

國立臺灣師範大學科學教育研究所碩士班
碩士論文

指導教授：楊芳瑩博士

探討國中力與壓力單元之科學圖像表徵種
類與學生閱讀理解行為及表現

Analyzing how students read and comprehend
the graphical inscriptions on the topic of force
and pressure in science textbooks at the junior
high level

研究生：童 士 奇

中華民國 104 年 10 月

摘要

本研究的目的旨在分析現行國中自然與生活科技教科書(力與壓力單元)中的科學圖像表徵種類，及探討科學圖像表徵種類、性別差異、科學認識觀與科學圖像表徵閱讀理解之關係。本研究以已學過此單元之國九學生為研究對象，並使用科學圖像表徵理解問卷、科學認識觀問卷來探討學生對科學圖像表徵之閱讀理解情形。

研究結果發現：(1)科學圖像表徵種類，在功能形式與內容形式方面，分別以表徵圖及景物圖為主；(2)在理解不同種類的科學圖像表徵時，學生對「組織/資料圖」及「表徵/理論模式圖」的閱讀行為及理解的表現是較差的，而「解釋/概念圖」及「表徵/景物圖」的閱讀行為及理解的表現是較好的，故閱讀所需時間、認知負荷及理解表現是相關的；(3)閱讀「組織/資料圖」、「表徵/景物圖」及「表徵/多元表徵圖」的閱讀行為具有性別差異；(4)學生的科學認識觀與閱讀「表徵/關係圖」、「表徵/理論模式圖」、「組織/資料圖」、「解釋/概念圖」、「表徵/概念圖」、「表徵/景物圖」、「表徵/多元表徵圖」時之行為與表現有相關。

關鍵字：圖像種類、圖像閱讀、認知負荷、科學認識觀、性別差異

Abstract

There are two purposes in this study. One is to analyze the graphical inscriptions in science textbooks at junior high level on the topic of force and pressure. The other is to investigate the relations among the reading performances of graphical inscriptions (in terms of reading time, cognitive load, and comprehension result), gender, and scientific epistemological beliefs.

The participants were 60 ninth grade students who had learned the topic before the study. Research tools included a questionnaire developed by the researcher to assess the reading and comprehension of various graphical inscriptions and cognitive loads, and an existing questionnaire used to assess students' scientific epistemological beliefs.

Major findings include

- (1) Content analysis showed that the main function of graphical inscriptions in junior-high science textbooks was to represent the text content in a concrete way, while the main form of graphic was pictures showing people, real scenes and/or natural phenomena.
- (2) In terms of reading time, cognitive load and comprehension, students performed better in reading the "interpreting/ conceptual diagram" (function/form) and "representing / pictures"," but worse in the "organizing / data table" and "representing / theoretical diagram."
- (3) The gender difference existed in the reading of "representing / pictures" and "representing / complex displays".
- (4) Correlations were found between scientific epistemological beliefs and the reading and comprehension of different graphical inscriptions.

Key words : Graphical inscriptions, graphical reading, cognitive load, scientific epistemological beliefs, gender effect

目次

第一章 緒論	1
第一節 研究背景與動機	1
第二節 研究目的與研究問題	2
第三節 名詞釋義	3
第四節 研究範圍與限制	4
第二章 文獻探討	5
第一節 科學圖像表徵與相關研究	5
第三章 研究方法	
第一節 研究對象	16
第二節 研究工具	16
第三節 研究流程	25
第四節 資料處理與分析	26
第四章 研究結果與討論	
第一節 國中理化教科書中力與壓力單元之科學圖像表徵	27
第二節 國九學生閱讀「力與壓力」科學圖像表徵所需的時間、認知負荷、	

以及理解表現	35
第三節 性別差異和學生閱讀「力與壓力」科學圖像表徵時，所需的時間、 產生的認知負荷，以及理解表現之關係	42
第四節 科學認識觀與學生閱讀「力與壓力」科學圖像表徵時，所需的時 間、產生之認知負荷，以及理解表現之關係	46
第五章 結論與建議	
第一節 結論	53
第二節 討論	57
參考文獻	60
附錄一 科學圖像表徵理解問卷	63
附錄二 科學認識觀問卷	70



表次

表 2-1 相關學者之不同科學圖像表徵分類方式	6
表 3-1 科學圖像表徵分析架構	17
表 3-2 科學圖像表徵理解問卷架構	23
表 4-1 依功能類型分析科學圖像表徵種類	27
表 4-2 依內容形式分析科學圖像表徵種類	30
表 4-3 依「表徵組合」分析科學圖像表徵	32
表 4-4 閱讀不同科學圖像表徵種類所需的時間之描述性統計	36
表 4-5 科學圖像表徵種類所需的時間之單一樣本檢定	37
表 4-6 科學圖像表徵種類所需的認知負荷之描述統計表	38
表 4-7 科學圖像表徵種類所需的認知負荷之單一樣本檢定	39
表 4-8 科學圖像表徵理解測驗結果之描述性統計	39
表 4-9 科學圖像表徵理解測驗結果之單一樣本 T 檢定	40
表 4-10 科學認識觀表現情形摘要表	41
表 4-11 不同性別的學生在科學圖像表徵種類之閱讀所需的時間之差異	43
表 4-12 不同性別的學生在科學圖像表徵種類之認知負荷之差異	44
表 4-13 不同性別的學生在科學圖像表徵種類之閱讀理解表現之差異	45
表 4-14 科學認識觀與科學圖像表徵種類之閱讀所需的時間之交互關係	47
表 4-15 科學認識觀與科學圖像表徵種類之認知負荷之交互關係	48



圖次

圖 2-1 雙碼理論模式	8
圖 3-1 科學圖像表徵理解測驗題目：組織/資料圖	19
圖 3-2 科學圖像表徵理解測驗題目：表徵/概念圖	19
圖 3-3 科學圖像表徵理解測驗題目：解釋/概念圖	20
圖 3-4 科學圖像表徵理解測驗題目：表徵/多元表徵圖	20
圖 3-5 科學圖像表徵理解測驗題目：表徵/關係圖	21
圖 3-6 科學圖像表徵理解測驗題目：表徵/理論模式圖	21
圖 3-7 科學圖像表徵理解測驗題目：表徵/景物圖	22
圖 4-1 「力與壓力」單元的科學圖像表徵之功能類型比例圖(康軒版)	28
圖 4-2 「力與壓力」單元的科學圖像表徵之功能類型比例圖(南一版)	29
圖 4-3 「力與壓力」單元的科學圖像表徵之功能類型比例圖(全版本)	29
圖 4-4 「力與壓力」單元的科學圖像表徵之內容形式比例圖(康軒版)	31
圖 4-5 「力與壓力」單元的科學圖像表徵之內容形式比例圖(南一版)	31
圖 4-6 「力與壓力」單元的科學圖像表徵之內容形式比例圖(全版本)	32
圖 4-7 「力與壓力」單元的科學圖像表徵之功能與內容的組合類型比例圖(康軒版)	33
圖 4-8 「力與壓力」單元的科學圖像表徵之功能與內容的組合類型比例圖(南一版)	34

圖 4-9「力與壓力」單元的科學圖像表徵之功能與內容的組合類型比例圖（全版 本）·····	34
--	----



第一章 緒論

第一節 研究背景與動機

現今圖像廣泛的使用在科學圖書、科學教科書、線上學習資源以及測驗考試等，且對科學概念的學習以及理解，科學圖像表徵亦扮演了重要的工具，毫無疑問的是，其在科學教科書裡變成最具有說服力和可見元素之一的表徵形式(Lee, 2010)，所以幫助學生理解以及學習科學圖像表徵是相當重要的。Slough, McTigue, Kim, and Jennings (2010)研究四本德州核准的六年級的科學教科書，發現教科書使用了 12 種不同的科學圖像，其中也包含了許多複雜的混合形式，而內文鮮少對複雜的圖像做解釋，有 19%的圖像沒有標題或標示以及 39%只有標示卻沒有解釋。除此之外，學生需要去學習理解科學圖像表徵以使他們能夠在考試中能夠正確理解題目。Yeh and McTigue (2009)分析美國四~八年級的科學測驗，有超過一半的題目包含圖像表徵，而這些圖像表徵有 80%包含了題目重要的資訊。

在教學時，為了使學生閱讀科學文本，教師常常著重在文字內容、結構、名詞等，而鮮少花時間教到學生如何理解和學習科學圖像表徵，除此之外，有些研究發現，學生花在閱讀科學文字內容的時間多於閱讀科學圖像(McTigue & Flowers, 2011)。由此可知，學生需要進一步理解與學習科學圖像的使用目的與內容。

根據 Hannus and Hyönä (1999)指出，閱讀科學圖像表徵的過程是複雜的，因為學生必須決定依何順序從文字和圖像來去理解，且對於科學文本中的資訊能夠去判斷何者是適當的文字和圖像並從中關聯再整合。也就是說，雖然科學圖像可

以在文本中提供重要的資訊，但這些複雜的步驟以及程度很可能會使學生在閱讀科學文本時遇到困難。雖然科學圖像表徵廣泛的使用在學生的閱讀中，但並不能因此確認他們能夠正確理解此科學圖像。為了使學生能夠正確理解閱讀現今的科學文本，因此幫助學生理解與學習科學圖像表徵是相當重要的。

第二節 研究目的與研究問題

一、研究目的

根據上述的研究動機，故本研究主要有三個研究目的：

- (一)分析現行國中自然與生活科技教科書(力與壓力單元)科學圖像表徵種類使用情形，及探討國九學生對其科學圖像表徵種類之理解行為(包含閱讀理解所需時間、認知負荷)與理解表現。
- (二)根據國九學生其在科學圖像表徵種類之理解情形，探討性別差異與閱讀行為與理解表現之關係。
- (三)根據國九學生其在科學圖像表徵種類之理解情形，探討科學認識觀與閱讀行為與理解表現之關係。

二、研究問題

根據上述的研究目的，故本研究主要有四個研究問題：

- (一)國中理化教科書中力與壓力單元所涵蓋的科學圖像表徵種類有哪些？
- (二)國九學生閱讀上述這些科學圖像表徵種類所需的時間、認知負荷、以及理解

表現為何？

(三)國九學生的性別差異是否與力與壓力之科學圖像表徵種類之閱讀所需的時間、認知負荷及理解表現有交互關係？

(四)國九學生的科學認識觀是否與力與壓力之科學圖像表徵之閱讀所需的時間、認知負荷及理解表現有交互關係？

第三節 名詞釋義

一、科學圖像表徵

在本研究所指的科學圖像表徵，係指在科學文本中所使用的各種表徵形式(統計圖、表格、照片、方程式、模型)，以表徵相關的科學概念與內容。

二、科學認識觀

科學認識觀指的是在科學的層面上來了解個體對科學知識的本質及科學知識的建構過程本質之信念。

三、閱讀行為

本研究所指的閱讀表現為在量測受試者回答科學圖像表徵問卷中，所量測到的閱讀時間與認知負荷。

四、閱讀理解

本研究的閱讀理解指的是學習者閱讀科學圖像表徵後所獲得的概念理解。

第四節 研究範圍與限制

由於人力、時間及研究樣本等因素影響，本研究有以下的範圍與限制：

(一)本研究為方便取樣，考量研究者任教學校之授課班級，針對桃園市某一所國中之兩班國九學生進行研究，因此在進行結果的廣泛推論時需謹慎。

(二)本研究只針對國中教科書(南一版、康軒版)力與壓力之科學圖像表徵內容進行研究，其他版本之科學圖像並不再此研究範圍之內，因此研究結果推論至其他版本時將有所限制。



第二章 文獻探討

第一節 科學圖像表徵與相關研究

一、科學圖像表徵

科學文本的教與學，往往脫離不了利用表徵(representation)來表示文本中所要表達的科學概念。一般而言，表徵的形式習慣上意指圖像(graphical displays)的呈現，然而當它涉及科學內容時又有許多的形式(Roth & McGinn, 1998)，例如：在科學文本中，常以統計圖、表格、照片、方程式、模型等圖像表徵來呈現相關的科學概念與內容。基於多媒體學習理論，Hegarty, Carpenter, and Just (1996)提出在科學和科技文本中，對於相同的概念，圖像和內文可以提供不同資訊，其具有互補的關係，且對於類似的資訊可以用不同的形式來表達，故圖像在科學文本中佔有相當重要的地位。在本研究中所探討的科學圖像表徵乃是指國中自然與生活科技課本中所使用的相關圖、表，以表徵相關的科學概念與內容。

二、科學圖像表徵之分類

在過去的文獻中，對科學圖像分類之分析已相當多年，然而，目前的科學圖像表徵分類並無一定的方式(Vekiri, 2002)。Slough et al. (2010)提出，評定分類科學圖像表徵時，應該要考慮圖像的功能和內容形式。以下為不同學者所採用的不同科學圖像表徵分類方式：

表 2-1 相關學者之不同科學圖像表徵分類方式

相關學者	分類名稱
Levin, Anglin, & Carney (1987)	依功能來分類： 裝飾圖 (decoration)、 表徵圖 (representation)、 組織圖 (organization)、 解釋圖 (interpretation)、 轉型圖 (transformation)。
Win (1987)	依組織結構來分類： 關係圖 (graphs)、 表 (charts)、 流程或結構圖 (diagrams)。
Hegarty et al. (1996)	依資訊形式來分類： 概念或示意圖 (iconic diagrams，例如照片、物體的描繪等)、 基模圖 (schematic diagrams，例如文式圖、流程圖、樹枝圖等)、 表與關係圖 (charts and graphs，例如線圖、極區圖、圓餅圖、長條圖、時間序列圖、資料圖等)。
Moline (1999)	依教師使用方式來分類： 簡易圖 (simple diagrams)、 綜合圖 (synthetic diagrams)、 地圖 (maps)、 關係圖 (graphs)。
Vekiri (2002)	將不同分類成一系統，彼此會有重疊部分： 流程或結構圖 (diagrams)、 地圖 (maps)、 關係圖 (graphs)、 網絡表 (network charts)。

綜合以上敘述，科學圖像表徵的分類可以大致依其功能和內容形式分類。本研究整理過去文獻的圖表分類，將圖表功能分為：裝飾圖 (decoration)、表徵圖 (representation)、組織圖 (organization)、解釋圖 (interpretation)、轉型圖

(transformation)；而內容形式則分為：資料圖 (data chart/table)、儀器觀測照片 (apparatus photo)、概念圖(conceptual diagram)、關係圖(relation graph)、理論/模式圖 (theoretical diagram)、地圖(map)、景物圖(picture)、多元表徵圖(complex displays)。依此分類原則進行本研究之圖表材料分析。

三、科學圖像表徵的閱讀理解與科學學習之關係

在科學文本中，科學圖像表徵的運用是相當重要的，因為它可以幫助學習者來去組織文本內容，使抽象的內容更為具體，以及提供文本內沒有的額外資訊 (Norman, 2012)。本研究主要的理論基礎為「雙碼理論」與「認知負荷理論」，因此在本節中，先介紹雙碼理論與認知負荷理論，然後再介紹相關之實證研究。

(一)雙碼理論

雙碼理論(Dual coding theory)是將特定形式的系統間之動態連結過程來解釋個體的行為和經驗(Clark & Paivio, 1991)，此理論由學者 Paivio 所提出。Paivio (1990) 描述人類認知處理結構具有三大系統：感官系統(sensory systems)、語文表徵系統 (verbal symbolic system)和非語文表徵系統(nonverbal symbolic system)。當語文或非語文的資訊進入到感官系統時，會經由表徵連結(representational connections)至彼此可獨立運作，但又彼此參照連結(referential connections)的語文及非語文表徵系統，然後語文或非語文的資訊在各表徵系統中皆會部分產生相對應的表徵，如圖一所示。

