**教育部 新工程教育方法實驗與建構計畫 第二期**

**課群教材成果撰寫格式說明**

1. 請以課群為單位，彙編課群系列教材成果。
2. 每一份課群教材，依序應包含下列內容，請參考說明撰寫(說明均以反灰標楷體呈現、繳交時請協助刪除)。本辦公室亦在後方以藍色字提供範例做為參考(繳交時亦請協助刪除)。
3. 課群教材封面

\*C類計畫請協助刪除主題領域勾選欄位

(二)主要內容 (以下羅列項目不足處，請自行新增)

1. 著作人或課群推動團隊簡介

簡述著作人或課群推動團隊成員之背景專長與本課群所負責之工作

1. 目次/目錄

請依撰寫習慣或需求，進行目次或目錄、章節序號及頁碼之編輯

1. 前言

簡述課群教學目標、課群主題建構理念、教材整合精神、以及執行方法

1. 主題式課群之知識架構與教學方法

\*請簡述本課群含括的必修課與選修課(若含)之專業知識，與實務課程(或專題)之重點內涵，並清楚闡述它們之整合後的知識架構與教學方法；重點在知識間串連的邏輯而非課程真實執行上的時間表

\*課程名稱與自行開發之教材名稱與種類(份數)請符合計畫書與教材開發規劃表

1. 內容

\*依需要展開各章節內容

\*各章節分別敘述授課目標，再呈現授課內容。重點在於釐清本課群問題所需的專業知識 (而非傳統課本對應的整個章節)

\*若某單元的內容100%依照某本課本某章節、可直接引用，不須複製於此，但須提供內容關鍵字；也可以是80%引用課本、20%為老師創建之教材；當然也可以是100%老師原創的教材。**(未獲授權，但依授課需求建議參考之書籍或教材，請於該單元適當位置註明「延伸閱讀：○○○」，請勿於未經授權之情形下，將他人之著作編入本教材。)**

\*老師創建之教材為書寫重點、中英文皆可。

\*教材可以「內含」形式呈現於各項次內容；亦可以附件引用方法穿插於各項次，並在附錄依序呈現所創建之教材。請自行依恰當方式呈現。

\*實作專題請敘述用來串聯前述專業知識的設計邏輯、教學目標，再闡述內容與進行方式 (可以是理論推導、數值計算、實驗量測、設計專題、實務專題、業界參訪等等)

1. 配套措施

請敘述本課群實施經驗，如何串聯不同課程，以落實教學目的。

1. 總結
2. 參考文獻

請清楚註明參考資料

1. 附件(非必須)

附件不只一項時，請依序編號。

請適當註明各附件之標題(或單元教材名稱)及著作人，以及版權及授權聲明。

1. 著作權聲明(必要)

* 著作權聲明：內容所用素材來源及版權聲明。如有涉及使用智慧財產權之糾紛或任何權利之侵害時，悉由受補助單位及執行人員自負法律責任。
* 依據教育部辦理補助大學校院新工程教育方法實驗與建構計畫徵件須知第13點，本計畫由教育部補助產出之教材，**原則上歸屬受補助單位所有**。但受補助單位對於研發成果及其智慧財產權，應同意無償授權本部及本部所指定之人為不限時間、地域或內容之利用，著作人並應同意對本部及本部所指定之人不行使著作人格權。為尊重實際創作者，建議說明實際參與著作或編輯之成員。
* 提醒：以上所提供之教材檔案，未來將供教育部新工程教育方法實驗與建構計畫基於推廣之目的公開上網，未能符合上網要求之檔案請勿併入繳交。

1. 編輯建議：
2. 請勿使用有版權的字體，建議使用常見字體，例如：中文請用新細明體、標楷體或微軟正黑體等，英文請用Arial、Times New Roman等。
3. 請勿使用有版權的圖片或翻拍，建議自行創作所需圖檔。
4. 主要內文建議以12pt字體大小，單行間距呈現。其餘請依內容呈現需要自行決定。
5. 請編輯頁碼、並確認與目次相符。

