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：PMS1080028
學門專案分類/Division：數理
執行期間/Funding Period：2019/08/01～2020/07/31

(計畫名稱/Title of the Project)
# 應用獨立評量工具辨識學生困難
# Diagnosing Student Difficulties via Independent Assessment Instrument
(配合課程名稱/Course Name)
力學(一)

計畫主持人(Principal Investigator)：黃玉林
共同主持人(Co-Principal Investigator)：
執行機構及系所(Institution/Department/Program)：國立東華大學物理系
成果報告公開日期：
□立即公開　□延後公開(統一於 2022 年 9 月 30 日公開)

繳交報告日期(Report Submission Date)：2020/08

# 應用獨立評量工具辨識學生困難
# Diagnosing Student Difficulties via Independent Assessment Instrument

## 一. 報告內文(Content)

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

本研究為「理性化教學改善方案」之先導研究。以大二古典力學課程之教學實踐為例，評估使用「研究本位評量工具」作為辨識學生困難之可信、有效、與可跨學年比較成效尺標的可行性。

物理系以傳統講授為主要教學法的本科課程中，「解題」扮演重要的雙重功能。一方面，學生藉由演練與克服解題困難過程中習得專業知能，同時深化理解養成物理學家思維模式。另方面，教師能透過學生的解題評量學習成效，並分析評量結果認知學生困難。「評量工具」在解題活動中扮演關鍵角色。然而，基於鑑別專業素養與競爭差異的要求，傳統試題設計強調綜合概念掌握與演算能力，其結構複雜不利於解析學生的困難；另一方面，為避免學生背記考古題取代理解學習，教師必須經常變動試題內容，以致跨學年的評量結果難以量化比較。面對上述困難，本研究嘗試使用已開發的評量工具，檢視其作為辨識學生困難之可信、有效、與可跨學年比較成效尺標的可行性。

如 Caballero 教學研究團隊指出[1]，相較於基礎課程的解題訓練，隨著課程的深化，學生在進階課程中必須面對更複雜的模型、數學工具、更冗長繁複問題的挑戰。具辨識力之有效評量尺標可用於診斷學生困難，提供引導者調整教學設計所需的重要資訊。針對學習目標建立可信、有效且可重複使用的評量尺標，實為理性化教學改善方案之根本前提。

**2.** 文獻探討(Literature Review)

近來許多改善教學方案倡議各種新教學法，包含引入計劃導向與問題導向(project- and problem-based)[2]等教學模式，強調以學生為中心的學習過程，或實施標準本位評量(standards-based assessment)[3]，以可重評機制(re-assessment)導正學生關注學習而非成績的學習態度，部分教師嘗試推廣「學習共同體」、「翻轉教育」等非主流教學法。另有部分教師強調以實作活動突破傳統學習模式，例如引入程式撰寫與科學計算，藉由物理問題與抽象數學解的視覺化(visualization)[4]，輔助且強化物理概念的掌握。這些新穎的教學法可活化教學現場，增加師生、同儕互動，促使學生積極思考、投入學習，有利於引導學生學習應用概念解決問題、深化理解。然而多數新教學法預設學生已有可應用的基礎知能，對多數先備知識不充分的學生挑戰性頗高，尤其是在以建立基礎專業能力為目標的進階課程中，過高的挑戰可能造成學生挫折大於激勵，而且先備知能不足的學生可能不得其門而入。為了擇優防弊，引導者或可在傳統授課模式中，引入新穎教學法的特定課程設計元素。如何務實評估教學效能，是改善教學方案的核心課題之一。

有別於上述創新教學法的發展方向，在新興教學改革行動光譜的另一端，許多教育行動研究近年來開始發展研究本位評量工具(research-based assessment instruments)[5]。此類工具提供具有普適性的評量基準，可應用於傳統教學設計或創新教學法。部分研究本位評量工具的開發過程相當嚴謹，利用學生意見、訪談資料、專家評鑑、統計分析，經過多年長期發展、修正，建立標準化評量(standardized assessment)。概念式(conceptual)的研究本位評量工具針對學生的理解，提供普適且可信的的檢測，使引導者可用來認知、改善其教學效能。研究發現，使用研究本位教學方法(research-based teaching methods)，導致學生的物理概念理解有極顯著的進步[6, 7]。

**3.** 研究問題(Research Question)

無論使用傳統或新穎教學法，欲改善教學引導皆須考慮如何評估成效，以及如何建立可信、有效的評量尺標，作為評比不同教學設計的基礎。使用已開發的評量工具是短期研究建立評量尺標最佳途徑之一。以大二古典力學課程為模型，本計畫透過教學實踐進行理性化改善教學的先導研究，評估使用「研究本位評量工具」作為辨識學生困難之可信、有效、與可跨學年比較成效尺標的可行性。

**4.** 研究設計與方法(Research Methodology)

**評量工具**

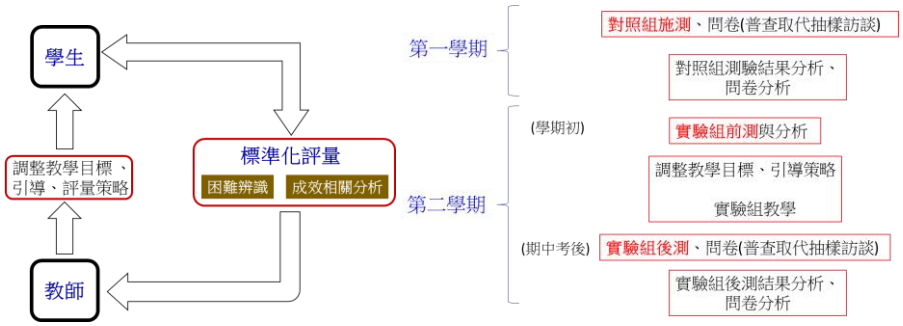
本研究採用科羅拉多大學團隊發展的力學/數學方法評量工具(Colorado Mechanics/Math Methods Instrument, CCMI)[8]。此工具的評量對象為物理相關科系中、高年級學生，具有相當高的驗證水準(Silver 層級)[5]。遵守 CCMI 開發單位約定，為避免試題因流傳和學生演練因而失效，以下就已公開發表期刊論文資料說明。 CCMI 共有 11 個試題，分別對應不同主題的學習目標，涵蓋常微分方程，泰勒展開，位能、簡諧振盪、牛頓定律等主題。各試題描述與配分、範例試題、成效尺標、困難尺標如附件 1。

CCMI 試題的信度反映於高度內部一致性 (internal consistency)[8]，其 Cronbach's alpha 高達 0.83，表示當評量設計符合教學引導目標時，個別試題表現優良的學生在其他問題也將有優良表現。此外，開發團隊發現 CCMI 各試題得分與總得分高度相關，除了 Q2(泰勒級數)其他各題作 item-test 的 Pearson's r (linear correlation)係數均高於公認的閥值(threshold r ~ 0.2) [8]。

**研究對象**

本研究的課程標的為必修課力學(一)期中考前部份，學習目標符合 CCMI 工具試題的主題。實驗組為修習力學(一)課程的學生，班級人數 82：大二 51(第一次修習本課程)，大三(含)以上 31。(準)對照組為修習選修課力學(二)課程的學生，在(實驗組教學實施前)先前學年已修習過力學(一)，班級人數 33，均為大三(含)以上。標的課程力學(一)的預設先備知識包含大一必修課程「普通物理(一)、(二)」與「微積分(一)、(二)」，根據課綱設定應為先修課程，但開課時並未設限。雖未設定於課綱中，對照組、實驗組學生先備知識也包含大一必修課程「矩陣與向量」。

**研究方法與研究流程**




上圖左欄為本研究的概念模型，右欄為教學實踐流程。作為理性化教學改善的先導研究。執行本計畫時首次應用 CCMI 工具試題於力學(一)課程，缺乏前一學年該課程的施測結果，故以力學(二)課程學生為(準)對照組實施「後測」。實驗組力學(一)班級學生大多為大二下學期，對照組力學(二)班級學生為大三以上，因分別為必修、選修課，學生取樣基礎與人數有差異，因此「兩組學生先備知能與特質無顯著差異」的假設不成立，本研究的所稱「對照組」實應理解為「準對照組」。因為首次施測時對照組已經修習過力學(一)，無法取得前測資料，故缺乏 learning gain 的數據。未來在重複應用本研究建立

的獨立評量尺標時，可採用先前學年的施測結果資料，解決上述問題，提供完整實驗組-對照組資料。

在計畫審查核定後，根據執行實務評估，調整原計畫的部份實施設計，說明如下。

(1) 原設計後測僅使用此三試題外加一個「將物理情境轉譯成微分方程」試題(Q8)，審思計畫審查委員提問「評量範圍是否太狹隘」的問題，執行時後測使用 Q1-Q9 完整 CCMI 九組試題，Q10、Q11 兩選擇題於課堂使用 IRS 系統作為隨堂問答試題。

