

國立交通大學

理學院科技與數位學習學程

碩 士 論 文

激發式動態教學對學習成效與認知負荷影響之研究—



The Effect of Trigger-based Animated Instruction on Learning

Achievement and Cognitive Load in Buoyancy

研 究 生：黃舜國

指導教授：陳明璋 教授

中 華 民 國 九 十 九 年 七 月

激發式動態教學對學習成效與認知負荷影響之研究
-以浮力為例

The Effect of Trigger-based Animated Instruction on Learning Achievement and
Cognitive Load in Buoyancy

研 究 生：黃舜國
指導教授：陳明璋

Student：Shun-Kuo Huang
Advisor：Ming-Jang Chen

國立交通大學
理學院科技與數位學習學程
碩 士 論 文



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

July 2010

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十九年七月

激發式動態教學對學習成效與認知負荷影響之研究

-以浮力為例

學生：黃舜國

指導教授：陳明璋

國立交通大學 理學院科技與數位學習學程

中文摘要

激發式動態教學是使用按鈕來控制訊息呈現，教學者能適時控制訊息呈現的順序及速度，引導學習者的注意力。目的是幫助學習者選取、組織訊息，以降低學習者的認知負荷，增進學習效果。

本實驗採用準實驗法，以國中自然與生活科技「浮力」單元為例，探討激發式動態呈現的教學模式，是否能達到較好的學習效果，並降低認知負荷。

由結果結果顯示，激發式動態呈現教學設計對高成就學生在學習效果上較好；激發式動態呈現教學設計在分析類型在上學習效果較好。

關鍵字：激發式動態教學、認知負荷

The Effect of Trigger-based Animated Instruction on Learning Achievement and Cognitive Load in Buoyancy

Student : Shun-Kuo Huang

Advisor : Dr.Ming-Jang Chen

Degree Program of E-learning
Nation Chiao Tung University

Abstract

Trigger-based Animated Instruction is to control messages using objects. Instructors control the presenting order and speed of messages to attract learner's attention. The goal is to help learners select as well as organize messages to reduce the cognitive burden and enhance learning.

This study adopted a quasi-experimental design in Buoyancy by using the trigger-base animated instruction to examine learning achievement and cognitive load.

The result of this study shows that adopting the trigger-based animated instruction significantly leads to high academic achievement Students learn more effectively. Adopting the trigger-based animated instruction significantly also helps students learn effectively about analysis-type questions.

Key word: trigger-based animation, cognitive load,

致謝

在教書五年之後，重新回到學校進修，學習越多，就越感到自身的不足，看到同學們一個個拿出自己的專長，想想自己有什麼是值得拿出來大書特書的。能不斷的充實自己學習更多的事物事物是一件幸福的事。

本論文能夠完成，首先要感謝指導教授陳明璋教授細心的指導，從題目的訂定開始，到教材的製作，總是不厭其煩的與我們討論其優缺點，並從學理上說明應該如何設計才會是最好的。並在我研究進度落後時給予的包容與鼓勵。

在論文口試期間，特別感謝口試委員黃大原、吳慧敏兩位教授對本論文提出寶貴的建議，使本研究能夠更加嚴謹，在此致上最誠摯的謝意。

感謝學校的林聯賓主任及饒忠韻主任，能在行政上給我最大的支持；同事吳佳蓉老師，在我進行教材設計時，給予我她在多年教學上寶貴的經驗及意見，使我教材設計能更順利；以及其他同事在我實驗時給予的幫助，讓我能順利完成實驗。特別感謝家人在我研究期間，給予我的關心與體諒。

最後要感謝一起研究的同學志祥、元亨、家瑩、椿惠、子榕，有你們的支持、鼓勵與協助，使我能堅持到最後完成本論文。最後再次謝謝陳明璋教授給細心指導，使我獲益良多。

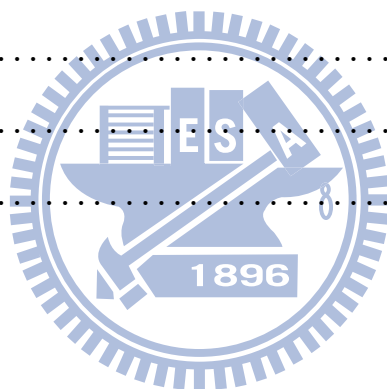
目錄

第一章 緒論	1
第一節 研究動機	1
第二節 研究目的	2
第三節 研究問題	3
第四節 研究限制	3
第二章 獻探討	5
第一節 國中浮力相關研究	5
第二節 訊息處理理論	8
第三節 認知負荷理論	11
一、 認知負荷理論	11
二、 認知負荷理論的教學設計	14
第四節 多媒體學習理論	17
一、 多媒體學習認知理論	17
二、 多媒體設計原則	18
第五節 AMA 系統	24
第三章 研究方法	27
第一節 研究流程	27
第二節 研究設計	29
第三節 研究架構	30
一、 自變項：	31
二、 控制變項	31
三、 依變相	32
第四節 研究對象	32
第五節 研究工具	34

一、 浮力觀念測驗	34
二、 多媒體教材	35
三、 認知負荷量表	36
四、 實驗流程	36
第六節 資料分析方法	37
第四章 研究結果與討論	38
第一節 樣本敘述統計基本資料	38
一、 實驗組與對照組教學實驗相關敘述統計	38
二、 學業能力分組下實驗組與控制組的相關敘述	40
第二節 研究假設的檢驗與說明	44
一、 教材設計與學業能力對學習成就後測的影響	44
二、 不同類型題目分析	49
三、 教學設計與學業能力對認知負荷的影響	58
第三節 結果摘要	61
第五章 結論	62
第一節 研究結論	62
一、 學習成就	62
二、 認知負荷	62
第二節 研究貢獻	63
第三節 未來研究方向	63
參考文獻	64
中文部分	64
英文部分	65
附錄一	66
附錄二	85
附錄三	87

圖次

圖 1 訊息處理的內在心理歷程 (張春興, 2003)	8
圖 2 多媒體學習認知理論 修改自 Mayer(2001)	17
圖 3 浮力與重力的關係	19
圖 4 浮力實驗-浮力等於減輕重量	20
圖 5 產生的浮力原因、物體與液體密度的影響	21
圖 6 重力與浮力之題目練習	22
圖 7 浮力實驗-沉體在不同液體密度中	23
圖 8 研究流程	28
圖 9 實驗設計模組	29
圖 10 研究架構圖	30
圖 11 實驗對象	32



表次

表 1 實驗設計分組細格表	29
表 2 對照組實驗組自然與生活科技段考成績平均數及標準差摘要	33
表 3 對照組實驗組自然與生活科技段考成績常態性檢定摘要表	33
表 4 對照組實驗組自然與生活科技段考成績獨立樣本 t 考驗摘要表	34
表 5 浮力觀念測驗題型、難度、鑑別度一覽表	35
表 6 實驗流程	36
表 7 實驗組與對照組教學實驗相關敘述統計資料摘要	39
表 8 高學業能力分組下實驗組與對照組教學實驗相關敘述統計資料摘要表 ...	41
表 9 中學業能力分組下實驗組與對照組教學實驗相關敘述統計資料摘要表 ...	42
表 10 低學業能力分組下實驗組與對照組教學實驗相關敘述統計資料摘要表 ..	43
表 11 教學設計與學業能力對學習成就的 2X3 二因子共變數分析資料	44
表 12 組內迴歸係數同質性檢定摘要表	45
表 13 二因子共變數分析摘要表	47
表 14 估計的邊際平均數	47
表 15 教材設計單因子共變數分析摘要表(高學業能力組)	48
表 16 教材設計單因子共變數分析摘要表(中學業能力組)	49
表 17 教材設計單因子共變數分析摘要表(低學業能力組)	49
表 18 教學設計與學業能力對學習成就-四類型-2X3 二因子共變數分析資料 ...	50
表 19 組內迴歸係數同質性檢定摘要表(記憶題型)	51
表 20 組內迴歸係數同質性檢定摘要表(理解題型)	51
表 21 組內迴歸係數同質性檢定摘要表(應用題型)	52
表 22 組內迴歸係數同質性檢定摘要表(分析題型)	52
表 23 二因子共變數分析摘要表(記憶題型)	53

表 24 估計的邊際平均值(記憶題型).....	53
表 25 二因子共變數分析摘要表(理解題型).....	54
表 26 估計的邊際平均值(學業能力).....	54
表 27 二因子共變數分析摘要表(應用題型).....	55
表 28 不同學業能力與教材在後測成績(應用題型)之單純主要效果分析摘要表.	56
表 29 二因子共變數分析摘要表(分析題型).....	57
表 30 估計的邊際平均值(教材).....	57
表 31 教學設計與學業能力對認知負荷量的 2X3 二因子變異數資料.....	58
表 32 教材與學業能力在「認知負荷量」之二因子變異數分析摘要表.....	60
表 33 估計的邊際平均數(認知負荷量-教材-估計值).....	60
表 34 估計的邊際平均數(認知負荷量-學業能力-估計值).....	60
表 35 結果摘要	61



第一章 緒論

本章共分四節，第一節為研究動機，第二節為研究目的，第三節為研究問題，第四節為研究限制。

第一節 研究動機

在課堂上使用黑板、粉筆為教學工具，有許多限制的存在，因此有許多教師想使用資訊科技協助教學，以彌補使用黑板、粉筆教學的限制。近年來，政府大力推動班班有投影機，資訊融入各領域教學，因此使用投影機在課堂上教學機會變多了。目前常見的有影片、Flash、PowerPoint 等等輔助來教學，出版社亦有相關電子書，但是這些教師在課堂上使用均有其不適。因此製作一個適合課堂授課的教材就很重要。

在學習過程中，感官接受訊息後，要經過工作記憶區的注意和處理，才能轉為知識及技能儲存在長期記憶區中。然而工作記憶區容量是有限的，在有限容量的情況下，與學習無關的訊息將會占據工作記憶區。Sweller 等人(1998)歸納歷年來的研究成果，提出教學設計原則，可分為開放目標效果、示例效應、完成問題效果、分散注意力效應、形式效應、冗餘效應、變化效應。Mayer(2005) 更提出十個教材設計原則，其中包括多媒體原則、空間接近原則、時間接近原則、連貫原則、型式原則、多餘原則、個人化原則、互動原則、信號原則及個別差異原則等十個原則。基於認知負荷理論及多媒體設計原則，教材經過適當的設計能降低學生的認知負荷，有助於學習者學習，但是課堂授課有

其變化性，需要依據學生學習狀態調整授課順序，因此可以隨意控制教材呈現的功能就顯得重要。

基於認知負荷理論及多媒體設計原則，陳明璋博士提出「激發式動態呈現」，使用 AMA(Activate Mind Attention)系統，希望降低教材外部認知負荷，將步驟化、結構化的教材呈現在學習者面前，提高學習效果。AMA 系統是改善 PowerPoint 的功能，教師可以利用其中定位、作圖與互動按鈕功能增加呈現教材的方式，提高教材的品質，與授課時的彈性。

本研究使用 AMA 系統在認知負荷理論及多媒體設計理念下進行教學設計的學習效果研究。



第二節 研究目的

國中學生在學習自然與生活科技有許多單元時常會會感覺到相當困難，例如「浮力」單元學生會被表面上相似條件所迷惑，如物體體積或液面下體積的選擇應用，物體質量與浮力之間關連，物體密度及液體密度的關係，常常造成理解與運用上錯誤。因此本研究使用認知負荷理論及多媒體設計原則設計國中自然與生活科技「浮力」單元為教材，探討激發式動態教學呈現能否降低學生認知負荷增加學生學習效果，並研究激發式動態教學呈現對不同學業能力學生在學習成就的影響，及激發式動態教學呈現對學生學習不同種類題型的影響。研究目的如下：

- (一) 探討激發式動呈現對不同學業能力學生在學習成就上的影響。
- (二) 探討激發式動呈現對學生在不同類型題目學習成就上的影響
- (三) 探討激發式動呈現對不同學業能力學生在認知負荷上的影響。

第三節 研究問題

根據上述研究目的，本研究欲探討的問題如下

- (一) 激發式動呈現對不同學業能力學生在學習成就的影響為何？
- (二) 激發式動呈現對不同學業能力學生在認知負荷的影響為何？
- (三) 學習成就與認知負荷的相關性為何？



第四節 研究限制

本研究是以課堂授課為背景下進行教學實驗，在此情形下，本研究的教學實驗中仍面臨到一些限制，說明如下：

- 一、本研究以新竹縣某國中八年級四個班級為實驗對象，該國中有英語實驗班及國樂班，因此四個班級是在一年級新生入學時扣除英語實驗班及國樂班後，依照一年級新生就測驗採取 S 型編班，如欲推廣至其他年齡及區域的教學，需審慎評估。
- 二、本研究中的研究對象，均非研究者原授課班級，實驗期間均請原授課教師於教

室後方休息，因此學生是否因為不同的授課老師，改變學生學習習慣，進而影響教學實驗結果的客觀性，此為本研究的限制之一。

三、本研究為避免學生因課後補習而學習浮力相關內容，提前在學生未學習力學相關課程之前實施教學實驗，是否因提前課程因而造成學習效果不同，此為本研究的限制之一。

四、本研究利用平常的上課時間，共需三堂課，雖已按排在同一周內實施，但是學生下課回家後是否有和同儕討論，進而產生影響，此為本研究的限制之一。



第二章 獻探討

本研究主要探討使用激發式動態呈現引導學生注意力，降低學生認知負荷，對國中生在浮力概念學習的影響。本章主要在說明相關文獻，包括國中浮力相關研究、訊息處理理論、認知負荷理論、多媒體學習理論。

第一節 國中浮力相關研究

「浮力概念」的學習是國中生學習中感到相當困難的單元之一，學生到了國中二年級，對於「物體浮在水面上會有浮力」是知道的，但是當問到浮在水面上物體的重力和浮力哪一個大時，大部分的學生會回答浮力大，因為他浮在上面的錯誤答案。

浮力相關概念研究國內國科會專題研究報告部分有郭重吉、吳武雄(1989)以及江新合、許榮富、林寶山(1991)針對學生迷失概念進行研究。

林福榮(2001)研究高雄市國二學生發現國二學生有關浮力最主要的另有概念是以質量、重量、體積做為浮沉的依據、對密度的意義不了解，及對浮體、沉體、浮力原理之概念及應用不清楚

林俊義(2001)研究國二學生對浮力的迷思概念，有(1)浮沉體的定義與科學家的概念是不同的(2)決定浮沉的因素指考單一因素，未能以一通用法則解釋所有物體的浮沉，(3)

物體浮起才受浮力，下沉則不受浮力，(4)氣體由水中上升，是因輕或難溶於水而自然上升，與浮力無關。

郭信宏(2005)從「壓力」與「浮力」概念探討國中生之迷思概念對解題的影響，浮力方面的迷概念有(1)誤以物重來判斷沉浮及浮力大小，(2)誤以液體密度來判斷沉浮及浮力大小，(3)誤以物體體積來判斷沉浮及浮力大小，(4)誤以浮力與深度有關。(5)誤以浮沉來判斷浮力大小。

夏秋蘋(2008)從力的觀點探討九年級學生理解浮力概念困難之研究，發現掌握力的平衡概念的學生在浮力問題答對率較高。使用力的比較方式來浮力問題可以提高浮力問題答對率。

吳昆勇(2001)使用阿基米德原理與引導式發現教學法探討學生學習浮力概念成效。發現學生有(1)單向誤用學到的浮力概念，(2)指利用物體密度、體積、質量(重量)大小來判斷浮力大小，而忽略其他因素，(3)只要同樣是沉體或浮體，不管物體在水中體積、液體密度如何變化，浮力都一樣，(4)沉體不受浮力。(5)只注意到題目中的變化量判斷浮力，(6)物質的性質使浮力改變，(7)浮力和物體與水的接觸面積有關等七項迷思概念。

劉家成(2002)使用動態評量探討國二學生學習浮力單元時心智模型概念類型變化。

侯佳典(2007)研究使用 5E 探索式學習環教學對國二學生浮力概念改變，發現學生浮力改變的機制集中在「解釋」階段，其次為「探索」階段。

鄭文彥(2007)以類比橋融入浮力單元對國中生迷思概念改變之研究中發現，國中生浮力迷思概念有(1)物體在液體中會沉或浮方面的迷思概念，(2)物體在液體中重量大小的迷思概念，(3)沉體的浮力迷思概念，(4)浮體的迷思概念。學生可經由類比橋的機制獲得概念改變。

由以上此可以知道學生對於浮力的認識是停在相當淺的認識。在研究物體所受的浮力大小和浮沉條件時，就需要聯繫和綜合運用前面學過的許多基本概念和方法，如密度的概念，重力，兩力平衡，平衡條件，等。如果不注意他們之間的區別和聯繫，常常會被表面上某些相似或聯繫迷惑，造成理解和應用上的錯誤(夏秋蘋,2008)。

因此學生學習浮力單元時，其學習負擔是相當大的，除了需要接收新的浮力訊息，學習浮力先關概念，還需要從長期記憶中提取大量訊息如質量、體積、密度、兩力關係等知識加以整合才能完整的回答浮力問題，學生需要學習新的知識概念，還需複習舊有質量、體積、密度、兩力關係等知識，再將兩者整合，如果無法整合，學生就會覺得學習是一件困難的事情。所以降低學生在學習時的負擔，應可增進學生在學習浮力單元的學習成效。在本研究中，在教學設計原則及多媒體設計原則下，將教材步驟化、結構化，使用激發式動態呈現方式將學習浮力相關訊息做適當展演，降低引導學生的注意力以學習浮力概念，降低學生學習負擔。

第二節 訊息處理理論

訊息學習理論是特為解釋人類在環境中，如何經由感官察覺、注意、辨識、轉換、記憶、等在活動，以吸收並運用知識的歷程。(張春興，2003)。也就是說，人在環境中，在接受到環境傳達出來的各式各樣資訊後，如何接受到這些資訊、接受到資訊後如何經由內在複雜的處理後獲得知識的訊息處理過程。

訊息的處理是不能直接觀察的內在心理運作歷程。一般認為其中包含三個心理特徵：(1)訊息處理是階段性的；(2)各階段的功能不一，居於前者屬暫時性，居於後者屬永久性；(3)訊息處理不是單向直進式，而是前後交互作用的。(張春興，2003)。訊息處理的內在心理歷程如圖。

