

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

計畫編號/Project Number：PEE107121

學門分類/Division：工程

執行期間/Funding Period：107 年 08 月 01 日至 108 年 07 月 31 日

問題導向學習在材料熱力學課程教學之行動研究
/Implementation of problem-based learning (PBL) in materials thermodynamics
材料熱力學
/Thermodynamics in materials

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

共同主持人(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
(National Dong Hwa University/Department of Materials Science and Engineering)

繳交報告日期(Report Submission Date)：2019/9/3

(問題導向學習在材料熱力學課程教學之行動研究/Implementation of problem-based learning (PBL) in materials thermodynamics)

一. 報告內文(Content)

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

材料熱力學是材料科學與工程系最重要的必修核心課程，也是化學工程系、機械工程學系、化學系、物理系的重要核心課程之一，熱力學在工程系統中有許多重要的應用，包括內燃機、外燃機、引擎、冷凍空調、化學反應、材料加工、能源、電廠等產業，都屬於熱力學應用的範疇，熱力學主要討論在熱現象中物態轉變和能量轉換規律的一門知識，著重研究物質的平衡態以及與準平衡態的物理、化學過程。傳統的授課教學方式通常以大量的熱力學公式計算以及能量轉換觀念為出發點，其中牽涉到許多抽象的觀念與大量的熱力學函數，例如內能、功、熱、焓、熵以及熱力學三大定律等主題，對於初次接觸熱力學的學生們，這些主題與觀念多半顯得過於抽象且不知所措，往往導致學習興趣與效率的低落，且無法靈活運用所學在實際工程問題上，學習表現普遍都不大理想，一個班級重修學生的比率一般都佔約 30-40%，也是機械工程、化學工程、物理及化學等相關系所同學最感到棘手的一門科目。本教學實踐研究計畫主要在實踐問題導向學習於材料熱力學課程的教學研究，目的在探討問題導向學習在材料熱力學課程教學中，教師進行問題導向學習的教學活動歷程、遭遇的困難以及相對應的策略，了解問題導向學習策略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，提升學習成效及開發創新教法供參考。

以目前材料熱力學傳統的教學方式下，較偏重於理論知識的演繹與推導，同學學習常以背誦為主，難以理解，也無法和實際工程問題相連結。傳統的教學方式，可發現同學的學習常常只停留在書本知識的堆砌，不知對資訊如何分析與應用，僅獲得低層次的認知能力；而同學多半認為學習就是只要乖乖的坐在課堂裡，安靜的聽講接收知識即可，被動學習的心態根深蒂固。當學生面臨真實問題時，也常常以老師沒有教為由而不知所措，只會讀書、考試，不懂得如何解決真實問題。在這樣的教學方法下，如何讓學生具備靈活用運用知識主動而去深入的思考，並試著提出解決工程問題的方法，是一大盲點。因此，為了培養同學的批判思考能力、問題解決能力，「問題導向學習」(problem-based learning, PBL)的教學模式可以提供一個可能的解決方案，此一模式，已在國外醫學、護理、管理、科學等領域廣被應用，研究顯示對於專業人員在面對錯綜複雜實務問題的解決能力培養上，具有顯著的效果。

PBL 是以問題引發學習動機的學習過程，學生循著問題的架構，探究和學習以建構知識基礎，並以學生為中心，在充足的自學時間，讓學生發現問題，進而自發性地啟動學習和自我反思，以及決定與搜尋解題所需要的知識和資源，進行問題解決的歷程；同時，學習是在小組合作中產生，經由小組討論與反思的過程，檢視先備知識與獲得的新知識，以釐清問題內容和共同解決小組問題。此外在 PBL 中教師扮演著學習模範與引導者的角色，大部分時間以具彈性的引導，促進學生釐清問題和解決策略，協助學生發展問題解決與知識獲得的能力。雖然 PBL 是一種創新的教學方式，但是由於文化背景的關係，普遍習慣於傳統單向知識傳授，對於雙向的知識互動學習方式較為難以適應，因此在目前有關問題導向教學策略的研究在工程領域上較為少見，研究者為材料工程領域學者，因此希望能以材料科學與工程學系大二學生為研究對象，研究進行問題導向教學於材料核心基礎課程熱力學的可行性，並試著提出建

議，做為日後相關研究之參考。

本教學實踐研究計畫主要在實踐問題導向學習於材料熱力學課程的教學行動研究，目的在探討問題導向學習在既有的材料熱力學課程教學中，教師進行問題導向學習的教學活動歷程、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過問題導向學習在課程的成長與表現，進而提升學習成效。本研究在 107 學年度第一學期的課程中，以研究者任教的材料科學與工程學系大學部二年級學生為對象，在主題課程進行前實施實際工程問題探討，透過行動研究方法運用教學觀察記錄、單元學習單，教學錄影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問題導向學習的認知以及學習的成長與影響。本研究將根據研究分析的結果，對於問題導向學習的教學進行與應用提出可能的建議與方向，促進提升教學品質。

基於近年教學所遭遇的問題背景與研究動機之分析，歸納本教學實踐研究計畫之目的如下

1. 探討 PBL 教學對學生學習動機的影響。
2. 探討 PBL 教學對學生學習成效的影響。

在大學教育普及的今日，如何提升大學教育的教學品質成為重要的課題，現今國內外大學紛紛建構未來人才的圖像，大部份學者認同各領域的專業實務參與者，應具備更強的問題解決能力，能力導向的培育模式成為重要的教育趨勢。本教學實踐研究計畫運用問題導向教學策略進行材料熱力學授課的行動研究。以問題導向的教學策略為基礎，應用在材料熱力學活動中，透過問題導向的課程設計，學生逐步進行高階思考與學習的準則，以提升學生在材料熱力學上的基礎知識能力，增進學習興趣與解決實際工程問題的能力，並試著提出教學改善建議，做為日後相關教學研究之參考。

2. 文獻探討(Literature Review)

本研究之文獻探討共分為四個部分討論，分別為：問題導向學習的發展與內涵、問題導向學習的運作方式與評量方式、材料熱力學教學上常見的問題、問題導向學習在材料熱力學教學應用，以下分別詳述之：

問題導向學習的發展與內涵

問題導向學習是一種整合性的教學與學策略，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，其評量方式質與量並重，兼具學習過程與結果。(洪榮昭、林展立 2006)。問題導向學習使用實際問題當作出發點，讓學生發現問題，進而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，較能培養學生的獨立思考能力、創造力與終生學習能力。在 PBL 的模式下，學生藉由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(Nasar K. J. and Ramadan B., 2005)。近年的研究指出，PBL 可以幫助學生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) 知識、(b) 理解、(c) 應用、(d) 分析、(e) 綜合、(f) 評鑑，PBL 可以幫助學生學習活動聚焦在應用、分析與綜合，而且可以有效的提升問題分析與解決，尋找評鑑學習資源，提升團隊合作能力以及溝通能力等(P. Cawley, 1989)。

PBL 教學源於 1960 年代，加拿大 McMaster 大學醫學院教授 Howard Borrows 用來訓練醫學院學生實際面臨病患時，能將基礎知識加以整合應用的一種教學策略(Borrows H. S. and Tamblyn R, M., 1980)，主要以實用主義、建構主義、合作學習、情境學習理論等相關理念為基礎，所設計而成的一種以問題為課程核心的教學策略，對於問題導向學習的定義是：一種

透過瞭解與解決問題過程的一種學習方法，學習過程中會發現問題，但不一定在教育情境中找到最佳問題的解決方法。1990 年代，幾乎已有 40%的醫學院採用問題導向學習的上課方式(Hendry G. D. and Murphy L. B., 1995)，近年來 PBL 方式在歐美等地區已逐漸受到醫學以外的學科領域所採用，成為一種新興的教學方式。

國內早期也是由醫學教育首先開始 PBL 教學(賴明亮 2002)，除了醫學教學領域外，近年來也有學者開始研究運用 PBL 於教學相關領域例如：高中數學教學(陳彥霖 2013)、國小自然科教學(連簡淑麗 2014)、高中化學教學(張菀婷 2016)等研究。Biggs 在 2000 年的研究指出(Biggs J., 2000)，PBL 之所以會受到重視的主要原因主要有以下三個原因所導致：

