

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：PMS1100253

學門專案分類/Division：數理

執行期間/Funding Period：2021.08.01 – 2022.07.31

有感的物理教學：融入量化估算之普通物理課程發展行動研究

配合課程名稱：普通物理

計畫主持人(Principal Investigator)：朱慶琪

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：

國立中央大學物理系

成果報告公開日期：

立即公開 延後公開(統一於 2024 年 9 月 30 日公開)

繳交報告日期(Report Submission Date)：2022-09-19

有感的物理教學：融入量化估算之普通物理課程發展行動研究

一、 本文

1. 研究動機與目的

(1) 教學實踐研究計畫動機

大學是國家最高的教育機構，擔負培育國家社會未來人才的重責，面對瞬息萬變的科技社會，我們有必要時時檢視人才的需求及競爭力。世界經濟論壇的《就業前景報告》預測，未來人才十項最重要的技能，從 2015 年到 2025 年間的調查顯示，複雜問題解決能力一直列為重要技能之一，而因應數位科技的快速展及後疫情時代，自主學習、學習策略、分析思考及創新能力則在未來的五年愈顯重要。這些能力皆與數字的估算能力相關，以複雜解決問題能力為例，複雜時常源自於跨領域，於是否能合理地評估出不熟悉領域的關鍵數字、做出判斷，是跨領域所必須具備的重要技能之一。

物理結合了數字、基礎科學與生活應用，應該是訓練這個能力的最佳學科，然而在十二年國民基本教育的教學現場，因應升學考試的需求及計算跟批改的方便，學生們處理的問題多半有以下的特質：第一、許多參數皆以代號表示，過於抽象也跟生活脫節；第二、不強調數值計算的重要性，使得學生對物理量的大小、尺度沒有感覺。舉個例子，要求學生計算某動物走路的頻率時，常常會得到

$$\frac{7\pi}{3}\sqrt{2}$$

這類沒有算出數字的答案，以至於無法立即評估其合理性。原因不難猜想，在進大學之前，學生們只需算出這樣的答案就可以得分，老師也沒有要求學生要將答案數值化。於是同學在計算一些生活應用問題時，對於自己計算出來的結果是否合理渾然不覺。再舉一例，請學生估計載重 25 人的電梯需要使用的馬達功率為何，學生算出了 300W 的答案，他們也不會覺得有什麼不對勁。以上兩個常見的例子說明了物理課的教學及學習結果，這也是本計畫研究者積極想改善的現況。

物理是為了研究大自然的規律，而數學是自然的語言，因此數學跟物理的關係密不可分。物理學研究的範疇從物質與能量、系統與尺度、交互作用、物體的運動定律，以及宇宙的演化。以尺度而言，涵蓋範圍小至原子核內中子、質子的大小(10^{-15}m)，大至可觀測的宇宙大小(10^{26}m)，這中間橫跨了 41 個數量級。以質量的觀點，從小至電子的質量(10^{-30}kg)，到整個銀河系的質量(10^{42}kg)，輕重之間差了 72 個數量級！因此要研究這麼廣的範疇內事物運作的規律，快速而合理的估算能力顯得相當重要，它協助我們大略判斷要找尋的物理量大概落在哪個範圍，好讓我們能依此設計研究範疇、選用合適的工具。而估算問題中最有名的就是費米問題了，費米問題的定義為：Estimation of rough but quantitative answers to unexpected questions about many aspects of the natural world. (Morrison, 1963)，其中廣為流傳的範例：「芝加哥這個城市裡有多少鋼琴調音師？」，另外還包括諸如「人的體內有多少電子？」、「當你在室外時，每秒有多少光子進到你的眼中？」或「把地球的海水全部加熱到沸騰，需要多少能量？」，這類的問題乍看之下有點不知所云，但仔細思考就可以發現，解決這類問題時需要用到的不只基礎知識，還包括各種生活常識及估計的能力。雖然估算的能力是如此重要，可惜的是，因為這類問題沒有「標準答案」，於是不會出現在考試評量的範圍內，所以老師不教、學生不學、學校不考。如此重要的能力我們不教，如何期待學生有競爭力？

總而言之，我們認為物理教學有兩個主要的問題，第一、學生對於所處理的數字無感；第二、學生覺得所學的內容無用。當學生覺得物理是一門他毫無感覺又沒有用的學科時，學習變成了是一種懲罰，哪裡有樂趣可言，更別提學習成效了。因此本計畫針對第一個

教學現場面臨的問題，發展融入量化估算內容的普通物理課程，試圖解決上述學生對於數字無感的現況，培養學生合理的數感，未來在面對跨領域問題時，能迅速有效地切入核心找到重點，進而提出有效的解決方案。

(2) 教學實踐研究計畫主題及研究目的

本計畫的研究主題為：因應大一普通物理修課學生普遍的量化估算能力不足，以至於在實際應用物理原理時，無法做出合理快速的判斷，影響問題解決方案的品質及有效性，故研究者設計了一系列融入課程的教學內容，試圖提升學生的量化估算能力，打造有感的物理學習。本研究採用行動研究法，研究者即為教學者，一方面設計課程並教學，一方面藉由自編問卷評量學生的量化估算能力、應用於實際生活的能力；佐以訪談、教學日誌、研究者自我反思等資料來評鑑教學成效。研究目的羅列如下：