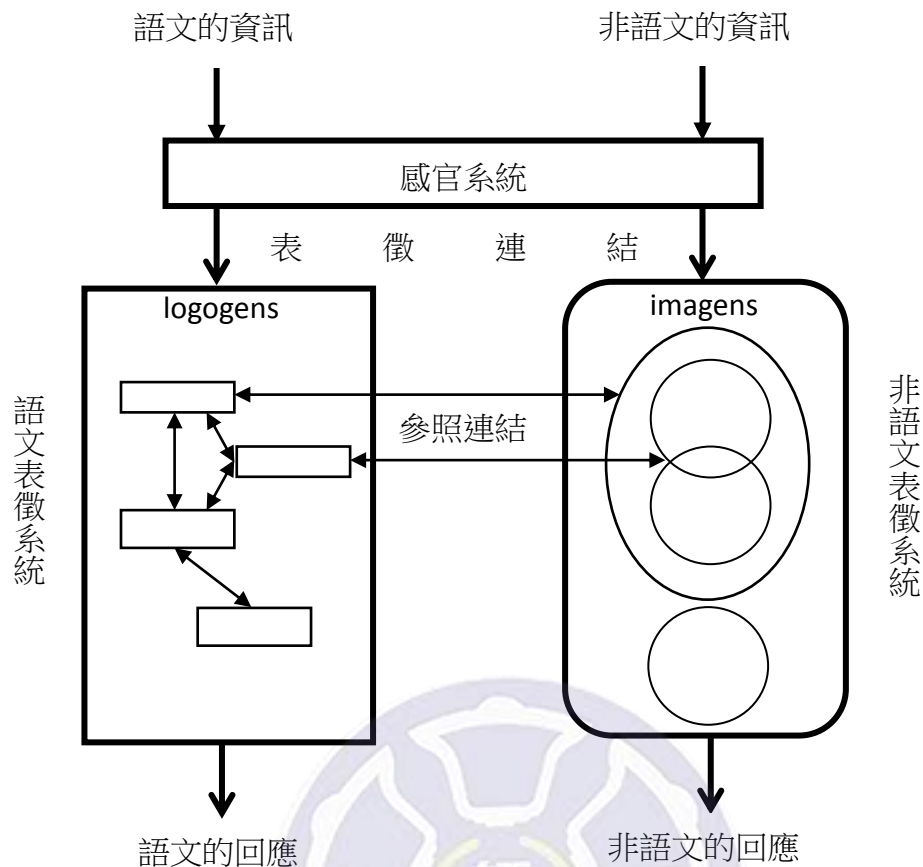


圖 2-1 雙碼理論模式
資料來源：Paivio (1990)

根據雙碼理論，在學習和記憶任務上，圖像的呈現對學習者的學習上是較有效益的 (Clark & Paivio, 1991)，此理論主要的觀點為：(1)圖文同時呈現比文字單一呈現時還要好；(2)由於非語文(圖像)表徵系統具特別組織能力，使得圖像有益於記憶；(3)透過圖像來呈現語文的表徵，可使語文與非語文表徵系統做連結。由此可知，當學習者利用圖像同時閱讀文本時，就較能夠去理解以及記得他們所閱讀的資料(Clark & Paivio, 1991)。

(二) 認知負荷理論

根據認知負荷理論，當學習者在接受新資訊時，考量到工作記憶容量是有限

的，故盡量減少工作記憶負荷量對學習者是有益的(Sweller, 1988)。Paas and Van Merriënboer (1994)提到認知負荷是學習者在執行任務時加諸在學習者認知系統上的負荷。Sweller, Van Merrienboer, and Paas (1998)提到認知負荷的來源有三種：內在負荷、外在負荷、增生負荷。其中不當的教材呈現方式，會增加學習者的外在負荷。

(三)科學圖像表徵的學習與理解

雖然雙碼理論支持圖像的使用在科學文本閱讀理解過程中扮演正向的角色，但過去科學圖像表徵的理解與學習之相關研究中，科學圖像是否能幫助學生的理解與學習並沒有一致性的結論(McTigue & Flowers, 2011)。McTigue (2009)將160位六年級的學生隨機安排到純粹只有文字和具有科學圖像的文本，每位學生都會閱讀到生命科學和物質科學的文本，發現到具有圖像的生命科學文本可以改善六年級學生的閱讀理解，但圖像並沒有幫助他們對於的物質科學文本的理解。McTigue and Flowers (2011)有系統地探討學生對科學圖像的感受和解釋，其研究結果建議，科學圖像必須符合學生的程度，且學生需熟悉圖像，並能夠了解一般圖像符號的使用慣例，這樣才能夠改善學生的閱讀理解。van Eijck, Goedhart, and Ellermeijer (2011)則以心電圖為例，探究科學圖像在科學教科書裡的特定領域教學運用之意義，其研究結果顯示，心電圖對學生而言具有多重意義，因此可以做為產生意義和讓學生參與圖像相關練習的教學資源，以使他們能夠有目的理解心電圖。Kragten, Admiraal, and Rijlaarsdam (2013)分析高中學生處理入學考試之生物題

目圖像的困難，其研究指出，若能夠訓練學生處理不熟悉的圖像符號、較抽象的圖像及如何對含有新內容的圖像達到更深層的思考，將能夠幫助學生對圖像的理解。Tang (2013)針對學校以外的科學和科技之多媒體表徵和正式的工程學習的關係做分析，其研究結果表示，有些校外的科學和科技的表徵之特徵和正式課程是有相類似的地方，學校外的科學表徵對青少年的學習興趣是有所影響。

綜合上述，建構科學文本的意義不只是透過科學文字也包含了科學圖像表徵。當將科學圖像表徵做適當的設計、整合及使用，它才可以幫助學生學習不熟悉科學概念(Cook, 2006; Mayer, 2002)。故研究待答問題之一為科學圖像表徵種類所需的時間、認知負荷、以及理解表現為何。

四、影響科學圖像表徵閱讀與理解的學習者特性－性別與科學認識觀

前已提出科學圖像表徵對科學學習具有影響力(McTigue & Flowers, 2011)，而文獻上有許多研究提出性別差異及科學認識觀影響科學學習，因此本研究提出性別與科學認識觀將影響科學圖像表徵的理解。以下分別介紹性別差異與科學認識觀與科學學習的關聯。

(一)科學學習的性別差異

在科學教育中，探討性別差異與科學學習的關係，向來是重要的議題之一。由於學習者在成長的過程中，在生物性差異、社會化因素、養育過程、學校教育的交互因素下，使得性別差異在科學學習上有所關係(Sadker, Sadker, & Klein, 1991)。

有些研究指出，數學能力及空間能力與科學學習相關(Sadker et al., 1991)，而數學與空間認知能力似乎具有性別之差異，例如：(1)男生較易於學習機械系統；(2)男生有較好的空間和數值能力以使得數學能力較好；(3)男生在認知能力上有較多的變化性，故男生可以達到較好的數學能力(Spelke, 2005)。Maccoby and Jacklin (1974)的研究亦發現：(1)男生的空間能力普遍優於女生；(2)在青春期後，男生的數學能力普遍優於女生。Benbow and Minor (1986)也發現在科學學習上的性別差異與數學推理能力有關，尤其是在物理上。黃幸美 (1995)則綜合許多學者的研究提到，男生較女生普遍優勢的是數學推理與空間問題解決。

由於科學圖像表徵往往以許多各式各樣的符號、數學、圖、表、空間等綜合之形式來呈現，而實證研究似乎支持男生和女生在數學能力及空間能力上有性別差異，由此推論，科學圖像表徵的閱讀行為與表現可能具有性別上的差異，因此本研究待答問題之一為性別差異是否與力與壓力之科學圖像表徵的種類的閱讀行為及理解表現有交互關係。

(二)科學認識觀與科學學習

個人認識觀是探討個體對於知識的本質及知的過程本質(the nature of knowledge and knowing) 之信念，許多研究已指出，認識觀會促進和限制學生的理解、推論、思考、學習和學業成就(Conley, Pintrich, Vekiri, & Harrison, 2004)。針對個人認識觀的向度，分別有學者提出不同的看法。例如，Schommer (1994)提出簡單知識(simple knowledge)、確定知識(certain knowledge)、天生能力(fixed ability)、

快速學習(quick learning)，四個彼此獨立且不同的向度。其四個向度分析說明如下：

(1)簡單知識(simple knowledge)：學習者認為知識是零星片段的，到認為知識

是不段累積且有高度的相互連接性。

(2)確定知識(certain knowledge)：學習者認為知識是亙古不變的，到認為知識

是不斷演進且可變動的。。

(3)固定能力(fixed ability)：學習者認為學習能力是與生俱來的，到認為學習

能力可以透過努力或策略改進。

(4)快速學習(quick learning)：學習者認為學習是快速的或一點也不，到認為

學習是循序漸進的。

另外，經由詳細的文獻回顧分析，Hofer (2001)提出個人認識觀的向度包含：

知識的確定性(certainty of knowledge)、知識的簡單性(simplicity of knowledge)、知

識的來源(source of knowledge)，以及知的辯證(justification of knowing)，並將知識

的確定性、知識的簡單性與知識的來源、知道的辯證分別包含在知的本質和知的

過程內。其四個向度分析說明如下：

(1)知識的確定性(certainty of knowledge)：學習者認為知識為固定的或可改變

的程度。

(2)知識的簡單性(simplicity of knowledge)：學習者認為知識是簡單的或是複雜

的程度。

(3)知識的來源(source of knowledge)：學習者認為可靠的知識是自我建構及共

同產生，或是來自於權威的程度。

(4)知的辯證(justification of knowing)：學習者利用證據、規則或標準評判知識的程度。

在過去大量研究顯示，個人認識觀與學習和反省思考(reflective thinking)有所關連(Schraw, Olafson, & VanderVeldt, 2012)。若學習者在「知識的確定性」上，認為知識是暫時的且因個人解釋有所不同的，那麼他將會更願意用建構的方式來去學習(Olafson & Schraw, 2006)。Hofer (2001)指出，若學習者在知識的簡單性的向度上，認為知識是彼此相關的，那麼會使學習者對問題解決的程度有所提升。Kuhn (1991)發現認識觀與學習者的論證能力有關聯，她根據研究結果將學習者的認識觀分成絕對論者(absolutist)、多重論者(multiplist)或評估者(evaluatist)，而評估者相較於絕對論者會運用更多證據來支持自己的說法。

個人認識觀屬領域廣泛的信念，但有不少研究提出認識觀其實有領域上的區隔，而科學認識觀即是在科學的層面上反應個體在科學知識的本質及建構科學知識的過程本質的信念，與個人對科學本質的了解有密切關係。Abd-El-Khalick, Bell, and Lederman (1998)對科學本質提出了三個面向：(1)科學的實證及暫時性(The Empirical Basis and Tentativeness of Science)；(2)科學的主觀及創造性(Subjectivity and Creativity in Science)；(3)科學是由理論建構(Theoretical Constructs in Science)，而科學本質與科學認識觀的共通議題則在於 (1)科學上的假設、價值和概念創造；(2)科學社群的角色，以及(3)科學發展的特徵 (Ryan & Aikenhead, 1992)。基於上述的

科學本質與科學認識觀之關聯，當代對於的科學認識觀之探討範圍著重於：科學知識的暫時性的(tentative)、科學發展的歷史意義的(historic)、科學發展與社會、文化情境之關聯 (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000)。

國外學者 Conley et al. (2004)基於多年對科學認識觀的概念架構之研究，發展出科學認識觀問卷，定義出科學認識觀包含四個面向並評量，其四個向度分析說明如下：

- (1)來源(Source)：評量學生認為科學知識來自權威來源的程度。
- (2)確定性(Certainty)：評量學生認為科學具有正確答案的程度。
- (3)發展(Development)：評量學生認為科學知識不斷演進的程度。
- (4)辯證(Justification)：評量學生認為科學知識必須透過證據、規則或標準來評判可信度的程度。

過去探討學生的科學認識觀的相關研究指出，科學認識觀會影響到學生是如何去學習科學知識以及引導科學學習的方向(Edmondson & Novak, 1993; Lederman, 1992; Songer & Linn, 1991)。有些研究則探究科學知識觀與學生學習科學的觀念、學習科學的方法及學業成就等之關聯(Kizilgunes, Tekkaya, & Sungur, 2009; J.-C. Liang, Lee, & Tsai, 2010; J. C. Liang & Tsai, 2010)。舉例來說，J. C. Liang and Tsai (2010)分析理工的大學生的科學認識觀與學習科學的觀念之關係，結果顯示，複雜的科學認識觀與表面形式的科學學習概念(視學習科學是記憶、準備考試、計算、練習等)呈現負相關，而與在高深層的科學學習概念(應用、理解等)上呈現正

相關。J. C. Liang and Tsai (2010)進一步探討台灣理工的大學生的科學認識觀和他們學習科學的方法之關聯，其結果發現將科學知識視為具有暫時性的、不斷演進的及來自於推理、思考和實驗的學生傾向在學習科學上擁有較高的內在動機。

Tsai, Jessie Ho, Liang, and Lin (2011)檢視台灣高中學生的科學認識觀和學習科學的自我效能之間的關係，其結果顯示是科學知識具有不確定性的學生傾向具有較低的自我效能。

綜合上述，本研究提出科學認識觀會影響科學圖像表徵的閱讀與理解，故研究待答問題之一為科學認識觀是否與力與壓力之科學圖像表徵的閱讀及理解表現有交互關係。

五、研究假設

本研究主要探討學生面對不同種類的科學圖像表徵之閱讀理解行為與閱讀表現的關係，並探討不同科學認識觀或性別差異是否與其閱讀行為（包含閱讀時間與認知負荷）及理解表現有交互關係。本研究含三個研究假設：

(一)國九學生在處理不同種類的科學圖像表徵上的閱讀行為(時間、認知負荷)與閱讀理解是有所差異的。

(二)性別差異會影響國九學生閱讀科學圖像表徵的時間、認知負荷及理解表現。

(三)不同科學認識觀的國九學生，在科學圖像表徵的閱讀行為(時間、認知負荷)與閱讀理解有所差異。

第三章 研究方法

第一節 研究對象

本研究所選取的施測對象為桃園市某所公立國中九年級下學期的學生。學生已在八年級下學期學習過力與壓力之單元，所使用的教材為現行理化課本第四冊，因此對本研究相關之力與壓力的科學概念已有學習經驗。本研究共選取兩個常態編班的班級，共 60 名(男生 33 名、女生 27 名)。

第二節 研究工具

本研究所使用之研究工具為「科學圖像表徵分析架構」、「科學圖像表徵問卷」、「科學認識觀問卷」，分述如下：

一、科學圖像表徵分析架構

科學圖像表徵的分類可以大致依其功能和內容形式分類。本研究整理過去文獻的圖表分類，整理出科學圖像表徵分析架構，依此架構分析現行國中自然與生活科技課本(市占率較高的南一版、康軒版)之力與壓力單元，其架構如下：

表 3-1 科學圖像表徵分析架構

圖表分類	類別	定義
功能	裝飾圖 (decoration)	提供情意訊息、與內文意義無關
	表徵圖 (representation)	具像化內文內容
	組織圖 (organization)	組織主題或內文內容
	解釋圖 (interpretation)	解釋或詳細論述內文之概念內容
	轉型圖 (transformation)	重新呈現內文內容以利記憶
內容形式	資料圖 (data chart/table)	表現資料的規律或趨勢
	儀器觀測照片 (apparatus photo)	呈現無法用肉眼觀察到、必須透過儀器偵測之現象照片
	概念圖 (conceptual diagram)	描述科學概念
	關係圖 (relation graph)	描述不同科學概念間的關係
	理論/模式圖 (theoretical diagram)	描述科學理論或系統運作
	地圖 (map)	描述變項的位置或資料分布
	景物圖 (picture)	描述人物、景物或現象
	多元表徵圖 (complex displays)	包含兩種以上內容形式的圖像

