

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

以眼球追蹤技術分析國中學生生物試題
之閱讀與理解

Using Eye Tracking Method to Explore How Junior-Level
Students Read and Solve the Biology Standardized Test Items

研究生：江家綺

中華民國 102 年 6 月

誌謝

能夠完成這本論文要感謝的人實在是太多，而首先最要感謝的即是我的指導教授芳瑩教授，謝謝教授總是在我有疑惑給我解惑的方向，在我有困難時引導我去解決困難。也感謝口試委員俊彥教授及孟蓉教授給了我許多寶貴的意見，讓我的論文更臻完善。謝謝我的家人，雖然在我碩班期間我們家遇上了巨大的變數及困難，但我們都一起走過來了，謝謝你們在我無法回家幫忙時包容我許多許多，辛苦你們了。謝謝小星星，你帶我思考了許多我以前從未想過的想法。謝謝尹鐸，若說在碩班時我有什麼大收穫妳一定是其中之一，謝謝妳不論是在生活上、課業上、人生規劃上都給我許多珍貴的意見。謝謝雪芳、富閔還有其他同學們，在課業上給我許多支援。謝謝室友們—小趴、詩婷、昱芳、佩琳、韋彤，讓我在繁忙的時候還有個可以放鬆的寢室生活。謝謝佩璇、仕珊、皓淳在日常陪伴我許多。謝謝詩菁、純嘉、詩姍在我回彰化時總能陪我聊天解悶。謝謝宜蘭人們總是隨傳隨到的帶我到處遊戲，豐富了我的碩班生活。謝謝建平，給我許多統計上的建議及幫助。謝謝陳日安，你真是我一個很特別的朋友。最後要謝謝研究室的夥伴們—幫忙我解決大小瑣事的靜文姐，聰明有趣的怡君學姐，教導我們儀器使用的易儒學長，在生物專業上給我許多建議的又亭學姐，搞笑的堯崇學長，給我許多意見的育芬學姐，和我一起奮鬥的婉如，還有秀伶學妹，你們都是幫助我完成論文的大功臣之一。謝謝在我身邊關心我的每一個人，或許在這無法一一點名，但你們對我的好我都點滴在心頭。

摘要

標準化紙筆測驗是台灣學生的學習及升學過程中，主要的評量工具，因此，了解學生在解決標準化試題時的閱讀歷程，以及此歷程與解題成就間是否存在著關係，可以讓我們進一步推論學生的問題解決策略。本研究根據布魯姆認知分類修訂版架構，分析生物基測試題，選出代表題型後，進行成就測驗，在學生解題同時，利用眼球追蹤技術，紀錄國一學生解決試題時的閱讀歷程。眼球追蹤資料經過統整後，使用 SPSS 19 軟體進行歷程分析。此外，依據試題測驗的結果分為高低兩組，進行描述性統計、成對樣本 T 考驗、同質性檢定與單因子變異數分析（ANOVA）。

結果發現，學生在解決布魯姆認知分類架構下較高階或有圖的試題時，需花費較多的凝視時間及總凝視點數，這表示學生需花費較長的訊息處理歷程來解決這些問題，進一步的相關分析發現，除了了解-敘述題型外，學生在不同題型上的測驗成績與閱讀歷程大致呈正相關，顯示訊息處理時間長短會影響作答結果。而高低組學生的差異分析指出，高分組學生在解題時會將較多的注意力分配於試題中解題資訊所在；此外，高分組的學生通常也會有較多的交互閱讀及回視次數，這表示高分組學生在解決試題時，有較多整合題目所給予的資訊的過程，而這些過程皆可以幫助學生正確解決問題。

關鍵字：布魯姆認知分類修訂版、標準化測驗、眼球追蹤、問題解決、閱讀歷程

Abstract

Standardized paper and pencil tests are the main tools for assessing students' learning in Taiwan. For this reason, it's worth of a further study for the relationship between reading process when students are solving the standardized test problems and their problem-solving achievements. In this study, we used the eye tracking method to collect the 7th grade students' eye movement patterns when they were solving the national standardized examination on the topic of biology. Students' text performances were also calculated and divided in to high and low achievement groups. We used SPSS to conduct statistical analyses on the eye movement data, including descriptive statistics, Paired-Samples T Test. Moreover, the test of homogeneity, and one-way ANOVA were performed to find the associations, if any, between eye movement data and the outcomes of standardized examination.

The study found that in general students displayed higher fixation time and Number of fixations on test items which were either classified as the higher-order items according to the Revised Bloom's Taxonomy, or items illustrated with graphics. The result indicated that students needed more information processing time for these types of test items. In addition to the hierarchical orders, problem-solving related information also affected the distributions of students' attention. Comparisons between students of high and low performances showed that high-performance students focused more on where the problem-solving related information was. Furthermore, the high-performance students displayed higher frequencies of Inter-scanning and regression. Such findings suggested that high-performance students were better at integrating test information located at different parts of the test item.

Keyword: Revised Bloom's Taxonomy, Standardized Tests, Eye tracking, Problem solving

目錄

誌謝.....	一
中文摘要.....	二
英文摘要.....	三
目錄.....	五
圖目錄.....	七
表目錄.....	八
第一章 緒論.....	1
第一節 研究背景與動機.....	1
第二節 研究目的與待答問題.....	2
第三節 研究範圍及限制.....	3
第四節 研究的重要性.....	3
第五節 名詞解釋.....	4
第二章 文獻探討.....	6
第一節 問題解決相關歷程.....	6
一、問題解決的定義.....	6
二、問題解決歷程.....	8
三、專家與生手在問題解決上的差異.....	10
四、標準化試題之解題策略與表現相關研究.....	11
第二節 標準化試題分類—布魯姆認知分類修訂版.....	12
一、布魯姆認知分類修訂版.....	12
二、布魯姆認知分類修訂版—認知歷程向度.....	13
第三節 眼動技術的應用.....	16
一、眼球追蹤技術.....	16
二、眼球追蹤技術在問題解決上的應用.....	17
第三章 研究方法.....	19
第一節 研究對象.....	19
第二節 研究工具.....	20
一、眼動儀硬體部分.....	20
二、施測之生物試題.....	21
第三節 研究材料呈現.....	24
第四節 資料分析.....	25
一、受試者試題測驗結果.....	25
二、閱讀歷程分析.....	25
三、閱讀歷程與試題測驗交叉分析.....	29
第五節 研究流程.....	30
一、工具準備與確定主題階段.....	30

二、正式施測階段.....	31
三、結果分析階段.....	32
第四章 資料呈現與分析.....	33
第一節 試題測驗表現.....	33
第二節 閱讀歷程分析.....	34
一、所有頁面眼動資料訊息.....	35
二、各區域眼動資料分析結果.....	39
第三節 閱讀歷程與試題測驗表現之交叉分析.....	49
一、各類別閱讀歷程與閱讀理解表現之交叉分析.....	50
第五章 綜合討論與展望.....	63
第一節 研究結果及推論.....	63
一、試題測驗結果說明.....	63
二、閱讀歷程結果說明.....	64
三、閱讀歷程與試題測驗表現交叉分析.....	67
四、研究問題的回應與討論.....	69
第二節 在教育上的建議.....	70
第三節 研究限制與未來可能的研究方向.....	71
參考文獻.....	73
附件一 受試者資料.....	77
附件二 各試題區域劃分.....	78

圖目錄

圖 2-1.1	四種不同的問題空間.....	7
圖 3-2.1	施測環境及設備.....	20
圖 3-3.1	施測試題範例.....	24
圖 3-4.1	各分析區域之劃分範例.....	27
圖 3-5.1	工具準備與確定主題流程.....	30
圖 3-5.2	施測流程.....	31
圖 4-1.1	生物試題測驗分數分布圖.....	33

表目錄

表 2-1.1	布魯姆認知分類理論修訂版之分類表.....	13
表 2-1.2	布魯姆認知分類理論修訂版之認知歷程向度內容.....	14
表 3-1.1	研究樣本說明.....	20
表 3-2.1	94-100 年度國中基本學力測驗自然科生物題布魯姆認知分類修訂版 各類別題數表.....	22
表 3-2.2	各類別題數及題號.....	23
表 3-4.1	本研究分析之眼動測量指標.....	26
表 3-4.2	各區域分類與定義.....	27
表 3-4.3	生物試題各區域之字數.....	28
表 3-4.4	各組別人數.....	29
表 4-1.1	生物試題測驗分數.....	33
表 4-1.2	生物試題測驗結果與高低各組之人數與平均表現.....	34
表 4-2.1	各題(類別)全體全頁平均眼動資訊(括弧內為字數處理後數據)...	36
表 4-2.2	各類別全體全頁平均眼動資訊 T-test 結果.....	38
表 4-2.3	各題(類別)全凝視時間數據統計(經字數處理).....	39
表 4-2.4	圖片各區域全凝視時間資訊.....	40
表 4-2.5	圖片各區域全凝視時間 T-test 結果.....	40
表 4-2.6	各題(類別)各區域的區域閱讀時間百分比數據統計(經字數處理 後).....	41
表 4-2.7	各類別各區域的區域閱讀時間百分比 T-test 結果.....	42
表 4-2.8	各題(類別)交互閱讀(inter-scanning)統計值.....	43
表 4-2.9	各類別交互閱讀(inter-scanning)T-test 結果.....	44
表 4-2.10	各題(類別)回視(regression)統計值.....	45
表 4-2.11	各類別回視(regression)T-test 結果.....	46
表 4-2.12	各題(類別)區域首次閱讀凝視時間(First-pass fixation duration in zone)統計值.....	47
表 4-2.13	各類別區域首次閱讀凝視時間(First-pass fixation duration in zone) T-test 結果.....	48
表 4-3.1	類別一「記憶」全凝視時間.....	50
表 4-3.2	類別一「記憶」區域閱讀時間百分比.....	51
表 4-3.3	類別一「記憶」交互閱讀次數.....	51
表 4-3.4	類別一「記憶」回視次數.....	51
表 4-3.5	類別一「記憶」區域首次閱讀凝視時間.....	51
表 4-3.6	類別二「了解-敘述」全凝視時間.....	52
表 4-3.7	類別二「了解-敘述」區域閱讀時間百分比.....	52
表 4-3.8	類別二「了解-敘述」交互閱讀次數.....	53

表 4-3.9	類別二「了解-敘述」回視次數.....	53
表 4-3.10	類別二「了解-敘述」區域首次閱讀凝視時間.....	53
表 4-3.11	類別三「了解-圖文」全凝視時間.....	54
表 4-3.12	類別三「了解-圖文」圖片全凝視時間.....	54
表 4-3.13	類別三「了解-圖文」區域閱讀時間百分比.....	54
表 4-3.14	類別三「了解-圖文」交互閱讀次數.....	55
表 4-3.15	類別三「了解-圖文」回視次數.....	55
表 4-3.16	類別三「了解-圖文」區域首次閱讀凝視時間.....	55
表 4-3.17	類別四「應用」全凝視時間.....	56
表 4-3.18	類別四「應用」區域閱讀時間百分比.....	56
表 4-3.19	類別四「應用」交互閱讀次數.....	56
表 4-3.20	類別四「應用」回視次數.....	57
表 4-3.21	類別四「應用」區域首次閱讀凝視時間.....	57
表 4-3.22	類別五「分析」全凝視時間.....	57
表 4-3.23	類別五「分析」圖片全凝視時間.....	58
表 4-3.24	類別五「分析」區域閱讀時間百分比.....	58
表 4-3.25	類別五「分析」交互閱讀次數.....	58
表 4-3.26	類別五「分析」回視次數.....	59
表 4-3.27	類別五「分析」區域首次閱讀凝視時間.....	59
表 4-3.28	類別六「閱讀測驗」全凝視時間.....	60
表 4-3.29	類別六「閱讀測驗」圖片全凝視時間.....	60
表 4-3.30	類別六「閱讀測驗」區域分配時間百分比.....	60
表 4-3.31	類別六「閱讀測驗」交互閱讀次數.....	61
表 4-3.32	類別六「閱讀測驗」回視次數.....	61
表 4-3.33	類別六「閱讀測驗」區域首次閱讀凝視時間.....	61

第一章 緒論

本章共分為五節，分別說明「研究背景與動機」、「研究目的與待答問題」、「研究範圍及限制」、「研究的重要性」及「名詞解釋」。

第一節 研究背景與動機

近年來政府積極推動教育改革，希望能達到多元及免試入學的目標，以免除過去一試定終生、考試領導教學的現象，進而開展學生的多元智能，舒緩學生升學考試壓力（教育部，2001）。但實際上無論是在教學現場的學科評量，或是教改制度下的多元入學方案，截至目前為止，學生都還是無法免去標準化紙筆測驗的考核。標準化紙筆測驗的考試多以選擇題的方式呈現，此類題目具有適用範圍及科目廣泛、計分容易且客觀、有效率等優點，而被廣泛應用在各類大型考試，如國中基本學力測驗、大學入學考試（學科基本能力測驗、指定科目考試）（李茂興譯，2003；Debra Barnett-Foster & Philip Nagy, 1996）。

標準化紙筆測驗在台灣學生的學習及升學過程中，已成為主要的評量工具，然而過去的研究卻很少探討學生在標準化紙筆測驗試題形式上的答題歷程，且相關研究多透過放聲思考（think aloud）、晤談或問卷填寫等方式來加以推測、分析，但上述的策略卻可能會干擾學生作答或受到記憶偏誤等影響，而無法真實的反應出學生未意識到的內在認知歷程（陳學志、賴惠德、邱發忠，2010）。Just 和 Carpenter 在 1980 年提出的眼—心假設（eye-mind assumption），這個假設提到，在處理文字的過程中，眼球會持續凝視於該文字上，所以凝視時間會與處理該文字的時間相關。故我們可利用眼動儀能偵測及記錄受試者注意力落點及其凝視時間的特性，來記錄學生答題時的眼動歷程，以描繪即時的訊息處理過程，並透過檢驗學生的解題表現，進一步推論學生的標準化試題解題策略。

解決標準化試題是一種問題解決過程，不同於以往認為選擇題無法測驗出問題解決能力的觀點，Coderre、Harasym、Mandin 及 Fick（2004）的研究指出概念建構良好的選擇題的確可測驗出問題解決的能力。由於測驗題之問題形式眾多，為能分別不同的題型，本研究利用布魯姆認知分類系統來分類試題，以區隔出各試題測驗之層次，以期能較精確且深入的探討學生在解決各層次試題時的認知歷程。此外，過去的研究亦發現專家與生手在解題時會使用不同的問題解決策略，且問題解決的行為也有所差異，尤其是在問題表徵及回顧解答的步驟上（Coderre et al., 2004；Debra Barnett-Foster & Philip Nagy, 1996）。因此，若能瞭解不同學生在解決選擇題問題時的解題過程，就能進一步推論出學生在問題解決過程中所具有的認知策略之差異。

根據上述研究背景與動機，本研究嘗試以國中基本學力測驗試題為材料，進行試題解決眼動歷程研究，希望能藉由記錄學生答題時的眼動資料，了解學生閱讀試題時的眼球運動形式，並探討此試題的閱讀形式是否與答題成就相關。本實驗除了研究學生試題解決的眼動歷程，以區分答題成功者與不成功者眼動歷程間的異同之外，也希望進一步給予答題不成功者有效的答題建議，以改善其答題技巧；更甚者給與教師建議，期望教師在教學過程中能適時指導學生良好的答題習慣，以提升學生的答題成就。

第二節 研究目的與待答問題

本研究的研究目的為利用眼球追蹤技術分析台灣北部地區國中學生的生物試題閱讀歷程。本研究的待答問題如下：

- 一、國中學生在解決不同類別的生物試題時，其閱讀時的視覺注意力分配與讀題模式為何？

二、學生的試題讀題模式是否與答題表現有關？

三、不同學習表現的學生，其題目閱讀方式之差異為何？

第三節 研究範圍及限制

本研究由於受到時間、人力、物力等因素的影響，所以研究的範圍及限制如下：

一、研究對象

本研究是以台北市文山區一所大型國中（一年級 18 個班，全校共 55 班）一年級其中兩個班級的學生為主要研究對象。雖然眼動研究為非侵入性實驗，但因受試學生尚未成年，在研究倫理考量下，我們只對經家長同意及本身具實驗意願的學生進行施測，因此樣本的代表性較無法擴大引申，故研究結果的推論可能需保守處理。

二、研究內容

本研究主要在探討學生解決生物試題時的眼動歷程，生物試題取自國中基本學力測驗之試題，由於施測時間在國一下學期中，故僅能挑選國一上學期之生物試題為施測材料，因此生物試題的讀題模式恐無法做全面性的推估。

第四節 研究的重要性

台灣現行的教育體制下，在中學教學現場或升學考試中紙筆測驗依然扮演著重要的角色，其中選擇題形式更是佔了一大部分，因此探討中學生解題時的眼動

歷程與其答題成就間的關聯性，對於常須以選擇題做為成就評量的中學生而言是個非常重要的訊息。對於教師而言則可以在教學時教導學生有效的解題技巧，並改善其答題習慣。

第五節 名詞解釋

1. 視覺注意力

注意力是一種可以將有限的心理資源在某一個時間點上專注於某個訊息的能力，其中視覺注意力是專指當眼睛自主移動時，將注意力集中於視野中出現的物體上（Findlay & Gilchrist, 2003）。

2. 生物試題

本研究所指的生物試題，是指國中基本學力測驗自然科之生物試題。本研究為了了解學生在解決不同類別的生物試題時的讀題模式，故將上述試題以布魯姆認知分類修訂版分類，並選擇其中數題作為給受試者解決之生物試題內容。

3. 讀題模式

本研究所探討之讀題模式，為受試者在解決研究者由國中基本學力測驗所挑選知自然科的生物試題時，由眼動儀所紀錄下來的視覺注意力於不同試題區域的時間與分配狀況。

4. 凝視點

雙眼在閱讀時的注意力位置，便稱為凝視點。根據蔡介立（2006）指出，紀

錄眼球凝視的時間與位置，可反應大腦對資訊的選擇與處理時間。相關研究顯示一般人平均凝視點的時間為 200~250 毫秒 (Rayner, 1998)。為求謹慎，本研究所採取的凝視點標準為 100 毫秒。

5. 交互閱讀

本文所指交互閱讀，是指題幹與全附圖間及題幹與正確答案間的交互閱讀。題幹與全附圖間的交互閱讀是指，在閱讀生物試題的過程中有前一個凝視點落在題幹區域，下一個凝視點落在全附圖區域即稱為一次題幹—全附圖交互閱讀，反之，若在解題過程中有前一個凝視點落在全附圖區域，下一個凝視點落在題幹區域，也稱為一次的題幹—全附圖交互閱讀。題幹與正確答案間的交互閱讀，亦同上述定義。

6. 回視

本文所指的回視是指特定區域（題幹、選項、全附圖或試題情境）間有重複返回閱讀的情形。亦即，在閱讀生物試題的過程中有凝視點由某一特定區轉移至另一特定區域，再返回原特定區域，即計算為對該區域的一次回視。如題幹回視的計算為當凝視點從題幹離開進入另一區域（選項、全附圖或試題情境）後又返回題幹區域，即算為一次題幹回視。其他特定區域的回視次數計算方式亦同。

第二章 文獻探討

根據上述之研究動機與目的，本章節將針對「國中學生解決生物試題時的眼動歷程」的相關理論及研究進行分析，首先探討「問題解決相關歷程」以了解問題之類型及問題解決之歷程，進而比較專家學生與生手學生在問題解決歷程中的差異；接著介紹本研究用來分類生物試題的「布魯姆的認知分類系統」；再來介紹「眼動技術與問題解決的相關研究」以了解眼動的基本概念及其在問題解決上的應用；最後根據文獻提出研究架構。

第一節 問題解決相關歷程

本研究探討生物試題解決歷程，因此「問題解決」為本研究的主要理論基礎。本節首先探討問題及問題解決的定義，再來了解問題解決歷程，最後比較專家與生手在問題解決上的差異。

