# 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: PEE107143

學門分類/Division:工程學門

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

# 材料科學導論(一):以學生為中心之教學策略 材料科學導論(一)

計畫主持人(Principal Investigator): 吳錫芩

共同主持人(Co-Principal Investigator): 陳淑敏、王子威

執行機構及系所(Institution/Department/Program):大同大學 工學院 材料工程學系

繳交報告日期(Report Submission Date): 2019/08/29

# 材料科學導論 (一): 以學生為中心之教學策略

# Introduction to Materials Science and Engineering: Learner-centered Teaching Strategies

# 一. 報告內文(Content)(至少 3 頁)

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

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

學生在大學之前的學習方式大多仍以教師講述(單一灌輸式)為中心,學生非常習慣單向依賴老師提供正確答案,同時,因為習慣被動聽講,學生不願意多付出心力參與課堂活動,也因為過去同儕合作的經驗不佳,導致對於課堂上要求的團體活動或作業沒有參與意願。老師也由於課程的知識內容量大,教師為了顧及進度,大多利用黑板及投影片的講述法為主,加上班級人數多時,教師於課堂進行活動時有無法掌控的疑慮。然而,研究證據一再顯示,以學生為中心的教學法,能夠激起學生內在的學習動機、培養學生正向的學習態度、有較高的知識保留率、以及提升學生對課程的滿意度。學習是學生自己的事,不是老師的事。學生需要為自己的學習負起責任,而老師能做哪些事可以協助、輔導、幫助學生學得更好?如何讓學生在課堂中有更多的存在感以及互動機會?讓學生拿回學習主導權為本研究計劃預計實踐的目標。

#### 2. 文獻探討(Literature Review)

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

隨著科學技術日新月異和工業產業的發展迅速,對於優秀之工程師需求也愈加殷切。工程教育也愈來愈受到世界各國之重視。由於工程教育無法跟上相對產業發展,無法滿足產業需求,工程教育與產業對工程師之能力的要求仍普遍存在著差距(學用落差)。而工程教育需要進行課程改革創新,以培養獨立、主動且自主的學習以因應未來新一代優秀工程師的需求(Harris and Cullen 2009)。工程教育中的主動學習(Active Learning in Engineering Education, ALE)是一個非正式的國際工程教育者社群,致力於通過主動學習來改進工程教育(http://www.ale-net.org/)。近年來,ALE為工程教育的從業人員和研究人員創造了機會來共同學習如何培養工程學生的學習,目的聚焦於學習者能基於有意義的活動和學習來構建知識(Lima et al. 2017)。除了ALE之外,相關工程專業協會與認證機構(如:European Society for Engineering Education (SEFI), UNESCO, Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET) and European Network for Accreditation of Engineering Education (ENAEE))認為主動學習能強化學習者的學習成效,各種不同主動學習的實施與策略被研究來刺激學習者的學習能強化學習者的學習成效,各種不同主動學習的實施與策略被研究來刺激學習者的學習(Estévez-Ayres et al. 2015; Patrick et al. 2016)。同時,工程教育相關的研討會中,皆指向主動學習在工程教育中能有效激勵工程教育者改善教學實踐,設計並激發工程背景學生的學習(Christie and de Graaff 2017)。

而如何有效驅使學習者主動學習,首先可以從教學方式的改變來進行。傳統的教學方式是以"教師"為中心的,而不是以"學生"為中心的方法(Bain 2011)。長期以來,以教師為中心的做法過分強調了教師的工作單就是知識的支配者、通過講述傳播知識的人,而學生在學習過程中是屬於被動接受的狀態。學生們在高中以前已經發展一種熟悉的模式,包含:習慣安靜的坐在課堂上、做老師指定的作業、課堂上做筆記以及回答紙筆測驗考試。為了得到好成績,進入好的學校(大學、研究所),所以當學生進入大學後,依賴固有習慣的學習模式,使學習者只能獲得集中性的知識應付測驗及考試,短期內呈現良好的學習成果。

但長期看來,由於知識學習無法深化,使得學生有能力利用學過的知識針對大範圍或延伸性的主題進行思考、轉化及應用。研究發現,以學習者為中心的教學方式一直是提高高等教育學生學習體驗的有效途徑,除了可以實施多種教學技術有效地提高學習經驗,並為他們未來進階的學術學習提供更好的成效(Doyle 2008)。若將教師從掌控和傳授知識的專家(以教師為中心)轉變為幫助學生學習的角色時,不僅使得教師可以在課程中設計適當的活動,適性化對課程進行動態調整,並利用與學習者(或學習者相互)協同合作的方法來進行知識的構建,進而轉變為以學生為中心的學習,提升學習者學習成效(Berrett 2014; Brown et al. 2016)。不僅是近年來高等教育一直呼籲的教學模式(從以教師為中心的教學模式轉向以學習者為中心),同時能強化學生主動參與學習過程、能夠激起學生內在學習動機、培養學生正向的學習態度、有較高的知識保留率、以及提升學生對於課程的滿意度(Brown 2003; Cornelius-White and Harbaugh 2009; Harris and Cullen 2008)。