在對課本之科學圖像表徵作分析前，研究者與另一科教專家共同評定力與壓力之科學圖像表徵，另對分析不同之處，再三反覆討論，以取得共識，並達到百分之百一致性，才進行正式分析力與壓力之科學圖像表徵，因此沒有評分者信度之問題。

二、科學圖像表徵理解問卷

研究者從現行國中自然與生活科技課本(市占率較高的南一版、康軒版)之力與壓力單元所涵蓋的科學圖像表徵之分析結果，選出具代表性的圖像表徵，再根據其表徵相關的科學概念內容來設計題目。

此問卷經研究者與另一科教專家、數位國中理化教師反覆討論及修改而成，具有專家效度。此問卷架設於網路上，利用 OASL 平台，讓學生上網填寫。由於

電腦的普及化，因此學生在操作電腦的基本使用上均有一定的熟悉度，故本研究之電腦填答之操作均無困難，施測時間約為 45 分鐘。

本圖像閱讀理解問卷根據試題形式，將此問卷中 40 小題根據不同的類別分類，各別說明如下：

(一)試題形式

試題形式包含「科學圖像表徵理解測驗」20 小題與「認知負荷」20 小題，當學生每作答完一題科學圖像表徵題目時，皆會接著回答認知負荷的題目。試題形式以及內容說明如下：

1.科學圖像表徵理解測驗題

本研究根據科學圖像表徵分析架構，依此架構分析現行國中自然與生活科技課本(市占率較高的南一版、康軒版)之力與壓力單元，藉由所得之結果由研究者與科教專家、數位國中教師，從現行國中自然與生活科技教科書(力與壓力單元)以科學圖像表徵分析架構選取較富有科學概念的圖像表徵，進行編寫僅測驗學生對於教科書內之科學圖像表徵之理解能力，不牽涉計算之三選一的單選題以下為各科學圖像表徵理解測驗題之範例。

(1)組織/資料圖：此類科學圖像表徵在功能類型為組織主題或內文內容，在內容形式為表現資料的規律或趨勢，如圖 3-1 所示。

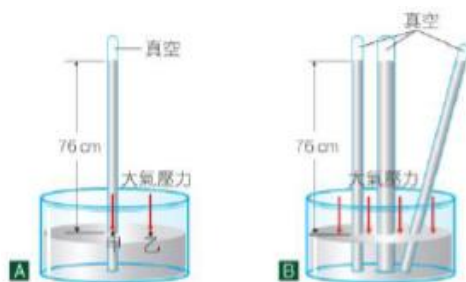
彈簧原長 L_0 = 公分				
次數	砝碼重量 F (gw)	彈簧長度 (cm)	伸長量 ΔX (cm)	F 與 ΔX 的比值 $\frac{F}{\Delta X}$
1		$L_1 =$	$L_1 - L_0 =$	
2		$L_2 =$	$L_2 - L_0 =$	
3		$L_3 =$	$L_3 - L_0 =$	
4		$L_4 =$	$L_4 - L_0 =$	
5		$L_5 =$	$L_5 - L_0 =$	
6		$L_6 =$	$L_6 - L_0 =$	

下列有關此表格的敘述何者正確？

- 1.利用伸長量來測量砝碼重量的大小
- 2.利用彈簧長度來測量砝碼重量的大小
- 3.利用 F 與 ΔX 的比值來測量砝碼重量的大小

圖 3-1 科學圖像表徵理解測驗題目：組織/資料圖

(2)表徵/概念圖：此類科學圖像表徵在功能類型為具像化內文內容，在內容形式為描述科學概念，如圖 3-2 所示。

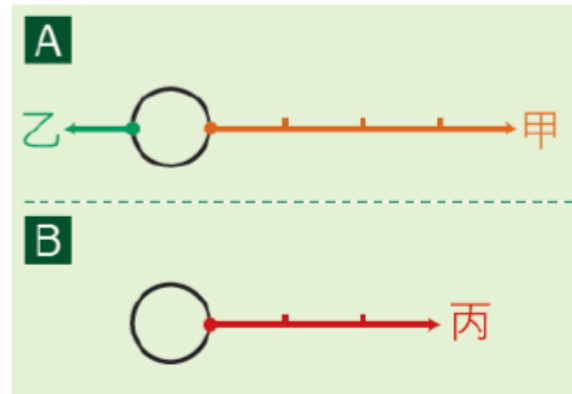


下列有關此圖的敘述何者不正確？

- 1.管內水銀柱垂直高度和傾斜角度無關
- 2.管內水銀柱垂直高度和管子粗細有關
- 3.管外的大氣壓力大小等於管內 76 公分水銀柱高度

圖 3-2 科學圖像表徵理解測驗題目：表徵/概念圖

(3)解釋/概念圖：此類科學圖像表徵在功能類型為解釋或詳細論述內文之概念內容，在內容形式為描述科學概念，如圖 3-3 所示。



下列有關此圖的敘述何者正確？

1. 丙力=甲力-乙力
2. 丙力=甲力+乙力
3. 丙力=乙力-甲力

圖 3-3 科學圖像表徵理解測驗題目：解釋/概念圖

(4)表徵/多元表徵圖：此類科學圖像表徵在功能類型為具像化內文內容，在內容形式為包含兩種以上之科學圖像表徵，如圖 3-4 所示。

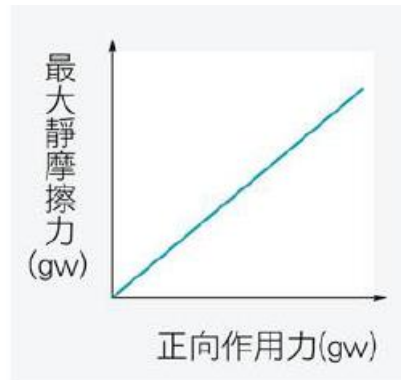


下列有關此圖的敘述何者不正確？

1. 作用在同一靜止物體上的甲、乙兩力未達成平衡
2. 中間金屬環所受的合力為零
3. 甲、乙兩力大小相等、方向相反，且在同一直線上

圖 3-4 科學圖像表徵理解測驗題目：表徵/多元表徵圖

(5)表徵/關係圖：此類科學圖像表徵在功能類型為具像化內文內容，在內容形式為描述不同科學概念間的關係，如圖 3-5 所示。

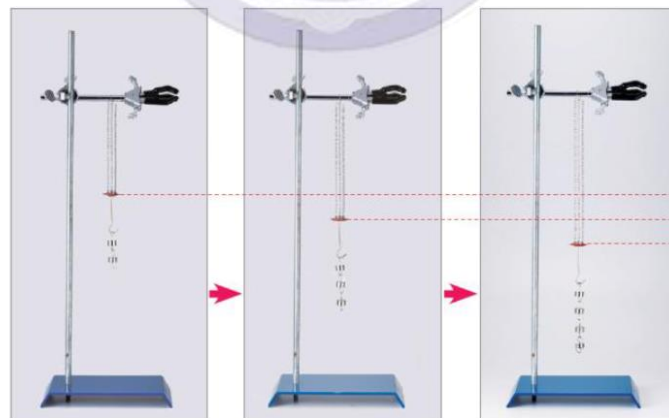


下列有關此圖的敘述何者不正確？

- 1.正向作用力與最大靜摩擦力成反比
- 2.正向作用力愈大，最大靜摩擦力也愈大
- 3.最大靜摩擦力與正向作用力成正比

圖 3-5 科學圖像表徵理解測驗題目：表徵/關係圖

(6)表徵/理論模式圖：此類科學圖像表徵在功能類型為具像化內文內容，在內容形式為描述科學理論或系統運作，如圖 3-6 所示。



下列有關此圖的敘述何者不正確？

- 1.彈性限度內，彈簧遵守虎克定律
- 2.彈簧受力後，長度成規律的變化
- 3.彈簧受力後，伸長量成規律的變化

圖 3-6 科學圖像表徵理解測驗題目：表徵/理論模式圖

(7)表徵/景物圖：此類科學圖像表徵在功能類型為具像化內文內容，在內容形式為描述人物、景色或現象，如圖 3-7 所示。



下列有關此圖的敘述何者正確？

- 1.愈接近瓶底的小孔，液體密度愈大
- 2.液體壓力方向和瓶壁互相平行
- 3.愈接近瓶底的小孔，液體壓力愈大

圖 3-7 科學圖像表徵理解測驗題目：表徵/景物圖

2.認知負荷題

為了解學生在作答完前一道題時，所花費到心力之真實感受，學生必須在填寫一題表徵題後，回答自己感受的認知負荷，其分數的範圍為 1-9 分，以 1 代表不需費什麼心力，9 代表極為耗費心力。

表 3-2 科學圖像表徵理解問卷架構

	試題形式	題數	題號
科學 圖 像 理 解 測 驗 題	組織圖，資料圖	3	1.~3.
	表徵圖，概念圖	3	4.~6.
	解釋圖，概念圖	2	7.~8.
	表徵圖，多元表徵圖	3	9.~11.
	表徵圖，關係圖	3	12.~14.
	表徵圖，理論/模式圖	3	15.~17.
	表徵圖，景物圖	3	18.~20.
認知負荷	認知負荷	20	2. 4. 6. 8. 10. 12. 14. 16. 18. 20. 22. 24. 26. 28. 30. 32. 34. 36. 38. 40.

三、科學認識觀問卷

本研究所採用的科學認識觀問卷是以 Conley et al. (2004)對於學生科學認識觀所設計問卷為研究工具，此份問卷包含四個科學認識觀的向度，共二十六題，各向度的題目分配如下：

科學認識觀向度	題數	題號	反向題
來源(Source)	5	1.~5.	1.~5.
確定性(Certainty)	6	6.~11.	6.~11.
發展(Development)	6	12.~17.	無
辯證(Justification)	9	18.~26.	無

問卷中科學認識觀四個向度的意涵如下：

- 1.來源(Source)：評量學生認為科學知識來自權威來源的程度。
- 2.確定性(Certainty)：評量學生認為科學具有正確答案的程度。
- 3.發展(Development)：評量學生認為科學知識不斷演進的程度。
- 4.辯證(Justification)：評量學生認為科學知識必須透過證據、規則或標準來評判可

信度的程度。

此問卷的評分方式為李克特五分量表，若學生選擇 1 則代表「非常不同意」，若學生選擇 5 則代表「非常同意」，以此類推。依各向度分別計分以及總分統計，分數愈高表示具有較複雜的科學認識觀；反之，低分者則表示具有較素樸的科學認識觀。由於「來源」及「確定性」這兩個向度上所使用的是反向題，所以在此兩個向度上使用反向計分。



第三節 研究流程



第四節 資料處理與分析

本研究將所收集到的資料，包括現行國中理化教科書力與壓力之科學圖像表徵種類情形、科學圖像表徵理解問卷、科學認識觀問卷進行處理與分析。

一、現行國中理化教科書力與壓力之科學圖像表徵種類情形

本研究將現行國中理化教科書力與壓力之單元，依照如前所述之科學圖像表徵分析架構，以描述性統計分析此單元內之科學圖像表徵種類情形。

二、科學圖像表徵理解問卷

科學圖像表徵理解問卷的資料分析步驟如下：

1. 首先檢查學生班級、性別、座號、問卷施測結果，並檢查是否有誤。
2. 統計全體學生在理解科學圖像表徵問卷中各個問題的時間、認知負荷及答對率以分析學生對於科學圖像表徵種類的理解表現，並執行 *t* 考驗以分析不同的科學圖像表徵種類在時間、認知負荷及答對率有無差異性。
3. 運用 one-way ANOVA 分析男、女性別在理解科學圖像表徵問卷中各個問題的時間、認知負荷及答對率，以分析性別對於科學圖像表徵的理解表現。

三、科學認識觀問卷

收集科學認識觀問卷後，以 SPSS 軟體對學生的科學認識觀類型，以及科學認識觀中各向度的表現情形進行平均數分析，並以 Pearson 相關來探討不同的科學認識觀與不同的科學圖像表徵種類在時間、認知負荷及答對率之關係。

第四章 研究結果與討論

第一節 國中理化教科書中力與壓力單元之科學圖像表徵

為了解國中理化教科書裡與壓力之科學圖像表徵種類與使用情形，本研究依照前述之科學圖像表徵分析架構，分析現行國中理化教科書(南一版、康軒版)中所含的科學圖像表徵之種類與數量。納入分析之科學圖像表徵主要包含課文中所使用的圖表，但未將延伸閱讀、知識廣角、重點整理、小試身手、學習診斷中所含的圖表納入計算。計算方式，以每一張獨立的圖表計算為一張，若數張圖片合併成一張但不能切割者，亦計為一張。分析結果以圖像表徵的功能、內容形式及功能與內容組合之類型分別討論。

一、「力與壓力」單元涵蓋的科學圖像表徵之功能類型

表 4-1 為根據「功能類型」分析科學圖像表徵的結果。

表 4-1 依功能類型分析科學圖像表徵種類

功能類型	康軒版 (46 頁)	南一版 (34 頁)	平均
	數量 / 比例(%)	數量 / 比例(%)	比例(%)
裝飾圖	0 / 0%	0 / 0%	0%
表徵圖	114 / 95.83%	86 / 94.62%	95.24%
組織圖	3 / 2.5%	5 / 5.38%	3.81%
解釋圖	2 / 1.67%	0 / 0%	0.95%
轉型圖	0 / 0%	0 / 0%	0%
圖像總數	119 / 100%	91 / 100%	100%
平均(圖數/頁)	2.59	2.68	2.64

由表 4-1 中可以得知，現行國中理化教科書中，力與壓力單元內的科學圖像表徵的功能以呈現科學概念的表徵圖為主，約占 95.24%，其次為組織圖及解釋

圖，約各占 3.81%及 0.95%，其餘的裝飾圖、轉型圖並未出現在教科書中。

在各版本中皆以表徵圖為主，康軒版約占 95.83%，南一版約占 94.62%，其次皆為組織圖，康軒版約占 2.5%，南一版約占 5.38%，唯獨康軒版有解釋圖，約佔 1.67%，其餘的裝飾圖、轉型圖接並未出現在各版本內。

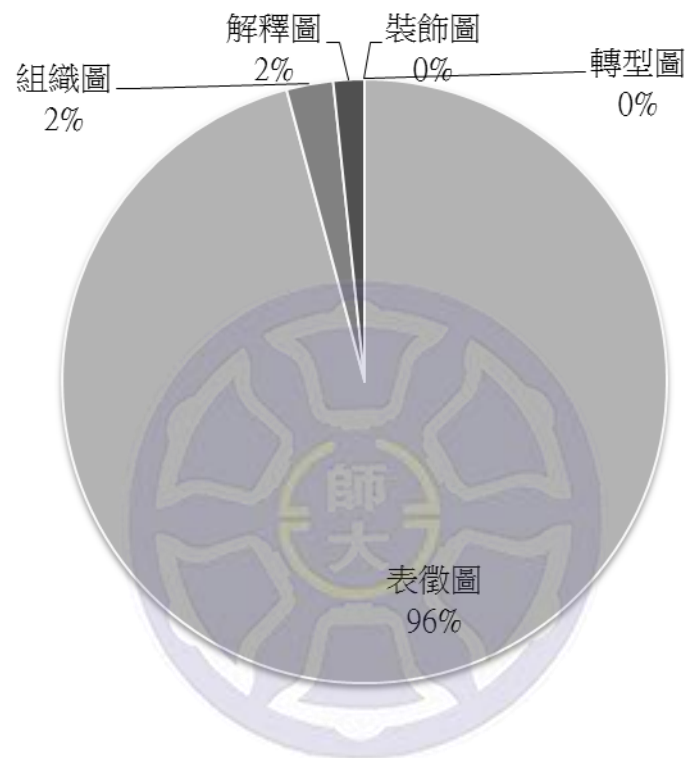


圖 4-1 「力與壓力」單元的科學圖像表徵之功能類型比例圖(康軒版)

