

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：PEE1110006

學門專案分類/Division：工程

計畫年度：111 年度一年期 110 年度多年期

執行期間/Funding Period：2021.08.01 – 2023.07.31

運用及最佳化合作學習習題競賽活動提升工程基礎課程教學成效/  
**Implementation and optimization of cooperative learning using team game  
tournament method in an engineering core course to improve teaching outcomes**  
材料熱力學/Materials Thermodynamics

計畫主持人(Principal Investigator)：田禮嘉 (Li-Chia Tien)

協同主持人(Co-Principal Investigator)：

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：國立東華大學/材料科學與工程學系

成果報告公開日期：立即公開 延後公開（統一於 2025 年 7 月 31 日公開）

繳交報告日期(Report Submission Date)：2023 年 9 月 10 日

## Implementation and optimization of cooperative learning using team game tournament method in an engineering core course to improve teaching outcomes

### 一. 本文 (Content)

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

在傳統工學院基礎課程的教學中，往往較為著重知識的傳授與理解，較忽略團隊合作與團隊中有效溝通能力的培養訓練，在課堂中常發現同學們對於意見及觀念的表達，常常不能即時有效的傳達溝通，然而溝通表達這項能力對於工程背景同學未來在職場上的發展是急需但欠缺的。如何提升團隊溝通、合作工作以及分享知識的能力，同時提升學習者的學習成效是一個迫切且重要的教學問題。另一方面，由於材料熱力學這門工程基礎課程本質上來說屬於不容易理解與學習的重要核心科目，學習者需要投注極大的心力與時間學習理解，同時學習者也需要更多學習上的激勵與協助，因此教學者若能夠導入適當的創新教學法引導學習，輔以學習者為中心導向教學，並提供適當的創新學習法協助，方能有效率提升學習者的學習興趣與成效。然而對工程基礎課程的學習過程中，習題的演練驗證是一個重要的學習過程，如何提供學習者在習題演練過程的協助與提升學習者對習題演練實作的動機，是一個重要的教學實踐研究問題。

在基礎課程的傳統教學中，往往以習題演練來驗證強化所學觀念與知識的思考與應用，但學習者多半欠缺主動討論研究的動機，這種個人單打獨鬥的習題練習方式，習題演練對學習者的學習門檻較高，因此同學多以獨立作業並缺乏討論的方式，習題演練的學習成效相對較差，且難以杜絕以抄襲的方式完成習題，往往造成習題演練的學習成果不彰，多半以交差的心態完成習題，同時也失去了習題對自我學習成效評估的重要功能，為了改善這個問題，我們在 110 年的計畫中，我們第一次嘗試導入團隊導向學習為概念的小組習題合作學習競賽於課程活動中，我們在 110-1 的材料熱力學(一)課程單元中分四次進行團隊導向學習(TBL)小組習題合作學習競賽，以團體競賽的方式提升學習者對於習題練習與表達的能力，在同儕合作且競爭的氛圍中讓學習者願意投入習題演練當中，並藉由討論、練習以科學邏輯的方式，在課堂解釋自己的想法與答案，並從這樣的互動過程中，讓同學學習的重心從答案為主轉移到討論及邏輯推理的過程，能有效的帶領同學思考問題本質，提升學習層次，除了提升對習題練習的投入與參與度之外，也可藉由團隊競賽以及即時反饋系統(IRS)進行同儕互評以及分組互評的方式提升課堂活動的趣味與參與感。藉由小組方式進行團隊導向學習，藉由小組討論方式促進同儕互動與主動學習能力，而這種團隊導向的學習方式能夠讓學生投入問題當中，並藉由討論、練習如以科學邏輯的方式，向同儕解釋自己的想法與答案，隨者教師與同學的反饋，並從這樣的互動過程中，讓同學學習的重心從答案為主轉移到推理的過程，能有效的帶領同學思考問題，進而解決問題，然而在實行的過程中同時也觀察到許多問題尚待研究解決，值得進一步深入研究探討小組習題合作學習競賽更為適切的實施方式。首先是小組活動中小組成員的工作分配不均，進而產生所謂組員搭便車的現象，以及部分小組成員參與度低落導致的分工不合作現象尚待研究解決是我們想研究的第一個問題，如何運用與最佳化合作學習習題競賽，是第二個研究問題，此外在小組學習活動中，針對學習者個人學習成效評估與分析相對困難，如何建立小組學習活動中個人的學習成效評估與分析，以及確認實施合作學習習題競賽是否能夠有效提升學習者的學習成效，是我們想要探討的第三個研究問題，這三個研究問題與解決方法為本研究的三個研究方向與目標。

#### 2. 研究問題 (Research Question)

經過文獻回顧及近年教學實踐研究後發現，以合作學習教學方式屬於一有效創新教學方式被廣泛的應用在各領域的教學活動，能提升學習動機與學習成效，屬於更有效率的教學模式，基於申請人多年的教學經驗與反思以及接續先前計畫的成果、文獻探討後提出研究假設：『在材料熱力學的學習過程中，學習者缺乏主動討論學習討論的動機與機會，當教師在教學中引入合作學習習題競賽方式，可增加同儕間合作學習討論動機與機會，藉由增加學習者間的團隊合作、討論、互動、激勵等學習行為，並可提升學習者的思維、評估與分析能力，發展應用、評鑑、分析及創造高層次能力，同時培養團隊合作能力並提升材料熱力學教學與學習成效為本研究的研究問題假設。』。

針對以的研究問題與目標，我們在本教學實踐研究計畫規劃深入研究合作學習習題競賽活動應用在工程基礎課程，我們將研究目標分為兩個部分：合作學習習題競賽活動實際操作面分工不合作學習行為的改善以及實施合作學習習題競賽活動針對個人學習成效與學習活動的關聯性進行深入的理論研究與分析。

基於以上的研究成果可了解及確認導入小組合作習題競賽活動是否能夠有效提高學習者在工程基礎課程的學習興趣與成效，了解運用合作習題競賽學習活動對學生學習動機以及學習成效的影響，觀察學生的學習認知與改變以及在課程的成長與表現，探究合作學習在教學現場中的教學成效，提升學習成效及開發創新教法供參考。並藉由此教學實踐研究計畫，解決學生在工程基礎課程的學習困境並提升教學成效。

### 3. 文獻探討(Literature Review)

本研究之文獻探討分為兩個主題進行文獻回顧討論，分別為：合作學習在工程教育的發展與內涵、合作學習的實務運作方式，以下針對這兩個主題分別回顧討論：

#### 合作學習在工程教育的發展與內涵

工程基礎課程教育大部分採用傳統以教師為中心的講授式教學(didactic teaching)模式，在這種以教師為中心的教學模式下的優勢是能夠極有效率的進行大量資訊傳遞，雖然這種方式能夠非常有效率的將大量資訊在短時間內傳遞給大班級的學生，然而這種教學方式往往導致忽略學習者的學習狀態，學生被動的學習，也就是被動的灌輸知識的學習方式，學生往往欠缺自我思考、分析統整、自我學習評估以及對課程根本的學習熱忱，認知層次偏低且不容易保有學習成效。在許多教學研究與學習理論的文獻指出，以學生學習為中心的教學模式被認為能夠實現學習者自主學習的教學方式，也可提升學習者的學習層次與成效(Benson, Orr et al. 2010)。在以學生學習為中心的教學中，教師從主動的知識傳授教學，轉變為協助學生學習指導者的角色，學習者可以因此培養主動學習以及發展高層次認知的學習方式。在傳統的授課方式，考試侷限於記憶與背誦欠缺活用理解所學，在這樣的學習方式所教育出來的大學畢業生應無法適應在目前多變的職場環境。以學生學習為中心的教學中，學習目標從課程知識的獲得轉變為導引知識運用及思考，由被動的參與轉變為主動學習，除了讓學習者從專業的方向來思索他們所學知識觀念與定理的基礎定義，也可以活用所學及解決實務問題，從多角度與面向思考獲取知識，也能創造多元多樣的學習活動，讓學習者從不同的理解應用所學的專業知識。了解他們是為何而學，讓學習者針對自己的學習過程、學習成效反思，從學習心態本質上的根本改變，如此才能有效的提升學習者的學習興趣與學習成效。

近年來不同的教學研究顯示，以學生為中心的創新教學模式能夠有效率的改善學習者的學習態度，對於工程問題的解決以及自我的自信的提升，同時在學習的過程中也能夠培養在未來職場上所需的團隊合作能力。由於這些優勢，近年來有許多以學生為中心的教學模式在高等教育教學現場中蓬勃發展，其中由於工程專業領域畢業生在未來職場工作環境特性的強烈需求，發展團隊溝通、合作、協調的工作能力對工程背景學生尤其重要，而合作學習即是一種以學生為中心的創新教學模式，除了專業領域的知識學習外，藉由此教學方式同時可發展提升培養學習者在團隊溝通、合作、協調的重要能力，因此近年來合作學習教學方式被運用在統計(Krause, Stark et al. 2009)、音樂教育(Vidal, Duran et al. 2010)、環境教育(Etchberger

2011)、會計(Riley and Ward 2017)及經濟學(Chen and Lin 2020)等不同領域的教學中，在實施合作學習教學者的教學成效與學習者的學習表現及學習回饋滿意度都比傳統的教學方式優異，預期在工程基礎課程導入合作學習方式應也可提升教學與學習成效，能夠有效的提升學習者合作、溝通、互助討論的能力，提升學習者的學習自信、問題思考與解決能力，以及對於課程內容能夠更為正向的投入參與，提升教學與學習成效等優勢，然而合作學習在工程基礎課程領域教學的運用仍處於初期發展階段，有許多實行上的問題及重要的研究問題尚待解決，因工程基礎課程牽涉大量觀念與定理的特性，在這些課程實施合作學習對於實施方式必須做適當的調整以融入課程當中，因此如何適切的導入工程基礎課程更顯得重要。

合作學習是一種有系統的教學策略，以小組學習及合作的方式在共同學習目標下，藉由小組間的協商、分工、合作及討論來完成學習目標，藉由合作學習的方式提升學習者認知、社交的發展，並增進彼此學習，在合作學習的模式下，教學者提供小組特定的學習目標，並且在學習過程中提供適當的協助與互動，確保小組內合作學習工作的順利進行。合作學習可提升專業學習、人際關係培養、學習心態的正向調整以及學習的正向態度，並達成提升學習至布魯姆分類學的不同層次教育目標。

