

教育部教學實踐研究計畫成果報告
Project Report for MOE Teaching Practice Research Program

計畫編號/Project Number：PMS107023

學門分類/Division：數理學門

執行期間/Funding Period：2018/08/01-2019/07/31

光學課程翻轉教學造成學生參與程度及思考與動手能力增進之研究
光學 I、光學 II

計畫主持人(Principal Investigator)：鍾德元

共同主持人(Co-Principal Investigator)：

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：中央大學光電系

繳交報告日期(Report Submission Date)：2019/8/20

一. 報告內文(Content)

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

目前大學端的教育常被業界認為有極大之學用落差，學生於過去的教育中訓練到的是尋求立即的答案、標準答案、看似可用的公式、而後快速的作答！由於尋求立即的答案，最常見的是直接上 google 查資料就整筆 copy 下來。甚至對內容都沒有理解，缺乏思考過程，亦無法整理知識。這些知識對學生而言只是為了考試，而不是實際可用的，加上缺乏實作的能力，這些學生一旦進入職場，學生跟業界就出現學用落差這樣的講法！這也是大學端老師應該要檢視的問題，因此或許讓學生真正的練習思考、培養動手解決真實問題的能力是現在學生需要的。然而以何種方式能夠刺激學生思考與自己動手，則是個長久以往以來的問題。另外，傳統授課方式學生的參與程度似乎與老師的個人魅力有著極大的關聯，而非課程內容本身，從過往的經驗也發現，學生參與程度越高，表現似乎也有較佳的表現，Hu 等人亦對台灣書苑之研究得到類似結論[1,2]。因此如何的增加學生的參與程度、激勵學生的學習動機進而達成學習目標亦是個教育者在學生對手機與社群媒體有高度黏著性時代的大挑戰。本人進行翻轉教學教授光學已進入第四年，嘗試以翻轉教學方式加入小組討論、課堂問題與活動，試圖刺激學生、提升學生參與程度、引起學習動機，更期待有更佳的學習成效，過去本人教授光學不論是否採用翻轉教學，學生對於光學之教學評量綜合評分都能維持不錯的成績，或因個人風格強烈，學生意見回饋常常出現兩極化的評論。然而採取翻轉教學後學生大多也呈現正面反應表示有正面的影響，然而仍有一些意見表示不適應或不喜歡甚至認為浪費時間。因此認為對於以翻轉教學提升學生課程參與程度、刺激學生思考、動手解決問題能力之目的是否達成需要有更仔細且定性與定量的評估。

2. 文獻探討(Literature Review)

翻轉教學之概念於 2007 年開始於美國高中教學開始流行，而當時的發想僅是為了幫缺席學生補課，進而逐漸發展成為影片與課堂活動之模式[4]。約 2013 年於台灣開始發展，是為相對新穎的教學概念，而對高等教育端而言，翻轉教學並不見得是容易執行的，然而翻轉教學的本質上仍然是教學，不過由於把上課時間改為課堂活動，使得學生與老師間的互動增加，因此有了一個新的機會讓學習變得更多樣[5-7]，老師能夠給與學生更多的可能性，Sams 與 Bergmann 亦提出翻轉教學的核心並不是影片，而是讓老師思考要如何更有效的利用上課時間，讓學生能夠更深入的思考，達成自主學習[8]。也因為再次以學生學習為中心發想，使得學生的動機(motivation)及參與(engagement)能夠更加提高[9]，而一般認為學生產生動機後參與程度才會越高，參與程度高的學生的整體表現(achievement)會更佳[10-12]。而現在電子平台於移動裝置的普及，也讓翻轉教室的活動與交流越來越有機會趨近學生容易觸及與黏著的平台，也使得學生有更高的動機與意願學習。

本人進行光學翻轉教學已進入第四年，執行方式簡述於下：

1.翻轉教學：預先錄製教學影片，每次課程影片約 30-40 分鐘，上課前學生自行找時間觀看。影片內容將投影片與老師授課情形同步並陳如圖 1、圖 2，學生可以同時看老師上課與投影