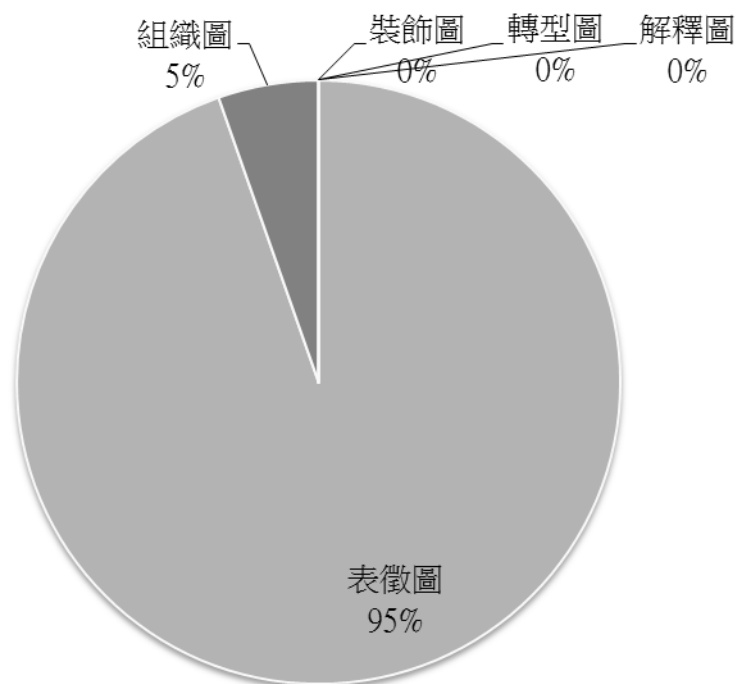


圖 4-2「力與壓力」單元的科學圖像表徵之功能類型比例圖(南一版)

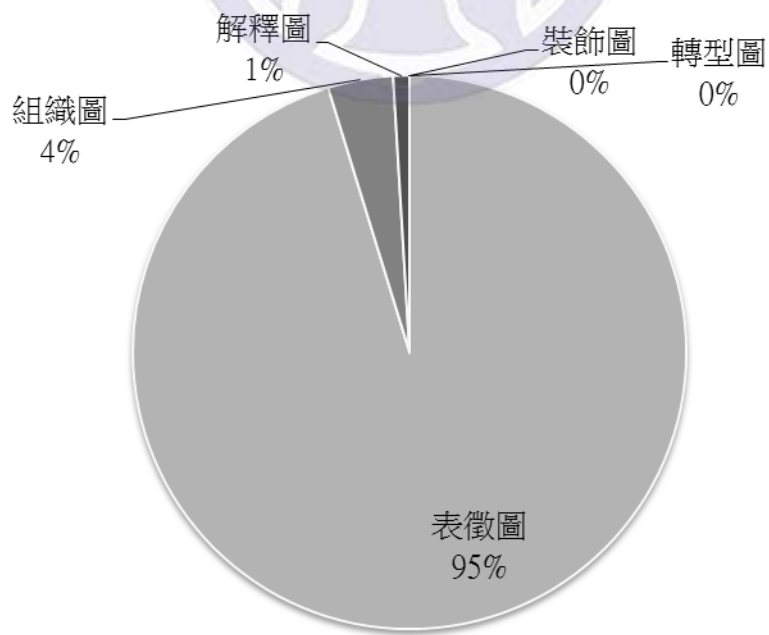


圖 4-3「力與壓力」單元的科學圖像表徵之功能類型比例圖（全版本）

二、「力與壓力」單元的科學圖像表徵之內容形式

表 4-2 為根據「內容形式」分析科學圖像表徵的結果。

表 4-2 依內容形式分析科學圖像表徵種類

內容形式	康軒版 (46 頁)	南一版 (34 頁)	平均
	數量 / 比例(%)	數量 / 比例(%)	比例(%)
資料圖	3 / 2.5%	5 / 5.38%	3.81%
儀器觀測照片	0 / 0%	0 / 0%	0%
概念圖	14 / 15%	7 / 7.53%	10%
關係圖	5 / 5%	7 / 7.53%	5.71%
理論/模式圖	3 / 0.83%	3 / 3.22%	2.86%
地圖	0 / 0%	0 / 0%	0%
景物圖	93 / 75.84%	67 / 75.26%	76.19%
多元表徵圖	1 / 0.83%	2 / 1.08%	1.43%
圖像總數	119 / 100%	91 / 100%	100%
平均(圖數/頁)	2.59	2.68	2.64

由表 4-2 中可以得知，現行國中理化教科書(力與壓力單元)內的科學圖像表徵從內容形式來看，以景物圖為主，約占 76.19%，其次概念圖、關係圖、資料圖、理論/模式圖、多元表徵圖占較少數，其餘的儀器觀測照片及地圖並未出現在教科書中。

在各版本圖表的內容形式皆以景物圖為主，康軒版約占 75.84%，南一版約占 75.26%，其次，兩版本皆為概念圖及關係圖，唯較不一樣的地方是，康軒版在概念圖(15%)與關係圖(5%)的比例上相差三倍，而南一版在概念圖(7.53%)與關係圖(7.53%)的比例上是相同的，其餘剩下的資料圖、理論/模式圖、多元表徵圖皆占少數。另外，各版本皆未含有儀器觀測照片及地圖。

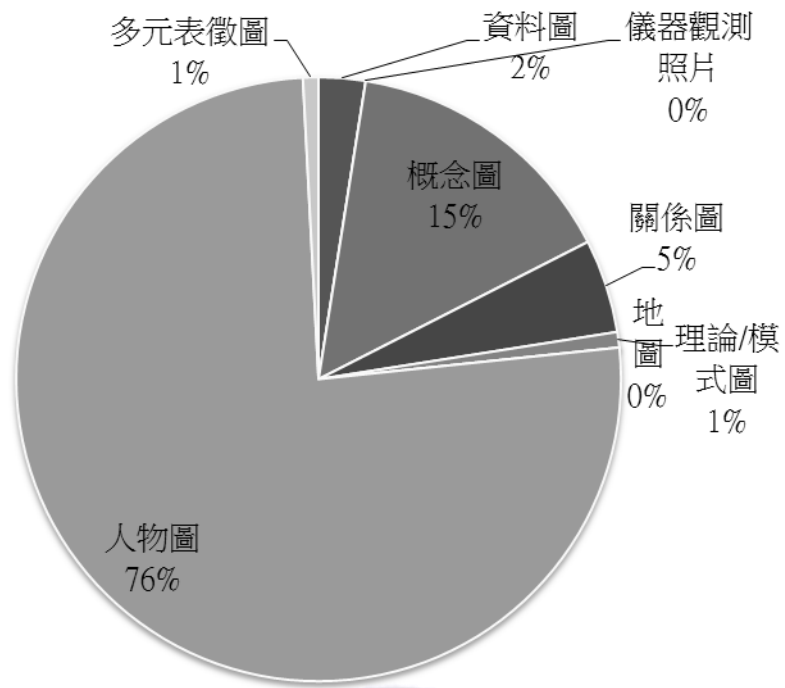


圖 4-4 「力與壓力」單元的科學圖像表徵之內容形式比例圖（康軒版）

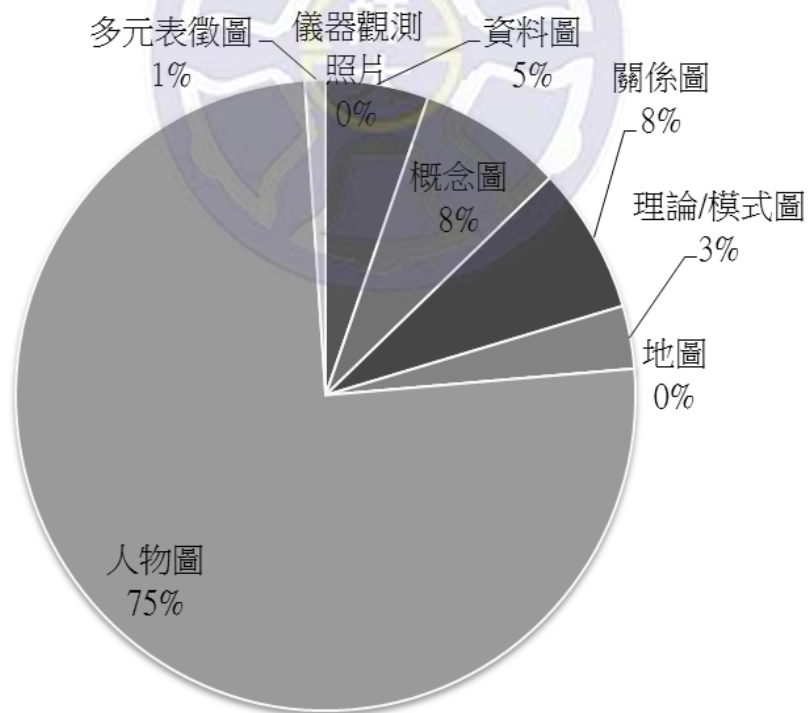


圖 4-5 「力與壓力」單元的科學圖像表徵之內容形式比例圖（南一版）

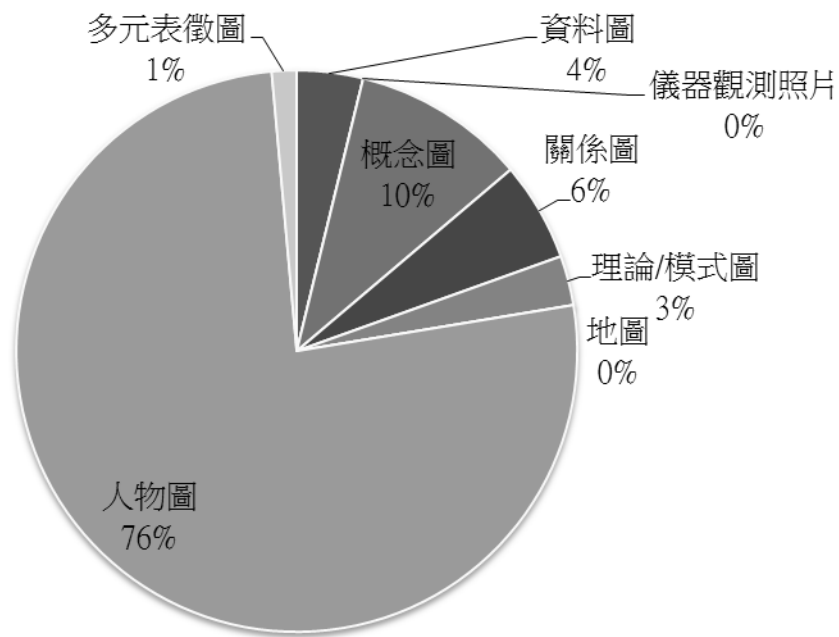


圖 4-6 「力與壓力」單元的科學圖像表徵之內容形式比例圖 (全版本)

三、「力與壓力」單元的科學圖像表徵之功能與內容組合類型

表 4-3 為根據「表徵組合」分析科學圖像表徵的結果。

表 4-3 依「表徵組合」分析科學圖像表徵

功能/內容組合 類型圖	康軒版 (46 頁)	南一版 (34 頁)	平均
	數量 / 比例(%)	數量 / 比例(%)	比例(%)
組織/資料圖	3/2.52%	5/5.49%	3.81%
表徵/概念圖	12/10.08%	7/7.69%	9.45%
解釋/概念圖	2/1.68%	0/0%	0.95%
表徵/多元表徵圖	1/0.84%	2/2.2%	1.43%
表徵/關係圖	5/4.2%	7/7.69%	5.71%
表徵/理論模式圖	3/2.52%	3/3.3%	2.86%
表徵/景物圖	93/78.16%	67/73.63%	75.79%
圖像總數	119 / 100%	91 / 100%	100%
平均(圖數/頁)	2.59	2.68	2.64

由表 4-3 中可以得知，現行國中理化教科書(力與壓力單元)內的科學圖像表

徵從功能內容的組合來看，以「表徵/景物圖」為主，約佔 75.79%，其次為「表徵/概念圖」，其餘的組合類型相對占較小比例。

在各版本的功能與內容的組合類型皆以「表徵/景物圖」為主，康軒版約占 78.16%，南一版約占 73.63%，其次兩版本皆為「表徵/概念圖」、「表徵/關係圖」，唯較不同的地方是，康軒版在「表徵/概念圖」(10.08%)與「表徵/關係圖」(4.2%)的比例上相差約二倍，而南一版在「表徵/概念圖」(7.69%)與「表徵/關係圖」(7.69%)的比例是相同的，其餘的表徵組合相對占較小比例。