一、問題解決的定義

「問題」是一個未知的事物，是在任何情況下某人試圖完成或達到一個目標的結果，也就是說，當某人有一個目標卻尚未找出可用來達成此目標的方法時，即產生「問題」(Jonassen, 1997; 岳修平譯, 1998)。問題乃是由以下三個狀態(state)所組成：(1) 目標狀態(goal state)：一個欲達成的目標或目的；(2) 初始狀態(starting state)：對問題所做的描述；(3) 中間狀態(intermediate states)：從初始狀態到目標狀態所有可能的解決路徑(solution paths)。這整個包含初始、中間、及目標狀態的過程即組成了一「問題空間」(problem space)，圖 2-1.1 顯示了四個可能的問題空間(岳修平譯, 1998)。如此圖所示，我們可將問題分成兩大類：良好結構的問題(well-structured)或稱強結構問題如圖 2-1.1 中 A、B 及 C 狀況；

及模糊結構問題（ill-structured）或稱弱結構問題如圖 2-1.1 中 D 狀況，其區分是根據不同問題的初始狀態及目標或以解答的聚斂程度為依據，強結構問題其目標清楚明確，解決問題所需要的訊息皆已呈現或可由問題衍生而得，故其答案是偏向單一和正確的，且可以明確地得知是否已達成問題的目標；弱結構問題則相反，這類問題的目標不明確，或解決問題所需的訊息不足，故其答案較多元且非絕對，既沒有明確的解題規則，可能也不知如何才算解決（Jonassen, 1997；楊坤原，1999）。本研究所使用的生物試題為基測試題，所以目標明確、題目中呈現完整解題訊息且有單一且正確的答案，故由上述定義可知其屬於強結構問題。

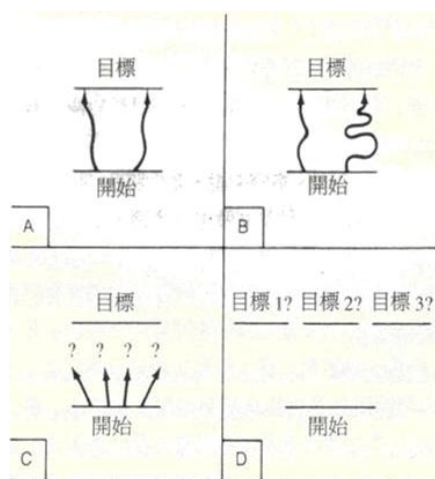


圖 2-1.1：四種不同的問題空間

資料來源：出自岳修平譯(1998：288)

張春興（1994）提出問題解決是個人面對問題時，綜合運用自身的知識技能以達到問題解決目的的思維活動歷程。Anderson（1983）認為問題解決本質上是很重要的認知活動，問題之所以會存在是因為當前的狀態和我們想要達成的狀態有所差異，而問題解決就是設法消除這個差異。Krulik & Rudnick（1989）則認為問題解決是一個過程，問題解決者必須利用自己以前所學到的知識、技能及了解的事物，並將其應用在一個新的或不同的情境要求上。楊坤原（1999）則從認知心理學角度來看問題解決，主張問題解決是問題解決者選擇和使用其知識與策略的過程，而知識的選擇和使用主要涉及基模活化的訊息處理歷程，透過知識與

問題條件的配合，問題解決者便可決定合適的解決途徑進而成功的解決問題，因此問題解決可說是問題解決者以其習得的知識為基礎，經由訊息處理找出合適的解決途徑之思考過程或能力。

綜上所述，問題解決即是問題解決者以自身舊有基模為基礎，運用個人先備經驗、知識、技巧和了解，去發展各種可行之策略，企圖從起始狀態到達目標狀態，以滿足未能解決情境之要求的過程。

二、問題解決歷程

截至目前為止已有多位學者提出各種問題解決的歷程，以下將針對科學領域的問題解決，介紹問題解決之歷程。

Ashmore 等人（1979）提出應用在自然科學問題上的四階段問題解決歷程：

- （1）定義問題—重組問題的語意，將問題劃分成步驟性的子問題。
- （2）選擇適當的資訊—選定問題相關資料，且預備進行結合。
- （3）結合各部份的資訊。
- （4）評鑑—檢視答案與步驟 1 的一致性，及答案是否與所提供的資訊相符合。

Bransford 和 Stein（1984）提出的問題解決歷程模型（IDEAL），將問題解決分為五個階段：

- I：確認問題（identify the problem）—確認題目內容、題目中提到的條件及要求。
- D：定義及表徵問題（define and represent the problem）—將題目轉譯成解題者本身所能理解的模式。
- E：探索可能的策略（explore possible strategies）—解題者從自己所學過的知識或解題經驗中搜尋可用的解題策略。

A：執行策略（act on the strategies）－執行上步驟所選擇的策略。

L：回顧及評估上列活動的效果（look back and evaluate the effects of your activities）－回顧檢驗之前的步驟並評估是否可行或是需要修正。

Hestenes（1987）則發展出一套力學的問題解決模式，此問題解決過程按順序分成以下四個階段：

- （1）描述階段（Description Stage）－清楚的描述問題，此階段會大大的影響接下來的解題選擇。
- （2）形成階段（Formulation Stage）－應用物理定律來建立解題的方程式
- （3）分枝階段（Ramification Stage）－解出上階段中建立的方程式
- （4）確認階段（Validation Stage）－利用舊有經驗評估所得的答案是否合理。

除了上述學者提出的科學領域問題解決歷程外，Newell 與 Simon（1972）及 Gagné 等人（1993），根據認知心理學理論，主張無論一個問題的問題空間之特性為何，其問題解決歷程都是相同的。在初始階段，問題解決者會對該問題形成一個表徵（forms a representation），此表徵的組成可能包含在工作記憶中活化的訊息，以及其它外在表徵。接下來這些表徵會活化長期記憶中與問題有關的知識，並且形成可用來找出該問題解決方法的線索（建立問題空間），而這些解決方法會被應用在當前的情境中，此階段稱為搜尋問題空間。最後，人們還會評估（evaluation）所使用的解決辦法是否成功，上述歷程序列在解決一個問題時可能會反覆發生好幾次（岳修平譯，1998）。

楊坤原（1999）則認為在問題出現後，問題解決者必須以其所具備的知識先對問題加以表徵，形成對問題初步的了解，並構思解題的計畫。在解題進行中，問題解決者必須視問題狀態的變化，隨時修正其對問題狀態的表徵，選擇合適的解題策略以克服障礙，完成目標。在獲得解答之後，問題解決者尚須對所得的答

案做檢核，以確定答案的完整性與正確性。

從以上學者所提出的問題解決歷程可以發現，雖然每位學者皆從不同的角度出發來探討問題解決歷程，但他們所提出的問題解決歷程其內容及模式卻非常的相似，故研究者即綜合以上學者之觀點，將問題解決歷程初步分為以下四個階段：表徵問題、選擇適當策略、執行策略、評估。

由上述的討論可知，問題解決成功與否最重要的關鍵是第一個階段，即問題表徵，因為表徵可以決定長期記憶中的哪一項知識會被活化，所以適當的問題表徵可有效促進問題的解決（Gugane et al., 1993；Ozogul & Reisslein, 2011）。Hayes（1989）則提到問題解決者在形成問題表徵時，不但會增加或刪除訊息，也會解釋說明訊息，也就是說，問題解決者會使用語言和事實的知識去瞭解問題的訊息。所以我們可以說當問題解決者在閱讀題目時，即是其在建立屬於自己的問題表徵。本研究嘗試利用眼球追蹤技術（待本章第三節介紹）來記錄學生在閱讀、解決生物試題時眼動軌跡，即是利用眼動儀能記錄即時的心眼活動之特性，來深入探討試題的表徵過程。

三、專家與生手在問題解決上的差異

許多學者指出專家／成功的問題解決者與生手／不成功的問題解決者在問題解決歷程中存在著許多差異。Chi、Glaser 及 Farr（1988）指出專家與生手的不同在於，專家除了擁有較多且概念結構較佳的領域知識，專家發展問題表徵的時間會比生手來的長，問題表徵所呈現的深度也較深，此外，專家也擁有較佳的自我監控技能，它們會經常檢查對問題的解決方法。Heller和Greeno（1979）歸納了專家和生手在算數、代數、物理和熱力學等方面的問題解決，發現專家與生手在解題時的問題表徵、知識結構、最初分析及解決策略等方面都有所差異。楊坤原（1999）比較了專家與生手進行科學解題時的差異，主要歸納出五點差異：首先，因專家具具有較好的知識結構，使得他們解題的速度較快且精確；其次，專

家會根據問題所涉及的學科知識來分析問題，建構問題表徵，而生手常只以問題的表面結構（如：問題所附的圖形）或具體事物來表徵問題，也因此專家可發展出品質較佳的表徵；再來，專家在解題前會花費較多時間建立解題計畫，生手則反之；專家也較能使用合適的解題方法與策略；最後，專家的自我監控技能較好，在完成解題後常會主動檢查和評鑑答案的正確性與完整性。楊坤原、鄭湧涇（1997）研究高一學生解決生物遺傳學試題的結果也發現，解題表現較好的學生在表徵問題、解題策略及評鑑方面，都與解題表現較差的學生有所差異。

綜上所述，我們可以發現專家／成功的問題解決者與生手／不成功問題解決者在問題解決歷程的四個階段（表徵問題、選擇適當策略、執行策略、評估）中的表現皆有所不同，但上述研究皆是使用放聲思考或晤談法等傳統研究方法。

本研究藉由眼球追蹤技術來分析、比較專家（答題成功者）與生手（答題不成功者）間問題解決歷程上的差異，希望可以減少傳統研究方法造成的誤差，也更精準且即時的記錄學生的問題解決歷程。

四、標準化試題之解題策略與表現相關研究

在標準化試題之解題策略與表現的關聯上已有許多相關研究，這些研究結果皆指出，成功解題者與不成功解題者間，其解題策略與歷程存在著許多差異。Grant and Spivey（2003）及Thomas and Lleras（2007）的研究皆發現，成功解題者花在觀看解題關鍵處的時間高於不成功解題者，此外，成功解題者與不成功解題者觀察題目時的眼動路徑也有所不同。

在解決生物標準化試題的研究上，楊坤原、鄭湧涇（1997）研究高一學生解決生物遺傳學試題的結果也發現，解題表現較好的學生在表徵問題、解題策略及評鑑方面，都與解題表現較差的學生有所差異。王秀芬（2012）、陳美齡（2011）及林頌恩（1997）在理化標準化試題解決的研究上也發現，解題表現較好的人與解題表現較差的人，在解題歷程上及解題策略的應用上皆有所不同。此外，在數

學標準化試題解決的研究上，也有許多研究結果指出，問題解決成就高者與問題解決成就低者，在解題歷程（閱讀題目階段、問題分析階段、解題計畫階段及驗證解答階段）和解題策略的使用上，皆有所差異（張國樑，2005；楊金城，2005；林志南，2007）

綜合上述研究結果，我們可以發現受試者在解決標準化試題時，解題表現較好者及解題表現較差者在解題歷程上及解題策略的使用上皆有所差異。

第二節 標準化試題分類-布魯姆認知分類修訂版

由於選擇題題目難度多元且差異甚大，有憑提取記憶即可得到答案的基本題目，也有需要綜合應用概念原理的難題，故本研究利用在教育領域中最常被使用的布魯姆認知分類系統來分類試題，以區隔出各試題測驗之層次，希望能夠較精確且深入的探討學生在解決各層次試題時的認知歷程。

一、布魯姆認知分類修訂版

自 1956 年布魯姆等人提出了認知領域分類系統後，其一直被國內外教育界廣泛的應用於教學、課程及評量的編制上，此系統亦是每個從事教育工作者必備知識之一，對於促進課程中教學目標、教學活動及教學評量的一致性貢獻甚大。然而，隨著教育及認知之心理學研究成果的累積，對於 1956 年所採行的分類系統（簡稱舊版）已有許多學者提出修正之必要，經過多年討論終於在 2001 年由 Anderson 與 Krathwohl 等人提出了布魯姆認知分類修訂版。

建構觀的教育著重於有意義的學習（meaningful learning），強調對學習者知（know，指 knowledge）和如何思考（how they think，指 cognitive process）兩部分的探討，因此布魯姆認知分類理論修訂版將教育目標分為知識向度（knowledge

dimension) 與認知歷程向度 (cognitive process dimension) 兩部分，前者在協助教師區分教什麼，後者旨在促進學生保留 (retention) 和遷移 (transfer) 所習得的知識 (葉連祺、林淑萍，2003)，此兩向度可用一個二向度分類表表示，如表 2-1.1。故使用布魯姆認知分類修訂版可幫助教育者釐清教學目標與評量間的關係，以促進教學目標與評量間的一致性。

表 2-1.1 布魯姆認知分類理論修訂版之分類表

知識向度	認知歷程向度					
	1.記憶	2.了解	3.應用	4.分析	5.評鑑	6.創造
A.事實知識						
B.概念知識						
C.程序知識						
D.後設認知知識						

資料來源：出自葉連祺、林淑萍，2003

本研究主要研究目的是分析學生解決基測生物試題時的訊息處理歷程，這些試題主要著眼於學生習得知識的應用，故本研究即利用著重於學生習得知識的認知歷程向度來分類施測試題，以下即介紹之。

二、布魯姆認知分類修訂版－認知歷程向度

學校教育應包含廣泛的認知歷程，讓學生擁有學習保留 (retention) 與學習遷移 (transfer) 兩項技能是教育上最重要的兩個學習目標。學習保留是指記憶學科教材內容的能力，即強調過去的經驗；學習遷移是指可將由某一情境中所學來、或為了某個目的所習得的知識，應用或使用於另一個不同的情境或不同的目的上，即強調未來的運用 (岳修平譯，1998)。

為了促進學生進行有意義的學習，「認知歷程」向度提供了描述學生在有意義的學習理念下的認知活動範疇。認知歷程向度共分為記憶 (remember)、了解

(understand)、應用 (apply)、分析 (analyze)、評鑑 (evaluate) 及創造 (create) 六個主類別，其中記憶與學習保留有關，其餘五類則與學習遷移較相關，每一主類別再細分為若干次類別，完整內容及定義如下表 2-1.2 所示。

表 2-1.2 布魯姆認知分類理論修訂版之認知歷程向度內容

主類別/次類別	相關詞	定義	示例
1. 記憶 (remember)		從長期記憶提取相關知識	
1.1 確認 (recognizing)	確認(identifying)	確認長期記憶中和現有事實或資訊一致的知識	指出哪天是中秋節
1.2 回憶 (recalling)	取回(retrieving)	從長期記憶中，取回相關知識	說出哪天是中秋節
2. 了解 (understand)		從口述、書寫和圖像溝通形式的教學資訊中建構意義	
2.1 說明 (interpreting)	釐清(clarifying)、釋義(paraphrasing)、陳述(representing)、轉釋(translating)	轉換不同的知識表徵，即將一種呈現資訊方式，轉換成另一種方式(如將圖畫轉換成文字、符號轉換成文字等)	畫出日蝕的成因
2.2 舉例 (exemplifying)	舉例(illustrating)、舉實例(instantiating)	找出特定的例子或對概念、原則的說明	舉出端午節的重要性
2.3 分類 (classifying)	分類(categorizing)、歸類(subsuming)	決定將某些事物歸屬為同一類	將中秋節視為中國傳統的節慶
2.4 總結 (summarizing)	摘要(abstracting)、建立通則(generalizing)	將一般性主題或要點加以摘要	摘要提出「賞月記」的文章大意
2.5 推論 (inferring)	推斷(extrapolating)、插補(interpolating)、預測(predicting)	根據現有資訊，提出一個具邏輯性的結論	依資料推斷端午節也是中國傳統節慶
2.6 比較 (comparing)	對照(contrasting)、模比(mapping)、配對(matching)	檢視兩觀點、事物或其他類似物中的一致性	比較中秋節和端午節的異同
2.7 解釋 (explaining)	建構(constructing)、建立模式(models)	建立及使用一個系統中的因果模式	解釋颱風發生原因
3. 應用 (apply)		面對某情境執行或使用一個程序	
3.1 執行 (executing)	進行(carrying out)	應用一個程序於已熟悉的工作中	應用習得的二位數加法，計算二位數加法問題
3.2 實行 (implementing)	運用(using)	應用一個程序於陌生的工作中	應用至雜貨店購物經驗於超市購物
4. 分析 (analyze)		將整體分解為許多部分，並決定各部分彼此和與整體結構或目的間的關係	

主類別/次類別	相關詞	定義	示例
4.1 辨別 (differentiating)	區別(discriminating)、分別(distinguishing)、聚焦(focusing)、挑選(selecting)	自現有材料中區分出相關和不相關或重要和不重要的部分	分辨直角三角形和正三角形的不同
4.2 組織 (organizing)	尋找(finding)、連結(coherence)、概述(outlining)、剖析(parsing)、結構化(structuring)	確定要素在結構中的適合性和功能	整理有關屈原的傳說，說明屈原的為人
4.3 歸因 (attributing)	解構(deconstructing)	確定現有材料中隱含的觀點、偏見、價值觀或意圖	說明司馬遷寫作史記的用意
5. 評鑑 (evaluate)		根據規準和標準作判斷	
5.1 檢查 (checking)	協調(coordinating)、檢視(detected)、監視(monitored)、施測(testing)	檢視某程序或產品中的不一致性或錯誤，確定某程序或產品的內部一致性，以察覺正實程序之效能	檢查重力加速度實驗結果和該定律的一致性
5.2 評論 (critiquing)	判斷(judging)	檢視產品和外部規準的不一致性，確認產品是否有外部一致性，及察覺解決問題方式的適切性	評論大禹的治水方法
6. 創造(create)		集合要素以組成一個具協調性或功能性的整體，將要素重組為一個新模型或結構	
6.1 通則化 (generating)	提出假設(hypothesizing)	根據許多規準，建立假設	綜合養殖小雞的紀錄，提出小雞的生長歷程看法
6.2 規劃 (planning)	設計(designing)	建立一個操作程序以完成某些工作	撰寫一個觀察蝴蝶生態的計畫
6.3 製作 (producing)	建立(constructing)	發明新產品	創作歌曲和樂曲

資料來源：修改自葉連祺、林淑萍，2003

根據表 2-1.2 的架構，本研究將近年來的基測生物試題做分類分析，以進一步探究不同類別試題的閱讀歷程。

第三節 眼動技術的應用

透過記錄和分析眼球運動的資料，可以幫助我們瞭解各種工作的認知處理歷程。幾十年來，眼球追蹤技術已廣泛應用於心理學領域之閱讀與訊息處理的相關研究上（Rayner, 1998; 2009）。近年來，有許多眼球追蹤研究指出，測量眼球運動可揭露出在問題解決過程中傳統測量（如解決時間及正確性）所無法探究的關鍵面向，如受試者的注意力分配狀況等（Grant & Spivey, 2002）。因此本研究透過眼球追蹤技術來探究國中生在解決生物試題時的認知處理歷程。

一、眼球追蹤技術

由於人類眼睛裡接收視覺刺激的細胞分配不均，導致中央小窩上視覺敏銳度最高，離中央小窩越遠，影像越模糊，因此，為了使視覺影像的不同位置皆可投射至中央小窩，眼球就必須得經常移動，如此才能獲得完整的視覺資訊（蔡介立、顏妙璇、汪勁安，2005）。讀者可以藉由跳過某部分、重讀或暫停在某個字上來控制訊息輸入的速度，以使用符合自己內在的理解速度去提取訊息，故只要調查讀者停留的地方，就可以知道他們的理解過程（Just & Carpenter, 1980）。Just和Carpenter（1980）提出兩個假設來說明眼動與閱讀歷程的關係：第一，立即性假設（immediacy assumption），讀者在閱讀時會立即解釋、處理文本中遇到的每個文字。第二，眼-心假設（eye-mind assumption），只要在處理某文字時眼睛就會持續凝視在此文字上，故凝視持續的時間會與處理該文字的時間相同。這兩個假設提供了眼動研究的基本準則（蔡介立、顏妙璇、汪勁安，2005）。

研究指出，眼球運動與視覺注意力兩者會共同作用，注意力會在眼球凝視之前就察覺我們想欲探索或了解的事物，此時，視覺注意力將會引導眼球運動的表現，且眼球運動無法移動到和視覺注意力不同的方向及位置（Hoffman & Subramaniam, 1995）；但若出現迅速且複雜的刺激時，眼球運動則會先於視覺注意力對刺激對出反應（He & Kowler, 1992），由此可知，在閱讀時眼球運動與視

