

國立交通大學

理學院碩士在職專班網路學習組

碩士論文

多媒體輔助教學與機械推理能力差異
在高中生學習物理「功與能量」單元
之學習成效分析



An Analysis of the Effects of Multimedia-assisted Instruction on Students with Different Mechanical Reasoning Abilities — Using the Unit of “Work and Energy” in Senior High School Physics Classes as An Example.

研究生：郭寶仁

指導教授：陳登吉博士

中華民國九十七年六月

多媒體輔助教學與機械推理能力差異
在高中生學習物理「功與能量」單元
之學習成效分析

An Analysis of the Effects of Multimedia-assisted Instruction on Students with
Different Mechanical Reasoning Abilities — Using the Unit of “Work and
Energy” in Senior High School Physics Classes as An Example.

研究生：郭寶仁

Student : *Pao-Jen Kuo*

指導教授：陳登吉 博士

Advisor : *Dr. Deng-Jyi Chen*



A Thesis Submitted to Degree Program of E-Learning
College of Science National Chiao Tung University
in partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master In Degree Program of E-Learning
June 2008 Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十七年六月

多媒體輔助教學與機械推理能力差異 在高中生學習物理「功與能量」單元 之學習成效分析

學生：郭寶仁

指導教授：陳登吉 博士

國立交通大學理學院網路學習碩士在職專班

摘要

高中物理課程中的「功與能量」單元中有許多傳統教材無法具體呈現的動態內容，常使高二學生產生嚴重學習落差。有鑑於此，本研究特別製作一份「功與能量」多媒體教材，期能改善此單元學生的學習成效。本次實驗對象為高二學生，並事先對其上學期物理科的「力學」成績進行統計分析得知，在「性向測驗」五個分測驗中，機械推理能力差異對本次實驗之高二兩班學生的物理成績皆達顯著差異。由選取實驗對象分析得知，機械推理能力高分組在傳統教學下成績明顯優於低分組。而多媒體輔助教學可以用更具體方式表現教材內容，是否可以彌補在傳統教學下，因機械推理能力差異對學習成效的影響呢？

本研究採用實驗設計方法，實驗對象為苗栗一所高中兩個班級學生共 88 人，實驗教材為高二物理「功與能量」單元，本研究探討多媒體輔助教學與機械推理能力差異對高二學習物理「功與能量」單元之學習成效分析。依中國測驗學會編製之「高一性向測驗」為分類依據，將學習者分為機械推理能力高分組與低分組。

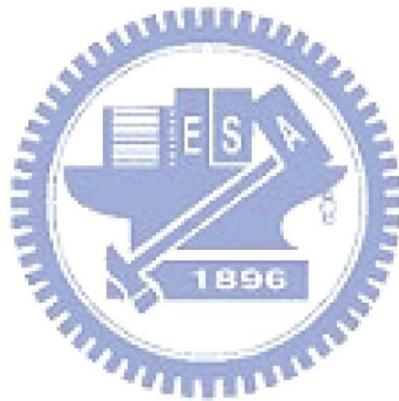
依據統計分析的結果發現如下：

1. 「功與能量」單元，多媒體輔助教學組平均 50.1 分，傳統教學組平均 43.8 分，學習成效無顯著差異。其原因為機械推理能力低分組在多媒體輔助教學下之學習成效顯著優於傳統教材教學，但機械推理能力高分組在此兩種教學法下學習成效無顯著差異。因研究 1 未對學生之機械推理能力進行分類，故學習成效未達顯著差異。
2. 多媒體輔助教學提昇機械推理能力低分組的學習成效。由本實驗前分析得知，機械推理能力高分組在傳統教學下成績明顯優於低分組，而本實驗結果顯示機械推理能力高分組與低分組在多媒體輔助教學下成績無顯著差異。綜合研究目的 2 與研究目的 3 可知，多媒體輔助教學提昇機械推理能力低分組的學習成效。
3. 機械推理能力高分組在不同教學法對學習成效無顯著差異。機械推理能力高分組因理解及推理能力較佳，能由傳統課堂講述中了解「功與能量」單元抽象的觀念，故機械推理能力高分組在不同教學法對學習成效無顯著差異。

4. 機械推理能力低分組在多媒體教材輔助教學下之學習成效顯著優於傳統教材教學。

本研究的結果，可提供物理教師在教導「功與能量」單元時，依學生機械推理能力的個別差異，給與學習者較好的學習引導。

關鍵字：多媒體輔助教學、機械推理能力



An Analysis of the Effects of Multimedia-assisted Instruction on Students with Different Mechanical Reasoning Abilities — Using the Unit of “Work and Energy” in Senior High School Physics Classes as An Example.

Student: *Pao-Jen Kuo*

Advisor: *Dr. Deng-Jyi Chen*

Degree Program of E-Learning

College of Science

National Chiao Tung University

Abstract

After having surveyed correlated literature, it is found that students with different aptitudes in mechanical reasoning will perform accordingly in their Physics classes under traditional pedagogical instruction. However, as an in-service teacher, I am convinced that to vary teaching strategies with the intervention of different instructive equipment will cater to the needs of learners with different styles, thus bridge the gap between the performances in physics made by high-achievers and lower-achievers in Mechanical Reasoning Aptitude Test (MRAT).

In the unit of “Work and Energy” in the 11th-grade physics curriculum, plenty of dynamic contents cannot be illustrated under conventional pedagogical instruction, which is likely to widen the gap between the performances made by high-achievers and lower-achievers in MRAT in Physics classes. Since the assistance of multimedia can present the dynamic contents illustratively and vividly, low-achievers in MRAT could thus be motivated and illuminated, thus reducing the gap of learning performances.

The purpose of the study was to investigate the effects of multimedia-assisted and traditional instructions on learning performances made respectively by high-achievers and low-achievers in Mechanical Reasoning Aptitude Test (MRAT).

The study implemented experimental design method. The subjects were 88 senior high

school students of one school in Miaoli County.

After statistical analysis, the findings are as follows:

1. Prior to the standardized test, groups under multimedia-assisted instruction and tradition instruction averagely scored 50.1 and 43.8 respectively, with little significant difference. There is no significant differences of effects of multimedia-assisted and traditional instructions on learning performances. The group with lower mechanical reasoning ability performed better under the multimedia-assisted instruction than under traditional instruction. In contrast, the group with higher mechanical reasoning ability made similar performance under two instructive methods. Since in experiment I, subjects were not grouped based on their mechanical abilities, there was no significant difference yielded.
2. Multimedia-assisted instruction can enhance the learning effects of group with lower mechanical reasoning ability. According to this study, under traditional instruction, group with higher mechanical reasoning ability performed significantly better than their counterpart with lower mechanical reasoning ability. On the other hand, under multimedia-assisted instruction, two groups made similar performances on the post-test. Synthetically deduced from the results of experiment II and III, multimedia-assisted instruction can enhance the learning effects of group with lower mechanical reasoning ability.
3. There was no significant difference yielded in learning effects after high-achievers in Mechanical Reasoning Aptitude Test (MRAT) had been under multimedia- assisted and traditional instructions respectively. Since the group with higher with better mechanical reasoning ability, they can grasp the abstract concepts in the Unit of Work and Energy under conventional instruction.
4. There was a significant difference in learning effects after low-achievers in mechanical reasoning aptitude test had been taught under multimedia- assisted and traditional instructions respectively.

The results of the study provide physics teachers with insights into teaching students with different mechanical reasoning abilities, particularly when they offer instructions on the unit of “Work and Energy.”

Keyword: CAI, mechanical reasoning abilities

誌謝

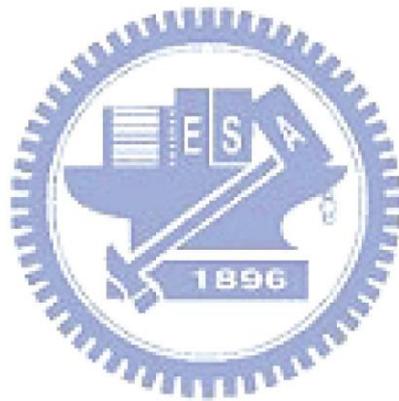
本論文能夠順利完成，首先感謝指導教授陳登吉老師的辛勤指導，在研究過程中，老師以引導的方式讓我建立研究生應有的態度與精神，也灌輸我做研究的方法，使得我得以順利完成研究所的學業，在此對陳老師致上無限的感謝。

此外，感謝口試委員李榮耀老師、孔崇旭老師和洪茂盛老師給予的寶貴意見。也謝謝所有曾經指導我、幫助過我的師長、同事：永政、煥元和專班同學，還有實驗室同學仲鈞、曜丞、明諺、心怡、郝雯所提供的許多寶貴的意見。

最後想感謝栽培我的父母親所給我的精神支持，及老婆王靜斯在電腦軟體技術的支援，使我能完成論文，謝謝。

郭寶仁 謹誌

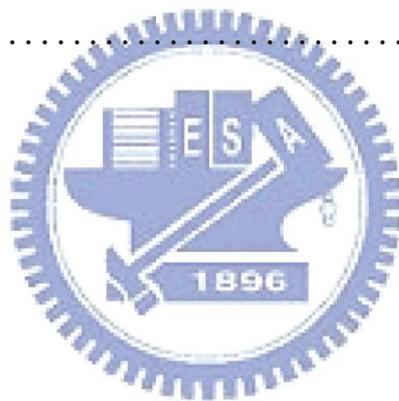
2008年6月



目錄

摘要.....	i
誌謝	v
圖目錄	ix
壹、緒論	1
1.1 研究動機.....	1
1.2 研究目的.....	2
1.3 研究範圍與限制.....	2
1.4 名詞解釋.....	2
1.4.1 學習成效	2
1.4.2 多媒體教材輔助教學	2
1.4.3 迷思概念 (misconceptions).....	3
貳、文獻探討	4
2.1 性向.....	4
2.1.1 「性向」的意涵.....	4
2.1.2 普通性向(general aptitude).....	5
2.2 概念改變.....	5
2.3 類比教學.....	6
2.4 多媒體教材設計理論.....	7
2.4.1 多媒體教材製作流程.....	7
2.4.2 多媒體的學習理論.....	8
2.4.3 多媒體教學與學習成效.....	8
參、研究方法	10
3.1 研究設計.....	10
3.1.1 實驗步驟	10
3.1.2 實驗設計	11
3.1.3 實驗對象	12
3.1.4 資料處理	13
3.2 研究工具.....	13
3.2.1 性向測驗	13
3.2.2 物理「功與能量」成就測驗	13
3.3 教材分析.....	14
3.3.1 教材單元與選用動機	14
3.3.2 多媒體教材 SCORM 課程架構	16
3.3.3 教材編序 (Sequencing Rule)	17
3.4 多媒體教材製作.....	17
3.4.1 多媒體教材編輯製作軟體—智勝編輯手 5.0.....	17

3.4.2 教材內容說明	18
肆、實驗結果與討論	30
4.1 多媒體輔助教學與傳統教材教學對學習成就之分析.....	30
4.2 不同機械推理能力在多媒體輔助教學對學習成就之分析.....	32
4.3 機械推理能力高分組在不同教學法中對學習成就之分析.....	33
4.4 機械推理能力低分組在不同教學法中對學習成就之分析.....	35
4.5 結果討論.....	37
伍、結論與未來研究方向	39
5.1 結論.....	39
5.2 未來研究方向.....	40
參考文獻.....	41
附錄一 實驗前兩班學生「力學」成績與性向關係.....	43
附錄二 性向測驗之機械推理能力量表.....	45
附錄三 物理「功與能量」成就測驗後測.....	48
附錄四 多媒體教材單元腳本.....	50
附錄五 素材清單.....	52



表目錄

表 1 多媒體教學與學習成效摘要表.....	8
表 2 實驗對象.....	12
表 3 教學活動主題內容與教學目標.....	15
表 4 高二上物理「力學」成績同質性檢定 1.....	30
表 5 高二上物理「力學」成績同質性檢定 2.....	30
表 6 不同教學法 t 考驗摘要 1.....	31
表 7 不同教學法 t 考驗摘要 2.....	31
表 8 多媒體教學下，機械推理能力不同 t 檢定 1.....	32
表 9 多媒體教學下，機械推理能力不同 t 檢定 2.....	32
表 10 機械推理能力高分組學生二上物理「力學」成績同質性檢定 1.....	33
表 11 機械推理能力高分組學生二上物理「力學」成績同質性檢定 2.....	33
表 12 機械推理能力高分組在不同教學法 t 檢定 1.....	34
表 13 機械推理能力高分組在不同教學法 t 檢定 2.....	34
表 14 機械推理能力低分組學生二上物理「力學」成績同質性檢定 1.....	35
表 15 機械推理能力低分組學生二上物理「力學」成績同質性檢定 2.....	35
表 16 機械推理低分組在不同教學法 t 檢定 1.....	36
表 17 機械推理低分組在不同教學法 t 檢定 2.....	36
表 18 實驗前兩班學生「力學」成績與性向之語文詞義關係.....	43
表 19 實驗前兩班學生「力學」成績與性向之語文推理關係.....	43
表 20 實驗前兩班學生「力學」成績與性向之機械推理關係.....	44
表 21 實驗前兩班學生「力學」成績與性向之空間關係之關聯.....	44
表 22 實驗前兩班學生「力學」成績與性向之數學能力關係.....	44

