

# 國立台灣大學 一一〇 學年度第二學期 機械工程學系教師課程教學規劃表

## 一、課程基本資料

課程名稱	中文：流體力學				
	英文：Fluid Mechanics				
課程類別	<input checked="" type="checkbox"/> 必修 <input type="checkbox"/> 知識領域選修 <input type="checkbox"/> 一般選修			班次	03
授課教師	伍次寅			學分數	3
課程編號	ME2007	每週上課時數	3	選修人數	
上課時間	二 2 五 34	先修課程	物理、微積分、工數	適修年級	二

## 二、課程教學目標與預期成效

### 課程教學目標：

#### 班次 03

教導學生明瞭流場基本觀念以及流體運動之物理現象，傳授學生描述與分析流場的方法與技巧，使學生具備解析與處理基本流場問題之能力，並能將所學的知識靈活應用於其他與流體力學相關的領域上。

預期教學成效	教學策略及方法	評量方式	細部教育目標
瞭解流體基本特性以及「流場」之概念	A 講述教學法 C 示範教學法 E 問題或專題教學法	a 考試 b 測驗 c 作業	1,2,4
熟習流場運動方程式之推導及方程式中各項與各個無因次參數所代表之物理意義	A 講述教學法 C 示範教學法 E 問題或專題教學法	a 考試 b 測驗 c 作業	1,2,4
學會描述以及分析流場的一些方法與技巧	A 講述教學法 C 示範教學法 E 問題或專題教學法	a 考試 b 測驗 c 作業	1,2,4
訓練會運用力學觀念來解釋一般流場中所觀察到的一些流體流動的物理現象	A 講述教學法 C 示範教學法 E 問題或專題教學法	a 考試 b 測驗 c 作業	1,2,4
會將所學之流體靜力與動力觀念及方程式應用於解析與流力相關之工程或其他領域之問題	A 講述教學法 C 示範教學法 E 問題或專題教學法	a 考試 b 測驗 c 作業	1,2,4
對流場之數值模擬計算與簡易之流力實驗有初步的認識	A 講述教學法 G 電視及多媒體教學法 K 電腦輔助教學法	a 考試 b 測驗	1,2,4

### 三、課程教學大綱

#### **班次 03**

##### 1. Introduction:

concept of fluid, assumption of fluid as continuum, concept of a flow field (Eulerian vs. Lagrangian descriptions of flow), integral and differential analyses of flow field, properties of fluid, dimensions and units, viscosity of fluid, flow classification, basic flow-analysis techniques

##### 2. Mathematical tools used in describing fluid-flow:

Cartesian tensor, tensor operators (gradient, divergence, curl) and their physical meanings, important vector (tensor) identities, Green's and Stokes' Theorems, orthogonal curvilinear coordinate systems, tensor operators (gradient, divergence, curl) in orthogonal curvilinear coordinate systems

##### 3. Fluid statics:

pressure and pressure gradient, hydrostatic condition, hydrostatic pressure distribution, hydrostatic forces on plane surfaces, buoyancy and stability, pressure distribution of fluid in solid-body motion

##### 4. Fundamentals of flow description:

velocity and acceleration of flow field, material derivative, flow patterns (streamlines, pathlines, streaklines, material lines), surface force and stress tensor, deformation of fluid element, strain-rate and rotation-rate tensors, rotationality and vorticity

##### 5. Control-volume analysis (integral analysis) of flow field:

control-mass and control-volume approaches, Reynolds Transport Theorem, conservation laws of fluid mechanics, Bernoulli equation, applications

##### 6. Differential analysis of flow field:

differential formulations of conservation laws, inviscid flow equations, viscous flow equations (Navier-Stokes equations), energy equation, physical boundary conditions, stream function, vorticity and irrotationality, velocity potential, streamlines and potential lines, some illustrative solutions to flow equations.

##### 7. Dimensional analysis and similarity:

principle of dimensional homogeneity, non-dimensionalization and dimensionless parameters, the Buckingham Pi theorem, similarity and modeling

##### 8. Potential flows (inviscid, incompressible and irrotational flows):

theory of potential flow, irrotationality and circulation, complex-potential method for solving 2-D potential flows, elementary plane-flow solutions, superposition of plane-flow solutions, plane-flow past a closed body, force and moment on the body, Kutta-Joukowski theorem, brief introduction of lift force on airfoil