覺注意力有密切的相關性。凝視時間與停留位置可用來推論閱讀時的各項處理機制，而眼動儀即是用來記錄受試者眼睛凝視在一張圖或一段文字的位置及停留時間，將凝視點按凝視時間順序串連起來即形成凝視軌跡，透過這些資料研究者即可得知受試者的閱讀歷程（蔡介立、顏妙璇、汪勁安，2005；韓承靜、蔡介立，2008）。

二、眼球追蹤技術在問題解決上的應用

在科學教育上眼動的研究可以用來幫助了解科學學習或問題解決，然而過去在問題解決的研究上，只能觀察解決問題時的書寫步驟、解題時間、正確率以及利用放聲思考法或晤談法得到解題者在解決問題時的片段思考，來推測解題者的思考歷程，並無法全程觀察解題者問題解決的過程（韓承靜、蔡介立，2008）。但近來已有越來越多的研究利用眼球追蹤技術來探討問題解決歷程，他們也發現了許多傳統研究方法所無法看到的結果。如Groen和Noyes（2010）提到在問題解決任務中，比起傳統的分析，分析眼球運動可對認知行為有更徹底的了解，分析人們在問題解決時的眼球運動可以更了解其認知行為上具體的任務步驟。Grant and Spivey（2003）利用Duncker's radiation problem研究眼球運動是否會影響認知處理，其研究結果顯示認知過程與眼球運動模式是有關係的。

許多利用眼球追蹤技術研究問題解決過程的研究皆發現，問題解決者的眼球運動模式是非隨機的，且成功的問題解決者與不成功問題解決者的眼動歷程是有所差異的。如Grant和Spivey（2002）研究問題解決者處理Duncker's radiation problem的研究結果指出，比起失敗的問題解決者，成功的問題解決者會花較多的時間觀看問題解決的關鍵圖示。Yoon和Narayanan（2004）在研究機械設備橫截圖的問題解決中也提到，成功的問題解決者及失敗的問題解決者在注意零件因果傳播的順序上有所差異，且問題解決成功者花較高比例的凝視時間在關鍵零件上。Groen和Noyes（2010）亦發現比起失敗的受試者成功的受試者不僅凝視關鍵區域的時間較長，也較常返回凝視關鍵區域，且各關鍵區域間觀看的順序也有

所不同。

此外，部分研究指出，引導問題解決者的注意力會影響其問題解決的成功性。如 Grant 和 Spivey (2002) 的研究發現，在問題解決任務中凸顯關鍵要素有助於問題解決者成功解決任務。Thomas 和 Lleras (2007) 的研究結果亦指出引導問題解決者注意解決任務所需的關鍵順序，會大大的影響他們問題解決的成功率。Groen 和 Noyes (2010) 也提到影響問題解決者的眼球運動分配於任務相關的元素上，可顯著提高其任務的表現，亦證實了藉由提示圖示中任務相關部分影響眼球運動可改進任務表現。

綜合上述研究，將眼球追蹤技術應用於問題解決中可以看到傳統研究方法所無法看到的面向，發現成功的問題解決者與失敗的問題解決者其眼動歷程有所差異，而其差異在於凝視關鍵區域的時間及順序。

標準化紙筆測驗在學生的學習及升學過程中重要性甚大，然而過去的研究卻很少探討學生在標準化紙筆測驗試題形式上的解題歷程，且相關研究多透過放聲思考 (think aloud)、晤談或問卷填寫等方式來加以推測、分析，但上述的策略卻可能會干擾學生作答或受到記憶偏誤等影響，而無法真實的反應出學生未意識到的內在認知歷程，故本研究即利用眼球追蹤技術來分析學生在解決生物試題時的眼動歷程，並比較不同學習表現的學生其眼動歷程是否有所差異。

第三章 研究方法

本研究之主要研究變項為「閱讀試題之眼動歷程」與「學生答題成就」。研究材料為「生物試題」，在學生解決生物試題時利用眼動儀記錄其解題時的眼動歷程。

本研究主要探討的研究問題有三：

- 一、國中學生在解決不同類別的生物試題時，其閱讀時的視覺注意力分配與讀題模式為何？
- 二、學生的試題讀題模式是否與答題表現有關？
- 三、不同學習表現的學生，其題目閱讀方式之差異為何？

根據研究問題，本章將針對本研究之研究對象、研究工具、研究設計、資料分析與研究流程，以下分別敘述之。

第一節 研究對象

本實驗的受試者為台北市某市立大型國中一年級兩個班級（兩班導師皆教授該班生物科）的學生。兩班共有 60 人，扣除 34 位在家長同意書中勾選不願意參與研究的學生，最後共有 26 位學生參與實驗。但因為近視度數較高、閃光度數較高、當天眼睛狀況……等因素，實際通過眼動儀校正並完成眼動資料收集者共 24 位，眼動儀校正通過率為 92.31%，24 位通過眼動儀校正的受試者分別為男生 14 人與女生 10 人（表 3-1.1）。

本研究選擇該校國中一年級學生做為研究對象的原因如下，施測時間為國一下學期，此時本測驗之生物試題範圍學校皆已教授完畢，但學生尚未練習過大量

題目，故更能測出學生解決此試題時最原始的眼動軌跡及其閱讀歷程。

表 3-1.1 研究樣本說明

學校	人數 (男,女)	家長同意書未同意 (男,女)	眼動儀校正未通過 (男,女)	實際完成研究者 (男,女)
台北市某市立國中	60 (32,28)	34 (16,18)	2 (1,1)	24 (14,10)

第二節 研究工具

本研究之研究工具包括「眼動儀」及「生物試題」，以下分別詳細介紹之。

一、眼動儀硬體部分

本研究之硬體部分包含兩台 Dell 筆記型電腦、一台眼動儀、一台受試者使用螢幕、滑鼠及螢幕切換器。筆記型電腦中，一台作為眼動資料收集端，其與眼動儀連接，利用 FaceLab 5 作校正；另一台則為施測試題呈現端，利用網頁與眼動資料蒐集軟體 GazeTracker7.0 呈現施測試題，並以 GazeTracker7.0 記錄，兩台筆記型電腦以網路跳線連接以便資料傳輸，如圖 3-2.1 所示。



圖 3-2.1 施測環境及設備

本研究所使用的眼動儀為雙攝影機、單紅外光源器，搭載 FaceLab Seeing Machines 5 軟體系統，施測過程中僅以紅外線照射虹膜，反射至雙攝影機進行記錄，而不對受試者施以紅外線以外的任何限制，以期能提供一個最接近自然閱讀的狀態，進行眼球運動、凝視點以及凝視時間等資料的蒐集。

FaceLab 取樣率為 60HZ（即每秒取樣 60 次），其具有紅外線裝置讓攝影機（Sony FCB-EX480B）於三個不同方式下設定，且提供精確凝視的紅外線裝置位置控制，以提高凝視追蹤的精確度。FaceLab 使用焦點成像技術，在研究中可容許受試者頭部在 ± 25 mm 範圍內垂直及平行移動，仍保持其凝視追蹤能力；瞳孔角膜模式，在採樣率 60 Hz 下達 0.1° 的高解析度。

二、施測之生物試題

本測驗之生物試題來源為國中基本學力測驗自然科之生物試題。首先研究者先與指導教授討論分類方法，之後商請另位生物老師一同進行分類，由於 94 及 95 年國中基本學力測驗自然科命題以「國民中小學九年一貫課程暫行綱要」自然與生活科技學習領域國中階段「能力指標與教材內容細目」為依據，96~100 年則以「國民中小學九年一貫課程綱要」為依據，故本實驗正式施測之題目從 96~100 年度中挑選。

試題之分類過程一開始由兩位研究者先熟悉布魯姆認知分類修正版，接著將 94 年第一次及第二次試題進行第一次試驗性分類，之後針對分類不明確之題目與教授三人共同進行討論。接著進行第二次分類，此次針對 97、98、99 年第一次試題進行分類，之後再針對分類不明確之題目進行討論並取得共識。由於第二次分類相同率還是偏低，故進行第三次分類，此次針對 99 年第二次試題進行分類，本次分類相同率已達 86.67%。接著研究者即將其餘年度試題全部分類完畢，詳細分類結果如表 3-2.1。

表 3-2.1 94-100 年度國中基本學力測驗自然科生物題布魯姆認知分類修訂版各類別題數統計表

主類別/次類別	題數 (94-100)	題數 (96-100)
1.記憶(remember)	11	10
1.1 確認(recognizing)	0	0
1.2 回憶(recalling)	11	10
2.了解(understand)	151	111
2.1 說明(interpreting)	0	0
2.2 舉例(exemplifying)	0	0
2.3 分類(classifying)	18	15
2.4 總結(summarizing)	16	11
2.5 推論(inferring)	101	75
2.6 比較(comparing)	16	10
2.7 解釋(explaining)	0	0
3.應用(apply)	29	19
3.1 執行(executing)	13	9
3.2 實行(implementing)	16	10
4.分析(analyze)	15	10
4.1 辨別(differentiating)	2	1
4.2 組織(organizing)	13	9
4.3 歸因(attributing)	0	0
5.評鑑(evaluate)	0	0
5.1 檢查(checking)	0	0
5.2 評論(critiquing)	0	0
6.創造(create)	0	0
6.1 通則化(generating)	0	0
6.2 規劃(planning)	0	0
6.3 製作(producing)	0	0
總計	206	150

由於受試者為國一學生，且施測時間在國一下學期，受試者只學完生物上冊，所以研究者再從中挑選生物上冊範圍之試題，並從各分類次類別中隨機挑選兩題，但由於類別 2.3 及 4.1 只有一題符合範圍，故此兩個次類別只選擇一題，並將「了

解」選出的 7 題依全附圖的有無分為「了解-敘述」及「了解-圖文」；另獨立隨機挑選一大題共兩小題之閱讀測驗，選出試題後再商請另一位生物教師確認其難易度及適當性，以避免施測題目過易或過難，並確保試題無超出生物上冊之範圍。最後完成一共 18 題（含兩題閱讀題）之生物試卷（如表 3-2.2 所示），此份生物試題亦請施測班級之生物老師確認試題內容皆已教授完畢。

表 3-2.2 各類別題數及題號

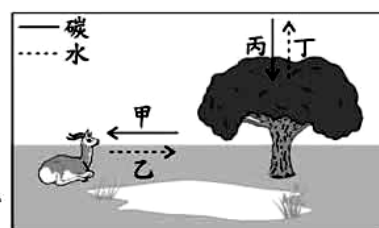
類別	次類別	題號	題數
記憶	1.2 回憶	Q1	2
	1.2 回憶	Q2	
了解-敘述	2.3 分類	Q3	4
	2.4 總結	Q4	
	2.5 推論	Q7	
	2.6 比較	Q8	
了解-圖文	2.4 總結	Q5	3
	2.5 推論	Q6	
	2.6 比較	Q9	
應用	3.1 執行	Q10	4
	3.1 執行	Q11	
	3.2 實行	Q12	
	3.2 實行	Q13	
分析	4.1 辨別	Q14	3
	4.2 組織	Q15	
	4.2 組織	Q16	
閱讀測驗	2.5 推論	Q17	2
	2.5 推論	Q18	

第三節 研究材料呈現

本研究設計為，透過電腦頁面呈現方式，將研究者自國中基本學力測驗自然科挑選之生物試題呈現於頁面上。試題內容依照布魯姆認知分類修訂版共分為四大類，再將「了解」這類別之題目分為敘述題（無圖）與圖文題（含圖），另加上兩題閱讀測驗共 18 題，按照「記憶」、「了解—敘述」、「了解—圖文」、「應用」、「分析」、「閱讀測驗」之順序呈現於電腦頁面上，並供受試者以滑鼠在電腦頁面上點選答案。

於電腦呈現研究材料時，一個頁面只呈現一道題目，但閱讀測驗因版面限制故每小題皆會重複呈現出試題情境，施測題目共呈現於十八個頁面上，如圖 3-2.2。詳細施測題目請見附件二。

6. 右圖為某些物質在生物體和環境之間流動的示意圖，甲、丙表示含碳物質進入生物體的相關生理作用，乙、丁表示水離開生物體的相關生理作用，根據此圖，下列有關甲、乙、丙、丁四種作用的推論，何者錯誤？



- (A) 甲可能為呼吸作用
- (B) 乙可能為排泄作用
- (C) 丙可能為光合作用
- (D) 丁可能為蒸散作用

圖 3-3.1 施測試題範例

第四節 資料分析

本研究之主要目的是透過眼球追蹤方法分析受試者的生物試題閱讀歷程。因此此在資料處理上主要分為三個部分:第一部分為受試者試題測驗結果、第二部分為閱讀歷程分析、第三部分為閱讀歷程與受試者試題測驗結果的交叉分析，以下分別就研究者對此三部分的資料分析過程進行描述：

一、受試者試題測驗結果

受試者在電腦上解決生物試題，故受試者作答時電腦會記錄受試者選擇之答案，且眼動儀會同時記錄其作答時的眼動歷程，試題皆為四選一的單選題，每題答對給分為 1 分，答錯即給 0 分，因此此測驗分數滿分為 18 分。

二、閱讀歷程分析

由於部分受試者的眼動數據之資料遺失率（Percent tracking time lost）高於 40%，與平均遺失率有一大落差，故本研究眼動數據處理將先去除 Percent tracking time lost 高於 40%者，以提高數據之準確度。在閱讀歷程分析部分之資料處理，主要是將眼動儀所輸出之大量眼動資料做分類並提取研究所需之項目（所提取的項目請見表 3-4.1），作為閱讀歷程的分析指標，並將測驗題目劃分為代表不同的分析區域，即 Area of Interest (AOI) 或 Look Zone (LZ)，（詳細區域請見圖 3-4.1、表 3-4.2 以及附件二），進一步分析區域間的注意力之分配狀況，以呈現學生解決試題時的閱讀歷程，並透過計算找出題幹與圖片間交互閱讀次數及題幹及題幹與正確答案間交互閱讀次數，這些交互閱讀次數及回視次數為「訊息整合」及「解題策略」的指標(Holsanova, Holmberg, & Holmqvist, 2009)。

表 3-4.1 本研究分析之眼動測量指標

原文	中文	意義說明	計算說明
Total fixation duration	總凝視時間	某一畫面中，所有凝視總時間	該畫面中，所有凝視點時間的加總
Average fixation duration	平均凝視點時間	同一畫面內中，所有凝視點平均停留時間。	該頁總凝視時間／該頁總凝視點數
Number of fixations	總凝視點數	同一頁面中所有的凝視點個數	該頁面中所有凝視點個數加總
Total fixation duration in zone	全凝視時間	同一頁面內，眼睛凝視某選取區域的總時間	該區域中，所有凝視點時間的加總
First-pass fixation duration (in zone)	區域首次閱讀凝視時間	某區域第一次進入閱讀的總時間，不含離開區域後再回來的時間	第一次進入該區域後，至離開前的所有凝視時間之加總
regression	回視	閱讀完一區域後，又回此區域閱讀的次數	眼睛離開某區域後又回到此區域之次數總和
Percent time spent in zone	區域閱讀時間百分比	同一畫面內，眼睛停留於某選取區域中的時間百分比。	該區域內總閱讀時間／該頁面內總閱讀時間
Inter-scanning	交互閱讀	不同區域間，來回閱讀次數	由某特定區域離開進入另一特定區域的總次數

上表為描述性統計包含之眼動指標，而進行高低分組比較時，包含的眼動指標則有：Total fixation duration, percent time spent in zone, inter-scanning, regression 及 First-pass fixation duration (in zone)。

請閱讀下列敘述後，回答17.、18.題

以下是小凱用插圖及文字描述某日上午所發生的事情及時間：

7:40	8:00	8:30	9:30	10:05
早上太晚起床，我很緊張又 怕遲到，心臟跳 得很快，之後以 驚人速度衝向 學校。	進教室後，汗流 不止，呼吸加 速。	課堂上，老師問 了很多問題，我 都知道答案，不 過我沒有舉手。	體育課時要走 非常窄的平衡 木，但我努力地 走完了。	下課後，我被同 學意外打翻的 熱水燙到，我立 刻縮回手，但皮 膚已變紅。

17. 右圖為人體中樞神經系統的構造示意圖：

根據上列插圖的文字描述，小凱中樞神經系統中的甲部位與當天下列哪一時間的活動之關係最密切？

(A) 8:00 (B) 8:30 (C) 9:30 (D) 10:05

圖 3-4.1 各分析區域之劃分範例

表 3-4.2 各區域分類與定義

區域分類	分類方式與定義
題幹	命題者所提出的問題，用以要求受試者作反應
關鍵字句	題幹中可能影響作答的字句
選項	供受試者選擇之答案
正確答案	符合題幹要求的正確答案
全附圖	考題中附圖之區域
圖關鍵處	附圖中可能影響作答的區塊
試題情境	閱讀測驗中所給之試題情境

由於試題的字數不同，恐影響閱讀時間的比較，研究者將所選取之生物試題類別，含「記憶」、「了解—敘述」、「了解—圖文」、「應用」、「分析」、「閱讀測驗」等，共六大類別 18 題的各區域皆利用 GazeTracker 標記清楚，並計算其字數，如表 3-4.3 所示。

表 3-4.3 生物試題各區域之字數

類別	題號	各區域字數					圖
		題幹	關鍵字句	選項	正確答案	總合 (試題情境)	圖
記憶	Q1	37	8	11	3	48	NA
	Q2	27	20	52	12	79	NA
了解-敘述	Q3	35	16	54	13	89	NA
	Q4	15	8	54	12	69	NA
	Q7	23	15	11	3	34	NA
	Q8	16	11	10	3	26	NA
了解-圖文	Q5	19	12	35	8	54	
	Q6	82	63	32	8	114	
	Q9	62	43	77	13	139	
應用	Q10	33	13	33	8	66	NA
	Q11	72	61	24	6	96	NA
	Q12	34	30	23	4	57	NA
	Q13	45	29	136	34	181	NA
分析	Q14	78	72	66	15	144	
	Q15	31	12	54	17	85	
	Q16	42	25	4	1	46	
閱讀測驗(含圖)	Q17	59	11	4	1	63(160)	
	Q18	49	25	4	1	53(160)	

除了各區域的閱讀記錄外，本研究另計算了題幹與全附圖間交互閱讀次數及題幹與正確答案間交互閱讀次數及特定區域間的回視次數。題幹與全附圖間交互閱讀次數的計算方式為：單一頁面（測驗題）凝視點由「題幹區域」轉移到「全附圖區域」即算一次，單一頁面（測驗題）凝視點由「全附圖區域」轉移到「題幹區域」亦算一次。將該頁面的「題幹區域」轉移到「全附圖區域」次數與「全附圖區域」轉移到「題幹區域」相加，即為題幹與全附圖間的交互閱讀次數。題幹與正確答案間交互閱讀次數計算方式亦以上述的計算方式進行，然後將該頁面的題幹區域轉移到正確答案區域次數與正確答案區域轉移到題幹區域次數相加，即為題幹與正確答案間交互閱讀次數。而特定區域間的回視方面，本研究的回視

是指受試者在解決同一測驗題時，對於題幹、選項、全附圖或是試題情境重複返回閱讀的情形，計算方式為：當凝視點由某一特定區域轉移至另一特定區域，再返回原特定區域，即計算為對該區域的一次回視，如題幹回視的計算為當凝視點從題幹離開進入另一區域（選項、全附圖或試題情境）後又返回題幹區域，即算為一次題幹回視。

接著將上述提取之眼動數據利用 SPSS 19（Statistical Package the Social Science）統計軟體進行量化分析。分析內容包含敘述性分析，以及將全頁平均眼動資訊（總凝視時間、總凝視點數、平均凝視點時間）、各區域眼動資料（附圖部分全凝視時間、區域閱讀時間百分比）、交互閱讀次數、回視次數及區域首次閱讀凝視時間，進行成對樣本 T-test 類別間的比較分析。

三、閱讀歷程與試題測驗交叉分析

本研究除了進行整體眼動資料與測驗成就間的相關分析外（Pearson correlation analysis）外，另將受試者依照各類別試題測驗表現分為高分組（高於該類別平均）及低分組（低於該類別平均）兩組，各類別採用之人數如表 3-4.4 所示。

表 3-4.4 各組別人數

類別	高分組	低分組	總人數
記憶	9	8	17
了解-敘述	10	7	17
了解-圖文	7	10	17
應用	8	7	15
分析	8	10	18
閱讀測驗	9	9	18