(2) 另外感謝審查委員提醒「如何招募評分員與確保評分品質」的問題。研究者在計畫通過後曾與 CCMI 開發團隊主要成員之一 Steven J Pollock 教授連繫交換意見，得知他們的評分員小組是由團隊中的博士後研究人員擔任，必須一段時間訓練後才能給出接近專業教師的評分尺規。CCMI 試題雖有明確敘述的成效尺標，然而開放式試題所得學生答案五花八門樣態極多，即使是專業教師也必須投入大量時間，才能維持符合尺規且前後一致的高品質評分。研究生專業成熟度不足，無法判斷歸類並適當按照尺標給分。而且訓練評分員必須付出比評分本身更多的時間。因此執行時調整原計畫設計，改為所有試卷評分均由教師獨自完成，以確保評分品質。

(3) 原計畫設計中，利用訪談代表性學生與記錄書寫過程分析解題困難，執行前考慮到需要錯開訪談組、普測組測驗時間有技術性問題，且先測訪談學生可能使同班同學因好奇討論測驗內容而流傳試題內容，影響施測結果。此外根據模擬施測推估，學生解題遭遇困難時經常甚麼都沒寫，記錄書寫過程對判讀困難幫助不大。綜上考慮，執行時調整成以普測時直接實施學習態度與困難問卷調查，普查學生對困難的主觀認知，另外利用評量結果分析各題相對難度，以及使用文獻提供的困難尺標章針對學生作答分析困難。相較於原設計只針對少數學生特別施測分析困難，調整實施的優點是可增加困難資訊樣本數，提高統計價值。

(4) 原計畫設計使用 CCMI 原文英文試題，於施測時為學生口頭翻譯試題，以排除語言理解困難干擾觀察。口頭說明影響工具試題設定的作答時間，且無法精準重複，可能干擾評量結果。為確保將來重複使用工具試題的評量結果可直接比較，執行實均遵循「不給予任何口頭說明」的標準施測原則。首次施測發現學生普遍得分低，歸因於 CCMI 試題偏難，且多數學生對試題有英文理解困難。考慮外語掌握困難干擾評量，且低得分使工具試題失去鑑別度，因此調整計畫執行，改為對照組、實驗組均實施兩次完整試題測驗，分別使用 CCMI 原文試題與教師翻譯的中文試題，實驗組前測僅使用中文試題以節省時間。比對英文、中文試題施測結果可提供英文理解困難的客觀資訊，另可對比普查問卷調查取得學生主觀的語言困難認知。使用中文試題可排除英文理解困難的干擾，但須注意經過翻譯的中文試題缺乏驗證，以下以經驗資料加以檢驗。

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

本計畫成果歸納如下：

- 翻譯 CCMI 建立中文版工具試題，解決外語掌握困難干擾評量目標、降低試題鑑別度的問題；
- 驗證可重複使用的中文工具試題作為獨立評量的信度、效度；
- 以標準施測結果分析各評量主題相對困難度與學習增益，提供跨學年比較的可信、有效成效尺標；
- 使用困難尺標分析學生作答內容，辨識解題困難的普遍類型；
- 使用問卷調查學生對學習困難的主觀認知。

(1) 教學過程與成果

力學(一)課程使用課本為 Thornton 與 Marion 合著的“Classical Dynamics of Particles and systems” 5th ed.，課綱設定課程主題對應課本前 7 章的內容，本研究以(期中考前的)前半學期為教學實踐標的，教學內容符合 CCMI 試題評量範圍，如附件 2 教學計畫表所示。全學期的教學主題包含數學工具回

顧、牛頓力學、振動、重力、變分法、拉格朗日與漢彌爾頓動力學，上述標的不含變分法、拉格朗日與漢彌爾頓動力學的部分。CCMI 評量主題所包含的常微分方程與泰勒展開，按慣例納入學期初先備知識與數學工具複習的內容。實驗組為正在修習力學(一)的學生，於學期第 1 週(教學前)實施前測，使用中文試題 Q3、Q5、Q9，第 8 週結束教學後實施使用傳統試題的期中考試，第 10、12 週實施後測，分別使用英文、中文 CCMI 完整試題 Q1-Q9。第 12 週施測結束後填寫問卷調查。對照組為選修力學(二)且已經修過力學(一)的學生，於學期第 8、15 週分別實施英文、中文 CCMI 完整試題評量，第 15 週施測結束後進行問卷調查。

教學方法以板書講授為主，每週兩堂課共三小時。學期成績採記程式作業 20%、期中考 40%；期末考 40%。期中考前有四份指定習題作業規定，須手寫且按時繳交由助教檢查點收，不納入學期成績採記，為鼓勵作業練習並繳交，考試時發回手寫習題作為解題參考資料。配合課堂講授進度，期中考前共有五份程式作業 A1-A5 須按時上傳東華 e 學苑，由教師提供 python 力學問題計算與模擬程式，主題為 A1 python 程式使用入門、A2 二維拋體運動、A3 數值法解代數方程式 vs.微擾(perturbation)近似、A4 二維耦合運動的參數解、A5 驅動阻尼振盪、共振。為避免學生搜尋並演練使工具試題失效，施測前均告知學生測驗目的為檢測基本能力，可以當作複習無須特別準備，且評量結果完全不影響學期成績。以下呈現工具試題與期中考的評量結果以及問卷統計，探討研究問題。

**英文、中文工具試題評量結果**

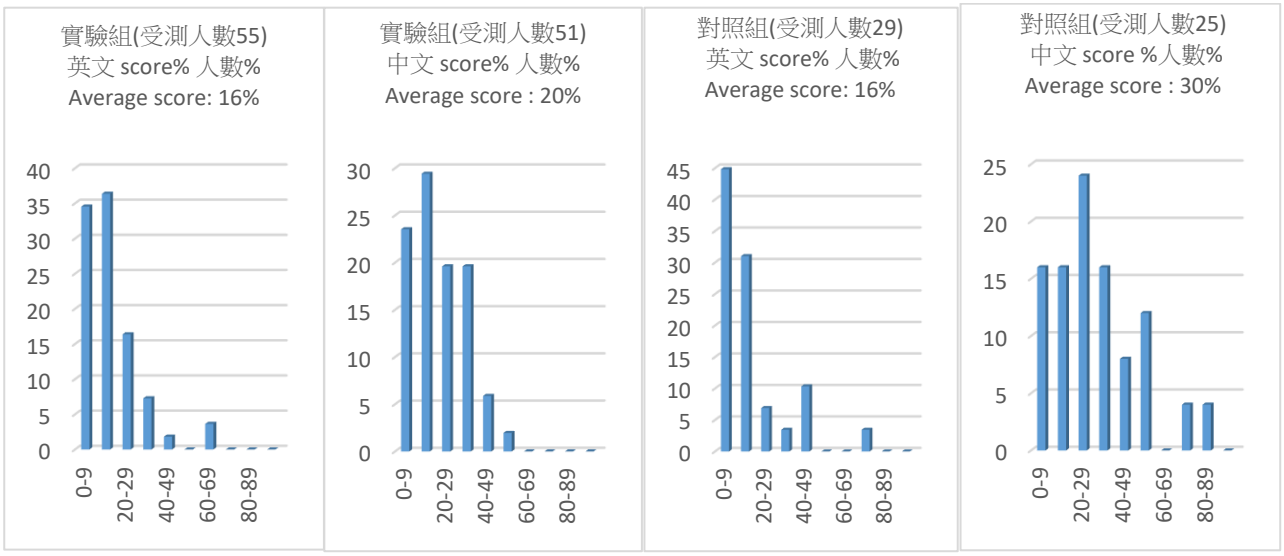



圖 1

圖 1 為對照組、實驗組(後測)的英文、中文工具試題評量結果，呈現總得分百分比之人數百分比分佈。以 Paired Sample t-test 評估英文、中文試題成績的平均值是否有差異，對照組成對樣本數 23，英文、中文平均成績 19%、32%，標準差 19%、19%，成對樣本相關性為 0.706，顯著性 p 值= 0.000<0.05，成對樣本顯著相關，t 統計值為 4.422，雙尾顯著性 p 值=0.000<0.05，英文、中文試題施測成績平均值有顯著差異。實驗組成對樣本數 42，英文、中文平均成績 19%、22%，標準差 14%、14%，成對樣本相關性為 0.848，顯著性 p 值= 0.000<0.05，成對樣本顯著相關，t 統計值為 3.213，雙尾顯著性 p 值=0.003<0.05。兩組評量結果皆顯示，使用英文試題的成績平均值顯著低於使用中文的成績平均值，歸因於英文理解困難。如圖 1 所顯示中文工具試題評量結果，實驗組 51 人總得分平均數 20%，標準差 17%，對照組 25 人平均總得分 30%，標準差 22%。對兩組成績作變異數相等的 Levene 檢定，顯著性 p = 0.161 > 0.05，故於變異數相等的假設下進行獨立樣本 t-檢定，t = 1.374 > 0.05，雙尾顯著性 p = 0.174 > 0.05，即虛無假設成立，實驗組與對照組兩組的總得分平均數沒有顯著差異。