- a. 探討大一理工科系學生量化估算能力及習慣。
- b. 設計融入量化估算能力訓練的大一普通物理課程單元。
- c. 分析量化估算能力的變化以及其與學科成就間的關係。
- d. 提升大一普通物理修課學生之量化估算能力。

2. 文獻探討

Holubova (Holubov, 2016)的研究提出了現今 STEM(Science, Technology, Engineering, and Mathematics)教育所面臨的問題：許多學生堅信所教的物理定律只能在實驗室中或是僅存在於理想狀態中，而不能應用在現實生活中。計畫主持人也發現，在物理課堂上，超過半數的學生認為所學得的物理知識為簡化後的結果，在日常生活中並不存在也無法應用，如熱力學中理想氣體方程式僅適用於理想氣體，而在生活中因為理想氣體不存在，因此無法套用。這類的刻板印象使得學生無法將所學的物理知識和日常生活的應用結合、對於物理量無感，因此，需要提出不同的教學方法來提升學生的量化及估計能力。Holubova 提到估計類的問題和費米問題能夠促進學生創造力發展，而 Ärleback 與 Albarracín (Ärleback, J. B., & Albarracín, L., 2017)的研究也顯示，解決費米問題的量化思考方式有助於 STEM 學生在 21 世紀的競爭力提升。藉由解決費米問題，能夠提升學生估算能力、對於數字的數感、問題解決能力、以及建模能力，且解費米問題的能力並非與生俱來，需要透過訓練而得。Robinson (Robinson et al.) 在 2009 年對大學一年級的學生進行實驗並指出，對於解決費米問題所需的技能，如量化思考與估計等能力，並不是大多數學生在高中時就已經掌握的技能，是一項需要培養及發展才可獲得的能力，此研究結果與計畫主持人的經驗不謀而合。

而問題解決能力是所有大學生在面對二十一世紀必備的技能，因此儘早將其引入學習過程非常重要，一旦學生有足夠的經驗並了解老師或專家如何解決問題，學生就可模仿並採用相同方式解決問題。Tretter 等人(Tretter et al., 2006) 與 Resnick 等人 (et al., 2016)的研究則指出專家與生手在解決尺度相關問題時，所使用的策略差異，這可以協助我們在設計課程單元時，如何引導學生從不熟悉的狀況，藉由模仿來靠近專家的策略與思維。另外，Pulgar 等人(Pulgar et al, 2020)的研究則顯示，在合作學習的環境中，學生在解 ill-structured problems 與 well-structured problems 時，使用不同的教學策略會導致不同的成效，這也是本研究在課程設計時須注意的面向之一。而培養量化能力除了能讓學生對於所算數字有感外，Chesnutt 等人

(Chesnutt et al., 2019)蒐集美國小學與國中學生的州考成績(類似會考、學測成績等等大型測驗)進行研究，結果顯示學生的尺度概念(size and scale)能力與數學、科學成績有相關性，對於尺度較有正確認知的學生、其數學及科學成績較佳。因此也許可以藉由提升學生的量化能力來提升其數學、科學能力。這就是為何本計畫希望將量化估算的內容融入普通物理課程，讓學生對所學物理知識有感的原因

3. 研究問題

我們的十二年國民義務教育中，自然領域(或物理科)的學習內容及學習表現中，普遍並不強調估算能力的重要性，相較於條件定義得非常清楚的 well-structured questions(problems)，學生普遍不擅長回答 ill-structured questions (problems)，然而後者科學發展的進程上，或者在跨領域問題的處理上都相當重要。因此本研究循序漸進地融入了量化估算課程內容，來提升學生的量化估算及應用的能力。本計畫之研究問題為：融入量化估算之普通物理課程如何影響大學生量化估算能力？