- (1) 接受過 PBL 學習的學生普遍認為 PBL 相較於傳統教學有趣。
- (2) 接受過 PBL 學習的畢業生在職表現比傳統教學好。
- (3) 接受過 PBL 學習的學生比較能自我導向學習，與他人分享個人的學習收穫。

PBL 著重教師在教學過程中，以實務問題為核心，鼓勵學生進行小組討論，透過專題研究、作業、作品等產出過程，培養學生主動學習、批判思考和問題解決能力。基於 PBL 的基本理念，期課程設計是基於實務與理論的需要，讓學生產生學習動機，引導學生去理解、應用、創新，進一步再經由傳授、個案研究及知識分享等來讓學生容易理解、發現、面對問題，進而建構新模式。PBL 的課程發展模式中，透過以下三個管道進行知識傳遞：

- (1) 經由教師經驗知識的講授使學生達到知識的理解。
- (2) 經由同儕間知識的分享使學生達到知識的建構。
- (3) 經由個案研究與專題達到知識的求證。

學生透過以上過程，產生新的知識理解、推導、應用與創新，在兼顧理論與實務的需求下，達到 PBL 的課程目標。

而 PBL 的特色有(洪榮昭、林展立 2006)：

- (1) 以學習者為中心。
- (2) 學習者以小組的方式學習。
- (3) 教學者作為學習的設計者或引導者。
- (4) 以問題為中心之課程組織。
- (5) 培養解決問題的能力。
- (6) 多元學習成果展現。

因此，教學者在運用問題導向學習教學時，應該徹底瞭解其涵義，以實際問題為核心，透過小組合作的方式共同解決問題，而在問題解決的過程中學習得的新知識。

問題導向學習的運作方式與評量方式

Delisle (Delisle R., 1997) 提出 PBL 的五個重要成立的假設為：

- (1) 在情境中學習者才能產生學習。
- (2) 主動參與學習過程才能產生學習。
- (3) 學習者具備自我學習能力、充足動機並接受探究問題吸引。
- (4) 針對問題，不斷進行問題解決的活動。
- (5) 將所學知識及價值內化，並具有延續學習的能力。

而 PBL 的基本運作步驟包含(洪榮昭、林展立 2006)：

- (1) 專業知識運用。

- (2) 情境設計。
- (3) 學習與知識推導。
- (4) 評估。

材料熱力學教學上常見的問題

Sozbilir 指出學生在熱力學課程學習困難有幾個關鍵的因素，除了大量抽象的觀念難以理解外，最主要的原因是來自於教師無法有效的將主題的優先性在課堂上明白的傳達，以及學生缺乏學習動機(Sozbilir M., 2004)。也有其他的研究指出學生的邏輯思考能力以及微積分的基礎能力、本身的學習態度以及方法影響著學生在熱力學的表現(Nicoll and Francisco, 2001; Hahn and Polik, 2004)，對於重要核心熱力學觀念的定義，學生往往會有困難理解與誤解，例如常將功、熱誤解為狀態方程式 (Greenbowe and Meltzer, 2003; Meltzer D. E., 2004, 2006)，以及對於熱力學三大基本定律觀念的不熟悉與不理解等(Sreenivasulu B. and Subramaniam R., 2013)，上述問題對於學生在熱力學學習來說，都是常見導致學習成效不佳的原因。

問題導向學習在材料熱力學教學應用

早在 2002 年即有 MIT 的學者研究將實際的工程問題導入航太工程的課程中，研究指出課程變化學生對於工程科學的興趣與瞭解反應較傳統授課方式佳(Brodeur D. R., Young P. W., and Blair K. B., 2002)。利用 PBL 方式學習材料機械性質的課程，研究指出學生的學習深度、廣度以及對課程的瞭解也較傳統授課方式佳(Goulet R. U., and Owino J., 2002)。當 PBL 教學方式應用在計算機設計的課程時，透過討論合作的方式，學生顯示出更自動自發的學習以及專業能力的精進。因此，PBL 對於工程科學背景的學生來說，可是作為一個提升學生的學習興趣、對課程的瞭解程度以及學習成效的一種新的教學方式。

而在材料熱力學的學習方面，國內利用 PBL 引導學生學習材料熱力學之相關研究目前仍不多見，近幾年來國外已有一些將 PBL 應用在工程熱力學教學的研究報告(Nasr K. J. and Thomas C. D., 2004)，為了將 PBL 融入課程中，首先課程必須重新以方便實行 PBL 組織設計，將課程內容以模組化的方式重新安排後，以提出相關實際工程應用問題作為開始，接著學生可以思考學習的目標，經過學習討論之後應用所學知識解決問題，PBL 與傳統課綱教學方式的差異流程如圖 1 所示。

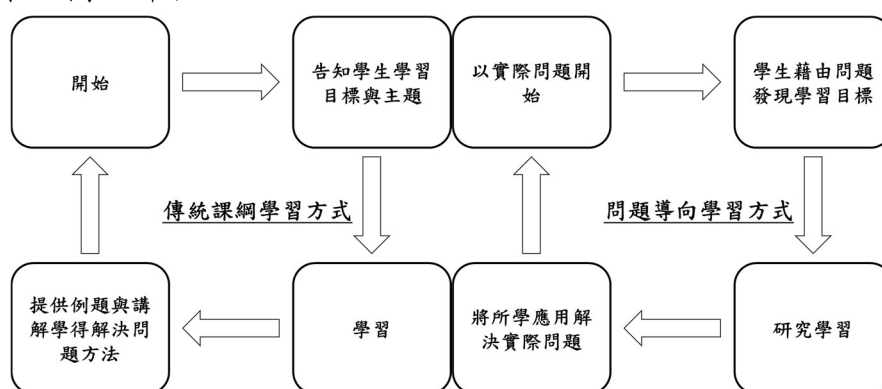


圖 1：傳統課綱學習方式與問題導向學習方式流程差異。

Nasr 在 2004 年的研究比較傳統課綱學習方式與問題導向學習方式於工程熱力學的學習成果，研究結果顯示，使用問題導向學習的學生學習普遍表現較傳統課綱學習的學生好，學生學習意願也較高，對於首次投入 PBL 的教學者來說，對於實際工程問題的選擇以及課程模

組的安排需要花比較多的心力，如何選擇適當的問題來啟發教學對 PBL 來說是一大關鍵。而 Nasr 在後續的研究發現(Nasr K. J. and Ramadan B. H., 2008)，問題導向學習的在實務工程課程教學上發現有下列這些困境與限制：

1. 學生對於問題的基礎能力是必須且重要的，因此課程初期必須兼顧基礎熱力學觀念的講授。
2. 學生大部分為方程式快速解題(formula-driven)導向的心態，如何有效的引導學生不採取快速的方程式解題方式，改用邏輯方式思考問題是一大挑戰。
3. 如何引導學生以理解與創造方式解決問題而非記憶方式。
4. 對於以往既定事實的學習，學生在尋找問題解決方式與學習知識時有可能遭遇挫折。
5. 在教學過程中，學生必須對 PBL 方式有一定認知與認同才能有效的進行 PBL。
6. 對於解決實際工程問題的目標，對於以解題為習慣的學生可能並不熟悉。

歸納上述相關研究結果，目前的研究結果認為利用 PBL 在材料熱力學上的教學對於學生在工程基礎課程的學習是有幫助的，PBL 學習能夠促使學生思考並產生更高層次的問題，利用實際工程問題引導教學以及小組討論的學習過程，這些過程可以幫助學生概念重組，更進一步提升對於觀念的理解程度，對學生的思考學習、課程理解以及解決問題能力的培養應該是有極大幫助的。而詳細 PBL 教學對學生學習動機與學習成效的影響，則有待本教學實踐研究計畫研究討論。

3. 研究方法(Research Methodology)