**工具試題信度、效度**

本研究發現，使用中文工具試題可改善標準施測時英文理解困難干擾評量目標、降低鑑別度的問題。翻譯自英文 CCMI 的中文工具試題須經教學實踐驗證其信度、效度。

根據評量結果計算 Cronbach's alpha 相關係數值(α)，以每一小題為一項目以提高測試項數量(共 22 項)，我們獲得實驗組$\alpha = 0.851$，對照組(去除變異數為零的試題 Q7 評量資料)$\alpha = 0.896$，皆在信度接受範圍(acceptance range: $\alpha > 0.7$)內，高於 0.8 的相關係數表示相關度良好，表示本研究使用工具試題的評量結果，確實反映上述評量設計高度內部一致性，也支持評量設計符合標的課程教學目標的假設。基本上可以說，對於某個學生(在平均意義上)的學習成效，每一題都應能給出彼此相符的資訊(consistent information)，亦即使用任何一題來做評量，結果都可反映學習成效。

上述內部一致性是衡量評量信度的指標之一，可驗證評量成績在相同情境下是否受不同測試內容取樣的影響。此外，內部一致性也影響評量的效度。若評量具有相當效度，則測驗內容與整個評量功能一致，也就是說，個別試題得分和總得分之間有一致性，便可推論每個試題也有相當效度。可用單項與總和的相關性來評估一個評量的內容效度。以評量結果作 item-test 相關性分析，下表給出實驗組、對照組 Q1-Q9 各題相關係數，其中 X 表示零得分無法計算，除了得分較低的實驗組 Q8 與對照組 Q7 兩項，兩組所有題項 item-test 的線性相關係數均高於 r～0.2 的閥值，支持上述平行次結構的假設。此外，圖 3 中可見後測的三題總分成績分佈，與實驗組使用中文完整九組試題評量成績分佈相仿(圖 1)，亦支持上述假設。以上結果皆支持，使用中文翻譯試題或已驗證的英文試題，評量結果表現一致的統計特徵。

| | Q1 | Q2 | Q3 | Q4 | Q5 | Q6 | Q7 | Q8 | Q9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 實驗組 | 0.588 | 0.504 | 0.435 | 0.683 | 0.563 | 0.336 | 0.467 | 0.199 | 0.332 |
| 對照組 | 0.580 | 0.447 | 0.667 | 0.568 | 0.502 | 0.515 | X | 0.426 | 0.306 |

以(期中考)傳統試題評量成績為效標(validity criterion)，可量化評估工具試題作為標的課程評量的準則效度。利用 z-score 歸一，圖 2 顯示實驗組、對照組期中考成績(z-midterm)與 CCMI 總得分(z-CCMI)的相關分佈，其中實驗組成對樣本數 51，對照組只取同一學期力學(一)期中考成績之 z-score 歸一數據，參與 CCMI 測驗提供成對樣本數 23。以圖 2 中成對數據作期中考與 CCMI 得分之間的線性相關分析，獲得 Pearson 相關係數分別為 r = 0.672(實驗組)、r = 0.802(對照組)。兩組所得相關係數接近或高於 0.7，顯示工具試題評量得分有效反映傳統期中考的評量尺標。效標一般以實証資料為依歸，不涉及評量設計構面多寡和涵蓋範圍的問題。

除了期中考成績與 CCMI 總得分之間的相關係數，下表另給出對照組、實驗組期中考成績與 CCMI 各題得分的 Pearson 相關係數與雙尾顯著性(括弧中的 p 值)，係數標示**者表示在顯著水準為 0.01 時顯著相關，*表示在顯著水準為 0.05 時顯著相關。單項成績與總和之間的相關性反映內容效度，指涉所設計的題項能否代表所要測量的內容或主題。上述結果支持評量設計符合標的課程教學目標的假設，亦即可適當測量力學知識中各主題的學習成效。

以上分析驗證了本研究使用的中文工具試題具有良好信度與效度。

| | Total | Q1 | Q2 | Q3 | Q4 | Q5 | Q6 | Q7 | Q8 | Q9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 對照組 | 0.802** (0.000) | 0.687** (0.000) | 0.426* (0.043) | 0.688** (0.000) | 0.562** (0.005) | 0.567** (0.005) | 0.542** (0.008) | X | 0.425* (0.043) | 0.404 (0.056) |
| 實驗組 | 0.672** (0.000) | 0.572** (0.000) | 0.156 (0.273) | 0.421** (0.002) | 0.682** (0.000) | 0.634** (0.000) | 0.150 (0.294) | 0.285* (0.042) | 0.059 (0.680) | 0.432** (0.002) |

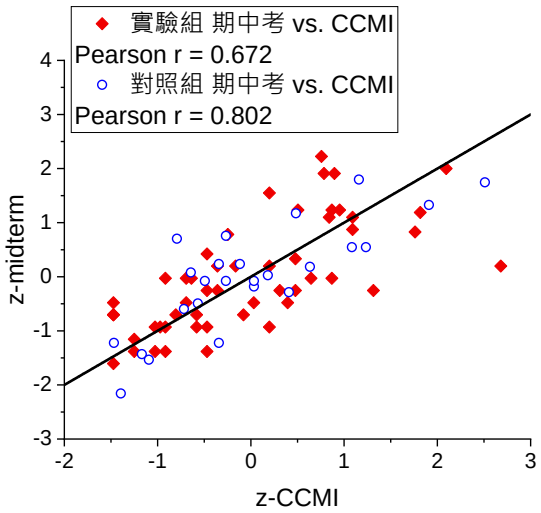



圖 2

**學習成效**

本研究使用具有信度、效度的中文工具試題，實驗組教學前(前測)與教學後(後測)的評量成績分佈如圖 3，兩者間的差異可用來評估學習成效。使用 51 組成對樣本計算，教學前、後的評量(前、後測)平均成績分別為 16%、26%。計算 Q3、Q5、Q9 各題學習增益(learning gain)與三題總成績的增益如下表，其中使用物理教學社群常用的兩種增益定義表示如下[9]。

| | Total | Q3 | Q5 | Q9 |
|---|---|---|---|---|
| <g> | 13% | 8% | 16% | 20% |
| <c> | 3% | 3% | 9% | 18% |

$$g = \frac{\text{post-pre}}{100 - \text{pre}}$$

$$\langle g \rangle = \frac{\langle \text{post} \rangle - \langle \text{pre} \rangle}{100 - \langle \text{pre} \rangle}$$

$$c = \begin{cases} \dfrac{\text{post-pre}}{100 - \text{pre}} & \text{post} > \text{pre} \\ \text{drop} & \text{post} = \text{pre} = 100 \text{ or } 0 \\ 0 & \text{post} = \text{pre} \\ \dfrac{\text{post} - \text{pre}}{\text{pre}} & \text{post} < \text{pre} \end{cases}$$

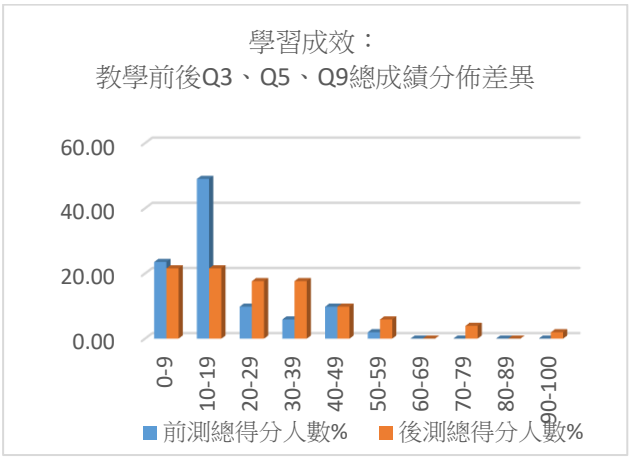



圖 3

**學生困難**

本研究採取兩種途徑擷取學生困難資訊：(A)分析工具試題評量結果，包含困難相對強度與困難類型兩個面向的客觀資訊；(B)分析問卷調查，取得學生對困難認知的主觀資訊。

(A) 工具試題評量結果反映困難

為確認英文理解對工具試題評量結果的影響，以 Paired Sample t-test 評估圖 1 所示英文、中文試題成績(單一樣本重複量測)的平均值是否有差異。對照組成對樣本數 23，英文、中文平均成績 19%、32%，標準差 19%、19%，相關係數 0.706，顯著性 p = 0.000<0.05，成對樣本顯著相關。t 統計值為 4.422，雙尾顯著性 p = 0.000<0.05，推知英文、中文成績平均值有顯著差異。實驗組成對樣本數 42，英文、中文平均成績 19%、22%，標準差 14%、14%，成對樣本相關係數 0.848，顯著性 p = 0.000<0.05，

