

# 運用眼球追蹤技術探討國小教師對熱傳遞概念之研究

學生：徐國銘

指導教授：余曉清教授

國立交通大學理學院網路學習學程碩士班

## 摘 要

本研究使用熱傳遞相關概念之多媒體動畫，並以眼球追蹤技術(Eye-Tracking System)比較不同學科背景之教師在觀看熱傳遞教學動畫時眼球凝視次數(fixation number)、停留時間(duration)與凝視路徑(scanpath)是否有差異，在實驗前後以訪談的方式了解不同學科背景教師對於熱傳遞概念的差異情形。

研究對象為新竹市、苗栗縣的現職國小教師，依研究設計分為科學相關學系與非科學相關學系兩組，科學相關學系 19 人與非科學相關學系 21 人進行「熱傳遞概念」主題的前、後測訪談與眼球追蹤分析。

研究結果顯示不同學科背景教師教學前的熱傳遞概念有顯著差異，科學相關學系教師熱傳遞相關概念明顯優於非科學相關學系教師，而教學後兩組教師熱傳遞概念都顯著優於教學前，表示動畫教學有助於熱傳遞概念的建立。不同學科背景教師的Eye-Tracking資料其所注視文字與動畫時間的比例是有顯著差異，科學相關學系畢業的教師比較注意動畫，而非科學相關學系畢業教師注意動畫與文字的比例大致相同，而在文字區與動畫區的凝視點平均時間兩組教師沒有太差的差異。另外，研究發現不論科學或非科學教師其眼球注意力分佈與其概念之建構有密切的關係。

關鍵字：熱傳遞、眼球追蹤技術、國小教師

# Using Eye-Tracking System Investigates the Elementary School Teachers' Concept of the Heat Transfer

Students: Kuo-Ming Hsu

Advisor: Hsiao-Ching She

National Chiao Tung University College of Science Degree program of E-learning

## ABSTRACT

This research used the concept of the Heat Transfer of Multimedia Animation, and using Eye-Tracking System compared the diversity of the fixation number, duration and scanpath of the teachers with interdepartmental backgrounds watching multimedia animation. During the experiment, it also used the in-depth interviews to appreciate the different concepts of the heat transfer from the teachers with interdepartmental backgrounds.

There were 40 teachers were chosen as participants from the elementary schools in Hsinchu city and Miaoli county. These participants were divided into two groups (19 teachers with non-science background and 21 teachers with non-science background) to have in-depth interviews and use Eye-Tracking System to analyze the movements of eye balls.

The result showed there were obvious differences between the teachers with science background and the teachers with non-science background; the teachers with science background had greatly concept of the heat transfer. Nevertheless, after Multimedia Animation teaching, there was a significant progress, which meant Multimedia Animation was helpful for building on the heat transfer. The data of the interdepartmental teachers' Eye-Tracking indicated there were obvious differences on looking at the letters and watching multimedia animation. The teachers with science background more focused on multimedia animation; however, the teacher with non-science background had the similar percentage on paying attention to multimedia animation and the letters, and both these groups had no differences on staring time at multimedia animation and letters. Moreover, this research found there was a correlative relationship between the eye-ball attention and the conceptual formation of the teachers with interdepartmental backgrounds.

Key words: Heat Transfer, Eye-Tracking System, Elementary School Teacher

## 誌 謝

在交通大學進修的日子中，印象最深的莫過於撰寫論文的這段時間，本篇論文的完成，首先要感謝指導教授 佘曉清教授這一年多耐心的指導，也感謝口試委員莊祚敏教授及官英華教授細心的審閱與指正，使論文更臻完善，在此由衷的感謝。

另外研究期間很多的困難與瓶頸，因為有許多的親朋好友給予鼓勵與協助，才能一一克服，感謝一起研究的伙伴金成、姿津、怡仁、格瑜，及參與實驗的所有受試者，還有我任職的龍坑國小校長、主任、老師們的關心與協助，最後謝謝給我無限支持的太太沛珊以及我親愛的家人，有你們的支持我才能完成學業，在此將畢業的喜悅、榮耀與你們分享。



# 目次

中文摘要 .....	I
英文摘要 .....	II
誌謝 .....	III
目次 .....	IV
表次 .....	VIII
圖次 .....	X
第一章 緒論 .....	1
第一節 研究背景及動機.....	1
第二節 研究目的與研究問題.....	4
一、研究目的.....	4
二、研究問題.....	4
第三節 名詞釋義.....	6
一、國小教師.....	6
二、熱傳遞概念.....	6
三、眼球追蹤系統 (Eye-Tracking System) .....	6
四、動畫 (animation).....	6
五、注意力(attention).....	7
六、迷思概念 (misconceptions) .....	7
七、概念改變(conceptual change).....	7
第四節 研究範圍與限制.....	8
一、研究範圍：.....	8
二、研究限制：.....	8
第二章 文獻探討 .....	9
第一節 熱傳遞的基本概念.....	9

一、熱之本質與特點.....	9
二、與「熱傳遞」相關的科學概念之定義.....	10
三、「熱傳遞」相關的迷思概念.....	13
第二節 文字與動畫之相關研究.....	16
一、動畫 (animation)的定義.....	16
二、文字與動畫相關研究.....	17
第三節 眼球追蹤系統之應用與相關教育研究.....	20
一、眼球運動與眼球追蹤的基本理論概要.....	20
二、眼球追蹤(Eye-tracking)技術的應用.....	22
三、眼球追蹤(Eye-tracking)技術的相關研究.....	23
第三章 研究方法.....	24
第一節 研究對象.....	24
第二節 研究設計.....	25
一、自變項：不同背景之國小教師.....	26
二、依變項：研究數據.....	26
第三節 研究流程.....	27
第四節 研究工具.....	29
一、熱傳遞訪談題目.....	29
二、實驗影片與教學動畫.....	29
三、訪談評分表.....	32
四、眼球追蹤技術.....	32
第五節 資料分析.....	36
一、T 考驗 (T-test).....	36
二、單因子共變數分析 (One-Way ANCOVA).....	36
三、Pearson相關分析.....	36
第四章 研究結果與討論.....	37

第一節 教學前不同背景國小教師之熱傳遞概念分析.....	37
一、教學前不同背景國小教師熱傳遞概念之得分情形.....	37
二、教學前不同學科背景教師之熱傳遞概念T考驗分析.....	37
三、教學前不同背景國小教師訪談評分之熱傳遞相關概念的得分情形 .....	38
第二節 教學後國小教師之熱傳遞概念分析.....	40
一、教學後不同背景國小教師之熱傳遞概念.....	40
二、教學後不同背景國小教師之熱傳遞概念成對樣本T檢定.....	40
三、教學後不同學科背景教師之熱傳遞概念單因子共變數分析.....	41
四、比較教學前後不同背景國小教師訪談評分之熱傳遞概念.....	42
五、「熱傳遞概念」教學前、後之差異。.....	43
第三節 不同學科背景教師之「熱傳導概念」與眼球追蹤資料分析.....	45
一、不同學科背景教師熱傳導動畫眼球追蹤資料之T考驗分析.....	45
二、不同學科背景教師熱傳導動畫眼球追蹤資料之凝視路徑分析.....	48
三、「熱傳導概念」教學前、後之差異.....	49
第四節 不同學科背景教師之「熱對流概念」與眼球追蹤資料分析.....	53
一、不同學科背景教師熱對流動畫眼球追蹤資料之T考驗分析.....	53
二、不同學科背景教師熱對流動畫眼球追蹤資料之凝視路徑分析.....	56
三、「熱對流概念」教學前、後之差異.....	57
第五節 不同學科背景教師之「熱輻射概念」與眼球追蹤資料分析.....	61
一、不同學科背景教師熱輻射動畫眼球追蹤資料之T考驗分析.....	61
二、不同學科背景教師熱輻射動畫眼球追蹤資料之凝視路徑分析.....	64
三、「熱輻射概念」教學前、後之差異.....	65
第六節 教學後訪談評分與眼球追蹤資料之相關分析.....	68
一、科學相關學系教師眼球追蹤資料與後測總分之Pearson相關分析 .....	69

二、非科學相關學系教師眼球追蹤資料與後測總分之Pearson相關分析	69
第五章 結論與建議	71
第一節 結論	71
一、教學前不同背景國小教師之熱傳遞概念分析	71
二、教學後國小教師之熱傳遞概念分析	72
三、不同學科背景教師之「熱傳導概念」與眼球追蹤資料分析	73
四、不同學科背景教師之「熱對流概念」與眼球追蹤資料分析	74
五、不同學科背景教師之「熱輻射概念」與眼球追蹤資料分析	75
六、教學後訪談評分與眼球追蹤資料之相關分析	77
第二節 建議	78
一、對教育單位的建議	78
二、對未來研究者的建議	78
參考文獻	80
一、中文部分	80
二、英文部分	83
附錄一：熱傳遞概念訪談評分表	88



# 表 次

表 2-2-1：文字與動畫之實驗室相關研究結果.....	18
表 3-1-1：基本資料次數分配表.....	24
表 3-4-1：熱傳遞訪談題目.....	29
表 4-1-1：教學前不同背景國小教師熱傳遞概念之得分統計表.....	37
表 4-1-2：不同背景國小教師熱傳遞概念得分與 T 考驗分析摘要表.....	38
表 4-1-3：不同背景國小教師熱傳遞概念之各題得分摘要表.....	39
表 4-2-1：教學後不同背景國小教師熱傳遞概念之得分統計表.....	40
表 4-2-2：不同背景國小教師熱傳遞概念成對樣本 T 檢定摘要表.....	41
表 4-2-3：不同背景國小教師熱傳遞概念得分與變異數分析摘要表.....	41
表 4-2-4：不同背景國小教師教學前後熱傳遞概念之各題得分摘要表.....	42
表 4-2-5：教學前後之「熱傳遞概念」得分摘要表.....	43
表 4-2-5：教學前後之「熱傳遞概念」得分摘要表（續）.....	44
表 4-3-1：不同學科背景教師熱傳導眼球追蹤資料 T 考驗摘要表.....	47
表 4-3-2：教學前後之「熱傳導概念」得分摘要表.....	50
表 4-3-2：教學前後之「熱傳導概念」得分摘要表（續）.....	51
表 4-4-1：不同學科背景教師熱對流眼球追蹤 T 考驗分析摘要表.....	55
表 4-4-2：教學前後之「熱對流概念」得分摘要表.....	58
表 4-4-2：教學前後之「熱對流概念」得分摘要表（續）.....	59



表 4-5-1：不同學科背景教師熱輻射眼球追蹤 T 考驗分析摘要表.....	63
表 4-5-2：教學前後之「熱輻射概念」得分摘要表.....	66
表 4-6-1：科學相關學系教師眼球追蹤與後測總分之 Pearson 相關矩陣.....	69
表 4-6-2：非科學相關學系教師眼球追蹤與後測總分之 Pearson 相關矩陣.....	70



# 圖 次

圖3-1	：研究架構圖.....	25
圖3-2	：研究流程圖.....	28
圖3-3	：熱傳導實驗影片擷取圖.....	30
圖3-4	：熱對流實驗影片擷取圖.....	30
圖3-5	：熱輻射實驗影片擷取圖.....	30
圖3-6	：熱輻射實驗影片擷取圖.....	31
圖3-7	：熱傳導動畫擷取圖.....	31
圖3-8	：熱對流動畫擷取圖.....	31
圖3-9	：熱輻射動畫擷取圖.....	32
圖3-10	：眼球追蹤系統裝置.....	33
圖3-11	：螢幕與CCD架構圖.....	33
圖3-12	：CCD影像處理原理圖.....	34
圖3-13	：凝視路徑示意圖.....	35
圖4-1	：熱傳導動畫「文字區」、「動畫區」示意圖.....	45
圖4-2	：科學相關學系教師熱傳導動畫單元之凝視路徑示意圖.....	48
圖4-3	：非科學相關學系教師熱傳導動畫單元之凝視路徑示意圖.....	49
圖4-4	：熱對流動畫「文字區」、「動畫區」示意圖.....	53
圖4-5	：科學相關學系教師熱對流動畫單元之凝視路徑示意圖.....	56

圖4-6：非科學相關學系教師熱對流動畫單元之凝視路徑示意圖.....57

圖4-7：熱輻射動畫「文字區」、「動畫區」示意圖.....61

圖4-8：科學相關學系教師熱輻射動畫單元之凝視路徑示意圖.....64

圖4-9：非科學相關學系教師熱輻射動畫單元之凝視路徑示意圖.....65

圖4-10：熱對流動畫「動畫a」、「動畫b」、「動畫c」示意圖.....68



# 第一章 緒論

本章共分為四節，主要說明本研究的背景及動機、研究的目的、重要的名詞釋義以及本研究的範圍和限制。

## 第一節 研究背景及動機

處在現今知識爆炸的二十一世紀，世界各國為了厚植國力、增加國家競爭力，無不致力於教育改革以提高人力素質為其共同策略之一（何福田、羅瑞玉，民84；吳清基，民83）。就我國而言，自1994年以來即進行一連串的教育改革，包括開放教材、廢除聯考、多元入學方案及九年一貫課程的實施。九十學年度實施的九年一貫課程特別重視國民教育階段基本能力的培養，期望以探究和實作的方式，不只培養學生科學知識的獲得，同時具備探究、處理問題的能力，能夠與人溝通表達、團隊合作和和諧相處，養成良好的科學態度和愛護自然的情操（教育部，民90）。在這一連串的教育改革中，教師素質是學校內影響學生學習成就的最重要因素，而現代的教師在面對轉變迅速的社會，知識呈現立即、個別、零碎、快速退化的現象，教師需要具有終身學習的理念，形成學習型的組織，不斷追求專業發展，方能因應知識的快速變遷（顏慶祥，民87）。且教師所具備的學科知識將影響其教學方向，不論在選擇教材、教學策略或在評量學生學習成效上，都與教師對學科知識的瞭解息息相關。

另一方面，不少研究結果顯示，教師的力量是影響課程實施能否成功的主要因素（Anderson,1995,1996;Fullan,1991;Hall,1991），國內學者周麗玉曾指出：教師是達成教育目標的關鍵，無論課程標準的規劃、設計或是教材的發展如何成功，如果沒有教師的落實施教，則教育目標的實現就如緣木求魚（國立編譯館通訊，民86）。因此由教師的角度來探討此議題，實為一個重要課題。

近年來網際網路（Internet）的盛行，資訊科技的進步，身為知識傳授者的教師們，愈來愈不能滿足於傳統的紙本教學方式，進而取材自多媒體教學，因此更突顯多媒體學習之重要性。在各種不同的學習活動中，運用五種感官的情形各不

相同，但可歸納為視覺佔百分之七十、聽覺佔百分之十七、觸覺佔百分之八、其餘為嗅覺及味覺（洪榮昭，民81）。多媒體電腦輔助學習整合了文字、圖片、聲音、動畫、及影像傳送訊息的技術，其最主要的特色的是高度的互動性。如此之多媒體電腦輔助學習兼具多媒體及電腦輔助教學之特性，可以使學生的學習更充分地運用到五種感官的功能，達到輔助學習以及學習印象深刻之功效。

根據卡內基美農大學之研究顯示：人類知識的來源有80%經由視覺而來，但僅能保存11%；來自聽覺的部分較少，唯存留比例較大。兩者綜合應用之時，則保存率可提高至50%。因此，在多媒體的設計過程中，若能善用聽覺及視覺的感官刺激，相信對學習成效會有正面的提升（李勝富等人，民85）。但在琳瑯滿目的多媒體系統學習光碟，以及各式各樣的多媒體輔助教材，皆顯示了教材設計者整合文字、圖片、聲音、及動畫等資訊呈現方式，以求產生炫麗的聲光效果，期能提升學習者之學習成效的苦心。然而，多媒體的組合真的能產生較佳的學習成效嗎？陳彙芳（民88）由認知學習觀點的角度來探討認知負荷對多媒體電腦輔助學習的影響，研究結果發現，若多媒體資訊的使用集中在感官刺激時，則過於豐富的媒體組合反而會造成學習者認知上的負擔，進而損害了其學習效果。因此如何有效地應用多媒體以幫助教學，以達到最好的學習品質，是我們所關切的。

Mayer & Anderson（1992）以圖片和文字說明組合的研究中有相同的看法，他認為當圖片和文字說明放在同一頁，其學習效果比不同頁好。Paivio（1986）從許多研究實驗當中發現，當學習者回想時，對文字加圖片的回想能力優於只有文字的回想。Woodward（1993）也認為只有提供插圖和文字之間強而有力的連結（link）才能輔助讀者建立文字性和視覺化資訊的認知相關性，產生觀念的學習。因此本研究採用文字搭配圖片的觀點著手製作教學動畫，主要的目的是以自然科學領域中「熱傳遞概念」為例，使用訪談與眼球追蹤系統（Eye-Tracking System）為工具，探討具有科學教育背景之教師與非科學教育教師對熱傳遞的概念建構以及其對於動畫與文字的注意力之分佈，進行深入之探討。而楊馥華（民95）指出國內有關教師的研究因為樣本數少，取樣不易，難以大量抽樣施測，且

施測耗時又耗力，所以有關教師的概念研究極少。故希望本研究結果能釐清科學概念建構與注意力之間的複雜關係，以提供未來師資培育機構或日後教師在職進修時教材選用、製作之參考。



## 第二節 研究目的與研究問題

本研究一方面藉由訪談國小教師，了解國小具有自然科學背景教師與非具有自然科學背景教師對熱傳遞概念的理解。另一方面，則利用眼球追蹤系統（Eye-Tracking System）來探究國小教師在進行動畫學習時，其動畫與文字的注意力分佈與概念建構之間的關係，並綜合研究結果提出相關建議。

### 一、研究目的

本研究之研究目的有下列幾項：

1. 比較不同學科背景的國小教師，對熱傳遞相關概念的理解是否有差異。
2. 瞭解不同背景之教師在熱傳遞動畫學習時注意力分佈是否有差異。
3. 瞭解熱傳遞動畫教學是否有助於概念建構。
4. 探討動畫學習時其凝視區域、次數、時間與熱傳遞概念建構是否有關聯。



### 二、研究問題

本研究之研究問題如下：

1. 不同學科背景的國小教師，對熱傳遞相關概念的理解是否有差異。
  - 1-1 不同學科背景之國小教師教學前的熱傳導概念是否有差異？
  - 1-2 不同學科背景之國小教師教學前的熱對流概念是否有差異？
  - 1-3 不同學科背景之國小教師教學前的熱輻射概念是否有差異？
2. 瞭解不同背景之教師在熱傳遞動畫學習時注意力分佈是否有差異。
  - 2-1 不同學科背景之國小教師在進行熱傳導動畫學習時注意力分佈是否有差異？
  - 2-2 不同學科背景之國小教師在進行熱對流動畫學習時注意力分佈是否有差異？
  - 2-3 不同學科背景之國小教師在進行熱輻射動畫學習時注意力分佈是否有差異？

異？

3. 瞭解熱傳遞動畫教學是否有助於概念建構。

3-1 了解熱傳導動畫教學是否有助於熱傳遞概念之建構？

3-2 了解熱對流動畫教學是否有助於熱傳遞概念之建構？

3-3 了解熱輻射動畫教學是否有助於熱傳遞概念之建構？

4. 探討動畫學習時其凝視區域、次數、時間與熱傳遞概念建構是否有關聯。





### 第三節 名詞釋義

#### 一、 國小教師

所謂國小教師，是指依據師資培育法規定取得正式資格，且在公立國民小學任職之合格教師，包括教師兼主任，教師兼組長、導師、各專任教師及聘期在一年以上之代理教師。

#### 二、 熱傳遞概念

本研究所指熱傳遞概念是以陳龍英,徐璞,郭明賢(民91)所著*物理學*上冊中牽涉粒子、原子、電子之熱傳遞概念，包含「傳導」、「對流」、「輻射」等相關概念，並以此為根據製作教學動畫、訪談題目、訪談評分表。

#### 三、 眼球追蹤系統 (Eye-Tracking System)

「眼球追蹤系統」(Eye-tracking System)，是一種可以偵測人類眼睛注視方向的系統，根據瞳孔中心位置，計算人類眼睛視線的方向為何，藉由偵測人類眼睛視線，可以明確顯示使用者感興趣的地方。眼球追蹤系統同時也是一套分析眼球移動軌跡與瞳孔尺寸大小的記錄器（邱國鈞，民95）。

#### 四、 動畫 (animation)

動畫是一連串靜態畫面或圖片，以很快的速度連續展示，因圖片些微的差異造成動態的效果（范懿文，陳彙芳，民89）。Park（1998）指出動畫具有以下特性：

1. 吸引與引導讀者。
2. 能具體描述具有動作（motion）與軌線（trajectory）的事物。例如牛頓定律。

3. 能解釋複雜的概念或現象，例如系統的結構以及組成分子間的關聯。

因此，本研究將動畫定義為低互動的多媒體，單面向以動態圖像與文字的方式讓受試者瀏覽學習，輔以簡單的元件控制進入下一階段動畫。

## 五、注意力(attention)

本研究所稱的注意力是指精神投注在特定資訊項目上，這些特定項目進行到我們的意識中時，會引起我們對定項目的注意，然後我們便決定是否採取行動。(Davenport & Beck, 2002) 注意力的過程是個體從外界輸入訊息中，選擇重要的訊息和排除不重要訊息的功能，以至於環境中所有的刺激，不可能完全被接受，也會忽略某些刺激。

## 六、迷思概念 (misconceptions)

學習者知識的建立是來自於學習者本身的先備知識(prior knowledge)與學習情境互動所產生的結果(Matthews, 1994; Yager, 1991; 郭重吉, 民77)。因此當學生以其原有的知識來解釋自然科學現象，提出屬於他個人的一套看法，如果此看法異於一般公認的科學概念或課本上的知識，則將此想法稱為『迷思概念 (misconception)』(郭重吉, 民78)，楊文金 (民72) 認為迷思概念是在某情境中，個體所賦予某概念 (或符號) 的意義或想法。因此，在不同情境中，相同的概念 (或符號) 對於不同的個體可以有不同的意義。

## 七、概念改變(conceptual change)

廣義的概念改變包含了概念建構與重建 (conceptual construction & reconstruction)。學習者的概念架構會隨著自身的心智發展、周圍環境的刺激或生活經驗累積等因素，促使其認知結構出現分化和統整的現象。可能是概念的從無到有、概念的修正、甚至概念轉移與重建等，都可稱之為「概念改變」。