分組後亦利用 SPSS 19 進行量化分析，分析內容包含將高分組及低分組部分的全凝視時間、區域閱讀時間百分比、交互閱讀次數及回視次數進行單因子變異數分析（one-way ANOVA）。分析過程包括將六個類別十八個頁面中上述的數據進行變異數同質性檢定，以確定高分組及低分組可以視為兩個不同的群組，接著再進一步使用單因子變異數分析（one-way ANOVA）來判斷兩組間的變數是否達到顯著差異。

第五節 研究流程

本研究之研究流程分為「工具準備與確定主題階段」、「正式施測階段」和「結果分析階段」等三階段進行，以下將研究流程依階段性發展分述如下：

一、工具準備與確定主題階段

工具準備與確定主題階段執行時間為 100 年 9 月至 101 年 3 月，工具準備與確定主題的過程如圖 3-3.1 所示。

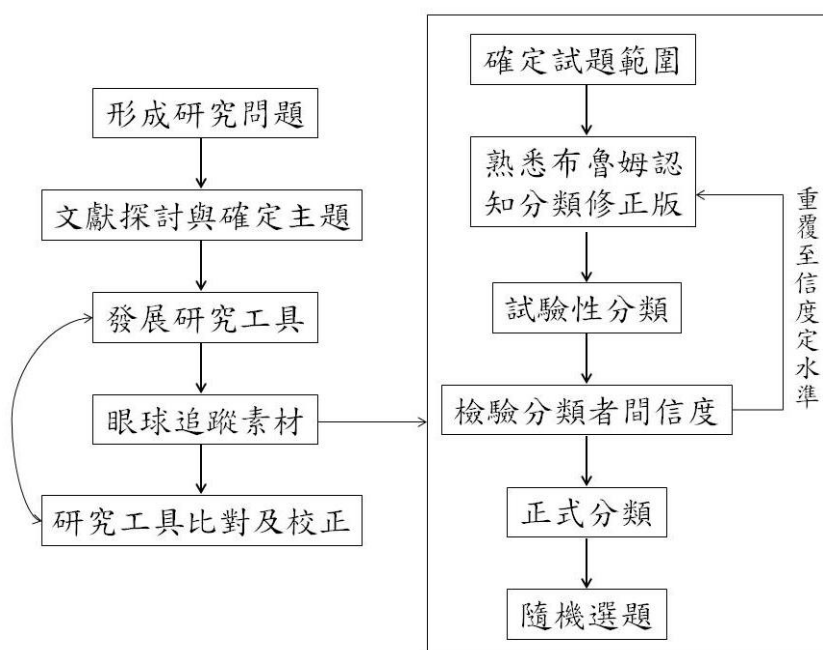


圖 3-5.1 工具準備與確定主題流程

主題確定之後，研究者即開始進行試題挑選與分類，其中包括確定試題範圍、試題分類、試題挑選等工作。由於研究者之專業為生物領域，故最後選擇國中基本學力測驗自然科之生物試題為施測題目。從前文可知布魯姆認知分類修訂版已被廣泛的應用於教學現場之試題分析中，因此本研究即選擇此分類系統作為施測試題之分類依據，再挑選出各層次之測驗試題，並藉由眼動儀收集學生解答各類試題之眼動資料，進而探討學生在解決不同類別的生物試題時，其閱讀時的視覺注意力分配是否有差異。

由於本研究目的為探討國中學生解決生物試題時的眼動歷程，故先從國中基本學力測驗自然科試題中挑選出生物試題再予以分類。除了與指導教授討論分類方法外，還請另一位生物老師一同進行分類。一開始兩位研究者先熟悉布魯姆認知分類修正版之分類系統，接著進行試驗性分類，之後針對不明確予以討論與確認，進行此步驟直到兩研究者信度達八成以上。接著研究者獨立將其餘年度試題全部分類完畢，詳細分類結果於研究工具中呈現。

二、正式施測階段

正式施測階段執行時間為 101 年 3 月至 101 年 5 月，施測主要流程如圖 3-3.2。

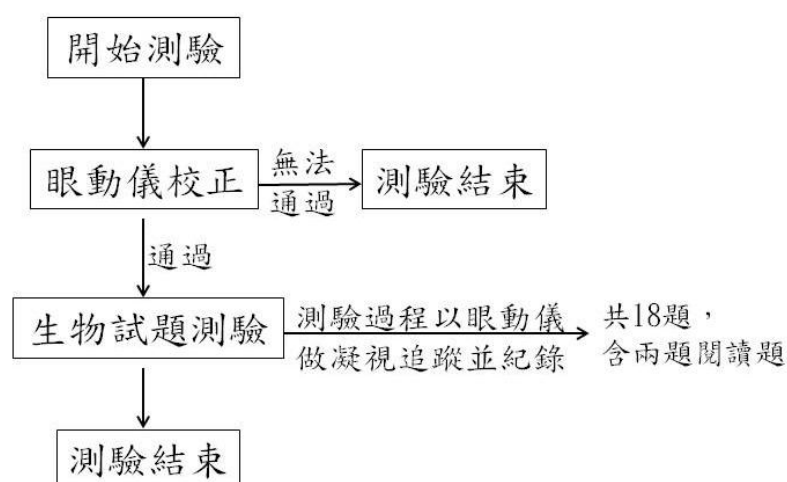


圖 3-5.2 施測流程

本研究向施測學校商借一間合適的教室做為施測地點，並事先前往架設儀器設備，在施測前還需進行文本設置及機器校正。

在開始測驗前會先調整受試者的坐位及姿勢，使其能以最舒服的狀態操作滑鼠並進行測驗，隨後即進行凝視點校正。透過紅外線攝影機對受試者進行臉部特徵追蹤，加上 FaceLAB 系統所提供的工具，使得受試者的凝視點可與眼動儀同步，如此一來即可透過凝視點的追蹤記錄來了解受試者的凝視點位置及順序。但若無法通過凝視點校正，即表示眼動儀所偵測到的凝視點與受試者之凝視點不同步，則此受試者即無法進行後續實驗。本次研究自願參加之國一學生共 26 人，通過眼動儀校正人數為 24 人，眼動儀校正成功率約為 92.31%。

受試者通過眼動儀校正後即開始進行生物試題測驗。本次答題測驗直接於 IE7 上進行，系統會自動記錄受試者所選之答案，受試者可透過滑鼠作答並自行決定前往下一題的時間，唯本實驗系統無法回到上一題檢查或修改答案，故施測前會提醒受試者小心作答且確定答案後再進入下一試題。

三、結果分析階段

結果分析階段執行時間為101年6月至102年6月。本階段主要工作內容為針對所蒐集的眼動資料進行處理並分析，並且著手撰寫研究論文內容。

在資料處理與分析的部分，研究者先將「記憶」、「了解－敘述」、「了解－圖文」、「應用」、「分析」、「閱讀測驗」六大類別各題畫出欲分析之 Look Zone (LZ)，接著利用 GazeTracker 將每題的眼動資料匯出，提取所需要的資料後，依照受試者試題測驗結果將其分為高分組與低分組以 SPSS 19 (Statistical Package the Social Science) 統計軟體進行量化分析。此段期間不斷的與指導教授討論，最後提出研究結果與建議，並完成論文報告

第四章 資料呈現與分析

本章將逐一呈現本研究之研究結果，共包含三節，第一節為試題測驗表現，呈現受試者整體答題情況及各類別答題狀況；第二節為閱讀歷程分析，介紹所有受試者整體及各區域的閱讀狀況；第三節為閱讀歷程及試題測驗表現之交叉分析：先將試題測驗依得分進行分組，再與測驗題上各區域進行交叉分析。

第一節 試題測驗表現

本生物試題經批改後總分 5 分者有 2 人、8 分者 4 人、9 分者 2 人、10 分者 1 人、11 分者 5 人、13 分者 1 人、14 分者 3 人、17 分者 1 人，其餘分數皆為 0 人，平均得分為 10.4 分，有效樣本的結果如表 4-1.1。19 位受試者的生物試題測驗成績分佈如圖 4-1.1 所示。將生物試題測驗成績與受試者國一上學期學期成績進行相關分析（Pearson correlation），根據相關分析結果所示，整體而言學生的學期成績越高，在本測驗的表現也越好（ $r=0.77, p<0.05$ ）。

表 4-1.1 生物試題測驗分數

	人數	最大值	最小值	平均得分
生物試題測驗	19	17	5	10.4

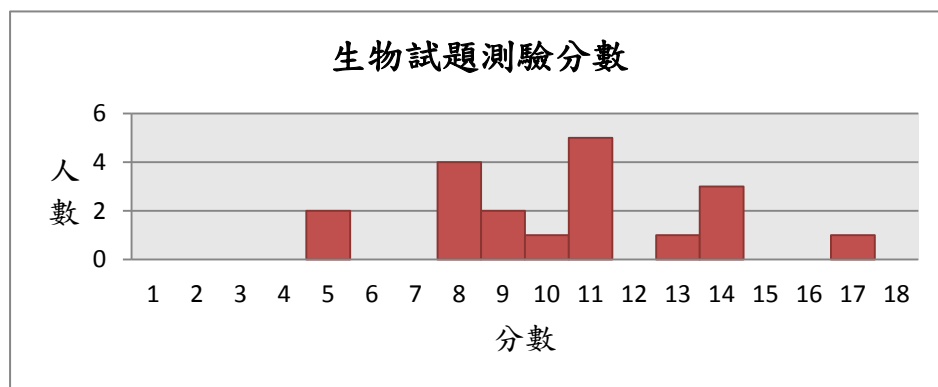


圖 4-1.1 生物試題測驗分數分布圖

本研究將受試者依照各類別試題測驗表現分為高分組（高於該類別平均）及低分組（低於該類別平均）兩組，各類別採用之人數如表 4-1.2 所示。布魯姆認知分類類是由簡單到複雜，由具體至抽象，此外，其分類表呈現一累積層次，也就是說，熟練每一個簡單的類別是精通下一較複雜類別的先決條件。所以對於學生來說，基本上越低層級的題目越簡單，越高層級的題目則越難（Krathwhol, 2002）。除了「閱讀測驗」外，受試者在「記憶」單題平均得分最高，「了解-敘述」次之，最低的則是「了解-圖文」，此結果與上述布魯姆認知分類大致上是符合的，研究者推測「了解-圖文」得分會偏低之原因，可能是由於題目含有圖片，因此受試者在解決有附圖的題目時除了要了解圖示給予的資訊外，還需將其與題幹給予的資訊作連結，相較於單純的文字敘述題，圖文題對學生來說是較為困難的，而本研究生物測驗試題除了「了解-圖文」外，「分析」題目亦含有圖片，而受試者在這兩類題目中的得分都是偏低的（如表 4-1.2 所示）。「分析」在布魯姆認知分類中的層級較「了解-圖文」高，但「分析」的得分卻較「了解-圖文」低，此結果似乎與布魯姆認知分類不符。而「閱讀測驗」的題目在本研究的分類標準中亦可被分至「了解-圖文」，但其得分卻遠高於其他「了解-圖文」的題目，由於「閱讀測驗」相較於其他「了解-圖文」的題目，其給予的解題資訊較多，可能因此提高了學生的答對率。

表 4-1.2 生物試題測驗結果與高低各組之人數與平均表現

	高分組（人）	低分組（人）	平均（分）	每題平均（分）
記憶	9	8	1.35	0.68
了解-敘述	10	7	2.53	0.63
了解-圖文	7	10	1.24	0.41
應用	8	7	2.4	0.6
分析	8	10	1.44	0.48
閱讀測驗	9	9	1.33	0.67

第二節 閱讀歷程分析

研究者給予受試者的測驗試題共計六大類（「記憶」、「了解—敘述」、「了解—圖文」、「應用」、「分析」、「閱讀測驗」）十八題、十八個頁面。依題目內容劃分題幹、關鍵字句、選項、正確答案、全附圖、圖關鍵處及試題情境等區域（各題劃分情形請參見附件三），以下將針對受試者的所有頁面凝視資訊、各區域凝視資訊、特定區域之交互閱讀及特定區域回視情形來做簡單的結果呈現與說明。

一、所有頁面眼動資料資訊

針對受試者解決此六大類測驗題的總凝視時間、凝視點數、平均凝視點時間（此三項數值定義請見表 3-4.1）如表 4-2.1 所示。從表中數據我們可以得知受試者解決一題測驗題平均約需 22.13 秒的總凝視時間，最少的是「了解-敘述」約需 15.37 秒的總凝視時間，最多的是「分析」約需 29.88 秒的總凝視時間。在去除字數的影響後，總凝視時間最高的仍是「分析」，總凝視時間最低的則是「閱讀測驗」。這樣的結果可能是由於版面限制的緣故。由於 17 與 18 閱讀題使用同一試題情境，受試者在解決第 18 題的閱讀測驗題目時應已在第 17 題看過相同的試題情境，故第 18 題的凝視時間大幅減少，使得總凝視時間亦大幅減少。若只看第 17 題的閱讀時間，閱讀題所需花的凝視時間仍然最高。

受試者對於每個類別的總凝視點數方面，由表 4-2.1 可知平均約有 75.67 個凝視點，最少的是「了解—敘述」有 51.17 個凝視點，最多的是「分析」有 101.38 個凝視點。

在平均凝視點時間方面，全體平均約為 294 毫秒，整體介於 278 至 300 毫秒間，相差不大，其中「記憶」的平均凝視時間最低，「了解—圖文」平均最高（如表 4-2.1 所示）。一般認為平均凝視點時間越高，表示閱讀材料的難度越，這個結果代表相對於其他類型的題目，「記憶」的題目對於學生來說是較為簡單的。

表 4-2.1 各題（類別）全體全頁平均眼動資訊（括弧內為字數處理後數據）

類別	題號 (字數)	Total fixation duration(second) 總凝視時間		Number of fixations 總凝視點數		Average fixation duration (ms) 平均凝視點時間(毫秒)	
		各題平均	整類平均	各題平均	整類平均	各題平均	整類平均
記憶	Q1 (48)	8.56 (0.18)	15.81 (0.24)	47.56	63.61	273	278
	Q2 (79)	23.07 (0.29)		79.67		284	
了解-敘述	Q3 (89)	19.72 (0.22)	15.37 (0.32)	61.78	51.17	317	297
	Q4 (69)	16.54 (0.24)		56.39		286	
	Q7 (34)	15.46 (0.45)		53.88		283	
	Q8 (26)	9.75 (0.37)		32.65		303	
了解-圖文	Q5 (54)	22.91 (0.42)	28.69 (0.31)	70.18	96.80	322	300
	Q6 (114)	31.15 (0.27)		102.12		305	
	Q9 (139)	32.01 (0.23)		118.12		272	
應用	Q10 (66)	20.88 (0.32)	20.34 (0.23)	63.18	69.09	322	296
	Q11 (96)	18.14 (0.19)		67.16		269	
	Q12 (57)	16.18 (0.28)		49.88		324	
	Q13 (181)	26.14 (0.14)		96.16		269	
分析	Q14 (144)	39.43 (0.27)	29.88 (0.36)	137.32	101.38	279	294
	Q15 (85)	29.71 (0.35)		103.05		283	
	Q16 (46)	20.50 (0.45)		63.78		320	
閱讀測驗	Q17 (223)	34.29 (0.15)	24.07 (0.11)	111.63	79.59	303	295
	Q18 (213)	13.84 (0.06)		47.56		287	
平均		22.13 (0.27)		75.67		294	

由表 4-2.1 我們可以發現大部分分類較低階的題目總凝視時間皆顯著低於分類較高階的題目，唯獨分類較低階的「了解-圖文」的總凝視時間顯著高於分類較高階的「應用」及「閱讀測驗」，這應該和「了解-圖文」屬圖文類題目有關，通常學生解決圖文類的題目是較有困難的，因此「了解-圖文」分類上雖較「應用」低階，但受試者卻得花較多的時間來解決。而「閱讀測驗」雖也有附圖，但因研究設計的關係，閱讀測驗的試題情境會重複出現，因而受試者在解決第 18 題時早已在第 17 題看過同樣的試題情境，故可能減少凝視時間，平均下來也就縮短了學生在「閱讀測驗」的總凝視時間了。同理，「分析」的總凝視時間顯著高於「閱讀測驗」的總凝視時間也就可以理解了。

將各類別題目的總凝視時間經數字處理後，進行 T-test 檢定。分析結果顯示，大部分還是符合較低階分類的題目總凝視時間顯著低於較高階分類的題目這個原則，但是「閱讀測驗」試題情境重複出現的狀況影響就更大了，因此在去除字數影響後，其餘類別題目的總凝視時間皆顯著高於「閱讀測驗」的總凝視時間。而有附圖但較低階的「了解-圖文」總凝視時間依然顯著高於其餘較高階但沒有附圖的題目。

在總凝視點數部分，經 T-test 檢定分析後，除了較低階的「了解-圖文」的總凝視點數高於較高階的「應用」外，大部分較低階分類的題目總凝視點數皆顯著低於較高階分類的題目（如表 4-2.2 所示），此統計結果與總凝視時間類似，題目分類位階及是否有圖皆會影響受試者總凝視點數的多寡，原則上，分類位階高者凝視點數多於分類位階低者；分類位階低但有附圖者總凝視點數多於分類位階高但無附圖者。

在平均凝視點時間方面，經 T-test 檢定分析後，如表 4-2.2 所示「記憶」的平均凝視點時間皆顯著低於或接近顯著低於其他類別題目的平均凝視點時間，而一般認為平均凝視點時間越高，表示閱讀材料的難度較難，這代表「記憶」類的題目對於學生來說是屬於較為簡單的題目，這樣的結果與布魯姆認知分類的階層

關係相符 (Krathwhol, 2002)。

綜合上述數據統計結果可知，在研究者所選取分類的生物試題中，較低階分類的題目總凝視時間及總凝視點數顯著低於較高階分類的題目，但若題目中含有附圖則會增加受試者的總凝視時間及總凝視點數。平均凝視點方面則是「記憶」低於其他類別的題目。

表 4-2.2 各類別全體全頁平均眼動資訊 T-test 結果

	Total fixation duration(second) 總凝視時間	Total fixation duration(second) 總凝視時間 (經字數處理)	Number of fixations 總凝視點數	Average fixation duration (ms) 平均凝視點時間
記憶 vs. 了解-敘述	無顯著差異	t=-2.89, p<0.05	t=1.57, p<0.05	t=-2.02, p<0.1
記憶 vs. 了解-圖文	t=-7.58, p<0.05	t=-3.35, p<0.05	t=-8.06, p<0.05	t=-2.96, p<0.05
記憶 vs.應用	t=-1.98, p<0.1	無顯著差異	t=-1.98, p<0.1	t=-2.53, p<0.05
記憶 vs.分析	t=-5.00, p<0.05	t=-3.92, p<0.05	t=-5.92, p<0.05	t=-1.94, p<0.1
記憶 vs. 閱讀測驗	t=-3.98, p<0.05	t=7.50, p<0.05	t=-3.83, p<0.05	t=-1.86, p<0.1
了解-敘述 vs. 了解-圖文	t=-11.24, p<0.05	無顯著差異	t=-12.25, p<0.05	無顯著差異
了解-敘述 vs. 應用	t=-3.61, p<0.05	t=3.45, p<0.05	t=-4.48, p<0.05	無顯著差異
了解-敘述 vs. 分析	t=-5.15, p<0.05	無顯著差異	t=-5.85, p<0.05	無顯著差異
了解-敘述 vs. 閱讀測驗	t=-5.08, p<0.05	t=8.51, p<0.05	t=-4.90, p<0.05	無顯著差異
了解-圖文 vs. 應用	t=5.32, p<0.05	t=4.34, p<0.05	t=5.37, p<0.05	無顯著差異
了解-圖文 vs. 分析	無顯著差異	無顯著差異	無顯著差異	無顯著差異
了解-圖文 vs. 閱讀測驗	t=1.84, p<0.1	t=13.22, p<0.05	t=2.40, p<0.05	無顯著差異
應用 vs.分析	t=-3.71, p<0.05	t=-4.65, p<0.05	t=-4.19, p<0.05	無顯著差異
應用 vs. 閱讀測驗	t=-2.26, p<0.05	t=7.65, p<0.05	無顯著差異	無顯著差異
分析 vs. 閱讀測驗	t=2.30, p<0.05	t=7.88, p<0.05	t=2.94, p<0.05	無顯著差異