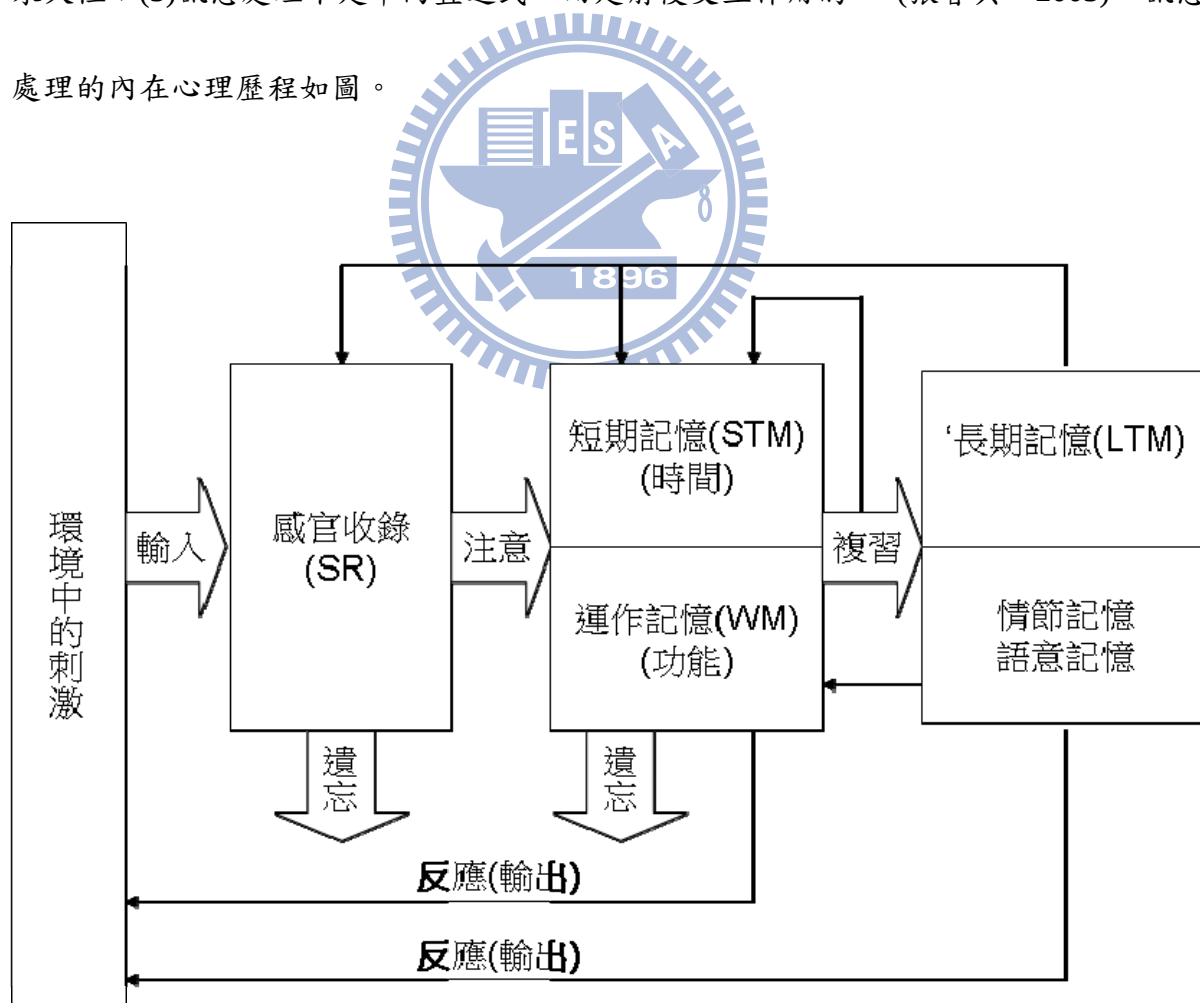


圖 1 訊息處理的內在心理歷程 (張春興，2003)

感官收錄(sensory register, SR) 是指感覺器官(如眼、耳、鼻)接受到的刺激訊息所引起的短暫(在三秒以下)記憶，是訊息的初始儲存庫，感官收錄會將刺激訊息保持原狀，如果經過進一步的注意處理，訊息接著進入到短期記憶以及長期記憶，若是刺激訊息未被注意到則很快就會消失。人瞬間注意到的訊息數量有限，因此當個體在接受外來刺激訊息時，而是根據個人的需求標準選擇性的注意到某些訊息。

短期記憶(short-term memory, STM)是指經過感官收錄後再經注意而在時間上可以延長到 20 秒內的記憶(張春興，2003)。若是沒有加以處理或覆誦，記憶很快就會消失。短期記憶有兩個重要的做用，(1)對刺激做出適當的反應。如談話時(對人的反應)，會一邊接受訊息同時思考要如何回應；如閱讀(對文字符號的反應)，會一邊接受看到的訊息同時思考接受的訊息意義。這種反應都是一邊受訊息一邊反應的心理活動，反應過後，如果目的達到，所記得的便會流失遺忘。(2)如果覺得接受到的訊息是很重要，則會採用複習方式使之保留較長的時間，然後輸入長期記憶。短期記憶在有限時間內，除接受從感官輸入的訊息，並適時做出反應外，另有工作記憶(working memory, WM))的功能。工作記憶區是指個體對訊息性質的深一層認識與理解(張春興，2003)。短期記憶可以保留多少訊息量，Miller (1956)提到對於短期記憶的容量大約是 7 加減 2 項目，項目可以是簡單獨立的數字或文字，也可以將之組成較為複雜的項目。然而延宕或是干擾都可能使我們的記憶容量由 7 個項目下降到約 3 個項目。實際上一般而言，容量的限制可能比較接近 3 至 5 個，而不是七個。

另外有人從不同的角度來看工作記憶的角色，工作記憶被定義為長期記憶的一部分

且包含了短期記憶。根據這個觀點，工作記憶只保留長期記憶中近期被活化的部分，而且在短暫記憶儲存的內外移動這些被活化的部分。Baddeley(1992)提出工作記憶包含兩個子單元，「語音迴路」(phonological loop)負責處理語音及經由文字所轉化而來的語音(verbal material)；視覺空間擷取器(visual-spatial sketch pad)處理圖片及圖表(visual material)；中央執行器(central executive)負責管理。強調工作記憶在支配記憶歷程上的功能，像是收錄與整合訊息，例如，聽覺和視覺訊息的跨形式整合、組織訊息使之成為有意義的區塊、使新的訊息與長期記憶中已有的知識表徵產生聯結。

長期記憶(long-term memory, LTM)是指訊息長期不忘的永久記憶，與短期記憶除了在時限上不同之外，另有兩項差異，一、短期記憶容量是有限的，長期記憶的容量是無限的；二、長期記憶中儲存的訊息或知識，在性質上與短期記憶中暫時儲存的訊息不同，短期記憶以聲碼為主，長期記憶以意碼主。長期記憶大致上分為兩類一為情節記憶，指有關生活情節的實況記憶；另一類為語意記憶，是指有關語文所表達之意義的記憶(張春興，2003)。

我們的不斷的接受大量的訊息，這些訊息可能來自於我們的感官所接收的，或是我們所儲存的記憶以及其他方式所獲得的訊息，這些訊息量相當多，但是在同一時間裡，我們的心理資源可以專注的訊息是有限的，注意力是將我們的心理資源集中在我們有興趣的訊息刺激上，使我們主動的處理訊息。因此注意力將有限的心理資源用來處理在最明顯的訊息或認知歷程上。

我們接受到的訊息如此多，不同的學者提出不同模型解釋人們如何選擇接收訊息，例如 Broadbent 的過濾器模型、Moray 的選擇性過濾器模型、Treisman 的減弱模型、Deutsch 的後過濾器模型等等，不管哪一種模型，都說明了人們在面對訊息時，注意力處理的訊息是有限的，只能選擇部分訊息接收。

在訊息處理理論及注意力中我們可以知道，人們在大量訊息出現時，會先經由注意力集中在訊息上接收訊息，將訊息接收後傳給短期記憶，經短期記憶中的工作記憶整合後，形成長期記憶。然而注意力是有限的，學習者在教學中如果將注意力放在非學習教材上，將會沒有學習效果，因此如何凸顯出教材中學習者應該學習的部分，使學習者的注意力集中在應學習部份是需要克服的。短期記憶容量是有限的，訊息無法一次大量的被學習者所接收運用，如何降低學習者的負擔，始學習者能在適當的訊息下，經工作記憶整合後變成強記憶，也是需要克服的。在注意力引導下，將教材做適當處理，變成學生能容易注意到，且在工作記憶負荷內，將訊息整合形成長期記憶，是研究的重點。

第三節 認知負荷理論

一、認知負荷理論

在學習認知過程中，在感官接受訊息後，要經過工作記憶區的注意和處理，才能轉為知識及技能儲存在長期記憶區中。然而工作記憶區容量是有限的，在有限容量的情況下，與學習無關的訊息將會占據工作記憶區，造成認知上的負荷。Sweller

在 1998 年的論文中提出認知負荷的四項基本假設：

- (一) 工作記憶(working memory)的容量是有限的，只能儲存平均約 7 個要素，但是用於處理訊息只有 2-4 個，而且工作記憶保留時間很短，若是需要處理的訊息複雜或材料本身需要相互對照才能了解，則需要較大工作記憶區，因而產生較大的認知負荷。
- (二) 長期記憶的容量是無限的，長期記憶儲存大量知識和程序性的技能，是專家與生手間的差別的主要來源，其容量是無限的，長期記憶可以改變工作記憶區容量不足的特質，長期記憶較少的人，需要在工作記憶區中推理、比較，認知負荷自然增加。
- (三) 知識是以基模(schema)型態儲存於長期記憶中，人類的基模發展是由簡單到複雜，粗糙到精緻。其功能有兩個，一為儲存與組織訊息在長期記憶中，二是減少工作記憶的負荷。
- (四) 基模運作的自動化是基模建構的重要過程，訊息處理透過控制處理與自動化處理進行，控制處理是由意識所控制，會占用較多的工作記憶，自動化處理較少被意識控制，使用較少的工作記憶。因此當基模運作自動化之後，可以節省工作記憶，可以對更多訊息做同時及深入的處理。

因此，人類的認知結構包含有限的工作記憶，來處理所有意識活動，以及擁有無限容量的長期記憶，長期記憶中儲存各種不同程度自動化的基模，知識與技能來

自於日益複雜機模與高程度的自動化，基模可以在自動化後降低工作記憶的負荷量。認知負荷是指在有限的工作記憶區處理訊息時所產生的負荷量。

其中認知負荷可以分為內在認知負荷、外在認知負荷、增生認知負荷，以下分別說明；

(一) 內在認知負荷：

內在認知負荷主要來自於教材的特性，教材的特性是指教材本身內部的互動性，就是學習教材時教材在學習者工作記憶區運作時的要素的數量，也就是教材本身的難度及複雜度，教材本身互動性低時，不需要大量要素放在在學習者工作記憶區，因此內在認知負荷較低；當教材本身較為困難較為複雜時，學習者必須同時將大量要素放入工作記憶區中，將造成較高的認知負荷。

(二) 外在認知負荷：

外在認知負荷是指與學習無關的認知負荷，主要來自於不佳的教學方法、教材設計、或教學活動本身所影響。例如「圖像+文字」的呈現方式比「圖像+口述說明」呈現外在認知負荷高。這種負荷是外加的，可以藉由適當的教材設計來降低。

(三) 增生認知負荷

增生認知負荷是指藉由教學活動設計以吸引學習者從事有意識的認知歷程或基模建構。例如在教學過程中可以安排學生回答問題、提出未完成的例題讓學生回

答等活動，安排適當的難度挑戰。

增生認知負荷為外在認知負荷一種，雖然會增加學習者的認知負荷，卻可以協助基模的建立，在總認知負荷量未超過學習者能力時，適當的引入「增生認知負荷」才有意義。

基於認知負荷理論，學生在學習時，降低學生的外在認知負荷，增加學生的增生負荷，是有助於學生學習成效。因此考慮到學生的認知負荷，經由適當的教學設計及教材呈現，降低學生學習認知負荷及增進學生學習成效。

二、認知負荷理論的教學設計

教學設計時，應如何設計，可以降低學生的認知負荷。Sweller 等人(1998)歸納歷年來的研究成果，提出教學設計原則，可分為七種效果

(一) 開放目標效果(the goal-free effect)：

教學應採用開放目標方式，以降低學生外在認知負荷，讓學生能多重表達自己思考過程的步驟和結果。

在本研究中，教材提供訊息藉由按鈕控制，可以使學生依意願選擇想回答之問題回答，能表達自己的想法與思考過程。

(二) 示例效應 worked example effect) :

在教導有關程序性知識前，呈現適當的解題例子，可以協助學生對於問題狀態和解題步驟建構出較完整的基模。

在本研究中，皆採用步驟化教學，教學過程中，可依學生學習狀態，適時調整教學進度。

(三) 完成問題效果(completion problem effect) :

將一個範例依據步驟完全解好在呈現，不一定對所以學習者有利，若是將範例只呈現完成的一半，另一半由學習者完成，具有降低外在認知負荷的效果。

在本研究中，教材設計採用步驟化設計，可由按鈕控制訊息呈現，因此可以視學生學習狀態，提供適當訊息給與學生回答問題。

(四) 分散注意力效應(split-attention effect) :

學習者需要經過搜尋才能找到分散在畫面中的相關訊息，則學習者將需要將注意力分散各處，增加認知負荷。因此必須將相關訊息整合，以降低學習者的認知負荷。

在本研究中，訊息經過適當設計，使學生容易獲得訊息，例如提供重點提示文字說明放至圖形旁，方便學生閱讀。

(五) 形式效應(modality effect)：

學習者如果能同時藉由聽覺及視覺接受訊息，將可增加工作記憶區的空間，降低認知負荷。

本研究中多以口述加圖像進行教材設計，僅將需要之重要訊息如質量、密度等放置圖像旁，以題示學生。

(六) 冗餘效應(redundancy effect)：

學習者面對多種呈現資訊的方式時，如果僅由單一方式呈現即可完整傳達訊息，卻使用多種方式呈現，則會占據工作記憶，增加學習者的認知負荷。

本研究中多以口述加圖像進行教材設計，避免增加學生認知負荷。

(七) 變化效應(variability effect)

學習者在練習解題時，如果可以給予變換不同的問題狀態和情境，將有助於基模的建立，雖然可能造成更大的認知負荷，但是有助於學習遷移。

在教學過程中，以簡單題目引導學生學習後，藉由不同問題提問加強學生概念的建立。

經由適當教學設計，使學生容易接收訊息並減少不必要之訊息干擾，可以降低學生外在認知負荷，可以使學生有更多的認知負荷放在訊息整合上，以增加學生增進負荷，達到有效的學習。

第四節 多媒體學習理論

一、多媒體學習認知理論

Mayer(2001)的「多媒體學習認知理論」建立在三種基本假設，分別說明如下：

(一)「雙通道假設」(dual channel assumption)

在多媒體教材中我們會使用圖片、動畫、影片、文字、聲音等訊息來傳達訊息，這些訊息可以分為聽覺呈現的以及視覺呈現兩種。人類使用耳朵及眼睛來接收訊息，接收訊息後，人類會將訊息轉換成兩種模式處理，一為口語模式，一為圖像模式。我們將口語化的文字及無口語化之聲音經由耳朵接受後進入工作記憶區後，組織文字變成口語模式；眼睛接受圖像訊息進入工作區後，組織成圖像模式。在這兩個管道中接受的訊息可以相互轉換，例如我們可以將看到(眼睛接受)的文字訊息在心裡默念，將看到的視覺訊息在工作記憶區轉換為口語模式，也可能將聽到(耳朵接受)的口語化敘述後在工作記憶區轉化為圖像模式。

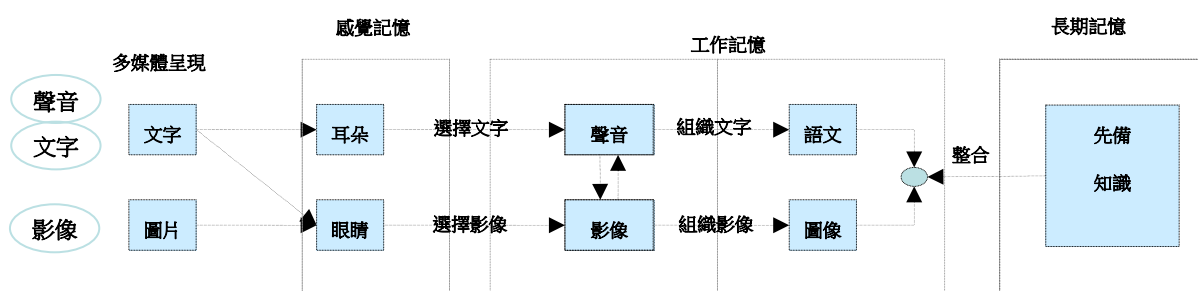


圖 2 多媒體學習認知理論 修改自 Mayer(2001)

(二) 有限容量假設(limited-capacity assumption)

人類在每個獨立通道上，處理訊息量是有限的，例如眼睛在同一時間能專注的

事物是有限的，在同一時間，口語模式只能處理有限的個數，圖像模式能處理得個數也是有限的，即在工作記憶區的容量是有限的。

(三) 主動處理假設(active-processing assumption)

學習者要能主動建構知識，學習者需要在教材中經由聽覺及視覺兩種感官選取訊息，在口語及圖像兩種模式中將選取到的訊息將以組織，之後再與先備知識整合，形成有意義的學習。也就是說主動認知處理有三個重要的歷程；

1. 選取相關素材：學習者將注意力放在教材上，選取相關訊息進入工作記憶區。
2. 組織選取的素材：在認知系統中建立素材之間的關聯性。
3. 整合選取的素材與先備知識：將長期記憶中先備知識帶入工作記憶區與選取的素材整合，

一個多媒體教材通常包含文字型式及圖像型式，文字包括寫在教材上的文字及口語的文字；圖象包括靜態的圖片、地圖，或者動態的動畫或影片。好的多媒體教材應該能協助學習者在學習上更加容易。

二、多媒體設計原則

多媒體設計理論主要放在如降低外在負荷的教材設計「The cambridge handbook of multimedia learning」(Mayer,2005)提出教材設計原則，下列將本研究相關之設計原則簡介並說明該原則在本研究之教材設計的應用逐一說明。

(一) 多媒體原則(multimedia principle)

多媒體原則是指學生在學習時能使用「文字」加「圖像」的學習效果比單純只用文字效果好，因為當文字與圖形同時呈現在教材中時，學生可以建立文字與圖像間的關聯。

在實驗教材設計中文字說明物體在水中受到重力及浮力；在圖片中，人會有重力及浮力，兩者同時呈現，使學生能同時使用口語模式及圖像模式學習，在圖片的提示下，與前備知識結合，學生容易想起生活中感受的浮力的情形。

(二) 空間接近原則(contiguity principle)

媒體教材中，相關的「文字」與「圖像」在畫面中的位置接近學習效果比不接近好，當兩者較為接近時，因為學習者可以不用耗用認知負荷在畫面中尋找相關資訊，學習者比較可以同時將相關訊息容納在工作記憶中；反之如果相關訊息散布在較遠區域，學習者需要使用較多認知資源在視覺尋找上，當認知負荷量大時，學習者在學習時較不可能同時將訊息納入工作記憶中。



圖 3 浮力與重力的關係

在教材中，物體本身質量標示在物體上，達到接近原則，學生一看就知道物體質量不需尋找，圖中物體浮在水中為浮體，浮體的浮力等於重力，文字標示在圖形旁邊，使學生一下就看到結果，不需花費過多認知負荷

(三) 時間接近原則(temporal contiguity principle)

相關的「文字」與「圖像」同時呈現比接續呈現的效果好，當相對應的文字與圖像同時出現時，學習者可以馬上建立關聯性，如果文字與圖像出現時間相差太久，將會失去先前出現過的文字或圖片重要訊息，將造成前後連結的困難。

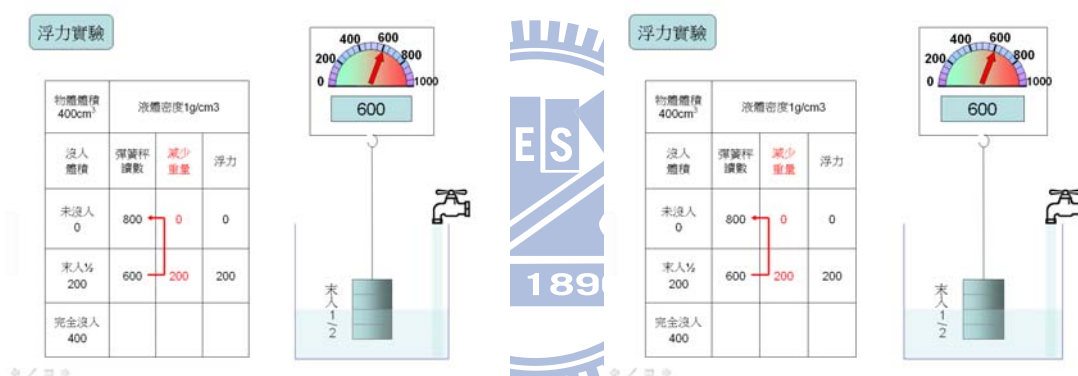


圖 4 浮力實驗-浮力等於減輕重量

在實驗中，皆為圖像搭配口述文字，在圖像出現搭配口述文字後，即出現文字，始學習者能立即作出關聯。

(四) 連貫原則(coherence principle)