**教育部新工程教育方法實驗與建構計畫第二期**

**教材成果**

□ **A類計畫-全面課程地圖與學習架構調整計畫**

□ **C類計畫-學院主題式課群建構計畫**

□ **A＋類計畫-主題式課群精進及推廣計畫**

主題領域：□機械航空 □土木水利環工 □化工

□材料 □電機 □資訊 □其他

計畫名稱：

課群名稱：(例：熱平板強制散熱之實作與解析)

執行學校：請書寫全銜

執行單位：請書寫全銜

著 作 人：請書寫所有編者之姓名及職稱

**日 期：中華民國 年 月 日**

**著作人簡介**

請敘述著作人或課群推動團隊成員之背景專長與本課群所負責之工作 (一頁)

**目次**

* [前 言 1](#_Toc32417400)
* [主題式課群之知識架構與教學方法 2](#_Toc32417401)
* [教材內容 5](#_Toc32417402)

[**01 Vector Calculus 5**](#_Toc32417403)

[**02 Control Volume Analysis 6**](#_Toc32417404)

[**03 Conduction 7**](#_Toc32417405)

[**04 Partial Differential Equation 8**](#_Toc32417406)

[**05 Thermal couple and infrared thermometer 9**](#_Toc32417407)

[**06 Project A: Temperature over a 2D heating plate 10**](#_Toc32417408)

* [配套措施 12](#_Toc32417409)
* [總 結 13](#_Toc32417410)
* [參考資料 14](#_Toc32417411)
* [附件一 15](#_Toc32417412)
* [附件二 16](#_Toc32417413)
* [附錄、著作權歸屬聲明 17](#_Toc32417414)

# 前 言

請敘述課群教學目標、課群主題問題建構理念、教材整合精神、以及執行方法 (至多兩頁)

(例:

本課群「**熱平板強制散熱之實作與解析**」旨在串聯工程數學、流體力學、及熱傳學的部分課程內容，課群規劃的精神是透過物理現象描述的需求(真實問題)導入工程數學的角色，爾後討論相對應的數學方法與力學觀念(專業知識)，最終再回歸物理問題(串聯)。

本課群建構理念將工業應用常見的強制熱對流問題解構成構成「熱傳導」與「熱傳導與強制熱對流」兩大主題，先由日常生活經驗體現物理現象、再引入科學定量量測實驗觀測特定物理量，爾後討論工程所需之量化描述與預測及控制，進而釐清物理力學模型之必需，從而學習所需之數學理論；最後在實作課程中串聯理論預測與實驗量測結果，加深學生理論與實務之連結。爾後，我們在引入求解理論之困難，進而闡述合理工程近似解之必需，由此設計「因次分析與降階方程式」與「數值解與統合分析(lumped analysis)」主題，來串連平板強制熱對流半解析解到工程解的學習，讓學生同步熟悉工程手段以及其背後物理解析之能力，相輔相成。

本課群教材整合的邏輯，則有最基礎的熱傳導問題展開有方向性物的理量傳遞之認識，搭配實際實驗感受物理量之空間變化，進而引述工程所需之量化描述與預測及控制，從而引入相關之與，再回歸熱傳導之工程實作問題，此為第一階段之實作。爾後我們在熱傳導的問題上引入熱對流，從實驗量測感知強制流場對以之熱傳導現象之影響，進而促發好奇心而完成量化流場量測。以此為目標，展開流場統御方程式的推導…….

# 主題式課群之知識架構與教學方法

請簡述本課群含括的必修課與選修課(若含)之專業知識，再將課程與各課程與本課群有關的專業知識彙整於「**課程與專業知識單元表」**(必要)，爾後盤點團隊為協助學生串連學習而自行設計開發的實驗、實務、實習、或專題課程的課程講義、或實驗、實務或專題課程之教材，並闡述其串聯學習的理念。再透過「**專業知識串連表」**呈現整合後的知識架構與對應的教學方法。專業知識串連表之目的在呈現知識單元學習串連的邏輯最理想的狀況，也因此可與真實課程的時間有些微出入。惟課程名稱與自行開發之教材名稱與種類(份數)請符合計畫書與教材開發規劃表。(最多六頁)

請自由發揮，以下僅舉例說明:

本「平板強制熱對流課群」統整三門必修課(A、B、C)以及兩門選修課(D、E)的部分內容，各課程之專業知識單元盤點於「課程與專業知識單元表」，並加以編號以方便後續闡述；因應編撰之4份課程教材則整理於表後，予以編號(i~v)。此外，本課群規劃四次實務專題操作，對應的5份實務教材(I~V)與其核心知識則整理與最末。最後，再呈現課群間專業知識之串聯架構以及講授方式。

**課程與專業知識單元表**(必要、保留格式)

|  |  |
| --- | --- |
| **課程名稱** | **專業知識** |
| 必修課 | |
| **A. 流體力學** | A1 Control volume analysis; A2 Navier-Stokes’ equation; A3 Scaling analysis; A4. Boundary layer theory |
| **B. 工程數學** | B1 Vector calculus; B2 Partial differential equation; B3 Series solution; B4 Linear algebra |
| **C. 熱傳學** | C1 Conduction; C2 Convection; C3 Thermal boundary layer; C4 Lumped analysis |
| 選修課 | |
| **D. 熱流量測技術** | D1 Thermal couple; D2 Infrared thermometer; D3 Anemometer; D4 PIV |
| **E. 數值分析** | E1 Difference equation; E2 System of linear equations; E3 Numerical scheme |

**課程教材**

1. 「**強制熱對流問題裡之流體力學**」講義
2. 「熱平板**熱傳導之分析**」講義
3. 「熱平板**強制熱對流之量測**」講義
4. 「熱平板**強制熱對流之數值分析與電腦模擬**」講義

**實務實驗教材**

1. 「**二維加熱平板之溫度量測與分布**」實驗講義

本講義彙整熱電耦與紅外線熱像儀量測原理，並闡述二維定熱通量加熱板 之理論模型以供實驗結果驗證

1. 「**二維加熱平板之溫度量測與分布**」實驗教材

本實驗教材含實驗設備一套之設計、實驗步驟以及實驗報告問題；將透過實驗量測不同邊界條件下平板溫度變化、並與理論數值計算結果比較驗證，體驗理論與實務之關聯

1. 「**二維加熱平板強制熱對流流場與溫度場**」實驗講義

本講義教授熱線風速計與PIV流場量測原理，並闡述擬二維強制熱對流風 場速度與溫度分布之理論模型

1. 「**二維加熱平板強制熱對流流場與溫度場**」實驗教材

本教材闡述如何利用(I)之實驗設備擴充實驗，在加熱板上方流場與溫度場量測設計概念、介紹流場可視化實驗實驗步驟觀測熱邊界層與速度邊界層，並給實驗報告問題探討量測溫度與速度分布並與解析解相比；希望透過實驗理解強制對流風場性質對熱板溫度之影響、體驗邊界條件及驗證理論模型

1. 「**強制熱對流模擬與分析**」實驗講義

本講義闡述強制熱對流流場之數值計算模型與演算法，並連結與實驗相符之模擬計，來與(III)講義之理論與(IV)實驗整合，估算並理解熱對流係數(Nusselt number)之意義；此外並探究對應lumped analysis結果，理解lumped analysis的用途與限制

