

國立交通大學

土木工程學系碩士班



應用力學網路教學系統製作-以質點、剛體平衡為例

E-Learning System of Applied Mechanics-
Case of Equilibrium of Particles and Rigid Bodies

研 究 生：陳冠寰

指 導 教 授：林昌佑 博士

中 華 民 國 一 百 零 一 年 一 月

應用力學網路教學系統製作-以質點、剛體平衡為例

E-Learning System of Applied Mechanics-
Case of Equilibrium of Particles and Rigid Bodies

研究生：陳冠寰

Student : Kuan-Huan Chen

指導教授：林昌佑 博士

Advisor : Dr. Chang-Yu Lin



A Thesis

Submitted to Department of Civil Engineering

College of Engineering

National Chiao Tung University

In Partial Fulfillment of the Requirements

For the Degree of

Master of Science

In

Civil Engineering

January 2012

HsinChu, Taiwan, Republic of China

中華民國一百零一年一月

應用力學教學系統製作-以節點、剛體平衡為例

研究生：陳冠寰

指導教授：林昌佑 博士

國立交通大學 土木工程學系碩士班

摘要

應用力學是土木工程領域中的基礎。透過觀念的層層堆疊，讓學生了解各項結構物的力學性質並建立解決力學問題的能力，成為後續學習材料力學、動力學、結構學等課程的根本。然而，由於應用力學的觀念有很強的連結性，學生往往因為某個單元的觀念偏差進而影響到後續章節的學習效果。本系統透過網路教學方式，融入知識地圖及教學理論，開發互動學習系統，建立出良好的網路教學平台，提升學生在應用力學上的學習成效。

本研究應用布魯姆認知流程圖，針對應用力學的問題設計出對應的解題流程及知識地圖。以引導的方式帶領學生建立完整的解題思路；利用知識地圖的連結，提升學生的學習效率；並透過問答的配合，導正學生的觀念並加深其印象。藉此輔助學生在應用力學上的學習。

關鍵字：網路教學、知識地圖、應用力學。

E-Learning System of Applied Mechanics-

Case of Equilibrium of Particles and Rigid Bodies

Student: Kuan-Huan Chen

Adviser: Dr. Chang-Yu Lin

Institute of Civil Engineering
National Chiao Tung University

Abstract

Applied mechanics is one of the most basic courses of mechanics in department of civil engineering. Through accumulated the learning-goals of each section, students can learn the physical properties of structures and build up the ability to solve mechanical problems, and become the foundation of learning structures, dynamics, and mechanics of materials. Whereas, there is a strong relevancy between each partials, students might learn applied mechanics stumbled because of misunderstanding some simple ideas.

By adding knowledge map and teaching theories, I construct an internet teaching platform with good interactive, which can improve students' learning outcomes in statics. Based on the revised Bloom's taxonomy, the study aimed on classified the applied mechanics' problems, established the knowledge maps and proper problem-solving processes. Leading students to build up their problem-solving ability by using step-by-step example guidance; Improving their learning effect by connected with every nodes through knowledge maps; Correcting and deepen their concepts by using several partial Q&A.

Keyword : E-Learning 、 Knowledge map 、 Applied mechanics.

誌謝

本論文能夠完成首先要感謝的是指導教授 林昌佑博士。老師的辛勤指導與悉心教誨對於我的學業及處事上有許多啟迪；老師在論文撰寫期間耐心的指導研究方向並提供研究資訊，幫助我順利完成論文研究，師恩浩瀚，學生銘記在心。同時，口試期間承蒙交通大學土木工程學系老師，洪士林教授及 趙文成教授於提供寶貴的建議及提醒，使本文更趨完整，在此表達最由衷的謝意。

研究期間承蒙同研究室的學長陳奕銘、馬臉、偉恩的提攜與照顧；一同趕進度及健身的同窗戰友呈祥；志瑜、哲豪、文平等學弟的支持及幫忙；口試期間前來聆聽並給予意見的一年級學弟們；交大朋友們的鼓勵及陪伴。謝謝大家生活上的相伴，讓我的研究生活更加精采！

我要把我最深的感謝留給爸爸及媽媽，在我研究所求學期間的全力的支持，讓我的能無後顧之憂的專心致力於論文的的研究。

最後再次感謝在新竹所結識的師長及朋友們，謝謝，衷心的祝福你們能平安喜樂、萬事順利。

目 錄

	頁次
中文摘要.....	i
英文摘要.....	ii
誌謝.....	iii
目 錄.....	iv
表目錄.....	vi
圖目錄.....	vii
第一章 緒論	1
1.1 研究背景.....	1
1.2 研究動機與目的.....	1
1.3 研究流程.....	2
1.4 研究架構.....	3
第二章 文獻回顧	4
2.1 教學理論基礎.....	4
2.2 布魯姆認知領域[4].....	6
2.3 知識地圖.....	8
2.3.1 知識地圖的定義[5].....	8
2.3.2 知識地圖的種類.....	9
2.3.3 知識地圖的功能.....	10
2.4 網路學習.....	10
2.4.1 網路學習特性.....	11
2.4.2 網路學習在靜力學上的應用.....	12
2.4.3 網路學習平台.....	13
第三章 系統建構	16

3.1 工具軟體.....	16
3.1.1 Flash CS4.....	16
3.1.2 PhotoImpact.....	19
3.2 系統架構說明.....	20
3.2.1 教學平台簡介.....	20
3.2.2 系統操作環境.....	20
3.3 教材製作及互動設定.....	23
3.3.1 章節編排.....	23
3.3.2 講義製作.....	24
3.3.3 例題製作.....	25
3.3.4 過程紀錄製作.....	28
第四章 實例展示及系統驗證.....	29
4.1 教學平台展示.....	29
4.2 講義展示-以「質點平衡」為例.....	29
4.3 例題展示-以「力矩」為例.....	31
4.4 例題展示-以「剛體平衡」為例.....	32
4.5 系統驗證.....	36
4.5.1 驗證對象.....	36
4.5.2 驗證方法及數據分析.....	36
第五章 結論與建議.....	39
5.1 結論.....	39
5.2 建議.....	40
參考文獻.....	41

表目錄

	頁次
表2.1 布魯姆認知領域設計流程[4]	45
表3.1 布魯姆認知領域在本系統的應用.....	46
表4.1 第四章例題功能使用次數.....	47
表4.2 第五章例題功能使用次數.....	48
表4.3 第四第五章功能使用率.....	49
表4.4 問卷調查.....	49
表4.5 教科書、其他教學網與本系統比較表.....	50



圖目錄

	頁次
圖 1.1 平板預計銷量及使用人口[1].....	51
圖 1.2 研究流程.....	51
圖 2.1 電腦輔助教學之定位[2]	52
圖 2.2 布魯普認知領域新舊版比較[4]	52
圖 2.3 概念型知識地圖[9].....	53
圖 2.4 流程型知識地圖[10].....	53
圖 2.5 教科書教學軟體-講義[15].....	54
圖 2.6 教科書教學軟體-評量[15].....	54
圖 2.7 應用力學教學網站-講義[16].....	55
圖 2.8 應用力學網站-詳解[17].....	55
圖 2.9 應用力學網影音教學[18].....	56
圖 2.10 語音秘書 Siri[19].....	56
圖 3.1 Flash 操作環境.....	57
圖 3.2 Flash 宣傳廣告[21].....	57
圖 3.3 Flash 遊戲開發[22].....	58
圖 3.4 Flash 按鈕功能展示.....	58
圖 3.5 Flash 腳本安排.....	59
圖 3.6 Flash 按鈕與鍵盤連動示意.....	59
圖 3.7 Flash 按鈕與程式碼.....	60
圖 3.8 Flash 按鈕與動畫.....	61
圖 3.9 PhotoImpact 操作環境.....	62
圖 3.10 PhotoImpact 影像處理對照圖.....	62

圖 3.11 系統組成.....	63
圖 3.12 架構說明-登入頁面.....	64
圖 3.13 架構說明-首頁.....	64
圖 3.14 架構說明-聯絡助教.....	65
圖 3.15 架構說明-各章節頁面.....	65
圖 3.16 系統知識地圖.....	66
圖 3.17 引導式例題說明-文字引導.....	67
圖 3.18 引導式例題說明-提示.....	67
圖 3.19 選擇式問答.....	68
圖 3.20 填空式問答.....	68
圖 3.21 填空式問答例題說明.....	69
圖 3.22 按鈕說明(提示).....	69
圖 3.23 按鈕說明(複習).....	70
圖 4.1 連結區.....	71
圖 4.2 首頁.....	71
圖 4.3 第二章頁面.....	72
圖 4.4 聯絡助教頁面.....	72
圖 4.5 講義展示-首頁.....	73
圖 4.6 講義展示-圖形動畫.....	73
圖 4.7 講義展示-自由體圖作法.....	74
圖 4.8 講義展示-列式及對應關係.....	74
圖 4.9 講義展示-x 方向分力.....	75
圖 4.10 講義展示-說明解題步驟.....	75
圖 4.11 例題展示-文字引導.....	76
圖 4.12 例題展示-合力矩列式.....	76

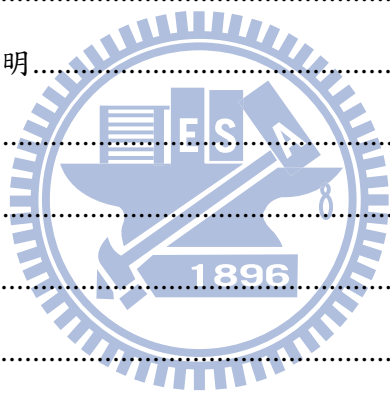


圖 4.13 例題展示-問答.....	77
圖 4.14 例題展示-引導指示.....	77
圖 4.15 例題展示-問答及提示.....	78
圖 4.16 例題展示-彈出視窗(複習).....	78
圖 4.17 例題展示-拉桿受力前.....	79
圖 4.18 例題展示-拉桿受力後.....	79
圖 4.19 例題展示-文字引導.....	80
圖 4.20 例題展示-拆解拉桿.....	80
圖 4.21 例題展示-動畫表示桿件受力.....	81
圖 4.22 例題展示-桿件自由體圖.....	81
圖 4.23 例題展示-二、三力桿提示.....	82
圖 4.24 例題展示-三力桿力作用線的延伸.....	82
圖 4.25 例題展示-三力共點.....	83
圖 4.26 例題展示-複習.....	83
圖 4.27 例題展示-問答.....	84
圖 4.28 例題展示-使用者答錯的狀況.....	84
圖 4.29 例題展示-問答旁的提示及解答.....	85
圖 4.30 例題展示-問答容許誤差.....	85
圖 4.31 例題展示-列式對應在圖上的力.....	86
圖 4.32 例題展示-求出 F_A	86
圖 4.33 例題展示-列出 F_A 算式及求出 F	87
圖 4.34 例題展示-求出答案.....	87
圖 4.35 二力桿件-知識流程圖.....	88
圖 4.36 例題展示-支撐.....	89
圖 4.37 例題展示-支撐反力.....	89

圖 4.38 例題展示-z 方向力.....	90
圖 4.39 例題展示-x 軸力矩.....	90
圖 4.40 例題展示-沿 x 軸作用的正力矩.....	91
圖 4.41 例題展示-沿 x 軸作用的負力矩.....	91
圖 4.42 例題展示-求出 B_z	92
圖 4.43 例題展示- B_z 的運算列式.....	92
圖 4.44 例題展示-求出 B_x	93
圖 4.45 例題展示-卡氏向量的提示及複習.....	93
圖 4.46 例題展示-位置向量的提示及複習.....	94
圖 4.47 例題展示-求出 F_{AC} 的卡氏向量表示.....	94
圖 4.48 例題展示-重力對 O 點產生的力矩.....	95
圖 4.49 例題展示-兩纜繩對 O 點的力臂.....	95
圖 4.50 例題展示-兩纜繩對 O 點的力矩.....	96
圖 4.51 線狀體受力-知識流程圖.....	96
圖 4.52 第四章功能使用率.....	97
圖 4.53 第五章功能使用率.....	97

第一章 緒論

1.1 研究背景

應用力學為土木工程系必修的基礎力學，其中探討包含靜止或等速運動物體的平衡。修讀應用力學可以獲得的觀念及技巧包含：由質點至剛體的力平衡分析、簡單構件的內力分析、簡單桁架的結構分析等。對於實務上傾向靜止或平衡物體之設計分析很有幫助，更是後續學習材料力學、動力學、結構學等課程所需先具備的能力。

綜觀人類的歷史，透過造紙及印刷技術的精進，使得人類文明得以透過紙本進行記錄、複製、傳播及保存，書本也成為人們取得知識的重要媒介。近年來由於網際網路的蓬勃發展，徹底改變了人類的生活方式，在教育上，網路教學突破了時間與空間的限制，使學生得以自由選擇想要學習的內容，讓學習更具彈性；另一方面，由於半導體製程的精進，价格便宜、攜帶性佳的電子裝置得以普及並逐漸取代紙本(圖1.1)，使得應用網路及電子資訊技術的輔助教學軟體成為未來不可或缺的教育工具。

1.2 研究動機與目的

隨著教育理論的發展，強調學習環境及學習者本身的「個別化教學」逐漸成形，然而以課本及課堂進行的傳統教學難以達到「個別化」的目標，

所以各種輔助的教學軟體便因應而生。應用力學輔助軟體的發展時間非常的長，早在 dos 時代就有為了配合應用力學的計算而開發的數學工具軟體。作業系統視窗化後，輔助軟體改以圖片及文字的形式存在，進入網路時代後，更發展出應力線上教學網及影音教學網等網路教學平台。雖然現在市面上的應力輔助教學資源豐富，但大多數的教學內容仍無法跳脫傳統課本的呈現方式及教師授課的形式，所以如何設計一套應用電腦互動技術的教學軟體以增進學生的學習效果為本研究的重點。

輔助教學軟體以「學生能在考前更有效率地複習」以及「配合攜帶性電子產品的興起希望能以此軟體取代部分課本內容」為目標製作。透過條列式的說明及詳解使學生自然有條理的建構出解題步驟，加入少量的問答以不造成太大負擔的方式加深學生的觀念，將知識地圖的概念融入例題及評量中，系統在學生有疑問或無法作答時能提出相對應的解答或提示，降低學生翻書找公式的頻率。

1.3 研究流程

本研究的流程如下(圖 1.2)：

1. 資料蒐整：以相關教科書、參考資料及輔助教材等作為軟體內容的參考；
另一方面蒐集與資訊科技相關技術書籍。

2. 教學內容規劃：針對應用力學中的各類題型做分析、統計及訂定索引，藉由索引安排學習各單元時應具備的知識並勾繪出應用力學知識地圖，最後，在配合上課內容的前提下編排各章節。
3. 教學系統製作：將教材電子化，透過布魯姆認知領域的流程圖設想學生在學習時可能發生的錯誤，加入對應的互動功能。
4. 教學系統檢驗：將系統交給正在修課的學生使用，透過問卷及軟體內的統計資料分析，以學生的意見反饋及統計的數據驗證本輔助教學軟體的效果。
5. 論文撰寫：整理研究成果，進行論文的編寫。



1.4 研究架構

本論文共分五個章節。第一章緒論說明研究背景及動機目的，簡述研究流程及論文內容。第二章文獻回顧以教育心理學的理論基礎以及網路學習環境的探討找出本教學平台的方向。第三章系統架構介紹建構平台所使用的軟體、系統特性、製作過程以及相關功能。第四章實例展示及系統驗證透過實際操作本系統並分析使用本系統後所得到的數據及反饋。第五章結論與建議。

第二章 文獻回顧

2.1 教學理論基礎

電腦輔助教學的教學方式，是學生經由人機介面與電腦的雙向溝通，一方面可以傳達知識領域，另一方面，學生依狀況自我調整學習速度及學習方向，藉此提高學生的學習意願。在進行電腦輔助教學系統建構時，除了電腦系統及領域知識外，也要從教學理論方面進行研究(圖 2.1)。教學理論基礎一般分成行為主義和認知論兩大類。其發展過程，從只強調外界環境影響學習的行為論 (Behaviorism)，慢慢發展成重視人類資訊處理心理歷程的認知論 (Cognitivism)。近年來，更有架構論 (Constructivism) 的提出，分別在下述討論[2]:



1. 行為論:

古典的制約學習強調外在的刺激就會觸發反應，類似生物的反射性反應，而制約學說的操作則以“學習就是行為上的改變”為觀點，它將人類的行為歸咎於個體對於環境事物產生反應的結果；因此只要有刺激（訊息），就會使學習者有反應（學習）。實務上，只要施加“增強劑”（Reinforcer）予受試者，便可以塑造受試者的某種反應，藉由長期刺激-反應模式的建構，而使得個體因而被制約。用於教學上的操作制行為論稱為編續教學（Programmed instruction），這種教學概念強調的是

將教材分成多個完整的單位，並按照順序排列，使學生得以一步步的學習。它對後世的影響，包括如何將一個科目或主題，分成數個完整小單位的技術、強調學習過程是可以觀察以及評分標準的建立。

2. 認知論：


行為主義與認知心理最大的差異，就是在於一個偏重在教材的編制，而另一個則是重視學習者的“心智活動”或“知的歷程”，所以認知心理學家認為學習者是學習過程中最重要的角色。Ashcraft[3]在1989年提出的語意網路（semantic-net theory）結構中認為人的大腦記憶是由許多的“節點(node)”與“關係(relation)”所組成的。一個節點代表的是一個概念或是一個片段資訊，節點與節點之間互相連結成為語意網路，彼此溝通訊息並架構屬於個人的語意網路。認知論對後世的影響，除了探討如何更有效組織教材外，更進一步開始注意到教學活動中個體的差異性，強調個別化教學。

3. 建構論：

教學理論從重視外在環境的行為論，進展到外在環境與心路歷程交互影響的認知論，再到強調學習者個人經驗的架構論。架構論可以說是認知論的延伸，將知識的重心移到獨立的個體上，並且認為學習是學習

者主動參與後，使得認知論不斷建構、重組的精緻化歷程（elaborate process of reconstruct），學習者依據自己的興趣與能力，主動吸取知識，並利用這些資訊來達到腦中認知的融合與聯繫。建構論對後世教育的影響，有下列幾點：（1）學生是學習的主體，教師只是站在協助者的角色；（2）知識是由學生主動擷取而得的；（3）透過組織人類所經歷的事物或經驗獲得知識（4）利用重複實驗、討論，以及認知衝突等方式使學生建立正確的觀念。

2.2 布魯姆認知領域[4]



在教學理論中的認知論裡最有名的當屬布魯姆認知領域，該分類系統在國內外教育界被廣泛的採用，檢視國內外關於教育概論、教學原理、測驗編製、各科教材及其教法（或教學法）等課程的教科書，均有不少篇幅的介紹，可以說是從事教學研究者必備的知識之一。

美國教育心理學家布魯姆將教育目標細分為知識、理解、應用、分析、綜合、評鑑等六個認知層次。知識即是記憶、認識，能回憶重要名詞、事實、方法、規準、原理原則等；理解是要能對重要名詞、概念之意義有所掌握，能轉譯、解釋；應用是要能將所學到的知識概念、方法、步驟、原則通則等等應用到不同的情境中；分析是將知識中所包含的成分、元素、

關係、組織原理等分解出來，重新加以組合，並釐清之間的關係；綜合是能將知識訊息的某些要素重新安排或合併為有組織的整體，或呈現其間的關係。評鑑是要依照某規準對知識訊息做評價或比較。

隨著教育領域相關學術研究成果的不斷累積（尤其是認知心理學方面的研究），在歷經多年的討論後，於2001年發表布魯姆認知領域的修訂版（Anderson & Krathwohl, 2001），修訂版將學習的研究重心主要放在有意義學習中的主動、認知和建構歷程，強調學習者的知（knowledge）和如何思考（cognitive process）。

修訂版布魯姆的認知領域將教育目標的分類分成知識向度（knowledge dimension）和認知歷程向度（cognitive process dimension）兩部分，前者在協助教師區分教什麼，後者旨在促進學生保留及轉化所習得的知識（圖 2.2）。透過布魯普認知領域的分類表，可以了解「該教什麼」及學生「會怎麼學」，使教學者有系統的設計教材。以教學目標「分辨管樂合奏及弦樂合奏」為例(表2.1), 就知識向度而言，「管樂合奏」和「弦樂合奏」屬於「分類和類別的知識」（概念知識），而「分辨」在認知歷程向度中屬於「分析」類別，以此方法一步步設計出教學流程。

