

## 【附件三】成果報告

### 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 : PEE1110133

學門專案分類/Division : 工程

計畫年度 : 111 年度一年期 110 年度多年期

執行期間/Funding Period : 2022.08.01 – 2023.07.31

計畫名稱 : STEM 科際整合工程數學教學

配合課程名稱 : 工程數學

計畫主持人(Principal Investigator) : 林育志

協同主持人(Co-Principal Investigator) : 林育慈

執行機構及系所(Institution/Department/Program) : 國立臺灣海洋大學/機械與機電工程  
學系

成果報告公開日期 : 立即公開 延後公開 (統一於 2025 年 7 月 31 日公開)

繳交報告日期(Report Submission Date) : 2023 年 7 月 9 日

## 計畫名稱：STEM 科際整合工程數學教學

### 本文 Content

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

主持人任教於機械工程學系，工程數學為本系之必修科目，且為各專業力學與電學科目之先修科目。但數學學習一向是許多學生的恐懼，通常學生在中學開始對數學感到挫折。而到了大學，微積分、工程數學等工程必修數學學分，更是讓同學畏懼，且無法體會修習此等數學學科在機械領域之實際應用，進而影響其他科目之學習。許多學生除了面對艱澀數學理論之畏懼、工程實際應用領域的未知，甚至亦有工程數學學習目的之質疑，因此往往學習動機低落，甚至懷疑自己對工程科系沒有興趣或專長。

工程數學實為工程領域中重要且基礎的學科，其相關理論與運算方法對於進一步學習機械工程力學與電學有極大的重要性。然而，傳統教學法著重於單科教學，往往侷限了學生的視野，因此學生無法了解工程數學之學習目標與應用領域。事實上，實體世界之工程領域問題皆涉及跨領域知識，例如：在分析振動與波傳、熱傳等機械問題需要涉及數學、機械力學、電腦程式輔助計算，而傳統教學中卻未呈現相關連結，因此學生無法體會單科學習(工程數學、電腦程式)之意義，亦無法從理論之學習了解其應用方式。工程教育普遍的問題即是經常專注於給予學理解論教學，忽略了須交代其學習之目的，亦即學習此學科之應用場域及其能解決之工程問題，而造成學生學習動機不足。因此教師必須明確呈現理論知識之實際應用，並引導學生進行真實問題解決，進而能培養其足夠之問題解決能力、獨立思考能力與創造力。

#### 2. 研究問題 Research Question

為了讓學生在修習工程數學時，即能了解如何應用工程數學理論於解決實務工程領域問題，本計畫擬將數學學習與科學、科技、工程問題整合，亦即 STEM 科際整合教學，幫助學生了解工程數學在工程、科技等領域中所扮演的角色，及如何將工程數學理論應用於實務問題解決。此外，為能引導學生進行真實問題解決，本計畫亦搭配 PBL 教學策略，引導學生以問題解決為主軸，進行反思、討論與設計，從而更掌握工程數學理論與應用，並藉此更了解學習工程數學之目的，進而增進學習動機、興趣與自我效能。本研究亦希望了解在數學的教育上，STEM 科際整合在理解學習內容、放大學生學習視野、幫助學生釐清學習目標與提升學習興趣上之成效。

一言以蔽之，本計畫擬以 STEM 科際整合教學模式，將抽象的工程數學理論應用於實際的工程與科技領域之問題解決，並搭配問題導向教學策略，以引導學生動手解決實體 STEM 領域問題，幫助學生理解工程數學概念及整合應用工程數學之能力，並增加其學習動機與興趣。研究之目的為：

- (1)、設計與發展 STEM 科際整合之工程數學教學模式，並搭配問題導向教學策略；
  - a. 根據工程數學學習內涵，設計適切之工程與科技之科際整合學習內容；
  - b. 利用科技工具(如程式繪圖等)的使用，幫助學生更深入理解工程數學概念(如方程式的幾何意義)；

- c. 設計適切的問題導向教學模式，引導學生進行有效問題解決、溝通表達與合作；
  - (2)、探討所發展之 STEM 科際整合教學對學生學習工程數學理論與應用之效益；
  - (3)、探討所發展之 STEM 科際整合教學對學生工程數學學習動機與興趣之影響；

### 3. 文獻探討 Literature Review

STEM 是指科學、科技、工程與數學四大領域，STEM 素養是指具備應用如何將四個領域整合運用在其內在世界的能力，透過 STEM 能力的培養，能促進學生創造、思考、創新和批判性的能力，以面對職涯中複雜的挑戰(National Research Council, 2011)。促使學生朝 STEM 職業領域中做準備已成為美國 K-12 教育重要議題之一(Sadler, Sonnert, Hazari, & Tai, 2012; Maltese, Melkl & Wiebke, 2014)，1986 年美國國家科學委員會發表之科學、數學和工程教育報告，首次明確提出科學、數學、工程和技術教育的綱領性建議，成為 STEM 潮流的開端。1996 年美國國家科學基金會(National Science Foundation, NSF)針對國家未來發展，提出政策建議，奠定日後發展 STEM 教育的基礎與方向。歐巴馬於 2009 年就任時更不斷在法案與國情咨文等場合中強調 STEM 的重要性，並提出知識經濟時代教育目標之一是培養具有 STEM 素養的人才，並稱其為全球競爭力的關鍵，全美各地有關 STEM 的教育機構、協會、組織，亦如雨後春筍般陸續成立，各州也都積極成立諮詢委員會等任務編組，投入強化 STEM 課程及師資的政策規劃與執行，以期加強 STEM 教育推展成效，PISA 2006 亦納入 STEM 素養於評量(OECD, 2006)。美國國家科學院「穿越風暴：為美國締造更光明的經濟前途(Rising Above the Gathering Storm: Energizing and Employing America for a Brighter Economic Future)」報告中也證實美國主修 STEM 的學生比例相對較低，且流失率高於其他領域，需有更多主修 STEM 領域畢業人才的需求(Shell & Soh, 2013)。

STEM 的教學須以科際整合(interdisciplinary integration)的方式進行，將 STEM 視為把這四科分散的學科整合為一個整體的橋樑(Morrison, 2006)，讓學生在解決生活與工作情境的問題中學習到跨學科之知識與技能(Bybee, 2010)。美國國家研究院(The National Research Council, 2011)訂定 STEM 在 K-12 教育中應有的目標為：學習 STEM 的內涵與實務、培養對 STEM 的正向態度、以及為終身學習做好準備。科技工具的使用、動手實作、與合作式學習是許多研究所使用的 STEM 教學方式，許多學者都提出多元化的課程設計，能引發學生對 STEM 的興趣，增加其對 STEM 職涯傾向，且針對不同年段學生特質，採用不同的設計(Maltese et al., 2014; Xie & Reider, 2014)，因此 STEM 課程實施時所採用的教學方法、策略也是 STEM 研究領域中相當重要的議題。例如：透過可程式機器人的學習，學會程式設計、無線通訊、與機器人的三維動態模擬(Mataric, Koenig, & Feil-Seifer, 2007)；學生利用麵包版、三用電表、示波器等設備進行實驗前，先撰寫 MATLAB 程式進行模擬，如此同時學到電子學、程式設計、模擬等知識(Connor, Ferri, & Meehan, 2013)；學生針對溜溜球進行合作式的腦力激盪，讓學生透過實體世界的問題討論物理概念。STEM 的教學是培養創造力的基礎 (Maeda, 2011)，學生需進行創意性思考以整合跨領域知識，方能解決複雜的實體情境問題(Katanski, 2013)。STEM 的學習活動亦提升了團隊合作(Lou, Shih, Ray Diez & Tseng, 2011)以及正面的學習態度(Chen, 2007)。

學習工程能夠培養學生的系統化思考和問題解決能力，而動手做(Hands on)的活動練習能有效提升學生的學習興趣，STEM 教學策略應強調給予學生把實物和理論作連結的機會，以及理解解決 STEM 問題歷程的機會(Lou, Diez, Hsiao, Wu, & Chang, 2009)。使用視覺化的 STEM 教學方法能引導學生學習，透過整合 STEM

教學的 teaching, efficacy, and materials (S.T.E.M.) 模型，老師便能促進學生對於 STEM 的學習(表一) (Stohlmann, Moore,& Roehrig, 2012)。