片，投影片內容於每章開始前也以電子檔形式給學生，因此學生可以於觀看影片時做自己的筆記。

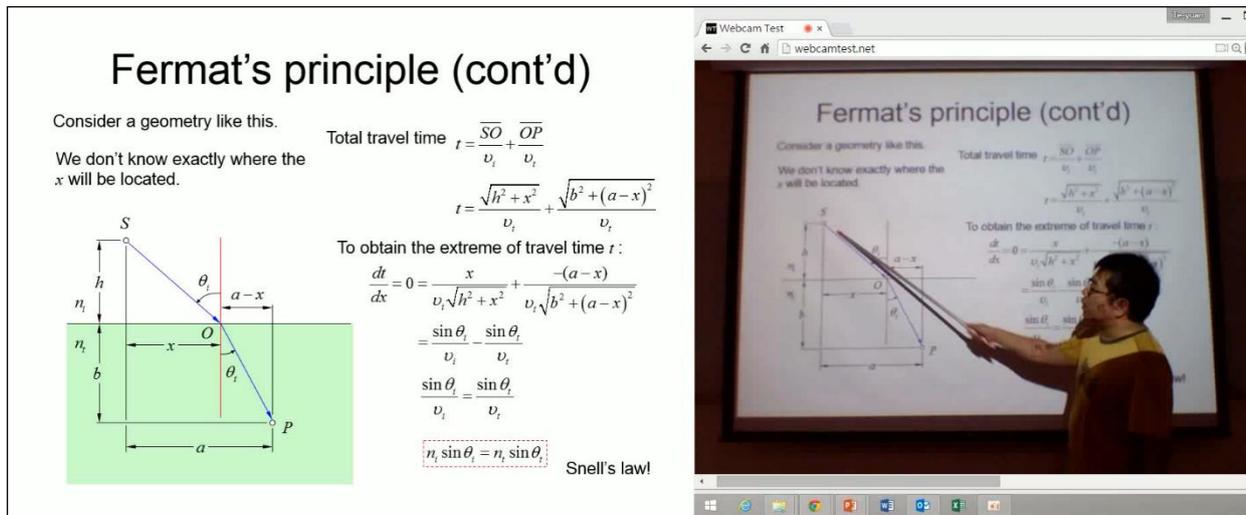


圖 1、課程影片範例，左側為高解析度投影片內容，右側為上課螢幕，兩邊同步，學生可以輕易看到老師在討論的部分。

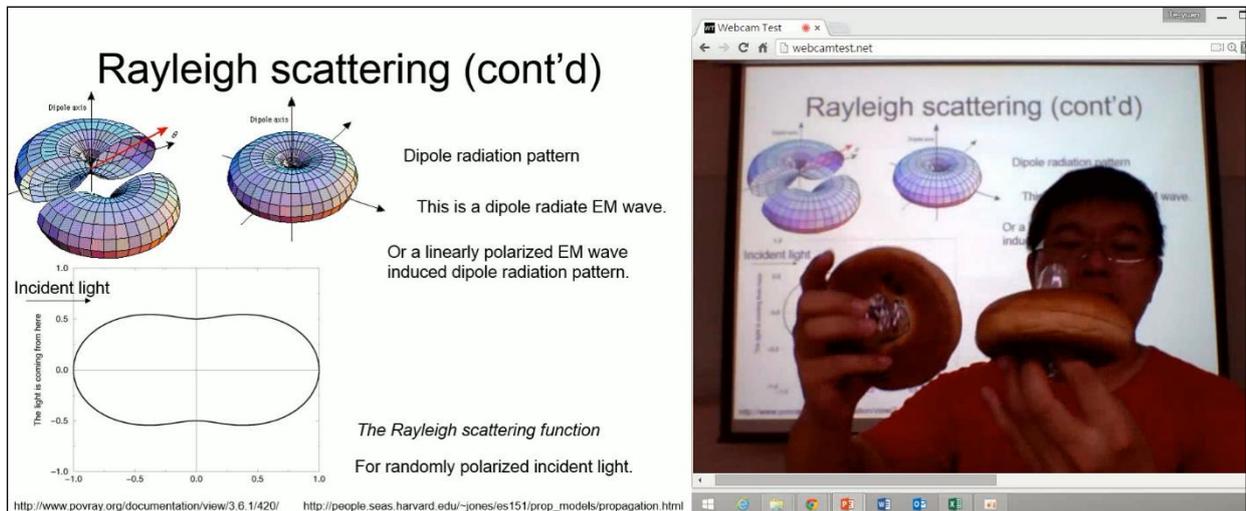


圖 2、課程影片範例，就如同上課時演示，由於老師可以靠近鏡頭，學生更容易看到小型的演示品。

2.提問與回饋：學生在看完影片後與上課前被要求要提出對課程內容之問題，並且要對自己的表現評分，此作法目的在給學生一個壓力要在課前看影片，也要求學生要思考學習問問題，也練習學生書面表達能力。這個提問與回饋建立於 google 表單平台上如圖 3，學生被要求上課前一天晚上要填寫，這部分也列入成績計算。這些提問可在 google spreadsheet 平台上整理成完整且容易處理的格式如圖 4，以這種方式可以讓學生願意問問題，而不會因為害羞而不敢提問，不再像是傳統上課方式老師問學生有沒有問題時台下一片安靜！這種方式可以立即性的發現學生不了解的地方，並進行回答。回答是最耗費時間的工作，將 google spreadsheet 之問題部分剪下於 word 中編輯回答如圖 5，糾正學生邏輯、語意與錯字，最後貼上 facebook 讓所有同學都可以看到有那些問題跟老師的回答。

QUESTIONS RESPONSES 67

Ch.4 - Lecture 04 05 06 簽到

2017/10/20

姓名
Short-answer text

學號
Short-answer text

你認為自己在上次練習中，對於小組的參與度如何？
最低1分，最高為10分，請我自己是否主動與同學討論，表達想法或提出問題。

1
 2
 3
 4
 5
 6
 7
 8
 9
 10

看完本週影片後，你有什麼問題想要提出來呢？
說出哪部分？不要說影片幾，詳細地說出你的問題。
Long-answer text

圖 3、提問與回饋表單

Ch4 10 + Ch8 01 02 03 (Responses)			
Timestamp	姓名	學號	你認為自己在 看完本週影片後，你有什麼問題想要提出來呢？
11/11/2017 12:21:13	董潤逸	104206019	1 在Nature Light部分，所以請問內可以對任何的非偏振光都是巨觀來說的非偏振光，而每個光子都有固定偏振 2 在介紹Birefringence & Dichroic的部分在影片24頁，用Dichroic所製成的偏振片，在VW(resonance line)
11/11/2017 14:00:04	張維厚	104206505	8 3 在Birefringence部分，請問在e-ray上的光線同樣會滿足折射定律嗎？
11/11/2017 21:38:11	劉馬軒	104206008	9 即在雙折射時，snells law 還會成立嗎？
11/11/2017 22:48:38	薛志璋	104206512	7 當光經過雙折射材料時，可乃耳定律是不是不能用在非尋常光上。 7 我們是否可以直接從晶體排列方式找出光軸在哪裡呢？
11/12/2017 0:15:07	高澤雄	104206021	7 老師好： 老師在影片中有說過，光的angular momentum與photon的自旋有關。請問老師photon的自旋是可以被量測
11/12/2017 0:36:22	陳育琴	104206001	6 在晶體中e-rays的相速度比o-rays快嗎？
11/12/2017 1:13:05	周煥勳	104206011	10 在影片中提到光子會自旋，並且說若要產生linear polarization需要有一種動量的L-state還有R-state的光子，那
11/12/2017 13:43:53	許卉雅	104206002	9 在雙折射時，當不同polarization的過進入一個均勻的晶體，晶以晶體本身是否在各方向上都為均向來判斷會
11/12/2017 14:18:32	李亞琨	104206502	8 對於雙折射影片p.38的時候說到，o-ray在光軸上沒有component，這個意思是 induced dipole radiation exper
11/12/2017 14:31:30	林凱諳	104206515	9 請問光入射雙折射非物質後，e-ray與o-ray的央角大小與晶體的什麼性質最有關聯？
11/12/2017 14:35:55	林裕珩	104206014	8 Linearly polarized light 含有相同數量的 R-state 和 L-state 的光子，那是不是right circularly or left circularly po
11/12/2017 15:11:13	楊樺	104206513	10 在介紹偏振片的的時候說，黃金羅絲平行方向的光線光會被吸收，為何在Malus's law的時候圖片畫的穿過軸力
11/12/2017 15:44:48	林冠楨	104206518	5 講義第16頁，為什麼theta 會變omega，和旁邊的p=dx/dt =x/F一樣
11/12/2017 16:13:23	黃家琳	104206507	9 我想知道是不是有二色性的晶體就會同時具有雙折射的特性，因為如果不同方向的polarization會有不同的吸收
11/12/2017 16:50:41	陳育琴	104206209	10 老師在講Calcite的時候，最後有提到pointing vector跟k vector的方向，但是我看不出老師指的方向，想請老師
11/12/2017 17:42:40	李名傑	104206018	6 是否有利用reflection和scattering的偏振片？
11/12/2017 19:07:34	侯奕毅	104206022	7 老師在講義的p7的右下方的ppt裡的左下方圖也就是講本的p354的Figure 8.22)，e-ray和o-ray都符合折射定律嗎 如果有，那是不是代表可耐爾定律 只適用於看光的傳播方向，而能量的傳播方向則不適用可耐爾定律

圖 4、Google spreadsheet 將學生簽到、自評、提問題整理成方便使用的表單

CH.03 – Lecture 10 and CH.04 – Lecture 01 (10/11) feedback

紅字部份是我的回覆，黃色 highlight 的部分是錯字，淡藍色 highlight 是不精確、語意不明或不合邏輯的陳述。

回答時間 1-hrs 58-mins

紫光波長較藍光小，但為甚麼天空是藍色的，完全沒有一點紫色的景象呢？

太陽的光譜要同時考慮，太陽光譜的紫色成分並沒有藍光高

我們所看到的夕陽是紅色是因為太陽光本身的顏色就是紅色的，而白天所看到的藍天其實是因為空氣的所散射出來的顏色，但我們在看夕陽的時候也是有空氣啊，為甚麼此時空氣不會讓太陽光散射出來？

太陽的光譜在整個可見光範圍都有，不是太陽光本身的顏色就是紅色。夕陽時空氣一樣會散射，你下次好好看看夕陽時的天空吧。注意一下，看太陽跟看天空是不一樣的。夕陽時，看天空的顏色其實是有分布的。天空紅色的部分是靠近太陽的方位。其他部份幾乎是深藍的。

1. IR720 是指波長以上還是以下可以通過？影片中說以下可以通過，低於 720 的話不是可見光嗎？

IR720 是光波長小於 720 nm 的部分不能通過。

2. 如果將多種波長光的攝影機組合，是否就可以拍攝出物體的 3D 影像？

3D 是空間上的分布，並不是波長上的分布。

影片中有提到生活中利用許多紅外線來操控電器，那請問為何在生活中是利用紅外線居多而不是紫外線呢？在 Scattering 的部分，關於一束雷射打到空氣粒子中散射所看到的光會因為從不同方向觀察雷射而會感覺到光有不同的強度，請問這個原因是因為光是 linear polarization 的關係，雷射的偏振與 dipole 方向一致，所以光較強的地方是與雷射偏振(dipole 震盪方向)垂直，較弱的地方是與雷射偏振(dipole 震盪方向)平行處嗎？