2.3 知識地圖

以實體化(文字或圖形)的方式來呈現知識結構的概念由來已久，但直到知識經濟興起使得資訊整合及簡化的需求激增才又受到學術界的重視，引導個人或組織從中獲取知識，增進競爭優勢。下面將介紹知識地圖的概念，了解其功能、種類及應用。

2.3.1 知識地圖的定義[5]

以價值鏈轉移的角度來看，資料經過適當的處理即可成為資訊，經由人們驚豔的融合與傳遞後即成為知識，最後內化成為個人或組織的智慧。再從資料轉化成智慧的知識管理過程中，知識地圖被視為重要的一項工具。Duffy[6]將知識管理系統架構分成5個階層，分別為使用者介面、知識中介層、知識儲存庫、知識存取工具以及知識管理器，其中知識地圖為使用者介面的一部分，透過知識中介層與知識儲存庫連結，提供使用者適當的知識，為知識管理的核心。此外，在企業實行知識管理的策略上，知識地圖屬於技術分項的領域，用以只是知識所在的方向，引導使用者取得所需的知識。

Davenport&Prusak[7]則指出知識地圖不論是否為一張地圖或資料庫，其主要的功能是引導使用者取得知識，其本身不包含知識，是一個知識指引器而非儲存庫，主要益處是在使用者有知識需求時，可透過知識地

圖的指引，直接取得適當的知識，而無須再透過搜尋或詢問的管道獲取知識，節省取得知識的時間與成本，增進效率。

2.3.2 知識地圖的種類

Gartner Group[8]具體指出知識地圖為知識或相關概念的呈現方式，包括知識的分類、知識的階層與知識間的關係等，並依此將知識地圖分成三類：

1. 概念型(conceptual knowledge map):

依特定主題或概念產生的知識地圖，僅單純用來呈現一般陳述式的知識內容，可用於用以表達知識和外顯知識來源間的關聯，並試圖從中發現可能存在的內隱知識(圖2.3)。

2. 流程型(process knowledge map):

由一連串的活動流程所產生的知識地圖，用以說明執行某些活動所需的知識與行為，包含了陳述式知識與程序式知識，進而了解外顯知識與內隱知識間的互動(圖2.4)。

3. 能力型(competency knowledge map):

表達人與知識間關係的知識地圖，用來說明擔任職務上所需的知識能力，包含了陳述式知識與程序式知識，可以作為能力學習的歷程。

2.3.3 知識地圖的功能

知識地圖除了可以幫助使用者快速的取用知識外，更可以跨越個人與團體間的知識落差(knowledge gap)。以學習來說，那些是必須知道的知識？那些又是已經知道的？兩者間是否存在落差？知識地圖可以呈現特定主題的知識關聯，藉由統計及分析，找出欠缺的知識並加以補足，降低與群體接的知識落差，達成自我實現的目的。

2.4 網路學習

網路學習興起的原因有許多，Martin A. Siegel[11]提出「數位學習環境之說」指出為迎合數位學習環境，網路資訊就如同網絡一般，透過互動式多媒體的超文件(Hypermedia)，將圖形、數位聲音與生動的影像動畫相互連結，因此從資訊的組織與呈現來看，網路資訊有以下的特性[12]:

1. 資訊並非靜態；它是持續不斷的變動並有延展性。
2. 資訊具有連結性，它可以隨時不間斷的被取用。
3. 資訊可以利用各種方式加以組織，並且是多媒體，包括文字、聲音、
動畫、影像等。
4. 資訊是無時無刻被創造，它不需要仰賴正式的出版。
5. 資訊是可呈現的，可在螢幕中以視窗化的方式表達資訊內涵。

網路教學使得教學者及學習者可以隨時隨地互動與交流，學者洪榮昭等人[13]提出網路學習將成為遠距教學未來的趨勢，並將其所帶來的效益分成下面幾點：

1. 便利性:任何人在任何時間地點，都可以透過電腦或其他產品進行同步或非同步的學習。
2. 主動性:學習者可以一個人興趣或需求選擇課程。
3. 互動性:群播狀態的教材使得學習不再處於被動、單向的狀態。
4. 合作性:藉由網路通訊，分散各地的使用者得以交換經驗、資料。
5. 多樣性:全球資訊網支援多種類的檔案格式，使用者可以將作品或結果存於網路，並透過資料庫做資料交換。
6. 開放性:網路上所有參與者都同時扮演著「教」與「學」的角色，提供平等的地位。

2.4.1 網路學習特性

網路學習的特性可以分為下列幾點[14]:

1. 學習途徑開放:建立多種傳播管道，提高學習的開放性。
2. 學習方式多元:透過多媒體及互動式學習，增進學習效果。
3. 學習進度可調:學習者可依個人需求或計畫彈性調整學習內容，達到個別學習的目標。

4. 學習時間彈性:使用者可以依據自己的作息選擇最適當的時間學習。
5. 學習空間不拘:只要有電子裝置，可以在任何地方學習，不受空間限制。

2.4.2 網路學習在靜力學上的應用

早在網路尚未普及之前，就存在不少將靜力學資訊化並透過磁片、光碟等儲存設備為媒介傳遞的軟體，透過整理，可以將內容大致分成下列幾種類別：

1. 類似 matlab 的輔助計算軟體。
2. 以圖文方式呈現講義內容、公式及詳解。
3. 以影音方式呈現講義內容、公式及詳解。
4. 包含講義及評量的教學軟體。

如今網路發達，資料傳遞便利，與靜力學相關的網路資源數量也大幅的增加，然而網站教學的呈現方式並沒有改變，大部分都僅有將傳遞的媒介由實體的光碟或磁片換成「網路」而已，下面將透過三個代表性的教學內容的呈現方式做說明：

1. 第一類為教學軟體，以教科書製作的教學軟體為例[15]，軟體可透過網路自行下載安裝，圖 2.5 為軟體的講義內容，以靜態圖文方式呈現，可以透過上方的功能鍵跳回首頁點選其他內容，圖 2.6 為軟體的評量部分，使用者必須在空格處填入正確的答案，如果填寫正確會跳

入下一個問題，答錯則顯示”請重新填寫”，程式僅能判斷答案的對錯，除此之外不具其他功能。

2. 第二類為網路資料夾，部分課程會在網站上提供上課講義(圖 2.7)或是在課後提供習題的詳解(圖 2.8)，大部分以圖文的方式呈現，利用網路將資料快速的傳遞給學生。
3. 第三類為影音教學，教學者將事先預錄好的影片放在網路上供學生觀看，範例中的影片比較特別，有別於一般將攝影機對著講台的作法，利用電腦軟體紀錄教學者欲呈現的聲音及其電腦畫面(圖 2.9)，學生在觀看影片時就好像自己的螢幕是電子黑板而老師在一旁講解一般，獲得比攝影機實際錄製之教學影片更清楚的資訊及畫面[18]。

2.4.3 網路學習平台

學習平台是一個可以提供教學者及學習者學習、溝通及統整的媒介。依據教學者及學習者的互動性大致可以分成「同步」、「非同步」及「整合型」三種類別[14]:

1. 非同步學習平台:

這是目前最普遍的做法，教學者將預錄好的平面及影音教材放在網路上，供學習者自行下載及閱讀，同時透過討論版的方式與教學者進行非同步的討論，並將討論的過程做成紀錄，供其他學習者參考。目前多數的應

用力學教學網或教學軟體都是以此形式存在。

2. 同步學習平台:

教學者透過視訊設備，將影像、聲音及教材即時的傳給學習者。即使雙方在不同的地點，在網路的幫助下使得空間不再是限制，教學者及學習者就好像面對面的進行教學一般，增進學習效果。除了一對一的家教式教學外，與此平台的概念最為接近的軟體就屬蘋果日前主推的語音秘書系統「Siri」了(圖2.10)，藉由蒐集使用者的問題樣本建立龐大的資料庫並透過精準的語音辨識及語意分析，Siri可以在使用者提出問題後做出相對應的回答，猶如與真人直接交談一般。

3. 整合型教學平台:

結合同步及不同步的優點，讓教材不再是單向的灌輸內容，使得「教」與「學」的活動更有彈性，提高學習效果。本研究以非同步平台為基礎並在學生學習應用力學各單元時可能會遇到的疑問及困難的地方加入相對應的互動，雖然無法做到與真人對答般的互動，但是仍然能對學生的學習產生一定的幫助，以類似整合型教學平台的概念建構本研究的系統。

此外，J.Đorđević, B.Nikolić, T.Borožan, A.Milenković [20]提到了在建構一套電腦模擬教學平台時，應該要將以下條件列入教學的設計中：

- (1)提供例子給予學習者學習相關科目。
- (2)提供學習者自我練習的機會。
- (3)設計圖文並茂的使用介面。
- (4)利用相關閱讀來吸引學習者目光。
- (5)提供自我評量讓使用者可以驗證所學。



第三章 系統建構

建構本教學平台的初衷是希望能夠藉由這套系統幫助初入大學的大一學生學好應用力學，打好基礎以便往後三年的進階課程。所以在建構初期參考了包含課堂教科書在內的多本應用力學相關書籍，以充實系統的「內容」（領域知識）；為了能確實達到「教學」及「輔助」的目的，蒐集教育心理、遠距教學等相關的多本書籍並瀏覽網路上的教學網站做為參考（教學理論）；最後，為了能與學生互動，本研究選擇以網頁上廣泛使用的flash做為開發本系統的工具（電腦系統）。

藉由領域知識、教學理論及電腦系統三方面的結合，設計出適用的靜力學輔助教學系統，讓學生可以自主、自發的學習各種基礎力學的觀念及技巧，期望本系統能營造輕鬆、有效的學習環境，增進學生的學習效果。

3.1 工具軟體

3.1.1 Flash CS4

Flash 是一款優秀的向量動畫編輯軟件，具有高品質、跨平台、可嵌入聲音、視頻，以及強大的交互功能等特性(圖 3.1)。由於文件體積小，播放效果清晰，因此深受廣大用戶的青睞，廣泛應用於媒體宣傳(圖 3.2)、動漫設計、遊戲開發(圖 3.3)、網站設計等領域。下面將列出建構系統時常用到

的幾個 Flash 功能:

1. ActionScript 語法:

ActionScript(AS)是使用 Flash 時常用的語法，其中包含了簡單的腳本語言及物件導向程式語言，功能強大，類庫豐富，常用於增加 Flash 的互動性、娛樂性、實用性，網頁製作以及多樣化網際網路應用程式(Rich Internet application)的開發。AS 語法可以寫在程式的背景、影片片段、按鈕、圖片及輸入文字中，藉由滑鼠、鍵盤、時間及影格數等各種方式觸發對應的動作。本系統透過 AS 語法完成了不少功能，下面將依序介紹:

- (1) 按鈕：flash 中可以設定文字或圖形的屬性為「按鈕」，設定感應區，當滑鼠對感應區做出滑入、按下或彈起等觸發條件時會觸發對應的文字、圖片或動畫，例如在例題中將滑鼠指向式子 $\sum F_x = 0$ ，圖片隨即以箭頭標示出 x 方向的力量(圖 3.4)。
- (2) 腳本安排:在頁面或按鈕中寫入 AS 的腳本語言即可依需求本進行播放、暫停、上一影格、下一影格指定到某個影格、連結其他檔案等各種指令。例如講義中背景每一頁都放入「暫停」指令(圖 3.5)，必須按下按鈕「下一步」才可以進入下一影格。
- (3) 判斷及記錄：透過 AS 語法可以存在於物件中的特性將 if、only 等邏輯程式碼、加減乘除等運算子以及連結滑鼠、鍵盤的觸發指令

等寫在「按鈕」中。例如本系統中的問答系統中，將鍵盤動作寫在按鈕中(圖 3.6)，讓使用者可以利用鍵盤輸入答案。並將答案正確與否的判斷式及所應該觸發什麼動作的邏輯程式碼寫在按鈕「確定」中(圖 3.7)，使用者利用鍵盤輸入正確區間帶的數值時，可進入下一影格，反之則會停留在原影格，留下答案錯誤的紀錄。

2. 動畫製作:

動畫的原理是當許多幅靜止的畫面以一定的速度播放(如每秒 16 張)，肉眼因視覺殘留而產生畫面是活動的感覺。為了達成動畫的效果，每個畫面之間都會有細微的改變。Flash 的另一項特色就是簡易的動畫製作，使用者只需要製作開始及結束的影格，選擇對應的模式後(形狀補間或移動補間)，系統就會依照物體形狀的變化或位置的偏移自動插補對應的改變於中間影格內，以這種方式完成的動畫稱為補間動畫。運用補間動畫可以輕易地製作出具有移動、縮放、旋轉、形變及淡入淡出等各種效果的動畫。

3. 圖層:

Flash 的每個圖層單一時間內僅允許單一動畫效果，如果需要在同一時間內產生多個物件的動畫則必須開啟多個圖層，不僅增加了設計時的複雜度也不利於將來的系統維護。然而，透過屬性物件可以內含影格

區以及每個影格可以包含多個圖層，層層堆疊的特性，便可以在維持主影格區簡潔的環境下(使軟體易於維護及偵錯)完成擁有豐富動畫的作品。例如本系統中例題，將 x 方向力矩所對應的動畫包含在按鈕裡”滑入”這個觸發條件中，所以在主影格區僅占用一個影格(圖 3.8)。

3.1.2 PhotoImpact X3

PhotoImpact 是一套影像處理軟體，結合數位相片編修、自然彩繪、網頁設計及多媒體管理，提供使用者簡單且容易上手的影像處理技術與特效，輕鬆設計出精彩多樣化的影像呈現，滿足您的所有創作慾望(圖 3.9)。

PhotoImpact 與 Flash 具有類似的操作環境及概念，透過圖層的堆疊及向量演算法處理圖片。在製作應力教材的過程中，常常要對圖片進行翻轉、裁切、縮放、加註及色彩、畫質加強等多種影像處理。本系統利用 PhotoImpact 強大的圖形處理功能及簡單易上手的特性對圖片進行處理。例如講義及評量採用交通大學的校門口做為背景，但是原始照片的顏色太過濃郁，使得軟體的辨識度不佳，透過影像處理將照片的色調及線條都做了些調整，呈現出水墨浮水印的效果，使講義及評量中的文字及圖片容易辨識也使的軟體更為美觀(圖 3.10)。

3.2 系統架構說明

3.2.1 系統簡介

本系統以教科書內附的教學軟體及線上靜力教學網站為設計的基礎，探討現存系統的缺失並加以改良。透過教學理念及知識地圖的導入，預先設想學生在學習應用力學時可能遇到的問題並加入互動，以類整合型教學平台的方式建構系統，並在開發的過程中邀請土木系同學實際參與測試，藉此不斷改進系統操作的介面及流程。

3.2.2 系統操作環境

系統以 flash 製作，並使用廣泛使用在網路上的 html 檔案形式發佈，提高相容度及擴充性(方便日後的更新及維護)，下面將介紹構成系統的幾個主要部分(圖 3.11):



(1)入口部分:

登入頁面以浩然圖書館的正門為背景，接著進入系統頁面(圖 3.12)。系統頁面參考商務網站的配色及版面配置，希望呈現出穩定、可靠的感覺，首頁是進入各個區域的大廳(圖 3.13)，可以藉由上方的連結區按鈕進入首頁、應力各章節及聯絡助教頁面。首頁左下方為應用力學的簡介，右下方放入訊息欄，提供本系統的使用說明、應用力學課程的交作業及考試時間。訊息欄的下方提供其他應力教學網的連結，供使用者參考。

(2) 連絡助教部分:

頁面的配置與首頁相同(圖 3.14)，畫面右下方放入助教的 E-mail 及 yahoo 即時通、skype、msn 等通訊軟體的上線狀態，左下方嵌入微軟內建的網頁對話框，免去安裝軟體的動作及新增為聯絡人的等待時間，傳送即時訊息到助教的 msn 上。當學生對教學內容及評量系統有疑問時，可以透過多種管道直接與助教聯繫。

(3) 各章節部分:

版面的配置與首頁相似(圖 3.15)，頁面左下方提供各章節的學習目標，右下方分成講義、例題及評量三個區塊，學生可以依自己的學習狀況點選各個功能開始進行學習。



各章節的內容部分，參考 Djordjevic 等人[20]對教學平台的建議，本研究將系統分成「講義」、「例題」及「評量」三大部分，並以入口網站連結所有區塊。「例題」及「評量」由本研究完成，「評量」部分則為同學蔡呈祥的研究[23]，下面將依序說明：

(1) 講義:

每章一個檔案，加入少量的動畫製作全中文講義，內容以闡述觀念為主，擁有較多的文字敘述，對課程不熟稔的學生可以先看這個部分，

釐清觀念。講義的製作過程將在 3.3.2 節中說明;另外，將每章講義分成數個小節，做為知識地圖的資料。

(2) 例題:

以小節為單位，一章裡有數個檔案，學生可依個人需求對特定小節做練習。不同於教科書的例題僅單方面的提供題目的詳解，利用引導作答題的方式呈現，並在學生可能出現疑問或錯誤的地方提供提示及複習。適合對課程觀念已小有心得的學生，透過少量的計算解決問題，加深學生的印象及解題技巧。詳細的例題功能及製作過程將在 3.3.3 節說明。

(3) 評量[23]:

此部分為同窗蔡呈祥的研究，每章一個檔案，以模擬考試的方式給予題目，作答完畢後提供分數及解答並透過答題的正確率給予建議。適合已經透析課程的學生，評估對課程的了解程度，做為考前的最後複習。

(4) 知識地圖:

無法藉由入口網站直接進入，而是透過例題中的問答及評量中的偵錯找出學生在使用本系統時所產生的疑問及錯誤，給予相對應的資料，以彈出另一視窗的方式呈現，方便學生與主程式兩相比對，建立正確觀念，減少學生翻書找答案的時間，協助使用者跨越知識落差。



3.3 教材製作及互動設定

系統的內容包含應用力學的力向量、質點平衡、力矩及剛體平衡等四章，利用知識地圖及布魯姆認知領域的理論(表3.1)編寫教材，下面將說明講義及評量的製作過程。

3.3.1 章節編排

本系統以全中文編寫製作，以「流程型知識地圖」的概念，在分析各章的應力題目後，由解題步驟找出應具備的知識(程序式知識)，繪出系統的知識地圖並決定章節的安排。例如第三章「質點平衡」，由於平面與立體問題的思路不同，本研究將平衡問題分為二維及三維，而複雜的三維問題需要使用向量法，依照解題所需具備前期知識的不同(卡氏座標、單位向量、位置向量)將三維問題再細分為三維角度及三維座標，最後將本研究分出的章節與教科書內容做比對，使系統可以配合上課進度使用。這樣的作法不僅可以使學生學習的思路更順暢，更能在編寫講義的同時建立完整的知識地圖(圖 3.16)，以三維的剛體平衡問題為例(圖的右下角)，使用者要解決三維的剛體平衡問題須先具備支撐反力、質點平衡及力矩(向量法)的知識，而質點平衡及力矩則又需先具備自由體圖、卡式向量、向量運算及外積的知識。以此類推即可找出遇到某一問題時所需具備的知識(觀念)。

下面列出每章各小節的標題：

1. 第二章(力向量): 向量與純量、向量運算、向量的應用、二維力系的運算、三角形正餘弦公式、卡氏向量、三維直角座標(角度)、三維位置向量(座標)、內積。
2. 第三章(質點平衡): 自由體圖、二維力系平衡、三維力系平衡、三維力系平衡(角度)、三維力系平衡(座標)。
3. 第四章(力矩): 力矩(純量法&原理)、外積、力矩(向量法)、傳遞性原理、對指定軸的力矩問題、力偶矩、等效系統、分佈載重。
4. 第五章(剛體平衡): 二維剛體平衡、二維支撐反力、二力桿件、三維剛體平衡、三維支撐反力、平面體受力問題、線狀體受力問題。

3.3.2 講義製作

主程式中規劃出背景、文字、按鈕、動畫、圖片、程式碼等多個圖層，每個圖層內放入對應的物件。這樣的做法不僅能快速找到對應的物件方便系統的維護，也可以利用上層圖層物件會蓋過下層圖層物件的特性安排圖層的順序，防止重要的功能鍵及文字部分被背景或圖片擋住。

動畫的製作方法首先先確定觸發物件(按鈕或圖片)，接著在物件中放入數個圖層，並在各圖層中放入獨立的圖片或文字(flash 裡的一個圖層僅能處理單一物件的補間動畫)，利用不同影格顯示不同的物件(時間差)及 flash 的補間功能製作動畫。

