實體分子模型來輔助立體化學教學的重要性，也說明了只在家看影片學習成效與實際操作相近的原因之一為學生可以在家裡反覆觀看影片，直到徹底了解為止，但是在課堂上操作則會受到授課時間的限制，因此學習成效會打折扣。若進一步去了解考試題目的難易度，發現都是相當基本的立體化學概念，因此也有可能鑑別不出兩者的差異；當增加結構複雜性而提高難度時，例如從一個立體中心變成兩個以上立體中心的化學結構，這兩種學習方法可能就會有差異產生，但是學生能夠自我學習反覆操作還是相當關鍵的因素，這也是只能在課堂操作實體分子模型的限制。

上述論文中的研究團隊所錄製影片內容包含烷、烯、環烷、鏡像異構物等分子模型與立體化學，剛好與我們在翻轉教學強調的內容重點吻合。我們在研究計畫中所提出利用虛擬實境 AR/VR 教具剛好可以站在這個研究的基礎上，讓同學可以在家裡反覆演練，更重要的是我們所設計的教具”不只是影片”，可以確實讓同學在眼前”看到”這些化學分子，並與這些化學分子「互動」，用手指或手勢旋轉、翻轉它們，甚至可以拆解化學鍵結，從各種不同方式學習與這些分子互動，加強有機分子三度空間的立體化學觀念，我們相信虛擬教具搭配影片錄製將更具有輔助學習的效果，絕對可以彌補課堂上教學時間不足的困擾。以申請人自身在大學時期學習有機化學的經驗，老師幾乎沒有強調動手操作分子模型來學習立體化學的重要性，常常輕描淡寫地要求學生自己回去看就會懂，因此對於抽象的空間概念其實相當模糊，因此我們才想要來開發這個系列的教具，讓學生可以回家反覆練習。關於擴增實境或虛擬實境教具的開發，2018 年 Nano Simbox 的研究團隊(<https://isci.itch.io/nsb-imd>)，以 HTC Vive 為操作平台開發出與富勒烯(C₆₀)、奈米碳管(carbon nanotubes)、螺旋烯(helicene)、聚胜肽(polypeptides)互動的 VR 虛擬教具，讓一位或多位使用者以遊戲方式了解這些新穎材料分子特殊的物理化學特性^[6]。另外，師大科學教育研究所邱美虹教授的團隊持續針對高中有機化學開發了一系列的虛擬教具^[7-13]。她們也特別強調這些新型態的教具可以將較複雜或抽象的微觀概念以模型方式呈現，而且行動科技的優點就是處處可學習，學生可以透過反覆操作或觀察達到自學的功能。因此我們的計畫內容重點放在開發配合大學有機立體化學教材的輔助虛擬教具，延續邱教授所開發出來適用於高中化學的教具與教案，讓大學教師與學生利用新的方法建構有機化學基礎概念。

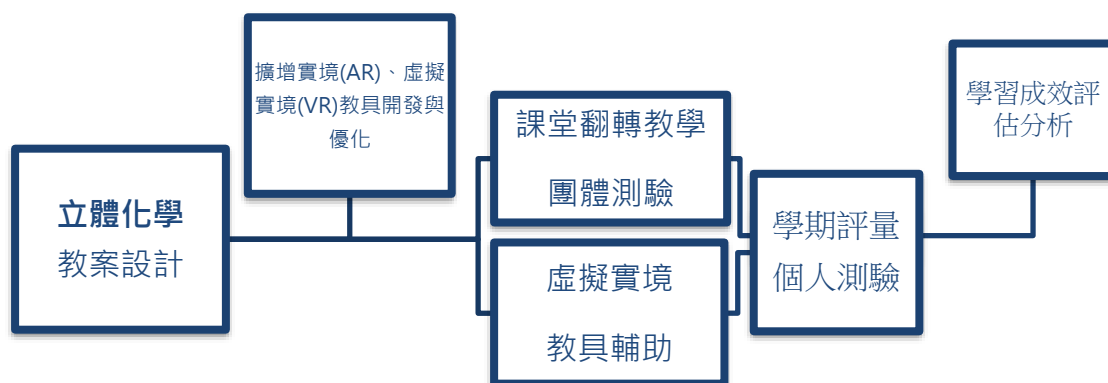
3. 研究方法(Research Methodology)