#### 4. 教學設計與規劃 Teaching Planning

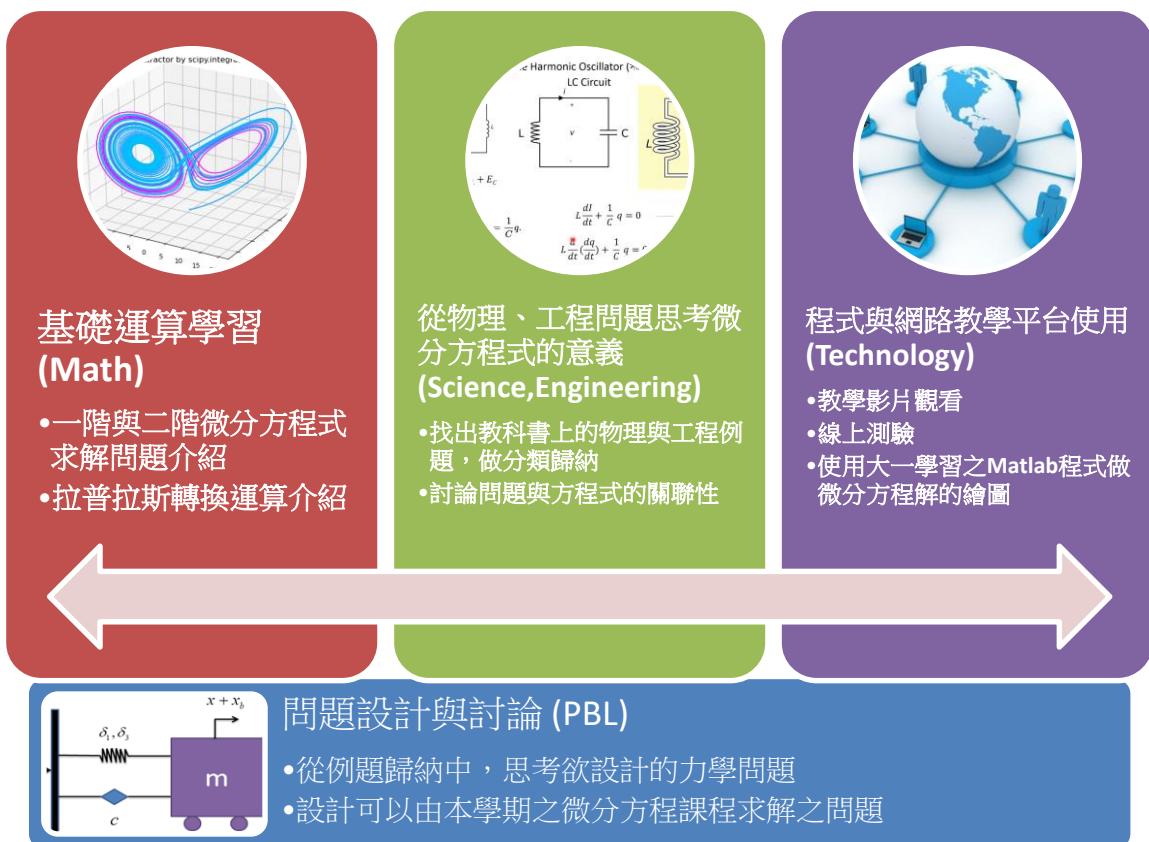
##### (1) 教學設計與規劃說明

###### STEM 科際整合教學設計：

本研究採用 STEM 科際整合教學設計，配合程式繪圖與影片教學等工具以及 PBL 教學法，拓展學生數學學習的視野，從有趣的物理與機械問題切入，思考其數學模型的建立。實施之步驟與方法分為幾點：

1. 透過討論與問題設計，將所學習之一階、二階微分方程式、拉普拉斯轉換、向量分析等主題與實際之物理與機械問題相連結。為降低難度，我們以教科書中之例題為例，引導同學思考微分方程式之涵義與解的目的。
2. 在學習微分方程式求解過程中，透過簡單的程式繪圖理解微分方程式解的意義。
3. 錄製單元教學影片，透過學校的 tronclass 網頁，提供學生上網觀看影片複習，並可進行單元小測驗。

整體規劃與 STEM 整合教學結合 PBL 問題討論架構如圖一所示，以 STEM 科際整合為主軸，搭配以 PBL 教學策略。



圖一、教學架構

## (2). STEM 科際整合教學內容

本研究主要以 STEM 科際整合教學作為工程數學教學主軸，其實施策略與進度如表一所示，其中 STEM 內涵欄位乃說明如何將科學、科技、工程、與數學進行科際整合。

表一、STEM 教學課程進度規劃

週數	課程主題	執行內容與方式	STEM 內涵
第一週	課程簡介與微分方程 介紹	1. 工程數學課程簡介 2. 微分方程介紹 3. 學生問題討論(一)： 機械工程與數學可能 有什麼樣的關聯性？	S: 學生提出目前所接 觸的物理問題 E: 學生提出目前所接 觸的機械工程問題 M: 工程數學
第二週	一階常微分方程 —微分方程的形式	1. 微分方程介紹 2. 學生問題討論(二)： 從 Peter V. O' Neil 著作的 Advanced Engineering Mathematics 教科書 中「法醫預測死亡時 間」例題，探討一階 常微分方程的應用	S: 人體溫度變化模型 M: 一階常微分方程
第三週	一階常微分方程 —一階線性常微分方 程 —正合微分方程	1. 一階線性微分方程介 紹 2. 正合微分方程介紹	M: 一階常微分方 程、正合微分方程
第四週	一階常微分方程 --PBL 問題討論 --方程式解之繪圖與 討論 --教學觀摩	1. 學生電腦程式繪圖： 利用程式將抽象的特 解以具體圖形呈現， 並嘗試理解曲線意義 2. 學生問題討論 (三)： 溶液混和問題與一階 線性常微分方程式之 應用	T: 電腦程式繪圖 E: 溶液混合問題 M: 一階線性常微分 方程
第五週	一階常微分方程 —積分因子 --齊次、Bernoulli、 Riccati 方程式	1. 積分因子介紹 2. 齊次、Bernoulli、 Riccati 方程式介紹	M: 積分因子、齊 次、Bernoulli、 Riccati 方程式
第六週	一階常微分方程 --齊次、Bernoulli、 Riccati 方程式	1. 齊次、Bernoulli、 Riccati 方程式介紹	M: 齊次、Bernoulli、 Riccati 方程式 E: 軌跡追蹤問題
第七週	二階常微分方程 --線性二階微分方程 --Reduction of Order	1. 線性二階微分方程介 紹 2. Reduction of Order 介 紹	M: 線性二階微分方 程、Reduction of Order
第八週	二階常微分方程	1. 二階常係數齊次方程	M: 二階常係數齊次

	--二階常係數齊次方程之通解與特解 --尤拉微分方程	之通解與特解介紹 2. 尤拉微分方程介紹	方程之通解與特解介紹、尤拉微分方程介紹
第九週	二階常微分方程 --二階常微分方程解的繪圖 --PBL 問題討論 期中考	1. 二階常微分方程解的繪圖 2. 學生問題討論(五)：彈簧-質量系統之運動方程式討論	T: 二階常微分方程解的程式繪圖 E: 彈簧-質量系統問題、數學在工程之應用 M: 二階常微分方程
第十週	拉普拉斯轉換 --定義與符號 --應用拉普拉斯轉換於初始值問題	拉普拉斯轉換介紹	M: 拉普拉斯轉換
第十一週	拉普拉斯轉換 --Heaviside Function and Shifting Theorem --Convolution	1. 拉普拉斯轉換介紹 2. 微分方程式解的電腦程式繪圖	T: 電腦程式繪圖 M: 拉普拉斯轉換
第十二週	拉普拉斯轉換 --Impulses and the Dirac Delta Function -- PBL 問題討論	1. 拉普拉斯轉換介紹 2. 學生問題討論(六)：電路分析問題	E: 電路分析 M: 拉普拉斯轉換
第十三週	級數解 -- 幕級數解、Frobenius Solutions	1. 幕級數解介紹	M: 幕級數解
第十四週	級數解 -- Frobenius Solutions	1. Frobenius Solutions 介紹	M: Frobenius Solutions
第十五週	向量分析 --向量函數、速度、加速度與曲線	向量函數、速度、加速度與曲線介紹	M: 向量函數、速度、加速度與曲線
第十六週	向量分析 --學生問題討論 --梯度、散度、旋度	學生問題討論(七)：懸臂樑之力學分析 梯度、散度、旋度介紹	E: 懸臂樑之力學分析 M: 梯度、散度、旋度
第十七週	向量分析 --向量場的流線	向量場的流線介紹	M: 向量場的流線
第十八週	向量分析 -- Line Integral、Green's Theorem	1. Line Integral 、Green's Theorem 介紹 2. 等值面與梯度電腦程式繪圖	M: Line Integral 、Green's Theorem T: 電腦程式繪圖

## 5. 研究設計與執行方法 Research Methodology

主持人任教於機械工程學系，工程數學為本系之必修科目，且為各專業力學與電學科目之先修科目。但數學學習一向是許多學生的恐懼，通常學生在中學開始對數學感到挫折。而到了大學，微積分、工程數學等工程必修數學學分，更是讓同學畏懼，進而影響其他科目之學習，甚至懷疑自己對工程科系沒有興趣或專長。本計畫規劃之工程數學課程，主要以 STEM 跨領域之科技學習概念與「問題導向」學習法，讓學生從解決物理與機械問題之角度切入，從而思考工程數學的學習目的，增進學習興趣，並進而能銜接未來的機械專業課程。本計畫讓學生循著 Brown and Wyatt 所提出由靈感、構思和實施等步驟建構工程數學問題的思考脈絡並做簡單問題的設計，使學生能實際參與創造，加深學習深度與廣度。

### (a) 推動重點

1. 教授學生基礎工程數學問題：以 Peter V. O’Neil 著作的 Advanced Engineering Mathematics 為教科書，讓學生依照章節學習一階與二階微分方程式的形式與求解方法。
2. 幫助學生讓數學式具象化：除了方程式與問題的連結，我們亦教導學生使用 Matlab 程式作方程式解的繪圖，以利學生能建構數學式之具體化幾何圖像。
3. 加強學生邏輯思維：透過整理歸納並分類所學習之方程式，讓學生能建立邏輯分析能力，並加深學習印象。
4. 引導學生問題討論：讓學生透過網路群組與實體分組討論，並讓學生先思考如何才能有建設性的討論，先做示範問題的引導，避免無意義的閒聊。
5. 教學影片與線上教學系統的輔助：透過小單元教學影片的拍攝與學校教學網站的使用，讓學生可以上網觀看影片複習，並進行練習與測驗等，拓寬學習途徑。
6. 輔導學生實際問題設計並製作報告：由整理歸納之微分方程種類，建構物理問題與數學問題之關聯性分析，並能進一步設計一個可由微分方程求解之簡單物理問題。

### (b) 推動策略

1. 「工程數學教學影片拍攝」：將重要的教學單元拍成影片，提供學生反覆觀看。
2. 引導學生執行電腦程式繪圖，由具象的圖形了解方程式解的意義。
3. 工程與物理問題引導：從工程與物理問題切入，除課堂討論，亦拍攝小短片，讓學生可以觀看並提出問題與心得。
4. 工程數學進度緊湊，因時間與進度考量，將演講改為請學生觀看網路上賴以威教授的數學應用相關影片，說出學生所理解認為數學在生活上或者工程上的應用。如此學生可以利用自己的時間，選擇有興趣的主題觀看。