圖目錄

圖 1 雙通道理論 資料來源[11].....	8
圖 2 實驗流程.....	10
圖 3 實驗設計.....	12
圖 4 功與能量 SCORM 架構.....	16
圖 5 活動一「功的定義」播放畫面 1.....	19
圖 6 活動一「功的定義」編輯手播放畫面 2.....	20
圖 7 傳統教材-活動一「功的定義」資料來源[14].....	21
圖 8 活動二「功能定理」編輯手播放畫面 1.....	22
圖 9 活動二「功能定理」編輯手播放畫面 2.....	22
圖 10 活動二「功能定理」資料來源[14].....	23
圖 11 活動三「重力作用下之力學能守恆」編輯手播放畫面 1.....	24
圖 12 活動三「重力作用下之力學能守恆」編輯手播放畫面 2.....	25
圖 13 活動三「重力作用下之力學能守恆」編輯手播放畫面 3.....	25
圖 14 活動三「重力作用下之力學能守恆」編輯手播放畫面 4.....	25
圖 15 活動三「重力作用下之力學能守恆」傳統教材資料來源[14].....	26
圖 16 活動四「彈力位能與力學能守恆」編輯手播放畫面 1.....	27
圖 17 活動四「彈力位能與力學能守恆」編輯手播放畫面 2.....	27
圖 18 活動四「彈力位能與力學能守恆」編輯手播放畫面 3.....	28
圖 19 活動四「彈力位能與力學能守恆」編輯手播放畫面 4.....	28
圖 20 活動四「彈力位能與力學能守恆」傳統教材資料來源[14].....	29
圖 21 性向測驗之機械推理能力量表 1 參考資料 [15]	45
圖 22 性向測驗之機械推理能力量表 2 參考資料 [15]	46
圖 23 高一性向測驗之機械推理能力量表 3 參考資料 [15]	47

壹、緒論

本研究以研發高二物理「功與能量」多媒體輔助教材並實施實驗教學，探討實驗教學後學生性向中機械推理能力的個別差異與學習成效的關係。茲將研究動機與研究目的敘述如下。

1.1 研究動機

學生的先備知識、期望及先備概念決定了他所注意的資訊，也就是他們主動想學的。理想的狀況是學生面對資訊時，試著將新資訊與先有概念(preconception)整合，而建立正確的科學概念。但因傳統講述教學呈現教材方式有限，學生若對教師的解說產生誤解時，便會慢慢建立個人理論和模式，無形中逐漸產生科學上的「迷思概念」(misconceptions)〔1〕。

在物理教學中包含一些動態的物理定律，老師難以由傳統教學中呈現動態的視覺效果，學生需透過實驗觀察或生活中對相關現象的體驗，才能了解其主要含義。由於教師人力有限，難以掌控數十位學生在實驗室中的實驗效果與品質。在近代物理學中更包含肉眼無法觀察的微觀現象，故多媒體具整合文字、聲音、圖形、影片、動畫的優勢，可以將抽象或難以親身觀察的物理現象，真實地呈現或藉由動畫模擬出來，以期輔助傳統教學的不足，破除科學上的迷思，達到「概念改變」〔1〕的目的。期許以多媒體教材的優點，在教材設計上符合「類比教學」〔1〕精神，引發學生學習動機，進而提昇學習成效。

在高中物理課程中的「功與能量」單元，有許多動態的物理現象與定律，而坊間書商所贈送之多媒體教材無法兼顧各校學生的各別差異與需求，因此自行研發整合文字、聲音、圖形、動畫及互動性的多媒體教材。期許利用多媒體教材輔助教學，以動態效果呈現「功與能量」單元抽象的概念，以達到良好的教學目標。

學生在高中求學過程中，入學時之高一性向測驗往往成為高二選組時的參考依據。而性向包含語文詞義、語文推理、機械推理、空間關係、與數學能力，究竟在傳統教學中，性向測驗中的那些向度對物理學習有顯著影響呢？利用獨立樣本 t 考驗對本次實驗對象之高二上學期物理科「力學」成績進行統計分析得知，只有機械推理能力差異對本次實驗之高二兩班學生的物理成績皆達顯著差異〔詳見附錄一〕。機械推理能力高分組在傳統教學下成績明顯優於低分組。而多媒體輔助教學可以用更具體方式表現教材內容，是否可以彌補在傳統教學下，因機械推理能力差異對學習成效的影響呢？

1.2 研究目的

依據以上的研究動機，本研究擬提出如下的研究目的：

1. 製作及探討「功與能量」單元多媒體輔助教學與傳統教材教學對學生學習成效的影響。
2. 探討性向測驗中之機械推理能力差異在多媒體輔助教學下對學習成效的影響。
3. 探討機械推理能力高分組在多媒體輔助教學與傳統教材教學對學生學習成效的影響。
4. 探討機械推理能力低分組在多媒體輔助教學與傳統教材教學對學生學習成效的影響。

1.3 研究範圍與限制

本研究以高二物理「功與能量」為多媒體教材，採準實驗設計，係以苗栗縣某高中二年級選修物理課程的學生為實驗對象，採用中國測驗學會編製「高一性向測驗」為分類依據。所得之結果只能推論高二物理「功與能量」之教學參考，至於是否能推論至其它的教學內容，有待進一步的研究。

1.4 名詞解釋

本節就「學習成效」，「多媒體教材輔助教學」與「迷思概念」等名詞解釋如下。

1.4.1 學習成效

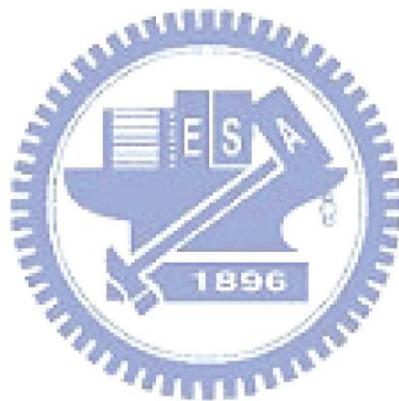
指學習者在學習結束後之學習成果。本研究之學習成效是指學習者在學習過物理「功與能量」多媒體輔助教材與傳統課堂講述後，立即給予後測，若所得的成績越高，代表學習成效越好。

1.4.2 多媒體教材輔助教學

多媒體教材輔助教學，指包含文字、聲音、圖片、動畫及影片之多媒體教材，應用於課堂教學，以輔助傳統教學之不足。多媒體教材教學比傳統教學更具互動性與趣味性。

1.4.3 迷思概念 (misconceptions)

學習者持著個人對世界的先有概念進入學習情境。這些概念可能不是科學家可接受的正確概念。若要協助學生改變迷思概念，必須先確定出學生之迷思概念為何，再決定出改變這些概念的時機及有效的方法〔1〕。



貳、文獻探討

研究者於實驗前利用獨立樣本 t 考驗對本次實驗對象之高二上學期物理科「力學」成績進行統計分析得知，只有性向測驗中之機械推理能力差異對本次實驗之高二兩班學生的物理成績皆達顯著差異，機械推理能力高分組在傳統教學下成績明顯優於低分組。而本研究自行設計之多媒體輔助教材，除了必需合乎多媒體教材設計理論外，更應先了解學生的先有概念，掌握概念改變的技巧，融合類比教學精神，達到增進學習成效的目的。

2.1 性向

性向是衡量個人天賦能力的重要指標，若學生可培養與性向相符的興趣，則可達事半功倍之效。本節針對性向的意涵與分類詳述如下。

2.1.1 「性向」的意涵

簡茂發曾在「心理測驗與統計方法」書中提出下列觀點〔2〕：

「性向」(aptitude)係指個人天賦的潛在能力，即個人接受充份的教育訓練可得到最大獲益，其著重於個人將來能力發展的最大可能性。性向包括「普通性向」(general aptitude)與「特殊性向」(specific aptitude)。前者指個人在各種心智活動中所共同具有的潛能，亦即一般所謂的智力(intelligence)，也可稱為「學業性向」(scholastic aptitude)；後者則指個人表現於各種不同領域的特殊才能(specialized talent)，特殊性向測驗測量受試者某方面的特殊潛能，如音樂、美術、數學、科學等。而本研究所採用的「性向測驗」即屬於「普通性向」，共分為語文詞義，語文推理，機械推理，空間關係，與數學能力等五個分測驗。

性向測驗結果的用途很廣，例如可以協助學生作教育和生涯計畫，包括選擇學校與組別、修習科系，及職業選擇等；可以輔助學校或科系甄選具有一般學習潛能（普通性向）或特殊潛能（特殊性向）的學生；也可以協助企業機構甄選員工。雖然性向測驗結果提供了教育與生涯輔導的重要資訊，但不是唯一的參考依據，通常還須配合其他方面資料，如學習成就、興趣、人格特質等方面的資料，方能作更明智的計畫和抉擇。我們可以運用教育或環境的來培養與性向相符的興趣，而不宜朝沒有性向的方面發展，否則成功的可能性會相對較低〔2〕〔16〕〔17〕。

2.1.2 普通性向(general aptitude)

「普通性向」〔2〕，共分為語文詞義，語文推理，機械推理，空間關係，與數學能力等五個分測驗。

1. 語文詞義：測量受試者能正確使用語文詞彙及文法的能力，無論文組、理組學生都應具備。
2. 語文推理：測量在複雜的語文關係和概念中能夠推理正確的能力，在教育或職業工作中都極為重要，無論文組、理組學生都應具備。
3. 機械推理：有關機械之原理、裝置及一般物理學的理解能力，對工藝學科、工業技術或科學類中技術層面的工作特別重要，是大學理工科系所需基本能力。
4. 空間關係：測量想像、思考三度空間的能力，此能力對於美術、工藝、設計、科學、工技和藝術類的工作很重要，文組的各類設計、美術、廣告等課程，理組的建築、工程、醫學等科系會用到此能力。
5. 數學能力：測量學生對數目關係的理解和推理，及處理數理材料能力，此能力對科學類和工技類、商業方面的工作都很重要。在理組的所有科系中，此項能力為基本工具，此能力會影響學習效果。在文組科系中，商學院較常需用到此能力。

2.2 概念改變

學生把他個人和世界之間交互作用所發展出的知識，帶進科學課中。而學習並非只是資料的增加與連結，學生的先備知識常和老師準備要傳授的科學知識不一樣。

Posner, Strike, Hewson, Gertzog(1982)發表「概念改變」的條件有以下四點〔3〕〔19〕〔20〕〔21〕：

1. 對自己的先前概念產生不滿意(dissatisfaction)：例如當高一學生被問到若光滑地面有一靜止之鐵塊，質量1公斤，受10牛頓推力向東，則速度會一直增加嗎？一般回答：不會，加速至某一速度即無法再加速。若問另一情境：當同一鐵塊由高空十公里處靜止釋放，受重力10牛頓向下加速，忽略空氣阻力影響，落地前速度會一直增加嗎？一般回答：會一直增加，因為重力很大。因為兩個情境物體質量、受力皆相同，只是加速方向不同，而老師由這兩個例子可讓學生對原來想法產生懷疑或不滿意(dissatisfaction)，才容易放棄原有概念。
2. 學生對新的概念，必需能夠理解(intelligible)，以確定其適用性：教師應讓學生理解兩種情境由牛頓第二運動定律 $F=ma$ ，可求得相同加速

度，所以屬於相同狀況。

3. 新的概念必須是合理且可行的(plausible)：有時縱使提供學生易於領悟的例子，如果此例子不合理，學生無法達到「概念改變」，所以舉例時需注意合理性。
4. 新的概念具有豐富性(fruitful)，可以詮釋更大或更新領域。：讓學生了解由牛頓第二運動定律 $F=ma$ ，可求得加速度，而只要受力 F 與質量 m 固定，則 a 為一定值，速度則會一直改變。再舉更多相關例子，讓學生領悟此新概念可詮釋更大領域。

2.3 類比教學

類比推理(analogical reasoning)在科學上扮演重要的角色。約瑟·普利思特利(Joseph Priestly)是一位著名的物理學家，他提出「電力定律(Law of electrical force)」，即是類比萬有引力定律而來。此「電力定律(Law of electrical force)」後來被法國物理學家庫倫驗證。羅伯·歐本漢彌於1955年應邀在美國心理學會年會中，對類比在科學中所扮演的角色，做了以下的註解：

類比確實在科學的發展中伴演不可或缺的工具，不論我們是否談及發現或發明，類比不可避免的存在於我們的思考之中。我們在面對新的事物時，不可能不用到自己已經熟悉的舊事物〔4〕。

嚴格地說，類比是一個確認不同概念間相似處的過程。韋特勞克〔5〕將有意義的學習定義為「學生建立事物間同化或調適關聯之過程。這些事物包含過去經驗之中的概念和目前所學之高階原理與架構，也就是在建立概念之間的關連性時，產生了有意義的學習。」

類比教學包含下列的操作〔6〕：

1. 介紹標的物：如電流
2. 利用線索尋找類比物：如電流因電位差而流動，我們可找到水流為類比物，水流因高度差而流動。
3. 確認標的物和類比物之相關性：詳細列出所有相關性。
4. 標示出相似性：如水流不會在水管中之任一點堆積，流入量等於流出量。電流一樣不會在電線之任一結點堆積，流入總電流等於流出總電流。
5. 對於標的物提出結論：詳細介紹電流特性。
6. 指出類比何時失效：如剪斷水管後，水流出水管。但剪斷電線，電流不會流出。〔7〕

2.4 多媒體教材設計理論

多媒體教材之設計需配合多媒體學習理論及製作流程，製作出一份符合教學目標的多媒體教材，幫助學生建立課程概念，提昇學習成效。

2.4.1 多媒體教材製作流程

多媒體教材製作過程，主要分為以下四個階段，課程導入期、課程規劃期、課程製作期與課程完成階段〔8〕〔18〕。

一、課程導入期

先選擇主題，決定主題後，取得平面教材內容，再依據教學目標，擬出課程的架構，經由校內教師審核，若不合格則需再次確定課程架構是否能符合教學目標，再次修改課程架構直到課程架構能達成教學目標後才進入下一階段的課程規劃期。

二、課程規劃期

1. 單元腳本設計：

編寫符合 SCORM 標準的課程內容並依據大綱目錄撰寫每一個分鏡表。各單元之分鏡表需經過授課教師、教材製作者審核。進而確認最終之腳本分鏡表。素材清單及場景 UI 規劃表。