二、各區域眼動資料分析結果

(1) 各區域之全凝視時間 (Total fixation duration in zone) 資訊

表 4-2.3 為受試者在解決生物試題時，各區域的凝視時間經數字處理計算後所得之眼動形式相關數值，包含：全頁的全凝視時間、關鍵字句／題幹及正確答案／選項間的比例，但由於各區域字數的多寡會影響該區域的全凝視時間(Total fixation duration)，故先將各區域之全凝視時間除與各區域之字數，再進行計算，以去除字數多寡對於凝視時間的影響。

由表 4-2.3 可知在字數處理後，關鍵字句／題幹的比例方面最高的是「記憶」，最低為「了解-敘述」。在正確答案／選項比例方面，最高為「閱讀測驗」，「記憶」最低。也就是說，受試者在閱讀記憶題時，花在關鍵字句的凝視時間比閱讀其他題型花在關鍵字句之凝視時間來得高；而在閱讀選項時，花在正確選項的凝視時間則以閱讀測驗題型最高，記憶題型最低。

表 4-2.3 各題（類別）全凝視時間數據統計（經字數處理）

類別		Total fixation duration in zone (second)			
		關鍵字句 vs.題幹		正確答案 vs.選項	
		各題平均	整類平均	各題平均	整類平均
記憶	Q1	1.78 : 1	1.35 : 1	1.17 : 1	1.22 : 1
	Q2	0.92 : 1		1.27 : 1	
了解-敘述	Q3	0.89 : 1	0.92 : 1	1.17 : 1	1.24 : 1
	Q4	0.80 : 1		1.32 : 1	
	Q7	1.01 : 1		1.33 : 1	
	Q8	0.97 : 1		1.14 : 1	
了解-圖文	Q5	1.11 : 1	1.00 : 1	1.57 : 1	1.45 : 1
	Q6	1.02 : 1		1.18 : 1	
	Q9	0.86 : 1		1.62 : 1	
應用	Q10	1.08 : 1	0.94 : 1	1.08 : 1	1.30 : 1
	Q11	0.80 : 1		1.46 : 1	
	Q12	0.84 : 1		1.78 : 1	
	Q13	1.06 : 1		0.87 : 1	
分析	Q14	0.87 : 1	1.06 : 1	1.07 : 1	1.34 : 1
	Q15	1.10 : 1		1.12 : 1	
	Q16	1.20 : 1		1.85 : 1	
閱讀測驗	Q17	1.00 : 1	1.02 : 1	1.39 : 1	1.51 : 1
	Q18	1.04 : 1		1.63 : 1	

本研究的生物試題中，只有「了解－圖文」、「分析」及「閱讀測驗」的題目附有相關圖片，其中除了「了解－圖文」中的第 5 及 9 題外，其餘題目中的附圖皆有圈選圖關鍵處，圖片各區域之全凝視時間數據如表 4-2.4 所示。由表 4-2.4 我們可以知道全附圖的全凝視時間最高的是「分析」，最低的是「閱讀測驗」，而圖關鍵處全凝視時間亦是「分析」最高，「閱讀測驗」次之。圖關鍵處／全附圖的比例「分析」則高於「閱讀測驗」。

表 4-2.4 圖片各區域全凝視時間資訊

		Total fixation duration in zone (second)					
		全附圖		圖關鍵處		圖關鍵處/全附圖	
		各題平均	整類平均	各題平均	整類平均	各題平均	整類平均
了解-圖文	Q5	2.08	5.77	NA		NA	
	Q6	8.91		7.87		87.62%	
	Q9	6.32		NA		NA	
分析	Q14	9.33	9.97	6.32	5.39	63.81%	56.08%
	Q15	11.20		5.30		52.39%	
	Q16	9.37		4.56		52.04%	
閱讀測驗	Q17	2.56	3.64	0.67	1.34	22.03%	33.68%
	Q18	4.72		2.01		45.33%	

經 T-test 檢定分析後，從表 4-2.5 我們可以發現，「了解-圖文」的全附圖全凝視時間顯著低於「分析」全凝視時間，而「了解-圖文」及「分析」的全附圖全凝視時間則皆顯著高於「閱讀測驗」。此外，圖關鍵處及圖關鍵處與全附圖的比例部分上，「分析」皆顯著高於「閱讀測驗」。由此可知，受試者在解決生物試題時，對於不同類別題目的全附圖會有不同的視覺注意力。

表 4-2.5 圖片區域全凝視時間 T-test 結果

	Total fixation duration in zone		
	全附圖	圖關鍵處	圖關鍵處/全附圖
了解-圖文 vs. 分析	t=-2.93, p<0.05	NA	NA
了解-圖文 vs. 閱讀測驗	t=2.87, p<0.05	NA	NA
分析 vs. 閱讀測驗	t=4.58, p<0.05	t=5.73, p<0.05	t=3.65, p<0.05

(2) 各區域之區域閱讀時間百分比 (Percent time spent in zone)

表 4-2.6 為各類別之各區域的區域閱讀時間百分比經相關計算後所得之數值。由於各區域字數的多寡可能會影響該區域的閱讀時間百分比的計算，故先將各區域的區域閱讀時間百分比除以該區域的字數，以去除字數多寡對於區域閱讀時間百分比計算的影響，並方便各類別間之比較。故字數處理後的數值，代表了閱讀者花在某區域中每個字上的閱讀時間平均百分比。

由表 4-2.6 我們可以發現所有類別的區域閱讀時間百分比皆是選項最高，題幹及關鍵字句部分則各有高低，由此可知受試者多將閱讀時間花費於選項區域中。而為什麼受試者多將注意力分配於選項區域上呢？研究者細看每個測驗題目的題目內容後發現，有許多題目其解題資訊集中於選項區域，因此受試者會多將其注意力分配於選項區域中。由上述結果可知，受試者在解決不同類別的生物試題時，其視覺注意力的分配也會有所不同，如何分配則端看試題中的解題資訊集中在哪個區域而定。

表 4-2.6 各題（類別）各區域的區域閱讀時間百分比數據統計（經字數處理後）

		Percent time spent in zone(%)區域閱讀時間百分比					
		題幹		關鍵字句		選項	
		各題平均	整類平均	各題平均	整類平均	各題平均	整類平均
記憶	Q1	1.01	0.72	1.61	0.99	1.17	1.19
	Q2	0.42		0.37		1.22	
了解-敘述	Q3	0.49	1.15	0.44	1.07	0.97	1.52
	Q4	0.65		0.43		1.08	
	Q7	1.73		1.74		1.85	
	Q8	1.71		1.66		2.16	
了解-圖文	Q5	0.69	0.50	0.66	0.53	1.38	0.74
	Q6	0.48		0.46		0.44	
	Q9	0.35		0.47		0.41	
應用	Q10	0.64	0.63	0.65	0.54	1.39	1.33
	Q11	0.73		0.54		1.95	
	Q12	0.78		0.61		1.64	
	Q13	0.38		0.37		0.34	
分析	Q14	0.35	0.44	0.29	0.48	0.42	0.64
	Q15	0.22		0.24		0.55	
	Q16	0.75		0.90		0.95	
閱讀測驗	Q17	0.32	0.37	0.13	0.29	0.55	0.62
	Q18	0.42		0.45		0.69	

將各類別各區域的區域閱讀時間百分比經 T-test 檢定分析後，如表 4-2.7 所示，各類別內區域閱讀時間百分比多有達到顯著差異或接近顯著差異的結果。六個類別的選項區域區域閱讀時間百分比皆顯著高於或接近顯著高於題幹區域，且除了「記憶」外，其餘五個類別的選項區域區域閱讀時間百分比亦皆顯著高於關鍵字句區域。此結果正是因為，有許多題目其解題資訊集中於選項區域，因此受試者會多將其注意力分配於選項區域中的緣故。

表 4-2.7 各類別各區域間區域閱讀時間百分比 T-test 結果

	Percent time spent in zone 區域閱讀時間百分比		
	題幹 vs.關鍵字句	題幹 vs.選項	關鍵字句 vs.選項
記憶	$t=-2.68, p<0.05$	$t=-4.46, p<0.05$	無顯著差異
了解-敘述	無顯著差異	$t=-2.58, p<0.05$	$t=-4.15, p<0.05$
了解-圖文	無顯著差異	$t=-4.11, p<0.05$	$t=-2.58, p<0.05$
應用	$t=3.71, p<0.05$	$t=-2.25, p<0.05$	$t=-2.65, p<0.05$
分析	無顯著差異	$t=-3.19, p<0.05$	$t=-2.53, p<0.05$
閱讀測驗	$t=3.20, p<0.05$	$t=-1.78, p<0.1$	$t=-2.67, p<0.05$

(3)交互閱讀 (Inter-scanning)

本研究的交互閱讀是指受試者在解決同一測驗題時，對於題幹與正確答案或題幹與全附圖會有交替閱讀的情形，此交互閱讀為訊息處理時，資訊整合之指標。研究者對於受試者每一測驗題的題幹—正確答案交互閱讀次數的計算方式為：若閱讀者前一個凝視點出現在題幹區域而下一個凝視點出現在正確答案區域，則計算為一次的交互閱讀；反之，若前一個凝視點出現在正確答案區域而下一個凝視點出現在題幹區域，也計算為一次的交互閱讀。另外，在「了解—圖文」、「分析」及「閱讀測驗」等類別測驗題中皆有附圖，故另計算題幹與全附圖的交互閱讀次數，計算方式為：若閱讀者前一個凝視點出現在題幹區域而下一個凝視點出現在全附圖區域，則計算為一次的交互閱讀；反之，若前一個凝視點出現在全附圖區域而下一個凝視點出現在題幹區域，也計算為一次的交互閱讀。

由表 4-2.8 我們可以看出，題幹－正確答案交互閱讀平均次數最多的是「了解－圖文」的題目，而題幹－正確答案交互閱讀平均次數最少的是「閱讀測驗」的題目。題幹－全附圖交互閱讀平均次數最多的是「分析」的題目，最少的則是「閱讀測驗」的題目。

表 4-2.8 各題（類別）交互閱讀（inter-scanning）統計值

		inter-scanning（次）交互閱讀			
		題幹－正確答案		題幹－全附圖	
		各題平均	整類平均	各題平均	整類平均
記憶	Q1	0.06	0.22	NA	
	Q2	0.39		NA	
了解-敘述	Q3	0.28	1.09	NA	
	Q4	2.44		NA	
	Q7	1.18		NA	
	Q8	0.47		NA	
了解-圖文	Q5	2.53	2.12	0.88	4.19
	Q6	2.59		8.18	
	Q9	1.24		3.50	
應用	Q10	0.65	1.18	NA	
	Q11	2.63		NA	
	Q12	1.25		NA	
	Q13	0.21		NA	
分析	Q14	0.21	0.23	7.37	4.48
	Q15	0.21		0.79	
	Q16	0.28		5.28	
閱讀測驗	Q17	0.05	0.08	2.32	2.05
	Q18	0.11		1.78	

經 T-test 檢定分析後，由表 4-2.9 我們可以發現大多數類別間的交互閱讀次數皆有達到顯著差異。在題幹－正確答案交互閱讀次數方面，大致上是較低階的題目題幹－正確答案交互閱讀次數顯著低於較高階的題目，但若較低階的題目有附圖則其題幹－正確答案交互閱讀次數會顯著高於較高階但無附圖的題目。在題

幹—全附圖交互閱讀次數方面，「了解-圖文」及「分析」皆顯著高於「閱讀測驗」。

由上述結果我們可以發現，受試者在解決較高階或是含有圖片的題目時，更需要藉由交互閱讀的過程來整合題目給予的資訊，以解決問題。

表 4-2.9 各類別交互閱讀（inter-scanning）T-test 結果

	inter-scanning 交互閱讀	
	題幹—正確答案	題幹—全附圖
記憶 vs. 了解-敘述	t=-4.54, p<0.05	NA
記憶 vs. 了解-圖文	t=-8.25, p<0.05	NA
記憶 vs. 應用	t=-4.99, p<0.05	NA
記憶 vs. 分析	無顯著差異	NA
記憶 vs. 閱讀測驗	無顯著差異	NA
了解-敘述 vs. 了解-圖文	t=-3.16, p<0.05	NA
了解-敘述 vs. 應用	無顯著差異	NA
了解-敘述 vs. 分析	t=6.76, p<0.05	NA
了解-敘述 vs. 閱讀測驗	t=7.65, p<0.05	NA
了解-圖文 vs. 應用	t=3.54, p<0.05	NA
了解-圖文 vs. 分析	t=6.92, p<0.05	無顯著差異
了解-圖文 vs. 閱讀測驗	t=7.51, p<0.05	t=4.07, p<0.05
應用 vs. 分析	t=4.99, p<0.05	NA
應用 vs. 閱讀測驗	t=6.56, p<0.05	NA
分析 vs. 閱讀測驗	t=2.32, p<0.05	t=4.36, p<0.05

(4)回視 (regression)

本研究的回視是指受試者在解決同一測驗題時，對於題幹、選項、全附圖或是試題情境重複返回閱讀的情形，而「回視」通常代表著對於某部分資訊的整合或是重新解釋語意的歷程(Rayner, 1998)。在本研究中，研究者將回視分為題幹回視、選項回視、全附圖回視及試題情境回視。題幹回視是指，當凝視點從題幹離開進入另一區域（選項、全附圖或試題情境）後又返回題幹區域，即算為一次題幹回視。選項回視則是當凝視點從選項區域離開進入另一區域後（題幹、全附圖

或試題情境)又返回選項區域，即算一次選項回視。全附圖回視則是當凝視點從全附圖區域離開進入另一區域後(選項、題幹或試題情境)又返回全附圖區域，即算一次全附圖回視。

由表 4-2.10 我們可以看出，題幹回視次數最多的是「了解-圖文」，最少的是「記憶」；選項回視次數最多的是「分析」，最少的則是「閱讀測驗」；全附圖回視方面，「分析」的回視次數最多，「閱讀測驗」的次數最少。這樣的結果顯示，比起分類較低階的試題，受試者在解決分類較高階的試題時更需要再次回頭整合或解讀資訊以完成解題。

表 4-2.10 各題（類別）回視（regression）統計值

		Regression（次）回視					
		題幹		選項		全附圖(試題情境)	
		各題平均	整類平均	各題平均	整類平均	各題平均	整類平均
記憶	Q1	0.53	0.85	0.65	1.16	NA	NA
	Q2	1.17		1.67		NA	
了解-敘述	Q3	1.06	1.35	1.56	1.54	NA	NA
	Q4	1.39		1.72		NA	
	Q7	2.00		1.94		NA	
	Q8	0.94		0.94		NA	
了解-圖文	Q5	1.18	2.37	2.35	3.67	0.47	2.98
	Q6	4.24		3.18		4.47	
	Q9	1.71		5.47		4.00	
應用	Q10	1.82	1.75	2.47	2.12	NA	NA
	Q11	2.16		2.16		NA	
	Q12	1.56		1.69		NA	
	Q13	1.47		2.16		NA	
分析	Q14	3.11	1.77	5.26	4.64	5.95	5.22
	Q15	0.21		8.21		6.95	
	Q16	2.00		0.44		2.78	
閱讀測驗	Q17	1.63	1.43	0.11	0.08	0.95(1.95)	0.83(1.33)
	Q18	1.22		0.06		0.72(0.72)	

經 T-test 檢定分析後，在題幹回視部分，「記憶」的回視次數顯著低於或接近顯著低於其他類別。在選項回視部分，分類較低階的「記憶」與「了解-敘述」其選項回視次數皆顯著低於或接近顯著低於其它分類較高階题目的選項回視次數，但顯著高於「閱讀測驗」的選項回視次數。在全附圖回視部分，「了解-圖文」顯著低於「分析」；而「了解-圖文」與「分析」的全附圖回視次數則皆顯著高於「閱讀測驗」(如表 4-2.11 所示)。這樣的結果顯示，比起分類較低階的試題，受試者在解決分類較高階的試題時更需要再次回頭整合或解讀資訊以完成解題。

表 4-2.11 各類別回視 (regression) T-test 結果

	regression 回視		
	題幹	選項	全附圖
記憶 vs. 了解-敘述	$t=-1.81, p<0.1$	無顯著差異	NA
記憶 vs. 了解-圖文	$t=-3.27, p<0.05$	$t=-5.79, p<0.05$	NA
記憶 vs. 應用	$t=-2.95, p<0.05$	$t=-2.89, p<0.05$	NA
記憶 vs. 分析	$t=-3.32, p<0.05$	$t=-4.92, p<0.05$	NA
記憶 vs. 閱讀測驗	$t=-1.91, p<0.1$	$t=6.11, p<0.05$	NA
了解-敘述 vs. 了解-圖文	$t=-2.16, p<0.05$	$t=-4.36, p<0.05$	NA
了解-敘述 vs. 應用	無顯著差異	$t=-2.19, p<0.05$	NA
了解-敘述 vs. 分析	無顯著差異	$t=-4.42, p<0.05$	NA
了解-敘述 vs. 閱讀測驗	無顯著差異	$t=7.00, p<0.05$	NA
了解-圖文 vs. 應用	無顯著差異	$t=3.68, p<0.05$	NA
了解-圖文 vs. 分析	無顯著差異	$t=-1.97, p<0.1$	$t=-2.89, p<0.05$
了解-圖文 vs. 閱讀測驗	無顯著差異	$t=9.48, p<0.05$	$t=6.32, p<0.05$
應用 vs. 分析	無顯著差異	$t=-5.12, p<0.05$	NA
應用 vs. 閱讀測驗	無顯著差異	$t=7.19, p<0.05$	NA
分析 vs. 閱讀測驗	無顯著差異	$t=7.26, p<0.05$	$t=5.57, p<0.05$

(5) 區域首次閱讀凝視時間(First-pass fixation duration in zone)

本研究的區域首次閱讀時間所計算的是關鍵字句的區域首次閱讀時間，其是指受試者在解決某一試題時，第一次進入某關鍵字句區域後，至離開該區域前的所有凝視時間之加總（不含離開區域後再回來的時間）。區域首次閱讀時間反應

了初步處理文句所需的時間，也常當作文句困難程度的指標之一（陳學志、賴惠德、邱發忠，2010）。

由表 4-2.12 我們可以看出，關鍵字句的區域首次閱讀凝視時間平均介於 0.49-0.94 秒間，最短的是「應用」，最長的是「了解-圖文」。

表 4-2.12 各題(類別)區域首次閱讀凝視時間(First-pass fixation duration in zone)

統計值

		First-pass fixation duration in zone(秒)	
		關鍵字句	
		各題平均	整類平均
記憶	Q1	0.34	0.68
	Q2	1.03	
了解-敘述	Q3	0.86	0.87
	Q4	0.41	
	Q7	1.16	
	Q8	1.05	
了解-圖文	Q5	0.54	0.94
	Q6	1.88	
	Q9	0.38	
應用	Q10	0.48	0.49
	Q11	0.65	
	Q12	0.36	
	Q13	0.49	
分析	Q14	0.91	0.81
	Q15	0.29	
	Q16	1.23	
閱讀測驗	Q17	0.45	0.54
	Q18	0.62	

經 T-test 檢定分析後，在關鍵字句的區域首次閱讀凝視時間部分，「了解-敘述」及「了解-圖文」的關鍵字句區域首次閱讀凝視時間皆顯著高於或接近顯著高於「應用」及「閱讀測驗」的關鍵字句區域首次閱讀凝視時間；「應用」的關

鍵字句區域首次閱讀凝視時間則顯著低於「分析」的關鍵字句區域首次閱讀凝視時間（如表 4-2.13 所示）。

表 4-2.13 各類別區域首次閱讀凝視時間(First-pass fixation duration in zone) t-test 結果

	First-pass fixation duration in zone
	關鍵字句
記憶 vs. 了解-敘述	無顯著差異
記憶 vs. 了解-圖文	無顯著差異
記憶 vs. 應用	無顯著差異
記憶 vs. 分析	無顯著差異
記憶 vs. 閱讀測驗	無顯著差異
了解-敘述 vs. 了解-圖文	無顯著差異
了解-敘述 vs. 應用	$t=2.69, p<0.05$
了解-敘述 vs. 分析	無顯著差異
了解-敘述 vs. 閱讀測驗	$t=1.93, p<0.1$
了解-圖文 vs. 應用	$t=2.22, p<0.05$
了解-圖文 vs. 分析	無顯著差異
了解-圖文 vs. 閱讀測驗	$t=2.19, p<0.05$
應用 vs. 分析	$t=-2.16, p<0.05$
應用 vs. 閱讀測驗	無顯著差異
分析 vs. 閱讀測驗	無顯著差異