合作學習這種創新教學模式的成功通常包含以下五項基礎要素(Johnson and Johnson 1999)：

- (1) 正向互賴(positive interdependence)：小組成員以正向的方式共同幫助互相信賴的方式進行學習工作，也就是同舟共濟的概念。
- (2) 個人責任(individual accountability)：各個成員的個別學習工作直接影響小組團體成效，合作。
- (3) 團體歷程(group processing)：小組學習效能的展現有賴於每個小組內部檢討其合作學習運作狀況和功能。團體歷程辨識分析小組目標達成程度並在學習過程中進行必要的調整。
- (4) 團體社交工作技巧(team/social working skills)：活動過程中，小組成員進行專業相關的任務工作溝通，同時進行團體內人際社交溝通技巧，也就是所謂的協同工作技巧。小組協同工作技巧，與合作學習效果品質密切相關。
- (5) 面對面的助長互動(face to face promotive interaction)：小組內學習者面對面溝通互動進行學習活動，可以助長彼此學習的成功，包含同儕間的鼓勵、努力完成任務、達成共同學習目標。

掌握這些基礎要素可促進小組表現並構成有效學習小組提升學習成效與表現(Johnson and Johnson 1999)，在實施過程中，教學者對學習目標的明確定義、將不同程度同學的常態分組、教學者必須妥善的告知學習者成功合作學習的操作方式、合作學習過程中教學者適當的介入回饋、小組學習成效的妥善評量都是實施合作學習重要且必須考量的要素。在理想的合作學習小組中，每個組員是互相依賴、互助共同分享概念與學習成果，彼此相互討論學習。透過合作學習可提高學習成效獲得更高階層的學習認知，讓學習狀態好的學習者協助學習狀態較差的學習者進行學習，並可以增進人際互動溝通機會，培養人際溝通合作能力，這是合作學習教學法最大的優點，也是本計畫預期達成的目標。

美國 Ball State University 化學系教授 Towns 最早在 1997 年在研究所物理化學課程熱力學單元運用合作學習方式，利用課程額外的時間進行合作學習教學與研究，由教學者提供針對課程內容的問題，小組成員針對問題進行討論、學習並對班級做 10 分鐘的小組發表，教師提供必要的協助以及在發表過程中提供必要的澄清與回饋，研究發現相較於片段單元式的學習，合作學習可將學習者的前後學習觀念整合至更有意義的層次，除此之外也可以跳脫解題式的學習，將學習層次提升至更高的層次，學習者表示這種活動會讓自己被迫跟上課程進度，每周複習並試著理解課程內容，跳脫應付考試的學習活動，同時也發現學習者的溝通、討論技巧藉由這種學習活動獲得提升，在面對同儕時比面對教師更能將自己的想法溝通，等都是合作學習創新教學方式的優點，對於學習者對於學習興趣、參與、主動學習、以及學習熱忱有一定程度的提升，對於學習有正向的幫助，顯示合作學習未來在高等教育的發展及應用極具潛力。

合作學習可用來促進學生的獨立學習與合作學習，教師由傳授者轉為協助者，讓學生自主學習、討論問題，進而自主學習理論與解決問題，促進學生的批判性思考。在這種狀況下的學習，較能培養學生的團隊合作、獨立思考、創造力與終生學習能力。學生藉由團隊合作中的反思問題與思考問題的過程中，能夠學習到更多認知與分析的技能。由近年應用合作學習於高等教育的研究指出合作學習可以幫助學習者學習發展在布魯姆分類(Bloom's Taxonomy)中更高層的認知分類，在布魯姆分類學習有六種層次的技能，從最簡單到最複雜依序為：(a) 記憶 (b) 理解 (c) 應用 (d) 分析 (e) 評鑑 (f) 創造，本計畫所採取的合作學習依照場域可分教室內與教室外的場域進行學習，除了可以幫助學習者在課堂上的學習活動聚焦在應用、分析、評鑑與創造外也可以有效的提升問題分析與解決能力，尋找相關資源，提升團隊合作能力以及溝通能力等優點。

在先前執行的計畫成功利用問題導向學習、即時反饋系統、以學習者為中心的課程模組融入材料熱力學教學後，為了更進一步評估培養學習者團隊合作、溝通與討論的技能以及提升授課品質與學習成效，思索設計合作學習習題競賽於材料熱力學教學並驗證評估其有效性。本計畫將先前所累積的計畫執行經驗，運用合作學習這種創新以學生為中心導向的教學方式於工程基礎課程中，計畫成果可提供國內科學與工程領域基礎課程教學者參考。

### 合作學習的實務運作方式

合作學習的策略方式，依照教學現場的不同需求，可分為強調學習者經驗、觀念及想法交流的分享與討論(sharing and discussion)、強調學習者對學習材料的精熟，協助學習者精熟學習內容的精熟(mastery)和強調學習者對特定主題的探究(inquiry)等三大取向，其實務運作方式基於這三大取向，發展出配對學習(paired learning)、拼圖法(jigsaw)、學生小組成就區分法(STAD)、共同學習法(learning together)、團體探究法(group investigation)等等不同的操作方式。我們針對與本計畫相關的幾種運作方式做討論(Benson, Orr et al. 2010, Hsung 2012, Chen and Lin 2020)：

#### 共同學習法(learning together)

共同學習法是由 D. W. Johnson 和 R. T. Johnson 所發展出來的合作學習法(Johnson and Johnson 1999)，學習者透過合作學習共同完成學習任務，學習目標為學習與人互動合作、共同完成學習任務，此學習方法中重視小組成員積極互賴、合作技巧的指導及個別責任。教學操作流程則分為 1)說明學習任務 2)學習者共同學習 3)教師巡視並適時介入 4) 評量與反思。

學生小組成就區分法(Student Teams-Achievement Divisions, STAD)

學生小組成就區分法是由 R. E. Slavin 所發展出的合作學習法(Gencosman and Dogru 2012)，在此方法中根據學習成就採取異質性分組，其主要目標是透過同儕協助及鼓勵精熟老師所教導的學習內容。在這個合作學習學習操作方式中包含三個主要要素：小組獎勵、個別責任以及均等的成功機會，包含教師以小組整體成績為判別獎勵的標準(小組獎勵)、小組成員必須理解應用教學者所教授的概念或技巧，在小組學習後以個別測驗的方式來進行個別學習的評斷，此為個別判斷，均等的成功機會指的是在這種合作學習過程中，不論程度高中低的學習者都有相等的成功機會。在這種合作學習法中，教學操作流程則分為 1)全班授課 2)小組學習 3)隨堂小考 4) 小組表揚。

#### 小組遊戲競賽法 (Teams Games Tournaments, TGT)：

小組遊戲競賽法與學生小組成就區分法非常類似(Helmi, Mohd-Yusof et al. 2016, Luo, Lin et al. 2020, Capinding 2021)，在此方法中同樣根據學習成就採取異質性分組，其主要目標同樣是透過同儕協助及鼓勵精熟老師所教導的學習內容，小組遊戲競賽法採取了一種學業競賽方式驗證，以小組遊戲競賽取代小考的方式。把各小組能力相當的人集中在同一競爭桌競賽，在此學習過程中小組學習採異質方式，但學習競賽時卻是採用同質方式進行。教學操作流程則分為 1)全班授課 2)小組學習 3)學習競賽 4) 小組表揚。本計畫所採取的合作學習方式，即是以小組遊戲競賽法為基礎所發展出適合課程的合作學習實務運作方式。

#### 4. 教學設計與規劃 (Teaching Planning)

本研究應用合作學習習題競賽活動於材料熱力學課程教學設計如附件一的圖一所示，由於材料熱力學屬於工程基礎課程，因課程特性主要使用課程講授法授課，除提供課程內容課堂數位筆記(enotes)提供學習者在課前與課後進行預習與複習，並依此為課程授課內容，並安排四次標準化測驗(兩次小考與期中及期末考)藉此驗證個人及團體的學習成效，同時在一個學期的課程中依據課程進度安排四次的小組合作學習習題競賽這個團隊導向學習為基礎的創新教學活動模組，希望藉此改善傳統教學中以個人的習題演練方式的缺乏學習動機及自主練習的學習缺點，以同儕的協助督促方式完成重要的習題演練學習活動，並在活動過程中學習培養更高層次的思維邏輯，同時蒐集四次合作學習習題競賽同儕互評包含分組互評組內互評成績，資料蒐集方面採用期中及期末 Google 表單問卷蒐集對合作學習習題競賽的看法與建議，並結合標準化測驗成果(兩次小考及期中期末考)分析合作學習習題競賽小組與個人學習成果間的關聯性。

為適切的運用合作學習於工程基礎課程中，本研究採取的合作學習過程有別於適用於一般課程的傳統合作學習流程，此流程特別適用於工程基礎課程授課教學運用，其流程先開始於課堂講授、課後學習包含個人學習準備與小組討論、習題競賽活動、回饋及最後進行標準化測驗為一個完整的循環流程，個人先進行個人準備再進行團隊合作討論學習的方式，最後藉由以團體競賽的方式提升學習者對於習題練習與表達的能力，以融入趣味元素(小組名稱、小組排名、個人評論)方式進行具有競爭性的合作學習習題競賽，利用同儕激勵協助的方式能夠讓學生願意投入習題演練當中，並藉由討論、練習如以科學邏輯的方式，解釋自己的想法與答案，並從這樣的互動過程中，讓同學學習的重心從答案為主轉移到推理的過程，能有效的帶領同學思考問題，除了提升對習題練習的參與度之外，同時藉由 IRS 系統蒐集同儕互評以及分組互評的方式，進行團隊競賽排名成績公布，除了提升競爭性並也能夠提升課堂活動的趣味與參與感。就本學期的合作學習習題競賽活動操作及設計方式等細節，考量課程進度安排、促進小組合作及活動趣味性等目標，我們針對先前計畫的成果，將執行方式進行微調，研究合作學習習題競賽活動實際操作面的改善，本學習實施 TBL 活動操作方式可歸納整理為以下幾個重點：

1. 每學期四次 TBL 習題競賽(每次 11 題，如附件三)，每次兩小時於課堂上進行。
2. 合作學習採自由參加(55 人參加活動：實驗組，19 人不參加活動：對照組)
3. 參與者(55 人)依據大一學期成績以常態分組(大一成績)分 11 組，每組 5 名成員。
4. 習題課前發放，以個人及小組方式預先準備及討論，並選出小組長。
5. 活動前繳交小組討論紀錄單，確保分工合作進行。
6. 競賽活動時每組隨機抽選一題，對全班說明講解，教師適時介入。
7. 以 IRS 方式進行同儕互評及分組互評，評定個人及分組成績。
8. 每次合作學習習題競賽活動結束公布分組排名成績，以提升小組競爭。
9. 習題排名佔學期成績額外 25%，提升參與度。
10. 合作學習習題競賽分組排名與組內互評成績佔學期成績額外 25%，提升參與度。
11. 每次合作學習習題競賽活動結束公布分組排名成績，以提升小組競爭。