成對樣本顯著相關，t 統計值為 3.213，雙尾顯著性 p 值=0.003<0.05，推知英文、中文成績平均值有顯著差異。對照組、實驗組評量結果皆顯示，使用英文試題的成績平均值顯著低於使用中文的成績平均值，歸因於英文理解困難。因此，如上所述，為了避免英文困難干擾針對物理理解的評量，本研究建立中文工具試題，並驗證其評量信度、效度。

使用已驗證的中文工具試題評量成績作統計分析，可獲得學習困難的客觀資訊，例如，圖 4 呈現評量結果所反映工具試題 Q1-Q9 各題相對難度，左右兩圖分別顯示對照組與實驗組各題得分百分比的平均數(Mean)、中位數(Median)、精熟指標(前 30%頂標)，圖中未顯示表示該項為零。

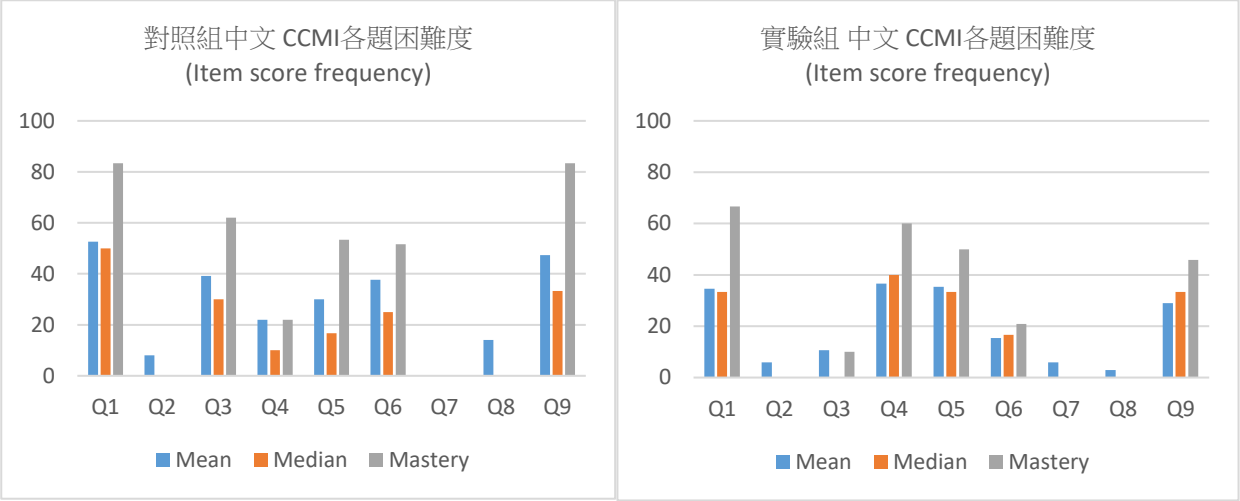



圖 4

圖 4 顯示各題相對難度可大致歸納，對於對照組而言，Q1、 Q3、Q4、Q5、Q6、Q9 屬較低難度試題，Q2、Q7、Q8 屬較高難度。對於實驗組而言，Q1、Q4、Q5、Q6、Q9 屬較低難度試題，Q2、Q3、Q7、Q8 屬較高難度。在開發團隊範本數據中[8]，考慮平均得分與精熟指標，各題相對難度依序為 Q3<Q4<Q5<Q1<Q9<Q6<Q7<Q8<Q2。我們發現，評量結果反映的各題相對難度與範本大致相符，反映試題主題的本質難度，在跨國不同教學現場與不同教學設計下，仍表現一致性。對於不同學年班級(實驗組、對照組)以及跨區域(本研究評量結果、開發團隊範本)不同學習者族群，各題相對難度呈現局部差異，可作為引導者調整教學的參考資訊。例如使用相同教學法與略有差異的教學計畫(附件 2)，圖 4 中實驗組、對照組在 Q3(位能圖)、Q4(阻尼振盪)兩試題上的表現差異頗明顯。在開發團隊範本中，相對難度 Q3<Q4 符合對照組觀察。下節將探討上述實驗組、對照組間差異的原因。

分析評量學生答題的結果可獲得困難類型的客觀資訊。這方面的嘗試挑戰性較高，目前僅有很少數文獻可參考。以工具試題中的 Q8 為例，如附件 1，試題評量目標是「學生能使用牛頓定律將給定的物理情境轉譯成微分方程」。文獻[10]提供根據學生作答錯誤分類建立的困難尺標(difficulty rubric)，將常見困難分類如下：(1)「距離項」，無法正確區分兩作用力中的距離表述；(2)「作用力項」，在數學表述中錯誤解釋力的描述，無法給出力與距離的正確函數關係；(3)「正負號」，力的表述中方向有誤；(4)「結構」，將作用力項表述成微分方程的困難，包含缺質量因子、等號兩邊使用的位置符號不一致、整個式子寫成一階微分方程或一個函數關係、未能給出最後的表達式；(5)「其他」，給出一個背記或任意的的微分方程，與給定情境描述無關，其中可能出現位置符號與描述中的特定常係數。

使用困難尺標分析評量結果發現，大多數學生試題 Q8 的作答都屬於(4)、(5)的「結構」和「其他」兩種範疇，主要是無法將描述物理的數學式寫成微分方程的型式，雖然有些學生可以寫出片段的關係式(例如，一個或兩個作用力個別的距離函數)，在成效尺標中得分仍為零，可以解釋圖 4 中試題 Q8 表現的相對較高難度。對照組在 Q8 試題獲得滿分者 3 人，另一人獲得總分的 50%(「作用力項」、「正負

號」困難)，實驗組在 Q8 試題獲得滿分者 1 人，另一人獲得總分的 75% (「正負號」困難)。

(B) 分析問卷調查

本研究在工具試題評量施測後，由學生填寫自評意見、問卷調查，取得學生對困難認知的主觀資訊。附件 3 整理施測後學生填寫的「任何其他想法？」，以及回答學習困難相關問題。附件 4、5 的對照組與實驗組問卷內容包含態度、習慣與困難。學生主觀認知的主要困難包含：

(a)英文理解(對照組問卷問題 D1~41%、D2~38%，實驗組問卷問題 Q36~57%)。

(b)微積分、普物等基礎知能(對照組問卷問題 D6~31%，實驗組問卷問題 Q38~52%)。

針對上述兩項困難，在各題的五級選項中勾選寫同意、非常同意的人數百分比都接近或高於三成，實驗組則超過半數，明顯高於對照組。可能與分別為必修課班級、選修課班級的兩組學生先備知能分佈差異有關。

(2) 教師教學反思

首先感謝成果發表會上委員提醒考慮前測只取三題的代表性問題，研究者原先只是按開發團隊建議選用試題，未及深思。會後再審思的心得是，那是範本資料中相對難度最低的三組試題[8]，而且此三題佔總分的三分之一(11/33)是不低的比例。由於 CCMI 試題平均難度偏高[8]，選用難度較低、得分較高題目的優點是評量結果鑑別度較高。前測僅用部份試題可節省課堂時間，同時對整個評量與課程目標仍具代表性，如已檢證的評量高度內部一致性所顯示。此三題的主題分別為 Potential energy map(Q3)、Simple harmonic oscillator(Q5)、Writing an integral(Q9)。Q3 屬大一普通物理範圍，Q9 是大一(多變數)微積分工具應用於物理描述，這兩題都是進階力學課程「重力」單元中使用到的概念與基礎數學工具，Q5 則屬進階力學或較高階的大一普通物理課程範圍，歸納這三題的評量標的橫跨先備知識與標的課程(力學)的範圍。非常感謝開發團隊 Pollock 教授多次以通訊討論無私分享寶貴經驗，後來討論也印證了上面研究者有關前測選題的猜想，與試題開發團隊設想一致。經驗交流提醒研究者注意，例如基礎課程常使用「力學概念評量題庫」(Force Concept Inventory，FCI)工具，多數學生對所有試題都能有不錯的直覺，適合教學前、後使用相同、完整試題施測；然而考慮如 CCMI 的進階試題評量目標，不預期學生都能憑直觀或先備知識回答，例如教學前學生尚未學到在物理中應用泰勒展開(Q2)，或尚未學到微分方程(Q1、Q4、Q8)，因此這些主題不適合前測。