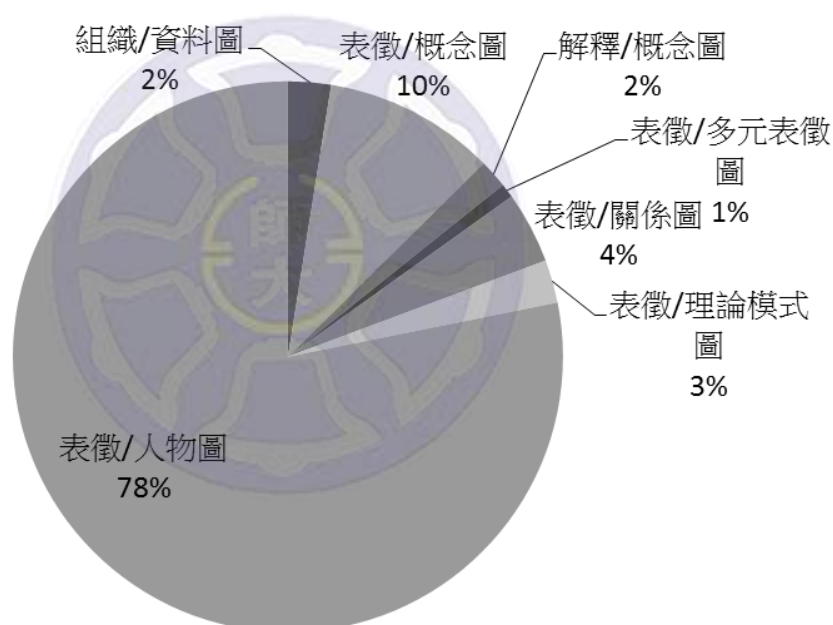


圖 4-7 「力與壓力」單元的科學圖像表徵之功能與內容的組合類型比例圖（康軒版）

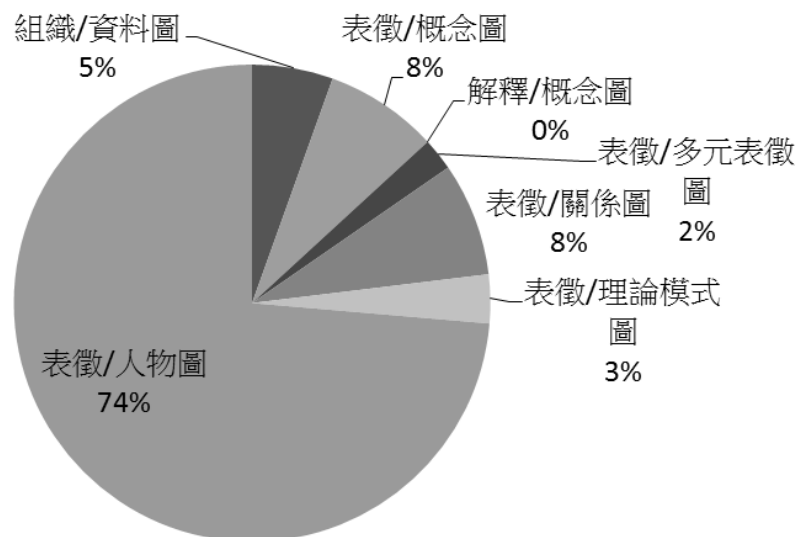


圖 4-8「力與壓力」單元的科學圖像表徵之功能與內容的組合類型比例圖（南一版）

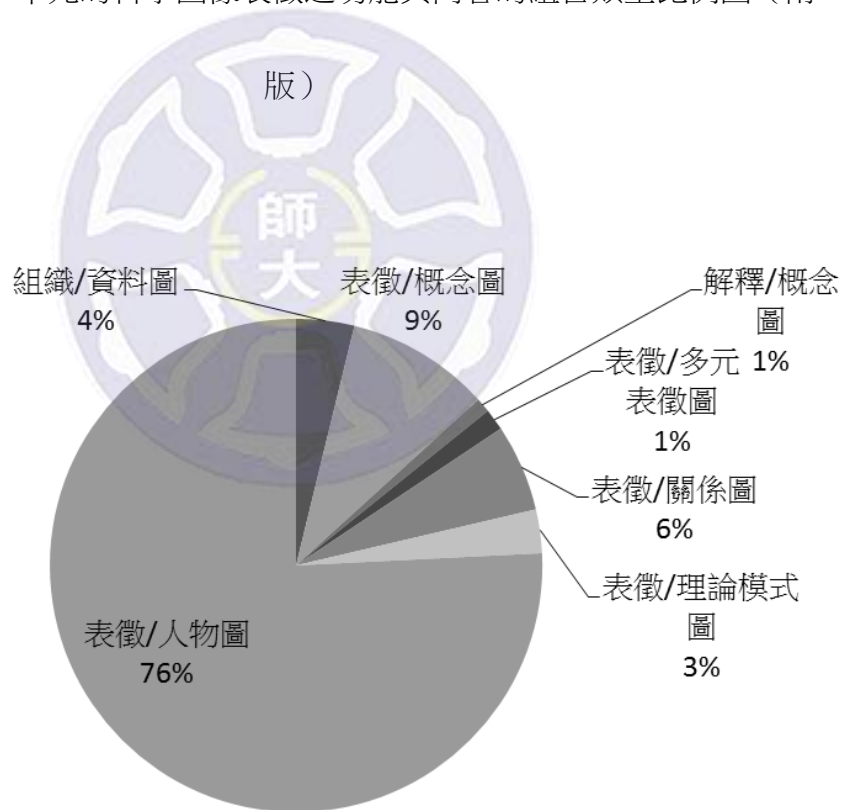


圖 4-9「力與壓力」單元的科學圖像表徵之功能與內容的組合類型比例圖（全版本）

四、小結

1. 國中現行教科書中(力與壓力單元)內的科學圖像表徵，主要是將課本中的文字內容以較具體科學圖像的方式表徵，以呈現力的作用與平衡、摩擦力、壓力及浮力等相關概念，故在功能面向上以表徵圖為相當主要種類。另外，因為課本內常將科學概念、實驗與學生日常生活現象或經驗作結合，故在內容形式上以景物圖為主要種類，以呈現實際的人物、景色或現象。再者，綜合功能類型及內容形式之表徵組合上，課本中的科學圖像表徵亦同時具體化內文與呈現實際現象之「表徵/景物圖」為主要種類，其餘之科學圖像表徵則相對較少或無。
2. 在整體的科學圖像表徵使用上，平均每頁就有兩張以上的科學圖像表徵(2.64 科學圖像/頁)，由此可知，科學圖像表徵在教科書中，已是傳達科學概念的重要工具。

第二節 國九學生閱讀「力與壓力」科學圖像表徵所需的時間、認知負荷、以及理解表現

「力與壓力」科學圖像表徵理解問卷中的圖像表徵的選擇是根據圖像分析結果，選出內容形式中含有科學概念的圖像表徵後，進行編寫三選一的單選題，共七類的圖像，如表 4-3 所示。此問卷僅測驗學生對於教科書內之科學圖像表徵之理解能力，不牽涉計算。

以下探討學生閱讀不同種類科學圖像表徵時，所需時間與感受到的認知負荷之情況，以及理解表現。

一、閱讀不同功能與內容形式之科學圖像表徵所需的時間

科學圖像表徵種類所需的時間經統計分析後，如表 4-4 所示：

表4-4 閱讀不同科學圖像表徵種類所需的時間之描述性統計

功能/內容形式	人數	平均秒數	標準偏差
組織/資料圖	60	41.48	18.68
表徵/概念圖	60	25.91	8.98
解釋/概念圖	60	17.93	6.58
表徵/多元表徵圖	60	25.32	10.28
表徵/關係圖	60	20.17	7.93
表徵/理論模式圖	60	25.57	8.56
表徵/景物圖	60	19.45	9.75
總平均數		25.12	

此表 4-4 表示學生在作答科學圖像表徵理解問卷時，對不同種類的科學圖像表徵之所需的時間，從此表可得知整份問卷的平均時間為 25.12(秒)，花最多時間閱讀的是「組織/資料圖」，而花最少時間的是「解釋/概念圖」以及「表徵/景物圖」。

為了解閱讀不同種類的科學圖像表徵所需時間有無差異性，進一步以單一樣本的 t 檢定法來檢驗學生在不同種類的科學圖像表徵之所需時間的平均秒數與總平均秒數之差異，以下分別就各種科學圖像表徵加以討論。由表 4-5 可知，

表 4-5 科學圖像表徵種類所需的時間之單一樣本檢定

	檢定值 = 25.12	
	T	顯著性 (雙尾)
組織/資料圖	6.78	.00
表徵/概念圖	.68	.50
解釋/概念圖	-8.46	.00
表徵/多元表徵圖	.15	.88
表徵/關係圖	-4.84	.00
表徵/理論模式圖	.40	.69
表徵/景物圖	-4.50	.00

在科學圖像表徵種類中，「組織/資料圖」的閱讀時間顯著高於整體科學圖像表徵的總平均時間，其原因可能是課本內的以表格之方式呈現的實驗數據對學生來說較為陌生，或是理解數據資料的困難度較高。另外，在「解釋/概念圖」、「表徵/關係圖」、「表徵/景物圖」顯著低於整體科學圖像表徵的總平均時間，這可能是課本會將文字內容以科學圖像表徵方式功能作解釋、具體化，並描述科學概念或與日常生活現象及經驗作結合，因此學生較易理解。

二、閱讀不同科學圖像表徵時，產生的認知負荷

各類科學圖像表徵所引發的認知負荷經統計分析後，如表4-5所示：

表4-6 科學圖像表徵種類所需的認知負荷之描述統計表

	人數	平均數	標準偏差
組織/資料圖	60	4.83	1.61
表徵/概念圖	60	3.53	1.51
解釋/概念圖	60	2.91	1.82
表徵/多元表徵圖	60	3.73	1.52
表徵/關係圖	60	3.18	1.65
表徵/理論模式圖	60	3.95	1.61
表徵/景物圖	60	3.00	1.51
總平均數		3.59	

此表 4-6 表示學生在作答科學圖像表徵理解問卷時，對不同種類的科學圖像表徵之所需的認知負荷，從此表可得知整份問卷的認知負荷平均數為 3.59，認知負荷最高的是「組織/資料圖」，最低則是「解釋/概念圖」，以及「表徵/景物圖」。

為了解閱讀不同種類的科學圖像表徵時，各內圖像所伴隨的認知負荷有無差異性，進一步以單一樣本的 t 檢定法來檢驗學生閱讀不同種類的科學圖像表徵時，所引發的認知負荷之平均數與總平均數之差異。以下分別就各種科學圖像表徵稍加討論。由表 4-7 可知，在科學圖像表徵種類中，在「組織/資料圖」及「表徵/理論模式圖」分別顯著及接近顯著高於平均認知負荷程度，這顯示學生在作答此類的科學圖像表徵時，相較其他種類之科學圖像表徵所花費的心力程度是比較大的，由此可知這類圖的理解困難度較高。另外，在「解釋圖/概念圖」、「表徵圖/景物圖」及「表徵圖/關係圖」則顯著及接近顯著低於平均認知負荷程度，

這也顯示這幾類圖像表徵較易理解。

表4-7 科學圖像表徵種類所需的認知負荷之單一樣本檢定

	檢定值 = 3.59	
	T	顯著性 (雙尾)
組織/資料圖	6.00	.00
表徵/概念圖	-.32	.75
解釋/概念圖	-2.90	.01
表徵/多元表徵圖	.70	.49
表徵/關係圖	-1.91	.06
表徵/理論模式圖	1.74	.09
表徵/景物圖	-3.03	.00

四、科學圖像表徵種類之理解表現

科學圖像表徵理解測驗之經統計分析後，如表4-7所示：

表4-8 科學圖像表徵理解測驗結果之描述性統計

	人數	平均答對率	標準偏差
組織/資料圖	60	.46	.32
表徵/概念圖	60	.54	.31
解釋/概念圖	60	.83	.30
表徵/多元表徵圖	60	.66	.31
表徵/關係圖	60	.67	.32
表徵/理論模式圖	60	.39	.28
表徵/景物圖	60	.86	.23
總平均數		.63	

此表4-8表示學生在作答科學圖像表徵理解問卷時，對不同種類的科學圖像表徵之理解表現，從此表可得知整份問卷的平均答對率為.63，答對率最高的是

「解釋/概念圖」以及「表徵/景物圖」題型，最低則是「組織/資料圖」題型。

為能了解不同測驗題型的表現差異，進一步以單一樣本的t檢定法來檢驗學生在不同種類的科學圖像表徵之平均答對率與總平均數之差異，以下分別就各種科學圖像表徵稍加討論。由表4-9可知，「解釋/概念圖」與「表徵/景物圖」的閱讀理解顯著高於總平均答對率，這顯示此類的科學圖像表徵比較容易理解。

表4-9 科學圖像表徵理解測驗結果之單一樣本T檢定

	檢定值 = 0.63	
	T	顯著性 (雙尾)
組織/資料圖	-4.16	.00
表徵/概念圖	-2.30	.03
解釋/概念圖	5.24	.00
表徵/多元表徵圖	.78	.44
表徵/關係圖	1.02	.31
表徵/理論模式圖	-6.57	.00
表徵/景物圖	7.72	.00

另外，在「組織/資料圖」、「表徵/概念圖」、「表徵/理論模式圖」顯著低於總平均答對率，這顯示出這幾類的科學圖像表徵，相較其他種類之科學圖像表徵是比較難以理解的。

五、學生的科學認識觀

本研究將全體學生的科學認識觀之有效問卷共計 60 份收集整理後，針對全體學生在各個向度(來源、確定性、發展、辯證)及整體科學認識觀之作答情形，進行統計分析後，如表 4-10 所示：

表 4-10 科學認識觀表現情形摘要表

科學認識觀向度	平均數	標準差
來源	3.40	.64
確定性	3.79	.60
發展	4.17	.49
辯證	4.10	.46
整體科學認識觀	3.87	.38

從整體科學認識觀表現來看，學生的整體平均表現程度為 3.87，顯現出較為複雜之科學認識觀。在科學認識觀的各個向度的表現程度上，在發展項度之表現最為複雜，而最簡單的則是對「來源」項度的觀點，但所有的項度都達 3 分以上，顯示國中學生均已有逐漸形成較為複雜的科學認識觀。

四、小結

綜合以上分析，可歸納出下列發現：

1. 在科學圖像表徵種類中，學生在作答「組織/資料圖」題型時，相較其他種類之科學圖像表徵，所需的作答時間是比較久。另外，學生在作答在「解釋/概念圖」、「表徵/關係圖」、「表徵/景物圖」此類的科學圖像表徵時，相較其他種類之科學圖像表徵所需的作答時間是比較短。此結果顯示，「組織/資料圖」似乎較難理解，需花較多時間。
2. 在科學圖像表徵種類中，學生在作答「組織/資料圖」、「表徵/理論模式圖」此類的科學圖像表徵時，相較其他種類之科學圖像表徵所花費的心力程度是較大，而學生在作答「解釋/概念圖」、「表徵/景物圖」、「表徵/關係圖」此

類的科學圖像表徵時，相較其他種類之科學圖像表徵所花費的心力程度是比較小。這個結果與時間的效應一致，顯示「組織/資料圖」的訊息對學生來說，理解之困難度高。

3. 在科學圖像表徵種類中，學生在作答「解釋/概念圖」與「表徵/景物圖」題目時，相較其他種類之科學圖像表徵，其答對率較高，但是「組織/資料圖」、「表徵/概念圖」、「表徵/理論模式圖」題型的答對率較低，這樣的結果加上上述作答時間與認知負荷的結果，顯示當科學圖像具解釋功能，或是單純呈現實際現象時，學生較易理解，但若科學圖像內容含有實驗數據資料，或是呈現科學理論，則學生較有理解困難，這也顯示國中生仍較為接受具體的訊息，可能尚無法接受抽象的資訊。

第三節 性別差異和學生閱讀「力與壓力」科學圖像表徵時，所需的時間、產生的認知負荷，以及理解表現之關係

一、性別差異與科學圖像表徵閱讀時間之交互關係

性別差異與科學圖像表徵種類所需的時間之交互關係經統計分析後，如表

4-11 所示：

表 4-11 不同性別的學生在科學圖像表徵種類之閱讀所需的時間之差異

科學圖像表徵種類	性別	人數	平均數	標準偏差	t
組織/資料圖	男生	33	45.53	19.36	1.90 ^(*)
	女生	27	36.53	16.87	
表徵/概念圖	男生	33	24.81	8.96	-1.05
	女生	27	27.26	8.98	
解釋/概念圖	男生	33	18.24	7.70	.40
	女生	27	17.56	5.00	
表徵/多元表徵圖	男生	33	26.59	11.83	1.06
	女生	27	23.77	7.93	
表徵/關係圖	男生	33	20.11	8.30	-.06
	女生	27	20.23	7.60	
表徵/理論模式圖	男生	33	25.13	8.89	-.43
	女生	27	26.10	8.26	
表徵/景物圖	男生	33	20.49	10.26	.92
	女生	27	18.17	9.11	

註：^(*)顯著性(p)<0.1；^{*}顯著性(p)<0.05；^{**}顯著性(p)<0.01

此表 4-11 呈現了不同性別的學生在不同種類的科學圖像表徵上的閱讀所需的時間之差異，由表可知，男、女學生在不同的科學圖像表徵種類的所需的時間上，男生在「組織/資料圖」、「解釋/概念圖」、「表徵/多元表徵圖」、「表徵/景物圖」的平均數高於女生的平均數，另外女生在「表徵/概念圖」、「表徵/理論模式圖」、「表徵/關係圖」的平均數高於男生的平均數。

為了解閱讀不同種類的科學圖像表徵所需時間在性別上有無差異性，進一步運用 one-way ANOVA 分析男、女性別在不同種類的科學圖像表徵之所需時間。由表 4-10 可知，在科學圖像表徵種類中，只有在「組織/資料圖」接近顯著差異，對男生而言，「組織/資料圖」較需花時間理解。

二、性別差異與科學圖像表徵種類之認知負荷之交互關係

性別差異與科學圖像表徵種類之認知負荷的交互關係經統計分析後，如表

4-12 所示：

表 4-12 不同性別的學生在科學圖像表徵種類之認知負荷之差異

科學圖像表徵種類	性別	人數	平均數	標準偏差	t
組織/資料圖	男生	33	5.05	1.64	1.16
	女生	27	4.57	1.55	
表徵/概念圖	男生	33	3.37	1.32	-.85
	女生	27	3.72	1.72	
解釋/概念圖	男生	33	2.73	1.71	-.85
	女生	27	3.13	1.96	
表徵/多元表徵圖	男生	33	3.41	1.34	-1.80 ^(*)
	女生	27	4.11	1.67	
表徵/關係圖	男生	33	2.93	1.35	-1.28
	女生	27	3.49	1.94	
表徵/理論模式圖	男生	33	3.77	1.56	-.97
	女生	27	4.17	1.67	
表徵/景物圖	男生	33	2.62	1.07	-2.14 [*]
	女生	27	3.47	1.83	