3.3.3 例題製作

學力學最快的方式就是透過例題，所有靜力教科書都會在闡述觀念及公式推導後提供相關的例題，但是礙於紙本的形式及篇幅的限制，僅能制式的在一、二頁的版面中以文字或圖的方式呈現；應用力學的知識是環環相扣，一個例題裡除了該章節外，還包含了前幾章的觀念，學生在面對問題時必須反覆翻書，增加學習的負擔；另一方面，「看的懂」跟「會解題」是不一樣的，學生「看」例題時沒有任何問題，「做」題目時腦袋卻一片空白，不知道如何開始，所以本研究對例題的呈現方式做了一點改變，希望能對學生有所幫助。下面將列出引導解題的幾個重點：

1. 引導式例題：

根據布拉姆的分類表，將欲傳達的知識(觀念及解題過程)分成概念知識及程序知識，使得學生能「記憶」、「了解」觀念並實際「應用」在例題中。概念知識即是讀完每個章節後學生學到的觀念及公式，而程序知識則是遇到問題時的解題步驟。引導式例題藉由將詳解拆解成多個步驟，將本來在一頁顯示的內容拆成多個步驟放在多個影格中，透過腳本的安排，一次僅顯示出一個步驟的方式一步一步的解決問題，適度的在某些較為複雜的步驟裡加入動畫(標示力量)及提示(知識地圖)，使得學生能了解章節觀念，在腦海中自然的建立解題步驟，並免去不斷翻書

找答案的麻煩。例如第四章的例題裡要求三維系統中點 O 的等效力矩，首先必須先將力量化成卡式向量(此時旁邊會有卡式向量的提示及複習鍵(知識地圖)) (圖 3.17)，接著算出各力對 O 點的分力及分力矩(此時將滑鼠移至各分力的式子上會以圖示標示出相對應的力，如果是力矩還有圖示轉動的動畫) (圖 3.18)，最後加總求出 O 點上的等效力矩。

2. 問答:

為了使學生更能「了解」觀念並「應用」在題目上，可以在學習的過程中加入測驗。例題中加入少量的問答，目的並不是要評量學生的能力而是希望藉此提高學生學習的專注度並加深印象。所以問答僅會在(1)淺顯易懂的問題;(2)前一個步驟或前一例題剛提過的方法;(3)前一章節的觀念;等情況下出現，下面就問答的功能做簡單介紹:

(1) 問答方式:

- (a) 選擇方式:參考課本教學軟體的做法，在無法填入數字的環境下以選擇代替。將圖片或文字作成「按鈕」，並在正確及錯誤的按鈕中放入對應的程式碼。例如:第三章例題要求找出正確的自由體圖，列出三張物體自由體圖的選項，讓學生從中選擇(圖 3.19)。
- (b) 填空:出現在大部分問答中，包含答案填寫區、狀態區、確

定按鈕及重新填寫按鈕。首先，製作輸入盤物件(包含數字按鈕及運算符號按鈕)，寫入程式碼並將結果顯示在填寫區中，將整個物件隱藏於主舞台外並在按鈕中寫入與對應的鍵盤指令，如此一來，只要學生按下鍵盤，指令就會經由鍵盤傳給輸入盤物件中對應的按鈕並將結果顯示在填寫區上，類似使用者操作計算機的情況。接著將判斷對錯的運算子及邏輯程式碼寫在按鈕「確定」中，使用者填完答案按下確定鍵就會進行判讀(圖 3.20)。例如例題要求算出力矩，正確答案是 50，如果學生填入 40 則狀態區會顯示” 錯誤，請重新計算或複習”，學生如果填入 48.5~52.5 間的數字則判定為正確答案(標準答案加入正負 5%的容許誤差)，則進入下一步(圖 3.21)。

(2) 提示、複習、相關連結及跳過:

引導式例題除了能加深學生的印象外，也能藉由每個問答所包含的個別觀念判斷學生的知識落差。問答區中依情況設置了提示、複習、及跳過的按鈕，分別在按鈕觸發條件裡插入圖層製作動畫(提示)或在按鈕中寫入連結網站或程式的指令。按鈕「提示」直接在畫面上顯示公式或觀念(圖 3.22)；按鈕「複習」判斷學生對某個

部分觀念不熟悉，直接彈出該部分講義(圖 3.23)；在難度較高或較具參考價值的題目旁放入「相關連結」按鈕，按下可連結到網路上的教學資源作參考；「跳過」則用在比較難的問答上，選擇跳過系統會記錄該題錯誤，並跳入下一個步驟讓學生可以檢視該題的解法。透過這幾個按鈕與知識地圖的連結，使學生免於不斷翻書找答案的麻煩，並跨越知識落差。

3.3.4 過程紀錄製作

本系統仍在試用階段，為了瞭解使用者的意見，使系統能更臻完善，所以在例題裡放入了紀錄，每當使用者將游標指向、按下按鈕或是使用問答發生錯誤時，都會在按鈕或舞台中寫入一個或多個計數器，記錄使用者的對本系統中各功能的使用率，藉此了解系統的功能性並做為未來系統更新的依據。例如，使用者將滑鼠移到「提示」上，則計數器 A 會由零變成一，當使用者看完這個頁面按下「下一頁」時，下一頁的按鍵中會寫入邏輯程式碼判斷計數器 A 裡的數值，如果為一則將「提示計數器」加一 ($n=n+1$)，如果為零則不動作，避免在同一頁面裡的重複紀錄。

第四章 實例展示及系統驗證

4.1 教學平台展示

在登入頁面按下 enter 進入教學系統首頁，藉由畫面上方連結區按鈕連結首頁、應力各章節(二~五章)及聯絡助教頁面(圖 4.1)。

滑鼠點選「首頁」進入頁面，學生可以由右下方公佈欄獲得本系統的使用說明以及交作業與考試的時間提醒。程度不錯的同學可以點選下方連結進入國外的教學網站，做為學習的參考(圖 4.2)。

各章節部分以第二章為例，點選連結區的「第二章」按鈕進入力向量頁面，畫面左下方提供力向量這章的學習目標，右下方分成三個區塊。學生依自己的學習狀況點選「第二章講義」、「第二章評量」或是例題「力向量運算」、「卡式向量」、「三維直角坐標」、「三維位置向量」等內容進入各部份學習(圖 4.3)。

有任何的疑問想與助教討論，可以點選「聯絡助教」進入頁面，點選右下方 e-mail 寄信給助教。比較急迫的問題可以點選左方視窗，在對話框中輸入訊息並按下「傳送」鍵，訊息會立即傳送到助教的 msn 上(圖 4.4)。

4.2 講義展示-以「質點平衡」為例

點選網站上方連結區的「第三章」進入質點平衡的頁面，講義內包含

完整的第三章課程內容，首先以 3-1 節的「自由體圖」做說明，點選講義區的「第三章講義」進入講義。

進入講義首頁，頁面右下方設有「下一頁」及「回首頁」兩個按鈕，按下「下一頁」進入第三章講義或按下「回首頁」返回入口畫面(圖 4.5)；

講義一開始敘述質點平衡的條件式，按下「下一頁」，接著說明自由體圖與連結物的關聯。將滑鼠移到圖上會有對應的動畫，移到吊環的圖上會顯示出吊環與纜繩連結產生的力關係，而移至滑輪及彈簧的圖上則會顯示出其受力造成的位置及形狀變化(圖 4.6)；

圖 4.7 接著以條列步驟的方式說明如何畫出自由體圖，並透過實例介紹勾繪自由體圖的步驟，將滑鼠移至例題的圖上會以動畫方式展示物體至系統中分離出來標上與力量的關係成為自由體圖的過程；

最後將自由體圖與質點平衡的條件式互相結合，為下一節的觀念做準備，將滑鼠移至質點平衡的條件式上會以動畫方式分別以文字(列式)及動畫(再圖上標示對應的力)的方式說明吊環的質點平衡式(圖 4.8)。

按下「下一步」進入下一節二維質點平衡。首先必須先列出平衡式，這裡以一受四力作用的質點舉例說明。列出質點平衡式 $\sum F = 0$ ，接著將力量分成 x 方向 $\sum F_x = 0$ 及 y 方向 $\sum F_y = 0$ 分開處理，將滑鼠移到個別的平衡式上，圖片上會以不同顏色標示出對應了力量，幫助使用者了解力量的組

成(圖 4.9); 按下「下一步」, 接著以另一例題說明二維質點平衡的做法, 畫面左方列出完整的解題步驟並以紅字標出目前對應的步驟, 一步步求出答案(圖 4.10)。

4.3 例題展示-以「力矩」為例

點選網站上方連結區的「第四章」進入力矩的頁面, 右下方例題區依照題型及學習觀念的不同分成多個小單元的例題。下面將以「力偶矩」為例進行實例展示:

點選例題區的「力偶矩」按鈕進入例題, 題目指示” 求出受多個力量作用下物件的合力矩”。與講義相同, 右下方設有「回首頁」及「下一頁」兩個按鈕, 按下「回首頁」會回到力矩的頁面;

點選「下一頁」按鈕, 圖4.11中畫面的右上方以文字引導指示” 由觀察可得知有三組力偶矩”, 將滑鼠移至引導的文字上會在圖上以不同顏色的箭頭依序標示出三組相對應的力偶矩;

按下「下一步」, 圖4.12中直接列出合力矩的式子, 將滑鼠移至列式中各元素的位置上, 左方的圖中會分別以不同顏色的箭頭標示出對應的力偶矩及力偶矩間對應的垂直距離 d , 畫面下方接著以問答的方式要求學生藉由列式算出合力矩;

力矩的方向是學生常會犯錯的地方，如果答錯「狀態區」會顯示”請檢查力矩的方向”提醒學生(圖4.13)，輸入正確答案”-950”後進入下一步，觀看結果。

點選「下一步」進入下一例題，題目要求系統產生的力偶矩，一般三維的問題會使用向量法來處理，本題因為力量單純所以採用純量法解題。

畫面上以文字方式引導顯示”找出力偶矩”，在圖4.14中，將滑鼠移至文字上會以動畫方式在圖上繪出兩大小相同方向相反的力量、力量間的垂直距離 d 以及所產生的力偶矩；

接著問答要求學生填入力偶矩的大小，對幾何的關係不太熟悉而無法順利求出垂直距離 d 的同學可以將滑鼠移至下方的「提示」按鈕，畫面左邊會標出 d 的幾何關係幫助學生算出垂直距離 d (圖4.15)；

最後觀看結果。本題也提供向量法的解法供學生參考。如果學生對於向量法的作法有疑問，可以點選「複習」按鈕。按下按鈕後會彈出一個新視窗(圖4.16)，其內容為「力矩(向量法)」的講義部分。

4.4 例題展示-以「剛體平衡」為例

點選網站上方連結區的「第五章」進入剛體平衡的頁面，右下方例題區裡各種題型的例題，下面取「二力桿件」及「線狀體受力問題」進行實

例展示：

1. 二力桿件：

點選例題區的「二力桿件」按鈕進入例題，題目要求由拉桿受外力作用所產生的支撐反力。

將滑鼠移向拉桿右方會以連續的動畫的方式表示兩個構件受到外力400N作用下所產生的位置變化(圖4.17~4.18)。建議學生多看幾次，藉此了解兩桿件間的連結方式及受力關係；

點選下方「下一頁」按鈕，圖4.19以文字方式引導指示” 求出兩桿件的自由體圖”；接著藉由動畫的方式將兩桿件至系統中拆解(圖4.20)於畫面(圖4.21)下方並分別標示桿件自由體圖的受力狀況(圖4.22)；

兩個桿件分別為二力桿件及三力桿件，為本節學習的新觀念。兩桿件的自由體圖下方分別設有「提示」按鈕，將滑鼠指向「提示」會以文字說明二力及三力桿件的觀念(圖4.23)，三力桿並利用動畫方式描出桿件中力量的延伸線(圖4.24)，接著圖4.25得到的三力的交點O(由此可知此三力共點)；如果學生看了提示仍然不了解，可以點選「複習」重新複習二力桿件的講義部分(圖4.26)；

圖4.27中，文字引導指示” 由於ABC桿為二力桿件依照其特性可以求出角度 θ ”，畫面下方為問答系統，如果答錯了「狀態區」會顯示錯誤(圖

4.28)，必須填入正確答案才可以繼續向下做，狀態區旁邊有「提示」及「解答」按鈕，協助學生解答(圖4.29)。

正確答案為60.3度，並有正負5%的誤差容許值，以便排除手算及四捨五入造成的誤差(圖4.30);答對後直接進入下一步，畫面上會顯示角度 θ 的解題過程，供學生比對，將滑鼠移到解題過程上會在圖上標示出對應的圖。接著圖4.31中列出平衡方程式，若將滑鼠移到平衡方程式上，畫面中的左圖會標示出相對應的力量;

由平衡方程式可以求得 F_A (圖4.32)及 F (圖4.33);最後求得答案及小結(圖4.34)。圖4.35為本類型例題的知識流程圖。

2. 線狀體受力問題:

點選例題區的「線狀體受力問題」按鈕進入例題，題目要求一個立體鋼管各點的支撐反力。

首先，畫出自由體圖。將滑鼠移到”自由體圖”的文字上(圖4.36)，支撐及其對應的反力將以動畫的方式交替浮現(圖4.37)使學生了解支撐與其反作用力的關係，如果學生仍有疑問，可以按下「複習」，系統會彈出一個內容為「三維支撐反力」講義的視窗;

按下「下一步」，文字引導”列出平衡方程式”，將滑鼠移到各個平衡方程式上(圖4.38)，左邊的圖片會標示相對應的力，若將滑鼠移到力

矩的平衡式上，圖片會逐一以動畫方式標示出力(圖4.39)、力臂及力矩對系統造成的變化，圖4.40為沿x軸作用的正方向力矩圖，4.41為負方向力矩；接著透過引導、問答(圖4.42)、答對後列出算式供學生檢視(圖4.43)。接著以一樣的方式求解另一未知力(圖4.44)，一步一步解出答案。

點選「下一步」進入下一例題，題目要求桿件OA上繩索的受力。以文字引導，畫面上顯示”以卡氏向量表示各力量”。

欲求出力量的卡氏向量表示必須先熟悉第二章的觀念。畫面列出卡氏向量(圖4.45)及位置向量(圖4.46)的基本算式，並在算式旁放上「提示」及「複習」功能鍵。對第二章的觀念不熟的學生可以將滑鼠移至「提示」獲得該章節的基本公式及精簡文字說明，看過提示後仍然無法了解的學生可以點選「複習」，直接進入該章節講義進行複習；

接著在圖4.47中出現問答，希望學生可以參考前一個力量的方法，依樣畫葫蘆的求出另一個力量的卡氏向量表示，實際動手算加深印象。學生如果在解題上出現問題，可以使用問答下方提供的「提示」按鈕；

輸入正確答案後跳至下一頁，畫面中列出O點力矩的平衡方程式，將滑鼠移到式子上，左上方圖片將以動畫的方式逐一呈現重力(圖4.48)及兩纜繩(圖4.49~4.50)與力臂外積得到的力矩，；最後求得答案。圖4.51為本類型例題的知識流程圖。

4.5 系統驗證

4.5.1 驗證對象

本研究的實驗對象為土木系修讀應用力學的學生，以瞭解使用者對系統的使用狀況為目的利用課堂空檔邀請五位初次考試不慎理想的同學全程試用本系統。為了提高學生試用的意願，選擇當時上課進度的第四章及第五章例題部分進行試用，並紀錄試用過程中按鍵的使用次數。

另外，透過問卷的方式調查學生對系統的意見及想法，除了全程試用的五位同學外另外邀請十位同學試用本系統後填寫問卷，獲得十五位同學的問卷資料。

4.5.2 驗證方法及數據分析

為了統計方便，將系統按鍵的使用次數依功能分成問答答錯次數、提示使用次數及複習使用次數三項，並記錄各功能的總計次數，結果如表4.1及表4.2所示。將使用次數與系統提供的總按鍵次數比較後得到按鍵的使用率(表4.3)，並製作成圖(圖4.52~4.53)。

問卷中設計了12個問題，其中問題1~2藉由系統介面及章節編排詢問使用者初使用本系統的看法，問題3~9以功能鍵的相關問題了解學生對於系統內部功能的看法，問題10~12詢問學生對於本系統的接受度及使用成效。將問卷換算成百分比並將超過50%的數據標出(表4.4)。透過問卷及試用數據

可以歸納出以下幾點：

1. 學生習慣以「章」為一次學習的單位, 透過分析題型後重新編排的小節不會造成學生學習上的困擾。
2. 利用引導的方式說明例題對學生建構解題的步驟有一定的幫助。
3. 學生對「利用動畫呈現力量及力矩」及「提示」這種即時且會動的功能反應不錯, 由數據中也可以發現, 學生對提示的平均使用率高達 78%。
4. 數據中問答的答錯率為 30%, 由於試用的學生是屬於班上成績較不理想的, 而且透過提示或複習最後學生也都能順利作完例題, 判斷難度應該是適中偏易的, 符合「題目不以考倒使用者為目的而是希望使用者能動手實做加深印象」的設計初衷。
5. 問卷裡對「複習」這個功能反應平平; 數據中的複習使用率也不高, 這顯示學生在遇到問題時會優先使用反應較快的「提示」按鈕; 五位全程試用的同學中有二位表示「複習」的功能可以有效減少他們翻書找答案的時間, 效果不錯。
6. 問卷調查裡高達 80%的人表示無法透過本系統提起學習興趣, 有趣的是當詢問到是否願意利用本系統準備考試時也有 80%的同學表示願意一試, 由此可見本系統雖然對於考試前的複習是有助益的但是無法有效提高學生的學習意願, 這部分應該還要多想想改進的辦法。

彙整使用者的意見及數據後可以進一步了解本系統的特性，表 4.5 為教科書、其他教學網與本系統比較表。教科書(傳統教學)能提供學習上較好的專注度，而使用電腦的本系統及教學網由於功能強大會使的學生分心去做其他事情(瀏覽網頁、聊天)；透過網路為媒介，教學網可即時對資料做增刪修改，提供更好的資料即時性；本系統除了一般教學網的優勢外，透過與知識地圖的結合及問答、提示、引導等功能，具有最佳的互動性，使學生獲得更好的解題能力及更快速的取得知識。



第五章 結論與建議

5.1 結論

本研究以建構一套輔助學生學習應用力學的軟體及環境的目標進行，教材方面融入了教學理論基礎及知識地圖，並參考互動式教學平台應具備的幾個特點，完成主要的系統組成，最後透過學生實際試用的數據及反饋後，得到以下結論：

1. 應用力學的題目除了基本觀念與計算技巧外，最重要的就是解題的步驟，本系統以引導式的例題一步一步帶領使用者，建立完整的解題思路。
2. 目前大部分的應用力學教學軟體都是採用類似電子書的方式單方面授課，學生往往只能「看」而不能「練習」，本系統透過問答配合引導的方式，讓學生可以實際動手做加深印象，又不會太難造成學習的挫折；導入知識地圖(提示、複習)的概念，學習遇到瓶頸時不需要翻書或問人就可以快速地獲得需要的知識。
3. 透過例題中的問答及評量裡的偵錯，可以辨識出學生幾種常見的錯誤，省去「從錯誤中學習」的時間，跨越學習的知識落差，導正學生的觀念。

5.2 建議

在系統開發完畢之後，整合使用者對本系統的使用經驗提出下列幾點建議以供參考改良：

1. 透過教學理論基礎，本研究得以了解如何教及學生如何學的歷程，卻無法獲得部分學生獲得知識後內心的認知及想法(內隱知識)，建議除了實作的數據及使用者反饋外，再蒐集歷年的應力考試卷，藉此了解各種學生可能發生的錯誤作為製作例題及評量的參考。
2. 經由問卷可以發現，本系統雖然可以增加學生的學習效果，卻無法提高學生的學習意願，建議在講義中增加錄音說明檔及應用力學在土木工程、機械及大型機具上的實際案例影片，以影音的方式適度的增加系統的娛樂性。
3. 使用本系統的知識地圖時，常常需要在兩個視窗間不斷的切換對照，未來建議將知識地圖與課堂指定教科書的頁數或平板等其他裝置作結合，讓學生可以直接對照學習。
4. 動畫非常適合表達抽象的力學觀念，後續單元建議以更精美的畫面及互動方式製作呈現(重心與形心、慣性矩、虛功等)。
5. 應用力學與材料力學及結構學的關聯性很強，建議朝下發展建構更龐大的知識地圖網。

參考文獻

1. www.forrester.com/rb/research/
2. 陳奕銘，「材料力學虛擬教室」，國立交通大學，碩士論文，1999。
3. Ashcraft M. H., Human memory and cognition, Harper Collins Publishers, 1989.
4. 葉連祺，林淑萍，「布魯姆認知領域教育目標分類修訂版探討」，教育研究月刊，第 105 期，2003。
5. 葉怡鎮，「知識地圖的建構方式及其內容與結構之真確性保護機制」，國立交通大學，博士論文，2009。
6. Duffy J., “The KM Infrastructure”, Information Management Journal, 34, pp. 62-66, 2000.
7. Thomas H. Davenport, Lawrence Prusak, “Working Knowledge: How Organizations Manage What They Know, Cambridge”, Harvard Business School Press, 1998.
8. Logan D., Caldwell F., “Knowledge mapping: five key dimensions to consider”, Gartner Group, 2000.
9. <http://ecrp.uiuc.edu>
10. www.palgrave-journals.com

11. Martin A. Siegel, Sonny Kirkley, Moving Toward the Digital Learning Environment: The Future of Web-Based Instruction, Web-based Instruction, Englewood Cliffs, N. J.:Educational Technology Publication, 1997.
12. 王梅玲,「全球網路學習」,資訊地球村課程,單元九,國立中央大學, 2002。
13. 洪榮昭、劉明洲,「電腦輔助教學之設計原理與應用」,師大書苑,1997。
14. 黃麗松,「線上工程材料實驗室-數位遊戲式學習」,國立交通大學, 碩士論文,2010。
15. Fredinand P. Beer, E. Russell Johnston, Jr., Vector Mechanics for Engineers Statics Sixth Edition, 3.5" floppy disk, 1996.
16. <http://emweb.unl.edu>
17. www.ncnu.edu.tw
18. www.statics.com
19. www.apple.com
20. J. Đorđević, B. Nikolić, T. Borozan, A. Milenković, "CAL(2): Computer Aided Learning in Computer Architecture Laboratory", Computer applications in engineering education, Vol.16, No. 3, pp.