本課群所有教學內容以「**專業知識串連表」**呈現於下表，並標註教學方法與對應教材，以及堂數 本規劃並非以一學期之概念設計)：

**專業知識串聯表**(必要、保留格式)

|  |  |
| --- | --- |
| 項次 | 課程名稱/專業知識/教學內容簡述 |
| 01 | 工程數學B1 Vector calculus  授課[5堂]；實驗與電腦模擬觀測[2堂、教材(iv)] |
| 02 | 流體力學A1 Control volume analysis  授課[3堂、教材(i)] |
| 03 | 熱傳學C1 Conduction  授課[2堂]、分組實作[3堂]，均用教材(ii) |
| 04 | 工程數學B2 Partial differential equation  授課[3堂]、分組實作[4堂]，均用教材(ii) |
| 05 | 熱流量測技術 D1 Thermal couple D2 IR  授課[1堂、教材(iii)] |
| 06 | Project A: Temperature over a 2D heating plate  授課[1堂、教材(I)]、實驗[7堂、教材(II)] |
| 07 | 流體力學A2 Navier Stokes’ equation  授課[2堂]、分組實作[3堂]，均用教材(i)；電腦軟體模擬觀察[1堂、教材(iv)] |
| 08 | 熱傳學C2 Convection  授課[2堂]、分組實作[3堂]，均用教材(i)；電腦軟體模擬觀察[1堂、教材(iv)] |
| 09 | 熱流量測技術 D3 Anemometer, D4 PIV  授課[1堂、教材(iii)]、電腦PIV操作[1堂、教材(iii)、(II)] |
| 10 | Project B: Effect of forced convection on the temperature of a heated plate  授課[1堂、教材(I)]、實驗[4堂、教材(II)] |
| 11 | 流體力學A3 Scaling analysis  授課[1堂、教材(i)] |
| 12 | 流體力學A4 Boundary layer theory  授課[2堂]、分組實作[2堂]，均用教材(i) |
| 13 | 熱傳學C3 Thermal boundary layer  授課[2堂]、分組實作[2堂]，均用教材(ii) |
| 14 | 工程數學D3 Series solution  授課[1堂]、分組實作[4堂、教材(i)(ii)] |
| 15 | Project C Thermal/ velocity BLs over a 2D heated plate  授課[1堂、教材(III)]、實驗[7堂、教材(IV)] |
| 16 | 熱傳學B4 Lumped analysis  授課[3堂]、分組實作[2堂]，均用教材(ii) |
| 17 | 數值分析 E1 Diffe-rence equation, E2 System of linear equations  授課[1堂、教材(iv)]、分組實作[3堂、教材(V)] |
| 18 | 工程數學 B4 Linear algebra  授課[6堂]、電腦軟體計算[1堂、教材(V)] |
| 19 | 數值分析 E3 Numerical scheme  授課[2堂、教材(iv)]、數值程式實作[4堂、教材(V)] |
| 20 | Project D: Simulation of forced convection over a heated plate vs. its lumped analysis  授課[1堂]、數值程式與分析實作[6堂]，均用教材(V) |

# 教材內容

**01 Vector Calculus**

\*請敘述本章節授課目標，再呈現授課內容。重點在於釐清本課群問題所需、相關的專業知識 (而非整個章節)。

\*若這單元的內容100%依照某本課本某章節、可直接引用，不須複製於此，但請提供重點內容之關鍵字；也可以是80%引用課本、20%老師為課群創建之教材；當然也可以是100%老師原創的教材。

\*老師創建之教材為書寫重點、中英文皆可。教材可以內含形式呈現於各項次內容，亦可以附件呈現於本教材文末，改在各項次對應單元引用。請團隊以適當方式編撰即可。

(例:

目標 學習向量空間微分、積分，及其如何應用於計算物理量；搭配實驗觀測及軟體操作畫圖加深其理解。

1. **Lecture**

此為完全引用參考書目章節的範例

請參閱工程數學課本 Advanced Engineering Mathematics 6th Edition by D.G. Zill (Jones & Bartlett Learning Publishing) 第9章內容

**內容關鍵字:** Del operator, gradient of a scalar function, divergence or curl of a vector function, Divergence’s theorem, Stokes’ theorem

1. **Computer-aided demonstration**

此為以附件呈現教材、並部份引用的範例

自行編撰○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○

為更進一步展示向量場之特性，我們參閱附件1、「教材V: 熱平板**強制熱對流之數值分析與電腦模擬**」講義(○○○著，109年○月)之第xx~xx頁之內容來操作軟體，觀察○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○

**02 Control Volume Analysis**

目標 學習Control volume analysis如何應用於推導連體物理量守恆方程式的應用並連結Stokes’ theorem及Divergence theorem，搭數值軟體展示以加深其物理理解。

1. Lecture

自行編撰教材內容內含範例

「教材i:**強制熱對流問題裡之流體力學**」講義Part. I

○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○

**03 Conduction**

目標 學習如何由Control volume analysis所得的能量守恆方程式(積分式)，轉成微分式，認識Diffusion equation (Heat equation)。學習穩態、非穩態熱傳，及熱導係數的物理意義；針對有限域問題，學習邊界(初始)條件的設定及求解。搭配電腦計算級數解、繪圖加深現象的理解，及工程應用上級數解收斂性的概念。

1. **Lecture**

此為教材內含的範例

「教材ii:熱平板**熱傳導之分析**」講義 Part I. (○○○著，109年○月)