本計畫與先前計畫執行的活動差異為：習題競賽採自由參與，因此可得到實驗組與對照組進行研究比較，小組人數降低與小組數量增加，可有效提升學習者於活動中參與討論與實質貢獻，另外選舉小組長負責組織討論活動及繳交『合作學習紀錄單』可確保分工合作進行，與提升參與度。

經過本學期的四次合作學習習題競賽活動進行經驗，我們發現這些改良式合作學習方式操作方式提供幾個重要的功能：首先就小組組成來說，先前的小組 6-7 個成員數量偏多，容易造成搭便車的狀態，也就是由少數組員分擔主要的工作，也就是團隊導向學習所常見的分工不合作的情形發生，也會降低合作學習習題競賽學習活動的效果，經觀察理想的小組成員應為四人較為適合合作學習習題競賽學習活動的進行，降低小組人數與提升小組數量可有效提升合作學習習題競賽學習活動的效果，另外由小組選出小組長可促進分工合作學習活動的

進行與分工。就合作學習習題競賽活動次數與習題數量來討論，一個學期進行四次的合作學習習題競賽學習活動與每次十一題的習題，以隨機方式抽選一題由各組輪流進行講解，可確保每組同學都能用心準備這些題目的內容與先備知識，並且除了能夠解題外，講解習題過程中需要更高層次知識的理解與應用，才能夠清楚的對班級講解題目內容，包含思考邏輯、應用觀念及問題解決流程，教師的適時介入討論可確認小組的講解思路邏輯符合學習目標。就評分系統而言，利用 IRS 系統進行同儕互評與分組互評，其分組評分結果除了可進一步提升學習者對準備此學習活動的競爭動機外，並可提供學習活動的正反回饋意見，使學習者隨四次合作學習習題競賽活動進行修正而得到學習與成長。每次合作學習習題競賽活動結束公布分組排名成績，以及合作學習習題競賽活動分組排名與組內互評成績佔學期成績額外 25%，可進一步提升學習者的競爭性與參與度。

## 5. 研究設計與執行方法 (Research Methodology)

第一部分的研究工作針對如何改進以及最佳化合作學習習題競賽活動應用於工程基礎課程，包含：

1. 分工不合作行為解決(工作分配不均、參與度低落、搭便車)
2. 如何提升學習活動中的分工合作行為。
3. 以及小組人數與分工合作行為的關連性。

第二部分的研究工作則針對合作學習習題競賽活動確認其對個別學習者的成效，包含：

1. 合作學習習題競賽是否能夠有效提升學習者的學習成效？
2. 問卷調查結果以 Google 表單蒐集及標準統計方法(SPSS14)進行量化分析。
3. 實驗組與對照組學習者的學習成效比較(自由參與合作學習競賽)。
4. 建立個人學習成效評估與分析方法(個人學習前後成效變化)。
5. 確認常態分組實施合作學習習題競賽的學習成效。(常態分組實施合作學習成效較佳)

本研究計畫主要在設計運用及最佳化合作學習習題競賽活動於材料熱力學課程的教學實踐研究，目的在探討以合作學習習題競賽活動在材料熱力學課程教學中，教師進行各項教學教學活動歷程、遭遇的困難以及相對應的策略，了解學生的學習認知與改變以及經歷以合作學習習題競賽活動過程中在課程的成長與表現，進而提升學習興趣與成效，本研究問題如先前所論述，為材料熱力學教學上所面臨的實務問題，期望能以合作學習習題競賽活動進行材料熱力學教學改善，提升學生學習意願與學習成效，同時提升同學在課堂的討論交流並發展高層次的學習活動，並從教學與學生的學習過程中，探討以合作學習習題競賽活動對大學生學習材料熱力學動機和學習成效的影響，深入瞭解及探討課堂中以團隊導向學習的教學與學習歷程，探討學生有效學習的教學方式，提出教學設計反思與可能的教學改進方向，作為促進提升工程教育教學品質的參考。

本研究透過行動研究方法運用教學觀察記錄、單元學習單、即時回饋系統回饋資料等研究工具蒐集資料，並收集學生反思心得，以及發放問卷的書面調查，呈現出教學歷程的問題、反思與行動，以系統化整理學生對於運用團隊導向學習的認知、學習的成長與影響。本研究將根據研究分析的結果，對於運用團隊導向學習在材料熱力學教學提出教學設計反思與可能的教學改進方向，作為促進提升工程基礎課程教育教學品質的參考。

研究場域為國立東華大學材料科學與工程學系，研究對象為修習 111-1 學年開設之「材料熱力學(一)」課程學生，有 74 名學生全數為材料科學與工程學系大學部學生，其中 56 人為材料科學與工程學系大二學生，為首次修習本課程的學生，以及 18 人為大三、四重修學生。本研究的資料蒐集方法有：前測、IRS 系統紀錄(包含 TBL 同儕互評與組內互評分數及意見)、TBL 活動小組成績及排名、期中及期末學習回饋單、學習者學期成績表現及期末教師課程教學評鑑資料，同時包含質性與量性資料，進行分析研究比較。

本研究使用質量混合方法 (mixed method，可整合質性方法與量化方法的優點，將有助

於進一步勘探教學現場所收集的資訊，並分析學習成效。因此，為探討學生之學習成效，本研究採取質量混合方法，進行兩階段資料分析：

第一階段：採用質性研究，針對修課學生學習歷程中的期中與期末學習狀態進行分析，以了解學生學習歷程之改變，並統計不同向度之相關次數。

第二階段：採用量化研究，由課前課後施測之問卷，以學生自評對於課程內容之認知程度及學習態度，並使用 IRS 系統評分資訊以及標準化測驗結果，藉以上蒐集資料綜合探討採用合作學習學習的有效度。

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

### (1) 教學過程與成果

資料蒐集與分析方面，以自行設計 Google 表單問卷進行單組前後測，並利用 SPSS 14 進行量化統計分析，進行信度分析(Cronbach  $\alpha$  係數)、敘述統計(平均值、標準差)、差異顯著性(成對樣本 t 檢定)與相關(皮爾森積差相關分析)，學習者學習成效前後變化則利用學習者大一成績與課程學期成績做比較。同時我們利用 IRS 系統收集個人回饋及團隊回饋評分資訊，最後將所蒐集的四次合作學習習題競賽排名分數與個人標準化測驗學習成效做交叉比對分析，研究教學過程中團隊導向學習對學習過程及成效的影響。

本研究『運用及最佳化合作學習習題競賽活動提升工程基礎課程教學成效』的研究資料蒐集及分析，利用『單組前後測設計(one-group pretest-posttest design)』，讓受試者在進行合作學習活動的過程中(期中)與學習活動後(期末)都接受 Google 表單問卷量表前、後測調查，以瞭解參加合作學習活動過程中及過程後學習心態與學習行為變化的過程，以做為本研究的研究資料蒐集依據之一，前、後測問卷量表為研究者自行設計如表一所示。問卷量表設計分為 A、B 兩部分，A 部分針對『相較於傳統授課方式，對本學期實施運用合作學習方式學習材料熱力學的學習成效』共五題(A1-A5)，B 部分則針對『相較於傳統的習題練習繳交方式，對本學期實施合作學習習題競賽活動的意見』共六題(B1-B6)進行前後測調查。若受試者對該題目的回應為『非常同意』，分數則為 5，『同意』分數為 4，『普通』分數為 3，『不同意』分數為 2，若對該題目的回應為『非常不同意』，分數為 1，分數越高表示越同意該問題之陳述，前、後測問卷量表調查結果如表一所示，在分析實施運用合作學習方式學習材料熱力學的學習成效(Part A)各項樣本調查，其標準差與標準誤較小的項目為 A2、A4 及 A5，發散度較小，而對本學期實施合作學習習題競賽活動的意見中(Part B)，標準差與標準誤較小的項目為 B5，顯示學習者對於在過程中我有提供或接受學習上的協助的回應較為一致。

問卷資料的信度分析則利用以 Cronbach's  $\alpha$  係數考驗計算問題內部的一致性，作為測驗信度指標，Cronbach's alpha coefficient ( $\alpha$ )是一種用於衡量量表或問卷的內部一致性的統計方法。衡量的是多個測試項之間的相關性，即它們在衡量同一概念或特徵時的一致性程度。Cronbach's alpha coefficient 的值範圍在 0 到 1 之間，其中 0 表示完全無內部一致性，1 表示完全一致。一般來說 0.7 到 0.9 之間的 Cronbach's alpha coefficient 值被認為是良好的內部一致性。期中問卷的 Cronbach  $\alpha$  係數為 0.820，期末問卷所得之 Cronbach  $\alpha$  係數為 0.849，期中與期末測代表內部一致性信度高，由以上分析證明所得之問卷資料具信度及內部一致性。

表二為利用成對樣本 t 檢定所得期中與期末問卷之顯著性，實施運用合作學習方式學習材料熱力學的學習成效(Part A)各項樣本，顯著性差異較小，而對本學期實施合作學習習題競賽活動的意見中(Part B)，B3：學習到額外的知識與能力的顯著性為 0.08，較接近顯著性水準(0.05)，其原因可能來自於本研究的樣本數較小，導致量表向度顯著性差異較不顯著。