本研究計畫主要在實踐問題導向學習 (PBL) 於材料熱力學課程的教學實踐研究，目的在探討問題導向學習在材料熱力學課程教學中，教師進行問題導向學習的教學活動歷程、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過問題導向學習在課程的成長與表現，進而提升學習成效。本研究在 107 學年度上學期的課程中，以研究者任教的材料科學與工程學系大學部 72 位學生為對象，在主題課程進行前實施實際工程問題探討，透過行動研究方法運用教學觀察記錄、單元學習單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問題導向學習的認知以及學習的成長與影響。本研究將根據研究分析的結果，對於問題導向學習的教學進行與應用提出教學設計反思與可能的改進方向，作為促進提升教學品質的參考。

本教學實踐研究依據：計畫(以 PBL 為主的課程設計、PBL 教學策略)、執行(以 PBL 融入課程教學)、觀察(資料蒐集、訪談、問題討論單、學生心得回饋)、反省(依據問題所得資料進行分析檢討，將所得心得及衍伸問題作為改善教學策略之用)等為架構，進行研究。依據以上四個要素建構研究架構，本研究問題即為教學上所面臨的實務問題，期望能以 PBL 融入課程進行教學改善學生學習意願與學習成效，並從教學與學習中，探討問題導向學習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 PBL 的教學與學習歷程，探討學生有效學習的教學方式。問題導向學習是一種新興的學習方式，在近年來廣泛的應用在各領域的教學活動，基於教學者多年的教學經驗與反思，以及文獻探討後提出本研究假設：『在材料熱力學的學習態度與學習成效上，教師採用 PBL 的教學方式應能改善學生的學習態度與學習成效』。

課程規劃說明

本研究以研究者實際開授之材料科學與工程學系大二核心必修課程『材料熱力學』為研

究課程，本課程分為上下兩學期教授，為每週三小時、每學期 18 週的課程。課程之教材以一經典材料熱力學教科書為主 (Introduction to the thermodynamics of materials, David R. Gaskell, 5th ed)，本課程分兩學期授課,上學期先介紹熱力學三大定律及各種熱力學函數，熱容量、焓、焓及自由能，並討論單相氣體及凝態系統之熱力學性質。接著從統計熱力學解釋熵之微觀意義,以及配分函數與自由能之關係式，舉例說明其應用於熱容量之理論推導。下學期則介紹氣體及溶液的行為，理想與真實溶液之性質，二元相圖與自由能之關係,化學反應之平衡觀念，以固態材料系統為對象，探討其化學反應及相轉變所需考量之熱力學觀念。因課程主題較多分上下兩學期進行，本研究將針對上學期的課程內容進行行動研究。

教學方式

因材料熱力學課程本質為基礎課程，因此學生必須具備一定基礎能力才能夠進行 PBL 學習，因此課程教學策略以課堂講授為主，搭配問題導向學習分組討論計畫為輔，選擇於三個特定主題的重要章節(PBL1 第二章熱力學第一定律、PBL2 第三章熱力學第二定律、PBL3 第六章熱力學第三定律)搭配整合相關主題之熱力學工程問題主題引導學習，針對本研究計畫所設計的熱力學實務工程問題如附件(1)所示，進行問題導向學習討論，藉此培養學生對工程問題解決與整合所學熱力學基礎知識應用的能力，並可藉由記名繳交的習題研究題導向教學方式同學在學習態度與學習成效上的差異，課程教學內容進度、學習評量以及問題導向學習實施進度如圖 2 所示。

周次	教學內容	實施方式
1	Introduction and definition of terms	學習背景問卷
2	Introduction and definition of terms	
3	Introduction and definition of terms	PBL Problem set 1
4	The first law of thermodynamics	第一次小考
5	The first law of thermodynamics	期初學習回饋單
6	The first law of thermodynamics	PBL Problem set 2
7	The second law of thermodynamics	
8	The second law of thermodynamics	
9	期中測驗	期中測驗
10	The statistical interpretation of entropy	期中學習回饋單
11	The statistical interpretation of entropy	
12	Auxiliary functions	
13	Auxiliary functions	PBL Problem set 3
14	Heat capacity, enthalpy, entropy and the third law of thermodynamics	
15	Heat capacity, enthalpy, entropy and the third law of thermodynamics	第二次小考
16	Heat capacity, enthalpy, entropy and the third law of thermodynamics	
17	Heat capacity, enthalpy, entropy and the third law of thermodynamics	
18	期末測驗	期末測驗 期末學習回饋單

圖 2：課程教學內容進度評量及問題導向學習實施進度。

研究對象

本研究場域為國立東華大學材料科學與工程學系，本研究選擇修習 107 學年度第一學期開設之「材料熱力學」課程學生為研究對象，學生共 72 人，其中大二學生 54 人及大三以上 18 人，學生全數為材料科學與工程學系大學部主修學生，其中約 56 人(81.16%)為首次修

習本課程的學生，以及 18 人(18.84%)為大三以上重修學生。因為有數量不少的重修學生，本研究計畫也將針對重修學生進行訪談，了解傳統課綱教學方式與問題導向教學方式同學在學習態度與學習成效上的差異。

資料蒐集方法

(一) 研究者教學紀錄

研究者在研究期間個人的觀察紀錄，包括課程設計、工程實務問題的設計、課程執行的過程以及學生行為，進行記錄與省思。

(二) 問題導向習題學習單

研究者自編之三次問題導向學習學習單(如附件 1)，學生於課程進行前針對課程主題進行實務工程問題討論，以口頭引導針對問題主題進行討論，並於課程內容結束後四周內收回，以記名自由繳交方式繳回，並藉由個別同學的繳交紀錄與期末學期成績為基礎，統計問題導向習題參與程度與期末學習成效的關聯性。

(三) 學習背景問卷

研究者自編之學習背景問卷單(如附件 2)，利用上課首次了解同學對於這門課程的學習背景調查以及所需要的協助。

(四) 期中學習回饋單

由研究者自編期中學習回饋單(如附件 3)，主要在了解學生對於從上課到學期中的學習狀況，及了解學生所遭遇的學習困境與成長，透過學習回饋單的方式蒐集學生參與課程的感受及意見。

(五) 期末評量暨學習結果調查

為了瞭解學生對於問題導向學習的看法，以及在這門課程的學習結果，研究者自編期末學習結果問卷(如附件 4)，此問卷採用量表及問答的方式進行填寫，透過學生的填寫結果來瞭解教學過程中的有效學習和教學因素。

(六) 訪談紀錄

在研究學期結束後，分別針對不同學習成效學生進行抽樣個別訪談，以瞭解學生在參與問題導向學習過程中的真實感受，以及課程中所獲得的學習，並進一步瞭解對於課程的反饋。也將針對重修學生進行訪談，了解傳統課綱教學方式與問題導向教學方式同學在學習態度與學習成效上的差異。

採用評量方式

本課程評量方式以兩次小考佔 30%、期中考佔 35%、期末考佔 35%、問題導向學習單不計分，並以全班整體學習表現成效調整學期成績。

資料分析

(一) 文件資料，統整分類分析。

(二) 質性資料：將期中學習回饋單、期末教學評鑑、觀察及訪談等資料加以整理並分別加以分析。

(三) 問卷分析資料，將以統計套裝軟體程式 SPSS，進行量化統計分析，所使用的統計方法如下：

(1) 問卷信度分析：以內部一致性係數(internal consistency)計算問題內部的一致性，作為測驗信度指標。

- (2) 敘述性統計：呈現個別問題的平均值以及標準差。
- (3) 差異的顯著性：利用獨立樣本 T 檢定(independent T-test)分析實施 PBL 前後問題是否有差異。利用成對樣本 T 檢定(paired samples T-test)考驗實施 PBL 前後問題是否有差異。

實施程序

研究實施程序從確定研究主題、研擬研究動機目的、建立研究架構為第一階段，之後進行文獻探討，了解問題導向學習與材料熱力學的關聯為第二階段，第三階段為課程教材設計、課程教材實施、資料整理與分析，提出研究成果與建議、撰寫研究報告，研究流程。本研究以教學研究探討為主軸，兼採教育行動研究之規畫、行動、觀察、省思與再行動等歷程，第三階段的詳細研究步驟如下：