○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○

1. **Group activity**

此為教材內含的範例

「教材ii:熱平板**熱傳導之分析**」講義 Part II. (○○○著，109年○月)

○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○

**04 Partial Differential Equation**

目標 推展至Laplace equation與Wave equation讓學生拓展不同物理現象的數學模型、邊界條件以及相對應的求解方式；建立線性微方的解空間中eigenfunction線性疊加的概念。

* 1. **Lecture**

此為教材內含的範例

「教材ii：熱平板**熱傳導之分析**」講義 Part III. (○○○著，109年○月)

○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○

* 1. **Group activity**

此為教材內含的範例

「教材ii：熱平板**熱傳導之分析**」講義 Part IV. (○○○著，109年○月)

○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○

**05 Thermal couple and infrared thermometer**

目標 介紹兩種溫度量測方法之原理：熱電耦、紅外線熱像儀

**Lecture**

此為教材內含的範例

「教材iii：熱平板**強制熱對流之量測**」講義 Part I. (○○○著，109年○月)

○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○

**06 Project A: Temperature over a 2D heating plate**

請敘述用來串聯前述專業知識的實作專題，並說明教學目標

可以是理論推導、數值計算、實驗量測、設計專題、實務專題、業界參訪等的進行方式與內容，

目標 透過實驗驗證03單元理論計算的溫度分布；並同步學習溫度場的量測方法(紅外線)、真實邊界條件和數學模型的對應(等溫、等熱通量)、並感受不同邊界條件對解的影響

* 1. **Lecture**

此為教材內含的範例

「教材I：**二維加熱平板之溫度量測與分布**熱平板**熱傳導之分析**」 (○○○著，109年○月)

溫度量測在工程應用上有廣泛的需求與應用，常見的溫度量測方法有：水銀溫度計、雙金屬溫度計、紅外線熱像儀、以及熱電耦。這裡，我們將討論熱電耦與紅外線熱像儀量測原理。

○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○

有了以上兩種溫度量測方法並且校正後，我們可以應用來量測一個二維鋁板以定電流加熱時的溫度分布及奇隨時間的變化，並與03、04單元所學之理論模型相比較。

○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○

* 1. **Laboratory & Group activity**

此為教材內含的範例

「教材II：**二維加熱平板之溫度量測與分布**」實驗講義 (○○○著，109年○月)

實驗目的：學習定電流加熱平板之溫度變化之量測、以體驗不同邊界條件的影響；也藉數據處理、製作表格與繪圖，來學習科學性論述與呈現的方法，並與理論數值計算結果比較驗證，理解量測誤差的改念。○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○

實驗設備：

○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○

實驗步驟：

○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○

結報問題：

○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○

# 配套措施

請敘述本課群執行經驗，如何串聯不同課程，以落實教學目的。

# 總 結

請概述本課群開發理念，成果統整概述，分享注意事項與未來展望。

# 參考資料

請依出現順序條列參考資料(課本、網頁等)、單行間距(12pt、前後行不額外增加間距

1. Advanced Engineering Mathematics 6th Edition by D.G. Zill (Jones & Bartlett Learning Publishing)

2. ○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○

3. ○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○

# 附件一

「教材V:熱平板**強制熱對流之數值分析與電腦模擬**」講義

○○○著，109年○月

○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○

○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○

○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○

○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○

○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○

# 附件二

# 附錄、著作權歸屬聲明

著作權歸屬聲明:

1.若有引用他人內容，請說明所用素材來源及所獲授權聲明。如有涉及使用智慧財產權之糾紛或任何權利之侵害時，悉由受補助單位及執行人員自負法律責任。

2.本教材依據教育部辦理補助大學校院新工程教育方法實驗與建構計畫徵件須知第13點，本計畫由教育部補助產出之教材，**原則上歸屬受補助單位所有**。但受補助單位對於研發成果及其智慧財產權，應同意無償授權本部及本部所指定之人為不限時間、地域或內容之利用，著作人並應同意對本部及本部所指定之人不行使著作人格權。為尊重實際創作者，建議說明實際參與著作或編輯之成員。

3.提醒：以上所提供之教材檔案，未來將供教育部新工程教育方法實驗與建構計畫基於推廣之目的公開上網，未能符合上網要求之檔案請勿併入繳交。