172-188, 2008.

21. <http://tw.yahoo.com>

22. www.facebook.com

23. 蔡呈祥，「應用力學學習評量系統製作-以節點、剛體平衡為例」，國立交通大學，碩士論文，2012。

24. William F. Riley, Leroy D. Sturges, Engineering Mechanics Statics Second Edition, Wiley, New York, 1996.

25. Fredinand P. Beer, E. Russell Johnston, Jr., Vector Mechanics for Engineers Statics Sixth Edition, McGraw-Hill, New York, 1996.

26. R. C. Hibbeler, Engineering Mechanics Statics Ninth Edition, Pearson Education, New Jersey, 2002.

27. 林昌佑，「應用力學(靜力學)」，國立交通大學，課程講義，2011。

28. 李鴻昌，應用力學 靜力學 二版，全華出版社，2008。

29. 鄭麗玉，教育心理學 精要，考用出版社，2005。

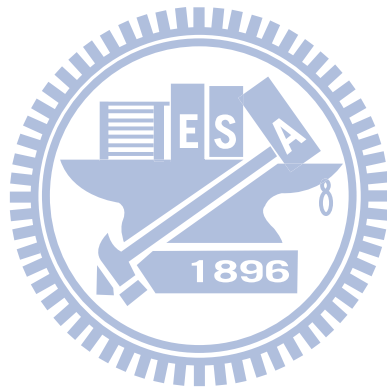
30. Deependra Tandukar, " Knowledge Mapping", ezineArticles, 2005

31. 鄧文淵等，Flash CS4 動畫特效，基峰資訊股份有限公司，2009。

32. 張仁川，Flash CS4 白皮書，基峰資訊股份有限公司，2009。

33. 施威銘等，正確學會Flash CS4的16堂課，旗標出版，2009。

34. 陳恆孝，「基礎力學網路學習教材製作」，國立交通大學，碩士論文，2004。
35. 林睿陞，「營建產業知識地圖與管理-以資訊技術為例」，國立交通大學，碩士論文，2005。
36. Flash 教學網站：<http://help.adobe.com>
37. 土木工程資源網：<http://civilengineer.webinfolist.com/>



圖表附錄

表2.1 布魯姆認知領域設計流程[4]

知識向度	認知歷程向度					
	1.記憶	2.了解	3.應用	4.分析	5.評鑑	6.創造
A.事實知識	活動一					
B.概念知識		活動二 測驗一	活動三 活動五 測驗二			
C.程序知識					活動六 測驗三	
D.後設認知知識	活動四					

教學目標: 分辨管樂合奏及弦樂合奏

活動一: 舉例說明管樂器和弦樂器

活動二: 了解管樂合奏和弦樂合奏

活動三: 指出管樂合奏和弦樂合奏

活動四: 說出聆聽感受

活動五: 區分管樂合奏和弦樂合奏

活動六: 由陌生曲目判斷管樂合奏或弦樂合奏

測驗一: 區分管樂器和弦樂器

測驗二: 區分管樂合奏和弦樂合奏

測驗三: 由陌生曲目判斷管樂合奏或弦樂合奏

表3.1 布魯姆認知領域在本系統的應用

知識向度	認知歷程向度					
	1.記憶	2.了解	3.應用	4.分析	5.評鑑	6.創造
A.事實知識	講義					
B.概念知識		引導式例題 ↓ 問答				
C.程序知識			例題 ↓ 問答		評量	
D.後設認知知識						

知識地圖

表4.1 第四章例題功能使用次數

	學生	1	2	3	4	5	總和
401	問答	0	0	2	1	4	4
	提示	1	3	2	2	3	3
	複習	0	1	0	0	1	1
402	問答	1	1	2	1	3	4
	提示	2	3	3	2	3	3
	複習	1	2	1	2	3	4
403	問答	1	1	2	2	3	3
	提示	1	1	1	1	1	1
	複習	0	3	1	0	2	2
404	問答	1	0	1	1	1	2
	提示	0	1	1	0	1	1
	複習	0	1	0	0	0	1
405	問答	0	0	2	0	2	3
	提示	1	1	2	2	2	2
	複習	1	1	1	1	2	2
合計	問答	3	2	9	5	13	16
	提示	5	9	9	7	10	10
	複習	2	8	3	3	8	10

表4.2 第五章例題功能使用次數

	學生	1	2	3	4	5	總和
501	問答	0	0	1	0	0	4
	提示	0	1	0	0	1	1
	複習	0	1	0	0	1	5
502	問答	0	0	1	1	2	4
	提示	1	1	1	1	1	1
	複習	1	1	2	0	1	3
503	問答	1	2	2	2	2	4
	提示	2	2	1	2	2	2
	複習	0	1	1	0	2	4
504	問答	0	0	2	0	1	6
	提示	2	3	2	3	4	4
	複習	0	0	0	0	0	1
505	問答	0	0	2	0	2	4
	提示	5	8	5	6	7	8
	複習	0	1	0	1	2	6
合計	問答	1	2	8	3	7	22
	提示	10	15	9	12	15	16
	複習	1	4	3	1	6	19

表4.3 第四第五章功能使用率

第四章 功能使用率

	學生1	學生2	學生3	學生4	學生5
問答答錯率	19%	13%	56%	31%	81%
提示使用率	50%	90%	90%	70%	100%
複習使用率	20%	80%	30%	30%	80%

第五章 功能使用率

	學生1	學生2	學生3	學生4	學生5
問答答錯率	5%	9%	36%	14%	32%
提示使用率	63%	94%	56%	75%	94%
複習使用率	5%	21%	16%	5%	32%



表4.4 問卷調查

	(訪問人數:15人)		
	是	尚可	否
系統的設計順手嗎?	47%	33%	20%
系統的章節的編排是否可和上課內容接合?	67%	20%	13%
例題採用引導方式進行對你有幫助嗎?	53%	27%	20%
引導式例題是否能使你更了解解題的步驟?	53%	33%	13%
利用動畫標示的方式呈現力及力矩對你有幫助嗎?	67%	7%	27%
透過問答的方式是否能加深你的印象?	47%	40%	13%
例題中的提示對你有幫助嗎?	60%	20%	20%
例題中的複習是否對你有幫助?	40%	20%	40%
例題中的複習是否可以減少自行翻書找答案的頻率?	33%	27%	40%
本系統是否能吸引你學習應用力學?	7%	13%	80%
使用本系統是否比自修更有效率?	47%	27%	27%
我願意透過這套系統來準備考試	80%	0%	20%

表4.5 教科書、其他教學網與本系統比較表

	課本	其他教學網	本系統
便利性	佳	普通	普通
專注度	佳	普通	普通
即時性	差	佳	佳
互動性	差	差	普通
知識取得	普通	普通	佳
解題能力	普通	普通	佳



圖1.1 平板預計銷量及使用人口[1]



圖1.2 研究流程

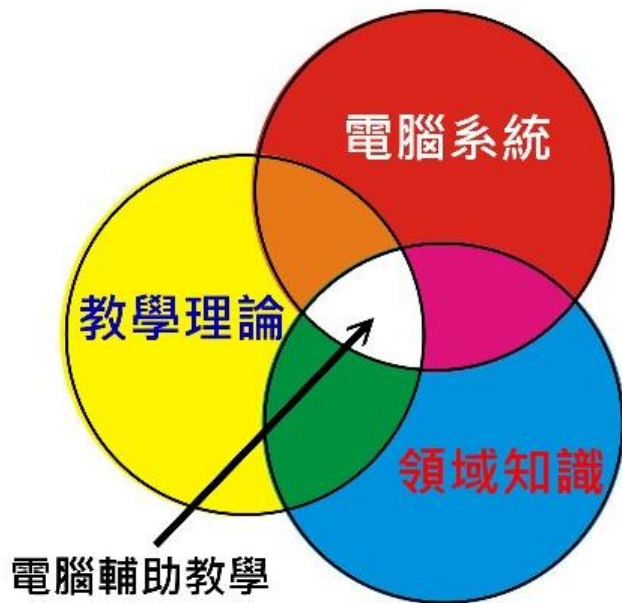


圖2.1 電腦輔助教學之定位[2]

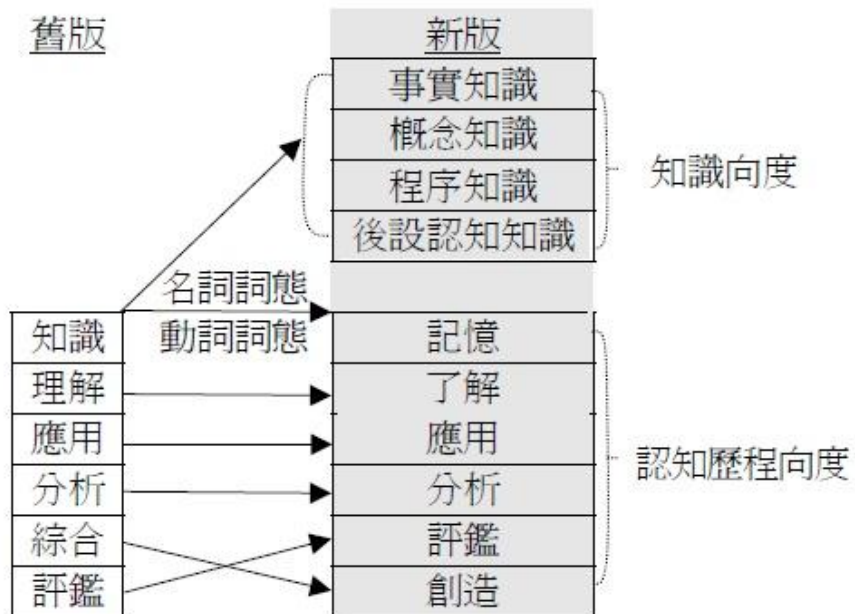


圖2.2 布魯普認知領域新舊版比較[4]

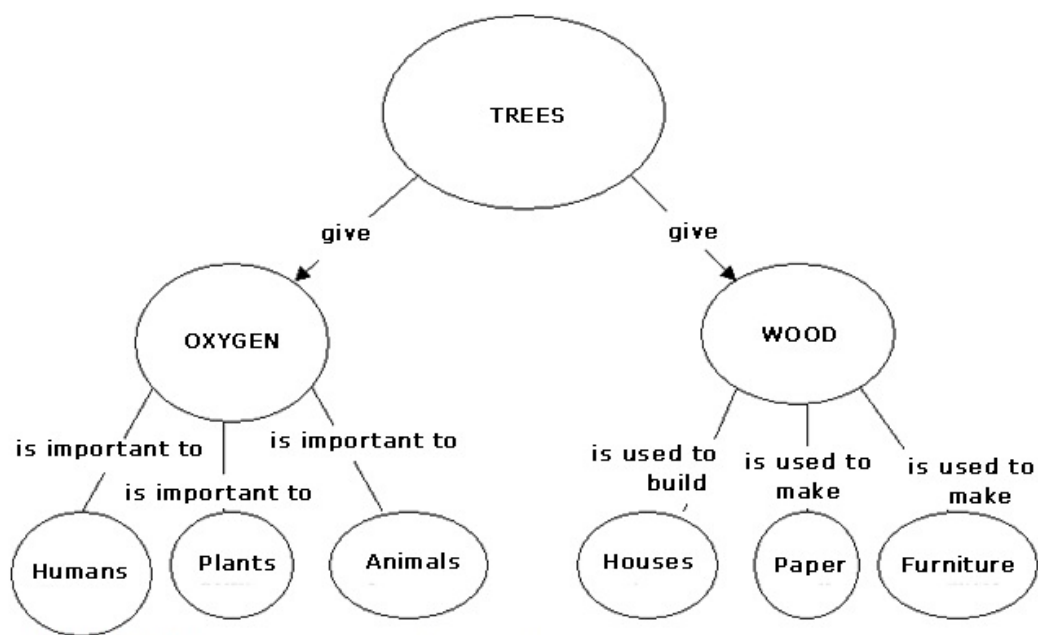


圖2.3 概念型知識地圖[9]

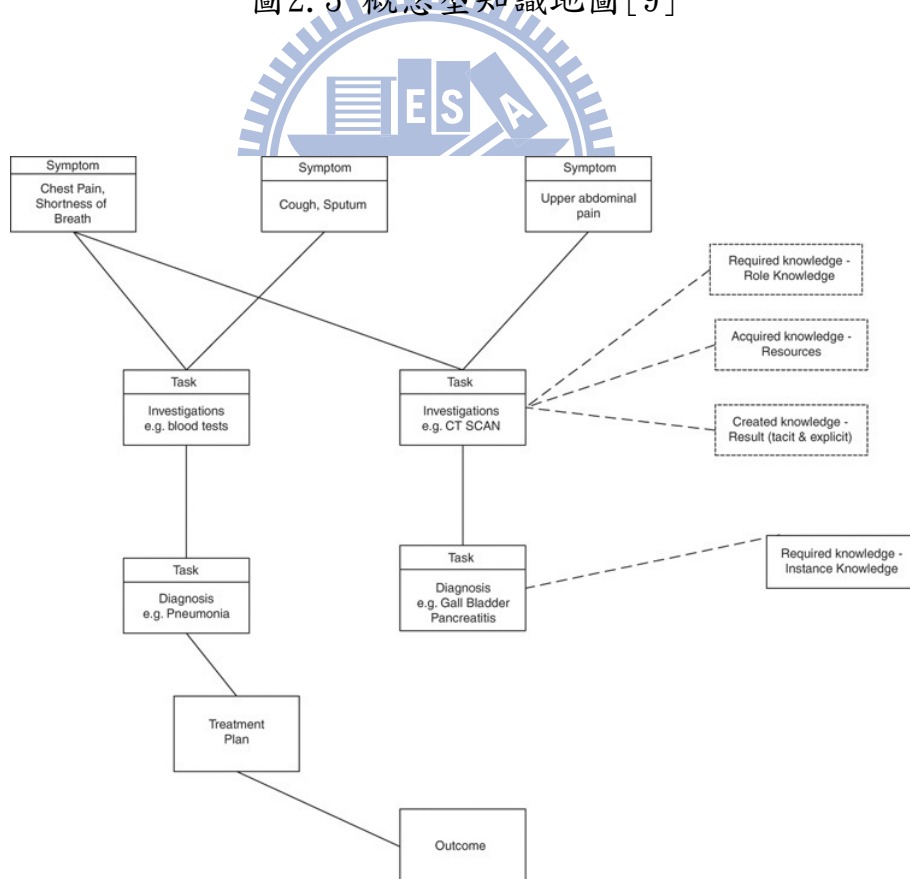


圖2.4 流程型知識地圖[10]

File Particle Equilibrium 2-D Rigid Body Equilibrium 3-D Rigid Body Equilibrium

功能列表

The necessary and sufficient conditions for the equilibrium of a rigid body are

$$\Sigma \mathbf{F} = 0 \quad \Sigma \mathbf{M} = \Sigma(\mathbf{r} \times \mathbf{F}) = 0$$

These two vector equations can be expanded and written as

$$\Sigma \mathbf{F} = (\Sigma F_x)\mathbf{i} + (\Sigma F_y)\mathbf{j} + (\Sigma F_z)\mathbf{k} = 0 \quad \Sigma \mathbf{M} = (\Sigma M_x)\mathbf{i} + (\Sigma M_y)\mathbf{j} + (\Sigma M_z)\mathbf{k} = 0$$

In order to completely satisfy these two vector equations, each of the six scalar equations represented must be satisfied. In two-dimensions, since

$$F_z = 0 \quad \text{and} \quad M_x = M_y = 0$$

only three equations need to be satisfied:

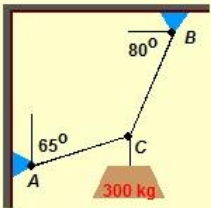
$$\Sigma F_x = 0 \quad \Sigma F_y = 0 \quad \Sigma M_z = 0$$

The summation of moments about the \mathbf{z} axis does not imply that moments must be taken with respect to the origin of the coordinate system. Therefore, any point can be taken as the moment center.

2-D Rigid Body Equilibrium: Introduction (4.1 & 4.4) Continue

圖 2.5 教科書教學軟體-講義[15]

File Particle Equilibrium 2-D Rigid Body Equilibrium 3-D Rigid Body Equilibrium



A 300 kg mass is supported by cables as shown. Determine the tension in cables **CA** and **CB**.

$T_{CB} =$

Sorry. That was not correct, please try again.

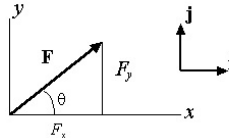
Particle Equilibrium: Quizzes: Quiz # 1 Quiz Menu

圖 2.6 教科書教學軟體-評量[15]

Coordinates and Addition of Vectors

Unit vector: A vector of unit length

Components of a vector in orthogonal bases: Unit vectors *i* and *j* are along the *x* and *y* directions



$$\underline{F} = F_x \underline{i} + F_y \underline{j}$$

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$

$$\tan(\theta) = \frac{F_y}{F_x}$$

Addition of vectors using the components:

$$\underline{\Sigma F} = \underline{\Sigma F_x i} + \underline{\Sigma F_y j}$$

圖2.7 應用力學教學網站-講義[16]



972-220033 靜力學

NCNU Moodle 1.9.15 > 972-220033 靜力學 > 線上資源 > HW_3詳解

< 78 >

$2(900 \sin \theta) = 900 \rightarrow \theta = 34.73^\circ$

資料來源: Ncnu

圖2.8 應用力學網站-習題詳解[17]

Example

Calculate the tension in cables AB, AC, and the reactions at D. The sphere weighs 150 lb.
Units: Lb, ft.