小結

小結以上的閱讀歷程結果，整體來看，我們可以發現本次實驗的受試者對於一個題目的總凝視時間介於 15.37 到 29.88 秒，最短的是「了解-敘述」，最長的是「分析」，平均為 22.13 秒，不同類別的題目其總凝視時間略有差異。平均凝視點時間部分，平均為 294 毫秒，整體介於 278 至 300 毫秒間，差異不大。各區域凝視資訊方面，圖片各區域全凝視時間部分，相較於其他類別，受試者在「分析」的題目中花了較多的時間在全附圖上，且在圖關鍵處/全附圖的全凝視時間比例上也較高。在各區域閱讀時間百分比方面，受試者在各類別各區域的閱讀時

間分配上亦有頗多差異，但主要還是將注意力分配於選項區域。交互閱讀方面，題幹—正確答案間的交互閱讀次數平均介於 0.08~1.18 次間，最多的是「了解—圖文」，最少的是「閱讀測驗」，且較低階的題目題幹—正確答案交互閱讀次數有顯著低於較高階的題目的趨勢，但若較低階的題目有附圖則其題幹—正確答案交互閱讀次數會顯著高於較高階但無附圖的題目；而題幹—全附圖間的交互閱讀次數平均則是介於 2.05~4.48 次間，平均較題幹—正確答案多。在特定區域回視部分，題幹回視方面，「記憶」的回視次數顯著低於或接近顯著低於其他類別；在選項回視部分，分類較低階的「記憶」與「了解-敘述」其選項回視次數皆顯著低於或接近顯著低於其它分類較高階題目的選項回視次數，但顯著高於「閱讀測驗」的選項回視次數；在全附圖回視部分，「了解-圖文」的全附圖回視次數顯著低於「分析」全附圖回視次數；而「了解-圖文」與「分析」的全附圖回視次數則皆顯著高於「閱讀測驗」的全附圖回視次數。最後在關鍵字句區域首次閱讀凝視時間部分，「應用」及「閱讀測驗」的關鍵字句區域首次閱讀凝視時間皆顯著低於或接近顯著低於其他類別。

第三節 閱讀歷程與試題測驗表現之交叉分析

本節針對閱讀歷程與試題測驗表現的交叉分析主要分為六個部分(六大類別)進行，進行方式除了整體的相關分析外，並將受試者依照各類別試題測驗表現分為高分組（高於該類別平均）及低分組（低於該類別平均）兩組。再分別根據這兩組受試者每個類別的全凝視時間、區域閱讀時間百分比、交互閱讀次數及回視次數做分析。由於每個類別的高分組與低分組人數分配不平均，因此研究者在將資料進行依據各類別試題測驗表現分組進行的單因子變異數分析（one-way ANOVA）時，另外加上變異數的同質性檢定，來加強分組數值間達到顯著的可信度。以下將分別針對各類別題目的全凝視時間與試題測驗表現之交叉分析、區

域閱讀時間百分比與試題測驗表現之交叉分析、交互閱讀次數與試題測驗表現之交叉分析、回視次數與試題測驗表現之交叉分析，共四個交叉分析的結果進行呈現與說明。

一、各類別閱讀歷程與閱讀理解表現之交叉分析

本部分將針對研究者給予受試者作答的各類別測驗題目之閱讀歷程與受試者測驗表現進行相關分析，並分組進行單因子變異數分析（one-way ANOVA），並且對此結果做簡單的說明。

（一）、類別一「記憶」

此類別題目屬於布魯姆認知分類修訂版的記憶類，共兩題皆不包含圖片。

根據相關分析（Pearson correlation）結果所示，整體而言測驗分數越高，全頁總凝視時間($r=0.47, p<0.1$)、選項區域閱讀時間百分比($r=0.45, p<0.1$) 越高。

此類別全凝視時間部分，全頁的全凝視時間為高分組高於低分組(如表 4-3.1 所示)，顯示在此類別全頁的凝視時間越高，其測驗表現有越高的趨勢；此外，關鍵字句／題幹及正確答案／選項全凝視時間的比例亦是高分組高於低分組。但是這樣的結果並沒有達到顯著差異。

表 4-3.1 類別一「記憶」全凝視時間

Total fixation duration(second)		高分組	低分組	所有受試者	ANOVA 結果
記憶	全頁	17.61	13.06	15.47	無顯著差異
	關鍵字句/題幹	52.63%	42.53%	47.87%	無顯著差異
	正確答案/選項	32.66%	27.14%	30.06%	無顯著差異

此類別的區域閱讀時間百分比部分，無論是題幹、關鍵字句或選項皆有高分組高於低分組的趨勢(如表 4-3.2 所示)，但是這樣的趨勢並無達到顯著差異。由

表中亦可看出不論高分組或低分組區域閱讀時間百分比皆以選項最多，題幹次之，關鍵字句最少。

表 4-3.2 類別一「記憶」區域閱讀時間百分比

Percent time spent in zone(%)		高分組	低分組	總平均	ANOVA 結果
記憶	題幹	24.72	23.76	24.27	無顯著差異
	關鍵字句	11.79	7.84	9.93	無顯著差異
	選項	40.83	35.58	38.36	無顯著差異

此類別題幹－正確答案的交互閱讀次數部分，為高分組高於低分組（如表 4-3.3 所示），顯示受試者題幹－正確答案的交互閱讀次數越高其測驗表現越好，但此結果並無達到顯著差異。

表 4-3.3 類別一「記憶」交互閱讀次數

inter scanning（次）		高分組	低分組	總平均	ANOVA 結果
記憶	題幹－正確答案	0.28	0.13	0.21	無顯著差異

此類別的回視次數部分，題幹回視為高分組高於低分組，選項回視則是低分組高於高分組（如表 4-3.4 所示），但這兩個結果皆無達到顯著差異。

表 4-3.4 類別一「記憶」回視次數

regression（次）		高分組	低分組	總平均	ANOVA 結果
記憶	題幹	0.89	0.81	0.85	無顯著差異
	選項	1.17	1.19	1.18	無顯著差異

此類別的關鍵字句區域首次閱讀凝視時間部分，為高分組高於低分組（如表 4-3.3 所示），但此結果未達到顯著差異。

表 4-3.5 類別一「記憶」區域首次閱讀凝視時間

First-pass fixation duration in zone（second）		高分組	低分組	總平均	ANOVA 結果
記憶	關鍵字句	0.92	0.45	0.70	無顯著差異

(二)、類別二「了解-敘述」

此類別題目屬於布魯姆認知分類修訂版的了解類共四題皆不包含圖片。

根據相關分析 (Pearson correlation) 結果所示，整體而言測驗分數越高，題幹區域閱讀時間($r=-0.45, p<0.1$)，以及關鍵字句首次閱讀時間百分比($r=-0.44, p<0.1$) 越低。

此類別全頁的全凝視時間及正確答案／選項全凝視時間比例皆是高分組高於低分組；而關鍵字句／題幹全凝視時間比例則是低分組高於高分組(如表 4-3.6 所示)，顯示受試者雖在關鍵字句上花較多時間閱讀，但其測驗表現卻未必較佳，但以上結果皆未達顯著差異。

表 4-3.6 類別二「了解-敘述」全凝視時間

Total fixation duration(second)		高分組	低分組	所有受試者	ANOVA 結果
了解-敘述	全頁	18.03	16.56	17.43	無顯著差異
	關鍵字句／題幹	47.26%	57.14%	51.33%	未通過同質性檢定
	正確答案／選項	29.38%	29.27%	29.34%	無顯著差異

此類別的區域閱讀時間百分比部分，在題幹、關鍵字句及選項三區域皆是低分組高於高分組(如表 4-3.7 所示)。其中，低分組題幹的區域閱讀時間百分比顯著高於高分組。

表 4-3.7 類別二「了解-敘述」區域閱讀時間百分比

Percent time spent in zone(%)		高分組	低分組	總平均	ANOVA 結果
了解-敘述	題幹	20.53	28.21	23.69	低分>高分($F=6.13, p<0.05$)
	關鍵字句	11.67	16.74	13.75	未通過同質性檢定
	選項	37.05	40.13	38.31	無顯著差異

此類別題幹—正確答案的交互閱讀次數，為低分組高於高分組(如表 4-3.8 所示)，但是此結果並無達到顯著差異。

表 4-3.8 類別二「了解-敘述」交互閱讀次數

inter scanning (次)		高分組	低分組	總平均	ANOVA 結果
了解-敘述	題幹—正確答案	1.03	1.18	1.09	無顯著差異

此類別的回視次數部分，題幹回視及選項回視低分組次數皆高於高分組（如表 4-3.9 所示），但這兩個結果皆無達到顯著差異。

表 4-3.9 類別二「了解-敘述」回視次數

regression (次)		高分組	低分組	總平均	ANOVA 結果
了解-敘述	題幹	1.18	1.46	1.29	無顯著差異
	選項	1.40	1.68	1.51	無顯著差異

此類別的關鍵字句區域首次閱讀凝視時間部分，為低分組高於高分組（如表 4-3.10 所示），但此結果未達到顯著差異。

表 4-3.10 類別二「了解-敘述」區域首次閱讀凝視時間

First-pass fixation duration in zone (second)		高分組	低分組	總平均	ANOVA 結果
了解-敘述	關鍵字句	0.73	1.08	0.87	無顯著差異

（三）、類別三「了解-圖文」

此類別題目屬於布魯姆認知分類修訂版的了解類共三題皆且包含圖片，因此此類別的分析會加上圖片部分的眼動指標分析，其中因只有第六題包含圖關鍵處，故本類圖片部分的眼動指標分析將先不比較含圖關鍵處之項目。

根據相關分析（Pearson correlation）結果所示，整體而言測驗分數越高，題幹—正確答案交互閱讀次數($r=0.51, p<0.05$)，以及選項回視次數($r=0.42, p<0.1$)越高。

此類別全凝視時間部分，全頁的全凝視時間及正確答案／選項全凝視時間比例皆是高分組高於低分組；而關鍵字句／題幹全凝視時間比例則是低分組高於高分組（如表 4-3.11 所示），顯示受試者雖在關鍵字句上花較多時間閱讀，但其測驗表現卻未必較佳，但以上兩個結果皆未達顯著差異。

表 4-3.11 類別三「了解-圖文」全凝視時間

Total fixation duration(second)		高分組	低分組	所有受試者	ANOVA 結果
了解-圖文	全頁	31.30	26.87	28.69	無顯著差異
	關鍵字句/題幹	66.09%	68.95%	67.77%	無顯著差異
	正確答案/選項	31.71%	25.98%	28.34%	無顯著差異

此類別的圖片全凝視時間部分，高分組花在全附圖的凝視時間高於低分組（如表 4-3.12 所示）。此結果未達顯著差異。

表 4-3.12 類別三「了解-圖文」圖片全凝視時間

Total fixation duration(second)		高分組	低分組	所有受試者	ANOVA 結果
了解-圖文	全附圖	6.07	5.56	5.77	無顯著差異

此類別的區域閱讀時間百分比部分，在關鍵字句、選項區域皆是低分組高於高分組，而題幹區域則是高分組高於低分組（如表 4-3.13 所示）。以上結果皆未達顯著差異。但值得注意的是，以上三部分高分組與低分組雖互有高低，但高分組分配在題幹部分的時間是最多的。

表 4-3.13 類別三「了解-圖文」區域閱讀時間百分比

Percent time spent in zone(%)		高分組	低分組	總平均	ANOVA 結果
了解-圖文	題幹	24.81	24.34	24.53	無顯著差異
	關鍵字句	23.36	24.68	24.13	未通過同質性檢定
	選項	31.05	31.35	31.23	無顯著差異

此類別題幹－正確答案及題幹－全附圖的交互閱讀次數部分，皆是高分組高於低分組（如表 4-3.14 所示），且在題幹－正確答案的交互閱讀次數上高分組顯著高於低分組。

表 4-3.14 類別三「了解-圖文」交互閱讀次數

inter scanning (次)		高分組	低分組	總平均	ANOVA 結果
了解-圖文	題幹－正確答案	2.90	1.57	2.12	高分>低分(F=8.06, p<0.05)
	題幹－全附圖	4.62	4.00	4.25	無顯著差異

此類別的回視次數部分，題幹回視、選項回視及全附圖回視高分組次數皆高於低分組（如表 4-3.15 所示），但上述結果皆未達到顯著差異。

表 4-3.15 類別三「了解-圖文」回視次數

regression (次)		高分組	低分組	總平均	ANOVA 結果
了解-圖文	題幹	2.71	2.13	2.37	未通過同質性檢定
	選項	4.24	3.27	3.67	無顯著差異
	全附圖	3.14	2.87	2.98	無顯著差異

此類別的關鍵字句區域首次閱讀凝視時間部分，為低分組高於高分組（如表 4-3.16 所示），但此結果未達到顯著差異。

表 4-3.16 類別三「了解-圖文」區域首次閱讀凝視時間

First-pass fixation duration in zone (second)		高分組	低分組	總平均	ANOVA 結果
了解-圖文	關鍵字句	0.80	1.03	0.94	無顯著差異

(四)、類別四「應用」

此類別題目屬於布魯姆認知分類修訂版的應用類，共四題皆不包含圖片。

根據相關分析（Pearson correlation）結果所示，整體而言測驗分數越高，題幹—正確答案交互閱讀次數($r=0.48, p<0.1$)，題幹回視次數 ($r=0.54, p<0.05$)，以及選項回視次數($r=0.46, p<0.1$) 越高。

此類別全凝視時間部分，無論是全頁的全凝視時間、正確答案／選項全凝視時間比例或是關鍵字句／題幹全凝視時間比例皆有高分組高於低分組的趨勢(如表 4-3.17 所示)，但是以上趨勢並未達到顯著差異。

表 4-3.17 類別四「應用」全凝視時間

Total fixation duration(second)		高分組	低分組	所有受試者	ANOVA 結果
應用	全頁	23.29	17.42	20.55	未通過同質性檢定
	關鍵字句/題幹	62.89%	59.54%	61.32%	無顯著差異
	正確答案/選項	26.43%	26.19%	26.32%	未通過同質性檢定

此類別的區域閱讀時間百分比部分，無論是題幹、關鍵字句或選項皆有高分組高於低分組的傾向（如表 4-3.18 所示），但以上結果皆未達顯著差異。

表 4-3.18 類別四「應用」區域閱讀時間百分比

Percent time spent in zone(%)		高分組	低分組	總平均	ANOVA 結果
應用	題幹	31.88	28.62	30.36	無顯著差異
	關鍵字句	19.70	16.96	18.42	無顯著差異
	選項	53.86	37.85	46.39	無顯著差異

此類別題幹—正確答案的交互閱讀次數，為高分組高於低分組（如表 4-3.19 所示），此結果並未達到顯著差異。

表 4-3.19 類別四「應用」交互閱讀次數

inter scanning（次）		高分組	低分組	總平均	ANOVA 結果
應用	題幹—正確答案	1.44	0.86	1.17	無顯著差異

此類別的回視次數部分，高分組題幹回視的次數顯著高於低分組，且高分組的選項回視次數亦接近顯著高於低分組（如表 4-3.20 所示）。

表 4-3.20 類別四「應用」回視次數

regression (次)		高分組	低分組	總平均	ANOVA 結果
應用	題幹	2.41	1.29	1.88	高分>低分(F=5.17, p<0.05)
	選項	2.69	1.64	2.20	高分>低分(F=3.32, p<0.1)

此類別的關鍵字句區域首次閱讀凝視時間部分，為高分組高於低分組（如表 4-3.21 所示），但此結果未達到顯著差異。

表 4-3.21 類別四「應用」區域首次閱讀凝視時間

First-pass fixation duration in zone (second)		高分組	低分組	總平均	ANOVA 結果
應用	關鍵字句	0.55	0.46	0.51	無顯著差異

（五）、類別五「分析」

此類別題目屬於布魯姆認知分類修訂版的分析類共三題皆且包含圖片，每個圖片皆有畫出圖關鍵處，故此類別的分析會加上圖片部分的眼動指標分析。

相關分析（Pearson correlation）結果顯示整體測驗分數與各眼動指標間無顯著相關。

此類別全凝視時間部分，全頁的全凝視時間及關鍵字句/題幹全凝視時間比例為低分組高於高分組，正確答案/選項全凝視時間比例則是高分組高於低分組（如表 4-3.22 所示），但以上結果皆未達到顯著差異。

表 4-3.22 類別五「分析」全凝視時間

Total fixation duration(second)		高分組	低分組	所有受試者	ANOVA 結果
分析	全頁	28.28	31.87	30.27	無顯著差異
	關鍵字句/題幹	61.14%	67.74%	65.25%	無顯著差異
	正確答案/選項	39.53%	31.02%	34.81%	無顯著差異

此類別的圖片全凝視時間部分，無論是全附圖的全凝視時間、圖關鍵處的全凝視時間或是圖關鍵處/全附圖的全凝視時間比例皆是高分組高於低分組，(如表 4-3.23 所示)，但以上結果並未達到顯著差異。

表 4-3.23 類別五「分析」圖片全凝視時間

Total fixation duration(second)		高分組	低分組	總平均	ANOVA 結果
分析	全附圖	10.16	10.03	10.09	無顯著差異
	圖關鍵處	5.91	5.20	5.51	無顯著差異
	圖關鍵處/全附圖	58.57%	55.73%	56.99%	無顯著差異

此類別的區域閱讀時間百分比部分，無論是題幹、關鍵字句或選項皆有低分組高於高分組的趨勢（如表 4-3.24 所示），但以上結果亦無達到顯著差異。

表 4-3.24 類別五「分析」區域閱讀時間百分比

Percent time spent in zone(%)		高分組	低分組	總平均	ANOVA 結果
分析	題幹	21.16	22.96	22.16	未通過同質性檢定
	關鍵字句	14.49	16.59	15.65	無顯著差異
	選項	20.26	20.74	20.52	無顯著差異

此類別題幹－正確答案的回視部分，高分組的交互閱讀次數顯著高於低分組。而題幹－全附圖的回視次數部分，則是低分組高於高分組，但此結果並未達到顯著差異（如表 4-3.25 所示）。

表 4-3.25 類別五「分析」交互閱讀次數

inter scanning (次)		高分組	低分組	總平均	ANOVA 結果
分析	題幹－正確答案	0.38	0.10	0.22	高分>低分(F=5.39, p<0.05)
	題幹－全附圖	4.38	4.67	4.54	無顯著差異

此類別的回視次數部分，題幹回視及全附圖回視次數皆是低分組高於高分組，選項回視次數則是高分組高於低分組（如表 4-3.26 所示），但以上結果皆未達到顯著差異。

表 4-3.26 類別五「分析」回視次數

inter scanning（次）		高分組	低分組	總平均	ANOVA 結果
分析	題幹	1.63	1.90	1.78	無顯著差異
	選項	4.79	4.47	4.61	無顯著差異
	全附圖	5.17	5.33	5.26	無顯著差異

此類別的關鍵字句區域首次閱讀凝視時間部分，為低分組高於高分組（如表 4-3.27 所示），但此結果未達到顯著差異。

表 4-3.27 類別五「分析」區域首次閱讀凝視時間

First-pass fixation duration in zone（second）		高分組	低分組	總平均	ANOVA 結果
分析	關鍵字句	0.65	0.95	0.82	無顯著差異

（六）、類別六「閱讀測驗」

由於國中基本學力測驗自然科試題含有閱讀測驗，且閱讀測驗除試題題幹部分還包含了試題情境，故本研究將閱讀測驗獨立出來（未將其做布魯姆分類），額外分析其眼動指標。本類別共兩題皆且包含圖片，每個圖片皆有畫出圖關鍵處，故此類別的分析會加上圖片部分的眼動指標分析。

根據相關分析（Pearson correlation）結果所示，整體而言測驗分數越高，圖關鍵處全凝視時間($r=-0.56$, $p<0.05$)越低，但關鍵字句首次閱讀時間($r=0.54$, $p<0.05$)越高。

