

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：PEE1080067

學門分類/Division：工程

執行期間/Funding Period：108 年 08 月 01 日至 109 年 07 月 31 日

運用即時反饋系統融入問題導向學習材料熱力學的行動研究
/Implementation of problem-based learning with interactive response system 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)：2020/9/3

一. 報告內文(Content)

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

熱力學(thermodynamics)是研究能量轉換物理現象的一門學科，著重研究物質的平衡態以及與準平衡態的物理、化學過程。從歷史上來看，熱力學的知識建立於實驗觀察結果，並將所得結果建立於歸納整理成理論及基本定理。熱力學是材料科學與工程系最重要的必修基礎核心課程，也是金屬冶金、煉鋼、各種材料製程與半導體製程應用的基礎，同時也是化學工程系、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，近年來世界上面臨地球暖化與許多能源缺乏的問題，熱力學對於解決這些問題來說提供非常重要概念、創新研發新技術以及解決問題的基礎，總而言之熱力學在工程領域屬於一門基礎且十分重要的學科，也是許多工程應用的基礎學科。

傳統的熱力學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(internal energy)、功(work)、熱(heat)、熵(entropy)、焓(enthalpy)以及熱力學三大定律(law of thermodynamics)等主題，在學習的過程中，同學對於熱力學的學習都有：內容多、觀念多、公式多以及抽象難懂的特色印象，同時對於教學者來說，要將這些大量內容、抽象觀念與眾多公式有系統的教學也是非常具有挑戰的一件事。具體來說熱力學的內容多且廣，由於內容牽涉物質的基礎性質(理想氣體、真實氣體)、定律(熱力學三大定律)、方程式(能量守恆、焓、熵及自由能計算)、多種程序(定溫、定壓、定容及絕熱過程)以及應用(壓縮、膨脹、化學反應及熱機循環)等多元內容。其概念多，而且在不同的系統(isolated system, and surroundings)中具有不同的物理意義，另外許多熱力學公式在不同的應用與狀態下有不同的表達方式，不同的主題彼此之間又緊密相聯且密切相關，對於初次接觸熱力學的同學們，這些主題與觀念多半顯得過於抽象且不知所措，大部分的同學只是靠著記憶背誦，臨時應付考試，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，根據近三年的經驗，一個班級通過學生的比率約佔約六成多，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核心課程。

由於熱力學課程內容由複雜抽象基礎觀念、原理與大量熱力學公式推導所組成的特性，在實施傳統教學方法的教學現場面臨三個主要的教學問題，導致學習成效不佳與學習信心與興趣的低落，分別為：

一、同學對於熱力學重要基礎觀念的理解與建立的困難

二、教學者欠缺對於個別同學學習狀態缺乏即時掌握評估的機制

三、同學在大班教學現場缺乏專注力與參與度

首先由於熱力學課程內容的特性，使得這門課偏向於介紹基礎觀念、原理與熱力學公式推導，由於內容較多且不容易理解，經驗上指出大部分同學並無法有效的掌握對於熱力學基礎的重要觀念的建立，導致無法理解與靈活的運用重要熱力學定律在解題上，同時在遇到實際工程問題也無從下手得知解決方法，進而喪失對於學習的信心與興趣。

根據申請人以往的教學經驗指出，這種傳統基礎學科的教學現場往往是六十至七十人的大班級，課堂中的教學過程中與同學口頭的詢問對答的結果成效不彰，往往無法對於個別同學的學習狀態做有效的掌握與評估，比較有效的方式往往都得靠著小考或期中評量才能有效的評估個別同學的學習狀態，不過倚靠測驗的方式並不具有即時性，在測驗進行時往往都已在學期的中後段，這種透過測驗方式對於同學對於內容的學習狀態掌握往往不夠即時。由於基礎課程中有許多觀念的建構屬於前後密切相關的，具有高度的連續性，在熱力學教學現場，對於同學學習狀況的即時掌握與對於課程內容的即時反饋對於學習與教學是必要且重要的。

在大班級教學現場同學們對於課程的參與程度，是在教學現場另外一個主要的問題，雖然在課堂的教學過程中，鼓勵同學積極參與課堂討論、強調師生互動、培養主動學習的精神是課程中一再強調的重點，希望在課堂中能創造一個正向互動氣氛的學習情境，積極提升學生對課程的專注力與參與度，但根據申請人的經驗指出，對於這種基礎學科大班授課中，大部分的同學在課堂上都無法積極參與討論與互動，歸納其主要原因為，同學們無法克服在於在大班級同學前發言的畏懼、同學們自認對於學習內容的掌握仍有不足，對提問內容信心不足，以及教師普遍以傳統講述方式授課，導致同學習慣於在課堂上扮演被動的聆聽者的腳色，在大班教學的環境下，無法積極參與課程討論。

隨著近年來數位科技及網際網路技術的發展，無線網路及高速寬頻網路的建置，及個人數位行動載具的普及，為國內高等教育帶來許多創新且多元的模式，例如線上雲端學習、數位學習、行動學習等創新教學模式，也形成了更具有多元與機動性的學習環境。如何善用網路資源和數位產品，使其成為有助於提升課堂教學成果的利器，實為改善現今大學教育的一項重要課題。即時反饋系統(interactive response system, IRS)因具備了有助於培養學生主動學習、提高課堂參與度、和促進師生以及同儕互動的功能，提供了一項可用於提升課堂教學成效的工具。一般來說 IRS 的優點被認為可提升學生的出席率、上課時的專注程度、課堂參與度、對課堂討論和授課內容的投入程度等。IRS 也同時具備了增加學生學習興趣和動機、提高上課的趣味性、讓學生得以自我評估和檢視對授課內容理解的程度，並和其他同學的表現做比較等優點。就教學效果而言，藉由學生的反饋，課堂教學不再依循只有教師單向講述的傳統模式，而是提供了更多讓師生間和同儕間進行雙向互動和交流的學習機會。同時能夠根據學生的反饋結果，教師可充分掌握全班的學習情形，並隨時調整授課的內容和進度，重新解釋以釐清學生不懂的觀念進一步討論，因此有助於提升教學成效。在 IRS 學習輔助下，對同學來說學習不再是單向的接收，藉由反饋系統的結果呈現可以得知同學們是否已經清楚理解重要的基礎觀念，同時也能激發學生的學習動機。

我們在先前執行教育部 107 年度教學實踐研究計畫：『問題導向學習在材料熱力學課程教學之行動研究』的計畫成果顯示問題導向學習(problem based learning, PBL)在熱力學教學上有助提升激發同學對課程內容的學習興趣與觀念理解，對於 PBL 投入較多心力的同學在學習成績上也有較優秀的表現，在課程中適當的使用問題導向學習來學習，對於熱力學教學屬於一有效且創新教學改善方式，然而 PBL 教學方式主要在於提升同學在課程初期對於課程內容的理解與學習興趣，主要是針對前述的第一項問題做解決(同學對於熱力學重要基礎觀念的理解與建立的困難)，在教學現場的課程進行過程發現，此教學方式由於缺乏即時反饋機制，對於同學重要觀念的理解掌握仍不夠即時，同學對於課程內容提出重要觀念釐清與問題往往是在課後或課程結束後，此為前述的第二項問題(教學者欠缺對於個別同學學習狀態缺乏即時掌

握評估的機制)。而另一個在教學現場所面臨到的問題，是在上課參與問題導向學習的過程中，同學們對於內容的討論與提問相對不踴躍且缺乏投入的專注力，此為前述的第三項問題(同學在大班教學現場缺乏專注力與參與度)。

綜合以上所述，本教學實踐研究計畫運用即時反饋系統融入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材料熱力學課程教學中，運用即時反饋系統與重要觀念與定理問題融入教學，藉此了解個別同學的學習狀況並即時針對觀念及問題作釐清，並藉由即時反饋系統提升同學在大班級教學現場的專注力與參與程度，同時針對教師運用即時反饋系統搭配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，了解運用即時反饋系統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，探究將該項創新教學科技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。

簡而言之，為配合材料熱力學課程教學研究需要，本研究運用即時反饋系統融入問題導向學習方式於材料熱力學課程教學上，試圖以即時反饋方式融入問題導向學習教學方式解決教學現場所面臨的三大熱力學教學問題(同學對於熱力學重要基礎觀念的理解與建立的困難、教學者欠缺對於個別同學學習狀態缺乏即時掌握評估的機制、同學在大班教學現場缺乏專注力與參與度)，研究對象為 62 位國立東華大學材料科學與工程學系大學部二、三年級修習材料熱力學的同學，藉由本行動研究方式能達到下列目的：

- (一) 運用即時反饋系統融入問題導向學習，提升同學對於材料熱力學基礎觀念的理解與建立的能力。
- (二) 運用即時反饋系統融入問題導向學習，即時掌握評估個別同學的學習狀態。
- (三) 運用即時反饋系統融入問題導向學習，提升同學在課堂的專注力與參與度。
- (四) 運用即時反饋系統融入問題導向學習，使材料熱力學課程與學習更具特色，引起學生對材料熱力學課程的學習興趣與動機。
- (五) 透過行動研究，搭配即時反饋系統融入問題導向學習，呈現學生學習歷程，以做為研究者改進材料熱力學教學之回饋與反思。

2. 文獻探討(Literature Review)

根據本研究主題與目標，本研究之文獻探討共分為三個部分討論，分別為：材料熱力學教學上常見的問題、即時反饋系統在教學的應用、即時反饋系統在材料熱力學的教學應用，以下分別詳述之：

材料熱力學教學現場上常見的問題

如同在前面所討論的，材料熱力學是一門不好教也不好學的重要基礎課程，Sozbilir 指出學生在熱力學課程學習面臨困境有幾個關鍵的因素，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)。也有其他的研究成果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 ; Wang C. Y. and Hou C. H., 2012)，對於重要核心熱力學觀念的定義與方程式的物理意義，學生往往會有困難理解與誤解，例如常將功、熱誤解為狀態函數 (Greenbowe and Meltzer, 2003; Meltzer D. E., 2004, 2006)，以及對於熱力學三大定律觀念的不熟悉與不理解等問題(Sreenivasulu B. and Subramaniam R., 2013)。