## 第四節 研究範圍與限制

### 一、 研究範圍：

#### (一) 研究對象

本研究的對象是新竹市、苗栗縣的40位國小現職教師。其中科學相關科系畢業教師19名，非科學相關科系畢業教師21名。

#### (二) 研究內容

研究內容之熱傳遞概念是以大學物理學中牽涉粒子、原子、電子之熱傳遞概念，以動畫及訪談為題為主，因研究對象為國小教師，故不涉及其他艱深的概念。

### 二、 研究限制：

(一) 範圍的限制：本研究基於人力、時間的因素，研究結果僅限於新竹市、苗栗縣國民小學，不適宜推論至其他地區。

(二) 樣本的限制：本研究的對象是新竹市、苗栗縣的國小現職教師，由於國民小學的編制人數不多國小教師除了教學以外，還必須擔任許多行政工作，降低參與研究的意願。而且研究工具之眼球追蹤系統（Eye-Tracking System）無法搬移至校園內，必須至交通大學進行研究的交通限制，因此難以大量取樣，在樣本有限的情況下，分析時難免增加誤差。

(三) 工具的限制：本研究所使用的工具眼球追蹤系統（Eye-Tracking System），因國小教師近視的比率很高，配戴眼鏡或隱形眼鏡的情形非常普遍，而在進行眼球追蹤的研究時增加了追蹤的困難，也增加了分析的誤差。

## 第二章 文獻探討

本章旨在探討與本研究相關之文獻。全章共分三節，第一節探討熱傳遞的基本概念；第二節探討文字與動畫之相關研究；第三節探討眼球追蹤技術之應用與相關教育研究。

### 第一節 熱傳遞的基本概念

#### 一、熱之本質與特點

在科學史上，關於熱的本質問題，存在著熱動說與熱質說的長期爭論。熱是一種物質亦或是一種運動，為其爭論的主題。學生在熱學概念學習上與熱本質的概念息息相關。對於熱本質的認知將造成學生對熱學相關概念的不同解釋。

中外古代思想家都將「熱」視為一種「火」元素，因此是一種物質。隨著近代科學的產生與發展，古希臘原子論的思想得到復興，當然影響到人們對熱之本質的理解。近代許多科學家把熱當成是一種物質，由特殊的「冷」原子和「熱」原子所構成。這種觀點符合原子論的基本思想，而且以其簡單性和直觀性容易為人們所接受（董春雨，民 87）。

16 世紀的科學家培根以非傳統思辨的實驗方法來研究「火與熱」之間的關係，概括指出熱有以下特點：（一）熱是一種擴大的運動，它可以使物體膨脹；（二）熱是一種上升運動，熱向上傳導；（三）熱不是整個物體一起均勻運動，而是物體較小部分的運動；（四）熱是一種較快的分子運動。他明確表示要排斥熱是某種事物中存在的某種東西的觀念，及反對後來提出的熱質說觀念（林德宏，民 86）。

熱動說再次引起關注是倫福德（1753-1814）以一個十分具有說服力的實驗來說明熱不可能是一種物質。他從摩擦生熱的事實中領悟到「摩擦所產生的熱顯然是無窮無盡的，無須補充。任何絕熱物質或物體系統所能無限提供的東西，不可能是一種物質。」因為若把熱看做是一種運動，則熱量的變化就不會引起重量

(或質量)的變化，此正好可以解釋摩擦生熱但質量不變的實驗事實。確立熱動說的關鍵是焦耳，Mayer 以及 Helmholtz 先後證明熱不是一種物質，而是能量的一種形式，它可以轉變成其他形式的能量。

雖然熱動說具有科學性、前瞻性，但熱質說可以非常容易的解釋當時已知的所有熱現象。如物體有一定的溫度，是因為內部存在著一定量的熱質；物體溫度的變化是由於物質的流入及流出所引起的；物質的熱膨脹是由於熱粒子進入物體內，在內部熱粒子互相排斥，而引起體積的漲大；反之，物體遇冷收縮則是由於溫度降低後，熱粒子離開物質所引起的；因此成為當時科學思維的主流。

## 二、與「熱傳遞」相關的科學概念之定義

在科學上，欲描述有關熱的現象，如熱的變化情形、熱的傳播及熱能的轉換等，必先定義一個具有客觀標準且可以量度的物理量，來說明冷熱的程度，這個物理量稱為溫度。若兩冷熱不同的物體，期間有熱的交互作用，則稱此兩物體有熱接觸，反之則稱為熱絕緣（林南椿，陳素貞，民80）。

能量（energy）是物質運動的一種量度，簡稱能。對應於物質的各種運動形式，能量也有各種不同的形式，它們可以通過一定的方式互相轉換。在機械運動中表現為物體或體系整體的機械能，如動能、位能、聲能等。在熱現象中表現為系統的內能，它是系統內各分子無規則運動的動能、分子間相互作用的勢能、原子和原子核內的能量的總和，但不包括系統整體運動的機械能。對於熱運動（舊稱熱能），人們是通過它與機械能的相互轉換而認識的（David Halliday Robert Resink，1991）。

就分子學來解釋，熱就是一種分子運動的能量。因所有物質均由無數的分子所組成，而這些分子均快速、不停地做不規律的運動，這種運動的平均動能也就是溫度。分子運動增快，熱量即增加，溫度亦上升；相反地，分子運動緩慢，熱量減少，溫度亦降低。這就好像光減弱了必會暗淡一樣，所以如果想要降低一物

體的溫度，只需把它所含的熱量移去一些就可以了（王瑞榮，民72）。

溫度和熱是相當不同的概念。溫度通常是與組成物質內粒子之平均動能相關；而熱是由於二點間溫度差所造成一種能量的流動。可將溫度想像為物體內部組成份子能量的強度或濃度，也就每單位物質之量所具有的內部分子能量。溫度係與每一個分子微觀的任意運動之平均能量有關，而熱則是指所有分子微觀的任意運動之總能量的改變量（David Halliday Robert Resink，1991）。

（一） 熱的定義：熱是能的一種形式，當兩物體間有溫度差，熱會由一物體流至另一物體（ David Halliday Robert Resink，1991）。由熱力學知道，熱與功都是傳遞過程，只有系統與系統間，或系統與外界間的相互作用才產生。（黃文雄，民74）

（二） 熱量的定義：物體內有某種物理量，因熱接觸而被吸收或放出，這個物理量稱為熱量。熱量為能量的一種形式，藉著溫差而傳遞，一物體的溫度增減越多時，即表示所吸收或放出的熱量越多（林南椿，陳素貞，民80）。十八世紀中葉，蘇格蘭教授布萊克（J. Black）及助手瓦特（J. Watt）所作的實驗發現，熱不但可以「數量」來表示，亦可以測定其「強度」。溫度計即是當時的產物，用來指示熱的強度。而對指示熱的數量，科學家先建立一個熱量的基本單位作為量度的依據，即一致同意讓1 磅的水溫度上升1°F所需的熱作為熱量單位，稱為一英熱單位，簡寫BTU。（公制熱量單位為千卡，係1 公斤的水溫度提升1°C所需的熱。其換算關係為1BTU=252 卡，1 千卡=3.9BTU）（王瑞榮，民72）

（三） 熱平衡的定義：冷熱不同的兩物體接觸在一起，發生熱接觸，而與外界保持熱隔絕，則經一段長時間後，兩物體會達相同的冷熱程度，稱此二物體達到熱平衡。即物體達熱平衡時，不論質量、大小或材料如何，皆具有相同的溫度，因此，溫度為決定二物體是否達到熱平衡的一個物理量。

(四) 熱的傳遞方式： 熱量因有溫差而傳遞，在自然狀況下，  
熱量恆由高溫處傳遞到低溫處，直達到熱平衡為止。熱之傳送方式一般分為三  
種，即傳導、對流和輻射；事實上熱的傳遞不是藉三種方式中之單獨一種方式進  
行，經常是三種同時進行。茲個別說明三種方式如下。(黃文雄，民74)

(五) 熱的傳導(Conduction heat transfer)原理：熱量經由一物體由高溫處傳到低  
溫處的現象，稱為熱的傳導 (林南椿，陳素貞，民80)。實際熱傳導過程的機制  
相當複雜，以目前所知而言，乃由於物體中分子及自由電子，受熱後之振動及漂  
移，藉內部分子之動能傳遞，將熱傳到低溫處；巨觀而言，物體本身是靜止不動  
的。由分子動力學原理知道，物體的溫度和組成分子的平均動能成正比，溫度越  
高，分子速度越大；因此，高速分子藉彈性碰撞或擴散，將能量由高溫處傳到低  
溫處。因為無法察覺物質伴隨運動，所以有時把熱傳導稱為「靜止系統熱導  
(Stationary system heat transfer)」，以別於對流之「流動系統熱導(Moving system  
heat transfer)」(黃文雄，民74)。熱傳導是利用分子以及電子的碰撞而進行的。  
一物質熱傳導能力的大小是由其分子結構中的束縛力的大小來決定的。大部份的  
固體分子，尤其是金屬分子，其外圍電子的束縛力非常弱，所以它們具有最佳的  
熱及電的傳導能力。金和銀的熱傳導及電傳導能力最好，其次是銅、鋁及鐵等等。  
大體而言，靜態狀況下的液體和氣體都不是熱的良導體，是很好的熱絕緣體。例  
如羊毛以及皮革都是屬於這類的絕緣體，因為它們的結構中，都有無數的小氣  
室，其中靜止狀況的空氣是良好的熱絕緣體。雪也是良好的熱絕緣體，因為雪花  
是由冰晶組成，成堆的雪可以如同羽毛般地把空氣包裹其中，以防止熱的傳導。

(六) 熱的對流(Convective heat transfer)原理：熱量藉由液體或氣體的流動而傳  
遞的方式，稱為熱的對流 (林南椿，陳素貞，民80)。熱對流是靠流體的運動而  
達到熱交換的目的，如果上層流體的密度高，下層流體的密度低，則產生一浮力

差，上層流體會取代下層流體，而引起對流。液體或氣體物質一部分受熱時，分子的運動速率將會加快，單位質量的體積膨脹，密度變小而浮向上層，而它遺留下來的空間由周圍溫度較低、密度較大的物質補充之，此物質再受熱上升，周圍物質又來補充，如此循環不已，遂將熱量由流動之流體傳播到各處。此種流體因加熱而流動的傳遞熱能之方式稱之為熱對流。自然對流：如果流體的運動是純靠流體內部密度的不同而產生的，則稱為自然熱對流。因溫度差而造成的流體密度不同，流體中部分密度較小的暖流被周圍密度較大的冷流藉由浮力向上推動而產生流體的流動。強制對流：經由外力的驅動(例如風扇)，引起流體的流動 (David Halliday Robert Resink, 1991)。

(七) 熱的輻射(Radiation heat transfer)原理：凡不需經過任何介質，即能夠傳播熱量的方式，稱為熱的輻射 (林南椿，陳素貞，民80)。當物體本身溫度在絕對零度以上，則物體表面放射熱能，稱為熱輻射，其放射強度依物體溫度及表面性質而定。輻射能是以光速進行之電磁波，光與熱之輻射，只是波長之別而已，溫度較低的物體，其放出的輻射能多集中在波長比較長的電磁波；而溫度愈高的物體，其放出的輻射能多集中在波長比較短的電磁波。(黃文雄，民74)

### 三、「熱傳遞」相關的迷思概念

科學概念因其具有抽象、微觀的特性，因此學習科學概念的過程變得複雜，且被視為較其他學科來得困難 (陳沛瑩，民93)，且概念的形成是需要經過學習的，很多學者逐漸地以認知觀點來探討，經過了大量的研究，發現學童在接受教學之前，即已持有一些有別於正統科學的想法，而學童在校的學習深受這些原有想法的影響(郭重吉，民77)，在傳統的教學方法之下，這些想法不容易改變，並且可能成為學習的阻礙，這些概念稱之為迷思概念 (misconception)或另有概念 (alternative conceptions)。



### (一) 學生對「熱傳遞」相關的迷思概念

以下列出許多有關熱傳遞的迷思概念之相關研究。

- 1.熱是一種像空氣、水蒸氣或煙一樣的物质，可以自由進出物體或向上昇  
(Erickson, 1979; Tiberghien, 1980; Hewson, 1984; 黃寶鈿與黃湘武，民78)
- 2.熱質（或熱原子）由高溫區（熱質較多）相互排斥到低溫區。金屬比較容易釋出熱或冷。冷物質（金屬）可以保冷，暖物質（塑膠、木材、羊毛或絕緣體等）可以保暖或提供熱。(Tiberghien, 1980)
- 3.熱由熱源自然的發射出來，依它的溫度不同而發出更強或更弱的熱(Wiser and others, 1988)，而木塊或塑膠放在熱盤子上不會熱是因為那時熱不夠強，不能穿過這些物質。
- 4.熱是經由物體中的空隙傳遞的。有學生認為大的金屬棒有較多空隙讓熱經過，所以比小的金屬棒快變熱(Erickson, 1979)。
- 5.對不同物質的冷熱感覺不同是因為熱穿過它們的速率不同，而金屬天生對冷、熱就有吸引力，較容易吸收或傳遞，所以比較快受熱也快變冷(Clough & Driver, 1985)。
- 6.不同的物質對熱的傳導性會依外觀性質，例如顏色、厚度、光滑與否而定(Clough & Driver, 1985)。
- 7.熱的強弱代表物質導熱的快慢，如金屬導熱快就是它的熱很強(Erickson & Tiberghien, 1989)
- 8.有些學生認為溫度不同的兩個物體接觸在一起最後會達到相同溫度的原因，是因為熱源會傳遞溫度給接受體，而接受體溫度不可能高於熱源 (Wiser, 1988)

節錄謝秀月與郭重吉(民80)提出學生有關熱傳遞的迷思概念如下

- 1.熱像一種氣體（氣泡、水蒸氣）是由熱氣和冷氣組成。
- 2.熱是由一種熱的分子（粒子）組成，可藉由上升、擴散從一物質跑到另一物質或一端跑到另一端。

3. 「熱」和「溫度」是一樣的稱為「熱度」，溫度多少就是熱多少。
4. 溫度代表一物體所含熱量的多少。

節錄何金鴻(民92) 探討國中學生對溫度與熱的迷思概念，提出學生對熱傳遞的迷思概念有。1.銅棒傳熱比玻璃棒快，是因為比熱不同。2.沙灘上的沙子溫度高於水的原因是，沙子較易吸收熱量。3.鐵盤受熱不會融化的原因是，鐵盤會導熱。

陳沛瑩（民93）的研究結果發現學生在「熱傳導」方面有以下的迷思概念

1. 圍巾圍起來會變溫暖，所以冰塊會比較快融化。
2. 用圍巾將冰塊包起來，冰塊的融化速度要看圍巾的溫度。不一定有包的  
就比較慢融化。
3. 圍巾吸收冰塊融化成的水變的濕濕的，會使剩下的冰塊更快融化。



學生接受正式的教育之前，所自行發展出來有別於科學家的想法，也就是迷思概念，而學生的學習就深受這些想法的影響，這些想法不容易改變，並且可能成為學習的阻礙。

## （二）教師的迷思概念

許多的研究發現學生的迷思概念有一部分是來自教師不當的教學，而且教師本身也有許多的迷思概念，並將自己的迷思概念傳授給學生（Blosser, 1987；Westbrook & Marek, 1992；引自蘇育任，民88）。所以教師也是一樣會有迷思概念存在的，倘若教師沒有充足的學科知識或本身亦具有迷思概念，則在知識的傳授過程中，就可能產生錯誤的教學，而使得學生產生迷思概念，進而影響學生的學習。（黃怡菱，民92）因此，了解現職教師在相關學科知識的概念與迷思概念，對於學生的概念建構及改變學生的迷思概念是很重要的。

## 第二節 文字與動畫之相關研究

### 一、 動畫 (animation)的定義

一般常見的動畫所指的是由許多靜止的圖片，以一定的速度（如每秒 16 張）連續播放時，肉眼因視覺殘象產生錯覺，而誤以為畫面活動的作品，如此一來，便能製作出動畫的效果。

Mayer 和 Moreno (2002)對於動畫在多媒體學習中的角色提出說明，認為動畫是仿效物體運動的一部電影。並將動畫的組成分為三部份：圖像片 (Picture)、動作 (Motion)與模擬 (Simulated)。因為動畫不僅是圖像的表徵，同時也可描繪出物體運動的方式，更重要的是動畫中所組成的物件都是人經由繪圖或者是其他模擬方式產生而成。經由上述定義可知描繪真實物體移動的影片 (video) 與靜止物體的圖示 (illustration) 並不屬於動畫。

Weiss 等人 (2002) 由動畫的特性及目的面向切入，來描述動畫的本質：首先，動態與靜態的視覺是相關的，因此適合用於動畫的理論基礎就如同適合用於圖片或其他靜態視覺，而這相關理論基礎便是指認知負荷理論。其次，依使用的課程性質的不同，動畫具有不同的特定目的，例如當動畫被使用在電腦教學環境時，動畫應該具有修飾 (Cosmetic function)、吸引注意 (Attention gaining function)、促進 (Motivation function)、呈現 (Presentation function)與說明 (Clarification function) 五種功能，因此設計者在設計每個動畫時都必須熟悉其目的。第三，動畫中的物理屬性，包含顏色、畫素、密度、尺寸大小、角度...等，這些因素都會影響到動畫的表面結構與仿照真實世界的精確度。

因動畫具有上列特性，因此有助於學習者學習事物的結構、功能與流程，但圖片只能由學習者自行想像整個動態過程，因此動畫對於學習者理解教材內容有較好的學習效果。

而動畫的製作方式，由於電腦科技的進步，現在也有許多利用電腦動畫軟體，直接在電腦上繪製出來的動畫，目前較常見之動畫製作軟體有 PhotoImpact-GIF Animator、Maxromedia Flash.....等。其中，Flash 是一套集動畫製作、向量繪圖、互動設計，多媒體網頁製作於一身的多功能軟體，使用 FLASH 來製作多媒體，能整合文字、聲音、圖片、動畫、互動式設計等，因此本研究使用 flash 設計一系列熱傳遞單元的動畫。

## 二、文字與動畫相關研究

在網路電腦教學系統發展初期，教材都僅是靜態文字或圖案的形式，然而過多的文字會讓人捉不住重點為何，且文字敘述容易因個人思考方式之不同，而對相同文字產生誤解。因此，若能加入互動式的效果，學習者藉由經過設計的動畫和簡單的輔助文字資料，更能對該課題印象加深，達到最佳教學效果（黃仁竑、許政穆、尹惠瑛、宋怡昆，民 90）。

在 Hughes (2003)等人利用眼球追蹤技術研究發現：受試者看文字的時間明顯高於看圖片的時間，在頁面上搜尋資料時，人們常用文字來定位，用圖片來驗證；用文字來建構意義，而圖片是用來驗證以及加強連結。唐大崙(民 95)也指出學習者看圖與看文字的方式不同，通常閱讀文字具有方向性，平均凝視時間約為 200-250ms，視線跳躍幅度約 2-4 度，有視覺(字形)，聽覺(字音)，與記憶(字義)的特化神經活動，瀏覽圖片則無方向性，平均凝視時間約為 250-300ms，視線跳躍幅度約 4-6 度，有關於物體辨認的特化神經活動。

Mayer (2001)認為學習者可從動畫搭配聲音表達文字中得到比動畫搭配視覺文字較佳的學習成果。視覺中的文字、圖片、動畫皆利用到工作記憶模式中的視覺圖像系統。當文字以聲音表達呈現，聲音表達文字是使用到聽覺語音系統，而圖片、動畫則是使用到視覺圖像系統，當任務執行時，包括兩種系統(視覺與聽覺)，則兩種系統彼此可支援，進而降低認知負荷。Guan (2006)同樣發現動畫配上旁白對於學習成效有正面的影響。

Paivio (1986) 的雙重編碼理論 (Dual-Coding Theory) 指出，人類擁有兩套互動但又獨立處理不同類別資訊的系統，一為專門處理語文方面的語文系統 (verbal system)；另一個圖像系統 (visual system) 專門處理視覺資訊。他的實驗研究證明：當學習者回想時，對文字加圖片的回想能力優於只有文字的回想。Mayer & Gallini (1990) 以科學教科書為教材，研究發現將圖片與文字同時整合在同一頁有較佳的學習效果。後來 Mayer & Sims (1994) 以多媒體教學方式作實驗，發現「圖文整合同時呈現」學習效果較佳

對於文字與動畫組合模式的研究，從表 2-2-1 之實驗室相關研究結果，大致可瞭解，哪種元素的組合是對學習效果較好的。

表 2-2-1 文字與動畫之實驗室相關研究結果

研究者	受試者	媒體組合模式	研究結果
Bake (1988)	中學生	文字	文字+動畫的組合 成效最好
		文字+圖片	
		文字+動畫	
Rieber (1988)	小學生	文字	文字+動畫的組合 成效最好
		動畫	
		文字+動畫	
Rieber (1990)	小學生	文字	文字+動畫的組合 成效最好
		文字+圖片	
		文字+動畫	
Poohkay (1995)	大學生	文字	文字+動畫的組合 成效最好
		文字+圖片	
		文字+動畫	
Hays (1996)	中學生	文字	文字+動畫的組合 成效最好
		文字+圖片	
		文字+動畫	

資料來源：陳彙芳(民 88)與本研究整理

上述的學者都是使用不同的多媒體呈現方式（文字、圖片+文字、動畫+文字）來探討學習者的學習成效。根據雙碼理論，因為人類對於文字與非文字類的資訊，有兩套不同的處理系統。因此，學習者對於「動畫搭配文字」的呈現方式，比「純文字」敘述的呈現方式有較好的學習效果。

綜合上述研究發現，文字搭配動畫的呈現方式在學習效果上比單一文字或靜態圖片搭配文字的效果好。因此，本研究採用文字搭配動畫的方式來製作教學動畫，更進一步探討不同背景之國小教師在進行熱傳遞動畫學習時其對於動畫與文字的注意力之分佈情形。