註：^(*)顯著性(p)<0.1；^{*}顯著性(p)<0.05；^{**}顯著性(p)<0.01

此表 4-11 呈現了不同性別的學生在不同種類的科學圖像表徵上的認知負荷之差異。由表可知，男、女學生在不同的科學圖像表徵種類的認知負荷上，男生在「組織/資料圖」的平均數高於女生的平均數。另外女生在「表徵/概念圖」、「解釋/概念圖」、「表徵/多元表徵圖」、「表徵/關係圖」、「表徵/理論模式圖」、「表徵/景物圖」的平均數高於男生的平均數。為了解閱讀不同種類的科學圖像表徵上的認知負荷在性別上有無差異性，進一步運用 one-way ANOVA 分

析男、女性別在閱讀不同種類的科學圖像表徵時之認知負荷。由表 4-11 可知，在科學圖像表徵種類中，男女生在閱讀「表徵/景物圖」的認知負荷上有顯著差異，在「表徵/多元表徵圖」的認知負荷之差異則接近顯著。也就是說，對女生而言，處理「表徵/景物圖」與「表徵/多元表徵圖」較耗費心力。

三、性別差異與科學圖像表徵種類之理解表現之交互關係

性別差異與科學圖像表徵種類之理解表現的交互關係經統計分析後，如表 4-13 所示：

表4-13 不同性別的學生在科學圖像表徵種類之閱讀理解表現之差異

科學圖像表徵種類	性別	人數	平均答對率	標準偏差	t
組織/資料圖	男生	33	.52	.32	1.59
	女生	27	.38	.32	
表徵/概念圖	男生	33	.54	.29	-.10
	女生	27	.54	.34	
解釋/概念圖	男生	33	.85	.26	.43
	女生	27	.81	.34	
表徵/多元表徵圖	男生	33	.63	.33	-.96
	女生	27	.70	.28	
表徵/關係圖	男生	33	.64	.35	-.95
	女生	27	.72	.29	
表徵/理論模式圖	男生	33	.41	.30	.60
	女生	27	.37	.25	
表徵/景物圖	男生	33	.89	.23	1.03
	女生	27	.83	.23	

表 4-13 呈現了不同性別的學生在不同種類的科學圖像表徵上的閱讀理解表

現之差異，由表可知，男生在「組織/資料圖」、「解釋/概念圖」、「表徵/理論模式圖」、「表徵/景物圖」的平均答對率高於女生的平均答對率。另外女生在「表徵/概念圖」、「表徵/多元表徵圖」、「表徵/關係圖」的平均答對率高於男生的平均答對率。為了解閱讀不同種類的科學圖像表徵之理解表現在性別上有無差異性，進一步運用 one-way ANOVA 分析男、女性別在不同種類的科學圖像表徵之理解表現。由表 4-12 可知，在所有的科學圖像表徵種類中，均沒有明顯的性別差異。這個結果顯示男女生的科學圖像閱讀理解表現相當。

四、小結

綜合以上分析，在不同種類的科學圖像表徵中，在閱讀所需的時間方面，「組織/資料圖」的處理時間上，男生較多；而花費的心力程度方面，則是在閱讀「表徵/景物圖」及「表徵/多元表徵圖」上，女生較花心力。但在理解表現方面，卻無明顯的性別差異。由此可知，雖然男女生的理解表現相當，但訊息處理的行為並不同，男生對抽象的資料呈現需要有較多處理訊息的時間，而整體答對率雖然稍微高於女生，但統計的差異上並不顯著。

第四節 科學認識觀與學生閱讀「力與壓力」科學圖像表徵時，所需的時間、產生之認知負荷，以及理解表現之關係

本節將探討全體學生在閱讀不同種類科學圖像表徵時，其在整體科學認識觀以及科學認識觀各個向度(來源、確定性、發展、辯證)上、與閱讀所需時間、感

受到的認知負荷，以及理解表現之交互關係。

一、科學認識觀與科學圖像表徵種類之閱讀所需的時間之交互關係

利用 Pearson 相關來分析全體學生在科學認識觀與科學圖像表徵種類之閱讀所需的時間之交互關係，結果如表 4-14 所示：

表 4-14 科學認識觀與科學圖像表徵種類之閱讀所需的時間之交互關係

Pearson 相關	科學圖像表徵種類						
	組織 資料圖	表徵 概念圖	解釋 概念圖	表徵 多元表徵圖	表徵 關係圖	表徵 理論模式圖	表徵 景物圖
整體科學認識觀	.19	-.06	-.13	.03	.24 ^(*)	-.09	.01
來源	.13	.01	-.02	.03	.24 ^(*)	-.27 [*]	-.01
確定性	.24 ^(*)	-.07	-.24 ^(*)	-.02	.12	-.09	-.01
發展性	.08	-.06	-.08	.01	.24 ^(*)	.13	.02
辯證	.04	-.07	-.02	.08	.04	.05	.03

註：^(*)顯著性(p)<0.1；^{*}顯著性(p)<0.05；^{**}顯著性(p)<0.01

由表上資料可知，整體科學認識觀與「表徵/關係圖」呈現中低度接近顯著正相關($r = .24$)。另外，在各科學認識觀的向度上，來源向度與「表徵/理論模式圖」則呈現中低度顯著負相關(相關係數=-.27)，顯示具有越複雜對知識來源的看法，閱讀「表徵/理論模式圖」所需時間就越少，與「表徵/關係圖」呈現中低度接近顯著正相關($r = .24$)。確定性向度與「組織/資料圖」呈現中低度接近顯

著正相關($r=.24$)，而與「解釋/概念圖」則呈現中低度接近顯著負相關($r=-.24$)。

發展性向度與「表徵/關係圖」呈現中低度接近顯著正相關($r=.24$)。這樣的結果顯示，除了「解釋/概念圖」與「表徵/理論模式圖」外，學生具有越複雜的科學認識觀，其閱讀不同科學圖像表徵的時間似乎就越多。

二、科學認識觀與科學圖像表徵種類之認知負荷之交互關係

表 4-15 呈現科學認識觀各向度與各圖像表徵處理時的認知負荷之相關分析結果。

表 4-15 科學認識觀與科學圖像表徵種類之認知負荷之交互關係

Pearson 相關	科學圖像表徵種類						
	組織 資料圖	表徵 概念圖	解釋 概念圖	表徵 多元表徵圖	表徵 關係圖	表徵 理論模式圖	表徵 景物圖
整體科學認識觀	-.03	-.27 [*]	-.25 ^(*)	-.20	-.20	-.23 ^(*)	-.27 [*]
來源	.03	-.15	-.16	-.11	-.01	-.06	-.13
確定性	.02	-.25 ^(*)	-.29 [*]	-.11	-.17	-.03	-.11
發展性	-.03	-.23 ^(*)	-.17	-.22 ^(*)	-.27 [*]	-.26 [*]	-.39 ^{**}
辯證	-.15	-.12	-.03	-.15	-.13	-.36 ^{**}	-.17

註：^(*)顯著性($p<0.1$)；^{*}顯著性($p<0.05$)；^{**}顯著性($p<0.01$)

由表上資料可知，整體科學認識觀與「表徵/概念圖」及「表徵/景物圖」的認知負荷呈現中低度顯著負相關($r=-.27$)，與「解釋/概念圖」及「表徵/理論模式圖」的認知負荷則呈現中低度接近顯著負相關($r=-.25$ 及 $.23$)。

在各科學認識觀的向度上，確定性向度與「解釋/概念圖」呈現中低度顯著負相關($r=-.29$)，與「表徵/概念圖」的認知負荷與呈現中低度接近顯著負相關($r=-.25$)。發展性向度與「表徵/景物圖」呈現中度顯著負相關(相關係數 $=-.39$)，與「表徵/關係圖」呈現中低度顯著負相關($r=-.27$)，與「表徵/理論模式圖」呈現中低度顯著負相關($r=-.26$)，而與「表徵/概念圖」及「表徵/多元表徵圖」呈現中低度接近顯著負相關($r=-.23$ 及 $-.22$)，。辯證向度與「表徵/理論模式圖」呈現中度顯著負相關(相關係數 $=-.36$)。這的結果顯示，科學認識觀越複雜，其認知負荷就相對越低，可見科學認識觀對訊息處理的行為有一定程度之作用。

三、科學認識觀與科學圖像表徵種類之理解表現之交互關係

表 4-16 呈現科學認識觀與科學圖像表徵之理解表現的相關分析結果。

表 4-16 科學認識觀與科學圖像表徵種類之理解表現之交互關係

Pearson 相關	科學圖像表徵種類						
	組織 資料圖	表 徵 概念圖	解 釋 概念圖	表 徵 多元表徵圖	表 徵 關係圖	表 徵 理論模式圖	表 徵 景物圖
整體科學認識觀	.34**	.09	.22 ^(*)	.30*	-.01	.16	.16
來源	.07	-.05	.10	.15	-.02	.15	.12
確定性	.34**	.13	.21	.29*	.15	.10	.13
發展性	.32*	.16	.24 ^(*)	.24 ^(*)	-.05	.18	.22 ^(*)
辯證	.25 ^(*)	.02	.05	.14	-.14	.00	-.05

註：^(*)顯著性($p < 0.1$)；*顯著性($p < 0.05$)；**顯著性($p < 0.01$)

由表上資料可知，整體科學認識觀與「組織/資料圖」及「表徵/多元表徵圖」呈現中度顯著正相關($r=.34$ 及 $.30$)，而與「解釋/概念圖」則呈現中低度接近顯著正相關($r=.22$)；。另外，在各科學認識觀的向度上，確定性向度與「組織/資料圖」呈現中度顯著正相關($r=.34$)，與「表徵/多元表徵圖」與呈現中低度顯著正相關($r=.29$)。發展性向度與「組織/資料圖」呈現中度顯著正相關(相關係數 $=.32$)而與「解釋/概念圖」、「表徵/多元表徵圖」及「表徵/景物圖」呈現中低度接近顯著正相關($r=.24$ 、 $.24$ 及 $.22$)。辯證向度與「組織/資料圖」呈現中低度接近顯著正相關($r=.25$)。由上述的分析結果可知，科學認識觀越複雜，其圖像的閱讀理解表現越佳，尤其是針對組織/資料圖，這顯示當學生越複雜的科學認識觀，就越能理解科學的數據與資料。

四、小結

綜合以上分析，可歸納出下列發現：

1. 在不同的科學圖像表徵種類中，整體科學認識觀僅與閱讀「表徵/關係圖」所需的時間呈正相關。在各分向之科學認識觀中，來源向度與閱讀「表徵/理論模式圖」所需的時間呈負相關，而與「表徵/關係圖」則是呈正相關。確定性向度與與閱讀「組織/資料圖」所需的時間呈正相關，而與閱讀「解釋/概念圖」所需的時間呈負相關。發展性向度與閱讀「表徵/關係圖」所需的時間有呈正相關。然而辯證向度並沒有與這些科學圖像表徵種類有相關性。總結上述的

分析結果可知，閱讀時間與科學認識觀有顯著正相關的圖像表徵是「表徵/關係圖」與「組織/資料圖」，而有顯著負相關的則是「表徵/理論模式圖」與「解釋/概念圖」。由此可知，複雜的認識觀能促進學生對科學理論與科學概念解釋的訊息處理，但是對「表徵/關係圖」以及「組織/資料圖」，複雜認識觀似乎變成了訊息處理上的「阻礙」（時間增加），這可能是「表徵/關係圖」與「組織/資料圖」都是以呈現事實為主，少了需要推理的成分，與複雜認識觀所強調的訊息處理方式不符。

2. 在不同的科學圖像表徵種類中，整體科學認識觀與閱讀「表徵/概念圖」、「表徵/景物圖」、「解釋/概念圖」、「表徵/理論模式圖」時產生的認知負荷之相關性呈負相關。在各分向之科學認識觀中，確定性向度與閱讀「解釋/概念圖」、「表徵/概念圖」的認知負荷呈負相關。發展性向度則與閱讀「表徵/景物圖」、「表徵/關係圖」、「表徵/理論模式圖」、「表徵/概念圖」、「表徵/多元表徵圖」之認知負荷呈負相關。辯證向度與閱讀「表徵/理論模式圖」有負相關。然而來源向度並沒有與這些科學圖像表徵種類有相關性。上述的研究結果可知，越複雜的科學認識觀似乎是越能減低學生在處理圖像訊息時所需的認知負荷。
3. 在不同的科學圖像表徵種類中，整體科學認識觀與閱讀「組織/資料圖」、「表徵/多元表徵圖」、「解釋/概念圖」的理解表現之相關性呈正相關。在各分向之科學認識觀中，確定性向度與閱讀「組織/資料圖」、「表徵/多元表徵圖」的理解表現之相關性呈正相關。發展性向度與閱讀「組織/資料圖」、「解釋/概念圖」、

「表徵/多元表徵圖」、「表徵/景物圖」的理解表現呈正相關。辯證向度與閱讀「組織/資料圖」的理解表現有正相關，代表辯證向度愈複雜，其在閱讀「組織/資料圖」時之理解表現愈好。然而來源向度並沒有與這些科學圖像表徵種類有相關性。由此可知，複雜的科學認識觀似乎是能提升科學圖像的理解。



第五章 結論與建議

第一節 結論

根據本研究之研究問題以及綜合所得各種資料，本研究之結論如下：

一、現行國中理化教科書力與壓力單元之科學圖像表徵種類情形

現行國中理化教科書(力與壓力單元)內的科學圖像表徵，在功能形式、內容形式、表徵組合方面，分別以表徵圖、景物圖、「表徵/景物圖」為主(平均各約占95.24%、76.19%、75.79%)，其餘形式之圖像表徵在比例上則相對較少或別無所有。另外，平均每頁就有兩張以上的科學圖像表徵(2.64 科學圖像/頁)。這樣的結果顯示國中教科書「力與壓力」的圖像表徵的運用，主要是利用人、物圖像表徵課文內容，然而表徵的對象主要似乎並非科學概念或理論，而是人物、景色或現象。

二、科學圖像表徵種類與閱讀所需時間、認知負荷及理解表現

1. 學生在理解不同種類的科學圖像表徵時，所需的時間是有所不同。「組織/資料圖」的閱讀時間顯著高於整體科學圖像表徵的總平均時間。另外，在「解釋/概念圖」、「表徵/關係圖」、「表徵/景物圖」顯著低於整體科學圖像表徵的總平均時間。此結果顯示「組織/資料圖」的理解需要耗費較多的時間。
2. 學生在理解不同種類的科學圖像表徵時，所花費的心力程度是不同的。「組織/資料圖」及「表徵/理論模式圖」所引發的認知負荷分別顯著及接近顯著高

於整體科學圖像表徵的總平均認知負荷程度。另外，在「解釋/概念圖」、「表徵/景物圖」及「表徵/關係圖」分別顯著及接近顯著低於整體科學圖像表徵的總平均認知負荷程度。這樣的結果顯示，閱讀資料與理論或模式圖是較為耗費心力。

3. 學生在理解不同種類的科學圖像表徵時，其理解表現與圖像種類是有關連的。「解釋/概念圖」與「表徵/景物圖」的答對率顯著高於整體科學圖像表徵測驗的總平均答對率。然而，「組織/資料圖」、「表徵/概念圖」與「表徵/理論模式圖」的答對率顯著低於整體科學圖像表徵的總平均答對率。此結果再次說明了當圖表中含有資料、概念或理論/模式時，學生較會遭遇閱讀理解上的困難。

