

# 國立交通大學

理學院科技與數位學習學程

## 碩士論文

示意圖結合多媒體教學

對國小六年級學習槓桿原理之影響

The Illustrations and E-learning to the Effectiveness of Learning  
Lever Principle for the Sixth Grade Students in Elementary School

研究生：朱志青

指導教授：陳明璋 博士

中華民國 一 百 年 七 月



示意圖結合多媒體教學對國小六年級學習槓桿原理之影響

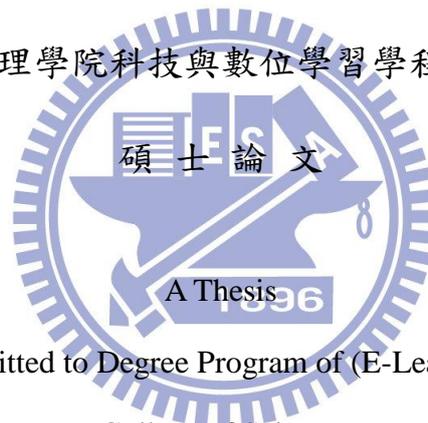
The Illustrations and E-learning to the Effectiveness of Learning Lever  
Principle for the Sixth Grade Students in Elementary School

研 究 生：朱志青      Student:Chih-Ching Chu

指 導 教 授：陳明璋      Advisor:Ming-Jang Chen

國 立 交 通 大 學

理學院科技與數位學習學程



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

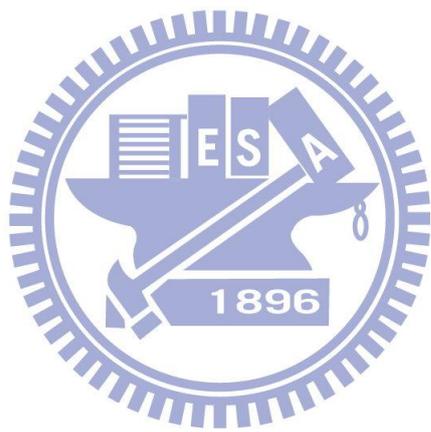
Degree Program of (E-Learning)

July 2011

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中 華 民 國 一 百 年 七 月







# 示意圖結合多媒體教學對國小六年級學習槓桿原理之影響

## 中文摘要

本研究的主要目的是應用多媒體融入自然與生活科技教學，並使用示意圖作為有效的認知負荷，以不增加學生外在認知負荷，探討能否造成槓桿原理學習成效的差異。

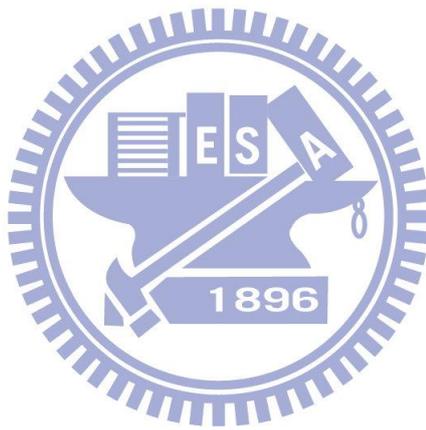
本研究以新竹市某國小六年級的四個班級共 125 名學生為研究對象，分成兩組進行有無示意圖之多媒體教學，兩組教材均符合多媒體學習理論，實驗組的教材增加了力的大小與方向的示意圖。同時以學生在五年級到六年級上學期共六次的自然成績，區分為高、低學業成就，比較各組的學習成效。

實驗教學前一週，兩組學生需先接受「槓桿原理學習成效前測」，在實驗教學結束後，再進行「槓桿原理學習成效後測」及「認知負荷量表」。

實驗結果採單因子共變數分析後，得到以下結論：

- 一、有示意圖能提昇學生槓桿原理學習成效。
- 二、有示意圖之教材對於提昇學生「槓桿概念」的學習成效有顯著成效，對於「槓桿實驗」及「判斷日常工具」無顯著成效。
- 三、有無示意圖對於高學業成就與低學業成就學生的學習成效無顯著差異，但對於低成就學生在「槓桿概念」的學習成效有顯著成效。
- 四、有無示意圖對於學生的認知負荷無顯著差異。

關鍵字：槓桿原理、示意圖、多媒體學習理論、認知負荷



# The Illustrations and E-learning to the Effectiveness of Learning Lever Principle for the Sixth Grade Students in Elementary School

Student: Chih-Ching Chu

Advisor: Ming-Jang Chen

Degree Program of E-learning  
National Chiao Tung University

## Abstract

The main purpose of this study is the application of multimedia technology into the teaching of Nature and Science Technology. Using the illustrations as the germane cognitive load in order not to increase students' extraneous cognitive load, and explore the possibility of differences of lever principle learning outcome.

In this study, 125 sixth graders of four different classes in Hsinchu City were divided into two groups - one with illustrations and one without. Two teaching materials were in line with multimedia learning theory, but teaching materials of the experimental group were increased with the illustrations of size and direction of the force. Students were divided into high and low academic achievement by six scores of Nature and Science Technology in the fifth grade to the first semester of sixth grade to compare the effectiveness of learning groups.

A week before the experiment, two groups of students were given a "lever principle learning pre-test". After the experiment finished, they were given a "lever principle learning post-test" and filled out a survey form of "cognitive load scale".

Following conclusions are obtained through the ANCOVA:

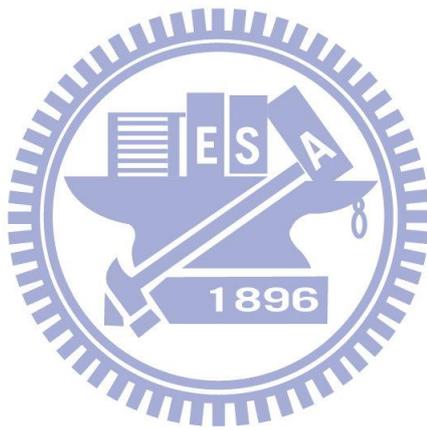
First, illustrations with multimedia can enhance learning outcome of lever principle.

Second, illustrations with multimedia can enhance students learning the concept of "the lever principle" significantly, but no significant results for the "leverage experiment" and "determine general tools".

Third, with or without the illustrations, there's no significant difference in learning outcome for high academic achievement and low academic achievement students, but there's a significant effect on the outcome of learning "the concept of lever principle" for low academic achievement students.

Fourth, there is no significant difference in student's cognitive load with or without the illustrations.

**Keywords: lever principle, illustrations, multimedia learning, cognitive load**



## 致謝

終於，終於要畢業了。

兩年前的暑假，才剛考上就被陳明璋老師叫去參加讀書會，接著是緊鑼密鼓又充滿挑戰性的 meeting，每個禮拜都擔心沒有進度可以報告，加上學校的事情與研究所其他的課程，都讓生活變得相當充實而緊湊，好像才剛 meeting 完，怎麼又要 meeting 了！不過，也因為這樣的密集，讓教材在一次又一次的修改中，學到了許多設計理念與數位技巧。

同學們的展演，讓學習過程中，得以互相切磋精進。感謝兩年來一同為畢業打拼的同學于芳、純慧、嘉惠、忠韻、真瑜、勃毅及怡君，曾經共同的不安、抱怨、討論、分享與喜悅，是在交大生活中重要的回憶，是老師們嚴格要求下重要的調味劑。

感謝國立科學工業園區實驗高中國小部的同事們。彭永芳主任、汪金后組長、徐家瑩組長還有李麗珠組長知道我在研究所及學校事務間努力，總盡可能減輕我的工作量，讓我能夠兼顧事業與學業。麗娟老師的過來人分享，珮青老師分攤了我許多工作，淑君老師、宇慈老師的關心……行政辦公室裡的同事隨時支援、主動給予協助，陪我走過這半工半讀的兩年。能夠順利在兩年完成論文，同事的助益相當重要！

六年級自然科任郭原甫老師更是研究的關鍵，由於需要仰賴他所任教的班級，因此需要他的協助也最大，在他專業且富有熱誠的教學上，我們得以在教學設計裡交換意見，並且順利完成施測，若沒有他的付出，這實驗真不知道如何完成。

感謝我的家人，讓我回到家後可以安心的唸書，讓我在陷入瓶頸時，能夠無後顧之憂。最重要的，還是要感謝指導教授陳明璋老師。有時，為了要把教材修正好，老師總是加班討論，即使過了午／晚餐時間，老師仍然不露倦容，仔仔細細地看我展演的每一個部分，不厭其煩的闡述老師的想法，一遍又一遍……。有時候是星期四晚上，有時候是星期天早上，老師犧牲了家庭時間，只為了成就我們的研究，讓我們的作品更臻完美。兩年的時間，現在感覺很快，但老師讓這兩年變得非常漫長、非常精實，真的非常佩服老師的耐心與毅力。最重要的，感謝老師讓我順利畢業了！謹以此論文獻給一路上幫助我的大家，謝謝！

朱志青 謹誌

中華民國一百年七月



# 目次

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 中文摘要.....              | I   |
| ABSTRACT.....          | III |
| 致謝.....                | V   |
| 目次.....                | VII |
| 表次.....                | X   |
| 圖次.....                | XIV |
| 一、緒論.....              | 1   |
| 1.1 研究背景與動機.....       | 1   |
| 1.2 研究目的.....          | 3   |
| 1.3 研究問題.....          | 3   |
| 1.4 名詞釋義.....          | 4   |
| 1.4.1 槓桿原理.....        | 4   |
| 1.4.2 國小六年級槓桿課程.....   | 4   |
| 1.4.3 示意圖.....         | 4   |
| 1.4.4 學習成效.....        | 5   |
| 1.5 研究範圍與限制.....       | 5   |
| 1.5.1 研究範圍.....        | 5   |
| 1.5.2 研究限制.....        | 5   |
| 二、文獻探討.....            | 6   |
| 2.1 槓桿課程.....          | 6   |
| 2.1.1 國內外對槓桿學習的研究..... | 6   |
| 2.1.2 槓桿原理教材分析.....    | 14  |
| 2.1.3 判斷日常工具課程分析.....  | 17  |
| 2.2 多媒體學習理論.....       | 22  |
| 2.2.1 多媒體教學的設計方法.....  | 22  |
| 2.2.2 多媒體學習的三個假設.....  | 23  |
| 2.2.3 三種認知處理.....      | 26  |
| 2.2.4 多媒體教材設計原則.....   | 27  |

|       |                                 |    |
|-------|---------------------------------|----|
| 2.3   | 認知負荷理論 .....                    | 31 |
| 2.3.1 | 認知負荷的基本假定.....                  | 31 |
| 2.3.2 | 認知負荷的類型.....                    | 33 |
| 2.3.3 | 認知負荷理論的教學設計原則.....              | 34 |
| 2.3.4 | 認知負荷理論的測量.....                  | 41 |
| 三、    | 研究方法.....                       | 43 |
| 3.1   | 研究架構 .....                      | 43 |
| 3.2   | 研究假設 .....                      | 44 |
| 3.3   | 研究設計 .....                      | 44 |
| 3.4   | 研究對象 .....                      | 45 |
| 3.5   | 研究工具 .....                      | 46 |
| 3.5.1 | 學習成就測驗.....                     | 46 |
| 3.5.2 | 認知負荷量表.....                     | 51 |
| 3.5.3 | 多媒體教材.....                      | 52 |
| 3.6   | 研究流程 .....                      | 58 |
| 3.6.1 | 實施流程.....                       | 58 |
| 3.6.2 | 實施程序.....                       | 59 |
| 3.7   | 資料處理與分析 .....                   | 60 |
| 四、    | 結果與討論.....                      | 61 |
| 4.1   | 有無示意圖與槓桿學習成效的關係 .....           | 61 |
| 4.2   | 有無示意圖與不同概念類型的測驗表現是否有顯著差異？ ..... | 62 |
| 4.2.1 | 有無示意圖是否影響「槓桿概念」的測驗表現.....       | 62 |
| 4.2.2 | 有無示意圖是否影響「槓桿實驗」的測驗表現.....       | 64 |
| 4.2.3 | 有無示意圖是否影響「日常工具判斷」的測驗表現.....     | 66 |
| 4.3   | 有無示意圖是否影響不同學業成就學生的測驗表現 .....    | 68 |
| 4.3.1 | 高成就學生的學習成效.....                 | 68 |
| 4.3.2 | 低成就學生的學習成效.....                 | 73 |
| 4.4   | 有無示意圖與學習認知負荷量的初探 .....          | 78 |
| 4.4.1 | 學習「槓桿原理」的認知負荷.....              | 79 |
| 4.4.2 | 學習「判斷日常工具」的認知負荷.....            | 84 |



|  |     |
|--|-----|
| 五、結論與建議.....                                   | 90  |
| 5.1 結論.....                                    | 90  |
| 5.2 建議.....                                    | 92  |
| 5.2.1 教學應用方面.....                              | 92  |
| 5.2.2 未來研究方面.....                              | 93  |
| 參考文獻.....                                      | 94  |
| 中文文獻.....                                      | 94  |
| 英文文獻.....                                      | 97  |
| 附錄一 從認知負荷理論探討六年級槓桿原理教學設計 成就測驗意見調查表【專家審查版】..... | 101 |
| 附錄二 預試題目.....                                  | 113 |
| 附錄三 施測題目.....                                  | 117 |
| 附錄四 認知負荷量表—槓桿原理.....                           | 120 |
| 附錄五 認知負荷量表—判斷日常工具.....                         | 121 |



# 表次

|      |                                |    |
|------|--------------------------------|----|
| 表 1  | PIAGET 的四個認知發展期                | 7  |
| 表 2  | 孩童使用四種解題規則對六種題型回答正確答案百分比       | 10 |
| 表 3  | SIEGLER 和 KLAHR 施測各年齡使用槓桿規則人數表 | 12 |
| 表 4  | SIEGLER 和 KLAHR 實驗的預測與解釋標準表    | 12 |
| 表 5  | 對不同類型問題的發展趨勢                   | 13 |
| 表 6  | 解決槓桿平衡問題的八個認知操作之假定             | 14 |
| 表 7  | 康軒版的槓桿原理內容編排                   | 15 |
| 表 8  | 翰林版的槓桿原理內容編排                   | 16 |
| 表 9  | 南一版的槓桿原理內容編排                   | 16 |
| 表 10 | 各版本日常工具判斷的課程整理                 | 18 |
| 表 11 | 康軒、翰林及南一版的日常工具整理表              | 20 |
| 表 12 | 不列入教材之日常工具                     | 22 |
| 表 13 | 基本知識建構類型                       | 25 |
| 表 14 | 認知負荷與多媒體設計原則比較表                | 40 |
| 表 15 | 認知負荷兩個向度分類關係表                  | 42 |
| 表 16 | 準實驗研究設計模式                      | 44 |
| 表 17 | 兩組近六次自然平均分數之敘述統計表              | 46 |
| 表 18 | 兩組近六次自然平均分數之 T 考驗分析表           | 46 |
| 表 19 | 兩組不同學業成就學生的近六次自然平均分數之敘述統計表     | 46 |
| 表 20 | 兩組不同學業成就學生的近六次自然平均分數之 T 考驗分析表  | 46 |
| 表 21 | 槓桿課程預試卷的雙向細目表                  | 47 |
| 表 22 | 預試難度與鑑別度分析                     | 48 |
| 表 23 | 槓桿原理測驗雙向細目表                    | 50 |
| 表 24 | 槓桿課程成就測驗的題目類型分配情形              | 51 |
| 表 25 | 認知負荷量表                         | 52 |
| 表 26 | 槓桿相關能力指標與教學目標                  | 53 |
| 表 27 | 本研究課程之教學目標                     | 54 |
| 表 28 | 課程流程表                          | 54 |
| 表 29 | 控制組與實驗組教材的異同比較表                | 55 |

|      |                                    |    |
|------|------------------------------------|----|
| 表 30 | 不同教材設計在「槓桿課程」前測之斜率同質性考驗摘要表.....    | 61 |
| 表 31 | 兩組在「槓桿課程」後測得分之敘述統計.....            | 61 |
| 表 32 | 兩組在「槓桿課程」後測得分之共變數分析摘要表.....        | 62 |
| 表 33 | 槓桿課程成就測驗的題目類型分配情形.....             | 62 |
| 表 34 | 兩組在「槓桿概念」前測之斜率同質性考驗摘要表.....        | 63 |
| 表 35 | 兩組在「槓桿概念」後測得分之敘述統計.....            | 63 |
| 表 36 | 兩組在「槓桿概念」後測得分之共變數分析摘要表.....        | 63 |
| 表 37 | 不同教材設計在「槓桿實驗」前測之斜率同質性考驗摘要表.....    | 64 |
| 表 38 | 兩組在「槓桿實驗」後測得分之敘述統計.....            | 64 |
| 表 39 | 兩組在「槓桿實驗」後測得分之共變數分析摘要表.....        | 64 |
| 表 40 | 槓桿實驗題各題作答比率.....                   | 65 |
| 表 41 | 兩組在「日常工具判斷」前測之斜率同質性考驗摘要表.....      | 66 |
| 表 42 | 兩組在「日常工具判斷」後測得分之敘述統計.....          | 67 |
| 表 43 | 兩組在「日常工具判斷」後測得分之共變數分析摘要表.....      | 67 |
| 表 44 | 兩組在日常工具判斷的各題得分.....                | 67 |
| 表 45 | 兩組在日常工具各點判斷得分.....                 | 68 |
| 表 46 | 兩組高成就學生在前測之斜率同質性考驗摘要表.....         | 69 |
| 表 47 | 兩組高成就學生在後測得分之敘述統計.....             | 69 |
| 表 48 | 兩組高成就學生在後測得分之共變數分析摘要表.....         | 69 |
| 表 49 | 兩組高成就組學生在「槓桿概念」前測之斜率同質性考驗摘要表.....  | 69 |
| 表 50 | 兩組高成就學生在「槓桿概念」後測得分之敘述統計.....       | 70 |
| 表 51 | 兩組高成就學生在「槓桿概念」後測得分之共變數分析摘要表.....   | 70 |
| 表 52 | 兩組高成就學生在「槓桿實驗」前測之斜率同質性考驗摘要表.....   | 70 |
| 表 53 | 兩組高成就學生在「槓桿實驗」後測得分之敘述統計.....       | 71 |
| 表 54 | 兩組高成就學生在「槓桿實驗」後測得分之共變數分析摘要表.....   | 71 |
| 表 55 | 高成就學生槓桿實驗題各題作答比率.....              | 71 |
| 表 56 | 兩組高成就學生在「日常工具判斷」前測之斜率同質性考驗摘要表..... | 72 |
| 表 57 | 兩組高成就學生在「日常工具判斷」後測得分之敘述統計.....     | 72 |
| 表 58 | 兩組高成就學生在「日常工具判斷」後測得分之共變數分析摘要表..... | 72 |
| 表 59 | 高成就學生在日常工具判斷的各題得分.....             | 73 |

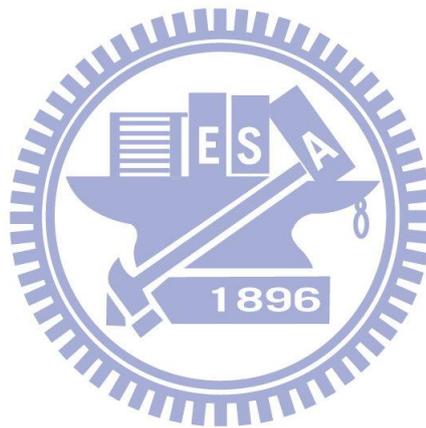
|      |  |    |
|------|--|----|
| 表 60 | 高成就學生在日常工具各點判斷得分 .....                             | 73 |
| 表 61 | 兩組低成就學生在前測成績之斜率同質性考驗摘要表 .....                      | 74 |
| 表 62 | 兩組低成就學生在後測得分之敘述統計 .....                            | 74 |
| 表 63 | 兩組低成就學生後測得分之共變數分析摘要表 .....                         | 74 |
| 表 64 | 兩組低成就組學生在「槓桿概念」前測之斜率同質性考驗摘要表 .....                 | 74 |
| 表 65 | 兩組低成就學生在「槓桿概念」後測得分之敘述統計 .....                      | 75 |
| 表 66 | 兩組低成就學生在「槓桿概念」後測得分之共變數分析摘要表 .....                  | 75 |
| 表 67 | 兩組低成就組學生在「槓桿實驗」前測之斜率同質性考驗摘要表 .....                 | 75 |
| 表 68 | 兩組低成就學生在「槓桿實驗」後測得分之敘述統計 .....                      | 76 |
| 表 69 | 兩組低成就學生在「槓桿實驗」後測得分之共變數分析摘要表 .....                  | 76 |
| 表 70 | 低成就學生槓桿實驗題各題作答比率 .....                             | 76 |
| 表 71 | 兩組低成就組學生在「日常工具判斷」前測之斜率同質性考驗摘要表 .....               | 77 |
| 表 72 | 兩組低成就學生在「日常工具判斷」後測得分之敘述統計 .....                    | 77 |
| 表 73 | 兩組低成就學生在「日常工具判斷」後測得分之共變數分析摘要表 .....                | 77 |
| 表 74 | 低成就學生在日常工具判斷的各題得分 .....                            | 78 |
| 表 75 | 低成就學生在日常工具各點判斷得分 .....                             | 78 |
| 表 76 | 槓桿原理認知負荷感受問題 1 的量表分數之敘述統計 .....                    | 79 |
| 表 77 | 兩組槓桿原理認知負荷感受問題 1 之 <i>T</i> 考驗比較表 .....            | 79 |
| 表 78 | 槓桿原理認知負荷感受問題 2、3 的量表分數之敘述統計 .....                  | 80 |
| 表 79 | 兩組槓桿原理認知負荷感受問題 2、3 之 <i>T</i> 考驗比較表 .....          | 80 |
| 表 80 | 槓桿原理認知負荷感受問題 4、5、6 及 7 的量表分數之敘述統計 .....            | 81 |
| 表 81 | 兩組槓桿原理認知負荷感受問題 4、5、6 及 7 之 <i>T</i> 考驗比較表 .....    | 82 |
| 表 82 | 槓桿原理認知負荷感受問題 8、9 及 10 的量表分數之敘述統計 .....             | 83 |
| 表 83 | 兩組槓桿原理認知負荷感受問題 8、9 及 10 之 <i>T</i> 考驗比較表 .....     | 83 |
| 表 84 | 判斷日常工具的認知負荷感受問題 1 的量表分數之敘述統計 .....                 | 84 |
| 表 85 | 兩組判斷日常工具的認知負荷感受問題 1 之 <i>T</i> 考驗比較表 .....         | 84 |
| 表 86 | 判斷日常工具的認知負荷感受問題 2、3 的量表分數之敘述統計 .....               | 85 |
| 表 87 | 兩組判斷日常工具的認知負荷感受問題 2、3 之 <i>T</i> 考驗比較表 .....       | 85 |
| 表 88 | 判斷日常工具的認知負荷感受問題 4、5、6 及 7 的量表分數之敘述統計 .....         | 86 |
| 表 89 | 兩組判斷日常工具的認知負荷感受問題 4、5、6 及 7 之 <i>T</i> 考驗比較表 ..... | 87 |

|   |    |
|---|----|
| 表 90 判斷日常工具的認知負荷感受問題 8、9 及 10 的量表分數之敘述統計.....   | 88 |
| 表 91 兩組判斷日常工具的認知負荷感受問題 8、9 及 10 之 T 考驗比較表 ..... | 88 |
| 表 92 研究結果整理.....                                | 91 |



## 圖次

|     |                            |    |
|-----|----------------------------|----|
| 圖 1 | SIEGLER 的天平橫桿實驗圖.....      | 7  |
| 圖 2 | 解決水平橫桿問題的四種規則.....         | 8  |
| 圖 3 | 翰林版自然習作指甲剪的施力點、支點及抗力點..... | 19 |
| 圖 4 | 南一版自然習作指甲剪的施力點、支點及抗力點..... | 19 |
| 圖 5 | 指甲剪的施力點、支點及抗力點位置.....      | 20 |
| 圖 6 | 訊息處理在雙通道處理流程圖.....         | 24 |
| 圖 7 | 研究架構圖.....                 | 43 |
| 圖 8 | 研究流程圖.....                 | 58 |
| 圖 9 | 施測第 18 題題目附圖.....          | 65 |



# 一、緒論

本章共分五節，主要說明本研究之研究背景與動機、研究目的、研究問題、名詞解釋與研究範圍與限制。

## 1.1 研究背景與動機

我國國民中小學九年一貫課程綱要「自然與生活科技」學習領域提到，學習科學，讓我們學會如何去進行探究活動：學會觀察、詢問、規劃、實驗、歸納、研判，也培養出批判、創造等各種能力（教育部，2003）。為了提升國家整體的競爭力，培養具有科學創造力的研究發展人才是刻不容緩，也是二十一世紀科學教育重要使命之一（李賢哲，2001）。

國內對科學教育的研究中，陳淑筠（2002）對國內學生自然科學迷思概念研究的後設研究發現，從 1991 年到 2001 年間共有 135 篇碩博士論文、期刊及國科會計畫資料，對國內所做有關我國學生（國小、國中生）自然科學的迷思概念，其中以物理方面為最多數，共有 59 篇，佔總比例 44%。多數研究者都認為學生在物理方面較常出現迷思概念，因此在物理的學習上也較有困難，許多研究者皆設計實驗教學活動，想要了解概念改變教學的成效如何，對於修正學生的迷思概念到底有無助益。在這 59 篇研究中，又以「力與運動」的篇數最多，共 25 篇，綜合歸納出 98 條迷思概念，可見力學對國中小學生來說，是相當困難的。Schecker 與 Niedderer (1996) 提到，學生相信「力」是很容易學習的概念，因為它的意義顯然是來自每天的經驗，但是實證研究結果，力卻是一個很困難學習的概念。學生往往以直覺及日常生活的經驗來判斷，卻往往因為科學用語的表面字義影響，反而產生迷思概念（彭泰源，1999）。例如：麵包夾的施力臂小於抗力臂，施力大小大於抗力大小，在槓桿工具中屬於費力工具，但是，對於學生而言，麵包夾一點也不費力。科學名詞與生活用語重複時，往往造成學生混淆，其中生活經驗對於學生概念的 formed，佔有相當重要的影響力，學生會採取「經驗取向」，只相信實際觀察、操作所獲得的概念，在模擬情境中思考，要提昇為分析層次時，往往也會造成概念改變的障礙（陳淑筠，2002），現在學生接觸實物的經驗缺乏，在分析思考上，更難以想像工具的運作與施力的感覺。

Bar (1989) 對小學生力學概念的研究指出，三到六年級對槓桿概念平衡問題的通過率為 8%、29%、55%、75%。國內研究四年級 50% 的學生會以重量作解題參考，32% 的學生重量相等時，才考慮距離，約 12% 的學生注意到重量和距離都會影響，但不知如何影響（江文慈，1993）。而我國五年級槓桿原理的通過率為 40%，還低於 Bar 的研究，這似乎也呈現了我國課程將槓桿與滑輪單元由五年級延到六年級教授的原因所在（游光純，2002），類似的考量在陳義勳（1996）的研究中，建議力學單元較有思考性的概念宜排在六年級來上。而我國的槓桿課程也從 57~82 年在五年級授課，在 83 年時移到六年級上學期（黃美惠，2011），到了 90 年再移到六年級下學期。

對於槓桿的迷思概念研究，從早期以第一類槓桿探討學生如何將不平衡回復到平衡 (Inhelder & Piaget, 1958)，到近年演變至應用槓桿原理之日常工具省力或費力的判斷(張志銘，2003；張意欣，2005)，許多研究都提出了學生在槓桿相關課程的迷思概念。有些來自於生活經驗，有些更來自於不當的教材，研究者曾任兩年六年級自然教師，對於課本上的錯誤知識，也曾錯誤引用，增加了學生學習上的困難，戴文雄（2009）認為，六年級學生對於槓桿判定方式產生以下錯誤觀念：誤以為物體一定要具備支點、施力點和抗力點，才是槓桿，只要欠缺任何一點，便不是槓桿，其原因與課本中對槓桿一詞的論述有很大關連。因此，在解決學生迷思概念前，應該評析各版本課文中的教學歷程，並找出錯誤知識，避免造成學生學習上的困擾。

近年來，教育部大力推動資訊融入教學，藉由多媒體教學，可增加學生學習動機，協助解決較困難的問題，鄭靜瑜（2002）使用資訊科技融入引導發現式教學試著解決槓桿平衡的問題，發現學生在學習成就測驗上比接受傳統教學法學生成績為佳。Mayer (2009) 和多位學者經過多次實驗研究，提出十二個多媒體教材的設計原則，作為數位教材的重要參考。研究者近年來多次以多媒體融入教學，不但提昇學生學習動機，也有效提昇學習成效，陳明璋博士基於認知科學與多媒體學習理論，提出了以課堂授課為導向之激發式動態呈現教學 (trigger-based animation) 概念。許多論文以激發式動態呈現教學融入課程，均顯著提昇學生學習成效（吳帝瑩，2008；呂慧君，2009；李元亨，2010；邱家麟，2008；洪榮忠，2008；張亦甯，2009；張祐誠，2008；陳信銘，2008；曾妙玲，2008；曾椿惠，2010；葉子榕，2010；廖家瑩，2010；潘張杰，2008）。這也顯示了適當的多媒體教材設計，能修正學童的迷思概念，進而習得正確的科學知識。

1988 年，Sweller 將認知負荷理論引入教育界，隨即引起國際的重視，不但成為許多研究的理論基礎，也廣泛被應用於教學設計，Sweller 等人從教學設計的角度分析認

為，在教學過程中將產生三種類型的認知負荷。教學上，適時引入有效的認知負荷，可協助學生對學習內容建構基模與自動化，並依此提出教學設計原則 (Sweller, 2010)，研究者依其理論在教材中增加示意圖，用箭頭表示力的方向，線段表示力的大小，呈現施力與抗力的大小關係，並以三角形代表支點，讓學生可以從最簡單的圖形中，達到建立槓桿原理概念的目的，期望能在不增加認知負荷的情況下，增加學生的學習成效。

## 1.2 研究目的

基於上述研究動機，本研究的目的如下：

- 一、有無示意圖應用在槓桿課程與學習成效的關係。
- 二、探討槓桿課程中不同概念的學習與有無示意圖的關係。
- 三、探討高低成就學生對於示意圖結合槓桿課程的學習成效。
- 四、瞭解有無示意圖對於學習認知負荷量的差異。

## 1.3 研究問題

根據研究目的，本研究提出以下問題：

- 一、示意圖結合多媒體教學在槓桿課程的教學相較於無示意圖結合多媒體教學是否能顯著提昇學生學習成效？
- 二、示意圖結合多媒體教學在「槓桿概念」的教學相較於無示意圖結合多媒體教學是否能顯著提昇學生學習成效？
- 三、示意圖結合多媒體教學在「槓桿實驗」的教學相較於無示意圖結合多媒體教學是否能顯著提昇學生學習成效？
- 四、示意圖結合多媒體教學在「判斷日常工具」的教學相較於無示意圖結合多媒體教學是否能顯著提昇學生學習成效？
- 五、不同學業成就的學生接受示意圖結合多媒體教學後，相較於無示意圖結合多媒體教學，在槓桿課程的學生上是否能顯著提昇學生學習成效？
- 六、示意圖結合多媒體教學與無示意圖的組別，在認知負荷量是否有顯著差異？



## 1.4 名詞釋義

### 1.4.1 槓桿原理

槓桿是一種簡單機械，指的是在適當的配合下，能繞一支點轉動的硬棒。槓桿包含三點，施力點、支點及抗力點。施力點指的是施於槓桿之力的點，支點指的是支持槓桿而使它能自由轉動之點，抗力點指的是被施力所克服之力的點。從施力點到支點的距離是施力臂，抗力點到支點的距離是抗力臂。槓桿原理則是施力 $\times$ 施力臂 $=$ 抗力 $\times$ 抗力臂。

槓桿共分三種。第一型槓桿是支點的位置介於施力與抗力之間。例如剪刀、翹翹板等。第二型槓桿是支點的位置在槓桿的一端，而抗力在支點與施力之間。例如堅果夾等。第三型槓桿是支點的位置在槓桿的一端，而施力在支點與抗力之間。例如方糖夾等（何定樑，1999）。

### 1.4.2 國小六年級槓桿課程

國小六年級槓桿課程分成三部分，第一部份為「槓桿概念」，學生在判別平衡時，能知道須注意重量與距離的因素，並且對於槓桿的專有名詞，包括施力點、施力大小、施力臂、支點、抗力臂、抗力大小及抗力點能了解其意義，並發現施力點距離支點越遠或是抗力點距離支點越近，所需施力就會越小。

第二部分為「槓桿實驗」，透過槓桿實驗器的操作，發現施力臂大於抗力臂則省力，施力臂小於抗力臂則費力，施力臂等於抗力臂則不省力也不費力，最後引導出槓桿原理的算式，並預測砝碼個數及擺放位置改變後的結果。

第三部分為「判斷日常工具」，以上述知識判斷槓桿工具的施力點、支點、抗力點、施力臂及抗力臂，然後依照施力大小小於抗力大小、施力大小大於抗力大小及施力大小等於抗力大小分類為省力、費力或不省力也不費力。

### 1.4.3 示意圖

示意圖是為了便於說明事物具體輪廓或原理所繪成的圖（教育部國語推行委員會，1994）。由於力屬於抽象概念，無法用肉眼觀察，為說明力的大小與方向，以箭頭示意力的方向，以線段示意力的大小，將抽象的力具像化。

#### 1.4.4 學習成效

學習成效是指學生在本次教學後，經由教學所獲得的知識技能。在本研究中的學習成效係以學生依據研究者編制之「槓桿原理測驗」後測得分，其中依照雙向細目表，可分出「槓桿概念」後測得分、「槓桿實驗」後測得分及「判斷日常工具」後測得分。得分越高，表示學生在該概念的學習成效越高；反之則越低。

### 1.5 研究範圍與限制

#### 1.5.1 研究範圍

研究教材為國民小學自然與生活科技六年級下學期「簡單機械」單元中的「槓桿」課程，教材自編。研究對象為新竹市某國小六年級四個班級的學生。

#### 1.5.2 研究限制

研究限制依研究設計、研究對象及教材內容說明如下：

##### 1. 研究設計的限制

由於學校情境不可能為此研究更動功課表或重新編班，因此只能遷就現有條件，應用現有班級作實驗分組。本研究採取準實驗研究，為不等組前測—後測設計，選取兩班為實驗組，兩班為控制組。

##### 2. 研究對象的限制

本研究係以新竹市某國小六年級學生為研究對象，樣本數為 125 人，未能推及其他類型之學校與學生。

##### 3. 教材內容的限制

教材內容不採用唯一版本教科書，而是綜合各版本後，由研究者自行製作數位教材，因此不適用於推廣採取單一版本教科書或非採取多媒體融入教學的上課模式。

## 二、文獻探討

本研究以多媒體學習理論及認知負荷理論探討槓桿課程設計，因此針對多媒體學習理論、認知負荷理論及槓桿課程研究的相關文獻進行探討。

### 2.1 槓桿課程

#### 2.1.1 國內外對槓桿學習的研究

Inhelder 與 Piaget (1958) 使用「平衡槓桿」作為比例推理的工具，探究平衡操作基模的行動與反應，認為平衡槓桿比例推理的發展有三個階段，每一個階段又可分為兩個子階段。

第一階段可分成 1A 及 1B 子階段。

1A 子階段 (3~5 歲): 無法辨識的平衡過程。要受試者讓槓桿恢復平衡狀態，受試者會用手將下降的一方扶正，若堅持不能用手，受試者會任意添加砝碼，即使已經下傾的一方，仍然會添加砝碼。如果在一個已經平衡的槓桿中，任意取下一邊的一個砝碼，讓受試者使其恢復平衡，受試者由於缺乏可逆性，不一定會將取下的砝碼放回原本的位置使其平衡。

1B 子階段 (5~8 歲): 有重量補償的直覺。知道下傾的一方比較重，要拿掉砝碼；上升的一方比較輕，要添加砝碼，才能使槓桿恢復至平衡。

第二階段具有距離會影響槓桿平衡的概念，可分成 2A 及 2B 子階段。

2A 子階段: 受試者會將重量較輕的放到距離較遠處，以取得平衡，但依然是用直覺作判斷，藉由嘗試錯誤使槓桿達到平衡。

2B 子階段: 有「越重越靠近中心」的想法。知道重量與距離有相反的對應關係，如果重量序列是  $A < B < C \dots$ ，距離是  $L_1 > L_2 > L_3 \dots$ ，能夠用 A 去對應  $L_1$ ，B 去對應  $L_2$  做一對一的配對。可以被解釋成會使用  $A \times L_1 = B \times L_2 = C \times L_3 \dots$ ，但是並不足以建立槓桿的比例關係。

第三階段: 開始發現到最後能解釋槓桿的比例關係。

3A 子階段: 開始發現比例關係。

3B 子階段: 能解釋距離與重量的比例關係。

從三個階段的發展歷程可知，孩童先有重量補償的概念，才會將距離納入考量。

Piaget以多次實驗後，於1969年提出四個認知發展期如表 1，對於教育的上有相當大的參考價值，學校教育應該按兒童思維方式實施知識教學，並且循兒童認知發展順序設計課程（張春興，2007）。

表 1

**Piaget 的四個認知發展期**

| 期別    | 年齡    | 基模功能特徵   |
|-------|-------|--|
| 感覺動作期 | 0-2歲  | 1.憑感覺與動作以發揮其基模功能。<br>2.由本能性的反射動作到目的性的活動。<br>3.對物體認識具有物體恆存性概念。  |
| 前運思期  | 2-7歲  | 1.能使用語言表達概念，但有自我中心傾向。<br>2.能使用符號代表實物。<br>3.能思維但不合邏輯，不能見及事務的全面。 |
| 具體運思期 | 7-11歲 | 1.能根據具體經驗思維以解決問題。<br>2.能解決可逆性的道理。<br>3.能解決守恆的道理。               |
| 形式運思期 | 11歲以上 | 1.能做抽象思維。<br>2.能按假設驗證的科學法則解決問題。<br>3.能按形式邏輯的法則思維問題。            |

參考資料：張春興（2007），**教育心理學：三化取向的理論與實踐**（頁90）。臺北市：東華。

不過，Kuhn等人（1977）發現，在256位青少年與成年人之中，其思維方式能達到形式運思期者，只有30%；Epstien（1980）發現14歲的青少年組，認知思維能力達到形式運思程度者，卻僅只有少數（15%）。顯然，各年齡組實際發展水平與理論不符，低估了兒童也高估了青少年的認知思維能力（張春興，2007）。