紫外線能量高，輕則讓你變黑，重則讓你細胞突變得 cancer，另外紫外線會讓許多物質產生螢光，所以不用。

Polarization 會造成的影響要畫出個球座標才講得清楚。如果以偏振方向為 z 軸，光行進方向為 x 軸，那 polarization 造成的 Rayleigh scattering 影響是在 xy 平面上放個甜甜圈。沿著 x 方向上沒有變化，但是 Mie scattering 會讓沿著 x 方向上有變化，沿著 +x 方向會比沿著 -x 方向上要大。

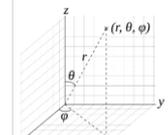


圖 5、對學生提問的回答，糾正學生的邏輯、語法錯誤與錯字。貼在 Facebook 上所有人都可以看到同學的提問但提問的人姓名不會列出，

3.練習問題設計：此為本計畫中最重要的部分，課堂開始時會公布當天要討論的問題如圖 6，題目與該次影片內容相關，討論的問題有四類：a.傳統題目、b.實驗題目、c.整理題目、d.集體思考。傳統題目就如同一般作業計算或公式推導；實驗題目會要求學生用手邊可找得到的資源動手做一些簡單的實驗，練習思考、應變與動手圖 7；整理題目出現在每章結束時，要學生提出整章之核心、重要概念、設計實驗運用學過的概念等等；集體思考問題通常是有較高的難度的問題，由老師主持討論，引導同學逐漸將一個問題拆解成小問題逐步回答。一般而言每小時討論一個題目。然而題目難度不能僅需要找到公式帶入，必須要讓同學能討論，強烈要求學生“Think before you act!”，要學生充分討論後再寫、再開始執行實驗，避免像無頭蒼蠅一樣亂試。

Ch08 – Ex01

- Circularly polarized light is a little confusing. It may be easier to make a model to demo.
- Take $\vec{E}(z,t) = E_0 [\hat{i} \cos(kz - \omega t) + \hat{j} \sin(kz - \omega t)]$ as the example.
- Try to **make a model** using available things around you to explain how circularly polarized light “looks like” and how it moves in space. (You need a 3D model. Be creative!)
- Label $z = 0, \pi/2k, \pi/k, 3\pi/2k, 2\pi/k$ location as $t = 0$ on your model.
- Make your model move and demo $t = 0, \pi/2\omega, \pi/\omega, 3\pi/2\omega, 2\pi/\omega$ as $z = \pi/2k$.

20 mins discussion
5 mins quiet time/writing
10 mins answer
5 mins grading

圖 6、課堂練習題，此練習為製作一個立體模型解釋圓偏振光的時間空間行為，為一個動手做的練習

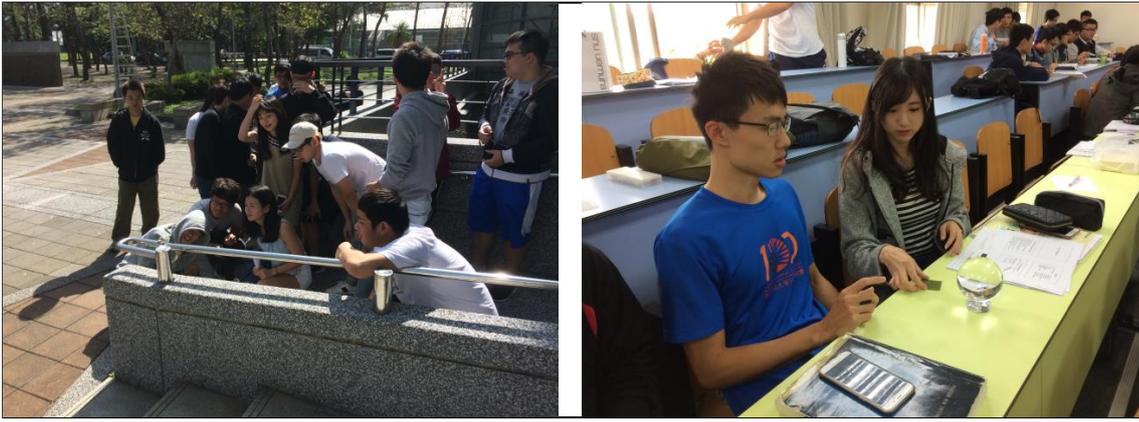


圖 7、學生於課堂上之實驗練習，試圖判斷彩虹的偏振態，有些學生選擇於室外操作，有些學生選擇室內進行

4. 課堂練習與分組討論：課堂流程大致依序為公布練題目、討論、執行/作答、解說、評價。大約每 15 個學生要有一個助教引導協助討論，學生分組每組最多三人，一學期總共換三次組，組員決定早期由亂數決定，不讓學生自己決定夥伴的策略是希望學生能試著多接觸人，多認識人，跟不熟、甚至不合的人合作，學習工作人際關係；另外，也讓轉學生或外系生有機會融入，多認識人。期中考後由期中考成績以成績高與低者配對，這樣的設計也希望能達到理解能力好的帶領理解能力不足者討論。如為書寫之練習題，則會安排 5-10 分鐘之安靜時間，名為讓學生整理討論的結果變成文字，實為避免學生互相抄寫並形成流程上的斷點。完成作答交換批改，抽籤決定由哪位同學上台解說如圖 8，由老師主持控場，補充講解缺陷，最後由學生設定評分方式。這些活動的成績通常不會差異太多，因為學生會選擇對大多數人有利的評價方式。



圖 8、同學在台上解答此次課堂上練習討論之問題並配分

5. 電子平台互動：由於目前手機、網路與社群媒體成為學生獲得資訊之主要通道且黏著性極強，因此透過他們熟悉的平台更容易接近學生，本計畫中使用三種電子平台：LMS 提供影片與書面資料的儲存空間；Google 表單提供提問與回饋填寫與資料整理；Facebook 提供交流溝通與宣布事項平台，其中最大的優點是知道公布的資訊被哪個人閱讀，有極佳的時效性。也能在這個平台上討論、貼圖、共享文件如圖 9 與圖 10。學生似乎也比較喜歡這樣溝通。



圖 9、Facebook 上助教要同學簽到回饋，有 71 個人看過這個訊息，下方是老師跟大家說影片已上傳。



圖 10、同學在 Facebook 上討論期中考題，老師與學生互動

6. Challenge projects 挑戰計畫

挑戰計畫分成 Mini-challenge project 與 Challenge project，兩者都是有一定難度的題目，需要學生花時間去完成，可能為一些理論推導、數值模擬或者實驗展示，也有可能包含多樣的能力組合與其他學科學過的知識，是一個小型的 problem/project based learning 過程。這些 project 必須是學生需要自己去探索一些知識的題目，但核心是課程內容曾教受過的。Mini-challenge 的難度大約是 2-8 小時的思考與工作量如圖 11 與圖 12，Challenge 的難度大約是 20-40 小時的思考工作量，期中考後宣布 Challenge project 的題目，通常有三個，讓學生可以選擇自己有信心做出來的題目。這些 challenge 都是以個人為單位，不允許合作一個 challenge project 但不反對討論。對學生的誘因是加分與成績，Challenge project 以競賽方式加分，包含快速完成、最佳報告、最佳結果、最佳實驗、最佳理論推導... 等等，分別有名次可加分。每個人的 challenge project 要做成一個 ppt 上傳到 LMS 上供大家互相觀摩。