### 第三節 眼球追蹤系統之應用與相關教育研究

#### 一、眼球運動與眼球追蹤的基本理論概要

視覺是人類最重要的感覺器官，也是人類最重要的學習工具。我們藉由眼睛去發現、獲取外界資訊，眼睛收集視覺影像，將它傳送到大腦經過分析、解釋，然後進行影像合成的工作。這些影像會影響人類的意識與行為的改變。所以眼球運動是認知過程中最為重要的感官訊息來源，因為在人類的資訊處理過程中有80%以上的訊息是由視覺認知過程所獲得（Sanders & McCormick, 1987）。

在於多媒體的網路學習歷程中，學習的活動開始於在所有可能的資訊中選擇一個訊息，而這些被注意的視覺訊息，通常會被傳送到大腦中，做更深入或精緻的分析和處理，但到底哪個訊息會被選中？又在於某個訊息會被持久注意著？透過觀察眼球運動不只可以了解視覺系統的運作問題，還可以反映該個體的其他心智活動與情緒變化。

視覺上的注意力選擇被區分為兩種方式。在 Posner (1980) 的實驗中，受試者被要求凝視在螢幕的正中央，然後在螢幕中央會出現向左或是向右的線索刺激，當受試者看到目標刺激的出現就要儘快的做單鍵反應，實驗的結果觀察到，當受試者保持眼睛在正中間不動時，仍然還是可以注意到在凝視點外的刺激。因此在眼睛保持不動的情況下，我們仍然可以隨心支配注意力要往哪裡去，這就稱為內隱性的注意力 (covert attention)。另一種則是外顯性的注意力 (overt attention)，是指有伴隨著眼睛移動的注意力，例如，當街上的人大叫時，你會轉頭過去看他。日常生活中有很多類似內隱性的注意力和外顯性的注意力的情況發生。

近年來，主動視覺 (active vision) 的觀點漸漸受到重視 (Findlay & Gilchrist, 2003; Henderson, 2003)，強調眼球運動和外顯注意力的重要性，認為選擇性和主動性是人類視覺資訊處理的重要特徵。主動視覺的觀點認為視覺的主要功能並非只是被動地去產生一個關於外在環境的視覺表徵，而是主動地透過眼球運動去探索外在的環境、辨識物體，並進一步導引個體的行為動作。正常的視覺注意力

便是藉由眼球運動在環境中主動的探索與接收各種視覺訊息，當眼球被注意力引導到某一特定感興趣的訊息或區域時，該訊息或區域便在眼球凝視的過程中得到最佳且高解析度的視覺處理。

因此，由主動視覺的觀點可得知眼球運動產生的視線軌跡可以說是一種最直接的注意力分佈指標，那究竟注意力和眼動之間的關係如何呢？學者們針對兩者之間的關係陸續提出解釋的理論：Henderson (1996) 提出「序列性注意力理論」(Sequential Attention Model)，即強調注意力的轉移引導著眼球運動，注意力先轉移之後眼球才跟著移動，兩者間有先後次序的關係。McPeck 等學者 (2000) 所提出之「跳躍眼動的並存歷程」(concurrent processing of saccades) 的理論，在視覺搜尋的歷程中，注意力和眼球運動是同時運作的，眼球運動系統可同時計畫兩個移向不同目標的跳躍眼動。

許多研究已經顯示，我們的眼球運動絕非隨意發生的，而是依照即時的作業目的，主動地導向視覺環境中重要和具訊息性的區域 (Findlay & Gilchrist, 2003)。Land 和 Nilsson (2002) 經由動物的研究中發現，在一般的認知作業。眼睛凝視的視線並非平滑的移動，而是在某個位置上短暫停留後，再快速的移到下一個位置 (fixation-move-fixation rhythm)。根據這種眼球運動的特性，而把短暫停留和快速移動分別稱為凝視 (fixation) 和掃視 (saccade)，因而用眼球凝視的時間與移動的距離為主要指標，來探討個體在接收視覺訊息時內在的認知歷程。

大約在 50 年前，有人發現人注視焦點的位置和瞳孔的位置以及角膜的反射產生關係，因此，在 1960 年代末期，Kenneth Mason 研發了「瞳孔中央與角膜反射 (pupil-center/corneal-reflection)」方法，開啟了眼球追蹤系統理論基礎。在 1970 年代，John Merchant and Richard Morrisette，建立一套系統將理論導入實際化，他們藉由攝影機去觀測受測者的眼睛，取得眼睛的影像，藉由電腦辨識瞳孔以及計算角膜反射點來取得眼瞳的注視位置。角膜反射角度辨別主要使用「明眼效應- (bright-eye effect)」，藉由角膜的高反射率，特定的光束射入角膜通過瞳孔，眼睛的水晶體會將光束反射，由攝影機接收。在 1988 年 LC Technologies 發



展了第一個架構在 PC 上的眼球追蹤系統，更為方便使用。

## 二、眼球追蹤(Eye-tracking)技術的應用

現在眼球追蹤系統應用的範圍很廣，主要分為兩個部分，一個是控制部分，一個是測試部分。控制部分是運用瞳孔注視點來控制，像是武器的控制、殘障者的電腦操作控制。另一方面偏向認知方面的研究，像是一般性的心理、圖像認知、使用性研究等 (Dixon & Nancy,1992)。

認知心理學的科學家們對於人能夠控制眼睛的運動引起很大的興趣。但是過去直接觀察驗球運動的方式不夠客觀且精確度低，也無法掌握眼動細微的變化。在十九世紀的時候就有眼球運動紀錄的相關實驗，但是這些實驗對受測者會有傷害，因此，之後的研究者開始使用攝影的技術來減輕實驗者的負擔。二十世紀後，開始有人利用眼睛的各種特性來記錄眼球運動的方式 (Young and Sheena, 1975)，如電的特性、眼睛形狀、光的特性或直接接觸眼球的方式等，隨著科學的進步，使得追蹤眼球運動的技術更加先進，也更加多元化。

眼球追蹤技術在心理學領域的研究中沿用已久，而近四十年，開始有一些研究者，用科學的方法來研究，當我們在做不同認知作業時，眼球的移動方式是不是也可以反應一些不同的認知歷程，藉此技術來探討的研究包含：注意力運作的機制 (Egeth & Yantis, 1997)、偏好態度 (Shimojo, *et al.*, 2003)、語文閱讀理解歷程 (Pickering, Traxler & Crocker, 2000)，甚至也成為測謊與臨床疾患的診斷工具 (Holzman, 2000)、人機介面設計的評估工具等等。但是對教育研究者來說，它仍然是新穎且難度較高的方法。

總之，眼球追蹤系統應用學術方面的研究已經有 20 年的歷史。然而現在大部分的研究都運用在其他的領域，最多的是用在閱讀以及場景觀點對於認知過程 (Cognitive Processing) 的研究 (Cleo & Christopher,2001)。其他還有應用在心理學方面的認知研究，像是運用眼球追蹤系統和腦部斷層掃描一同運作，在追蹤

眼睛注視位置時，同時了解腦部活化的部份。而應用在使用性方面的研究，多數於靜態的頁面研究，如 Redline & Lankford 針對問卷頁面顯示的分支表現法研究 (Jason Toates,2000)，運用在動態瀏覽上的研究比較少，而且才剛剛起步。

### 三、眼球追蹤(Eye-tracking)技術的相關研究

眼球追蹤技術可以評估學習者與教學工具的互動和學習者對於教材的理解，也可以評估學習者與教學工具的互動和學習者對於教材的理解，Slykhuis 等人 (2005) 藉由呈現圖片與文字整合的不同形式，顯示出學生獲得訊息時的重要差異，旁白的講解也增加在教材的互動類型中，影響著學生凝視文字與圖片的時間總數，透過眼球追蹤的技術，一位學生如何分配他的時間與視覺資源的差異被呈現出來。

除此之外，在科學教育上，Wiebe (2005) 將 eye-tracking 技術有效的使用在圖像教學中，了解學生圖像推理的過程，進而解釋關於學習者視覺知覺的認知歷程，Cook 等人 (2006) 以中學女生與生物老師為研究對象，利用 eye-tracking 技術來比較生手和專家對於 DNA 複製的視覺表徵，並以訪談來驗證 eye-tracking 的資料，發現其先備知識影響著對 DNA 解釋的表徵。

受限於儀器設備，使得教學上的研究大多採以問卷調查、深度訪談為主，雖然採用訪談或問卷的方式可以找出影響因素，但無法從中得出因果關係，更無法接觸到人類內在的認知歷程。而本研究藉由觀察國小教師在進行「熱傳遞」概念教學課程時的眼球移動訊息，並透過其指標數值的計算，來瞭解學習時之認知歷程。

### 第三章 研究方法

本研究針對不同背景的國小教師其熱傳遞相關概念、經由熱傳遞動畫學習時的凝視區域，探究及瞭解熱傳遞動畫教學是否有助於概念建構。

本章將針對研究對象、研究設計、研究流程、研究工具、及資料的蒐集與分析等分別敘述說明。

#### 第一節 研究對象

本研究的對象是新竹市、苗栗縣的40位國小現職教師。其基本資料次數分配如表3-1-1。

表3-1-1. 基本資料次數分配表

背景變項	類別	人數	百分比
性別	男性	20	50 %
	女性	20	50 %
年齡	25歲以下	4	10 %
	26-30歲	18	45 %
	31-40歲	13	32.5 %
	41-50歲	3	7.5 %
	51歲以上	2	5 %
教育背景	師範院校體系畢業	34	85 %
	一般大專院校畢業	6	15 %
學科背景	科學相關學系	19	47.5 %
	非科學相關學系	21	52.5 %
任教年資	1年以下	10	25 %
	2-5年	14	35 %
	6-10年	7	17.5 %
教學科別	11年以上	9	22.5 %
	科學相關類科	21	52.5 %
	非科學相關類科	19	47.5 %

## 第二節 研究設計

本研究是以新竹市、苗栗縣國小現職教師為研究對象，在實施動畫教學前先做質性研究之訪談以了解不同背景的國小教師其熱傳遞概念是否有差異。而為了進一步了解不同背景教師的多媒體學習模式的認知情形，因此在接下來的研究中，教師在多媒體教材學習時記錄其凝視路徑與時間（Eye-Tracking）資料。為了解動畫教學是否有助於教師的熱傳遞概念建構，於動畫教學完成後再次進行訪談。本研究之研究架構圖如圖3-1.所示

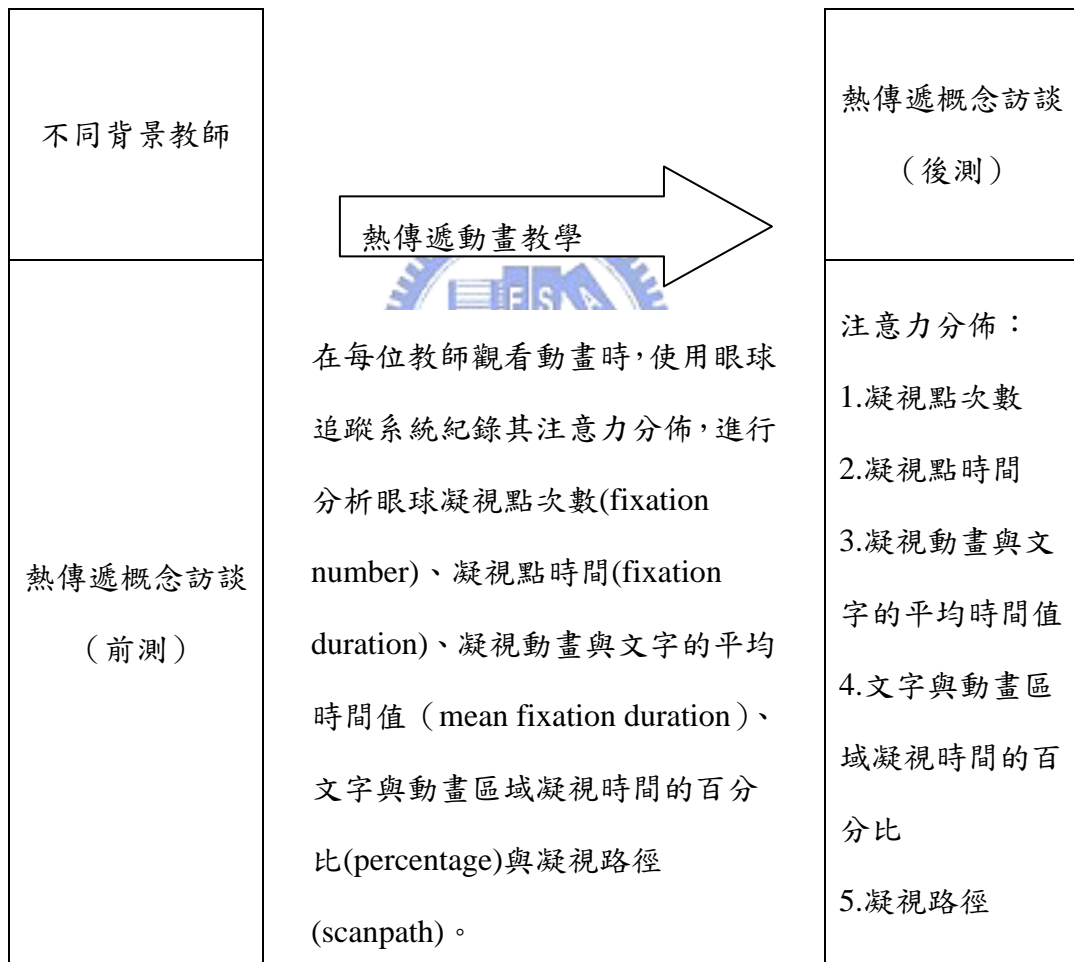


圖3-1. 研究架構圖

## 一、自變項：不同背景之國小教師

不同教育背景的國小教師是本研究的自變項，分為科學相關學系畢業與非科學相關學系畢業，在進行動畫教學前先對受試者進行質性訪談（前測）並錄音，以製作逐字稿以利分析其熱傳遞概念是否有顯著差異。然後在這些教師觀看動畫教學時，使用（Eye Tracking）記錄下期間受試者的眼球凝視點、移動路徑、停留時間，以供後續進行分析。完成動畫教學後再次進行質性訪談（後測）並錄音，製作逐字稿用以比較動畫教學是否有助於熱傳遞概念建構。

## 二、依變項：研究數據

本研究之依變項為受試者的「訪談評分表（前測）」、眼球追蹤注意力分佈之「凝視點次數(fixation number)」、「凝視點時間(fixation duration)」、「凝視動畫與文字的凝視點平均時間值（mean fixation duration）」、「文字與動畫區域凝視時間的百分比(percentage)」、「凝視路徑(scanpath)」、「訪談評分表（後測）」。



### 第三節 研究流程

本研究流程規劃成三階段，依序為第一階段研究準備、第二階段動畫教學、第三階段資料分析等。

第一階段：首先在確立研究目的與問題之後即進入研究準備階段，工作項目包括蒐集相關文獻及拍攝實驗影片與製作動畫，與資深物理教師討論並修改，製訪談題目與評分表、與專家討論並進行修改。

第二階段：動畫教學階段，這一階段主要是進行熱傳導的電腦動畫的教學，包括熱傳遞訪談（前測）、影片與動畫教學呈現熱能的傳遞與能量的概念、熱傳遞訪談（後測）等，在教學時使用 Eye Tracking System 記錄受試者在學習時的凝視路徑與時間數據。

第三階段：對將研究期間所蒐集到的所有資料進行彙整分析與撰寫論文。研究流程如圖 3-2





圖 3-2. 研究流程圖


## 第四節 研究工具

本研究所使用的研究工具包含「熱傳遞訪談題目」、「實驗影片與教學動畫」、「訪談評分表」、「眼球追蹤技術」等四種。

### 一、熱傳遞訪談題目

本研究的研究目的之一是要瞭解不同背景的國小教師其熱傳遞概念是否有差異，以及本研究所設計之實驗影片與教學動畫是否有助於熱傳遞概念的建構，因此編製八題熱傳遞訪談題目，並由二位國小教師與一位大學科學教育學者檢驗，以求其專家效度。題目為問答題，在徵得受試者同意後進行錄音並記錄為逐字稿。此訪談於動畫教學前（前測）、動畫教學後（後測）施測於所有受試者。熱傳遞訪談題目如表3-4-1。

表3-4-1 熱傳遞訪談題目

- 
- 1.請解釋並說明何謂熱傳遞？
  - 2.熱傳遞的方式有哪些？請繪圖說明
  - 3.日常生活中有哪些現象是屬於熱傳導的現象？請舉例說明。
  - 4.日常生活中有哪些現象是屬於熱對流的現象？請舉例說明。
  - 5.日常生活中有哪些現象是屬於熱輻射的現象？請舉例說明。
  - 6.請以粒子（原子或分子）的角度繪圖解釋說明熱的傳導？
  - 7.請以粒子（原子或分子）的角度繪圖解釋說明何謂熱的對流？
  - 8.請以粒子（原子或分子）的角度繪圖解釋說明何謂熱的輻射？

### 二、實驗影片與教學動畫

拍攝熱傳遞實驗影片並剪輯及繪製動畫，教學內容是根據大學基礎物理的課程設計，並經由兩位資深物理教師與一位科學教育專家討論及修正。教學動畫由



四個部分組成即實驗影片、傳導、對流、輻射，除實驗影片外其餘部分皆由文字與動畫所組成且可由受試者自行控制進度，實驗影片長度總共兩分十二秒。以下為各部分擷取畫面。

1. 熱傳導實驗影片：

如圖3-3.所示，將蠟燭底部加熱融化後黏於水平架設的銅棒，以酒精燈加熱銅棒一端熱能傳導至銅棒使蠟燭逐一掉落。

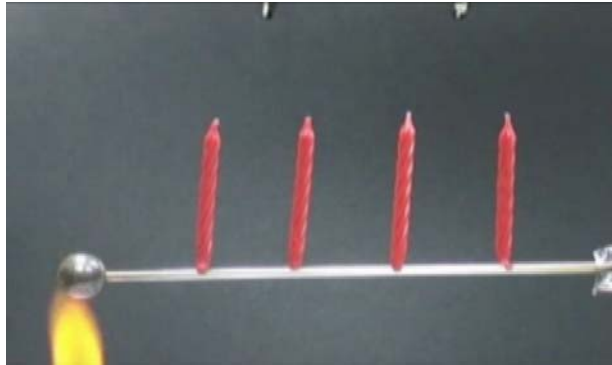


圖 3-3. 熱傳導實驗影片擷取圖

2. 熱對流實驗影片：

如圖3-4.所示，將白菜種子放入沙拉油中，燒杯底部以蠟燭加熱，種子便會由燒杯中央上升至頂部，後由兩邊下降如此循環形成對流。



圖 3-4. 熱對流實驗影片擷取圖

3. 熱輻射實驗影片：

如圖3-5.、3-6.所示，在燒杯中放入加了藍色顏料的水，以軟木塞密封並插入溫度計與中空的毛細管，置於太陽下旁邊並放置一小時鐘以記錄時間，



圖 3-5. 熱輻射實驗影片擷取

及觀察溫度計與毛細管的變化。



圖 3-6. 熱輻射實驗影片擷取

#### 4. 熱傳導動畫：

物質是由不斷振動的粒子（原子或分子）所組成，當物體被加熱時，受熱部分的粒子振動加快，振動幅度也加大，這些粒子與他們鄰近振動較慢的粒子碰撞，而將能量傳到這些較慢的粒子，使其振動也加快，這個過程會傳遞到整個物質。熱的傳導是利用粒子、電子的碰撞進行。

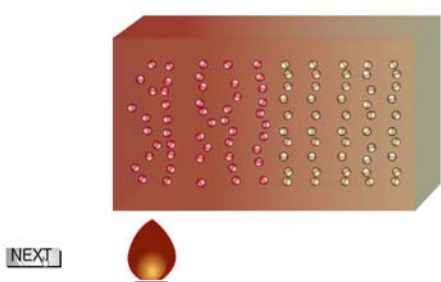


圖3-7. 熱傳導動畫擷取圖

#### 5. 熱對流動畫：

如圖3-8.所示，文字框最於畫面的上方並持續存在直到動畫結束，動畫區編排於畫面中央，六個子畫面由右下往左下依序出現，由受試者自行點擊左下角的「NEXT」按鈕控制動畫的進行，並在動畫結束

如圖 3-7.所示，文字框最於畫面的上方並持續存在直到動畫結束，動畫區編排於畫面中央，由受試者自行點擊左下角的「NEXT」按鈕控制動畫的進行，並在動畫結束時出現「重播」按鈕由受試者決定是否重新觀看或進入下一個動畫。

這種方法是利用流體的運動來完成熱的傳送。假設流體底部被加熱時，受熱部分的分子運動速率加快，體積膨脹使得這部分的流體密度減小，這使得它會浮到上層，而頂部密度較大的部分會下沉。這會使得流體因被加熱而流動，而能量便在流體內傳遞，這就是對流。

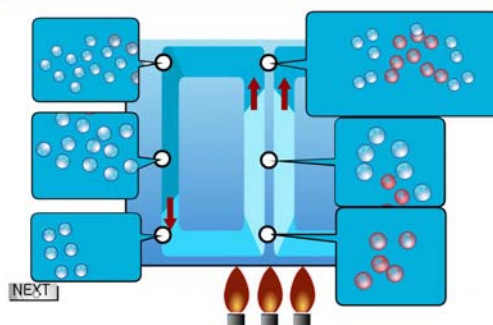


圖3-8. 熱對流動畫擷取圖

時出現「重播」按鈕由受試者決定是否重新觀看或進入下一個動畫。

#### 6. 熱輻射動畫：

如圖3-9.所示，文字框最於畫面的上方並持續存在直到動畫結束，動畫區編排於畫面中央，由受試者自行點擊左下角的「NEXT」按鈕控制動畫的進行，並在動畫結束時出現「重播」按鈕由受試者決定是否重新觀看或進入下一個動畫。

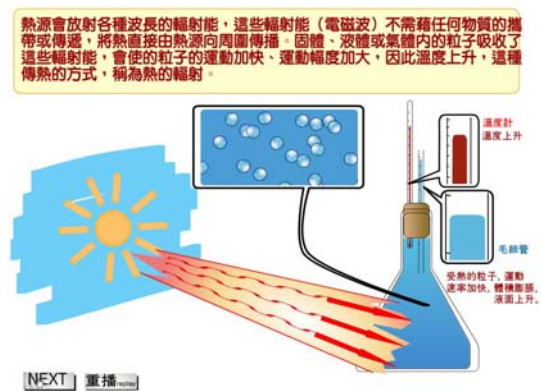


圖 3-9. 熱輻射動畫擷取圖

### 三、訪談評分表

為探討受試者其所具備之熱傳遞概念及瞭解動畫教學是否有助於概念建構，根據「熱傳遞訪談題目」編製評分表，在評分過程為了避免研究者的主觀因素，及求取在成績評量上有更高的信度，由二位自然科學教育專長的研究生協同評分，以建立評分者信度(inter-rater reliability)，本評分表之評分者信度為97.03%，表示研究者與另一位評分者所評定的成績有很高的一致性，並經由一位科學教育專家檢驗，以取得專家效度，總分45分其中問答題34分、繪圖題11分。訪談評分表如附錄一

### 四、眼球追蹤技術

「眼球追蹤系統」(Eye tracking system) 是一種可以偵測、追蹤並記錄人們注視方向與路徑的技術，能準確的知道受試者注意或感興趣的地方，因此被廣泛的應用在醫護、軍事、娛樂與教育等方面，而眼球追蹤的技術有搜尋線圈法 (Search coil)、紅外線視訊系統、眼電圖法 (Electro-Oculography, EOG)、紅

外線眼動圖法、光學式眼球追蹤系統(Optical-type Eye Tracking System)、Purkinje影像追蹤法等(邱國鈞, 民95), 本研究則使用非接觸式的紅外線視訊系統。而(Henderson & Hollingworth, 1999; Duchowski, 2003)提出凝視時間、凝視次數是最常被研究的變項, 故本研究亦著眼於此。

本研究使用的眼球追蹤系統為非接觸式紅外線視訊系統「Eye Gaze」, 本系統配有兩部CCD、LED及監視器的PC個人電腦, 利用分析軟體(NYAN)進行眼球位置資料的擷取、紀錄與分析, 此系統為雙眼球追蹤系統。設備裝置如圖3-10.及螢幕架構圖如圖3-11.