Siegler（1976）利用天平橫桿問題（天平橫桿如圖 1）如探討發展對兒童在學習使用複雜策略解題的影響。

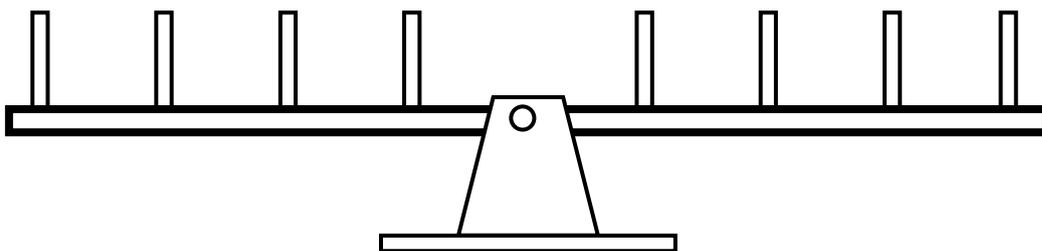


圖 1 Siegler 的天平橫桿實驗圖

孩童可能會如何解決天平橫桿的平衡問題？Siegler (1978) 認為他們可能會循著認知發展歷程使用四個規則（詳見圖 2）來解決問題。

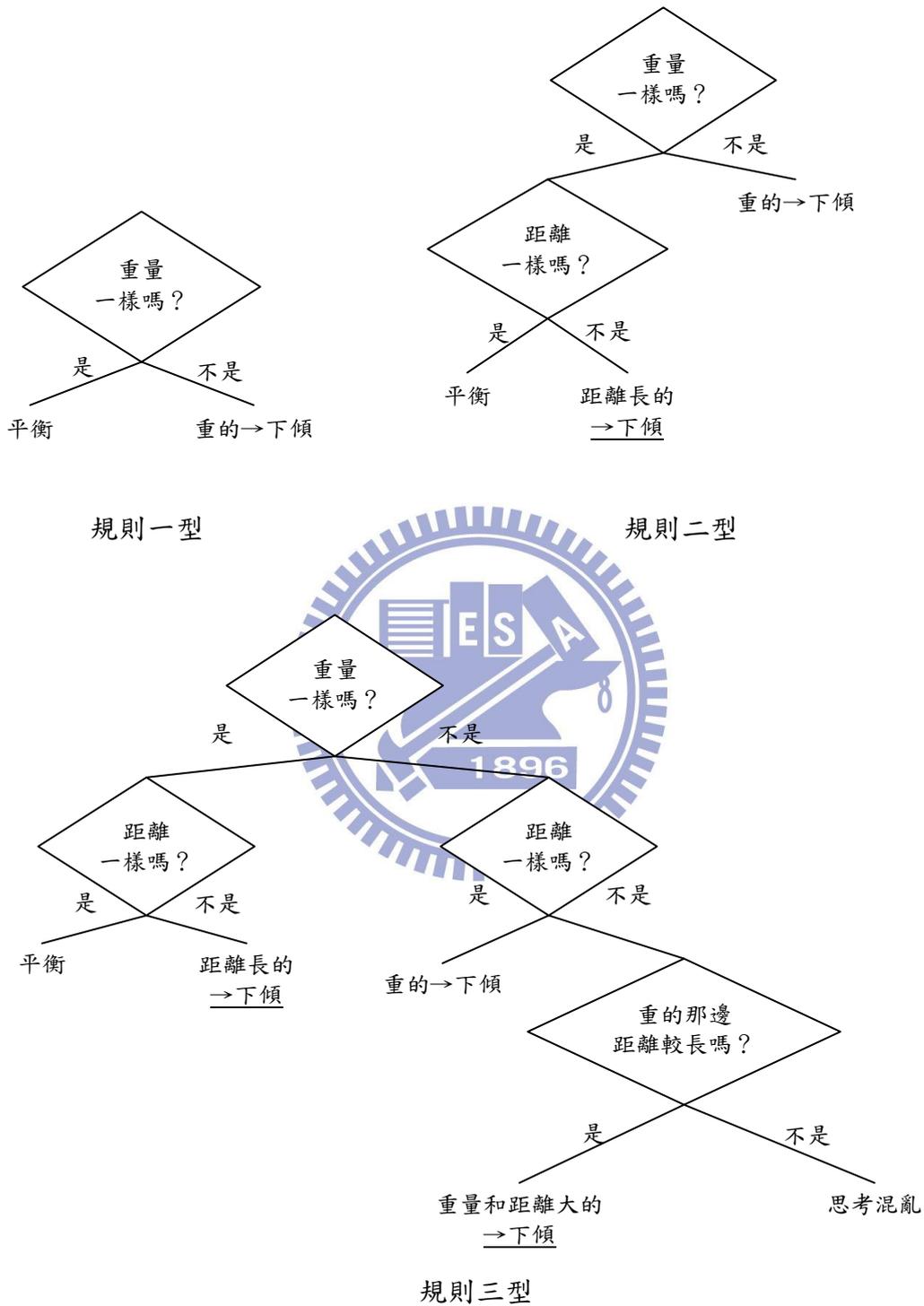


圖 2 解決水平橫桿問題的四種規則

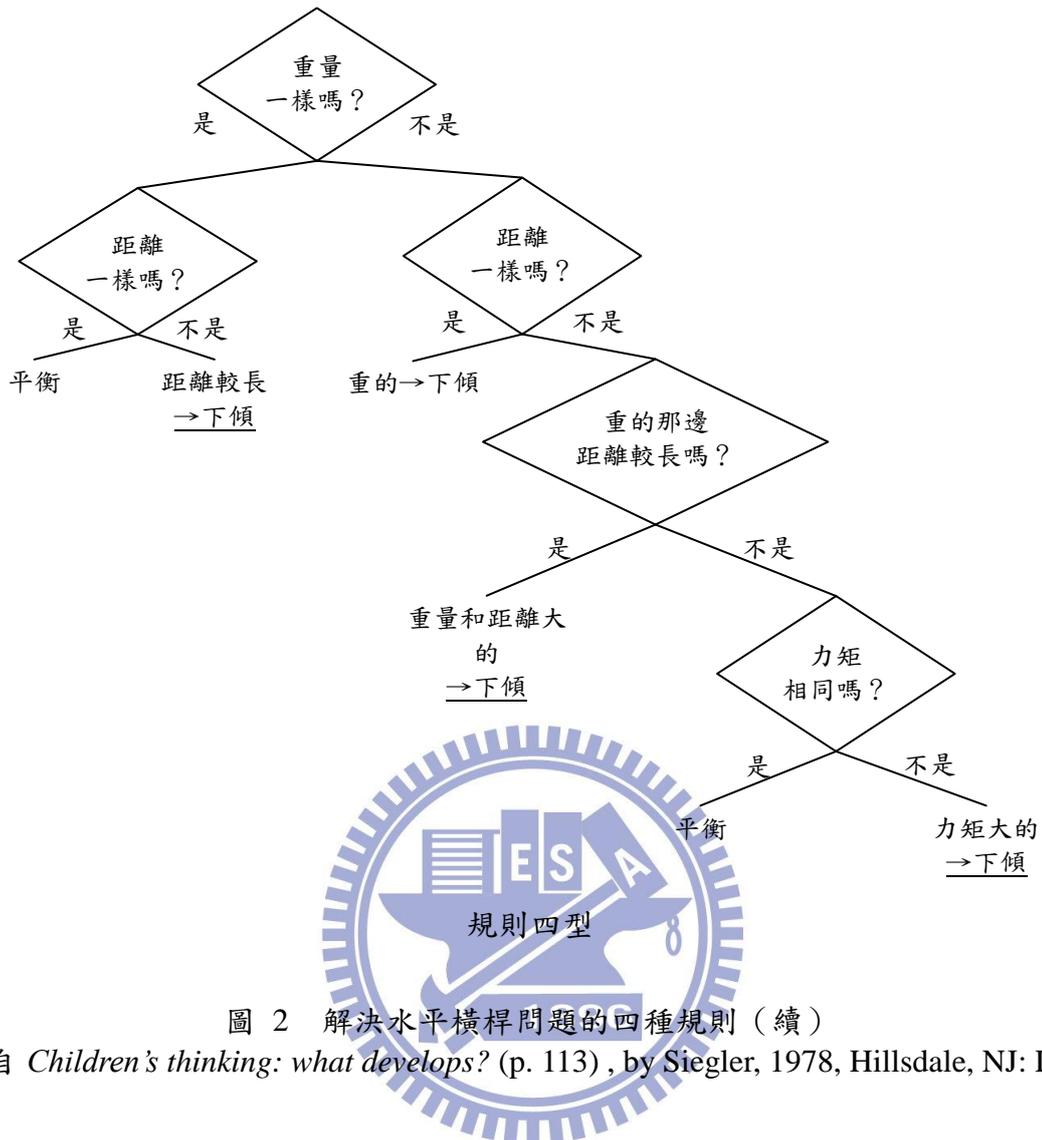


圖 2 解決水平橫桿問題的四種規則（續）

翻譯自 *Children's thinking: what develops?* (p. 113), by Siegler, 1978, Hillsdale, NJ: LEA.

圖 2 是Siegler假設孩童可能有四種解決槓桿問題的規則，這四種規則如同Piaget的四個認知發展期有認知發展程序性：

規則一：僅以重量判斷，不會考慮距離。只要砝碼較多的一邊就會下傾。

規則二：重量為優先判斷的條件，只要重量不一樣，砝碼較多的一邊就會下傾。當重量一樣時，再比較距離，距離也一樣就會平衡，距離不一樣的話，距離較大的一邊會下傾。

規則三：知道距離和重量一樣重要，不管重量一不一樣，都要將距離作為考量因素。重量相同時，距離大的下傾；距離一樣時，重量大的下傾；重量距離都不一樣時，重量和距離都大的會下傾，但是重量大而距離小時，就會陷入思考混亂，包括重量大的下傾、距離大的下傾或是兩邊平衡的三種答案都會出現。

規則四：除了有規則三的判斷能力外，還能以重量與距離的乘積來判斷，乘積較大的會下傾。

為了探究孩童所使用的規則，Siegler (1978) 設計了六種型態的問題：

問題一為平衡題 (Balance)：左右兩邊都是在第一格放三個砝碼。

問題二為重量題 (Weight)：左右兩邊都是第一格，但左邊放三個砝碼，右邊放兩個砝碼。

問題三為距離題 (Distance)：左右兩邊都是三個砝碼，但左邊放在第三格，右邊放在第二格。

問題四為衝突—重量題 (Conflict-Weight)：左邊第三格放三個砝碼，右邊第四格放兩個砝碼，砝碼多的一邊下傾。

問題五為衝突—距離題 (Conflict-Distance)：左邊第三格放兩個砝碼，右邊第一格放四個砝碼，距離遠的一邊下傾。

問題六為衝突—平衡題 (Conflict-Balance)：左邊第二格放兩個砝碼，右邊第一格放四個砝碼，結果會平衡。

這六個問題在使用不同解題規則時，回答正確答案的百分比如表 2。

表 2  
孩童使用四種解題規則對六種題型回答正確答案百分比

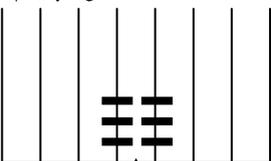
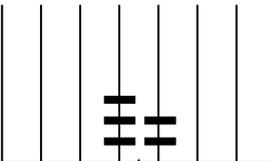
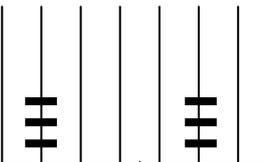
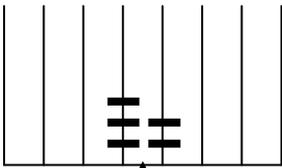
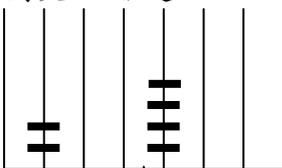
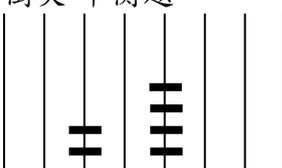
| 問題形式   | 規則          |     |     |     |
|--|-------------|-----|-----|-----|
|  | I           | II  | III | IV  |
| 平衡題<br> | 100         | 100 | 100 | 100 |
| 重量題<br> | 100         | 100 | 100 | 100 |
| 距離題<br> | 0<br>(回答平衡) | 100 | 100 | 100 |

表 2  
 孩童使用四種解題規則對六種題型回答正確答案百分比 (續)

| 問題形式   | 規則            |               |                            |     |
|--|---------------|---------------|----------------------------|-----|
|  | I             | II            | III                        | IV  |
| 衝突-重量題<br>  | 100           | 100           | 33<br>(向左/向右/平衡<br>都有可能回答) | 100 |
| 衝突-距離題<br>  | 0<br>(回答向右傾斜) | 0<br>(回答向右傾斜) | 33<br>(向左/向右/平衡<br>都有可能回答) | 100 |
| 衝突-平衡題<br> | 0<br>(回答向右傾斜) | 0<br>(回答向右傾斜) | 33<br>(向左/向右/平衡<br>都有可能回答) | 100 |

翻譯自 *Children's thinking: what develops?* (p. 115), by Siegler, 1978, Hillsdale, NJ: LEA.

其中最值得觀察的是「距離題」與「衝突—重量題」。「距離題」是被預測進步幅度最大的，使用規則一的孩童一旦會使用規則二，答對率就會從0%進步到100%，也就是說，從距離題可判斷孩童是否停留在規則一或已達到規則二的層次。

若使用規則一、規則二解決「衝突—重量題」時，孩童答對率是100%，但是使用更複雜的規則三解決時，孩童預測答對率就只有33%。在「衝突—重量題」中，學童的認知會經歷認知衝突，在三種答案中徘徊，使得答對率反而下降，直到會使用規則四後，才能往上提升。因此從此類題型可以判斷學童正進入規則三或規則四的階段。

Seigler將認知發展視為一種獲得愈來愈複雜的解題原則歷程，重點是要有從問題中收錄愈來愈多的變項之能力。先是「重量」，然後加入「距離」，最後考慮「力矩」。在越來越複雜的題型中，林清山（1990）認為必須能減少工作記憶容量被佔用，才能成功的完成解題作業。要減少佔用工作記憶的方法有兩種，第一，要將先前知識自動化，熟悉各個基本成分，第二，要能免除規則，不再要求孩童正確執行基本成分技能。

Siegler和Klahr (1982) 用三十題六類型題目—平衡題、重量題及距離題各四題，衝

突重量題、衝突距離題及衝突平衡題各六題—對十名五至六歲、十名九至十歲、十名十三至十四歲孩童及十名十六到十七歲青少年施測，結果如表 3 所示，五至六歲大都使用規則一外，其餘大都使用規則二或規則三。

表 3  
Siegler 和 Klahr 施測各年齡使用槓桿規則人數表

| 年齡     | 規則 |    |     |    |      |
|--------|----|----|-----|----|------|
|        | I  | II | III | IV | 無法分類 |
| 5-6歲   | 9  | 0  | 0   | 0  | 1    |
| 9-10歲  | 1  | 4  | 2   | 1  | 2    |
| 13-14歲 | 1  | 4  | 4   | 0  | 1    |
| 16-17歲 | 0  | 4  | 5   | 1  | 0    |

翻譯自 “When do children learn? The relationship between existing knowledge and the acquisition of new knowledge,” by Siegler, R. S., & Klahr, D., 1982, *Advances in instructional psychology*, 2, p. 142.

表 4  
Siegler 和 Klahr 實驗的預測與解釋標準表

| 學生解釋使用規則 | 預測使用規則 |    |     |    |
|----------|--------|----|-----|----|
|          | I      | II | III | IV |
| I        | 11     | 0  | 0   | 0  |
| II       | 0      | 4  | 0   | 0  |
| III      | 0      | 8  | 11  | 0  |
| IV       | 0      | 0  | 0   | 2  |

翻譯自 “When do children learn? The relationship between existing knowledge and the acquisition of new knowledge,” by Siegler, R. S., & Klahr, D., 1982, *Advances in instructional psychology*, 2, p. 142.

如表 4 所示，80% 的學生能說出他們判斷平時所使用的規則，只有 20% 使用規則二者，以為使用規則三。

表 5 為各年齡作答六類型題目答對的百分率，從表中可以知道，距離題在五至六歲只有 3% 答對，到了九至十歲時有 75% 答對，可見九歲開始多數人會使用規則三做判斷。衝突—重量題答對率也從九歲起往下降，印證此時判斷的方式是規則三，但是一直到十六至十七歲時，答對率仍然下降，加上衝突—距離題及衝突—平衡題的答對率都不高，可見此時能使用規則四的仍是少數。從 Siegler 的研究推測，國小六年級學童大部分使用規則三，少部分仍使用規則二或規則四。Chletsos 與 Lisi (1989) 的研究也有同樣的結果，青少年會依據重量再進行距離的考量，大多使用的是規則三。

表 5  
對不同類型問題的發展趨勢

| 問題類型   | 年齡  |      |       |       | 預估發展趨勢           |
|--------|-----|------|-------|-------|------------------|
|        | 5-6 | 9-10 | 13-14 | 16-17 |                  |
| 平衡題    | 100 | 100  | 98    | 100   | 所有學童都在高水準，因此不會改變 |
| 重量題    | 95  | 100  | 100   | 98    | 所有學童都在高水準，因此不會改變 |
| 距離題    | 3   | 75   | 78    | 93    | 隨著年齡增長，有顯著改變     |
| 衝突-重量題 | 90  | 85   | 67    | 52    | 隨著年齡降低，再大一點可能會好轉 |
| 衝突-距離題 | 12  | 28   | 25    | 27    | 隨著年齡改進           |
| 衝突-平衡題 | 0   | 13   | 23    | 38    | 隨著年齡改進           |

翻譯自 “When do children learn? The relationship between existing knowledge and the acquisition of new knowledge,” by Siegler, R. S., & Klahr, D., 1982, *Advances in instructional psychology*, 2, p. 143.

國內引用Seigler的研究，對國小學童在槓桿迷思概念的研究中，江文慈（1993）發現四年級學生有50%以重量作為解題參考，屬於規則一；32%的學生在重量相等時，才會考慮距離，屬於規則二；12%的學生注意到重量和距離會影響，但無法正確判斷傾斜方向，屬於規則三；能使用重量與距離的乘積解題的人數是零。

游光純（2002）利用臨床晤談探究高年級學童對槓桿概念的另有想法中，幾乎所有高年級學童都能正確回答平衡題、重量題及距離題，但是對於衝突題時，呈現不同的分佈。

三十名參與研究的六年級學生中，有八人（27%）仍使用規則二判斷，有十九人（63%）使用規則三，產生三種另有想法，只有三人（10%）使用正確想法回答。三十名參與研究的五年級學生中，有十九人（63%）使用規則二判斷，只有十一人使用規則三（37%）。

六年級使用規則三的十九人中，學童想法有三種，一是學生認為「移動一格力臂需以一顆砝碼替換」槓桿可平衡、二是認為「一邊力臂長，一邊重量重，則槓桿會呈現平衡」、三是認為「左、右邊兩邊的力臂與施力和若相等，槓桿便會平衡」。分別占全部的兩成、一成與一人。

游光純（2002）認為六年級在槓桿平衡的判斷中，會比五年級多考慮到距離的因素，所以產生「以一顆換一格」及運用「力臂與重量的和」來判斷槓桿傾斜與否的方法。這些錯誤的判斷方式可能是學生從規則二到規則三的過程所產生。教學時，必須試著將學生從規則三引導到規則四，自然就不會再出現這些錯誤的判斷方式了。

在國外的研究也有同樣的錯誤判斷方式。Stepans（1996）在教學中發現部分學生會誤用槓桿原理，用砝碼數及力臂的和來做比較，但在游光純的研究中，此類學生占少數。

賴明照（2003）對國小高年級學童槓桿迷思概念之研究中，對444位國小六年級學童進行二段式問卷，發現學童對於衝突題有同樣的三種迷思概念。在三題衝突題中，回答「前進一格就少一個砝碼，後退一格就多一個砝碼」的分別占4.7%、7.95%及9.0%。回答「一邊砝碼較多、又另一邊距離較遠，相互抵銷」的分別占31.5%、28.4%及32.4%。回答「以加法做運算」的占7.0%。顯然，高年級學童多無法以比例公式判斷。

Spada主張個體認知能力的改變，這個模式有一些類似於新皮亞傑（neo-Piagetian）與訊息處理理論（information-processing theories），以短期記憶能力的觀點定出認知能力不同的量。並提出解決槓桿平衡問題的八個認知操作之假定，如表 6（賴明照，2003）。

表 6  
解決槓桿平衡問題的八個認知操作之假定

| 編號 | 認知操作方式                      |
|----|-----------------------------|
| 1  | 注意到並能對砝碼數目的扣除               |
| 2  | 注意到並能對力臂長度的扣除               |
| 3  | 由於一邊的改變，以相同形式對另一邊砝碼或力臂長度的補償 |
| 4  | 由於一邊的改變，以不同形式對另一邊長度的補償      |
| 5  | 由於一邊的改變，以不同形式對同一邊的補償        |
| 6  | 額外的考慮使槓桿平衡需要的改變因素之補償        |
| 7  | 對槓桿原理槓桿兩邊重量與力臂的交乘積必須相等的額外推演 |
| 8  | 以另一種方式對同一邊對等的不平衡的補償         |

資料來源：賴明照（2003）。國小高年級學童槓桿迷思概念之研究（頁31），臺中師範學院，臺中市。

### 2.1.2 槓桿原理教材分析

Hardiman等人在1986年的研究中發現，受測試的22名學生全部都引出力矩乘積的規則，但是在Jackson (1965)、Lovell (1961) 及Siegler (1976) 的研究中，只有少數受測者能使用力矩乘積的規則解決平衡槓桿的問題 (Roth, 1991)。不過，Hardiman等人發現這些學生在使用力矩乘積規則前，已經會使用比率規則（賴明照，2003），游光純（2002）也認為某些學生之所以很難理解平衡，是因為他們有比例概念上的困難。Piaget也認為這種推理能力屬於形式操作能力，是兒童認知發展進入形式運思期的指標之一。可見，槓桿平衡概念發展是一種高層次的認知能力（江文慈，1993），所以陳義勳（1996）建議，在力學單元中較有思考性的概念宜排在較高年級的六年級來上。而我國教科書在槓桿課程的安排上，也在兩次課程綱要更改中延後學習時間。民國57~82年在五年級授課，83年時移到六年級上學期（黃美惠，2011），到了90年九年一貫課程綱要時，再移

到六年級下學期。陳義勳（1996）還建議槓桿平衡條件的概念除了課本提到外，宜讓課程再分辨力與力矩的活動才不致使學生混淆不清。

教科書一直都是教師教學的依據，也是讓學生獲得知識的主要來源（許良榮，1997）。科學教學一般都是以教科書為中心，由於科學教科書是呈現給學生科學面貌的最主要工具之一，對學生的學習亦有相當重要的影響（許良榮、邱玉如，2003）。美國國家科學基金會所委託的研究報告中指出：百分之九十的教師，於百分之九十的教學時間是在引用教科書；學生在學校所經驗到和科學相關的學習活動都由教科書決定（引自許雅婷，2008）。因此在課程設計中，應以教科書為中心，並配合製作適當的教材。

因此，研究者比較九十九學年度三個版本（南一書局，2011a，2011b；康軒文教，2011a，2011b；翰林出版，2011a，2011b）的自然與生活科技教科書關於槓桿原理的課程內容安排，三個版本都將課程安排於六年級下學期，翰林版放在第二單元，康軒及南一版都是放在第一單元。關於三個版本的槓桿原理內容編排，依序整理在表 7、表 8 及表 9。

表 7  
康軒版的槓桿原理內容編排

| 版本   | 康軒  |
|------|---|
| 引起動機 | <ol style="list-style-type: none"> <li>（課文）在生活中，我們常利用各種簡單的工具或設施。這些工具或設施，有的可以省力，有的可以使我們方便工作或省時。</li> <li>圖片：拔釘器、麵包夾。</li> <li>（課文）想一想，讓體重不同的人坐在翹翹板的兩端，怎樣能使翹翹板達到平衡？</li> </ol>  |
| 操作   | <ol style="list-style-type: none"> <li>模仿翹翹板，將一根棍子橫放在椅背上，一端掛著書包，另一端用手垂直向下壓，把書包抬起。 <ol style="list-style-type: none"> <li>讓書包的位置不變，但改變手壓棍子的位置。當棍子平衡時，用力的大小會改變嗎？</li> <li>讓手壓棍子的位置不變，但改變書包的位置。當棍子平衡時，用力的大小會改變嗎？</li> <li>想一想，當棍子呈水平時，施力臂和抗力臂的長短，與施力大小的關係為何？讓我們用槓桿實驗器來進行下面的實驗。</li> </ol> </li> <li>槓桿實驗器 <ol style="list-style-type: none"> <li>改變施力的位置</li> <li>改變抗力的位置</li> </ol> </li> </ol> |
| 結論   | <ol style="list-style-type: none"> <li>使用工具時，具有支點、施力點和抗力點的，就是利用「槓桿原理」的施力方式。</li> <li>當抗力臂的長度固定時，施力臂越長就越省力。當施力位置不變時，抗力臂越短就越省力。</li> </ol>  |

表 8

## 翰林版的槓桿原理內容編排

| 版本   | 翰林  |
|------|---|
| 引起動機 | 1. (課文) 翹翹板是常見的遊戲器材，兩個人坐在翹翹板上，要如何坐才能使翹翹板保持平衡呢？體重較輕的人要如何讓體重較重的人處於比較高的位置呢？  |
| 操作   | 1. 鐵尺翹翹板：<br>(1) 在鐵尺中央放置一支鉛筆當成支架，將磁鐵吸附在鐵尺的末端，當成重物。用手在鐵尺的另一端施力，使鐵尺達到平衡，比較手壓的位置不同時，施力的大小差別。<br>(2) 手壓的位置不同，用的力量也不同。想想看，如果手壓的位置固定，可以用什麼方法來測量手施力的大小呢？<br>(3) 手施力的位置不同時，施力臂的長度就會跟著改變。想一想，施力臂長短和用力的大小有什麼關係？讓我們用槓桿實驗器來進行實驗觀察。<br>2. 槓桿實驗器：在支點右方的第2、4、6格處掛砝碼，觀察各需要掛幾個砝碼，才能使槓桿實驗器達到平衡。 |
| 結論   | 1. 當施力臂的長度大於抗力臂長度，就能省力，當施力臂的長度小於抗力臂的長度時，就無法省力。  |

表 9

## 南一版的槓桿原理內容編排

| 版本   | 南一  |
|------|---|
| 引起動機 | 秤重工具  |
| 操作   | 一、懸掛槓桿，用手感覺不同施力點的用力大小，再固定施力點，移動不同抗力點感覺施力大小。<br>二、彈簧秤使用方法。<br>三、槓桿模型（支點在一端，因為支點在中央時，物重需與彈簧秤的重量加上手的拉力來平衡，並且彈簧秤不易固定在尺上）：先秤物重，後比較省力或費力。 |
| 結論   | 無   |

參考許雅婷（2008）所做的台灣國小自然與生活科技領域教科書探究式教學內容分析，康軒版在簡單機械的教學上，使用的策略是「科學探究教學」、「組織因子教學」及「創造思考教學」；翰林版則使用了「科學探究教學」、「組織因子教學」、「STS 教學」、「探討訓練教學」及「問題解決教學」等方法。兩版本均以「科學探究教學」及「組織因子教學」作為主要教學策略。

從表 7、表 8 及表 9 的整理可以發現，三個版本的教科書都是從日常生活中所發生與科技相關的問題引發學生學習動機，翰林版與康軒版均採用「翹翹板」活動，這也

是學生熟悉的遊戲，容易引發學生回憶。南一版採用的秤重工具，反而是學生較陌生的工具。

操作實驗部分，康軒先模仿翹翹板，讓學生用桿子撐起重物，藉此體驗抗力不變，改變施力臂的影響；及施力臂不變，改變抗力臂的影響。透過此體驗，能讓學生先對施力點、抗力點和支點的名詞有具體認識。接著，再將此以槓桿實驗器做對照，以實驗數據來說明力的大小改變量。槓桿實驗進行兩種主題，一為改變施力的位置，一為改變抗力的位置。實驗僅在引導出施力臂越長、抗力臂越短就越省力的結論，此結論未引入比例概念，無法引導出槓桿原理的公式，面對 Seigler 的衝突題時，恐怕仍然無法解決。

翰林版同樣模仿翹翹板，但是做成較小的鐵尺翹翹板，藉此同樣體驗抗力不變，改變施力臂的影響；施力臂不變，改變抗力臂的影響。接著，類化成槓桿實驗器，實驗時固定支點左方，在支點右方選擇三點做三次實驗，第一次右方力臂小於左方力臂，第二次等於，第三次大於。實驗引導出施力臂大於抗力臂，就能省力；施力臂小於抗力臂，就無法省力。此結論在於能解決之後的日常工具判斷問題，但也不引導出槓桿原理。

南一版以類似秤重工具的懸吊桿子方式，讓學生體驗抗力不變，改變施力臂以及施力點不變，改變抗力臂的感覺。接著，槓桿實驗器除了桿子之外，背面還有畫有許多同心圓的紙板，讓學生同時觀察施力點及抗力點的移動距離，這也呼應陳義勳（1996）的建議，在高年級自然科中宜再增加省時必費力、費時必省力的觀念。但是，學生初接觸槓桿實驗時，同時要觀察力臂與力的關係，又要觀察移動距離與力的關係，是否能夠同時兼顧？還是反而造成認知負荷，是教師應考量的地方。

### 2.1.3 判斷日常工具課程分析

張志銘（2003）進行國小六年級學童槓桿迷思概念之二階層診斷研究，發現學童對於日常工具的判斷有如下的迷思概念。

學童認為「用螺絲起子開牛奶罐」是費力工具，因為支點位於施力點與抗力點之間，且施力臂的長度小於抗力臂的長度。這可能是支點判斷有誤，造成費力的分析錯誤。

學童還認為「開瓶器」、「榨汁器」和「裁紙刀」是運用槓桿原理的省力工具，支點位於施力點與抗力點之間，且施力臂的長度大於抗力臂的長度；另部分學童認為「榨汁器」是運用槓桿原理的費力工具，且支點位於施力點與抗力點之間，施力臂的長度小於抗力臂的長度。這可能是誤以為所有工具的支點都在施力點與抗力點之間，但其實皆

屬於抗力點在中間的第二型槓桿。

學童認為「取碳夾」是運用槓桿原理的省力工具，且支點位於施力點與抗力點之間，施力臂的長度大於抗力臂的長度。這可能是學童對取碳夾較陌生，不足的經驗造成判斷時的基模不足。

學童認為「鑷子」和「麵包夾」是運用槓桿原理的費力工具，且支點位於施力點與抗力點之間，施力臂的長度小於抗力臂的長度。這也可能誤以為支點必在施力點與抗力點之間，但又能說出屬於費力工具，代表施力臂與抗力臂的大小關係，並未與施力大小與抗力大小的關係做連結。

亦有部分學童認為「鑷子」和「麵包夾」是運用槓桿原理的省力工具，且支點位於施力點與抗力點之間，施力臂的長度大於抗力臂的長度。

大部分探討槓桿原理迷思概念的論文，都僅僅於槓桿原理，鮮少提及日常工具的判斷，然而，學童在這一部份學習，困惑程度有過之而無不及，多數學生都僅僅是靠記憶，而非分析。

在六年級自然與生活科技各版本教科書中，均有日常工具判斷的課程與習作，課程安排內容如表 10。

表 10  
各版本日常工具判斷的課程整理



| 版本   | 康軒  | 翰林                       | 南一                    |
|------|---|--------------------------|-----------------------|
| 日常工具 | 1. 支點在中間：尖嘴鉗、夾子、天平、剪刀。<br>2. 抗力點在中間：大型釘書機、開瓶器、裁紙刀。<br>3. 三、施力點在中間：鑷子、麵包夾。 | 剪刀、鑷子、開瓶器、指甲剪、掃把、筷子、榨汁器。 | 鑷子、樹枝剪、指甲剪、鐵夾、開罐器。    |
| 習作   | 開瓶器、剪刀、裁紙刀、麵包夾、鑷子、拔釘器、獨輪車。  | 開罐器、指甲剪、麵包夾、老虎鉗。         | 指甲剪、剪刀、鑷子、開瓶器、筷子、樹枝剪。 |

由表 10 可知，各版本僅僅只有康軒版強調三種類型槓桿，翰林與南一並未提到，不過，都有將三類型槓桿列入教材，讓學生發現支點、抗力點及施力點都有可能在中間，而非只有支點在中間的形式。

在所有的工具中，翰林與南一都以指甲剪為例，並簡化為第一型槓桿，如圖 3 及圖 4 所示，以手施力處為唯一施力點，指甲處為唯一抗力點，螺絲處為唯一支點，並說明其為施力臂大於抗力臂，故為省力工具。但是仔細觀察指甲剪，並非單純的第一型槓桿，事實上它包括兩組槓桿，上層屬於第二型槓桿，手施力處為施力點，螺絲處對下層用力，為抗力點，上層末端為旋轉圓心，才是上層支點；下層屬於第三型槓桿，上層的抗力點對下層產生施力為施力點，剪指甲處為抗力點，末端為旋轉中心，才是下層支點，各點位置如圖 5，指甲剪為省力或費力，經過代數計算施力等於下層抗力乘以下層抗力臂乘以上層抗力臂除以上層施力臂乘以下層施力臂（何定樑，1999）。在判斷省力或費力上，指甲剪其實較為複雜，並非單純的比較施力臂及抗力臂長短而已。進一步分析指甲剪，上層類似拔釘器，下層類似麵包夾，屬於複雜機械，研究者以為不該作為初學者判斷之習題，更不應灌輸學生錯誤知識，使學生誤以為指甲剪為唯一施力點、支點與抗力點。



圖 3 翰林版自然習作指甲剪的施力點、支點及抗力點

資料來源：翰林出版（2011a）。六下自然與生活科技習作（頁 10）。臺南市：翰林。



圖 4 南一版自然習作指甲剪的施力點、支點及抗力點

資料來源：南一書局（2011a）。六下自然與生活科技習作（頁 11）。臺南市：南一。

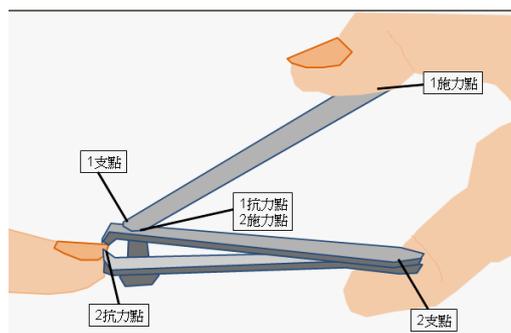


圖 5 指甲剪的施力點、支點及抗力點位置

教科書錯誤的編排，也使得判斷日常工具的學習更讓學生困惑。許多迷思概念大都是受教科書呈現錯誤的概念而影響（王美芬、熊召弟，2005），教科書對師生而言，不僅是課程具體的表徵，更是重要的教學資源（張祝芬，1995），是師生賴以教與學的重要依據，更是藉以達成教育目標的主要途徑之一（熊召弟，1997）。Champagne 等人（1980）的研究指出，有些教材的內容不適當，例如所運用到的認知推理能力超越了學生認知的層次（Champagne, Klopfer, & Anderson, 1980），這使教與學都有很大的困擾。因此，教師設計教材前，應該先確認教材的正確性，避免教授錯誤的知識。

研究者將三個版本所使用的工具名稱及說明整理後，依照學習者生活經驗、難易度排序如表 11，並說明本研究的教材設計是否採用。

表 11  
康軒、翰林及南一版的日常工具整理表

| 工具名稱       | 版本                                   | 分類    | 說明   |
|------------|--------------------------------------|-------|--|
| 天平         | 康軒課本                                 | 第一型槓桿 | 天平屬於第一型槓桿，類似翹翹板和槓桿實驗器，且支點、施力臂和抗力臂都很明確，適合與課程做對應。                |
| 鐵湯匙<br>撬鐵蓋 | 南一課本                                 | 第一型槓桿 | 使用鐵湯匙撬鐵蓋屬於第一型槓桿，支點、施力點和抗力點均很明確，且可以呼應阿基米德舉地球之說。                 |
| 拔釘器        | 康軒習作                                 | 第一型槓桿 | 拔釘器屬於第一型槓桿，支點、施力點和抗力點都很明確，學生容易理解。                              |
| 剪刀         | 翰林課本南<br>一課本<br>南一習作康<br>軒課本康軒<br>習作 | 第一型槓桿 | 剪刀屬於第一型槓桿，支點、施力點和抗力點雖然都很明確，但施力點和抗力點都有兩個，所以須假設施力平均分配，以便討論省力或費力。 |
| 樹枝剪        | 南一課本南<br>一習作                         | 第一型槓桿 | 樹枝剪為第一型槓桿，類似剪刀。  |

表 11  
康軒、翰林及南一版的日常工具整理表 (續)

| 工具名稱  | 版本                                   | 分類    | 說明   |
|-------|--------------------------------------|-------|--|
| 老虎鉗   | 翰林習作                                 | 第一型槓桿 | 類似樹枝剪，學生可自行練習。   |
| 尖嘴鉗   | 康軒課本                                 | 第一型槓桿 | 類似樹枝剪，學生可自行練習。   |
| 夾子    | 康軒課本                                 | 第一型槓桿 | 類似樹枝剪，學生可自行練習。   |
| 大型釘書機 | 康軒課本                                 | 第二型槓桿 | 大型釘書機為第二型槓桿，支點、施力點和抗力點均很明確，容易理解。                                       |
| 裁紙刀   | 康軒課本<br>康軒習作                         | 第二型槓桿 | 裁紙刀為第二型槓桿，支點、施力點明確，不過抗力點會隨著裁紙刀高度而改變，可以與學生討論。                           |
| 榨汁器   | 翰林課本                                 | 第二型槓桿 | 榨汁器為第二型槓桿，類似裁紙刀，學生可自行練習。   |
| 開瓶器   | 康軒課本<br>康軒習作<br>翰林課本<br>翰林習作<br>南一習作 | 第二型槓桿 | 開瓶器為第二型槓桿，支點較不容易判斷，可藉由數位教材慢動作解說。                                       |
| 鑷子    | 康軒課本<br>康軒習作<br>南一課本<br>南一習作<br>翰林課本 | 第三型槓桿 | 鑷子為第三型槓桿，支點、施力點和抗力點均很明確，容易判斷，學生容易理解。只是施力點和抗力點均有兩個，可以同剪刀假設施力平均，以幫助學生理解。 |
| 麵包夾   | 康軒課本<br>康軒習作<br>翰林習作                 | 第三型槓桿 | 麵包夾為第三型槓桿，施力點和抗力點各有兩個，分辨並不難。   |
| 鐵夾    | 南一課本                                 | 第三型槓桿 | 鐵夾類似麵包夾，為第三型槓桿，可由學生自行判斷。   |

教科書內的羅列了許多的工具做舉例，雖然都是槓桿工具的應用，但有些並不容易辨識，對於初接觸此單元的學生而言，支點會移動或是平常不常接觸的工具，都有可能讓學生在判斷上產生疑惑，在列入教材前，應審慎考慮。其中獨輪車及掃把的支點都會移動，可能會讓剛建立的概念又陷入迷或，因此從教材中刪去不用，至於指甲剪和筷子也是較為困難，但是示意圖有可能幫助學生透過分析而做出正確的判斷，因此研究者嘗試列入教材的補充中，並觀察學生答題狀況，瞭解示意圖對於學生的幫助有多大，各工具的說明如表 12。

表 12

## 不列入教材之日常工具

| 工具  | 版本                           | 分類             | 說明  |
|-----|------------------------------|----------------|---|
| 獨輪車 | 康軒習作                         | 第二型槓桿          | 獨輪車屬於第二型槓桿，支點在整個工具的相對位置是不動的，但對學生來說，獨輪車一直往前，前輪也是一直往前進，並非不會移動，容易混淆，因此捨棄不用。  |
| 指甲剪 | 翰林課本<br>翰林習作<br>南一課本<br>南一習作 | 第二型槓桿<br>第三型槓桿 | 指甲剪由兩種槓桿構成，一種為第二型槓桿，另一種為第三型槓桿，課本內容均簡化為一種槓桿，誤導學生。對於六年級學生來說，過於複雜，因此不列入正式課程。 |
| 掃把  | 翰林課本                         | 第三型槓桿          | 掃把屬於第三型槓桿，但支點的位置對於學生來說，並不容易理解，加上掃地方式的不同，容易在判斷上有混淆，因此捨棄不用。                 |
| 筷子  | 翰林課本<br>南一習作                 | 第三型槓桿          | 筷子屬於第三型槓桿，即使正確的拿筷子方式，支點也因為一直移動，學生許多錯誤的拿筷子方式，更不容易判斷，因此不列入正式課程。             |

## 2.2 多媒體學習理論

多媒體學習指的是從文字和圖像來學習，多媒體教學則是使用文字和圖像的共同呈現，以促進學習 (Richard E. Mayer, 2009)。

### 2.2.1 多媒體教學的設計方法

多媒體教學的設計可以區分為兩種方法，分別簡述如下：

#### 1. 以科技為中心 (technology-centered approaches)

多媒體設計中是最直接的方法就是以科技為中心。設計者必須聚焦在如何將最新科技像是無線網路或虛擬實境與多媒體設計結合，通常研究者會去比較哪一種科技產生的學習效果較佳。例如：線上講師教學與教室內面對面教學，何者學習效果較佳？

1922 年，著名的發明家 Thomas Edison 說：「用動畫來教導任何人類知識的學科是可能的」(Cuban, 1986, p. 19)。科技的日新月異，在教學上產生了許多不同以往的作法，也期盼能夠在教學成效上達到更好的水準，因此多媒體教學日益風行。不同的科技，包括影片、無線電、電視和電腦輔助教學 (CAI, computer-assisted instruction)，都有相同的發展過程。最初都被宣示將帶給教育革命性的改革。接著，在學校產生衝擊。經過數十年後，希望和預期大部分都並未出現。

Clark 與 Mayer (2008) 指出，在數位課程的學習有兩個陷阱是我們應該注意的。第

一，數位教材無法替代實作，將真實工作環境轉成學習環境並不容易，例如內科醫師的養成跟程式設計師就不同，程式設計師可以從電腦上作學習，但是內科醫師就不適合只在數位課程中學習，比較精細的工作或臨場分析是訓練上不可或缺的，這些需要靠實做過程習得，否則會轉化失敗。第二，濫用媒體，為了要做多媒體教材而做數位學習，忽略認知負荷，反而會造成學習者超載而抑制學習。

九年一貫課程綱要：自然與生活科技學習領域中提到，學習科學要以實驗或實地觀察的方式去進行學習，使我們獲得處理事務、解決問題的能力，也瞭解到探究過程中，細心、耐心與切實的重要性。能力指標也要求學生能察覺運用實驗或科學的知識，可推測可能發生的事，且實驗發現槓桿原理（教育部，2003）。綜合以上的看法，研究者以為在槓桿原理的課程設計中，實驗是不可缺少的歷程，即使是進行多媒體教材，仍然不可代替實驗。

## 2.以學習者為中心（learner-centered approaches）

取代以科技為中心的方法是以學習者為中心。這方法從了解人類心智如何運作開始，我們如何適應多媒體以幫助人類學習，重點在幫助人類認知。

Norman (1993, p. 3) 指出善用科技能使我們更聰明，使用科技以擴展我們的認知容量，補足人類的能力，促進人類認知。

Landauer (1995, p. 7) 很失望的表示，學習者為中心的教學設計總因被認為太難而無法使用。

槓桿課程兼具實驗的操作及抽象的概念建立，在課程設計上，應以學習者為中心，運用科技幫助學生認知，但不完全倚賴，除了實驗操作之外，應藉由科技補足學習者無法連結的抽象能力，但不濫用多媒體。

## 2.2.2 多媒體學習的三個假設

多媒體學習的認知理論有三個假設，茲分別簡述如下：

### 1.雙通道（dual channels）

雙通道假設是人類擁有兩個分離的訊息處理通道，一個是視覺呈現（visually represented material），另一個是聽覺呈現（auditorially represented material）。

當訊息以圖解、動畫、影片或文字呈現在眼前時，學習者開始以視覺通道處理；當訊息以講述或其他聲音呈現在耳邊時，學習者開始以聽覺通道處理。雙通道在認知心裡學已經有很長的一段時間，最相關的是 Paivio 的雙碼理論（J. M. Clark & Paivio, 1991;

Paivio, 1990, 2007) 和 Baddeley (1990, 1992) 的工作記憶模型。兩種解釋訊息從雙通道概念化的方法不太相同，一個是基於展演模式，另一個是基於感官形式。

展演模式依照呈現刺激的是言語的還是非言語的來區分。言語的刺激包括講述或書面語，非言語的刺激包括圖解、影片、動畫或背景音樂。這兩種展演模式分別由不同的通道處理 (Paivio, 2007)。

感官形式是指學習者用眼睛還是耳朵收錄訊息。眼睛收錄的包括圖解、影像、動畫或書面語，耳朵收錄的包括講述或背景音樂。這兩種收錄訊息分別由不同通道處理 (Baddeley, 1992)。

雖然訊息進入學習者系統是經由一個通道，但是學習者也能將訊息轉換，用另一個通道處理。例如：螢幕上的文字原本是由視覺通道處理，但是有經驗的讀者也能夠在心智上轉變成聲音，由聽覺通道處理。相反地，學習者聽到「水蒸氣凝結成雲」，原本是由聽覺通道處理，但是藉由心智影像也能轉變成由視覺通道處理。所以，雙通道可以互相流通與轉換，當我們同時使用不同的收錄訊息的管道時，就可以加速接收，形成有意義的學習。雙通道的訊息處理過程，如圖 6 呈現。

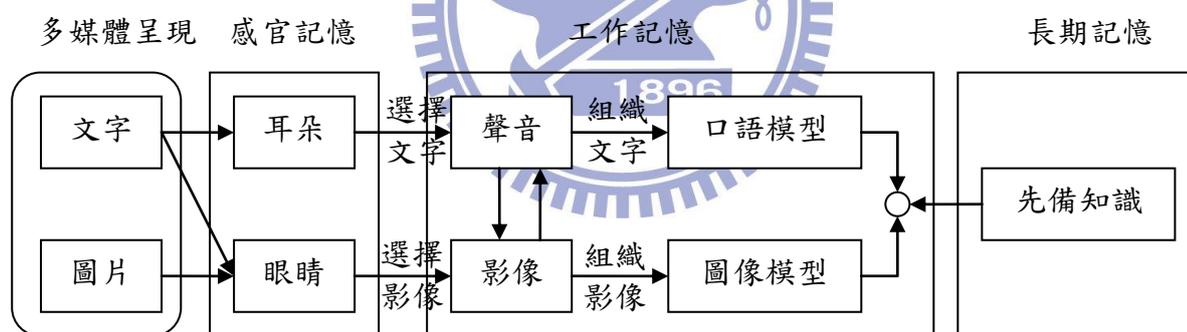


圖 6 訊息處理在雙通道處理流程圖

翻譯自 *Multimedia learning* (p. 61), by R.E. Mayer, 2009, Cambridge ; New York: Cambridge University Press.