## 6. 教學暨研究成果 Teaching and Research Outcomes

### (1) 教學過程與成果：

#### (i) STEM 工程數學教學影片與工程與物理問題引導討論：

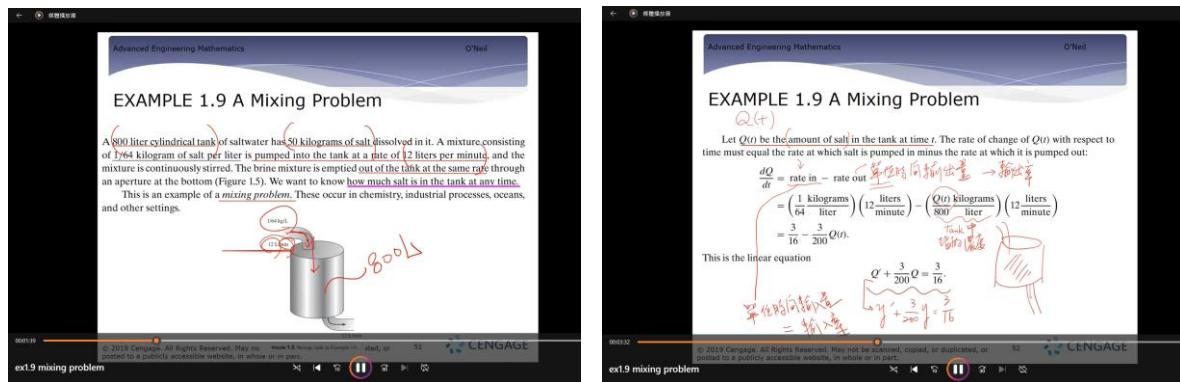
除了課堂上的引導以及單元教學的影片，並拍攝 STEM 工程數學學習小短片，把一些例題特別再拍成影片，讓學生可以反覆觀看，並引導學生由工程與物理問題切入，了解工程數學的應用領域，進而理解學習工程數學的意義。

#### (a) 混和問題：

在第一章的一階微分方程的介紹中，特別把這個混和問題拍成影片讓學生反覆觀看，使學生可以了解一階微分方程的物理意義。

#### 引導影片前解說：

在「溶液混和問題」中，我們可以看到這個經常出現在工業製程、化學、海洋工程領域的問題，用數學式表示出來，是一個一階線性微分方程，溶質量是時間的函數，透過微分方程求解，我們可以得到溶質與時間的關係式。



#### (b) 振動問題：

在第二章二階線性微分方程的介紹中，以振動問題為例，讓學生了解方程式的應用。

#### 引導影片前解說：

如果沒有修過相關科目，同學可能感覺比較難。因此同學可先把重點放在理解「解」與「物理現象」的關係。在「彈簧-質量系統振動問題」中，我們發現這個質點(球)的運動方程式，就是位移的二階線性微分方程，透過求解微分方程，可以得到位移與時間的關係。在外加的力為餘弦函數的狀況下，我們發現球的振動，分為兩種狀況：

1. 外力的頻率與系統的自然頻率不同；
2. 外力的頻率與系統的自然頻率相同。

在第二種狀況中，我們觀察位移解，其振幅會隨時間增大，此頻率為共振頻率。如果應用到結構設計上，不斷增大的振動振幅會導致結構的破壞，這也是我們在結構設計上的重要考量。

**EXAMPLE 2.15**

Imagine a spring suspended from a beam. If left alone it will stretch to its *natural length* and remain at rest. A ball of mass  $m$  is attached to the spring, stretching it out beyond the natural length. Eventually the ball comes to rest  $d$  units beyond its natural length, and the system is in *static equilibrium*.

Finally, the ball is pulled down a distance and released to oscillate up and down, eventually coming to rest again.

Take a  $y$ -axis along the line of the spring and let  $y = 0$  be at the static equilibrium position, while  $y(t)$  measures the distance from this point to the ball at any time  $t$  (down is positive and up is negative).

Consider the forces acting on the ball. Gravity pulls it downward with a force of magnitude  $mg$ . By Hooke's law, the spring exerts a force  $ky$ , with  $k$  the spring constant which quantifies the "stiffness" of the spring. At the equilibrium position the force of the spring is  $-kd$ , negative because it acts upward.

**EXAMPLE 2.15**

This equation is usually written

$$y'' + \frac{c}{m}y' + \frac{k}{m}y = \frac{1}{m}f(t).$$

This is the *damped forced spring equation*. Solutions are analyzed in the web module on spring motion. A phenomenon called resonance can occur in the ideal case of no damping,  $c = 0$  is illustrated here. Now the equation of motion is

$$y'' + \frac{k}{m}y = \frac{1}{m}f(t).$$

The associated homogeneous equation has the general solution

$$y_h(t) = c_1 \cos(\omega_0 t) + c_2 \sin(\omega_0 t),$$

where  $\omega_0 = \sqrt{k/m}$  is called the *natural frequency* of the spring. In the absence of a driving force  $f(t)$ , the spring undergoes an oscillatory motion of frequency  $\omega_0$ .

### (c) 電路分析問題:

透過影片的解說，讓同學了解第三章中介紹的 Laplace transform 可以應用在電路分析上。

#### 引導影片前解說：

我們在電路學上會經常遇到的。這個問題，我們可以根據克希荷夫定律，把輸入電壓與電流、電量、電阻、電容的關係，整理成電量的一階微分方程。這個微分方程牽涉到不連續函數(電壓)，可以用 Laplace Transform 很快解出來。

**EXAMPLE 3.12 Analysis of an Electrical Circuit**

Suppose the circuit of Figure 3.17 initially has zero charge and that there is no initial current. At time  $t = 2$  seconds, the switch is thrown from position  $B$  to  $A$ , held there for one second, and then switched back to  $B$ . Determine the output voltage  $E_{out}$  on the capacitor.

**FIGURE 3.17** The circuit of Example 3.12.

**EXAMPLE 3.12 Analysis of an Electrical Circuit**

Figure 3.18 shows the input voltage function  $E(t)$ , which is zero until  $t = 2$ , then 10 volts until  $t = 3$ , and then is zero for later times. Write this function as a pulse

$$E(t) = 10[H(t - 2) - H(t - 3)].$$

By Kirchhoff's voltage law,

$$Ri(t) + \frac{1}{C}q(t) = E(t),$$

so

$$250,000q'(t) + 10^6q(t) = E(t).$$

Solve for  $q(t)$  subject to the initial condition  $q(0) = 0$ . Apply the Laplace transform to the circuit equation for  $q$  to obtain

$$250,000[iQ(s) - q(0)] + 10^6Q(t) = 250,000Q + 10^6Q = \mathcal{L}[E(t)].$$

**FIGURE 3.17** The circuit of Example 3.12.

#### 學生觀後心得：

從學生觀看影片的感想，可以看出，多數同學可以經過老師的問題引導，理解工程數學的應用領域與學習意義。除了上課的討論，影片可以讓學生反覆觀看，減少其學習壓力，以及解決班級數學程度不一的問題，以下列舉部分學生心得：

#### 學生心得例一：

我最有印象的是以上這題計算鹽在各種時間的濃度，不僅有利用到工程數學的學習內容，也可以將其利用在生活中計算各種東西的濃度，我也認為如果工程數學有和日常生活接觸比較容易會讓人想學習，並且對相關的單元有印象也比較容易產生興趣。

#### 學生心得例二：

我覺得工程數學學了兩學期，對我來說受益挺多的，像是大二上，我們在學電路學時，學到除能元件，電容以及電感的時候，就得用到微分方程來解，如果在沒上過工程數學的情況下，因為那個東西本身就很難了，再加上理解數學要再多花一點時間，但好險有先學過一階導數的微分方程，讓我在那時除了更容易理解電路分析之外，也能更了解它的原理是在幹嘛，因此這是目前我學了工程數學下來，受用最大的部分，就是在電路學的儲能元件，也因此，讓我在電路學輕鬆不少也拿了好成績，非常感謝老師老師這一年來的教導。

### 學生心得例三：

在經過一年的工程數學學習後，對於課本中不乏有跟工程問題(電路問題、混合問題等……)相關的例題，令我印象較為深刻，因為藉由這些例題的實際演練，使工數不單單只是一個運算的式子而已，而是一種能真實的幫助我們解決實際存在的問題非常好用的工具。

說到工數的應用，真的相當多元。像是最近教的傅立葉轉換，即是將函數分解為不同特徵的正弦函數的和，然後再去用這些正弦函數去做分析。在工程上像是傅立葉轉換紅外光譜儀，即是當紅外光束與樣品接觸(穿透、反射)後，具有偶極矩的化合物，因為不同官能基振動能量的差異，吸收不同能量的紅外光，在偵測器上形成不同的干涉圖。干涉圖經過傅立葉轉換的運算之後，將以基於時域的訊號轉換為頻域，由光譜儀收集樣品訊號與環境中的背景訊號，經兩張光譜訊號相扣(ratio)處理，即可得到我們一般所認知的紅外線吸收光譜。

### 學生心得例四：

在上到解一階微分方程的時候，老師有教到一顆需要計算容器裡鹽度含量  $Q(t)$  的題目，題目要我們用容器裡鹽度隨時間的變化率，以此來列出一個一階微分方程，並解出此微分方程式的解，而這個微分方程式的解即是鋼瓶裡的鹽度含量  $Q(t)$ 。有很多科學上的問題都需要用到解一階微分方程，例如：化學問題、濃度問題、海洋、工業流程等，只要其中牽扯到變化率的問題，都逃不過要用一階微分方程。我記得大一微積分裡有一題應用題要我們用屍體溫度隨時間的變化率，列出一個微分方程，並解出此微分方程的解，進而求出屍體在各個時間下的溫度，並由此找出在哪個時間點的屍體溫度會到達題目所說的溫度。

在講這題求容器裡鹽度的題目時，老師也有額外提到穩態和暫態兩種解，會提到主要是因為這題  $Q(t)$  求出來，裡面會含有自然數，而自然數的次方是含有負號的  $t$ ，所以當  $t$  趨近於無限大時，自然數這項就會不見。而自然數這一項就是暫態解，前面沒有自然數的就是穩態解。這個觀念在大一電路的時候也有提過，當初在教 RC 充電及放電時，也把解分成穩態及暫態應兩種。