多媒體教材中的元素結構應是連貫的，應把無關文字、圖片在畫面中去除，以增加學生學離的連貫性。可細分為三個原則

1. 不相關的文字與圖像會降低學習者的學習效果。

2. 不相關的聲音與音樂會降低學習者的學習效果。

3. 不必要的文字從教材中省略會增進學習者的效果。

教材中加入一些有趣、活潑但與教材內容無關的訊息，雖然會使得教材看起來很絢麗，但是對學生學習是沒有幫助的，會造成學生認知上的負擔。這些多餘的訊息會分散學習者的注意力，切斷教材中主要訊息的連貫性，使學習者找不到適當的主題組織資料及訊息，造成工作記憶區的負擔。在教材中加入背景音樂，與口述文字皆要經由耳朵進入聽覺通道，在有限的容量下，學習者將無法專注在講述內容，進而無法有效組織訊息內容；因此無關教材內容之文字、圖像，皆不放入教材中。

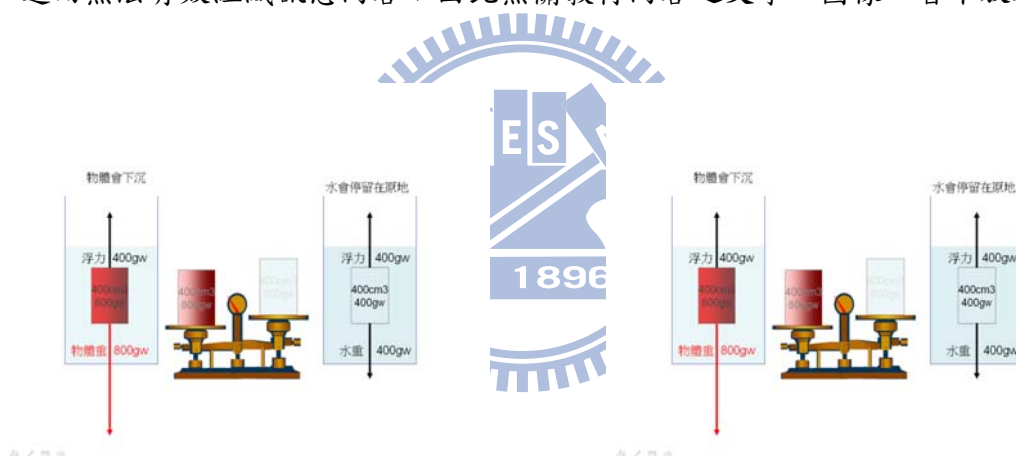


圖 5 產生的浮力原因、物體與液體密度的影響

在研究中，設計之教材皆為空白背景，畫面中沒有無關的圖案或動畫，也無音效，主要訊息呈現在中央或是左右對稱，容易為學習者所注意。

(五) 形式原則(modality principle)

文字訊息以口述文字的方式呈現比印刷文字效果更好，也就說口述文字加圖像效果比文字加圖像好，因為當把文字放在教材中形成視覺文字，將與圖像同時利用

到視覺通道，而聽覺通道卻沒有利用到；但是當文字使用口述時，口語表達文字使
用到聽覺通道，圖像使用視覺通道，兩種通道皆使用到。

在因此本研究中，皆採用口述文字配合圖像呈現。

(六) 多餘原則(redundancy principle)

訊息以圖像加口述文字來呈現的效果較好，如果增加文字在畫面中，文字將變成多餘的，學習效果反而變不好。因為文字經由聽覺通道呈現時，不需將相同的文字訊息再以螢幕上的文字重複呈現，螢幕上的文字將增加視覺通道的負荷。因此除必要之重點提示，不需要將口述文字打在螢幕上。

本研究就中之教材，以講述、圖像為主，輔以重點提示配合說明。

(七) 互動原則(interactivity principle)

由於短期記憶容量有限，學習者無法一次接收大量的訊息，因此若學習者能依照自己學習的狀況調整學習速度，學習效果會更好。



圖 6 重力與浮力之題目練習

在本研究中，使用激發式動態教學，開關控制雖由教師控制，但是在教學中互動中，可以依照學生學習狀態控制教材，在題目練習時，學生亦可以選擇想要回答的部分。

(八) 信號原則(signaling principle)

多媒體教材中若是含有可以強調教材內容組織結構與重點的提示，學習效果會比較好，例如在教材中增加顏色或箭頭指示注意教材中應注意的訊息，學習者在學習上容易尋找到應注意之訊息，減少搜尋上的認知負荷。

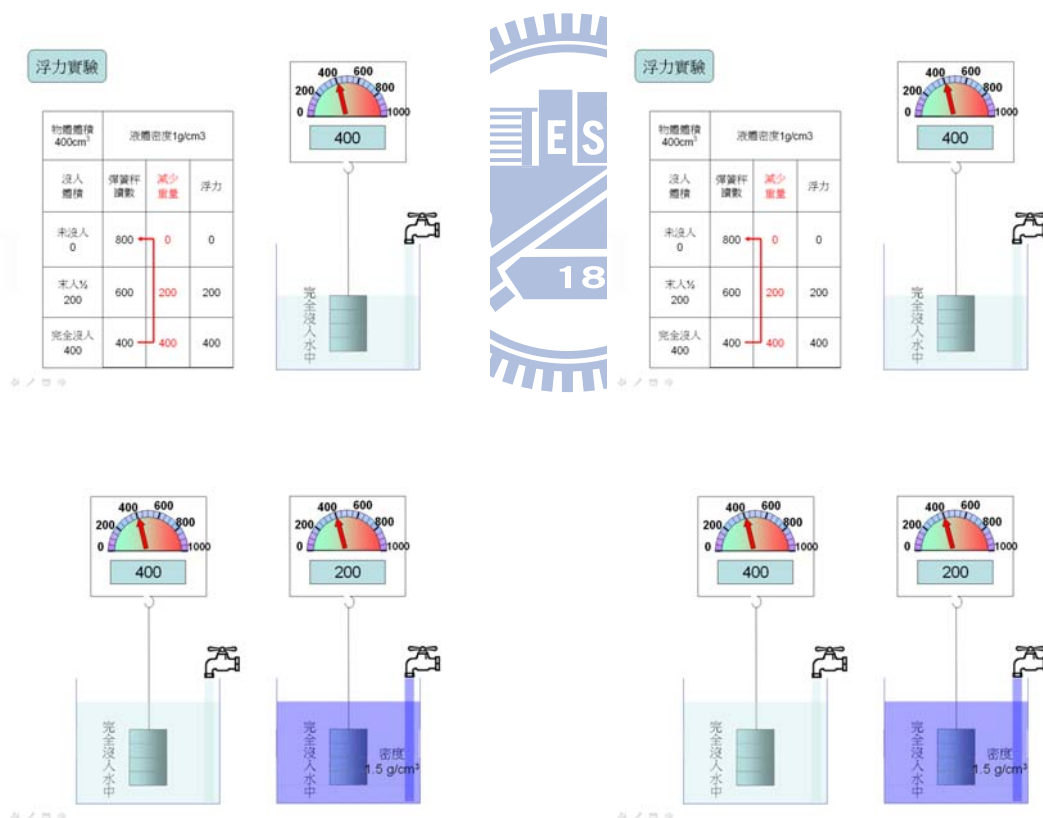


圖 7 浮力實驗-沉體在不同液體密度中

本研究中，皆使用箭頭引導學生計算減少之重量，物體四等分，使學生容易知道何時到達一半的位置，使用不同顏色代表不同物質。

第五節 AMA 系統

教師將資訊科技融入教學時，因 PowerPoint 具有普遍性及易操作，因而常運用在課堂上教學，然而 PowerPoint 其原有繪圖功能有所不足，無法處理複雜的構圖，動畫功能雖豐富，但是稍嫌複雜不易操作，缺乏課堂互動所需功能。因此在課堂上使用 PowerPoint 教學，受限其功能而缺乏靈活性。然而 PowerPoint 具有教材步驟化編輯及呈現的優良環境。因此交通大學陳明璋教授研發一在 PowerPoint 上之外掛軟體，使得教師能使用 PowerPoint 自行設計以課堂授課為導向的教材。

AMA(Activate Mind Attention)原名數學簡報系統(MathPS)，是 2002 年由交通大學陳明璋教授策劃研發，以微軟 PowerPoint 簡報軟體為平台，外掛增益集方式重組 PowerPoint 的互動功能，AMA 系統主要具有兩重大功能，一為結構式複製繪圖法，另一功能為激發式動態呈現。以下就 AMA 系統之激發式動態呈現功能做說明。

激發式動態呈現是以按鈕控制動態呈現的互動模式，以一個物件當作按鈕控制一連串的訊息動態呈現，訊息可以由教學者以預定的、或隨意的順序及速度呈現，讓教材可以選擇性非循序方式呈現，引導學生學習。主要功能如下：

一、開關/關閉/突顯：使用一個透明的物件當作觸發器，當滑鼠激發觸發器時，可

以控制訊息出現或消失，達到控制訊息目的。

二、多元開關：多個按鈕控制不同的物件顯是在同一位置，激發器控制激發物，具

有排他的作用，可以呈現想要呈現之訊息。

三、序列式激發：由一個按鈕控制一連串的物件呈現，呈現的順序是循序或透過激發逐一的並列的顯示訊息，也可以排他的方式輪流呈現。

四、串接式激發：串接式激發也是循序的，但不同的是每一個被激發的物件本身是下一個被激發物件之激發器。

五、全開關(關閉)：一個物件控制一群獨立物件，同時出現或消失。

六、一對一動畫：以群組的方式設定開關，一群設為激發器，另一群設為被激發物件，將兩群數量相同之群體，以個群組中物件圖層的順序分別一對一對應。

七、動態表格：一個表格可以分為標題區與資料區，在標題區中可以設定全開關、行開關、列開關；在資料區中可以設定個別開關。可以達到統一控制或個別控制資料的呈現與消失。

運用激發式動態呈現方式設計教材有幾個特點：

一、激發注意：使用開關使訊息出現能突顯主要訊息，淡化或關閉訊息，可以降低分散注意力，協助發現訊息間的關聯。

二、分段切割：激發式動態呈現可計將訊息依照教材設計將訊息做適當切割分段呈現，以因應教學動求，避免一次呈現過多訊息。

三、多重組合：分割後的訊息可以予以分組、群化、區塊化，由不同的按鈕控制，依照教材設計及教學現場需求適時出現。

四、彈性激發：訊息由開關控制，可以依照現場狀況作適時調整訊息出現的順序。

五、平順連貫：訊息呈現速度由完全由展演者控制。

六、互動溝通：師生透過教材，能夠互動溝通無礙。

七、適性教學：訊息呈現順序、組合與移除完全由展演者依據現場狀況控制。

使用激發式動態教學的目的，希望訊息經過適當的教材設計後，藉由開關控制訊息的展演，以達到訊息的步驟化呈現，讓大量訊息出現具有先後的程序性、觀念的層次性、彼此連貫性、能累積知識。能夠引導學生注意力，使學生容易獲得訊息，進而發現訊息間的關聯性，組織訊息，與舊有經驗整合。在不斷的整合訊息與舊有經驗下，達到有效學習目的。

因此在本研究中，希望藉由激發式動態呈現方式，經由適當的教材設計，訊息的展演，能引導學生注意力，減少學生在學習浮力時的認知負荷，使學生能將展演之訊息與舊有經驗整合，不斷的增加浮力相關概念的概括程度，進而對浮力概念有整體的了解。



第三章 研究方法

本章共分六節，第一節為研究流程，第二節為研究設計，第三節為研究架構，第四節為研究對象，第五節為研究工具，第六節為資料分析方法。

第一節 研究流程

本研究欲瞭解激發式動態教學是否能幫助學生更容易學習浮力觀念，採用準實驗法；研究流程主要分為下面四個部分：

- 
- 一、文獻探討：閱讀科學教育論文，與教授定期討論研究方向，探討題目的可行性，制定研究內容
 - 二、設計課程與問卷：選定教學單元「浮力」，收集相關文獻及教學資源，設計教學檔案及試卷，確定教學對象及時間
 - 三、教學實施與資料收集：於教學實施前於早自修時間完成前測試卷，分別於對照組與實驗組各實施三節課教學，於教學後實施後測及問卷。
 - 四、研究結果與討論：彙整所有數據與資料使用 spss 軟體進行分析，根據分析結果進行討論，探討其中因素，完成研究論文修正與定稿。

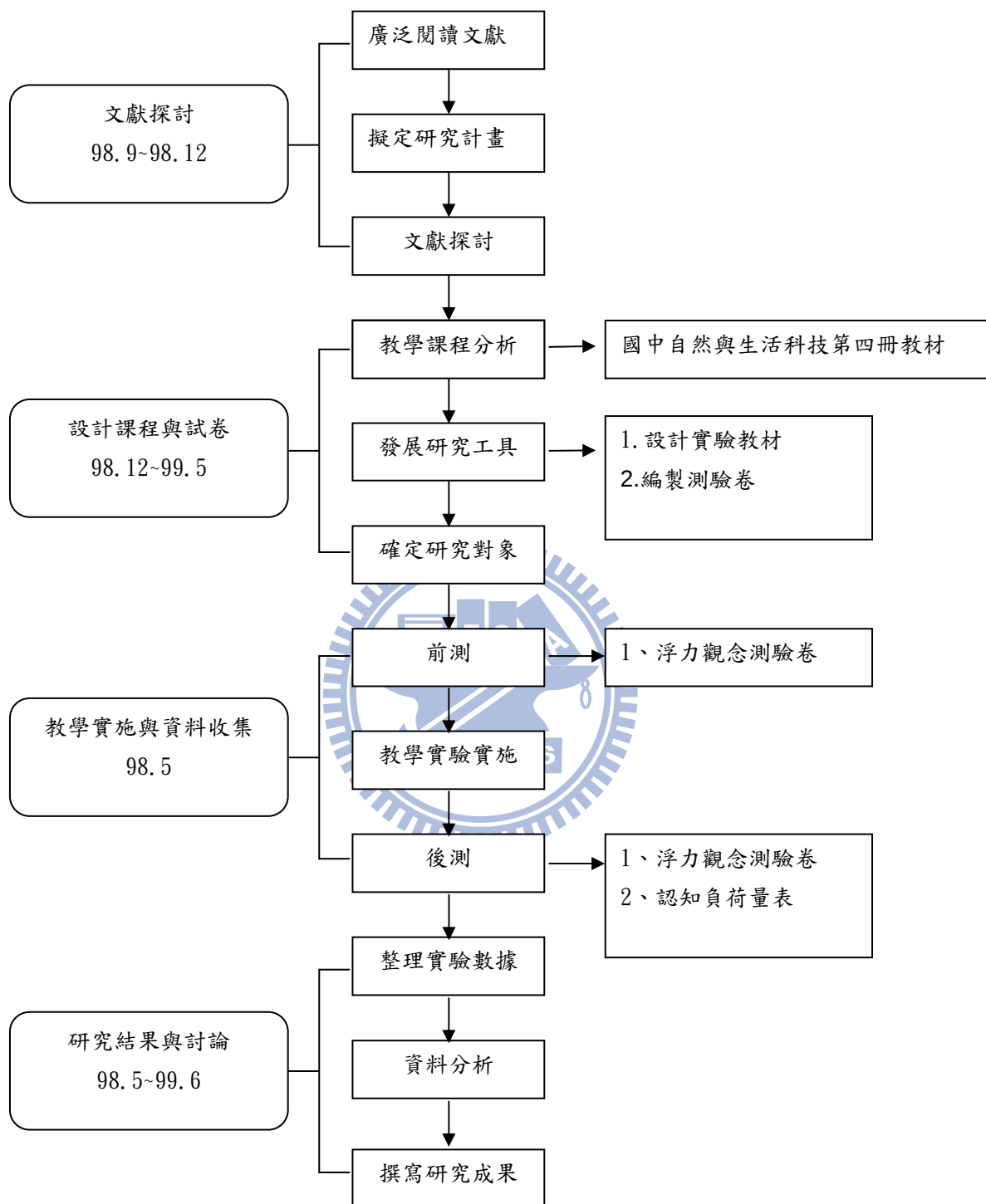


圖 8 研究流程

第二節 研究設計

本研究在探討以激發式動態呈現之教學設計，對學生的學習成就和認知負荷是否有差異，本實驗採用準實驗法，設計模組如表，實驗處理說明如下

	前測	實驗處理	後測
實驗組	O_1	X	O_2
對照組	O_1		O_2

圖 9 實驗設計模組

X：激發式動態教學

以方便取樣選取新竹縣某國中之八年級四個班級學生分成激發式動態呈現與非激發式動態呈現兩種教學呈現方式，在原班級級授課不破壞原班級的完整性。並探討激發式動態呈現對高、中、低學業能力之學生增進學習成就和認知負荷的變化關係。利用單變量雙因子共變數分析檢測不同學業能力的學生在不同教學設計下，學生的學習成就和認知負荷的變化。

表 1 實驗設計分組細格表

因子		學業能力			合計
		高	中	低	
教學設計	激發式動態呈現	14 人	24 人	14 人	52 人
	非激發式動態呈現	14 人	23 人	14 人	51 人
合計		28 人	47 人	28 人	103 人

- 一、實驗前，學生接受「浮力觀念測驗前測」(O1)
- 二、對照組實施一般傳統自然簡報教材，實驗組實施激發式動態呈現的教學
設計的自然簡報教材(X)，教學結束後填寫認知負荷量表
- 三、實驗後，學生接受「浮力觀念測驗後測」(O2)

第三節 研究架構

本研究實驗變項如圖，說明如下：

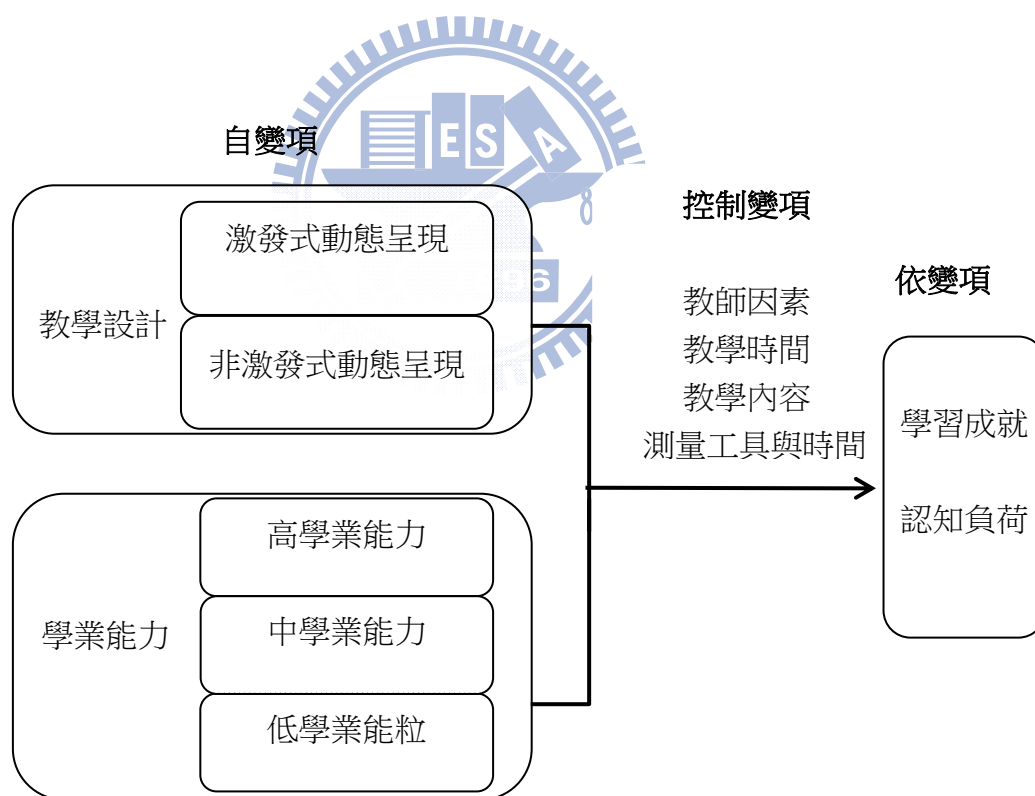


圖 10 研究架構圖

一、自變項：

(一) 教學設計

非激發式動態呈現簡報教材(控制組)與激發式動態呈現簡報教材(實驗組)兩組均遵循媒體設計原則設計教材。但是非激發式動態呈現採取循序呈現，利用滑鼠引導學生瀏覽；激發式動態呈現訊息由開關控制，具有可選擇性、隨意性，可由教師視教學情況呈現教材順序。