## 2. 容量有限 (limited capacity)

人類在每一個通道同時處理的訊息量是有限的。

在認知心理學中，容量有限的概念已經有很長的歷史，最新的例子是 Baddeley 的工作記憶理論 (Baddeley, 1990, 1992)，以及 Sweller 的認知負荷理論 (Sweller, 2010; Sweller, Van Merriënboer, & Paas, 1998)。

人的短期記憶容量大約只有五到七個字元 (Miller, 1956)。這迫使我們決定哪些訊

息該注意，並且與舊經驗連結。後設認知策略 (metacognitive strategies) 是處理容量的限制，運用分配、監控、調和和校正這些認知資源。Baddeley (1992) 稱之為中央執行器 (central executive)，在現代智力理論中扮演控制的角色 (R.J. Sternberg, 1990)。

在 Sweller 的認知負荷理論中也提到容量有限，一個打氣筒的圖解或動畫呈現時，學習者能聚焦在整個打氣過程，但是增加解說時，學習者就只能同時掌握住一些字，這表示訊息已經超過認知容量的上限，導致無法負荷的結果。

### 3. 主動處理 (active processing)

主動處理假設人類為了建構與他們經驗一致的心智呈現，便主動從事於認知處理。主動認知處理包括注意並和舊經驗做組織與整合。簡單的說，主動處理是在試著讓多媒體呈現對學習者有意義。

例如，雷雨如何形成的多媒體呈現，學習者試著建立一個系統，能夠串連原因和影響，以擴展原先的認知結構。當主動認知處理與心智呈現一致時，那麼，藉由一些方法將使知識結構化，成為有用的知識。一些基本的知識建構包括過程、比較、歸納、列舉和分類 (Chambliss & Calfee, 1998; Cook & Mayer, 1988)，簡述如表 13。

表 13  
基本知識建構類型

| 結構類型 | 敘述             | 表示法 | 舉例                    |
|------|----------------|-----|-----------------------|
| 過程   | 解釋一系列的因果關係     | 流程圖 | 解釋人類的耳朵如何運作           |
| 比較   | 從幾方面去比較兩個或多個元素 | 矩陣  | 從學習者、教師及教學方法來比較兩種學習理論 |
| 歸納   | 描述主要思想及支持論點    | 樹狀圖 | 用證據來介紹美國南北戰爭的起因       |
| 列舉   | 列出各個項目         | 表   | 列出十二個多媒體設計原則          |
| 分類   | 分析一個定義域成集合與子集  | 階層  | 介紹海洋動物的生物分類           |

翻譯自 *Multimedia learning* (p. 69), by R.E. Mayer, 2009, Cambridge ; New York: Cambridge University Press.

此假設建議兩個重要的多媒體設計原則，教材呈現有一致的構造，訊息應該引導學習者如何建構知識。

主動學習的基本過程是選取相關材料，組織選擇的材料，和整合與舊知識相關的材

根據三個假設，為了在多媒體環境中做有意義的學習，Mayer (2009) 提出五個認知歷程：

1. 選擇相關的文字 (selecting relevant words) 。
2. 選擇相關的影像 (selecting relevant images) 。
3. 組織選定的文字 (organizing selected word) 。
4. 組織選定的圖像 (organizing selected images) 。
5. 整合文字為主與圖像為主的呈現方式 (integrating word-based and image-based representation) 。

### 2.2.3 三種認知處理

DeLeeuw & Mayer (2008) 認為學習者在學習過程中有三種認知處理方式，每一種描繪出學習者可獲得的認知容量。

#### 1. 外在的認知處理 (extraneous cognitive processing)

Sweller 等人 (1998) 稱為「外在認知負荷」。因教學設計所引起的認知處理。例如：動畫呈現時，螢幕下方同時呈現字幕，學習者的視覺必須不斷在字幕與圖像間移動，外在的認知處理浪費了有限的認知容量，學習者就不能做選取、組織及整合的認知處理了。

#### 2. 本體的認知處理 (essential cognitive processing)

Sweller 等人 (1998) 稱為「內在認知負荷」。在訊息選取處理時，將教材本體呈現到工作記憶時產生的認知處理，受到教材本體的複雜性所影響。例如：學習者並沒有電學的相關知識，直接學習打雷的原理時，可能會造成學習者認知容量超載。如果要幫助學習者處理複雜的教材時，可以事先訓練，先學習幾個主要的元素，才處理複雜的教材。如果學習者將認知空間使用在本體認知處理過多，導致使用死背的方式，結果可能會產生良好的記憶力與不佳的遷移能力。

#### 3. 衍生的認知處理 (generative cognitive processing)

Sweller 等人 (1998) 稱為「有效的認知負荷」。在組織和整合訊息的認知處理時，為了讓學習者更能知覺教材本體的意義，因而藉由提高學習動機的方式所產生的認知處理。

如果學習者從事於本體與衍生的認知處理，他們會更建構出有意義的學習效應，能夠兼具良好的記憶力與遷移能力。教學設計的挑戰在於認知空量有限，在這有限的空間內有外在的、本體的以及衍生的認知處理，Mayer (2009) 提出十二個多媒體教材的設計

原則，並依照三種認知處理方式可分成三類：

1.減低外在認知處理的設計原則：連貫原則、信號原則、重複原則、空間接近原則、時間接近原則。

2.管理本體認知處理的設計原則：分割原則、事先訓練原則、形式原則。

3.增加衍生認知處理的設計原則：多媒體原則、個人化原則（包含聲音原則、圖像原則）。

## 2.2.4 多媒體教材設計原則

本段文章簡述 Mayer (2009) 提出的十二項多媒體教材設計原則，並說明對於本研究的槓桿教材設計中，如何搭配運用。

### 1.連貫原則 (coherence principle)

連貫原則是摒除與教學目標無關的文字、圖片、聲音、音樂和符號，增加教學流暢性，使得教學得以連貫 (Ruth Colvin Clark & Mayer, 2008)。

教材設計上，為了增加學習興趣，往往會添加一些圖片或小故事，這些內容儘管有趣，但是會讓學習者認知超載。Moreno 與 Mayer (2000) 用閃電與煞車教材在多媒體上做施測，結果摒除有趣但無關的聲音，在學習上會有顯著較好的效果，平均效果值  $d$  達 1.11。

在槓桿課程的多媒體教材設計上，應刪去無關的裝飾性圖案或影片動畫，儘管這些影片動畫可能會吸引學習者的注意，但是讓教學被中斷，學習無法連貫。在教材處理上，多未必好，只保留與教學目標相關的，以減少不必要的外在認知處理。

### 2.信號原則 (signaling principle)

當增加一些線索，突出基本素材的組織會學習得更好，此為信號原則。

信號原則應用在多媒體教材上，可分為言語信號和視覺信號。言語信號 (verbal signaling) 常見的應用有四種，分別舉例如下：

- (1) 大綱 (outline)：課程開始前，先說明這次課程的大綱。例如：槓桿課程將學習的有槓桿概念、槓桿原理及運用在日常工具的判斷。
- (2) 標題 (headings)：在三次槓桿實驗前，先用標題提示目前的實驗目的，例如，第一次做的是施力臂小於抗力臂，在教材上面便呈現「施力臂小於抗力臂」的標題。
- (3) 用聲音強調 (vocal emphasis)：說到關鍵字時，用較慢且較大聲的方式強調。

像是「當施力臂小於抗力臂時，施力大小就會大於抗力大小，因此費力」，強調「小於」、「大於」和「費力」。

- (4) 編號 (pointer words)：加入數字編號，使得概念條列化。像是「第一、抗力點不變，施力點靠近支點時，會覺得越來越費力，第二、施力點不變，抗力點靠近支點時，會覺得省力。」

視覺信號 (visual signaling) 通常有五種應用方式，分別舉例如下：

- (1) 箭頭 (arrows)：在教材中需要特別強調的地方，用一個箭頭標示，能增加溝通性。
- (2) 獨特顏色 (distinctive colors)：用不同的顏色使部分訊息得以被強調，在日常工具的畫面時，可以用不同顏色代表施力臂及抗力臂。
- (3) 閃爍 (flashing)：特別的地方，用閃爍的方式強調出來。例如：一整個表格中有許多數字，學習者要搜尋教學者所敘述的部分會浪費認知資源，但是，需要強調的部分閃爍時，學習者就能很快的找到。
- (4) 指示手勢 (pointing gestures)：螢幕代理人指向想要學習者注意的部分。
- (5) 淡化 (graying out)：將不需要注意的部分淡化後，剩下的部位就會被強調出來。將一個有許多訊息的畫面淡化後，在畫面上呈現示意圖時，示意圖才能被強調出來，否則增加示意圖反而增加了外在認知處理。

信號原則的目的是讓學習者集中注意力，減少不必要的外在認知過程消耗。

### 3.重複原則 (redundancy principle)

在多媒體教材中，「動畫與旁白」的呈現方式，會比「動畫、旁白及文字」共同呈現的效果更好。文字與旁白的重複製造了外在認知處理，因為視覺通道要同時掃瞄螢幕上的文字和動畫，還要比對旁白跟螢幕上的文字。

應用此原則在槓桿課程的教材設計時，應該減少螢幕上的文字，用最簡單的詞句呈現，說明應由旁白或教學者進行，避免重複佔用了認知容量。

### 4.空間接近原則 (spatial contiguity principle)

相對應的文字與圖像接近時，學習者不需要耗費有限的認知資源進行視覺搜尋，此為空間接近原則。

多媒體教材設計上，可採用的方法有指示線或彈跳視窗。常見違反空間接近原則的有以下設計方式 (Ruth Colvin Clark & Mayer, 2008)：

- (1) 在捲軸視窗中，圖片和對應的文字分開。

- (2) 練習或問題與回饋，顯示在不同畫面中。
- (3) 連結使下一個參照畫面蓋掉原來的訊息畫面（即：文字在一個視窗，圖片在另一個視窗）。
- (4) 完成練習的說明畫面與應用畫面分開，說明畫面後出現。
- (5) 所有的文字說明都放在畫面底部，與圖片分開。
- (6) 圖片中所有要素都編碼，畫面底部的圖片名包含了每一個已編碼的要素。

應用空間接近原則在多媒體教材設計上，動畫呈現時的文字說明，應儘量接近動畫，而不是放在畫面下方，更不應該換頁。而相關的文字訊息，應該保留，讓教學者提到時，學習者仍然很快的找到訊息，不需要特別去回想。

#### 5.時間接近原則 (temporal contiguity principle)

多媒體教材的圖像呈現時，解說應該同步出現。聽完全部解說，再看全部動畫跟看完全部動畫，再聽全部解說都不如解說與動畫同步呈現的好。因為工作記憶能同時處理解說及動畫，有助於建構聽覺與視覺的心智連結 (Ruth Colvin Clark & Mayer, 2008)。

當口語及圖像部分是短的，而且課程是依照學習者的步調時，時間接近原則的效果就不明顯了。因為此時學習者已經可以自行整合。

#### 6.分割原則 (segmenting principle)

將多媒體教材分割後，學習者每一次的認知處理量就會減少，這將有效管理本體的處理，此為分割原則。

學習者如果接觸一個教材，教材從頭連續講到結束，學習者必須不斷地選取、組織並整合，容易造成雙通道超載，但是，如果教材已經分割成數個小片段，當學習好第一個片段後，再繼續學習下一個片段，將能夠有足夠的時間完成選取、組織及整合，成效就會更好 (Richard E. Mayer, 2009)。

在槓桿課程的設計上，每個概念以一個活動來進行，每個活動又可分割成數個小活動，小活動再細分數個步驟，教材呈現時不會一次呈現，依照教學者的速度步驟化呈現，以有效管理本體的認知處理，讓學習者有足夠的時間對每一個活動組織與整合。

#### 7.事先訓練原則 (pre-training principle)

學習者在學習之前，對於教學目標中的主要概念，能先瞭解名字和、相關表徵和表徵間的關係，就是事先訓練原則 (Richard E. Mayer, 2009)。

學習槓桿原理前，先瞭解「施力點」、「抗力點」及「支點」的意義，然後學習「施力臂」及「抗力臂」等名詞及其意義，接著再學槓桿原理及日常工具的應用，就能具備

基本的先備知識，進而管理本體的認知處理。

#### 8.形式原則 (modality principle)

多媒體教材中，以「動畫」搭配「旁白」會比「動畫加上文字」的呈現，讓學習者有更好的學習效果，此為形式原則 (Richard E. Mayer, 2009)。

因為動畫及文字都是從視覺通道處理，同時呈現時，視覺必須不斷的在畫面上找尋線索，但是，動畫搭配旁白時，分別由視覺及聽覺雙通道處理，有效管理本體認知處理。

在槓桿教材設計時，研究者將畫面上的文字簡化到最少，甚至刪去不放文字，讓教學者以口語說明，避免學生的視覺上，必須配合教師而在畫面上找尋相關訊息，便是形式原則的應用。

#### 9.多媒體原則 (multimedia principle)

多媒體原則是在教材中同時呈現文字與圖像，其學習效果會比僅有文字更好。文字呈現的教學，會形成淺層的學習，無法與其他知識連結，適時加上圖像，有助於學習者在心智模型的連結與整合，此為增加衍生的認知處理。

增加的圖像包括裝飾型圖像、表徵圖、組織概念圖、關係圖、步驟轉化圖及解釋性圖表等，應該視教材內容適當的加入，避免過多，造成認知資源的負擔。

不過，也有研究指出，圖文共同呈現對於高知識學習者反而沒有效果，因為高知識學習者心理已經有自己建構的圖像 (Ruth Colvin Clark & Mayer, 2008)。

在槓桿原理的建立上，以表格呈現數據，有助於發現抗力臂、抗力大小、施力臂及施力大小的關係。

#### 10.個人化原則 (personalization)

多媒體學習時，文字以對話方式呈現會優於制式方式呈現，對話時儘量採用第一或第二人稱，避免第三人稱。例如：講述人體的肺臟如何運作，個人化原則需要使用「你」和「你的」的講述，比如說「你的鼻子」或「你的喉嚨」，會比使用「鼻子」、「喉嚨」更好。當學習者覺得你正在跟他說話時，他們很可能當作者是聊天的伙伴，因此試著瞭解作者說什麼。個人化原則對於非專家及非初學者效果最佳。

#### 11.聲音原則 (voice principle)

在個人化原則中，多媒體學習時，人聲講述會比機器聲講述的效果更好，此稱為「聲音原則」。

#### 12.圖像原則 (image principle)

多媒體學習時，畫面出現講述者的畫面反而效果不佳，此稱為圖像原則 (image

principles)。不過，也有些例外，如果螢幕上要呈現一個圖形相關的區域時，有個教學代理人在螢幕上，可以引導學習者視覺注意力，作為一種信號形式，更能提升學習。

## 2.3 認知負荷理論

一般人短期記憶的平均數字是七位，個別差異上下限分別是五位和九位數字 (Miller, 1956)，這在學習心理學上，一般稱為記憶廣度或認知廣度 (張春興，2007)。過去超過二十五年的研究中，越來越多的國際科學家擴大和細化七加減二的規則成為一套全面的教學原則，即所謂的認知負荷理論 (R.C. Clark, Nguyen, & Sweller, 2006)。

認知負荷理論是一個普遍的學習原則，這些原則被證明是充分利用人類的認知學習過程，引導出有效的教學環境。Clark、Nguyen 和 Sweller (2006) 認為認知負荷理論是通用的，從印刷品到數位教材都適用，而且提供了具體原則，讓教學更完備，這些原則都是基於控制實驗研究而來，利用人類的認知學習過程帶來較有效的學習。

### 2.3.1 認知負荷的基本假定

認知負荷理論對人類認知架構 (cognitive architecture) 有四個基本假定 (Sweller, et al., 1998)，茲分述如下：

#### 1. 工作記憶 (working memory) 是有限的

傳統的記憶模型將記憶視為三個儲存庫，分別是感官記憶、短期記憶及長期記憶，後來有些心理學家從不同角度來看短期記憶與長期記憶，強調了工作記憶的角色。工作記憶被定義為長期記憶的一部份，並且包含了短期記憶。工作記憶只保留了長期記憶中近期被活化的部分，而且在短期記憶空間中會向內或向外移動 (李玉琇、蔣文祁譯，2010)。

Alan Baddeley 提出的工作記憶包含：(1) 視覺空間模版，短暫地保留一些視覺影像；(2) 語音迴路，短暫的保留語文理解與聽覺複誦的內在語言，如果沒有它的話，聽覺訊息大約在2秒以後就會消退；(3) 中央執行器，協調有關注意力的活度與支配反應；(4) 輔助性從動系統，執行其他認知或知覺的作業；(5) 事件緩衝器 (episodic buffer)，聯繫來自輔助系統及長期記憶的訊息，形成一個單一的事件表徵，它是一個有限容量的系統，用來整合工作記憶中不同部分的訊息，使這些訊息對我們來說是有意義的。

工作記憶就像是一個多媒體工作室，不停地產生及操作影像及聲音，將視訊及聲音整合成有意義的單元。一旦影像、聲音與其他的訊息被儲存後，當有了新的需求與新的訊息時，它們仍然可以用新的方法加以修正及重組 (Robert J. Sternberg, et al., 2010)。

任何元素間的交互作用都需要工作記憶來處理，所以減少元素數有助於同時性的處理。在特定情況下，工作記憶容量能使用多個處理器增加 (Sweller, et al., 1998)。

## 2. 長期記憶 (long-term memory) 是無限的

人是無法直接意識到長期記憶的，要意識到它的容量及運作，必須透過工作記憶。人類的認知系統相當強調長期記憶，它似乎是沒有儲存上限。不但能儲存較小、獨立的訊息，也能儲存較大、交互作用複雜的訊息與流程 (Sweller, et al., 1998)。

許多的研究認為長期記憶的容量是無限的，儲存的訊息都是經過處理，有組織的知識基模，當這些知識基模越多，學習者就能越容易找到解決問題的策略。Harry Bahrick 指出外語知識及數學知識都是可以被長期儲存的，並稱此為永久儲存庫 (permastore) (Robert J. Sternberg, et al., 2010)。

## 3. 基模建構 (schema construction)

基模是用於表徵知識的心理架構，包含了互有關聯而且能夠成有意義組織的一組概念。早期的基模概念集中於我們如何在記憶中表徵訊息以及兒童如何發展出對世界如何運作的認知理解 (Robert J. Sternberg, et al., 2010)。

根據基模理論，知識是以基模的形式儲存在長期記憶中，它提供了知識學習的元素。簡單的基模會組成複雜的基模，複雜的基模結合成高程度的技能基模，藉此，基模的建構能降低學習上的認知負荷。因為工作記憶能處理的元素個數是有限的，當這些元素形成基模儲存與組織在長期記憶中時，工作記憶的認知負荷就會降低 (Sweller, et al., 1998)。

## 4. 基模自動化 (schema automation)

認知歷程可以根據它們是否需要意識控制而區分，需要意識控制的是控制歷程 (control processes)，不需要意識或需要很少意識覺知的是自動化歷程 (automatic processes)，Michael Posner 和 Charles Snyder (1975) 指出自動化歷程的三個特性：不被意識取得的、沒有意圖的及消耗很少的注意力資源。而自動化歷程的產生是練習的結果，所以高度練習的活動可以產生自動化歷程 (Robert J. Sternberg, et al., 2010)。

自動化是基模建構的一個重要過程。當知識沒有自動化時，學習者會一直致力於找尋規則，工作記憶空間會因此被占滿，就無力於從事解決問題的能力。

總之，工作記憶是有限的，知識基模可藉由自動化成為有效率且無限空間的長期記憶 (Sweller, et al., 1998)。

### 2.3.2 認知負荷的類型

認知負荷有三種類型，分別為內在認知負荷、有效的認知負荷與外在認知負荷，在教學時必須平衡使用這三種類型，才能獲得最大的學習效果。

#### 1. 內在認知負荷 (intrinsic cognitive load)

內在認知負荷取決於教學目標及學習者的知識與技能。當教學目標較困難時，學習者就必須同時將大量元素置入工作記憶區中，產生較高的內在認知負荷。學習者本身的知識與技能也會產生不同程度的內在認知負荷，相同教學目標，對於已經學過或還沒學過的學習者而言，內在認知負荷量便不同。

由於教學目標與學習者知識背景是教學者無法改變的，因此內在認知負荷在總體負荷中，是屬於基本的負荷，也是必須的負荷。儘管不能被改變，但是教學者可以藉由將複雜任務的課程，用分段和內容排序成一系列的任務，以管理內在認知負荷。而內在認知負荷的程度取決於元素的交互性 (element interactivity)，元素的交互性高時，組成知識的內容就比較複雜，無法一一單獨學習，將會佔有較高的工作記憶負荷 (R.C. Clark, et al., 2006; Sweller, 2010)。

#### 2. 外在認知負荷 (extraneous cognitive load)

當教學進行時，便會產生外在認知負荷，外在負荷會讓心智工作 (mental capacity) 用在與學習目標無關的地方，從而浪費有限的心智資源，因此被稱為無關的認知負荷 (ineffective cognitive load)。

教學設計如果不恰當，會增加外在認知負荷，耗盡了需要達到學習目標的心智資源，產生低效率的上課，結果就是要更長的時間去學習，而且產生較差的學習效果。

工作記憶資源不只是受學習目標的複雜度影響，還有教學過程中所產生的外在認知負荷。認知負荷理論最主要的目的就是藉由資訊設計來減少外在認知負荷。許多技術已經而且持續發明出來。

雖然內在認知負荷可以使用交互元素來說明並管理，不過，很少有確定外在認知負荷根本原因的嘗試 (Beckmann, 2010)。因此，雖然有相當清楚的模式，產生了一些降低外在認知負荷的效應，但很少嘗試作出建議，這些效應可能有一個共同的根本原因。

什麼構成內在或外在認知負荷，視什麼是必須學習的而定。如果學習目標是用文本來理解概念，使用的術語可能構成外在認知負荷。如果學習目標是術語的意義，那麼，術語是內在負荷。因此，相同的信息可能會成為一個內在或外在認知負荷，這要根據學習的內容而定 (Sweller, 2010)。

### 3. 有效的認知負荷 (germane cognitive load)

有效的認知負荷 (effective cognitive load) 又稱為增生認知負荷 (germane cognitive load)，用額外的教材設計產生一個更好的學習效果。

內在認知負荷與外在認知負荷取決於教材與學習者的關係，而有效的認知負荷只跟學習者特質有關。

如果內在負荷高而外在負荷低時，有效的認知負荷將會高。因為學習者必須努力工作記憶來處理基本學習材料。如果外在認知負荷增加，有效的認知負荷減少，學習就會減少，因為學習者使用工作記憶來處理教學基本的、內在的材料之額外的元素。於是，認知負荷純粹是工作記憶與取決於內在認知負荷的元素交互性的函數。工作記憶處理越多的外在認知負荷，就無法處理內在認知負荷，然後減少了學習。

這些準則是假想動機是高的，而且所有的工作記憶致力於處理內在與外在認知負荷。和內在與外在認知負荷不同，有效的認知負荷不是由一個獨立的認知負荷所構成。它僅僅參考工作記憶在處理了內在負荷相關的元素互動後可獲得的資源。如果學習者能專心處理內在負荷與有效的認知負荷的元素，那麼學習效果最大。

處理外在負荷越多，就會處理內在負荷越少，處理有效的認知負荷就會更少。在此原則下，外在認知負荷增加，困難度就會增加 (Paas & Van Merriënboer, 1994)，就算減少了有效的認知負荷，認知負荷量也會增加。有效的認知負荷的減少意味著更多的工作記憶在處理與外在認知負荷有關的元素交互性，更少的工作記憶處理與內在認知負荷相關的元素交互性 (Sweller, 2010)。

### 2.3.3 認知負荷理論的教學設計原則

Sweller (2010) 歸納認知負荷理論在各學科領域的研究結果，陸續提出以許多原則，分別說明如下：

#### 1. 示例效應 (worked example effect)

示例效應是1987年由Cooper與Sweller為了解決學生在一般解題中學習得較少而產

生。學習者解決一系列的問題時，必須同時考慮大量的元素，這些元素之間是高度互動，形成分心效應及冗餘效應，此將構成極大的內在認知負荷。

因此，選擇同類型的例題，以適當的步驟化講解範例，每次工作記憶只需要處理較低的元素交互性及每一個問題的敘述，儘管有效的認知負荷會增加，但有效管理了學生對於完整問題產生的內在認知負荷。

#### 2. 問題完成效應 (problem completion effect)

問題完成效應與示例效應有密切的關係 (Paas & Van Merriënboer, 1994)，與其提供一個完整的範例，不如提供已經解決部分的題目，讓學習者把接下來的工作完成。這可以減少工作記憶被許多範例的步驟占滿，讓學習者可以做較精緻化的研讀與判斷。另外一種類似的方式是完成策略 (completion strategy)，一開始提供完整的解題範例，然後逐次縮減範例解題步驟，增加學習者需要自主完成的部分，最後剩下題目本身，學習者就可以自行完成解題 (Ruth Colvin Clark & Mayer, 2008)。

#### 3. 專技反效 (expertise reversal effect)

當教學法對於新手有效，但對於相關知識已經足夠的學習者，效果反而越來越小，便是專技反效 (Kalyuga, Ayres, Chandler, & Sweller, 2003)。

專技反效的原因仍在調查中，大多認為與冗餘效應有關。範例有助於初學者解決同類問題，但是隨著專業知識的增加，範例反而成為多餘，只是再一次說明那些已經成為長期記憶的程序 (Kalyuga, Chandler, Tuovinen, & Sweller, 2001)。

同樣地，指導新手時，將圖表與文字統整會比分開的好。隨著專業知識的增加，單純只有文字訊息會比整合過的圖文學到更多 (Kalyuga, Chandler, & Sweller, 1998)。

對於初學者，元素的交互性反映了內在認知負荷，因為那是學習中不可缺少的。但是，隨著專業知識的增加，他們已經不需要元素的交互性，便反映在外在認知負荷。對新手而言，藉由讀與文字相關的圖表來學習是重要的，元素的交互性與內在學習的認知活動幫助管理內在認知負荷，工作記憶資源投入其中成為了有效的認知負荷。隨著越來越多的專業知識，同樣是這些元素相互作用，就不再是需要的。這些不再屬於內在的學習，他們是多餘的，應該被淘汰。因此，什麼是內在的還是外在認知負荷不僅僅取決於所使用的材料，還有對專業知識的學習。同樣的相互作用的要素可以因為專業知識水平的不同而屬於內在或外在認知負荷 (Sweller, 2010)。

#### 4. 引導消退效應 (guidance fading effect)

示例效應與專技反效後，增加了引導消退效應 (Renkl & Atkinson, 2003; Renkl,

Atkinson, & Grose, 2004)。學習者先處理範例，接著是未完成的例子，最後才是完全的例題。這樣的指導方式已經多次被證明，對於初學者有效，淡化之後對於有更多專業知識者而言，也較不會產生專技反效 (Sweller, 2010)。

#### 5.自由目標效應 (goal-free effect)

早期的自由目標效應示範是由Sweller等人在1983年所提供。傳統的問題解決，只是為了找到一個解答，這種目標導向的教學，會限制了學習者的想法，造成較大的認知負荷。當學習者只要考慮當前的問題狀態，進行自由目標的解題時，學習的內容將會更多，可多重表達個人思考歷程，降低外在認知負荷。

#### 6.分散注意力效應 (split-attention effect)

教材如果讓學習者需要分心去思考其他訊息，就會增加外在認知負荷。例如：「角ABC=角XYZ」的文字敘述，學習者需要在圖上搜尋這兩個角的位置，在這之間就必須分散注意力去確認雙方的關係，這將耗費工作記憶資源。因此文字敘述用箭頭消除搜索，或是放在適當的位置而不是放在圖的下方，這樣才能減少元件的互動與外在認知負荷 (Ruth Colvin Clark & Mayer, 2008)。

會造成分散注意力效應的還有圖形與解說文字分散放置或出現時間不一致（動畫和語音未能適當搭配），都可能使學習者分散其注意力，以致增加其認知負荷 (Sweller, et al., 1998)。因此設計教材的時候可按照多媒體教材設計原則中 (R.E. Mayer, 2005) 空間接近原則與時間接近原則妥善安排訊息位置，避免學習者產生過多的外在認知負荷。

#### 7.冗餘效應 (redundancy effect)

教學時增加了不需要的訊息，就會產生冗餘效應。如果圖表或文字已經呈現給學習者，此時再增加口頭訊息時，學習者可能從圖表與文字已經瞭解，反而要消除多餘的口頭訊息，因而造成認知負荷 (Chandler & Sweller, 1991)。例如循環系統可以使用圖片呈現，教學者如果增加口語說明，學習者為了找尋對應的圖，產生了不必要的負荷 (Sweller, 2010)。

當圖片與文字分別都能解釋內容時，若二者同時放置一起，將強迫學習者去建立二者間的關聯，此舉非但不能加強學習效果，反而會造成認知負荷（范懿文、陳彙芳，2000）。在 Bobis 等人 (Bobis, Sweller, & Cooper, 1993) 的研究中，對小學生作摺紙教學的實驗，將摺紙方法繪製成圖，冗餘效應的組別則是在流程圖旁加上許多的文字敘述，研究結果發現，只看圖形的學習者，其所花的學習時間較短。

但冗餘效應並非絕對，往往與學習者的先備知識有關，若學習者的先備知識不足，

則另加的說明文字可能是需要的；但若面對的是有經驗的專家，則會造成冗餘效應 (McNamara, Kintsch, Songer, & Kintsch, 1996)。面對教材可能產生的冗餘效應可以使用激發式動態教學，隱藏次要訊息，突顯主要訊息，利用注意力導引建立訊息之間的關聯。

#### 8. 分離元素的交互作用 (isolated-interacting elements effect)

這與內在認知負荷較有關。在某些情況下，元素的交互性高時，工作記憶無法同時處理，造成內在認知負荷過高，超過了工作記憶的容量。當元素之間獨立時，學習每個元素和其他無直接相關，內在認知負荷便低。隨後，一旦學會單個元素，元素間的交互作用便不會讓工作記憶超載。因此，學習元素交互性高的教材前，先學習各獨立元素，先不管元素間的交互作用，效果會更好。

學習目標不能改變，但是可以分成數個小的學習目標，透過延遲元素互動性的學習，使得工作記憶被釋放，而不需要承受過多的負荷，以促進學生的學習 (Sweller, 2010)。

#### 9. 模組效應 (molar-modular effect)

模組效應的例子可以追溯到 2006 年 Gerjets。與元素的獨立交互作用類似，模組效應也是在降低內在認知負荷。

解決某些問題，學習者被展示一個完整整合的技術，將解決方案利用元素的交互性劃分成獨立的模塊，藉此降低內在認知負荷。這個方法是一個經過設計的教學，在過程中，學習者會同時處理元素的交互作用，造成更多的學習和卓越的問題解決。

模組效應有兩種模式，一種是用公式解決問題的，稱為 molar，另一種是使用一個有邏輯、有系列的模組化，一步一步來解決問題，稱為 modular。

這與獨立元素間的交互作用不同，獨立元素的交互作用必須要在元素有獨立性的情況。模組效應則用在可以做成模組的情況下 (Sweller, 2010)。

#### 10. 元素的交互作用效應 (element interactivity effect)

如果內在認知負荷低時，教材如何呈現就不重要了。例如學生學習一個新的科學詞彙，其中每個項目都可以獨立學習，與其他知識無關時，如何呈現教材並不會造成過多的負荷，就算此時製造了外在認知負荷，總負荷量仍然遠遠低於工作記憶容量。此時，改變教學程序以減低外在認知負荷的影響不大。

如果由於結合內在和外在因素的元素互動性高，由外來因素減少了元素的互動性，可能就是重要的。如果教學方式會分散注意力或多餘的因素產生時，這些元素會增加了內在元素的互動，總體認知負荷可能會大大超過工作記憶容量。減少與外在認知負荷相

關的交互性元素數量可以減少工作記憶負荷控制的範圍。元素的互動效應是基於內在和外認知負荷量所組合的元素互動性。因為有相當多的經驗證據表明，元素互動性的變化會影響內在認知負荷 (Sweller, 2010; Sweller & Chandler, 1994)。

#### 11. 形式效應 (modality effect)

形式效應是當訊息不能獨立來處理時，必須同時靠口語解說 (Tindall-Ford, Chandler, & Sweller, 1997)。當文字與圖片同時出現時，視覺上必須同時處理兩者，會造成分散注意力效應。如果用口語與圖片搭配，學習者可透過雙通道學習，將降低認知負荷量 (Sweller, 2010)。

Mousavi 等人 (Mousavi, Low, & Sweller, 1995) 的研究提及形式效應是由分散注意力效應所導出。Baddeley (1976) 提出工作記憶的運作，包含主要的中央執行 (central executive) 系統，以及語音迴路 (articulatory) 系統與視覺空間掃描 (visuo-spatial sketchpad) 系統等兩大輔助系統來獨立處理視覺及聽覺的訊息。訊息若能被這兩個部門一起處理，效果將會優於僅使用單一個部門。其原因在於以雙重來源的方式呈現訊息，將可啟動學習者工作記憶運作的輔助系統，共同處理多方訊息，分擔工作記憶對於訊息處理的負荷量，改善分散注意力效應的影響；若以單一管道來處理訊息，將可能造成學習者認知負荷的增加。如 Mousavi、Low 與 Sweller (1995) 的實驗證實，若將教材中的「印刷文字」改以「聲音文字」表達，則可與「以視覺呈現的圖片」相配合，經由視覺及聽覺兩通道來接收訊息，而不會因文字、圖片都以視覺呈現而增加外在認知負荷。

#### 12. 變化效應 (variability effect)

變化效應除了可以作為有效的認知負荷，還可以改變元素的交互作用，進而降低內在認知負荷。

Paas 與 Merriënboer (1994) 測試過兩種教法，一種是使用和問題類似的範例，一種是使用和問題相反、變化過的範例。結果顯示，接受變化過的例題，使得學生在演示遷移上有更好的表現。學習者不但要知道如何解決問題，也學會哪些類似的問題可以用同樣的解決方法。低變化性的題目會讓學習者只知道解決一種類型的題目。高變化型才能讓他們學會應用，透過比較與學習，然後解決各種類型的題目。增加變化，同時也增加了有效的認知負荷。學生藉此學會辨識哪些類型的題目適用什麼方法解決，工作記憶資源將會處理更多的元素交互性。雖然變換情境可能在表面上造成認知負荷，但有助於引起學習者的注意力，更投入學習與作業，因此在學習遷移上的效果將更為明顯 (Sweller, et al., 1998)。

認知負荷理論中，通常在討論如何減少外在認知負荷，而內在負荷究竟要增加或減少，其實有點複雜。如果某一學科的內在負荷是不可避免的，佔用過多的工作記憶資源，此時應該要想辦法降低，使用獨立元素的交互作用或是模組效應。但是如果教學過程的內在負荷較低，有效的認知負荷就必須增加，提供到不超過工作記憶容量 (Sweller, 2010)。