綜合文獻上所討論的，熱力學教學現場常見的問題可歸納為：

1. 缺乏明確的組織授課結構。
2. 課程內容的多元大量、難以系統化教學。
3. 課程中大量定義與觀念的混淆。
4. 對於熱力學數學方程式表達與物理意義無法思考連結。
5. 同學自身的基礎物理與數學能力低落、學習方法態度不佳，導致學習成效與動機低落。

總結以上五點，對於一般同學在熱力學的學習過程來說，是常見導致同學學習成效不佳的主要原因，而本研究的教學實踐研究計畫所施行的方案即是針對這些主要的學習問題進行研究改善。

即時反饋系統在教學的應用

即時反饋系統(Interactive Response System, IRS)是一種促進課堂學生反應與討論的教學輔助系統，在課堂中，讓每位同學經由操作手持遙控裝置(如手機、PDA 或遙控器等)以提供反饋資訊給教師的一種教學系統，問題由教師在課程進行前或課程進行中過程製作題目，並透過螢幕呈現教學及提問的內容，引導學生按下反饋裝置作答選擇答案，系統即時蒐集學生的答案，展示所有答案的方式呈現全班學生的作答結果，藉此可評估同學的學習成效與反應，也可提升同學的課堂參與程度。即時反饋系統可以算是近幾年來改善課堂教學品質的一種嶄新的嘗試(Fies C. and Marshall J. 2008)。在研究相關的文獻報導中，除了本文所使用的 IRS 的名稱之外，也有類似功能但名稱不同的系統如：教室回饋系統 classroom response system, CRS，學習者回饋系統 learner response system, LRS 及聽眾回饋系統 audience response system, ARS 等等 (Draper S.W. and Brown M. I. 2004)。

經由文獻回顧近年來研究 IRS 主題的期刊論文發現，絕大多數的研究結果皆一致肯定 IRS 對於課堂教學的多項助益，包括了提高學生的出席率、上課時的專注程度、課堂參與度、對課堂討論和授課內容的投入程度等。此外 IRS 亦具備了增加學生學習興趣和動機、提高上課的趣味性、讓學生得以自我評估和檢視對授課內容理解的程度，並和其他同學的表現做比較等優點。就教學效果而言，藉由學生的反饋，課堂教學不再依循只有教師單向講述的傳統模式，而是提供了更多讓師生間和同儕間進行雙向互動和交流的學習機會。根據學生的反饋結果，教師可充分掌握全班的學習情形，並隨時調整授課的內容和進度(如重新解釋以釐清學生不懂的觀念、進行全班或小組討論等)，因此有助於提升教學成效。根據文獻歸納指出(蔡文榮 2012；龔心怡 2016；黃讚松 2014；黃健翔 2017)，IRS 即時反饋系統的優缺點為：

1. 可增進師生互動，提升教師教學品質與學生學習興趣。
2. 促使學生轉變為主動學習者，教學方式能更加多元與活潑。
3. 促進學生主動參與的動機。
4. 教學方式、學習管道及測驗評量多元化，能增進學生學習興趣與專注力。
5. 教師能立即掌握學生的學習成效，並能即時調整教學策略。
6. 可增進師生教學互動與提供評量的便利性。
7. 具有學習歷程紀錄功能，可立即針對學生表現，進行診斷並實施補救教學。
8. 採形成性評量方式，能即時施測並減輕學生壓力，評量結果更準確。

而 IRS 即時反饋系統的缺點則有：

1. 教學設備裝置費用高，較難推廣至各大專校院。

2. 取決教室網路訊號強弱，可能無法即時操作，影響教學成效。
3. 操作具有門檻、硬體需維護，須有手機、電腦、平板等相關硬體設備。
4. 即時反饋系統的教學成效易受課程難易度影響。
5. 缺乏題庫內容，教師須自製教材，負擔較重。
6. 測驗評量之題型設計受限於選擇題形式、問答題形式。
7. 教師對資訊設備與系統介面操作不熟悉，將造成教師不願使用教學。
8. 學習歷程紀錄缺乏整合性或高階統計分析功能，尚須搭配其他軟體進行分析。

其中軟硬體系統的限制，隨著近年智慧型手機的普及和雲端科技的迅速發展，也不再是限制 IRS 運作的關鍵因素，近年各種 IRS 系統蓬勃的發展，如台師大科教中心所開發的 Cloud Classroom (CCR)、Plickers、Zuvio 等，其中 Zuvio 是一種具有多功能的 IRS 系統，Zuvio IRS 系統的運作如附錄一所示，教師可以在課前在雲端準備題庫，學生可在課堂利用智慧型手機使用這套系統，而不再仰賴傳統使用 IRS 時所需搭配的特殊硬體設備和遙控器，使得 IRS 的運用方便性與可能性大幅度的提升，因此 Zuvio 解決了前述 IRS 即時反饋系統受限於硬體設備的限制的三個主要硬體限制缺點，大大的提升了在教學現場使用 IRS 系統的可能性。Zuvio 除了突破了以往 IRS 僅能以選擇題方式出題的限制，提供了多元題型設計，其中除了單選題之外，還包含了問答題和題組題。而其他的新增功能如同儕互評、學生所有作答記錄的統計追蹤、資料匯出 PowerPoint 插件功能、現場臨時分組作答、和隨機抽點等，皆有助於增加學生在課堂的參與度，以及促進師生間和同儕間的互動交流，而老師也可以透過系統的統計數據結果，快速瀏覽學生的答案，提供學生學習成效評量，量化分析學習狀態。將本系統應用於課堂教學活動中，可提供了一項有助於提升學習成效的輔助工具，值得研究探討。

即時回饋系統 Zuvio 是一個免費的平台，就如同一般的 IRS 平台與系統一樣，教學者在無線網路的環境下，透過載具上的 Zuvio 應用程式配合官方網站操作在投影螢幕或教學電視上也會立即呈現答對與答錯的多元即時統計結果，可以設定呈現全班的狀態，也能設定個別的狀態，教師自己的行動裝置也能顯現個別學生的對錯，讓教師藉以了解每個學生的答題狀態。透過 Zuvio 可以讓學生及時作答，教師也可以馬上在班級內進行內容說明，也可以直接針對學生的迷思概念進行講解，這種平台的設計可以達到立即性的評量，藉由不斷地在教學過程中給予回饋，可以修正學生在學習過程的迷思。

即時反饋系統在材料熱力學的教學應用

在材料熱力學教學領域中，由於 IRS 應用於材料熱力學課堂教學的研究仍在剛起步的階段，相關的文獻十分有限，即使限有的文獻資料相當有限，但在參考其他基礎科學領域應用 IRS 在大學課堂進行普通物理學與普通化學教學的研究顯示(Homole T. 1998; Morrisson R. 2014; 徐子鍵 2007; 陸維作 2014)，IRS 對於課堂的教學多有正面的成效，例如增強學習者的學習動機與興趣、提高課堂參與度、加深對課程內容的理解、幫助學生及時檢視自己在課堂的表現並和班上其他同學的表現作比較、增加上課的趣味性、促進師生間和同儕間的互動，對教學而言，也可以藉由即時反饋系統了解學生的反應和學習需要，藉以適時調整課程的內容。在 2002 年有學者嘗試運用 IRS 於熱力學及流體力學的大班教學上(Dempster W., Lee C. K., and Boyle J. T. 2002)，當時由於受限硬體的限制，使用的還是傳統式的按鈕裝置進行課程，IRS 系統功能方面也十分有限，但在這樣的環境限制下，研究成果顯示運用 IRS 還是能夠有效的提升課堂參與與學習成效的提升((I like) discussing answers to the PRS questions because it

wakes you up and gets you involved with classmates')，尤其在同學參與答題的過程中，能夠因為回答出正確的答案提升對於該重要觀念的理解與記憶(Doing a question right after a presentation by the lecturer helps you to understand and remember the concept)，因此 IRS 在該研究被認為有助於在大班級學習熱力學課程，提升同學的參與度。以目前行動裝置與軟體的演進，在產品更多元的設計與功能的前提下，新世代的 IRS 系統應該對於提升同學的學習成效與學習興趣，應該有更好的效果，本計畫即朝向此方向邁進，藉由結合問題導向學習與即時反饋系統，增進對於應用 IRS 融入問題導向學習於熱力學教學輔助教學的了解，並彌補現有相關文獻尚且不足之處。

3. 研究問題(Research Question)

本研究問題即為教學上所面臨的實務問題，期望能以即時反饋系統融入問題導向學習進行教學，改善學生學習材料熱力學的意願與學習成效，同時提升同學在課堂的專注力與參與度，並從教學與學習中，探討問題導向學習與及時反饋系統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即時反饋系統與問題導向的教學與學習歷程，探討學生有效學習的教學方式。

4. 研究設計與方法(Research Methodology)

本研究計畫主要在實踐運用即時反饋系統融入問題導向學習於材料熱力學課程的教學實踐研究，目的在探討即時反饋系統融入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，同時研究即時反饋系統對同學基礎觀念學習與課堂參與度與專注度的影響。本研究在 108 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二年級學生為對象，在主題課程進行過程中，設計適合即時反饋系統的基礎熱力學觀念問題，運用即時反饋系統針對重要基礎觀念進行測驗，獲得回饋並即時進行觀念釐清與教學補救，並提升課堂上的討論與參與程度，同時也利用即時反饋系統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、即時反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即時反饋系統以及問題導向學習的認知、學習的成長與影響。本研究將根據研究分析的結果，對於即時反饋系統融入問題導向學習的熱力學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。