(二) 學生的自然與生活科技學業能力：

以八年級下學期自然與生科技第一次及第二次段考平均為參考，因段考為全校性考試，兩組學生使用共同試題，成績具有有一致性，採用下學期第一次及第二次段考平均因與實驗時間相近，能表現出學生實驗時之自然與生活科技學業能力。

二、控制變項

(一) 教學時間

前測於教學實施前施測，教學活動、量表填寫及後測共三節課

(二) 教材內容主題單元

康軒自然與生活科技第四冊第六章第五節，單元名稱：浮力

(三) 測量時的工具

兩組學生在實驗前後所做學習成就測驗、認知負荷量表，其題目內容、施測時間、給分標準均相同。

三、依變相

(一) 學習成就：浮力觀念測驗前測、後測成績之比較，

(二) 認知負荷：認知負荷量表中的分數

第四節 研究對象

本研究之研究對象為新竹縣竹北市某國中之八年級學生，該年級有十一班，其中八年五班為英語實驗班、八年六班為國樂實驗班，其餘班級均為常態編班，選取其中九班、十一班為對照組，一班、十班為實驗組。

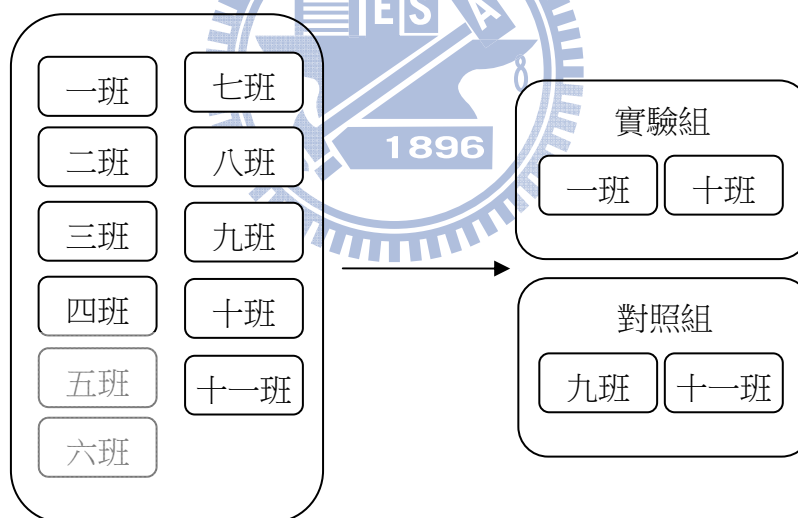


圖 11 實驗對象

取兩組八年級下學期第一、第二次自然與生活科技段考平均成績前 27% 為高學業能力，後 27% 為低學習成就，其餘為中學習成就。兩組學生在下學期第一、第二次自然與生活科技段考平均數與標準差如表 2。

表 2 對照組實驗組自然與生活科技段考成績平均數及標準差摘要

學習成績	組別	個數	平均	標準差
全組	對照組	51	66.76	17.516
	實驗組	52	65.62	16.269
低學業能力	對照組	14	44.32	9.221
	實驗組	14	44.93	10.254
中學業能力	對照組	23	68.17	7.471
	實驗組	24	66.67	5.622
高學業能力	對照組	14	86.89	4.280
	實驗組	14	84.50	5.512

在常態性檢定中，因對照組及實驗組均小於 100 人，採用 Shapiro-Wilk 的檢定法，兩組學生在下學期第一、第二次自然與生活科技段考成績均未達顯著($P > 0.05$)，符合常態分配，如表

表 3 對照組實驗組自然與生活科技段考成績常態性檢定摘要表

學習成績	組別	Shapiro-Wilk 常態性檢定		
		統計量	自由度	顯著性
全組	對照組	0.959	51	0.076
	實驗組	0.976	52	0.387
低學業能力	對照組	0.977	14	0.955
	實驗組	0.900	14	0.112
中學業能力	對照組	0.960	23	0.471
	實驗組	0.952	24	0.301
高學業能力	對照組	0.944	14	0.467
	實驗組	0.892	14	0.087

使用獨立樣本 t 考驗兩組學生的下學期第一、第二次自然與生活科技段考成績，在 Levene 檢定部分，兩組學生成績在全組及分組下均未達顯著($P>0.05$)，表示兩組學生的變異數相等，可以視為母群體相同；在平均數檢定部分，兩組學生成績在全組及分組下顯著性均未達顯著($P>0.05$)，兩組學生在全組及分組下成績可視為相同，可以視為兩組學生在自然與生活科技程度相同。

表 4 對照組實驗組自然與生活科技段考成績獨立樣本 t 考驗摘要表

—	組別	Levene' s test		t	自由度	顯著性
		F 檢定	顯著性			
全組	對照組 實驗組	0.807	0.371	0.345	101	0.731
低學業能力	對照組 實驗組	0.227	0.637	0.165	26	0.870
中學業能力	對照組 實驗組	1.635	0.208	-0.784	45	0.437
高學業能力	對照組 實驗組	1.204	0.283	1.283	26	0.211

第五節 研究工具

一、浮力觀念測驗

浮力觀念測驗卷題目參考康軒版題庫、黃瑞龍 (2003)、夏秋蘋(2008)試題，製作雙項細目表後設計試題，計有記憶題二題、理解題四題、應用題三題、分析題六題，共 15 題，先進行預試，預試之前，先與同校二位擔任自然與生活科技教師討論，依照其意見修改題目，以九年級學過浮力單元之學生為預試人員，預試人數

共 106 人，預試時間 20 分鐘，預試結果如表，內部一致性信度 Cronbach's α 值為 0.85，總體難度為 0.55，鑑別度為 0.68。

表 5 浮力觀念測驗題型、難度、鑑別度一覽表

題號	一	二	三	四	五	六	七	八
題型	記憶	記憶	應用	應用	理解	理解	分析	分析
難 度	0.65	0.54	0.52	0.79	0.63	0.62	0.42	0.60
鑑別度	0.62	0.85	0.73	0.35	0.73	0.77	0.69	0.58
題號	九	十	十一	十二	十三	十四	十五	平均
題型	理解	應用	分析	分析	理解	分析	分析	
難 度	0.65	0.52	0.52	0.65	0.46	0.40	0.27	0.55
鑑別度	0.62	0.73	0.96	0.62	0.85	0.73	0.46	0.68

二、多媒體教材

教材內容為康軒自然與生活科技第四冊第六章第五節，單元名稱：浮力；「多媒體教材」遵循媒體設計原則及適性指標，兩組實驗班級的教學內容完全相同，對照組使用「非激發式動態呈現」，教材進行順序依照事先設定之順序進行，實驗組採取「激發式動態呈現」，教材進行順序可由教師控制出現消失。

三、認知負荷量表

認知負荷量表主要目的是測量受測者學習過程中所知覺得認知負荷感，此心理負荷為學生學習時教材的認知負荷。本研究之認知負荷量問卷題目敘述修改自宋曜廷(2000)測量認知負荷題項。共有兩題，採用李克特氏七點量表，以 1 分~7 分表示非常同意~非常不同意，兩題總分為受測者之認知負荷，分數越高，認知負荷越大。施測時間為實驗結束後馬上實施，以測量學生在學過程中的認知負荷感受，以免時間因素造成學生感覺上誤差。

四、實驗流程

國中現階段上課時間一節課為 45 分鐘，兩組學生在實驗前的早修進行前測，每堂課為 45 分鐘，實驗共進行三節課，第三節課最後 25 分鐘進行量表及效果測驗，如下表。兩組學生僅在第 2 項實驗教材有所不同。

表 6 實驗流程

順序	流程內容	所需時間
1	前測	20 分鐘
2	實驗教材	約 110 分鐘
3	量表	5 分鐘
4	後測	20 分鐘

第六節 資料分析方法

本研究以 SPSS12.0 中文化視窗板作為資料分析的工具。本研究探討教學設計和學業能力對學生學習成就或認知負荷的交互效果，採用單變量雙因子共變數分析。

本實驗為準實驗設計，在準實驗設計時為了增加實驗內在效度，使用「共變數分析」，共變數分析中會影響實驗結果，但是並不被實驗者操控的自變項，稱為共變量，藉由統計控制方式減少實驗誤差，增加實驗內在效度。共變數分析基本假定有常態性、獨立性、變異數同質性，以及依變項與共變項之間是直線相關，題目量表其 α 係數最好在 0.80 以上。

單變量雙因子共變數分析探討在排除前測成績後，兩個因子的主要效果和交互效果的考驗，當交互效果顯著時，須要進行單純主要效果檢驗，如果交互效果不顯著時，則進行主要效果檢驗。

採用的分析項目有

- 一、教材設計與學業能力對學習成就後測的影響
- 二、不同類型題目下，教材設計與學業能力對學習成就後測的影響
- 三、教學設計與學業能力對認知負荷的影響

第四章 研究結果與討論

本章將依據教學實驗前後，受測學生的學習成就和認知負荷數據檢驗研究假設。本章共分三節，第一節為受測樣本的敘述統計資料，第二節為研究假設的檢驗說明，第三章為結果摘要。

第一節 樣本敘述統計基本資料

一、實驗組與對照組教學實驗相關敘述統計

以下將本研究中參與實驗兩組學生的兩次段考成績平均、教學實驗前的前測成績、教學實驗後的後測成績、各類型題目(記憶、理解、應用、分析)以及認知負荷量的平均數及標準差，如表 7，由表中可知

(一) 兩組學生在前測成績上平均分數上偏低且相近，無顯著差異；在各類型題目上，

平均分數上相近，無顯著差異。表示學生在教學前均未接觸本研究之教學內容，

學生在教學前程度相同。

(二) 後測成績上，實驗組平均成績高於對照組。

(三) 在各類型題目上，記憶題型、理解題型、分析題型表現上，實驗組與對照組平

均分數相近；在應用題型上，實驗組平均分數高於對照組。

(四) 在認知負荷表上，兩組學生分數相近，數值均偏低。

表 7 實驗組與對照組教學實驗相關敘述統計資料摘要

		教材分組	人數	平均	標準差
段考平均		對照組	51	66.76	17.516
		實驗組	52	65.62	16.269
前測成績		對照組	51	4.41	1.651
		實驗組	52	4.46	1.662
後測成績		對照組	51	7.35	1.927
		實驗組	52	8.46	2.253
前測成績	記憶	對照組	51	0.51	0.543
		實驗組	52	0.58	0.605
	理解	對照組	51	1.20	0.800
		實驗組	52	1.31	0.961
	應用	對照組	51	1.22	0.610
		實驗組	52	1.31	0.673
	分析	對照組	51	1.49	0.967
		實驗組	52	1.27	0.866
後測成績	記憶	對照組	51	1.61	0.568
		實驗組	52	1.67	0.550
	理解	對照組	51	2.22	0.808
		實驗組	52	2.42	0.997
	應用	對照組	51	1.24	0.839
		實驗組	52	1.58	0.848
	分析	對照組	51	2.27	1.060
		實驗組	52	2.75	1.186
認知負荷量		對照組	51	6.48	2.236
		實驗組	52	6.47	1.901

二、學業能力分組下實驗組與控制組的相關敘述

依下學期第一次及第二次段考自然與生活科技平均分數分為高、中、低學業能力，前 27% 為高學業能力，後 27% 為低學業能力，其餘為中學業能力。以下在學業能力分組下，看實驗組、對照組在段考成績平均、教學實驗前的前測成績、教學實驗後的後測成績、各類型題目(記憶、理解、應用、分析)以及認知負荷量的平均數及標準差，整理如表 8、表 9、表 10。

在高學業能力組中，實驗組平均分數高於對照組，在各類題型中，實驗組記憶題型分數低於控制組，但相差不多；在理解、應用、分析題型中實驗組平均分數高於控制組，有較大差異。在認知負荷量上，實驗組高於對照組。

在中學業能力組中，實驗組平均分數及各類型題型中平均分數均高於對照組，但分數相差不大。在認知負荷量上，實驗組低於對照組。

在低學業能力組中，實驗組平均分數高於對照組，在各類題型中，實驗組在記憶、理解、應用題型平均分數低於對照組，在分析題型上平均分數高於對照組。在認知負荷量上，實驗組等於對照組。

表 8 高學業能力分組下實驗組與對照組教學實驗相關敘述統計資料摘要表

		教材分組	人數	平均	標準差
段考平均		對照組	14	86.89	4.280
		實驗組	14	84.50	5.512
前測成績		對照組	14	4.79	1.477
		實驗組	14	4.79	1.718
後測成績		對照組	14	8.36	1.946
		實驗組	14	10.50	1.605
前測成績	記憶	對照組	14	0.57	0.514
		實驗組	14	0.50	0.650
	理解	對照組	14	1.21	0.893
		實驗組	14	1.71	0.914
	應用	對照組	14	1.43	0.514
		實驗組	14	1.36	0.497
	分析	對照組	14	1.571	1.016
		實驗組	14	1.214	0.699
後測成績	記憶	對照組	14	1.93	0.267
		實驗組	14	1.86	0.363
	理解	對照組	14	2.64	0.745
		實驗組	14	3.29	0.611
	應用	對照組	14	0.86	0.864
		實驗組	14	1.86	0.949
	分析	對照組	14	2.93	0.997
		實驗組	14	3.43	0.852
認知負荷量		對照組	14	6.14	1.657
		實驗組	14	6.64	2.706

表 9 中學業能力分組下實驗組與對照組教學實驗相關敘述統計資料摘要表

		教材分組	人數	平均	標準差
段考平均		對照組	23	68.17	7.471
		實驗組	24	66.67	5.622
前測成績		對照組	23	4.26	1.815
		實驗組	24	4.71	1.732
後測成績		對照組	23	7.17	1.922
		實驗組	24	8.17	2.120
前測成績	記憶	對照組	23	0.52	0.593
		實驗組	24	0.63	0.647
	理解	對照組	23	1.04	0.825
		實驗組	24	1.25	1.032
	應用	對照組	23	1.13	0.548
		實驗組	24	1.50	0.590
	分析	對照組	23	1.57	1.037
		實驗組	24	1.33	0.963
後測成績	記憶	對照組	23	1.52	0.593
		實驗組	24	1.79	0.415
	理解	對照組	23	2.09	0.793
		實驗組	24	2.46	0.884
	應用	對照組	23	1.30	0.876
		實驗組	24	1.54	0.833
	分析	對照組	23	2.17	0.984
		實驗組	24	2.38	1.313
認知負荷量	對照組	23	6.83	1.749	
	實驗組	24	6.54	2.449	

表 10 低學業能力分組下實驗組與對照組教學實驗相關敘述統計資料摘要表

		教材分組	人數	平均	標準差
段考平均		對照組	14	44.32	9.221
		實驗組	14	44.93	10.254
前測成績		對照組	14	4.29	1.590
		實驗組	14	3.71	1.326
後測成績		對照組	14	6.64	1.598
		實驗組	14	6.93	1.492
前測成績	記憶	對照組	14	0.43	0.514
		實驗組	14	0.57	0.514
	理解	對照組	14	1.43	0.646
		實驗組	14	1.00	0.784
	應用	對照組	14	1.14	0.770
		實驗組	14	0.93	0.829
	分析	對照組	14	1.29	0.825
		實驗組	14	1.21	0.893
後測成績	記憶	對照組	14	1.43	0.646
		實驗組	14	1.29	0.726
	理解	對照組	14	2.00	0.784
		實驗組	14	1.50	0.650
	應用	對照組	14	1.50	0.650
		實驗組	14	1.36	0.745
	分析	對照組	14	1.79	0.975
		實驗組	14	2.71	0.994
認知負荷量		對照組	14	6.21	2.359
		實驗組	14	6.21	1.251

第二節 研究假設的檢驗與說明

一、教材設計與學業能力對學習成就後測的影響

將教學設計與學業能力對學習成就的 2X3 二因子共變數分析資料整理如表 11，以下為二因子共變數分析資料。

表 11 教學設計與學業能力對學習成就的 2X3 二因子共變數分析資料

教材	學業能力	人數	後測成績	
			平均數	標準差
對照組	高	14	8.36	1.946
	中	23	7.17	1.922
	低	14	6.64	1.598
	總和	51	7.35	1.927
實驗組	高	14	10.50	1.605
	中	24	8.17	2.120
	低	14	6.93	1.492
	總和	52	8.46	2.253
總和	高	28	9.43	2.063
	中	47	7.68	2.065
	低	28	6.79	1.524
	總和	103	7.91	2.161

以教材設計、學業能力為自變項，前測成績為共變項，後測成績為依變項，進行「組內迴歸係數同質性檢定」，結果如表 12。

在表 12 中為組內迴歸係數同質性檢定考驗結果，「前測 x 教材+前測 x 學業能力 + 前測 x 教材 x 業成就」欄， F 值為 1.20， $p=.315>.05$ 未達顯著水準，表示共變項(前測成績)與依變項(後測成績)間的關係不會因兩個自變項(教材、學業能力)各處理水準不同而有差異，以各實驗的共變項來預測依變項所得到的各條迴歸線之迴歸係數並無不同，符合共變數分析中組內迴歸係數同質性的假定。

表 12 組內迴歸係數同質性檢定摘要表

來源	型 III 平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
前測	9.57	1	9.57	2.93	.090
教材	4.74	1	4.74	1.45	.231
學業能力	9.62	2	4.81	1.48	.234
教材 x 學業能力	10.07	2	9.53	2.92	.059
前測 x 教材+前測 x 學業能力 + 前測 x 教材 x 業成就	19.06	5	3.92	1.20	.315
總合	476.21	102	4.67		

以教材設計、學業能力為自變項，前測成績為共變項，後測成績為依變項，進行二因子共變數，分析結果如表 13、表 14、表 15。

由表二因子共變數分析摘要表 13 中，「教材*學業能力」欄中教材與學業能力對後測成績的交互作用檢定結果， F 值為 1.731， $p=.183>.005$ ，未達顯著，顯示教材與學業能力在後測成績上沒有顯著的交互效果。

在二因子共變數分析中，當交互效果未達顯著時，則進行教材設計與學業能力的主要效果的考驗，此時直接比較邊緣平均數，其結果與個別進行獨立樣本單因子變異數分析一樣。

在不同教材設計組別比較中，由單變量檢定中， F 值為 9.731， $p=.002<.005$ ，達到顯著性，顯示不同教材設計在學習成就上有顯著差異，在淨相關 Eta 平方值=0.092，介於 0.138 與 0.059 之間，顯示教材設計與學業能力有中度關聯強度，由表 14 中顯示經過前測共變數分析調整後的後測成績平均數，對照組=7.390，實驗組=8.539，實驗組>對照組，顯示在學習成就上實驗組優於對照組。

在不同學業能力學生比較中，由表 13 單變量檢定中， F 值為 13.366， $p=.000<.005$ ，達到顯著性，顯示不同學業能力在學習成就上有顯著差異，在淨相關 Eta 平方值=0.218 > 0.138，顯示學業能力與學習成就間具有高度的關聯強度，由表 16 中顯示經過前測共變數分析調整後的後測成績平均數，低學業能力組=6.883，中學業能力組=7.660，高學業能力組=9.351，高學業能力組>中學業能力組>低學業能力組，與學生本質相同。