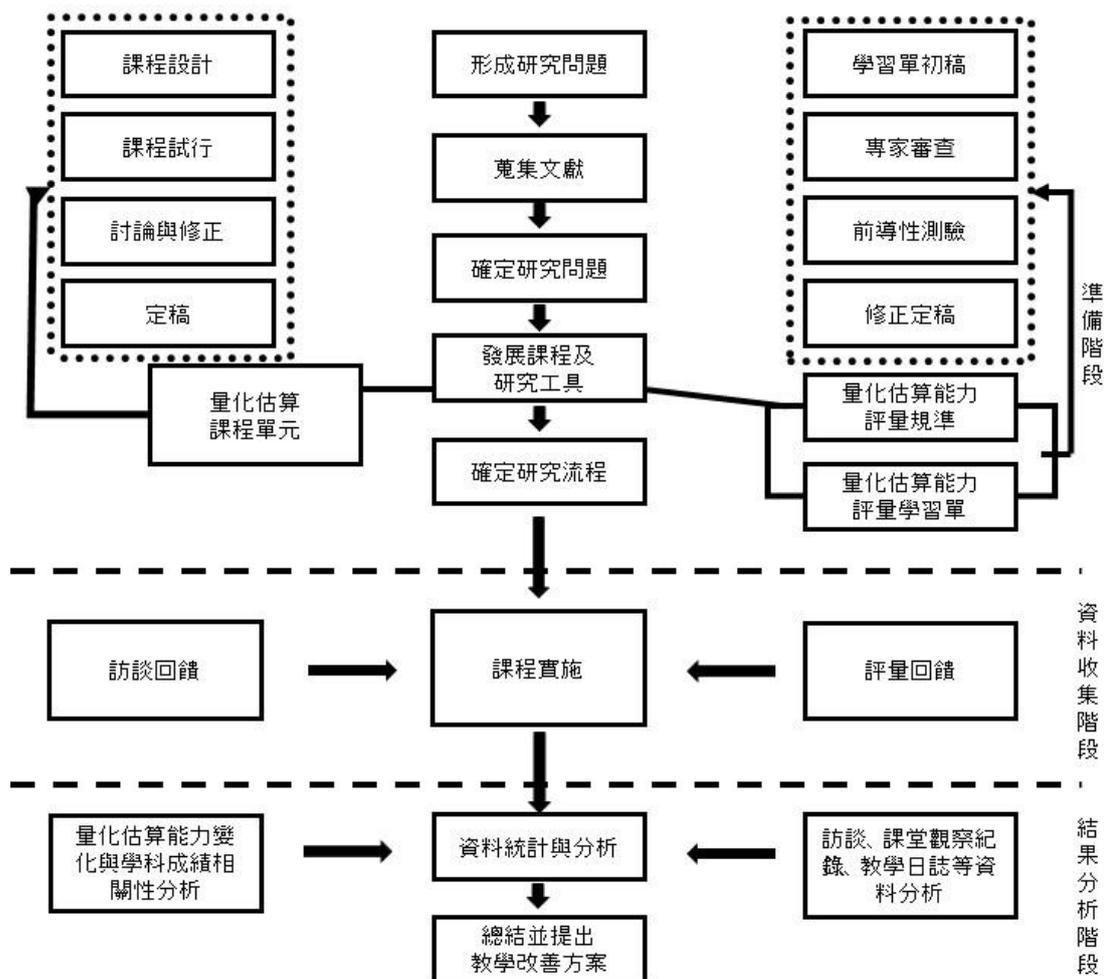
4. 研究設計與方法

(1) 教學設計與規劃說明

本計畫透過發展融入量化估算內容的普通物理課程，來提升學生的估算及量化能力，打造一門學生有感的物理課。在本計畫的實施課程為「普通物理」，在一學期中，搭配課程內容，引入 15 題量化估算能力的評量及練習。研究者設計一般性的評量規準，同時針對 15 題問題分別訂定評量細則。並通過評分一致性考驗後，進行 648 分學習單的評量，並進一步分析。

(2) 研究方法與實施步驟說明

A. 研究架構



B. 研究範圍

本研究實施的課程範疇為 110 學年度普通物理（上學期），內容涵蓋運動學、力學、波動物理、流體、熱力學。教材選用包括 Essential University Physics (Wolfson, 2021)、自編教材、<http://phy.tw> 網站、物理演示實驗等。評量工具包括自編的費米問題學習單，參考來源為知名物理教學期刊 *The Physics Teacher* 中的專欄“Fermi Questions”。

C. 研究對象與場域

本研究實施的場域為研究型大學，授課對象為理工科系學生，學生人數 56 人，每周上課的時數為 4 小時，含 3 小時授課及 1 小時習題課。課程名稱為普通物理，為大一理工科系學生的共同必修課，實施的科系將普通物理列為一學期必修，故本研究課程實施及資料蒐集期間為 110 學年度上學期。

D. 研究方法與工具

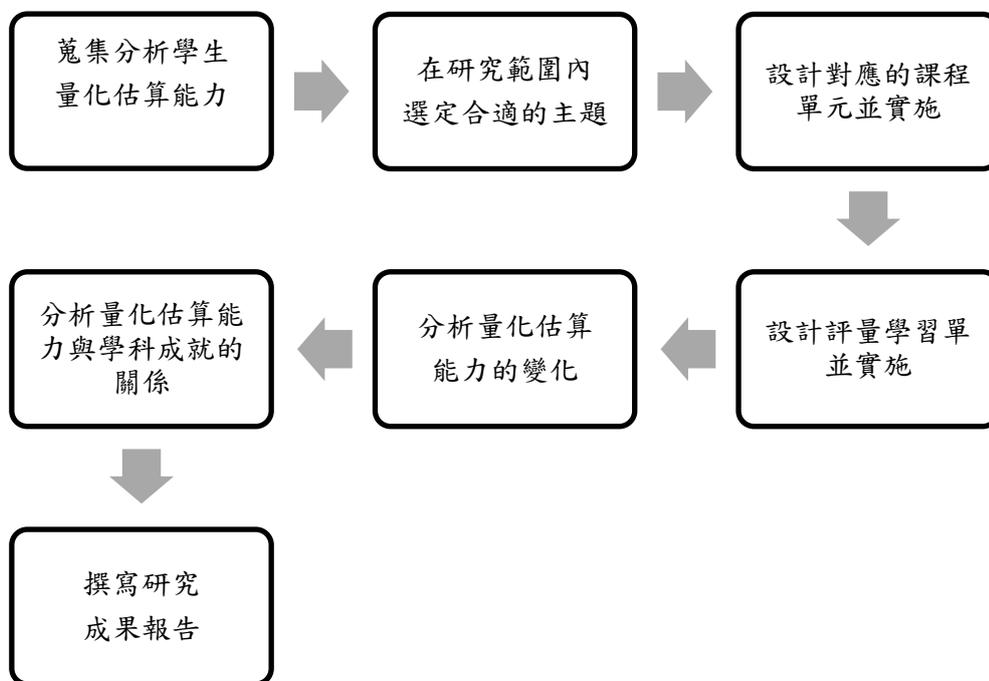
本研究之目標為提升大學生的量化估算及應用能力，採用文獻探討、實地觀察、訪談、成就評量、教學日誌、研究者自我反思等方式來進行行動研究。研究工具為自編的費米問題學習單、自編的量化估算表現評量學習單及應用評量學習單。資料分析的結果用來回應本研究所發展的融入量化估算內容的普通物理課程，是否能提