本教學實踐研究的架構依據：計畫(以即時反饋系統融入問題導向學習的課程設計、設計適用於即時反饋系統的基礎觀念問題、即時反饋系統融入問題導向學習教學策略、即時反饋系統的運用)、執行(以即時反饋系統融入問題導向課程教學)、觀察(資料蒐集、訪談、問題討論單、學生心得回饋、即時反饋系統學習回饋)、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，期望能以即時反饋系統融入問題導向學習進行教學改善學生學習意願與學習成效，同時提升同學在課堂的專注力與參與度，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即時反饋系統與問題導向的教學與學習歷程，探討學生有效學習的教學方式。

本研究的研究假設為：在材料熱力學教學現場，運用即時反饋系統融入問題導向學習屬

於新興的教學方法，在近年來廣泛的應用在各領域的教學活動，基於申請人多年的教學經驗與反思，以及文獻探討後提出研究假設：『在材料熱力學的學習態度與學習成效上，教師採用即時反饋系統融入問題導向學習的教學方式應能改善學生的學習態度與學習成效，並可解決在傳統的教學現場面臨三個主要的教學問題：同學對於熱力學重要基礎觀念的理解與建立的困難、欠缺教學者對於個別同學學習狀態缺乏即時掌握評估的機制、同學在大班教學現場缺乏專注力與參與度。』。

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、熵、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『材料熱力學(一)』內容進行行動研究。

即時反饋系統融入問題導向學習教學方式

即時反饋系統融入問題導向學習的教學方式分成兩個不同階段進行，因材料熱力學課程本質為基礎課程，同時牽涉到大量觀念與定義，因此學生必須具備一定基礎能力才能夠進行較完整的問題導向學習，因此課程教學策略以先課堂講授開始，在第一階段在課程進行的過程中，在課堂穿插運用即時反饋系統給予重要基礎觀念問題進行快速測驗，藉此掌握同學對於觀念的學習狀況，並即時予以釐清說明，同時也能夠藉由即時反饋系統提升同學在課堂的專注力與參與度，(研究者在課程進行前設計適合即時反饋系統的基礎熱力學觀念問題如附件 1 所示)，在課程完成介紹重要基礎觀念與定義後，第二階段運用即時反饋系統進行問題導向學習討論，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、第八章氣體的行為、第九章溶液的行為以及第十章吉布斯自由能及二元相圖)，搭配整合相關主題之熱力學工程問題題組引導學習，以 IRS 系統進行問題導向討論，此部分著重培養認知技巧、分析能力、解題能力，也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。

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 108 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 62 人，學生全數為材料科學與工程學系大學部理工背景主修學生。

資料蒐集方法

(一) 前測

調查學生的學習背景資料，內容包括同學對於原文書的閱讀能力、學習困難處以及希望得到的實質協助，此外也將調查同學是否有在課堂使用 Zuvio 的經驗，同時包含「學生對於使用 Zuvio 融入問題導向學習的觀感」量表，以尺度量表探詢學生對於 Zuvio 融入問題導向學習之教學成效的看法，包括增進學習動機和學習興趣、提升課堂參與度、增加同儕互動、促

進課堂學習、與同儕的回答和表現做比較、自我評估等。另外，問卷中也包含參考目前正進行中的 PBL 應用在材料熱力學教學的相關初步研究結果，以及針對 Zuvio 的特性與功能所設計出的內容。除了蒐集量表中所填答的量化資料，問卷中也列入開放性問題以蒐集質性資料。

(二) 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、即時反饋系統在課程執行的成效以及同學學習行為，進行記錄與省思。

(三) 即時回饋系統紀錄

研究者在課程進行前設計適合即時反饋系統的基礎熱力學觀念問題，藉此評估個別同學對於觀念的學習狀況與表現，並即時予以釐清說明，同時也能夠藉由即時反饋系統記錄同學在課堂的專注力與參與度，並作為研究者與學生間互動橋樑。

(四) 學習回饋單

由研究者自編期初、期中及期末學習回饋單，主要在了解同學在學習過程中的學習狀況，及讓同學對自己在學習的過程中學習到了什麼進行反思，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) 期末評量及學習成果調查

為了瞭解學生對於即時反饋系統及問題導向學習的看法，以及在這門課程的學習結果，研究者自編學習成果問卷，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) 同學訪談紀錄

在學期結束後，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即時反饋系統融入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 IRS 與 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 IRS 與 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、建立研究架構為研究的第一階段，之後進行文獻探討，了解即時反饋系統融入問題導向教學方式與材料熱力學的關聯為研究的

第二階段，研究的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。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，各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即時反饋系統融入問題導向學習教學方式，設計適合即時反饋系統的基礎熱力學觀念問題與問題導向學習問題組，並準備規劃學習單、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) 教師講授配合即時反饋系統融入問題導向學習

因材料熱力學課程本質為具有大量內容及多元主題的基礎課程，因此學生必須具備一定基礎能力才能夠進行問題學習，因此課程教學策略以課堂講授為出發點，在此第一階段在教學的同時也利用即時反饋系統確認同學的基礎觀念學習狀態並加以評估釐清提升同學的課堂參與度與專注力，針對答對率較差的觀念加以釐清加強。在同學具備一定基礎能力之後，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，進行第二階段以即時反饋系統實施基礎觀念問題導向學習引導學習，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。同時，依據即時反饋系統所記錄個別同學之上課表現、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%、三次問題導向學習單與及時反饋系統測驗自由參與繳交，在本學期所施測的 IRS 即時反饋問題共 20 題，分布在各個章節中，並以全班整體學習表現成效調整最終學期成績，課程課程教學內容進度、評量測驗、問題導向學習以及學習單實施進度如圖一所示。

(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。

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

(1) 教學過程與成果

本課程為本系首次使用 IRS 系統進行教學，因此在首次上課先將本教學實踐研究計畫的內容、施行方式以及本計畫想要達成的目標與同學進行溝通與解釋，並進行先期測驗(附件二)，針對同學對於即時反饋系統與問題導向學習兩種新教學方式進行認同度的調查，先期測的調查結果如圖二所示，由結果顯示在學期剛開始的時間點，由於先前並沒有接觸過 IRS 與 PBL 的學習經驗，同學對於這兩種創新教學方式並沒有太深入的認知與體會，約有一半以上的同學對這兩種教學方式感到不熟悉與陌生，因此呈現相類似趨勢的數據，對於 IRS 與 PBL 的認同度隨課程進行的變化我們會在期中與期末測結束之後再一併討論。

我們在課程開始的第一堂課，指導同學如何安裝 IRS 系統並進行測試後，才開始進行課程進度講授，以確保每個同學都能夠熟悉且順利使用 IRS 系統，這部分由於同學對於手機的操作介面都十分熟悉，在這個部分並沒有太多的困難與障礙，我認為以目前新世代同學對手機系統的熟悉程度，在使用手機與 APP 非常容易上手的特性是利用 IRS 系統教學的一大優勢。由於材料熱力學課程本質為基礎課程，本課程的進行還是以教師依據教科書所整理的筆記進行課堂講授，本學期的課程因為為了搭配使用 IRS 系統進行即時觀念問題測驗，因此將所有的課程筆記預先數位化上傳至雲端空間，在課堂上直接以數位筆記的方式進行授課，以減少在黑板上書寫及抄寫的時間，爭取較多的時間進行 IRS 系統即時反饋測驗與演練，藉此能夠了解同學對於重要觀念的釐清與理解程度，如此一來可兼顧課程進度與進行 IRS 系統即時反饋，這是本學期課程的一個大變革，對此，同學的反應也普遍能夠接受與認同，並表示這樣的學習方式較傳統板書教學方式相較較為有效率。(A 同學：可以不用抄寫那麼多筆記，有更多時間來思考問題和理解，B 同學：我其實覺得這樣上課很棒，小孩子才在那邊寫黑板，都 2019 了。)

在課程進行過程中除了課程內容的說明外，我們也依照去年計畫的實行方式，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，進行問題導向學習，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，課程教學內容進度以及問題導向學習實施進度之前的圖一所示，總計有三個 PBL 習題安排與一個學期的課程中，我們也對每次繳交的 PBL 習題繳交的比例也做了統計，統計結果與趨勢與去年計畫的成果大致符合，也就是同學的學習成效與 PBL 的投入程度呈現正相關，但同學對於 PBL 的參與度並不如 IRS 系統的即時反饋問題來的高，可能的原因在於 PBL 習題的內容較為深入且進階，對於課程內容尚未完全釐清的狀態下，同學並沒有很大的信心作答及參與，另外答案並無法立即得知也可能是另外一個參與程度較低的因素。

在期中考與期末考後我們分別進行了期中(附件三)與期末學習回饋單(附件四)的問卷調查，問卷針對問題導向學習與即時反饋系統對學習幫助的回饋，以及即時反饋系統對學習回饋問卷評分項度結果，圖三與四顯示期中與期末針對問題導向學習與即時反饋系統對學習幫助的回饋，與先期測驗相比較，同學對即時反饋系統與問題導向學習兩種新教學方式的認同度隨課程進行而逐漸提升，其中認為 IRS 系統對教學非常有幫助的變化從先期測的 2%增加至期中測的 9.3%，到了期末測則提升至 15.6%，認為 IRS 系統對教學有幫助的變化從先期測的 46%增加至期中測的 55.6%，到了期末測則提升至 60.3%，因此對於 IRS 在材料熱力學教學的認同度與幫助是隨課程進展而呈現提升的趨勢，相較於 IRS 的高認同度，認為 PBL 對教