除了解一階微分方程的應用題讓我可以把看似抽象的數學具體化，在解第二章的二階微分方程的應用題時，也讓我有很深刻的印象，尤其是老師在講解彈簧振動問題時，要用合力求出二階微分方程，再去把二階微分方程的解求出來，而這個解即是不同時間下的位置，然而這一題的解在  $w=w_0$  和  $w$  不等於  $w_0$  這兩種情況下，解的型態也會有所不同，在  $w$  不等於  $w_0$  的情況下， $y$  的解當中不會出現  $t$  只有在三角函數中會出現，然而正弦及餘弦的值只是在 1 和 -1 間跑，所以沒差。而在  $w=w_0$  的情況下， $y$  的解當中不只三角函數裡有  $t$ ， $y$  的解當中也會出現  $t$ ，故在此情況下時間越長，位置越大，位置變化率也越大。這就是材料的共振頻率，老師也因此跟我們說了一個卡門渦流的例子，當今天外界頻率等於橋的共振頻率時，橋就會因此而倒塌，所以在建造橋的時候要特別注意使用的材料。

## 學生心得例五：

在傅里葉變換中的公式  $f(x) = \int_{-\infty}^{\infty} F(k)e^{j2\pi kx} dk$ 。這個變換將一個函數轉換為頻譜表示是用來分析信號的頻率成分，例如音頻信號處理和圖像處理。讓我更了解到我之前上過的線性系統和電子學和自動控制，在上課時其實就會煥然大悟，其實老師很用心在教說得也比較細也比較貼近自己之前學過的知識融合。

那就以我之前修的自動控制來說，傅立葉級數可以用在頻域控制設計裡，例如在頻域中進行控制系統設計時，傅立葉級數可以用於分析和設計系統的頻率特性。可以使用 MATLAB 中的控制系統工具箱來進行頻域控制設計。通過將系統的傳遞函數表示為傅立葉級數形式，可以進行頻率域的增益補償、相位補償和濾波器設計等操作。MATLAB 提供了一系列函數（如 bode、nyquist 和 margin）來分析系統的穩定性、帶寬和相位裕度等指標，並進行頻域控制器設計。

### (ii) 利用程式工具來理解工程數學問題：

- (a) 利用程式繪圖，將二階微分方程解的圖形畫出，透過具象的圖形，從而瞭解解的意義。

#### 題目與說明：

- 如2.1中，解 $y''=12x$ ，得

$$y(x) = \int (6x^2 + c_1) dx = 2x^3 + c_1x + c_2.$$

若使用不同初始條件：

1.  $y(0) = -3$

2.  $y(0) = -3, y'(0) = -1$

將可以得到不同的 $c_1, c_2$ 值。

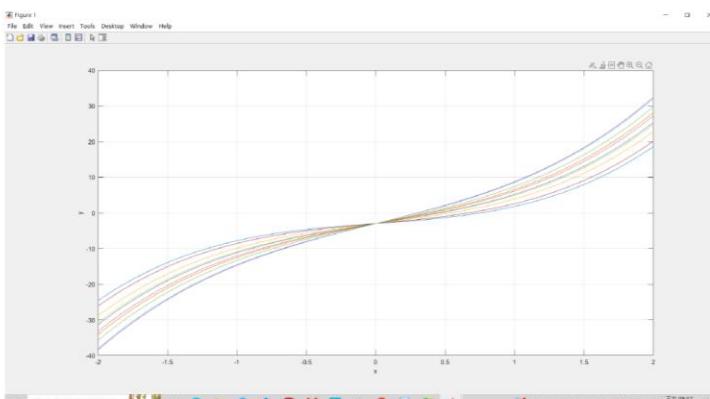
請使用大一所學習之matlab程式語言或任何你熟悉的程式，繪出不同的 $c_1, c_2$ 下，

$y'' = 12x$ 解的圖形，並說明這些不同的值及圖形代表什麼意義。

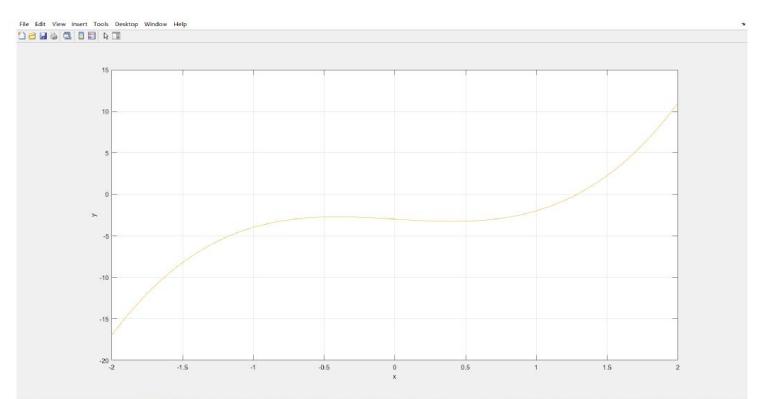
#### 學生解答：

程式對本系學生而言，較為困難，不過許多學生仍然可以從寫程式、繪圖到完成解說，從本問題的引導中，領悟出圖形與微分方程解的關係。以下列舉部分學生作業：

#### 學生作業例一：

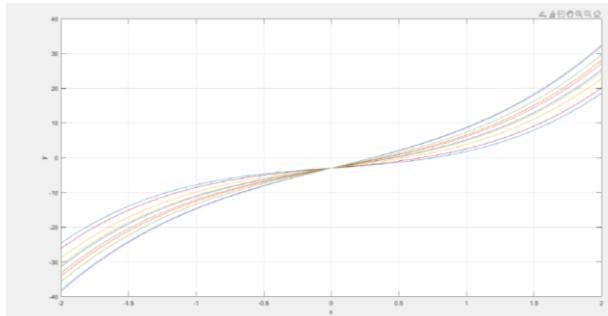


這一張圖表示第一個初始條件會畫出的圖，在這張圖中我們能看到，因為第一個初始條件，算出了 $c_2=-3$ ，但 $c_1$ 還是未知，因此還是會有很多條線，但因為 $c_2$ 固定都會經過同一個點，因此在 $x=0$ 的時候，都會經過 $y=-3$ 這個點。



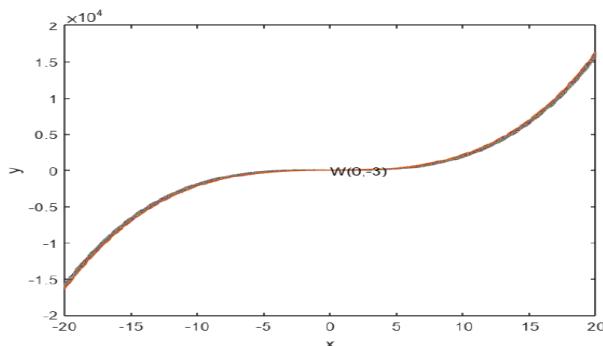
然而第二張圖加入了第二個初始條件，所以也決定出了 $c_1$ ，因此 $c_1$ 和 $c_2$ 都決定了，就能畫出一條線，而第二張圖就是第一張圖的所有可能中的其中一個可能。

## 學生作業例二：



$C_1$ 的值越大， $y'(x)$ 的值在任何  $x$  值上變大，代表該點斜率變大，圖形會變斜  
 $C_2$ 的值越大， $y(x)$ 的值在任何  $x$  值上變大，圖形會上移

## 學生作業例三：



可見無論如何改變  $c_1$  之值，其圖形一定會通過  $(0, -3)$  之點。但斜率不同的無限多條曲線。

- (b) 利用程式繪圖，將”函數=constant”的等值面圖形畫出，並畫出一等值面上某點之梯度，透過具象的圖形，從而瞭解等值面與方程式之間的關係，以及函數在某點的梯度意義。

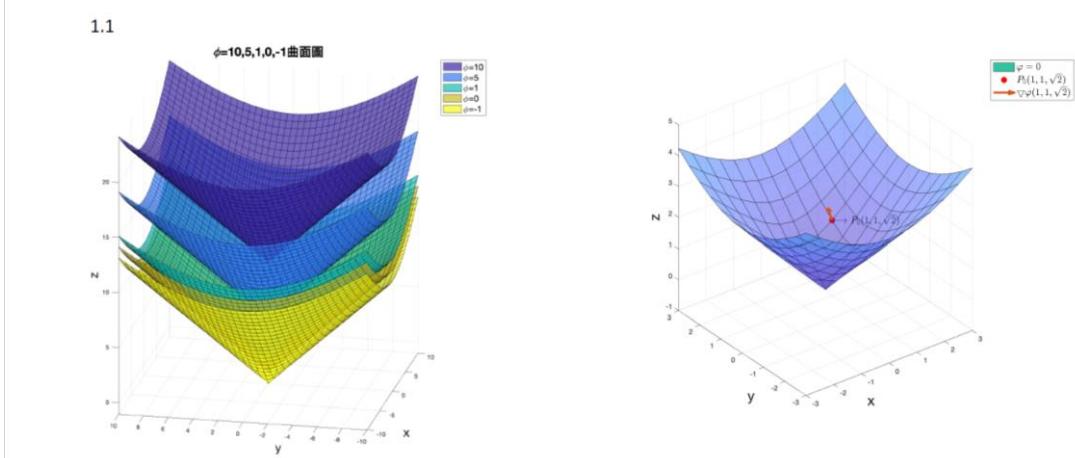
### 題目與說明：

- 在例題10.5中，我們算出函數  $\varphi(x, y, z) = z - \sqrt{x^2 + y^2}$  在等值面  $\varphi(x, y, z) = z - \sqrt{x^2 + y^2} = 0$  上某點  $P_0$  的梯度，並進而算出通過此點的切平面 (tangent plane) 與垂直線 (normal line)。  
為了更加了解等值面與方程式的關係，以及函數在某點的梯度之意義
1. 試利用大一所學習之matlab程式語言或任何你熟悉的程式，繪出  $\varphi=0$ 、 $\varphi=1$ 、 $\varphi=5$ 、 $\varphi=10$ 、 $\varphi=-1$  等曲面圖形 ( $\varphi(x, y, z) = z - \sqrt{x^2 + y^2}$ )。
  2. 請在  $\varphi=0$  之曲面上標出  $P_0 = (1, 1, \sqrt{2})$  的位置，並繪出  $\nabla\varphi(1, 1, \sqrt{2}) = -\frac{1}{\sqrt{2}}\mathbf{i} - \frac{1}{\sqrt{2}}\mathbf{j} + \mathbf{k}$ .