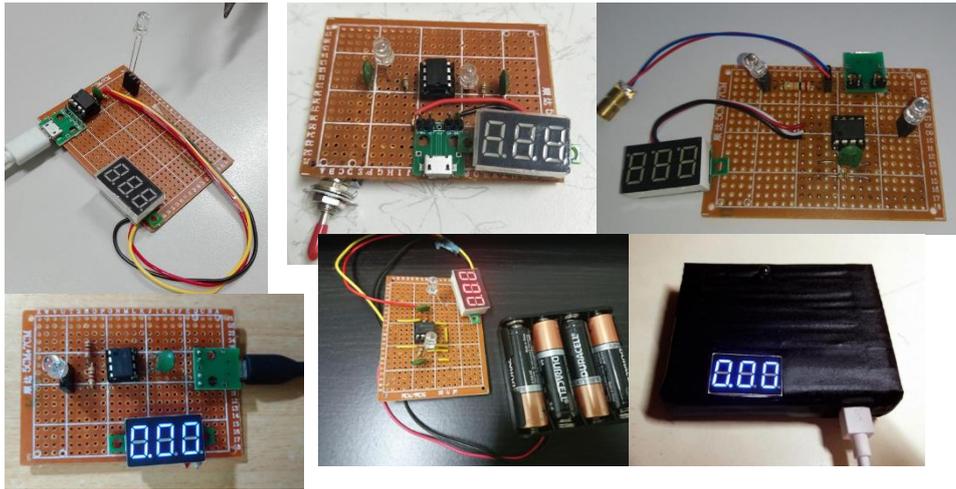


圖 11、本學期第一個 Mini-challenge 做的光偵測器，購入電子零件讓學生練習焊接與線路安排，製作可使用之光偵測器，六件有對線路做改善的成品。

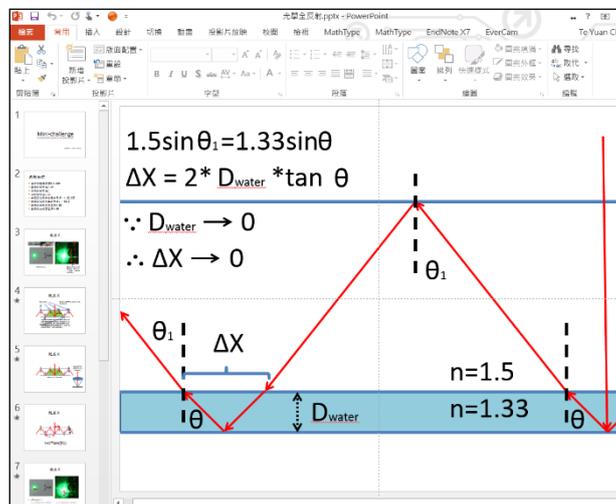


圖 12、本學期第二次 Mini-challenge 是解釋與再現一個光學現象，學生挑戰成功的 ppt 內容，包含計算與實作。

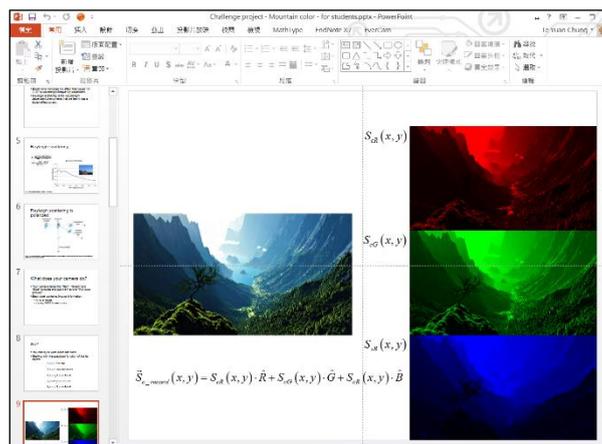


圖 13、遠山青顏色修正 challenge project

7. 迷你研討會：Challenge project 以競賽方式讓學生有更高的動機去競爭及展示自己的能力的，因此於學期末安排 Challenge project 的發表會，分成三間教室由助教主持，讓各 challenge 於競賽項目上有名次的人可以發表給其他同學聽，並展示他們的成果、回答同學的問題，其他同學則可以自由於各個教室間去選擇想聽什麼樣的展示。

8.考試方式：考試方式目前仍以筆試為主，然而考題沒有考古題，另外加入操作與實驗題目，讓擅長於操作的學生有機會表現其長處。



圖 14、期中考加入操作與實驗考題

教學評量如附件(1)，大致上可看出學生對於翻轉教學的意見早期意見多為花太多時間，但多數認為翻轉教學是正面的、有趣的，對於影片也是認為使用上比傳統要方便。隨著時間進展與增加跟學生的互動，學生也逐漸適應且能理解翻轉的好處，對於思考與實作也因為課堂練習的強調而逐漸受到注意，然而可以看得出來學生仍然對於思考與使用知識有相當程度的障礙，也仍然看到學生要立即的答案的傾向。而較為定性與定量關於學生思考能力與動手解決問題的能力的增進正是本計畫期望更仔細探討與研究的部分。

本計畫預計參考 NSSE(National Survey of Student Engagement) 之評測方式[1,2]進行翻轉教學對學生思考能力與動手解決問題能力的自我評估，此類評量已被用於研究台灣各大學書苑系統之學生參與之評估，並得到良好之評量結果。

3. 研究方法(Research Methodology)

(1)研究說明

目前本系光學教學已然採用翻轉教學之模式，以影片為教學內容，由學生自行決定何時觀看影片，上課時間則為練習與活動，以該次課程內容為主之題目練習，本計畫將著重於練習題之設計，預計這些練習題主要有兩大類，第一類為使用紙筆的計算、描述、推論、設計類型如圖 15；第二類為簡易實驗。第一類練習的設計皆不能只單純套用公式就能得出答案，必須經由整合學習內容思考、上網查資料、甚至與隊友討論後才能完成如圖 6 與圖 7。而第二類在執行上以手邊可以找到的材料或少量老師能提供之素材進行簡單的實驗展示，這兩類練習主要目的分別訓練學生思考、統整知識以及建立快速動手解決問題與橫向思考之能力，同時培養人際合作關係。

Ch10 – Ex03

- The spec. of iPhone6 camera is as following, please obtain the angular resolution of its optics. (In deg)
 - F/2.2
 - Equivalent focal length 35 mm
 - Pixel spacing 1.5 μm
 - 1/3" sensor size
 - 3264x2448 pixels
- Pixel spacing gives another angular resolution which is about 2.46×10^{-3} deg (8.84 sec). How should be this number relates to the optical angular resolution?
- You can use wavelength of 600 nm.



圖 15、第一類練習題以計算為主

Challenge project 為更為複雜且更趨近實用之問題如以手機製作偏振攝影機(polarization camera)、設計並製作簡易波板(wave plate)、設計並製作聲波 zone plate(Acoustic Fresnel zone plate)、恢復遠山顏色(Color correction of far object)、PM2.5 光學量測設備設計製作...等等，這些 challenge project 之設計需於發布前先確認過難度與需要的資源並製作教材發給學生，雖然核心為光學問題，然而要完整處理需要結合曾學過的物理、數學、程式語言、電子電路、甚至美工美勞生物與化學皆有可能，也因為目前無經費補助，在不使用大量時間與金錢的前提下，學生的問題解決方案也變得較為廉價且品質不見得理想如圖 16 為學生為達成 challenge 自製 wave plate 而自行找玻璃行切割玻璃成為她計算的角度，然而可惜玻璃邊緣無法處理以至於光學品質不佳；然而有些學生仍能達到相當完整之成果，如圖 17 為學生用自製的手機偏振攝影機與自己寫的程式作影像處理得到正確清楚的結果。