		平均數	標準差	平均數的標準誤
A1	降低習題練習的困難度及門檻 (期中)	3.55	.932	.128
	降低習題練習的困難度及門檻 (期末)	3.43	.971	.133
A2	提升我對觀念與應用的能力 (期中)	4.34	<b>.553</b>	<b>.076</b>
	提升我對觀念與應用的能力 (期末)	4.34	<b>.618</b>	<b>.085</b>
A3	提升小組討論合作的能力 (期中)	3.83	.727	.100
	提升小組討論合作的能力 (期末)	3.94	.691	.095
A4	提升小組對溝通及發表的能力 (期中)	3.91	<b>.628</b>	<b>.086</b>
	提升小組對溝通及發表的能力 (期末)	4.00	<b>.650</b>	<b>.089</b>
A5	這種方式可幫助我學習工程基礎課程 (期中)	4.32	<b>.581</b>	<b>.080</b>
	這種方式可幫助我學習工程基礎課程 (期末)	4.23	<b>.669</b>	<b>.092</b>
B1	學習討論較有動力及效率 (期中)	4.21	.769	.106
	學習討論較有動力及效率 (期末)	4.21	.817	.112
B2	幫助對觀念的理解與應用 (期中)	4.30	.638	.088
	幫助對觀念的理解與應用 (期末)	4.15	.744	.102
B3	學習到額外的知識與能力 (期中)	3.66	.706	.097
	學習到額外的知識與能力 (期末)	3.92	.805	.111
B4	學習溝通與表達能力與能力 (期中)	3.94	.770	.106
	學習溝通與表達能力與能力 (期末)	4.06	.718	.099
B5	在過程中我有提供或接受學習上的協助 (期中)	4.42	<b>.570</b>	<b>.078</b>
	在過程中我有提供或接受學習上的協助 (期末)	4.25	<b>.648</b>	<b>.089</b>
B6	這種方式應該推廣在其他工程基礎課程中 (期中)	4.21	.689	.095
	這種方式應該推廣在其他工程基礎課程中 (期末)	4.08	.730	.100

表一：前後測問卷量表平均數、標準差與標準誤差異 (N=53)。

項目	期中測平均	期末測平均	顯著性
A1	3.55	3.43	0.541
A2	4.34	4.34	1.000
A3	3.83	3.94	0.444
A4	3.91	4.00	0.505
A5	4.32	4.23	0.451
B1	4.21	4.21	1.000
B2	4.30	4.15	0.314
B3	3.66	3.92	<b>0.080</b>
B4	3.94	4.06	0.451
B5	4.42	4.25	0.151
B6	4.21	4.08	0.312

表二：利用成對樣本 t 檢定所得期中與期末問卷之顯著性(N=53)。

本學期的課程教學研究運用及最佳化合作學習於工程基礎課程的方式進行教學實踐研究，經過研究資料蒐集以及分析後，計畫歸納出四個重要研究成果主題亮點值得深入探討，分別為：(一)、學習者對實施運用及最佳化合作學習競賽的成效。(二)、學習者對實施運用合作學習習題競賽的意見。(三)、學習者團體與個人的學習成效評估與驗證。(四)、學習者在合作學習習題競賽中的成長，等四個研究成果進行分析討論，以下分別進行討論：

#### (一)、學習者對實施運用及最佳化合作學習競賽的成效

首先我們針對學習者對實施合作學習習題競賽所提供的成效，分別在期中以及期末以 Google 表單進行問卷調查，進行質性與量性的資料蒐集，其統計資料與統計圖如附件一的圖二所示。首先我們對合作學習習題競賽所提供的學習協助與成效感受度，分別在期中以及期末以學習回饋單問卷方式進行資料蒐集，Part A 針對以下五個特質(A1-A5)對合作學習競賽對個人學習可能進行的幫助進行調查，等五個合作學習習題競賽可能提供的協助進行認同度的

調查。由期中調查(經過兩次合作學習習題競賽活動)結果可得知，認同度最低的選項為『降低習題練習的困難度及門檻』，其可能的原因來自於部分同學認為材料熱力學課程本質是不容易學習的課程，對自身學習障礙較高，導致面對習題困難度與挫折感較高等因素所導致，但在此選項回答非常同意及同意的學習者也高達 11.30 %及 39.60 %，顯示一半的同學對於合作學習習題競賽活動中同儕互助學習的學習歷程，可降低習題練習的困難度及門檻抱持正向肯定的態度，就合作學習競賽對個人學習可能進行的幫助同意度較高的選項依次為：『提升小組對溝通及發表的能力』、『這種方式可幫助我學習工程基礎課程』、『提升小組討論合作的能力』、『提升我對觀念與應用的能力』，由此調查顯示學習者對於合作學習習題競賽所提供學習協助主要是可藉由小組討論的方式進行學習內容的學習理解與應用，並可以以同儕互助的方式學習，其幫助較大，同時培養對溝通發表的能力，除此之外藉由小組成員一同討論學習也同時能夠降低習題練習的困難度及門檻。而在各選項回答不同意或非常不同意的僅占約 3.8-1.9%，僅占班級的極少數，顯示幾乎所有同學對合作學習習題競賽對學習提供的幫助呈現正向的觀感，也確實能夠體驗到合作學習習題競賽這個創新教學學習活動對學習工程基礎課程過程中所提供的實質學習幫助。

在經過一整個學習的合作學習習題競賽的操作後，我們發現在期末調查(經過四次合作學習習題競賽)的結果，對合作學習競賽對個人學習可能進行的幫助各選項的認同度有微幅提升，從同意，提升至非常同意，其同意度由高而低依序為：『提升我對觀念與應用的能力』、『提升小組討論合作的能力』、『提升小組對溝通及發表的能力』、『這種方式可幫助我學習工程基礎課程』等，其順序與期中調查類似，但同意度由普通提提升至同意及非常同意，顯示學習者在經歷一整個學期的合作學習習題競賽活動後，對此創新教學活動對學習工程基礎課程的認同度大幅提升。其中最主要的認同在於『提升對觀念與應用的能力』與『這種方式可幫助我學習工程基礎課程』。這部分的研究成果顯示學習者在經歷一整個學期的合作學習習題競賽活動後，對此創新教學活動對學習工程基礎課程的認同度大幅提升，這部分的研究成果顯示在基礎課程中實施合作學習對學習者有正向的幫助。

## (二)、學習者對實施運用合作學習習題競賽的意見。

如先前提到的，本研究採用合作學習習題競賽方式進行工程基礎課程教學，為了研究比較採用合作學習習題競賽與傳統授課教學方式的差異，我們也設計了以採用合作學習習題競賽不同評分意見向度做期中與期末調查(Part B)，包含：『學習討論較有動力及效率』、『幫助對觀念的理解與應用』、『學習到額外的知識與能力』、『學習溝通與表達能力』、『在過程中我有提供或接受學習上的協助』、『這種方式應該推廣在其他工程基礎課程中』。分別在期中與期末進行調查，對運用合作學習習題競賽運用在工程基礎課程的看法期中與期末調查結果如附件一的圖三所示，可以發現此教學模式在五個不同評分意見向度中，學習者多給予正面的評價，評價較高的評分意見向度有：『在過程中我有提供或接受學習上的協助』(非常同意 45.30%)、『學習討論較有動力及效率』(非常同意 39.60%)、『幫助對觀念的理解與應用』(非常同意 37.70%)、『這種方式應該推廣在其他工程基礎課程中』(非常同意 35.80%)，評價屬於中性偏高的則有：『學習溝通與表達能力』(非常同意 24.50%)、『學習到額外的知識與能力』(非常同意 9.40%)等，期末測的結果與期中測相比較，各項認同度的非常同意及同意度均有微幅提升，研究成果顯示學習者對於合作學習習題競賽這個教學活動在不同的評分項度中都有相當高的認同度。同時學習者在經歷一整個學期的合作學習習題競賽活動後，對此創新教學活動對學習工程基礎課程的各項認同度均大幅提升。其最主要的認同在於『在過程中我有提供或接受學習上的協助』，次要為『學習討論較有動力及效率』、『幫助對觀念的理解與應用』。

## (三)、學習者團體與個人的學習成效評估與驗證。

就學習者團體學習成效評估部分，我們同時也統計了學習者團體實施改良式合作學習習題競賽前後的成績分布差異如附件一的圖四所示，此成績分布(111-1)相較於往年未實施改良式合作學習習題競賽課程(110-1)的成績分布，實施改良式合作學習習題競賽課程學習者學期

成績除了平均 GPA 有效提升，中高學習表現的同學比例也相對較高，顯示在實施改良式合作學習習題競賽確實能夠有效提升不同學習成就學習者的學習表現，其學習成效也較佳。

而實施合作學習習題競賽是否能夠有效提升學習者個人的學習成效，這是本研究所想要解決的一個重要問題，也就是建立個人學習成效評估與學習者學習成效檢證，為了瞭解學習者在參與合作學習前後學習者學習成效的改變，我們設計了一個個人學習者學習成效的檢證方式，首先在期初依照學習者自身意願，分為進行合作學習習題競賽活動學習(實驗組共 45 人)與不進行合作學習(對照組共 11 人)兩組，分別依照全部 56 位學習者的大一 GPA 成績進行平均，所得到的平均 GPA 值(3.09)定義為參與合作學習前學習者的平均學習成效狀態，同時將材料熱力學課程 56 位學習者的材料熱力學課程學期成績進行平均，所得到的 GPA(2.65)值定義為參與合作學習後的平均學習成效狀態，並以個人大一成績(initial GPA)為 X 軸、課程學習成績(final GPA)為 Y 軸將進行合作學習(共 45 人)與不進行合作學習(共 11 人)的兩組實驗組與對照組的學習成績繪製為學習成效 XY 散佈圖，以接受合作學習前的平均學習成效狀態與接受合作學習後的平均學習成效狀態座標(方框)與原點做為棕色校正線，並將課程通過分數以紅虛線表示，如附件一的圖五所示，依據距離此校正線的距離可估計學習者的學習狀態變化情形，距離校正線越大者學習差異越大，同時我們可依此定義出幾個不同的學習成效區間，棕色校正線以上區域為學習成效進步，以下則為退步，由此散佈圖依照學習者學習成效變化分布位置可清楚呈現在五個分布區間，以順時針方向來看，分別為右上的進步區(grew)、退步區(declined)、大幅退步區(greatly declined)、低學習動機以及大幅進度區(greatly grew)，其分布人數如區域數字所示，由此散佈圖可觀察及歸納出四點結論：