從修訂過的布倫姆教育目標分類也可以知道,從低階到高階的教學目標依序為記憶 (Remember)、理解(Understand)、應用(Apply)、分析(Analyze)、評估(Evaluate)、創造(Create),認知學習過程從最簡單的知識回憶,到最複雜的針對某個思想觀點的價值判斷,如何運用適當的教學模式提高大學生之分析問題、解決問題的能力,對基於工程項目之學習有著非常重要的意義(Anderson et al. 2001)。而學生課後的學習保留率又會依照教師採用不同的教學方法後有所不同,學生的記憶程度可由5%的傳統教師單向講授、教師帶領閱讀重點、利用視聽媒體進行教學(Mehta and Downs 2016)、教師實體示範、團體討論(Shekhar and Borrego 2017)、學生對手實做(Bhathal 2011)、可轉換高達90%的同儕教學(Fogg-Rogers et al. 2017; Ralston et al. 2017)。也可由下圖得知,金字塔頂是以教師為主的教學法,越往金字塔底端是以學生為中心的教學法,而越以學生為中心的教學,學生反而會記得越多(Dale 1969)。



學習金字塔 (%學習保留率) (Dale 1969)

如何有效應用多媒體數位網路輔助教學,是我們這個世代老師的重要課題,也是引發學生學習動機的重要管道(Morris 2014)。將數位科技融入教學,學習者使他們能夠根據自己的學習目標量身定制自己的學習。網路學習不僅可以輔助面授課堂教學,也成為遠距學習主要工具,可進一步地探討應用線上學習歷程來提升學生學習與改善教學策略之應用的可能性(Welsh et al. 2003)。其研究發現,學習者的線上學習歷程能有效被記錄並檢視學習者的學習效果,線上學習分數與學習成就呈現正相關,同時,提醒預警能有效提升學生線上學習活動成效(Mah 2016)。

教師可以運用數位課程、教材和及時互動系統等科技輔助,改變傳統課堂講授方式,促使教學策略、教學設計技巧與課程設計更為彈性多元,改善學生學習動機不佳的現況(Kong 2014; Yang and Wu 2012)。此外,過去研究也發現,數位學習配合良好的課堂教學策略,可以營造出良好的班級氣氛與學習氛圍,增進學生學習成效(Lin et al. 2017; Shelton et al. 2016)。此外,課堂使用IRS雲端即時反饋系統可以提升學生課堂參與率(Martyn 2007; Trees and Jackson 2007)。

因此本計劃教師將設計規劃以學習者為中心的教學活動,促使學習者學習如何獨立

學習與自主學習(對學習擁有更多的掌控)、發展與他人合作所需的溝通技巧、利用同儕相互學習(教人/被教)、發表、發展檢核認知的技能(如何確認自己已知道的/不知道的/誤解的知識內容)及評量分析自己/同儕/教師的能力。

#### **3.** 研究方法(Research Methodology)

• 數位課程學習的內容與架構

随著科技的進步,材料性質的提升日益備受重視,為了理解材料之製程→結構→性質→性能/表現之間的關係,為開發、選擇及應用材料時所需要之必備知能,分別以金屬、陶瓷與高分子材料為主,介紹其內部原子鍵結種類/方式、結構及其於空間中(點、線、面)排列、缺陷種類及其對材料性質之影響、擴散製程,就如同廚師將食料理成美味佳餚一樣,使學生了解材料之性質如何被影響、材料性質其改良過程中的原理機制及相關材料測試分析原理/應用,此皆為本教材之教學核心。課程中共規劃7個教學單元,每個單元之內容層次分明、由淺入深且架構一致。

第1章:材料的歷史演進與發展、材料的分類、現代材料的進展及展望(先進材料、壓電材料、生醫材料等...)

第2章: (微觀)原子的結構、固體中原子間如何鍵結?鍵結種類、鍵結力與能量之間的關係?主要鍵結(金屬、共價、離子鍵)、次要鍵結類別(氫鍵、凡得瓦爾力、偶極)第3章:基礎結晶學定義,的了解單位晶胞的定義、晶系類別、結晶學之點/線/面之座標定義、米勒指標、多形體與同素異形體的異同?

第4章:結晶性固體(金屬、陶瓷)的晶體結構分類(體心立方、面心立方、六方最密堆積)、最密堆積平面、最密堆積方向、結晶性與非結晶性之差異?X光繞射學分析

第5章:如何定義高分子?其化學特性、尺寸、構型與結構的異同?