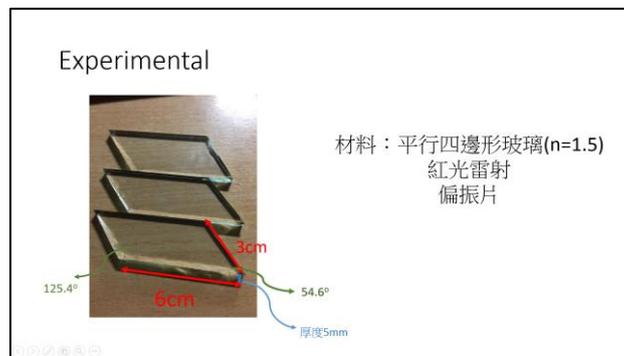


圖 16、以內全反射達成 quarter-wave plate 的 challenge 成果，學生自行設計並找玻璃店切割需要的玻璃尺寸

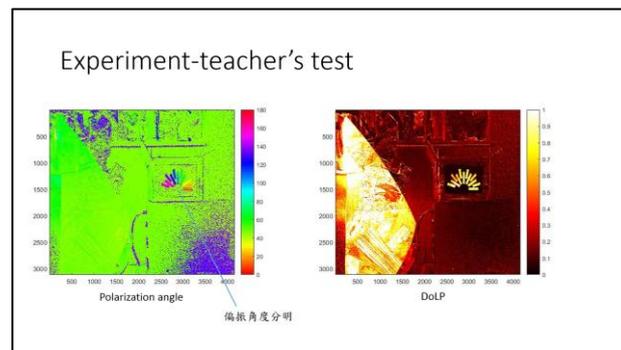


圖 17、學生以自製偏振攝影機拍照並分析出之偏振角度(Polarization angle)與線性偏振度(Degree of linear

polarization, DoLP)影像

對於這些目標能力的發展狀況，將藉由學期初 Pretest 與學期末 Posttest 讓學生同時有主觀的自我評估與客觀的測驗，並於考試時給予開放式問題，以較為客觀的方式評估學生的思考能力與動手能力。

綜合以上所述，本計畫將強化課堂練習題目的思考性與動手能力要求，並設計更多 challenge project 的選擇讓學生能夠依照自己的興趣與能力選擇不同的 project 實際執行並解決或達成一個真實的、有實用性、以光學為核心的問題，另外也將設計開發使用評測或微型計畫方式於期初與期末衡量學生對翻轉教學的參與程度以及主觀與客觀上學生的思考能力與動手能力的改變。

(2)研究步驟說明

A.研究架構

研究之主要架構為每週至少三小時的光學課程翻轉教室課堂練習與活動作為平台，大致以每小時一個問題的方式進行。問題以思考與快速實驗為核心設計方向。加上較複雜而需要整合其他先備知識或能力的 challenge project，預期以學生將於這些練習與活動中逐漸建立起思考與動手能力。

B.研究假設

目前觀察學生對於高等教育中之科目在學習的過程中缺乏思考、連結、使用之能力，本計畫之假設為學生經過翻轉教學強化思考與動手練習後對於一個完全陌生的問題與任務能夠於短時間內自行思考、延伸、搜尋相關資料、設計合理可行之解決方案。

C.研究範圍

此研究預計將由光學 I 延伸至光學 II 甚至光學 III 之系列性研究，目前光學 I 之翻轉教學影片內容尚未完備，而光學 II、III 支影片內容有些部分需要更新，預計部分經費將使用於影片錄製甚至後製。

課堂練習題不論是思考為主的題目或是實驗動手問題都需要時間設計，有相當的前置構思並在網路上進行搜尋圖片與資料。課堂練習動手實驗部分則需要購置足夠之耗材，包括光學類的耗材如透鏡、稜鏡、光柵、偏振片、玻璃、晶體...；光電類的耗材如光偵測二極體、發光二極體、雷射二極體、太陽能電池、IC、電子元件...；機械類的耗材如夾具、治具、螺絲、彈簧、管件...；材料類耗材如金屬材料(銅、鋁等)、玻璃、壓克力、epoxy、高透明 silicone resin...；製作費如切割、研磨、拋光、焊接、機械加工...，以上種種費用若能得到充分的經費，將能給予學生有更多樣化的也更細緻的題目設計。

為驗證翻轉教學之練習與活動對學生參與及思考與動手能力於學期初與學期末的差異，本計畫預計將設計主觀與客觀的評測方式，主觀評測將使用或參考 NSSE 之 student engagement 評測，客觀上將設計迷你測驗計畫(mini test project) 問題將以學生已有之先備知識為核心然而需要大量思考、規劃、設計、實作之實務型開放問題(practical open question)，類似前述 challenge project 但問題尺度可能更大且更接近真實場域應用，比如“構思設計光學滅蚊系統並考慮製作方式”、“設計評估以白光 LED 為媒介同時達成照明與上網”、“能否以光

學方式作到遠距測量駕駛是否酒駕”...此類問題並未有一定之答案，但藉由設計一些必須回答的項目，可由學生的回覆評斷學生思考的範圍與細緻程度以及執行上的可行性與學生對於動手的概念，以此將可評估客觀上學生之相對應思考與動手能力。因此將於學期初及學期末進行翻轉教學前後主觀與客觀上的定性與定量的差異評估。

D.研究對象

本計畫研究之對象為中央大學光電系大二及大三學生，約 50-60 人，修習光學 I 與光學 II 實進行，修習光學 I 時應以具備普通物理、微積分、計算機概論、電路學、普物實驗等先備知識與技能；修習光學 II 實應具備電子學、電磁學、工程數學、光學實驗等先備知識與光學實驗操作能力。

E.研究方法及工具

本計畫由於一年僅有一班作為研究對象，因此實務上僅能實施單組前後測 (one-group pretest-posttest) 實驗設計進行評估學生於翻轉教室之參與、思考、動手能力，Pretest 與 posttest 皆包含 NSSE 評測與迷你測驗計畫，如 C.研究範圍內所述。將於學期初及學期末進行翻轉教學前後主觀與客觀上的定性與定量的差異評估。另外，各學期末亦有教學評量可提供學生對教師之評估。

F.實施程序

本計畫預計執行一年，課程涵蓋光學 I 與光學 II，如能獲下一期補助將可涵蓋光學 III 已得到更完整之驗證與研究成果。而執行程序概念上如圖 18，於學期初公布 Syllabus 後即開始 Pretest 進行 NSSE 類型評測與迷你測驗計畫，學期中所有活動依照前述翻轉教學方式進行，而課堂練習預計將加入更多需要思考與動手的題目或活動，也因此需要本計畫耗材的補助。期末考前進行 Posttest，同樣以 NSSE 類型評測與迷你測驗計畫，另外同時有教學評量由校方進行。最後進行期末考以避免期末考影響 Posttest 之結果。每學期皆會進行同樣的評測以追蹤學生的改變。

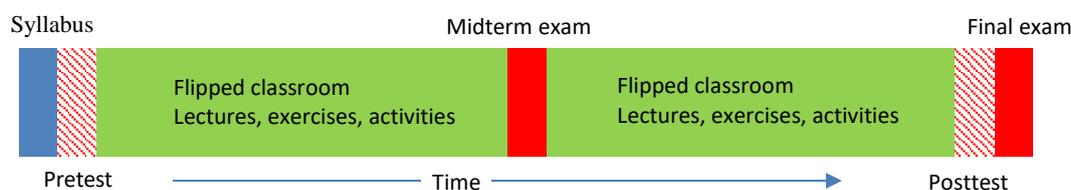


圖 18、計畫預計實施程序

G.資料處理與分析

於高斯分布的前提下，NSSE 類型評測可進行數值化計量並統計分析，同樣的本計畫設計之迷你測驗計畫亦將以學生思考深度與可執行程度數值化並統計分析。主要將以前後平均數考驗 (t-test statistic) 方式驗證本計畫之假設。另外由於 NSSE 評測包含學生基礎背景資料如性別、入學管道、先修課程等等，同時將進行這些基礎背景資料的分析，並嘗試與期末成績關聯。