學非常有幫助的變化從先期測的 2%增加至期中測的 3.7%，到了期末測則微幅降至 3.5%，認為 PBL 對教學有幫助的變化從先期測的 46%，到了期中測會降至 40.7%，到了期末測則微幅提升至 43.1%，由此結果顯示同學對於 IRS 教學方式的認同度較對於 PBL 教學方式為高，其原因來自於 PBL 的問題較 IRS 問題較為困難，在練習時需要更多的基礎知識與觀念理解才能解決，挫折感也較高，根據去年計畫的成果也顯示，隨著課程的進行，主題與內容的增加伴隨著困難度的提升，導致 PBL 的參與度隨之降低，我們推測與認同度隨課程進行內容增多難度也隨之提升，因而參與度隨之降低，而 IRS 的問題多屬於較簡單直覺的基礎觀念問題，在回答問題時因為能夠與同學答題結果比較以及即時的知道問題的答案，對同學來說較為有趣且具有即時性，因此對 IRS 教學認同度與參與感較高，也更願意投入，詳細的統計結果如表一所示。

我們同時對於運用即時反饋系統學習材料熱力學的學習經驗，針對以下九個不同評分項度做調查：

- (1) 在課堂上喜歡用本系統與老師互動
- (2) 使用本系統在課堂上的討論情況比傳統教學更好
- (3) 使用本系統在課堂上與老師的互動比傳統教學更好
- (4) 更能知道自己和其他同學是否有理解上課的內容
- (5) 使用 IRS 有助於我對於該科目學習興趣提升
- (6) 使用 IRS 對我的學習有幫助
- (7) 使用 IRS 學習讓我有成就感
- (8) 我希望有多一些科目使用 IRS 來學習
- (9) 能使用這樣的方式學習是愉悅的

期中問卷回饋結果如圖五所示，大部分的評分項度都呈現正面的看法，顯示同學們使用即時反饋系統學習的認同度趨向正面，顯示同學們對於使用及時反饋系統學習的認同度是正面的，在各評分項度中認同度較高的項目為：在課堂上喜歡用本系統與老師互動、使用本系統在課堂上的討論情況比傳統教學更好、使用本系統在課堂上與老師的互動比傳統教學更好、更能知道自己和其他同學是否有理解上課的內容，顯示同學對於 IRS 系統對學習的幫助主要在互動、討論以及對於自我學習狀況的評估。我們在學期結束時進行期末問卷回饋，結果如圖六所示，相較於期中回饋結果，期末回饋結果顯示同學對於使用即時反饋系統學習的各評分向度的認同度均大幅提升，顯示即時反饋系統學習確實對同學在材料熱力學的學習有實質的幫助，期中與期末回饋詳細的統計結果如表二所示，很明顯在經過一個學期的學習經驗後，同學對於 IRS 系統的體驗與深入了解之後，對九個評分項度均有大幅度的提升，顯示 IRS 系統確實能夠有效的提升學習成效，也是一個對學習有實質幫助的創新教學方式。

就學習表現來說，本課程最後統計出 108-1 材料熱力學(一)的學期成績如圖七所示，在國立東華大學材料系大學部學生 60 人中(2 人退選)，期末成績為：11 人得到 A (18.33 %)、4 人得到 B (6.67 %)、23 人得到 C (38.33 %)、22 人得到 D 和 E (36.67 %)，總共有 38 人通過 24 人不通過此課程，通過率為 61.29%，班級平均的 GPA 為 2.04/4.50，就成績分布來看，對於本課程內容的學習與理解呈現兩個極端的分布，也是本課程內容教學成果常見的一個成果與特性，這個結果與 107-1 的結果類似，推論這個學習成績分布狀況與所本研究所使用的 IRS 教學方式並沒有太大的關聯。

為了瞭解即時反饋系統參與度、答對率與學生學習成效的相關性，我們也針對在學期中所實施 20 題即時反饋系統答題參與度、答對率與同學的學期成績的關聯性做了統計，由於 IRS 系統答題在學期初已與同學說明，屬自由參與且不列入成績計算，這份資料的參與度與答對率的資料應該具有高度可信度，統計結果如圖八所示，結果顯示 IRS 參與度與學期成績(圖八(a))呈現高度正相關，在期末成績得到 A 的同學都有 95%以上的參與度，期末成績得到 B 與 C 的同學參與度大部分都有 80%以上的參與度，其中明顯看到期末成績得到 B 的參與度較得到 C 同學參與度較高，顯示參與度與期末成績高度密切相關，相反的，在學期成績表現較差未通過這門的同學(D 與 E)，參與度則呈現分布較廣的狀況，而完全不參與的同學也落在這個區間範圍內，顯示對課程參與度極為低落的狀況下學習成效表現較差。我們也針對課程中所實施 20 題 IRS 即時反饋問題的答對率與學期成績的關聯性統計，其結果如圖八(b)所示，這個結果顯示大部分同學的答題答對率分布在 60-80%間，答對率的分布較參與度較廣，顯示與學習成績相關性較低，就成績分布而言，得到 A 與得到 B/C 的同學，答對率並沒有顯著的差異，而表現較差的同學(D 與 E)的答對率則明顯較差，結果顯示 IRS 即時反饋問題在學習當時具有自我學習評估的作用，能在學習的當下釐清對所學習課程內容與觀念的理解程度，而在課程學習後，不同同學對於問題後續觀念釐清與驗證的反思與學習，應該是造成不同學習成就差異的主要原因，與答題當時的正確與否並沒有太大關係，由此可知，IRS 參與度與學期成績呈現正相關，而 IRS 即時反饋問題的答對率在中高學習成就的同學，相關性較低，而在低度學習成就的同學，其相關性可能較高。綜合以上研究成果顯示，IRS 即時反饋系統的運用對材料熱力學學習上，具有提升學習成效與提升學習興趣兩個重要的影響，IRS 系統應該更有效的運用在其他工程領域教學與學習，可以提升學習者的學習興趣與成效。

(2) 教師教學反思

本計畫運用融合問題導向學習與即時反饋系統在材料熱力學教學，結果顯示在傳統課程中運用這兩種創新教學方式可有效的提升學生的學習興趣與成效，也能提供一個即時的平台進行自我學習評估以及與教學者對話，研究成果顯示在傳統課程中導入創新教學方式，屬於一有效教學改善方式，值得推廣運用，而本學期的課程教學評量分數為 4.39，此分數高於理工學院平均分數(4.32)及本系系平均分數(4.22)，對一門通過率極低(61.29%)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，而融合問題導向學習與及時反饋系統的創新教學方式，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(附件五)，同學對於課程的反應以及學習回饋多為正面，此外根據同學的期末問卷回饋(附件四)，針對 IRS 學習課程的期末回饋意見如下，證實學習者對 IRS 學習感到滿意與認同，並希望能夠有更多的科目進行 IRS 學習。

- 對課程進行的方式感到滿意 (74.1%)
- 希望能夠有多一些 IRS 觀念問題加入課程中，幫助學習 (19%)
- 希望在 IRS 問題能夠進一步詳細講解 (5.2%)
- 希望在 IRS 上回答困難題目時能夠有更多時間(1.7%)

6. 建議與省思(Recommendations and Reflections)

本計畫運用融合問題導向學習與即時反饋系統在材料熱力學教學，研究結果顯示在傳統材料熱力學課程中運用這兩種創新教學方式可有效的提升學生的學習興趣與成效，PBL 教學

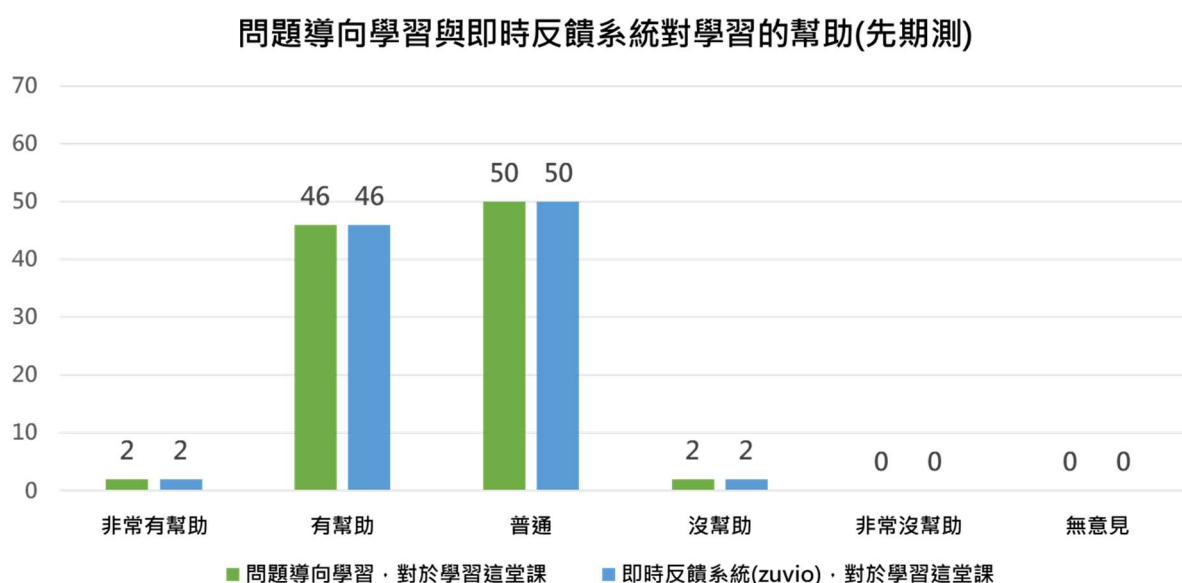
方式主要引起激發學習者對學習主題的注意與興趣，在學習課程主題前能更有學習方向與保持興趣，而 IRS 系統則是能提供一個即時的平台進行自我學習評估以及提供更有效率的方式與教學者對話，增強師生互動，研究成果顯示在傳統課程中導入這兩種創新教學方式，屬於有效教學改善方式，值得推廣運用於工程基礎課程，而本課程教學評量分數為 4.39，此分數高於理工學院平均分數(4.32)及本系系平均分數(4.22)，對一門通過率極低的基礎核心課程來說，應屬學生教學滿意程度相當高的課程，而融合問題導向學習與及時反饋系統的創新教學方式，證實有效改善教學成效與學習成果。