1. 首先就平均學習狀態來看，實驗組學習前的平均學習狀態(3.05)低於對照組的平均學習狀態(3.23)，而實驗組學習後的平均學習狀態(2.67)高於對照組(2.58)的平均學習狀態，顯示雖然實驗組的學習前平均學習狀態較差，但在接受合作學習的平均學習狀態較未接受合作學習的學習者為佳，有明顯的進步。
2. 就學習者學習成效變化分布來觀察，接受合作學習的實驗組中的學習成效評估，有一位同學呈現大幅進步，而對照組則沒有，接受合作學習的學習者實驗組進步人數比例(56%)高於未接受合作學習的對照組人數(46%)，實驗組具大幅退步人數的比例(13%)也低於對照組人數(18%)，這個部分結果也顯示接受合作學習後學習者的學習進步狀態較未接受團隊導向學習的學習者為佳。
3. 在實驗組與對照組都有一位呈現低學習動機的學習者，顯示在學習動機極為低落的狀況下，實施合作學習創新教學方式並無法對低學習動機的學習者產生有效的影響。
4. 實驗組中有五位同學學期成績拿到 A+ 的成績，而對照組則僅有兩位同學得到 A 的成績，由於參加團隊導向學習活動是依照個人意願進行，結合初始學習狀態的資料與此結果也可得知，初始學習狀態較佳的學習者較傾向於進行自主學習活動，然而最終其學習成效並不會較參加合作學習學習者好，由此可得知合作學習活動不僅對中低學習狀態的學習者有幫助，經由交流討論的學習活動過程中，對於中高學習狀態的學習者也有所助益提升。

#### **(四)、學習者在合作學習習題競賽中的成長**

我們在本學期四次合作學習習題競賽活動進行的過程中，同時調查學習者在四次合作學習習題競賽中的自評，分為：學習者、教學者與學習與教學兼具三種自評選項，希望了解及分析學習者在參與合作學習過程中的學習狀態與自我認同變化，可以觀察到在學習活動的最初，有高達四成的學習者擔任學習者角色(TBL1：42.86%)，而隨著活動過程的演進，自評擔任學習者角色降低至接近兩成(TBL2：23.91%、TBL4：27.50%)至三成(TBL3：33.33%)，大部分的最初擔任學習者角色隨著合作學習活動的學習過程，由最初的學習者也會開始扮演教學者的角色，演變至教學者與學習者兼具，顯示此合作學習習題競賽活動能夠有效的刺激與提升學習者的學習討論，進而達到學習者也能夠擔任教學者的學習成效。此研究結果證實學習者能藉由參與合作學習習題競賽的學習討論過程中得到學習與成長。也顯示此合作學習習題競賽活動能夠有效的刺激與提升學習者的學習討論，進而達到也能夠擔任教學者的學習成

效。

計畫成果公開發表：本計畫執行成果已於三場教學實踐研究活動研討會發表。

- 「教學實踐研究計畫撰寫工作坊」計畫成果發表與帶領計畫撰寫討論實作，教學實踐研究計畫東區基地，112/6/28，礁溪山形閣飯店。

- 「教學實踐研究計畫申請及執行經驗線上分享會」計畫成果發表，教學實踐研究計畫北區基地，112/8/15，Google Meet。

- 112年國立東華大學新進教師研習營，計畫成果發表，國立東華大學，112/9/1，礁溪兆品酒店。

## (2) 教師教學反思

在傳統課程中利用合作學習習題競賽這個課程活動，以團體競賽的方式提升學習者對於習題練習與表達的能力，以融入趣味元素(小組名稱、小組排名、個人評論)方式進行具有競爭性的合作學習習題競賽，利用同儕激勵協助的方式能夠讓學生更願意投入習題演練當中，並藉由討論、練習如以科學邏輯的方式，解釋自己的想法與答案，並從這樣的互動過程中，讓同學學習的重心從答案為主轉移到推理的過程，能有效的帶領同學思考問題，除了提升對習題練習的參與度之外，同時藉由 IRS 系統蒐集同儕互評以及分組互評的方式，進行團隊競賽排名成績公布，除了提升競爭性並也能夠提升課堂活動的趣味與參與感。

合作學習過程中的分工不合作行為，我們利用降低小組人數與提升小組數量可有效提升合作學習習題競賽學習活動的效果，經觀察理想的小組成員應為四人較為適合合作學習習題競賽學習活動的進行，另外由小組選出小組長與繳交學習討論單可促進分工合作學習活動的進行與分工。就合作學習習題競賽活動次數與習題數量來討論，一個學期進行四次的合作學習習題競賽學習活動與每次十一題的習題，以隨機方式抽選一題由各組輪流進行講解，可確保每組同學都能用心準備這些題目的內容與先備知識。就評分系統而言，利用 IRS 系統進行同儕互評與分組互評，其分組評分結果除了可進一步提升學習者對準備此學習活動的競爭動機外，並可提供學習活動的正反回饋意見，使學習者隨四次合作學習習題競賽活動進行修正而得到學習與成長。每次合作學習習題競賽活動結束公布分組排名成績，以及合作學習習題競賽活動分組排名與組內互評成績佔學期成績額外 25%，可進一步提升學習者的競爭性與參與度。每次合作學習習題競賽活動結束公布分組排名成績，以及合作學習習題競賽活動分組排名與組內互評成績佔學期成績額外 25%，可進一步提升學習者的競爭性與參與度。我們並觀察到改良式合作學習學習活動除了可改進分工不合作行為外，也可有效提升組內不同學習者的互動與學習層次的提升，因此在傳統工程基礎課程中融入以習題練習為主題的競賽式合作學習競賽活動，可有效提升學習興趣與成效，值得運用於工程基礎課程中。

## (3) 學生學習回饋

為了進一步確認合作學習習題競賽的有效性，我們同時也針對合作學習習題競賽的優點及需改進的方向在期中與期末階段分別進行質性資料意見蒐集調查，在『合作學習習題競賽之學習感受』的學習感受度探討方面，則是在期末問卷增加文字回應的質性調查，以『經過整學期四次的 TBL 活動，我認為 TBL 的優點與對自己學習上的幫助有：』(D1)、『經過整學期四次的 TBL 活動，我認為 TBL 的缺點有，應該如何改進：』(D2)與『其他對於本學期材料熱力學課程教學與學習的意見。』(D3)，藉此來瞭解受試者對於參與本研究實驗課程過程的學習反應及相關意見，我們將期中與期末質性回饋資料整理為文字雲方式呈現如**附件一的圖六**所示。

就期中調查的質性資料來說，合作學習習題競賽對學習的幫助有(期中測)：1. 新穎、有趣。2. 與同學提升互動及討論活動。3. 為了討論而提升自我學習及反思。4. 提前準備。在經過整學期四次的合作學習習題競賽活動，我認為合作學習習題競賽的優點與對自己學習上的幫助有(期末測)：1. 更主動積極的練習習題。2. 提高作習題的意願。3. 加強學習意願。4. 在討論過程中獲得能力提升。其中質性資料學習者回饋及反應的與我們研究所預期合作學習習

題競賽所能提供的協助大幅度一致，質性資料回饋顯示合作學習習題競賽確實能夠提升工程基礎課程學習興趣與成效。

本創新教學課程上下學期教學評量成績(如附件二)分別為4.65及4.59,高於系平均值4.58及4.57及理工學院平均值4.46及4.43,雖然本課程為通過率較低的工程基礎課程,以教學評鑑成績而言學習者的回饋甚佳,顯示在工程基礎課程投入本創新教學亦可提升學習者的學習滿意度及正向回饋。

## 7. 建議與省思(Recommendations and Reflections)

本研究成果由問卷質性與量性調查資料顯示,學習者對實施運用及最佳化合作學習競賽的成效具高度認同。利用提升小組數量與降低小組人數、推選小組長與討論紀錄單等可有效提升小組內分工合作行為。研究結果再度確認小組以常態分組進行合作學習活動確實能有效提升學習者的學習成效。在本研究中我們建立一套個人與團體學習成效評估與分析方法,經實驗組與對照組的個人學習成效差異評估結果,證實在工程基礎課程教學中融入合作學習習題競賽,可有效提升個人與團體學習者的學習成效。同時我們發現學習者在合作學習過程中,能由擔任單純的學習者角色轉變為教學與學習者兼具,顯示此合作學習習題競賽活動能夠有效的刺激與提升學習者的學習與成長。本研究也證實合作學習習題競賽活動除了能夠有效提升學習者的個人學習表現與班級的學習成效,也能夠藉由參與合作學習習題競賽過程得到自身學習與成長。本研究成果說明如何運用及最佳化合作學習習題競賽活動學習活動於工程科目基礎教學,以及以適切的方式在工程基礎課程教學中導入合作學習習題競賽活動,可同時提升學習者學習興趣成效與自身成長。

## 二. 參考文獻 References

- Anderson, E. E., R. Taraban and M. P. Sharma (2005). "Implementing and assessing computer-based active learning materials in introductory thermodynamics." International Journal of Engineering Education **21**(6): 1168-1176.
- Ayyildiz, Y. and L. Tarhan (2018). "Problem-based learning in teaching chemistry: enthalpy changes in systems." Research in Science & Technological Education **36**(1): 35-54.
- Baran, M. and M. Sozbilir (2018). "An Application of Context- and Problem-Based Learning (C-PBL) into Teaching Thermodynamics." Research in Science Education **48**(4): 663-689.
- Benson, L. C., M. K. Orr, S. B. Biggers, W. F. Moss, M. W. Ohland and S. D. Schiff (2010). "Student-Centered Active, Cooperative Learning in Engineering." International Journal of Engineering Education **26**(5): 1097-1110.
- Capinding, A. T. (2021). "Effect of Teams-Games Tournament (TGT) Strategy on Mathematics Achievement and Class Motivation of Grade 8 Students." International Journal of Game-Based Learning **11**(3): 56-68.
- Caserta, S., G. Tomaiuolo and S. Guido (2021). "Use of a smartphone-based Student Response System in large active-learning Chemical Engineering Thermodynamics classrooms." Education for Chemical Engineers **36**: 46-52.
- Chen, J. and T. F. Lin (2020). "Do Cooperative-Based Learning Groups Help Students Learn Microeconomics?" Sage Open **10**(3).
- Etchberger, R. C. (2011). "Assessment of Cooperative Learning in Natural Resources Education." Journal of Forestry **109**(7): 397-401.
- Gencosman, T. and M. Dogru (2012). "Effect of student teams-achievement divisions technique used in science and technology education of self-efficacy, test anxiety and academic achievement." Journal of Baltic Science Education **11**(1): 43-54.
- Georgiou, H. and M. D. Sharma (2015). "Does using active learning in thermodynamics lectures improve students' conceptual understanding and learning experiences?" European Journal of Physics **36**(1).
- Greenbowe, T. J. and D. E. Meltzer (2003). "Student learning of thermochemical concepts in the context of solution calorimetry." International Journal of Science Education **25**(7): 779-

800.