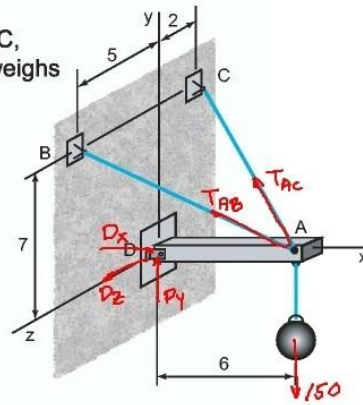
From a previous solution,

$$\vec{T}_{AB} = T_{AB}(-0.571\vec{i} + 0.667\vec{j} + 0.476\vec{k})$$

$$\vec{T}_{AC} = T_{AC}(-0.636\vec{i} + 0.742\vec{j} - 0.212\vec{k})$$



教學者游標



影音控制鈕



圖2.9 應用力學網影音教學[18]



圖2.10 語音秘書Siri[19]

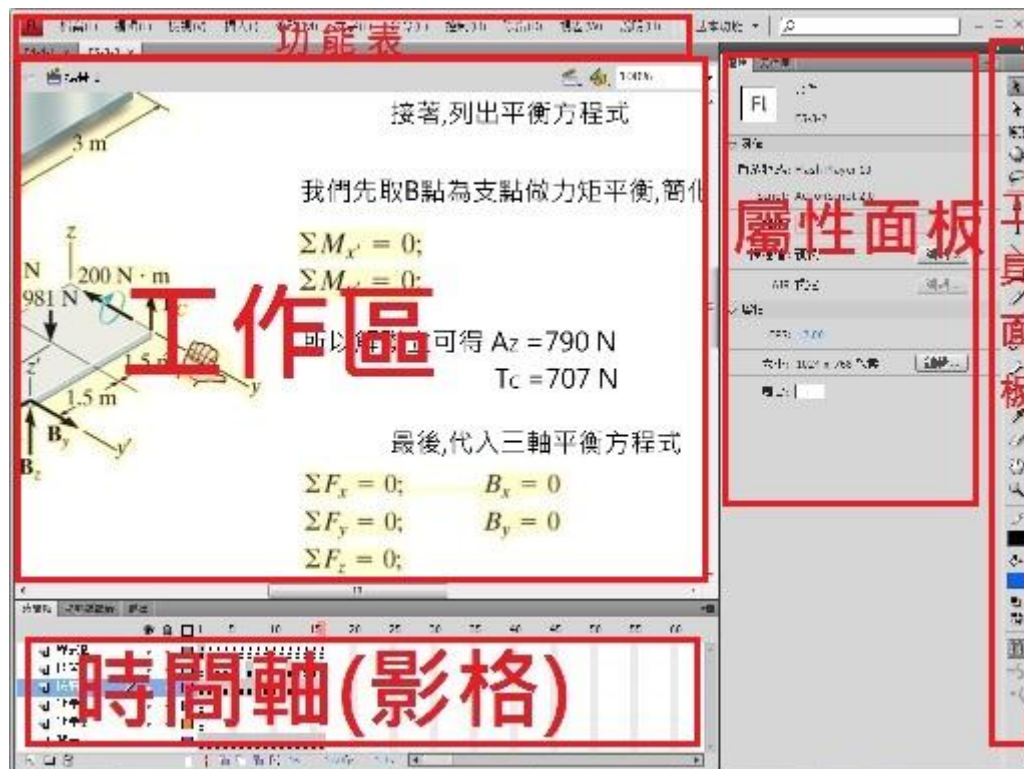


圖3.1 Flash 操作環境



圖3.2 Flash 宣傳廣告[21]



圖 3.3 Flash 遊戲開發 [22]

60Kg重柱體被繩索吊著,請問BA及BC段張力?

接著利用自由體圖列出平衡方程式

平衡方程式:未知繩索張力大小可由平衡方程式 $\Sigma F_x = 0$ $\Sigma F_y = 0$ 求得

$\Sigma F_x = 0; T_C \cos 45^\circ - \left(\frac{4}{3}\right)T_A = 0$ (1)

$\Sigma F_y = 0; T_C \sin 45^\circ + \left(\frac{3}{3}\right)T_A - 60(9.81) \text{ N} = 0$ (2)