與開發團隊範本比較[8] ，雖然部份試題的平均得分與/或前 30%頂標(圖 4)高於開發團隊範本，本研究使用工具試題評量結果平均得分仍偏低。可能影響工具試題評量結果的因素包含學生先備特質、教學設計、施測方法，以及整體課程規劃等複雜因素。本計畫首次在課程中使用 CCMI 作為獨立評量工具，教學中未特別給學生任何預先演練，導致施測時即使將試題翻譯成中文，許多學生對題意仍不明白。未來可參考開發團隊作法，在教學中納入類似的概念問題演練，減少無法掌握問題本意對評量的影響。

即使受上述複雜因素影響，評量結果反映的各題相對難度(圖 4)與範本大致相符，支持工具試題作為教學目標評量的普遍通用性。個別試題對於對照組、實驗組、範本所顯示的難度差異，可作為調整教學引導設計參考。例如，實驗組在試題 Q3(位能圖)遭遇強度頗高的困難(圖 4)，得分中位數為零，學習增益(圖 3 上面的列表)也遠低於另兩個題組 Q5、Q9。此「異常」可歸因於不同學年調整各主題教學時間的影響。計畫中參考對照組施測結果，調整實驗組教學，如教學計畫表(附件 1)所示。對照組施測結果顯示，學生對位能圖(Q3)的掌握明顯優於阻尼振盪(Q4)。因此決定在實驗組教學中，增加阻尼振盪主題的教學時數，減少重力主題的教學時數，其中位能圖概念屬於大一普物的先備知能範圍，僅提示力場可以課本範例中等價的位能圖具象理解，在課堂上未如先前學年舉例具體說明位能圖的識讀

方法。實驗組、對照組評量結果(圖 4)在 Q3、Q4 兩題的得分差異顯示，各主題教學時間分配顯著影響評量表現，進階課程引導尤其應注意，預設學生具備「基本知識」可能與現實不符。

使用前測當基準計算 learning gain 可以作為改善教學方案的評估參考，然而引導者更重視的可能是教學後學生到底「學會多少」，而不是教學前已經會多少。工具試題評量提供直接檢視學生困難的管道，反映教學法與傳統考試對學生學習的指標性引導效果。 根據試題相對困難度分析(圖 4)得知，學生在試題 Q2、Q7、Q8 普遍遭遇困難。雖然根據範本資料這些試題屬於較難問題，然而其評量目標是概念理解、數學工具的基本使用能力，無需任何演算，結構比要求結合物理理解與演算能力的傳統試題簡單。引人注意的是，許多在傳統考試解題表現優異的學生在回答這種純理解的基本問題時遭遇困難，部分學業成績中等的學生卻表現較佳。一個可嘗試的改善對策是在課堂中使用概念試題作隨堂評量，以增加針對基本概念掌握、使用的訓練。

本研究分析工具試題評量成績與相關科目成績相關性發現，評量成績與力學(一)期中考成績、力學(一)學期總成績強相關，也與應數(一)、電磁學(一)學期總成績強相關，但與屬於先修課程的微積分、普物學期成績僅表現中度相關，表示學生在基礎課程的成績，不是決定進階課程學習表現的主導因素。此結果與教師們以及多數學生對先備知能重要性的普遍想法不完全相符，值得參考。此外應注意，如圖 3 顯示評量成績呈 M 型雙峰分佈，類似現象也經常出現在過往使用傳統試題的學期考試評量結果。進階課程引導者在設計教學時，應考慮學生先備知能兩極化分佈對成效的可能影響。嚴重缺乏基本知能的學生可能不適合修習進階課程，然而適當的教學設計仍可協助多數中等能力學生克服困難，在學習進階知識的同時提升基本知識的運用能力。

(3) 學生學習回饋

附件 6 實驗組教學評量針對課堂學習情形、自我學習評量、學生學習成效採集學生意見，得分 4.17 表示多數學生對標的課程的教師教學、學習過程與結果滿意。附件 4、5 統計對照組/實驗組問卷，反映學生學習方法、態度、困難，可供引導者考慮教學、輔導策略時參考。

根據施測後自評資料(附件 3)與問卷調查(附件 4、5)，在英文理解困難之外，許多學生認為普物、微積分沒學好，影響了進階課程學習。關於解題困難，實驗組基礎數理問卷(附件 5)調查發現，許多學生的確缺乏基礎數學知能，未來教學時可在學期初提供學生必要數學工具複習建議，對於普遍缺乏的知能，如分離變數法解微分方程等數學工具，可依評量反映的困難與需求在複習單元講述。

**6.** 建議與省思(Recommendations and Reflections)

省思上述成果與本研究教學實踐經驗，研究者提出建議如下。

- 進階課程目標性質不同於基礎課程，預設學生具有解題所需先備知識與應用能力可能偏離現實，引用可重複使用且信度、效度經過驗證的工具試題作為獨立評量工具，並篩選適當試題實施前測，可使引導者認知教學前、教學後學生的實際困難，有助於理性化調整引導策略以提升教學成效。
- 根據實驗組教學現場觀察以及問卷調查，口頭提問、使用即時反饋系統(IRS)隨堂評量等課堂活動，可提升學習動機、師生互動，學生接受度極高(持肯定態度者超過九成，見附件 5)，應有助於提升訓練效果。然而問答、討論耗用課堂時間，將限縮引導者闡述新概念與演示數學推導的可用時間。如何在進階課程中融入此類即時問答活動，並務實評估對教學效能的影響，可納入未來研究。

結語：教學活動包含無法量化的內在過程，使用量化工具雖可能提升改善教學努力的效率，但無法取代目標與意義的反省，那是引導者的真正挑戰。

## 二. 參考文獻(References)


[1] Caballero M D, Wilcox B R, Doughty L and Pollock S J 2015 Unpacking students' use of mathematics in upper-division physics: where do we go from here? *Eur. J. Phys.* **36** 18

[2] Bobroff J and Bouquet F 2016 A project-based course about outreach in a physics curriculum *Eur. J. Phys.* **37** 10

[3] Zimmerman T 2017 Grading for Understanding - Standards-Based Grading *Phys. Teach.* **55** 47-50

[4] Genc H H and Aydin S 2016 Education on Visualization of Some Complex Physics Problems in Programing Environment *Comput. Appl. Eng. Educ.* **24** 876-86

[5] Madsen A, McKagan S B and Sayre E C 2017 Resource Letter RBAI-1: Research-Based Assessment Instruments in Physics and Astronomy *Am. J. Phys.* **85** 245-64

[6] Hake R R 1998 Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses *Am. J. Phys.* **66** 64-74

[7] Von Korff J, Archibeque B, Gomez K A, Heckendorf T, McKagan S B, Sayre E C, Schenk E W, Shepherd C and Sorell L 2016 Secondary analysis of teaching methods in introductory physics: A 50 k-student study *Am. J. Phys.* **84** 969-74

[8] Caballero M D, Doughty L, Turnbull A M, Pepper R E and Pollock S J 2017 Assessing learning outcomes in middle-division classical mechanics: The Colorado Classical Mechanics and Math Methods Instrument *Phys. Rev. Phys. Educ. Res.* **13** 12

[9] Marx J D and Cummings K 2007 Normalized change *Am. J. Phys.* **75** 87-91

[10] Caballero L D a M D Rubric Design For Separating The Roles Of Open-Ended Assessments *Proceedings of the 2014 Physics Education Research Conference, Minneapolis, MN (AIP, New York, 2015)* 71