表 13 二因子共變數分析摘要表

來源	型 III 平方和	自由度	平均平方和	<i>F</i> 檢定	顯著性
前測	13.122	1	13.122	3.982	.049*
教材	32.070	1	32.070	9.731	.002**
學業能力	88.099	2	44.049	13.366	.000***
教材*學業能力	11.408	2	5.704	1.731	.183
誤差	316.373	96	3.296		
校正後的總數	476.214	102			

註：* $p < .05$. ** $p < .01$. *** $p < .001$

表 14 估計的邊際平均數

組別	平均	標準誤	95%信賴區間	
			下限	上限
對照組	7.390	.261	6.871	7.908
實驗組	8.539	.260	8.023	9.055
高學業能力	9.351	.345	8.665	10.036
中學業能力	7.660	.265	7.134	8.185
低學業能力	6.883	.347	6.195	7.571

進一步分析在學業能力分組下，不同的教學設計對學習成就的影響，各別對高學業能力、中學業能力、低學業能力的學生進行檢定。以教材設計為自變項，前測成績為共變項，後測成績為依變項，進行「組內迴歸係數同質性檢定」。在組內迴歸係數同質性檢定結果中，在依「教材* 前測」欄中，高學習成就組 F 值為 0.711， $p=.0407>.005$ ，中學習成就組 F 值為 3.844， $p=.056>.005$ ，低學習成就組 F 值為 1.065， $p=.312>.005$ ，均未達顯著，符合共變數分析中組內迴歸係數同質性的假定，以下繼續進行共變數分析。

以教材設計為自變項，前測成績為共變項，後測成績為依變項，進行單因子共變數分析，檢定結果如表 15、表 16、表 17。

從分析摘要表中可知，高學業能力組 F 值為 9.957， $p=.004<.005$ ，達到顯著效果；中學業能力組 F 值為 2.236， $p=.142>.005$ ，低學業能力組 F 值為 0.449， $p=.509>.005$ ，兩組學生未達顯著效果。顯示實驗組的教學設計對能增進高學業能力學生學習成效。

表 15 教材設計單因子共變數分析摘要表(高學業能力組)

來源	型 III 平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性	淨相關 Eta 平方
前測	2.007	1	2.007	0.622	.438	0.024
教材	32.143	1	32.143	9.957	.004**	0.285
誤差	80.707	25	3.228			
校正後的總數	114.857	27				

註： ** $p<.01$

表 16 教材設計單因子共變數分析摘要表(中學業能力組)

來源	型 III 平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性	淨相關 Eta 平方
前測	0.229	1	9.229	2.315	.135	0.050
教材	8.915	1	8.915	2.236	.142	0.048
誤差	175.409	44	3.987			
校正後的總數	196.213	46				

表 17 教材設計單因子共變數分析摘要表(低學業能力組)

來源	型 III 平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性	淨相關 Eta 平方
前測	2.229	1	2.229	0.937	.344	0.036
教材	1.076	1	1.076	0.449	.509	0.018
誤差	59.914	25	2.397			
校正後的總數	62.714	27				

二、不同類型題目分析

將學習成就題目分為四類型：記憶、理解、應用、分析，探討教材設計及學業能力在四種類型題目中是否有顯著差異。

以下將四類型題目之教學設計與學業能力對學習成就的 2X3 二因子共變數分析資料整理如下表，下表 24 為二因子共變數分析資料。

表 18 教學設計與學業能力對學習成就-四類型-2X3 二因子共變數分析資料

教材	學業能力	人數	記憶類型 (二題)		理解類型 (四題)		應用類型 (三題)		分析類型 (六題)	
			平均數	標準差	平均數	標準差	平均數	標準差	平均數	標準差
對照組	高	14	1.93	0.267	2.64	0.745	.86	0.864	2.93	0.997
	中	23	1.52	0.593	2.09	0.793	1.30	0.876	2.17	0.984
	低	14	1.43	0.646	2.00	0.784	1.50	0.650	1.79	0.975
	總和	51	1.61	0.568	2.22	0.808	1.24	0.839	2.27	1.060
實驗組	高	14	1.86	0.363	3.29	0.611	1.86	0.949	3.43	0.852
	中	24	1.79	0.415	2.46	0.884	1.54	0.833	2.37	1.313
	低	14	1.29	0.726	1.50	0.650	1.36	0.745	2.71	0.994
	總和	52	1.67	0.550	2.42	0.997	1.58	0.848	2.75	1.186
總和	高	28	1.89	0.315	2.96	0.744	1.36	1.026	3.18	0.945
	中	47	1.66	0.522	2.28	0.852	1.43	0.853	2.28	1.155
	低	28	1.36	0.678	1.75	0.752	1.43	0.690	2.25	1.076
	總和	103	1.64	0.558	2.32	0.910	1.41	0.857	2.51	1.145

針對不同類型題目，以教材設計、學業能力為自變項，前測成績為共變項，後測成績為依變項，分別進行「組內迴歸係數同質性檢定」，結果如 表 19、表 20、表 21、表 22：

表中各類題型組內迴歸係數同質性檢定考驗結果，「前測 x 教材+前測 x 學業能力 + 前測 x 教材 x 業成就」欄，記憶題型 F 值為 0.30， $p=.910>.05$ ；理解題型 F 值為 0.32， $p=.897>.05$ ；應用題型 F 值為 0.99， $p=.431>.05$ ；分析題型 F 值為 1.22， $p=.07>.05$ ，均未達顯著水準，接受虛無假設，表示共變項(前測成績)與依變項(後測成績)間的關係不會因兩個自變項(教材、學業能力)各處理水準不同而有差異，以各實驗的共變項來預測依變項所得到的各條迴歸線之迴歸係數並無不同，符合共變數分析中組內迴歸係數同質性的假定。

表 19 組內迴歸係數同質性檢定摘要表(記憶題型)

來源	型 III 平方和	自由度	平均平方和	<i>F</i> 檢定	顯著性
前測	0.17	1	0.17	0.61	.438
教材	0.00	1	0.00	0.01	.932
學業能力	2.23	2	1.11	3.87	.024*
教材 x 學業能力	0.29	2	0.15	0.51	.600
前測 x 教材+前測 x 學 業能力 + 前測 x 教材 x 業成就	0.43	5	0.09	0.30	.910
總合	31.71	102	0.31		

註：* $p < .05$

表 20 組內迴歸係數同質性檢定摘要表(理解題型)

來源	型 III 平方和	自由度	平均平方和	<i>F</i> 檢定	顯著性
前測	4.42	1	4.42	7.84	.006**
教材	0.74	1	0.74	1.31	.255
學業能力	7.41	2	3.70	6.56	.002**
教材 x 學業能力	1.47	2	0.74	1.31	.276
前測 x 教材+前測 x 學 業能力 + 前測 x 教材 x 業成就	0.92	5	0.18	.32	.897
總合	84.43	102	0.83		

表 21 組內迴歸係數同質性檢定摘要表(應用題型)

來源	型 III 平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
前測	0.82	1	0.82	1.18	.280
教材	0.06	1	0.06	0.09	.761
學業能力	2.48	2	1.24	1.78	.174
教材 x 學業能力	0.40	2	0.20	.29	.749
前測 x 教材+前測 x 學 業能力 + 前測 x 教材 x 業成就	3.42	5	0.68	0.99	.431
總合	74.87	102	0.73		

表 22 組內迴歸係數同質性檢定摘要表(分析題型)

來源	型 III 平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
前測	0.04	1	0.04	0.03	.857
教材	0.78	1	0.78	0.70	.406
學業能力	11.77	2	5.89	5.27	.007**
教材 x 學業能力	4.66	2	2.33	2.08	.130
前測 x 教材+前測 x 學 業能力 + 前測 x 教材 x 業成就	6.81	5	1.36	1.22	.307
總合	133.73	102	1.31		

註：** $p < .01$

以教材設計、學業能力為自變項，前測成績為共變項，後測成績為依變項，依不

同類型分別進行二因子共變數分析，結果如下：

(一) 記憶題型

由表 23 二因子共變數分析摘要表中，「教材*學業能力」欄中教材與學業能力

對後測成績的交互作用檢定結果，記憶題型 F 值為 1.690， $p=.190 > .05$ ，未達顯著，

顯示教材與學業能力在後測成績上沒有顯著的交互效果。在二因子共變數分析中，

當交互效果未達顯著時，則進行教材設計與學業能力的主要效果的考驗，此時直接比較邊緣平均數。

在教材方面 F 值為 0.039， $p=.844>.05$ ，未達顯著，表示兩種教材在記憶題型學習成效上無明顯差異。在學業能力方面， F 值為 7.350， $p=.001<.05$ ，由估計的邊際平均值來看，高學業能力 > 中學業能力 > 低學業能力，顯示學業能力高的在記憶題型上學習效果越好。

表 23 二因子共變數分析摘要表(記憶題型)

來源	型 III 平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
前測	0.061	1	0.061	0.220	.640
教材	0.011	1	0.011	0.039	.844
學業能力	4.068	2	2.034	7.350	.001**
教材*學業能力	0.935	2	0.468	1.690	.190
誤差	26.565	96	0.277		
校正後的總數	31.709	102			

註：** $p<.01$

表 24 估計的邊際平均值(記憶題型)

學業能力	平均	標準誤	95%信賴區間	
			下限	上限
高	1.893	.099	1.695	2.090
中	1.658	.077	1.506	1.810
低	1.355	.099	1.158	1.553

(二) 理解題型

由表 25 二因子共變數分析摘要表中，「教材*學業能力」欄中教材與學業能力對後測成績的交互作用檢定結果，理解題型 F 值為 2.863， $p=.062>.05$ ，未達顯著，接受虛無假設，顯示教材與學業能力在後測成績上沒有顯著的交互效果。在二因子共變數分析中，當交互效果未達顯著時，則進行教材設計與學業能力的主要效果的考驗，此時直接比較邊緣平均數。

在教材方面 F 值為 0.962， $p=.329>.05$ ，未達顯著，表示兩種教材在理解題型學習成效上無明顯差異。在學業能力方面， F 值為 16.779， $p=.000<.05$ ，由估計的邊際平均值來看，高學業能力 > 中學業能力 > 低學業能力，顯示學業能力高的在理解題型上學習效果越好。

表 25 二因子共變數分析摘要表(理解題型)

來源	型 III 平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
前測	5.067	1	5.067	9.303	.003**
教材	0.524	1	0.524	0.962	.329
學業能力	18.279	2	9.139	16.779	.000***
教材*學業能力	3.119	2	1.559	2.863	.062
誤差	52.289	96	0.545		
校正後的總數	84.427	102			

註：** $p<.01$. *** $p<.001$

表 26 估計的邊際平均值(學業能力)

學業能力	平均	標準誤	95%信賴區間	
			下限	上限
高	2.909(a)	.0141	2.630	3.188
中	2.300(a)	.0108	2.086	2.515
低	1.760(a)	.0140	1.483	2.037

(三) 應用題型

由表 27 二因子共變數分析摘要表(應用題型)，「教材*學業能力」欄中教材與學業能力對後測成績的交互作用檢定結果，應用題型 F 值為 3.478， $p=.035<.05$ ；即排除前測成績的影響後，教材與學業能力有顯著交互作用，因此要進行共變數「單純主要效果考驗」。

表 27 二因子共變數分析摘要表(應用題型)

來源	型 III 平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
前測	0.326	1	0.326	0.470	.495
教材	3.183	1	3.183	4.584	.035*
學業能力	0.159	2	0.079	0.114	.892
教材*學業能力	4.829	2	2.415	3.478	.035*
誤差	66.645	96	0694		
校正後的總數	74.874	102			

註：* $p<.05$

由表 28 主要效果分析摘要表，在教材方面，高學業能力 F 值為 10.21， $p=.002<.05$ ，達到顯著，在調整後的細格平均數得知，實驗組顯著優於對照組；中、低學業能力 F 值分別為.067、.014，未達顯著水準。在學業能力方面，實驗組、對照組 F 值分別為 1.04、2.25，未達顯著水準。

表 28 不同學業能力與教材在後測成績(應用題型)之單純主要效果分析摘要表

變異來源	型 III 平方和	自由 度	平均平方和	<i>F</i> 檢定	顯著性	事後比較
A 因子(教材)						
高學業能力	7.09	1	7.09	10.21	.002**	實驗組>對照組
中學業能力	0.47	1	0.47	0.67	.414	
低學業能力	0.10	1	0.10	0.14	.698	
B 因子(不同學業能力)						
對照組	1.44	2	0.72	1.04	.358	
實驗組	3.13	2	1.56	2.25	.111	
誤差	66.64	96	0.69			

註： ** $p < .0$

(四) 分析題型

由表 29 子共變數分析摘要表中，「教材*學業能力」欄中教材與學業能力對後測成績的交互作用檢定結果，分析題型 F 值為 1.040， $p = .358 > .05$ ，未達顯著，接受虛無假設，顯示教材與學業能力在後測成績上沒有顯著的交互效果。在二因子共變數分析中，當交互效果未達顯著時，則進行教材設計與學業能力的主要效果的考驗，此時直接比較邊緣平均數。

在教材方面 F 值為 6.116， $p = .015 < .05$ ，達顯著，表示兩種教材在分析題型學習成效上有顯著差異，由估計的邊際平均值來看，實驗組 > 對照組，顯示實驗組教材設計能提高學生在分析題型學習成效。在學業能力方面， F 值為 7.540， $p = .001 < .05$ ，由估計的邊際平均值來看，高學業能力 > 中學業能力 > 低學業能力，顯示學業能力高的在分析題型上學習效果越好。

表 29 二因子共變數分析摘要表(分析題型)

來源	型 III 平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
前測	0.061	1	0.061	0.054	.817
教材	6.909	1	6.909	6.116	.015*
學業能力	17.034	2	8.517	7.540	.001**
教材*學業能力	2.348	2	1.174	1.040	.358
誤差	108.440	96	1.130		
校正後的總數	133.728	102			

註：* $p < .05$. ** $p < .01$.

表 30 估計的邊際平均值(教材)

教材	平均	標準誤	95%信賴區間	
			下限	上限
對照組	2.299	.153	1.994	2.603
實驗組	2.836	.153	2.532	3.139
高	3.179	.201	2.780	3.578
中	2.276	.155	1.968	2.585
低	2.247	.201	1.847	2.646

三、教學設計與學業能力對認知負荷的影響

以下將教學設計與學業能力對認知負荷量的 2X3 二因子變異數分析資料整理

如下表 31 下為二因子變異數分析資料。

表 31 教學設計與學業能力對認知負荷量的 2X3 二因子變異數資料

教材	學業能力	人數	認知負荷量	
			平均數	標準差
對照組	高	14	6.14	1.657
	中	23	6.83	1.749
	低	14	6.21	2.359
	總和	51	6.47	1.901
實驗組	高	14	6.64	2.706
	中	24	6.54	2.449
	低	14	6.21	1.251
	總和	52	6.48	2.236
總和	高	28	6.39	2.217
	中	47	6.68	2.117
	低	28	6.21	1.853
	總和	103	6.48	2.067

以教材設計與學業能力為自變項，認知負荷量為依變項，進行二因子變異數分析，

檢定結果如表 32。

在二因子變異數分析摘要表中，教材設計與學業能力交互作用檢定結果， F 值為 0.305， $p=.738>.005$ ，交互作用不顯著，接受虛無假設，顯示教學設計與學業能力在降低認知負荷量上沒有顯著交互效果，假設不成立。

當交互作用不顯著時，看二個自變項的 F 檢定結果，此即為分別進行二個單因子單變量的變異數分析。所要驗證的假設為：

一、不同教材設計的組別，其認知負荷量有顯著差異。

二、不同學業能力的學生，其認知負荷量有顯著差異。

在教材設計在認知負荷量檢定之主要效果的 F 值為 0.028， $p=.867>.005$ 未達顯著效果，表示兩種教材設計在學生認知負荷量沒有顯著差異，假設不成立。在認知負荷量上對照組平均數=6.394，實驗組平均數=6.466。在學業能力在認知負荷量檢定之主要效果的 F 值為 0.468， $p=.627>.005$ 未達顯著效果，表示不同學業能力在學生認知負荷量沒有顯著差異，假設不成立。高學業能力平均數=6.393，中學業能力平均數=6.684，低學業能力平均數=6.214。

分析其中原因，兩組教材在設計上均考慮到媒體設計原則，對照組與實驗組教材在顏色設計、大小調整，位置編排、文字編排上均相同，對學習者來說，與之前上課方式比較，認知負荷量在 6.214~6.684 間，小於平均數（認知負荷量表有兩題，每題 1~7 分，兩題合計總分 2~14 分），認知負荷已有所降低，表示教材在考慮媒體設計原則後，可使學生感受到較低的認知負荷，即使學業能力較低學生亦覺得認知負荷量是較低的。

表 32 教材與學業能力在「認知負荷量」之二因子變異數分析摘要表

來源	型 III 平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性	淨相關 Eta 平方
教材	0.125	1	0.125	0.028	.867	.000
學業成就	4.141	2	2.071	0.468	.627	.010
教材*學業能力	2.699	2	1.305	0.305	.738	.006
誤差	428.906	97	4.422			
校正後的總數	435.689	102				

表 33 估計的邊際平均數(認知負荷量-教材-估計值)

組別	平均	標準誤	95%信賴區間	
			下限	上限
對照組	6.394	0.303	5.794	6.995
實驗組	6.466	0.301	5.869	7.064

表 34 估計的邊際平均數(認知負荷量-學業能力-估計值)

組別	平均	標準誤	95%信賴區間	
			下限	上限
高學業能力	6.393	0.497	5.604	7.182
中學業能力	6.684	0.307	6.075	7.293
低學業能力	6.214	0.397	5.426	7.003

第三節 結果摘要

表 35 結果摘要

重分析點		結果
學習成就	教材設計與學業能力在學習成就	無顯著交互作用
	不同的教材設計在學習成就	有顯著差異，實驗組優於對照組
	不同的學業能力分組上	在高學業能力有顯著差異，實驗組優於對照組；中低學業能力無顯著差異。
	不同能力的學生在不同類型的後測題目上的表現	記憶、理解題型無顯著差異；應用題型在高學業能力上有顯著差異；分析題型有顯著差異，實驗組優於對照組
認知負荷	教材設計與學業能力在認知負荷上	無顯著交互作用
	不同的教材設計在在認知負荷上	無顯著差異，均感受到較低認知負荷

第五章 結論

本實驗為準實驗法，探討非激發式動態呈現與機曬動態呈現對不同學業能力學生，在學習成就、認知負荷上的影響。本章共分三節，第一節為本研究結論，第二節為本研究貢獻，第三節為未來研究方向。

第一節 研究結論

本研究可以得到以下結論：

一、學習成就

- (一) 激發式動態呈現對於高學業能力學生在浮力之學習成就有顯著提升。
- (二) 在應用題型上，高學業能力學生在學習成就上有顯著差異；在分析題型上，實驗組的學習成效優於對照組。

二、認知負荷

在認知負荷上，教材設計符合多媒體設計原則，以降低學生對教材的認知負荷量，故實驗組與對照組學生的認知負荷量均偏低，但是不顯著。

第二節 研究貢獻

基於本實驗所得到的結論，可以提出以下研究貢獻

- (一) 激發式動態呈現，有助於學生在浮力單元須要應用、分析之教材學習。
- (二) 本研究中，雖只對高學業能力學生在學習成就上有顯著提升，但是在認知負荷量上教材設計符合多媒體設計原則時有較低的認知負荷。

第三節 未來研究方向

未來研究方向可以朝向下列方向進行：

- 一、實驗中，激發式動態教學對高學業能力學生在學習成就上有顯著提升，如何設計可以提升低學業能力學生的學習成就。
- 二、實驗之激發式動態呈現是否如研究者設計，能吸引學習者注意力，可以使用眼動儀紀錄眼球移動，驗證是否吸引學習者注意。
- 三、本實驗皆使用電腦教學，一般教學採用現場動手實驗，增加學生的實際感受，可否結合兩者，以提升學生學習成效。
- 四、其他理化教學單元是否可以運用相同設計達到良好教學效果，或是有其限制。

參考文獻

中文部分

- 吳昆勇(2001) 阿基米德原理與引導式發現教學法對學生學習浮力的概念。國立臺灣師範大學 科學教育研究所碩士論文
- 宋曜廷(2000) 先前知識、文章結構與多媒體呈現對文章學習的影響。國立台灣師範大學教育心理與輔導學系博士論文
- 林俊義(2001) 學生浮力迷思概念之研究。彰化師範大學物理系在職進修專班碩士論文
- 林福榮(2001) 高雄市國二學生浮力的另有概念之研究。國立高雄師範大學科學教育研究所碩士論文
- 侯佳典(2008) 5E探究式學習環教學對國二學生浮力概念改變成效之研究。國立彰化師範大學物理學系物理教學碩士班，碩士論文
- 翁嘉鴻(2001) 以認知負荷觀點探討聽覺媒體物件之媒體呈現方式對學習成效之影響。國立中央大學資訊管理研究所碩士論文。
- 張春興(2003)「教育心理學：三化取向的理論與實踐」，台北市，台灣東華書局。
- 陳明璋(2006) 數學簡報系統——一個克服數位落差之教師專業發展環境。第十屆全球華人計算機教育研討會，北京清華大學。
- 陳明璋(2008) 一個以授課為導向之數位教材設計及展演環境簡介—Activate Mind Attention (AMA) 系統。國民教育月刊。
- 郭信宏(2005) 國中生在「壓力」與「浮力」單元學習後之迷思概念對解題之影響。國立中山大學教育研究所碩士論文。
- 陳蜜桃(2003) 認知負荷理論及其對教學的啟示。高師大教育學刊， 21，29-51
- 郭璟諭(2003) 媒體組合方式與認知型態對學習成就與認知負荷之影響。國立中央大學資訊管理研究所碩士論文

黃克文（1996） 認知負荷與個人特質及學習成就之關聯。國立台北師範學院國民教育研究所碩士論文

鄭文彥（2007）以類比橋融入浮力單元對國中學生迷思概念改變之研究。國立彰化師範大學物理研究所碩士論文

英文部分

Chen M. J., Wu H. M., Tan N. C., (2008, Feb. 29 ~ Mar. 2). Making PowerPoint More Effective: A Test on Trigger-based Animation, 2nd International Cognitive Load Theory Conference, Wollongong, Australia.