圖 3.4 Flash 按鈕功能展示

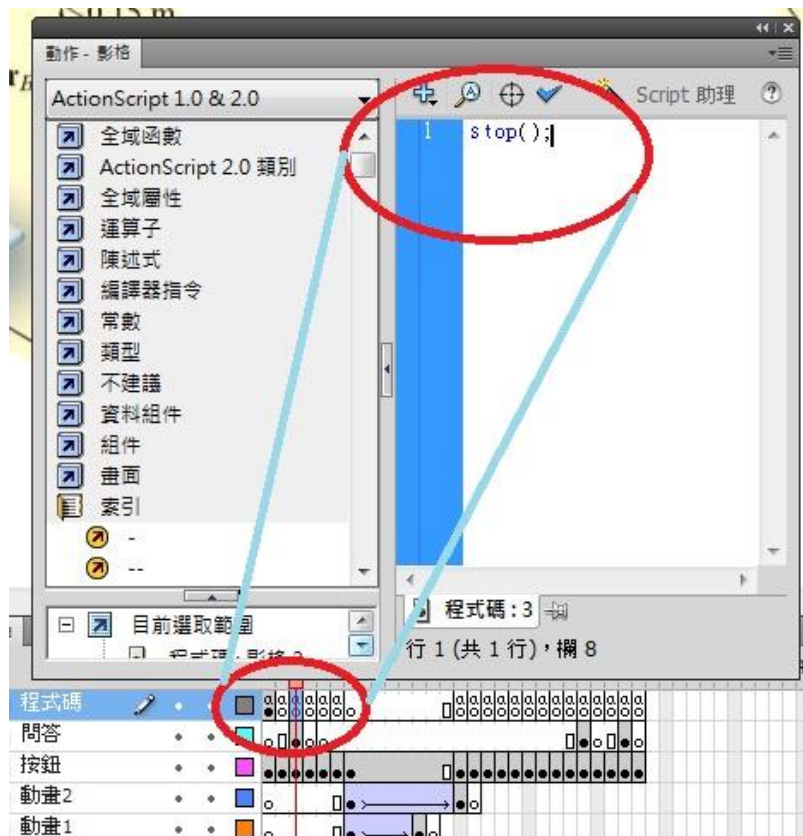


圖3.5 Flash 腳本安排

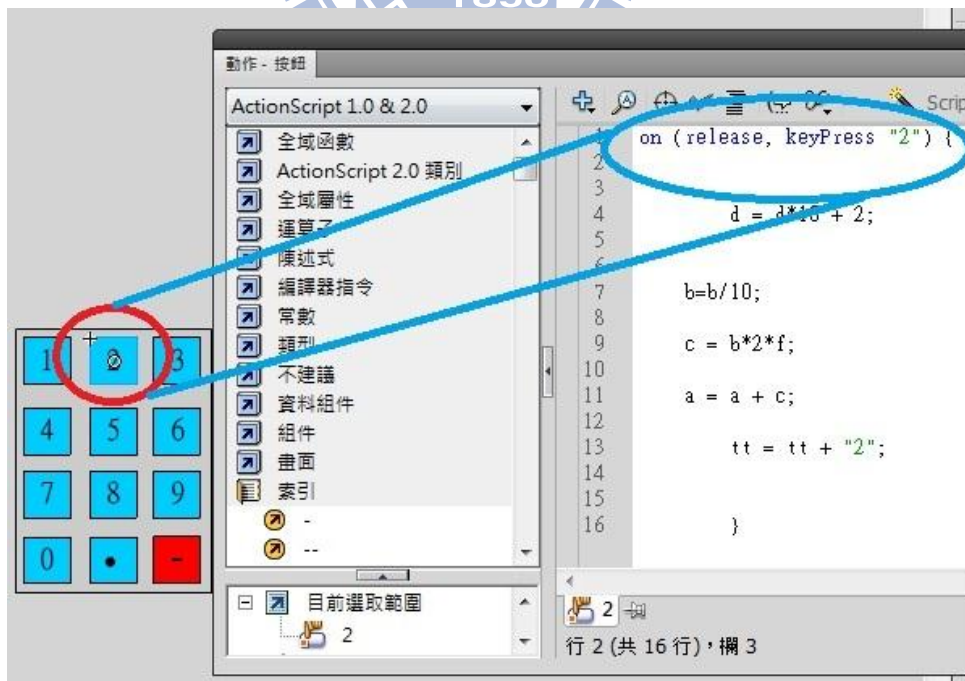


圖3.6 Flash 按鈕與鍵盤連動示意

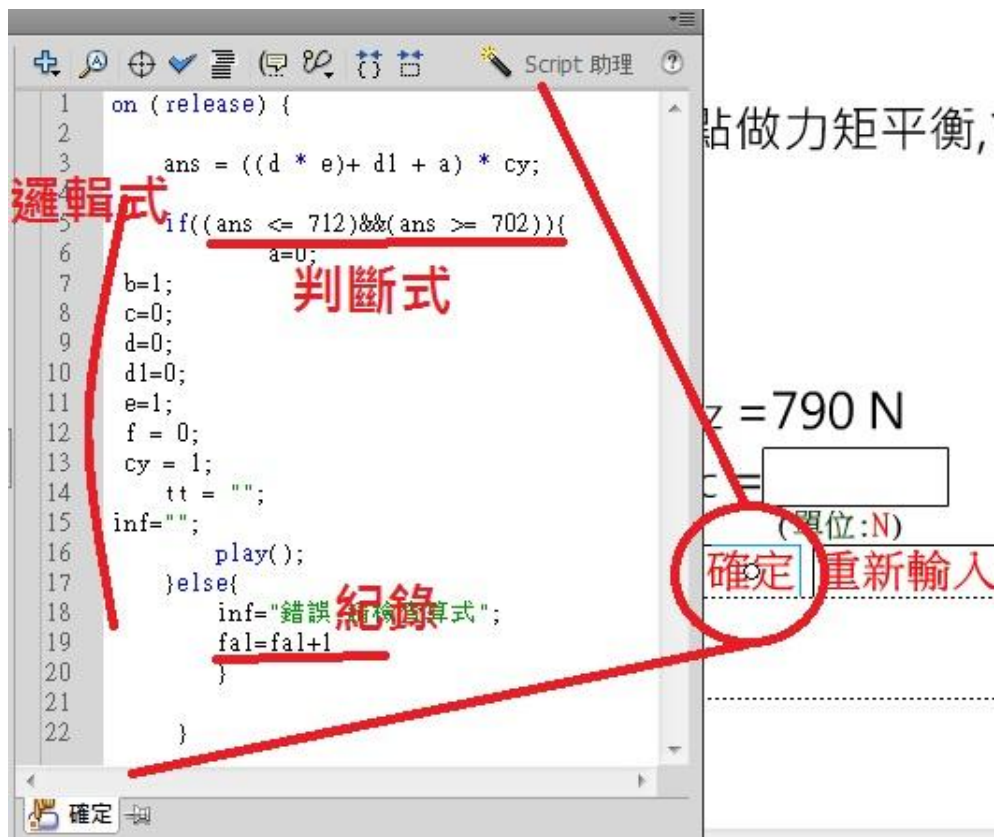


圖3.7 Flash 按鈕與程式碼

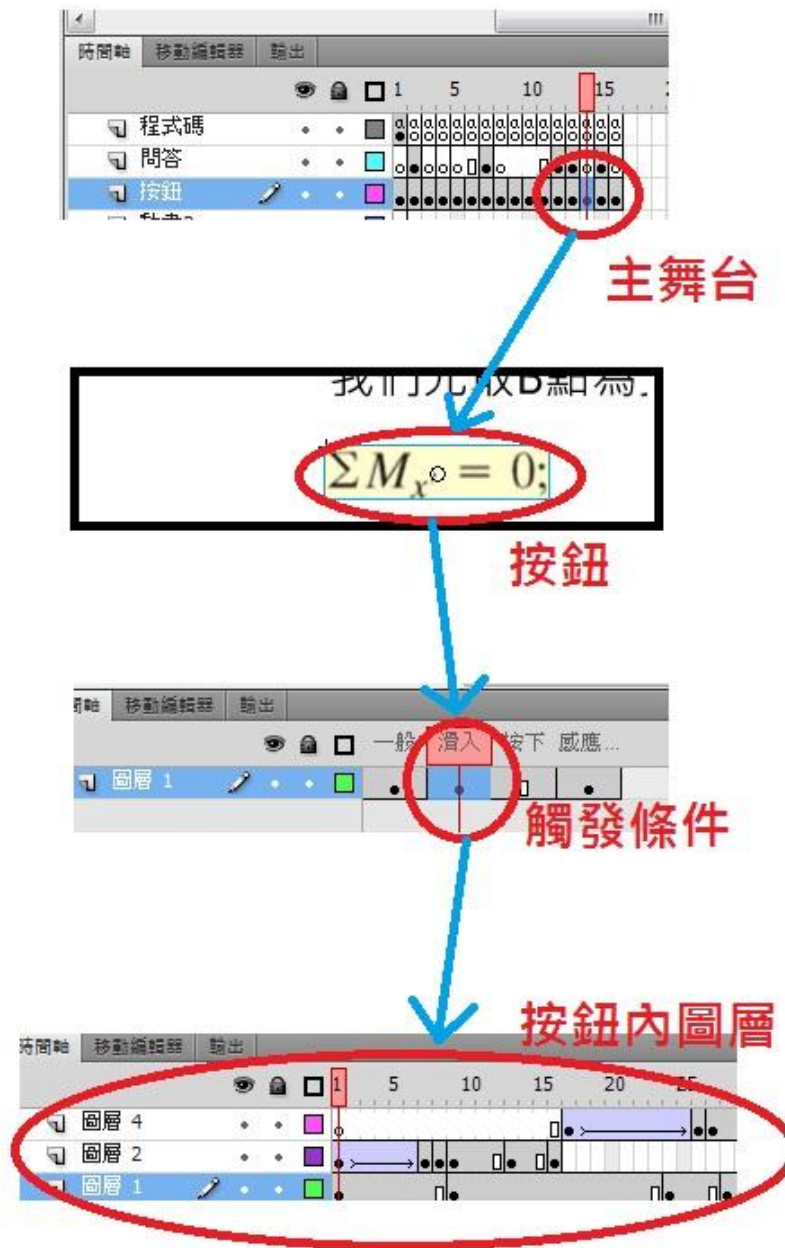


圖3.8 Flash 按鈕與動畫

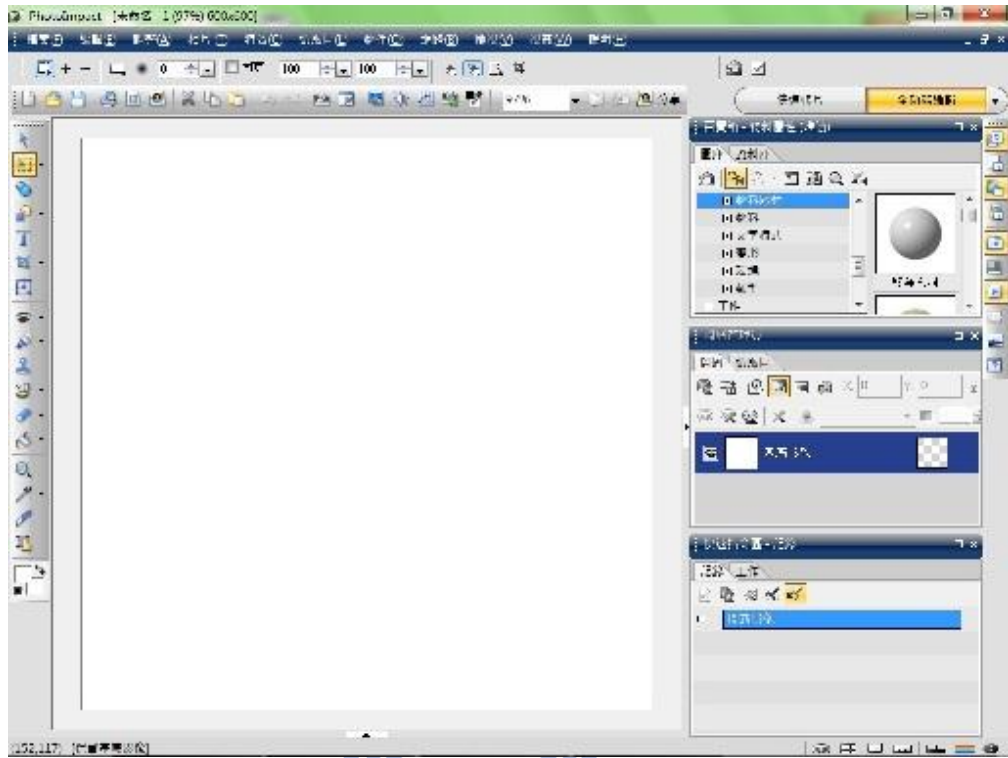


圖3.9 PhotoImpact 操作環境



圖3.10 PhotoImpact影像處理對照圖

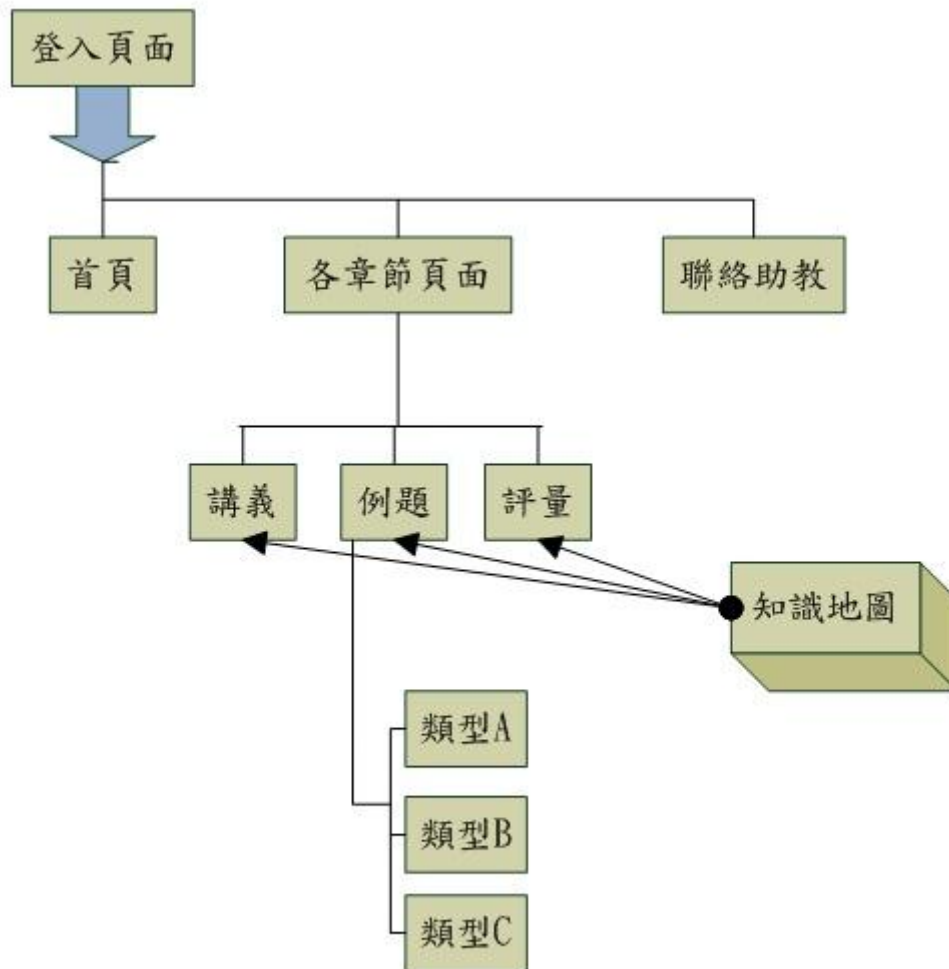


圖3.11 系統組成



圖3.12 架構說明-登入頁面



圖3.13 架構說明-首頁



圖3.14 架構說明-聯絡助教



圖3.15 架構說明-各章節頁面

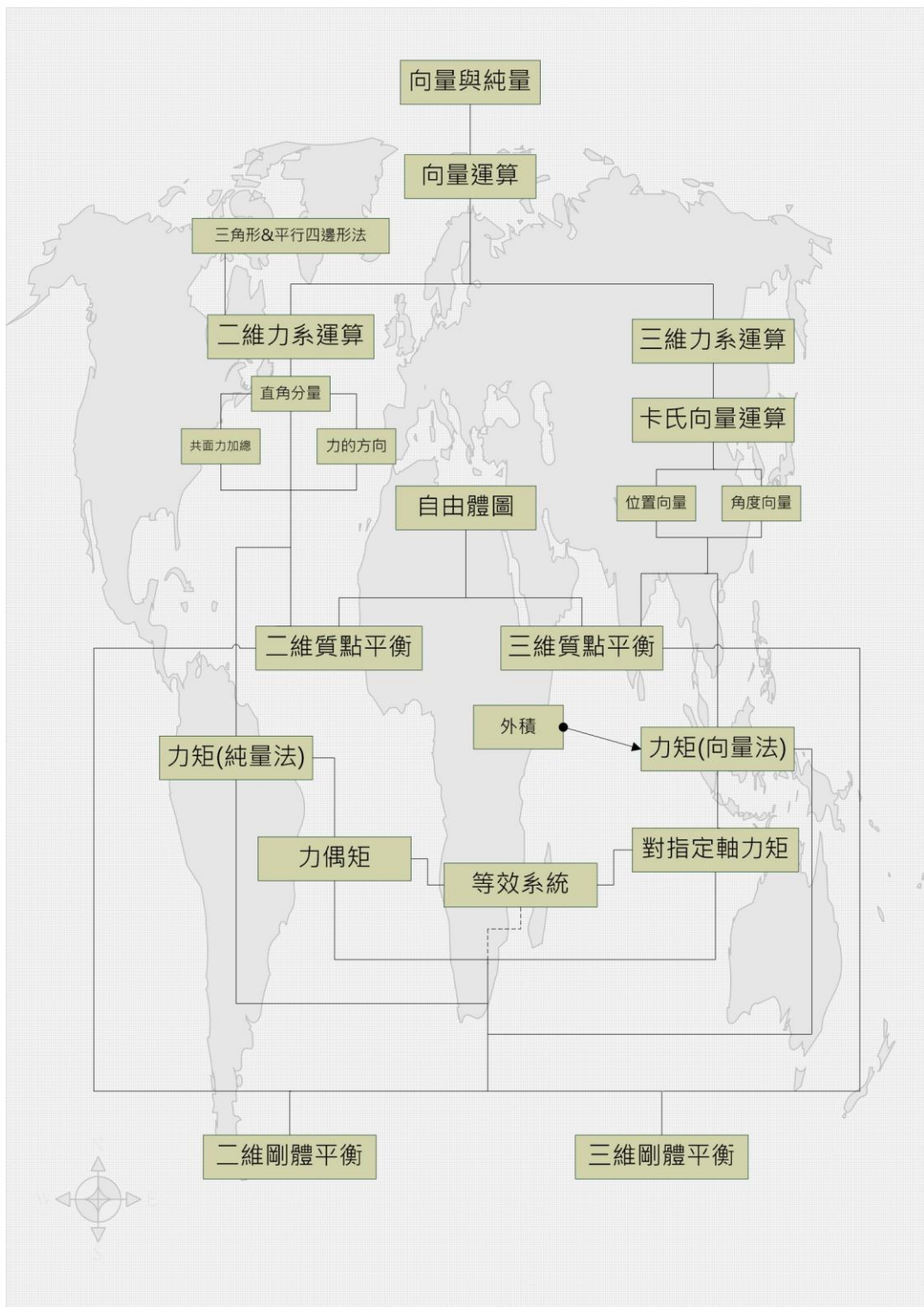
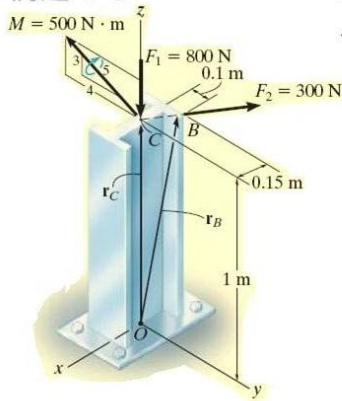


圖3.16 系統知識地圖

例題 4-9



物體受兩作用力 F_1 F_2 及一力矩 M 作用,請求出在 O 點的等效作用力及等效力矩

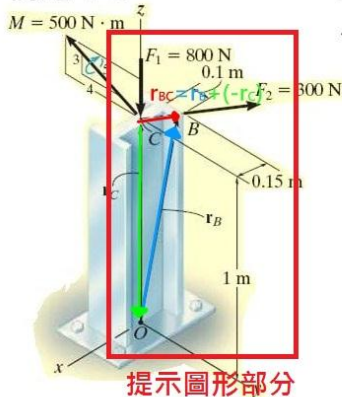
三維問題,先將力量化成卡氏向量

$$F_1 = \{-800\mathbf{k}\} \text{ N}$$

引導指示

圖3.17 引導式例題說明-文字引導

例題 4-9



物體受兩作用力 F_1 F_2 及一力矩 M 作用,請求出在 O 點的等效作用力及等效力矩

三維問題,先將力量化成卡氏向量

$$F_1 = \{-800\mathbf{k}\} \text{ N}$$

提示

$$F_2 = (300 \text{ N})\mathbf{u}_{CB} = (300 \text{ N})\left(\frac{\mathbf{r}_{CB}}{r_{CB}}\right)?$$

此的求法如圖左
不了解單位向量與位置向量的關係
建議索下問號複習第二章

$$= 300 \text{ N} \left[\frac{\{-0.15\mathbf{i} + 0.1\mathbf{j}\} \text{ m}}{\sqrt{(-0.15 \text{ m})^2 + (0.1 \text{ m})^2}} \right]$$

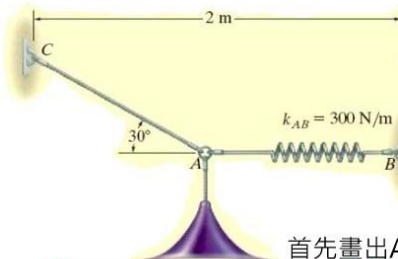
提示文字部分

$$\mathbf{M} = -500\left(\frac{4}{5}\right)\mathbf{j} + 500\left(\frac{3}{5}\right)\mathbf{k} = \{-400\mathbf{j} + 300\mathbf{k}\} \text{ N}\cdot\text{m}$$

力矩標示

圖3.18 引導式例題說明-提示

例題 3-4



吊燈重8kg,求繩索AC的長度. 彈簧AB的原長度為 $l_{AB} = 0.4 \text{ m}$
彈簧常數 $k_{AB} = 300 \text{ N/m}$.

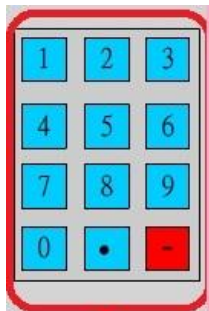
選擇式問答

首先畫出A點自由體圖,請問是哪一個?

狀態區

錯了,不要忘了吊燈的重量

圖3.19 選擇式問答



填寫區

(單位:N)

確定 重新輸入

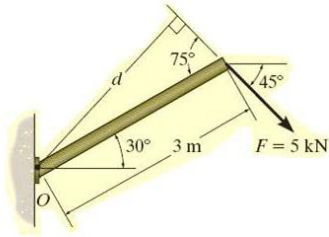
狀態區

舞台

程式碼,僅在背景執行不顯示於舞台上

圖3.20 填空式問答

請求出力量對點O所產生的力矩



首先,利用三角形關係求出力臂
輸入錯誤答案

d =

(單位:m)

確定 重新輸入

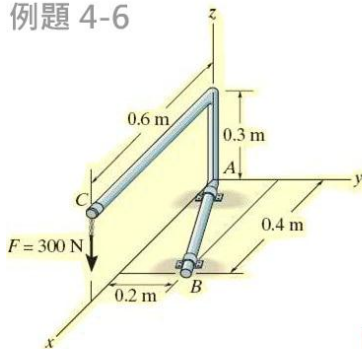
錯誤,請複習正餘弦定理

複習

狀態區顯示錯誤,並提醒可以
使用旁邊的複習按鈕

圖3.21 填空式問答例題說明

例題 4-6



力量F作用在C點上,請求出對AB軸產生的力矩 M_{AB}

利用外積求力矩

如果要算出對軸的力矩,可以乘上該軸的單位向量
本題為 $M_{AB} = \mathbf{u}_B \cdot (\mathbf{r} \times \mathbf{F})$

AB軸的位置向量
 $\mathbf{r}_B = [0.4\mathbf{i} + 0.2\mathbf{j}] \text{ m}$

問答區

所以位置向量

$\mathbf{u}_B =$ $\mathbf{i} + 0.4472\mathbf{j}$

(單位:無)

確定 重新輸入

提示

複習

$$\mathbf{u}_B = \frac{\mathbf{r}_B \text{ (向量)}}{r_B \text{ (純量)}}$$

提示顯示資訊

圖3.22 按鈕說明(提示)

例題 4-6

力量F作用在C點上,請求出對AB軸產生的力矩 M_{AB}

利用外積求力矩

要算出對軸的力矩,可以乘上該軸的單位向量
為 $M_{AB} = \mathbf{u}_{AB} \cdot (\mathbf{r} \times \mathbf{F})$

的位置向量
 $(0.4\mathbf{i} + 0.2\mathbf{j}) \text{ m}$

位置向量
 $\text{[]} \mathbf{i} + 0.4472\mathbf{j}$
單位:無

彈出另一個視窗
2-4-2節講義

圖3.23 按鈕說明(複習)



圖4.1 連結區



圖4.2 首頁



圖4.3 第二章頁面



圖4.4 聯絡助教頁面

CH3 質點平衡

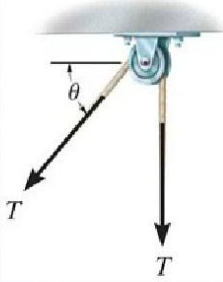


圖4.5 講義展示-首頁

圖中取圖

連結物I(繩索及滑輪):

靜力學中,一般假設繩索無重量且不具延展性.
繩索的特性是僅受張力或拉力且作用方向與繩索相同
如右圖,右方繩索受力 T ,左邊繩索的角度 θ 不論為多少,
繩索所受的張力 T 皆不變(質點平衡)



連結物II(彈簧):

物體常以線性彈簧做支撐,彈簧的變形量與作用力成正比
這種關係可以用彈簧係數或稱剛性 k 來表示
彈簧力 $F=ks$, s 為彈簧的變形量
如果為 s 正, F 代表拉伸彈簧的力.如果為負, F 則代表壓縮彈簧的力.
如右圖,彈簧向下拉伸, F 代表拉伸彈簧所需的力

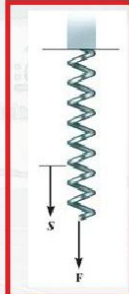


圖4.6 講義展示-圖形動畫

畫出外型
想像質點被整個系統隔離或"切出"而成變成自由的物體,畫出大略的外型

標示作用力
在圖上標出作用在質點上的力量,力量依特性分成
主動力:施加在質點上使質點運動的力
反作用力:支撐或拘束點上阻止質點運動的反力

確認作用力
已知力量:直接標示大小與方向
未知力量:標示假設的方向,大小以文字表示

以例子解釋自由體圖的步驟:
步驟1:圖中吊桶以鋼索支撐,想像吊桶為一個質點畫出外型

圖4.7 講義展示-自由體圖作法

以例子解釋自由體圖:

起重機吊起一種重量W的物體,鐵環A的自由體圖如下,
由於繩索AB AC AD 皆與A環相連,自由體圖須將其考慮進去
W與 T_B T_C 的關係可以由平衡條件 $\sum \mathbf{F} = \mathbf{0}$ 求得

列式 $W + T_B + T_C = 0$

圖4.8 講義展示-列式及對應關係

3-2 二維力系平衡

二維(平面)上的質點受力問題可以建立x-y座標軸,如右圖所示,建立座標軸後可以將質點平衡條件改寫成i-j方向分量形式:

$$\sum \mathbf{F} = \mathbf{0}$$

$$\sum F_x \mathbf{i} + \sum F_y \mathbf{j} = \mathbf{0}$$

為了方便計算,將x與y方向分開來看

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

上式就是平面的質點平衡條件,作用在質點上的所有作用力都必須為零(x方向與y方向合力為零)

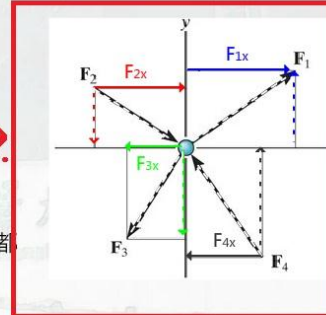
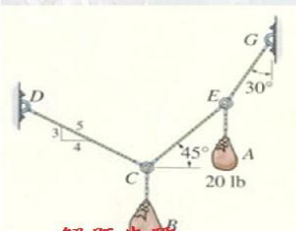


圖4.9 講義展示-x方向分力

3-2 二維力系平衡

例子:

麻袋A重20lb,求繩子張力及B麻袋的重量



解題步驟

解題步驟: Step1

自由體圖

選定適當方向設定x-y座標軸

標示已知力及未知力大小

假設未知力的方向

平衡方程式

寫出平衡方程式, $\sum F_x = 0$ 與 $\sum F_y = 0$

沿軸正方向力分量取正,反之取負

彈簧有 $F = ks$ 伸長量與力量的關係式

題目要求繩張力及B重力,分成E及C兩個部分求解
先畫出E點自由體圖(假設繩張力的 T_{EG} 及 T_{EC} 的方向)

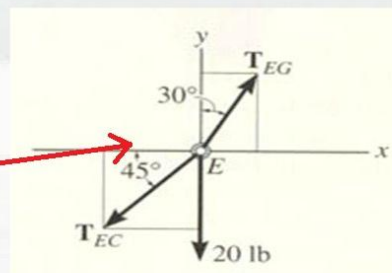
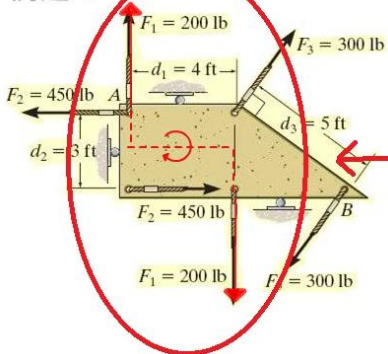


圖4.10 講義展示-說明解題步驟

例題 4-7



三組力量作用在物件上,請求出合力矩

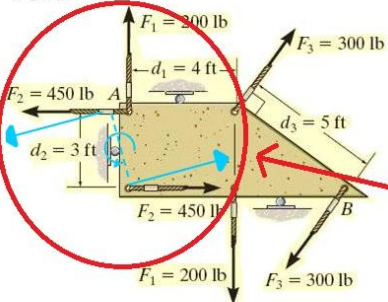
觀察後可以發現三組力偶矩

引導指示

對應顯示的力偶矩

圖4.11 例題展示-文字引導

例題 4-7



三組力量作用在物件上,請求出合力矩

觀察後可以發現三組力偶矩

所以,合力矩 $\sum +M_R = F_1d_1 - F_2d_2 - F_3d_3$

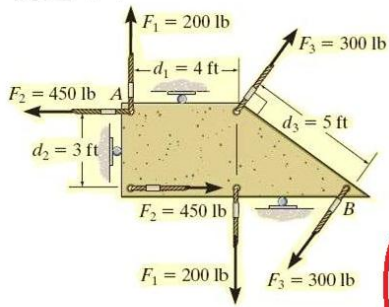
(單位: lb.ft)

確定 重新輸入

問答區

圖4.12 例題展示-合力矩列式

例題 4-7



三組力量作用在物件上,請求出合力矩

觀察後可以發現三組力偶矩

所以,合力矩 $\sum +M$ 答案區填入錯誤答案

= 950
(單位: lb. ft)

確定 重新輸入

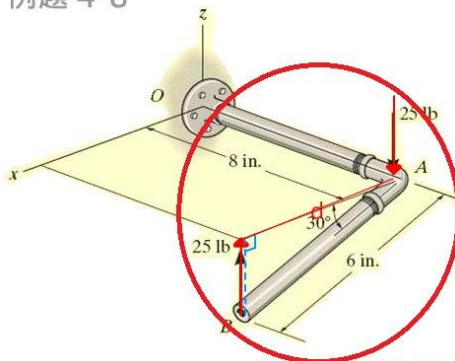
狀態區

錯誤,注意力矩的方向

顯示:錯誤,注意力矩的方向

圖4.13 例題展示-問答

例題 4-8



如圖,AB桿與x平面夾 30° 受兩相對的力作用,請求出系統的力偶矩

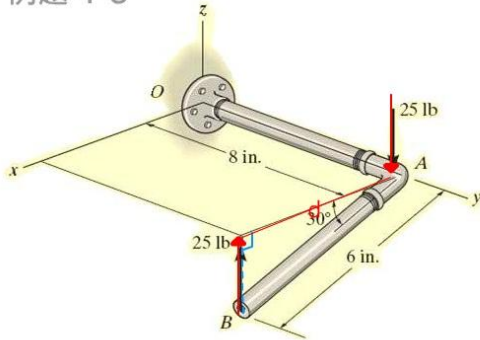
一般三維問題應該使用向量法解題,但本題條件單純,所以使用較為簡潔的純量法

觀察後可以發現一力偶矩

以動畫標示力量及垂直距離d

圖4.14 例題展示-引導指示

例題 4-8



如圖,AB桿與x平面夾 30° 受兩相對的力作用,請求出系統的力偶矩

一般三維問題應該使用向量法解題,但本題條件單純,所以使用較為簡潔的純量法

觀察後可以發現一力偶矩

問答區

$$M = Fd = \text{[input box]}$$

(單位: lb.in)

確定 重新輸入

提示

力臂須與力量垂直,所以 $d=6\cos 30^\circ$

提示資訊

圖4.15 例題展示-問答及提示

4-2-1 力矩(向量法)

利用外積做彈簧:
 $M_O = r \times F$
 r 代表由O點指向F作用線上
 任一點的位置向量

如圖,AB桿與x平面夾 30° 受兩相對的力作用,請求出系統的力偶矩

另一種做法是使用向量法,可以自己練習看看

力偶矩可存在於系統內任意點,取O點力矩

$$M = r_A \times (-25k) + r_B \times (25k)$$

$$= (8j) \times (-25k) + (6 \cos 30^\circ i + 8j - 6 \sin 30^\circ k) \times (25k)$$

$$= -200i - 129.9j + 200i$$

$$= (-130j) \text{ lb} \cdot \text{in.}$$

彈出視窗

複習

圖4.16 例題展示-彈出視窗(複習)