2. 場景設計：

編寫課程流程腳本及場景規劃表，製作對應的場景圖。每項設計之內容頁皆須審核是否符合 UI 風格。審核通過後能製作出 UI 說明文件及 UI 設計檔。

三、課程製作期

1. 素材製作

由課程規劃期所決定之素材清單，蒐集所需之素材。根據腳本分鏡表進行素材修改，再上傳素材檔至素材管理系統。

2. 教材製作

將製作好的素材配合腳本分鏡表、UI 設計檔製作各單元教材。依據課程流程腳本組合各單元課程教材，完成整合後需送授課之教師審核，反覆修正至全部教材內容審核通過為止。此階段製作出編輯手教材檔及完整課程檔。

四、課程完成階段

完成檔經由授課教師確認後，進行上線測試，測試完成後，此教材即可用於課堂教學。

2.4.2 多媒體的學習理論

在多媒體輔助教學中，最重要的理論為「雙碼理論」(dual-coding theory)。雙碼理論認為人類資訊接收的管道有視覺及聽覺二種，如圖 1。雙碼理論解釋人的理解過程中，主要經由聽覺及視覺兩種方式作為認知感官。經由感官接收後進入短期記憶區，在知覺記憶(sensory memory)中處理文字或圖片，再輸入工作記憶區。在工作記憶(working memory)區將聲音與影像經過認知處理後組織出語文模型(verbal model)與圖像模型(pictorial model)，再與長期記憶(long-term memory)中的先備知識整合(integrating)，整合後進入長期記憶中。當學習者藉由雙重通路至長期記憶中檢索相關的知識，能使檢索的歷程更有效率，因而提升學習效率 [9][10][11][12][13]。

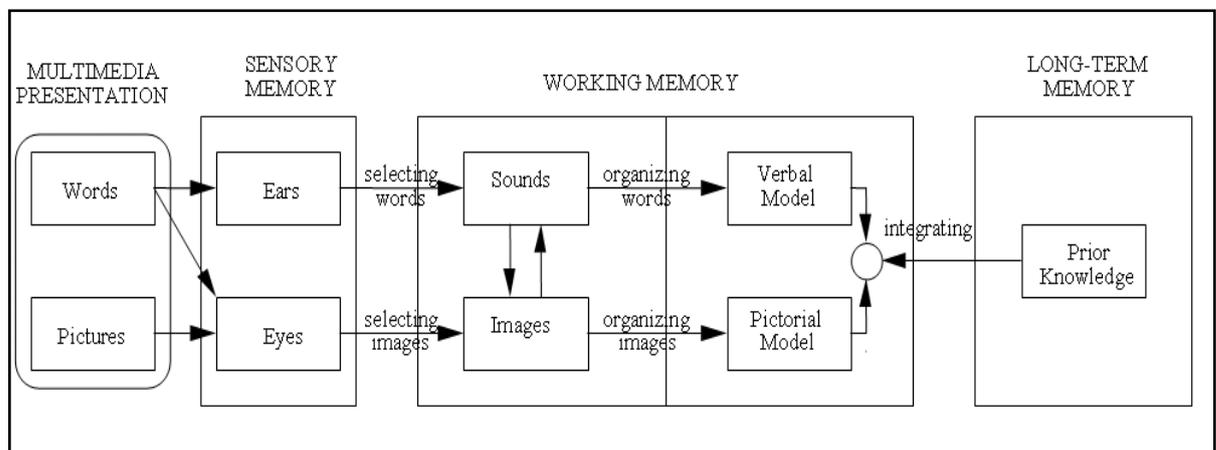


圖 1 雙通道理論 資料來源[11]

2.4.3 多媒體教學與學習成效

有些論文皆針對性向、多媒體教學與學習成效進行研究，且均能在適當教學情境下，提昇學習成效。

表 1 多媒體教學與學習成效摘要表

作者	研究結果
Muller,D.A. ; Bewes,J. ; Sharma,M.D. ; Reimann, P. (2008)	以高一學生共 364 人為研究對象，探討電腦輔助教學對高中生學習物理牛頓三大運動定律學習成效的分析，研究結果顯示：線上多媒體教材可明顯改善具有不同學習經驗的學生之物理概念，而先備知識較差的學生受益最為顯著。
Tao,Ping-Kee	以高三學生為研究對象，探討多媒體輔助教學對高三學習物理

(2004)	學習成效的分析，研究結果顯示：整體而言，多媒體幫助學生建立更清晰的物理概念。在學習過程中，學生經歷了衝突和合作，而多媒體與教師扮演調解的角色。
Gregory, J.R. ; Stewart, M. F. (2004)	利用多媒體電腦輔助學習 (CAL) 作為一種輔助性的教學方法，研究結果顯示：在課程設計方面，可提供更大的靈活性並鼓勵學生為中心的學習，幫助具有不同的能力和學術背景的學生。
曾靖芬(1995)	以國二學生共 142 人為研究對象，探討推理能力對國中生在解讀程式語言傳統教材與多媒體教材學習成效的分析，研究結果顯示：1. 在國中程式語言筆試測驗學習成就上，採用多媒體教學優於傳統教學。2. 推理能力與程式語言存在正相關。3. 推理能力能有效預測程式語言學習成就。
謝祥宏(1994)	以高中生為研究對象，探討交互式多媒體教學系統對高中學生學習細胞生理概念之研究，研究結果顯示：1. 實驗組的學習成效，顯著高於控制組。顯示所發展之軟體，對於輔助學生學習有其貢獻。2. 對不同邏輯思考能力的學生，本軟體對於形式操作期與具體操作期的學生有顯著的幫助。
邱勇達(2005)	以國小學生為研究對象，探討多媒體工具 Squeak 融入國小自然科課程學習之研究，研究結果顯示：1. 將 Squeak 融入國小自然科教學中對學生有偏向正面的幫助。2. 多數學生對於使用 Squeak 進行學習持傾向正面的態度。3. 教師對於使用 Squeak 進行國小自然科的教學亦持正面的看法。

經由表 1 文獻分析可知，電腦多媒體輔助教學可改善學習成效，且推理能力高低影響國二生在程式語言學習成就。但很少有針對高中物理單元所進行的研究。本研究將探討多媒體輔助教學與機械推理能力差異在高中生學習物理「功與能量」單元之學習成效分析，希望研究結果能提供物理教師在教導「功與能量」單元時，依學生機械推理能力的個別差異，給與學習者較好的學習情境，提昇學習成效。

參、研究方法

3.1 研究設計

本研究採準實驗設計，探討以多媒體輔助教學、傳統教材教學及機械推理能力差異對學習成效的影響，本節就實驗步驟、實驗設計、實驗對象、資料處理方式分述如下。

3.1.1 實驗步驟

本研究以準實驗設計方式進行，圖 2 說明本實驗步驟：

1. 先取得兩班實驗對象二上物理「力學」成績，並對兩班進行性向測驗中之機械推理能力測驗。
2. 隨機選定其中一班為傳統教學組，另一班為多媒體輔助教學組，各班皆根據機械推理能力分為高分組與低分組。
3. 進行兩週共八節實驗教學後，進行學習成效測驗，再針對研究目的進行分析。

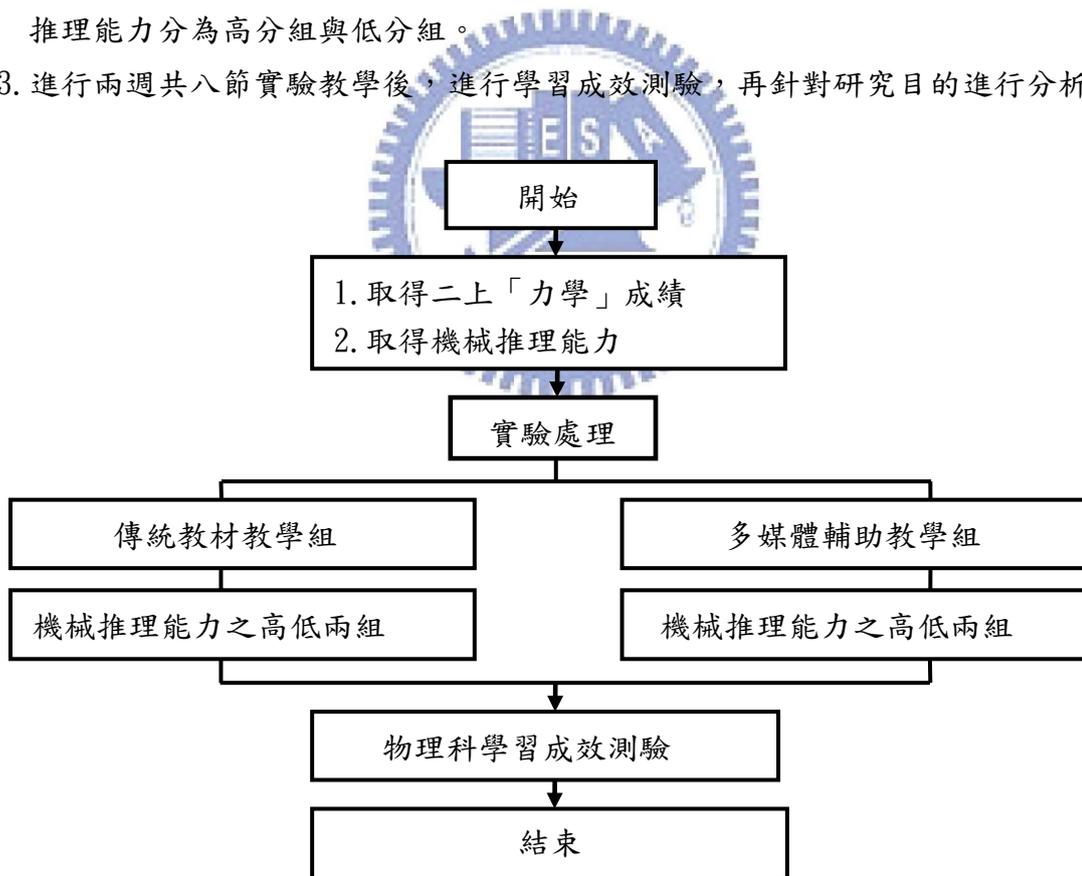


圖 2 實驗流程

3.1.2 實驗設計

本研究採準實驗設計，探討以多媒體輔助教材教學、傳統教材教學及機械推理能力差異對學習成效的影響。研究中的自變項是「多媒體輔助教材教學與傳統教材教學」和「機械推理能力」，依變項為「學習成就後測」，共變項為「高二上物理成績」。本實驗之變項定義如下：

自變項：

1. 高一性向測驗：依中國測驗學會編製「高一性向測驗」為分類依據，將學習者分為機械推理能力高分組與低分組。
2. 教學方法：分為多媒體輔助教學與傳統教材教學。
 - (1)多媒體輔助教學組，學生上課地點為學校的電腦教室，以多媒體教材為教學工具，輔助教師教學。為顧及學習效果，先由老師透過大螢幕進行多媒體教材課程重點介紹與操作示範，再由學生自行操作電腦。在學習過程中，每位學習者的機械推理能力和學習速度不同，為因應學生的個別化學習需求，達成預定的教學目標，學生可透過電腦操作多媒體教材進行學習，學習者的角色從被動的學習轉為主動的學習。
 - (2)傳統教材教學，上課地點為學校的一般教室，以傳統教材為教學工具，教師利用黑板進行講述教學，學生的角色是被動的學習，接收老師所講的課程內容。

控制變項：

1. 起點行為：高二上物理學期成績
2. 實驗時間：為 3/17~3/28 二週期間共八節完成

依變項：

學習成就：實驗結束後，學習成就後測分數。

圖 3 說明實驗設計中，自變項為教學方法與學生之機械推理能力，教學方法分為多媒體輔助教學與傳統課堂教學，將學生之機械推理能力分為高分組與低分組。共變項為學生之起點行為：高二上物理「力學」成績，依變項為學習成效：學習成效後測

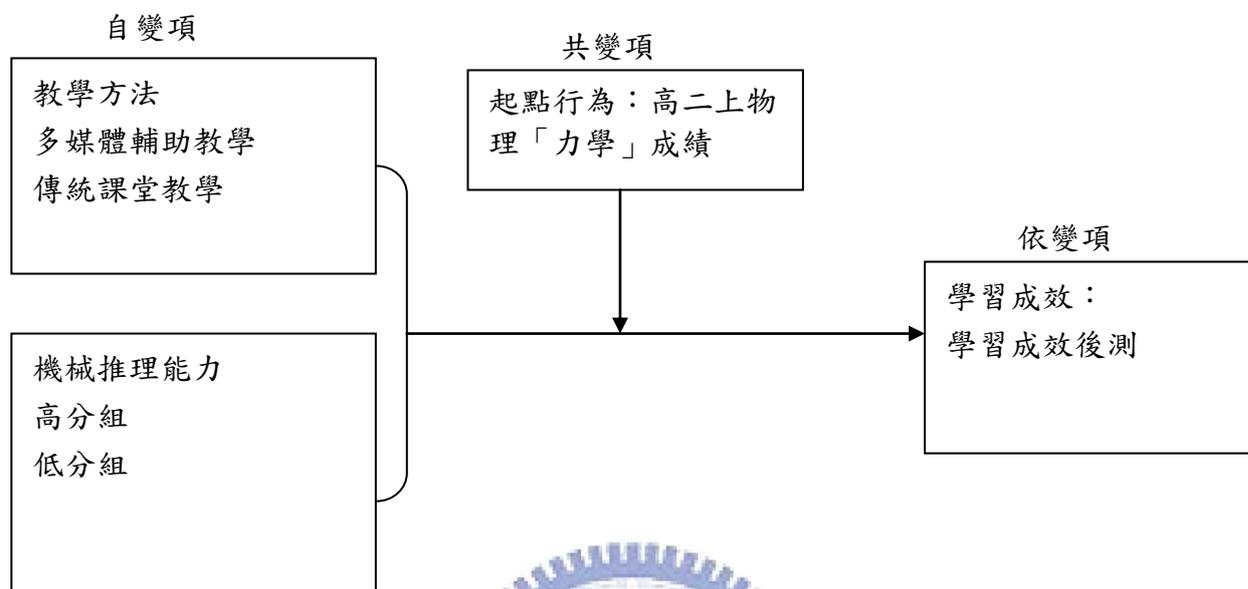


圖 3 實驗設計

3.1.3 實驗對象

基於學校行政、教學場地以及教師原授課班級之方便性，並依學校原有編製班級進行實驗，實驗對象為苗栗縣某一高中二年級兩個班選修物理學生，共 91 位。剔除實驗期間缺課共 3 人，總計有效樣本為 88 人。