(一) 課程教材設計

依據研究者過去的授課經驗，以及對修課學生基礎能力程度的瞭解，並配合本課程之教學目標規劃課程內容以及問題導向學習分組討論與評量方式，課程主題內容可參考附件 2，並準備課程教材、適合課程主題的實務工程問題與規畫學習單、學習回饋單等。

(二) 課程教材實施

於第一堂課講授課程目標和問題導向學習授課方式，經由初步的調查了解班上每位學生的起點行為，並透過期初問卷瞭解每位學生對問題導向學習的瞭解和經驗，以及對課程的期待和需求，進而調整課程的安排，課程主要實施方式為：

(1) 教師講授與問題導向學習討論

因材料熱力學課程本質為基礎課程，因此學生必須具備一定基礎能力才能夠進行 PBL 學習，因此課程教學策略以課堂講授為主，搭配問題導向學習分組討論計畫為輔，選擇於特定重要章節(例如第二章熱力學第一定律、第三章熱力學第二定律、第六章熱力學第三定律)搭配整合相關主題之熱力學工程問題主題引導學習，典型的熱力學實務工程問題如附件 3 所示，進行問題導向分組討論，藉此培養學生對工程問題解決與整合所學熱力學基礎知識應用的能力。在特定依安排之課程主題於課程開始前導入工程問題，引導學生思考主題內容，並設計相關工程實務問題，經由教師講授、問題討論等方式進行課程。並配合課程進度的安排進行教學，維持課程進度。同時，依據學生之上課表現、參與問題討論學習情況、課後回饋、學習單等資料，了解學生目前學習情形，加以省思作為教學調整的參考，同時，於第 9 週和第 18 週進行期中和期末學習成效檢核與回饋調查，總結性地評量學生的學習結果，藉此了解學生學習狀況，適度調整課程的實施方式。

(2) 學習成果評量

學習成果評量包含平時測驗、問題導向學習單、紙筆測驗等多元評量方式，課程評量方式以兩次小考佔 30%、期中考佔 35%、期末考佔 35%、問題導向學習單自由繳交，並以全班整體學習表現成效調整學期成績。

(三) 資料整理與分析

資料分析與整理分析及整理在研究中收集到的各種資料，包含研究者教學紀錄、學習單、期中學習回饋單、期末評量與學習結果調查及訪談紀錄等，並加以組織與歸納，以獲得研究結果。

(四) 提出研究成果與建議

將研究成果歸納整理，並提出可能的教學評估與建議。

(五) 撰寫研究報告

根據研究結果與發現撰寫研究報告，提出結論與建議完成研究報告。

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

(1) 教學過程與成果

在進行課程前，我們針對同學的學習背景以學習問卷方式(如附件 2)進行初步調查，同時對同學的原文書閱讀能力進行了解，問卷結果以沒看過(1 人)、看不懂(18 人)、略懂(44 人)與沒太大問題(6 人)等選項調查區分同學的原文書閱讀能力，結果顯示大部分同學(50 人以上)應該都具有基本的原文閱讀能力，課程本身是以中文授課，筆記、習題與測驗部分則是採取英文方式進行，基本上科學與工程領域的英文用字遣詞較為直覺易懂，就教學現場的現況來說同學本身的英文能力對於課程原文的閱讀對於學習上應該不致於產生障礙，因此本研究應可初步排除語言障礙所造成的學習成效與興趣的低落。除此之外，我們在課程開始前另外調查了三個重要的初始學習背景問題，分別為：“對於材料熱力學課程學習，感到最困難的地方？”、“對於材料熱力學課程學習，希望能夠得到的實質協助？”以及“對於材料熱力學課程教學內容的建議？”，希望藉由這三個學習背景問題，能夠了解同學的困難以及所需要的協助，藉此調整授課內容與方法，由問卷調查結果顯示，同學對於課程學習最感到困難的地方有三個主要的方向，分別為**對課程內容的理解** (43.48%)、**原文書內容的閱讀、英文能力較差** (37.78%)以及**對於計算的困難與不熟悉** (5.8%)，由此可知在課程學習過程中，大部分同學的最主要的學習問題來自於對課程內容的理解，少部分的同學對於自身英文閱讀能力的不確定性，由於研究假設利用問題導向學習能夠提升對於課程內容的理解程度，因此由此調查結果更能夠確立問題導向學習對於課程內容理解的必要性。此外，同學們對於材料熱力學課程學習，希望能夠得到的實質協助事項主要有三項，而這三項的分布的比例則較為平均，分別為**希望能理解課程內容並通過考試** (17.39%)、**希望能多些題目練習** (13.04%)及**希望將專有名詞解釋清楚** (11.59%)，由調查結果顯示同學的主要需求是以提升對於課程理解過程的協助為主，這部分的工作也可以藉由問題導向學習來達成，最後對於材料熱力學課程教學內容的建議，則為**希望將課程內容統整清楚** (11.59%)、**上課不要使用投影片教學、希望有講義或筆記輔助** (8.7%)及**希望增加課程趣味性** (7.25%)等，由於本課程主要以板書為主並於課程中搭配問題導向學習提升同學對於課程的理解以及參與感，在課程趣味性方面可能有有機會提升，因此預期以問題導向學習的課程內容應可符合同學們對於本課程的需求與期待。

材料熱力學課程本質為基礎課程，課程的進行以教師依據教科書所整理的筆記進行課堂講授，在課程進行過程中除了課程內容的說明外，必須同時在黑板上進行觀念釐清與公式推導，在學生具備一定基礎能力後，在接下來的課程內容中才進行 PBL 學習，選擇於三個熱力學中最為重要也最不容易理解的熱力學三大定律重要章節開始前(PBL1 第二章熱力學第一定律、PBL2 第三章熱力學第二定律、PBL3 第六章熱力學第三定律)，搭配整合相關主題之熱力學工程問題主題(如附件 1)，進行引導學習思考說明，藉由此釐清本章觀念內容、公式應用於實際工程問題，藉此培養學生對工程問題解決與整合所學熱力學基礎知識應用的能力，由於這三次的 PBL 習題告知同學採取記名自主性方式參與繳交，且明白告知這部分的參與並不會計入學習成績，在課程結束後與考試前採取自由繳交的方式繳交，依照此方式可以將同學因為成績因素而被迫繳交或抄襲的現象排除，我們也可以得到更真實的問題導向學

習參與程度與學習成效的相關性數據，藉由記名繳交的習題，了解同學參與問題導向學習的程度與學習成效的相關性，課程教學內容進度以及問題導向學習實施進度之前的圖 2 所示，總計有三個 PBL 習題安排與一個學期的課程中，每次繳交的 PBL 習題繳交的比例也做了統計。

我們在第一次小考後進行了期初學習回饋單的問卷調查，在這個時間點，我們進行了一次的 PBL 習題與完成首次的小考，同學對於自己的學習狀況與本課程已有初步的認識，首先針對課程內容的難易度與課程進度速度進行調查，發現高達八成的同學(80.77%)認為本課程內容偏難，有近兩成的同學認為課程內容難度普通(19.23%)，基於材料熱力學課程的特性與授課內容，這個結果是可預期且不意外的，對於課程授課進度則普遍認為進度速度正常(73.08%)，第一次問題導向習題約有 64%的同學完成而 36%的同學沒有完成，但這個部分由於問卷回收率較低的影響導致結果並非十分準確，我們依據問題導向習題實際回收結果所統計較為準確的結果在之後會再詳細討論，而對於問題導向學習的看法則認為普通(50%)或對學習沒太大幫助(38%)占大多數，認為有幫助的約占(13%)，結果顯示在這個階段由於課程內容進行得太少，且同學們對於問題導向學習的認識還不夠深入所導致的結果。