Clark, R. C. & Mayer, R. E. (2008). E-Learning and the science of instruction: proven guidelines for consumers and designers of multimedia learning (2nd ed.). San Francisco: Pfeiffer.

Mayer, R. E. (2001). Multimedia Learning. New York: Cambridge University press.

Miller, P. H. (1983). Theories of developmental psychology. San Francisco: Freeman..

Pass, F. & Van Merriënbor, J. (1994a). Instructional control of cognitive load in the training of complex cognitive tasks. Educational Psychology Review, 6(4), 351-371.

Pass, F. & Van Merriënbor, J. (1994b). Variability of worked examples and transfer of geometrical problem-solving skills: a cognitive-load approach. Educational Psychology, 86(1), 122-133.

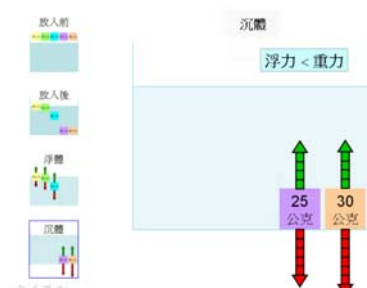
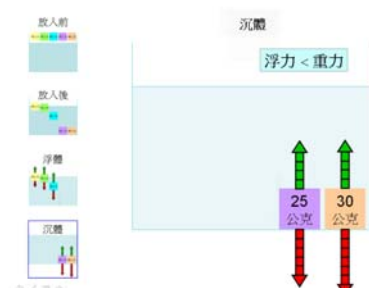
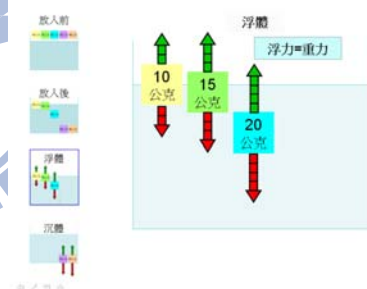
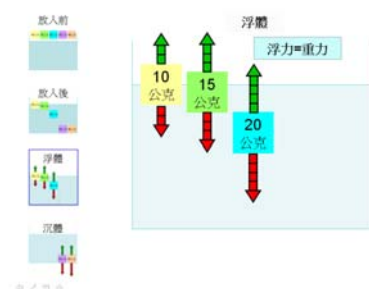
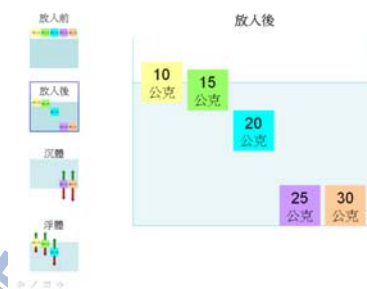
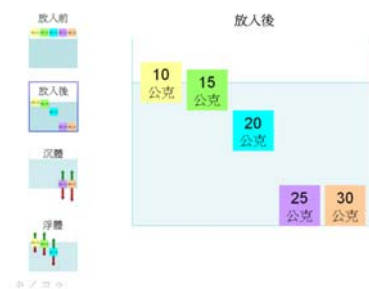
Sweller J. (1988). Cognitive Load During Problem Solving: Effects on Learning. Cognitive science , 12, 257-285.

Sweller, J., van Merriënboer, J.J.G., and Paas, F.G.W.C. (1998). “Cognitive architecture and instructional design,” Educational Psychology Review, 10(3), 251-297

第六章 附錄一 教材分析

對照組		實驗組	
認識浮力			
認識浮力 • 有浮力嗎? 		認識浮力 • 有浮力嗎? 	
			
認識浮力 • 物體在水中受到兩個力..... 重力和浮力 重力: 方向向是 向下的 浮力: 方向向是 向上的 		認識浮力 • 物體在水中受到兩個力..... 重力和浮力 重力: 方向向是 向下的 浮力: 方向向是 向上的 	
開放目標效果 變化效應 示例效應	多媒體原則 空間接近原則 連貫原則 多餘原則	開放目標效果 變化效應 示例效應 互動原則	多媒體原則 空間接近原則 連貫原則 多餘原則
教學過程簡述			
1. 教學時皆呈順序呈現，文字訊息內容結構化處理，口語引導相同，使學生了解物體除了重力外，將物體放入水中時會有水給予的浮力，沒有與水接觸則沒有水的浮力。			
2. 實驗組多了動態按鈕設計，圖形文字出現由按鈕控制，比對照組多了可控制性。			

重力與浮力的關係



示例效應
形式效應
冗餘效應

多媒體原則
空間接近原則
連貫原則
型式原則
多餘原則

開放目標效果
示例效應
完成問題效果
分散注意力效應
形式效應
冗餘效應

多媒體原則
空間接近原則
連貫原則
型式原則
多餘原則
互動原則

教學過程簡述：

1. 教學皆步驟化呈現，將五個相同體積不同顏色物體放入水中，物體會停在不同位置，使用箭頭代表力量大小及方向，紅色代表重力，綠色代表浮力，引導學生了解，若物體浮在水中時，浮力大小與重力相等，沉體時，重力大於浮力。
2. 實驗組多了動態移動及動態按鈕設計，箭頭出現由教師控制，能吸引學生集中注意力至教師講解之物體。

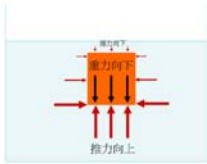
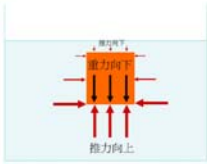
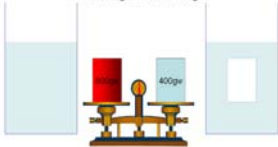
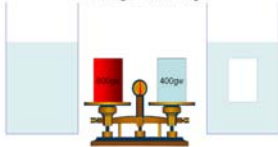
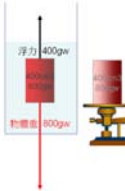
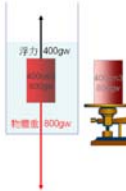
重力與浮力之題目練習

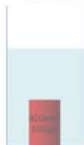
			
			
示例效應	多媒體原則 空間接近原則 連貫原則 型式原則 多餘原則	開放目標效果 示例效應 完成問題效果	多媒體原則 空間接近原則 連貫原則 型式原則 多餘原則 互動原則

教學過程簡述：

1. 題目演練。
2. 實驗組使用動態按鈕呈現，可以視學生學習狀況點選物體。對照組只有固定順序，無法更改順序。

產生的浮力原因、物體與液體密度的影響

產生浮力  重力向下 壓力向下 推力向上	產生浮力  重力向下 壓力向下 推力向上
將紅色的鐵放入水中 會沉還是會浮? 	將紅色的鐵放入水中 會沉還是會浮? 
擷取相同體積(400cm³)的水，放到天平上比較  400cm³ 1 g/cm³	擷取相同體積(400cm³)的水，放到天平上比較  400cm³ 1 g/cm³
重量為 400x2=800gw 重量為 400x1=400gw  400g	重量為 400x2=800gw 重量為 400x1=400gw  400g
物體會下沉 浮力 400gw 物體重 800gw  400cm³ 400gw 水重 400gw	物體會下沉 浮力 400gw 物體重 800gw  400cm³ 400gw 水重 400gw

物體會下沉  物體會下沉  分散注意力效應 形式效應 冗餘效應		物體會下沉  物體會下沉  分散注意力效應 形式效應 冗餘效應	
多媒體原則 空間接近原則 型式原則 多餘原則		多媒體原則 空間接近原則 型式原則 多餘原則	

教學過程簡述：

1. 教學時皆步驟化呈現，文字訊息內容結構化處理，引導學生比較物體與水的差異，了解物體密度大小影響浮沉。
2. 實驗組在步驟化過程多了動態移動，使學生知道前後移動過程，減少學生認知負荷。

浮力實驗-浮力等於減輕重量

浮力實驗

物體體積 400cm ³	液體密度 1g/cm ³		
浸入體積	彈簧秤 讀數	減少 重量	浮力
未浸入 0			
未浸入 200			
完全浸入 400			

Spring scale reading: 800g. The scale has markings at 0, 200, 400, 600, 800, and 1000. The needle points to 800.

Diagram showing a block partially submerged in water. The text '未浸入水中' (Not submerged in water) is written next to the block.

896

浮力實驗

物體體積 400cm ³	液體密度 1g/cm ³		
浸入體積	彈簧秤 讀數	減少 重量	浮力
未浸入 0			
未浸入 200			
完全浸入 400			

Spring scale reading: 800g. The scale has markings at 0, 200, 400, 600, 800, and 1000. The needle points to 800.

Diagram showing a block partially submerged in water. The text '未浸入水中' (Not submerged in water) is written next to the block.

浮力實驗

物體體積 400cm ³	液體密度 1g/cm ³		
浸入體積	彈簧秤 讀數	減少 重量	浮力
未浸入 0	800	0	0
未浸入 200	600	200	200
完全浸入 400			

Spring scale reading: 600g. The scale has markings at 0, 200, 400, 600, 800, and 1000. The needle points to 600.

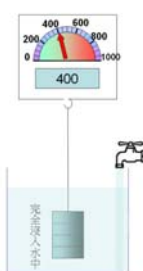
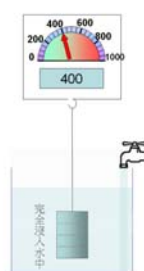
Diagram showing a block partially submerged in water. The text '水入 1/2' (Water in 1/2) is written next to the block.

浮力實驗

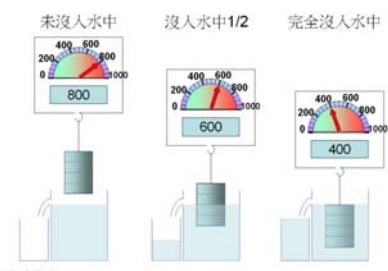
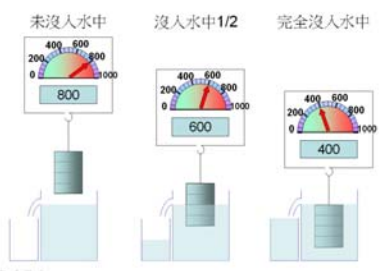
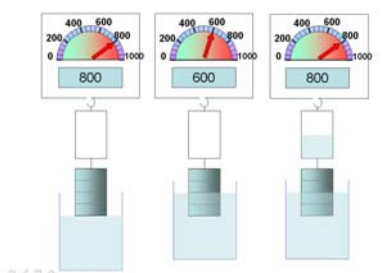
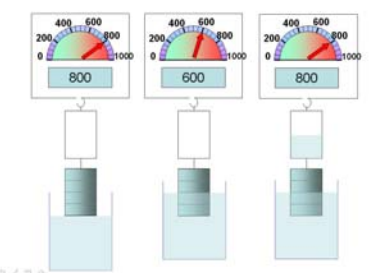
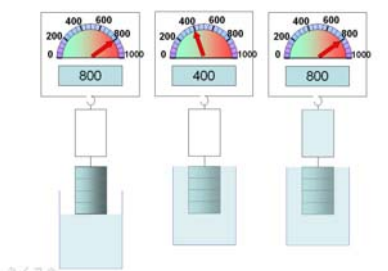
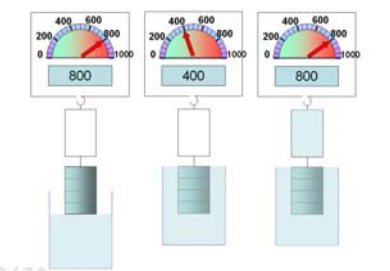
物體體積 400cm ³	液體密度 1g/cm ³		
浸入體積	彈簧秤 讀數	減少 重量	浮力
未浸入 0	800	0	0
未浸入 200	600	200	200
完全浸入 400			

Spring scale reading: 600g. The scale has markings at 0, 200, 400, 600, 800, and 1000. The needle points to 600.

Diagram showing a block partially submerged in water. The text '水入 1/2' (Water in 1/2) is written next to the block.

浮力實驗 <table><tr><th>物體體積 400cm³</th><th>液體密度 1g/cm³</th><th>彈簧秤 讀數</th><th>減少 重量</th><th>浮力</th></tr><tr><td>未注入 0</td><td>800</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>未注入 200</td><td>600</td><td>200</td><td>200</td><td>200</td></tr><tr><td>完全注入 400</td><td>400</td><td>400</td><td>400</td><td>400</td></tr></table> 		物體體積 400cm ³	液體密度 1g/cm ³	彈簧秤 讀數	減少 重量	浮力	未注入 0	800	0	0	0	未注入 200	600	200	200	200	完全注入 400	400	400	400	400	浮力實驗 <table><tr><th>物體體積 400cm³</th><th>液體密度 1g/cm³</th><th>彈簧秤 讀數</th><th>減少 重量</th><th>浮力</th></tr><tr><td>未注入 0</td><td>800</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>未注入 200</td><td>600</td><td>200</td><td>200</td><td>200</td></tr><tr><td>完全注入 400</td><td>400</td><td>400</td><td>400</td><td>400</td></tr></table> 		物體體積 400cm ³	液體密度 1g/cm ³	彈簧秤 讀數	減少 重量	浮力	未注入 0	800	0	0	0	未注入 200	600	200	200	200	完全注入 400	400	400	400	400
物體體積 400cm ³	液體密度 1g/cm ³	彈簧秤 讀數	減少 重量	浮力																																							
未注入 0	800	0	0	0																																							
未注入 200	600	200	200	200																																							
完全注入 400	400	400	400	400																																							
物體體積 400cm ³	液體密度 1g/cm ³	彈簧秤 讀數	減少 重量	浮力																																							
未注入 0	800	0	0	0																																							
未注入 200	600	200	200	200																																							
完全注入 400	400	400	400	400																																							
由上述實驗可得知 (1) 減輕的重量等於浮力		由上述實驗可得知 (1) 減輕的重量等於浮力																																									
示例效應 完成問題效果 形式效應 冗餘效應	多媒體原則 空間接近原則 連貫原則 型式原則 多餘原則 信號原則	開放目標效果 示例效應 完成問題效果 分散注意力效應 形式效應 冗餘效應 變化效應	多媒體原則 空間接近原則 時間接近原則 連貫原則 型式原則 多餘原則 互動原則 信號原則																																								
教學過程簡述： 1. 教學時皆呈現步驟化教學，文字訊息內容結構化處理，引導學生觀察物體在將水注入時，沒入水的體積越多，刻度會越小，所受浮力越大，浮力等於減少之刻度。 2. 將原實驗使用之彈簧秤改為刻度及數字顯示，使學生容易知道數字變化，減少認知負荷。 3. 將物體分成四等份，使學生容易知道水到達位置，將水注入，藉由水的上升，使學生容易感受到水向上的浮力。 4. 5. 使用表格，將刻度之數字記錄在表格中，學生不用記憶數字減少學生認知負荷，使學生能將注意力集中在數字變化上。 6. 計算浮力時使用紅色箭頭引導學生，引導學生浮力計算。 7. 實驗組在步驟化過程多了動態移動及動態按鈕，動態移動使學生感受水上升過程中刻度會漸漸減少，浮力會漸漸增加，使學生在浮力的感受上更強烈；動態按鈕控制表格，可以適時控制數字出現消失，使學生在比較上更容易，減少學生認知負荷。																																											