- Helmi, S. A., K. Mohd-Yusof and F. A. Phang (2016). "Enhancement of Team-based Problem Solving Skills in Engineering Students through Cooperative Problem-based Learning." International Journal of Engineering Education **32**(6): 2401-2414.
- Hsung, C. M. (2012). "The Effectiveness of Cooperative Learning." Journal of Engineering Education **101**(1): 119-137.
- Johnson, D. W. and R. T. Johnson (1999). "Making cooperative learning work." Theory into Practice **38**(2): 67-73.
- Kautz, C. H., P. R. L. Heron, M. E. Loverude and L. C. McDermott (2005). "Student understanding of the ideal gas law, Part I: A macroscopic perspective." American Journal of Physics **73**(11): 1055-1063.
- Krause, U. M., R. Stark and H. Mandl (2009). "The effects of cooperative learning and feedback on e-learning in statistics." Learning and Instruction **19**(2): 158-170.
- Luo, Y. J., M. L. Lin, C. H. Hsu, C. C. Liao and C. C. Kao (2020). "The Effects of Team-Game-Tournaments Application towards Learning Motivation and Motor Skills in College Physical Education." Sustainability **12**(15).
- Meltzer, D. E. (2004). "Investigation of students' reasoning regarding heat, work, and the first law of thermodynamics in an introductory calculus-based general physics course." American Journal of Physics **72**(11): 1432-1446.
- Partanen, L. (2016). "Student oriented approaches in the teaching of thermodynamics at universities - developing an effective course structure." Chemistry Education Research and Practice **17**(4): 766-787.
- Riley, J. and K. Ward (2017). "Active Learning, Cooperative Active Learning, and Passive Learning Methods in an Accounting Information Systems Course." Issues in Accounting Education **32**(2): 1-16.
- Sozibilir, M. (2004). "What makes physical chemistry difficult? Perceptions of Turkish chemistry undergraduates and lecturers." Journal of Chemical Education **81**(4): 573-578.
- Sozibilir, M. and J. M. Bennett (2007). "A study of Turkish chemistry undergraduates' understandings of entropy." Journal of Chemical Education **84**(7): 1204-1208.
- Sreenivasulu, B. and R. Subramaniam (2013). "University Students' Understanding of Chemical Thermodynamics." International Journal of Science Education **35**(4): 601-635.
- Tatar, E. and M. Oktay (2011). "The effectiveness of problem-based learning on teaching the first law of thermodynamics." Research in Science & Technological Education **29**(3): 315-332.
- Towns, M. H. and E. R. Grant (1997). "'I believe I will go out of this class actually knowing something": Cooperative learning activities in physical chemistry." Journal of Research in Science Teaching **34**(8): 819-835.
- Vidal, J., D. Duran and M. Vilar (2010). "Musical learning with cooperative learning methods." Cultura Y Educacion **22**(3): 363-378.

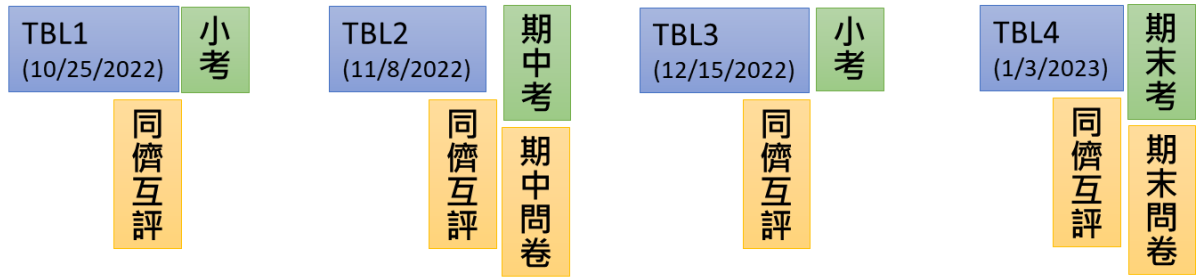
### 三. 附件 Appendix

附件一、研究成果圖一至圖七。

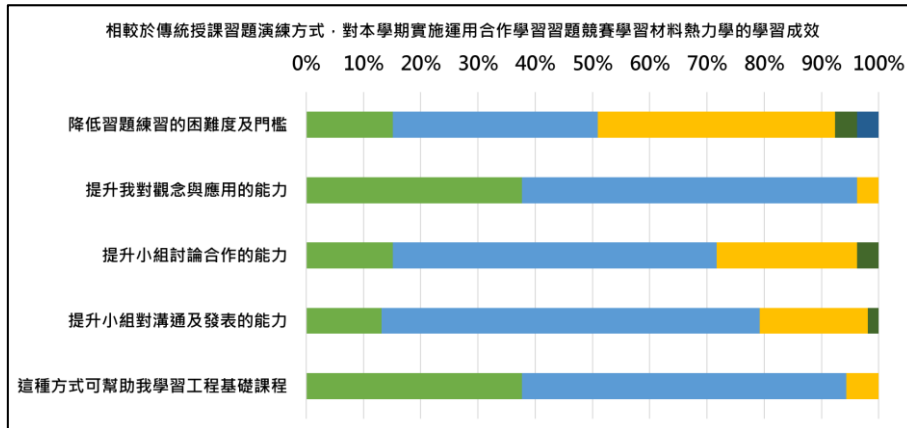
附件二、111-1 及 111-2 課程教學評量。

附件三、合作學習習題競賽例題。

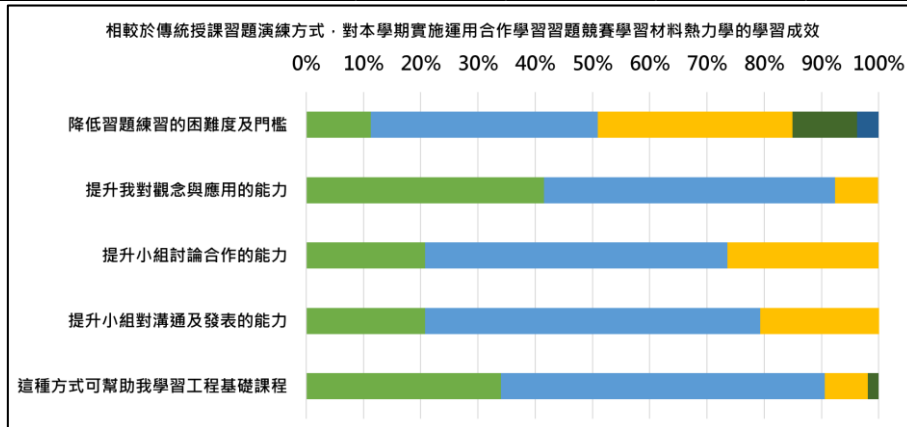
111-1 材料熱力學(一)教學課程設計



圖一：本研究計畫課程設計。

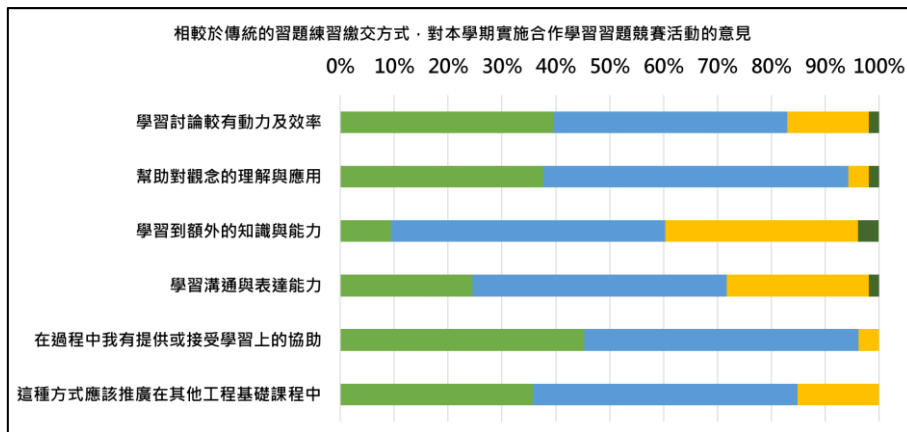


	非常同意	同意	普通	不同意	非常不同意
降低習題練習的困難度及門檻	11.30%	39.60%	34.00%	11.30%	3.80%
提升我對觀念與應用的能力	41.50%	50.90%	7.50%	0.00%	0.00%
提升小組討論合作的能力	20.80%	52.80%	26.40%	0.00%	0.00%
提升小組對溝通及發表的能力	20.80%	58.50%	20.80%	0.00%	0.00%
這種方式可幫助我學習工程基礎課程	34.00%	56.60%	7.50%	1.90%	0.00%

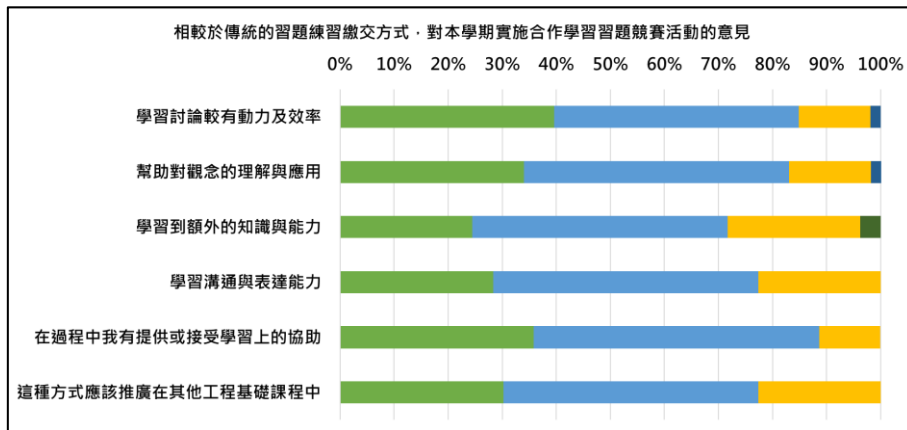


	非常同意	同意	普通	不同意	非常不同意
降低習題練習的困難度及門檻	15.10%	35.80%	41.50%	3.80%	3.80%
提升我對觀念與應用的能力	37.70%	58.50%	3.80%	0.00%	0.00%
提升小組討論合作的能力	15.10%	56.60%	24.50%	3.80%	0.00%
提升小組對溝通及發表的能力	13.20%	66.00%	18.90%	1.90%	0.00%
這種方式可幫助我學習工程基礎課程	37.70%	56.60%	5.70%	0.00%	0.00%