第6章:缺陷的分類與不同?點(0維)缺陷(空位、自間隙、插入式(間隙式)不純原子、置換式不純原子)、線(1維)缺陷(刃差排、螺旋差排、混和差排)、面(2維)缺陷(外表面、晶界、雙晶界、相界、疊差)、體(3維)缺陷(空孔、裂縫、空隙、夾雜物、析出物、非晶質)、光學/電子/原子力顯微鏡

第7章:擴散的機制、穩態與非穩態擴散(菲克第1、2定律)、影響擴散發生的因子

- 整體的課程學習目標
  - 學習原子鍵結與電子組態
  - 學習材料之晶體結構並分析未知材料的結構
  - 學習材料中的缺陷與機制
  - 學習材料擴散的分析及運算
  - 知識面:
    - i. 了解材料的性質及發展歷史
    - i. 了解固體材料的結構、缺陷及其相互對材料特性的影響性
    - ii. 了解材料中擴散所代表的意義及對於材料的影響
  - 技能面:
    - i. 培養以X-射線繞射分析材料晶體結構的能力
    - ii. 培養使用電子顯微鏡分析材料缺陷的能力
    - iii. 培養運用擴散方程式計算並設計材料熱處理溫度、時間與擴散深度的能力
  - 態度面:
    - i. 養成自學與主動探索學習的習慣
    - ii. 養成利用不同缺陷機制設計各種性質材料的習慣
    - iii. 建立材料工程師對材料應有的專業知識,進而養成專業態度
- 規則與評分標準、各週教學進度表、課程大綱 [附件一]

#### 研究架構



本課程為大學材料系學生之專業必修基礎科學,課程中共規劃7個教學單元,課程網頁與實體課堂皆提供清楚的單元架構、學習進度及考評標準,並說明學生參與習進度表中各種教活動的方法。依序包含:「學前引導」→「想一想,為什麼?」→「教學投影片(PDF)」→「課程講解(EverCam)」→「重點整理手札」→「議題討論」→「自我測驗」→「習題:觀念/思考」→課堂活動→「Homework 作業:習題」→「展演報告」→「小考Quiz」,並搭配「補充教材」協助說明引導學習者針對學習內容進一步理解、「關鍵字索引」提供各章節內容中關鍵重要的名詞解釋說明、「常見問題FAQ」則針對過去授課時,學習者經常遇到學習內容上的疑問或困難,供學習者進行觀念釐清以及「相關學習資源」讓學習者有多元化的學習路徑及方式,提供學習者對該章節之了解教材內容與授課方式。此外,最後提供本教材相關之「關鍵字索引」、「常見問題FAQ」與「相關學習資源」等……,藉由完整課程之多元教學活動規畫及評分方式,讓學習者於學習時能具有足夠適當的規劃來充分學習,進而提升課程之學習成效。

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

### (1) 教學過程與成果

本研究計劃執行之數位教材(https://ilearn.ttu.edu.tw/)及教學活動能完整含括科目課程及單元教學目標,學生於課前先按教師規劃與制定清楚的學習目標及進度於網路數位平台進行課前預習,首先由「學前引導」讓學習者能夠先瞭解該單元之大綱概要及學習目標,同時提供學習者使用本教材之學習建議,讓學習者於正式研讀該章節之前,即能概略性地瞭解本單元之全貌。

接著以「想一想,為什麼?」、「補充教材」之實際應用案例,提供學習者在進入本章內容學習之前先進行一下腦力激盪,思考一下在日常生活中看到的現象,為

何會這樣?的活動,進而提升/激發學習者之學習時的動機,以引導學習者學習興趣及了解該章節之相關學習內容。以「教材投影片」及「課程講解」為章節學習重點,內容為授課教師依據豐富之實務與教學經驗進行編撰,涵蓋基礎理論、實際範例與進階應用內容。

同時,於多媒體之「課程講解」時的一開始,便說明「想一想,為什麼?」舉例的應用現象之原理與該章節之學習內容之呼應處,引發學習者的好奇新進而促進學習意願。另一方面,「教學投影片」中每張投影片主題皆標示清晰,學習者容易選取欲學習之特定內容區段,並搭配所提供多媒體之「課程講解」,學生可透過線上瀏覽影音方式修習本科目或另作複習。每個單元除了安排「學前引導」、「教材講義」與「錄影檔」,提供學習者反覆研讀外,進一步,於每章節提供「重點整理手扎」供學習者透過線上觀摩賞(學生優良範例)作為章節重點整理學習參考之用。

本教材各單元,均有利用圖片/表格進行教材內容的說明與整理,相對於單純文字說明而言,使學習者更容易上手學習。相關學習內容之應用舉例及適時的提供相關補充影片教材(包含:網路上的趣味實驗短片、儀器操作及相關文章等...),並結合最新發生的事件,啟發學生的學習興趣,進而提升學習動機。此外,教材提供多媒體之「課程講解」影音進行講授外,同時,教材及教學畫面能清楚顯示該單元的學習總分量與學習者的學習進度,藉此學生可獲得材料科學導論(一)相關知識、培養自學力與養成自學習慣。