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

(1) 教學過程與成果

執行本計劃期間，整體教學符合計畫中提出之執行方式與流程，於期初及期末分別進行相同之客觀思考前後測，思考測驗是以 GMAT 測驗為藍本，選用批判性邏輯推理、閱讀理解、議題文、論證分析部分題目翻譯成中文後進行。另外於期末時讓學生以問卷形式主觀自行評估能力之進步。本計劃執行期間光學 II 為 107 學年度第一學期，修課組成為大三共 56 份有效樣本，光學 I 為 107 學年度第二學期，修課組成為大二共 60 份有效樣本，因此有兩組學生之前後測可作為對照。由於光學 II 中大三學生於 106 學年度第二學期修習之光學 I 亦為本人教授之翻轉教學，雖大三學生於修習光學 I 時無客觀思考測驗之成績，然而這兩屆之期末考之平均分數差異在 1 分以內，標準差在 4 分左右，故假設本系學生兩屆差異可忽略。該前後測結果如表 1，可以發現兩屆學生批判性思考的能力在學期末皆有進步，然而進步範圍皆在標準差內。由表 1 還可看出大三時的思考能力前測比大二時後測要佳，可視為思考能力逐漸進步。而前後測之性別分析如表 2，可明顯看到女生的思考能力進步極為顯著，超過標準差，後測之平均值甚至超過男生！這點相當值得注意。

表 1、客觀思考前後測結果

	1071 光學 II (大三)	1072 光學 I (大二)
前測	44.3 (±11.1)	35.0 (±14.0)
後測	48.3 (±10.9)	39.7 (±15.4)
進步	8.9%	13.2%

表 2、客觀思考前後測性別分析結果

	男(98 人次)	女 (21 人次)
前測	40.4 (±13.7)	35.7 (±12.5)
後測	43.7 (±14.2)	44.4 (±13.5)
進步	8.4%	24.4%

而每個學生的思考前後測關聯如圖 19，大致上前後測結果是正相關，性別差異不大。

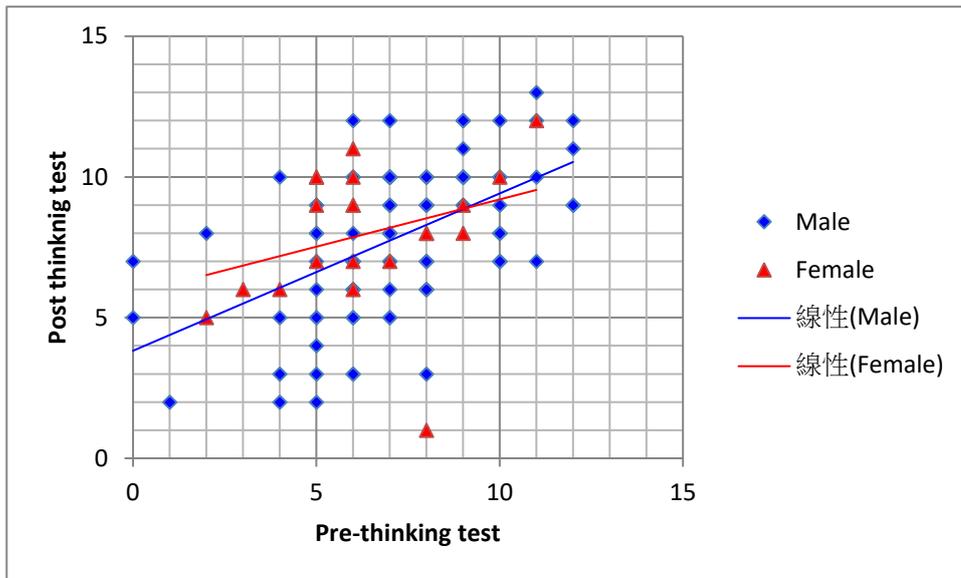


圖 19、思考前後測關聯

考試成績為另一定量學習成效指標，這兩門課程的考試題目之設計基本上沒有考古題，題目以學生沒見過的題目為設計方向，需要理解課程內容並加上思考才能解決，因此普遍成績較低，故考試總分大約 160 分，讓學生可以自由選擇會做的題目，以降低運氣因素。圖 20 為期中考成績與期末考成績之關聯，大致上可看出期中考與期末考成績大致呈正比關聯，此關聯對兩性皆然。另外，女生的成績約在班上平均偏後且分布較為疏散。

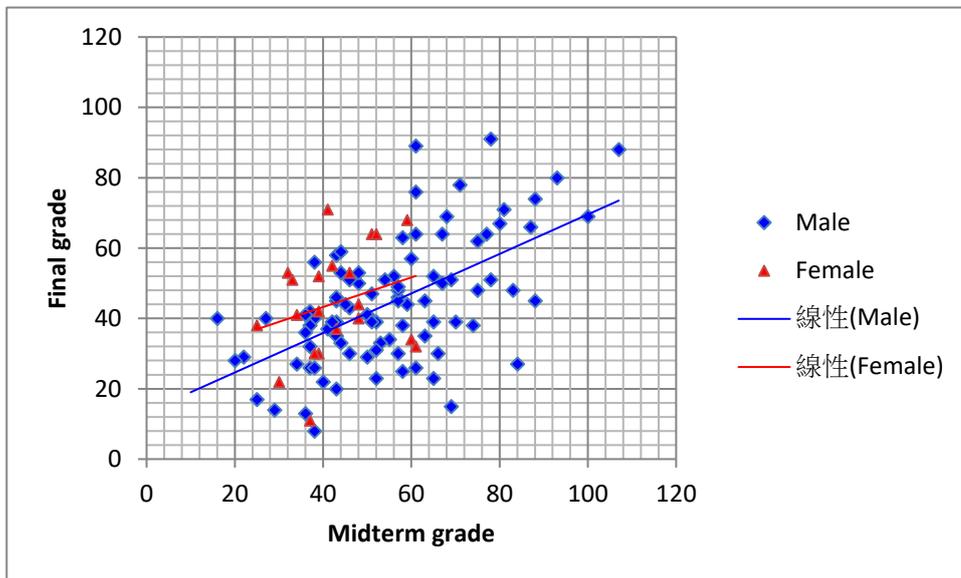


圖 20、期中考與期末考成績關聯

由以上思考前後測與期中期末考成績之關聯性發現皆為正相關，然而思考後測與期末考成績卻無明顯關聯如圖 21，此部分似乎與本計劃預期的不相符合。

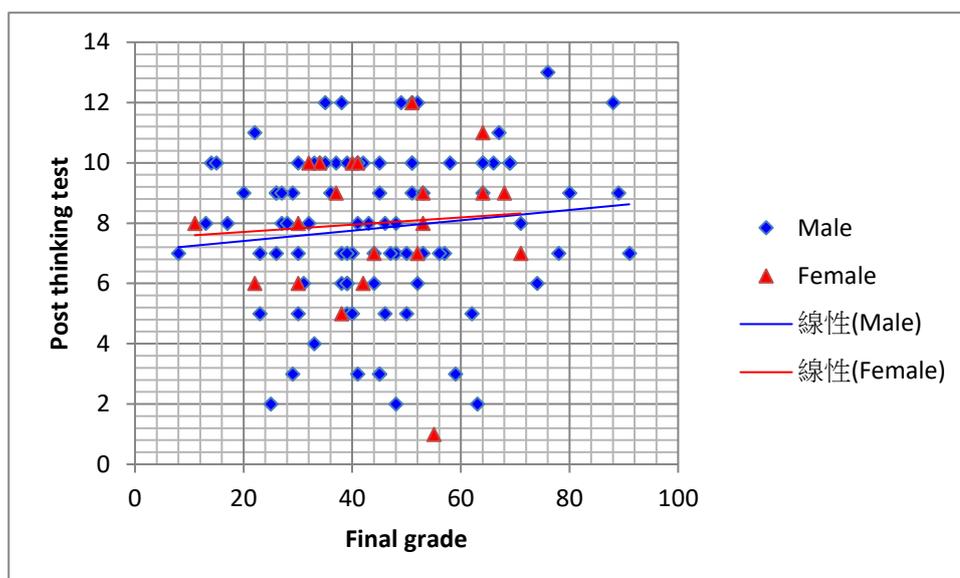


圖 21、思考後測與期末考成績之關聯

(2) 教師教學反思

於此年度中實施翻轉教學的過程中，本人與先前未實施翻轉教學前的經驗相較可以主觀認定學生之參與程度高度提升，最明顯的證據是幾乎沒有學生翹課，也沒有學生在課堂上睡覺，課堂中使用手機等分心的行為也幾乎消失。整體而言，教室中學生是「活的」！不再像是傳統授課方式中那般沉悶。而課堂活動最後是學生上台解說或內容補充等，也發現或許因為學生已經先有了問題而被觸發想要聽更多的說明或討論，因而儘管是有人在台上說話，學生的專注程度也遠比傳統授課要高許多。課堂活動的題目因為光學相較於其他科目容易觀察甚至具象，因此相對容易設計出觀察或實作的題目，也因此相較之下學生比較不需要直接面對抽象的概念而在課堂活動中不知道如何推進。然而，學生程度仍然有明顯的差異，因此