圖二：學習者對實施運用及最佳化合作學習競賽的成效期中(上)及期末(下)問卷調查結果。



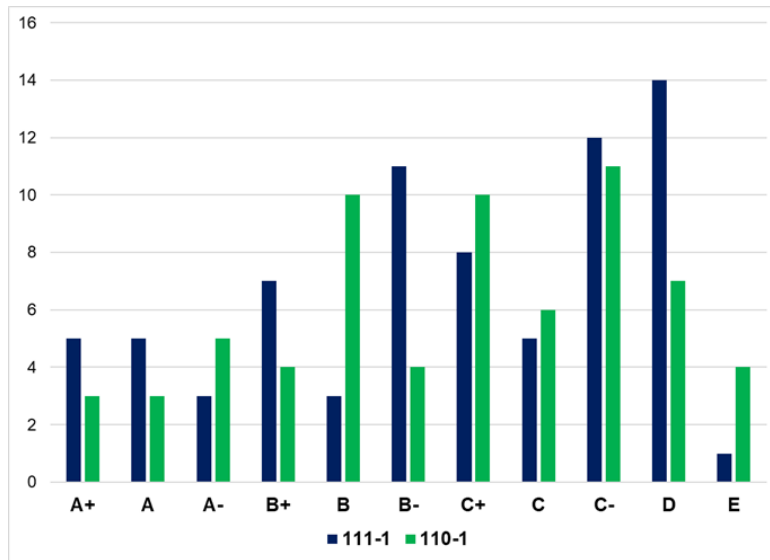
	非常同意	同意	普通	不同意	非常不同意
學習討論較有動力及效率	39.60%	43.40%	15.10%	1.90%	0.00%
幫助對觀念的理解與應用	37.70%	56.60%	3.80%	1.90%	0.00%
學習到額外的知識與能力	9.40%	50.90%	35.80%	3.80%	0.00%
學習溝通與表達能力	24.50%	47.20%	26.40%	1.90%	0.00%
在過程中我有提供或接受學習上的協助	45.30%	50.90%	3.80%	0.00%	0.00%
這種方式應該推廣在其他工程基礎課程中	35.80%	49.10%	15.10%	0.00%	0.00%



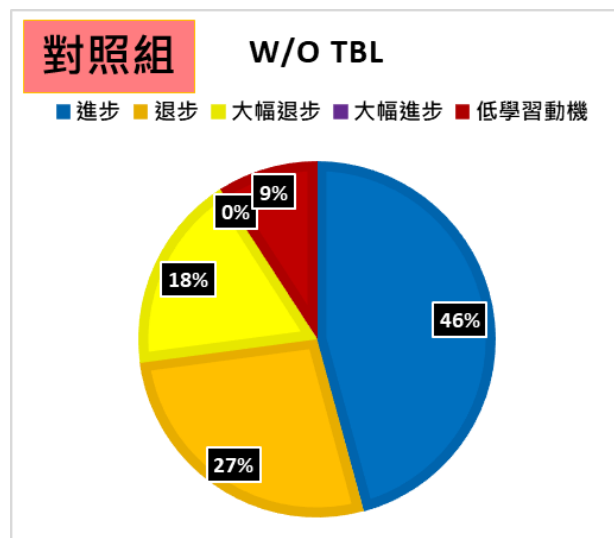
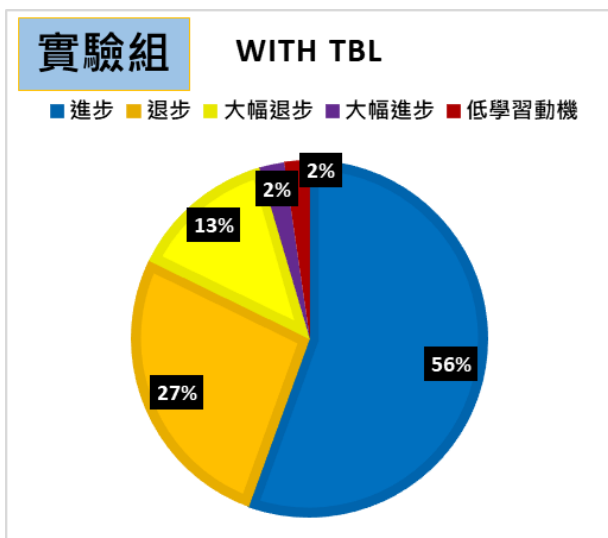
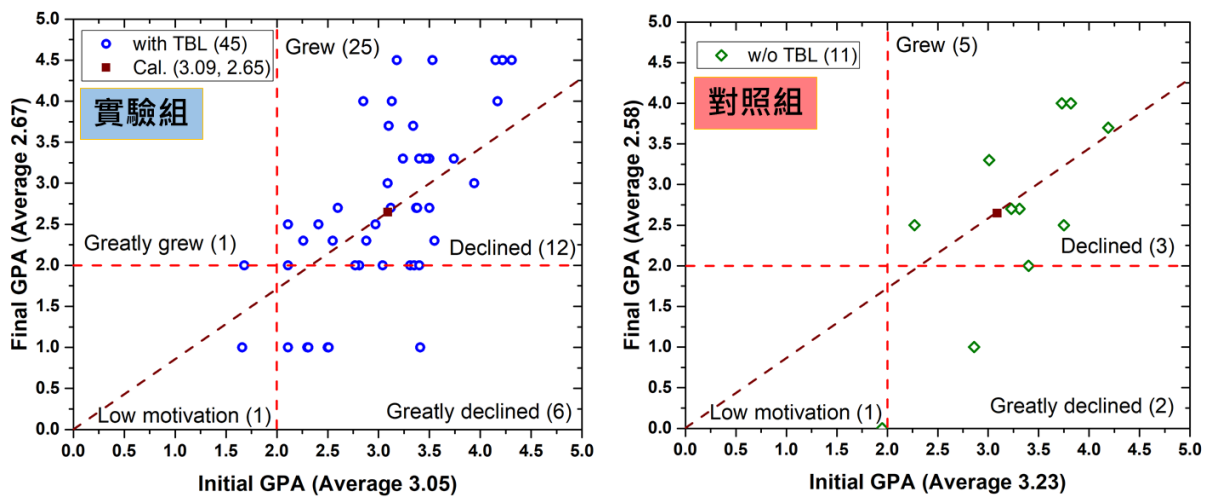
	非常同意	同意	普通	不同意	非常不同意
學習討論較有動力及效率	39.60%	45.30%	13.20%	0.00%	1.90%
幫助對觀念的理解與應用	34.00%	49.10%	15.10%	0.00%	1.90%
學習到額外的知識與能力	24.50%	47.20%	24.50%	3.80%	0.00%
學習溝通與表達能力	28.30%	49.10%	22.60%	0.00%	0.00%
在過程中我有提供或接受學習上的協助	35.80%	52.80%	11.30%	0.00%	0.00%
這種方式應該推廣在其他工程基礎課程中	30.20%	47.20%	22.60%	0.00%	0.00%

圖三：對運用合作學習習題競賽運用在工程基礎課程的看法：期中測(上)與期末測(下)。





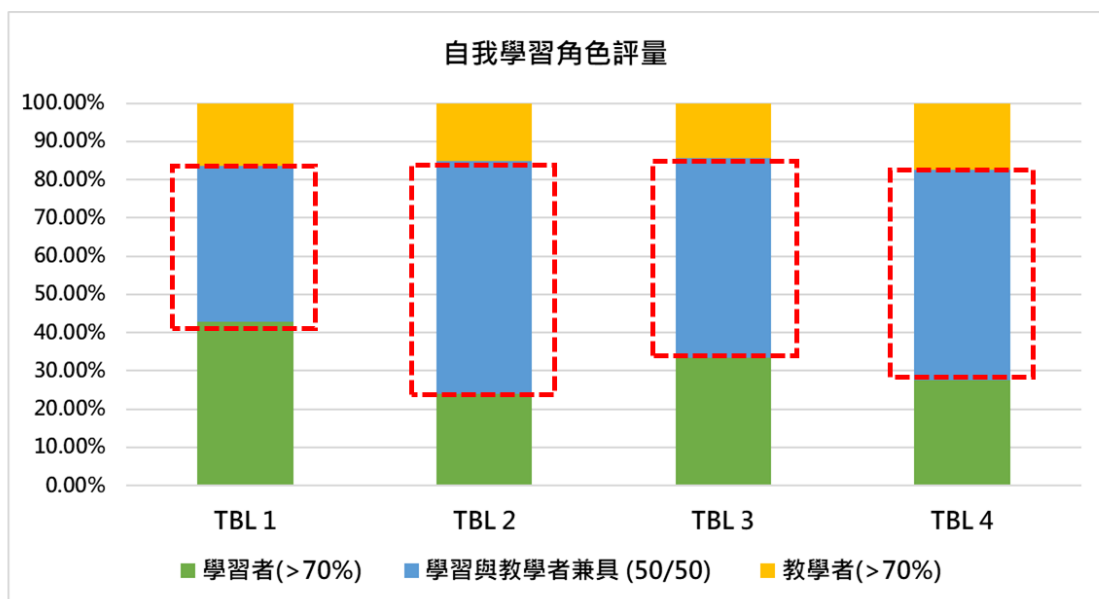
圖四：實施合作學習(110-1)與改良式合作學習(111-1)GPA 學期成績分布。



圖五：實驗組學習者的初始學習狀態與參與合作學習後的學習狀態散佈圖與學習狀態統計圖(左)對照組初始學習狀態與未參與合作學習後的學習狀態散佈圖與學習狀態統計圖(右)。



圖六：合作學習習題的優點與學習幫助期中(左)與期末(右)質性資料回饋文字雲圖。



	TBL1	TBL 1	%	TBL 2	%	TBL 3	TBL4	TBL 4
學習者(>70%)	21	42.86%	11	23.91%	14	33.33%	11	27.50%
學習與教學者兼具 (50/50)	20	40.82%	28	60.87%	22	52.38%	22	55.00%
教學者(>70%)	8	16.33%	7	15.22%	6	14.29%	7	17.50%