表 2 實驗對象

教學法	機械推理能力		合計
	高分組	低分組	
多媒體輔助教學	23 人	23 人	46 人
傳統教學	21 人	21 人	42 人
合計	44 人	44 人	88 人

3.1.4 資料處理

以 SPSS12.0 進行統計分析。

以獨立樣本 t 檢定分析多媒體輔助教學和傳統課堂講述教學對學習成效的關係。

以獨立樣本 t 檢定分析不同機械推理能力在多媒體輔助教學對學習成效的關係。

以獨立樣本 t 檢定分析相同機械推理能力在不同教學法對學習成效的關係。

3.2 研究工具

3.2.1 性向測驗

本研究採用之測驗本，為教育部中等教育司委託中國測驗學會編製，編製小組包含簡茂發、吳鐵雄、何榮桂等教授〔17〕，共分為語文詞義，語文推理，機械推理，空間關係，與數學能力等五個分測驗，折半信度介於.78 至.97 之間，均達顯著水準。各分測驗的內部相關係數介於.12 與.80 之間，顯示彼此具有相當的獨立性，分別測量不同的能力。就高一學生為對象，發現本測驗結果相距半年的穩定係數介於.39 至.92 之間，均達顯著水準。本測驗採用百分位數常模，各分測驗皆以原始分數與百分等級對照表方式呈現，蓋因百分等級意義明確而易於解釋，將原始分數換算成百分等級後，可繪製側面圖，從中很容易鑑識受試者長處和短處，進而應用於教育輔導之參考。

3.2.2 物理「功與能量」成就測驗

配合本研究之目的，為比較控制組與實驗組之起點行為：以 SPSS12.0 之獨立樣本 t 檢定對此兩組之高二上物理「力學」單元成績作同質性分析。物理「功與能量」成就測驗後測，由校內物理科教師針對高二課程「功與能量」編製成就測驗〔詳見附錄三〕。

本次實驗控制組與實驗組之教學時間、教學單元與目標皆為控制變因。而後測之題目主要測驗學生對教學內容之了解程度，其重點詳述如下：

1. 配合活動一之教學目標，測驗學生是否了解做功與位移、施力、夾角的關係。
2. 配合活動二之教學目標，測驗學生是否了解做功與動能變化關係。
3. 配合活動三之教學目標，測驗學生是否了解單擺在重力作用下，動能、位能與力學能變化關係。
4. 配合活動四之教學目標，測驗學生是否了解物體只受彈力時，動能、位能與力學能變化關係。

3.3 教材分析

本節就教材單元內容之教學目標與選用動機，以及符合本單元之多媒體教材 SCORM 課程架構分述如下。

3.3.1 教材單元與選用動機

本研究教材選擇的單元為「功與能量」，年級與版本為高中二年級物理科翰林圖書。本單元的內容含動態的功與能量之轉換關係，教學活動適合以傳統之講述教學進行理論推導，並配合實驗進行現象觀察與體驗，但傳統教學受限於場地、儀器設備及時間效率等因素，無法提供適性化的教學內容，而學習者的機械推理能力是影響物理科學習的重要因素，希望透過良好的多媒體輔助教材設計，提供不同機械推理能力學生適性化學習方式及內容，進而引起學生的學習動機、主動學習，提昇學習成就，使得不同機械推理能力學習者皆能達到學習目標。

選擇「功與能量」單元作為本實驗教材設計的原因如下：此單元包含一些動態的物理定律，如功能轉換與重力作用下之力學能守恆，老師難以由傳統教學中表達動態的視覺效果，學生需透過實驗，才能了解其主要含義。由於教師人力有限，難以掌控數十位學生在實驗室中的實驗效果與品質。而多媒體具整合文字、聲音、圖形、影片、動畫的優勢，希望能將抽象的物理觀念，真實地呈現或藉由動畫模擬出來，以期輔助傳統教學的不足。進而引發學生學習動機，提昇學習成效。

「功與能量」分為四個教學活動：

活動一：功的定義

活動二：功能定理

活動三：重力作用下之力學能守恆

活動四：彈力位能與力學能守恆

各教學活動之主題內容及教學目標如下頁表 3

表 3 教學活動主題內容與教學目標

教學單元	教學項目	教學主題 內容	教學目標
活動一	功的定義	功的定義	功的定義 定力做功與位移有關，與路徑無關 了解做功與施力、位移、夾角的關係 施力與位移夾 90 度時，不作功
活動二	功能定理	功能定理	作正功動能增加 作負功動能減少
活動三	重力作用下 之力學能守 恆	單擺在重力 作用下，力學 能保持定值	了解重力作用下，力學能保持定值
活動四	彈力位能與 力學能守恆	只受彈力，力 學能守恆	只受彈力時，彈力位能變化與動能變化關係

詳細的多媒體教材腳本與素材分析列於本章之 3.4.2，所製作的多媒體教材成品放於 <http://web.caidiy.com.tw/plate/web/blog.jsp?UI=9573503>

3.3.2 多媒體教材 SCORM 課程架構

依據上述單元活動之教學目標，細分為符合 SCORM 課程的 Content Aggregation 架構：圖 4 說明教學單元共分四部份，分別為 1. 功的定義 2. 功能定理 3. 重力作用下之力學能守恆 4. 彈力位能與力學能守恆，依據其教學目標製作符合 SCORM 的課程架構：共製作 4 個 SCORM 如下：



圖 4 功與能量 SCORM 架構

3.3.3 教材編序 (Sequencing Rule)

Sequencing 中定義了教材預定的學習方法，本教材採用線性(Linear)學習方式，學習者無法任意點選課程教材，而是採用線性的學習方式，依照課程順序進行學習，學習者可以點選 Continue 前進到下一個課程教材或點選 Previous 到上一個課程單元教材進行學習。

3.4 多媒體教材製作

本節就研究者所使用之多媒體編輯製作軟體-編輯手，以及教材內容作詳細說明與介紹。

3.4.1 多媒體教材編輯製作軟體—智勝編輯手 5.0

本次由研究者自行設計的多媒體教材選用由本研究室所開發，智勝國際科技的編輯手軟體為教材製作工具〔11〕。

編輯手 5.0 是一套針對學校教學及電腦入門者所開發的一套廣受肯定的多媒體製作軟體，採用拖、拉、點、選的視覺化編輯技巧，結合數位的聲音、音樂、文字、影像與影片等素材來編輯製作多媒體課程，視訊、文字、動畫還可同步播放，如此先進的功能，能讓您輕而易舉完成多媒體教材，充分享受編輯自如、簡單又好玩的樂趣。

編輯手 5.0 版提供的新功能，包括樣版套用、母片套用、提供安全保護機置、並轉成符合 SCORM 1.3 最新國際標準或 Flash swf 的功能，使編輯手製作出來的教材，檔案更小，播放更平順，安全並具有標準的格式，促成教材能在各學習平台間流通自如，擴大資源互通與應用，是製作 e-Learning 及 e-Training 教材的便利工具。

智勝編輯手具有以下特點〔11〕：

一、豐富的編輯工具

1. 超強大編輯製作能力可輕而易舉以拖拉點選方式，來製作出色的多重物件動畫，豐富教材內容。提供樣版套用功能，加快教材製作的速度。
2. 超多樣格式全面支援影片(MPEG、WMV、AVI、ASF 等)，聲音(MP3、WAV、WMA、MIDI 等)，圖庫(JEPG、BMP、GIF、JPG、PNG、WMF、EMF、ICO 等)，動畫(SWF)。
3. 超獨特角色音效錄製，搭配角色演出錄音，隨錄即播，並可視訊、文字、動畫、

多種媒體同步播放，讓教材內容更情境化，非常適合製作各種語言教學類的教材。

4. 超便利動畫文字製作，任意調整各演員位置及大小，不只是彎曲或直線路徑，而且還包括文字動畫都可隨意變化靈活運用，編好的結果可自動轉成 Flash swf 檔，不用寫 Flash 程式，即可輕鬆完成 Flash 動畫。
5. 超新穎透明影像功能，提供智慧型去背功能，可迅速製作出透明影像，可省下許多時間，並產生絕佳的效果。

二、人性化的操作模式

1. 直覺式介面設計：一目了然的操作模式介面：選擇背景- 設定演員角色 - 編輯劇情，迅速切換，即可讓您輕鬆進入多媒體編輯 DIY 世界！
2. 引導式功能操作：循序漸進的製作步驟，讓多媒體編輯的過程簡單又好玩。
3. 簡易式檔案管理：檔案管理員提供一個檔案共用區，讓您輕鬆管理所有製作教材的檔案。
4. 多樣化的素材提供：提供更多樣的素材，方便點選使用。結合拖拉庫多媒體素材管理系統，讓多媒體素材的管理與使用更方便。
5. 簡易式檔案管理：在操作物件上直接選取後按右鍵，會跳出針對該物件，所有可以使用的功能，方便使用者進一步設定操作。

三、E 時代的網路共享

1. 標準網頁格式自動產生，不須撰寫任何程式，就能輕鬆自動產生獨一無二的互動式網頁，可產生 JavaScript、Flash swf、html、xml 等格式。
2. 符合 SCORM 1.3，國際標準編輯手 5.0 作出的教材，符合最新 SCORM (The Sharable Content Object Reference Model) 1.3 國際標準，讓您製作出來的教材，符合國際水準，適用於各種教學平台。
3. 支援 IEEE LOM 教材著錄，可輕鬆匯入支援 IEEE LOM 的教學平台，讓教材的搜尋與應用更方便。
4. 提供內容保護功能，可於教材內增加浮水印來保護內容的安全。
5. Streaming 輸出分享，視訊檔案自動轉成串流格式，並可透過 I E 瀏覽器來播放教材，是 e-Learning 及 e-Training 教材的便利工具。

編輯手可讓老師省下學習程式設計的時間，將自己教學的專業應用在教材設計上，是一個各科老師皆能應用於教學的教學軟體。

3.4.2 教材內容說明

一、製作多媒體輔助教材應注意以下幾點〔22〕：

1. 文字：文字是多媒體物件中不可或缺的內容，文字過多會使學習者厭煩，所以文字內容應力求簡潔明白，突出課程重點。有些需搭配圖片出現的文字材料，可配上聲音，閱讀完後可自行消失。

2. 聲音：聲音為學習者吸收學習內容的重要管道之一，設計時可搭配文字同時出現，可幫助學習者理解文字資訊，減少學習負荷。
 3. 圖片：圖片所表達的資訊是學生最易接受的表達方式，其效果遠遠超過文字，是課程中最重要的媒體形式。圖片一定要清晰，且盡可能大並放於中心位置。作為背景的圖像要簡單淡雅，才能突出主體，有吸引學生對主體內容的專注和理解。
 4. 動畫：動畫畫面的設計應簡明生動，構圖均衡，色彩配置和諧，動作自然明確，文字清楚醒目，動畫的佈局合理。設計時應注意畫面中動的成分不宜同時過多，否則容易分散學生的專注力。每個動畫都應具有目的，不能單純為豐富畫面而動。動畫通過示意、類比、虛構等形式將抽象的課程內容具體化，使學生容易理解。
- 二、依據上列設計的原則，針對「功與能量」教材內容舉例介紹：

活動一「功的定義」—以滑車實驗為例

1. 多媒體教材：活動一「功的定義」之多媒體輔助教材，共製作了7個主要畫面，學習者可依自己學習步調往上或往下播放，由其中的實驗影片，搭配適當的文字與聲音，生動有趣的畫面，更能增加學習者之專注力。圖5、圖6之多媒體藉由滑車受力加速，可讓學生清楚了解功的定義與施力大小及位移之關係。

圖5說明滑車實驗之各種儀器名稱，讓學生由視覺體驗做功轉換成動能的過程，了解做功與施力、位移成正比。



圖 5 活動一「功的定義」播放畫面 1

經由圖 6 之歸納，推論出作功與位移、施力之關係。作功與位移成正比，也與施力大小成正比。



圖 6 活動一「功的定義」編輯手播放畫面 2



2. 傳統教材：

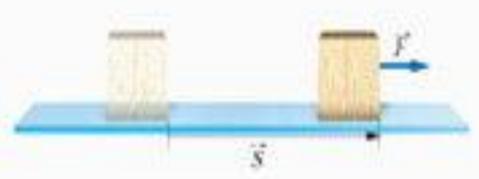
圖 7 傳統教材以靜止的二維圖像來展現動態物體加速的過程，對於無法將靜止二維圖像轉換成動態過程的學生學習者而言，恐造成學習盲點，而多媒體輔助教材正可幫助學生建立動態課程概念。

7-1 功的定義

一、力與位移方向相同時

工程師們很早就了解，要將一重物，如石塊、鋼筋等建材，移到高處是較困難且費力的工作（圖 7-1）。因此，施力對一物體所作的工作量大小，從工程上的觀點來看可以用工作量=施力×物體向上的移動距離來表示。

將此觀念推廣，1829 年柯若利斯 (Gaspard-Gustave de Coriolis, 1792 ~ 1843, 法國人) 提出功的觀念，定義外力對物體所作的功為



(圖 7-2)