此類別全凝視時間部分，低分組全頁的全凝視時間及關鍵字句／題幹全凝視時間比例皆高於高分組，但正確答案/選項全凝視時間比例則是高分組高於低分組（如表 4-3.28 所示）。但上述結果皆未達顯著差異。

表 4-3.28 類別六「閱讀測驗」全凝視時間

Total fixation duration(second)		高分組	低分組	所有受試者	ANOVA 結果
閱讀測驗	全頁	24.39	24.73	24.56	無顯著差異
	關鍵字句/題幹	33.82%	38.20%	36.01%	無顯著差異
	正確答案/選項	51.93%	27.56%	39.74%	無顯著差異

此類別的圖片全凝視時間部分，無論是全附圖及圖關鍵處的全凝視時間還是圖關鍵處/全附圖的全凝視時間比例皆有低分組高於高分組的趨勢（如表 4-3.29 所示）。但這些結果皆未達顯著差異。

表 4-3.29 類別六「閱讀測驗」圖片全凝視時間

Total fixation duration(second)		高分組	低分組	所有受試者	ANOVA 結果
閱讀測驗	全附圖	3.31	3.99	3.65	無顯著差異
	圖關鍵處	0.75	1.92	1.33	未通過同質性檢定
	圖關鍵處/全附圖	27.35%	39.15%	33.25%	無顯著差異

此類別的區域閱讀時間百分比部分，在題幹、選項區域皆是低分組高於高分組，而關鍵字句區域則是低分組高於高分組（如表 4-3.30 所示）。但上述結果皆未達顯著差異。

表 4-3.30 類別六「閱讀測驗」區域分配時間百分比

Percent time spent in zone(%)		高分組	低分組	總平均	ANOVA 結果
閱讀測驗	題幹	21.03	18.10	19.56	未通過同質性檢定
	關鍵字句	7.06	7.49	7.27	無顯著差異
	選項	3.41	1.66	2.53	未通過同質性檢定

此類別的交互閱讀次數部分，低分組題幹－正確答案的交互閱讀次數高於高分組，而題幹－全附圖的交互閱讀次數則是高分組高於低分組(如表 4-3.31 所示)。但這兩個結果皆未達顯著差異。

表 4-3.31 類別六「閱讀測驗」交互閱讀次數

inter scanning (次)		高分組	低分組	總平均	ANOVA 結果
閱讀測驗	題幹－正確答案	0.06	0.11	0.08	無顯著差異
	題幹－全附圖	2.06	1.89	1.97	無顯著差異

此類別的回視次數部分，選項回視及全附圖回視次數為低分組高於高分組，題幹回視及試題情境回視次數則是低分組高於高分組（如表 4-3.32 所示），但以上結果皆未達到顯著差異。

表 4-3.32 類別六「閱讀測驗」回視次數

inter scanning (次)		高分組	低分組	總平均	ANOVA 結果
閱讀測驗	題幹	1.28	1.44	1.36	無顯著差異
	選項	0.11	0.06	0.08	無顯著差異
	全附圖	0.83	0.72	0.78	無顯著差異
	試題情境	1.33	1.39	1.36	未通過同質性檢定

此類別的關鍵字句區域首次閱讀凝視時間部分，高分組的關鍵字句區域首次閱讀凝視時間顯著高於低分組的關鍵字句區域首次閱讀凝視時間（如表 4-3.33 所示）。

表 4-3.33 類別六「閱讀測驗」區域首次閱讀凝視時間

First-pass fixation duration in zone (second)		高分組	低分組	總平均	ANOVA 結果
閱讀測驗	關鍵字句	0.73	0.35	0.54	高分>低分 (F=6.69, p<0.05)

小結

根據上述分析結果我們發現，整體而言，相關分析顯示，除了「了解-敘述」題型外，測驗分數越高，所需的訊息處理歷程越長，進一步分組分析發現，高分組與低分組間確實存在著些許差異，而主要差異似乎都落在交互閱讀與回視的數量上。在「了解-敘述」部分，低分組的題幹區域閱讀時間百分比顯著高於高分組的題幹區域閱讀時間百分比。在「了解-圖文」部分，高分組的題幹—正確答案交互閱讀次數方面顯著高於低分組。在「應用」部分，高分組的題幹回試次數顯著高於低分組，選項回視次數則接近顯著高於低分組。在「分析」部分，高分組題幹—正確答案的交互閱讀次數顯著高於低分組。在「閱讀測驗」部分，高分組的關鍵字句區域首次閱讀凝視時間顯著高於低分組。

第五章 綜合討論與展望

本章內容共分三節，在第一節中，研究者先針對各部分研究結果做說明，並以研究結果對研究問題進行探討與回應；第二節中研究者將反思此研究結果對於科學教育所能提出的建議；第三節則針對本研究尚需加強、缺漏及還能再改進之處加以說明，方便未來研究的精進，並提出未來研究的方向。

第一節 研究結果及推論

本節將分別對受試者的試題測驗結果、閱讀歷程結果以及閱讀歷程與試題測驗表現交叉分析做出研究結果的整理，並且針對研究結果做出研究者的說明與推論，最後根據研究結果回應研究問題。

一、試題測驗結果說明

生物試題測驗分為六大類共十八題，答對得 1 分，答錯 0 分，總分共十八分。十九位受試者平均得分為 10.4 分。研究者進一步計算各類別題目的單題平均得分後，發現下列兩個結果，第一、受試者的測驗結果有在布魯姆認知分類中越低階得分越高的趨勢；第二、若題目為圖文題，則受試者得分偏低。這樣的結果實屬合理，原因如下：首先，布魯姆認知分類類別係由簡單到複雜，由具體至抽象，此外，其分類表呈現一累積層次，也就是說，熟練每一個簡單的類別是精通下一較複雜類別的先決條件。所以對於學生來說，基本上越低層級的題目越簡單，越高層級的題目則越難（Kratwhol, 2002）。再者，若題目含有圖片，受試者在解決題目時除了要了解圖示給予的資訊外，還需將其與題幹給予的資訊作連結，相較於單純的文字敘述題，圖文題對學生來說是較為困難的。基於上述原因，受試者在本測驗的試題測驗結果應屬合理。

本研究生物試題測驗的結果顯示，即使在布魯姆認知分類中分類為較低階的題目，但若題中有附圖則會增加其題目難度，但本研究結果發現「了解-圖文」與「分析」皆有附圖，且「分析」的分類階層高於「了解-圖文」，但「分析」的每題平均得分卻較「了解-圖文」低，此結果與布魯姆認知分類不符。細看這兩類的題目內容後發現，「分析」的題目雖被分類為較高階的題目，但其題目內容多只包含一個概念，而「了解-圖文」的題目雖被分類為較低階的題目，但題目內容卻包含多個概念，推測因此可能提高了題目的難度，導致降低了受試者的答對率。本研究的結果，對布魯姆認知分類提供了另一觀點的探討，也就是說，本研究的試題分析與測驗結果發現，了解類型試題不見得比分析類型試題來得簡單，這樣的結果顯示，對於不同類型試題的困難度與高低階之涵蓋性，需要有更進一步的實證研究。

二、閱讀歷程結果說明

整體閱讀歷程結果

根據閱讀歷程結果，我們可以發現受試者對於一題的總凝視時間為 22.13 秒，表示受試者解決一題測驗題平均約需 22.13 秒的時間。此外，分類較低階的題目總凝視時間皆顯著低於分類較高階的題目，但若題目為圖文題，即使其是分類較低階的題目，受試者也得花較多的時間來解決。在總凝視點數部分亦有相同結果，分類位階高者凝視點數多於分類位階低者；分類位階低但有附圖者總凝視點數多於分類位階高但無附圖者。在平均凝視點時間方面，一般認為平均凝視點時間越高，表示閱讀材料的難度越難，而本研究結果亦符合此觀點，在布魯姆認知分類中最低階的「記憶」其平均凝視點時間是最低的。

各區域眼動資訊結果

在各區域全凝視時間部分，關鍵字句／題幹的比例方面最高的是「記憶」。此類別是布魯姆認知分類中最低階的題目，欲解決「記憶」類題目受試者只需注意到關鍵字句，並從長期記憶中提取相關知識即可解決問題，相較於解決其他類別的題目還需要整合、轉換所學知識，關鍵字句在「記憶」中扮演了更重要的角色，因此，受試者在解決「記憶」時其注意力分配在關鍵字句／題幹的比例會較解決其他類別的題目來的高。

在各區域之區域閱讀時間百分比部分，所有類別的區域閱讀時間百分比皆是選項最高，可見得受試者多將閱讀時間花費於選項區域中。而為什麼受試者多將注意力分配於選項區域上呢？研究者細看每個測驗題目的題目內容後發現，有許多題目其解題資訊集中於選項區域，因此受試者會多將其注意力分配於選項區域中。由上述結果可知，受試者在解決不同類別的生物試題時，其視覺注意力的分配也會有所不同，如何分配則端看試題中的解題資訊集中在哪個區域而定。

由於本施測試題中有許多題目問到下列何者正確或下列何者錯誤，此類題目的解題資訊多集中於選項區域，題幹區域中影響解題的關鍵反而只剩下「何者正確」或「何者錯誤」等關鍵字句，其餘題幹內容對於是否能正確解題的影響也就不那麼大，因此本研究即額外分析題目中有提到「何者正確」或「何者錯誤」等關鍵字句的全凝視時間是否與學生的答題成就相關。相關分析（Pearson correlation）結果顯示，整體而言「何者正確」／「何者錯誤」的全凝視時間與測驗分數間無顯著相關。進一步將受試者依平均得分分為高低分組，接著進行單因子變異數分析（ANOVA），分析結果顯示高低分組間的「何者正確」／「何者錯誤」全凝視時間亦無達顯著差異。此結果顯示，「何者正確」與「何者錯誤」的詢問並不會干擾答題結果。

交互閱讀部份

本研究的交互閱讀有題幹—正確答案交互閱讀及題幹—全附圖交互閱讀兩種。在題幹—正確答案交互閱讀次數方面，大致上是較低階的題目題幹—正確答案交互閱讀次數顯著低於較高階的題目，但若較低階的題目有附圖則其題幹—正確答案交互閱讀次數會顯著高於較高階但無附圖的題目。一般認為，交互閱讀為訊息處理時資訊整合之指標，而對於受試者來說，越困難的題目需要整合越多的資訊來幫助問題解決，因而上述交互閱讀次數的結果也就不難想像。在題幹—全附圖交互閱讀方面，在題目中有附圖的三類題目（「了解-圖文」、「分析」及「閱讀測驗」）中，「閱讀測驗」的題幹—全附圖交互閱讀次數是最低的。「閱讀測驗」除了全附圖區域外，尚有試題情境區域，而試題情境區域是閱讀測驗的重點解題資訊所在，因此，「閱讀測驗」的題幹—全附圖交互閱讀次數較其他類別題目少的結果亦屬合理。

回視部份

本研究的回視是指受試者在解決同一測驗題時，對於特定區域（題幹、選項、全附圖或是試題情境）重複返回閱讀的情形。在題幹回視及選項回視部分，分類較低階的「記憶」與「了解-敘述」其題幹回視次數及選項回視次數皆較其它分類較高階題目的回視次數來的低。通常「回視」代表著對於某部分資訊的整合或是重新解釋語意的歷程(Rayner, 1998)，因此這裡的結果可以解釋為，比起分類較低階的試題，受試者在解決分類較高階的試題時更需要再次回頭整合或解讀資訊以完成解題。而全附圖回視方面，「了解-圖文」的全附圖回視次數顯著低於「分析」的全附圖回視次數，此結果亦符合上述解釋。

三、閱讀歷程與試題測驗表現交叉分析

在各類題型中，除了「了解-敘述」題外，測驗分數均與特定眼動指標達正相關，此結果顯示測驗分數越高，所需的訊息處理歷程越長，但「了解-敘述」題的測驗分數則與題幹閱讀時間及關鍵字句首次閱讀時間成負相關，顯示測驗分數越高，所需的題幹訊息處理歷程越短。

在「記憶」部分，高分組的受試者凝視關鍵字句普遍較低分組的受試者多，但此趨勢並未達到顯著差異或接近顯著差異。由於此類別為在布魯姆認知分類中最低階的題目，受試者只需從長期記憶中提取相關知識即可解決問題，因此，只要受試者有注意到題目的關鍵字句，即可提高其正確解題的機會。

在「了解-敘述」部分，統計上達到顯著差異 ($p < 0.05$) 的部分為區域閱讀時間百分比的題幹區域。在題幹區域中，低分組的區域閱讀時間百分比平均高於高分組。研究者所選的測驗試題中，此類題目的解題資訊多集中於選項區域而非題幹區域，所以雖然低分組在題幹區域的區域閱讀時間百分比較高，但是卻無法得到有用的解題資訊以正確解題。

在「了解-圖文」部分，統計上達到顯著差異 ($p < 0.05$) 的部分為題幹—正確答案交互閱讀次數，高分組的題幹—正確答案交互閱讀的平均次數顯著高於低分組。此類別的題目含有附圖，相較於單純文字敘述的題目來說，受試者需要整合更多的資訊才能正確解決此類別題目，一般認為，交互閱讀為訊息處理時資訊整合之指標，而高分組在解決此類別題目時，其題幹—正確答案交互閱讀次數高於低分組，這個結果表示高分組在解決試題時，有較多整合題目所給予的資訊的過程，而此過程可能對於能夠正確的解決試題有所幫助。

在「應用」部分，統計上達到顯著差異 ($p < 0.05$) 的部分為題幹回視次數，高分組的題幹回視次數平均高於低分組；而此類別達到接近顯著差異 ($0.05 < p < 0.1$) 的部分為選項回視次數，高分組的選項回視次數接近顯著高於低

分組。此類別的題目為情境程序的應用，即受試者要能夠將情境程序應用於題目中才能正確解決試題(表 2-1.2)，而回視代表對於某部分資訊的整合或是重新解釋語意的歷程(Rayner, 1998)。高分組在題幹回視次數及選項回視次數皆高於低分組，表示高分組在解決試題時，較會重新整合試題中的訊息，或重新解釋試題中的語意，因此可能較能解讀題目內容，幫助將情境程序應用於題目中，以正確的解決試題。

在「分析」部分，達到顯著差異($p < 0.05$)的部分為題幹—正確答案交互閱讀次數，高分組的題幹—正確答案交互閱讀次數顯著高於低分組。交互閱讀為訊息處理時資訊整合之指標，對於受試者來說，越困難的題目需要整合越多的資訊以解決問題，而此類別題目在布魯姆認知分類中已屬分類較高階之試題，因此高分組的題幹—正確答案交互閱讀次數較高，可能在解決問題時對於題目內容的訊息處理較完整，因此能夠有較好的表現。

在「閱讀測驗」部分，達到顯著差異($p < 0.05$)的部分為關鍵字句區域首次閱讀凝視時間，高分組的關鍵字句區域閱讀凝視時間顯著高於低分組。由於「閱讀測驗」的答對率僅次於「記憶」，算是相對容易作答之題目，而高分組的受試者在關鍵字句區域的首次閱讀凝視時間顯著高於低分組受試者，這顯示高分組學生在初步理解關鍵字句時，花費較多的心力。本研究所選的閱讀測驗題目，題目中的關鍵字句皆是揭示與試題情境和全附圖有關之訊息，亦為解題關鍵之所在，這樣的結果也暗示高分組學生花較多時間發展問題表徵，此論點與 Chi、Glaser 及 Farr (1988) 所提出專家發展問題表徵的時間會比生手來的長的觀點一致。

四、研究問題的回應與探討

本研究所提出的問題是：

一、國中學生在解決不同類別的生物試題時，其閱讀時的視覺注意力分配與讀題模式為何？

整體上看來，受試者在解決布魯姆認知分類中分類較低階的題目總凝視時間及總凝視點數皆顯著低於分類較高階的題目，但若題目為圖文題，即使其是分類較低階的題目，受試者除了得花較多的時間來解決外，亦會有較多的凝視點數。此外，在平均凝視點時間方面，分類最低階對受試者來說最簡單的「記憶」其平均凝視點時間是最低的。

受試者在解決不同類別的生物試題時，其視覺注意力的分配會有所不同，而注意力如何分配除了類別的影響外，試題中的解題資訊集中在哪個區域亦是重要的影響因素。本研究結果顯示受試者多將注意力分配於選項區域上，這是由於本研究的測驗試題中，有許多題目其解題資訊集中於選項區域的緣故。

布魯姆認知分類中越高階的題目對學生來說越困難，因此學生在解決分類較高階的題目時會有較多的交互閱讀及回視次數，來重新整合或解讀資訊以幫助他們順利解決問題。

二、學生的試題讀題模式是否與答題表現有關？

本研究顯示學生的試題讀題模式與其答題表現是有關的。大致而言，測驗分數越高，訊息處理歷程所花時間越長，但不同題型間仍有差異，尤其是處理「了解-敘述」題型時，題幹的訊息的閱讀似乎與答題成果成負相關。這可能是因此類型的解題訊息多存在於選項區域，因此題幹閱讀時間越長，並無法幫助有效問題解決。

三、不同學習表現的學生，其題目閱讀方式之差異為何？

由上述的眾多研究結果討論可以得知，台灣北部地區國中學生在解決生物試題時，答題表現較佳的學生通常會有較多的交互閱讀及回視次數，在解決生物試題時高分組的受試者通常會有較多的交互閱讀及回視次數，這表示高分組在解決試題時，有較多整合題目所給予的資訊的過程，而此過程可能對於能夠正確的解決試題有所幫助；此外，本研究發現之一：解決閱讀測驗題時，高分組於關鍵區域的首次閱讀時間較高。此結果似乎也暗示了高分組傾向花較多時間建構問題表徵。反之，低分組在解題則較少有資訊整合的過程，而只是各別凝視各個區域，因此較無法正確解決問題。此外，高分組在解題時會將較多的注意力分配於試題中解題資訊所在，而低分組似乎無法正確的將注意力集中於解題資訊所在之處，因而高分組較能得到有助於解題的資訊以正確解決問題。

第二節 在教育上的建議

標準化紙筆測驗在學生的學習及升學過程中重要性甚大，而在教學現場中其也扮演著一個不可或缺的角色，而本研究對於受試者解題時的閱讀習慣有眾多的探討和比較，因此學生若能夠對高分組解題時的閱讀習慣有所理解，對於提升自己的解題能力應該能有所助益。此外，教師若能將本研究的發現應用於教學現場中，對於提升學生的解題技巧也或許能有所幫助。故以下本研究者將反思本研究的研究結果，對於教育與教學上提出以下建議：

一、將注意力放在解題資訊集中的區域

本研究結果發現，高分組的受試者會將視覺注意力集中於解題資訊所在處。因此若是學生在解決試題時，教師能夠提醒學生注意這些區域，對於學生解決問題或許能有所幫助。研究者在教學現場中常常發現，許多學生在解題時有不知道

題目重點所在的現象，導致學生在解題時無法得到有用的解題資訊。因此，教師若能對於解題資訊集中的區域有所提示，或許對於學生提升其解題的正確性能所幫助。

二、不同類別的試題要有不同的解題方式

本研究結果發現，學生在解決不同類別的試題會有不同的解題過程，因此教師要以不同的解題技巧來因應不同類別的題目。如較低階的「記憶」要引導學生注意題目中的關鍵字；而較高階或有附圖的題目則要多引導學生整合題目所給予的解題資訊。

三、多加強於圖的解說，引導學生了解圖片重點

本研究結果發現，題目中有圖片會增加題目的難度；本研究結果也顯示，高分組的受試者對於全附圖的視覺注意力較多，且對於全附圖的回視次數也較多。因此教師在指導學生解題時可多加強於圖的解說，幫助學生了解圖片重點，並且引導學生整合圖片與題幹或選項中的訊息，或許能提高學生解題的正確性。

四、解題過程中應加強各區域的交互閱讀及回視

本研究結果發現，高分組的受試者在許多類別中各區域的交互閱讀次數及回視次數都有高於低分組受試者的現象，因此，教師在指導學生解決試題是可多引導學生做各區域內容的比對，讓學生了解各區域中所給予訊息間的關連，這樣一來學生或許較能整合題目中各區域所給予的資訊，以達到正確解題的目的。