升學生的估算及量化能力。

E. 資料處理與分析

本研究蒐集的資料有教學日誌、研究者自我反思紀錄、訪問調查資料、學習評量資料。其中教學日誌、研究者自我反思紀錄、訪問調查資料以圖文紀錄方式整理歸納；學習評量資料建立評量規準(Rubrics)後，轉換為量化資料進行統計分析

F. 實施程序



5. 教學暨研究成果

(1) 教學過程與成果

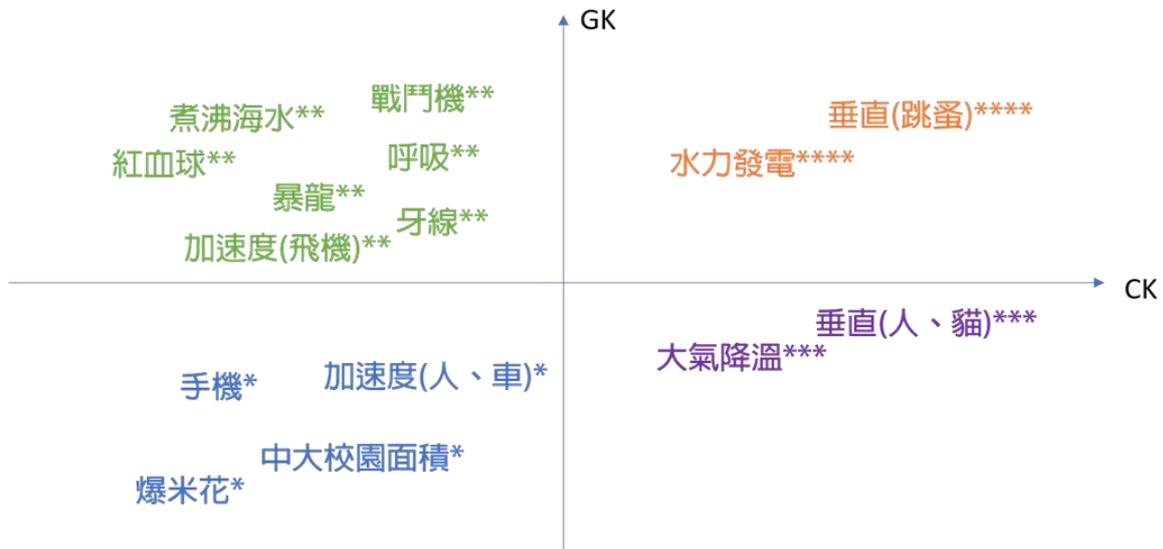
I. 設計課程單元與學習單

依照普通物理課程內容及學習進度，規劃共 15 題量化估算題以學習單方式讓學生獨立作答，各題作答時間約為 10~15 分鐘。詳細的題目及施測時間詳附件 Appendix。15 題費米問題依照題目所需使用公式、參考依據需具備的科學知識含量深度與多寡，分為生活類、基礎科學類、進階科學類，各類型學習單範例如表一，並預估各題的難度分布，如圖一。15 題中，一題為示範題不計分，另外在正式施測前預試後刪除兩題，另有兩題為題組各有 3 小題，故學生施測的總小題數為 $15-1-2+4=16$ 題。

表一、三類型學習單範例

生活類	估計裝滿一間高中教室（空教室）需要多少顆爆米花？
	估計全世界有多少人「正在」使用手機？
基礎科學類	估計每分鐘有多少空氣分子吸入你的肺中？
	煮沸所有的海水需要多少能量？
進階科學類	跟自己的身長相比，跳蚤可以跳得非常「高」。估計人、貓、跳蚤跳躍時，加速度大約？g

研究發現，人類的平均體溫已經從過去的 37.0°C，下降到現在的 36.4°C。為了減緩全球暖化的趨勢，有人提出這樣的假設：想辦法讓全體人類從大氣中吸收熱能，使平均體溫回到 37.0°C，藉此讓大氣降溫。請估算此過程能讓大氣降溫幾度？



圖一、各題難度分布圖(預測)

II. 學習單評分方法

參考相關論文後訂出評分規準，並將評分過程分為數值部分、推理部分，依照下列方式評分後，分配兩部份得分各佔 50%。批改前會將同一份問卷交給三位批改人員批改確認標準一致，再進行後續批改多份問卷，以避免不同批改人員造成標準不一致。

- 推理部分

推理過程中，學生須明確寫出各個參數的來源，使用何種事物當作參考值(Anchor)進行估算，並闡述引用了那些公式。依照公式與參考來源分別給 2, 1, 0 分，如表二及表三。

表二、推理部分詳細給分標準(以加速度問題為例)

給分標準	0分	1分	2分
是否給出引用的定義或公式？	無	無，但有計算過程看得出來引用的公式或定理。	有，且正確合適
是否清楚說明數值的參考依據(anchor)？	無	有，但略過說明，或不適用、不合理。	有，且正確合適