研究對象為大一學生，都是由多元入學管道進入本校就讀，無特殊先備特質或學習經驗的需求。計畫所開發的教案或教具，主要針對高中化學教育之銜接與延伸，建構往後進階必選修課程的核心基礎能力。在基礎有機化學課程架構下，利用立體化學(stereoisomerism)為核心，連結各官能基的基礎有機化學反應，並導入翻轉教學方式，讓學生在家先學習預先錄製好的教材與網路開放式課程，到課堂

上以分組方式回答老師設計好的題目關卡，直接釐清學習時所遇到的問題。藉由小組討論、問題搶答的方式刺激學生的學習動力，同儕間彼此學習。實施場域鎖定大一學生，期望透過翻轉教學對於問題的深入討論植入學習基礎科學的正確態度。教學目標是要協助學生能夠在各種教具與教學方法的輔助下，有效的學習抽象的有機分子立體化學概念，熟悉不同化學結構表徵法之間的轉換，期望學生之後在修習生物化學等進階課程時，辨識分子的立體化學結構時不會產生學習落差。教學方法主要是針對上述特定的立體化學主題，我們將同時導入 AR/VR 虛擬實境的教具，讓學生可以在課堂上進行翻轉教學時輔助使用針對不同主題以循序漸進的方式來挑戰老師所設定的題目；同學也可以自行回家操作虛擬教具與教案，依據個人在課堂學習上的差異自我學習。成績考核方式主要分成兩個部分，第一為翻轉教學現場分組進行問題挑戰時的團體成績，第二則是在學期測驗時的個人成績，老師會將相關主題的考題置入試題中，主要可以評估出每一位同學在教學模組訓練後的學習成效。對於教學研究來說，最重要的評估將會是透過團體翻轉教學與個人化測驗，分析虛擬教具是否對於學習有幫助，且進一步了解虛擬實境的教學方式對於建構有機立體化學概念的可行性。而在學習成效評估工具上，我們主要仰賴 ZUVIO 雲端及時反饋系統來協助翻轉教學的進行，以及統計數據的即時蒐集與分析。

4. 教學暨研究成果(Teaching and Research Outcomes)

(1) 教學過程與成果



圖一、教學過程架構圖。

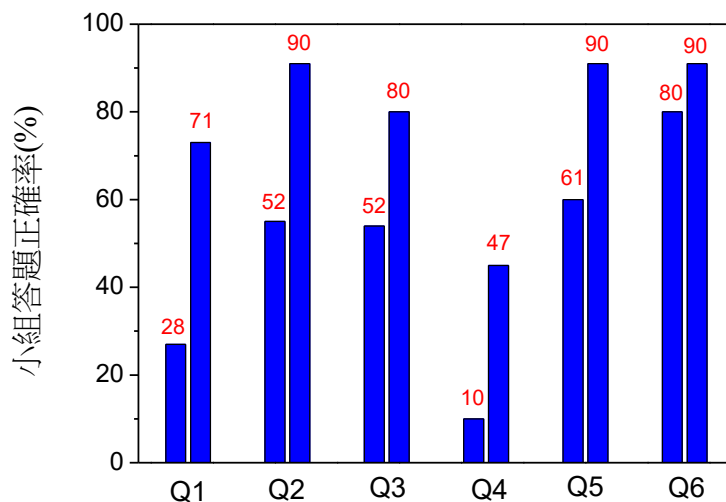
107 年度的研究計畫案的對象為本校生物醫學科學系的大一學生，而有機化學(含實驗)為該系 2+1 學分的基礎科學必修課程，107 下學期規劃每週 2 小時的基礎有機化學課程，與 1~3 小時的有機化學實驗課程。由於實驗課程內容設計是搭配正課課程內容，因此在整體教學上具有較大的彈性，可以靈活運用實驗課時間來進行立體化學的教案與教具施作。以往在與立體化學相關的實驗課程，我們通常都是在課堂上帶領同學操作「實體分子模型」，讓抽象的三度空間觀念可以藉由操作實體模型而釐清。但由於是分組教學，每組約 3~4 位同學在老師與助教的引導下操作，常常遇到的問題是同學們在課堂有限的時間內，無法完全理解較為複雜的概念，課後希望能夠將分子模型教具帶回家自行操作。所以在傳統的教學模式上常凸顯出課堂教學時間不夠，