隨著課程的進行與課程深度的增加，我們在期中考及試卷發還後進行期中學習回饋單的調查，在這個階段同學已經進行了小考測驗以及期中考測驗，也進行了兩次 PBL 習題的練習，對於課程內容的了解以及 PBL 的性質與特性應該也有更進一步的認識，首先針對期中考內容的難易度進行調查，發現高達九成的同學(90.62%)認為本課程內容偏難，較前一次的調查提升一成，僅有不到一成的同學認為課程內容難度普通(9.38%)，由這個結果可得知，隨著課程內容與主題觀念的增加，同學們對於課程的理解程度也隨之下降，直接的反應在對於課程內容的感受程度上，如何提升同學們對於不同觀念的理解顯得十分重要，第二次問題導向習題依據問卷統計約有 42%的同學完成而 58%的同學沒有完成，而對於問題導向學習的看法認為有幫助的同學比例大幅提升至 48%，認為普通(41%)或對學習沒太大幫助(8%)較之前大幅降低，結果顯示在這個階段隨著課程內容的進行，雖然內容增加與難度提升，同學們對於問題導向學習對於課程學習的幫助與認同大幅提升。此外我們同時也對於同學本身課程學習所遭遇到的問題與困難做了調查，問卷結果顯示多半以自己對於課程內容的準備不足與練習不足有關(52.19%)，相對來說對於自己觀念理解不清楚(20.31%)的比例相對來說較低，這個結果足以證明問題導向學習確實有助於同學自身的觀念理解與課程學習。我們同時對於問題導向學習對以學生中心為導向、課程變得更有趣、增加對抽象觀念的理解、更能融入課程教學、學習對實際工程問題的解決能力、熱力學變得更實用、幫助學習動機等不同評分項度進行問卷調查，結果如圖 3 所示，大部分的評分項度都呈現正面的看法，顯示同學們對於問題導向學習的認同度趨向正面，我們同時會將期中與期末學習回饋結果做比較，在稍後作比較與討論。

在課程的最後階段，我們在期末試卷發還同學後進行了期末學習回饋問卷的調查，在經過整個學期課程的學習，同學經歷了兩次小考測驗以及期中、期末測驗，也在課程中進行了三次 PBL 習題的學習，對於課程內容的了解以及問題導向學習的特性已經有完整的認識與體會，在問卷中首先針對第三次問題導向學習習題(PBL3)的完成度進行調查，發現僅有 25%的同學完成第三次問題導向學習習題，而有 75%的同學沒有完成，由先前的調查結果可得知，問題導向學習習題的完成度是隨著課程的演進而下降的，顯示同學們隨著課程內容的增加以

及難度提升，對於問題導向學習的參與程度也會隨之下降，然而對於問題導向學習的看法認為有幫助的同學比例與期中的調查結果相比較，認為沒幫助的比例大幅下降至4%，絕大部分的同學認為有幫助(49%)，認為普通的為(44%)與期中調查相類似，這個結果相較於期中調查，顯示同學們對於問題導向學習對於課程學習的幫助與認同是正面的，最後我們與期中調查相同的對於問題導向學習對以學生中心為導向、課程變得更有趣、增加對抽象觀念的理解、更能融入課程教學、學習對實際工程問題的解決能力、熱力學變得更實用、幫助學習動機等不同評分項度進行問卷調查，統計結果如圖4所示，相較於期中調查的結果，所有問題導向學習的評分項度都更呈現正面的看法，顯示同學們對於問題導向學習的認同度是正面的。

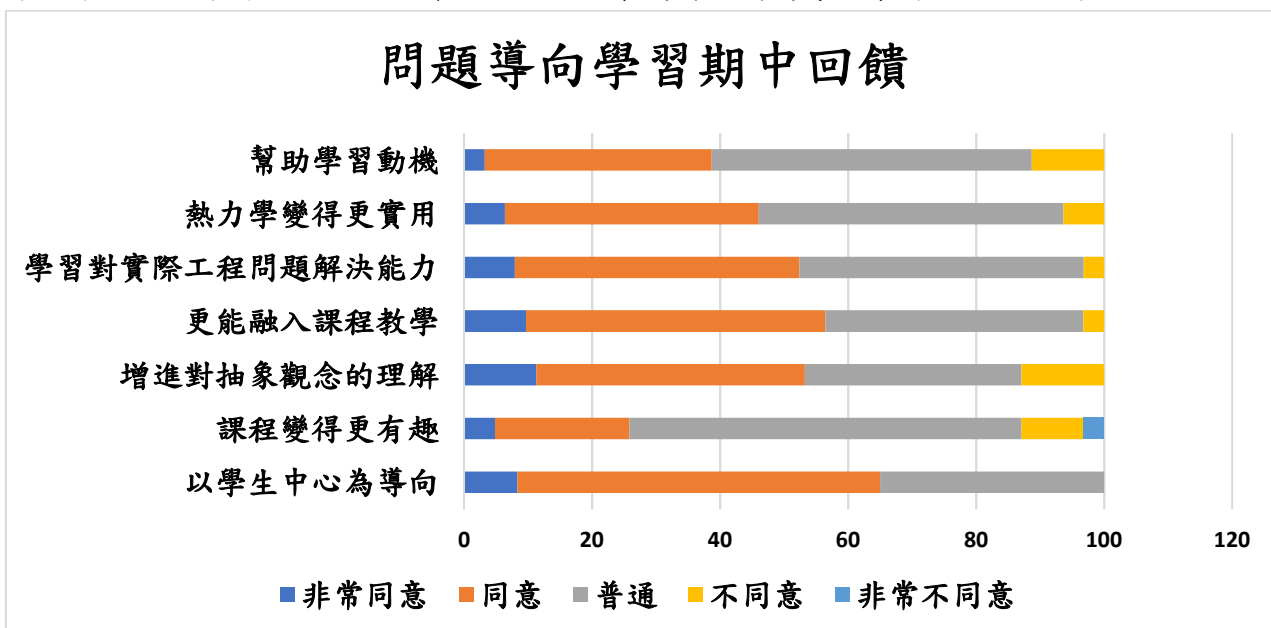


圖3：問題導向學習期中學習回饋問卷評分項度結果。

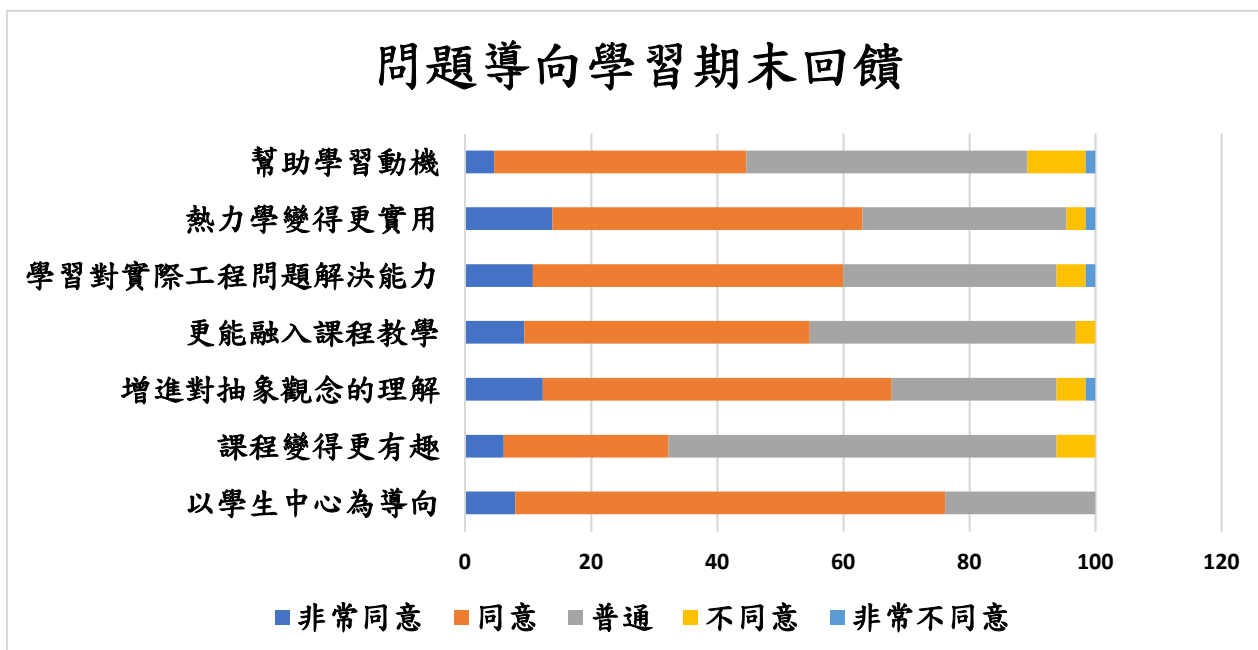


圖4：問題導向學習期末學習回饋問卷評分項度結果。

就學習表現來說，本課程最後統計出 107-1 材料熱力學(一)的學期成績如圖 5 所示，在國立東華大學材料系大學部學生 71 人中，含有大二(54 人)及大三以上(18 人)，首次修習 56 人以及重修 13 人，期末成績為：8 人得到 A (11.27%)、13 人得到 B (18.3%)、25 人得到 C (35.21%)、25 人得到 D 和 E (35.21%)，總共有 46 人通過 25 人不通過此課程，通過率為 64.79%，班級平均的 GPA 為 2.11/4.50。