圖3-10.眼球追蹤系統裝置

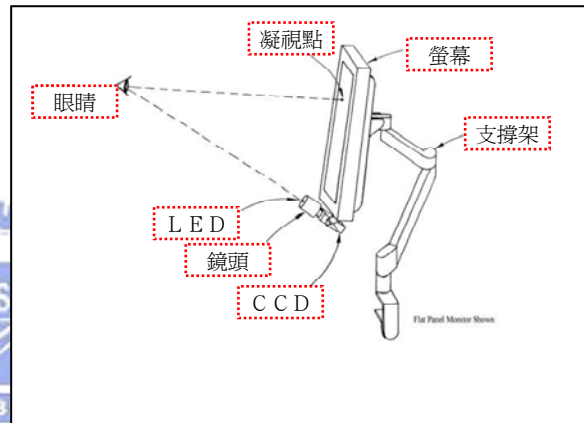


圖3-11.螢幕與CCD架構圖

資料來源: Eye Gaze技術手冊

追蹤的原理為Pupil-Center/Corneal-Reflection瞳孔中心/角膜反光點法(PCCR)也就是將紅光線的LED光源置於CCD攝影機的鏡頭中心, 則可以從LED光源在眼球角膜外圍反射出來的反光點(glint), 與從視網膜反射的亮眼(Bright-eye)之間相對位置的改變來檢測視線, 如圖3-12。

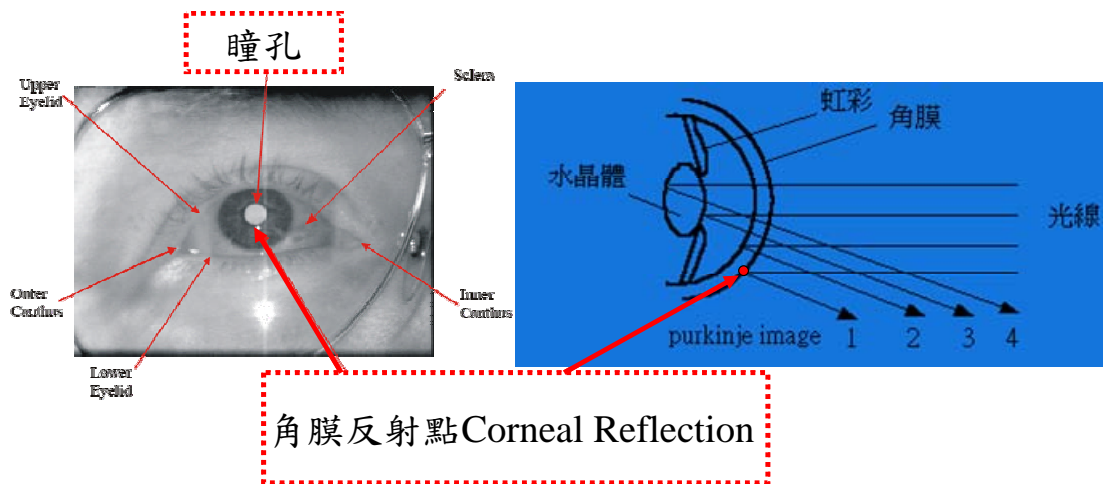


圖3-12.CCD影像處理原理圖

資料來源：Eye Gaze技術手冊

實驗進行時受試者以自然、舒適的姿勢進行實驗，雙眼距離螢幕約75公分處，可小幅度的移動頭部但不可將雙眼移出CCD鏡頭外(移動幅度必須小於3公分)。而眼球追蹤系統的取樣率為50HZ，每1/50秒取樣一次，將眼球移動的向量經計算對應至座標，在本研究中受試者的視線在動畫螢幕上某一位置停留超過50毫秒才定義為凝視點，50毫秒以下則視為視線移動路徑。本研究主要分析整個教學過程中受試者凝視文字區域及動畫區域的凝視點次數(fixation number)、凝視點時間(fixation duration)、凝視點平均時間值(mean fixation duration)及文字與動畫凝視時間的百分比。如圖3-13所示，每一圓圈代表一凝視點(fixation)圓圈大小代表停留時間長短，圓圈越大表示受試者凝視的時間越久，圓心有兩排數字上層表示停留的時間，單位是毫秒，下層數字表示凝視點的順序編號，實心線條表示凝視路徑。

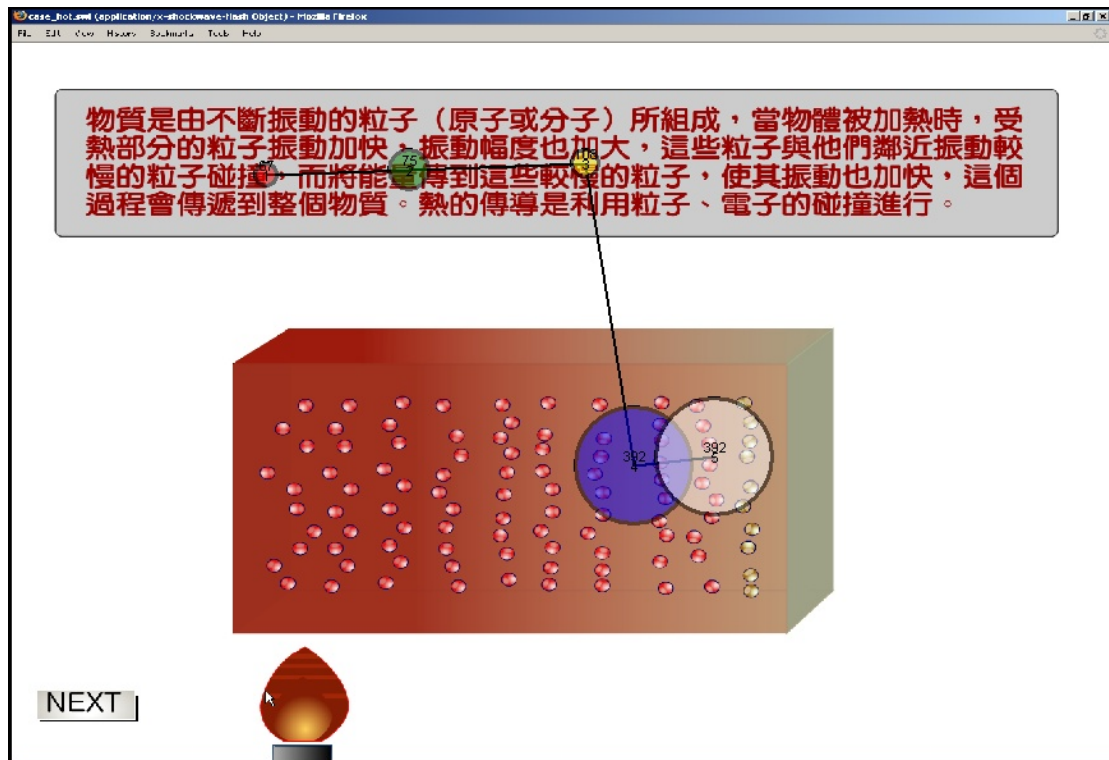


圖3-13.凝視路徑示意圖



## 第五節 資料分析

本研究所蒐集的資料有眼球追蹤系統的記錄、訪談內容、訪談評分等。以 EXCEL 2003及SPSS 10.0套裝軟體進行資料分析，分析方法說明如下。

### 一、 T 考驗 (T-test)

1. 分析不同學科背景的國小教師，對熱傳遞相關概念是否有差異。
2. 分析不同背景之教師在進行熱傳遞動畫學習時眼球凝視點次數(fixation number)、凝視點時間(fixation duration)、動畫與文字的凝視點平均時間值 (mean fixation duration)、文字與動畫區域凝視時間的百分比 (percentage)與凝視路徑(scanpath)是否有差異。
3. 分析不同背景國小教師熱傳遞相關概念之教學前、後是否有差異。

### 二、 單因子共變數分析 (One-Way ANCOVA)

1. 檢定教學後不同學科背景教師在熱傳遞概念得分是否有差異。
2. 考驗熱傳遞動畫教學是否有助於概念建構。

### 三、 Pearson相關分析

1. 分析動畫教學時凝視區域、次數、時間與熱傳遞概念建構是否有關聯。

## 第四章 研究結果與討論

本章主要依據文獻探討與質性訪談評分表、眼球追蹤記錄資料所收集之研究結果，進行統計分析並與研究目的進行驗證，藉以了解不同背景之國小教師的熱傳遞概念與各單元眼球追蹤資料的差異。

### 第一節 教學前不同背景國小教師之熱傳遞概念分析

本研究以8題的質性訪談（教學前），針對40位國小教師進行訪談，訪談結束後製作逐字稿，在以訪談評分表進行評分，訪談評分表之總分共45分其中問答題34分、繪圖題11分，總分得分越高，表示熱傳遞概念越完整，相反的，得分越低，表示熱傳遞概念越不理想。

#### 一、教學前不同背景國小教師熱傳遞概念之得分情形

本研究以40位國小教師為樣本，其中19位是科學相關學系畢業，21位是非科學相關學系畢業，得分如表4-1-1所示，科學相關學系教師最低分11，最高分29，平均分數為22.32，標準差為4.55，非科學相關學系教師最低分9，最高分23，平均分數為18.19，標準差為4.08。

表4-1-1 教學前不同背景國小教師熱傳遞概念之得分統計表

背景	人數	最低分	最高分	平均分數	標準差
科學相關學系	19	11	29	22.32	4.55
非科學相關學系	21	9	23	18.19	4.08

#### 二、教學前不同學科背景教師之熱傳遞概念T考驗分析

本研究以獨立樣本T考驗分析（T-test），並檢驗其變異數的同質性，來檢定不同學科背景畢業教師在熱傳遞概念得分是否有差異。其結果如表4-1-2所



示，不同背景國小教師熱傳遞概念之T考驗分析 ( $T=3.024, P<.01$ ) 達顯著差異。

表4-1-2不同背景國小教師熱傳遞概念得分與T考驗分析摘要表

背 景	人 數	平 均 數	標 準 差	T 值	顯 著 性
科學相關學系	19	22.32	4.55	3.024	.004
非科學相關學系	21	18.19	4.08		

綜合表4-1-1與4-1-2得知，不同背景國小教師之熱傳遞概念得分達顯著差異，其中科學相關學系畢業之國小教師的熱傳遞概念明顯優於非科學相關學系畢業之國小教師。

### 三、教學前不同背景國小教師訪談評分之熱傳遞相關概念的得分情形

本研究訪談題目由三個概念組成：熱傳導、熱對流、熱輻射，分成8題：1. 解釋何謂熱傳遞、2.熱傳遞的方式、3.舉例說明熱傳導、4.舉例說明熱對流、5. 舉例說明熱輻射、6.說明何謂熱傳導、7.說明何謂熱對流、8.說明何謂熱輻射，各題的得分情形如表4-1-3所示，其中除了第5題「舉例說明熱輻射」與第7題「說明何謂熱對流」的百分比是非科學相關學系教師（35.0%，54.1%）高於科學相關學系教師（32.5%，51.4%）外，其餘各題都是科學相關學系教師高於非科學相關學系教師。

表4-1-3 不同背景國小教師熱傳遞概念之各題得分摘要表

題號	概 念	總分	背 景	平均分數	標準差	百分比
1	解釋何謂熱傳遞	2	科學相關學系	.89	.46	44.5%
			非科學相關學系	.86	.36	43.0%
2	熱傳遞的方式	6	科學相關學系	5.05	1.72	84.2%
			非科學相關學系	3.38	1.96	56.3%
3	舉例說明熱傳導	6	科學相關學系	2.95	1.27	49.2%
			非科學相關學系	2.38	.92	39.7%
4	舉例說明熱對流	6	科學相關學系	3.00	.94	50.0%
			非科學相關學系	2.38	.74	39.7%
5	舉例說明熱輻射	6	科學相關學系	1.95	.85	32.5%
			非科學相關學系	2.10	.70	35.0%
6	說明何謂熱傳導	7	科學相關學系	3.05	1.39	43.6%
			非科學相關學系	1.67	1.59	23.9%
7	說明何謂熱對流	8	科學相關學系	4.11	1.97	51.4%
			非科學相關學系	4.33	1.77	54.1%
8	說明何謂熱輻射	4	科學相關學系	1.32	1.38	33.0%
			非科學相關學系	1.10	.77	27.5%

## 第二節 教學後國小教師之熱傳遞概念分析

在動畫教學結束後，對受試者進行8題的質性訪談（以下簡稱後測，教學前之訪談簡稱前測），針對40位國小教師進行訪談，訪談結束後製作逐字稿，再以訪談評分表進行評分，藉以了解動畫教學是否有助於熱傳遞概念的建構、不同背景的教師熱傳遞概念是否有差異，得分越高，表示熱傳遞概念越完整，相反的，得分越低，表示熱傳遞概念越不理想。

### 一、教學後不同背景國小教師之熱傳遞概念

本研究以40位國小教師為樣本，其中19位是科學相關學系畢業，21位是非科學相關學系畢業，得分如表4-2-1所示，科學相關學系教師最低分24，最高分37，平均數為30.37，標準差為3.64，非科學相關學系教師最低分21，最高分38，平均數為29.57，標準差為4.23。

表4-2-1 教學後不同背景國小教師熱傳遞概念之得分統計表



背景	人數	最低分	最高分	平均數	標準差
科學相關學系	19	24	37	30.37	3.64
非科學相關學系	21	21	38	29.57	4.23

### 二、教學後不同背景國小教師之熱傳遞概念成對樣本T檢定

本研究以比較平均數法之成對樣本T檢定，來檢驗不同學科背景畢業教師教學前、後測得分是否有差異，並考驗動畫教學是否有助於熱傳遞概念建構，其結果如表4-2-2所示，可以看出不論是科學相關（ $T=8.916$ ， $P<.001$ ）或非科學相關（ $T=11.262$ ， $P<.001$ ）學系的教師，各組前、後測之成對樣本T檢定也都達到顯著效果。後測成績的平均數均明顯優於前測成績的平均數，顯示動畫教學前、後教師的熱傳遞概念有顯著差異。

表4-2-2不同背景國小教師熱傳遞概念成對樣本T檢定摘要表

學科背景	前 測		後 測		平均差 (後-前)	T 值
	平均數	標準差	平均數	標準差		
科學相關	22.32	4.55	30.37	3.64	8.05	8.916***
非科學相關	18.19	4.08	29.57	4.23	11.38	11.262***

註：\* P<.05 \*\* P<.01 \*\*\* P<.001

### 三、教學後不同學科背景教師之熱傳遞概念單因子共變數分析

本研究以一般線性模式之單因子共變數分析 (One-Way ANCOVA)，並檢驗其變異數的同質性，來檢定教學後不同學科背景畢業教師在熱傳遞概念得分是否有差異。依變數為「後測總分」、固定因子為「學科背景」、共變數為「前測總分」，其結果如表4-2-3所示，不同背景國小教師熱傳遞概念之共變數分析 (F=.555, P=.461) 未達顯著差異，顯示動畫教學後，科學與非科學相關學系教師的熱傳遞概念已無顯著的差異。

表4-2-3不同背景國小教師熱傳遞概念得分與變異數分析摘要表

來 源	自由度	平均平方和	F檢定	顯著性	淨相關Eta平方
校正後模式	2	65.488	5.145	.011	.218
前測總分	1	124.641	9.793	.003	.209
學科背景	1	7.061	.555	.461	.01

綜合表4-2-2與4-2-3得知，不同背景國小教師之熱傳遞概念在動畫教學後無顯著差異，其中科學相關學系畢業之國小教師的熱傳遞概念略優於非科學相關學系畢業之國小教師，動畫教學前、後教師的熱傳遞概念有顯著差異，且教學後得分顯著優於教學前，顯示動畫教學有助於熱傳遞概念的建立。

#### 四、比較教學前後不同背景國小教師訪談評分之熱傳遞概念

以下比較動畫教學前與教學後不同背景的教師訪談評分後之熱傳遞概念，訪談題目分成8題分別是：1.解釋何謂熱傳遞、2.熱傳遞的方式、3.舉例說明熱傳導、4.舉例說明熱對流、5.舉例說明熱輻射、6.說明何謂熱傳導、7.說明何謂熱對流、8.說明何謂熱輻射，各題的前、後測得分情形如表4-2-4所示，不同背景教師各主題的後測百分比都高於前測，顯示動畫教學有助於熱傳遞概念的建構。

表4-2-4 不同背景國小教師教學前後熱傳遞概念之各題得分摘要表

題號	概念	背景	前測		後測	
			平均分數	百分比	平均分數	百分比
1	解釋何謂熱傳遞	科學相關學系	.89	44.5%	1.26	63.0%
		非科學相關學系	.86	43.0%	1.19	59.5%
2	熱傳遞的方式	科學相關學系	5.05	84.2%	5.84	97.3%
		非科學相關學系	3.38	56.3%	5.76	96.0%
3	舉例說明熱傳導	科學相關學系	2.95	49.2%	3.53	58.8%
		非科學相關學系	2.38	39.7%	2.90	48.3%
4	舉例說明熱對流	科學相關學系	3.00	50.0%	3.26	54.3%
		非科學相關學系	2.38	39.7%	3.00	50.0%
5	舉例說明熱輻射	科學相關學系	1.95	32.5%	2.63	43.8%
		非科學相關學系	2.10	35.0%	2.52	42.0%
6	說明何謂熱傳導	科學相關學系	3.05	43.6%	4.84	69.1%
		非科學相關學系	1.67	23.9%	4.95	70.7%
7	說明何謂熱對流	科學相關學系	4.11	51.4%	6.47	80.9%
		非科學相關學系	4.33	54.1%	6.52	81.5%
8	說明何謂熱輻射	科學相關學系	1.32	33.0%	2.53	63.3%
		非科學相關學系	1.10	27.5%	2.71	67.8%

## 五、「熱傳遞概念」教學前、後之差異。

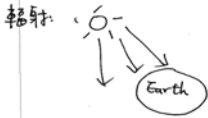
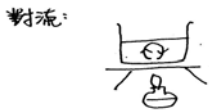
不同背景國小教師之「熱傳遞概念」前、後測情形如表4-2-5所示，在2題中的8個概念科學相關學系與非科學相關學系教師後測百分比都高於前測，在後測概念除了「1-1溫度高傳到溫度低」、「2-1答出熱傳導」、「2-4繪出熱傳導圖」非科學相關學系教師表現優於科學相關學系，其他5個概念皆是科學相關學系教師優於非科學相關學系教師，其中「熱是一種能量，能量高到能量低」兩者的百分比還是不到50%，顯示有一半以上的教師仍未具有這個概念，而90%的教師都可以說出熱傳遞的方式有哪些。

表4-2-5 教學前後之「熱傳遞概念」得分摘要表

概 念	背 景	人 數	前 測		後 測	
			得分人數	百分比	得分人數	百分比
1. 解釋何謂熱傳遞						
1-1溫度高傳到溫度低	科學相關學系	19	12	63.2%	15	78.9%
	非科學相關學系	21	15	71.4%	21	100.0%
1-2熱是一種能量，能量高到能量低	科學相關學系	19	5	26.3%	9	47.4%
	非科學相關學系	21	3	14.3%	4	19.0%
2. 熱傳遞的方式						
2-1答出熱傳導	科學相關學系	19	15	78.9%	19	100%
	非科學相關學系	21	8	38.1%	20	95.2%
2-2答出熱對流	科學相關學系	19	18	94.7%	19	100.0%
	非科學相關學系	21	15	71.4%	20	95.2%

表4-2-5 教學前後之「熱傳遞概念」得分摘要表 (續)

2-3 答出熱輻射	科學相關學系	19	17	89.5%	18	94.7%
	非科學相關學系	21	8	38.1%	21	100.0%
2-4 繪出熱傳導圖	科學相關學系	19	15	78.9%	18	94.7%
	非科學相關學系	21	12	57.1%	20	95.2%
2-5 繪出熱對流圖	科學相關學系	19	17	89.5%	19	100.0%
	非科學相關學系	21	15	71.4%	21	100.0%
2-6 繪出熱輻射圖	科學相關學系	19	14	73.7%	18	94.7%
	非科學相關學系	21	13	61.9%	19	90.5%