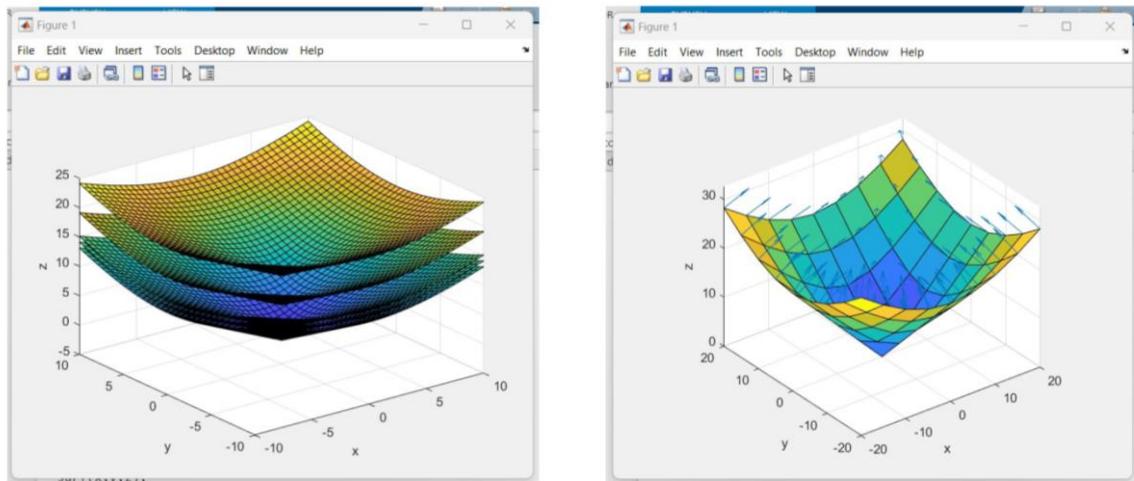
### 學生解答：

許多學生對於這個題目的程式繪圖比較可以達成，也可以從具象圖形中體會上課中所教授的等值面、梯度等概念。以下列舉部分學生作業：

### 學生作業例一：



### 學生作業例二



(iii) 觀看賴以威教授的數學應用影片，發表心得：

讓學生選擇一個自己喜歡的數學應用影片，撰寫觀後心得，表達其對於數學學習的應用與目的的了解。

### 學生解答：

多數學生很習慣上網看各種影片，但較少接觸一些數學相關的影片，由於工程數學課程進度緊湊，在有限的時間內，若能將活動改為線上進行，將可增進教學與學習效率。以下列舉部分學生作業：

### 學生作業例一：

費事數列與身邊生活上自然界看到的東西有關，例如松果或是鳳梨。這是由斐波那契發現的一個數列，而這部影片裡他說的費事數列跟黃金比例是關係非常緊密的。而使用費事數列也可以畫出蒙德里安的經典名畫，但是整部影片介紹費事數列數的資料會比較少，就跟維基百科所介紹的差不多，但是也讓我發現其實數學跟生活中的一切其實有很密切的關係，剛來大學時我那時候在學微積分，也是為了拿來計算力學等一些東西其實要把數學跟身邊的生活聯繫在一起其實是沒什麼概念但是看了以威老師的影片發現還蠻有趣，就以鳳梨來說也蠻奇妙的，因為他跟費事數列的 8,13,21 竟然有關係。之後自己也有再去看其他例如笛子與數學的比例關係就可以找到音階等。也謝謝老師讓我接觸到那麼有知識性的 youtuber。

### 學生作業例二：

我看了賴老師的數學風箏，讓我感覺到很酷，之前學到正四面體相當穩定是在高中的時候，學軌域的型態的時候學到sp3很穩定就是因為正四面體，但正四面體居然可以用在風箏上，而且還是一開始風箏，甚至是飛行器的發想，讓我感覺到很酷，而且做起來感覺也不難，還真的可以飛起來真的是讓我感到相當厲害，將數學的東西變成生活中的娛樂是我相當嚮往的事情，可以讓生活增添不少樂趣，我以後也會多看看賴老師的影片，學到更多這類的知識，讓我的生活更有趣。

### 學生作業例三：

看完賴以威的數感實驗後，我覺得數學是輔助我們去理解其他領域或事物的工具，像賴以威教授在跟我們講解 ct 值的時候，就用數學的方式告訴我們 ct 值其實就是放大倍率的概念，他用 A8 紙要到 A7 紙要放大兩倍，A8 紙要到 A6 紙要放大四倍，A8 紙要到 A4 紙要放大十六倍，來告訴我們這件事，只不過 CT 值的放大倍率是以循環次數(也就是複製次數)為次方，以 2 為底來放大的。而 pcr 是算出 ct 值的一種方式，PCR 就是把 DNA 一直複製，循環下去，直到複製到儀器可以偵測到病毒為止。一般來說，複製次數越少(放大越少)代表病毒在還未複製之前的含量越高，複製次數越多(放大越多)代表病毒在還未複製之前的含量越低，而 CT 值即是複製次數的概念，所以 CT 值越小病毒量越多。然而各國 CT 值標準的不同以及儀器精密度的不同，也會造成測出來的陰性及陽性的不同，所以才會有九採陰後轉陽的問題。

## (2) 教師教學反思

在本學年工程數學授課過程，因過去自己學習的過程與教授數學基礎科目的過程，未有導入 STEM 科際整合的教學法配合 PBL 問題導向學習法的經驗，一開始十分忐忑，在進度壓力以及學生學習的感受與成效多重考量下，不知道能否成功。但經過一年的努力，從學生的程式作業、觀看 STEM 教學小短片心得、觀看各階段線上複習影片心得，以及學生教學評量等回饋成果，十分被激勵。這是一個新的經驗，把 STEM 的概念應用到進度壓力很大的工程數學教學上，讓我體會到其實教學方法的改變有很大的可能性。

## (3) 學生學習回饋

工程數學學習問卷統計資料如表二與附件一所示，其統計之圓餅圖如附件二，學生教學評鑑意見如附件三所示。從問卷與統計資料可以得到幾點結論：

- (i) 在學生的學習動機上，從問卷資料顯示，學生固然修課前以其過去的經驗，有高達 65.7% 同意或非常同意感覺工程數學應該很枯燥，且有高達 54.2% 的學生認為他對理工科目缺能能力且覺得抽象費力，分別只有 11.4% 與 8.6% 的同學不認為自己缺乏能力與學習費力，即多數學生認為自己缺乏 STEM 自我效能(問題 13,14,15)，但是多數同學其實是喜歡理工科系，有充分的 STEM 學習動機(問題 10、11、12)，以及 STEM 科際整合認知(問題 16、17、18)，只是需要老師引導。
- (ii) 從學生的作業(STEM 工程數學教學影片學習心得)與問卷(問題 19)中，可以看出，學生對於 STEM 學習，將工程數學學習內涵與物理科學、電子電路與機械振動等工程問題，都非常喜歡，並認為可以使學生更加了解數學理論。

- (iii) 從老師透過引導學生進行 PBL 學習，觀看工程數學教學影片學習心得與問卷(問題 20)中，亦可以看出，教師透過在觀看教學影片前、後給予實際的物理、機械工程問題引導，讓同學可以思考工程數學學習的目的與意義，及其與各學科之關聯，發現學生有很好的 PBL 學習感受，並且認為這樣的學習可以提升學生學習興趣。有高達 80% 的學生覺得學習工程數學也可以很開心，71.4% 的同學認為上完一學期的課後，對數學的恐懼減少，亦即提升了學生的工程數學學習動機。
- (iv) 在教學影片之感受度上(問卷問題 21、22)，可以看出學生都很喜歡教學影片，可以隨時重複觀看，系統的介面對學生使用上也很便利。

表二、工程數學學習問卷統計

向度	題目	非常同意	同意	無意見	不同意	非常不同意
工程數學學習動機	1. 在沒有上過工程數學之前，我一直認為覺得工程數學應該很枯燥	5	18	10	2	
	2. 我從開學就主動學習工程數學相關的知識	4	11	18	2	
	3. 工程數學對我未來的職業是有幫助的	13	14	8		
	4. 在沒有上過工程數學之前，我認為工程數學這種理論的科目，學了也無法應用在實際問題	3	7	5	16	4
	5. 上完一學期的課，我開始覺得學習工程數學也可以很開心	7	21	5	2	
	6. 上完一學期的課，我覺得我對數學的恐懼應該會減少	5	20	7	3	
工程數學自我效能	7. 我能夠獨立解決工程數學問題，不需尋求他人協助	6	9	10	9	1
	8. 工程數學的理論好抽象，我難以理解	7	11	13	4	
	9. 只要給我時間，工程數學的問題我應該都能解開	6	20	8	1	
STEM 學習動機	10. 我覺得科學、工程、數學、科技等理工科目很有趣	9	20	4	2	
	11. 我很高興自己選擇理工科系	10	17	7	1	
	12. 理工科系的學習內容有助於我的職涯選擇	10	24	1		
STEM 自我效能	13. 雖然在理工科系，但我對於理工的學習缺乏足夠能力	6	13	12	4	
	14. 理工的學習內容總是很抽象，學起來很費力	6	13	13	3	
	15. 若缺乏老師的引導，很多理工科目的複雜問題我很難獨立解題	8	18	5	4	
STEM 科際整合認知	16. 數學、工程、科學、科技等不同領域的知識，其實是互相影響的	22	12	1		
	17. 數學、科學等領域的理論性內容的學習，對於解決實際的工程與科技問題是沒什麼幫助的	7	3	5	15	5
	18. 若僅專長某幾個學科的內容，將來在職場遇到複雜問題時，會比較難整合知識去解決問題	13	20	2		
STEM 與 PBL 學習感受	19. 老師將工程數學的內容連結到實際的力學或電學等問題情境，有助於我更加了解數學理論	10	21	4		
	20. 老師課堂中用實際的問題引導我思考，有助於我了解如何應用所學到的工程數學理論	11	22	2		
教學影片之感受	21. 教學影片很方便，幫助我可以做課後練習	20	14	1		
	22. 利用 tronclass 直接連結老師的教學影片，方便我隨時複習	21	14			