圖表：

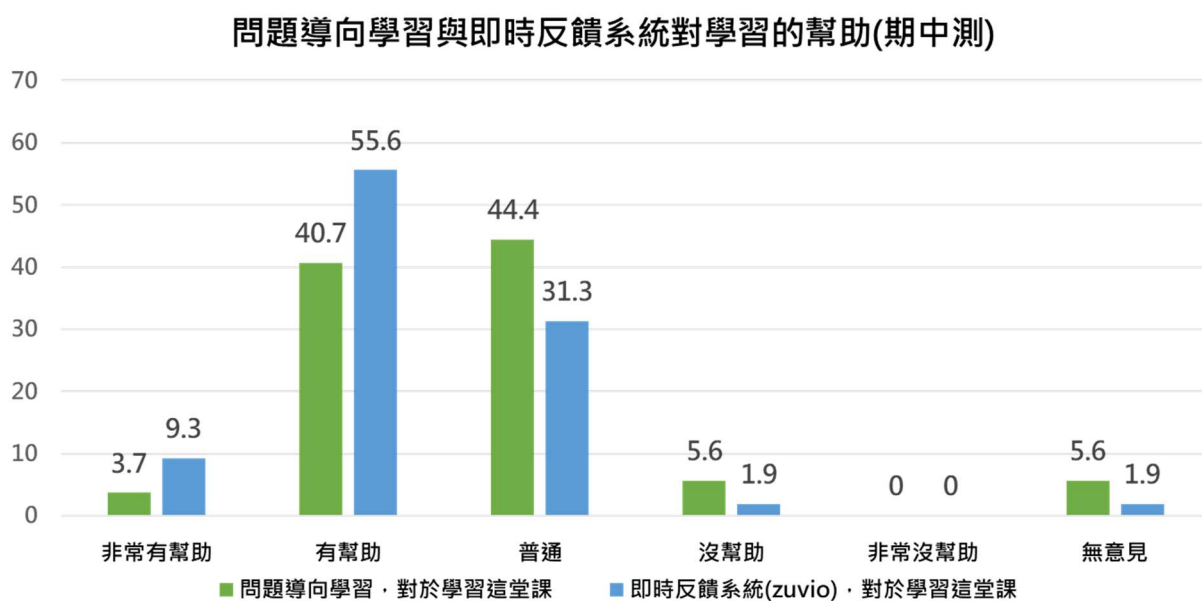
周次	教學內容	實施方式
1	Introduction and definition of terms	學習背景問卷
2	Introduction and definition of terms	
3	Introduction and definition of terms	PBL Problem set 1
4	The first law of thermodynamics	第一次小考
5	The first law of thermodynamics	期初學習回饋單
6	The first law of thermodynamics	PBL Problem set 2
7	The second 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

在重要觀念與定理教學後採用 Zuvio 進行即時測驗與反饋 (共20題)