### 第三節 不同學科背景教師之「熱傳導概念」與眼球追蹤資料分析

#### 一、不同學科背景教師熱傳導動畫眼球追蹤資料之T考驗分析

以下進行不同學科背景教師在進行熱傳導動畫學習時文字區域與動畫區域之凝視點次數、凝視點時間、平均凝視時間值（凝視時間/凝視次數）及文字與動畫凝視時間的百分比（百分比的計算為該區域的凝視時間/（文字區凝視時間+動畫區凝視時間））等之T考驗分析。而熱傳導動畫「文字區」、「動畫區」範圍與座標則如圖4-1所示。

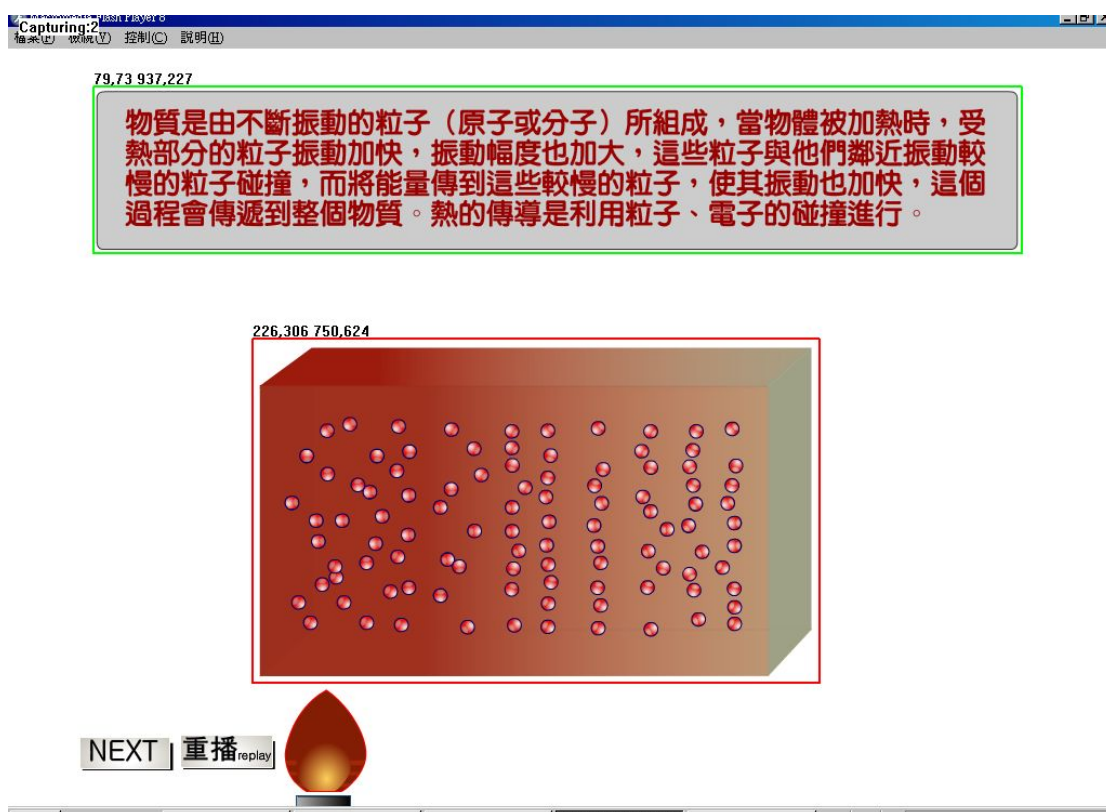


圖4-1.熱傳導動畫「文字區」、「動畫區」示意圖



由表4-3-1 顯示不同學科背景之國小教師在熱傳導動畫教學時在動畫凝視時間百分比平均數，科學相關學系教師（62.93%）高於非科學相關學系教師（50.65%），而文字凝視時間百分比平均數則相反，科學相關學系教師與非科學相關學系教師在凝視點次數都是文字區高於動畫區，在凝視總時間則相反。

而不同學科背景教師在觀看熱傳導單元動畫教學時在文字區的凝視次數、時間與動畫區的凝視次數、時間以及動畫區的每一平均凝視點時間均未達顯著差異，只有在「文字區凝視時間百分比」（ $T=-2.289, P<.05$ ）、「動畫區凝視時間百分比」（ $T=2.289, P<.05$ ）達顯著差異，顯示不同學科背景教師在熱傳導動畫教學時個人所注視文字與動畫時間的比例是有顯著差異的，由平均數可以得知科學相關學系畢業的教師比較注意動畫，而非科學相關學系畢業的教師比較將注意力集中在文字。



表4-3-1不同學科背景教師熱傳導眼球追蹤資料T考驗摘要表

項目	學科背景	人數	平均數	標準差	T值
文字區凝視點次數	科學相關學系	19	42.47	25.74	-.966
	非科學相關學系	21	51.14	30.48	
文字區凝視總時間	科學相關學系	19	3850.68	2555.17	-.722
	非科學相關學系	21	4496.29	3046.58	
文字區凝視點 平均時間	科學相關學系	19	88.51	9.15	.491
	非科學相關學系	21	86.79	12.54	
文字區凝視時間 百分比	科學相關學系	19	37.07	14.83	-2.289*
	非科學相關學系	21	49.35	18.67	
動畫區凝視點次數	科學相關學系	19	36.95	23.90	.703
	非科學相關學系	21	32.05	20.15	
動畫區凝視總時間	科學相關學系	19	6291.84	3829.29	.885
	非科學相關學系	21	5283.81	3373.27	
動畫區凝視點 平均時間	科學相關學系	19	172.88	49.10	.198
	非科學相關學系	21	167.70	104.21	
動畫區凝視時間 百分比	科學相關學系	19	62.93	14.83	2.289*
	非科學相關學系	21	50.65	18.67	
凝視總時間	科學相關學系	19	448.53	169.92	-.968
	非科學相關學系	21	497.10	147.45	

註1：\* P<.05 \*\* P<.01 \*\*\* P<.001

註2：「凝視總時間」為開始觀看動畫至動畫結束的所有凝視時間。

## 二、不同學科背景教師熱傳導動畫眼球追蹤資料之凝視路徑分析

如圖4-2、圖4-3所示，為科學相關學系教師與非科學相關學系教師進行熱傳導動畫單元之凝視路徑示意圖。由圖可以得知科學相關學系教師比非科學相關學系教師更注意動畫區，且動畫區平均凝視點時間（mean fixation duration）也是科學相關學系教師較高（圓圈越大表示停留時間越久）。而科學相關學系教師在凝視動畫時，焦點更集中在動畫剛開始時粒子受熱振動加快、振動幅度加大的地方，此處視線停留的次數較多、凝視點的停留時間也較久，顯示科學相關學系的教師將較多的注意力聚焦於此處。

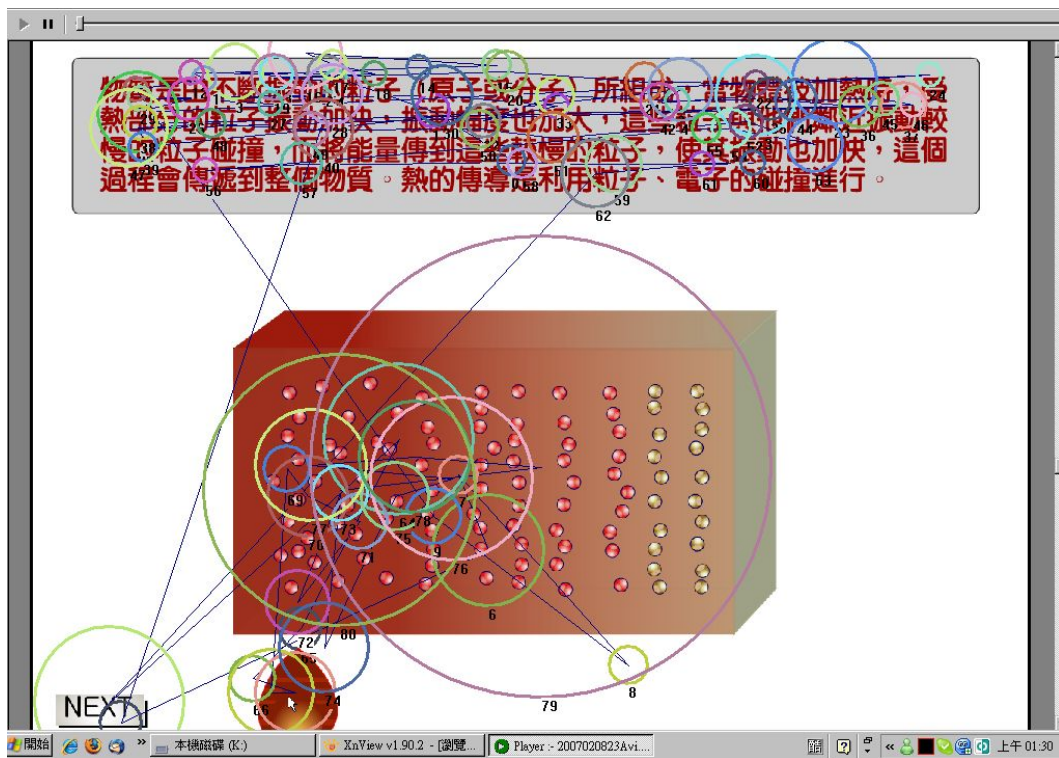


圖4-2.科學相關學系教師熱傳導動畫單元之凝視路徑示意圖

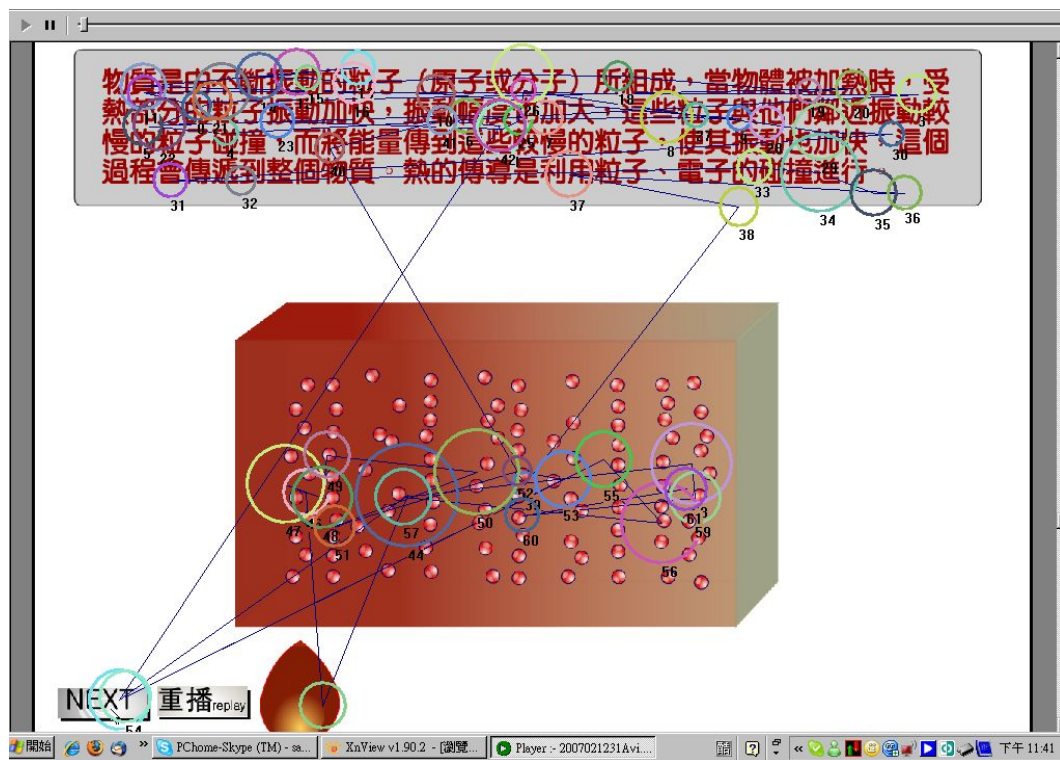


圖4-3.非科學相關學系教師熱傳導動畫單元之凝視路徑示意圖



### 三、「熱傳導概念」教學前、後之差異

不同背景國小教師之「熱傳導概念」前、後測情形如表4-3-2所示，第3題「舉例說明熱傳導」的6個概念中科學相關學系與非科學相關學系教師，後測百分比皆優於前測百分比，但差異並不明顯。教學後所有的教師都可以舉出一個例子，而能正確說明一個舉例的科學相關學系教師有78.9%，非科學相關學系教師只有47.6%，且80%以上的教師可以舉出兩個例子，能說明兩個舉例的科學相關學系教師有47.4%，非科學相關學系教師只有23.8%，但是能舉出三個例子的科學相關學系教師（26.3%）反而低於非科學相關學系教師（38.1%），可是能說明三個舉例的科學相關學系教師有47.4%，反而高於非科學相關學系教師（0%），顯示動畫教學後非科學相關學系教師概念雖有進步但能理解並應用於生活上，仍不及科學相關學系教師。

在第6題「說明何謂熱傳導」的7個概念中不同背景之國小教師後測百分比明顯優於前測百分比，尤以非科學相關學系教師更為顯著，在「碰撞相鄰的粒子、電子」、「熱經由粒子的碰撞傳遞」、「繪出粒子的振動」、「繪出粒子碰撞傳遞熱能」等概念非科學相關學系教師後測百分比（71%、95%、71%、86%）比前測百分比（14%、33%、10%、24%）大幅提高，顯示教師對熱傳導微觀概念的了解有明顯進步。

表4-3-2 教學前後之「熱傳導概念」得分摘要表

概 念	背 景	人 數	前 測		後 測	
			得分人數	百分比	得分人數	百分比
3. 舉例說明何謂熱傳導						
3-1能列舉一個熱傳導例子	科學相關學系	19	19	100%	19	100.0%
	非科學相關學系	21	20	95.2%	21	100.0%
3-2能列舉二個熱傳導例子	科學相關學系	19	15	78.9%	17	89.5%
	非科學相關學系	21	16	76.2%	17	81.0%
3-3能列舉三個熱傳導例子	科學相關學系	19	4	21.1%	5	26.3%
	非科學相關學系	21	8	38.1%	8	38.1%
3-4能說明一個列舉的熱傳導例子	科學相關學系	19	12	63.2%	15	78.9%
	非科學相關學系	21	5	23.8%	10	47.6%
3-5能說明二個列舉的熱傳導例子	科學相關學系	19	5	26.3%	9	47.4%
	非科學相關學系	21	1	4.8%	5	23.8%
3-6能說明三個列舉的熱傳導例子	科學相關學系	19	1	5.3%	2	10.5%
	非科學相關學系	21	0	0%	0	0.0%

表4-3-2 教學前後之「熱傳導概念」得分摘要表（續）

概念	背景	人數	前測		後測	
			得分人數	百分比	得分人數	百分比
6. 以粒子的角度說明何謂熱傳導						
6-1 粒子受熱振動加 快	科學相關學系	19	7	36.8%	11	57.9%
	非科學相關學系	21	1	4.8%	11	52.4%
6-2 粒子受熱振動幅 度加大	科學相關學系	19	2	10.5%	5	26.3%
	非科學相關學系	21	1	4.8%	4	19.0%
6-3 粒子受熱碰撞相 鄰的粒子、電子	科學相關學系	19	8	42.1%	12	63.2%
	非科學相關學系	21	3	14.3%	15	71.4%
6-4 熱經由粒子的碰 撞傳遞	科學相關學系	19	6	31.6%	17	89.5%
	非科學相關學系	21	7	33.3%	20	95.2%
6-5 繪出物體內的粒 子	科學相關學系	19	19	100%	19	100.0%
	非科學相關學系	21	16	76.2%	21	100.0%
6-6 繪出粒子的振動	科學相關學系	19	5	26.3%	12	63.2%
	非科學相關學系	21	2	9.5%	15	71.4%
6-7 繪出粒子碰撞傳 遞熱能	科學相關學系	19	11	57.9%	16	84.2%
	非科學相關學系	21	5	23.8%	18	85.7%

綜合以上的眼球追蹤資料、凝視路徑分析、教學前後的概念得分，可以發現不同背景的教師其前測百分比有顯著差異，教學後獲得「6-1 粒子受熱振動加快」、「6-4 熱經由粒子的碰撞傳遞」、「6-5 繪出物體內的粒子」、「6-6 繪出粒子的振動」、「6-7 繪出粒子碰撞傳遞熱能」等概念的人數百分比差異不大，比對眼球追蹤資料中「文字區凝視點平均時間」、「動畫區凝視點平均時間」科學相關學系教師（88.51，172.88）與非科學相關學系教師（86.79，167.7）非常相

近。即當注意力的凝視點平均時間相近時，其概念獲得的人數百分比相似，顯示注意力的分佈與概念建構有密切的關係。

在「粒子受熱振動幅度加大」的概念得分中科學相關學系教師（26.3%），高於非科學相關學系教師（19%），且兩組教師這個概念的得分人數都不高，與兩組各一位代表的凝視路徑圖對照，科學相關學系教師觀看動畫中粒子受熱振動加快、振動幅度加大的部分，推知可能此處視線停留的次數、凝視點的停留時間都比非科學教師高，科學相關學系教師獲得這個概念的人數百分比高於非科學相關學系教師。顯示在動畫教學中注意力分佈區域不同確實會影響學習者的概念建構。

在「粒子受熱碰撞相鄰的粒子、電子」的概念得分中科學相關學系教師（63.2%），低於非科學相關學系教師（71.4%），且科學相關學系教師教學前、後的進步幅度（21.1%）也低於非科學相關學系教師的進步幅度（57.1%），對照眼球追蹤資料之T考驗中「文字區凝視時間百分比」，顯示科學相關學系教師（37.07）低於非科學相關學系教師（49.35），且達顯著。顯示注意力分佈的文字區凝視時間百分比與獲得概念的人數百分比有密切的關聯。再一次的支持注意力的分佈與概念建立有密切的關聯。

研究結果顯示文字+動畫的呈現方式可以幫助概念的建立，某些概念動畫不易完整呈現，而文字敘述在某種程度能幫助概念的建立。

## 第四節 不同學科背景教師之「熱對流概念」與眼球追蹤資料分析

### 一、不同學科背景教師熱對流動畫眼球追蹤資料之T考驗分析

以下進行不同學科背景教師在進行熱對流動畫學習時文字區域與動畫區域之凝視點次數、凝視點時間、平均凝視時間值（凝視時間/凝視次數）及文字與動畫凝視時間的百分比（百分比的計算為該區域的凝視時間/（文字區凝視時間+動畫區凝視時間））等之T考驗分析。而熱對流動畫「文字區」、「動畫區」範圍與座標則如圖4-4所示。

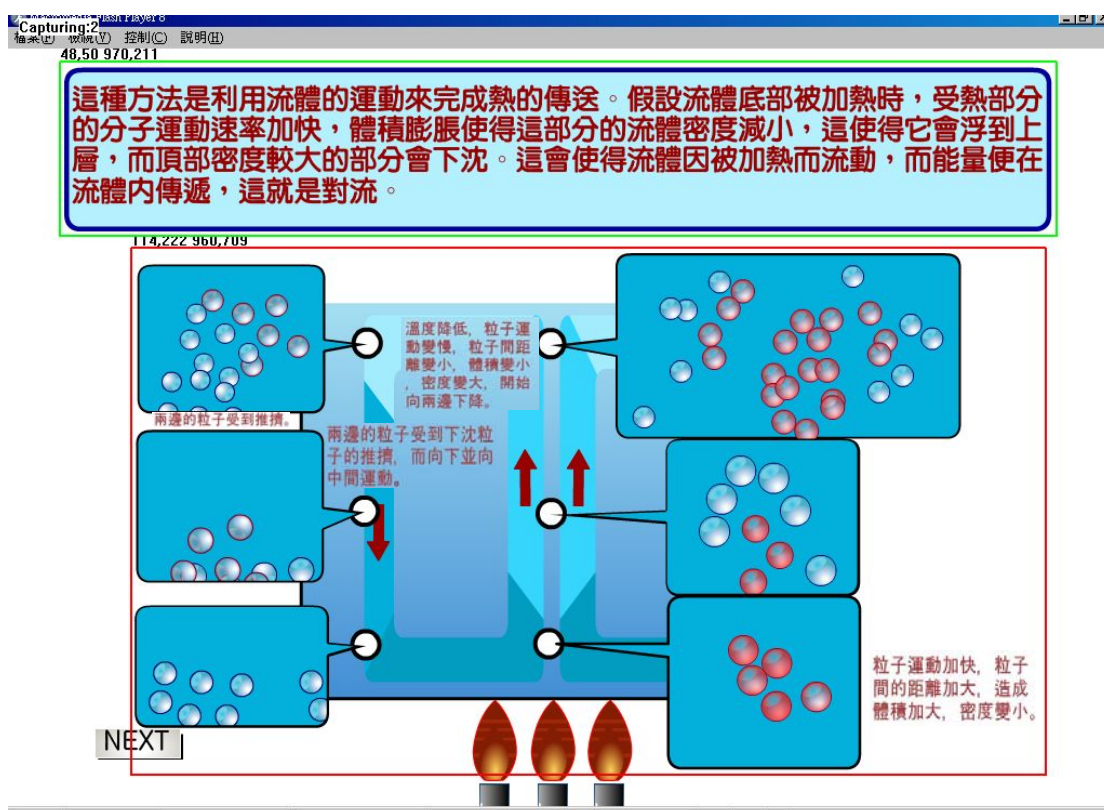


圖4-4.熱對流動畫「文字區」、「動畫區」示意圖



由表4-4-1顯示不同學科背景之國小教師在熱對流動畫教學時在動畫凝視時間百分比平均數，科學相關學系教師（62.20%）高於非科學相關學系教師（52.69%），而文字凝視時間百分比平均數則相反，科學相關學系教師與非科學相關學系教師不論在凝視點次數或凝視總時間都是動畫區高於文字區。

而不同學科背景教師在觀看熱對流單元動畫教學時在「文字區凝視點次數」（ $T=-2.556, P<.05$ ）、「文字區凝視總時間」（ $T=-2.274, P<.05$ ）達顯著差異，顯示非科學相關學系教師注意文字區的次數與時間較科學相關學系教師更多。而「動畫區凝視點次數」、「動畫區凝視總時間」、「動畫區凝視點平均時間」、「文字區凝視時間百分比」、「動畫區凝視時間百分比」等項目均未達顯著差異。