三、性別差異與科學圖像表徵種類之閱讀所需時間、認知負荷及理解表現的關係

1. 學生在理解不同種類的科學圖像表徵時，其所需的閱讀時間是有些性別差異的，但此差異僅在閱讀「組織/資料圖」時較為明顯，這顯示男女生在處理圖像訊息時，需要的時間大致一致，而女生處理資料訊息似乎較為快速。
2. 學生在理解不同種類的科學圖像表徵時，其所耗費的心力程度是有性別差異的。本研究分析顯示，在閱讀「表徵/景物圖」及「表徵/多元表徵圖」之所耗費的心力分別有顯著及接近顯著的性別差異，女生似乎較花心力在處理這兩類的圖像表徵。

3. 學生在閱讀不同種類的科學圖像表徵後，其理解表現並沒有明顯的性別差異。

四、科學認識觀與科學圖像表徵種類之閱讀所需時間、認知負荷及理解表現的交互作用

1. 學生在理解不同種類的科學圖像表徵時，所需的時間與其科學認識觀有交互關係。本研究發現，整體科學認識觀僅與「表徵/關係圖」的閱讀時間有正相關。而在各分向之科學認識觀中，來源向度與「表徵/理論模式圖」、「表徵/關係圖」的閱讀時間則具有由高到低的正相關。確定性向度則與僅與「組織/資料圖」的閱讀時間有正相關，但卻與「解釋/概念圖」的閱讀時間有負相關。發展性向度僅與「表徵/關係圖」的閱讀時間有正相關。然而，辯證向度並沒有與這些科學圖像表徵種類有相關性。這些結果顯示，當學生具有越複雜的科學認識觀，其閱讀圖像表徵的時間就越少，其中對科學知識來源與科學知識之發展的觀點，似乎與概念關係及理論模式的閱讀時間較有關係，而對知識確定性的觀點則與閱讀資料有關。
2. 學生在理解不同種類的科學圖像表徵時，所花費的心力與科學認識觀有交互作用。在不同的科學圖像表徵種類中，整體科學認識觀與「表徵/概念圖」、「表徵/景物圖」、「解釋/概念圖」、「表徵/理論模式圖」之閱讀認知負荷呈現負相關。而各分向之科學認識觀中，確定性向度與「解釋/概念圖」、「表徵/概念圖」之閱讀認知負荷呈現負相關。科學知識之發展向度則與「表徵/景物圖」、「表徵/關係圖」、「表徵/理論模式圖」、「表徵/概念圖」、「表徵/多元表徵圖」之閱讀

認知負荷呈現由高至低的負相關。辯證向度僅與「表徵/理論模式圖」之閱讀認知負荷有負相關。然而，來源向度並沒有與這些科學圖像表徵種類有相關性。這些分析結果顯示，具有越複雜科學認識觀的學生，其閱讀科學圖像表徵時所產生的認知負荷就越低，而這樣的交互關係主要顯現在學生對知識確定性與知識的發展之信念面向上。

學生在閱讀不同種類的科學圖像表徵時，其理解表現與科學認識觀有交互關係。在不同的科學圖像表徵種類中，整體科學認識觀與「組織/資料圖」、「表徵/多元表徵圖」、「解釋/概念圖」之理解呈現由高到低的正相關。在各分向之科學認識觀中，確定性向度與「組織/資料圖」、「表徵/多元表徵圖」之理解呈正相關。發展性向度則與「組織/資料圖」、「解釋/概念圖」、「表徵/多元表徵圖」、「表徵/景物圖」之理解呈正相關。辯證向度僅與組織圖/資料圖「組織/資料圖」的理解有正相關。然而，來源向度並沒有與這些科學圖像表徵的理解有關。

上述的研究發現顯示，具有越複雜形式的科學認識觀之學生，其科學圖像表徵的理解表現就越佳。值得一提的是，對科學知識的確定性、發展，以及辯證的看法均與資料圖的理解有關連。

第二節 建議

根據本研究之研究結果與討論及綜合所得的各種資料，提出對於未來教學及研究方向的參考：

一、對未來教學的建議

1. 協助學生閱讀科學圖像表徵：由本研究針對圖像表徵的分析可知，科學圖像表徵大量地使用在教科書中，然而學生的閱讀理解表現的研究結果發現，當學生閱讀不同科學圖像表徵種類時，在所需時間的長短、認知負荷的大小及理解難易表現具個別差異。Hannus and Hyönä (1999)提到，閱讀科學圖像表徵的過程是複雜的，而 Clark and Paivio (1991)指出，藉由圖像的學習，會使得記憶成效較好，因此教師在使用科學圖像表徵時，應訓練及教導學生如何理解科學圖像表徵的功能以及內容。本研究發現「組織/資料圖」及「表徵/理論模式圖」所需的時間與耗費的心力最高，且理解表現亦最差，因此這兩類的圖表之閱讀理解，需要更多的教學引導。例如，可針對不同圖表的功能設計活動，使學生可以透過活動或引導習得各種科學圖像表徵呈現的目的，並多讓學生思考不同圖表的功能及內容，讓學生在學習的過程中不斷地探索及發現，以期使學生能自行將科學圖像表徵與相關之科學概念作連結，最後再讓學生表達對此科學圖像表徵之看法，教師亦可以從整個訓練及教導的過程中得知學生對科學圖像表徵的另有想法，藉此更能幫助教師進行有效的教學，學生也更能朝向較正確的科學概念。

2. 適時運用不同科學圖像表徵教學：本研究的圖象表徵分析顯示，科學教科書中不同種類之科學圖像表徵皆有具有不同的功能類型及內容形式，在功能類型方面的解釋圖可協助理解，而表徵圖及組織圖則可協助記憶，在內容形式方面的資料圖、關係圖可呈現實驗數據內容，理論/模式圖可呈現科學定律，概念圖及景物圖則具像化科學概念，多元表徵圖則多融入不同的內容形式。因此教師在教學時，可針對教學內容與目的，選擇合適的科學圖像於教學中，尤其是本研究發現此兩類「組織/資料圖」及「表徵/理論模式圖」的閱讀行為及理解對學生是較困難的，教師可將較不容易理解的科學圖像表徵另外輔以本研究發現在閱讀行為及理解上對學生較容易的「解釋/概念圖」及「表徵/景物圖」做為教學輔助材料，應使其達到在科學學習上是有所助益的。另外，值得注意的是，本研究中的單元無設計裝飾圖及轉型圖，或許在教學時適當的放入可提升情意的裝飾圖及協助記憶的轉型圖亦能輔助科學概念的教與學。
3. 利用性別差異之特性進行教學設計：由本研究結果發現，學生的性別差異在閱讀某些不同的科學圖像表徵是存在的，尤其是男生在閱讀「組織/資料圖」時所需的時間較多，女生則在閱讀「表徵/景物圖」及「表徵/多元表徵圖」時所耗費的心力較大。因此教師在教學時，若可透過男女人數平均的分組學習彼此互相協助，並能留意學生閱讀此類之科學圖像表徵上會有性別差異時，對其在學習科學圖像表徵時，就能有所補足及增強。

4. 培養學生的複雜的科學認識觀：由本研究結果發現，學生的科學認識觀與閱讀「表徵/關係圖」、「表徵/理論模式圖」、「組織/資料圖」、「解釋/概念圖」、「表徵/概念圖」、「表徵/景物圖」、「表徵/多元表徵圖」此類的科學圖像表徵是有相關的，具有越複雜的認識關的學生，其閱讀理解表現亦較佳。因此教師在教學設計時，能多融入與閱讀相關的科普書籍、科學史、科學新聞，或透過辯論與討論、實驗活動等教學方法，讓學生可以從中透過產生疑問、形成問題、探究實驗、討論來使學生的科學認識觀更為複雜，這樣對其在學習科學圖像表徵時，便能有所補足及增強。

二、對研究方向的建議

1. 本研究目前只探討現行國中理化教科書(力與壓力單元)之科學圖像表徵種類情形，未來可針對其他單元加以分析其科學圖像表徵種類情形。
2. 本研究指探討在力與壓力單元中，不同的科學圖像表徵種類、性別差異、科學認識觀與科學圖像表徵閱讀理解之關係，未來可針對其他單元加以分析其閱讀理解情形。

參考文獻

中文部分

黃幸美. (1995). 數理與科學教育的性別差異之探討. *婦女與兩性學刊*(6), 95-135.

英文部分

- Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Lederman, N. G. (1998). The nature of science and instructional practice: Making the unnatural natural. *Science Education*, 82(4), 417-436.
- Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (2000). Improving science teachers' conceptions of nature of science: a critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22(7), 665-701.
- Benbow, C. P., & Minor, L. L. (1986). Mathematically talented males and females and achievement in the high school sciences. *American Educational Research Journal*, 23(3), 425-436.
- Clark, J. M., & Paivio, A. (1991). Dual coding theory and education. *Educational psychology review*, 3(3), 149-210.
- Conley, A. M., Pintrich, P. R., Vekiri, I., & Harrison, D. (2004). Changes in epistemological beliefs in elementary science students. *Contemporary Educational Psychology*, 29(2), 186-204.
- Cook, M. P. (2006). Visual representations in science education: The influence of prior knowledge and cognitive load theory on instructional design principles. *Science Education*, 90(6), 1073-1091.
- Edmondson, K. M., & Novak, J. D. (1993). The interplay of scientific epistemological views, learning strategies, and attitudes of college students. *Journal of research in science teaching*, 30(6), 547-559.
- Hannus, M., & Hyönä, J. (1999). Utilization of illustrations during learning of science textbook passages among low-and high-ability children. *Contemporary Educational Psychology*, 24(2), 95-123.
- Hegarty, M., Carpenter, P. A., & Just, M. A. (1996). Diagrams in the comprehension of scientific texts.
- Hofer, B. K. (2001). Personal epistemology research: Implications for learning and teaching. *Educational psychology review*, 13(4), 353-383.
- Kizilgunes, B., Tekkaya, C., & Sungur, S. (2009). Modeling the relations among students' epistemological beliefs, motivation, learning approach, and achievement. *The Journal of educational research*, 102(4), 243-256.
- Kragten, M., Admiraal, W., & Rijlaarsdam, G. (2013). Diagrammatic literacy in

- secondary science education. *Research in Science Education*, 43(5), 1785-1800.
- Kuhn, D. (1991). *The skills of argument*: Cambridge University Press.
- Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of research in science teaching*, 29(4), 331-359.
- Lee, V. R. (2010). Adaptations and continuities in the use and design of visual representations in US middle school science textbooks. *International Journal of Science Education*, 32(8), 1099-1126.
- Liang, J.-C., Lee, M.-H., & Tsai, C.-C. (2010). The relations between scientific epistemological beliefs and approaches to learning science among science-major undergraduates in Taiwan. *The Asia-Pacific Education Researcher*, 19(1).
- Liang, J. C., & Tsai, C. C. (2010). Relational Analysis of College Science-Major Students' Epistemological Beliefs Toward Science and Conceptions of Learning Science. *International Journal of Science Education*, 32(17), 2273-2289.
- Maccoby, E. E., & Jacklin, C. N. (1974). *The psychology of sex differences* (Vol. 1): Stanford University Press.
- Mayer, R. E. (2002). Multimedia learning. *Psychology of Learning and Motivation*, 41, 85-139.
- McTigue, E. M. (2009). Does multimedia learning theory extend to middle-school students? *Contemporary Educational Psychology*, 34(2), 143-153.
- McTigue, E. M., & Flowers, A. C. (2011). Science visual literacy: Learners' perceptions and knowledge of diagrams. *The Reading Teacher*, 64(8), 578-589.
- Norman, R. R. (2012). Reading the graphics: what is the relationship between graphical reading processes and student comprehension? *Reading and Writing*, 25(3), 739-774.
- Olafson, L., & Schraw, G. (2006). Teachers' beliefs and practices within and across domains. *International Journal of Educational Research*, 45(1), 71-84.
- Paas, F. G., & Van Merriënboer, J. J. (1994). Instructional control of cognitive load in the training of complex cognitive tasks. *Educational psychology review*, 6(4), 351-371.
- Paivio, A. (1990). *Mental representations: A dual coding approach*: Oxford University Press.
- Roth, W.-M., & McGinn, M. K. (1998). Inscriptions: Toward a theory of representing as social practice. *Review of educational research*, 68(1), 35-59.
- Ryan, A. G., & Aikenhead, G. S. (1992). Students' preconceptions about the epistemology of science. *Science Education*, 76(6), 559-580.

- Sadker, M., Sadker, D., & Klein, S. (1991). The issue of gender in elementary and secondary education. *Review of research in education*, 269-334.
- Schommer, M. (1994). Synthesizing epistemological belief research: Tentative understandings and provocative confusions. *Educational psychology review*, 6(4), 293-319.
- Schraw, G., Olafson, L., & VanderVeldt, M. (2012). Epistemological Development and Learning. *Encyclopedia of the Sciences of Learning*, 1165-1168.
- Slough, S. W., McTigue, E. M., Kim, S., & Jennings, S. K. (2010). Science textbooks' use of graphical representation: A descriptive analysis of four sixth grade science texts. *Reading Psychology*, 31(3), 301-325.
- Songer, N. B., & Linn, M. C. (1991). How do students' views of science influence knowledge integration? *Journal of research in science teaching*, 28(9), 761-784.
- Spelke, E. S. (2005). Sex differences in intrinsic aptitude for mathematics and science?: a critical review. *American Psychologist*, 60(9), 950.
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive science*, 12(2), 257-285.
- Sweller, J., Van Merriënboer, J. J., & Paas, F. G. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational psychology review*, 10(3), 251-296.
- Tang, K. S. (2013). Out-of-School Media Representations of Science and Technology and their Relevance for Engineering Learning. *Journal of Engineering Education*, 102(1), 51-76.
- Tsai, C.-C., Jessie Ho, H. N., Liang, J.-C., & Lin, H.-M. (2011). Scientific epistemic beliefs, conceptions of learning science and self-efficacy of learning science among high school students. *Learning and Instruction*, 21(6), 757-769.
- van Eijck, M., Goedhart, M. J., & Ellermeijer, T. (2011). Polysemy in the domain-specific pedagogical use of graphs in science textbooks: the case of an electrocardiogram. *Research in Science Education*, 41(1), 1-18.
- Vekiri, I. (2002). What is the value of graphical displays in learning? *Educational psychology review*, 14(3), 261-312.
- Yeh, Y. F. Y., & McTigue, E. M. (2009). The frequency, variation, and function of graphical representations within standardized state science tests. *School Science and Mathematics*, 109(8), 435-449.