同時,每個單元設計由淺入深的練習與評量程序,能有效提供檢核學習者成就的活動。學習者從初步的「自我評量」,經由容易簡單的是非/選擇/配合題型,可初步瞭解自我學習的情形。教材並依教學進度依序進階,經由「習題:觀念/思考」來加強學生針對本章節之專業知識內容。另一方面,於課堂時進行分組培養同儕學習與團隊合作的能力,以師生&同儕互動、討論的學習方式活化上課氣氛,並深化學習者具有對於材料的結構、性質、製程及性能等有統合性的了解及分析能力。

課堂中亦會再提供「Homework作業:習題」的簡答題型進行同儕討論、問答與發表,逐步紮實的確認學習者已學之學習內容正確性,讓學習者依照系統及階段性的進行學習與課後練習進行課後加強與訓練,再透過講解作業解答(影音、紙本)使學習者了解自身不足並加強仍不熟悉的部分,並以「課堂活動與學習單」深化學習,學習者於課堂中可先利用「重點整理」、「展演報告」確認自己是否已抓到課程內容的精要部分,同時建立學習者學習信心,引導學習者多元化進行練習。最後,學習者可進行「小考Quiz」使學習者自行進行學習成效評估,藉此建立一整套完整之學習程序,並藉由多元化的教材設計與多種教學活動,提升學習者的學習動機,確保學習成效。

每章節進行練習/評量後皆具備製作之影音、文字作業解答及詳細的圖文說明作為回饋(如:自我測驗、習題:觀念/思考、[影音]作業解答、[學生]作業解答及[影音]Quiz solution 與補充教材等...),經過依序之階段性練習,能進一步協助學習者能清楚了解該單元的學習目標及重點以及增加學習者自信,對課程內容保有高度專注力及興趣。整體課程內容與活動設計循序漸進、內容深入淺出,先協助學生先打好基礎後,再進入較深的課題進行學習,使之能全面提升材料科學基礎知識與應用的能力,藉由完整之教材設計與多元化的學習活動使學習者於系統上自學時能有效的

充分學習,以啟發學習者更多學習興趣,進而深化學習成效。

課堂中除採用師生問答進行統整複習及檢核學生學習成效外,將學習者們進行 分組,採用同儕學習與師生協同的方式,包含(1)依照上課規劃的課程進度教師進 行隨機抽點,以口頭詢問進行測驗分析學生學習成效,並進行章節總整歸納使學生 進行反思。(2)教師每章節提出案例或教具實做,以有效教學模組方式設計課堂活 動學習單,使同學分組進行探索與思考,與學生形成參與式活動學習。(2)提供 「Homework 作業:習題」練習供學習者進行課中同儕討論,學習者可進行自我檢 核、討論並能強化學習成效,再透過同儕講解作業做為範本參考,使學習者了解自 身學習上不足並加強仍不熟悉的部分,老師最後進行解答總整歸納與補充(影音、 紙本)。(3)同儕展演報告,一來具有參與式學習成效,二來可以請同學歸納部分課 程範圍,於課堂上展演發表練習歸納統整與口說技巧、相互討論,並進行同儕互評 相互砥礪。(4) 最後,學習者進行實體紙筆測驗「小考 Quiz」, 藉此整體檢視學生學 習,進而檢討以提升學習成效。

學生評量工具可參考[附件二]。學生期初(第1週)與期末(第17週)進行的 前後測共 13 題問題試卷,平均答對題數由 8 題提升至 11 題,學習成果進步 23%。 期末教師與課程評量回饋(5分量表)包含:(1)教師能依教學目標選擇適當的教學 活動(討論、實驗、觀察、辯論、實作、體驗)4.53;(2)教師能激發我的學習動機 和興趣 4.53;(3) 教師能善用教科書、講義、教材或多元媒體(如投影片、網路資 源、儀器設備、軟硬體設施)來引導我的學習4.59;(4)教師關心學生的學習成果, 重視學生學習反應,並給予適當回應 4.59;(5) 教師能營造良好的班級常規並維持 良好師生互動 4.65;(6)教師認真批改作業、測驗或報告,且評分方式公平合理 4.71;

學生 - 課前自學 - 課堂石動 - 檢視學習成效 - 課後社群活動或延伸學習 - 學習重點反思歸納

教師 - 確認範圍、課前準備、先擬課綱 - 認識學生、瞭解程度、預設成效 - 轉換調整教材

(7) 整體而言,本課程教師的教學表現良好 4.59。

- 編製投影片講義、教材 - 設計互動、預埋問題 - 回饋(診斷) - 課程規範&準則不編修

- 利用科技協助教學

#### 線上學習網站 http://eleam.ttu.edu.tw/

- 學前引導
- 想一想·為什麼?
- 教學投影片 (PDF)
- 課程講解 (影音)
- 章節重點整理
  - [参考範例] 重點整理手扎
- 自我測驗
- 習題:觀念/思考
- 補充教材
- 實例(網站/影片相關連結)