表4-4-1不同學科背景教師熱對流眼球追蹤T考驗分析摘要表

項目	學科背景	人數	平均數	標準差	T值
文字區凝視點次數	科學相關學系	19	44.37	27.44	-2.556*
	非科學相關學系	21	69.95	34.95	
文字區凝視總時間	科學相關學系	19	5178.42	3682.32	-2.274*
	非科學相關學系	21	8164.62	4524.31	
文字區凝視點 平均時間	科學相關學系	19	114.70	18.11	.098
	非科學相關學系	21	114.10	20.31	
文字區凝視時間 百分比	科學相關學系	19	37.80	18.69	-1.777
	非科學相關學系	21	47.31	15.10	
動畫區凝視點次數	科學相關學系	19	71.11	47.49	-.646
	非科學相關學系	21	80.48	44.26	
動畫區凝視總時間	科學相關學系	19	8666.79	5542.27	-.884
	非科學相關學系	21	10459.95	7091.83	
動畫區凝視點 平均時間	科學相關學系	19	120.80	14.82	-.727
	非科學相關學系	21	125.31	23.06	
動畫區凝視時間 百分比	科學相關學系	19	62.20	18.69	1.777
	非科學相關學系	21	52.69	15.10	
凝視總時間	科學相關學系	19	689.95	233.96	-2.538*
	非科學相關學系	21	962.05	410.61	

註1：\* P<.05 \*\* P<.01 \*\*\* P<.001

註2：「凝視總時間」為開始觀看動畫至動畫結束的所有凝視時間。

## 二、不同學科背景教師熱對流動畫眼球追蹤資料之凝視路徑分析

如圖4-5、圖4-6所示，為科學相關學系教師與非科學相關學系教師進行熱對流動畫單元之凝視路徑示意圖。由圖可以得知科學相關學系教師將較多的注意力放在動畫區，而非科學相關學系教師注意動畫區與文字區的比例大致相同，而且動畫區凝視點平均時間（mean fixation duration）也是科學相關學系教師較高（圓圈越大表示停留時間越久）。而科學相關學系教師在凝視動畫時，焦點更集中在動畫右下第一個子圖粒子受熱體積膨脹、密度變小，以及左上第四個子圖的地方，此處視線凝視點的停留時間較久，顯示科學相關學系的教師將較多的注意力聚焦於這兩個地方。

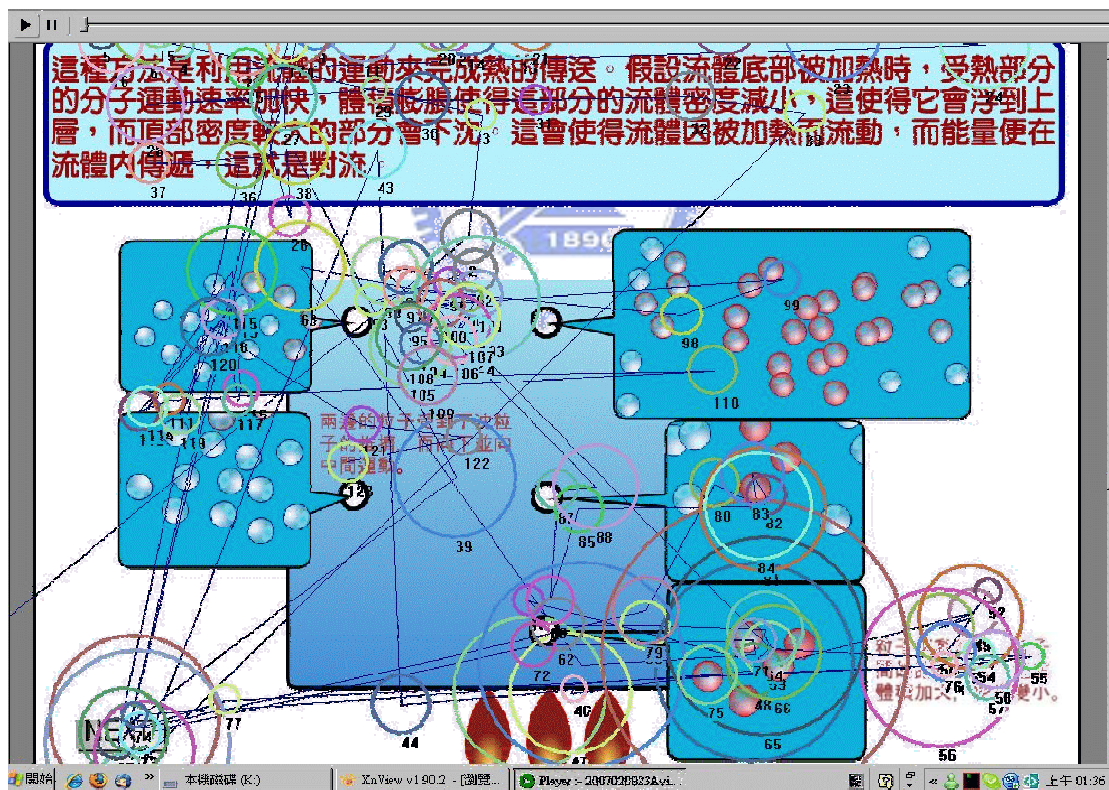


圖4-5.科學相關學系教師熱對流動畫單元之凝視路徑示意圖

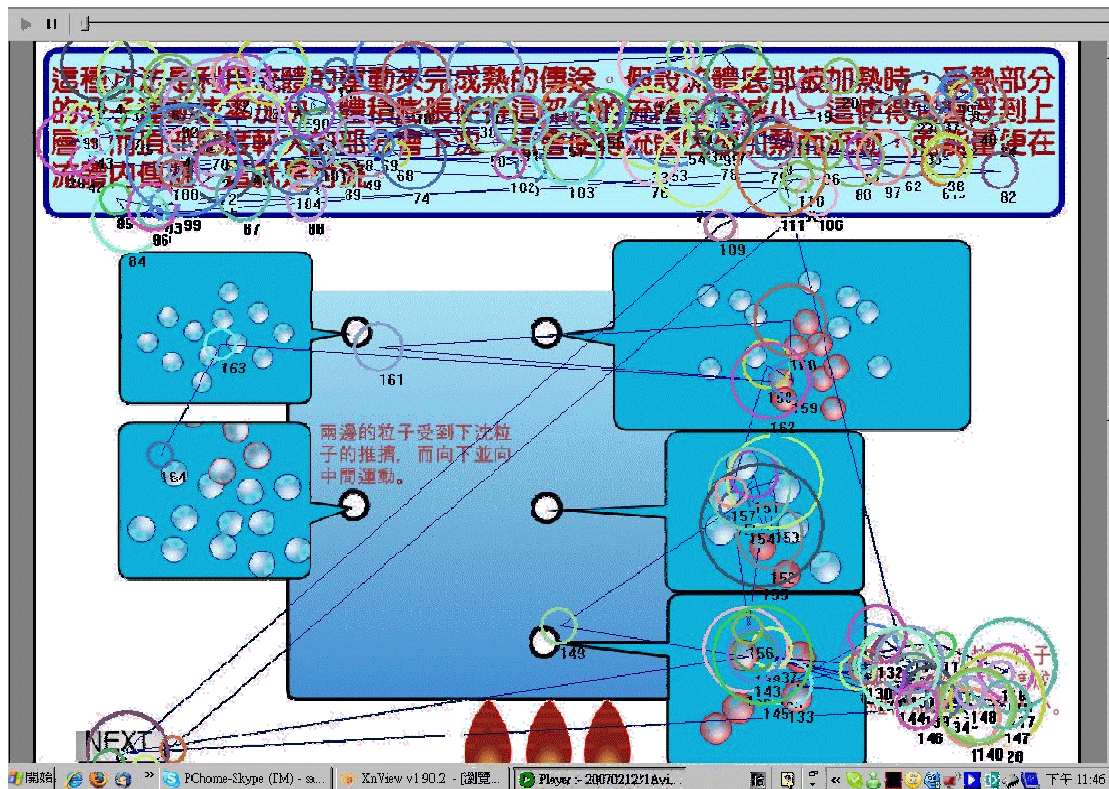


圖4-6.非科學相關學系教師熱對流動畫單元之凝視路徑示意圖

### 三、「熱對流概念」教學前、後之差異

不同背景國小教師之「熱對流概念」前、後測情形如表4-4-2所示，第4題「舉例說明熱對流」的6個概念中科學相關學系與非科學相關學系教師，後測百分比皆優於前測百分比，但差異並不明顯。教學後所有的教師都可以舉出一個例子，而能正確說明一個舉例的科學相關學系教師有57.9%，非科學相關學系教師有61.9%，約95%的教師可以舉出兩個例子，能說明兩個舉例的科學相關學系教師有31.6%，非科學相關學系教師只有9.5%，但能舉出三個例子的科學相關學系教師有36.8%，非科學相關學系教師只有33.3%，但是能說明三個舉例的科學相關學系教師只有5.3%，非科學相關學系教師卻沒有（0%），顯示動畫教學後，非科學相關學系教師概念雖進步但能理解並應用於生活上，仍不及科學相關學系教師。

在第7題「說明何謂熱對流」的8個概念中不同背景之國小教師後測百分比明顯優於前測百分比，非科學相關學系教師在多個概念百分比達100%，但能正確答出「循環形成對流」還是不到50%，而能答出「受熱粒子體積膨脹」、「受熱粒子密度變小」也只到50%左右，顯示有50%的教師非科學相關學系未具備粒子密度變化的相關概念，科學與非科學相關學系教師在熱對流概念後測百分比沒有太大的差異。

表4-4-2 教學前後之「熱對流概念」得分摘要表

概 念	背 景	人 數	前 測		後 測	
			得分人數	百分比	得分人數	百分比
4. 舉例說明何謂熱對流						
4-1能列舉一個熱對流例子	科學相關學系	19	19	100%	19	100.0%
	非科學相關學系	21	21	100%	21	100.0%
4-2能列舉二個熱對流例子	科學相關學系	19	18	94.7%	18	94.7%
	非科學相關學系	21	17	81.0%	20	95.2%
4-3能列舉三個熱對流例子	科學相關學系	19	5	26.3%	7	36.8%
	非科學相關學系	21	2	9.5%	7	33.3%
4-4能說明一個列舉的熱對流例子	科學相關學系	19	10	52.6%	11	57.9%
	非科學相關學系	21	9	42.9%	13	61.9%
4-5能說明二個列舉的熱對流例子	科學相關學系	19	5	26.3%	6	31.6%
	非科學相關學系	21	1	4.8%	2	9.5%
4-6能說明三個列舉的熱對流例子	科學相關學系	19	0	0%	1	5.3%
	非科學相關學系	21	0	0%	0	0.0%

表 4-4-2 教學前後之「熱對流概念」得分摘要表（續）

概念	背景	人數	前 測		後 測	
			得分人數	百分比	得分人數	百分比
7. 以粒子的角度說明何謂熱對流						
7-1 受熱粒子體積膨脹	科學相關學系	19	1	5.3%	8	42.1%
	非科學相關學系	21	3	14.3%	12	57.1%
7-2 受熱粒子密度變小	科學相關學系	19	4	21.1%	15	78.9%
	非科學相關學系	21	1	4.8%	11	52.4%
7-3 受熱粒子往上升	科學相關學系	19	15	78.9%	19	100.0%
	非科學相關學系	21	18	85.7%	21	100.0%
7-4 上方溫度較低的粒子下沉	科學相關學系	19	14	73.7%	19	100.0%
	非科學相關學系	21	18	85.7%	21	100.0%
7-5 循環形成對流	科學相關學系	19	2	10.5%	6	31.6%
	非科學相關學系	21	3	14.3%	9	42.9%
7-6 繪出受熱粒子上升	科學相關學系	19	15	78.9%	19	100.0%
	非科學相關學系	21	18	85.7%	21	100.0%
7-7 繪出上方粒子下沉	科學相關學系	19	15	78.9%	19	100.0%
	非科學相關學系	21	12	57.1%	21	100.0%
7-8 繪出正確的對流方向	科學相關學系	19	16	84.2%	18	94.7%
	非科學相關學系	21	14	66.7%	21	100.0%

綜合以上的眼球追蹤資料、凝視路徑分析、教學前後的概念得分，可以發現不同背景的教師其前測百分比有顯著差異，教學後獲得「7-3受熱粒子往上升」、「7-4上方溫度較低的粒子下沉」、「7-6繪出受熱粒子上升」、「7-7繪出上方粒子下沉」、「7-8繪出正確的對流方向」等概念的人數百分比差異不大，比對眼

球追蹤資料中「文字區凝視點平均時間」、「動畫區凝視點平均時間」科學相關學系教師（114.7，120.8）與非科學相關學系教師（114.1，125.3）非常相近。即當注意力的凝視點平均時間相近時，其概念獲得的人數百分比相似，顯示注意力的分佈與概念建構有密切的關係。

在「受熱粒子密度變小」的概念得分中科學相關學系教師（78.9%），高於非科學相關學系教師（52.4%），且科學相關學系教師教學前、後的進步幅度（57.8%）也高於非科學相關學系教師的進步幅度（47.6%），與兩組各一位代表的凝視路徑圖對照，科學相關學系教師觀看動畫中粒子密度變化的部分，推知可能此處視線凝視點的停留時間都比非科學教師高，是以科學相關學系教師得分高於非科學相關學系教師。顯示在動畫教學中注意力分佈區域不同確實會影響學習者的概念建構。

在「受熱粒子體積膨脹」、「循環形成對流」的概念得分中科學相關學系教師（42.1%、31.6%），低於非科學相關學系教師（57.1%、42.9%），且科學相關學系教師教學前、後的進步幅度（36.8%、21.1%）也低於非科學相關學系教師的進步幅度（42.8%、28.6%），對照眼球追蹤資料之T考驗中「文字區凝視點次數」、「文字區凝視總時間」，顯示非科學相關學系教師（69.95、8164.62）高於科學相關學系教師（44.37、5178.42），也就是說凝視文字區的次數與時間越高概念得分也越高，再一次的支持注意力的分佈與概念建立有密切的關聯。

研究結果顯示文字+動畫的呈現方式可以幫助概念的建立，某些概念動畫不易完整呈現，而文字敘述在某種程度能幫助概念的建立。

## 第五節 不同學科背景教師之「熱輻射概念」與眼球追蹤資料分析

### 一、不同學科背景教師熱輻射動畫眼球追蹤資料之T考驗分析

以下進行不同學科背景教師在進行熱輻射動畫學習時文字區域與動畫區域之凝視點次數、凝視點時間、平均凝視時間值（凝視時間/凝視次數）及文字與動畫凝視時間的百分比（百分比的計算為該區域的凝視時間/（文字區凝視時間+動畫區凝視時間））等之T考驗分析。而熱輻射動畫「文字區」、「動畫區」範圍與座標則如圖4-7所示。

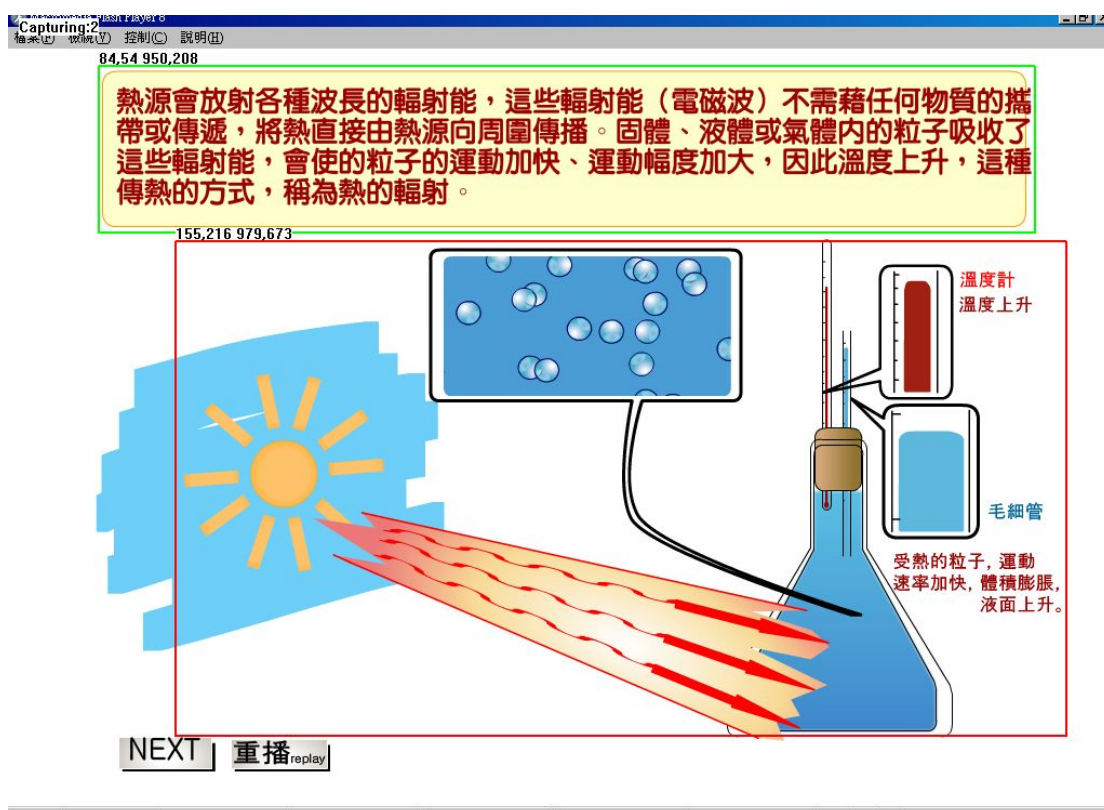


圖4-7.熱輻射動畫「文字區」、「動畫區」示意圖



由表4-5-1 顯示不同學科背景之國小教師在熱輻射動畫教學時在動畫凝視時間百分比平均數，科學相關學系教師（45.45%）高於非科學相關學系教師（31.78%），而文字凝視時間百分比平均數則相反，科學相關學系教師與非科學相關學系教師不論在凝視點次數或凝視總時間都是文字區高於動畫區，與熱對流動畫呈現完全相反的情形。

不同學科背景教師在觀看熱輻射單元動畫教學時在文字區的凝視次數、時間與動畫區的凝視次數、時間以及動畫區的每一凝視點平均時間均未達顯著差異，只有在「文字區凝視時間百分比」（ $T=-2.037, P<.05$ ）、「動畫區凝視時間百分比」（ $T=2.037, P<.05$ ）達顯著差異，顯示不同學科背景教師在熱輻射動畫教學時個人所注視文字與動畫時間的比例是有顯著差異的，由平均數可以得知科學相關學系畢業的教師比較注意動畫，而非科學相關學系畢業的教師比較將注意力集中在文字。



表4-5-1不同學科背景教師熱輻射眼球追蹤T考驗分析摘要表

項目	學科背景	人數	平均數	標準差	T值
文字區凝視點次數	科學相關學系	19	37.79	27.10	-1.410
	非科學相關學系	21	51.05	31.87	
文字區凝視總時間	科學相關學系	19	4030.79	3212.04	-1.213
	非科學相關學系	21	5368.90	3712.54	
文字區凝視點 平均時間	科學相關學系	19	99.66	16.85	-.560
	非科學相關學系	21	102.88	19.18	
文字區凝視時間 百分比	科學相關學系	19	54.55	23.73	-2.037*
	非科學相關學系	21	68.22	18.60	
動畫區凝視點次數	科學相關學系	19	24.79	24.01	.274
	非科學相關學系	21	23.10	14.27	
動畫區凝視總時間	科學相關學系	19	2725.58	2395.47	.147
	非科學相關學系	21	2626.95	1839.18	
動畫區凝視點 平均時間	科學相關學系	19	119.69	44.34	1.140
	非科學相關學系	21	106.01	31.01	
動畫區凝視時間 百分比	科學相關學系	19	45.45	23.73	2.037*
	非科學相關學系	21	31.78	18.60	
凝視總時間	科學相關學系	19	370.26	150.46	-1.255
	非科學相關學系	21	433.38	166.06	

註1：\* P<.05 \*\* P<.01 \*\*\* P<.001

註2：「凝視總時間」為開始觀看動畫至動畫結束的所有凝視時間。

## 二、不同學科背景教師熱輻射動畫眼球追蹤資料之凝視路徑分析

如圖4-8.、圖4-9.所示，為科學相關學系教師與非科學相關學系教師進行熱輻射動畫單元之凝視路徑示意圖。由圖可以得知科學相關學系教師將較多的注意力放在動畫區，而非科學相關學系教師則將大部分的注意力放在文字區，而且動畫區凝視點平均時間（mean fixation duration）也是科學相關學系教師較高（圓圈越大表示停留時間越久）。而且科學相關學系教師在凝視動畫時，焦點更集中在動畫的太陽電磁波輻射熱、粒子放大圖以及燒杯受熱處的地方，這些地方視線停留的次數較多、凝視點的停留時間也較久，顯示科學相關學系的教師將較多的注意力聚焦於此處。