教具無法提供每位同學帶回家自行學習的問題。因此我們希望能夠設計出 AR/VR 虛擬教具，讓上述在教學現場發生的問題得到改善。

教學前準備是針對有機分子立體化學的三個主題：「化學結構表徵法與相互轉換」、「構象與構型異構物」、「鏡像與非鏡像異構物」，設計相關教材教案，並與軟體開發工程師討論如何配合教案，製作出可與學生互動之 AR 虛擬教具，之後學生可以自行下載並安裝在個人的智慧型裝置上。在翻轉教學課程進行前，我們採用複合模式讓學生學習有機分子立體化學的知識，也就是課堂講授與錄製影片讓學生自我學習同時進行的方式。接著我們運用實驗課程的彈性時間，帶著同學們學習操作 AR 虛擬教具，認識軟體操作的各種功能，之後在課堂上設定挑戰問題，讓同學們分組並藉由同儕討論來回答問題，此時 ZUVIO 雲端即時反饋系統是一個非常重要的教學工具，讓我們可以快速掌握各小組的學習狀況；當小組答題正確率偏低時，我們會適時引入虛擬教具輔助解析較為複雜的問題，之後讓各小組再回答一次問題，藉此可以分析出虛擬教具對於抽象的三度空間概念理解上的幫助，而這個部分的教學可以得到以小組為單位的「團體評量成績」。但是如上所述，每位同學在課程進行中的學習程度會有差異，小部分同學天生具備較好的三度空間解析能力與領悟力，不需要教具輔助就可以理解概念；部分同學在透過課程引導與同儕討論後也可以順利理解，但一部分同學可能就必須在課後自行操作虛擬教具，依照個人學習差異持續加強較為薄弱的空間概念。因此我們在學期個人評量測驗中，置入相關立體化學問題，測試每一位同學對於我們所設定的問題與重要概念理解程度，也藉此了解同學們自行在家透過虛擬教具輔助學習的成效。這個部分可以得到「個人化評量成績」，將團體與個人兩項成績加總後即為每位同學在基礎有機立體化學的表現。

我們將生醫系一年級修課同學分成 21 組，每組 3 位同學，如圖二所示，我們挑出翻轉課程中六個具有代表性的立體化學挑戰問題 Q1-Q6，各小組答題正確率；每個問題前後兩條柱狀數據代表無、有 AR 虛擬教具輔助下的數據統計。Q1-Q4 的目標有機分子是具有一個立體中心(stereocenter)的鏡像異構物，問題的設定是「化學結構表徵法(Dash & Wedge / Fischer / Newman 投影法)的轉換」、「R/S 異構物的辨識命名」等重要觀念；Q5-Q6 以則是具有兩個立體中心的異構物作為目標分子。雖然這些問題難易程度不同，尤其 Q4 是綜合多種觀念的題目，對於初學者具有一定的難度，因此答對率偏低。但是從結果中都可以一致發現，小組答題正確率在教具輔助下皆有顯著的提升，說明了我們所開發出來的 AR 虛擬教具與實體分子模型具有相近的輔助學習效果。學生透過與教具互動(旋轉、翻轉目標分子)，讓抽象的三度空間立體化學概念具象化，並且在同儕相互討論與學習下，提升個人的學習效率。另外，問題挑戰的順序是從 Q1 到 Q6，我們也發現隨著課程的進行，小組答對率越來越高，面對較為複雜的具有兩個立體中心的分子，反而展現出更好的學習成果。我們推測是因為隨著一次次的同儕討論與虛擬教具操作，同學們逐漸能夠掌握更為複雜的系統。而這樣的翻轉課堂表現狀態，是以往