#### 架構

- 學前引導
- 想一想,為什麼?
  教學投影片(PDF)
  課程講解(影音)
- - 學習活動:學習單(課堂實錄)
  - 重點反思歸納 (課堂實錄)
  - 同儕重點整理報告 (課堂實錄)

- 作業解說(影音)
- 小考實測 (Quiz)
  - 考古題區
  - 小老詳解
  - 小考解說(影音)
  - 議題討論
    - ( Zuvio IRS雲端即時反饋系統 )

#### 架構

- ・ 想一想・為什 教學投影片 (PDF) 課程講解 (影音)
- 同儕重點整理報告-同儕互評

- 實例(網站/影片相關連結)

課前準備



課堂進行



課後評量

#### (2) 教師教學反思

本計畫採以學生為中心的教學策略,學習者自主對於面對數位平台自學整體而言呈現常態分佈。有學習意願及學習動機高的學生,配合雙相的授課學習,成果加乘達到非常好的學習成效。針對學習意願普通學習及動機較不明確的學生,感覺雙相的授課學習中,網路非同步數位平台自學花費的時間成本太多(部分同學因為經濟需要,課後需要花時間打工),自覺這樣的學習規劃對於學習有正向幫助並能做為課後補充學習,但不想花費太多時間專研單一科目,而偏向聆聽老師傳統講授上課即可。而針對學習意願低落的學生,課堂活動可以提升學習動機並有效增加學生參與率,但對實際的學習成績成效幫助不大。於課堂上使用同儕分組互助學習方式,能有效輔助學生相互學習提升學習成效,但分組同學中仍有搭順風車不須付出相關的努力的同學,亦會對於程度較好或學習相對努力的同學造成負面觀感影響,可藉由期中與期末2次組內互評能發揮部分同儕牽制成效。

大部分學生的英文程度不佳,本課程是開設於大一下學期,為材料工程學系第 1 門專業科目,教師考量為了讓學生能較為順利銜接之後高年級多門專業科目的課程,且符合職場期待與需求,教師除了上課講述口說為中文,其他教材(包含教科書、講義、練習/測驗)的使用皆採英文原文,語言轉換的問題對於部分學生學習上造成頗大的困擾外。此外,由於學生學習上有著先備知識程度上的落差(部分學生高中是社會組背景),也會導致部分學生在進入工程學科時學習的難度不同。同時,因為是高中剛升大一,學生開始比較有自主上的想法,部分學生仍在此階段考量未來與趣向(如:重考、轉學考、轉系)。部分學生因家庭因素需要工讀而壓縮到學習。

教師藉由課程規劃制定雙相(網路非同步、實體面授)的學習方法,可養成學習者正確的學習態度與習慣,網路數位平台可收集並追朔學習者的學習歷程進展,同時可以以非同步方式供學習者隨時進行學習、釐清觀念性的簡單練習,甚至接著更進一步來加強學生針對本章節之專業知識內容。實體面授的部分,教師可以藉由問答討論了解學生的學習進度與了解程度,可依學習者現場反應呈現,隨時機動式調整講授的內容及統整規納。本計畫採用的雙相學習規劃可以解決時間、地點的問題,提供預習、複習、強化學習,並採計多元評量方式逐步且有效的評估學習者學習成效,大多學習者表示都能享受並覺得課堂分組手做作業、活動及校外教學參訪很有趣。課程內容知識量大,教師如何拿捏授課課程內容多寡、深淺與進度時程安排可再一學習者成效滾動式調整多加斟酌。如何突破多重困難因素,有效幫助並提升學習者學習意願,帶動班上的學習風氣,仍待努力。

#### (3) 學生學習回饋

同學們對於網路非同步的學習(包含:科目說明、維持學習動機、學習者與教材互動、師生互動、同學互動、學習評量、教學管理服務、自我檢測科目說明)多數感到滿意。學生對於課堂上使用的數位網路大學(TronClass)工具接受度達 95%;學生喜歡的上課方式依序前 3 為:線上影音數位學習教材(如:教材 PDF、影音教材解說)、線上測驗[如:自我測驗、觀念與思考]、課間實作活動(如:建造高塔、晶體結構模型製作);學生喜歡的計分評分方式依序前 3 為:作業(有正解)、學習單、考試(筆試)。相關學生問卷資料請參考[附件三],大多同學回饋建議老師若是明年給學弟妹上這門材料科學導論課時,維持現在的模式就很好。

# 二. 參考文獻(References)

Anderson, L. W., Krathwohl, D. R., Airasian, P., Cruikshank, K., Mayer, R., Pintrich, P., Raths, J., and Wittrock, M. (2001). "A taxonomy for learning, teaching and assessing: A revision of Bloom's taxonomy." *New York. Longman Publishing*.