表三、推理部分詳細給分舉例(以加速度問題為例)

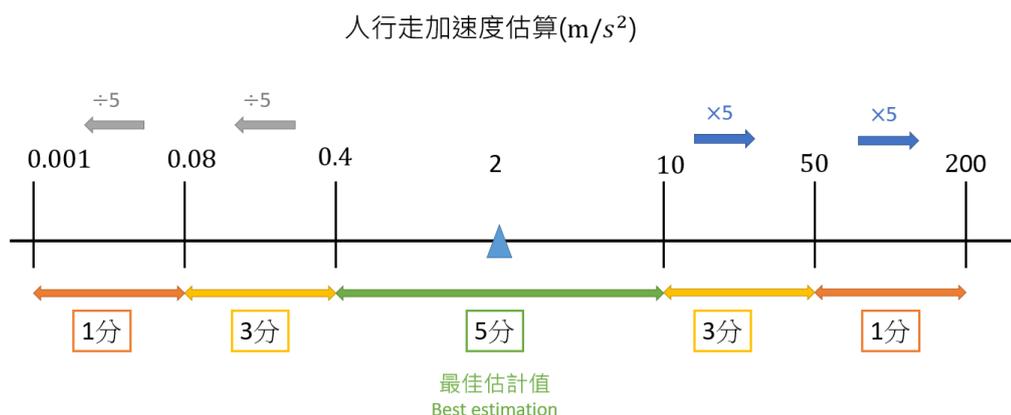
舉例	0分	1分	2分
----	----	----	----

是否給出引用的定義或公式？	無	例如， $a=1(m/s)/0.5(s)=2(m/s^2)$	例如、寫下 $a=\Delta V/\Delta T$ ， $V=V_0+at$ ， $F=ma$ …etc.
是否清楚說明數值的參考依據(anchor)？	無	例如、假設起飛速度為…，高速公路速度約…	例如、跑百米速度最快約每秒 10 公尺，估計走路大約只有其 20% 速度

- 數值部分

找出此問題數值的最佳估計值(Best estimation)後，藉由乘除某倍率後得到分數上下界，此倍率會依估算項目難度的不同而有所差異。且會刪除明顯不符合常理的給分範圍。

同樣以水平加速度題為例，人類行走加速度的最佳估計為 $2 m/s^2$ ，透過乘以五、乘以五、乘以五分別訂出 5，3，1 分之右上界；除以五、除以五、除以五訂出 5，3，1 分之左下界，而在以上範圍外則 0 分，同時左下界數值($0.08 m/s^2$) (相當於加速度僅 $8(cm/s^2)$)，遠低於常理，而反之 $50(m/s^2)$ 遠高於常理，因此將刪除此上下界以外的給分(如圖二)。並且只取一位有效位數，小數點下無條件捨去。並依照此上下界方法分別訂出三題加速度問題數值得分範圍，且制定範圍時避免範圍重疊。



圖二、數值部份給分圖示(以人類加速度問題為例)

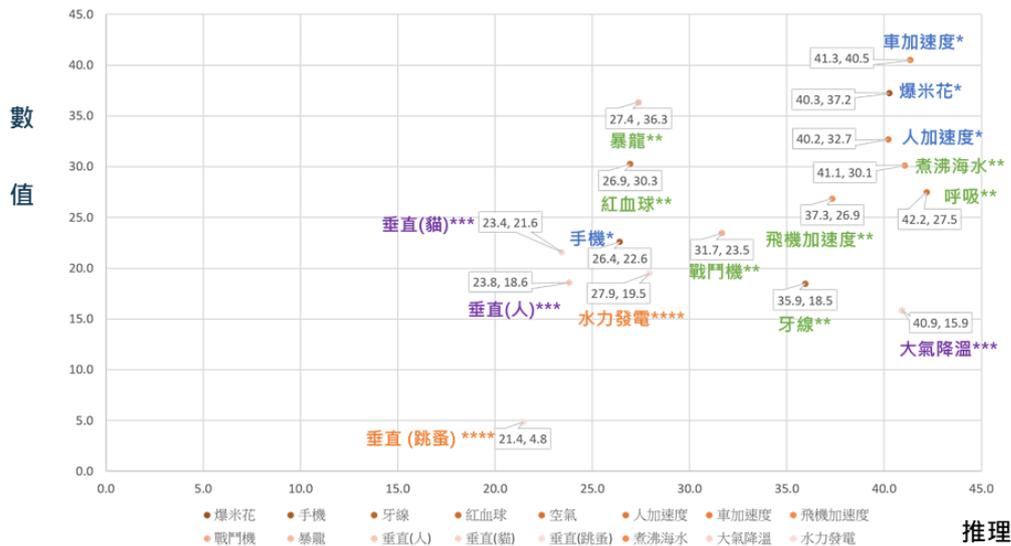
- 總分計算

依上述方法評分後，將兩部份分數加權至各 50%，每題滿分為 100 分。

III. 教學成果

A. 大一理工科系學生量化估算能力及習慣。

學生作答分數與難度如圖三，分數落於右上角表示學生表現較好，反之則會若於左下，與先前預估各題難度(圖一)大致符合。若將其作成柱狀圖(圖四)可更明顯發現學生推理表現皆優於數值表現。在不同题目的學習單中，可以發現大一理工科系的學生，面對較為熟悉的制式物理問題時，表現反而優於生活化題目。