##### 9. Boundary-layer flows:

boundary-layer theory, formulation of boundary-layer equations, integral form of boundary-layer equations, Karman momentum integral equation, laminar and turbulent boundary layers, drag and drag coefficient, boundary layer along a flat plate, boundary layers with pressure gradient, flow separation, boundary layer over a circular cylinder

and sphere

10. Incompressible viscous flows in ducts:

physical aspects of pipe flows, introduction to turbulence, laws of turbulent flow near wall, fully-developed laminar pipe-flow solutions, head loss of pipe flow, fully-developed turbulent pipe-flow formulas, Moody chart for pipe-flow problems, major and minor (head) losses in pipe-flow system

#### 四、教科書及參考書目（書名、作者、出版者、出版日期）及輔助教材

班次 03 教科書：‘Fluid Mechanics’, 8<sup>th</sup> ed., F. M. White, McGraw-Hill, 2016.

參考書：(1) ‘Fluid Mechanics, Fundamentals and Applications’, 3<sup>rd</sup> ed., Y. A. Çengel and J. M. Cimbala, McGraw-Hill, 2014. (detailed, major reference)

(2) ‘Introduction to Fluid Mechanics’, E. J. Shaughnessy Jr., I. M. Katz, J. P. Schaffer, Oxford University Press, 2005. (CD contains lots of video clips from experiments and numerical simulations)

(3) ‘Munson’s Fluid Mechanics’, Global Edition, P. M. Gerhart, A. L. Gerhart, J. I. Hochstein, Wiley, 2017.

(4) ‘Introduction to Fluid Mechanics’, 9<sup>th</sup> ed., R. W. Fox, A. T. McDonald, P. J. Pritchard, J. W. Mitchell, Wiley, 2016. (classic)

#### 五、課程說明與進度

##### 班次 03

流體力學是機械工程學科裡相當基礎的一門課程，是所有從事機械工程及相關領域的人所應具備的基本學識。流體力學包括的範圍非常廣泛，舉凡航空、造船、汽機車、能源、冷凍空調、土木、水利、河海、大氣、環境、化工、生物、生醫、製造等工程、產業以及自然科學都會應用到流體力學方面的知識。流體力學確實是一門困難且不容易學習的學科，其原因有三：(1)解析流力需使用大量數學工具，尤其是向量微積分(vector calculus)、張量(tensor)、微分方程(differential equations)、複變(complex variable)等數學知識，一般學生會感到畏懼。(2)流體看不到摸不到(譬如空氣)，且流體為一連續體，流動時通常不會保持固定形狀，因此在描述其受力及運動時須從與過去所學剛體運動不一樣的觀點來出發做處理；事實上流體力學是機械系大學部第一門以「場」的方式來描述運動的物理學科，與傳統動力學中所熟悉的描述質點物體運動的方式不同，易造成學生們的困惑。(3)除了極簡單的例子，一般流體流動現象所牽涉的物理相當複雜，通常無法僅藉由簡單的力學知識來解釋其現象及形成機制，造成學生學習上的沮喪進而對流力失去興趣。針對上述困擾，本課程的內容及安排即希望從下述三個方面來幫助同學們修習流力這門課：(1)解析(Analysis)；(2)應用(Applications)；(3)流體流動現象之解釋與剖析(Interpretation of fluid-flow phenomena)。

在解析方面，本課程會先複習(或預習)描述與分析流場所需的數學工具，尤其是向量場的微積分、張量的表達等，並詳細說明其目的及物理意義，然後將其應用於推導流場的運動方程式。在流力應用方面，本課程會舉一些實際的例子，教導如何從簡化問題、建立數學模式到求得解，以訓練同學們解決流力問題的能力。在流體流動現象之解釋與剖析方面，課程中將不時介紹一些在日常生活中會觀察到的流體流動

現象，運用課堂上所學到的知識去解釋現象形成的原因與物理機制，以培養同學們思考及辨析的能力。為了增加同學們學習的興趣，課堂中亦會播放一些流力方面的影片，取材自實驗、數值模擬、以及 Youtube 中於現實世界所拍攝到的眾多有趣的流場流動的情形；或是於課堂中穿插展示一些簡單的流力實驗，以加深同學們的印象，冀望能讓學習流力的過程不再枯燥無趣。

三個學分的課程時間有限，無法對流力多作介紹。為了節省時間，同學在修習本門課的同時最好能略為複習過去所學過之微積分與工程數學，以免一開始上課時感到吃力。

本課程的後續課程計有：熱傳學、流體力學二、空氣動力學、流體機械、二相流、紊流、冷凍空調原理與應用、燃燒學、熱流量測技術、計算流體力學、微機械熱流、理想流體力學、黏性流體力學、可壓縮流體力學……等。同學們在修完基本流體力學必修課程後，可依興趣從上述進階及專業課程中挑選合適者，繼續鑽研。