## 三. 附件(Appendix)

**附件 1** CCMI 試題描述與尺標範例 [8]

| Q no. | Pts | Short name | Description |
|---|---|---|---|
| Q1 | 3 | Common differential equations | Context: 1D, linear, homogenous differential equations Tasks: Write the general solution to the differential equations $\ddot{x} = -A^2x$ (part a) and $dy/dt = By$ (part b). Describe a physical situtation where $d^2z/dt^2 = B$ is applicable (part c) |
| Q2 | 2 | Taylor approximation | Context: Gravitation Task: Given $\Delta g = GM_E/(R-d)^2 - GM_E/R^2$, explain how you would determine an approximate formula for $\Delta g$ if d is small. |
| Q3 | 5 | Potential energy map | Context: Potential energy plot of a particle free to move on a 2D plane. Tasks: Where is the particle in stable equilibrium (parts a and b)? Rank the magnitude of the gradient at points on the plot (part c). Draw vectors that represent the force at those points (part d) |
| Q4 | 5 | Damped harmonic oscillator | Context: Expression, $a_1\ddot{x} + a_2\dot{x} + a_3x = 0$, and a corresponding graph for the motion of mass on a spring. Tasks: Identify the units of $a_1$, $a_3$ (parts a and b), and resketch the solution if $a_3$ is smaller (part c). What would a $g(t)$ in lieu of "0" represent (part d)? |
| Q5 | 3 | Simple harmonic oscillator | Context: Simple harmonic motion Tasks: In simple harmonic motion, what is restoring force proportional to (part a)? Write an expression for position as a function of time (part b). Draw potential energy as a function of position (part c). |
| Q6 | 6 | Vector decomposition | Context: Ball sliding in the bottom of a sawed off sphere. Tasks: Draw the vectors $\hat{r}$ and $\hat{\theta}$ (part a). Express the velocity vector in the *x*-*y* and *r*-$\theta$ coordinate systems (part b). Check your answer (part c). |
| Q7 | 2 | Resonance | Context: Mass on a frictionless spring attached to a driving force with a small amount of friction in the system. Tasks: Sketch the amplitude of the oscillation of the mass as a function of the driving frequency. |
| Q8 | 4 | Writing a differential equation | Context: Particle confined to move between two objects that attract it. Tasks: Given description of the position and forces, write down a differential equation that describes the position of the particle as a function of time. |
| Q9 | 3 | Writing an integral | Context: Infinitely thin cylindrical shell with non-uniform mass per unit area. Tasks: Write down the infinitesimal area, *dA* (part a). Write down an integral that would give you the mass of the entire shell (part b). |
| Q10* | 2 | Fourier series | Context: Graph of periodic function. Tasks: Which Fourier series could be the correct expansion for the given function? (MCQ) |
| Q11* | 1 | Laplace's equation | Context: Function of two variables. Tasks: How would you separate $U$ to solve Laplace's equation in Cartesian coordinates, $\partial^2U/\partial x^2 + \partial^2U/\partial y^2 = 0$, using separation of variables? (MCQ) |

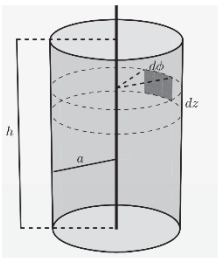
## CCMI 範例試題 Q9：將物理情境轉譯成計算重力的積分[8]

**Learning goals evaluated:** *Students should be able to*:
· choose appropriate area and volume elements to integrate over a given shape.
· translate the physical situation into an appropriate integral to calculate the gravitational force at a particular point away from some simple mass distribution.

---

**Q9** Consider an infinitely thin cylindrical shell with non-uniform mass per unit area of $\sigma(\phi, z)$. The shell has height $h$ and radius $a$, and is not enclosed at the top or bottom.

(a) What is the area, $dA$, of the small dark gray patch of the shell which has height $dz$ and subtends an angle $d\phi$ as shown to the right?
(b) Write down (BUT DO NOT EVALUATE) an integral that would give you the MASS of the entire shell. Include the limits of integration.




## CCMI 範例試題 Q9 之成效尺標[8]

**Question 9 (Writing an Integral) - Total points: 3**:

Part A: 1 point

| | | |
|---|---|---|
| Full credit (1) | Correct | $ad\phi dz$ |
| Partial credit (0.75) | Wrong length scale | $rd\phi dz$ |
| No credit (0) | Incorrect | No credit for any other responses |

Part B: 2 points

| | | |
|---|---|---|
| Full credit (2) | Correct | Correct integral form:<br>• Integrals must be over $d\phi$ and $dz$; $dA$ must agree with part A<br>• Limits on the $d\phi$ integral must be $[0, 2\pi]$<br>• Limits on the $dz$ integral must be either $[0, h]$ or $[-h/2, h/2]$<br>• Mass density ($\sigma(\phi, z)$ or $\sigma$) must appear in the integral; Substituting $\rho$ is OK |
| Partial credit (1.75) | "Symmetric" integral | Integral over $d\phi$ is from $[0, \pi]$ but is multiplied by 2 |
| Minus 0.5 points (1 max) | Incorrect 2D integral | Problematic limits or kernel:<br>• Limits on the integral are incorrect (e.g., $[-h, h]$ or $[0, \pi]$)<br>• Kernel of the integral is incorrect (e.g., missing $\sigma(\phi, z)$ or $a$) |
| No credit (0) | Incorrect | No credit for any other responses (e.g., 1D or 3D integral) |

## CCMI 範例試題 Q8「將物理情境轉譯成微分方程」試題[10]

**Learning Goal Evaluated: Students should be able to use Newton's laws to translate a given physical situation into a differential equation**

A particle (mass, $m$) is confined to move on the $x$-axis between two objects that attract it. The particle does not leave the region between the two attractive objects.

- One object is located at $x = 0$, and the attractive force between the object and the particle is proportional to the square of the distance between them with proportionality constant $c$.
- The second object is located at $x = 10$, and the attractive force between the object and the particle is inversely proportional to the distance between them with proportionality constant $k$.

Write down a differential equation that describes the position of the particle as a function of time, $x(t)$.

## CCMI 範例試題困難尺標[10]

| Category | Claim | Evidence | Example |
|---|---|---|---|
| **Distance** | Does not distinguish between distances | Uses same distance value for each force | $m\ddot{x} = -cx^2 + k/x$ |
| | Distinguishes between distances incorrectly | Uses different variables for each distance or determines the second distance incorrectly using the position of the second object | $m\ddot{x} = -cx^2 + k/(x-10)$ or $m\ddot{x} = -cx_1^2 + k/x_2$ |
| **Force terms** | Misrepresents the force description in the mathematical expression/s | Error in the way distance is used in either or both force terms and/or proportionality constants not present in force terms | $m\ddot{x} = -1/x + 1/(10-x)$ |
| **Sign** | Determines or represents the direction of the forces incorrectly | No minus sign in the final expression or a minus sign in front of the wrong term in the final expression | $m\ddot{x} = cx^2 - k/(10-x)$ |
| **Structure** | Difficulty representing the force expression as a differential equation | Mass does not appear in the final expression | $\ddot{x} = -cx^2 + k/(10-x)$ |
| | | One side of the expression is written in terms of $x$ and the other in terms of another variable | $m\ddot{x} = -cr^2 + k/(10-r)$ |
| | | Final expression is a first order differential equation or a function | $dx/dt = cx^2 + kx$ or $x(t) = cx^2 + k/x$ |
| | | No final expression | $F_1 = -cx^2$, $F_2 = k/(10-x)$ |
| **Other approaches** | Recall a differential equation | Write a generic expression not using the description given in the question | $A\ddot{x} + B\dot{+}x = 0$ |
| | Use terms given in description to write an expression | Terms $c$, $k$, and $x$ appear in the expression in some form | $x(t) = \dot{x}(k-c)$ |

**附件 2** 教學計畫表(期中考前)

對照組

| 週次 [a] | 週次 [b] | 授課內容與活動 |
|---|---|---|
| 1-3 | 1-2 | Mathematical Review<br>Newtonian mechanics |
| 4-7 | 3-4 | Oscillations |
| 9-10 | 5-6 | Gravitation |
| 11-12 | 7-8 | Review [b] /<br>Variational calculus [a, b] |
| 8 | 9 | Midterm exam |

[a]106-2 學期前半　　[b]107 學期前半

實驗組

| 週次 [c] | 授課內容與活動 |
|---|---|
| 1-2 | Mathematical Review<br>Newtonian mechanics |
| 3-6 | Oscillations |
| 7 | Gravitation |
| 8 | Review<br>Midterm exam |

[c]108-2 學期前半

**附件 3 工具試題評量施測後學生填寫「任何其他想法？」、回答學習困難相關問題**

**對照組以英文版工具試題施測，學生自評成績後填寫「任何其他想法？」：**

“時間不夠”

“題目看不懂” (3 人)

“沒時間準備”

“英文困難” (11 人)

“題目太長”

“希望使用中文”

“不會 SHO”

“對解釋沒把握”

“憑藉背記”

“不夠努力”

**對照組以中文版工具試題施測，學生自評成績後填寫「任何其他想法？」：**

“微積分沒學好”

“比較了解題意了”

“中文較好”

“英文較習慣”

“全忘了”

“基礎都不行”

**實驗組前測，以中文版工具試題施測，學生自評成績後填寫「任何其他想法？」：**

“不會簡諧”

“積分不熟”

“微積分/應數都被當了，所以解不出來”

“忘記了”“忘記了”

“物理知識不夠”

“不清楚題目”

“努力想還是不會”

**實驗組後測，以中文版工具試題施測，學生自評成績後回答以下問題：**

1. 從剛才回答試題的經驗來看，你認為自己學習力學和解決力學問題時的主要障礙是甚麼？(投入時間少？英文課本或題目看不懂？基本概念不理解？基礎數理或微積分不會？上課聽不懂？)