圖三、學生作答分數與難度

16題費米問題分析圖



圖四、學生作答分數與難度柱狀圖

B. 探討學生費米問題的三個分類間，推理、數值的關係，以及其與成績、科學推理能力、批判思考能力間的關聯。

a. 推理分數與數值分數的比較。

將所有學生的推理、數值分數進行相關性分析(如表四)，發現在 16 題費米問題中(水平與垂直加速度中因各有三子題，在此皆當作三題)，有 13 題皆呈現顯著正相關(顯著性 <0.05)，意即推理的分較高的同學，在數值得分也會較高，反之亦然。另外，沒有呈現顯著正相關的題目，推測可能得原因可能是推理分數已達天花板，以至於缺乏鑑別率，但數值分數具有鑑別率，導致彼此呈現無相關性。

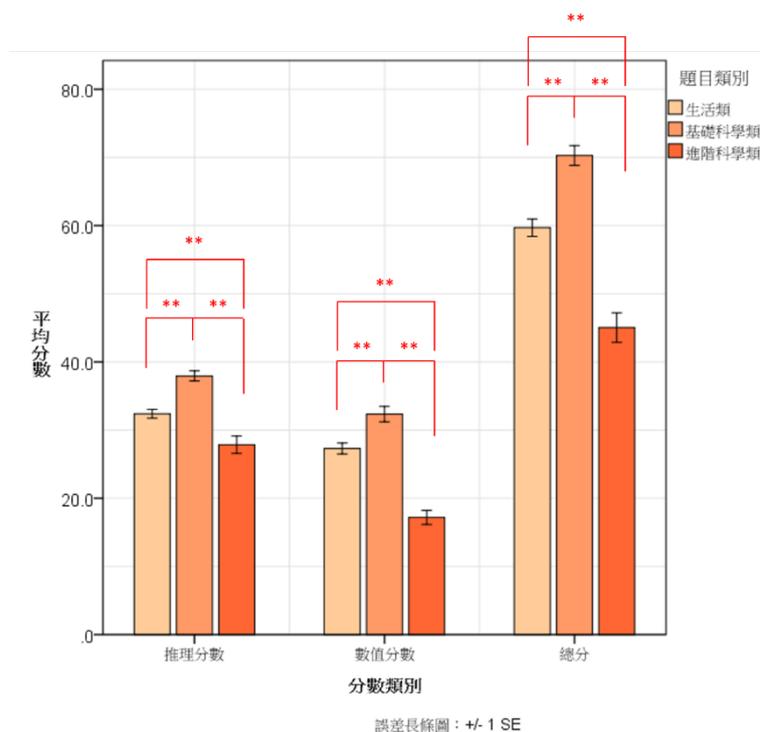
表四、16 題費米問題推理得分與數值得分間的相關性

題目	Pearson 相關	顯著性	人數
爆米花	0.267*	0.049	55
手機	0.276*	0.043	54
牙線	0.474**	0.000	57

呼吸	0.507**	0.000	57
水平加速度(人)	-0.026	0.853	53
水平加速度(車)	0.256	0.064	53
水平加速度(飛機)	0.287*	0.037	53
紅血球	0.473**	0.000	55
戰鬥機	0.440**	0.001	56
垂直加速度(人)	0.676**	0.000	57
垂直加速度(貓)	0.752**	0.000	57
垂直加速度(跳蚤)	0.326*	0.013	57
暴龍	-0.175	0.262	43
煮沸海水	0.340**	0.010	57
大氣降溫	0.325*	0.014	56
水力發電	0.724**	0.000	48

b. 生活類、基礎科學類、進階科學類三種不同類別間的比較。

將三個類別的分數利用統計軟體 SPSS 進行成對樣本 T 檢定與 ANOVA 分析(如圖五)，發現基礎科學類的推理、數值、總分表現均顯著優於生活類與進階科學類，而生活類的推理、數值、總分表現均顯著優於進階科學類。這表示，在不同題目類型中，比起過於生活化的題目，學生在需要具備基礎科學能力的題目上表現更好，但題目難度過高仍會有不好的表現。結果顯示學生仍然較擅長制式的物理題目。



圖五、三種不同類別間的推理、數值、總分比較

c. 推理、數值分數與成績、科學推理能力、批判思考能力間的關聯。

經過相關性分析後，發現費米問題的表現與學生的期中考、期末考成績以及科學推理能力毫無相關性(學生的平均推理分數與期末考有顯著相關)，但與批判思考能力有顯著相關(如表五及圖六)，推測費米問題與批判思考能力的關聯性較高。