例題 5-5

施加一個400N的力在拉桿ABC上,在A處有個銷支撐,B點與BD以銷連結,請問A點受力

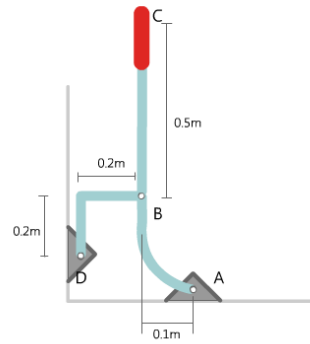


圖4.17 例題展示-拉桿受力前

例題 5-5

施加一個400N的力在拉桿ABC上,在A處有個銷支撐,B點與BD以銷連結,請問A點受力

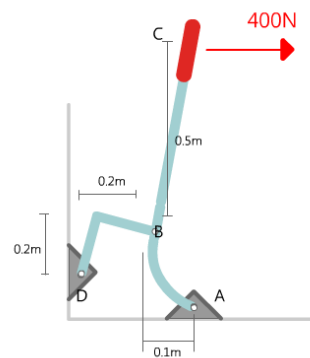


圖4.18 例題展示-拉桿受力後

例題 5-5

施加一個400N的力在拉桿ABC上,在A處有個銷支撐,B點與BD以銷連結,請問A點受力

畫出BD桿件及ABC桿的自由體圖

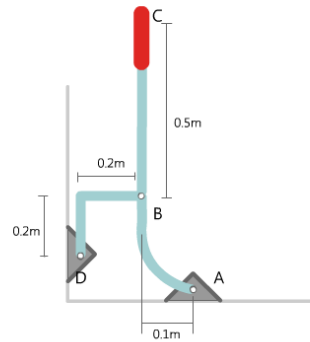


圖4.19 例題展示-文字引導

例題 5-5

施加一個400N的力在拉桿ABC上,在A處有個銷支撐,B點與BD以銷連結,請問A點受力

畫出BD桿件及ABC桿的自由體圖

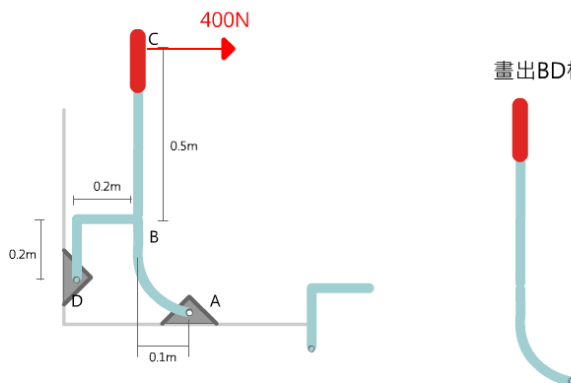


圖4.20 例題展示-拆解拉桿

例題 5-5

施加一個400N的力在拉桿ABC上,在A處有個銷支撐,B點與BD以銷連結,請問A點受力

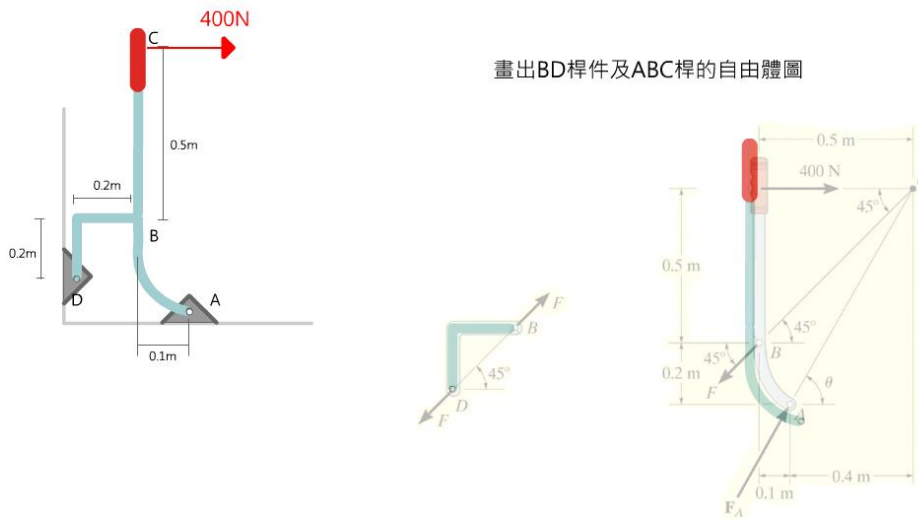


圖4.21 例題展示-動畫表示桿件受力

例題 5-5

施加一個400N的力在拉桿ABC上,在A處有個銷支撐,B點與BD以銷連結,請問A點受力

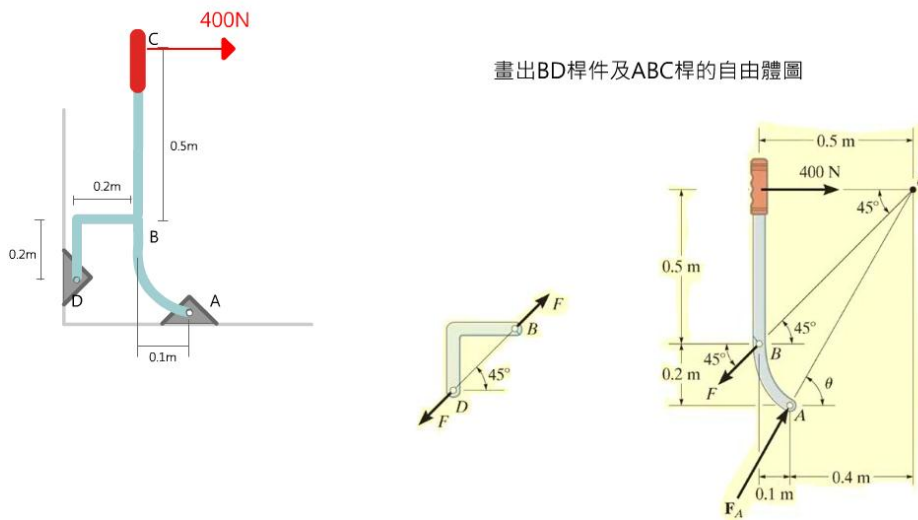


圖4.22 例題展示-桿件自由體圖

例題 5-5

施加一個400N的力在拉桿ABC上,在A處有個銷支撐,B點與BD以銷連結,請問A點受力

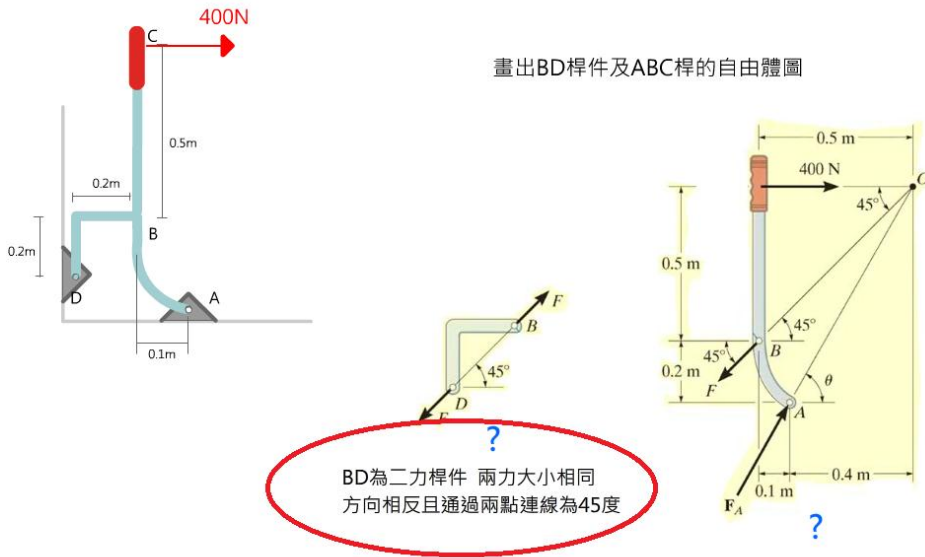


圖4.23 例題展示-二、三力桿提示

例題 5-5

施加一個400N的力在拉桿ABC上,在A處有個銷支撐,B點與BD以銷連結,請問A點受力

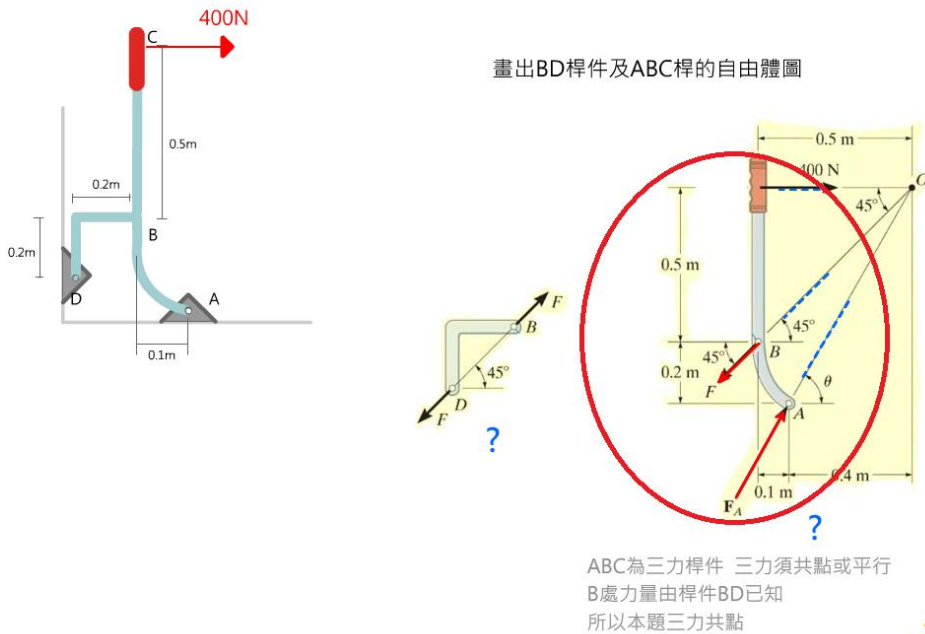


圖4.24 例題展示-三力桿力作用線的延伸

例題 5-5

施加一個400N的力在拉桿ABC上,在A處有個銷支撐,B點與BD以銷連結,請問A點受力

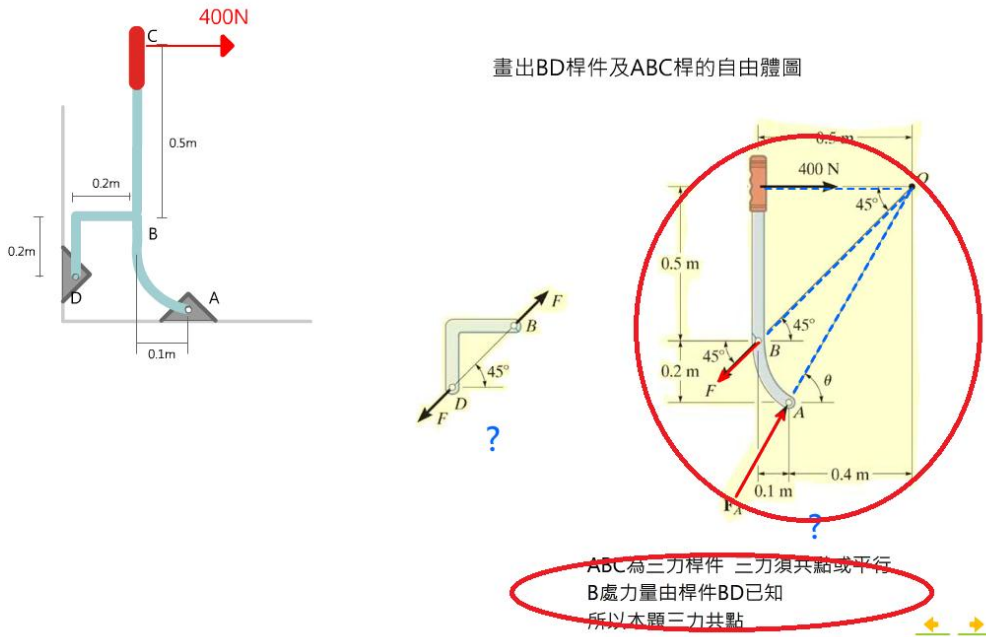


圖4.25 例題展示-三力共點

例題 5-5

施加一個400N的力在拉桿ABC上,在A處有個銷支撐,B點與BD以銷連結,請問A點受力

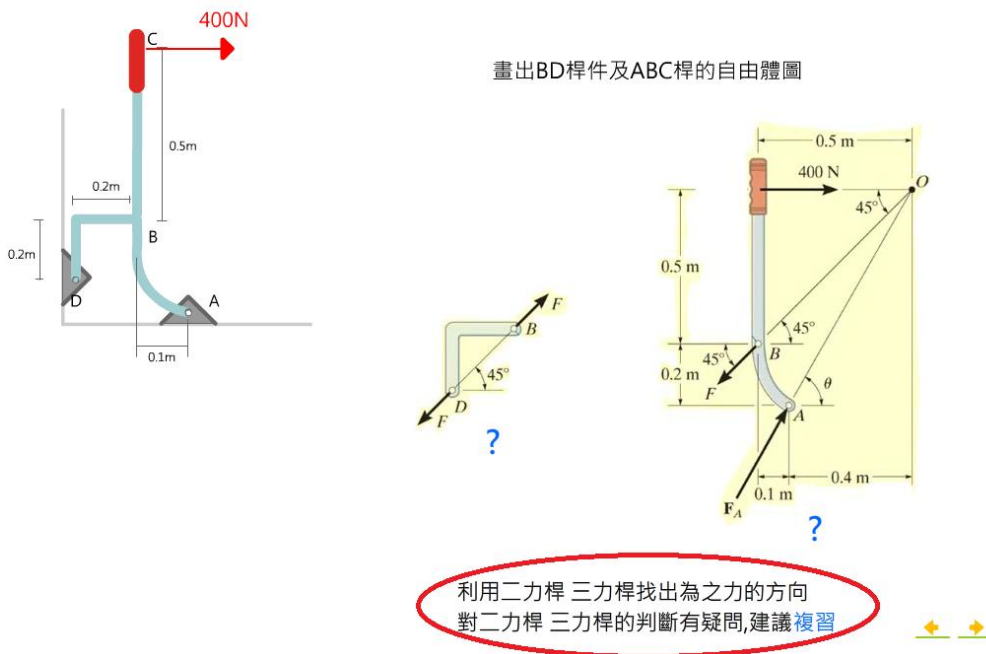
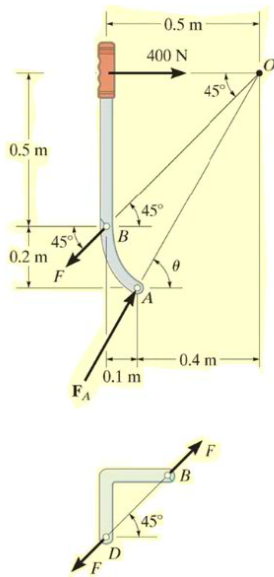


圖4.26 例題展示-複習

例題 5-5

施加一個400N的力在拉桿ABC上,在A處有個銷支撐,B點與BD以銷連結,請問A點受力



已知ABC為三立共點的三力桿件所以角度

$\theta =$ (單位:度)

確定 重新輸入

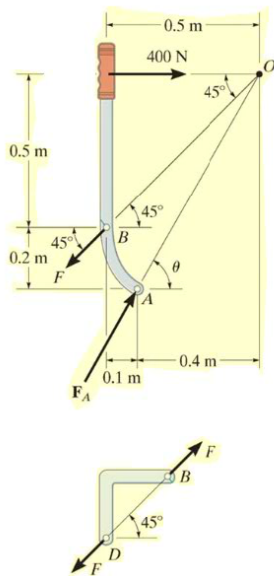
提示
解答



圖4.27 例題展示-問答

例題 5-5

施加一個400N的力在拉桿ABC上,在A處有個銷支撐,B點與BD以銷連結,請問A點受力



已知ABC為三立共點的三力桿件所以角度

$\theta =$ (單位:度)

確定 重新輸入

錯誤,請看提示

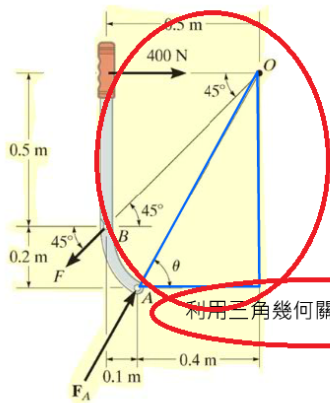
提示
解答



圖4.28 例題展示-使用者答錯的狀況

例題 5-5

施加一個400N的力在拉桿ABC上,在A處有個銷支撐,B點與BD以銷連結,請問A點受力



已知ABC為三立共點的三力桿件所以角度

$\theta =$

(單位:度)

確定 重新輸入

錯誤,請看提示

提示
解答

利用三角幾何關係,求出角度

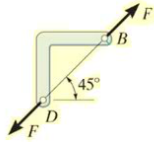
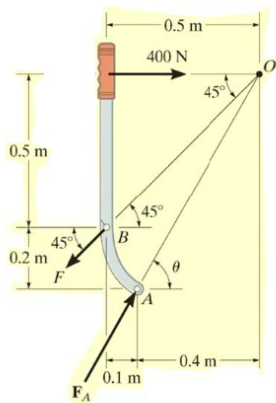


圖4.29 例題展示-問答旁的提示及解答

例題 5-5

施加一個400N的力在拉桿ABC上,在A處有個銷支撐,B點與BD以銷連結,請問A點受力



已知ABC為三立共點的三力桿件所以角度

$\theta =$

(單位:度)

確定 重新輸入

提示
解答

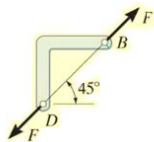
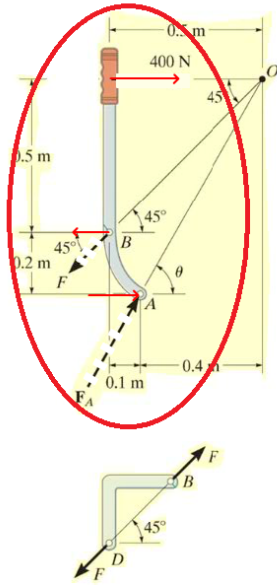


圖4.30 例題展示-問答容許誤差

例題 5-5

施加一個400N的力在拉桿ABC上,在A處有個銷支撐,B點與BD以銷連結,請問A點受力



已知ABC為三立共點的三力桿件所以角度

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{0.7}{0.4}\right) = 60.3^\circ$$

$$\rightarrow \sum F_x = 0;$$

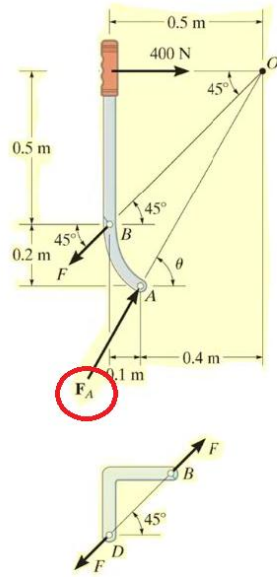
$$+\uparrow \sum F_y = 0;$$



圖4.31 例題展示-列式對應在圖上的力

例題 5-5

施加一個400N的力在拉桿ABC上,在A處有個銷支撐,B點與BD以銷連結,請問A點受力



已知ABC為三立共點的三力桿件所以角度

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{0.7}{0.4}\right) = 60.3^\circ$$

$$\rightarrow \sum F_x = 0;$$

$$+\uparrow \sum F_y = 0;$$

透過上式可以得到

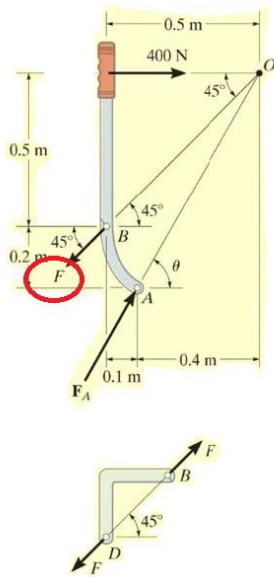
$F_A =$ (單位:N)



圖4.32 例題展示-求出FA

例題 5-5

施加一個400N的力在拉桿ABC上,在A處有個銷支撐,B點與BD以銷連結,請問A點受力



已知ABC為三立共點的三力桿件所以角度

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{0.7}{0.4}\right) = 60.3^\circ$$

$$\pm \sum F_x = 0;$$

$$+\uparrow \sum F_y = 0;$$

透過上式可以得到

$$F_A = 1.07 \text{ kN}$$

$$F = \text{[]}$$

(單位:N)

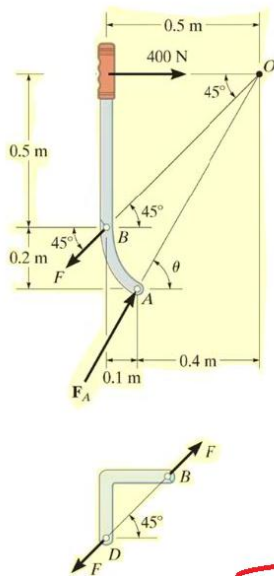
確定 重新輸入

複習

圖4.33 例題展示-列出FA算式及求出F

例題 5-5

施加一個400N的力在拉桿ABC上,在A處有個銷支撐,B點與BD以銷連結,請問A點受力



已知ABC為三立共點的三力桿件所以角度

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{0.7}{0.4}\right) = 60.3^\circ$$

$$\pm \sum F_x = 0;$$

$$+\uparrow \sum F_y = 0;$$

$$F_A \cos 60.3^\circ - F \cos 45^\circ + 400 \text{ N} = 0$$

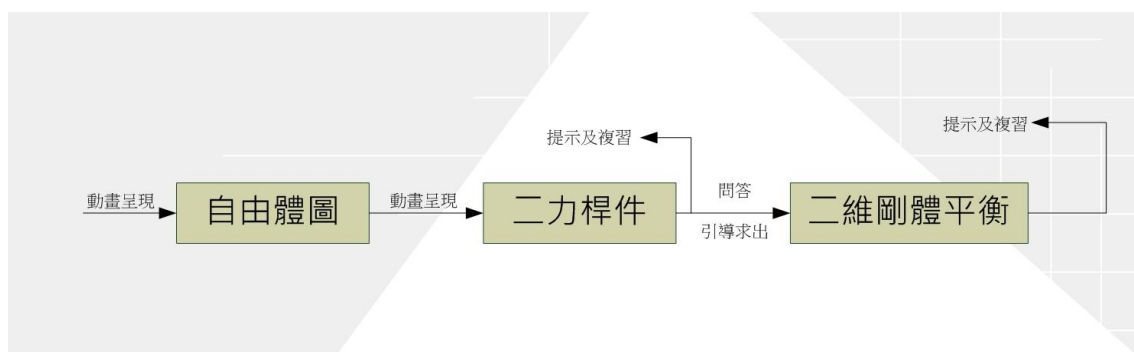
$$F_A \sin 60.3^\circ - F \sin 45^\circ = 0$$

$$F_A = 1.07 \text{ kN}$$

$$F = 1.32 \text{ kN}$$

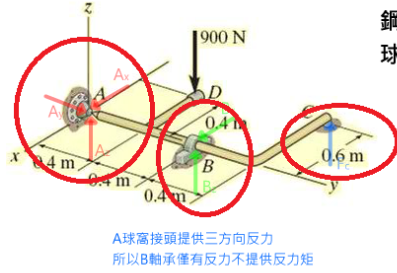
利用二力桿及三力桿的特性,可以判斷未知力量的方向,簡化解題

圖4.34 例題展示-求出答案



1896
圖4.35 二力桿件-知識流程圖

例題



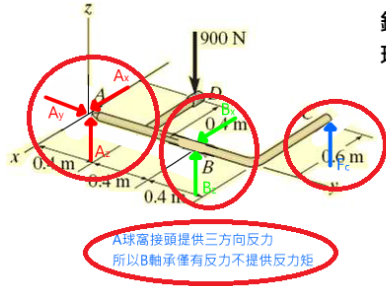
鋼管在D點承受一個900N的力作用,其A B C 三點分別受球窩接頭 軸承 及滾珠支撐,請求出支撐反力