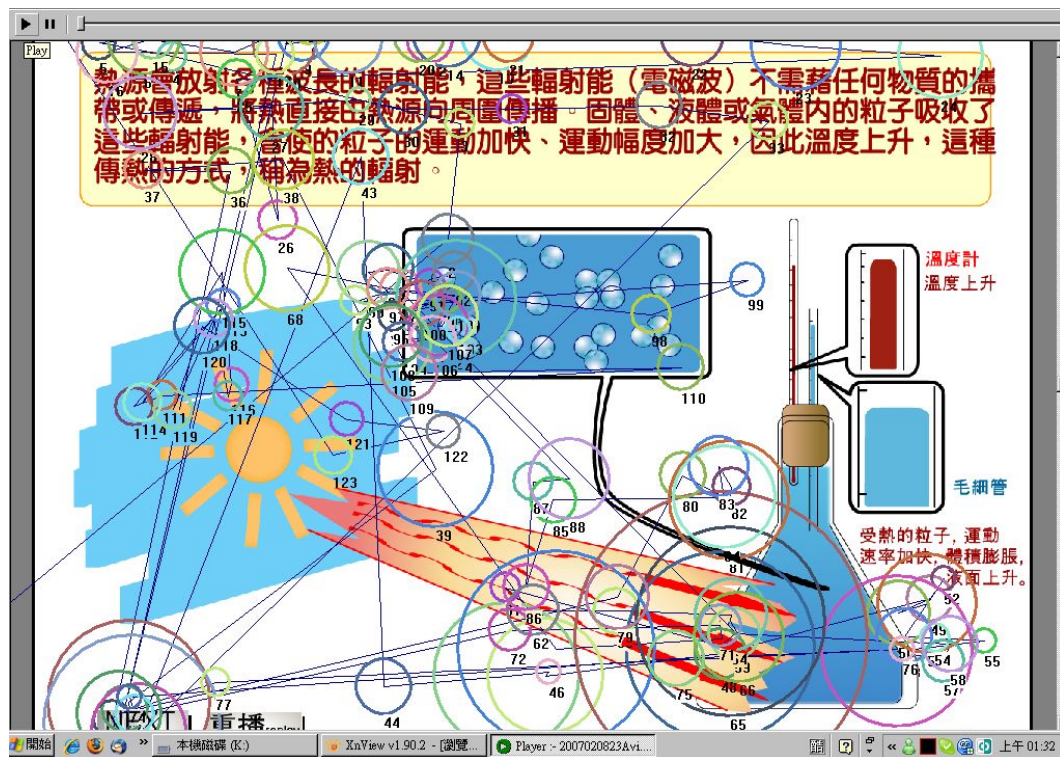


圖4-8.科學相關學系教師熱輻射動畫單元之凝視路徑示意圖

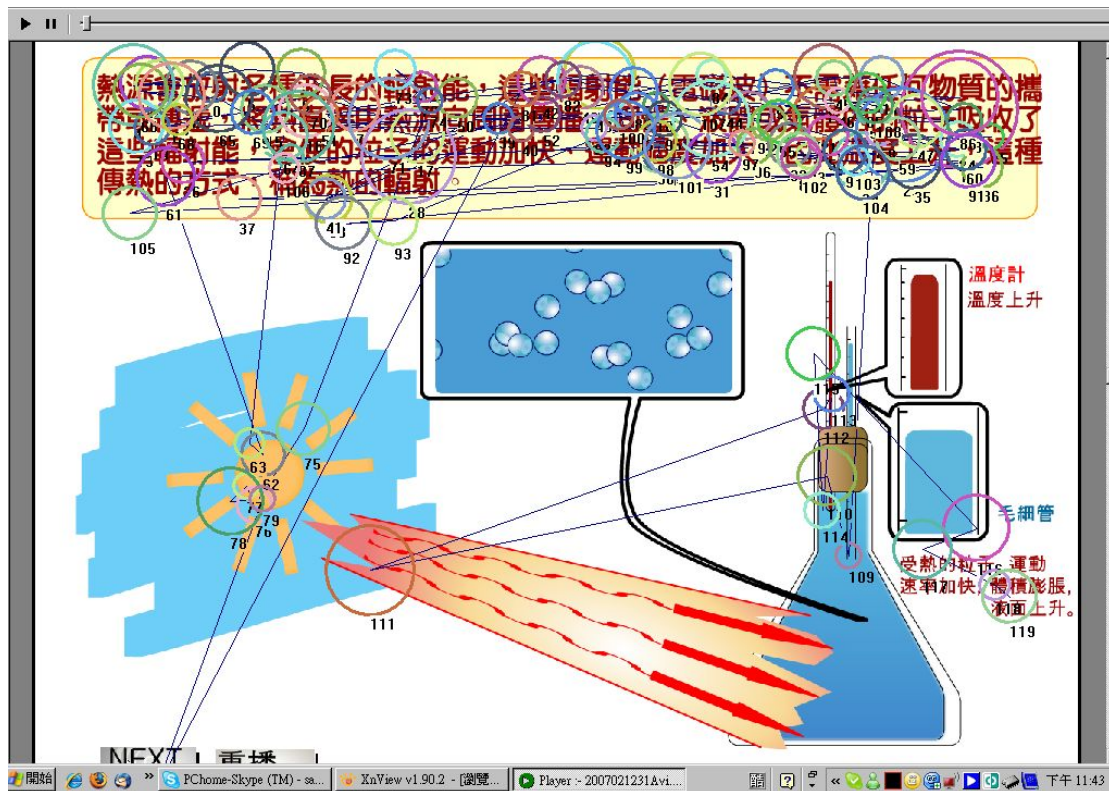


圖4-9.非科學相關學系教師熱輻射動畫單元之凝視路徑示意圖

### 三、「熱輻射概念」教學前、後之差異

不同背景國小教師之「熱輻射概念」前、後測情形如表4-5-2所示，第5題「舉例說明熱輻射」的6個概念中科學相關學系與非科學相關學系教師，後測百分比皆優於前測百分比，但差異並不明顯。教學後95%以上的教師都可以舉出一個例子，而能正確說明一個舉例的科學相關學系教師有42.1%，非科學相關學系教師有19.0%，約90%的教師可以舉出兩個例子，能說明兩個舉例的科學相關學系教師有15.8%，非科學相關學系教師只有4.8%，能舉出三個例子的科學相關學系教師有21.1%，非科學相關學系教師有38.1%，但是科學相關學系教師與非科學相關學系教師都沒有能說明三個例子。

在第8題「說明何謂熱輻射」的4個概念中不同背景之國小教師後測百分比明顯優於前測百分比，科學與非科學相關學系教師在後測百分比沒有太大的差異，在「以電磁波的方式傳遞」兩組教師百分比約50%，而在「不需介質傳遞」的百分比科學相關學系教師（37%）反而不如非科學相關教師（62%）。

表4-5-2 教學前後之「熱輻射概念」得分摘要表

概 念	背 景	人 數	前 測		後 測	
			得分人數	百分比	得分人數	百分比
5. 舉例說明何謂熱輻射						
5-1能列舉一個熱輻射例子	科學相關學系	19	18	94.7%	18	94.7%
	非科學相關學系	21	21	100%	21	100.0%
5-2能列舉二個熱輻射例子	科學相關學系	19	12	63.2%	17	89.5%
	非科學相關學系	21	16	76.2%	19	90.5%
5-3能列舉三個熱輻射例子	科學相關學系	19	3	15.8%	4	21.1%
	非科學相關學系	21	6	28.6%	8	38.1%
5-4能說明一個列舉的熱輻射例子	科學相關學系	19	4	21.1%	8	42.1%
	非科學相關學系	21	1	4.8%	4	19.0%
5-5能說明二個列舉的熱輻射例子	科學相關學系	19	0	0.0%	3	15.8%
	非科學相關學系	21	0	0.0%	1	4.8%
5-6能說明三個列舉的熱輻射例子	科學相關學系	19	0	0.0%	0	0.0%
	非科學相關學系	21	0	0.0%	0	0.0%
8. 以粒子的角度說明何謂熱輻射						
8-1以電磁波的方式傳遞	科學相關學系	19	5	26.3%	11	57.9%
	非科學相關學系	21	1	4.8%	11	52.4%
8-2不需介質傳遞	科學相關學系	19	5	26.3%	7	36.8%
	非科學相關學系	21	2	9.5%	13	61.9%
8-3繪出熱源及接收物體	科學相關學系	19	9	47.4%	16	84.2%
	非科學相關學系	21	13	61.9%	17	81.0%
8-4繪出電磁波	科學相關學系	19	6	31.6%	14	73.7%
	非科學相關學系	21	7	33.3%	16	76.2%

綜合以上的眼球追蹤資料、凝視路徑分析、教學前後的概念得分，可以發現不同背景的教師其前測百分比有顯著差異，教學後獲得「8-1以電磁波的方式傳遞」、「8-3繪出熱源及接收物體」、「8-4繪出電磁波」等概念的人數百分比差異不大，比對眼球追蹤資料中「文字區凝視點平均時間」、「動畫區凝視點平均時間」科學相關學系教師(99.66, 119.69)與非科學相關學系教師(102.88, 106.01)非常相近。即當注意力的動畫區凝視點平均時間相近時，其概念獲得的人數百分比相似，顯示注意力的分佈與概念建構有密切的關係。

在「不需介質傳遞」的概念得分中科學相關學系教師(36.8%)，低於非科學相關學系教師(61.9%)，且科學相關學系教師教學前、後的進步幅度(10.5%)也低於非科學相關學系教師的進步幅度(52.4%)，對照眼球追蹤資料之T考驗中「文字區凝視時間百分比」，顯示科學相關學系教師(54.55)低於非科學相關學系教師(68.22)，且達顯著。顯示注意力分佈的文字區凝視時間百分比與獲得概念的人數百分比有密切的關聯，再次的支持注意力的分佈與概念建立有密切的關聯。

研究結果顯示文字+動畫的呈現方式可以幫助概念的建立，某些概念動畫不易完整呈現，而文字敘述在某種程度能幫助概念的建立。

## 第六節 教學後訪談評分與眼球追蹤資料之相關分析

本研究為了解受試者在觀看熱傳遞動畫教學時眼球追蹤系統所記錄之凝視動畫區凝視點平均時間 (mean fixation duration) 與教學後訪談評分是否有關聯，使用統計方法中之Pearson相關係數來檢驗是否有顯著關聯，以下分別顯示不同學科背景教師之各教學動畫單元眼球追蹤資料與後測總分的相關分析。

為了能更精確瞭解不同學科背景教師在熱對流的眼球追蹤資料，研究者在六個子畫面中另外取出三個 (動畫a、b、c) 進行分析，如圖4-10所示

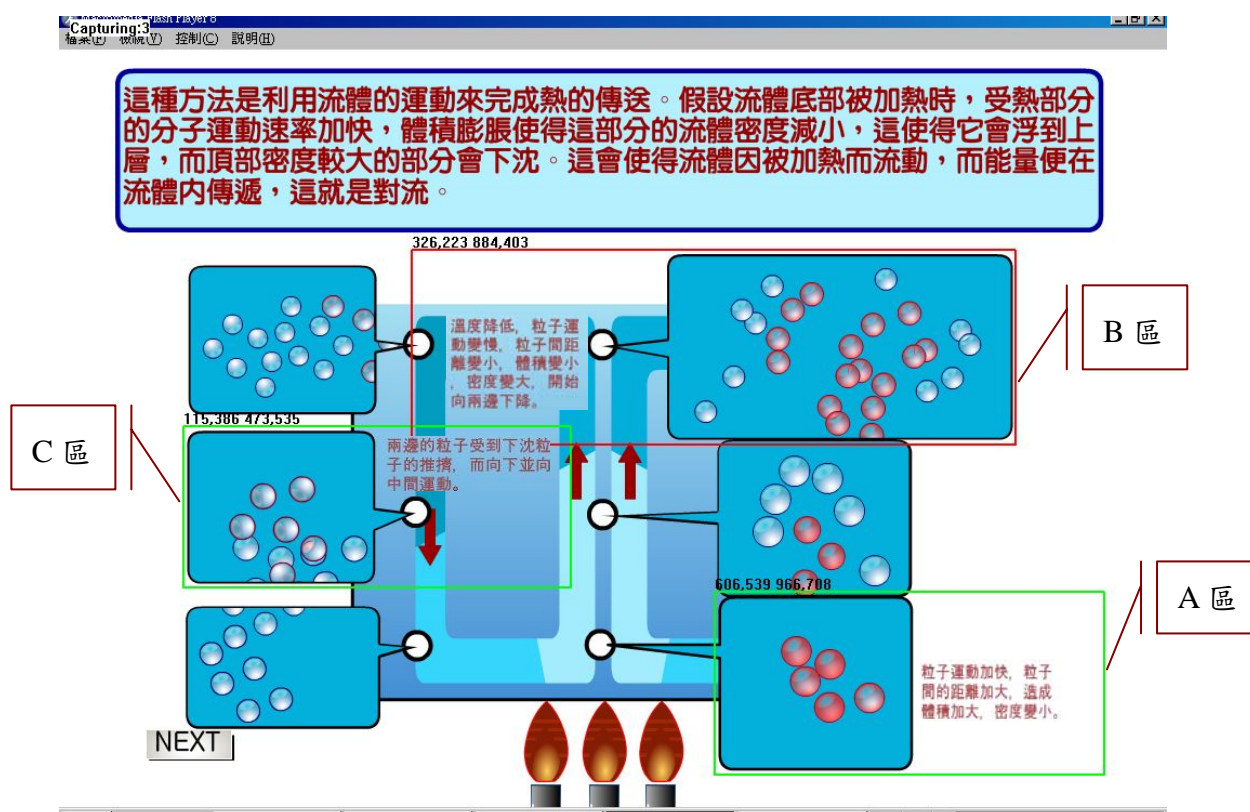


圖4-10.熱對流動畫「動畫a」、「動畫b」、「動畫c」示意圖

## 一、科學相關學系教師眼球追蹤資料與後測總分之Pearson相關分析

科學相關學系教師在觀看熱傳遞動畫教學時眼球追蹤系統所記錄之動畫區凝視點平均時間 (mean fixation duration) 與「後測總分」之得分情形進行Pearson相關分析，如表4-6-1所示，其中「對流動畫凝視點平均時間」、「對流動畫b凝視點平均時間」、「對流動畫c凝視點平均時間」與「後測總分」相關分別為.494 ( $p < .05$ )、.562 ( $p < .05$ )、-.652 ( $p < .01$ ) 達顯著相關，其餘動畫單元之眼球追蹤資料與「後測總分」，均未達顯著水準，顯示對流動畫的凝視點平均時間與對流動畫b凝視點平均時間越高後測得分越高，但對流動畫c凝視點平均時間與後測總分卻呈現負相關，顯示對流動畫c凝視點平均時間越高後測得分卻越低。

表4-6-1 科學相關學系教師眼球追蹤與後測總分之Pearson相關矩陣

項 目	後測總分
傳導動畫凝視點平均時間	.145
對流動畫凝視點平均時間	.494*
對流動畫a凝視點平均時間	.069
對流動畫b凝視點平均時間	.562*
對流動畫c凝視點平均時間	-.652**
輻射動畫凝視點平均時間	.385

## 二、非科學相關學系教師眼球追蹤資料與後測總分之

### Pearson相關分析

非科學相關學系教師在觀看熱傳遞動畫教學時眼球追蹤系統所記錄之凝視動畫區凝視點平均時間 (mean fixation duration) 與「後測總分」之得分情形進行Pearson相關分析，如表4-6-2所示，其中各動畫單元之眼球追蹤資料與「後測總分」，均未達顯著水準。



表4-6-2 非科學相關學系教師眼球追蹤與後測總分之Pearson相關矩陣

項 目	後測總分
傳導動畫凝視點平均時間	-.157
對流動畫凝視點平均時間	-.191
對流動畫a凝視點平均時間	-.258
對流動畫b凝視點平均時間	.156
對流動畫c凝視點平均時間	-.283
輻射動畫凝視點平均時間	-.068



## 第五章 結論與建議

本章主要依據研究目的與第四章之研究結果，進行整理與歸納為本研究的結論，並針對研究過程與結論提出建議。本章共分成二節：第一節為本研究的結論，第二節為本研究的建議。

### 第一節 結論

本節根據第四章研究結果與討論，依各研究工具類別依序說明本研究的主要發現，並分別探討熱傳遞動畫教學對於教學前後概念建構過程的影響，以及不同學科背景教師在觀看熱傳遞概念動畫過程中眼球追蹤資料是否有差異，並作成結論。

#### 一、教學前不同背景國小教師之熱傳遞概念分析

以下針對研究問題一「比較不同學科背景的國小教師，對熱傳遞相關概念的理解是否有差異。」以及延伸的3個子題做詳細的分析與探討，最後歸納為結論。

研究問題一「比較不同學科背景的國小教師，對熱傳遞相關概念的理解是否有差異。」

本研究以40位國小教師為樣本，其中19位是科學相關學系教師，21位是非科學相關學系教師，結果顯示科學相關學系背景國小教師的熱傳遞概念明顯優於非科學相關學系背景國小教師，以T考驗分析不同學科背景國小教師熱傳遞概念教學前訪談測驗，達顯著差異。

##### 1-1 不同學科背景之國小教師教學前的熱傳導概念是否有差異？

在第6題「說明何謂熱傳導」的7個概念中不同背景之國小教師前測的「粒子受熱振動加快」、「粒子受熱振動幅度加大」、「碰撞相鄰的粒子、電子」、「繪出物體內的粒子」、「繪出粒子的振動」、「繪出粒子碰撞傳遞熱能」等概念，科學相關學系教師擁有正確概念的人數百分比比較非科學相關學系教師高。

### 1-2 不同學科背景之國小教師教學前的熱對流概念是否有差異？

在第7題「說明何謂熱對流」的8個概念中不同背景之國小教師前測的、「受熱粒子密度變小」、「繪出上方粒子下沉」、「繪出正確的對流方向」等概念，科學相關學系教師擁有正確概念的人數百分比非科學相關學系教師高，但是在「受熱粒子體積膨脹」、「受熱粒子往上升」、「上方溫度較低的粒子下沉」、「循環形成對流」、「繪出受熱粒子上升」等概念，非科學相關學系教師擁有正確概念的人數百分比，較科學相關學系教師高。因此不同學科背景之國小教師教學前的熱對流概念沒有差異

### 1-3 不同學科背景之國小教師教學前的熱輻射概念是否有差異？

在第8題「說明何謂熱輻射」的4個概念中不同背景之國小教師前測的「以電磁波的方式傳遞」、「不需介質傳遞」等概念，科學相關學系教師擁有正確概念的人數百分比非科學相關學系教師高。但是在「繪出熱源及接收物體」概念，非科學相關學系教師擁有正確概念的人數百分比非科學相關學系教師高，在「繪出電磁波」概念，兩組教師沒有太大的差異。

## 二、教學後國小教師之熱傳遞概念分析

以下針對研究問題三「瞭解熱傳遞動畫教學是否有助於概念建構。」做詳細的分析與探討，最後歸納為結論。

### 研究問題三「瞭解熱傳遞動畫教學是否有助於概念建構。」

本研究以比較平均數法之成對樣本T檢定，來檢驗不同學科背景畢業教師教學前、後測得分是否有差異，並考驗動畫教學是否有助於熱傳遞概念建構，其結果顯示不論是科學相關或非科學相關學系的教師，各組前、後測之成對樣本T檢定也都達到顯著效果。後測成績的平均數皆明顯優於前測成績的平均數，顯示動畫教學前、後教師的熱傳遞概念有顯著差異，動畫教學有助於熱傳遞概念的建構。

### 三、不同學科背景教師之「熱傳導概念」與眼球追蹤資料分析

以下針對研究問題2-1「不同學科背景之國小教師在進行熱傳導動畫學習時注意力分佈是否有差異？」以及研究問題3-1「了解熱傳導動畫教學是否有助於熱傳遞概念之建構？」做詳細的分析與探討，最後歸納為結論。

#### (一) 研究問題2-1「不同學科背景之國小教師在進行熱傳導動畫學習時注意力分佈是否有差異？」

以T考驗分析，不同學科背景教師在熱傳導動畫單元時「動畫凝視時間百分比」、「文字凝視時間百分比」達顯著差異，顯示不同學科背景的教師所注意的地方有明顯的差異，科學相關學系教師將較多的注意力放在動畫上，而非科學相關學系教師則較注意文字敘述。

由兩組各一位代表的凝視路徑圖，推知可能科學相關學系教師比非科學相關學系教師更注意動畫區，且凝視動畫區的凝視點平均時間也是科學相關學系教師較高。而科學相關學系教師在凝視熱傳導動畫時，焦點更集中在動畫剛開始時粒子受熱振動加快、振動幅度加大的地方，此處視線停留的次數較多、凝視點的停留時間也較久，顯示科學相關學系的教師將較多的注意力分佈聚焦於此處。

#### (二) 研究問題3-1「了解熱傳導動畫教學是否有助於熱傳遞概念之建構？」

在第6題「說明何謂熱傳導」的7個概念中不同背景之國小教師後測百分比明顯優於前測百分比，尤以非科學相關學系教師更為顯著，在「碰撞相鄰的粒子、電子」、「熱經由粒子的碰撞傳遞」、「繪出粒子的振動」、「繪出粒子碰撞傳遞熱能」等概念非科學相關學系教師後測百分比比較前測百分比大幅提高，顯示教師對熱傳導微觀概念的了解有明顯進步。

綜合眼球追蹤資料、凝視路徑分析、教學前後的概念得分，可以發現不同背景的教師其教學後獲得概念的人數百分比差異不大，比對眼球追蹤

資料可以發現科學相關學系教師與非科學相關學系教師非常相近。即當注意力的凝視點平均時間相近時，其概念獲得的人數百分比相似，顯示注意力的分佈與概念建構有密切的關係。研究結果顯示文字+動畫的呈現方式可以幫助概念的建立，某些概念動畫不易完整呈現，而文字敘述在某種程度能幫助概念的建立。

#### 四、不同學科背景教師之「熱對流概念」與眼球追蹤資料分析

以下針對研究問題2-2「不同學科背景之國小教師在進行熱對流動畫學習時注意力分佈是否有差異？」以及研究問題3-2「了解熱對流動畫教學是否有助於熱傳遞概念之建構？」做詳細的分析與探討，最後歸納為結論。

##### (一) 研究問題2-2「不同學科背景之國小教師在進行熱對流動畫學習時注意力分佈是否有差異？」

以T考驗分析，不同學科背景教師在熱對流動畫單元時「文字區凝視點次數」、「文字區凝視總時間」達顯著差異，顯示不同學科背景的教師所注意的地方有明顯的差異，非科學相關教師注意文字區的次數與時間都較科學相關學系教師更多。

由兩組各一位代表的凝視路徑圖，推知可能科學相關學系教師將較多的注意力放在動畫區，而非科學相關學系教師注意動畫區與文字區的比例大致相同，而且凝視熱對流動畫區的凝視點平均時間也是科學相關學系教師較高。而科學相關學系教師在凝視動畫時，焦點更集中在動畫右下第一個子圖粒子受熱體積膨脹、密度變小，以及左上第四個子圖的地方，此處視線凝視點的停留時間較久，顯示科學相關學系的教師將較多的注意力分佈聚焦於這兩個地方。