Bain, K. (2011). What the best college teachers do: Harvard University Press.

Berrett, D. (2014). "Who's the hardest-working person in the lecture hall? Maybe it should no longer be the professor." *Chron. High. Edu*, 61, A14.

Bhathal, R. (2011). "Retrospective perceptions and views of engineering students about physics and engineering practicals." *European Journal of Engineering Education*, 36(4), 403-411.

Brown, K. L. (2003). "From teacher-centered to learner-centered curriculum: Improving learning in diverse classrooms." *Education*, 124(1), 49-55.

Brown, T. J., Castor, T., Byrnes-Loinette, K., Bowman, J., and McBride, C. (2016). "The LOCs and the shift to student-centered learning." *Communication Education*, 65(4), 493-495.

Christie, M., and de Graaff, E. (2017). "The philosophical and pedagogical underpinnings of Active Learning in Engineering Education." *European Journal of Engineering Education*, 42(1), 5-16.

Cornelius-White, J. H., and Harbaugh, A. P. (2009). *Learner-centered instruction: Building relationships for student success*: Sage Publications.

Dale, E. (1969). "Audiovisual methods in teaching."

Doyle, T. (2008). *Helping students learn in a learner-centered environment: A guide to facilitating learning in higher education*: Stylus Publishing, LLC.

Estévez-Ayres, I., Alario-Hoyos, C., Pérez-Sanagustín, M., Pardo, A., Crespo-García, R. M., Leony, D., and Delgado-Kloos, C. (2015). "A methodology for improving active learning engineering courses with a large number of students and teachers through feedback gathering and iterative refinement." *International Journal of Technology and Design Education*, 25(3), 387-408.

Fogg-Rogers, L., Lewis, F., and Edmonds, J. (2017). "Paired peer learning through engineering education outreach." *European Journal of Engineering Education*, 42(1), 75-90.

Harris, M., and Cullen, R. (2008). "Learner-centered leadership: An agenda for action." *Innovative Higher Education*, 33(1), 21-28.

Harris, M., and Cullen, R. (2009). "A model for curricular revision: The case of engineering." *Innovative Higher Education*, 34(1), 51-63.

Kong, S. C. (2014). "Developing information literacy and critical thinking skills through domain knowledge learning in digital classrooms: An experience of practicing flipped classroom strategy." *Computers & Education*, 78, 160-173.

Lima, R. M., Andersson, P. H., and Saalman, E. (2017). "Active Learning in Engineering Education: a (re) introduction". City: Taylor & Francis.

Lin, M.-H., Chen, H.-C., and Liu, K.-S. (2017). "A Study of the Effects of Digital Learning on Learning Motivation and Learning Outcome." *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(7), 3553-3564.

Mah, D.-K. (2016). "Learning analytics and digital badges: potential impact on student retention in higher education." *Technology, Knowledge and Learning*, 21(3), 285-305.

Martyn, M. (2007). "Clickers in the classroom: An active learning approach." *Educause quarterly*, 30(2), 71.

Mehta, S., and Downs, H. (2016). "Six Strategies for Digital Learning Success. White Paper." *Center for Creative Leadership*.

Morris, N. P. (2014). "How Digital Technologies, Blended Learning and MOOCs Will Impact the Future of Higher Education." *International Association for Development of the Information Society*. Patrick, L. E., Howell, L. A., and Wischusen, W. (2016). "Perceptions of Active Learning between Faculty and Undergraduates: Differing Views among Departments." *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 17(3), 55.

Ralston, P. S., Tretter, T. R., and Brown, M. K. (2017). "Implementing Collaborative Learning across the Engineering Curriculum." *Journal of the Scholarship of Teaching and Learning*, 17(3), 89-108.

Shekhar, P., and Borrego, M. (2017). "After the Workshop: A Case Study of Post-Workshop Implementation of Active Learning in an Electrical Engineering Course." *IEEE Transactions on Education*, 60(1), 1-7.

Shelton, C. C., Warren, A. E., and Archambault, L. M. (2016). "Exploring the use of interactive digital storytelling video: Promoting student engagement and learning in a university hybrid course." *TechTrends*, 60(5), 465-474.

Trees, A. R., and Jackson, M. H. (2007). "The learning environment in clicker classrooms: student processes of learning and involvement in large university-level courses using student response systems." *Learning, Media and Technology*, 32(1), 21-40.

Welsh, E. T., Wanberg, C. R., Brown, K. G., and Simmering, M. J. (2003). "E-learning: emerging uses, empirical results and future directions." *international Journal of Training and Development*, 7(4), 245-258.

Yang, Y.-T. C., and Wu, W.-C. I. (2012). "Digital storytelling for enhancing student academic achievement, critical thinking, and learning motivation: A year-long experimental study." *Computers & Education*, 59(2), 339-352.