附錄一

科學圖像表徵理解問卷

組織/資料圖

彈簧原長 $L_0 =$ 公分				
次數	砝碼重量 F (gw)	彈簧長度 (cm)	伸長量 ΔX (cm)	F 與 ΔX 的比值 $\frac{F}{\Delta X}$
1		$L_1 =$	$L_1 - L_0 =$	
2		$L_2 =$	$L_2 - L_0 =$	
3		$L_3 =$	$L_3 - L_0 =$	
4		$L_4 =$	$L_4 - L_0 =$	
5		$L_5 =$	$L_5 - L_0 =$	
6		$L_6 =$	$L_6 - L_0 =$	

1. 下列有關此表格的敘述何者**正確**？

1. 利用伸長量來測量砝碼重量的大小
2. 利用彈簧長度來測量砝碼重量的大小
3. 利用 F 與 ΔX 的比值來測量砝碼重量的大小

木塊重量 = gw			
不同接觸面時所需的拉力 接觸面上承受的力	木塊開始移動時彈簧秤的讀數 (gw)		
	桌面上	砂紙上	玻璃板上
木塊重			
木塊重 + 50 gw 的砝碼重			
木塊重 + 100 gw 的砝碼重			
相同木塊，不同接觸面積			

2. 下列有關此表格的敘述何者**不正確**？

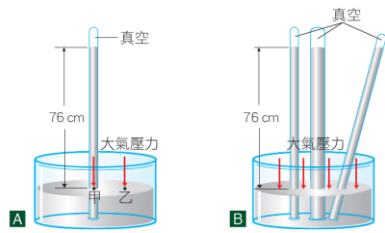
1. 在不同接觸面上，拉動木塊所需的拉力
2. 在相同接觸面積上，拉動木塊所需的拉力
3. 在木塊上加不同砝碼重，拉動木塊所需的拉力

(塑膠圓筒+圓柱體重量) $W_0 =$ gw，圓柱體的體積 = cm^3			
彈簧秤讀數 W (gw)	彈簧秤上讀數的差值， $W_0 - W$ (gw)	排開水的體積 V (cm^3)	排開水的重量 $V \times 1$ (gw)
步驟 3			
步驟 4			
步驟 5			
步驟 6			
步驟 7			

3. 下列有關此表格的主要目的何者**正確**？

1. 探討物體在水中彈簧秤上讀數(W)與排開水的重量的關係
2. 探討物體在水中彈簧秤上讀數的差值($W_0 - W$)與彈簧秤讀數(W)的關係
3. 探討物體在水中彈簧秤上讀數的差值($W_0 - W$)與排開水的重量的關係

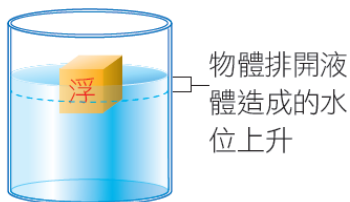
表徵/概念圖



4.下列有關此圖的敘述何者**不正確**？

- 1.管內水銀柱垂直高度和傾斜角度無關
- 2.管內水銀柱垂直高度和管子粗細有關
- 3.管外的大氣壓力大小等於管內 76 公分水銀柱高度

$$B_{\text{浮}} = V_{\text{排}} \times d_{\text{液}} = \text{空氣中的物重}$$



5.下列有關此圖的敘述何者**不正確**？

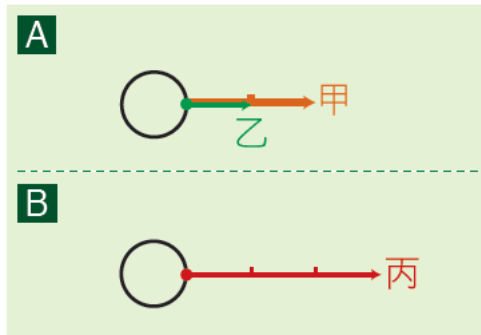
- 1.浮體的浮力等於物體在空氣中的重量
- 2.浮體的浮力等於排開液體的體積乘以液體密度
- 3.浮體的浮力等於物體的體積乘以液體密度



6.下列有關此圖的敘述何者**正確**？

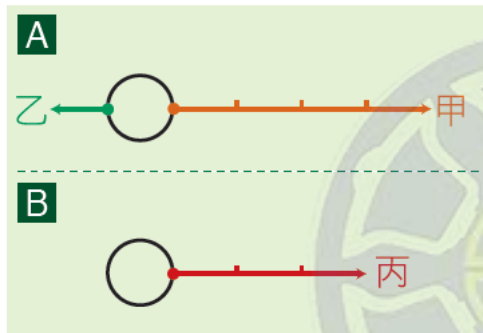
- 1.物體推不動時，表示推力和靜摩擦力大小相等、方向相反
- 2.物體推不動時，表示推力和動摩擦力大小相等、方向相反
- 3.物體推不動時，表示推力和反作用力大小相等、方向相反

解釋/概念圖



7.下列有關此圖的敘述何者**正確**？

- 1.丙力=甲力+乙力，且方向不同
- 2.丙力=甲力-乙力，且方向相同
- 3.丙力=甲力+乙力，且方向相同



8.下列有關此圖的敘述何者**正確**？

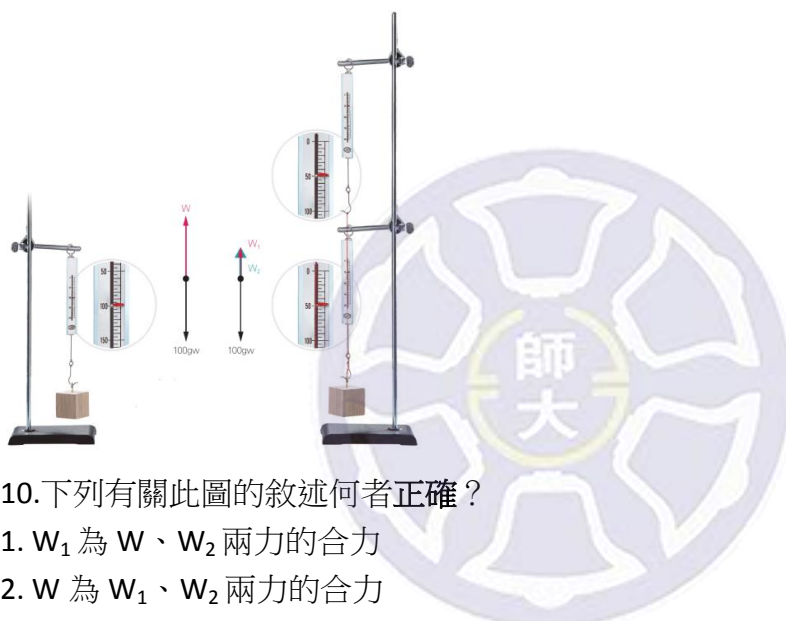
- 1.丙力=甲力-乙力
- 2.丙力=甲力+乙力
- 3.丙力=乙力-甲力

表徵/多元表徵圖



9. 下列有關此圖的敘述何者不正確？

1. 作用在同一靜止物體上的甲、乙兩力未達成平衡
2. 中間金屬環所受的合力為零
3. 甲、乙兩力大小相等、方向相反，且在同一直線上



10. 下列有關此圖的敘述何者正確？

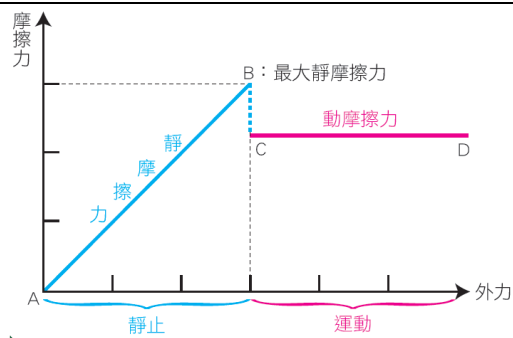
1. W_1 為 W 、 W_2 兩力的合力
2. W 為 W_1 、 W_2 兩力的合力
3. W_2 為 W 、 W_1 兩力的合力



11. 下列有關此圖的敘述何者正確？

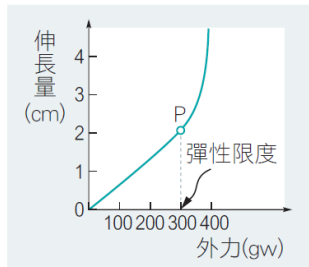
1. 吸盤外壓力小於吸盤內壓力，將吸盤緊壓於牆上
2. 吸盤外壓力等於吸盤內壓力，將吸盤緊壓於牆上
3. 吸盤外壓力大於吸盤內壓力，將吸盤緊壓於牆上

表徵/關係圖



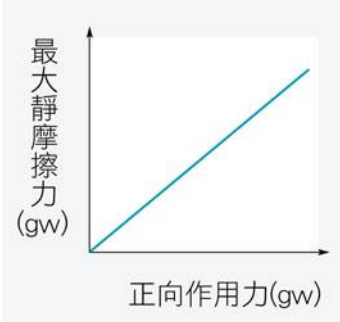
12. 下列有關此圖的敘述何者不正確？

1. 當物體靜止時，外力與靜摩擦力大小相等
2. 當外力增加時，動摩擦力也會增加
3. 當物體開始運動時，動摩擦力大致維持一個固定值



13. 下列有關此圖的敘述何者正確？

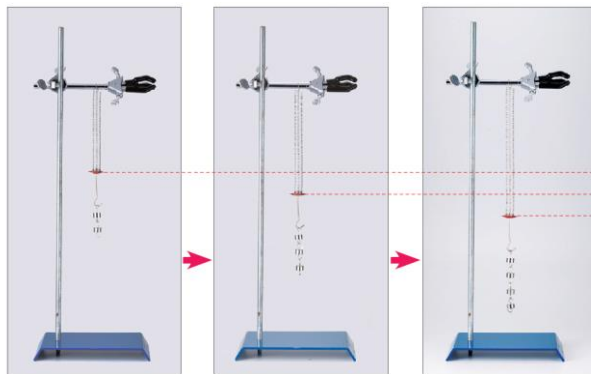
1. 不論彈性限度，外力與伸長量的比值皆為一定值
2. 彈性限度內，外力和伸長量成正比
3. 彈性限度外，外力和伸長量成正比



14. 下列有關此圖的敘述何者不正確？

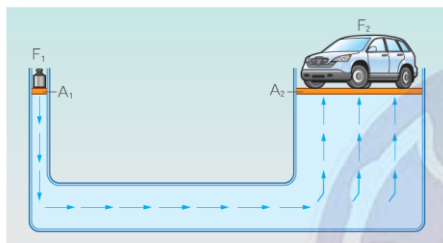
1. 正向作用力與最大靜摩擦力成反比
2. 正向作用力愈大，最大靜摩擦力也愈大
3. 最大靜摩擦力與正向作用力成正比

表徵/理論模式圖



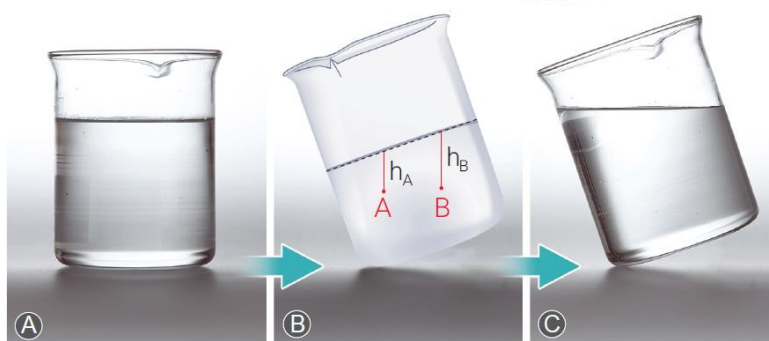
15. 下列有關此圖的敘述何者**不正確**？

1. 彈性限度內，彈簧遵守虎克定律
2. 彈簧受力後，長度成規律的變化
3. 彈簧受力後，伸長量成規律的變化



16. 下列有關此圖的敘述何者**不正確**？

1. 小活塞施力 F_1 與大活塞支撐力 F_2 大小相等
2. 壓力會以同樣大小傳遞到液體各部分
3. 此圖呈現帕斯卡原理



17. 下列有關此圖的敘述何者**不正確**？

1. 靜止液體的表面必為水平面
2. 在B圖中，B點的壓力小於A點的壓力
3. 此圖呈現連通管原理

表徵/人物圖



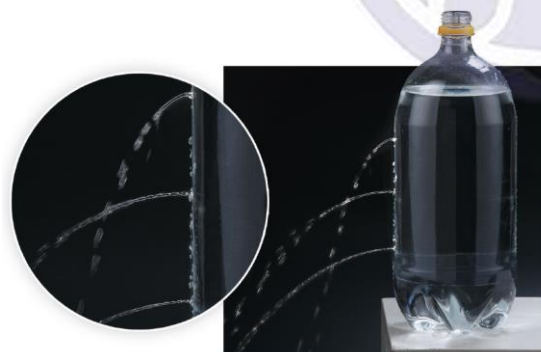
18. 下列有關此圖的敘述何者正確？

1. 海綿的凹陷程度與受力面積有關
2. 海綿的凹陷程度與水量多寡有關
3. 海綿的凹陷程度與正向力大小有關



19. 下列有關此圖的敘述何者正確？

1. 當熱氣球所受的浮力等於物重，熱氣球開始向上飄升
2. 當熱氣球所受的浮力大於物重，熱氣球開始向上飄升
3. 當熱氣球所受的浮力小於物重，熱氣球開始向上飄升



20. 下列有關此圖的敘述何者正確？

1. 愈接近瓶底的小孔，液體密度愈大
2. 液體壓力方向和瓶壁互相平行
3. 愈接近瓶底的小孔，液體壓力愈大

附錄二

科學認識觀問卷

年級：_____年_____班_____號 性別：

親愛的同學您好：

本問卷是用來瞭解你對科學的觀點，請先確實填寫基本資料，並仔細閱讀各部份作答說明後開始填寫。您珍貴的協助將使本研究得以順利完成，衷心感謝您寶貴的意見！請用下列的指標（1，2，3，4，5，6）來代表你對以下所有陳述的意見。

題 目	你的同意程度				
	非常同意	同意	的程度差不多	不同意	非常不同意
1.科學家們所說的，每個人都要相信。	5	4	3	2	1
2.你必須要相信自然課本中對於科學所提到的相關內容。	5	4	3	2	1
3.在上自然課時，老師所說的一切都是對的。	5	4	3	2	1
4.如果你在自然課本中讀到一些科學相關的內容，你可以確定的是這些內容是對的。	5	4	3	2	1
5.在科學中，只有科學家們知道如何確定什麼是對的。	5	4	3	2	1
6.科學上的所有問題都有一個正確的答案。	5	4	3	2	1
7.從事科學研究最重要的就是想出那一個唯一正確的答案。	5	4	3	2	1
8.關於科學的一切，科學家們瞭解的已經非常多了；並沒有很多是需要他們再去瞭解的。	5	4	3	2	1
9.科學知識總是對的。	5	4	3	2	1
10.一旦科學家們從實驗中得到一個結果，這個結果應該是唯一的解答。	5	4	3	2	1
11.對於科學中已經被認為是對的部分，科學家們總是會同意。	5	4	3	2	1
12.在科學中，有一些現在的科學想法跟過去科學家們所想的不一樣。	5	4	3	2	1
13.科學課本中的想法有時候會改變。	5	4	3	2	1
14.有一些科學上的問題甚至連科學家們都沒有辦法回答。	5	4	3	2	1
15.科學上的想法有時候會改變。	5	4	3	2	1
16.新的科學發現可能會改變科學家們認為是對的事物。	5	4	3	2	1
17.有時候科學家們會改變他們原來認為是對的想法。	5	4	3	2	1
18.如何從事科學實驗的想法通常來自於科學家們的好奇以	5	4	3	2	1

及思考自然中事物是如何運作的。					
19.科學家們可能不只只有一種方式可以測試他們的想法。	5	4	3	2	1
20.從科學實驗中想出一些新的想法來解釋自然中事物是如何運作的是科學中很重要的一個部分。	5	4	3	2	1
21.最好可以重覆同樣的科學實驗以確定實驗的結果是不是正確的。	5	4	3	2	1
22.科學中一些很好的想法可能來自於每一個人，而不是只來自科學家們而已。	5	4	3	2	1
23.做實驗是確定一個科學想法對不對的好方法。	5	4	3	2	1
24.對於科學的問題而言，一個好的答案通常是根據許多不同科學實驗所得到的證據而來的。	5	4	3	2	1
25.在科學中，好的想法可以是來自於我們自己所提出的問題和自己做的實驗。	5	4	3	2	1
26.我認為最好在開始做科學實驗前先有一個自己的想法。	5	4	3	2	1