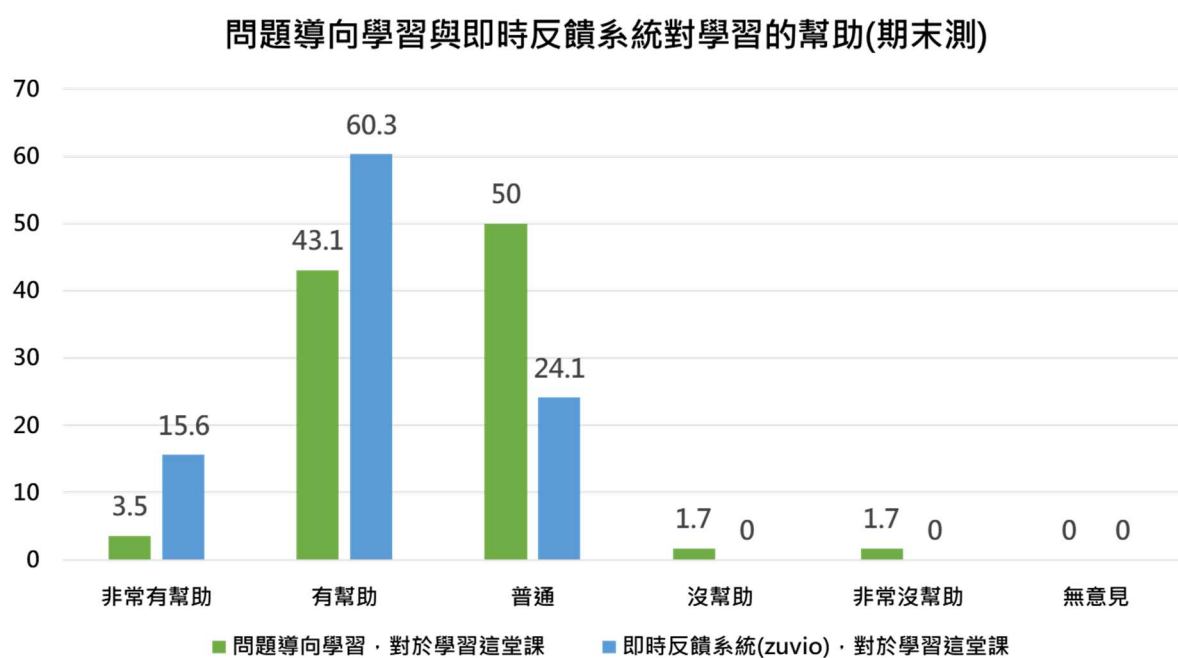
圖一：課程教學內容進度、評量測驗、三次問題導向學習及回饋問卷實施進度。



圖二：問題導向學習與即時反饋系統對課程學習幫助回饋問卷先期測結果。

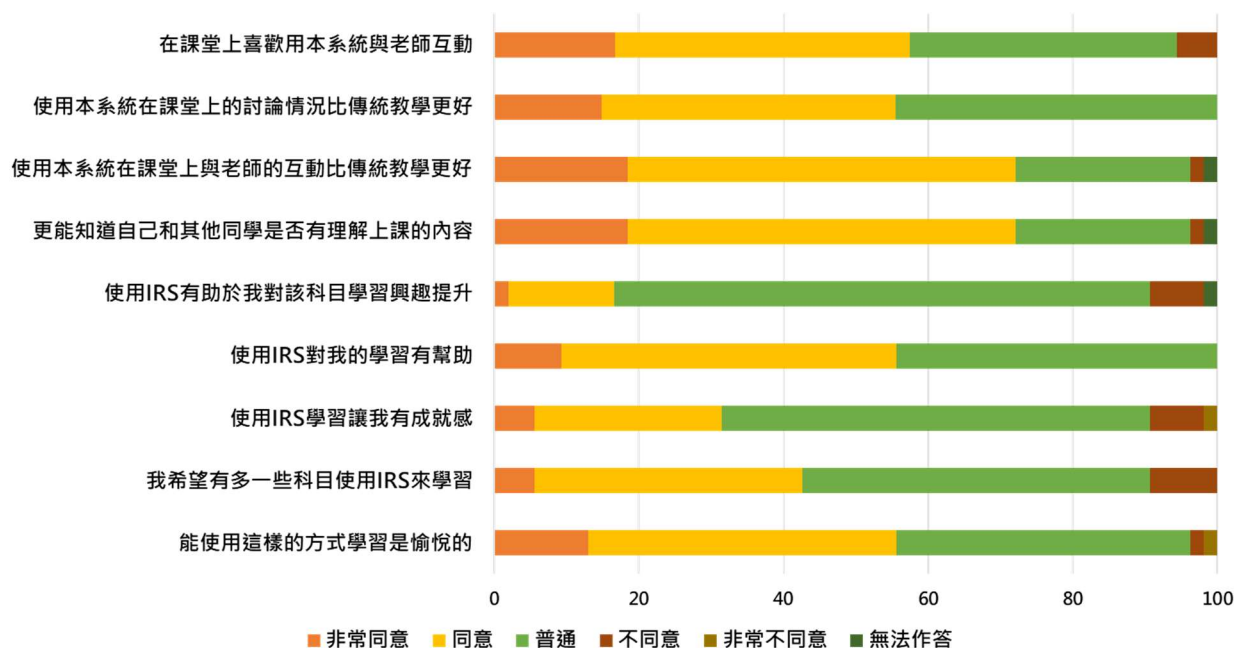


圖三：問題導向學習與即時反饋系統對課程學習幫助回饋問卷評分項度期中測結果。



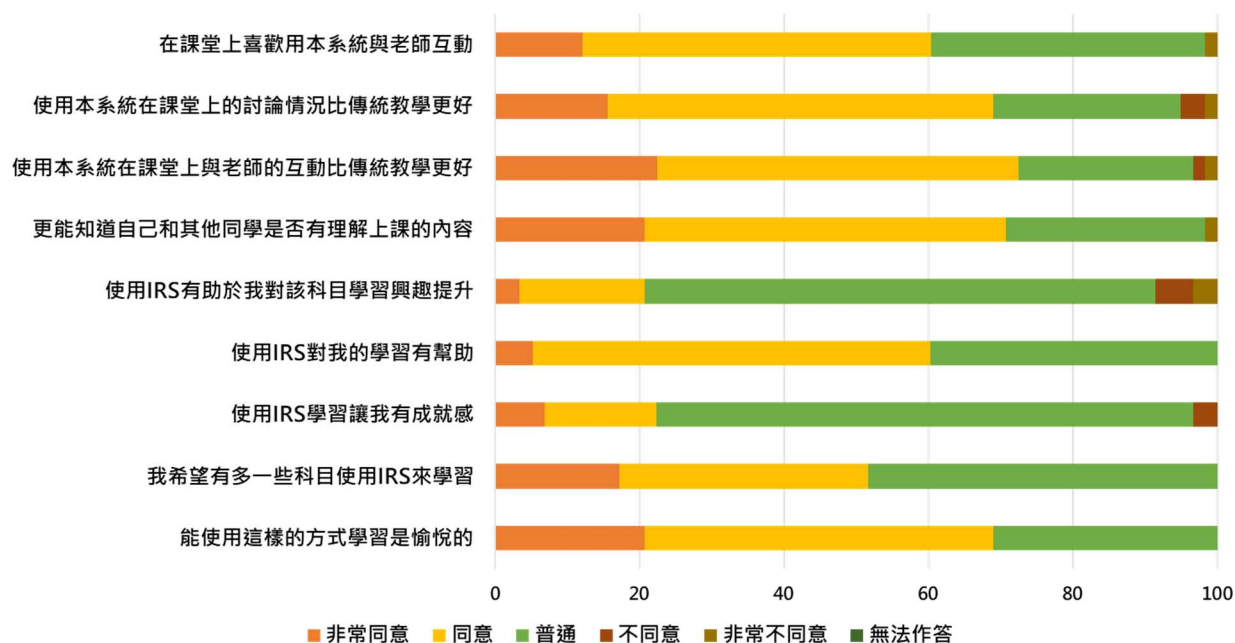
圖四：問題導向學習與即時反饋系統對課程學習幫助回饋問卷期末測結果。

即時反饋系統學習期中回饋

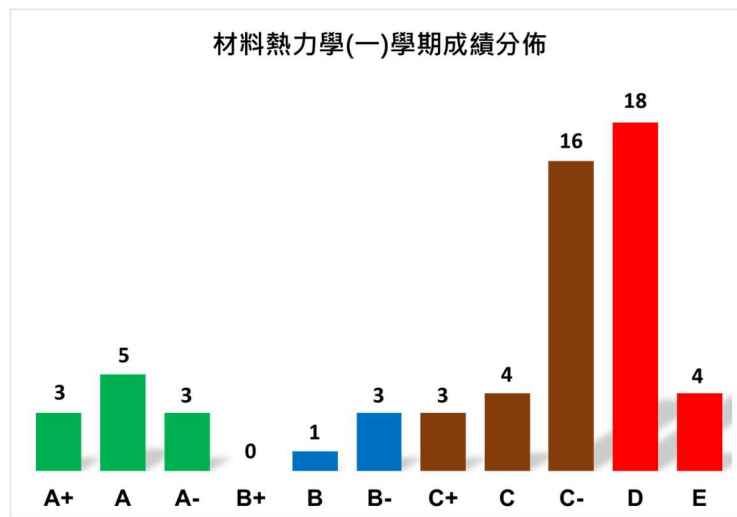


圖五：即時反饋系統對課程學習回饋問卷評分項度期中測結果。

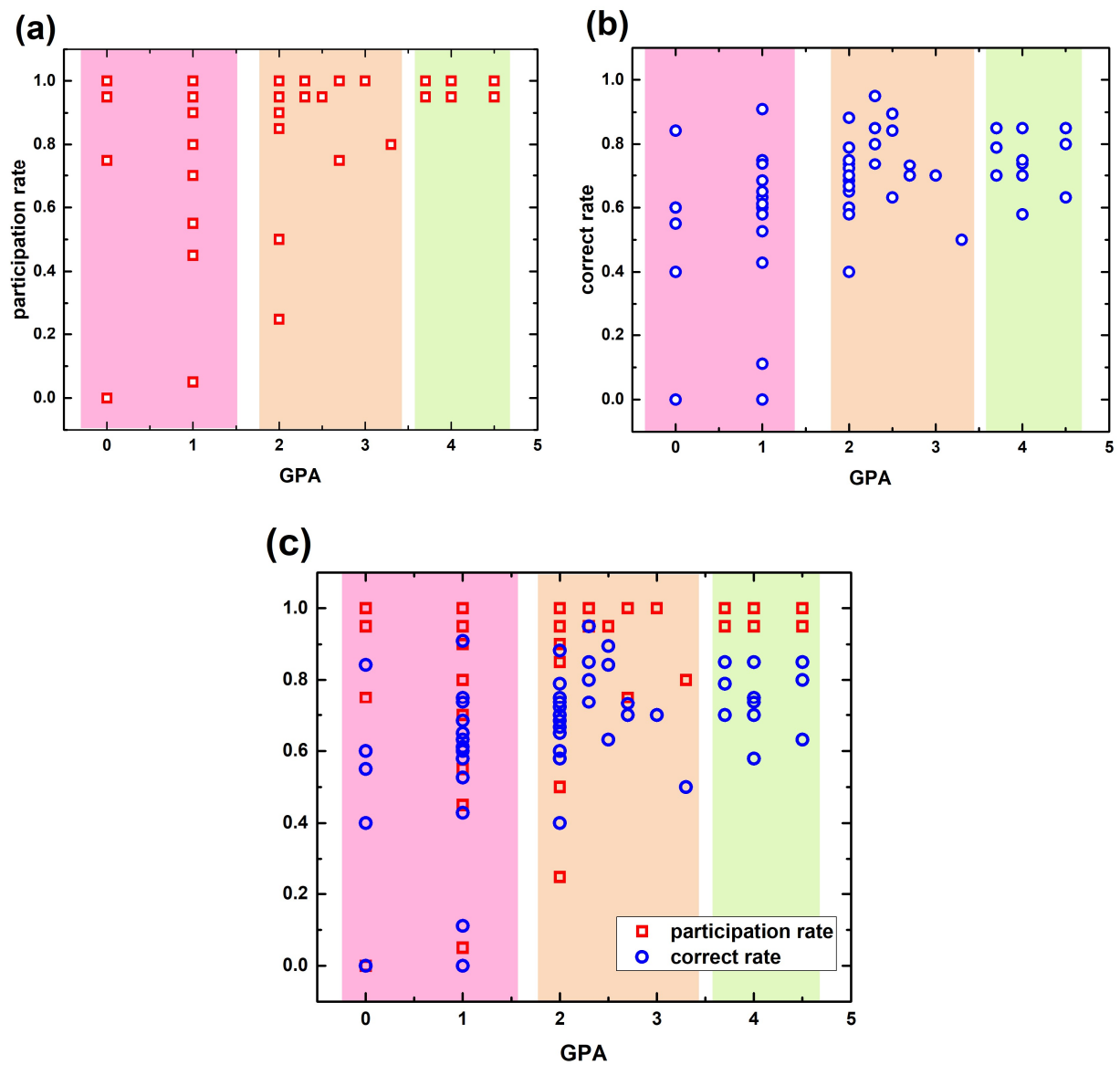
即時反饋系統學習期末回饋



圖六：即時反饋系統對課程學習幫助回饋問卷評分項度期末測結果。



圖七：材料熱力學課程學期成績分布。



圖八：IRS 即時反饋問題(a)參與度與(b)答對率與材料熱力學課程學期成績相關性。

先期測	非常有幫助	有幫助	普通	沒幫助	非常沒幫助	無意見
問題導向學習，對於學習這堂課	2	46	50	2	0	0
即時反饋系統(zuvio)，對於學習這堂課	2	46	50	2	0	0
期中測	非常有幫助	有幫助	普通	沒幫助	非常沒幫助	無意見
問題導向學習，對於學習這堂課	3.7	40.7	44.4	5.6	0	5.6
即時反饋系統(zuvio)，對於學習這堂課	9.3	55.6	31.3	1.9	0	1.9
期末測	非常有幫助	有幫助	普通	沒幫助	非常沒幫助	無意見
問題導向學習，對於學習這堂課	3.5	43.1	50	1.7	1.7	0
即時反饋系統(zuvio)，對於學習這堂課	15.6	60.3	24.1	0	0	0

表一：問題導向學習與即時反饋系統對課程學習幫助回饋問卷比較統計。

期中測	非常同意	同意	普通	不同意	非常不同意	無法作答
能使用這樣的方式學習是愉悅的	13	42.6	40.6	1.9	1.9	0
我希望有多一些科目使用IRS來學習	5.6	37	48.1	9.3	0	0
使用IRS學習讓我有成就感	5.6	25.8	59.3	7.4	1.9	0
使用IRS對我的學習有幫助	9.3	46.3	44.4	0	0	0
使用IRS有助於我對該科目學習興趣提升	1.9	14.7	74.1	7.4	0	1.9
更能知道自己和其他同學是否有理解上課的內容	18.5	53.6	24.1	1.9	0	1.9
使用本系統在課堂上與老師的互動比傳統教學更好	18.5	53.6	24.1	1.9	0	1.9
使用本系統在課堂上的討論情況比傳統教學更好	14.8	40.7	44.5	0	0	0
在課堂上喜歡用本系統與老師互動	16.7	40.7	37	5.6	0	0

期末測	非常同意	同意	普通	不同意	非常不同意	無法作答
能使用這樣的方式學習是愉悅的	20.7	48.3	31	0	0	0
我希望有多一些科目使用IRS來學習	17.2	34.5	48.3	0	0	0
使用IRS學習讓我有成就感	6.9	15.5	74.2	3.4	0	0
使用IRS對我的學習有幫助	5.2	55.1	39.7	0	0	0
使用IRS有助於我對該科目學習興趣提升	3.4	17.3	70.7	5.2	3.4	0
更能知道自己和其他同學是否有理解上課的內容	20.7	50	27.6	0	1.7	0
使用本系統在課堂上與老師的互動比傳統教學更好	22.5	50	24.1	1.7	1.7	0
使用本系統在課堂上的討論情況比傳統教學更好	15.6	53.4	25.9	3.4	1.7	0
在課堂上喜歡用本系統與老師互動	12.1	48.3	37.9	0	1.7	0

表二：IRS 即時反饋系統對課程學習幫助回饋問卷評分項度比較統計。

二. 參考文獻 (References)