二、力與位移方向不同時

若作用於物體上的外力與物體位移方向不同時，依照式 (7.1) 定義，物體沿力方向的位移分量為 $s \cos \theta$ ，而得外力對物體所作的功為

$$W = F \cdot s \cos \theta \quad (7.2)$$

三、功之正負與總功

由於功與力 \vec{F} 及位移 \vec{s} 兩向量的夾角有關，此種性質使得功的值有三種可能性：

1. 若 \vec{F} 與 \vec{s} 的夾角 θ 為 $0^\circ \leq \theta < 90^\circ$ ，則功為正值。
2. 若 \vec{F} 與 \vec{s} 的夾角 θ 為 $\theta = 90^\circ$ ，則功為 0。
3. 若 \vec{F} 與 \vec{s} 的夾角 θ 為 $90^\circ < \theta \leq 180^\circ$ ，則功為負值。

圖 7 傳統教材-活動一「功的定義」資料來源[14]

活動二「功能定理」

1. 多媒體教材：

活動二之多媒體介紹做功等於動能變化，圖 8、圖 9 畫面設計，以簡短的文字、配音與動畫，讓學習者能了解做功之正負與施力、位移及角度的關係。

透過圖 8 之設計，讓學生了解作正功的實例及如何計算功的大小。



圖 8 活動二「功能定理」編輯手播放畫面 1

透過圖 9 之設計，讓學生了解作負功的實例及如何計算功的大小。

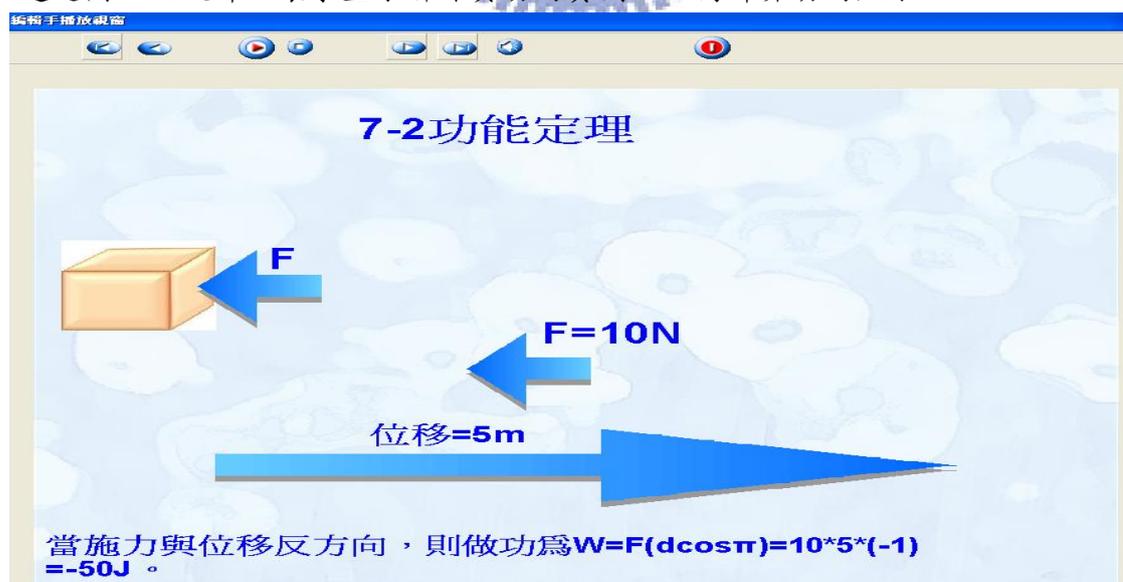


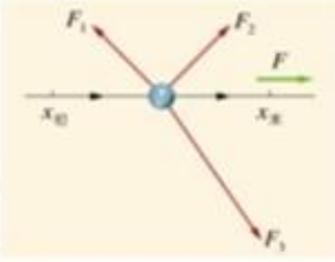
圖 9 活動二「功能定理」編輯手播放畫面 2

2. 傳統教材

圖 10 說明傳統教材只能用理論推導，無法讓學生透過視覺感受正功與負功之差異。

7-2 功能定理

利用功的概念，我們現將討論外力對一物體作功之後，會有何種情形發生？如圖7-13，一質量 m 的物體，受到多個固定外力 F_1 、 F_2 、……作用，其合力為 F 。若取合力 F 方向為 x 方向，由牛頓第二運動定律，物體沿 x 方向，可產生固定加速度 $a = \frac{F}{m}$ 的等加速



度運動。由等加速度直線運動公式

$$V^2(\text{末}) = V^2(\text{初}) + 2as \quad (7.10)$$

整理後可得

$$FS = \frac{1}{2}m V^2(\text{末}) - \frac{1}{2}m V^2(\text{初}) \quad (7.11)$$

表示作功等於動能變化
作正功動能增加
作負功動能減少
故作功為末動能減去初動能

此等式左邊即為合力對物體所作的功，而等式右邊為兩項的差，每一項皆有 $\frac{1}{2}(\text{質量}) \times (\text{速率})^2$ 的形式，此量稱為質量重要物理量物體的動能 (kinetic energy)，是一個代表物體處於某種運動狀態的重要物理量，即

$$\text{動能 } K = \frac{1}{2} m v^2 \quad (7.12)$$

其 SI 之單位為公斤·公尺²/秒² (kg·m²/s²)，與功之單位相同，均為焦耳 (J)，而式 (7.11) 也可表示為

$$W = K(\text{末}) - K(\text{初}) = \Delta K \quad (7.13)$$

圖 7-13 各種力作用在質點 m 上，若其合力為一定值，其加速度也固定。

圖 10 活動二「功能定理」資料來源[14]

活動三「重力作用下之力學能守恆」

1. 多媒體教材：

活動三「重力作用下之力學能守恆」之多媒體輔助教材，主要介紹重力作用下，位能變化與動能變化關係，進而導出力學能守恆的觀念。學習者可依自己學習步調往上或往下播放，由其中的單擺實驗影片，搭配適當的文字與聲音，生動有趣的畫面，加上互動式按鈕，更能增加學習者之學習動機。

圖 11 讓學生了解單擺在各位置張力均與瞬時速度垂直，所以張力不作功。

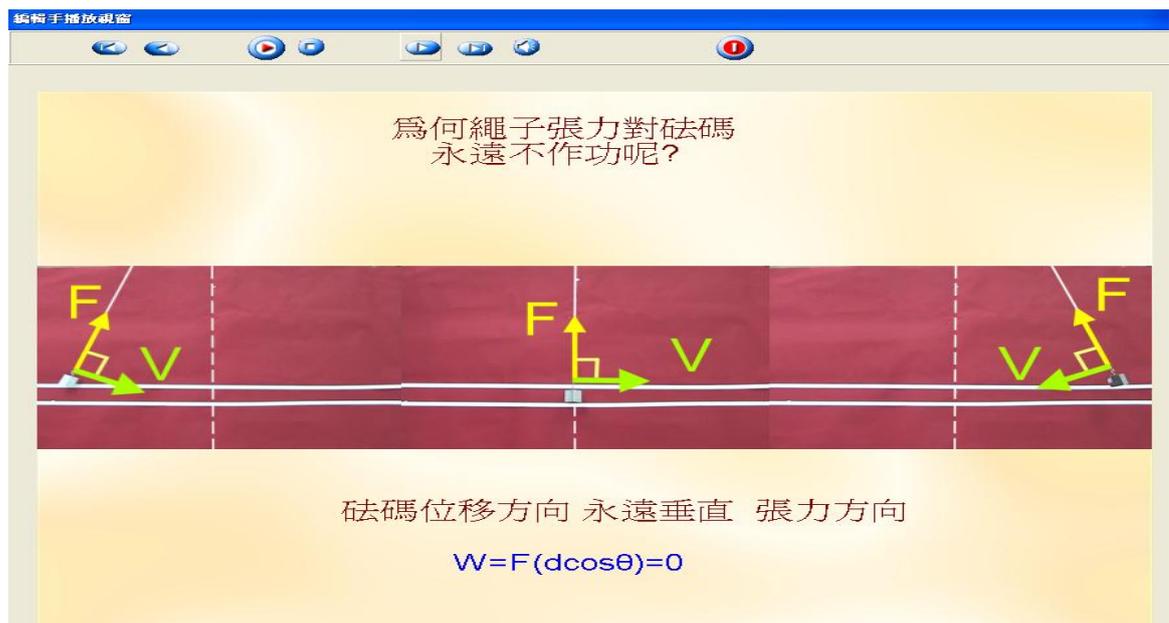


圖 11 活動三「重力作用下之力學能守恆」編輯手播放畫面 1

圖 18 之設計讓學生了解單擺在不同位置，其位能變化情形。

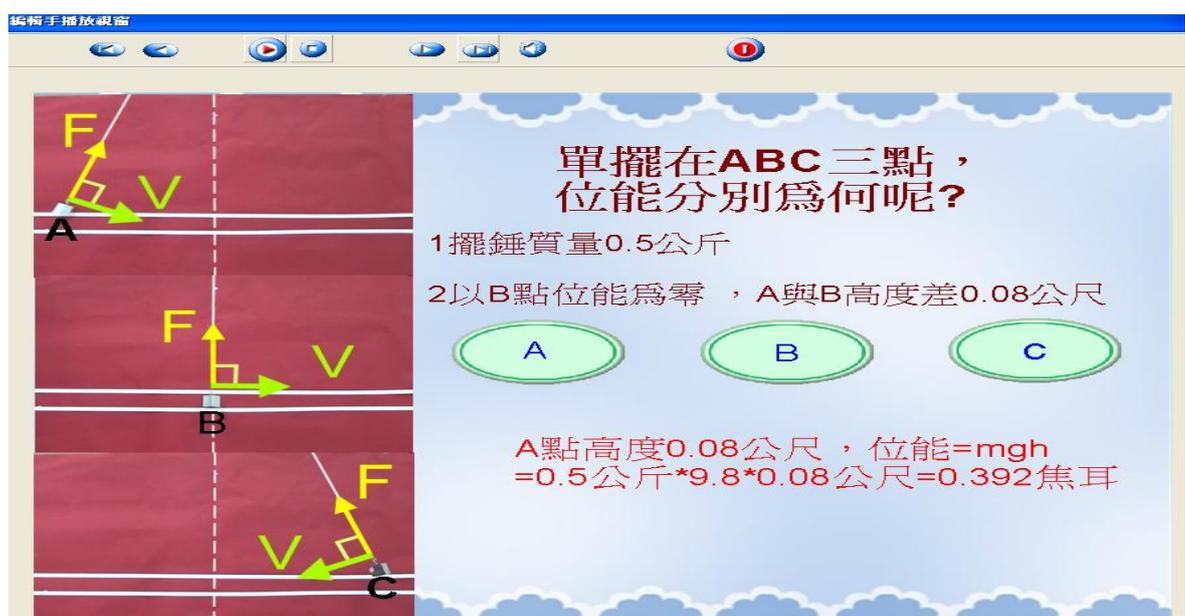


圖 12 活動三「重力作用下之力學能守恆」編輯手播放畫面 2

圖 13 之設計讓學生了解單擺擺動過程，重力作功等於動能變化。

編輯手播放視窗

單擺在重力作用下，
重力作功=動能變化

A至B B至C C至B B至A

A至B重力與位移皆向下
重力作正功
 $W=FS=4.9\text{N}\cdot 0.08\text{m}=0.392\text{J}$
=動能變化

重力 ↓ 位移 ↓

圖 13 活動三「重力作用下之力學能守恆」編輯手播放畫面 3

整合圖 13、圖 20 之設計讓學生了解單擺運動過程中力學能守恆。

編輯手播放視窗

擺錘受重力 $F=4.9$ 牛頓
A到B沿重力方向位移大小 0.08公尺
以B點為位能零點

動能位能
變化表 力學能分析表 結論

單擺運動過程中
力學能守恆

圖 14 活動三「重力作用下之力學能守恆」編輯手播放畫面 4

2. 傳統教材：

傳統教材以靜止的二維圖像來說明動態單擺的過程，對於無法將靜止二維圖像想像成動態過程的學生學習者而言，恐造成學習障礙。

7 - 3 重 力 作 用 下 之 力 學 能 守 恆

一個物體的重力位能是其位置的函數。

若重力對物體作負功，則使物體的重力位能增加，所作負功的量值等於物體重力位能的增加量；反之，若重力對物體作正功，則使物體的重力位能減少，所作正功的量值等於物體重力位能的減少量。

位能的計算僅和相對位置坐標的差值有關。位能的絕對值並不具有實質的物理意義，我們可以在此式中，對位能加上同一個常數而不至於影響其物理結果。

$W_{\text{重力}} = F \cdot S = mgS$

如果物體僅受到保守力的作用，則根據功能定理，合力對物體所作的功，等於其動能的變化量，即 $W = K$ 。由於保守力所作的功，可寫為 $W = -U$ ，可得 $K = -U$ ，即 $K + U = 0$

$W_{\text{重力}} = F \cdot S = mgS$

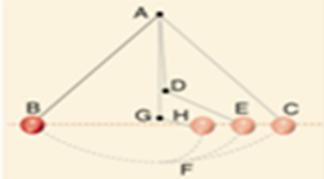


圖8-1單擺會到達等高處

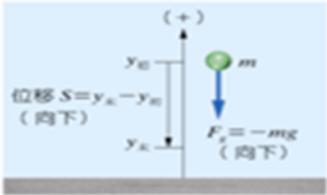


圖8-2重力作功等於 mgS

圖 15 活動三「重力作用下之力學能守恆」傳統教材資料來源[14]

活動四「彈力位能與力學能守恆」

1. 多媒體教材：

活動四「彈力位能與力學能守恆」之多媒體輔助教材，主要由實驗影片讓學生具體感受動能變化情形，再介紹物體受彈力作用下，位能變化與動能變化關係，再引出力學能守恆的觀念。學習者可由其中的實驗影片，搭配適當的文字與聲音，加上互動式按鈕，達到適性學習。