期末的 challenge project 與 mini-conference 學生有相當高的參與及嘗試使用所學知識實際應用，也會在遇到困難時主動地來找我討論，這在傳統授課上是幾乎不會出現的。Challenge project 有做出成果的學生對於在 mini-conference 發表給其他同學聽也顯得積極，對於聽眾而言，可以自己選擇想聽的 presentation 而可以在不同 parallel session 中跑來跑去也是新奇有趣且明顯能夠引起他們評論，思考別的同學的成果如何。因此本人主觀上認為此種翻轉教學的嘗試相當成功。

翻轉教學最困擾的問題有兩個，一是某些學生不按時看完影片，二是無法參與課堂活動的討論。目前是以簽到提問的方式給學生一個任務要學生完成作為看影片的提醒，然而對於某些學生還是無效；課堂討論對低學習動機低學習成就感的學生而言似乎就變成了發呆的時間等待答案，而分組討論的隊友似乎也會放棄與這些學生討論，因此對付這些學生必須要有更積極的作為去推拉他們，之後將嘗試與這些學生單獨晤談，了解他們的想法與障礙，並依照他們的意願與特性進行課堂活動的微調。

(3) 學生學習回饋

於學期末時，學生填寫回饋問卷以調查了解學生對參與程度、思考、動手能力之主觀評價。學生自由填寫認為自己於課程中成長最多的能力，於學生的回饋中分類後

發現在光學 I 中約有 40% 學生主觀認知自己的思考是最有進步的能力如圖 22，到光學 II 時約有 50% 學生如此認為如圖 23。另外，由於課堂活動必須分組討論，因此表達與團隊合作亦為學生認為有進步的能力，動手能力則在光學 II 時學生有較多人表達有進步。對於光學 I、II 中學生認為喜歡的部分如圖 24 所示，其中討論、翻轉教學、課堂活動、影片屬於翻轉教學之基本元素，共約占 41.3%；思考與動手是本計畫所強調的部分，約佔 18.3%；比較值得注意的是有 12.8% 的學生對於知識內容是喜歡的，這對大學必修課這種高強度與高密度的學習內容而言有點令人意外。某種程度而言這表示翻轉教學的做法的確成功的增進了學生的學習動機。而學生對於翻轉課程表示不喜歡的部分有 20.7% 關於時間，大部分是認為課堂活動時間不夠，這點的確需要改進，學生目前願意且認同思考，但是目前學生理解、思考、執行速度都不夠快，效率也不足，亦或者課堂活動的問題不夠簡單，這些都需要檢討。另外本人授課堅持不給標準答案的部分有 12.6% 同學表達出不喜歡，然而這部分並非翻轉教學的執行方法。

最後，學生被要求寫下想說的意見、看法、建議等開放性的回饋，有幾項共通的意見是認為這門課花了比其他課程多的時間、認為 challenge project 與 mini-conference 是有趣且在做這些 challenge 時學到很多、認為翻轉教學的授課方式對學習是正面的、學到很多東西、學到自主學習、發現以為看完影片就懂得內容在課堂活動時會發現有很多漏洞、喜歡影片的自由度與看不懂可重複看。整體而言，學生的學習動機是遠比傳統教學要強得許多，另外，學生認為花了更多的時間在這門課，相信也正是每個老師所期待的，再怎麼說大學的必修課有其強度與密度，不可能是只聽上課就會懂的。