首先,畫出鋼管的自由體圖
複習三軸支撐反力



圖4.36 例題展示-支撐

例題



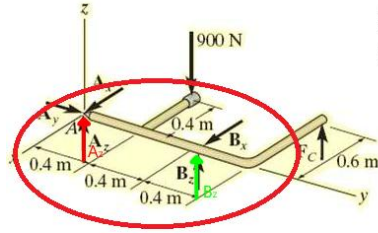
鋼管在D點承受一個900N的力作用,其A B C 三點分別受球窩接頭 軸承 及滾珠支撐,請求出支撐反力

首先,畫出鋼管的自由體圖
複習三軸支撐反力



圖4.37 例題展示-支撐反力

例題



鋼管在D點承受一個900N的力作用,其A B C 三點分別受球窩接頭 軸承 及滾珠支撐,請求出支撐反力

接著,列出平衡方程式

$$\Sigma F_x = 0; (1)$$

$$\Sigma F_y = 0; (2)$$

$$\Sigma F_z = 0; (3)$$

$$\Sigma M_x = 0; (4)$$

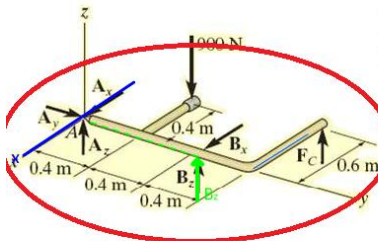
$$\Sigma M_y = 0; (5)$$

$$\Sigma M_z = 0; (6)$$



圖4.38 例題展示-z方向力

例題



鋼管在D點承受一個900N的力作用,其A B C 三點分別受球窩接頭 軸承 及滾珠支撐,請求出支撐反力

接著,列出平衡方程式

$$\Sigma F_x = 0; (1)$$

$$\Sigma F_y = 0; (2)$$

$$\Sigma F_z = 0; (3)$$

$$\Sigma M_x = 0; (4)$$

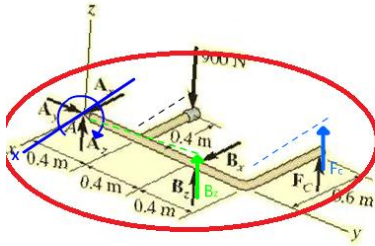
$$\Sigma M_y = 0; (5)$$

$$\Sigma M_z = 0; (6)$$



圖4.39 例題展示-x軸力矩

例題



鋼管在D點承受一個900N的力作用,其A B C 三點分別受求高接頭 軸承 及滾珠支撐,請求出支撐反力

接著,列出平衡方程式

$$\Sigma F_x = 0; (1)$$

$$\Sigma F_y = 0; (2)$$

$$\Sigma F_z = 0; (3)$$

$$\Sigma M_x = 0; (4)$$

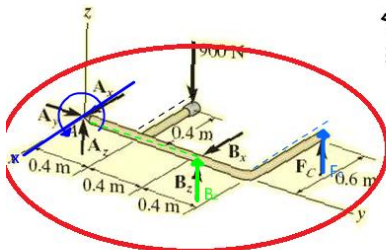
$$\Sigma M_y = 0; (5)$$

$$\Sigma M_z = 0; (6)$$



圖4.40 例題展示-沿x軸作用的正力矩

例題



鋼管在D點承受一個900N的力作用,其A B C 三點分別受求高接頭 軸承 及滾珠支撐,請求出支撐反力

接著,列出平衡方程式

$$\Sigma F_x = 0; (1)$$

$$\Sigma F_y = 0; (2)$$

$$\Sigma F_z = 0; (3)$$

$$\Sigma M_x = 0; (4)$$

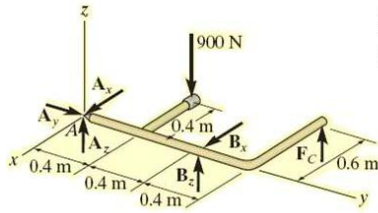
$$\Sigma M_y = 0; (5)$$

$$\Sigma M_z = 0; (6)$$



圖4.41 例題展示-沿x軸作用的負力矩

例題



鋼管在D點承受一個900N的力作用,其A B C 三點分別受球窩接頭 軸承 及滾珠支撐,請求出支撐反力

接著,列出平衡方程式

- $\Sigma F_x = 0$; (1)
- $\Sigma F_y = 0$; (2) $A_y = 0$
- $\Sigma F_z = 0$; (3)
- $\Sigma M_x = 0$; (4)
- $\Sigma M_y = 0$; (5) $F_c = 600 \text{ N}$
- $\Sigma M_z = 0$; (6)

由式(4)可得 $B_z =$

(單位:N)

確定 重新輸入

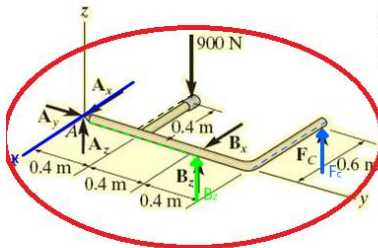
提示

複習



圖4.42 例題展示-求出Bz

例題



鋼管在D點承受一個900N的力作用,其A B C 三點分別受球窩接頭 軸承 及滾珠支撐,請求出支撐反力

接著,列出平衡方程式

- $\Sigma F_x = 0$; (1)
- $\Sigma F_y = 0$; (2) $A_y = 0$
- $\Sigma F_z = 0$; (3)
- $\Sigma M_x = 0$; (4)
- $\Sigma M_y = 0$; (5) $F_c = 600 \text{ N}$
- $\Sigma M_z = 0$; (6)

由式(4)可得

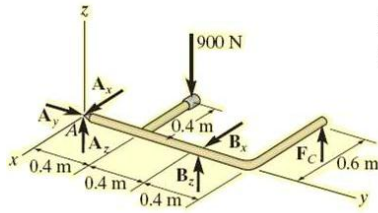
$$B_z(0.8 \text{ m}) + 600 \text{ N}(1.2 \text{ m}) - 900 \text{ N}(0.4 \text{ m}) = 0$$

$$B_z = -450 \text{ N}$$



圖4.43 例題展示-Bz的運算列式

例題



鋼管在D點承受一個900N的力作用,其A B C 三點分別受球窩接頭 軸承 及滾珠支撐,請求出支撐反力

接著,列出平衡方程式

- $\Sigma F_x = 0$; (1)
- $\Sigma F_y = 0$; (2) $A_y = 0$
- $\Sigma F_z = 0$; (3)
- $\Sigma M_x = 0$; (4) $B_z = -450 \text{ N}$
- $\Sigma M_y = 0$; (5) $F_C = 600 \text{ N}$
- $\Sigma M_z = 0$; (6)

由式(6)可得 $B_x =$

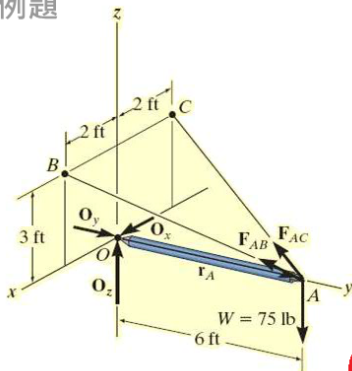
(單位:N)

確定 重新輸入



圖4.44 例題展示-求出Bx

例題



桿件OA末端A吊著一個重75lb的盆栽,並分別受O點球窩接頭及繩索AB AC的支撐,請求出繩索的受力

三維問題,將力量以卡氏向量表示

$$\mathbf{F}_{AB} = F_{AB} \left(\frac{\mathbf{r}_{AB}}{r_{AB}} \right)$$

$$F(\text{向量}) = F(\text{純量}) \cdot \mathbf{u}$$

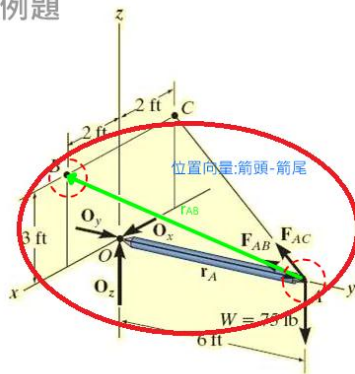
$$\text{單位向量 } \mathbf{u} = \frac{F(\text{向量})}{F(\text{純量})} = \frac{\mathbf{r}(\text{向量})}{r(\text{純量})}$$

複習



圖4.45 例題展示-卡氏向量的提示及複習

例題



桿件OA末端A吊著一個重75lb的盆栽,並分別受O點球窩接頭及繩索AB AC的支撐,請求出繩索的受力

三維問題,將力量以卡式向量表示

$$\mathbf{F}_{AB} = F_{AB} \left(\frac{\mathbf{r}_{AB}}{r_{AB}} \right) = F_{AB} \left(\frac{\{2\mathbf{i} - 6\mathbf{j} + 3\mathbf{k}\} \text{ ft}}{2\sqrt{(2 \text{ ft})^2 + (-6 \text{ ft})^2 + (3 \text{ ft})^2}} \right)$$

? 複習

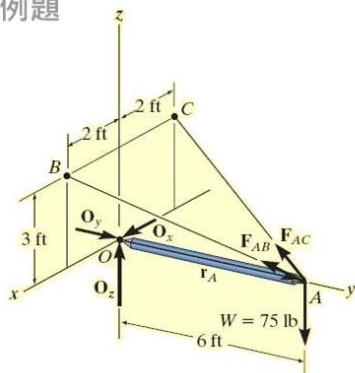
$$= \frac{2}{7} F_{AB} \mathbf{i} - \frac{6}{7} F_{AB} \mathbf{j} + \frac{3}{7} F_{AB} \mathbf{k}$$

? 複習



圖4.46 例題展示-位置向量的提示及複習

例題



桿件OA末端A吊著一個重75lb的盆栽,並分別受O點球窩接頭及繩索AB AC的支撐,請求出繩索的受力

三維問題,將力量以卡式向量表示

$$\mathbf{F}_{AB} = F_{AB} \left(\frac{\mathbf{r}_{AB}}{r_{AB}} \right) = F_{AB} \left(\frac{\{2\mathbf{i} - 6\mathbf{j} + 3\mathbf{k}\} \text{ ft}}{2\sqrt{(2 \text{ ft})^2 + (-6 \text{ ft})^2 + (3 \text{ ft})^2}} \right)$$

? 複習

$$= \frac{2}{7} F_{AB} \mathbf{i} - \frac{6}{7} F_{AB} \mathbf{j} + \frac{3}{7} F_{AB} \mathbf{k}$$

? 複習

利用同樣的方法求出F_{AC}

$$\mathbf{F}_{AC} = F_{AC} \left(\frac{\mathbf{r}_{AC}}{r_{AC}} \right) = -\frac{2}{7} F_{AC} \mathbf{i} + \boxed{} F_{AC} \mathbf{j} + \frac{3}{7} F_{AC} \mathbf{k}$$

(單位:無)

確定 重新輸入

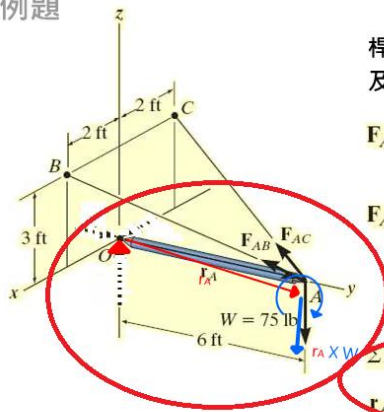
提示

$$= F_{AC} \left(\frac{\{-2\mathbf{i} - 6\mathbf{j} + 3\mathbf{k}\} \text{ ft}}{2\sqrt{(-2 \text{ ft})^2 + (-6 \text{ ft})^2 + (3 \text{ ft})^2}} \right)$$



圖4.47 例題展示-求出F_{AC}的卡氏向量表示

例題



桿件OA末端A吊著一個重75lb的盆栽,並分別受O點球窩接頭及繩索AB AC的支撐,請求出繩索的受力

$$\mathbf{F}_{AB} = F_{AB} \left(\frac{\mathbf{r}_{AB}}{r_{AB}} \right) = \frac{2}{7} F_{AB} \mathbf{i} - \frac{6}{7} F_{AB} \mathbf{j} + \frac{3}{7} F_{AB} \mathbf{k}$$

$$\mathbf{F}_{AC} = F_{AC} \left(\frac{\mathbf{r}_{AC}}{r_{AC}} \right) = -\frac{2}{7} F_{AC} \mathbf{i} - \frac{6}{7} F_{AC} \mathbf{j} + \frac{3}{7} F_{AC} \mathbf{k}$$

題目僅要求 F_{AB} F_{AC} ,不須知道O點反力
所以取O為原點求力矩(消去O點未知力)

$$\sum \mathbf{M}_O = \mathbf{0};$$

$$\mathbf{r}_A \times (\mathbf{F}_{AB} + \mathbf{F}_{AC} + \mathbf{W}) = \mathbf{0}$$



圖4.48 例題展示-重力對O點產生的力矩



圖4.49 例題展示-兩纜繩對O點的力臂

例題

桿件OA末端A吊著一個重75lb的盆栽,並分別受O點球窩接頭及繩索AB AC的支撐,請求出繩索的受力

$$\mathbf{F}_{AB} = F_{AB} \left(\frac{\mathbf{r}_{AB}}{r_{AB}} \right) = \frac{2}{7} F_{AB} \mathbf{i} - \frac{6}{7} F_{AB} \mathbf{j} + \frac{3}{7} F_{AB} \mathbf{k}$$

$$\mathbf{F}_{AC} = F_{AC} \left(\frac{\mathbf{r}_{AC}}{r_{AC}} \right) = -\frac{2}{7} F_{AC} \mathbf{i} - \frac{6}{7} F_{AC} \mathbf{j} + \frac{3}{7} F_{AC} \mathbf{k}$$

題目僅要求 F_{AB} F_{AC} ,不須知道O點反力
所以取O為原點求力矩(消去O點未知力)

$$\sum \mathbf{M}_O = \mathbf{0};$$

$$\mathbf{r}_A \times (\mathbf{F}_{AB} + \mathbf{F}_{AC} + \mathbf{W}) = \mathbf{0}$$

圖4.50 例題展示一兩纜繩對O點的力矩

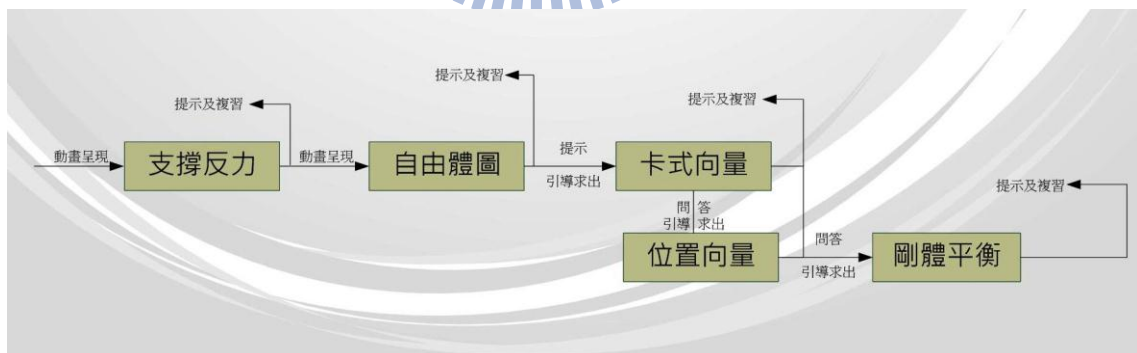


圖4.51 線狀體受力-知識流程圖

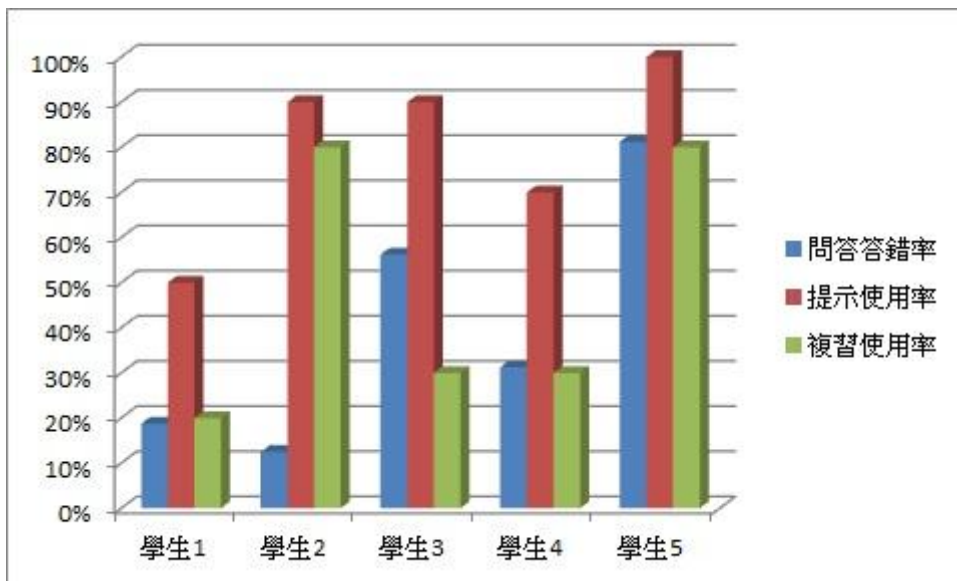


圖4.52 第四章功能使用率

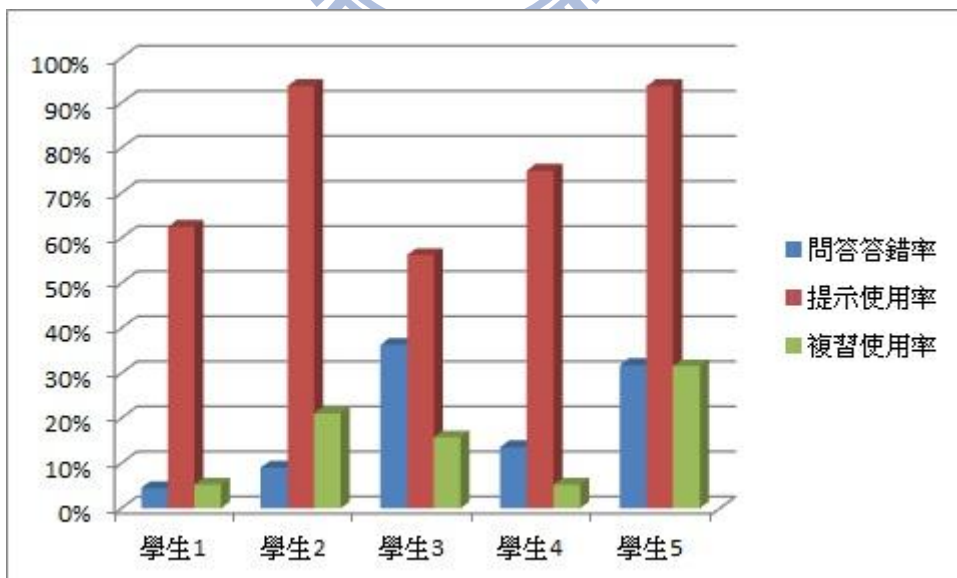


圖4.53 第五章功能使用率