為了瞭解問題導向學習與學生學習成效的相關性，我們也針對 PBL 的完成度與學生學習成績的關聯性做了統計，由於 PBL 的繳交是自由參與的，這份資料應該具有高度可信度，統計結果如圖 6 所示，結果顯示在完成三個問題導向學習的學生，學習成績有 4 位拿到 A、1 位同學拿到 B、2 位同學拿到 C，在完成三個 PBL 的同學都有通過這門課程，以這門課程的通過率來看，算是非常好的表現，而在完成兩個或一個 PBL 的同學通過課程的人數比例也相較於都未完成的來的高，由此結果得知，PBL 的參與與完成度，與學習表現呈現高度相關，研究成果顯示問題導向學習對於材料熱力學學習有著高度正向的關聯性，同時我們發現如何讓對於學生對於 PBL 的興趣與參與程度提升，應該是運用問題導向學習提升學生學習成效的關鍵問題。

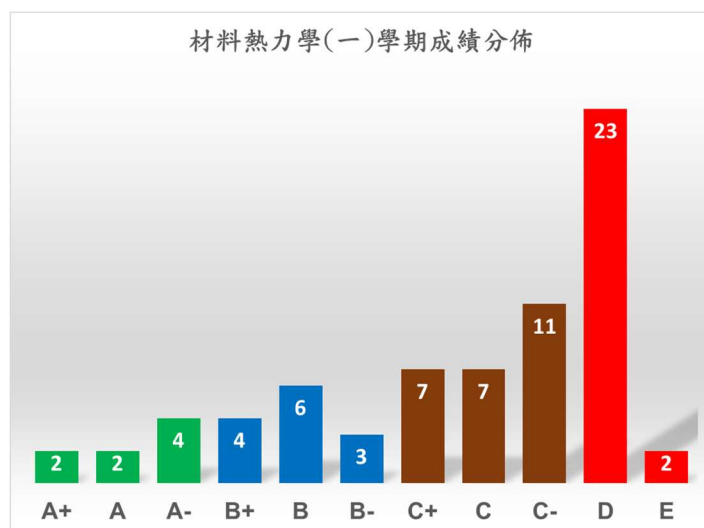


圖 5：材料熱力學學期成績分布。

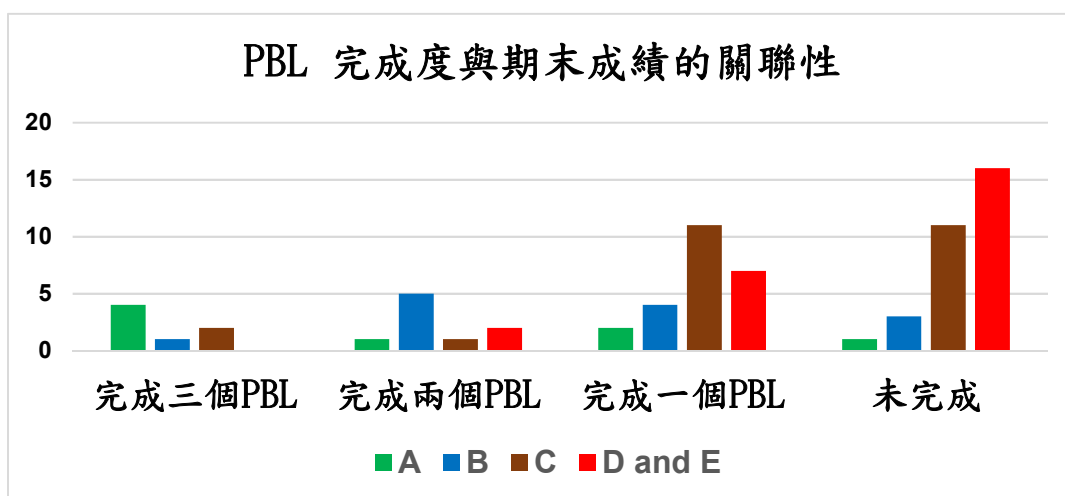


圖 6：PBL 完成度與材料熱力學學期成績相關性。

(2) 教師教學反思

隨著課程進行，學生對問題導向學習接受度提升，但隨課程內容複雜度提升，參與程度隨之下降。問題導向學習對以學生中心為導向、課程變得更有興趣、增加對抽象觀念的理解、更能融入課程教學、學習對實際工程問題的解決能力、熱力學變得更實用、幫助學習動機等評分項度均能有效提升。問題導向學習參與程度與學習成效呈現正相關。問題導向學習參與程度與課程理解程度呈現正相關。問題導向學習能夠有效提升學習意願與參與感、抽象觀念的理解、解決實務工程問題的技巧、上課專注程度與學習動機。如何讓對於學生對於 PBL 的興趣與參與程度提升，應該是運用問題導向學習提升學生學習成效的關鍵問題。

本學期的課程教學評量分數為 4.49，此分數高於全校平均分數(4.46)以及理工學院平均分數(4.30)及本系系平均分數(4.33)，對一門通過率極低的基礎核心課程來說，應屬學生教學滿意程度相當高的課程，而問題導向學習的創新教學方式，應該是重要改善教學的重要關鍵。

(3) 學生學習回饋

具體的學生學習回饋，可參考教學評鑑資料(附件 6)，對於課程的反應以及學習回饋多為正面，此外根據同學的訪談以及問卷回饋，我們整理了下列問題以及統計回饋意見如下：

- 你認為本學期的問題導向學習(PBL)在熱力學課程上可以如何改進來幫助課程理解？
增加實例或圖示 (10%)、找到章節重點 (8.57%)、PBL 詳解或討論 (7.14%)
- 我從這門課學到哪些重要的知識或能力？
熱力學基本理論 (48.57%)、材熱之應用 (5.71%)、微積分 (5.71%)
- 我覺得最有興趣、或最有信心、或最有成就的事情
將熱力學弄懂 (15.71%)、解決問題 (21.43%)、成績 (7.14%)
- 我覺得最無法投入、或最沒有興趣、或最沒有成就的事情
觀念難懂 (20%)、考試難準備 (12.86%)、解不出題目 (10%)
- 修習這門課以來，我曾遇到哪些困難？我如何解決或希望如何解決？
觀念難懂 (24.29%)、計算習題或 PBL (17.14%)、考試題型較靈活 (10%)
- 我對這門課的看法是什麼？
更加了解材熱 (22.86%)、材熱很難 (15.71%)、老師很用心 (12.86%)

5. 參考文獻(References)