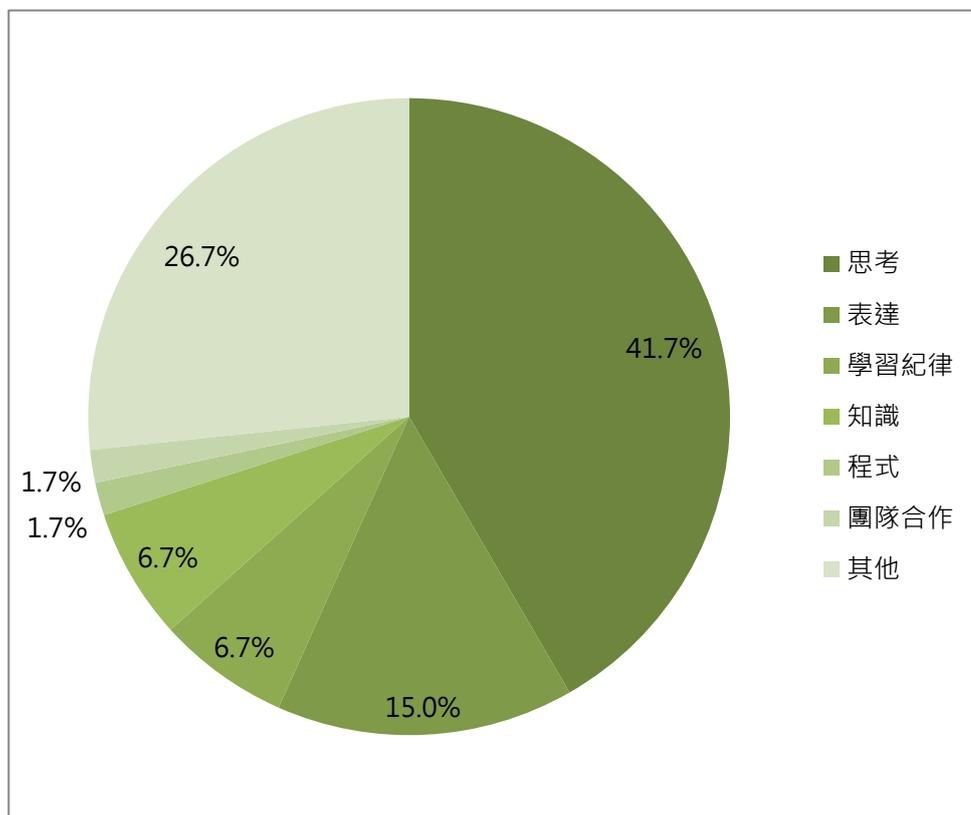


圖 22、學生主觀自評於光學 I 後最有成長的能力為思考(41.7%)，表達次之(15.0%)，學習紀律再次之(6.7%)，動手能力並沒有學生提到。

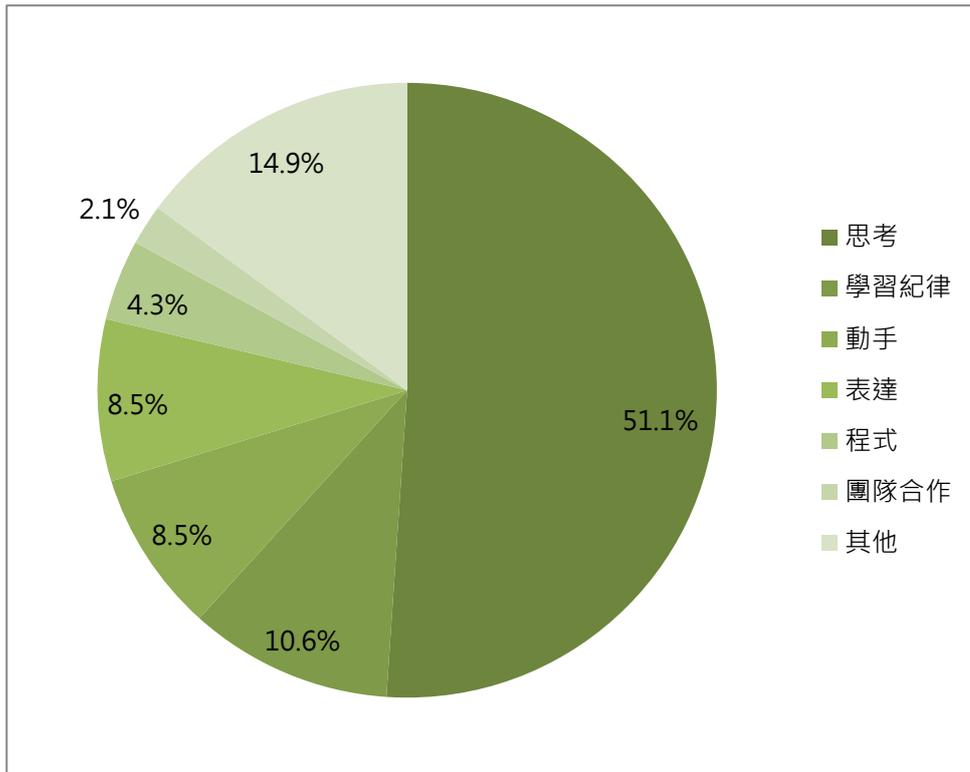


圖 23、學生主觀自評於光學 II 後最有成長的能力為思考(51.1%)，學習紀律次之(10.6%)，動手能力與表達再次之(8.5%)

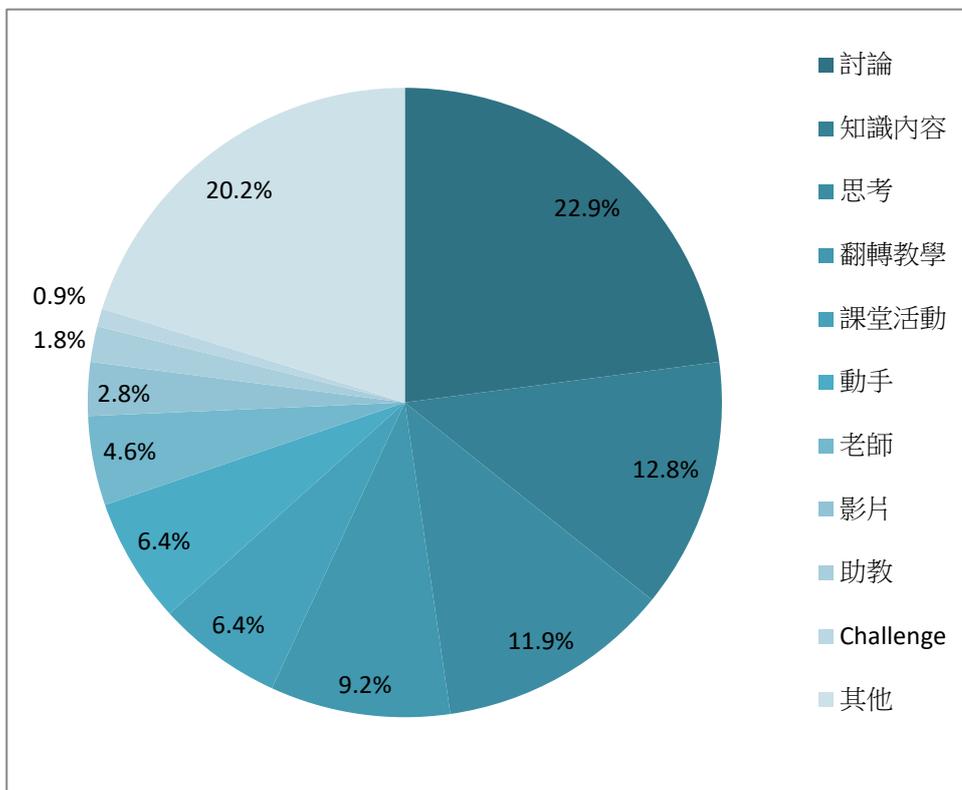


圖 24、學生對 Optics I、II 翻轉教學中喜歡的部分

對於這一年的研究計畫，的確得到一些定量的統計結果，發現客觀上學生的思考能力確有進步，然而由於實驗設計上因為僅有一班學生，且在無法有控制組的情況下，難以清楚釐清是由光學翻轉教學造成或是其它同時間的課程、亦或其他因素造成，因此僅能以學生主觀判斷思考能力與動手能力是由光學翻轉教學方式而增進的。另外，考試的試題設計上的確需要學生在作答時思考連結所學的知識，且作答時間拉長至三小時，然而學生的成績並未與客觀思考測驗呈現關聯性，因此無法有明確證明客觀、定量證據說明學生的學習成效因為翻轉教學而改進儘管各種主觀的陳述皆表示學生的確在思考與動手能力有進步。

參考文獻(References)

- [1] Yueh-Luen Hu, et. al, "Student-faculty interaction: Mediating between student engagement factors and educational outcome gains," *International Journal of Research Studies in Education*, January 2015, Vol. 4, No. 1, Pp. 43-53.
- [2] Yueh-Luen Hu, et. al, "Evaluating the educational outcome gains of students enrolled in residential colleges: An application of the block design," *International Journal of Research Studies in Education*, July 2017, Vol.6, No. 3, Pp. 39-52.
- [3] Eugene Hecht, *Optics* (5th edition), New York, Pearson, 2016.
- [4] Tucker, B., "The flipped Classroom," *Education Next*; Cambridge, Winter 2012, Vol. 12, Iss. 1.
- [5] Kim, M. K., Kim, S. M., Khera, O., & Getman, J., "The experience of three flipped classrooms in an urban university: An exploration of design principles," *Internet and Higher Education*, 2014, Vol.22, Pp. 37-50.
- [6] Bishop, J. L., & Verleger, M. A., "The flipped classroom: A survey of the research", In *ASEE National Conference Proceedings*, Atlanta, GA, June 2013.
- [7] Abeysekera, L., & Dawson, P. Motivation and cognitive load in the flipped classroom: definition, rationale and a call for research. *Higher Education Research & Development*, 2014, Vol. 34, 1-14. doi: 10.1080/07294360.2014.934336.
- [8] Sams, A. & Bergmann, J., "Flip Your Students' Learning," *Educational Leadership*, March 2013. Vol. 70. No. 6. Pp. 16-20.
- [9] Gilboy, M. B., et. al, "Enhancing Student Engagement Using the Flipped Classroom," *Journal of Nutrition Education and Behavior*, January 2015, Vol. 47, Iss. 1, Pp. 109-114.
- [10] Kahu, E., "Framing student engagement in higher education," *Studies in Higher Education*, August 2011, Vol. 38, Iss. 5, Pp.758-773.

[11] Kuh, G. D.. The national survey of student engagement: Conceptual framework and overview of psychometric properties, Bloomington, IN: Indiana University Center for Postsecondary Research & Planning. 2001

[12] Trowler, V. and Trowler, P., Student engagement evidence summary, York, UK: Higher Education Academy. 2010.

二. 附件(Appendix)

A. 客觀思考測驗內容



B. 光學 I 學生回饋與老師回覆



C. 光學 II 學生回饋與老師回覆