**(請注意兩次期中考試時間分別訂在第 7 週與第 13 週的星期三晚上另覓教室舉行，考試日期目前暫訂為 3/30 與 5/11，確切日期將於學期開始上課時公布。期末考則是訂在第 17 週的星期五 6/10 在原教室及原上課時段舉行。本課程須上課至第 18 週。)**

**(本班課程強調流場統御方程式的數學推導，流體運動的數學描述，以及流動現象物理機制的剖析。同學們在選課前應先慎重衡量自己的興趣與性向，再選擇適合自己修習的班級。)**

本課程 110 學年度第二學期各週之授課進度暫訂如下：

週次	講授內容概要	教科書章節
1	• Introduction —	(White) Ch.1 (lecture ppt)
2	• Mathematical tools used in describing fluid-flow —	(lecture ppt)
3	• Mathematical tools used in describing fluid-flow — • Fluid statics —	(lecture ppt) (White) Ch.2
4	• Fluid statics —	(White) Ch.2
5	• Fundamentals of flow description —	(lecture ppt)
6	• Control-volume analysis (integral analysis) of flow field —	(White) Ch.3
7	• Control-volume analysis (integral analysis) of flow field — • 1 <sup>st</sup> quiz (tentatively scheduled at evening on Wed. 3/30)	(White) Ch.3
8	• Control-volume analysis (integral analysis) of flow field — <b>(No class on Tue. 4/5)</b>	(White) Ch.3
9	• Differential analysis of flow field —	(White) Ch.4
10	• Differential analysis of flow field —	(White) Ch.4
11	• Special-type flows — Potential flows	(White) Ch.8

12	• Special-type flows — Potential flows	(White) Ch.8
13	• Dimensional analysis and similarity — • 2 <sup>nd</sup> quiz (tentatively scheduled at evening on Wed. 5/11)	(White) Ch.5
14	• Dimensional analysis and similarity — • Special-type flows — Boundary-layer flows	(White) Ch.5 (White) Ch.7
15	• Special-type flows — Boundary-layer flows • Incompressible viscous flows in ducts — (including brief introduction to turbulence)	(White) Ch.7 (White) Ch.6
16	• Incompressible viscous flows in ducts — (No class on Fri. 6/3)	(White) Ch.6
17	• Incompressible viscous flows in ducts — • Final exam (Friday 6/10, in class)	(White) Ch.6
18	• Incompressible viscous flows in ducts —	(White) Ch.6

## 六、評分及考試

### 班次 03 成績評量方式：

(1) 3 次考試(含期末考)，各次考試權重大致相同，總分 110-115 分，最後學期成績會轉換成等第制。

(請注意兩次期中考試時間分別訂在第 7 週與第 13 週的星期三晚上另覓教室舉行，考試日期目前暫訂為 3/30 與 5/11，確切日期將於學期開始上課時公布。期末考則是訂在第 17 週的星期五 6/10 在原教室及原上課時段舉行。本課程須上課至第 18 週。)

(2) 作業(指定習題但不需繳交，也不予評分)，習題講解已錄製成影像檔，會於上課時公布網址。

(3) 平時成績為額外加分(最多加至 5 分)，其形式於第一次上課時公佈。

## 七、授課教師與助教

### 班次 03 授課教師：伍次寅

工綜 618 室

電話 33662708

e-mail: [tywu@ntu.edu.tw](mailto:tywu@ntu.edu.tw)

Office hours: Tue. 12~2 pm

### 助教：彭瀚德

工綜 512 室

TEL: 3366-4496

e-mail: [r09522102@ntu.edu.tw](mailto:r09522102@ntu.edu.tw)

Office hours: Thu. 12~2 pm

註：本系細部教育目標如下：

1. 培養學生具備學理基礎及應用工程知識與技術之能力。
2. 訓練學生具備設計與執行實驗，以及發掘、分析、解釋、處理問題之能力。
3. 訓練學生設計系統、元件、製程及工程規劃與整合及創新之能力。
4. 配合科技及工業之發展需求，訓練學生執行工程實務之相關知識與技能。
5. 培養學生認識當前與機械工程相關之先進科技與時事議題，並整合跨領域知識之能力。
6. 培養學生團隊合作之精神，訓練表達溝通、運用外語及領導與管理之能力。
7. 培養學生端正品行、健全人格、熱心服務及重視專業倫理。