圖 16 之影片讓學生了解彈力使物體作簡諧運動時，其位能變化與動能變化之關係。



圖 16 活動四「彈力位能與力學能守恆」編輯手播放畫面 1

透過圖 17 之設計讓學生了解各位置受合力之方向。

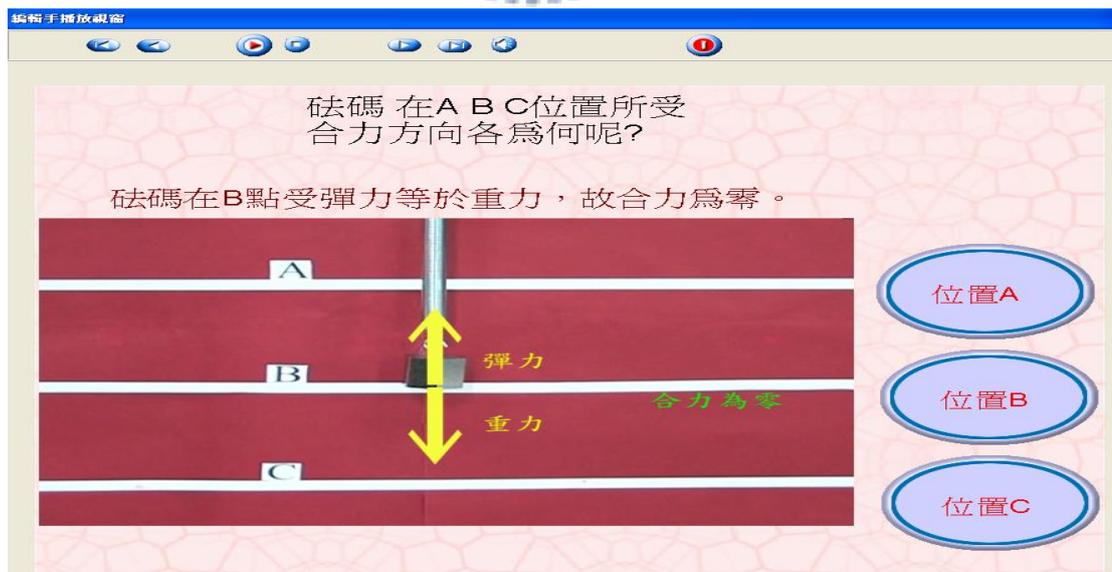


圖 17 活動四「彈力位能與力學能守恆」編輯手播放畫面 2

透過圖 18 之設計讓學生了解擺動過程，動能變化與位能變化關係。

編輯手播放視窗

由 A 至 B 動能變化與位能變化關係?

	A	B	A 到 B 變化	意義
總位能	1.57J	1.47J	減少 0.10J	位能與動能 相互轉換
動能	0	0.10J	增加 0.10J	
力學能 (動能+位能)	1.57J	1.57J	不變	彈簧擺動過程 力學能守恆

位能變化
動能變化
力學能比較

圖 18 活動四「彈力位能與力學能守恆」編輯手播放畫面 3

整合圖 18、圖 19 之設計讓學生了解彈簧運動過程中，力學能守恆。

編輯手播放視窗

1 擺錘受重力 $F=4.9$ 牛頓
2 以 B 之高度為重力位能零點
3 振幅大小 (AB 距離) 0.15 公尺

動能位能變化表 力學能分析表 結論

彈簧運動過程中
力學能守恆

圖 19 活動四「彈力位能與力學能守恆」編輯手播放畫面 4

2. 傳統教材：

傳統教材以靜止的二維圖像來展現動態彈簧的過程，對於無法將靜止二維圖像轉化成動態過程的學生學習者而言，恐造成學習落差。

7-4 彈力位能與力學能守恆

重力為一種保守力，我們可用重力位能的變化，來表示此保守力對物體所作的功。以下我們將討論另外一種常見的保守力——彈力。

在 7-2 節中，我們已知與彈簧連接的物體，自起點 x_c 移動至 x_e ，彈力對物體所作的功，恆可由式 (7.8) $W = 1/2 kx^2(\text{初}) - 1/2 kx^2(\text{末})$ ，不僅如此，在彈力作用下，不論物體是經由路徑 ① 或路徑 ② (如圖 8-8)，對於路徑 ① 而言，由於路徑 ① = 路徑 ①a + 路徑 ①b + 路徑 ①c；而在路徑 ①b 上，物體所受彈力向右、位移向左，所以彈力作負功；在路徑 ①c 上，物體所受彈力向右、位移向右，所以彈力作正功，且兩者大小相同。故

$$W_{\text{彈力}2} = W_{\text{彈力}a} + W_{\text{彈力}b} + W_{\text{彈力}c}$$

$$= W_{\text{彈力}1}$$

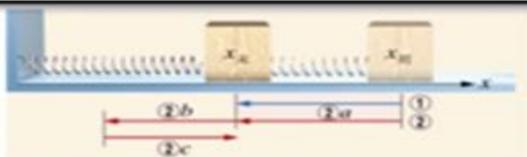
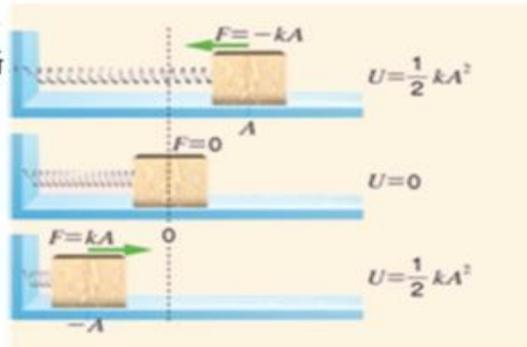


圖 8-8 彈力作功與路徑無關



也就是彈力所作的功，僅與物體運動的起點與終點的位置有關，而與中間過程無關。因此，彈力是一種保守力。進一步地，由式 (7.8) 及式 (8.10)，也就可以定義物體在不同位置所對應之彈性位能 (elastic potential) 為

$$U(x) = 1/2 kx^2 \tag{8.19}$$

圖 20 活動四「彈力位能與力學能守恆」傳統教材資料來源[14]

肆、實驗結果與討論

4.1 多媒體輔助教學與傳統教材教學對學習成就之分析

根據表 4、表 5 資料得知，實驗前對兩班學生高二上物理「力學」成績作同質性檢定結果，兩班平均分別為實驗組 55.0，對照組 56.0， $p=.660>.05$ ，未達顯著水準。

表 4 高二上物理「力學」成績同質性檢定 1

班級		個數	平均數	標準差	平均數的標準誤
分數	實驗組	46	55.0217	10.83100	1.59694
	對照組	42	56.0476	10.94766	1.68926

表 5 高二上物理「力學」成績同質性檢定 2

		變異數相等的 Levene 檢定		平均數相等的 t 檢定				
		F 檢定	顯著性	t	自由度	顯著性 (雙尾)	平均差異	標準誤差異
分數	假設變異數相等	.006	.938	-.442	86	.660	-1.02	2.32
	不假設變異數相等			-.441	85.10	.660	-1.02	2.32

根據表 4、表 5 同質性檢定結果， $p=.660>.05$ ，未達顯著水準，表示多媒體輔助教學與傳統教材教學二組學生在高二上學期物理「力學」成績無顯著差異，亦即表示二組學生的基本能力並無差別，符合同質的基本假定。

根據表 6、表 7 結果顯示對實驗組實施多媒體輔助教學，而對照組進行傳統教學，實施時間兩週共八節。多媒體輔助教學組平均 50.1 分，傳統教學組平均 43.8 分， $p=.139>.05$ ，無顯著差異。

表 6 不同教學法 t 考驗摘要 1

	教學法	個數	平均數	標準差	平均數的標準誤
學習成就	多媒體	46	50.1304	18.58268	2.73987
	傳統	42	43.7857	21.26549	3.28134

表 7 不同教學法 t 考驗摘要 2

		變異數相等的		平均數相等的 t 檢定				
		Levene 檢定						
		F 檢定	顯著性	t	自由度	顯著性 (雙尾)	平均差異	標準誤差 異
學習成就	假設變異數相等	1.166	.283	1.49	86	.139	6.34	4.24
	不假設變異數相等			1.48	81.8	.142	6.34	4.27

綜合研究目的 1、3 與 4 可知，機械推理能力低分組在多媒體輔助教學下之學習成效顯著優於傳統教材教學，但機械推理能力高分組在此兩種教學法下學習成效無顯著差異。因研究 1 未對學生之機械推理能力進行分類，而多媒體輔助教學只提昇部份學生之學習成效，故學習成效未達顯著差異。

4.2 不同機械推理能力在多媒體輔助教學對學習成就之分析

根據表8、表9結果顯示在多媒體輔助教學組，機械推理能力高分組平均53.4，機械推理能力低分組平均47.9， $p=.139>.05$ ，無顯著差異。

表 8 多媒體教學下，機械推理能力不同 t 檢定 1

機械推理能力		個數	平均數	標準差	平均數的標準誤
多媒體 學習成就	高分組	23	53.3913	22.17644	4.624
	低分組	23	46.8696	13.86724	2.891

表 9 多媒體教學下，機械推理能力不同 t 檢定 2

		變異數相等的 Levene 檢定		平均數相等的 t 檢定				
		F 檢定	顯著性	t	自由度	顯著性 (雙尾)	平均 差異	標準誤 差異
學習 成就	假設變異數相等	7.474	.009	1.19	44	.238	6.52	5.4
	不假設變異數相等			1.19	36.9	.239	6.52	5.4

表 7、表 8 分析結果發現實施實驗後，不同機械推理能力在多媒體輔助教學對學習成就($P=.238>.05$)無顯著差異。而實驗前對選取實驗對象分析得知，機械推理能力高分組在傳統教學下成績明顯優於低分組，故綜合研究目的 2、3 與 4 可得以下結論：多媒體輔助教學提昇機械推理能力低分組的學習成效，也等於改善機械推理能力低分組之學生在傳統教學下之學習落差。

4.3 機械推理能力高分組在不同教學法中 對學習成就之分析

根據表 10、表 11 資料得知，實驗前對兩班之機械推理能力高分組學生二上物理「力學」成績作同質性檢定結果，兩班平均分別為實驗組 60.0，對照組 59.7， $p=.358>.05$ ，未達顯著水準。

表 10 機械推理能力高分組學生二上物理「力學」成績同質性檢定 1

教學法		個數	平均數	標準差	平均數的標準誤
學習成就	實驗組	23	60.0261	11.97593	2.2427
	對照組	21	59.7367	10.41793	2.42006

表 11 機械推理能力高分組學生二上物理「力學」成績同質性檢定 2

		變異數相等的 Levene 檢定		平均數相等的 t 檢定				
		F 檢定	顯著性	t	自由度	顯著性 (雙尾)	平均 差異	標準誤 差異
學習成就	假設變異數相等	1.39	.245	.930	42	.358	3.15	3.3
	不假設變異數相等			.936	41	.355	3.15	3.3

根據表 10、表 11 同質性檢定， $p=.358>.05$ ，未達顯著水準，表示兩班之機械推理能力高分組學生在高二上學期物理「力學」成績無顯著差異，亦即表示二組學生的基本能力並無差別，符合同質的基本假定。

根據表 12、表 13 結果顯示對實驗組實施多媒體輔助教學，而對照組進行傳統教學，實施時間兩週共八節。多媒體輔助教學組平均 53.4 分，傳統教學組平均 51.4 分， $p=.772>.05$ ，無顯著差異。

表 12 機械推理能力高分組在不同教學法 t 檢定 1

不同教學法		個數	平均數	標準差	平均數的標準誤
機械推理高分組學習成就	多媒體	23	53.39	22.176	2.89152
	傳統	21	51.38	23.521	3.55740

表 13 機械推理能力高分組在不同教學法 t 檢定 2

		變異數相等的 Levene 檢定		平均數相等的 t 檢定				
		F 檢定	顯著性	t	自由度	顯著性 (雙尾)	平均差異	標準誤差異
學習成就	假設變異數相等	.052	.820	.292	42	.772	2.01	6.88
	不假設變異數相等			.291	41.054	.773	2.01	6.90

依表 12、表 13 分析結果發現實施實驗後，機械推理能力高分組在多媒體輔助教學下之學習成效與傳統教材教學下無顯著差異。機械推理能力高分組因理解及推理能力較佳，能由傳統課堂講述與課本原理介紹中，了解「功與能量」單元抽象的觀念，與觀看多媒體輔助教材達到相同效果。故機械推理能力高分組在不同教學法對學習成效無顯著差異。

4.4 機械推理能力低分組在不同教學法中 對學習成就之分析

根據表 14、表 15 資料得知，實驗前對兩班之機械推理能力低分組學生二上物理「力學」成績作同質性檢定結果，兩班平均分別為實驗組 50.1，對照組 52.8， $p=.302>.05$ ，未達顯著水準。

表 14 機械推理能力低分組學生二上物理「力學」成績同質性檢定 1

教學法		個數	平均數	標準差	平均數的標準誤
學習成就	實驗組	23	50.1322	10.75601	2.24278
	對照組	21	52.7952	11.09011	2.42006

表 15 機械推理能力低分組學生二上物理「力學」成績同質性檢定 2

		變異數相等的 Levene 檢定		平均數相等的 t 檢定				
		F 檢定	顯著性	t	自由度	顯著性 (雙尾)	平均差 異	標準 誤差 異
學習成就	假設變異數相等	.013	.911	-1.04	42	.302	-3.44	3.2
	不假設變異數相等			-1.04	41	.303	-3.44	3.2

根據表 14、表 15 同質性檢定， $p=.302>.05$ ，未達顯著水準，表示兩班之機械推理能力低分組學生在高二上學期物理「力學」成績無顯著差異，亦即表示二組學生的基本能力並無差別，符合同質的基本假定。

根據表16、表17結果顯示對實驗組實施多媒體輔助教學，而對照組進行傳統教學，實施時間兩週共八節。多媒體輔助教學組平均46.9分，傳統教學組平均36.4分， $p=.027>.05$ ，達顯著差異。