未曾發生的學習效果，說明了我們所開發出來的 AR 教具的確能夠幫助同學快速理解複雜的有機分子立體化學概念。



圖二、翻轉教學之問題挑戰 Q1-Q7 在有、無使用 AR 虛擬教具輔助的小組答題正確率統計。

如前所述，我們也在學期評量中置入兩個相關問題(Q7、Q8)，以了解“個人”在學習上的效果。問題的設計還是以一個與兩個立體中心的有機分子為主角，測試同學們對於「化學結構表徵法的轉換」、「鏡像異構物的辨識與命名」兩大學習目標的理解程度。我們同時以問卷調查確認約有 50% 的同學，課後有再使用 AR 虛擬教具來輔助自我學習。測驗結果發現分別有 46%、33% 的同學，可以正確回答一個與兩個立體中心目標分子的立體化學問題。此數據看起來雖然尚有一大段進步的空間，但若與 106 年度未施作虛擬教具輔助之翻轉教學教案的班級相比(Q7-Q8 兩個题目的答題正確率分別只有 28%、18%)，還是看出學生在學習效率上有明顯的進步。

(2) 教師教學反思

我們提出此研究計畫案的緣由，是因為這幾年在進行有機分子立體化學的翻轉教學時，看到動手操作實體分子模型對於同學們在學習成效上的輔助，也發現透過小組同儕討論對於整體學習的幫助。但是受限於課堂教學時間不足，教具無法提供每位同學帶回家自行訓練的問題，因此萌生了開發 AR/VR 虛擬教具的想法。在使用過 AR 教具輔助翻轉教學後，我們確實看到同學們在學習效率的提升，尤其是大部分的同學對於抽象的三度空間解構能力較為薄弱，更凸顯出使用此教具的優勢。我們也觀察到雖然 AR 教具能夠提供與分子互動的訓練模式，加強對於立體化學的觀念理解，但畢竟教具中的化學分子還是以二維方式呈現，與真正三維的實體分子模型還是有差距，對於空間概念非常薄弱的同學，訓練效果著實有限。我們認為若能夠真正使用 VR

虛擬教具來輔助學習，對於學習一定有更為全面性的提升效果。雖然近幾年 VR 虛擬實境設備逐漸普及，例如我們的軟體開發就是設定常見的 HTC Vive 作為操作平台，但經費限制下還是很難讓課堂上每組同學都能夠有一套 VR 設備來操作；相較之下，智慧型手機的普及率近乎 100%，人手一機的情況下讓 AR 教具可以有效提升每個人在課堂上的學習效率，而 AR 教具能夠提供課後自我學習的優點，則是 VR 教具很難比擬的了。雖然計畫主持人在 108 年度沒有辦法繼續獲得經費補助，蒐集更多大一新生在使用教具輔助下的學習成效數據，但我們還是非常樂意透過教案設計與交流，協助全國有興趣的老師將此虛擬教具置入基礎有機立體化學的課程中。

(3) 學生學習回饋

整體課程結束後，我們也設計了問卷來統計同學們自己對於 AR 虛擬教具輔助學習的看法。超過 85% 的同學認為分子模型虛擬教具的確可以幫助他們更了解有機立體化學；我們接著以 1-10 分的強度量表讓學生自我評估兩項指標 (1 分代表完全不懂、10 分代表非常理解)：

1) 若只有透過課堂講授或在家觀看預錄好的課程影片來學習，對於有機立體化學的理解程度、2) 實際操作過 AR 虛擬教具學習後，對於有機立體化學的理解程度。結果顯示第一項指標同學們自評的加權分數約為 4.9 分，而第二項指標明顯進步到 6.8 分，這也說明了同學們認同我們所開發出來的 AR 虛擬教具，可以有效幫助他們理解複雜的有機立體化學概念！另外，我們也在執行教具的過程中，蒐集同學們在軟體操作上的建議，反饋開發工程師進行使用介面優化，讓操作更夠貼近使用者的慣性需求。因此目前在 Google Play(2.6 版)與 App Store(2.5 版)公開上架的 AR 虛擬教具已經是優化測試版本，非常歡迎有興趣的老師們可以自行安裝使用。