### 13. 想像力效應 (imagination effect)

如果學生被要求想像一個過程或概念，而不是研究訊息描述的程序或概念，在某些情況下，可以促進學習 (Leahy & Sweller, 2005)。

當工作記憶資源完全在處理內在認知負荷上，而沒有外加的負荷，有效的認知負荷的增加能帶來更多的學習。想像力效應有許多上述各種效應的特點。唯一的例外就是元素互動性高時，可能因為想像力效應而產生專技反效，這種情形只有發生在學習者可以處理元素的互動性，並有多餘的工作記憶能力時。

因此，對於初學者來說，想像力效應是一種外在認知負荷；對於已具有足夠知識的學習者來說，想像力效應可以促進學習。

### 14. 自我解釋效應 (self-explanation effect)

自我解釋效應 (Chi & Bassok, 1989; Renkl, 1997) 與想像力效應較相關。

要求學習者自我解釋一個新概念，是讓學習者用有效的認知負荷來處理內在認知負荷，與想像力效應的解釋是類似的。外在認知負荷通常是透過教學材料來降低，但想像力效應與自我解釋效應不會改變教學材料。這兩種效應是鼓勵學生從事與正常的教學所不同的活動。

想像力效應與自我解釋效應是重新定向為處理訊息的核心，藉此來降低外在認知負荷。一般有兩種方法。我們可以改變教學材料，使學生不再從事與學習無關的活動，或者我們可以直接指導學生認知過程，鼓勵他們，而不是直接教導。

研究者整理 Sweller (2010) 提出的十四項效應，對照 Mayer (2009) 的十二項多媒體設計原則，發現兩者之間雖然因為基本假定不同，一為效應，一為原則。但是約略有相關之處，將兩者比較整理如表 14。

表 14

認知負荷與多媒體設計原則比較表

| 認知負荷類型  | 認知負荷理論的<br>教學設計原則 | 多媒體設計原則                  | 認知處理方式  |
|---------|-------------------|--------------------------|---------|
| 外在認知負荷  | 示例效應              |                          |         |
| 外在認知負荷  | 問題完成效應            |                          |         |
| 外在認知負荷  | 專技反效              |                          |         |
| 外在認知負荷  | 引導消退效應            |                          |         |
| 外在認知負荷  | 自由目標效應            |                          |         |
| 外在認知負荷  | 分散注意力效應           | 空間接近原則<br>時間接近原則<br>連貫原則 | 外在的認知處理 |
| 外在認知負荷  | 冗餘效應              | 重複原則                     | 外在的認知處理 |
| 內在認知負荷  | 分離元素的交互作用         | 分割原則                     | 本體的認知處理 |
| 內在認知負荷  | 模組效應              | 分割原則                     | 本體的認知處理 |
| 內在認知負荷  | 元素的交互作用效應         | 事先訓練原則                   | 本體的認知處理 |
| 內在認知負荷  | 形式效應              | 形式原則                     | 本體的認知處理 |
| 有效的認知負荷 | 變化效應              |                          |         |
| 有效的認知負荷 | 想像力效應             |                          |         |
| 有效的認知負荷 | 自我解釋效應            |                          |         |

在槓桿課程中，學習者面對的課本或教材，都包含著許多的訊息，包括操作者、槓桿實驗器、砝碼、鐵架等都是有形的干擾，容易造成冗餘效應，而學習者應注意的力的大小與方向卻是無形、抽象的，加上力臂的長短受到許多干擾而不容易受到注意，進而增加了認知負荷量。

為了降低認知負荷，以「示意圖」作為有效的認知負荷，分離元素間的交互作用，將應注意的力臂、力的大小及方向從圖像分離出來，消去不需要注意的地方，以避免冗餘效應，然後透過整合，將示意圖各元素透過交互作用，以組成新的訊息，使學習者能夠容易選取訊息，進而組織與分析。

為了避免分散注意力效應的產生，示意圖不應與實際圖案分在不同的地方，應在同一頁面，將原本的圖形淡化後，將示意圖重疊上去，可以免除學習者為了前後對照而耗費多餘的認知處理。依照這樣的理念製作示意圖呈現槓桿原理的教學，期望能夠不增加總認知負荷量的情況下，獲得較好的學習成效。

### 2.3.4 認知負荷理論的測量

Wierwille 和 Eggemeier (1993) 提出三種測量認知負荷的方法，茲分述如下：

#### 1. 主觀測量法 (subjective techniques)

以評定量表 (rating scale) 測量受試者的心智努力，其基本假定是個體有能力去反思自身的認知歷程。Gopher 與 Braune (1984) 發現學習者可以對自己的認知歷程作反省，並藉量尺將它評定出來。Hendy、Hamilton 與 Landry (1993) 則發現測量認知負荷的量尺本身的特性，如單一或多重向度、量尺的大小、或文字說明呈現方式等因素，並不會影響評定的效果。

#### 2. 生理測量法 (physiological techniques)

生理測量法是假設認知負荷的改變，會反應在生理的變化上，用心跳、腦部活動或眼睛活動等生理現象來測量。

#### 3. 任務和績效測量法 (task and performance-based techniques)

客觀的用任務困難度及學習成效，來推論學習者的心智努力程度。任務困難度包括元素的互動性及數目，學習成效包括完成時間及正確性 (Sweller, et al., 1998)。

Paas 和 Van Merriënboer (1994) 認為認知負荷的測量可以從兩方面來考慮：

1. 心智負荷 (mental load)：以任務為基礎的向度 (task-based dimension)，與任務的內在特性 (教學目標) 或外在特性 (教材設計) 有關。
2. 心智努力 (mental effort)：以學習者為基礎的向度 (learner-based dimension)，指的是學習者付出的認知資源 (宋曜廷，2000)。

Paas 等人 (Paas, 1992; Paas & Van Merriënboer, 1994) 使用主觀測量法來測量學習者的心智努力知覺 (perceived mental effort)，受試者直接在九點量尺上，表示他們對於作業付出的努力 (1 代表非常低，9 代表非常高)。

Paas、van Merriënboer 與 Adam (1994) 進一步做信度分析。將受試者在 Paas (1992) 對 28 個關於認知負荷的題目的評定結果加以計算，發現  $\alpha$  係數可達到 .90；對 Paas 與 van Merriënboer (1994) 的 6 個題目的評定結果計算， $\alpha$  係數可達到 .82。將 Paas 與 van Merriënboer (1994) 的受試者在解題時心電圖變化資料作為心理負荷的指標發現，解題時心跳速率的反應在不同解題階段並沒有明顯差異，不同時段重複測試的結果，重測信度也不高。但若以認知負荷的評定資料當作指標，則不同作業階段的負荷感評定有顯著差異。因此，Paas 等人認為以評定量尺法來作為認知負荷的測量方法，在信度、敏感度和實用性上較其他方法更為可行 (引用自宋曜廷，2000)。

Brunken 等人將認知負荷的測量方式歸類成兩個向度：客觀性及關係。客觀性向度包括主觀及客觀兩種方式；關係向度是依據行為直接或間接。兩個向度的關係如表 15 (Brunken, Plass, & Leutner, 2003)：

表 15  
認知負荷兩個向度分類關係表

| 客觀性 | 間接       | 直接       |
|-----|----------|----------|
| 主觀  | 自我評量心智努力 | 自我評量壓力等級 |
|     |          | 自我評量教材難易 |
| 客觀  | 生理測量     | 腦部活動測量   |
|     | 行為評量     | 雙重任務表現   |
|     | 學習成效評量   |          |

資料來源：“Direct measurement of cognitive load in multimedia learning. Brunken,” by R., Plass, J. L., & Leutner, D., 2003, *Educational Psychologist*, 38(1), p. 55.

國內學者中，宋曜廷（2000）以量尺法測量認知負荷，包括「所投入的心理努力」，和「感受到的閱讀材料困難度」兩個向度進行七點量尺的評定，受試者最高得分 14 分，最低得分 2 分。文句陳述如下：

- (1) 我覺得自己在學習這份教材時，感覺很困難。
- (2) 我覺得我花了很大的心力才看懂這份教材。

郭璟瑜（2003）也採用學習者自我主觀的問卷評量方式，即學習者主觀的評量自己在認知上所受的負荷程度，包括「主觀的心智負荷」與「主觀的心智努力」兩個向度進行李克七點尺度量表。

謝東育（2009）以郭璟瑜的測量認知負荷題目為藍本來作修改，共兩題，測量的是學習者對教材內容所感受到的難易程度與自認為需付出的努力，進行七個量尺以測量本實驗的認知負荷量。

雖然宋曜廷等人以認知負荷總和作為評斷，但是 Sweller（2010）認為總認知負荷是內在認知負荷與外在認知負荷的總和，但心智負荷與心智努力是內在與外在交互作用的結果，兩者之間很難完全區隔，加總會造成重疊部分重複評估，因此在討論上尚待評估。

### 三、研究方法

本章旨在說明本研究所採用的方法。研究者根據研究目的蒐集相關文獻資料、整理分析、歸納統整後，設計本實驗研究架構。

本章共分為七節，第一節為研究架構，第二節為研究假設，第三節為研究設計，第四節為研究對象，第五節為研究工具，第六節為研究流程，第七節為資料處理與分析。

#### 3.1 研究架構

本研究旨在探討示意圖融入多媒體教學，對六年級學生在槓桿課程的學習成效及認知負荷的影響，依研究目的設計如圖 7 所示之研究架構圖。

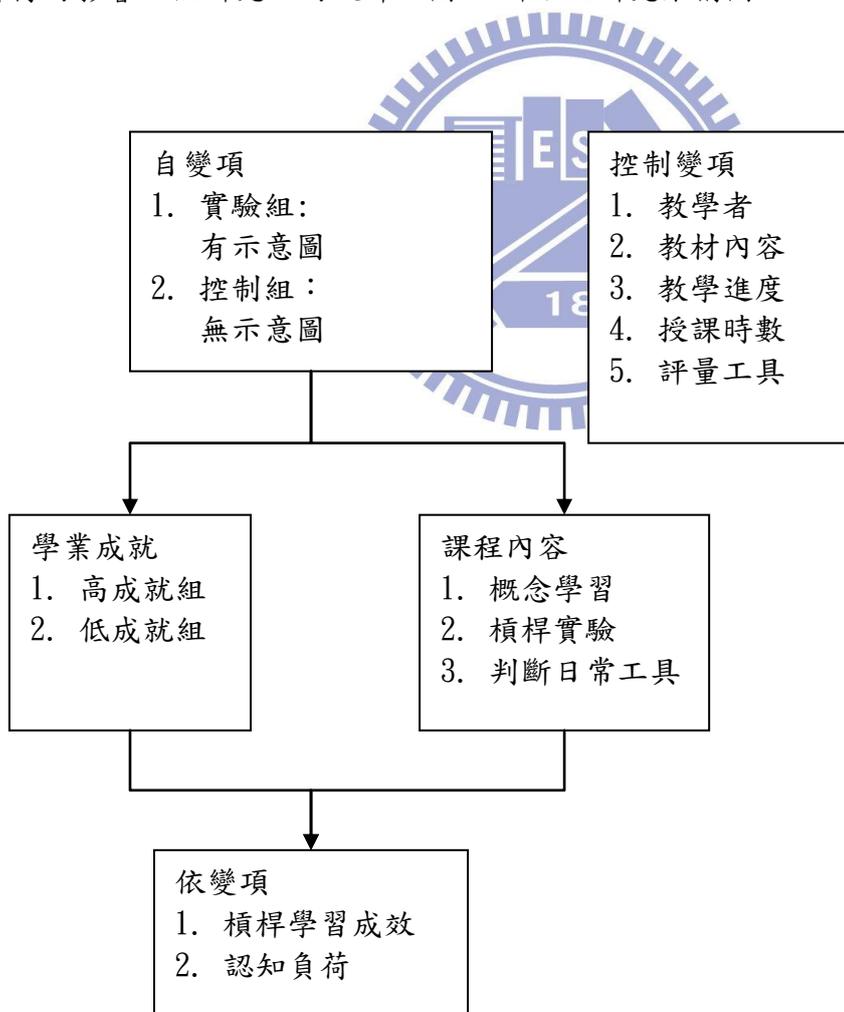


圖 7 研究架構圖

## 3.2 研究假設

根據文獻探討、研究架構、研究目的與待答問題，本研究擬提出下列研究假設加以考驗：

假設一：實驗組較控制組在槓桿課程的學習成效上具有顯著差異。

假設二：實驗組較控制組在槓桿課程中「概念學習」的學習成效上具有顯著差異。

假設三：實驗組較控制組在槓桿課程中「槓桿實驗」的學習成效上具有顯著差異。

假設四：實驗組較控制組在槓桿課程中「判斷日常工具」的學習成效上具有顯著差異。

假設五：實驗組與控制組中的高成就組與低成就組在槓桿課程學習成效上分別具有顯著差異。

假設六：實驗組較控制組在槓桿課程的認知負荷上具有顯著差異。

## 3.3 研究設計

為了解示意圖在多媒體融入槓桿教學中是否能對學習成效產生差異，本研究採取準實驗研究的不等組前測—後測設計（王文科、王智弘，2010），其設計模式如表 16。

表 16  
準實驗研究設計模式

|           | 前測             | 實驗             | 後測             |
|-----------|----------------|----------------|----------------|
| 實驗組（有示意圖） | O <sub>1</sub> | X <sub>1</sub> | O <sub>2</sub> |
| 控制組（無示意圖） | O <sub>3</sub> | X <sub>2</sub> | O <sub>4</sub> |

1. O<sub>1</sub>、O<sub>3</sub>：實驗處理前，兩組都接受「槓桿課程成就測驗」前測。
2. X<sub>1</sub>、X<sub>2</sub>：實驗組接受的數位教材為有示意圖的教材模式（X<sub>1</sub>），控制組接受的數位教材為無示意圖的教材模式（X<sub>2</sub>）。
3. O<sub>2</sub>、O<sub>4</sub>：實驗處理後，實驗組和控制組都接受「槓桿課程成就測驗」後測及「認知負荷量表」。

依據此一實驗設計，本研究之自變項、依變項、控制變項如下：

1. 自變項
  - (1) 教材設計：實驗組教材增加示意圖，以力圖呈現力的大小與方向，控制組教材則沒有示意圖。
  - (2) 學業成就：為了觀察不同學業成就的學童表現，將實驗組與控制組混合後，依照學童五年級上學期到六年級上學期六次自然評量成績平均就高低排序，前 27%的

學生為高成就組，後 27% 的學生為低成就組，其餘為中成就組。

- (3) 課程內容：槓桿課程可分為三部分，實驗組與控制組的成就測驗內容均可分為「概念學習題」、「槓桿實驗題」及「判斷日常工具題」。

## 2. 依變項

- (1) 槓桿課程成就測驗：學習者在槓桿課程成就測驗後測的得分。
- (2) 認知負荷量表：學習者在實驗結束、進行後測結束後，立即施測認知負荷量表的得分。

## 3. 控制變項

- (1) 教學者：兩組為同一教學者，為原班級任課教師，熟悉學生及數位教材。
- (2) 教材內容：實驗組與控制組所採用之教材內容一致，皆為研究者參考南一、翰林及康軒版的國小六年級簡單機械課程，自製的槓桿課程教學簡報。兩組的教學簡報均依照多媒體教材原則設計，且不告知實驗者及受試者何者為實驗組，何者為控制組，以避免實驗者偏見及強亨利效應。
- (3) 教學進度：兩組教學均在同一週進行。
- (4) 授課時數：實驗組與控制組的授課時數一致，每節課四十分鐘，且均在正式的課程中實施，計兩堂課。
- (5) 評量工具：實驗組與控制組均採用研究者依照課程內容設計的槓桿原理成效測驗題，認知負荷量表亦相同。
- (6) 為避免前測造成受試者了解研究者所隱藏的目標，且在以後的測驗表現中，較為熟練，在施測一週前先進行前測，並說明與成績無關，僅僅為了瞭解六年級學生的力學相關知識，前測結束後馬上收回試卷，並進行兩節課的其他課程。

## 3.4 研究對象

本研究對象為新竹市某國小六年級四個班的學生，研究者將參與學生分為兩組，每一組包含兩個班級。

為確認參與研究的兩組在學業成就上沒有顯著差異，因此先進行兩組成績  $t$  考驗，檢定方式以「教材模式」為自變項，「五、六年級自然平均分數」為依變項。結果之敘述統計如表 17， $t$  考驗分析結果如表 18 所示，其中 Cohen's  $d$  值的公式如(1)所示 (Cohen, 1988, p. 274)。

$$d = \frac{m_1 - m_2}{\sigma} \quad (1)$$

表 17

兩組近六次自然平均分數之敘述統計表

| 測量變項   | 實驗組 ( $n = 62$ ) |           |                | 控制組 ( $n = 63$ ) |           |                |
|--------|------------------|-----------|----------------|------------------|-----------|----------------|
|        | <i>M</i>         | <i>SD</i> | 95%CI          | <i>M</i>         | <i>SD</i> | 95%CI          |
| 自然平均分數 | 88.61            | 7.17      | [86.79, 90.43] | 86.92            | 7.94      | [84.92, 88.91] |

表 18

兩組近六次自然平均分數之 *t* 考驗分析表

| 變項   | 實驗組      |           | 控制組      |           | <i>t</i> (123) | <i>p</i> | 95% CI    |           | Cohen's <i>d</i> |
|------|----------|-----------|----------|-----------|----------------|----------|-----------|-----------|------------------|
|      | <i>M</i> | <i>SD</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> |                |          | <i>LL</i> | <i>UL</i> |                  |
| 教材模式 | 88.61    | 7.17      | 86.92    | 7.94      | -1.252         | .213     | -4.373    | .984      | 0.223            |

由表 18 所示， $t(123)=-1.252$ ， $p=.213>.05$ ，即兩組在近六次的自然成績上並無顯著差異。

依照近六次月考平均成績，將所有學生混合後，前 27% 為高成就組，後 27% 為低成就組，其餘為中成就組。各學業成就分組之敘述統計表如表 19 所示，比較實驗組與控制組的高成就組、中成就組及低成就組的 *t* 考驗，如表 20 所示，在實驗組與控制組中，高成就組與低成就組在組間均無顯著差異。

表 19

兩組不同學業成就學生的近六次自然平均分數之敘述統計表

| 測量變項 | 實驗組 ( $n = 62$ ) |           |                | 控制組 ( $n = 63$ ) |           |                |
|------|------------------|-----------|----------------|------------------|-----------|----------------|
|      | <i>M</i>         | <i>SD</i> | 95%CI          | <i>M</i>         | <i>SD</i> | 95%CI          |
| 高成就組 | 95.11            | 1.35      | [94.43, 95.78] | 95.46            | 1.49      | [94.67, 96.26] |
| 中成就組 | 89.87            | 2.05      | [89.09, 90.65] | 88.51            | 1.98      | [87.73, 89.29] |
| 低成就組 | 78.38            | 6.58      | [74.73, 82.02] | 77.92            | 6.95      | [74.67, 81.18] |

表 20

兩組不同學業成就學生的近六次自然平均分數之 *t* 考驗分析表

| 變項   | <i>df</i> | <i>t</i> | <i>p</i> | 95% CI    |           | Cohen's <i>d</i> |
|------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|------------------|
|      |           |          |          | <i>LL</i> | <i>UL</i> |                  |
| 高成就組 | 32        | .733     | .469     | -.636     | 1.350     | -0.246           |
| 中成就組 | 54        | -2.524   | .015     | -2.443    | -.280     | 0.675            |
| 低成就組 | 33        | -.195    | .847     | -5.175    | 4.269     | 0.068            |

## 3.5 研究工具

### 3.5.1 學習成就測驗

本研究所使用的成就測驗，目的在於瞭解學生經由不同的教學設計後，對教材的理解、應用與分析程度。測驗內容為自然與生活科技六下的簡單機械—槓桿，測驗內容參考南一、翰林、康軒版本的課本、習作、題庫及研究者自編教材。

## (1) 編擬試題

### ① 雙向細目表與試題類型分析

研究者依據教學目標與教材內容兩個向度編擬雙向細目表，如表 21，作為編擬測驗題目之藍圖，雙向細目表縱軸為教學內容，橫軸為 Anderson 與 Krathwohl (2001) 的 Bloom 認知領域教學目標分類修訂版，包括記憶、瞭解、應用、分析、評鑑及創造，其中本單元並無評鑑、創造題型，故並未列於表內。

試題以此雙向細目表為依據，編擬題型有是非題、選擇題及做做看，共 59 題。

表 21  
槓桿課程預試卷的雙向細目表

| 教學目標   | 記憶             | 瞭解                                | 應用 | 分析                     | 合計 | %  |
|--|----------------|-----------------------------------|----|------------------------|----|----|
| 1. 瞭解支點、施力點和抗力點、施力臂、抗力臂的意義。                          | 1,2,3, 17,32-1 | 25-1<br>25-2<br>25-3              |    |                        | 8  | 14 |
| 2. 能以槓桿名詞說明工作時費力或省力的感覺。                              | 7,8,32-2       | 16,19,20<br>21,25-4<br>25-5,32-4  |    | 26                     | 11 | 19 |
| 3. 設計實驗裝置，以數據驗證槓桿作用，說明省力或費力的機械裝置。                    |                | 28(7)                             | 18 | 22                     | 9  | 15 |
| 4. 知道施力臂 > 抗力臂時，省力。施力臂 < 抗力臂時，費力。施力臂 = 抗力臂時，不省力也不費力。 | 5,6            |                                   |    |                        | 2  | 3  |
| 5. 能以槓桿原理來分析生活中的常用工具。                                | 4,14,15        | 9,10,12<br>13,24,27<br>29(2),32-3 |    | 11,23,<br>30(14)<br>31 | 29 | 49 |
| 總計   | 13             | 26                                | 1  | 19                     | 59 |    |
| 百分比  | 22             | 44                                | 2  | 32                     |    |    |

註：表格中的數字為題號，括弧內的數字為該題題組的題數。

### ② 專家內容效度

編擬完畢後，為增加內容效度，試題經教授審閱後，再請六年級自然教師針對試題內容之適切性、關連性等加以審查，修訂不合適及語意不清題目，修訂後隨機挑選國中一年級兩個班級做為預試對象。

## 2. 預試測驗

### (1) 預試對象

預試對象為國中一年級兩個班級學生，利用導師時間，商請導師進行預試，統一作答時間為 30 分鐘，做為修改試題參考。預試樣本發出 61 份，回收 61 份，回收率 100%，得到有效問卷 61 份，可用率 100%。預試總題數 32 題，總分為 59 分，平均 42 分，標準差 9.18。

### (2) 難度與鑑別度分析

問卷回收後，隨即將資料建檔，並以 Excel 2007 軟體進行分析。

在難度與鑑別度分析方面，分別計算樣本之總分，並依高低分加以排序，選取得分較高之前 27% 為高分組，得分較低之後 27% 為低分組，再進行難度與鑑別度分析，將太難及太簡單的題目刪除，以符合難度位於 0.20 至 0.80 之間，鑑別度為 0.30 以上（王文科、王智弘，2010）。其中第 30.5 及 30.7 題為探討示意圖是否能協助學生，在分析上能處理難度更高之題型，因此予以保留，最後選定正式題目，合計共 22 題，總分為 70 分，結果詳見表 22。

表 22  
預試難度與鑑別度分析

| 題號 | 通過率   | 難度    | 鑑別度    | 備註                                 | 新題號 |
|----|-------|-------|--------|------------------------------------|-----|
| 1  | 90.16 | 0.875 | 0.250  | 刪除，太容易                             |     |
| 2  | 98.36 | 0.969 | 0.063  | 刪除，太容易                             |     |
| 3  | 91.80 | 0.906 | 0.063  | 刪除，太容易                             |     |
| 4  | 98.36 | 0.969 | 0.063  | 刪除，太容易                             |     |
| 5  | 80.33 | 0.844 | -0.063 | 刪除，鑑別度為負值                          |     |
| 6  | 73.77 | 0.656 | 0.688  |                                    | 1   |
| 7  | 70.49 | 0.719 | 0.438  |                                    | 2   |
| 8  | 73.77 | 0.625 | 0.250  |                                    | 3   |
| 9  | 98.36 | 0.969 | -0.063 | 刪除，鑑別度為負值                          |     |
| 10 | 91.80 | 0.906 | 0.188  | 刪除，太容易                             |     |
| 11 | 70.49 | 0.594 | 0.563  |                                    | 4   |
| 12 | 75.41 | 0.813 | 0.250  | 保留，可能預試學生有教過，但在本實驗中為教此工具下，學生是否能分析？ | 5   |
| 13 | 88.52 | 0.781 | 0.313  |                                    | 6   |
| 14 | 78.69 | 0.656 | 0.438  |                                    | 7   |
| 15 | 93.44 | 0.938 | 0.125  | 刪除，太容易                             |     |
| 16 | 81.97 | 0.719 | 0.563  |                                    | 8   |

表 22  
預試難度與鑑別度分析 (續)

| 題號    | 通過率    | 難度    | 鑑別度   | 備註                        | 新題號  |
|-------|--------|-------|-------|---------------------------|------|
| 17    | 93.44  | 0.875 | 0.250 | 保留，可探討此概念是否受日常工具教學而有迷思概念？ | 9    |
| 18    | 75.41  | 0.750 | 0.375 |                           | 10   |
| 19    | 81.97  | 0.688 | 0.500 |                           | 11   |
| 20    | 86.89  | 0.813 | 0.250 | 刪除，太容易                    |      |
| 21    | 73.77  | 0.688 | 0.500 |                           | 12   |
| 22    | 81.97  | 0.781 | 0.313 |                           | 14   |
| 23    | 67.21  | 0.594 | 0.813 |                           | 15   |
| 24    | 54.10  | 0.469 | 0.438 |                           | 13   |
| 25.1  | 96.72  | 0.938 | 0.125 | 刪除，太容易                    |      |
| 25.2  | 95.08  | 0.906 | 0.188 | 刪除，太容易                    |      |
| 25.3  | 100.00 | 1.000 | 0.000 | 刪除，太容易                    |      |
| 25.4  | 81.97  | 0.750 | 0.250 |                           | 16.1 |
| 25.5  | 90.16  | 0.875 | 0.250 | 保留，可對照25.4，觀察學生是否用猜測。     | 16.2 |
| 26    | 88.52  | 0.781 | 0.438 |                           | 17   |
| 27    | 95.08  | 0.938 | 0.125 | 刪除，太容易                    |      |
| 28.1  | 29.51  | 0.500 | 1.000 |                           | 18.1 |
| 28.2  | 29.51  | 0.500 | 1.000 |                           | 18.2 |
| 28.3  | 31.15  | 0.500 | 1.000 | 題型重複，刪除                   |      |
| 28.4  | 32.79  | 0.563 | 0.875 | 題型重複，刪除                   |      |
| 28.5  | 67.21  | 0.656 | 0.688 |                           | 18.3 |
| 28.6  | 59.02  | 0.656 | 0.688 |                           | 18.4 |
| 28.7  | 19.67  | 0.344 | 0.688 |                           | 18.5 |
| 29.1  | 91.80  | 0.844 | 0.313 |                           | 19.1 |
| 29.2  | 93.44  | 0.906 | 0.188 | 保留，可對照29.1，觀察學生是否用猜測。     | 19.2 |
| 30.11 | 65.57  | 0.688 | 0.625 |                           | 20.1 |
| 30.12 | 90.16  | 0.844 | 0.313 |                           | 20.1 |
| 30.21 | 49.18  | 0.531 | 0.563 |                           | 20.2 |
| 30.22 | 70.49  | 0.719 | 0.313 |                           | 20.2 |
| 30.31 | 44.26  | 0.469 | 0.813 |                           | 20.3 |
| 30.32 | 72.13  | 0.719 | 0.313 |                           | 20.3 |
| 30.41 | 27.87  | 0.250 | 0.500 |                           | 20.4 |
| 30.42 | 83.61  | 0.781 | 0.313 |                           | 20.4 |
| 30.51 | 0.00   | 0.000 | 0.000 | 題目較難，但是在示意圖教學下，有可能推論，故保留。 | 20.7 |
| 30.52 | 80.33  | 0.813 | 0.250 | 同上。                       | 20.7 |

表 22

## 預試難度與鑑別度分析 (續)

| 題號    | 通過率   | 難度    | 鑑別度   | 備註                        | 新題號  |
|-------|-------|-------|-------|---------------------------|------|
| 30.61 | 26.23 | 0.281 | 0.563 |                           | 20.5 |
| 30.62 | 68.85 | 0.781 | 0.188 |                           | 20.5 |
| 30.71 | 18.03 | 0.188 | 0.375 | 題目較難，但是在示意圖教學下，有可能推論，故保留。 | 20.6 |
| 30.72 | 60.66 | 0.500 | 0.625 |                           | 20.6 |
| 31    | 52.46 | 0.469 | 0.688 |                           | 21   |
| 32.1  | 96.72 | 0.938 | 0.000 | 刪除，太容易                    |      |
| 32.2  | 85.25 | 0.750 | 0.500 |                           | 22.1 |
| 32.3  | 65.57 | 0.656 | 0.313 |                           | 22.2 |
| 32.4  | 93.44 | 0.906 | 0.188 | 刪除，太容易                    |      |

經修改後之正式測驗題目，雙向細目表修改如表 23，修改後的題目，利用 SPSS 統計軟體，經 Cronbach  $\alpha$  的信度檢驗，內部一致性信度為 0.911，顯示出整份試卷有良好的 consistency。

表 23

## 槓桿原理測驗雙向細目表

| 教學目標   | 記憶                     | 瞭解         | 應用           | 分析                           | 合計  | %   |
|--|------------------------|------------|--------------|------------------------------|-----|-----|
| 1. 瞭解支點、施力點和抗力點、施力臂、抗力臂的意義。                          | 9                      |            |              |                              | 1   | 3   |
| 2. 能以槓桿名詞說明工作時費力或省力的感覺。                              | 2,3,16(2)              | 8,11,12,17 | 22(1)        |                              | 9   | 26  |
| 3. 設計實驗裝置，以數據驗證槓桿作用，說明省力或費力的機械裝置。                    |                        | 10         | 14,18(5)     |                              | 7   | 20  |
| 4. 知道施力臂 > 抗力臂時，省力。施力臂 < 抗力臂時，費力。施力臂 = 抗力臂時，不省力也不費力。 | 1                      |            |              |                              | 1   | 3   |
| 5. 能以槓桿原理來分析生活中的常用工具。                                | 6,7,19(2)<br>20(1,3,4) | 5,15       | 4<br>20(2,5) | 13<br>20(6,7)<br>21<br>22(2) | 17  | 49  |
| 總計   | 13                     | 8          | 9            | 5                            | 35  | 100 |
| 百分比  | 37                     | 23         | 26           | 14                           | 100 |     |

註：表格中的數字為題號，括弧內的數字為該題題組的題數。

本研究中，槓桿課程可區分為三個部分，各部分的題目分配情形如表 24。

表 24

槓桿課程成就測驗的題目類型分配情形

| 項目     | 題號  | 題數 | 分數 |
|--------|---|----|----|
| 槓桿概念   | 1、2、3、7、8、9、11、12、14、15、16.1、16.2、17、19.1、19.2、22.1 | 16 | 16 |
| 槓桿實驗   | 10、18.1、18.2、18.3、18.4、18.5                         | 6  | 6  |
| 日常工具判斷 | 4、5、6、13、20.1、20.2、20.3、20.4、20.5、20.6、20.7、21、22.2 | 13 | 48 |

### 3.5.2 認知負荷量表

認知模型可用於確定一些在訊息理解上重要的因素。有三個基本因素會影響學習的認知負荷時。這些因素是舊經驗、教材的內在性質及教學的組織 (Marcus, Cooper, & Sweller, 1996)。

在認知負荷量表的設計中，依此三個基本因素，分別訂相關之認知負荷感受問題：

(1) 舊經驗：

①在學習之前，我認為「槓桿原理」在學習上是容易的

(2) 教材的內在性質：

②在學習過程中，我實際上用了很少心力

③聽完老師講解後，我覺得「槓桿原理」的難易度是簡單的

(3) 教學的組織：

④在老師的引導、講解過程中，找到相關訊息是容易的

⑤在老師的引導、講解過程中，我有足夠的時間思考

⑥在這堂課的學習過程中，我覺得是順暢的

⑦這堂課的學習過程中，我覺得沒有壓力

(4) 教材的內在性質與教學的組織交互作用：

⑧上這堂課後我覺得我對學好「槓桿原理」有信心

⑨這堂課的學習過程中，我覺得有成就感

⑩我覺得學習過程中，必須同時處理很多訊息

認知負荷量表如表 25，共十題，每題以七點尺度衡量。在後測結束後，發下兩張認知負荷量表，一張為「槓桿原理」的學習，另一張為「判斷日常工具」的學習。

表 25

認知負荷量表

|                             | 非常不同意 | 不同意 | 有點不同意 | 普通 | 還算同意 | 同意 | 非常同意 |
|-----------------------------|-------|-----|-------|----|------|----|------|
| 1.在學習之前，我認為「槓桿原理」在學習上是容易的   | 1     | 2   | 3     | 4  | 5    | 6  | 7    |
| 2.在學習過程中，我實際上用了很少心力         | 1     | 2   | 3     | 4  | 5    | 6  | 7    |
| 3.聽完老師講解後，我覺得「槓桿原理」的難易度是簡單的 | 1     | 2   | 3     | 4  | 5    | 6  | 7    |
| 4.在老師的引導、講解過程中，找到相關訊息是容易的   | 1     | 2   | 3     | 4  | 5    | 6  | 7    |
| 5.在老師的引導、講解過程中，我有足夠的時間思考    | 1     | 2   | 3     | 4  | 5    | 6  | 7    |
| 6.在這堂課的學習過程中，我覺得是順暢的        | 1     | 2   | 3     | 4  | 5    | 6  | 7    |
| 7.這堂課的學習過程中，我覺得沒有壓力         | 1     | 2   | 3     | 4  | 5    | 6  | 7    |
| 8.上這堂課後我覺得我對學好「槓桿原理」有信心     | 1     | 2   | 3     | 4  | 5    | 6  | 7    |
| 9.這堂課的學習過程中，我覺得有成就感         | 1     | 2   | 3     | 4  | 5    | 6  | 7    |
| 10. 我覺得學習過程中，必須同時處理很多訊息     | 1     | 2   | 3     | 4  | 5    | 6  | 7    |

### 3.5.3 多媒體教材

#### 1.設計理念及內容

Bruner 的發現教學法是目前科學教育中常用的教學策略，教師在教學過程中鼓勵學生主動參與學習，經由觀察、操作、實驗、討論、推理、歸納和綜合等學習活動，從中發現原理原則，並運用在解決學習上或生活上的實際問題。其中操作與實驗是科學教育不可缺少的活動，也是數位教材無法取代的，因此研究者在設計教材時，保留部分操作與實驗，而將重點放在討論、推理、歸納與分析。

研究者綜合各版本自然課本內容，結合各家優點，捨棄或改進缺失，將槓桿課程分成五個階段。第一階段為蹺蹺板，從學生常玩的遊戲引起學習動機。第二階段採用康軒版的「用長桿撐起重物」活動，藉此定義施力臂、施力點、施力大小、支點、抗力點、抗力臂及抗力大小，並指定學生操作，發現施力點遠離支點或抗力點接近支點，就會越省力。第三階段，將長桿撐起重物用槓桿實驗器操作，透過模擬實驗，將省力的感覺數據化，並記錄實驗結果，驗證施力臂大於抗力臂時，施力大小就會小於抗力大小。第四

階段，從槓桿實驗結果中，發現力臂與力的比例關係，並歸納出槓桿原理的公式，進而推理在其他情況下，如何使槓桿平衡。第五階段，從日常工具的動畫中，學習判斷各種工具的施力點、抗力點、支點、施力臂及抗力臂，並且歸納為省力、費力或不省力也不費力的工具。

第五階段的判斷日常工具教學中，蒐集各版本教材所舉例的工具，排除性質相近及較易混淆的內容，依照難易度排列，先教與槓桿實驗器類似的等臂天平，接著教用湯匙撬開瓶蓋、拔釘器（第一型槓桿）、夾麵包器（第三型槓桿）、裁紙刀（第二型槓桿）及開瓶器（支點較不易發現）。

另外三種工具—榨汁器、筷子及指甲剪，只呈現動畫但不教學，並放在施測題目卷中。呈現動畫的目的在於避免學童因為生活經驗不足，無法想像該工具如何使用，因此藉由動畫讓學童觀察。不教學的目的在於瞭解學童是否能自行分析、判斷，而非靠記憶。

刪去的工具包括剪刀、樹枝剪、老虎鉗、尖嘴鉗、夾子、鑷子、鐵夾、獨輪車及掃把。其中剪刀可能省力也可能費力，因此不列入教材。樹枝剪較容易，直接作為題目範例。老虎鉗、尖嘴鉗及夾子類似樹枝剪，刪去不用。鑷子及鐵夾類似夾麵包器，刪去不用。獨輪車的支點一直移動，恐造成初學者困擾，刪去不用。掃把類似筷子，刪去不用。

## 2.能力指標與教學目標

本課程相關之能力指標詳如表 26。本研究課程之教學目標詳如表 27（教育部，2003）。

表 26

槓桿相關能力指標與教學目標

| 能力指標        |                                    |
|-------------|------------------------------------|
| 自 1-3-2-2-9 | 由改變量與本量之比例，評估變化程度                  |
| 自 1-3-3-3-9 | 由系列的相關活動，綜合說出活動的主要特徵               |
| 自 1-3-4-3-9 | 由資料顯示的相關，推測其背後可能的因果關係              |
| 自 1-3-4-4-9 | 由實驗的結果，獲得研判的論點                     |
| 自 1-3-5-2-4 | 用適當的方式表述資料（例如數線、表格、曲線圖）            |
| 自 2-3-5-4   | 藉簡單機械的運用知道力可由槓桿、皮帶、齒輪、流體（壓力）等方法來傳動 |
| 自 3-3-3-9   | 發現運用科學知識來作推論，可推測一些事並獲得證實           |
| 自 5-3-1-1-1 | 能依據自己所理解的知識，做最佳抉擇                  |
| 自 5-3-1-2-6 | 知道細心、切實的探討，獲得的資料才可信                |
| 自 5-3-1-3-2 | 相信現象的變化有其原因，要獲得什麼結果，需營造什麼變因        |
| 自 6-3-2-2-1 | 相信自己常能想出好主意來完成一件事                  |
| 自 6-3-3-2-7 | 體會在執行的環節中，有許多關鍵性的因素需要考量            |
| 自 7-3-4-2   | 察覺許多巧妙的工具常是簡單科學原理的應用               |

表 27

## 本研究課程之教學目標

## 教學目標

- 一、以長桿撐起東西時，支點、施力點和抗力點的位置。
- 二、以槓桿名詞說明工作時費力或省力的感覺。
- 三、設計實驗裝置，以數據驗證槓桿作用，說明省力或費力的機械裝置。
- 四、施力臂  $>$  抗力臂時，省力。施力臂  $<$  抗力臂時，費力。施力臂  $=$  抗力臂時，不省力也不費力。
- 五、能以槓桿原理來分析生活中的常用工具。

## 3.課程流程

本教學活動實施 2 節課，共 80 分鐘，課程流程如表 28。

表 28

## 課程流程表

| 階段 | 教學主題   | 教學內容  | 時間  |
|----|--------|---|-----|
| 一  | 蹺蹺板    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 兩人坐蹺蹺板，下傾的那一邊代表什麼？</li> <li>• 體重較重的如何移動才能使蹺蹺板恢復平衡</li> </ul>   | 5分  |
| 二  | 長桿撐重物  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 從長桿撐重物活動，定義施力點、支點、抗力點、施力臂及抗力臂。</li> <li>• 抗力點不變，發現施力點越靠近支點越費力。</li> <li>• 施力點不變，發現抗力點越靠近支點越省力。</li> </ul>  | 15分 |
| 三  | 槓桿實驗器  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 以槓桿實驗器對應長桿撐重物，將施力大小及抗力大小數據化。</li> <li>• 操作實驗，記錄數據。</li> <li>• 驗證抗力臂 <math>=</math> 施力臂時，抗力大小 <math>=</math> 施力大小；抗力臂 <math>&gt;</math> 施力臂時，抗力大小 <math>&lt;</math> 施力大小；抗力臂 <math>&lt;</math> 施力臂時，抗力大小 <math>&gt;</math> 施力大小。</li> </ul> | 20分 |
| 四  | 槓桿原理公式 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 從槓桿實驗數據中，歸納出槓桿原理公式。</li> </ul>   | 10分 |
| 五  | 判斷日常工具 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 從動畫中觀察各種工具的施力點、支點、抗力點、施力臂、抗力臂。</li> <li>• 能判斷日常工具為省力、費力或不省力也不費力工具。</li> <li>• 判斷的日常工具的教學包括等臂天平、用湯匙撬開瓶蓋、拔釘器、夾麵包器、裁紙刀及開瓶器。</li> <li>• 只呈現日常工具的使用方式動畫而不教學的包括榨汁器、筷子及指甲剪。</li> </ul>  | 30分 |