# 三. 附件(Appendix)

# [附件一] 規則與評分標準、各週教學進度表、課程大綱

• 規則與評分標準

#### 評分

- [個人]網路大學使用率:35%。(限期繳交,逾時不候)線上學習、試題練習、議題討論、作業繳交
- [團體] 作業(一組僅需繳交一份):35%。(限期繳交,逾時不候) 分組:4~5人一組。每組一位小組長(加學期總成績0.1~2分)。 (1)學習單;(2)作業習題;(3)章節摘要重點整理;(4)口頭報告展演(ppt)。
- [個人] 考試:20%。(逾時不候)

範圍:每1章一次。

- 其他:10%。

出席率、"出"考題、上課問答、面授課上台進行作業解題、互動學習議題討論(拋 出與課程相關議題以利同學進行討論/學習,例如:轉載有趣的相關照片、影片)、 於網路大學上解答同學疑惑...等)

#### 規則

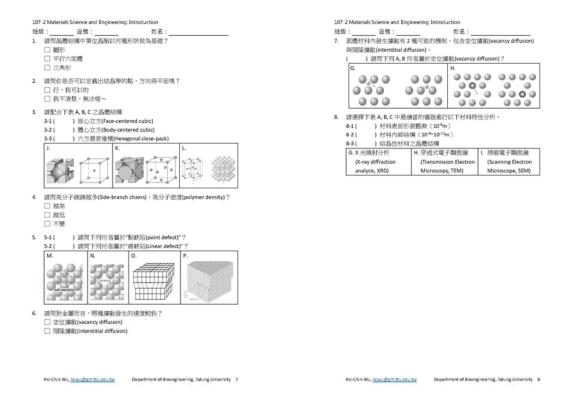
- 考試"不"進行補考,考試作弊**→**當掉。
- 小組作業抄襲→分數少到天荒地老
- 點名:每堂必點! (扣2<sup>X</sup>學期總成績,X為缺課次數)
- 作業一律電子化線上繳交,遲交作業一律以紙本補繳(分數\*0.8<sup>Y</sup>,Y為遲交天數)
- 干擾上課之行為,每次依影響嚴重程度扣學期總成績1~5分。
- 各週教學進度表

材料科學導論(一)					
必修3學分(每周2次2小時)					
週次	[預習] 線上學習:網路大學平台	實體面授	學生分組-展演報告	測驗	
第1週	課程介紹 & Chap.0	網路大學平台 使用教學&實機演練			
	Chap.1	講授 & 課堂活動			
第2週	Chap.2 (I): § 2-0~2-4	作業討論 & Summary & 講授			
	Chap.2 (II): § 2-5~2-10	測驗/ 作業討論 & Summary & 講授			
第3週	總複習	作業討論 & Chap.2 學生Summary	Chap.2 展演報告		
		測驗/ 作業討論 & Summary & 講授		Quiz: Chap.2	
第4週	Chap.3 (I): § 3-0~3-7	作業討論 & Summary & 講授			
	Chap.3 (II): § 3-8~3-11	測驗/ 作業討論 & Summary & 講授			
第5週	總複習	作業討論 & Chap.3 學生Summary	Chap.3 展演報告		
		測驗/ 作業討論 & Summary & 講授		Quiz: Chap.3	
第6週	Chap.4 (I): § 4-0~4-5	作業討論 & Summary & 講授			
	Chap.4 (II): § 4-6~4-12	測驗/ 作業討論 & Summary & 講授			
第7週	Chap.4 (III): § 4-13~4-20	作業討論 & Summary & 講授			
X17.63	總複習	作業討論 & Chap.4 學生Summary	Chap.4 展演報告		
第8週	總複習				
	期中檢討&問卷				
第9週	期中考	Quiz: Chap.4			
第10週	Chap.5 (I): § 5-0~5-3	作業討論 & Summary & 講授			
弗10廻	Chap.5 (II): § 5-4~5-6	測驗/ 作業討論 & Summary & 講授			
第11週	Chap.5 (III): § 5-7~5-11	作業討論 & Summary & 講授			
	總複習	作業討論 & Chap.6 學生Summary	Chap.5 展演報告	Quiz: Chap.5	
第12週		測驗/作業討論 & Summary & 講授			
	Chap.6 (I): § 6-0~6-6	作業討論 & Summary & 講授			
第13週	Chap.6 (II): § 6-7~6-10	測驗/ 作業討論 & Summary & 講授			
	Chap.6 (III): § 6-11~6-13	作業討論 & Summary & 講授			
第14週	總複習	作業討論 & Chap.6 學生Summary	Chap.6 展演報告		
		測驗/ 作業討論 & Summary & 講授		Quiz: Chap.6	
第15週	Chap.7 (I): § 7-0~7-3	作業討論 & Summary & 講授			
	Chap.7 (II): § 7-4~7-5	測驗/ 作業討論 & Summary & 講授			
第16週	Chap.7 (II): § 7-6~7-8	作業討論 & Summary & 講授			
	總複習	作業討論 & Chap.7 學生Summary	Chap.7 展演報告		
第17週	總複習				
	期末檢討&問卷				
第18週	期末考 Quiz: Chap.7				