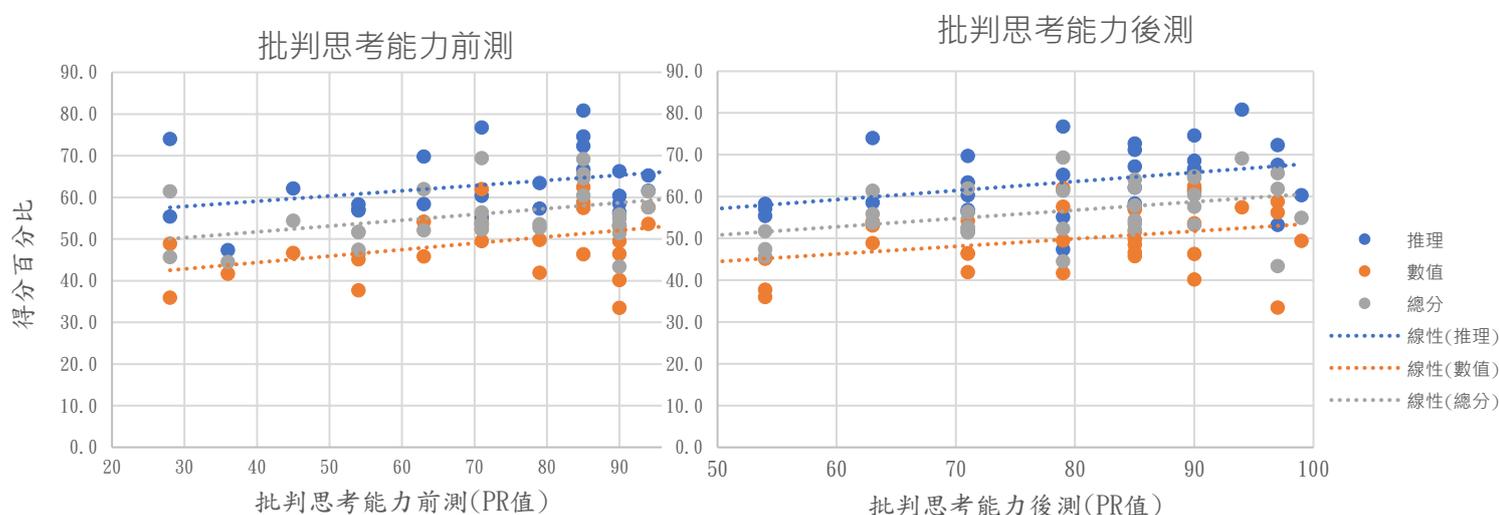
表五、推理、數值分數與批判思考能力間的相關性

有顯著相關:

項目一	項目二	Pearson 相關	顯著性
推理分數	數值分數	0.575*	0.001
推理分數	批判思考後測	0.362*	0.045
數值分數	批判思考前測	0.436*	0.014
總分(推理+數值)	批判思考前測	0.431*	0.015
總分(推理+數值)	批判思考後測	0.386*	0.032

相關顯著性不明顯:

項目一	項目二	Pearson 相關	顯著性
推理分數	批判思考前測	0.333	0.067
數值分數	批判思考後測	0.322	0.077



圖六、三項得分與批判思考前後測 PR 值分布圖

d. 生活類、基礎科學類、進階科學類三種不同類別與成績、科學推理能力、批判思考能力間的關聯。

將題目分為生活類、基礎科學類、進階科學類三種不同類別，再經由統計軟體 SPSS 進行相關性分析，會發現三個類別皆與成績、科學推理能力、批判思考能力毫無相關性。顯示量化估算能力與學科知識能力可能是兩種獨立的能力，因此應該要用不同的課程或教材教法來訓練。

(2) 教師教學反思

1. 執行本計畫時遭遇的困難包括，第一、要將學生從原本的舒適圈中拉出來，會遭遇頗大的抗拒力量，然而這卻無法究責於學生，畢竟他們過去十幾年在制式教育環境下培養出來的習慣，每個考題都會有精準的答案，因此遇到「沒有標準答案」的題目時，會不知該如何切入、如何分析、如何解決。因此如何藉由課程設計與教師的引導，循序漸進地建立良好的習慣及適當的能力，是課程是否能產出好的教學成效的關鍵。
2. 量化估算能力與學科知識能力可能是兩種獨立的能力，因此應該要用不同的課程或

教材教法來訓練。

3. 學生的推理能力普遍優於數值能力，未來可以考慮導入強化數值估計的教學，以提升學生整體量化估算能力。
4. 量化思考能力與高層次思考能力中的批判思考能力有中度正相關，符合本計畫猜想。本研究目前有豐富的發現，為了深入探究，需要更多的時間及人力繼續投入。主持人也已申請 111 年度教學實踐研究計畫，繼續精緻化課程、探討理工與非理工科系的表現差異、甚至生手與專家的表現差異，並評估推廣的可行性。

(3) 學生學習回饋

授課班級學生填寫教學評量給予的回饋：

1. 費米問題很好玩，但希望每次都能有講解，才能增加自己對生活周遭事物的理解
2. 我覺得費米問題很有用啊 我自己是覺得正課跟演習 2:2 好怕自己物理的程度被其他系的超過 但支持費米！
3. 對於這堂課還是有很高的評價，覺得"學習帶得走的知識"真的很棒，例如費米問題，我有聽到很多同學對於這個有蠻多意見的，反正我的角度是：我覺得這些題目對於我的往後更有幫助，老師也不需要再調整任何課程，如果學弟妹能學到一樣的東西的話，真的覺得很棒！

6. 建議與省思

本計畫執行結果顯示：(1)學生入學時，因未訓練估算能力以至於不擅長解量化估算問題，經過一學期的訓練後有長足進步，但在教師端的教學負擔極重，或可考慮刪減部分內容。(2)少數學生遇到與制式課程無關的學習內容時，學習態度偏向消極，填寫學習單的動機低落，需要增加誘因。(3)學習單（題目）難度差異大，部份題目難度太高，導致學生不知如何著手，未來可以考慮調整。(5)COVID-19 疫情對於課程的衝擊大，尤其在 110-1 學期初及學期末，均造成不小的影響，必須臨時調整計劃實施細節，但團隊仍盡全力達成本計畫目標，只是相對付出的時間、精力等成本提高不少。