## 4.教材內容

控制組與實驗組的教材內容大致相同，均符合 R.E. Mayer 的十二種多媒體教材設計原則，只是實驗組依照 J. Sweller 的元素獨立交互作用、分散注意力及冗餘原則，加入了示意圖，幫助學生建立力臂與力的比例概念，以解決衝突—平衡題。兩組教材的異同詳見表 29。

表 29

控制組與實驗組教材的異同比較表

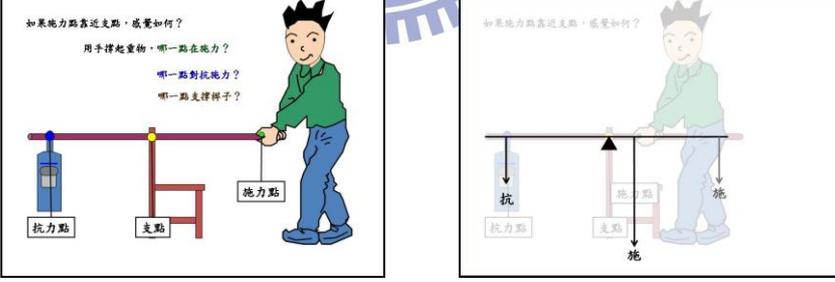
| 階段 | 教學主題   | 控制組  | 實驗組  |
|----|--|--|--|
|    | 封面   |     | 同控制組   |
| 一  | 蹺蹺板<br>以可愛的動物在蹺蹺板造成傾斜的情境，引發學生討論如何恢復平衡，小狗移動的位置上有1、2、3、4個選項，增加溝通性。畫面上減少文字，避免增加負荷（信號原則、重複原則）  |     | 同控制組   |
| 二  | 長桿撐重物<br>採用文字和圖像並用（多媒體原則），並且直接將專有名詞標示在該點附近（空間接近原則），相關的文字與圖像同時出現（時間接近原則），問題逐步展示，不會一次全部出現（分割原則），在完成一項任務後，下一項任務的文字才會出現（連貫原則）。進行本階段教材時，請一名學生演練訴說解答（個別化原則）。 |  | 同控制組外，並增加示意圖，呈現施力點、支點及抗力點位置外，還以線段呈現施力大小及抗力大小，並加上方向箭頭（元素獨立交互作用原則、分散注意力原則及冗餘原則）。 |

表 29

控制組與實驗組教材的異同比較表 (續)

| 階段   | 教學主題   | 控制組  | 實驗組   |      |      |      |      |      |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|--|--------|--|---|------|------|------|------|------|---|---|---|---|---|---|---|---|--|---|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 三  | 槓桿實驗器  | <p>用槓桿實驗器，記錄阻力、阻力大小與支點距離的關係。</p>   | <p>阻力臂 &gt; 施力臂時，阻力大小和施力大小的關係</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>阻力大小</th> <th>阻力臂</th> <th>施力臂</th> <th>施力大小</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3</td> <td>4</td> <td>2</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>4</td> <td>2</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>4</td> <td>2</td> <td>10</td> </tr> </tbody> </table>  | 阻力大小 | 阻力臂  | 施力臂  | 施力大小 | 3    | 4 | 2 | 6 | 4 | 4 | 2 | 8 | 5 | 4  | 2 | 10 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|  |        | 阻力大小   | 阻力臂   | 施力臂  | 施力大小 |      |      |      |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 3  | 4      | 2  | 6   |      |      |      |      |      |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 4  | 4      | 2  | 8   |      |      |      |      |      |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 5  | 4      | 2  | 10  |      |      |      |      |      |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <p>阻力臂 = 施力臂時，阻力大小和施力大小的關係</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>阻力大小</th> <th>阻力臂</th> <th>施力臂</th> <th>施力大小</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3</td> <td>4</td> <td>4</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>4</td> <td>4</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>4</td> <td>4</td> <td>4</td> </tr> </tbody> </table> | 阻力大小   | 阻力臂  | 施力臂   | 施力大小 | 3    | 4    | 4    | 4    | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 | <p>同控制組外，每次實驗結束後，數據除了呈現在畫面外，還將實驗畫面淡化，然後呈現示意圖，顯示施力大小與阻力大小的關係。</p> |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 阻力大小   | 阻力臂    | 施力臂  | 施力大小  |      |      |      |      |      |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 3  | 4      | 4  | 4   |      |      |      |      |      |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 4  | 4      | 4  | 4   |      |      |      |      |      |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 5  | 4      | 4  | 4   |      |      |      |      |      |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 四  | 槓桿原理公式 | <p>槓桿實驗器中，三種阻力臂與施力臂的大小關係，分成三次實驗，每次只做一種大小關係，並驗證出小結論，施力大小和阻力大小之間的關係。由於專有名詞在前一階段已訓練完成，故本階段可直接使用。(分割原則、事先訓練原則)</p> | <p>將實驗整理成表格，觀察阻力大小、阻力臂、施力臂、施力大小的關係</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>組</th> <th>阻力大小</th> <th>阻力臂</th> <th>施力臂</th> <th>施力大小</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>4</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>4</td> <td>4</td> <td>4</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>5</td> <td>4</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>2</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>4</td> <td>4</td> <td>2</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>5</td> <td>4</td> <td>2</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>6</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>6</td> <td>4</td> <td>6</td> <td>4</td> </tr> </tbody> </table> <p>將三種關係、八次實驗的數據結果呈現於一個表格中，教學者透過分行呈現或分列呈現，讓學習者觀察出槓桿原理公式。(信號原則、分割原則)</p> | 組    | 阻力大小 | 阻力臂  | 施力臂  | 施力大小 | 1 | 3 | 4 | 4 | 3 | 2 | 4 | 4 | 4  | 4 | 3  | 5 | 4 | 4 | 5 | 4 | 3 | 4 | 2 | 6 | 5 | 4 | 4 | 2 | 8 | 6 | 5 | 4 | 2 | 10 | 7 | 3 | 4 | 6 | 2 | 8 | 6 | 4 | 6 | 4 |
|  |        | 組  | 阻力大小  | 阻力臂  | 施力臂  | 施力大小 |      |      |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 1  | 3      | 4  | 4   | 3    |      |      |      |      |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 2  | 4      | 4  | 4   | 4    |      |      |      |      |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 3  | 5      | 4  | 4   | 5    |      |      |      |      |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 4  | 3      | 4  | 2   | 6    |      |      |      |      |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 5  | 4      | 4  | 2   | 8    |      |      |      |      |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 6  | 5      | 4  | 2   | 10   |      |      |      |      |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 7  | 3      | 4  | 6   | 2    |      |      |      |      |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 8  | 6      | 4  | 6   | 4    |      |      |      |      |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

表 29

控制組與實驗組教材的異同比較表 (續)

| 階段 | 教學主題   | 控制組  | 實驗組  |
|----|--------|--|--|
| 五  | 判斷日常工具 | <div data-bbox="470 358 845 638" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="470 649 845 1052">日常工具的呈現不使用照片，而是用PowerPoint繪圖工具繪製，並且慢動作呈現工具使用過程，讓學生有足夠的時間觀察工具抗力過程，從中發現施力點、支點及抗力點的位置。<br/>(分割原則、多媒體原則)<br/>呈現日常工具時，旁邊沒有文字，只有教師旁白說明。(形式原則)</p> <div data-bbox="470 1064 845 1344" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="470 1355 845 1545">指甲剪由於是兩種機械合成，為了讓學生更容易發現，因此除了整體動畫外，再增加兩個動畫，分別淡化上層及下層。<br/>(信號原則)</p> | <div data-bbox="925 358 1300 638" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="925 649 1300 851">同控制組外，每個日常工具動畫結束後淡化，並增加示意圖顯示施力大小、抗力大小、施力臂及抗力臂，且施力臂及抗力臂用不同顏色標示，以利區分。</p> |

## 3.6 研究流程

### 3.6.1 實施流程

本研究流程如圖 8。

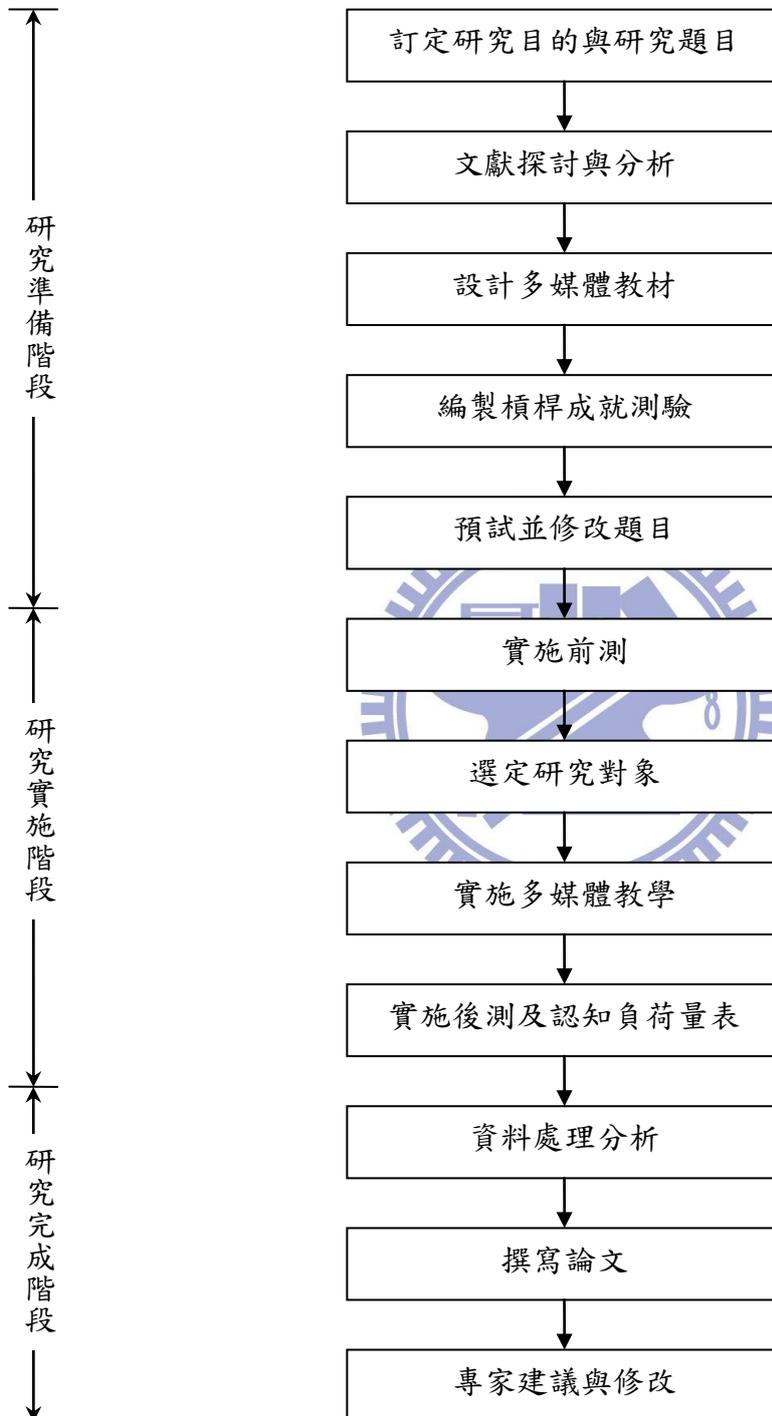


圖 8 研究流程圖

### 3.6.2 實施程序

以下就各階段過程敘述：

#### 1.研究準備階段

研究者與指導教授確定研究方向後，開始蒐集相關文獻、資料，並且著手設計多媒體教材，經過指導教授不斷修正後，確定教材內容。

教材內容確定後，開始編制實驗所需要的測驗工具，參考各版本教科書、習作、測驗卷後，訂出第一版施測題目，與指導教授討論修改後，再經過學校自然專任教師討論修改成第二版施測題目。

#### 2.研究實施階段

為了瞭解施測題目之難度、鑑別度及信度，先在國中一年級兩個班級學生做預試，預試時間三十分鐘，並從兩班總分依高低分數排序，選擇前 27% 以上為高分組，後 27% 以下為低分組，計算每一道試題的難度及鑑別度，刪去不適當題目後作為正式施測題目卷。

為了在六年級七個班級中選出適當班級做比較，先對七個班級作前測，前測時間同樣為三十分鐘，做單因子共變數分析後，選定施測對象為兩組，每一組兩個班級，兩組間於前測成績無顯著差異。

為了避免前測造成記憶效應，前測選在學生前一單元進行中安插施測，施測時告知學生不算成績，僅作瞭解知識程度，施測結束後馬上收回，不檢討亦不發回，然後繼續前一單元的課程。槓桿課程則相隔一週後才開始進行。

實驗組與控制組均為校內一名擅用多媒體教材之自然教師擔任，課程進行兩堂課，結束後的第三堂課接受後測，施測時間為三十分鐘，後測結束後收回，然後進行認知負荷量表施測，時間為十分鐘。

#### 3.研究完成階段

將實驗結果進行資料登錄，然後採用 SPSS 12.0 進行分析處理，形成結論與建議，並著手撰寫論文，經與指導教授討論與修改後，舉行論文口試。論文修正後，付印以完成本研究論文。

### 3.7 資料處理與分析

本研究中所有的分析都使用 SPSS 12.0 統計軟體，顯著水準訂為  $\alpha=.05$ 。其所使用的統計方法說明如下：

1. 探討有無示意圖與槓桿學習成效是否有顯著差異？以前測得分為共變量，後測得分為依變項，教材設計為自變項，進行單因子共變數分析 (One-way ANCOVA)，以考驗假設一。
2. 有無示意圖對於槓桿原理的「概念學習」測驗表現是否有顯著差異？以「槓桿概念」的前測得分為共變量，「槓桿概念」的後測得分為依變項，教材設計為自變項，進行單因子共變數分析 (One-way ANCOVA)，以考驗假設二。
3. 有無示意圖對於槓桿原理的「槓桿實驗」測驗表現是否有顯著差異？以「槓桿實驗」的前測得分為共變量，「槓桿實驗」的後測得分為依變項，教材設計為自變項，進行單因子共變數分析 (One-way ANCOVA)，以考驗假設三。
4. 有無示意圖對於槓桿原理的「判斷日常工具」測驗表現是否有顯著差異？以「判斷日常工具」的前測得分為共變量，「判斷日常工具」的後測得分為依變項，教材設計為自變項，進行單因子共變數分析 (One-way ANCOVA)，以考驗假設四。
5. 有無示意圖與不同學業成就學生的測驗表現是否有顯著差異？分別以高成就組與低成就組的前測得分為共變量，後測得分為依變項，教材設計為自變項，進行單因子共變數分析 (One-way ANCOVA)，以考驗假設五。
6. 有無示意圖與學習認知負荷量是否有顯著差異？以教材設計為自變項，各認知負荷量為依變項，進行  $t$  考驗，以考驗假設六。

效果值使用 partial  $\eta^2$  表示，公式如(2)下，其中  $SS_a$  為實驗處理的組間平方和， $SS_{error}$  為組內誤差平方和（李金泉，2007）。 $\eta^2$  值介於 0.0099 與 0.0588 之間屬於低度效果值； $\eta^2$  值介於 0.0588 與 0.1379 之間屬於中度效果值； $\eta^2$  值大於 0.1379 為高度效果值（Cohen, 1988, pp. 285-287）。

$$\eta^2 = \frac{SS_a}{SS_a + SS_{error}} \quad (2)$$

## 四、結果與討論

### 4.1 有無示意圖與槓桿學習成效的關係

研究者打算比較有無示意圖對六年級學生在學習槓桿原理上的效果，應變數為六年級學生在課程學習完畢所做的後測成績。雖然研究者控制了教學者、教材內容等可能影響後測的因素，但是前測的差異也可以影響實驗結果，為了排除這一因素的影響，因此研究者在作資料處理時，將前測成績作為共變數參與 SPSS 統計檢定。本研究的因變數為教材設計（無示意圖、有示意圖），共變數為前測成績（林傑斌、林永青、顏靜韻，2007）。

在作共變數分析之前，先對「斜率同質性」假設來做檢定。分析結果如表 30 所示，檢定斜率同質性假設以研究因變數和共變數之間是否存在顯著的互動作用，從表可以看出， $F(1,121) = 0.192$ ， $p = .662 > .05$ ，未能拒絕同質性假設，表示「教材設計」和「前測得分」之間的互動並不顯著，所以可以作共變數分析。在排除前測對成就測驗的影響後，以考驗不同教材設計在「槓桿原理」後測上的差異。

表 30  
不同教材設計在「槓桿課程」前測之斜率同質性考驗摘要表

| 變異來源        | df  | F        | $\eta^2$ | p    |
|-------------|-----|----------|----------|------|
| 教材設計 * 前測得分 | 1   | .192     | .002     | .662 |
| 誤差          | 121 | (83.733) |          |      |

註：括弧內數字為均方誤差。

在排除「槓桿原理」前測對槓桿原理成效的影響後，以考驗不同教材設計在「槓桿原理成效測驗」後測上的差異。其平均數、標準差與調節平均數如表 31 所示，共變數分析結果呈現於表 32。

表 31  
兩組在「槓桿課程」後測得分之敘述統計

| 測量變項 | 個數 | 平均數   | 標準差    | 調節平均數  |
|------|----|-------|--------|--------|
| 控制組  | 63 | 41.98 | 12.413 | 42.003 |
| 實驗組  | 62 | 45.31 | 10.445 | 45.287 |

註：共變項為槓桿課程前測成績 ( $\bar{X} = 27.21$ )

從表 31 可知，實驗組的平均分數高於控制組，且標準差較小，顯示實驗組有較好的學習成效及穩定的標準差。

表 32

兩組在「槓桿課程」後測得分之共變數分析摘要表

| 變異來源      | <i>df</i> | <i>F</i> | $\eta^2$ | <i>p</i> |
|-----------|-----------|----------|----------|----------|
| 共變項(前測得分) | 1         | 72.861   | .374     | .000     |
| 組間(教材設計)  | 1         | 4.053    | .032     | .046     |
| 組內(誤差)    | 122       | (83.178) |          |          |

註：括弧內數字為均方誤差。

檢定結果顯示，當控制了共變數因素時，應變數的效應顯著，兩種教學方式下學生的後測成績的差異達到顯著性水準 ( $F(1,122) = 4.05, p = .046 < 0.05$ )，效果值  $\eta^2 = .032$  為低度效果。可見示意圖在槓桿課程的學習上，能夠產生較好的成效。

## 4.2 有無示意圖與不同概念類型的測驗表現是否有顯著差異？

本研究「槓桿課程成就測驗」中包含了「槓桿概念」、「槓桿實驗」及「日常工具判斷」三個部分，研究者想探究學生在這些概念的測驗表現，在不同的教材設計之間，是否都有顯著差異。

本研究中，將槓桿課程區分為三個部分，各部分的題目分配情形如表 33。

表 33

槓桿課程成就測驗的題目類型分配情形

| 項目     | 題號  | 題數 | 分數 |
|--------|---|----|----|
| 槓桿概念   | 1、2、3、7、8、9、11、12、14、15、16.1、16.2、17、19.1、19.2、22.1 | 16 | 16 |
| 槓桿實驗   | 10、18.1、18.2、18.3、18.4、18.5                         | 6  | 6  |
| 日常工具判斷 | 4、5、6、13、20.1、20.2、20.3、20.4、20.5、20.6、20.7、21、22.2 | 13 | 48 |

### 4.2.1 有無示意圖是否影響「槓桿概念」的測驗表現

研究者想瞭解，學生經過有無示意圖的教材教學後，在槓桿概念的建立上，是否會在答題表現情形有顯著差異？

為瞭解這個問題，研究者將學生在成就測驗中，屬於槓桿概念的題目得分加總，以作為依變項；自變項採「教材設計」，共變項採「槓桿概念前測得分」，分析方式為單因子共變數分析。

經斜率同質性考驗，其結果如表 34 所示， $F(1, 121) = 2.757$ ， $p = .099 > .05$ ，未達 .05 顯著水準，未能拒絕同質性假設，表示「教材設計」和「槓桿概念前測得分」之間的互動並不顯著，所以可以作共變數分析。

表 34  
兩組在「槓桿概念」前測之斜率同質性考驗摘要表

| 變異來源     | <i>df</i> | <i>F</i> | $\eta^2$ | <i>p</i> |
|----------|-----------|----------|----------|----------|
| 教材設計 *   | 1         | 2.757    | .022     | .099     |
| 槓桿概念前測得分 |           |          |          |          |
| 誤差       | 121       | (7.515)  |          |          |

註：括弧內數字為均方誤差。

在排除「槓桿概念前測」的影響後，以考驗有無示意圖在「槓桿概念」後測上的差異。其平均數、標準差與調節平均數如表 35 所示，共變數分析結果呈現於表 36。

表 35  
兩組在「槓桿概念」後測得分之敘述統計

| 測量變項 | 個數 | 平均數   | 標準差   | 調節平均數  |
|------|----|-------|-------|--------|
| 控制組  | 63 | 11.59 | 3.439 | 11.617 |
| 實驗組  | 62 | 12.71 | 2.854 | 12.679 |

註：共變項為槓桿概念前測成績 ( $\bar{X} = 8.73$ )

表 36  
兩組在「槓桿概念」後測得分之共變數分析摘要表

| 變異來源        | <i>df</i> | <i>F</i> | $\eta^2$ | <i>p</i> |
|-------------|-----------|----------|----------|----------|
| 共變項(概念前測得分) | 1         | 39.364   | .244     | .000     |
| 組間(教材設計)    | 1         | 4.617    | .036     | .034     |
| 組內(誤差)      | 122       | (7.623)  |          |          |

註：括弧內數字為均方誤差。

從表 35 可知，實驗組平均分數高於控制組，標準差較小，可見示意圖在槓桿概念的學習，有較好的成效，且標準差較穩定。

從表 36 的檢定結果顯示，當控制了共變數因素時，應變數的效應顯著，兩種教學方式下學生在槓桿概念建立的後測成績的差異達到顯著性水準 ( $F(1, 122) = 4.617$ ， $p = .034 < 0.05$ )，效果值  $\eta^2 = .036$  為低度效果。可見，對於比例概念的槓桿概念學習，示意圖的呈現，使學生更容易發現比例關係，較可看出力臂間不同時，力的大小會有反比的現象，因此在答題表現上會有顯著較佳的表現。

## 4.2.2 有無示意圖是否影響「槓桿實驗」的測驗表現

學生經過有無示意圖的教材教學後，在槓桿實驗的相關測驗中，是否會在答題表現情形有顯著差異？

為瞭解這個問題，研究者將學生在成就測驗中，屬於槓桿實驗的題目得分加總，以作為依變項；自變項採「教材設計」，共變項採「槓桿實驗前測得分」，分析方式為單因子共變數分析。

經斜率同質性考驗，其結果如表 37 所示，其  $F$  值為 0.000， $p$  值為 .991 > 0.05，未達 .05 顯著水準，未能拒絕同質性假設，表示「教材設計」和「槓桿實驗前測得分」之間的互動並不顯著，所以可以作共變數分析。

表 37

不同教材設計在「槓桿實驗」前測之斜率同質性考驗摘要表

| 變異來源        | $df$ | $F$     | $\eta^2$ | $p$  |
|-------------|------|---------|----------|------|
| 教材設計 * 槓桿實驗 | 1    | .000    | .000     | .991 |
| 誤差          | 121  | (3.915) |          |      |

註：括弧內數字為均方誤差。

在排除「槓桿實驗前測」的影響後，以考驗有無示意圖在「槓桿實驗」後測上的差異。其平均數、標準差與調節平均數如表 38 所示，共變數分析結果呈現於表 39。

表 38

兩組在「槓桿實驗」後測得分之敘述統計

| 測量變項 | 個數 | 平均數  | 標準差   | 調節平均數 |
|------|----|------|-------|-------|
| 控制組  | 63 | 3.37 | 2.209 | 3.438 |
| 實驗組  | 62 | 3.87 | 1.929 | 3.797 |

註：共變項為槓桿原理概念前測成績 ( $\bar{X} = 1.86$ )

表 39

兩組在「槓桿實驗」後測得分之共變數分析摘要表

| 變異來源        | $df$ | $F$     | $\eta^2$ | $p$  |
|-------------|------|---------|----------|------|
| 共變項(實驗前測得分) | 1    | 14.380  | .105     | .000 |
| 組間(教材設計)    | 1    | 1.020   | .008     | .315 |
| 組內(誤差)      | 122  | (3.883) |          |      |

註：括弧內數字為均方誤差。

檢定結果顯示，當控制了共變數因素時，有無示意圖兩種教學方式下學生在槓桿實驗的後測成績的差異未達到顯著性水準 ( $F(1,122) = 1.020, p = 0.315 > 0.05$ )。

進一步分析槓桿實驗題，左邊第六格有四個砝碼，右邊第 1 格、第 2 格、第 4 格、第 6 格及第 5 格分別要掛多少砝碼才能平衡（題目附圖請參考圖 9），各題作答比率詳見表 40。

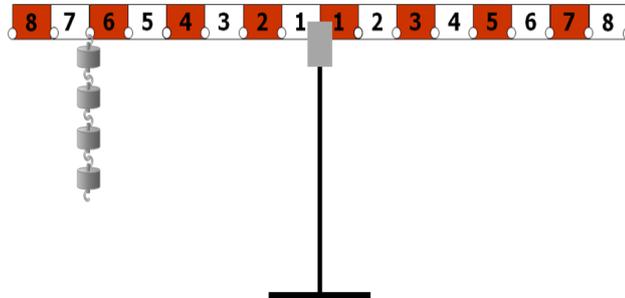


圖 9 施測第 18 題題目附圖

表 40  
槓桿實驗題各題作答比率

| 題號   | 答案  | 控制組      |      | 實驗組      |      |
|------|-----|----------|------|----------|------|
|      |     | <i>n</i> | %    | <i>n</i> | %    |
| 18.1 | 24  | 32       | 50.8 | 40       | 64.5 |
|      | 9   | 2        | 3.2  | 3        | 4.8  |
|      | 4   | 0        | 0.0  | 2        | 3.2  |
| 18.2 | 12  | 32       | 50.8 | 38       | 61.3 |
|      | 8   | 7        | 11.1 | 5        | 8.1  |
|      | 4   | 3        | 4.8  | 2        | 3.2  |
| 18.3 | 6   | 43       | 68.3 | 50       | 80.6 |
|      | 4   | 5        | 7.9  | 6        | 9.7  |
| 18.4 | 4   | 42       | 66.7 | 44       | 71.0 |
| 18.5 | 4.8 | 22       | 34.9 | 16       | 25.8 |
|      | 5   | 19       | 30.2 | 30       | 48.4 |
|      | 4   | 2        | 3.2  | 0        | 0.0  |

第 18.3 及 18.4 題的答對率較高，也印證了 Seigler 認為平衡題是最容易的。第 18.4 題中，兩邊的力臂相同，砝碼數也應相同，控制組有 66.7% 的答對率，實驗組更高達 71.0%。第 18.3 題，兩邊的力臂與砝碼數正好相反，答對的比率也相當高，兩組分別有 68.3% 及 80.6% 的答對率，兩組的錯誤答案中，最多的是寫「4 個」，可能是因為左邊有 4 個砝碼，因此認為右邊只要有 4 個就能平衡，判斷的方式屬於 Seigler 的規則一，雖然人數不多，但也有幾名六年級學生採取這樣的判斷方式。

第 18.1 及 18.2 題中，實驗組的答對率同樣也比控制組高，在這兩題中，除了有使用 Seigler 規則一解題方式的學生外，也發現以距離和砝碼的「和」或靠近支點一格就增加一個砝碼的思考方式，因此選擇答案為「9 個」及「8 個」，這呼應了賴明照（2003）

的迷思概念研究，人數比例上大約一成或更低，則呼應了游光純（2002）的研究，此類學生占少數。

第 18.5 題中，能正確使用槓桿原理公式者，會計算出非整數的答案—4.8 個砝碼，兩組的答對比例都不高，分別為 34.9% 及 25.8%，其中，控制組反而高於實驗組。選擇 5 個砝碼的答案中，實驗組占多數，將近一半的受試者（48.4%），其中不乏其他四題都答對的學生，因此判斷，學生可能認為 4.8 個砝碼為不可能的答案，因此改寫 5 個，若將 4.8 個砝碼和 5 個砝碼加總，實驗組答對比率 74.2% 就高過控制組的 65.1% 了。

雖然兩組並無顯著差異，實驗組的表現僅僅略均優於控制組，但兩組呈現的答題狀況在中等以上，錯誤類型的比例也優於游光純（2002）與賴明照（2003）的研究，可能是在多媒體設計原則之下，使得兩組在學習上都有相當大的助益，因此未能有顯著差異。若要再提高兩組的成績表現，可能不是數位教材的範圍，而是要加強學生操作的經驗。本研究中，學生操作實驗的次數共有八次，仍算偏少，若能操作出更多的數據，對於結果就有更明顯的發現。

#### 4.2.3 有無示意圖是否影響「日常工具判斷」的測驗表現

學生經過有無示意圖的教材教學後，在日常工具判斷的相關測驗中，是否會在答題表現情形有顯著差異？

為瞭解這個問題，研究者將學生在成就測驗中，屬於日常工具判斷的題目得分加總，以作為依變項；自變項採「教材設計」，共變項採「日常工具判斷前測得分」，分析方式為單因子共變數分析。

經斜率同質性考驗，其結果如表 41 所示，其  $F$  值為 0.000， $p$  值為 .984 > .05，未達 .05 顯著水準，未能拒絕同質性假設，表示「教材設計」和「槓桿實驗前測得分」之間的互動並不顯著，所以可以作共變數分析。

表 41

兩組在「日常工具判斷」前測之斜率同質性考驗摘要表

| 變異來源        | $df$ | $F$      | $\eta^2$ | $p$  |
|-------------|------|----------|----------|------|
| 教材設計 * 槓桿實驗 | 1    | .000     | .000     | .984 |
| 誤差          | 121  | (49.735) |          |      |

註：括弧內數字為均方誤差。

在排除「槓桿實驗前測」的影響後，以考驗有無示意圖在「日常工具判斷」後測上的差異。其平均數、標準差與調節平均數如表 42 所示，共變數分析結果呈現於表 43。

表 42  
兩組在「日常工具判斷」後測得分之敘述統計

| 測量變項 | 個數 | 平均數   | 標準差   | 調節平均數  |
|------|----|-------|-------|--------|
| 控制組  | 63 | 26.79 | 8.168 | 26.707 |
| 實驗組  | 62 | 28.45 | 8.403 | 28.539 |

註：共變項為槓桿原理概念前測成績 ( $\bar{X} = 16.62$ )

表 43  
兩組在「日常工具判斷」後測得分之共變數分析摘要表

| 變異來源                | <i>df</i> | <i>F</i> | $\eta^2$ | <i>p</i> |
|---------------------|-----------|----------|----------|----------|
| 共變項<br>(日常工具判斷前測得分) | 1         | 49.175   | .287     | .000     |
| 組間(教材設計)            | 1         | 2.126    | .017     | .147     |
| 組內(誤差)              | 122       | (49.328) |          |          |

註：括弧內數字為均方誤差。

檢定結果顯示，當控制了共變數因素時，有無示意圖兩種教學方式下，學生在槓桿實驗的後測成績的差異未達到顯著性水準 ( $F(1,122) = 2.126, p = 0.147 > 0.05$ )。

進一步分析每一個日常工具的得分(詳見表 44)，筷子與指甲剪如同教材分析時所預估，筷子與學生拿法不同，造成認知不同，因此判斷上不易做出正確的判斷，得分偏低；有兩組槓桿組合的指甲剪，得分更低。開瓶器的支點不易判斷，因此連帶影響施力臂及抗力臂的作圖。從得分來看，兩組的差異均不大，可見學生受到日常經驗不足的影響較大，容易領悟的工具，在判斷上就較易得到高分；而生活經驗較不易接觸的工具，在數位教材上似乎也很難提升學生分析之能力，在得分上依然顯得偏低，兩組的得分差異均不大。這也呼應了自然實驗中，操作的重要性是無法取代的。

表 44  
兩組在日常工具判斷的各題得分

| 教材方式 | 控制組 ( <i>n</i> =63) |      | 實驗組 ( <i>n</i> =62) |      |
|------|---------------------|------|---------------------|------|
|      | 平均數                 | 標準差  | 平均數                 | 標準差  |
| 拔釘器  | 5.40                | 1.31 | 5.44                | 1.28 |
| 大釘書機 | 3.94                | 2.02 | 4.35                | 1.94 |
| 裁紙刀  | 4.65                | 1.69 | 4.76                | 1.72 |
| 開瓶器  | 3.48                | 1.87 | 3.85                | 1.97 |
| 榨汁機  | 4.06                | 1.73 | 4.19                | 1.96 |
| 筷子   | 1.73                | 1.58 | 2.13                | 1.82 |
| 指甲剪  | 0.76                | 0.50 | 0.77                | 0.82 |

從施力點、施力臂、支點、抗力點、抗力臂及省費力判斷各選項來看(詳見表 45)，力臂的判斷由於需要正確的找出支點及施(抗)力點，才能正確的畫出來，因此答對比率較低。其中，抗力臂的判斷是較低分的，可能也受到生活經驗的不足，在判斷時，抗力點及支點較不容易找到所致。不過，省費力的判斷反而最高分，可見，學生在判斷省費力時，未必用力臂來判斷。兩組在各點的得分上，相差也不多，可見，示意圖對於日常工具的判斷尚有不足。

表 45  
兩組在日常工具各點判斷得分

| 教材方式 | 控制組 (n=63) |      | 實驗組 (n=62) |      |
|------|------------|------|------------|------|
|      | 平均數        | 標準差  | 平均數        | 標準差  |
| 施力點  | 4.54       | 1.27 | 4.74       | 1.34 |
| 施力臂  | 3.38       | 1.52 | 3.56       | 1.75 |
| 支點   | 4.03       | 1.63 | 4.15       | 1.59 |
| 抗力點  | 4.40       | 1.70 | 4.55       | 1.64 |
| 抗力臂  | 2.89       | 1.65 | 3.21       | 1.89 |
| 省費力  | 4.78       | 1.82 | 5.29       | 1.59 |

## 4.3 有無示意圖是否影響不同學業成就學生的測驗表現

本節在探討不同學業成就的學生，在經過有、無示意圖的兩種教學方法後，是否均有顯著差異。

為探討上述差異，研究者將兩組分別依照學生的前測成績前 27% 分為「高成就組」，後 27% 分為「低成就組」，探討高低成就組學生在不同教學方法後的測驗表現。

### 4.3.1 高成就學生的學習成效

研究者將兩組的高成就學生作為分析樣本，其「後測成績」作為依變項；自變項採「教材設計」，共變項採「前測得分」，分析方式為單因子共變數分析。

經斜率同質性考驗，其結果如表 46 所示，其  $F$  值為 2.237， $p$  值為 .145 > .05，未達 .05 顯著水準，未能拒絕同質性假設，表示高成就學生在「教材設計」和「前測得分」之間的互動並不顯著，所以可以作共變數分析。

表 46

兩組高成就學生在前測之斜率同質性考驗摘要表

| 變異來源        | <i>df</i> | <i>F</i> | $\eta^2$ | <i>p</i> |
|-------------|-----------|----------|----------|----------|
| 教材設計 * 前測成績 | 1         | 2.237    | .069     | .145     |
| 誤差          | 30        | (35.676) |          |          |

註：括弧內數字為均方誤差。

在排除前測成績的影響後，以考驗有無示意圖對高成就學生在後測成績上的差異。其平均數、標準差與調節平均數如表 47 所示，共變數分析結果呈現於表 48。

表 47

兩組高成就學生在後測得分之敘述統計

| 測量變項 | 個數 | 平均數   | 標準差   | 調節平均數  |
|------|----|-------|-------|--------|
| 控制組  | 16 | 50.69 | 6.353 | 50.278 |
| 實驗組  | 18 | 52.44 | 8.624 | 52.808 |

註：共變項為槓桿原理概念前測成績 ( $\bar{X} = 36.88$ )

表 48

兩組高成就學生在後測得分之共變數分析摘要表

| 變異來源      | <i>df</i> | <i>F</i> | $\eta^2$ | <i>p</i> |
|-----------|-----------|----------|----------|----------|
| 共變項(前測得分) | 1         | 19.401   | .385     | .000     |
| 組間(教材設計)  | 1         | 1.452    | .045     | .237     |
| 組內(誤差)    | 31        | (37.100) |          |          |

註：括弧內數字為均方誤差。

檢定結果顯示，當控制了共變數因素時，有無示意圖兩種教學方式下，學生在槓桿實驗的後測成績的差異未達顯著性水準 ( $F(1,31) = 1.452, p = .237 > 0.05$ )。

研究者進一步分析，想知道高成就學生在「槓桿概念」、「槓桿實驗」及「日常工具判斷」中，是否也都有顯著差異，因此依照第二節表 33，將高成就組前後測題目依題目類型分類計算。

在「槓桿概念」題型中，高成就組斜率同質性考驗摘要表如表 49，其 *F* 值為.052，*p* 值為.821  $>$  .05，未達 .05 顯著水準，未能拒絕同質性假設，表示高成就學生在「教材設計」和「槓桿概念前測得分」之間的互動並不顯著，所以可作共變數分析。

表 49

兩組高成就組學生在「槓桿概念」前測之斜率同質性考驗摘要表

| 變異來源     | <i>df</i> | <i>F</i> | $\eta^2$ | <i>p</i> |
|----------|-----------|----------|----------|----------|
| 教材設計 *   | 1         | .052     | .002     | .821     |
| 槓桿概念前測得分 | 30        | (3.197)  |          |          |

註：括弧內數字為均方誤差。

在排除「槓桿概念前測」的影響後，以考驗有無示意圖對於高成就學生在「槓桿概念」後測上的差異。其平均數、標準差與調節平均數如表 50 所示，共變數分析結果呈現於表 51。

表 50

兩組高成就學生在「槓桿概念」後測得分之敘述統計。

| 測量變項 | 個數 | 平均數   | 標準差   | 調節平均數  |
|------|----|-------|-------|--------|
| 控制組  | 16 | 13.56 | 2.250 | 13.533 |
| 實驗組  | 18 | 14.39 | 1.614 | 14.415 |

註：共變項為槓桿原理概念前測成績 ( $\bar{X} = 10.71$ )

表 51

兩組高成就學生在「槓桿概念」後測得分之共變數分析摘要表

| 變異來源        | df | F       | $\eta^2$ | p    |
|-------------|----|---------|----------|------|
| 共變項(概念前測得分) | 1  | 7.783   | .201     | .009 |
| 組間(教材設計)    | 1  | 2.123   | .064     | .155 |
| 組內(誤差)      | 31 | (3.100) |          |      |

註：括弧內數字為均方誤差。

檢定結果顯示，兩種教學方式下對於高成就學生在槓桿概念建立的後測成績的差異並未達到顯著性水準 ( $F(1,31) = 2.123, p = .155 > 0.05$ )。

在「槓桿實驗」題型中，高成就組斜率同質性考驗摘要表如表 52，其  $F$  值為 .184， $p$  值為 .671  $> 0.05$ ，未達 .05 顯著水準，未能拒絕同質性假設，表示高成就學生在「教材設計」和「槓桿實驗前測得分」之間的互動並不顯著，所以可以作共變數分析。

表 52

兩組高成就學生在「槓桿實驗」前測之斜率同質性考驗摘要表

| 變異來源           | df | F       | $\eta^2$ | p    |
|----------------|----|---------|----------|------|
| 教材設計 *         | 1  | .184    | .006     | .671 |
| 槓桿實驗前測得分<br>誤差 | 30 | (2.771) |          |      |

註：括弧內數字為均方誤差。

在排除「槓桿實驗前測」的影響後，以考驗有無示意圖對於高成就學生在「槓桿實驗」後測上的差異。其平均數、標準差與調節平均數如表 53 所示，共變數分析結果呈現於表 54。