- 課程大綱
  - 1. Introduction 導讀
  - 2. Atomic Structure and Interatomic Bonding 原子結構與其鍵結
  - 3. Fundamental of Crystallography 結晶學導論
  - 4. The Structure of Crystalline Solids 結晶性固體的結構
  - 5. Structures of Polymers 高分子的結構
  - 6. Imperfections in Solids 固體中的缺陷
  - 7. Diffusion 擴散

# [附件二] 學生評量工具

• 前後測問卷



- 學生線上學習與線上測驗/作業 請參考本校網路大學的 1072 材料科學導論(一)課程 (https://ilearn.ttu.edu.tw/course/join/4842IR1M45)
- 課堂學習單

CH 2-[建立團隊\*建立鍵結](<a href="https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSfF-Idhe6\_ha5rwLkwmwCBqGoXOISP1dtPSqYtfqdfE9t8-eg/viewform">https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSfF-Idhe6\_ha5rwLkwmwCBqGoXOISP1dtPSqYtfqdfE9t8-eg/viewform</a>)









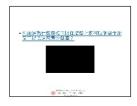








































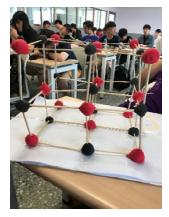




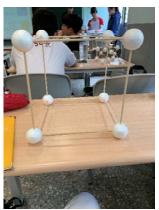




# CH 4-[學生手繪&模型製作(SC, BCC, FCC, HCP.....)]







CH 5-[學生高分子模型製作]



CH 7-[擴散-動一凍]





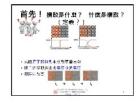




















- 同儕互評:口頭展演報告之 Rubric 評量指標
- 1. 切合主題/內容品質
- 2. 重點整理/ 反思
- 3. 表達/表現能力
- 4. 溝通能力







	溝通能力
極佳	"貝有創造力" 日能"有效"地將帶節中心概念使達給聽眾。 簡報者"有效"回應聽眾的反應與問題。
優良	運用簡報技術"有效地"傳送章節中心概念。 但"比較沒有"創造力。 "有回應"部分聽眾的問題。
可以	煙用簡報技術"尚可"傳送章節中心概念。 但"沒有"創造力。 "未回應"部分聽眾的問題。
尚可	"部分吸引"聽眾興趣· 並/或使聽眾對於溝通內容"部分產生困惑"。
待改進	"無法有效吸引"聽眾與趣。 並 / 或使聽眾對於灌涌"內容產生困惑"。

#### [附件三] 學生問卷回饋

- 數位教材
  - 1. 您認為本課程之數位教材能激發您的學習動機?4.05
  - 2. 您認為本課程之數位教材的內容能夠完整涵蓋教學目標嗎?4.2
  - 3. 您認為本課程之數位教材內容能夠提供適當的練習機會?4.28
  - 4. 您認為本課程之數位教材的各單元能夠提供適當之評量活動?4.15
  - 5. 您認為本課程之數位教材能幫助您理解學習內容?4.3
- 課程安排&教法編排
  - 1. 您認為本課程之老師的課程設計、課程安排能激發您的學習動機?4.2
  - 2. 您認為本課程之老師的課程設計、課程安排的學習目標有具體說明知識、技能及態度等面向嗎?4.33
  - 3. 您認為本課程之老師的課程設計、課程安排的內容能夠完整涵蓋教學目標嗎?4.3
  - 4. 您認為本課程之老師的課程設計、課程安排的單元主題與教材份量適中?4.28
  - 5. 您認為本課程之老師的課程設計、課程安排能幫助您理解學習內容?4.23
- 上課規劃&方式調查
  - 1. 讓同學"於課前網路自行預習+課中小組作業討論"之課程安排?3.93
  - 2. 讓同學於課堂中進行活動之課程安排(如:動手實做、建立高塔)?4.28
  - 讓同學於章節測驗前、講解結束後進行"重點整理報告"之課程安排?4.08
  - 4. 我喜歡課堂上使用數位相關工具嗎?4.03
- 校外教學參訪回饋(5分量表)
  - 1. 此次參訪,對於提升我對此材料領域概況的認識 4.28
  - 2. 此次參訪,對於提升我對此材料相關產業的瞭解 4.43
  - 3. 此次參訪,對於我涉獵材料相關議題的助益 4.34
  - 4. 整體而言,您對本次參訪的滿意度 4.43
  - 5. 整體而言,是否喜歡課程中安排參訪活動 4.40