- 洪榮昭、林展立。(2006)。問題導向學習課程發展理論與實務。台北市：師大書苑。
- 張苑婷。(2016)。利用問題導向學習法設計高中有機化學實驗對學生新舊知識連結之研究。國立交通大學理學院科技與數位學習學程碩士班碩士論文。
- 連簡淑麗。(2014)。問題導向學習在國小自然科教學之應用研究：以降低熱島效應為例。國立臺北教育大學自然科學教育學系碩士班碩士論文。
- 陳彥霖。(2013)。PBL 問題導向學習與資訊融入教學對高中數學學習成效之研究：以空間座標為例。國立高雄師範大學數學系教學碩士班碩士論文。
- 賴明亮。(2002)。以問題為導向之學習-成大經驗。台南：國立成功大學。
- Barrows H. S. and Tamblyn R. M., (1980), *Problem-based learning: An approach to medical education*, New York: Springer.
- Biggs J., (2000), *Teaching for quality learning at University*, Buckingham, Eugene, UK: Open University Press.
- Brodeur D. R., Young, P. W., and Blair K. B., (2002), *Problem-based learning in aerospace engineering education*, Proceedings of the 2002 ASEE Annual Conference & Exposition, Session 2202, Albuquerque, NM.
- Cawley P., (1989), *The introduction of a problem based option into a conventional engineering degree course*, Studies in Higher Education. V14, n1, p83.
- Delisle R., (1997), *How to use problem-based learning in the classroom*, Alexandria, VA: Association Supervision and Curriculum Development.
- Goulet R. U. and Owino J., (2002), *Experiential problem based learning in the Mechanics of Materials Laboratory*, Proceedings of the 2002 ASEE Annual Conference & Exposition, Session 2666, Albuquerque, NM.
- Greenbowe T. J. and Meltzer D. E., (2003), *Student learning of thermochemical concepts in the context of solution calorimetry*, Int. J. Sci. Educ., 25, 779–800.
- Hahn K. E. and Polik W. F., (2004), Factors influencing success in physical chemistry, J. Chem. Educ., 81, 567–572.
- Hendry G. D. and Murphy L. B., (1995), *Research and development in Problem-based learning*, Assessment and Evaluation.
- 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*, Am. J. Phys., 72, 1432–1446.

- Meltzer D. E., (2006), *Investigation of student learning in thermodynamics and implications for instruction in chemistry and engineering*, Physics Education Research Conference Proceedings, Syracuse, NY.
- Nasr K. J. and Thomas C. D., (2004), *Student-centered, concept-embedded problem-based engineering thermodynamics*, Int. J. Engng Ed, 20, 660-670.
- Nasar K. J. and Ramadan B., (2005), *Implementation of Problem-based learning into engineering Thermodynamics*. Proceedings of the 2005 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition, Session 1526.
- Nasr K. J. and Ramadan B. H., (2008), *Impact assessment of problem-based learning in an Engineering Science Course*, Journal of STEM Education.
- Nicoll G. and Francisco J. S., (2001), *An investigation of the factors influencing student performance in physical chemistry*, J. Chem. Educ., 78, 99–102.
- Soğuzbilir M., (2004), *What makes physical chemistry difficult? Perceptions of Turkish chemistry undergraduates and lecturers*, J. Chem. Educ., 81, 573–578.
- Sreenivasulu B. and Subramaniam R., (2013), *University students' understanding of chemical thermodynamics*, Int. J. Sci. Educ., 35, 601–635.

二. 附件(Appendix)

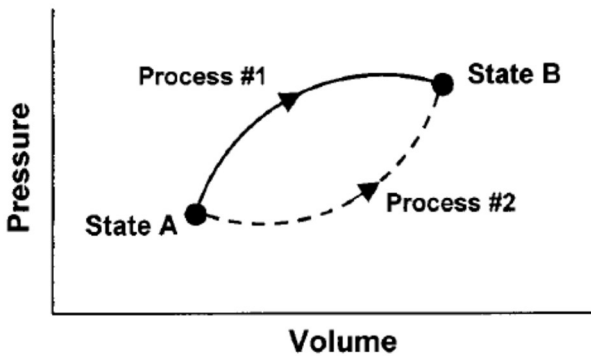
附件 1. 問題導向學習習題(在本研究計畫中所施行三次問題導向學習習題)

PBL Problem Set 1 (2018/9)

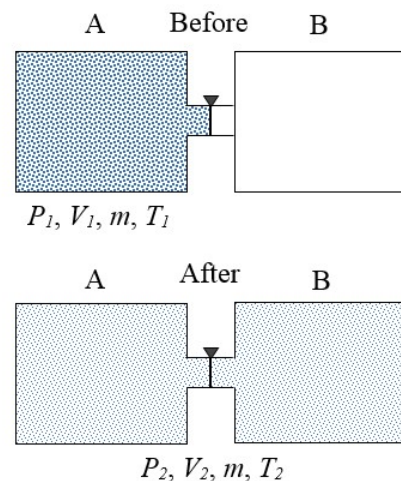
1. The P-V diagram represents a system consisting of a fixed amount of ideal gas that undergoes two different processes in going from state A to state B.

In the questions W presents the work done by the system during a process; Q represents the heat absorbed by the system during a process.

- a. Is W for Process #1 greater than, less than, or equal to that for Process #2? Please explain your answer.
- b. Is Q for Process #1 greater than, less than, or equal to that for Process #2? Please explain your answer.
- c. Which would produce the largest change in the total energy of in the system: Process #1, Process #2, or both process produce the same change?



2. A gas is initially contained inside an insulated container A, at initial conditions $P_1, V_1, m,$ and T_1 . These quantities represent pressure, volume, mass, and temperature, respectively. A valve is then opened which allows the gas to expand freely into an insulated container B, which is initially empty. After the gas has settled, the final conditions of the gas are $P_2, V_2, m,$ and T_2 . In thermodynamics, a process is said to be reversible if it produces no entropy. This means that the process can happen in the reverse direction. Explain why the process described is or is not reversible.



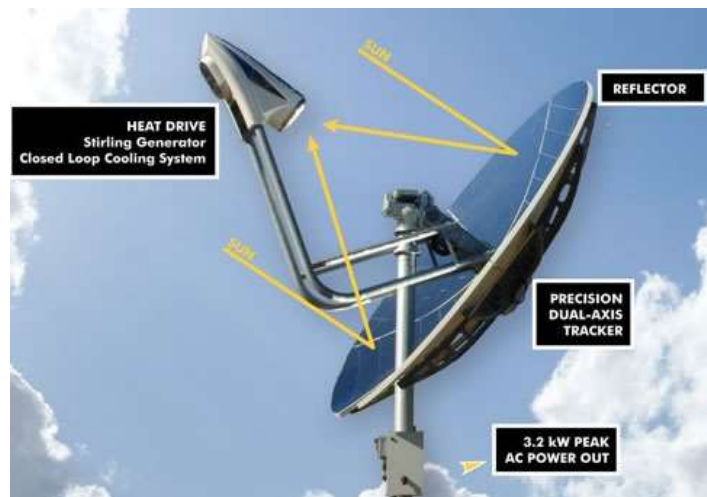
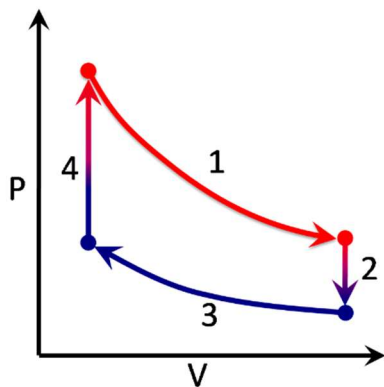
PBL Problem Set 2 (2018/10)

1. For all heat engines, the maximum work output (W) is related to the maximum heat input energy (Q) by the following equation:

$$W = Q \left(1 - \frac{T_L}{T_H} \right)$$

where T_H is the temperature of the heat source, and T_L is the temperature of the heat sink, which is the temperature of the "leftover" heat energy after work is extracted from the process. Both temperatures are in units of Kelvin. The term inside the brackets represents the thermal efficiency of the process, commonly known as the Carnot efficiency.

In an application involving a Stirling engine (a type of heat engine, shown below), a parabolic dish is used to concentrate solar energy onto the receiver of the engine. Using the equation above, why would this produce more power output than using non-concentrated solar energy as the heat source, collected over the same area as the dish.



2. A Drop Tower is a popular ride in amusement parks. To make the ride as energy efficient as possible, one can set up an electric motor and regenerative battery system in which energy from the battery is used to drive the electric motor to lift the riders to the top of the ride. As the riders descend down the ride, the "falling" energy is used to recharge the battery. Given that friction is unavoidably present, explain why this ride is an example of an irreversible process.