表 53

兩組高成就學生在「槓桿實驗」後測得分之敘述統計

| 測量變項 | 個數 | 平均數  | 標準差   | 調節平均數 |
|------|----|------|-------|-------|
| 控制組  | 16 | 4.50 | 1.789 | 4.639 |
| 實驗組  | 18 | 4.56 | 1.756 | 4.432 |

註：共變項為槓桿實驗前測成績 ( $\bar{X} = 2.65$ )

表 54

兩組高成就學生在「槓桿實驗」後測得分之共變數分析摘要表

| 變異來源        | <i>df</i> | <i>F</i> | $\eta^2$ | <i>p</i> |
|-------------|-----------|----------|----------|----------|
| 共變項(實驗前測得分) | 1         | 6.234    | .167     | .018     |
| 組間(教材設計)    | 1         | .130     | .004     | .721     |
| 組內(誤差)      | 31        | (2.698)  |          |          |

註：括弧內數字為均方誤差。

檢定結果顯示，兩種教學方式下對於高成就學生在槓桿實驗的後測成績的差異並未達到顯著性水準 ( $F(1,31) = .130, p = .721 > 0.05$ )。

進一步分析答題狀況 (詳如表 55)，各題答對比率都相當的高，顯示無論有無示意圖，高成就學生都能在答題上有優異的表現。

表 55

高成就學生槓桿實驗題各題作答比率

| 題號   | 答案  | 控制組 ( <i>n</i> = 16) |      | 實驗組 ( <i>n</i> = 18) |      |
|------|-----|----------------------|------|----------------------|------|
|      |     | <i>n</i>             | %    | <i>n</i>             | %    |
| 18.1 | 24  | 12                   | 75.0 | 13                   | 72.2 |
|      | 9   | 1                    | 6.3  | 1                    | 5.6  |
|      | 4   | 0                    | 0.0  | 0                    | 0.0  |
| 18.2 | 12  | 11                   | 68.8 | 14                   | 77.8 |
|      | 8   | 2                    | 12.5 | 2                    | 11.1 |
|      | 4   | 0                    | 0.0  | 0                    | 0.0  |
| 18.3 | 6   | 14                   | 87.5 | 16                   | 88.9 |
|      | 4   | 1                    | 6.3  | 1                    | 5.6  |
| 18.4 | 4   | 14                   | 87.5 | 15                   | 83.3 |
| 18.5 | 4.8 | 8                    | 50.0 | 7                    | 38.9 |
|      | 5   | 5                    | 31.3 | 9                    | 50.0 |
|      | 4   | 0                    | 0.0  | 1                    | 5.6  |

在「日常工具判斷」題型中，高成就組斜率同質性考驗摘要表如表 56，其 *F* 值為 3.209，*p* 值為 .083 > .05，未達 .05 顯著水準，未能拒絕同質性假設，表示高成就學生在「教材設計」和「日常工具判斷前測得分」之間的互動並不顯著，所以可以作共變數分析。

表 56

兩組高成就學生在「日常工具判斷」前測之斜率同質性考驗摘要表

| 變異來源             | <i>df</i> | <i>F</i> | $\eta^2$ | <i>p</i> |
|------------------|-----------|----------|----------|----------|
| 教材設計 *           | 1         | 3.209    | .097     | .083     |
| 日常工具判斷前測得分<br>誤差 | 30        | (22.647) |          |          |

註：括弧內數字為均方誤差。

在排除「日常工具判斷前測」的影響後，以考驗有無示意圖對於高成就學生在「日常工具判斷」後測上的差異。其平均數、標準差與調節平均數如表 57 所示，共變數分析結果呈現於表 58。

表 57

兩組高成就學生在「日常工具判斷」後測得分之敘述統計

| 測量變項 | 個數 | 平均數   | 標準差   | 調節平均數  |
|------|----|-------|-------|--------|
| 控制組  | 16 | 32.13 | 3.538 | 31.614 |
| 實驗組  | 18 | 32.94 | 7.534 | 33.398 |

註：共變項為槓桿原理概念前測成績 ( $\bar{X} = 23.53$ )

表 58

兩組高成就學生在「日常工具判斷」後測得分之共變數分析摘要表

| 變異來源                | <i>df</i> | <i>F</i> | $\eta^2$ | <i>p</i> |
|---------------------|-----------|----------|----------|----------|
| 共變項<br>(日常工具判斷前測得分) | 1         | 16.513   | .348     | .000     |
| 組間(教材設計)            | 1         | 1.090    | .034     | .305     |
| 組內(誤差)              | 31        | (24.260) |          |          |

註：括弧內數字為均方誤差。

檢定結果顯示，兩種教學方式下對於高成就學生在日常工具判斷的後測成績的差異未達顯著性水準 ( $F(1,31) = 16.513, p = .305 < 0.05$ )。

進一步探討各工具的得分情形(詳如表 59)，兩組的得分差異並不大，學生在「筷子」與「指甲剪」的得分偏低，「拔釘器」的得分幾近滿分，可見高成就學生同樣也是受到生活經驗的影響較大。

表 59  
高成就學生在日常工具判斷的各題得分

| 教材方式 | 控制組 (n=16) |      | 實驗組 (n=18) |      |
|------|------------|------|------------|------|
|      | 平均數        | 標準差  | 平均數        | 標準差  |
| 拔釘器  | 5.94       | 0.25 | 5.89       | 0.47 |
| 大釘書機 | 5.19       | 1.11 | 4.83       | 1.62 |
| 裁紙刀  | 5.31       | 1.08 | 5.17       | 1.51 |
| 開瓶器  | 4.19       | 1.60 | 4.89       | 1.84 |
| 榨汁機  | 4.88       | 1.59 | 5.06       | 1.66 |
| 筷子   | 2.63       | 1.82 | 2.72       | 2.05 |
| 指甲剪  | 0.88       | 0.34 | 1.11       | 1.28 |

高成就學生在日常工具各點的判斷得分詳如表 60，高成就學生在抗力臂的表現也是最低，在省力費力的判斷上，得分也最高。這顯示學生即使在各點判斷錯誤的情況下，也能正確判斷省力或費力，可能從其他方面判斷。

表 60  
高成就學生在日常工具各點判斷得分

| 教材方式 | 控制組 (n=63) |      | 實驗組 (n=62) |      |
|------|------------|------|------------|------|
|      | 平均數        | 標準差  | 平均數        | 標準差  |
| 施力點  | 5.19       | 0.54 | 5.11       | 0.96 |
| 施力臂  | 4.00       | 0.97 | 4.33       | 1.72 |
| 支點   | 5.06       | 0.68 | 4.94       | 1.21 |
| 抗力點  | 5.13       | 0.72 | 5.06       | 1.55 |
| 抗力臂  | 3.94       | 1.18 | 4.17       | 1.82 |
| 省費力  | 5.69       | 1.30 | 6.06       | 0.64 |

經由以上的分析，兩組的高成就學生，無論在哪一個部分，均有優異的表現，有無示意圖對他們來說，並無實質上的幫助。

### 4.3.2 低成就學生的學習成效

研究者將兩組的低成就學生作為分析樣本，其「後測成績」作為依變項；自變項採「教材設計」，共變項採「前測得分」，分析方式為單因子共變數分析。

經斜率同質性考驗，其結果如表 61 所示，其  $F$  值為.934， $p$  值為.341 > 0.05，未達 .05 顯著水準，未能拒絕同質性假設，表示低成就學生在「教材設計」和「前測得分」之間的互動並不顯著，所以可以作共變數分析。

表 61

兩組低成就學生在前測成績之斜率同質性考驗摘要表

| 變異來源        | <i>df</i> | <i>F</i> | $\eta^2$ | <i>p</i> |
|-------------|-----------|----------|----------|----------|
| 教材設計 * 前測成績 | 1         | .934     | .029     | .341     |
| 誤差          | 31        | (97.412) |          |          |

註：括弧內數字為均方誤差。

在排除前測成績的影響後，以考驗有無示意圖對低成就學生在後測成績上的差異。其平均數、標準差與調節平均數如表 62 所示，共變數分析結果呈現於表 63。

表 62

兩組低成就學生在後測得分之敘述統計

| 測量變項 | 個數 | 平均數   | 標準差    | 調節平均數  |
|------|----|-------|--------|--------|
| 無示意圖 | 20 | 32.10 | 12.867 | 32.292 |
| 有示意圖 | 15 | 37.80 | 8.850  | 37.544 |

註：共變項為槓桿概念前測成績 ( $\bar{X} = 20.31$ )

表 63

兩組低成就學生後測得分之共變數分析摘要表

| 變異來源      | <i>df</i> | <i>F</i> | $\eta^2$ | <i>p</i> |
|-----------|-----------|----------|----------|----------|
| 共變項(前測得分) | 1         | 11.638   | .267     | .002     |
| 組間(教材設計)  | 1         | 2.428    | .071     | .129     |
| 組內(誤差)    | 321896    | (97.212) |          |          |

註：括弧內數字為均方誤差。

研究者進一步分析，想知道學生在「槓桿概念」、「槓桿實驗」及「日常工具判斷」中，是否也都有顯著差異，因此依照第二節表 33，將低成就組前後測題目依題目類型分類計算。

在「槓桿概念」題型中，低成就組斜率同質性考驗摘要表如表 64，其 *F* 值為 2.428，*p* 值為 .129 > 0.05，未達 .05 顯著水準，未能拒絕同質性假設，表示學生在「教材設計」和「槓桿概念前測得分」之間的互動並不顯著，所以可作共變數分析。

表 64

兩組低成就組學生在「槓桿概念」前測之斜率同質性考驗摘要表

| 變異來源     | <i>df</i> | <i>F</i> | $\eta^2$ | <i>p</i> |
|----------|-----------|----------|----------|----------|
| 教材設計 *   | 1         | 2.827    | .084     | .103     |
| 槓桿概念前測得分 | 31        | (7.235)  |          |          |

註：括弧內數字為均方誤差。

在排除「槓桿概念前測」的影響後，以考驗有無示意圖對於學生在「槓桿概念」後測上的差異。其平均數、標準差與調節平均數如表 65 所示，共變數分析結果呈現於表 66。

表 65  
兩組低成就學生在「槓桿概念」後測得分之敘述統計

| 測量變項 | 個數 | 平均數   | 標準差   | 調節平均數  |
|------|----|-------|-------|--------|
| 控制組  | 20 | 8.85  | 3.392 | 8.863  |
| 實驗組  | 15 | 11.47 | 2.800 | 11.450 |

註：共變項為槓桿原理概念前測成績 ( $\bar{X} = 7.77$ )

表 66  
兩組低成就學生在「槓桿概念」後測得分之共變數分析摘要表

| 變異來源        | df | F       | $\eta^2$ | p    |
|-------------|----|---------|----------|------|
| 共變項(概念前測得分) | 1  | 10.925  | .255     | .002 |
| 組間(教材設計)    | 1  | 7.501   | .190     | .010 |
| 組內(誤差)      | 32 | (7.648) |          |      |

註：括弧內數字為均方誤差。

檢定結果顯示，兩種教學方式下對於學生在槓桿概念建立的後測成績的差異達到顯著性水準 ( $F(1,31) = 7.501, p = .010 < 0.05$ )，效果值  $\eta^2$  高達 .190，屬於高度效果。可見示意圖對於低學業成就的學生，在概念學習上，有顯著的效果。

在「槓桿實驗」題型中，低成就組斜率同質性考驗摘要表如表 67，其  $F$  值為 .931， $p$  值為 .342  $> 0.05$ ，未達 .05 顯著水準，未能拒絕同質性假設，表示學生在「教材設計」和「槓桿實驗前測得分」之間的互動並不顯著，所以可以作共變數分析。

表 67  
兩組低成就組學生在「槓桿實驗」前測之斜率同質性考驗摘要表

| 變異來源     | df | F       | $\eta^2$ | p    |
|----------|----|---------|----------|------|
| 教材設計 *   | 1  | .931    | .029     | .342 |
| 槓桿實驗前測得分 | 1  |         |          |      |
| 誤差       | 31 | (4.239) |          |      |

註：括弧內數字為均方誤差。

在排除「槓桿實驗前測」的影響後，以考驗有無示意圖對於學生在「槓桿實驗」後測上的差異。其平均數、標準差與調節平均數如表 68 所示，共變數分析結果呈現於表 69。

表 68

兩組低成就學生在「槓桿實驗」後測得分之敘述統計

| 測量變項 | 個數 | 平均數  | 標準差   | 調節平均數 |
|------|----|------|-------|-------|
| 無示意圖 | 20 | 2.15 | 1.927 | 2.209 |
| 有示意圖 | 15 | 3.13 | 2.326 | 3.055 |

註：共變項為槓桿實驗前測成績 ( $\bar{X} = 1.34$ )

表 69

兩組低成就學生在「槓桿實驗」後測得分之共變數分析摘要表

| 變異來源        | <i>df</i> | <i>F</i> | $\eta^2$ | <i>p</i> |
|-------------|-----------|----------|----------|----------|
| 共變項(實驗前測得分) | 1         | 2.579    | .075     | .118     |
| 組間(教材設計)    | 1         | 1.432    | .043     | .240     |
| 組內(誤差)      | 32        | (4.230)  |          |          |

註：括弧內數字為均方誤差。

檢定結果顯示，兩種教學方式下對於學生在槓桿實驗的後測成績的差異並未達到顯著性水準 ( $F(1,31) = 1.432, p = .240 > 0.05$ )。

進一步探討各題作答比率(詳如表 70)，在 18.1 題及 18.2 題中，實驗組答對的比率均高於控制組，在難度較低的 18.3 題及 18.4 題中，兩組答對比率都偏高，在容易產生困惑的 18.5 題中，兩組答對比率都偏低。也就是說，對於教難及較低的題目，兩組答題狀況是差不多的。

表 70

低成就學生槓桿實驗題各題作答比率

| 題號   | 答案  | 控制組( <i>n</i> =20) |      | 實驗組( <i>n</i> =15) |      |
|------|-----|--------------------|------|--------------------|------|
|      |     | <i>n</i>           | %    | <i>n</i>           | %    |
| 18.1 | 24  | 5                  | 25.0 | 8                  | 53.3 |
|      | 9   | 1                  | 5.0  | 0                  | 0.0  |
|      | 4   | 0                  | 0.0  | 2                  | 13.3 |
| 18.2 | 12  | 5                  | 25.0 | 7                  | 46.7 |
|      | 8   | 3                  | 15.0 | 0                  | 0.0  |
|      | 4   | 3                  | 15.0 | 0                  | 0.0  |
| 18.3 | 6   | 12                 | 60.0 | 10                 | 66.7 |
|      | 4   | 1                  | 5.0  | 2                  | 13.3 |
| 18.4 | 4   | 10                 | 50.0 | 8                  | 53.3 |
| 18.5 | 4.8 | 3                  | 15.0 | 3                  | 20.0 |
|      | 5   | 7                  | 35.0 | 6                  | 40.0 |
|      | 4   | 2                  | 10.0 | 0                  | 0.0  |

在「日常工具判斷」題型中，低成就組斜率同質性考驗摘要表如表 71，其 *F* 值為 .515，*p* 值為 .478 > 0.05，未達 .05 顯著水準，未能拒絕同質性假設，表示學生在「教材設計」和「日常工具判斷前測得分」之間的互動並不顯著，所以可以作共變數分析。

表 71

兩組低成就組學生在「日常工具判斷」前測之斜率同質性考驗摘要表

| 變異來源             | <i>df</i> | <i>F</i> | $\eta^2$ | <i>p</i> |
|------------------|-----------|----------|----------|----------|
| 教材設計 *           | 1         | .515     | .016     | .478     |
| 日常工具判斷前測得分<br>誤差 | 31        | (59.616) |          |          |

註：括弧內數字為均方誤差。

在排除「日常工具判斷前測」的影響後，以考驗有無示意圖對於學生在「日常工具判斷」後測上的差異。其平均數、標準差與調節平均數如表 72 所示，共變數分析結果呈現於表 73。

表 72

兩組低成就學生在「日常工具判斷」後測得分之敘述統計

| 測量變項 | 個數 | 平均數   | 標準差   | 調節平均數  |
|------|----|-------|-------|--------|
| 控制組  | 20 | 21.00 | 8.879 | 21.074 |
| 實驗組  | 15 | 23.07 | 6.861 | 22.969 |

註：共變項為槓桿原理概念前測成績 ( $\bar{X} = 11.20$ )

表 73

兩組低成就學生在「日常工具判斷」後測得分之共變數分析摘要表

| 變異來源                | <i>df</i> | <i>F</i> | $\eta^2$ | <i>p</i> |
|---------------------|-----------|----------|----------|----------|
| 共變項<br>(日常工具判斷前測得分) | 1         | 4.737    | .129     | .037     |
| 組間(教材設計)            | 1         | .524     | .016     | .474     |
| 組內(誤差)              | 32        | (58.712) |          |          |

註：括弧內數字為均方誤差。

檢定結果顯示，當控制了共變數因素時，有無示意圖兩種教學方式下，學生在日常工具判斷的後測成績的差異未達到顯著性水準 ( $F(1,32) = .524, p = .474 > 0.05$ )。

進一步探討低成就學生在各日常工具的得分表現如表 74。兩組的表現也相差不多，只有大釘書機中，實驗組的得分高於控制組將近一分，標準差也較小，對於較難判斷的「筷子」及「指甲剪」，與高成就學生一樣表現都較低。

表 74

低成就學生在日常工具判斷的各題得分

| 教材方式 | 控制組 (n=20) |      | 實驗組 (n=15) |      |
|------|------------|------|------------|------|
|      | 平均數        | 標準差  | 平均數        | 標準差  |
| 拔釘器  | 4.65       | 1.90 | 4.87       | 1.30 |
| 大釘書機 | 2.60       | 2.11 | 3.53       | 1.89 |
| 裁紙刀  | 3.85       | 2.21 | 3.80       | 1.61 |
| 開瓶器  | 2.55       | 1.76 | 2.93       | 1.87 |
| 榨汁機  | 3.15       | 1.90 | 3.27       | 1.71 |
| 筷子   | 1.20       | 1.06 | 1.73       | 1.49 |
| 指甲剪  | 0.70       | 0.57 | 0.47       | 0.52 |

低成就學生在各點的判斷上（詳如表 75）也如高成就學生類似的結果，抗力臂的分數偏低，省費力的判斷則較高，顯示學生在判斷上，即使無法精準的判斷正確支點、施力點與抗力點，也能從別的方法判定省力或費力。兩組學生在判斷的得分上也沒有顯著的差異。

表 75

低成就學生在日常工具各點判斷得分

| 教材方式 | 控制組 (n=63) |      | 實驗組 (n=62) |      |
|------|------------|------|------------|------|
|      | 平均數        | 標準差  | 平均數        | 標準差  |
| 施力點  | 3.80       | 1.67 | 4.67       | 1.18 |
| 施力臂  | 2.40       | 1.73 | 2.47       | 1.60 |
| 支點   | 2.80       | 1.85 | 3.47       | 1.55 |
| 抗力點  | 3.65       | 2.08 | 4.00       | 1.60 |
| 抗力臂  | 1.95       | 1.47 | 1.87       | 1.60 |
| 省費力  | 4.10       | 2.00 | 4.13       | 1.92 |

整體而言，對於低成就學生來說，有無示意圖對於學習判斷日常工具的表現，並沒有顯著性差異，可見此方法的效果仍然有限，可能需要倚賴其他方法協助學生補足缺乏的生活經驗。

#### 4.4 有無示意圖與學習認知負荷量的初探

本節在探討有、無示意圖的兩種教學方法，對於學生的認知負荷量，是否有顯著差異。

本研究所探討的認知負荷量為認知負荷量問卷中各項自評分數，分析方式採  $t$  檢定，以教材設計為自變項，認知負荷量各項為依變項。

認知負荷量表分為兩張，分別探討「槓桿原理」及「判斷日常工具」的學習認知負荷量。

#### 4.4.1 學習「槓桿原理」的認知負荷

「槓桿原理」包括「槓桿概念」及「槓桿實驗」兩部分，由於這兩部分均在建立完整的槓桿原理的學習，因此合在一起考慮，從 Marcus 等人 (1996) 認為影響認知負荷的三大因素及交互作用的結果分別討論。

##### 1. 舊經驗

感受問題 1（在學習之前，我認為「槓桿原理」在學習上是容易的）的量表分數敘述統計如表 76， $t$  考驗比較表呈現於表 77。

表 76  
槓桿原理認知負荷感受問題 1 的量表分數之敘述統計

|      | 實驗組 |          |           | 控制組 |          |           |
|------|-----|----------|-----------|-----|----------|-----------|
|      | 個數  | <i>M</i> | <i>SD</i> | 個數  | <i>M</i> | <i>SD</i> |
| 全部   | 62  | 4.44     | 1.71      | 63  | 4.33     | 1.84      |
| 高成就組 | 18  | 5.00     | 1.46      | 16  | 5.13     | 1.41      |
| 中成就組 | 29  | 4.66     | 1.59      | 27  | 4.22     | 1.76      |
| 低成就組 | 15  | 3.33     | 1.80      | 20  | 3.85     | 2.11      |

表 77  
兩組槓桿原理認知負荷感受問題 1 之  $t$  考驗比較表

|      | <i>df</i> | <i>t</i> | <i>p</i> | 95% CI    |           | Cohen's <i>d</i> |
|------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|------------------|
|      |           |          |          | <i>LL</i> | <i>UL</i> |                  |
| 全部   | 123       | .322     | .748     | -.526     | .730      | 0.058            |
| 高成就組 | 32        | -.254    | .801     | -1.128    | .878      | -0.087           |
| 中成就組 | 54        | .967     | .338     | -.464     | 1.330     | 0.258            |
| 低成就組 | 33        | -.762    | .451     | -1.895    | .862      | -0.264           |

由表 76、表 77 可知，兩組的舊經驗是差不多的，且與學業成就有關，高成就學生的舊經驗是優於中、低成就學生，但是，無論是何者，均無顯著差異。

## 2.教材的內在性質

教材的內在性質包括感受問題 2（在學習過程中，我實際上用了很少心力）及感受問題 3（聽完老師講解後，我覺得「槓桿原理」的難易度是簡單的），其量表分數敘述統計如表 78，*t* 考驗比較表呈現於表 79。

表 78

槓桿原理認知負荷感受問題 2、3 的量表分數之敘述統計

|        | 實驗組 |          |           | 控制組 |          |           |
|--------|-----|----------|-----------|-----|----------|-----------|
|        | 個數  | <i>M</i> | <i>SD</i> | 個數  | <i>M</i> | <i>SD</i> |
| 感受問題 2 | 62  | 4.10     | 1.60      | 63  | 3.87     | 1.85      |
| 高成就組   | 18  | 3.94     | 1.63      | 16  | 4.25     | 1.57      |
| 中成就組   | 29  | 3.86     | 1.38      | 27  | 3.74     | 1.91      |
| 低成就組   | 15  | 4.73     | 1.87      | 20  | 3.75     | 2.00      |
| 感受問題 3 | 62  | 4.39     | 1.52      | 63  | 4.24     | 2.07      |
| 高成就組   | 18  | 4.78     | 1.87      | 16  | 5.13     | 1.67      |
| 中成就組   | 29  | 4.45     | 1.35      | 27  | 4.33     | 2.02      |
| 低成就組   | 15  | 3.80     | 1.27      | 20  | 3.40     | 2.19      |

表 79

兩組槓桿原理認知負荷感受問題 2、3 之 *t* 考驗比較表

|        | <i>df</i> | <i>t</i> | <i>p</i> | 95% CI    |           | Cohen's <i>d</i> |
|--------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|------------------|
|        |           |          |          | <i>LL</i> | <i>UL</i> |                  |
| 感受問題 2 | 123       | 0.725    | 0.470    | -0.387    | 0.835     | 0.130            |
| 高成就組   | 32        | -0.556   | 0.582    | -1.426    | 0.814     | -0.191           |
| 中成就組   | 54        | 0.273    | 0.786    | -0.768    | 1.011     | 0.073            |
| 低成就組   | 33        | 1.481    | 0.148    | -0.367    | 2.334     | 0.508            |
| 感受問題 3 | 114       | 0.459    | 0.647    | -0.493    | 0.791     | 0.082            |
| 高成就組   | 32        | -0.569   | 0.573    | -1.590    | 0.895     | -0.196           |
| 中成就組   | 45        | 0.248    | 0.805    | -0.817    | 1.047     | 0.067            |
| 低成就組   | 31        | 0.680    | 0.501    | -0.799    | 1.599     | 0.224            |

從表 78 及表 79 結果發現，兩組自評使用的心力，均在中間值上下，其中實驗組的自評分數，大部分較控制組少，但實驗組的高成就學生只有 3.94 分，低於控制組的 4.25 分，雖然沒有顯著性差異，可能是因為示意圖讓高成就學生有更多的思考方向，形成較大的有效的認知負荷，因此實驗組自認為需要付出多的心力。而示意圖對於低成就學生的幫助可能較大，平均得分較控制組高 0.98 分，對照成就測驗的表現，低成就學生在槓桿概念的學習上，實驗組有顯著優於控制組的表現，可能跟學習過程中，可以耗用較少的工作記憶資源有關。

在感受問題 3 的結果中，實驗組的認知負荷分數略優於控制組，但並未達到顯著差異。可見，示意圖的增加，並未讓學習者認為槓桿原理變得更困難了，實驗組的學習成就顯著優於控制組，也代表著示意圖的增加，並未增加總體認知負荷，而讓學習者有更好的學習成效。

### 3.教學的組織

教學的組織包括感受問題 4(在老師的引導、講解過程中，找到相關訊息是容易的)、感受問題 5(在老師的引導、講解過程中，我有足夠的時間思考)、感受問題 6(在這堂課的學習過程中，我覺得是順暢的)及感受問題 7(這堂課的學習過程中，我覺得沒有壓力)，其量表分數敘述統計如表 80，*t* 考驗比較表呈現於表 81。

表 80  
槓桿原理認知負荷感受問題 4、5、6 及 7 的量表分數之敘述統計

|        | 實驗組 |          |           | 控制組 |          |           |
|--------|-----|----------|-----------|-----|----------|-----------|
|        | 個數  | <i>M</i> | <i>SD</i> | 個數  | <i>M</i> | <i>SD</i> |
| 感受問題 4 | 62  | 4.73     | 1.44      | 63  | 4.41     | 1.71      |
| 高成就組   | 18  | 4.89     | 1.60      | 16  | 5.13     | 1.31      |
| 中成就組   | 29  | 4.93     | 1.36      | 27  | 4.56     | 1.50      |
| 低成就組   | 15  | 4.13     | 1.30      | 20  | 3.65     | 2.01      |
| 感受問題 5 | 62  | 5.02     | 1.51      | 63  | 4.71     | 1.68      |
| 高成就組   | 18  | 5.33     | 1.37      | 16  | 5.44     | 1.21      |
| 中成就組   | 29  | 4.97     | 1.66      | 27  | 4.96     | 1.48      |
| 低成就組   | 15  | 4.73     | 1.39      | 20  | 3.80     | 1.91      |
| 感受問題 6 | 62  | 4.47     | 1.83      | 63  | 4.54     | 1.98      |
| 高成就組   | 18  | 5.00     | 1.46      | 16  | 5.31     | 1.45      |
| 中成就組   | 29  | 4.79     | 1.86      | 27  | 4.85     | 1.99      |
| 低成就組   | 15  | 3.20     | 1.66      | 20  | 3.50     | 1.99      |
| 感受問題 7 | 62  | 4.44     | 1.84      | 63  | 4.40     | 2.00      |
| 高成就組   | 18  | 4.94     | 1.89      | 16  | 5.06     | 1.98      |
| 中成就組   | 29  | 4.69     | 1.71      | 27  | 4.41     | 1.93      |
| 低成就組   | 15  | 3.33     | 1.68      | 20  | 3.85     | 2.03      |

表 81

兩組槓桿原理認知負荷感受問題 4、5、6 及 7 之 *t* 考驗比較表

|        | <i>df</i> | <i>t</i> | <i>p</i> | 95% CI    |           | Cohen's  |
|--------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|----------|
|        |           |          |          | <i>LL</i> | <i>UL</i> | <i>d</i> |
| 感受問題 4 | 123       | 1.107    | 0.271    | -0.247    | 0.873     | 0.198    |
| 高成就組   | 32        | -0.466   | 0.644    | -1.268    | 0.796     | -0.161   |
| 中成就組   | 54        | 0.981    | 0.331    | -0.392    | 1.143     | 0.262    |
| 低成就組   | 33        | 0.812    | 0.423    | -0.728    | 1.695     | 0.286    |
| 感受問題 5 | 123       | 1.056    | 0.293    | -0.264    | 0.867     | 0.189    |
| 高成就組   | 32        | -0.234   | 0.817    | -1.013    | 0.804     | -0.081   |
| 中成就組   | 54        | 0.006    | 0.995    | -0.842    | 0.847     | 0.002    |
| 低成就組   | 33        | 1.601    | 0.119    | -0.253    | 2.119     | 0.559    |
| 感受問題 6 | 123       | -0.211   | 0.833    | -0.747    | 0.603     | -0.038   |
| 高成就組   | 32        | -0.627   | 0.535    | -1.329    | 0.704     | -0.215   |
| 中成就組   | 54        | -0.114   | 0.910    | -1.091    | 0.974     | -0.030   |
| 低成就組   | 33        | -0.474   | 0.639    | -1.588    | 0.988     | -0.164   |
| 感受問題 7 | 123       | 0.112    | 0.911    | -0.642    | 0.719     | 0.020    |
| 高成就組   | 32        | -0.178   | 0.860    | -1.473    | 1.237     | -0.061   |
| 中成就組   | 54        | 0.580    | 0.564    | -0.693    | 1.258     | 0.155    |
| 低成就組   | 33        | -0.800   | 0.429    | -1.830    | 0.797     | -0.277   |

從表 80 及表 81 結果發現，兩組學生略有差異，但並未達到顯著水準。

#### 4. 教材性質與教學組織的交互作用

教材性質與教學組織的交互作用包括感受問題 8（上這堂課後我覺得我對學好「槓桿原理」有信心）、感受問題 9（這堂課的學習過程中，我覺得有成就感）及感受問題 10（我覺得學習過程中，必須同時處理很多訊息），其量表分數敘述統計如表 82，*t* 考驗比較表呈現於表 83。

表 82

槓桿原理認知負荷感受問題 8、9 及 10 的量表分數之敘述統計

|         | 實驗組 |          |           | 控制組 |          |           |
|---------|-----|----------|-----------|-----|----------|-----------|
|         | 個數  | <i>M</i> | <i>SD</i> | 個數  | <i>M</i> | <i>SD</i> |
| 感受問題 8  | 62  | 4.16     | 1.87      | 63  | 4.56     | 1.97      |
| 高成就組    | 18  | 4.56     | 2.06      | 16  | 5.56     | 1.63      |
| 中成就組    | 29  | 4.52     | 1.66      | 27  | 4.59     | 1.74      |
| 低成就組    | 15  | 3.00     | 1.60      | 20  | 3.70     | 2.20      |
| 感受問題 9  | 62  | 3.89     | 1.78      | 63  | 4.19     | 1.76      |
| 高成就組    | 18  | 3.72     | 2.02      | 16  | 4.44     | 1.67      |
| 中成就組    | 29  | 4.07     | 1.96      | 27  | 4.63     | 1.62      |
| 低成就組    | 15  | 3.73     | 1.03      | 20  | 3.40     | 1.82      |
| 感受問題 10 | 62  | 4.13     | 1.56      | 63  | 4.41     | 1.75      |
| 高成就組    | 18  | 4.11     | 1.28      | 16  | 4.13     | 1.67      |
| 中成就組    | 29  | 4.14     | 1.75      | 27  | 4.70     | 1.61      |
| 低成就組    | 15  | 4.13     | 1.60      | 20  | 4.25     | 2.00      |

表 83

兩組槓桿原理認知負荷感受問題 8、9 及 10 之 t 考驗比較表

|         | <i>df</i> | <i>t</i> | <i>p</i> | 95% CI    |           | Cohen's <i>d</i> |
|---------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|------------------|
|         |           |          |          | <i>LL</i> | <i>UL</i> |                  |
| 感受問題 8  | 123       | -1.147   | 0.254    | -1.075    | 0.286     | -0.205           |
| 高成就組    | 32        | -1.564   | 0.128    | -2.319    | 0.305     | -0.541           |
| 中成就組    | 54        | -0.166   | 0.869    | -0.986    | 0.835     | -0.044           |
| 低成就組    | 33        | -1.040   | 0.306    | -2.070    | 0.670     | -0.363           |
| 感受問題 9  | 123       | -0.957   | 0.340    | -0.931    | 0.324     | -0.171           |
| 高成就組    | 32        | -1.115   | 0.273    | -2.022    | 0.591     | -0.385           |
| 中成就組    | 54        | -1.161   | 0.251    | -1.529    | 0.408     | -0.312           |
| 低成就組    | 31        | 0.686    | 0.498    | -0.658    | 1.325     | 0.225            |
| 感受問題 10 | 123       | -0.956   | 0.341    | -0.871    | 0.304     | -0.171           |
| 高成就組    | 32        | -0.027   | 0.978    | -1.046    | 1.018     | -0.009           |
| 中成就組    | 54        | -1.257   | 0.214    | -1.469    | 0.337     | -0.337           |
| 低成就組    | 33        | -0.186   | 0.854    | -1.394    | 1.161     | -0.065           |

由表 82 及表 83 的結果發現，在交互作用上，兩組也沒有顯著性差異。

整體而言，在槓桿原理的學習上，實驗組與控制組各項雖然有高低的不同，但是均無顯著性差異，可見，示意圖的增加，雖然是增加了一個外加的課程，但是並未造成學生在認知負荷上的增加。

#### 4.4.2 學習「判斷日常工具」的認知負荷

「判斷日常工具」是整個課程最困難的部分，困難的部分包括需要理解、分析及綜合能力，還跟學生生活經驗不足有關，從數位教材去解決這問題較為困難。在成就測驗的表現上，實驗組與控制組的判斷日常工具部分，雖然實驗組有優於控制組的表現，但兩組間並未有顯著性差異，研究者進一步分析認知負荷上兩組的關係為何。從 Marcus 等人 (1996) 認為影響認知負荷的三大因素及交互作用的結果分別討論。

##### 1. 舊經驗

感受問題 1（在學習之前，我認為「判斷日常工具」在學習上是容易的）的量表分數敘述統計如表 84，*t* 考驗比較表呈現於表 85。

表 84

判斷日常工具的認知負荷感受問題 1 的量表分數之敘述統計

|      | 實驗組 |          |           | 控制組 |          |           |
|------|-----|----------|-----------|-----|----------|-----------|
|      | 個數  | <i>M</i> | <i>SD</i> | 個數  | <i>M</i> | <i>SD</i> |
| 全部   | 60  | 4.10     | 1.62      | 62  | 4.24     | 1.58      |
| 高成就組 | 17  | 4.24     | 1.71      | 15  | 4.73     | 1.28      |
| 中成就組 | 28  | 4.00     | 1.56      | 27  | 4.56     | 1.34      |
| 低成就組 | 15  | 4.13     | 1.73      | 20  | 3.45     | 1.82      |

表 85

兩組判斷日常工具的認知負荷感受問題 1 之 *t* 考驗比較表

|      | <i>df</i> | <i>t</i> | <i>p</i> | 95% CI    |           | Cohen's <i>d</i> |
|------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|------------------|
|      |           |          |          | <i>LL</i> | <i>UL</i> |                  |
| 全部   | 120       | -0.490   | 0.625    | -0.715    | 0.431     | -0.089           |
| 高成就組 | 30        | -0.920   | 0.365    | -1.603    | 0.607     | -0.329           |
| 中成就組 | 53        | -1.413   | 0.164    | -1.344    | 0.233     | -0.382           |
| 低成就組 | 33        | 1.123    | 0.269    | -0.554    | 1.921     | 0.385            |

由表 84、表 85 可知，兩組的舊經驗相近且無顯著差異，控制組大都比實驗組更認為判斷日常工具是容易的，分數均在中間偏上。

##### 2. 教材的內在性質

教材的內在性質包括感受問題 2（在學習過程中，我實際上用了很少心力）及感受問題 3（聽完老師講解後，我覺得「判斷日常工具」的難易度是簡單的），其量表分數敘述統計如表 86，*t* 考驗比較表呈現於表 87。

表 86

判斷日常工具的認知負荷感受問題 2、3 的量表分數之敘述統計

|        | 實驗組 |          |           | 控制組 |          |           |
|--------|-----|----------|-----------|-----|----------|-----------|
|        | 個數  | <i>M</i> | <i>SD</i> | 個數  | <i>M</i> | <i>SD</i> |
| 感受問題 2 | 60  | 3.92     | 1.55      | 62  | 3.73     | 1.79      |
| 高成就組   | 17  | 3.82     | 1.78      | 15  | 4.00     | 1.69      |
| 中成就組   | 28  | 3.93     | 1.54      | 27  | 3.63     | 1.80      |
| 低成就組   | 15  | 4.00     | 1.41      | 20  | 3.65     | 1.93      |
| 感受問題 3 | 60  | 4.23     | 1.60      | 62  | 3.85     | 1.73      |
| 高成就組   | 17  | 4.94     | 1.39      | 15  | 4.47     | 1.60      |
| 中成就組   | 28  | 4.04     | 1.75      | 27  | 4.00     | 1.47      |
| 低成就組   | 15  | 3.80     | 1.32      | 20  | 3.20     | 1.99      |

表 87

兩組判斷日常工具的認知負荷感受問題 2、3 之 *t* 考驗比較表

|        | <i>df</i> | <i>t</i> | <i>p</i> | 95% CI    |           | Cohen's  |
|--------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|----------|
|        |           |          |          | <i>LL</i> | <i>UL</i> | <i>d</i> |
| 感受問題 2 | 120       | 0.627    | 0.532    | -0.412    | 0.793     | 0.114    |
| 高成就組   | 30        | -0.287   | 0.776    | -1.433    | 1.080     | -0.102   |
| 中成就組   | 53        | 0.663    | 0.510    | -0.606    | 1.203     | 0.179    |
| 低成就組   | 33        | 0.593    | 0.557    | -0.851    | 1.551     | 0.207    |
| 感受問題 3 | 120       | 1.256    | 0.212    | -0.218    | 0.975     | 0.228    |
| 高成就組   | 30        | 0.899    | 0.376    | -0.604    | 1.553     | 0.317    |
| 中成就組   | 53        | 0.082    | 0.935    | -0.840    | 0.912     | 0.022    |
| 低成就組   | 33        | 1.011    | 0.319    | -0.607    | 1.807     | 0.355    |

從表 86 及表 87 發現，在判斷日常工具的學習上，實驗組使用心力的自評分數略優於控制組，但均屬中間偏低，可見日常工具對學生而言，較槓桿原理的學習更耗費心力。在實驗組有個特別的現象，高成就組使用的心力較低成就組學生多，示意圖是否會造成專技反向效應，值得另闢主題進行研究。

實驗組的高成就學生自評使用很少心力只有 3.82 同意程度，低於控制組的高成就學生的 4.00，與槓桿原理的學習有類似的結果，同樣覺得示意圖在使用心力上，並不會用得更少，但是不同於槓桿原理的部分，在判斷日常工具學習後，實驗組覺得是簡單的，有 4.94 的同意程度，高於控制組的 4.47，可見，高成就學生雖然在示意圖結合日常工具判斷的部分，覺得使用心力較高，在學習結束後，卻覺得更簡單了，對照學業成就結果，實驗組也略高於控制組。但這兩題也未達顯著性水準。

### 3.教學的組織

教學的組織包括感受問題 4(在老師的引導、講解過程中,找到相關訊息是容易的)、感受問題 5(在老師的引導、講解過程中,我有足夠的時間思考)、感受問題 6(在這堂課的學習過程中,我覺得是順暢的)及感受問題 7(這堂課的學習過程中,我覺得沒有壓力),其量表分數敘述統計如表 88, *t* 考驗比較表呈現於表 89。