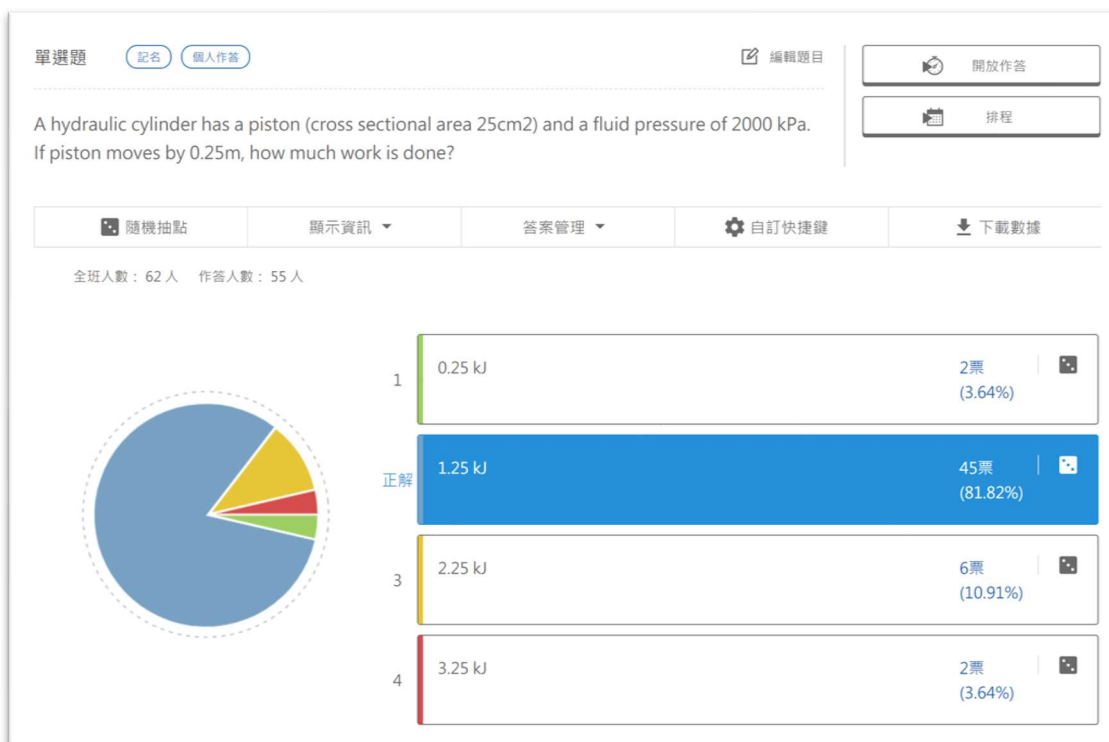
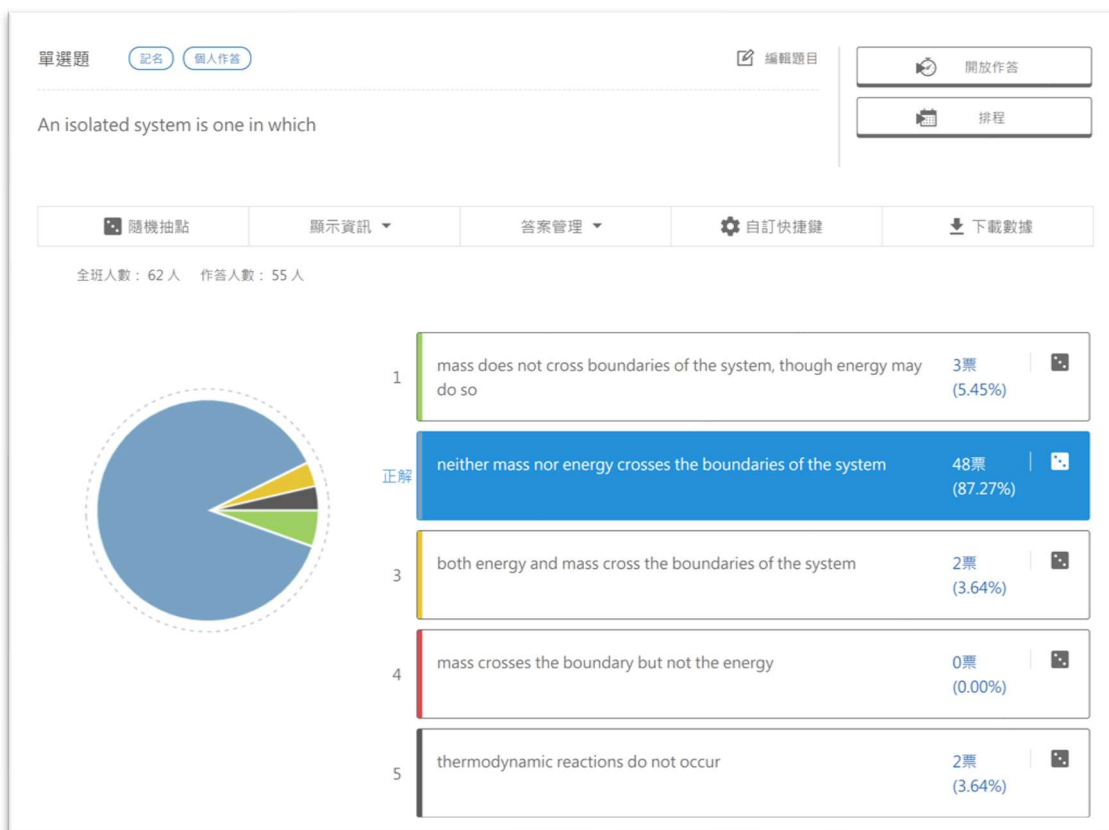
- 劉子鍵、朱慶琪、林怡均。(2007)。IRS 融入大一普物教學之歷程研究。《物理雙月刊》，29，213-214。
- 蔡文榮。(2012)。檢視即時反饋系統在大學教學推廣上的現況與展望。《海峽科學》，63，152-155。
- 陸維作。(2014)。化學課程與即時反饋系統。《化學》，4，291-299。
- 黃讚松。(2014)。運用輔助教學提升師生互動與學習成效—以IRS 為例。《電腦科學與教育科技學刊》，4，24-38。
- 龔心怡。(2016)。運用紙本IRS 即時反饋系統翻轉高等教育統計課程-Plickers 教學之反思。《高等教育研究紀要》，5，35-48。
- 張苑婷。(2016)。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。
- 黃健翔。(2017)。淺談 IRS 即時反饋系統運用至大學課程教學之策略。《台灣教育評論月刊》，6，81-87。
- 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*

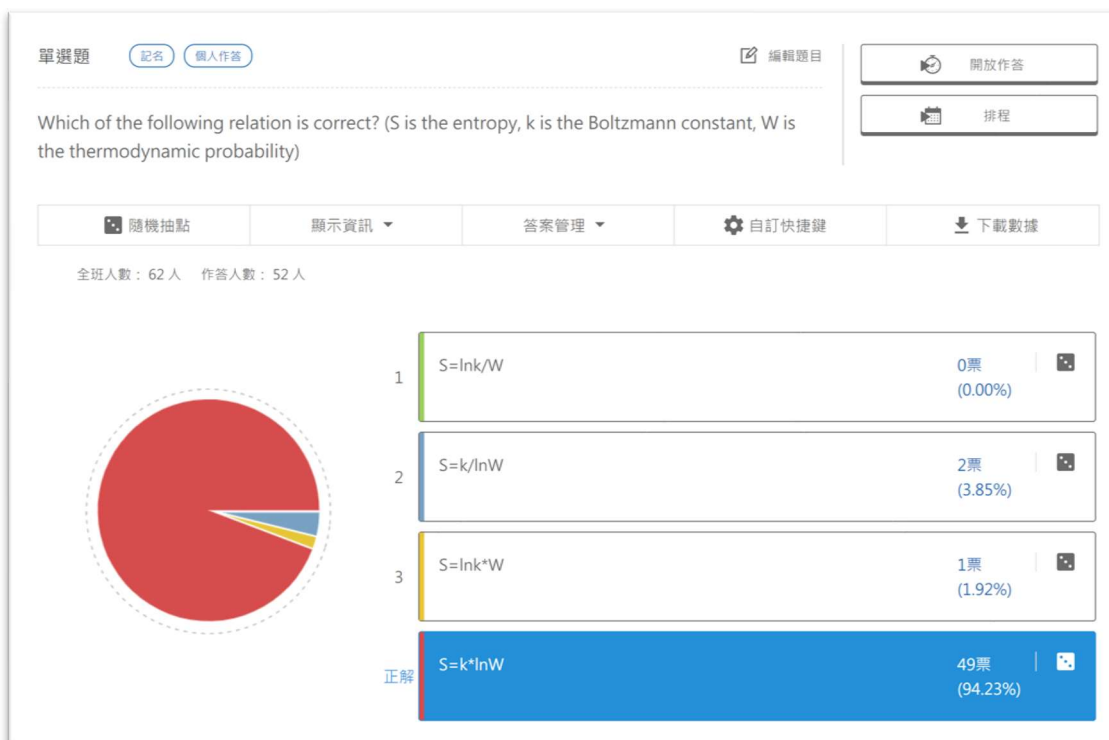
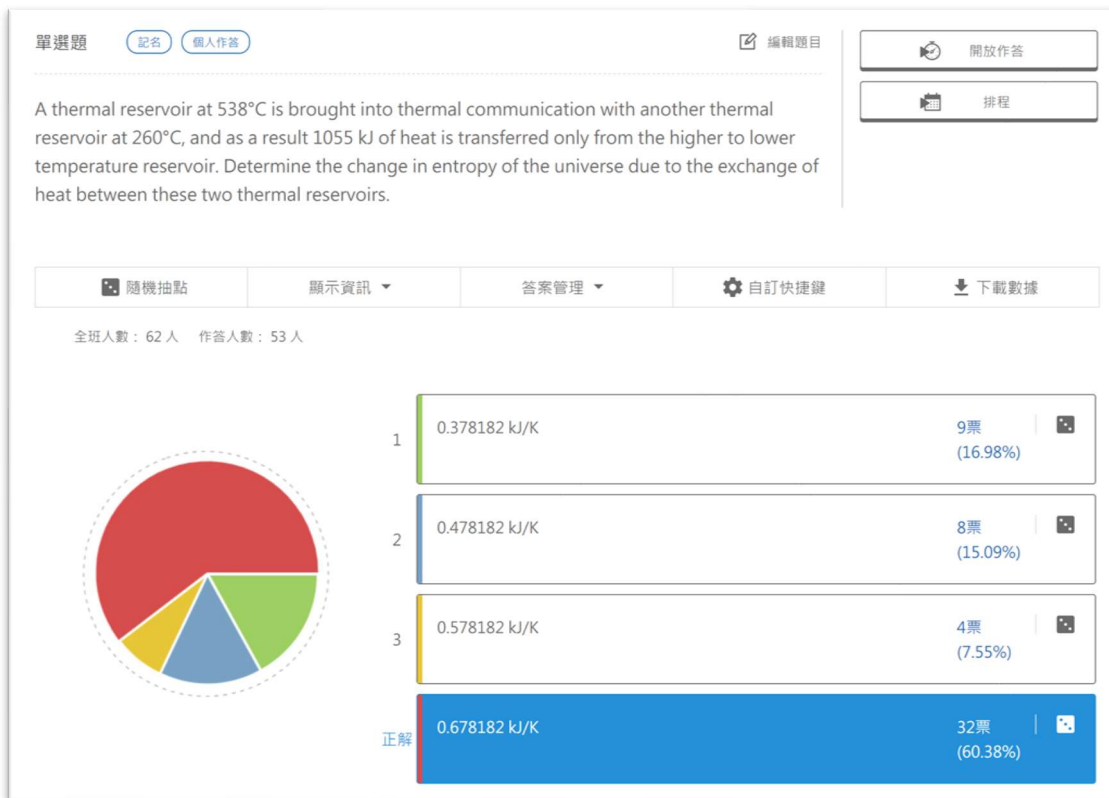
Proceedings, Syracuse, NY.