圖七：學習者於四次合作學習習題競賽活動中的自評。

分數:4.65

## 壹、課堂學習的情形

## 一、對於授課教師之教學意見

題號	題目	非常不同意	不同意	普通	同意	非常同意	總分	平均	極端值逕予排除後填表人數
1	本課程上課內容符合課程的教學目標	0	0	11	26	37	322	4.35	74
2	本課程內容安排有組織、有條理	0	0	11	28	35	320	4.32	74
3	本課程內容與安排依據我們的程度與需求而設計	0	0	11	27	36	321	4.34	74
4	老師能採用適合而多元的教學方式	0	0	11	27	36	321	4.34	74
5	老師很重視我們的反應，並能隨時修正教學方式	0	0	13	23	38	321	4.34	74
6	老師講課深入淺出，條理清晰	0	0	12	24	38	322	4.35	74
7	老師很鼓勵我們自由發問及表達意見，學習氣氛良好	0	0	10	25	39	325	4.39	74
8	老師很願意幫助我們解決學習上的困難	0	0	11	22	41	326	4.41	74
9	老師的評量方式能合理反映出教學重點	0	0	11	24	39	324	4.38	74
10	老師的評量方式能客觀公正的評量我的學習成果	0	0	12	24	38	322	4.35	74
11	老師會對我們的學習表現、考試結果或作業報告等給予回饋	0	0	11	25	38	323	4.36	74
12	老師採用_不_適切而_無_效的教學方式	36	8	12	10	8			74
13	老師能夠按時上課，如有請假(含出國開會)會安排調課或補課	0	0	11	24	39			74

## 二、自我學習評量

題號	題目	非常不同意	不同意	普通	同意	非常同意
14	我能理解本課程的專業知識	0	0	13	25	36
15	我能應用本課程的專業知識	0	0	13	26	35
16	我能根據本課程的專業知識進行獨立、批判思考	0	0	12	25	37
17	本課程讓我學到如何溝通合作	0	0	12	27	35
18	本課程讓我學到如何將理論與實務連結	0	0	13	27	34
19	本課程讓我學到如何解決問題	0	0	12	28	34
20	本課程能提高我修習相關課程與知識的興趣	0	0	12	27	35
21	本課程能激發我繼續探究這門課程的相關知識	0	0	15	22	37
22	有機會我樂意向同學或學弟妹推薦修讀這門課程	1	0	11	25	37

## 三、學生學習成效

科目代碼	科目名稱	題號	題目	能力指標相關度	非常不同意	不同意	普通	同意	非常同意
MS_20500	材料熱力學(一)	25	具備材料科學所需的物理、化學及數學的知識。	1			13	26	35
MS_20500	材料熱力學(一)	26	具備材料科學的專業知識，並能應用於解決工程上之問題。	2		1	11	26	36

MS_20500	材料熱力學 (一)	27	具備專業道德及責任感，與良好的溝通及團隊合作的能力。	1			11	29	34
MS_20500	材料熱力學 (一)	28	具備適當的英文能力，應用於學習與交流。	1			13	27	34

#### 四、自加題

科目代碼	科目名稱	題號	題目	非常 不同意	不同意	普通	同意	非常 同意
------	------	----	----	-----------	-----	----	----	----------

#### 貳、對本課程的心得與建議

##### 1. 對於這門課我最喜歡的是

上課不會想睡

老師很認真

無

教授給很多資源提供我們學習

無

老師真的超認真

無

無

講義很棒

喜歡老師上課幽默的態度，適時的休息，上課也很有趣！

基本的都有

像是，小考，tbl，研習課

辛苦了

無

無

讚

老師講解清楚，就算上課不懂也可以再看上課錄影複習。TBL 分組報告也能讓我更有動機讀書。感覺得到老師對這堂課十分用心！

無

老師

TBL 很棒讓我再次燃起了學習的動力

##### 2. 對於這門課我的建議是（包括教學內容、方法、評量方式... 等方面）

無

無

Tbl 感覺 3 次就好

希望題目可以在更明確的表達需要什麼，有的時候看不懂題目想表達什麼，就算知道答案也寫不出來

老師教學很認真 也有影片紀錄 不會的可以回去複習 很不錯

無

無

無

很棒

無

無

讚

無

無

讚

無

分數:4.59

## 壹、課堂學習的情形

## 一、對於授課教師之教學意見

題號	題目	非常不同意	不同意	普通	同意	非常同意	總分	平均	極端值逕予排除後填表人數
1	本課程上課內容符合課程的教學目標	0	0	10	15	32	250	4.39	57
2	本課程內容安排有組織、有條理	0	0	11	14	32	249	4.37	57
3	本課程內容與安排依據我們的程度與需求而設計	0	0	11	14	32	249	4.37	57
4	老師能採用適合而多元的教學方式	0	0	10	15	32	250	4.39	57
5	老師很重視我們的反應，並能隨時修正教學方式	0	0	11	13	33	250	4.39	57
6	老師講課深入淺出，條理清晰	0	0	11	15	31	248	4.35	57
7	老師很鼓勵我們自由發問及表達意見，學習氣氛良好	0	0	10	15	32	250	4.39	57
8	老師很願意幫助我們解決學習上的困難	0	0	11	13	33	250	4.39	57
9	老師的評量方式能合理反映出教學重點	0	0	10	16	31	249	4.37	57
10	老師的評量方式能客觀公正的評量我的學習成果	0	0	12	14	31	247	4.33	57
11	老師會對我們的學習表現、考試結果或作業報告等給予回饋	0	0	10	15	32	250	4.39	57
12	老師採用_不_適切而_無_效的教學方式	26	12	9	2	8			57
13	老師能夠按時上課，如有請假(含出國開會)會安排調課或補課	0	0	12	14	31			57

## 二、自我學習評量

題號	題目	非常不同意	不同意	普通	同意	非常同意
14	我能理解本課程的專業知識	0	0	12	15	30
15	我能應用本課程的專業知識	0	0	11	17	29
16	我能根據本課程的專業知識進行獨立、批判思考	0	0	13	15	29
17	本課程讓我學到如何溝通合作	0	0	12	15	30
18	本課程讓我學到如何將理論與實務連結	0	0	12	14	31
19	本課程讓我學到如何解決問題	0	0	13	14	30
20	本課程能提高我修習相關課程與知識的興趣	0	0	13	14	30
21	本課程能激發我繼續探究這門課程的相關知識	0	0	12	15	30
22	有機會我樂意向同學或學弟妹推薦修讀這門課程	0	0	11	15	31

## 三、學生學習成效

科目代碼	科目名稱	題號	題目	能力指標相關度	非常不同意	不同意	普通	同意	非常同意
MS_20800	材料熱力學(二)	25	具備材料科學所需的物理、化學及數學的知識。	1			13	13	31
MS_20800	材料熱力學(二)	26	具備材料科學的專業知識，並能應用於解決工程上之問題。	2			13	13	31

MS_20800	材料熱力學 (二)	27	具備專業道德及責任感，與良好的溝通及團隊合作的能力。	1			14	13	30
MS_20800	材料熱力學 (二)	28	具備適當的英文能力，應用於學習與交流。	1			14	13	30

#### 四、自加題

科目代碼	科目名稱	題號	題目	非常 不同意	不同意	普通	同意	非常 同意
------	------	----	----	-----------	-----	----	----	----------

#### 貳、對本課程的心得與建議

##### 1. 對於這門課我最喜歡的是

無

無

無

無

無

..

老師提供了很多讀書的管道，非常用心嗚嗚嗚（讀才熱抖有動力了起來）

無

無

無

##### 2. 對於這門課我的建議是（包括教學內容、方法、評量方式... 等方面）

無

廢除 TBL 上更多進度會更佳

無

無

吳

..

無

無

無

**Materials Thermodynamics TBL Problem Set 4(2022/12)**

1. Prove that  $C_v = -T\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_s\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V$  and  $C_p = T\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_s\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P$
2. Show that the entropy change for an ideal gas from  $(P_1, V_1)$  to  $(P_2, V_2)$  :  $\Delta S = C_p \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right) + C_v \ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right)$
3. Prove that  $\left(\frac{\partial T}{\partial V}\right)_s = -\frac{T\alpha}{C_v\beta T}$  ,  $\left(\frac{\partial H}{\partial V}\right)_s = -\frac{C_p}{C_v\beta T}$
4. One mole of Fe chunk is kept in a closed system under 298 K, the molar volume and thermal expansion coefficient of Fe are  $7.1 \text{ cm}^3$  and  $3 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$  respectively. If the pressure exerted on one mole of Fe increasing from 1 atm to 50 atm at constant temperature.
  - (a) Calculate entropy change of the Fe chunk.
  - (b) Calculate enthalpy change of the Fe chunk.

Ans: (a) 34.93 J (b)  $-1.057 \times 10^{-4} \text{ J/K}$
5. (a) What are the applications of Gibbs-Helmholtz equation in thermodynamics.  
 (b)  $\Delta G(T) = -3.60 + 6.11T + T^2$ , calculate  $\Delta H$  at 300 K.  
 (c)  $\Delta A(T) = -5.90 + 1.22T + T^2$ , calculate  $\Delta U$  at 300 K.  

Ans: (b)  $\Delta H = -90003.6 \text{ J}$ , (c)  $\Delta U = -90005.9 \text{ J}$
6. Prove  $C_p - C_v = \frac{TV\alpha^2}{\beta}$
7. Prove  $\left(\frac{\partial C_p}{\partial P}\right)_T = -T\left(\frac{\partial^2 V}{\partial T^2}\right)_P$  ( Hint:  $\frac{d}{dP}\left(\left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_P\right)_T = \frac{d}{dT}\left(\left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_T\right)_P$  )
8. In order to relate the thermodynamic functions U, H and S to the independent variables T and P, please drive the following differential forms: (1)  $dH = QdT + RdP$  ; (2)  $dS = YdT + ZdP$   

[Note: you must express Q,R,Y,Z in terms of thermodynamic parameters T, P, V,  $C_p$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$ ]
9. Prove  $\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_P = \frac{C_p}{TV\alpha}$
10. The expression for the adiabatic thermoelastic effect (Thermoelastic effect is the temperature change resulting from stretching or contracting of an elastic material.) is derived by using the TdS relation. Estimated load pressure for one mole of aluminum at constant entropy thermoelastic process for the temperature change from 273 K to 275 K. (Hint : use TdS equation for T, P, notice pressure unit)  

Data :  $\alpha = 2.2 \times 10^{-5} / \text{k}$  ,  $C_p = 80 \text{ J/mole} \cdot \text{K}$  ,  $V = 2.56 \times 10^{-5} \text{ m}^3 / \text{mole}$   
 Ans:  $1.0368 \times 10^9 \text{ N/m}^2$
11. The initial state of a quantity of monatomic ideal gas is  $P_1 = 2 \text{ atm}$  ,  $V_1 = 5 \text{ liter}$  . Use TdS equation when the final state is  $P_2 = 10 \text{ atm}$  ,  $V_2 = 10 \text{ liter}$ . Calculate  $\Delta S$  of the gas.  

Ans: 21.03 J/k