二. 參考文獻(References)

- [1] Penny, M. R., Cao, Z. J., Patel, B., Santos, B. S. D., Asquith, C. R. M., Szulc, B. R., Rao, Z. X., Muwaffak, Z., Malkinson, J. P., Hilton, S. T. (2017). Analogue Three-Dimensional Printing of a Scalable Molecular Model and Orbital Kit for Organic Chemistry Teaching and Learning. *J. Chem. Educ.* 94, 1265-1271.
- [2] Silva, D. E. M., & Ribeiro, C. M. R. (2017). Analogue Three-dimensional Memory Game for Teaching Reflection, Symmetry and Chirality to High School Students. *J. Chem. Educ.* 94, 1272-1275.
- [3] Winfield, L. L., McCormack, K., Shaw, T. (2019). Using iSpartan To Support a Student-Centered Activity on Alkane Conformations. *J. Chem. Educ.* 96, 89-92.
- [4] Oliver-Hoyo, M., & Babilonia-Rosa, M. A. (2017). Promotion of Spatial Skills in Chemistry and Biochemistry Education at the College Level. *J. Chem. Educ.* 94, 996-1006.

- [5] Gillette, A. A., Winterrowd, S. T., & Gallardo-Williams, M. T. (2017). Training Students To Use 3-D Model Sets via Peer-Generated Videos Facilitates Learning of Difficult Concepts in an Introductory Organic Chemistry Course. *J. Chem. Educ.* 94, 960-963.
- [6] O'Connor, M., Deeks, H. M., Dawn, E., Metatla, O., Roudaut, A., Sutton, M., Thomas, L. M., Glowacki, B. R., Sage, R., Tew, P., Wonnacott, M., Bates, P., Mulholland, A. J., Glowacki, D. R. (2018). Sampling Molecular Conformations and Dynamics in a Multiuser Virtual Reality Framework. *Sci. Adv.* 4, 2731-2739.
- [7] 邱美虹 (2014)。科學教學的新典範-行動科技、擴增實境與 3D 實驗影片教學。 *台灣化學教育* 1(3), 251-256。
- [8] 邱美虹、唐尉天 (2014)。行動科技與擴增實境在科學教育上的應用。 *台灣化學教育* 1(3), 257-263。
- [9] 陳怡宏 (2014)。有機分子模型擴增實境。 *台灣化學教育* 1(3), 264-266。
- [10] 鄭焜珍、邱美虹 (2014)。擴增實境在化學教育上的應用。 *台灣化學教育* 1(3), 267-273。
- [11] 翁榮源 (2014)。我如何利用智慧型手機提升學生學習化的動機。 *台灣化學教育* 1(3), 283-286。
- [12] 邱美虹 (2015)。另類翻轉教室-創造擴增實境的學習環境。 *科學研習月刊* 54(10), 1-6。
- [13] 邱美虹、周金城、洪達民、陳怡宏、許晉維 (2018)。中學化學 App 教材與教學:以擴增實境與虛擬實境學習元素與有機分子結構。 *台灣化學教育* 23。

三. 附件(Appendix)

與本研究計畫相關之研究成果資料，可補充於附件，如學生評量工具、訪談問題等。

1. 可供手機直接掃描系下載安裝的 AR 虛擬教具快速連結



2. Q1-Q7 的挑戰問題影片連結:

Q1: <https://youtu.be/oAfx0WF1tig>

Q2,3: <https://youtu.be/PgU84XfiPwM>

Q4: <https://youtu.be/8yGne6bXVmk>

Q5: https://youtu.be/9N_7v71Av0s

Q6: <https://youtu.be/j6dgxBHwj34>

Q7,8: <https://youtu.be/yZNiqDTECeg>