2.有改善策略嗎？那會是甚麼？

你的想法：

===== ===== =====

“針對小考題目去找答案,但如果題目改變就不一定會寫”
“數學太差”
“基礎數理 or 微積分不會+題目看不懂”
“基礎數理 or 微積分不會+題目看不懂;解決方法是花時間把基礎物理觀念弄好”
“基本概念不好”
“自己努力不過.和中英文無關應更認真於課堂,回家複習或補強數學能力”
“不知道如何改善學習”
“投入時間少，英文不好，應用數學與新教的方法不懂”
“物理畫面無法延伸到題目，公式的一些背景知識不清楚，矩陣不好”
“投入時間太少，英文課本或題目看不懂;多投入時間”
“投入的時間不多，加上不喜歡看原文書，而且還有物理直覺太弱，基礎觀念不足；解決方法:努力學習吧”
“投入時間少+看不懂+微積分不會”
“英文不懂,概念不懂”
“英文題目看得懂,除了有些專有名詞，但不至於影響閱讀題目，最大的問題就是對力學很多基本概念都不懂，花太少時間學習力學了:分配時間做題目，問同學”
“基本概念不理解”
“投入時間少,上課聽不懂;固定去看書,多問助教”
“看得懂英文，但會有點不知道題目在問甚麼，可是自己看課本習題又能理解”
“課本題目只看算是很難理解;如果有先了解其歷史及物理意義的話會比較能看得懂算式”
“上課聽不懂,有些方程式太難了”
“投入時間少,需要耐心看課本”
“英文不會,微積分計算，上課聽不懂;多看課本,問助教”
“投入時間太少，主要是課本看不懂，就更不想花時間去看;繼續加油”
“投入時間少+基本概念不理解”
“投入時間少,課本不好懂;多看,多找其他資源”
“無從判斷”
“投入時間太少，英文課本或題目看不懂:每周排時間看力學”
“記憶力不好.寫不出來”
“英文課本或題目看不懂+基礎數理 or 微積分不會”
“英文不懂+基礎概念不懂”
“英文不懂+基礎概念不懂”
“基礎數理 or 微積分不會,應數沒過”
“基礎能力沒培養好,書還沒念;認真看練題目”
“主要是英文看不懂.再來是對力學不夠熟悉與微積分不好”
“英文看不懂,未投入較多時間練習,部分基礎數理能力不足;學無捷徑,只能多練習”

“比較會看英文題目,基本概念有幾題不理解，也有幾題能理解，但忘了步驟所以卡住了”
“要預習才看得懂”
“基本概念不理解+英文課本或題目看不懂”
“投入時間少+英文課本或題目看不懂+基本概念不理解；多寫題目”
“基礎數理不會”
“基本概念不理解；多做題目”
“投入時間少;多花一點時間看書”
“看不懂;花更多時間看書”
“自制力不足,無法專心學習”
“基本概念不理解+英文課本或題目看不懂”
“投入時間較少,英文看不懂,概念不理解;投入更多時間練習”
“投入時間少;多花一點時間看書”

**附件 4 對照組 學習方法、態度與困難問卷**

**(**填寫問卷人數：29。補充說明內容為學生填寫記錄。**)**

請根據大二必修課程的個人學習經驗回答以下問題。

| 問 題<br>序號 | 方法、態度與困難 | 符合程度(1-5) | 符合或<br>非常符合人數% |
|---|---|---|---|
| D1 | 閱讀英文課本或英文教材有理解困難，對我學習專業物理知識影響很大。<br>補充說明： | 1□非常不符合<br>2□不符合<br>3□部份符合<br>4□符合<br>5□非常符合 | 41 |
| D2 | 無法理解作業、習題、考試題目的英文，對我的評量成績影響很大。<br>補充說明： | 1□非常不符合<br>2□不符合<br>3□部份符合<br>4□符合<br>5□非常符合 | 38 |
| D3 | 我經常使用中文的課本、中文翻譯本，或自己找中文教材。<br>補充說明： | 1□非常不符合<br>2□不符合<br>3□部份符合<br>4□符合<br>5□非常符合 | 28 |
| D4 | 上課時我盡量不缺席，並專心聽講或做筆記。<br>補充說明： | 1□非常不符合<br>2□不符合<br>3□部份符合<br>4□符合<br>5□非常符合 | 69 |
| D5 | 上課聽講或做筆記對我理解課程內容、解題很有幫助。<br>補充說明： | 1□非常不符合<br>2□不符合<br>3□部份符合<br>4□符合<br>5□非常符合 | 76 |
| D6 | 我的先修課程(如「微積分」、「普通物理」、「矩陣與向量」)知能不足，是我學習大二以上專業課程的主要困難。<br>補充說明： | 1□非常不符合<br>2□不符合<br>3□部份符合<br>4□符合<br>5□非常符合 | 31 |
| D7 | 我認真練習、完成老師指定的作業，且不 | 1□非常不符合 | 45 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | 只是抄襲(雖然也會參考)解答。<br>補充說明： | 2□不符合<br>3□部份符合<br>4□符合<br>5□非常符合 | |
| D8 | 根據我的經驗，背記考古題或習題解答對準備考試很有幫助。<br>補充說明： | 1□非常不符合<br>2□不符合<br>3□部份符合<br>4□符合<br>5□非常符合 | 62 |

**附件 5 實驗組 學習態度問卷**

(填寫問卷人數：54)

填答說明：請您看完題目後在「非常同意」、「同意」、「沒有意見」、「不同意」、「極不同意」五個選項中，勾選出一個與自己的學習態度或困難最接近的答案

（請在”□”號內打”ˇ”）。

| 題目 | 同意或非常同意人數% |
|---|---|
| 1.上力學課時我會專心聽講、不願缺席…… | 52 |
| 2.遇到不會的力學問題我會請教老師、助教，或者找同學討論…. | 78 |
| 3.我有複習當天力學所教內容的習慣…… | 11 |
| 4.不會的力學題目，我在上課當週一定會打破沙鍋問到底…… | 7 |
| 5.我會獨自完成力學習題、決不抄襲…… | 28 |
| 6.課堂上老師口頭提問或使用 zuvio 測驗時，我會認真思考並參與作答 | 93 |
| 7.寫力學習題時我會很仔細地推論，而不是馬馬虎虎…… | 59 |
| 8.對於力學問題我有分類、整理思考的習慣…… | 33 |
| 9.我不需要別人的叮嚀就會自動自發的完成力學作業…… | 63 |
| 10.一旦我開始解力學題目時便很難停下來…… | 15 |
| 11.當力學課堂上有未解答的問題時在課後我會繼續思考它‥ | 43 |
| 12.為了將來能夠唸研究所，我會努力學習力學…… | 37 |
| 13.為了得到別人的讚美，我會努力學好力學…… | 19 |
| 14.不管同學的眼光如何，我都會勇於發問…… | 17 |
| 15.如果老師算式或觀念有問題時，我會向他提出質疑…… | 39 |
| 16.無論老師提問任何問題我都願意回答…… | 37 |
| 17.我認為我有抓住力學問題核心的能力…… | 7 |
| 18.我認為我有解決力學難題的能力…… | 9 |
| 19.我有信心將已經學過的力學觀念以口語的方式清楚地表達出來…. | 19 |
| 20.我對自己的邏輯思考有把握…… | 44 |
| 21.我覺得我有分類、整理思考的能力…… | 54 |
| 22.我認為自己能獲得好的力學成績…… | 9 |
| 23.我擔心自己力學時間分配太少…… | 56 |
| 24.力學的讀書時間零碎令我常擔心思考不夠深入…… | 54 |
| 25.上力學課內容聽不太懂令我擔心…… | 78 |
| | 70 |
| | 78 |
| | 57 |
| | 39 |

| | |
|---|---|
| 26.力學習題寫不出來令我感到憂慮…… | 57 |
| 27.我怕力學考試成績不好而被當掉…… | |
| 28.我有力學問題卻不敢發問，或者是不知道問題在哪裡…… | |
| 29.我怕老師問我力學問題…… | |
| 30.力學是我往後學習其他進階課程概念的基礎…… | |
| 31.力學是我解決其他科目問題的重要工具…… | 48 |
| 32.力學對我以後的工作很有幫助…… | 20 |
| 33.力學知識對我解決日常生活的問題很有幫助…… | 30 |
| 34.力學可以增加我邏輯思考的能力…… | 67 |
| 35.力學可以增加我抓住問題核心的能力…… | 63 |
| 36.對英文教材、題目有理解困難是我學習力學的嚴重障礙…… | 57 |
| 37.根據我的經驗，背記考古題或習題解答對物理系課程考試得分很有幫助… | 61 |
| 38.我的先修課程(如「微積分」、「普通物理」、「矩陣與向量」)知能非常不足，對力學課程的學習與考試成績影響很大…… | 52 |
| 39.我不清楚如何使用微分連鎖律(chain rule，$\frac{d[f(g(x))]}{dx}=\frac{df}{dg}\frac{dg}{dx}$)…… | 20 |
| 40.我不清楚泰勒展開(Taylor's expansion)的意思和計算方法…… | 28 |
| 41.我記得$e^{-kt}$的泰勒展開是$1-\frac{kt}{1!}+\frac{k^2t^2}{2!}-\frac{k^3t^3}{3!}+\cdots$，但不知道如何計算各項係數 | 33 |
| 42.我不清楚傅利葉級數(Fourier series) 計算方法 …… | 46 |
| 43.我不知道如何使用分離變數法(separation of variables)解微分方程式…… | 46 |
| 44.我不清楚如何使用初始條件或邊界條件決定微分方程一般解中的積分常數…… | 37 |