第三節 研究限制與未來可能的研究方向

由於本研究的研究對象及研究設計存有一定的限制，本節將針對本研究在研究對象、研究文本內容……等面向的研究限制進行說明與討論以期未來的研究者

對於這些限制能有所了解或修正、調整，並針對這些研究限制提出一些對於未來研究方向之建議，以期待未來本研究的研究結果可以推廣到更多的層面上。

一、試題及學科內容

本研究主要是以國中基本學力測驗之自然科生物試題為測驗題目，且由於施測時間的限制，故施測試題僅挑選國一上學期之內容，所以生物試題的讀題模式恐無法做全面性的推估。因此，未來可擴大生物試題的選題範圍，亦或是朝向其他學科：如，物理、化學、地球科學或數學等進行研究。且因國中基本學力測驗試題皆為單選題，難以測驗到布魯姆認知分類中較高階的知識層次如，評鑑、創造等層面，因此未來可嘗試研究不同層次之測驗內容，以彌補本研究的不足。

二、研究對象

本研究之試測的研究對象僅為一所台北市立一所國中其中兩個班級的國一學生，其剛接觸一個學期的生物課程，且尚未進行跨章節性的統整（一般於國三複習課程時進行），因此往後的研究者可能可以做國中不同年級的施測，亦或是將研究對象拓展至高中學生。

三、施測方式

本研究是將測驗試題以電腦呈現，並請學生直接在電腦上做答，與目前教學現場以紙本測驗不同，因此僅能逐題分析學生的讀題模式，而無法分析學生在解決整份試卷時的讀題模式，如：答題順序或題目間的對照（交互閱讀及回視）等情形。因此，往後的研究者可嘗試利用紙本測驗方式施測，以更貼近真實教學現場的測驗情形。

參考文獻

中文部分

王秀芬(2012)。**國小五年級不同科學探究能力學童的解題歷程與思考類型探討**。

國立屏東教育大學數理教育研究所碩士論文。

李茂興(譯)(2003)。K. D. Hopkins 著。**教育測驗與評量**(Educational and psychological measurement and evaluation)。台北市：學富文化。

岳修平(譯)(1998)。E. D. Gagne, C. W. Yekovich, & F. R. Yekovich 著。**教學心理學**。台北市：遠流出版。

林志南(2007)。**高雄地區國二學生數形規律之解題歷程分析研究**。國立高雄師範大學數學系教學碩士論文。

林頌恩(1997)。專家與生手的解題後設認知研究。科學與教育，1，1-18

教育部(2001)。**教育部十二年國民基本教育實施計畫**。2012年3月17日，取自 <http://140.111.34.179/draft/index.html>

陳美齡(2011)。**國中學生力與運動解題歷程之研究**。國立新竹教育大學數理教育研究所碩士論文。

張春興(1992)。**教育心理學**。台北：東華。

張國樑(2005)。**國中生代數文字題之解題歷程分析研究**。國立高雄師範大學數學教育研究所碩士論文。

陳學志、賴惠德、邱發忠(2010)。眼球追蹤技術在學習與教育上的應用。**科學教育研究**，55(4)，39-68。

楊金城(2005)。**國一學生解數學文字題解題歷程之分析研究**。國立高雄師範大學數學系教學碩士班碩士論文。

楊坤原(1999)。問題解決在科學學習成就評量上的應用。**科學教育研究月刊**，216，3-16。

- 楊坤原、鄭湧涇（1997）高一學生遺傳學解題表現與解題策略之研究。科學教育月刊，5（4），529-555。
- 葉連祺、林淑萍（2003）。布魯姆認知領育教育目標分類修訂版之探討。教育研究月刊，105，94-106。
- 蔡介立、顏妙璇、汪勁安（2005）。眼球移動測量及在中文閱讀研究之應用。應用心理研究，28，91-104。
- 韓承靜、蔡介立（2009）。眼球軌跡記錄—科學學習研究的明日之星。科學教育月刊，310，2-11。

西文部分

- Anderson, J. R. (1996). *The architecture of Cognition*. Cambridge, MA : Harvard University Press.
- Ashmore, A. D., Frazer, M. J., and Casey, R. J. (1979).Problem Solving and Problem Solving Netook in Chemistry.*Journal of Chemical Education*, 56(6), pp.377-379.
- Barnett-Foster, D., & Nagy, P. (1996). Undergraduate student response strategies to test questions of varying format. *Higher Education*, 32(2), 177-198.
- Bransford, J. D. & Stein, B. S. (1984). *The ideal problem solver : A guider for improving thinking, learning, and creativity*. New York : Freeman.
- Chi, M. T., Glazer, R., and Farr, M. J. (eds.). (1988). *The nature of expertise*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Coderre, S.P., Harasym, P., Mandin, H. & Fick, G. (2004). The impact of two multiple-choice question formats on the problem-solving strategies used by novices and experts. *BMC Medical Education*, 4, 23.
- Findlay, J. M., & Gilchrist, I. D. (2003). *Active vision: The psychology of looking and*

- seeing. New York: Oxford University Press.
- Gagné, E. D., Yekovich, C. W., & Yekovich, F. R. (1993). *The cognitive psychology of school learning* (2nd ed.). New York: Harper Collins College Publisher.
- Grant, E.R., & Spivey, M.J. (2002). Guiding attention produces inferences in diagram-based problem solving. *In Diagrammatic representation and inference* (pp. 236–248). Berlin: Springer-Verlag.
- Grant, E. R., & Spivey, M. J. (2003). Eye movements and problem solving: Guiding attention guides thought. *Psychological Science*, 14, 462-466.
- Groen, M., & Noyes, J. (2010) Solving problems: How can guidance concerning task-relevancy be provided? *Computers in Human Behavior*. 26, 1318-1326.
- Hayes, J. R. (1989). *The complete problem solver*. NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Heller, J. I., & Greeno, J. G. (1997). *Information processing analysis of mathematical problem solving*. Paper presented at the Applied Problem Solving Conference, Evanston, IL.
- He, P., & Kowler, E. (1992). The role of saccades in the perception of texture patterns. *Vision Research*, 32, 2151–2163.
- Hestenes, D. (1987). Toward a modeling theory of physics instruction. *American Journal of Physics*, 55 (5), 440–454.
- Hoffamn, J. E., & Subramaniam, B. (1995). The role of visual attention in saccadic eye movements. *Perception & Psychophysics*, 57, 787-795.
- Holsanova, J., Holmberg, N., & Holmqvist, K. (2009). Reading information graphics: the role of spatial contiguity and dual attentional guidance. *Applied Cognitive Psychology*, 23, 1215-1226.
- Jonassen, D. H. (1997). Instructional design models for well-structured and ill-structured problem-solving learning outcomes. *Educational Technology:*

Research and Development, 45(1), 65-94.

- Just, M. A., & Carpenter, P. A. (1980). A theory of reading: From eye fixation to comprehension. *Psychological Review*, 87, 329-354.
- Krathwohl, D. R. (2002). A revision of Bloom's taxonomy: an overview. *Theory Into Practice*. 41(4), 212-219.
- Krulik, S. K., & Rudnick, J. A. (1989). *Problem solving: A handbook for senior high school teachers*. Boston, MA: Allyn & Bacon.
- Newell, A., & Simon, H. A. (1972). *Human problem solving*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Ozogul, G., & Reisslein, M. (2011). Teaching With Concrete and Abstract Visual Representations: Effects on Students' Problem Solving, Problem Representations, and Learning Perceptions. *Journal of Educational Psychology*, 103(1), 32-47.
- Rayner, K. (1998). Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychological Bulletin*, 124(3), 372-422
- Thomas, L. E., & Lleras, A. (2007) Moving eyes and moving thought: On the spatial compatibility between eye movements and cognition. *Psychonomic Bulletin & Review*, 14(4), 663-668.
- Underwood, G. (1998). *Eye guidance in reading and scene perception*. Oxford, UK: Elsevier.
- Yoon, D., & Narayanan, N. H. (2004). Predictors of success in diagrammatic problem solving. In A. Blackwell, K. Marriott, & A. Shimojima (Eds.), *Proceedings of diagrammatic representation and inference: Third international conference, diagrams 2004, Cambridge, UK, March 22-24, 2004, Vol. 2980* (pp. 301-315). Berlin: Springer.

附件一 受試者資料

學校：○○國中

座號：	姓名：	性別：	班級：		
近視度數：左眼_____。 右眼_____。		閃光度數：左眼_____。 右眼_____。			
是否做過與眼睛相關的手術： 若有請說明之：					
校正數值：左眼_____。 右眼_____。		實驗過程備忘錄： (姿勢調整、抓頭以致遮住視線...)			
校正步驟備忘錄： (九宮格校正偏向、校正次數...)					
答案欄					
題號	答案	題號	答案	題號	答案
1		7		13	
2		8		14	
3		9		15	
4		10		16	
5		11		17	
6		12		18	

附件二 各試題區域劃分

1. 小智想要研究動物細胞產生能量的方式。他應該從細胞中取出下列哪一種構造進行研究？

(A)液胞 (B)細胞膜 (C)細胞核 (D)粒線體

☐題幹 ☐關鍵字句 ☐選項 ☐正確答案

2. 下列有關人體內各種訊息傳導或物質輸送方向的敘述，何者正確？

(A)神經傳導：受器→運動神經→感覺神經→動器
(B)血液循環：心臟→動脈→靜脈→微血管
(C)消化管：口腔→食道→胃→小腸→大腸
(D)呼吸道：鼻腔→喉→支氣管→氣管

☐題幹 ☐關鍵字句 ☐選項 ☐正確答案

3. 人是由多種組織、器官與系統共同構成的生物體。下列關於人體各部位的敘述，何者正確？

(A)腎臟屬於消化系統，可代謝廢物
(B)肝臟屬於循環系統，可製造膽汁
(C)肺臟屬於呼吸系統，由肺泡組成
(D)子宮屬於生殖系統，會分泌雌性激素

☐題幹 ☐關鍵字句 ☐選項 ☐正確答案

4. 關於光合作用的敘述，下列何者正確？

(A) 光反應一定要有光才能進行

(B) 暗反應一定要在黑暗中進行

(C) 所釋放出的 O_2 來自於 CO_2 的分解

(D) 整個光合作用的過程中不需要吸收能量

☐ 題幹 ☐ 關鍵字句 ☐ 選項 ☐ 正確答案

5. 有關人類個體組成層次的敘述，下列何者正確？

(A) 心臟包含肌肉組織

(B) 泌尿系統包含肝臟

(C) 一個個體為一個系統

(D) 神經組織包含肌肉細胞



系統，又稱器官系統

☐ 題幹 ☐ 關鍵字句 ☐ 選項 ☐ 正確答案 ☐ 全附圖

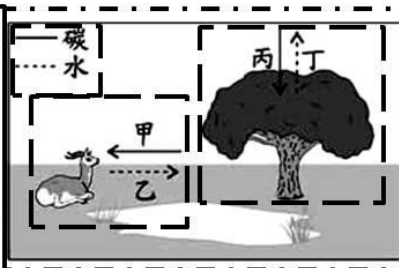
6. 右圖為某些物質在生物體和環境之間流動的示意圖，甲、丙表示含碳物質進入生物體的相關生理作用，乙、丁表示水離開生物體的相關生理作用。根據此圖，下列有關甲、乙、丙、丁四種作用的推論，何者錯誤？

(A) 甲可能為呼吸作用

(B) 乙可能為排泄作用

(C) 丙可能為光合作用

(D) 丁可能為蒸散作用



☐ 題幹 ☐ 關鍵字句 ☐ 選項 ☐ 正確答案 ☐ 全附圖 ☐ 圖關鍵處

7. 細胞中的哪一構造最可用來判定此生物是否為生產者？

- (A)細胞壁 (B)液胞 (C)粒線體 (D)葉綠體

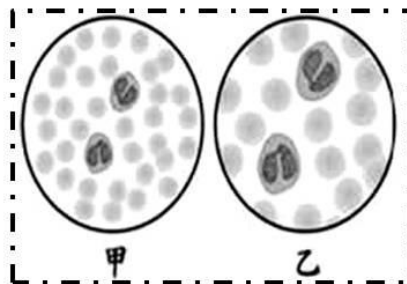
☐題幹 ☐關鍵字句 ☐選項 ☐正確答案

8. 下列哪一個生物構造的組成層次最低？

- (A)淋巴結 (B)白血球 (C)肋骨 (D)血管

☐題幹 ☐關鍵字句 ☐選項 ☐正確答案

9. 小芬利用複式顯微鏡觀察人的血球細胞，使用相同的目鏡，但在兩種不同放大倍率下，所呈現的視野分別為甲和乙，如右圖所示。下列相關敘述何者正確？



- (A)若使用相同的光圈，則甲比乙亮
(B)在甲中所觀察到的細胞，在乙中均可觀察到
(C)若玻片往右移，甲的影像會往右移而乙的影像則往左移
(D)若在甲看到模糊的影像，改換成乙就可看到清晰的影像

☐題幹 ☐關鍵字句 ☐選項 ☐正確答案 ☐全附圖

10. 小哲喜歡吹奏薩克斯風。當他吹氣使該樂器發出聲音時，會發生下列哪一種情形？

(A) 空氣從外界流至胸腔

(B) 橫膈位置逐漸下降

(C) 肋骨位置逐漸上舉

(D) 胸腔體積逐漸變小

☐ 題幹 ☐ 關鍵字句 ☐ 選項 ☐ 正確答案

11. 某臺複式顯微鏡的目鏡放大倍率有10X、15X兩種。物鏡放大倍率有4X、10X和40X三種。小鈞利用此複式顯微鏡觀察洋蔥表皮細胞，下列何種組合可使他在視野中看到的細胞數目最多？

(A) 目鏡10X、物鏡4X

(B) 目鏡10X、物鏡10X

(C) 目鏡15X、物鏡10X

(D) 目鏡15X、物鏡40X

☐ 題幹 ☐ 關鍵字句 ☐ 選項 ☐ 正確答案

12. 人在打噴嚏時，常會產生「哈……啾」二階段的口形。當「啾」的口形產生時，下列敘述何者錯誤？

(A) 肋骨上舉

(B) 橫膈上升

(C) 肺部體積縮小

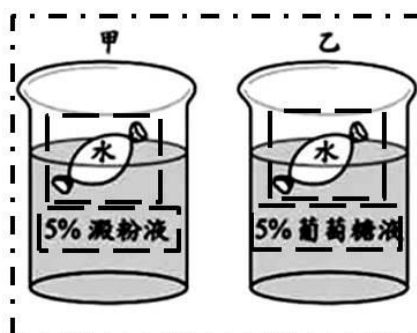
(D) 二氧化碳從肺部排出

☐ 題幹 ☐ 關鍵字句 ☐ 選項 ☐ 正確答案

13. 小佑以榕樹為研究對象，想證明「植物進行蒸散作用時，水經由氣孔離開植物體」。下列何者為最適當的處理方式？
- (A) 將紅色氯化亞鈷試紙，以透明膠布固定於榕樹葉的上表皮，兩分鐘後觀察顏色變化
- (B) 將藍色氯化亞鈷試紙，以透明膠布固定於榕樹葉的上表皮，兩分鐘後觀察顏色變化
- (C) 將紅色氯化亞鈷試紙，以透明膠布固定於榕樹葉的下表皮，兩分鐘後觀察顏色變化
- (D) 將藍色氯化亞鈷試紙，以透明膠布固定於榕樹葉的下表皮，兩分鐘後觀察顏色變化

☐ 題幹 ☐ 關鍵字句 ☐ 選項 ☐ 正確答案

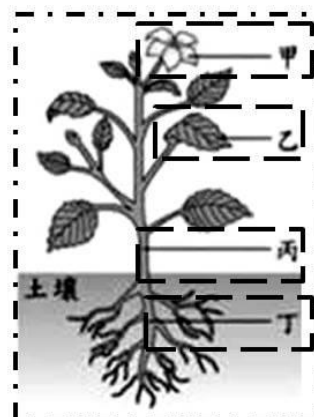
14. 甲燒杯內含有 5% 澱粉液，乙燒杯內含有 5% 葡萄糖液，將只含有水的袋子分別放入甲、乙兩燒杯中，如右圖所示。已知袋子的膜只能讓水及葡萄糖通過，放置一小時後，下列相關敘述何者正確？



- (A) 甲燒杯中袋外的澱粉濃度不變
- (B) 乙燒杯中袋外的葡萄糖濃度會降低
- (C) 甲燒杯中袋內的液體加入碘液後呈現藍黑色
- (D) 乙燒杯中袋內的液體加入碘液後呈現藍黑色

☐ 題幹 ☐ 關鍵字句 ☐ 選項 ☐ 正確答案 ☐ 全附圖 ☐ 圖關鍵處

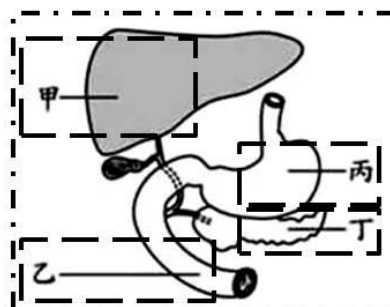
15. 右圖為某植物的構造示意圖。
有關植物體內物質運輸的敘述，下列何者正確？



- (A) 養分僅可由丙輸送到乙
(B) 水分僅可由甲輸送到丁
(C) 養分可由乙輸送到甲，也可由乙輸送到丁
(D) 水分可由丙輸送到乙，也可由丙輸送到丁

☐ 題幹 ☐ 關鍵字句 ☐ 選項 ☐ 正確答案 ☐ 全附圖 ☐ 圖關鍵處

16. 右圖為人體消化系統局部的示意圖，
下列哪一器官的功能與提供血糖或調節血糖濃度的相關性最低？

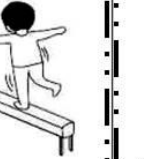


- (A) 甲 (B) 乙 (C) 丙 (D) 丁

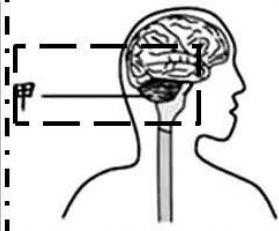
☐ 題幹 ☐ 關鍵字句 ☐ 選項 ☐ 正確答案 ☐ 全附圖 ☐ 圖關鍵處

請閱讀下列敘述後，回答17、18題

以下是小凱用插圖及文字描述某日上午所發生的事情及時間：

7:40	8:00	8:30	9:30	10:05
				
早上太晚起床，我很緊張又怕遲到，心臟跳得很快。之後以驚人速度衝向學校。	進教室後，汗流不止，呼吸加速。	課堂上，老師問了很多問題，我都知道答案，不過我沒有舉手。	體育課時要走非常窄的平衡木，但我努力地走完了。	下課後，我被同學意外打翻的熱水燙到，我立刻縮回手，但皮膚已變紅。

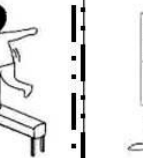
17. 右圖為人體中樞神經系統的構造示意圖。根據上列插圖的文字描述，小凱中樞神經系統中的甲部位與當天下列哪一時間的活動之關係最密切？



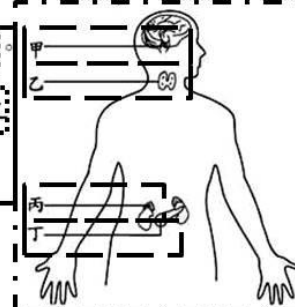
- (A) 8:00 (B) 8:30 (C) 9:30 (D) 10:05

請閱讀下列敘述後，回答17、18題

以下是小凱用插圖及文字描述某日上午所發生的事情及時間：

7:40	8:00	8:30	9:30	10:05
				
早上太晚起床，我很緊張又怕遲到，心臟跳得很快。之後以驚人速度衝向學校。	進教室後，汗流不止，呼吸加速。	課堂上，老師問了很多問題，我都知道答案，不過我沒有舉手。	體育課時要走非常窄的平衡木，但我努力地走完了。	下課後，我被同學意外打翻的熱水燙到，我立刻縮回手，但皮膚已變紅。

18. 右圖為人體內分泌系統的部分構造示意圖。根據上列圖文，造成小凱在7:40的反應之主要激素是來自下列哪一內分泌腺？



- (A) 甲 (B) 乙 (C) 丙 (D) 丁

- ☐ 題幹
☐ 關鍵字句
☐ 選項
☐ 正確答案
☐ 全附圖
☐ 圖關鍵處
☐ 試題情境

- ☐ 題幹
☐ 關鍵字句
☐ 選項
☐ 正確答案
☐ 全附圖
☐ 圖關鍵處
☐ 試題情境