## (7) 建議與省思 Recommendations and Reflections

在本計畫之教學過程中，透過教學成果與學生反饋，有幾點省思：

- (i) 學生在工程數學學習上，有充分的 STEM 學習動機，且本計畫之成果顯示，學生認為這樣的教學法可以幫助學習數學。但學生需要教師適度的引導，這成為工程數學結合 STEM 教學法上，對教師非常重要的工作之一：思考如何結合工程與物理應用問題，以及應用什麼樣的工具技術，作為學生學習的輔助(在本計畫中使用 Matlab 程式語言)。
- (ii) 本計畫中學生有很好的 PBL 學習感受，並且認為這樣的學習可以提升學生學習興趣。但教師如何引導學生從工程與物理問題切入、如何切入、如何引導學生思考與討論，也是教師需要持續努力的方向。
- (iii) 學生都很喜歡線上教學影片，可以隨時並重複觀看。因此除了實體現場教學，另外錄製階段性複習影片，學生上課即使一次沒辦法聽懂，亦可以再次觀看複習，如此可以減少學生學習的焦慮，少了挫敗感，就可以進而提升學習興趣。從影片觀看之頻率，可以看出成績非常好的學生與非常差的學生都可能是觀看次數特別多的族群，前者希望精益求精，後者希望跟上進度。不過學生喜觀的影片通常是整理過的複習影片或是 STEM 主題式影片，從過去的觀看率可以看出，他們對於冗長的上課完整錄影，通常沒有耐心觀看。
- (iv) 學生對於 STEM 科際整合教學與 PBL 問題導向之學習法應用於工程數學學習，都感覺可以幫助其了解工程數學之學習目的與應用場域，進而增進學習興趣與成就，達成本計畫預計之目標。
- (v) 在學生問題的群組討論上，學生還是顯示比較害羞的態度。雖然有少數同學可以清楚思慮與表達(如圖二)，但多是學習成就高的學生。因此未來在引導討論上，可以思考用更多元的方式，增加學生自信心與表達能力。

11.20:

首先題目要我們使用高斯公式，所以我們要先知道垂直於各面的單位法向量，第一個面是甜筒狀的，因為是等值曲面，所以我們可以先找梯度向量值，其值會垂直於該曲面；而 $\Sigma_2$ 由於其為xy 平面上之一平面，所以其垂直單位法向量為 $\mathbf{z}=1$ ,且因為此形狀為封閉圓形，向量場被其包圍，所以可使用高斯定理將面積分改為體積分。

此題的意義可以想成是，找出流過此圓形流體之通量，因為向量場和曲面法向量的內積再乘上曲面該曲面面積就是流量。

11.23:

主要是在向我們證明史托克定理確實是正確的，我們可以透過對圓形開口的面積分取代線積分反之亦然，其實這是不難想像的，我們可以把此甜筒狀的面切割成多個正方形的小面，透過格林定理逆時鐘旋轉積出此面的線積分，因為有多個方格，上下左右因為都有反方向線的向量抵銷其線積分值，最後會僅剩包圍缺口之線積分沒被取代，即得證為何可用甜筒開口之線積分取代面積分值。也就是史托克定理的意涵。

0回覆 3讀 0未讀 

圖二、學生參與群組討論的回覆

## 參考文獻 References

- Bybee, R. W. (2010). What Is STEM Education? *Science*, 329(5995), 996–996. doi:10.1126/science.1194998
- Chen, P. H. (2007). A study of STEM integrated teaching applied in the field of physics in junior high school. Unpublished master thesis, National Pingtung University of Science and Technology, Pingtung, Taiwan.
- Chi, H., & Jain, H. (2011). Teaching Computing to STEM Students via Visualization Tools. *Procedia Computer Science*, 4, 1937–1943. doi:10.1016/j.procs.2011.04.211
- Connor, K., A., Ferri, B., & Meehan, K. (2013). Models of Mobile Hands-On STEM Education Models of Mobile Hands-On STEM Education. *120th ASEE Annual Conference & Exposition*.
- Costelloe, E., Sherry, E., & Magee, P. (2006). Promoting reflection in novice programmers using a metacognitive interface with learning objects. *IADIS International Conference on Cognition and Exploratory Learning in Digital Age*, 283–288.
- Deek, F. P., Turoff, M., & McHugh J. A. (1999). A common model for problem solving and program development. *IEEE Trans. Education*, 42(4): 331-336.
- Evans, M. A., Lopez, M., Maddox, D., Drape, T., & Duke, R. (2014). Interest-Driven Learning Among Middle School Youth in an Out-of-School STEM Studio. *Journal of Science Education and Technology*, 1-17.
- Hammond, T. & Davis, R. (2005). *Developer Tools for Sketch Recognition User Interface Developers*. CSAIL, MIT. Retrieved from <http://publications.csail.mit.edu/abstracts/abstracts05/hammond/hammond.html>
- Hill, T., Smith, N. D., & Mann, M. F. (1987). Role of efficacy expectations in predicting the decision to use advanced technologies: The case of computers. *Journal of Applied Psychology*, 72(2), 307-313.
- Honey M, Kanter DE (2013) *Design, make, play: growing the next generation of science innovations*. Rutledge, London
- Katanski, D. (2013). Bridging the Creativity and STEM Crisis. *2013 ASQ Advancing the STEM Agenda Conference*, Section 4-2.
- Long, C. (2005). Maths concepts in teaching : procedural and conceptual knowledge. *Pythagoras*, 62, 59–65.
- Lou, S. J., Diez, C. R., Hsiao, H. C., Wu, W. H., & Chang, S. H. (2009). A study on the changes of attitude toward STEM among senior high school girl students in Taiwan. *Paper presented at the 2009 ASEE Annual Conference*, Austin, TX.
- Lou, S.-J., Shih, R.-C., Ray Diez, C., & Tseng, K.-H. (2011). The impact of problem-based learning strategies on STEM knowledge integration and attitudes: an exploratory study among female Taiwanese senior high school students. *International Journal of Technology and Design Education*, 21(2), 195–215. doi:10.1007/s10798-010-9114-8
- Maeda, J. (2011). *STEM to STEAM*. Rhode Island School of Design. Retrieved from <http://stemtosteam.org/>
- Maltese, A. V., Melki, C. S., & Wiebke, H. L. (2014). The Nature of Experiences Responsible for the Generation and Maintenance of Interest in STEM. *Science Education*, 98(6), 937-962. doi: 10.1002/sce.21132
- Mataric, M., Koenig, N., & Feil-Seifer, D. (2007). Materials for Enabling Hands-On Robotics and STEM Education. *AAAI Spring Symposium on Robots and Robot Venues: Resources for AI Education*, Stanford, CA.
- Morrison, J. (2006). *TIES STEM education monograph series, attributes of STEM education*.
- National Research Council (2011). *Successful K-12 STEM education: Identifying effective approaches in science, technology, engineering, and mathematics*. Washington, DC. The National Academies Press.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2006). *Assessing scientific, reading and mathematical literacy: A framework for PISA 2006*.
- Sadler, P. M., Sonnert, G., Hazari, Z., & Tai, R. (2012). Stability and volatility of STEM career interest in high school: A gender study. *Science Education*, 96(3), 411-427. doi: 10.1002/sce.21007
- Sanders, B. (2014). *Mastering Leap Motion*, Packt Publishing.
- Schnittka, C. G., & Bell, R. L. (2011). Engineering design and conceptual change in the middle school science classroom. *International Journal of Science Education*, 33(13), 1861–1887.
- Stohlmann, M., Moore, T., & Roehrig, G. (2012). Considerations for Teaching Integrated STEM Education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 2(1), 28–34. doi:10.5703/1288284314653
- Volk, K. S., & Yip, W. M. (1999). Gender and technology in Hong Kong: A study of pupils' attitudes toward technology. *International Journal of Technology and Design Education*, 9, 57-71. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Wei, L., Zhou, H., Soe, A. K., & Nahavandi, S. (2013, July). Integrating Kinect and haptics for interactive STEM education in local and distributed environments. In *Advanced Intelligent Mechatronics (AIM), 2013 IEEE/ASME International Conference on* (pp. 1058-1065). IEEE.
- Xie, Y., & Reider, D. (2014). Integration of Innovative Technologies for Enhancing Students' Motivation for Science Learning and Career. *Journal of Science Education and Technology*, 23(3), 370–380. doi:10.1007/s10956-013-9469-1
- Yılmaz, İ. & Yalçın N. (2011). Probability and possibility calculation statistics for data variables (VDOIHI); statistical methods for combined stage percentage calculation. *International Online Journal of Educational Sciences*, 3(3), 957-979.
- Yılmaz, İ., & Yalçın, N. (2012). The Relationship of Procedural and Declarative Knowledge of Science Teacher Candidates in Newton's Laws of Motion to Understanding. *American International Journal of Contemporary*, 2(3), 50-56.