表 88

判斷日常工具的認知負荷感受問題 4、5、6 及 7 的量表分數之敘述統計

|        | 實驗組 |          |           | 控制組 |          |           |
|--------|-----|----------|-----------|-----|----------|-----------|
|        | 個數  | <i>M</i> | <i>SD</i> | 個數  | <i>M</i> | <i>SD</i> |
| 感受問題 4 | 60  | 4.32     | 1.66      | 62  | 4.40     | 1.59      |
| 高成就組   | 17  | 4.41     | 1.58      | 15  | 4.73     | 1.62      |
| 中成就組   | 28  | 4.39     | 1.85      | 27  | 4.67     | 1.21      |
| 低成就組   | 15  | 4.07     | 1.44      | 20  | 3.80     | 1.91      |
| 感受問題 5 | 60  | 4.57     | 1.66      | 62  | 4.58     | 1.79      |
| 高成就組   | 17  | 5.00     | 1.41      | 15  | 5.00     | 1.77      |
| 中成就組   | 28  | 4.57     | 1.81      | 27  | 4.85     | 1.54      |
| 低成就組   | 15  | 4.07     | 1.58      | 20  | 3.90     | 2.00      |
| 感受問題 6 | 60  | 4.40     | 1.73      | 61  | 4.57     | 1.78      |
| 高成就組   | 17  | 4.82     | 1.78      | 15  | 5.27     | 1.79      |
| 中成就組   | 28  | 4.71     | 1.72      | 26  | 4.85     | 1.54      |
| 低成就組   | 15  | 3.33     | 1.29      | 20  | 3.70     | 1.81      |
| 感受問題 7 | 60  | 4.22     | 1.93      | 62  | 4.53     | 2.06      |
| 高成就組   | 17  | 4.53     | 2.03      | 15  | 5.67     | 1.80      |
| 中成就組   | 28  | 4.54     | 1.91      | 27  | 4.48     | 1.97      |
| 低成就組   | 15  | 3.27     | 1.62      | 20  | 3.75     | 2.07      |

表 89

兩組判斷日常工具的認知負荷感受問題 4、5、6 及 7 之 *t* 考驗比較表

|        | <i>df</i> | <i>t</i> | <i>p</i> | 95% CI    |           | Cohen's  |
|--------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|----------|
|        |           |          |          | <i>LL</i> | <i>UL</i> | <i>d</i> |
| 感受問題 4 | 120       | -0.294   | 0.770    | -0.670    | 0.497     | -0.053   |
| 高成就組   | 30        | -0.566   | 0.575    | -1.481    | 0.838     | -0.200   |
| 中成就組   | 47        | -0.651   | 0.518    | -1.120    | 0.572     | -0.175   |
| 低成就組   | 33        | 0.453    | 0.654    | -0.932    | 1.465     | 0.158    |
| 感受問題 5 | 120       | -0.045   | 0.964    | -0.633    | 0.605     | -0.008   |
| 高成就組   | 30        | 0.000    | 1.000    | -1.152    | 1.152     | 0.000    |
| 中成就組   | 53        | -0.617   | 0.540    | -1.191    | 0.631     | -0.167   |
| 低成就組   | 33        | 0.266    | 0.792    | -1.106    | 1.440     | 0.093    |
| 感受問題 6 | 119       | -0.544   | 0.587    | -0.806    | 0.459     | -0.099   |
| 高成就組   | 30        | -0.701   | 0.488    | -1.733    | 0.847     | -0.248   |
| 中成就組   | 52        | -0.296   | 0.768    | -1.026    | 0.762     | -0.081   |
| 低成就組   | 33        | -0.667   | 0.510    | -1.485    | 0.752     | -0.233   |
| 感受問題 7 | 120       | -0.872   | 0.385    | -1.032    | 0.401     | -0.158   |
| 高成就組   | 30        | -1.665   | 0.106    | -2.532    | 0.258     | -0.592   |
| 中成就組   | 53        | 0.104    | 0.918    | -0.996    | 1.104     | 0.028    |
| 低成就組   | 33        | -0.746   | 0.461    | -1.801    | 0.835     | -0.259   |

從表 88 及表 89 結果發現，控制組在這四題的自評上，都比實驗組高，雖然兩組學生的差異並未達顯著，但示意圖是否適用於判斷日常工具的學習上，或應該更改方式？值得後續研究討論。

#### 4. 教材性質與教學組織的交互作用

教材性質與教學組織的交互作用包括感受問題 8（上這堂課後我覺得我對學好「判斷日常工具」有信心）、感受問題 9（這堂課的學習過程中，我覺得有成就感）及感受問題 10（我覺得學習過程中，必須同時處理很多訊息），其量表分數敘述統計如表 90，*t* 考驗比較表呈現於表 91。

表 90

判斷日常工具的認知負荷感受問題 8、9 及 10 的量表分數之敘述統計

|         | 實驗組 |          |           | 控制組 |          |           |
|---------|-----|----------|-----------|-----|----------|-----------|
|         | 個數  | <i>M</i> | <i>SD</i> | 個數  | <i>M</i> | <i>SD</i> |
| 感受問題 8  | 60  | 4.02     | 1.89      | 62  | 4.29     | 1.59      |
| 高成就組    | 17  | 4.53     | 2.00      | 15  | 5.07     | 1.58      |
| 中成就組    | 28  | 4.46     | 1.75      | 27  | 4.41     | 1.37      |
| 低成就組    | 15  | 2.60     | 1.30      | 20  | 3.55     | 1.64      |
| 感受問題 9  | 60  | 3.72     | 1.58      | 62  | 4.15     | 1.60      |
| 高成就組    | 17  | 3.82     | 1.85      | 15  | 4.33     | 1.84      |
| 中成就組    | 28  | 3.64     | 1.68      | 27  | 4.26     | 1.35      |
| 低成就組    | 15  | 3.73     | 1.10      | 20  | 3.85     | 1.76      |
| 感受問題 10 | 60  | 4.02     | 1.62      | 62  | 4.11     | 1.69      |
| 高成就組    | 17  | 3.76     | 1.48      | 15  | 3.53     | 1.81      |
| 中成就組    | 28  | 4.07     | 1.82      | 27  | 4.33     | 1.44      |
| 低成就組    | 15  | 4.20     | 1.42      | 20  | 4.25     | 1.89      |

表 91

兩組判斷日常工具的認知負荷感受問題 8、9 及 10 之 *t* 考驗比較表

|         | <i>df</i> | <i>t</i> | <i>p</i> | 95% CI    |           | Cohen's <i>d</i> |
|---------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|------------------|
|         |           |          |          | <i>LL</i> | <i>UL</i> |                  |
| 感受問題 8  | 120       | -0.866   | 0.388    | -0.900    | 0.352     | -0.157           |
| 高成就組    | 30        | -0.834   | 0.411    | -1.853    | 0.778     | -0.298           |
| 中成就組    | 53        | 0.134    | 0.894    | -0.795    | 0.909     | 0.036            |
| 低成就組    | 33        | -1.850   | 0.073    | -1.994    | 0.094     | -0.643           |
| 感受問題 9  | 120       | -1.487   | 0.140    | -0.999    | 0.142     | -0.269           |
| 高成就組    | 30        | -0.781   | 0.441    | -1.843    | 0.823     | -0.277           |
| 中成就組    | 53        | -1.496   | 0.140    | -1.443    | 0.210     | -0.404           |
| 低成就組    | 33        | -0.226   | 0.823    | -1.168    | 0.934     | -0.080           |
| 感受問題 10 | 120       | -0.321   | 0.749    | -0.690    | 0.498     | -0.058           |
| 高成就組    | 30        | 0.398    | 0.693    | -0.956    | 1.419     | 0.140            |
| 中成就組    | 53        | -0.589   | 0.558    | -1.153    | 0.629     | -0.159           |
| 低成就組    | 33        | -0.086   | 0.932    | -1.236    | 1.136     | -0.030           |

由表 90 及表 91 的結果發現，實驗組在學習後的信心與成就感略低於控制組，但是同時處理訊息的部分，比較不需要處理太多訊息，這與槓桿工具的認知負荷量表，有同樣的結果。

將示意圖使用在難度更高的判斷日常工具題型上，在「教材的內在性質」部分，實驗組的心智努力與感覺困難度部分，自評分數都比控制組高。但是在「教學組織」部分，增加示意圖後，對於實驗組學生要找到相關訊息及充分思考時間的部分，反而都比控制

組低，在順暢與壓力的自評分數也低於控制組。因此，在「交互作用」部分，實驗組在學習後，信心與成就感低於控制組。

整體而言，在日常工具的判斷學習上，實驗組與控制組各項有高低的不同，成效似乎不向槓桿原理的好，但是也均無顯著性差異，可見，示意圖的增加，在日常工具判斷也未造成學生在認知負荷上的增加。



## 五、結論與建議

本章根據研究目的與結果的分析，提出以下的結論與建議，共分為兩節。第一節為本研究之結論，第二節為依據研究結果提出未來研究方向與建議。說明如下：

### 5.1 結論

根據第四章的研究結果，研究者提出以下的結論：

一、示意圖結合多媒體教學在槓桿課程的教學相較於無示意圖結合多媒體教學能顯著提昇學生學習成效

在排除前測成績的影響後，有無示意圖兩組在多媒體教學融入槓桿課程的教學中，有顯著差異存在，且運用示意圖結合多媒體教學在槓桿課程的學習成效優於無示意圖結合多媒體教學。故研究假設一獲得支持。

二、示意圖結合多媒體教學，在「槓桿概念」的教學，相較於無示意圖結合多媒體教學能顯著提昇學生學習成效

在排除前測成績的影響後，有無示意圖兩組在多媒體教學融入槓桿課程的「槓桿概念」學習中，有顯著差異存在，且運用示意圖結合多媒體教學在「槓桿概念」的學習成效優於無示意圖結合多媒體教學。故研究假設二獲得支持。

三、示意圖結合多媒體教學，在「槓桿實驗」的教學，相較於無示意圖結合多媒體教學未能顯著提昇學生學習成效

在排除前測成績的影響後，有無示意圖兩組在多媒體教學融入槓桿課程的「槓桿實驗」學習中，並沒有顯著差異存在。故研究假設三未獲得支持。

四、示意圖結合多媒體教學，在「判斷日常工具」的教學，相較於無示意圖結合多媒體教學未能顯著提昇學生學習成效

在排除前測成績的影響後，有無示意圖兩組在多媒體教學融入槓桿課程的「判斷日常工具」學習中，並沒有顯著差異存在。故研究假設四未獲得支持。

五、不同學業成就的學生接受示意圖結合多媒體教學後，相較於無示意圖結合多媒體教學，在槓桿課程的學習上未能顯著提昇學生學習成效

在排除前測成績的影響後，高學業成就及低學業成就在有無示意圖兩組在多媒體教學融入槓桿課程的學習中，都沒有顯著差異存在。故研究假設五未獲得支持。

雖然在課程總分上沒有顯著差異，但是，低成就學生在「槓桿概念」的學習上，兩組的學習成效有顯著性差異，有示意圖結合多媒體教學的學習成效優於無示意圖結合多媒體教學。

六、示意圖結合多媒體教學與無示意圖的組別，在「槓桿原理」及「判斷日常工具」的學習認知負荷，均無顯著差異。

從「舊經驗」、「教材的內在性質」、「教學的組織」及「教材性質與教學組織的交互作用」探討學生在「槓桿原理」及「判斷日常工具」的認知負荷，各項在兩組間均無顯著差異。進一步探討高、中及低學業成就學生，同樣無顯著差異。因此研究假設六獲得證實。

整理各研究結果如表 92。

表 92  
研究結果整理

|          | 所有學生          | 高成就組  | 低成就組          |
|----------|---------------|-------|---------------|
| 槓桿課程     | 有顯著差異<br>低度效果 | 無顯著差異 | 無顯著差異         |
| 槓桿概念     | 有顯著差異<br>低度效果 | 無顯著差異 | 有顯著差異<br>高度效果 |
| 槓桿實驗     | 無顯著差異         | 無顯著差異 | 無顯著差異         |
| 日常工具判斷   | 無顯著差異         | 無顯著差異 | 無顯著差異         |
| 槓桿課程認知負荷 | 無顯著差異         | 無顯著差異 | 無顯著差異         |
| 日常工具認知負荷 | 無顯著差異         | 無顯著差異 | 無顯著差異         |

## 5.2 建議

本節依據以上的研究結論及研究過程的心得，提出以下建議，包括了教學應用及未來研究兩部分，以供教育相關人員參考。

### 5.2.1 教學應用方面

依照多媒體設計原則製作的教學媒體，在心智負荷與心智努力上，都有很大的助益，因此兩組的教材都認知負荷上已經降低。示意圖的增加，雖然並非課程內容的項目，但是，將畫面不必要的訊息拿掉，減少了學習上的負擔，並且增加了線條與箭頭，將抽象的概念具像化，讓學生在心智負荷與心智努力上更覺得輕鬆，雖然在施測後未達顯著性差異，但在學業成就的表現上，有了明顯的進步。這意謂著，示意圖在不增加認知負荷之下，增加了學習成效，對於較困難學習且抽象的力學課程中，是值得嘗試的方式。

在本研究中，示意圖對於「槓桿實驗」及「判斷日常工具」的部分，均未有顯著性差異，可能跟學生操作經驗不足有關。由於科學教育強調操作，在槓桿實驗的部分，設計更多的實驗，讓學生發現更多的數據，從這些數據中整理出槓桿原理，是目前一般課程的作法，而本研究工具中，只進行了八次實驗，雖然以示意圖呈現兩邊的線條，卻仍未發現兩者間的比例關係，可見，對操作經驗較少的學生來說，八次實驗仍然太少，應有更多的操作與討論。

日常工具的部分，許多工具是學生從未操作過，雖然數位教材已經具像化，並且慢動作演示，但是，學生仍然未能掌握支點的概念，對於支點的找尋仍有困難，當支點找尋錯誤時，施力臂與抗力臂就跟著畫錯。在數位學習上，有些課程仍然難以用科技取代，工具的運用若能讓學生有充足的時間操作與體驗，或許能較容易發現支點與抗力點，進而做出正確的判斷。

研究者認為，在槓桿實驗與日常工具的判斷上，教學者除了可以使用多媒體教學輔助外，學習者的操作體驗，應是必須加强的部分，才能真正有效提昇學習成效。

## 5.2.2 未來研究方面

從本研究中發現，示意圖對於抽象的力具像化，對於學習上不但未增加認知負荷，並且提昇學生的學習成效，可試著用在其他單元，如定滑輪與動滑輪，在移動方向與力的大小上，都是學生容易混淆的地方。藉由示意圖的呈現，不但具體呈現，同時也可以讓學生容易記憶。

日常工具的判斷上，有許多可以值得討論的地方。例如：簡單的工具，如天平不管有沒有示意圖，在學習上都不會造成困擾。但是像是抗力點移動的裁紙刀，或是支點不在中間的開瓶器等，學生即使操作物品，也未必能正確判斷，數位教材的適當輔助，可協助學生解決問題。然而，難度更高的筷子或掃把，若學生使用不正確的用力方式，可能就會有錯誤的判斷，因此，若先從操作體驗，將正確的使用方式先教導後，才用數位教材搭配說明，可能才有成效。課本內最難的指甲剪，由於課本內錯誤的分析方式，可能造成有預習過的學生也同樣做出錯誤的判斷。指甲剪可以找尋可分解成兩部分的，讓學生從拆解中觀察兩種槓桿的組合，然後再用數位教材分析與討論。而課本內錯誤的知識，應請出版商更正或刪除，在現行課本內，還有多少類似的錯誤觀念？可以做為未來研究的主題。

示意圖用於日常工具的判斷時，高成就學生似乎感到需要使用更多的心力，在信心與成就感上也屬於較低，是否會形成專技反效？使值得進一步探討的問題，如果真的會有此現象，跟什麼因素有關？

而日常工具的各项分數中，以抗力臂的判斷，兩組獲得的分數明顯偏低，是因為抗力點比較難判斷嗎？還是有可能其他的原因？也是值得另闢主題進行的研究。

本研究受限於時間與範圍，只能用在該學校的學生，無法推廣其他學校，在不同類型的學生下，可能會有不同的結果，同樣的教材設計與研究，可以在不同學校進行。

# 參考文獻

## 中文文獻

- 王文科、王智弘 (2010)。教育研究法 (十四版)。臺北市：五南。
- 王全興 (2008)。認知負荷理論及在其 e 化學習的應用。慈濟大學教育研究學刊，4，173-194。
- 王美芬、熊召弟 (2005)。國民小學自然科教材教法。臺北市：心理出版社。
- 江文慈 (1993)。槓桿認知能力發展的評量與學習遷移歷程的分析—動態評量之應用 (未出版之碩士論文)。國立臺灣師範大學教育心理與輔導研究所，臺北市。
- 李玉琇、蔣文祁 (譯) (2010)。認知心理學 (原作者：Sternberg, R. J.)。臺北市：新加坡商聖智學習。
- 何定樑 (1999)。生活的物理。臺北市：九章出版社。
- 吳帝瑩 (2008)。激發式動態呈現教學設計之研究-以一個排列組合問題為例 (未出版之碩士論文)。國立交通大學，新竹市。
- 呂慧君 (2009)。激發式動態表徵設計運用於國小六年級分數除法教學成效之研究 (未出版之碩士論文)。國立臺北教育大學，臺北市。
- 宋曜廷 (2000)。先前知識文章結構和多媒體呈現對文章學習的影響 (未出版之博士論文)。國立臺灣師範大學，臺北市。
- 李元亨 (2010)。注意力引導在激發式動態教學之研究-以靜電學為例 (未出版之碩士論文)。國立交通大學，新竹市。
- 李金泉 (2007)。精通 spss 統計分析實務與應用。臺北市：全華。
- 李賢哲 (2001)。以動手做 (DIY) 工藝的興趣培養中小學童具科學創造力之人格特質。科學教育，2-7。
- 林清山 (譯) (1990)。教育心理學：認知取向 (原作者：Richard, E. M.)。臺北市：遠流。
- 林傑斌、林永青、顏靜韻 (2007)。Spss 統計建模與應用實務。臺北市：網奕。
- 邱家麟 (2008)。激發式動態呈現教學設計對國小五年級因數與倍數補救教學之個案研究 (未出版之碩士論文)。國立臺北教育大學，臺北市。
- 南一書局 (2011a)。國民小學自然與生活科技習作第八冊。南一書局。
- 南一書局 (2011b)。國民小學自然與生活科技課本第八冊。南一書局。
- 洪榮忠 (2008)。激發式動態呈現教學設計之研究-以二元一次方程式的圖形為例 (未出版之碩士論文)。國立交通大學，新竹市。
- 范懿文、陳彙芳 (2000)。認知負荷對多媒體電腦輔助學習成效之影響研究：資訊管理研究。資訊管理研究，2，45-60。

- 康軒文教 (2011a)。國小自然與生活科技習作第八冊。康軒文教事業。
- 康軒文教 (2011b)。國小自然與生活科技課本第八冊。康軒文教事業。
- 張亦甯 (2009)。激發式動態呈現教學設計對學習障礙學生時間概念學習成效之研究 (未出版之碩士論文)。國立臺北教育大學，臺北市。
- 張志銘 (2003)。國小六年級學童槓桿迷思概念之二階層診斷研究 (未出版之碩士論文)。臺北市立師範學院，臺北市。
- 張春興 (2007)。教育心理學：三化取向的理論與實踐。臺北市：台灣東華。
- 張祐誠 (2008)。激發式動態呈現之教學設計之研究-以文導圖模式與觸發模式之比較以尺規作圖為例 (未出版之碩士論文)。國立交通大學，新竹市。
- 張祝芬 (1995)。如何選用教科書。臺北：漢文。
- 張意欣 (2005)。學習槓桿原理對國小學童判斷簡單機械省力費力之影響 (未出版之碩士論文)。國立臺灣師範大學，臺北市。
- 教育部 (2003)。國民中小學九年一貫課程綱要：自然與生活科技學習領域。教育部。
- 教育部國語推行委員會 (1994)。重編國語辭典修訂本。取自  
<http://dict.revised.moe.edu.tw/cgi-bin/newDict/dict.sh?idx=dict.idx&cond=%A5%DC%B7N%B9%CF&pieceLen=50&fld=1&cat=&imgFont=1>
- 許良榮 (1997)。科學課文結構對於科學學習的影響 (未出版之博士論文)。國立台灣師範大學，臺北市。
- 許良榮、邱玉如 (2003)。國內大專用書 [自然科學概論] 內容之潛在問題分析。科學教育，2-12。
- 許雅婷 (2008)。台灣國小自然與生活科技領域教科書探究式教學內容分析之研究 (未出版之碩士論文)。臺北市立教育大學，臺北市。
- 郭璟諭 (2003)。媒體組合方式與認知型態對學習成效與認知負荷之影響 (未出版之碩士論文)。國立中央大學資訊管理研究所，新竹。
- 陳信銘 (2008)。激發式動態呈現教學設計運用於國小小數概念教學成效之研究 (未出版之碩士論文)。國立臺北教育大學，臺北市。
- 陳蜜桃 (2003)。認知負荷理論及其對教學的啟示。教育學刊，21，29-51。
- 陳淑筠 (2002)。國內學生自然科學迷思概念研究之後設研究 (未出版之碩士論文)。臺東師範學院，臺東縣。
- 陳義勳 (1996)。國小高年級學生自然科學中力學單元迷思概念之探討。北市師院學報，27，83-104。
- 彭泰源 (1999)。國小五年級學童力與運動概念學習之研究 (未出版之碩士論文)。彰化師範大學，彰化縣。
- 曾妙玲 (2008)。激發式動態呈現教學設計之研究-觸發模式有/無字幕之比較-以尺規作圖為例 (未出版之碩士論文)。國立交通大學，新竹市。
- 曾椿惠 (2010)。激發式動態呈現對學習成效與認知負荷影響之研究-以一元一次方程式為例 (未出版之碩士論文)。國立交通大學，新竹市。

- 游光純 (2002)。利用臨床晤談探究國民小學高年級學童對槓桿概念的另有想法 (未出版之碩士論文)。國立臺北師範學院，臺北市。
- 黃美惠 (2011)。民國 57-89 年國小教科書之力學主題內容分析 (未出版之碩士論文)。國立臺中教育大學，臺中市。
- 葉子榕 (2010)。激發式動態教學對學習成效與認知負荷影響之研究 (未出版之碩士論文)。國立交通大學，新竹市。
- 廖家瑩 (2010)。激發式動態教學對學習成效與認知負荷影響之研究—以簡易二次函數圖形為例 (未出版之碩士論文)。國立交通大學，新竹市。
- 熊召弟 (1997)。談國民小學自然科教科書「開放」議題。國民教育，37 卷(3 期)，24-32。
- 潘張杰 (2008)。激發式動態呈現教學設計運用於國小小數乘法教學成效之研究 (未出版之碩士論文)。國立臺北教育大學，臺北市。
- 鄭靜瑜 (2002)。資訊科技融入引導發現式教學對國小五年級不同能力學生學習成就與學習保留之研究-以『槓桿』單元為例 (未出版之碩士論文)。屏東師範學院，屏東縣。
- 翰林出版 (2011a)。國民小學自然與生活科技習作第八冊。翰林出版。
- 翰林出版 (2011b)。國民小學自然與生活科技課本第八冊。翰林出版。
- 賴明照 (2003)。國小高年級學童槓桿迷思概念之研究 (未出版之碩士論文)。臺中師範學院，臺中市。
- 戴文雄 (2009)。五年級與六年級學生對「槓桿」之想法類型探討 (未出版之碩士論文)。國立臺灣師範大學，臺北市。
- 謝東育 (2009)。激發式動態呈現教學設計之研究-以代數為例 (未出版之碩士論文)。國立交通大學，新竹市。

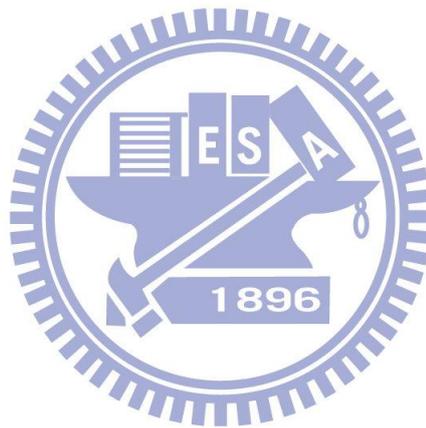
## 英文文獻

- Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001). A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives. *Educational Horizons*, 6(2).
- Baddeley, A. D. (1990). *Human memory*: Allyn and Bacon.
- Baddeley, A. D. (1992). Working memory. *Science*, 255(5044), 556-559.
- Baddeley, A. D., & Mehrabian, A. (1976). *The psychology of memory*: Basic Books New York.
- Bar, V. (1989). Introducing mechanics at the elementary school. *Physics Education*, 24, 348.
- Beckmann, J. F. (2010). Taming a beast of burden-On some issues with the conceptualisation and operationalisation of cognitive load. *Learning and Instruction*, 20(3), 250-264.
- Bobis, J., Sweller, J., & Cooper, M. (1993). Cognitive load effects in a primary-school geometry task. *Learning and Instruction*, 3(1), 1-21.
- Brunken, R., Plass, J. L., & Leutner, D. (2003). Direct measurement of cognitive load in multimedia learning. *Educational Psychologist*, 38(1), 53-61.
- Chambliss, M. J., & Calfee, R. C. (1998). *Textbooks for learning: Nurturing children's minds*: Wiley-Blackwell.
- Champagne, A. B., Klopfer, L. E., & Anderson, J. H. (1980). Factors influencing the learning of classical mechanics. *American Journal of Physics*, 48, 1074.
- Chandler, P., & Sweller, J. (1991). Cognitive load theory and the format of instruction. *Cognition and Instruction*, 8(4), 293-332.
- Chi, M. T. H., & Bassok Matthew, W. (1989). Self-explanations: How students study and use examples in learning to solve problems\* 1. *Cognitive science*, 13(2), 145-182.
- Chletsos, P. N., de Lisi, R., Turner, G., & McGillicuddy-de Lisi, A. V. (1989). Cognitive assessment of proportional reasoning strategies. *Journal of Research & Development in Education*, 23(1), 18-27.
- Clark, J. M., & Paivio, A. (1991). Dual coding theory and education. *Educational Psychology Review*, 3(3), 149-210.
- 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, CA: Pfeiffer.
- Clark, R. C., Nguyen, F., & Sweller, J. (2006). *Efficiency in learning: Evidence-based guidelines to manage cognitive load*: Pfeiffer.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Cook, L. K., & Mayer, R. E. (1988). Teaching readers about the structure of scientific text. *Journal of Educational Psychology*, 80(4), 448.

- Cuban, L. (1986). *Teachers and machines: The classroom use of technology since 1920*: Teachers College Pr.
- DeLeeuw, K. E., & Mayer, R. E. (2008). A comparison of three measures of cognitive load: Evidence for separable measures of intrinsic, extraneous, and germane load. *Journal of Educational Psychology*, 100(1), 223.
- Gopher, D., & Braune, R. (1984). On the psychophysics of workload: Why bother with subjective measures? *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 26(5), 519-532.
- Hendy, K. C., Hamilton, K. M., & Landry, L. N. (1993). Measuring subjective workload: when is one scale better than many? *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 35(4), 579-601.
- Inhelder, B., & Piaget, J. (1958). *The growth of logical thinking from childhood to adolescence : an essay on the construction of formal operational structures*. London: Routledge.
- Kalyuga, S., Ayres, P., Chandler, P., & Sweller, J. (2003). The expertise reversal effect. *Educational Psychologist*, 38(1), 23-31.
- Kalyuga, S., Chandler, P., & Sweller, J. (1998). Levels of expertise and instructional design. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 40(1), 1-17.
- Kalyuga, S., Chandler, P., Tuovinen, J., & Sweller, J. (2001). When problem solving is superior to studying worked examples. *Journal of Educational Psychology*, 93(3), 579.
- Landauer, T. (1995). *The Trouble with Computers*: Cambridge MA: MIT Press.
- Leahy, W., & Sweller, J. (2005). Interactions Among the Imagination, Expertise Reversal, and Element Interactivity Effects. *Journal of experimental psychology: Applied*, 11(4), 266.
- Marcus, N., Cooper, M., & Sweller, J. (1996). Understanding instructions. *Journal of Educational Psychology*, 88(1), 49.
- Mayer, R. E. (2005). Cognitive theory of multimedia learning. *The Cambridge handbook of multimedia learning*, 31-48.
- Mayer, R. E. (2007). Research-based guidelines for multimedia instruction. *Reviews of Human Factors and Ergonomics*, 3(1), 127-147.
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning* (2nd ed.). Cambridge ; New York: Cambridge University Press.
- McNamara, D. S., Kintsch, E., Songer, N. B., & Kintsch, W. (1996). Are good texts always better? Interactions of text coherence, background knowledge, and levels of understanding in learning from text. *Cognition and Instruction*, 14(1), 1-43.
- Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. *Psychological review*, 63(2), 81.
- Moreno, R., & Mayer, R. E. (2000). A coherence effect in multimedia learning: The case for minimizing irrelevant sounds in the design of multimedia instructional messages. *Journal of Educational Psychology*, 92(1), 117.
- Mousavi, S. Y., Low, R., & Sweller, J. (1995). Reducing cognitive load by mixing auditory and visual presentation modes. *Journal of Educational Psychology*, 87(2), 319.

- Norman, D. A. (1993). *Things that make us smart : defending human attributes in the age of the machine*. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley publishing company.
- Paas, F. G. (1992). Training strategies for attaining transfer of problem-solving skill in statistics: A cognitive-load approach. *Journal of Educational Psychology*, 84(4), 429.
- Paas, F. G. W. C., & Van Merriënboer, J. J. G. (1994). Variability of worked examples and transfer of geometrical problem-solving skills: A cognitive-load approach. *Journal of Educational Psychology*, 86(1), 122.
- Paivio, A. (1990). *Mental representations: A dual coding approach*: Oxford University Press, USA.
- Paivio, A. (2007). *Mind and its evolution: A dual coding theoretical approach*: Lawrence Erlbaum.
- Renkl, A. (1997). Learning from Worked Out Examples: A Study on Individual Differences. *Cognitive science*, 21(1), 1-29.
- Renkl, A., & Atkinson, R. K. (2003). Structuring the transition from example study to problem solving in cognitive skill acquisition: A cognitive load perspective. *Educational Psychologist*, 38(1), 15-22.
- Renkl, A., Atkinson, R. K., & Grose, C. S. (2004). How fading worked solution steps works ;Va cognitive load perspective. *Instructional Science*, 32(1), 59-82.
- Roth, W. M. (1991). The development of reasoning on the balance beam. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(7), 631-645.
- Schecker, H., & Niedderer, H. (1996). Contrastive teaching: A strategy to promote qualitative conceptual understanding of science. *Improving teaching and learning in science and mathematics*, 141-151.
- Siegler, R. S. (1976). Three aspects of cognitive development\* 1. *Cognitive Psychology*, 8(4), 481-520.
- Siegler, R. S. (1978). *Children's thinking : what develops?* Hillsdale, NJ: LEA.
- Siegler, R. S., & Klahr, D. (1982). When do children learn? The relationship between existing knowledge and the acquisition of new knowledge. *Advances in instructional psychology*, 2, 121-211.
- Stepans, J. (1996). *Targeting students' science misconceptions : physical science concepts using the conceptual change model*. Riverview, FL: Idea Factory Inc.
- Sternberg, R. J. (1990). *Metaphors of mind: Conceptions of the nature of intelligence*: Cambridge Univ Pr.
- Sweller, J. (2010). Element interactivity and intrinsic, extraneous, and germane cognitive load. *Educational Psychology Review*, 22(2), 123-138.
- Sweller, J., & Chandler, P. (1994). Why some material is difficult to learn. *Cognition and Instruction*, 12(3), 185-233.
- Sweller, J., Van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. G. W. C. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10(3), 251-296.
- Tindall-Ford, S., Chandler, P., & Sweller, J. (1997). When two sensory modes are better than one. *Journal of experimental psychology: Applied*, 3(4), 257.

Wierwille, W. W., & Eggemeier, F. T. (1993). Recommendations for mental workload measurement in a test and evaluation environment. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 35(2), 263-281.



## 附錄一

### 從認知負荷理論探討六年級槓桿原理教學設計 成就測驗意見調查表 【專家審查版】

親愛的教育先進，您好：

本份調查表在探討不同的教學設計對國小六年級學童學習槓桿原理之成效，期盼在這次的教學後，對於學生在簡單機械的學生上，能有完整的概念與分析應用能力，在本研究的教學目標中，共有五項具體學習目標，分別是：一、能正確的說出支點、施力點和抗力點的位置，並知道施力臂與抗力臂的範圍。二、能以槓桿名詞說明工作時費力或省力的感覺。三、能設計實驗裝置，以數據驗證槓桿作用，說明省力或費力的機械裝置。四、能推論出施力臂 $>$ 抗力臂時，省力。施力臂 $<$ 抗力臂時，費力。施力臂 $=$ 抗力臂時，不省力也不費力。五、能以槓桿原理來分析生活中的常用工具。

本成就測驗之用意，在於了解不同的課程設計，對學生學習槓桿原理的影響，懇允惠賜寶貴意見，以作為後學修改本問卷內容之依據，再次感謝您撥冗時間，感謝！

國立交通大學科技與數位學習研究所碩士班

指導教授：陳明璋 博士

研究生：朱志青 謹上

中華民國 100 年 2 月

## 槓桿原理施測題目及解答分析

### 一、是非題：每格1分、共16分

( )1. 以長桿撐起重物的實驗中，掛重物的地方為抗力點。

答案：○

認知歷程向度：記憶

能力指標：2-3-5-4

學習目標：一

適合 修正 刪除

修正意見：

( )2. 只要是運用槓桿原理的工具，都包含了支點、施力點和抗力點。

答案：○

認知歷程向度：記憶

能力指標：1-3-4-3

學習目標：一

適合 修正 刪除

修正意見：

( )3. 在槓桿原理中，沒有支點就不能形成槓桿。

答案：○

能力指標：2-3-5-4

認知歷程向度：記憶-再認

學習目標：二

適合 修正 刪除

修正意見：

( )4. 所有的槓桿工具的支點都在中央。

答案：×

認知歷程向度：了解

能力指標：7-3-0-4

學習目標：五

適合 修正 刪除

修正意見：

( )5. 施力臂與抗力臂的長度，跟施力的大小沒有關係。

答案：×

認知歷程向度：了解

能力指標：1-3-4-3

學習目標：四

適合 修正 刪除

修正意見：

( )6. 當施力臂的長度大於抗力臂的長度時，是費力的裝置。

答案：×

認知歷程向度：了解

能力指標：6-3-3-2

學習目標：四

適合 修正 刪除

修正意見：

( )7. 當槓桿的抗力點愈接近支點，施力會愈大。

答案：×

認知歷程向度：了解

能力指標：3-3-0-3

學習目標：四

適合 修正 刪除

修正意見：

( )8. 支點與抗力點的位置不變，施力點愈遠，施力就愈小。

答案：○

認知歷程向度：了解

能力指標：3-3-0-3

學習目標：四

適合 修正 刪除

修正意見：

( )9. 翹翹板是一種運用槓桿原理設計的遊戲裝置。

答案：○

認知歷程向度：了解

能力指標：7-3-0-4

學習目標：五

適合 修正 刪除

修正意見：

( )10. 兩個重量相同的人，無論在翹翹板兩側的任何一個位置上都會平衡。

答案：×

認知歷程向度：了解

能力指標：5-3-1-1

學習目標：五

適合 修正 刪除

修正意見：

( )11. 日常打掃工作中常用到的掃把和垃圾夾都是省力的工具。

答案：×

能力指標：1-3-4-4

認知歷程向度：分析

學習目標：五

適合 修正 刪除

修正意見：

( )12. 使用鑷子夾棉花時，若施力的地方向(往)鑷子尖端移動，就會比較省力。

答案：○

能力指標：3-3-0-3

認知歷程向度：分析

學習目標：五

適合 修正 刪除

修正意見：

( )13. 用麵包夾夾取麵包，無法省力卻能方便工作。

答案：○

認知歷程向度：分析

能力指標：3-3-0-3

學習目標：五

適合 修正 刪除

修正意見：

( )14. 利用槓桿原理的工具，都可以達到省力的效果。

答案：×

認知歷程向度：了解

能力指標：2-3-5-4

學習目標：五

適合 修正 刪除

修正意見：

( )15. 一個比自己重的人坐在翹翹板上的一邊的中間位置，如果想讓翹翹板平衡，自己要坐在離蹺蹺板中心最近的位子。

答案：×

認知歷程向度：應用

能力指標：3-3-0-3

學習目標：四

適合 修正 刪除

修正意見：

( )16. 利用槓桿抬物體必為省力的方法。

答案：×

認知歷程向度：分析

能力指標：5-3-1-1

學習目標：五

適合 修正 刪除

修正意見：

## 二、選擇題：每格1分、共10分

( )1. 支點愈靠近何處會愈省力？(①施力點②抗力點③中心點④都可以)。

答案：②

認知歷程向度：了解

能力指標：1-3-4-4

學習目標：二

適合 修正 刪除

修正意見：

( ) 2. 下列關於施力臂的敘述，何者正確？

- ( ①支點到施力點的距離  
②支點到抗力點的距離  
③抗力點與施力點之間的距離  
④施力點與抗力點之間的距離)。

答案：①

認知歷程向度：記憶

能力指標：1-3-4-3

學習目標：一

適合 修正 刪除

修正意見：

( ) 3. 在槓桿實驗器左邊第二格的位置掛三個砝碼，那麼在右邊第三格的位置需掛幾個砝碼，兩邊才會平衡？

- (1)一個 (2)兩個 (3)三個 (4)四個。

答案：②

認知歷程向度：了解

能力指標：1-3-4-4

學習目標：三

適合 修正 刪除

修正意見：

( ) 4. 下列哪個工具沒有使用槓桿原理？

- (①剪刀②鑷子③老虎鉗④迴紋針)。

答案：④

認知歷程向度：了解

能力指標：7-3-0-4

學習目標：五

適合 修正 刪除

修正意見：

( ) 5. 槓桿中，若物體重量及抗力臂不變，施力臂愈長，施力大小可以愈如何？

- ①愈大②愈小③不變④無法判斷)。

答案：②

認知歷程向度：了解

能力指標：1-3-4-4

學習目標：二

適合 修正 刪除

修正意見：

( ) 6. 小芝想利用槓桿原理將重物抬起，若將支點放在靠近重物的位置，可以省力或費力？(①省力 ②費力 ③不省力也不費力 ④可能省力也可能費力)。

答案：①

認知歷程向度：應用

能力指標：1-3-4-4

學習目標：二

適合 修正 刪除

修正意見：

( )7. 要使槓桿保持平衡時，施力大小及抗力臂距離不變，施力臂愈長，抗力點上的重物要如何改變？(①加重②減輕③不會改變④先加重再減輕)。

答案：①

認知歷程向度：分析

能力指標：6-3-2-2

學習目標：四

適合 修正 刪除

修正意見：

( )8. 阿力在槓桿支點的左邊掛一袋蘋果，然後在支點右邊 30 公分的位置施力，使槓桿保持平衡。蘋果掛在支點左邊哪一個位置時，阿力最省力？(1)離支點 35 公分 (2)離支點 30 公分 (3)離支點 25 公分 (4)離支點 10 公分。

答案：④

認知歷程向度：分析

能力指標：5-3-1-3

學習目標：三

適合 修正 刪除

修正意見：

( )9. 下列哪一種槓桿裝置一定會省力？①施力點在中間②抗力點在中間③支點在中間④不管支點在哪裡，都省力。

答案：②

能力指標：5-3-1-1

認知歷程向度：了解-推論

學習目標：五

適合 修正 刪除

修正意見：

( )10. 下列應用槓桿設計的工具中，哪一個的抗力點在中間？①剪刀②開瓶器③鑷子④筷子。

答案：②

能力指標：5-3-1-1

認知歷程向度：了解

學習目標：五

適合 修正 刪除

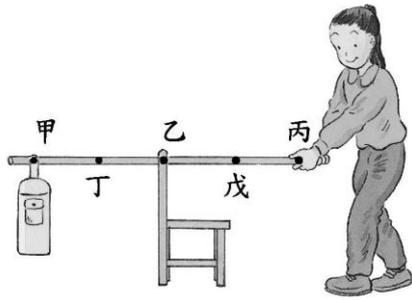
修正意見：

### 三、做做看：每格 1 分、共 69 分

1. 請看圖回答問題。

(1)請將下圖中的代號填入 ( ) 內。

施力點：( ) 抗力點：( ) 支點：( )