表 16 機械推理低分組在不同教學法 t 檢定 1

不同教學法		個數	平均數	標準差	平均數的標準誤
機械推理低分組學習成就	多媒體	23	46.8696	13.86724	2.89
	傳統	21	36.4286	16.30206	3.55

表 17 機械推理低分組在不同教學法 t 檢定 2

	變異數相等的 Levene 檢定		平均數相等的 t 檢定					
	F 檢定	顯著性	t	自由度	顯著性	平均差異	標準誤差異	
					(雙尾)			
學習成就	假設變異數相等	1.637	.208	2.29	42	.027	10.440	4.550
	不假設變異數相等			2.27	39	.028	10.440	4.584

依表 16、表 17 分析結果發現實施實驗後，機械推理能力低分組在不同教學法對學習成就($P=.027<.05$)達顯著差異。顯示機械推理能力低分組在多媒體輔助教學下，成績明顯優於傳統教學。機械推理能力低分組因理解及推理能力較差，無法由傳統課堂講述與課本原理介紹中，了解「功與能量」單元抽象的觀念，而觀看多媒體輔助教材可讓教材概念更具體化，達到較佳的學習成效。

4.5 結果討論

研究者於實驗前利用 t 考驗對本次研究對象-高二兩班選修物理的學生進行高二上學期物理科「力學」單元成績統計分析得知，只有「性向測驗」之機械推理能力差異對兩班的「力學」單元成績皆達顯著差異[詳見附錄一]。本實驗由研究者設計之多媒體輔助教學可以用更具體方式表現教材內容，期能彌補在傳統教學下，因機械推理能力差異對學習成效的影響。研究目的為 1. 製作及探討「功與能量」單元多媒體輔助教學與傳統教材教學對學生學習成效的影響。2. 探討性向測驗中之機械推理能力差異在多媒體輔助教學下對學習成效的影響。3. 探討機械推理能力高分組在多媒體輔助教學與傳統教材教學對學生學習成效的影響。4. 探討機械推理能力低分組在多媒體輔助教學與傳統教材教學對學生學習成效的影響。實驗結果有以下四點：

一、多媒體輔助教學與傳統教材教學對學生學習成效無顯著差異：
綜合研究結果得知機械推理能力低分組在多媒體教材輔助教學下之學習成效顯著優於傳統教材教學，因機械推理能力低分組理解及推理能力較差，無法由傳統課堂講述中了解「功與能量」單元抽象的觀念，而觀看多媒體輔助教材可讓教材概念更具體化，達到較佳的學習成效。而研究問題三之實驗結果得知機械推理高分組在不同教學法對學習成效無顯著差異。機械推理能力高分組因理解及推理能力較佳，能由教師利用傳統課堂講述與課本原理介紹中，了解「功與能量」單元抽象的觀念，與觀看多媒體輔助教材達到相同效果。因此多媒體輔助教學提昇機械推理能力低分組學生之學習成效，而在全班整體統計下，多媒體教學組平均分數為 50.1 分，傳統教學組為 43.8 分，統計學上未達顯著差異。

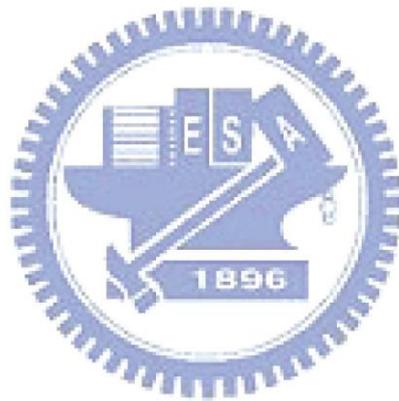
二、多媒體輔助教學提昇機械推理能力低分組的學習成效

1. 實驗前對實驗對象之上學期物理科「力學」單元成績進行統計分析得知，機械推理能力差異對本次實驗之高二兩班學生的物理「力學」單元成績皆達顯著差異(詳見附錄一)。機械推理能力高分組在傳統教學下，物理科「力學」單元成績明顯優於低分組。實施實驗後，分析結果發現不同機械推理能力在多媒體輔助教學下，對物理「功與能量」單元學習成效無顯著差異。多媒體教材輔助教學動態呈現「功與能量」之概念，幫助機械推理能力較低學生建立此觀念，提昇機械推理能力低分組的學習成效。
2. 多媒體教材有讓學生觀察實驗之體驗，將課本不易展現之動態概念利用多媒體表現。並由於多媒體教材具有可互動性，學生可以由嘗試錯誤中慢慢建立課程內容的觀念。多媒體教材基於上述特性讓機械推理能力較低的學生都能充分學習該課程的內容，並減少因不同機械推理能力所引起的學習落差。

三、機械推理能力高分組在不同教學法對學習成效無顯著差異

1. 機械推理能力高分組因理解能力較佳，能由傳統課堂講述中，了解「功與能量」單元抽象的觀念，與觀看動態之動畫達到相同之教學效果，故機械推理能力高分組在不同教學法對學習成效無顯著差異

- 四、機械推理能力低分組在多媒體教材輔助教學下之學習成效顯著優於傳統教材教學
1. 多媒體輔助教材，結合了文字、聲音、圖片與動畫，將「功與能量」單元抽象的觀念以生動具體的影片及動畫表現出來，讓機械推理能力較低的學生能充份了解「功與能量」單元之概念，提高學生的學習成效。
 2. 傳統教學中由教師主導之講述教學，學生只能被動學習。較難針對自己學習盲點，進行加強。而多媒體輔助教材具互動性的設計，可讓學生增加主動學習機會，由操作中了解課程概念。並針對自己較難理解部份重複播放達到適性學習的優點。



伍、結論與未來研究方向

高中物理課程中的「功與能量」單元中包含許多傳統教材無法具體呈現的動態內容，使得高二學生之成績一直存在嚴重落差。因此，本研究特別製作一份「功與能量」多媒體教材，期能改善此單元學生的學習成效。本次實驗對象為高二學生，並事先對其上學期物理科的「力學」成績進行統計分析得知，在「性向測驗」五個分測驗中，機械推理能力差異對本次實驗之高二兩班學生的物理成績皆達顯著差異。由選取實驗對象分析得知，機械推理能力高分組在傳統教學下成績明顯優於低分組本研究由研究者挑選與「力學」單元相關性很高之高二物理「功與能量」單元，並自行設計網路多媒體輔助教材。

本研究採用實驗設計方法，實驗對象為苗栗一所高中兩個班級學生共 88 人，實驗教材為高二物理「功與能量」單元，本研究探討多媒體輔助教學與機械推理能力差異對高二學習物理「功與能量」單元之學習成效分析。依中國測驗學會編製之「高一性向測驗」為分類依據，將學習者分為機械推理能力高分組與低分組。

5.1 結論

一、本研究目標為以下四點：

1. 製作及探討「功與能量」單元多媒體輔助教學與傳統教材教學對學生學習成效的影響。
2. 探討性向測驗中之機械推理能力差異在多媒體輔助教學下對學習成效的影響。
3. 探討機械推理能力高分組在多媒體輔助教學與傳統教材教學對學生學習成效的影響。
4. 探討機械推理能力低分組在多媒體輔助教學與傳統教材教學對學生學習成效的影響。

二、經過兩週共八節實驗後得到以下實驗結果：

1. 「功與能量」單元，多媒體輔助教學與傳統教學之學習成效雖無顯著差異。綜合 1、3 與 4 研究可知，機械推理能力低分組在多媒體輔助教學下之學習成效顯著優於傳統教材教學，但機械推理能力高分組在此兩種教學法下學習成效無顯著差異。因研究 1 未對學生之機械推理能力進行分類，故學習成效未達顯著差異。
2. 多媒體輔助教學提昇機械推理能力低分組的學習成效。由本實驗前分析得知，機械推理能力高分組在傳統教學下成績明顯優於低分組，而本實驗結果顯示機械推理能力高分組與低分組在多媒體輔助教學下成績無顯著差異。綜合研究目的 2 與

- 研究目的 3 可知，多媒體輔助教學提昇機械推理能力低分組的學習成效。
3. 機械推理能力高分組在不同教學法對學習成效無顯著差異。機械推理能力高分組因理解及推理能力較佳，能由傳統課堂講述中了解「功與能量」單元抽象的觀念，故機械推理能力高分組在不同教學法對學習成效無顯著差異。
 4. 機械推理能力低分組在多媒體輔助教學下之學習成效顯著優於傳統教材教學。

5.2 未來研究方向

礙於時間及資源上的限制，本研究施測對象僅高二學生 91 人，有效樣本為 88 人，實驗處理時間為二週，教材內容僅限於物理科「功與能量」單元。未來研究可有以下幾點：

1. 增加實驗對象人數，研究是否本結果依然成立？
2. 本校位於苗栗縣竹南鎮，學生機械推理能力分佈於全國常模後 50%，往後可探討機械推理能力屬於全國常模前 50% 的學生在不同教學法下對學習成效的影響。
3. 增加更多物理科多媒體教學範圍，以研究更廣的學習內容是否皆有相同結果。
4. 電腦喜好程度及資訊素養，對多媒體輔助教學之學習成效的影響。



參考文獻

1. Glynn, S.M., & Yeany, R.H. (1996). *The Psychology of Learning Science*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
2. 簡茂發，*心理測驗與統計方法*，心理出版社，民國九十年。
3. Posner, J., Strike, K., Hewson, P., & Gertzog, W. (1982). Accommodation of a scientific conception : Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211-227.
4. Oppenheimer, R. (1956). Analogy in science. *American Psychologist*, 127-135.
5. Wittrock, M. C. (1985). Learning science by generating new conceptions from old ideas, In L. H. T. West & A. L. Pines (Ed.), *Cognitive structure and conceptual change*. Orlando, FL : Academic Press.
6. Glynn, S. M. (1989). The Teaching-with-Analogy Model. In K. D. Muth (Ed.), *Children's comprehension of text* (pp. 185-204). Newark, DE : International Reading Association.
7. Hewitt, P. G. (1987). *Conceptual physics*. Menlo Park, CA : Addison-Wesley.
8. 陳登吉，「國立交通大學理學院碩士在職專班多媒體編輯課程講義」，民國九十六年。
9. Mayer, R. E. & Roxana M. (2002). Animation as an Aid to Multimedia Learning. *Educational Psychology Review*, 14(1).
10. Mayer, R. E. & Sims, (1994). For whom is a picture worth a thousand words? Extensions of a dual-coding theory of multimedia learning. *Journal of Educational Psychology*, 86(3), 389-401.
11. 智勝國際科技網站，<http://www.caidiy.com.tw>.
12. Clark, J. M. & Paivio, A. (1991). Dual coding theory and education. *Educational Psychology Review*, 3(3), 149-210.
13. Bagui, S. (1998). Reasons for increased learning using multimedia. *Journal of educational multimedia and hypermedia*, 7(1), 3-18.
14. 姚珩，*普通高級中學物理下*，翰林出版社，民國九十六年。
15. 簡茂發，*高一性向測驗*，中國行為科學社，民國八十三年。
16. 宮井藤，*性向診斷心理測驗*，藍哥文化出版社，民國八十九年。

- 17.中國測驗學會主編，心理測驗的發展與應用，心理出版社，民國九十三年。
- 18.黃齡儀，「多媒體輔助教學對不同學習風格的高中生學習高三生物主宰生命奧祕的分子課程單元的學習成效分析」，國立交通大學，碩士論文，民國九十五年。
- 19.Bruner, J. S.(1960). The process of education. New York： Random House.
- 20.Clement, J. (1982). Students’ preconceptions in introductory physics.
American Journal of Physics, 50(1), 66-71.
- 21.Novak, J. (1979). Learning how to learn. New York： Cambridge University Press.
- 22.Vaughan, Tay.(2004). Multimedia :making it work. McGraw-Hill Technology Education.