## 附件 Appendix

### 附件一、工程數學學習問卷-開放式問題

開放式問題	
<b>利用 PBL 學習法之引導進行 STEM 科際整合教學</b> 本學期工程數學課程中，老師將數學理論結合工程、科學等其他領域之間問題進行教學，對你學習工程數學是否有幫助？有哪些幫助？	<b>在實體上課後，給予另外錄製的小單元複習教學影片</b> 本學期工程數學課程中，老師的教學影片是否對你有幫助？如何幫助？
有幫助 幫助我懂得如何實際應用	有 有影片能夠幫助我課後複習 能夠重複播放
有 能夠更了解自己在學什麼	有 可以隨時不會的回去重看影片 而且有老師的講解可以幫助了解
更好的與實務連結	有不懂的地方能隨時複習
在學習其他科目時也比較方便理解	影片中的例題也比較容易讓我理解定理的用法
有，學習更有效率	有，學習更有效率
能夠學習的更加完整	學習更有效率
有，如果不知道學工程數學究竟能在哪裡應用會讓我覺得比較沒有興趣去學習，但如果知道可以在哪裡使用則有助於助長我學習的動力。	有，有時候不一定上課聽一次就能明白老師教學的內容，但反覆聽講後有時就能明白老師的授課內容。
有些幫助，對於使用方法上面較有印象  了解如何用數學模型來表達電路在發生什麼事。	有，更加容易複習  是，更詳細的了解更工程數學在幹嘛，不會只是算他而已。
是；老師在教彈簧那一題題目的時候，把答案拆成穩態及暫態兩種，剛好跟上學期的電路學做結合，上學期的電路學在教 RC 放電及充電時，也是把答案拆成暫態及穩態兩種	是；可以跟實際科學狀況做結合，加深對數學知識的理解
有 sincos 這一類的	有 方便我課後複習
電路學或是動力靜力在計算的時候也會用到	是，可以用自己適合的速度看影片複習
有 能更理解現在學習的理論能應用在什麼事物上	有 在跟不上和看不懂的時候 可以自主複習
更清楚自己學習的目的	幫助我複習上學期的內容
有幫助，能讓我更清楚工數的實際應用	有幫助，可以把上課沒聽懂的東西，再複習一遍
是；了解工程數學在各領域的實際應用	是；考試前能夠快速複習
是，結合其他領域的知識進行教學使教學時更有趣、多元	是，上課時還未完全弄明白的地方可以課後重新理解一遍
幫助我更好理解	幫助我更容易理解題目
不知道我是轉學生沒上過	課後還能複習
無	有
有，更快理解	有，學得更精
有幫助	目前無
無	更了解工數在物理問題上的應用
比較了解工數的應用	複習起來比較輕鬆
有，知道工數在幹嘛	非常有，在家讀書讀不懂時，可以看影片複習
有，學習其他專業科目能更快理解	有，讓我更容易複習工程數學
結合其他領域可以更具體化，幫助我們更容易理解，也更懂得應用	如果不會可以看影片，24 小時都有，沒有時間上的問題
是，方便我更加理解	是，可以隨時觀看
有喔	有呢
對於我在其他科目利用工數的計算上，有比較好解決	上課時沒聽懂的內容能利用影片再複習一次

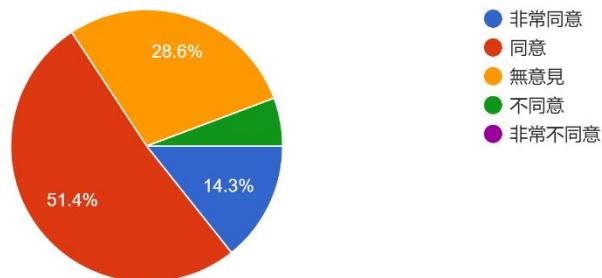
I'm not sure what kind of help I got, I only know that they are related to each other	Yeah, it helps me understand the logic or the way to do it
無意見	幫助我更加了解課堂內容
能夠學習的內容更加完整	學習會更有效率
對電路學學習有幫助	不懂能重複觀看
有幫助。讓我更能夠應用在不同領域上	是。讓我也能夠把上課遺忘的部分重新複習

## 附件二、工程數學學習問卷統計

### 工程數學問卷結果

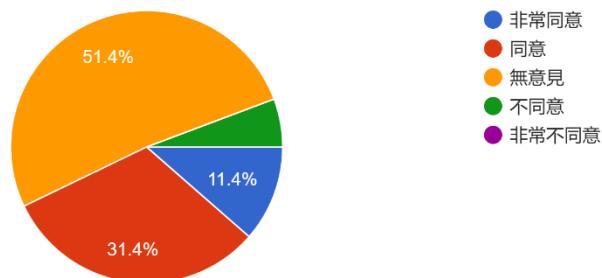
1. 在沒有上過工程數學之前，我一直認為覺得工程數學應該很枯燥

35 則回應



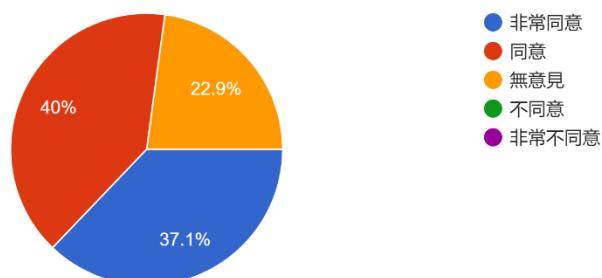
2. 我從開學就主動學習工程數學相關的知識

35 則回應

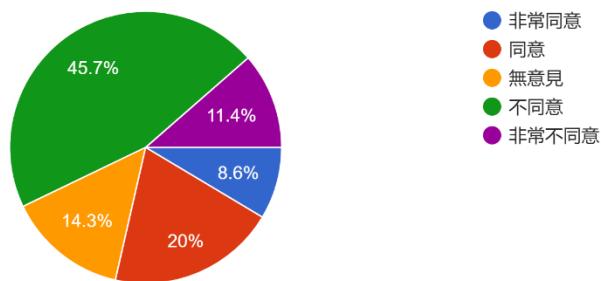


3. 工程數學對我未來的職業是有幫助的

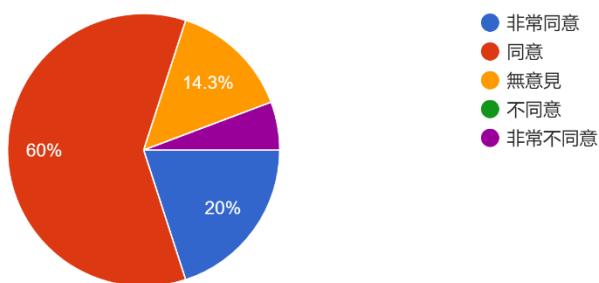
35 則回應



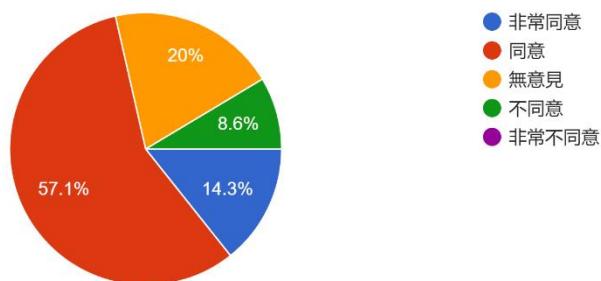
4. 在沒有上過工程數學之前，我認為工程數學這種理論的科目，學了也無法應用在實際問題  
35 則回應