二、 參考文獻 (以 APA 格式呈列)

- Ärlebäck, J. B., & Albarracín, L. (2019). The use and potential of Fermi problems in the STEM disciplines to support the development of twenty-first century competencies. *ZDM*, 51(6), 979-990.
- Chesnutt, K., Jones, M. G., Corin, E. N., Hite, R., Childers, G., Perez, M. P., Cayton, E., Ennes, M. (2018). Crosscutting concepts and achievement: Is a sense of size and scale related to achievement in science and mathematics? *J Res Sci Teach*. 2018;1–20. DOI: 10.1002/tea.21511
- Holubova, R. (2017, January). STEM education and Fermi problems. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1804, No. 1, p. 030001). AIP Publishing LLC.
- Morrison, P (1963) Fermi Questions *Am. J. Phys.* 31, 626.
- Pulgar, J., Candia, C., Leonardi, P. M. (2020). Social networks and academic performance in physics: Undergraduate cooperation enhances ill-structured problem elaboration and inhibits well-structured problem solving. *Phys. Rev. Phys. Educ. Res.* 16, 010137. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.16.010137>
- Resnick, I., Davatzes, A., Newcombe, N. S., Shipley, T. F. (2016). Using Relational Reasoning to Learn About Scientific Phenomena at Unfamiliar Scales. *Educ Psychol Rev.* DOI 10.1007/s10648-016-9371-5
- Robinson, A. W. (2008). Don't just stand there—teach Fermi problems!. *Physics Education*, 43(1), 83.
- Tretter, T. R., Jones, M. G., Andre, T., Negishi, A., Minogue, J. (2006). Conceptual Boundaries and Distances: Students' and Experts' Concepts of the Scale of Scientific Phenomena. *J Res Sci Teach* 43: 282–319, 2006. DOI 10.1002/tea.20123
- Weinstein, L. (2007). Fermi Questions. *The Physics Teacher*, 45(6), 390-390.
- Wolfson, R., *Essential University Physics*, 4th ed. (Addison-Wesley, San Francisco, CA, 2021).

三、 附件

詳細的題目及施測時間

- Q1.【中大校園】估計，中大校園所有戶外空間可以站多少人？(人)
- Q2.【爆米花】估計裝滿一間高中教室（空教室）需要多少顆爆米花？(顆)
- Q3.【手機】估計全世界有多少人「正在」使用手機？(人)
- Q4.【越獄】囚犯想用牙線支撐自己的體重，越過監獄圍牆，估計他需要幾盒牙線？(盒)
- Q5.【呼吸】估計每分鐘有多少空氣分子吸入你的肺中？(個)
- Q6.【紅血球】你的心臟每分鐘送出的血液中，有多少個紅血球？(個)
- Q7.【加速度】估計以下三種運動的加速度大小。(A) 人由靜止到行走、(B) 汽車由靜止開始加速到高速公路的行車速度、(C) 噴射客機由靜止到飛起來 (m/s)
- Q8.【加速度_垂直】跟自己的身長相比，跳蚤可以跳得非常「高」。估計人、貓、跳蚤跳躍時，加速度大約？(g)
- Q9.【戰鬥機】飛行員旋轉飛行時會承受” g force” (因為向心加速度的緣故)，估計飛行員生理上可以承受的飛行最小迴轉半徑是多少公尺？(m)
- ~~Q.10【移民火星】假如地球 80%的人離開地球移民火星，在火星最接近地球的時候出發，則地球的軌道將因此靠近（或遠離）太陽多少距離？(km)~~
- Q.11【暴龍】估計暴龍走路的速率？(m/s)
- ~~Q.12【行星撞地球】估計一顆直徑 10 公里的小行星撞到地球後（垂直撞向地表），地球的自轉週期會改變多少？(s)~~
- Q.13【煮沸海水】煮沸所有的海水需要多少能量？(kcal)
- Q.14【水力發電】(a) 估計全台灣的人一年喝掉多少水？(b) 假設全台灣一年用掉的電能，全部都來自於水力發電，估計需要多少水發電？(公升)
- Q.15【大氣降溫】研究發現，人類的平均體溫已經從過去的 37.0°C，下降到現在的 36.4°C。為了減緩全球暖化的趨勢，有人提出這樣的假設：想辦法讓全體人類從大氣中吸收熱能，使平均體溫回到 37.0°C，藉此讓大氣降溫。請估算此過程能讓大氣降溫幾度？(°C)

註、刪除表示依現場及測試結果評估後，刪除的題目

題號	題目	作答人數	填寫時間	周次
1	爆米花	54	20210928	2
2	手機	54	20210928	2
3	牙線	54	20210928	2
4	呼吸空氣	56	20211007	3
5	水平加速度	52	20211019	5
6	紅血球	56	20211019	5
7	戰鬥機	55	20211104	7
8	移民火星	55	20211111	8
9	垂直加速度	56	20211116	9
10	行星撞地球	56	20211116	9
11	暴龍走路	44	20211130	11
12	煮沸海水	56	20211223	14
13	水力發電	55	20220106	16
14	大氣降溫	55	20220106	16