**實驗組 基礎數理問卷**

請在以下各空格填入你認為適當的數學式、答案，或「不確定」

| 題目陳述 | 答對人數% |
|---|---|
| 1. 若$\ln x=y$，則 $x$可表示成 _____ 。 | 72 |
| 2. $1+\tan^2\theta=$ _____ | 78 |
| 3. $\cos nx=\cos(-nx)$ 這個式子正確嗎？(Y/N) _____ | 80 |
| 4. $\ln a-\ln b=\ln(\frac{a}{b})$ 這個式子正確嗎？(Y/N) _____ | 98 |
| 5. $e^ae^b=e^{a+b}$這個式子正確嗎？(Y/N) _____ | 96 |
| 6. $\frac{1}{a+b}=\frac{1}{a}+\frac{1}{b}$ 這個式子正確嗎？(Y/N) _____ | 100 |
| 7. $ax^2+bx+c=0$， $x$ 有虛數(複數)解的條件為 _____ | 69 |
| 8. $\begin{vmatrix}\hat{e}_x & \hat{e}_y & \hat{e}_z\\ \dot{x} & \dot{y} & \dot{z}\\ 0 & 0 & A\end{vmatrix}=$ _____ | 93 |
| 9. $ydy=(1+y^2)dx$，求$y(x)=$_____ (寫出積分式或積分結果皆可) | 37 |

## 附件 6 實驗組教學評量

### 108/2/理工學院/理工學院/物理學系/物理學系/學二/學二/PHYS2010AA/PHYS2010AB/力學(一)AA/力學(一)AB/黃玉林　分數:4.17

#### 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 | 6 | 24 | 20 | 27 | 300 | 3.85 | 78 |
| 2 | 本課程內容安排有組織、有條理 | 2 | 5 | 23 | 22 | 26 | 299 | 3.83 | 78 |
| 3 | 本課程內容與安排依據我們的程度與需求而設計 | 2 | 3 | 26 | 24 | 23 | 297 | 3.81 | 78 |
| 4 | 老師能採用適合而多元的教學方式 | 2 | 4 | 23 | 28 | 21 | 296 | 3.79 | 78 |
| 5 | 老師很重視我們的反應，並能隨時修正教學方式 | 1 | 3 | 24 | 21 | 29 | 308 | 3.95 | 78 |
| 6 | 老師講課深入淺出，條理清晰 | 3 | 6 | 27 | 21 | 21 | 285 | 3.65 | 78 |
| 7 | 老師很鼓勵我們自由發問及表達意見，學習氣氛良好 | 0 | 4 | 21 | 25 | 28 | 311 | 3.99 | 78 |
| 8 | 老師很願意幫助我們解決學習上的困難 | 0 | 5 | 20 | 24 | 29 | 311 | 3.99 | 78 |
| 9 | 老師的評量方式能合理反映出教學重點 | 1 | 5 | 27 | 21 | 24 | 296 | 3.79 | 78 |
| 10 | 老師的評量方式能客觀公正的評量我的學習成果 | 1 | 3 | 26 | 23 | 25 | 302 | 3.87 | 78 |
| 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 | 6 | 23 | 22 | 27 | 304 | 3.9 | 78 |
| 12 | 老師採用_不_適切而_無_效的教學方式 | 25 | 17 | 18 | 10 | 8 | | | 78 |
| 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 | 3 | 23 | 22 | 30 | | | 78 |

**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 | 5 | 31 | 21 | 20 |
| 15 | 我能應用本課程的專業知識 | 0 | 9 | 29 | 20 | 20 |
| 16 | 我能根據本課程的專業知識進行獨立、批判思考 | 0 | 5 | 31 | 21 | 21 |
| 17 | 本課程讓我學到如何溝通合作 | 0 | 9 | 27 | 21 | 21 |
| 18 | 本課程讓我學到如何將理論與實務連結 | 0 | 7 | 27 | 23 | 21 |
| 19 | 本課程讓我學到如何解決問題 | 0 | 4 | 27 | 25 | 22 |
| 20 | 本課程能提高我修習相關課程與知識的興趣 | 1 | 6 | 26 | 24 | 21 |
| 21 | 本課程能激發我繼續探究這門課程的相關知識 | 1 | 5 | 25 | 26 | 21 |
| 22 | 有機會我樂意向同學或學弟妹推薦修讀這門課程 | 2 | 4 | 25 | 22 | 25 |

**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 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PHYS2010AB | 力學(一)AB | 25 | 能使用基礎電腦程式語言解決物理問題 | 1 | | 1 | 10 | 5 | 10 |
| PHYS2010AB | 力學(一)AB | 26 | 具備物理之基礎背景知識 | 2 | | 1 | 9 | 7 | 9 |
| PHYS2010AB | 力學(一)AB | 27 | 能整合物理與其它領域知識 | 1 | | 1 | 9 | 7 | 9 |
| PHYS2010AB | 力學(一)AB | 28 | 具備科技發展的國際視野以及外語溝通的能力 | 1 | | 2 | 10 | 6 | 8 |
| PHYS2010AB | 力學(一)AB | 29 | 能運用基本物理知識與邏輯推理，分析解決物理問題 | 2 | | 1 | 8 | 8 | 9 |
| PHYS2010AA | 力學(一)AA | 25 | 能使用基礎電腦程式語言解決物理問題 | 1 | 1 | 3 | 13 | 22 | 14 |
| PHYS2010AA | 力學(一)AA | 26 | 具備物理之基礎背景知識 | 2 | 1 | 3 | 15 | 20 | 14 |
| PHYS2010AA | 力學(一)AA | 27 | 能整合物理與其它領域知識 | 1 | 1 | 3 | 15 | 19 | 15 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PHYS2010AA | 力學(一)AA | 28 | 具備科技發展的國際視野以及外語溝通的能力 | 1 | 1 | 6 | 21 | 11 | 14 |
| PHYS2010AA | 力學(一)AA | 29 | 能運用基本物理知識與邏輯推理，分析解決物理問題 | 2 | 1 | 4 | 13 | 19 | 16 |

**四、自加題**

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

## 貳、對本課程的心得與建議

**1.對於這門課我最喜歡的是**

無

老師會確認大家是否都學會

無

學到如何應用變分法

沒有

力學本身

無

有課後輔導時間，可以找助教，學長問問題，討論作業，上課內容。

老師很關注學生的學習狀況,對於同學的困難都很認真回答

老師非常願意講解 雖然偶爾會因為時間關係跳過

無

老師會關心同學的學習狀況，並調整教學方法

0

教授教學認真

無

0

無

老師上課清楚

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

無

無

無

可以多舉例子解說

沒有

我覺得老師很關心我們的學習狀況，不過課堂上的東西真的很少人聽得懂，我覺得把心力花在課程內容的設計上會比關心我們到底有沒有學進去好的多~會學的人就是會學，不會學的人就是不會學，大家都大學生了知道自己要甚麼

無

1. 希望老師減少抄板書時間，常常上課超過一半時間在抄課本，有些浪費上課時間。
2. 多講解力學的基礎架構，背景知識，多介紹其實際應用，讓學生清楚自己在學什麼。
3. 多講解如何利用教過的公式來解決問題，解題，而不是簡單帶過。
4. 多瞭解學生的數學（微積分）程度，大部分人數學基礎不夠好，導致聽不懂老師上課內容，老師卻認為是學生的問題應該自己解決，不願意在課堂上多花時間解釋數學的部分。
5. 多瞭解學生是否明白上課內容。大部分同學根本無法理解老上上課教授的內容，都是看老師自己在臺上講他的，台下根本聽不懂他再說什麼。

希望有考古題之類的，比較有準備方向

希望老師上課能多做說明

但我認為可以上更多細節,畢竟電磁學跟應用數學都有詳細的推導,我相信力學也可以

無

無

真的會上課上到傻眼，老師整節課寫個黑板就花30分鐘，這就算了，當我們有問題要問的時候，一直找理由叫我們會去自讀，那乾脆我們都自己看就好啦，要老師教我們幹啥？拜託真的需要好好改進一下了吧，真的很扯

老師教的超爛的

教授教學認真

無

0

無

無意見

期末考有異議，但是人不在花蓮無法查閱
我無法接受