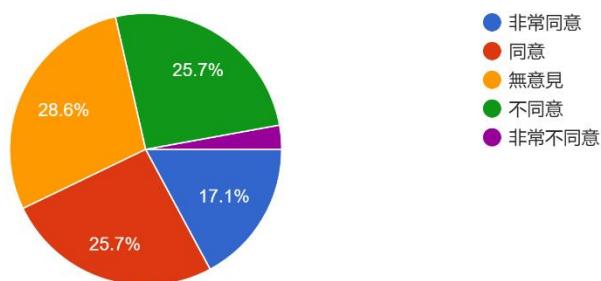
5. 上完一學期的課，我開始覺得學習工程數學也可以很開心  
35 則回應



6. 上完一學期的課，我覺得我對數學的恐懼應該會減少  
35 則回應

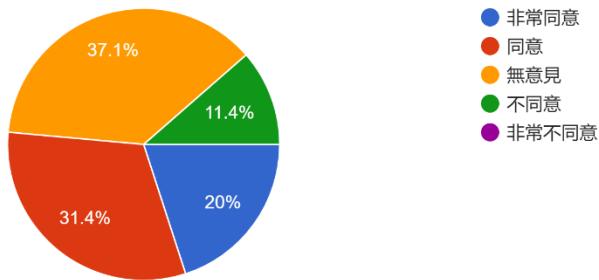


7. 我能夠獨立解決工程數學問題，不需尋求他人協助  
35 則回應



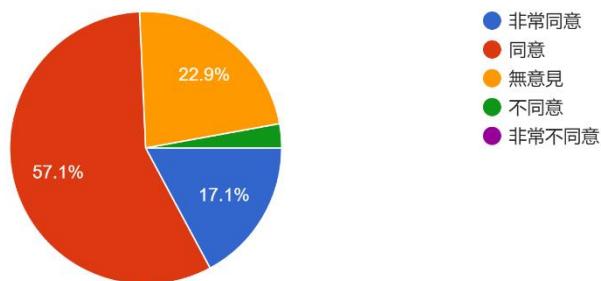
8. 工程數學的理論好抽象，我難以理解

35 則回應



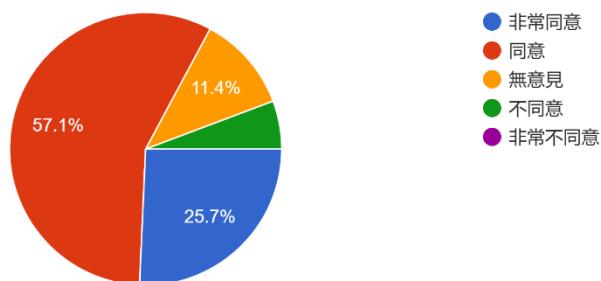
9. 只要給我時間，工程數學的問題我應該都能解開

35 則回應



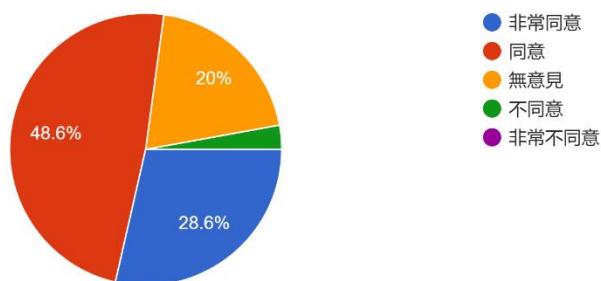
10. 我覺得科學、工程、數學、科技等理工科目很有趣

35 則回應



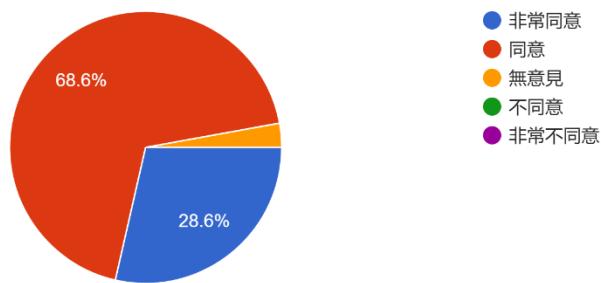
11. 我很高興自己選擇理工科系

35 則回應



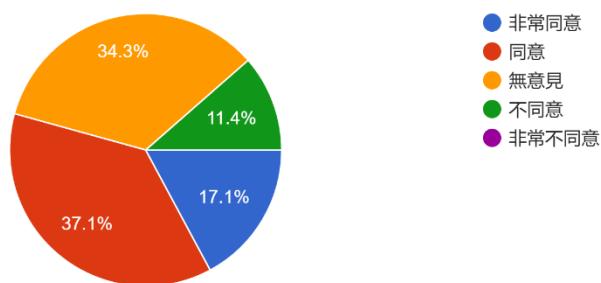
12. 理工科系的學習內容有助於我的職涯選擇

35 則回應



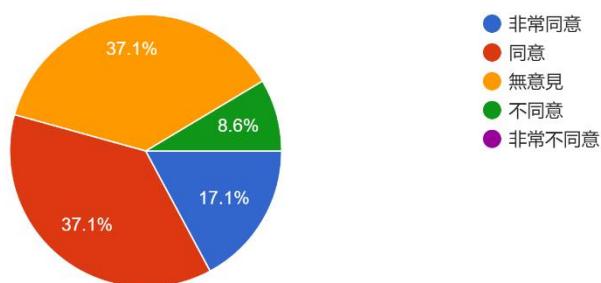
13. 雖然在理工科系，但我對於理工的學習缺乏足夠能力

35 則回應



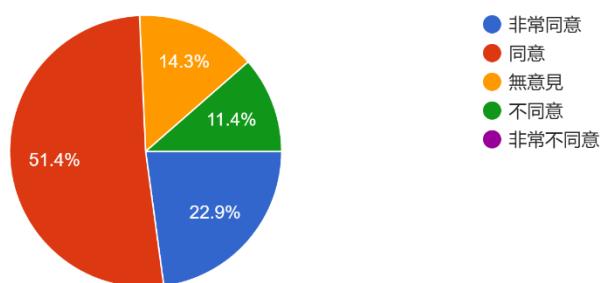
14. 理工的學習內容總是很抽象，學起來很費力

35 則回應

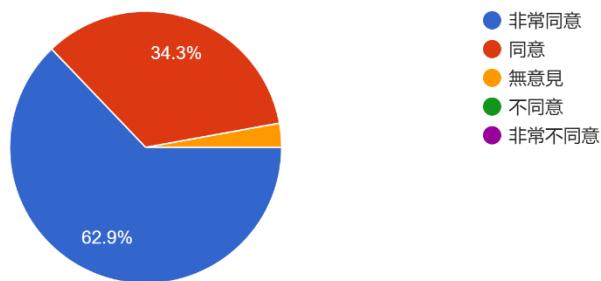


15. 若缺乏老師的引導，很多理工科目的複雜問題我很難獨立解題

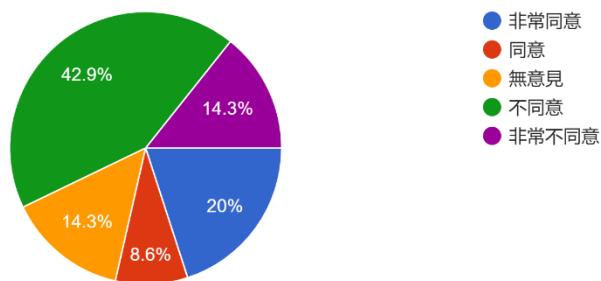
35 則回應



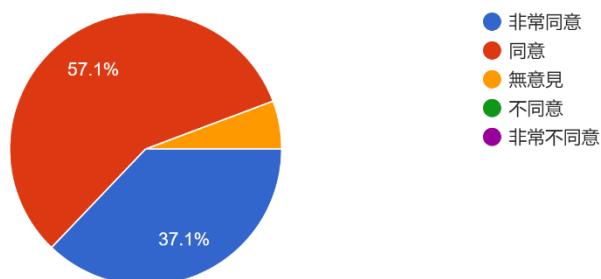
16. 數學、工程、科學、科技等不同領域的知識，其實是互相影響的  
35 則回應



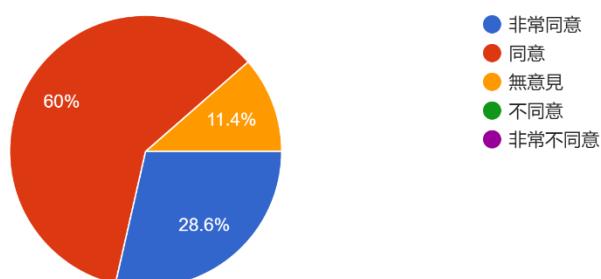
17. 數學、科學等領域的理論性內容的學習，對於解決實際的工程與科技問題是沒什麼幫助的  
35 則回應



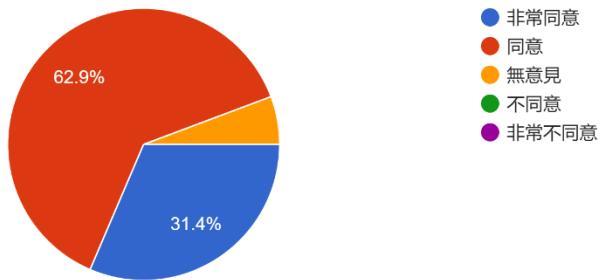
18. 若僅專長某幾個學科的內容，將來在職場遇到複雜問題時，會比較難整合知識去解決問題  
35 則回應



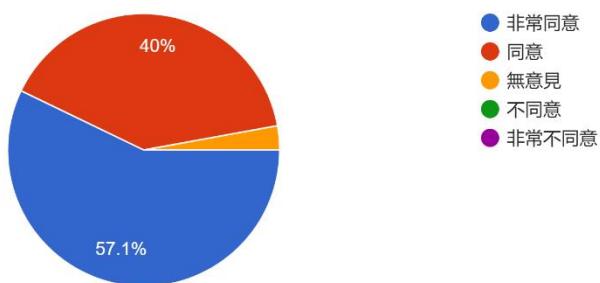
19. 老師將工程數學的內容連結到實際的力學或電學等問題情境，有助於我更加了解數學理論  
35 則回應



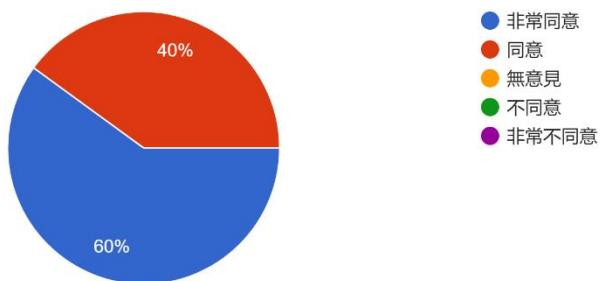
20. 老師課堂中用實際的問題引導我思考，有助於我了解如何應用所學到的工程數學理論  
35 則回應



21. 教學影片很方便，幫助我可以做課後練習  
35 則回應



22. 利用tronclass直接連結老師的教學影片，方便我隨時複習  
35 則回應



### 附件三、學生教學評鑑意見

16	1111	甲卷-一般性 B7212086 工程數學 教學課程	A	林育志	機械系最棒的老師，謝謝老師讓我們很開心的學習，能快樂學習工數，不讓學生有挫折感真的很重 要！
19	1111	甲卷-一般性 B7212086 工程數學 教學課程	A	林育志	老師教得超讚的！讓我能快樂的學 習工程數學
20	1111	甲卷-一般性 B7212086 工程數學 教學課程	A	林育志	無
24	1112	甲卷-一般性 B7222086 工程數學 教學課程	A	林育志	很好無其他建議
25	1112	甲卷-一般性 B7222086 工程數學 教學課程	A	林育志	很喜歡老師的教學方式，老師非常 注重學生是否有吸收到上課內容，會時刻關注我們的學習狀況
26	1112	甲卷-一般性 B7222086 工程數學 教學課程	A	林育志	教學認真
27	1112	甲卷-一般性 B7222086 工程數學 教學課程	A	林育志	很棒繼續維持
28	1112	甲卷-一般性 B7222086 工程數學 教學課程	A	林育志	無
29	1112	甲卷-一般性 B7222086 工程數學 教學課程	A	林育志	無
30	1112	甲卷-一般性 B7222086 工程數學 教學課程	A	林育志	無
31	1112	甲卷-一般性 B7222086 工程數學 教學課程	A	林育志	讚讚
32	1112	甲卷-一般性 B7222086 工程數學 教學課程	A	林育志	老師教得很好