- Nasr K. J. and Thomas C. D., (2004), Student-centered, concept-embedded problem-based engineering thermodynamics, *Int. J. Eng. 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.
- Sozibilir 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.
- Wang C. Y. and Hou C. H., (2012), Teaching differentials in thermodynamics using spatial visualization, *J. Chem. Educ.*, 89, 1552-1252.
- Baran M. and Sozibilir M., (2018), An application of context- and problem-based learning (C-PBL) into teaching thermodynamics, *Res. Sci. Edu.*, 48, 663-689.
- Fies C. and Marshall J., (2008) The C-3 Framework: Evaluating Classroom Response System Interactions in University Classrooms, *J. Sci. Educ. Technol.*, 17 (5), 483–499.
- Holme T., (1998) Using Interactive Anonymous Quizzes in large general chemistry lecture courses, *J. Chem. Educ.*, 75 (5), 574–576.
- Draper S. W. and Brown M. I., (2004) Increasing interactivity in lectures using an electronic voting system, *J. Comput. Assist. Learn.*, 20, 81–94.
- Dempster W, Lee C. K. and Boyle J. T., (2012) Teaching of thermodynamics and fluid mechanics using interactive learning methods in large classes, *Proceedings of the 2002 American Society for engineering education annual conference & exposition 2613*.
- Morrison R., Caughran J. A., and Sauers A. L., (2014) Classroom Response System for Implementing Interactive Inquiry in Large Organic Chemistry Classes, *Journal of Chemical Education*, 91, 1838-1844.

三. 附件(Appendix)

附件一. 即時反饋系統測驗題(在本研究計畫中所施行二十個例題中選取四個即時反饋系統習題為例，Zuvio 端畫面可顯示各選項作答狀況以及正確答案)





附件二. 期初學習回饋單(第一次小考後施測)

108-1 材料熱力學期初學習回饋單

一、基本資料：

☐大二 ☐大三 ☐大四

二、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

三、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

四、課本習題我 ☐都有完成 ☐部分完成 ☐沒有完成

五、問題導向學習習題(PBL Problem set 1)我 ☐完成 ☐沒有完成

六、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

七、即時反饋系統(Zuvio)，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

八、演習課，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

九、問答題：

(一) 這次小考，你準備了多久時間，準備考試的方法是甚麼？

(二) 對於這次小考的題目看法？

(三) 我小考表現不佳的原因？

(四) 我該如何解決上述問題？

(五) 對課程的其他相關建議。

附件三. 期中學習回饋單(期中考後施測)

108-1 材料熱力學期中學習回饋單

一、基本資料：

甲、大二 ☐ 大三 ☐ 大四

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

六、即時反饋系統(Zuvio)，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

七、對即時反饋系統(Zuvio)學習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
能使用這樣的方式學習是愉悅的						
我希望有多一些科目使用 IRS 來學習						
使用 IRS 學習讓我有成就感						
使用 IRS 對我的學習有幫助						
使用 IRS 有助於我對該科目學習興趣提升						
更能知道自己和其它同學是否有理解上課的內容						
使用本系統在課堂上與老師的互動比傳統教學更好						
使用本系統在						

課堂上的討論情形比傳統教學更好						
在課堂上較喜歡使用本系統與老師互動						

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。

(四) 希望獲得的實質(可行)的協助。

附件四. 期末學習回饋單(期末考後施測)

108-1 材料熱力學期末學習回饋單

一、基本資料：☐大二 ☐大三 ☐大四

二、課本習題練習我 ☐都有完成 ☐部分完成 ☐沒有完成

三、問題導向學習習題 (PBL Problem set 3) 我 ☐完成 ☐沒有完成

四、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

五、即時反饋系統(Zuvio)，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

六、對即時反饋系統(Zuvio, IRS)學習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
能使用這樣的方式學習是愉悅的						
我希望有多一些科目使用 IRS 來學習						
使用 IRS 學習讓我有成就感						
使用 IRS 對我的學習有幫助						
使用 IRS 有助於我對該科目學習興趣提升						
更能知道自己和其它同學是否有理解上課的內容						
使用本系統在課堂上與老師的互動比傳統教學更好						
使用本系統在課堂上的討論情形比傳統教學更好						

在課堂上較喜 歡使用本系統 與老師互動						
---------------------------	--	--	--	--	--	--

七、問答題：

(一) 你認為本學期的即時反饋系統 Zuvio 在熱力學課程上可以如何改進來幫助課程理解？

(二) 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？

(三) 對課程教學及學習的其他相關建議。

附件五. 108-1 材料熱力學課程教學意見調查表

108/1/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:4.39

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	0	0	14	22	24	250	4.17	60
2	本課程內容安排有組織、有條理	0	0	14	21	25	251	4.18	60
3	本課程內容與安排依據我們的程度與需求而設計	1	0	14	22	23	246	4.1	60
4	老師能採用適合而多元的教學方式	0	1	13	22	24	249	4.15	60
5	老師很重視我們的反應，並能隨時修正教學方式	0	0	14	19	27	253	4.22	60
6	老師講課深入淺出，條理清晰	0	1	15	19	25	248	4.13	60
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	16	21	23	247	4.12	60
8	老師很願意幫助我們解決學習上的困難	0	0	13	22	25	252	4.2	60
9	老師的評量方式能合理反映出教學重點	0	0	15	22	23	248	4.13	60
10	老師的評量方式能客觀公正的評量我的學習成果	1	0	13	22	24	248	4.13	60
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	1	15	18	26	249	4.15	60
12	老師採用_不_適切而_無_效的教學方式	22	14	12	4	8			60
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	24	22			60

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	1	0	15	25	19

15	我能應用本課程的專業知識	1	0	18	22	19
16	我能根據本課程的專業知識進行獨立、批判思考	1	0	17	23	19
17	本課程讓我學到如何溝通合作	1	0	21	20	18
18	本課程讓我學到如何將理論與實務連結	1	0	15	25	19
19	本課程讓我學到如何解決問題	0	1	16	25	18
20	本課程能提高我修習相關課程與知識的興趣	1	0	15	24	20
21	本課程能激發我繼續探究這門課程的相關知識	0	0	16	25	19
22	有機會我樂意向同學或學弟妹推薦修讀這門課程	1	0	14	22	23

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	15	25	18
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			17	24	19
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			20	23	17
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		1	19	24	16

貳、對本課程的心得與建議

1. 對於這門課我最喜歡的是

無

教授細心準備的講義非常受用

老師很用心的筆記，謝謝老師

無

老師教學認真

老師教得很好懂

可以不用抄寫那麼多筆記，有更多時間來思考問題和理解

老師上課講話超好笑

無

獲益良多

老師真的很用心～在出 PBL 還是其他題目，都會很用心出～

然後上課也很認真～很努力讓我們了解～老師超讚(;' ????)

講義不錯

老師上課很幽默

無

棒

教授非常樂意聽我們的意見進行改善，並且教授鼓勵我們提問

並且有問必答，還非常的快就回答

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

希望考試成績可以佔輕一點

無

沒有，辛苦老師了

無

無

無

我其實覺得這樣上課很棒，小孩子才在那邊寫黑板，都 2019 了。

無

可以多一點板書～

pbl 很難ㄟ 寫不出來拉!然後我覺得老師還是用黑板寫我比較看得懂，還有講義寫得很好

我還蠻喜歡老師的教學方式

老師教的非常用心雖然有時候還是會聽不懂

無

棒

希望上課可以慢一點，因為有時候真的講太快了，重點來不及寫或畫
不管是甚麼課在用電子板書時容易發生這種狀況

無