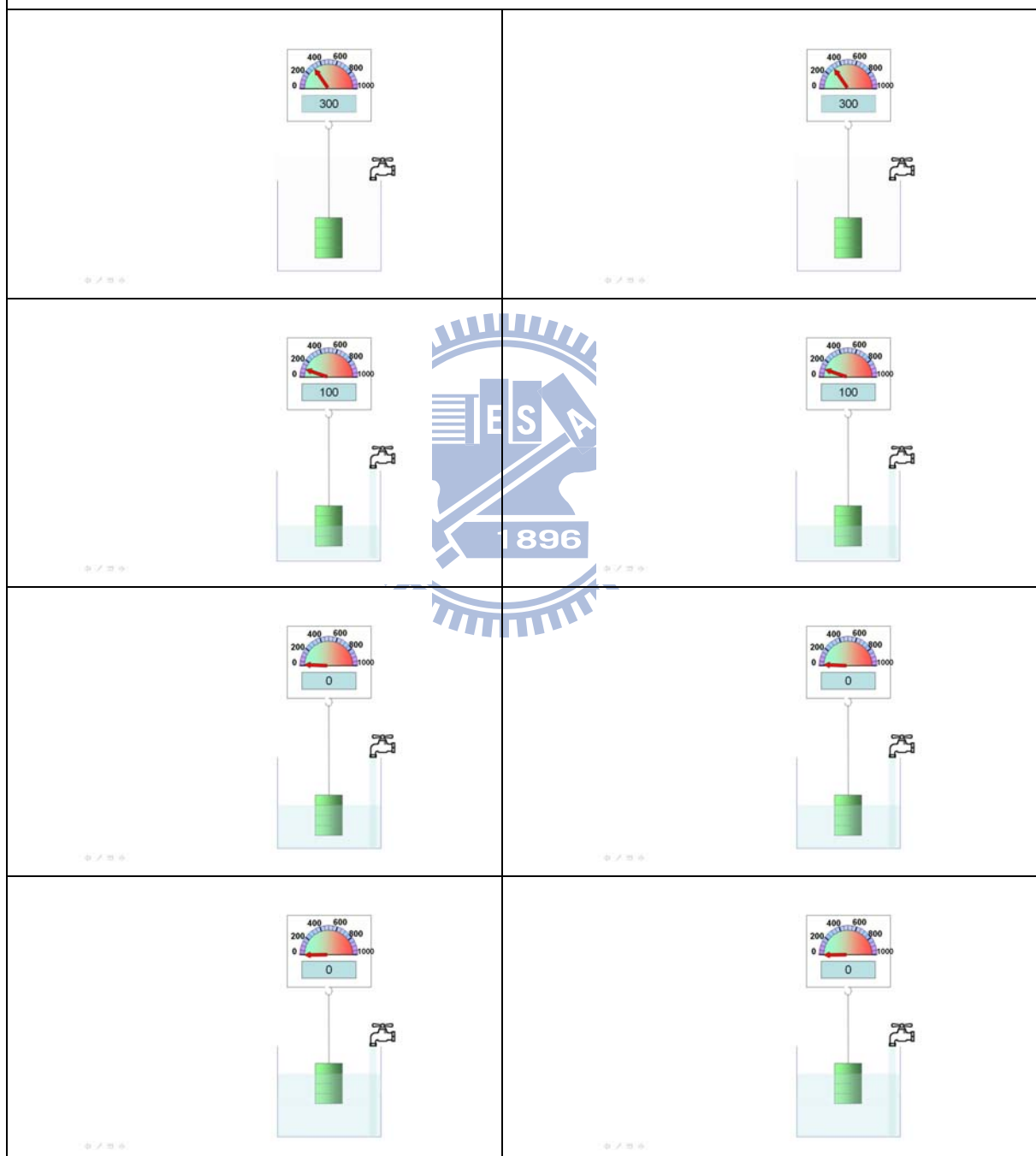
浮力實驗-浮力等於排開液體重

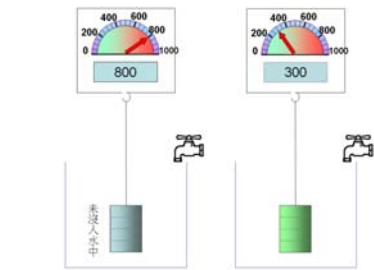
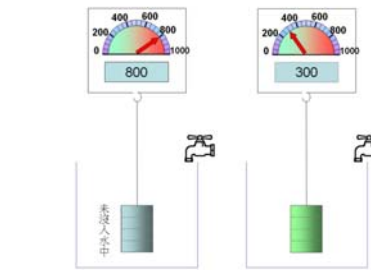
			
			
			
由上述實驗可得知 (1) 減輕的重量等於浮力 (2) 減輕的重量 (浮力) , 等於該物體所排開的液體重		由上述實驗可得知 (1) 減輕的重量等於浮力 (2) 減輕的重量 (浮力) , 等於該物體所排開的液體重	
開放目標效果 示例效應 完成問題效果 分散注意力效應 形式效應 冗餘效應 變化效應	多媒體原則 空間接近原則 時間接近原則 連貫原則 型式原則 多餘原則 互動原則 信號原則	開放目標效果 示例效應 完成問題效果 分散注意力效應 形式效應 冗餘效應 變化效應	多媒體原則 空間接近原則 時間接近原則 連貫原則 型式原則 多餘原則 互動原則 信號原則

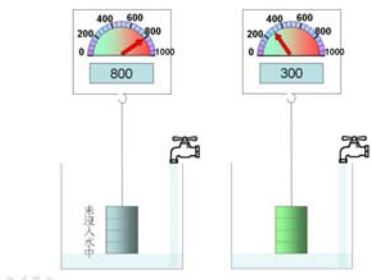
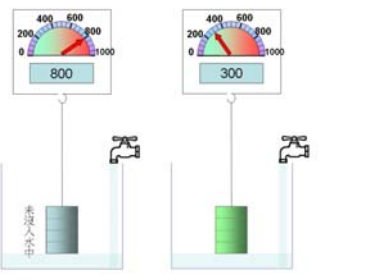
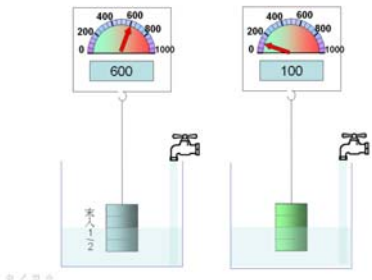
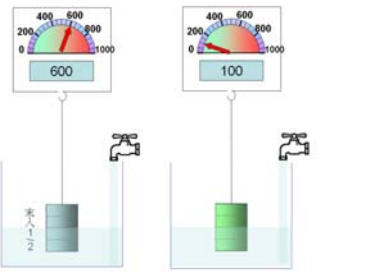
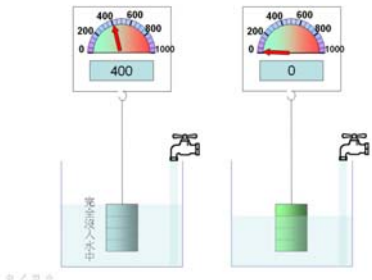
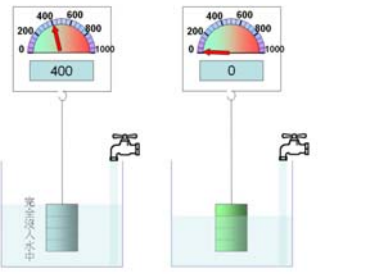
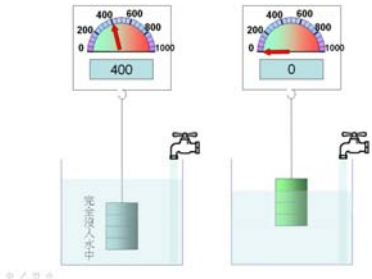
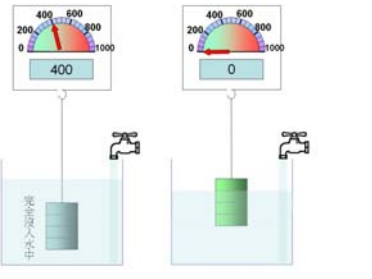
教學過程簡述：

1. 教學時皆呈現步驟化教學，文字訊息內容結構化處理，引導學生比較物體沒入水中的體積與排開水的體積相等，了解物體受到的浮力與排開水的重量相等。
2. 實驗組在步驟化過程多了動態移動，使學生看到移動過程知道兩者體積相等，減少學生認知負荷。

浮力實驗-浮體



由上述實驗可得知 (1) 減輕的重量等於浮力 (2) 減輕的重量 (浮力) , 等於該物體所排開的液體重		由上述實驗可得知 (1) 減輕的重量等於浮力 (2) 減輕的重量 (浮力) , 等於該物體所排開的液體重	
分散注意力效應 形式效應 冗餘效應	多媒體原則 空間接近原則 連貫原則 型式原則 多餘原則 信號原則	完成問題效果 分散注意力效應 形式效應 冗餘效應	多媒體原則 空間接近原則 連貫原則 型式原則 多餘原則 互動原則 信號原則
教學過程簡述： 1. 教學時皆呈現步驟化教學，文字訊息內容結構化處理，將物體換成綠色代表不同之物體，體積相同，但是重量不同，密度小於水；引導學生觀察密度小於水之物體，在水注入時浮力變化，及物體會浮在水上，物體浮力最多等於物體重力。 2. 將物體分成四等份，使學生容易知道水到達位置，液面下水的體積相同時浮力相同。 3. 實驗組在步驟化過程多了動態移動，動態移動使學生感受水上升過程中刻度會漸漸減少，浮力會漸漸增加，在浮力等於重力即刻度為零時，物體會隨水上升而上升，使學生在浮力的感受上更強烈。			
浮力實驗-浮體與沉體比較			
			

	
	
	
	
由上述實驗可得知 (1) 減輕的重量等於浮力 (2) 減輕的重量 (浮力) , 等於該物體所排開的液體重	由上述實驗可得知 (1) 減輕的重量等於浮力 (2) 減輕的重量 (浮力) , 等於該物體所排開的液體重

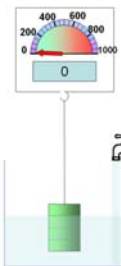
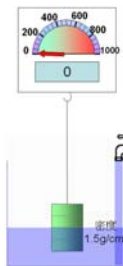
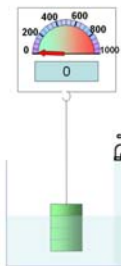
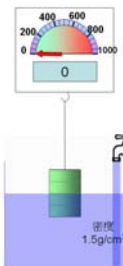
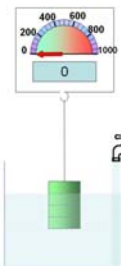
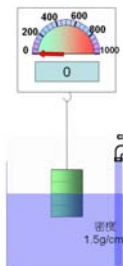
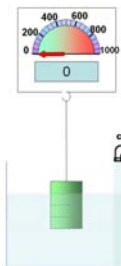
分散注意力效應 形式效應 冗餘效應	多媒體原則 空間接近原則 連貫原則 型式原則 多餘原則 信號原則	開放目標效果 完成問題效果 分散注意力效應 形式效應 冗餘效應	多媒體原則 空間接近原則 連貫原則 型式原則 多餘原則 互動原則 信號原則
-------------------------	---	---	---

教學過程簡述：

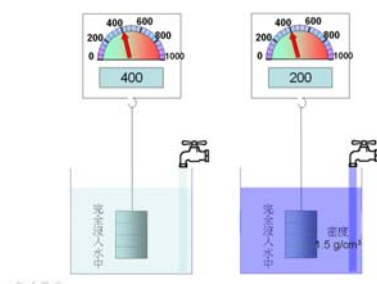
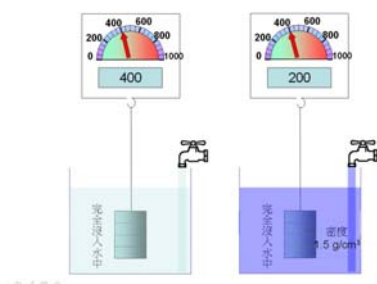
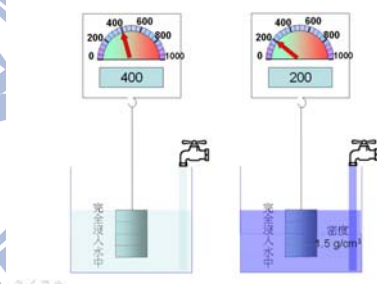
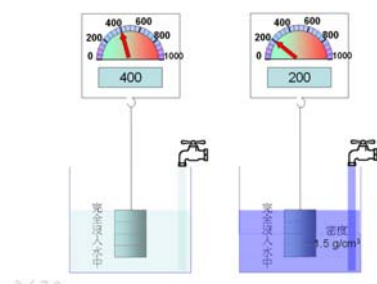
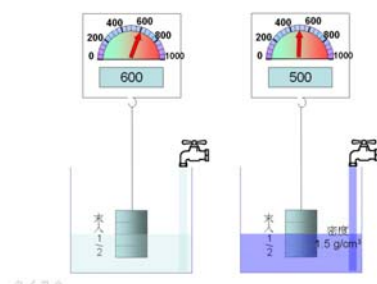
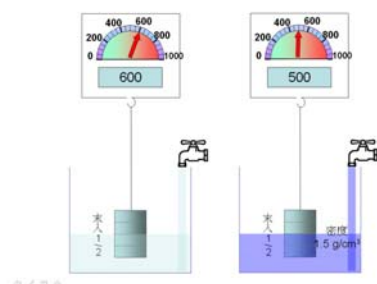
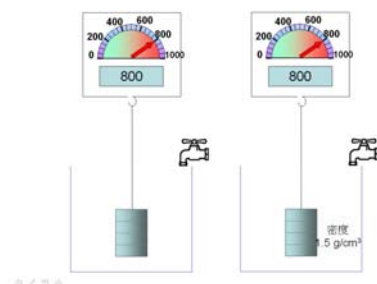
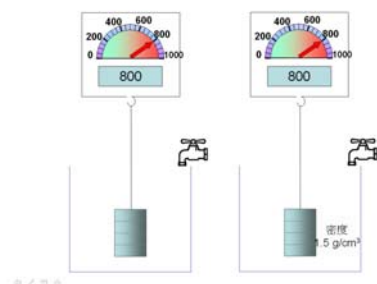
1. 教學時皆呈現步驟化教學，文字訊息內容結構化處理，將之前實驗中之兩物體放在一起同時比較，觀察沒入相同體積時浮力相同，但是密度較小之物體最後會浮在水上。
2. 實驗組在步驟化過程多了動態移動引導學生了解浮力的產生。

浮力實驗-浮體在不同液體密度中



 		 	
 		 	
由上述實驗可得知 (1) 減輕的重量等於浮力 (2) 減輕的重量 (浮力)，等於該物體所排開的液體重		由上述實驗可得知 (1) 減輕的重量等於浮力 (2) 減輕的重量 (浮力)，等於該物體所排開的液體重	
分散注意力效應 形式效應 冗餘效應	多媒體原則 空間接近原則 連貫原則 型式原則 多餘原則 信號原則	開放目標效果 完成問題效果 分散注意力效應 形式效應 冗餘效應	多媒體原則 空間接近原則 連貫原則 型式原則 多餘原則 互動原則 信號原則
教學過程簡述： 1. 教學時皆呈現步驟化教學，文字訊息內容結構化處理，使用深色代表密度大之物體，觀察比較當液體密度較大時，刻度變化情形，引導學生思考，液面下體積相同時，減少的刻度會不同，密度大的液體減少的刻度較多，減少的刻度等於液面下體積乘上液體密度。 2. 引導學生觀察同一物體在不同密度的液體中，最後都會浮在液面上時，但是液面下之體積不同。 3. 引導學生思考，計算浮體時，有兩種計算方式，第一種是浮力等於物重，第二種是浮力等於排開的液體重，可以使用兩種計算方式計算出液面下體積大小			

浮力實驗-沉體在不同液體密度中



物體體積 400cm ³		液體密度 1 g/cm ³			液體密度 1.5 g/cm ³		
沒入 體積 cm ³	彈簧秤 讀數	減少 重量	浮力	彈簧秤 讀數	減少 重量	浮力	
未沒入	0	800	0				
沒入 1/2	200	600	200				
完全 沒入	400	400	400				

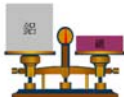
物體體積 400cm ³		液體密度 1 g/cm ³			液體密度 1.5 g/cm ³		
沒入 體積 cm ³	彈簧秤 讀數	減少 重量	浮力	彈簧秤 讀數	減少 重量	浮力	
未沒入	0	800	0				
沒入 1/2	200	600	200				
完全 沒入	400	400	400				

<table><tr><th colspan="2">物體體積 400cm³</th><th colspan="3">液體密度 1 g/cm³</th><th colspan="3">液體密度 1.5 g/cm³</th></tr><tr><th>沒入 體積</th><th>cm³</th><th>彈簧秤 讀數</th><th>減少 重量</th><th>浮力</th><th>彈簧秤 讀數</th><th>減少 重量</th><th>浮力</th></tr><tr><td>未沒入</td><td>0</td><td>800</td><td>0</td><td>0</td><td>800</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>沒入 1/2</td><td>200</td><td>600</td><td>200</td><td>200</td><td>500</td><td>300</td><td>300</td></tr><tr><td>完全 沒入</td><td>400</td><td>400</td><td>400</td><td>400</td><td>200</td><td>600</td><td>600</td></tr></table>		物體體積 400cm ³		液體密度 1 g/cm ³			液體密度 1.5 g/cm ³			沒入 體積	cm ³	彈簧秤 讀數	減少 重量	浮力	彈簧秤 讀數	減少 重量	浮力	未沒入	0	800	0	0	800	0	0	沒入 1/2	200	600	200	200	500	300	300	完全 沒入	400	400	400	400	200	600	600	<table><tr><th colspan="2">物體體積 400cm³</th><th colspan="3">液體密度 1 g/cm³</th><th colspan="3">液體密度 1.5 g/cm³</th></tr><tr><th>沒入 體積</th><th>cm³</th><th>彈簧秤 讀數</th><th>減少 重量</th><th>浮力</th><th>彈簧秤 讀數</th><th>減少 重量</th><th>浮力</th></tr><tr><td>未沒入</td><td>0</td><td></td><td>0</td><td></td><td></td><td>0</td><td></td></tr><tr><td>沒入 1/2</td><td>200</td><td></td><td>200</td><td></td><td></td><td>300</td><td></td></tr><tr><td>完全 沒入</td><td>400</td><td></td><td>400</td><td></td><td></td><td>600</td><td></td></tr></table>		物體體積 400cm ³		液體密度 1 g/cm ³			液體密度 1.5 g/cm ³			沒入 體積	cm ³	彈簧秤 讀數	減少 重量	浮力	彈簧秤 讀數	減少 重量	浮力	未沒入	0		0			0		沒入 1/2	200		200			300		完全 沒入	400		400			600	
物體體積 400cm ³		液體密度 1 g/cm ³			液體密度 1.5 g/cm ³																																																																														
沒入 體積	cm ³	彈簧秤 讀數	減少 重量	浮力	彈簧秤 讀數	減少 重量	浮力																																																																												
未沒入	0	800	0	0	800	0	0																																																																												
沒入 1/2	200	600	200	200	500	300	300																																																																												
完全 沒入	400	400	400	400	200	600	600																																																																												
物體體積 400cm ³		液體密度 1 g/cm ³			液體密度 1.5 g/cm ³																																																																														
沒入 體積	cm ³	彈簧秤 讀數	減少 重量	浮力	彈簧秤 讀數	減少 重量	浮力																																																																												
未沒入	0		0			0																																																																													
沒入 1/2	200		200			300																																																																													
完全 沒入	400		400			600																																																																													
由上述實驗可得知 (1) 減輕的重量等於浮力 (2) 減輕的重量 (浮力)，等於該物體所排開的液體重 浮力 = 物體排開的液體體積 x 液體每單位體積的重量 B = V_排 x D_液		由上述實驗可得知 (1) 減輕的重量等於浮力 (2) 減輕的重量 (浮力)，等於該物體所排開的液體重 浮力 = 物體排開的液體體積 x 液體每單位體積的重量 B = V_排 x D_液																																																																																	
分散注意力效應 形式效應 冗餘效應	多媒體原則 空間接近原則 連貫原則 型式原則 多餘原則 信號原則	開放目標效果 完成問題效果 分散注意力效應 形式效應 冗餘效應 變化效應	多媒體原則 空間接近原則 連貫原則 型式原則 多餘原則 互動原則 信號原則																																																																																
教學過程簡述：																																																																																			
1. 教學時皆呈現步驟化教學，文字訊息內容結構化處理，使用深色代表密度大之物體，觀察比較當液體密度較大時，刻度變化情形，引導學生思考，液面下體積相同時，減少的刻度會不同，密度大的液體減少的刻度較多，減少的刻度等於液面下體積乘上液體密度。																																																																																			
2. 引導學生觀察同一物體在不同密度的液體中，最後都會液面下時，液面下體積相同，但是減少的刻度不同，密度大的液體，刻度減少較多。																																																																																			
3. 引導學生思考，當物體在水中時，浮力等於排開的液體重，為密面下體積乘上液體密度。																																																																																			
4. 計算浮力時使用紅色箭頭引導學生，引導學生浮力計算。																																																																																			
5. 實驗組在步驟化過程多了動態移動及動態按鈕，動態移動使學生感受水上升過程中刻度會漸漸減少，密度大的液體刻度漸少較塊，使學生在浮力的感受上更強烈；動態按鈕控制表格，可以適時控制數字出現消失，使學生在比較上更容易，減少學生認知負荷。																																																																																			