附錄一 實驗前兩班學生「力學」成績與性向關係

表 18 實驗前兩班學生「力學」成績與性向之語文詞義關係

	語文詞義	個數	平均數	標準差	顯著性(雙尾)
實驗組	高分組	23	57.3	11.6	.163
	低分組	23	52.8	9.8	
對照組	高分組	21	58.1	12.1	.282
	低分組	21	54.4	9.9	

由表 18 分析得知實驗組語文詞義能力高分組與低分組成績未達顯著差異($P>.05$)
對照組語文詞義能力高分組與低分組成績未達顯著差異($P>.05$)

表 19 實驗前兩班學生「力學」成績與性向之語文推理關係

	語文推理	個數	平均數	標準差	顯著性(雙尾)
實驗組	高分組	23	54.6	11.6	.799
	低分組	23	55.4	10.2	
對照組	高分組	21	56.2	10.4	1.0
	低分組	21	56.2	11.7	

由表 19 分析得知實驗組語文推理能力高分組與低分組成績未達顯著差異($P>.05$)
對照組語文推理能力高分組與低分組成績未達顯著差異($P>.05$)

表 20 實驗前兩班學生「力學」成績與性向之機械推理關係

	機械推理	個數	平均數	標準差	顯著性(雙尾)
實驗組	高分組	23	60.0	11.7	.005
	低分組	23	50.1	9.3	
對照組	高分組	21	59.7	9.1	.011
	低分組	21	52.8	9.0	

由表 20 分析得知實驗組機械推理能力高分組成績優於低分組，達顯著差異($P < .05$)
對照組機械推理能力高分組成績優於低分組，達顯著差異($P < .05$)

表 21 實驗前兩班學生「力學」成績與性向之空間關係之關聯

	空間關係	個數	平均數	標準差	顯著性(雙尾)
實驗組	高分組	23	56.2	18.4	.160
	低分組	23	54.0	18.3	
對照組	高分組	21	56.1	13.5	.731
	低分組	21	56.4	16.3	

由表 21 分析得知實驗組空間關係能力高分組與低分組成績未達顯著差異($P > .05$)
對照組空間關係能力高分組與低分組成績未達顯著差異($P > .05$)

表 22 實驗前兩班學生「力學」成績與性向之數學能力關係

	數學能力	個數	平均數	標準差	顯著性(雙尾)
實驗組	高分組	23	58.6	11.6	.030
	低分組	23	51.5	9.6	
對照組	高分組	21	57.5	12.7	.642
	低分組	21	55.0	10.2	

由表 22 分析得知實驗組數學能力高分組成績優於低分組，達顯著差異($P < .05$)
 對照組數學能力高分組與低分組成績未達顯著差異($P > .05$)
 綜合以上分析，只有機械推理能力與高二上「力學」成績在兩班皆達顯著差異。

附錄二 性向測驗之機械推理能力量表

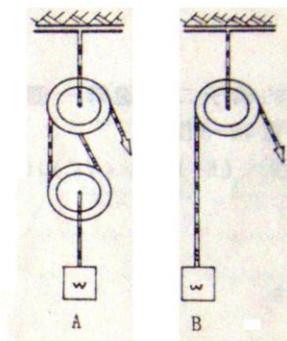
機械推理測驗

指導和例題

本測驗共有四十題。每一題都包括一幅圖畫，和跟那幅圖畫有關的問題。每題都有三個答案，請你從其中選出最適當的答案來。

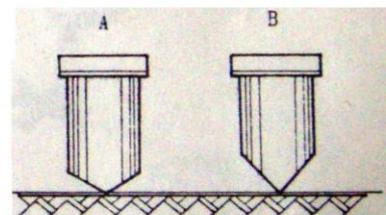
請看下面的例題：

[例 1] 那個滑輪比較省力？
 (若一樣，則選 C)



例 1 的答案是「A」，所以請你在答案紙後面「A」所在的長方格中塗黑。

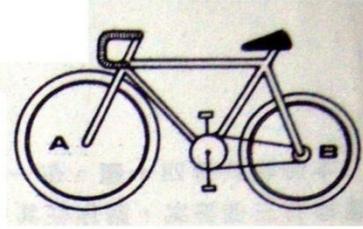
[例 2] 那一根釘子比較容易釘進木頭裡？
 (若一樣，則選 C)



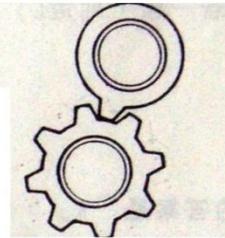
例 2 的答案是「B」，所以請你在答案紙後面「B」所在的長方格中塗黑。

圖 21 性向測驗之機械推理能力量表 1 參考資料 [15]

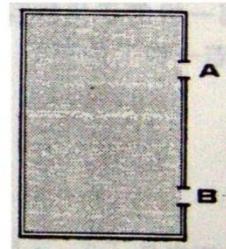
1. 當腳踏車向前移動一段距離時，A輪與B輪何者轉動次數較多？(若一樣，則選C)



2. 若上面的輪子二秒鐘轉一圈，則下面的輪子需多久才會轉一圈？
(A)12秒 (B)14秒 (C)16秒



3. A和B是水箱的兩個開口，其口徑一樣大，何者噴出的水較遠？(若一樣，則選C)



4. A、B兩鋁製容器裝有等量的水，何者的水會先煮沸？(若一樣，則選C)

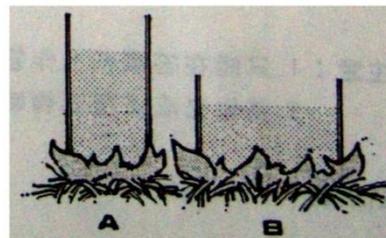
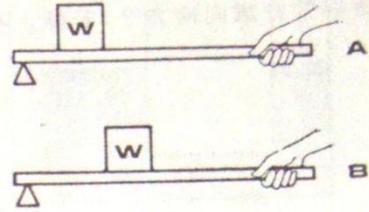
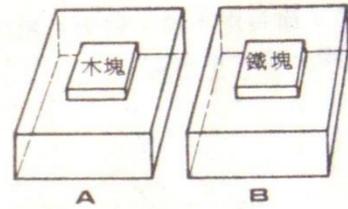


圖 22 性向測驗之機械推理能力量表 2 參考資料〔15〕

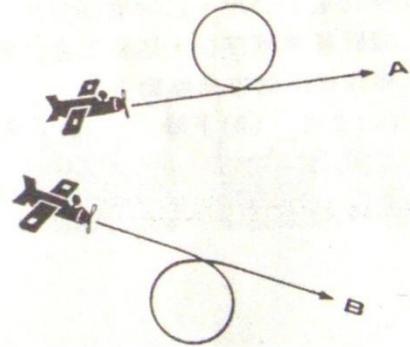
5. A和B兩種使用槓桿的方法，何者較易使重物W抬高？(若一樣，則選C)



6. 將形狀、大小相同的木塊及鐵塊放在A、B兩塊冰上，那一塊冰溶化的比較快？(若一樣，則選C)



7. 在那一種情況中，飛行員比較不會掉出機外？



8. 同一人及同一梯子靠在牆上的角度不同，而此人繼續往上爬，那一個梯子會先向左邊滑去？(若一樣，則選C)

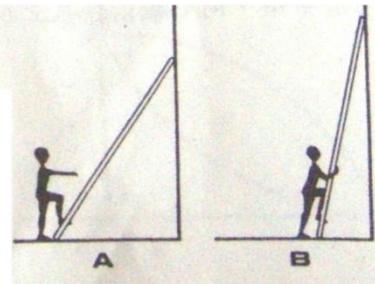


圖 23 高一性向測驗之機械推理能力量表 3 參考資料 [15]

附錄三物理「功與能量」成就測驗後測

高二下第七章功與能量

一填充題(每格 5 分，共 100 分)

班級 _____ 座號 _____ 姓名 _____

1 如圖一，將一物體 2 公斤掛於輕彈簧的下端，彈簧原長 1 公尺， $k=100\text{N/m}$ ，使物體於 A 至 C 之間做振幅 0.1m 之鉛直簡諧運動，請回答下列問題。($g=10\text{ m/s}^2$)

- (1)彈簧伸長幾公尺處，物體受合力為零? 1
- (2)由 A 至 C，重力作功為正或負? 2，其功為何? 3
- (3)由 A 至 C，彈力作功為正或負? 4，其功為何? 5
- (4)由 A 至 C，合力作功為何? 6，動能增加或減少? 7

2 如圖二，有一單擺擺長 l ，擺錘質量 m ，今將擺錘拉偏離鉛直 θ 角，如圖所示，從靜止開始自由落下，重力加速度為 g ，由 A 至 B 高度差 $l(1-\cos\theta)$ ，請回答下列問題。(以 l 、 m 、 θ 、 g 表示答案)

- (1)由 A 至 B，重力作功為正或負? 8，其功為何? 9
- (2)由 A 至 B，繩子張力作功為何? 10
- (3)由 A 至 B，動能變化為何? 11，位能變化為何? 12，
力學能變化為何? 13

3 如圖三，在光滑水平面上以 F 之力向右水平推一質量 m 之物體，設初速 V 向右，位移大小 d 向右，請回答下列問題。

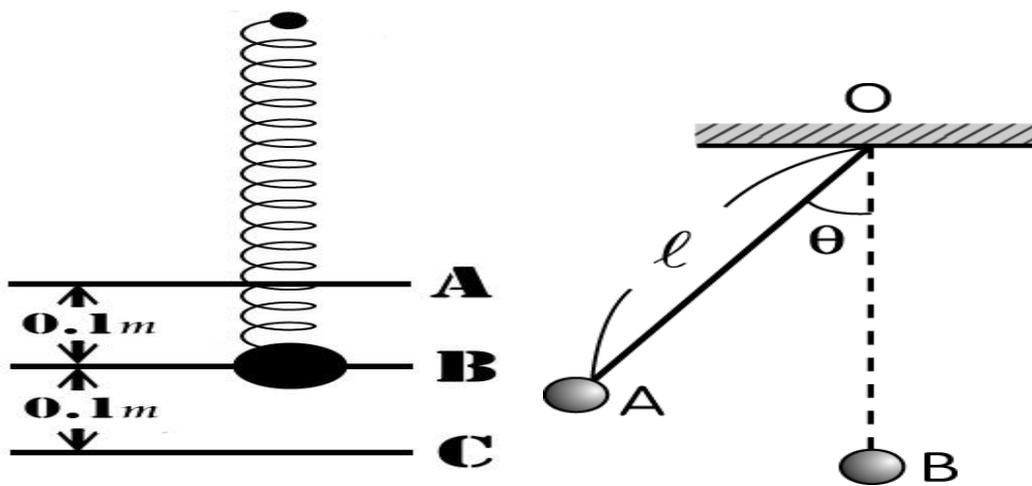
- (1)物體動能變化為何? 14
- (2)物體末動能為何? 15

4 如圖四，在光滑水平面上以 F 之力水平向右推一質量 m 之物體，設初速 V 向左，位移大小 d 向左，請回答下列問題。

- (1)物體動能變化為何? 16
- (2)物體末動能為何? 17

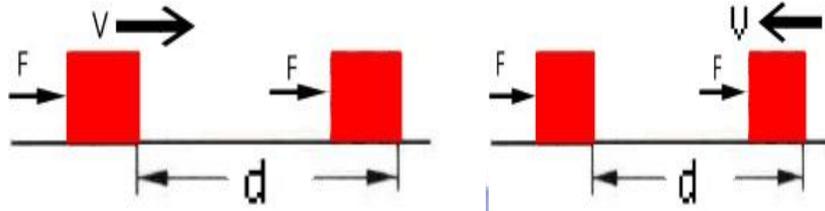
5 若以相同之力 10N 沿水平方向，向東施力於光滑水平面上質量各為 10 公斤與 20 公斤兩物體，兩物體原為靜止，使兩物體前進相同距離 10m，請回答下列問題。

- (1)請比較兩物體末動能大小? 18
- (2)10 公斤物體末動能? 19
- (3)20 公斤物體末動能? 20



圖一

圖二



圖三

圖四



附錄四 多媒體教材單元腳本

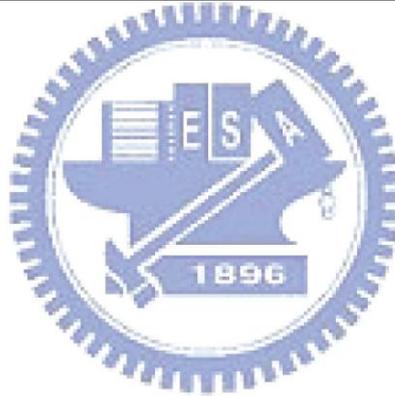
SC01：功的定義(第一幕)	
<p>功的定義</p> <div data-bbox="432 526 746 840" style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 20px auto; width: fit-content;"> <p>文字顯示區</p> </div>	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 圖片：學生，老師 ◆ 聲音：學生：王建名投出的伸卡球為何會轉彎呢？ 老師：這與球受力有關，讓老師做個實驗吧 ◆ 文字： <ol style="list-style-type: none"> 1. 儀器介紹，實驗設計，實驗影片。 ◆ 動作： <ol style="list-style-type: none"> 1. 滑鼠可點選儀器介紹則移至第二幕 2. 滑鼠可點選實驗設計則移至第二幕 3. 滑鼠可點選實驗影片則移至第三幕
SC01：功的定義(第二幕)	
<p>儀器介紹</p> <div data-bbox="242 1435 719 1659" style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 圖片：打點計時器(每隔 0.05s 紀錄一點)、滑車(質量 243 克)、砝碼兩個(質量各五十克) ◆ 聲音： ◆ 文字： <ol style="list-style-type: none"> 1. 滑車軌道(1M) ◆ 2. 紙帶 ◆ 動作： <ol style="list-style-type: none"> 1. 先播放錄音搭配圖片介紹儀器 2. 點選實驗設計進入第三幕

SC06：功的定義(第三幕)

滑車實驗影片



- ◆ 影片：滑車實驗影片
 - ◆ 聲音：影片配音
 - ◆ 文字：
 1. 實驗技巧砝碼與滑車總質量保持固定
 - ◆ 2. 控制變因
 1. 質量=0.34kg
 2. 位移=1M
 - 3. 操縱變因 拉力
 1. $F=0.49\text{N}$
 2. $F=0.98\text{N}$
- 動作：
- ◆ 1. 依序顯示圖片搭配配音
 - 2. 按播放看滑車實驗影片



附錄五 素材清單

單元名稱	功的定義(範圍:SC01)	檔案名稱
	<p style="text-align: center;">聲音</p> <p>王建名投出的伸卡球為何會轉彎呢？</p>	Scolw1.wav
	這與球受力有關，讓老師做個實驗吧	Scolw2.wav
	打點計時器(每隔 0.05s 紀錄一點)	Scolw3.wav
	滑車(質量 243 克)	Scolw4.wav
	紙帶	Scolw5.wav
	滑車軌道(1M)	Scolw6.wav
	砝碼兩個質量各五十克	Scolw7.wav
	實驗技巧砝碼與滑車總質量保持固定	Scolw8.wav
	控制變因 1. 質量=0.34kg 2. 位移=1M	Scolw9.wav
	操縱變因 拉力 1. $F=0.49N$ 2. $F=0.98N$	Scolw10.wav
	實驗方式調整軌道坡度使滑車等速運動	Scolw11.wav
	<p style="text-align: center;">圖片</p> <p>學生</p>	Scolp1.gif
	老師	Scolp2.gif
	打點計時器	Scolp3.gif
	滑車(質量 243 克)	Scolp4.gif
	紙帶	Scolp5.gif
	滑車軌道(1M)	Scolp6.gif
	砝碼兩個質量各五十克	Scolp7.gif
	<p style="text-align: center;">影片</p> <p>滑車未掛砝碼</p>	Scolv1.mpg
	滑車受力 4.9N	Scov2.mpg