##### (二) 研究問題3-2「了解熱對流動畫教學是否有助於熱傳遞概念之建構？」

在第7題「說明何謂熱對流」的8個概念中不同背景之國小教師後測百分比明顯優於前測百分比，非科學相關學系教師在多個概念百分比達100%，顯示熱對流動畫教學有助於熱對流概念建構，但能正確答出「循環形成對流」還是不到50%，而能答出「受熱粒子體積膨脹」、「受熱粒子密度變小」也只到50%左右，顯示有50%的教師非科學相關學系未具備粒子密度變化的相關概念。

綜合眼球追蹤資料、凝視路徑分析、教學前後的概念得分，可以發現不同背景的教師教學後獲得概念的人數百分比差異不大，比對眼球追蹤資料，顯示科學相關學系教師與非科學相關學系教師非常相近。即當注意力的凝視平均時間相近時，其概念獲得的人數百分比相似，顯示注意力的分佈與概念建構有密切的關係。

研究結果顯示文字+動畫的呈現方式可以幫助概念的建立，某些概念動畫不易完整呈現，而文字敘述在某種程度能幫助概念的建立。



## 五、不同學科背景教師之「熱輻射概念」與眼球追蹤資料分析

以下針對研究問題2-3「不同學科背景之國小教師在進行熱輻射動畫學習時注意力分佈是否有差異？」以及研究問題3-3「了解熱輻射動畫教學是否有助於熱傳遞概念之建構？」做詳細的分析與探討，最後歸納為結論。

### (一) 研究問題2-3「不同學科背景之國小教師在進行熱輻射動畫學習時注意力分佈是否有差異？」

以T考驗分析，不同學科背景教師在熱輻射動畫單元時「文字區凝視時間百分比」、「動畫凝視時間百分比」達顯著差異，顯示不同學科背景的教師所注意的地方有明顯的差異，科學相關學系教師注意動畫的百分比明顯高於非科學相關學系教師。

由兩組各一位代表的凝視路徑圖，推知可能科學相關學系教師將較多的注意力放在動畫區，而非科學相關學系教師則將大部分的注意力放在文字區，而且凝視熱輻射動畫區的凝視點平均時間也是科學相關學系教師較高。而且科學相關學系教師在凝視動畫時，焦點更集中在動畫的太陽電磁波輻射熱、粒子放大圖以及燒杯受熱處的地方，這些地方視線停留次數、停留時間較久，顯示科學相關學系的教師將較多的注意力分佈聚焦於此處。

### (二) 研究問題3-3「了解熱輻射動畫教學是否有助於熱傳遞概念之建構？」

在第8題「說明何謂熱輻射」的4個概念中不同背景之國小教師後測百分比明顯優於前測百分比，科學與非科學相關學系教師在後測百分比沒有太大的差異，在「以電磁波的方式傳遞」兩組教師百分比約50%，而在「不需介質傳遞」的百分比科學相關學系教師（37%）反而不如非科學相關教師（62%）。

綜合眼球追蹤資料、凝視路徑分析、教學前後的概念得分，可以發現不同背景的教師教學後獲得概念的人數百分比差異不大，比對眼球追蹤資料，可以發現科學相關學系教師與非科學相關學系教師非常相近。即當注意力的凝視點平均時間相近時，其概念獲得的人數百分比相似，顯示注意力的分佈與概念建構有密切的關係。

在「不需介質傳遞」的概念得分中科學相關學系教師，低於非科學相關學系教師，對照眼球追蹤資料之T考驗中「文字區凝視時間百分比」，顯示科學相關學系教師低於非科學相關學系教師，且達顯著。顯示注意力分佈的文字區凝視時間百分比與獲得概念的人數百分比有密切的關聯，再一次的支持注意力的分佈與概念建立有密切的關聯。

## 六、教學後訪談評分與眼球追蹤資料之相關分析

以下針對研究問題四「探討動畫學習時其凝視區域、次數、時間與熱傳遞概念建構是否有關聯。」做詳細的分析與探討，最後歸納為結論。

**研究問題四「探討動畫學習時其凝視區域、次數、時間與熱傳遞概念建構是否有關聯。」**

(一)科學相關學系教師在觀看熱傳遞動畫教學時眼球追蹤系統所記錄之動畫區凝視點平均時間與「後測總分」之Pearson相關分析，其中「對流動畫凝視點平均時間」「對流動畫b凝視點平均時間」、「對流動畫c凝視點平均時間」與「後測總分」達顯著相關，顯示對流動畫凝視點平均時間與對流動畫b凝視點平均時間越高後測得分越高，但對流動畫c凝視點平均時間與後測總分卻呈現負相關，顯示對流動畫c凝視點平均時間越高後測得分卻越低。

(二)非科學相關學系教師在觀看熱傳遞動畫教學時眼球追蹤系統所記錄之凝視動畫區凝視點平均時間與「後測總分」之Pearson相關分析，均未達顯著相關。





## 第二節 建議

依據本次研究的結論以及研究過程，提出下列建議，給教育單位、未來的研究者一些參考意見。

### 一、對教育單位的建議

在本次的研究結果中發現，非科學相關學系畢業的國小教師在熱傳遞概念上與科學相關學系有明顯的落差，而在現行體制下的國民小學教育現場，除了大型學校或中心學校有足夠的編制教師擔任自然領域專任教師，小型或偏遠地區學校的國小教師除了擔任級任導師外，常需包辦該班級多項教學領域的教師，也無足夠的人力擔任專任教師，因此教師的本職學能就是影響學生學習的重要因素之一，對於非科學相關領域教師的在職進修就顯的非常重要，而學校及行政單位應多鼓勵教師進修，並給予適當的進修管道及研習課程，除了回師資培育機構進修，就屬短期的研習最常辦理，然而研習課程通常時間有限，因此必須挑選適當而有效的教材、教法，而動畫教學就是其中一項有效的教材，目前網路上也有許多教師進修網使用動畫教學，如教育部的學習加油站、國教專業社群網等。

### 二、對未來研究者的建議

#### (一) 研究對象方面

本次研究對象，由於時間、人力等限制，只限於新竹市、苗栗縣之國小現職教師，故無法推論至其他地區，建議後續的研究者可擴大研究及取樣的範圍，或擴大包含師資培育機構與已取得正式教師證還未正式投入教職的准教師，進行更詳實的研究

#### (二) 研究內容方面

本研究的內容著重於自然科學領域的熱傳遞概念，由於教師的取樣不易，故相較於以學生為對象的研究，以教師為對象的研究還算少

數，未來可以針對其他教學領域進行研究。

### (三) 研究方法方面

在研究方法上，本研究使用動畫教學，但受限於時間、人力、經費，本次熱傳遞動畫的設計與製作未盡完善，建議後續的研究者可配合教育機構進行相關研究以獲得更多的資源與協助。

### (四) 研究工具方面

在研究工具方面，本次研究使用眼球追蹤系統藉以瞭解受試者的凝視與注意的區域，由於在國內相關的教育研究非常的少，在此提供一些心得供後續的研究者參考。由於國內近視人口眾多在使用眼球追蹤系統時容易發生誤差或系統無法辨識的情況，建議請近視的受試者盡量配戴壓克力或深色不反光的鏡框以減少誤差，若是金屬鏡框則可在鏡框上貼上不反光膠帶以方便實驗的進行，在研究過程的經驗中發現隱形眼鏡容易使系統無法定位瞳孔與「反射點」的距離，推論可能的原因為軟性隱形眼鏡包覆眼球甚大，其邊緣的部分會反射光源使系統錯判其為「反射點」，故盡量以配戴一般眼鏡較適宜。

本研究使用質性的訪談，並未做實際的量化測驗，未來的研究者可以開發相關的概念量表，以量化呈現更精準的研究。

## 參考文獻

### 一、中文部分

- 王貴春、黃萬居(民88)。師院學生對氧化還原之迷思概念研究。*科學教育研究與發展季刊*，15，19-38。
- 何福田、羅瑞玉(民84)。教育改革與教師專業化。輯於中華民國師範教育協會主編，*教育專業*，台北：師大書苑，頁1-30。
- 何金鴻(民92)。國中學生熱與溫度迷思概念的研究。彰化師範大學物理學系在職進修專班碩士論文，未出版，彰化縣。
- 李勝富、房思平(民85)。資訊時代的教學新模式。美國教育新知選輯，192-200。
- 洪昭榮、劉明洲(民86)。影響多媒體電腦輔助學習認知因素之探討。*教育研究資訊*，5(4)，頁119-125。
- 吳清基(民83)。教師與進修。台北：師大書苑。
- 林南椿、陳素貞(民80)。物理上冊。頁149-171。台北市：長諾資訊圖書。
- 林德宏(民86)。科學思想史。新竹市：理藝出版社。
- 邱國鈞(民95)。追瞳系統之研製及其應用。國立中央大學資訊工程研究所碩士論文，未出版，桃園縣。
- 郭重吉(民77)。從認知的觀點探討自然科學的學習。*科學教育學報*，13，352-378。
- 郭重吉(民78)。從建構主義觀點探討科學教育的理論與實際。*認知與學習基礎研究第三次研討會*。行政院國家科學委員會，台北市。
- 范懿文、陳彙芳(民89)。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*，2，45-60。
- 唐大崙、莊賢智(民94)。由眼球追蹤法探索電子報版面中圖片位置對注意力分布之影響。*廣告學研究*，24，89-104。
- 唐大崙(民95，9月)。觀其眸子，人焉廋哉--以眼球追蹤法探索行為背後的歷程。在台灣師大主辦，*眼動追蹤理論與技術研討會*，台北市。

- 翁嘉鴻 (民 90)。以認知負荷觀點探討聽覺媒體物件之媒體呈現方式對學習成效之影響。國立中央大學資訊管理學系碩士論文，未出版，中壢市。
- 教育部 (民 90)。國民中小學九年一貫課程暫行綱要。台北市：教育部。
- 國立編譯館通訊 (民 86)。國民中學新教材論述專輯。國立編譯館通訊，第 9 卷第一期~第 10 卷第二期抽印本。國立編譯館出版。
- 陳彙芳 (民 88)。多媒體電腦輔助學習之實驗室研究—探討認知負荷對學習成效的影響。未出版碩士論文，國立中央大學資訊管理研究所，中壢市。
- 陳沛瑩 (民 93)。以 POE 教學策略探究國小六年級學童「熱」迷思概念及概念改變之研究。未出版之碩士論文，臺北市立師範學院科學教育研究所，台北市。
- 黃文雄 (民 74)。熱傳學。國立編譯館主編，台北市：中央圖書出版社。
- 黃怡菱 (民 92)。職前及在職國中自然科教師氣體粒子迷思概念之研究。未出版之碩士論文，國立台灣師範大學科學教育研究所，台北市。
- 黃湘武、黃寶鈿 (民 77)。溫度與熱量概念的混淆與辨識。認知與學習研討會專集 (第二次)，台北，國科會科教處。
- 黃萬居 (民 85)。國小教師對酸鹼的迷思概念之研究。臺北市立師範學院學報，27，105-132。
- 楊文金 (民 82)。多重現實與電學概念理解研究。科學教育學刊，1 (2)，135-160。
- 楊馥華 (民 93)。台北市國小自然科教師天文相關概念之研究。未出版之碩士論文，臺北市立師範學院科學教育研究所，台北市。
- 董春雨 (民 87)。物理基本概念的演變。山西教育出版社。頁 153-160。
- 蔡玟錦、陳瓊森 (民 81)。發展紙筆測驗以探究高三學生對化學平衡的迷思概念。科學教育，3，149-172。
- 顏慶祥 (民 87)。多元化師資培育之實習輔導教師制度的挑戰與展望。發表於教育部主辦：八十七學年度師範學院教育學術論文發表會。87 年 11 月 26、27 日。

蘇育任(民88)。職前及在職國民小學教師的天氣概念及其相關迷思概念之探究。

*科學教育學刊*，7 (2)，157-176。

Tippens, Paul E.著，陳龍英、徐璞、郭明賢譯(民91)。物理學上冊。台北市，

俊傑出版社。



## 二、英文部分

- Anderson, J. R., Reder, L. M., & Simon, H. A. (1996). Situated learning and education. *Educational Researcher*, 25(4), 5-11.
- Cleo D. Redline, & Christopher P. Lankford, *Eye-Movement Analysis: A New Tool for Evaluating the Design of Visually Administered Instruments*, Paper Prepared for Presentation at the American Association of Public Opinion Research, Montreal, Canada, May 2001.
- Clough, E. E., & Driver, R. (1985). Secondary student's conceptions of the conduction of heat: Bringing together scientific and personal views. *Physical Education*, 20, 176-183.
- Cook, M. P., Carter, G., & Wiebe, E. N. (April, 2006). Visual Representations of DNA: A Comparison of Salient Features for Experts and Novices. Presented at the *Annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching*, San Francisco, CA.
- Crawley, F. E., & Arditzoglou, S.Y.(1988). *Life and physical science misconceptions of preservice elementary teachers*. ERIC Document, No. ED302416.
- Dixon Cleveland, & Nancy Cleveland, *Eyegaze Eyetracking System*, January 1992, <http://www.eyegaze.com/doc/imagina.htm>
- Duchowski, A. T. (2003). Eye tracking methodology: theory and practice. Verlag London Limited, pp. 186-187.
- Egeth, H. E. & Yantis, S. (1997). Visual attention: control, representation, and time course. *Annual Review of Psychology*, 48:269-297.
- Erickson, G. (1979). Children's conceptions of heat and temperature. *Science Education*, 63(2), 221-230.
- Erickson, G., & Tiberghien, A.(1989). *Heat and temperature*. In R. Driver, E.

- Guesne and A. Tiberghien (Eds.). Great Britain: Open University Press.
- Fullan, M. (1991). The new meaning of educational change. *New York: Teachers College Press.*
- Findlay, J., M. & Gilchrist, I. D. (2003). *Active vision: The psychology of looking and seeing.* New York: Oxford.
- Gilbert, J. K., Osborne, R. J., & Fensham, P. J. (1982). Children's science and its consequences for teaching. *Science Education*, 66(4), 623-633.
- Gilbert, J. K., & Watts, D. M. (1983). Concepts, misconceptions and alternative conceptions: changing perspectives in science education. *Studies in Science Education*, 10, 61-98.
- Gilbert, J. K., Watts, D. M., & Osborne, R. J. (1982). Students' conceptions of ideas in mechanics. *Physics Education*, 17, 62-66.
- Guan, Y. H. (2006). The Effects of Multimedia Presentations on the Learning Efficiency of Assembly Instructions. *ED-MEDIA 2006*, 2541-2547.
- Hall, G. E. (1991). Local educational change process and policy implementation. *Paper presented at the Annual meeting of the American Educational Research Association, Chicago, Illinois.*
- Henderson, J. M., & Hollingworth, A. (1990). High-level scene perception. *Annual Review of Psychology*, 50, 243-271.
- Henderson, J. M. (1996). Visual attention and the attention-action interface. In K. Aikens (Ed.), *Perception: Vancouver Studies in Cognitive Science* (pp. 290-316). Oxford: Oxford University Press.
- Henderson, J. M. (2003). Human gaze control during real-world scene perception. *Trends in Cognitive Sciences*, 7, 498-504.
- Hewson, M. G., & Hamlyn, D. (1985). Cultural metaphors: Some implications for science education. *Anthropology and Education Quarterly*. 16(1), 31-46. problem

- solving. *Review of Educational Research*, 54(3), 363-407.
- Holzman, P. S. (2000). Eye movements and the search for the essence of schizophrenia. *Brain Research Reviews*, 31(3), 350-356.
- Hughes, A., Wilkens, T., Wildemuth, B. M., & Marchionni, G. (2003). Text or pictures? An eyetracking study of how people view digital video surrogates. *Image and Video Retrieval, Proceedings Lecture Notes in Computer Science*. Retrieved April 23, 2006, from [http://www.open-video.org/papers/hughes\\_civr\\_2003.pdf](http://www.open-video.org/papers/hughes_civr_2003.pdf)
- Jason Toates. *What Makes Customers Click*. May 16, 2000,  
<http://techupdate.zdnet.com/techupdate/stories/main/0,14179,2562830,00.html>
- Lawrenz, F. (1986) . Misconceptions of physical science concepts among elementary school teachers. *School Science and Mathematics*, 86(8), 654-660.
- Matthews, M. R.(1994).*Science teaching: The role of history and philosophy of science*. New York: Routledge.
- Mayer, R. E., & Gallini, J. K. (1990). When is an illustration worth ten thousand words? *Journal of Educational Psychology*, 82(4), 715-726.
- Mayer, R. E. & Anderson, R. B. (1991) “Animations Need Narrations : An Experimental Test of a Dual-Coding Hypothesis.” *Journal of Educational Psychology*, 83(4), 484-490.
- Mayer, R. E. & Anderson, R. B. (1992), The instructive animation: Helping students build connections between words and pictures in multimedia learning, *Journal of Educational Psychology*, 84, 444-452.
- Mayer, R. E., & Sims, V. K. (1994). For whom is a picture worth a thousand words? Extensions of a dual-coding theory of multimedia learning. *Journal of Educational Psychology*, 86(3), 389-401.



- Mayer, R. E. & Moreno, R. (1998). A split-attention effect in multimedia learning: Evidence for dual information processing systems In working memory. *Journal of Educational Psychology*, 90, 312-320.
- Mayer, R. E., Moreno, R., Boire M., & Vagge S. (1999). Maximizing constructivist learning from multimedia communications by minimizing cognitive load. *Journal of Educational Psychology*, 91, 638-643.
- Mayer, R. E. (2001). *Multimedia Learning*. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E., & Moreno, R. (2002). Animation as an aid to multimedia learning. *Educational Psychology Review*, 14(1), 87-99.
- McPeck, R. M., Skavenski, A. A., & Nakayama, K. (2000). Concurrent processing of saccades in visual search. *Vision Research*, 40, 2499-2516.
- Paivio, A.(1986). *Mental Representation: A Dual Coding Approach*. New York: Oxford University Press.
- Park, O. (1998). Visual Displays and contextual Presentations in Computer-Based Instruction, *ETR&D*, Vol. 46(3), 37-50.
- Pickering, M. J., Traxler, M. J., & Crocker, M. W. (2000). Ambiguity resolution in sentence processing: Evidence against frequency-based accounts. *Journal of Memory & Language*, 43(3), 447-475.
- Posner, G. L., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211-227.
- Shimojo, S., Simion, C., Shimojo, E., & Scheier, C., (2003). Gaze bias both reflects and influences preference. *Nature Neuroscience*, 6(12), 1317-1322.
- Slykhuis, D.A., Wiebe, E., & Annetta, L.A. (April 6, 2005). Eye-Tracking Students' use of Science Related PowerPoint Presentations. Paper presented at the *National Association for Research In Science Teaching (NARST)*, Dallas, TX.

- Tiberghien, A. (1980). Modes and conditions of learning an example: the learning of aspects of the concept of heat. In W.F. Archenhold et al. (Eds.), *Cognitive Development Research in Science and Mathematics*, pp. 288-309.
- Wiser, M., & Kipman, D.(1988). The differentiation of heat and temperature: and evaluation of the effect of microcomputer models on students' misconceptions. (ERIC Document Reproduction Service No. ED303 367)
- Weiss, R. E., Knowlton, D.S., Morrison, G. R(2002)., Principles for using animation in computer-based instruction: theoretical heuristics for effective design. *Computers in Human Behavior*, 18, 465-477.
- Wiebe, E., Slykhuis, D.A., Savage,D. M. (April 6, 2005). *Answering questions with 2D and 3D topographic maps: Use of eye-tracking to understand representational reasoning*. Paper presented at the National Association for Research In Science Teaching (NARST), Dallas, TX.
- Yager, R. E.(1991).The constructivist learning model: Towards real reform in science education. *The Science Teacher*, 58(6),52-57.

## 附錄一：熱傳遞概念訪談評分表

編號：	測驗： 前測 or 後測	總分：
-----	--------------	-----

1.請解釋並說明何謂熱傳遞？		
評分標準	配分	得分
溫度高傳到溫度低	1	
熱是一種能量，由能量高的傳遞到能量低的	1	
小計	2	
2.熱傳遞的方式有那些？請繪圖說明？		
評分標準	配分	得分
熱傳導	1	
熱對流	1	
熱輻射	1	
繪出熱傳導圖（物體內熱從一端傳到另一端）  <div style="font-size: small;">           傳導：   </div>	1	
繪出熱對流圖（物體受熱流動，方向要正確）  <div style="font-size: small;">           對流：   </div>	1	
繪出熱輻射圖（物體受輻射熱，沒有接觸）  <div style="font-size: small;">           輻射：   </div>	1	
小計	6	
3.日常生活中有哪些現象是屬於熱傳導的現象？請舉例說明？		
評分標準	配分	得分

每一例子 1 分，最高 3 分	3	
每一例子附帶說明 1 分，最高 3 分	3	
小計	6	
4. 日常生活中有哪些現象是屬於熱對流的現象？請舉例說明？		
評分標準	配分	得分
每一例子 1 分，最高 3 分	3	
每一例子附帶說明 1 分，最高 3 分	3	
小計	6	
5. 日常生活中有哪些現象是屬於熱輻射的現象？請舉例說明？		
評分標準	配分	得分
每一例子 1 分，最高 3 分	3	
每一例子附帶說明 1 分，最高 3 分	3	
小計	6	
6. 請以粒子（原子或分子）的角度繪圖解釋說明何謂熱的傳導？		
評分標準	配分	得分
粒子受熱振動加快	1	
粒子受熱振動幅度加大	1	
碰撞相鄰粒子、電子	1	
熱經由粒子碰撞傳遞出去	1	
繪出物體內的粒子	1	
繪出粒子的振動	1	
繪出粒子碰撞傳遞熱能	1	
小計	7	
7. 請以粒子（原子或分子）的角度繪圖解釋說明何謂熱的對流？		
評分標準	配分	得分

受熱粒子體積膨脹	1	
受熱粒子密度變小	1	
受熱粒子往上升	1	
上方溫度較低的粒子下沈	1	
循環形成對流	1	
繪出受熱粒子上升	1	
繪出上方粒子下沈	1	
繪出正確對流方向	1	
小計	8	
8.請以粒子（原子或分子）的角度繪圖解釋說明何謂熱的輻射？		
以電磁波的方式傳遞	1	
不需介質傳遞	1	
繪出熱源及接收物體（不可接觸）	1	
繪出電磁波	1	
小計	4	
總分	45	