PBL Problem Set 3 (2018/12)

1. What is the third law of thermodynamics (by the Nernst Statement)
2. Why is it possible to measure absolute entropies but not absolute enthalpies?
3. How many microstates are available to a system at absolute zero ($T=0\text{K}$)?
4. What is the entropy of perfectly ordered crystal at $T=0\text{K}$?
5. Substance A has a higher heat capacity than substance B. Do you expect the absolute entropy of substance A to be less than, similar to, or greater than that of substance B? Why? As the two substances are heated, for which substance do you predict the entropy to increase more rapidly?

附件 2. 學習背景調查問卷(課程開始前施測)

107-1 材料熱力學學習背景狀態調查問卷

基本資料

性別

男性 女性

年級

大二 大三 大四 大五 大六

你是第幾次修習本課程

首次 第二次 第三次 第四次以上

原文書的閱讀能力

沒看過 看不懂 略懂 沒太大問題

問卷內容(如為第一次修習本課程，可根據先前課程經驗回答)

對於材料熱力學課程學習，感到最困難的地方？

對於材料熱力學課程學習，希望能夠得到的實質協助？

對於材料熱力學課程教學內容的建議？

其他意見和建議

附件 3. 期初學習回饋單(第一次小考後施測)

107-1 材料熱力學期初學習回饋單

基本資料：

大二 大三 大四

我是第_____次修習材料熱力學。

開學迄今，你覺得這門課程難易度為 非常難難 普通簡單 非常簡單

開學迄今，你覺得本學期課程的上課進度 太快 有點快普通有點慢太慢

問題導向學習習題(PBL Problem set 1)我 完成 沒有完成

問題導向學習，對於學習這門課 非常有幫助有幫助普通沒幫助非常沒幫助

問答題：

開學迄今，我從這門課學到哪些重要的知識或能力？

修習這門課以來，我覺得最有興趣、或最有信心、或最有成就的事情

修習這門課以來，我覺得最無法投入、或最沒有興趣、或最沒有成就的事情

修習這門課以來，我曾遇到哪些困難？我如何解決或希望如何解決？

對於這次小考的題目看法？

這次小考，你準備了多久時間，準備考試的方法是甚麼？

附件 4. 期中學習回饋單(期中考後施測)

107-1 材料熱力學期中學習回饋單

一、 基本資料：

大二 大三 大四，我是第_____次修習材料熱力學。

二、 期中考的難易度為 超級難 非常難 難 普通 還算簡單 簡單 非常簡單

三、 課本習題練習我 都有完成 部分完成 沒有完成

四、 問題導向學習習題(PBL Problem set 2) 我 完成 沒有完成

五、 問題導向學習，對於學習這門課 非常有幫助有幫助普通沒幫助非常沒幫助

對問題導向學習(PBL)材料熱力學課程的意見：

	非常同意	同意	普通	不同意	非常不同意	無法作答
以學生為中心 導向						
上課變得更有 趣						
增進對抽象觀 念的理解						
更能融入課程 教學						
學習對實際工 程問題解決能 力						
熱力學變得更 實用						
幫助學習動機						

七、 問答題：

(一) 我期中考表現不佳的原因？

(二) 我該如何解決上述問題？

(三) 對課程的其他相關建議

附件 5. 期末學習回饋單(期末考後施測)

107-1 材料熱力學期末學習回饋單

基本資料：

大二 大三 大四 我是第_____次修習材料熱力學。

課本習題練習我 都有完成 部分完成 沒有完成

問題導向學習習題(PBL Problem set 3) 我 完成 沒有完成

問題導向學習，對於學習這門課 非常有幫助有幫助普通沒幫助非常沒幫助

對問題導向學習(PBL)材料熱力學課程的意見：

	非常同意	同意	普通	不同意	非常不同意	無法作答
以學生為中心 導向						
課程變得更有 趣						
增進對抽象觀 念的理解						
更能融入課程 教學						
學習對實際工 程問題解決能 力						
熱力學變得更 實用						
幫助學習動機						

問答題：

你認為本學期的問題導向學習(PBL)在熱力學課程上可以如何改進來幫助課程理解？

我從這門課學到哪些重要的知識或能力？

我覺得最有興趣、或最有信心、或最有成就的事情

我覺得最無法投入、或最沒有興趣、或最沒有成就的事情

修習這門課以來，我曾遇到哪些困難？我如何解決或希望如何解決？

附件 6. 107-1 材料熱力學課程教學意見調查表

107/1/理工學院/材料科學與工程學系/學二/MS_20500/材料熱力學(一)/田禮嘉 分數:4.49

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	填表人數
1	本課程上課內容符合課程的教學目標	1	0	15	21	34	300	4.23	71
2	本課程內容安排有組織、有條理	1	0	15	24	31	297	4.18	71
3	本課程內容與安排依據我們的程度與需求而設計	1	1	16	22	31	294	4.14	71
4	老師能採用適合而多元的教學方式	1	1	13	26	30	296	4.17	71
5	老師很重視我們的反應，並能隨時修正教學方式	2	0	12	24	33	299	4.21	71
6	老師講課深入淺出，條理清晰	1	1	14	23	32	297	4.18	71
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	15	25	31	300	4.23	71
8	老師很願意幫助我們解決學習上的困難	0	0	13	23	35	306	4.31	71
9	老師的評量方式能合理反映出教學重點	1	0	14	25	31	298	4.2	71
10	老師的評量方式能客觀公正的評量我的學習成果	0	1	14	23	33	301	4.24	71
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	1	0	14	23	33	300	4.23	71
12	老師採用_不_適切而_無_效的教學方式	32	17	10	4	8			71
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	14	26	31			71

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	2	1	15	23	30
15	我能應用本課程的專業知識	2	1	16	24	28
16	我能根據本課程的專業知識進行獨立、批判思考	2	1	15	26	27
17	本課程讓我學到如何溝通合作	1	1	15	27	27
18	本課程讓我學到如何將理論與實務連結	2	1	16	24	28
19	本課程讓我學到如何解決問題	2	1	13	27	28
20	本課程能提高我修習相關課程與知識的興趣	2	1	16	25	27
21	本課程能激發我繼續探究這門課程的相關知識	3	0	15	25	28
22	有機會我樂意向同學或學弟妹推薦修讀這門課程	3	0	13	25	30

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	2	1	13	23	32
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	2	1	16	22	30
MS_20500	材料熱力學(一)	27	具備專業道德及責任感，與良好的溝通與團隊合作的能力。	1	1	1	18	22	29
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	2		18	23	28

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

老師

無

上課內容清楚

老師的上課進度，非常適中

老師上課方式明確，重視學生意見，隨時都應狀況調整。

無

無

.

無

老師很棒

聽老師深入淺出的講解，讓我更容易明白這門玄學，而且老師相當用心，很關心我們的學習狀況，並不吝於為我們課後的提問做出解答

無

無

沒有

增加了很多知識，雖然課程後面較難，但是老師很有耐心，而且就算在假日發送電子訊息問問題，老師還是立即的回復訊息，我覺得真的很棒

無

無

無

老師字體工整，觀念說明清楚

老師

老師上課盡責

老師教得好

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）

很棒

考試題目太難

無

沒有

希望能有出席或是作業分數，全都是考試的話感覺太重了

無

無

.

我認為期中期末考試並沒有老師所說的鑑別度,而是大部分的同學都覺得太難,我覺得還是要有一些基本分例如作業或者課本習題等,雖然老師覺得那就是在背題目得分,但是至少還是可以篩出一些願意念書即根本沒有念書的人,而非老師覺得地那樣沒有意義,很多同學其實在這門課都花了超級多的時間,但是可能就因為考試成績不理想而被冠上跟那些根本沒有念書的人一樣的頭銜,考不好並不代表一定是向老師說的"可能念的不夠"或是"花不夠多的時間",有些人在這方面確實就不是強項,盡了百分之百的努力可能也只有老師眼中的30分,這樣的學生真的只能被當掉嗎?老師卻也不試圖理解,發了問卷要我們寫自己的想法卻是否都駁回了呢?

沒有

無

無

無

沒有

無

無

無

小考的配分可以調整還有可以有作業與出席分數

建議總成績調高出席比重以達到學習目的

無

成績要求少一點

無

無