例題一

例題 1 有一艘船停在碼頭上，  00 / 00 00	例題 1 有一艘船停在碼頭上，  00 / 00 00		
例題 1 有一艘船停在碼頭上， 裝滿貨物後  00 / 00 00	例題 1 有一艘船停在碼頭上， 裝滿貨物後  00 / 00 00		
例題 1 有一艘船停在碼頭上， 裝滿貨物後 請問 未裝貨物 船的浮力 裝上貨物 船的浮力  00 / 00 00	例題 1 有一艘船停在碼頭上， 裝滿貨物後 請問 未裝貨物 船的浮力 裝上貨物 船的浮力  00 / 00 00		
完成問題效果 分散注意力效應 形式效應 冗餘效應	多媒體原則 連貫原則 型式原則 多餘原則	完成問題效果 分散注意力效應 形式效應 冗餘效應	多媒體原則 空間接近原則 連貫原則 型式原則 多餘原則
教學過程簡述： 1. 教學時皆呈現步驟化教學，文字訊息內容結構化處理，使用綠色方格代表貨物，探討船在放上貨物後，浮力會增加。 2. 實驗組在步驟化過程多了動態移動，可以看到在放上貨物增加重量後，船會有稍微下沉現象，使學生容易判斷前後情形差異。			

例題二

例題 • 將同質量的鐵塊(密度7.9公克/立方公分)及鋁塊(密度2.7公克/立方公分)同時丟入水中，何者所受的浮力較大？ 	例題 • 將同質量的鐵塊(密度7.9公克/立方公分)及鋁塊(密度2.7公克/立方公分)同時丟入水中，何者所受的浮力較大？ 		
例題 • 將同質量的鐵塊(密度7.9公克/立方公分)及鋁塊(密度2.7公克/立方公分)同時丟入水中，何者所受的浮力較大？ 	例題 • 將同質量的鐵塊(密度7.9公克/立方公分)及鋁塊(密度2.7公克/立方公分)同時丟入水中，何者所受的浮力較大？ 		
例題 • 將同質量的鐵塊(密度7.9公克/立方公分)及鋁塊(密度2.7公克/立方公分)同時丟入水中，何者所受的浮力較大？ 	例題 2 • 將同質量的鐵塊(密度7.9公克/立方公分)及鋁塊(密度2.7公克/立方公分)同時丟入水中，何者所受的浮力較大？ 		
完成問題效果 分散注意力效應 形式效應 冗餘效應	多媒體原則 空間接近原則 連貫原則 型式原則 多餘原則 信號原則	開放目標效果 完成問題效果 分散注意力效應 形式效應 冗餘效應	多媒體原則 空間接近原則 連貫原則 型式原則 多餘原則 互動原則 信號原則
教學過程簡述： 1. 教學時皆呈現步驟化教學，文字訊息內容結構化處理，探討相同質量不同密度物體放入水中浮力大小。 2. 此為課本例題，因兩物體密度皆大於水，所以皆會沉入水中，但是兩者體積並不相同，體積大的物體浮力較大。 3. 實驗組在步驟化過程多了動態移動，可以看到在放入物體後，水面上升情形，使學生容易判斷兩物體排開水的體積並不相同，由此可知浮力並不相同。			

例題三

- 有甲、乙、丙三個不溶於水的固體，其質量和體積如下表所示，若將三者同時投入水中，則哪一個所受的浮力最大？

物體	甲	乙	丙
質量(g)	30	40	60
體積(cm ³)	20	50	80
浮力			



◎ / 33 ◎

- 有甲、乙、丙三個不溶於水的固體，其質量和體積如下表所示，若將三者同時投入水中，則哪一個所受的浮力最大？

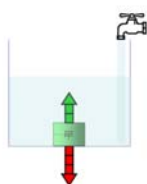
物體	甲	乙	丙
質量(g)	30	40	60
體積(cm ³)	20	50	80
浮力			



◎ / 33 ◎

- 有甲、乙、丙三個不溶於水的固體，其質量和體積如下表所示，若將三者同時投入水中，則哪一個所受的浮力最大？

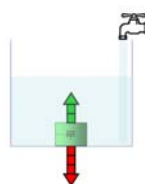
物體	甲	乙	丙
質量(g)	30	40	60
體積(cm ³)	20	50	80
浮力	20		



◎ / 33 ◎

- 有甲、乙、丙三個不溶於水的固體，其質量和體積如下表所示，若將三者同時投入水中，則哪一個所受的浮力最大？

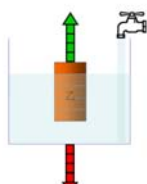
物體	甲	乙	丙
質量(g)	30	40	60
體積(cm ³)	20	50	80
浮力	20		



◎ / 33 ◎

- 有甲、乙、丙三個不溶於水的固體，其質量和體積如下表所示，若將三者同時投入水中，則哪一個所受的浮力最大？

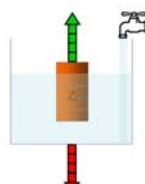
物體	甲	乙	丙
質量(g)	30	40	60
體積(cm ³)	20	50	80
浮力	20	40	



◎ / 33 ◎

- 有甲、乙、丙三個不溶於水的固體，其質量和體積如下表所示，若將三者同時投入水中，則哪一個所受的浮力最大？

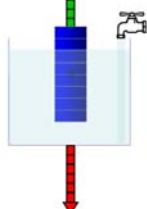
物體	甲	乙	丙
質量(g)	30	40	60
體積(cm ³)	20	50	80
浮力	20	40	



◎ / 33 ◎

- 有甲、乙、丙三個不溶於水的固體，其質量和體積如下表所示，若將三者同時投入水中，則哪一個所受的浮力最大？

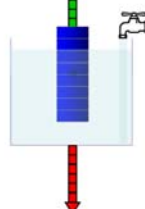
物體	甲	乙	丙
質量(g)	30	40	60
體積(cm ³)	20	50	80
浮力	20	40	60



◎ / 33 ◎

- 有甲、乙、丙三個不溶於水的固體，其質量和體積如下表所示，若將三者同時投入水中，則哪一個所受的浮力最大？

物體	甲	乙	丙
質量(g)	30	40	60
體積(cm ³)	20	50	80
浮力	20	40	60



◎ / 33 ◎

- 有甲、乙、丙三個不溶於水的固體，其質量和體積如下表所示，若將三者同時投入水中，則哪一個所受的浮力最大？

物體	甲	乙	丙
質量(g)	30	40	60
體積(cm ³)	20	50	80
密度	3000 ≈1.5	4000 ≈0.8	
浮、沉	沉	浮	
浮力	20x1	40	



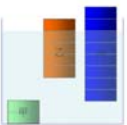
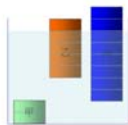
◎ / 33 ◎

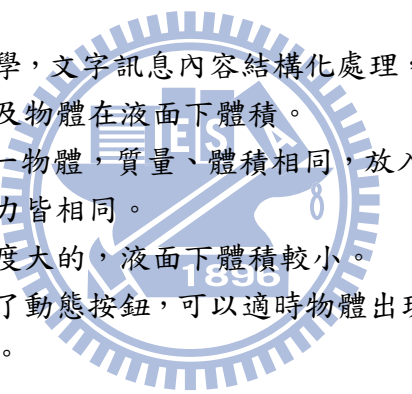
- 有甲、乙、丙三個不溶於水的固體，其質量和體積如下表所示，若將三者同時投入水中，則哪一個所受的浮力最大？

物體	甲	乙	丙
質量(g)	30	40	60
體積(cm ³)	20	50	80
密度	3000 ≈1.5	4000 ≈0.8	
浮、沉	沉	浮	
浮力	20x1	40	



◎ / 33 ◎

• 有甲、乙、丙三個不溶於水的固體，其質量和體積如下表所示，若將三者同時投入水中，則哪一個所受的浮力最大？ <table border="1"><thead><tr><th>物體</th><th>甲</th><th>乙</th><th>丙</th></tr></thead><tbody><tr><td>質量(g)</td><td>30</td><td>40</td><td>60</td></tr><tr><td>體積(cm³)</td><td>20</td><td>50</td><td>80</td></tr><tr><td>密度</td><td>30/20 =1.5</td><td>40/50 =0.8</td><td>60/80 =0.75</td></tr><tr><td>浮、沉</td><td>沉</td><td>浮</td><td>浮</td></tr><tr><td>浮力</td><td>20x1</td><td>40</td><td>60</td></tr></tbody></table> 	物體	甲	乙	丙	質量(g)	30	40	60	體積(cm ³)	20	50	80	密度	30/20 =1.5	40/50 =0.8	60/80 =0.75	浮、沉	沉	浮	浮	浮力	20x1	40	60	• 有甲、乙、丙三個不溶於水的固體，其質量和體積如下表所示，若將三者同時投入水中，則哪一個所受的浮力最大？ <table border="1"><thead><tr><th>物體</th><th>甲</th><th>乙</th><th>丙</th></tr></thead><tbody><tr><td>質量(g)</td><td>30</td><td>40</td><td>60</td></tr><tr><td>體積(cm³)</td><td>20</td><td>50</td><td>80</td></tr><tr><td>密度</td><td>30/20 =1.5</td><td>40/50 =0.8</td><td>60/80 =0.75</td></tr><tr><td>浮、沉</td><td>沉</td><td>浮</td><td>浮</td></tr><tr><td>浮力</td><td>20x1</td><td>40</td><td>60</td></tr></tbody></table> 	物體	甲	乙	丙	質量(g)	30	40	60	體積(cm ³)	20	50	80	密度	30/20 =1.5	40/50 =0.8	60/80 =0.75	浮、沉	沉	浮	浮	浮力	20x1	40	60
物體	甲	乙	丙																																														
質量(g)	30	40	60																																														
體積(cm ³)	20	50	80																																														
密度	30/20 =1.5	40/50 =0.8	60/80 =0.75																																														
浮、沉	沉	浮	浮																																														
浮力	20x1	40	60																																														
物體	甲	乙	丙																																														
質量(g)	30	40	60																																														
體積(cm ³)	20	50	80																																														
密度	30/20 =1.5	40/50 =0.8	60/80 =0.75																																														
浮、沉	沉	浮	浮																																														
浮力	20x1	40	60																																														
完成問題效果 分散注意力效應 形式效應 冗餘效應	多媒體原則 空間接近原則 連貫原則 型式原則 多餘原則 信號原則	完成問題效果 分散注意力效應 形式效應 冗餘效應	多媒體原則 空間接近原則 連貫原則 型式原則 多餘原則 互動原則 信號原則																																														
教學過程簡述： 1. 教學時皆呈現步驟化教學，文字訊息內容結構化處理，探討給予三個物體之質量、體積後，比較三物體放入水中所受的浮力大小。 2. 此為課本例題，教學時給予圖形輔助說明，依據質量及體積，算出密度大小，在判斷放入水中時甲物體會沉入水中，浮力應為體積乘上水的密度；乙、丙兩物體密度小於水，會浮在水面上，浮力等於重力。 3. 實驗組在步驟化過程多了動態移動及動態按鈕，動態移動可以看到在放入物體後，水面上升浮力亦增加，可由液面下體積計算浮力大小，減少認知負荷；動態按鈕控制表格，可以適時控制數字出現消失，使學生在比較上更容易。																																																	
例題四																																																	
• 小穎將釣魚竿的浮標分別放入甲、乙、丙三種不同的液體中，此時浮標的位置如圖所示，則(一)下列甲、乙、丙浮力大小為何？(二)液體密度大小為何？  浮標 浮力_甲=重力 浮標 浮力_乙=重力 浮標 浮力_丙=重力 浮力_甲=浮力_乙=浮力_丙=重力	• 小穎將釣魚竿的浮標分別放入甲、乙、丙三種不同的液體中，此時浮標的位置如圖所示，則(一)下列甲、乙、丙浮力大小為何？(二)液體密度大小為何？  浮標 浮力_甲=重力 浮標 浮力_乙=重力 浮標 浮力_丙=重力 浮力_甲=浮力_乙=浮力_丙=重力																																																

• 小穎將釣魚竿的浮標分別放入甲、乙、丙三種不同的液體中，此時浮標的位置如圖所示，則(一)下列甲、乙、丙浮力大小為何？(二)液體密度大小為何？  密度_甲 < 密度_乙 < 密度_丙		• 小穎將釣魚竿的浮標分別放入甲、乙、丙三種不同的液體中，此時浮標的位置如圖所示，則(一)下列甲、乙、丙浮力大小為何？(二)液體密度大小為何？ 	
完成問題效果 分散注意力效應 形式效應 冗餘效應	多媒體原則 空間接近原則 連貫原則 型式原則 多餘原則 信號原則	開放目標效果 完成問題效果 分散注意力效應 形式效應 冗餘效應	多媒體原則 空間接近原則 連貫原則 型式原則 多餘原則 互動原則 信號原則
教學過程簡述：			
 1. 教學時皆呈現步驟化教學，文字訊息內容結構化處理，探討同一物體放入不同液體中物體所受之浮力大小及物體在液面下體積。 2. 此為課本例題，因為同一物體，質量、體積相同，放入不同液體中皆為浮體，因此浮力等於重力，三者浮力皆相同。 3. 因浮力相同，故液體密度大的，液面下體積較小。 4. 實驗組在步驟化過程多了動態按鈕，可以適時物體出現消失，使學生在比較上更容易，減少學生認知負荷。			

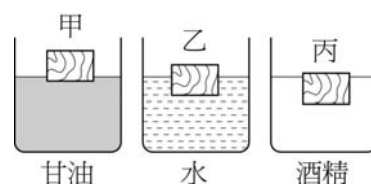
附錄二

浮力觀念評量

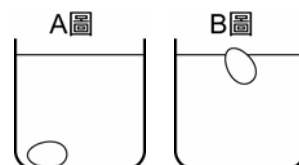
年 班 號 姓名

- () 1. 一艘總重 5000 公斤的船行駛在海上，則其所受的浮力為何？ (A)大於 5000 公斤 (B)等於 5000 公斤 (C)小於 5000 公斤 (D)條件不足，無法計算得到
- () 2. 將一顆 400 公克重的球放入盛滿水的容器中，若溢出的水重 100 公克重，請問所受的浮力為多少？ (A)100 (B)200 (C)300 (D)400。

- () 3. 如右圖所示，將同一木塊分別放置於三種不同的液體中，試根據圖中資料判斷木塊在不同的液體中所受的浮力大小為何？ (A)甲最大 (B)乙最大 (C)丙最大 (D)三者一樣大

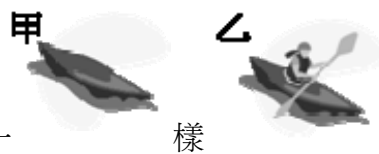


- () 4. 婷婷在家中將一顆雞蛋放入水中時發現雞蛋沉入桶底(如 A 圖)；如果在水中加入食鹽後，則雞蛋浮出水面(如 B 圖)。則雞蛋在何者所受浮力較大？ (A)水 (B)鹽水 (C)一樣大 (D)無法比較。

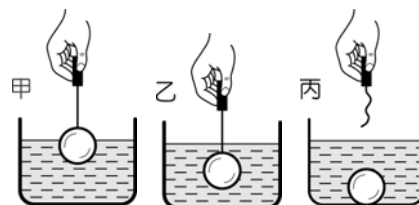


- () 5. 婷婷在學校做實驗時，將同體積的鋁塊(密度 2.7g/cm^3)和鐵塊(密度 7.8g/cm^3)，放入水中，鋁塊、鐵塊何者所受浮力較大？ (A)鋁塊 (B)鐵塊 (C)相等 (D)無法比較

- () 6. 在碼頭上有兩艘一模一樣的船，甲為空船、乙載了一位乘客，如右圖所示，兩船皆浮在水上，則所受的浮力以何者較大？ (A)甲 (B)乙 (C)一樣大 (D)資料不足，無法判斷

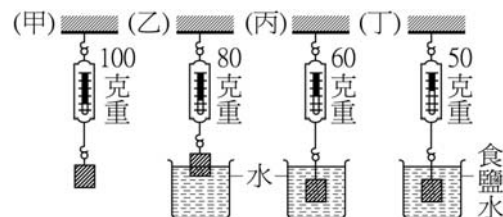


- () 7. 將同一金屬球分別置於甲、乙、丙三杯水中，如右圖所示，所受浮力分別為 $B_{甲}$ 、 $B_{乙}$ 、 $B_{丙}$ 。則其間大小關係下列何者正確？ (A) $B_{甲} > B_{乙} > B_{丙}$ (B) $B_{甲} < B_{乙} < B_{丙}$ (C) $B_{甲} = B_{乙} = B_{丙}$ (D) $B_{甲} < B_{乙} = B_{丙}$



- () 8 同質量的石塊(密度 3.0g/cm^3)及金塊(密度 19.3g/cm^3)投入水中，何者所受的浮力較大？ (A)石塊 (B)金塊 (C)一樣大 (D)無法比較。

- () 9. 婷婷在學校做浮力實驗，結果如右圖(甲)、(乙)、(丙)、(丁)，則物體全部沒入鹽水中時，受到的浮力為多少公克重？ (A) 50 (B) 60 (C) 80 (D) 100

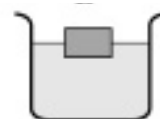


- () 10. 承上題，試問食鹽水的密度為多少 g/cm^3 ？ (A)0.75 (B)1.0 (C)1.25 (D)1.5

- () 11. 已知有 4 個不溶於水的物體甲、乙、丙、丁，其質量與體積如右表所示，如果將這 4 個物體丟入水中，則哪一個所受的浮力最大？ (A) 甲 (B)乙 (C)丙 (D)丁

	甲	乙	丙	丁
質量(公克)	100	400	200	600
體積(立方公分)	200	100	50	300

- () 12. 將一 400 立方公分 200 公克重的木頭放入水中如右圖，現在想用手施力將木頭完全沒入水中，請問需用多少力？ (A)2 (B)100 (C)200 (D)400 公克重



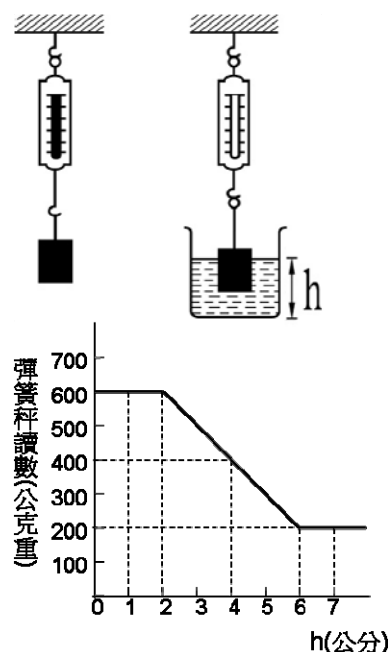
請在閱讀下列敘述後，回答下列問題：

小明進行浮力實驗，將一均勻的實心圓柱掛在彈簧秤下端，逐漸將水注入杯中，測得其水的深度(h)與彈簧秤讀數(V)，繪成圖表如下所示，則根據附圖試回答下列各問題：

13.若完全沒入水中時，所受浮力為多少公克重？_____

14.此物的密度為多少 g/cm^3 ？_____

15.若今天將物體換成相同大小但質量為 100 公克重的物體做實驗，將水注入杯中，當水面高度為 4 cm 時，所受浮力為多少公克重？_____



附錄三

認知負荷量表

請回想今天的上課內容及自己的學習過程並回答下兩個問題。

填答說明：請在右方的選項中圈出你真實的感受，並將對應的數字圈起來。

	非常 同意	同 意	有 點 同 意	沒 意 見	有 點 不 同 意	不 同 意	非常 不 同 意
1、我認為本次上課的內容在學習上非常容易……………	1	2	3	4	5	6	7

	非常 同意	同 意	有 點 同 意	沒 意 見	有 點 不 同 意	不 同 意	非常 不 同 意
2、我覺得我花了很少的心力，就能記得這堂課 教的內容……………	1	2	3	4	5	6	7