(1) 丙、甲、乙

認知歷程向度：記憶

能力指標：2-3-5-4 學習目標：一

適合  修正  刪除

修正意見：

(2) 若施力的位置不變，當書包的位置由甲移到丁時，會越省力還是越費力？

( )

(3) 若書包的位置不變，當施力的位置由丙移到戊時，會越省力還是越費力？

( )

答案：(3)越省力 (4)越費力

認知歷程向度：分析

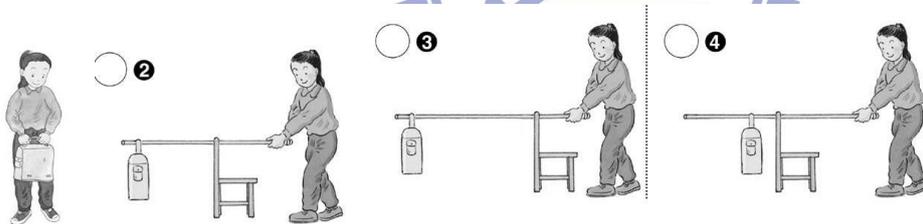
能力指標：1-3-4-4

學習目標：二

適合  修正  刪除

修正意見：

2. 下列哪一種方法施力會最小？請打✓。



答案：4

認知歷程向度：了解

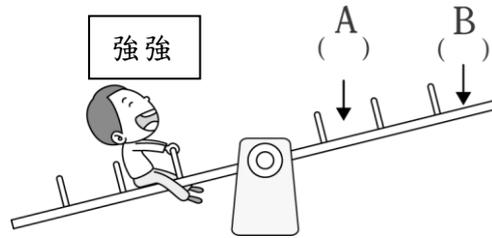
能力指標：1-3-4-4

學習目標：四

適合  修正  刪除

修正意見：

3. 玩翹翹板時，如果強強比小力重，小力要坐在A、B兩個位置中的哪一個才有可能將強強翹高起來？請在( )中打✓：



認知歷程向度：分析

能力指標：7-3-0-4

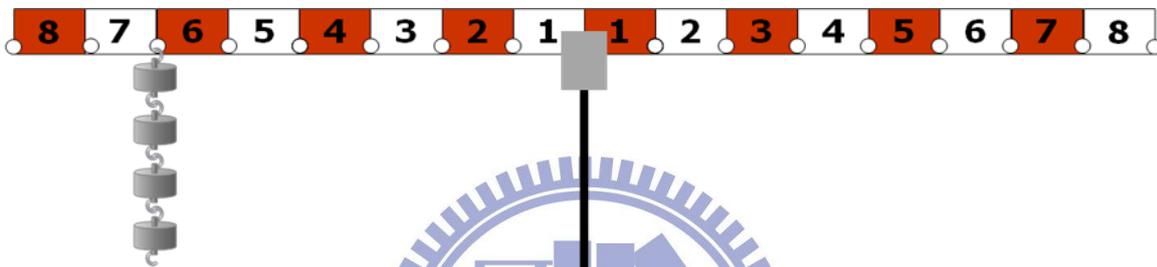
學習目標：二

適合 修正 刪除

修正意見：

4. 下圖的槓桿實驗器裝置中，左邊的砝碼數與位置不變，右邊應該掛幾個砝碼才會平衡？

請在表格內填入正確答案。



(1)

| 右邊距離 | 右邊砝碼數 |
|------|-------|
| 1格   |       |
| 2格   |       |
| 3格   |       |
|      | 3個    |
|      | 4個    |
|      | 6個    |

(2) 如果將砝碼掛在右邊第5格，使槓桿實驗器平衡，應該要掛幾個？

答案：(1) 24個；12個；8個；8格；6格；4格 (2) 4.8個

能力指標：1-3-2-2

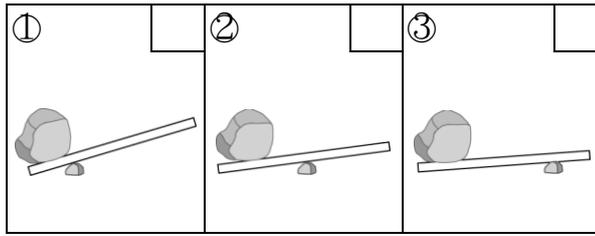
認知歷程向度：應用

學習目標：三

適合 修正 刪除

修正意見：

5. 利用長棍子和一顆小石頭來移動一顆大石頭，下列哪一個放置方式最省力？請打√；最費力的打×：

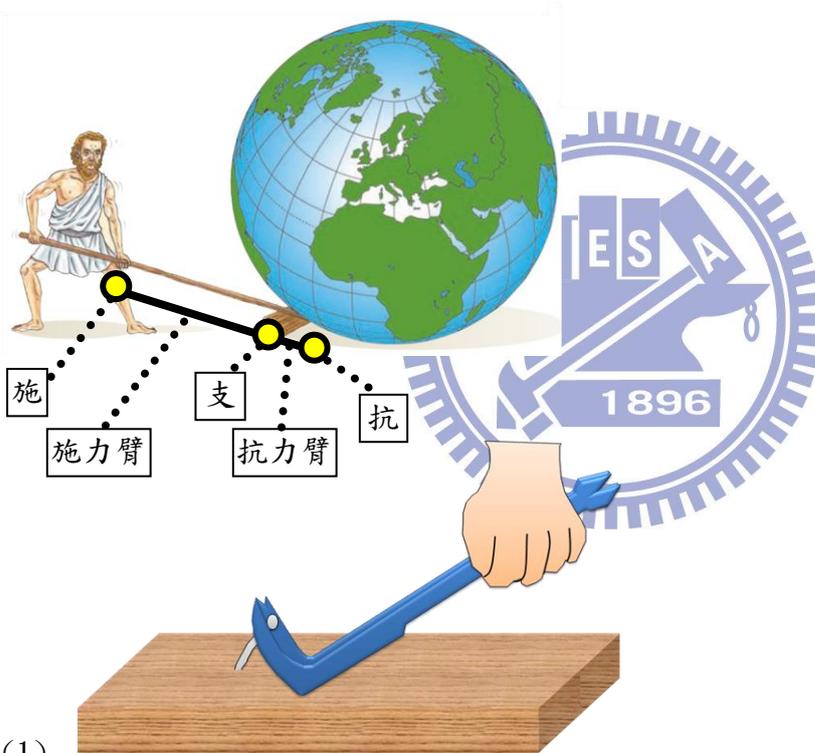


答案：①√；③×  
 能力指標：3-3-0-3  
 認知歷程向度：應用  
 學習目標：五

適合 修正 刪除  
 修正意見：

6. 請在下列工具上標示出施力點、抗力點、支點、施力臂及抗力臂。並且判斷該工具屬於「省力」、「費力」或是「不省力、不費力」的工具。

【範例】



(1)

省力 費力 不省力也不費力

適合 修正 刪除  
 修正意見：

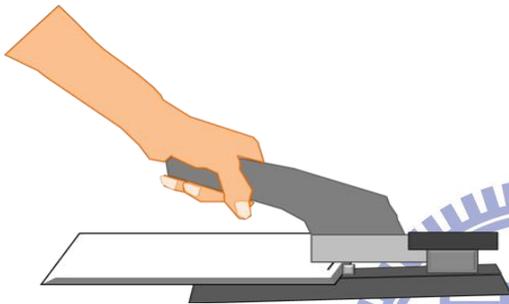


(2)

省力 費力 不省力也不費力

適合 修正 刪除

修正意見：

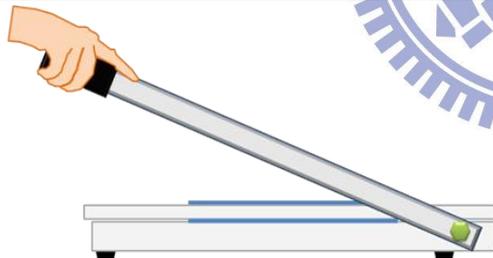


(3)

省力 費力 不省力也不費力

適合 修正 刪除

修正意見：



(4)

省力 費力 不省力也不費力

適合 修正 刪除

修正意見：

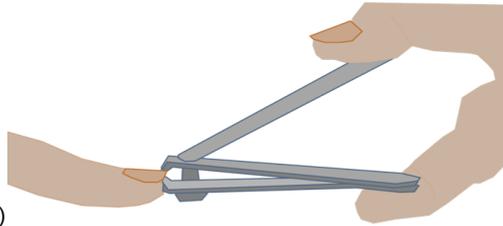


(5)

省力 費力 不省力也不費力

適合 修正 刪除

修正意見：

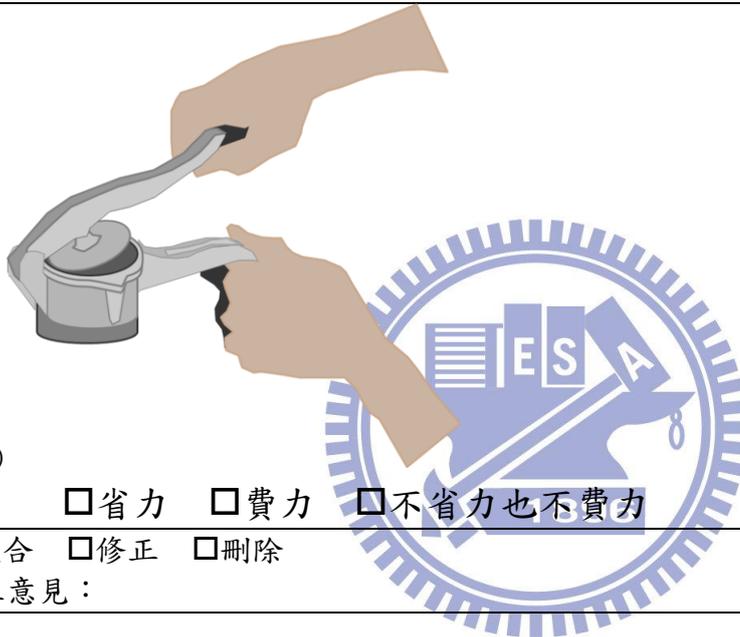


(6)

省力 費力 不省力也不費力

適合 修正 刪除

修正意見：

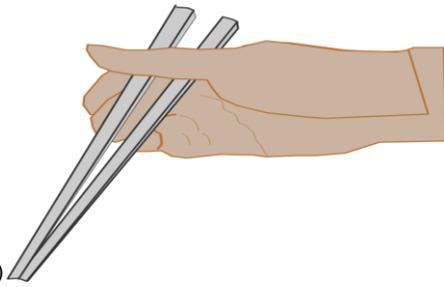


(7)

省力 費力 不省力也不費力

適合 修正 刪除

修正意見：



(8)

省力 費力 不省力也不費力

適合 修正 刪除

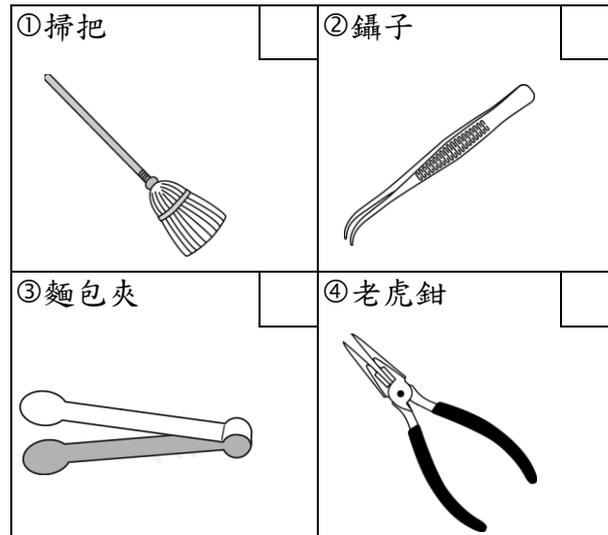
修正意見：

認知歷程向度：應用

能力指標：7-3-0-4

學習目標：五

7. 使用下列哪些工具會省力？請打✓：



能力指標：1-3-3-3 認知歷程向度：分析 學習目標：五

適合 修正 刪除

修正意見：

8. 阿基米得說：「給我一個支點，我可以舉起整個地球。」請依照此句話回答下面的問題。

(1) ( ) 阿基米得是根據何種原理做出的推論？ ①滑輪②輪軸③槓桿④地心引力。

適合 修正 刪除

修正意見：

(2) ( ) 依照阿基米得推論，舉起整個地球的理论是哪一個？ ①用力的位置距離支點愈近，需要施的力愈小②用力的位置距離支點愈遠，需要施的力愈小③抗力的位置距離支點愈遠，需要施的力愈小④阿基米得是大力士。

適合 修正 刪除

修正意見：

(3) ( ) 下列哪一種工具與阿基米得所利用的方法相似？ ①鑷子②指甲剪③掃把④筷子。

適合 修正 刪除

修正意見：

(4) ( ) 阿基米得的理论和翹翹板做比較時，下列敘述何者正確？ ①施力臂小於抗力臂可以省力的抬起重物②施力的位置距離支點愈遠可以省力的抬起重物③施力的大小與施力臂、抗力臂長短無關④它們的支點一定在中間。

適合 修正 刪除

修正意見：

答案：(1)③；(2)②；(3)②；(4)②

學習目標：五

## 附錄二 預試題目

### 槓桿原理施測題目 年 班 號 姓名：

一、是非題：每格1分、共16分

- ( ) 17. 以長桿撐起重物的實驗中，掛重物的地方為抗力點。
- ( ) 18. 只要是運用槓桿原理的工具，都包含了支點、施力點和抗力點。
- ( ) 19. 在槓桿原理中，沒有支點就不能形成槓桿。
- ( ) 20. 所有的槓桿工具的支點都在中央。
- ( ) 21. 施力臂與抗力臂的長度，跟施力的大小沒有關係。
- ( ) 22. 當施力臂的長度大於抗力臂的長度時，是費力的裝置。
- ( ) 23. 當槓桿的抗力點愈接近支點，施力會愈大。
- ( ) 24. 支點與抗力點的位置不變，施力點愈遠，施力就愈小。
- ( ) 25. 翹翹板是一種運用槓桿原理設計的遊戲裝置。
- ( ) 26. 兩個重量相同的人，無論在翹翹板兩側的任何一個位置上都會平衡。
- ( ) 27. 日常打掃工作中常用到的掃把和垃圾夾都是省力的工具。
- ( ) 28. 使用鑷子夾棉花時，若施力的地方方向往鑷子尖端移動，就會比較省力。
- ( ) 29. 用麵包夾夾取麵包，無法省力卻能方便工作。
- ( ) 30. 利用槓桿原理的工具，都可以達到省力的效果。
- ( ) 31. 利用槓桿抬物體一定省力。

二、選擇題：每格1分、共10分

- ( ) 32. 支點愈靠近何處會愈省力？  
①施力點 ②抗力點  
③中心點 ④都可以。

- ( ) 33. 下列關於施力臂的敘述，何者正確？  
①支點到施力點的距離  
②支點到抗力點的距離  
③抗力點與施力點之間的距離  
④施力點與抗力點之間的距離。
- ( ) 34. 在槓桿實驗器左邊第二格的位置掛三個砝碼，那麼在右邊第三格的位置需掛幾個砝碼，兩邊才會平衡？①一個②兩個③三個④四個。
- ( ) 35. 槓桿中，若物體重量及抗力臂不變，施力臂愈長，施力大小可以愈如何？  
①愈大 ②愈小  
③不變 ④無法判斷。
- ( ) 36. 小芝想利用槓桿原理將重物抬起，若將支點放在靠近重物的位置，可以省力或費力？  
①省力 ②費力  
③不省力也不費力  
④可能省力也可能費力。
- ( ) 37. 要使槓桿保持平衡時，施力大小及抗力臂距離不變，施力臂愈長，抗力點上的重物要如何改變？  
①加重 ②減輕  
③不會改變 ④先加重再減輕。
- ( ) 38. 阿力在槓桿支點的左邊掛一袋蘋果，然後在支點右邊30公分的位置施力，使槓桿保持平衡。蘋果掛在支點左邊哪一個位置時，阿力最省力？  
①離支點35公分  
②離支點30公分  
③離支點25公分  
④離支點10公分。

( ) 39. 下列哪一種槓桿裝置一定會省力？

- ① 施力點在中間
- ② 抗力點在中間
- ③ 支點在中間
- ④ 不管支點在哪裡，都省力。

( ) 40. 下列應用槓桿設計的工具中，哪一個的抗力點在中間？

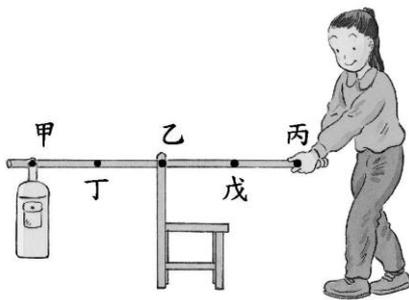
- ① 剪刀
- ② 開瓶器
- ③ 鑷子
- ④ 筷子。

三、做做看：每格 1 分、共 69 分

25. 請看圖回答問題。

(1) 請將下圖中的代號填入 ( ) 內。

- 施力點：( )
- 抗力點：( )
- 支點：( )



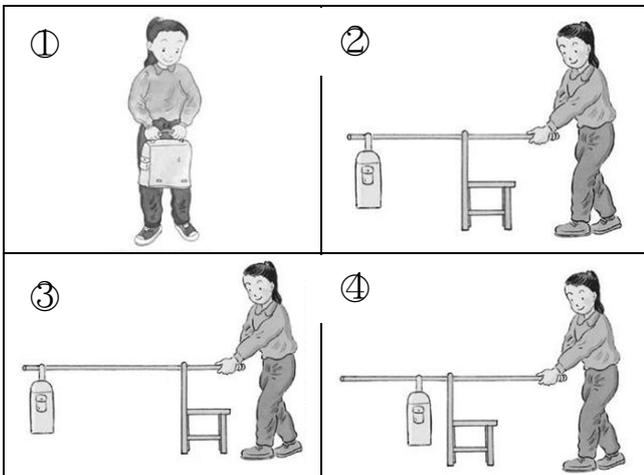
(2) 若施力的位置不變，當書包的位置由甲移到丁時，施力越大還是越小？

( )

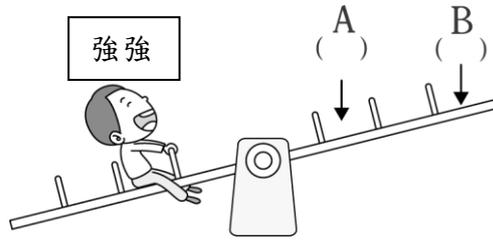
(3) 若書包的位置不變，當施力的位置由丙移到戊時，施力越大還是越小？

( )

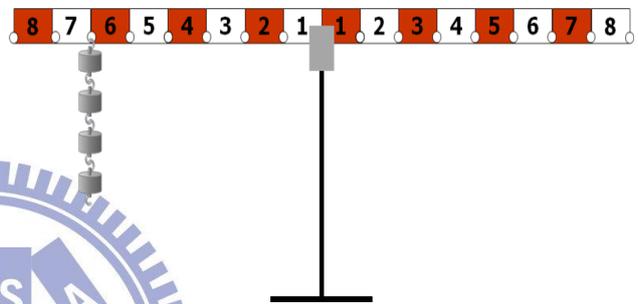
26. 下列哪一種方法施力會最小？( )



27. 玩翹翹板時，如果強強比小力重，小力要坐在 A、B 兩個位置中的哪一個才有可能將強強翹高起來？請在 ( ) 中打 ✓：



28. 下圖的槓桿實驗器裝置中，左邊的砝碼數與位置不變，右邊應該掛幾個砝碼才會平衡？請在表格內填入正確答案。



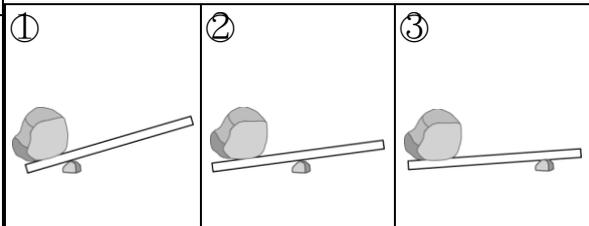
| 右邊距離 | 右邊砝碼數 |
|------|-------|
| 1格   |       |
| 2格   |       |
| 3格   |       |
|      | 3個    |
|      | 4個    |
|      | 6個    |

(2) 如果將砝碼掛在右邊第 5 格，使槓桿實驗器平衡，應該要掛幾個？

29. 利用長棍子和一顆小石頭來移動一顆大石頭。

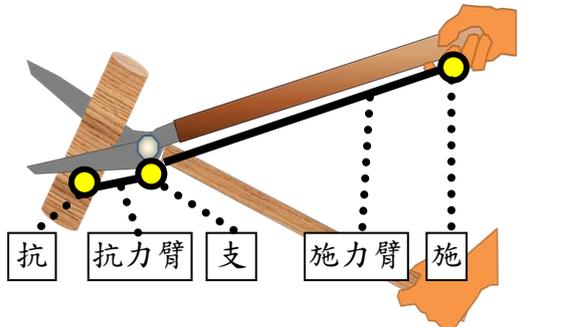
(1) 下列哪一個放置方式最省力？( )

(2) 下列哪一個放置方式最費力？( )



30. 請在下列工具上標示出施力點、抗力點、支點、施力臂及抗力臂。並且判斷該工具屬於「省力」、「費力」或是「不省力、不費力」的工具。

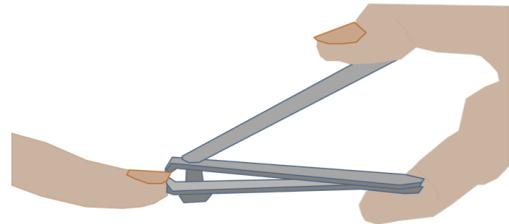
【範例】



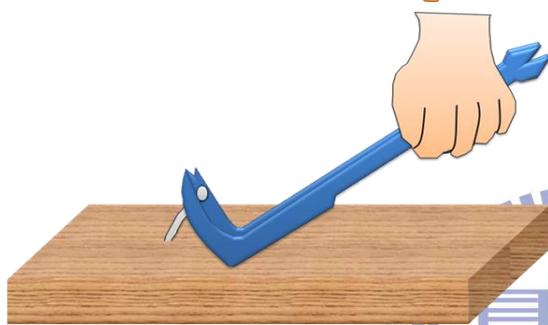
抗 抗力臂 支 施力臂 施



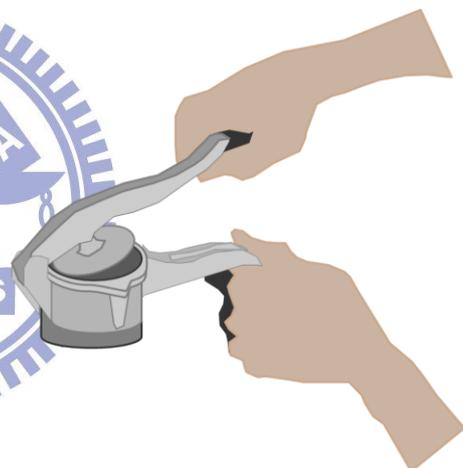
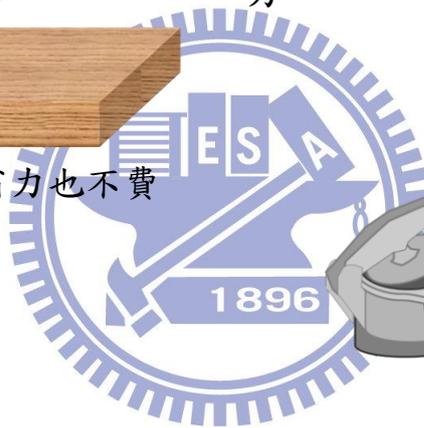
省力  費力  不省力也不費力



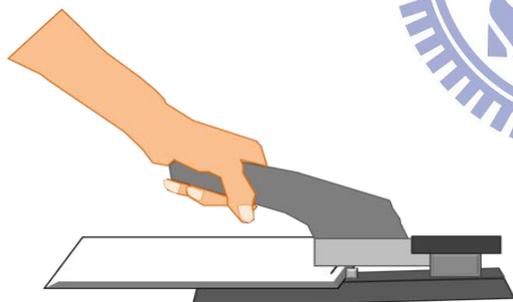
省力  費力  不省力也不費力



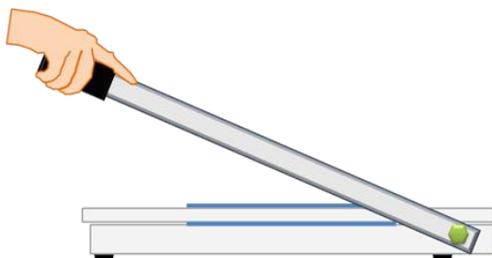
省力  費力  不省力也不費力



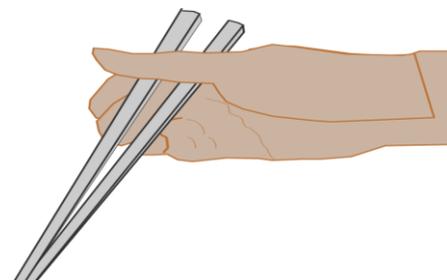
省力  費力  不省力也不費力



省力  費力  不省力也不費力

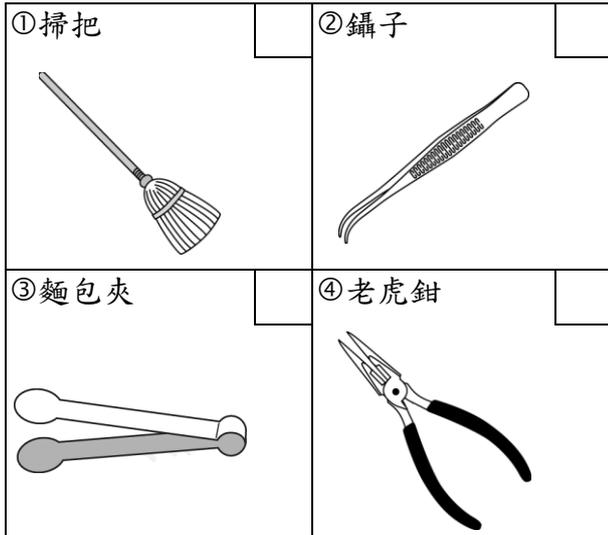


省力  費力  不省力也不費力



省力  費力  不省力也不費力

31. 使用下列哪些工具會省力？請打✓：



愈遠可以省力的抬起重物③施力的大小與施力臂、抗力臂長短無關④它們的支點一定在中間。

32. 阿基米得說：「給我一個支點，我可以舉起整個地球。」請依照此句話回答下面的問題。

- ( ) 1. 阿基米得是根據何種原理做出的推論？  
 ①滑輪②輪軸③槓桿④地心引力。
- ( ) 2. 依照阿基米得推論，舉起整個地球的理论是哪一個？①用力的位置距離支點愈近，需要施的力愈小②用力的位置距離支點愈遠，需要施的力愈小③抗力的位置距離支點愈遠，需要施的力愈小④阿基米得是大力士。
- ( ) 3. 下列哪一種工具與阿基米得所利用的方法相似？①鑷子②指甲剪③掃把④筷子。
- ( ) 4. 阿基米得的理论和翹翹板做比較時，下列敘述何者正確？①施力臂小於抗力臂可以省力的抬起重物②施力的位置距離支點

## 附錄三 施測題目

### 槓桿原理施測題目

年 班 號 姓名：

#### 一、是非題

- ( ) 1. 當施力臂的長度大於抗力臂的長度時，是費力的裝置。
- ( ) 2. 當槓桿的抗力點愈接近支點，施力會愈大。
- ( ) 3. 支點與抗力點的位置不變，施力點愈遠，施力就愈小。
- ( ) 4. 日常打掃工作中常用到的掃把和垃圾夾都是省力的工具。
- ( ) 5. 使用鑷子夾棉花時，若施力的地方方向往鑷子尖端移動，就會比較省力。
- ( ) 6. 用麵包夾夾取麵包，無法省力卻能方便工作。
- ( ) 7. 利用槓桿原理的工具，都可以達到省力的效果。

#### 二、選擇題

- ( ) 8. 支點愈靠近何處會愈省力？  
 ①施力點 ②抗力點  
 ③中心點 ④都可以。
- ( ) 9. 下列關於施力臂的敘述，何者正確？  
 ①支點到施力點的距離  
 ②支點到抗力點的距離  
 ③抗力點與施力點之間的距離  
 ④施力點與抗力點之間的距離。
- ( ) 10. 在槓桿實驗器左邊第二格的位置掛三個砝碼，那麼在右邊第三格的位置需掛幾個砝碼，兩邊才會平衡？①一個②兩個③三個④四個。
- ( ) 11. 槓桿中，若物體重量及抗力臂不變，施力臂愈長，施力大小可以愈如何？  
 ①愈大 ②愈小  
 ③不變 ④無法判斷。
- ( ) 12. 要使槓桿保持平衡時，施力大小及抗力臂距離不變，施力臂愈

長，抗力點上的重物要如何改變？

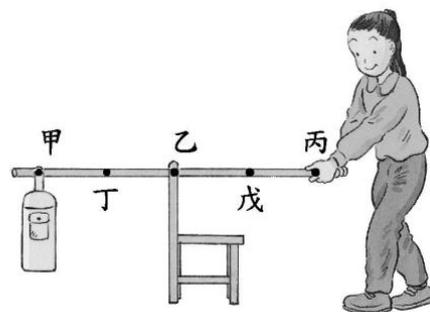
- ①加重 ②減輕  
 ③不會改變 ④先加重再減輕。

- ( ) 13. 下列應用槓桿設計的 инстру中，哪一個的抗力點在中間？  
 ①剪刀 ②開瓶器  
 ③鑷子 ④筷子。
- ( ) 14. 阿力在槓桿支點的左邊掛一袋蘋果，然後在支點右邊 30 公分的位置施力，使槓桿保持平衡。蘋果掛在支點左邊哪一個位置時，阿力最省力？  
 ①離支點 35 公分  
 ②離支點 30 公分  
 ③離支點 25 公分  
 ④離支點 10 公分。
- ( ) 15. 下列哪一種槓桿裝置一定會省力？  
 ①施力點在中間  
 ②抗力點在中間  
 ③支點在中間  
 ④不管支點在哪裡，都省力。

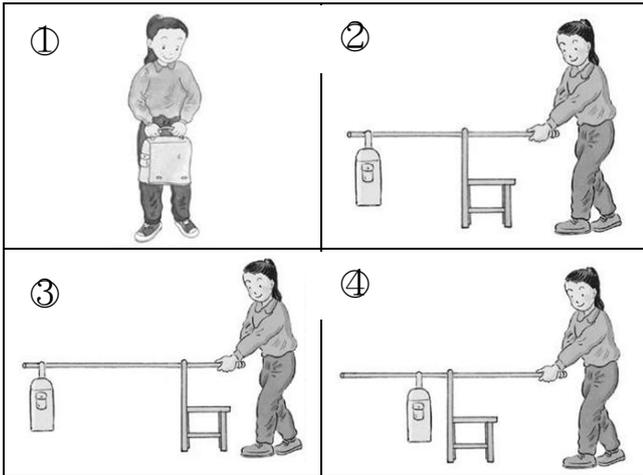
#### 三、填填看

16. 請看下圖回答問題：

- (1) 若施力的位置不變，當書包的位置由甲移到丁時，施力越大還是越小？( )
- (2) 若書包的位置不變，當施力的位置由丙移到戊時，施力越大還是越小？( )

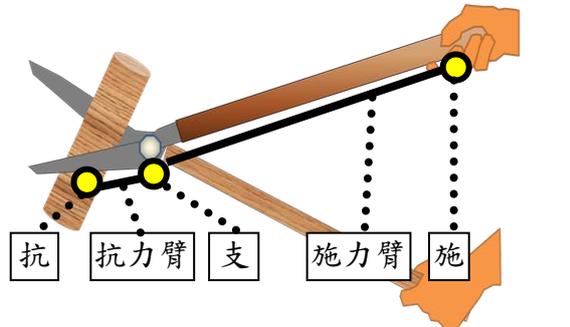


17. 下列哪一種方法施力會最小？ ( )



20. 請在下列工具上標示出施力點、抗力點、支點、施力臂及抗力臂。並且判斷該工具屬於「省力」、「費力」或是「不省力、不費力」的工具。

【範例】



18. 下圖的槓桿實驗器裝置中，左邊的砝碼數與位置不變，右邊應該掛幾個砝碼才會平衡？請在表格內填入正確答案。



省力  費力  不省力也不費力

(1)

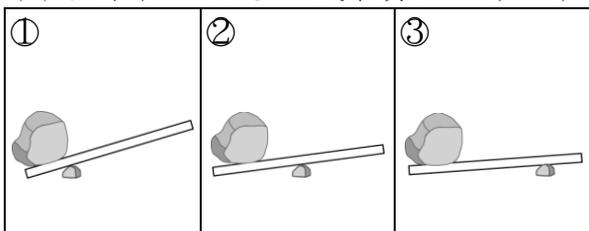
| 右邊距離 | 右邊砝碼數 |
|------|-------|
| 1格   |       |
| 2格   |       |
|      | 4個    |
|      | 6個    |

(2) 如果將砝碼掛在右邊第5格，使槓桿實驗器平衡，應該要掛幾個？ ( ) 個

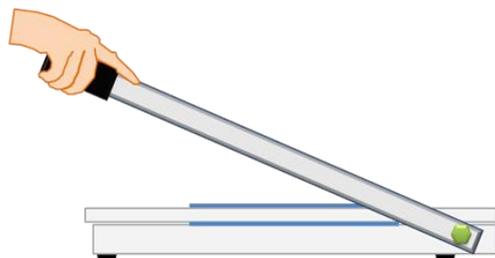
19. 利用長棍子和一顆小石頭來移動一顆大石頭。

(1) 下列哪一個放置方式最省力？ ( )

(2) 下列哪一個放置方式最費力？ ( )



省力  費力  不省力也不費力



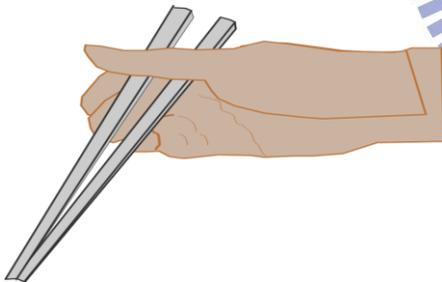
省力  費力  不省力也不費力



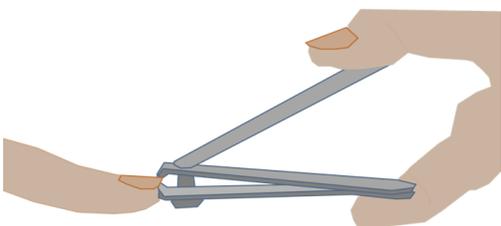
省力 費力 不省力也不費力



省力 費力 不省力也不費力

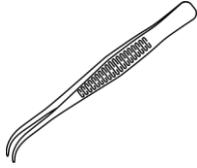
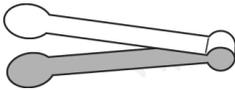
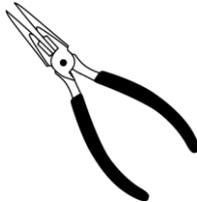


省力 費力 不省力也不費力



省力 費力 不省力也不費力

21. 使用下列哪些工具會省力？請打√：

|  |   |
|--|---|
| ①掃把<br>  | ②鑷子<br>  |
| ③麵包夾<br> | ④老虎鉗<br> |

22. 阿基米得說：「給我一個支點，我可以舉起整個地球。」請依照此句話回答下面的問題。

( ) 1. 依照阿基米得推論，舉起整個地球的理论是哪一個？①用力的位置距離支點愈近，需要施的力愈小②用力的位置距離支點愈遠，需要施的力愈小③抗力的位置距離支點愈遠，需要施的力愈小④阿基米得是大力士。

( ) 2. 下列哪一種工具與阿基米得所利用的方法相似？①鑷子②指甲剪③掃把④筷子。

## 附錄四 認知負荷量表—槓桿原理

※本調查表的目的是在於瞭解數位教材對於學習的幫助有多大，請你根據心中對「槓桿原理」這課堂的真實感受，圈選下列各題的數字。

※請注意：每題只能圈選一個數字，每個人感受不同，並沒有標準答案。

※在學習今天的課程之前，你是否已經學過「槓桿原理」了？

已經全部學過了     部分學過     完全沒學過

※如果已經學過，你是在哪裡學過的？ \_\_\_\_\_

| 感受問題                         | 感受程度  |     |       |    |      |    |      |
|------------------------------|-------|-----|-------|----|------|----|------|
|                              | 非常不同意 | 不同意 | 有點不同意 | 普通 | 還算同意 | 同意 | 非常同意 |
| 1. 在學習之前，我認為「槓桿原理」在學習上是容易的   | 1     | 2   | 3     | 4  | 5    | 6  | 7    |
| 2. 在學習過程中，我實際上用了很少心力         | 1     | 2   | 3     | 4  | 5    | 6  | 7    |
| 3. 聽完老師講解後，我覺得「槓桿原理」的難易度是簡單的 | 1     | 2   | 3     | 4  | 5    | 6  | 7    |
| 4. 在老師的引導、講解過程中，找到相關訊息是容易的   | 1     | 2   | 3     | 4  | 5    | 6  | 7    |
| 5. 在老師的引導、講解過程中，我有足夠的時間思考    | 1     | 2   | 3     | 4  | 5    | 6  | 7    |
| 6. 在這堂課的學習過程中，我覺得是順暢的        | 1     | 2   | 3     | 4  | 5    | 6  | 7    |
| 7. 這堂課的學習過程中，我覺得沒有壓力         | 1     | 2   | 3     | 4  | 5    | 6  | 7    |
| 8. 上這堂課後我覺得我對學好「槓桿原理」有信心     | 1     | 2   | 3     | 4  | 5    | 6  | 7    |
| 9. 這堂課的學習過程中，我覺得有成就感         | 1     | 2   | 3     | 4  | 5    | 6  | 7    |
| 10. 我覺得學習過程中，必須同時處理很多訊息      | 1     | 2   | 3     | 4  | 5    | 6  | 7    |

## 附錄五 認知負荷量表—判斷日常工具

※本調查表的目的是在於瞭解數位教材對於學習的幫助有多大，請你根據心中對「判斷日常工具」這課堂的真實感受，圈選下列各題的數字。

※請注意：每題只能圈選一個數字，每個人感受不同，並沒有標準答案。

※在學習今天的課程之前，你是否已經學過「日常工具的判斷」了？

已經全部學過了    部分學過    完全沒學過

※如果已經學過，你是在哪裡學過的？ \_\_\_\_\_

| 感受問題                           | 感受程度  |     |       |    |      |    |      |
|--------------------------------|-------|-----|-------|----|------|----|------|
|                                | 非常不同意 | 不同意 | 有點不同意 | 普通 | 還算同意 | 同意 | 非常同意 |
| 1. 在學習之前，我認為「判斷日常工具」在學習上是容易的   | 1     | 2   | 3     | 4  | 5    | 6  | 7    |
| 2. 在學習過程中，我實際上用了很少心力           | 1     | 2   | 3     | 4  | 5    | 6  | 7    |
| 3. 聽完老師講解後，我覺得「判斷日常工具」的難易度是簡單的 | 1     | 2   | 3     | 4  | 5    | 6  | 7    |
| 4. 在老師的引導、講解過程中，找到相關訊息是容易的     | 1     | 2   | 3     | 4  | 5    | 6  | 7    |
| 5. 在老師的引導、講解過程中，我有足夠的時間思考      | 1     | 2   | 3     | 4  | 5    | 6  | 7    |
| 6. 在這堂課的學習過程中，我覺得是順暢的          | 1     | 2   | 3     | 4  | 5    | 6  | 7    |
| 7. 這堂課的學習過程中，我覺得沒有壓力           | 1     | 2   | 3     | 4  | 5    | 6  | 7    |
| 8. 上這堂課後我覺得我對學好「判斷日常工具」有信心     | 1     | 2   | 3     | 4  | 5    | 6  | 7    |
| 9. 這堂課的學習過程中，我覺得有成就感           | 1     | 2   | 3     | 4  | 5    | 6  | 7    |
| 10. 我覺得學習過程中，必須同時處理很多訊息        | 1     | 2   | 3     | 4  | 5    | 6  | 7    |